



ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

# ΥΔΡΟΔΟΤΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΗΣ ΑΘΗΝΑΣ



ΕΙΣΗΓΗΤΡΙΑ – ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ :

Ειρήνη Καραθανάση  
Πολιτικός Μηχανικός MSc  
Εργαστηριακή Συνεργάτης Τ.Ε.Ι. Πάτρας

ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ :

Αλεξανδρή Δήμητρα  
Πασσά Μάνια  
Τζαμπάκης Ιωάννης

ΠΑΤΡΑ, ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2013

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΗΡΙΑ**

Σε αυτό το σημείο θέλουμε να εκφράσουμε τις ευχαριστίες μας στους ανθρώπους που μας βοήθησαν κατά την διάρκεια της εκπόνησης της πτυχιακής μας εργασίας. Πρωτίστως, οφείλουμε να ευχαριστήσουμε την καθηγήτρια κα. Ειρήνη Καραθανάση για την εμπιστοσύνη που μας έδειξε για την ανάθεση της πτυχιακής εργασίας και για την παρακολούθηση όλης της πορείας. Επίσης, αξίζει να τονίσουμε πως ήταν άκρως επικοινωνιακή, συνεργάσιμη και πάντα δίπλα μας την κάθε στιγμή που την χρειαζόμασταν.

Ευχαριστίες αρμόζουν επίσης, στην κα. Βασιλική Μαλανδράκη για τις πολύτιμες πληροφορίες και στον κ. Ευθύμιο Σακκά για το αμέριστο ενδιαφέρον του.

Τέλος, θερμές ευχαριστίες απευθύνουμε σε όλους τους καθηγητές που είχαμε όλα τα χρόνια ακαδημαϊκής μας ζωής, για τις γνώσεις που μας μετέδωσαν και μας έκαναν καλύτερους ανθρώπους.

**Αλεξανδρή Δήμητρα  
Πασσά Μάνια  
Τζαμπάζης Ιωάννης**

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σε αυτή την πτυχιακή εργασία γίνεται η περιγραφή του υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας. Συγκεκριμένα δίνονται πληροφορίες για τις διάφορες πηγές του τρόπου μεταφοράς του νερού στην Αθήνα και τις μονάδες επεξεργασίας νερού(M.E.N.). Επίσης δίνονται πληροφορίες για τον τρόπο λειτουργίας του υδροδοτικού συστήματος.

Επιπλέον, έχει δημιουργηθεί ένα απλό μοντέλο προσομοίωσης της λειτουργίας του υδροδοτικού συστήματος με υδροδότηση μόνο από τους ταμιευτήρες του Μόρνου και της Υλίκης. Έγιναν οι υπολογισμοί της πιθανότητας αστοχίας του συστήματος και για το ετήσιο κόστος.

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	01
1. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ .....	02
1.1 Αρχικές ερμηνείες.....	02
1.2 Αρχαιότητα.....	02
1.3 Υδραγωγεία της αρχαίας Αθήνας .....	03
1.3.1 Πελασγικό υδραγωγείο.....	04
1.3.2 Πεισιστράτειο υδραγωγείο.....	04
1.3.3 Αδριάνειο υδραγωγείο.....	05
1.5 Ύδρευση της «νέας» Αθήνας.....	07
1.5.1 Δημιουργία φράγματος Μαραθώνα.....	07
1.5.2 Δημιουργία υδραγωγείου Υλίκης.....	08
1.5.3 Δημιουργία φράγματος Μόρνου.....	08
1.5.4 Δημιουργία φράγματος Ευήνου.....	09
2. ΖΗΤΗΣΗ ΝΕΟΥ.....	10
2.1 Χρήσεις νερού από τον φορέα της ΕΥΔΑΠ.....	10
2.1.1 Κοινή κατανάλωση.....	10
2.1.2 Κατανάλωση για την ενίσχυση των Οργανισμών Τοπικής Αυτοδιοίκησης (Ο.Τ.Α.).....	11
2.1.3 Βιομηχανική και επαγγελματική κατανάλωση.....	11
2.1.4 Δημόσια και δημοτική κατανάλωση.....	11
2.1.5 Αδιύλιστο νερό.....	11
2.1.6 Άλλες χρήσεις.....	11

2.2 Χρήσεις νερού (εκτός Ε.ΥΔΑ.Π.).....	12
2.3 Εξέλιξη της ζήτησης.....	13
2.3.1 Μεταβολή του πληθυσμού.....	13
2.3.2 Βιομηχανικές, επαγγελματικές, δημόσιες, δημοτικές και άλλες χρήσεις.....	14
2.4 Η Τιμολόγηση του Νερού.....	17
2.4.1 Μάρκο-ελαστικότητα ζήτησεως νερού.....	17
2.4.2 Η εξέλιξη των τιμών του νερού.....	19
2.5 Εποχιακή και ημερήσια διακύμανση της κατανάλωσης.....	21
2.6 Απώλειες νερού.....	22
3. ΥΔΡΑΓΩΓΕΙΑ.....	23
3.1 Το υδροδοτικό σύστημα της Αθήνας.....	23
3.2 Υδατικοί πόροι.....	23
3.3 Ταμιευτήρες – Φράγματα.....	26
3.3.1 Το φράγμα του Μόρνου.....	26
3.3.2 Το φράγμα του Εύηνου.....	27
3.3.3 Το φράγμα του Μαραθώνα.....	28
3.3.4 Ο ταμιευτήρας της Υλίκης.....	29
3.4 Γεωτρήσεις-Υπόγειοι Υδροφορείς.....	29
3.5 Υδραγωγεία.....	30
3.5.1 Υδραγωγείο Μόρνου.....	32
3.5.2 Υδραγωγείο Υλίκης.....	33
3.6 Ενωτικά Υδραγωγεία.....	34
3.7 Λειτουργία των υδραγωγείων.....	35

3.8 Ρύθμιση Ροής.....	37
3.9 Παροχευτικότητα υδραγωγείων.....	38
4. ΠΟΙΟΤΗΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ.....	40
4.1 Ποιότητα ανεπεξέργαστου νερού στις πηγές.....	40
4.2 Μονάδες Επεξεργασίας Νερού (Μ.Ε.Ν).....	41
4.2.1 Μ.Ε.Ν. Γαλατσίου.....	41
4.2.2 Μ.Ε.Ν. Αχαρνών (Μενιδίου).....	41
4.2.3 Μ.Ε.Ν. Πολυδενδρίου (Κιούρκα).....	42
4.2.4 Μ.Ε.Ν. Ασπροπύργου (Μάνδρας).....	43
4.3 Επεξεργασία νερού στις Μ.Ε.Ν.....	43
5. ΑΛΛΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΥΔΡΑΓΩΓΕΙΟΥ ΤΗΣ ΑΘΗΝΑΣ .....	45
5.1 Παραγωγή και εξοικονόμηση υδροηλεκτρικής ενέργειας.....	45
5.2 Περιβαλλοντικές δεσμεύσεις.....	46
5.3 Ιδιαίτερα προβλήματα της μεταφοράς του νερού στην Αθήνα.....	46
6.1 ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟΥ ΜΕΡΟΥΣ.....	48
6.2 Μεταβλητές προβλήματος.....	52
6.3 Περιγραφή αλγορίθμου.....	56
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	58
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	59

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

2.1.1 Κοινή κατανάλωση.....	10
2.2 Χρήση νερού για άρδευση.....	12
2.3.1 Πληθυσμιακά δεδομένα Νομού Αττικής (χιλιάδες).....	13
2.4.1 Συγκρότηση κλιμακίων με βάση την κατανάλωση.....	17
3.2.α Επιφανειακοί υδατικοί πόροι.....	24
3.2.β Υπόγειοι υδατικοί πόροι.....	24
3.4 Ομάδες γεωτρήσεων.....	30
3.5 Χαρακτηριστικά υδραγωγείων.....	31
3.9 Παροχευτικότητα υδραγωγείων.....	39
5.1 Μικρά υδροηλεκτρικά έργα.....	45
Πίνακας 1(Παράρτημα).....	60
Πίνακας 2(Παράρτημα).....	60
Πίνακας 3(Παράρτημα).....	61
Πίνακας 4(Παράρτημα).....	66

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ

2.3.2α Χρονική εξέλιξη βιομηχανικής, δημόσιας, δημοτικής χρήσης νερού.....	15
2.3.2β Εξέλιξη κατανάλωσης- πληθυσμού-υδρευτικών έργων.....	16
2.3.2γ Εξέλιξη της κατανάλωσης και των έργων υδροδότησης της Αθήνας.....	16
2.4.1 Μέση κατανάλωση ύδατος ανά κλιμάκιο.....	18
2.5 Επίδραση παραγόντων στην ημερήσια κατανάλωση.....	21
2.6 Χρονική εξέλιξη παροχής διυλιστηρίων και τιμολογημένης κατανάλωσης.....	22
6α Σχηματοποίηση του υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας.....	48
6β Σύστημα υποστήριξης αποφάσεων.....	49



## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η κάλυψη της υδρευτικής ζήτησης της Αθήνας είναι μια σύνθετη υπόθεση λόγω τόσο του μεγάλου και ολοένα αυξανόμενου πληθυσμού, όσο και της χωρικής κατανομής των αποθεμάτων νερού στη χώρα, με τους περισσότερους υδατικούς πόρους στα δυτικά και τη μεγαλύτερη ζήτηση στα ανατολικά. Για να επιλυθεί το πρόβλημα, η Ε.ΥΔ.ΑΠ. έχει δημιουργήσει ένα μεγάλο και σύνθετο σύστημα ταμιευτήρων και υδραγωγείων, το οποίο καλείται να διαχειριστεί, ώστε να καλύψει πολλαπλούς στόχους (αξιοπιστίας, κόστους, περιβαλλοντικής προστασίας κτλ). Στα πλαίσια της εκπόνησης αυτής της εργασίας, θα γίνει προσπάθεια της περιγραφής αυτού του πολύπλοκου υδραγωγείου και της δημιουργίας ενός πολύ απλού μοντέλου προσομοίωσης της λειτουργίας του.

Στο **πρώτο κεφάλαιο**, παραθέτουμε μια ιστορική αναδρομή για την εξέλιξη της υδροδότησης στην Αθήνα, από μυθοπλασίες μέχρι ιστορικά γεγονότα, τα οποία επηρέασαν τον τρόπο διαχείρισης των υδάτων.

Στο **δεύτερο κεφάλαιο**, αναλύουμε τη ζήτηση του νερού και τις ποικίλες χρήσεις του. Γίνεται ιδιαίτερη αναφορά στις μεταβολές οι οποίες επηρεάζουν άμεσα την ζήτηση.

Στο **τρίτο κεφάλαιο** γίνεται η περιγραφή των υδραγωγείων των πηγών, των αγωγών μεταφοράς και των μονάδων επεξεργασίας νερού.

Στο **τέταρτο κεφάλαιο** γίνεται αναφορά στην ποιότητα του νερού στις πηγές και στη συνέχεια, την διαδικασία επεξεργασίας του στις μονάδες επεξεργασίας νερού έτσι ώστε να είναι κατάλληλο για πόση.

Στο **πέμπτο κεφάλαιο** περιγράφονται περιβαλλοντικά ζητήματα που αντιμετωπίζει η Ε.ΥΔ.ΑΠ. σχετικά με το σύστημα υδροδότησης, τα μικρά υδροηλεκτρικά έργα που έχουν κατασκευαστεί στα υδραγωγεία της και τα ιδιαίτερα προβλήματα της μεταφοράς του νερού της Αθήνας.

Τέλος, στο **έκτο κεφάλαιο**, παρουσιάζεται ο αλγόριθμος επίλυσης ενός απλουστευμένου μοντέλου προσομοίωσης του υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας, όπου λαμβάνονται υπόψη μόνο οι ταμιευτήρες του Μόρνου και της Υλίκης για την ύδρευση της Αττικής.

Αξιοσημείωτες, εποικοδομητικές και άκρως ενδιαφέρουσες ήταν οι επισκέψεις της ομάδας μας σε κάθε ένα από τους ταμιευτήρες του Μόρνου, της Υλίκης και του Μαραθώνα αντίστοιχα. Η άμεση επαφή με το κάθε έργο ξεχωριστά μας βοήθησε σημαντικά στην περάτωση της πτυχιακής εργασίας όπως και στην κατανόηση των υδραυλικών ζητημάτων. Παρ' όλα αυτά, το εφελτήριο για την εκπόνηση της εργασίας ήταν η επίσκεψή μας στην Αθήνα στα κεντρικά γραφεία της Ε.ΥΔ.ΑΠ. όπου μας δόθηκαν πολλές πληροφορίες για το πολύπλοκο υδραγωγείο της πρωτεύουσας και τον τρόπο λειτουργίας του.

# Κεφάλαιο 1°

## Ιστορική αναδρομή

### 1.1 Αρχικές ερμηνείες.

Ο πρωτόγονος άνθρωπος στάθηκε με ευγνωμοσύνη αλλά και με κατάπληξη μπροστά στο υδάτινο στοιχείο και λάτρευε ως θεούς τις πηγές, τα ποτάμια, τις λίμνες, τις θάλασσες και τη βροχή. Προσωποποίηση του νερού στις διάφορες φυσικές μορφές του θεωρείτο από τους αρχαίους ο Ποσειδώνας, ο Ωκεανός, οι Ωκεανίδες, οι Νύμφες, (Ναιιάδες) ακόμη και ο ίδιος ο νεφεληγερέτης Ζευς, καθώς και οι θεοί των ποταμών Αλφειός, Ιλισσός, Αχελώος, Πηνειός, Αλιάκμων, Μαϊάνδρος και άλλοι. Γνωστή και η διαμάχη μεταξύ Ποσειδώνα και Αθηνάς, που διεκδίκησαν την τιμή να δώσουν το όνομά τους στην πόλη που είχε ιδρύσει ο Θησέας. Ο Ποσειδώνας χτυπώντας την Τρίαίνα του στον Ιερό βράχο της Ακρόπολης άνοιξε μια πηγή προσφέροντας νερό που ήταν τόσο πολύτιμο για την πόλη, ενώ η Αθηνά πρόσφερε το Ιερό δέντρο της Ελιάς. Οι κάτοικοι απέρριψαν το δώρο και το όνομα του Ποσειδώνα και προτίμησαν εκείνα της θεάς Αθηνάς. Το γεγονός αυτό εξόργισε τον θεό, και έτσι καταδίκασε το Άστυ να αντιμετωπίζει μόνιμο πρόβλημα λειψυδρίας. Ο μύθος αποτυπώνει το χρόνιο πρόβλημα και την ταλαιπωρία των κατοίκων των Αθηνών.

Γενικότερα η εξεύρεση τρόπου υδροδότησης αποτέλεσε πρόβλημα της ανθρωπότητας. Όταν οι άνθρωποι άρχισαν να τρέφουν αγέλες και να καλλιεργούν το έδαφος, τα νερά των πηγών έγιναν ανεπαρκή και τότε άρχισαν κάποιες σοβαρές προσπάθειες για να ανοιχθούν πηγάδια, όπως έγινε με τα γνωστά πηγάδια της Φρεαττύδας. Την τέχνη της εξόρυξης πηγαδιών τη διδάχθηκε προφανώς ο άνθρωπος από μερικά άγρια ζώα, όπως το κογιότ (*canis latrans say*), το οποίο σκάβει το έδαφος για να φτάσει σε υδροφόρο ορίζοντα όταν το νερό βρίσκεται κοντά στην επιφάνεια. Είναι ιστορικά εξακριβωμένο ότι η εξόρυξη πηγαδιών είχε αρχίσει τουλάχιστον πριν από 5.000 χρόνια. Στο Κεφάλαιο ΚΣΤ' της Γένεσης (Παλαιά Διαθήκη), αναφέρεται ότι τα πηγάδια που είχε ανοίξει ο πατριάρχης των Εβραίων Αβραάμ το 2000 π.χ. περίπου, τα έφραξαν οι Φιλιισταίοι, που φθονούσαν τα υπάρχοντα του Ισαάκ.

### 1.2 Αρχαιότητα.

Ένα βασικό πρόβλημα ταλάνιζε από την αρχαιότητα την πόλη των Αθηνών η λειψυδρία, δηλαδή η ανεπάρκεια του νερού. Οι προσπάθειες για την υδροδότηση της πόλης πραγματοποιήθηκαν από πολύ νωρίς καθώς ήταν «ξηρά πάσα η γη και ουκ ένυδρος», όπως έγραψε και ο Ηρακλείδης ο Κριτικός (Γ' π.χ. αιώνας). Στην αρχή οι πηγές και τα ποτάμια έδιναν τη λύση. Σύντομα, όμως η

λύση αυτή αποδείχτηκε ανεπαρκής καθώς τα ποτάμια στέρευαν τους καλοκαιρινούς μήνες. Έτσι το επόμενο βήμα ήταν τα πηγάδια. Έχουν εντοπιστεί έντεκα που ανοίχτηκαν γύρω στον ΙΑ' π.χ. αιώνα και άλλα εξήντα δύο αργότερα κάθε φορά σε μεγαλύτερο βάθος.

Τα 594 π.χ. ο Σόλωνας επέβαλε κανόνες για την ορθολογική χρήση του νερού. Οι κανόνες ήταν ακριβείς και διασφάλιζαν την πρόσβαση όλων των πολιτών σε νερό, τη συντήρηση των σχετικών υποδομών και την προστασία από τη ρύπανση των υδατικών πόρων. Οι αρμόδιοι δημόσιοι υπάλληλοι είχαν την επίβλεψη της τήρησης των κανόνων ώστε να εξασφαλίζεται η δίκαιη κατανομή του νερού σε όλους τους πολίτες.

Εικόνα 2.2 Αρχαία πηγάδια στο κέντρο της Αθήνας.



Πηγή: <http://georgesdreamland.blogspot.gr/2012/10/blog-post.html>

### **1.3 Υδραγωγεία της αρχαίας Αθήνας.**

Μέσω της αρχαιολογικής έρευνας έχουν έρθει στο φώς δεκατρία τουλάχιστον επιτυχημένες προσπάθειες δημιουργίας υδραγωγείων μέσω της μεταφοράς νερού από τα γύρω βουνά, που ξεκίνησαν από τη δεύτερη χιόλας π.χ. χιλιετία. Με αρχαιότερο το Πελασγικό υδραγωγείο, έπειτα ακολούθησαν το υδραγωγείο Θησέως, το Πεισιστράτειο υδραγωγείο, το Πώρινο υδραγωγείο, το υδραγωγείο Υμηττού-Νεκροταφείου, το υδραγωγείο Πνυκός, το υδραγωγείο λουτρού, το υδραγωγείο Θησειού, το υδραγωγείο Σταδίου, το υδραγωγείο Αγίας Τριάδας-Κεραμεικού, το υδραγωγείου Κηφισιάς, το Αδριάνειο υδραγωγείο και τα υπέργεια υδραγωγεία επί ασίδων.

### 1.3.1 Πελασγικό υδραγωγείο.

Το Πελασγικό υδραγωγείο ήταν η πρώτη γνωστή προσπάθεια προκειμένου να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα της λειψυδρίας. Οι Πελασγοί, λαός προελληνικός, που κατοικούσαν στις παρυφές του Υμηττού, αναφέρονται ως πρώτοι που κατασκεύασαν υδραγωγείο για τη μεταφορά νερού σε κατοικημένες περιοχές. Απομεινάρια του βρίσκονται στα βάθρα του Πελασγικού τείχους της Ακρόπολης, το οποίο μετέφερε νερό από τον Υμηττό και το οποίο χρονολογείται πριν το 3200 π.χ. Αποτελούνταν από υπόγειους πήλινους σωληνοειδείς αγωγούς. Πιθανολογείται ότι ακολουθούσε τη διαδρομή Υμηττός, φαράγγι Καισαριανής, Αγ.Θωμάς-Γουδί, Ιλισός-Στύλες Ολυμπίου Διός, νότιες πλευρές της Ακρόπολης, αυχένιας Λόφου Φιλοπάππου.

### 1.3.2 Πεισιστράτειο υδραγωγείο.

Το Πεισιστράτειο υδραγωγείο κατασκευάστηκε μεταξύ 540 και 530 π.χ. την κατασκευή του επεδίωξε ο τύραννος των Αθηνών Πεισίστρατος. Η σήραγγα του υπόγειου αυτού υδραγωγείου, που μετέφερε (και μεταφέρει ακόμα) ύδατα από τον Υμηττό, έχει μήκος περίπου 2.800 m, πλάτος 0,65 m και ύψος 1,30 m. Εντός της σήραγγας, που βρίσκεται σε βάθος 12-13 m, είχαν αρθρωθεί πήλινοι σωληνοειδείς υδραγωγοί, διατομής 0,19-0,22 m όπου φέρουν οπές καθαρισμού. Τμήματα του υδραγωγείου έχουν ανακαλυφθεί στις περιοχές Ζωγράφου και Γουδί, ενώ κατά την πορεία του διέρχεται και υπό τον Εθνικό Κήπο.

Εικόνα 2.3.2 Τμήμα του Πεισιστράτειου υδραγωγείου που ανακαλύφθηκε κατά τις εργασίες κατασκευής του Μετρό, στην πλατεία Συντάγματος.



Πηγή: <http://el.wikipedia.org/wiki>

### 1.3.3 Αδριάνειο υδραγωγείο.

Το Αδριάνειο Υδραγωγείο κατασκευάστηκε με εντολή του αυτοκράτορα Αδριανού τον 2ο αι. μ.Χ. (Κάποιοι ιστορικοί υποστηρίζουν ότι είχε ξεκινήσει να κατασκευάζεται ήδη από το 117 μ.Χ. και ότι αποπερατώθηκε το 161 μ.Χ., άλλοι κάνουν λόγο για το διάστημα μεταξύ 125 και 140 μ.Χ., και άλλοι προσδιορίζουν το χρόνο κατασκευής του μεταξύ 134 και 140 μ.Χ.) για να ικανοποιήσει τις αυξημένες ανάγκες υδροδότησης της πόλης. Το κύριο τμήμα του υδραγωγείου είναι μια μεγάλη σήραγγα μήκους περίπου 25 km ύψους 1,60m και πλάτους 0,70 m που ξεκινά από τους πρόποδες της Πάρνηθας και μετέφερε νερό από τις εκεί πηγές στην Αθήνα. Ο αγωγός ήταν αλλού πέτρινος, αλλού πλίνθινος και ανάλογα με το έδαφος αλλού υπέργειος ή υπόγειος. Η κατάληξη του υδραγωγείου ήταν η Αδριάνεια Δεξαμενή, που βρίσκονταν στη σημερινή πλατεία Δεξαμενής στους πρόποδες του Λυκαβηττού. Υπήρχαν βέβαια και άλλα μικρότερα υδραγωγεία σε διάφορα σημεία της πόλης, λαξευμένα σε σχιστόλιθο ή κατασκευασμένα από κεραμικά τεμάχια συνδεδεμένα με μόλυβδο καθώς και υδρομαστεύσεις βοηθούμενες από μικροφράγματα. Τα νερά διοχετεύονταν με υδατογέφυρες στην πόλη των Αθηνών. Το υδραγωγείο λειτούργησε ικανοποιητικά μέχρι την υποδούλωση της Αθήνας από τους Τούρκους. Κατά την διάρκεια της τουρκοκρατίας το Αδριάνειο Υδραγωγείο παραμελήθηκε και λόγω έλλειψης συντήρησης σε πολλά σημεία έφραξε και ξεχάστηκε. Μετά την απελευθέρωση της πόλης το 1833, το Αδριάνειο Υδραγωγείο ανακαλύφθηκε, καταγράφηκε, συντηρήθηκε και αποτέλεσε την κύρια πηγή νερού για την Αθήνα μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του 1930.

Εικόνα 2.3.3α Τμήμα του Αδριάνειου υδραγωγείου.



Πηγή: <http://4lyk-n-ionias.att.sch.gr/istoria.htm>

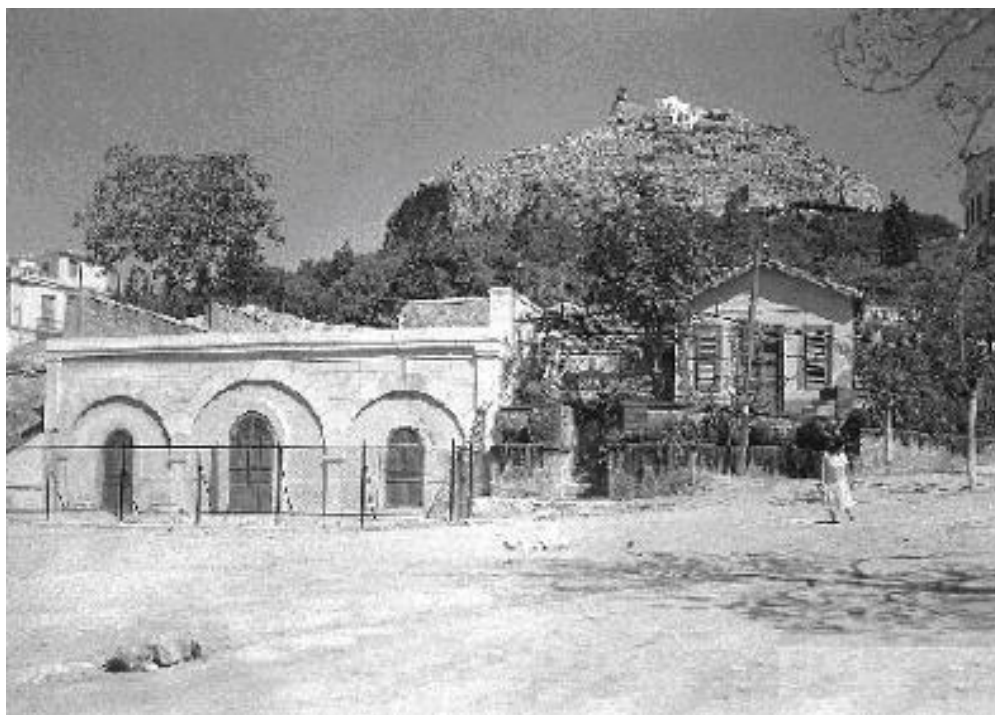


Εικόνα 2.3.3β Η Αδριάνεια δεξαμενή σήμερα.



Πηγή: <http://www.iranon.gr/ATHINA/ATHINA15TEXT.htm>

Εικόνα 2.3.3γ Η Αδριάνεια δεξαμενή το 1936.



Πηγή: <http://www.iranon.gr/ATHINA/ATHINA15TEXT.htm>

## 1.5 Ύδρευση της «νέας» Αθήνας.

### 1.5.1 Δημιουργία φράγματος Μαραθώνα.

Η διαρκής αύξηση του πληθυσμού της Αθήνας λόγω της εγκατάστασης πολλών προσφύγων μετά την Μικρασιατική καταστροφή, γεγονός που δημιούργησε νέες ανάγκες. Η οριστική λύση δόθηκε με την κατασκευή του φράγματος του Μαραθώνα και της ομώνυμης τεχνητής λίμνης, το οποίο άρχισε να κατασκευάζεται τον Οκτώβριο του 1926 και το έργο ολοκληρώθηκε 1929. Η κύρια εταιρία που επόπτευε το έργο ήταν η Ανώνυμη Ελληνική Εταιρεία Υδάτων (ΕΕΥ). Το σχήμα του φράγματος είναι τοξωτό βαρύτητας από σκυρόδεμα και είναι κατασκευασμένο από Πεντελικό μάρμαρο, πράγμα που του προσδίδει μια παγκόσμια μοναδικότητα. Η οργανωμένη προσπάθεια για την αποτελεσματική ύδρευση της Αθήνας εκτός από την κατασκευή του φράγματος περιλάμβανε την κατασκευή άλλων τριών έργων. Αρχικά την δημιουργία της σήραγγας για την μεταφορά των νερών από τον Μαραθώνα στην Αθήνα με μήκος 13,4 km. Στην συνέχεια δημιουργήθηκε το διυλιστήριο του Γαλασίου και τέλος το δίκτυο διανομής Αθήνας- Πειραιά. Σήμερα η λίμνη του Μαραθώνα δεν συνεισφέρει στην ύδρευση της Αθήνας παρά μόνο σε περιόδους έντονης λειψυδρίας. Αποτελεί δηλαδή αποθηκευτικό χώρο χωρητικότητας  $41 \times 10^6 \text{ m}^3$  , για έκτακτες ανάγκες.

Εικόνα 2.5.1 Φράγμα Μαραθώνα.



Πηγή: Ε.ΥΔ.Α.Π

### 1.5.2 Δημιουργία υδραγωγείου Υλίκης.

Η συνεχόμενη αύξηση του πληθυσμού της Αθήνας και ο αστικός χαρακτήρας που άρχισε να αποκτά, κατέστησε αναγκαία την χρησιμοποίηση των νερών της φυσικής λίμνης Υλίκης που βρίσκεται στην Βοιωτία το 1959. Η λίμνη της Υλίκης έχει χωρητικότητα  $600 \times 10^6 \text{ m}^3$  και βάθος 39 m. Το νερό της φτάνει στον ταμιευτήρα του Μαραθώνα μέσω του υδραγωγείου Υλίκης, το μήκος του οποίου είναι περίπου 64 km. Η Υλίκη δεν χρησιμοποιείται συστηματικά αλλά κυρίως σε περιόδους κρίσης, λόγω της ιδιαιτερότητας που έχει η λίμνη λόγω του γεγονότος ότι βρίσκεται σε χαμηλό υψόμετρο από την Αθήνα. Για την άντληση των νερών χρησιμοποιούνται πλωτά και χερσαία αντλιοστάσια και μάλιστα η λίμνη Υλίκη κατέχει το μεγαλύτερο αντλιοστάσιο σε ολόκληρη την Ευρώπη. Επίσης στο βυθό και στις παρειές της λίμνης υπάρχουν καταβόθρες όπου μπορεί να χαθεί μέχρι το 1/3 του νερού. Έχουν γίνει προσπάθειες για να στεγανοποιηθούν οι καταβόθρες αλλά δεν επέφεραν επιθυμητά αποτελέσματα.

Εικόνα 2.5.2 Λίμνη Υλίκης.



Πηγή: Ε.ΥΔ.Α.Π

### 1.5.3 Δημιουργία φράγματος Μόρνου.

Το φράγμα του Μόρνου και η ομώνυμη τεχνητή λίμνη βρίσκονται στο νομό Φωκίδος και κατασκευάστηκαν το διάστημα 1969-1979 για να καλύψουν τις ανάγκες ύδρευσης του νομού Αττικής. Το Φράγμα του ποταμού Μόρνου έχει ύψος 126 m και κατέχει τον τίτλο του ψηλότερου χωμάτινου φράγματος της Ευρώπης. Η λίμνη του Μόρνου έχει χωρητικότητα  $780 \times 10^6 \text{ m}^3$ . Το νερό της φτάνει στον ταμιευτήρα του Μαραθώνα μέσω του υδραγωγείου του Μόρνου, που είναι ένα κανάλι ελεύθερης ροής και διασχίζει τους νομούς Φωκίδος,



Βοιωτίας και Αττικής. Το συνολικό μήκος του υδραγωγείου είναι 192 km και είναι ένα από τα μεγαλύτερα υδραγωγεία στην Ευρώπη.

Εικόνα 2.5.3 Φράγμα Μόρνου.



Πηγή: Ε.ΥΔ.Α.Π

#### **1.5.4 Δημιουργία φράγματος Ευήνου.**

Το φράγμα του Ευήνου και η ομώνυμη τεχνητή λίμνη κατασκευάστηκαν το διάστημα 1992-2001 και βρίσκονται στο νομό Αιτωλοακαρνανίας. Το ύψος του φράγματος είναι 124 m και η τεχνητή λίμνη έχει χωρητικότητα  $140 \times 10^6 \text{ m}^3$ . Το νερό από το φράγμα του Ευήνου μεταφέρεται μέσω μιας ενωτικής σήραγγας μήκους 29,4 km στην τεχνητή λίμνη του Μόρνου και έπειτα μέσω του υδραγωγείου του Μόρνου φτάνει στην Αθήνα.

Εικόνα 2.5.4 Φράγμα Ευήνου.



Πηγή: Ε.ΥΔ.Α.Π

## Κεφάλαιο 2°

### Ζήτηση νερού

#### 2.1 Χρήσεις νερού από τον φορέα της Ε.ΥΔ.ΑΠ.

Η Εταιρεία Ύδρευσης και Αποχέτευσης της Πρωτεύουσας (Ε.ΥΔ.ΑΠ Α.Ε.), αποτελεί τον εθνικό φορέα διανομής του νερού. Οι αρχές που διέπουν τον φορέα, τίθενται για την εξυπηρέτηση όχι μόνο των απλών καταναλωτών αλλά χρησιμοποιώντας ένα πλαίσιο οργανωτικής διαχείρισης, προάγουν την διανομή του νερού προς οποιαδήποτε κατεύθυνση. Παρακάτω, γίνεται ανάλυση των κατευθύνσεων μέσω των οποίων διανέμεται το τελικό αγαθό- υπηρεσία.

##### 2.1.1 Κοινή κατανάλωση.

Αφορά την παροχή νερού με τιμολόγιο κοινής κατανάλωσης μέσα στην περιοχή ευθύνης της Ε.ΥΔ.ΑΠ. Αυτή η κατηγορία περιλαμβάνει την οικιακή κατανάλωση αλλά και την κατανάλωση ύδατος από μικρές επαγγελματικές δραστηριότητες, όπως μικρά γραφεία και καταστήματα. Τα τελευταία λόγω μεγέθους δεν τιμολογούνται σύμφωνα με το βιομηχανικό και επαγγελματικό τιμολόγιο. Η κοινή κατανάλωση έχει ένα μερίδιο 62- 68% της συνολικής τιμολογούμενης κατανάλωσης.

Πίνακας 2.1.1 Κοινή κατανάλωση.

	1981	1991	1999	2001
Συνολικός πληθυσμός περιοχής ευθύνης Ε.ΥΔ.ΑΠ. (χιλιάδες)	3028	3071	3150	3175
Αλλοδαποί περιοχής ευθύνης Ε.ΥΔ.ΑΠ. (χιλιάδες)	30	60	350	350
Ειδική κατανάλωση (L/κατ/ημ)	123	114	145	145
Κοινή κατανάλωση (hm <sup>3</sup> ) (ετήσια)	136,9	130,4	185,3	186,6

Πηγή:Ε.ΥΔ.Α.Π

### **2.1.2 Κατανάλωση για την ενίσχυση των Οργανισμών Τοπικής Αυτοδιοίκησης (Ο.Τ.Α).**

Αφορά την παροχή νερού σε κοινότητες εντός της περιοχής αρμοδιότητας της Ε.ΥΔ.ΑΠ. Το νερό δίνεται συνολικά στους ΟΤΑ και αυτοί το διανέμουν στους δημότες τους μέσω δικών τους δικτύων. Ένα ποσοστό 13- 17% της συνολικής τιμολογούμενης ποσότητας, αφορά την κατανάλωση των ΟΤΑ.

### **2.1.3 Βιομηχανική και επαγγελματική κατανάλωση.**

Αφορά την παροχή νερού με τιμολόγιο βιομηχανικής κατανάλωσης εντός των περιοχών ευθύνης ή αρμοδιότητας. Περιλαμβάνει κυρίως βιομηχανίες και δευτερευόντως ξενοδοχεία, τουριστικές και αθλητικές εγκαταστάσεις. Κυμαίνεται στο 7- 11% της συνολικής τιμολογούμενης καταναλώσεως.

### **2.1.4 Δημόσια και δημοτική κατανάλωση.**

Αφορά την κατανάλωση δημόσιων και δημοτικών εγκαταστάσεων και την ύδρευση και άρδευση κοινόχρηστων χώρων όπως πάρκα και πρασιές οδών. Το μερίδιο στην συνολική ζητούμενη ποσότητα νερού κυμαίνεται σε 7- 9%.

### **2.1.5 Αδιύλιστο νερό.**

Πρόκειται για το ακατέργαστο νερό που παρέχεται σε ορισμένους δήμους και κοινότητες κοντά στα εξωτερικά υδραγωγεία της Ε.ΥΔ.ΑΠ. (Αμφισσα, Δίστομο, Στείρι, Κυριάκι, Ερυθρές, Πλαταιές, Βίλια, Οινόη, Πρόδρομος, Λεύκτρα, Προφήτης Ηλίας, Ελλοπία, Ξηρονομή, Δόμβραϊνα, Θίσβη, εγκαταστάσεις Αλουμίνας και Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε., Κάζα και Κατανάβα). Το ποσοστό του αδιύλιστου νερού στη συνολική κατανάλωση είναι μικρό και κυμαίνεται στο 1- 3%.

### **2.1.6 Άλλες χρήσεις.**

Στις άλλες χρήσεις περιλαμβάνεται η κατανάλωση της πυροσβεστικής, των φιλανθρωπικών ιδρυμάτων, του Οργανισμού Λιμένος Πειραιώς καθώς και μικρές ποσότητες που δίνονται δωρεάν για πότισμα κοινόχρηστων χώρων. Οι χρήσεις αυτές κατέχουν μερίδιο 1% της συνολικής τιμολογούμενης ποσότητας.

## 2.2 Χρήσεις νερού (εκτός Ε.ΥΔ.ΑΠ.).

Εκτός από την ύδρευση της Αθήνας, η σημαντικότερη χρήση των υδατικών αποθεμάτων των ταμιευτήρων της Ε.ΥΔ.ΑΠ. είναι η άρδευση της Κωπαΐδας από την λίμνη Υλίκη. Η αρχική συμφωνία προέβλεπε την διάθεση μέχρι 50 hm<sup>3</sup> ετησίως. Όπως φαίνεται από τα δεδομένα του παρακάτω πίνακα, η ποσότητα αυτή διατέθηκε μόνο κατά τα έτη 1985-1988, ενώ η λειψυδρία που ακολούθησε είχε ως αποτέλεσμα την μείωση των ποσοτήτων αυτών, στα επίπεδα των 20 hm<sup>3</sup> ανά έτος.

Πίνακας 2.2 Χρήση νερού για άρδευση.

ΕΤΟΣ	ΑΠΡΙΛΙΟΣ	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝΙΟΣ	ΙΟΥΛΙΟΣ	ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	ΣΥΝΟΛΟ
1981	0,0	0,0	6,5	13,2	5,8	25
1982	0,0	0,0	3,1	12,1	1,9	17,1
1983	4,2	7,3	3,1	16,6	10,4	41,6
1984	0,0	0,8	11,4	14,7	9,9	36,8
1985	0,0	2,7	12,2	21,2	16,4	52,5
1986	2,2	1,5	6,7	21,3	17,9	49,5
1987	0,0	0,0	8,2	17,7	17,6	43,4
1988	0,0	5,7	11,4	17,3	15,5	49,9
1989	0,0	0,0	2,6	7,8	5,3	15,7
1990	0,0	0,0	6,9	8,1	3,3	18,3
1991	0,0	0,0	1,3	10,9	6,0	18,2
1992	0,0	0,0	0,0	8,2	8,8	17,0
1993	0,0	0,0	0,0	1,5	5,0	6,5
1994	0,0	0,0	3,7	7,4	3,5	14,6
1995	0,0	0,0	3,1	8,4	4,9	16,4
1996	0,0	0,0	1,4	8,1	5,9	15,4
1997	0,0	0,0	5,7	9,3	7,2	22,2
1998	0,0	0,0	2,6	7,0	8,4	18,0
1999	0,0	0,0	5,2	8,4	4,1	17,7

Πηγή Ε.ΥΔ.Α.Π.

## 2.3 Εξέλιξη της ζήτησης.

Η εξέλιξη της ζήτησης του νερού εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Πρωταρχικός είναι η διακύμανση του υδρευόμενου πληθυσμού (συμπεριλαμβανομένων των τουριστών και των μεταναστών). Ο παράγοντας αυτός αντιστοιχεί στον κλασσικό οικονομικό παράγοντα του αριθμού των καταναλωτών και αφορά την αγοραία καμπύλη ζήτησεως. Άλλοι παράγοντες είναι ο βαθμός ανάπτυξης των άλλων χρήσεων, η ειδική κατανάλωση στις περιοχές ευθύνης και αρμοδιότητας της Ε.ΥΔ.ΑΠ. και οι απώλειες του δικτύου. Επίσης θα εξεταστεί ο τρόπος που ο χρονικός παράγοντας επηρεάζει την διακύμανση της κατανάλωσης. Τέλος η τιμή του νερού αποτελεί παράγοντα μεταβολής της ζητούμενης ποσότητας και θα γίνει ειδική αναφορά στην συνέχεια του κεφαλαίου.

### 2.3.1 Μεταβολή του πληθυσμού.

Όπως γνωρίζουμε, ο αριθμός των καταναλωτών έχει θετική συσχέτιση με την κατανάλωση του νερού. Τα πληθυσμιακά δεδομένα της Αττικής παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 2.3.1 Πληθυσμιακά δεδομένα Νομού Αττικής (χιλιάδες)

ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ	1981	1991	1999	2001	2010
Περιφέρεια Πρωτεύουσας	3028	3071	3150	3175	3215
Περιοχή Ευθύνης ΕΥ.ΔΑ.Π.	3021	3051	3150	3175	3215
Υπόλοιπο Αττικής	342	450	530	550	650
Αριθμός Μεταναστών Νομού Αττικής	30	60	350	350	400
Περιοχή Αρμοδιότητας Ε.ΥΔ.ΑΠ.	248	349	430	450	650

Πηγή Ε.ΥΔ.Α.Π.

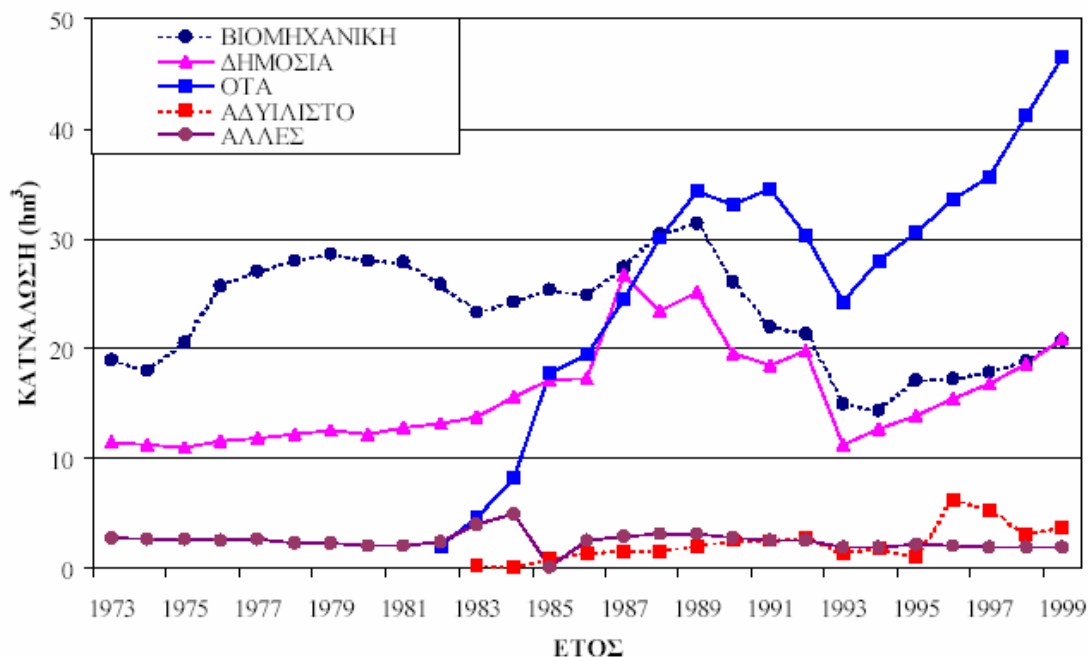
Τα πληθυσμιακά στοιχεία προέρχονται από τις εθνικές απογραφές των προηγούμενων ετών. Οι μελλοντικές εκτιμήσεις βασίζονται σε δημοσιευμένες εργασίες του Ε.Σ.Υ.Ε. το 1999 και είναι συμβατές με αντίστοιχες εκτιμήσεις που έχουν γίνει από τα γραφεία μελετών Α.Δ.Κ. και Callis and Coccossis.

Παρατηρούμε λοιπόν ότι την δεκαετία του 1980, ο πληθυσμός της πρωτεύουσας δεν παρουσίασε σημαντική αύξηση. Αυτό οφείλεται στην μείωση της εσωτερικής μετανάστευσης προς την μητρόπολη και την μετατόπιση αυτής προς το υπόλοιπο της Αττικής. Την δεκαετία του 1990 παρουσιάζεται αύξηση του πληθυσμού λόγω της σημαντικής εισροής μεταναστών από τις γειτονικές χώρες. Σύμφωνα με στοιχεία της Ε.Σ.Υ.Ε. η καθαρή εισροή μεταναστών κατά τα έτη 1991-1996 ήταν 290.704 άτομα. Μια εύλογη εκτίμηση του αριθμού των μεταναστών στο Νομό Αττικής είναι 350.000 για τα έτη 1999 και 2000 και 400.000 να φτάσει το 2010. Ο υπολογισμός του πληθυσμού των μεταναστών θεωρείται σημαντικός για την ζήτηση του νερού, διότι αναμένεται να ξεπεράσει το 10% του πληθυσμού της Αττικής. Ένα σημαντικό ποσοστό αυτών απασχολούνται σε επαγγέλματα που σχετίζονται με την κατανάλωση νερού (οικιακοί βοηθοί, καθαριστές, βοηθητικές εργασίες). Επίσης είναι άγνωστη η αντίδραση τους (η ελαστικότητα σημείου και η εισοδηματική ελαστικότητα) σε προσπάθειες μείωσης της κατανάλωσης. Τέλος η εξέλιξη της εισροής μεταναστών δύσκολα υπολογίζεται, μιας και πολλές φορές βασίζεται σε έκτακτες κοινωνικές, πολιτικές και οικονομικές αλλαγές.

### **2.3.2 Βιομηχανικές, επαγγελματικές, δημόσιες, δημοτικές και άλλες χρήσεις.**

Η χρονική εξέλιξη των βιομηχανικών, επαγγελματικών, δημόσιων και δημοτικών χρήσεων παρουσιάζεται στο γράφημα 2.3.2. που παρουσιάζεται από κάτω. Η μικρή μείωση της βιομηχανικής κατανάλωσης στις αρχές της δεκαετίας του 1980, μπορεί να εξηγηθεί από την μεταφορά σημαντικού αριθμού βιομηχανιών εκτός της περιοχής ευθύνης της Ε.ΥΔ.ΑΠ. Στο τέλος της ίδιας δεκαετίας παρατηρείται μια αύξηση της ζήτησης, η οποία οφείλεται στην αύξηση των εμπορικών και τουριστικών χρήσεων που αντικατέστησαν τις βιομηχανίες. Το 1990 με 1992 υπάρχει μια μείωση που οφείλεται στην ορθολογικότερη χρήση του νερού λόγω της αύξησης της τιμής του. Επίσης σημαντικό ρόλο έπαιξε η πραγματοποίηση ιδιωτικών γεωτρήσεων από τις βιομηχανίες στα πλαίσια απόκτησης μιας σχετικής αυτονομίας σε παραγωγικούς συντελεστές.

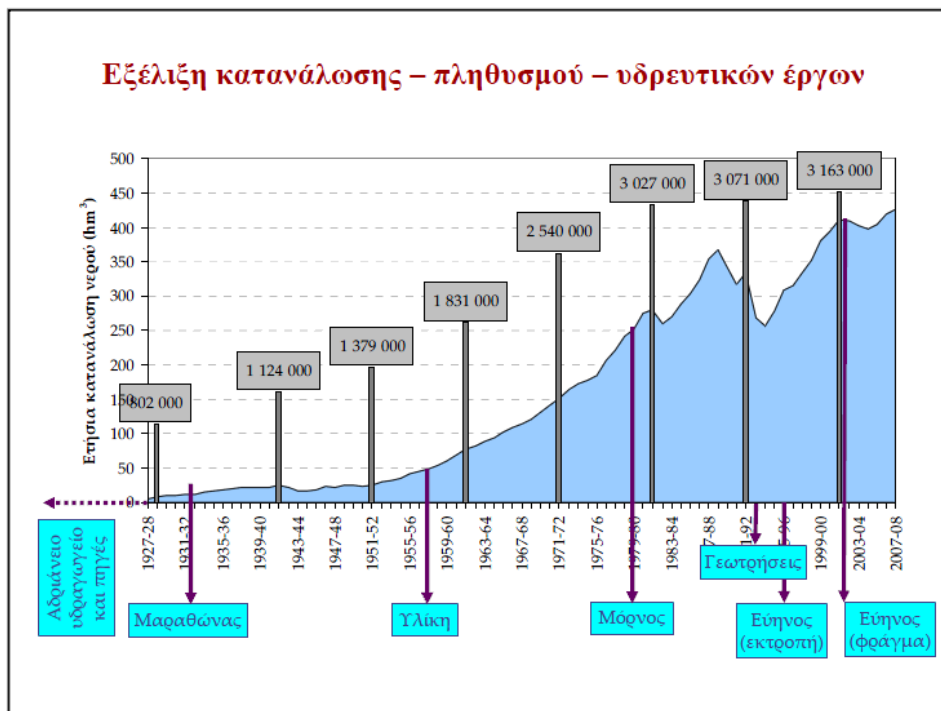
Γράφημα 2.3.2α Χρονική εξέλιξη βιομηχανικής, δημόσιας, δημοτικής χρήσεις νερού.



Πηγή: Μαμάσης Ν., Πολιτάκη Σ.

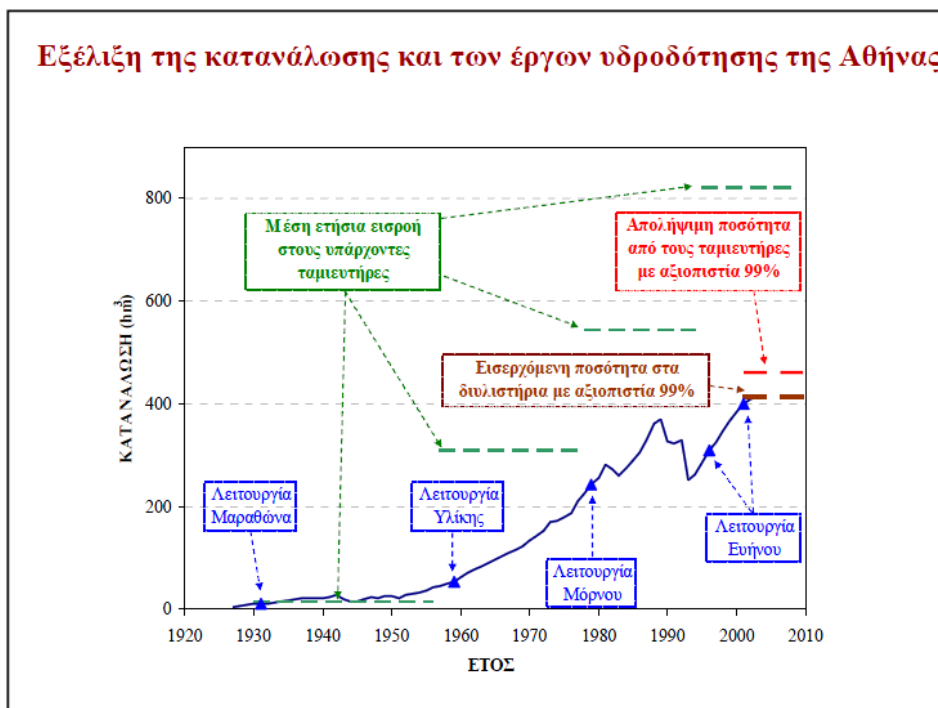
Η αύξηση των ποσοτήτων που χορηγούνταν στους Ο.Τ.Α. κατά την δεκαετία του 1980 οφείλεται στην τροφοδοσία νέων περιοχών. Όπως έχει ήδη αναφερθεί ανάμεσα στο 1990 και 1992 υπήρξε μια μείωση στην κατανάλωση λόγω αύξησης της τιμής. Το 1993 συνεχίστηκε η μείωση, μιας και εξισώθηκε η τιμή που πλήρωναν οι ΟΤΑ για κοινή κατανάλωση με την τιμή που χρεώνονται οι άλλοι πελάτες της ΕΥΔΑΠ. Μετά από αυτό το έτος, έχουμε μια ραγδαία αύξηση, που οφείλεται στην σημαντική αύξηση του μόνιμου και του εποχιακού πληθυσμού και της ειδικής κατανάλωσης. Η εξέλιξη των δημοσίων και δημοτικών καταναλώσεων ακολουθεί την πορεία των παραπάνω μεγεθών. Η εξέλιξη των υπόλοιπων χρήσεων ακολουθεί μια τυχαία διακύμανση.

Γράφημα 2.3.2β Εξέλιξη κατανάλωσης- πληθυσμού-υδρευτικών έργων



Πηγή: Μαμάσης Ν.

Γράφημα 2.3.2γ Εξέλιξη της κατανάλωσης και των έργων υδροδότησης της Αθήνας



Πηγή: Μαμάσης Ν



## 2.4 Η τιμολόγηση του νερού.

### 2.4.1 Μάκρο-ελαστικότητα ζήτησης νερού.

Το Υπουργείο Ανάπτυξης μέχρι την ενεργοποίηση του Νόμου 3199 είχε την ευθύνη της υδατικής πολιτικής, συμπεριλαμβανομένης και της εφαρμογής της Οδηγίας- Πλαίσιο 2000/60. Στα πλαίσια της διαχείρισης του νερού και κάτω από την πίεση της κρίσης του υδροδοτικού συστήματος (λειψυδρία), έκανε μια έρευνα για την ελαστικότητα ζήτησης του νερού στην ευρύτερη περιοχή της Αθήνας. Σκοποί της μελέτης ήταν:

- i. η κατασκευή μιας βάσης δεδομένων για την τρίμηνη κατανάλωση νερού οικιακής χρήσης, βασισμένη σε δεδομένα της Ε.ΥΔ.ΑΠ.
- ii. η εξέταση των στατιστικών χαρακτηριστικών της κατανάλωσης νερού
- iii. η κατασκευή κλιμακίων κατανάλωσης και να βρει το βαθμό αντίδρασης τους (ελαστικότητα) στις αυξήσεις των τιμών
- iv. η έρευνα της πιθανότητας μείωσης της οικιακής κατανάλωσης, ως αποτέλεσμα αύξησης της τιμής του νερού σε όλα τα κλιμάκια πλην του χαμηλότερου.

Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν αφορούσαν την τρίμηνη κατανάλωση για περίοδο 11 ετών (1989- 1999) Πρέπει να σημειωθεί ότι αυτή η περίοδος περιλαμβάνει και το φαινόμενο της λειψυδρίας (1989- 1992). Το δείγμα ήταν 1000 οικιακοί χρήστες από τέσσερις αντιπροσωπευτικές περιοχές της μητρόπολης: την Κυψέλη, το Χολαργό, την Κηφισιά και το Περιστερι. Συγκροτήθηκαν πέντε κλιμάκια κατανάλωσης με τους ανάλογους χρήστες.

Πίνακας 2.4.1 Συγκρότηση κλιμακίων με βάση την κατανάλωση.

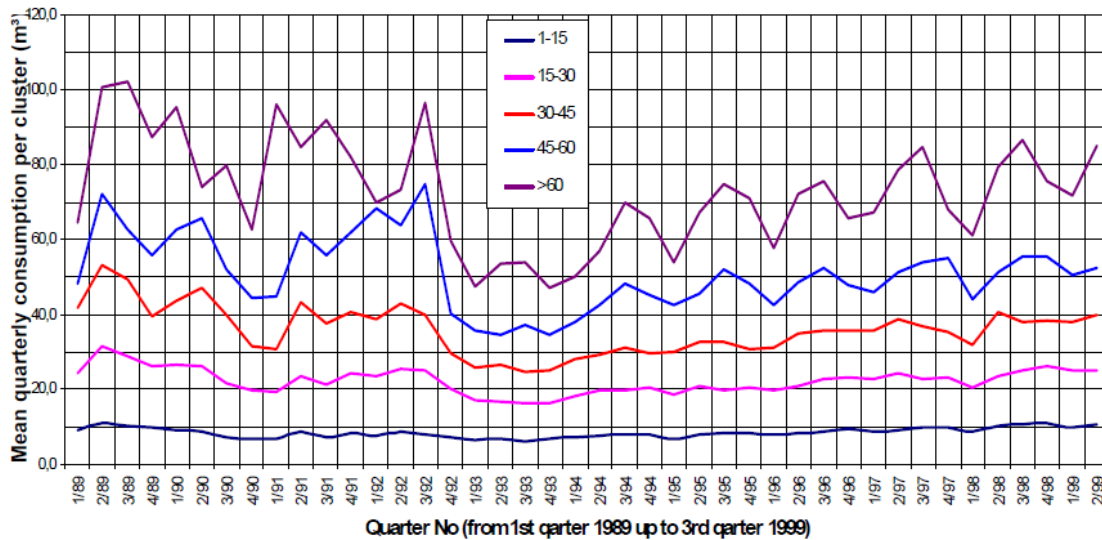
Κλιμάκιο	Μέση τριμηνιαία κατανάλωση (m <sup>3</sup> ) ανά καταναλωτή κάθε κλιμακίου
1	0-15
2	15-30
3	30-45
4	45-60
5	>60

Πηγή: Ghini M.

Τα αποτελέσματα της συσχέτισης των πέντε κλιμακίων με την κατανάλωση φαίνονται στο γράφημα 2.4.1. Παρατηρούμε λοιπόν, ότι η μέση

τριμηνιαία κατανάλωση ύδατος μειώνεται δραματικά στα έτη 1990-1992. Αυτό σχετίζεται άμεσα με την αύξηση της τιμής του νερού. Επίσης αξιοσημείωτο είναι, το γεγονός ότι η μεγαλύτερη μεταβολή της ζήτησης εμφανίζεται στα κλιμάκια με την υψηλότερη κατανάλωση. Τέλος στα δυο υψηλότερα κλιμάκια παρουσιάζεται μια εποχιακή μεταβολή της ζητούμενης ποσότητας, που συνδέεται με το πότισμα των κήπων.

Γράφημα 2.4.1 Μέση κατανάλωση ύδατος ανά κλιμάκιο.



Πηγή: Ghini

Με βάση τα συγκροτημένα κλιμάκια, τη βάση δεδομένων της Ε.ΥΔΑ.Π. και την παραδοσιακή θεωρία της ελαστικότητας, αναπτύχθηκε το μακρο-ελαστικό μοντέλο. Η μέση ζήτηση του νερού δίνεται από τον παρακάτω τύπο

$$1. \quad Q_t = a q_{t-1}^\lambda \cdot p_t^b$$

όπου τα  $a$ ,  $b$ ,  $\lambda$  είναι συντελεστές που έχουν καθοριστεί από την ανάλυση παλινδρόμησης κάθε κλιμακίου. Μετά από την ανάπτυξη του μοντέλου σύμφωνα με την θεωρία του Stoll 1980, καταλήγουμε στον τύπο

$$2. \quad \varepsilon = \frac{\frac{\Delta Q_t}{Q_t} \%}{\frac{\Delta p_t}{p_t} \%} = \frac{b}{1 - \lambda}$$

Ο υπολογισμός της ελαστικότητας ανά κλιμάκιο μας δίνει τα εξής αποτελέσματα: Η μακρο-ελαστικότητα κυμαίνεται από -0,58% για τα κλιμάκια

της μικρής κατανάλωσης μέχρι  $-0,869\%$  για τους μεγάλους καταναλωτές. Πρέπει να επισημάνουμε ότι η μείωση της ζήτησης, ιδίως την περίοδο της λειψυδρίας δεν οφείλεται αποκλειστικά στην άνοδο των τιμών. Ρόλο σημαντικό, είχε και η μεγάλη καμπάνια ενημέρωσης σχετικά με την σπανιότητα του φυσικού πόρου.

Σαν συμπέρασμα μπορούμε να ισχυριστούμε ότι η τιμολόγηση μπορεί να αποτελέσει ένα εργαλείο ελέγχου της ζήτησεως του νερού. Για παράδειγμα αν η μειωμένη ελαστικότητα είναι  $-0,5$ , τότε μια αύξηση της τιμής κατά  $50\%$ , θα προκαλέσει μια μείωση στη ζήτηση κατά  $18,4\%$  σύμφωνα με τον τύπο (1). Στην περίπτωση που διπλασιαστεί η τιμή, η ζήτηση για νερό θα μειωθεί προοδευτικά κατά  $29,3\%$ . Τα παραπάνω επιβεβαιώνονται από την άμεση μείωση της κατανάλωσης το τρίτο τρίμηνο του 1992, γεγονός που οφείλεται και στη δραστική αύξηση της τιμής. Η διαφοροποίηση της ελαστικότητας ανά κλιμάκιο θα πρέπει να ληφθεί υπόψη στην διαχείριση. Πιο ανελαστική ζήτηση παρατηρείται στα κλιμάκια με τη μικρότερη κατανάλωση. Το μέτρο στην περίπτωση αυτή είναι αναποτελεσματικό οικονομικά και περιβαλλοντικά, αλλά επίσης είναι και κοινωνικά άδικο. Η μείωση της ζήτησης μπορεί να στηριχτεί από τα υψηλότερα κλιμάκια ( $>30 \text{ m}^3$ ) μιας και αυτά κατέχουν τουλάχιστον το  $50\%$  της συνολικής αστικής κατανάλωσης. Μια πολιτική που θα οδηγήσει σε μείωση της κατανάλωσης των μεγάλων κλιμακίων χωρίς να επηρεάσει την ζήτηση νερού και τα εισοδήματα των μικρών κλιμακίων, είναι εφικτή.

#### **2.4.2 Η εξέλιξη των τιμών του νερού.**

Οι τιμές είχαν παραμείνει ουσιαστικά αμετάβλητες για περίπου 20 χρόνια (1958-1975). Την περίοδο αυτή το κράτος είχε να αποπληρώσει το δάνειο που είχε πάρει για την κατασκευή του έργου του Μαραθώνα. Οι σταθερές τιμές (που κάλυπταν ένα πολύ μικρό μέρος του κόστους και όχι το κεφαλαιουχικό κόστος, το κόστος συντήρησης και το κόστος του δανείου) μαζί με τον υψηλό πληθωρισμό είχαν σαν αποτέλεσμα την επιβάρυνση των οικονομικών στοιχείων της επιχείρησης και την επιδότηση της από την γενική κρατική φορολογία. Η πρώτη μεγάλη αύξηση της τιμής του νερού σημειώθηκε το 1975. Παρόλη την αύξηση της τιμής η ετήσια κατανάλωση ύδατος δεν παρουσίασε πτώση. Αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι αποτέλεσε μια διορθωτική κίνηση που ίσως θα έπρεπε να είχε γίνει νωρίτερα.

Η Ε.ΥΔ.ΑΠ. είχε πάρει την πρωτοβουλία να καθορίζει αυτή της τιμές, αλλά στην πράξη το ύψος των τιμών προσδιοριζόταν από την Επιτροπή Τιμών και Εισοδημάτων. Τα κριτήρια καθορισμού της τιμής δεν αφορούσαν την πραγματική αξία του νερού αλλά την γενικότερη ετήσια κυβερνητική οικονομική πολιτική. Η ποσοστιαία μεταβολή της τιμής στα έτη 1975-1982 ήταν σχεδόν μηδενική. Η δεύτερη μεγάλη αναπροσαρμογή των τιμών γίνεται το

1982. Η αντίστοιχη ποσοστιαία μεταβολή των τιμών μεταξύ των ετών 1975 και 1982. Από το 1982 μέχρι το 1990 η τιμή του νερού παραμένει πάλι σχεδόν σταθερή. Παράλληλα η δεκαετία του 1980 χαρακτηρίζεται από πολύ υψηλό πληθωρισμό. Η λογική της ακαμψίας των τιμών στις κρατικές υπηρεσίες κοινωνικής ωφέλειας στόχευε στην συγκράτηση του πληθωρισμού. Με σταθερές μόνο τις τιμές του νερού, η αξία του νερού συνεχώς υποτιμάται. Τα έσοδα της επιχείρησης μειώνονται σε πραγματικές τιμές και τα ελλείμματα της διογκώνονται. Ο κεντρικός κυβερνητικός σχεδιασμός των τιμών συνεχίζεται και τα επόμενα χρόνια. Κάτι όμως έχει αλλάξει. Τα τιμολόγια καθορίζονται ανά πενταετία με βάση την απόδοση των επενδύσεων της Ε.ΥΔ.ΑΠ. Η χρηματοδότηση των δραστηριοτήτων της Ε.ΥΔ.ΑΠ. με ορθολογικό τρόπο, αποτελεί την απαραίτητη απόδοση κερδών στην επιχείρηση μέσω του τιμολογιακού μηχανισμού. Πλέον τα τιμολόγια διαμορφώνονται με από κοινού απόφαση των Υπουργών Ε.Θ.Ο. και ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ. και μετά από σύμφωνη γνώμη της Ε.ΥΔ.ΑΠ. Το 1990 και το 1992 γίνονται σημαντικές αυξήσεις στην τιμή, μιας και χρονικά βρισκόμαστε στη διάρκεια της κρίσης του υδραυλικού μοντέλου ανάπτυξης. Από 01/01/1990 μέχρι 01/07/1992 η τιμή του νερού αυξήθηκε κατά 400-900% ανάλογα με το κλιμάκιο κατανάλωσης. Το 1990-1991 ήταν ένα ιδιαίτερα υγρό υδρολογικό έτος, που έφερε μικρή αύξηση στα αποθέματα των ταμιευτήρων.

Η τελευταία εξέλιξη οδήγησε σε λανθασμένη και εσπευσμένη μικρή μείωση της τιμής του νερού. Η αύξηση της ζητούμενης ποσότητας λόγω μείωσης της τιμής υπολογίζετε σε 15% σε σχέση με το 1991. Αυτό συνέβαλε στην νέα κρίση του υδροδοτικού συστήματος. Το διάστημα 1992-1999 τα τιμολόγια είχαν παραμείνει και πάλι ουσιαστικά σταθερά. Η μικρή αύξηση το 1996 οφειλόταν στην ενσωμάτωση στην ογκομετρική χρέωση της εισφοράς του Μόρνου. Οι τιμές πενταετίας 2000-2005 για την κοινή κατανάλωση θεσπίστηκαν με πρόβλεψη για προσαύξηση τους με βάση τον πληθωρισμό ( $\Delta TK = \text{Δείκτης Τιμών Καταναλωτή}$ ). Τα δημόσια τιμολόγια θα αναπροσαρμόζονταν σύμφωνα με τον  $\Delta TK$ , αλλά θα χρεώνονταν με επιπλέον 15% ώστε να απαλειφθεί σταδιακά η έμμεση επιδότηση του κόστους της παροχής του νερού στα δημοτικά δίκτυα. Το τελευταίο μέτρο εξηγείται από το γεγονός ότι ενώ τα προηγούμενα χρόνια η τιμή του νερού για κοινή κατανάλωση πολλαπλασιάστηκε, δεν έγινε το ίδιο και για τις άλλες χρήσεις. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι για το διάστημα 01/-1/1990 μέχρι 01/07/1992 η τιμή του νερού για χρήση από τους Ο.Τ.Α. απλώς διπλασιάστηκε (ανεξάρτητα της καταναλισκόμενης ποσότητας). Εδώ πρέπει να επισημανθεί ότι η τιμή ήταν η μισή σε σχέση με αυτήν της κοινής κατανάλωσης.

## **2.5 Εποχιακή και ημερήσια διακύμανση της κατανάλωσης.**

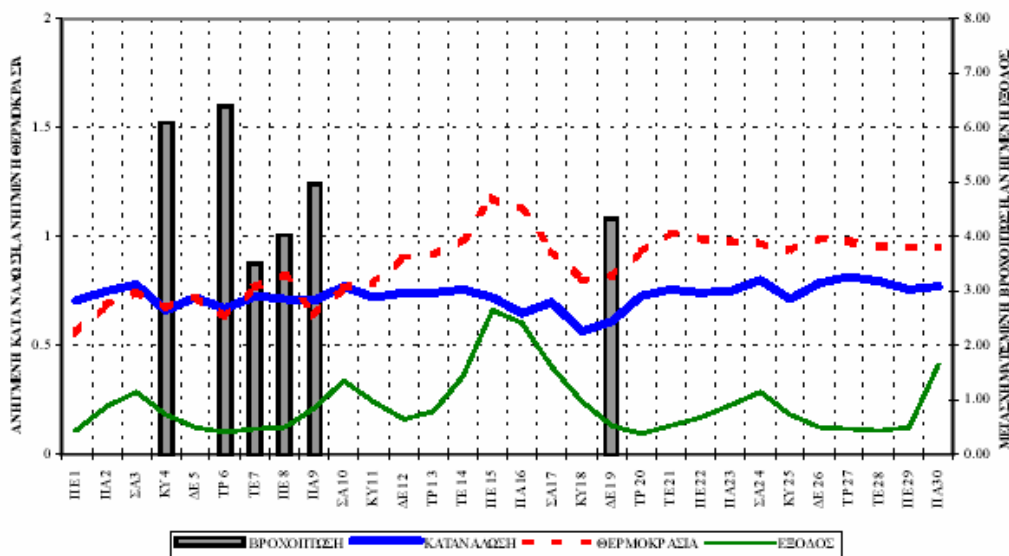
Διάφοροι παράγοντες επηρεάζουν την διακύμανση της κατανάλωσης. Η μετακίνηση του πληθυσμού, οι μετεωρολογικές συνθήκες και τέλος έκτακτοι παράγοντες αποτελούν τα κύρια αίτια μιας υφιστάμενης διακύμανσης.

Εξετάζοντας τις μέσες τιμές των ποσοστών κάθε χρήσεις για δυο χρονικές περιόδους (1973- 1999 και 1995- 1999), μπορούμε να παρατηρήσουμε τα ακόλουθα:

- i. κατά τους καλοκαιρινούς μήνες η κοινή κατανάλωση μειώνεται λόγω μετακίνησης του πληθυσμού της Αθήνας για διακοπές.
- ii. κατά τους καλοκαιρινούς μήνες η βιομηχανική ζήτηση αυξάνει, δεδομένου ότι σε αυτήν περιλαμβάνονται τα ξενοδοχεία. τους μήνες Μάρτιο, Ιούνιο και Σεπτέμβριο η δημόσια και δημοτική κατανάλωση διαθέτει της μεγαλύτερες τιμές της, λόγω της δεντροφύτευσης και της άρδευσης των πάρκων.
- iii. σχεδόν το 50% της κατανάλωσης των Ο.Τ.Α., γίνεται τους μήνες Ιούνιο με Σεπτέμβριο και εξηγείται από τη συσσώρευση πληθυσμού στο υπόλοιπο Αττικής για θερινές διακοπές.

Στο γράφημα 2.5, βλέπουμε πως παράγοντες όπως η βροχόπτωση και η θερμοκρασία επηρεάζουν την ημερήσια κατανάλωση.

Γράφημα 2.5 Επίδραση παραγόντων στην ημερήσια κατανάλωση.

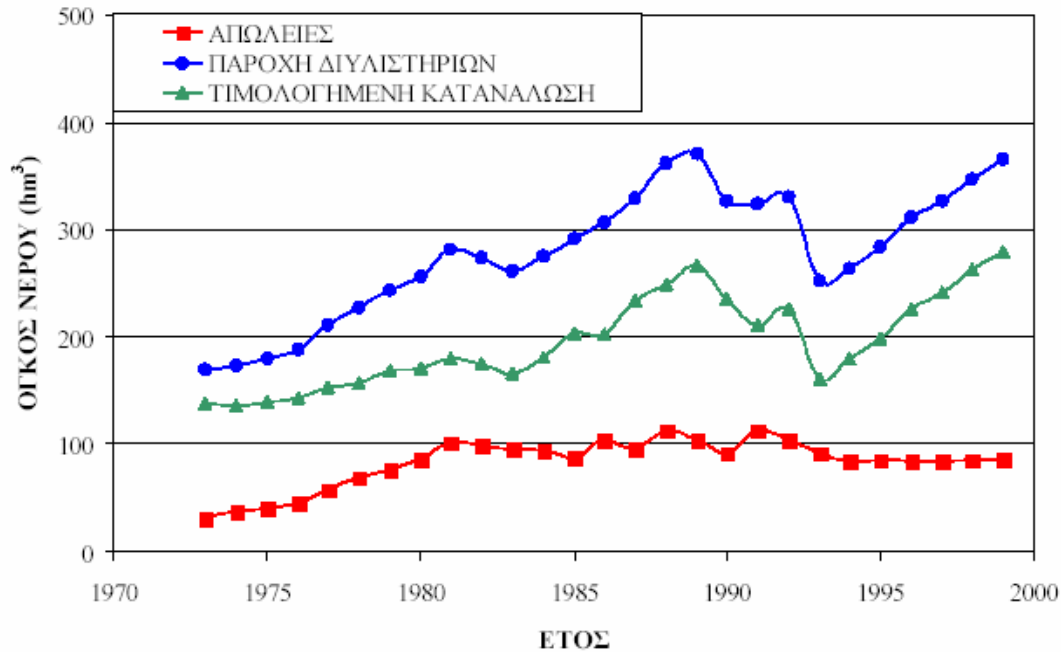


Πηγή Μαμάσης Ν., Πολιτάκη

## 2.6 Απώλειες νερού.

Οι συνολικές απώλειες νερού υπολογίζονται ως η διαφορά του συνολικού όγκου νερού που τιμολογείται από τον όγκο που καταγράφεται στην έξοδο των ταμιευτήρων.

Γράφημα 2.6 Χρονική εξέλιξη παροχής διυλιστηρίων και τιμολογημένης κατανάλωσης.



Πηγή: Μαμάσης Ν., Πολιτάκη Σ

Η διαφορά αυτή προέρχεται από τις διαρροές ή υπερχειλίσεις των εξωτερικών υδραγωγείων κατά τη διαδρομή μέχρι τα διυλιστήρια και από τις απώλειες του εσωτερικού δικτύου ύδρευσης. Οι τελευταίες προέρχονται από τα σφάλματα των οικιακών υδρομετρητών που εκτιμούν την εισερχόμενη ποσότητα και από διαρροές του εσωτερικού δικτύου ή παράνομες απολήψεις. Με βάση τα δεδομένα των ετών 1996- 2000 τα ποσοστά αυτών εκτιμάται σε 12% για την Μάνδρα, 3% για τα Κιούρκα, 1- 2% για το Μενίδι και 0,5% για το Γαλάτσι. Στο γράφημα 3.1.5, παρουσιάζονται οι απώλειες, δηλαδή οι ποσότητες που εξέρχονται από τα διυλιστήρια και η ποσότητες που τελικά φτάνουν στον καταναλωτή και τιμολογούνται.

## **Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup>**

### **Υδραγωγεία.**

#### **3.1 Το υδροδοτικό σύστημα της Αθήνας.**

Το υδροδοτικό σύστημα της Αθήνας αποτελείται από τους επιφανειακούς ή υπόγειους υδατικούς πόρους, τα έργα αποθήκευσης επιφανειακού νερού (ταμιευτήρες, φράγματα και δεξαμενές), τα έργα άντλησης υπόγειου νερού (γεωτρήσεις), τα εξωτερικά υδραγωγεία, τα έργα διαχείρισης υδραγωγείων (αντλιοστάσια, ρυθμιστές ροής), το δίκτυο διασύνδεσης μονάδων επεξεργασίας και τις μονάδες επεξεργασίας νερού.

#### **3.2 Υδατικοί πόροι.**

Το υδροδοτικό σύστημα χρησιμοποιεί και επιφανειακούς και υπόγειους υδατικούς πόρους. Οι επιφανειακοί πόροι προέρχονται από τα ποτάμια Μόρνος, Εύηνος, Β. Κηφισός, Χάραδρος και τη λίμνη Υλίκη. Οι υπόγειοι πόροι προέρχονται από γεωτρήσεις και βρίσκονται στο μέσου ρου Β. Κηφισού, στην Υλίκη και στην Β. Α. Πάρνηθα. Οι παραπάνω υδάτινοι πόροι μπορούν να διακριθούν σε κύριους (Μόρνος, Εύηνος), βοηθητικούς (Υλίκη, Μαραθώνας) και εφεδρικούς(οι γεωτρήσεις).Παρακάτω παραθέτονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά των υδάτινων πόρων.

Πίνακας 3.2α Επιφανειακοί υδατικοί πόροι.

Λεκάνη απορροής	Έκταση (km <sup>2</sup> )	Μέση ετήσια απορροή (hm <sup>3</sup> )
Μόρνου (ανάτη φράγματος)	588.1	234.1
Ευήνου (ανάτη φράγματος)	351.9	276.1
Βοιωτικού Κηφισού και Υλίκης	2466.6	294.1
Χάραδρου (ανάτη φράγματος)	118.0	13.4

Πηγή:Ε.ΥΔ.Α.Π.

Πίνακας 3.2β Υπόγειοι υδατικοί πόροι.

Υδροφορέας	Πλήθος γεωτρήσεων ΕΥ.ΔΑ.Π.	Ετήσια αντλητική ικανότητα (hm <sup>3</sup> )
Μέσου ρου Β. Κηφισού	16	25
Υλίκης	33	20
Β.Α. Πάρνηθας	34	43

Πηγή:Ε.ΥΔ.Α.Π.





### 3.3 Ταμιευτήρες – Φράγματα.

Οι κύριοι ταμιευτήρες είναι του Μόρνου και του Ευήνου ως βοηθητικός υδατικός πόρος είναι ο ταμιευτήρας της Υλίκης και ο ταμιευτήρας Μαραθώνα χρησιμοποιείται κυρίως για την αποθήκευση νερού, για λόγους ασφαλείας λόγω της εγγύτητας του στην Αθήνα.

#### 3.3.1 Το φράγμα του Μόρνου.

Το φράγμα, ένα από τα μεγαλύτερα της Ευρώπης, αποτελείται από αδιαπέρατο αργιλικό πυρήνα, μεταβατικές ζώνες φίλτρων εκατέρωθεν του πυρήνα, σώματα στήριξης του πυρήνα ανάντη - κατάντη από αμμοχάλικο και προστατευτική λιθορριπή στην ανάντη πλευρά. Ο ανάντη πόδας του Φράγματος είναι διαμορφωμένος σε πρόφραγμα με στεγανό αργιλικό πυρήνα. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του φράγματος είναι:

- Τύπος Φράγματος: Χωμάτινο, με αργιλικό πυρήνα
- Μέγιστο ύψος Φράγματος: 126 m
- Μέγιστο ύψος Φράγματος (από στάθμη θεμελίωσης): 139 m
- Μέγιστο πλάτος στη βάση: 595 m
- Πλάτος στέψης: 10 m
- Μήκος βάσης: 250 m
- Μήκος στέψης: 815 m
- Όγκος υλικού Φράγματος:  $17 \times 10^6 \text{ m}^3$
- Υψόμετρο στέψης: + 446,50 m (πάνω από το επίπεδο θαλάσσης)
- Ανώτερη στάθμη πλημμύρας: + 443,50 m (πάνω από το επίπεδο θαλάσσης)
- Κλίσεις πρανών: Ανάντη 1:2,4 - Κατάντη 1:2
- Στάθμη υπερχείλιση: + 435 m (πάνω από το επίπεδο θαλάσσης)
- Παροχή σηραγγοειδούς υπερχείλιση:  $1.300 \text{ m}^3/\text{sec}$
- Παροχή σήραγγας εκκένωσης:  $400 \text{ m}^3/\text{sec}$
- Κατωτάτη στάθμη εκκένωσης: + 347,50 m (πάνω από το επίπεδο θαλάσσης)

Τα χαρακτηριστικά ταμιευτήρα Μόρνου είναι τα κάτωθι:

- Επιφάνεια στη στάθμη υπερχείλισης:  $19,9 \text{ km}^2$
- Λεκάνη απορροής:  $588 \text{ km}^2$
- Μέσο υψόμετρο λεκάνης απορροής: +1.082 m (πάνω από το επίπεδο θαλάσσης)

- Μέση βροχόπτωση: 948 km/year (τυπική απόκλιση 198 km/year)
- Μέση εισροή:  $240 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{year}$
- Μέση εκροή:  $195 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{year}$
- Μέγιστη χωρητικότητα:  $764 \times 10^6 \text{ m}^3$
- Μέγιστος ωφέλιμος όγκος:  $630 \times 10^6 \text{ m}^3$
- Μέγιστος ωφέλιμος όγκος με άντληση:  $722 \times 10^6 \text{ m}^3$
- Κανονική στάθμη λειτουργίας πύργου υδροληψίας: +394 m (πάνω από το επίπεδο θαλάσσης)
- Ελάχιστη στάθμη λειτουργίας πύργου υδροληψίας: + 378 m (πάνω από το επίπεδο θαλάσσης)

### 3.3.2 Το φράγμα του Εύηνου.

Το φράγμα αποτελείται από αδιαπέρατο αργιλικό πυρήνα, φίλτρο κατάντη του πυρήνα, στραγγιστήρια από χάλικες στο ανάντη σώμα του Φράγματος και προστατευτική λιθορριπή στην ανάντη πλευρά.

- Τύπος Φράγματος: χωμάτινο, με αργιλικό πυρήνα
- Μέγιστο ύψος Φράγματος: 107 m
- Μέγιστο ύψος Φράγματος (από στάθμη θεμελίωσης): 127 m
- Μήκος στέψης: 640 m
- Πλάτος στέψης: 10 m
- Μέγιστο πλάτος με βάση: 610 m
- Υψόμετρο στέψης: + 519 m (πάνω από το επίπεδο θαλάσσης)
- Ανώτερη στάθμη πλημμύρας: + 517 m (πάνω από το επίπεδο θαλάσσης)
- Κλίσεις πρανών: ανάντη 1:2,3 - Κατάντη 1:2
- Όγκος υλικού Φράγματος:  $14 \times 10^6 \text{ m}^3$
- Στάθμη Υπερχείλισης: + 505 m (πάνω από το επίπεδο θαλάσσης)
- Παροχή υπερχειλιστού:  $400 \text{ m}^3/\text{sec}$
- Παροχή εκκενωτού πυθμένα:  $100 \text{ m}^3/\text{sec}$
- Κατώτατη στάθμη εκκένωσης:  
(χαμηλή είσοδος): + 430 m (πάνω από το επίπεδο θαλάσσης)  
(υψηλή είσοδος): + 450 m (πάνω από το επίπεδο θαλάσσης)

Τα χαρακτηριστικά ταμειυτήρα Ευήνου:

- Επιφάνεια στη στάθμη υπερχειλίσης:  $3,6 \text{ km}^2$
- Λεκάνη απορροής:  $352 \text{ km}^2$

- Μέση βροχόπτωση: 1.219 km/year (τυπική απόκλιση km/year)
- Μέση εισροή:  $280 \times 10^6 \text{ m}^3$
- Μέγιστη χωρητικότητα:  $138 \times 10^6 \text{ m}^3$
- Μέγιστος ωφέλιμος όγκος:  $113 \times 10^6 \text{ m}^3$
- Κανονική στάθμη λειτουργίας πύργου υδροληψίας: + 458 m (πάνω από το επίπεδο θαλάσσης)
- Ελάχιστη στάθμη λειτουργίας πύργου υδροληψίας: + 444,70 m (πάνω από το επίπεδο θαλάσσης)
- Στάθμη εισόδου σήραγγας Εύηνου - Μόρνου: + 435 m (πάνω από το επίπεδο θαλάσσης)

### 3.3.3 Το φράγμα του Μαραθώνα.

Το φράγμα έχει κατασκευαστεί από σκυρόδεμα και είναι εξ ολοκλήρου επενδεδυμένο με Πεντελικό μάρμαρο, γεγονός που του προσδίδει μοναδικότητα σε παγκόσμιο επίπεδο.

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά φράγματος Μαραθώνα:

- Τύπος Φράγματος: Βαρύτητας από σκυρόδεμα
- Μέγιστο ύψος Φράγματος: 54 m
- Μέγιστο ύψος Φράγματος (από στάθμη θεμελίωσης): 62,5 m
- Μέγιστο πλάτος στη βάση: 48 m
- Πλάτος στέψης: 4,5m
- Μήκος στέψης: 285 m
- Υψόμετρο στέψης: + 227 m (πάνω από το επίπεδο θαλάσσης)
- Υψόμετρο πόδα (κατώτερο σημείο): + 173 m (πάνω από το επίπεδο θαλάσσης)
- Στάθμη υπερχειλιστή: + 223 m (πάνω από το επίπεδο θαλάσσης)
- Παροχή υπερχειλιστή:  $520 \text{ m}^3/\text{sec}$
- Όγκος υλικού Φράγματος:  $180.000 \text{ m}^3/\text{sec}$  (σκυροδέματος και λιθοδομής)

Τα χαρακτηριστικά ταμιευτήρα Μαραθώνα:

- Επιφάνεια στη στάθμη υπερχείλισης:  $2,45 \text{ km}^2$
- Λεκάνη απορροής:  $118 \text{ km}^2$
- Μέση εισροή:  $21 \times 10^6 \text{ km/year}$
- Μέση βροχόπτωση: 680 km/year (τυπ. απόκλιση 208 km/year)
- Μέση εκροή:  $19 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{year}$
- Μέγιστη χωρητικότητα:  $41 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{year}$

- Μέγιστος ωφέλιμος όγκος:  $34 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{year}$
- Ελάχιστη στάθμη λειτουργίας πύργου υδροληψίας: + 186 m (πάνω από το επίπεδο θαλάσσης)

### 3.3.4 Ο ταμιευτήρας της Υλίκης.

Τα χαρακτηριστικά ταμιευτήρα Υλίκης:

- Επιφάνεια στη στάθμη υπερχείλισης:  $24,5 \text{ km}^2$
- Επιφάνεια λεκάνης απορροής:  $2.467 \text{ km}^2$
- Μέση βροχόπτωση:  $648 \text{ km/year}$  (τυπ. απόκλιση  $165 \text{ km/year}$ )
- Μέση εισροή:  $300 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{year}$
- Μέση εκροή:  $113 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{year}$
- Με φυσική στάθμη: Υπερχείλιση (προς Παραλίμνη): + 78,10 m (πάνω από το επίπεδο θαλάσσης)
  - Μέγιστη χωρητικότητα:  $553 \times 10^6 \text{ m}^3$
  - Μέγιστος ωφέλιμος όγκος:  $543 \times 10^6 \text{ m}^3$
- Με τεχνητή στάθμη: Υπερχείλιση (προς Παραλίμνη): + 79,80 m (πάνω από το επίπεδο θαλάσσης)
  - Μέγιστη χωρητικότητα:  $600 \times 10^6 \text{ m}^3$
  - Μέγιστος ωφέλιμος όγκος:  $590 \times 10^6 \text{ m}^3$
- Κατώτατη στάθμη υδροληψίας: + 43,50 m (πάνω από το επίπεδο θαλάσσης)

### 3.4 Γεωτρήσεις-υπόγειοι υδροφορείς.

Η Ε.ΥΔ.ΑΠ. Α.Ε. έχει εγκαταστήσει περισσότερες από εκατό γεωτρήσεις που λειτουργούν σε ομάδες και χρησιμοποιούνται σήμερα εφεδρικά. Μπορούν να διακριθούν ως προς την σημερινή τους λειτουργία σε κύριες και άλλες. Οι γεωτρήσεις έχουν συνολική ισχύ  $25.000 \text{ HP}$  και συνολική αντλητική ικανότητα  $800.000 \text{ m}^3/\text{day}$ . Η ασφαλής τους απόδοση εκτιμάται σε  $70-125 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{year}$ .

Οι βασικότερες ομάδες εκ των κύριων γεωτρήσεων είναι:

- i. Β. Α. Πάρνηθα, με 43 γεωτρήσεις, εγκατεστημένη ισχύ  $8.340 \text{ HP}$  και αντλητική ικανότητα  $210.000 \text{ m}^3/\text{day}$ .
- ii. Μαυροσουβάλας, με 15 γεωτρήσεις, εγκατεστημένη ισχύ  $8.400 \text{ HP}$  και αντλητική ικανότητα  $100.000 \text{ m}^3/\text{day}$ .
- iii. Ούγγρων, με 10 γεωτρήσεις, εγκατεστημένη ισχύ  $1.960 \text{ HP}$  και αντλητική ικανότητα  $60.000 \text{ m}^3/\text{day}$ .

- iv. Βοιωτικού Κηφισού, με 28 γεωτρήσεις, εγκατεστημένη ισχύ 2.350 HP και αντλητική ικανότητα 260.000 m<sup>3</sup>/day.
- v. Ν. Δ. Υλίκης, με 14 γεωτρήσεις, εγκατεστημένη ισχύ 2.500 HP και αντλητική ικανότητα 100.000 m<sup>3</sup>/day.

Πίνακας 3.4 Ομάδες γεωτρήσεων.

Όνομα	Πλήθος γεωτρήσεων	Εγκαταστημένη ισχύς (Hp)	Υφιστάμενη αντλητική ικανότητα
Β.Α. ΠΑΡΝΗΘΑΣ			
Μαυροσουβάλας	20	6110	120
Βίλιζας (10 <sup>οο</sup> Σίφωνα)	7	1740	23
No 3	4	760	13
Αυλώνα	3	570	11
ΥΛΙΚΗΣ			
Ούγγρων	11	1800	60
Ν.Δ Υλίκης	14	2450	70
Ταξιαρχών	8	1200	46
ΜΕΣΟΥ ΡΟΥ Β. ΚΗΦΙΣΟΥ			
Βασιλικών-Παρορίου	16	4500	100

Πηγή: Ε.Υ.Δ.ΑΠ.

### 3.5 Υδραγωγεία.

Οι αγωγοί μεταφοράς διακρίνονται σε κύρια, ενωτικά και βοηθητικά υδραγωγεία με συνολικά μήκη 310 km, 104 km και 80,1 km αντίστοιχα. Τα κύρια υδραγωγεία Μόρνου και Υλίκης συνδέονται μεταξύ τους μέσω των ενωτικών Υδραγωγείων, που μαζί με τα ενωτικά έχουν συνολικό μήκος 500 km. Η δημιουργία των ενωτικών υδραγωγείων επιτρέπει τη συντήρηση, τον έλεγχο και την επισκευή αυτών των δύο υδραγωγείων. Επιπλέον υπάρχει η ευχέρεια στο να διακόψουν τη λειτουργία του ενός από τα δύο. Όπως επίσης παρέχουν τη δυνατότητα εναλλακτικών τρόπων εκμετάλλευσης των πηγών υδροληψίας, επιφανειακών και υπόγειων πηγών, ανάλογα με τις υδρολογικές συνθήκες και τις ανάγκες της κατανάλωσης και η απόσταση μεταξύ των κύριων υδροδοτών (Μόρνου και Υλίκης) είναι αρκετά μεγάλη, τα περισσότερα m<sup>3</sup> νερού μεταφέρονται μέσω αγωγών βαρύτητας χωρίς την οικονομική αλλά και την περιβαλλοντική επιβάρυνση ενεργοβόρων αντλήσεων, που μόνο σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης ενεργοποιούνται. Σύμφωνα με τα σημερινά αποθέματα νερού

και με τα ύψη μελλοντικών βροχοπτώσεων, έστω και χαμηλών, εντός όμως των προβλεπόμενων στατιστικών ορίων, εκτιμάται ότι δε θα χρειαστεί συστηματική άντληση από τη λίμνη της Υλίκης, παρά μόνο συγκυριακή, ως εναλλακτικό σενάριο λειτουργίας για λόγους επισκευής ή και συντήρησης του υδραγωγείου του Μόρνου. Ακολουθεί πίνακας με τα υδραγωγεία κατά κατηγορία

Πίνακας 3.5 Χαρακτηριστικά υδραγωγείων.

Όνομα	Διώρυγες (m)	Σίφωνες (m)	Σήραγγες (m)	Κλειστοί αγωγοί (m)	Σύνολο (m)
<b>ΚΥΡΙΑ</b>					
Μαραθώνα-Γαλατσίου			15785	5764	21550
Κακοσάλεσι	362	1350	9325	12769	23810
Υλίκης	23385	7500	3000	3800	37690
Μόρνου	109900	7000	70700		187600
Εύηνου			29000		29000
<b>ΕΝΩΤΙΚΑ</b>					
Κιούρκων - Μενιδίου				21655	21650
Μαραθώνα (Μόρνος-Βίλιζα)	5720	2680		9450	17850
Διστόμου (Κωπαΐδα - Μόρνος)				19000	19000
Δαύλειας - Υλίκης	14000			26800	40800
Κρεμμιάδας -Κλειδιού		2500		2850	5350
<b>ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ</b>					
Φράγματος Κακοσάλεσι			800	2200	30000
Παράκαμψη Φ900 Βίλιζας				12700	1270
Παράκαμψη Φ1900 Μαλακά				1400	1400
Πλωτού Υλίκης				5170	5170
Γεωτρήσεων Βασιλικών-Παρορίου	2402			5381	7780
Γεωτρήσεων ΝΔ Υλίκης	5189	3985		150	9320
Γεωτρήσεων Ταξιαρχών				4840	4840
Γεωτρήσεων Ούγγρων-Μουρικού				7615	7620
Γεωτρήσεων Βίλιζας				1450	1450
<b>ΣΥΝΟΛΑ</b>	<b>160958</b>	<b>25015</b>	<b>128610</b>	<b>154103</b>	<b>468690</b>

Πηγή: ΕΥ.ΔΑ.Π.

Στον πίνακα δεν περιλαμβάνονται τα βοηθητικά υδραγωγεία Αγίου Θωμά, συνολικού μήκους 7710m, και Καλάμου, συνολικού μήκους 16400 m, καθώς το νερό που μεταφέρουν είναι ακατάλληλο για πόση.

### 3.5.1 Υδραγωγείο Μόρνου.

Το υδραγωγείο Μόρνου μεταφέρει το νερό από τον ταμιευτήρα Μόρνου στις μονάδες επεξεργασίας Μάνδρας και Μενιδίου. Συνδέεται με το υδραγωγείο Υλίκης στη θέση "Δαφνούλα", μέσω του ενωτικού υδραγωγείου Μόρνου - Υλίκης. Είναι υδραγωγείο συνολικού μήκους 188 km που λειτουργεί με βαρύτητα.

Αποτελείται από :

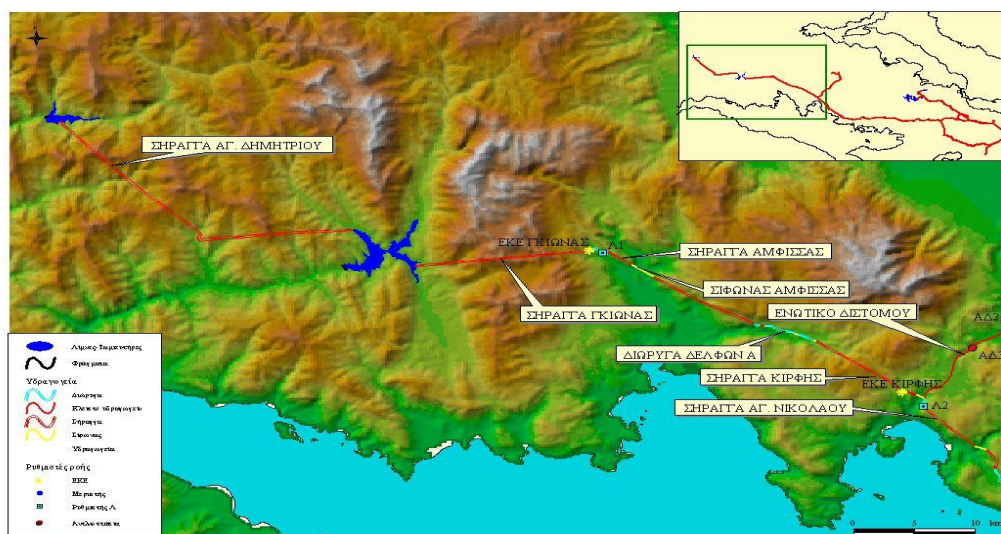
- i. 15 σήραγγες διαμέτρων 3.6 έως 4 m. Εννέα από αυτές λειτουργούν υπό πίεση (Γκιώνας, Κίρφης, Ελικώνα Α', Κιθαιρώνα, Άμφισσας, Μοναστηρίου Αγ. Νικολάου, Κυριάκου, Θίσβης) και έξι με ελεύθερη ροή (Κασταλιάς, Δελφών, Διστόμου, Ελικώνας Β', Ταξιαρχών, Προδρόμου). Οι σήραγγες της Γκιώνας, Κίρφης, Ελικώνα Α' και Κιθαιρώνα καταλήγουν σε έργα καταστροφής ενέργειας (Ε.Κ.Ε.). Στο έργο της Γκιώνας για παροχή μεγαλύτερη από 7 m<sup>3</sup>/s λειτουργεί υδροηλεκτρικός σταθμός της Δ.Ε.Η. ισχύος 13 MW.
- ii. 12 σίφωνες μήκους 7 km. Οι έξι ανάντη του όρους Κιθαιρώνας (Άμφισσας, Σ36, Σ38, Διστόμου, Καλογερικού, Ελικώνα) είναι δίδυμοι χαλύβδινοι αγωγοί, επενδυμένοι με οπλισμένο σκυρόδεμα, με διάμετρο 2.55 m και παροχετευτικότητα 23 m<sup>3</sup>/s. Οι υπόλοιποι έξι που βρίσκονται κατάντη του Κιθαιρώνα (Σ163, Σ168, Σ174, Χασιάς, Σ183, Σ188) έχουν διαμέτρους 2.55-3.20 m και συνολική παροχετευτικότητα 11 m<sup>3</sup>/s.
- iii. 15 διώρυγες μήκους 73 km.

Η διώρυγα Θηβών, μήκους 40 km, είναι τραπεζοειδούς διατομής με διαστάσεις βάση/στέψη/ύψος 4.0/13.3/3.1 m και κλίση πρανών 3:2. Διαθέτει επένδυση από σκυρόδεμα τραπεζοειδούς τάφρου, σε φυσικό ή διαμορφωμένο έδαφος. Η διώρυγα Κιθαιρώνα είναι ανοικτή διώρυγα διαστάσεων 4.00/5.20/3.45 m και κλίσεις εσωτερικών πρανών 5:1. Τμήματα της διώρυγας (μήκους 8 km) έχουν υπερυψωθεί και έχουν παροχετευτικότητα 23 m<sup>3</sup>/s ενώ στο υπόλοιπο τμήμα της η παροχετευτικότητα είναι 11.0 m<sup>3</sup>/s. Οι άλλες δεκατρείς διώρυγες έχουν αυτοευσταθείς ορθογωνικές διατομές, με κλίση εσωτερικών πρανών 5:1 και διαστάσεις: 4.00/5.80/4.45 m (Άμφισσας, Χρισσού, Κίρφης, Άσπρων Σπιτιών, Κυριακίου, Ελικώνα Α', Ελικώνα Β', Προδρόμου), 5.00/6.80/4.45 m (Δελφών Α', Δελφών Β', Ταξιαρχών Α', Ταξιαρχών Β') και 6.00/7.35/3.40 m (Θίσβης-Ελλοπίας).



Το υδραγωγείο (σήραγγα) Εύηνου - Μόρνου μεταφέρει το νερό από τον ταμιευτήρα του Ευήνου στον ταμιευτήρα του Μόρνου. Η σήραγγα λειτουργεί υπό πίεση, έχει συνολικό μήκος 29.4 km, διάμετρο επένδυσης 3.5 m και μεταβλητή παροχετευτικότητα (μέγιστη 27 m<sup>3</sup>/s) ανάλογα με τη στάθμη του ταμιευτήρα Ευήνου. Η σήραγγα εκβάλλει στον ταμιευτήρα του Μόρνου, 10 m πάνω από τη στάθμη υπερχείλισης του φράγματος (+445 m).

Εικόνα 3.5.1 Υδραγωγείο Μόρνου ανάντη ενωτικού υδραγωγείου Διστόμου.



Πηγή Ε.ΥΔ.ΑΠ.

### 3.5.2 Υδραγωγείο Υλίκης.

Το Υδραγωγείο Υλίκης μεταφέρει το νερό από τον ταμιευτήρα Υλίκης στον ταμιευτήρα του Μαραθώνα και υδροδοτεί τη μονάδα επεξεργασίας Κιούρκων. Ενδιάμεσα υδροδοτεί τη Μονάδα Επεξεργασίας Νερού Πολυενδρίου (Μ.Ε.Ν.). Συνδέεται μέσω του Ενωτικού Υδραγωγείου με το Υδραγωγείο Μόρνου στη θέση "Δαφνούλα", (μεριστής Κιθαιρώνα). Είναι υδραγωγείο συνολικού μήκους 66,7 km. που λειτουργεί με άντληση. Πέρα από τα υδραγωγεία του Μόρνου και τις Υλίκης, υπάρχουν και αλλά πέντε κύρια υδραγωγεία (Μαραθώνα- Γαλασίου, Σουλίου, Κακοςάλεσι, Εύηνου) συνολικού μήκους 85,43 km. . Η μέγιστη παροχετευτικότητα του υδραγωγείου είναι 730.000 m<sup>3</sup>/s νερού ανά μέρα.

Το υδραγωγείο Υλίκης αποτελείται από :

- i. Το κλειστό υδραγωγείο, από το κεντρικό αντλιοστάσιο (+80 m) έως τη δεξαμενή ηρεμίας, το ανοικτό υδραγωγείο Υλίκης (διώρυγα ορθογωνικής διατομής μήκους 14.5 km), τη σήραγγα Τανάγρας και το δίδυμο ανοικτό

υδραγωγείο Υλίκης - Κρεμμάδας, ελεύθερης ροής έως τον διαχωριστή Κρεμμάδας (+172 m). Από εκεί η ροή μπορεί να κατευθυνθεί προς το ενωτικό υδραγωγείο Μαραθώνα μέσω του ενωτικού υδραγωγείου Κρεμμάδας - Κλειδιού.

- ii. Δύο σίφωνες, διαμέτρου 1300 mm έως το αντλιοστάσιο Βίλιζας.
- iii. Καταθλιπτικό χαλύβδινο αγωγό διαμέτρου 900 mm και μήκους 13 km από το αντλιοστάσιο Βίλιζας έως το αντλιοστάσιο N4.
- iv. Τη σήραγγα Σφενδάλης, το υδραγωγείο Μαλακάσας και χαλύβδινο αγωγό διαμέτρου 1900 mm, παράλληλο με το υδραγωγείο Μαλακάσας έως τη σήραγγα Κιούρκων.
- v. Η σήραγγα Κιούρκων έως τα δυλιστήρια Κιούρκων και τον ταμιευτήρα Μαραθώνα.

### 3.6 Ενωτικά Υδραγωγεία.

Τα ενωτικά υδραγωγεία είναι επτά. (Κρεμμάδας- Κλειδιού , Μαραθώνα, Δίστομου, Μόρνου- Υλίκης, Κακοσάλεσι, Μενιδίου – Χελιδονού, Χελιδονούς – Μ.Ε.Ν. Γαλασίου)

- i. Το ενωτικό υδραγωγείο Κρεμμάδας - Κλειδιού αποτελείται από δύο αγωγούς. Ο παλιός είναι από προεντεταμένο σκυρόδεμα διαμέτρου 1300 mm ενώ ο νέος είναι χαλύβδινος διαμέτρου 1600 mm και εκτείνονται από τον διαχωριστή Κρεμμάδας έως την δεξαμενή Κλειδιού, μέσω του αντλιοστασίου Ασωπού.
- ii. Το ενωτικό υδραγωγείο του Μαραθώνα μεταφέρει το νερό του Ταμιευτήρα Μαραθώνα στη μονάδα επεξεργασίας Γαλασίου και έχει συνολικό μήκος 21,5 km.

Εικόνα 3.6α Ενωτικά υδραγωγεία Μαραθώνα και Κρεμμάδας - Κλειδιού και υδραγωγείο Υλίκης.



Πηγή: Ε.ΥΔ.ΑΠ.

- iii. Το υδραγωγείο Δίστομου μεταφέρει το νερό από τις γεωτρήσεις Βασιλικών- Παρορίου και το ρέμα Μαυρονερίου στο υδραγωγείο Μόρνου και έχει συνολικό μήκος 19 km.
- iv. Το ενωτικό υδραγωγείο Μόρνου- Υλίκης διασυνδέει το υδραγωγείο Μόρνου με το υδραγωγείο Υλίκης, και έχει συνολικό μήκος 17,9km.
- v. Το υδραγωγείο Κακοςάλεσι είναι ανοικτό υδραγωγείο (για 12.8 km κλειστό ελεύθερης ροής) από το αντλιοστάσιο Βίλιζας έως την αρχή της σήραγγας Κιούρκων.

Εικόνα 3.6β Ενωτικό υδραγωγείο Μόρνου-Υλίκης.



Πηγή: Ε.ΥΔ.ΑΠ.

- vi. Το ενωτικό υδραγωγείο Μενιδίου - Χελιδονού αποτελείται από έναν αγωγό προεντεταμένου σκυροδέματος διαμέτρου 1300 mm και από έναν πρόσφατα κατασκευασμένο χαλύβδινο αγωγό διαμέτρου 1700 mm.
- vii. Το υδραγωγείο Κόμβου Χελιδονούς – Μ.Ε.Ν. Γαλατσίου έχει 2 ξεχωριστούς κλάδους, ο ένας από προεντεταμένο αγωγό διαμέτρου 1700 mm και μήκους 7.4 km, ενώ ο άλλος αποτελείται από 2 συνεχόμενες σήραγγες και ένα σίφωνα (μήκους 2.4 km) στο πρώτο τμήμα του και 2 χυτοσιδηρούς αγωγούς διαμέτρου 1250 mm και 900 mm (μήκους 5.7 km) στο δεύτερο τμήμα του.

### 3.7 Λειτουργία των υδραγωγείων.

Η λειτουργία των υδραγωγείων γίνεται με ρυθμιστές ροής και αντλιοστάσια. Βρίσκονται κυρίως στο υδραγωγείο του Μόρνου και



διακρίνονται σε έργα καταστροφής ενέργειας, μεριστές και συστήματα ελέγχου τύπου Λ. Τα έργα καταστροφής ενέργειας (Ε.Κ.Ε.) βρίσκονται στις εξόδους των σηράγγων υπό πίεση. Είναι εξοπλισμένα με θυροφράγματα και συνδυάζονται με λεκάνες ηρεμίας κατάντη και πύργους ανάπαλσης ανάντη. Στο υδραγωγείο Μόρνου υπάρχουν πέντε Ε.Κ.Ε. και χωρίζονται σε δύο είδη: βαλβίδες κοίλης φλέβας (Γκιώνας και Κλειδιού) και τοξωτά παράλληλα θυροφράγματα (Κίρφης, Ελικώνα και Κιθαιρώνα) τα οποία συνδυάζονται με πύργους αναπλάσεως στην έξοδο και στην είσοδο των σηράγγων. Με τη λειτουργία των Ε.Κ.Ε. μπορούν να αποθηκευτούν έως  $0.7 \text{ hm}^3$  στο δίκτυο σε περιπτώσεις βλαβών.

Οι μεριστές είναι τέσσερις (Κρεμμάδας, Κλειδιού, Κιθαιρώνα και Χελιδονούς). Ο μεριστής Χελιδονούς είναι σημαντικός κόμβος για το σύστημα αφού χρησιμοποιείται στη διασύνδεση των μονάδων επεξεργασίας.

Οι ρυθμιστές «τύπου Λ» είναι επίπεδα θυροφράγματα, τα οποία ανοίγουν και κλείνουν ώστε να ρυθμίζεται η παροχή, να απομονώνονται τα κατάντη τμήματα ή να αποθηκεύεται νερό στα ανάντη τμήματα. Τα θυροφράγματα είναι είτε ανοικτά (τελείως ή μερικά), είτε κλειστά οπότε η ροή γίνεται με υπερχειλίση. Στο υδραγωγείο υπάρχουν 24 ρυθμιστές (18 τύπου Λ). Με τη λειτουργία των ρυθμιστών Λ μπορούν να αποθηκευτούν έως  $1.15 \text{ hm}^3$  στο δίκτυο σε περιπτώσεις διακοπής της υδροδότησης.

Εικόνα 3.7 Ρυθμιστής ροής τύπου Λ στο υδραγωγείο του Μόρνου.



Πηγή: Επί τόπου επίσκεψη

Οι υπερχειλιστές βρίσκονται ανάντη των σιφώνων και των σιφράγγων και αποχετεύουν τις ποσότητες νερού που δεν μπορούν να αποθηκευτούν στο δίκτυο (περίπτωση απότομων μειώσεων της ζήτησης). Οι κύριοι υπερχειλιστές βρίσκονται στις θέσεις Δαφνούλα (ανάντη μεριστή Κιθαιρώνα), Χασιά, Εσχατία (ανάντη της Μ.Ε.Ν. Μενιδίου) και στις εισόδους των σιφράγγων Κίρφης και Ελικώνα.

Οι εκκενωτές χρησιμεύουν για την εκκένωση τμημάτων των υδραγωγείων σε περιπτώσεις ατυχημάτων ή εργασιών συντήρησης. Συνολικά υπάρχουν 34 εκκενωτές με κυριότερο της Χασιάς (στον Λ14). Αυτός είναι τηλεχειριζόμενος και μπορεί να παροχετεύσει άμεσα ποσότητες νερού από την διώρυγα Κιθαιρώνα.

### **3.8 Ρύθμιση Ροής.**

Η ρύθμιση ροής του νερού εφαρμόζεται στα δύο κύρια υδραγωγεία, όπως αναφέρεται παρακάτω:

#### **i. Υδραγωγείο Μόρνου**

Η στάθμη στο υδραγωγείο καταγράφεται από 73 σταθμήμετρα και οι παροχές υπολογίζονται από εγκατεστημένα παροχόμετρα σε συνδυασμό με τις στάθμες και τα γεωμετρικά στοιχεία των αγωγών.

Η ρύθμιση της ροής γίνεται από τρία συνεργαζόμενα συστήματα συλλογής δεδομένων, ελέγχου και αποφάσεων που λειτουργούν ως εξής:

Το σύστημα των Ελεγκτών Προγραμματιζόμενης Λογικής (Programmable Logic Controllers, PLC) σχηματίζεται από μικροϋπολογιστές τοποθετημένους στις θέσεις ρύθμισης και ελέγχου της ροής που δέχονται και αποθηκεύουν δεδομένα μέτρησης και τα μεταδίδουν στο Σύστημα Εποπτικού Ελέγχου και Συλλογής Πληροφοριών (Supervisory Control And Data Acquisition, SCADA). Στο σύστημα αυτό συλλέγονται οι πληροφορίες μέτρησης από τους Ελεγκτές και εμφανίζονται στους χειριστές με δυνατότητα μεταφοράς τους και σε κάποιο σύστημα Δυναμικής Ρύθμισης το οποίο θα υπολογίζει αυτόματα τις επιθυμητές θέσεις των θυροφραγμάτων με βάση τις συνθήκες στο δίκτυο. Οι τιμές των νέων θέσεων οι οποίες προέρχονται είτε από τους χειριστές είτε από το σύστημα Δυναμικής Ρύθμισης, δίνονται στο SCADA το οποίο και μεταφέρει τις αντίστοιχες εντολές στους Ελεγκτές. Οι Ελεγκτές αφού υλοποιήσουν τις εντολές του SCADA δέχονται νέες μετρήσεις, κοκ.

Οι τηλεχειριζόμενοι ελεγκτές «τύπου Λ» είναι ένδεκα από τους δεκαοκτώ που είναι συνολικά εγκαταστημένοι στο υδραγωγείο.

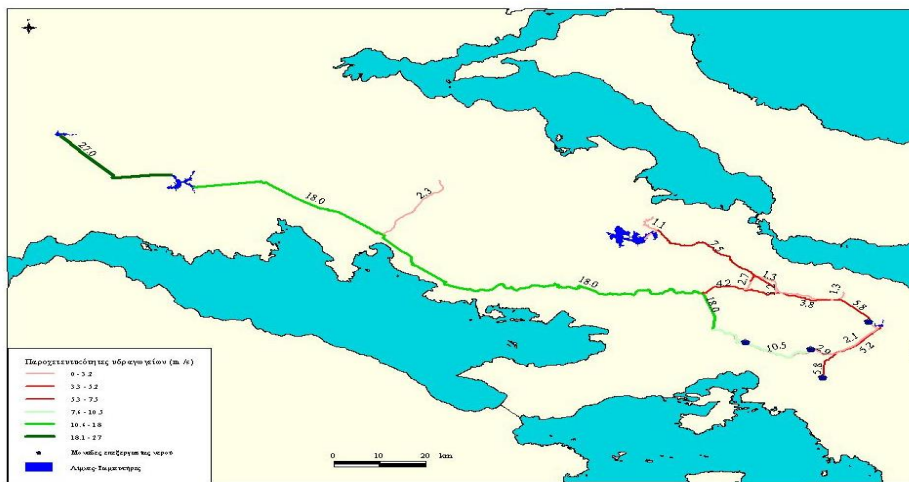
## ii. Υδραγωγείο Υλίκης

Το νερό μεταφέρεται, με άντληση από την Υλίκη (κατώτατη στάθμη υδροληψίας +45 m) και τις γεωτρήσεις της περιοχής, στον Μαραθώνα (ανώτατη στάθμη +223 m) ή στο υδραγωγείο Μόρνου. Χρησιμοποιούνται δύο κυρίως αντλιοστάσια, της Υλίκης και της Βίλιζας.

### 3.9 Παροχτευτικότητα υδραγωγείων.

Οι παροχτευτικότητες των υδραγωγείων παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στον Πίνακα 3.9. Υπενθυμίζεται το ενωτικό υδραγωγείο λειτουργεί κατά τη μία φορά (της βαρύτητας) μετά από αλληπαλληλες θραύσεις του τα τελευταία έτη.

Εικόνα 4.9 Παροχτευτικότητες Υδραγωγείων.



Πηγή: Ε.ΥΔ.ΑΠ.

Πίνακας 3.9 Παροχτευτικότητες υδραγωγείων

Τμήμα Υδραγωγείου	Παροχτευτικότητα (m <sup>3</sup> /s)
<b>ΥΔΡΑΓΩΓΕΙΟ ΜΟΡΝΟΥ</b>	
Υδροληψία Μόρνου - Μεριστής Κιθαιρώνα	18.0
Μεριστής Κιθαιρώνα - Δυλιστήρια Μάνδρας	17.0
Δυλιστήρια Μάνδρας- Μενίδι	12.0
Μεριστής Κιθαιρώνα - Κλειδί	4.2
Κλειδί - Μεριστής Κιθαιρώνα	εκτός λειτουργίας
<b>ΥΔΡΑΓΩΓΕΙΟ ΥΛΙΚΗΣ</b>	
Ούγγρα - Υλίκη	0.5
Μουρίκι - Κρεμμάδα	7.5
Κρεμμάδα - Κλειδί	6.7
Κρεμμάδα - Βίλιζα	4.3
Βίλιζα - Κακοσάλεσι	3.6
Κακοσάλεσι – Βίλιζα (με βαρύτητα)	0.4
Κακοσάλεσι– Βίλιζα (με λειτουργία αντλ/σίου Νο 3)	1.7
Βίλιζα –N4 (χωρίς λειτουργία αντλ/σίου Νο 3)	0.8
Βίλιζα –N4 (με λειτουργία αντλ/σίου Νο 3)	1.7
Δεξαμενή Κακοσάλεσι - Φρέαρ Α	5.2
Φρέαρ Α - Φρέαρ Γ	5.2
Σήραγγα Κιούρκων	5.2
Κιούρκα - ΜΕΝ Κιούρκων	3.5
<b>ΑΛΛΑ ΥΔΡΑΓΩΓΕΙΑ</b>	
Μαραθώνας - Χελιδονού	8.0
Χελιδονού - Γαλάτσι	5.8

Πηγή: Ε.ΥΔ.ΑΠ.

## Κεφάλαιο 4°

### 4.1 Ποιότητα ανεπεξέργαστου νερού στις πηγές.

Οι κατά καιρούς εργαστηριακές αναλύσεις της ποιότητας του νερού σε όλα τα φάσματα της διαδικασίας ροής του συστήματος έχουν προβάλλει τα εξής αποτελέσματα:

- i. στην κατηγορία Α1(πολύ καλή ποιότητα) έχουν ενταχθεί τα νερά Μόρνου –Ευήνου.
- ii. στο φάσμα των τιμών Α2- Α1(καλή ποιότητα) έχουν ενταχθεί τα νερά Βοιωτικού Κηφισού, Υλίκης, Παραλίμνης και Μαραθώνα.

Έτσι λοιπόν θεωρείται ότι οι υδάτινοι πόροι που απευθύνονται σε τελικούς καταναλωτές της πόλης των Αθηναίων είναι:

- i. Είναι καλής ποιότητας ακόμη και σε περιόδους ξηρασίας, όταν η στάθμη ταμιευτήρων είναι χαμηλή.
- ii. Θα πρέπει να είναι καλής ποιότητας.
- iii. Είναι άριστης ποιότητας σε σχέση με το νερό που απευθύνεται για τους καταναλωτές σε διάφορες χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Ασφαλώς, η ποιότητα του νερού που απορρέει από το σύστημα είναι άριστη. Όμως δεν παύουν να υπάρχουν τα σημεία δειγματοληψίας που λειτουργούν ερευνητικά και με ενδεδειγμένο τρόπο και είναι τα ακόλουθα:

- i. Στους ταμιευτήρες και τα σημεία εισροής χειμάρρων ή ποταμών.
- ii. Στις γεωτρήσεις.
- iii. Στους πύργους υδροληψίας
- iv. Στην είσοδο των ταχυδιωλιστηρίων κατά μήκος του ποταμού Μόρνου.
- v. Στις εισόδους των τεσσάρων Μονάδων Επεξεργασίας νερού (Μ.Ε.Ν.) στην Αττική.



## 4.2 Μονάδες επεξεργασίας νερού (Μ.Ε.Ν.).

Οι Μονάδες Επεξεργασίας Νερού είναι τέσσερις και έχουν συνολική ονομαστική παροχεταιυτική ικανότητα 1,46 hm<sup>3</sup>/day και παροχεταιυτικότητα αιχμής 1,94 hm<sup>3</sup>/ day.

### 4.2.1 Μ.Ε.Ν. Γαλατσίου

Η εγκατάσταση άρχισε να λειτουργεί το Δεκέμβριο του 1931. Το υψόμετρο εγκατάστασης είναι +159 m (υψόμετρο μέγιστης στάθμης δεξαμενών διαυγούς). Η δυλιστική ικανότητα είναι περίπου 540.000 m<sup>3</sup>/day. Έχουν γίνει δύο διαδοχικές επεκτάσεις το 1952 και 1964. Οι περιοχές που τροφοδοτεί είναι το κέντρο της Αθήνας και ο Δήμος Πειραιά.

Εικόνα 4.2.1 Μ.Ε.Ν. Γαλατσίου.



Πηγή: Ε.ΥΔ.ΑΠ.

### 4.2.2 Μ.Ε.Ν. Αχαρνών (Μενιδίου)

Η αύξηση της ετήσιας κατανάλωσης του νερού μετά το 1970 ήταν εκθετική και μπορούσε να αντιμετωπιστεί με επεκτάσεις ή τροποποιήσεις των ΜΕΝ Γαλατσίου ή με την κατασκευή νέων μονάδων σε άλλους χώρους. Έτσι αποφασίστηκε η κατασκευή των Μ.Ε.Ν. Αχαρνών το 1978. Στη συνέχεια έγιναν δύο διαδοχικές επεκτάσεις το 1989 και 1992. Το υψόμετρο εγκατάστασης είναι +232 m (υψόμετρο μέγιστης στάθμης δεξαμενών διαυγούς). Η δυλιστική ικανότητα είναι περίπου 800.000 m<sup>3</sup>/day. Οι περιοχές που τροφοδοτεί είναι το 60% του Λεκανοπεδίου (υψηλές περιοχές Λεκανοπεδίου, ενίσχυση του Δήμου Αθηναίων και Πειραιά).

Εικόνα 4.2.2 Μ.Ε.Ν. Αχαρνών.



Πηγή: Ε.ΥΔ.ΑΠ.

### 4.2.3 Μ.Ε.Ν. Πολυδενδρίου (Κιούρκα)

Οι Μονάδες Επεξεργασίας Νερού Πολυδενδρίου άρχισε να λειτουργεί το Δεκέμβριο του 1986. Το υψόμετρο εγκατάστασης είναι +237 m (υψόμετρο μέγιστης στάθμης δεξαμενών διαυγούς). Η μέγιστη παροχή του ανέρχεται στις 300.000 m<sup>3</sup>/day και η ονομαστική στις 200.000 m<sup>3</sup>/day. Οι περιοχές που τροφοδοτεί είναι οι ανατολικές περιοχές και τις περιοχές των βορείων προαστίων. Διαθέτει δύο δεξαμενές χωρητικότητας 33.000 m<sup>3</sup> και 27.000 m<sup>3</sup> αντίστοιχα.

Εικόνα 4.2.3 Μ.Ε.Ν. Πολυδενδρίου.



Πηγή: Ε.ΥΔ.ΑΠ.

#### 4.2.4 Μ.Ε.Ν. Ασπροπύργου(Μάνδρας)

Η εγκατάσταση άρχισε να λειτουργεί το Δεκέμβριο του 1997 .Το υψόμετρο εγκατάστασης είναι +232 m (υψόμετρο μέγιστης στάθμης δεξαμενών διαυγούς).Η δυλιστική ικανότητα είναι περίπου 200.000 m<sup>3</sup>/day. Οι περιοχές που τροφοδοτεί είναι Θριάσιο Πεδίο, Σαλαμίνα, ενίσχυση δυτικών προαστίων. Το δυλιστήριο αποτελείται από 4 ισοδύναμους κλάδους με συνολική ικανότητα επεξεργασίας νερού 200.000 m<sup>3</sup>/day.

Εικόνα 4.2.4 Μ.Ε.Ν. Ασπροπύργου.



Πηγή: Ε.ΥΔ.ΑΠ.

#### 4.3 Επεξεργασία νερού στις Μ.Ε.Ν.

Το νερό, αφού συλλεχθεί στους ταμιευτήρες και τις γεωτρήσεις φτάνει μέσω των υδραγωγείων στις μονάδες επεξεργασίας νερού (Μ.Ε.Ν.) της Ε.ΥΔ.ΑΠ. Η μεταφορά του ακατέργαστου νερού γίνεται μέσω ενός εκτενούς συστήματος εξωτερικών υδραγωγείων συνολικού μήκους 485 km.Το νερό που φτάνει στις Μ.Ε.Ν, είναι ακατέργαστο και περιέχει διάφορα στερεά (κλαδιά, χώμα, λάσπη) που έχει παρασύρει κατά το πέρασμά του, όπως επίσης μικρόβια και μικροοργανισμούς που δεν είναι ορατά με γυμνό μάτι. Εκεί υποβάλλεται σε επεξεργασία που το καθιστά πόσιμο. Το νερό με την επεξεργασία στην οποία υποβάλλεται (εσχάρωση, κροκίδωση, καθίζηση, δύλιση, απολύμανση), απαλλάσσεται από τα παραπάνω στοιχεία.

Στις Μ.Ε.Ν. ακολουθείται η παρακάτω αλληλουχία σταδίων στην επεξεργασία του νερού:

## **1ο στάδιο**

Προσθήκη χλωρίου και απολύμανση. Με την προχλωρίωση θανατώνονται τα μικρόβια που υπάρχουν στο νερό και διευκολύνεται η μετέπειτα επεξεργασία του.

## **2ο στάδιο**

Προσθήκη θειικού αργιλίου και διαύγαση. Το διάλυμα του θειικού αργιλίου βοηθάει τα στερεά σωματίδια που υπάρχουν μέσα στο νερό να συσσωματωθούν μεταξύ τους και, αφού αποκτήσουν μεγαλύτερο βάρος, (κροκίδες) να κατακαθίσουν. Η όλη διαδικασία ονομάζεται κροκίδωση. Η κροκίδωση συντελείται σε δύο στάδια που διαφέρουν μεταξύ τους στη σφοδρότητα της ανάμειξης του νερού που προκαλείται με μηχανικά μέσα (αναδευτήρες) και με υδραυλικά μέσα (με το στροβιλισμό του νερού από την πρόσκρουσή του στα τοιχώματα των ειδικών δεξαμενών).

## **3ο στάδιο**

Δεξαμενή καθίζησης

Σε αυτή τη δεξαμενή το νερό ηρεμεί και τα συσσωματωμένα στερεά (κροκίδες) καθιζάνουν στον πυθμένα της δεξαμενής. Με αυτόν τον τρόπο το νερό καθαρίζεται σε ποσοστό 80%.

## **4ο στάδιο**

Φίλτρα καθαρισμού (αμμόφιλτρα)

Τα πολύ ελαφρά σωματίδια και τα κολλοειδή (20%) που δεν καθιζάνουν, κατακρατούνται σε ειδικά αμμόφιλτρα από τα οποία το νερό βγαίνει πια καθαρό για να δοθεί στην κατανάλωση.

Εφόσον η προχλωρίωση δεν είναι ικανοποιητική, προσθέτουμε συμπληρωματικά χλώριο κατά την έξοδο του νερού από τις κλειστές δεξαμενές αποθήκευσης και πριν την είσοδό του στο δίκτυο ύδρευσης. Πρώτα, διοχετεύεται από τις Μ.Ε.Ν. στις δεξαμενές πόλεως, οι οποίες βρίσκονται διεσπαρμένες σε διάφορα σημεία της πόλης και σήμερα ανέρχονται σε σαράντα πέντε (45). Από τις δεξαμενές το νερό διανέμεται στους καταναλωτές μέσα από ένα εκτενές υπόγειο δίκτυο σωληνώσεων μήκους  $7 \times 10^6$  m, το οποίο συνεχώς ανακαινίζεται και επεκτείνεται.

## Κεφάλαιο 5°

### Άλλα χαρακτηριστικά του υδραγωγείου της Αθήνας.

#### 5.1 Παραγωγή και εξοικονόμηση υδροηλεκτρικής ενέργειας

Το μοναδικά μικρά υδροηλεκτρικά έργα που λειτουργεί η Ε.ΥΔ.ΑΠ. είναι πέντε και έχουν ενταχθεί στο σύστημα τα τελευταία χρόνια και παραθέτονται στον παρακάτω πίνακα. Επίσης, έχει ολοκληρωθεί και η κατασκευή του Υ.Η.Σ. Κλειδιού αλλά δεν είναι δυνατή η λειτουργία του λόγω των σοβαρών προβλημάτων του ενωτικού υδραγωγείου Δαφνούλας - Κλειδιού.

Πίνακας 5.1 Μικρά υδροηλεκτρικά έργα.

Όνομα σταθμού	Ισχύς (kW)	Ενέργεια (GWh/έτος)
Κίρφη	800	8.5
Ελικώνας	700	5.6
Κιθαιρώνας	1240	10
Μάνδρα	450	4.9
Εύηνος	820	6.5

Πηγή: Ε.ΥΔ.ΑΠ.

Στόχος της διαχείρισης του δικτύου είναι να φέρει εξοικονόμηση ενέργειας με:

- i. Την μείωση των απαιτούμενων αντλήσεων από το σύστημα των ανυψωτικών αντλιοστασίων των γεωτρήσεων.
- ii. Την μείωση των απαιτούμενων αντλήσεων από τα αστικά αντλιοστάσια του υδραγωγείου Υλίκης.

Τα παραπάνω μόνο όταν το σύστημα Μόρνου-Εύηνου δεν επαρκεί και αντλείται το νερό της Υλίκης ή νερό από τις γεωτρήσεις.

## 5.2 Περιβαλλοντικές δεσμεύσεις

Στα πλαίσια της αντιμετώπισης των περιβαλλοντικών προβλημάτων η Ε.ΥΔ.ΑΠ. προβλέπει την διατήρηση σταθερής και μόνιμης ροής κατάντη του φράγματος ίσης με  $1 \text{ m}^3/\text{s}$ , δηλαδή όσο και ο μέσος όρος της θερινής παροχής ανά μήνα. Το όλο εγχείρημα προσανατολίζεται στο να γεμίσει το οικοσύστημα του ποταμού με ζωή καθώς να αναζωογονηθεί όχι μόνο το κυρίως μέρος του ποταμού αλλά και το δέλτα του ποταμού. Πράγμα που σηματοδοτεί την ραγδαία ποιοτική αναβάθμιση της χλωρίδας και της πανίδας μιας ολόκληρης περιοχής. Επιπρόσθετα, θα πρέπει να εξεταστεί αν και κατά πόσο είναι εφικτό να εξασφαλιστεί ή ακόμα και να αυξηθεί η παραμένουσα ροή.

## 5.3 Ιδιαίτερα προβλήματα της μεταφοράς του νερού στην Αθήνα

Το κυριότερο πρόβλημα που αντιμετώπισε μέχρι σήμερα η ΕΥΔΑΠ είναι η ανεπάρκεια του φυσικού πόρου σε συνδυασμό με την συνεχή αύξηση της κατανάλωσης, που είχε ως αποτέλεσμα τη διόγκωση του υδρευτικού συστήματος (πηγές, τροφοδοτικά υδραγωγεία και αντλιοστάσια).

Οι ιδιαιτερότητες του υφιστάμενου συστήματος είναι οι εξής :

- i. Οι κύριοι υδατικοί πόροι βρίσκονται σε μεγάλη απόσταση από την Αθήνα, με εξαίρεση τον ταμιευτήρα του Μαραθώνα, ο οποίος έχει μικρή χωρητικότητα όπως και παροχετευτικότητα προς τα διωλιστήρια.
- ii. Από τις γεωτρήσεις εκείνες της ΒΑ Πάρνηθας και κυρίως της Μαυροσουβάλας είναι οι μόνες ικανής παροχετευτικότητας κοντά στα διωλιστήρια. Οι γεωτρήσεις Βασιλικών-Παρορίου μπορούν να προσφέρουν αρκετά μεγάλες ποσότητες στο σύστημα, αλλά η δυνατότητα χρήσης τους εκτός του ότι προκύπτει οικονομικά ασύμφορη λόγω υψηλού ενεργειακού κόστους, είναι αμφίβολη λόγω των αντιδράσεων καλλιεργητών και τοπικών παραγόντων που παρατηρήθηκαν στο παρελθόν.
- iii. Η τροφοδοσία της πόλης εξαρτάται κυρίως από το σύστημα Μόρνου – Ευήνου και δευτερευόντως από την Υλίκη. Αυτό, σε συνδυασμό με τις ανεπαρκείς και μειωμένες παροχετευτικότητες ορισμένων τμημάτων των υδραγωγείων, θέτει περιορισμούς στη διαχείριση του συστήματος.



Τρία χαρακτηριστικά που προβληματίζουν στη διαχείριση - ίσως όχι τόσο βραχυπρόθεσμα, όσο μέσο/μακροπρόθεσμα - είναι :

- i. η μακροχρόνια βλάβη του ενωτικού υδραγωγείου, η οποία έχει ως συνέπεια την αδυναμία λειτουργίας του προς την ανάστροφη κατεύθυνση,
- ii. η αδυναμία τροφοδοσίας όλων των ΜΕΝ από τον ταμιευτήρα του Μαραθώνα
- iii. η αδυναμία λειτουργίας των υδρευτικών γεωτρήσεων Βασιλικών-Παρορίου λόγω των ισχυρών αντιδράσεων των τοπικών κοινωνιών.

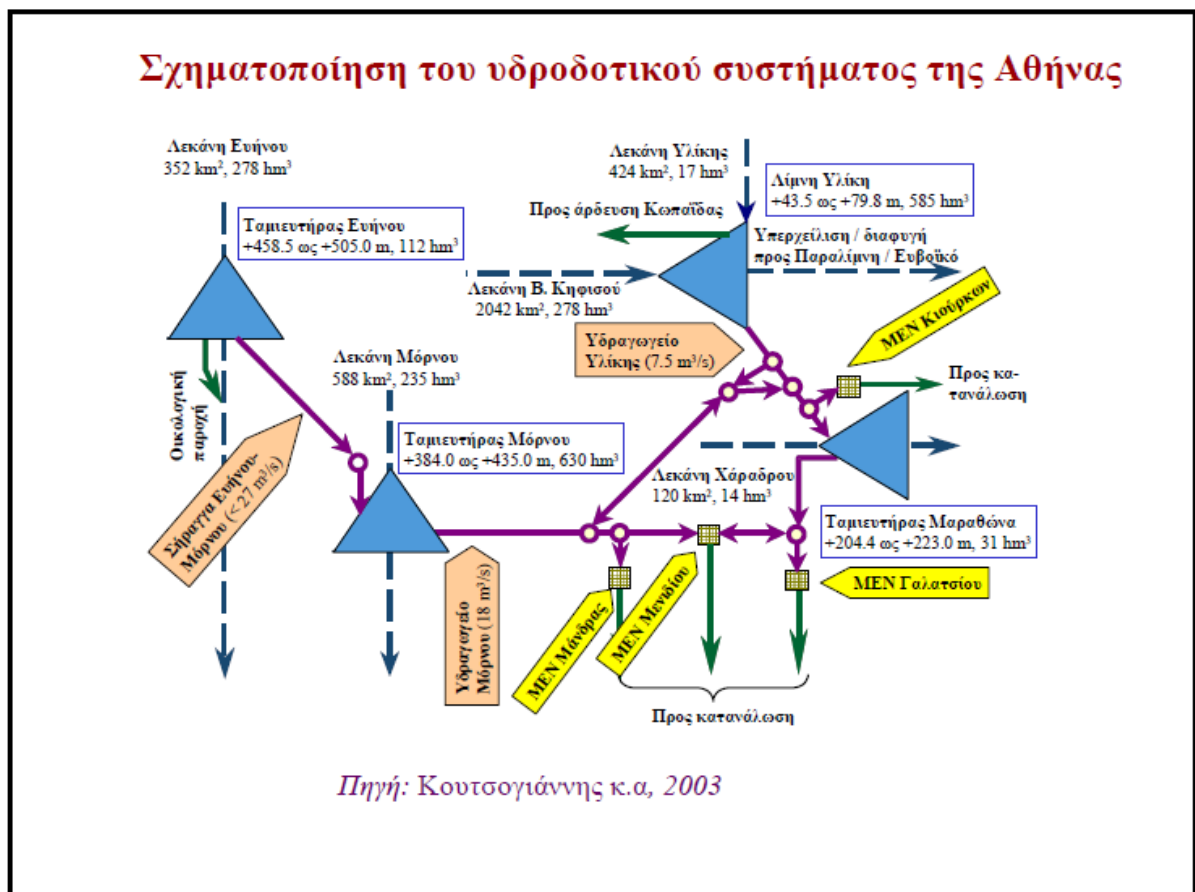
Τα δύο πρώτα μάλιστα καθίστανται σημαντικοί ανασταλτικοί παράγοντες στην αντιμετώπιση οποιασδήποτε σοβαρής βλάβης προκύψει στο υδραγωγείο του Μόρνου ανάντη της σήραγγας Κιθαιρώνα, όσο και στη λήψη απόφασης επαύξησης της άντλησης της Υλίκης πέραν των σημερινών ορίων.

## Κεφάλαιο 6<sup>ο</sup>

### 6.1 Τεχνική έκθεση υπολογιστικού μέρους.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί για την υδροδότηση της Αθήνας έχει αναπτυχθεί ένα μεγάλο και σύνθετο σύστημα υδραγωγείων και ταμιευτήρων. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι ανάγκες ύδρευσης είναι μεγάλες λόγω της υψηλής συγκέντρωσης πληθυσμού που έχει συγκεντρωθεί στην Αθήνα ενώ οι μεγαλύτεροι υδάτινοι πόροι βρίσκονται στη Δυτική Ελλάδα.

Γράφημα 6α Σχηματοποίηση του υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας



Πηγή: Κουτσογιάννης

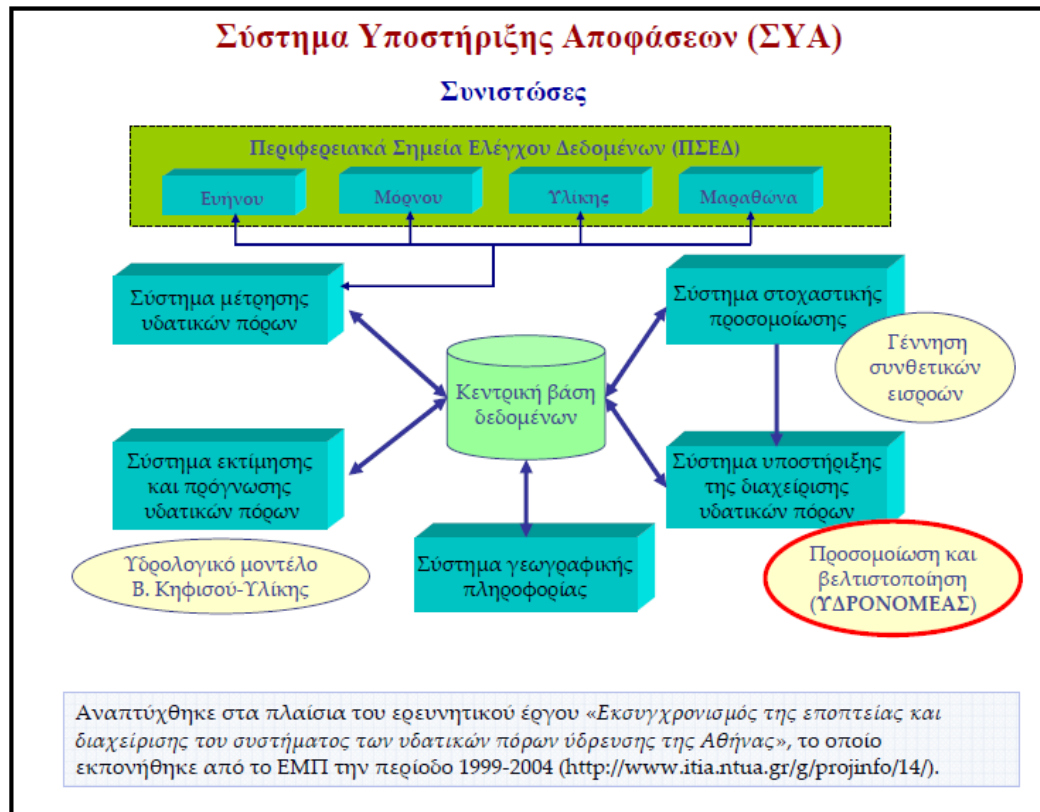
Το υδροδοτικό σύστημα που έχει δημιουργηθεί παρουσιάζει μεγάλη πολυπλοκότητα, η οποία οφείλεται στην

- i. απαίτηση εξασφάλισης πολύ υψηλής αξιοπιστίας (99%, σε ετήσια βάση).
- ii. Διαχείριση υπό καθεστώς αβεβαιότητας



- υδρολογική αβεβαιότητα (μη προβλέψιμες εισροές).
  - αβεβαιότητα ως προς την εξέλιξη της κατανάλωσης.
  - αβεβαιότητα ως προς τη λειτουργικότητα κρίσιμων έργων.
- iii. Εναλλακτικές διαχειριστικές επιλογές (βαθμοί ελευθερίας συστήματος)
- ως προς τις εκροές από τους υδατικούς πόρους (ταμιευτήρες, γεωτρήσεις).
  - ως προς την κατανομή των εκροών στα υδραγωγεία.
- iv. Υψηλό κόστος λειτουργίας υδραγωγείου Υλίκης και γεωτρήσεων (λόγω άντλησης) έναντι μηδενικού κόστους της σήραγγας Ευήνου-Μόρνου και του υδραγωγείου Μόρνου (λειτουργία με βαρύτητα).
- v. Σημαντικές απώλειες από υπόγειες διαφυγές (κυρίως Υλίκη), υπερχειλίσσεις (Εύηνος) και διαρροές (κυρίως σε τμήματα υδραγωγείων υπό πίεση).
- vi. Ανταγωνιστικές (ως προς την ύδρευση) χρήσεις νερού και περιορισμοί
- διατήρηση περιβαλλοντικής παροχής  $1.0 \text{ m}^3/\text{s}$  κατάντη φράγματος Ευήνου·
  - περιορισμός ρυθμιστικού όγκου Μαραθώνα για αποφυγή κινδύνου υπερχειλίσεως·
  - αρδευτικές (Κωπαΐδα) και μικρές υδρευτικές χρήσεις.

Για την αντιμετώπιση όλων των παραπάνω αναπτύχθηκε από μια ομάδα επιστημόνων του Ε.Μ.Π. ένα σύστημα υποστήριξης αποφάσεων που φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Πηγή: Μαμάσης Ν.

Στα πλαίσια της πτυχιακής θα μελετηθεί μια απλοποιημένη εκδοχή του υδροσυστήματος της Αθήνας η οποία περιλαμβάνει δύο ταμιευτήρες( Μόρνο και Υλίκη) που συνδέονται με τις μονάδες επεξεργασίας νερού της Αθήνας με δύο υδραγωγεία.

Συγκεκριμένα δημιουργήθηκε το διάγραμμα ροής (flow chart) ενός μοντέλου προσομοίωσης της λειτουργίας του υδραγωγείου καθώς και ο αλγόριθμος επίλυσης σε EXCEL, που υπολογίζει την πιθανότητα αστοχίας και το κόστος λειτουργίας του υδροδοτικού συστήματος με μια δεδομένη κατανομή εκροών από τους ταμιευτήρες. Έτσι βρήκαμε ποιά είναι η βέλτιστη Κατανομή Ζήτησης  $\alpha$  ώστε να έχουμε τη μικρότερη δυνατή αστοχία στο σύστημα υδροδότησης ενώ παράλληλα ικανοποιούνται οι ανάγκες ύδρευσης.

Στον πίνακα 1 του παραρτήματος δίνονται τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των ταμιευτήρων, παράμετροι για τον υπολογισμό των διαφυγών, η παροχευτικότητα των υδραγωγείων και το κόστος μεταφοράς :

Η καμπύλη στάθμης (S) – αποθέματος (V) είναι μια εκθετική σχέση της μορφής  $V = a(S - S_{min})b$  όπου  $S_{min}$  είναι η ελάχιστη στάθμη. Συγκεκριμένα για το Μόρνο  $V = 0,0006(S - S_{min})^{2,9672}$  ενώ για την Υλίκη  $V = 1,8987(S - S_{min})^{1,5595}$

Οι ταμιευτήρες έχουν διαφυγές, οι οποίες εξαρτώνται από τη στάθμη τους. Η καμπύλη στάθμης-διαφυγών είναι μια γραμμική σχέση της μορφής:

$$L = L_0 + \lambda(S - S_0).$$

Συγκεκριμένα για τον Μόρνο  $L = 0,07 + 0,012(S-320)$

ενώ για την Υλίκη  $L = -26,6 + 0,545S$

Σε όλες τις παραπάνω σχέσεις  $S$  είναι η στάθμη των ταμιευτήρων του κατά την εξεταζόμενη χρονική περίοδο (μήνα).

Η συνολική ετήσια ζήτηση είναι  $400 \text{ hm}^3$ . Στον πίνακα 2 του παραρτήματος φαίνονται οι συντελεστές κατανομής κατανάλωσης.

Στον πίνακα 3 του παραρτήματος φαίνονται οι εισροές για το Μόρνο και την Υλίκη για 30 έτη.

Για διάφορους συντελεστές κατανομής της ζήτησης από κάθε υδραγωγείο ελέγξαμε αν το σύστημα υδροδότησης ικανοποιεί τη συνολική ζήτηση. Αυτό έγινε για κάθε μήνα. Οι τιμές της κατανομής ζήτησης κυμαίνονται από 1%-100%. Οι αρχικές μας συνθήκες όσο αφορά την αρχική στάθμη των ταμιευτήρων δίνονται στον πίνακα 1. Κατά τη διάρκεια των υπολογισμών ελέγχθηκαν δύο συνθήκες:

1. Αν η αρχική εκροή από κάθε ταμιευτήρα που προκύπτει από την κατανομή ζήτησης, μπορεί να παροχετευτεί από το αντίστοιχο υδραγωγείο.
2. Αν ο αντίστοιχος όγκος που θα πρέπει να διατεθεί από κάθε ταμιευτήρα είναι διαθέσιμος στο χρονικό βήμα που εξετάζεται.

## 6.2 Μεταβλητές προβλήματος

1.  $a$ : παράμετρος σχέσης στάθμης-αποθέματος
2.  $\alpha$ : συντελεστής κατανομής ζήτησης
3.  $H_{M,\min}$ : ελάχιστη στάθμη Μόρνου
4.  $H_{Y,\min}$ : ελάχιστη στάθμη Υλίκης
5.  $H_{M,K,\Sigma,\Lambda}$ : Κατώτατη στάθμη λειτουργίας Μόρνου
6.  $H_{Y,K,\Sigma,\Lambda}$ : Κατώτατη στάθμη λειτουργίας Υλίκης
7.  $H_{M,A,\Sigma,\Lambda}$ : Ανώτατη στάθμη λειτουργίας Μόρνου
8.  $H_{Y,A,\Sigma,\Lambda}$ : Ανώτατη στάθμη λειτουργίας Υλίκης
9.  $b$ : παράμετρος σχέσης στάθμης- αποθέματος
10.  $L_{OM}$ : Παράμετρος σχέσης στάθμης-διαφυγών Μόρνου ( $hm^3/μήνα$ )
11.  $L_{OY}$ : Παράμετρος σχέσης στάθμης-διαφυγών Υλίκης ( $hm^3/μήνα$ )
12.  $S_{OM}$ : Παράμετρος σχέσης στάθμης-διαφυγών Μόρνου ( $hm^3$ )
13.  $S_{OY}$ : Παράμετρος σχέσης στάθμης-διαφυγών Υλίκης ( $hm^3$ )
14.  $KO\sigma T_M$ : Κόστος μεταφοράς νερού Μόρνου ( $\text{€}/m^3$ )
15.  $KO\sigma T_Y$ : Κόστος μεταφοράς νερού Υλίκης ( $\text{€}/m^3$ )
16.  $H_{M0}$ : αρχική στάθμη Μόρνου
17.  $H_{Y0}$ : αρχική στάθμη Υλίκης
18.  $i$ : δείκτης χρονικού βήματος, όπου το χρονικό βήμα είναι μήνες( 348)
19.  $j$ : δείκτης
20.  $k$ : δείκτης
21.  $V_Y$ : όγκος Υλίκης
22.  $V_M$ : όγκος Μόρνου
23.  $ΑΠΟΘ_{Y,i}$ : αποθέματα Υλίκης
24.  $ΑΠΟΘ_{M,i}$ : αποθέματα Μόρνου
25.  $Q_{total,i}$ : συνολική ζήτηση
26.  $Q_{Y,i}$ : αρχικές εκροές Υλίκης
27.  $Q_{M,i}$ : αρχικές εκροές Μόρνου
28.  $ΠΑΡΟΧ'_{Y,i}$ : παροχευτικότητα – εκροές Υλίκης
29.  $ΠΑΡΟΧ'_{M,i}$ : παροχευτικότητα – εκροές Μόρνου
30.  $ΠΑΡΟΧ_Y$ : παροχευτικότητα υδραγωγείου Υλίκης
31.  $ΠΑΡΟΧ_M$ : παροχευτικότητα υδραγωγείου Μόρνου
32.  $L_{Y,i}$ : διαφυγές Υλίκης
33.  $L_{M,i}$ : διαφυγές Μόρνου
34.  $H_{M,i}$ : στάθμη ταμιευτήρα Μόρνου
35.  $H_{Y,i}$ : στάθμη ταμιευτήρα Υλίκης
36.  $\lambda_Y$ : παράμετρος σχέσης στάθμης- διαφυγών Υλίκης

37.  $\lambda_M$ : παράμετρος σχέσης στάθμης- διαφυγών Μόρνου
38.  $\text{ΑΠΟΘ1}_{Y,i}$ : αποθέματα + εισροές – διαφυγές Υλίκης
39.  $\text{ΑΠΟΘ1}_{M,i}$ : αποθέματα + εισροές – διαφυγές Μόρνου
40.  $\text{IN}_{Y,i}$ : εισροές Υλίκης
41.  $\text{IN}_{M,i}$ : εισροές Μόρνου
42.  $\text{ΑΠΟΘ2}_{M,i}$ : αποθέματα + εισροές – διαφυγές – εκροές Μόρνου
43.  $\text{ΑΠΟΘ2}_{Y,i}$ : αποθέματα + εισροές – διαφυγές – εκροές Υλίκης
44.  $\text{ΑΣΤΟΧΙΑ}_{Y,i}$ : αστοχία Υλίκης
45.  $\text{ΑΣΤΟΧΙΑ}_{M,i}$ : αστοχία Μόρνου
46.  $Q'_{Y,i}$ : πραγματική εκροή Υλίκης
47.  $Q'_{M,i}$ : πραγματική εκροή Μόρνου
48.  $\text{ΘΕΩΡΜΕΓ}_{Y,i}$ : μέγιστη θεωρητική εκροή Υλίκης
49.  $\text{ΘΕΩΡΜΕΓ}_{M,i}$ : μέγιστη θεωρητική εκροή Μόρνου
50.  $\text{ΘΕΩΡΕΠΠ}_{Y,i}$ : διαφορά μέγιστης και πραγματικής εκροής Υλίκης
51.  $\text{ΘΕΩΡΕΠΠ}_{M,i}$ : διαφορά μέγιστης και πραγματικής εκροής Μόρνου
52.  $Q_{\text{total OUT},i}$ : συνολική εκροή
53.  $\text{ΕΛΛΕΙΜΜΑ}_i$ : έλλειμμα
54.  $Q_{\text{FINAL } M,i}$ : πραγματική εκροή Μόρνου
55.  $Q_{\text{FINAL } Y,i}$ : πραγματική εκροή Υλίκης
56.  $\text{ABS}$ : έλεγχος μηνιαίας αστοχίας
57.  $\text{ΚΟΣΤΟΣ}'$ : συνολικό ετήσιο κόστος
58.  $V'_{Y,i}$ : διορθωμένο απόθεμα Υλίκης
59.  $V'_{M,i}$ : διορθωμένο απόθεμα Μόρνου

### 6.3 Περιγραφή αλγορίθμου

Ξεκινήσαμε το υπολογιστικό, δίνοντας μια τιμή στο συντελεστή κατανομής της ζήτησης  $\alpha$ . Θεωρήσαμε ότι η εκροή από τον ταμιευτήρα του Μόρνου θα είναι το γινόμενο του συντελεστή κατανομής επί τη ζήτηση του εκάστοτε μήνα που αντιστοιχεί στο χρονικό βήμα που εξετάζουμε. Η εκροή από τη λίμνη της Υλίκης θα είναι  $(1-\alpha)$  επί την προαναφερθείσα ζήτηση.

Υπολογίσαμε το συνολικό απόθεμα του κάθε ταμιευτήρα καθώς και το διαθέσιμο απόθεμα που είναι η διαφορά του συνολικού μείον το απόθεμα που αντιστοιχεί στην κατώτατη στάθμη λειτουργίας. Επίσης υπολογίστηκαν οι διαφυγές από τον κάθε ταμιευτήρα.

Έπειτα προχωρήσαμε στους εξής ελέγχους :

- i. Έλεγχο της παροχетеυτικότητας, δηλαδή αν μπορεί η αρχική εκροή από κάθε ταμιευτήρα να παροχетеυτεί από το αντίστοιχο υδραγωγείο.
- ii. Έλεγχο αν είναι διαθέσιμος στον ταμιευτήρα ο όγκος του νερού που αντιστοιχεί στην παροχή που υποθέσαμε στο χρονικό βήμα που εξετάζουμε.

Δηλαδή ελέγχθηκε αν η αρχική εκροή από το Μόρνο είναι μικρότερη είτε ίση με  $35\text{hm}^3/\text{μήνα}$  που αντιστοιχεί στην παροχетеυτικότητα του υδραγωγείου του Μόρνου και αντίστοιχα για την Υλίκη με  $14\text{hm}^3/\text{μήνα}$ .

Για το δεύτερο έλεγχο υπολογίστηκε το ισοζύγιο στον κάθε ταμιευτήρα, δηλαδή

«Όγκος νερού από προηγούμενο χρονικό βήμα + εισροή νερού – διαφυγές - αρχική εκροή»

και ελέγχθηκε αν είναι θετικό, οπότε υπάρχει διαθεσιμότητα νερού ενώ στην αντίθετη περίπτωση υπάρχει αστοχία.

Καταγράφηκαν οι τυχόν αστοχίες, δηλαδή:

- i. "Ταμιευτήρας & Παροχетеυτικότητα" (αν υπάρχει αστοχία και στα δύο κριτήρια)
- ii. "Δεν υπάρχει αστοχία"
- iii. "Ταμιευτήρας" (αστοχία μόνο στον ταμιευτήρα)
- iv. "Παροχетеυτικότητα" (αστοχία μόνο στην παροχетеυτικότητα του υδραγωγείου)

Έπειτα, εκτιμήθηκε η πραγματική εκροή η οποία είναι:

- i. Η αρχική, εάν δεν υπάρχει αστοχία, διαφορετικά
- ii. η μικρότερη από τις παρακάτω τιμές
  - 0, εάν υπάρχει πρόβλημα ελλείμματος στον ταμιευτήρα
  - η παροχетеυτικότητα του υδραγωγείου, εάν η αρχική εκροή είναι μεγαλύτερη της παροχетеυτικότητας και υπάρχει διαθεσιμότητα από τον ταμιευτήρα.

Στην συνέχεια ελέγχθηκε εάν υπάρχει συνολικό έλλειμμα συγκρίνοντας την συνολική ζήτηση με το άθροισμα των εκροών από τους ταμιευτήρες, όπως αυτές είχαν εκτιμηθεί μέχρι εκείνο το σημείο των υπολογισμών μας.

Στην περίπτωση ελλείμματος σε ένα από τα δύο υδραγωγεία, ελέγχθηκε εάν μπορούσε να συμπληρωθεί από το άλλο. Για παράδειγμα αν υπήρχε περιορισμός λόγω της παροχετευτικότητας του υδραγωγείου της Υλίκης, ενώ υπήρχαν περιθώρια παροχετευτικότητας από το υδραγωγείο του Μόρνου και παράλληλα υπήρχε η απαιτούμενη ποσότητα νερού στον ταμιευτήρα του, συμπληρωνόταν η επιπλέον ζήτηση αυξάνοντας την εκροή στο υδραγωγείο του Μόρνου. Έτσι προέκυψαν οι διορθωμένες εκροές και υπολογίστηκε το απόθεμα σε κάθε ταμιευτήρα για το χρονικό βήμα(μήνα) που εξετάζαμε.

Στην συνέχεια υπολογίστηκε η στάθμη του κάθε ταμιευτήρα που αντιστοιχεί στο απόθεμα του κατά το εξεταζόμενο χρονικό βήμα και η οποία ήταν:

- i. Η ανώτατη στάθμη του ταμιευτήρα, εάν η υπολογισθείσα από την σχέση Στάθμης – Αποθέματος είναι μεγαλύτερη από αυτήν.
- ii. Η κατώτατη στάθμη του ταμιευτήρα εάν η υπολογισθείσα είναι μικρότερη από αυτήν.
- iii. Η υπολογισθείσα εάν η τιμή της είναι μεταξύ της κατώτατης και της ανώτατης στάθμης.

Βάσει της στάθμης υπολογίστηκε το διαθέσιμο απόθεμα για το επόμενο χρονικό βήμα.

Όλα οι παραπάνω έλεγχοι και υπολογισμοί επαναλήφθηκαν για όλους τους μήνες από 1-10-1978 μέχρι 1-9-2007.

Τέλος έγινε έλεγχος αστοχίας του συστήματος. Εάν έστω και σε ένα μήνα ενός έτους υπήρχε αστοχία θεωρήθηκε ότι υπήρχε αστοχία στο αντίστοιχο έτος.

Επίσης υπολογίστηκε το μηνιαίο κόστος λειτουργίας καθώς και το συνολικό ετήσιο κόστος.

Όλα τα παραπάνω επαναλήφθηκαν για όλα τα πιθανά σενάρια κατανομής της τροφοδοσίας από τους δυο ταμιευτήρες για την ικανοποίηση της ετήσιας κατανάλωσης, δηλ. για τιμές του συντελεστή ετήσιας κατανάλωσης  **$\alpha$**  από 1% έως 100%.

Στον πίνακα4 του παραρτήματος φαίνονται τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα, όπου για κάθε συντελεστή κατανομής έχει σημειωθεί η πιθανότητα αστοχίας του συστήματος και το μέσο ετήσιο κόστος.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- «Αι Αθήναι εξεταζόμενοι υπό υδραυλικής έποψις» , Ανδρέας Κορδέλλας, έκδοση 1879
- «Η ύδρευσις των Αρχαίων Αθηνών» Αναστάσιος Παππάς, έκδοση 1999
- «Γενική περιγραφή εγκαταστάσεων και δικτύων. Γενική περιγραφή υδροληψίας και μεταφοράς αδιύλιστου νερού, αρμοδιότητας Ε.ΥΔ.ΑΠ. Α.Ε.»Α. Νασίκας, Β. Μαλαδράκη, έκδοση 2010
- «Το οικονομικό σκέλος της οδηγίας του 2000/06 και η τιμολόγηση ως εργαλείο διαχείρισης της ζήτησεως του νερού. Η περίπτωση της Αθήνας» Παναγιώτης Σφυρής, έκδοση
- «Υδατικό σύστημα ύδρευσης Αθήνας» Νικόλαος Μαμάσης, έκδοση 2008
- Εκσυγχρονισμός της εποπτείας και διαχείριση του συστήματος των υδάτινων πόρων ύδρευσης της Αθήνας, Σχέδιο διαχείρισης του Υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας, Τεύχος 5 έκδοση 2000-2001.

## **ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ**

- ΕΥΔΑΠ: Ιστορική Αναδρομή Ύδρευσης, Υδραγωγεία, Ταμιευτήρες, Μονάδες Επεξεργασίας νερού, διαθέσιμο στο [www.eydap.gr](http://www.eydap.gr)



## **Παράρτημα**

**Πίνακας 1**

<b>ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑΣ</b>	<b>ΜΟΡΝΟΣ</b>	<b>ΥΛΙΚΗ</b>
Ελάχιστη στάθμη (m)	320	40
Κατώτατη στάθμη λειτουργίας (m)	384	43.5
Ανώτατη στάθμη λειτουργίας (m)	435	79.8
Παράμετρος a σχέσης στάθμης-αποθέματος	0.0006	1.8987
Παράμετρος b σχέσης στάθμης-αποθέματος	2.9672	1.5595
Παράμετρος L0 σχέσης στάθμης-διαφυγών (hm <sup>3</sup> /μήνα)	0.07	-26.6
Παράμετρος S0 σχέσης στάθμης-διαφυγών (hm <sup>3</sup> )	320	0
Παράμετρος λ σχέσης στάθμης-διαφυγών	0.012	0.545
Παροχτευτικότητα υδραγωγείου (hm <sup>3</sup> /μήνα)	35	14
Κόστος μεταφοράς νερού (€/m <sup>3</sup> )	0	0.08
Αρχική στάθμη (m)	410	60

**Πίνακας 2**

<b>ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ</b>	<b>ΠΟΣΟΣΤΟ</b>
Οκτώβριος	0.086
Νοέμβριος	0.074
Δεκέμβριος	0.073
Ιανουάριος	0.074
Φεβρουάριος	0.074
Μάρτιος	0.077
Απρίλιος	0.075
Μάιος	0.088
Ιούνιος	0.091
Ιούλιος	0.103
Αύγουστος	0.093
Σεπτέμβριος	0.092

**Πίνακας 3**

	<b>Εισροή Μόρνου</b>	<b>Εισροή Υλίκης</b>
10/1/1979	0.7	30.0
11/1/1979	37.9	48.3
12/1/1979	52.9	40.7
1/1/1980	52.6	67.2
2/1/1980	31.3	54.3
3/1/1980	67.1	99.4
4/1/1980	39.6	53.5
5/1/1980	31.2	36.1
6/1/1980	16.1	9.9
7/1/1980	8.1	0.0
8/1/1980	11.1	0.0
9/1/1980	0.0	10.7
10/1/1980	23.2	44.6
11/1/1980	52.7	33.2
12/1/1980	78.6	58.5
1/1/1981	65.4	121.9
2/1/1981	50.6	106.6
3/1/1981	47.8	66.0
4/1/1981	35.6	53.2
5/1/1981	22.6	16.7
6/1/1981	11.8	3.8
7/1/1981	10.7	1.5
8/1/1981	8.3	4.1
9/1/1981	11.4	18.4
10/1/1981	20.0	20.2
11/1/1981	13.8	23.0
12/1/1981	104.0	32.9
1/1/1982	23.4	28.1
2/1/1982	26.4	58.1
3/1/1982	32.0	101.0
4/1/1982	38.7	93.6
5/1/1982	31.2	58.3
6/1/1982	7.9	24.0
7/1/1982	6.5	4.5
8/1/1982	11.2	6.7
9/1/1982	10.7	13.5
10/1/1982	10.5	15.6
11/1/1982	20.2	23.7
12/1/1982	50.1	35.3
1/1/1983	15.1	29.6
2/1/1983	23.3	29.6

	<b>Εισροή Μόρνου</b>	<b>Εισροή Υλίκης</b>
3/1/1983	26.3	45.1
4/1/1983	17.9	12.1
5/1/1983	9.2	5.1
6/1/1983	10.7	8.6
7/1/1983	10.4	0.4
8/1/1983	0.0	0.0
9/1/1983	6.5	0.0
10/1/1983	1.0	8.0
11/1/1983	22.8	13.5
12/1/1983	60.0	56.1
1/1/1984	38.2	46.6
2/1/1984	52.7	72.2
3/1/1984	39.3	81.6
4/1/1984	31.7	84.9
5/1/1984	34.9	38.1
6/1/1984	14.4	4.6
7/1/1984	7.3	4.0
8/1/1984	6.5	3.7
9/1/1984	4.8	12.7
10/1/1984	5.8	12.5
11/1/1984	11.9	21.0
12/1/1984	11.8	28.8
1/1/1985	72.0	109.6
2/1/1985	35.9	47.5
3/1/1985	44.1	69.5
4/1/1985	36.6	54.4
5/1/1985	22.8	18.8
6/1/1985	10.5	7.5
7/1/1985	5.5	0.0
8/1/1985	4.5	0.5
9/1/1985	5.0	6.7
10/1/1985	5.2	19.2
11/1/1985	43.0	28.1
12/1/1985	25.0	32.9
1/1/1986	49.1	29.4
2/1/1986	60.7	42.7
3/1/1986	40.0	44.6
4/1/1986	32.5	20.1
5/1/1986	20.6	10.7
6/1/1986	14.2	2.3
7/1/1986	11.3	0.0

**Πίνακας 3**

	<b>Εισροή Μόρνου</b>	<b>Εισροή Υλίκης</b>
8/1/1986	7.0	0.0
9/1/1986	3.9	2.0
10/1/1986	8.8	19.2
11/1/1986	8.9	23.1
12/1/1986	15.5	21.2
1/1/1987	40.8	46.2
2/1/1987	32.4	42.3
3/1/1987	48.7	84.6
4/1/1987	37.3	77.9
5/1/1987	24.7	40.0
6/1/1987	14.6	7.6
7/1/1987	8.5	0.0
8/1/1987	6.0	0.0
9/1/1987	4.0	4.2
10/1/1987	4.3	13.4
11/1/1987	16.0	19.9
12/1/1987	28.9	20.6
1/1/1988	17.3	24.0
2/1/1988	36.5	44.5
3/1/1988	41.0	70.7
4/1/1988	25.9	31.6
5/1/1988	16.7	10.6
6/1/1988	7.3	1.1
7/1/1988	5.2	0.0
8/1/1988	3.5	0.0
9/1/1988	3.7	0.7
10/1/1988	4.1	7.6
11/1/1988	44.7	19.5
12/1/1988	37.6	46.4
1/1/1989	10.2	28.5
2/1/1989	20.5	18.9
3/1/1989	39.3	55.4
4/1/1989	24.2	24.0
5/1/1989	18.1	3.7
6/1/1989	7.9	0.0
7/1/1989	3.6	0.0
8/1/1989	1.5	0.0
9/1/1989	1.8	0.0
10/1/1989	8.9	9.0
11/1/1989	10.6	11.3
12/1/1989	18.2	13.8

	<b>Εισροή Μόρνου</b>	<b>Εισροή Υλίκης</b>
1/1/1990	8.0	15.8
2/1/1990	4.7	9.8
3/1/1990	5.8	2.4
4/1/1990	11.0	0.0
5/1/1990	3.9	0.0
6/1/1990	5.1	0.0
7/1/1990	2.0	0.0
8/1/1990	5.3	3.0
9/1/1990	3.0	5.7
10/1/1990	4.0	7.5
11/1/1990	18.8	11.4
12/1/1990	98.2	39.9
1/1/1991	24.6	44.2
2/1/1991	26.7	40.2
3/1/1991	32.1	58.2
4/1/1991	34.4	50.9
5/1/1991	29.2	25.8
6/1/1991	14.0	3.3
7/1/1991	7.4	0.0
8/1/1991	4.8	0.0
9/1/1991	2.4	6.3
10/1/1991	0.0	11.7
11/1/1991	15.8	16.3
12/1/1991	5.7	21.2
1/1/1992	2.9	22.0
2/1/1992	3.9	24.6
3/1/1992	6.6	28.6
4/1/1992	21.1	14.2
5/1/1992	15.1	4.3
6/1/1992	8.8	0.7
7/1/1992	3.4	0.0
8/1/1992	1.5	0.0
9/1/1992	3.4	3.4
10/1/1992	2.3	8.4
11/1/1992	5.8	10.8
12/1/1992	9.6	12.9
1/1/1993	5.1	16.3
2/1/1993	6.6	17.8
3/1/1993	27.8	19.5
4/1/1993	22.5	0.0
5/1/1993	22.3	0.0

**Πίνακας 3**

	<b>Εισροή Μόρνου</b>	<b>Εισροή Υλίκης</b>
6/1/1993	7.2	0.0
7/1/1993	2.6	0.0
8/1/1993	0.0	0.0
9/1/1993	0.7	0.0
10/1/1993	1.6	1.7
11/1/1993	9.6	7.4
12/1/1993	27.4	11.0
1/1/1994	30.6	27.5
2/1/1994	31.7	79.0
3/1/1994	22.4	45.8
4/1/1994	27.8	26.4
5/1/1994	20.1	8.5
6/1/1994	7.2	0.0
7/1/1994	4.2	0.0
8/1/1994	2.7	0.0
9/1/1994	1.6	0.0
10/1/1994	7.8	21.1
11/1/1994	23.9	22.2
12/1/1994	17.6	28.1
1/1/1995	41.9	63.1
2/1/1995	26.3	39.8
3/1/1995	33.7	52.0
4/1/1995	30.4	39.3
5/1/1995	8.0	5.8
6/1/1995	4.5	0.0
7/1/1995	3.7	0.0
8/1/1995	0.6	0.0
9/1/1995	1.0	2.2
10/1/1995	1.8	11.6
11/1/1995	8.6	15.9
12/1/1995	43.1	33.0
1/1/1996	25.5	49.5
2/1/1996	47.9	80.5
3/1/1996	39.8	74.5
4/1/1996	26.4	47.4
5/1/1996	17.6	11.1
6/1/1996	8.0	11.7
7/1/1996	5.5	0.3
8/1/1996	4.0	0.0
9/1/1996	3.8	5.3
10/1/1996	6.4	12.4

	<b>Εισροή Μόρνου</b>	<b>Εισροή Υλίκης</b>
11/1/1996	31.1	15.7
12/1/1996	44.7	19.4
1/1/1997	78.2	85.0
2/1/1997	11.2	28.2
3/1/1997	10.8	48.8
4/1/1997	14.5	38.9
5/1/1997	16.7	21.4
6/1/1997	3.0	0.7
7/1/1997	4.2	0.0
8/1/1997	3.6	0.0
9/1/1997	4.0	1.8
10/1/1997	6.2	10.1
11/1/1997	13.7	21.9
12/1/1997	45.9	40.4
1/1/1998	15.6	24.5
2/1/1998	25.6	30.5
3/1/1998	11.2	42.9
4/1/1998	17.9	41.9
5/1/1998	16.0	28.8
6/1/1998	7.1	4.2
7/1/1998	3.3	1.5
8/1/1998	2.9	0.0
9/1/1998	5.0	0.0
10/1/1998	4.6	0.0
11/1/1998	24.4	22.6
12/1/1998	31.8	42.0
1/1/1999	16.4	51.5
2/1/1999	48.5	53.1
3/1/1999	54.4	100.1
4/1/1999	35.3	69.4
5/1/1999	20.5	17.6
6/1/1999	11.0	2.9
7/1/1999	7.4	0.0
8/1/1999	3.3	0.0
9/1/1999	3.5	2.9
10/1/1999	12.8	9.0
11/1/1999	63.1	25.5
12/1/1999	59.1	21.7
1/1/2000	38.1	27.9
2/1/2000	55.5	37.5
3/1/2000	29.3	32.8

**Πίνακας 3**

	<b>Εισροή Μόρνου</b>	<b>Εισροή Υλίκης</b>
4/1/2000	25.6	13.3
5/1/2000	13.0	2.7
6/1/2000	6.4	0.0
7/1/2000	5.4	0.0
8/1/2000	5.2	0.0
9/1/2000	4.7	0.0
10/1/2000	6.4	2.9
11/1/2000	7.9	6.9
12/1/2000	11.8	9.5
1/1/2001	10.6	17.7
2/1/2001	21.6	17.3
3/1/2001	19.3	7.0
4/1/2001	24.6	5.4
5/1/2001	17.0	1.6
6/1/2001	10.7	0.2
7/1/2001	11.0	0.0
8/1/2001	7.7	0.0
9/1/2001	5.2	0.0
10/1/2001	2.6	0.7
11/1/2001	8.8	13.1
12/1/2001	45.6	64.6
1/1/2002	20.0	40.9
2/1/2002	16.9	26.9
3/1/2002	22.8	45.6
4/1/2002	46.6	60.5
5/1/2002	19.2	23.4
6/1/2002	10.8	5.4
7/1/2002	10.0	0.0
8/1/2002	6.9	0.0
9/1/2002	11.4	0.0
10/1/2002	11.9	12.9
11/1/2002	19.0	17.8
12/1/2002	18.3	40.8
1/1/2003	46.5	72.0
2/1/2003	74.3	132.5
3/1/2003	21.8	117.7
4/1/2003	32.7	83.4
5/1/2003	35.1	46.7
6/1/2003	16.4	19.6
7/1/2003	7.6	2.9
8/1/2003	0.0	3.1

	<b>Εισροή Μόρνου</b>	<b>Εισροή Υλίκης</b>
9/1/2003	5.9	9.8
10/1/2003	13.1	14.4
11/1/2003	21.7	18.7
12/1/2003	19.6	31.5
1/1/2004	55.2	65.9
2/1/2004	33.2	46.6
3/1/2004	33.3	57.5
4/1/2004	29.3	28.9
5/1/2004	26.5	20.4
6/1/2004	16.3	9.5
7/1/2004	10	0.0
8/1/2004	7.9	0.0
9/1/2004	5.7	1.9
10/1/2004	3.8	7.4
11/1/2004	6.3	12.7
12/1/2004	12.2	17.6
1/1/2005	18.1	30.5
2/1/2005	45.5	40.3
3/1/2005	86.4	55.5
4/1/2005	31.1	21.1
5/1/2005	25.6	6.5
6/1/2005	15	8.7
7/1/2005	7.3	0.0
8/1/2005	7.1	0.0
9/1/2005	5.9	3.5
10/1/2005	5.4	10.1
11/1/2005	14.9	21.5
12/1/2005	39.5	24.2
1/1/2006	44.6	62.3
2/1/2006	43.9	81.9
3/1/2006	64.9	71.1
4/1/2006	31.3	43.0
5/1/2006	24.3	21.5
6/1/2006	13.7	4.6
7/1/2006	9.7	3.6
8/1/2006	2.9	0.0
9/1/2006	6.7	3.6
10/1/2006	1.0	41.2
11/1/2006	9.2	29.5
12/1/2006	9.2	28.0
1/1/2007	9.3	28.0

**Πίνακας 3**

	<b>Εισροή Μόρνου</b>	<b>Εισροή Υλίκης</b>
2/1/2007	14.9	38.5
3/1/2007	17.2	31.6
4/1/2007	20.7	16.6
5/1/2007	13.4	2.7
6/1/2007	11.4	11.3
7/1/2007	8.9	3.0
8/1/2007	8.9	2.2
9/1/2007	14.1	1.2
10/1/2007	0.0	7.0
11/1/2007	22.4	13.9
12/1/2007	12.6	16.1
1/1/2008	8.1	17.7
2/1/2008	6.1	16.5
3/1/2008	15.0	13.0
4/1/2008	18.5	8.3
5/1/2008	8.1	4.5
6/1/2008	5.3	0.5
7/1/2008	4.6	0.0
8/1/2008	3.6	0.0
9/1/2008	4.5	0.0

**Πίνακας 4**

<b>A/A</b>	<b>α</b>	<b>Αστοχία Συστήματος</b>	<b>Κόστος</b>
1	0	24.1	13,221,985.86
2	0.01	24.1	13,221,985.86
3	0.02	24.1	13,221,985.86
4	0.03	24.1	13,221,985.86
5	0.04	24.1	13,221,985.86
6	0.05	24.1	13,221,985.86
7	0.06	24.1	13,221,985.86
8	0.07	24.1	13,221,985.86
9	0.08	24.1	13,221,985.86
10	0.09	24.1	13,221,985.86
11	0.1	24.1	13,221,985.86
12	0.11	24.1	13,221,985.86
13	0.12	24.1	13,221,985.86
14	0.13	24.1	13,221,985.86
15	0.14	24.1	13,221,985.86
16	0.15	24.1	13,221,985.86
17	0.16	24.1	13,221,985.86
18	0.17	24.1	13,221,985.86
19	0.18	24.1	13,221,985.86
20	0.19	24.1	13,221,985.86
21	0.2	24.1	13,221,985.86
22	0.21	24.1	13,221,985.86
23	0.22	24.1	13,221,985.86
24	0.23	24.1	13,221,985.86
25	0.24	24.1	13,221,985.86
26	0.25	24.1	13,221,985.86
27	0.26	24.1	13,221,985.86
28	0.27	24.1	13,221,985.86
29	0.28	24.1	13,221,985.86
30	0.29	24.1	13,221,985.86
31	0.3	24.1	13,221,985.86
32	0.31	24.1	13,221,985.86



**Πίνακας 4**

<b>A/A</b>	<b>α</b>	<b>Αστοχία Συστήματος</b>	<b>Κόστος</b>
33	0.32	24.1	13,221,985.86
34	0.33	24.1	13,221,985.86
35	0.34	24.1	13,221,985.86
36	0.35	24.1	13,221,985.86
37	0.36	24.1	13,221,985.86
38	0.37	24.1	13,221,985.86
39	0.38	24.1	13,221,985.86
40	0.39	24.1	13,221,985.86
41	0.4	24.1	13,221,985.86
42	0.41	24.1	13,221,985.86
43	0.42	24.1	13,221,985.86
44	0.43	24.1	13,221,985.86
45	0.44	24.1	13,221,985.86
46	0.45	24.1	13,221,985.86
47	0.46	24.1	13,221,985.86
48	0.47	24.1	13,221,985.86
49	0.48	24.1	13,221,985.86
50	0.49	24.1	13,221,985.86
51	0.5	24.1	13,221,985.86
52	0.51	24.1	13,221,985.86
53	0.52	24.1	13,221,985.86
54	0.53	24.1	13,183,348.78
55	0.54	24.1	13,084,083.12
56	0.55	27.6	12,970,226.75
57	0.56	27.6	12,842,567.85
58	0.57	27.6	12,717,601.97
59	0.58	31	12,592,863.45
60	0.59	34.5	12,468,044.71
61	0.6	34.5	12,327,672.82
62	0.61	34.5	12,160,451.75
63	0.62	34.5	11,969,689.13
64	0.63	34.5	11,732,942.39

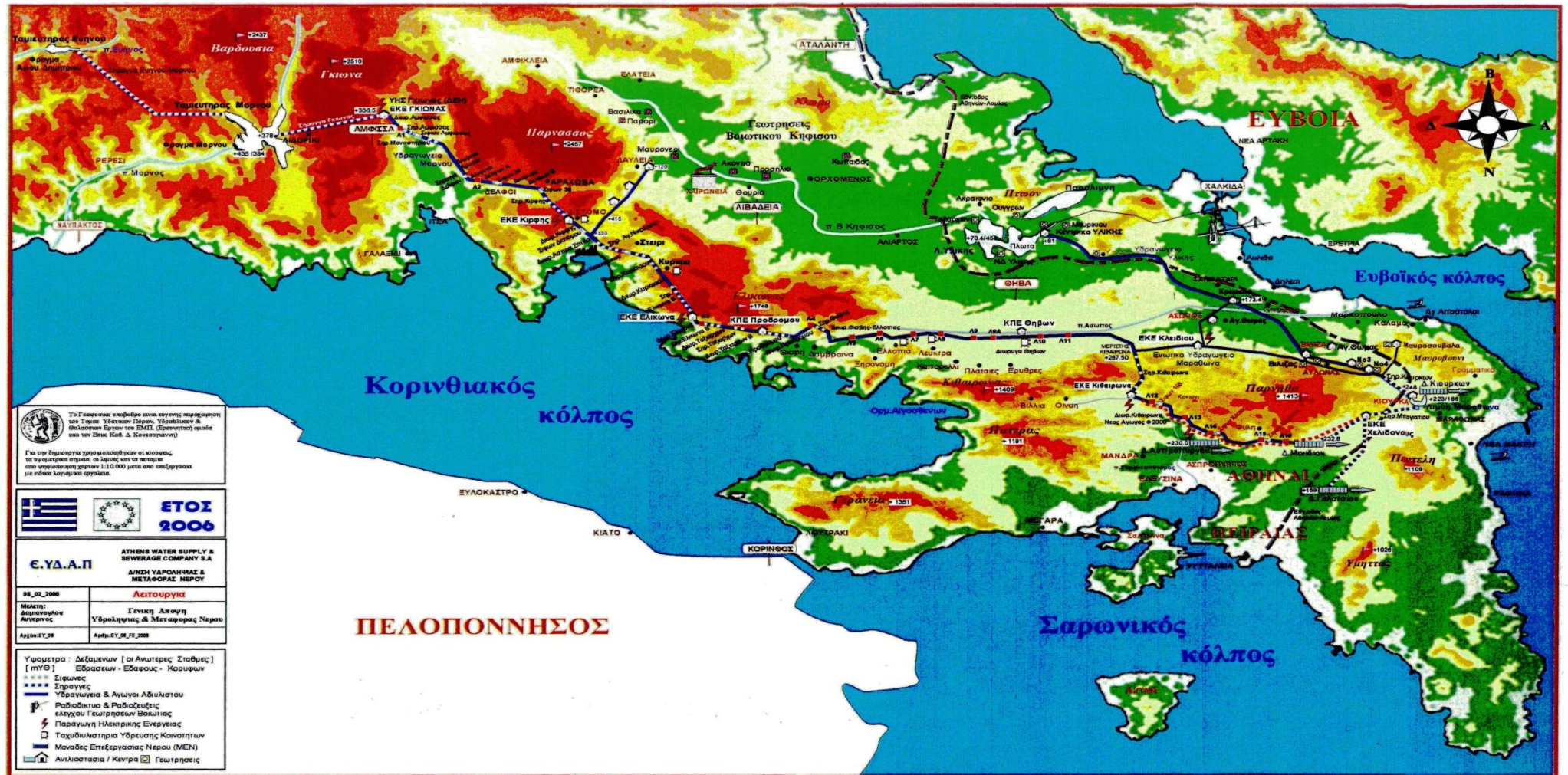
**Πίνακας 4**

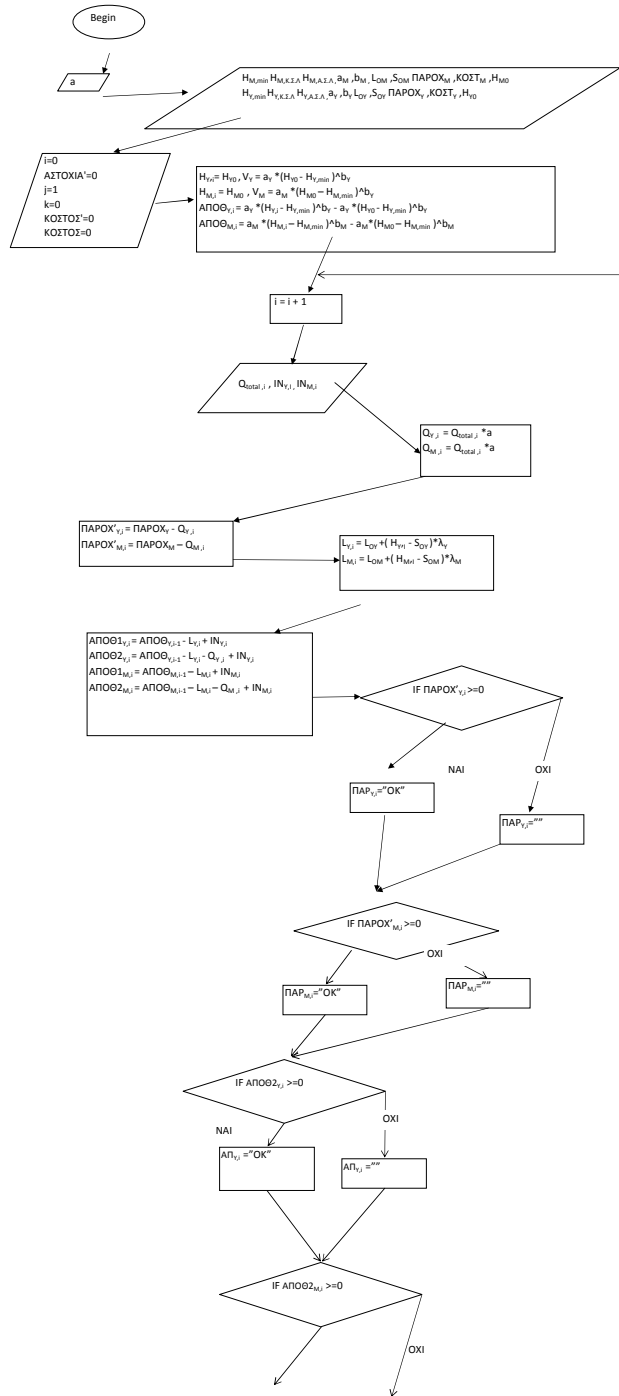
<b>A/A</b>	<b>α</b>	<b>Αστοχία Συστήματος</b>	<b>Κόστος</b>
65	0.64	37.9	11,539,270.93
66	0.65	41.4	11,331,666.64
67	0.66	44.8	11,126,306.84
68	0.67	44.8	10,925,522.18
69	0.68	48.3	10,744,796.90
70	0.69	55.2	10,546,396.52
71	0.7	55.2	10,355,774.36
72	0.71	62.1	10,197,992.58
73	0.72	62.1	10,052,511.16
74	0.73	65.5	9,897,885.93
75	0.74	69	9,758,614.84
76	0.75	69	9,593,544.95
77	0.76	69	9,438,754.33
78	0.77	72.4	9,291,031.05
79	0.78	72.4	9,125,722.03
80	0.79	72.4	8,969,703.72
81	0.8	75.9	8,881,971.38
82	0.81	75.9	8,755,374.41
83	0.82	79.3	8,659,194.38
84	0.83	79.3	8,559,577.02
85	0.84	79.3	8,446,009.37
86	0.85	86.2	8,317,422.42
87	0.86	86.2	8,194,933.73
88	0.87	86.2	8,126,441.49
89	0.88	86.2	8,039,750.91
90	0.89	86.2	7,962,667.69
91	0.9	86.2	7,885,562.24
92	0.91	86.2	7,806,079.00
93	0.92	89.7	7,753,591.24
94	0.93	89.7	7,669,009.46
95	0.94	89.7	7,605,097.90
96	0.95	89.7	7,526,806.97

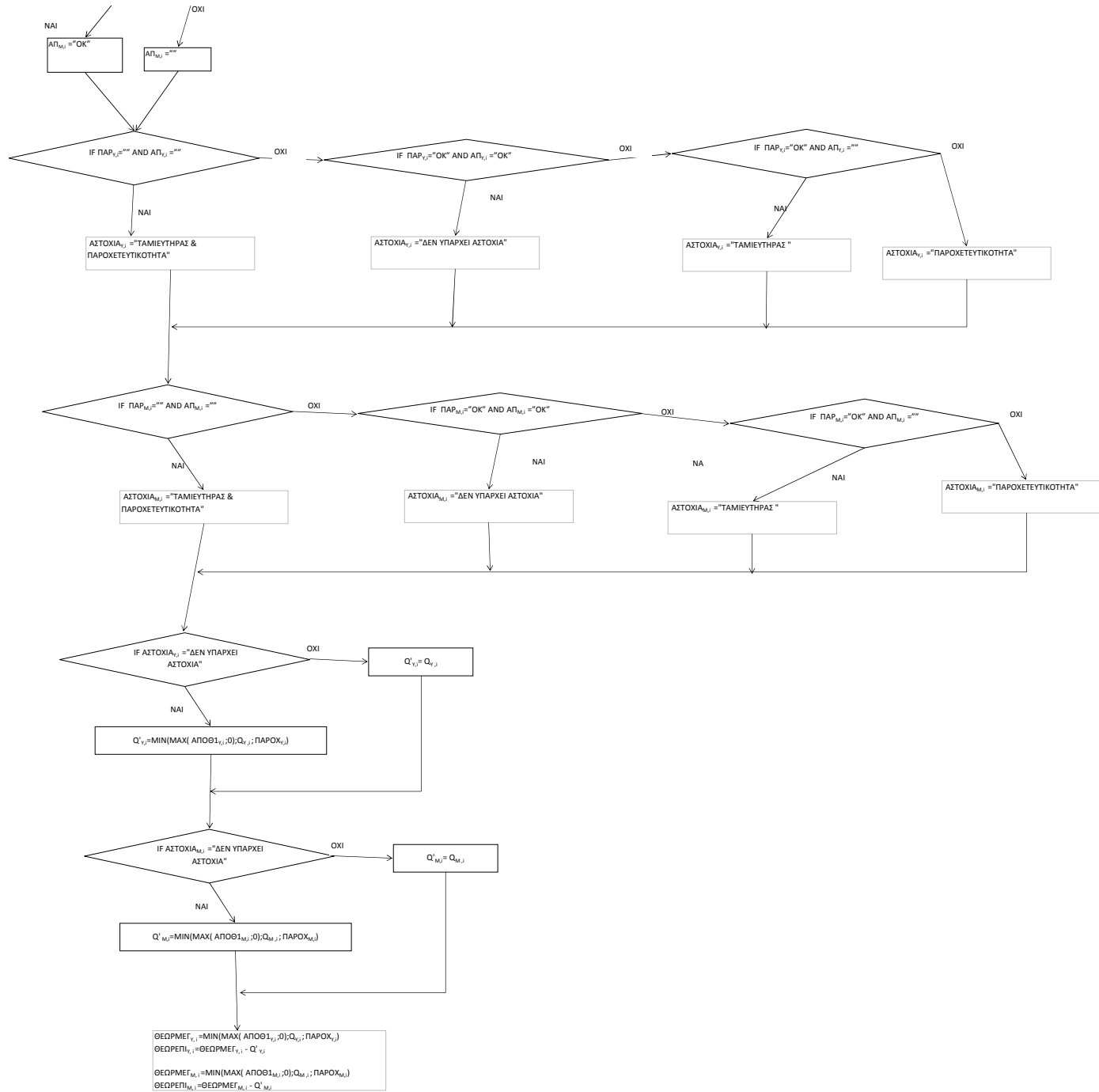
**Πίνακας 4**

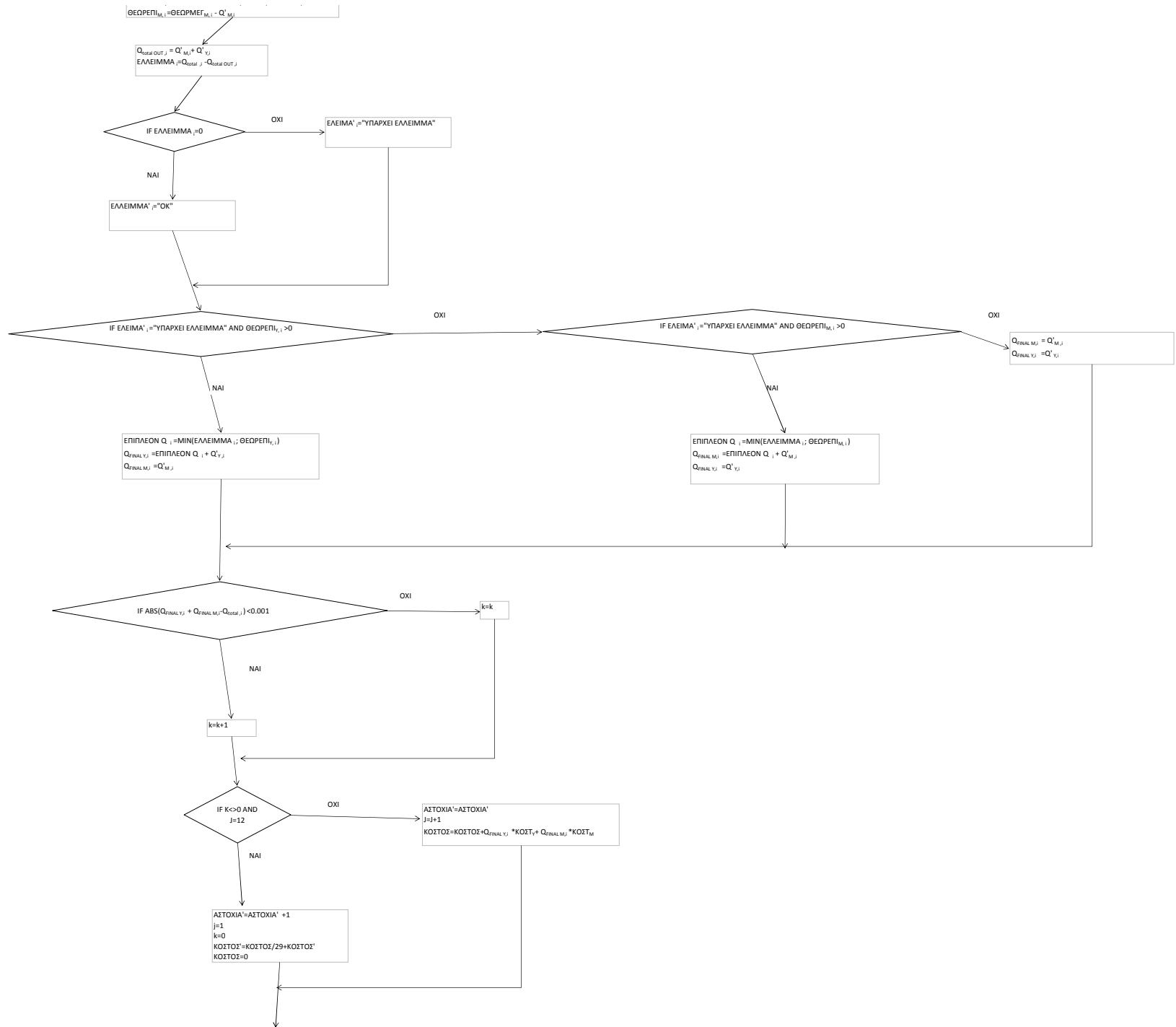
<b>A/A</b>	<b>α</b>	<b>Αστοχία Συστήματος</b>	<b>Κόστος</b>
97	0.96	89.7	7,446,398.85
98	0.97	89.7	7,388,160.82
99	0.98	89.7	7,312,410.64
100	0.99	89.7	7,235,932.77
101	1	89.7	7,185,950.52

Εικόνα 4.2 Γενική Άποψη του Υδροδοτικού Συστήματος της Αθήνας

















1991	7	41,20	7,40	20,60	14,40	OK	423,10	564,83	1,323	427,60	454,80	434,20	OK
	8	37,20	4,80	18,60	16,40	OK	421,88	545,13	1,307	407,90	431,10	412,50	OK
	9	36,80	2,40	18,40	16,60	OK	420,49	523,43	1,293	386,21	409,01	390,61	OK
	10	34,21	0,00	17,11	17,89	OK	419,08	501,94	1,276	364,71	384,93	367,82	OK
	11	29,60	15,80	14,80	20,20	OK	419,01	500,89	1,259	363,66	379,26	364,46	OK
	12	29,20	5,70	14,60	20,40	OK	418,29	490,13	1,258	352,90	368,10	353,50	OK
	1	29,60	2,90	14,80	20,20	OK	417,34	476,18	1,249	338,95	354,55	339,75	OK
	2	29,60	3,90	14,80	20,20	OK	416,44	463,24	1,238	326,01	341,61	326,81	OK
	3	30,00	6,60	15,00	20,00	OK	415,69	452,61	1,227	315,38	331,38	316,38	OK
	4	30,80	21,10	15,40	19,60	OK	415,91	455,69	1,218	318,46	335,26	319,86	OK
	5	35,20	15,10	17,60	17,40	OK	415,38	448,37	1,221	311,14	332,34	314,74	OK
	6	36,40	8,80	18,20	16,80	OK	414,31	433,56	1,215	296,33	318,73	300,53	OK
7	41,20	3,40	20,60	14,40	OK	412,44	408,56	1,202	271,33	298,53	277,93	OK	
8	37,20	1,50	18,60	16,40	OK	410,66	385,68	1,179	248,45	271,65	253,05	OK	
9	36,80	3,40	18,40	16,60	OK	409,00	365,12	1,158	227,89	250,69	232,29	OK	
10	34,21	2,30	17,11	17,89	OK	407,41	346,07	1,138	208,84	229,05	211,95	OK	
11	29,60	5,80	14,80	20,20	OK	406,47	335,15	1,119	197,92	213,52	198,72	OK	
12	29,20	9,60	14,60	20,40	OK	405,88	328,44	1,108	191,21	206,41	191,81	OK	
1992	1	29,60	5,10	14,80	20,20	OK	404,85	316,84	1,101	179,61	195,21	180,41	OK
	2	29,60	6,60	14,80	20,20	OK	403,93	306,75	1,088	169,52	185,12	170,32	OK
	3	30,00	27,80	15,00	20,00	OK	404,91	317,48	1,077	180,25	196,25	181,25	OK
	4	30,80	22,50	15,40	19,60	OK	405,32	322,09	1,089	184,86	201,66	186,26	OK
	5	35,20	22,30	17,60	17,40	OK	405,32	322,09	1,094	184,86	206,06	188,46	OK
	6	36,40	7,20	18,20	16,80	OK	403,84	305,80	1,094	168,57	190,97	172,77	OK
	7	41,20	2,60	20,60	14,40	OK	401,40	280,12	1,076	142,89	170,09	149,49	OK
	8	37,20	0,00	18,60	16,40	OK	398,95	255,88	1,047	118,65	141,85	123,25	OK
	9	36,80	0,70	18,40	16,60	OK	395,37	222,91	1,017	85,68	118,33	99,93	OK
	10	34,21	1,60	17,11	17,89	OK	391,91	193,91	0,974	56,68	86,31	69,20	OK
	11	29,60	9,60	14,80	20,20	OK	390,56	183,29	0,933	46,06	65,35	50,55	OK
	12	29,20	27,40	14,60	20,40	OK	391,98	194,49	0,917	57,26	72,54	57,94	OK
1993	1	29,60	30,60	14,80	20,20	OK	393,70	208,56	0,934	71,33	86,93	72,13	OK
	2	29,60	31,70	14,80	20,20	OK	395,46	223,70	0,954	86,47	102,07	87,27	OK
	3	30,00	22,40	15,00	20,00	OK	396,07	229,13	0,975	91,90	107,90	92,90	OK
	4	30,80	27,80	15,40	19,60	OK	397,17	239,14	0,983	101,91	118,71	103,31	OK
	5	35,20	20,10	17,60	17,40	OK	396,95	237,05	0,996	99,82	121,02	103,42	OK
	6	36,40	7,20	18,20	16,80	OK	395,13	220,85	0,993	83,62	106,02	87,82	OK
	7	41,20	4,20	20,60	14,40	OK	391,30	189,08	0,972	51,85	86,85	66,25	OK
	8	37,20	2,70	18,60	16,40	OK	388,47	167,66	0,926	30,43	53,63	35,03	OK
	9	36,80	1,60	18,40	16,60	OK	385,28	145,57	0,892	8,34	31,14	12,74	OK
	10	34,21	7,80	17,11	17,89	OK	384,00	137,23	0,853	0,00	15,28	-1,82	FALSE
	11	29,60	23,90	14,80	20,20	OK	385,15	144,69	0,838	7,46	23,06	8,26	OK
	12	29,20	17,60	14,60	20,40	OK	385,39	146,24	0,852	9,01	24,21	9,61	OK
1994	1	29,60	41,90	14,80	20,20	OK	389,02	171,69	0,855	34,46	50,06	35,26	OK
	2	29,60	26,30	14,80	20,20	OK	390,32	181,49	0,898	44,26	59,86	45,06	OK
	3	30,00	33,70	15,00	20,00	OK	392,45	198,27	0,914	61,04	77,04	62,04	OK
	4	30,80	30,40	15,40	19,60	OK	393,98	210,93	0,939	73,70	90,50	75,10	OK
	5	35,20	8,00	17,60	17,40	OK	392,27	196,78	0,958	59,55	80,75	63,15	OK
	6	36,40	4,50	18,20	16,80	OK	389,86	177,94	0,937	40,71	63,11	44,91	OK
	7	41,20	3,70	20,60	14,40	OK	386,47	153,53	0,908	16,30	43,50	22,90	OK
	8	37,20	0,60	18,60	16,40	OK	384,00	137,23	0,868	0,00	16,03	-2,57	FALSE
	9	36,80	1,00	18,40	16,60	OK	384,00	137,23	0,838	0,00	0,16	-18,24	FALSE
	10	34,21	1,80	17,11	17,89	OK	384,00	137,23	0,838	0,00	0,96	-16,15	FALSE
	11	29,60	8,60	14,80	20,20	OK	384,00	137,23	0,838	0,00	7,76	-7,04	FALSE
	12	29,20	43,10	14,60	20,40	OK	388,00	164,29	0,838	27,06	42,26	27,66	OK
1995	1	29,60	25,50	14,80	20,20	OK	389,24	173,31	0,886	36,08	51,68	36,88	OK
	2	29,60	47,90	14,80	20,20	OK	393,23	204,70	0,901	67,48	83,08	68,28	OK
	3	30,00	39,80	15,00	20,00	OK	395,89	227,56	0,949	90,33	106,33	91,33	OK
	4	30,80	26,40	15,40	19,60	OK	396,85	236,18	0,981	98,95	115,75	100,35	OK
	5	35,20	17,60	17,60	17,40	OK	396,34	231,58	0,992	94,35	115,55	97,95	OK
	6	36,40	8,00	18,20	16,80	OK	394,59	216,20	0,986	78,97	101,37	83,17	OK
	7	41,20	5,50	20,60	14,40	OK	391,86	193,53	0,965	56,30	83,50	62,90	OK
	8	37,20	4,00	18,60	16,40	OK	389,25	173,40	0,932	36,17	59,37	40,77	OK
	9	36,80	3,80	18,40	16,60	OK	386,46	153,50	0,901	16,27	39,07	20,67	OK
	10	34,21	6,40	17,11	17,89	OK	384,25	138,82	0,868	1,59	21,80	4,69	OK
	11	29,60	31,10	14,80	20,20	OK	386,46	153,48	0,841	16,25	31,85	17,05	OK
	12	29,20	44,70	14,60	20,40	OK	390,40	182,11	0,868	44,88	60,08	45,48	OK
1996	1	29,60	78,20	14,80	20,20	OK	397,68	243,79	0,915	106,56	122,16	107,36	OK
	2	29,60	11,20	14,80	20,20	OK	397,09	238,39	1,002	101,16	116,76	101,96	OK
	3	30,00	10,80	15,00	20,00	OK	396,41	232,20	0,995	94,97	110,97	95,97	OK
	4	30,80	14,50	15,40	19,60	OK	396,04	228,91	0,987	91,68	108,48	93,08	OK
	5	35,20	16,70	17,60	17,40	OK	395,43	223,43	0,983	86,20	107,40	89,80	OK
	6	36,40	3,00	18,20	16,80	OK	393,03	203,05	0,975	65,82	88,22	70,02	OK
	7	41,20	4,20	20,60	14,40	OK	390,01	179,11	0,946	41,88	69,08	48,48	OK
	8	37,20	3,60	18,60	16,40	OK	387,20	158,60	0,910	21,37	44,57	25,97	OK

1997	9	36,80	4,00	18,40	16,60	OK	384,26	138,92	0,876	1,69	24,49	6,09	OK
	10	34,21	6,20	17,11	17,89	OK	384,00	137,23	0,841	0,00	7,05	-10,06	FALSE
	11	29,60	13,70	14,80	20,20	OK	384,00	137,23	0,838	0,00	12,86	-1,94	FALSE
	12	29,20	45,90	14,60	20,40	OK	388,39	167,09	0,838	29,86	45,06	30,46	OK
	1	29,60	15,60	14,80	20,20	OK	388,27	166,20	0,891	28,97	44,57	29,77	OK
	2	29,60	25,60	14,80	20,20	OK	389,51	175,31	0,889	38,08	53,68	38,88	OK
	3	30,00	11,20	15,00	20,00	OK	388,74	169,61	0,904	32,38	48,38	33,38	OK
	4	30,80	17,90	15,40	19,60	OK	388,76	169,81	0,895	32,58	49,38	33,98	OK
	5	35,20	16,00	17,60	17,40	OK	387,92	163,72	0,895	26,49	47,69	30,09	OK
	6	36,40	7,10	18,20	16,80	OK	385,58	147,53	0,885	10,30	32,70	14,50	OK
	7	41,20	3,30	20,60	14,40	OK	384,00	137,23	0,857	0,00	12,75	-7,85	FALSE
	8	37,20	2,90	18,60	16,40	OK	384,00	137,23	0,838	0,00	2,06	-16,54	FALSE
9	36,80	5,00	18,40	16,60	OK	384,00	137,23	0,838	0,00	4,16	-14,24	FALSE	
10	34,21	4,60	17,11	17,89	OK	384,00	137,23	0,838	0,00	3,76	-13,35	FALSE	
11	29,60	24,40	14,80	20,20	OK	385,23	145,19	0,838	7,96	23,56	8,76	OK	
12	29,20	31,80	14,60	20,40	OK	387,53	160,94	0,853	23,71	38,91	24,31	OK	
1998	1	29,60	16,40	14,80	20,20	OK	387,52	160,86	0,880	23,63	39,23	24,43	OK
	2	29,60	48,50	14,80	20,20	OK	391,78	192,88	0,880	55,65	71,25	56,45	OK
	3	30,00	54,40	15,00	20,00	OK	396,21	230,35	0,931	93,12	109,12	94,12	OK
	4	30,80	35,30	15,40	19,60	OK	398,11	247,86	0,984	110,63	127,43	112,03	OK
	5	35,20	20,50	17,60	17,40	OK	397,93	246,16	1,007	108,93	130,13	112,53	OK
	6	36,40	11,00	18,20	16,80	OK	396,58	233,75	1,005	96,52	118,92	100,72	OK
	7	41,20	7,40	20,60	14,40	OK	394,22	212,96	0,989	75,73	102,93	82,33	OK
	8	37,20	3,30	18,60	16,40	OK	391,68	192,10	0,961	54,87	78,07	59,47	OK
	9	36,80	3,50	18,40	16,60	OK	389,04	171,87	0,930	34,64	57,44	39,04	OK
	10	34,21	12,80	17,11	17,89	OK	387,90	163,56	0,899	26,33	46,54	29,43	OK
	11	29,60	63,10	14,80	20,20	OK	393,89	210,17	0,885	72,94	88,54	73,74	OK
	12	29,20	59,10	14,60	20,40	OK	398,67	253,12	0,957	115,89	131,09	116,49	OK
1999	1	29,60	38,10	14,80	20,20	OK	400,86	274,60	1,014	137,37	152,97	138,17	OK
	2	29,60	55,50	14,80	20,20	OK	404,54	313,46	1,040	176,23	191,83	177,03	OK
	3	30,00	29,30	15,00	20,00	OK	405,64	325,68	1,085	188,45	204,45	189,45	OK
	4	30,80	25,60	15,40	19,60	OK	406,32	333,38	1,098	196,15	212,95	197,55	OK
	5	35,20	13,00	17,60	17,40	OK	405,50	324,07	1,106	186,84	208,04	190,44	OK
	6	36,40	6,40	18,20	16,80	OK	403,95	306,98	1,096	169,75	192,15	173,95	OK
	7	41,20	5,40	20,60	14,40	OK	401,79	284,10	1,077	146,87	174,07	153,47	OK
	8	37,20	5,20	18,60	16,40	OK	399,90	265,05	1,051	127,82	151,02	132,42	OK
	9	36,80	4,70	18,40	16,60	OK	397,90	245,92	1,029	108,69	131,49	113,09	OK
	10	34,21	6,40	17,11	17,89	OK	396,29	231,10	1,005	93,87	114,09	96,98	OK
	11	29,60	7,90	14,80	20,20	OK	395,31	222,42	0,985	85,19	100,79	85,99	OK
	12	29,20	11,80	14,60	20,40	OK	394,81	218,04	0,974	80,81	96,01	81,41	OK
2000	1	29,60	10,60	14,80	20,20	OK	394,11	212,07	0,968	74,84	90,44	75,64	OK
	2	29,60	21,60	14,80	20,20	OK	394,70	217,12	0,959	79,89	95,49	80,69	OK
	3	30,00	19,30	15,00	20,00	OK	394,97	219,45	0,966	82,22	98,22	83,22	OK
	4	30,80	24,60	15,40	19,60	OK	395,75	226,28	0,970	89,05	105,85	90,45	OK
	5	35,20	17,00	17,60	17,40	OK	395,16	221,10	0,979	83,87	105,07	87,47	OK
	6	36,40	10,70	18,20	16,80	OK	393,68	208,43	0,972	71,20	93,60	75,40	OK
	7	41,20	11,00	20,60	14,40	OK	391,58	191,27	0,954	54,04	81,24	60,64	OK
	8	37,20	7,70	18,60	16,40	OK	389,44	174,85	0,929	37,62	60,82	42,22	OK
	9	36,80	5,20	18,40	16,60	OK	386,88	156,34	0,903	19,11	41,91	23,51	OK
	10	34,21	2,60	17,11	17,89	OK	384,10	137,86	0,873	0,63	20,84	3,73	OK
	11	29,60	8,80	14,80	20,20	OK	384,00	137,23	0,839	0,00	8,59	-6,21	FALSE
	12	29,20	45,60	14,60	20,40	OK	388,35	166,79	0,838	29,56	44,76	30,16	OK
2001	1	29,60	20,00	14,80	20,20	OK	388,83	170,30	0,890	33,07	48,67	33,87	OK
	2	29,60	16,90	14,80	20,20	OK	388,89	170,71	0,896	33,48	49,08	34,28	OK
	3	30,00	22,80	15,00	20,00	OK	389,68	176,61	0,897	39,38	55,38	40,38	OK
	4	30,80	46,60	15,40	19,60	OK	393,33	205,50	0,906	68,27	85,07	69,67	OK
	5	35,20	19,20	17,60	17,40	OK	392,97	202,55	0,950	65,32	86,52	68,92	OK
	6	36,40	10,80	18,20	16,80	OK	391,42	190,01	0,946	52,78	75,18	56,98	OK
	7	41,20	10,00	20,60	14,40	OK	389,05	171,88	0,927	34,65	61,85	41,25	OK
	8	37,20	6,90	18,60	16,40	OK	386,63	154,68	0,899	17,45	40,65	22,05	OK
	9	36,80	11,40	18,40	16,60	OK	384,80	142,41	0,870	5,18	27,98	9,58	OK
	10	34,21	11,90	17,11	17,89	OK	384,00	137,23	0,848	0,00	16,23	-0,87	FALSE
	11	29,60	19,00	14,80	20,20	OK	384,40	139,79	0,838	2,56	18,16	3,36	OK
	12	29,20	18,30	14,60	20,40	OK	384,75	142,05	0,843	4,82	20,02	5,42	OK
2002	1	29,60	46,50	14,80	20,20	OK	389,08	172,10	0,847	34,87	50,47	35,67	OK
	2	29,60	74,30	14,80	20,20	OK	396,16	229,90	0,899	92,67	108,27	93,47	OK
	3	30,00	21,80	15,00	20,00	OK	396,69	234,72	0,984	97,49	113,49	98,49	OK
	4	30,80	32,70	15,40	19,60	OK	398,30	249,63	0,990	112,40	129,20	113,80	OK
	5	35,20	35,10	17,60	17,40	OK	399,64	262,52	1,010	125,29	146,49	128,89	OK
	6	36,40	16,40	18,20	16,80	OK	398,91	255,49	1,026	118,26	140,66	122,46	OK
	7	41,20	7,60	20,60	14,40	OK	396,71	234,88	1,017	97,65	124,85	104,25	OK
	8	37,20	0,00	18,60	16,40	OK	393,95	210,69	0,990	73,46	96,66	78,06	OK
	9	36,80	5,90	18,40	16,60	OK	391,77	192,83	0,957	55,60	78,40	60,00	OK
	10	34,21	13,10	17,11	17,89	OK	390,75	184,78	0,931	47,55	67,77	50,66	OK























