

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**  
**ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ**  
**ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**Διπλωματική εργασία**

*ΤΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΡΥΘΜΙΣΗΣ ΤΗΣ ΠΙΕΣΗΣ  
ΣΤΗΝ ΗΛΙΚΙΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ. Η ΕΝΗΛΙΚΙΩΣΗ ΤΩΝ DMA<sub>s</sub>. – ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ  
ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ ΤΗΣ ΚΟΖΑΝΗΣ*

**ΜΑΓΟΥΛΑ ΜΑΡΙΑ ΑΝΑΣΤΑΣΙΑ**

Επιβλέπων Καθηγητής: **Βασίλειος Κανακούδης**

Υπεβλήθη για την εκπλήρωση μέρους των  
απαιτήσεων για την απόκτηση του  
Διπλώματος Πολιτικού Μηχανικού

**2018**

© 2018 Μαρία Αναστασία Μαγούλα

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από το Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών της Πολυτεχνικής Σχολής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας δεν υποδηλώνει αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα (Ν. 5343/32 αρ. 202 παρ. 2).

### **Εγκρίθηκε από τα Μέλη της Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής:**

Πρώτος Εξεταστής                    Δρ. Βασίλειος Κανακούδης, Αν. Καθηγητής  
(Επιβλέπων)

Δεύτερος Εξεταστής                    Δρ. Ευάγγελος Κεραμάρης, Επ. Καθηγητής

Τρίτος Εξεταστής                    Δρ. Θεόδωρος Καρακασίδης, Αν. Καθηγητής

## Ευχαριστίες

Τελειώνοντας την προπτυχιακή μου πορεία, θέλω να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα της διπλωματικής εργασίας μου, Αναπληρωτή Καθηγητή κ. Βασίλειο Κανακούδη για την γνωστική και ηθική υποστήριξη που παρείχε αλλά και για την εμπιστοσύνη που επέδειξε στο πρόσωπο μου, από τις πρώτες ημέρες της παρουσίας του στην εκπαίδευσή μου, ως παιδαγωγός.

Επιπρόσθετα, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον υποψήφιο διδάκτορα του ιδίου καθηγητή, κ. Μενέλαο Πατέλη, για την καθοδήγηση που μου παρείχε καθ' όλη την διάρκεια της προετοιμασίας της διπλωματικής μου διατριβής και την διάθεση του προσωπικού του χρόνου. Με τη συμβολή του Μενέλαου μου δόθηκε η ευκαιρία να κατανοήσω εμπράκτως τις δυσκολίες κάθε επιστημονικού εγχειρήματος αλλά κυρίως τον τρόπο σκέψης που πρέπει να διακατέχει όποιον θέλει να ονομάζεται μηχανικός.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Επίκουρο Καθηγητή κ. Γραμμένο Θεοφάνη για τη χρήσιμη συμβουλή του στο τελικό μέρος της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου, Δημήτρη Μαγούλα, Ουρανία Στεφανίδου και Κωνσταντίνο Μαγούλα τόσο για την υποστήριξη που μου παρείχαν καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου αλλά και για την αγάπη τους και την διαρκή προσπάθειά τους να γίνομαι συνεχώς καλύτερη.

Μαρία Αναστασία Μαγούλα

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η επιρροή της εφαρμογής τεχνικών ρύθμισης της πίεσης στην ηλικία του νερού, η διεξαγωγή της κατάλληλης συνάρτησης με σκοπό τον προσδιορισμό του τρόπου ενηλικίωσης του νερού σε ένα δίκτυο διανομής ύδατος αλλά και η πειραματική επίτευξη της χρυσής τομής μεταξύ πίεσης – ηλικίας του νερού.

Το δίκτυο ήταν ήδη βαθμονομημένο με τα πραγματικά στοιχεία. Επιπλέον, είχε πραγματοποιηθεί ο εικονικός διαχωρισμός του σε DMAs, στεγανές υποζώνες, και μελέτη τοποθέτησης βαλβίδων μείωσης της πίεσης, PRVs σε κατάλληλα σημεία με κατάλληλη πίεση.

Αρχικά έγινε μελέτη της παρούσας κατάστασης του δικτύου προκειμένου να υπολογιστούν οι τιμές πίεσης, ζήτησης κι ηλικίας που επικρατούν. Στη συνέχεια, η ίδια διαδικασία εφαρμόστηκε για την περίπτωση του δικτύου μετά τον διαχωρισμό του σε DMAs και την τοποθέτηση PRVs.

Στην περίπτωση διαχωρισμού του δικτύου σε στεγανές υποζώνες και τοποθέτησης των PRVs επετεύχθη σημαντική μείωση των πιέσεων (διαφορά της τάξης των 500kPa) αλλά και μείωση της ηλικίας του νερού. Ενώ, παρατηρήθηκε μείωση της ζήτησης του εισερχόμενου νερού στο δίκτυο.

Η ηλικία αποτελεί δείκτη της ποιότητας του νερού. Πιο συγκεκριμένα, η γήρανση του νερού επηρεάζει αρνητικά την ποιότητά του. Η παρούσα μελέτη διερευνά τον τρόπο και τον ρυθμό μεταβολής τόσο της ηλικίας που διέπει το δίκτυο μετά την εφαρμογή των τεχνικών διαχείρισης της πίεσης. Επίσης, ως αποτέλεσμα υπήρξε η ανάπτυξη συναρτήσεων ηλικίας νερού-χρόνου μελέτης που αντιπροσωπεύουν τον τρόπο μεταβολής της ηλικίας του νερού στο δίκτυο κάθε χρονική στιγμή.

Ως αντικείμενο μελέτης χρησιμοποιήθηκε το δίκτυο ύδρευσης της πόλης της Κοζάνης.

## **ABSTRACT**

The subject of this dissertation is to study how pressure regulation techniques influence the water age, developing the appropriate function in order to determine the water-aging pace in a water distribution network and experimentally achieve the golden intersection between water pressure and age.

The case study water distribution network was calibrated based on actual data. In addition, based on the hydraulic simulation model developed, the case study water distribution network was divided into virtual DMAs-District Metered Areas. Finally, a study took place to define the optimal network points (nodes) for the installation of PRVs to manage the network's operating pressure and keep it at acceptable levels.

Initially, the network's current operational state was studied in order to calculate the prevailing pressure rates, demand and age values. The same procedure was repeated for the network after the formation of the DMAs and the placement of the PRVs.

By dividing the network into DMAs and installing PRVs, a significant reduction on both the operating pressure and the age of the water flowing inside the pipes was achieved. At the same time, a reduction of the total water demand (System's Input Volume) was achieved too.

The age of the water flowing into a pipeline is an indicator of the water quality. In particular, water-aging negatively affects water quality. This study investigates how and in what degree the rate of age is affected by the application of pressure management techniques. Also, as a result, water-age functions were developed representing the change of the water-age in the network at any given time.

The water supply network of Kozani was used as the case study network.

## Μοζ

Μوضوع هذه الأطروحة هو تنفيذ الوظيفة المناسبة من أجل تحديد شيخوخة المياه في شبكة توزيع المياه وتحقيق اختباريا تقاطع ذهبي بين ضغط المياه و عمر المياه.

تم معايرة الشبكة مع البيانات الفعلية سابقا. وبالإضافة إلى ذلك، لقد تم الفصل الافتراضي إلى مناطق قياسية (DMAs) و قطاعات فرعية مائية، فضلا عن وضع صمامات تخفيض الضغط، وصمامات تخفيض الضغط (PRVs) في نقاط مناسبة مع الضغط المناسب.

في البداية، تم دراسة حالة الشبكة الحالية لحساب قيم الضغط السائدة، و من ثم تم اتباع نفس الإجراء في حالة الشبكة في المناطق القياسية في المنطقة و الذي يؤدي لتغيير وضع صمامات تخفيض الضغط.

والسبب في وجود المناطق القياسية (DMAs) هو فصل الشبكة إلى مناطق أصغر وأكثر قابلية للإدارة حيث يقاس التدفق بدقة أكبر لمعرفة ما إذا كانت هناك تسريبات في الشبكة المدروسة. في نهاية المطاف، مع تطبيق إدارة الضغط هذا يتم تقليل وقت الكشف عن التسرب بشكل ملحوظ وهذا يؤدي إلى انخفاض في حجم إجمالي الخسائر. وبالإضافة إلى ذلك، كان هناك انخفاض كبير في عمر المياه وبالتالي نوعية أفضل من المياه الموردة.

وفي حالة وضع صمامات خفض الضغط (PRVs) تم تحقيق انخفاض أكبر في الخسائر مع تحقيق ضغوط محسنة لإمدادات المياه وعدم زيادة في عمر المياه.

العمر هو مؤشر على نوعية المياه. على وجه الخصوص، شيخوخة المياه يؤثر بطريقة سلبية في جودته. وتستكشف هذه الدراسة الطريقة ومعدل التغيير في العمر الذي يحدث بعد تطبيق تقنيات إدارة الضغط من خلال تنفيذ وظائف تمثيلية على شيخوخة المياه مما يتيح الإدارة السليمة لكل منطقة والحساب عند كل نقطة في العمر المياه في الشبكة.

لقد تم استخدام شبكة إمدادات مياه مدينة كوزاني في هذه الدراسة.

## Περιεχόμενα

<b>1. Εισαγωγή</b> .....	<b>1</b>
1.1 Το νερό και οι αιτίες μείωσης των αποθεμάτων του.....	1
1.2 Πλεονεκτήματα ρύθμιση της πίεσης.....	2
1.3 Υδραυλικά απομονωμένες περιοχές (DMAs – District Metered Areas).....	2
1.4 Βαλβίδες μείωσης πίεσης (PRVs).....	3
<b>2. Η ηλικία του νερού</b> .....	<b>4</b>
2.1 Ορισμός της ηλικίας του νερού σε ένα δίκτυο ύδρευσης.....	4
2.2 Προβλήματα εξαιτίας της αύξησης της ηλικίας του νερού και τρόποι αντιμετώπισης.....	4
<b>3. Το δίκτυο ύδρευσης της Κοζάνης</b> .....	<b>7</b>
3.1 Η πόλη της Κοζάνης.....	7
3.2 Η Δ.Ε.Υ.Α.Κοζάνης.....	7
3.3 Οι υδατικοί πόροι και το υδραγωγείο.....	8
3.4 Προβλήματα υπάρχοντος δικτύου.....	10
<b>4. Υφιστάμενος διαχωρισμός και λειτουργία του δικτύου</b> .....	<b>11</b>
4.1 Προϋπάρχουσες DMAs στο υπό μελέτη δίκτυο ύδρευσης.....	11
4.2 Ορισμός του δικτύου ως PDD.....	15
<b>5. Αποτελέσματα μελέτης ως προς την πίεση και την ηλικία</b> .....	<b>16</b>
5.1 Σενάρια Μελέτης και Ανάλυσης.....	16
5.2 Παρουσίαση κρίσιμων κόμβων.....	17
5.3 Σενάριο 1 <sup>ο</sup> . Αρχική κατάσταση.No DMAs_No PRVs.....	17
5.3.1 Κρίσιμοι κόμβοι ως προς την ηλικία - Εξεταζόμενος μήνας : Φεβρουάριος.....	18
5.3.2 Κρίσιμοι κόμβοι ως προς την πίεση - Εξεταζόμενος μήνας Φεβρουάριος.....	19
5.3.3 Κρίσιμοι κόμβοι ως προς την ηλικία - Εξεταζόμενος μήνας : Ιούλιος.....	20
5.3.4 Κρίσιμοι κόμβοι ως προς την πίεση - Εξεταζόμενος μήνας : Ιούλιος.....	21
5.3.5 Κρίσιμοι κόμβοι ως προς την ηλικία - Εξεταζόμενος μήνας Νοέμβριος.....	22
5.3.6 Κρίσιμοι κόμβοι ως προς την πίεση - Εξεταζόμενος μήνας Νοέμβριος.....	23
5.4 Σενάριο 2 <sup>ο</sup> . Διαχωρισμός του δικτύου σε DMAs κι εγκατάσταση βαλβίδων μείωσης της πίεσης. With DMAs_With PRVs. ....	24
5.4.1 Κρίσιμοι κόμβοι ως προς την ηλικία - Εξεταζόμενος μήνας : Φεβρουάριος.....	24
5.4.2 Κρίσιμοι κόμβοι ως προς την πίεση - Εξεταζόμενος μήνας : Φεβρουάριος.....	25
5.4.3 Κρίσιμοι κόμβοι ως προς την ηλικία - Εξεταζόμενος μήνας : Ιούλιος.....	26
5.4.4 Κρίσιμοι κόμβοι ως προς την πίεση - Εξεταζόμενος μήνας : Ιούλιος.....	27
5.4.5 Κρίσιμοι κόμβοι ως προς την ηλικία - Εξεταζόμενος μήνας : Νοέμβριος.....	28
5.4.6 Κρίσιμοι κόμβοι ως προς την πίεση - Εξεταζόμενος μήνας : Νοέμβριος.....	29
5.5 Σχολιασμός κρίσιμων κόμβων και ανταπόκρισης του δικτύου στις αλλαγές.....	30
5.6 Συγκεντρωτικοί πίνακες και διαγράμματα ηλικίας-πίεσης-ζήτησης.....	34
5.6.1 Σενάριο 1ο. Αρχική κατάσταση του δικτύου.....	34
5.6.2 Σενάριο 2ο. Διαχωρισμός του δικτύου σε DMAs κι εγκατάσταση βαλβίδων μείωσης της πίεσης.....	35
5.7 Συγκριτικά διαγράμματα.....	37
5.7.1 Μέγιστη ηλικία κρίσιμων κόμβων κάθε DMA.....	37



5.7.2	Μέγιστη ηλικία του κρίσιμου κόμβου σε σχέση με τη μέση ηλικία της αντίστοιχης DMA .....	42
5.7.3	Ελάχιστη και μέγιστη τιμή πίεσης κάθε DMA .....	46
5.8	Διαμόρφωση της ηλικίας έπειτα από ρύθμιση της πίεσης των PRVs. ....	50
5.9	Συνάρτηση ενηλικίωσης του νερού για τις κυριότερες DMAs. ....	64
5.10	Συνάρτηση ενηλικίωσης για το Σενάριο 1 <sup>ο</sup> . Αρχική κατάσταση. No DMAs_No PRVs. ....	65
5.10.1	Συνάρτηση ενηλικίωσης της DMA M τον μήνα Φεβρουάριο .....	65
5.10.2	Συνάρτηση ενηλικίωσης της DMA 5 τον μήνα Φεβρουάριο .....	66
5.10.3	Συνάρτηση ενηλικίωσης της DMA K-1 τον μήνα Φεβρουάριο .....	66
5.10.4	Συνάρτηση ενηλικίωσης της DMA K-2 τον μήνα Φεβρουάριο .....	67
5.10.5	Συνάρτηση ενηλικίωσης της DMA M τον μήνα Ιούλιο .....	67
5.10.6	Συνάρτηση ενηλικίωσης της DMA 5 τον μήνα Ιούλιο .....	68
5.10.7	Συνάρτηση ενηλικίωσης της DMA K-1 τον μήνα Ιούλιο .....	69
5.10.8	Συνάρτηση ενηλικίωσης της DMA K-2 τον μήνα Ιούλιο .....	69
5.10.9	Συνάρτηση ενηλικίωσης της DMA M τον μήνα Νοέμβριο .....	70
5.10.10	Συνάρτηση ενηλικίωσης της DMA 5 τον μήνα Νοέμβριο .....	70
5.10.11	Συνάρτηση ενηλικίωσης της DMA K-1 τον μήνα Νοέμβριο .....	71
5.10.12	Συνάρτηση ενηλικίωσης της DMA K-2 τον μήνα Νοέμβριο .....	71
5.11	Συνάρτηση ενηλικίωσης για το Σενάριο 2 <sup>ο</sup> . Διαχωρισμός του δικτύου σε DMAs κι εγκατάσταση βαλβίδων μείωσης της πίεσης. With DMAs_With PRVs.....	72
5.11.1	Συνάρτηση ενηλικίωσης της DMA M τον μήνα Φεβρουάριο .....	72
5.11.2	Συνάρτηση ενηλικίωσης της DMA 5 τον μήνα Φεβρουάριο .....	73
5.11.3	Συνάρτηση ενηλικίωσης της DMA K-1 τον μήνα Φεβρουάριο .....	73
5.11.4	Συνάρτηση ενηλικίωσης της DMA K-2 τον μήνα Φεβρουάριο .....	74
5.11.5	Συνάρτηση ενηλικίωσης της DMA M τον μήνα Ιούλιο .....	74
5.11.6	Συνάρτηση ενηλικίωσης της DMA 5 τον μήνα Ιούλιο .....	75
5.11.7	Συνάρτηση ενηλικίωσης της DMA K-1 τον μήνα Ιούλιο .....	75
5.11.8	Συνάρτηση ενηλικίωσης της DMA K-2 τον μήνα Ιούλιο .....	76
5.11.9	Συνάρτηση ενηλικίωσης της DMA M τον μήνα Νοέμβριο .....	76
5.11.10	Συνάρτηση ενηλικίωσης της DMA 5 τον μήνα Νοέμβριο .....	77
5.11.11	Συνάρτηση ενηλικίωσης της DMA K-1 τον μήνα Νοέμβριο .....	77
5.11.12	Συνάρτηση ενηλικίωσης της DMA K-2 τον μήνα Νοέμβριο .....	78
6.	Επίλογος.....	79
6.1	Επίλογος – Αποτελέσματα μελέτης.....	79
	<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>80</b>

### **ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ**

<b>Εικόνα 1.1:</b>	Παγκόσμιος χάρτης λειψυδρίας.....	<b>Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.</b>
<b>Εικόνα 2.1:</b>	Διαδικασία έκπλυσης μέσω πυροσβεστικού κρουνού.....	5
<b>Εικόνα 2.2:</b>	Δεξαμενή νερού σε αυξημένη υψομετρική θέση(Λιθότοπος Σερρών) .....	6
<b>Εικόνα 3.1:</b>	Εικόνα από το λαογραφικό-ιστορικό μουσείο της πόλης.....	7
<b>Εικόνα 3.2:</b>	Δίκτυο ύδρευσης Κοζάνης-ζώνες πίεσης .....	8
<b>Εικόνα 3.3:</b>	Η πόλη της Κοζάνης μέσω δορυφόρου .....	8
<b>Εικόνα 3.4:</b>	Σκαρίφημα του εξωτερικού κι εσωτερικού υδραγωγείου Δ.Ε.Υ.Α.Κοζάνης (Πατέλης,2013).....	9
<b>Εικόνα 4.1:</b>	1 <sup>η</sup> ομάδα στεγανών υποζωνών .....	11

<b>Εικόνα 4.2:</b> 1 <sup>η</sup> ομάδα στεγανών υποζωνών με υπόβαθρο τους αγωγούς .....	12
<b>Εικόνα 4.3:</b> 2 <sup>η</sup> ομάδα στεγανών υποζωνών .....	12
<b>Εικόνα 4.4:</b> 2 <sup>η</sup> ομάδα στεγανών υποζωνών με υπόβαθρο τους αγωγούς .....	13
<b>Εικόνα 4.5:</b> 3 <sup>η</sup> ομάδα στεγανών υποζωνών .....	13
<b>Εικόνα 4.6:</b> 3 <sup>η</sup> ομάδα στεγανών υποζωνών με υπόβαθρο τους αγωγούς .....	14
<b>Εικόνα 4.7:</b> Οι υπό μελέτη περιοχές της πόλης της Κοζάνης .....	14
<b>Εικόνα 5.1:</b> Χάρτης κρίσιμων κόμβων ως προς την ηλικία όπως προέκυψαν από την ανάλυση (μάυρη κουκκίδα) κι όπως προέκυψαν εξαιτίας της ζήτησης τους (κίτρινη κουκκίδα) για το Σενάριο 1 <sup>ο</sup> τον μήνα Φεβρουάριο για 96 ώρες ανάλυσης .....	18
<b>Εικόνα 5.2:</b> Χάρτης κρίσιμων κόμβων ως προς την πίεση όπως προέκυψαν από την ανάλυση (μάυρη κουκκίδα) κι όπως προέκυψαν εξαιτίας της ζήτησης τους (κίτρινη κουκκίδα) για το Σενάριο 1 <sup>ο</sup> τον μήνα Φεβρουάριο για 96 ώρες ανάλυσης .....	19
<b>Εικόνα 5.3:</b> Χάρτης κρίσιμων κόμβων ως προς την ηλικία όπως προέκυψαν από την ανάλυση (μάυρη κουκκίδα) κι όπως προέκυψαν εξαιτίας της ζήτησης τους (κίτρινη κουκκίδα) για το Σενάριο 1 <sup>ο</sup> τον μήνα Ιούλιο για 96 ώρες ανάλυσης.....	20
<b>Εικόνα 5.4:</b> Χάρτης κρίσιμων κόμβων ως προς την πίεση όπως προέκυψαν από την ανάλυση (μάυρη κουκκίδα) κι όπως προέκυψαν εξαιτίας της ζήτησης τους (κίτρινη κουκκίδα) για το Σενάριο 1 <sup>ο</sup> τον μήνα Ιούλιο για 96 ώρες ανάλυσης.....	21
<b>Εικόνα 5.5:</b> Χάρτης κρίσιμων κόμβων ως προς την ηλικία όπως προέκυψαν από την ανάλυση (μάυρη κουκκίδα) κι όπως προέκυψαν εξαιτίας της ζήτησης τους (κίτρινη κουκκίδα) για το Σενάριο 1 <sup>ο</sup> τον μήνα Νοέμβριο για 96 ώρες ανάλυσης .....	22
<b>Εικόνα 5.6:</b> Χάρτης κρίσιμων κόμβων ως προς την πίεση όπως προέκυψαν από την ανάλυση (μάυρη κουκκίδα) κι όπως προέκυψαν εξαιτίας της ζήτησης τους (κίτρινη κουκκίδα) για το Σενάριο 1 <sup>ο</sup> τον μήνα Νοέμβριο για 96 ώρες ανάλυσης .....	23
<b>Εικόνα 5.7:</b> Χάρτης κρίσιμων κόμβων ως προς την ηλικία όπως προέκυψαν από την ανάλυση (μάυρη κουκκίδα) κι όπως προέκυψαν εξαιτίας της ζήτησης τους (κίτρινη κουκκίδα) για το Σενάριο 2 <sup>ο</sup> τον μήνα Φεβρουάριο για 96 ώρες ανάλυσης .....	24
<b>Εικόνα 5.8:</b> Χάρτης κρίσιμων κόμβων ως προς την πίεση όπως προέκυψαν από την ανάλυση (μάυρη κουκκίδα) κι όπως προέκυψαν εξαιτίας της ζήτησης τους (κίτρινη κουκκίδα) για το Σενάριο 2 <sup>ο</sup> τον μήνα Φεβρουάριο για 96 ώρες ανάλυσης .....	25
<b>Εικόνα 5.9:</b> Χάρτης κρίσιμων κόμβων ως προς την ηλικία όπως προέκυψαν από την ανάλυση (μάυρη κουκκίδα) κι όπως προέκυψαν εξαιτίας της ζήτησης τους (κίτρινη κουκκίδα) για το Σενάριο 2 <sup>ο</sup> τον μήνα Ιούλιο για 96 ώρες ανάλυσης.....	26
<b>Εικόνα 5.10:</b> Χάρτης κρίσιμων κόμβων ως προς την πίεση όπως προέκυψαν από την ανάλυση (μάυρη κουκκίδα) κι όπως προέκυψαν εξαιτίας της ζήτησης τους (κίτρινη κουκκίδα) για το Σενάριο 2 <sup>ο</sup> τον μήνα Ιούλιο για 96 ώρες ανάλυσης.....	27
<b>Εικόνα 5.11:</b> Χάρτης κρίσιμων κόμβων ως προς την ηλικία όπως προέκυψαν από την ανάλυση (μάυρη κουκκίδα) κι όπως προέκυψαν εξαιτίας της ζήτησης τους (κίτρινη κουκκίδα) για το Σενάριο 2 <sup>ο</sup> τον μήνα Νοέμβριο για 96 ώρες ανάλυσης .....	28
<b>Εικόνα 5.12:</b> Χάρτης κρίσιμων κόμβων ως προς την πίεση όπως προέκυψαν από την ανάλυση (μάυρη κουκκίδα) κι όπως προέκυψαν εξαιτίας της ζήτησης τους (κίτρινη κουκκίδα) για το Σενάριο 2 <sup>ο</sup> τον μήνα Νοέμβριο για 96 ώρες ανάλυσης.....	29
<b>Εικόνα 5.13:</b> Pattern προσομοίωσης της ζήτησης για 24ωρο κύκλο .....	64
<b>Εικόνα 5.14:</b> Τιμές πολλαπλασιαστή της ζήτησης για κάθε ώρα για 24ωρο κύκλο .....	64

## **ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ**

<b>Πίνακας 5.1:</b> Κρίσιμοι κόμβοι ως προς την ηλικία σε κάθε DMA και παρουσίαση των αντίστοιχων τιμών πίεσης και ζήτησης για το Σενάριο 1 <sup>ο</sup> τον μήνα Φεβρουάριο για 96 ώρες ανάλυσης.....	18
--	----



<b>Πίνακας 5.21:</b> Κρίσιμοι κόμβοι ως προς την ηλικία σε κάθε DMA και παρουσίαση των αντίστοιχων τιμών πίεσης και ζήτησης για το Σενάριο 2 <sup>ο</sup> τον μήνα Νοέμβριο για 96 ώρες ανάλυσης.....	28
<b>Πίνακας 5.22:</b> Σταθμικοί κρίσιμοι κόμβοι ως προς την ηλικία σε κάθε DMA και παρουσίαση των αντίστοιχων τιμών πίεσης και ζήτησης για το Σενάριο 2 <sup>ο</sup> τον μήνα Νοέμβριο για 96 ώρες ανάλυσης.....	28
<b>Πίνακας 5.23:</b> Κρίσιμοι κόμβοι ως προς την πίεση σε κάθε DMA και παρουσίαση των αντίστοιχων τιμών ηλικίας και ζήτησης για το Σενάριο 2 <sup>ο</sup> τον μήνα Νοέμβριο για 96 ώρες ανάλυσης.....	29
<b>Πίνακας 5.24:</b> Σταθμικοί κρίσιμοι κόμβοι ως προς την πίεση σε κάθε DMA και παρουσίαση των αντίστοιχων τιμών ηλικίας και ζήτησης για το Σενάριο 2 <sup>ο</sup> τον μήνα Νοέμβριο για 96 ώρες ανάλυσης.....	29
<b>Πίνακας 5.25:</b> Ποσοστιαία μεταβολή της ηλικίας του νερού σε κάθε DMA μεταξύ των Σεναρίου 1 <sup>ο</sup> και Σεναρίου 2 <sup>ο</sup> για τον μήνα Φεβρουάριο για 96 ώρες ανάλυσης στην περίπτωση των κρίσιμων κόμβων .....	30
<b>Πίνακας 5.26:</b> Ποσοστιαία μεταβολή της ηλικίας του νερού σε κάθε DMA μεταξύ των Σεναρίου 1ο και Σεναρίου 2ο για τον μήνα Ιούλιο για 96 ώρες ανάλυσης στην περίπτωση των κρίσιμων κόμβων .....	30
<b>Πίνακας 5.27:</b> Ποσοστιαία μεταβολή της ηλικίας του νερού σε κάθε DMA μεταξύ των Σεναρίου 1ο και Σεναρίου 2ο για τον μήνα Νοέμβριο για 96 ώρες ανάλυσης στην περίπτωση των κρίσιμων κόμβων .....	31
<b>Πίνακας 5.28:</b> Ποσοστιαία μεταβολή της ηλικίας του νερού σε κάθε DMA μεταξύ των Σεναρίου 1ο και Σεναρίου 2ο για τον μήνα Φεβρουάριο για 96 ώρες ανάλυσης στην περίπτωση των σταθμικών κρίσιμων κόμβων .....	32
<b>Πίνακας 5.29:</b> Ποσοστιαία μεταβολή της ηλικίας του νερού σε κάθε DMA μεταξύ των Σεναρίου 1ο και Σεναρίου 2ο για τον μήνα Ιούλιο για 96 ώρες ανάλυσης στην περίπτωση των σταθμικών κρίσιμων κόμβων .....	32
<b>Πίνακας 5.30:</b> Ποσοστιαία μεταβολή της ηλικίας του νερού σε κάθε DMA μεταξύ των Σεναρίου 1ο και Σεναρίου 2ο για τον μήνα Νοέμβριο για 96 ώρες ανάλυσης στην περίπτωση των σταθμικών κρίσιμων κόμβων .....	32
<b>Πίνακας 5.31:</b> Συγκεντρωτικός πίνακας ως προς την ηλικία την πίεση και την ζήτηση για το Σενάριο 1ο τον μήνα Φεβρουάριο για 96 ώρες ανάλυσης .....	34
<b>Πίνακας 5.32:</b> Συγκεντρωτικός πίνακας ως προς την ηλικία την πίεση και την ζήτηση για το Σενάριο 1ο τον μήνα Ιούλιο για 96 ώρες ανάλυσης.....	34
<b>Πίνακας 5.33:</b> Συγκεντρωτικός πίνακας ως προς την ηλικία την πίεση και την ζήτηση για το Σενάριο 1ο τον μήνα Νοέμβριο για 96 ώρες ανάλυσης.....	35
<b>Πίνακας 5.34:</b> Συγκεντρωτικός πίνακας ως προς την ηλικία την πίεση και την ζήτηση για το Σενάριο 2ο τον μήνα Φεβρουάριο για 96 ώρες ανάλυσης .....	35
<b>Πίνακας 5.35:</b> Συγκεντρωτικός πίνακας ως προς την ηλικία την πίεση και την ζήτηση για το Σενάριο 2ο τον μήνα Ιούλιο για 96 ώρες ανάλυσης.....	35
<b>Πίνακας 5.36:</b> Συγκεντρωτικός πίνακας ως προς την ηλικία την πίεση και την ζήτηση για το Σενάριο 2ο τον μήνα Νοέμβριο για 96 ώρες ανάλυσης.....	35
<b>Πίνακας 5.37:</b> Αρχική ρύθμιση πιέσεων των PRVs .....	51
<b>Πίνακας 5.38:</b> Διαμόρφωση της πίεσης και της ηλικίας στην DMA M τον μήνα Φεβρουάριο για κάθε περίπτωση ρύθμισης της PRV-28 .....	51
<b>Πίνακας 5.39:</b> Διαμόρφωση της πίεσης και της ηλικίας στην DMA M τον μήνα Φεβρουάριο για κάθε περίπτωση ρύθμισης της PRV-20 .....	52
<b>Πίνακας 5.40:</b> Διαμόρφωση της πίεσης και της ηλικίας στην DMA M τον μήνα Φεβρουάριο για κάθε περίπτωση ρύθμισης της PRV-9 .....	53
<b>Πίνακας 5.41:</b> Διαμόρφωση της πίεσης και της ηλικίας στην DMA M τον μήνα Φεβρουάριο για κάθε περίπτωση ρύθμισης της PRV-17 .....	54

<b>Πίνακας 5.42:</b> Διαμόρφωση της πίεσης και της ηλικίας στην DMA M τον μήνα Ιούλιο για κάθε περίπτωση ρύθμισης της PRV-28.....	55
<b>Πίνακας 5.43:</b> Διαμόρφωση της πίεσης και της ηλικίας στην DMA M τον μήνα Ιούλιο για κάθε περίπτωση ρύθμισης της PRV-20.....	56
<b>Πίνακας 5.44:</b> Διαμόρφωση της πίεσης και της ηλικίας στην DMA M τον μήνα Ιούλιο για κάθε περίπτωση ρύθμισης της PRV-9.....	57
<b>Πίνακας 5.45:</b> Διαμόρφωση της πίεσης και της ηλικίας στην DMA M τον μήνα Ιούλιο για κάθε περίπτωση ρύθμισης της PRV-17.....	58
<b>Πίνακας 5.46:</b> Διαμόρφωση της πίεσης και της ηλικίας στην DMA M τον μήνα Νοέμβριο για κάθε περίπτωση ρύθμισης της PRV-28.....	59
<b>Πίνακας 5.47:</b> Διαμόρφωση της πίεσης και της ηλικίας στην DMA M τον μήνα Νοέμβριο για κάθε περίπτωση ρύθμισης της PRV-20.....	60
<b>Πίνακας 5.48:</b> Διαμόρφωση της πίεσης και της ηλικίας στην DMA M τον μήνα Νοέμβριο για κάθε περίπτωση ρύθμισης της PRV-9.....	61
<b>Πίνακας 5.49:</b> Διαμόρφωση της πίεσης και της ηλικίας στην DMA M τον μήνα Νοέμβριο για κάθε περίπτωση ρύθμισης της PRV-17.....	62

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ

<b>Γράφημα 5.1:</b> Μέση ηλικία δικτύου (hrs).....	36
<b>Γράφημα 5.2:</b> Μέση πίεση δικτύου (kPa).....	36
<b>Γράφημα 5.3:</b> Μέση ζήτηση δικτύου ( $m^3$ ) .....	36
<b>Γράφημα 5.4:</b> Μέγιστη ηλικία του κρίσιμου κόμβου της DMA M για τα 3 σενάρια μελέτης για 96 ώρες ανάλυσης (hrs).....	37
<b>Γράφημα 5.5:</b> Μέγιστη ηλικία του κρίσιμου κόμβου της DMA 5 για τα 3 σενάρια μελέτης για 96 ώρες ανάλυσης (hrs).....	38
<b>Γράφημα 5.6:</b> Μέγιστη ηλικία του κρίσιμου κόμβου της DMA 4A για τα 3 σενάρια μελέτης για 96 ώρες ανάλυσης (hrs).....	38
<b>Γράφημα 5.7:</b> Μέγιστη ηλικία του κρίσιμου κόμβου της DMA 4K για τα 3 σενάρια μελέτης για 96 ώρες ανάλυσης (hrs).....	38
<b>Γράφημα 5.8:</b> Μέγιστη ηλικία του κρίσιμου κόμβου της DMA K-1 για τα 3 σενάρια μελέτης για 96 ώρες ανάλυσης (hrs).....	39
<b>Γράφημα 5.9:</b> Μέγιστη ηλικία του κρίσιμου κόμβου της DMA K-2 για τα 3 σενάρια μελέτης για 96 ώρες ανάλυσης (hrs).....	39
<b>Γράφημα 5.10:</b> Μέγιστη ηλικία του κρίσιμου κόμβου της DMA K-3 για τα 3 σενάρια μελέτης για 96 ώρες ανάλυσης (hrs).....	39
<b>Γράφημα 5.11:</b> Μέγιστη ηλικία του κρίσιμου κόμβου της DMA 13 για τα 3 σενάρια μελέτης για 96 ώρες ανάλυσης (hrs).....	40
<b>Γράφημα 5.12:</b> Μέγιστη ηλικία του κρίσιμου κόμβου της DMA 12 για τα 3 σενάρια μελέτης για 96 ώρες ανάλυσης (hrs).....	40
<b>Γράφημα 5.13:</b> Μέγιστη ηλικία του κρίσιμου κόμβου της DMA 7 για τα 3 σενάρια μελέτης για 96 ώρες ανάλυσης (hrs).....	40
<b>Γράφημα 5.14:</b> Μέγιστη ηλικία του κρίσιμου κόμβου της DMA 6 για τα 3 σενάρια μελέτης για 96 ώρες ανάλυσης (hrs).....	41
<b>Γράφημα 5.15:</b> Μέγιστη ηλικία κρίσιμων κόμβων και μέση ηλικία της DMA M για τα 3 σενάρια μελέτης για 96 ώρες ανάλυσης (hrs) .....	42
<b>Γράφημα 5.16:</b> Μέγιστη ηλικία κρίσιμων κόμβων και μέση ηλικία της DMA 5 για τα 3 σενάρια μελέτης για 96 ώρες ανάλυσης (hrs) .....	42
<b>Γράφημα 5.17:</b> Μέγιστη ηλικία κρίσιμων κόμβων και μέση ηλικία της DMA 4A για τα 3 σενάρια μελέτης για 96 ώρες ανάλυσης (hrs) .....	42
<b>Γράφημα 5.18:</b> Μέγιστη ηλικία κρίσιμων κόμβων και μέση ηλικία της DMA 4K για τα 3 σενάρια μελέτης για 96 ώρες ανάλυση (hrs).....	43

<b>Γράφημα 5.19:</b> Μέγιστη ηλικία κρίσιμων κόμβων και μέση ηλικία της DMA K-1 για τα 3 σενάρια μελέτης για 96 ώρες ανάλυσης (hrs).....	43
<b>Γράφημα 5.20:</b> Μέγιστη ηλικία κρίσιμων κόμβων και μέση ηλικία της DMA K-2 για τα 3 σενάρια μελέτης για 96 ώρες ανάλυσης (hrs).....	43
<b>Γράφημα 5.21:</b> Μέγιστη ηλικία κρίσιμων κόμβων και μέση ηλικία της DMA K-3 για τα 3 σενάρια μελέτης για 96 ώρες ανάλυσης (hrs).....	44
<b>Γράφημα 5.22:</b> Μέγιστη ηλικία κρίσιμων κόμβων και μέση ηλικία της DMA 13 για τα 3 σενάρια μελέτης για 96 ώρες ανάλυσης (hrs) .....	44
<b>Γράφημα 5.23:</b> Μέγιστη ηλικία κρίσιμων κόμβων και μέση ηλικία της DMA 12 για τα 3 σενάρια μελέτης για 96 ώρες ανάλυσης (hrs) .....	44
<b>Γράφημα 5.24:</b> Μέγιστη ηλικία κρίσιμων κόμβων και μέση ηλικία της DMA 7 για τα 3 σενάρια μελέτης για 96 ώρες ανάλυσης (hrs) .....	45
<b>Γράφημα 5.25:</b> Μέγιστη ηλικία κρίσιμων κόμβων και μέση ηλικία της DMA 6 για τα 3 σενάρια μελέτης για 96 ώρες ανάλυσης (hrs) .....	45
<b>Γράφημα 5.26:</b> Ελάχιστη και μέγιστη τιμή πίεσης της DMA M για τα 3 σενάρια μελέτης για 96 ώρες ανάλυσης (kPa).....	46
<b>Γράφημα 5.27:</b> Ελάχιστη και μέγιστη τιμή πίεσης της DMA 5 για τα 3 σενάρια μελέτης για 96 ώρες ανάλυσης (kPa).....	46
<b>Γράφημα 5.28:</b> Ελάχιστη και μέγιστη τιμή πίεσης της DMA 4A για τα 3 σενάρια μελέτης για 96 ώρες ανάλυσης (kPa).....	47
<b>Γράφημα 5.29:</b> Ελάχιστη και μέγιστη τιμή πίεσης της DMA 4K για τα 3 σενάρια μελέτης για 96 ώρες ανάλυσης (kPa).....	47
<b>Γράφημα 5.30:</b> Ελάχιστη και μέγιστη τιμή πίεσης της DMA K-1 για τα 3 σενάρια μελέτης για 96 ώρες ανάλυσης (kPa).....	47
<b>Γράφημα 5.31:</b> Ελάχιστη και μέγιστη τιμή πίεσης της DMA K-2 για τα 3 σενάρια μελέτης για 96 ώρες ανάλυσης (kPa).....	48
<b>Γράφημα 5.32:</b> Ελάχιστη και μέγιστη τιμή πίεσης της DMA K-3 για τα 3 σενάρια μελέτης για 96 ώρες ανάλυσης (kPa).....	48
<b>Γράφημα 5.33:</b> Ελάχιστη και μέγιστη τιμή πίεσης της DMA 13 για τα 3 σενάρια μελέτης για 96 ώρες ανάλυσης (kPa).....	48
<b>Γράφημα 5.34:</b> Ελάχιστη και μέγιστη τιμή πίεσης της DMA 12 για τα 3 σενάρια μελέτης για 96 ώρες ανάλυσης (kPa).....	49
<b>Γράφημα 5.35:</b> Ελάχιστη και μέγιστη τιμή πίεσης της DMA 7 για τα 3 σενάρια μελέτης για 96 ώρες ανάλυσης (kPa).....	49
<b>Γράφημα 5.36:</b> Ελάχιστη και μέγιστη τιμή πίεσης της DMA 6 για τα 3 σενάρια μελέτης για 96 ώρες ανάλυσης (kPa).....	49
<b>Γράφημα 5.37:</b> Γράφημα ηλικίας-πίεσης της DMA M τον μήνα Φεβρουάριο για κάθε περίπτωση ρύθμιση της PRV-28 .....	52
<b>Γράφημα 5.38:</b> Γράφημα ηλικίας-πίεσης της DMA 5 τον μήνα Φεβρουάριο για κάθε περίπτωση ρύθμιση της PRV-20 .....	53
<b>Γράφημα 5.39:</b> Γράφημα ηλικίας-πίεσης της DMA K-1 τον μήνα Φεβρουάριο για κάθε περίπτωση ρύθμιση της PRV-9 .....	54
<b>Γράφημα 5.40:</b> Γράφημα ηλικίας-πίεσης της DMA K-2 τον μήνα Φεβρουάριο για κάθε περίπτωση ρύθμιση της PRV-17 .....	55
<b>Γράφημα 5.41:</b> Γράφημα ηλικίας-πίεσης της DMA M τον μήνα Ιούλιο για κάθε περίπτωση ρύθμιση της PRV-28 .....	56
<b>Γράφημα 5.42:</b> Γράφημα ηλικίας-πίεσης της DMA 5 τον μήνα Ιούλιο για κάθε περίπτωση ρύθμιση της PRV-20 .....	57
<b>Γράφημα 5.43:</b> Γράφημα ηλικίας-πίεσης της DMA K-1 τον μήνα Ιούλιο για κάθε περίπτωση ρύθμιση της PRV-9 .....	58

<b>Γράφημα 5.44:</b> Γράφημα ηλικίας-πίεσης της DMA K-2 τον μήνα Ιούλιο για κάθε περίπτωση ρύθμιση της PRV-17 .....	59
<b>Γράφημα 5.45:</b> Γράφημα ηλικίας-πίεσης της DMA M τον μήνα Νοέμβριο για κάθε περίπτωση ρύθμιση της PRV-28 .....	60
<b>Γράφημα 5.46:</b> Γράφημα ηλικίας-πίεσης της DMA 5 τον μήνα Νοέμβριο για κάθε περίπτωση ρύθμιση της PRV-20 .....	61
<b>Γράφημα 5.47:</b> Γράφημα ηλικίας-πίεσης της DMA K-1 τον μήνα Νοέμβριο για κάθε περίπτωση ρύθμιση της PRV-9 .....	62
<b>Γράφημα 5.48:</b> Γράφημα ηλικίας-πίεσης της DMA K-2 τον μήνα Νοέμβριο για κάθε περίπτωση ρύθμιση της PRV-17 .....	63
<b>Γράφημα 5.49:</b> Ρυθμός ενηλικίωσης του νερού της DMA M τον μήνα Φεβρουάριο για το Σενάριο 1 <sup>ο</sup> για 240 ώρες ανάλυσης .....	66
<b>Γράφημα 5.50:</b> Ρυθμός ενηλικίωσης του νερού της DMA 5 τον μήνα Φεβρουάριο για το Σενάριο 1 <sup>ο</sup> για 240 ώρες ανάλυσης .....	66
<b>Γράφημα 5.51:</b> Ρυθμός ενηλικίωσης του νερού της DMA K-1 τον μήνα Φεβρουάριο για το Σενάριο 1 <sup>ο</sup> για 240 ώρες ανάλυσης.....	67
<b>Γράφημα 5.52:</b> Ρυθμός ενηλικίωσης του νερού της DMA K-2 τον μήνα Φεβρουάριο για το Σενάριο 1 <sup>ο</sup> για 240 ώρες ανάλυσης.....	67
<b>Γράφημα 5.53:</b> Ρυθμός ενηλικίωσης του νερού της DMA M τον μήνα Ιούλιο για το Σενάριο 1 <sup>ο</sup> για 240 ώρες ανάλυσης.....	68
<b>Γράφημα 5.54:</b> Ρυθμός ενηλικίωσης του νερού της DMA 5 τον μήνα Ιούλιο για το Σενάριο 1 <sup>ο</sup> για 240 ώρες ανάλυσης.....	68
<b>Γράφημα 5.55:</b> Ρυθμός ενηλικίωσης του νερού της DMA K-1 τον μήνα Ιούλιο για το Σενάριο 1 <sup>ο</sup> για 240 ώρες ανάλυσης.....	69
<b>Γράφημα 5.56:</b> Ρυθμός ενηλικίωσης του νερού της DMA K-2 τον μήνα Ιούλιο για το Σενάριο 1 <sup>ο</sup> για 240 ώρες ανάλυσης.....	69
<b>Γράφημα 5.57:</b> Ρυθμός ενηλικίωσης του νερού της DMA M τον μήνα Νοέμβριο για το Σενάριο 1 <sup>ο</sup> για 240 ώρες ανάλυσης .....	70
<b>Γράφημα 5.58:</b> Ρυθμός ενηλικίωσης του νερού της DMA 5 τον μήνα Νοέμβριο για το Σενάριο 1 <sup>ο</sup> για 240 ώρες ανάλυσης .....	70
<b>Γράφημα 5.59:</b> Ρυθμός ενηλικίωσης του νερού της DMA K-1 τον μήνα Νοέμβριο για το Σενάριο 1 <sup>ο</sup> για 240 ώρες ανάλυσης .....	71
<b>Γράφημα 5.60:</b> Ρυθμός ενηλικίωσης του νερού της DMA K-2 τον μήνα Νοέμβριο για το Σενάριο 1 <sup>ο</sup> για 240 ώρες ανάλυσης .....	71
<b>Γράφημα 5.61:</b> Ρυθμός ενηλικίωσης του νερού της DMA M τον μήνα Φεβρουάριο για το Σενάριο 2 <sup>ο</sup> για 240 ώρες ανάλυσης .....	72
<b>Γράφημα 5.62:</b> Ρυθμός ενηλικίωσης του νερού της DMA 5 τον μήνα Φεβρουάριο για το Σενάριο 2 <sup>ο</sup> για 240 ώρες ανάλυσης .....	73
<b>Γράφημα 5.63:</b> Ρυθμός ενηλικίωσης του νερού της DMA K-1 τον μήνα Φεβρουάριο για το Σενάριο 2 <sup>ο</sup> για 240 ώρες ανάλυσης.....	73
<b>Γράφημα 5.64:</b> Ρυθμός ενηλικίωσης του νερού της DMA K-2 τον μήνα Φεβρουάριο για το Σενάριο 2 <sup>ο</sup> για 240 ώρες ανάλυσης.....	74
<b>Γράφημα 5.65:</b> Ρυθμός ενηλικίωσης του νερού της DMA M τον μήνα Ιούλιο για το Σενάριο 2 <sup>ο</sup> για 240 ώρες ανάλυσης.....	74
<b>Γράφημα 5.66:</b> Ρυθμός ενηλικίωσης του νερού της DMA 5 τον μήνα Ιούλιο για το Σενάριο 2 <sup>ο</sup> για 240 ώρες ανάλυσης.....	75
<b>Γράφημα 5.67:</b> Ρυθμός ενηλικίωσης του νερού της DMA K-1 τον μήνα Ιούλιο για το Σενάριο 2 <sup>ο</sup> για 240 ώρες ανάλυσης.....	75
<b>Γράφημα 5.68:</b> Ρυθμός ενηλικίωσης του νερού της DMA K-2 τον μήνα Ιούλιο για το Σενάριο 2 <sup>ο</sup> για 240 ώρες ανάλυσης.....	76

<b>Γράφημα 5.69:</b> Ρυθμός ενηλικίωσης του νερού της DMA M τον μήνα Νοέμβριο για το Σενάριο 2 <sup>ο</sup> για 240 ώρες ανάλυσης .....	76
<b>Γράφημα 5.70:</b> Ρυθμός ενηλικίωσης του νερού της DMA 5 τον μήνα Νοέμβριο για το Σενάριο 2 <sup>ο</sup> για 240 ώρες ανάλυσης .....	77
<b>Γράφημα 5.71:</b> Ρυθμός ενηλικίωσης του νερού της DMA K-1 τον μήνα Νοέμβριο για το Σενάριο 2 <sup>ο</sup> για 240 ώρες ανάλυσης .....	77
<b>Γράφημα 5.72:</b> Ρυθμός ενηλικίωσης του νερού της DMA K-2 τον μήνα Νοέμβριο για το Σενάριο 2 <sup>ο</sup> για 240 ώρες ανάλυσης .....	78

## **ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ**

<b>Διάγραμμα 5.1:</b> Τα σενάρια μελέτης και ανάλυσης επιγραμματικά .....	16
---	----

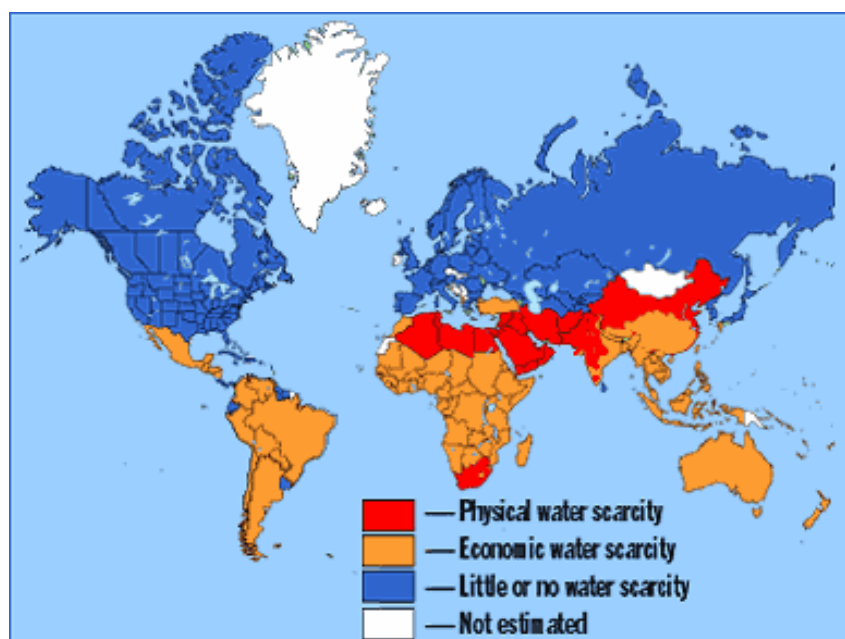


## 1. Εισαγωγή

### 1.1 Το νερό και οι αιτίες μείωσης των αποθεμάτων του

Το νερό είναι ένας φυσικός πόρος, άνισα κατανεμημένος στη φύση, η ποσότητα και η ποιότητα του οποίου επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Η πρόοδος και η τεχνολογική εξέλιξη βασίστηκε πάνω στην υπερεκμετάλλευση του φυσικού περιβάλλοντος, επιφέροντας πλήθος δυσμενών επιπτώσεων. Από την άλλη πλευρά, η αστικοποίηση σε συνδυασμό με την υπέρμετρη αύξηση του πληθυσμού, συντέλεσαν σε ολοένα και μεγαλύτερη ζήτηση νερού, απαιτώντας την εύρεση τρόπων κάλυψης αυτής της ανάγκης. Ακόμα ένας παράγοντας που επηρεάζει την ποσότητα νερού, η οποία παρέχεται στους πληθυσμούς της εκάστοτε κοινωνίας είναι η γεωμορφολογία της περιοχής, σε συνδυασμό με την οικονομική δυνατότητάς της να καλύψει τη ζήτηση σε νερό. Έτσι, σε κάποιες περιοχές της γης παρατηρούνται φαινόμενα φυσικής, οικονομικής, μικρής ή ανύπαρκτης λειψυδρίας, όπως φαίνεται στην εικόνα που ακολουθεί (Εικόνα 1.1). Συγκεκριμένα:

- Φυσική λειψυδρία: αποτέλεσμα ελλειπών αποθεμάτων νερού που αδυνατούν να καλύψουν τις ανάγκες του πληθυσμού μιας περιοχής.
- Οικονομική λειψυδρία: συναντάται στα μέρη όπου η έλλειψη επενδύσεων και κατάλληλων υποδομών δεν επιτρέπουν ίσο καταμερισμό του νερού.
- Μικρή ή ανύπαρκτη λειψυδρία
- Δεν υπολογίζεται



Εικόνα 1.1 Παγκόσμιος χάρτης λειψυδρίας

Τέλος, ακόμα ένας παράγοντας που επηρεάζει τις διαθέσιμες ποσότητες νερού είναι το φαινόμενο του θερμοκηπίου, οι σημαντικότερες συνέπειες του οποίου επηρεάζουν την ποσότητα των υδάτινων πόρων.

## **1.2 Πλεονεκτήματα ρύθμιση της πίεσης**

Στις μέρες μας είναι κοινώς αποδεκτό ότι το μοντέλο διαχείρισης των υδατικών πόρων που ακολουθήθηκε μέχρι σήμερα δεν είναι αποτελεσματικό. Το ζητούμενο δεν είναι να καλυφθεί η ζήτηση και να αυξηθεί η παροχή, αλλά να γίνει διαχείριση και μείωση της ζήτησης. Η πιο αποτελεσματική τεχνική, για την αντιμετώπιση του προβλήματος, είναι αυτή της διαχείρισης της πίεσης. Η μείωση της πίεσης και των διαρροών στα δίκτυα ύδρευσης έχει τα παρακάτω πλεονεκτήματα:

- Ελάττωση των θραύσεων των αγωγών, άρα και μικρότερο συνολικό κόστος εργασιών επισκευής
- Μεγαλύτερη διάρκεια ζωής αγωγών
- Μείωση διαρροών που δεν ανιχνεύονται
- Μείωση της κατανάλωσης που εξαρτάται από την πίεση
- Μεγάλη εξοικονόμηση νερού με πολλά περιβαλλοντικά οφέλη
- Βελτίωση ποιότητας νερού

## **1.3 Υδραυλικά απομονωμένες περιοχές (DMAs – District Metered Areas)**

Η ιδέα και η εφαρμογή των DMAs ξεκίνησε από τις αρχές της δεκαετίας του '80 από τις βρετανικές εταιρίες ύδρευσης και στόχο είχε να αναπτυχθεί σε χώρες της Ευρώπης και μεταγενέστερα της Λατινικής Αμερικής.

Ως DMA, ορίζεται μια πλήρως καθορισμένη και υδραυλικά απομονωμένη περιοχή ενός συστήματος διανομής νερού (δικτύου ύδρευσης), στην οποία μετρούνται οι ποσότητες που εισέρχονται και εξέρχονται. Ο διαχωρισμός αυτών των περιοχών γίνεται με τη χρήση των βαλβίδων απομόνωσης. Συνήθως, η DMA έχει ένα σημείο εισόδου του νερού σε αυτήν και ένα σημείο εξόδου του νερού από αυτή. Ιδανικά, κάθε DMA έχει μόνο έναν κόμβο εισαγωγής με το απαραίτητο παροχόμετρο και περιλαμβάνει συνήθως 500 έως 3000 υδρόμετρα.

Βασικός λόγος για τον οποίο το δίκτυο χωρίζεται σε DMAs είναι η διαίρεσή του σε μικρότερες περιοχές, στις οποίες η παροχή μπορεί να μετρηθεί με μεγαλύτερη ακρίβεια για να διαπιστωθεί εάν υπάρχουν διαρροές στο σύστημα, δίνοντας στον εκάστοτε διαχειριστή, τη δυνατότητα αντιμετώπισης οποιουδήποτε προβλήματος, οποιαδήποτε χρονική στιγμή, χωρίς να επηρεάζεται η συνολική λειτουργία του δικτύου ύδρευσης.

Το μοναδικό μειονέκτημα του διαχωρισμού του δικτύου σε στεγανές υποζώνες είναι το γεγονός ότι εξαιτίας των αδιεξόδων που δημιουργούνται από το κλείσιμο ορισμένων αγωγών είναι η ενδεχόμενη πιθανότητα εμφάνισης προβλημάτων γεύσεως ή οσμής καθώς και η ύπαρξη μικρής συγκέντρωσης υπολειμματικού χλωρίου.

Η κατάσταση αυτή μπορεί να αντιμετωπιστεί με την εφαρμογή ορισμένων μέτρων όπως:

- Κατά τον σχεδιασμό των DMAs οι μεγάλοι καταναλωτές, όπως ξενοδοχειακές μονάδες, να τοποθετούνται στα άκρα διατηρώντας φρέσκο το νερό στο εσωτερικό των DMAs.
- Το άνοιγμα των συνοριακών βαλβίδων αποκλεισμού ανά τακτά χρονικά διαστήματα με ταυτόχρονη αύξηση της πίεσης (flushing programme).
- Αποφυγή πολλών κλειστών βανών αποκλεισμού
- Απαραίτητος έλεγχος για διακοπτόμενη παροχή
- Έλεγχος τήρησης κριτηρίων που προέρχονται από τον αρχικό σχεδιασμό του δικτύου
- Έλεγχος χαμηλής πίεσης του δικτύου
- Σε πρακτικό επίπεδο, η τακτική συντήρηση και εξασφάλιση της ακεραιότητας των ορίων των DMAs

#### **1.4 Βαλβίδες μείωσης πίεσης (PRVs)**

Οι βαλβίδες μείωσης της πίεσης (PRVs) είναι συσκευές που δίνουν τη δυνατότητα μείωσης της κατάντη σε σύγκριση με την ανάντη πίεση. Τοποθετούνται στην είσοδο κάθε DMA προκειμένου να γίνει η επιθυμητή ρύθμιση της κατάντη πίεσης.

## 2. Η ηλικία του νερού

### 2.1 Ορισμός της ηλικίας του νερού σε ένα δίκτυο ύδρευσης

Η ποιότητα του νερού εξαρτάται σε σημαντικό βαθμό από την ηλικία του. Για αυτό το λόγο, είναι αναγκαίος ο προσδιορισμός της, ο οποίος επιτυγχάνεται με την χρήση υδραυλικών μοντέλων.

Ως ηλικία του νερού σε ένα δίκτυο διανομής ύδατος ορίζεται ο χρόνος που χρειάζεται το νερό για να ταξιδέψει από τη πηγή προς τους καταναλωτές. Άξιο αναφοράς είναι πως ο χρόνος παραμονής του νερού στις δεξαμενές επηρεάζει σημαντικά τελικά την ηλικία του. Όσο μικρότερη είναι η ηλικία του, τόσο καλύτερη θεωρείται η ποιότητά του νερού στο δίκτυο.

Παράγοντες που επηρεάζουν την ηλικία του νερού είναι:

- η ζήτηση του νερού: όσο αυξάνεται η ζήτηση του νερού, αυξάνεται η ταχύτητα της ροής στο δίκτυο και συνεπώς η ηλικία του νερού μειώνεται. Η ζητούμενη ποσότητα νερού, επηρεάζεται από το είδος της χρήσης (οικιακή, βιομηχανική, εμπορική) ενώ μεταβάλλεται τόσο εποχιακά όσο και λόγω των καιρικών φαινομένων. Επίσης, σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει τη ζήτηση είναι η πίεση με την οποία παρέχεται το νερό στους καταναλωτές σε ένα δίκτυο όπου οι έννοιες ζήτηση-πίεση είναι ανάλογες (PDD δίκτυα).
- η απόσταση που διανύει το νερό από τις δεξαμενές: σχετικά με την απόσταση που διανύει το νερό σε ένα δίκτυο ύδρευσης έχει αποδειχθεί ότι όσο αυτή αυξάνεται προκαλείται επίσης αύξηση κινδύνου βακτηριακής μόλυνσης (Gamache et al., 1988). Υπάρχουν όμως αρκετοί ακόμη λόγοι για τους οποίους μπορεί να προκληθεί μόλυνση στο δίκτυο, όπως οι χαμηλές τιμές πίεσης, η αιφνίδια διακοπή ενός σωλήνα του δικτύου, η ανεξέλεγκτη λειτουργία μιας αντλίας καθώς και το συχνό άνοιγμα και κλείσιμο των πυροσβεστικών κρουνών.
- η εναλλαγή των εποχών και οι εκάστοτε ανάγκες: ο διαφορετικός αριθμός και η ποσότητα των διαφόρων κατακρημνίσεων ποικίλουν από εποχή σε εποχή (χειμώνας-καλοκαίρι) γεγονός που επηρεάζει την ποσότητα που συγκεντρώνεται στους και αποθηκεύεται τελικά στις δεξαμενές.
- ο σχεδιασμός του δικτύου: η μορφή του (ακτινωτό / βρογχωτό δίκτυο), η έκταση του δικτύου αλλά και το μήκος των αγωγών τροφοδοσίας, ο σχεδιασμός του ως προς την πυροπροστασία κι ύπαρξη εγκαταστάσεων αποθήκευσης νερού
- η υπερδιαστασιολόγηση στο σχεδιασμό του δικτύου: σε ορισμένες περιπτώσεις επιλέγονται αγωγοί μεγαλύτερης διαμέτρου από την απαιτούμενη για μακροπρόθεσμη εξυπηρέτηση των αυξανόμενων αναγκών των καταναλωτών, με αποτέλεσμα μεγάλες ποσότητες ύδατος να παραμένουν για αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα στις δεξαμενές αυξάνοντας ταυτόχρονα τη θερμοκρασία τους.

### 2.2 Προβλήματα εξαιτίας της αύξησης της ηλικίας του νερού και τρόποι αντιμετώπισης

Τα προβλήματα που μπορεί να προκύψουν σχετικά με την ποιότητα του νερού, εξαιτίας της αύξησης της ηλικίας του είναι:

- Χημικά: σχηματισμός παραπροϊόντων απολύμανσης, μείωση της απολυμαντικής δράσης, επιπτώσεις στην οσμή και τη γεύση του νερού
- Βιολογικά: βιοαποικοδόμηση υποπροϊόντων απολύμανσης, ανάκτηση μικροβίων, δυσοσμία του νερού
- Φυσικά: αύξηση θερμοκρασίας, εναπόθεση ιζημάτων, αλλαγή στο χρώμα

Ο ερευνητής Jeffrey R. Cruickshank συνέλεξε σε άρθρο του τις πιο αποτελεσματικές και υλοποιήσιμες ενέργειες για τη βελτίωση της ποιότητας του νερού σε ένα υφιστάμενο δίκτυο ύδρευσης (Opflow AWWA, 2010):

- Έκπλυση του συστήματος διανομής με άνοιγμα των συνοριακών βαλβίδων αποκλεισμού ανά τακτά χρονικά διαστήματα, με ταυτόχρονη αύξηση της πίεσης (Εικόνα 2.1). Η συγκεκριμένη διαδικασία, ωστόσο, έχει ως μειονέκτημα την απώλεια μεγάλης ποσότητας νερού του δικτύου.



**Εικόνα 2.1:** Διαδικασία έκπλυσης μέσω πυροσβεστικού κρουνού

- Έκχυση συγκεκριμένων κι ελεγχόμενων ποσοτήτων νερού σε ορισμένες θέσεις κυρίως στα όρια των υδραυλικά απομονωμένων υποζωνών του δικτύου όπου έχει προηγουμένως πραγματοποιηθεί διαδικασία κλεισίματος αγωγών ή βαλβίδων. Η ύπαρξη νερού σε αυτά τα σημεία πιθανόν να προκαλέσει φαινόμενα υπερπίεσης, γεγονός που μπορεί να ελεγχθεί με την τοποθέτηση βαλβίδων ρύθμισης της πίεσης.
- Ανανέωση του όγκου νερού της δεξαμενής με χρήση αντλιών. Ανάλογα με την εποχικότητα η οποία με τη σειρά της επηρεάζει σε σημαντικό βαθμό τη ζήτηση διαφορετικές ποσότητες νερού συγκεντρώνονται για διαφορετικά χρονικά διαστήματα στις δεξαμενές γεγονός που επηρεάζει την ηλικία του νερού όχι μόνο στο σημείο της δεξαμενής αλλά και στο υπόλοιπο δίκτυο. Σύμφωνα με μελέτες έχει διαπιστωθεί ότι η χρήση αντλιών μειώνει την ηλικία του

νερού που διανέμεται στο δίκτυο ύδρευσης. Αυτές οι ανακατατάξεις στον όγκο συμβάλλουν στην πτώση της θερμοκρασίας του νερού και στην ελάττωση του συγκεντρωμένου στάσιμου νερού με αποτέλεσμα να επιτυγχάνεται ενεργή κυκλοφορία του νερού. Το μειονέκτημα αυτού του εγχειρήματος είναι η ενεργειακή δαπάνη.



**Εικόνα 2.2 :** Δεξαμενή νερού σε αυξημένη υψομετρική θέση (Λιθότοπος, Σερρών)

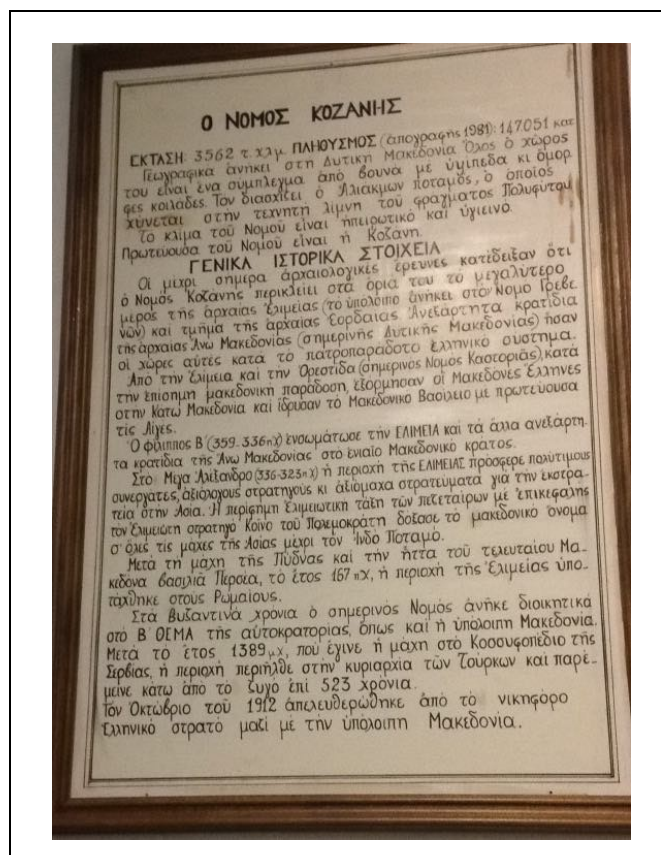
- Βελτιστοποίηση των αντλιών ταχυτήτων (Variable-Speed Pumps). Ο τρόπος διαχείρισης της αντλίας γίνεται με κριτήριο την πίεση λειτουργίας του δικτύου και την παροχή από τις δεξαμενές
- Χρήση βαλβίδων ελέγχου (Control Valves). Τοποθετούνται κυρίως στις δεξαμενές και εξασφαλίζουν την αποθήκευση συγκεκριμένου όγκου νερού για μεγάλα χρονικά διαστήματα.
- Αλλαγές στις μεθόδους λειτουργίας, στην κατεύθυνση της ροής και στη ρύθμιση της πίεσης. Αυτό επιτυγχάνεται με την τοποθέτηση ειδικών βαλβίδων απομόνωσης (Isolation Valves) ή μείωσης της πίεσης (PRVs)
- Περιορισμός του αριθμού των καταληκτικών αγωγών σε ένα δίκτυο. Πραγματοποιείται είτε με την τοποθέτηση νέων αγωγών που θα ενώνουν τους τυχόν καταληκτικούς κόμβους με το υπόλοιπο δίκτυο, είτε με την αντικατάσταση κύριων αγωγών με νέους μικρότερους είτε με άλλες μεθόδους αποφόρτισης των κόμβων. Βέβαια, οι εργασίες που αναφέρθηκαν έχουν μεγάλο κόστος.
- Σωστή διαστασιολόγηση των δεξαμενών αποθήκευσης ανάλογα με τη ζήτηση και την πίεση διανομής του νερού στο δίκτυο. Μια πιθανή διαστασιολόγηση προκαλεί αύξηση της ηλικίας και μείωση της ταχύτητας ροής του νερού με απόρροια το νερό να λιμνάζει σε ορισμένα σημεία
- Ύπαρξη πολλαπλών εισόδων νερού στο δίκτυο ύδρευσης. Η δημιουργία επιπλέον εισόδων νερού στο δίκτυο επιδρά ευεργετικά τόσο στην μείωση της ηλικίας του όσο και στην βελτίωση της ποιότητας του.



### 3. Το δίκτυο ύδρευσης της Κοζάνης

#### 3.1 Η πόλη της Κοζάνης

Η πόλη της Κοζάνης είναι η πρωτεύουσα το ομώνυμου νομού. Είναι χτισμένη ανάμεσα στις οροσειρές του Βερμίου, του Μπούρινου και των Πιερίων σε υψόμετρο 720 μέτρων από την επιφάνεια της θάλασσας. Το κλίμα της περιοχής είναι ηπειρώτικο με ψυχρούς και ξηρούς χειμώνες και θερμά καλοκαίρια. Το υδροδοτικό της σύστημα αποτελείται από τους υπό εκμετάλλευση υδατικούς πόρους, τα συγκροτήματα άντλησης και μεταφοράς του νερού, τους υδαταγωγούς μεταφοράς(εξωτερικό υδραγωγείο) και το εσωτερικό δίκτυο διανομής.



Εικόνα 3.1: Εικόνα από το λαογραφικό-ιστορικό μουσείο της πόλης

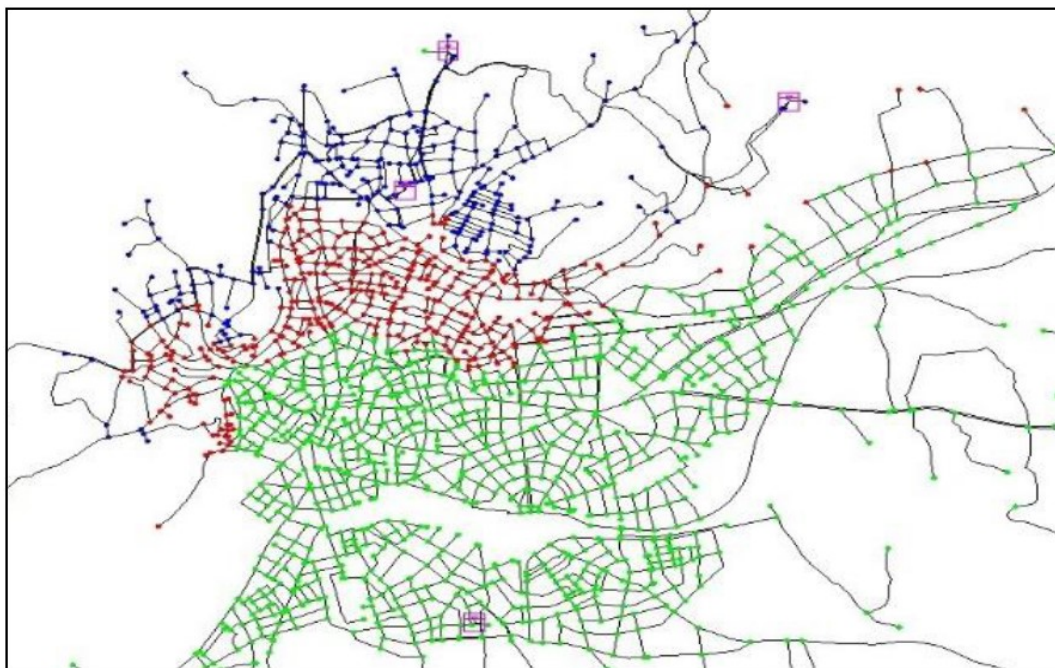
#### 3.2 Η Δ.Ε.Υ.Α.Κοζάνης

Η Δημοτική Επιχείρηση Ύδρευσης και Αποχέτευσης Κοζάνης ιδρύθηκε το 1985 και λειτούργησε για πρώτη φορά στις 20 Ιουνίου 1988, για να βελτιώσει την ποιότητα ζωής των κατοίκων της περιοχής, προσφέροντας τις καλύτερες δυνατές υπηρεσίες ύδρευσης και αποχέτευσης. Η εταιρία εξυπηρετεί περίπου 50.000 καταναλωτές προσφέροντας υπηρεσίες που αφορούν στη λειτουργία, συντήρηση, κατασκευή και διαχείριση των δικτύων ύδρευσης και αποχέτευσης του Δήμου Κοζάνης. Η άριστη λειτουργία του πρωτοποριακού αυτού συστήματος ανέδειξε με τον καλύτερο τρόπο τις δυνατότητες της. Επιπλέον λειτουργεί και δύο μονάδες βιολογικού καθαρισμού.

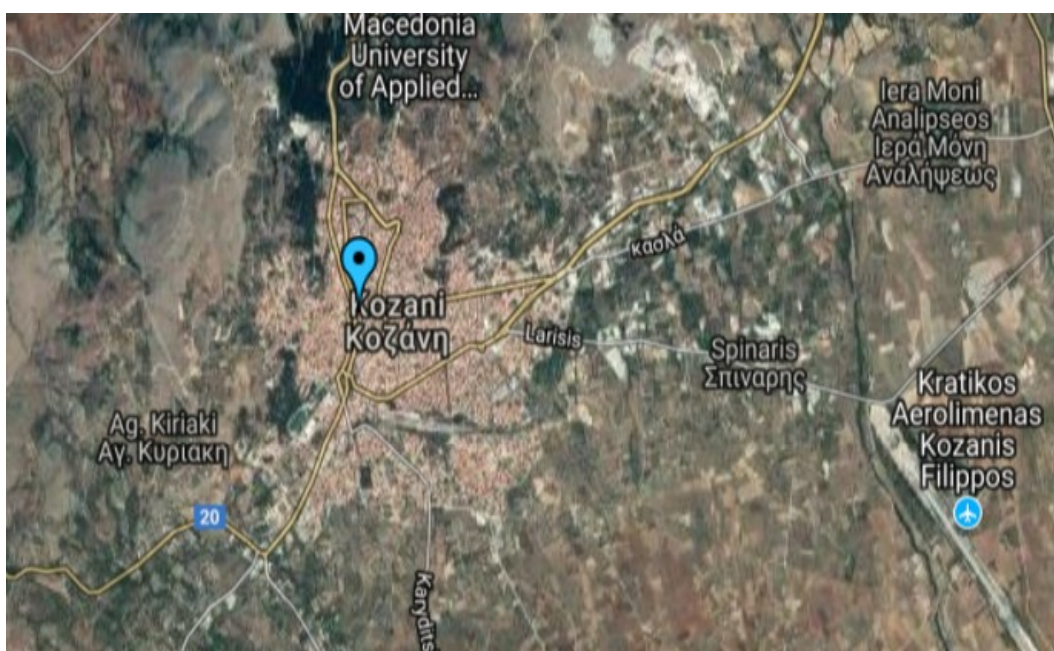
### 3.3 Οι υδατικοί πόροι και το υδραγωγείο

Το εξωτερικό δίκτυο της Κοζάνης τροφοδοτείται από πηγές και γεωτρήσεις. Από το 1992 και έπειτα η πόλη τον χειμώνα τροφοδοτείται από τις πηγές της Ερμακιάς και το καλοκαίρι από τις γεωτρήσεις του χωριού Βαθύλακος. Το δίκτυο ύδρευσης λειτουργεί βαρυντικά λόγω της τοπογραφίας της περιοχής, καθώς υπάρχει μεγάλη υψομετρική διαφορά που φτάνει σε ορισμένα σημεία τα 200 μέτρα και χωρίζεται σε τρεις (3) ζώνες πίεσης :

- Η υπερύψηλη ζώνη βόρεια , με υψόμετρο 750-800 μέτρα (μπλε περιοχή)
- Η μεσαία ζώνη με υψόμετρο 710-750 μέτρα (κόκκινη περιοχή)
- Η χαμηλή ζώνη με υψόμετρο 610-710 (πράσινη περιοχή)



Εικόνα 3.2: Δίκτυο ύδρευσης Κοζάνης-ζώνες πίεσης



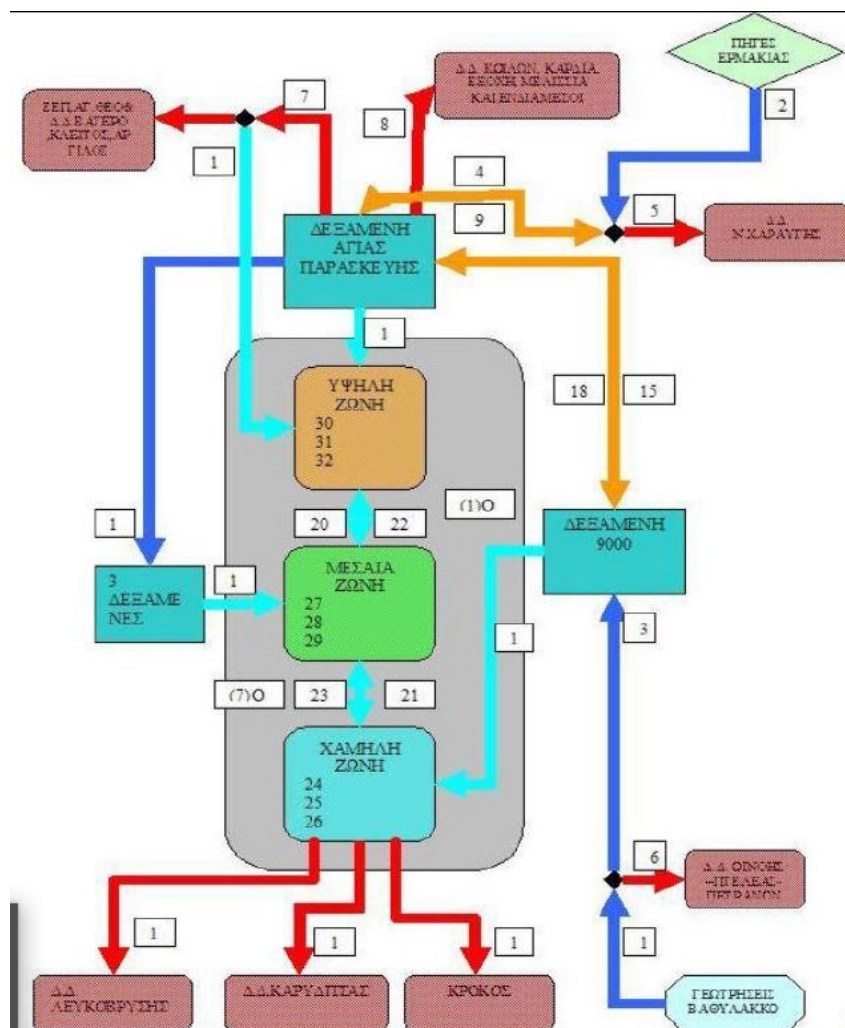
Εικόνα 3.3: Η πόλη της Κοζάνης μέσω δορυφόρου



Αξίζει να σημειωθεί ότι οι ζώνες του δικτύου απεικονίζουν την υψομετρική διαφορά μεταξύ των περιοχών της πόλης και δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως υδραυλικά στεγανές περιοχές (DMAs) καθότι δεν υπάρχει μοναδικό σημείο εισόδου και εξόδου προς και από αυτές.

Τα ύδατα των πηγών και γεωτρήσεων συγκεντρώνονται στις δεξαμενές μέσω των οποίων διανέμονται στους καταναλωτές. Οι υπάρχουσες δεξαμενές είναι :

- Δεξαμενή Αγίας Παρασκευής : με χωρητικότητα  $1.000 \text{ m}^3$  . Σε αυτή τη δεξαμενή συγκεντρώνεται το νερό από τις πηγές της Ερμακιάς μέσω αγωγού διαμέτρου  $\Phi 500$  και μήκους περίπου  $25 \text{ Km}$  και συνδέεται με την δεξαμενή 9000. Η δεξαμενή της Αγίας Παρασκευής υδροδοτεί την υψηλή ζώνη της πόλης.
- Συγκρότημα 3 δεξαμενών : Αποτελείται από δεξαμενές χωρητικότητας  $1.200 \text{ m}^3$  ,  $1.800 \text{ m}^3$  και  $3.000 \text{ m}^3$  . Το συγκρότημα 3 δεξαμενών υδροδοτεί την μεσαία ζώνη της πόλης.
- Δεξαμενή 9000 : Έχει χωρητικότητα  $9.000 \text{ m}^3$  και υδροδοτεί την μεσαία και χαμηλή ζώνη της πόλης
- Υπάρχει και μια ανενεργή δεξαμενή στην υπερύψηλη ζώνη της πόλης



Εικόνα 3.4: Σκαρίφημα του εξωτερικού κι εσωτερικού υδραγωγείου ΔΕΥΑΚ (Πατέλης 2013)

### 3.4 Προβλήματα υπάρχοντος δικτύου

Βασικό πρόβλημα του δικτύου αποτελούν οι μεγάλες τιμές πιέσεων που σε κάποιες περιοχές φτάνουν τις 10 ατμόσφαιρες (1.000 kPa). Οι υπερπιέσεις αυτές ευθύνονται για φθορές στον εξοπλισμό του δικτύου (αγωγούς, βάνες, βαλβίδες, αντλιοστάσια) με απόρροια συχνές θραύσεις που είτε γίνονται επιφανειακά αντιληπτές είτε όχι, διακοπές στην υδροδότηση περιοχών του δικτύου ακόμη και φθορά ακόμη και αστοχία του εκάστοτε εξοπλισμού.

Επιπλέον πρόβλημα είναι οι απώλειες νερού στο δίκτυο γεγονός που αυξάνει την τιμή του μη ανταποδοτικού νερού στο 58% του εισερχόμενου νερού στο δίκτυο, του νερού δηλαδή που εισέρχεται στο δίκτυο αλλά δεν καταναλώνεται, αλλά χάνεται. Εξαιρούνται οι κλοπές, τα λάθη μετρήσεων, τα λάθη και οι βλάβες μετρητών που δεν επηρεάζουν σημαντικά την ποσότητα του μη ανταποδοτικού νερού.

Τέλος πρόβλημα αποτελεί η συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση για την κάλυψη των αναγκών του πληθυσμού εξωθώντας έτσι την Δ.Ε.Υ.Α.Κ στην υπεράντληση και συνεπώς στην υποβάθμιση του υδροφόρου ορίζοντα ακόμη και στην αναζήτηση νέων πόρων.

## 4. Υφιστάμενος διαχωρισμός και λειτουργία του δικτύου

### 4.1 Προϋπάρχουσες DMAs στο υπό μελέτη δίκτυο ύδρευσης

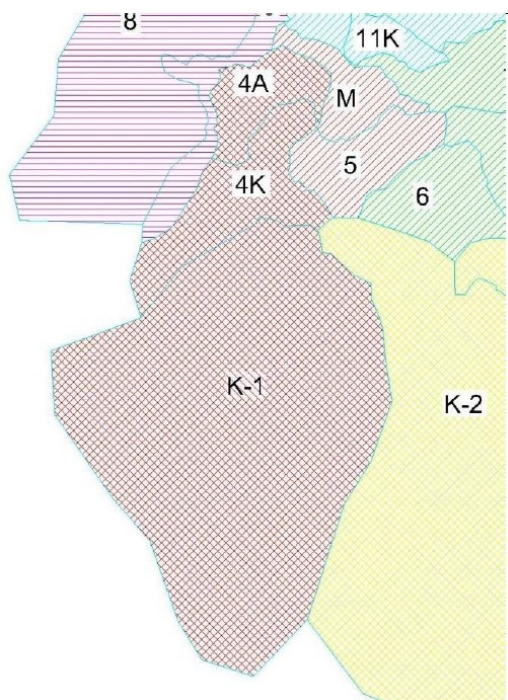
Η παρούσα εργασία βασίζεται στη λειτουργία του λογισμικού Watercad V8i και ο δεδομένος διαχωρισμός του δικτύου σε DMAs, που παρουσίαζε μεγαλύτερη αποδοτικότητα έγινε και παρουσιάστηκε στην διπλωματική εργασία του κ. Πατέλη Μενέλαου (2013).

Σημειώνεται ότι δεν πραγματοποιήθηκε ανάλυση για όλες τις ομάδες υποζωνών που προέκυψαν από την διπλωματική εργασία του κ. Πατέλη καθώς ορισμένες παρουσίαζαν δυσλειτουργίες και η μελέτη τους δεν θα επέφερε ακριβή και σωστά αποτελέσματα.

Συγκεκριμένα οι υπό μελέτη ομάδες υποζωνών της παρούσας εργασίας είναι :

#### Πρώτη ομάδα Υποζωνών (M, 5, 4A, 4K, K1)

Η πρώτη ζώνη αποτελείται από πέντε (5) υποζώνες , ωστόσο έχει ενιαία λειτουργία σε έναν ικανοποιητικό βαθμό όσο αναφορά την επιρροή των πιέσεων, δηλαδή μια αλλαγή στην πίεση της αρχικής υποζώνης επηρεάζει σε μικρό ή όχι βαθμό την πίεση των υπολοίπων. Η είσοδος του νερού γίνεται από την υποζώνη M μέσω του αγωγού A/C 350 που μεταφέρει νερό κατευθείαν από τη δεξαμενή 9000. Στη συνέχεια ο κύριος αυτός τροφοδοτικός αγωγός διασπάται σε δύο αγωγούς A/C 250 και ο ένας εισέρχεται στην υποζώνη 5 ενώ ο άλλος στην 4K. Η υποζώνη 5 είναι τερματική ως προς τη ροή του εισερχόμενου νερού. Από την υποζώνη 4K εξέρχεται πλέον αγωγός A/C 200 ο οποίος εισέρχεται στην 4A και αφού την τροφοδοτήσει διασχίζοντας της εισέρχεται στην υποζώνη K1 η οποία είναι επίσης τερματική ως προς τη ροή του νερού.



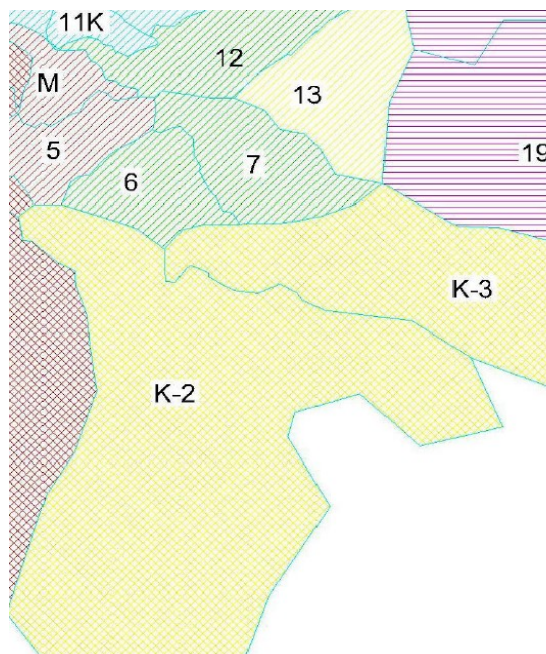
**Εικόνα 4.1:** 1<sup>η</sup> ομάδα στεγανών υποζωνών



**Εικόνα 4.2:** 1<sup>η</sup> ομάδα στεγανών υποζωνών με υπόβαθρο τους αγωγούς

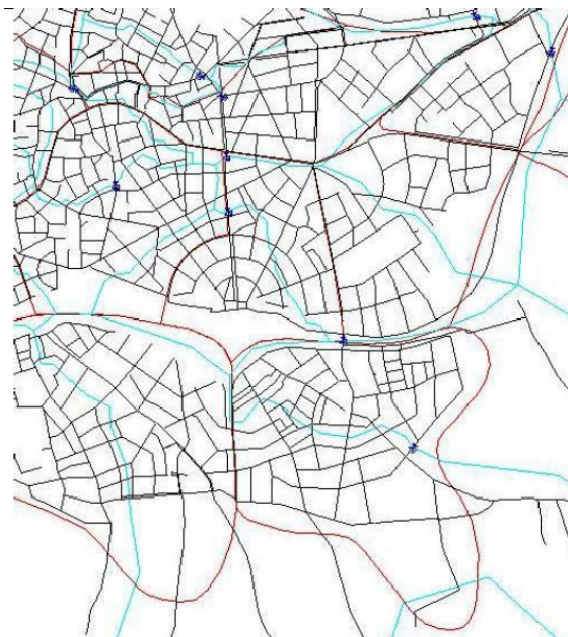
Δεύτερη ομάδα υποζωνών (13, K2, K3):

Η δεύτερη ζώνη αποτελείται από τρεις (3) υποζώνες έχοντας και αυτή ενιαία λειτουργία σε αρκετά μεγάλο βαθμό. Η είσοδος του νερού γίνεται από τον αγωγό PVC 160 στην υποζώνη 13 που φέρει νερό από τη δεξαμενή 9000 μέσω αγωγού PVC 280. Ο κύριος τροφοδοτικός αγωγός της υποζώνης 13 περνά αρχικά μέσα από την υποζώνη 7 χωρίς όμως να την τροφοδοτήσει και εισέρχεται στην K3 μέσω αγωγού A/C 80 ο οποίος εν συνεχεία αυξάνεται σε PVC 200 και εισέρχεται στην K2 η οποία αποτελεί τερματική υποζώνη ως προς τη ροή του νερού.



**Εικόνα 4.3:** 2<sup>η</sup> ομάδα στεγανών υποζωνών με υπόβαθρο τους αγωγούς

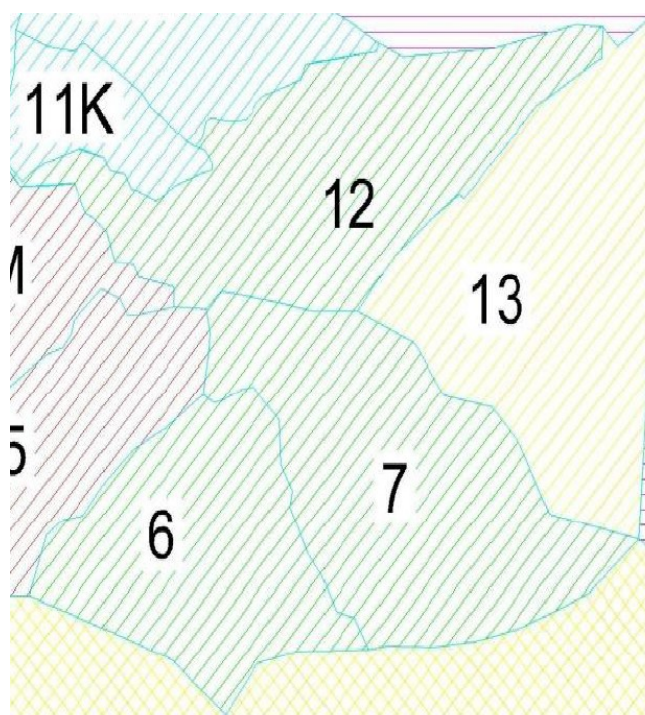




**Εικόνα 4.4:** 2<sup>η</sup> ομάδα στεγανών υποζωνών με υπόβαθρο τους αγωγούς

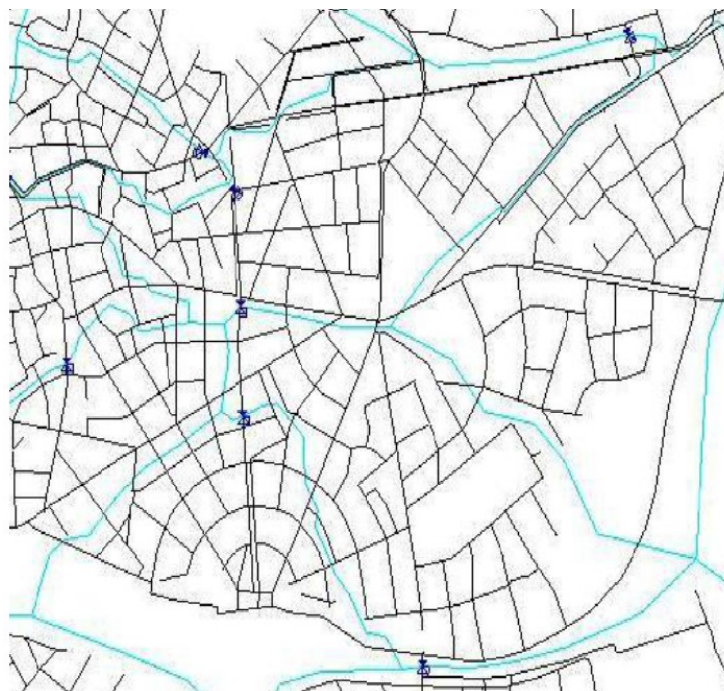
Τρίτη ομάδα υποζωνών (12, 6, 7):

Η Τρίτη ζώνη αποτελείται επίσης από τρεις (3) υποζώνες έχοντας και αυτή ενιαία λειτουργία σε αρκετά μεγάλο βαθμό, δηλαδή μια αλλαγή της πίεσης στην αρχική υποζώνη επηρεάζει σε μικρό ή βαθμό τις άλλες δυο. Η είσοδος του νερού γίνεται στην DMA12 μέσω του αγωγού A/C 200 ο οποίος παίρνει νερό από την δεξαμενή 9000 μέσω του κύριου τροφοδοτικού αγωγού A/C 350. Έπειτα και αφού ο αγωγός διανείμει νερό στην υποζώνη 12 εισέρχεται στην DMA 7 με την ίδια διατομή και τελικά καταλήγει στην 6 που αποτελεί και τερματική υποζώνη όσο αναφορά την ροή του νερού.



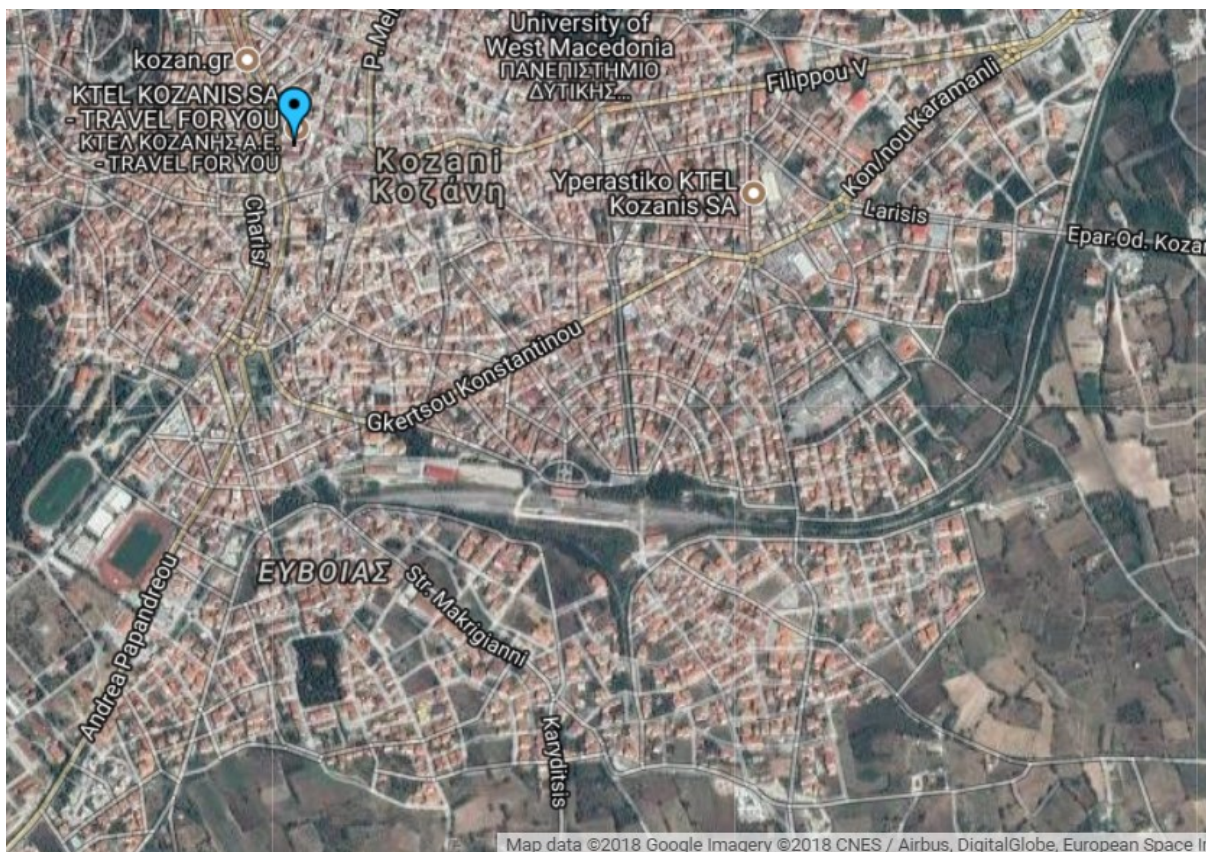
**Εικόνα 4.5:** 3<sup>η</sup> ομάδα στεγανών υποζωνών με υπόβαθρο τους αγωγούς





Εικόνα 4.6: 3<sup>η</sup> ομάδα στεγανών υποζωνών με υπόβαθρο τους αγωγούς

Μια γενική εικόνα των υπό μελέτη περιοχών του δικτύου μέσω δορυφόρου, η οποία βοηθά στην καλύτερη κατανόηση των καταναλώσεων κάθε περιοχής δίνεται παρακάτω.



Εικόνα 4.7: Οι υπό μελέτη περιοχές της πόλης της Κοζάνης μέσω δορυφόρου

## 4.2 Ορισμός του δικτύου ως PDD

Η βασική παραδοχή που γίνεται στην ανάλυση μοντέλων μεταφοράς και διανομής νερού είναι η αρχή διατήρησης της μάζας των κόμβων. Ως κόμβος ορίζεται μια θέση του δικτύου όπου απαιτείται παροχή με τη μορφή ζήτησης. Η παροχή αυτή θεωρείται σταθερή και ανεξάρτητη της πίεσης σε περιπτώσεις ιδιαίτερα υψηλών πιέσεων. Για την πλειοψηφία των δικτύων όμως δεν ισχύει κάτι τέτοιο οπότε μια ρεαλιστική θεώρηση είναι ο διαχωρισμός του δικτύου σε Pressure Dependent Demand (PDD) και Volume Dependent Demand (VDD) .

- Ως **Volume Dependent Demand (VDD)** θεωρούνται οι καταναλώσεις οι οποίες εξαρτώνται από τον απαιτούμενο όγκο νερού και είναι ανεξάρτητες της πίεσης (π.χ. πλυντήρια ρούχων και τουαλέτες).
- Ως **Pressure Dependent Demand (PDD)** θεωρούνται οι καταναλώσεις από οποίες εξαρτώνται από την πίεση, δηλαδή μια ενδεχόμενη μεταβολή της πίεσης προκαλεί και μεταβολή της κατανάλωσης (π.χ. χρήση ντουζιέρας).

Έπειτα από μελέτη υπάρχουσών ερευνών σχετικά με την κατανομή της ημερήσιας κατανάλωσης νερού προέκυψε ότι παρόν δίκτυο λειτουργεί ως PDD σε ποσοστό 70%.

Η σχετική προσομοίωση πραγματοποιήθηκε, επίσης, στην διπλωματική εργασία του κ. Πατέλη.

## 5. Αποτελέσματα μελέτης ως προς την πίεση και την ηλικία

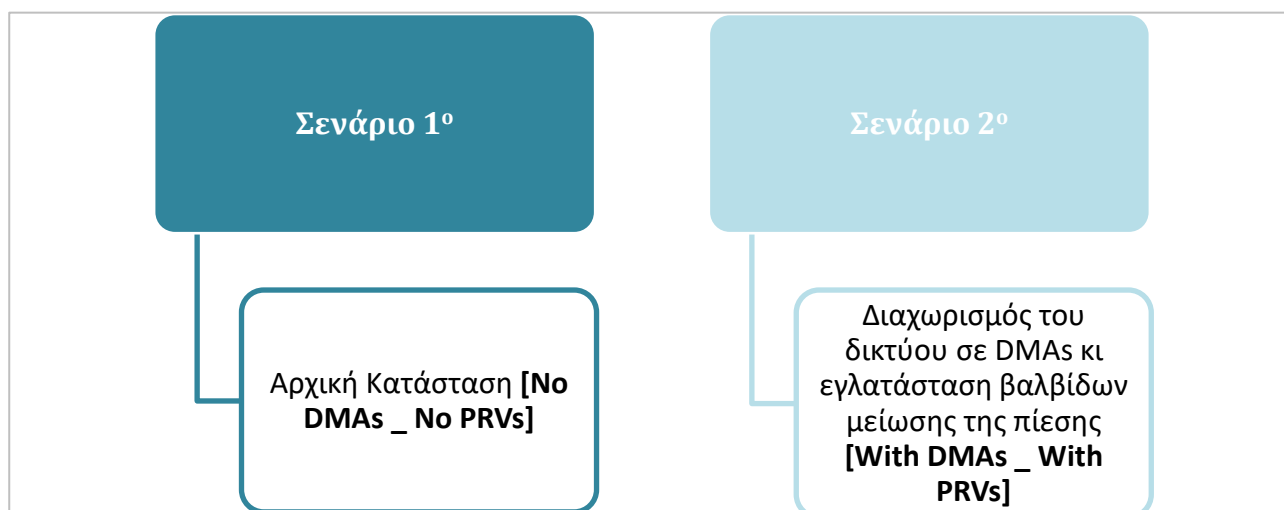
### 5.1 Σενάρια Μελέτης και Ανάλυσης

Προϋπόθεση για την εύρυθμη λειτουργία ενός δικτύου ύδρευσης είναι η εξασφάλιση επαρκούς ποσότητας και ποιότητας νερού για την κάλυψη της κατανάλωσης. Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί διάφορα υπολογιστικά πακέτα ανάλυσης δικτύων, τα οποία βάση των μαθηματικών μοντέλων που αυτά υποστηρίζουν, υποβοηθούν τον μελετητή που σχεδιάζει ή την υπηρεσία που διαχειρίζεται ένα δίκτυο ύδρευσης για την λήψη ορθολογικών αποφάσεων, από τεχνική και οικονομική άποψη.

Τα υδραυλικά μοντέλα προσομοιώνουν την εκάστοτε υφιστάμενη κατάσταση και λειτουργία ενός δικτύου, να αναλύουν διαφορετικά σενάρια και τελικά να προτείνεται η ιδανικότερη λύση όχι μόνο ως προς την ηλικία του νερού αλλά γενικά ως προς την ποιότητά του. Επίσης, η χρήση υδραυλικών μοντέλων μας επιτρέπει την απεικόνιση των αποτελεσμάτων ως προς την ηλικία πάνω στο δίκτυο πριν και μετά τις αλλαγές που θα εφαρμόσουμε με εφαρμογή χρωματικής κωδικοποίησης κι έτσι μας δίνεται η δυνατότητα να εντοπίσουμε τις κρίσιμες περιοχές πάνω στο χάρτη χωρίς να απαιτείται κάποιου είδους χρονοβόρας διαδικασίας δειγματοληψίας.

Με την προσομοίωση της λειτουργίας του δικτύου στο πρόγραμμα Watercad Vi8 εξετάστηκαν δύο διαφορετικά σενάρια. Το Σενάριο 1<sup>ο</sup> αντιπροσωπεύει την αρχική κατάσταση του δικτύου πριν την οριοθέτηση των DMA. Στο Σενάριο 2<sup>ο</sup> διαμορφώνονται οι DMAs στο δίκτυο κλείνοντας κάποιους αγωγούς ώστε να υπάρχει διαχωρισμός δύο μεγάλων υπο-περιοχών του δικτύου, οι οποίες παρουσιάστηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο και ταυτόχρονα προστίθενται βαλβίδες ρύθμισης της πίεσης PRVs με στόχο τη μείωση της πίεσης σε κάθε DMA, χωρίς ωστόσο να είναι μικρότερη από την κατώτατη τιμή του κανονισμού δηλαδή 200kPa ή περίπου 2 ατμόσφαιρες. Η κατώτατη τιμή των δύο ατμοσφαιρών προτείνεται για κανονικές συνθήκες λειτουργίας στο “Prowat εγχειρίδιο αντιμετώπισης απωλειών ύδατος”, ενώ αναφέρεται και σαν υποχρέωση των Δ.Ε.Υ.Α. για παροχή νερού με την αναφερόμενη πίεση στη θέση του μετρητή των πελατών.

Έτσι τα σενάρια μελέτης και ανάλυσης που επιλέχθηκαν για τη παρούσα διπλωματική εργασία είναι επιγραμματικά τα ακόλουθα:



Διάγραμμα 5.1: Τα σενάρια μελέτης κι ανάλυσης επιγραμματικά.



Σε κάθε σενάριο ο αρχικός χρόνος ανάλυσης ήταν 100 ώρες (4 ημέρες και 4 ώρες), ωστόσο οι επιπλέον αυτές τέσσερις ώρες δεν παρουσίαζαν αποτελέσματα που να διαφοροποιούν τον τρόπο μεταβολής της ηλικίας και της πίεσης. Επίσης, δεν άλλαζε ο κρίσιμος κόμβος κάθε περιοχής. Οπότε χρόνος παρουσίασης της ανάλυσης ήταν τελικά 96 ώρες (4 ημέρες).

Μελετήθηκαν οι μήνες Φεβρουάριος , Ιούλιος , Νοέμβριος και Μάιος. Στην περίπτωση του μήνα Μαΐου, τα αποτελέσματα που διεξήχθη δεν ήταν ρεαλιστικά και τελικά δεν συμπεριελήφθησαν στην ανάλυση.

## 5.2 Παρουσίαση κρίσιμων κόμβων

Ως κρίσιμος ως προς την ηλικία και ως προς την πίεση κόμβος χαρακτηρίζεται αυτός με την μεγαλύτερη τιμή ηλικίας και αυτός με την μικρότερη τιμή πίεσης αντίστοιχα, στις 96 ώρες ανάλυσης που πραγματοποιήθηκαν. Στην παρούσα διπλωματική εργασία εκτός από τους κρίσιμους κόμβους ως προς την πίεση και την ηλικία εντοπίστηκαν και οι κόμβοι που ενώ δεν εμφανίζουν την μικρότερη τιμή πίεσης ή τη μεγαλύτερη τιμή ηλικίας έχουν σημαντικό βαρυτικό συντελεστή ζήτησης και η παρουσία τους επηρεάζει σε σημαντικό βαθμό τη λειτουργία του δικτύου, καθώς χρειάζονται τροφοδότηση με μεγαλύτερη ποσότητα νερού σε σχέση με κάποιους άλλους κόμβους της ίδιας DMA.

Ο υπολογισμός του σταθμισμένου μέσου όρου πραγματοποιήθηκε μέσω του βαρυτικού συντελεστή  $w$ , ο οποίος με τη σειρά του προέκυψε από το πηλίκο της ζήτησης του κάθε κόμβου δια τη συνολική ζήτηση των αγωγών που συνιστούν την κάθε DMA. Η διαδικασία έγινε με σκοπό την μελέτη της ανταπόκρισης της ζήτησης κάθε κόμβου μέσα στο δίκτυο.

Ως σταθμισμένος μέσος όρος ορίζεται το μέτρο που επιτρέπει την ανάθεση περισσότερου βάρους σε ορισμένες αξίες και λιγότερου βάρους σε όλα.

$$X = \frac{\sum_{i=1}^k (w_i * x_i)}{\sum_{i=1}^k w_i}, \text{ όπου } w: \text{ ο συντελεστής βαρύτητας του στοιχείου } x_i$$

Παρακάτω παρουσιάζονται πίνακες σχετικά με τους κρίσιμους κόμβους του δικτύου ως προς την ηλικία. Για κάθε κρίσιμο κόμβο παρουσιάζονται επίσης οι αντίστοιχες τιμές πίεσης και ζήτησης των αντίστοιχων μεγεθών που ισχύουν για κάθε DMA , ακόμη και στην περίπτωση αυτή που δεν έχει γίνει διαχωρισμός μέσω του κλεισίματος ορισμένων αγωγών. Κατά όμοιο τρόπο παρουσιάζονται οι κρίσιμοι κόμβοι του δικτύου ως προς την πίεση και οι αντίστοιχες τιμές ηλικίας και ζήτησης τους. Επιπλέον παρουσιάζονται και οι αντίστοιχοι πίνακες με τους σταθμικούς κρίσιμους κόμβους λόγω του βαρυτικού συντελεστή που έχουν σε κάθε περίπτωση για τα δύο διαφορετικά σενάρια μελέτης , για του τρεις διαφορετικούς μήνες που μελετήθηκαν.

## 5.3 Σενάριο 1<sup>ο</sup>. Αρχική κατάσταση.No DMAs\_No PRVs.

Στο σενάριο αυτό η ανάλυση έγινε για το υφιστάμενο δίκτυο της Κοζάνης χωρίς να έχουν γίνει παρεμβάσεις στον τρόπο λειτουργίας του.

### 5.3.1 Κρίσιμοι κόμβοι ως προς την ηλικία - Εξεταζόμενος μήνας : Φεβρουάριος

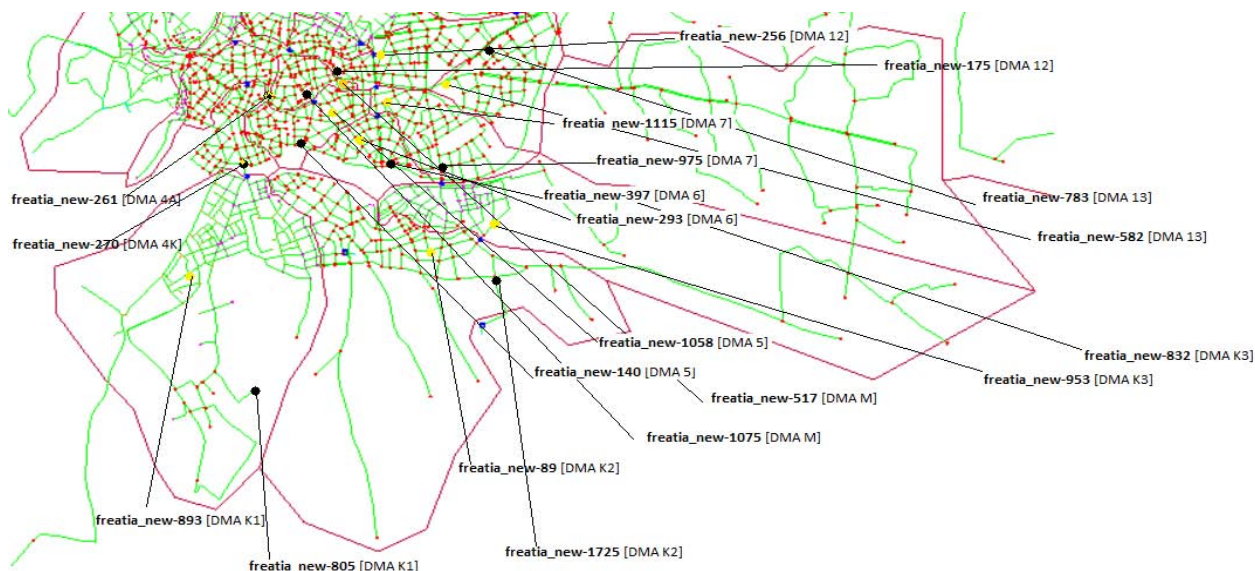
Παρακάτω παρουσιάζονται οι κρίσιμοι κόμβοι ως προς την ηλικία του νερού και οι αντίστοιχοι κρίσιμοι ηλικιακά κόμβοι με βάση τη ζήτηση που εμφανίζουν για τον μήνα Φεβρουάριο, η μέγιστη τιμή ηλικίας του νερού που εμφανίζουν σε συνδυασμό με τη μέση ηλικία του κρίσιμου κόμβου και την μέση ηλικία της DMA στην οποία εμπεριέχονται. Επιπλέον, παρουσιάζονται οι αντίστοιχες τιμές ελάχιστης πίεσης με την οποία διανέμουν το νερό αλλά και η μέση πίεση της αντίστοιχη DMA και τέλος η συνολική ζήτηση ύδατος που έχουν για τις 96 ώρες ανάλυσης.

**Πίνακας 5.1:** Κρίσιμοι κόμβοι ως προς την ηλικία σε κάθε DMA και παρουσίαση των αντίστοιχων τιμών πίεσης και ζήτησης για το Σενάριο 1<sup>ο</sup> τον μήνα Φεβρουάριο για 96 ώρες ανάλυσης

Κρίσιμοι κόμβοι		Ηλικία (hrs)			Πίεση (kPa)		Ζήτηση (m <sup>3</sup> /hr)
DMA	Κρίσιμοι κόμβοι	Μέσος όρος κάθε DMA	Μέσος όρος κρίσιμου κόμβου	Μέγιστη τιμή κρίσιμου κόμβου	Μέσος όρος κάθε DMA	Μέσος όρος κρίσιμου κόμβου	Ζήτηση κρίσιμου κόμβου
DMA M	freatia_new-1075	19,238	22,39	36,913	588,88	652,09	3,24918
DMA 5	freatia_new-140	24,608	42,14	68,613	721,2	761,23	2,78665
DMA 4A	freatia_new-261	14,16	17,29	35,766	559,78	638,44	112,7567
DMA 4K	freatia_new-270	17,951	25,59	36,355	571,58	718,591	118,83195
DMA K1	freatia_new-805	22,07	41,12	59,98	409,87	658,632	2,88957
DMA K2	freatia_new-1725	28,42	46,52	84,356	631,33	609,16	1,07735
DMA K3	freatia_new-832	27,07	47,94	94,704	480,83	696,639	1,91505
DMA 13	freatia_new-783	26,843	26,34	37,193	729,36	688,597	11,08278
DMA 12	freatia_new-175	26,235	47,29	88,25	586,83	514,873	3,61444
DMA 7	freatia_new-975	26,45	29,49	41,27	669,52	740,24	2,62866
DMA 6	freatia_new-397	27,225	26,99	38,05	768,51	758,764	7,61465

**Πίνακας 5.2:** Σταθμικοί κρίσιμοι κόμβοι ως προς την ηλικία σε κάθε DMA και παρουσίαση των αντίστοιχων τιμών πίεσης και ζήτησης για το Σενάριο 1<sup>ο</sup> τον μήνα Φεβρουάριο για 96 ώρες ανάλυσης

Κρίσιμοι κόμβοι με βάση τον σταθμικό μέσο όρο		Ηλικία (hrs)			Πίεση (kPa)		Ζήτηση (m <sup>3</sup> /hr)
DMA	Κρίσιμοι κόμβοι με βάση τον σ.μ.ο	Μέσος όρος κάθε DMA	Μέσος όρος κρίσιμου κόμβου	Μέγιστη τιμή κρίσιμου κόμβου	Μέσος όρος κάθε DMA	Μέσος όρος κρίσιμου κόμβου	Ζήτηση κρίσιμου κόμβου
DMA M	freatia_new-517	19,638	24,27	35,189	599,64	640,68	224,52103
DMA 5	freatia_new-1058	20,62	24,31	35,34	712,5	729,748	187,17692
DMA 4A	freatia_new-261	12,574	17,29	35,77	567,22	638,439	112,7567
DMA 4K	freatia_new-270	17,248	25,59	36,35	672,58	718,59	118,83195
DMA K1	freatia_new-893	21,144	19,76	30,43	413,27	356,216	143,52096
DMA K2	freatia_new-89	24,451	31,98	45,56	587,896	561,96	85,94583
DMA K3	freatia_new-953	23,956	25,09	39,121	473,59	489,25	73,74207
DMA 13	freatia_new-582	32,32	24,4	35,3	700,45	684,02	181,81327
DMA 12	freatia_new-254	25,126	23,97	34,99	584,18	528,17	173,48878
DMA 7	freatia_new-1115	25,638	24,29	35,19	671,52	700,178	224,96559
DMA 6	freatia_new-293	25,709	24,93	35,78	762,848	785,368	116,56498



**Εικόνα 5.1:** Χάρτης κρίσιμων κόμβων ως προς την ηλικία όπως προέκυψαν από την ανάλυση (μαύρη κουκκίδα) κι όπως προέκυψαν εξαιτίας της ζήτησης τους (κίτρινη κουκκίδα) για το Σενάριο 1<sup>ο</sup> τον μήνα Φεβρουάριο για 96 ώρες ανάλυσης

### 5.3.2 Κρίσιμοι κόμβοι ως προς την πίεση - Εξεταζόμενος μήνας Φεβρουάριος

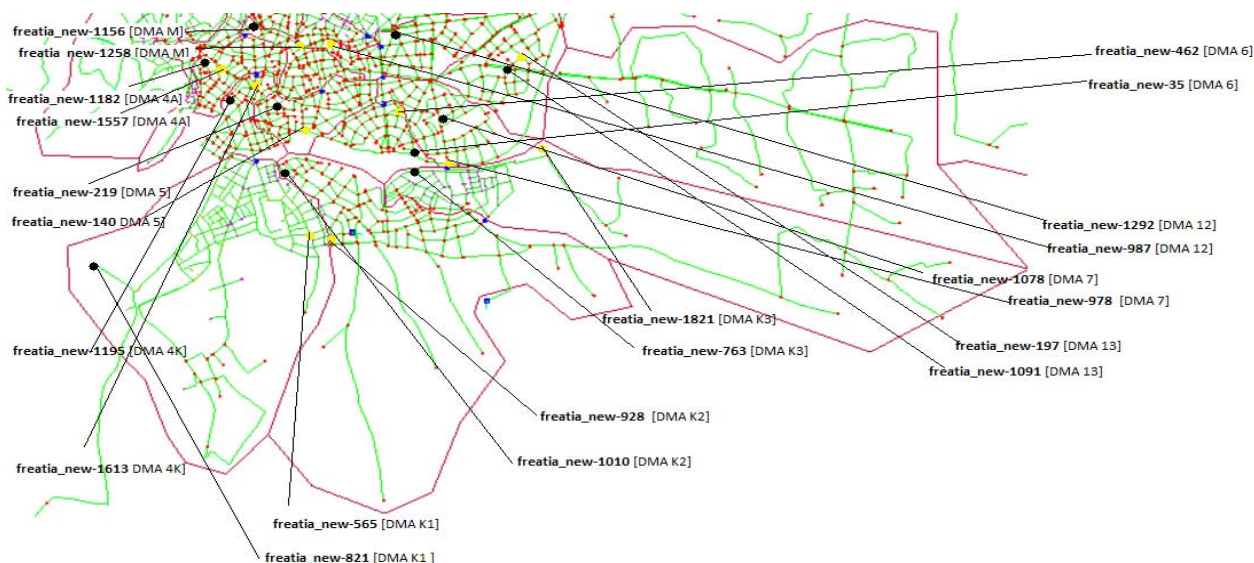
Παρακάτω παρουσιάζονται οι κρίσιμοι κόμβοι ως προς την πίεση του νερού και οι αντίστοιχοι κρίσιμοι κόμβοι με βάση τη ζήτηση που εμφανίζουν για τον μήνα Φεβρουάριο, η ελάχιστη τιμή πίεσης του διανεμόμενου νερού που εμφανίζουν σε συνδυασμό με τη μέση πίεση του κάθε κρίσιμου κόμβου και την μέση πίεση της DMA στην οποία ανήκουν. Επιπλέον, παρουσιάζονται οι αντίστοιχες τιμές μέγιστης ηλικίας του νερού που εμπεριέχουν αλλά και η μέση ηλικία της αντίστοιχη DMA και τέλος η συνολική ζήτηση ύδατος που έχουν για τις 96 ώρες ανάλυσης.

**Πίνακας 5.3:** Κρίσιμοι κόμβοι ως προς την πίεση σε κάθε DMA και παρουσίαση των αντίστοιχων τιμών ηλικίας και ζήτησης για το Σενάριο 1<sup>ο</sup> τον μήνα Φεβρουάριο για 96 ώρες ανάλυσης

Κρίσιμοι κόμβοι		Πίεση (kPa)			Ηλικία (hrs)		Ζήτηση (m <sup>3</sup> /hr)
DMA	Κρίσιμοι κόμβοι	Μέσος όρος κάθε DMA	Μέσος όρος κρίσιμου κόμβου	Ελάχιστη τιμή κρίσιμου κόμβου	Μέσος όρος κάθε DMA	Μέσος όρος κρίσιμου κόμβου	Ζήτηση κρίσιμου κόμβου
DMA M	freatia_new-1156	588,88	447,49	432,8	19,175	12,52	24,44836
DMA 5	freatia_new-219	721,2	656,52	648,5	24,608	21,94	118,61143
DMA 4A	freatia_new-1182	559,78	450,99	428,9	14,16	13,51	14,172
DMA 4K	freatia_new-1195	571,58	587,67	577,6	17,951	12,64	12,11845
DMA K1	freatia_new-821	409,87	273,79	155,4	22,07	26,62	56,21789
DMA K2	freatia_new-1010	631,33	482,01	329,8	28,42	19,34	31,64444
DMA K3	freatia_new-763	480,83	430,02	377,7	27,07	20,93	16,17232
DMA 13	freatia_new-1091	729,36	609,88	606,2	26,843	25,32	28,64987
DMA 12	freatia_new-1292	586,83	447,58	444,2	26,235	26,13	37,83969
DMA 7	freatia_new-1078	669,52	617,15	612,7	26,45	24,85	51,37858
DMA 6	freatia_new-35	768,51	698,29	639,3	27,225	25,36	103,90876

**Πίνακας 5.4:** Σταθμικοί κρίσιμοι κόμβοι ως προς την πίεση σε κάθε DMA και παρουσίαση των αντίστοιχων ηλικίας και ζήτησης για το Σενάριο 1<sup>ο</sup> τον μήνα Φεβρουάριο για 96 ώρες ανάλυσης

Κρίσιμοι κόμβοι με βάση τον σταθμικό μέσο όρο		Πίεση (kPa)			Ηλικία (hrs)		Ζήτηση (m <sup>3</sup> /hr)
DMA	Κρίσιμοι κόμβοι με βάση τον σ.μ.ο	Μέσος όρος κάθε DMA	Μέσος όρος κρίσιμου κόμβου	Ελάχιστη τιμή κρίσιμου κόμβου	Μέσος όρος κάθε DMA	Μέσος όρος κρίσιμου κόμβου	Ζήτηση κρίσιμου κόμβου
DMA M	freatia_new-1278	599,64	510,13	441,1	19,175	19,638	2,57632
DMA 5	freatia_new-140	712,5	761,23	711,1	24,608	20,62	2,78665
DMA 4A	freatia_new-1557	567,22	525,7	455,7	14,16	12,574	0,67779
DMA 4K	freatia_new-1613	672,58	680,82	615,6	17,951	17,248	1,87651
DMA K1	freatia_new-565	413,27	477,21	358,6	22,07	21,144	0,66608
DMA K2	freatia_new-928	587,896	503,89	385,3	28,42	24,451	0,03963
DMA K3	freatia_new-1821	473,59	570,21	451,4	27,07	23,956	0,22806
DMA 13	freatia_new-197	700,45	758,05	731,8	26,843	32,32	0,7925
DMA 12	freatia_new-987	584,18	515,07	494,2	26,235	25,126	1,73954
DMA 7	freatia_new-975	671,52	740,24	706,1	26,45	25,638	2,62866
DMA 6	freatia_new-462	762,848	735,35	697,4	27,225	25,709	1,53952



**Εικόνα 5.2:** Χάρτης κρίσιμων κόμβων ως προς την πίεση όπως προέκυψαν από την ανάλυση (μαύρη κουκκίδα) και όπως προέκυψαν εξαιτίας της ζήτησης τους (κίτρινη κουκκίδα) για το Σενάριο 1<sup>ο</sup> τον μήνα Φεβρουάριο για 96 ώρες ανάλυσης



### 5.3.3 Κρίσιμοι κόμβοι ως προς την ηλικία - Εξεταζόμενος μήνας : Ιούλιος

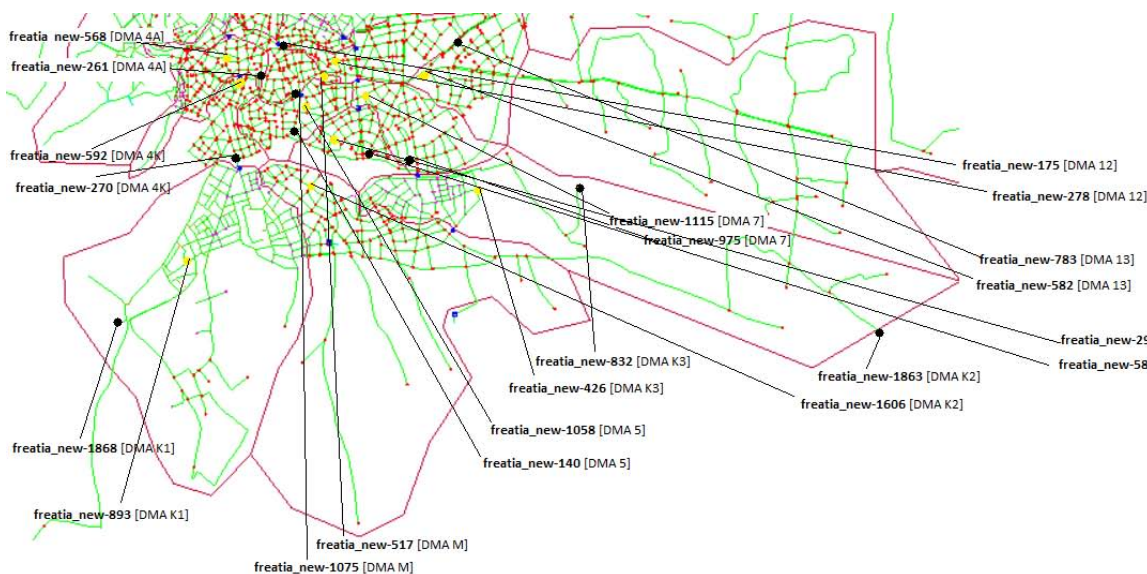
Παρακάτω παρουσιάζονται οι κρίσιμοι κόμβοι ως προς την ηλικία του νερού και οι αντίστοιχοι κρίσιμοι ηλικιακά κόμβοι με βάση τη ζήτηση που εμφανίζουν για τον μήνα Ιούλιο, η μέγιστη τιμή ηλικίας του νερού που εμφανίζουν σε συνδυασμό με τη μέση ηλικία του κρίσιμου κόμβου και την μέση ηλικία της DMA στην οποία εμπεριέχονται. Επιπλέον, παρουσιάζονται οι αντίστοιχες τιμές ελάχιστης πίεσης με την οποία διανέμουν το νερό αλλά και η μέση πίεση της αντίστοιχης DMA και τέλος η συνολική ζήτηση ύδατος που έχουν για τις 96 ώρες ανάλυσης.

**Πίνακας 5.5:** Κρίσιμοι κόμβοι ως προς την ηλικία σε κάθε DMA και παρουσίαση των αντίστοιχων τιμών πίεσης και ζήτησης για το Σενάριο 1<sup>ο</sup> τον μήνα Ιούλιο για 96 ώρες ανάλυσης

Κρίσιμοι κόμβοι		Ηλικία (hrs)			Πίεση (kPa)		Ζήτηση (m <sup>3</sup> /hr)
DMA	Κρίσιμοι κόμβοι	Μέσος όρος κάθε DMA	Μέσος όρος κρίσιμου κόμβου	Μέγιστη τιμή κρίσιμου κόμβου	Μέσος όρος κάθε DMA	Μέσος όρος κρίσιμου κόμβου	Ζήτηση κρίσιμου κόμβου
DMA M	freatia_new-1075	18,598	22,114	32,209	589,11	650	2,90358
DMA 5	freatia_new-140	22,816	39,435	60,402	717,2	757,42	3,27994
DMA 4A	freatia_new-261	15,811	16,597	24,789	557,16	635,055	128,98036
DMA 4K	freatia_new-270	18,013	23,457	31,47	664,43	711,59	148,62877
DMA K1	freatia_new-1868	20,919	30,654	37,946	300,9	226,98	9,24777
DMA K2	freatia_new-1863	26,716	40,324	87,626	524,44	864,1	13,59607
DMA K3	freatia_new-832	26,339	45,45	78,452	369,67	583,7	2,9769
DMA 13	freatia_new-783	24,709	22,991	30,063	725,73	685,1	6,73603
DMA 12	freatia_new-175	24,188	47,513	89,659	585,52	514,06	3,11811
DMA 7	freatia_new-975	24,28	26,401	35,425	666,07	736,69	3,65506
DMA 6	freatia_new-587	25,198	27,297	36,941	764,58	772,3	0,84424

**Πίνακας 5.6:** Σταθμικοί κρίσιμοι κόμβοι ως προς την ηλικία σε κάθε DMA και παρουσίαση των αντίστοιχων τιμών πίεσης και ζήτησης για το Σενάριο 1<sup>ο</sup> τον μήνα Ιούλιο για 96 ώρες ανάλυσης

Κρίσιμοι κόμβοι με βάση τον σταθμικό μέσο όρο		Ηλικία (hrs)			Πίεση (kPa)		Ζήτηση (m <sup>3</sup> /hr)
DMA	Κρίσιμοι κόμβοι	Μέσος όρος κάθε DMA	Μέσος όρος κρίσιμου κόμβου	Μέγιστη τιμή κρίσιμου κόμβου	Μέσος όρος κάθε DMA	Μέσος όρος κρίσιμου κόμβου	Ζήτηση κρίσιμου κόμβου
DMA M	freatia_new-517	18,763	22,07	29,754	600	640,16	190,96199
DMA 5	freatia_new-1058	19,68	22,371	30,186	708,66	725,97	247,52215
DMA 4A	freatia_new-568	14,246	16,597	24,789	565,21	635,055	167,48507
DMA 4K	freatia_new-592	17,704	23,457	31,47	667,42	711,59	152,63339
DMA K1	freatia_new-893	21,052	19,043	26,871	305,8	243,95	166,78786
DMA K2	freatia_new-1606	23,95	19,761	29,322	482,36	484,82	161,91726
DMA K3	freatia_new-426	24,194	22,767	30,328	362,62	384,21	113,26575
DMA 13	freatia_new-582	23,388	22,243	29,35	707,11	681,12	187,76106
DMA 12	freatia_new-278	22,736	22,317	29,685	587,52	524,22	202,81126
DMA 7	freatia_new-1115	24,02	22,116	28,917	673,74	696,95	245,54583
DMA 6	freatia_new-293	24,111	22,78	30,395	760,46	781,73	144,71438



**Εικόνα 5.3:** Χάρτης κρίσιμων κόμβων ως προς την ηλικία όπως προέκυψαν από την ανάλυση (μαύρη κουκκίδα) και όπως προέκυψαν εξαιτίας της ζήτησης τους (κίτρινη κουκκίδα) για το Σενάριο 1<sup>ο</sup> τον μήνα Ιούλιο για 96 ώρες ανάλυσης

### 5.3.4 Κρίσιμοι κόμβοι ως προς την πίεση - Εξεταζόμενος μήνας : Ιούλιος

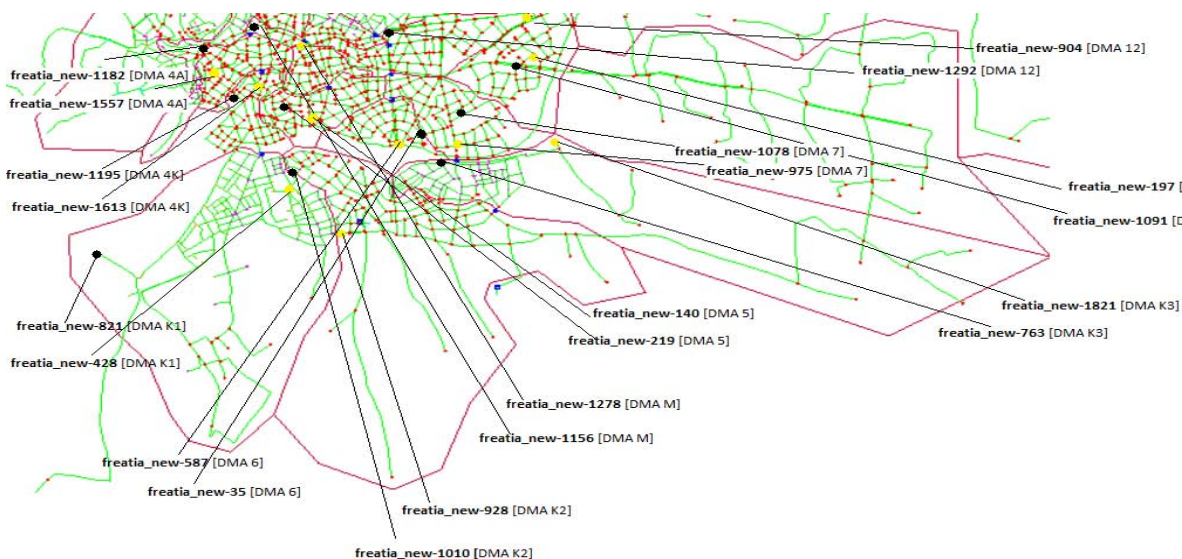
Παρακάτω παρουσιάζονται οι κρίσιμοι κόμβοι ως προς την πίεση του νερού και οι αντίστοιχοι κρίσιμοι κόμβοι με βάση τη ζήτηση που εμφανίζουν για τον μήνα Ιούλιο, η ελάχιστη τιμή πίεσης του διανεμόμενου νερού που εμφανίζουν σε συνδυασμό με τη μέση πίεση του κάθε κρίσιμου κόμβου και την μέση πίεση της DMA στην οποία ανήκουν. Επιπλέον, παρουσιάζονται οι αντίστοιχες τιμές μέγιστης ηλικίας του νερού που εμπεριέχουν αλλά και η μέση ηλικία της αντίστοιχη DMA και τέλος η συνολική ζήτηση ύδατος που έχουν για τις 96 ώρες ανάλυσης.

**Πίνακας 5.7:** Κρίσιμοι κόμβοι ως προς την πίεση σε κάθε DMA και παρουσίαση των αντίστοιχων τιμών ηλικίας και ζήτησης για το Σενάριο 1<sup>ο</sup> τον μήνα Ιούλιο για 96 ώρες ανάλυσης

Κρίσιμοι κόμβοι		Πίεση (kPa)			Ηλικία (hrs)		Ζήτηση (m <sup>3</sup> /hr)
DMA	Κρίσιμοι κόμβοι	Μέσος όρος κάθε DMA	Μέσος όρος κρίσιμου κόμβου	Ελάχιστη τιμή κρίσιμου κόμβου	Μέσος όρος κάθε DMA	Μέσος όρος κρίσιμου κόμβου	Ζήτηση κρίσιμου κόμβου
DMA M	freatia_new-1156	589,11	451,13	438,1	18,598	14,65	30,59119
DMA 5	freatia_new-219	717,2	652,32	636,9	22,816	20,65	158,956
DMA 4A	freatia_new-1182	557,16	449,79	432,9	15,811	14,277	18,15757
DMA 4K	freatia_new-1195	664,43	581,77	563,8	18,013	14,277	15,4161
DMA K1	freatia_new-821	300,9	161,072	153,5	20,919	22,857	114,94998
DMA K2	freatia_new-1010	524,44	370,28	363,1	26,716	19,407	45,22104
DMA K3	freatia_new-763	369,67	317,18	309,2	26,339	20,744	16,63124
DMA 13	freatia_new-1091	725,73	606,85	598,3	24,709	23,098	27,75587
DMA 12	freatia_new-1292	585,52	445,96	439,6	24,188	24,036	40,65902
DMA 7	freatia_new-1078	666,07	613,732	603,6	24,28	22,679	66,55428
DMA 6	freatia_new-35	764,58	694,72	683,7	25,198	23,186	121,42568

**Πίνακας 5.8:** Σταθμικοί κρίσιμοι κόμβοι ως προς την πίεση σε κάθε DMA και παρουσίαση των αντίστοιχων τιμών ηλικίας και ζήτησης για το Σενάριο 1<sup>ο</sup> τον μήνα Ιούλιο για 96 ώρες ανάλυσης

Κρίσιμοι κόμβοι με βάση τον σταθμικό μέσο όρο		Πίεση (kPa)			Ηλικία (hrs)		Ζήτηση (m <sup>3</sup> /hr)
DMA	Κρίσιμοι κόμβοι	Μέσος όρος κάθε DMA	Μέσος όρος κρίσιμου κόμβου	Ελάχιστη τιμή κρίσιμου κόμβου	Μέσος όρος κάθε DMA	Μέσος όρος κρίσιμου κόμβου	Ζήτηση κρίσιμου κόμβου
DMA M	freatia_new-1258	600	490,19	477,1	18,763	16,303	2,72034
DMA 5	freatia_new-140	708,66	757,42	744,1	19,68	39,435	3,27994
DMA 4A	freatia_new-1557	565,21	522,39	505,4	14,246	19,387	0,66641
DMA 4K	freatia_new-1613	667,42	674,92	656,9	17,704	13,248	2,10518
DMA K1	freatia_new-428	305,8	236,07	228,6	21,052	19,145	0,51537
DMA K2	freatia_new-928	482,36	391,25	383,4	23,95	20,285	0,26145
DMA K3	freatia_new-1821	362,62	457,295	449,2	24,194	47,728	0,27593
DMA 13	freatia_new-197	707,11	755,06	746,8	23,388	22,954	1,25577
DMA 12	freatia_new-904	587,52	694,77	690,4	22,736	26,621	1,39823
DMA 7	freatia_new-975	673,74	736,689	726,4	24,02	26,401	3,65506
DMA 6	freatia_new-587	760,46	772,3	761,3	24,111	27,297	0,84424



**Εικόνα 5.4:** Χάρτης κρίσιμων κόμβων ως προς την πίεση όπως προέκυψαν από την ανάλυση (μαύρη κουκκίδα) κι όπως προέκυψαν εξαιτίας της ζήτησης τους (κίτρινη κουκκίδα) για το Σενάριο 1<sup>ο</sup> τον μήνα Ιούλιο για 96 ώρες ανάλυσης

### 5.3.5 Κρίσιμοι κόμβοι ως προς την ηλικία - Εξεταζόμενος μήνας Νοέμβριος

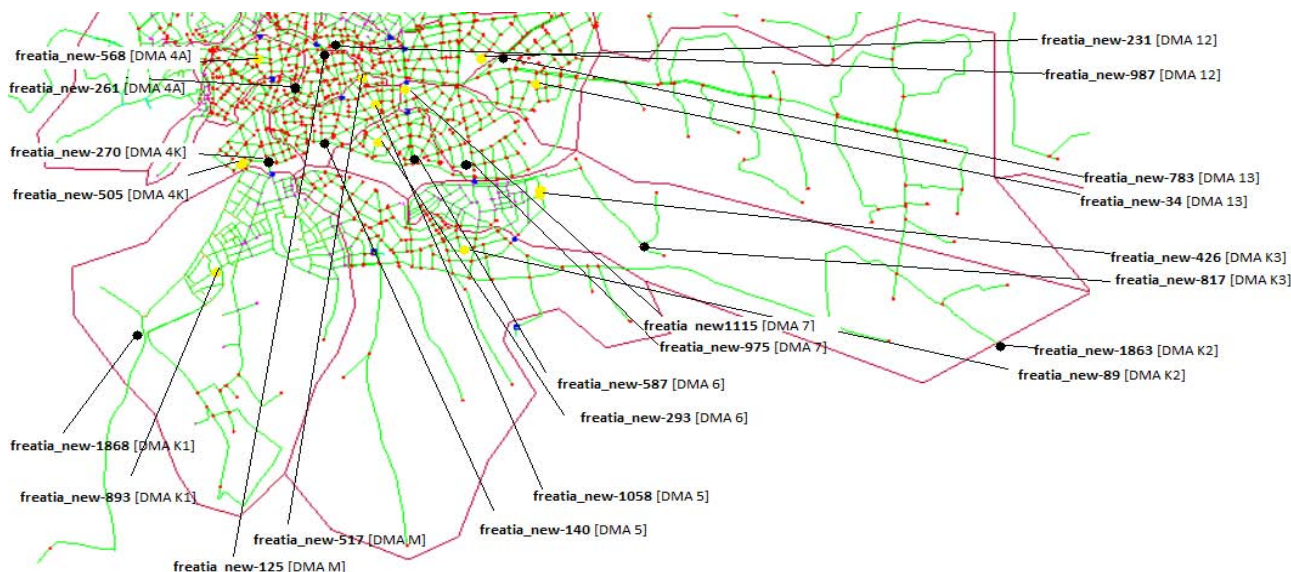
Παρακάτω παρουσιάζονται οι κρίσιμοι κόμβοι ως προς την ηλικία του νερού και οι αντίστοιχοι κρίσιμοι ηλικιακά κόμβοι με βάση τη ζήτηση που εμφανίζουν για τον μήνα Νοέμβριο, η μέγιστη τιμή ηλικίας του νερού που εμφανίζουν σε συνδυασμό με τη μέση ηλικία του κρίσιμου κόμβου και την μέση ηλικία της DMA στην οποία εμπεριέχονται. Επιπλέον, παρουσιάζονται οι αντίστοιχες τιμές ελάχιστης πίεσης με την οποία διανέμουν το νερό αλλά και η μέση πίεση της αντίστοιχη DMA και τέλος η συνολική ζήτηση ύδατος που έχουν για τις 96 ώρες ανάλυσης.

**Πίνακας 5.9:** Κρίσιμοι κόμβοι ως προς την ηλικία σε κάθε DMA και παρουσίαση των αντίστοιχων τιμών πίεσης και ζήτησης για το Σενάριο 1<sup>ο</sup> τον μήνα Νοέμβριο για 96 ώρες ανάλυσης

Κρίσιμοι κόμβοι		Ηλικία (hrs)			Πίεση (kPa)		Ζήτηση (m <sup>3</sup> /hr)
DMA	Κρίσιμοι κόμβοι	Μέσος όρος κάθε DMA	Μέσος όρος κρίσιμου κόμβου	Μέγιστη τιμή κρίσιμου κόμβου	Μέσος όρος κάθε DMA	Μέσος όρος κρίσιμου κόμβου	Ζήτηση κρίσιμου κόμβου
DMA M	freatia_new-125	19,238	23,26	40,955	592,43	554,87	31,28831
DMA 5	freatia_new-140	25,015	41,535	69,584	727,5	767,38	2,85944
DMA 4A	freatia_new-261	17,027	16,638	29,231	569	645,96	92,41338
DMA 4K	freatia_new-270	19,549	27,396	41,525	678,66	425,51	129,38171
DMA K1	freatia_new-1868	23,226	36,279	55,015	389,4	317,72	1,76828
DMA K2	freatia_new-1863	29,34	47,393	89,884	611,72	1283,6	2,51813
DMA K3	freatia_new-817	28,33	47,55	90,527	460,213	668,4	1,26823
DMA 13	freatia_new-783	56,365	32,782	49,519	781,6	692,36	2,48107
DMA 12	freatia_new-987	28,366	46,358	83,773	589,61	518,08	1,8866
DMA 7	freatia_new-975	28,935	33,322	50,398	674,09	744,81	1,7966
DMA 6	freatia_new-587	29,626	31,62	47,41	773,57	780,933	0,81458

**Πίνακας 5.10:** Σταθμικοί κρίσιμοι κόμβοι ως προς την ηλικία σε κάθε DMA και παρουσίαση των αντίστοιχων τιμών πίεσης και ζήτησης για το Σενάριο 1<sup>ο</sup> τον μήνα Νοέμβριο για 96 ώρες ανάλυσης

Κρίσιμοι κόμβοι με βάση τον σταθμικό μέσο όρο		Ηλικία (hrs)			Πίεση (kPa)		Ζήτηση (m <sup>3</sup> /hr)
DMA	Κρίσιμοι κόμβοι	Μέσος όρος κάθε DMA	Μέσος όρος κρίσιμου κόμβου	Μέγιστη τιμή κρίσιμου κόμβου	Μέσος όρος κάθε DMA	Μέσος όρος κρίσιμου κόμβου	Ζήτηση κρίσιμου κόμβου
DMA M	freatia_new-517	19,922	25,775	39,416	608,37	645,28	183,01501
DMA 5	freatia_new-1058	20,637	25,432	40,237	717,92	735,59	175,59715
DMA 4A	freatia_new-568	15,858	14,747	19,827	574,13	584,58	148,92605
DMA 4K	freatia_new-505	19,507	27,396	41,525	678,66	425,51	137,90212
DMA K1	freatia_new-893	22,8	21,096	31,689	394,49	334,77	148,4371
DMA K2	freatia_new-89	27,479	33,905	51,938	565,71	540,46	91,26536
DMA K3	freatia_new-426	25,506	24,487	37,43	451,639	475,56	91,23291
DMA 13	freatia_new-34	28,318	28,098	40,948	680,58	650,23	180,43636
DMA 12	freatia_new-231	26,694	26,914	39,528	589,46	650,16	203,13793
DMA 7	freatia_new-1115	28,241	26,651	39,469	680,37	704,9	171,66669
DMA 6	freatia_new-293	28,148	27,3	40,553	771,08	790,745	140,41551



**Εικόνα 5.5:** Χάρτης κρίσιμων κόμβων ως προς την ηλικία όπως προέκυψαν από την ανάλυση (μαύρη κουκκίδα) κι όπως προέκυψαν εξαιτίας της ζήτησης τους (κίτρινη κουκκίδα) για το Σενάριο 1<sup>ο</sup> τον μήνα Νοέμβριο για 96 ώρες ανάλυσης



### 5.3.6 Κρίσιμοι κόμβοι ως προς την πίεση - Εξεταζόμενος μήνας Νοέμβριος

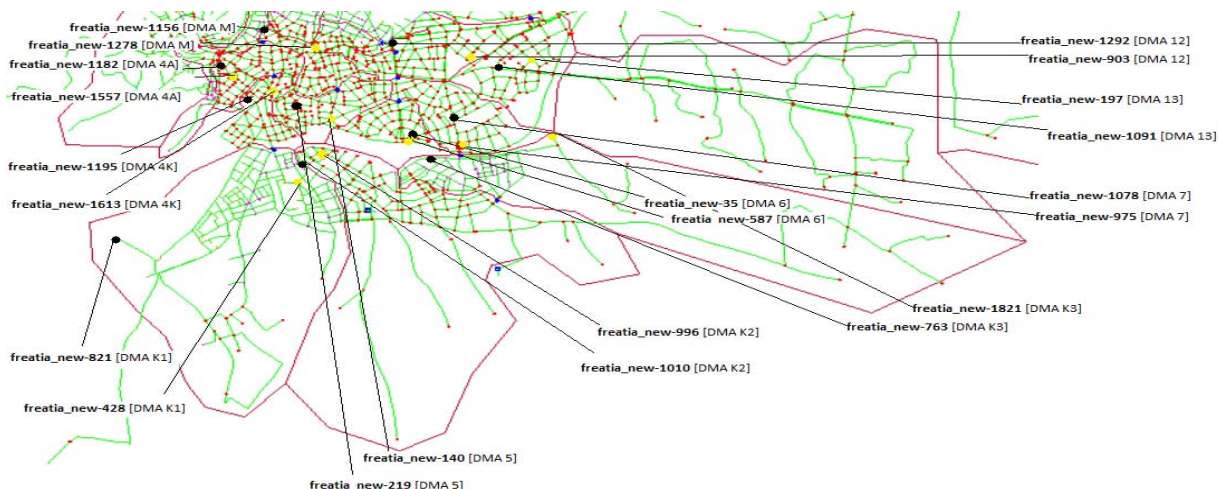
Παρακάτω παρουσιάζονται οι κρίσιμοι κόμβοι ως προς την πίεση του νερού και οι αντίστοιχοι κρίσιμοι κόμβοι με βάση τη ζήτηση που εμφανίζουν για τον μήνα Ιούλιο, η ελάχιστη τιμή πίεσης του διανεμόμενου νερού που εμφανίζουν σε συνδυασμό με τη μέση πίεση του κάθε κρίσιμου κόμβου και την μέση πίεση της DMA στην οποία ανήκουν. Επιπλέον, παρουσιάζονται οι αντίστοιχες τιμές μέγιστης ηλικίας του νερού που εμπεριέχουν αλλά και η μέση ηλικία της αντίστοιχη DMA και τέλος η συνολική ζήτηση ύδατος που έχουν για τις 96 ώρες ανάλυσης.

**Πίνακας 5.11:** Κρίσιμοι κόμβοι ως προς την πίεση σε κάθε DMA και παρουσίαση των αντίστοιχων τιμών ηλικίας και ζήτησης για το Σενάριο 1<sup>ο</sup> τον μήνα Νοέμβριο για 96 ώρες ανάλυσης

Κρίσιμοι κόμβοι		Πίεση (kPa)			Ηλικία (hrs)		Ζήτηση (m <sup>3</sup> /hr)
DMA	Κρίσιμοι κόμβοι	Μέσος όρος κάθε DMA	Μέσος όρος κρίσιμου κόμβου	Ελάχιστη τιμή κρίσιμου κόμβου	Μέσος όρος κάθε DMA	Μέσος όρος κρίσιμου κόμβου	Ζήτηση κρίσιμου κόμβου
DMA M	freatia_new-1156	592,43	459,68	451,8	19,238	16,783	53,941
DMA 5	freatia_new-219	727,5	663,6	654,2	25,015	20,328	129,12707
DMA 4A	freatia_new-1182	569	461,443	450,4	17,027	15,677	15,12898
DMA 4K	freatia_new-1195	678,66	595,06	583,5	19,549	15,696	16,17979
DMA K1	freatia_new-821	389,4	252,27	155,2	23,226	26,792	67,3706
DMA K2	freatia_new-1010	611,72	460,85	363,9	29,34	20,649	42,13
DMA K3	freatia_new-763	460,21	408,505	311	28,33	22,263	16,99011
DMA 13	freatia_new-1091	701,6	613,8	608,4	56,365	28,123	22,69624
DMA 12	freatia_new-1292	589,61	450,63	446,5	28,366	27,898	50,3121
DMA 7	freatia_new-1078	674,09	621,7	615,5	28,935	27,443	53,18465
DMA 6	freatia_new-35	773,57	703,34	696,6	29,626	27,94	76,96018

**Πίνακας 5.12:** Σταθμικοί κρίσιμοι κόμβοι ως προς την πίεση σε κάθε DMA και παρουσίαση των αντίστοιχων τιμών ηλικίας και ζήτησης για το Σενάριο 1<sup>ο</sup> τον μήνα Νοέμβριο για 96 ώρες ανάλυσης

Κρίσιμοι κόμβοι με βάση τον σταθμικό μέσο όρο		Πίεση (kPa)			Ηλικία (hrs)		Ζήτηση (m <sup>3</sup> /hr)
DMA	Κρίσιμοι κόμβοι	Μέσος όρος κάθε DMA	Μέσος όρος κρίσιμου κόμβου	Ελάχιστη τιμή κρίσιμου κόμβου	Μέσος όρος κάθε DMA	Μέσος όρος κρίσιμου κόμβου	Ζήτηση κρίσιμου κόμβου
DMA M	freatia_new-1278	608,37	519,94	513,3	19,922	14,627	1,64471
DMA 5	freatia_new-140	717,92	767,38	759,2	20,637	41,535	2,85944
DMA 4A	freatia_new-1557	574,13	534,41	523,4	15,858	26,636	0,30144
DMA 4K	freatia_new-1613	680,6	688,22	676,6	19,507	15,278	1,77013
DMA K1	freatia_new-428	394,49	326,86	229,7	22,8	20,973	0,28159
DMA K2	freatia_new-996	565,71	527,34	430,3	27,479	21,019	0,39947
DMA K3	freatia_new-1821	451,639	548,7	451,1	25,506	47,989	0,24177
DMA 13	freatia_new-197	680,58	761,86	756,6	58,918	27,994	1,87325
DMA 12	freatia_new-903	589,46	637,51	634,98	26,694	39,8	1,41575
DMA 7	freatia_new-975	680,37	744,81	735,8	28,241	33,322	1,7966
DMA 6	freatia_new-587	771,08	780,93	774,2	28,148	3,62	0,81458



**Εικόνα 5.6:** Χάρτης κρίσιμων κόμβων ως προς την πίεση όπως προέκυψαν από την ανάλυση (μαύρη κουκκίδα) κι όπως προέκυψαν εξαιτίας της ζήτησης τους (κίτρινη κουκκίδα) για το Σενάριο 1<sup>ο</sup> τον μήνα Νοέμβριο για 96 ώρες ανάλυσης

## 5.4 Σενάριο 2<sup>ο</sup>. Διαχωρισμός του δικτύου σε DMAs κι εγκατάσταση βαλβίδων μείωσης της πίεσης. With DMAs\_With PRVs.

Στο σενάριο αυτό η ανάλυση έγινε για το δίκτυο της Κοζάνης το οποίο πλέον έχει διαχωριστεί σε στεγανές υποζώνες κι επιπλέον έχουν τοποθετηθεί βαλβίδες ρύθμισης και συγκεκριμένα μείωσης πίεσης έτσι ώστε ή κατώτερη τιμή πίεσης σε κάθε DMA να είναι στην τιμή των 200 kPa.

### 5.4.1 Κρίσιμοι κόμβοι ως προς την ηλικία - Εξεταζόμενος μήνας : Φεβρουάριος

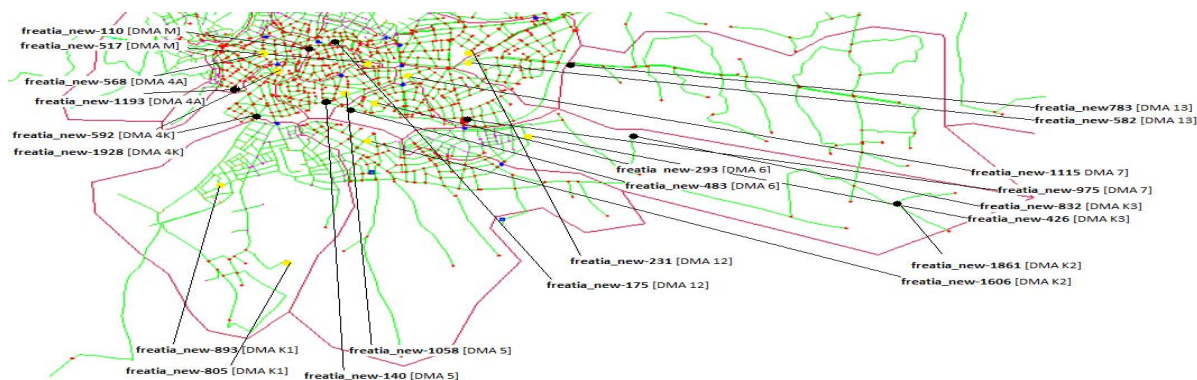
Παρακάτω παρουσιάζονται οι κρίσιμοι κόμβοι ως προς την ηλικία του νερού και οι αντίστοιχοι κρίσιμοι ηλικιακά κόμβοι με βάση τη ζήτηση που εμφανίζουν για τον μήνα Φεβρουάριο, η μέγιστη τιμή ηλικίας του νερού που εμφανίζουν σε συνδυασμό με τη μέση ηλικία του κρίσιμου κόμβου και την μέση ηλικία της DMA στην οποία εμπεριέχονται. Επιπλέον, παρουσιάζονται οι αντίστοιχες τιμές ελάχιστης πίεσης με την οποία διανέμουν το νερό αλλά και η μέση πίεση της αντίστοιχη DMA και τέλος η συνολική ζήτηση ύδατος που έχουν για τις 96 ώρες ανάλυσης.

**Πίνακας 5.13:** Κρίσιμοι κόμβοι ως προς την ηλικία σε κάθε DMA και παρουσίαση των αντίστοιχων τιμών πίεσης και ζήτησης για το Σενάριο 2<sup>ο</sup> τον μήνα Φεβρουάριο για 96 ώρες ανάλυσης

Κρίσιμοι κόμβοι		Ηλικία (hrs)			Πίεση (kPa)		Ζήτηση (m <sup>3</sup> /hr)
DMA	Κρίσιμοι κόμβοι	Μέσος όρος κάθε DMA	Μέσος όρος κρίσιμου κόμβου	Μέγιστη τιμή κρίσιμου κόμβου	Μέσος όρος κάθε DMA	Μέσος όρος κρίσιμου κόμβου	Ζήτηση κρίσιμου κόμβου
DMA M	freatia_new-110	15,869	19,18	24,091	325,52	283,97	10,54733
DMA 5	freatia_new-140	17,309	38,86	57,099	249,11	290,5	2,78665
DMA 4A	freatia_new-1193	18,988	31,564	42,076	288,51	302,55	7,3468
DMA 4K	freatia_new-1928	17,907	19,301	24,57	278,22	302,01	19,01797
DMA K1	freatia_new-805	20,316	40,424	61,694	291,51	540,07	2,88957
DMA K2	freatia_new-1861	25,206	46,638	83,297	308,56	730,5	3,26005
DMA K3	freatia_new-832	21,352	47,701	91,418	243,55	435,4	1,91505
DMA 13	freatia_new-783	18,89	18,888	23,651	335,34	292,37	11,08278
DMA 12	freatia_new-175	18,2	46,53	54,6	356,97	366,93	79,39739
DMA 7	freatia_new-975	17,774	21,763	27,373	250,62	321,08	2,62866
DMA 6	freatia_new-483	20,103	21,695	27,366	240,09	306,92	39,11193

**Πίνακας 5.14:** Σταθμικοί κρίσιμοι κόμβοι ως προς την ηλικία σε κάθε DMA και παρουσίαση των αντίστοιχων τιμών πίεσης και ζήτησης για το Σενάριο 2<sup>ο</sup> τον μήνα Φεβρουάριο για 96 ώρες ανάλυσης

Κρίσιμοι κόμβοι με βάση τον σταθμικό μέσο όρο		Ηλικία (hrs)			Πίεση (kPa)		Ζήτηση (m <sup>3</sup> /hr)
DMA	Κρίσιμοι κόμβοι με βάση τον σ.μ.ο	Μέσος όρος κάθε DMA	Μέσος όρος κρίσιμου κόμβου	Μέγιστη τιμή κρίσιμου κόμβου	Μέσος όρος κάθε DMA	Μέσος όρος κρίσιμου κόμβου	Ζήτηση κρίσιμου κόμβου
DMA M	freatia_new-517	15,454	15,694	19,613	335,57	374,82	224,52103
DMA 5	freatia_new-1058	13,673	15,659	19,623	239,84	257,15	187,17692
DMA 4A	freatia_new-568	16,514	15,538	19,58	294,49	297,96	129,07802
DMA 4K	freatia_new-592	16,294	16,173	20,402	278,31	263,65	127,52102
DMA K1	freatia_new-893	18,691	20,161	26,537	287,73	237,64	143,52096
DMA K2	freatia_new-1606	19,657	20,365	25,54	275,89	288,62	119,01496
DMA K3	freatia_new-426	18,037	16,937	21,196	235,16	256,92	85,94158
DMA 13	freatia_new-582	19,91	17,113	21,221	313,55	284,86	181,81327
DMA 12	freatia_new-231	15,466	16,085	20,016	357,6	343,54	164,71124
DMA 7	freatia_new-1115	15,892	14,872	18,244	259,22	283,73	224,96559
DMA 6	freatia_new-293	16,677	15,873	19,752	234,75	307,51	116,56498



**Εικόνα 5.7:** Χάρτης κρίσιμων κόμβων ως προς την ηλικία όπως προέκυψαν από την ανάλυση (μαύρη κουκκίδα) κι όπως προέκυψαν εξαιτίας της ζήτησης τους (κίτρινη κουκκίδα) για το Σενάριο 2<sup>ο</sup> τον μήνα Φεβρουάριο για 96 ώρες ανάλυσης



### 5.4.2 Κρίσιμοι κόμβοι ως προς την πίεση - Εξεταζόμενος μήνας : Φεβρουάριος

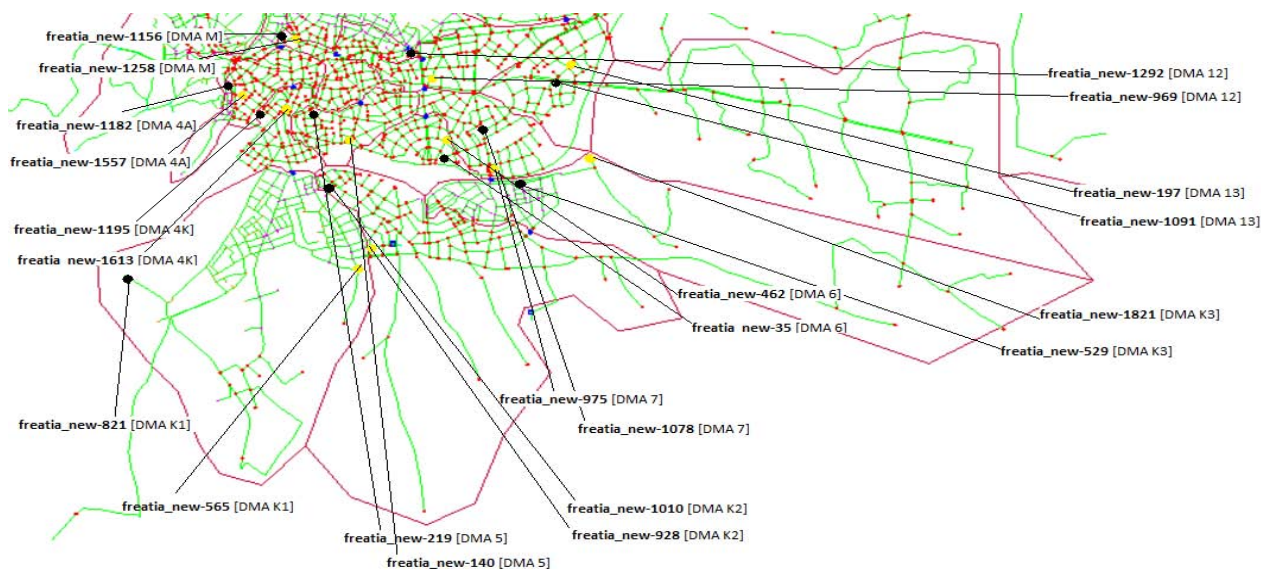
Παρακάτω παρουσιάζονται οι κρίσιμοι κόμβοι ως προς την πίεση του νερού και οι αντίστοιχοι κρίσιμοι κόμβοι με βάση τη ζήτηση που εμφανίζουν για τον μήνα Φεβρουάριο, η ελάχιστη τιμή πίεσης του διανεμόμενου νερού που εμφανίζουν σε συνδυασμό με τη μέση πίεση του κάθε κρίσιμου κόμβου και την μέση πίεση της DMA στην οποία ανήκουν. Επιπλέον, παρουσιάζονται οι αντίστοιχες τιμές μέγιστης ηλικίας του νερού που εμπεριέχουν αλλά και η μέση ηλικία της αντίστοιχη DMA και τέλος η συνολική ζήτηση ύδατος που έχουν για τις 96 ώρες ανάλυσης

**Πίνακας 5.15:** Κρίσιμοι κόμβοι ως προς την πίεση σε κάθε DMA και παρουσίαση των αντίστοιχων τιμών ηλικίας και ζήτησης για το Σενάριο 2<sup>ο</sup> τον μήνα Φεβρουάριο για 96 ώρες ανάλυσης

Κρίσιμοι κόμβοι		Πίεση (kPa)			Ηλικία (hrs)		Ζήτηση (m <sup>3</sup> /hr)
DMA	Κρίσιμοι κόμβοι	Μέσος όρος κάθε DMA	Μέσος όρος κρίσιμου κόμβου	Ελάχιστη τιμή κρίσιμου κόμβου	Μέσος όρος κάθε DMA	Μέσος όρος κρίσιμου κόμβου	Ζήτηση κρίσιμου κόμβου
DMA M	freatia_new-1156	325,52	167,74	162,8	15,869	15,99	24,44836
DMA 5	freatia_new-219	249,11	185,49	184,5	17,309	16,02	118,61143
DMA 4A	freatia_new-1182	288,51	176,46	170,9	18,988	19,816	14,172
DMA 4K	freatia_new-1195	278,22	191,68	190,6	17,907	17,081	12,11845
DMA K1	freatia_new-821	291,51	155,05	154,4	20,316	26,037	56,21789
DMA K2	freatia_new-1010	308,56	172,92	171,2	25,206	24,949	31,64444
DMA K3	freatia_new-529	243,55	191,42	164,8	21,352	16,785	69,75723
DMA 13	freatia_new-1091	335,34	212,03	206,6	18,89	16,77	28,64987
DMA 12	freatia_new-1292	356,97	149,5	149,5	18,2	15,368	37,83969
DMA 7	freatia_new-1078	250,62	198	196,8	17,774	15,729	51,37858
DMA 6	freatia_new-35	240,09	219,55	219,4	20,103	18,283	103,90876

**Πίνακας 5.16:** Σταθμικοί κρίσιμοι κόμβοι ως προς την πίεση σε κάθε DMA και παρουσίαση των αντίστοιχων τιμών ηλικίας και ζήτησης για το Σενάριο 2<sup>ο</sup> τον μήνα Φεβρουάριο για 96 ώρες ανάλυσης

Κρίσιμοι κόμβοι με βάση τον σταθμικό μέσο όρο		Πίεση (kPa)			Ηλικία (hrs)		Ζήτηση (m <sup>3</sup> /hr)
DMA	Κρίσιμοι κόμβοι με βάση τον σ.μ.ο	Μέσος όρος κάθε DMA	Μέσος όρος κρίσιμου κόμβου	Ελάχιστη τιμή κρίσιμου κόμβου	Μέσος όρος κάθε DMA	Μέσος όρος κρίσιμου κόμβου	Ζήτηση κρίσιμου κόμβου
DMA M	freatia_new-1258	335,57	207,96	203,4	15,454	19,033	2,87228
DMA 5	freatia_new-140	239,84	290,5	290,4	13,673	38,86	2,78665
DMA 4A	freatia_new-1557	294,49	259,09	253,6	16,514	22,456	0,67779
DMA 4K	freatia_new-1613	278,31	285,96	285,2	16,294	15,703	1,87651
DMA K1	freatia_new-565	287,73	359,28	358,6	18,691	24,141	0,66608
DMA K2	freatia_new-928	275,89	196,42	194,9	19,657	19,34	0,03963
DMA K3	freatia_new-1821	235,16	334,16	308,9	18,037	47,963	0,22806
DMA 13	freatia_new-197	313,55	361,29	356,4	19,91	16,563	0,7925
DMA 12	freatia_new-969	357,6	334,11	333,1	15,466	21,951	1,80042
DMA 7	freatia_new-975	259,22	321,08	319,7	15,892	21,763	2,62866
DMA 6	freatia_new-462	234,75	256,62	256,6	16,677	15,325	1,53952



**Εικόνα 5.8:** Χάρτης κρίσιμων κόμβων ως προς την πίεση όπως προέκυψαν από την ανάλυση (μαύρη κουκκίδα) και όπως προέκυψαν εξαιτίας της ζήτησης τους (κίτρινη κουκκίδα) για το Σενάριο 2<sup>ο</sup> τον μήνα Φεβρουάριο για 96 ώρες ανάλυσης

### 5.4.3 Κρίσιμοι κόμβοι ως προς την ηλικία - Εξεταζόμενος μήνας : Ιούλιος

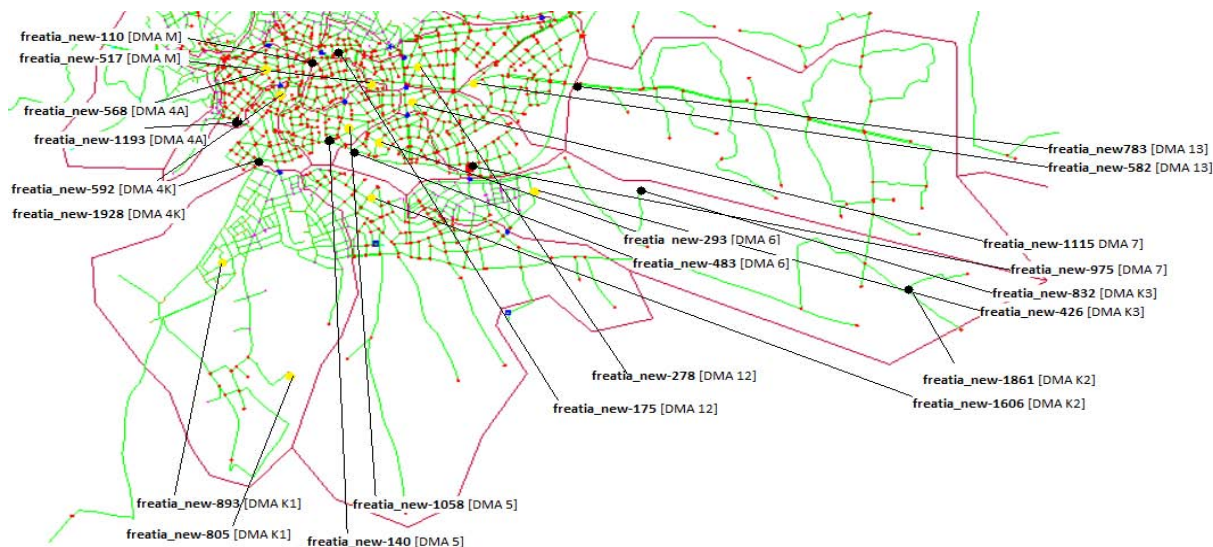
Παρακάτω παρουσιάζονται οι κρίσιμοι κόμβοι ως προς την ηλικία του νερού και οι αντίστοιχοι κρίσιμοι ηλικιακά κόμβοι με βάση τη ζήτηση που εμφανίζουν για τον μήνα Ιούλιο, η μέγιστη τιμή ηλικίας του νερού που εμφανίζουν σε συνδυασμό με τη μέση ηλικία του κρίσιμου κόμβου και την μέση ηλικία της DMA στην οποία εμπεριέχονται. Επιπλέον, παρουσιάζονται οι αντίστοιχες τιμές ελάχιστης πίεσης με την οποία διανέμουν το νερό αλλά και η μέση πίεση της αντίστοιχης DMA και τέλος η συνολική ζήτηση ύδατος που έχουν για τις 96 ώρες ανάλυσης.

**Πίνακας 5.17:** Κρίσιμοι κόμβοι ως προς την ηλικία σε κάθε DMA και παρουσίαση των αντίστοιχων τιμών πίεσης και ζήτησης για το Σενάριο 2<sup>ο</sup> τον μήνα Ιούλιο για 96 ώρες ανάλυσης

Κρίσιμοι κόμβοι		Ηλικία (hrs)			Πίεση (kPa)		Ζήτηση (m <sup>3</sup> /hr)
DMA	Κρίσιμοι κόμβοι	Μέσος όρος κάθε DMA	Μέσος όρος κρίσιμου κόμβου	Μέγιστη τιμή κρίσιμου κόμβου	Μέσος όρος κάθε DMA	Μέσος όρος κρίσιμου κόμβου	Ζήτηση κρίσιμου κόμβου
DMA M	freatia_new-110	15,869	19,18	24,091	325,52	283,97	10,54733
DMA 5	freatia_new-140	17,309	38,86	57,099	249,11	290,5	2,78665
DMA 4A	freatia_new-1193	18,988	31,564	42,076	288,51	302,55	7,3468
DMA 4K	freatia_new-1928	17,907	19,301	24,57	278,22	302,01	19,01797
DMA K1	freatia_new-805	20,316	40,424	61,694	291,51	540,07	2,88957
DMA K2	freatia_new-1861	25,206	46,638	83,297	308,56	730,5	3,26005
DMA K3	freatia_new-832	21,352	47,701	71,418	243,55	435,4	1,91505
DMA 13	freatia_new-783	18,89	18,888	23,651	335,34	292,37	11,08278
DMA 12	freatia_new-175	18,2	46,53	54,6	356,97	366,93	79,39739
DMA 7	freatia_new-975	17,774	21,763	27,373	250,62	321,08	2,62866
DMA 6	freatia_new-483	20,103	21,695	27,366	240,09	306,92	39,11193

**Πίνακας 5.18:** Σταθμικοί κρίσιμοι κόμβοι ως προς την ηλικία σε κάθε DMA και παρουσίαση των αντίστοιχων τιμών πίεσης και ζήτησης για το Σενάριο 2<sup>ο</sup> τον μήνα Ιούλιο για 96 ώρες ανάλυσης

Κρίσιμοι κόμβοι με βάση τον σταθμικό μέσο όρο		Ηλικία (hrs)			Πίεση (kPa)		Ζήτηση (m <sup>3</sup> /hr)
DMA	Κρίσιμοι κόμβοι με βάση τον σ.μ.ο	Μέσος όρος κάθε DMA	Μέσος όρος κρίσιμου κόμβου	Μέγιστη τιμή κρίσιμου κόμβου	Μέσος όρος κάθε DMA	Μέσος όρος κρίσιμου κόμβου	Ζήτηση κρίσιμου κόμβου
DMA M	freatia_new-517	16,427	16,624	21,605	333,41	372,73	190,96199
DMA 5	freatia_new-1058	14,363	16,542	21,588	238,92	256,37	247,52215
DMA 4A	freatia_new-568	17,267	16,42	21,465	285,45	285,44	167,48507
DMA 4K	freatia_new-592	17,073	16,905	22,154	277,68	261,69	152,63339
DMA K1	freatia_new-893	21,573	19,707	25,17	287,86	236,55	166,78786
DMA K2	freatia_new-1606	19,742	20,033	25,538	279,95	280,39	161,91726
DMA K3	freatia_new-426	18,742	17,495	22,637	252,41	212,04	113,26575
DMA 13	freatia_new-582	20,498	17,728	22,758	304,26	278,63	187,76106
DMA 12	freatia_new-278	17,588	15,97	20,455	358,27	222,98	202,81126
DMA 7	freatia_new-1115	19,362	15,981	20,543	257,66	283,57	245,54583
DMA 6	freatia_new-293	17,549	16,794	21,628	237,63	307,48	144,71438



**Εικόνα 5.9:** Χάρτης κρίσιμων κόμβων ως προς την ηλικία όπως προέκυψαν από την ανάλυση (μαύρη κουκκίδα) και όπως προέκυψαν εξαιτίας της ζήτησης τους (κίτρινη κουκκίδα) για το Σενάριο 2<sup>ο</sup> τον μήνα Ιούλιο για 96 ώρες ανάλυσης

#### 5.4.4 Κρίσιμοι κόμβοι ως προς την πίεση - Εξεταζόμενος μήνας : Ιούλιος

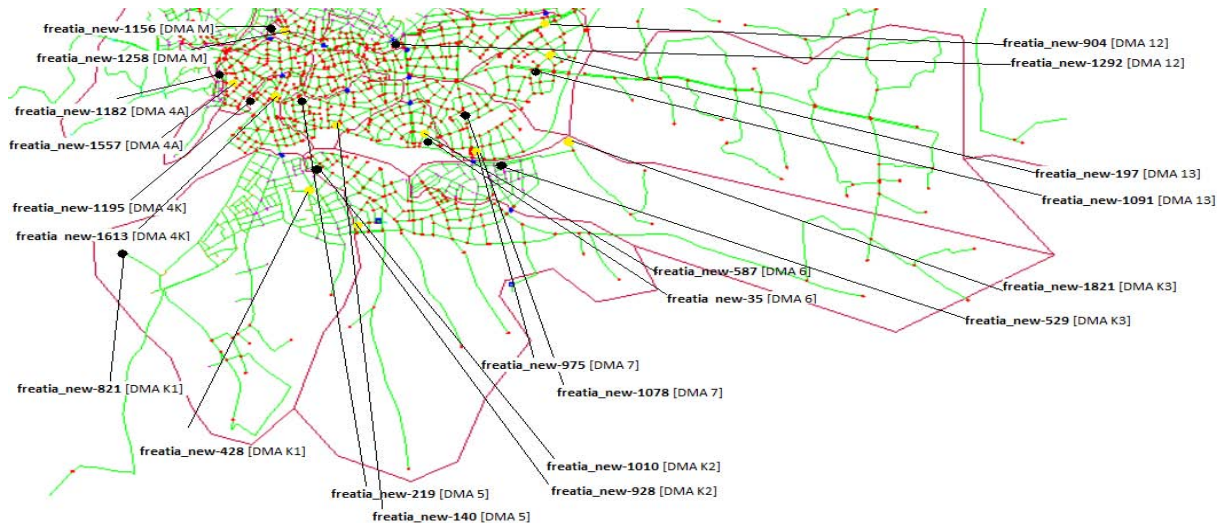
Παρακάτω παρουσιάζονται οι κρίσιμοι κόμβοι ως προς την πίεση του νερού και οι αντίστοιχοι κρίσιμοι κόμβοι με βάση τη ζήτηση που εμφανίζουν για τον μήνα Ιούλιο, η ελάχιστη τιμή πίεσης του διανεμόμενου νερού που εμφανίζουν σε συνδυασμό με τη μέση πίεση του κάθε κρίσιμου κόμβου και την μέση πίεση της DMA στην οποία ανήκουν. Επιπλέον, παρουσιάζονται οι αντίστοιχες τιμές μέγιστης ηλικίας του νερού που εμπεριέχουν αλλά και η μέση ηλικία της αντίστοιχη DMA και τέλος η συνολική ζήτηση ύδατος που έχουν για τις 96 ώρες ανάλυσης.

**Πίνακας 5.19:** Κρίσιμοι κόμβοι ως προς την πίεση σε κάθε DMA και παρουσίαση των αντίστοιχων τιμών ηλικίας και ζήτησης για το Σενάριο 2<sup>ο</sup> τον μήνα Ιούλιο για 96 ώρες ανάλυσης

Κρίσιμοι κόμβοι		Πίεση (kPa)			Ηλικία (hrs)		Ζήτηση (m <sup>3</sup> /hr)
DMA	Κρίσιμοι κόμβοι	Μέσος όρος κάθε DMA	Μέσος όρος κρίσιμου κόμβου	Ελάχιστη τιμή κρίσιμου κόμβου	Μέσος όρος κάθε DMA	Μέσος όρος κρίσιμου κόμβου	Ζήτηση κρίσιμου κόμβου
DMA M	freatia_new-1156	323,08	161,08	154,7	16,848	16,816	30,59119
DMA 5	freatia_new-219	248,04	183,89	182,6	18,022	16,821	158,956
DMA 4A	freatia_new-1182	279,49	168,94	161,8	19,922	19,82	18,15757
DMA 4K	freatia_new-1195	275,9	190,05	188,6	18,61	17,576	15,4161
DMA K1	freatia_new-821	290,38	153,41	152,3	22,828	22,358	114,94998
DMA K2	freatia_new-1010	306,64	164,68	111,9	24,302	24,096	45,22104
DMA K3	freatia_new-529	260,21	146,85	105,5	21,562	17,38	82,26251
DMA 13	freatia_new-1091	329,74	205,97	199,3	19,6	17,436	27,75587
DMA 12	freatia_new-1292	356,45	149,49	149,4	19,168	16,445	40,65902
DMA 7	freatia_new-1078	249,63	196,88	195,5	20,988	16,665	66,55428
DMA 6	freatia_new-35	240,02	219,44	219,3	20,873	18,794	121,42568

**Πίνακας 5.20:** Σταθμικοί κρίσιμοι κόμβοι ως προς την πίεση σε κάθε DMA και παρουσίαση των αντίστοιχων τιμών ηλικίας και ζήτησης για το Σενάριο 2<sup>ο</sup> τον μήνα Ιούλιο για 96 ώρες ανάλυσης

Κρίσιμοι κόμβοι με βάση τον σταθμικό μέσο όρο		Πίεση (kPa)			Ηλικία (hrs)		Ζήτηση (m <sup>3</sup> /hr)
DMA	Κρίσιμοι κόμβοι με βάση τον σ.μ.ο	Μέσος όρος κάθε DMA	Μέσος όρος κρίσιμου κόμβου	Ελάχιστη τιμή κρίσιμου κόμβου	Μέσος όρος κάθε DMA	Μέσος όρος κρίσιμου κόμβου	Ζήτηση κρίσιμου κόμβου
DMA M	freatia_new-1258	333,41	201,88	196,1	16,427	19,989	2,72034
DMA 5	freatia_new-140	238,92	290,39	290,3	14,363	36,292	3,27994
DMA 4A	freatia_new-1557	285,45	251,67	244,6	17,267	22,931	0,66641
DMA 4K	freatia_new-1613	277,68	284,88	283,9	17,073	16,536	2,10518
DMA K1	freatia_new-428	287,86	228,9	228	21,573	17,309	0,51537
DMA K2	freatia_new-928	279,95	188,65	136,2	19,742	19,282	0,26145
DMA K3	freatia_new-1821	252,41	291,23	221,5	18,742	47,142	0,27593
DMA 13	freatia_new-197	304,26	355,69	349,7	20,498	17,268	0,25577
DMA 12	freatia_new-904	358,27	382,55	379,1	17,588	24,612	1,39823
DMA 7	freatia_new-975	257,66	319,8	318,3	19,362	20,901	3,65506
DMA 6	freatia_new-587	237,63	297,09	297	17,549	23,426	1,84424



**Εικόνα 5.10:** Χάρτης κρίσιμων κόμβων ως προς την πίεση όπως προέκυψαν από την ανάλυση (μαύρη κουκκίδα) κι όπως προέκυψαν εξαιτίας της ζήτησης τους (κίτρινη κουκκίδα) για το Σενάριο 2<sup>ο</sup> τον μήνα Ιούλιο για 96 ώρες ανάλυσης



### 5.4.5 Κρίσιμοι κόμβοι ως προς την ηλικία - Εξεταζόμενος μήνας : Νοέμβριος

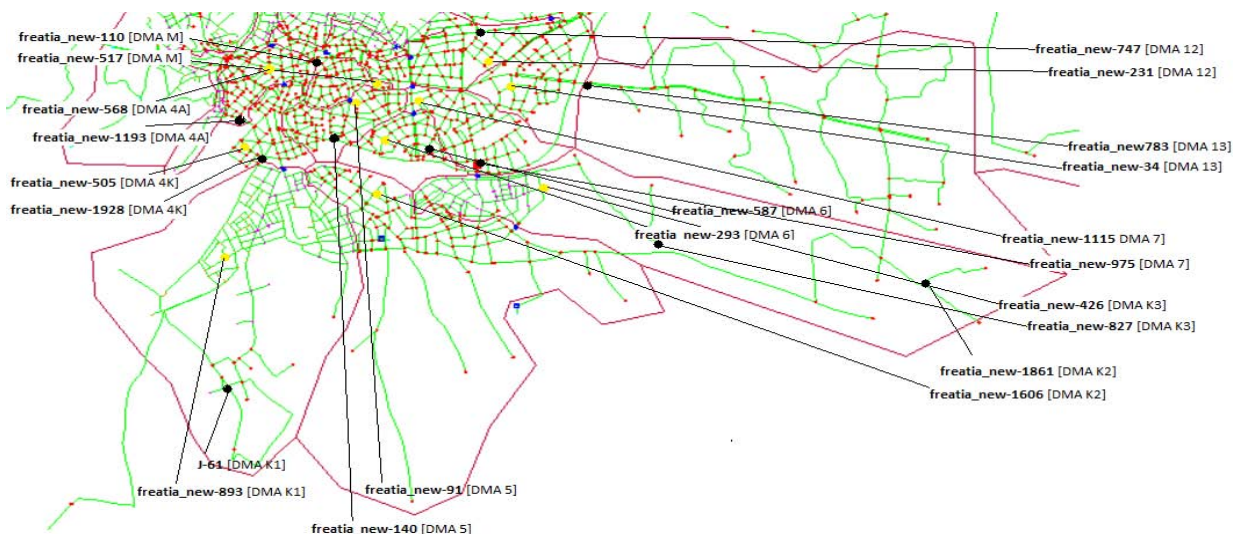
Παρακάτω παρουσιάζονται οι κρίσιμοι κόμβοι ως προς την ηλικία του νερού και οι αντίστοιχοι κρίσιμοι ηλικιακά κόμβοι με βάση τη ζήτηση που εμφανίζουν για τον μήνα Νοέμβριο, η μέγιστη τιμή ηλικίας του νερού που εμφανίζουν σε συνδυασμό με τη μέση ηλικία του κρίσιμου κόμβου και την μέση ηλικία της DMA στην οποία εμπεριέχονται. Επιπλέον, παρουσιάζονται οι αντίστοιχες τιμές ελάχιστης πίεσης με την οποία διανέμουν το νερό αλλά και η μέση πίεση της αντίστοιχη DMA και τέλος η συνολική ζήτηση ύδατος που έχουν για τις 96 ώρες ανάλυσης.

**Πίνακας 5.21:** Κρίσιμοι κόμβοι ως προς την ηλικία σε κάθε DMA και παρουσίαση των αντίστοιχων τιμών πίεσης και ζήτησης για το Σενάριο 2<sup>ο</sup> τον μήνα Νοέμβριο για 96 ώρες ανάλυσης

Κρίσιμοι κόμβοι		Ηλικία (hrs)			Πίεση (kPa)		Ζήτηση (m <sup>3</sup> /hr)
DMA	Κρίσιμοι κόμβοι	Μέσος όρος κάθε DMA	Μέσος όρος κρίσιμου κόμβου	Μέγιστη τιμή κρίσιμου κόμβου	Μέσος όρος κάθε DMA	Μέσος όρος κρίσιμου κόμβου	Ζήτηση κρίσιμου κόμβου
DMA M	freatia_new-110	19,163	22,52	29,803	325,14	283,96	9,63189
DMA 5	freatia_new-140	20,804	39,377	59,732	248,96	290,5	2,85944
DMA 4A	freatia_new-1193	21,887	32,139	44,989	286,21	300,51	8,0684
DMA 4K	freatia_new-1928	20,94	22,022	29,118	277,68	301,35	19,8911
DMA K1	J-61	22,965	43,737	72,507	291,27	422,96	1,66373
DMA K2	freatia_new-1861	27,484	45,37	77,85	311,17	730,68	4,7294
DMA K3	freatia_new-817	24,226	46,894	85,522	238,71	547,08	1,26823
DMA 13	freatia_new-783	22,206	26,913	35,927	335,79	292,99	2,48107
DMA 12	freatia_new-747	21,243	35,913	52,159	360,11	322,64	27,31382
DMA 7	freatia_new-975	20,884	26,403	35,318	250,83	321,23	1,7966
DMA 6	freatia_new-587	23,319	26,457	35,2	240,15	297,28	1,81458

**Πίνακας 5.22:** Σταθμικοί κρίσιμοι κόμβοι ως προς την ηλικία σε κάθε DMA και παρουσίαση των αντίστοιχων τιμών πίεσης και ζήτησης για το Σενάριο 2<sup>ο</sup> τον μήνα Νοέμβριο για 96 ώρες ανάλυσης

Κρίσιμοι κόμβοι με βάση τον σταθμικό μέσο όρο		Ηλικία (hrs)			Πίεση (kPa)		Ζήτηση (m <sup>3</sup> /hr)
DMA	Κρίσιμοι κόμβοι με βάση τον σ.μ.ο	Μέσος όρος κάθε DMA	Μέσος όρος κρίσιμου κόμβου	Μέγιστη τιμή κρίσιμου κόμβου	Μέσος όρος κάθε DMA	Μέσος όρος κρίσιμου κόμβου	Ζήτηση κρίσιμου κόμβου
DMA M	freatia_new-517	18,628	18,982	24,989	335,84	374,74	183,01501
DMA 5	freatia_new-91	16,402	18,792	24,876	239,07	205,7	221,686
DMA 4A	freatia_new-568	19,668	18,818	24,909	290,32	295,01	148,92605
DMA 4K	freatia_new-505	19,506	19,81	26,016	278,95	304,31	137,90212
DMA K1	freatia_new-893	21,478	22,795	30,097	287,85	237,38	148,4371
DMA K2	freatia_new-1606	22,434	23,059	30,196	277,12	288,16	125,32961
DMA K3	freatia_new-426	21,068	20,09	26,486	229,38	251,36	91,23291
DMA 13	freatia_new-34	23,289	20,208	26,549	303,5	248,4	180,43636
DMA 12	freatia_new-231	18,809	19,347	25,527	361,66	344,432	203,13793
DMA 7	freatia_new-1115	19,256	18,2	23,895	258,22	283,84	171,66669
DMA 6	freatia_new-293	20,123	19,241	25,447	237,71	307,56	140,41551



**Εικόνα 5.11:** Χάρτης κρίσιμων κόμβων ως προς την ηλικία όπως προέκυψαν από την ανάλυση (μαύρη κουκκίδα) κι όπως προέκυψαν εξαιτίας της ζήτησης τους (κίτρινη κουκκίδα) για το Σενάριο 2<sup>ο</sup> τον μήνα Νοέμβριο για 96 ώρες ανάλυσης

### 5.4.6 Κρίσιμοι κόμβοι ως προς την πίεση - Εξεταζόμενος μήνας : Νοέμβριος

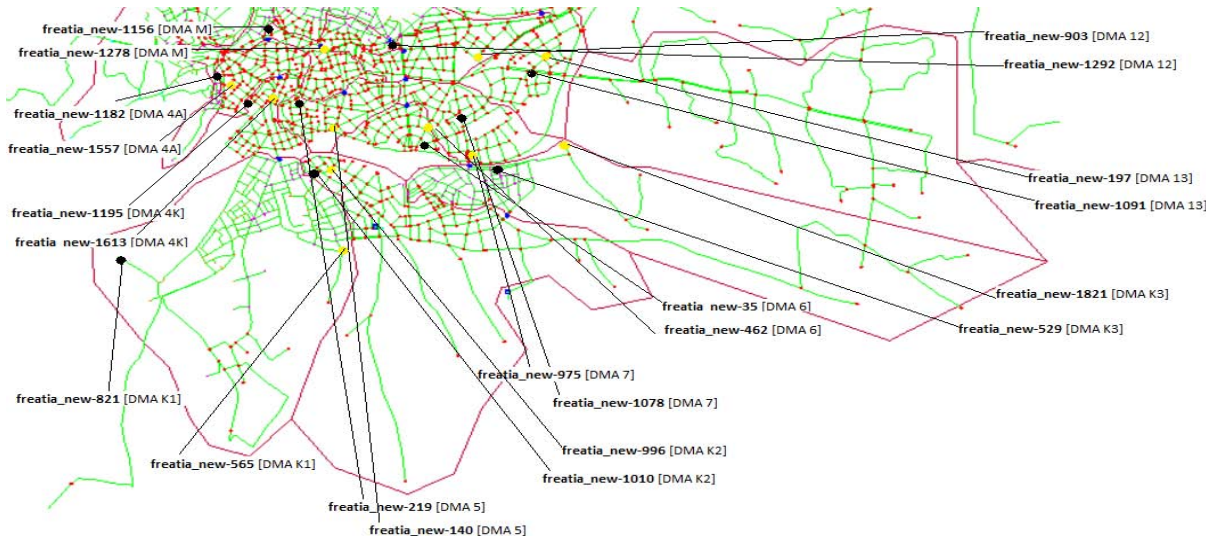
Παρακάτω παρουσιάζονται οι κρίσιμοι κόμβοι ως προς την πίεση του νερού και οι αντίστοιχοι κρίσιμοι κόμβοι με βάση τη ζήτηση που εμφανίζουν για τον μήνα Νοέμβριο, η ελάχιστη τιμή πίεσης του διανεμόμενου νερού που εμφανίζουν σε συνδυασμό με τη μέση πίεση του κάθε κρίσιμου κόμβου και την μέση πίεση της DMA στην οποία ανήκουν. Επιπλέον, παρουσιάζονται οι αντίστοιχες τιμές μέγιστης ηλικίας του νερού που εμπεριέχουν αλλά και η μέση ηλικία της αντίστοιχη DMA και τέλος η συνολική ζήτηση ύδατος που έχουν για τις 96 ώρες ανάλυσης.

**Πίνακας 5.23:** Κρίσιμοι κόμβοι ως προς την πίεση σε κάθε DMA και παρουσίαση των αντίστοιχων τιμών ηλικίας και ζήτησης για το Σενάριο 2<sup>ο</sup> τον μήνα Νοέμβριο για 96 ώρες ανάλυσης

Κρίσιμοι κόμβοι		Πίεση (kPa)			Ηλικία (hrs)		Ζήτηση (m <sup>3</sup> /hr)
DMA	Κρίσιμοι κόμβοι	Μέσος όρος κάθε DMA	Μέσος όρος κρίσιμου κόμβου	Ελάχιστη τιμή κρίσιμου κόμβου	Μέσος όρος κάθε DMA	Μέσος όρος κρίσιμου κόμβου	Ζήτηση κρίσιμου κόμβου
DMA M	freatia_new-1156	325,14	165,98	160,8	19,163	19,181	25,99112
DMA 5	freatia_new-219	248,96	185,18	184,2	20,804	19,236	129,12707
DMA 4A	freatia_new-1182	286,21	174,36	168,5	21,887	22,317	15,12898
DMA 4K	freatia_new-1195	277,68	191,29	190,1	20,94	19,929	16,17979
DMA K1	freatia_new-821	291,27	154,69	153,9	22,965	26,916	67,3706
DMA K2	freatia_new-1010	311,17	172,46	170,8	27,484	27,277	42,13
DMA K3	freatia_new-529	238,71	185,91	157,9	24,226	19,951	75,63367
DMA 13	freatia_new-1091	335,79	212,25	207,6	22,206	19,982	22,69624
DMA 12	freatia_new-1292	360,11	149,49	149,4	21,243	18,542	50,3121
DMA 7	freatia_new-1078	250,83	198,25	197,2	20,884	19,021	53,18465
DMA 6	freatia_new-35	240,15	219,66	219,6	23,319	21,949	76,96018

**Πίνακας 5.24:** Σταθμικοί κρίσιμοι κόμβοι ως προς την πίεση σε κάθε DMA και παρουσίαση των αντίστοιχων τιμών ηλικίας και ζήτησης για το Σενάριο 2<sup>ο</sup> τον μήνα Νοέμβριο για 96 ώρες ανάλυσης

Κρίσιμοι κόμβοι με βάση τον σταθμικό μέσο όρο		Πίεση (kPa)			Ηλικία (hrs)		Ζήτηση (m <sup>3</sup> /hr)
DMA	Κρίσιμοι κόμβοι με βάση τον σ.μ.ο	Μέσος όρος κάθε DMA	Μέσος όρος κρίσιμου κόμβου	Ελάχιστη τιμή κρίσιμου κόμβου	Μέσος όρος κάθε DMA	Μέσος όρος κρίσιμου κόμβου	Ζήτηση κρίσιμου κόμβου
DMA M	freatia_new-1278	335,84	249,48	249,4	18,628	18,462	1,64471
DMA 5	freatia_new-140	239,07	290,5	290,4	16,402	39,377	2,85944
DMA 4A	freatia_new-1557	290,32	257,05	251,3	19,668	30,583	0,30144
DMA 4K	freatia_new-1613	278,95	285,73	284,9	19,506	18,938	1,77013
DMA K1	freatia_new-428	287,85	229,66	229	21,478	19,777	0,28159
DMA K2	freatia_new-996	277,12	239,22	237,6	22,434	24,868	0,39947
DMA K3	freatia_new-1821	229,38	328,99	302,2	21,068	47,926	0,24177
DMA 13	freatia_new-197	303,5	361,57	357,4	23,289	19,77	0,87325
DMA 12	freatia_new-903	361,66	327,65	325,2	18,809	35,592	1,41575
DMA 7	freatia_new-975	258,22	321,23	320	19,256	26,403	1,7966
DMA 6	freatia_new-462	237,71	256,69	256,6	20,123	18,738	1,48741



**Εικόνα 5.12:** Χάρτης κρίσιμων κόμβων ως προς την πίεση όπως προέκυψαν από την ανάλυση (μαύρη κουκκίδα) κι όπως προέκυψαν εξαιτίας της ζήτησης τους (κίτρινη κουκκίδα) για το Σενάριο 2<sup>ο</sup> τον μήνα Νοέμβριο για 96 ώρες ανάλυσης

## 5.5 Σχολιασμός κρίσιμων κόμβων και ανταπόκρισης του δικτύου στις αλλαγές

### Ως προς την ηλικία:

Παρατηρείται ότι η μέγιστη ηλικία κάθε κρίσιμου κόμβου, η οποία δεν εμφανίζεται απαραίτητα την 96<sup>η</sup> ώρα μελέτης, γεγονός που εξηγείται από την διαφορετική κατανάλωση τις διάφορες ώρες τις ημέρας (μικρότερη κατανάλωση τις πρώτες νυχτερινές ώρες σε σχέση με τις μεσημεριανές), είναι μεγαλύτερη από τον αντίστοιχο μέσο όρο ηλικίας των κόμβων της αντίστοιχης DMA.

Ο διαχωρισμός του δικτύου σε στεγανές υποζώνες και η τοποθέτηση βαλβίδων έγινε με πρωταρχικό σκοπό τη μείωση της πίεσης του νερού που διανέμεται στο δίκτυο. Επιπλέον, στην περίπτωση σύγκρισης των αποτελεσμάτων μεταξύ των δυο σεναρίων μελέτης παρατηρείται πτώση της ηλικίας του νερού. Εξαιρέση αποτελούν οι DMAs 4A και K-1 στην περίπτωση μελέτης του μήνα Φεβρουαρίου, οι DMAs 4A, K-1 στην περίπτωση του μήνα Ιουλίου η DMA 4A στην περίπτωση του μήνα Νοεμβρίου.

**Πίνακας 5.25:** Ποσοστιαία μεταβολή της ηλικίας του νερού σε κάθε DMA μεταξύ των Σενάριο 1<sup>ο</sup> και Σενάριο 2<sup>ο</sup> για τον μήνα Φεβρουάριο για 96 ώρες ανάλυσης στην περίπτωση των κρίσιμων κόμβων

Ποσοστιαία μεταβολή ηλικίας μεταξύ των DMA τον μήνα Φεβρουάριο	
DMA	Μεταβολή (%)
M	-34,74
5	-16,78
4A	17,64
4K	-32,41
K-1	2,86
K-2	-1,26
K-3	-3,18
13	-36,41
12	38,13
7	-33,67
6	-28,08

**Πίνακας 5.26:** Ποσοστιαία μεταβολή της ηλικίας του νερού σε κάθε DMA μεταξύ των Σενάριο 1<sup>ο</sup> και Σενάριο 2<sup>ο</sup> για τον μήνα Ιούλιο για 96 ώρες ανάλυσης στην περίπτωση των κρίσιμων κόμβων

Ποσοστιαία μεταβολή ηλικίας μεταξύ των DMA τον μήνα Ιούλιο	
DMA	Μεταβολή (%)
M	-20,5
5	-12,67
4A	58,69
4K	-19,06
K-1	9,55
K-2	-3,86
K-3	-8,97
13	-21,33
12	-49,16
7	-24,79
6	-17,35

**Πίνακας 5.27:** Ποσοστιαία μεταβολή της ηλικίας του νερού σε κάθε DMA μεταξύ των Σενάριο 1<sup>ο</sup> και Σενάριο 2<sup>ο</sup> για τον μήνα Νοέμβριο για 96 ώρες ανάλυσης στην περίπτωση των κρίσιμων κόμβων

Ποσοστιαία μεταβολή ηλικίας μεταξύ των DMA τον μήνα Νοέμβριο	
DMA	Μεταβολή (%)
M	-37,42
5	-14,16
4A	53,91
4K	-29,88
K-1	31,79
K-2	-13,39
K-3	-5,53
13	-27,45
12	-37,74
7	-29,92
6	-25,75

Μεγαλύτερη μείωση της ηλικίας του νερού, λοιπόν, συναντάται στην DMA 12 και να ακολουθούν οι DMAs M, 4K, 13 και 7, περιοχές με μεγάλες ζητήσεις που αποτελούν, πέραν της 4K και της 7, και της DMA εισόδου του νερού για κάθε ομάδα υποζωνών. Μικρότερη μείωση παρατηρείται στις K-2 K-3 DMAs της ίδιας ομάδας υποζωνών οι οποίες εξυπηρετούν μικρότερες ζητήσεις. Επίσης, αξίζει να αναφερθεί πως με την εφαρμογή του Σεναρίου 2<sup>ο</sup> η απόκλιση μεταξύ μέσου όρου ηλικίας του νερού που φιλοξενούν οι κόμβοι κάθε DMA και μέγιστης ηλικίας του κρίσιμου κόμβου ελαττώνεται σε ποσοστό 50% της αρχικής τιμής ηλικίας του. Επιπρόσθετα η ηλικία του νερού και στα δυο Σενάρια είναι μεγαλύτερη τον Νοέμβριο στις 27,7 ώρες για το Σενάριο 1<sup>ο</sup> και 22,3 ώρες για το Σενάριο 2<sup>ο</sup>, μειώνεται τον Φεβρουάριο στις 23,7 ώρες για το Σενάριο 1<sup>ο</sup> και 19,23 για το Σενάριο 2<sup>ο</sup> και έχει τις ελάχιστες τιμές τον μήνα Ιούλιο, 22,5 ώρες για το Σενάριο 1<sup>ο</sup> και 19,3 για το Σενάριο 2<sup>ο</sup>.

Αυτό το γεγονός, η μείωση δηλαδή της ηλικίας του νερού αποτελεί θετική έκβαση για την ποιότητα του και επιβεβαιώνει ότι ο διαχωρισμός του δικτύου και η τοποθέτηση βαλβίδων μείωσης της πίεσης σε αυτό είναι ένα ιδιαίτερα σημαντικό και επικερδές εγχείρημα με τόσο οικονομικά (μείωση ποσοστού του μη ανταποδοτικού νερού) όσο και ποιοτικά αποτελέσματα (φρεσκότερο νερό). Οι κρίσιμοι αυτοί κόμβοι είναι οι ίδιοι από μήνα σε μήνα αλλά και από σενάριο σε σενάριο.

Στην περίπτωση των κρίσιμων ηλικιακά κόμβων, οι οποίοι προέκυψαν εξαιτίας της αυξημένης ζήτησης τους σε συνδυασμό με την παραμονή του νερού σε αυτούς, παρατηρείται πως το νερό εμφανίζει μεγαλύτερη ηλικία τον μήνα Νοέμβριο 23,9 ώρες για το Σενάριο 1<sup>ο</sup> και 20,1 ώρες για το Σενάριο 2<sup>ο</sup> η οποία μειώνεται τον μήνα Ιούλιο στις 21,3 για το Σενάριο 1<sup>ο</sup> και 16,9 ώρες για το Σενάριο 2<sup>ο</sup> ώρες και έχει την μικρότερη τιμή τον μήνα Φεβρουάριο περίπου 22,6 ώρες για το Σενάριο 1<sup>ο</sup> και 17,3 ώρες για το Σενάριο 2<sup>ο</sup>. Ενώ συγκρίνοντας τις τιμές που προκύπτουν από κάθε σενάριο μελέτης παρατηρείται πτωτική τάση από το Σενάριο 1<sup>ο</sup> στο Σενάριο 2<sup>ο</sup>. Αξια αναφοράς είναι η συμπεριφορά της DMA 4A στην περίπτωση του μήνα Νοέμβριου. Ενώ σε όλες τις περιπτώσεις των κόμβων που θεωρήθηκαν κρίσιμοι εξαιτίας της ζήτησης τους παρατηρείται αρνητικό ποσοστό μεταβολής της ηλικίας του νερού, επιτυγχάνεται δηλαδή μείωση της συγκεκριμένης υποζώνης έχουμε μια μικρή αύξηση της ηλικίας, συμπεραίνοντας πως στη συγκεκριμένη υποζώνη τον μήνα Νοέμβριο ακόμη και οι κόμβοι με τις μεγαλύτερες ζητήσεις αυξάνουν την ηλικία τους γεγονός που οφείλεται στο ότι στην είσοδο της συγκεκριμένης DMA δεν έχει τοποθετηθεί PRV και έτσι η ρύθμιση της πίεσης και κατ'επέκταση της ηλικίας του δικτύου επηρεάζεται σε μικρότερο ποσοστό σε σχέση με τις άλλες DMAs.

**Πίνακας 5.28:** Ποσοστιαία μεταβολή της ηλικίας του νερού για κάθε DMA μεταξύ των Σεναρίων 1<sup>ο</sup> και Σεναρίων 2<sup>ο</sup> για τον μήνα Φεβρουάριο για 96 ώρες ανάλυσης στην περίπτωση των σταθμικών κρίσιμων κόμβων

<i>Ποσοστιαία μεταβολή ηλικίας μεταξύ των DMA τον μήνα Φεβρουάριο</i>	
DMA	Μεταβολή (%)
M	-44,26
5	-44,47
4A	-45,26
4K	-43,87
K-1	-12,79
K-2	-43,94
K-3	-45,82
13	-39,88
12	-42,8
7	-48,46
6	-44,8

**Πίνακας 5.29:** Ποσοστιαία μεταβολή της ηλικίας του νερού για κάθε DMA μεταξύ των Σεναρίων 1<sup>ο</sup> και Σεναρίων 2<sup>ο</sup> για τον μήνα Ιούλιο για 96 ώρες ανάλυσης στην περίπτωση των σταθμικών κρίσιμων κόμβων

<i>Ποσοστιαία μεταβολή ηλικίας μεταξύ των DMA τον μήνα Ιούλιο</i>	
DMA	Μεταβολή (%)
M	-27,39
5	-28,48
4A	-13,41
4K	-29,6
K-1	-6,33
K-2	-12,91
K-3	-25,36
13	-22,46
12	-31,09
7	-28,96
6	-28,84

**Πίνακας 5.30:** Ποσοστιαία μεταβολή της ηλικίας του νερού για κάθε DMA μεταξύ των Σεναρίων 1<sup>ο</sup> και Σεναρίων 2<sup>ο</sup> για τον μήνα Νοέμβριο για 96 ώρες ανάλυσης στην περίπτωση των σταθμικών κρίσιμων κόμβων

<i>Ποσοστιαία μεταβολή ηλικίας μεταξύ των DMA τον μήνα Νοέμβριο</i>	
DMA	Μεταβολή (%)
M	-36,61
5	-38,18
4A	25,63
4K	-37,35
K-1	-5,02
K-2	-41,86
K-3	-29,24
13	-35,16
12	-35,42
7	-39,46
6	-37,25



Συμπεραίνουμε, λοιπόν, πως οι περιοχές με μεγάλη ζήτηση οι οποίες αποτελούν περιοχές που εξυπηρετούν το μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού της πόλης έχουν φρέσκο νερό σε κάθε περίπτωση και μειωμένο κίνδυνο μόλυνσης από ασθένειες που οφείλονται στην ανάπτυξη μικροοργανισμών εξαιτίας της παραμονής τους σε νερό μεγάλης ηλικίας. Αξίζει να αναφερθεί πως όλοι οι κρίσιμοι εξαιτίας της ζήτησης του κόμβοι, τοποθετούνται σε κεντρική θέση στην DMA στην οποία ανήκουν. Οι κρίσιμοι αυτοί κόμβοι είναι οι ίδιοι από μήνα σε μήνα αλλά και από σενάριο σε σενάριο. Όλοι οι παραπάνω κρίσιμοι κόμβοι εμφανίζουν τιμή πίεσης (ελάχιστη) μεγαλύτερη από 200 kPa.

Άξιο αναφοράς είναι το γεγονός ότι στο δίκτυο εντοπίζονται κόμβοι με αύξηση της ηλικίας τους παράλληλη με την ηλικία μελέτης και στα τρία σενάρια και τους τρεις μήνες που εξετάζονται. Συγκεκριμένα πρόκειται για τους κόμβους:

- DMA 5 (freatia\_new-1658)
- DMA 4A (freatia\_new-1501, freatia\_new-1150, freatia\_new-1358, freatia\_new-1555, freatia\_new-1569 και J-12)
- DMA 4K (freatia\_new-221, freatia\_new-1244 και freatia\_new-1008)
- DMA K1 (freatia\_new-1943, freatia\_new-804, freatia\_new-822, freatia\_new-1734 και freatia\_new-1945)
- DMA K2 (freatia\_new-423, freatia\_new-1321, freatia\_new-1728, freatia\_new-930, freatia\_new-1898, freatia\_new-400 και J-81)
- DMA K3 (freatia\_new-1722, freatia\_new-1831, freatia\_new-680 και freatia\_new-52)
- DMA 13 (freatia\_new-643, freatia\_new-1084, freatia\_new-459 και freatia\_new-548)
- DMA 12 (freatia\_new-1946, freatia\_new-1749, freatia\_new-1748, freatia\_new-903 και freatia\_new-968)
- DMA 7 (freatia\_new-1741, freatia\_new-1072 και freatia\_new-1952)
- DMA 6 (freatia\_new-1022, freatia\_new-1023, freatia\_new-1024 και J-21)

Ωστόσο οι παραπάνω κόμβοι τοποθετούνται είτε σε απομακρυσμένο από το δίκτυο σημείο, δηλαδή σε περιοχές με ελάχιστες ή μηδενικές χρήσεις της εκάστοτε DMA, είτε ακριβώς στο ίδιο σημείο (ταυτίζονται) με κόμβο που εμπεριέχει ζήτηση, είτε είναι τερματικοί. Ωστόσο, η ύπαρξη τους δεν επηρεάζει την λειτουργία του δικτύου και εξαιτίας αυτού του λόγου εξαιρέθηκαν από τη μελέτη του δικτύου.

#### Ως προς την πίεση:

Στην περίπτωση των κρίσιμων κόμβων πίεσης τα αποτελέσματα που προέκυψαν παρουσιάζουν κρίσιμους κόμβους με τιμές μικρότερες από το μέσο όρο ηλικίας των κόμβων της εκάστοτε περιοχής.

Συγκεκριμένα παρατηρείται μεγαλύτερη πίεση τον μήνα Νοέμβριο σε σχέση με τον Φεβρουάριο με τις μικρότερες τιμές πίεσης να εμφανίζονται τον Ιούλιο όσο αναφορά το Σενάριο 1<sup>ο</sup> στο οποίο η πίεση κυμαίνεται από 400 έως 700 kPa με μοναδική εξαίρεση τον κρίσιμο κόμβο της περιοχής K-1 (freatia\_new-821) ο οποίος παρουσιάζει πίεση μικρότερη των 200 kPa, συγκεκριμένα 155,4kPa τον μήνα Φεβρουάριο και 153,5kPa τον μήνα Ιούλιο, η οποία όμως δεν είναι ανεπιθύμητη εξαιτίας της περιοχής στην οποία εντοπίζεται ο συγκεκριμένος κόμβος, περιοχή απομακρυσμένη από το δίκτυο που εξυπηρετεί ζήτηση που δεν απαιτεί υψηλό μανομετρικό ύψος παροχής νερού προκειμένου να καλυφθεί.

Με το διαχωρισμό του δικτύου σε υποζώνες και την τοποθέτηση PRVs παρατηρείται ραγδαία μείωση της πίεσης η οποία διατηρείται κατά κύριο λόγο στα ίδια επίπεδα. Παρατηρούνται τιμές πίεσης διανομής του νερού μικρότερες των 200 kPa. Συγκεκριμένα στο Σενάριο 2<sup>ο</sup> η διακύμανση της ελάχιστης πίεσης των κρίσιμων κόμβων είναι της τάξης 154,4-197kPa τον μήνα Φεβρουάριο, 149-195,5kPa τον μήνα Ιούλιο και 154-197kPa τον μήνα Νοέμβριο, με μέση πίεση 179,2kPa , 165,54kPa και 178,2kPa αντίστοιχα. Και στα δυο Σενάρια παρατηρείται μια σταθερότητα στην τιμή των ελάχιστων πιέσεων με τις οποίες παρέχεται το νερό στους καταναλωτές με το πέρας από την μια εποχή στην άλλη με τον μήνα Ιούλιο να εμφανίζει τις χαμηλότερες πιέσεις. Η προκύπτουσα μείωση της πίεσης μεταξύ του Σεναρίου 1<sup>ου</sup> και Σεναρίου 2<sup>ου</sup> είναι αναμενόμενη κι επιθυμητή και συμβάλει δραστικά στη μείωση θραύσης των αγωγών, ενώ οι συγκεκριμένοι κρίσιμοι κόμβοι προμηθεύουν τους καταναλωτές με ιδιαίτερα φρέσκο νερό η ηλικία του οποίου δεν ξεπερνά τις 27 ώρες σε χρόνο ανάλυσης 96 ωρών και κυμαίνεται από 12,52 έως 26,859 ώρες. Σχετικά με τους κόμβους που θεωρήθηκαν κρίσιμοι πίεσης εξαιτίας της ζήτησης που εμπεριέχουν (μεγάλος συντελεστής w) κι όχι λόγω των αποτελεσμάτων της ανάλυσης, παρουσιάζουν παρόμοια συμπεριφορά με τους κρίσιμους κόμβους οι οποίοι προέκυψαν από την ανάλυση του δικτύου μέσω του προγράμματος Watercad Vi8 με τη μόνη και σημαντικότερη διαφορά πως κανένας από αυτούς τους κόμβους δεν εμφάνιζε πίεση μικρότερη των 200kPa γεγονός που οδηγεί στο συμπέρασμα πως οι περιοχές με τη μεγαλύτερη ζήτηση που καλύπτουν τις ανάγκες του μεγαλύτερου μέρους του πληθυσμού της πόλης της Κοζάνης έχουν επαρκή πίεση δικτύου προκειμένου για την κάλυψη των αναγκών τους. Επιπλέον στην DMA K2 εμφανίζεται κόμβος , freatia\_new-423 με την ελάχιστη σε κάθε χρονική στιγμή πίεση, ο οποίος δεν εμπεριέχει ζήτηση και δεν προσμετρείται τελικά ως κρίσιμος.

## 5.6 Συγκεντρωτικοί πίνακες και διαγράμματα ηλικίας-πίεσης-ζήτησης

Παρακάτω συγκεντρώνονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν σχετικά με την ηλικία του νερού, την πίεση του δικτύου αλλά και τη ζήτηση της εκάστοτε περιοχής αλλά και τη συνολική ζήτηση.

### 5.6.1 Σενάριο 1ο. Αρχική κατάσταση του δικτύου

**Πίνακας 5.31:** Συγκεντρωτικός πίνακας ως προς την ηλικία την πίεση και τη ζήτηση για το Σενάριο 1<sup>ο</sup> τον μήνα Φεβρουάριο

Σενάριο 1ο -Φεβρουάριος	Αρχική κατάσταση. No DMAs No PRVs										
	DMA M	DMA 5	DMA 4A	DMA 4K	DMA K1	DMA K2	DMA K3	DMA 13	DMA 12	DMA 7	DMA 6
Μέγιστη ηλικία (hrs)	36,913	68,613	35,766	36,355	59,98	84,356	94,704	37,193	88,25	41,27	38,05
Μέση ηλικία ανά DMA (hrs)	19,238	24,608	14,16	17,951	22,07	28,42	27,07	26,843	26,235	26,45	27,225
Μέση ηλικία δικτύου (hrs)	23,661										
Ελάχιστη πίεση (kPa)	432,8	648,5	428,9	577,6	321,6	529,8	477,7	606,2	444,2	612,7	639,3
Μέγιστη πίεση (kPa)	684,4	809,5	655,3	816,5	704,8	1350,1	912,7	827,5	714,1	750,8	820,9
Μέση πίεση ανά DMA (kPa)	588,88	721,2	559,78	571,58	409,87	631,33	480,83	729,36	586,83	669,52	768,51
Μέση πίεση δικτύου (kPa)	610,70										
Ζήτηση (m3)	227.989,82	244.997,51	229.070,75	172.658,06	222.293,06	180.174,82	97.569,01	128.741,41	1.606.452,37	176.282,52	131.040,85
Συνολική Ζήτηση δικτύου (m3)	3.417.270,18										

**Πίνακας 5.32:** Συγκεντρωτικός πίνακας ως προς την ηλικία την πίεση και τη ζήτηση για το Σενάριο 1<sup>ο</sup> τον μήνα Ιούλιο

Σενάριο 1ο -Ιούλιος	Αρχική κατάσταση. No DMAs No PRVs										
	DMA M	DMA 5	DMA 4A	DMA 4K	DMA K1	DMA K2	DMA K3	DMA 13	DMA 12	DMA 7	DMA 6
Μέγιστη ηλικία (hrs)	32,209	60,402	24,789	31,47	37,946	87,626	78,452	30,063	89,659	35,425	36,941
Μέση ηλικία ανά DMA (hrs)	18,598	22,816	15,811	18,013	20,919	26,716	26,339	24,709	24,188	24,28	25,198
Μέση ηλικία δικτύου (hrs)	22,508										
Ελάχιστη πίεση (kPa)	438,1	636,9	432,9	563,8	153,5	363,1	309,2	598,3	439,6	603,6	683,7
Μέγιστη πίεση (kPa)	679,9	799,5	647,3	804,9	684,8	1301,3	757,4	822	712,1	744,3	813,9
Μέση πίεση ανά DMA (kPa)	589,11	717,2	557,16	664,43	300,9	524,44	369,67	725,73	585,52	666,07	764,58
Μέση πίεση δικτύου (kPa)	587,71										
Ζήτηση (m3)	244.114,99	310.170,01	280.433,36	204.229,74	399.534,91	250.281,59	121.275,27	175.814,09	1.790.132,26	201.604,79	149.870,53
Συνολική Ζήτηση δικτύου (m3)	4.127.461,54										

**Διπλωματική Εργασία:** “Τα αποτελέσματα της εφαρμογής τεχνικών ρύθμισης της πίεσης στην ηλικία του νερού. Η ενηλικίωση των DMAs. – Το δίκτυο ύδρευσης της Κοζάνης”

**Πίνακας 5.33:** Συγκεντρωτικός πίνακας ως προς την ηλικία την πίεση και τη ζήτηση για το Σενάριο 1<sup>ο</sup> τον μήνα Νοέμβριο

Σενάριο 1ο -Νοέμβριος	Αρχική κατάσταση. No DMAs ,No PRVs										
	DMA M	DMA 5	DMA 4A	DMA 4K	DMA K1	DMA K2	DMA K3	DMA 13	DMA 12	DMA 7	DMA 6
Μέγιστη ηλικία (hrs)	40,955	69,584	29,231	41,525	55,015	89,881	90,527	49,519	83,773	50,398	47,41
Μέση ηλικία ανά DMA (hrs)	19,238	25,015	17,027	19,549	23,226	29,34	28,33	29,5	28,366	28,935	29,626
Μέση ηλικία δικτύου (hrs)	25,287										
Ελάχιστη πίεση (kPa)	451,8	654,2	450,4	583,5	155,2	363,9	311	608,4	446,5	615,5	696,6
Μέγιστη πίεση (kPa)	684,2	797,6	656,3	814,5	703	1343,5	879,8	827,3	714,2	750,4	820,5
Μέση πίεση ανά DMA (kPa)	592,43	727,5	569	678,66	389,4	611,72	460,21	701,6	589,61	674,09	773,57
Μέση πίεση δικτύου (kPa)	615,25										
Ζήτηση (m3)	224.252,55	254.933,63	248.661,88	176.305,34	245.294,82	186.150,40	101.640,33	115.092,48	1.622.738,80	163.569,80	113.017,74
Συνολική Ζήτηση δικτύου (m3)	3.451.657,77										

### 5.6.2 Σενάριο 2ο. Διαχωρισμός του δικτύου σε DMAs κι εγκατάσταση βαλβίδων μείωσης της πίεσης

**Πίνακας 5.34:** Συγκεντρωτικός πίνακας ως προς την ηλικία την πίεση και τη ζήτηση για το Σενάριο 2<sup>ο</sup> τον μήνα Φεβρουάριο

Σενάριο 2ο -Φεβρουάριος	Διαχωρισμός του δικτύου σε DMAs κι εγκατάσταση βαλβίδων μείωσης της πίεσης. With DMAs With PRVs										
	DMA M	DMA 5	DMA 4A	DMA 4K	DMA K1	DMA K2	DMA K3	DMA 13	DMA 12	DMA 7	DMA 6
Μέγιστη ηλικία (hrs)	24,091	57,099	42,076	24,57	61,694	83,297	91,418	23,651	84,6	27,373	27,366
Μέση ηλικία ανά DMA (hrs)	15,869	17,309	18,988	17,907	20,316	25,206	21,352	18,89	18,2	17,774	20,103
Μέση ηλικία δικτύου (hrs)	19,265										
Ελάχιστη πίεση (kPa)	162,8	184,5	170,9	190,6	154,4	171,2	164,8	206,6	149,5	196,8	219,4
Μέγιστη πίεση (kPa)	413,9	324,9	368,8	399,7	558,1	765,7	576,9	426,3	635,8	322,4	330
Μέση πίεση ανά DMA (kPa)	325,52	249,11	288,51	278,22	291,51	308,56	243,55	335,34	356,97	250,62	240,09
Μέση πίεση δικτύου (kPa)	288,00										
Ζήτηση (m3)	221.143,26	244.951,47	228.609,38	171.795,19	265.844,23	212.078,51	95.956,54	151.014,54	1.462.731,86	175.573,88	130.026,93
Συνολική Ζήτηση δικτύου (m3)	3.359.725,79										

**Πίνακας 5.35:** Συγκεντρωτικός πίνακας ως προς την ηλικία την πίεση και τη ζήτηση για το Σενάριο 2<sup>ο</sup> τον μήνα Ιούλιο

Σενάριο 2ο -Ιούλιος	Διαχωρισμός του δικτύου σε DMAs κι εγκατάσταση βαλβίδων μείωσης της πίεσης. With DMAs With PRVs										
	DMA M	DMA 5	DMA 4A	DMA 4K	DMA K1	DMA K2	DMA K3	DMA 13	DMA 12	DMA 7	DMA 6
Μέγιστη ηλικία (hrs)	25,607	52,751	39,338	25,473	41,571	84,242	71,418	25,953	45,587	26,644	30,53
Μέση ηλικία ανά DMA (hrs)	16,848	18,022	19,922	18,61	22,828	24,302	24,352	19,6	19,168	20,988	20,873
Μέση ηλικία δικτύου (hrs)	20,501										
Ελάχιστη πίεση (kPa)	154,7	182,6	161,8	188,6	152,3	111,9	75,5	199,3	149,4	195,5	219,3
Μέγιστη πίεση (kPa)	411,5	323,9	354,5	397,5	556,5	764,9	552,3	420,3	632,6	321	329,9
Μέση πίεση ανά DMA (kPa)	323,08	248,04	279,49	275,9	290,38	306,64	260,21	329,74	356,45	249,63	240,02
Μέση πίεση δικτύου (kPa)	287,23										
Ζήτηση (m3)	244.309,81	309.898,67	280.391,79	204.203,73	343.800,10	262.692,42	120.035,72	179.980,67	1.723.479,96	201.579,35	149.849,67
Συνολική Ζήτηση δικτύου (m3)	4.020.221,89										

**Πίνακας 5.36:** Συγκεντρωτικός πίνακας ως προς την ηλικία την πίεση και τη ζήτηση για το Σενάριο 2<sup>ο</sup> τον μήνα Νοέμβριο

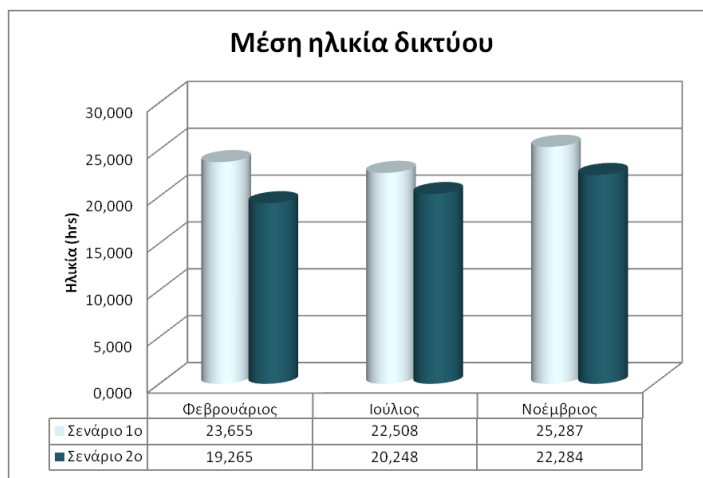
Σενάριο 2ο -Νοέμβριος	Διαχωρισμός του δικτύου σε DMAs κι εγκατάσταση βαλβίδων μείωσης της πίεσης. With DMAs With PRVs										
	DMA M	DMA 5	DMA 4A	DMA 4K	DMA K1	DMA K2	DMA K3	DMA 13	DMA 12	DMA 7	DMA 6
Μέγιστη ηλικία (hrs)	29,803	59,732	44,989	29,118	72,507	77,85	85,522	35,927	52,159	35,318	35,2
Μέση ηλικία ανά DMA (hrs)	19,163	20,804	21,887	20,94	22,965	27,484	24,226	22,206	21,243	20,884	23,319
Μέση ηλικία δικτύου (hrs)	22,284										
Ελάχιστη πίεση (kPa)	160,8	184,2	168,5	190,1	153,9	170,8	157,9	207,6	149,4	197,2	219,6
Μέγιστη πίεση (kPa)	413,4	313,8	368	399,9	558,3	765,7	571,2	423,8	640,4	322,2	330
Μέση πίεση ανά DMA (kPa)	325,14	248,96	286,21	277,68	291,27	311,17	238,71	335,79	360,11	250,83	240,15
Μέση πίεση δικτύου (kPa)	287,82										
Ζήτηση (m3)	223.204,76	253.879,41	248.418,40	176.598,78	287.406,34	217.091,73	100.624,58	114.348,30	1.506.277,78	163.232,21	112.987,92
Συνολική Ζήτηση δικτύου (m3)	3.404.070,21										

όπου:

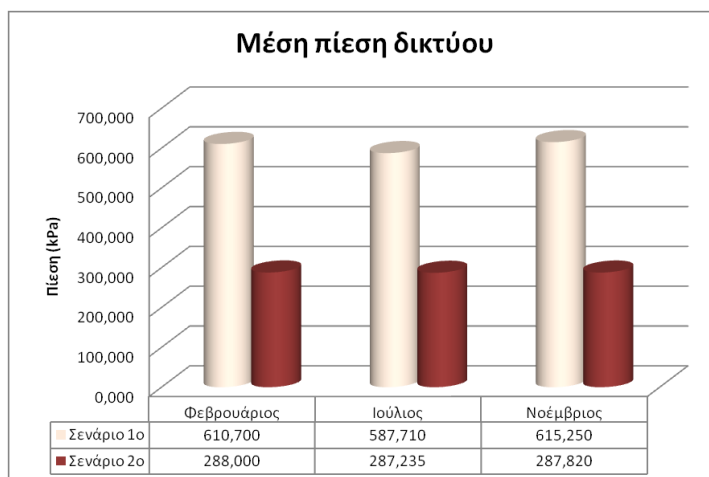
- **Μέγιστη Ηλικία (hrs):** Η μέγιστη τιμή ηλικίας νερού που παρουσιάστηκε σε κάθε DMA.
- **Μέση Ηλικία ανά DMA (hrs):** Η συνολική μέση τιμή της ηλικίας των κόμβων σε κάθε DMA.
- **Μέση Ηλικία Δικτύου (hrs):** Η συνολική μέση τιμή της ηλικίας των κόμβων στο δίκτυο.
- **Ελάχιστη πίεση (kPa) :** Η ελάχιστη πίεση του νερού που παρουσιάστηκε σε κάθε DMA.
- **Μέγιστη πίεση (kPa) :** Η μέγιστη πίεση του νερού που παρουσιάστηκε σε κάθε DMA.
- **Μέση πίεση ανά DMA (kPa) :** Η συνολική μέση τιμή της πίεσης του νερού που παρουσιάστηκε σε κάθε DMA.
- **Μέση πίεση Δικτύου (kPa) :** Η συνολική μέση τιμή της πίεσης νερού των κόμβων στο δίκτυο.

- **Συνολική Ζήτηση Δικτύου ( $m^3$ ):** Η ζήτηση νερού στο δίκτυο σε κάθε DMA.

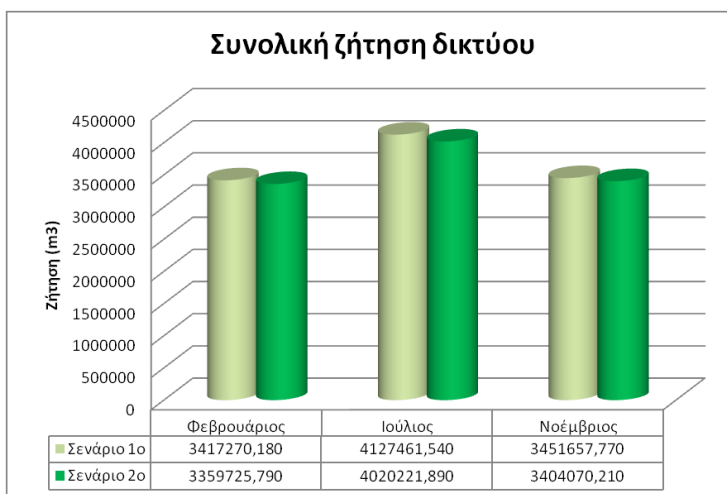
Συνολικά η μέση ηλικία (hrs) η μέση πίεση (kPa) και η ζήτηση κατανάλωσης ( $m^3$ ) παρουσιάζονται στα παρακάτω γραφήματα για 96 ώρες ανάλυσης τους υπό μελέτη μήνες Φεβρουάριο, Ιούλιο και Νοέμβριο.



**Γράφημα 5.1:** Μέση ηλικία δικτύου (hrs)



**Γράφημα 5.2:** Μέση πίεση δικτύου (kPa)



**Γράφημα 5.3:** Ζήτηση δικτύου ( $m^3$ )

Από τα παραπάνω γραφήματα γίνεται φανερό ότι με τον διαχωρισμό του δικτύου σε DMAs και την τοποθέτηση PRVs έχουμε μείωση της πίεσης σε μεγάλο βαθμό, εξάλλου αυτός είναι και ο κυριότερος λόγος για τον οποίο πραγματοποιείται αυτή η τροποποίηση του τρόπου επεξεργασίας και λειτουργίας του δικτύου και ταυτόχρονα μείωση και της ηλικίας του νερού.

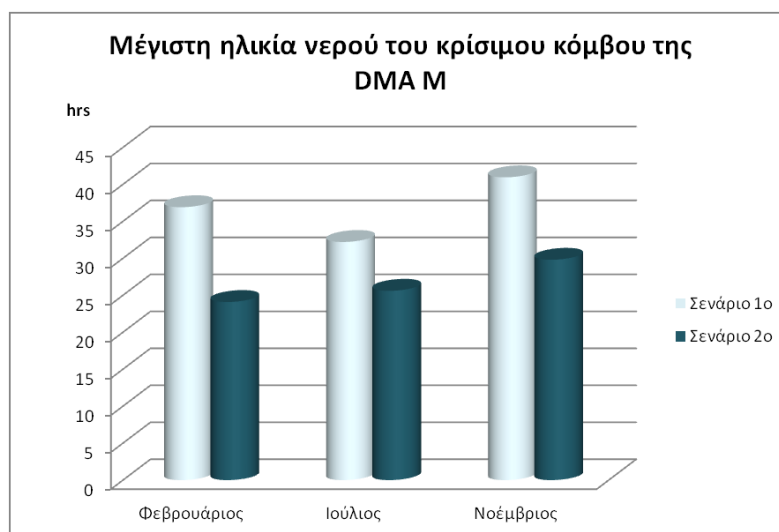
Όσο αφορά την Ζήτηση κατανάλωσης ( $m^3$ ) παρατηρείται σημαντική μείωση με το διαχωρισμό του δικτύου σε DMAs και την εφαρμογή βαλβίδων πίεσης PRVs. Η μείωση αυτή είναι αναμενόμενη καθώς το δίκτυο ύδρευσης έχει οριστεί ως Pressure Dependent Demand (PDD) συνεπώς οποιαδήποτε μείωση της πίεσης στη ροή του νερού προκαλεί μείωση και της ζήτησης του δικτύου. Επιπλέον, είναι και ιδιαίτερα σημαντική γιατί εμπεριέχει και μείωση των απωλειών οι οποίες προκαλούνται από θραύσεις εξαιτίας υψηλών πιέσεων.

## 5.7 Συγκριτικά διαγράμματα

Παρακάτω παρατίθενται σε γραφήματα

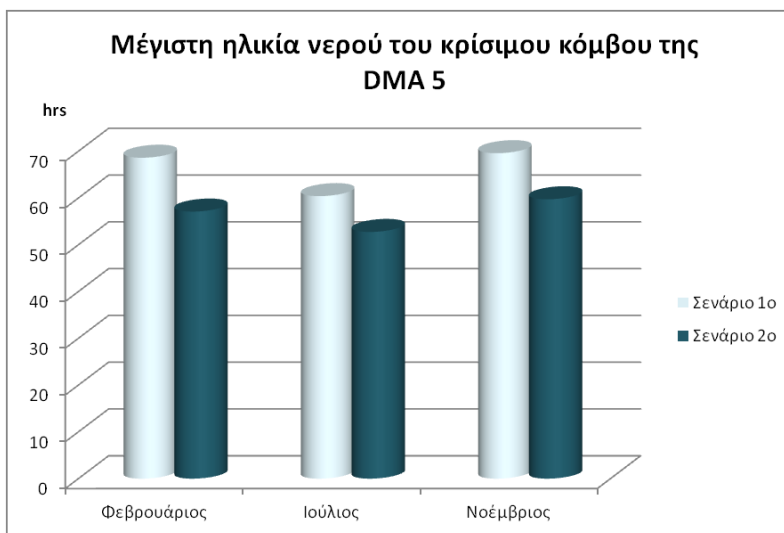
1. η μέγιστη ηλικία των κρίσιμων κόμβων κάθε DMA
2. η μέγιστη ηλικία του κρίσιμου κόμβου σε σχέση με τη μέση ηλικία της αντίστοιχης DMA και
3. η ελάχιστη και μέγιστη τιμή πίεσης κάθε DMA

### 5.7.1 Μέγιστη ηλικία νερού του κρίσιμου κόμβου κάθε DMA

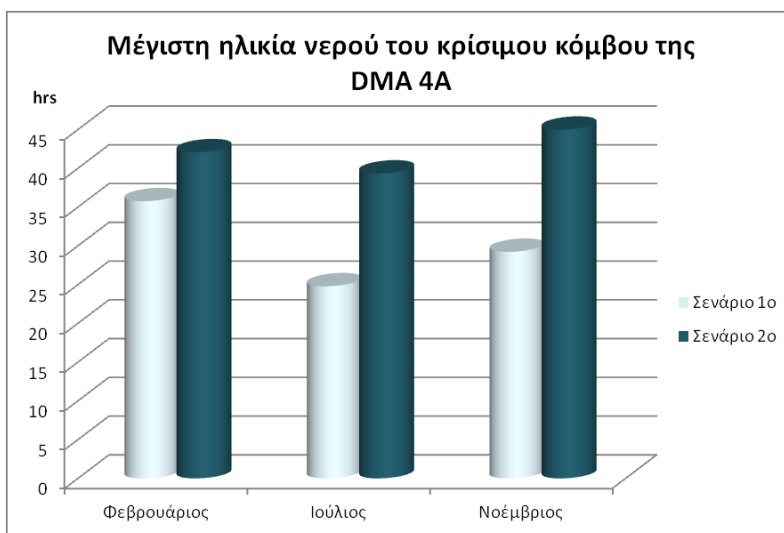


**Γράφημα 5.4:** Μέγιστη ηλικία νερού του κρίσιμου κόμβου της DMA M για τα 2 σενάρια μελέτης για 96 ώρες ανάλυσης (hrs)

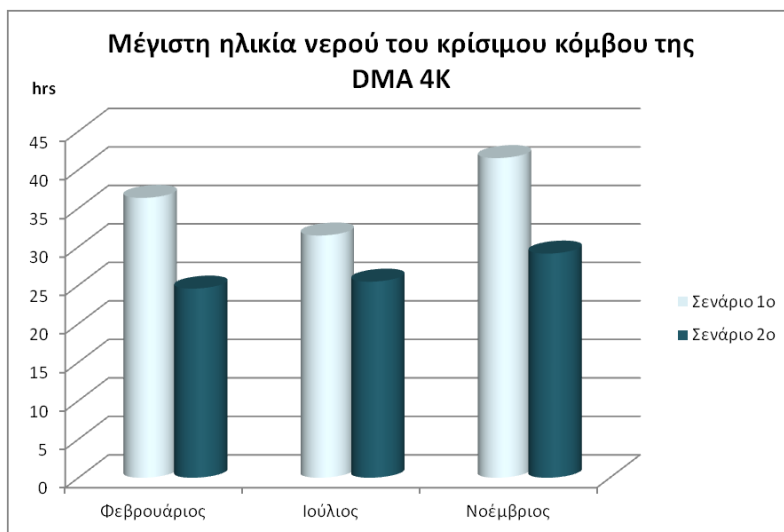




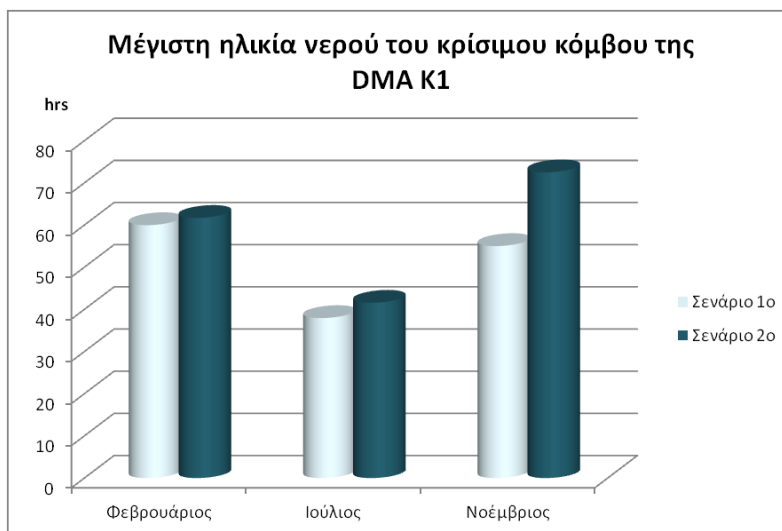
Γράφημα 5.5: Μέγιστη ηλικία νερού του κρίσιμου κόμβου της DMA 5 για τα 2 σενάρια μελέτης για 96 ώρες ανάλυσης (hrs)



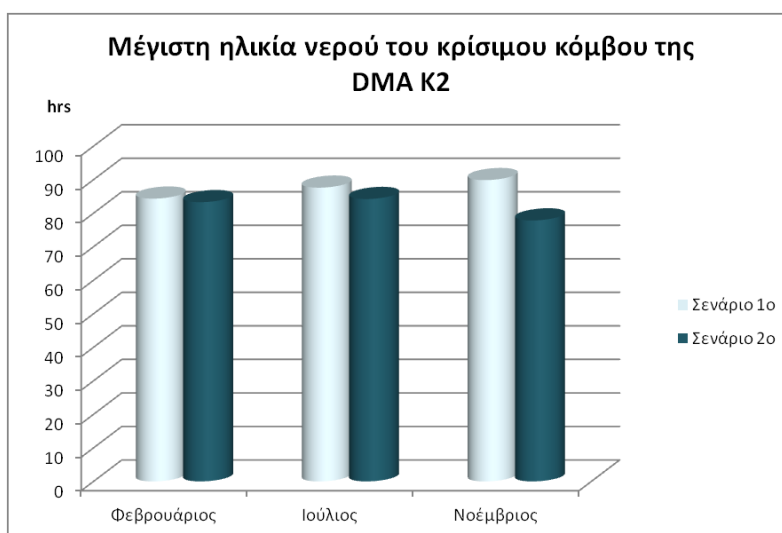
Γράφημα 5.6: Μέγιστη ηλικία νερού του κρίσιμου κόμβου της DMA 4A για τα 2 σενάρια μελέτης για 96 ώρες ανάλυσης (hrs)



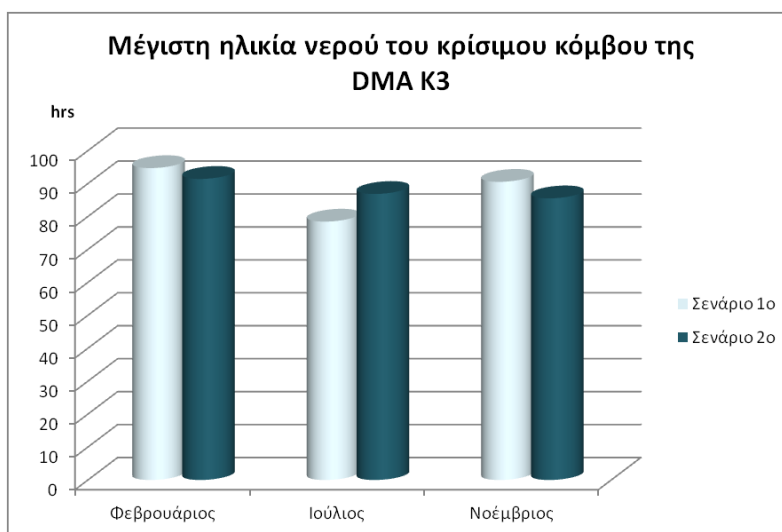
Γράφημα 5.7: Μέγιστη ηλικία νερού του κρίσιμου κόμβου της DMA 4K για τα 2 σενάρια μελέτης για 96 ώρες ανάλυσης (hrs)



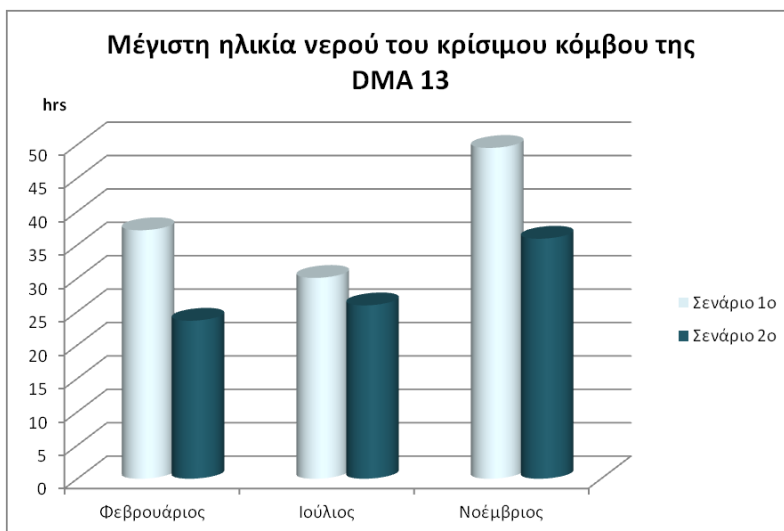
Γράφημα 5.8: Μέγιστη ηλικία νερού του κρίσιμου κόμβου της DMA K1 για τα 2 σενάρια μελέτης για 96 ώρες ανάλυσης (hrs)



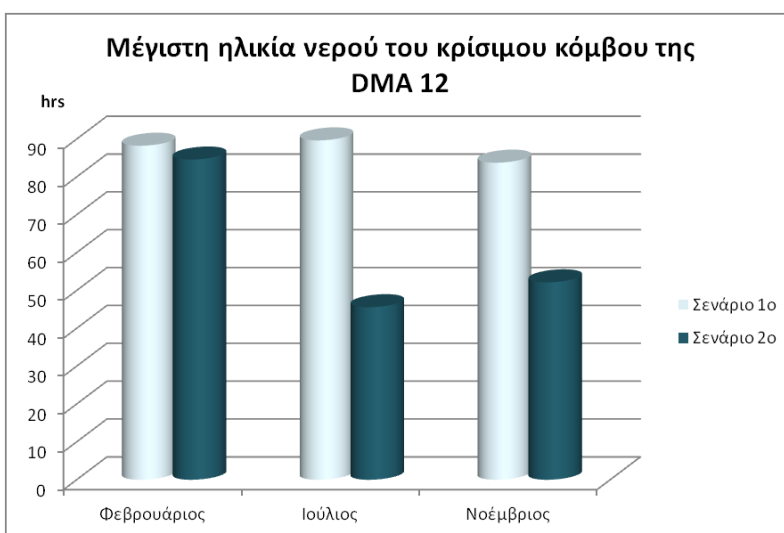
Γράφημα 5.9: Μέγιστη ηλικία νερού του κρίσιμου κόμβου της DMA K2 για τα 2 σενάρια μελέτης για 96 ώρες ανάλυσης (hrs)



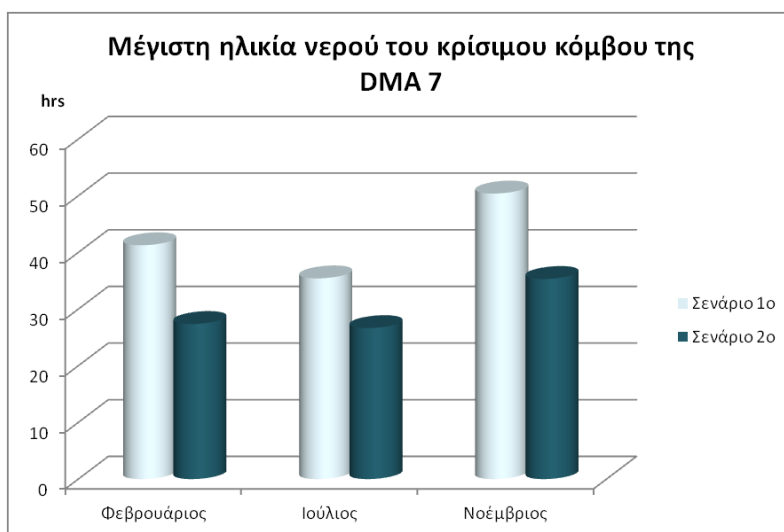
Γράφημα 5.10: Μέγιστη ηλικία νερού του κρίσιμου κόμβου της DMA K3 για τα 2 σενάρια μελέτης για 96 ώρες ανάλυσης (hrs)



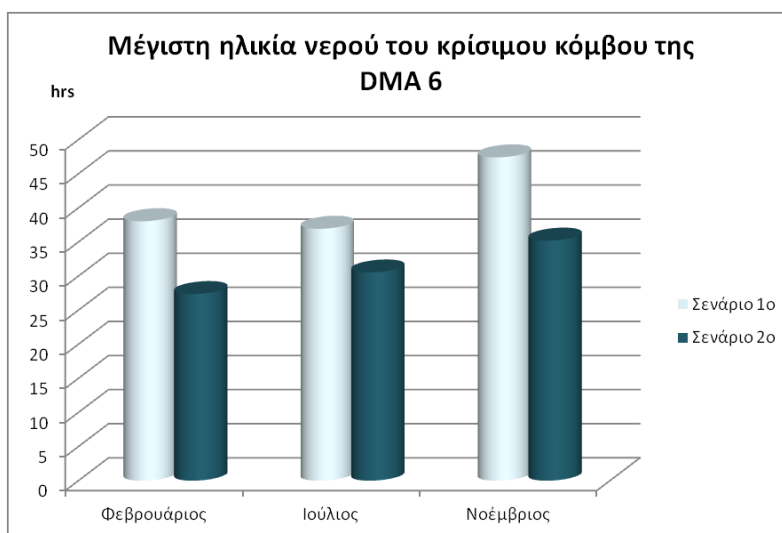
Γράφημα 5.11: Μέγιστη ηλικία νερού του κρίσιμου κόμβου της DMA 13 για τα 2 σενάρια μελέτης για 96 ώρες ανάλυσης (hrs)



Γράφημα 5.12: Μέγιστη ηλικία νερού του κρίσιμου κόμβου της DMA 12 για τα 2 σενάρια μελέτης για 96 ώρες ανάλυσης (hrs)



Γράφημα 5.13: Μέγιστη ηλικία νερού του κρίσιμου κόμβου της DMA 7 για τα 2 σενάρια μελέτης για 96 ώρες ανάλυσης (hrs)

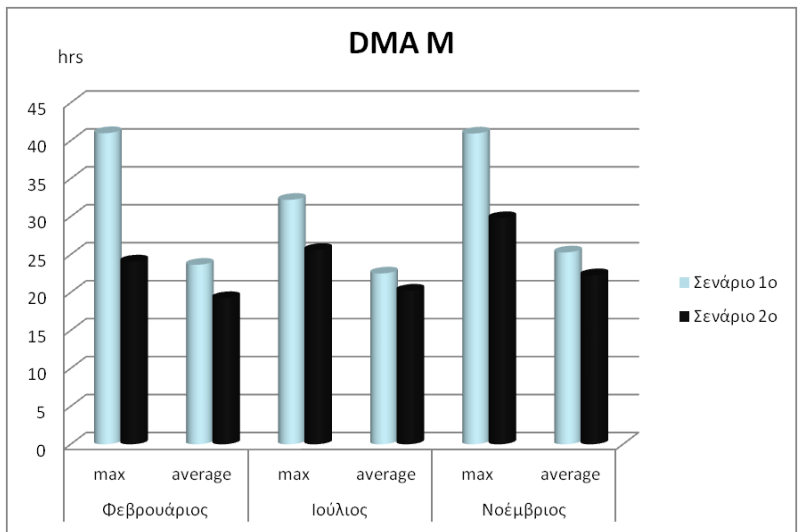


Γράφημα 5.14: Μέγιστη ηλικία νερού του κρίσιμου κόμβου της DMA 6 για τα 3 σενάρια μελέτης για 96 ώρες ανάλυσης (hrs)

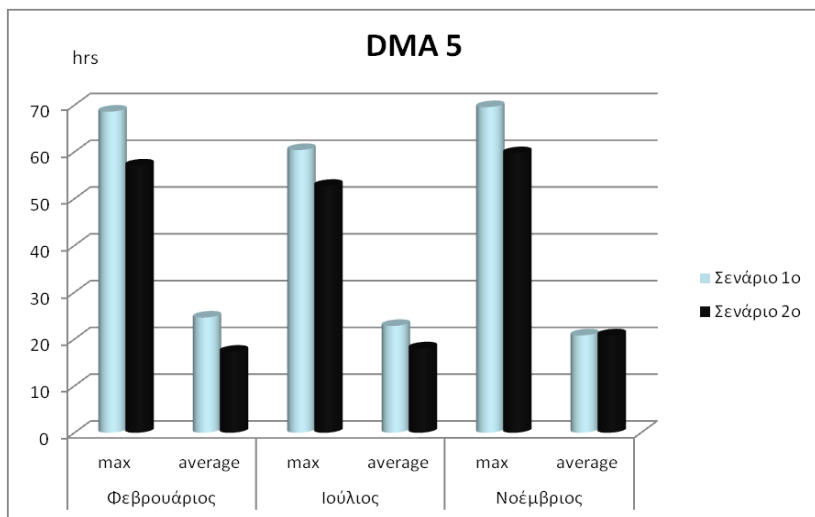
Παρατηρώντας και μέσω της γραφικής απεικόνισης (πέρα των πινάκων που παρατέθηκαν προηγουμένως) προκύπτει ως αποτέλεσμα πως στις DMAs M, 4K, 13 και 7 υπάρχει πτωτική τάση στην μεταβολή της ηλικίας του νερού με τον μήνα Νοέμβριο να παρουσιάζει τις μεγαλύτερες τιμές ηλικίας οι οποίες ελαττώνονται τον Ιούλιο και έχουν την μικρότερη τιμή τον Φεβρουάριο. Στην περίπτωση της DMA 5 παρατηρείται επίσης μείωση της ηλικίας του νερού με τη μόνη διαφορά ότι τον μήνα Φεβρουάριο η ηλικία του νερού είναι αυξημένη σε σχέση με τον Ιούλιο. Στην περίπτωση των DMAs K-3, 12 και 6 εντοπίζεται πάλι μείωση της ηλικίας μετά τον διαχωρισμό του δικτύου σε DMAs και την εγκατάσταση βαλβίδων PRVs με νερό ηλικιακά γηραιότερο τον Φεβρουάριο σε σχέση με τον Ιούλιο και τον Νοέμβριο ενώ στην DMA K-2 μεγαλύτερες ηλικίες στο παρεχόμενο νερό εντοπίζονται τον μήνα Ιούλιο μειώνονται τον Φεβρουάριο και έχουν τις ελάχιστες καταγραμμένες τιμές τον Νοέμβριο. Η πτωτική αυτή συμπεριφορά της ηλικίας του νερού στις προαναφερθείσες DMAs αποτελεί γεγονός ιδιαίτερα επωφελές για την ποιότητα ζωής των κατοίκων καθώς οι συγκεκριμένες περιοχές στην πλειοψηφία τους απαρτίζουν τις πολυπληθείς περιοχές της πόλης της Κοζάνης, εξυπηρετούν δηλαδή το μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού στο οποίο φαίνεται ότι παρέχεται φρέσκο νερό.

Τέλος, οι DMAs 4A αλλά και η K-1 έχουν αυξητική συμπεριφορά στον τρόπο μεταβολής της ηλικίας των υδάτων που προσφέρουν στους κατοίκους των περιοχών που τροφοδοτούν μετά το διαχωρισμό του δικτύου σε στεγανές υποζώνες και την τοποθέτηση σε αυτό βαλβίδων μείωσης της πίεσης. Ο διαχωρισμός του δικτύου σε DMAs γίνεται αποσκοπώντας στη μείωση της πίεσης του σε επίπεδα που να ικανοποιούν μεν τις οποιαδήποτε καταναλωτικές ανάγκες, να μην φτάνουν όμως σε ιδιαίτερα μεγάλες τιμές δε προκαλώντας έτσι εξαιτίας της υπερπίεσης θραύσεις στους αγωγούς. Είναι λογικό λοιπόν η μείωση της πίεσης σε ένα δίκτυο, όπου η ζήτηση είναι εξαρτώμενη της πίεσης και η οποία ζήτηση επηρεάζει με άμεσο τρόπο την ηλικία του νερού ( PDD), να επιφέρει γήρανση στα ύδατα η οποία όμως είναι μικρού βαθμού και το νερό εξακολουθεί να καθίσταται φρέσκο.

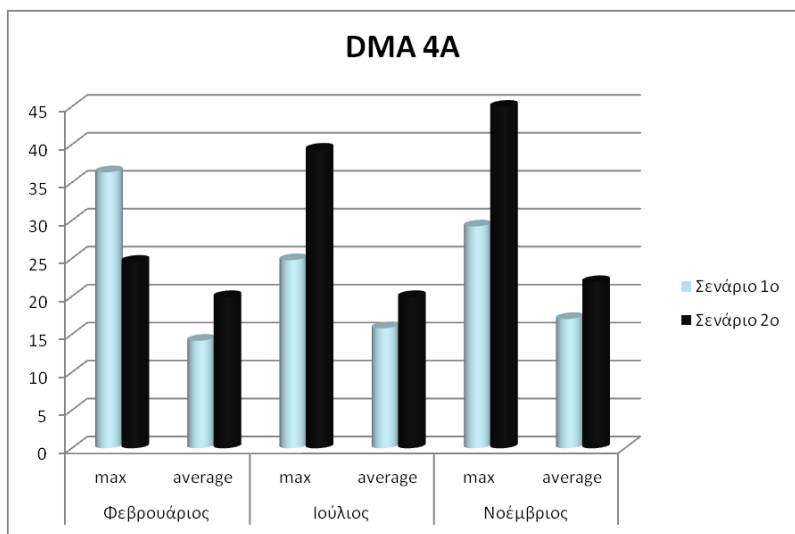
**5.7.2 Μέγιστη ηλικία του κρίσιμου κόμβου σε σχέση με τη μέση ηλικία της αντίστοιχης DMA**



**Γράφημα 5.15:** Μέγιστη ηλικία κρίσιμων κόμβων και μέση ηλικία της DMA M για τα 2 σενάρια μελέτης για 96 ώρες ανάλυσης (hrs)

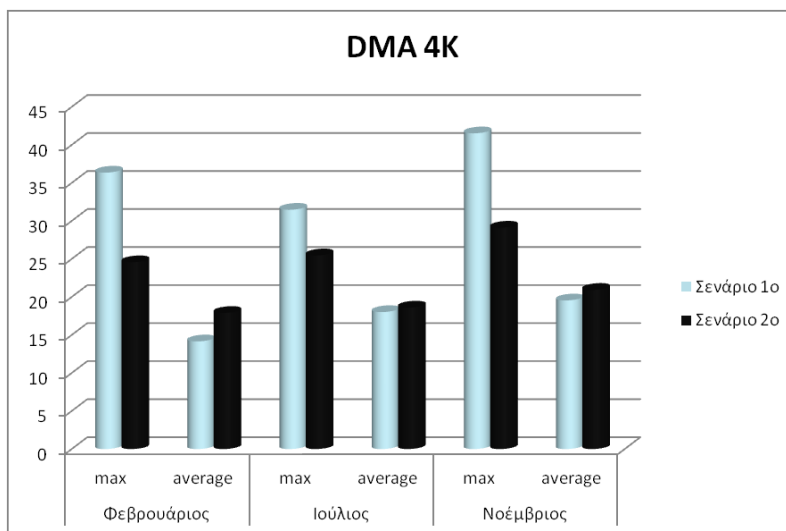


**Γράφημα 5.16:** Μέγιστη ηλικία κρίσιμων κόμβων και μέση ηλικία της DMA 5 για τα 2 σενάρια μελέτης για 96 ώρες ανάλυσης (hrs)

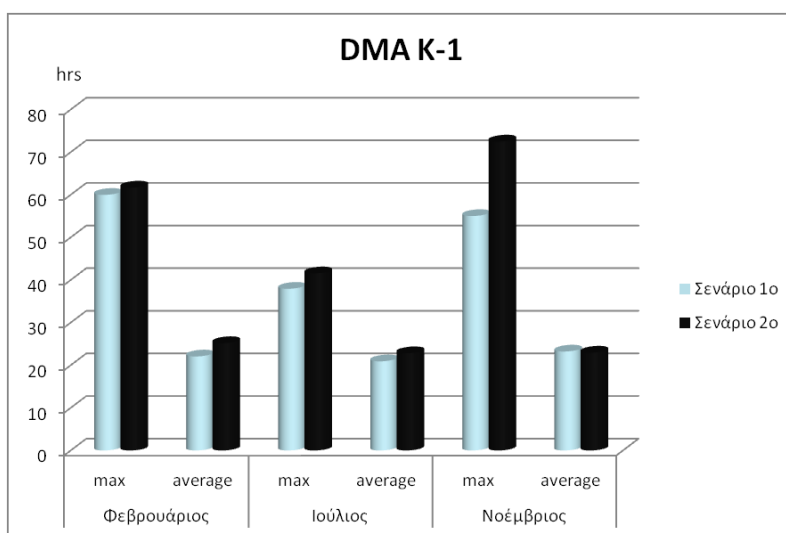


**Γράφημα 5.17:** Μέγιστη ηλικία κρίσιμων κόμβων και μέση ηλικία της DMA 4A για τα 2 σενάρια μελέτης για 96 ώρες ανάλυσης (hrs)

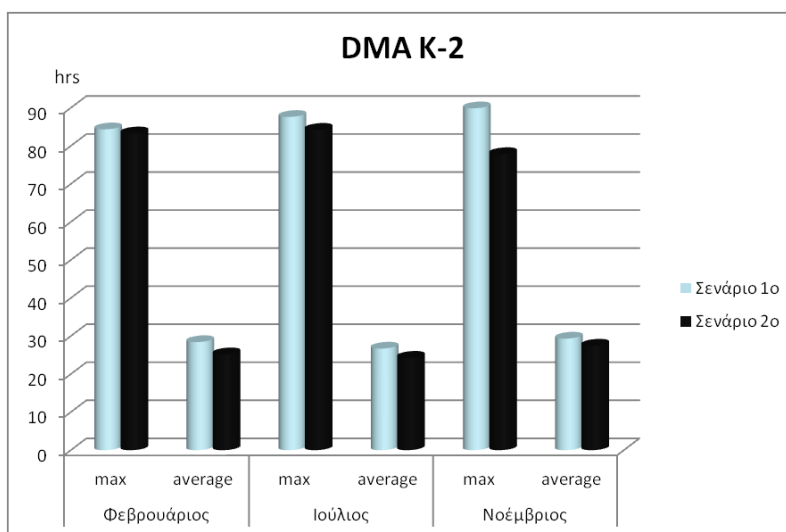




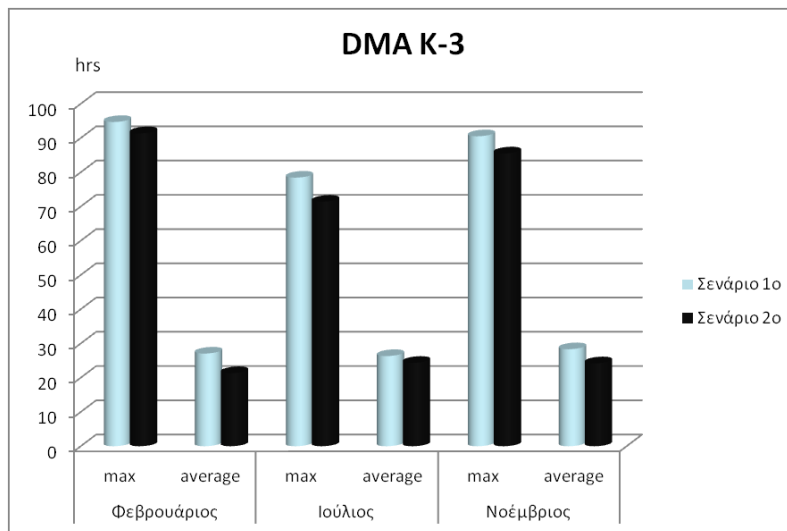
Γράφημα 5.18: Μέγιστη ηλικία κρίσιμων κόμβων και μέση ηλικία της DMA 4K για τα 2 σενάρια μελέτης για 96 ώρες ανάλυσης (hrs)



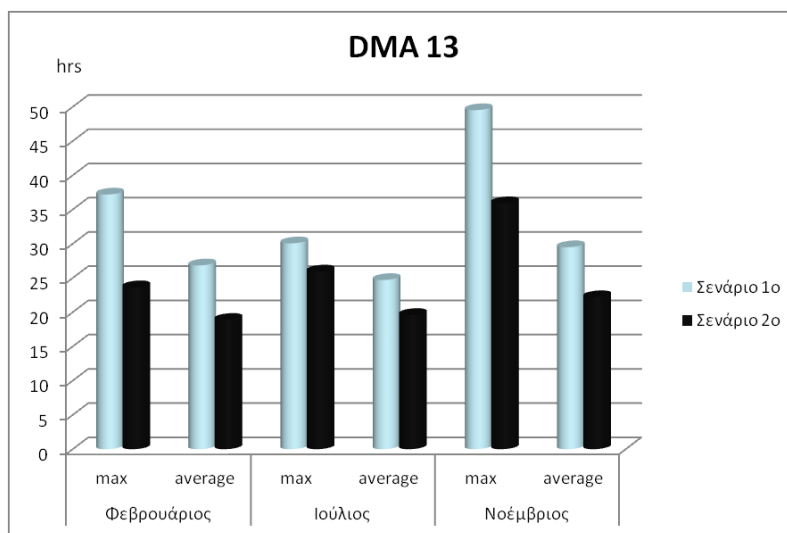
Γράφημα 5.19: Μέγιστη ηλικία κρίσιμων κόμβων και μέση ηλικία της DMA K-1 για τα 2 σενάρια μελέτης για 96 ώρες ανάλυσης (hrs)



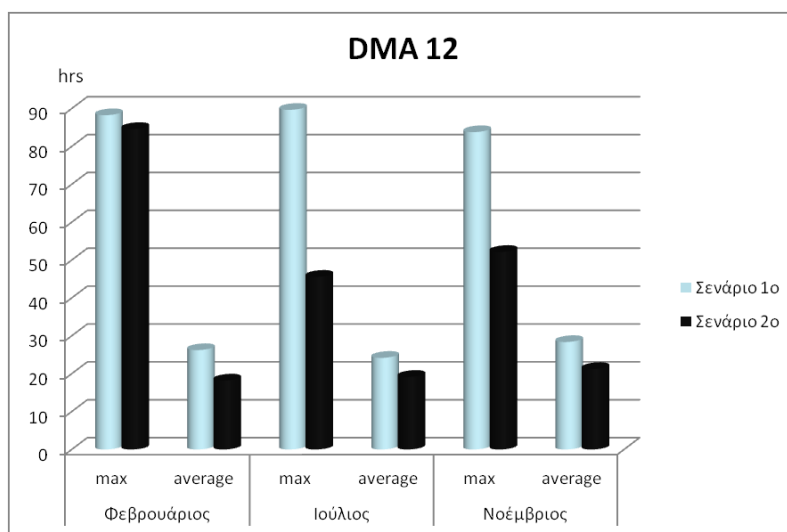
Γράφημα 5.20: Μέγιστη ηλικία κρίσιμων κόμβων και μέση ηλικία της DMA K-2 για τα 2 σενάρια μελέτης για 96 ώρες ανάλυσης (hrs)



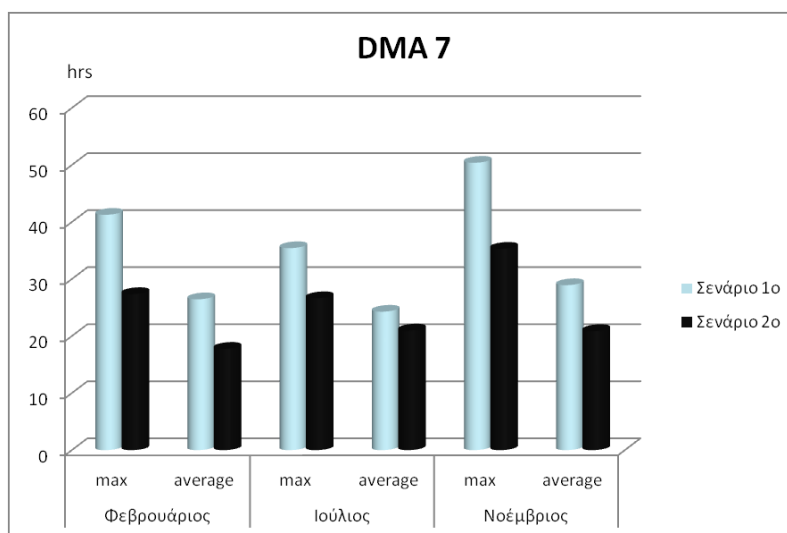
Γράφημα 5.21: Μέγιστη ηλικία κρίσιμων κόμβων και μέση ηλικία της DMA K-3 για τα 2 σενάρια μελέτης για 96 ώρες ανάλυσης (hrs)



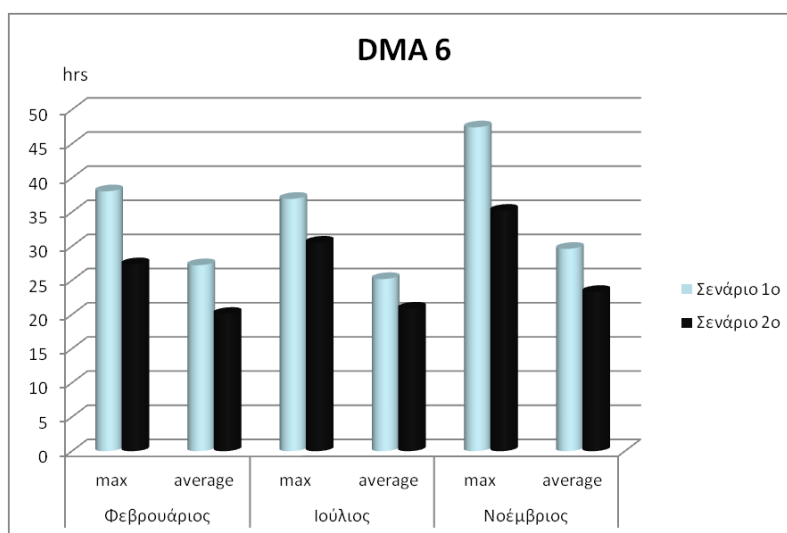
Γράφημα 5.22: Μέγιστη ηλικία κρίσιμων κόμβων και μέση ηλικία της DMA 13 για τα 2 σενάρια μελέτης για 96 ώρες ανάλυσης (hrs)



Γράφημα 5.23: Μέγιστη ηλικία κρίσιμων κόμβων και μέση ηλικία της DMA 12 για τα 2 σενάρια μελέτης για 96 ώρες ανάλυσης (hrs)



**Γράφημα 5.24:** Μέγιστη ηλικία κρίσιμων κόμβων και μέση ηλικία της DMA 7 για τα 2 σενάρια μελέτης για 96 ώρες ανάλυσης (hrs)



**Γράφημα 5.25:** Μέγιστη ηλικία κρίσιμων κόμβων και μέση ηλικία της DMA 6 για τα 2 σενάρια μελέτης για 96 ώρες ανάλυσης (hrs)

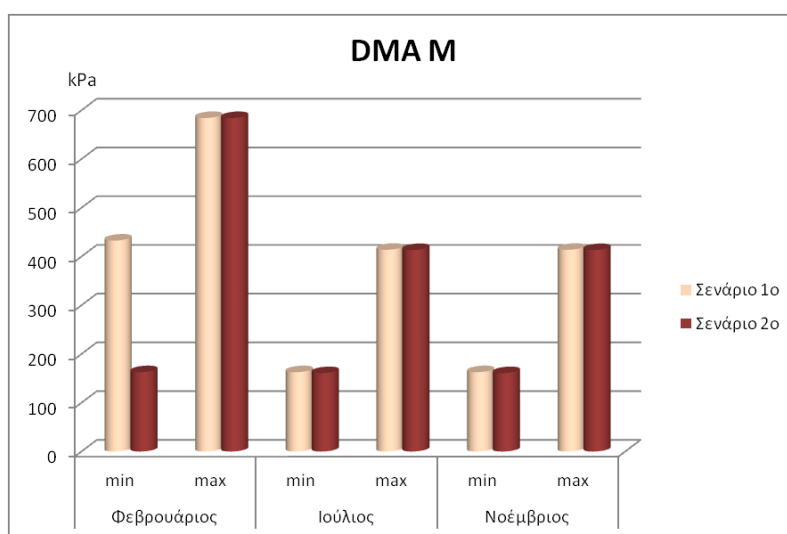
Από τα παραπάνω γραφήματα διαπιστώνεται επίσης η μείωση της ηλικίας του νερού με την εφαρμογή των DMAs και την τοποθέτηση των PRVs. Μικρότερη ηλικία νερού εντοπίζεται στην DMA 4A με νερό ηλικίας 36,4 ωρών για το Σενάριο 1<sup>ο</sup> και στις DMAs M και 4K ηλικίας 29 ωρών για το Σενάριο 2<sup>ο</sup> ενώ μεγαλύτερη ηλικία έχει το νερό στις DMAs K-2 και K-3 ηλικιών 90 και 94,7 ωρών αντίστοιχα για το Σενάριο 1<sup>ο</sup> και 84,2 και 91,4 ωρών για το Σενάριο 2<sup>ο</sup> γεγονός που αποδίδεται στην παρουσία κόμβων σε αυτές με μικρότερη συγκριτικά με άλλους κόμβους ζήτησης, καθώς οι περιοχές αυτές είναι πιο απομακρυσμένες από το κέντρο της πόλης και δεν εξυπηρετούν μεγάλες ζητήσεις. Αποτελούν περιοχές αναψυχής (πάρκα, άλσος) ή σε αυτές βρίσκονται οι κεντρικοί δρόμοι εξόδου από την πόλη προς άλλους νομούς και κατά συνέπεια έχουν λιγότερους κατοίκους, λιγότερη ζήτηση σε νερό με αποτέλεσμα το νερό σε αυτούς τους κόμβους να χρησιμοποιείται με μικρότερο ρυθμό δηλαδή να παραμένει περισσότερο χρόνο στον κόμβο μέχρι να αξιοποιηθεί.

Η Water Industry Database (AWWA and AwwaRF 1992) υποδεικνύει μια μέση κράτηση νερού στους αγωγούς με ακρότατα 1,5 ημέρα (36 ώρες) έως 3 ημέρες (72 ώρες). Διαπιστώνεται ότι στην πλειοψηφία τους οι DMAs ικανοποιούν αυτή τη συνθήκη με εξαιρέσεις τις M, 4K, οριακά 7 και 6

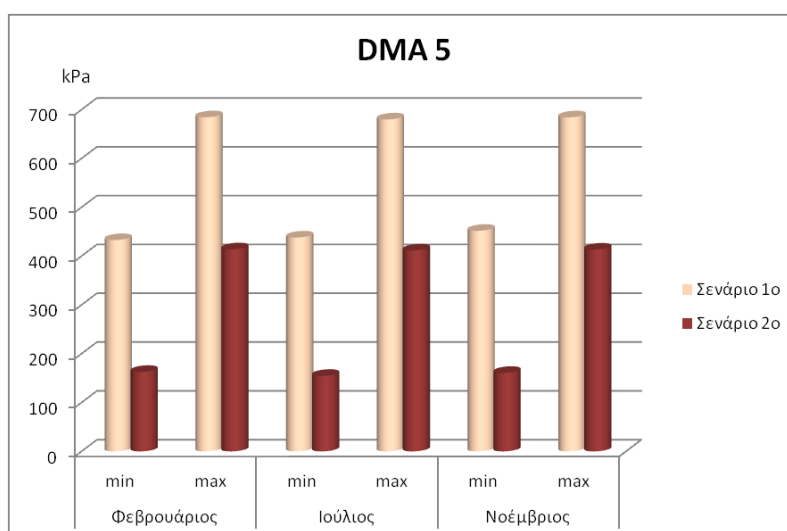
στο Σενάριο 2<sup>ο</sup> (δεν ικανοποιείται το ελάχιστο όριο καθώς η ηλικία του νερού είναι 29,8 29, 35,3 και 35,2 ώρες αντίστοιχα) και οι K-2, K-2 και για τα δυο Σενάρια και την 12 για το Σενάριο 1<sup>ο</sup> (δεν ικανοποιείται το μέγιστο όριο με τιμές 90 και 84,2 ώρες , 94,7 και 91,4 ώρες και 89,7 ώρες αντίστοιχα) χωρίς ωστόσο οι τιμές να αποκλίνουν σημαντικά.

Επίσης με τον διαχωρισμό του δικτύου σε στεγανές υποζώνες και την τοποθέτηση βαλβίδων μείωσης της πίεσης παρατηρείται μικρότερη διαφορά μεταξύ μέγιστης ηλικίας του νερού στον κρίσιμο κόμβο της κάθε DMA και μέσης ηλικίας του νερού που διανέμεται στην αντίστοιχη DMA σε σχέση με την διαφορά ηλικίας που παρατηρείται στην υφιστάμενη κατάσταση.

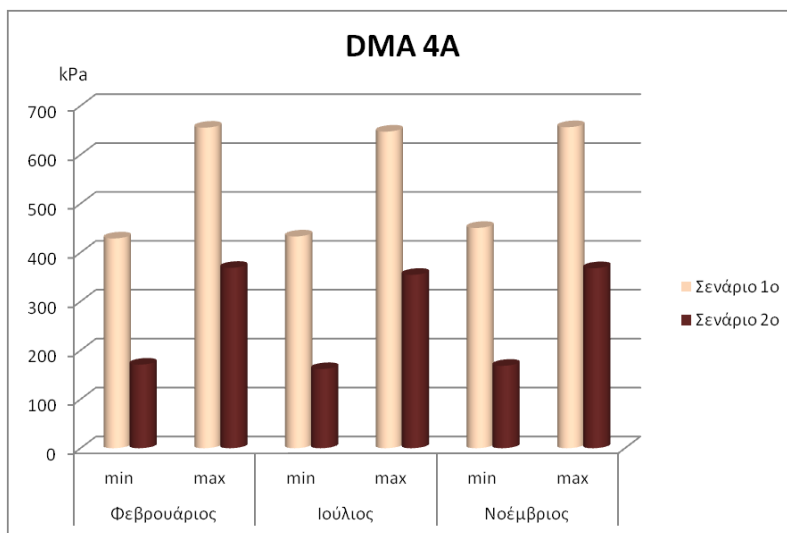
### 5.7.3 Ελάχιστη και μέγιστη τιμή πίεσης κάθε DMA



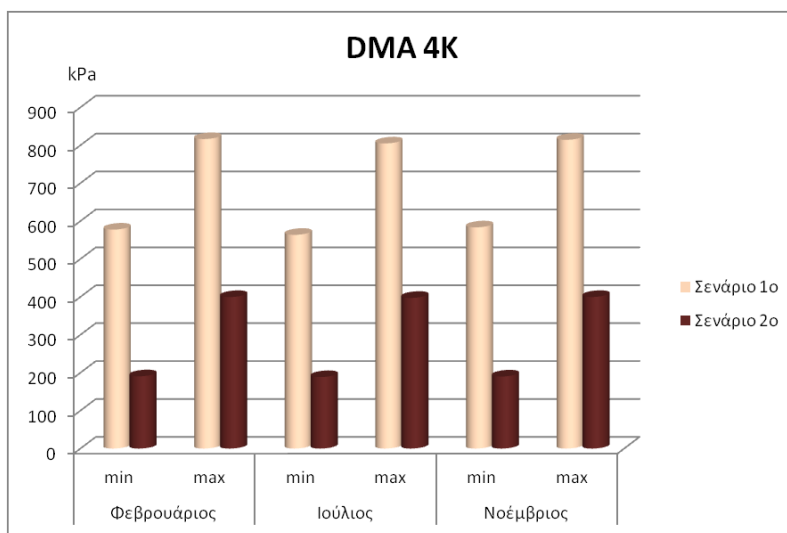
Γράφημα 5.26: Ελάχιστη και μέγιστη τιμή πίεσης της DMA M για τα 3 σενάρια μελέτης για 96 ώρες ανάλυσης (kPa)



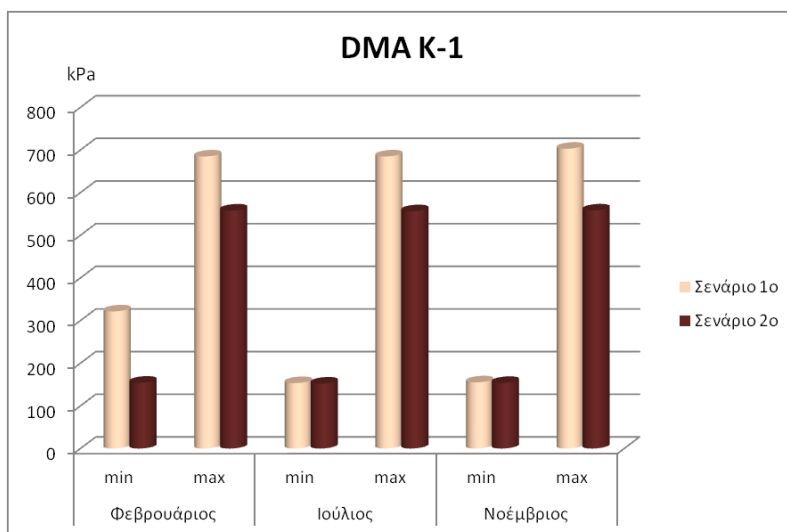
Γράφημα 5.27: Ελάχιστη και μέγιστη τιμή πίεσης της DMA 5 για τα 3 σενάρια μελέτης για 96 ώρες ανάλυσης (kPa)



Γράφημα 5.28: Ελάχιστη και μέγιστη τιμή πίεσης της DMA 4A για τα 3 σενάρια μελέτης για 96 ώρες ανάλυσης (kPa)

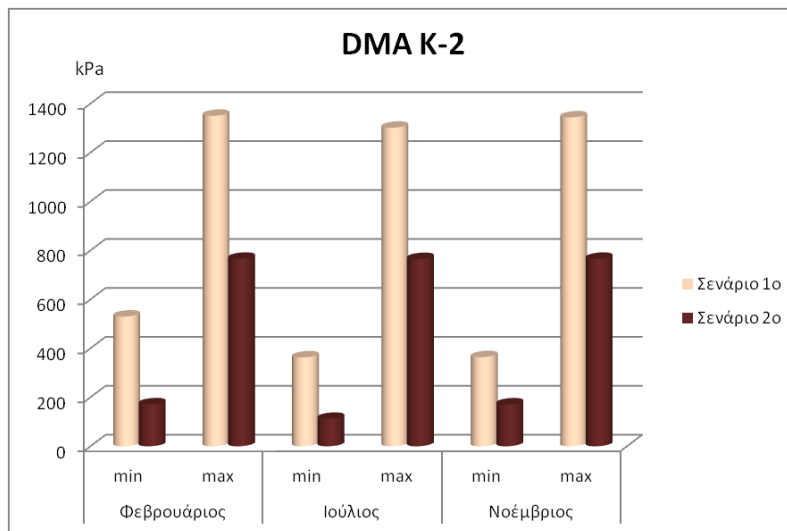


Γράφημα 5.29: Ελάχιστη και μέγιστη τιμή πίεσης της DMA 4K για τα 3 σενάρια μελέτης για 96 ώρες ανάλυσης (kPa)

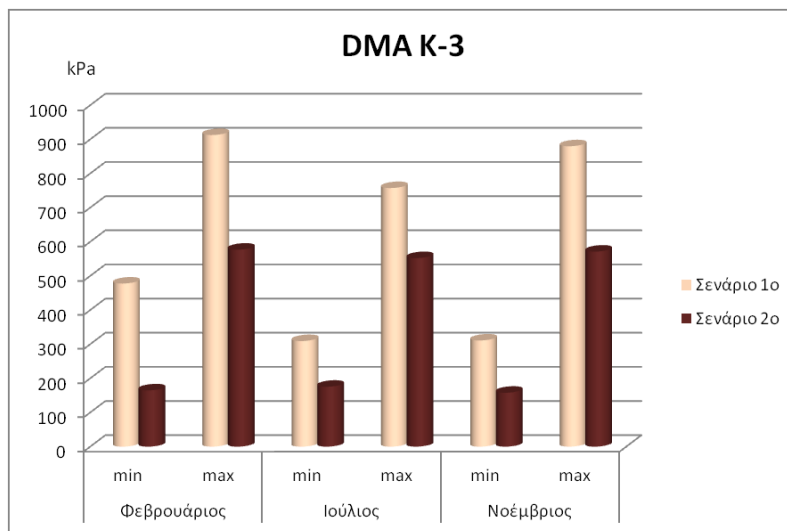


Γράφημα 5.30: Ελάχιστη και μέγιστη τιμή πίεσης της DMA K-1 για τα 3 σενάρια μελέτης για 96 ώρες ανάλυσης (kPa)

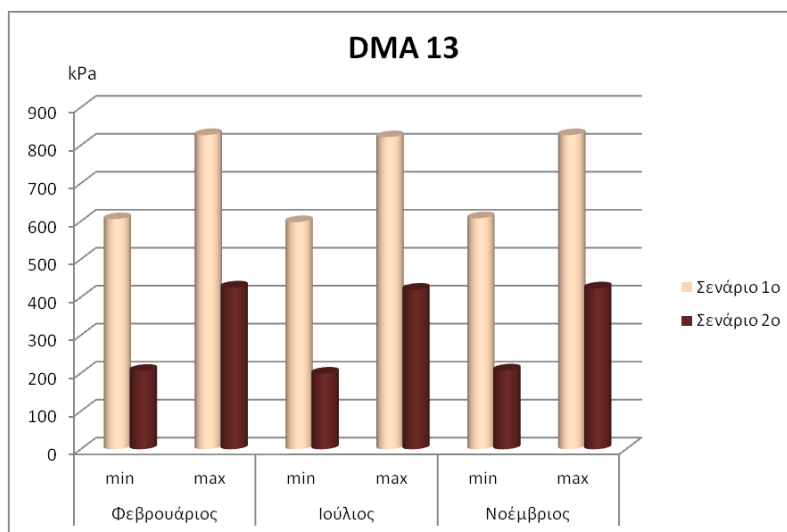




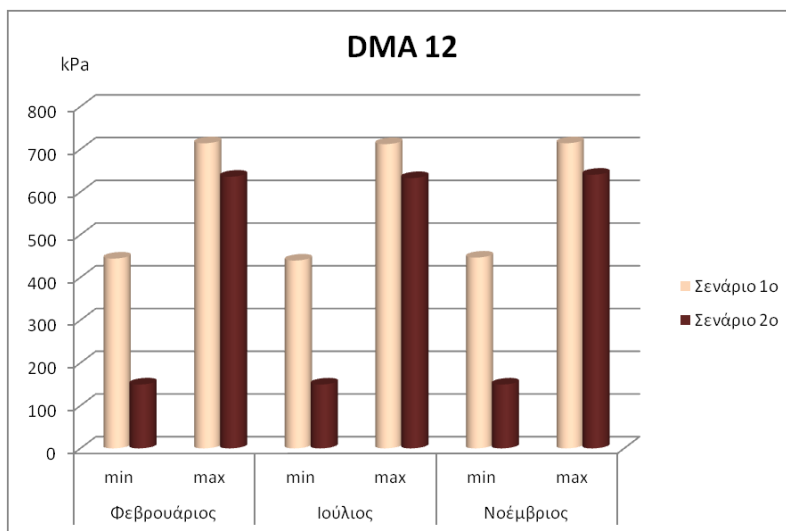
Γράφημα 5.31: Ελάχιστη και μέγιστη τιμή πίεσης της DMA K-2 για τα 3 σενάρια μελέτης για 96 ώρες ανάλυσης (kPa)



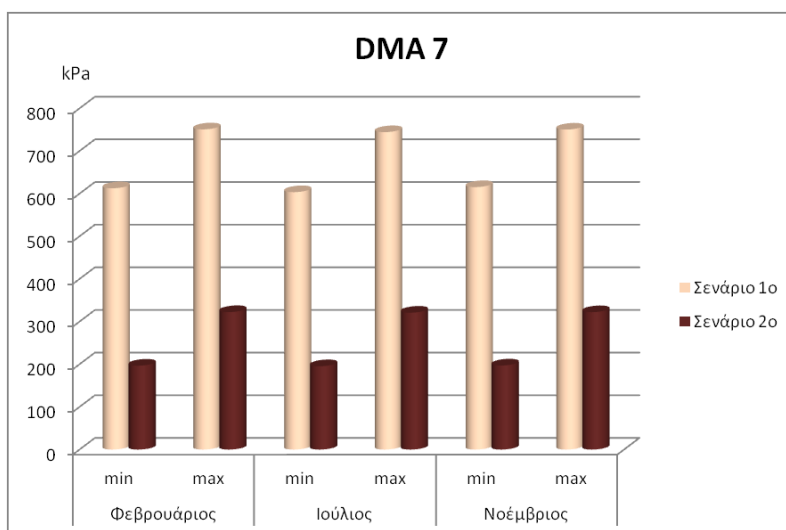
Γράφημα 5.32: Ελάχιστη και μέγιστη τιμή πίεσης της DMA K-3 για τα 3 σενάρια μελέτης για 96 ώρες ανάλυσης (kPa)



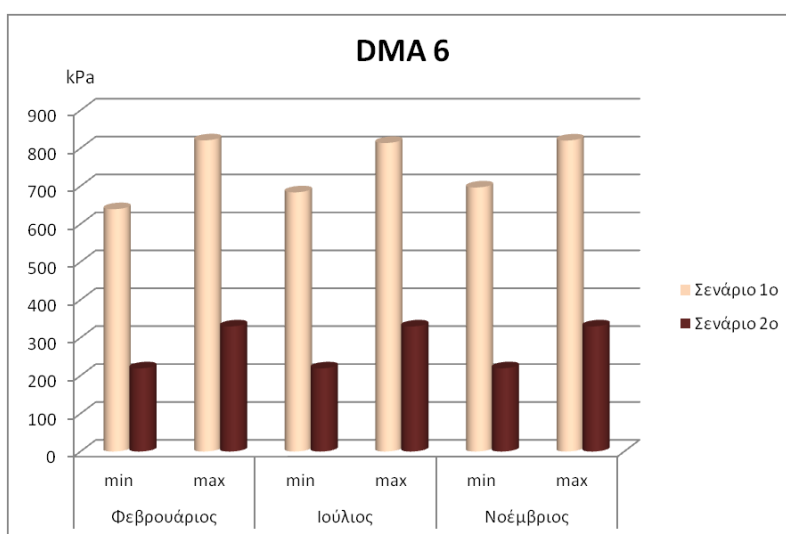
Γράφημα 5.33: Ελάχιστη και μέγιστη τιμή πίεσης της DMA 13 για τα 3 σενάρια μελέτης για 96 ώρες ανάλυσης (kPa)



Γράφημα 5.34: Ελάχιστη και μέγιστη τιμή πίεσης της DMA 12 για τα 3 σενάρια μελέτης για 96 ώρες ανάλυσης (kPa)



Γράφημα 5.35: Ελάχιστη και μέγιστη τιμή πίεσης της DMA 7 για τα 3 σενάρια μελέτης για 96 ώρες ανάλυσης (kPa)



Γράφημα 5.36: Ελάχιστη και μέγιστη τιμή πίεσης της DMA 6 για τα 3 σενάρια μελέτης για 96 ώρες ανάλυσης (kPa)

Στην περίπτωση της πίεσης όπως ήδη αναφέραμε παρατηρείται επίσης πτωτική συμπεριφορά η οποία καθίσταται επιθυμητή και ιδιαίτερα σημαντική. Είναι γνωστό ότι όσο μεγαλύτερες πιέσεις επικρατούν σε ένα δίκτυο τόσο αυξάνεται η πιθανότητα θραύσης κάποιου αγωγού αλλά και η πιθανότητα εμφάνισης κάποιας διαρροής. Επομένως ο διαχωρισμός του δικτύου ύδρευσης σε DMAs καθίσταται ιδιαίτερα επωφελής καθώς συμβάλει αφενός στη μείωση των πιέσεων κι αφετέρου στην καλύτερη διαχείριση της λειτουργίας του δικτύου. Με την τοποθέτηση δε βαλβίδων μείωσης της πίεσης στην είσοδο κάθε DMAs επιτυγχάνεται μείωση των πιέσεων σε τιμές οι οποίες μπορούν να καθοριστούν από τον εκάστοτε διαχειριστή του δικτύου. Όλα τα προαναφερθέντα επιβεβαιώνονται από τα προκύπτοντα αποτελέσματα της παρούσας διπλωματικής μελέτης.

Συγκεκριμένα, παρατηρείται μεγάλη μείωση της πίεσης του δικτύου μετά τον διαχωρισμό του και με την τοποθέτηση PRVs. Ειδικότερα επήλθε σημαντική μείωση της πίεσης (περίπου 500 kPa κατά μέσο όρο σε ποσοστό 66,9% ) συμβάλλοντας στην αποδοτικότερη λειτουργία του.

Αξίζει να σχολιαστεί πως το γεγονός της παρουσίας πιέσεων οριακά μικρότερων του ορίου των 200kPa δεν αποτελεί αρνητική έκβαση καθώς οι τιμές αυτές εντοπίζονται σε ελάχιστους κόμβους του δικτύου, τους λεγόμενους κρίσιμους κόμβους του οι οποίοι είναι στην πλειοψηφία τους καταληκτικοί και η πίεση που έχουν είναι ικανή κι επαρκής να καλύψει τις εκάστοτε ανάγκες των χρηστών που διαμένουν και δραστηριοποιούνται εκεί. Τέλος, εκτός από την ελάττωση της πίεσης διαπιστώνεται και μείωση της διακύμανσης των τιμών πίεσης σε κάθε DMA γεγονός που συμβάλει στην υδραυλική ισορροπία του δικτύου. Η μικρότερη τιμή πίεσης ίση με 111,9 kPa εντοπίζεται στην K-2 (υποζώνη με τη μεγαλύτερη ηλικία νερού ) ενώ στις υπόλοιπες οι τιμές κυμαίνονται από 154 – 170 kPa μεταξύ των τριών μηνών μελέτης. Εξαιρέση αποτελούν οι DMAs 13 και 6 με ελάχιστη πίεση περίπου ίση με 200kPa , οριακά και οι DMAs 7 με ελάχιστη πίεση 197 kPa και 4K με πίεση 190,6 kPa.

## **5.8 Διαμόρφωση της ηλικίας έπειτα από ρύθμιση της πίεσης των PRVs.**

Μια από τις σημαντικότερες παραμέτρους σχεδιασμού ενός δικτύου ως προς την υδραυλική ακεραιότητα και εύρυθμη λειτουργία του αποτελεί η διαχείριση της ρύθμισης της πίεσης του κάτω από διάφορες συνθήκες σχεδιασμού. Υψηλές πιέσεις μπορούν να επιφέρουν φθορές στα διάφορα εξαρτήματα που απαρτίζουν το δίκτυο καθώς και διαρροές ή διαλείμματα με επιπτώσεις στην ποιότητα του νερού. Από την άλλη , χαμηλές πιέσεις μπορούν να εμφανιστούν λόγω κάποιας αστοχίας βαλβίδας ή αντλίας οδηγώντας σε ανεπαρκή παροχή και μειωμένη ικανότητα καταστολής πυρκαγιάς ή σε ακραίες περιπτώσεις σε εισβολή δυνητικά μολυσμένου νερού. Καθίστανται λοιπόν σαφής η αναγκαιότητα εφαρμογής στρατηγικής ρύθμισης της πίεσης. Ένας αποτελεσματικός και άμεσα υλοποιήσιμος τρόπος είναι η τοποθέτηση βαλβίδων ρύθμισης της πίεσης σε συγκεκριμένες θέσεις του δικτύου.

Από την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας του κ. Πατέλη (2013), για κάθε DMA έχουν επιλεγεί βαλβίδες μείωσης της πίεσης σταθερού ανοίγματος για τις οποίες έχουν καθιερωθεί όρια λειτουργίας πίεσης κι έτσι οι κατάντη πιέσεις των PRVs διαμορφώθηκαν όπως παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.37.

Αρχικά ορίζεται ως Περίπτωση 1<sup>η</sup> αυτή με τις αρχικές τιμές των PRVs που παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.46. Αποσκοπώντας στην μελέτη του τρόπου μεταβολής της ηλικίας του νερού αλλά και στην εύρεση της «χρυσής τομής» μεταξύ της πίεσης τις εκάστοτε DMA αλλά και συνολικά του

δικτύου και της ηλικίας του νερού, για τις διάφορες τιμές πιέσεων εξετάστηκαν ακόμη δεκαπέντε (15) περιπτώσεις καθεμία από τις οποίες αντιστοιχεί σε αύξηση της ρύθμισης της πίεσης των PRVs κατά 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140 και 150 kPa. Οι αλλαγές αυτές επηρεάζουν την πίεση του δικτύου καθώς οι βαλβίδες μείωσης της πίεσης ορίζουν την ελάχιστη πίεση που θα επικρατεί στο κατάντη της υποζώνης στην οποία τοποθετούνται αλλά και την ηλικία του εφόσον οποιαδήποτε μεταβολή στην πίεση του νερού επηρεάζει τον τρόπο που αυτό προσφέρεται στους καταναλωτές άρα και τον ρυθμό με τον οποίο αξιοποιείται, δηλαδή το χρονικό διάστημα που παραμένει στον αγωγό μέχρι να αξιοποιηθεί.. Αναμένεται η αύξηση της πίεσης να προκαλέσει μείωση της ηλικίας του νερού αλλά αναζητείται εκείνη η τιμή της ηλικίας που θα είναι η βέλτιστη για την αντίστοιχη τιμή πίεσης.

**Πίνακας 5.37:** Αρχική ρύθμιση πιέσεων PRVs

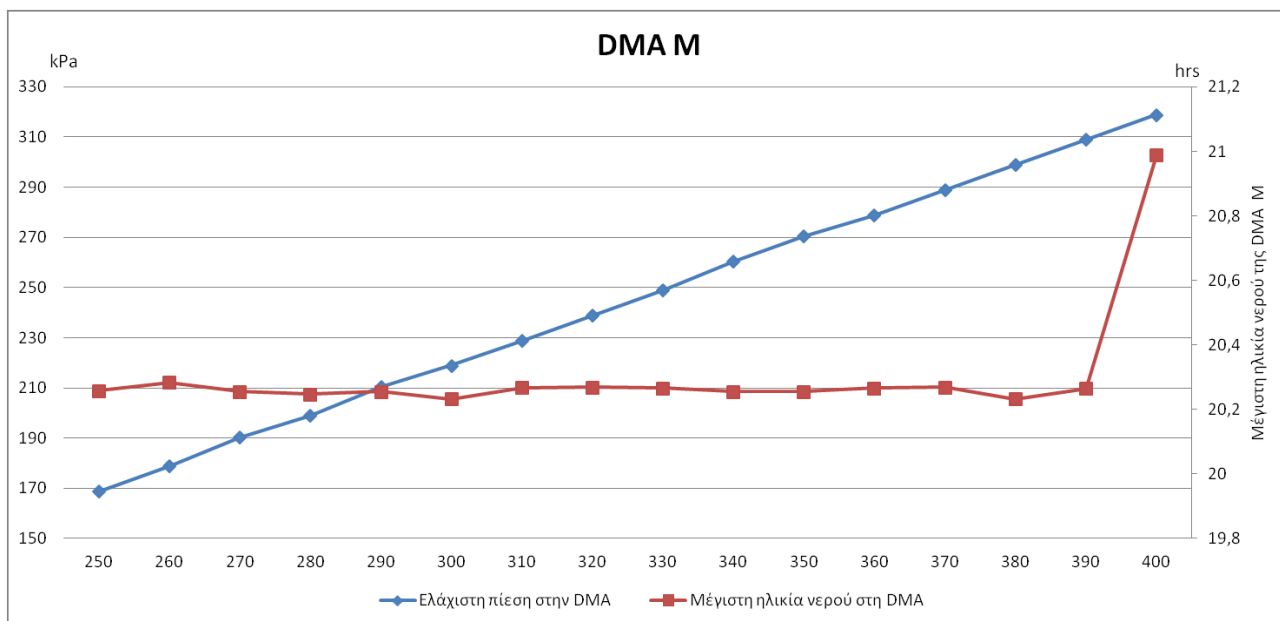
DMA	RPV	Pressure Setting (Initial) (kPa)
DMA M	PRV-28	250
DMA 5	PRV-20	200
DMA 4A	-	-
DMA 4K	PRV-23	230
DMA K1	PRV-9	310
DMA K2	PRV-17	240
DMA K3	PRV-16	270
DMA 13	PRV-33	385
DMA 12	PRV-30	200
DMA 7	PRV-15	250
DMA 6	PRV-15	200

Η μελέτη έγινε για τις DMA M, 5, K-1 και K-2, οι οποίες αποτέλεσαν τις περιοχές με το μεγαλύτερο ενδιαφέρον καθώς οι υπόλοιπες υποζώνες παρουσιάζουν κοινή συμπεριφορά με κάποια από τις παραπάνω για τους μήνες Φεβρουάριο, Ιούλιο και Νοέμβριο. Οι μεν δυο πρώτες απαρτίζουν τις κεντρικές περιοχές της πόλης, συνεπώς τις περιοχές που εξυπηρετούν πληθώρα καταναλωτών κι έχουν αυξημένες ανάγκες σε νερό και οι άλλες δυο περιοχές αραιοκατοικημένες ή περιοχές κεντρικών οδών εξόδου από την πόλη με λιγότερες ζητήσεις άρα και μειωμένη, σε σχέση με τις πυκνοκατοικημένες, ανανέωση των υδάτων που αξιοποιούνται.

Φεβρουάριος:

**Πίνακας 5.38:** Διαμόρφωση της πίεσης και της ηλικίας στην DMA M τον μήνα Φεβρουάριο για κάθε περίπτωση ρύθμισης της PRV-28

DMA M : PRV-28					
P0=	250	Pressure (kPa)	168,9	Age (hrs)	20,258
P1=	260		178,9		20,283
P2=	270		190,4		20,255
P3=	280		198,9		20,247
P4=	290		210,4		20,255
P5=	300		218,9		20,233
P6=	310		228,9		20,268
P7=	320		238,9		20,269
P8=	330		248,9		20,266
P9=	340		260,4		20,255
P10=	350		270,4		20,255
P11=	360		278,9		20,266
P12=	370		288,9		20,269
P13=	380		298,9		20,232
P14=	390		308,9		20,265
P15=	400	318,9	20,988		



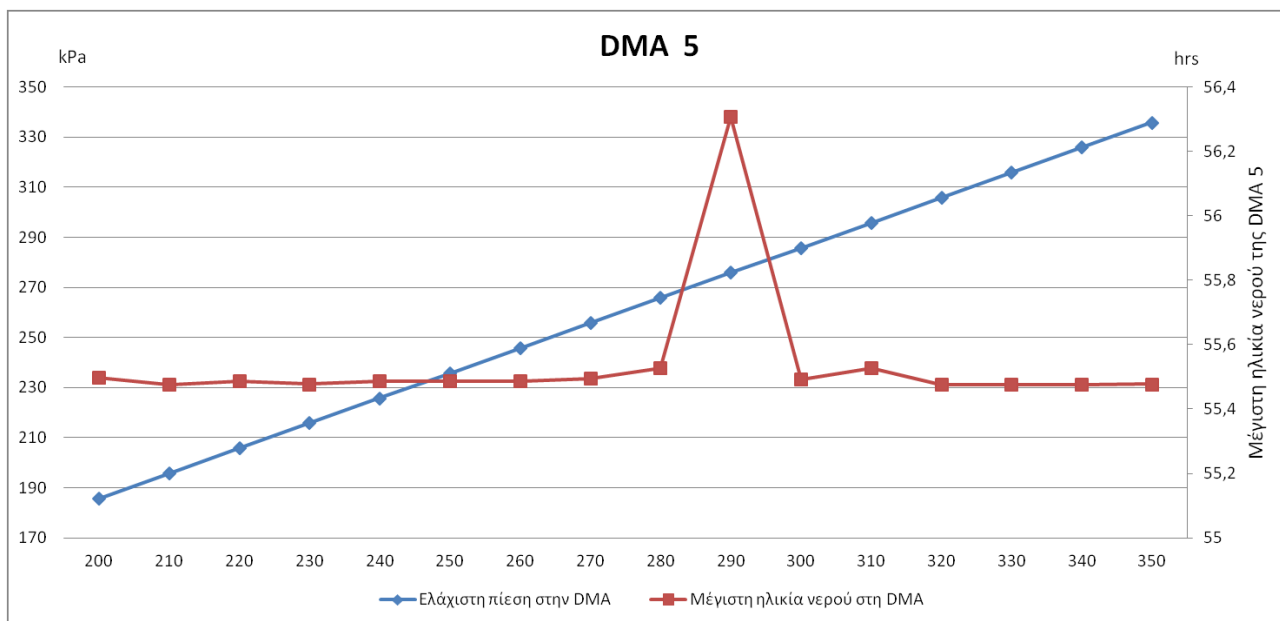
**Γράφημα 5.37:** Γράφημα ηλικίας-πίεσης της DMA M τον μήνα Φεβρουάριο για κάθε περίπτωση ρύθμισης της PRV-28 για 96 ώρες ανάλυσης

Για την DMA M, τον μήνα Φεβρουάριο η «χρυσή τομή» ηλικίας-πίεσης εντοπίζεται στην Περίπτωση όπου η πίεση της PRV-28 έχει τιμή 290kPa ( Περίπτωση 5<sup>η</sup> ), τιμή κατά την οποία η ελάχιστη επικρατούσα πίεση της υποζώνης είναι 210,4 kPa και η μέγιστη ηλικία του νερού 20,255 ώρες για 96 ώρες ανάλυσης. Οι τιμές που προέκυψαν είναι κατάλληλες ώστε να επιτυγχάνεται ταυτόχρονα χαμηλή πίεση στην υποζώνη η οποία ταυτόχρονα να είναι ανώτερη των 2 ατμοσφαιρών αλλά και νερό μικρής ηλικίας στους κόμβους που την απαρτίζουν.

**Πίνακας 5.39:** Διαμόρφωση της πίεσης και της ηλικίας στην DMA 5 τον μήνα Φεβρουάριο για κάθε περίπτωση ρύθμισης της PRV-20

DMA 5 : PRV-20					
P0=	200	Pressure (kPa)	185,8	Age (hrs)	55,498
P1=	210		195,8		55,476
P2=	220		205,8		55,486
P3=	230		215,8		55,477
P4=	240		225,8		55,486
P5=	250		235,8		55,486
P6=	260		245,8		55,486
P7=	270		255,8		55,494
P8=	280		265,8		55,526
P9=	290		275,8		56,306
P10=	300		285,8		55,493
P11=	310		295,8		55,526
P12=	320		305,8		55,476
P13=	330		315,8		55,476
P14=	340		325,8		55,476
P15=	350		335,8		55,477



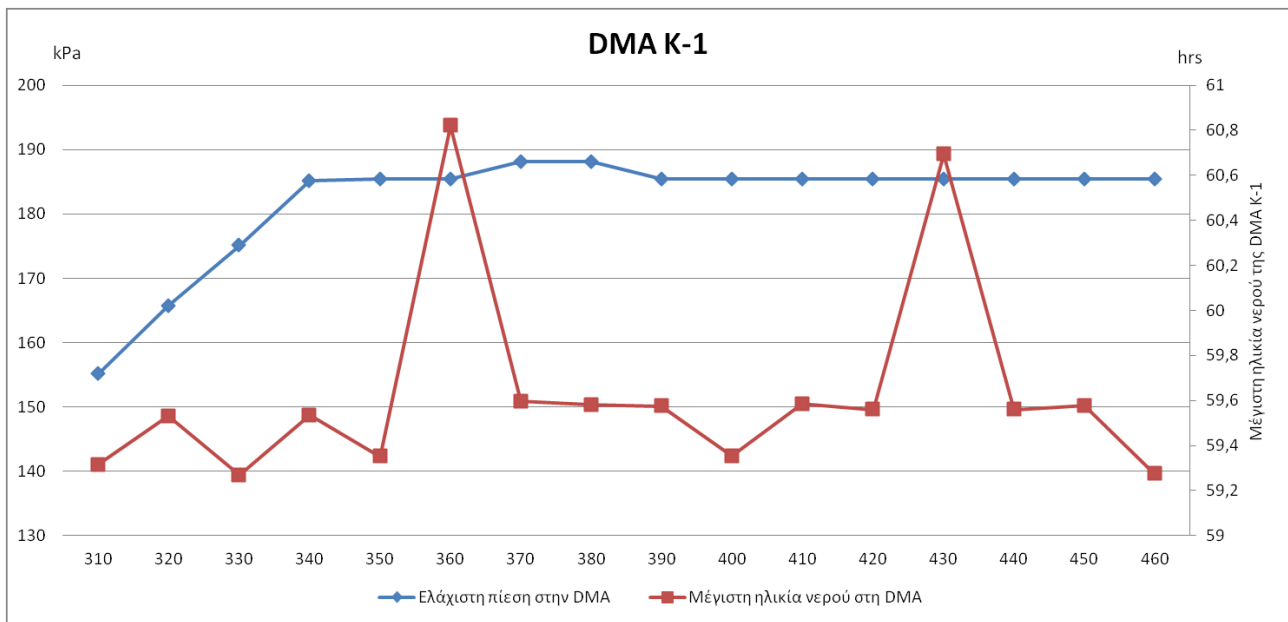


**Γράφημα 5.38:** Γράφημα ηλικίας-πίεσης της DMA 5 τον μήνα Φεβρουάριο για κάθε περίπτωση ρύθμισης της PRV-20 για 96 ώρες ανάλυσης

Στην περίπτωση της DMA 5 η «χρυσή τομή» εντοπίζεται όταν η PRV-20 ρυθμιστεί στην τιμή των 250kPa ( επίσης Περίπτωση 5<sup>η</sup> ). Τότε η ελάχιστη πίεση που εμφανίζεται στην υποζώνη είναι 235,8 kPa και το γήρας του υδάτων που φιλοξενούν οι κόμβοι της DMA είναι 55,486 ώρες για 96 ώρες ανάλυσης. Σε αυτή την περίπτωση, επίσης, επιτυγχάνεται επιθυμητή κι εντός του ορίου πίεση του νερού με ταυτόχρονα ικανοποιητική ηλικία νερού σε μια επίσης πολυπληθή και πολυσύχναστη περιοχή της πόλης.

**Πίνακας 5.40:** Διαμόρφωση της πίεσης και της ηλικίας στην DMA K-1 τον μήνα Φεβρουάριο για κάθε περίπτωση ρύθμισης της PRV-9

DMA K-1 : PRV-9			
P0=	310	155,1	59,315
P1=	320	165,7	59,531
P2=	330	175,1	59,268
P3=	340	185,1	59,534
P4=	350	185,4	59,351
P5=	360	185,4	60,82
P6=	370	188,1	59,595
P7=	380	188,1	59,58
P8=	390	185,4	59,575
P9=	400	185,4	59,353
P10=	410	185,4	59,585
P11=	420	185,4	59,56
P12=	430	185,4	60,693
P13=	440	185,4	59,559
P14=	450	185,4	59,576
P15=	460	185,4	59,274

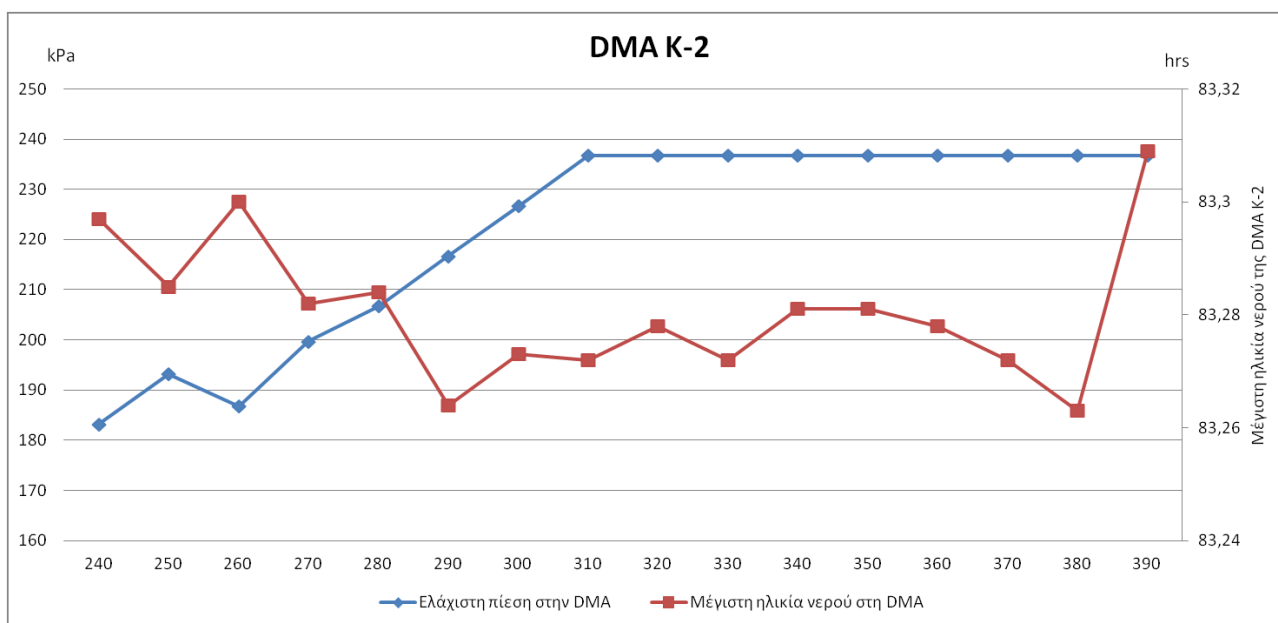


**Γράφημα 5.39:** Γράφημα ηλικίας-πίεσης της DMA K-1 τον μήνα Φεβρουάριο για κάθε περίπτωση ρύθμισης της PRV-9 για 96 ώρες ανάλυσης

Για την DMA K-1 η «χρυσή τομή» εντοπίζεται για πίεση της PRV-9 ίση με περίπου 360kPa ( Περίπτωση 6<sup>η</sup> ) όπου η κατώτερη πίεση παροχής νερού στην υποζώνη είναι ίση με 185,4kPa και η ηλικία του νερού 60,82 ώρες για ανάλυση 96 ωρών. Στην προκειμένη περίπτωση η πίεση της DMA παραμένει κάτω από 200kPa χωρίς ωστόσο να προκαλείται σοβαρό πρόβλημα στην λειτουργία της καθώς αναφερόμαστε την τιμή πίεσης ενός μοναδικού κόμβου ο οποίος δεν εξυπηρετεί πληθώρα απαιτήσεων. Η ηλικία του νερού είναι σαφώς αυξημένη σε σχέση με την ηλικία των DMA M και 5 ωστόσο, το γεγονός δικαιολογείται από την περιοχή μελέτης η οποία εμφανίζει λιγότερες καταναλώσεις σε σχέση με τις πυκνοκατοικημένες περιοχές οπότε και το νερό παραμένει περισσότερο διάστημα στους αγωγούς χωρίς ωστόσο η παραμονή αυτή να είναι μεγάλης συγκριτικά με την ηλικία μελέτης, διάρκειας και ικανή να προκαλέσει ουσιώδη προβλήματα στην ποιότητα του νερού που διανέμεται στους καταναλωτές της DMA K-1.

**Πίνακας 5.41:** Διαμόρφωση της πίεσης και της ηλικίας στην DMA K-2 τον μήνα Φεβρουάριο για κάθε περίπτωση ρύθμισης της PRV-17

DMA K-2 : PRV-17					
P0=	240	Pressure (kPa)	183,2	Age (hrs)	83,297
P1=	250		193,2		83,285
P2=	260		186,7		83,3
P3=	270		199,7		83,282
P4=	280		206,7		83,284
P5=	290		216,7		83,264
P6=	300		226,7		83,273
P7=	310		236,7		83,272
P8=	320		236,7		83,278
P9=	330		236,7		83,272
P10=	340		236,7		83,281
P11=	350		236,7		83,281
P12=	360		236,7		83,278
P13=	370		236,7		83,272
P14=	380		236,7		83,263
P15=	390	236,7	83,309		



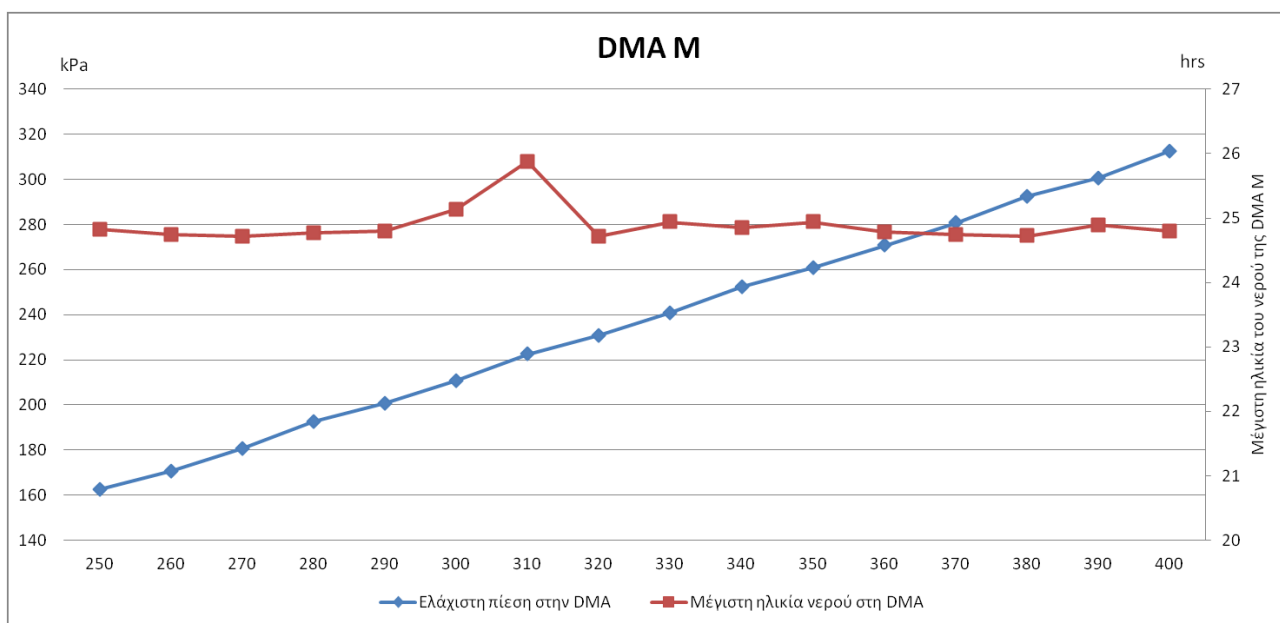
**Γράφημα 5.40:** Γράφημα ηλικίας-πίεσης της DMA K-2 τον μήνα Φεβρουάριο για κάθε περίπτωση ρύθμισης της PRV-17 για 96 ώρες ανάλυσης

Όσο αφορά την DMA K-2, η «χρυσή τομή» ηλικίας-πίεσης εντοπίζεται για τιμή πίεσης της PRV-17 ίση με 280kPa ( επίσης Περίπτωση 5<sup>η</sup> ) όπου η ελάχιστη μετρούμενη πίεση της υποζώνης είναι 206,7kPa κι η ηλικία του νερού φτάνει τις 83,284 ώρες για 96 ώρες ανάλυση. Ενώ η ελάχιστη πίεση της υποζώνης έχει τη βέλτιστη τιμή η ηλικία της θα μπορούσε να θεωρηθεί αυξημένη ωστόσο αναφέρεται σε κόμβους ιδιαίτερα απομακρυσμένους με μικρή ζήτηση οι οποίοι ωστόσο προσμετρούνται στα αποτελέσματα της ανάλυσης καθώς εξυπηρετούν έστω κ ελάχιστα άτομα. Και σε αυτή την περίπτωση όμως το νερό βρίσκεται σε επιτρεπτά επίπεδα ηλικίας σε σχέση με τον χρόνο μελέτης της ηλικίας του.

Ιούλιος:

**Πίνακας 5.42:** Διαμόρφωση της πίεσης και της ηλικίας στην DMA M τον μήνα Ιούλιο για κάθε περίπτωση ρύθμισης της PRV-28

DMA M : PRV-28					
P0=	250	Pressure (kPa)	162,5	Age (hrs)	24,824
P1=	260		170,7		24,745
P2=	270		180,7		24,721
P3=	280		192,5		24,767
P4=	290		200,7		24,792
P5=	300		210,7		25,135
P6=	310		222,5		25,875
P7=	320		230,7		24,721
P8=	330		240,7		24,939
P9=	340		252,5		24,853
P10=	350		260,7		24,939
P11=	360		270,7		24,785
P12=	370		280,7		24,745
P13=	380		292,5		24,722
P14=	390		300,7		24,888
P15=	400	312,5	24,795		

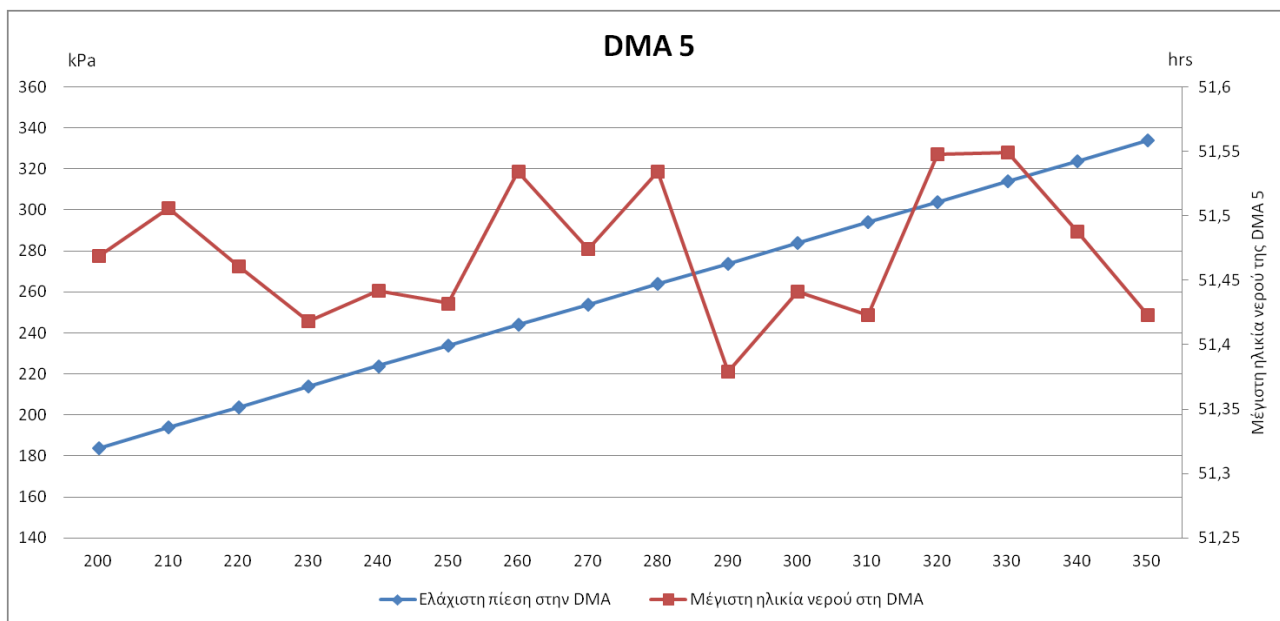


**Γράφημα 5.41:** Γράφημα ηλικίας-πίεσης της DMA M τον μήνα Ιούλιο για κάθε περίπτωση ρύθμισης της PRV-28 για 96 ώρες ανάλυσης

Παρατηρείται ότι για την DMA M, η «χρυσή τομή» εντοπίζεται για ρυθμιζόμενη πίεση της PRV-28 ίση με 360kPa (Περίπτωση 11<sup>η</sup>) με ελάχιστη πίεση στην υποζώνη ίση με 270,7 και μέγιστη ηλικία νερού 24,785 ώρες για 96 ώρες ανάλυση. Στη συγκεκριμένη περίπτωση καθίσταται εμφανές ότι είναι απαραίτητη η ρύθμιση της πίεσης της βαλβίδας σε τιμή αρκετά μεγαλύτερη από ότι έχει αρχικά ρυθμιστεί ωστόσο η ελάχιστη πίεση της υποζώνης βρίσκεται σε καλά επίπεδα όπως και η ηλικία του νερού σε αυτή.

**Πίνακας 5.43:** Διαμόρφωση της πίεσης και της ηλικίας στην DMA 5 τον μήνα Ιούλιο για κάθε περίπτωση ρύθμισης της PRV-20

DMA 5 : PRV-20					
P0=	200	Pressure (kPa)	183,9	Age (hrs)	51,469
P1=	210		193,9		51,506
P2=	220		203,9		51,461
P3=	230		213,9		51,418
P4=	240		223,9		51,442
P5=	250		233,9		51,432
P6=	260		243,9		51,534
P7=	270		253,9		51,474
P8=	280		263,9		51,534
P9=	290		273,9		51,379
P10=	300		283,9		51,441
P11=	310		293,9		51,423
P12=	320		303,9		51,548
P13=	330		313,9		51,549
P14=	340		323,9		51,488
P15=	350	334	51,423		

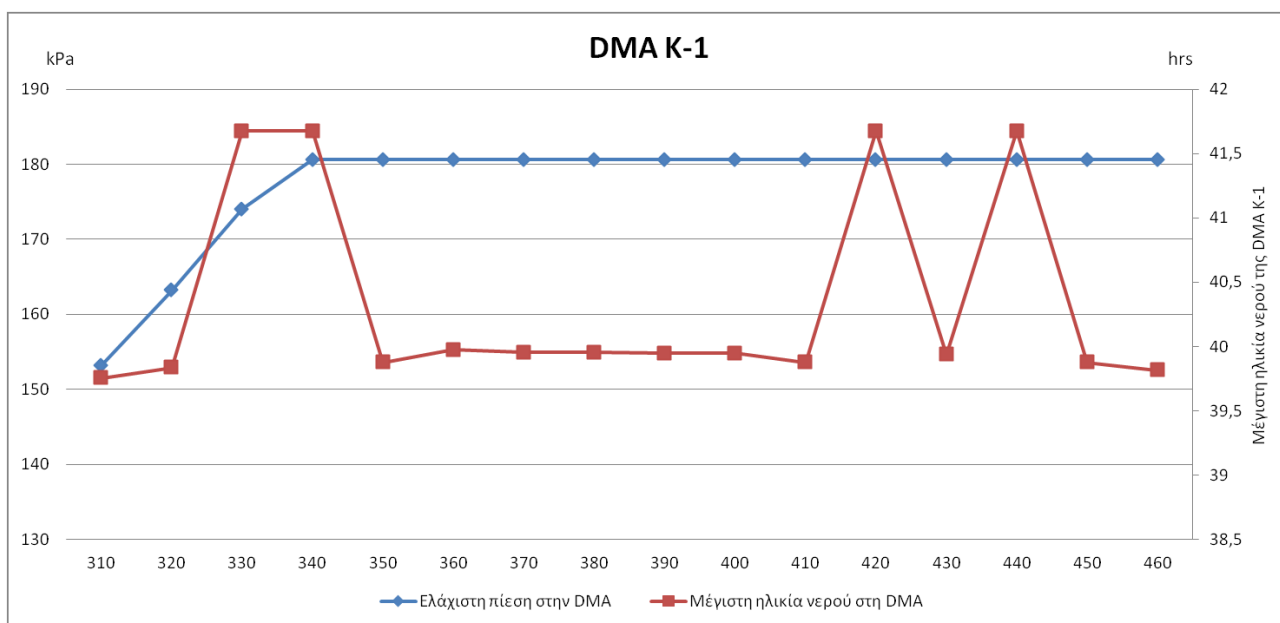


**Γράφημα 5.42:** Γράφημα ηλικίας-πίεσης της DMA 5 τον μήνα Ιούλιο για κάθε περίπτωση ρύθμισης της PRV-20 για 96 ώρες ανάλυσης

Από το παραπάνω γράφημα προσδιορίζεται ως «χρήση τομή» μεταξύ πίεσης και ηλικίας του νερού της DMA 5, τη ρύθμιση της PRV-20 μεταξύ 280 και 290kPa (Περίπτωση 9<sup>η</sup> και Περίπτωση 10<sup>η</sup>) με ελάχιστη πίεση στην υποζώνη μεταξύ 273,9 και 283,9 kPa και ηλικία νερού περίπου στις 51,4 ώρες για 96 ώρες ανάλυσης. Και σε αυτή την περίπτωση η ρυθμιζόμενη πίεση στη βαλβίδα είναι μεγαλύτερη της καθορισμένης ωστόσο το αποτέλεσμα επίτευξης είναι σαφώς ικανοποιητικό.

**Πίνακας 5.44:** Διαμόρφωση της πίεσης και της ηλικίας στην DMA K-1 τον μήνα Ιούλιο για κάθε περίπτωση ρύθμισης της PRV-9

DMA K-1 : PRV-9					
P0=	310	Pressure (kPa)	153,2	Age (hrs)	39,754
P1=	320		163,2		39,837
P2=	330		174		41,676
P3=	340		180,6		41,676
P4=	350		180,6		39,876
P5=	360		180,6		39,973
P6=	370		180,6		39,953
P7=	380		180,6		39,953
P8=	390		180,6		39,947
P9=	400		180,6		39,947
P10=	410		180,6		39,876
P11=	420		180,6		41,676
P12=	430		180,6		39,937
P13=	440		180,6		41,676
P14=	450		180,6		39,876
P15=	460	180,6	39,815		



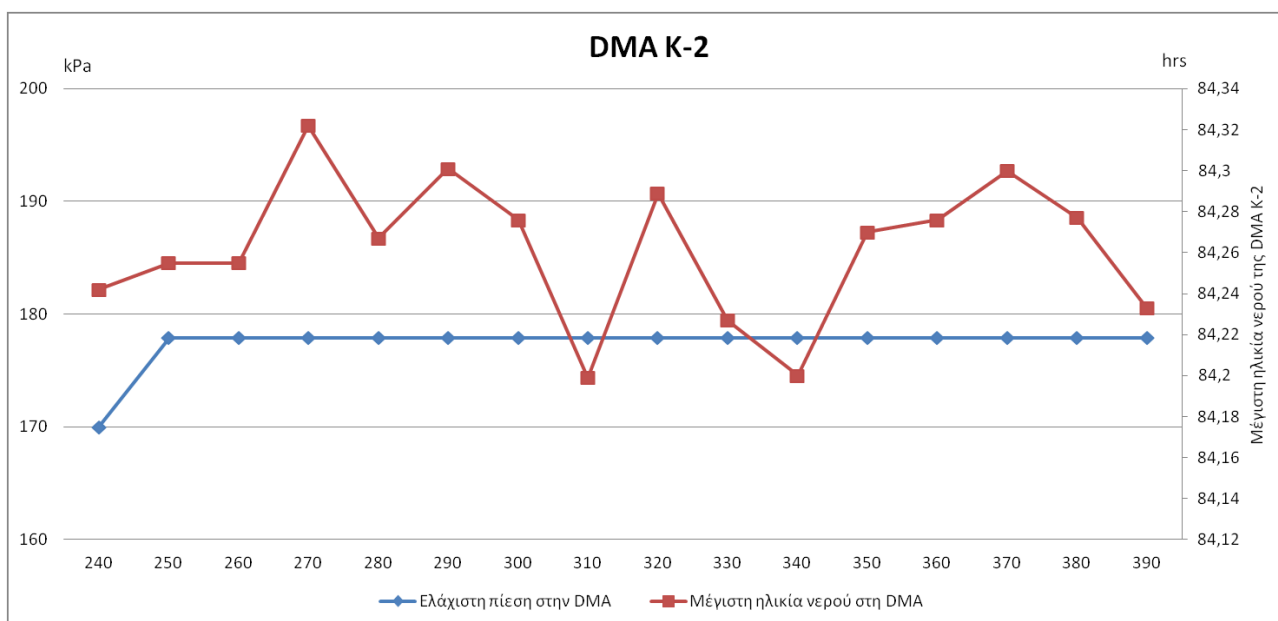
**Γράφημα 5.43:** Γράφημα ηλικίας-πίεσης της DMA K-1 τον μήνα Ιούλιο για κάθε περίπτωση ρύθμισης της PRV-9 για 96 ώρες ανάλυσης

Στην περίπτωση της DMA K-1 παρατηρείται πως από ένα σημείο κι έπειτα όσο κι αν αυξηθεί η πίεση της PRV-9 η ελάχιστη τιμή πίεσης της υποζώνης παραμένει σταθερή και ίση με 180,6kPa τιμή κατώτερη του ορίου των 200kPa χωρίς ωστόσο να επηρεάζει αρνητικά την λειτουργία της υποζώνης αλλά και του δικτύου ευρύτερα καθώς αναφέρεται στον κρίσιμο κόμβο της DMA κι όχι στο σύνολο των κόμβων που την απαρτίζουν. Έτσι η «χρυσή τομή» εντοπίζεται για πίεση PRV μεταξύ 320 και 330 kPa (Περίπτωση 2<sup>η</sup> και Περίπτωση 3<sup>η</sup>) κι ηλικία νερού περίπου ίση με 40,757 ώρες (προκύπτει από γραμμική παρεμβολή μεταξύ των τιμών 39,837 και 41,676 που είναι οι αντίστοιχες τιμές πίεσης) για 96 ώρες ανάλυσης.

**Πίνακας 5.45:** Διαμόρφωση της πίεσης και της ηλικίας στην DMA K-2 τον μήνα Ιούλιο για κάθε περίπτωση ρύθμισης της PRV-17

DMA K-2 : PRV-17					
P0=	240	Pressure (kPa)	170	Age (hrs)	84,242
P1=	250		177,9		84,255
P2=	260		177,9		84,255
P3=	270		177,9		84,322
P4=	280		177,9		84,267
P5=	290		177,9		84,301
P6=	300		177,9		84,276
P7=	310		177,9		84,199
P8=	320		177,9		84,289
P9=	330		177,9		84,227
P10=	340		177,9		84,2
P11=	350		177,9		84,27
P12=	360		177,9		84,276
P13=	370		177,9		84,3
P14=	380		177,9		84,277
P15=	390	177,9	84,233		





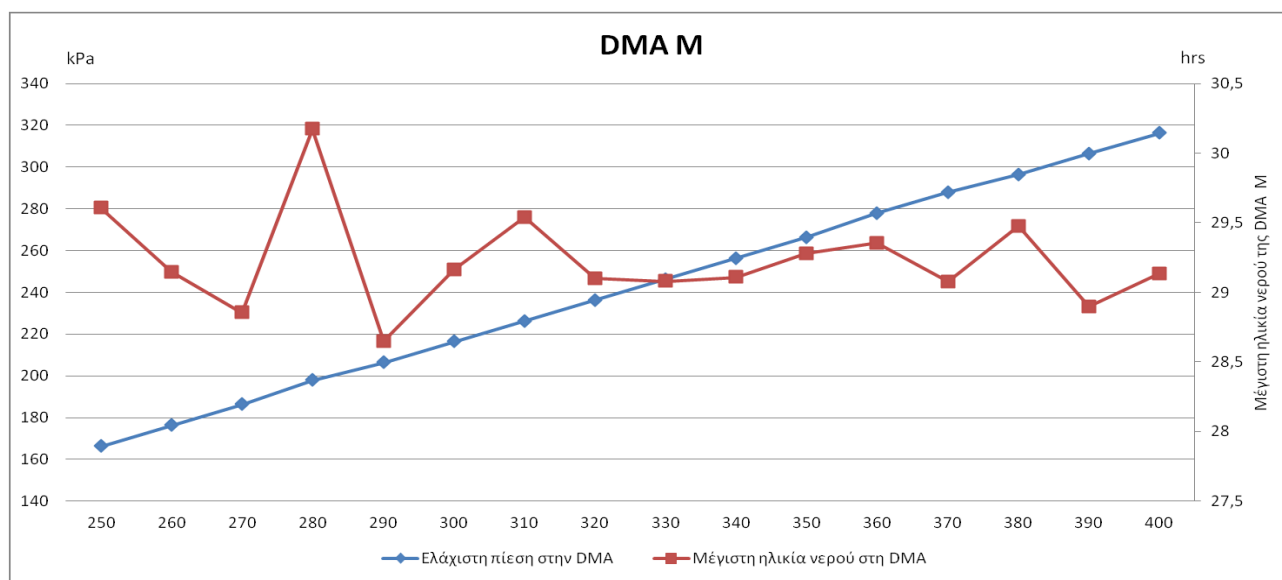
**Γράφημα 5.44:** Γράφημα ηλικίας-πίεσης της DMA K-2 τον μήνα Ιούλιο για κάθε περίπτωση ρύθμισης της PRV-17 για 96 ώρες ανάλυσης

Επίσης στην περίπτωση της DMA K-2 η τιμή πίεσης της υποζώνης παραμένει σταθερή κι ίση με 179,9kPa για οποιαδήποτε μεταβολή της πίεσης της PRV-17 από της πρώτες περιπτώσεις μελέτης οπότε κι έχουμε μόνο μικρές διακυμάνσεις στην ηλικία του νερού. Προκύπτει ως συμπέρασμα ότι η «χρυσή τομή» για την παραπάνω υποζώνη έγκειται για τιμή πίεσης της PRV-17 ίση με 310kPa (Περίπτωση 8<sup>η</sup>) μεταξύ ηλικίας νερού 89,199 ωρών για 96 ώρες ανάλυσης και πίεσης 177,9 kPa. Στην περίπτωση της DMA K-2 αξίζει να σχολιαστεί ότι και η προκύπτουσα ελάχιστη πίεση είναι οριακά μικρότερη της επιτρεπόμενης των 200kPa αλλά και ο ρυθμός αύξησης της ηλικίας του νερού είναι σχετικά αυξημένος σε σχέση με τις άλλες DMA ωστόσο τα αποτελέσματα δεν μπορούν να χαρακτηριστούν ως αρνητικά καθώς και η πίεση των περίπου 180kPa είναι ικανή να ικανοποιήσει τις απαιτούμενες ανάγκες σε ύδρευση αλλά και η σχετικά μεγάλη ηλικία του νερού δικαιολογείται από τον μικρότερο συγκριτικά αριθμό καταναλώσεων που απαιτεί η συγκεκριμένη περιοχή αλλά κι από την απόσταση της από τις δεξαμενές που τροφοδοτούν το δίκτυο.

#### Νοέμβριος:

**Πίνακας 5.46:** Διαμόρφωση της πίεσης και της ηλικίας στην DMA M τον μήνα Νοέμβριο για κάθε περίπτωση ρύθμισης της PRV-28

DMA M : PRV-28					
P0=	250	Pressure (kPa)	166,2	Age (hrs)	29,605
P1=	260		176,2		29,146
P2=	270		186,2		28,854
P3=	280		197,8		30,172
P4=	290		206,3		28,649
P5=	300		216,3		29,163
P6=	310		226,3		29,538
P7=	320		236,3		29,1
P8=	330		246,3		29,08
P9=	340		256,3		29,108
P10=	350		266,3		29,28
P11=	360		277,9		29,355
P12=	370		287,9		29,076
P13=	380		296,3		29,477
P14=	390		306,3		28,896
P15=	400	316,3	29,135		

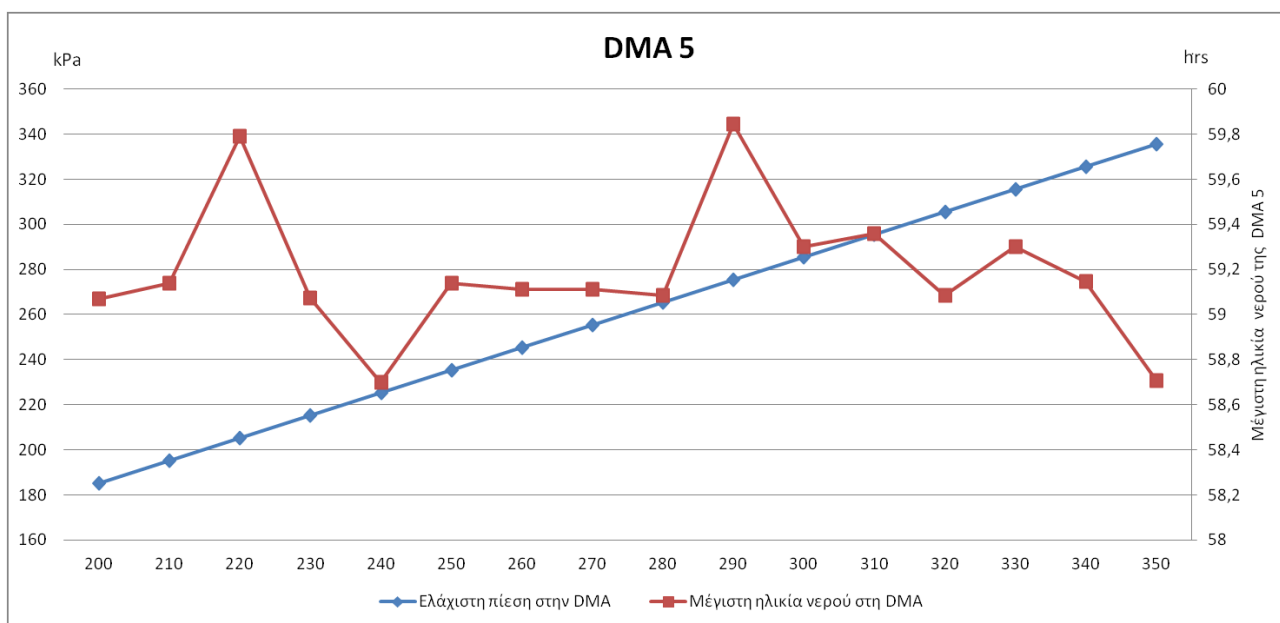


**Γράφημα 5.45:** Γράφημα ηλικίας-πίεσης της DMA M τον μήνα Νοέμβριο για κάθε περίπτωση ρύθμισης της PRV-28 για 96 ώρες ανάλυσης

Για την DMA M η «χρυσή τομή» εντοπίζεται για την τιμή της PRV μεταξύ 320 και 330 kPa (Περίπτωση 8<sup>η</sup> και Περίπτωση 9<sup>η</sup>) όπου η ελάχιστη πίεση της συγκεκριμένης υποζώνης κυμαίνεται μεταξύ 236,3 και 246,3kPa και η ηλικία του δικτύου περίπου στις 29,09 ώρες για 96 ώρες ανάλυσης. Στη συγκεκριμένη περίπτωση επίσης εξυπηρετείται ικανή και επιθυμητή τιμή πίεσης στην υποζώνη με ταυτόχρονα αρκετά φρέσκο νερό, το οποίο καλύπτει τις ανάγκες των καταναλωτών.

**Πίνακας 5.47:** Διαμόρφωση της πίεσης και της ηλικίας στην DMA 5 τον μήνα Νοέμβριο για κάθε περίπτωση ρύθμισης της PRV-20

DMA 5 : PRV-20					
P0=	200	Pressure (kPa)	185,3	Age (hrs)	59,069
P1=	210		195,3		59,138
P2=	220		205,3		59,791
P3=	230		215,3		59,072
P4=	240		225,3		58,701
P5=	250		235,3		59,138
P6=	260		245,3		59,112
P7=	270		255,3		59,112
P8=	280		265,3		59,086
P9=	290		275,3		59,843
P10=	300		285,4		59,3
P11=	310		295,4		59,357
P12=	320		305,4		59,086
P13=	330		315,4		59,3
P14=	340		325,4		59,147
P15=	350	335,4	58,708		

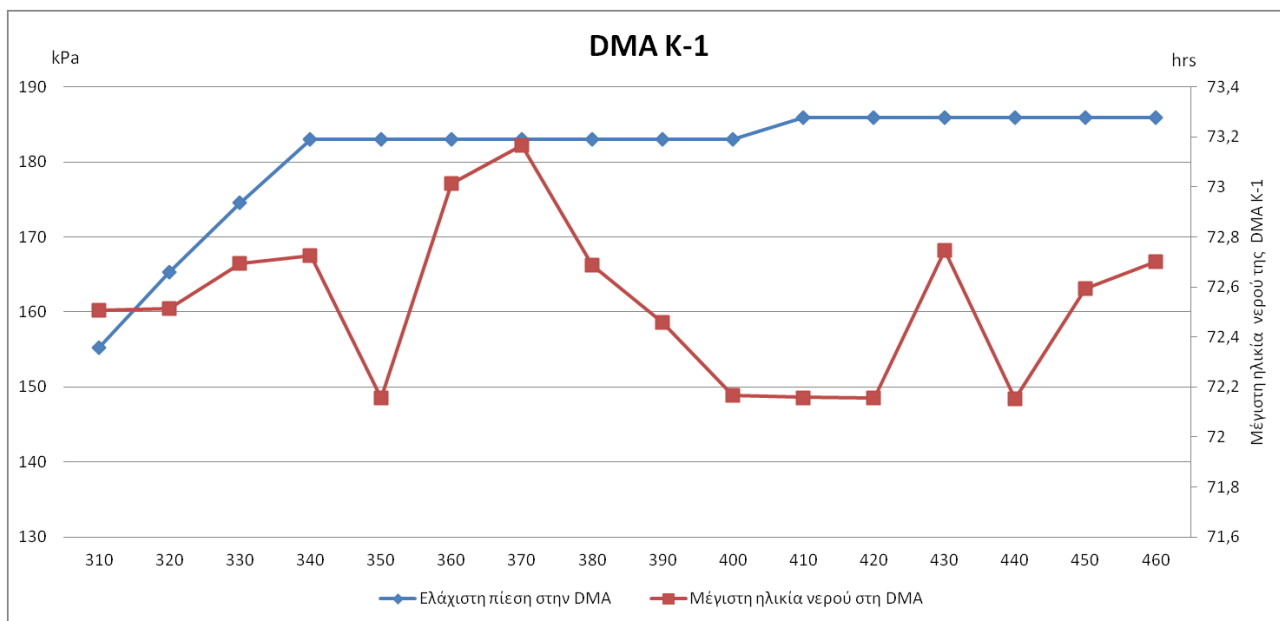


**Γράφημα 5.46:** Γράφημα ηλικίας-πίεσης της DMA 5 τον μήνα Νοέμβριο για κάθε περίπτωση ρύθμισης της PRV-20 για 96 ώρες ανάλυσης

Στην περίπτωση της DMA 5 επιτυγχάνεται για τιμή πίεσης της PRV-20 ίση με 240kPa (Περίπτωση 5<sup>η</sup>) ελάχιστη τιμή πίεσης της υποζώνης ίση με 225,3kPa και μέγιστης ηλικίας ίση με 59,112 ώρες για 96 ώρες ανάλυσης. Οι προκύπτουσες τιμές είναι κατάλληλες για την εύρυθμη λειτουργία του δικτύου για μια περιοχή με αυξημένες ανάγκες σε νερό.

**Πίνακας 5.48:** Διαμόρφωση της πίεσης και της ηλικίας στην DMA K-1 τον μήνα Νοέμβριο για κάθε περίπτωση ρύθμισης της PRV-9

DMA K-1 : PRV-9					
P0=	310	Pressure (kPa)	155,3	Age (hrs)	72,507
P1=	320		165,3		72,515
P2=	330		174,6		72,694
P3=	340		183		72,726
P4=	350		183		72,155
P5=	360		183		73,012
P6=	370		183		73,166
P7=	380		183		72,687
P8=	390		183		72,459
P9=	400		183		72,166
P10=	410		185,9		72,158
P11=	420		185,9		72,155
P12=	430		185,9		72,745
P13=	440		185,9		72,153
P14=	450		185,9		72,593
P15=	460	185,9	72,701		

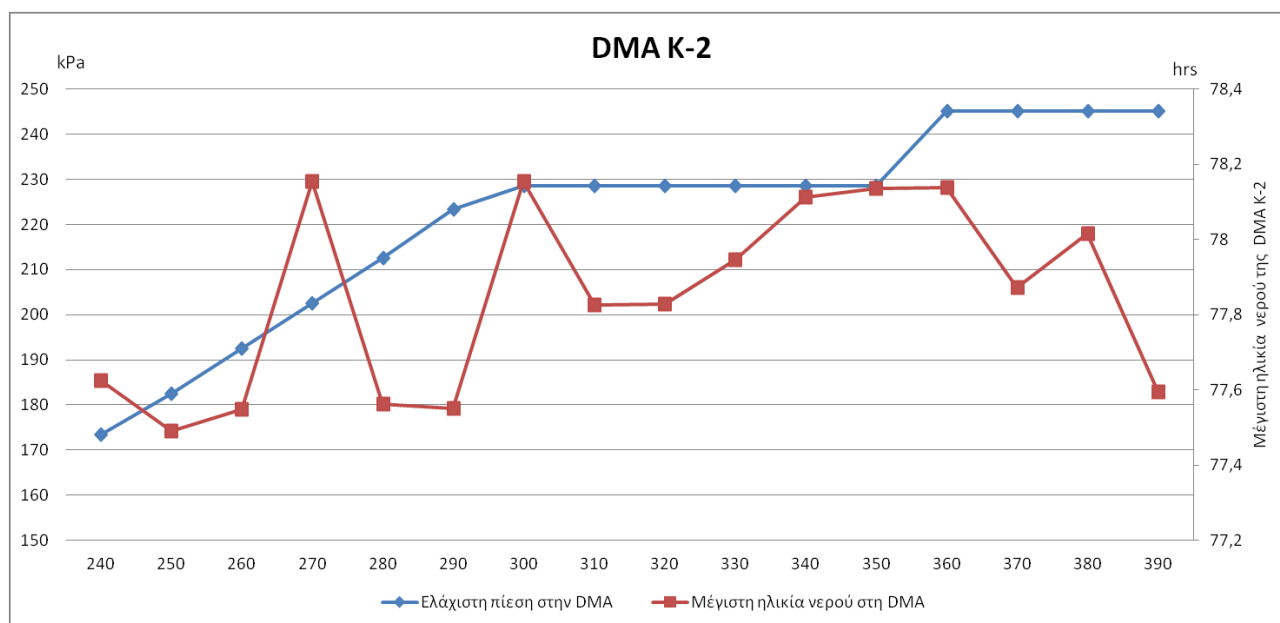


**Γράφημα 5.47:** Γράφημα ηλικίας-πίεσης της DMA K-1 τον μήνα Νοέμβριο για κάθε περίπτωση ρύθμισης της PRV-9 για 96 ώρες ανάλυσης

Η DMA K-1 παρουσιάζει τη «χρυσή τομή» πίεσης – ηλικίας για τιμή ρύθμισης της PRV-9 ίση με 370kPa ( Περίπτωση 7<sup>η</sup> ) με ελάχιστη πίεση παροχή νερού στους καταναλωτές της τάξης των 183kPa και μέγιστη ηλικία νερού της τάξης των 73,166 ωρών για 96 ώρες ανάλυσης. Σημειώνεται πως για αρκετές τιμές αλλαγής της πίεσης της βαλβίδας η ελάχιστη πίεση της υποζώνης παραμένει σταθερή μέχρι να εμφανίσει άνοδο και να παραμείνει επίσης σταθερή στη συνέχεια. Το αποτέλεσμα πίεσης ηλικίας αφενός εξυπηρετεί ικανοποιητικά τις ανάγκες των καταναλωτών και αφετέρου επιβεβαιώνει την αντιστρόφως ανάλογη σχέση ηλικίας πίεσης.

**Πίνακας 5.49:** Διαμόρφωση της πίεσης και της ηλικίας στην DMA K-2 τον μήνα Νοέμβριο για κάθε περίπτωση ρύθμισης της PRV-17

DMA K-2 : PRV-17					
P0=	240	Pressure (kPa)	173,4	Age (hrs)	77,625
P1=	250		182,5		77,49
P2=	260		192,5		77,548
P3=	270		202,5		78,154
P4=	280		212,5		77,562
P5=	290		223,4		77,55
P6=	300		228,5		78,155
P7=	310		228,5		77,826
P8=	320		228,5		77,828
P9=	330		228,5		77,946
P10=	340		228,5		78,113
P11=	350		228,5		78,136
P12=	360		245,2		78,138
P13=	370		245,2		77,871
P14=	380		245,2		78,016
P15=	390	245,2	77,593		



**Γράφημα 5.48:** Γράφημα ηλικίας-πίεσης της DMA K-2 τον μήνα Νοέμβριο για κάθε περίπτωση ρύθμισης της PRV-17 για 96 ώρες ανάλυσης

Για την DMA K-2 επιτυγχάνεται με τιμή πίεσης της PRV-17 σχεδόν 260kPa ( Περίπτωση 3<sup>η</sup> ) ελάχιστη πίεση υποζώνης ελαφρώς μεγαλύτερη των 192,5kPa και μέγιστη ηλικία περίπου ίση με 77,548 ώρες για 96 ώρες ανάλυσης. Παρότι η ηλικία του νερού και σε αυτή την περίπτωση είναι αυξημένη συγκριτικά με τις άλλες DMAs, όπως έχει πολλάκις αναφερθεί δεν προκαλεί προβλήματα στην ποιότητα του νερού που αναλώνεται σε πληθώρα χρήσεων και κυρίως σχετίζεται με την τοποθεσία των κόμβων που προμηθεύουν το αντίστοιχο οίκημα ή εδαφική έκταση με ύδωρ.

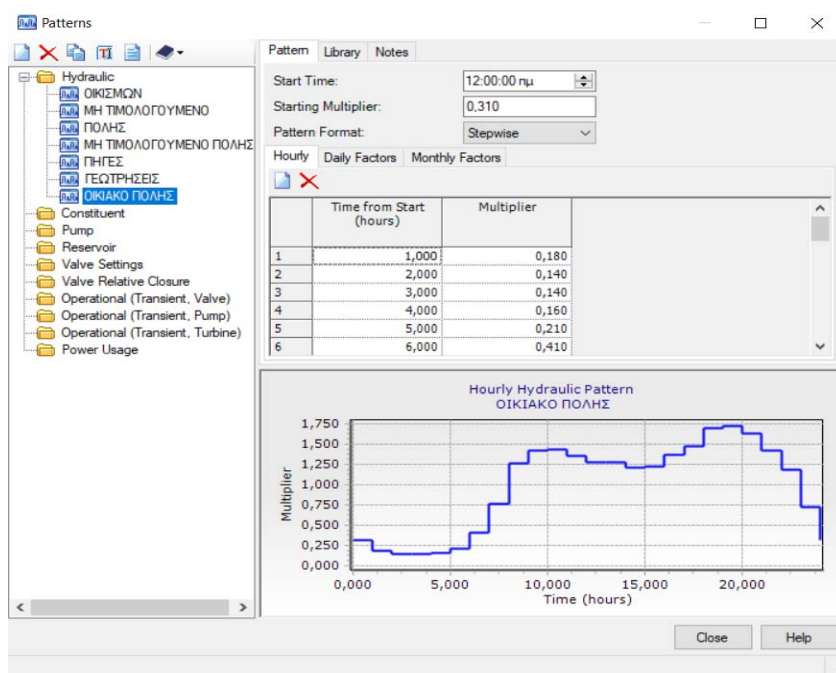
Συμπερασματικά, διαπιστώνεται ότι η αύξηση της πίεσης των PRVs είναι αναγκαία για να επιτευχθεί η πολύ-αναφερόμενη «χρυσή τομή» μεταξύ της πίεσης και της ηλικίας του νερού. Συγκεκριμένα, για την DMA M η αύξηση ποικίλει και εντοπίζεται στις τιμές 290kPa (Φεβρουάριος), 360kPa (Ιούλιος) και 320-330kPa (Νοέμβριος). Για την DMA 5 επιτυγχάνεται το επιθυμητό αποτέλεσμα ευκολότερα καθώς οι προκύπτουσες τιμές είναι 250kPa (Φεβρουάριος), 280 kPa (Ιούλιος) και 240kPa (Νοέμβριος). Για την DMA K-1 επίσης προέκυψαν κοντινότερες μεταξύ τους τιμές 360kPa (Φεβρουάριος), 320-330kPa (Ιούλιος) και 370kPa (Νοέμβριος). Τέλος, για την DMA K-2 οι τιμές πίεσης κυμαίνονται σε 280kPa (Φεβρουάριος) 310kPa (Ιούλιος) και 260kPa (Νοέμβριος) .Αξίζει να αναφερθεί ότι η διαδικασία εύρεσης της «χρυσής τομής» για τις DMAs M,5 και K-2 έγινε για την διαπίστωση της διατήρησης της καλής ηλικίας του διανεμόμενου νερού καθώς στις DMAs αυτές η ηλικία του νερού ελαττωνόταν με τον διαχωρισμό του δικτύου σε στεγανές υποζώνες και την τοποθέτηση βαλβίδων μείωσης της πίεσης σε αντίθεση με την DMA K-1 στην οποία η ηλικία του νερού αυξανόταν και το συγκεκριμένο εγχείρημα ήταν το πιο χρήσιμο. Τυπικά ιδανική θα ήταν η περίπτωση εμφανίζεται όπου θα μπορούσε ο εκάστοτε ρυθμιστής ή διαχειριστής του δικτύου να εφαρμόσει την κάθε αλλαγή που προέκυψε για κάθε μήνα, εγχείρημα ωστόσο περισσότερο επιζήμιο κι όχι ιδιαίτερα επικερδές. Σε κάθε περίπτωση, όμως, πρωταρχικός στόχος πρέπει να παραμένει η ποιότητα του νερού που προσφέρεται στους χρήστες του δικτύου ύδρευσης σε συνδυασμό πάντα με ποσότητα ικανή να ικανοποιήσει ανά πάσα στιγμή τις ανάγκες τους.

## 5.9 Συνάρτηση ενηλικίωσης του νερού για τις κυριότερες DMAs.

Ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες κατά το σχηματισμό DMAs είναι η «ηλικία του νερού» η οποία αποτελεί συνάρτηση κυρίως της ζήτησης ύδατος, της λειτουργίας και της τοπολογίας του δικτύου. Έχοντας συγκεντρώσει τα προαναφερθέντα δεδομένα εκτελέστηκε η επεξεργασία και η ανάλυση τους με σκοπό την διεξαγωγή της συνάρτησης ενηλικίωσης του νερού που εμπεριέχεται στους κόμβους τόσο στου υφιστάμενου αρχικού δικτύου όσο και στο δίκτυο μετά τον διαχωρισμό του σε στεγανές υποζώνες, DMAs, και την τοποθέτηση βαλβίδων μείωσης της πίεσης, PRVs, στο κατάντη πεδίο κάθε DMA στην οποία τοποθετούνται.

Η συνάρτηση ενηλικίωσης προέκυψε από ανάλυση των δυο σεναρίων για 240 ώρες (10 ημέρες), χρόνος επαρκής ώστε το δίκτυο να έχει επέλθει σε υδραυλική ισορροπία, αλλά και τα αποτελέσματα που θα προκύψουν να όσο το δυνατόν ρεαλιστικά και συμβατά με τον τρόπο ενηλικίωσης του νερού που συγκεντρώνεται στο δίκτυο για μεγάλες περιόδους ακόμη και για περίοδο ίση με τον «χρόνο ζωής» του, για τους μήνες Φεβρουάριο, Ιούλιο και Νοέμβριο.

Για τον σκοπό αυτό εξετάστηκαν οι DMAs M, 5, K-1 και K-2 οι οποίες παρουσιάζουν διαφορετική συμπεριφορά στην μεταβολή της ηλικίας των κόμβων τους και ταυτόχρονα διαφορετική μορφολογία λόγω τοποθεσίας (οι M και 5 ανήκουν στη μεσαία ζώνη πίεσης με βάση την τοπολογία της πόλης της Κοζάνης ενώ οι K-1 και K-2 συμπεριλαμβάνονται στην χαμηλή ζώνη πίεσης) όσο και καθώς και διαφορετική ζήτηση σχετικά με την κάλυψη υδατικών αναγκών (οι DMA M και 5 τοποθετούνται στο κέντρο της πόλης και εξυπηρετούν εκτός από οικιακές κι εμπορικές καταναλώσεις καθώς κι ανάγκες τις πόλης που αφορούν την περιβαλλοντική αγωγή κι αποδίδονται στις μη τιμολογούμενες καταναλώσεις οι οποίες ωστόσο είναι υπαρκτές ενώ οι DMAs K-1 και K-2 τοποθετούνται σε αραιοκατοικημένες περιοχές με αισθητά χαμηλότερες ζητήσεις σε πολλαπλά σημεία τους). Για κάθε περίπτωση επιλέχθηκε με τη βοήθεια του προγράμματος Excel 2007, η εξίσωση που περιγράφει όσο το δυνατόν πιστότερα (curve fitting) το γράφημα που προκύπτει από τις τιμές ηλικίας-ώρων ανάλυσης. Στις εξισώσεις που προέκυψαν, όπου  $x$  είναι ο χρόνος ανάλυσης του δικτύου και  $y$  η ηλικία νερού που εμφανίζει για κάθε τιμή της ανεξάρτητης μεταβλητής  $x$ .



Εικόνα 5.13: Pattern προσομοίωσης της ζήτησης για 24ωρο κύκλο



Time from Start (hours)	Multiplier
1,000	0,180
2,000	0,140
3,000	0,140
4,000	0,160
5,000	0,210
6,000	0,410
7,000	0,760
8,000	1,260
9,000	1,420
10,000	1,430
11,000	1,350
12,000	1,280
13,000	1,280
14,000	1,210
15,000	1,230
16,000	1,370
17,000	1,470
18,000	1,700
19,000	1,730
20,000	1,630
21,000	1,420
22,000	1,180
23,000	0,730
24,000	0,310

Εικόνα 5.14: Τιμές πολλαπλασιαστή της ζήτησης για κάθε ώρα για 24ωρο κύκλο

Παρατηρώντας το μοτίβο της ζήτησης του δικτύου διαπιστώνεται ότι η ελάχιστη ζήτηση στο δίκτυο εντοπίζεται τις πρώτες πρωινές ώρες 02:00 και 03:00 π.μ. γεγονός αναμενόμενο εξαιτίας της μικρής κινητικότητας των πολιτών τις ώρες αυτές, αυξάνεται καθώς προχωρά η ημέρα, προφανώς λόγω της έντονης ενασχόλησης των κατοίκων της πόλης οι οποίοι είτε εργάζονται είτε απασχολούνται με κάποια δραστηριότητα. Ακολουθεί μια μικρή πτώση της ζήτησης τις μεσημβρινές ώρες περίοδος της ημέρας οπου οι περισσότερες εργασίες έχουν σταματήσει ή μειωθεί αισθητά, με την ανάγκη για νερό να αυξάνεται πάλι το απόγευμα και να κορυφώνεται στις 19:00 μμ (ο πολλαπλασιαστής έχει την τιμή 1,73 ) και τελικά ελαττώνεται καθώς βραδιάζει.

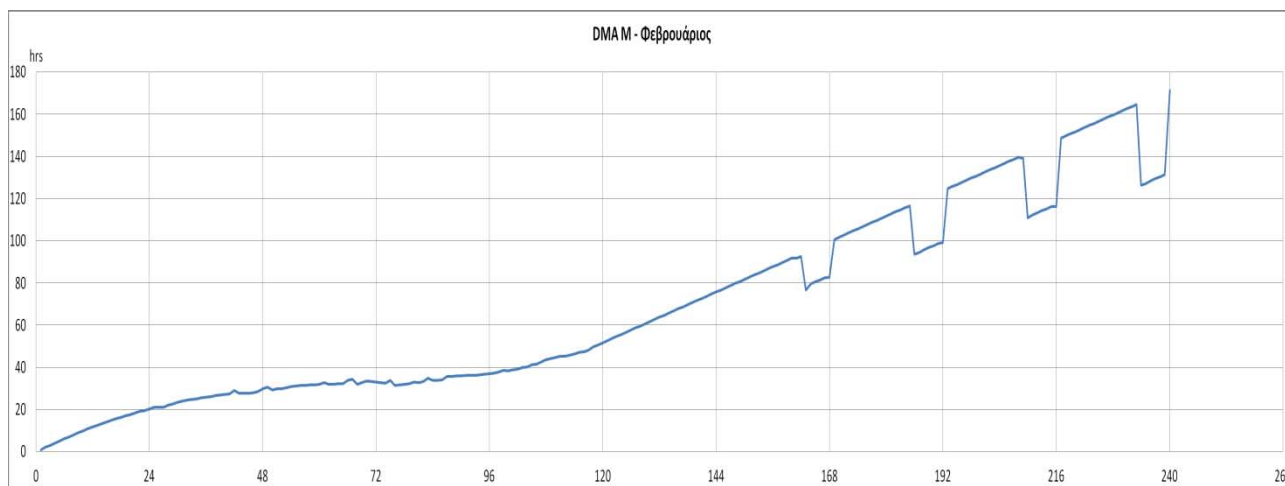
Έπειτα από ανάλυση των δεδομένων για 240 ώρες (10 ημέρες) τα αποτελέσματα που προέκυψαν αναπαριστώνται γραφικά στα παρακάτω γραφήματα και σχολιάζονται σε συνδυασμό με το μοτίβο της ζήτησης (pattern of demand) του νερού.

## 5.10 Συνάρτηση ενηλικίωσης για το Σενάριο 1°. Αρχική κατάσταση. No DMAs\_No PRVs.

### 5.10.1 Συνάρτηση ενηλικίωσης της DMA M τον μήνα Φεβρουάριο

Εξετάζοντας τον ρυθμό ενηλικίωσης του νερού της περιοχής M παρατηρείται μια συνεχής άνοδος μέχρι την 144<sup>η</sup> ώρα, διάστημα 6 ημερών, με την έναρξη του οποίου εμφανίζεται πλέον ένα μοτίβο στον ρυθμό ενηλικίωσης το οποίο έρχεται σε συμφωνία με το pattern της ζήτησης οπότε και μπορούμε να δεχτούμε ότι έχει επέλθει υδραυλική ισορροπία. Η μέγιστη ηλικία που καταγράφεται είναι  $age_{max} = 171,336$  ώρες την  $t = 240$  ώρες. Η συνάρτηση που περιγράφει όσο το δυνατόν καλύτερα τον ρυθμό ενηλικίωσης του νερού για την περιοχή M τον μήνα Φεβρουάριο για το Σενάριο 1° είναι :

$$y = 10^{-9} x^5 - 8 \cdot 10^{-7} x^4 + 3 \cdot 10^{-4} x^3 - 0,0285 x^2 + 1,511 x - 2,2052$$

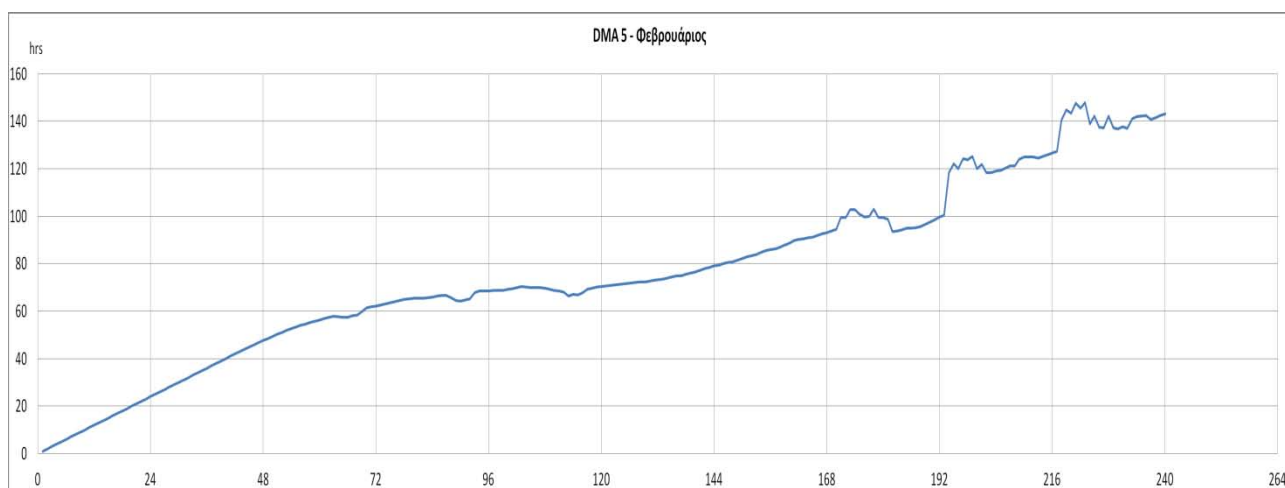


Γράφημα 5.49: Ρυθμός ενηλικίωσης του νερού της DMA M τον μήνα Φεβρουάριο για το Σενάριο 1<sup>ο</sup> για 240 ώρες ανάλυσης

### 5.10.2 Συνάρτηση ενηλικίωσης της DMA 5 τον μήνα Φεβρουάριο

Και στην περίπτωση της περιοχής 5 παρατηρείται αυξητική πορεία στον τρόπο ανάπτυξης της ηλικίας του νερού με κάποιες ώρες να εμφανίζεται μικρή πτώση η οποία δεν συμβαίνει για μεγάλο χρονικό διάστημα (το πολύ για 2 ώρες) . Ωστόσο από την 166<sup>η</sup> ώρα, λίγο πριν την 7<sup>η</sup> ημέρα εμφανίζεται μεταβολή της ηλικίας, η οποία δείχνει να παίρνει σταθερή μορφή. Η μέγιστη ηλικία που καταγράφεται είναι  $age_{max} = 148,032$  ώρες την  $t = 223$  ώρες. Οπότε η προκύπτουσα συνάρτηση ενηλικίωσης της περιοχής 5 τον μήνα Φεβρουάριο για το Σενάριο 1<sup>ο</sup> είναι :

$$y = 3 \cdot 10^{-5} x^3 - 0,0089 x^2 + 1,3359 x - 1,1018$$

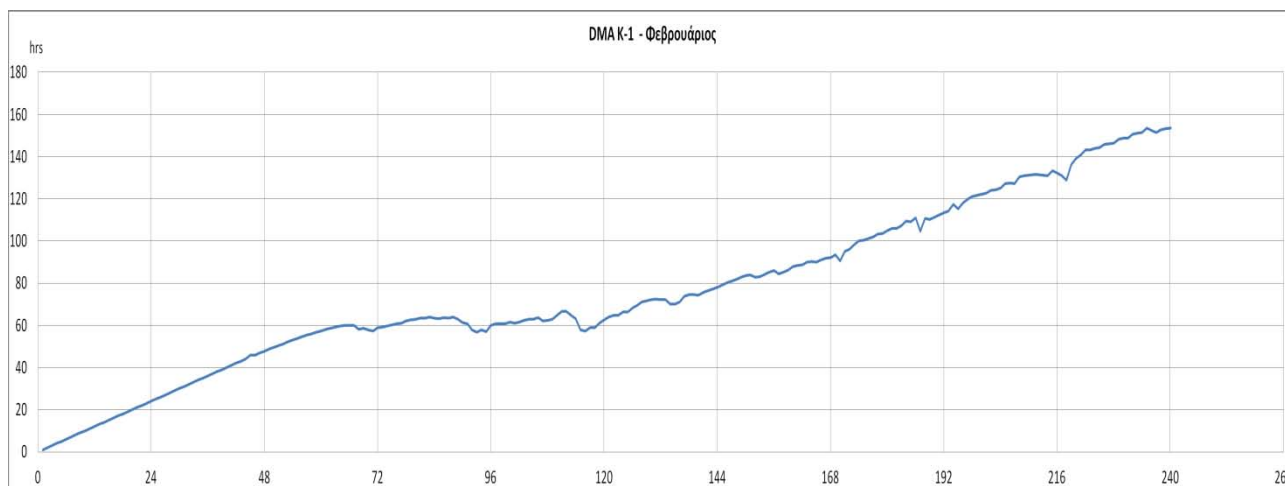


Γράφημα 5.50: Ρυθμός ενηλικίωσης του νερού της DMA 5 τον μήνα Φεβρουάριο για το Σενάριο 1<sup>ο</sup> για 240 ώρες ανάλυσης

### 5.10.3 Συνάρτηση ενηλικίωσης της DMA K-1 τον μήνα Φεβρουάριο

Από το παραπάνω γράφημα προκύπτει πως η ηλικία του νερού στην περιοχή K-1 εμφανίζει μονίμως αυξητική τάση χωρίς να λείπουν διαστήματα, μικρά μεν, μείωσης της. Η μέγιστη ηλικία που καταγράφεται είναι  $age_{max} = 153,603$  ώρες την  $t = 235$  ώρες. Η συνάρτηση ενηλικίωσης που προέκυψε για την περιοχή K-1 τον μήνα Φεβρουάριο για το Σενάριο 1<sup>ο</sup> είναι :

$$y = -2 \cdot 10^{-7} x^4 + 10^{-4} x^3 - 0,025 x^2 + 2,1101 x - 9,4384$$

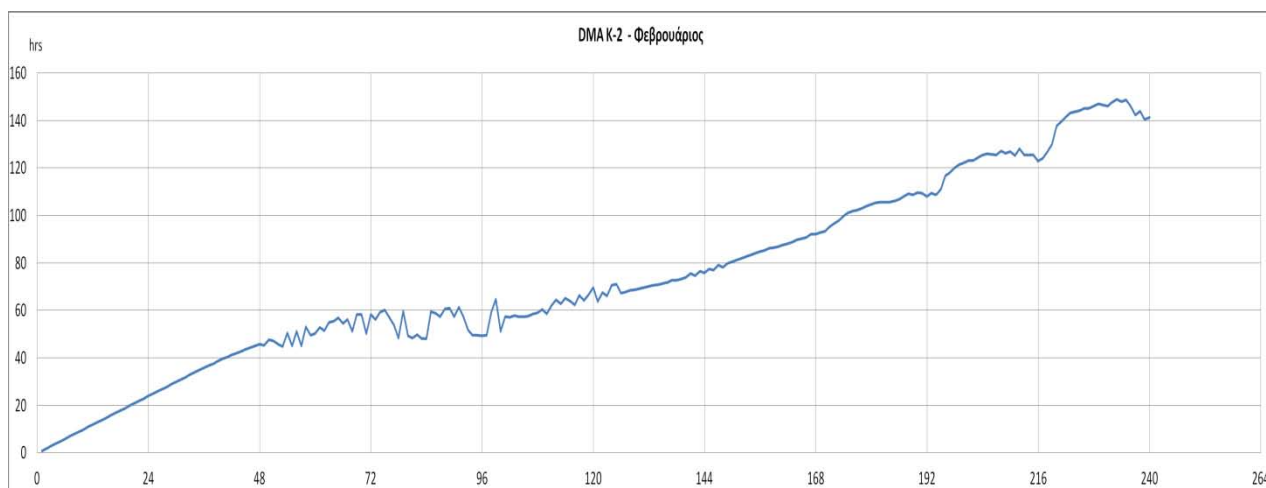


**Γράφημα 5.51:** Ρυθμός ενηλικίωσης του νερού της DMA K-1 τον μήνα Φεβρουάριο για το Σενάριο 1<sup>ο</sup> για 240 ώρες ανάλυσης

#### **5.10.4 Συνάρτηση ενηλικίωσης της DMA K-2 τον μήνα Φεβρουάριο**

Η περίπτωση της περιοχής K-2 είναι πιο ιδιόρρυθμη από τις υπόλοιπες. Αρχικά παρατηρείται ανοδική πορεία στην αύξηση της ηλικίας η οποία μετά την 48<sup>η</sup> ώρα, στη 2<sup>η</sup> μέρα μελέτης δηλαδή εμφανίζει πτώση κι ενώ φαίνεται ότι ξεκινάει να ακολουθεί μια επαναλαμβανόμενη αυξομείωση με το πέρας της 148<sup>η</sup> ώρας εντοπίζεται ξανά μια συνεχόμενη αύξηση μέχρι την 168<sup>η</sup> ώρα περίπου, 7<sup>η</sup> ημέρα, από την οποία κι έπειτα φαίνεται να ξεκινάει ένα μοτίβο πλέον συμβατό με το pattern της ζήτησης του δικτύου. Η μέγιστη ηλικία που καταγράφεται είναι  $age_{max} = 148,983$  ώρες την  $t = 233$  ώρες. Καταλήγουμε, έτσι, πως η συνάρτηση ενηλικίωσης της περιοχής K-2 τον μήνα Φεβρουάριο για το Σενάριο 1<sup>ο</sup> είναι :

$$y = -5 \cdot 10^{-10} x^5 + 8 \cdot 10^{-8} x^4 + 6 \cdot 10^{-5} x^3 - 0,0168 x^2 + 1,6696 x - 4,7971$$



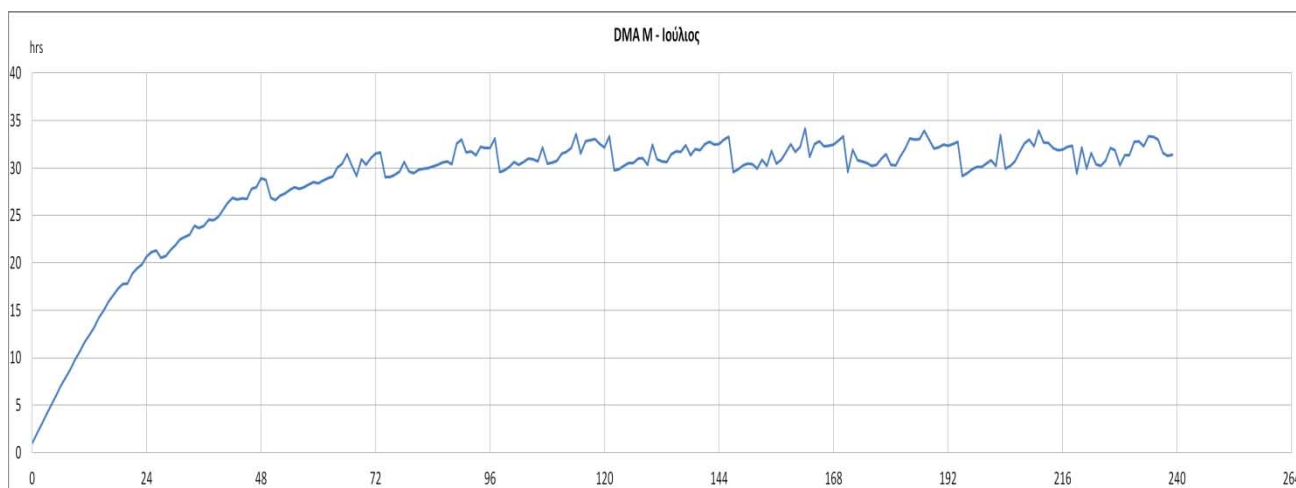
**Γράφημα 5.52:** Ρυθμός ενηλικίωσης του νερού της DMA K-2 τον μήνα Φεβρουάριο για το Σενάριο 1<sup>ο</sup> για 240 ώρες ανάλυσης

#### **5.10.5 Συνάρτηση ενηλικίωσης της DMA M τον μήνα Ιούλιο**

Τα αποτελέσματα που διεξάγονται από το παραπάνω γράφημα επιβεβαιώνουν μια συμπεριφορά ενηλικίωσης η οποία αρχικά αυξάνεται μέχρι την τιμή των 29 περίπου ωρών για 48 ώρες ανάλυσης

κι από εκείνη τη χρονική στιγμή, 2<sup>η</sup> ημέρα, κι έπειτα ακολουθεί μια συγκεκριμένη συμπεριφορά διατηρώντας την ηλικία της περιοχής σε σταθερά σχετικά επίπεδα που κυμαίνονται από 29 έως 35 ώρες. Επιπλέον έρχεται σε απόλυτη συμβατότητα με το pattern της ζήτησης του δικτύου καθώς η αζομείωση της ηλικίας του νερού είναι αντιστρόφως ανάλογη της ζήτησης του νερού, για μεγάλο συντελεστή ζήτησης έγκειται μείωση της ηλικίας του νερού και το αντίθετο. Η μέγιστη ηλικία που καταγράφεται είναι  $age_{max} = 34,194$  ώρες την  $t = 163$  ώρες. Έτσι, η συνάρτηση ενηλικίωσης της περιοχής M τον μήνα Ιούλιο για το Σενάριο 1<sup>ο</sup> είναι :

$$y = -3 \cdot 10^{-12} x^6 + 3 \cdot 10^{-9} x^5 - 9 \cdot 10^{-7} x^4 + 2 \cdot 10^{-4} x^3 - 0,0197 x^2 + 1,1705 x + 0.8947$$

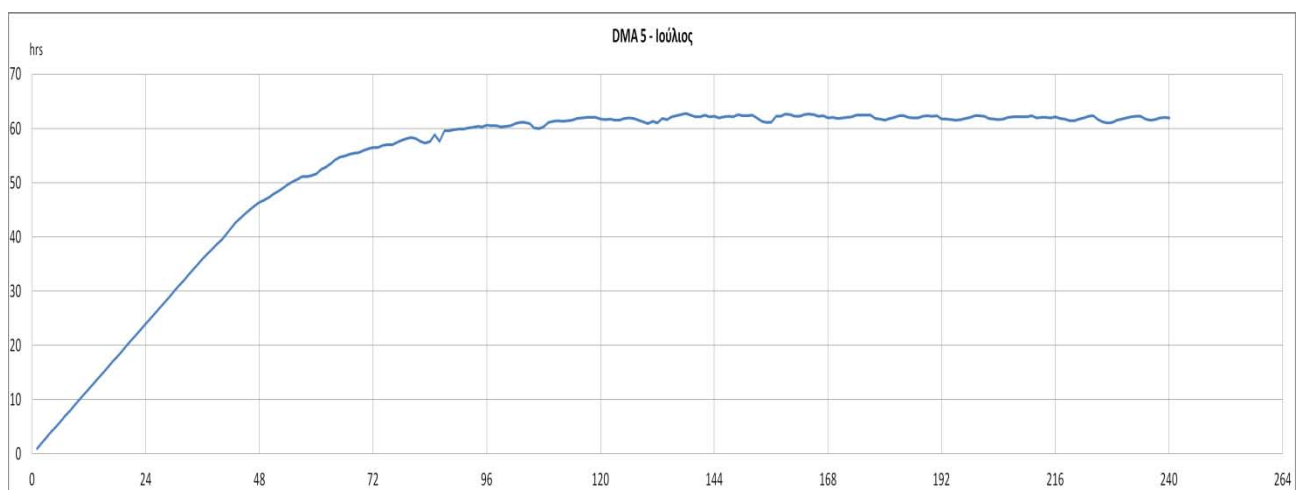


Γράφημα 5.53: Ρυθμός ενηλικίωσης του νερού της DMA M τον μήνα Ιούλιο για το Σενάριο 1<sup>ο</sup> για 240 ώρες ανάλυσης

### 5.10.6 Συνάρτηση ενηλικίωσης της DMA 5 τον μήνα Ιούλιο

Από το γράφημα ηλικίας-χρόνου ανάλυσης της περιοχής 5 παρατηρείται μια ιδιαίτερα στατική τιμή της ηλικίας του νερού στους κόμβους του σε αρκετά ικανοποιητική τιμή, και η υδραυλική ισορροπία επέρχεται από την 4<sup>η</sup> ημέρα. Η μέγιστη ηλικία που καταγράφεται είναι  $age_{max} = 62,833$  ώρες την  $t = 138$  ώρες. Οπότε η συνάρτηση ενηλικίωσης της περιοχής 5 τον μήνα Ιούλιο για το Σενάριο 1<sup>ο</sup> είναι :

$$y = -7 \cdot 10^{-8} x^4 + 5 \cdot 10^{-5} x^3 - 0,014 x^2 + 1,5643 x - 4,3224$$

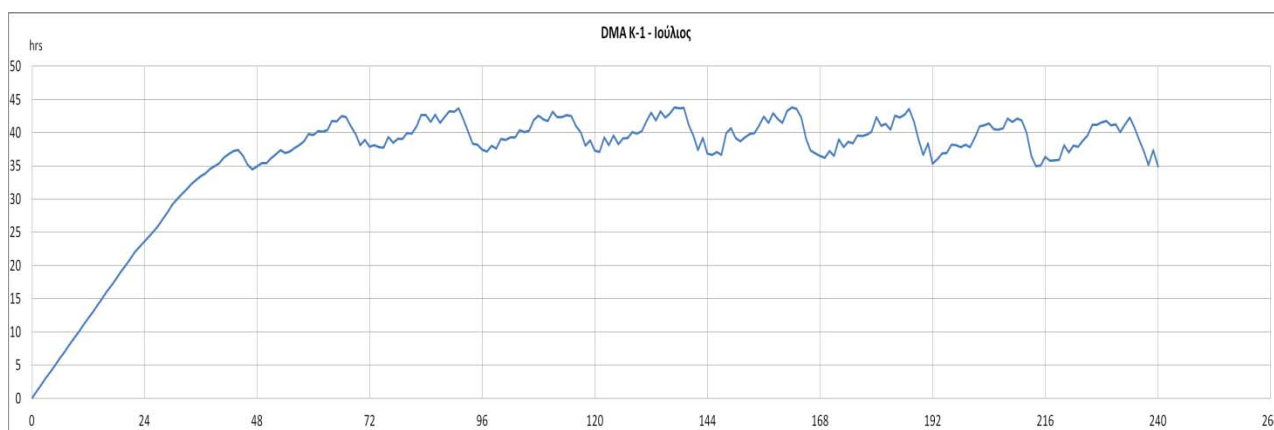


Γράφημα 5.54: Ρυθμός ενηλικίωσης του νερού της DMA 5 τον μήνα Ιούλιο για το Σενάριο 1<sup>ο</sup> για 240 ώρες ανάλυσης

### 5.10.7 Συνάρτηση ενηλικίωσης της DMA K-1 τον μήνα Ιούλιο

Ο τρόπος εξέλιξης της ηλικίας του νερού για την περιοχή K-1 ακολουθεί επίσης ένα πολύ συγκεκριμένο μοτίβο. Η υδραυλική ισορροπία επέρχεται λίγο πριν το πέρας της 2<sup>η</sup> ημέρας. Η γραφική παράσταση μπορεί να παρομοιαστεί με την παράσταση μιας ημιτονοειδούς συνάρτησης με μέγιστη την τιμή των 44 ωρών περίπου κι ελάχιστη την τιμή των 35 ωρών ενώ και σε αυτή την περίπτωση υπάρχει αναλογία στην τιμή ηλικίας και τη ζήτηση του δικτύου κάθε χρονική στιγμή. Η μέγιστη ηλικία που καταγράφεται είναι  $age_{max} = 43,823$  ώρες την  $t = 137$  ώρες. Οπότε, η συνάρτηση ενηλικίωσης της περιοχής K-1 τον μήνα Ιούλιο για το Σενάριο 1<sup>ο</sup> είναι :

$$y = 6 \cdot 10^{-10} x^5 - 5 \cdot 10^{-7} x^4 + 10^{-4} x^3 - 0,0221 x^2 + 1,5817 x - 2,6789$$

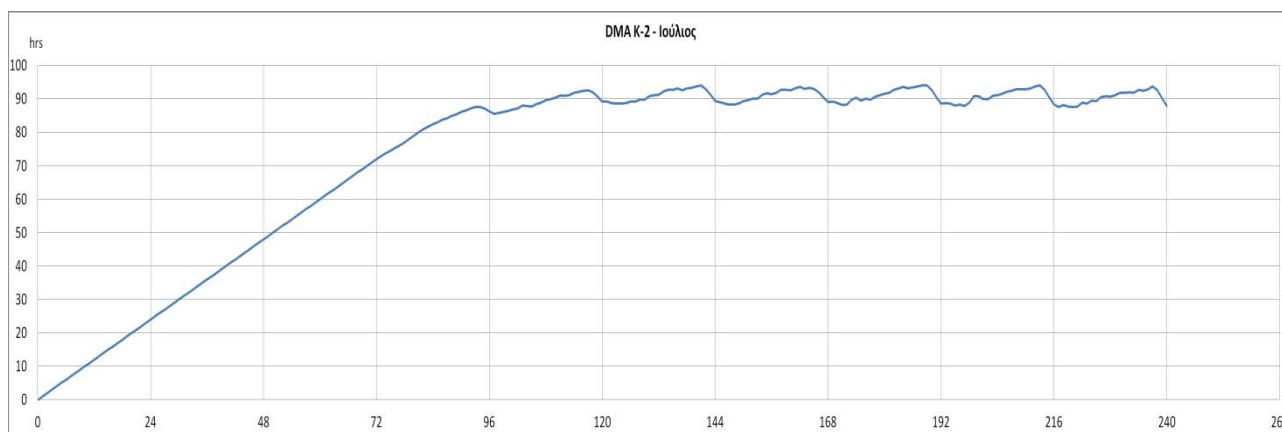


Γράφημα 5.55: Ρυθμός ενηλικίωσης του νερού της DMA K-1 τον μήνα Ιούλιο για το Σενάριο 1<sup>ο</sup> για 240 ώρες ανάλυσης

### 5.10.8 Συνάρτηση ενηλικίωσης της DMA K-2 τον μήνα Ιούλιο

Στην περίπτωση της περιοχής K-2 η τιμή της ηλικίας του νερού φτάνει ρις 92 ώρες , τιμή υψηλότερη συγκριτικά με τις άλλες περιοχές ωστόσο και σε αυτή την περίπτωση παρατηρείται μια συγκεκριμένη συμπεριφορά ενηλικίωσης των υδάτων η οποία ξεκινά περίπου την 78<sup>η</sup> ώρα ανάλυσης , λίγο μετά την 3<sup>η</sup> ημέρα όπου κι έχει επέλθει ισορροπία στην περιοχή. Η μέγιστη ηλικία που καταγράφεται είναι  $age_{max} = 94,138$  ώρες την  $t = 213$  ώρες. Η συνάρτηση ενηλικίωσης της περιοχής K-2 τον μήνα Ιούλιο για το Σενάριο 1<sup>ο</sup> είναι :

$$y = -2 \cdot 10^{-9} x^5 + 10^{-6} x^4 - 3 \cdot 10^{-4} x^3 + 0,0196 x^2 + 0,5289 x + 2,2758$$

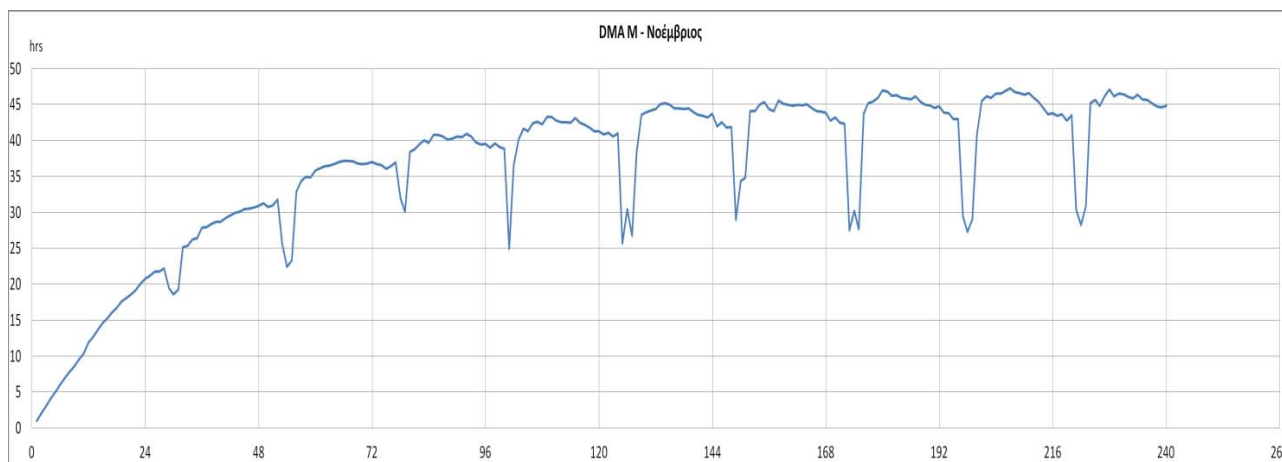


Γράφημα 5.56: Ρυθμός ενηλικίωσης του νερού της DMA K-2 τον μήνα Ιούλιο για το Σενάριο 1<sup>ο</sup> για 240 ώρες ανάλυσης

### 5.10.9 Συνάρτηση ενηλικίωσης της DMA M τον μήνα Νοέμβριο

Από το παραπάνω γράφημα προκύπτει ως συμπέρασμα ότι και σε αυτή την περίπτωση η υδραυλική ισορροπία επέρχεται από πολύ νωρίς στο δίκτυο περίπου τη 10<sup>η</sup> ώρα και στη συνέχεια ακολουθεί ένα συγκεκριμένο μοτίβο αυξομειώσεως της ηλικίας του νερού ώστε να θεωρείται μονίμως φρέσκο καθώς η μέγιστη ηλικία δεν ξεπερνά τις 48 ώρες για ανάλυση 240 ωρών. Η μέγιστη ηλικία που καταγράφεται είναι  $age_{max} = 47,308$  ώρες την  $t=207$  ώρες. Έτσι η συνάρτηση ενηλικίωσης της περιοχής M τον μήνα Νοέμβριο για το Σενάριο 1<sup>ο</sup> είναι :

$$y = 2 \cdot 10^{-12} x^6 - 9 \cdot 10^{-10} x^5 + 7 \cdot 10^{-8} x^4 + 4 \cdot 10^{-5} x^3 - 0,0102 x^2 + 1,0298 x + 0,4271$$

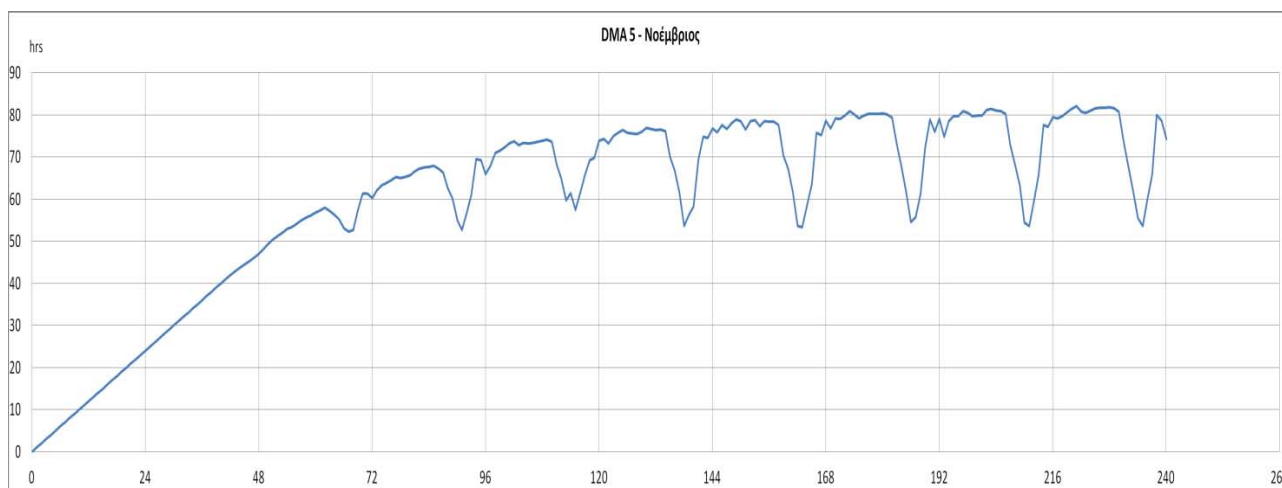


Γράφημα 5.57: Ρυθμός ενηλικίωσης του νερού της DMA M τον μήνα Νοέμβριο για το Σενάριο 1<sup>ο</sup> για 240 ώρες ανάλυσης

### 5.10.10 Συνάρτηση ενηλικίωσης της DMA 5 τον μήνα Νοέμβριο

Παρόμοια συμπεριφορά ενηλικίωσης του νερού παρατηρείται και για την περιοχή 5 με την ισορροπία να επέρχεται την 49<sup>η</sup> ώρα με το πέρας δηλαδή της 2<sup>ης</sup> ημέρας. Η ηλικία του νερού δεν ξεπερνά τις 84 ώρες. Η μέγιστη ηλικία που καταγράφεται είναι  $age_{max} = 82,177$  ώρες την  $t=221$  ώρες. Η προκύπτουσα συνάρτηση ενηλικίωσης της περιοχής 5 τον μήνα Νοέμβριο για το Σενάριο 1<sup>ο</sup> είναι :

$$y = -6 \cdot 10^{-8} x^4 + 4 \cdot 10^{-5} x^3 - 0,0121 x^2 + 1,5574 x - 4,542$$



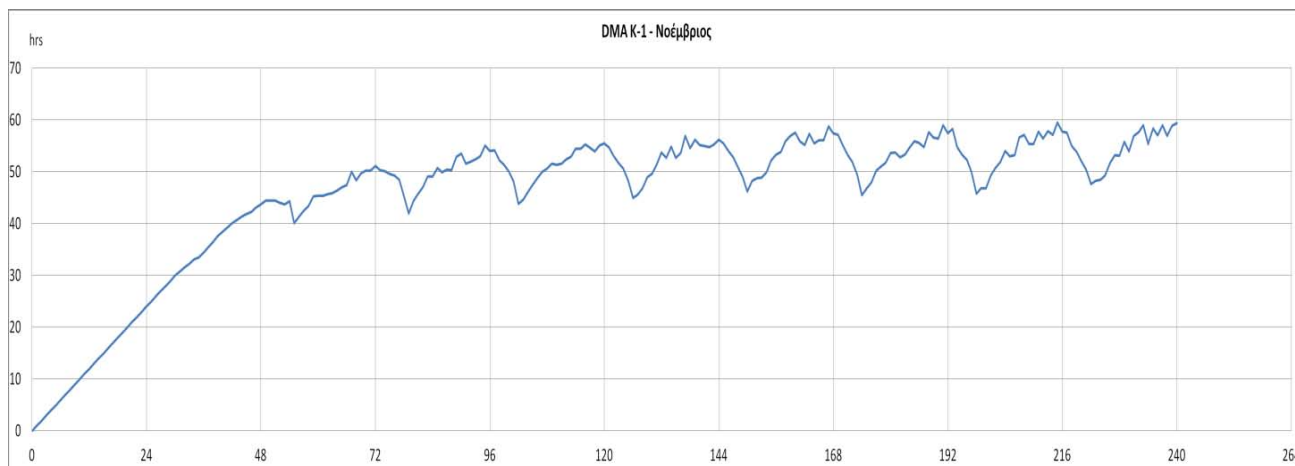
Γράφημα 5.58: Ρυθμός ενηλικίωσης του νερού της DMA 5 τον μήνα Νοέμβριο για το Σενάριο 1<sup>ο</sup> για 240 ώρες ανάλυσης



### 5.10.11 Συνάρτηση ενηλικίωσης της DMA K-1 τον μήνα Νοέμβριο

Στην περιοχή K-1 αρχικά παρατηρείται συνεχόμενη άνοδος μέχρι το τέλος της 2<sup>ης</sup> ημέρας (50<sup>η</sup> ώρες), από εκεί κι έπειτα ακολουθεί μια συγκεκριμένη μεταβολή με μια μικρή παρέκκλιση ανάμεσα σε διάστημα 24 ωρών (102<sup>η</sup> με 126<sup>η</sup> ώρα) με μέγιστη ηλικία νερού τις 60 περίπου ώρες η οποία εμφανίζεται περίπου τις πρώτες πρωινές ώρες, περίοδο της ημέρα με την ελάχιστη ζήτηση. Η μέγιστη ηλικία που καταγράφεται είναι  $age_{max} = 59,525$  ώρες την  $t=215$  ώρες. Άρα η συνάρτηση ενηλικίωσης της περιοχής K-1 τον μήνα Νοέμβριο για το Σενάριο 1<sup>ο</sup> είναι :

$$y = 10^{-11} x^6 - 8 \cdot 10^{-9} x^5 + 2 \cdot 10^{-6} x^4 - 2 \cdot 10^{-4} x^3 - 0,0022 x^2 + 1,2145 x - 1,3263$$

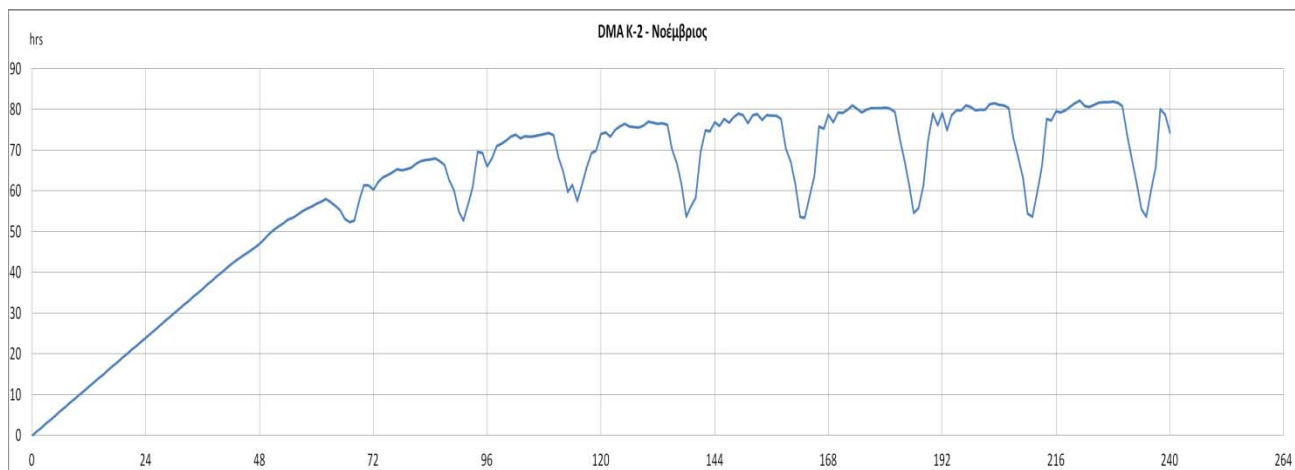


Γράφημα 5.59: Ρυθμός ενηλικίωσης του νερού της DMA K-1 τον μήνα Νοέμβριο για το Σενάριο 1<sup>ο</sup> για 240 ώρες ανάλυσης

### 5.10.12 Συνάρτηση ενηλικίωσης της DMA K-2 τον μήνα Νοέμβριο

Τέλος, για την περιοχή K-2 η ηλικία του νερού είναι αυξητική μέχρι την 62<sup>η</sup> ώρα (λίγο πριν την 3<sup>η</sup> ημέρα μελέτης) κι από εκεί κι έπειτα ακολουθεί ένα συγκεκριμένο μοτίβο με μέγιστο την τιμή των 82 περίπου ωρών κι ελάχιστο την τιμή των 52 περίπου ωρών. Η μέγιστη ηλικία που καταγράφεται είναι  $age_{max} = 78,12$  ώρες την  $t=231$  ώρες. Η συνάρτηση ενηλικίωσης, λοιπόν, της περιοχής K-2 τον μήνα Νοέμβριο για το Σενάριο 1<sup>ο</sup> είναι :

$$y = -6 \cdot 10^{-8} x^4 + 4 \cdot 10^{-5} x^3 - 0,0121 x^2 + 1,5574 x - 4,542$$



Γράφημα 5.60: Ρυθμός ενηλικίωσης του νερού της DMA K-2 τον μήνα Νοέμβριο για το Σενάριο 1<sup>ο</sup> για 240 ώρες ανάλυσης

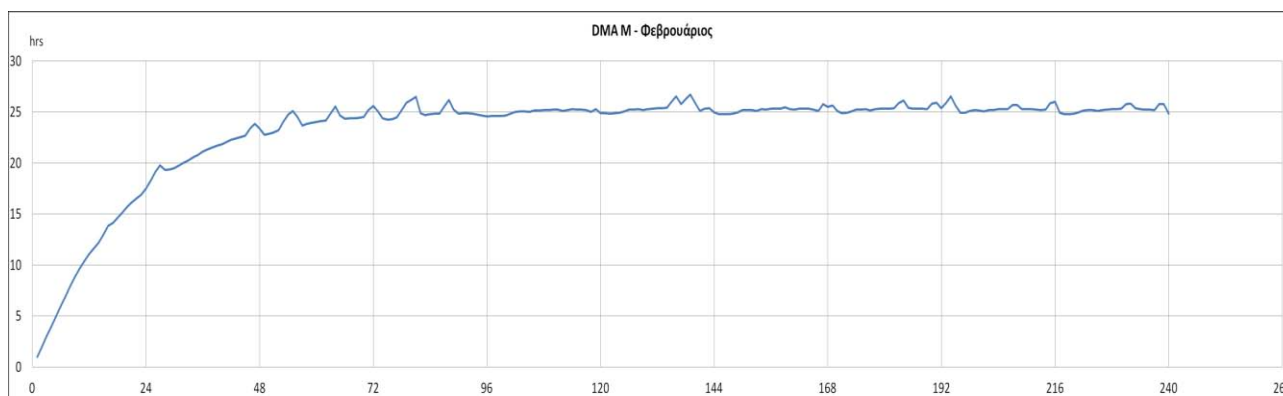
Σε γενικές γραμμές καθίσταται εμφανές ότι η συνάρτηση ενηλικίωσης παρουσιάζει ομοιομορφία σε κάθε μήνα ανάλυσης, εντοπίζεται δηλαδή κοινή συμπεριφορά τον κάθε μήνα. Ωστόσο διαφέρει από μήνα σε μήνα. Ο μήνας Φεβρουάριος παρουσιάζει μια συνεχόμενη αύξηση της ηλικίας, συμβάν που δικαιολογείται τόσο από την μειωμένη συνολική ζήτηση τον μήνα αυτό σε σχέση με τους άλλους αλλά και από τη συγκέντρωση μεγαλύτερης ποσότητας όγκων νερού στις φυσικές πηγές και στον υπόγειο υδροφορέα άρα τελικά και στις δεξαμενές και στις γεωτρήσεις εξαιτίας των καιρικών φαινομένων (χιόνι, βροχή, χαλάζι) που επικρατούν τους φθινοπωρινούς και χειμερινούς μήνες. Και για τις τέσσερις (4) υπό μελέτη περιοχές (δεν έχει γίνει ακόμη ο διαχωρισμός σε DMAs) η μέγιστη τιμή ηλικίας παρατηρείται περίπου την ίδια χρονική περίοδο μεταξύ 223<sup>h</sup> και 240<sup>h</sup> ώρας με τιμή ηλικίας της ίδιας τάξης. Ο μήνας Νοέμβριος και Ιούλιος από την άλλη παρουσιάζουν ένα ξεκάθαρο μοτίβο ενηλικίωσης αλλά και ηλικιακά μικρό νερό στους κόμβους. Συγκεκριμένα οι περιοχές Μ και 5 έχουν νερό πιο φρέσκο από τις Κ-1 και Κ-2 με τον μήνα Νοέμβριο να εμφανίζει μικρότερες τιμές για τις πρώτες δυο και μεγαλύτερες για τις άλλες δύο σε σύγκριση με τον Ιούλιο. Στην περίπτωση του Νοεμβρίου οι χρονικές περίοδοι που εμφανίζονται μέγιστες τιμές ηλικίας αποκλίνουν περισσότερο, στις περιοχές 5 και Κ-1 εντοπίζεται στην 138<sup>h</sup> και 137<sup>h</sup> ώρα αντίστοιχα ενώ στην περιοχή Μ την 163<sup>h</sup> και στην Κ-2 την 213<sup>h</sup> ώρα ανάλυσης. Ενώ στην περίπτωση του μήνα Ιουλίου δεν υπάρχει καμία ομοιότητα στον χρόνο εμφάνισης της μέγιστης τιμής της ηλικίας σε κάθε περιοχή μελέτης. Συμπερασματικά, για το Σενάριο 1<sup>ο</sup> διαπιστώνεται μια αυξητική τάση ενηλικίωσης η οποία είναι δυσκολότερα προσδιορίσιμη τον Φεβρουάριο από ότι τους άλλους δυο μήνες. Σε κάθε περίπτωση όμως διακρίνεται μια αντίστροφη σχέση ζήτησης- ηλικίας του νερού από τη στιγμή που η κάθε περιοχή έρχεται σε υδραυλική ισορροπία κι έπειτα.

## 5.11 Συνάρτηση ενηλικίωσης για το Σενάριο 2<sup>ο</sup>. Διαχωρισμός του δικτύου σε DMAs-εγκατάσταση βαλβίδων μείωσης πίεσης. With DMAs\_With PRVs

### 5.11.1 Συνάρτηση ενηλικίωσης της DMA Μ τον μήνα Φεβρουάριο

Στην περίπτωση της DMA (πλέον) Μ παρατηρείται μια διαφορετική συμπεριφορά. Αρχικά, καθίσταται εμφανής η συνεχόμενη αύξηση της ηλικίας του νερού μέχρι την 31<sup>h</sup> ώρα. Η μέγιστη ηλικία που καταγράφεται είναι  $age_{max} = 27,091$  ώρες την  $t=57$  ώρες. Η συνάρτηση ενηλικίωσης της DMA Μ τον μήνα Φεβρουάριο για το Σενάριο 3<sup>ο</sup> είναι :

$$y = -5 \cdot 10^{-12} x^6 + 5 \cdot 10^{-9} x^5 - 2 \cdot 10^{-6} x^4 + 3 \cdot 10^{-4} x^3 - 0,0267 x^2 + 1,293 x - 0,6898$$

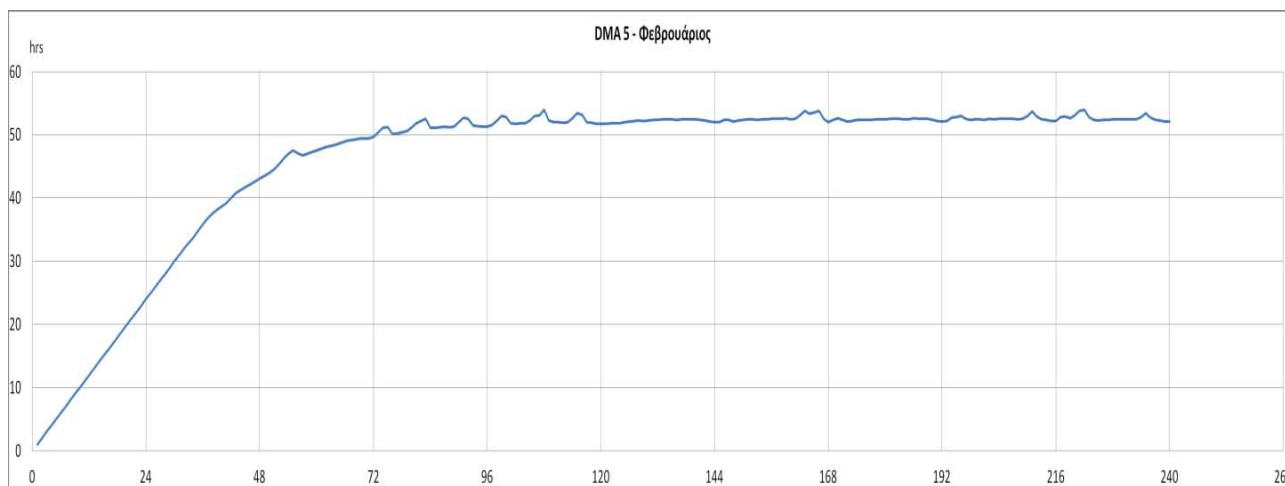


Γράφημα 5.61: Ρυθμός ενηλικίωσης του νερού της DMA Μ τον μήνα Φεβρουάριο για το Σενάριο 2<sup>ο</sup> για 240 ώρες ανάλυσης

### 5.11.2 Συνάρτηση ενηλικίωσης της DMA 5 τον μήνα Φεβρουάριο

Στην περίπτωση της DMA 5 η συνεχόμενη αύξηση της ηλικίας του νερού διακόπτεται την 63<sup>η</sup> ώρα (στο μέσον την 3<sup>ης</sup> ημέρας ) κι επακολουθεί επαναλαμβανόμενο μοτίβο στο ρυθμό ανάπτυξης της ηλικίας του νερού από την 8<sup>η</sup> -9<sup>η</sup> ημέρα κι έπειτα. Η μέγιστη ηλικία που καταγράφεται είναι  $age_{max} = 57,099$  ώρες την  $t=90$  ώρες. Η συνάρτηση ενηλικίωσης της DMA 5 τον μήνα Φεβρουάριο για το Σενάριο 3<sup>ο</sup> είναι :

$$y = -8 \cdot 10^{-8} x^4 + 6 \cdot 10^{-5} x^3 - 0,0157 x^2 + 1,6672 x - 4,9312$$

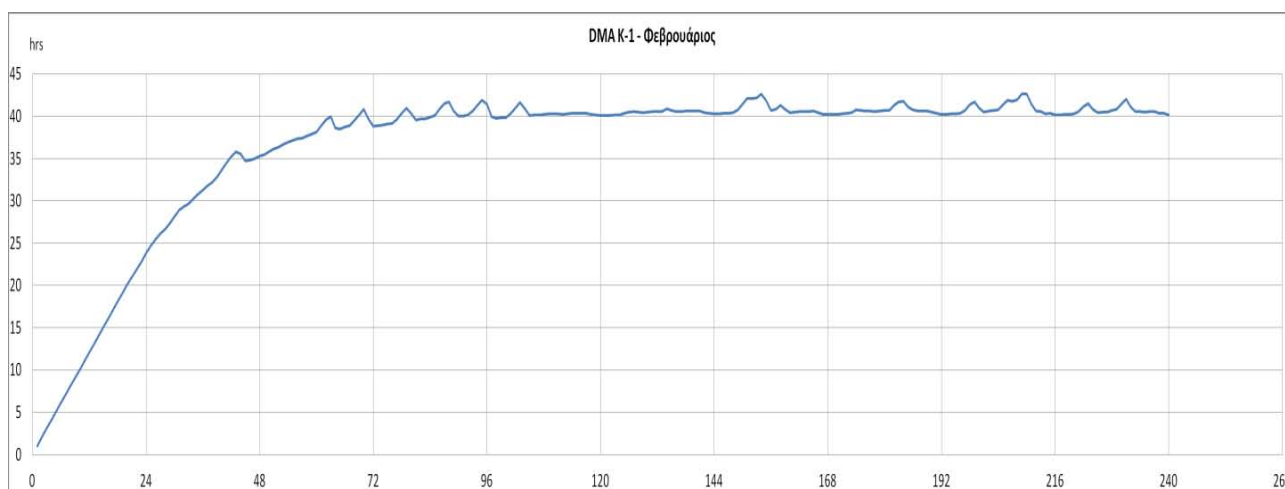


Γράφημα 5.62: Ρυθμός ενηλικίωσης του νερού της DMA 5 τον μήνα Φεβρουάριο για το Σενάριο 2<sup>ο</sup> για 240 ώρες ανάλυσης

### 5.11.3 Συνάρτηση ενηλικίωσης της DMA K-1 τον μήνα Φεβρουάριο

Από τη γραφική παράσταση ηλικίας-χρόνου ανάλυσης της DMA K-1 διαπιστώνεται ότι η συνεχής αύξηση της ηλικίας του νερού σταματά την 65<sup>η</sup> ώρα, τελικά η ισορροπία του δικτύου επέρχεται την 6<sup>η</sup> ημέρα μελέτης. Η μέγιστη ηλικία που καταγράφεται είναι  $age_{max} = 41,694$  ώρες την  $t=89$  ώρες. Η συνάρτηση ενηλικίωσης της DMA K-1 τον μήνα Φεβρουάριο για το Σενάριο 3<sup>ο</sup> είναι :

$$y = -7 \cdot 10^{-8} x^4 + 5 \cdot 10^{-5} x^3 - 0,0146 x^2 + 1,67 x - 5,3227$$

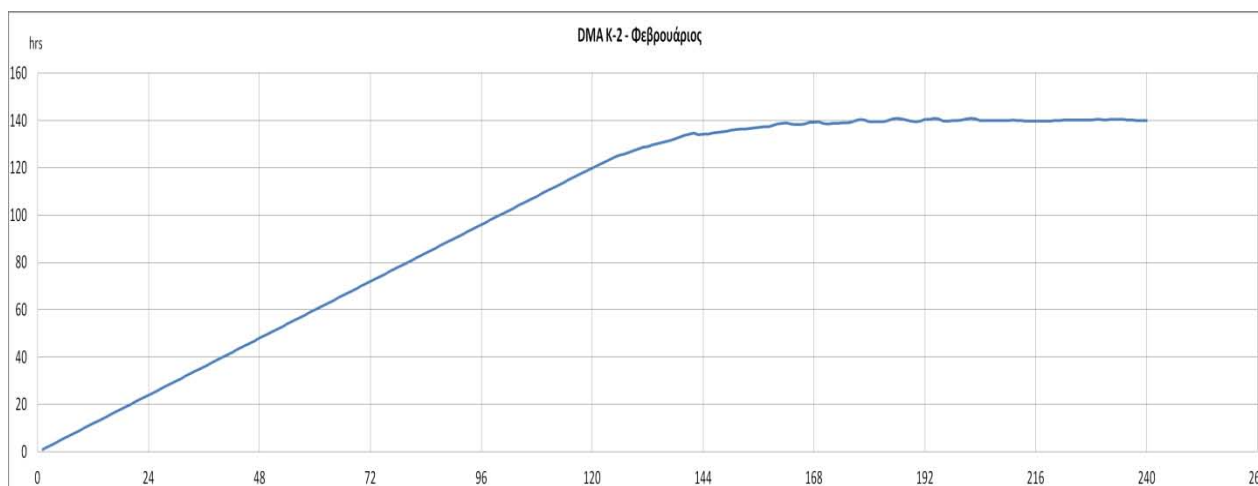


Γράφημα 5.63: Ρυθμός ενηλικίωσης του νερού της DMA K-1 τον μήνα Φεβρουάριο για το Σενάριο 2<sup>ο</sup> για 240 ώρες ανάλυσης

#### 5.11.4 Συνάρτηση ενηλικίωσης της DMA K-2 τον μήνα Φεβρουάριο

Η DMA K-2 εμφανίζει και στην περίπτωση του Σεναρίου 3<sup>ου</sup> μικρότερη διαφορά μεταξύ ελαχίστων και μεγίστων μεταξύ του μοτίβου μείωσης της ηλικίας του νερού. Η μέγιστη ηλικία που καταγράφεται είναι  $age_{max} = 141,02$  ώρες την  $t = 194$  ώρες. Η συνάρτηση ενηλικίωσης της DMA K-2 τον μήνα Φεβρουάριο για το Σενάριο 3<sup>ο</sup> είναι :

$$y = -2 \cdot 10^{-9} x^5 + 10^{-6} x^4 - 3 \cdot 10^{-4} x^3 + 0,019 x^2 + 1,5761 x + 1,8669$$

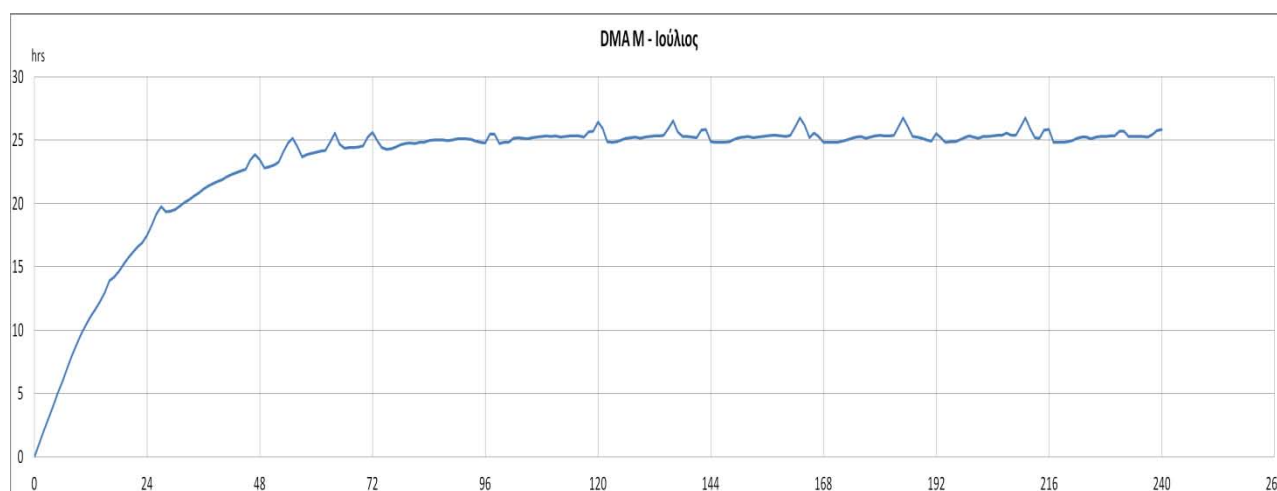


Γράφημα 5.64: Ρυθμός ενηλικίωσης του νερού της DMA K-2 τον μήνα Φεβρουάριο για το Σενάριο 2<sup>ο</sup> για 240 ώρες ανάλυσης

#### 5.11.5 Συνάρτηση ενηλικίωσης της DMA M τον μήνα Ιούλιο

Από το Γράφημα 5.65 παρατηρείται μια μεταβολή της ηλικίας με αυξητικό ρυθμό έως την 26<sup>η</sup> ώρα από εκεί κι έπειτα εντοπίζονται διαστήματα αυξομείωσης μέχρι η DMA να επέλθει σε ισορροπία την 152<sup>η</sup> ώρα. Η μέγιστη ηλικία που καταγράφεται είναι  $age_{max} = 26,781$  ώρες την  $t = 211$  ώρες. Η συνάρτηση ενηλικίωσης της DMA M τον μήνα Ιούλιο για το Σενάριο 3<sup>ο</sup> είναι :

$$y = -4 \cdot 10^{-12} x^6 + 3 \cdot 10^{-9} x^5 - 10^{-6} x^4 + 2 \cdot 10^{-4} x^3 - 0,0218 x^2 + 1,1455 x - 0,0376$$

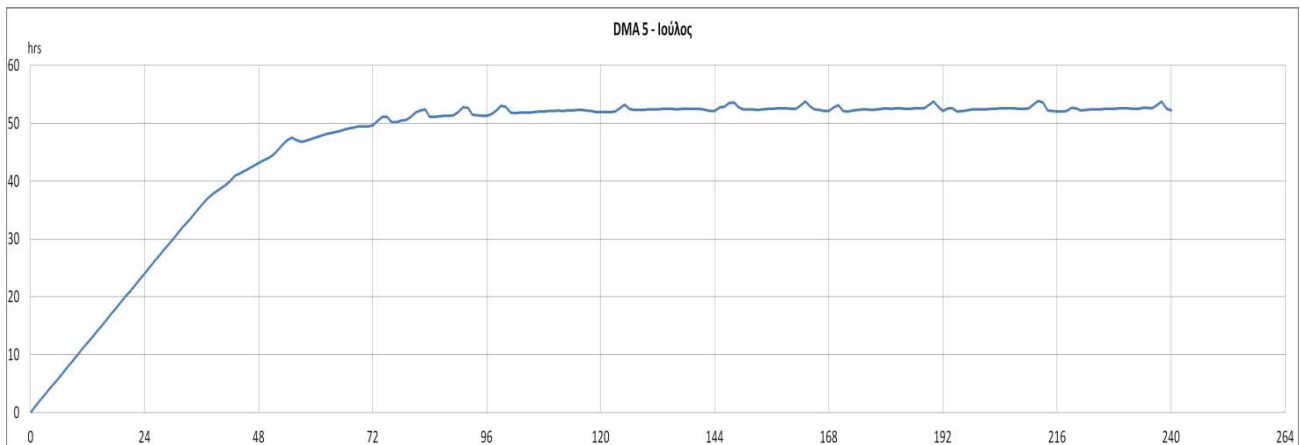


Γράφημα 5.65: Ρυθμός ενηλικίωσης του νερού της DMA M τον μήνα Ιούλιο για το Σενάριο 2<sup>ο</sup> για 240 ώρες ανάλυσης

### 5.11.6 Συνάρτηση ενηλικίωσης της DMA 5 τον μήνα Ιούλιο

Μελετώντας τον τρόπο ανάπτυξης της γήρανσης του νερού στην DMA 5 παρατηρείται παρόμοια συμπεριφορά μεταβολής της ηλικίας με την DMA M με μικρότερη διαφορά ωστόσο μεταξύ μεγίστων και ελαχίστων τιμών γήρανσης του νερού από τη στιγμή που η DMA έρχεται σε υδραυλική ισορροπία την 154<sup>η</sup> ώρα ενώ η συνεχής αύξηση των τιμών της ηλικίας του νερού διακόπτεται την 55<sup>η</sup> ώρα. Η μέγιστη ηλικία που καταγράφεται είναι  $age_{max} = 53,926$  ώρες την  $t=212$  ώρες. Η συνάρτηση ενηλικίωσης της DMA 5 τον μήνα Ιούλιο για το Σενάριο 3<sup>ο</sup> είναι :

$$y = 10^{-11} x^6 - 7 \cdot 10^{-9} x^5 + 2 \cdot 10^{-6} x^4 - 2 \cdot 10^{-4} x^3 - 2 \cdot 10^{-4} x^2 + 1,1823x - 1,281$$

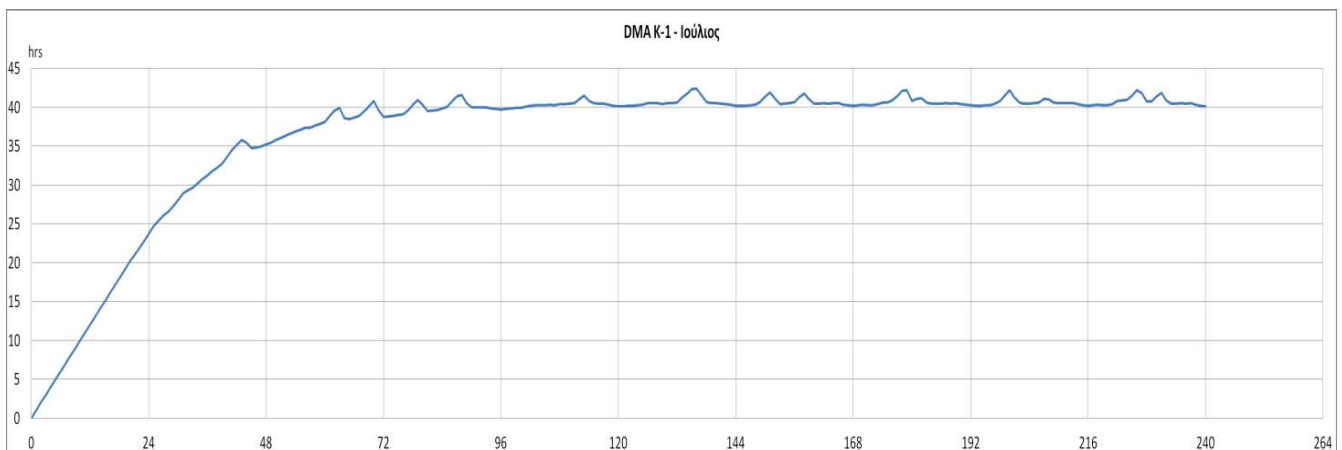


Γράφημα 5.66: Ρυθμός ενηλικίωσης του νερού της DMA 5 τον μήνα Ιούλιο για το Σενάριο 2<sup>ο</sup> για 240 ώρες ανάλυσης

### 5.11.7 Συνάρτηση ενηλικίωσης της DMA K-1 τον μήνα Ιούλιο

Η ηλικία του νερού στην περίπτωση της DMA K-1 αυξάνεται με συνεχόμενο ρυθμό έως την 44<sup>η</sup> ώρα ανάλυσης . Στη συνέχεια αυξάνεται με μεγαλύτερο ρυθμό για να ξαναπέσει και να ακολουθήσει την ίδια πορεία που ακολουθούσε μέχρι την 2<sup>η</sup> περίπου ημέρα. Με το πέρας της 61<sup>ης</sup> κι ως την 88<sup>η</sup> ώρα ανάλυσης ακολουθεί μια εντονότερη αυξομείωση της ηλικίας του νερού και τελικά το σύστημα βρίσκει την υδραυλική ισορροπία του περίπου στο τέλος της 6<sup>ης</sup> ημέρας και πάλι. Η μέγιστη ηλικία που καταγράφεται είναι  $age_{max} = 42,461$  ώρες την  $t=136$  ώρες. Η συνάρτηση ενηλικίωσης της DMA K-1 τον μήνα Ιούλιο για το Σενάριο 3<sup>ο</sup> είναι :

$$y = -10^{-7} x^4 + 7 \cdot 10^{-5} x^3 - 0,0142 x^2 + 1,2865 x - 0,4924$$

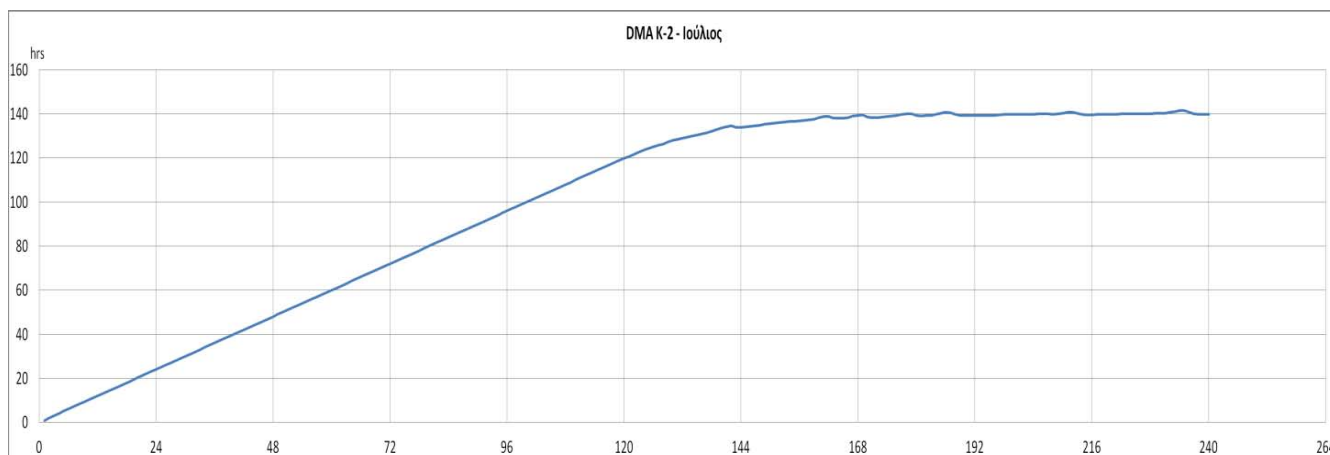


Γράφημα 5.67: Ρυθμός ενηλικίωσης του νερού της DMA K-1 τον μήνα Ιούλιο για το Σενάριο 2<sup>ο</sup> για 240 ώρες ανάλυσης

### 5.11.8 Συνάρτηση ενηλικίωσης της DMA K-2 τον μήνα Ιούλιο

Στην περίπτωση της DMA K-2 η συνεχής άνοδος της ηλικίας του νερού πραγματοποιείται για αρκετά μεγαλύτερο διάστημα σε σχέση με τις υπόλοιπες DMA που μελετώνται συγκεκριμένα η άνοδος αυτή σταματάει λίγο πριν το τέλος της 7<sup>ης</sup> ημέρας και έπειτα ακολουθεί μια μικρού ρυθμού άνοδος μέχρι το σύστημα να έρθει σε ισορροπία την 176<sup>η</sup> ώρα ανάλυσης. Η μέγιστη ηλικία που καταγράφεται είναι  $age_{max} = 141,687$  ώρες την  $t=234$  ώρες. Η συνάρτηση ενηλικίωσης της DMA K-2 τον μήνα Ιούλιο για το Σενάριο 3<sup>ο</sup> είναι :

$$y = -10^{-11} x^6 + 10^{-8} x^5 - 3 \cdot 10^{-6} x^4 + 4 \cdot 10^{-4} x^3 - 0,0237 x^2 + 1,5076 x - 2,5566$$

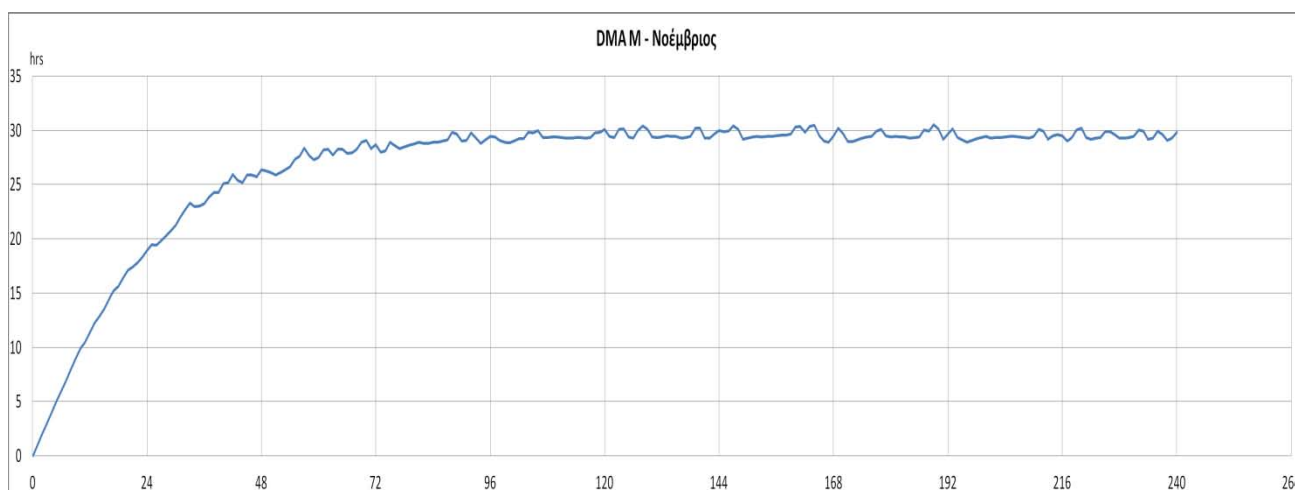


Γράφημα 5.68: Ρυθμός ενηλικίωσης του νερού της DMA K-2 τον μήνα Ιούλιο για το Σενάριο 2<sup>ο</sup> για 240 ώρες ανάλυσης

### 5.11.9 Συνάρτηση ενηλικίωσης της DMA M τον μήνα Νοέμβριο

Το Γράφημα 5.75 δείχνει μια μόνιμη αύξηση της ηλικίας του νερού στην DMA M μέχρι την 32<sup>η</sup> ώρα ( λίγο πριν το τέλος της 2<sup>ης</sup> ημέρας ) στη συνέχεια η ηλικία του νερού αυξομειώνεται με ταχύ ρυθμό αλλά δεν μεταβάλλεται ιδιαίτερα. Η μέγιστη ηλικία που καταγράφεται είναι  $age_{max} = 30,55$  ώρες την  $t=189$  ώρες. Η συνάρτηση ενηλικίωσης της DMA M τον μήνα Νοέμβριο για το Σενάριο 3<sup>ο</sup> είναι :

$$y = -3 \cdot 10^{-12} x^6 + 3 \cdot 10^{-9} x^5 - 10^{-6} x^4 + 2 \cdot 10^{-4} x^3 - 0,0209 x^2 + 1,2059 x - 0,368$$



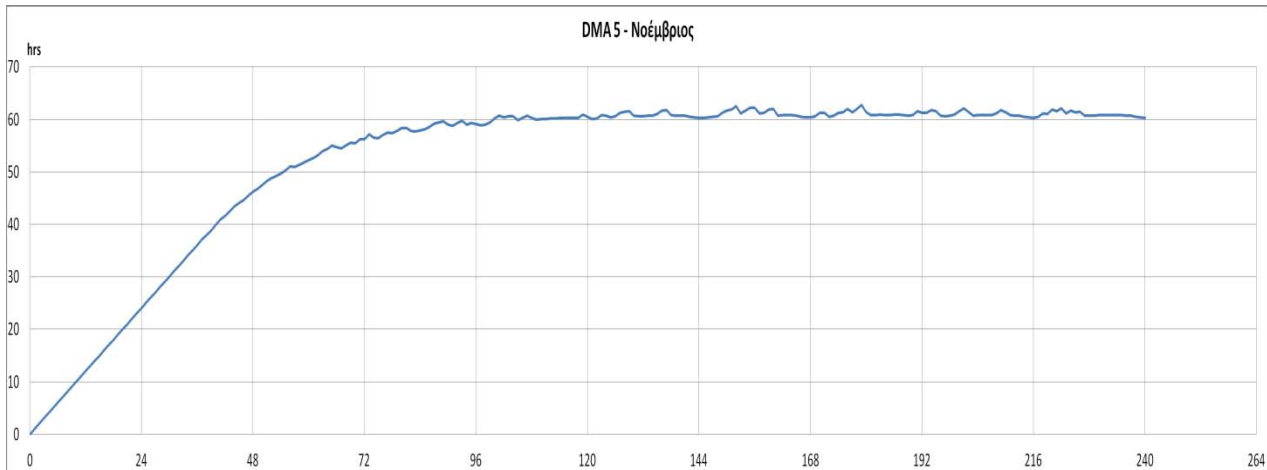
Γράφημα 5.69: Ρυθμός ενηλικίωσης του νερού της DMA M τον μήνα Νοέμβριο για το Σενάριο 2<sup>ο</sup> για 240 ώρες ανάλυσης



### 5.11.10 Συνάρτηση ενηλικίωσης της DMA 5 τον μήνα Νοέμβριο

Η ανάπτυξη της ηλικία του νερού στην DMA 5 ακολουθεί παρόμοιο δρόμο με αυτή της DMA M με τη διαφορά ότι η ηλικία αυξάνεται με σταθερό ρυθμό μέχρι την 56<sup>η</sup> ώρα. Από την 57<sup>η</sup> ώρα κι έπειτα ξεκινά ένα μοτίβο μικρής αυξομείωσης της ηλικίας του νερού η οποία μένει σταθερή στην τιμή των 59,86 ώρες για 240 ώρες ανάλυσης. Η μέγιστη ηλικία που καταγράφεται είναι  $age_{max} = 62,747$  ώρες την  $t=179$  ώρες. Η συνάρτηση ενηλικίωσης της DMA 5 τον μήνα Νοέμβριο για το Σενάριο 3<sup>ο</sup> είναι :

$$y = -10^{-11} x^6 - 9 \cdot 10^{-9} x^5 + 3 \cdot 10^{-6} x^4 - 3 \cdot 10^{-4} x^3 + 0,0096 x^2 + 0,962 x - 0,3835$$

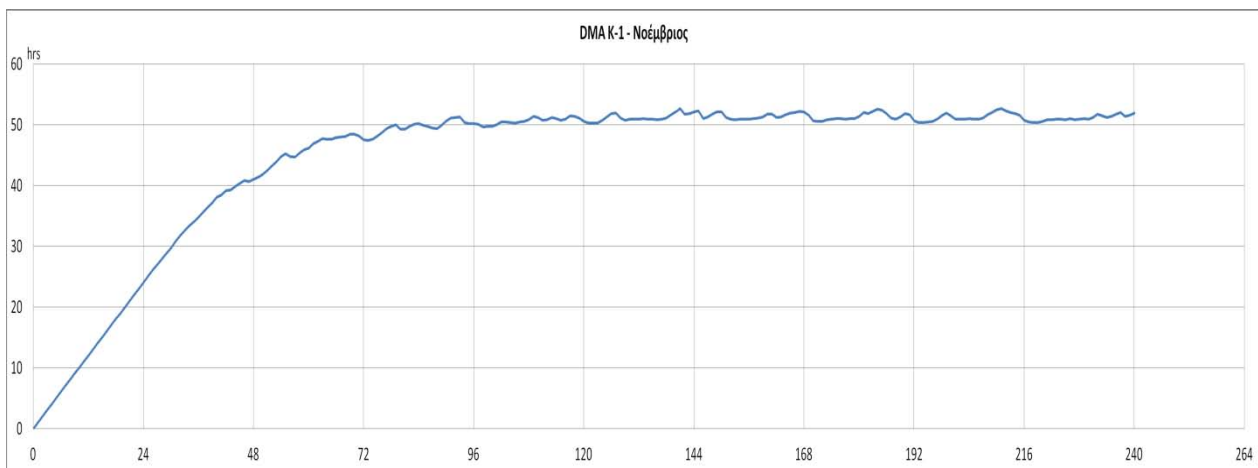


Γράφημα 5.70: Ρυθμός ενηλικίωσης του νερού της DMA 5 τον μήνα Νοέμβριο για το Σενάριο 2<sup>ο</sup> για 240 ώρες ανάλυσης

### 5.11.11 Συνάρτηση ενηλικίωσης της DMA K-1 τον μήνα Νοέμβριο

Και στην περίπτωση της DMA K-1 παρατηρείται όμοιος ρυθμός ενηλικίωσης των υδάτων με την συνεχώς ανοδική πορεία της ηλικίας του νερού να ανακόπτεται την 42<sup>η</sup> ώρα, ενώ το σύστημα επέρχεται σε ισορροπία την 103<sup>η</sup> ώρα. Η μέγιστη ηλικία που καταγράφεται είναι  $age_{max} = 52,685$  ώρες την  $t=211$  ώρες. Η συνάρτηση ενηλικίωσης της DMA K-1 τον μήνα Νοέμβριο για το Σενάριο 3<sup>ο</sup> είναι :

$$y = 8 \cdot 10^{-12} x^6 - 6 \cdot 10^{-9} x^5 + 10^{-6} x^4 - 10^{-4} x^3 - 0,0034 x^2 + 1,2189 x - 1,2837$$

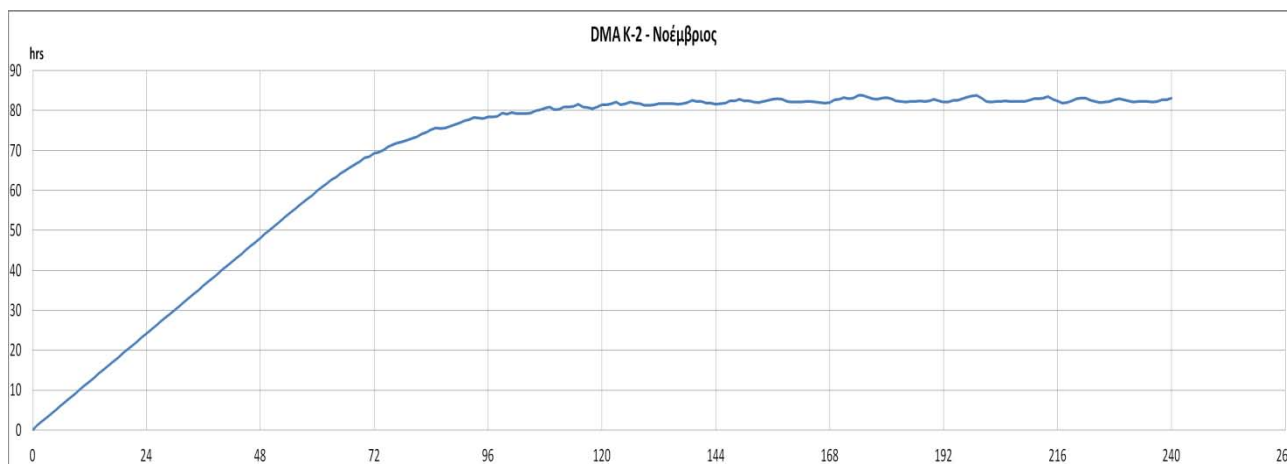


Γράφημα 5.71: Ρυθμός ενηλικίωσης του νερού της DMA K-1 τον μήνα Νοέμβριο για το Σενάριο 2<sup>ο</sup> για 240 ώρες ανάλυσης

### 5.11.12 Συνάρτηση ενηλικίωσης της DMA K-2 τον μήνα Νοέμβριο

Τέλος, η DMA K-2 και σε αυτό το Σενάριο εμφανίζει την πιο ομαλή αλλαγή και διακύμανση. Η ανάπτυξη της ηλικίας του νερού σταματά την 85<sup>η</sup> ώρα προκειμένου να ξεκινήσει ένα μοτίβο αύξησης-μείωσης της ηλικίας του νερού με μικρή διαφορά μεταξύ μεγίστων ελαχίστων, δηλαδή η ηλικία του νερού στους κόμβους της υποζώνης K-2 διατηρείται σχετικά σταθερή. Η μέγιστη ηλικία που καταγράφεται είναι  $age_{max} = 52,685$  ώρες την  $t=211$  ώρες. Η συνάρτηση ενηλικίωσης της DMA K-2 τον μήνα Νοέμβριο για το Σενάριο 3<sup>ο</sup> είναι :

$$y = -2 \cdot 10^{-9} x^5 + 10^{-6} x^4 - 0,0002 x^3 + 0,0112 x^2 + 0,8283x + 0,2728$$



Γράφημα 5.72: Ρυθμός ενηλικίωσης του νερού της DMA K-2 τον μήνα Νοέμβριο για το Σενάριο 2<sup>ο</sup> για 240 ώρες ανάλυσης

Από τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τη μελέτη του Σεναρίου 2<sup>ου</sup> διαπιστώνεται μια ρύθμιση στην αύξηση της ηλικίας των υδάτων.

Με τον διαχωρισμό του δικτύου και την τοποθέτηση βαλβίδων ρύθμισης της πίεσης στο δίκτυο παρατηρείται ομοιογένεια στον τρόπο ενηλικίωσης του νερού των DMAs και τους τρεις μήνες μελέτης, ενώ επιτυγχάνεται η ανάκαμψη της συνεχούς αύξησης της ηλικίας του νερού που συνέβαινε πριν και η διατήρηση του σε επίπεδα που το καθιστούν φρέσκο και κατάλληλο για προσφορά στους καταναλωτές. Τα γραφήματα αποτύπωσης του τρόπου και ρυθμού ενηλικίωσης του νερού των κόμβων της κάθε υπό μελέτης DMA έρχονται σε συμφωνία με τον ρυθμό αυξομείωσης της ζήτησης από την στιγμή όπου κάθε υποζώνη «βρίσκει» την υδραυλική της ισορροπία η οποία δεν εμφανίζεται την ίδια ώρα.

Αξίζει να αναφερθεί ότι η μέγιστη η ηλικία σε κάθε DMA εμφανίζεται για διαφορετικό μήνα γεγονός που οφείλεται στη ζήτηση κάθε περιοχής τον κάθε μήνα η οποία εξαρτάται από τον πληθυσμό της, τις δραστηριότητες που εκτελούνται σε αυτή αλλά και την ύπαρξη κτηρίων κι εγκαταστάσεων με διαφορετική λειτουργία τον κάθε μήνα.

Για όλα τα παραπάνω γραφήματα όπως αναφέρθηκε εφαρμόστηκε curve fitting στις συναρτήσεις που παρέχει το πρόγραμμα Excel 2007 και η διαφορά τάξης της κάθε πολυωνυμικής εξίσωσης σε διαγράμματα με όμοια μορφή οφείλεται στην διαφορά κλίσης που έχουν μεταξύ τους η οποία αιτιολογείται από την διαφορετική τιμή ανάπτυξης της ηλικίας του νερού σε κάθε περίπτωση.

## 6. Επίλογος

### 6.1 Επίλογος – Αποτελέσματα μελέτης

Από την παρούσα διπλωματική εργασία καθίσταται εμφανής η άμεση συσχέτιση της ηλικίας του νερού τόσο με την πίεση που επικρατεί στο δίκτυο ύδρευσης όσο και με τη ζήτηση του, άλλωστε στο συγκεκριμένο δίκτυο η έννοια πίεση – ζήτηση είναι συνυφασμένες.

Ένα πρώτο βήμα μείωσης της ηλικίας των υδάτων ενός συστήματος διανομής νερού είναι ο διαχωρισμός του σε DMAs. Ο διαχωρισμός, ωστόσο, αυτός δεν εγγυάται άμεσα την προσφορά πιο φρέσκου νερού στους καταναλωτές εξαιτίας των αδιεξόδων που πιθανόν να σχηματιστούν με τον αποκλεισμό ορισμένων αγωγών και κόμβων. Ο κύριος τρόπος για την αποφυγή της γήρανσης του νερού σε ένα δίκτυο διανομής είναι η εγκατάσταση των κατάλληλων βαλβίδων απομόνωσης, αποφεύγοντας έτσι τα πολλαπλά σημεία του δικτύου (αδιέξοδα) και σχηματίζοντας βραχύτερες διαδρομές για να φτάσει το νερό στους τελικούς καταναλωτές.

Εφαρμόζοντας τις παραπάνω διαδικασίες, λοιπόν, παρατηρήθηκε μείωση της ηλικίας του δικτύου αλλά και της πίεσης και της ζήτησης του δικτύου σε σημαντικό βαθμό.

Επιπλέον, εκτιμήθηκαν όσο πιο αντιπροσωπευτικά ήταν δυνατόν οι συναρτήσεις ενηλικίωσης των υδάτων που φιλοξενούνται στους κόμβους των DMAs του δικτύου οι οποίες δίνουν τη γνώση στον εκάστοτε διαχειριστή ή ρυθμιστή του δικτύου ύδρευσης σχετικά με το πόσο φρέσκο είναι το νερό που φτάνει στους καταναλωτές για κάθε χρονική στιγμή, δίνοντας έτσι τη δυνατότητα πρόγνωσης και πρόβλεψης της περίπτωσης παροχής νερού μεγάλης ηλικίας στο οποίο είναι δυνατόν να έχουν αναπτυχθεί μικροοργανισμοί με επιβλαβείς επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία, σε περίπτωση πόσης του νερού στο οποίο εμπεριέχονται.

Κατά γενική ομολογία, λοιπόν, ο διαχωρισμός του δικτύου σε στεγανές υποζώνες και η τοποθέτηση σε αυτό βαλβίδων πίεσης έχει ιδιαίτερα ωφέλιμα αποτελέσματα στην εύρυθμη λειτουργία του δικτύου κι θα βελτιώσουν το βιοτικό επίπεδο της πόλης της Κοζάνης μέσω της παροχής φρέσκου απαλλαγμένου από μικροοργανισμούς και οσμής νερό στους πολίτες της.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Κανακούδης & Τσιτσιφλή (2009) Ερευνητικό έργο: προσδιορισμός των δεικτών λειτουργίας του δικτύου ύδρευσης Δ.Ε.Υ.Α. ΚΩ σύμφωνα με το διεθνές πρότυπο της IWA
2. Κανακούδης & Τσιτσιφλή (2015). “Ολοκληρωμένη Διαχείριση Αστικών Δικτύων Ύδρευσης”
3. Πατέλης Μ. (2013). “Μείωση των απωλειών νερού σε αστικά δίκτυα ύδρευσης με διαμόρφωση στεγανών υποζωνών (District Metered Areas-DMAs) για την αποτελεσματικότερη διαχείριση της πίεσης: η περίπτωση της πόλης της Κοζάνης”, Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
4. Γκονέλας Κ. (2015). “Μείωση πραγματικών απωλειών νερού δικτύων ύδρευσης μέσω διαχείρισης πίεσης και προσδιορισμός του σημείου ισορροπίας αποδοτικής και ανταποδοτικής χρήσης νερού”, Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
5. Κράββαρη Α. (2017). “Διερεύνηση των επιπτώσεων τεχνικών διαχείρισης της πίεσης σε αστικά δίκτυα ύδρευσης στην ποιότητα του νερού (Ηλικία Νερού, Συγκέντρωση Υπολειμματικού Χλωρίου) – Η περίπτωση της πόλης της Κω”, Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
6. Ρωμανός Α. (2017). “Μοντελοποίηση αστικών δικτύων ύδρευσης σε λογισμικό WaterGEMS και βελτίωση της ηλικίας του νερού με χρήση τεχνικών ρύθμισης πίεσης – Η περίπτωση της Νέας Δημητριάδας Βόλου”, Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
7. Βασιλόπουλος Ι. (2017). “Εκτίμηση Δυναμικού Ενέργειας του Δικτύου Ύδρευσης της πόλης της Κοζάνης, Εγκατάσταση Μικρο-υδροτουρμπίνων, Χρήση τους προς Ανάκτηση Ενέργειας και Μέσων Ρύθμισης της Πίεσης”, Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
8. WaterGEMS Programmer’s Tooklit , <http://www.communities.bentley.com>
9. Dan Barr, PE (2013). “Dealing with high water age in a water distribution system”, Ohio AWWA Southeast District Fall Meeting.
10. American Water Works Association with assistance from Economic and Engineering Services, Inc. (2002). “Effects of water age on distribution system water quality”, Office of Water (4601M), prepared for U.S. Environmental Protection Agency, NW Washington DC 20004.
11. The National Academic Press, (2006). “Drinking Water Distribution Systems: Assessing and Reducing Risks”, Chapter5: Hydraulic Integrity
12. Cruickshank R. (2010), “Hydraulic models shed light on water age”, Opflow Magazine, Office of Water (4601M)
13. Shamsaei H. et al., (2013). “Effects residence time to water quality in large water distribution systems”, University Kebangsaan Malaysia, Bangi, Malaysia, DOI: 10.4236/eng.2013.54054
14. Jespersion K., (2012), West Virginia University , “How old is your water?”, EPA’s web site
15. AWWA. (1986). “Introduction to Water Distribution Principles and Practices of Water Supply Operations”.
16. Avi Ostfeld & Elad Salomons, (2014). 16th Conference on water distribution system analysis, WDSA 2014, “Optimal disinfection of water distribution networks following a contamination event”.

17. Avi Ostfeld & Elad Salomons, (2016). 16th Conference on water distribution system analysis, WDSA 2016, “Water age Clustering for water distribution systems”
18. I. Ethem Karadirek et al., (2015). Article in Desalination and water treatment, “Chlorine modeling in water distribution networks using Arx and Armax model structures”
19. Shweta Rathi & Rajesh Gupta. (2014). 16th Conference on water distribution system analysis, WDSA 2014, “Sensor placement methods for contamination detection in water distribution networks: areview”.
20. Tarnowski et al., (2014). 16<sup>th</sup> Conference on water distribution system analysis, WDSA 2014, “Online model for hydraulic and water quality analysis in ‘Hangzone Sonnenberg’, Zurich”.
21. Kanakoudis V. & Gonelas K. & Patelis M. & Korkana P. (2017) “Optimizing DMAs’ formation in a water pipe network: The water aging and the operating pressure factors”
22. Avi Ostfeld & Elad Salomons, (2014). 16<sup>th</sup> Conference on water distribution system analysis, WDSA 2014, “Optimal disinfection of water distribution networks following a contamination event”
23. Kuhnert C. et al., (2014). 16<sup>th</sup> Conference on water distribution system analysis, WDSA 2014, “Water quality supervision of distribution networks based on machine learning algorithms and operator feedback”.
24. Διαδίκτυο:
  - <https://blog.dhigroup.com/2017/11/13/understand-water-age-within-water-distribution-network/>
  - [https://www.paawwa.org/wp-content/uploads/2016/08/Water\\_Age.pdf](https://www.paawwa.org/wp-content/uploads/2016/08/Water_Age.pdf)
  - <https://www.slideserve.com/pier/dealing-with-high-water-age-in-a-water-distribution-system>
  - <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9A%CE%BF%CE%B6%CE%AC%CE%BD%CE%B7#%CE%9A%CE%BB%CE%AF%CE%BC%CE%B1>
  - <http://www.water-research.net/index.php/water-treatment/tools/chlorination-of-water>
  - [http://www.deyakoanis.gr/?page\\_id=2](http://www.deyakoanis.gr/?page_id=2)
  - [http://www.medsos.gr/medsos/files/LIFE-PURE/FYLLA-PLIROFORION/FP\\_4.pdf](http://www.medsos.gr/medsos/files/LIFE-PURE/FYLLA-PLIROFORION/FP_4.pdf)
  - <https://www.watersave.gr/index.php/2013-11-08-12-09-28/44-2013-11-08-12-14-28>
  - <https://hydrologies.wordpress.com>