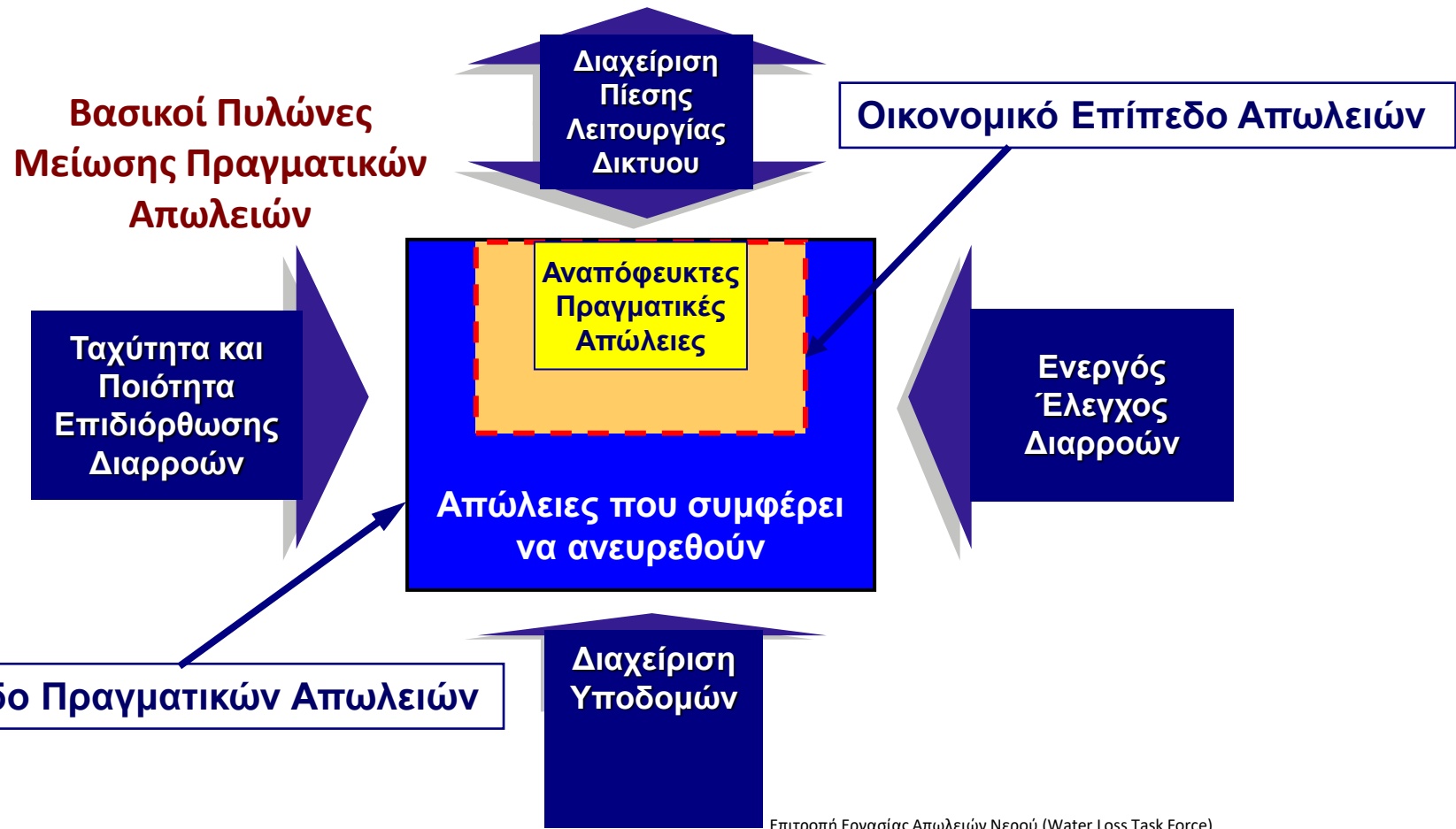


Διαχείριση Πίεσης στο δίκτυο ύδρευσης της Πάτρας

Ειρήνη Καραθανάση
Πολιτικός Μηχανικός, MSc
Προϊσταμένη τμήματος Διαχείρισης Νερού

Εφαρμογή μεθοδολογίας & καλών πρακτικών της IWA (International Water Association) για τον έλεγχο των διαρροών



Επιτροπή Εργασίας Απωλειών Νερού (Water Loss Task Force)
Διεθνής Υδατικός Σύνδεσμος (IWA)

Διαχείριση Πίεσης



**Μείωση Φυσικών Απωλειών Νερού
μειώνοντας την Πίεση στο Δίκτυο**

σε τέτοιο επίπεδο,

ώστε να εξασφαλίζεται:

- **Επαρκής και ικανή τροφοδοσία**
- **Μείωση ή απαλοιφή αιχμών**

(αίτια που προκαλούν θραύσεις και
διαρροές στο δίκτυο)

- Αύξηση χρόνου ζωής των υλικών

Σχέση Απωλειών & Πίεσης Λειτουργίας (1)

How pressure influences leakage

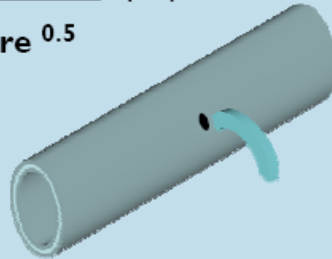
Leakage rate is related to pressure

- Higher pressure = higher leakage
- Higher pressure = higher probability of burst

Fixed and Variable Area Discharge (FAVAD)

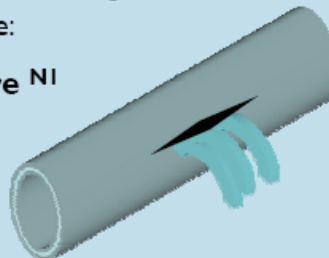
- Flow through a Fixed orifice is proportional to the square root of the Pressure:

$$Q \propto \text{Pressure}^{0.5}$$



- In plastic pipes and at junctions, the orifice area may not be fixed. For example a longitudinal split in an extruded plastic pipe. If pressures are higher, the split will get larger. Therefore the flow through a Variable orifice is proportional to a power law function of the Pressure:

$$Q \propto \text{Pressure}^{N1}$$



N1 values can range from 0.5 to 2.5 depending upon pipe material

Σχέση Απωλειών & Πίεσης Λειτουργίας (2)

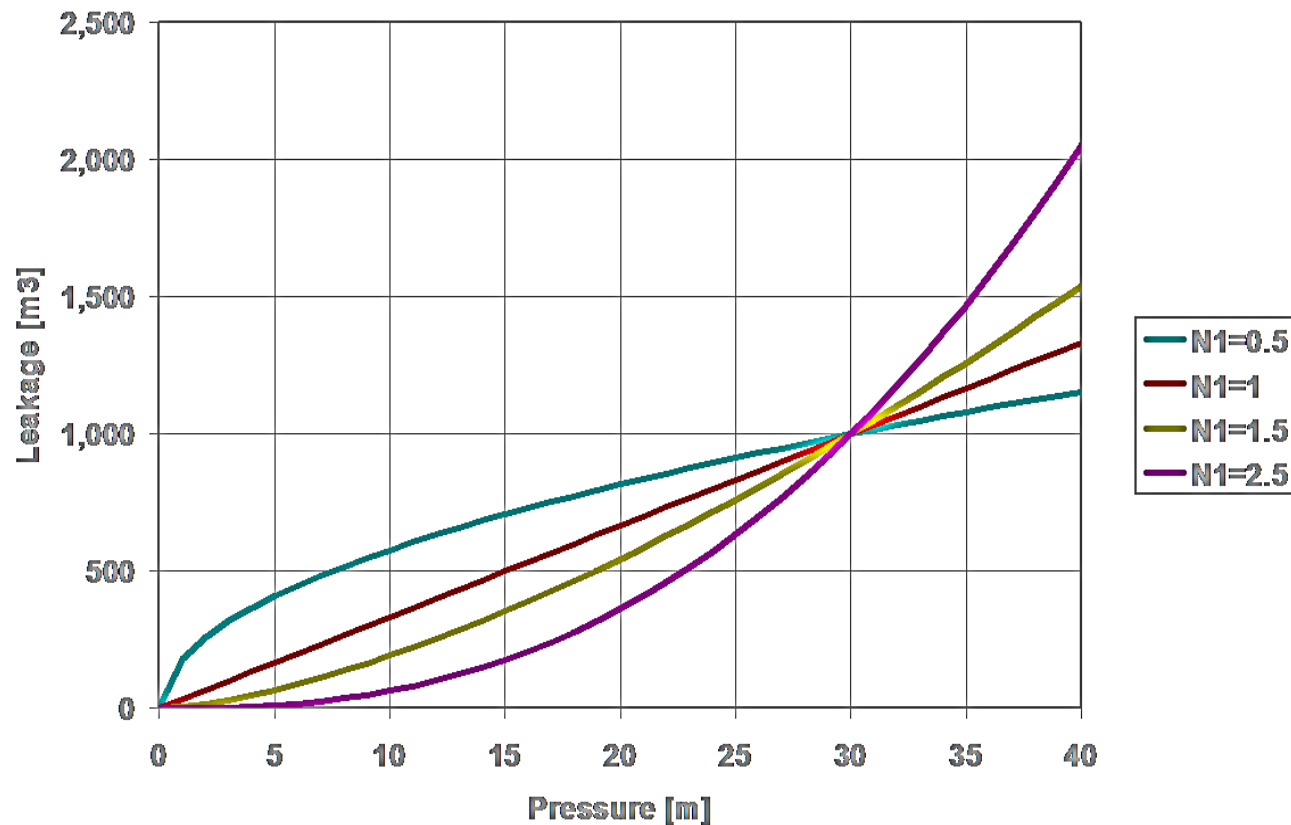
Μεταβολή της ποσότητας νερού που διαρρέει ως προς την μεταβολή της πίεσης λειτουργίας:

$$L_1/L_0 = (P_1/P_0)^{N_1}$$

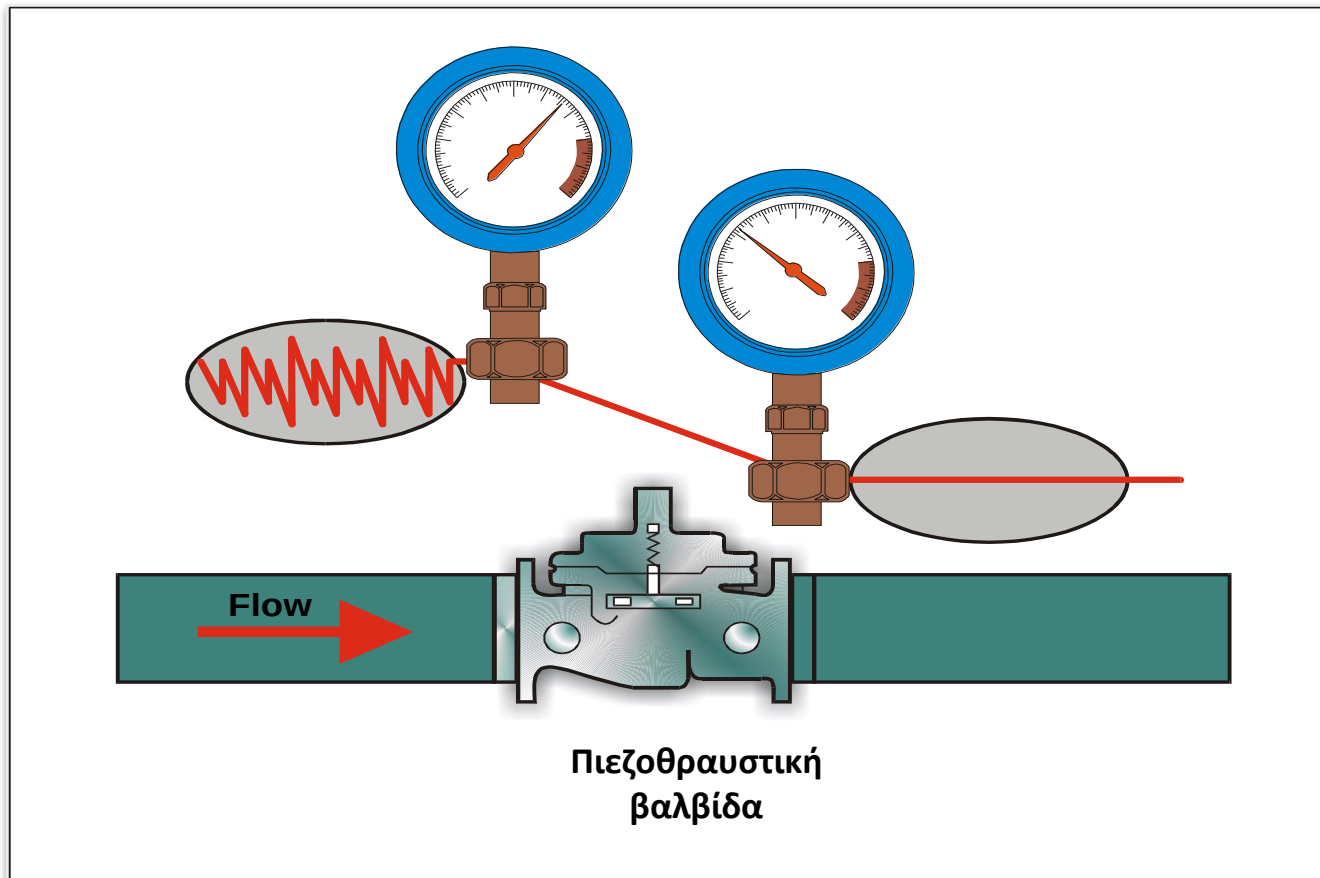
- Όπου L_0 = αρχικές απώλειες νερού για πίεση P_0
 L_1 = απώλειες νερού με την μειωμένη πίεση
 P_0 = Αρχική Πίεση Λειτουργίας
 P_1 = Νέα μειωμένη Πίεση Λειτουργίας
 N_1 = Δείκτης FAVAD ο οποίος μεταβάλλεται ανάλογα με το υλικό των αγωγών από 0.5 για άκαμπτους αγωγούς (rigid walls) μέχρι 2.5 για εύκαμπτους αγωγούς (flexible walls).

Σχέση Απωλειών & Πίεσης Λειτουργίας (3)

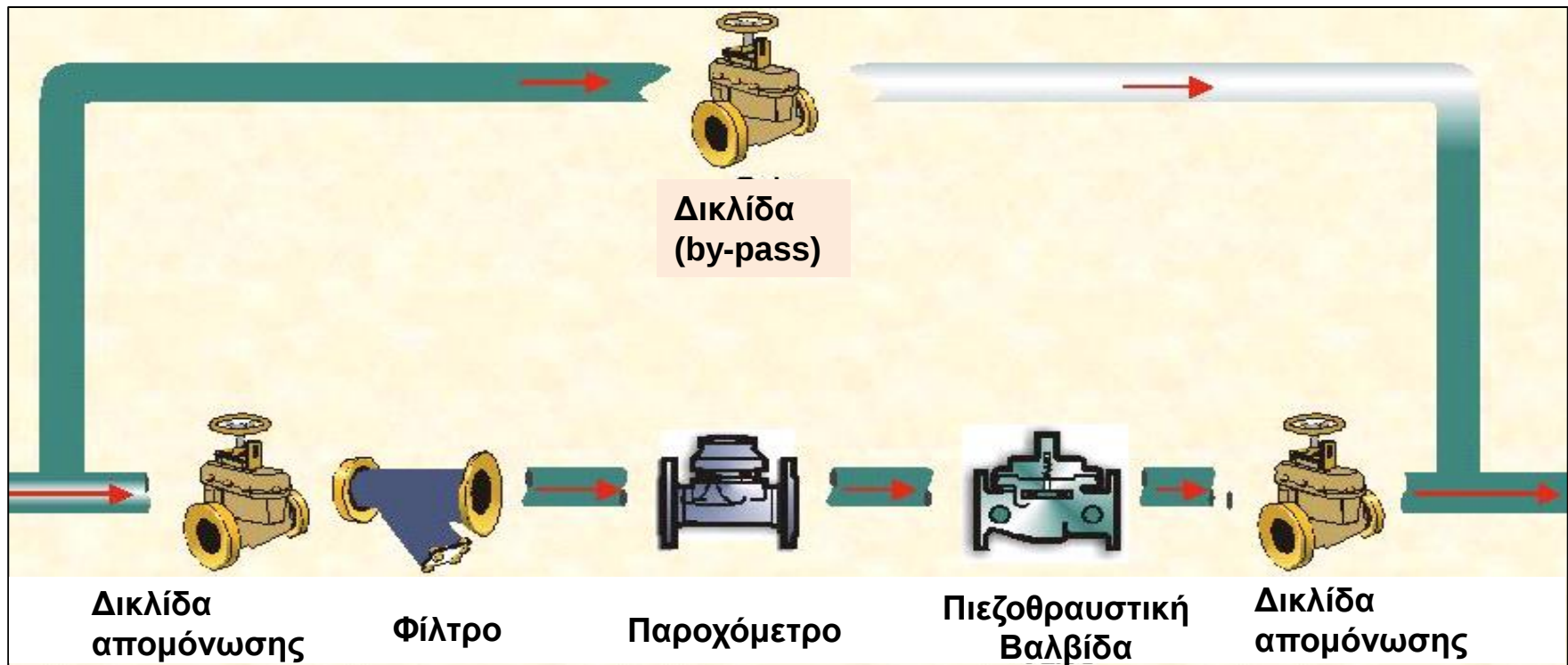
$$(L_1/L_0) = (P_1/P_0)^{N1}$$



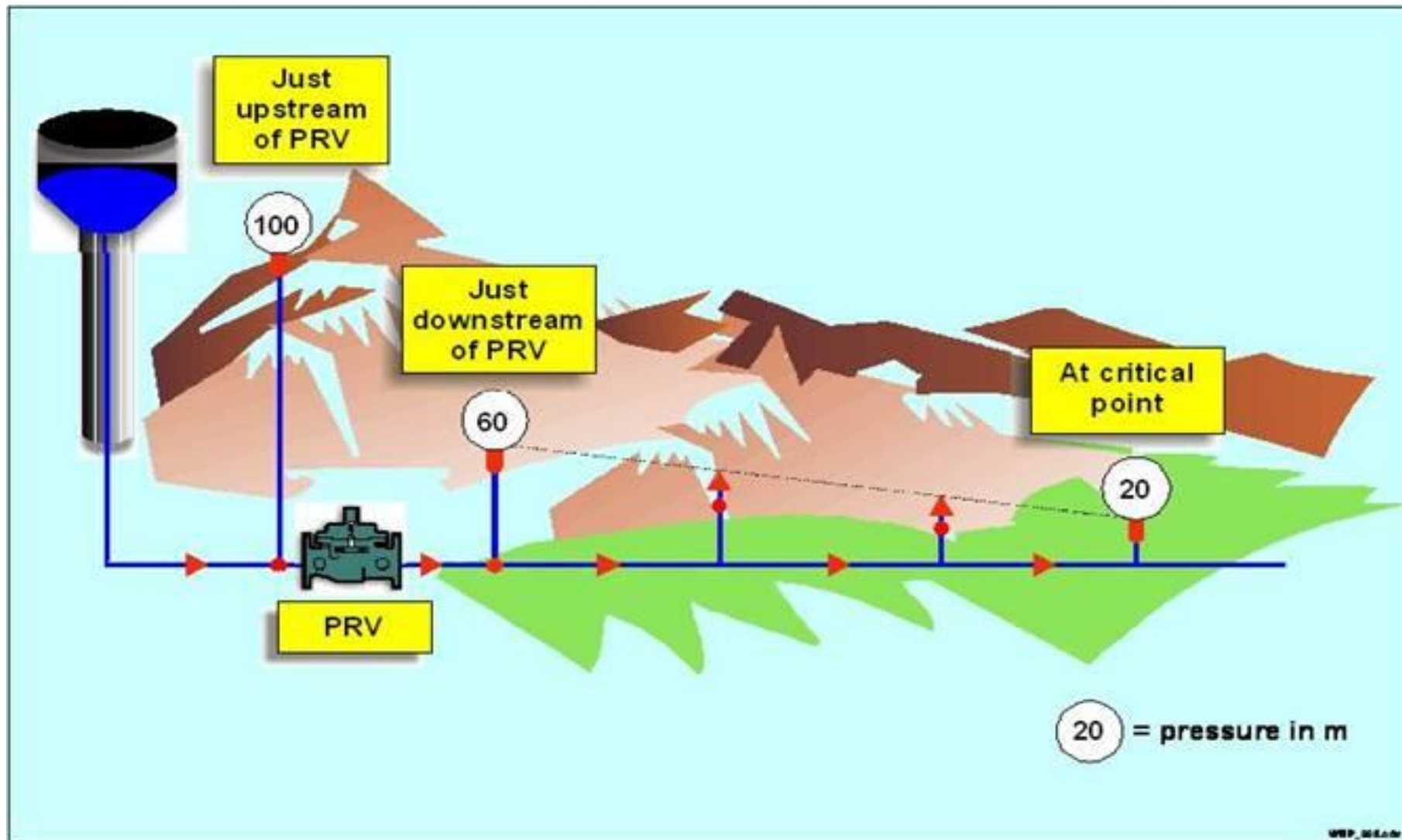
Έλεγχος Πίεσης Χρήση Πιεζοθραυστικών Βαλβίδων



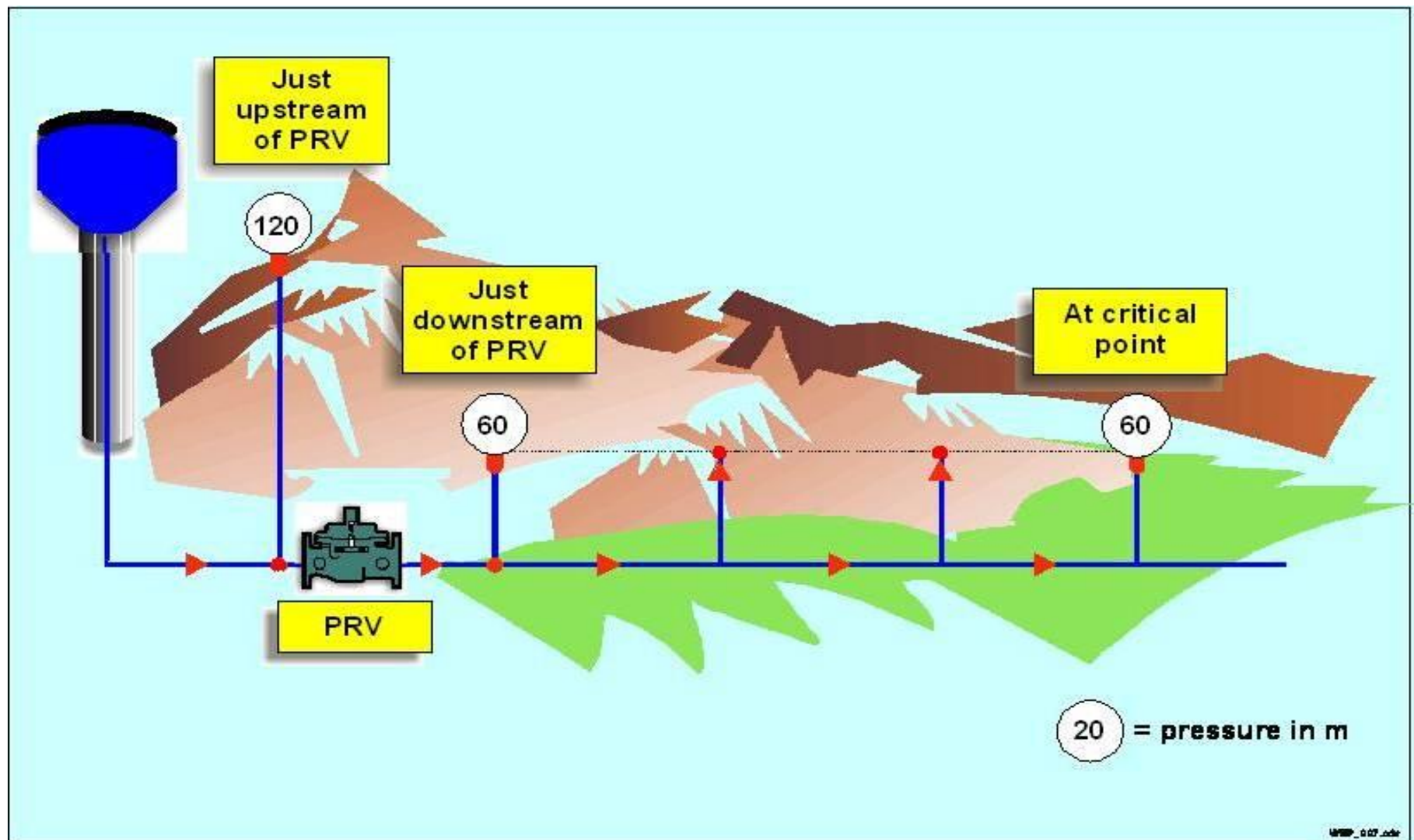
Τυπική Διάταξη Πιεζοθραυστικής Βαλβίδας



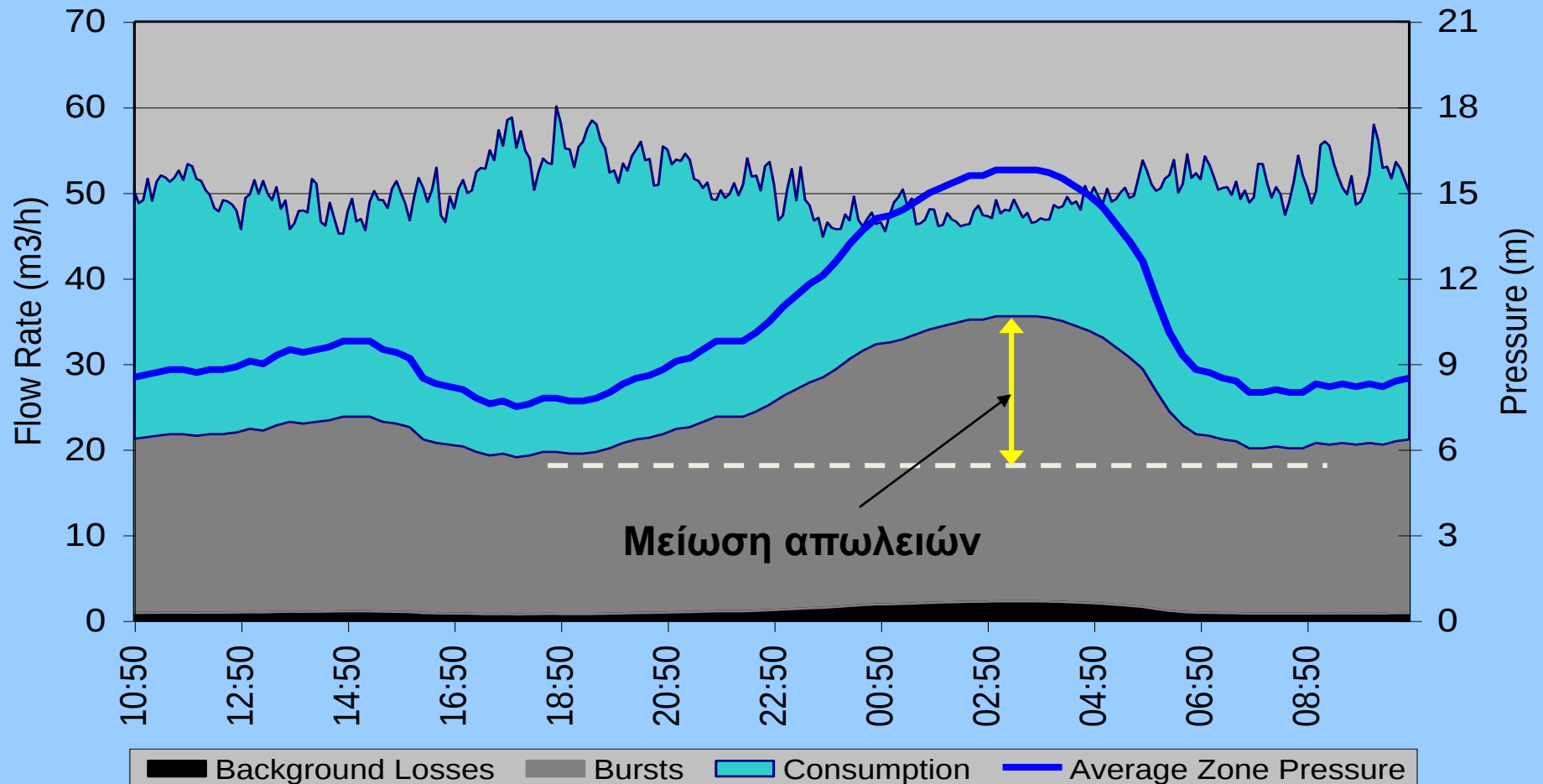
Πιεζομετρική γραμμή κατά τη διάρκεια της μέγιστης κατανάλωσης



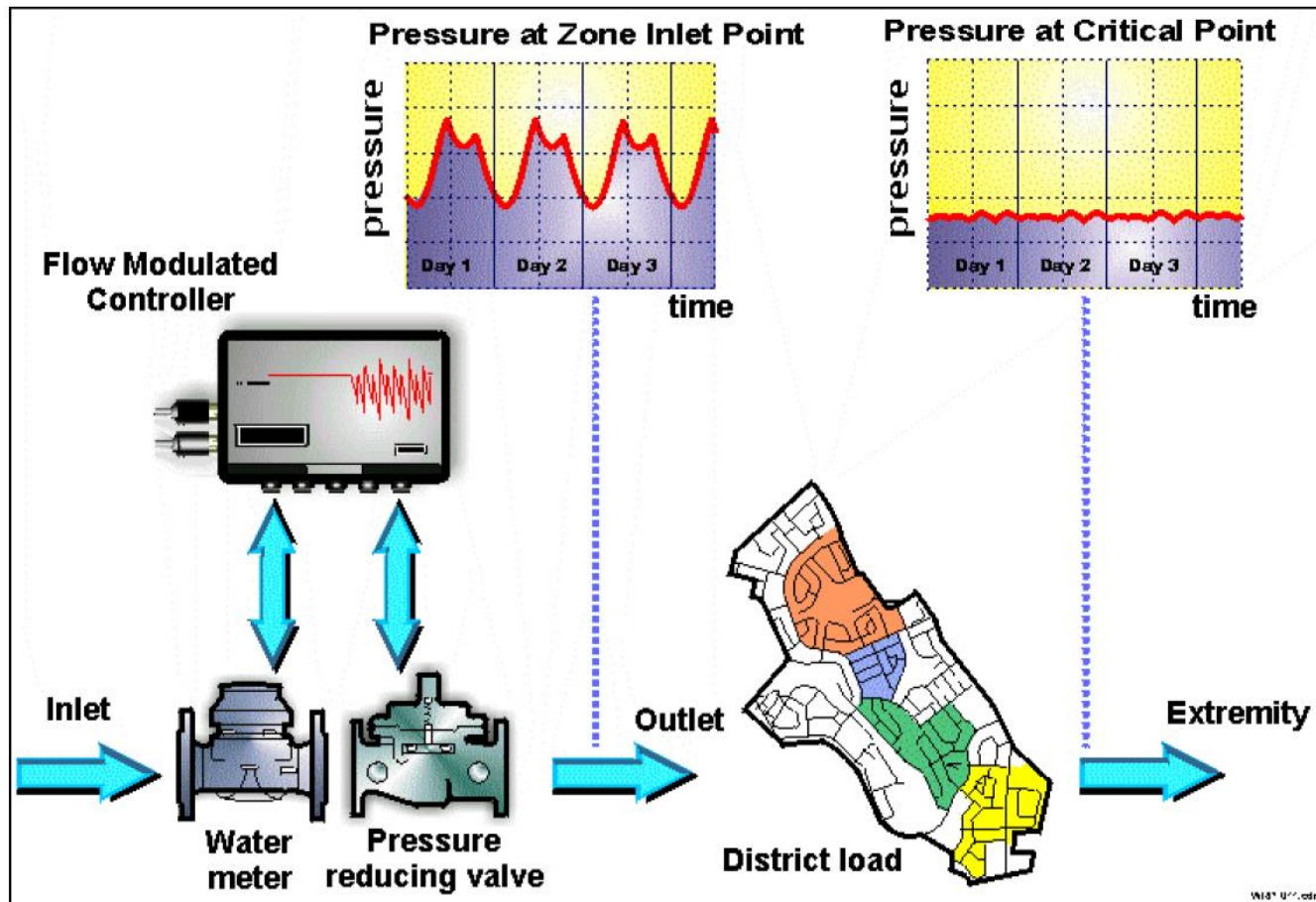
Πιεζομετρική γραμμή κατά τη διάρκεια της ελάχιστης κατανάλωσης



Διάγραμμα μεταβολής πίεσης - παροχής



Προηγμένες Τεχνικές Διαχείρισης Πίεσης



Εφαρμογή πρακτικών Διαχείρισης πίεσης (1)

Πιεζοθραυστικές βαλβίδες

- Λειτουργία της PRV για ρύθμιση της κατάντη πίεσης σε σταθερή τιμή
- Καταγραφικό Παροχής & Πιέσεων
- Καταγραφή της πίεσης στο κρίσιμο σημείο για έλεγχο των ρυθμίσεων στην ζώνη
- Τηλεμετρία (κινητή τηλεφωνία)
- Σε ζώνες με πολύ μικρή παροχή
- Συνήθως απαιτούν λιγότερη συντήρηση
- Μειονέκτημα η μη απομακρυσμένη ρύθμιση

Τοπικός Σταθμός Ρύθμισης Πίεσης



Εφαρμογή πρακτικών Διαχείρισης πίεσης (2)

Προηγμένες τεχνικές διαχείρισης πίεσης

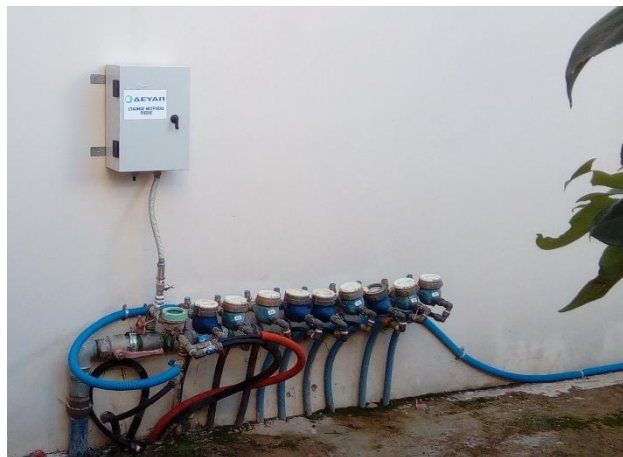
- Λειτουργία της PRV με προγραμματιζόμενο ηλεκτρονικό ελεγκτή
 - Με σταθερή πίεση
 - Με χρονοδιακόπτη (Time modulation)
 - Ανάλογα με την παροχή (Flow-based modulation)
 - Ανάλογα με την πίεση στο κρίσιμο σημείο (Closed loop modulation)
- Καταγραφή της πίεσης στο κρίσιμο σημείο για έλεγχο των ρυθμίσεων στην ζώνη
- Τηλεμετρία (κινητή τηλεφωνία)
- Μεγαλύτερη εξοικονόμηση νερού
- Απομακρυσμένη ρύθμιση
- Μεγαλύτερες απαιτήσεις για συντήρηση

Σταθμός ελέγχου παροχής/πίεσης ζώνης





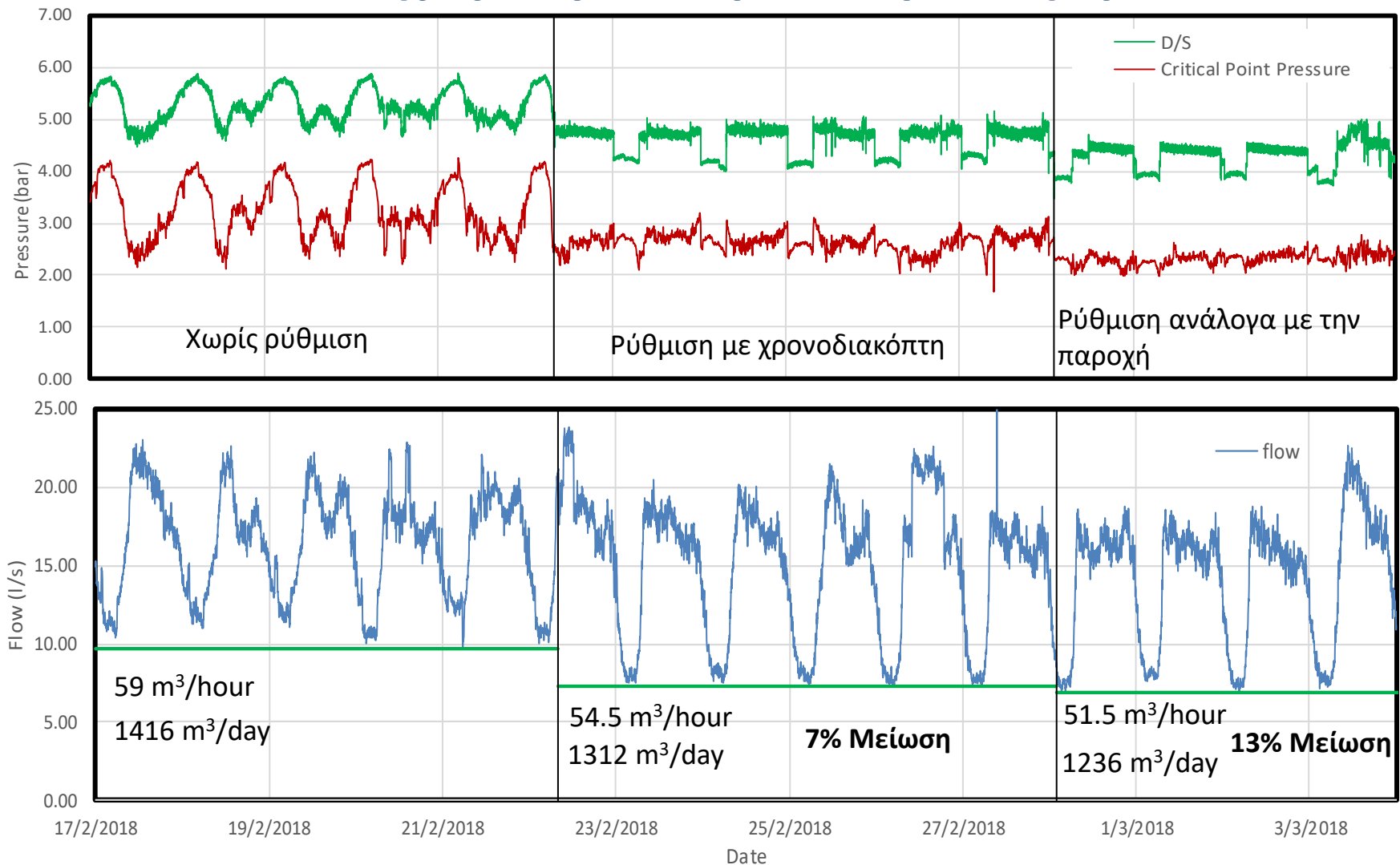
Σταθμοί ελέγχου Πίεσης



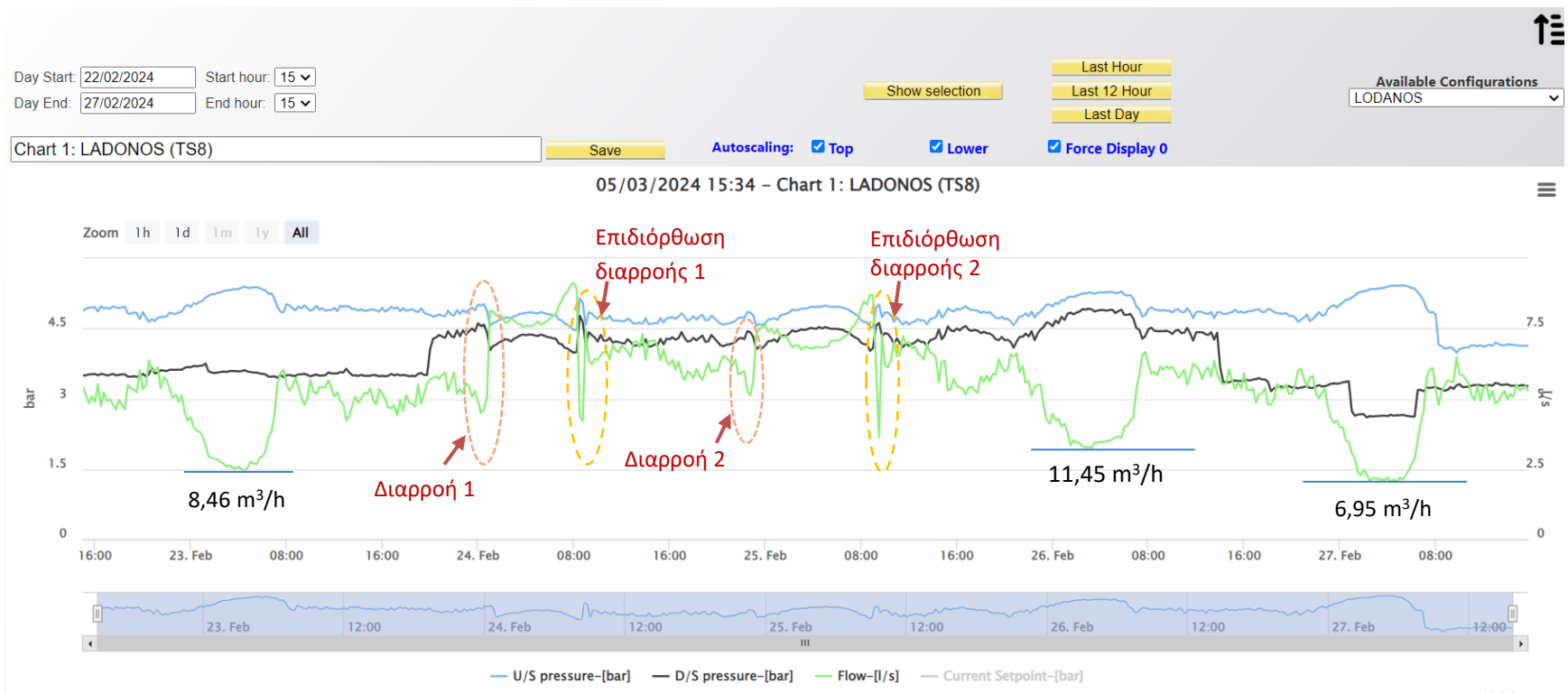
U/S & D/S pressure diagrams



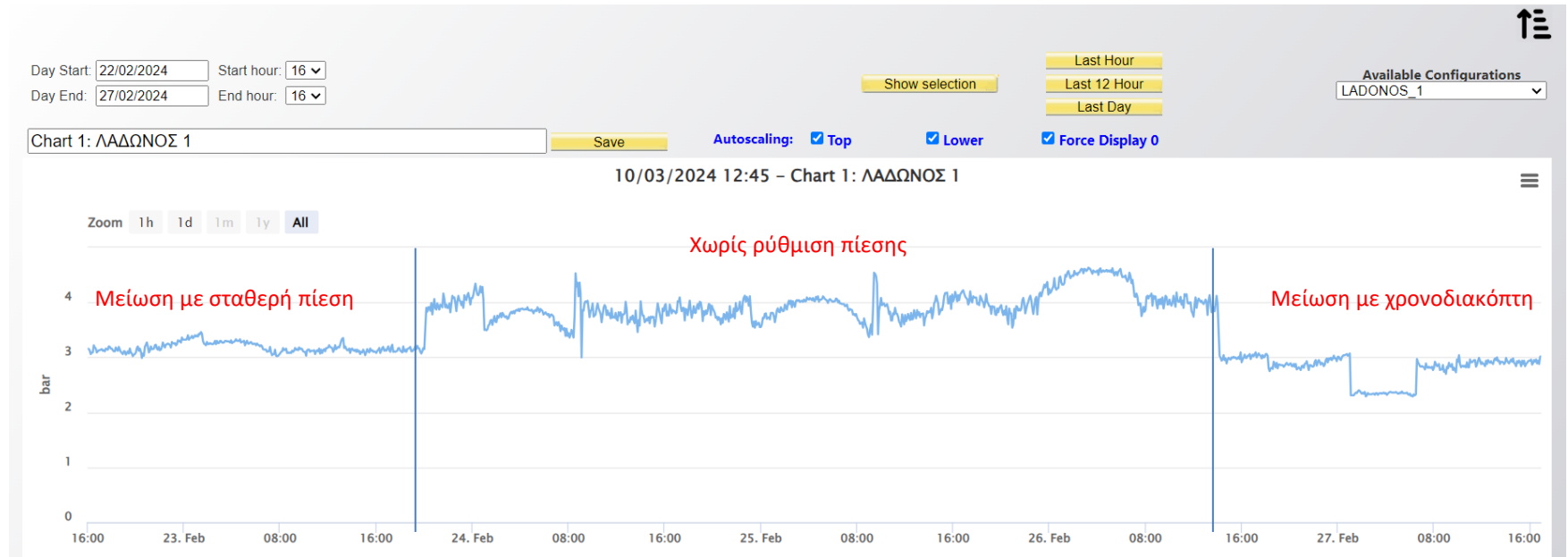
Διαχείριση Πίεσης Ζώνης Διαγόρα



Επίδραση Πίεσης στην Παροχή Ζώνης



Πίεση στο κρίσιμο σημείο της Ζώνης



Εφαρμογή προγράμματος Διαχείρισης Πίεσης

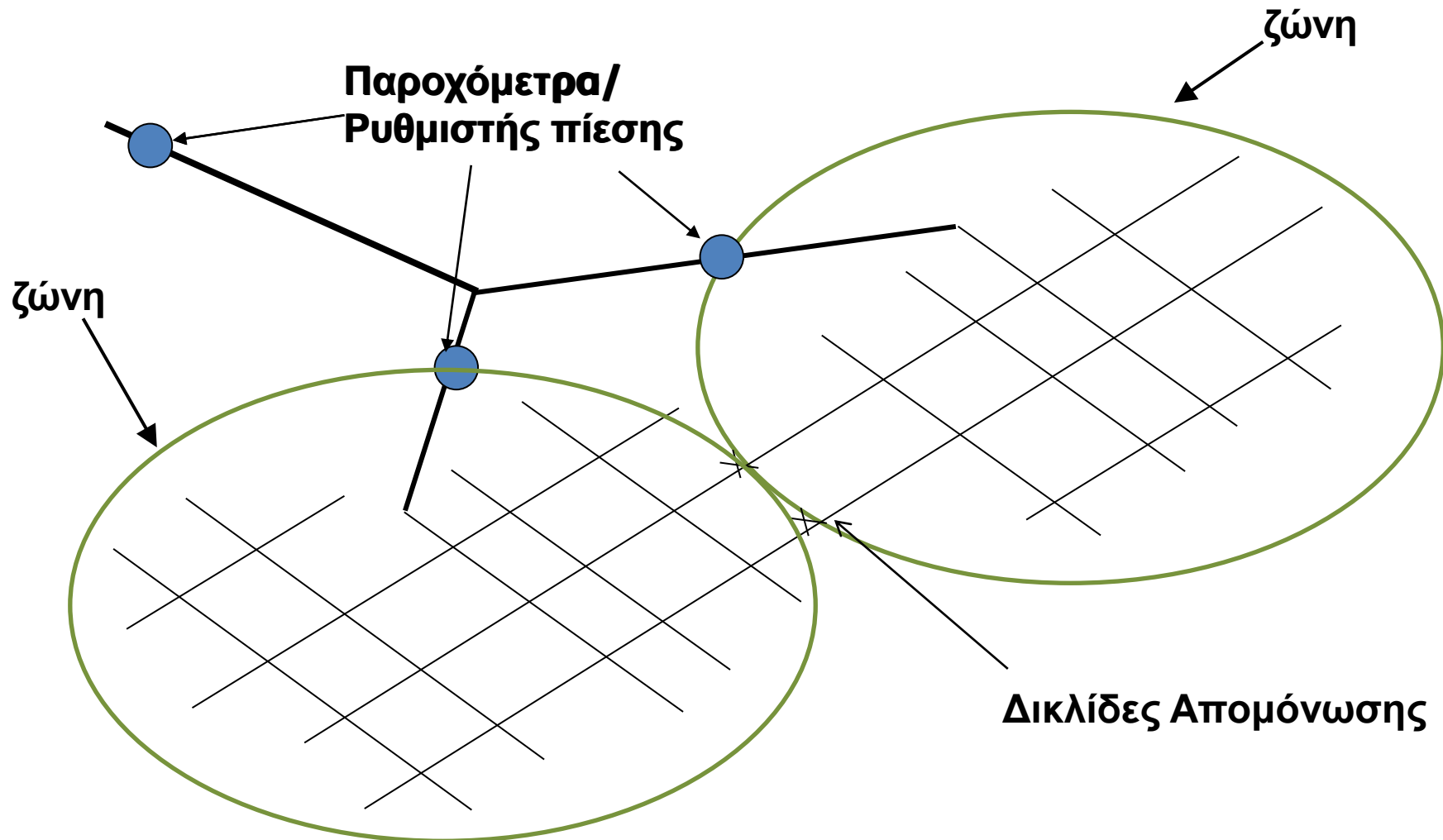
Ερωτήματα

- Θέσεις εγκατάστασης ρυθμιστών πίεσης?
- Περιοχή στην οποία ρυθμίζονται οι πιέσεις?
- Πόσο θα μειωθεί η πίεση ?
- Εφαρμογή προηγμένων τεχνολογιών?
- Έλεγχος αποτελεσματικότητας?

Σχεδιασμός

- Δημιουργία υδραυλικά απομονωμένων ζωνών (DMAs: District Metering Areas)
- Υδραυλικοί υπολογισμοί
- Πόροι που θα χρειασθούν για την υποστήριξη της λειτουργίας των νέων εγκαταστάσεων και την αξιοποίησή των δεδομένων τους

Χωρισμός Δικτύου σε Ζώνες Ελέγχου (DMAs)



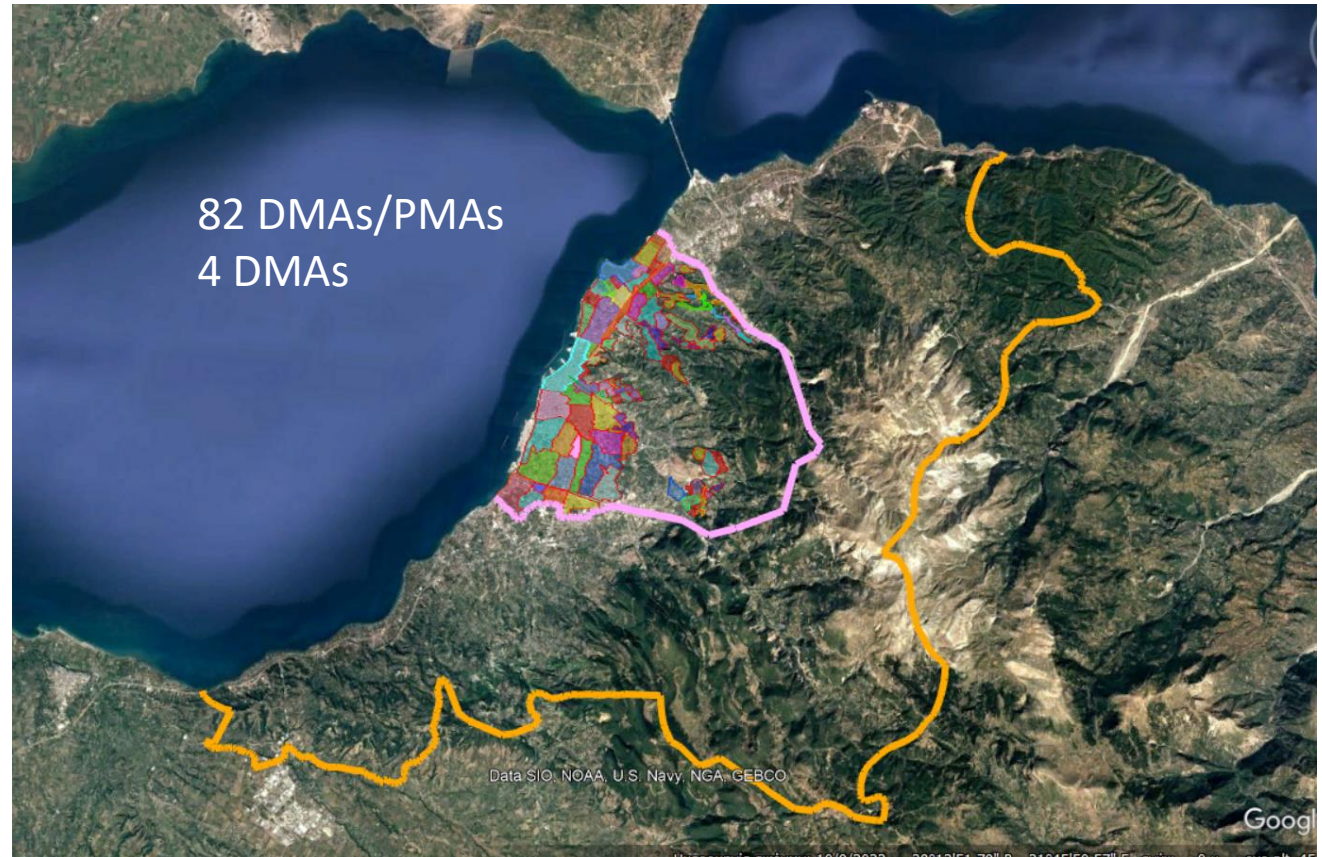
Χωρισμός δικτύου σε ζώνες ελέγχου πίεσης

- Συνεχής μέτρηση παροχής και πίεσης στην είσοδο των ζωνών
- Ανάλυση της ελάχιστης νυκτερινής παροχής για τον υπολογισμό των φυσικών απωλειών (διαρροών)
- Αποτελεσματική Διαχείριση Πίεσης
- Μείωση χρόνου εντοπισμού απωλειών
- Ιεράρχηση των απωλειών

Έργο ελέγχου διαρροών στα όρια του Καποδιστριακού Δήμου

**«Κατασκευή
ολοκληρωμένου
συστήματος Διαχείρισης
Πίεσης και Τηλεελέγχου
- Τηλεχειρισμού για τον
έλεγχο των διαρροών
στα δίκτυα ύδρευσης
του Δήμου Πάτρας»**

Έναρξη 11/2014 - Λήξη
11/2016
Σύμβαση: 1.977.461 €



Κριτήρια

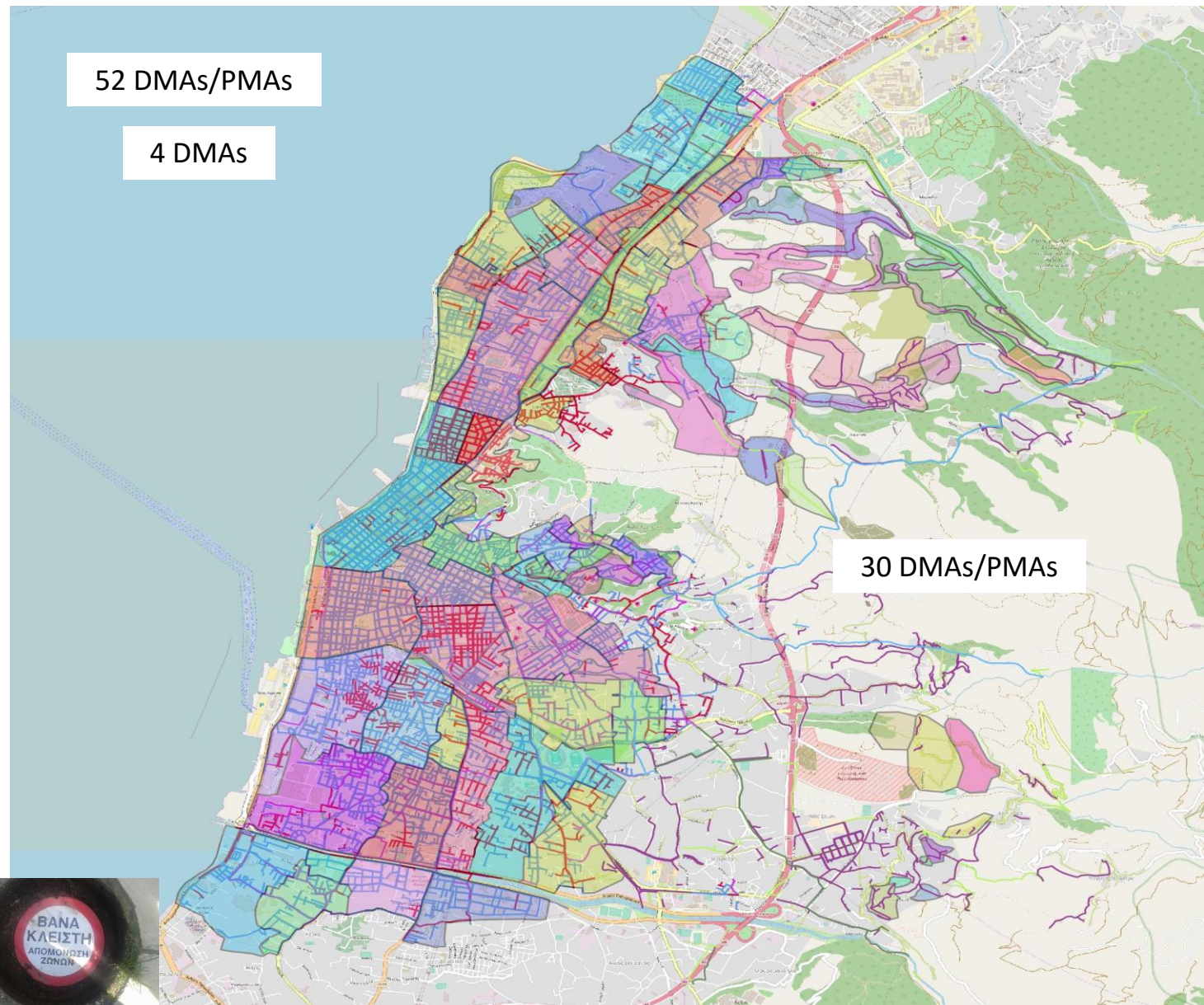
- Τοπογραφία (20-40m)
- Υφιστάμενα όρια του δικτύου
- Φυσικά χαρακτηριστικά
- Σύνδεση απ' ευθείας με τους αγωγούς μεταφοράς, όπου ήταν δυνατόν

Ζώνες (DMAs)

- 86 Υδραυλικά στεγανές ζώνες (απομονωμένες)
- Τροφοδοσία από ένα σημείο
- Συνεχής μέτρηση παροχής/πίεσης
- Τηλεμετρία

Όρια

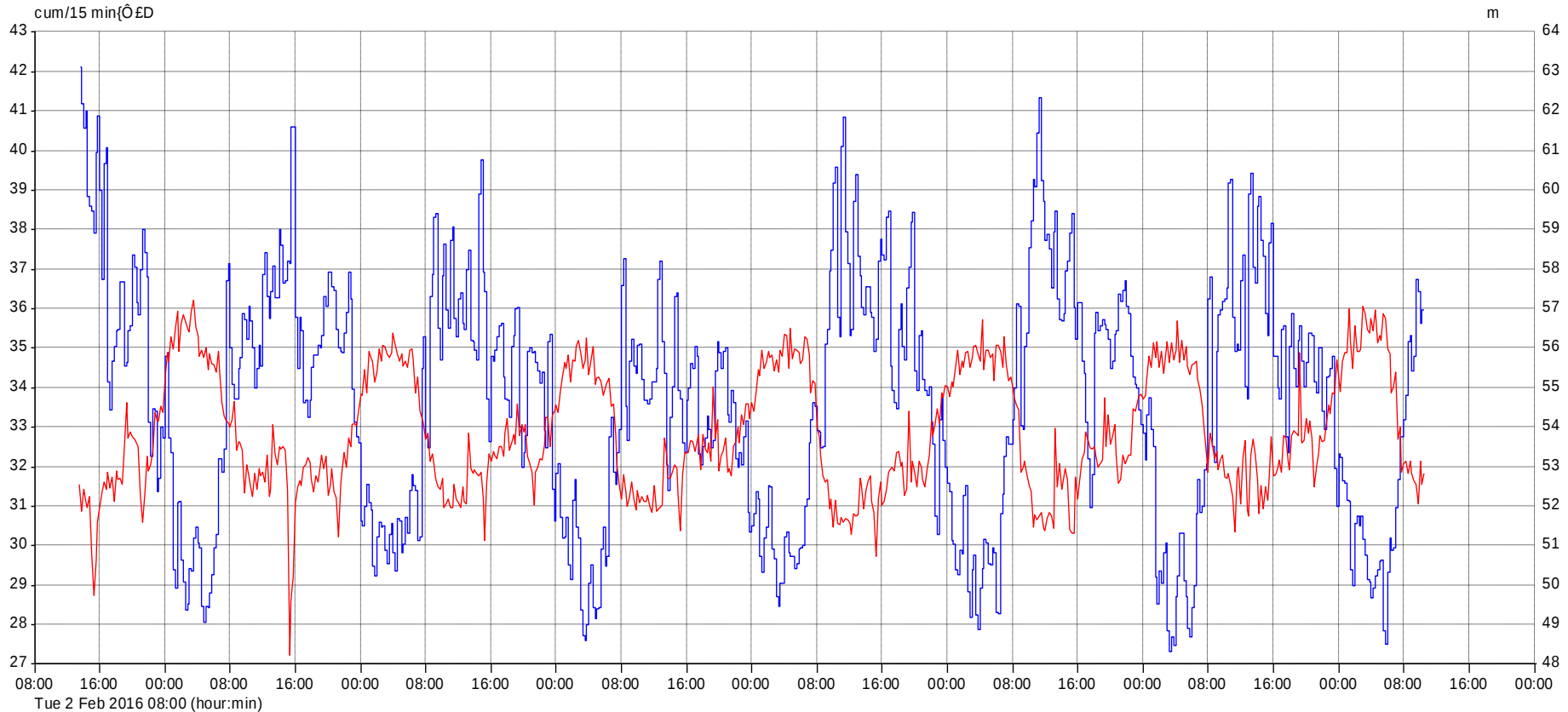
Κλειστές δικλίδες με κατάλληλη σήμανση



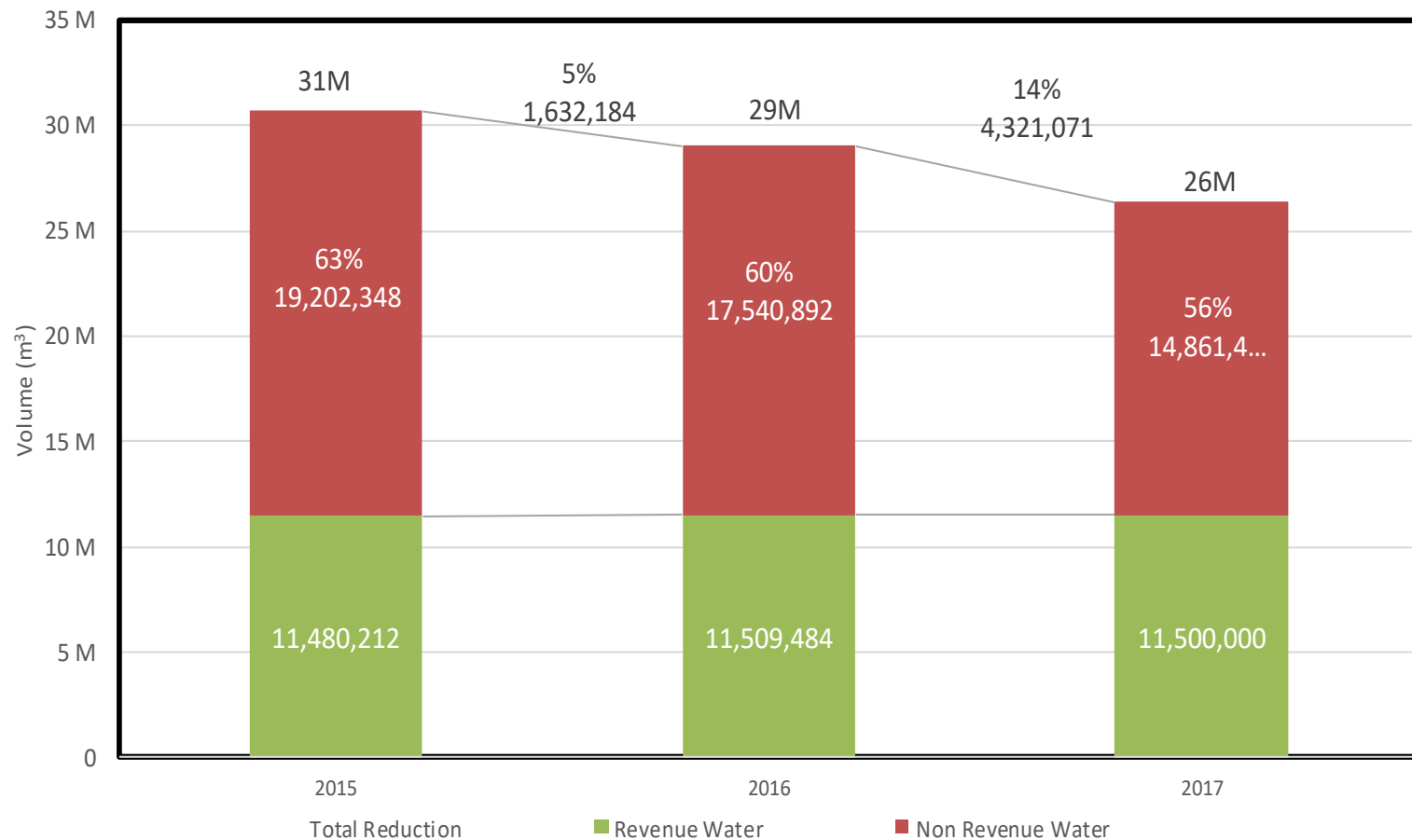
Λήψη δεδομένων για διαστασιολόγηση εξοπλισμού



Διαγράμματα παροχής & πίεσης στην είσοδο ζώνης



System Input Volume



Έργο ελέγχου διαρροών στα όρια του Καλλικρατικού Δήμου

**«Διαχείριση
Πιέσεων –
Διαρροών –
Τηλεδιοίκηση Α και
Γ Τομέων»**

Έναρξη 8/2018 -
Λήξη 2/2022
Σύμβαση:
873.971,31 €



Δυσκολίες από

- την ελλιπή αποτύπωση και
- την χωρίς σχεδιασμό ανάπτυξη του δικτύου ύδρευσης

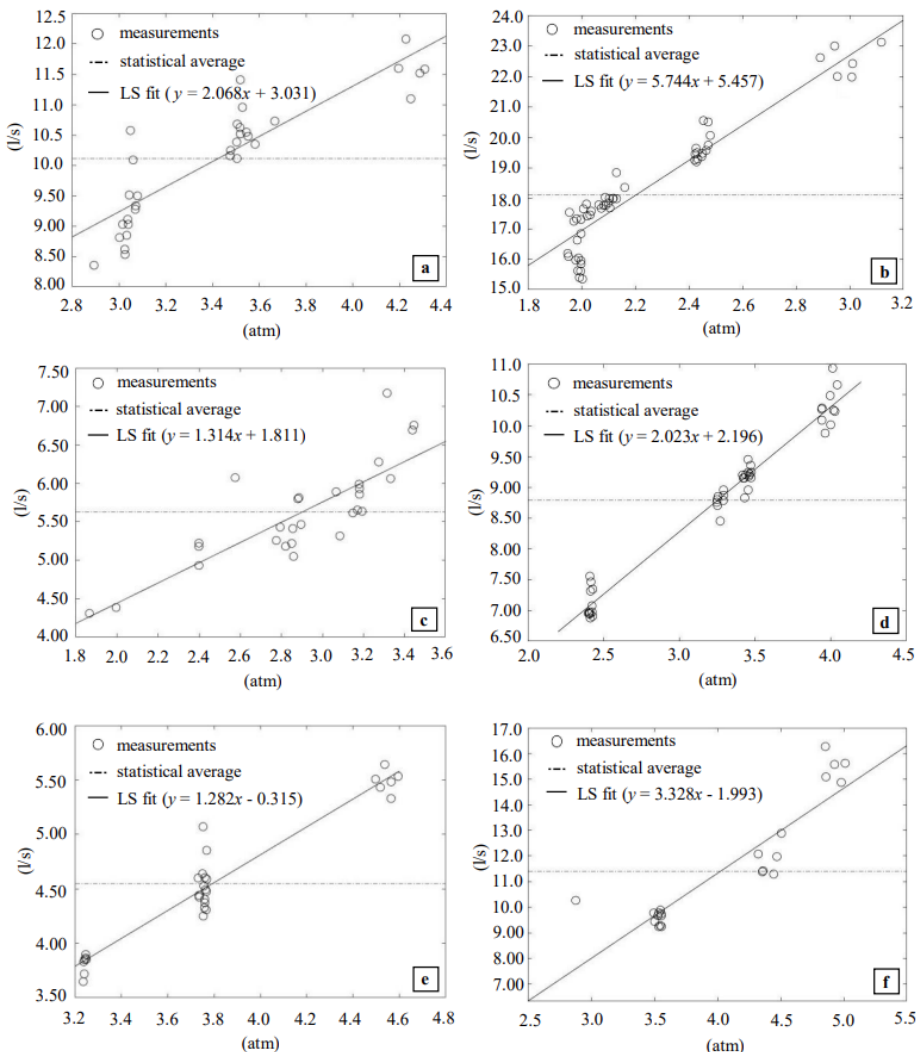
Κριτήρια

- Τοπογραφία (20-40m)
- Υφιστάμενα όρια του δικτύου (Διοικητικά όρια κοινοτήτων προ Καποδίστρια)
- Φυσικά χαρακτηριστικά

Ζώνες (DMAs)

- 37 Υδραυλικά στεγανές ζώνες (απομονωμένες)
- 23 Εκκρεμεί η υδραυλική τους απομόνωση & απαιτείται κατασκευή δικτύου
- Τροφοδοσία από ένα σημείο ή το πολύ δύο σημεία
- Συνεχής μέτρηση παροχής/πίεσης
- Τηλεμετρία





Σύμφωνα με το νόμο του Torricelli, η ταχύτητα u με την οποία το νερό εξέρχεται από μία οπή στο τοίχωμα ενός αγωγού είναι ανάλογη της τετραγωνικής ρίζας του ενεργειακού υψομέτρου h του νερού εντός του αγωγού, μετρούμενου από τον άξονα του αγωγού:

$$u \propto h^{0,5}$$

Συνεπώς, η παροχή νερού Q που εξέρχεται από μία οπή επιφάνειας A είναι ανάλογη της τετραγωνικής ρίζας του ενεργειακού υψομέτρου h του νερού εντός του αγωγού, μετρούμενου από τον άξονα του αγωγού (Serafeim et al., 2021, 2022a):

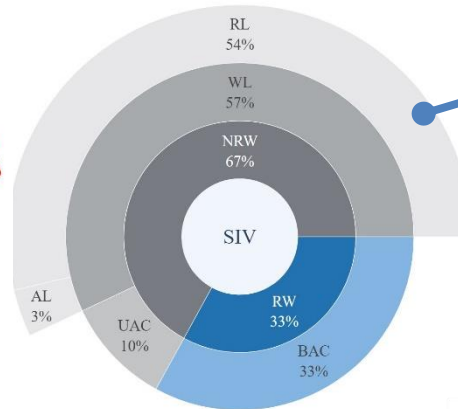
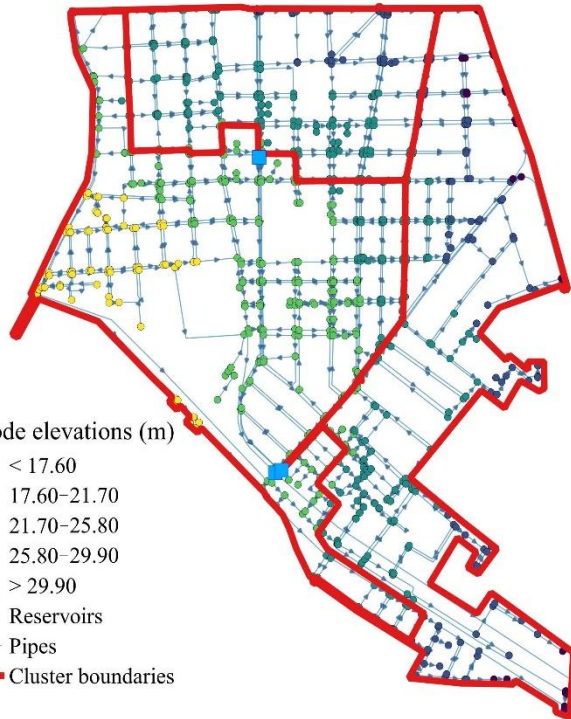
$$Q = u \cdot A \propto h^{0,5}$$

Κατά συνέπεια, η αύξηση της πίεσης λειτουργίας ενός δικτύου ύδρευσης οδηγεί αναπόφευκτα σε αύξηση των πραγματικών απωλειών νερού (δηλαδή των διαρροών).

Εκτιμήσεις Ελάχιστης Νυχτερινής Ροής (MNF, σε l/s) συναρτήσει της πίεσης (atm), οι οποίες προέκυψαν με τη μέθοδο πιθανοτικής εκτίμησης της MNF των Serafeim et al. (2021)



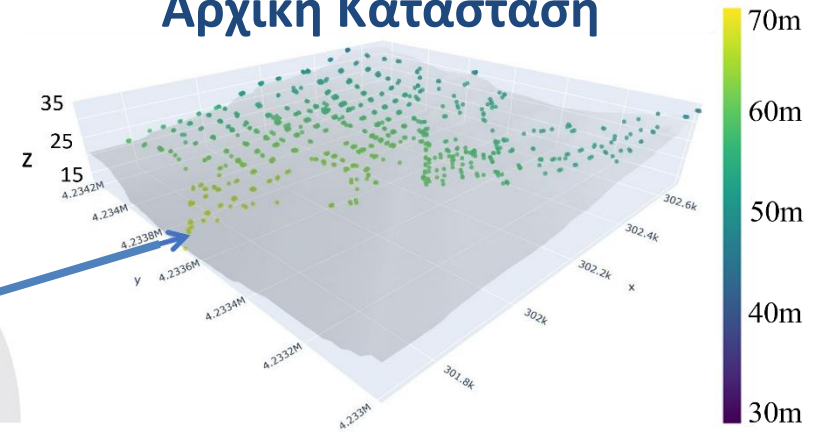
Περιοχή “Προσφυγικά” Πάτρας



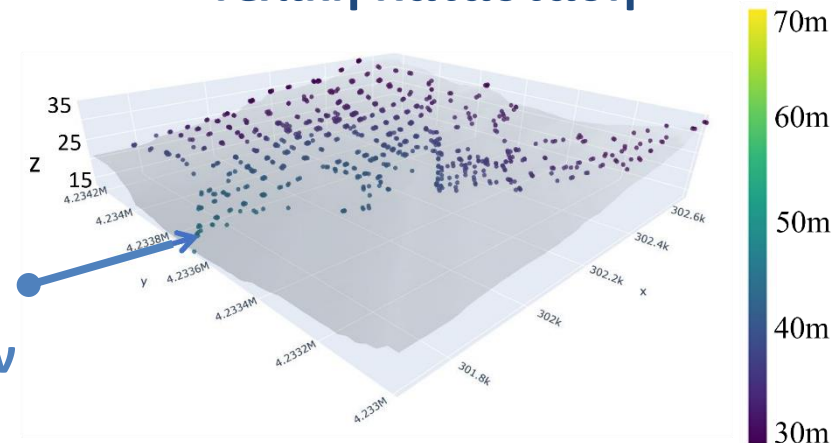
Serafeim et al., 2022b

**- 40.9%
μείωση
απωλειών**

Αρχική Κατάσταση



Τελική Κατάσταση



Διαχωρισμός της ζώνης (PMA) Προσφυγικά με βάση τα κομβικά υψόμετρα σε 3 επιμέρους υπο-ζώνες, με στόχο την ορθολογική ρύθμιση της πίεσης και τη μείωση των απωλειών νερού (βλ. Serafeim et al., 2022c,d)

Serafeim, A.V.; Kokosalakis, G.; Deidda, R.; Karathanasi, I. and Langousis, A. (2021) Probabilistic estimation of minimum night flow in water distribution networks: large-scale application to the city of Patras in western Greece, Stoch. Environ. Res. Risk. Assess., <https://doi.org/10.1007/s00477-021-02042-9>.

Serafeim, A.V.; Kokosalakis, G.; Deidda, R.; Karathanasi, I.; Langousis, A. (2022, a) Probabilistic Minimum Night Flow Estimation in Water Distribution Networks and Comparison with the Water Balance Approach: Large-Scale Application to the City Center of Patras in Western Greece, Water, 14, 98, <https://doi.org/10.3390/w14010098>.

Serafeim, A.V.; Kokosalakis, G.; Deidda, R.; Karathanasi, I.; Langousis, A. (2022, b) Probabilistic framework for the parametric modeling of leakages in water distribution networks: large scale application to the City of Patras in Western Greece, Stoch. Environ. Res. Risk Assess. <https://doi.org/10.1007/s00477-022-02213-2>.

Serafeim, A.V.; Kokosalakis, G.; Deidda, R.; Fourniotis N.Th.; Langousis, A. (2022, c) Combining Statistical Clustering with Hydraulic Modeling for Resilient Reduction of Water Losses in Water Distribution Networks: Large Scale Application Study in the City of Patras in Western Greece, Water, 14(21), 3493. <https://doi.org/10.3390/w14213493>.

Serafeim, A.V., G. Kokosalakis, R. Deidda, N. Th. Fourniotis and A. Langousis (2022, d) Large-scale application of a statistically rigorous and user unbiased algorithmic approach for reduction of leakages in the water distribution networks, AGU Fall Meeting 2022, 12-16 Dec. 2022, Chicago, IL, USA.

Ευχαριστώ!