



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



Διαχείριση και Προσομοίωση Υδροδοτικών Συστημάτων

Ενότητα 11: Μεθοδολογία Αντιμετώπισης
Πραγματικών Απωλειών

Βασίλης Κανακούδης
Πολυτεχνική Σχολή
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Σκοποί ενότητας

- Κατανόηση των συστατικών των Πραγματικών Απωλειών
- Εξοικίωση με τους πυλώνες για την μείωση των Πραγματικών Απωλειών
- Κατανόηση των μεθόδων, τεχνικών και μέτρων για
 - την διαχείριση της πίεσης
 - τον ενεργό έλεγχο διαρροών
 - την διαχείριση των αγωγών και του εξοπλισμού
 - την ταχύτητα και την ποιότητα των επισκευών
- Κατανόηση του οικονομικού επιπέδου των διαρροών



Περιεχόμενα ενότητας

Οι 4 πυλώνες αντιμετώπισης των πραγματικών απωλειών.

Ανάλυση της διαχείρισης της πίεσης, του ενεργού ελέγχου διαρροών, της διαχείρισης αγωγών και της ταχύτητας και ποιότητας των επισκευών.

Οικονομικό επίπεδο διαρροών.



Οι κύριες αιτίες των Πραγματικών Απωλειών I

- Θραύσεις αγωγών
 - σχετικά εύκολο να εντοπιστούν
- Ράγισμα
 - περιμετρική ή διαμήκης αστοχία που συχνά είναι αποτέλεσμα της αλλοίωσης του αγωγού ή κίνησης του εδάφους.
 - Μπορεί να μην εντοπιστεί για αρκετό καιρό.
 - Η ποιότητα του ήχου που παράγεται εξαρτάται από παράγοντες όπως το υλικό του αγωγού αλλά συνήθως είναι ευδιάκριτος και υψηλής συχνότητας



Οι κύριες αιτίες των Πραγματικών Απωλειών II

- Μικρή οπή
 - μικρές κυκλικές αστοχίες σε έναν αγωγό
 - συνήθως προκαλούνται από διάβρωση ή φόρτο από πέτρες κατά την εγκατάσταση. Μεταλλικοί αγωγοί που είναι εγκατεστημένοι σε διαβρωτικό περιβάλλον χωρίς σωστή αντιδιαβρωτική προστασία είναι επιρρεπείς στην δημιουργία μικρών οπών οι οποίες μπορούν να μεγαλώσουν πολύ γρήγορα.
 - Οι αγωγοί πρέπει πάντα να τοποθετούνται σε ένα στρώμα άμμου ως ελάχιστο μέτρο προστασίας. Συχνά απαιτούνται πολύ πιο ισχυρά μέτρα προστασίας.
- Διήθηση
 - Συνήθως σε αλλοιωμένους αγωγούς από AC όπου το τοίχωμα γίνεται ημί-πορώδες και το νερό διαφεύγει αργά.
 - Οι απώλειες νερού που προκαλούνται από τη διήθηση μπορούν να ελαχιστοποιηθούν με μείωση της πίεσης ή αντικατάσταση των αγωγών.



Οι κύριες αιτίες των Πραγματικών Απωλειών III

- Διαρροές σε αντλίες ή βαλβίδες
 - Προκαλούνται λόγω της αλλοίωσης μετά από κάποιο χρόνο, κυρίως σε σημεία διεπαφών μεταλλικών/ελαστικών τεμαχίων.
- Διαρροές σε συνδέσεις αγωγών
 - συνήθη σημεία διαρροών, κυρίως σε παλιούς αγωγούς από χυτοσίδηρο και τσιμέντο
 - σχετικά εύκολο να εντοπιστούν σε μεταλλικούς αγωγούς όχι όμως σε αγωγούς από πλαστικό και τσιμέντο.

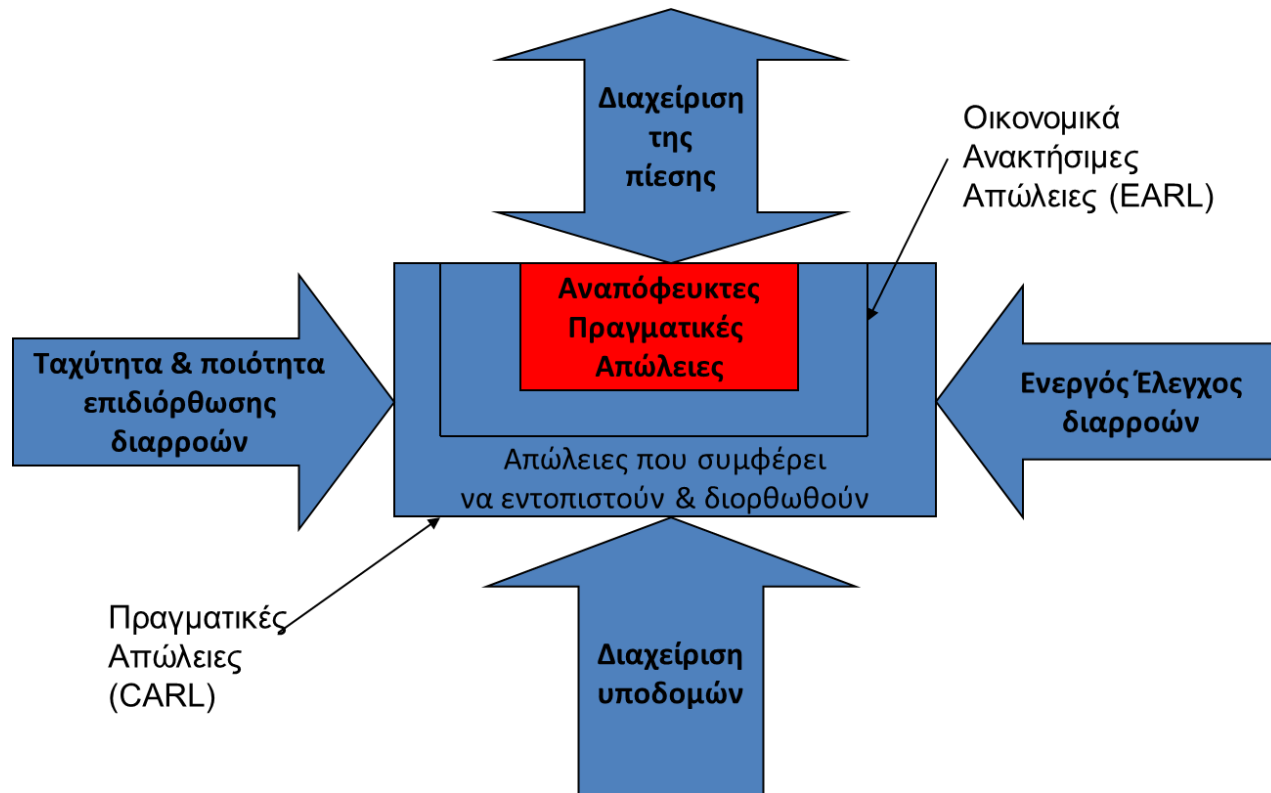


Οι κύριες αιτίες των Πραγματικών Απωλειών IV

- Διαρροές σε αγωγούς σύνδεσης
 - Ο πιο κοινός τύπος διαρροών στα συστήματα διανομής νερού.
 - οι αγωγοί σύνδεσης συχνά τοποθετούνται πολύ κοντά στην επιφάνεια του εδάφους και έτσι είναι εύκολο να αποδυναμωθούν λόγω κίνησης που προκαλείται από τον κυκλοφορικό φόρτο.
- Διαρροές σε πυροσβεστικούς κρουνοί, βαλβίδες εξαέρωσης, εκκένωσης κλπ.



4 Πυλώνες Αντιμετώπισης των Πραγματικών Απωλειών



Πηγή: Farley & Trow, 2003



Διαχείριση Πίεσης

Διαχείριση Πίεσης – Pressure Management

- Η διαχείριση της πίεσης λειτουργίας του δικτύου θεωρείται ο πιο αποτελεσματικός τρόπος μείωσης των απωλειών νερού αφού αποδεδειγμένα οδηγεί στη δραστική μείωση τόσο των διαρροών όσο και των μελλοντικών θραύσεων
- Συμβατικοί τρόποι διαχείρισης της πίεσης:
 - Εγκατάσταση βαλβίδων ρύθμισης πίεσης (Pressure Reduction Valves – PRV), οι οποίες μειώνουν ελεγχόμενα την πίεση
 - Εγκατάσταση βαλβίδων ρύθμισης πίεσης προηγμένης τεχνολογίας που ρυθμίζουν αυτόματα την πίεση ανάλογα με τη ζήτηση πράγμα που επιτυγχάνει επιπρόσθετη μείωση των απωλειών



Σχέση πίεσης λειτουργίας & απωλειών νερού I

- Οι μέσες ημερήσιες πραγματικές απώλειες υπολογίζονται από την εμπειρική σχέση (Lambert, 2000)

$$L_1 = L_0 \left(\frac{P_1}{P_0} \right)^{0.5}$$

- L_0 = αρχική απώλεια νερού
- L_1 = νέα απώλεια νερού που θα προκύψει μετά την μείωση της πίεσης
- P_0 = αρχική πίεση λειτουργίας
- P_1 = νέα πίεση λειτουργίας
- N = δείκτης ο οποίος μεταβάλλεται από 0,5 για άκαμπτους αγωγούς μέχρι 1,5 για εύκαμπτους αγωγούς ανάλογα με το υλικό κατασκευής των αγωγών

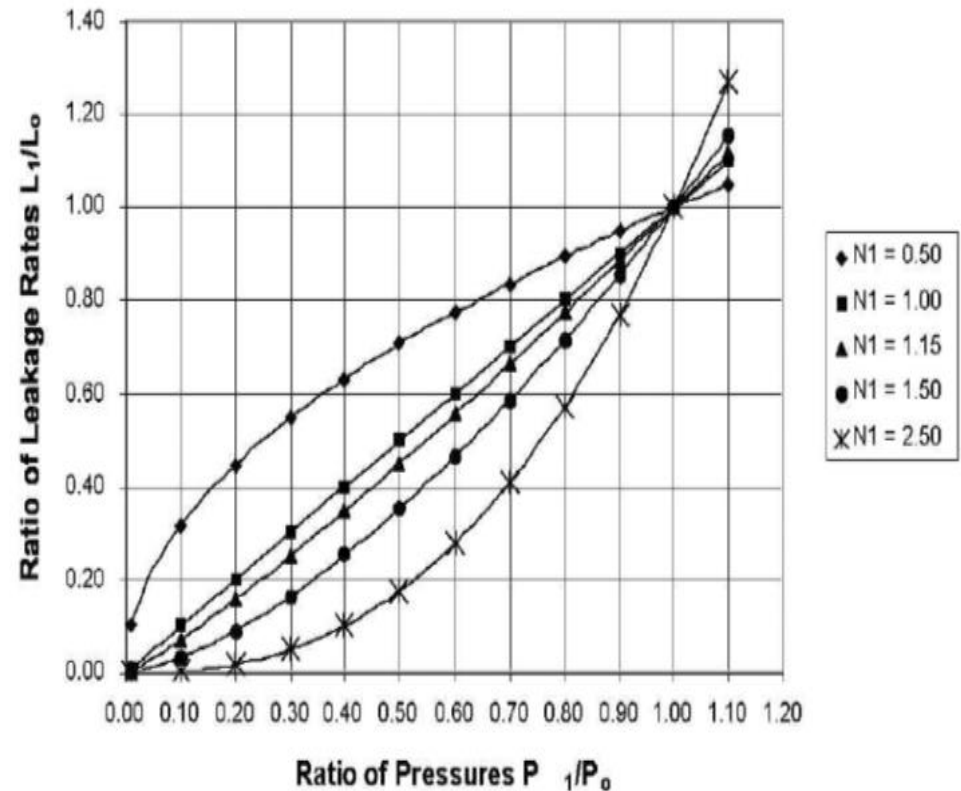


Σχέση πίεσης λειτουργίας & απωλειών νερού II

Παράδειγμα

- $P_1/P_0 = 0,5$ (μείωση 50%) & $N=0,5 \Rightarrow L_1/L_0 = 0,707$ (μείωση 29,3%)
- $P_1/P_0 = 0,5$ (μείωση 50%) & $N=1,5 \Rightarrow L_1/L_0 = 0,354$ (μείωση 64,6%)

Εξήγηση: αύξηση της επιφάνειας διαρροής στους εύκαμπτους αγωγούς



Πλεονεκτήματα από την Διαχείριση της Πίεσης

- Μείωση αριθμού νέων διαρροών και δαπανών επισκευής
- Μείωση ρυθμού ροής όλων των υπαρχόντων διαρροών
- Μείωση μη ανιχνεύσιμων διαρροών (διαρροές βάσης)
- Αναβολή της αντικατάστασης κεντρικών αγωγών και σωληνώσεων συνδέσεων των καταναλωτών
- Εξασφάλιση ελάχιστου επιπέδου υπηρεσιών
- Προσδιορισμός και ελαχιστοποίηση των ξαφνικών αυξήσεων στην πίεση και κατά συνέπεια περιορισμός των συχνοτήτων των θραύσεων



Πολλαπλά Οφέλη από την Διαχείριση της Πίεσης

- Οφέλη για την προστασία του νερού
 - Μείωση υπερκατανάλωσης
 - Μειωμένοι ρυθμοί παροχών, διαρροών & θραύσεων
- Οφέλη για την εταιρεία ύδρευσης
 - Μειωμένη συχνότητα θραύσεων & διαρροών
 - Διαχείριση υποδομών
- Οφέλη για τους καταναλωτές
 - Παροχή καλύτερων υπηρεσιών στους καταναλωτές

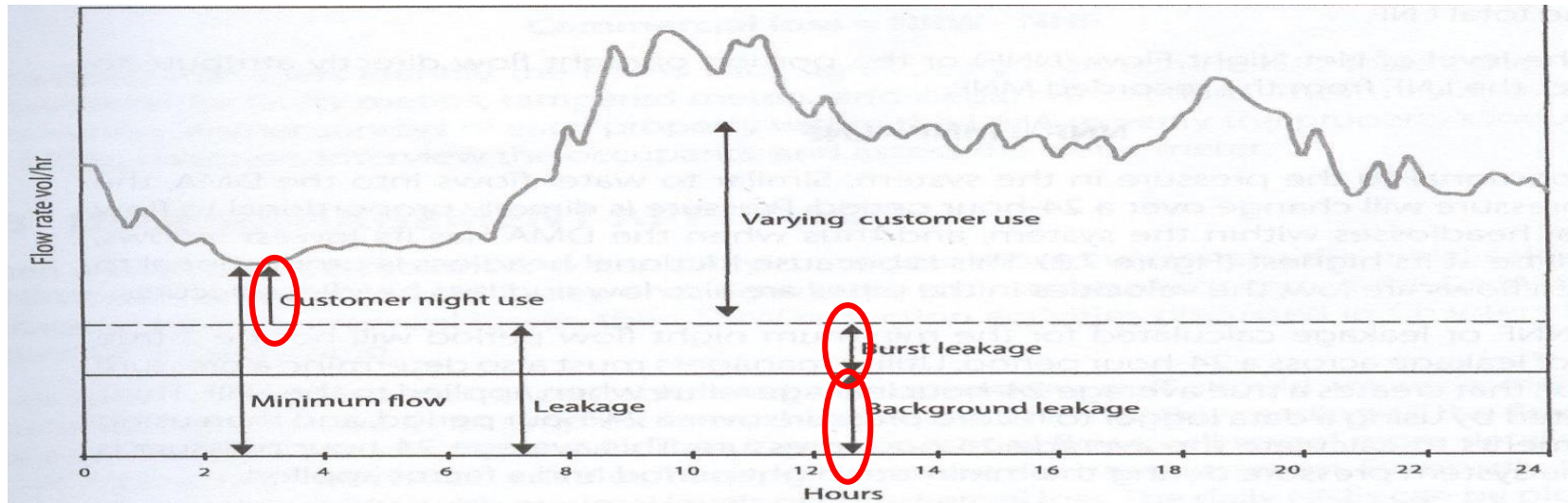


Πρακτικές ανησυχίες

- Πιθανές μεταβολές στην κατανάλωση και κατά συνέπεια στα έσοδα της εταιρείας ύδρευσης
- Ελάχιστες απαιτήσεις για πυρόσβεση
- Δυναμικότητα συστήματος για άρδευση
- Πιθανά νεκρά σημεία (deadends) και προβλήματα ποιότητας νερού
- Μείωση της πραγματικής παροχτευτικής ικανότητας του δικτύου και αύξηση του χρόνου κάθε κύκλου πλήρωσης των δεξαμενών
- Αύξηση των φαινόμενων απωλειών αφού μειώνεται η ροή και άρα αυξάνεται η υπομέτρηση



Ελάχιστη Νυχτερινή Παροχή



- Ελάχιστη Νυχτερινή Παροχή: η χαμηλότερη παροχή κατά τη διάρκεια του 24ώρου – για τον Ευρωπαϊκό χώρο σε οικιστικές περιοχές είναι μεταξύ 2 και 5 τα μεσάνυχτα
- Οι κύριες συνιστώσες της Ελάχιστης Νυχτερινής Παροχής είναι:
 - Ελάχιστη Νυχτερινή Κατανάλωση (Minimum Night Use)
 - Διαρροές Βάσης (Background leakage)
 - Απώλειες θραύσεων (burst leakage)



Παρακολούθηση Ελάχιστης Νυχτερινής Παροχής

- Ο χωρισμός του δικτύου σε ζώνες και υποζώνες πίεσης, αποδείχθηκε ότι παρέχει ένα απλό και αποτελεσματικό τρόπο άμεσου και ουσιαστικού ελέγχου των διαρροών
- Η Ελάχιστη Νυχτερινή Παροχή (MNF) αυξομειώνεται ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες. Αύξηση παρουσιάζει τους θερινούς μήνες στις Μεσογειακές πόλεις και μετά μειώνεται στα συνήθη επίπεδα



Αναλογία κατανάλωσης ώρας αιχμής προς την MNF

- Για τις Ελληνικές συνήθειες, η κατανάλωση την ώρα αιχμής ως προς την ελάχιστη νυχτερινή ροή έχουν μια σχέση 1 προς 7.
- Εάν καταγραφεί κατανάλωση αιχμής 900 m^3 και αντίστοιχα ελάχιστη κατανάλωση (2-4 το πρωί) 300 m^3 , ο λόγος είναι 1 προς 3
- Τα επιπλέον περίπου $200 \text{ m}^3/\text{hr}$, αντιστοιχούν σε μη ανθρώπινη δραστηριότητα, που στην συντριπτική πλειοψηφία είναι διαρροή.



Αξιολόγηση Διαχείρισης της Πίεσης

- Για την αξιολόγηση της διαχείρισης της πίεσης σε κάποιο δίκτυο, οι διαχειριστές πρέπει να:
 1. Προσδιορίσουν πιθανές ζώνες, σημεία εγκατάστασης και θέματα καταναλωτών
 2. Προσδιορίσουν τα είδη των καταναλωτών και τους περιορισμούς ελέγχου μέσω ανάλυσης ζήτησης
 3. Συγκεντρώσουν μετρήσεις πεδίου παροχής και πίεσης (είσοδος, average zone point, κρίσιμα σημεία)
 4. Χρησιμοποιήσουν μοντέλα για να μοντελοποιήσουν τα πιθανά οφέλη
 5. Προβούν σε ανάλυση κόστους - οφέλους



Τύποι Διαχείρισης Πίεσης

- Ζωνοποίηση δικτύου
- Δημιουργία Στεγανών Υποζωνών (District Meter Areas - DMAs)
- Break pressure tank (δεξαμενή εξισορρόπησης πίεσης)
- Αντλίες με Ρυθμιστή Ταχύτητας (VSD)
- Βαλβίδες Μείωσης Πίεσης (Pressure reducing valve - PRV):
συσκευές που εγκαθίστανται σε στρατηγικά σημεία του δικτύου
για να μειώσουν ή να διατηρήσουν την πίεση σε ένα επιθυμητό
επίπεδο
 - Κατάσταση ορισμού πίεσης ενός σημείου (fixed outlet)
 - Κατάσταση χρονοδιαγράμματος (multi point control – time or flow)
 - Κατάσταση αυτόματης ρύθμισης βάσει ζήτησης (flow based dynamic modulation)



Βαλβίδες Μείωσης Πίεσης I

- **Κατάσταση ορισμού πίεσης ενός σημείου (fixed outlet):** είναι η απλούστερη, κοινή και πιο οικονομική μέθοδος εφαρμογής μείωσης της πίεσης σε μια περιοχή
 - Προτιμάται όταν υπάρχει μικρή γνώση του σχεδιασμού και της λειτουργίας του δικτύου και όταν η ζώνης πίεσης δεν είναι πλήρως απομονωμένη
 - Μειονέκτημα: η πίεση στο δίκτυο αυξάνει κατά τη διάρκεια της ελάχιστης ζήτησης χωρίς τη δυνατότητα αποτελεσματικού ελέγχου



Βαλβίδες Μείωσης Πίεσης II

- **Κατάσταση χρονοδιαγράμματος (multi point control - έλεγχος πολλαπλών σημείων/ χρόνος ή παροχή):** η πίεση ρυθμίζεται σε διαφορετική τιμή σε ζεύγη χρόνου-πίεσης ή με βάση το ιστορικό προφίλ της περιοχής
 - Πλεονέκτημα: τα περισσότερα από ένα σημεία ρύθμισης (ζεύγη τιμών πίεσης – χρόνου) έχουν σαν αποτέλεσμα σημαντική εξοικονόμηση νερού όπως και καλύτερο χειρισμό των υπερπιέσεων
 - Μειονέκτημα: η πίεση κατάντη της PRV παίρνει μία σταθερή τιμή εξαρτώμενη μόνο από τον χρόνο



Βαλβίδες Μείωσης Πίεσης III

- **Κατάσταση αυτόματης ρύθμισης βάσει ζήτησης:** η πίεση κατάντη της PRV ελέγχεται διαρκώς και προσαρμόζεται σε προκαθορισμένες ελάχιστες τιμές ώστε να επιτυγχάνεται επαρκές επίπεδο πίεσης στα κρίσιμα σημεία.
 - Στις περιόδους υψηλής ζήτησης η βαλβίδα προσαρμόζεται στην αύξηση της ροής ώστε να παρέχει επαρκή πίεση στο σύστημα. Όταν η ζήτηση μειώνεται η βαλβίδα επαναρρυθμίζεται και η μεγάλη πίεση μειώνεται, μειώνοντας περαιτέρω και τις διαρροές
 - Μειονέκτημα: αν συμβεί μία θραύση η PRV θα παρέχει μεγαλύτερη πίεση στην περιοχή (ικανοποιώντας την μεγαλύτερη ζήτηση) και είναι πιο ακριβή μέθοδος



Βαλβίδα Μείωσης Πίεσης

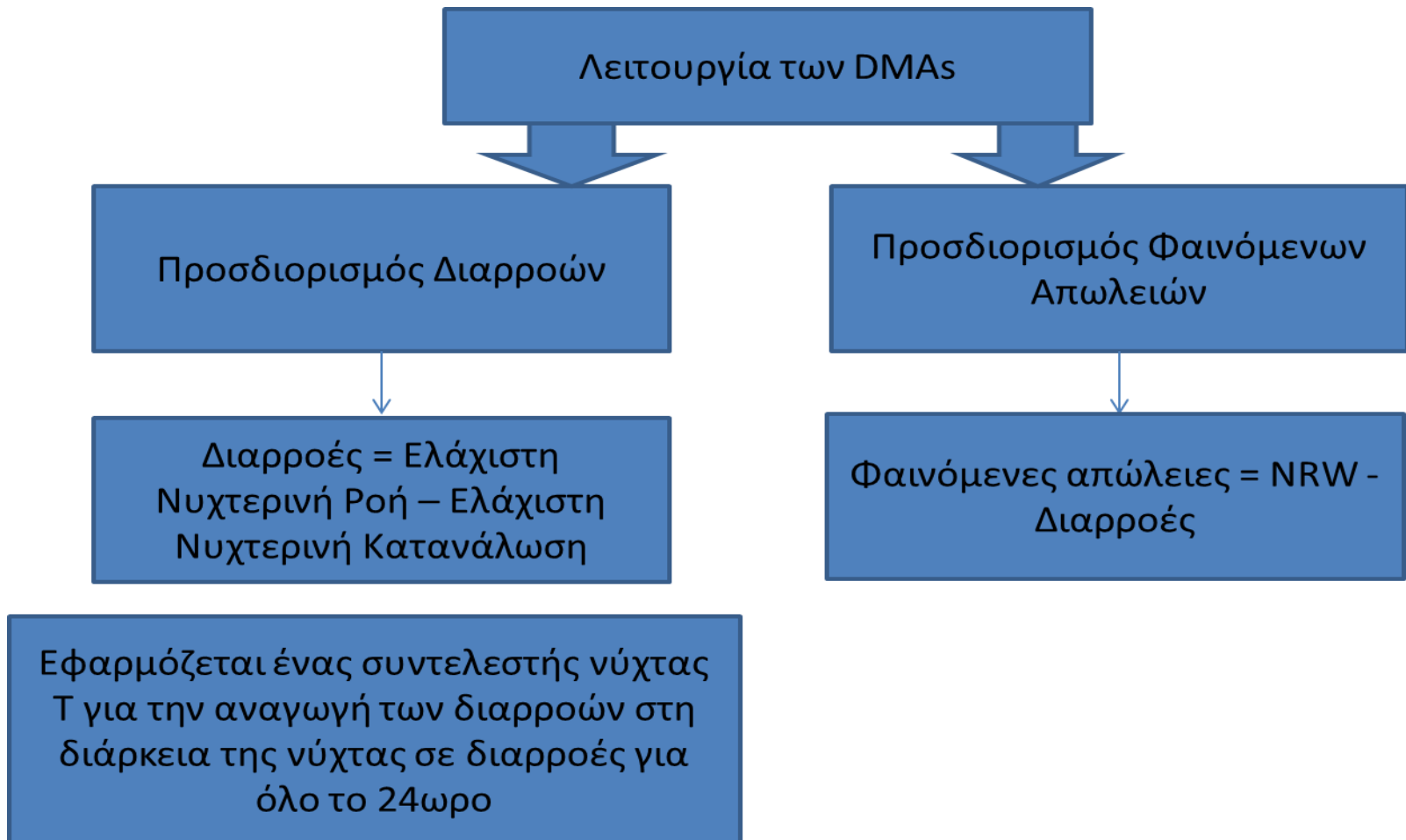


Στεγανές Υποζώνες – District Metered Areas (DMA)

- Κριτήρια διαμόρφωσης DMA (Farley & Trow, 2003):
 - Το μέγεθος της υποζώνης: μεταξύ 1000-2500 συνδέσεων καταναλωτών
 - Αριθμός βαλβίδων που πρέπει να κλείσουν για να απομονώσουν την υποζώνη
 - Αριθμός των ροομέτρων για την μέτρηση εισερχόμενης και εξερχόμενης ροής (όσο λιγότερα είναι τόσο μικρότερο είναι το κόστος εγκατάστασης)
 - Διακυμάνσεις του υψομέτρου και άρα της πίεσης (όσο μικρότερες οι διακυμάνσεις τόσο πιο σταθερές είναι οι πιέσεις και πιο εύκολη η διαμόρφωση του ελέγχου της πίεσης)
 - Τύπος στέγασης (πολυώροφα ή μη κτίρια)
 - Φυσικά όρια που μπορούν να δράσουν σαν όρια της DMA (π.χ. ποτάμια, σιδηροδρομικές γραμμές κλπ.)
- Απαραίτητη προϋπόθεση για την σχεδίαση και τον διαχωρισμό ενός δικτύου σε DMAs είναι η ύπαρξη ενός υδραυλικού μοντέλου προσομοίωσης της λειτουργίας του δικτύου



Πραγματικές & Φαινόμενες Απώλειες στις DMAs



Πρόσθετα οφέλη από τις DMAs

- Βελτιωμένη διαχείριση Πίεσης
 - Καθώς επισκευάζονται οι διαρροές, η παροχή στην DMA μειώνεται και άρα οι απώλειες τριβής, επομένως η πίεση λειτουργίας αυξάνεται.
 - Βελτιωμένη διαχείριση πίεσης έχει διπλά οφέλη αφού μειώνει τις διαρροές και σταθεροποιεί τις πιέσεις αυξάνοντας έτσι την ζωή των υποδομών (αγωγών κλπ)
- Προστασία της ποιότητας του νερού
 - Πρόληψη της υποβάθμισης της ποιότητας του νερού



Πειραματικά Αποτελέσματα

- Πειραματικά έχει βρεθεί ότι (Lambert, 2004):
 - Αν σε μία ζώνη η μέση πίεση νύχτας είναι 70m και αυτή μειωθεί στα 40m (μείωση 43% $\Rightarrow P_1/P_0=0,57$), τότε οι απώλειες από διαρροές και θραύσεις θα μειωθούν στο μισό (μείωση 50% $\Rightarrow L_1/L_0=0,5 \Rightarrow N= 1,238$)
 - Αν η πίεση αυτή μειωθεί περαιτέρω στα 22m, τότε οι απώλειες θα μειωθούν ξανά στο μισό
 - Ακόμη και σε περιοχές με υψομετρικές διαφορές μια μείωση της πίεσης κατά 10m θα οδηγούσε σε μείωση των διαρροών κατά 15%
- Παρόλα αυτά όμως πρέπει να διασφαλιστεί επαρκής πίεση λειτουργίας για να ικανοποιούνται οι ανάγκες των καταναλωτών



Αποτελέσματα Εφαρμογών

- Εγκατάσταση PRVs στην Αθήνα (κατάσταση αυτόματης ρύθμισης βάσει ζήτησης) (Foufeas & Petroulias, 2013):
- Τα αποτελέσματα έδειξαν:
 - Μείωση στην Ελάχιστη Νυχτερινή Παροχή μέχρι και 91lt/sec
 - Η μέση ημερήσια κατανάλωση μειώθηκε:
 - Από 2-4,5% με διαμόρφωση χρόνου
 - Μέχρι 8,5% με διαμόρφωση παροχής
 - Η περίοδος απόσβεσης: 3-4 μήνες (ανάλογα με το μέγεθος της PRV)



Αποτελέσματα Διαχείρισης Πίεσης

- Τα αποτελέσματα από εφαρμογές περιλαμβάνουν:
 - Μείωση της κατανάλωσης συνεπάγεται μειωμένο όγκο εισερχόμενου νερού
 - Μείωση των διαρροών
 - Μείωση των θραύσεων και των αστοχιών των αγωγών
 - Μείωση της κατανάλωσης ενέργειας όχι μόνο από την καταναλισκόμενη ενέργεια στις αντλίες αλλά και από την καταναλισκόμενη ενέργεια λόγω των διαρροών



Ταχύτητα & Ποιότητα των Επισκευών

Ταχύτητα & Ποιότητα Επισκευών I

- Είναι σημαντικό να υπάρχει άμεση και αποτελεσματική αντιμετώπιση των διαρροών είτε αυτές είναι εμφανείς είτε αφανείς
- Αποτελεσματικοί τρόποι μείωσης των απωλειών νερού:
 - Η ταχύτητα επιδιόρθωσης των διαρροών και θραύσεων,
 - η χρήση άριστης ποιότητας υλικών επισκευής και
 - η βελτίωση της ποιότητας των εργασιών επιδιόρθωσης
- Τα περιστατικά πρέπει να αντιμετωπίζονται σε συστηματική βάση και όχι πυροσβεστικά με άρτια εξοπλισμένα συνεργεία τα οποία θα εργάζονται όλο το 24ωρο για να ελαχιστοποιείται η διάρκεια απώλειας του νερού και κατά συνέπεια οι ποσότητες που χάνονται



Μέθοδος Sahara

Το άρτια εξοπλισμένο και εξειδικευμένο συνεργείο θα ελέγξει το πρόβλημα και θα δώσει λύση. Η μέθοδος Sahara είναι δυνατό να ανιχνεύσει και να εντοπίσει πολύ μικρές διαρροές σε όλα τα είδη των αγωγών. Χρησιμοποιείται ένας αισθητήρας και ένα καλώδιο που σύρεται στον αγωγό με την ροή του νερού που δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 1 m/s. Αγωγός μήκους μέχρι 1000 m μπορεί να επισκοπηθεί από ένα σημείο εισόδου. Εξαιτίας του υψηλού κόστους της μεθόδου, προτείνεται μόνο για μεγάλης διαμέτρου αγωγούς και περιπτώσεις όπου οι διαρροές είναι δύσκολο να βρεθούν με την χρήση correlators.



Ταχύτητα & Ποιότητα Επισκευών II

- Αποτελεσματικοί τρόποι μείωσης των απωλειών νερού είναι:
 - Η ταχύτητα επιδιόρθωσης των διαρροών και θραύσεων,
 - η χρήση άριστης ποιότητας υλικών επισκευής και
 - η βελτίωση της ποιότητας των εργασιών επιδιόρθωσης
- Τα περιστατικά πρέπει να αντιμετωπίζονται σε συστηματική βάση και όχι πυροσβεστικά με άρτια εξοπλισμένα συνεργεία τα οποία θα εργάζονται όλο το 24ωρο για να ελαχιστοποιείται η διάρκεια απώλειας του νερού και κατά συνέπεια οι ποσότητες που χάνονται.



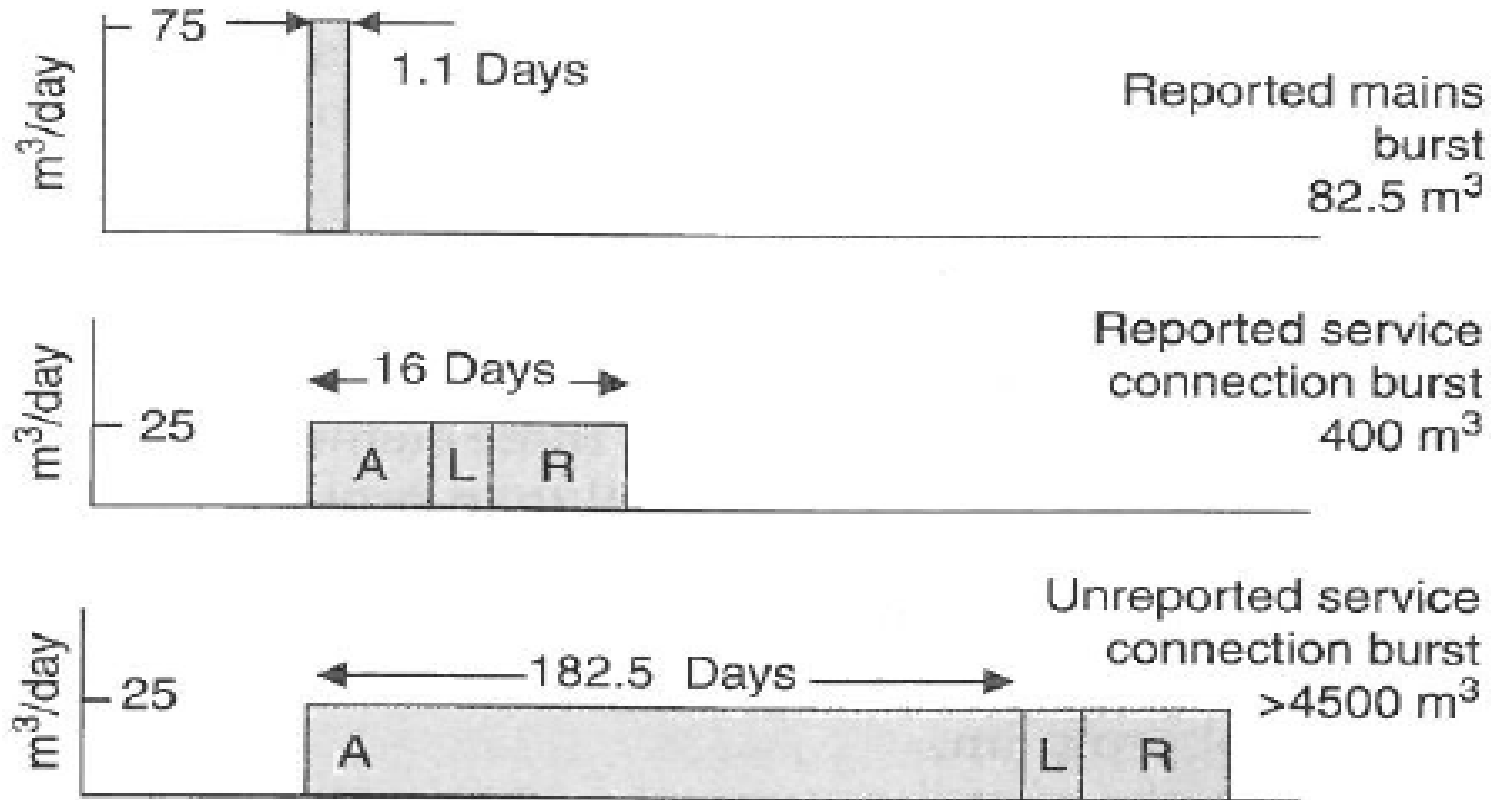
«Άμεση Δράση»

Είναι σημαντικό να υπάρχει άμεση και αποτελεσματική αντιμετώπιση των διαρροών είτε αυτές είναι εμφανείς είτε αφανείς.

Π.χ. «άμεση δράση» στην Ινδονησία



Ταχύτητα Επισκευών



Οι επιπτώσεις του χρόνου στον συνολικό όγκο νερού που χάνεται

Πηγή: Farley & Trow, 2003



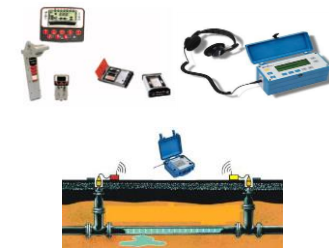
Ενεργός Έλεγχος Διαρροών – Active Leakage Control

Ενεργός Έλεγχος Διαρροών

- Ο ενεργός έλεγχος των διαρροών αποτελεί τεχνική που εφαρμόζεται συστηματικά για τον εντοπισμό και επιδιόρθωση αφανών διαρροών, δηλαδή διαρροών που δεν βγαίνουν στην επιφάνεια
- Η μεθοδολογία συνίσταται κυρίως στον εντοπισμό του ήχου που δημιουργείται από τη διαφυγή του νερού διαμέσου της οπής
- Οι ηλεκτρονικές συσκευές που χρησιμοποιούνται στ διάφορα στάδια εντοπισμού είναι:
 - Καταγραφικά ήχου για τον εντοπισμό της ευρύτερης περιοχής του δικτύου όπου υπάρχουν προβλήματα διαρροών
 - Ηλεκτρονικός συσχετιστής για τον εντοπισμό διαρροής που υπάρχει σε δεδομένο μήκος αγωγού
 - Γεώφωνο για τον ακριβή εντοπισμό (σημειακό) της διαρροής



Ακουστικός Εξοπλισμός



Ακουστικός Εξοπλισμός:

- ακουστική ράβδος
- εδαφικά μικρόφωνα (γεώφωνα)
- συσχετιστές ήχου διαρροής
- καταγραφείς ήχων διαρροών (noise loggers)
- ψηφιακός καταγραφέας συνδυάζει ακουστικό noise logging και συσχέτιση του θορύβου.



Μέσα εντοπισμού διαρροών

- Μη ακουστικά μέσα εντοπισμού διαρροών:
 - Αέριο-ιχνηλάτης
 - Ραντάρ που εισχωρεί στο έδαφος
- Εξοπλισμός εντοπισμού διαρροών για αγωγούς μεταφοράς:
 - Οι αισθητήρες που εισέρχονται στον αγωγό μεταφοράς ταξιδεύουν με τη ροή στον αγωγό και καταγράφουν όποιον θόρυβο προκαλείται από διαρροές.
 - Οι οπτικές ίνες χρησιμοποιούνται στη διαχείριση και την παρακολούθηση αγωγών μεγάλης διαμέτρου.
 - Η υπερίωδης θερμογραφία



Διαχείριση Υποδομών – Asset Management

Διαχείριση Υποδομών

- Σημαντική και ουσιαστική επένδυση
- Επιβάλλεται σε δίκτυα τα οποία είναι πεπαλαιωμένα και αντιμετωπίζουν συνεχή προβλήματα αστοχιών και θραύσεων
- Σημαντικά στοιχεία για την αποτελεσματική διαχείριση υποδομών είναι:
 - Η χρήση άριστης ποιότητας υλικών και εξαρτημάτων τα οποία τυγχάνουν σωστής τοποθέτησης
 - Συστηματική συντήρηση
 - Η ιεράρχηση των αγωγών για αντικατάσταση



Βέλτιστος χρόνος αντικατάστασης αγωγών I

- Υπάρχουν οικονομοτεχνικά μοντέλα διαχείρισης αστοχιών δικτύων που υπολογίζουν τον βέλτιστο χρόνο αντικατάστασης των αγωγών (repair vs. replacement dilemma) (Κανακούδης 1998):
 - προσδιορίζουν ρυθμούς εμφάνισης αστοχιών (break rates)
 - συνυπολογίζουν όλα τα είδη κόστους (τεχνικό/κοινωνικό/περιβαλλοντικό)
 - προσδιορίζουν το κόστος των απωλειών βάσει και του εναλλακτικού υδατικού πόρου
 - απαιτούν δεδομένα αστοχιών
- Η τάση είναι πριν την όποια ενέργεια να γίνεται μία ανάλυση Κόστους/Οφέλους (Cost/Benefit Analysis) ώστε να προσδιορισθεί τι συμφέρει και τι όχι



Βέλτιστος χρόνος αντικατάστασης αγωγών II

- 2 βασικά σενάρια:
 - Πρόγραμμα επιδιόρθωσης βλαβών όταν αυτές προκύψουν (χωρίς συστηματικό εντοπισμό)
 - Πρόγραμμα εντοπισμού διαρροών και αντικατάστασης σωληνώσεων που κρίνεται ότι πρέπει να αντικατασταθούν (proactive maintenance, total productive maintenance)



Βέλτιστος χρόνος αντικατάστασης αγωγών II

- Παράγοντες που επηρεάζουν την απόφαση αντικατάστασης αγωγών:
 - Περιβαλλοντικοί προβληματισμοί
 - Ανησυχίες για την υγεία
 - Κατασκευαστικά προβλήματα
 - Έκτακτοι κίνδυνοι
 - Αύξηση της ζήτησης
 - Μειωμένη υδραυλική ικανότητα
 - Έλλειψη εναλλακτικές πηγές παροχής νερού



Βέλτιστος χρόνος αντικατάστασης αγωγών III

- Το κόστος του να μην αντικατασταθεί ή αποκατασταθεί ένας αγωγός 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
 - Κόστος αποκατάστασης της γύρω περιοχής
 - Το κόστος αυτός πρέπει να συγκριθεί με το κόστος του να γίνει επέμβαση στον αγωγό και με τον χρόνο ζωής της προτεινόμενης αυτής επέμβασης.



Βέλτιστος χρόνος αντικατάστασης αγωγών IV

- Υπολογισμός βέλτιστου χρόνου αντικατάστασης αγωγών (Κανακούδης, 1998)

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

- προσδιορίζει ρυθμούς εμφάνισης αστοχιών (break rates)
- συνυπολογίζει όλα τα είδη κόστους (τεχνικό/κοινωνικό/περιβαλλοντικό)
- προσδιορίζει το κόστος των απωλειών βάσει και του εναλλακτικού υδατικού πόρου
- απαιτεί δεδομένα αστοχιών



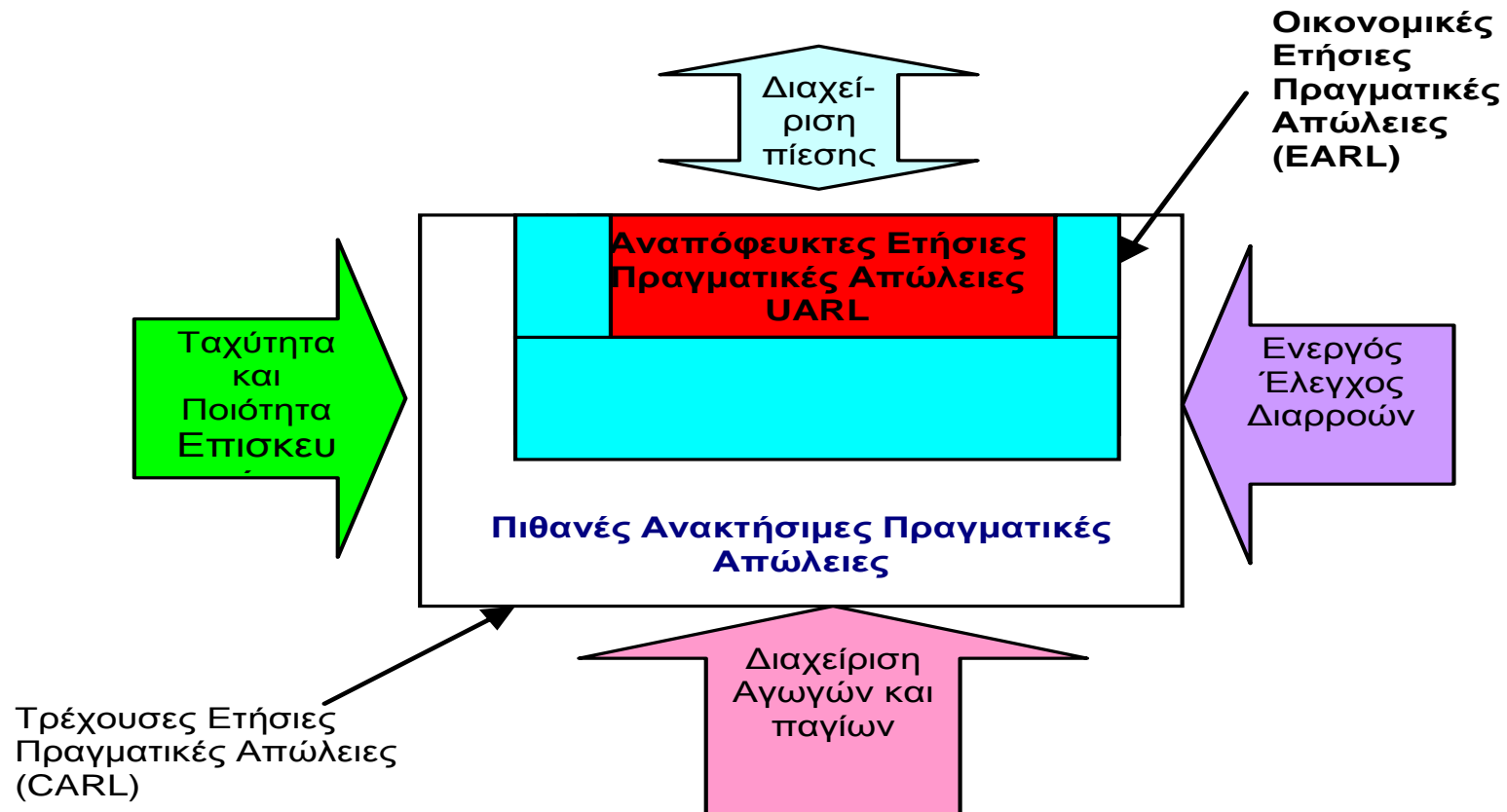
Οικονομικό Επίπεδο Διαρροών – Economic Level of Leakage

Οικονομικό Επίπεδο Πραγματικών Απωλειών (EARL)

- Για κάθε σύστημα διανομής νερού υπάρχει ένα επίπεδο κάτω από το οποίο οποιαδήποτε επέμβαση ή επένδυση δεν είναι οικονομικά αποδοτική. Δηλαδή το νερό που εξοικονομείται κοστίζει λιγότερο από την επέμβαση ή την επένδυση
- Ονομάζεται Οικονομικό Επίπεδο Πραγματικών Απωλειών (Economic Annual Real Losses – EARL)



CARL – EARL - UARL



Πηγή: Farley & Trow, 2003



Οικονομικό Επίπεδο Πραγματικών Απωλειών (ELL ή EARL) I

- Το Οικονομικό Επίπεδο των πραγματικών Απωλειών (Economic Level of Real Losses – ELL ή Economic Annual Real Losses - EARL) συμβαίνει όταν το άθροισμα της αξίας του νερού που χάνεται μέσω πραγματικών απωλειών και το κόστος των ενεργειών για την ελαχιστοποίηση των πραγματικών απωλειών φθάνουν στο ελάχιστο.
- Ο υπολογισμός του ELL είναι έντασης δεδομένων.

Πηγή: Farley & Trow, 2003



Οικονομικό Επίπεδο Πραγματικών Απωλειών II

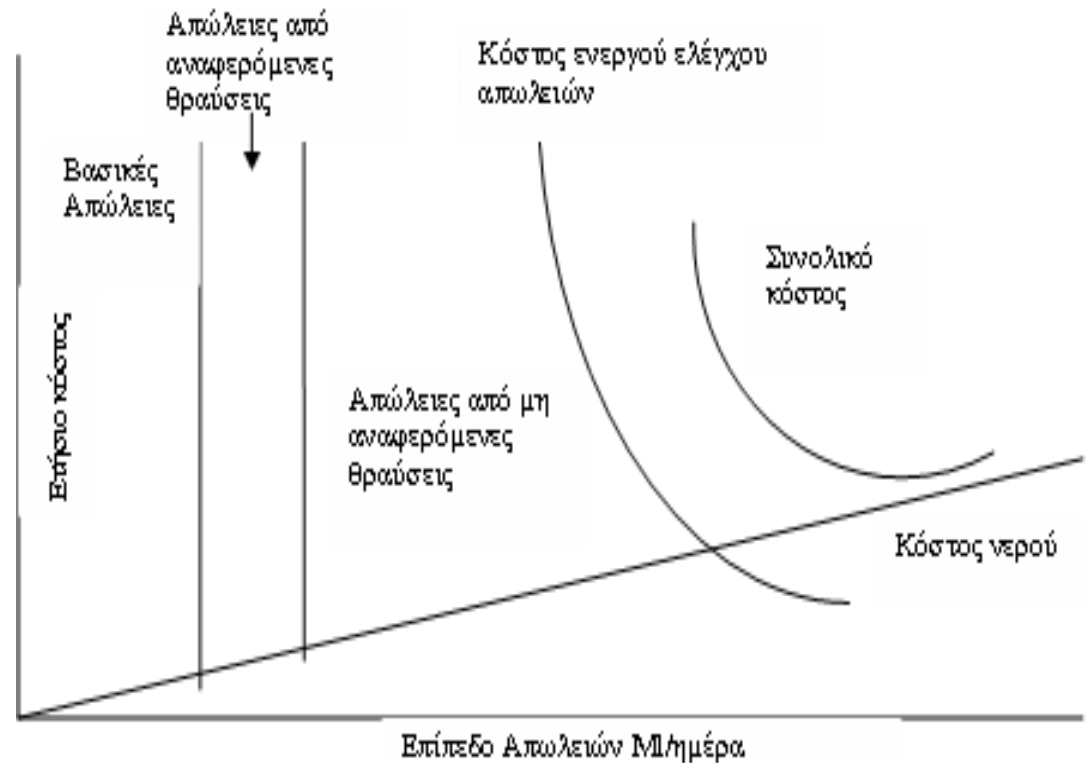
- Σε κάθε σύστημα παρουσιάζεται ένας αριθμός νέων διαρροών και θραύσεων κάθε χρόνο, αλλά η οικονομική διαχείριση του όγκου των πραγματικών απωλειών που αυξάνεται μπορεί να επιτευχθεί.
- Βραχυπρόθεσμα αυτό μπορεί να συμβεί αν γίνει διαχείριση της μέσης διάρκειας αυτών των βλαβών μέσω του ενεργού ελέγχου διαρροών (για να εντοπιστούν οι μη αναφερθείσες θραύσεις) και μέσω της ταχύτητας και της ποιότητας των επισκευών όλων των διαρροών και των θραύσεων.
- Μεσοπρόθεσμα και μακροπρόθεσμα αυτό επιτυγχάνεται επηρεάζοντας τον αριθμό των διαρροών και των θραύσεων που συμβαίνουν κάθε χρόνο (μέσω βελτιωμένης διαχείρισης της πίεσης και διαχείρισης των αγωγών και των συσκευών του δικτύου).
- Στη συνέχεια επιβεβαιώνεται ότι κάθε μία από τις μεθόδους διαχείρισης των πραγματικών απωλειών είναι οικονομική.
- Τέλος θέτονται προτεραιότητες σε εκείνες τις ενέργειες με το υψηλότερο λόγο οφέλους κόστους.
- Τελικά το οικονομικό επίπεδο των απωλειών έχει επιτευχθεί.

Πηγή: Farley & Trow, 2003



Οικονομικό Επίπεδο Πραγματικών Απωλειών III

Ορισμός του ELL (WSA/WCA, 1994):
«το επίπεδο των διαρροών όπου το οριακό κόστος του ενεργού ελέγχου των διαρροών ισούται με το οριακό κόστος του διαρρέοντος νερού».



Πηγή: Farley & Trow, 2003



Κρίσιμα σημεία του ELL I

- Δεν υπάρχει μοναδικό ELL. Το ELL διαφέρει στον χρόνο αφού εξαρτάται από παράγοντες όπως εποχιακές αλλαγές στη συχνότητα των θραύσεων που συχνά οφείλονται σε καιρικές συνθήκες, και βελτιώσεις στην κατάσταση των αγωγών.
- Επενδύσεις στον έλεγχο της πίεσης, δημιουργία στεγανών υποζωνών και τηλεμετρία για να μειωθούν οι διαρροές θα αλλάξουν το ELL με βάση την προσπάθεια ενεργού ελέγχου των διαρροών.
- Η αξία του νερού αλλάζει με τον χρόνο. Έχει υψηλότερη αξία σε περιόδους έλλειψης π.χ. ξηρασίες και χαμηλότερη αξία σε περιόδους πλεονασμού. Η αξία αυξάνει όταν μειώνεται η διαθέσιμη ποσότητα και μειώνεται όταν προγραμματίζονται νέες μονάδες επεξεργασίας και χρησιμοποιούνται νέοι πόροι. Τα λειτουργικά κόστη μπορεί να αλλάζουν στο μέλλον εξαιτίας διαφορετικών επιπέδων ποιότητας ή μεταβολών στους κανονισμούς καθιστώντας τις τρέχουσες πρακτικές ξεπερασμένες.

Πηγή: Farley & Trow, 2003



Κρίσιμα σημεία του ELL II

- Νέες τεχνικές εντοπισμού διαρροών θα αλλάξουν την αποδοτικότητα των πρακτικών εντοπισμού οδηγώντας σε μεταβολή του πραγματικού ELL. Το ELL θα είναι διαφορετικό και θα εξαρτάται από την μέθοδο που χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό των διαρροών π.χ. τακτικές επιθεωρήσεις ή συνεχής παρακολούθηση της νυχτερινής ροής στις στεγανές υποζώνες.
- Η εκτίμηση του ELL πρέπει να χρησιμοποιεί δεδομένα, πληροφορίες και πολιτικές της συγκεκριμένης περιοχής και της συγκεκριμένης εταιρείας παροχής νερού. Παρόλα αυτά μέχρι την ολοκλήρωση σημαντικής δουλειάς για την μείωση των διαρροών και τη συλλογή των απαραίτητων δεδομένων κόστους και οφελών δεν είναι δυνατό να γίνει μια ακριβής εκτίμηση και ίσως χρειάζεται χρόνια μέχρι να εκτιμηθεί με ακρίβεια.

Πηγή: Farley & Trow, 2003



Στοιχεία υπολογισμού του ELL I

- Το κόστος του νερού. Περιλαμβάνει τα λειτουργικά κόστη όπως η ηλεκτρική ενέργεια και τα χημικά που απαιτούνται για την επεξεργασία και τη διανομή του νερού στο δίκτυο και μακροπρόθεσμα κόστη επενδύσεων. Αν η μείωση των απωλειών θα καθυστερήσει την ανάγκη για μία νέα μονάδα επεξεργασίας ή μια νέα γεώτρηση τότε η αναστολή αυτής της επένδυσης σε κεφάλαιο έχει κάποια αξία. Ομοίως η σημαντική μείωση των διαρροών που θα επιτρέψει το κλείσιμο κάποιας μονάδας επεξεργασίας νερού ή κάποιας γεώτρησης ή θα αλλάξει τη λειτουργία του δικτύου θα έχει κάποια μετρήσιμη αξία.
- Βραχυπρόθεσμα κόστη μείωσης των διαρροών. Αυτά τα κόστη περιορίζονται συνήθως στο κόστος του ενεργού ελέγχου διαρροών. Περιλαμβάνουν τα κόστη του προσωπικού για τον εντοπισμό των διαρροών, των αυτοκινήτων τους, των καυσίμων και του εξοπλισμού.

Πηγή: Farley & Trow, 2003



Στοιχεία υπολογισμού του ELL II

- Κόστη επισκευών. Υπάρχει η άποψη της εξάλειψης του κόστους επισκευών από τον υπολογισμό του ELL γιατί εκτιμάται ότι ο αριθμός των θραύσεων που συμβαίνουν σε ένα έτος δεν αλλάζει. Η μεταβολή στην προσπάθεια ενεργού ελέγχου των διαρροών θα επηρεάσει μόνο τον χρόνο (μέσες τιμές) για τον οποίο οι θραύσεις και οι διαρροές υπάρχουν πριν εντοπιστούν αλλά δεν επηρεάζει τον αριθμό τους. Έτσι ο αριθμός των θραύσεων και των διαρροών που πρέπει να επισκευαστούν σε κάθε χρόνο δεν θα αλλάξει. Ενώ αυτό το επιχείρημα μπορεί να ισχύει για σταθερές καταστάσεις πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή όταν οι διαρροές μειώνονται από το ένα επίπεδο στο άλλο. Θα υπάρχει η τάση να βρεθούν διαρροές οι οποίες διαφορετικά δεν θα μπορούσαν να βρεθούν. Έτσι θα απαιτηθεί περισσότερη προσπάθεια ενεργού ελέγχου διαρροών και ο αριθμός των επισκευών που θα γίνουν θα αυξηθεί. Επίσης κάποιες από τις διαρροές βάσης (background leakage) θα βρεθούν με την χρήση νέων τεχνολογιών στον ενεργό έλεγχο διαρροών.

Πηγή: Farley & Trow, 2003



Στοιχεία υπολογισμού του ELL III

- Μακροπρόθεσμα κόστη. Περιλαμβάνουν την καθαρή παρούσα αξία της επένδυσης που προγραμματίζεται για τα μέτρα μείωσης των διαρροών όπως στεγανές υποζώνες, διαχείριση πίεσης και αντικατάσταση αγωγών για έναν χρονικό ορίζοντα πάνω από 20 – 30 χρόνια. Τέτοιες επιλογές επεμβάσεων έχουν ένα μη επαναλαμβανόμενο κόστος για τη μείωση των διαρροών σε χαμηλότερο επίπεδο.

Πηγή: Farley & Trow, 2003



Πίνακας Εκτίμησης Πραγματικών Απωλειών

Κατηγορία Τεχνικής Απόδοσης		ILI	l/σύνδεση/ημέρα (όταν το σύστημα βρίσκεται υπό πίεση), σε μέση πίεση:				
			10m	20m	30m	40m	50m
Κατάσταση Αναπτυγμένων Χωρών	A	1-2		<50	<75	<100	<125
	B	2-4		50-100	75-150	100-200	125-250
	C	4-8		100-200	150-300	200-400	250-500
	D	>8		>200	>300	>400	>500
Κατάσταση Αναπτυσσόμενων Χωρών	A	1-4	<50	<100	<150	<200	<250
	B	4-8	50-100	100-200	150-300	200-400	250-500
	C	8-16	100-200	200-400	300-600	400-800	500-1000
	D	>16	>200	>400	>600	>800	>1000

Πηγή: World Bank Institute, 2005



Επεξήγηση πίνακα

- Α: περαιτέρω μείωση των απωλειών μπορεί να μην είναι οικονομική εκτός αν υπάρχουν ελλείψεις. Για να γίνουν βελτιώσεις πρέπει να πραγματοποιηθεί ανάλυση κόστους/οφέλους.
- Β: υπάρχει περιθώριο βελτιώσεων. Πρέπει να τεθεί σε σκέψη η διαχείριση της πίεσης, καλύτερες πρακτικές ενεργού ελέγχου διαρροών και καλύτερη συντήρηση του δικτύου
- Γ: ο έλεγχος των διαρροών είναι ανεπαρκής. Αυτή η κατάσταση μπορεί να είναι ανεκτή μόνο αν το νερό είναι επαρκές και φθηνό. Ακόμη και τότε όμως χρειάζεται ανάλυση του επιπέδου και της φύσης των διαρροών και ένταση των προσπάθειών μείωσης των διαρροών.
- Δ: ανεπαρκής χρήση των υδατικών πόρων. Είναι επιτακτικά και υψηλής προτεραιότητας τα προγράμματα μείωσης των διαρροών.

Πηγή: World Bank Institute, 2005



Προτεινόμενες δράσεις για την μείωση των πραγματικών απωλειών

WB Προτάσεις	A	B	C	D
Διερεύνηση επιλογών διαχείρισης της πίεσης	✓	✓	✓	
Διερεύνηση ταχύτητας & ποιότητας των επισκευών	✓	✓	✓	
Έλεγχος συχνότητας οικονομικών επεμβάσεων	✓	✓		
Εισαγωγή / βελτίωση ενεργού ελέγχου διαρροών		✓	✓	
Αναγνώριση επιλογών για βελτιωμένη συντήρηση		✓	✓	
Εκτίμηση του επιπέδου του ELL	✓	✓		
Αναθεώρηση συχνοτήτων θραύσεων		✓	✓	
Αναθεώρηση πολιτικής διαχείρισης υποδομών		✓	✓	✓
Απασχόληση με ελλείψεις σε εργατικό δυναμικό, εκπαίδευση και επικοινωνίες			✓	✓
5-ετές σχέδιο για να φτάσουμε στο επόμενο κατώτερο επίπεδο			✓	✓
Ουσιαστική αναθεώρηση όλων των δραστηριοτήτων				✓

Πηγή: World Bank Institute, 2005

Μέτρα Ενεργού Ελέγχου Διαρροών I

Στρατηγικά μέτρα	Λειτουργικά μέτρα
Βελτίωση οργάνωσης	Σχηματισμός και ενεργοποίηση ομάδων για ALC
	Εφαρμογή ενός συστηματικού σχεδιασμού για ανίχνευση των διαρροών
	Εκπαίδευση των μελών της ομάδας για ALC
	Χρήση λογισμικού για εντοπισμό των διαρροών (ταξινόμηση των διαρροών ανά αιτία)
	Χρήση φορητού εξοπλισμού ALC
	Καμπάνιες μετρήσεων
Προκαταρκτικές ενέργειες για την εφαρμογή των μεθόδων / τεχνικών για ενεργό έλεγχο διαρροών (ALC)	Ανάπτυξη υδραυλικού μοντέλου - συνεχές «τρέξιμο» του μοντέλου – επαλήθευση με τα αποτελέσματα του monitoring
	Κατασκευή εναλλακτικών οδών – αγωγών
	Προσδιορισμός των απωλειών νερού από τις συνδέσεις των καταναλωτών
	Εγκατάσταση κατάλληλου δικτύου μετρήσεων
	Μέτρηση της κατανάλωσης κοντά στους αγωγούς διανομής

Πηγή: WATERLOSS, 2012



Μέτρα Ενεργού Ελέγχου Διαρροών II

Στρατηγικά μέτρα	Λειτουργικά μέτρα
Εφαρμογή μόνιμων μεθόδων / τεχνικών για ενεργό έλεγχο διαρροών και ανίχνευση των διαρροών	Συνεχής μέτρηση ροής του νερού που παρέχεται στο σύστημα και άλλων παραμέτρων (μέσω του SCADA)
	Μετρήσεις ανά περιοχή
	Εγκατάσταση μόνιμων ακουστικών loggers
Εφαρμογή συγκεκριμένων μεθόδων για ενεργό έλεγχο διαρροών	Κορελάτορες (correlators)
	Γεώφωνα
	Εντοπισμός διαρροών και απωλειών νερού από τις διακυμάνσεις της πίεσης
	Νυχτερινός Έλεγχος (μειώνοντας την περιοχή κλείνοντας τις βάνες)
	Ίχνη αερίου



Πηγή: WATERLOSS, 2012

Μέτρα Ταχύτητας & Ποιότητας Επισκευών

Στρατηγικά μέτρα	Λειτουργικά μέτρα
Βελτίωση της οργανωτικής δουλειάς	Ορισμός και χρήση μονάδων επιδιόρθωσης διαρροών έκτακτης ανάγκης
	Ανάπτυξη των λειτουργικών κατευθυντήριων γραμμών για τις επισκευές των διαρροών για την εταιρεία
	Αναφορά των χρόνων επισκευών
	Πρόγραμμα διαχείρισης αποθήκης
	Πρόγραμμα διαχείρισης υπεργολάβων
Βελτίωσης της ποιότητας των επισκευών	Σχηματισμός και εκπαίδευση των ομάδων
	Κατάλληλος έλεγχος της λειτουργίας των βαλβίδων
Βελτίωσης της ταχύτητας των επισκευών	Κεντρική καταγραφή των υπόγειων υποδομών
	Επικοινωνία με τους καταναλωτές και εκτίμηση των παραπόνων
	Εξοπλισμός των ομάδων επισκευής για αποδοτική και αποτελεσματική επισκευή

Πηγή: WATERLOSS, 2012

Μέτρα Διαχείρισης Πίεσης

Στρατηγικά μέτρα	Λειτουργικά μέτρα
Προκαταρκτικά: διαχείριση πίεσης και ανάλυση	Ενεργή αναγνώριση μεταβατικών φαινομένων
	Υδραυλική προσομοίωση του συστήματος
	Διαμόρφωση ζωνών πίεσης
	Έλεγχος υδραυλικού πλήγματος
	Παρακολούθηση συστήματος (παρακολούθηση πίεσης) – δυναμική (min, max, μέσες τιμές)
Προκαταρκτικά: εγκατάσταση εξοπλισμού που έχει επίδραση στην πίεση	Επιπρόσθετα boosters και βαλβίδες μείωσης πίεσης
	Εγκατάσταση βαλβίδων απελευθέρωσης
	Εγκατάσταση PRV
Διαμόρφωση πίεσης για να μειωθεί το επίπεδο των διαρροών	Διαμόρφωση πίεσης
	Αντλίες με μηχανισμό αυτοεξαέρωσης
	Ρυθμίσεις για το κλείσιμο των βανών
	Ρυθμίσεις για την υδροληψία
	Μείωση των μεταβατικών φαινομένων (transients phenomena)
Μείωση της πίεσης για να μειωθεί το επίπεδο των διαρροών	Πρακτικές μείωσης της πίεσης

Πηγή: WATERLOSS, 2012



Μέτρα Διαχείρισης Αγωγών & Εξοπλισμού I

Στρατηγικά μέτρα	Λειτουργικά μέτρα
Βελτίωση οργάνωσης	Ορισμός μεθοδολογιών και περιγραφή εργαλείων για τους αγωγούς εξυπηρέτησης
	Ορισμός μεθοδολογιών και περιγραφή εργαλείων για τους αγωγούς μεταφοράς
	Ορισμός του βέλτιστου χρόνου αντικατάστασης (αγωγών, βαλβίδων, αντλιών, κλπ) και προγραμματισμός αντικαταστάσεων
	Ανάπτυξη ενός πλήρους αρχείου αστοχιών (ανά αιτία και επίπτωση)
	Πλήρες Κτηματολόγιο αγωγών (συμπεριλαμβανομένων κρίσιμων παραμέτρων και εγγράφων)
	Μητρώο παρεμβάσεων (μέτρα που έχουν ήδη ληφθεί)
	Διαδικασία επίβλεψης στο εργοτάξιο κατασκευής του συστήματος παροχής νερού

Πηγή: WATERLOSS, 2012

Μέτρα Διαχείρισης Αγωγών & Εξοπλισμού II

Στρατηγικά μέτρα	Λειτουργικά μέτρα
Προκαταρκτικά για διαχείριση συσκευών: γνώση των αγωγών	Παρακολούθηση των υποδομών (assets)
	Παρατηρήσεις της πραγματικής γήρανσης των αγωγών (π.χ. με ελέγχους εδάφους)
	Ασφάλεια των υποδομών (παρακολούθηση με video, σήματα κλπ)
	Θερμογραφία
Προκαταρκτικά για διαχείριση συσκευών: γνώση του περιβάλλοντος γύρω από τους αγωγούς	Χαρτογράφηση του τύπου του εδάφους και πρότυπα σταθερότητας εδάφους
Βελτίωση της προστασίας των αγωγών και αποκατάσταση	Εσωτερική κάλυψη των αγωγών
	Καθαρισμός και επένδυση των αγωγών
Βελτίωση της αντικατάστασης των αγωγών συνδέσεων των καταναλωτών	Πολιτική αντικατάστασης των συνδέσεων των καταναλωτών
Βελτίωση της αντικατάστασης των συνδέσμων	Έλεγχος και επισκευή συνδέσμων
Βελτίωση της διαχείρισης των βαλβίδων και αντικατάσταση	Αλλαγές ρυθμίσεων βανών
	Κλείσιμο των βαλβίδων στους αγωγούς παροχής των δεξαμενών προλαμβάνοντας τις υπερχειλίσεις των δεξαμενών

Πηγή: WATERLOSS, 2012



Μέτρα Διαχείρισης Αγωγών & Εξοπλισμού III

Στρατηγικά μέτρα	Λειτουργικά μέτρα
Βελτίωση των τεχνικών αντικατάστασης των αγωγών	Αποφυγή διμεταλλικών συνδέσεων
	Αποφυγή απευθείας επαφής με πηγή ηλεκτρισμού
	Καθοδική προστασία
	Εγκατάσταση αγωγού
	Βελτιωμένα πρότυπα κατασκευών
	Βελτιωμένες πρακτικές εγκατάστασης αγωγών
	Αντικατάσταση αγωγών
	Αντικατάσταση αγωγών με υλικά αντιδιαβρωτικά
	Διαδικασία επίβλεψης του εργοταξίου κατασκευής δικτύου
	Χρήση άλλου ειδικού εξοπλισμού και εργαλείων αποκατάστασης στην περίπτωση διαρροών και διαδικασιών επισκευής αγωγών

Πηγή: WATERLOSS, 2012

Βιβλιογραφία I

- Farley, M. and Trow, S., (2003), “Losses in Water Distribution Networks – A practitioner’s Guide to Assessment, Monitoring and Control”, IWA Publishing, UK
- Lambert, A., (2000). What do we know about pressure-leakage relationships in distribution systems?. in System Approach to Leakage Control and Water Distribution Systems Management, Specialized Conference Proceedings, IWA, May, Brno (Czech Republic). Liemberger, R., & Farley, M. (2004). Developing a non-revenue water reduction strategy. Part I: Investigating and assessing water losses. Proceedings of IWA WWC 2004 Conference, Marrakech, Morocco
- Farley, M., & Trow, S. (2003). *Losses in water distribution networks*. London: IWA Publishing.



Βιβλιογραφία II

- Foufeas, D., Petroulias, N. (2013). Pressure Management, the integrator's perspective. Proceedings 1st EWaS-MED International Conference on "Improving Efficiency of Water Systems in a changing natural and financial environment", (Eds. A. Zouboulis, P. Samaras, V. Kanakoudis, S. Tsitsifli), Thessaloniki, 11-13 April
- Waterloss. (2012). D4.1.1: 1 Database of Non Revenue Water Management Measures. Ανακτήθηκε από http://www.waterloss-project.eu/wp-content/uploads/2011/05/WATERLOSS_D4.1.1-D4.1.2_FINAL1.pdf
- World Bank Institute, NRW Training Module 6, Performance Indicators. Liemberger R, 2005.
- 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, Θεσσαλονίκη



Τέλος Ενότητας

Μεθοδολογία Αντιμετώπισης Πραγματικών
Απωλειών

Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση **1.0**.



Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βασίλης Κανακούδης 2015. Βασίλης Κανακούδης . «Διαχείριση και Προσομοίωση Υδροδοτικών Συστημάτων. Μεθοδολογία Αντιμετώπισης Πραγματικών Απωλειών». Έκδοση: 1.0. Βόλος 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <http://eclass.uth.gr/eclass/courses/MHXC131/>.



Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

