



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ**  
**ΣΧΟΛΗ ΑΝΘΡΩΠΙΣΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΗΣ ΠΡΟΣΧΟΛΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ**  
**ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ**  
**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**  
**«ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ»**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

*Για την απόκτηση Μεταπτυχιακού Διπλώματος  
από τον Χαματζόγλου Θεόδωρο*

**A.M. 424018038**

**ΘΕΜΑ:** « Αειφόρος ανάπτυξη και αστικά δίκτυα ύδρευσης και αποχέτευσης. Μελέτη του έργου, ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ-ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗ ΕΠΕΚΤΑΣΗ ΔΙΚΤΥΟΥ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΚΟΛΥΜΠΙΩΝ Δ.Ε.ΑΦΑΝΤΟΥ »

**Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή**

Σταμάτης Παναγιώτης	Αναπληρωτής Καθηγητής, ΤΕ.Π.Α.Ε.Σ	Πανεπιστήμιο Αιγαίου	Επιβλέπων/ επιβλέπουσα
Παπαβασιλείου Βασίλειος	Αναπληρωτής Καθηγητής ,ΤΕ.Π.Α.Ε.Σ.,	Πανεπιστήμιο Αιγαίου	Μέλος Συμβουλευτικής Επιτροπής
Μαρία Καΐλα, Καθηγήτρια	Καθηγήτρια ΤΕ.Π.Α.Ε.Σ.	Πανεπιστήμιο Αιγαίου	Μέλος Συμβουλευτικής Επιτροπής

**Ρόδος, 2020**

Η έγκριση της παρούσης Μεταπτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας από το Τμήμα Επιστημών της Προσχολικής Αγωγής και του Εκπαιδευτικού Σχεδιασμού του Πανεπιστημίου Αιγαίου δεν υποδηλώνει αποδοχή των απόψεων του συγγραφέως.

## Contents

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	5
Ευχαριστίες.....	5
Περίληψη.....	6
Summary.....	7
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	7
Α΄ ΜΕΡΟΣ .....	8
1. Ποιότητα υδάτων.....	8
2. ΥΔΑΤΙΚΑ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ .....	15
2.1 Τα Οικοσυστήματα Εσωτερικών Υδάτων .....	16
3. Αειφόρος ανάπτυξη .....	19
3.1 Αειφόρος ανάπτυξη και Ύδατα.....	22
4. Ευπαλίνειο όρυγμα .....	26
5. Ορθολογική διαχείριση των δικτύων ύδρευσης.....	34
i. Η σημασία του Μη Ανταποδοτικού Νερού στη διαχείριση των δικτύων ύδρευσης.....	37
ii. Προβλήματα Δικτύων Ύδρευσης .....	40
iii. Απώλειες Νερού .....	41
iv. Φυσική Ακεραιότητα Δικτύου .....	42
v. Παροχρηματική Ικανότητα Δικτύου.....	43
5.1 Ποιότητα Νερού.....	45
i. Αιτίες των προβλημάτων .....	46
ii. Αντιμετώπιση των προβλημάτων.....	51
iii. Πλαίσιο Διαχείρισης Προβλημάτων Δικτύων Ύδρευσης.....	53
iii. Μεθοδολογία Διαχείρισης Δικτύων Ύδρευσης – Το Υδατικό Ισοζύγιο - Εκτίμηση των μη μετρούμενων όγκων νερού .....	54
iv. Αρχικοί Δείκτες Διαχείρισης Δικτύων Ύδρευσης.....	55
v. Τρωτότητας του δικτύου. Δείκτες για το Μη Ανταποδοτικό Νερό .....	57
vi. Δείκτες για τις φαινομενικές Απώλειες .....	58

vii. Δείκτες για τις Πραγματικές Απώλειες .....	59
viii. Παράγοντες που επηρεάζουν τους ρυθμούς αστοχιών των αγωγών .....	65
ix. Μέθοδοι Αποκατάστασης και Αντικατάστασης αγωγών -Τεχνικές αντικατάστασης αγωγών .....	76
<b>B´ ΜΕΡΟΣ.....</b>	<b>78</b>
Μελέτη του έργου, ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ-ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗ ΕΠΕΚΤΑΣΗ ΔΙΚΤΥΟΥ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΚΟΛΥΜΠΙΩΝ Δ.Ε.ΑΦΑΝΤΟΥ » .....	78
1. Πηγές της Ρόδου .....	79
2.1. Τεχνική Περιγραφή ΓΕΝΙΚΑ .....	84
3. ΕΡΓΑ ΤΗΣ ΠΑΡΟΥΣΑΣ ΜΕΛΕΤΗΣ .....	97
4.. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΟΥ ΑΓΩΓΩΝ.....	100
i. ΠΑΡΟΧΕΣ.....	100
ii. ΜΕΓΙΣΤΕΣ ΠΑΡΟΧΕΣ .....	100
iii. ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΑΓΩΓΩΝ .....	101
iv. ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΑΛΛΕΣ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΚΑΙ Ο.Κ.Ω.....	101
v. ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ ΚΥΡΙΟΤΕΡΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ.....	101
vi. ΔΑΠΑΝΗ ΤΩΝ ΕΡΓΩΝ.....	102
vii. ΣΧΕΔΙΟ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΚΑΙ ΥΓΙΕΙΝΗΣ (ΣΑΥ) .....	106
viii. Μέτρα για την πρόληψη και αποτροπή των κινδύνων και γενικά για την ασφάλεια και την υγεία των εργαζομένων - οδηγίες σύνταξης.....	110
vx. ΠΡΟΣΘΕΤΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ .....	112
Συμπεράσματα – Προτάσεις .....	118
Περιεχόμενα εικόνων και πινάκων .....	119
Βιβλιογραφία .....	121

**ΘΕΜΑ ΣΤΑ ΑΓΓΛΙΚΑ : " Sustainable development and urban water and sewerage networks. Study of the project in Kolimbia, Rhodes»**

**ΠΡΟΛΟΓΟΣ**

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια της φοίτησης μου στο Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα «Περιβαλλοντική Εκπαίδευση» του Τμήματος Επιστημών Προσχολικής Αγωγής και Εκπαιδευτικού Σχεδιασμού του Πανεπιστημίου Αιγαίου και πραγματεύεται το θέμα: «Αειφόρος ανάπτυξη και αστικά δίκτυα ύδρευσης και αποχέτευσης. Μελέτη του έργου, ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ-ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗ ΕΠΕΚΤΑΣΗ ΔΙΚΤΥΟΥ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΚΟΛΥΜΠΙΩΝ Δ.Ε.ΑΦΑΝΤΟΥ».

**Ευχαριστίες**

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά όλους τους καθηγητές του Μεταπτυχιακού Προγράμματος για τις γνώσεις που μου πρόσφεραν. Τους καθηγητές της τριμελούς επιτροπής μου κ. Παπαβασιλείου Βασίλειο, κα. Μαρία Καΐλα, και ειδικά τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Παναγιώτη Σταμάτη, για την καθοδήγηση και υποστήριξή του. Τους συμφοιτητές και συναδέλφους μου.

Τέλος, να ευχαριστήσω τους γονείς μου, τα αδέρφια και τους φίλους μου για την εμπύχωση, την υποστήριξη και την αγάπη τους.

Σας ευχαριστώ!

## Περίληψη

Η παρούσα εργασία πραγματεύεται το θέμα των αστικών δικτύων ύδρευσης και αποχέτευσης σε σχέση με τη αειφορική διαχείριση τους. Γνωρίζοντας τη ζωτική σημασία του νερού στον πλανήτη και συνεπώς στον άνθρωπο, κατανοούμε τη σημασία της προστασίας του από την κατασπατάληση του. Σκοπός της εργασίας είναι η ανάδειξη και η σημασία της σωστής διαχείρισης του νερού μέσω αστικών δικτύων ύδρευσης και αποχέτευσης ώστε να μπορέσουμε να απαντήσουμε στα ερωτήματα ως προς το ποιες αιτίες είναι που έχουμε απώλειες νερού; Πώς μπορεί να ελεγχθεί η απώλεια και να αποφευχθεί;

Μέσα από το φάκελο μελέτης του έργου, και από τη σύγχρονη βιβλιογραφία και την επίβλεψη στον τομέα των εργασιών από την επιχείρηση Δ.Ε.Υ.Α. Ρόδου, μπορέσαμε να έχουμε μια συνολική εικόνα για το σχεδιασμό του δικτύου στην περιοχή.

Με την ορθή διαχείριση της σωστής διαχείρισης με σύγχρονα δίκτυα, έχουμε θετικά αποτελέσματα ως προς την αειφορία της περιοχής σε όλους τους τομείς της τοπικότητας κοινωνίας, οικονομίας και πολιτισμού. Σημαντικό σε αυτό βέβαια συμβάλει η εξέλιξη της τεχνολογίας, της τεχνογνωσία για την αντιμετώπιση προβλημάτων και τη βελτίωση των δικτύων.

Ακόμα θα πρέπει να γίνουν εκπαιδευτικές επιμορφώσεις των εργαζομένων ως προς τα νέα δεδομένα του τομέα, καθώς και την ενημέρωση του κοινού μέσα από ημερίδες.

## Summary

This thesis discusses the purpose of water supply network issue and sewer in relation to their sustainable management . We understand the importance of protecting it. The purpose of this thesis is to highlight the importance of water on the planet and therefore in human.

How can the losses be avoided through the case study, from literature and the supervision of the water supply and sewage treatment company for the city of Rhodes.

We are able to have an overall view of with the right and proper management of modern networks, we have positive results in terms of region sustainability in all local community sectors, economy and culture.

Moreover educational programs should be undertaken for workers in order to improve in new factors facts and also informing public for new novelties through workshops.

**Key: water supply network, case study.**

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία πραγματεύεται το θέμα της αιεφόρου ανάπτυξης που σχετίζεται με τα αστικά δίκτυα ύδρευσης και αποχέτευσης. Πιο συγκεκριμένα, ασχολείται με τη μελέτη του έργου: αντικατάσταση-τροποποίηση επέκταση δικτύου ύδρευσης περιοχής Κολυμπίων Δ.Ε. Αφάντου.

Βασική αιτία για την επιλογή του συγκεκριμένου θέματος είναι η αναγκαιότητα ανάδειξης της σωστής διαχείρισης των παγκόσμιων υδάτων αλλά και ειδικότερα των αστικών δικτύων ύδρευσης. Ταυτόχρονα επιδιώκεται η διασύνδεση του θέματος με την αρχαία αντίληψη τόσο σε παγκόσμιο, όσο και σε τοπικό επίπεδο. Η συγκεκριμένη μελέτη-έρευνα βασίστηκε σε επιστημονικές βιογραφικές μελέτες καθώς και σε υλικό της Δ.Ε.Υ.Α. Ρόδου. Κατά την εκπόνηση της έρευνας αυτής υπήρξε περιορισμός ως

προς το διαθέσιμο υλικό που σχετίζεται με τη διασύνδεση του θέματος με την αρχαιότητα.

Αποτελείται από δυο μέρη. Στο α΄ μέρος παρουσιάζονται τα βασικά ζητήματα του νερού όπως η ποιότητα υδάτων, ο κύκλος νερού.

Ακολουθεί η παρουσίαση των υδάτινων οικοσυστημάτων.

Φυσικά το νερό είναι ένας φυσικός πόρος ζωής και πρέπει να έχει μέλλον για τον πλανήτη και γίνεται η σύνεση του με την Αειφορία.

Ακολουθεί η πρώτη καταγεγραμμένη προσπάθεια από την αρχαιότητα της εκμετάλλευση του νερού με τη παρουσίαση του Ευπαλίνειου ορύγματος

Και ολοκληρώνεται το πρώτο μέρος με διαχείριση των δικτύων ύδρευσης σήμερα με ότι αυτό συνεπάγεται (απώλειες νερού – βλάβες κλπ)

Στο δεύτερο μέρος της εργασίας παρουσιάζεται η Μελέτη του έργου, ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ-ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗ ΕΠΕΚΤΑΣΗ ΔΙΚΤΥΟΥ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΚΟΛΥΜΠΙΩΝ Δ.Ε.ΑΦΑΝΤΟΥ

Με βάση τα στοιχεία που ερευνήθηκαν, διαπιστώθηκε ότι ο σεβασμός ως προς τη διαχείριση των υδάτων καθώς και η αντίληψη της σπουδαιότητάς τους στην αρχαιότητα, ήταν πολύ μεγαλύτερη σε σχέση με τη σύγχρονη εποχή. Αναδεικνύεται λοιπόν η επιτακτική ανάγκη ενημέρωσης και εκπαιδευτικής προσέγγισης του θέματος σε όλες τις παιδαγωγικές δομές, ξεκινώντας από την προσχολική ηλικία.

## **Α΄ ΜΕΡΟΣ**

### **1. Ποιότητα υδάτων**

Τα οικοσυστήματα και ο άνθρωπος εξαρτώνται από την επαρκή παροχή πόσιμου ύδατος κατάλληλης ποιότητας, το οποίο αποτελεί βασικό συστατικό υγείας, ισορροπίας και ευημερίας, καθώς και κοινωνικής και οικονομικής ανάπτυξης. Ένα σημαντικό παγκόσμιο πρόβλημα, που συνεχώς λαμβάνει ανησυχητικές διαστάσεις είναι η ποιότητα των υδάτων, καθώς οι κίνδυνοι υποβάθμισης επιφέρουν άμεσα κοινωνικές και οικονομικές επιπτώσεις. Όσο υπάρχει πρόοδος, δεν έχει καταγραφεί



βελτίωση της ποιότητας των υδάτων σε παγκόσμιο επίπεδο. Παρόλα αυτά η ποιότητα είναι εξίσου σημαντική με την ποσότητα του νερού για την ικανοποίηση βασικών ανθρώπινων και περιβαλλοντικών αναγκών (Καραμέρης και συν., 2009).

Όπως αναφέρουν τα στοιχεία που έχουν συγκεντρώσει τα Ηνωμένα Έθνη (UN - WWDR, 2012 και UN - Water, 2014b), περίπου 3,5 εκατομμύρια θάνατοι, που σχετίζονται με την ανεπαρκή ύδρευση, αποχέτευση και υγιεινή, καταγράφονται ετησίως, κυρίως στις αναπτυσσόμενες χώρες. Η κακή ποιότητα του νερού, έχει συνέπειες οικονομικές και αποτυπώνεται ως υποβάθμιση των οικοσυστημικών υπηρεσιών, δαπανών που αφορούν στην υγεία. Επίσης οι αρνητικές επιπτώσεις χαρακτηρίζουν τις οικονομικές δραστηριότητες, όπως αυτές της γεωργίας, της βιομηχανικής παραγωγής και του τουρισμού και της αύξησης του κόστους επεξεργασίας των υδάτων.

Σημειώνεται ακόμα με βάση τα προαναφερόμενα στοιχεία, πως υπάρχει εκτίμηση, ότι ένα μεγάλο ποσοστό (πάνω από το 80%) των υδάτων που χρησιμοποιείται σε παγκόσμιο επίπεδο, δεν συλλέγεται, ούτε επεξεργάζεται. Επίσης δεν πραγματοποιείται η απαραίτητη επεξεργασία υγρών αποβλήτων και τοξικών ουσιών από τις βιομηχανίες. Ακόμα μπορεί να προστεθεί η μη ύπαρξη ποιοτικών στοιχείων που θα μπορούσαν να υποστηρίξουν τη λήψη αποφάσεων και τον στρατηγικό σχεδιασμό (Margat, 1992).

Για να διευκολυνθεί ο στόχος της κατανόησης των πολλαπλών λειτουργιών των υδάτων στο κοινωνικό περιβάλλον, το επικαιροποιημένο πρόγραμμα των HE (UN - Water, 2014a) επικεντρώνεται σε πέντε μετρήσιμους στόχους. Αυτοί θα πρέπει να εφαρμόζονται σε όλο τον κόσμο και ταυτόχρονα να ανταποκρίνονται στις εθνικές ανάγκες και να προσαρμόζονται στο περιβάλλον κάθε χώρας, με ορίζοντα εφαρμογής το 2030 (εικ. 1).

*Εικόνα 1. Οι κεντρικοί στρατηγικοί στόχοι για τη διασφάλιση της αειφορίας των υδάτων*



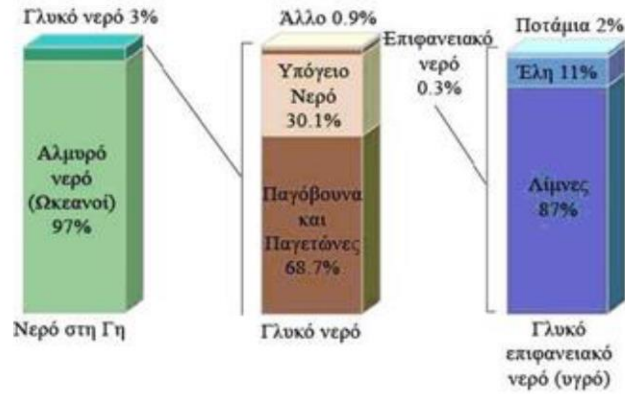
Η γήινη επιφάνεια καλύπτεται πάνω από το 70% με νερό. Όμως μόνο το 0,014% περίπου του νερού είναι επωφελές για τα έμβια όντα. Η κατανομή του νερού από τα συνολικά 1.386 εκατομμύρια κυβικά χιλιόμετρα που καλύπτει τη Γη σε ποσοστά έχει ως εξής<sup>1</sup>:

- ένα μεγάλο ποσοστό είναι μη διαθέσιμο, καθώς περισσότερο από το 97% είναι αλμυρό, ενώ το 69% του γλυκού νερού είναι δεσμευμένο σε πάγο και παγετώνες.
- Ακόμα ένα 30% του γλυκού νερού βρίσκεται σε υπόγειους υδροφορείς.
- Το επιφανειακό γλυκό νερό που βρίσκεται σε ποτάμια και λίμνες είναι συνολικά 93.100 κυβικά χιλιόμετρα και αντιπροσωπεύει περίπου το 1/150 του 1% του συνολικού νερού στη Γη. (εικ. 2)

Παρόλα αυτά, τα ποτάμια και οι λίμνες αποτελούν βασικές πηγές νερού για την κάλυψη των ανθρώπινων αναγκών.

Εικ. 2. Κατανομή ύδατος στη γήινη επιφάνεια (USGS, 2014). Πηγή:  
<http://water.usgs.gov/edu/watercyclegreekhi.html>.

<sup>1</sup> <http://water.usgs.gov/edu/watercyclegreekhi.html>.



Για να γίνει κατανοητή η ύπαρξη του νερού στη φύση και στο περιβάλλον, πρέπει να μελετηθεί ο υδρολογικός κύκλος (κύκλου του νερού). Αναλυτικά λοιπόν, γίνεται αναφορά:

- στις πηγές νερού στο οικοσύστημα,
- στις διαδρομές νερού στο οικοσύστημα,
- στις παραμέτρους που ελέγχουν τη ροή νερού (Καραμέρης, και συν., 2009· USGS, 2014).

Η ποσότητα που υπάρχει στην υδρόσφαιρα σήμερα είναι ίδια με εκείνη της εποχής που σχηματίστηκαν οι ωκεανοί, πολλά δισεκατομμύρια χρόνια πριν. Διαιωνίζεται μέσα από μια θαυμάσια φυσική διαδικασία, τον υδρολογικό κύκλο (εικ. 3).

Ο κύκλος του νερού περιγράφει τη συνεχή ανακύκλωση του νερού της Γης μέσα στην υδρόσφαιρα και στην ατμόσφαιρα, που επιτυγχάνεται χάρη στην ηλιακή ακτινοβολία. Η αέναη αυτή κίνηση του νερού συνοδεύεται από αλλαγή της φυσικής του κατάστασης σε διάφορες μορφές : την στερεή (πάγος) την υγρή (ποτάμια, λίμνες και θάλασσα) και την αέρια κατάσταση των υδρατμών. Οι τρεις βασικές διαδρομές στον υδρολογικό κύκλο είναι (εικ.3 ):

- Η εξάτμιση ύδατος των ωκεανών αλλά και του επιφανειακού νερού του πλανήτη (λίμνες, ποτάμια), λόγω θέρμανσης από την ηλιακή ακτινοβολία.
- Η συμπύκνωση των υδρατμών στην ατμόσφαιρα και η επιστροφή του ύδατος στη Γη με τη μορφή κατακρημνίσεων (π.χ. βροχοπτώσεις, χιονοπτώσεις).
- Η επιστροφή ροής ύδατος μέσω επιφανειακών (επιφανειακή απορροή) και υπογείων νερών (εκφόρτιση) από το έδαφος στους ωκεανούς.

Υπάρχουν κάποιες παράμετροι οι οποίες ελέγχουν τους μηχανισμούς διαδρομών στον κύκλο νερού. Αυτές συνοπτικά είναι:

- Ανθρώπινη κατανάλωση: Έπειτα από τη βιομηχανική επανάσταση, λόγω των δραστηριοτήτων του ανθρώπου (ύδρευση, άρδευση) σημειώνεται σημαντική αύξηση της κατανάλωσης ύδατος, με αποτέλεσμα να μειώνονται σημαντικά τα αποθέματά του.
- Θερμοκρασία: Αυτή η παράμετρος, δεύτερη και πολύ σημαντική, ελέγχει τη διαδρομή ύδατος στη Γη. Με την άνοδο της θερμοκρασίας, δημιουργούνται αυξημένα ποσοστά εξάτμισης ύδατος. Αυτό έχει ως συνέπεια:
  - ✓ Την τήξη των πάγων των πόλων, που οδηγεί στην άνοδο της στάθμης των θαλασσών, με αποτέλεσμα να πλημμυρίσουν περιοχές που βρίσκονται πιο χαμηλά ή κοντά στη στάθμη της θάλασσας.
  - ✓ Την αύξηση στη ροή των ποταμών.
  - ✓ Την εμφάνιση αλληλεπιδράσεων στον υδρολογικό κύκλο.
- Αλλαγές στη χρήση εδάφους: άλλη μια παράμετρος είναι η αλλαγή στη χρήση του εδάφους. Συγκεκριμένα διαπιστώνεται πως ο κύκλος νερού ελέγχει έντονα τις μετακινήσεις των θρεπτικών συστατικών και επηρεάζει την κατάσταση του εδάφους (π.χ. με τη μείωση των βροχοπτώσεων το έδαφος γίνεται λιγότερο εύφορο).

Θα πρέπει οι κύκλοι των στοιχείων να μελετώνται ταυτόχρονα γιατί συνδέονται μεταξύ τους.



Εικ. 3. Ο κύκλος του νερού (USGS, 2014).  
<http://water.usgs.gov/edu/watercyclegreekhi.html>.

Με τις διάφορες μετατροπές του νερού στον υδρολογικό κύκλο γίνεται συνέχεια μια σειρά ανταλλαγών υλών μέσα στο περιβάλλον. Το ίδιο το νερό εμπλουτίζεται με βαρέα τοξικά μέταλλα όπως ο υδράργυρος και ο μόλυβδος, χημικές ουσίες επικίνδυνες για τη ζωή, φυτοφάρμακα και λιπάσματα, όλα προϊόντα και παραπροϊόντα της οικονομικής δραστηριότητας του ανθρώπου (Καραμέρης και συν., 2009).

Οι φυσικές διαδικασίες που καθαρίζουν το νερό δεν μπορούν να λειτουργήσουν αποτελεσματικά, γιατί η ρύπανση που έχει δημιουργηθεί στον αέρα και στο έδαφος την καταστούν δύσκολη. Δεν είναι λίγες οι αιτίες που προκαλούν μεταστροφή των δυνητικά ανανεώσιμων αποθεμάτων νερού σε μη χρησιμοποιήσιμα (Margat, 1992). Τέτοιες είναι οι καταστροφές των δασών, η ρύπανση και ειδικά η χημική των υδάτων (επιφανειακών και υπογείων) από γεωργικά εντομοκτόνα, ζιζανιοκτόνα κ.ά.

Μη σωστή χρήση τους, οδηγεί τα ύδατα σε έλλειψη. Το νερό όταν θερμαίνεται, αποδίδει τη θερμότητα που συγκεντρώνει με βραδύτερους ρυθμούς σε σχέση με τον αέρα και το έδαφος. Αυτή η ιδιαιτερότητά του, κάνει τις μεγάλες μάζες νερού (ωκεανοί), να βοηθούν στη ρύθμιση του κλίματος του πλανήτη και να

προστατεύουν τους οργανισμούς από το σοκ της απότομης θερμοκρασιακής μεταβολής. Για κάποια έμβια όντα το νερό αποτελεί βασικό ενδιαίτημα (οικότοπο). Ακόμα, το νερό έχει μια σπουδαία διαλυτική ικανότητα για ένα πλήθος χημικών ουσιών. Το αρνητικό είναι πως μέσω των υδάτων μπορεί και μεταφέρεται η χημική ρύπανση πολύ μακριά από τον τόπο όπου έχει προκληθεί. Για την άρδευση χρησιμοποιείται κατά μέσο όρο και σε παγκόσμιο επίπεδο, περίπου το 69% (Καραμέρης και συν., 2009). Ο τρόπος με τον οποίο πραγματοποιείται η άρδευση, σπαταλά συχνά το μεγαλύτερο μέρος του αρδεύσιμου ύδατος (εξάτμιση). Το 23% της παγκόσμιας κατανάλωσης νερού απορροφάται από την βιομηχανία, ενώ οι αστικές χρήσεις απορροφούν ένα 8%. Σε παγκόσμιο επίπεδο η κατανομή και δυνατότητα εκμετάλλευσης (οικονομική, τεχνολογική και κοινωνική) των αποθεμάτων του νερού είναι άνιση, ειδικά όταν το νερό προορίζεται για τις ανθρώπινες κοινωνίες. Αυτό αποτελεί από το '80 ένα εκρηκτικό πρόβλημα εξωτερικής πολιτικής και θεωρείται σοβαρή αιτία συγκρούσεων για τις χώρες όπου υπάρχει έλλειψη (π.χ. ο δεκαετής πόλεμος Ιράκ-Ιράν) (Γεωργόπουλος, 1996).

## 2. ΥΔΑΤΙΚΑ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Τα 3/4 (71%) της επιφάνειας της γης καλύπτονται από νερό. Από αυτό, το 97% είναι στις θάλασσες (αλατούχο) και μόνο το 3% είναι γλυκό νερό, το οποίο συναντάται σε διάφορες μορφές, όπως παγετώνες και παγόβουνα (2,997%), υπόγεια νερά, λίμνες και ποτάμια (0,003%). Τα ύδατα διακρίνονται στους εξής τύπους: παράκτια, μεταβατικά και εσωτερικά ή ηπειρωτικά. Τα εσωτερικά (ή ηπειρωτικά) περιλαμβάνουν τις κατηγορίες των επιφανειακών και υπογείων υδάτων (Καραμέρης και συν., 2009).

Συγκεκριμένα:

- ❖ **Παράκτια ύδατα** ονομάζονται όλα τα ύδατα εκτός των μεταβατικών και εσωτερικών υδάτων. (Ν.1147/81, ΦΕΚ 110 Α')
- ❖ **Μεταβατικά ύδατα:** *Είναι συστήματα επιφανειακών υδάτων κοντά σε στόμια εκβολής ποταμών, τα οποία είναι εν μέρει αλμυρά λόγω της γειτνίασης τους με παράκτια ύδατα, αλλά επηρεάζονται ουσιαστικά από ρεύματα γλυκών υδάτων.*
- ❖ **Εσωτερικά ύδατα:** *Είναι το σύνολο των στάσιμων και ρεόντων επιφανειακών, καθώς και των υπογείων υδάτων.*
  - **Επιφανειακά ύδατα:** *Είναι τα εσωτερικά ύδατα εκτός των υπογείων.*
    - **Ποταμός:** *Είναι σύστημα εσωτερικών υδάτων το οποίο ρέει, κατά το μεγαλύτερο μέρος του, στην επιφάνεια του εδάφους, αλλά μπορεί να ρέει και υπογείως για ένα μέρος της διαδρομής του.*
    - **Λίμνη:** *Είναι σύστημα στάσιμων εσωτερικών επιφανειακών υδάτων.*
    - **Τεχνητό υδατικό σύστημα:** *Είναι το σύστημα επιφανειακών υδάτων που δημιουργείται από ανθρώπινη δραστηριότητα.*
    - **Υγρότοπος:** *Τόπος που καλύπτεται εποχικά ή μόνιμα από ρηχά νερά ή έχει υπόστρωμα υγρό για μεγάλο χρονικό διάστημα του έτους*
  - **Υπόγεια ύδατα:** *Είναι το σύνολο των υδάτων που βρίσκονται κάτω από την επιφάνεια του εδάφους, στη ζώνη κορεσμού και σε άμεση επαφή με το έδαφος ή το υπέδαφος. (Ζαλίδης, κ.ά., 1993· Καραμέρης και συν., 2009)*

Στη Ελλάδα τα επιφανειακά ύδατα καλύπτουν επιφάνεια περίπου 2.200 τ. χλμ. (1,6%). Από αυτά, οι φυσικές και οι τεχνητές λίμνες καλύπτουν έκταση περίπου 956 τ. χλμ. (47,2%), οι λιμνοθάλασσες 288 τ.χλμ. (14,2%), οι ποταμοί έχουν μήκος 4.268

χλμ., ενώ οι εκβολές των ποταμών με τα δέλτα τους καλύπτουν έκταση περίπου 723 τ.χλμ. (35,7%) (Ζαλίδης, κ.ά., 1993).

Αυτά με τη σειρά τους αποτελούν τα υδατικά οικοσυστήματα που διακρίνονται στις εξής κατηγορίες:

1. Οικοσυστήματα σε παράκτια και μεταβατικά ύδατα
  - Θάλασσες
  - Λιμνοθάλασσες
2. Οικοσυστήματα εσωτερικών υδάτων
  - Λίμνες
  - Ρέοντα ύδατα
3. Υγρότοποι (Ζαλίδης, κ.ά., 1993).

## 2.1 Τα Οικοσυστήματα Εσωτερικών Υδάτων

Οι διαπλάσεις του γλυκού νερού περιέχουν μικρότερες συγκριτικά ποσότητες νερού σε σχέση με τις θαλάσσιες. Περιλαμβάνουν μεγάλες έως μικρές φυσικές ή τεχνητές λίμνες, καθώς και μεγάλους ποταμούς, μέχρι μικρά ρυάκια. Παρουσιάζουν κάποια αρνητικά, όπως μεγαλύτερες θερμοκρασιακές διακυμάνσεις ή προσβάλλονται πιο εύκολα από μολύνσεις, ενώ η στάθμη τους σημειώνει αυξομειώσεις. Σε αυτά, ζουν αρκετές μορφές με μεγάλη ποικιλία που είναι ιδιαίτερα σημαντική. Πρέπει να σημειωθεί πως η αφθονία των ειδών και η συνολική έκταση που καταλαμβάνουν, όπως και οι διαπλάσεις του γλυκού νερού, παρουσιάζουν τα υψηλότερα επίπεδα βιοποικιλότητας σε σύγκριση με τα χερσαία και τα θαλάσσια οικοσυστήματα (Miller, 2005).

Τα περιβάλλοντα των γλυκών νερών διακρίνονται σε **ευτροφικά** και **ολιγοτροφικά** ανάλογα με τα επίπεδα της οργανικής ύλης και του οξυγόνου που περιέχουν (βλ. εικ.). Με τον όρο ευτροφισμό, υποδηλώνεται η φυσική ή τεχνητή διεργασία κατά την οποία αυξάνεται η συγκέντρωση των οργανικών ενώσεων. Ο εμπλουτισμός μιας υδατοσυλλογής με οργανικές ενώσεις (θρεπτικά συστατικά, ιδιαίτερα άζωτο και φώσφορο) έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της φυτικής βιομάζας (Miller, 2005).



Το γλυκό νερό μπορεί να διακριθεί σύμφωνα με τις διαπλάσεις του, σε τρεχούμενα νερά των ποταμών και σε στάσιμα των λιμνών. Αν και συναντάμε σε ποτάμια, ρυάκια, λίμνες κάθε μεγέθους νηκτόν, πλαγκτόν και βενθικούς οργανισμούς, όπως και σε θάλασσες, ωστόσο οι διάφοροι οργανισμοί και τα είδη έχουν τη δυνατότητα και ζουν σε κάποιο από τα οικοσυστήματα που προαναφέρθηκαν, με παράγοντες που καθορίζονται κυρίως από την ταχύτητα ροής του νερού. Δηλαδή, τα υδρόβια φυτά με ρίζες και οι σκαπτικοί οργανισμοί, ζούν σε οικοσυστήματα λιμνών όπου υπάρχουν συσσωρευμένα ιζήματα. Οι τοπικοί βενθικοί από την άλλη, προτιμούν να ζούν σε ρέοντα νερά με γρήγορη ταχύτητα, κατοικώντας κάτω από βράχους ή μέσα σε ρωγμές (Miller, 2005).



Εικόνα 4. Ολιγοτροφική και ευτροφική λίμνη (Miller, 2005)

Σημειώνεται πως στα οικοσυστήματα του γλυκού νερού δεν εμφανίζεται συνέχεια ομοιογένεια. Γι' αυτό αρκετοί οργανισμοί και πολλά είδη που ζουν σε αυτά, είναι γεωγραφικά απομονωμένα, αφού δεν έχουν τη δυνατότητα να διασχίσουν τα τμήματα ξηράς που μεσολαβούν ανάμεσα σε δύο ποτάμια ή δύο λίμνες και συνεπώς δεν μπορούν να εξαπλωθούν. Το γεγονός αυτό έχει τις παρακάτω καθοριστικές συνέπειες (Miller, 2005):

- Εξαιτίας των κλιματικών αλλαγών, οι οργανισμοί των ποταμών και των λιμνών αναγκάζονται να τις αντιμετωπίσουν. Επίσης αντιμετωπίζουν και άλλες περιβαλλοντικές αλλαγές επί τόπου χωρίς να μπορούν να διαφύγουν.
- Η κατανομή της βιοποικιλότητας του γλυκού νερού είναι έντονη και σε ορισμένες περιπτώσεις είναι μοναδική για μια συγκεκριμένη περιοχή. Ακόμα, πολλές φορές, η μικρή λίμνη ή το μικρό ρέμα είναι ένας χώρος

στον οποίο κάποιοι οργανισμοί αναπτύσσονται και έχουν βιολογική εξέλιξη μοναδικών χαρακτηριστικών μορφών ζωής (**ενδημικά είδη**), για τη συγκεκριμένη περιοχή.

- Στα γλυκού νερού οικοσυστήματα, η βιοποικιλότητα είναι μεγάλη. Ακόμα κι αν σε ορισμένα σημεία ο αριθμός των ειδών είναι μικρός, ο συνολικός αριθμός των διαφορετικών ειδών σε όλη την έκταση του οικοσυστήματος είναι μεγάλος. Θα μπορούσε να ειπωθεί πως οι βιότοποι γλυκού νερού, υποστηρίζουν την ανάπτυξη πολλών διακριτών βιοκοινοτήτων ποικίλης σύνθεσης, χαρακτηριστικό της βιοποικιλότητας του βιοτόπου (Κουσουρής, 1999).

### 3. Αειφόρος ανάπτυξη

Ο όρος «βιώσιμη ανάπτυξη» ή «αειφόρος ανάπτυξη» (sustainable development) έκανε την εμφάνισή του το 1987 από την Επιτροπή των Ηνωμένων Εθνών για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη (Εκθεση Brundtland) (UN, 1987). Όπως αναφέρεται σε αυτόν *«η δυνατότητα να γίνει η ανάπτυξη βιώσιμη – να εξασφαλιστεί ότι απαντά στις ανάγκες του σήμερα, χωρίς να περιορίσει τη δυνατότητα των ερχόμενων γενεών να αντιμετωπίσουν τις δικές τους ανάγκες»*. Με τα δεδομένα αυτά, η βιώσιμη ανάπτυξη επανατοποθετεί τις σχέσεις μεταξύ Οικονομίας και Περιβάλλοντος και προτείνονται πλέον νέες κατευθύνσεις και προτεραιότητες για την Περιβαλλοντική Διαχείριση. Παρέχονται δύο σημαντικά κριτήρια αειφορίας («sustainability»). Αυτά είναι:

1<sup>ο</sup>: η ανάπτυξη απαιτείται να *«απαντά στις ανάγκες του σήμερα»*.

2<sup>ο</sup>: ο ορισμός της αειφορίας δίνει έμφαση στην εξασφάλιση ικανοποίησης των αναγκών και των μελλοντικών γενεών.

Στο πέρασμα των χρόνων αναπτύχθηκε η έννοια όπως και οι επιμέρους εξειδικεύσεις του όρου «αειφόρος ανάπτυξη», στο πλαίσιο διεθνών επιτροπών και συνεδρίων σε επίπεδο κρατών υπό την αιγίδα των Ηνωμένων Εθνών (ΗΕ).

Συγκεκριμένα, το 1975 πραγματοποιήθηκε το πρώτο συνέδριο στη Στοκχόλμη (Συνέδριο του Ανθρώπινου Περιβάλλοντος) στο οποίο αναγνωρίστηκαν για πρώτη φορά οι ενδεχόμενες αντιφάσεις μεταξύ ανάπτυξης και περιβάλλοντος. Αποτέλεσε τον συνδυαστικό κρίκο μεταξύ βιομηχανικών και αναπτυσσόμενων χωρών, με σκοπό να οριοθετηθούν τα «δικαιώματα» της ανθρώπινης οικογένειας σε ένα υγιές και παραγωγικό περιβάλλον. Ήταν η έναρξη για μια σειρά από συναντήσεις που είχαν ως θέμα τα δικαιώματα των ανθρώπων για πρόσβαση σε επαρκή τροφή, σε στέγαση, σε ασφαλές νερό, σε μέσα οικογενειακού προγραμματισμού.

Η αναγνώριση της ζωτικής σημασίας στη σχέση της ανθρωπότητας με τη φύση, οδήγησε στην εγκαθίδρυση των παγκόσμιων οργανισμών υπό την αιγίδα των ΗΕ.

Την χρονιά του 1980, η Διεθνής Ένωση για τη Διατήρηση των Φυσικών Πόρων (International Union for the Conservation of Natural Resources, IUCN)

δημοσίευσε την Παγκόσμια Στρατηγική Διατήρησης (World Conservation Strategy, WCS). Αυτή αποτέλεσε τον προάγγελο της έννοιας της βιώσιμης ανάπτυξης. Σε αυτήν την στρατηγική υποστηρίχθηκε ότι η διατήρηση της φύσης δεν μπορεί να επιτευχθεί χωρίς την ανάπτυξη που αποσκοπεί στην ανακούφιση της φτώχειας και της δυστυχίας των εκατοντάδων εκατομμυρίων ανθρώπων, ενώ υπογράμμισε και την αλληλεξάρτηση της διατήρησης και της ανάπτυξης, όπου η τελευταία είναι αλληλένδετη με την προστασία του περιβάλλοντος.

Το 1982 ιδρύεται η Παγκόσμια Επιτροπή για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη από τη Γενική Συνέλευση των ΗΕ, συντονίστηκε από την Gro Harlem Brundtland και εξέδωσε το κείμενο «Το κοινό μας Μέλλον» το 1987 από το οποίο προέκυψε ο ορισμός της «αειφόρου ανάπτυξης». *Η επιτροπή εργάστηκε στην ενοποίηση του περιβάλλοντος και της ανάπτυξης. Ουσιαστικά ανέπτυξε τον ισχυρισμό ότι το περιβάλλον είναι ο χώρος στον οποίο ζούμε και επομένως πραγματική ανάπτυξη δεν νοείται χωρίς βελτίωση του χώρου αυτού. Η πρωτοβουλία της WCS κορυφώθηκε με την έγκριση του Παγκόσμιου Καταστατικού Χάρτη για τη Φύση (World Charter for Nature). Ο Χάρτης δήλωσε ότι «η ανθρωπότητα είναι ένα μέρος της φύσης και η ζωή εξαρτάται από την αδιάλειπτη λειτουργία των φυσικών συστημάτων» (Μουσιόπουλος και συν., 2015:14).*

Στο Ρίο το 1992 πραγματοποιήθηκε η «Διάσκεψη για τη Γη» όπου ηγέτες από 165 χώρες δεσμεύτηκαν να λάβουν μέτρα και να εφαρμόσουν πολιτική διεξόδου από την περιβαλλοντική κρίση, όπως αυτή περιγράφονταν στο κείμενο που προσυπέγραψαν, το οποίο έμεινε γνωστό ως «Ατζέντα 21». Η «Ατζέντα 21: Ένα Πρόγραμμα Δράσης για τη Βιώσιμη Ανάπτυξη» περιελάμβανε τη Διακήρυξη του Ρίο για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη, η οποία αναγνωρίζει το δικαίωμα κάθε έθνους να επιζητήσει οικονομική και κοινωνική πρόοδο και παραμένει σταθερή μέχρι σήμερα. Για πρώτη φορά επίσης, ο σύγχρονος τρόπος ζωής σχολιάστηκε στην Αρχή 8 της Διακήρυξης του Ρίο. Η επείγουσα ανάγκη μιας βαθιάς μεταβολής των προτύπων κατανάλωσης και παραγωγής, αναγνωρίστηκε ευρέως από τα μέλη των ΗΕ. (ό.π.). Συγκεκριμένα η Ατζέντα 21 επιβεβαίωσε ότι η αειφόρος ανάπτυξη οριοθετήθηκε με την ολοκληρωμένη προσέγγιση των οικονομικών, κοινωνικών και περιβαλλοντικών πυλώνων. Σύμφωνα με τη δέσμευση αυτή, τα κράτη ανέλαβαν την υποχρέωση να επαναπροσδιορίσουν την αναπτυξιακή τους στρατηγική στην κατεύθυνση των αρχών της αειφόρου ανάπτυξης, λαμβάνοντας συγκεκριμένα μέτρα για μια σειρά από

εξαιρετικής σημασίας περιβαλλοντικά προβλήματα (βιοποικιλότητα, φαινόμενο του θερμοκηπίου κ.ά.) που απαιτούν οργανωμένη και συντονισμένη δράση. Είναι χαρακτηριστική η έκφραση «Αρμονία με τη φύση» η οποία ήρθε στο προσκήνιο με την πρώτη αρχή της Διακήρυξης του Ρίο: «Οι άνθρωποι βρίσκονται στο επίκεντρο των ανησυχιών για την αειφόρο ανάπτυξη. Δικαιούνται μια υγιή και παραγωγική ζωή σε αρμονία με τη φύση». Το 1993 συστάθηκε η Επιτροπή για την Αειφόρο Ανάπτυξη (Commission on Sustainable Development, CSD) για την παρακολούθηση σχετικά με την εφαρμογή της Ατζέντας 21) (Μουσιόπουλος και συν., 2015:14).

Ακολούθησε το 1997 τον Ιούνιο η 2<sup>η</sup> Παγκόσμια Διάσκεψη για το περιβάλλον και την ανάπτυξη στην έδρα των ΗΕ στη Νέα Υόρκη, όπου πραγματοποιήθηκε ο απολογισμός της εφαρμογής των μέτρων που περιελάμβανε η Ατζέντα 21. Διαπιστώθηκε ότι είναι σημαντική η ανάγκη για επικύρωση, ενίσχυση και αυστηρότερη εφαρμογή των διεθνών συμβάσεων και συμφωνιών που αφορούν στο περιβάλλον και στην ανάπτυξη, καθώς τα κράτη φάνηκαν διστακτικά στη λήψη μέτρων που θα είχαν οικονομικό κόστος.

Έπειτα από μια δεκαετία της διάσκεψης του Ρίο, το 2002 στο Γιοχάνεσμπουργκ πραγματοποιήθηκε η Παγκόσμια Διάσκεψη για την αειφόρο ανάπτυξη που επιβεβαίωσε ότι η αειφόρος ανάπτυξη είναι κεντρικό ζήτημα στη διεθνή ατζέντα. Γενικά σε αυτή δε μπόρεσαν να καθοριστούν επακριβείς στόχοι και πολιτικές. Η διάσκεψη συμφώνησε για το Σχέδιο Εφαρμογής του Γιοχάνεσμπουργκ (Johannesburg Plan of Implementation, JPOI), ενώ η CSD εστίασε στην παρακολούθηση της εφαρμογής της αειφόρου ανάπτυξης (Μουσιόπουλος και συν., 2015:14).

Το Δεκέμβριο του 2009, η Γενική Συνέλευση των ΗΕ ενέκρινε ψήφισμα (A/RES/64/236) για την πραγματοποίηση διάσκεψης των ΗΕ για την Αειφόρο Ανάπτυξη (UNCSD) το 2012 - που αναφέρεται επίσης ως «Ρίο +20» ή «Rio 20». Στη Διάσκεψη τέθηκαν προς επίτευξη τρεις στόχοι:

- η εξασφάλιση ανανεωμένης πολιτικής δέσμευσης για την αειφόρο ανάπτυξη,
- η αξιολόγηση της προόδου και τα κενά στην εφαρμογή των δεσμεύσεων
- η αντιμετώπιση νέων και αναδυόμενων προκλήσεων.

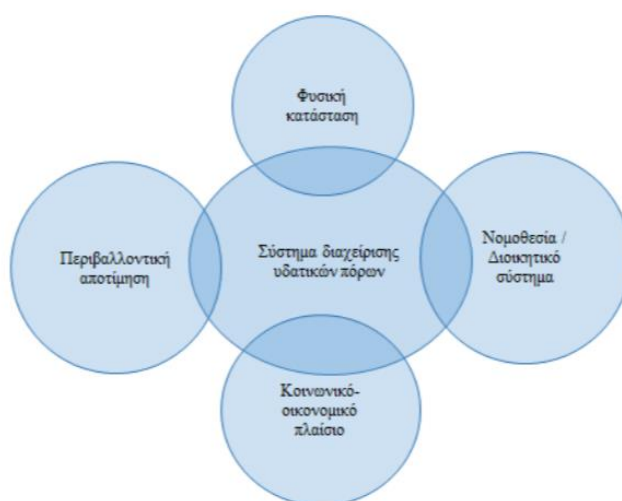
Επιπλέον, συμφωνήθηκαν από τα κράτη μέλη δύο σημαντικά ζητήματα: η πράσινη οικονομία στο πλαίσιο της αειφόρου ανάπτυξης, η εξάλειψη της φτώχειας, καθώς και το θεσμικό πλαίσιο για την αειφόρο ανάπτυξη.

Ακολούθησαν και άλλες διασκέψεις όπως το πρωτόκολλο του Κιότο, που αποτελεί μια διεθνή συμφωνία- πλαίσιο των ΗΕ για την Κλιματική Αλλαγή η οποία δεσμεύει τα συμβαλλόμενα μέρη της για τη μείωση των εκπομπών βάσει νομικών υποχρεώσεων. Αναγνωρίζοντας ότι οι ανεπτυγμένες χώρες είναι κυρίως υπεύθυνες για τα σημερινά υψηλά επίπεδα των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα, το πρωτόκολλο προσδίδει μεγαλύτερη επιβάρυνση για τις ανεπτυγμένες χώρες βάσει της αρχής των «κοινών αλλά διαφοροποιημένων ευθυνών». Το πρωτόκολλο του Κιότο υιοθετήθηκε στο Κιότο της Ιαπωνίας στις 11 Δεκεμβρίου 1997 και τέθηκε σε ισχύ στις 16 Φεβρουαρίου 2005, με πρώτη περίοδο δέσμευσης από το 2008 έως το 2012. Τα αποτελέσματα και η αποτίμηση της πρώτης περιόδου εφαρμογής αποτέλεσαν τη βάση για την περαιτέρω πορεία. Το 2012 στη διάσκεψη της Ντόχα για το κλίμα, όλα τα συμβαλλόμενα μέρη του πρωτοκόλλου του Κιότο ενέκριναν την τροποποίηση της Ντόχα, η οποία καθιερώνει μία δεύτερη περίοδο δέσμευσης του πρωτοκόλλου του Κιότο, από την 1η Ιανουαρίου 2013 έως τις 31 Δεκεμβρίου 2020, θεσπίζοντας περαιτέρω διατάξεις για την εφαρμογή των υποχρεώσεων των συμβαλλόμενων μερών. Σημειώνεται ότι η ΕΕ επικύρωσε την τροποποίηση της Ντόχα με την Απόφαση (ΕΕ) 2015/1339 του Συμβουλίου, της 13ης Ιουλίου 2015. Η βιώσιμη ανάπτυξη αποτελεί πλέον διεθνή όρο. Η έννοια έχει ενσωματωθεί σε πολλές διακηρύξεις των ΗΕ και στην εφαρμογή τους, ενώ συνιστά κυρίαρχο παράγοντα ιδρυμάτων και οργανισμών που εργάζονται στον οικονομικό, κοινωνικό και περιβαλλοντικό τομέα ([www.un.org](http://www.un.org)).

### **3.1 Αειφόρος ανάπτυξη και Ύδατα**

Από τα στοιχεία που έχουν συλλεχθεί από τον ΗΕ (UN - WWDR, 2012 και UN - Water, 2014b), περίπου 3,5 εκατομμύρια θάνατοι που σχετίζονται με την ανεπαρκή ύδρευση, αποχέτευση και υγιεινή, καταγράφονται ετησίως, κυρίως στις αναπτυσσόμενες χώρες. Το νερό παρουσιάζει κακή ποιότητα συνεπώς και τεράστιο οικονομικό κόστος, που αποτυπώνεται ως υποβάθμιση των οικοσυστημικών υπηρεσιών, δαπάνες που αφορούν στην υγεία, αρνητικές επιπτώσεις στις οικονομικές δραστηριότητες όπως η γεωργία, η βιομηχανική παραγωγή και ο τουρισμός αλλά και αύξηση του κόστους επεξεργασίας των υδάτων.

Ακόμα, εκτιμάται πως άνω του 80% των υδάτων που χρησιμοποιούνται παγκοσμίως, δεν συλλέγονται ή υποβάλλονται σε επεξεργασία, όπως δεν πραγματοποιείται η απαραίτητη επεξεργασία υγρών αποβλήτων και τοξικών ουσιών από τις βιομηχανίες. Σημειώνεται δε, πως υπάρχει έλλειψη ποιοτικών στοιχείων που θα δύνανται να υποστηρίξουν τη λήψη αποφάσεων και τον στρατηγικό σχεδιασμό. Έχοντας στόχο να διευκολυνθεί η κατανόηση των πολλαπλών λειτουργιών των υδάτων στο κοινωνικό περιβάλλον, το επικαιροποιημένο πρόγραμμα των ΗΕ (UN - Water, 2014a) επικεντρώνεται σε πέντε μετρήσιμους στόχους, οι οποίοι θα πρέπει να εφαρμόζονται σε παγκόσμιο επίπεδο, να ανταποκρίνονται στις εθνικές ανάγκες και να προσαρμόζονται στο περιβάλλον κάθε χώρας, με ορίζοντα εφαρμογής το 2030 (Μουσιόπουλος και συν. 2015).



Εικ.5 Σύστημα διαχείρισης υδατικών πόρων (UNEP, 2001 στο Μουσιόπουλος και συν., 2015:10

Για τα ύδατα έχει γίνει αναφορά στις διασκέψεις που πραγματοποιήθηκαν για το περιβάλλον και την περιβαλλοντική εκπαίδευση. Συγκεκριμένα στη διάσκεψη της Τιφλίδας (1977) στο άρθρο α) Στρατηγικές και προγράμματα της περιβαλλοντικής ενημέρωσης αναφέρεται

- Προτείνει στα Κράτη-Μέλη να οραματιστούν μια εκστρατεία ενημέρωσης του κοινού, επικεντρωμένη στα σημαντικά εθνικά και περιφερειακά περιβαλλοντικά προβλήματα, όπως τα γλυκά νερά και να προωθήσουν τη γενική εκπαίδευση του

κοινού. Η εκστρατεία θα πρέπει να πραγματοποιηθεί στα επόμενα χρόνια από διάφορα Κράτη -Μέλη σε μια κατά το δυνατόν καλύτερα συντονισμένη κοινή δράση.

Στη Διάσκεψη της Μόσχας (1987) αναφέρεται «*Το υδάτινο περιβάλλον εξακολουθεί να είναι ρυπασμένο από τα βιομηχανικά και οικιακά απόβλητα. Για το θαλάσσιο περιβάλλον, θα πρέπει να αναφερθεί ότι η εντατικοποίηση της δράσης του UNEP μέσω του προγράμματος περιφερειακών θαλασσών, έκανε 100 παράκτιες χώρες να συνεργαστούν για τη δημιουργία προγραμμάτων δράσης και συμβάσεων για τουλάχιστον δέκα θαλάσσιες περιοχές. Πρόοδος έχει επίσης πραγματοποιηθεί για τα γλυκά νερά μετά από μία διακρατική προσέγγιση στη διαχείριση των ορισμένων ποτάμιων λεκανών.*»

Στην AGENDA 21 (1992) αναφέρεται πως ε) *Οι αρμόδιες Αρχές πρέπει να εξασφαλίσουν την απαραίτητη στήριξη σε κάθε σχολείο ώστε να μπορεί να σχεδιάζει προγράμματα περιβαλλοντικών δραστηριοτήτων, με τη συμμετοχή των μαθητών και του διδακτικού προσωπικού. Τα σχολεία πρέπει να φροντίζουν ώστε οι μαθητές να έχουν τη δυνατότητα να εμπλέκονται σε τοπικές και περιφερειακές μελέτες σχετικές με την περιβαλλοντική υγεία, το πόσιμο νερό, την υγιεινή, τη διατροφή και τα οικοσυστήματα, όπως επίσης σε συναφείς με αυτές δραστηριότητες, συνδέοντας αυτές τις μελέτες με υπηρεσίες και έρευνες σε εθνικούς δρυμούς, καταφύγια άγριων ζώων, μνημεία οικολογικής κληρονομιάς κ.ά.*

Όπως αναφέρει ο νομικός Παπακωνσταντίνου (2004)<sup>2</sup> σχετικά με τη χρήση των υδάτων, το Δικαστήριο στην Ελλάδα έκρινε ότι «*τα μικρά νησιά, τα οποία αποτελούν ευπαθή οικοσυστήματα με μικρά αποθέματα ύδατος, δεν επιδέχονται ένταση στην παραγωγική εκμετάλλευση των υδατικών τους πόρων, η βιώσιμη διαχείριση των οποίων πρέπει να περιλαμβάνει και την εκτίμηση και αξιολόγηση της εκάστοτε αποφασιζόμενης διαχειρίσεως εν σχέση με την ποιότητα και ποσότητα των διαθεσίμων πόρων του υδροφόρου ορίζοντα και τις τυχόν επιπτώσεις σε άλλες χρήσεις*» (Σ.τ.Ε. 394/1999).

Σχετικά με αυτό, ο Ν.3199/2003 για τη διαχείριση των υδατικών πόρων, αναφέρει (ι) Νομοθεσία κατά της ρύπανσης των υδάτων γενικότερα, κυρίως με τη

---

<sup>2</sup> <https://nomosphysis.org.gr/8307/i-suntagmatiki-arxi-tis-biosimis-anaptuksis-ton-nisiotikon-perioxon-oktobrios-2004/>



θέσπιση ορίων συγκεκριμένων ουσιών που κυκλοφορούν στα ύδατα, (όπως ενδεικτικά:

- ΚΥΑ 55648/2210/91, Μέτρα και περιορισμοί για την προστασία του υδάτινου περιβάλλοντος και ειδικότερα καθορισμός οριακών τιμών των επικίνδυνων ουσιών στα υγρά απόβλητα,
- ΚΥΑ 26857/553/88, Μέτρα και περιορισμοί για την προστασία των υπόγειων νερών από απορρίψεις ορισμένων επικίνδυνων ουσιών,
- ΠΥΣ 144/87, Προστασία του υδάτινου περιβάλλοντος από τη ρύπανση που προκαλείται από ορισμένες επικίνδυνες ουσίες που εκχέονται σ' αυτό και ειδικότερα καθορισμός οριακών τιμών ποιότητας του νερού σε κάδμιο, υδράργυρο και εξαχλωροκυκλοεξάνιο,
- ΥΑ 16190/1335/97, Μέτρα και όροι για την προστασία των νερών από τη νιτρορύπανση γεωργικής προέλευσης) και με την αντιμετώπιση ρυθμίσεων για τα απόβλητα (όπως ενδεικτικά:
- ΚΥΑ 50910/2727/2003, Μέτρα για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων,
- ΥΑ 114218/97, Κατάρτιση πλαισίου προδιαγραφών και γενικών προγραμμάτων διαχείρισης στερεών αποβλήτων)

#### 4. Ευπαλίνειο όρυγμα

Ένα από τα μεγαλύτερα τεχνικά έργα της αρχαίας Ελλάδας είναι το Ευπαλίνειο όρυγμα. Το έργο αυτό περιλαμβάνει μία σήραγγα μήκους 1.036 μέτρων που βρίσκεται κοντά στο σημερινό Πυθαγόρειο της νήσου Σάμου. Μαζί με τον ευρύτερο αρχαιολογικό χώρο του Πυθαγορείου, έχει υιοθετηθεί από την UNESCO ως ένα από τα μνημεία της παγκόσμιας πολιτιστικής κληρονομιάς.

Η κατασκευή του έγινε το 530 π.χ., προκειμένου να παροχετευθεί το νερό κοντινής πηγής στην πόλη, από το μηχανικό Ευπαλίνο τον Μεγαρέα και φέρει το όνομά του.

Ο εντοπισμός του έγινε έπειτα από αναζήτηση και με βάση την περιγραφή του Ηρόδοτου, ο οποίος αναφέρονταν στο έργο αυτό και το περιγράφει. Για την σημερινή εποχή θεωρείται πως αποτελεί άθλο ένα έργο σαν κι αυτό, αναλογιζόμενοι την εποχή και με τα μέσα που είχε στη διάθεσή του ο Ευπαλίνος.

Την εποχή που ο Πολυκράτης ήταν τύραννος στη Σάμο, το νησί αποτελούσε ισχυρό ναυτιλιακό και εμπορικό κέντρο της Ελλάδος. Αυτήν την περίοδο γίνονται τρία μεγάλα έργα: ο ναός της Ήρας, το λιμάνι της Σάμου και το υδραγωγείο της πόλης. Το υδραγωγείο χαρακτηρίζεται ως σπουδαίο τεχνολογικό κατόρθωμα, το οποίο αναφέρεται στον Ηρόδοτο. Βάσει αυτών των κειμένων μπόρεσε να γίνει η ανακάλυψή του και η ανασκαφή του.

Το 1853, ο Γάλλος αρχαιολόγος Victor Guérin ακολουθώντας την περιγραφή του Ηρόδοτου, πήγε στη Σάμο προς αναζήτηση του ορύγματος. Εντόπισε την πηγή και την αρχή του αγωγού αλλά δεν έφτασε στο όρυγμα. Ακολούθησαν περισσότερες έρευνες έως ότου το 1882, ένας μοναχός αποκάλυψε το όρυγμα και έγινε μια προσπάθεια επαναλειτουργίας του αγωγού. Εξαιτίας της δυσκολίας καθαρισμού του, ο αγωγός εγκαταλείφθηκε. Δυο χρόνια μετά, το 1884, ο Γερμανός αρχαιολόγος Ernst Fabricius ερευνά το όρυγμα, όσο ήταν δυνατό εκείνη την εποχή και σημειώνει την θέση του σε ένα χάρτη του Βρετανικού Ναυαρχείου (εικ. 6).



Εικόνα. 6 Η πρώτη απεικόνιση του ορύγματος από τον Ernst Fabricius το 1884.

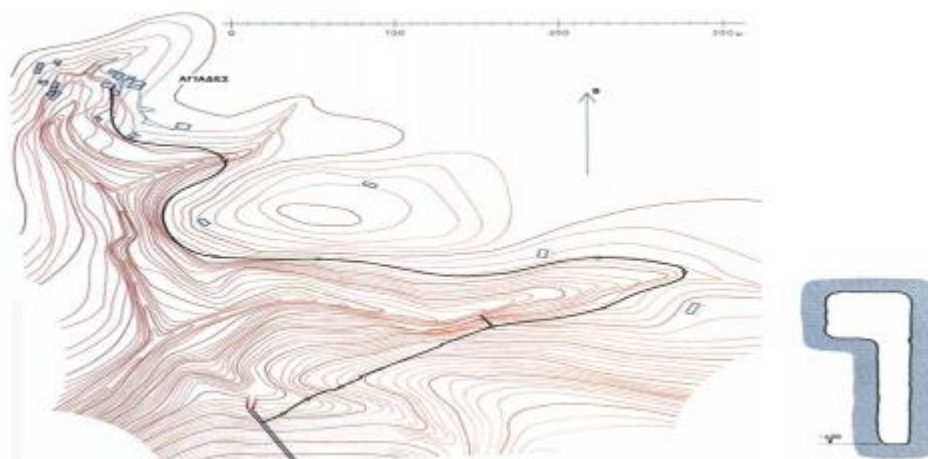
Το 1971, 90 χρόνια αργότερα, ο Ulf Jantzen, διευθυντής του Γερμανικού Αρχαιολογικού Ινστιτούτου της Αθήνας, θέλησε να συνεχίσει το έργο του. Έτσι ξεκίνησαν οι ανασκαφές που διήρκεσαν πάνω από δύο χρόνια. Αφού οργανώθηκε η μελέτη του έργου, ανατέθηκε στον Γερμανό αρχαιολόγο Hermann Kienast που δημοσίευσε τα συμπεράσματά του το 1995.

Το σημαντικότερο τμήμα του έργου ύδρευσης της πόλης αποτελούσε το όρυγμα. Κατασκευάστηκε το 530 π.Χ. και, σύμφωνα πάντα με την αναφορά του Ηρόδοτου, μηχανικός του έργου ήταν ο Ευπαλίνος από τα Μέγαρα, γιός του Ναυστρόφου. Στις γραπτές πηγές αναφέρεται ότι μεταξύ των 56 μαθητών του Πυθαγόρα, όσο ζούσε ακόμα στη Σάμο, ήταν και κάποιος Ευπαλίνος. Συγκεκριμένα ο καθηγητής της φιλοσοφίας του Πανεπιστημίου Αθηνών Γεώργιος Σακελλαρίου, αναφέρει αυτό το όνομα. Δεδομένου πως το όνομα αυτό δεν ήταν πολύ διαδεδομένο, υποθέτουμε ότι ο Ευπαλίνος ήταν ήδη στη Σάμο μαθητής του Πυθαγόρα, όταν του ανατέθηκε το έργο.

Στόχος του Ευπαλίνου, μηχανικού που ανέλαβε το έργο, ήταν να δημιουργήσει μία σήραγγα διαμέσου του όρους Άμπελος, ώστε να υδροδοτήσει την πόλη της Σάμου, που σήμερα ονομάζεται Πυθαγόρειο. Η πηγή των Αγιάδων βρίσκεται πίσω από το όρος Άμπελος στα Β.Δ. της πόλης. Είχε παροχή 400 κ.μ. τη

μέρα και ήταν διαμορφωμένη από την αρχαιότητα ώστε το νερό να αναβλύζει μέσα από το φυσικό βράχο. Είχε σκεπαστεί ώστε να μην εντοπίζεται και το υψόμετρο της στάθμης της ήταν στα 52 μέτρα. Ο μηχανικός του έργου έπρεπε να καταφέρει ώστε να τροφοδοτείται η πόλη από το νερό της πηγής των Αγιαδάων. Επίσης ο αγωγός να είναι υπόγειος, διαμέσου του βουνού, με επισκέψιμα τα τμήματά του, ώστε να μην είναι εντοπίσιμη η παροχή από τυχόν εχθρούς. Τέλος, το στόμιο που εκβάλλει στην πόλη να βρίσκεται εντός των τειχών και σε υψόμετρο που να εξασφαλίζει την αβίαστη παροχή σε όλη την πόλη (Τοκμακίδης & Τοκμακίδης, χ.χ.).

Πιθανόν οι διαδρομές του αγωγού βρίσκονταν περιμετρικά του βουνού, με επιφανειακή τάφρο, ή υπόγεια σήραγγα. Ο Ευπαλίνος επέλεξε τη δεύτερη λύση. Στη λύση αυτή τον οδήγησε το γεγονός ότι, αν ακολουθούσε την πρώτη, τότε, λόγω του συνολικού μήκους του αγωγού και της υδραυλικής κλίσης, το νερό θα έφτανε μέσα στην πόλη σε χαμηλότερο υψόμετρο και θα είχε προβλήματα ροής σε μεγαλύτερα ύψη. Οι λόγοι που οδήγησαν στην κατασκευή του ήταν η λειψυδρία, η αδυναμία ικανοποίησης αναγκών σε νερό από πηγάδια και η εξασφάλιση της παροχής νερού σε περίπτωση πολιορκίας (ό.π.).

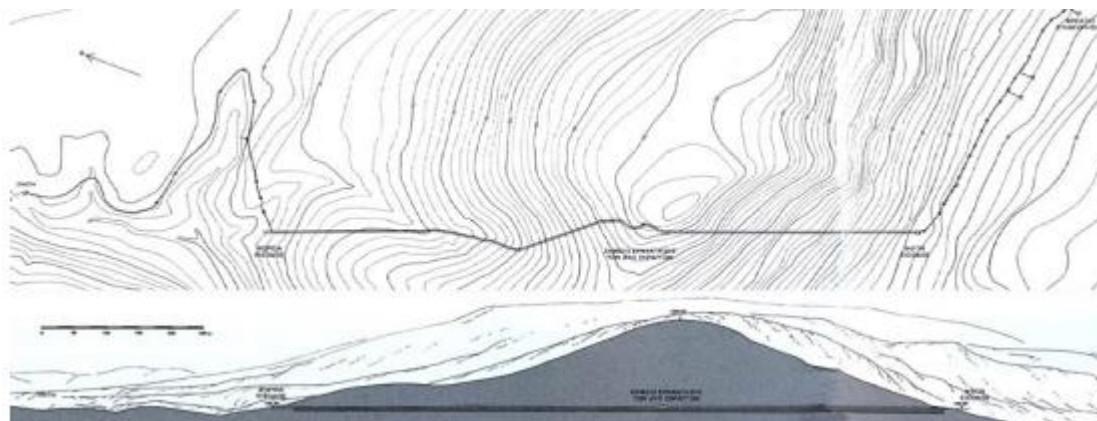


Εικόνα 7. Ο αγωγός από την πηγή μέχρι το ορύγμα και μία τυπική διατομή του ορύγματος

Από την πηγή κατασκεύασε 870 μέτρα αγωγού έως το βουνό (εικ.), μέσα σε υπόγεια κτιστή τάφρο, στη συνέχεια 1036 μέτρα μέσα στη σήραγγα, που ανοίχθηκε στο βουνό και τέλος 520 μέτρα από το βουνό στη δεξαμενή της πόλης, πάλι μέσα σε τάφρο (Τοκμακίδης & Τοκμακίδης, χ.χ.).

Η κατασκευή της σήραγγας είναι οριζόντια, (για το φόβο των υπόγειων υδάτων), και ευθύγραμμη, (σε υψόμετρο +55.8 μέτρων από την επιφάνεια της θάλασσας). Η κατασκευή της έγινε αμφίστομος, (με εκσκαφή συγχρόνως και από τα δύο άκρα, για εξοικονόμηση χρόνου) και στη συνέχεια κατασκευάστηκε κεκλιμένο αυλάκι στο δάπεδο της οριζόντιας σήραγγας, μέσα από το οποίο το νερό διοχετευόταν στη δεξαμενή της πόλης μέσω πήλινων αγωγών. Η οριζόντια σήραγγα μήκους 1036 μ. ξεκινά από τη βόρεια πλαγιά του όρους Άμπελος, (σημερινό Κάστρο) και καταλήγει στη νότια. Βρίσκεται 180 μ. κάτω από την κορυφή του βουνού. Το πραγματικό όρυγμα έχει ορθογωνική διατομή με διαστάσεις 1.80 x 1.80 μ. (ό.π.)

Μέσα στο όρυγμα και σε βάθος 3.5-8.5 μ. δημιουργήθηκε κανάλι για τον αγωγό με κλίση 0.6% που μετέφερε το νερό στην πόλη. Η κατασκευή αυτή αποδεικνύει το υψηλό επίπεδο γνώσεων και τρόπου αντιμετώπισης των προβλημάτων που είχαν οι μηχανικοί του 6ου π.Χ. αιώνα. Για την κατασκευή του ήταν απαραίτητες γνώσεις μαθηματικών, γεωμετρίας, τοπογραφίας και γεωδαισίας. Το καταπληκτικό επίτευγμα του έργου μπορεί να εκτιμηθεί από το μέγεθος των αριθμών. Δηλαδή για τον αγωγό από την πηγή μέχρι τη σήραγγα έπρεπε να εκσκαφούν 1500 κ.μ., για τη σήραγγα με το κανάλι της 5000 κ.μ. και για τον αγωγό της πόλης ακόμα 500 κ.μ. και όλες αυτές οι εκσκαφές έπρεπε να γίνουν με το σφυρί και το καλέμι χειρωνακτικά (εικ. )(Τοκμακίδης & Βλάχος, 2005· Τοκμακίδης & Τοκμακίδης, χ.χ.).



Εικόνα 8 . Τοπογραφικό διάγραμμα και τομή του αγωγού από την πηγή μέχρι την πόλη

### *Επιτεύγματα του Ευπαλίνου*

Ο Ευπαλίνος είχε ν' αντιμετωπίσει για την κατασκευή του έργου τοπογραφικές δυσκολίες. Αυτές ήταν ο προσδιορισμός των δύο άκρων της σήραγγας στις δύο πλαγιές του βουνού, ώστε να βρίσκονται στο ίδιο υψόμετρο, ο προσδιορισμός της διεύθυνσης εκσκαφής με την οποία θα εισέρχονταν στο βουνό τα δύο συνεργεία και η υλοποίηση της διαδρομής του αγωγού του νερού με βάση την κλίση που διάλεξε (0,6%), στο ανάγλυφο του εδάφους. Οι έλεγχοι, οι καθημερινές μετρήσεις και οι τροποποιήσεις της πορείας είναι ακόμα και τώρα ορατά και ανεξίτηλα χαραγμένα στο βράχο του υπόγειου έργου. Ακόμα, χρησιμοποίησε τα γράμματα της αλφαβήτου για να σημάνει στο βράχο χαρακτηριστικές θέσεις και στάθμες (Τοκμακίδης & Τοκμακίδης, χ.χ.).

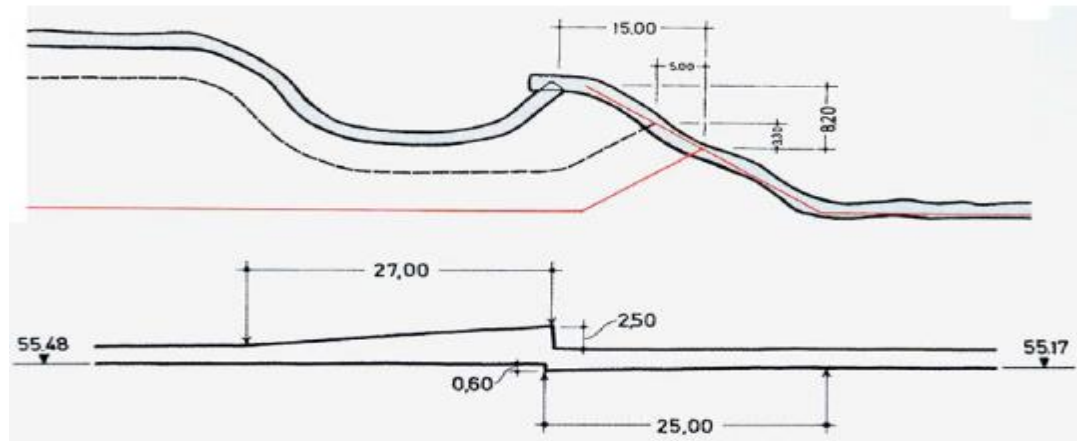
Για να συναντηθούν τα δύο συνεργεία, που είχαν ξεκινήσει πριν από 10 χρόνια τη διάνοιξη του ορύγματος, είχαν να αντιμετωπίσουν το σκληρό ασβεστόλιθο αλλά και κάποια απρόοπτα, όπως τον καρστικό σχηματισμό, που συνάντησε το συνεργείο του βόρειου κλάδου, το οποίο αναγκάστηκε να αλλάξει την πορεία του, ακολουθώντας το σχηματισμό αυτόν. Τόλμημα αποτελεί η ταυτόχρονη εκσκαφή από δύο μέτωπα, επιτυχία αποτελεί η συνάντηση των δύο συνεργείων με ελάχιστη απόκλιση, εφευρετικότητα αποτελεί η εκσκαφή του κεκλιμένου αυλακιού για την τοποθέτηση των πηλίνων σωλήνων και ακρίβεια αποτελεί η ενιαία κλίση 0,6% κατά μήκος ολόκληρου του αγωγού. Σοβαρά τεχνικά επιτεύγματα αποτελούν (Τοκμακίδης & Βλάχος, 2005· Τοκμακίδης & Τοκμακίδης, χ.χ.):

- η διαδικασία ελέγχου για την ταυτόχρονη εκσκαφή από δύο μέτωπα
- η συνάντηση των δύο άκρων με τόσο μικρές για την εποχή και τα μέσα αποκλίσεις
- η εκσκαφή του επικλινούς ορύγματος μέσα στο κυρίως όρυγμα
- η τήρηση ενιαίας κλίσης 0.6% σε όλο το μήκος του αγωγού

Ο Ευπαλίνος πέτυχε τη συνάντηση των δύο κλάδων με μικρό σφάλμα κατεύθυνσης  $0.64^\circ$  στη βόρεια σήραγγα. Ωστόσο, για να είναι βέβαιος ότι θα συναντηθούν οι δύο κλάδοι, ανύψωσε την οροφή της βόρειας σήραγγας στα τελευταία 27 μέτρα και αύξησε την κατωφέρεια του δαπέδου της νότιας σήραγγας στα τελευταία 25 μέτρα ώστε να διευρυνθεί το μέτωπο συνάντησης. Αποδείχτηκε μετά τη συνάντηση των δύο μετώπων ότι και να μην το έκανε αυτό, πάλι τα δύο

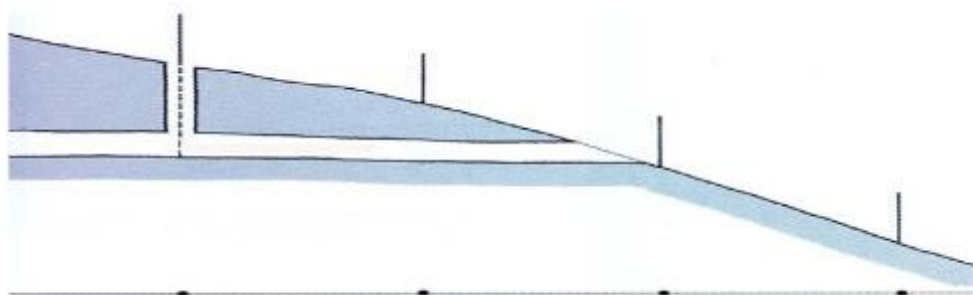
μέτωπα θα συναντιόνταν με μια ελάχιστη απόκλιση για την εποχή εκείνη, της τάξης των 28 εκατοστών.

Συγκεκριμένα η απόκλιση από το ιδανικό σημείο συνάντησης ήταν 15 μέτρα σε μήκος και 8.2 μέτρα σε πλάτος (εικ.). Αν παρατηρήσουμε όμως πιο προσεκτικά, θα αντιληφθούμε ότι με τον τρόπο που πέτυχε τη συνάντηση των δύο μετώπων, μείωσε τη συνολική εργασία των δύο συνεργείων (Τοκμακίδης & Τοκμακίδης, χ.χ.).



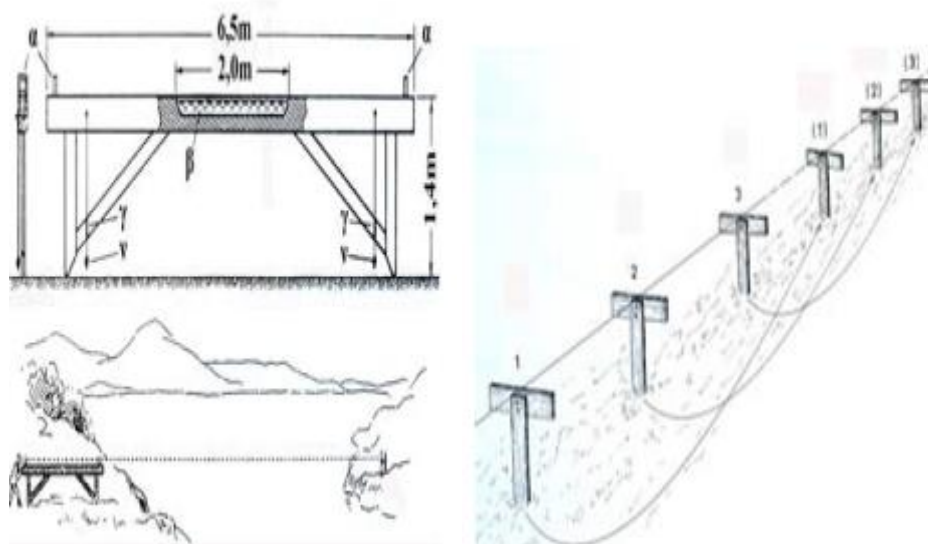
Εικόνα 9. Σχέδιο αγωγού από την πηγή μέχρι την πόλη

Μέχρι και σήμερα υπάρχουν πολλά ερωτήματα και δεν έχουν απαντηθεί όλες οι σχετικές λεπτομέρειες από μελετητές του έργου που έχουν αναλώσει πολλά χρόνια στη μελέτη του. Όμως υπάρχουν ευρήματα που μαρτυρούν κάποιες τεχνικές, όπως για παράδειγμα η χάραξη της ευθυγραμμίας της σήραγγας στη νότια πλευρά της, όπου στα 40 μ. από την είσοδο βρέθηκε επί αυτής κατακόρυφο πηγάδι που πιστεύεται ότι κατασκευάστηκε για να ελεγχθεί η ευθυγραμμία (εικ. ) (Τοκμακίδης, 2009).



Εικόνα 10. Χάραξη της ευθυγραμμίας στο νότιο μέτωπο

Εικάζεται πως για την υλοποίηση της οριζόντιας στάθμης, χρησιμοποίησε ένα όργανο γνωστό την εποχή εκείνη, το χωροβάτη (εικ.), με τον οποίο υλοποιούσε το οριζόντιο επίπεδο με την συνδρομή σανίδων οι οποίες πακτώνονταν στο έδαφος κατά τέτοιο τρόπο ώστε το πάνω μέρος τους να προβάλλει το οριζόντιο επίπεδο (εικ. ) (Τοκμακίδης & Βλάχος, 2005).



Εικ 11 Χωροβάτης

Υλοποίηση οριζοντίου επιπέδου

Τέλος είναι σίγουρο ότι χρησιμοποίησε το διαβήτη, ένα άλλο όργανο που ήταν γνωστό την εποχή εκείνη που βοηθάει στη χάραξη και στον εντοπισμό κλίσεων, ενώ δεν είναι βέβαιο ότι χρησιμοποίησε τη δίοπτρα του Ήρωνα του Αλεξάνδρεια.

Ο Ευπαλίνος κατόρθωσε για πρώτη φορά στην ιστορία της ανθρωπότητας να κατασκευάσει ένα τέτοιο έργο. Οργάνωσε και εκτέλεσε το σχέδιό του με απόλυτη ακρίβεια. Στο τέλος γιόρτασε την επιτυχία του σμιλεύοντας ανεξίτηλα στην επένδυση του ορύγματος τη λέξη ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ με γράμματα ύψους 30 εκ. και το όνομά του έμεινε στην ιστορία.

### **Σημερινή κατάσταση**

Στις μέρες μας μόνο ένα τμήμα του ορύγματος είναι επισκέψιμο ειδικά προς το νότιο στόμιό του, μήκους περίπου 130 μέτρων. Όμως η Εγνατία οδός ΑΕ χρηματοδότησε πρόσφατα μια πλήρη μελέτη αποκατάστασης και θεραπείας του ορύγματος, προκειμένου να αποδοθεί στο κοινό. Επικεφαλής της μελετητικής ομάδας ήταν ο πολιτικός μηχανικός Κώστας Ζάμπας. Συνεργάστηκαν μαζί του μια



τοπογραφική ομάδα του Τοκμακίδη Κ., μια γεωλογική ομάδα υπό τον καθ. Γρηγόρη Τσόκα, μια γεωτεχνική ομάδα υπό το μελετητή Γεώργιο Ντουνιά και μια μηχανολογική ομάδα υπό το μελετητή Βασίλειο Κωνσταντινίδη (Τοκμακίδης & Τοκμακίδης, χ.χ.).

## 5. Ορθολογική διαχείριση των δικτύων ύδρευσης

Ένας φυσικός πόρος που είναι πολύτιμος για την ύπαρξη ζωής στον πλανήτη και βρίσκεται υπό απειλή, είναι το νερό. Συνεπώς, κρίνεται απαραίτητη η ορθολογική διαχείριση των δικτύων ύδρευσης, καθώς αυτά μπορούν να χαρακτηριστούν ως ένας εν δυνάμει υδατικός πόρος, ενώ από την άλλη, οι απώλειες νερού στα δίκτυα είναι σημαντικές (εικ. 12)



Εικόνα 12. Τα 14 Υδατικά Διαμερίσματα της Ελλάδας (<http://wfd.ypeka.gr>).

### Κατανάλωση υδάτων

Ο άνθρωπος χρειάζεται το νερό για να επιβιώσει. Το νερό που καταναλώνει, προέρχεται από λίμνες, ποτάμια, πηγάδια, γεωτρήσεις, πηγές και αφαλατώσεις θαλασσινού νερού.

Στα Ευρωπαϊκά Κράτη το μεγαλύτερο ποσοστό του πόσιμου νερού προέρχεται από το υπόγειο νερό (Νορβηγία: 15%, Μεγάλη Βρετανία: 30-35%, Γαλλία, Σουηδία και Φινλανδία: 50%, Ολλανδία και Γερμανία: 50-70%, Ιταλία, Ισλανδία, Αυστρία, Δανία και Λιθουανία: σχεδόν 90%) (Τσακίρης και Αλεξάκης, 2010). Στην χώρα μας το πόσιμο νερό το προμηθευόμαστε και από επιφανειακά και

από υπόγεια ύδατα, ενώ στις νησιωτικές περιοχές έχουν τεθεί σε λειτουργία μονάδες αφαλάτωσης θαλασσινού νερού.

Τα τελευταία χρόνια ένα από τα πιο σημαντικά πεδία έρευνας είναι η διαχείριση των δικτύων ύδρευσης αστικών περιοχών, ειδικά στις αναπτυγμένες και τις αναπτυσσόμενες χώρες. Ένας σημαντικός λόγος είναι ότι επηρεάζει το σύνολο του πληθυσμού, αν και η κατανάλωση νερού για ύδρευση δεν ξεπερνά το 10% της συνολικής χρήσης νερού (άρδευση, βιομηχανία/βιοτεχνία, ύδρευση). Άλλοι παράγοντες που το καταστούν σημαντικό για έρευνες είναι οι υψηλές ποιοτικές προδιαγραφές που πρέπει να πληροί το νερό ύδρευσης, τα υψηλά κόστη σχετιζόμενα με το πάγιο κόστος έργων υδροληψίας, μεταφοράς, επεξεργασίας και διανομής νερού από τα οποία συνοδεύεται και η διαφαινόμενη κλιματική αλλαγή που επηρεάζει άμεσα τους υδατικούς πόρους. Πολλοί ερευνητές εστιάζουν σε μια διαχείριση με συγκεκριμένους όρους τόσο κοινωνικής ισότητας, όσο και οικονομικής εφικτότητας και ανταποδοτικότητας (Κανακούδης&Τσιτσιφλή, 2015).

Από αυτό διαπιστώνεται η άμεση και έμμεση συσχέτιση της διαχείρισης των δικτύων και των διαρροών τους με την προσπάθεια ολιστικής Διαχείρισης των Υδατικών Πόρων.

Αποτελεί επιτακτική ανάγκη σήμερα η διαχείριση των δικτύων ύδρευσης, καθώς ενισχύεται και από τα όσα προβλέπει η Οδηγία-Πλαίσιο για τα Ύδατα (WFD 2000/60/EC) και συγκεκριμένα το Άρθρο 9 της Οδηγίας. Σε αυτήν την Οδηγία ορίζεται, ότι τα Κράτη Μέλη της ΕΕ θα πρέπει να έχουν διαμορφώσει και θέσει σε ισχύ, κατάλληλη τιμολογιακή πολιτική για τη χρήση του νερού, βασισμένη στην αρχή της ανάκτησης του πλήρους κόστους, τόσο των υπηρεσιών νερού, όσο και του περιβαλλοντικού κόστους (αξίας) κάθε εκμεταλλεόμενου υδατικού πόρου (Κανακούδης & Τσιτσιφλή, 2015).

Στα συστήματα παροχής και διανομής νερού, δυστυχώς υπάρχουν απώλειες νερού κι αυτό αποτελεί ένα παγκόσμιο πρόβλημα που χρήζει άμεσης αντιμετώπισης. Από καταγραφές σε κάποιες χώρες, το 35% και άνω απώλειας του πόσιμου νερού, οφείλεται σε διαρροές, παράνομες συνδέσεις και σε σπατάλη.

Από τα μέσα του προηγούμενου αιώνα έως σήμερα, έχει υπερ-τριπλασιαστεί η παγκόσμια κατανάλωση νερού, αναπτυσσόμενη με διπλάσιους τουλάχιστον ρυθμούς, σε σχέση με την αύξηση του πληθυσμού.

Το νερό που μας προσφέρεται όμως, έχει κάποια ανώτερα όρια. Γι' αυτό κρίνεται αναγκαία η βιώσιμη διαχείριση των υδατικών πόρων στο πλαίσιο της αξιοβίωτης περιβαλλοντικής διαχείρισης (επιδίωξη διαχρονικής μείωσης του κόστους ίσης ευκαιρίας μεταξύ χρηστών ή/και εντός της ίδιας χρήσης). Επιπλέον με την εξοικονόμηση νερού έχουμε εξοικονόμηση ενέργειας, αφού - σύμφωνα με στοιχεία - 2-3% της παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας χρησιμοποιούνται για την άντληση και τον καθαρισμό των υδάτων στις πόλεις και στις βιομηχανίες. Για την αντιμετώπιση της ξηρασίας και τον ανεφοδιασμό σε νερό, απαιτούνται ενεργοβόρες δράσεις, όπως η αφαλάτωση.

Ο Feldman (2009) αναφέρει πως τα συστήματα παροχής νερού είναι μαζικοί καταναλωτές ενέργειας, η οποία καταναλώνεται σε καθένα από τα στάδια παραγωγής νερού και της αλυσίδας παροχής: ξεκινώντας από την άντληση του νερού μέχρι τη μονάδα επεξεργασίας, σε όλη τη διαδικασία επεξεργασίας και στη διανομή του νερού μέσω του δικτύου. Υπάρχει άμεση σύνδεση και στενή σχέση ανάμεσα στο νερό και την ενέργεια. Οι πιο πολλές από τις διαδικασίες μεγάλου μεγέθους μετατροπής ενέργειας, καταναλώνουν νερό, ενώ –αντίστοιχα– η βιώσιμη διαχείριση αστικού νερού απαιτεί σημαντικές ποσότητες ενέργειας.

Σημειώνεται ακόμα, πως έχουμε μεγάλες απώλειες ενέργειας από τις διαρροές νερού ή της μη αποτελεσματικής χρήσης του. Όταν ο μέσος όρος των απωλειών νερού παγκοσμίως εκτιμάται σε 30-50%, αντίστοιχα χάνεται και η ίδια ποσότητα ενέργειας (Feldman, 2009). Γι' αυτό έχει στραφεί η προσοχή στην εκτίμηση των απωλειών νερού στα δίκτυα διανομής, αν και δεν υπάρχει ίδια προσοχή στην αντίστοιχη εκτίμηση των απωλειών ενέργειας. Το νερό και η ενέργεια είναι πολύτιμοι πόροι, στενά συνδεδεμένοι (Cabrera, Pardo, Cobacho, Arregui, & Cabrera Jr., 2009).

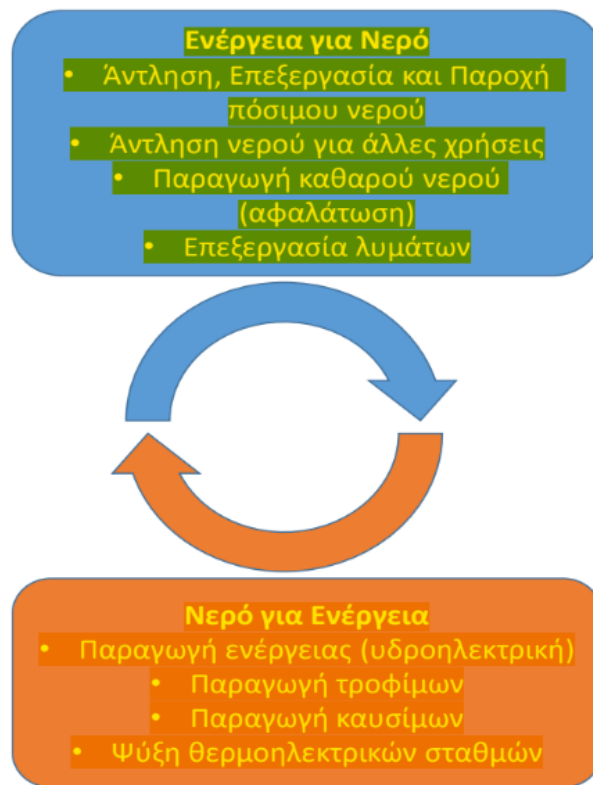


Εικ. 13 Μονάδα αφαλάτωσης με αντίστροφη ώσμωση

#### **i. Η σημασία του Μη Ανταποδοτικού Νερού στη διαχείριση των δικτύων ύδρευσης**

Το νερό είναι αγαθό σε ανεπάρκεια. Είναι τεράστιες οι ποσότητες που χάνονται και η αξία τους. Επομένως κρίνεται απαραίτητη η αξιολόγηση του επιπέδου λειτουργίας των δικτύων ύδρευσης και η πρόβλεψη της αξιοπιστίας τους.

Η σημασία των απωλειών νερού στα δίκτυα ύδρευσης είναι μεγάλη, αφού στην πραγματικότητα αποτελούν όπως χαρακτηρίζεται έναν «εν δυνάμει» υδατικό πόρο. Σύμφωνα με τις μετρήσεις της Παγκόσμιας Τράπεζας σε παγκόσμιο επίπεδο η ποσότητα νερού που δεν αποφέρει έσοδα (Μη Ανταποδοτικό Νερό – Non-Revenue Water - NRW) ετησίως στις εταιρείες παροχής νερού ανέρχεται (με συντηρητικές εκτιμήσεις) στα 48,6 δισεκατομμύρια m<sup>3</sup> νερού. Το συνολικό κόστος (απώλεια εσόδων) των εταιρειών αυτών, αντίστοιχα, ανέρχεται ετησίως στα 14,6 δισεκατομμύρια US\$ (Kingdom, Liemberger, & Marin, 2006).



Εικ.14 Η σχέση Νερού Ενέργειας (“Water Energy Nexus”)

Οι αναπτυσσόμενες χώρες καταγράφουν την υψηλότερη απώλεια εσόδων περισσότερο από το 1/3 αυτής, όπου περίπου εκατομμύρια m<sup>3</sup> νερού χάνονται ημερησίως λόγω διαρροών, ενώ θα μπορούσαν να καλύψουν τις ανάγκες 200 εκατομμυρίων ανθρώπων. Ταυτόχρονα 30 εκατομμύρια m<sup>3</sup> νερού που παρέχονται ημερησίως για κατανάλωση, δεν αποφέρουν έσοδα. Αντιλαμβανόμαστε ότι υπάρχει ένας εν δυνάμει υδατικός πόρος προς αξιοποίηση, που ανέρχεται στο 25,6% του εισερχόμενου νερού στα δίκτυα ύδρευσης παγκοσμίως. Ακόμα, στην περίπτωση που υπάρχει μείωση στο Μη Ανταποδοτικό Νερό στις παγκόσμια αποδεκτές τιμές του (5-10%), τότε η ποσότητα νερού που θα εξοικονομηθεί είναι δυνατόν να υδροδοτήσει επιπλέον το 21-27% του συνολικού πληθυσμού. Το Μη Ανταποδοτικό Νερό βασισμένο στο Διεθνές Πρότυπο Υδατικό Ισοζύγιο της International Water Association (IWA) αποτελείται από τις εμπορικές ή φαινόμενες απώλειες, τις φυσικές ή πραγματικές απώλειες και τη μη τιμολογούμενη εξουσιοδοτημένη κατανάλωση (Lambert et al., 1999).

Η μη τιμολογούμενη εξουσιοδοτημένη κατανάλωση δεν έχει σχέση με απώλειες νερού στο δίκτυο ύδρευσης, αλλά μόνο με νόμιμη κατανάλωση η οποία, όμως, δεν τιμολογείται και δεν αποφέρει έσοδα στην εταιρεία ύδρευσης.

Σχετικά με τις εμπορικές ή φαινόμενες απώλειες, αναφέρονται στις απώλειες εσόδων λόγω κλοπής, παράνομης χρήσης νερού και υπομέτρησης των υδρομετρητών των καταναλωτών. Μικρό ποσοστό, όμως, των απωλειών αυτών αφορούν απώλειες νερού εντός του δικτύου του καταναλωτή (π.χ. στάξιμο βρύσης κλπ.). Σε αυτή την περίπτωση, ο υδρομετρητής, λόγω της μικρής παροχής, δεν καταγράφει αυτή την κατανάλωση. Οι πραγματικές ή φυσικές απώλειες νερού αφορούν σε απώλειες νερού στο δίκτυο (π.χ. διαρροές ή θραύσεις αγωγών) και διαρροές από τις δεξαμενές αποθήκευσης του νερού. Με αυτό, είναι προφανές ότι η ορθολογική διαχείριση των δικτύων ύδρευσης θα έχει θετικές περιβαλλοντικές και οικονομικές συνέπειες. Περιβαλλοντικές συνέπειες, γιατί αυτό θα οδηγήσει στην ορθολογική διαχείριση των υδατικών πόρων, καθώς και στην εξοικονόμηση του νερού ως φυσικού πόρου. Ακόμα θα υπάρχει και μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και του ανθρακικού αποτυπώματος. Επιπλέον, οι θετικές οικονομικές συνέπειες που θα προκύψουν από την ορθολογική διαχείριση των υδατικών πόρων, εμπεριέχουν τη μείωση των δαπανών των εταιρειών ύδρευσης από τη μείωση του Μη Ανταποδοτικού Νερού και την εξοικονόμηση ενέργειας (Κανακούδης & Τσιτσιφλή, 2015).

Το νερό μπορεί να έχει απώλειες σε όλα τα συστήματα διανομής και το μόνο που διαφέρει, είναι ο όγκος τους. Οι παράγοντες που επηρεάζουν τις απώλειες νερού είναι τα χαρακτηριστικά του δικτύου των αγωγών και άλλοι τοπικοί παράγοντες, η λειτουργική πρακτική της επιχείρησης ύδρευσης και το επίπεδο της τεχνολογίας και πείρας που εφαρμόζεται στον έλεγχό της. Σχετικά με τον όγκο νερού που χάνεται, διαφοροποιείται αρκετά από χώρα σε χώρα αλλά και μεταξύ περιοχών στην ίδια χώρα. Το ίδιο συμβαίνει και στα συστατικά των απωλειών του νερού και στη σχετική τους σημασία, που διαφέρουν μεταξύ των χωρών. Είναι σημαντικό σημείο της στρατηγικής των απωλειών του νερού να κατανοηθεί η σχετική σημασία καθενός από τα συστατικά τους (των απωλειών νερού δηλαδή) διασφαλίζοντας ότι το καθένα έχει ελεγχθεί όσο πιο καλά γίνεται, ώστε οι προτεραιότητες να μπορούν να τεθούν μέσω μιας σειράς προγραμμάτων δράσης. (ό.π.).

## ii. Προβλήματα Δικτύων Ύδρευσης

Η διαχείριση της λειτουργίας των δικτύων ύδρευσης αρχικά περιστρεφόταν γύρω από την επίτευξη της πλήρους κάλυψης των απαιτήσεων κατανάλωσης με το μικρότερο δυνατό λειτουργικό κόστος. Η εμφάνιση, όμως, έκτακτων περιστατικών στα δίκτυα, καθώς και οι επιπτώσεις αυτών, δημιούργησαν την ανάγκη της περαιτέρω μελέτης αυτών των προβλημάτων. Τα κυριότερα προβλήματα που αντιμετωπίζουν τα δίκτυα διανομής νερού είναι οι απώλειες νερού, η μείωση της φυσικής τους ακεραιότητας, η μείωση της παροχαρακτηριστικής τους ικανότητας και η υποβάθμιση της ποιότητας νερού (αναλύεται στη συνέχεια) κατά τη μεταφορά του (Κανακούδης, 1998). Τα προβλήματα των δικτύων ύδρευσης και τα συμπτώματα εμφάνισής τους παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

<b>WL</b>	<b>Απώλειες Νερού</b>
WL1	Συχνή εμφάνιση οπών λόγω διάβρωσης
WL2	Συχνή εμφάνιση διαρροών στις ενώσεις και στις συνδέσεις των αγωγών
WL3	Υψηλό ποσοστό ελάχιστης νυκτερινής κατανάλωσης
WL4	Υψηλή τιμή ειδικής κατανάλωσης μετά την αφαίρεση της βιομηχανικής χρήσης
WL5	Υψηλή τιμή του δείκτη «μη τιμολογούμενο νερό»
WL6	Χαμηλή τιμή της μετρούμενης ειδικής οικιακής κατανάλωσης
WL7	Μη ικανοποιητικοί δείκτες απωλειών νερού
WL8	Μη ικανοποιητικά αποτελέσματα ανίχνευσης διαρροών
WL9	Μη ικανοποιητικά αποτελέσματα ελέγχου μετρητών
WL10	Μη ικανοποιητικά αποτελέσματα ελέγχου υδατικού ισοζυγίου του δικτύου
WL11	Ανάλυση ή άλλη ένδειξη επιφανειακού νερού
<b>SF</b>	<b>Φυσική Ακεραιότητα του Δικτύου</b>
SF1	Θραύσεις στις διμεταλλικές ενώσεις
SF2	Θραύσεις κάτω από το επίπεδο στάθμης του υπόγειου υδροφορέα
SF3	Θραύσεις σε αργιλώδες έδαφος έδρασης – πλήρωσης
SF4	Θραύσεις σε έδαφος με υψηλά επίπεδα αλατότητας
SF5	Συχνές περιφερειακές – περιμετρικές θραύσεις
SF6	Συχνά τυχαία σπασίματα αγωγών
SF7	Συχνές διαμήκεις – αξονικές θραύσεις
SF8	Αυξημένο ποσοστό θραύσεων τον χειμώνα
SF9	Συνεχώς αυξανόμενος ρυθμός θραύσεων
SF10	Αιχμές εσωτερικών πιέσεων
SF11	Ανάβληση ή άλλη ένδειξη επιφανειακού νερού
<b>CCF</b>	<b>Παροχαρακτηριστική Ικανότητα του Δικτύου</b>
CCF1	Εμφάνιση θολού νερού
CCF2	Οξειδωση των επενδύσεων
CCF3	Χαμηλή πίεση κατά την αιχμή λειτουργίας
CCF4	Χαμηλή αποδοτικότητα των αντλιών
CCF5	Μείωση του συντελεστή (C) Hazen – Williams
CCF6	Μη ικανοποιητικά αποτελέσματα ελέγχου στα σημεία υδροληψίας από το δίκτυο
CCF7	Λειτουργία των αντλιών συνεχώς στο όριο των δυνατοτήτων τους
CCF8	Σχηματισμός πουρι ή θρόμβων στα τοιχώματα των αγωγών
CCF9	Πολύ υψηλές ταχύτητες ροής
CCF10	Μεγάλο εύρος διακυμάνσεων στις στάθμες των δεξαμενών αποθήκευσης νερού
<b>PWQ</b>	<b>Ποιότητα του Νερού στο Δίκτυο</b>
PWQ1	Παράπονα καταναλωτών για βρώμικο νερό
PWQ2	Υψηλά επίπεδα συγκέντρωσης ασβεστίου
PWQ3	Υψηλά επίπεδα συγκέντρωσης μολύβδου
PWQ4	Μη ικανοποιητικά αποτελέσματα ελέγχου του δείκτη (LI) Langelier
PWQ5	Παράπονα καταναλωτών για κόκκινο νερό

Πιν. 1 Προβλήματα δικτύων και συμπτώματα εμφάνισής τους (Κανακούδης, 1998)



### iii. Απώλειες Νερού

Όταν αναφερόμαστε σε απώλειες νερού σε ένα δίκτυο ύδρευσης εννοούνται οι ποσότητες νερού που χάνονται εξαιτίας διαρροών, θραύσεων και της μη εξουσιοδοτημένης χρήσης νερού. Σε αυτές δεν περιλαμβάνεται η εξουσιοδοτημένη χρήση του νερού που δεν μετράται. Οι απώλειες αυτές δεν είναι εύκολο να προσδιοριστούν, γιατί είναι δύσκολη η εκτίμηση των ποσοτήτων που οφείλονται σε υπομέτρηση, στη δημόσια – κοινωφελή χρήση που δεν μετράται, καθώς και στις ποσότητες που χρησιμοποιούνται για πυρόσβεση. Το ύψος των απωλειών νερού των δικτύων ύδρευσης σε παγκόσμιο επίπεδο είναι του 5-10%, ενώ σε αρκετές περιοχές οι απώλειες φτάνουν ή και ξεπερνούν το 40-50%.

Αποδεκτή τιμή διεθνώς θεωρείται η ειδική κατανάλωση 200 λίτρων ανά κάτοικο και ημέρα, ενώ τιμή μεγαλύτερη από αυτή δηλώνει προβλήματα υπομέτρησης και απωλειών λόγω διαρροών. Η τιμή της ειδικής κατανάλωσης διαφέρει από χώρα σε χώρα, κυρίως μεταξύ αναπτυγμένων και αναπτυσσόμενων χωρών. Οι ΗΠΑ κατέχουν τις πρώτες θέσεις με ετήσια κατανάλωση κατ' άτομο 215m<sup>3</sup>, ακολουθεί η Γαλλία με 106m<sup>3</sup>, η Αίγυπτος με 77m<sup>3</sup>, η Ινδία με 52m<sup>3</sup> και η Κίνα με 32m<sup>3</sup>. Ακόμη όμως, και στην περίπτωση των αναπτυγμένων χωρών, η ειδική κατανάλωση διαφέρει, αφού σε πολλές χώρες εφαρμόζονται μέτρα εξοικονόμησης νερού με διάφορα κίνητρα (π.χ. οικονομικά), αλλά και μέτρα εξοικονόμησης νερού κατ' οίκον. Χρησιμοποιούνται τεχνολογίες και πρακτικές που προάγουν την αποδοτική χρήση των υδατικών πόρων, καθώς επίσης αξιοποιούνται μη συμβατικοί υδατικοί πόροι (π.χ. βρόχινο νερό, γκρίζο νερό, κλπ.). Σε πολλές περιπτώσεις παρέχεται επιδότηση που έχει τη μορφή δωρεάν παροχής συγκεκριμένου εξοπλισμού, επιστροφής χρημάτων στον λογαριασμό ύδρευσης, προσφοράς κουπονιών ή επιταγής.

Προκειμένου να ελεγχθεί, αν η υψηλή τιμή του δείκτη «μη τιμολογούμενο νερό» οφείλεται σε πιθανή υπομέτρηση της κατανάλωσης ή στις διαρροές, χρησιμοποιούνται οι δείκτες της ειδικής οικιακής κατανάλωσης και της εμπορο-βιομηχανικής ειδικής κατανάλωσης. Η ειδική οικιακή κατανάλωση εκφράζεται ως ο λόγος της μετρούμενης οικιακής κατανάλωσης προς τους οικιακούς καταναλωτές και όσο μικρότερη είναι η τιμή του δείκτη, τόσο αυξημένη είναι η πιθανότητα της

υπομέτρησης. Η εμπορο-βιομηχανική ειδική κατανάλωση εκφράζεται ως ο λόγος της εισερχόμενης παροχής, μη συμπεριλαμβανομένης της εμποροβιομηχανικής κατανάλωσης, προς τον ενεργό-εξυπηρετούμενο πληθυσμό. Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του δείκτη, τόσο αυξημένη είναι η πιθανότητα ύπαρξης διαρροής στο δίκτυο.

Ένας άλλος σημαντικός δείκτης απώλειας νερού είναι αυτός της νυχτερινής χρήσης και χρησιμοποιείται προκειμένου να ελεγχθεί η ύπαρξη διαρροών στο δίκτυο. Αυτόν τον χρησιμοποιούν και για τον χωρικό προσδιορισμό των τμημάτων του δικτύου στα οποία πραγματοποιείται η διαρροή. Εκφράζεται ως ο λόγος της ελάχιστης ωριαίας κατανάλωσης νερού (κατά τη διάρκεια της νύχτας) προς τη μέση ωριαία κατανάλωση.

Τελευταία, έχει υιοθετηθεί ο όρος «υδατικό αποτύπωμα» (water footprint), που αντιστοιχεί στην ποσότητα νερού που χρησιμοποιείται για την παραγωγή προϊόντων και υπηρεσιών. Ένας δείκτης χρήσης γλυκού νερού αποτελεί το υδατικό αποτύπωμα και εμπεριέχει, πέρα της άμεσης χρήσης νερού ενός καταναλωτή ή παραγωγού, και την έμμεση (Hoekstra, Chapagain, Aldaya, & Mekonnen, 2011). Για να γίνει κατανοητό, π.χ. το υδατικό αποτύπωμα ενός προϊόντος είναι ο όγκος γλυκού νερού που χρησιμοποιείται για την παραγωγή του προϊόντος σε όλη την εφοδιαστική αλυσίδα. *Ακόμα με τον όρο «υδατικό αποτύπωμα» δηλώνεται, η ποσότητα του νερού που καταναλώνεται από κάποια χώρα σε μία συγκεκριμένη λεκάνη απορροής ποταμού ή από έναν υδροφορέα. Έτσι λοιπόν, το υδατικό αποτύπωμα είναι το μέτρο δέσμευσης γλυκού νερού από την ανθρωπότητα σε όγκο νερού που καταναλώνεται και ρυπαίνεται. Έτσι, το υδατικό αποτύπωμα ενός κιλού βοδινού κρέατος είναι 15.000 λίτρα νερού (παγκόσμιος μέσος όρος) και ενός κιλού ντομάτας 241 λίτρα (<http://waterfootprint.org/>).*

#### **iv. Φυσική Ακεραιότητα Δικτύου**

Η φυσική ακεραιότητα του δικτύου αφορά την ικανότητα των αγωγών να ανταπεξέρχονται σε συνθήκες ανάπτυξης εσωτερικών πιέσεων και εξωτερικών φορτίσεων (Κανακούδης, 1998). Η μείωση της φυσικής ακεραιότητας του δικτύου αντανακλάται στον αριθμό και τον τύπο των θραύσεων του. Ο ρυθμός εμφάνισης βλαβών (break rate value) υπολογίζει τη φυσική ακεραιότητα του δικτύου συνολικά ή τοπικά και εκφράζεται ως ο αριθμός βλαβών ανά μήκος αγωγών και ανά χρονικό

διάστημα στο οποίο οι βλάβες εμφανίστηκαν. Ο καλύτερος τρόπος πρόβλεψης για την αποφυγή αστοχιών, είναι η καλή γνώση του δικτύου, η ανάλυση των δεδομένων λειτουργίας του και η τήρηση αρχείων εμφάνισης των αστοχιών (ό.π.).

Εμφανίζονται διάφοροι τύποι θραύσεων των αγωγών (περιμετρική, αξονική ή διαμήκης, σημειακή, σκασίματα στις ενώσεις, ανομοιόμορφη, τυχαία και κωνοειδής θραύση) όπου σε αυτό σημαντικό ρόλο έχουν οι εξωτερικές συνθήκες (π.χ. οι καιρικές συνθήκες, το είδος του εδάφους, το βάθος τοποθέτησης του αγωγού και η απόσταση των αγωγών από παρακείμενες κατασκευές ή δίκτυα) (Κανακούδης, 1998).

## **v. Παροχευτική Ικανότητα Δικτύου**

Η μειωμένη παροχευτική ικανότητα του δικτύου ύδρευσης συνεπάγεται την αδυναμία του δικτύου να εκπληρώσει τον στόχο του, που είναι η κάλυψη των απαιτήσεων κατανάλωσης, τόσο σε ποσότητα, όσο και σε πίεση του παροχευμένου νερού. Πίεση είναι η δύναμη που καθορίζει τη ροή του νερού. Με τον όρο «υδραυλικό πλήγμα» εννοούμε «τις μεταδόσεις μετωπικών κυμάτων πίεσης μέσα σε κλειστούς αγωγούς, όταν σε κάποια σημεία του αγωγού δημιουργηθούν διαταραχές στην κανονική λειτουργία του (π.χ. απότομες μεταβολές της ταχύτητας ροής)» (Τσακίρης και Σπηλιώτης, 2010). Η μειωμένη παροχευτική ικανότητα του δικτύου οφείλεται στην υποδιαστασιολόγηση των αγωγών και στη δημιουργία θρόμβων ή κρούστας στα τοιχώματά τους. Ενδείξεις ύπαρξης τέτοιων προβλημάτων αποτελούν η μείωση των πιέσεων στην περίοδο αιχμής της ζήτησης και η δυσκολία επαναπλήρωσης των δεξαμενών αποθήκευσης νερού του δικτύου κατά την ίδια περίοδο ή σε περίπτωση πυρόσβεσης (Κανακούδης, 1998. Kanakoudis, 2004). Η ευαισθησία του υλικού κατασκευής των αγωγών σε διάβρωση (βλέπε § 1.5.1) και ο βαθμός της διαβρωτικής ικανότητας του νερού αποτελούν σημαντικούς παράγοντες επιδείνωσης του προβλήματος. Η μεταβολή των δύο αυτών παραγόντων μπορεί να προσδιορίσει τον συντελεστή τραχύτητας των αγωγών, που ουσιαστικά αποτελεί μέτρο της μεταβολής με τον χρόνο των εσωτερικών χαρακτηριστικών του αγωγού, λόγω οξείδωσης-διάβρωσης. Οι αγωγοί ύδρευσης κατασκευάζονται από σίδηρο (χυτοσίδηρος), χάλυβα, αμιαντοτσιμέντο, πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC), μη πλαστικοποιημένο πολυβινυλοχλωρίδιο (uPVC), πολυαιθυλένιο υψηλής και μέτριας

πυκνότητας (HDPE & MDPE) και πλαστικό ενισχυμένο με ίνες υάλου (GRP). Ο συντελεστής τραχύτητας του αγωγού εξαρτάται από το υλικό του και τη γήρανσή του. Η διάβρωση και η εναπόθεση υλικού στα τοιχώματα των αγωγών αυξάνουν την τραχύτητά τους. Ο συντελεστής C των Hazen-Williams (αδιάστατος συντελεστής τραχύτητας) μπορεί να υπολογιστεί με βάση την ηλικία, το υλικό του αγωγού και τα αποτελέσματα υδραυλικής προσομοίωσης του δικτύου. Ο συντελεστής C μειώνεται, όσο η τραχύτητα αυξάνει. Οι τιμές του συντελεστή C κατά Hazen-Williams κυμαίνονται από 140 για λείους, καλά ευθυγραμμισμένους αγωγούς έως 90 ή 80 για παλιούς, φθαρμένους αγωγούς. Τυπικές τιμές του συντελεστή C για αγωγούς PVC είναι 150, για αγωγούς χάλυβα 140, για HDPE αγωγούς από 150-160. Αγωγοί με τιμές μεγαλύτερες από 100 θεωρούνται ότι έχουν καλή παροχετευτική ικανότητα, ενώ αυτοί που έχουν τιμές μικρότερες από 70 παρουσιάζουν σημαντικές απώλειες στην παροχετευτική τους ικανότητα (Male & Walski, 1991).

## 5.1 Ποιότητα Νερού

Είναι χαρακτηριστική η αλληλεπίδραση και ο αλληλοεπηρεασμός της κατάστασης του δικτύου ύδρευσης της ποιότητας του νερού και αντίστροφα. Το νερό που χρησιμοποιείται για την ανθρώπινη κατανάλωση είναι από τα σημαντικότερα καταναλωτικά τρόφιμα και για τον λόγο αυτό πρέπει να είναι αυστηρά ελεγχόμενο όσον αφορά την ποιότητά του. Το νερό και η προστασία της ποιότητάς του αφορά τη δημόσια υγεία, γι' αυτό η Ευρωπαϊκή Οδηγία 98/83/EK καθορίζει τις ανώτατες παραμετρικές τιμές των χαρακτηριστικών του νερού για ανθρώπινη κατανάλωση. Στη συγκεκριμένη Οδηγία εντάσσονται το νερό του δικτύου ύδρευσης και το επιτραπέζιο νερό. Στην χώρα μας η εναρμόνιση αυτής της Οδηγίας έγινε με την ΚΥΑ Υ2/2600/2001 (ΦΕΚ 892B/11-7-2001). Παράλληλα ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας έχει θεσπίσει οριακές τιμές για τις κυριότερες ποιοτικές παραμέτρους. Τα χαρακτηριστικά του νερού ταξινομούνται σε (Τσακίρης και Αλεξάκης, 2010):

- οργανοληπτικές παραμέτρους: χρώμα, θολερότητα, γεύση, οσμή
- χημικές παραμέτρους: θερμοκρασία, ενεργός οξύτητα (pH), ηλεκτρική αγωγιμότητα, αλκαλικότητα, σκληρότητα, στερεά, ανόργανες παράμετροι (άζωτο, αργίλιο, αρσενικό κλπ.) και οργανικές παράμετροι (διοξίνες, υδρογονάνθρακες, χλωροφαινόλες, φαινόλες, κλπ.).
- μικροβιολογικές παραμέτρους: ιοί, βακτήρια, μύκητες, φύκη, πρωτόζωα.

Οι νόμοι για τον έλεγχο του νερού καθορίζουν τη συχνότητα και τη μεθοδολογία της δειγματοληψίας, καθώς και την παρακολούθηση των ποιοτικών παραμέτρων στην πηγή και στο δίκτυο ύδρευσης (δοκιμαστική, ελεγκτική). Θα πρέπει να σημειωθεί πως τα περισσότερα από τα χαρακτηριστικά του νερού οφείλονται στην πηγή προέλευσής του, ίσως όμως να προέρχονται από τη διέλευση του νερού στο δίκτυο (π.χ. σίδηρος από τα τοιχώματα) ή από την επεξεργασία του νερού λόγω προσθήκης χημικών (π.χ. υπολειμματικό χλώριο, τριαλογονομεθάνια κλπ.).

Μια καλή πηγή ενδείξεων σχετικά με τη ποιότητα του νερού είναι τα παράπονα των καταναλωτών που έχουν μεγάλη σημασία. Υπάρχει επιδείνωση στη ποιότητα του νερού με τον χρόνο παροχής, κυρίως εξαιτίας της ρύπανσης από την εσωτερική επιφάνεια των αγωγών. Ο λόγος είναι πως στις συγκεκριμένες επιφάνειες υπάρχουν ιζήματα που έχουν συσσωρευθεί λόγω συνθηκών χαμηλής παροχής. Ακόμα έχει

προϊόντα διάβρωσης και βιομεμβράνες (βιοφίλμ) που αναπτύσσονται από την παρουσία μικροοργανισμών και βιοδιασπώμενων οργανικών ουσιών. Κάτω από κανονικές συνθήκες, η αυξανόμενη ηλικία του νερού οδηγεί στη μείωση των υπολειμμάτων των απολυμαντικών, στην αύξηση των ενώσεων τριαλογονομεθάνιων και στη μείωση του διαλυμένου οξυγόνου (Savic & Banyard, 2011).

Ακόμα προβλήματα ποιότητας νερού μπορεί να παρουσιαστούν και στις περιπτώσεις διακοπτόμενης παροχής νερού στα δίκτυα.

## **i. Αιτίες των προβλημάτων**

Η καταγραφή και προσδιορισμός των αιτιών των προβλημάτων στα δίκτυα ύδρευσης είναι μια διαδικασία επίπονη η οποία επιβάλλεται για τη βιώσιμη αντιμετώπιση των προβλημάτων και όχι την απλή επιδιόρθωσή τους. Οι σχέσεις μεταξύ των προβλημάτων και των γενεσιουργών αιτιών τους, είναι πολυσήμαντα καθορισμένες, αφού ένα πρόβλημα μπορεί να έχει πολλές αιτίες αλλά και μία αιτία να ευθύνεται για περισσότερα από ένα προβλήματα. Ακόμα η αιτία ενός προβλήματος ενδεχομένως να είναι αποτέλεσμα επίδρασης άλλων παραγόντων (π.χ. διάβρωση) (Κανακούδης, 1998). Παρακάτω θα γίνει περιγραφή και κατηγοριοποίηση των αιτιών που προκαλούν τα προβλήματα στα δίκτυα ύδρευσης.

Οι αιτίες διακρίνονται σε εσωτερικές και εξωτερικές και ομαδοποιούνται σε έξι κατηγορίες ανάλογα με το αν προκαλούν:

- (α) διάβρωση,
- (β) μείωση παροχευτικής ικανότητας,
- (γ) διαρροές,
- (δ) θραύσεις,
- (ε) υποβάθμιση της ποιότητας του νερού και
- (στ) άλλα προβλήματα.

Οι αιτίες των προβλημάτων παρουσιάζονται στον Πίνακα (Kanakoudis, 2004).

<b>C</b>	<b>Διάβρωση</b>
C1	Υψηλής διαβρωτικής – οξειδωτικής ικανότητας νερό
C2	Διμεταλλικές ενώσεις
C3	Απευθείας επαφή με συνεχές ρεύμα
C4	Υψηλής διαβρωτικής – οξειδωτικής ικανότητας εξωτερικό περιβάλλον
C5	Μη επενδεδυμένοι αγωγοί
<b>LCC</b>	<b>Μείωση της Παροχαρακτηριστικής Ικανότητας του Δικτύου</b>
LCC1	Ανεπαρκές μέγεθος αγωγών
LCC2	Ανεπαρκής δυναμικότητα αντλιών
LCC3	Ανεπαρκείς βαλβίδες μείωσης της πίεσης
LCC4	Λανθασμένος τρόπος ελέγχου και συντήρησης βαλβίδων
LCC5	Αιωρούμενα υλικά στον αγωγό
LCC6	Ανεπαρκής όγκος δεξαμενών αποθήκευσης νερού
LCC7	Ευνοϊκές συνθήκες δημιουργίας ανόργανων αποθέσεων (π.χ. πουρί και θρόμβων)
<b>LB</b>	<b>Διαρροές και Θραύσεις</b>
LB1	Όχι καλής ποιότητας υλικό ενόσεων αγωγών

LB2	Επαφή με άλλες κατασκευές
LB3	Μικρή αντοχή αγωγών σε φορτίσεις
LB4	Όχι καλής ποιότητας υλικό κατασκευής αγωγών
LB5	Ανεπαρκές βάθος έδρασης με αποτέλεσμα την εμφάνιση πάγου
<b>WQD</b>	<b>Υποβάθμιση της Ποιότητας του Νερού στο Δίκτυο</b>
WQD1	Διείσδυση ουσιών (κυρίως μικροοργανισμοί)
WQD2	Μεταβολή των χαρακτηριστικών του νερού
<b>M</b>	<b>Άλλες Αιτίες</b>
M1	Ανεπαρκής αντιπληγματικός έλεγχος και προστασία
M2	Παράνομες συνδέσεις – υδροληψίες στο δίκτυο
M3	Μη ολοκληρωμένη μέτρηση των καταναλώσεων σε όλο το δίκτυο
M4	Εσφαλμένη μέτρηση των καταναλώσεων σε όλο το δίκτυο
M5	Ανεπαρκής αριθμός βαλβίδων – βανών αποκλεισμού
M6	Ανεπαρκής αριθμός βαλβίδων εξαέρωσης

*Πίνακας 2 Αιτίες των προβλημάτων του δικτύου (Κανακούδης, 1998)*

### ➤ **Διάβρωση**

Η διάβρωση των αγωγών ενός δικτύου ύδρευσης αποτελεί, πέρα από την αιτία προβλημάτων και ένα ξεχωριστό πρόβλημα που πρέπει να αντιμετωπίσουν οι διαχειριστές των δικτύων ύδρευσης. Για να καταλάβουμε, η διάβρωση είναι μία ηλεκτροχημική αντίδραση που συμβαίνει, όταν δύο υλικά που έρχονται σε επαφή μεταξύ τους, έχουν διαφορετικό δυναμικό. Η διάβρωση των αγωγών ύδρευσης μπορεί να είναι είτε εσωτερική, όταν το νερό αποτελεί τον διαβρωτικό παράγοντα, είτε εξωτερική, όταν ο περιβάλλον χώρος προκαλεί φαινόμενα διάβρωσης. Η εξωτερική διάβρωση συμβαίνει μεταξύ του αγωγού και του εδάφους. Ο ρυθμός της διάβρωσης επηρεάζεται από τα χαρακτηριστικά του εδάφους όπως το pH, το δυναμικό οξειδοαναγωγής και η ύπαρξη σουλφιδίων (Engelhardt, Skipworth, Savic, Saul, & Walters, 2000). Τα αργιλικά εδάφη και άλλα εδάφη τα οποία συγκρατούν την

υγρασία, παρουσιάζουν μεγαλύτερη διάβρωση στους αγωγούς (Male & Walski, 1991). Η εσωτερική διάβρωση πραγματοποιείται μεταξύ του εσωτερικού του αγωγού και του νερού και μπορεί να οφείλεται στην πίεση του νερού ή τη διαβρωτική του δράση (λόγω των ποιοτικών του χαρακτηριστικών). Τα προβλήματα που προκαλούνται εξαιτίας της διάβρωσης είναι η αύξηση των ρυθμών εμφάνισης διαρροών και θραύσεων ενώ η εμφάνιση της διάβρωσης σε έναν αγωγό οφείλεται σε διάφορες αιτίες:

- ✓ ένταση του διαβρωτικού χαρακτήρα του μεταφερόμενου νερού,
- ✓ ένταση του διαβρωτικού χαρακτήρα του περιβάλλοντος υλικού,
- ✓ οι διμεταλλικές ενώσεις κατά μήκος του αγωγού,
- ✓ η άμεση επαφή του αγωγού με συνεχές ρεύμα,
- ✓ η έλλειψη επένδυσης στον αγωγό (Κανακούδης και Τσιτσιφλή, 2015)

#### ➤ **Διαρροές**

Στις ενώσεις των δικτύων, εμφανίζονται διαρροές στις ενώσεις των αγωγών κυρίως, και στις συνδέσεις του δικτύου με τους αγωγούς των καταναλωτών. Ο εντοπισμός τους καθίσταται δύσκολος και αποτελεί την αιτία για το μεγάλο ποσοστό απωλειών στα δίκτυα ύδρευσης. Επίσης σε αυτές οφείλεται η δημιουργία των συνθηκών για την εμφάνιση και άλλων προβλημάτων (π.χ. ποιότητας νερού, εξωτερικής διάβρωσης κ.ά.). Εξαιτίας εσωτερικής ή εξωτερικής διάβρωσης, τα τοιχώματα των αγωγών, καταστρέφονται. Μετά από κάποια χρόνια τα υλικά των ενώσεων των αγωγών αστοχούν, που αυτά σπάνε είτε από πίεση που προέρχεται από μόνιμες ή απότομες (υδραυλικό πλήγμα) εσωτερικές πιέσεις, είτε από εξωτερικές φορτίσεις (Κανακούδης και Τσιτσιφλή, 2015)..





Εικόνα 15. Διαρροή κεντρικού αγωγού .

#### ➤ **Θραύσεις**

Τη μεγαλύτερη κοινωνική αντίδραση προκαλούν οι επιφανειακές θραύσεις των αγωγών, διότι είναι ορατές. Αυτές τις διακρίνουμε σε θραύσεις που προέρχονται από προϋπάρχουσες διαρροές και αποτελούν αποτελέσματα σταδιακής εξέλιξης, και σε εκείνες που συμβαίνουν χωρίς να έχει προϋπάρξει κάποια διαρροή. Σε σχέση με τις διαρροές, οι θραύσεις είναι μεγαλύτερες όσον αφορά στο μέγεθος των καταστροφών στους αγωγούς και στον ρυθμό απωλειών νερού. Ο εντοπισμός των θραύσεων γίνεται άμεσα, καθώς αυτές είναι αντιληπτές σε αντίθεση με τις διαρροές, οι οποίες μπορεί να παραμένουν απαρατήρητες για πολύ καιρό. Επίσης, μεγαλύτερη είναι η απώλεια νερού εξαιτίας των διαρροών συγκριτικά με αυτές που οφείλονται στις θραύσεις (Κανακούδης και Τσιτσιφλή, 2015).

Οι αιτίες των θραύσεων των αγωγών είναι:

- ✓ η υπέρβαση της αντοχής τους σε εξωτερικές φορτίσεις ή σε εσωτερικές πιέσεις που αναπτύσσονται κατά τη λειτουργία (υδραυλικό πλήγμα, πάγωμα μεταφερόμενου νερού, κ.α.),
- ✓ αστοχία λόγω μείωσης της αντοχής του –εξαιτίας της φυσιολογικής του γήρανσης– ή λόγω κακοτεχνίας ή «τραυματισμού» κατά την τοποθέτηση, εσωτερική ή εξωτερική διάβρωση,

- ✓ επαφή του αγωγού με γειτονικές κατασκευές,
- ✓ σεισμική δραστηριότητα (Κανακούδης και Τσιτσιφλή, 2015)..

Είναι σημαντικό να σημειωθεί πως το υδραυλικό πλήγμα έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ανεπιθύμητων υπερπίεσεων ή υποπίεσεων (Τσακίρης και Σπηλιώτης, 2010). Οι υπερβολικά υψηλές πιέσεις οδηγούν σε σπάσιμο των σωληνώσεων και βλάβες στα εξαρτήματά τους, ενώ πολύ μικρές πιέσεις έχουν αποτέλεσμα τη σύνθλιψη των αγωγών, απελευθέρωση μεγάλων ποσοτήτων διαλυμένων αερίων και υπερβολική εξάτμιση των υγρών. Δύναται ακόμα, να δημιουργηθούν δονήσεις στο σύστημα των αγωγών και σε ενδεχόμενη καταστροφή του συστήματος. Όταν η υποβάθμιση της ποιότητας του νερού στο δίκτυο συμβαίνει, μεταβάλλονται τα χαρακτηριστικά του κατά τη μεταφορά, κυρίως λόγω της διείσδυσης ρυπαντών μέσω οπών στους αγωγούς, υπό χαμηλή πίεση. Ακόμα με χαμηλή ή αρνητική πίεση, μπορεί να επιτρέψει σε ρυπαντές να εισχωρήσουν στον αγωγό.

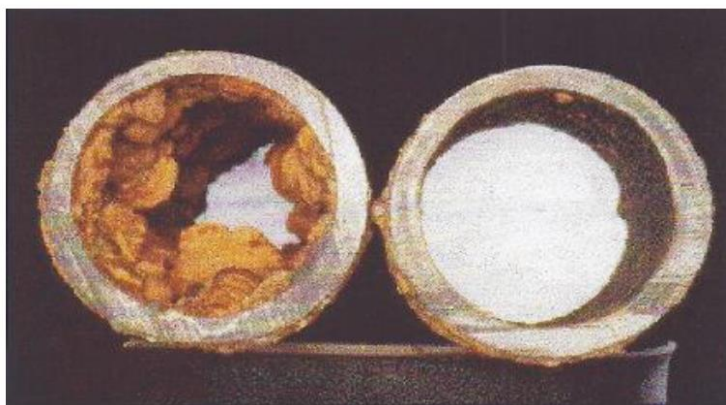
Ως αίτια υποβάθμισης της ποιότητας του νερού μπορεί να θεωρηθούν τα ίδια τα φυσικά χαρακτηριστικά του, που το καθιστούν διαβρωτικό, με αποτέλεσμα ουσίες από τα τοιχώματα των αγωγών να διαχέονται στο διερχόμενο νερό λόγω της διάβρωσης των αγωγών. Ακόμα οι υψηλές συγκεντρώσεις διαλυτών σουλφιδίων ή χλωριδίων αυξάνουν τη διαβρωτική ικανότητα του νερού (Male & Walski, 1991). Το πολύ μαλακό νερό είναι διαβρωτικό. Επίσης, το διαλυμένο οξυγόνο συνεισφέρει στη διάβρωση, αφού η παρουσία του επιτρέπει τον σχηματισμό οξειδίων. Το pH είναι σημαντικός παράγοντας για τη διάβρωση. Συγκεκριμένα σε χαμηλό pH, το διοξείδιο του άνθρακα διαλύεται στο νερό και δημιουργεί ανθρακικό οξύ που αντιδρά χημικά με τον σίδηρο και προκαλεί διάβρωση (Male & Walski, 1991)

### **Άλλα Προβλήματα**

Για τα δίκτυα ύδρευσης, άλλες αιτίες προβλημάτων είναι και οι ονομαζόμενες «εμπορικές» ή «φαινόμενες» απώλειες, εννοώντας κυρίως τις εσφαλμένες ενδείξεις των μετρητών κατανάλωσης και την κλοπή νερού μέσω παράνομων συνδέσεων. Αποτέλεσμα αυτών των απωλειών είναι η απώλεια εσόδων για τις εταιρείες ύδρευσης, η αδυναμία ελέγχου και η ενθάρρυνση της σπατάλης του νερού. Τέλος, προβλήματα προκαλούνται από τις συσκευές που είτε είναι ανεπαρκείς είτε δεν λειτουργούν (Κανακούδης – Τσιφτιλή, 2015).

## ii. Αντιμετώπιση των προβλημάτων

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, υπάρχουν αρκετά προβλήματα στα δίκτυα ύδρευσης τα οποία καλούμαστε να αντιμετωπίσουμε. Η αντιμετώπιση μπορεί να γίνει με τη βελτίωση των φυσικών χαρακτηριστικών του δικτύου, η οποία θα περιλαμβάνει κατά βάση, διασφάλιση της ορθής μέτρησης της κατανάλωσης με την επισκευή/αντικατάσταση ελαττωματικών μετρητών και εξάλειψη των φαινομένων κλοπής, την προσθήκη βαλβίδων απομόνωσης και βαλβίδων εξαερισμού στα υψηλότερα σημεία του δικτύου, τον έλεγχο και την αντιπληγματική προστασία του δικτύου με ειδικές βάνες. Μέσα από τον αντιπληγματικό έλεγχο μπορούμε να αποφύγουμε την εμφάνιση υδραυλικού πλήγματος. Για την εφαρμογή του αντιπληγματικού ελέγχου είναι απαραίτητη η εφαρμογή αναλυτικών μαθηματικών ομοιωμάτων και ο υπολογισμός των υπερπίεσεων στις δυσμενείς θέσεις. Αυτή η αντιπληγματική προστασία παρέχεται με τη χρήση ειδικών βανών που απορροφούν το μεγαλύτερο μέρος του πλήγματος, δεξαμενών τροφοδοσίας, αντλίας παράκαμψης κλπ.



Εικ 16. Αγωγός πριν και μετά τον καθαρισμό του με «ξύστρα» (Κανακούδης, 1998).



**Εικόνα 17.** Επένδυση αγωγού (<https://en.wikipedia.org/wiki/Fouling#/media/File:Limescale-in-pipe.jpg>, "Limescale-in-pipe" by Александр Юрьевич Лебедев - Раненнигденепубликовалась. Licensed under Public Domain via Commons -<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Limescale-in-pipe.jpg#/media/File:Limescale-in-pipe.jpg>).



**Εικόν 18α.** Καθοδική προστασία αγωγού ([https://commons.wikimedia.org/wiki/File:%3ACathodic\\_protection\\_of\\_a\\_gas\\_pipeline.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:%3ACathodic_protection_of_a_gas_pipeline.jpg) του/της IncnisMrsi [CC0], μέσω των Wikimedia Commons).

Μέσα στα πλαίσια των αλλαγών των πρακτικών λειτουργίας και συντήρησης, μπορεί να γίνει βελτίωση των πρακτικών εκσκαφής, κατασκευής και τοποθέτησης των αγωγών. Για να βελτιωθεί η λειτουργία του δικτύου απαιτούνται η αποφυγή δημιουργίας πάγου στα νεκρά σημεία, η προσαρμογή του pH, η αναστολή της οξείδωσης, η τροποποίηση της λειτουργίας των αντλιών (βελτιστοποίηση βαθμού απόδοσης αντλιοστασίων) και των βαλβίδων πίεσης (διαμόρφωση ζωνών πίεσης). Για να συντηρηθεί το δίκτυο, θα πρέπει να προβούν στη διενέργεια πλυσίματος των αγωγών, την οργάνωση συνεργείων για να εξασφαλίζεται η σωστή λειτουργία των βαλβίδων απομόνωσης, την ανίχνευση και επισκευή των διαρροών, τον έλεγχο και τη συντήρηση των μετρητών κατανάλωσης και τον εντοπισμό της μη εξουσιοδοτημένης χρήσης (Κανακούδης – Τσιφτιλή, 2015).

Το να γνωρίζεις καλύτερα το δίκτυο και τα χαρακτηριστικά λειτουργίας του, βοηθά να βελτιωθεί ο τρόπος συλλογής δεδομένων λειτουργίας. Πιο συγκεκριμένα, για την επίτευξη αυτού του σκοπού προτείνεται η διαμόρφωση ενός μοντέλου προσομοίωσης της υδραυλικής λειτουργίας του δικτύου σε συνδυασμό με ένα σύστημα τηλεμετρίας – τηλεέλεγχου – τηλεχειρισμού και η λεπτομερής χαρτογράφηση του δικτύου. Ακόμα συμβάλλουν, η δημιουργία, η οργάνωση ειδικών συνεργείων για την ανίχνευση των διαρροών και η διατήρηση αρχείων λειτουργίας βλαβών, επισκευών, συντήρησης και κόστους. Ολοκληρώνοντας, η πραγματοποίηση τακτικών ελέγχων των λογαριασμών χρέωσης των καταναλωτών, συμβάλλει στον εντοπισμό

εσφαλμένων μετρήσεων και ενδεχόμενης κλοπής. Στον Πίνακα (Kanakoudis, 2004) παρουσιάζονται αναλυτικά οι ενέργειες αντιμετώπισης των προβλημάτων.

<b>SS</b>	<b>Βελτίωση των Φυσικών Χαρακτηριστικών του Δικτύου</b>
SS1	Προσθήκη boosters και βαλβίδων μείωσης πίεσης
SS2	Αύξηση της δυναμικότητας των δεξαμενών αποθήκευσης
SS3	Προσθήκη νέων βαλβίδων
SS4	Καθοδική προστασία
SS5	Καθαρισμός δικτύων
SS6	Εξουδετέρωση – αποφυγή σημείων διμεταλλικής επαφής
SS7	Εξουδετέρωση της πηγής του συνεχούς ρεύματος
SS8	Βελτίωση των πρακτικών εγκατάστασης των αγωγών
SS9	Αύξηση της δυναμικότητας των αντλιοστασίων
SS10	Εγκατάσταση βαλβίδων εκκένωσης
SS11	Εγκατάσταση ενδοδικτυακής χλωρίωσης
SS12	Έλεγχος και επισκευή των ενώσεων
SS13	Επένδυση των αγωγών μετά τον καθαρισμό τους
SS14	Δημιουργία βρόγχων ροής
SS15	Τοποθέτηση μετρητών
SS16	Κατασκευή παράλληλων σειρών τροφοδοσίας
SS17	Εισαγωγή εσωτερικών αγωγών
SS18	Αντικατάσταση των αγωγών με άλλους από αντι-διαβρωτικό υλικό
SS19	Αντιπληγματικός έλεγχος
<b>OM</b>	<b>Λειτουργία και Συντήρηση του Δικτύου</b>
OM1	Αλλαγή της λειτουργίας των βαλβίδων
OM2	Τακτικό ξέπλυμα των αγωγών
OM3	Επισκευή των διαρροών
OM4	Προσαρμογή – διόρθωση – βαθμονόμηση των μετρητών κατανάλωσης νερού
OM5	Έλεγχος των μετρητών κατανάλωσης νερού
OM6	Προσαρμογή του pH του νερού
OM7	Επαρκής έλεγχος της λειτουργίας των βαλβίδων
OM8	Βελτίωση των μεθόδων επεξεργασίας του νερού
<b>DA</b>	<b>Βελτίωση του Τρόπου Συλλογής των Δεδομένων Λειτουργίας του Δικτύου</b>
DA1	Προσομοίωση της λειτουργίας του δικτύου με τη χρήση κατάλληλου μοντέλου
DA2	Ανίχνευση των διαρροών
DA3	Χαρτογράφηση και λεπτομερειακή απεικόνιση του δικτύου
DA4	Διατήρηση αρχείων
DA5	Επίβλεψη των αρχείων των τιμολογίων χρέωσης των καταναλωτών
DA6	Έλεγχος πιθανής διείσδυσης στα σημεία υψηλής επικινδυνότητας

Πίνακας 3. Ενέργειες αντιμετώπισης των προβλημάτων (Κανακούδης, 1998)

### iii. Πλαίσιο Διαχείρισης Προβλημάτων Δικτύων Ύδρευσης

Τα δίκτυα ύδρευσης όπως είδαμε, εμφανίζουν διάφορα προβλήματα τα οποία μπορούμε να τα διαχειριστούμε με ένα σχέδιο δράσης που θεωρείται απαραίτητο.

Αυτό το σχέδιο δράσης αποτελείται από επτά βήματα:

- *Αναγνώριση του Δικτύου: Βασικό είναι να αναγνωριστεί το δίκτυο ύδρευσης είτε με χαρτογράφηση, είτε με τη χρήση συστημάτων διαχείρισης χωρικών δεδομένων, όπως τα συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών (GIS).*

- *Κατανόηση του Δικτύου: Ακολουθεί η κατανόηση του δικτύου που μπορεί να επιτευχθεί με συστήματα παρακολούθησης και με συστήματα προσομοίωσης της λειτουργίας του.*
- *Αναγνώριση Προβλημάτων: Είναι σημαντικό να αναγνωριστούν τα προβλήματα του δικτύου και αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί με τη μελέτη των συμπτωμάτων που εμφανίζονται.*
- *Κατανόηση Προβλημάτων: Επόμενο βήμα είναι να συνδεθούν τα συμπτώματα που εντοπίστηκαν στο προηγούμενο βήμα με τις αιτίες που τα προκαλούν.*
- *Σύνδεση συμπτωμάτων με κύριες και πιθανές αιτίες: Εκτός όμως από τη σύνδεση με τις κύριες αιτίες, πρέπει να διερευνηθούν και οι δευτερεύουσες αιτίες που προκαλούν τα συμπτώματα.*
- *Σύνδεση Αιτιών με Κύριες και Δευτερεύουσες Ενέργειες Αντιμετώπισης: Για να αντιμετωπιστούν οι αιτίες, πρέπει να καταγραφούν οι ενέργειες αντιμετώπισης, τόσο οι κύριες, όσο και οι δευτερεύουσες.*
- *Δράση, Εμπειρία, Συγκριτική Αξιολόγηση, Βέλτιστες Πρακτικές: Τέλος, πρέπει να ληφθεί υπόψη η εμπειρία των τεχνικών και των διαχειριστών του δικτύου ύδρευσης, να προβούν σε συγκριτική αξιολόγηση των ενεργειών αντιμετώπισης και να χρησιμοποιήσουν τις βέλτιστες πρακτικές που έχουν εφαρμοστεί σε άλλα δίκτυα ύδρευσης με επιτυχία (Κανακούδης – Τσιφτιλή, 2015).*

### **iii. Μεθοδολογία Διαχείρισης Δικτύων Ύδρευσης – Το Υδατικό Ισοζύγιο - Εκτίμηση των μη μετρούμενων όγκων νερού**

Το εισερχόμενο νερό στο Δίκτυο δύναται να το μετρήσουμε χρησιμοποιώντας μετρητές στα σημεία εισόδου του νερού ή με δοκιμές πτώσης στη στάθμη των δεξαμενών. Η τιμή της μεταβλητής ίσως να υπερεκτιμηθεί, σε περίπτωση μη ύπαρξης μετρητικών συσκευών ή σε περίπτωση ύπαρξης σφαλμάτων στις μετρήσεις τους.

Τιμολογούμενη Μετρούμενη Κατανάλωση (BilledMeteredConsumption): το υπολογίζουμε από τις καταγραφές των μετρητών των καταναλωτών κάθε είδους και τη μετατροπή των στοιχείων από μηνιαίες, διμηνιαίες ή τριμηνιαίες (τετραμηνιαίες) καταγραφές (ανάλογα με την περίοδο τιμολόγησης) σε μέση ημερήσια ροή (Κανακούδης – Τσιφτιλή, 2015).

#### iv. Αρχικοί Δείκτες Διαχείρισης Δικτύων Ύδρευσης

Για τη διαχείριση των δικτύων ύδρευσης, αυτοί που χρησιμοποιήθηκαν ανάμεσα στους πρώτους δείκτες απόδοσης, είναι οι δείκτες που αναπτύχθηκαν από τον Kanakoudis (2004). Αυτοί είναι:

- ❖ **Ποσοστό Χρήσης (Percentage of Use - %):** το ποσοστό κατά το οποίο εξαντλείται η δυναμικότητα του δικτύου (παροχαρακτηριστική ικανότητα υδαταγωγών, δυναμικότητα αντλιοστασίων, δυνατότητα υδροληψίας από τους υδατικούς πόρους) στην προσπάθεια ικανοποίησης των απαιτήσεων κατανάλωσης νερού. Χρησιμοποιείται κυρίως σε περιπτώσεις όπου κυρίαρχος σκοπός του διαχειριστή είναι ο έλεγχος της αναγκαιότητας αύξησης της δυναμικότητας του συστήματος, με απώτερο σκοπό τον καλύτερο προγραμματισμό των δαπανών. Ανάλογα με τους διαθέσιμους οικονομικούς πόρους, είναι δυνατόν να αποφασισθεί είτε η έναρξη των αναγκαίων έργων «επέκτασης-αναβάθμισης» του δικτύου, είτε η λήψη των κατάλληλων μέτρων περιορισμού της ζήτησης με σκοπό την καθυστέρησή τους.
- ❖ **Επίπεδο Παρεχομένων Υπηρεσιών (Grade of Service - p):** εκφράζεται από την πιθανότητα ικανοποίησης της ζήτησης νερού εντός κάποιου χρονικού διαστήματος μελέτης. Χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις όπου είναι αναγκαίος ο έλεγχος της συνέχειας στην κάλυψη των «ευαίσθητων» απαιτήσεων από το δίκτυο (νοσοκομείων ή άλλων απαιτήσεων πρώτης ανάγκης).
- ❖ **Ποιότητα Παρεχομένων Υπηρεσιών (Quality of Service - %):** εκφράζεται από το ποσοστό ικανοποίησης της ζήτησης νερού εντός κάποιου χρονικού διαστήματος μελέτης. Χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις όπου είναι δυνατός ο περιορισμός των απαιτήσεων από το δίκτυο με απαραίτητη όμως προϋπόθεση να διασφαλίζεται η συνέχεια της υδροδότησης, έστω και με μερική κάλυψη των απαιτήσεων αυτών.
- ❖ **Ταχύτητα Αντίδρασης (Speed of Response - t):** προσδιορίζεται από το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί από τη στιγμή της εκδήλωσης μιας απαίτησης – ζήτησης στο δίκτυο έως τη στιγμή που γίνεται δυνατή η ικανοποίησή της. Έχει ιδιαίτερη σημασία, όταν η «σπουδαιότητα» του δικτύου έγκειται στην ταχύτητα κάλυψης των εκτάκτων αναγκών που του παρουσιάζονται. Χρησιμοποιείται κυρίως για να χαρακτηρίσει τη λειτουργία βοηθητικών δικτύων που τίθενται

εκτάκτως σε λειτουργία για την εναλλακτική κάλυψη υδατικών αναγκών του κυρίως δικτύου, που για κάποιο λόγο (π.χ. βλάβη σε υδαταγωγό) δε μπορεί να τις ικανοποιήσει.

- ❖ **Αξιοπιστία / Επικινδυνότητα (Reliability / Risk - p)**: ισοδυναμεί με την πιθανότητα να μη συμβεί αστοχία στο δίκτυο εντός κάποιου διαστήματος μελέτης. Είναι ο πλέον διαδεδομένος δείκτης ελέγχου του επιπέδου λειτουργίας ενός δικτύου. Την αντίθετη ακριβώς έννοια από το δείκτη της αξιοπιστίας, έχει ο δείκτης της Επικινδυνότητας. Η αξιοπιστία έχει τον κυρίαρχο ρόλο, όταν χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις όπου το κόστος που συνοδεύει την πιθανή αστοχία του δικτύου, είναι πολλαπλάσιο του κόστους λειτουργίας και συντήρησής του.
- ❖ **Αξιοπιστία Στόχου (Mission Reliability - p)**: εκφράζει την πιθανότητα να μην συμβεί αστοχία του δικτύου κατά τη μεταφορά νερού από τους υδατικούς πόρους προς κάποιο συγκεκριμένο σημείο ζήτησης. Συνδέεται, κυρίως, με κάποιες έκτακτες ή σπάνιες απαιτήσεις από το δίκτυο, που εμφανίζονται στη διάρκεια ενός χρονικού διαστήματος, η ικανοποίηση των οποίων είναι σκοπός πρώτης προτεραιότητας (π.χ. κατά τη διάρκεια της κατάσβεσης μιας πυρκαγιάς).
- ❖ **Διαθεσιμότητα (Availability - p)**: αναφέρεται στην πιθανότητα το δίκτυο σε κάποια δεδομένη χρονική στιγμή να βρίσκεται σε κατάσταση κανονικής λειτουργίας, άσχετα αν, πριν ή μετά τη χρονική αυτή στιγμή, το δίκτυο αστοχεί. Χρησιμοποιείται κυρίως για βλάβες που μπορούν να επισκευαστούν, οπότε είναι πάντα μεγαλύτερη ή ίση από την τιμή του δείκτη της αξιοπιστίας. Για μη επισκευάσιμες βλάβες, η τιμή του ταυτίζεται με την τιμή του δείκτη της αξιοπιστίας.
- ❖ **Επιδιορθωσιμότητα (Reparability / Resiliency - t)**: δείχνει το πόσο γρήγορα το δίκτυο επανέρχεται στην κατάσταση της κανονικής του λειτουργίας μετά την εμφάνιση μιας αστοχίας σ' αυτό. Χρησιμοποιείται, κυρίως, όταν οι επιπτώσεις μιας αστοχίας εξαρτώνται από τη διάρκειά της όχι βάσει κάποιου γραμμικού αλλά κάποιου εκθετικού νόμου (π.χ. βλάβες σε δίκτυα με περιορισμένη δυναμικότητα δεξαμενών αποθήκευσης νερού για έκτακτες ανάγκες).
- ❖ **Τρωτότητα Δικτύου (Vulnerability - p€)**: εκφράζει τη μέση σημαντικότητα μιας αστοχίας (μέγεθος των επιπτώσεών της) που παρουσιάζεται σε ένα δίκτυο. Αποτελεί τον πλέον «ευέλικτο» –από απόψεως ορισμού δείκτη– αφού μπορεί να



ορισθεί με διαφορετικούς τρόπους ανάλογα με την κρίση του ερευνητή και τις συνθήκες που παρουσιάζονται. Χρησιμοποιείται, όταν απαιτείται η πρόβλεψη του μεγέθους των επιπτώσεων μιας αστοχίας σε συνδυασμό με την πιθανότητα εμφάνισής της.

- ❖ **Βιωσιμότητα** (*Sustainability*=επιδιορθωσιμότητα+ Τρωτότητα): εκφράζεται από τον συνδυασμό υψηλής τιμής του Δείκτη Επιδιορθωσιμότητας και χαμηλής τιμής του δείκτη.

## **v. Τρωτότητας του δικτύου. Δείκτες για το Μη Ανταποδοτικό Νερό**

Ο δείκτης που χαρακτηρίζεται καλύτερος για την «καλή πρακτική» του προτύπου της IWA είναι ο όγκος του Μη-Ανταποδοτικού Νερού (NRW) ως ποσοστό του εισερχόμενου νερού στο δίκτυο (NRW % του όγκου – δείκτηςFi46) (Alegre et al., 2006). Ο δείκτης αυτός, αποτελεί ουσιαστικά την ένδειξη του επιπέδου των απωλειών στο δίκτυο. Διεθνή στοιχεία, εμφανίζουν ότι το «NRW % του όγκου» ποικίλλει από 5-50% (Farley&Trow, 2003).

Γι' αυτό το μεγάλο εύρος, αναφέρονται πολλοί λόγοι, συμπεριλαμβανομένης της διοικητικής αποδοτικότητας και της κατάστασης των υποδομών (Farley&Trow, 2003):

- Οι οικονομικές διοικητικές πολιτικές εξαρτώνται από το κόστος και τη διαθεσιμότητα του νερού.
- Η υψηλή κατανάλωση μειώνει το NRW % του όγκου, ενώ η χαμηλή κατανάλωση το αυξάνει.
- Η διακοπτόμενη παροχή μειώνει το χρονικό διάστημα που το σύστημα είναι υπό πίεση και διαρρέει, αλλά δεν είναι καλή πρακτική, δεδομένου ότι μειώνει τη διάρκεια ζωής των υποδομών.
- Οι φαινόμενες απώλειες επηρεάζονται από τα είδη των μετρητών και από το αν παρέχεται νερό στους πελάτες με άμεση πίεση ή μέσω των δεξαμενών στις στέγες.

- Οι μέσες πιέσεις λειτουργίας ποικίλλουν μεταξύ, λιγότερο από 20m μέχρι πάνω από 100m και οι μέσες πραγματικές απώλειες ποικίλλουν περίπου γραμμικά με την πίεση για τα μεγάλα συστήματα με μικτά υλικά σωλήνων.
- Μερικά συστήματα περιλαμβάνουν πραγματικές απώλειες από αγωγούς μεταφοράς και δεξαμενές πελατών και άλλα όχι.
- Οι πραγματικές απώλειες μπορεί να περιλαμβάνουν διαρροές στους ιδιωτικούς αγωγούς των πελατών, ανάλογα με την ευθύνη ιδιοκτησίας και συντήρησης για τα διαφορετικά τμήματα της σύνδεσης, και την τοποθεσία των μετρητών των πελατών.

Με το «NRW % του όγκου» αντιπροσωπεύεται ο όγκος του νερού ως % του εισερχόμενου όγκου του νερού στο σύστημα το οποίο δεν παράγει έσοδα. Ωστόσο αυτό δεν υπολογίζει τις διαφορετικές αξίες των συστατικών του NRW, ούτε το κόστος λειτουργίας του συστήματος (Liemberger, Brothers, Lambert, McKenzie, Rizzo, & Waldron, 2007).

Επίσης, υπάρχει ένας άλλος πιο καλός δείκτης για το NRW είναι «% του κόστους» (δείκτης Fi47), ο οποίος υπολογίζει το κόστος καθενός από τα τρία κύρια συστατικά του NRW (Μη-τιμολογούμενη εξουσιοδοτημένη κατανάλωση, φαινόμενες απώλειες και πραγματικές απώλειες). Αυτό πραγματοποιείται συνεισφέροντας τις διαφορετικές χρηματικές αξίες ανά  $m^3$ , καθενός από τα τρία συστατικά του NRW και διαιρώντας με το λειτουργικό κόστος του συστήματος (Κανακούδης – Τσιφτιλή, 2015).

## **vi. Δείκτες για τις φαινομενικές Απώλειες**

Από την IWA προτείνεται, ο δείκτης για τις φαινόμενες απώλειες να μετριέται σε  $m^3$ /σύνδεση/έτος. Ωστόσο, στα συστήματα αυτά όπου όλοι οι καταναλωτές έχουν μετρητές και το ποσοστό της παράνομης χρήσης/κλοπής, είναι ελάχιστο, είναι καλύτερα να εκφράζονται οι φαινόμενες απώλειες σαν ποσοστό της εξουσιοδοτημένης μετρούμενης κατανάλωσης, αφού οι περισσότερες φαινόμενες απώλειες θα αποδίδονται σε λάθη των μετρητών/μετρήσεων.

Από την αναφορά των Liemberger et al. (2007), η Ομάδα εργασίας των Φαινόμενων Απωλειών συμφώνησε ότι ο % δείκτης απόδοσης είτε εκφραζόμενος ανά

όγκο εισερχόμενου νερού ή ανά παρεχόμενο νερό, δεν είναι καλός δείκτης, γιατί περιέχει λίγες, πραγματικά χρήσιμες πληροφορίες. Ο κύριος λόγος είναι η πολυπλοκότητα των Φαινόμενων Απωλειών (ό.π.):

- Οι Φαινόμενες Απώλειες αποτελούνται από τέσσερα συστατικά (Εικόνα).
- Συστήματα με δεξαμενές στις οροφές των κτιρίων παρέχουν τελείως διαφορετικό σενάριο από τα συστήματα χωρίς δεξαμενές στις οροφές. Η υπομέτρηση στις περιπτώσεις των ιδιωτικών δεξαμενών στις οροφές είναι πολύ μεγαλύτερη (Lambert & McKenzie, 2002· Lambert et al.,1999).
- Ο όγκος των Φαινόμενων Απωλειών μπορεί πραγματικά να είναι αρνητικός εξαιτίας καταγραφής μεγαλύτερης κατανάλωσης στις περιπτώσεις μετρητών απλής και πολλαπλής ριπής (single-jet και multi-jet).



Εικ 4. Τα συστατικά των Φαινόμενων Απωλειών (ιδία επεξεργασία με βάση στοιχεία των Farley and Trow, 2003)

## vii. Δείκτες για τις Πραγματικές Απώλειες

Στο πρότυπο της IWA προτείνεται σαν δείκτης απόδοσης των πραγματικών απωλειών «καλής πρακτικής» ο δείκτης «Πραγματικές απώλειες ανά μήκος αγωγών». Στο δείκτη αυτό που αφορά τη λειτουργική διαχείριση των πραγματικών απωλειών, αναγνωρίζει ότι:

- Το ποσοστό επί του εισερχόμενου όγκου του νερού επηρεάζεται ισχυρά από την κατανάλωση και οι αλλαγές στην κατανάλωση το καθιστούν ακατάλληλο γι' αυτό τον σκοπό.
- Οι εκφράσεις των πραγματικών απωλειών «ανά τιμολογούμενο λογαριασμό» ή «ανά -ιδιοκτησία» δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται, καθώς κάποιες συνδέσεις μπορεί να υδροδοτούν πολλαπλές τιμολογούμενες ιδιοκτησίες και μπορεί να υπάρχει μία σύνδεση με πιθανότητα να διαρρέει και να δίνει εσφαλμένη εικόνα.

Η αντικειμενικότητα των εκφράσεων των πραγματικών απωλειών «ανά σύνδεση» ή «ανά km αγωγών» εξαρτάται από την πυκνότητα των συνδέσεων για το υπό εξέταση σύστημα. Στην Εικόνα φαίνεται η διαδικασία επιλογής με τη μορφή διαγράμματος απόφασης (Κανακούδης – Τσιφτιλή, 2015).

Όταν η πυκνότητα των συνδέσεων είναι πίο μεγάλη από 20 συνδέσεις ανά km αγωγών, τότε προτείνεται ο δείκτης «Πραγματικές Απώλειες ανά Σύνδεση» (δείκτης Op27), ενώ στην αντίθετη περίπτωση, προτείνεται ο δείκτης «Πραγματικές Απώλειες ανά μήκος αγωγών» (δείκτης Op28). Στην περίπτωση συστημάτων με διακοπτόμενη παροχή, ο δείκτης εκφράζεται σε «lt/σύνδεση/ημέρα, όταν το σύστημα είναι υπό πίεση».



**Εικόνα19** : Διαδικασία επιλογής δείκτη απόδοσης για τη λειτουργική διαχείριση των Πραγματικών Απωλειών (Farley&Trow, 2003)

Τα μειονεκτήματα της μη αυτόματης καταγραφής των μετρήσεων που εμφανίζονται στην απώλεια νερού μπορεί να οφείλονται στα παρακάτω (Κανακούδης – Τσιφτιλή, 2015):

- ανθρώπινα σφάλματα,
- κακή συντήρηση των θαλάμων των μετρητών,
- αδυναμία πρόσβασης στους μετρητές,
- εχθρικά ζώα,
- παρουσία βλάστησης, ανόργανων αποθέσεων (debris) κλπ.,
- όταν δεν είναι προσβάσιμοι οι μετρητές, τότε γίνονται εκτιμήσεις της κατανάλωσης με αποτέλεσμα σφάλματα στις μετρήσεις,
- διαδικασία έντασης εργασίας με υψηλό κόστος ανθρώπινου δυναμικού,
- καιρικές συνθήκες,
- κόπωση, τραυματισμοί.

Στη χειρόγραφη καταγραφή των μετρήσεων ενέχεται ο κίνδυνος του ανθρώπινου σφάλματος κατά τη μεταφορά της καταγεγραμμένης κατανάλωσης από τον υδρομετρητή στο χειρόγραφο αρχείο. Επίσης υπάρχουν οι περιπτώσεις όπου, λόγω προβλημάτων στην πρόσβαση, οι υδρονομείς συμπληρώνουν τα αρχεία με τυχαίες μετρήσεις που επινόησαν. Τέλος, σε σπάνιες περιπτώσεις υπάρχουν και γεγονότα διαφθοράς. Στόχος κάθε εταιρείας θα πρέπει να τεθεί η εξάλειψη αυτών των σφαλμάτων ή έστω η ελαχιστοποίησή τους (ό.π.).

#### ✓ **Σφάλματα Χειρισμού Δεδομένων (Λογιστικά)**

Μέσα στο πλήθος των σφαλμάτων ανάγνωσης των μετρητών, γίνονται και σφάλματα στη διαδικασία μεταφοράς και έκδοσης τιμολογίων από την οικονομική υπηρεσία της εταιρείας ύδρευσης. Συνήθως, όταν η χρέωση της καταγεγραμμένης ποσότητας που χρεώνεται στους καταναλωτές είναι μεγαλύτερη, τότε ο ίδιος ο καταναλωτής καταφεύγει στην εταιρεία. Όταν δεν γίνεται αυτό, τότε τα λογιστικά σφάλματα επιβαρύνουν κατά κύριο λόγο την εταιρεία ύδρευσης. Στόχος της εταιρείας θα πρέπει να είναι η ελαχιστοποίηση αυτών των σφαλμάτων, με την εφαρμογή τεχνικών ελέγχου των ποσοτήτων που χρεώνει στους πελάτες της (Κανακούδης – Τσιφτιλή, 2015).

#### ✓ **Πραγματικές Απώλειες οικιακές**

Μέσα στις διαρροές συμπεριλαμβάνονται και αυτές που συμβαίνουν στις συνδέσεις των καταναλωτών μέχρι το σημείο του καταναλωτή. Συγκεκριμένα αυτές οι διαρροές αφορούν το χαμένο νερό από διαρροές στις συνδέσεις των καταναλωτών από το σημείο σύνδεσης μέχρι το σημείο χρήσης από τον πελάτη. Στα μετρούμενα συστήματα αυτό είναι ο μετρητής του πελάτη, ενώ στα μη-μετρούμενα είναι το πρώτο σημείο χρήσης μέσα στην ιδιοκτησία. Οι συγκεκριμένες διαρροές, όταν είναι μεγάλες (π.χ. προέρχονται από θραύσεις αγωγών) τότε γίνονται εύκολα αντιληπτές. Συνήθως όμως, είναι μικρές διαρροές οι οποίες δεν γίνονται αντιληπτές και εξακολουθούν για μεγάλα διαστήματα, συχνά ακόμη και για χρόνια (Κανακούδης – Τσιφτιλή, 2015).

✓ **Διαρροές και θραύσεις αγωγών - Θραύσεις αγωγών**

Στα δίκτυα ύδρευσης υπάρχουν θραύσεις των αγωγών οι οποίες έχουν ως αιτίες διάφορους παράγοντες, όπως αλλοιώσεις, διακυμάνσεις στην πίεση ή υπερβολική πίεση, κίνηση του εδάφους ή από τον συνδυασμό αυτών των παραγόντων. Συχνά, οι θραύσεις εντοπίζονται εύκολα λόγω του μεγάλου όγκου νερού που απελευθερώνεται και γίνονται εύκολα αντιληπτές. Όμως, έχουμε και περιπτώσεις όπου το νερό βρίσκει διέξοδο υπόγεια και αυτό δυσκολεύει τον εντοπισμό της θραύσης. Συνήθως μια αιτία είναι τα χαμηλά επίπεδα θορύβου λόγω πτώσης της πίεσης και επομένως ο εντοπισμός της θραύσης δεν δύναται να γίνει αντιληπτός από τη χρήση ακουστικών συσκευών εντοπισμού διαρροών. Ο εντοπισμός –σε αυτή την περίπτωση– μπορεί να γίνει με την παρακολούθησή της (Κανακούδης – Τσιφτιλή, 2015).

✓ **Διαρροή από ράγισμα αγωγού**

Με τον όρο «ράγισμα» νοείται η αστοχία του αγωγού που εκδηλώνεται ως περιμετρική ή διαμήκης και είναι συχνά αποτέλεσμα αλλοίωσης του αγωγού ή κίνησης του εδάφους. Ο εντοπισμός της διαρροής μπορεί να έχει μεγάλο χρονικό πλαίσιο και αυτή μπορεί να γίνει αντιληπτή μόνο όταν γίνει θραύση. Η ποιότητα του ήχου εξαρτάται από το υλικό του αγωγού και συνήθως είναι ευδιάκριτος και υψηλής συχνότητας (Κανακούδης – Τσιφτιλή, 2015).



Εικόνα 20. Διαρροή από θραύση αγωγού ύδρευσης.

✓ **Διαρροή από μικρή οπή**

Η διαρροή από μικρή οπή αναφέρεται στις μικρές κυκλικές αστοχίες σε έναν αγωγό και συνήθως προκαλούνται από διάβρωση ή φόρτο από πέτρες όταν εγκαθίσταται ο αγωγός. Συχνές είναι οι οπές στους μεταλλικούς αγωγούς που είναι εγκατεστημένοι σε διαβρωτικό περιβάλλον χωρίς σωστή αντιδιαβρωτική προστασία . Αυτές οι οπές ίσως μεγαλώσουν τάχιστα και να προκύψει θραύση του αγωγού. Οι αγωγοί πρέπει πάντα να τοποθετούνται σε ένα υπάρχον στρώμα άμμου, σαν το πιο μικρό μέτρο προστασίας. Βέβαια, πιο συχνά απαιτούνται πολύ ισχυρότερα μέτρα προστασίας. Η ποιότητα του ήχου της διαρροής ποικίλλει, και αυτό εξαρτάται από την πίεση, το υλικό του αγωγού και της επίχωσης, αλλά συνήθως είναι ευκρινής και υψηλής συχνότητας (Κανακούδης – Τσιφτιλή, 2015).



Εικόνα 21 ΘΡΑΥΣΗ ΑΓΩΓΟΥ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΕΠΙΣΚΕΥΑΣΜΕΝΟΣ ΑΓΩΓΟΣ  
ΔΙΚΤΥΟΥ Δ.Ε.Υ.Α.Ρ. ΔΙΚΤΥΟΥ Δ.Ε.Υ.Α.Ρ

✓ **Διαρροές σε αγωγούς σύνδεσης των αγωγών διανομής με τους μετρητές των καταναλωτών**

Οι διαρροές σε αγωγούς σύνδεσης των αγωγών διανομής με τους μετρητές των καταναλωτών είναι ο πιο κοινός τύπος διαρροών στα συστήματα διανομής νερού.

Εξαιτίας των αρκετών αλλαγών μεγεθών ή υλικών από τον μεταλλικό κρίκο που συνδέει τη σύνδεση με τον κύριο αγωγό, ως τον μετρητή του καταναλωτή, απαιτείται η εγκατάσταση συνδέσεων οι οποίες είναι συχνά ένα αδύναμο κομμάτι των αγωγών. Ακόμα, οι αγωγοί σύνδεσης κατά την τοποθέτησή τους είναι πολύ κοντά στην επιφάνεια του εδάφους και γι' αυτό αποδυναμώνονται εξαιτίας κίνησης που προκαλείται από τον κυκλοφορικό φόρτο. Η διαπίστωση των διαρροών είναι εύκολη, καθώς υπάρχει πρόσβαση στον αγωγό μέσω μετρητή, για να διευκολύνεται η άμεση ακρόαση θορύβων διαρροών (Μανουσέλη, 2013).



Εικόνα 22. ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΔΙΑΡΡΟΗΣ ΣΕ ΑΓΩΓΟ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΜΕ ΤΟΥΣ ΜΕΤΡΗΤΕΣ ΤΩΝ ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΩΝ ΤΗΣ Δ.Ε.Υ.Α.Ρ.

#### ✓ Διαρροές σε συνδέσεις αγωγών

Μια διαρροή μπορεί να συμβεί και στις συνδέσεις, και μάλιστα είναι συνήθη σημεία διαρροών, κυρίως σε παλιούς αγωγούς που είναι από χυτοσίδηρο και τσιμέντο, και σε αυτούς η σφράγιση δέχεται αλλοίωση με το πέρασμα του χρόνου. Στις πιο παλιές συνδέσεις αγωγών, δεν υπάρχει προστασία έναντι της διάβρωσης και γι' αυτό αλλοιώνονται γρηγορότερα από τον αγωγό. Σε περιπτώσεις σεισμών, οι συνδέσεις των αγωγών υφίστανται τη μεγαλύτερη καταπόνηση, γεγονός που οδηγεί



σε διαρροή και τελικά σε ρηγμάτωση. Οι διαρροές σε συνδέσεις εντοπίζονται πιο εύκολα σε μεταλλικούς αγωγούς, καθώς εκεί δημιουργείται ένας καθαρός ήχος διαρροής. Όμως δε συμβαίνει το ίδιο σε αγωγούς από πλαστικό και τσιμέντο, γι' αυτό ακολουθούνται όπου χρησιμοποιούνται, άλλες μέθοδοι εντοπισμού της διαρροής (Κανακούδης – Τσιφτιλή, 2015).

#### **Διαρροές σε πυροσβεστικούς κρουνοί, βαλβίδες εξαέρωσης και βαλβίδες εκκένωσης**

Διαρροές καταγράφονται ακόμα στα εξαρτήματα του συστήματος, όπως οι πυροσβεστικοί κρουνοί, οι βαλβίδες εξαέρωσης/αεροβαλβίδες και οι βαλβίδες εκκένωσης/καθαρισμού. Ο εντοπισμός τους είναι απλός γιατί συνήθως είναι ορατές ή είναι εύκολο να εντοπιστούν ακουστικά (Μανουσέλη, 2013).

#### **viii. Παράγοντες που επηρεάζουν τους ρυθμούς αστοχιών των αγωγών**

Υπάρχουν παράγοντες που επηρεάζουν το ρυθμό αστοχιών των αγωγών. Αυτούς τους διακρίνουμε σε στατικούς ή εξαρτώμενους από τον χρόνο (Τσιτσιφλή, 2010). Ως παράδειγμα για κατανόηση στατικών παραγόντων είναι η διάμετρος του αγωγού ή το υλικό του αγωγού (Εικόνα ).

Ως παράγοντες εξαρτημένου χρόνου είναι η ηλικία των αγωγών, η θερμοκρασία, η θερμοκρασία του εδάφους και οι παρατηρηθείσες αστοχίες των αγωγών, είναι παραδείγματα τυχαίων χρονικά εξαρτημένων παραγόντων που μπορεί να επηρεάζουν αγωγούς που βρίσκονται κάτω από το έδαφος. Στον Πίνακα συνοψίζονται οι παράγοντες –ανά κατηγορία– που επηρεάζουν τους ρυθμούς αστοχιών των αγωγών (USEnvironmental Protection Agency, 2006. Τσιτσιφλή, 2010).



Εικόνα 23 (α) Αγωγοί ύδρευσης, (β) Εγκατάσταση αγωγού ύδρευσης.

Κατηγορία Παραγόντων που επηρεάζουν το ρυθμό αποτοχίας των αγωγών	Παράγοντες
Παράγοντες διατομής αγωγού (Pipe section factors)	Υλικό αγωγού
	Διάμετρος αγωγού
	Τύπος ένωσης
	Ηλικία αγωγού
	Βάθος τοποθέτησης αγωγού κάτω από την επιφάνεια του εδάφους
Λειτουργικοί παράγοντες και παράγοντες επιδιόρθωσης	Κατάσταση αγωγού (πάχος τοιχώματος, ελαττώματα κλπ.)
	Πίεση λειτουργίας
	Φύση και ημερομηνία τελευταίας αστοχίας (π.χ. τύπος, αιτία, σοβαρότητα)
	Φύση των λειτουργιών επισκευής (π.χ. καθαρισμός αγωγού, καθοδική προστασία κλπ.)
	Φύση και ημερομηνία τελευταίας επισκευής (π.χ. τύπος, μήκος)
	Ποιότητα νερού
Περιβαλλοντικοί και κλιματικοί παράγοντες	Μέθοδος κατασκευής
	Τύπος εδάφους
	Θερμοκρασία εδάφους ή βάθος πάγου
	Υψος βροχόπτωσης
	Περιεχόμενο υγρασίας εδάφους
	Θερμοκρασία
Κυκλοφορία και φόρτιση	

**Πίνακας 5.** Παράγοντες που επηρεάζουν τους ρυθμούς αστοχιών των αγωγών (ιδία επεξεργασία με στοιχεία από USEnvironmental Protection Agency, 2006).

- **Η ηλικία των αγωγών ως παράγοντας επίδρασης του ρυθμού αστοχιών τους**

Ένας παράγοντας καθοριστικός που επηρεάζει τον ρυθμό των αστοχιών των αγωγών, είναι η ηλικία τους (US Environmental Protection Agency, 2006). Για το λόγο αυτό είναι αρκετά τα μοντέλα αποκατάστασης αγωγών που έχουν βασιστεί αποκλειστικά στην ηλικία τους. Βέβαια οι παράγοντες δεν είναι μόνο αυτοί. Είναι ακόμα και η υφιστάμενη κατάσταση, η διάμετρος και η τοποθεσία, που συνεισφέρουν στους ρυθμούς αστοχιών των αγωγών.

- **Το υλικό των αγωγών ως παράγοντας επίδρασης του ρυθμού αστοχιών τους**

Αποδεικνύεται πως υπάρχει διαφορά του ρυθμού διαρροών και θραύσεων των αγωγών ειδικά σε αγωγούς διαφορετικών υλικών (US Environmental Protection

Agency, 2006). Ακόμα τα αποτελέσματα αρκετών μελετών σε διάφορα δίκτυα ύδρευσης μας ενημερώνουν πως ο ρυθμός αστοχιών είναι πιο μεγάλος στους αγωγούς από χυτοσίδηρο και αμιαντοτσιμέντο (περιοχή Reggio Emilia – Ιταλία).

Σε κάποια άλλη μελέτη αποδείχθηκε πως ο ρυθμός αστοχιών είναι πιο μεγάλος σε αγωγούς από χυτοσίδηρο σχετικά με αυτούς από όλκιμο σίδηρο (Bordeaux – Γαλλία). Σε αντίθεση, σε χώρες όπως η Νορβηγία, οι αγωγοί από αμιαντοτσιμέντο και μη προστατευμένο όλκιμο σίδηρο, εκτίθενται πιο πολύ από αυτούς από χυτοσίδηρο (US Environmental Protection Agency, 2006).

- **Η κατάσταση του εδάφους ως παράγοντας επίδρασης του ρυθμού αστοχιών των αγωγών**

Επιπλέον, παράγοντας επηρεασμού του ρυθμού αστοχιών των αγωγών είναι οι συνθήκες του περιβάλλοντος εδάφους. Γενικά ισχύει στα προσχωσιγενή εδάφη (alluvialsoils) να έχουν σαν αποτέλεσμα αυξημένους ρυθμούς αστοχιών (US Environmental Protection Agency, 2008), αλλά όχι πάντα σε όλες τις περιπτώσεις.

Ακόμα είναι διαφορετικός ο ορισμός της ποιότητας του εδάφους από περιοχή σε περιοχή, καθώς η ταξινόμηση διαφοροποιείται στα κριτήρια της επιθετικότητας του εδάφους. Κριτήριο χαρακτηρισμού του εδάφους αποτελεί η διαβρωτικότητα, καθώς επίσης και η σεισμικότητα, που είναι σημαντικός παράγοντας σε κάποιες περιοχές.

- **Οι προηγούμενες αστοχίες των αγωγών, ως παράγοντας επίδρασης του ρυθμού αστοχιών τους**

Οι μελέτες των Clark & Goodrich (1989) και οι Goulter & Kazemi (1988) απέδειξαν πως ο ρυθμός εμφάνισης αστοχιών στους αγωγούς αυξάνεται όταν προϋπάρχει αστοχία στο παρελθόν. Μάλιστα οι Goulter & Kazemi (1988) μπόρεσαν να αποδείξουν τη χρονική και χωρική συγκέντρωση των αστοχιών κοντά σε μια αρχική αστοχία (Κανακούδης – Τσιφτιλή, 2015).

#### ▪ **Κοινωνική ενημέρωση**

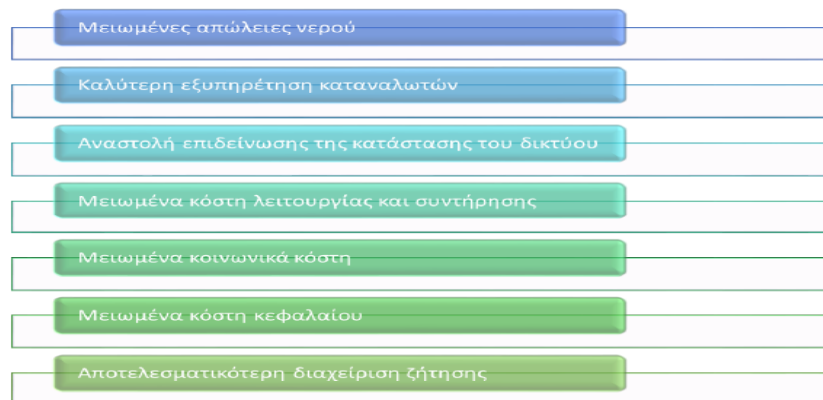
Η μη εξουσιοδοτημένη κατανάλωση έχει έναν κοινωνικό χαρακτήρα όπου τίθεται μια κοινωνική και πολιτιστική προσέγγιση ώστε το καταναλωτικό κοινό να έχει την καλύτερη δυνατή ενημέρωση και να συμμετέχει στα μέτρα αντιμετώπισης των προβλημάτων αυτών. Μέσα από την ενημέρωση το κοινό θα γνωρίσει ζητήματα σχετικά με την ανεπάρκεια των υδατικών πόρων και τους κινδύνους και τις πιέσεις που αντιμετωπίζουν. Αυτό θεωρείται ταυτόχρονα σημαντικό και κρίσιμο διότι είναι μια οδός προς τη διαμόρφωση μιας πιο ευσυνείδητης συμπεριφοράς, τόσο στον τομέα της εξοικονόμησης νερού (π.χ. με κατάλληλα οικονομικά κίνητρα), όσο και στον τομέα της έγκαιρης πληρωμής των λογαριασμών. Είναι απαραίτητη μια συνεργασία ανάμεσα στην εταιρεία ύδρευσης και των τοπικών κοινωνιών για να γίνεται μια σειρά από ενημερώσεις, συνέδρια, διανομή φυλλαδίων στα νοικοκυριά αλλά και μαζί με τους λογαριασμούς του νερού. Ακόμα και η εκπόνηση προγραμμάτων περιβαλλοντικής εκπαίδευσης με σκοπό την ενημέρωση των μαθητών και όχι μόνο, με επισκέψεις σε εταιρείες ύδρευσης, διαγωνισμούς κλπ. είναι πολύ σημαντική (Κανακούδης – Τσιφτιλή, 2015).

#### ▪ **Οφέλη από τη διαχείριση της πίεσης**

Τα οφέλη από τη διαχείριση της πίεσης περιλαμβάνουν (Lambert & Fantozzi, 2010) (Εικόνα):

- απώλειες νερού: μειωμένες διαρροές και θραύσεις και μειωμένη συχνότητα διαρροών,
- εξυπηρέτηση καταναλωτών: βελτιωμένη αξιοπιστία εξυπηρέτησης λόγω των λιγότερων διακοπών στην παροχή νερού,
- αναστολή επιδείνωσης της κατάστασης του δικτύου: εκτεταμένη χρήσιμη ζωή του εξοπλισμού,
- κόστη λειτουργίας και συντήρησης: μειωμένη ενέργεια λόγω άντλησης, μειωμένες επισκευές και ενεργός έλεγχος διαρροών,
- κοινωνικά κόστη: μειωμένη συχνότητα θραύσεων αγωγών και διακοπών της κυκλοφορίας,
- κόστη κεφαλαίου: αναβολή της ανανέωσης του εξοπλισμού και επεκτάσεων του δικτύου,

- διαχείριση ζήτησης: μικρότερη κατανάλωση από τις εξαρτώμενες από την πίεση χρήσεις νερού.



Εικ 24. Τα οφέλη από τη διαχείριση της πίεσης περιλαμβάνουν (Lambert & Fantozzi, 2010)

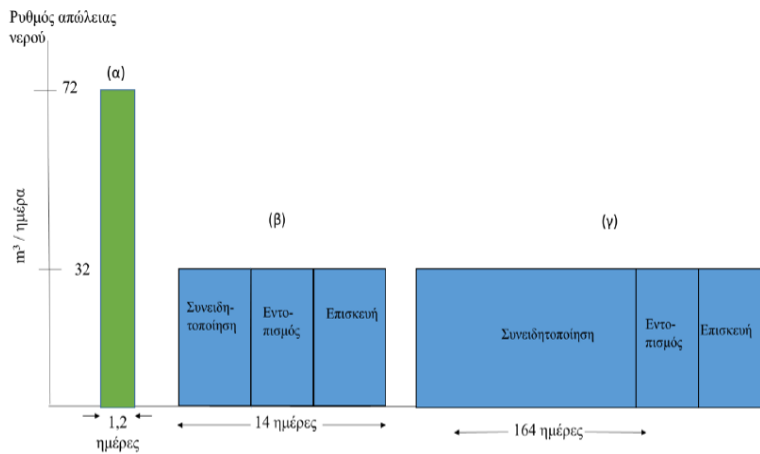
## 7.6 Ταχύτητα και Ποιότητα Επισκευών (Speed and Quality of Repairs)

Ως τρίτος πυλώνας για την αντιμετώπιση των πραγματικών απωλειών ορίζονται η ταχύτητα και η ποιότητα των επισκευών. Συγκεκριμένα η ταχύτητα των επισκευών αφορά στη μείωση της διάρκειας των διαρροών (Κανακούδης – Τσιφτιλή, 2015).

### ο Διάρκεια των διαρροών

Μια διαρροή έχει διάρκεια η οποία αποτελείται από τρεις επιμέρους χρόνους: τον χρόνο συνειδητοποίησης (awareness) της διαρροής, τον χρόνο εντοπισμού (location) της και τον χρόνο (διάρκεια) επισκευής (repair) της. Όπως έχει προαναφερθεί οι θραύσεις στους αγωγούς μπορούν και επισκευάζονται πιο εύκολα γιατί σημειώνεται μεγαλύτερη απώλεια νερού, ενώ στις διαρροές ο χρόνος είναι πολύ μεγαλύτερος μέχρι να συνειδητοποιηθεί (Εικόνα). Γενικά, οι θραύσεις που είναι εμφανείς και η συνολική διάρκεια είναι 1,2 ημέρες, ενώ ο ρυθμός της απώλειας νερού είναι  $72\text{m}^3/\text{ημέρα}$ , έχει ως τελικό αποτέλεσμα, συνολική απώλεια νερού  $86,4\text{m}^3$  (Εικόνα). Μία διαρροή  $32\text{m}^3/\text{ημέρα}$  σε αγωγό σύνδεσης που εντοπίζεται και η συνολική της διάρκεια είναι περίπου 14 ημέρες, το αποτέλεσμα είναι η απώλεια  $448\text{m}^3$  νερού. Σε αντίθετη περίπτωση, μία διαρροή με τον ίδιο ρυθμό  $32\text{m}^3/\text{ημέρα}$ , η οποία όμως δεν γίνεται αντιληπτή και μόνο ο χρόνος συνειδητοποίησης είναι ίσος με

164 ημέρες, έχει αποτέλεσμα απώλειας νερού  $5.248\text{m}^3$  (Εικόνα)(Κανακούδης – Τσιφτιλή, 2015).



**Εικ 25.** Σύγκριση των απωλειών νερού (α) θραύσης, (β) διαρροής που γίνεται άμεσα αντιληπτή και (γ) διαρροής που δεν γίνεται αντιληπτή (ίδια επεξεργασία με στοιχεία του Lambert, 2001).

#### ο Μείωση του χρόνου συνειδητοποίησης

Σημειώνεται πως ορισμένες φορές κάποιες διαρροές μπορούν να εντοπιστούν και να γίνουν γνωστές, και κάποιες όχι. Όταν συμβαίνει αυτό, το αποτέλεσμα είναι να εμφανίζονται επιπτώσεις στον συνολικό χρόνο ροής της διαρροής, και ειδικά στον χρόνο συνειδητοποίησης, ο οποίος και είναι το μεγαλύτερο μέρος του συνολικού χρόνου. Συγκεκριμένα οι διαρροές που εντοπίζονται και γνωρίζουμε, δαπανούν λιγότερο χρόνο συνειδητοποίησης, αφού είναι αντιληπτές στον δρόμο ή στην επιφάνεια του εδάφους ή μπορούν να προκαλέσουν πτώση της πίεσης παροχής που τις καθιστά εντοπίσιμες (Μανουσέλη, 2013). Σε αντίθεση, μη αντιληπτές διαρροές και δεν γνωστοποιούνται και μπορεί να διαρκέσουν για πολύ μεγάλα χρονικά διαστήματα μέχρι να γίνουν μεγαλύτερες, ώστε να φτάσουν στην επιφάνεια ή να προκαλέσουν καταστροφή και έτσι να κοινοποιηθούν. Για τη μείωση του χρόνου συνειδητοποίησης των διαρροών, υπάρχουν δυο δράσεις που βοηθούν: ο ενεργός έλεγχος διαρροών και ο χωρισμός του δικτύου σε DMAs.

Ο ενεργός έλεγχος διαρροών πρέπει να πραγματοποιείται σε τακτά χρονικά διαστήματα (τουλάχιστον μια φορά τον χρόνο) γιατί με αυτό τον τρόπο συμβάλλουμε στη μείωση του χρόνου συνειδητοποίησης των αφανών διαρροών. Με πιο μεγάλη συχνότητα του ενεργού ελέγχου διαρροών, θα μειώσει περαιτέρω τον χρόνο συνειδητοποίησης. Βέβαια, η συχνότητα του ενεργού ελέγχου διαρροών προϋποθέτει κάποιο κόστος εξοπλισμού και υλικών, όπως επίσης και κόστος προσωπικού. Η

ανάλυση κόστους / οφέλους που θα υπολογίσει τα παραπάνω κόστη, καθώς και το όφελος από το νερό που εξοικονομείται, θα μας απαντήσει σχετικά με τη συχνότητα του ενεργού ελέγχου διαρροών. Με τη διαίρεση του δικτύου σε στεγανές υπο-ζώνες (DMAs) συνεισφέρει στην εύρεση των αφανών διαρροών, αφού με τη συνεχή παρακολούθηση της παροχής, πραγματοποιείται ανάλυση της ελάχιστης νυχτερινής κατανάλωσης. Το μέγεθος της DMA διαδραματίζει σημαντικό ρόλο για την εύρεση νέων αφανών διαρροών, γιατί όσο πιο μικρή είναι μία DMA τόσο πιο μικρές διαρροές μπορούν να εντοπιστούν. Ο συνδυασμός του ενεργού ελέγχου διαρροών με τον χωρισμό του δικτύου σε DMAs αποτελούν μια περισσότερο αποδοτική προσέγγιση σε σχέση με τον ενεργό έλεγχο διαρροών από μόνο του (Κανακούδης – Τσιφτιλή, 2015).

- **Μείωση του χρόνου εντοπισμού**

Για τον εντοπισμό μια διαρροής πρέπει να υπάρχει εξοπλισμός και ικανότητες στο συνεργείο εντοπισμού των διαρροών, για να βρεθεί η ακριβής θέση της. Ο χρόνος εντοπισμού μπορεί να ελαχιστοποιηθεί σε περίπτωση που υπάρχουν διαθέσιμες περισσότερες καταρτισμένες ομάδες εντοπισμού, με κατάλληλο εξοπλισμό, πέρα του μηχανικού εξοπλισμού ακρόασης. Την απόφαση για την ταχύτητα της επιχείρησης στο να ανταποκρίνεται σε μια γνωστή διαρροή, εξαρτάται από την ανάλυση κόστους - οφέλους. Όσο περισσότερο νερό χάνεται, τόσο πιο γρήγορα πρέπει να ανταποκρίνεται η επιχείρηση (Thorntonetal., 2008; Μανουσέλη, 2013).

- **Ελαχιστοποίηση του χρόνου επισκευής**

Η χρονική αποκατάσταση μιας διαρροής εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως από τον αριθμό των διαθέσιμων συνεργείων, το επίπεδο κατάρτισής τους και τα κίνητρά τους, τον εξοπλισμό τους και την πολιτική της εταιρείας ύδρευσης. Οι εταιρείες ύδρευσης με την καλύτερη απόδοση επισκευάζουν τις διαρροές τους κατά μέσο όρο μέσα σε 12 έως 24 ώρες από τη στιγμή που θα γίνουν αντιληπτές, ενώ άλλες μπορεί να καθυστερήσουν εβδομάδες ή και μήνες για την επισκευή αυτών που δεν προκαλούν προβλήματα στην παροχή ή καταστροφή στις υποδομές (Μανουσέλη, 2013 Thorntonetal., 2008).

Η πολιτική που ακολουθείται σχετικά με τους αγωγούς σύνδεσης των καταναλωτών, αποτελεί ένα σημαντικό παράγοντα στον συνολικό χρόνο επισκευής. Συνήθως οι εταιρείες ύδρευσης έχουν την απαίτηση από τους πελάτες να έχουν την ευθύνη ενός μέρους του αγωγού που φτάνει στην ιδιοκτησία τους. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αργοπορημένη ανταπόκριση από τον καταναλωτή στις περισσότερες περιπτώσεις, ειδικά όταν ο αγωγός βρίσκεται πριν τον μετρητή του καταναλωτή (Κανακούδης – Τσιφτιλή, 2015).

Άλλος ένας σημαντικός παράγοντας που πρέπει να υπολογιστεί είναι η αποτελεσματικότητα στη διαχείριση της ιεράρχησης των εργασιών της εταιρείας. Οι εταιρείες ύδρευσης είναι υποχρεωμένες να έχουν ένα καλά οργανωμένο ηλεκτρονικό σύστημα διαχείρισης της ιεράρχησης των εργασιών τους και να είναι ικανές να διατηρούν αρχείο με τα παράπονα των πελατών τους και τις ενέργειες που έχουν γίνει προς την ικανοποίησή τους αλλά και να μπορούν να ανατρέχουν σε αυτά ανά πάσα στιγμή. Θεωρείται απαραίτητη η ύπαρξη αυτού του συστήματος, κυρίως σε μεγάλες εταιρείες που δέχονται ετησίως κατά εκατοντάδες παράπονα από τους πελάτες τους. Τέλος, η ανάλυση συνιστωσών των πραγματικών απωλειών, αποτελεί ένα καλό εργαλείο προσδιορισμού των επιπτώσεων που έχουν οι διάφορες πολιτικές χρόνου επισκευής στον συνολικό όγκο πραγματικών απωλειών μιας επιχείρησης. Πρέπει να σημειωθεί ότι οι πολιτικές επισκευών και οι βέλτιστοι χρόνοι αυτών, πρέπει να βασίζονται σε μια σωστή ανάλυση κόστους - οφέλους (Thorntonetal., 2008).

Με τη μείωση της συνολικής διάρκειας των διαρροών κάτω από ένα όριο, αυξάνεται το μοναδιαίο κόστος επισκευής λόγω του κόστους του προσωπικού (ετοιμότητα, κλήση και υπερωρίες) ή του κόστους των εργολάβων που καλούνται να διαθέτουν επιπλέον ομάδες επισκευών των διαρροών (Κανακούδης – Τσιφτιλή, 2015).

#### ο **Ποιότητα επισκευών των διαρροών**

Στις επισκευές σημαντικής σημασίας είναι η ποιότητα αυτών στη διαχείριση των διαρροών. Δυο σημαντικοί παράγοντες που επηρεάζουν τη διαχείριση των διαρροών είναι η ποιότητα των υλικών και των εργασιών. Στις περιπτώσεις που η ποιότητα των επισκευών δεν είναι επαρκής, υπάρχει σημαντική πιθανότητα να εμφανιστούν πάλι διαρροές στα ίδια σημεία αλλά και στις χειρότερες περιπτώσεις, να δημιουργηθούν νέες διαρροές. Αυτό που ακολουθείται συνήθως είναι έλεγχος της



διάβρωσης και η επένδυση των αγωγών ή η αντικατάστασή τους. Δεν είναι λίγοι οι αγωγοί που υποφέρουν από υψηλές συχνότητες θραύσεων ακόμα και από την έναρξη της λειτουργίας τους, ειδικά, εάν η ποιότητα του υλικού και της διαδικασίας ορθής εγκατάστασής τους δεν υπολογιστούν. Πριν κάνει κάποιες αντικαταστάσεις μια επιχείρηση ύδρευσης θα πρέπει να σκέφτεται να κάνει αντικαταστάσεις και να έχει συνειδητοποιήσει πρώτα την αιτία που προκάλεσε την αστοχία του αγωγού και να διασφαλίσει ότι ο νέος αγωγός δεν θα αστοχήσει στην ίδια συχνότητα με τον παλιό. Το πλήθος των εταιρειών ύδρευσης όταν αποφασίσουν για την αντικατάσταση των αγωγών, οφείλουν να υπολογίζουν το υψηλό κόστος συντήρησης των αγωγών λόγω της παλαιότητάς τους. Επίσης, αυτές καλούνται να διατηρήσουν τα επίπεδα εξυπηρέτησης των καταναλωτών, εκτελώντας εργασίες επισκευής. Βέβαια η ηλικία των αγωγών δεν αποτελεί έναν αξιόπιστο δείκτη για την αντικατάσταση ενός αγωγού.

Οι θραύσεις των αγωγών είναι συχνές και οφείλονται στο υλικό τους, στη διάμετρό τους, στην κατάσταση του εδάφους, στην ποιότητα των αγωγών και σ' άλλους εξωτερικούς παράγοντες (Farley&Trow, 2003).

#### ο **Αποκατάσταση / Αντικατάσταση αγωγών**

Ένα από τα πιο βασικά προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι αγωγοί ύδρευσης είναι η διάβρωση. Η διάβρωση διακρίνεται σε διάφορες μορφές. Οι μορφές αυτές είναι η γαλβανική διάβρωση, η οξείδωση, η διάβρωση από τυχαία ρεύματα, η μικροδιάβρωση, η διάβρωση κοιλοτήτων, η διάβρωση με μηχανική καταπόνηση, η διάβρωση λόγω υψηλής θερμοκρασίας, η περικρυσταλλική διάβρωση κ.ά. Οι συχνότερες μορφές διάβρωσης που συναντάμε είναι η γαλβανική, η διάβρωση λόγω του εδάφους ή του νερού και η διάβρωση από τυχαία ρεύματα.

Ως μέθοδοι ελέγχου της διάβρωσης που χρησιμοποιούνται είναι η προστατευτική εξωτερική επικάλυψη, η πολλαπλή επένδυση αγωγών, η μόνωση των ενώσεων, η επεξεργασία νερού με τη χρήση αναστολέων διάβρωσης και η καθοδική προστασία. Όσον αφορά τους υπόγειους αγωγούς, οι οποίοι έχουν περιορισμένο χρόνο ζωής, απαιτείται συχνά αποκατάσταση ή αντικατάστασή τους για μια σειρά από λόγους (Thorntonetal., 2008. Μανουσέλη, 2013):

- μεγάλος ρυθμός θραύσεων και διαρροών,
- συχνή εκδήλωση διαρροών στις συνδέσεις,
- περισκήρυνση ή διάβρωση (εσωτερική ή εξωτερική),

- υδραυλική φέρουσα ικανότητα (λόγω ελάττωσης της εσωτερικής διαμέτρου του αγωγού από επικαθήσεις),
- ενίσχυση κατασκευής, και
- απειλή για τη ζωή ή περιουσία.

Όταν γίνεται αποκατάσταση και τακτική συντήρηση στους αγωγούς, προστίθενται χρόνια ζωής σ' αυτούς. Φυσικά οι μέθοδοι δεν είναι σε όλες τις περιπτώσεις ίδιες, άλλες είναι περισσότερο ή λιγότερο αποδοτικές και δαπανηρές. Επιβεβαιώθηκε από την ομάδα διαχείρισης της πίεσης της IWA πως αυτό που μπορεί να έχει σημαντική επιρροή, είναι η διαχείριση της πίεσης στον ετήσιο αριθμό θραύσεων στο σύστημα (Thorntonetal., 2008).

#### ο Το δίλημμα της επισκευής ή της αντικατάστασης

Για να παρθεί απόφαση να επισκευαστεί ή να αντικατασταθεί ένας αγωγός θα πρέπει να βασίζεται κυρίως στον λόγο κόστους / οφέλους, καθώς και σε κάποια αλλά κριτήρια όπως (Thorntonetal., 2008. Μανουσέλη, 2013):

- περιβαλλοντικοί προβληματισμοί,
- ανησυχίες για την υγεία,
- κατασκευαστικά προβλήματα,
- έκτακτοι κίνδυνοι,
- αύξηση της ζήτησης,
- μειωμένη υδραυλική ικανότητα, και
- έλλειψη εναλλακτικών πηγών παροχής νερού.

Το κόστος για την αντικατάσταση ή την επισκευή ενός αγωγού εκτιμάται βάσει των ακόλουθων στοιχείων:

- μέση συχνότητα εκδήλωσης θραύσεων,
- κόστος του όγκου νερού που χάνεται ανά περιστατικό,
- κόστος ζημιάς που προκαλείται από σκάσιμο αγωγού,
- κόστος επισκευής του αγωγού, και
- κόστος αποκατάστασης της γύρω περιοχής.

Θα πρέπει να συγκριθούν μεταξύ τους το κόστος αυτό, με το κόστος του να γίνει επέμβαση στον αγωγό και με τον χρόνο ζωής της προτεινόμενης αυτής επέμβασης.

Από αναφορές (Κανακούδης, 1998. Kanakoudis & Tolikas, 2001) μας γνωστοποιείται πως υπάρχουν μοντέλα υπολογισμού του βέλτιστου χρόνου

αντικατάστασης ενός αγωγού, υπολογίζοντας τον ρυθμό θραύσεων των αγωγών, όλα τα είδη κόστους, συμπεριλαμβανομένου τεχνικού, κοινωνικού και περιβαλλοντικού κόστους, του κόστους των απωλειών με βάση τον εναλλακτικό υδατικό πόρο και τα δεδομένα των γεγονότων αστοχιών των αγωγών. Ο βέλτιστος χρόνος αντικατάστασης ενός αγωγού υπολογίζεται από τη σχέση

$$t_r^* = t_0 + \frac{1}{A} \times \ln \left[ \frac{UC_{Rm} \times \ln(1+R)}{UC_{Rr} \times N(t_0)} \right]$$

Στην παραπάνω σχέση  $t_0$  είναι ο χρόνος εγκατάστασης του αγωγού,  $A$  είναι ο συντελεστής ρυθμού αύξησης των αστοχιών,  $UC_{Rm}$  είναι το μοναδιαίο κόστος αντικατάστασης του αγωγού,  $R$  είναι ο μέσος ετήσιος ρυθμός του πληθωρισμού,  $UC_{Rr}$  είναι το μοναδιαίο κόστος επισκευής και  $N(t_0)$  είναι ο αριθμός των θραύσεων ανά χιλιόμετρο αγωγού στο έτος  $t_0$ .

Αρκετοί ήταν αυτοί που ερεύνησαν, έχουν μελετήσει και προσδιορίσει τα συστατικά ενός μοντέλου απόφασης μιας επιτυχούς αποκατάστασης αγωγών (Satcha, 1978. Andreou& Marks, 1986. Walski, 1987. Evins, Stephenson, Warren, & Williams, 1989. Deb, 1994. Slipper & Whipp, 1994. Wright, 1994. AWWA, 1996. Madiec, Botzung, Bremond, & Eisenbeis, 1996. Skarda, 1996. Sζgrov, Melo, Conroy, Herz, Legrauffe, Moss, Oddevald, Rajani, & Schiatti, 1999).

Επίσης, δημιουργείται από την εταιρεία ύδρευσης ένα σημαντικό μοντέλο κόστους που στοχεύει στην ελαχιστοποίηση του κόστους. Η στρατηγική θα πρέπει από πριν να διασφαλίζει την υδραυλική απόδοση του αποκατεστημένου συστήματος το οποίο βρίσκεται εντός των ρυθμιστικών απαιτήσεων. Ακόμα, το νερό που φτάνει στους καταναλωτές, πρέπει να πληροί τις απαιτήσεις της ποιότητας που έχουν τεθεί από την κείμενη νομοθεσία.

Βασικό ακόμα είναι οι παρεχόμενες υπηρεσίες να είναι αξιόπιστες σχετικά με τον ελάχιστο αριθμό διακοπών, καθώς και η εταιρεία ύδρευσης να διαθέτει την τεχνική ικανότητα να ανταπεξέλθει στις απαραίτητες εργασίες (Engelhardt, Skipworth, Savic, Saul, & Walters, 2000). Όταν ένα δίκτυο ύδρευσης λειτουργεί σε συνθήκες διακοπτόμενης παροχής, τότε παρουσιάζονται αστοχίες στους αγωγούς. Εν τέλει, όταν το δίκτυο επανέρχεται σε κανονικές συνθήκες λειτουργίας, τότε καταπονείται σημαντικά και παρουσιάζεται αυξημένη συχνότητα διαρροών και θραύσεων. Άρα είναι καλύτερο να μην ακολουθείται ως πολιτική η διακοπτόμενη παροχή.

Συμπερασματικά μπορεί να ειπωθεί πως είναι πολύ σημαντική η αξιοπιστία των αγωγών και των συσκευών του δικτύου ύδρευσης για την αξιόπιστη λειτουργία του. Ακόμα οι όποιες στρατηγικές συντήρησης πραγματοποιούνται, να έχουν γνώμονα τις δράσεις πρόληψης.

## ix. Μέθοδοι Αποκατάστασης και Αντικατάστασης αγωγών -Τεχνικές αντικατάστασης αγωγών

Όταν γίνεται αναφορά στις τεχνικές αντικατάστασης των αγωγών, περιλαμβάνεται η πλήρη αντικατάσταση τόσο των αγωγών όσο και των συνδέσεων των καταναλωτών με την τοποθέτηση νέων αγωγών στη θέση των παλιών, ενώ υπάρχουν και τεχνικές που δεν απαιτούν εργασίες εκσκαφής (Εικόνα). Σε περίπτωση που πρέπει να αντικατασταθεί ο παλιός αγωγός με νέο, θα πρέπει να λυθούν τα ζητήματα που αφορούν θέματα κόστους, αν και αυτό δεν είναι συνήθως πρακτικό, ειδικά σε πυκνοκατοικημένες πόλεις. Με την εφαρμογή ενός προγράμματος αντικατάστασης των αγωγών, μπορεί να εξοικονομηθούν μεγάλοι όγκοι νερού, αφού έτσι εξαλείφονται και οι αφανείς διαρροές. Επίσης, υπάρχει μείωση της συχνότητας εκδήλωσης νέων θραύσεων και συνεπώς μείωση και του κόστους συντήρησης και προγραμμάτων εντοπισμού διαρροών (Thorntonetal., 2008. Μανουσέλη, 2013).



Εικόνα 26. Εργασίες αντικατάστασης αγωγών ύδρευσης.

Όσον αφορά την αντικατάσταση αγωγών, υπάρχουν μέθοδοι που δεν απαιτούν εργασίες εκσκαφής και είναι πιο οικονομικές. Τέτοιες είναι η εισαγωγή νέου αγωγού σε υφιστάμενο αγωγό (sliplining) και η υπόγεια διάνοιξη. Στην πρώτη περίπτωση, ο παλιός αγωγός καθαρίζεται και ένας νέος, μικρότερης διαμέτρου αγωγός, πιέζεται μέσα στον παλιό ή σέρνεται μέσα σε αυτόν. Ο νέος αγωγός έχει μικρότερη διάμετρο και συνήθως είναι φτιαγμένος από πολυαιθυλένιο. Όταν ο νέος αγωγός τοποθετηθεί, οι συνδέσεις σκάβονται συνήθως και ενώνονται εκ νέου. Η αρχική διάμετρος του αγωγού δεν μειώνεται και πρέπει να διασφαλιστεί ότι η υδραυλική ικανότητα του νέου αγωγού καλύπτει τις απαιτήσεις. Ένας άλλος τύπος εσωτερικής επένδυσης είναι η επένδυση στενής εφαρμογής(closefitlining) όπου

ένας αναδιπλούμενος σωλήνας εισέρχεται στον αγωγό και όταν βρεθεί στην κατάλληλη θέση επανέρχεται στις αρχικές του διαστάσεις. Στην περίπτωση της υπόγειας διάνοιξης, μια κωνική σφήνα σέρνεται μπροστά από τον νέο αγωγό. Έτσι, είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί ο παλιός αγωγός σαν οδηγός για τον νέο (Μανουσέλη, 2013).

Για την επιλογή των αγωγών που πρέπει να αντικατασταθούν, θα πρέπει να ακολουθηθούν τα εξής (Farley&Grow, 2003):

- Προσδιορισμός των αγωγών που ξεκάθαρα χρειάζονται αντικατάσταση με βάση τον αριθμό
- θραύσεων/km/έτος και εκτελώντας μία ανάλυση κόστους / οφέλους.
- Προσδιορισμός των περιοχών που παρουσιάζουν υψηλό επίπεδο διαρροών, κατά προτίμηση
- σε επίπεδο DMA. Οι περιοχές αυτές προτεραιοποιούνται με βάση τον συντελεστή κατάστασης εξοπλισμού ICF (infrastructure condition factor) ή τις διαρροές βάσης σε lt/ιδιοκτησία/ημέρα.
- Ανάλυση κόστους / οφέλους, όπου σε κάθε περιοχή πρέπει να αξιολογηθεί αν είναι οικονομικά
- Συνυπολογισμός άλλων ωφελειών, όπως η μείωση του κόστους επισκευής και η καλύτερη εξυπηρέτηση των καταναλωτών.
- Κατάρτιση ενός σχεδίου και συγκέντρωση όλων των δεδομένων.
- Διαχείριση έργου που να εξασφαλίζει την απομάκρυνση των παλιών αγωγών και την καλή ποιότητα των υλικών και των εργασιών.

## Β' ΜΕΡΟΣ

### Μελέτη του έργου, **ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ-ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗ ΕΠΕΚΤΑΣΗ ΔΙΚΤΥΟΥ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΚΟΛΥΜΠΙΩΝ Δ.Ε.ΑΦΑΝΤΟΥ** »

Από την αρχαιότητα οι άνθρωποι είχαν καταλάβει τη σημαντικότητα του νερού και αυτός ήταν ο λόγος της θεοποίησης του. Επίσης, υπάρχουν πολλοί μύθοι, παρομοιώσεις και ιστορίες που αφορούν μεγάλους πολιτισμούς γύρω από το νερό όπως η Ρώμη, η Ατλαντίδα, η Αίγυπτος και άλλες.

Ο **Ποσειδώνας** ήταν ένας από τους δώδεκα θεούς του Ολύμπου, αδελφός του Διός και θεός της θάλασσας. Τα σύμβολά του ήταν η τρίαινα, το άλογο, και το δελφίνι. Όταν οργιζόταν, χτυπούσε την τρίαινά του και φουρτούνιαζε το νερό. Λένε ότι οι περισσότεροι ναυτικοί θυσίαζαν προς τιμήν του για να πάει καλά το ταξίδι τους. Έπειτα, ο **Νηρέας**, ήταν Θεότητα της θάλασσας. Ζούσε στο βυθό του Αιγαίου, με τις πενήντα κόρες του τις Νηρηίδες, οι οποίες μπορούσαν να ταράζουν και να γαληνεύσουν τη θάλασσα. Γυναίκα του ήταν η Δωρίδα. Ήταν ονομαστός για τη σοφία και τις προφητικές του δυνάμεις. Μία από τις πιο γνωστές κόρες του ήταν η Θέτιδα, η μητέρα του Αχιλλέα.

Επίσης η **Αφροδίτη**, η οποία αναδύθηκε από τον αφρό της θάλασσας και γι' αυτό πήρε αυτό το όνομα. Ήταν μητέρα του θεού έρωτα και θεά της ομορφιάς και της αγάπης.

Άλλα μυθικά όντα του νερού ήταν:

- οι **Ναϊάδες**, συλλογική ονομασία μυθολογικών προσώπων. Ήταν Νύμφες των λιμνών και των ποταμών και έδιναν το όνομά τους στις πηγές με τις οποίες συνδέονταν: Κρηνίδες, Ποταμίδες, Λιμνάδες ή Λιμνακίδες, Ελειονόμοι κτλ. Πατέρας τους κατά τον Όμηρο, ήταν ο Δίας.
- **Οι Σειρήνες**: ήταν θαλάσσιοι δαίμονες, κόρες του ποτάμιου θεού Αχελώου και της Μούσας Μελπομένης. Κατοικούσαν σε ένα νησί απ' όπου με το γοητευτικό τραγούδι τους παγίδευαν τους ανυποψίαστους ναυτικούς που πλησιάζοντας, είτε ξεχνούσαν τον προορισμό τους, είτε κατασπαράζονταν απ' αυτές. Μόνο ο Οδυσσέας κατάφερε να περάσει από τις Σειρήνες, αφού

είπε στους συντρόφους του να τον δέσουν στο πλοίο για να μη μαγευτεί από το τραγούδι τους.

- **Λερναία Ύδρα:** Τέρας με εννιά κεφάλια. Κατοικούσε στους βάλτους της λίμνης Λέρνης κοντά στο Άργος και σκότωνε ζώα και ανθρώπους. Εχθρός της ήταν ο Ηρακλής που τη σκότωσε με τη βοήθεια του Ιόλαου.
- **Μέδουσα:** Κόρη του Φόρκυ και της Κητούς. Αδελφή των Γοργόνων Σθενώ και Ευρυάλη. Αντίθετα με τις αδερφές της, η Μέδουσα ήταν θνητή. Είχε μαλλιά φίδια και το φοβερό όπλο της ήταν τα μάτια της. Όποιον αντίκριζε γινόταν πέτρα. Εχθρός της ήταν ο Περσέας που με τη βοήθεια της Αθηνάς την αποκεφάλισε.
- **Φόρκυς:** Θεός της θαλασσοταραχής και της άγριας θάλασσας. Είχε μαγικές ικανότητες και λέγεται ότι ζούσε σε έναν κόλπο στην Ιθάκη.
- **Κητώ:** Αποκρουστική θεά των κινδύνων και του τρόμου. Από το όνομα της βγήκε η λέξη κήτος που αναφέρεται σε οποιοδήποτε τέρας της θάλασσας.
- **Ωκεανός Τιτάνας:** Ο Ωκεανός ήταν ο ισχυρότερος Τιτάνας και γιος του Ουρανού και της Γαίας. Απόγονοί του ήταν όλες οι θεότητες των ποταμών, της θάλασσας και των πηγών όπως και οι Ωκεανίδες.
- **Θαύμας:** Θεότητα του νερού, γιος του Πόντου και της Γαίας. Αδέλφια του ήταν ο Νηρέας, ο Φόρκυς και η Κητώ. Από τον δεσμό του με την Ωκεανίδα Ηλέκτρα, ο Θαύμας έγινε πατέρας των Αρπυίων και της Ίριδας.

## 1. Πηγές της Ρόδου

Το νησί της Ρόδου έχει πηγές με ιστορία. Μια από αυτές είναι η πηγή Νύμφη Σαλάκου. Τα ερείπια της αρχαίας Καμείρου με την δωρική στοά, το ελληνιστικό τέμενος και τις υπόγειες δεξαμενές είναι τα απομεινάρια της μικρότερης από τις πόλεις –κράτη της Ρόδου. Έξω από τον Σάλακο μπορούμε να επισκεφτούμε την σπηλιά της Μακαρούνας με την κοντινή πηγή Νύμφη. Υπέροχη διαδρομή είναι εκείνη προς το δάσος του Προφήτη Ηλία με τις σπάνιες ορχιδέες και τα μικρά ελάφια του νησιού. Μέσα στο πράσινο ξεχωρίζουν τα παλιά παραθεριστικά σπίτια των Ιταλών καθώς και το μοναστήρι του Προφήτη Ηλία.

Η Σάλακος είναι ένα γραφικό χωριό χτισμένο στους πρόποδες του βουνού Προφήτης Ηλίας, με άφθονα νερά και πλούσια βλάστηση. Το νερό της πηγής

"Νύμφη" υδρεύει την πόλη της Ρόδου. Στο ένα άκρο του χωριού αρχίζει μια αναξιποίητη ρεματιά με πεταλούδες και πυκνή βλάστηση. Η Σάλακος βρίσκεται 39 χλμ. ΝΑ της πρωτεύουσας. Από το χωριό μπορεί κανείς να επισκεφθεί τα ερείπια της αρχαίας Καμείρου. Εκεί υπάρχει η σπηλιά της Μακαρούνας, αξιοποιημένη, στην άκρη του χωριού. Η πηγή Νύμφη βρίσκεται δίπλα, απ' όπου υδρεύεται και εμφιαλώνει νερό η Ρόδος. Στην περιοχή φυτρώνει το σπάνιο λουλούδι «παιωνία ροδία», που φύεται μόνο στην περιοχή.

Η πηγή Νύμφη στην Σάλακο έχει πλούσια αποθέματα νερού, με τα οποία υδρεύεται όχι μόνο η γύρω περιοχή, αλλά και η ίδια η πόλη της Ρόδου. Τα άφθονα ρέοντα νερά και η πυκνή βλάστηση, συνθέτουν ένα μοναδικό τοπίο ομορφιάς και γαλήνης. Η Νύμφη και η κοιλάδα αποτελούν βιότοπο του είδους της πεταλούδας "Panaxia Quadripunctaria".



Εικόνα 27α. Νυμφαίο Ρόδου

Στη Ρόδο, στην αρχαία ακρόπολη του νησιού, στο λόφο του Θεού Απόλλωνα του Πυθίου ή Σμινθαίου και πίσω από το ναό του Δια, συναντάμε νυμφαία απaráμιλλης ομορφιάς. Πρόκειται για τέσσερα σπηλαιώδη ιερά, τα οποία είναι απόλυτα λαξευμένα μέσα στους βράχους, με εισόδους για το καθένα, με επικοινωνία μεταξύ τους και με ένα μεγάλο άνοιγμα ανάμεσά τους. Τα νυμφαία είναι αφιερωμένα στο Θεό Απόλλωνα. Επίσης στη Ρόδο, εκτός από την Αρχαία Ακρόπολη, Νυμφαία υπάρχουν και στην κοιλάδα του ροδινιού, όπως και λαξευτοί τάφοι και τμήματα του αρχαίου τείχους<sup>3</sup>.

<sup>3</sup> .(<http://secretrhodes.gr/nimfea-kai-t>)



Γνωστές είναι οι «Επτά πηγές», ένα υπέροχο φυσικό τοπίο της Ρόδου και δημοφιλής τουριστικός προορισμός για τους φυσιολάτρες. Βρίσκονται σε απόσταση 30 χιλιομέτρων από την πόλη και είναι ένα τοπίο απίστευτης ομορφιάς. Επτά φυσικές πηγές αναβλύζουν νερό, το οποίο γίνεται ένα μικρό ποτάμι και καταλήγει σε μια λίμνη. Πλατάνια και πεύκα περιβάλλουν τα νερά του ποταμού και δημιουργούν ένα μικρό «παράδεισο», ιδανικό για όσους επισκέπτονται το καλοκαίρι το νησί. Στα νερά ζει το ‘Γκιζάνι’, ένα σπάνιο είδος ψαριού που ζει στη Ρόδο, παγώνια, πάπιες, χήνες, χελώνες, και καβούρια.

Το νερό περνάει μέσα από μια στενή σήραγγα, η οποία κατασκευάστηκε τη δεκαετία του '20 από τους Ιταλούς για να διευκολύνει την μεταφορά του νερού στην τεχνητή λίμνη. Σκοπός των Ιταλών ήταν η υδροδότηση των Κολυμπίων, του άλλοτε γεωργικού χωριού που έχτισαν, αλλά μετά τον πόλεμο εγκαταλείφθηκε. Σήμερα έχει μετατραπεί σε τουριστικό θέρετρο. Το τούνελ έχει μήκος 150 μέτρα και στο κέντρο του υπάρχει ένα πηγάδι το οποίο λειτουργεί ως φωταγωγός και αεραγωγός. Το νερό περνάει μέσα από μια στενή σήραγγα, η οποία κατασκευάστηκε τη δεκαετία του '20 από τους Ιταλούς για να διευκολύνει την μεταφορά του νερού στην τεχνητή λίμνη. Η λίμνη έχει βάθος από 1 ως 8 μέτρα και είναι η μοναδική λίμνη της Ρόδου στην οποία οι τουρίστες μπορούν να κάνουν μπάνιο και να απολαύσουν το καταπράσινο δάσος της περιοχής.



Εικόνα 27β. Επτά πηγές.

### ***Φράγμα Γαδουρά***

Το έργο «ΥΔΡΕΥΣΗ ΡΟΔΟΥ ΑΠΟ ΤΟ ΦΡΑΓΜΑ ΓΑΔΟΥΡΑ» εκκίνησε το **2002**, και με δυο διαδοχικές εργολαβίες κατασκευής, ολοκληρώθηκε το **2014** όπου και τέθηκε σε αποδοτική λειτουργία.

Φορέας υλοποίησης του έργου ήταν το νυν **Υπουργείο Υποδομών, Μεταφορών και Δικτύων** και ακολούθως η **Περιφέρεια Νοτίου Αιγαίου**.

Το κόστος του έργου ανήλθε στο ποσό των **160.000.000** ευρώ και συγχρηματοδοτήθηκε από το **Ταμείο Συνοχής της Ευρωπαϊκής Ένωσης**.

Το έργο κατασκεύασε η εργοληπτική εταιρία : **ΑΕΓΕΚ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗ Α.Ε.**

Τα κύρια διακριτά τμήματα του έργου είναι :

- η κατασκευή του Φράγματος Γαδουρά,
- η κατασκευή του Υδραγωγείου για τη μεταφορά του νερού προς τις Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Νερού (Ε.Ε.Ν.) Ρόδου,
- η κατασκευή και αποδοτική λειτουργία των Ε.Ε.Ν. Ρόδου, ημερήσιας δυναμικότητας επεξεργασίας νερού 60.000 κυβικών μέτρων,
- η κατασκευή του Υδραγωγείου τροφοδοσίας της πόλης της Ρόδου με επεξεργασμένο υψηλής ποιότητας πόσιμο νερό.

Το ενιαίο αυτό έργο ύδρευσης υλοποιήθηκε με ορίζοντα το 2039, όπου η ετήσια ζήτηση πόσιμου νερού του νησιού της Ρόδου περιλαμβανομένης και της ποσότητας για την ύδρευση των άνυδρων γειτονικών νησιών, εκτιμάται ότι θα προσεγγίσει τα 26,5 εκατομμύρια κυβικά μέτρα.

Τον Μάιο 2016 η Περιφέρεια Νοτίου Αιγαίου προκήρυξε ανοιχτό διεθνή διαγωνισμό Παροχής Υπηρεσιών για την Καθημερινή Διαχείριση, Λειτουργία και Συντήρηση του Έργου, στον οποίο αναδείχθηκε Ανάδοχος η εταιρεία ΑΚΤΩΡ ΑΤΕ. Από τον Αύγουστο 2017, μετά την υπογραφή της σχετικής σύμβασης, το σύνολο του έργου λειτουργεί αδιάλειπτα και αποδοτικά καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.



Εικ.28. ΦΡΑΓΜΑ ΓΑΔΟΥΡΑ. ΤΟ ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΟ ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΡΓΟ ΣΤΟ ΑΙΓΑΙΟ.

## 2.1. Τεχνική Περιγραφή ΓΕΝΙΚΑ

Η περιοχή των Κολυμπίων ευρίσκεται στην ανατολική παραλία της νήσου Ρόδου, ανήκει στη ΔΕ Αφάντου και απέχει 25 χιλιόμετρα από την πόλη της Ρόδου. Πριν μερικά χρόνια ήταν αγροτική περιοχή και έχει μετεξελιχθεί σε καθαρά τουριστική με μεγάλης δυναμικότητας ξενοδοχεία. Η σημερινή δυναμικότητα των τουριστικών καταλυμάτων είναι 8.325 κλίνες. Η ολική έκταση της περιοχής ανέρχεται σε 175 εκτάρια.

Η περιοχή των Κολυμπίων υδροδοτείται από δεξαμενή που προορίζεται αποκλειστικά για την ύδρευση της περιοχής (Δεξαμενή Κολυμπίων – υψόμετρο 64.0m) και παράλληλα από τις δεξαμενές της Παραμυθίας και του Αγίου Λουκά που υδροδοτούν και άλλες περιοχές στην ΔΕ Αφάντου.

Η αδυναμία κάλυψης των παροχών ζήτησης από το δίκτυο διανομής, την ώρα που η κύρια δεξαμενή των Κολυμπίων διατηρούσε σταθερή στάθμη, ενώ οι δεξαμενές της Παραμυθίας και του Αγίου Λουκά άδειαζαν και προκαλούσαν προβλήματα υδροδότησης και στις περιοχές που κατά κύριο λόγο σχεδιάστηκαν να υδροδοτούν, ήταν η αιτία αναζήτησης λύσης για την ομαλή υδροδότηση της περιοχής των Κολυμπίων.

Στην προκαταρκτική μελέτη, το υφιστάμενο δίκτυο της περιοχής Κολυμπίων εξομοιώθηκε για χρονική διάρκεια 24ώρου με τη βοήθεια του λογισμικού EPANET και ποσοστά κατανάλωσης αντίστοιχα της διακύμανσης της παροχής ζήτησης (αιχμή δικτύου 11:00-13:00 και 18:00-20:00). Διαπιστώθηκε το εξής:

Ο αγωγός που συνδέει τη δεξαμενή των Κολυμπίων με το δίκτυο διανομής έχει πολύ μικρή διάμετρο ( $\varnothing 200$ ) που σε συνδυασμό με την αύξηση της ζήτησης, οδηγεί σε αύξηση της ταχύτητας ροής, η οποία με τη σειρά της συμβάλει στην μεγάλη αύξηση των γραμμικών απωλειών και πτώση της πιεζομετρικής γραμμής (Π.Γ.) σε επίπεδα μη ανεκτά για την εξυπηρέτηση της υδροδότησης. Η πτώση της πιεζομετρικής γραμμής (Π.Γ.) είναι τόση, που παρουσιάζονται προβλήματα υδροδότησης και στις περιοχές που προορίζονται να υδρευθούν από τις δεξαμενές της Παραμυθίας και του Αγίου Λουκά.

Από σειρά δοκιμών προέκυψε ότι πρέπει να προστεθεί ένας νέος αγωγός που να συνδέει την δεξαμενή Κολυμπίων με το δίκτυο διανομής με παράλληλη λειτουργία του παλαιού, να αντικατασταθεί ένα μέρος του δικτύου διανομής (αλλαγή διατομών), και να διακοπεί η τροφοδοσία του δικτύου διανομής των Κολυμπίων από τις

δεξαμενές Παραμυθιάς και Αγίου Λουκά. Ένα τμήμα του υφιστάμενου δικτύου διανομής διατηρείται.



Εικ. 29 Χάρτης σημείων εμφάνισης υδάτων Δήμου Αφάντου



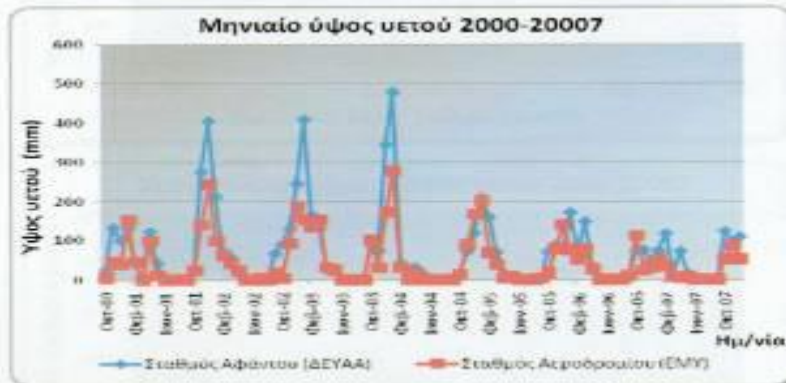
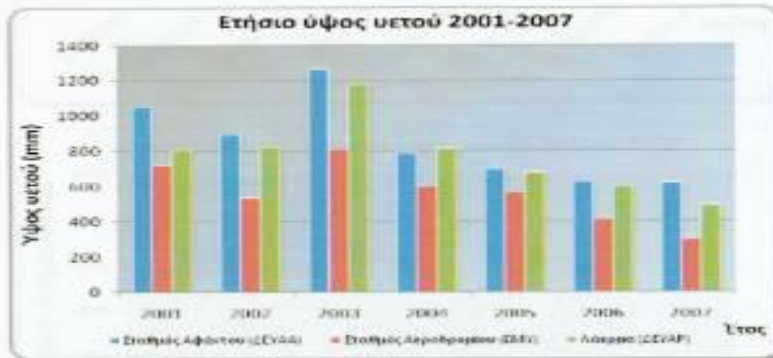
Εικ. 30 Γεωλογικός Χάρτης Δήμου Αφάντου



Εικ. 31 Σημεία γεωτρήσεων περιοχή Κολύμπια

## Ανάλυση Μετεωρολογικών Δεδομένων

Ετήσια βροχόπτωση (mm)			
	Λάερμα (ΔΕΥΑΡ)	Αφάντου (ΔΕΥΑΑ)	Αεροδρόμιο (ΕΜΥ)
2001	803	1048	714
2002	818	892	534
2003	1174	1265	806
2004	814	791	597
2005	674	693	566
2006	598	625	414
2007	490	617	297



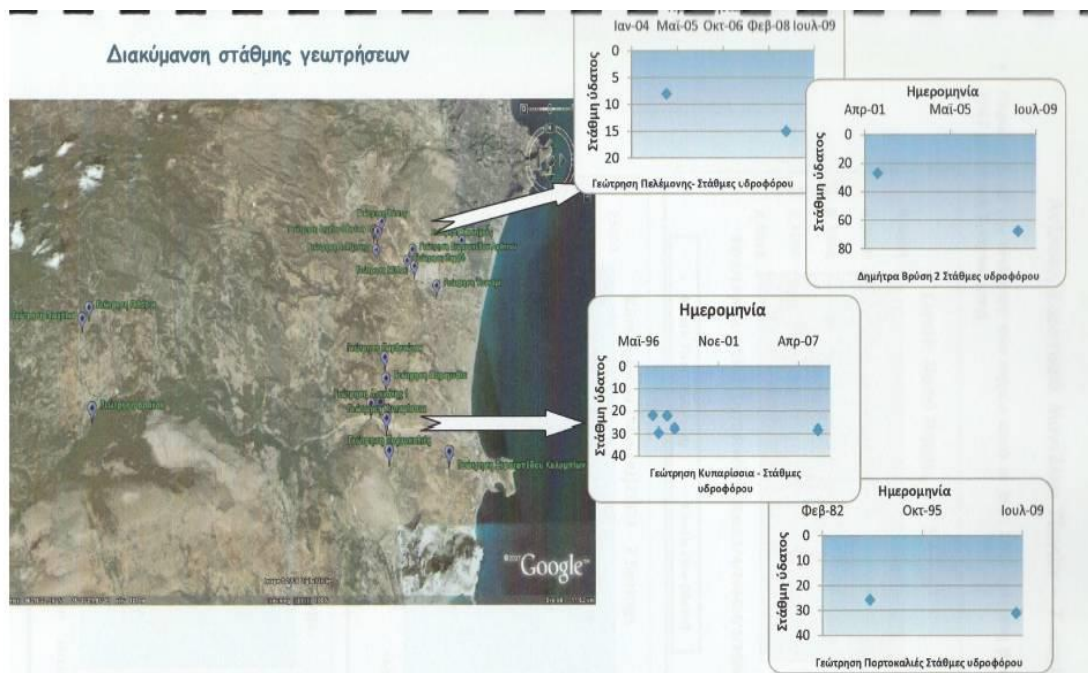
Εικ.32 Ανάλυση Μετεωρολογικών δεδομένων

Υπάρχει μεγάλη διακύμανση της βροχόπτωσης μεταξύ των σταθμών. Οι μέγιστες βροχοπτώσεις και για τους τρεις σταθμούς εμφανίζονται κατά το έτος 2003, ενώ οι ελάχιστες το 2007. Ο σταθμός του Αφάντου δίνει μεγαλύτερες τιμές βροχόπτωσης, ενώ ο σταθμός του αεροδρομίου τις μικρότερες. Η διακύμανση της βροχόπτωσης στο δήμο Αφάντου είναι μεταξύ των 1265 mm το έτος 2003 και των 617 mm το έτος 2007. Λόγω της διακύμανσης μεταξύ των σταθμών κρίνεται σκόπιμη και αναγκαία η χρησιμοποίηση ενός αυτοματοποιημένου μετεωρολογικού σταθμού με τη δυνατότητα χρήσης διαφόρων λογισμικών που επιτρέπουν την τηλεμετρική μεταφορά, καταγραφή



και απεικόνιση των μετρήσεων για την καλύτερη διαχείριση των υδατικών πόρων. Ο σταθμός του Αφάντου παρουσιάζει καλύτερη γραμμική συσχέτιση με τον σταθμό ΥΠΕΧΩΔΕ που είναι εγκατεστημένος στα Λάερμα, από ότι με τον σταθμό του αεροδρομίου. Η βροχόπτωση του Αφάντου είναι 1,5 φορά μεγαλύτερο από αυτή του σταθμού του αεροδρομίου, οπότε λόγω αυτής της διακύμανσης, δε μπορούμε να βασιστούμε και να βγάλουμε ασφαλή συμπεράσματα από τον σταθμό το αεροδρομίου.

Κατά την περίοδο 1973-2007 παρουσιάζονται 2 τάσεις όσον αφορά τα βροχομετρικά δεδομένα. Η πρώτη περίοδος αποτελεί την περίοδο 1973-1991, όπου έχουμε αύξηση της ετήσιας βροχόπτωσης κατά 10mm περίπου ανά έτος και η δεύτερη την περίοδο από το 1992 μέχρι και σήμερα, όπου παρατηρείται μια μείωση των βροχοπτώσεων που προσεγγίζει τα 20mm ανά έτος. Όσον αφορά τον δείκτη ξηρασίας (AI) παρατηρείται συνεχόμενη πτώση που τα τελευταία χρόνια με το έτος 2007 να είναι το χειρότερο. Οδηγούμαστε συνεπώς σε περιόδους μεγάλης ξηρασίας.

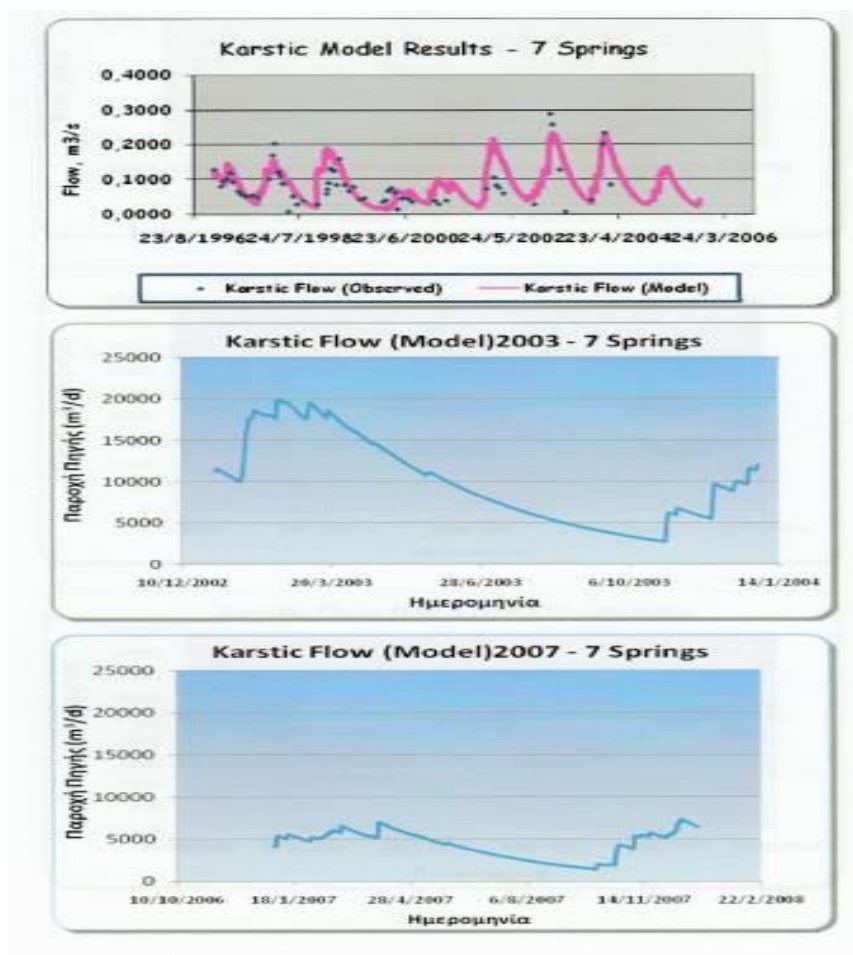


Εικ.33 Διακύμανση στάθμης γεωτρήσεων

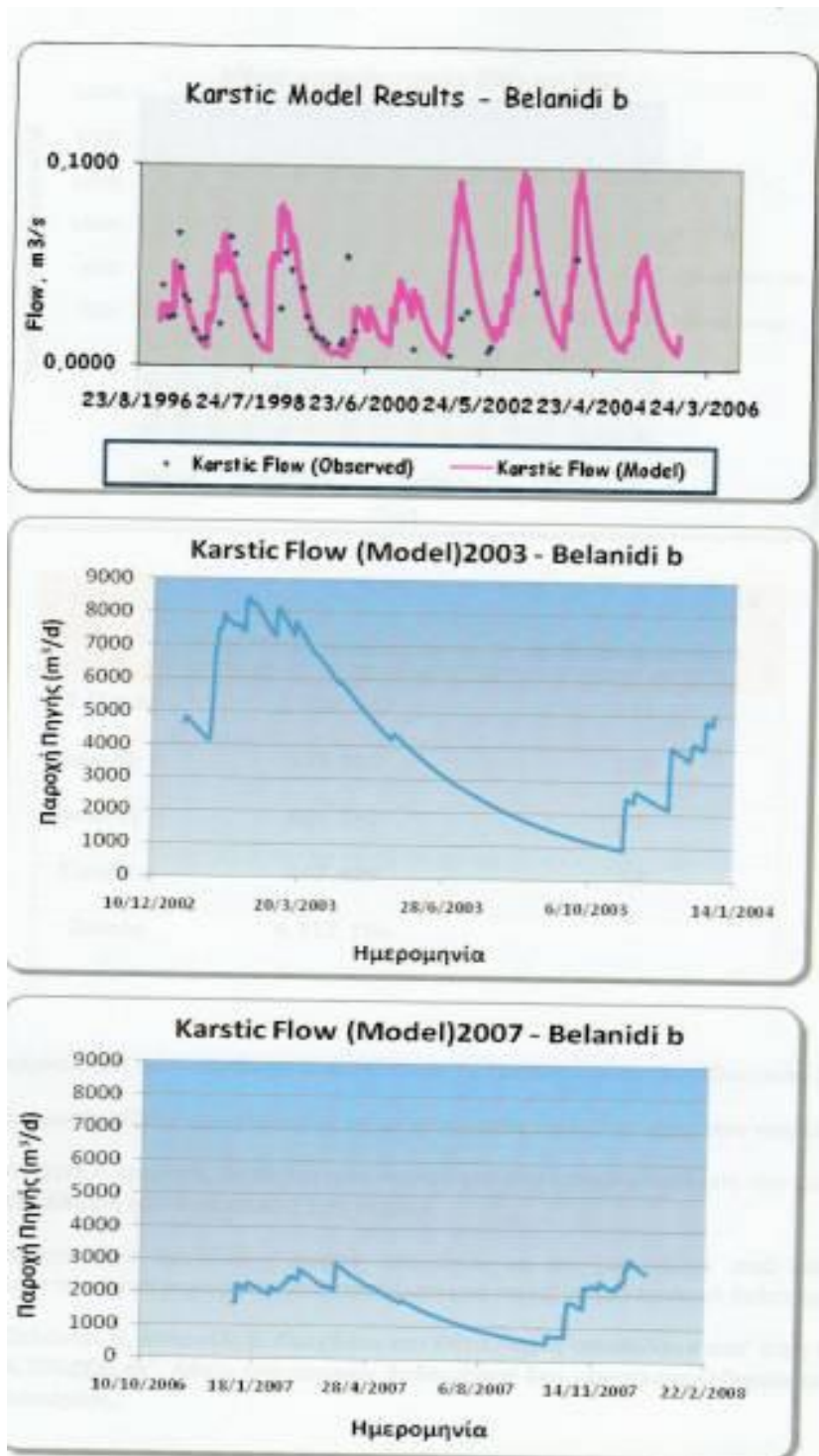
Οι στάθμες των υπογείων υδροφορέων παρουσιάζουν σημαντική πτώση τα τελευταία χρόνια, εξαιτίας των πολύ χαμηλών βροχοπτώσεων και της υπεράντλησης λόγω της αλματώδους αύξησης της ζήτησης του νερού. Σε κάποιες από τις γεωτρήσεις στην περιοχή Αφάντου, παρατηρείται μια μεγάλη μείωση της στάθμης του υδροφόρου που φτάνει τα 10m το χρόνο. Η λεκάνη απορροής καλύπτει μια έκταση περίπου 40km<sup>2</sup>. Η υπεράντληση πλησιάζει τα 10-15x10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>. Είναι σημαντικό ο δήμος να αποκαταστήσει τον υπόγειο υδροφόρο στην περιοχή μεταξύ Αφάντου και Ψίνθου (μεγάλος αριθμός γεωτρήσεων).

#### *Ανάλυση Καρστικού Μοντέλου – 7 πηγές*

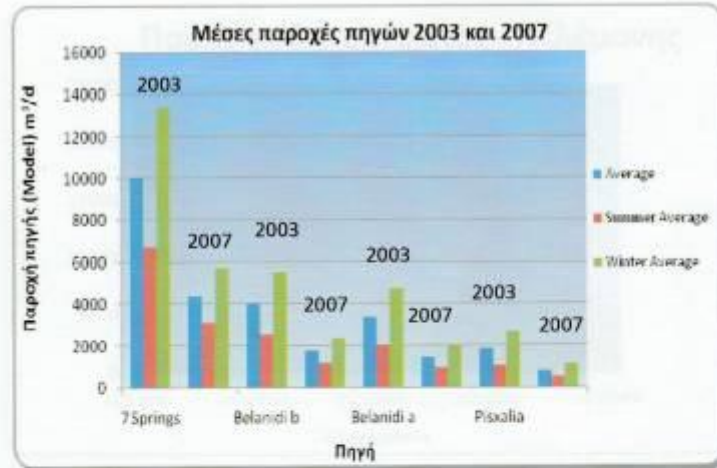
Παρατηρούμε την απόκριση των πηγών κατά το έτος 2003 (μεγίστη βροχόπτωσης) και το έτος 2007 (ελάχιστη βροχόπτωσης).



Εικ.34 Βροχοπτώσεις – 7 Πηγές



Εικ.35 Βροχοπτώσεις Βελανίδι



Συνολική παροχή πηγής (m <sup>3</sup> /year)	Χρόνος παραμονής στο ρεζερβουάρ (days)
<b>7 Πηγές</b>	<b>111</b>
<b>Βελανίδι β</b>	<b>100</b>
<b>Βελανίδι α</b>	<b>91</b>
<b>Πισχάλια</b>	<b>83</b>
<b>Σύνολο</b>	<b>4.717.196</b>

Εικ.36 Μέσες παροχές πηγών 2003 και 2007

Έγινε μοντελοποίηση των πηγών με στοιχεία του Τμήματος Ανάπτυξης Φυσικών Πόρων (ΥΕΒ). Τα μοντέλα προσεγγίζουν αρκετά καλά τις μετρούμενες τιμές παροχής των πηγών. Είναι απαραίτητη η συνεχής μέτρηση των πηγών για την επικαιροποίηση του μοντέλου για την καλύτερη πρόβλεψη του δυναμικού των πηγών. Η σπουδαιότητα του εργαλείου αυτού είναι το ότι μπορούμε ανά πάσα στιγμή να υπολογίσουμε τον όγκο νερού που θα αποδώσει μια πηγή σε μελλοντικό διάστημα. Οι πηγές: Βελανίδι α και β, Πισχάλια και Επτά Πηγές αποδίδουν κατ' έτος όγκο νερού της τάξης των 4.700.000m<sup>3</sup>. Λόγω ανεπαρκών δεδομένων δεν μοντελοποιήθηκαν οι πηγές : Λιμάς και Άγιος Νεκτάριος.

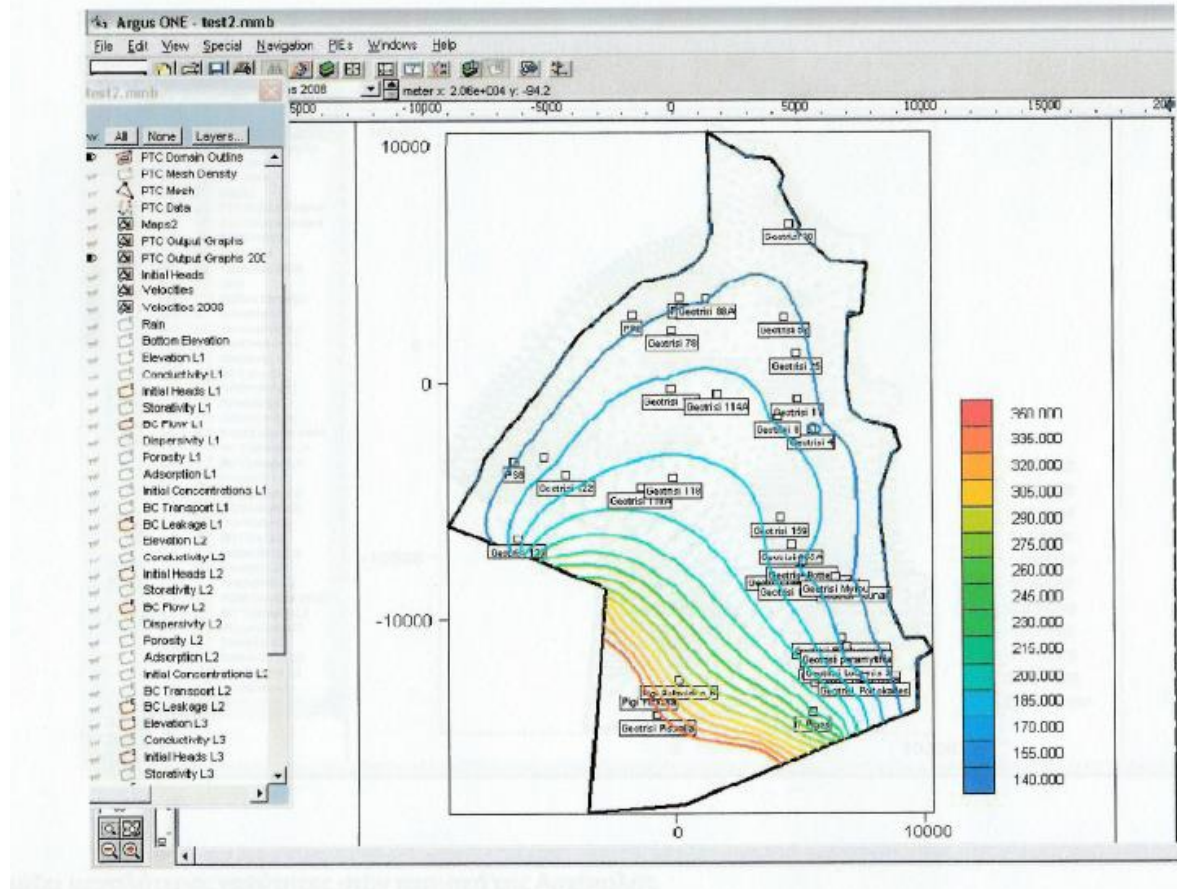
## Στοιχεία επιφανειακής απορροής - Παροχές υδατορεμάτων



Εικ.37 Παροχή υδατορέματος – παροχές υδατορεμάτων

Με στοιχεία παροχών των υδατορεμάτων Πελέμονης και Λουτάνης, υπολογίστηκε η ποσότητα απορροής ύδατος κατά την περίοδο Ιανουαρίου 2000 έως τον Μάιο του 2004. Για το υδατόρεμα Πελέμονης, η συνολική απορροή υπολογίστηκε σε  $6.024.492\text{m}^3$ . (2000 έως Μάιο -2004) με μια μέση τιμή απορροής ανά έτος ίση με  $1.300.000\text{m}^3$ . Αντίστοιχα για το υδατόρεμα Πελέμονης και για την ίδια περίοδο, η συνολική απορροή υπολογίστηκε σε  $32.040.385\text{m}^3$  που αντιστοιχεί σε μια μέση τιμή απορροής ανά έτος ίση με  $6.500.000\text{m}^3$ .

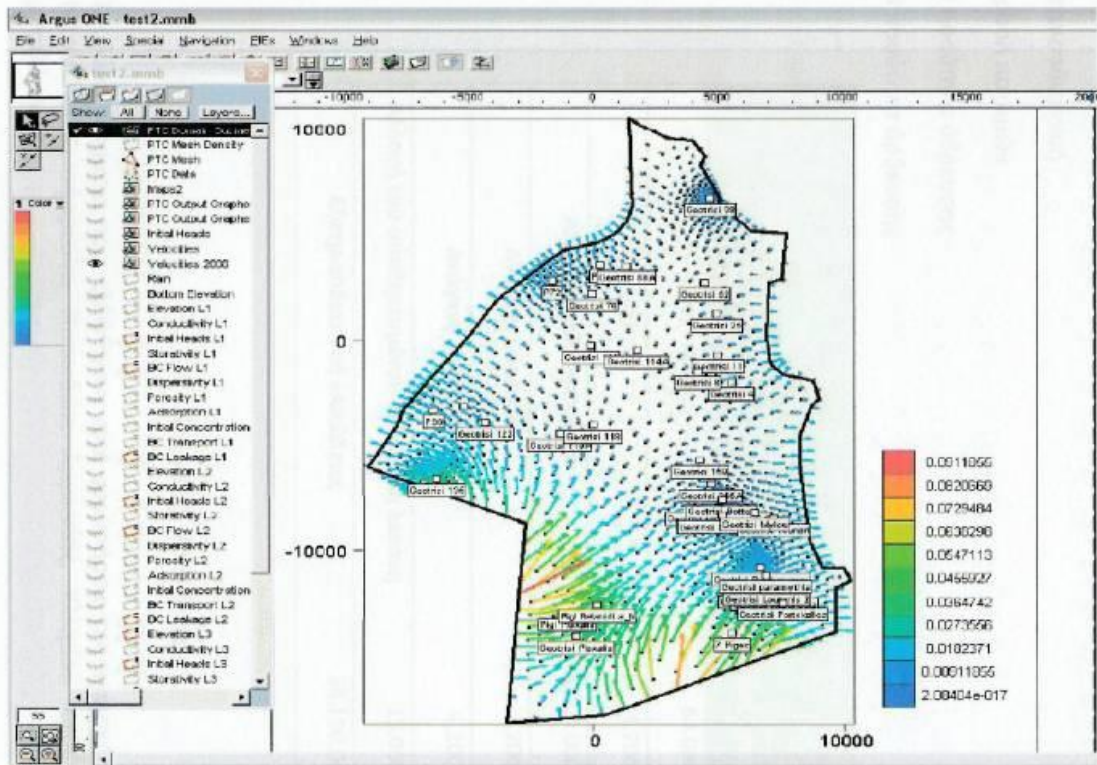
## Μοντέλο υπογείων υδάτων



Εικ. 38. Μοντέλο υπόγειων υδάτων

Η μοντελοποίηση ξεκίνησε με δεδομένα της περιόδου 1997. Η βαθμονόμηση του μοντέλου προσεγγίζει σε ικανοποιητικό βαθμό τα αποτελέσματα των υδραυλικών φορτίων της περιοχής μέχρι το Σεπτέμβριο 2008.

## Μοντέλο υπογείων υδάτων



Εικ. 39. Μοντέλα υπόγειων υδάτων

Η ροή παρουσιάζει μεγαλύτερες ταχύτητες στην περιοχή της Αρχίπολης. Μέσα από το μοντέλο αυτό, μετά από καλύτερη βαθμονόμηση με περισσότερα δεδομένα, θα μπορούμε να προσδιορίσουμε με μεγάλη ακρίβεια περιοχές αυξημένης υδροφορίας. Μπορούμε να τρέξουμε διάφορα σενάρια για τον υπολογισμό της φέρουσας ικανότητας του υδροφορέα και πρόβλεψης περιοχών για τη διάνοιξη γεωτρήσεων.

### Υδατικό ισοζύγιο

Το υδατικό ισοζύγιο ορίζεται ως:

$$\frac{\Delta S}{\Delta t} = P - ET - Q - Q_{\text{αποδ}} - Q_{\text{ισθ}}$$

Όπου  $\frac{\Delta S}{\Delta t}$  : Αλλαγή του αποθηκευμένου όγκου στη λεκάνη

P : Βροχόπτωση

ET : Εξατμισοδιαπνοή

Q: Απορροή ποταμών

$Q_{\text{ισθ}}$  : Η ποσότητα ύδρευσης

$Q_{\text{αποδ}}$  : Η ποσότητα άρδευσης

	Ετήσια ποσότητα ύδατος (m <sup>3</sup> /year)
	Μέσος Όρος 2000-2004
<b>Βροχόπτωση</b>	64.000.000
<b>Πηγές</b>	4.700.000
<b>Απορροή υδατορεμάτων</b>	8.000.000 (12,5%)
<b>Ανάγκες ύδρευσης</b>	2.200.000
<b>Ανάγκες άρδευσης</b>	4.100.000
<b>Αλλαγή του αποθηκευμένου όγκου στη λεκάνη</b>	15.000.000
<b>Εξατμισοδιαπνοή + Απώλειες</b>	34.100.000 (53%)

Εικ. 40. Υδάτινο Ισοζύγιο

Σε δέκα δείγματα που ελήφθησαν από γεωτρήσεις της περιοχής, έγιναν χημικές αναλύσεις Νιτρικών, Φωσφορικών, Νιτρωδών, Αμμωνίας, Χλωρίου καθώς και αναλύσεις βαρέων μετάλλων. Κανένα από τα μετρούμενα μεγέθη δε παρουσιάζει τιμές μεγαλύτερες των επιτρεπτών ορίων και η ποιότητα του νερού χαρακτηρίζεται ως πολύ καλή.



### 3. ΕΡΓΑ ΤΗΣ ΠΑΡΟΥΣΑΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Τα έργα Πολιτικού Μηχανικού που θα κατασκευαστούν με την παρούσα μελέτη είναι:

#### ΕΡΓΟ: ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ - ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗ

Η κατασκευή ενός νέου αγωγού από την δεξαμενή των Κολυμπίων μέχρι το δίκτυο διανομής, HDPE Ø 400, μήκους 2.113 μ.

Η κατασκευή νέου αγωγού HDPE Ø 200, μήκους 1.741 μ του δικτύου διανομής, που θα αντικαταστήσει υφιστάμενους αγωγούς διαμέτρων Ø 140, Ø 110 και Ø 90.

Η κατασκευή νέου αγωγού HDPE Ø 160, μήκους 420 μ του δικτύου διανομής, που θα αντικαταστήσει υφιστάμενου αγωγό διαμέτρου Ø 90.

Η κατασκευή νέου αγωγού HDPE Ø 110, μήκους 610 μ του δικτύου διανομής, που θα αντικαταστήσει υφιστάμενου αγωγό διαμέτρου Ø 63.

Όλες οι απαιτούμενες απομονώσεις και συνδέσεις των νέων αγωγών με τους υφιστάμενους που θα διατηρηθούν.

Προϋπάρχουσες μελέτες από τις οποίες ελήφθησαν στοιχεία είναι οι εξής:

- Μελέτη ύδρευσης για την περιοχή Κολυμπίων της Τεχνικής Υπηρεσίας του πρώην Δήμου Αφάντου, σύμφωνα με την οποία κατασκευάστηκε το υφιστάμενο δίκτυο.
- Η υψομετρική μελέτη των οδών και οι τροποποιήσεις της, από τις Τεχνικές υπηρεσίες του Δήμου Ροδίων.
- Για τη σύνταξη της παρούσας μελέτης ελήφθησαν υπόψη τα παρακάτω:
- Στοιχεία της Υπηρεσίας Ύδρευσης-Άρδευσης της Δ.Ε.Υ.Α.Ρ. και άλλων αρμόδιων υπηρεσιών.
- Το είδος των οδοστρωμάτων.
- Τα συμπεράσματα των επί τόπου επισκέψεων και αναγνωρίσεων.
- Τα κατασκευαστικά στοιχεία των υφισταμένων αγωγών κ.α.
- Το υπάρχον ρυμοτομικό σχέδιο της περιοχής της μελέτης και των γύρω περιοχών.
- Τα οριζοντιογραφικά και υψομετρικά δεδομένα της περιοχής.

Τα πληθυσμιακά στοιχεία που λήφθηκαν υπόψη είναι:

α. Ο αριθμός κλινών των τουριστικών καταλυμάτων

β. Οι θέσεις των εστιατορίων

γ. Ο πληθυσμός των μονίμων κατοίκων

Ο μελλοντικός πληθυσμός της τεσσαρακονταετίας υπολογίστηκε με τον τύπο:

$$E_n = E_0 \times (1 + \varepsilon)^n$$

όπου:

$E_n$  = ο πληθυσμός μετά από 40 χρόνια

$E_0$  = ο σημερινός πληθυσμός

$\varepsilon$  = ετήσιο ποσοστό μεταβολής πληθυσμού

$n = 40$

*Πίνακας κλινών τουριστικών καταλυμάτων*

ΚΛΙΝΕΣ	Προβλεψη κλινων	Με παροχη κλινης 450 lt/κλινη/ημερα Μεγίστη ημερήσια παροχή σε m <sup>3</sup> /d
8325	10433	7129,53

Πιν.6. Κλίνες τουριστικών καταλυμάτων

*Μόνιμοι κάτοικοι*

ΜΟΝΙΜΟΙ ΚΑΤΟΙΚΟΙ (Απογρ. 2011)	Προβλεψη μον. κατοίκων	Με παροχη 375 lt/κατ/ημερα Μεγίστη ημερήσια παροχή σε m <sup>3</sup> /d
257	650	67,5

Πιν.7. Μόνιμοι κάτοικοι

Από την μακρόχρονη καταγραφή των καταναλώσεων, η Δ.Ε.Υ.Α.Ρ. χρησιμοποιεί στις μελέτες ύδρευσης, την παροχή ζήτησης 375 λίτρα/κάτοικο/ημέρα για οικιακή χρήση και 450 λίτρα/κάτοικο/ημέρα για τα ξενοδοχεία.

Στη ΔΕΥΑΡ υπάρχουν στοιχεία γεωτεχνικών ερευνών της ευρύτερης περιοχής της μελέτης όπου δίνονται πληροφορίες για τη σύσταση του εδάφους. Η δειγματοληψία των εδαφών έγινε με απόληψη πυρήνων εδάφους (καρότων) μέσου απλού δειγματολήπτη και ανάλογα με την υφή του εδάφους με την μέθοδο του «φραγμού». Η εδαφοτεχνική έρευνα της περιοχής, έδειξε ότι το υπέδαφος της, αποτελείται από αργιλομαργαϊκά και αργιλοαμμώδη ιζήματα μέσης συνοχής και μετρίου πλαστικότητας, με κατά τόπους αυξημένη στιφρότητα και διαγένεση.

Ο Ανάδοχος είναι υποχρεωμένος εφόσον τα παραπάνω στοιχεία είναι ελλιπή και εφόσον υπάρχει ανάγκη, να αναζητήσει (εάν υπάρχουν) γεωτεχνικά στοιχεία και σε άλλους φορείς (Δήμος κλπ). Στην περίπτωση κατά την οποία δεν είναι δυνατόν να ανευρεθούν τα απαραίτητα στοιχεία οποιαδήποτε απαιτούμενη γεωτεχνική και εδαφολογική έρευνα θα διεξαχθεί με φροντίδα, ευθύνη και δαπάνη του αναδόχου.

#### 4. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΟΥ ΑΓΩΓΩΝ

Ο σχεδιασμός των αγωγών υδροδότησης, έγινε με τις εξής βασικές παραδοχές σχεδιασμού:

- Η κατασκευή του έργου να μην προκαλέσει μεγάλη αναστάτωση στην περιοχή εκτέλεσης του (κυκλοφοριακό, λειτουργία ξενοδοχείων κλπ ).
- Η άντυγα του αγωγού να έχει επικάλυψη τέτοια ώστε να μην παρεμποδίζεται από άλλα δίκτυα κοινής ωφέλειας.

Το έργο αποτελείται από:

- Ένα νέο αγωγό HDPE διατομής Ø400 σε μήκος 2113 μέτρα
- Ένα νέο αγωγό HDPE διατομής Ø200 σε μήκος 1741 μέτρα που θα αντικαταστήσει υφιστάμενους αγωγούς του δικτύου.
- Ένα νέο αγωγό HDPE διατομής Ø160 σε μήκος 420 μέτρα που θα αντικαταστήσει
  - υφιστάμενους αγωγούς του δικτύου.
- Ένα νέο αγωγό HDPE διατομής Ø110 σε μήκος 610 μέτρα που θα αντικαταστήσει
  - υφιστάμενους αγωγούς του δικτύου.

##### i. ΠΑΡΟΧΕΣ

Στο κεφάλαιο 3 του παρόντος τεύχους, γίνεται η τελική παραδοχή ότι η μέγιστη θερινή κατανάλωση της 40ετίας θα είναι: 450 λίτρα /κλίνη /ημέρα και 375 λίτρα /κάτοικο/ημέρα. Αυτή η παραδοχή θα χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό των παροχών της παρούσας μελέτης.

Η μέση ημερήσια κατανάλωση προκύπτει:

Γιά τα Ξενοδοχεία  $Q_m = \text{Αριθμ. Κλινών} * 0,45 \mu^3 / \text{κλίνη} / \text{ημέρα} (\mu^3)$

Για τους μόν. κατοίκους  $Q_m = \text{Πληθυσμός} * 0,375 \mu^3 / \text{κάτοικο} / \text{ημέρα} (\mu^3)$ .

##### ii. ΜΕΓΙΣΤΕΣ ΠΑΡΟΧΕΣ

Οι αγωγοί ύδρευσης υπολογίζονται με τη μέγιστη παροχή κατά τη διάρκεια της ημέρας. Η παροχή αυτή προκύπτει από τη μέση ημερήσια παροχή αν πολλαπλασιαστεί με ένα συντελεστή. Σύμφωνα με τις προδιαγραφές ο συντελεστής αυτός είναι :1,5 .

Επομένως για τα ξενοδοχεία έχουμε :  $Q_{max} * 1,5$

Για τους μον. κατ. :  $Q_{max} * 1,5$

### **iii. ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΑΓΩΓΩΝ**

Οι απώλειες υπολογίζονται με τον τύπο:

$$hf = \lambda * L * v^2 / 2 * D * g$$

όπου :

$\lambda$  : συντελεστής που υπολογίζεται με τον τύπο του Colebrook

L : το μήκος του αγωγού σε m

v : η ταχύτητα σε m/sec

D : η διατομή του αγωγού σε m<sup>2</sup>

g : η επιτάχυνση της βαρύτητας (9.81 m/sec<sup>2</sup>).

Ο συντελεστής  $\lambda$  υπολογίζεται από τη σχέση :

$$1/\sqrt{\lambda} = -2 * \log * (k/3.7 D + 2.51/Re * \sqrt{\lambda})$$

όπου:

k : συντελεστής τραχύτητας που εξαρτάται από το υλικό του σωλήνα . Στην προκειμένη

περίπτωση 0,000005 m.

D : η διατομή του αγωγού σε m<sup>2</sup>

Re : ο αριθμός Reynolds

$$Re = v * D / \nu$$

### **iv. ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΑΛΛΕΣ ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΚΑΙ Ο.Κ.Ω.**

Ο Ανάδοχος για οποιαδήποτε επέμβαση στις οδούς οφείλει με δική του ευθύνη, φροντίδα και δαπάνη να εκδώσει τις απαραίτητες άδειες από την Τεχνική Υπηρεσία του Δήμου Ροδίων και να συνεργάζεται στενά με την Υπηρεσία αυτή.

Ο Ανάδοχος οφείλει να συνεργαστεί επίσης με κάθε άλλη Υπηρεσία εφόσον παραστεί ανάγκη (π.χ. ΔΕΗ, ΟΤΕ, κλπ.).

### **v. ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ ΚΥΡΙΟΤΕΡΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ**

1 Εκσκαφές ορυγμάτων 6.835,00 μ<sup>3</sup>

2 Επιχώσεις ορυγμάτων 4.380,00 μ<sup>3</sup>

- 3 Αποκατάσταση ασφαλτικών οδοστρωμάτων 4.250,00 μ2
- 4 Εγκιβωτισμός σωλήνων με άμμο 2.120,00 μ3
- 5 Σωλήνες HDPE110 610,00 μμ.
- 6 Σωλήνες HDPE160 420,00 μμ.
- 7 Σωλήνες HDPE200 1.741,00 μμ.
- 8 Σωλήνες HDPE400 2.113,00 μμ.
- 9 Δικλείδες (Συνολικά) 28,00 τεμ.
- 10 Ειδικά τεμάχια (καμπύλες, ταυ, συστολές κλπ) από ελατό χυτοσίδηρο 2.155,00 Κιλ.

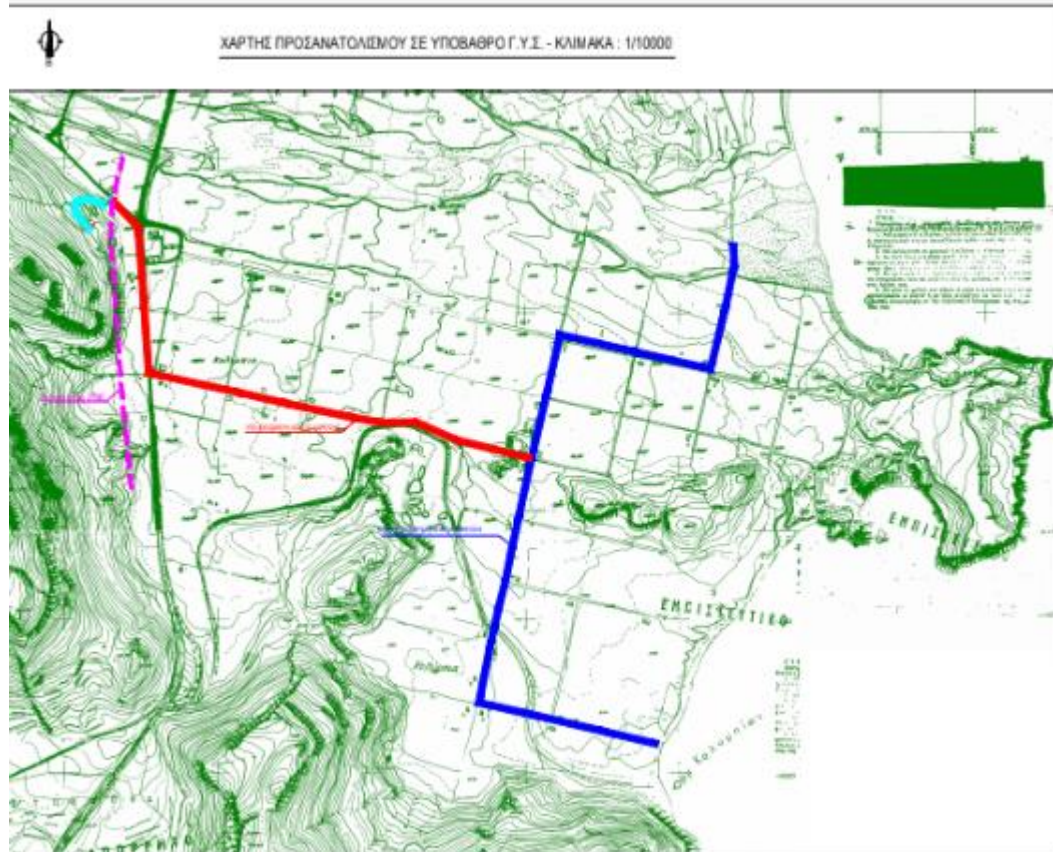
#### **vi. ΔΑΠΑΝΗ ΤΩΝ ΕΡΓΩΝ**

Η δαπάνη του έργου που θα κατασκευασθεί αφορά σε όλες τις εργασίες που απαιτούνται για την πλήρη αποπεράτωση του έργου. Περιλαμβάνονται όλες οι προμήθειες, οι μεταφορές υλικών και οι αποκαταστάσεις των οδοστρωμάτων και των πεζοδρομίων.

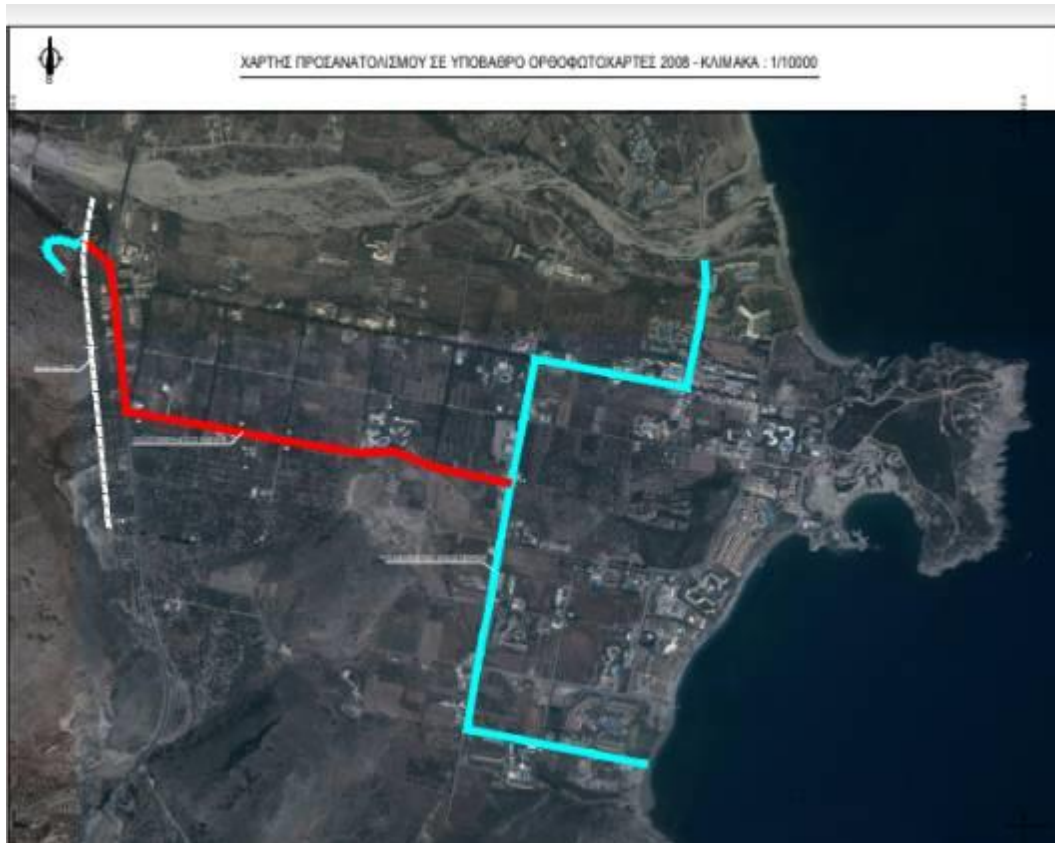
Ο προϋπολογισμός του έργου ανέρχεται στο ποσό των € **981.500,00**, χωρίς τον Φ.Π.Α. εκ των οποίων € **127.544,00** για απρόβλεπτα.

**ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΑΝΑΛΥΤΙΚΟΣ ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΡΓΟΥ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΜΕΛΕΤΗ σε (€)**

1	1 <sup>Η</sup> ΟΜΑΔΑ: ΧΩΜΑΤΟΥΡΓΙΚΑ - ΚΑΘΑΙΡΕΣΕΙΣ - ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ	298.496,00
2	2 <sup>Η</sup> ΟΜΑΔΑ: ΤΕΧΝΙΚΑ - ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΑ	2.869,00
3	3 <sup>Η</sup> ΟΜΑΔΑ: ΣΩΛΗΝΩΣΕΙΣ - ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ	419.222,00
4	<b>ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΔΑΠΑΝΗ ΕΡΓΑΣΙΩΝ</b>	<b>720.587,00</b>
5	ΓΕ & ΟΕ	129.706,00
6	<b>ΣΥΝΟΛΟ 1 (ΜΕΤΑ ΤΩΝ ΓΕ &amp; ΟΕ)</b>	<b>850.293,00</b>
7	Απρόβλεπτες δαπάνες	127.544,00
8	<b>ΣΥΝΟΛΟ 2 (ΜΕΤΑ ΤΩΝ ΑΠΡΟΒΛΕΠΤΩΝ)</b>	<b>977.837,00</b>
9	Δαπάνες για αναθεώρηση	3.663,00
10	<b>ΣΥΝΟΛΟ 3 (ΜΕΤΑ ΤΗΣ ΑΝΑΘΕΩΡΗΣΗΣ)</b>	<b>981.500,00</b>
11	ΦΠΑ 24% x Σ3	235.560,00
12	<b>ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΔΑΠΑΝΗ ΕΡΓΟΥ ΚΑΤΑ ΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΜΕ Φ.Π.Α.</b>	<b>1.217.060,00</b>



Εικ. 41 Συνολικός Προϋπολογισμός έργου κατά τη μελέτη σε ευρώ.



Εικ. 41 Συνολικός Προϋπολογισμός έργου κατά τη μελέτη σε ευρώ.



Εικ. 42 Δεξαμενή σύνδεσης με τον κεντρικό αγωγό φράγματος "Γαδουρά" στην περιοχή των Κολυμπίων χωρητικότητας 1000 μ<sup>3</sup>.



# ΔΕΥΑΡ

ΔΗΜΟΤΙΚΗ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗ ΥΔΡΕΥΣΗΣ  
ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ ΡΟΔΟΥ

ΕΡΓΟ : ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ-ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗ-ΕΠΕΚΤΑΣΗ ΔΙΚΤΥΟΥ ΥΔΡΕΥΣΗΣ  
ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΚΟΛΥΜΠΙΩΝ Δ.Ε. ΑΦΑΝΤΟΥ

ΘΕΜΑ ΣΧΕΔΙΟΥ : ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΓΡΑΦΙΑ ΔΙΚΤΥΩΝ ΥΔΡΕΥΣΗΣ

ΕΞΑΡΤΗΣΗ ΤΡΙΓΩΝΟΜΕΤΡΙΚΟΥ, ΠΟΛΥΓΩΝΟΜΕΤΡΙΚΟΥ  
ΔΙΚΤΥΟΥ ΑΠΟ ΤΟ ΚΡΑΤΙΚΟ, Ε.Γ.Σ.Α.87  
Ελληνικοί δέξ G.R.S.80 α=6378137 f=298.2572236  
Εγκάρσια Μεταφορική Προβολή

ΜΑΙΟΣ 2016  
ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ : ΥΟ 1α  
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:10000

Εικ 43. ΔΕΥΑ Ρόδου έργο

## **vii. ΣΧΕΔΙΟ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΚΑΙ ΥΓΙΕΙΝΗΣ (ΣΑΥ)**

(Π.Δ. 305/96, άρθρο 3, παράγραφοι 3,4,5,6,8,9,10)

Τα έργα Πολιτικού Μηχανικού που εκτελέστηκαν με το παρόν έργο, αφορούν στην κατασκευή νέων αγωγών ύδρευσης, καθώς και στην απομόνωση μέρους του παλαιού δικτύου, στην περιοχή Κολυμπίων της ΔΕ Αφάντου του Δήμου Ρόδου.

Το δίκτυο ύδρευσης που κατασκευάστηκε, περιλαμβάνει την πλήρη κατασκευή των αγωγών, των φρεατίων δικλίδων και τις απαιτούμενες ενώσεις με το υφιστάμενο δίκτυο που παράμεινε σε λειτουργία.

Οι αγωγοί του δικτύου ύδρευσης κατασκευαστήκαν στις προβλεπόμενες από τη μελέτη θέσεις, από σωλήνες Πολυαιθυλενίου 16 atm. διατομών D400, D200, D160 και D110, οι οποίοι εγκιβωτίστηκαν με άμμο λατομείου.

Οι θέσεις οι διαστάσεις και τα κατασκευαστικά στοιχεία των φρεατίων χειρισμού δικλίδων καθορίστηκαν στα σχετικά σχέδια της μελέτης.

Η εκσκαφή των χανδάκων για την τοποθέτηση των αγωγών προβλέφθηκαν με κατακόρυφα πρηνή με πλάτος και βάθος ορυγμάτων σύμφωνα με τα σχέδια της μελέτης και με αντιστηρίξεις των παρειών εκσκαφής, όπου απαιτούνταν και κατά τρόπο που να παρέχουν πλήρη ασφάλεια έναντι ατυχημάτων, ενώ συγχρόνως προκάλεσαν την ελάχιστη δυνατή δυσχέρεια στην κυκλοφορία.

Η δαπάνη του έργου που κατασκευάστηκε, αφορά σε όλες τις εργασίες που απαιτήθηκαν για την πλήρη κατασκευή του έργου. Περιλαμβάνονταν όλες οι προμήθειες, οι μεταφορές υλικών και οι αποκαταστάσεις με ασφαλική στρώση, σκυρόδεμα κλπ. Ο προϋπολογισμός του έργου ανέρχονταν στο ποσό των € **981.500,00** χωρίς τον Φ.Π.Α. εκ των οποίων € 127.544,00 για απρόβλεπτα.

Οι αγωγοί του δικτύου ύδρευσης κατασκευάστηκαν από σωλήνες Πολυαιθυλενίου 16 atm. διατομών D400, D200, D160 και D110 οι οποίοι εγκιβωτίστηκαν με άμμο λατομείου. Οι θέσεις που κατασκευάστηκαν οι αγωγοί καθορίστηκαν από τα σχέδια της μελέτης. Τα εξαρτήματα και τα ειδικά τεμάχια του δικτύου κατασκευάστηκαν από ελατό χυτοσίδηρο.

Ένα μικρό τμήμα του δικτύου (στην ένωση της Δεξαμενής με τον αγωγό) κατασκευάστηκε από χαλυβδοσωλήνα.

Η επίχωση των ορυγμάτων έγινε με θραυστό υλικό λατομείου (3Α) σε στρώσεις πάχους μέχρι 30 cm σύμφωνα με τα προβλεπόμενα στην Τ.Σ.Υ.

ΕΡΓΟ: ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ - ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗ - ΕΠΕΚΤΑΣΗ ΔΙΚΤΥΟΥ  
ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΚΟΛΥΜΠΙΩΝ ΔΕ ΑΦΑΝΤΟΥ  
ΣΧΕΔΙΟ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΚΑΙ ΥΓΙΕΙΝΗΣ 3

Ο βαθμός συμπύκνωσης δεν έπρεπε, να είναι κατώτερος από 95% (τροποποιημένη δοκιμασία Proctor). Ο τρόπος έδρασης των κάθε είδους αγωγών, ο εγκιβωτισμός τους και η επίχωση τους με θραυστό υλικό λατομείου (3Α) καθορίστηκαν στα σχέδια της μελέτης και έγιναν σύμφωνα με τα οριζόμενα στις σχετικές Τ.Π.

### **ΦΑΣΗ 1**

1.1 προετοιμασία εργοταξίου και χάραξη τομών

1.2 ΕΚΣΚΑΦΗ – αντιστήριξη σκάμματος

1.3 Εξυγίανση εδάφους

Στη φάση αυτή γίνονται οι εργασίες των αποξηλώσεων υφισταμένης ασφάλτου, σκυροδεμάτων και των εκσκαφών.

### **ΦΑΣΗ 2**

2.1 Υψομετρική χωροστάθμιση σκάμματος

2.2 Τοποθέτηση σωλήνα

2.3 Κατασκευή φρεατίου χειρισμού δικλίδων

Στη φάση αυτή έγινε η στρώση με άμμο και η χωροστάθμιση του υποστρώματος τοποθέτησης του σωλήνα και η ένωση των σωλήνων. Επίσης η φάση αυτή περιελάμβανε και την τοποθέτηση των εξαρτημάτων και των ειδικών τεμαχίων σύνδεσης.

### **ΦΑΣΗ 3**

3.1 Επίχωση του σωλήνα

3.2 Επίχωση και συμπίεση του υπόλοιπου σκάμματος

3.3 Αποκατάσταση οδοστρώματος και πεζοδρομίου

Στη φάση αυτή περιλαμβάνονται οι εργασίες επίχωσης συμπίεσης και αποκατάστασης οδοστρώματος.

1. Πριν την έναρξη των εργασιών, περιφράχτηκε ο χώρος του εργοταξίου.
2. Ειδοποιήθηκαν οι υπηρεσίες κοινής ωφέλειας (ΔΕΗ , ΟΤΕ , ΔΕΥΑΡ) και επισημάνθηκαν και σημαδεύονται τα προϋπάρχοντα δίκτυα.
3. Η χάραξη της ασφάλτου θα γίνει με μηχανικό δίσκο.
4. Η εκσκαφή των σκαμμάτων θα γίνει με εκσκαφέα αντεστραμμένου κάδου. Τα υλικά εκσκαφής θα μεταφέρονται με φορτηγά και θα διακινούνται αμέσως έξω από το εργοτάξιο.

6. ΕΡΓΟ : ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗ - ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗ - ΕΠΕΚΤΑΣΗ ΔΙΚΤΥΟΥ  
ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΚΟΛΥΜΠΙΩΝ ΔΕ ΑΦΑΝΤΟΥ  
ΣΧΕΔΙΟ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΚΑΙ ΥΓΙΕΙΝΗΣ 5  
**6.1 ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΠΟΥ ΕΝΔΕΧΕΤΑΙ ΝΑ ΕΜΦΑΝΙΣΤΟΥΝ ΚΑΤΑ ΤΗΝ  
ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΟΥ**

## ΕΡΓΟΥ

Στους πίνακες που ακολουθούν περιγράφονται οι κίνδυνοι που ενδέχονταν να εμφανιστούν κατά την εκτέλεση του έργου που συντίθενται οριζόντια μεν από προκαταγεγραμμένες “πηγές κινδύνων”, κατακόρυφα δε από μη προκαθορισμένες “φάσεις και υποφάσεις εργασίας”.

Ο αριθμός **3** χαρακτηρίζει περιπτώσεις όπου διαπιστώνεται ότι:

**είτε (i)** η πηγή κινδύνου είναι *συνεχώς παρούσα* κατά την εξεταζόμενη φάση/υποφάση εργασίας (π.χ. κίνδυνος κατάρρευσης κατά την εκσκαφή θεμελίων δίπλα σε *παλαιά* οικοδομή),

**είτε (ii)** οι ιδιαίτερες συνθήκες του έργου δημιουργούν *αυξημένη πιθανότητα επικίνδυνων καταστάσεων*, (π.χ. κίνδυνος αστοχίας των πρανών εκσκαφής, όταν το έδαφος είναι *μικρής συνεκτικότητας*, ή *υδροφορεί*, κλπ.),

**είτε (iii)** ο κίνδυνος είναι *πολύ σοβαρός*, έστω και αν η πιθανότητα να επισυμβεί είναι περιορισμένη (π.χ. κίνδυνος έκρηξης λόγω απρόσεκτης χρήσης ηλεκτρικού ρεύματος ή γυμνής φλόγας σε χώρο αποθήκευσης εκρηκτικών ή σε δεξαμενή καυσίμων).

Ο αριθμός **1** χαρακτηρίζει περιπτώσεις όπου:

**είτε (i)** η πηγή κινδύνου εμφανίζεται *περιοδικά ή με χρονικά διαλείποντα τρόπο* (π.χ. κίνδυνοι τραυματισμών από *ανατροπές υλικών*, σε οικοδομικό εργοτάξιο),

**είτε (ii)** δεν *συντρέχουν ειδικές αιτίες αύξησης των κινδύνων* (π.χ. κίνδυνοι από την κίνηση οχημάτων σε ένα *ευρύχωρο υπαίθριο εργοτάξιο*),

**είτε (iii)** ο κίνδυνος δεν είναι σοβαρός, έστω και αν η πιθανότητα να επισυμβεί είναι μεγάλη (π.χ. κίνδυνοι από την εκτέλεση *υπαίθριων εργασιών σε συνθήκες καύσωνα*).

Ο αριθμός **2** χαρακτηρίζει τις θεωρούμενες ως “ενδιάμεσες” των 1 και 3 περιπτώσεις.

**viii. Μέτρα για την πρόληψη και αποτροπή των κινδύνων και γενικά για την ασφάλεια και την υγεία των εργαζομένων - οδηγίες σύνταξης**

Για κάθε “πηγή κινδύνων” που έχει επισημανθεί στους πίνακες του Τμήματος Β (στήλη 1), καταγράφηκαν οι φάσεις/υποφάσεις όπου υπάρχει πιθανότητα εμφάνισης (στήλη 2), αναγράφονται οι σχετικές διατάξεις της κείμενης νομοθεσίας που προβλέπουν τη λήψη μέτρων προστασίας (στήλη 3), και συμπληρώνονται τα κατά την κρίση του συντάκτη αναγκαία πρόσθετα ή ειδικά μέτρα προστασίας που επιβάλλονται από τις ιδιαίτερες συνθήκες ή απαιτήσεις του έργου (στήλη 4).

ΕΠΙΣΗΜΑΣΜΕΝΟΙ ΚΟΜΒΟΙ ΣΤΟΝ ΠΙΝΑΚΑ ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ Β		ΜΕΤΡΑ ΠΟΥ ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΛΗΦΘΟΥΝ	
(1) ΠΗΓΕΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ	(2) ΦΑΣΕΙΣ ΕΡΓΑΣΙΩΝ	(3) ΠΡΟΒΛΕΠΟΜΕΝΑ ΑΠΟ ΤΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ (*)	(4) ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΙΚΑ Ή ΕΙΔΙΚΑ ΜΕΤΡΑ ΓΙΑ ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΠΟΥ ΕΝΕΧΟΥΝ ΕΙΔΙΚΟΥΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥΣ (**)
01201	Φ1.2, 1.3, 2.1, 2.2, 2.3, 3.1, 3.2	ΠΔ 1073/81: άρθρα 2, 9, 13	Ν' απαγορευθεί η χωρίς λόγο παραμονή προσωπικού κοντά στα πρανή των εκσκαφών
02100 (06-07)	Φ1.2, 2.1, 2.2, 2.3, 3.1, 3.2, 3.3	ΠΔ 1073/81: άρθρα 45, 46, 47, 48, 50, 85	
02201	Φ1.2,	ΠΔ 1073/81: άρθρο 8	
02202	Φ1.2, 2.1, 2.2, 2.3, 3.1, 3.2, 3.3	ΠΔ 1073/81: άρθρο 72 και Π.Δ. 305/96, Παράρτημα IV, Β II, παρ.8	
02203	Φ1.2	Π.Δ. 305/96, Παράρτημα IV, Β II, παρ.8	
02301	Φ1.2, 2.1, 3.3	ΠΔ 1073/81: άρθρο 46	
02401	Φ1.2, 1.3, 2.1, 2.2	ΠΔ 1073/81: άρθρο 46 και ΠΔ 95/78	
03204	Φ1.2	ΠΔ 1073/81: άρθρα 37, 106 και Π.Δ. 305/96, Παράρτημα IV, Β I, παρ.6	
03301	Φ1.2	ΠΔ 1073/81: άρθρο 34, Π.Δ. 778/80: αρθ. 9 και Απόφαση 16440/Φ.10.4/445/1993	
03302	Φ2.1 έως Φ 3.2	ΠΔ 1073/81: άρθρο 34, Π.Δ. 778/80: αρθ. 3,4,5,6,7,8,10,13. Π.Δ. 305/96, Παράρτημα IV, Β II, παρ.6 και Απόφαση 16440/Φ.10.4/445/1993	

03304	Φ2.1	Π.Δ. 778/80: αρθ. 4, 13 και Απόφαση 16440/Φ.10.4/445/1993	
03401	Φ1.2 έως Φ3.2	ΠΔ 1073/81: άρθρο 40,41 ,Π.Δ. 778/80: αρθ. 20	
ΕΠΙΣΗΜΑΣΜΕΝΟΙ ΚΟΜΒΟΙ ΣΤΟΝ ΠΙΝΑΚΑ ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ Β		ΜΕΤΡΑ ΠΟΥ ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΛΗΦΘΟΥΝ	
(1) ΠΗΓΕΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ	(2) ΦΑΣΕΙΣ ΕΡΓΑΣΙΩΝ	(3), ΠΡΟΒΛΕΠΟΜΕΝΑ ΑΠΟ ΤΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ (*)	(4) ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΙΚΑ Ή ΕΙΔΙΚΑ ΜΕΤΡΑ ΓΙΑ ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΠΟΥ ΕΝΕΧΟΥΝ ΕΙΔΙΚΟΥΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥΣ (**)
05204	Φ2.2	ΠΔ 1073/81: άρθρα 52- 69	
05302	Φ1.2, 3.1, 3.2, 3.3	ΠΔ 1073/81: άρθρα 46, 47, 48	
05305	Φ1.2, 3.1, 3.2, 3.3	ΠΔ 1073/81: άρθρα 25, 86	
05309	Φ2.3	Π.Δ. 1073/81, άρθρο 91	
06202	Φ1.2, Φ2.1	Π.Δ. 305/96	
07101	Φ1.2, 1.3, 2.1, 2.2, 2.3, 3.1, 3.2	ΠΔ 1073/81: άρθρα 78, 79 και Π.Δ. 305/96 Παράρτημα IV, Β II, παρ.2	Τα κάθε είδους μηχανήματα του έργου, πρέπει ν'απέχουν τουλάχιστο 2 μέτρα καθ' ύψος από το δίκτυο της ΔΕΗ. Η ίδια απόσταση πρέπει να τηρείται περιμετρικά των αγωγών για τα κινητά μέρη των μηχανημάτων (γερανός, κλπ)
07102	Φ1.2, 1.3, 2.1, 2.2, 2.3, 3.1, 3.2	ΠΔ 1073/81: άρθρα 78, 79 και Π.Δ. 305/96 Παράρτημα IV, Β II, παρ.2.2	
07105	Φ2.1	Π.Δ. 305/96 Παράρτημα IV, Β II, παρ.2.1 και ΠΔ 1073/81: άρθρα 75, 76, 77, 78	
07201	Φ1.2, 1.3, 2.3	ΠΔ 1073/81: άρθρα 48, 49 και Π.Δ. 395/94	
07202	Φ1.2, 1.3, 2.3	ΠΔ 1073/81: άρθρα 49, 80, 81 και ΠΔ 395/94	
08106	Φ1.3	ΠΔ 1073/81: άρθρα 6, 40	
08108	Φ1.2, Φ1.3	Π.Δ. 305/96 Παράρτημα IV, Β II, παρ.10 και Π.Δ. 778/80 αρθ. 21, παρ. 4, 5	
08203	Φ3.1	ΠΔ 1073/81: άρθρο 40 παρ. 1	
09105	Φ3.3	ΠΔ 1073/81: άρθρα 99, 110	
10102	Φ1.2, 3.2	ΠΔ 396/94 άρθρα 3,4 και Παράρτημα II παράγρ. 2 ΠΔ 85/91	Να χρησιμοποιούνται μέσα ατομικής προστασίας της ακοής (κυρίως για τους χειριστές (τσάπας, δονητή, κομπρεσέρ, κλπ.)
10103	Φ1.2, 2.2, 2.3, 3.1, 3.2	ΠΔ 1073/81: άρθρο 30, ΠΔ 396/94 άρθρο 7 και Παράρτημα II παρ. 4	Να χρησιμοποιούνται μέσα ατομικής προστασίας (ειδικές μάσκες κτλ)
10105	Φ1.2, 2.1, 2.2,	Π.Δ. 305/96 Παράρτημα IV, Β II, παρ.3 και	

	2.3, 3.1, 3.2, 3.3	Εγκύκλιος Υπ.Εργ. 130329/03.07.95	
10207	Φ1.1, 1.2, 2.1 έως 3.3	Π.Δ. 1073/81, άρθρο 47 και Π.Δ. 395/94 Παράρτημα, παρ. 2.10	

Πιν. 8 Πηγή κινδύνων

## **vx. ΠΡΟΣΘΕΤΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ**

### **1. Δίοδοι προσπέλασης στο εργοτάξιο και πρόσβασης στις θέσεις εργασίας**

Η προσπέλαση στο έργο ήταν άμεση. Κάθε σύνδεση ολοκληρώνονταν αυθημερόν και η πρόσβαση ήταν από την εκάστοτε οδό στην οποία εκτελούνταν οι εργασίες.

### **2. Δίοδοι κυκλοφορίας πεζών και οχημάτων εντός του εργοταξίου**

Η διέλευση και παραμονή ατόμων στο χώρο του εργοταξίου απαγορεύονταν, εκτός από το εξουσιοδοτημένο για την κατασκευή προσωπικό του έργου. Η κυκλοφορία πεζών γίνεται περιμετρικά της όλης έκτασης του εργοταξίου αφού λήφθηκαν όλα τα απαραίτητα μέτρα για την προστασία τους από πτώση. Η κυκλοφορία φορητών κατά τη φάση της εκσκαφής γίνηκε μόνο ανάντη ή κατάντη του σκάμματος με οδηγίες και επίβλεψη υπεύθυνου ατόμου ώστε να μην δημιουργηθεί πρόβλημα στην κυκλοφορία των δρόμων και κίνδυνος για τους εργαζόμενους.

### **3. Χώροι εγκατάστασης του βασικού μηχανικού εξοπλισμού**

Ο εξοπλισμός του έργου ήταν κινητός και εγκαθίσταται κάθε φορά στον προσφορότερο ανάλογα με τις ανάγκες χώρο.

### **4. Χώροι αποθήκευσης**

Υπήρχαν θέσεις αποθήκευσης κοντά στα σημεία εργασίας στον προσφορότερο ανάλογα με τις ανάγκες χώρο.

### **5. Χώροι συλλογής αχρήστων και επικίνδυνων υλικών (θα περιγράφεται και ο τρόπος αποκομιδής τους)**

Τα άχρηστα αντικείμενα, υπολείμματα υλικών, φθαρμένα υλικά, προϊόντα κατεδαφίσεων, κλπ. συλλέγονταν σε container δίπλα στους χώρους αποθήκευσης. Το container απομακρύνονταν κατά διαστήματα και αντικαθιστούνταν με άλλο κενό.

### **6. Χώροι υγιεινής, εστίασης και πρώτων βοηθειών**

Οι χώροι υγιεινής εστίασης και πρώτων βοηθειών ήταν κινητοί και εγκαταστάθηκαν κατά μήκος της οδού και αναλόγως με την εξέλιξη του εργοταξίου.

Το πρόχειρο φαγητό γίνονταν σε προσωρινά στεγασμένο χώρο του εργοταξίου. Τα απορρίμματα και υπολείμματα τροφών απορρίπτονταν σε κάδο απορριμμάτων, μεταφέρονταν δε σε πλαστικές σακούλες στον δημοτικό κάδο συλλογής στην οδό.

Στο εργοτάξιο είχε διαμορφωθεί μικρό φαρμακείο με τα απαραίτητα είδη πρώτων βοηθειών. Σε εμφανή θέση δίπλα στο φορητό φαρμακείο αναγράφονταν η



διεύθυνση και το τηλέφωνο του πλησιέστερου φαρμακείου και του υποκαταστήματος του ΙΚΑ που καλύπτει την περιοχή.

ΦΑΣΕΙΣ	(1)	1,1	Προετοιμασία εργασιών και χάραξη τομών
		1,2	Εκσκαφή - Αντιστήριξη σκάμματος
		1,3	Εξυγίανση εδάφους
	(2)	2,1	Αλφάδιασμα σκάμματος
		2,2	Τοποθέτηση σωλήνα, εξαρτημάτων και ειδικών τεμαχίων
		2,3	Κατασκευή φρεατίων ελέγχου δικλίδων
	(3)	3,1	Επίχωση του σωλήνα
		3,2	Επίχωση και συμπίεση του υπόλοιπου σκάμματος
		3,3	Αποκατάσταση οδοστρώματος

Κίνδυνοι	Πηγές κινδύνων	Φάση 1η			Φάση 2η			Φάση 3η			
		Φ1.1	Φ1.2	Φ1.3	Φ2.1	Φ2.2	Φ2.3	Φ3.1	Φ3.2	Φ3.3	
<b>01000. Αστοχίες εδάφους</b>											
01100. Φυσικά πρηνή	01101	Κατολίθιση. Απουσία/ανεπάρκεια υποστήριξης									
	01102	Αποκολλήσεις. Απουσία/ανεπάρκεια προστασίας									
	01103	Στατική επιφόρτιση. Εγκαταστάσεις/εξοπλισμός									
	01104	Δυναμική επιφόρτιση. Φυσική αιτία									
	01105	Δυναμική επιφόρτιση. Ανατινάξεις									
	01106	Δυναμική επιφόρτιση. Κινητός εξοπλισμός									
01200. Τεχνητά πρηνή & Εκσκαφές	01201	Κατάρρευση. Απουσία/ανεπάρκεια υποστήριξης	3	3	3	3	3	3	3	3	
	01202	Αποκολλήσεις. Απουσία/ανεπάρκεια προστασίας									
	01203	Στατική επιφόρτιση. Υπερύψωση									
	01204	Στατική επιφόρτιση. Εγκαταστάσεις/εξοπλισμός									
	01205	Δυναμική επιφόρτιση. Φυσική αιτία									
	01206	Δυναμική επιφόρτιση. Ανατινάξεις									
	01207	Δυναμική επιφόρτιση. Κινητός εξοπλισμός									
01300. Υπόγειες εκσκαφές	01301	Καταπτώσεις οροφής/παρειών. Ανυποστήλωτα τμήματα									
	01302	Καταπτώσεις οροφής/παρειών. Ανεπαρκής υποστήλωση									
	01303	Καταπτώσεις οροφής/παρειών. Καθυστερημένη υποστήλωση									
	01304	Κατάρρευση μετώπου προσβολής									
01400. Καθιζήσεις	01401	Ανυποστήρικτες παρακείμενες εκσκαφές									
	01402	Προϋπάρχουσα υπόγεια κατασκευή									

	01403	Διάνοιξη υπογείου έργου									
	01404	Ερπυσμός									
	01405	Γεωλογικές/γεωχημικές μεταβολές									
	01406	Μεταβολές υδροφόρου ορίζοντα									
	01407	Υποσκαφή/απόπλυση									
	01408	Στατική επιφόρτιση									
	01409	Δυναμική καταπόνηση-φυσική αιτία									
	01410	Δυναμική καταπόνηση-ανθρωπογενής αιτία									
01500. Άλλη πηγή	01501										
	01502										
	01503										

**02000. Κίνδυνοι από εργοταξιακό εξοπλισμό**

02100. Κίνηση οχημάτων και μηχανημάτων	02101	Συγκρούσεις οχήματος-οχήματος									
	02102	Συγκρούσεις οχήματος-προσώπων									
	02103	Συγκρούσεις οχήματος-σταθερού εμποδίου									
	02104	Συνθλίψεις μεταξύ οχήματος-οχήματος									
	02105	Συνθλίψεις μεταξύ οχήματος-σταθερού εμποδίου									
	02106	Ανεξέλεγκτη κίνηση. Βλάβες συστημάτων	1		1	1	1	1	1	1	1
	02107	Ανεξέλεγκτη κίνηση. Ελλιπής ακινητοποίηση	1		1	1	1	1	1	1	1
	02108	Μέσα σταθερής τροχιάς. Ανεπαρκής προστασία									
	02109	Μέσα σταθερής τροχιάς.-Ετροχιασμός									
02200. Ανατροπή οχημάτων και μηχανημάτων	02201	Ασταθής έδραση		3							
	02202	Υποχώρηση εδάφους/δαπέδου	2		2	2	2	2	2	2	1
	02203	Εκκεντρή φόρτωση	3								
	02204	Εργασία σε πρανές									
	02205	Υπερφόρτωση									
	02206	Μεγάλες ταχύτητες									
02300. Μηχανήματα με κινητά μέρη	02301	Στενότητα χώρου	2		1						1
	02302	Βλάβη συστημάτων κίνησης									
		Ανεπαρκής κάλυψη κινουμένων τμημάτων-πτώσεις									
	02303										
	02304	Ανεπαρκής κάλυψη κιν. τμημάτων-παγιδεύσεις μελών									
02400. Εργαλεία χειρός	02305	Τηλεχειριζόμενα μηχανήματα & τμήματά τους									
	02401		1	1	1	1	1	1	1	1	1
	02402										
	02403										

02500. Άλλη πηγή	02501										
	02502										
	02503										

**03000. Πτώσεις από ύψος**

03100. Οικοδομές-κτίσματα	03101	Κατεδαφίσεις									
	03102	Κενά τοίχων									
	03103	Κλιμακοστάσια									
	03104	Εργασία σε στέγες									
03200. Δάπεδα εργασίας -προσπελάσεις	03201	Κενά δαπέδων									
	03202	Πέρατα δαπέδων									
	03203	Επικλινή δάπεδα									
	03204	Ολισθηρά δάπεδα	1								
	03205	Ανώμαλα δάπεδα									
	03206	Αστοχία υλικού δαπέδου									
	03207	Υπερψωμένες δίοδοι και πεζογέφυρες									
	03208	Κινητές σκάλες και ανεμόσκαλες									
	03209	Αναρτημένα δάπεδα. Αστοχία ανάρτησης									
	03210	Κινητά δάπεδα. Αστοχία μηχανισμού									
	03211	Κινητά δάπεδα. Πρόσκρουση									
03300. Ικρίωματα	03301	Κενά ικρίωμάτων	1								
	03302	Ανατροπή. Αστοχία συναρμολόγησης				1	1	1	1	1	1
	03303	Ανατροπή. Αστοχία έδρασης									
	03304	Κατάρρευση. Αστοχία υλικού ικρίωματος				1					
	03305	Κατάρρευση. Ανεμοπίεση									
03400. Τάφροι/φρέατα	03401		3	3	3	3	3	3	3	3	
	03402										
03500. Άλλη πηγή	03501										
	03502										
	03503										

**04000. Εκρήξεις . Εκτοξευόμενα υλικά-θραύσματα**

04100. Εκρηκτικά-Ανατινάξεις	04101	Ανατινάξεις βράχων									
	04102	Ανατινάξεις κατασκευών									
	04103	Ατελής ανατίναξη υπονόμων									
	04104	Αποθήκες εκρηκτικών									
	04105	Χώροι αποθήκευσης πυρομαχικών									
	04106	Διαφυγή-έκλυση εκρηκτικών αερίων & μιγμάτων									
04200. Δοχεία και δίκτυα	04201	Φιάλες ασετυλίνης/οξυγόνου									

υπό πίεση	04202	Υγραέριο																			
	04203	Υγρό άζωτο																			
	04204	Αέριο πόλης																			
	04205	Πεπιεσμένος αέρας																			
	04207	Δίκτυα ύδρευσης		1	1	1	1	1	1	1											
	04208	Ελαιοδοχεία/υδραυλικά συστήματα																			
04300. Αστοχία υλικών υπό ένταση	04301	Βράχωση υλικά σε θλίψη																			
	04302	Προεντάσεις οπλισμού/αγκυρίων																			
	04303	Κατεδάφιση προεντεταμένων στοιχείων																			
	04304	Συρματόσχοινα																			
	04305	Εξορκεύσεις																			
	04306	Λαξεύσεις/τεμαχισμός λίθων																			
04400. Εκτοξευόμενα υλικά	04401	Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα																			
	04402	Αμμοβολές																			
	04403	Τροχίσσεις/λειάνσεις																			
04500. Άλλη πηγή	04501																				
	04502																				
	04503																				
<b>05000. Πτώσεις-μετατοπίσεις υλικών &amp; αντικειμένων</b>																					
05100. Κρίσματα - φέρων οργανισμός	05101	Αστοχία. Γήρανση																			
	05102	Αστοχία. Στατική επιφόρτιση																			
	05103	Αστοχία. Φυσική δυναμική καταπόνηση																			
	05104	Αστοχία. Ανθρωπογενής δυναμική καταπόνηση																			
	05105	Κατεδάφιση																			
	05106	Κατεδάφιση παρακειμένων																			
05200. Οικοδομικά στοιχεία	05201	Γήρανση πληρωτικών στοιχείων																			
	05202	Διαστολή-συστολή υλικών																			
	05203	Αποξήλωση δομικών στοιχείων																			
	05204	Αναρτημένα στοιχεία & εξαρτήματα											3								
	05205	Φυσική δυναμική καταπόνηση																			
	05206	Ανθρωπογενής δυναμική καταπόνηση																			
	05207	Κατεδάφιση																			
	05208	Αρμολόγηση/απαρμολόγηση προκατασκ. στοιχείων																			
05300. Μεταφερόμενα υλικά -Εκφορτώσεις	05301	Μεταφορικό μηχανήμα. Ακαταλληλότητα/ανεπάρκεια																			
	05302	Μεταφορικό μηχανήμα. Βλάβη				1									1	1	1				
	05303	Μεταφορικό μηχανήμα. Υπερφόρτωση													1	1	1				

Πιν. 9 Φάσεις - Πηγή κινδύνων

	05304	Απόκλιση μηχανήματος. Ανεπαρκής έδραση										
	05305	Ατελής/έκκεντρη φόρτωση			1					1	1	1
	05306	Αστοχία συσκευασίας φορτίου										
	05307	Πρόσκρουση φορτίου										
	05308	Διακίνηση αντικειμένων μεγάλου μήκους										
	05309	Χειρωνακτική μεταφορά βαρέων φορτίων							1			
	05310	Απόλυση χύδην υλικών. Υπερφόρτωση										
	05311	Εργασία κάτω από σιλό										
<b>05400. Στοιβασμένα υλικά</b>	05401	Υπερστοίβαση										
	05402	Ανεπάρκεια πλευρικού περιορισμού σωρού										
	05403	Ανορθολογική απόληψη										
<b>05500. Άλλη πηγή</b>	05501											
	05502											
	05503											
<b>06000. Πυρκαϊές</b>												
<b>06100. Εύφλεκτα υλικά</b>	06101	Εκκλιση/διαφυγή εύφλεκτων αερίων										
	06102	Δεξαμενές/αντλίες καυσίμων										
	06103	Μονωτικά, διαλύτες, PVC κλπ. εύφλεκτα										
	06104	Ασφαλτοστρώσεις/χρήση πίσσας										
	06105	Αυτανάφλεξη-εδαφικά υλικά										
	06106	Αυτανάφλεξη-απορρίμματα										
	06107	Επέκταση εξωγενούς εστίας. Ανεπάρκης προστασία										
<b>06200. Σπινθήρες &amp; βραχυκυκλώματα</b>	06201	Εναέριοι αγωγοί υπό τάση										
	06202	Υπόγειοι αγωγοί υπό τάση			1							
	06203	Εντοχισμένοι αγωγοί υπό τάση										
	06204	Εργαλεία που παράγουν εξωτερικό σπινθήρα										
<b>06300. Υψηλές θερμοκρασίες</b>	06301	Χρήση φλόγας-οξυγονοκολλήσεις										
	06302	Χρήση φλόγας-κασσιτεροκολλήσεις										
	06303	Χρήση φλόγας-χυτεύσεις										
	06304	Ηλεκτροσυγκολλήσεις										
	06305	Πυρακτώσεις υλικών										
<b>06400. Άλλη πηγή</b>	06401											
	06402											
	06403											
<b>07000. Ηλεκτροπληξία</b>												
<b>07100. Δίκτυα-εγκαταστάσεις</b>	07101	Προϋπάρχοντα εναέρια δίκτυα			1							
	07102	Προϋπάρχοντα υπόγεια δίκτυα			1	1	1	1	1	1	1	1
	07103	Προϋπάρχοντα εντοιχισμένα δίκτυα										
	07104	Προϋπάρχοντα επίτοιχα δίκτυα										
	07105	Δίκτυο ηλεκτροδότησης έργου					1					
	07106	Ανεπαρκής αντικραυνοτική προστασία										
<b>07200. Εργαλεία-μηχανήματα</b>	07201	Ηλεκτροκίνητα μηχανήματα			1	1				1		
	07202	Ηλεκτροκίνητα εργαλεία			1	1				1		
<b>07300. Άλλη πηγή</b>	07301											
	07302											
	07303											
<b>08000. Πνιγμός/Ασφυξία</b>												
<b>08100. Νερό</b>	08101	Υποβρύχιες εργασίες										
	08102	Εργασίες εν πλώ-πτώση										
	08103	Βύθιση/ανατροπή πλωτού μέσου										
	08104	Παρόχθιες/παράλιες εργασίες. Πτώση										
	08105	Παρόχθιες/παράλιες εργασίες. Ανατροπή μηχανήματος										
	08106	Υπαίθριες λεκάνες /Δεξαμενές. Πτώση			1							
	08107	Υπαίθριες λεκάνες /Δεξαμενές. Ανατροπή μηχανήματος										
	08108	Πλήμμυρα/Κατάκλιση έργου										
<b>08200. Ασφυκτικό περιβάλλον</b>	08201	Βάλτοι, ιλεις, κινούμενες άμμοι										
	08202	Υπόνοιμοι, βόθροι, βιολογικοί καθαρισμοί										
	08203	Βύθιση σε σκυρόδεμα, ασβέστη κλπ								1		
	08204	Εργασία σε κλειστό χώρο-ανεπάρκεια οξυγόνου										
<b>08300. Άλλη πηγή</b>	08301											
	08302											
	08303											
<b>09000. Εγκαύματα</b>												
<b>09100. Υψηλές θερμοκρασίες</b>	09101	Συγκολλήσεις/συντήξεις										
	09102	Υπέρθερμα ρευστά										
	09103	Πυρακτωμένα στερεά										
	09104	Τήγματα μετάλλων										
	09105	Ασφαλτος/πίσσα										2
	09106	Καυστήρες										
	09107	Υπερθερμαινόμενα τμήματα μηχανών										
<b>09200. Καυστικά υλικά</b>	09201	Ασβέστης										

Πιν. 9 Φάσεις - Πηγή κινδύνων

	09202	Οξεία																				
	09203																					
<b>09300. Άλλη πηγή</b>	09301																					
	09302																					
	09303																					
<b>10000. Εκθεση σε βλαπτικούς παράγοντες</b>																						
<b>10100. Φυσικοί παράγοντες</b>	10101	Ακτινοβολίες																				
	10102	Θόρυβος/δονήσεις		1																	1	
	10103	Σκόνη		1				1	1	1	1	1										
	10104	Υπαιθρια εργασία. Παγετός																				
	10105	Υπαιθρια εργασία. Καύσωνας		1				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	10106	Χαμηλή θερμοκρασία χώρου εργασίας																				
	10107	Υψηλή θερμοκρασία χώρου εργασίας																				
	10108	Υγρασία χώρου εργασίας																				
	10109	Υπερπίεση/υποπίεση																				
	10110																					
	10111																					
	<b>10200. Χημικοί παράγοντες</b>	10201	Δηλητηριώδη αέρια																			
10202		Χρήση τοξικών υλικών																				
10203		Αμίαντος																				
10204		Ατμοί τμημάτων																				
10205		Αναθυμιάσεις υγρών/βερνίκια, κόλλες, μονωτικά, διαλύτες																				
10206		Καπναέρια ανατινάξεων																				
10207		Καυσαέρια μηχανών εσωτ. καύσης		1	1			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
10208		Συγκολλήσεις								1												
10209		Καρκινογόνοι παράγοντες																				
10210																						
10211																						
10212																						
<b>10300. Βιολογικοί παράγοντες</b>	10301	Μολυσμένα εδάφη																				
	10302	Μολυσμένα κτίρια																				
	10303	Εργασία σε υπονόμους, βόθρους, βιολογικούς καθαρισμούς																				
	10304	Χώροι υγιεινής																				
	10305																					
	10306																					
	10307																					

Πιν. 9 Φάσεις - Πηγή κινδύνων

## **Συμπεράσματα - Προτάσεις**

Με την ορθή κατασκευή και διαχείριση σύγχρονων δικτύων, έχουμε θετικά αποτελέσματα ως προς την αιεφορία της περιοχής σε όλους τους τομείς της τοπικής κοινωνίας, της οικονομίας και του πολιτισμού. Σε αυτό βέβαια συμβάλει σημαντικά η εξέλιξη της τεχνολογίας, η τεχνογνωσία, η εκπαιδευτική κατάρτιση των εργαζομένων, καθώς και η συνεχής ενημέρωση του κοινού με πολλαπλούς τρόπους.

Μέσα από το φάκελο μελέτης του έργου, από τη σύγχρονη βιβλιογραφία και την επίβλεψη στον τομέα των εργασιών από την επιχείρηση Δ.Ε.Υ.Α. Ρόδου, μπορέσαμε να έχουμε μια συνολική εικόνα για το σχεδιασμό του δικτύου στην περιοχή. Με την ορθή κατασκευή και διαχείριση σύγχρονων δικτύων, έχουμε θετικά αποτελέσματα ως προς την αιεφορία της περιοχής σε όλους τους τομείς της τοπικής κοινωνίας, της οικονομίας και του πολιτισμού.

## Περιεχόμενα εικόνων και πινάκων

- Εικ. 1. Οι κεντρικοί στρατηγικοί στόχοι για τη διασφάλιση της αιεφορίας των υδάτων
- Εικ. 2. Κατανομή ύδατος στη γήινη επιφάνεια (USGS, 2014).
- Εικ. 3. Ο κύκλος του νερού (USGS, 2014).
- Εικ. 4. Ολιγοτροφική και ευτροφική λίμνη (Miller, 2005)
- Εικ.5 Σύστημα διαχείρισης υδατικών πόρων (UNEP, 2001 στο Μουσιόπουλος και συν., 2015:10
- Εικ. 6 Η πρώτη απεικόνιση του ορύγματος από τον Ernst Fabricius το 1884.
- Εικ 7. Ο αγωγός από την πηγή μέχρι το ορύγμα και μία τυπική διατομή του ορύγματος
- Εικ 8 . Τοπογραφικό διάγραμμα και τομή του αγωγού από την πηγή μέχρι την πόλη
- Εικ 9. Σχέδιο αγωγού από την πηγή μέχρι την πόλη
- Εικ. 10. Χάραξη της ευθυγραμμίας στο νότιο μέτωπο
- Εικ. 11 Χωροβάτης - Υλοποίηση οριζοντίου επιπέδου
- Εικ. 12. Τα 14 Υδατικά Διαμερίσματα της Ελλάδας (<http://wfd.ypeka.gr>).
- Εικ. 13 Μονάδα αφαλάτωσης με αντίστροφη ώσμωση
- Εικ.14 Η σχέση Νερού Ενέργειας (“Water Energy Nexus”)
- Εικ. 15. Διαρροή κεντρικού αγωγού .
- Εικ 16. Αγωγός πριν και μετά τον καθαρισμό του με «ξύστρα» (Κανακούδης, 1998).
- Εικ. 17. Επένδυση αγωγού (<https://en.wikipedia.org/wiki/Fouling#/media/File:Limescale-in-pipe.jpg>, "Limescale-in-pipe" by Александр Юрьевич Лебедев - Ранее не публиковалась. Licensed under Public Domain via Commons - <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Limescale-in-pipe.jpg#/media/File:Limescale-in-pipe.jpg>).
- Εικ. 18α. Καθοδική προστασία αγωγού
- Εικ. 19 Διαδικασία επιλογής δείκτη απόδοσης για τη λειτουργική διαχείριση των Πραγματικών Απωλειών (Farley&Trow, 2003)
- Εικ. 20. Διαρροή από θραύση αγωγού ύδρευσης.
- Εικ. 21 ΘΡΑΥΣΗ ΑΓΩΓΟΥ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΕΠΙΣΚΕΥΑΣΜΕΝΟΣ ΑΓΩΓΟΣ ΔΙΚΤΥΟΥ Δ.Ε.Υ.Α.Ρ
- Εικ. 22. ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΔΙΑΡΡΟΗΣ ΣΕ ΑΓΩΓΟ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΜΕ ΤΟΥΣ ΜΕΤΡΗΤΕΣ ΤΩΝ ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΩΝ ΤΗΣ Δ.Ε.Υ.Α.Ρ.
- Εικ.23 (α) Αγωγοί ύδρευσης, (β) Εγκατάσταση αγωγού ύδρευσης.
- Εικ 24. Τα οφέλη από τη διαχείριση της πίεσης περιλαμβάνουν (Lambert & Fantozzi, 2010)
- Εικ 25. Σύγκριση των απωλειών νερού (α) θραύσης, (β) διαρροής που γίνεται άμεσα αντιληπτή και (γ) διαρροής που δεν γίνεται αντιληπτή (ιδία επεξεργασία με στοιχεία του Lambert, 2001).
- Εικ.. Εργασίες αντικατάστασης αγωγών ύδρευσης.

Εικ. 27. Πηγή Νύμφη

Εικ. 28. ΦΡΑΓΜΑ ΓΑΔΟΥΡΑ. ΤΟ ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΟ ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΡΓΟ ΣΤΟ ΑΙΓΑΙΟ.

Εικ. 29 Χάρτης σημείων εμφάνισης υδάτων Δήμου Αφάντου

Εικ. 30 Γεωλογικός Χάρτης Δήμου Αφάντου

Εικ. 31 Σημεία γεωτρήσεων περιοχή Κολύμπια

Εικ. 32 Ανάλυση Μετεωρολογικών δεδομένων

Εικ. 33 Διακύμανση στάθμης γεωτρήσεων

Εικ. 34 Βροχωπτώσεις – 7 Πηγές

Εικ. 35 Βροχωπτώσεις Βελανίδι

Εικ. 36 Μέσες παροχές πηγών 2003 και 2007

Εικ. 37 Παροχή υδατορέματος – παροχές υδατορεμάτων

Εικ. 38. Μοντέλα υπόγειων υδάτων

Εικ. 39. Μοντέλα υπόγειων υδάτων

Εικ. 40. Υδάτινο Ισοζύγιο

Εικ. 41 Συνολικός Προϋπολογισμός έργου κατά τη μελέτη σε ευρώ.

Εικ. 42 Δεξαμενή σύνδεσης με τον κεντρικό αγωγό φράγματος “Γαδουρά” στην περιοχή των Κολυμπιών χωρητικότητας 1000 μ<sup>3</sup>.

Εικ. 43. ΔΕΥΑ Ρόδου έργο

Πιν. 1 Προβλήματα δικτύων και συμπτώματα εμφάνισής τους (Κανακούδης, 1998)

Πίν. 2 Αιτίες των προβλημάτων του δικτύου (Κανακούδης, 1998)

Πίν. 3. Ενέργειες αντιμετώπισης των προβλημάτων (Κανακούδης, 1998)

Πιν. 4. Τα συστατικά των Φαινόμενων Απωλειών (ιδία επεξεργασία με βάση στοιχεία των Farley and Trow, 2003)

Πίν. 5. Παράγοντες που επηρεάζουν τους ρυθμούς αστοχιών των αγωγών (ιδία επεξεργασία με στοιχεία από USEnvironmental Protection Agency, 2006).

Πιν. 6. Κλίκες τουριστικών καταλυμμάτων

Πιν. 6. Κλίκες τουριστικών καταλυμμάτων

Πιν. 7. Μόνιμοι κάτοικοι

Πιν. 8 Πηγή κινδύνων

Πιν. 9 Φάσεις - Πηγή κινδύνων



## Βιβλιογραφία

- Friedlingstein, P., Andrew R. M., Rogelj J., Peters G.P., Canadell J.G., Knutti R., Luderer G., Raupach M. R., Schaeffer M., van Vuuren, D. P. and Le Quéré C. (2014). Persistent growth of CO<sub>2</sub> emissions and implications for reaching climate targets. *Nature Geoscience* 7, 709–715, doi:10.1038/ngeo2248.
- Kienast, H. J., (1995). *Die Wasserleitung des Eupalinos auf Samos*. Samos XIX: Deutsche Archaologische Institut Athens.
- Kienast, J. H., (2004). *Το υδραγωγείο του Ευπαλίνου στη Σάμο*. Αθήνα. Υπουργείο Πολιτισμού ΤΑΠΑ.
- Margat, J. (1992). L'eau dans le bassin Méditerranéen : situation et prospective, dans la série Les Fascicules du Plan Bleu, No 6, (PNUE), *Ed. Economica, Paris*, pp. 130-135.
- Miller, T. G. (2005). *Living in the Environment: Principles, Connections, and Solutions*. Thomson Brooks/Cole.
- Sharrock, S., Oldfield S. and Wilson O. (2014). *Plant Conservation Report 2014: A review of progress in implementation of the Global Strategy for Plant Conservation 2011-2020*. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal, Canada and Botanic Gardens Conservation International, Richmond, UK. Technical Series No.81, 56 pp.
- Tokmakidis, K. (2009). *Surveying the Eupalinian Aqueduct in Samos Island*. 22<sup>nd</sup> International Symposium Digital Documentation, Interpretation and Presentation of Cultural Heritage, που διοργάνωσε η CIPA στο Kyoto της Ιαπωνίας στις 11-15 Οκτωβρίου 2009.
- Γεωργόπουλος Α. Δ. (1996). *Γη ένας και μικρός εύθραυστος πλανήτης*. Αθήνα: Gutenberg.
- Γεωργόπουλος, Α. Δ. (2002). *Περιβαλλοντική Ηθική*. Αθήνα: Gutenberg.
- Γεωργόπουλος, Α. Δ. (2005). *Περιβαλλοντική Εκπαίδευση. Ο νέος πολιτισμός που αναδύεται*. Αθήνα: Gutenberg.
- Γιαννόπουλος, Σ., Μ., Σπανοθύμιου, & Σπηλιώτης Μ. (2012). Αξιολόγηση της σχετικής σημασίας των βασικών παραμέτρων των κλειστών υπό πίεση δικτύων ύδρευσης – διερεύνηση των ισχυουσών προδιαγραφών στην Ελλάδα, *Πρακτικά 2ου Κοινού Συνεδρίου ΕΥΕ-ΕΕΔΥΠ "Ολοκληρωμένη Διαχείριση Υδατικών Πόρων προς την Αειφόρο Ανάπτυξη"* (Επιμ.: Π. Χ. Γιαννόπουλος και Α. Α. Δήμας), 1134-1147, Πάτρα.
- Ζαλίδης, Γ. Χ. & Μαντζαβέλας, Α. (1994, συντονιστές έκδοσης). *Απογραφή των ελληνικών υγροτόπων ως φυσικών πόρων (Πρώτη προσέγγιση)*. Ελληνικό Κέντρο Βιοτόπων-Υγροτόπων (ΕΚΒΥ). Θέρμη.
- Ζαλίδης, Γ. Χ., Καρτέρης, Μ. Κατσάμπαλος, Κ., Κούρτελη, Χ., Λαμπρόπουλος, Ν. (1993). Καταγραφή των υγροτόπων της Ελλάδας με τη χρησιμοποίηση σύγχρονης τεχνολογίας. (σ. 268-279). *Πρακτικά 1ης Διεθνούς Έκθεσης και Συνεδρίου για την Τεχνολογία Περιβάλλοντος*. Αθήνα: HELECO '93.
- Καΐλα, Μ., Bonnett, & M., Larrère, C. (2009). *Περιβαλλοντική Ηθική*. Αθήνα: Ατραπός.
- Κανακούδης, Β. (1998). *Ο Ρόλος των Έκτακτων Περιστατικών στη Διαμόρφωση Κριτηρίων Προληπτικής Συντήρησης και Αντικατάστασης των Αγωγών στα Δίκτυα Ύδρευσης*. Διδακτορική Διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Κανακούδης, Β. (2008). Διαχείριση Δικτύων Ύδρευσης – Μέθοδοι, Τεχνολογίες, Εργαλεία. Στο Β. Κανακούδης, Ν. Δαλέζιος, Α. Αγγελάκης (Επιμ.), *Απώλειες*

- Νερού σε Δίκτυα Υδροδότησης – Προβλήματα και Προκλήσεις*. Λάρισα: Ε.Δ.Ε.Υ.Α.
- Κανακούδης, Β. (2010). Κοστολόγηση και Τιμολόγηση Νερού Ύδρευσης. Στο Γ. Τσακίρης (Εκδ.), *Υδραυλικά Έργα – Σχεδιασμός και Διαχείριση. Τόμος Ι: Αστικά Υδραυλικά Έργα*. (σ.483-527). Αθήνα: Εκδόσεις Συμμετρία.
- Καραμέρης Α., & Ράγκου Π.- Παπανικολάου Α. (2009). *Το Φυσικό Περιβάλλον και η Προστασία του*. Πανεπιστημιακές Σημειώσεις. Ρόδος: ΠΜΣ Περιβαλλοντική Εκπαίδευση.
- Καραμέρης Α., & Ράγκου Π., & Παπανικολάου, Α. (2009). Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος. Πανεπιστημιακές Σημειώσεις. Ρόδος: ΠΜΣ Περιβαλλοντική Εκπαίδευση.
- Κουτσογιάννης, Δ., & Ευστρατιάδης, Α. (2007). *Σημειώσεις Αστικών Υδραυλικών Έργων - Μέρος Ι: Υδρευτικά Έργα*, Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
- Λιαράκου, Γ., & Φλογαΐτη Ε. (2007). *Από την Περιβαλλοντική Εκπαίδευση στην Εκπαίδευση για την Αειφόρο Ανάπτυξη*. Αθήνα: Νήσος.
- Μουσιόπουλος Ν., Ντζιαχρήστος, Λ., & Σλίνη, Θ. (2015). Τεχνική Προστασίας Περιβάλλοντος – Αρχές Αειφορίας. Αθήνα: ΣΥΝΔΕΣΜΟΣ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΩΝ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΩΝ.
- Συγκολλίτου, Ε. (1997). *Περιβαλλοντική Ψυχολογία*. Αθήνα: Ελληνικά Γράμματα.
- Συγκολλίτου, Ε. (2006). *Περιβαλλοντική Ψυχολογία. Σύγχρονες τάσεις στον Ελλαδικό χώρο*. Αθήνα: Κυριακίδη.
- Τοκμακίδης Κ., Βλάχος Δ. Το Ευπαλίνιο όρυγμα, Επιστημονικό συνέδριο: Η εξέλιξη των οργάνων, των μεθόδων και των συστημάτων μετρήσεων των επιστημών της αποτύπωσης στην Ελλάδα», Θεσσαλονίκη 15-16 Απριλίου 2005.
- Τοκμακίδης, Κ., & Τοκμακίδης, Π. (χ.χ.). Το Ευπαλίνιο όρυγμα. Ακολουθώντας τα βήματα του Ευπαλίνου. Στο [www.topo.auth.gr/main/images/pdf/TOMOS\\_VLAXOS](http://www.topo.auth.gr/main/images/pdf/TOMOS_VLAXOS)
- Τσακίρης, Γ. (Εκδ.), *Δίκτυα Ύδρευσης – Βασικά Στοιχεία*. Λευκωσία: ΣΥΛ.
- Τσακίρης, Γ., & Αλεξιάκης, Δ. (2010). *Ποιότητα Νερού για Ανθρώπινη Κατανάλωση*. Λευκωσία: ΣΥΛ.
- Φλογαΐτη, Ε. (2008). *Εκπαίδευση για το Περιβάλλον και την Αειφορία*. Αθήνα: Ελληνικά Γράμματα.
- Φλογαΐτη, Ε., & Λιαράκου, Γ. (2008). *Η έρευνα στην εκπαίδευση για την αειφόρο Ανάπτυξη*. Αθήνα: Ελληνικά Γράμματα.
- Φώκιαλη, Π. (2010). Διαστάσεις κοινωνικοοικονομικής ανάπτυξης στην εκπαίδευση. Αθήνα: Πεδίο.

## Άλλες πηγές

- EEA – European Environment Agency (2015b). The European Environment – state and outlook 2015: mitigating climate change. European Environment Agency, Copenhagen. ISBN 978-92-9213-161-6, doi:10.2800/59495.
- Environment Agency (2013). A closer look at urban transport, TERM 2013: transport indicators tracking progress towards environmental targets in Europe. Report No 11/2013. European Environment Agency, Copenhagen. ISBN 978-92-9213-413-6, doi:10.2800/94848.
- IEA – International Energy Agency (2015). CO2 Emissions from Fuel Combustion for OECD Countries - 2015 preliminary edition – Factsheet.

- IPCC (2007). Climate change 2007: Synthesis Report (Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change). Cambridge University Press, Cambridge. Secretariat of the Convention on Biological Diversity (2009).
- IUCN - International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (2014). The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014.3.
- The Convention on Biological Diversity Plant Conservation Report: A Review of Progress in Implementing the Global Strategy of Plant Conservation (GSPC), 48 pp.
- UN - United Nations (2014). World Urbanization Prospects, 2014 Revision. ISBN 978-92-1-151517-6.
- UN - United Nations Water (2014a). A Post-2015 Global Goal for Water: Synthesis of key findings and recommendations from UN-Water. January.
- UN - United Nations Water (2014b). Delivering as One on Water Related Issues, Strategy 2014-2020. September. UN HABITAT - United Nations Human Settlements Programme (2011). Urban Patterns for a Green Economy: Working with Nature. ISBN: 978-92-1-132462-4
- UN WWDR- United Nations World Water Development Report (2012). Managing Water under Uncertainty and Risk. Fourth edition.
- UNEP - United Nations Environment Programme (1988). Report of the Ad Hoc Working Group of Experts on Biological Diversity. First session, Geneva, 16-18 November
- EEA - European Environment Agency (2014a). Energy intensity (CSI 028/ENER 017) - Assessment published Nov 2014
- EEA - European Environment Agency (2014b). Air quality in Europe — 2014 report. Report No 5/2014. European Environment Agency, Copenhagen. ISBN 978-92-9213-490-7, doi:10.2800/22847
- EEA - European Environment Agency (2015a). Final energy consumption by sector and fuel (CSI 027/ENER 016) - Assessment published January 2015.
- EK – Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο (2015). Θεματολογικά δελτία για την Ευρωπαϊκή Ένωση. Πολιτική μεταφορών: Γενικές παρατηρήσεις. Ξενόγλωσση EEA – European.
- Επίσημη Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων. (2000). L327/1. Ανακτήθηκε από [http://eurlex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:5c835afb-2ec6-4577-bdf8-756d3d694eeb.0002.02/DOC\\_1&format=PDF](http://eurlex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:5c835afb-2ec6-4577-bdf8-756d3d694eeb.0002.02/DOC_1&format=PDF).
- ΚΥΑ 26857/553/88, Μέτρα και περιορισμοί για την προστασία των υπόγειων νερών από απορρίψεις ορισμένων επικίνδυνων ουσιών.
- ΚΥΑ 50910/2727/2003 Μέτρα για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων.
- ΚΥΑ 55648/2210/91, Μέτρα και περιορισμοί για την προστασία του υδάτινου περιβάλλοντος και ειδικότερα καθορισμός οριακών τιμών των επικίνδυνων ουσιών στα υγρά απόβλητα.
- N.3199/2003
- ΠΥΣ 144/87, Προστασία του υδάτινου περιβάλλοντος από τη ρύπανση που προκαλείται από ορισμένες επικίνδυνες ουσίες που εκχέονται σ' αυτό και ειδικότερα καθορισμός οριακών τιμών ποιότητας του νερού σε κάδμιο, υδράργυρο και εξαχλωροκυκλοεξάνιο.
- Σ.τ.Ε. 394/1999
- ΥΑ 114218/97 Κατάρτιση πλαισίου προδιαγραφών και γενικών προγραμμάτων διαχείρισης στερεών αποβλήτων.

ΥΑ 16190/1335/97, Μέτρα και όροι για την προστασία των νερών από τη νιτρορρύπανση γεωργικής προέλευσης) και με την αντιμετώπιση ρυθμίσεων για τα απόβλητα.

<http://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=home.showFile&rep=file&fil=water0708GUIDE.pdf>.

<http://wfd.ypeka.gr>

<https://nomosphysis.org.gr/8307/i-suntagmatiki-arxi-tis-biosimis-anaptuksis-ton-nisiotikon-perioxon-oktobrios-2004/>

Οδηγός Βιώσιμης Διαχείρισης και Εξοικονόμησης Νερού. Ανακτήθηκε από Προσωρινές Εθνικές Τεχνικές Προδιαγραφές (2006). ΠΕΤΕΠ 08-06-04-00. Ανακτήθηκε από: <http://www.ggde.gr/dmdocuments/08-06-04-00.pdf>.

[www.un.org](http://www.un.org)

[www.water.usgs.gov/edu/watercyclegreekhi.html](http://www.water.usgs.gov/edu/watercyclegreekhi.html)