

---

**ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ ΚΑΙ ΔΗΜΟΣΙΩΝ ΕΡΓΩΝ**  
**ΓΕΝΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΔΗΜΟΣΙΩΝ ΕΡΓΩΝ-Δ/ΝΣΗ ΕΡΓΩΝ ΥΔΡΕΥΣΗΣ-ΑΠΟΧΕΤΕΥΣΗΣ**  
**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**  
**ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ, ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΕΡΓΩΝ**

**MINISTRY OF ENVIRONMENT, PLANNING AND PUBLIC WORKS**  
**GENERAL SECR. OF PUBLIC WORKS - DEPART. OF WATER SUPPLY & SEWAGE**  
**NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS**  
**DIVISION OF WATER RESOURCES, HYDRAULIC AND MARITIME ENGINEERING**

---

**ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΕΡΓΟ:**  
**ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΠΡΟΣΦΕΡΟΜΕΝΩΝ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΩΝ**  
**ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΤΗΣ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΜΕΙΖΟΝΟΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΑΘΗΝΩΝ**  
**RESEARCH PROJECT:**  
**APPRAISAL OF EXISTING POTENTIAL**  
**FOR IMPROVING THE WATER SUPPLY OF GREATER ATHENS**

**ΤΕΥΧΟΣ 14:**  
**ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΥΔΡΟΔΟΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ**  
**VOLUME 14:**  
**WATER SUPPLY SYSTEM MODELLING**

---

**ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΣ ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ: ΘΕΜ. ΞΑΝΘΟΠΟΥΛΟΣ**  
**SCIENTIFIC DIRECTOR: THEM. XANTHOPOULOS**  
**ΣΥΝΤΑΞΗ: Ι. ΝΑΛΜΠΑΝΤΗΣ**  
**AUTHOR: I. NALBANTIS**

**ΑΘΗΝΑ ΙΟΥΝΙΟΣ 1990 - ATHENS JUNE 1990**

---

## Π Ε Ρ Ι Ε Χ Ο Μ Ε Ν Α

	<u>Σελ.</u>
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1 Ιστορικό	1
1.2 Αντικείμενο του τεύχους	1
1.3 Διάρθρωση του τεύχους	3
2. ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΠΑΛΙΟΤΕΡΩΝ ΜΕΛΕΤΩΝ ΣΧΕΤΙΚΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΥΔΡΟΔΟΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΑΘΗΝΑΣ	5
2.1 Υδρευσις Αθηνών - Προκαταρκτική Εκθεσις Τεύχος 4: ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ ΛΕΚΑΝΗΣ ΥΔΑΤΟΣΥΛΛΟΓΗΣ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟΥ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ ΜΟΡΝΟΥ (Ιούλιος 1964) των Ν. Αλτηγού, Κ. Κυριακού, Α. Μαχαίρα	5
2.1.1 Καθορισμός της μέγιστης θεωρητικά απολήψιμης εισροής	5
2.1.2 Χωρητικότητα ταμιευτήρα Μόρνου - Απολήψιμοι όγκοι	6
2.1.3 Παρατηρήσεις Σχόλια	8
2.2. Μελέτη Εργων Υδρεύσεως Περιοχής Πρωτευούσης εκ Μόρνου - Γενική Διάταξη Εργων Φάκελλος 8: ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ ΜΟΡΝΟΥ (Σεπτ. 1966) των ΥΔΡΟΜΗΧΑΝΙΚΗ Α.Ε. των Ν. Αλτηγού, Α. Μαχαίρα, Κ. Ζέρη, Σ. Δάλλα	9
2.2.1 Επέκταση του δείγματος των απορροών	9
2.2.2 Προσομοίωση λειτουργίας του Ταμιευτήρα Μόρνου - Απολήψιμοι όγκοι	10
2.2.3 Παρατηρήσεις - Σχόλια	11
2.3 Μελέτη Φράγματος Μόρνου - Τεχνικός Έλεγχος της Οριστικής Μελέτης και Προτάσεις της ELECTROWATT - ΤΕΧΝΙΚΟΙ ΣΥΜΒΟΥΛΟΙ Α.Ε. (Ιούνιος 1970)	12
2.3.1 Επισκόπηση προτάσεων της ELECTROWATT	13
2.3.2 Παρατηρήσεις - Σχόλια	13
2.4 Project Mornos - Report on Reservoir Operation Studies της Lahmeyer Int. (1972)	14
2.4.1 Παρατηρήσεις πάνω στη μέθοδο της Υδρομηχανικής	14
2.4.2 Επανεξέταση του προβλήματος της διαστασιολόγησης του ταμιευτήρα Μόρνου - Στοχαστικά μοντέλα προσομοίωσης	15

2.4.3	Αποτελέσματα διερεύνησης	17
2.4.4	Παρατηρήσεις - Σχόλια	18
2.5	Υπόμνημα επί της συσκέψεως της 19ης Ιανουαρίου 1972 σχετικά με την απαιτούμενη χωρητικότητα του ταμιευτήρα Μόρνου των ΥΔΡΟΜΗΧΑΝΙΚΗ Α.Ε. - Ν. Αλτηγού - Α. Μαχαίρα - Κ. Ζέρη - Σ. Δάλλα (25 Ιαν. 1972)	19
2.6	Ενίσχυσις του Υδατικού Δυναμικού του Ταμιευτήρος Μόρνου - Αναγνωριστική Έκθεσις των ΤΕΤΡΑΚΤΥΣ Ο.Ε. - Δ. Κόμη (Αύγ. 1977) Τεύχος 2. Υδρολογική έκθεση	22
2.6.1	Μαθηματικό ομοίωμα προσομοίωσης λειτουργίας συνδυασμένων ταμιευτήρων Μόρνου - Ευήνου - Ανατολικού Αχελώου	22
2.6.2	Αποτελέσματα προσομοίωσης - Παρατηρήσεις	24
3.	Η ΓΕΝΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ - ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ	26
3.1	Τοποθέτηση του προβλήματος	26
3.2	Κύρια χαρακτηριστικά στοχαστικής δομής εισροής	29
3.3	Γενικές αρχές μοντελοποίησης υδρολογικών μεταβλητών συστήματος ταμιευτήρων ύδρευσης Αθηνών	32
3.3.1	Βασικές παρατηρήσεις και παραδοχές	32
3.3.2	Γενικό σχήμα προσομοίωσης της απορροής - βροχής	34
4.	ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΥΔΡΟΔΟΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	38
4.1	Εισαγωγή	38
4.2	Περιγραφή του μοντέλου - εξισώσεις ισοζυγίου για κάθε ταμιευτήρα	39
4.2.1	Ταμιευτήρας Ευήνου	39
4.2.2	Ταμιευτήρας Μόρνου	41
4.2.3	Λίμνη Υλίκη	43
4.2.4	Ταμιευτήρας αναρρύθμισης	46
4.3	Κανόνες λειτουργίας	46
4.3.1	Σημερινό υδροδοτικό σύστημα	47
4.3.1.α	Μεμονωμένος ταμιευτήρας Μόρνου	47
4.3.1.β	Μεμονωμένη εκμετάλλευση λίμνης Υλίκης	47
4.3.1.γ	Συνδυασμένοι ταμιευτήρες Μόρνου - Υλίκης	48
4.3.2	Μελλοντικό υδροδοτικό σύστημα	50
4.3.2.α	Συνδυασμένοι ταμιευτήρες Μόρνου - Ευήνου	50

4.3.2.β	Συνδυασμένοι ταμιευτήρες Μόρνου - Ευήνου - ταμιευτήρα αναρρύθμισης	52
4.3.2.γ	Συνδυασμένοι ταμιευτήρες Μόρνου - Ευήνου - Υλίκης	52
4.3.2.δ	Συνδυασμένοι ταμιευτήρες Μόρνου - Ευήνου - Υλίκης - ταμιευτήρα αναρρύθμισης	54
5.	ΒΑΣΙΚΕΣ ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΤΟΥ ΣΗΜΕΡΙΝΟΥ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΟΥ ΥΔΡΟΔΟΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	57
5.1	Επίπεδο αξιοπιστίας	57
5.2	Ασφάλεια έναντι ατυχημάτων	60
5.3	Άλλες χρήσεις νερού	63
5.4	Χαρακτηριστικές στάθμες και όγκοι ταμιευτήρων	64
5.5	Παροχετευτικότητες αγωγών	66
5.6	Εισροές	68
5.7	Κατανάλωση νερού	69
5.8	Υδραυλικές απώλειες στη σήραγγα Ευήνου - Μόρνου	70
5.9	Κανόνες λειτουργίας υπάρχοντος υδροδοτικού συστήματος	71
5.10	Κανόνες λειτουργίας μελλοντικού υδροδοτικού συστήματος	73
5.10.1	Συνδυασμένοι ταμιευτήρες Μόρνου - Ευήνου	73
5.10.2	Συνδυασμένοι ταμιευτήρες Μόρνου - Ευήνου - ταμιευτήρα αναρρύθμισης	75
5.10.3	Συνδυασμένοι ταμιευτήρες Μόρνου - Ευήνου - Υλίκης	76
5.10.4	Συνδυασμένοι ταμιευτήρες Μόρνου - Ευήνου - Υλίκης - ταμιευτήρα αναρρύθμισης	79
6.	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ	82
6.1	Απόληψη από τον ταμιευτήρα Μόρνου	82
6.2	Απόληψη από την λίμνη Υλίκη	82
6.3	Απόληψη από το σύστημα Μόρνου - Υλίκης	82
6.4	Απόληψη από το σύστημα Μόρνου - Ευήνου Επιπτώσεις ταμιευτήρα αναρρύθμισης	84
6.5	Απόληψη από το σύστημα Μόρνου - Ευήνου - Υλίκης	85
6.6	Απόληψη από το σύστημα Μόρνου - Ευήνου - Υλίκης - ταμιευτήρα αναρρύθμισης	87
6.7	Επιπτώσεις κλιματικής αλλαγής	89
6.8	Συμπεράσματα	90
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	105

## ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑ Α - ΣΧΗΜΑΤΑ

- |             |   |            |
|-------------|---|------------|
| Σχ.1        | Μοντέλο υδροδοτικού συστήματος Αθήνας<br>(χωρίς ταμιευτήρα αναρρύθμισης).                 | A-1        |
| Σχ.2        | Μοντέλο υδροδοτικού συστήματος Αθήνας<br>(με ταμιευτήρα αναρρύθμισης).                    | A-1        |
| Σχ.3<br>έως | Διακύμανση ωφέλιμου αποθέματος και απόληψης<br>ταμιευτήρων υδροδοτικού συστήματος Αθηνών. | A-2<br>έως |
| Σχ.7        | Παράδειγμα δοκιμής.   | A-6        |

## ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑ Β - ΕΞΟΔΟΙ (OUTPUTS) ΜΟΝΤΕΛΟΥ - ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΥΔΡΟΔΟΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΘΗΝΑΣ

- ΣΥΝΟΠΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ
- ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1.1. Ιστορικό

Το Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων με την από 25 Φεβ. 1988 απόφασή του, ανέθεσε στον Τομέα Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και θαλάσσιων Έργων του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, το ερευνητικό έργο με τίτλο "Διερεύνηση προσφερομένων δυνατοτήτων για την ενίσχυση της ύδρευσης της μείζονος περιοχής Αθηνών". Επιστημονικός υπεύθυνος του έργου είναι ο καθηγητής Θεμ. Ξανθόπουλος.

Το ερευνητικό έργο περιλαμβάνει δύο μέρη. Το πρώτο μέρος αφορούσε κυρίως στη συγκέντρωση και αξιολόγηση παλιότερων μελετών για τις λεκάνες Μόρνου και Ευήνου, και στη συλλογή, συστηματοποίηση, αρχειοθέτηση σε Η/Υ και αξιολόγηση των υδρομετεωρολογικών δεδομένων των λεκανών αυτών. Το μέρος αυτό παραδόθηκε στις αρχές του 1989.

Το δεύτερο μέρος είχε ως αντικείμενο την τελική εκτίμηση του υδατικού δυναμικού των δύο λεκανών και των εναλλακτικών δυνατοτήτων αξιοποίησης για την ύδρευση της Αθήνας. Μετά από πρόταση της ερευνητικής ομάδας το αντικείμενο αυτό διευρύνθηκε με την προσθήκη της διερεύνησης και του υδατικού δυναμικού της λίμνης Υλίκης. Η ανάθεση του διευρυμένου αντικειμένου του Β' μέρους έγινε με την από 31 Μαΐου 1989 απόφαση του υπουργού ΠΕΧΩΔΕ.

### 1.2. Αντικείμενο του τεύχους

Αντικείμενο του τεύχους αυτού είναι η τελική εκτίμηση των δυνατοτήτων απόληψης από το σημερινό υδροδοτικό σύστημα της Αθήνας δηλαδή από τον ταμιευτήρα Μόρνου και τη λίμνη Υλίκη τόσο μεμονωμένα όσο και σε συνδυασμό. Υπολογίζεται επίσης η αναμενόμενη αύξηση των δυνατοτήτων του συστήματος, αν αυξηθεί η παροχετευτικότητα του υδραγωγείου Υλίκης από  $7.5 \text{ m}^3/\text{sec}$ , που είναι σήμερα, σε  $11.0 \text{ m}^3/\text{sec}$  ή  $15.0 \text{ m}^3/\text{sec}$ .

Μια πρώτη, πολύ καλή προσέγγιση στα παραπάνω θέματα δόθηκε στο

Τεύχος 8 (παραδώθηκε τον Οκτώβριο 1989) το οποίο δεν προβλέπονταν στις συμβατικές υποχρεώσεις της ερευνητικής ομάδας, αλλά εκπονήθηκε μετά από σχετικό αίτημα της ΕΥΔΑΠ και τη σύμφωνη γνώμη του ΥΠΕΧΩΔΕ. Το τεύχος αυτό είχε ως κύριο στόχο να βοηθήσει την ΕΥΔΑΠ στη λήψη αποφάσεων σχετικά με τον προγραμματισμό νέων έργων στο υδραγωγείο της Υλίκης καθώς και στη γενικότερη ορθολογική αντιμετώπιση του προβλήματος της λειψυδρίας στην Αθήνα.

Διευκρινίζεται ότι τα νέα έργα στο υδραγωγείο Υλίκης περιλάμβαναν νέα αντλιοστάσια και ανεξάρτητο αγωγό που θα καταλήγει στον υδαταγωγό Μόρνου, ανάντη της σήραγγας Κιθαιρώνα. Ο νέος αυτός αγωγός, σύμφωνα με τις εκτιμήσεις που δόθηκαν Τεύχος 8, δεν αποφέρει σημαντικά οφέλη ως προς τον απολήψιμο όγκο από το σύστημα Μόρνου-Υλίκης. Εξασφαλίζει όμως έναν ανεξάρτητο δρόμο εναλλακτικό προς τον κύριο υδαταγωγό Μόρνου, σε περίπτωση βλάβης του αντλιοστασίου. Επί πλέον ο αγωγός αυτός αποτελεί και εναλλακτικό δρόμο, εκτός του υφιστάμενου υδραγωγείου Υλίκης.

Στο παρόν τεύχος παρουσιάζονται οι τελικές απαντήσεις και εκτιμήσεις στα ίδια ερωτήματα που είχαν τεθεί στο τεύχος 8, όπως αυτές διαμορφώθηκαν μετά από την ολοκλήρωση της επεξεργασίας των δεδομένων της Υλίκης και της ανάπτυξης των μοντέλων προσομοίωσης λειτουργίας του συστήματος. Η εκτίμηση των κινδύνων ανεπάρκειας του παρόντος υδροδοτικού συστήματος στο άμεσο μέλλον γίνεται στο τεύχος 16.

Εκτός από τα αποτελέσματα της διερεύνησης των δυνατοτήτων του υπάρχοντος υδροδοτικού συστήματος το παρόν τεύχος περιλαμβάνει και τις τελικές εκτιμήσεις των δυνατοτήτων του μελλοντικού υδροδοτικού σχήματος της Αθήνας.

Στο σχήμα αυτό υπεισέρχεται, επιπλέον του Μόρνου και της Υλίκης και ένας ταμιευτήρας στη λεκάνη του Ευήνου καθώς και ένας ταμιευτήρας αναρρύθμισης κοντά στην Αθήνα (πιθανόν στη λεκάνη του Ασωπού).

Σημειώνεται ότι η διαστασιολόγηση των διαφόρων έργων στον Ευήνο παρουσιάζεται αναλυτικά σε ξεχωριστό τεύχος (Τεύχος 15), ενώ εδώ δίνονται οι εκτιμήσεις των απολήψιμων όγκων νερού μόνο για ένα

μικρό αριθμό εναλλακτικών λύσεων με ένταξη του Ευήνου στο σύστημα.

Τα συμβατικά αντικείμενα που καλύπτονται από το παρόν τεύχος και περιγράφονται επίσης στο Παράρτημα της απόφασης ανάθεσης του ερευνητικού έργου είναι τα ακόλουθα:

- 2.1.ε. Επισκόπηση και συγκριτική εξέταση στοχαστικών μοντέλων εισροής και ισοζυγίου ταμιευτήρα, που έχουν χρησιμοποιηθεί σε παλιότερες μελέτες των Λεκανών Μόρνου και Ευήνου.
- 2.1.θ. Στοχαστική προσομοίωση λειτουργίας μεμονωμένου ταμιευτήρα Μόρνου - Τελικά συμπεράσματα για τις δυνατότητες του ταμιευτήρα.
- 2.1.ι. Στοχαστική προσομοίωση λειτουργίας των διαφόρων εναλλακτικών λύσεων συνδυασμένων ταμιευτήρων - Τελικά συμπεράσματα για τις δυνατότητες κάθε εναλλακτικής λύσης.
- 2.1.η. Στοχαστική προσομοίωση λειτουργίας συστήματος Μόρνου-Υλίκης και συμπεράσματα.
- 2.2.θ. Στοχαστική προσομοίωση λειτουργίας συστήματος Μόρνου-Υλίκης-Ευήνου και συμπεράσματα.

### 1.3. Διάρθρωση του τεύχους

Το τεύχος περιλαμβάνει 6 κεφάλαια, το πρώτο από τα οποία είναι η παρούσα εισαγωγή.

Στο κεφάλαιο 2 γίνεται επισκόπηση και κριτική παρουσίαση των παλιότερων μελετών σχετικών με τη διερεύνηση των δυνατοτήτων του υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας με στοχαστικές μεθόδους.

Οι μελέτες αυτές αφορούν κυρίως τον υδρολογικό σχεδιασμό του ταμιευτήρα Μόρνου αλλά και την ενίσχυση του ταμιευτήρα αυτού με



κατασκευή φράγματος στον Εύηνο. Σημειώνεται ότι μία γενική επισκόπηση αυτών των ίδιων μελετών είχε γίνει στα τεύχη 1 και 2 της Α' φάσης του ερευνητικού έργου αλλά με έμφαση στα υδρομετεωρολογικά στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν και στα τελικά συμπεράσματα. Αντίθετα εδώ δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στη μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε.

Στο κεφάλαιο 3 γίνεται μια παρουσίαση της γενικευμένης μεθόδου της προσομοίωσης που εφαρμόζεται στο παρόν ερευνητικό έργο. Γίνεται επίσης συνοπτική περιγραφή του γενικού σχήματος προσομοίωσης των υδρολογικών μεταβλητών που υπεισέρχονται στην προσομοίωση λειτουργίας του υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας.

Στο κεφάλαιο 4 περιγράφεται το μοντέλο προσομοίωσης λειτουργίας του υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας, στη γενικευμένη του μορφή, όπως αυτό χρησιμοποιήθηκε για τις ανάγκες εκπόνησης του παρόντος τεύχους. Υπενθυμίζεται ότι το μοντέλο περιλαμβάνει τόσο τους υπάρχοντες ταμιευτήρες Μόρνου και Υλίκης όσο και έναν από τους προτεινόμενους εναλλακτικούς ταμιευτήρες στη λεκάνη του Ευήνου και έναν ταμιευτήρα αναρρύθμισης κοντά στην Αθήνα (πιθανόν στη λεκάνη του Ασωπού).

Στο κεφάλαιο 5 παρουσιάζονται όλες οι παραδοχές με βάση τις οποίες μελετήθηκε το σημερινό και το μελλοντικό υδροδοτικό σύστημα της Αθήνας.

Τέλος στο κεφάλαιο 6 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της προσομοίωσης λειτουργίας του υδροδοτικού συστήματος και εξάγονται τα τελικά συμπεράσματα για τις δυνατότητες της κάθε εναλλακτικής λύσης.

Στο τεύχος προσαρτώνται επίσης διαγράμματα και πίνακες που δίνουν μία εικόνα των εξόδων του μοντέλου προσομοίωσης λειτουργίας του υδροδοτικού συστήματος και του όγκου των πληροφοριών που απαιτήθηκε για τις τελικές εκτιμήσεις των δυνατοτήτων του συστήματος αυτού.

## 2. ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΠΑΛΙΟΤΕΡΩΝ ΜΕΛΕΤΩΝ ΣΧΕΤΙΚΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΑΘΗΝΑΣ

### 2.1. Υδρευσις Αθηνών - Προκαταρκτική Εκθεσις

Τεύχος 4: ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ ΛΕΚΑΝΗΣ ΥΔΑΤΟΣΥΛΛΟΓΗΣ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟΥ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ ΜΟΡΝΟΥ (Ιούλιος 1964)  
των Ν. Αλτηγού - Κ. Κυριακού - Α. Μαχαίρα

#### 2.1.1. Καθορισμός της μέγιστης θεωρητικά απολήψιμης εισροής

Για την υδρολογική μελέτη του ταμιευτήρα Μόρνου οι μελετητές έδωσαν κατ' αρχήν μία εκτίμηση της μέγιστης θεωρητικά απολήψιμης ετήσιας εισροής. Ως μέση ετήσια εισροή δέχτηκαν τη μέση τιμή του δείγματος των απορροών στη θέση του φράγματος για 13 έτη (1951/52 έως 1963/64). Η τιμή αυτή βρέθηκε ίση με  $383.5 * 10^6 \text{ m}^3$ .

Επίσης υπολογίστηκε σε  $15.3 * 10^6 \text{ m}^3$  η μέση ετήσια εξάτμιση από την επιφάνεια της λίμνης με βάση τα δεδομένα του σταθμού Αλιάρτου. Επί πλέον λήφθηκαν υπόψη πιθανές απώλειες του υδαταγωγού ίσες με  $18 * 10^6 \text{ m}^3/\text{έτος}$ .

Με τις παραδοχές αυτές η μέγιστη θεωρητικά απολήψιμη είσοδο, η οποία αντιστοιχεί σε άπειρη χωρητικότητα ταμιευτήρα, βρέθηκε ίση με  $(383.5 - 15.3 - 18.0) * 10^6 \text{ m}^3 = 350 * 10^6 \text{ m}^3$  ετησίως.

Για τον ασφαλέστερο υπολογισμό της μέγιστης θεωρητικά απολήψιμης εισροής ακολουθήθηκε η παρακάτω μέθοδος:

- α. Κατασκευάστηκε η αθροιστική καμπύλη των χρησίμων εισροών (εισορές - απώλειες) με βάση τις μηνιαίες τιμές των απορροών των ετών 1951/52 - 1963/64 (13 έτη). Η καμπύλη αυτή αντιστοιχεί στη μέγιστη θεωρητικά απολήψιμη εισροή των  $350 * 10^6 \text{ m}^3/\text{έτος}$ .
- β. Έγινε επέκταση της καμπύλης αυτής για μια ιδεατή περίοδο 7 ετών με βάση τις απορροές του ποταμού Β. Κηφισού κατά τα έτη 1913/14 έως 1919/20 μετά από αναγωγή στη λεκάνη ανάντη του

φράγματος Μόρνου με βάση τη μέθοδο των μηνιαίων δεικτών αναγωγής. Η περίοδος αυτή των 7 ετών περιλαμβάνει και τα εξαιρετικά ξηρά έτη 1915/16 - 1917/18, με αποτέλεσμα μια καλύτερη απεικόνιση των πιθανών δυσμενών μελλοντικών υδρολογικών συνθηκών. Η επέκταση της αθροιστικής καμπύλης μείωσε τη μέγιστη θεωρητικά απολήπιμη εισροή σε  $343.2 * 10^6 \text{ m}^3$ .

### 2.1.2. Χωρητικότητα ταμιευτήρα Μόρνου - Απολήπιμοι όγκοι

Λόγοι γεωλογικοί επέβαλαν την ανώτατη στάθμη λειτουργίας στο υψόμετρο +435 που αντιστοιχεί σε ολική χωρητικότητα ταμιευτήρα  $781 * 10^6 \text{ m}^3$ . Επίσης λόγοι παροχετευτικότητας του αγωγού προσαγωγής επέβαλαν το κατώφλι υδροληψίας στη στάθμη +377 με αντίστοιχο νεκρό όγκο  $94 * 10^6 \text{ m}^3$ . Έτσι προέκυψε μέγιστη ωφέλιμη χωρητικότητα  $(781 - 94) * 10^6 \text{ m}^3 = 687 * 10^6 \text{ m}^3$ .

Για τον υπολογισμό της αξιοπιστίας της χωρητικότητας του ταμιευτήρα για κάθε απολήπιμη ποσότητα νερού ήταν απαραίτητο να ληφθεί υπόψη η στοχαστική δομή της σειράς των εισροών. Ως αξιοπιστία ταμιευτήρα ορίζεται η πιθανότητα ενός όγκου νερού να αποληφθεί πραγματικά για μια μεγάλη χρονική περίοδο.

Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν τα αποτελέσματα των ερευνών των Kritzkii S.N. & Menkiel M.P. (1952) όπως αυτά συμπληρώθηκαν από τον Pleschkov. Οι συγγραφείς αυτοί προτείνουν τη χρήση καμπυλών που εκφράζουν τη γενική σχέση:

$$\beta = f(C_v, \alpha, p) \quad (2.1)$$

όπου:

$$\alpha = \frac{Q}{\mu}, \quad \beta = \frac{K}{\mu}, \quad Q = \text{απολήπιμος όγκος,}$$

$K = \text{ωφέλιμη χωρητικότητα ταμιευτήρα,}$

$\mu = \text{μέση τιμή των εισροών,}$

$$C_v = \frac{\sigma}{\mu} \quad \text{συντελεστής διασποράς,}$$

$\sigma$  = τυπική απόκλιση των εισροών,

$p$  = πιθανότητα απολήψεως του όγκου  $Q$  ή αξιοπιστία του ταμιευτήρα

Με τον τρόπο αυτό συνδέονται ο απολήψιμος ετήσιος όγκος νερού  $Q$  με πιθανότητα  $p$  για δεδομένη χωρητικότητα  $K$  και τα στατιστικά χαρακτηριστικά των εισροών  $\mu$  και  $\sigma$ . Η μέθοδος εφαρμόστηκε ως εξής:

Ένα μέρος της χωρητικότητας του ταμιευτήρα θεωρήθηκε ότι διατίθεται για την ετήσια ρύθμιση. Η χωρητικότητα αυτή υπολογίστηκε σαν ο μέσος όρος των τιμών του όγκου που απαιτούνται για ετήσια ρύθμιση για τα έτη 1951/52 έως 1963/64. Οι τιμές αυτές του όγκου ταμιευτήρα προέκυψαν από εφαρμογή της μεθόδου της αθροιστικής καμπύλης των μηνιαίων τιμών για κάθε έτος ξεχωριστά. Έτσι η απαιτούμενη χωρητικότητα για ετήσια ρύθμιση υπολογίστηκε ίση με  $K_{ετ} = 127 * 10^6 \text{ m}^3$ .

Για κάθε τιμή της επιθυμητής καθαρής απόληψης (280, 300, 320, 340 \*  $10^6 \text{ m}^3/\text{έτος}$ ) υπολογίστηκε η μικτή ετήσια απόληψη  $Q$  μετά από πρόσθεση των απωλειών ( $33.5 * 10^6 \text{ m}^3$ ), και για κάθε τιμή της πιθανότητας  $p = 80, 90, 95, 97\%$  υπολογίστηκε η απαιτούμενη χωρητικότητα  $K_{υπερρετ}$  για υπερετήσια ρύθμιση. Στη συνέχεια υπολογίστηκε η ολική χωρητικότητα  $K_{ολ} = K_{υπερρετ} + K_{ετ}$ . Τα στατιστικά χαρακτηριστικά των εισροών θεωρήθηκαν εναλλακτικά ίσα με τα ιστορικά από τα εξής δύο δείγματα ετήσιων εισροών:

- α. Χρονική περίοδος 1951/52 - 1963/64 με  $\mu = 383.5 * 10^6 \text{ m}^3$  και  $C_v = 0.48$
- β. Χρονική περίοδος 1951/52 - 1963/64 και 1913/14 - 1919/20 με  $\mu = 376.7 * 10^6 \text{ m}^3$  και  $C_v = 0.40$ .

Τα διαγράμματα ( $Q, K, p$ ) που κατασκευάστηκαν δίνουν με παρεμβολή τα εξής αποτελέσματα για χωρητικότητα του ταμιευτήρα Μόρνου  $K_{ολ} = 687 * 10^6 \text{ m}^3$ :

<u>Ετήσια απόληψη (<math>10^6 \text{ m}^3</math>)</u>	<u>Αξιοπιστία (p%)</u>
300	97
315	95
335	90
340	88

### 2.1.3. Παρατηρήσεις - Σχόλια

Η λεπτομερής συλλογή, κατάταξη, αρχειοθέτηση και επεξεργασία των υδρομετεωρολογικών δεδομένων της λεκάνης του φράγματος Μόρνου που έγινε κατά τη διάρκεια της Α' φάσης του παρόντος ερευνητικού έργου έδωσε κατά την άποψή μας τα πιο αξιόπιστα αποτελέσματα που μπορούν να υπάρξουν σήμερα. Μερικά τέτοια αποτελέσματα φαίνονται στον παρακάτω πίνακα σε αντιδιαστολή με εκείνα της Υδρομηχανικής.

#### Μέσες ετήσιες τιμές ( $10^6 \text{ m}^3$ )

	Απορροές $10^6 \text{ m}^3$	Βροχές mm	Εξατμίσεις mm	Διαφυγές $10^6 \text{ m}^3$	Απώλειες Υδαταγωγού $10^6 \text{ m}^3$
Παρόν ερευ- νητικό έργο	323.0	1513	24.8	13.0	40.0
Υδρομηχανική	383.5	1186	15.5	-	18.0

Ο υπολογισμός της αξιοπιστίας του προτεινόμενου ταμιευτήρα με τη μέθοδο των Kritzkii - Menkiel - Pleschkon είναι προσεγγιστικός σε σχέση με τις μοντέρνες μεθόδους της Επιχειρησιακής Υδρολογίας. Ειδικότερα:

- Η μέθοδος λαμβάνει υπόψη της τη μέση τιμή και τη διασπορά των εισροών, αγνοεί όμως την αυτοσυσχέτισή τους, η επιρροή της οποίας είναι εξαιρετικά σημαντική στη διαστασιολόγηση ταμιευτήρων.
- Ο διαχωρισμός της χωρητικότητας του ταμιευτήρα σε έναν όγκο που διατίθεται για ετήσια ρύθμιση και σ'ένα άλλο όγκο

υπερετήσιας ρύθμισης, με υπολογισμό του πρώτου βάσει μόνον των ιστορικών στοιχείων έχει το μειονέκτημα ότι η αξιοπιστία δεδομένου απολήψιμου όγκου είναι ουσιαστικά άγνωστη.

- γ. Η μέθοδος αυτή, κρίνεται απόλυτα ικανοποιητική σε επίπεδο προκαταρκτικής μελέτης, αλλά δεν έχει την πληρότητα της σύγχρονης μεθόδου προσομοίωσης του συστήματος απ' ευθείας στη χρονική κλίμακα του μήνα.

## 2.2. Μελέτη Εργων Υδρευσεως Περιοχής Πρωτευούσης εκ Μόρνου - Γενική Διάταξη Εργων

Φάκελλος 8: ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ ΜΟΡΝΟΥ (Σεπτ. 1966)  
των ΥΔΡΟΜΗΧΑΝΙΚΗ Α.Ε. - Ν. Αλτηγού - Α. Μαχαίρα  
- Κ. Ζέρη - Σ. Δάλλα

### 2.2.1. Επέκταση του δείγματος των απορροών

Οι μελετητές υπολόγισαν κατ' αρχήν τις απορροές στη θέση του φράγματος Μόρνου με βάση τα σταθμημετρικά και υδρομετρικά δεδομένα του σταθμού Στενού για την περίοδο 1952 - 1965 μετά από πολλές διορθώσεις των πρωτογενών στοιχείων. Τα σφάλματα των στοιχείων αυτών οφείλονται κυρίως στη μη σταθερότητα της διατομής ελέγχου των μετρήσεων.

Στη συνέχεια η επιφανειακή βροχή στη λεκάνη του φράγματος Μόρνου συσχετίστηκε με τα σημειακά ύψη βροχής στους σταθμούς Λιδορίκι και Ναύπακτος με τη σχέση:

$$h_{\text{Μόρνου}} = 0.756 h_{\text{Λιδορίκι}} + 0.565 h_{\text{Ναυπακτου}} \quad (2.2)$$

Με βάση τα στοιχεία της περιόδου 1952 - 1965 ρυθμίστηκε ένα απλό γραμμικό μοντέλο βροχής-απορροής που συσχετίζει το ετήσιο ισοδύναμο ύψος απορροής στη λεκάνη του φράγματος με τα εποχιακά ύψη επιφανειακής βροχής του εξεταζόμενου έτους. Η σχέση αυτή δίνεται από την εξίσωση:

$$P = 0.31 P_{\phi} + 1.43 P_x + 0.59 P_A + 0.85 P_{\theta} - 605.5 \text{ (mm)} \quad (2.3)$$

όπου:  $P$ , ισοδύναμο ύψος απορροής (mm)

$P_{\phi}$ ,  $P_x$ ,  $P_A$ ,  $P_{\theta}$ , εποχιακά ύψη βροχής φθινοπώρου, χειμώνα, άνοιξης, καλοκαιριού αντίστοιχα.

Η σχέση αυτή χρησιμοποιήθηκε για επέκταση του δείγματος των ετήσιων απορροών στην περίοδο 1913 - 1935 έτσι ώστε να ληφθεί τελικό δείγμα ετήσιων απορροών εύρους 37 ετών, με μέση ετήσια τιμή ίση με  $343.4 * 10^6 \text{ m}^3$ .

### 2.2.2. Προσομοίωση λειτουργίας του Ταμιευτήρα Μόρνου - Απολήψιμοι όγκοι

Κατασκευάστηκε συνθετική σειρά ετήσιων εισροών του ταμιευτήρα Μόρνου μεγέθους ίσου με 500 έτη.

Για την παραγωγή της σειράς χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο Markov με την παρακάτω μαθηματική μορφή:

$$R_{i+1} = \Phi_1 R_i + W_{i+1} \quad (2.4)$$

όπου:  $R_{i+1}$ ,  $R_i$  είναι οι ετήσιες εισροές κατά τα έτη  $(i+1)$  και  $i$  αντίστοιχα

$\Phi_1$  είναι η παράμετρος του μοντέλου που είναι ίση με τον συντελεστή αυτοσυσχέτισης α' τάξης των εισροών  $r_1$ .

$W_{i+1}$  είναι το συμπλήρωμα απορροής που αντιπροσωπεύει το πλήρως τυχαίο μέρος της απορροής ή το τυχαίο υπόλοιπο. Η μέση τιμή του είναι  $(1-r)\mu$  και η τυπική απόκλιση του  $\sigma = (1-r_1^2)^{1/2}$  με  $\mu$ ,  $\sigma$  αντίστοιχα το μέσο όρο και την τυπική απόκλιση των εισροών.

Τα στατιστικά χαρακτηριστικά των εισροών τέθηκαν ίσα με εκείνα της ιστορικής σειράς των 37 ετών, ήτοι:

$$\mu = 343.4 * 10^6 \text{ m}^3, \quad \sigma = 146.6 * 10^6 \text{ m}^3, \quad r = -0.2$$

Το τυχαίο υπόλοιπο θεωρήθηκε ότι ακολουθεί κατανομή γάμα με παραμέτρους σχήματος και κλίμακας  $a = 7.4$  και  $\beta = 49.53$

αντίστοιχα.

Η προσομοίωση της λειτουργίας του ταμιευτήρα έγινε σε ετήσια βάση με τη βοήθεια του παραπάνω μοντέλου. Για το σκοπό αυτό υπολογίστηκαν για κάθε υδρολογικό έτος με διαθέσιμες μηνιαίες απορροές (1952-1965) οι αθροιστικές καμπύλες εισροών και καταναλώσεων. Οι μηνιαίες καταναλώσεις υπολογίστηκαν με εφαρμογή των συντελεστών μηνιαίας κατανάλωσης πάνω στη μέση μηνιαία εισροή (μέση ετήσια εισροή/12). Το μέγιστο έλλειμμα και η μέγιστη περίσσεια για κάθε έτος (δηλαδή για κάθε ετήσια εισροή) φέρονται σε διάγραμμα συναρτήσεως της μέσης ετήσιας εισροής και χαράσσεται η άνω και κάτω περιβάλλουσα του νέφους των σημείων του διαγράμματος. Με τον τρόπο αυτό βρίσκεται μια σχέση της ετήσιας απορροής και του όγκου ταμιευτήρα για ετήσια ρύθμιση.

Για απόληψη  $300 * 10^6 \text{ m}^3/\text{έτος}$  βρέθηκε ότι η ετήσια ρύθμιση απαιτεί χωρητικότητα  $120 * 10^6 \text{ m}^3$ . Εφόσον η ολική ωφέλιμη χωρητικότητα είναι  $642 * 10^6 \text{ m}^3$  απομένει για υπερετήσια ρύθμιση όγκος  $522 * 10^6 \text{ m}^3$ .

Στη συνέχεια έγινε προσομοίωση της λειτουργίας του ταμιευτήρα για τα 500 χρόνια της σειράς των συνθετικών εισροών. Με την παραπάνω χωρητικότητα των  $522 * 10^6 \text{ m}^3$ , απώλειες ίσες με  $10 * 10^6 \text{ m}^3/\text{έτος}$  και αρχικά πλήρη τον ταμιευτήρα λήφθηκαν τα παρακάτω αποτελέσματα:

<u>Απόληψη (<math>\text{m}^3 * 10^6</math>)</u>	<u>Αξιοπιστία %</u>
300	99.4
289	100.0

### 2.2.3. Παρατηρήσεις - Σχόλια

Ο υπολογισμός της επιφανειακής βροχής της λεκάνης φράγματος Μόρνου με βάση τη σχέση (2.2) έχει μειωμένη αξιοπιστία διότι όπως φαίνεται στο διάγραμμα 45 της μελέτης υπάρχει ένα νέφος σημείων συγκεντρωμένο στην αρχή των αξόνων και η κατά συνέπεια κλίση της ευθείας παλινδρόμησης καθορίζεται ουσιαστικά μόνο από ελάχιστα απομακρυσμένα σημεία. Το ίδιο πρόβλημα υπάρχει και στη ρύθμιση



της σχέσης βροχής-απορροής όπου η κλίση της ευθείας παλινδρόμησης καθορίζεται ουσιαστικά μόνο από ένα σημείο που αντιστοιχεί στο εξαιρετικά υγρό έτος 1962/63 (Διάγραμμα 62 της εξεταζόμενης μελέτης). Για όλους τους παραπάνω λόγους τα αποτελέσματα της διεύρυνσης του δείγματος των απορροών για την περίοδο 1913 - 1935 είναι γενικά αμφισβητήσιμα.

Η μειωμένη αξιοπιστία του δείγματος των ετήσιων απορροών φαίνεται και από την εντελώς ασυνήθιστη για ετήσιες απορροές τιμή του συντελεστή αυτοσυσχέτισης α' τάξης ( $r = -0.2$ ). Η χρήση του μοντέλου Markov με την τιμή αυτή  $r=-0.2$  δίνει ευνοϊκότερα αποτελέσματα από εκείνα που θα έδινε ένας απλός νόμος κατανομής (με  $r = 0.0$ ). Αυτό σημαίνει ότι για μια συγκεκριμένη απόληψη απαιτείται μικρότερη χωρητικότητα ταμιευτήρα από ότι στην περίπτωση πλήρως τυχαίων εισροών, πράγμα που αποτελεί εξαιρετικά παρακινδυνευμένη παραδοχή.

Οι απώλειες των  $10 * 10^6 \text{ m}^3/\text{έτος}$  που θεωρήθηκαν, υπολείπονται κατά πολύ των πραγματικών (εξατμίσεις, διαφυγές από τον ταμιευτήρα, απώλειες υδαταγωγού) και σε συνδυασμό με την αμφισβητήσιμη ρύθμιση του μοντέλου των εισροών οδηγούν ασφαλώς σε σοβαρή υπερεκτίμηση των απολήψιμων όγκων νερού.

Τέλος πρέπει να τονιστεί ότι η προσομοίωση της λειτουργίας του ταμιευτήρα σε ετήσια βάση αγνοεί το στοχαστικό χαρακτήρα των μηνιαίων εισροών και οδηγεί κατ' ανάγκη στον υπολογισμό του όγκου ετήσιας ρύθμισης βάσει μόνο των περιορισμένων σε αριθμό ιστορικών στοιχείων. Κατά τον τρόπο αυτό όμως παραμένει ουσιαστικά άγνωστη η πιθανότητα αστοχίας ενός μέρους της χωρητικότητας του ταμιευτήρα και εισάγεται κάποια αβεβαιότητα και στην εκτίμηση της αξιοπιστίας της ολικής ωφέλιμης χωρητικότητας για δεδομένη επιθυμητή απόληψη.

### 2.3. Μελέτη Φράγματος Μόρνου - Τεχνικός Έλεγχος της Οριστικής Μελέτης και Προτάσεις

της ELECTROWATT - ΤΕΧΝΙΚΟΙ ΣΥΜΒΟΥΛΟΙ Α.Ε. (Ιούνιος 1970)

### 2.3.1. Επισκόπηση προτάσεων της ELECTROWATT

Ο Σύμβουλος Electrowatt μετά από σύντομη περιγραφή των πρωτογενών δεδομένων της Υδρομηχανικής καθώς και της μεθόδου επέκτασης του δείγματος των απορροών προχώρησε σε έλεγχο και κριτική της μεθόδου αυτής.

Κατ' αρχήν εκφράστηκαν επιφυλάξεις για την αξιοπιστία της δεδομένης παροχής στη θέση του φράγματος. Προτάθηκε μάλιστα να γίνει επανάληψη των υπολογισμών για πιο ασφαλή προσδιορισμό τους. Όπως ήδη αναφέρθηκε στην παράγραφο 2.2 το ύψος της επιφανειακής βροχής της λεκάνης φράγματος Μόρνου υπολογίστηκε από μία εξίσωση διπλής συσχέτισης (εξ.2.2)

Η μελέτη από την ΕW των απλών συσχετίσεων (ημόρνος → ηλαιορικι) και (ημόρνος → ηναυπακτος) έδωσε πολύ μικρούς συντελεστές συσχέτισης και γι' αυτό θεωρήθηκε ότι ο υπολογισμός του ημόρνου από τη σχέση (2.2) ενέχει κάποια αβεβαιότητα. Η αβεβαιότητα αυτή είχε ασφαλώς επίπτωση στις απορροές των ετών 1913 - 1935 που υπολογίζονται με βάση τα εποχιακά ύψη βροχής της λεκάνης (εξ.2.3).

Η παραγωγή σειράς συνθετικών εισροών μήκους 500 ετών με μαρκοβιανό μοντέλο οδηγεί κατά την ΕW σε εξομάλυνση της κατανομής των ιστορικών εισροών που όπως είναι γνωστό και από άλλες μελέτες φραγμάτων παρουσιάζει ακραίες τιμές. Προτάθηκε στη συνέχεια να γίνει προσομοίωση της λειτουργίας του ταμιευτήρα με βάση μόνο τις ιστορικές εισροές.

### 2.3.2. Παρατηρήσεις - Σχόλια

Κατά την άποψή μας δεν ευσταθεί η πρόταση της ELECTROWATT για τη χρήση των ιστορικών μόνο δεδομένων αντί της συνθετικής χρονοσειράς, δεδομένου ότι το δείγμα αυτό είναι πολύ μικρό για να δώσει ασφαλή συμπεράσματα για την αξιοπιστία του ταμιευτήρα.

## 2.4. Project Mornos - Report on Reservoir Operation Studies

της Lahmeyer Int. (1972)

### 2.4.1. Παρατηρήσεις πάνω στη μέθοδο της Υδρομηχανικής

Στα πλαίσια της μελέτης αυτής εκφράστηκαν σοβαρές επιφυλάξεις σε ότι αφορά στη διαστασιολόγηση του ταμιευτήρα Μόρνου που προτάθηκε από την Υδρομηχανική (παρ. 2.2).

Ειδικότερα υποστηρίχτηκε ότι η σχετική χωρητικότητα του ταμιευτήρα RE (χωρητικότητα ταμιευτήρα προς μέση ετήσια εισροή) ήταν υπερβολικά μεγάλη.

Η θέση αυτή βασίστηκε στις εργασίες των LOF & HARDISON για την οικονομικά βέλτιστη τιμή του RE, σύμφωνα με τις οποίες  $RE < 2.0$  για το 86% των περιπτώσεων και  $RE < 1.8$  για το 78% των περιπτώσεων, ενώ κατά μέσο όρο  $RE = 1.55$ . Κατά συνέπεια η σχετική χωρητικότητα του ταμιευτήρα Μόρνου  $RE \approx 640 \cdot 10^6 \text{ m}^3 / 357 \cdot 10^6 \text{ m}^3 \approx 1.8$  έχει περίπου 80% πιθανότητα να μην ικανοποιεί τις απαιτήσεις οικονομικότητας.

Στη συνέχεια έγινε μια πρώτη εκτίμηση της χωρητικότητας του ταμιευτήρα Μόρνου με απευθείας χρησιμοποίηση των αποτελεσμάτων μεθόδων διαθεσίμων στη βιβλιογραφία. Τα αποτελέσματα της διερεύνησης αυτής φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Μέθοδος	Κατανομή εισροών	RE
Kartelishvili	Pearson	0.80
Pleschov	"	0.50
Lof & Hardison	Normal	0.75
"	Weibull	0.65
"	Log-normal	1.00

Ως δεδομένα χρησιμοποιήθηκαν:

- α) Μέση ετήσια εισροή  $357 * 10^6 \text{ m}^3$
- β) Μέση ετήσια απόληψη  $(300 + 10) * 10^6 \text{ m}^3$  (ζήτηση + απώλειες εξάτμισης)
- γ) Συντελεστής διασποράς 0.30
- δ) Αξιοπιστία 98%

Οι παραπάνω τιμές της σχετικής χωρητικότητας προσαυξημένες κατά 0.40 για την ετήσια ρύθμιση δίνουν κατά μέσο όρο  $RE \approx 1.0 \pm 1.1$ . Η τιμή αυτή της σχετικής χωρητικότητας επιβεβαιώθηκε και με τη χρήση της γενικής μεθόδου της προσομοίωσης λειτουργίας του ταμειυτήρα Μόρνου που περιγράφεται στην επόμενη παράγραφο.

Οι επιφυλάξεις που διατυπώθηκαν για την μέθοδο της Υδρομηχανικής συνοφίζονται στα παρακάτω σημεία:

- α. Τα διαθέσιμα υδρομετρικά στοιχεία δεν επαρκούν για μια καλή εκτίμηση της αυτοσυσχέτισης των εισροών, γεγονός που δεν επιτρέπει τη χρήση μοντέλου αυτοσυσχέτισης για τις εισροές.
- β. Το μοντέλο Μαρκον που χρησιμοποιήθηκε από την Υδρομηχανική αδυνατεί από την ίδια του τη δομή του να αναπαραγάγει το αυτοσυσχετόγραμμα της ιστορικής σειράς.
- γ. Η τιμή του συντελεστή αυτοσυσχέτισης α' τάξης των ετησίων εισροών  $\rho_1 = -0.2$  οδηγεί σε λιγότερο συντηρητικό σχεδιασμό από εκείνον που θα αντιστοιχούσε σε τυχαίες εισροές ( $\rho_1 = 0$ ).

#### 2.4.2. Επανεξέταση του προβλήματος της διαστασιολόγησης του ταμειυτήρα Μόρνου - Στοχαστικά μοντέλα προσομοίωσης

Αντί της παραγωγής συνθετικών εισροών με βάση μόνο ένα μοντέλο εισροών (τύπου Μαρκον) που εφάρμοσε η Υδρομηχανική, ο Σύμβουλος πρότεινε την παραγωγή συνθετικής σειράς εισροών σε δύο στάδια:

- α. Παραγωγή σειράς μηνιαίων τιμών επιφανειακής βροχής 500 ετών.
- β. Μετασχηματισμό των βροχών σε απορροές.

Για την παραγωγή των μηνιαίων βροχών  $X_t$  ( $t=1, 2, 3, \dots$ ) χρησιμοποιήθηκε το γενικό μοντέλο αυτοσυσχέτισης τάξης  $p$  AR( $p$ ):

$$Z_t = a_1 Z_{t-1} + a_2 Z_{t-2} + \dots + a_p Z_{t-p} + \varepsilon_t \quad (2.5)$$

όπου  $Z_t = \frac{X_t - \mu_i}{\sigma_i}$  η τυποποιημένη μηνιαία βροχή  
 $\mu_i, \sigma_i =$  μέση τιμή και τυπική απόκλιση του μήνα  
 $i$  ( $i = 1, 2, \dots, 12$ )  
 $\varepsilon_t$ : τυχαία συνιστώσα με κανονική κατανομή με μέση τιμή μηδέν.

Για την εκτίμηση των συντελεστών  $a_1, a_2, \dots, a_p$  χρησιμοποιήθηκαν οι εξισώσεις Yule - Walker (Box & Jenkins, 1970) και οι διαθέσιμες ιστορικές βροχές 45 ετών.

Για το μετασχηματισμό των μηνιαίων βροχών σε μηνιαίες απορροές χρησιμοποιήθηκε το παρακάτω απλό μοντέλο μεταφοράς:

$$Y_t = v_0 X_{t-\tau} + v_1 X_{t-\tau-1} + v_2 X_{t-\tau-2} + \dots + v_k X_{t-\tau-k} + \varepsilon_t \quad (2.6)$$

όπου:

$Y_t, X_t =$  απορροή, βροχή του μήνα  $t$

$\tau =$  καθαρή υστέρηση βροχής και απορροής

$v_0, v_1, v_2, \dots, v_k =$  συνάρτηση μεταφοράς μήκους  $k$

$$\sum_{i=1}^k v_i = a = \text{μέσος συντελεστής απορροής} \quad (2.7)$$

Επιλέχτηκε η απλή συνάρτηση μεταφοράς εκθετικού τύπου

$$v_i = v \rho^{i-\tau} \quad (2.8)$$

οπότε συνολικά παραμένουν 4 παράμετροι για καθορισμό ( $v, \rho, k, \tau$ ), εκ των οποίων 3 είναι ανεξάρτητες λόγω της (2.7). Ο υπολογισμός τους γίνεται ελαχιστοποιώντας το άθροισμα των τετραγώνων των αποκλίσεων των εκτιμημένων και ιστορικών μηνιαίων παροχών για δείγμα 15 ετών.

Το μοντέλο λειτουργίας του ταμειυτήρα Μόρνου που προτάθηκε περιγράφεται από τις παρακάτω εξισώσεις:

- α) Περιοριστικές συνθήκες όπως  $0 \leq S_t \leq K$   
 όπου:  $S_t$  = αποθηκευμένος όγκος στο τέλος του μήνα  $t$   
 $K$  = χωρητικότητα
- β) Κανόνας λειτουργίας σύμφωνα με τον οποίο η απόληψη  $R_t$  είναι πάντα ίση με τη ζήτηση  $D_t$  του μήνα  $t$  εφόσον
- $$I_t + S_{t-1} \geq D_t \quad (2.9)$$
- όπου:  $I_t$  = εισροή μήνα  $t$   
 $S_{t-1}$  = όγκος στο τέλος του μήνα  $t-1$  (προηγούμενου)

Στην αντίθετη περίπτωση υπάρχει αστοχία  
 και  $R_t = I_t + S_{t-1} < D_t$  (2.10)

Η διακύμανση της κατανομής της ζήτησης μέσα στο έτος λήφθηκε υπόψη μέσω κατάλληλων μηνιαίων συντελεστών ανισοκατανομής.

#### 2.4.3. Αποτελέσματα διερεύνησης

Για την εφαρμογή των παραπάνω μοντέλων στην εικονική λειτουργία του ταμειευτήρα Μόρνου ο Σύμβουλος χρησιμοποίησε τα παρακάτω δεδομένα:

- α. Δεδομένα παροχών από την Υδρομηχανική
- β. Τη σημειακή βροχόπτωση στο Λιδορίκι για τις βροχές

Από τα μοντέλα βροχής (παρ. 2.4.2.) που δοκιμάστηκαν το καλύτερο ήταν το μοντέλο που ακολουθεί:

$$Z_t = 0.080 Z_{t-1} + 0.99 u_t \quad (2.11)$$

όπου:  $u_t$  = τυποποιημένη μεταβλητή Gauss

Το καλύτερο μοντέλο βροχής απορροής (παρ. 2.4.2) που προέκυψε είναι:

$$Y_t = 0.463 X_t + 0.142 X_{t-1} + 0.043 X_{t-2} + 0.013 X_{t-3} + 7.718 u_t \quad (2.12)$$

όπου  $Y_t, X_t$  σε  $m^3/sec$

Για αξιοπιστία 99,9% και για απόληψη  $300 * 10^6 \text{ m}^3/\text{έτος}$  η απαιτούμενη χωρητικότητα ταμιευτήρα βρέθηκε ίση με  $330 * 10^6 \text{ m}^3$ . Για απολήψεις μεγαλύτερες των  $300 * 10^6 \text{ m}^3$  η απαιτούμενη αύξηση της χωρητικότητας για δεδομένη αύξηση της απόληψης είναι μεγάλη και οδηγεί κατά τον Σύμβουλο σε αντικοινωνικές λύσεις.

#### 2.4.4. Παρατηρήσεις - Σχόλια

Η σύγκριση των αποτελεσμάτων της Υδρομηχανικής και της Lahmeyer φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

	Απολήψιμος όγκος (* $10^6 \text{ m}^3/\text{έτος}$ )	Αξιοπιστία %	Απαιτούμενη Χωρητικότητα (* $10^6 \text{ m}^3$ )
Υδρομηχανική	300	99.4	642
Lahmeyer	300	99.9	330

Μία εκτενής συγκριτική εξέταση των δύο μεθόδων έγινε από την ίδια την Υδρομηχανική και τα αποτελέσματά της παρουσιάζονται στο υπόμνημα της Υδρομηχανικής (παρ. 2.5). Εδώ περιοριζόμαστε σε μερικές δικές μας παρατηρήσεις που όμως τις περισσότερες φορές δε διαφέρουν από εκείνες της Υδρομηχανικής.

Η μεγάλη διαφορά στην απαιτούμενη χωρητικότητα του ταμιευτήρα για παραπλήσιες τιμές της αξιοπιστίας μπορεί να εξηγηθεί μόνο από τη σημαντική διαφορά μεταξύ του εύρους διακύμανσης των ιστορικών και των προσομοιωμένων εισροών.

Οι μηνιαίες ιστορικές βροχές είναι πρακτικά ασυσχέτιστες από μήνα σε μήνα καθόσον ο συντελεστής συσχέτισης τους 0.08 (εξ. 2.11) δεν είναι σημαντικά διάφορος του 0 για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%

$(0.08 < \frac{1.96}{\sqrt{45}} = 0.292)$ . Ουσιαστικά δηλαδή διατηρείται απλώς η περιοδικότητα της σειράς και δεν υπάρχει ανάγκη χρήσης μοντέλου αυτοσυσχέτισης.

Το μοντέλο βροχής-απορροής που εφαρμόστηκε στη συνέχεια οδήγησε σε υπερβολική εξομάλυνση των παροχών με υποτίμηση των χειμερινών τιμών και υπερεκτίμηση των θερινών. Αυτό είχε ως συνέπεια να μειωθεί το εύρος διακύμανσης των εισροών, και η απαιτούμενη χωρητικότητα ταμειυτήρα. Ήδη αναφέρθηκε στην παράγραφο 2.4.1 ότι κατά την προεκτίμηση της χωρητικότητας ο συντελεστής διασποράς των εισροών  $C_v$  θεωρήθηκε ίσος με 0.30 αντί της τιμής 0.48 της Υδρομηχανικής. Η μεγάλη διαφορά στη ζωτικής σημασίας αυτή παράμετρο διαφοροποιεί σημαντικά τα αποτελέσματα.

Πάντως πρέπει να τονιστεί ότι η ανάλυση της Lahmeyer δεν απέδειξε την αναγκαιότητα χρήσης ενός μοντέλου αυτοσυσχέτισης για τις βροχές έναντι ενός απλού νόμου κατανομής. Πρακτικά το μοντέλο που προτάθηκε προσεγγίζει τις βροχές με ένα κανονικό νόμο αφού ληφθεί υπόψη η μή μονιμότητα της χρονοσειράς. Από το άλλο μέρος τα αποτελέσματα του μοντέλου βροχής - απορροής οδηγούν στη σκέψη ότι ο περιορισμός στην απλή εκθετική μορφή της συνάρτησης μεταφοράς (2.8) οδηγεί σε μεγαλύτερη εξομάλυνση των απορροών από ότι ένα Μαρκοβιανό μοντέλο απορροής.

## 2.5. ΥΠΟΜΝΗΜΑ επί της συσκέψεως της 19ης Ιανουαρίου 1972 σχετικά με την απαιτούμενη χωρητικότητα του ταμειυτήρα Μόρνου:

των ΥΔΡΟΜΗΧΑΝΙΚΗ Α.Ε. - Ν. Αλτηγού - Α. Μαχαίρα - Κ. Ζέρη - Σ. Δάλλα (25 Ιαν. 1972)

Στο υπόμνημα αυτό συνοψίζονται οι θέσεις των μελετητών σε ότι αφορά στην εκλογή της χωρητικότητας του ταμειυτήρα Μόρνου και γίνεται σύγκριση των θέσεων αυτών με τις απόψεις του Συμβούλου του Υ.Δ.Ε. LAHMEYER A.E.

Ενώ κατά τους μελετητές η απαιτούμενη χωρητικότητα για απόληψη  $310 * 10^6 \text{ m}^3$  (με  $10 * 10^6 \text{ m}^3$  απώλειες) είναι  $642 * 10^6 \text{ m}^3$ , ο



Σύμβουλος πρότεινε την τιμή των  $330 * 10^6 \text{ m}^3$ .

Κατ' αρχήν επισημάνθηκε η μεγάλη διαφορά στην τιμή του συντελεστή διασποράς των εισροών που εκτιμήθηκε ίσως με 0.30 από το Σύμβουλο και 0.48 από τους μελετητές. Όπως είναι γνωστό η επιρροή της παραμέτρου αυτής στη διαστασιολόγηση ταμιευτήρων είναι ιδιαίτερα σημαντική. Ο ισχυρισμός του Συμβούλου ότι η τιμή του συντελεστή διασποράς είναι ακόμη μικρότερη (0.25) για εισροές με βάση το ημερολογιακό έτος, θεωρήθηκε αβάσιμος καθόσον η μελέτη της δίαιτας των λεκανών απορροής επιβάλλει τη χρήση του υδρολογικού έτους στους υπολογισμούς.

Στη συνέχεια έγινε σύγκριση της μεθοδολογίας των μελετητών με εκείνη του Συμβούλου.

Οι μελετητές πέτυχαν τη ρύθμιση ενός απλού μοντέλου βροχής απορροής το οποίο συσχετίζει γραμμικά την ετήσια απορροή της περιόδου 1952-65 με τα εποχιακά ύψη επιφανειακής βροχής του κάθε έτους για την ίδια περίοδο. Με τη σχέση αυτή έγινε επέκταση του ιστορικού δείγματος των απορροών για την περίοδο 1913 - 35.

Στη συνέχεια έγινε παραγωγή συνθετικής σειράς ετησίων απορροών με μοντέλο Markov και υπολογίστηκε ο όγκος που απαιτείται για υπερετήσια εξίσωση.

Ο Σύμβουλος πραγματοποίησε καταρχήν επέκταση για 488 έτη του ιστορικού δείγματος των 42 ετών (1952-65 και 1913-38) των μηνιαίων σημειακών βροχοπτώσεων στο σταθμό Λιδορική. Στη συνέχεια έγινε μετασχηματισμός των μηνιαίων βροχών σε απορροές με τη βοήθεια ενός απλού μοντέλου συνάρτησης μεταφοράς που ρυθμίστηκε με δεδομένα της περιόδου 1952-65. Τέλος υπολογίστηκε η απαιτούμενη χωρητικότητα του ταμιευτήρα για ετήσια και υπερετήσια ρύθμιση.

Κατά την άποψη του Συμβούλου το ιστορικό δείγμα απορροών των 14 ετών δεν ήταν επαρκές για ασφαλή επέκταση του. Επί πλέον, το μοντέλο Markov αδυνατεί να μοντελοποιήσει το πολύπλοκο φαινόμενο των απορροών. Αντίθετα, κατά τους μελετητές το δείγμα των απορροών 1913-35 είναι εξίσου αξιόπιστο με εκείνο της περιόδου

1952 - 1965 και οδηγεί μαζί με το τελευταίο σε ικανοποιητική εκτίμηση των στατιστικών χαρακτηριστικών της απορροής, ενώ η αποδοχή του μοντέλου Markov δικαιολογείται φυσικώς.

Στη συνέχεια οι μελετητές παραθέτουν τα αποτελέσματα ανάλυσης των συνθετικών δεδομένων που παραγματοποίησαν. Εγινε επίσης σύγκριση με τὰ ιστορικά στοιχεία της περιόδου 1952-65. Η ανάλυση αυτή έδειξε σοβαρή υπερεκτίμηση από το Σύμβουλο της ελάχιστης θερινής μηνιαίας εισροής ( $4.8 \text{ m}^3/\text{sec}$  για τον Ιούλιο αντί της παρατηρημένης τιμής του  $1.0 \text{ m}^3/\text{sec}$ ). Η εξομάλυνση των αιχμών της μηνιαίας απορροής και η μη ρεαλιστική απεικόνιση της χειμαρρώδους διαίτας του ποταμού Μόρνου αποδεικνύει κατά τους μελετητές την ανεπάρκεια της μεθοδολογίας του Συμβούλου και είναι η κύρια αιτία της τόσο αισιόδοξης εκτίμησης της απαιτούμενης χωρητικότητας του ταμιευτήρα.

Πέραν της ανάλυσης των υδρολογικών δεδομένων έγινε έλεγχος της επάρκειας της προτεινόμενης από το Σύμβουλο χωρητικότητας, με τη μέθοδο της διπλής αθροιστικής καμπύλης για τις περιόδους 1913-35 και 1952-65. Βρέθηκε ότι η χωρητικότητα των  $330 * 10^6 \text{ m}^3$  είναι ανεπαρκής 2 φορές ενώ η τιμή  $642 * 10^6 \text{ m}^3$  επαρκεί πάντα. Η χωρητικότητα των  $330 * 10^6 \text{ m}^3$  επαρκεί για ξηρασία 1.5 έτους και η χωρητικότητα των  $642 * 10^6 \text{ m}^3$  για 3.5 έτη.

Τέλος διερευνήθηκε η προοπτική ενίσχυσης του ταμιευτήρα Μόρνου από τον Εύηνο και για απόληψη  $600 * 10^6 \text{ m}^3$  με παροχетеυτικότητα υδαταγωγού Μόρνου  $15 \text{ m}^3/\text{sec}$  βρέθηκε ότι απαιτείται ωφέλιμος όγκος  $1000 * 10^6 \text{ m}^3$  για αξιοπιστία 99.9%, ενώ με παροχетеυτικότητα  $20 \text{ m}^3/\text{sec}$  απαιτούνται  $642 * 10^6 \text{ m}^3$  για αξιοπιστία 99.8%, ή  $520 * 10^6 \text{ m}^3$  για αξιοπιστία 99.3%. Την τελευταία αυτή τιμή των  $520 * 10^6 \text{ m}^3$  δέχτηκε τελικά ο Σύμβουλος αλλά οι μελετητές επέμειναν στις αρχικές απόψεις τους επικαλούμενοι επί πλέον και τη σπουδαιότητα του έργου για την πρωτεύουσα και την πολύ μικρή αύξηση του κόστους κατασκευής από την αύξηση της ωφέλιμης χωρητικότητας του ταμιευτήρα σε σχέση με το τελικό κόστος.

## 2.6. Ενίσχυσις του Υδατικού Δυναμικού του Ταμιευτήρος Μόρνου - Αναγνωριστική Εκθεσις

των ΤΕΤΡΑΚΤΥΣ Ο.Ε. - Δ. Κόμη (Αύγ. 1977)

Τεύχος 2. Υδρολογική Εκθεση

### 2.6.1. Μαθηματικό ομοίωμα προσομοίωσης λειτουργίας συνδυασμένων ταμιευτήρων Μόρνου - Εύηνου - Ανατολικού Αχελώου

Οι μελετητές εξέτασαν τις δυνατότητες ενίσχυσης του ταμιευτήρα Μόρνου με την κατασκευή ενός φράγματος στη λεκάνη του Εύηνου καθώς και ενός φράγματος στον Τρικεριώτη, παραπόταμο του Αχελώου. Για τον Εύηνο θεωρήθηκαν τρεις δυνατές θέσεις φράγματος: Περίστα, Αγ. Δημήτριος και Δενδροχώρι ενώ για τον Τρικεριώτη μία θέση στον Αγ. Γεώργιο.

Για τη λεκάνη του Μόρνου χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα στάθμης και παροχής στις θέσεις Στενό και Περιβόλι για τα έτη 1951-52 έως 1967-68 (συνολικά 17 έτη) και οι αναγωγές στη θέση του φράγματος έγιναν όπως ακριβώς και στη μελέτη της Υδρομηχανικής.

Για τον ποταμό Εύηνο οι παροχές στις εναλλακτικές θέσεις φράγματος υπολογίστηκαν από δεδομένα και εκτιμήσεις παροχών της ΔΕΗ και της VERBUND - PLAN στις θέσεις Νεοχώρι και Πόρος Ρηγαίου.

Για τον Ανατολικό Αχελώο (Τρικεριώτη) οι παροχές θεωρήθηκαν ανάλογες με εκείνες της θέσης Κρεμαστών για 19 έτη (1951-52 έως 1969-70).

Για τον υπολογισμό της αξιοπιστίας των διαφόρων συνδυασμών ταμιευτήρων για διάφορα σενάρια ζήτησης και για διάφορες τιμές της ωφέλιμης χωρητικότητας (ή μέγιστης στάθμης λειτουργίας) των εναλλακτικών λύσεων ταμιευτήρα στον Εύηνο και Αν. Αχελώο, επιλέχτηκε η μέθοδος της προσομοίωσης σε μηνιαία χρονική βάση.

Για την ταυτόχρονη παραγωγή συνθετικών σειρών εισροής στους τρεις ταμιευτήρες Μόρνου - Εύηνου - Αν. Αχελώου χρησιμοποιήθηκε το

γενικό μοντέλο αυτοσυσχέτισης α' τάξεως πολλών θέσεων σε μηνιαία χρονική βάση που δίνεται από την παρακάτω εξίσωση.

$$[X_t - \mu] = A [X_{t-1} - \mu] + BV_t \quad (2.13)$$

όπου:

$$X_t^T = [x_t^{(1)}, x_t^{(2)}, x_t^{(3)}, \dots, x_t^{(m)}]$$

$$\mu^T = [\mu^{(1)}, \mu^{(2)}, \mu^{(3)}, \dots, \mu^{(m)}]$$

$$X_{t-1}^T = [x_{t-1}^{(1)}, x_{t-1}^{(2)}, x_{t-1}^{(3)}, \dots, x_{t-1}^{(m)}]$$

$$v_t^T = [v_t^{(1)}, v_t^{(2)}, v_t^{(3)}, \dots, v_t^{(m)}]$$

$m$  = αριθμός θέσεων

$x_t^{(i)}, x_{t-1}^{(i)}$  = μηνιαία παροχή στη θέση (i) για τις περιόδους  $t$  και  $t-1$  αντίστοιχα

$v_t^{(i)}$  = τυχαία συνιστώσα με μηδενική μέση τιμή και μοναδιαία τυπική απόκλιση

$A, B$  = μητρώα  $m \times m$  των συντελεστών του μοντέλου που καθορίζονται από τις εξισώσεις:

$$A = M_1 M_0^{-1} \quad (2.14)$$

$$BB^T = M_0 - M_1 M_0^{-1} M_1^T \quad (2.15)$$

$M_0$  = μητρώο διασπορών-συνδιασπορών των  $x_t^{(i)}$  τάξεως 0 ( $m \times m$ )

$M_1$  = μητρώο διασπορών-συνδιασπορών των  $x_t^{(i)}$  τάξεως 1 ( $m \times m$ )

$T$  = τελεστής αναστροφής μητρώων

Το μοντέλο αυτό διατηρεί τις μέσες τιμές και τυπικές αποκλίσεις για κάθε θέση καθώς και τους συντελεστές αυτοσυσχέτισης και ετεροσυσχέτισης για όλους τους συνδυασμούς των θέσεων. Οι μελετητές δίνουν πάντως στοιχεία μόνο για τη διατήρηση των ιστορικών μέσων μηνιαίων παροχών.

Στη συνέχεια οι μελετητές κατάστρωσαν τις εξισώσεις του μοντέλου της συνδυασμένης λειτουργίας των τριών ταμιευτήρων σε σειρά. Για την κατασκευή του μοντέλου αυτού έγιναν οι εξής υποθέσεις:

- α. Το φράγμα Αγ. Γεωργίου λειτουργεί αποκλειστικά ως φράγμα εκτροπής
- β. Εφόσον ο ταμιευτήρας Μόρνου δεν είναι πλήρης υπάρχει ροή από τον ταμιευτήρα Ευήνου προς τον ταμιευτήρα Μόρνου.

Οι εξισώσεις του μοντέλου περιλαμβάνουν:

- α. Εξισώσεις συνέχειας για τους 3 ταμιευτήρες
- β. Περιορισμούς στους αποθηκευμένους όγκους λόγω πεπερασμένου ύψους φράγματος καθώς και περιορισμούς παροχетеύσεων μεταξύ των ταμιευτήρων.
- γ. Κανόνα λειτουργίας του συστήματος σύμφωνα με τον οποίο η ζήτηση ικανοποιείται πάντοτε εφόσον αυτό είναι δυνατόν.

Οι απώλειες λόγω εξάτμισης από τους 3 ταμιευτήρες θεωρήθηκαν ίσες με εκείνες του Μόρνου, πράγμα που αποτελεί δυσμενή παραδοχή για τον Ευήνο και τον Αν. Αχελώο.

Θεωρήθηκαν επίσης προσεγγιστικά και κάποιες απώλειες λόγω διαφυγών από τους ταμιευτήρες.

#### **2.6.2. Αποτελέσματα προσομοίωσης - Παρατηρήσεις**

Εξετάζοντας τους διάφορους συνδυασμούς ταμιευτήρων Μόρνου-Ευήνου -Αν. Αχελώου οι μελετητές κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι για αξιοπιστία 99.5% οι συνδυασμοί (Δενδροχωρίου + Αγ. Γεωργίου) και Αγ. Δημητρίου είναι ισοδύναμοι με μέση απόληψη περίπου 19.5 m<sup>3</sup>/sec, ενώ οι συνδυασμοί (Αγ. Δημητρίου + Αγ. Γεωργίου) και Περίστας είναι επίσης ισοδύναμοι με απόληψη 21.0 m<sup>3</sup>/sec. Η λύση (Περίστα + Αγ. Γεώργιος) εξαντλεί κατά τους μελετητές την παροχетеυτικότητα σχεδιασμού του υδαταγωγού Μόρνου (23 m<sup>3</sup>/sec).

Κατά την άποψή μας κακώς δόθηκε η τιμή του  $23 \text{ m}^3/\text{sec}$  ως μέση ετήσια απόληψη καθόσον αν ληφθεί υπόψη η ανισοκατανομή της ζήτησης εντός του έτους η μέση ετήσια απόληψη που αντιστοιχεί στην εξάντληση της παροχετευτικότητας του υδαταγωγού κατά την αιχμή της ζήτησης είναι σαφώς μικρότερη. Κατά συνέπεια η λύση (Περίστα + Αγ. Γεώργιος) ξεπερνά σε δυνατότητες τη μέγιστη απολήψιμη ποσότητα νερού όπως αυτή καθορίζεται από την παροχετευτικότητα του υδαταγωγού Μόρνου, εκτός αν υπάρξει ταμειυτήρας αναρρύθμισης κοντά στην Αθήνα, πράγμα που δεν προβλέπεται στη μελέτη.

Πάντως πρέπει να τονιστεί ιδιαίτερα το γεγονός ότι οι μελετητές χρησιμοποίησαν μία σύγχρονη μέθοδο προσομοίωσης της λειτουργίας των συνδυασμένων ταμειυτήρων σε μηνιαία χρονική βάση, αν και είναι αμφίβολο το κατά πόσον το μηνιαίο μοντέλο αυτοσυσχέτισης αναπαριστά ικανοποιητικά τη στοχαστική δομή των ετησίων χρονοσειρών, που είναι αποφασιστικής σημασίας για το υπό εξέταση πρόβλημα. Στο μοντέλο που εφάρμοσαν αρκέστηκαν όμως στη μοντελοποίηση μιας μόνο μεταβλητής, της απορροής. Η βροχή στους ταμειυτήρες δε λήφθηκε υπόψη ενώ για την εξάτμιση έγινε μια αρκετά χονδρική προσέγγιση.

### 3. Η ΓΕΝΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ - ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ

#### 3.1. Τοποθέτηση του προβλήματος

Η αντιμετώπιση του σχεδιασμού και της λειτουργίας συστήματος ταμιευτήρων (reservoir system) είναι ένα πρόβλημα αρκετά πολύπλοκο, καθόσον σ' αυτό υπεισέρχεται ένας σχετικά μεγάλος αριθμός μεταβλητών οι οποίες μάλιστα αλληλεπιδρούν μεταξύ τους με σύνθετο τρόπο. Οι πιο σημαντικές από τις μεταβλητές αυτές μπορούν να ομαδοποιηθούν με τον ακόλουθο τρόπο.

##### (α) Υδρολογικές μεταβλητές<sup>1</sup>

- (α1) εισροή,  $I_1$  (inflow)
- (α2) κατακρημνίσματα,  $P_1$  (precipitation)
- (α3) εξάτμιση,  $E_1$  (evaporation)
- (α4) υπόγεια διαφυγή,  $L_1$  (leekage)
- (α5) καθαρή εισροή,  $N_1 (= I_1 + P_1 + E_1 + L_1)$  (net inflow)

##### (β) Ζήτηση ή επιθυμητή απόληψη $D_j$ (demand, desired draft)<sup>2</sup>

##### (γ) Χαρακτηριστικά συστήματος

- (γ1) χωρητικότητα ταμιευτήρα,<sup>3</sup>  $K_1$  (storage capacity)

1. Γενικά, ο δείκτης  $i$  χαρακτηρίζει ένα συγκεκριμένο ταμιευτήρα ( $i=1, \dots, \kappa$ ), ενώ ο δείκτης  $j$  αναφέρεται σε μια συγκεκριμένη θέση κατανάλωσης νερού.

2. Σε μεμονωμένους ταμιευτήρες συχνά η ολική ζήτηση  $D_1$  εκφράζεται ως ποσοστό της μέσης ετήσιας καθαρής εισροής  $\mu_1$ . Το μέγεθος αυτό περιγράφεται με τους όρους επίπεδο ανάπτυξης (level of development) ή βαθμός ρύθμισης (degree of regulation) και είναι προφανώς μικρότερο από 100%.

3. Η χωρητικότητα εκφράζεται συχνά ως ποσοστό της μέσης εισροής  $\mu_1$  ή της τυπικής απόκλισης  $\sigma_1$ . Τα μεγέθη αυτά περιγράφονται με τους όρους συντελεστής χωρητικότητας (storage capacity coefficient) ή λόγος χωρητικότητας (storage ratio).

(γ2) παροχетеυτικότητα κάθε αγωγού,  $C_1$  (discharge capacity)

(δ) Λειτουργικές μεταβλητές

(δ1) αποθήκευση (ή απόθεμα),  $S_1$  (storage)

(δ2) στάθμη,  $Z_1$  (water level)

(δ3) επιφάνεια ταμιευτήρα,  $A_1$  (reservoir area)

(δ4) απόληψη,  $R_1$  (draft, release)

(δ5) έλλειμμα,  $DF_1$  (deficit), που είναι η διαφορά της ζήτησης μείον την απόληψη

(δ6) υπερχειλίση,  $SP_1$  (spill), που πραγματοποιείται μόνον όταν ο ταμιευτήρας είναι πλήρης και ταυτόχρονα η εισροή είναι μεγαλύτερη από τη ζήτηση.

(ε) Μεταβλητές αξιοπιστίας συστήματος

(ε1) αξιοπιστία  $a$  (reliability), η οποία εκφράζεται με έναν από τους ακόλουθους τρόπους

$$a_1 = n'/n$$

$$a_2 = t'/t$$

$$a_3 = R/D$$

όπου  $n'$ : αριθμός των ετών στα οποία ικανοποιείται η ζήτηση

$n$ : συνολικός αριθμός ετών

$t'$ : χρονική περίοδος στην οποία ικανοποιείται η ζήτηση

$t$ : συνολική χρονική περίοδος

$R$ : μέση απόληψη

$D$ : ζήτηση

Προφανώς ισχύει  $a_1 \leq a_2 \leq a_3$  δεδομένου ότι η μη ικανοποίηση της ζήτησης σε ένα έτος, δε σημαίνει ότι εκτείνεται σε όλη τη διάρκεια του έτους, και ακόμα κατά την περίοδο που δεν ικανοποιείται η ζήτηση η απόληψη δεν είναι μηδενική αλλά  $0 \leq R \leq D$ .

(ε2) πιθανότητα αστοχίας  $a' = 1 - a$  (probability of failure)

(ε3) χρόνος επαναφοράς εκκένωσης  $T = 1/(1 - a_1)$  (recurrence time of emptiness), χρησιμοποιείται συνήθως σε μεμονωμένους ταμιευτήρες.



Στην απλή περίπτωση ενός μεμονωμένου ταμειευτήρα μιας σκοπιμότητας, με καθορισμένη ζήτηση  $D$  οι μαθηματικές σχέσεις που συνδέουν τις παραπάνω μεταβλητές είναι:

$$D = f(I, P, E, L, K, R) \quad (3.1)$$

στην περίπτωση της λειτουργίας, και

$$K = g(I, P, E, L, D, R) \quad (3.2)$$

στην περίπτωση του σχεδιασμού

Στις εξισώσεις αυτές δεν περιλαμβάνονται οι λειτουργικές μεταβλητές καθόσον αποτελούν ενδιάμεσα μεγέθη.

Οι ίδιες εξισώσεις που παρουσιάζονται παραπάνω μπορούν να γραφούν και στην περίπτωση συστήματος πολλών ταμειευτήρων απλής ή πολλαπλής σκοπιμότητας. Στην περίπτωση όμως αυτή δεν είναι γνωστή η ζήτηση  $D_i$  από κάθε ταμειευτήρα  $i$ . Μπορεί όμως να είναι γνωστή η ολική ζήτηση από το σύστημα  $D = \sum D_i$ , αλλά και αυτό δεν αποτελεί γενικό κανόνα. Για την κατάστρωση του προβλήματος και την επίλυσή του είναι απαραίτητη η δημιουργία ενός κανόνα λειτουργίας (operation rule) που στην πιο γενική μορφή του είναι ένα σύνολο μαθηματικών σχέσεων της μορφής

$$h_i(I_i, P_i, E_i, L_i, K_i, C_i, D_i, R_i, S_i, Z_i, A_i, DF_i, SP_i) = 0 \quad (3.3)$$

Οι τελικές μαθηματικές σχέσεις είναι:

$$D_i = f_i(I_i, P_i, E_i, L_i, K_i, R_i) \quad (3.4)$$

για την περίπτωση της λειτουργίας, και

$$K_i = g_i(I_i, P_i, E_i, L_i, D_i, R_i) \quad (3.5)$$

για την περίπτωση του σχεδιασμού

με την προϋπόθεση πάντα ότι ικανοποιούνται οι σχέσεις (3.3).

Η επίλυση των εξισώσεων του μεμονωμένου ταμειευτήρα (3.1 και 3.2) έχει γίνει στο παρελθόν με διάφορες μεθόδους από εμπειρικές (διάγραμμα Rippl) μέχρι αναλυτικές (θεωρία της ουράς), αλλά μόνο για υδρολογικές μεταβλητές με απλή στοχαστική δομή (π.χ ανεξάρ-

τητες χρονοσειρές εισροών χωρίς να παίρνονται υπόψη οι άλλες υδρολογικές μεταβλητές). Ιδιαίτερα τις δύο τελευταίες δεκαετίες έχουν προταθεί και διάφορα μοντέλα μαθηματικής βελτιστοποίησης (optimization models). Τα μοντέλα όμως αυτά απαιτούν μεγάλο χρόνο υπολογισμών και χώρο μνήμης H/Y και γι' αυτό εφαρμόζονται μόνο σε προβλήματα με μικρό αριθμό ταμιευτήρων με χονδροειδή διακριτοποίηση των μεταβλητών και απλές συνθήκες υδρολογικών εισόδων.

Σε αντίθεση με τις παραπάνω μεθόδους, η μέθοδος της προσομοίωσης είναι η μόνη γενικευμένη, ορθολογική και μαθηματικά συνεπής. Επί πλέον, η μέθοδος αυτή μπορεί πολύ εύκολα να επεκταθεί και στην περίπτωση συστήματος ταμιευτήρων (εξισώσεις (3.4) και (3.5)).

Το πρώτο βήμα για την προσομοίωση συστήματος ταμιευτήρων είναι η προσομοίωση των υδρολογικών μεταβλητών. Πρόκειται για την παραγωγή παράλληλων συνθετικών χρονοσειρών μεγάλου μήκους, η οποία γίνεται με τη χρήση τυχαίων αριθμών (μέθοδος Monte Carlo). Βασική απαίτηση για την παραγωγή των συνθετικών χρονοσειρών είναι η διατήρηση ορισμένων βασικών χαρακτηριστικών της στοχαστικής δομής των μεταβλητών (περιθώριες κατανομές, συσχετίσεις), όπως αυτή προκύπτει από τα υπάρχοντα δεδομένα.

### 3.2. Κύρια χαρακτηριστικά στοχαστικής δομής εισροής

Προκειμένου να εξετάσουμε τα κύρια χαρακτηριστικά της εισροής που επηρεάζουν την αξιοπιστία ενός ταμιευτήρα, θα θεωρήσουμε μια απλουστευμένη περίπτωση ταμιευτήρα υπερετήσιας εξίσωσης, κάνοντας τις ακόλουθες υποθέσεις

- α) Οι απώλειες εξάτμισης και οι υπόγειες διαφυγές θεωρούνται αμελητέες
- β) Θεωρείται ότι η εισροή και η απόληψη γίνονται στιγμιαία και άπαξ του έτους, σε τρόπο ώστε η απόληψη να προηγείται της αποθήκευσης.

Με την παραδοχή (β) ουσιαστικά αγνοούμε τη διακύμανση, κατά τη διάρκεια ενός έτους, της εισροής και της απόληψης. Στην πραγματι-

κότητα η διακύμανση αυτή υπάρχει πάντοτε και οδηγεί σε επαύξηση της χωρητικότητας του ταμειυτήρα. Απλουστευτικά μπορεί να θεωρηθεί ότι η ολική χωρητικότητα ενός ταμειυτήρα υποδιαιρείται στη χωρητικότητα που διατίθεται για υπερετήσια εξίσωση και στη χωρητικότητα για την κάλυψη των διακυμάνσεων μέσα στο έτος. Εδώ, λοιπόν, η παραδοχή (β) ουσιαστικά σημαίνει ότι παίρνουμε υπόψη μόνο τη χωρητικότητα υπερετήσιας εξίσωσης. Σημειώνεται ότι σε ταμειυτήρες υψηλού βαθμού ρύθμισης, όπως ο ταμειυτήρας Μόρνου η χωρητικότητα υπερετήσιας εξίσωσης αποτελεί το μεγαλύτερο ποσοστό της συνολικής χωρητικότητας (στον ταμειυτήρα Μόρνου το ποσοστό αυτό είναι περίπου 80%).

Στην απλουστευμένη περίπτωση που εξετάζουμε ενδιαφέρουν μόνο τα χαρακτηριστικά της χρονοσειράς των ετήσιων εισροών και μόνο. Πιο συγκεκριμένα μπορούμε να απομονώσουμε τα ακόλουθα χαρακτηριστικά της χρονοσειράς της εισροής:

- (1) Τη μέση τιμή  $\mu$  και την τυπική απόκλιση  $\sigma$
- (2) Τον τύπο της περιθώριας συνάρτησης κατανομής
- (3) Τη συνάρτηση αυτοσυσχέτισης της χρονοσειράς.

Για δεδομένη χωρητικότητα ταμειυτήρα  $K$ , και ζήτηση  $D$ , η αξιοπιστία  $a$  αυξάνει προφανώς με την αύξηση της μέσης τιμής  $\mu$ . Η αξιοπιστία θα είναι περίπου σταθερή, αν τα μεγέθη  $D$  και  $\mu$  μεταβάλλονται με τρόπο ώστε ο βαθμός ρύθμισης  $D/\mu$  να παραμένει σταθερός.

Για δεδομένη χωρητικότητα ταμειυτήρα  $K$  και ζήτηση  $D$  η αξιοπιστία  $a$  προφανώς μειώνεται με την αύξηση της τυπικής απόκλισης  $\sigma$ . Η αξιοπιστία θα είναι περίπου σταθερή αν τα μεγέθη  $K$  και  $\sigma$  μεταβάλλονται με τρόπο ώστε η ανηγμένη χωρητικότητα  $K/\sigma$  να παραμένει σταθερή.

Για δεδομένα  $K$  και  $D$  φαίνεται κατ' αρχήν χωρίς αυτό να αποτελεί γενικό κανόνα ότι συναρτήσεις κατανομής με θετική ασυμμετρία δίνουν μικρότερη αξιοπιστία, σε σχέση με την κανονική κατανομή (μηδενική ασυμμετρία).

Η συνάρτηση αυτοσυσχέτισης των εισροών επηρεάζει καθοριστικά την

αξιοπιστία του ταμειευτήρα. Η μελέτη της επίδρασης αυτής είναι αρκετά πολύπλοκη. Κατ' αρχήν υπάρχει το θέμα της επιλογής ορισμένων χαρακτηριστικών παραμέτρων που αντιπροσωπεύουν τη συνάρτηση αυτοσυσχέτισης. Η πλέον χαρακτηριστική παράμετρος είναι ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης για βήμα 1,  $\rho_1$ , ενώ ενδεχόμενα ενδιαφέρει και ένας πεπερασμένος αριθμός συντελεστών αυτοσυσχέτισης για μεγαλύτερα βήματα  $\rho_i$ ,  $1 \leq i \leq k$ . Ένα μοντέλο τύπου ARMA, κατάλληλου βαθμού, μπορεί να αναπαραστήσει τη συνάρτηση αυτοσυσχέτισης στην περιοχή  $1 \leq i \leq k$ . Το υπόλοιπο τμήμα της συνάρτησης αυτοσυσχέτισης, για  $i > k$ , περιγράφεται από μια φθίνουσα εκθετική συνάρτηση, και αυτό ανεξάρτητα από την τάξη και τις παραμέτρους του μοντέλου ARMA. Κατά συνέπεια στα μοντέλα ARMA, το ολοκλήρωμα της συνάρτησης, από βήμα 0 μέχρι άπειρο, είναι πεπερασμένο. Το ολοκλήρωμα αυτό εκφράζει μαθηματικά την εμμονή (persistence) της στοχαστικής ανέλιξης. Το φυσικό νόημα της εμμονής είναι η παρατηρούμενη ιδιότητα των φυσικών χρονοσειρών, σύμφωνα με την οποία υψηλές τιμές ενός μεγέθους τείνουν να συσσωρεύονται και παράλληλα το ίδιο συμβαίνει και με τις χαμηλές τιμές, (φαινόμενο Ιωσήφ).

Στο θέμα της εμμονής, αξίζει να σημειωθεί η ανακάλυψη του Hurst, ότι τα μεγάλα μεγέθη δείγματα γεωφυσικών μεγεθών εμφανίζουν ορισμένα χαρακτηριστικά που δε μπορούν να περιγραφούν από τα μοντέλα ARMA (φαινόμενο Hurst). Τα χαρακτηριστικά αυτά αποδίδονται με μια παράμετρο, που ο ορισμός της είναι αρκετά πολύπλοκος και η εκτίμηση της αρκετά δύσκολη: Πρόκειται για την παράμετρο Hurst,  $h$ , που παίρνει τιμές στο διάστημα  $0 \leq h \leq 1$ . Ο Hurst εξέτασε περίπου 800 ιστορικές χρονοσειρές υδρολογικών και γεωφυσικών μεταβλητών, από διάφορα μέρη της γής, με μεγέθη από 40 μέχρι 2000 έτη, και βρήκε ότι η παράμετρος  $h$  γι' αυτές κυμαίνεται από 0.46 μέχρι 0.96 με μέση τιμή 0.73 και τυπική απόκλιση 0.09. Αντίθετα, όπως θεωρητικά αποδεικνύεται, τα μοντέλα ARMA δίνουν συντελεστές  $h$  που ασυμπτωτικά τείνουν στην τιμή  $h = 0.5$  για μεγάλο μέγεθος δείγματος. Ο Hurst απέδωσε την αναντιστοιχία αυτή στο γεγονός ότι οι ιστορικές χρονοσειρές εμφανίζουν πολύ μεγάλη μνήμη. Το γεγονός αυτό οδήγησε στην εισαγωγή και χρήση μιας άλλης κατηγορίας μοντέλων, που λέγονται μοντέλα κλασματικού γκαουσιανού θορύβου (fractional gaussian noise - FGN), με τα οποία αντί της διατήρησης (τμήματος) της συνάρτησης αυτοσυσχέτισης, επιδιώκεται

η διατήρηση του συντελεστή  $h$ . Οι συναρτήσεις αυτοσυσχέτισης που προκύπτουν από τα μοντέλα FGN οδηγούν σε άπειρη εμμονή, ενώ δεν είναι δυνατή η παραγωγή χρονοσειράς με καθορισμένη εκ των προτέρων συνάρτηση αυτοσυσχέτισης. Σημειώνεται ότι η προσομοίωση των εισροών με μοντέλα FGN είναι ιδιαίτερα χρονοβόρα, (οι υπολογιστικοί χρόνοι συγκρινόμενοι με τους αντίστοιχους χρόνους των μοντέλων ARMA μπορεί να είναι μεγαλύτεροι κατά  $10^3$  φορές ή και περισσότερο).

Δύο ακόμη κατηγορίες μοντέλων έχουν αποδειχτεί ότι μπορούν να διατηρήσουν το συντελεστή Hurst, εισάγοντας τα χαρακτηριστικά μεγάλης μνήμης στις παραγόμενες χρονοσειρές. Πρόκειται για τα μοντέλα ανελίξεων τεθλασμένης γραμμής (broken-line processes) και τα μοντέλα ARIMA, κάτω από ειδικές συνθήκες.

Επισημαίνεται τέλος ότι το βασικό συμπέρασμα του Hurst για την πολύ μεγάλη μνήμη των ιστορικών χρονοσειρών έχει αμφισβητηθεί (WMO, 1983) με το επιχείρημα ότι οι ανακαλύψεις του Hurst είναι δυνατό να αποδοθούν π.χ. σε μη μονιμότητα της μέσης τιμής της χρονοσειράς, η οποία μπορεί να είναι το αποτέλεσμα κλιματικών αλλαγών, ανθρωπίνων δραστηριοτήτων ή απλώς της ανομογένειας των δεδομένων.

### 3.3. Γενικές αρχές μοντελοποίησης υδρολογικών μεταβλητών συστήματος ταμιευτήρων ύδρευσης Αθηνών

#### 3.3.1. Βασικές παρατηρήσεις και παραδοχές

1. Το τελικό υδροδοτικό σύστημα περιλαμβάνει τρεις θέσεις κύριων ταμιευτήρων (τους υφιστάμενους ταμιευτήρες Μόρνου και Υλίκης, και το μελλοντικό ταμιευτήρα Ευήνου) και υπάρχει έντονη στοχαστική εξάρτηση κάθε υδρολογικής μεταβλητής στις διάφορες θέσεις. Κατά συνέπεια είναι επιβεβλημένη η χρήση πολυδιάστατων μοντέλων υδρολογικής προσομοίωσης.
2. Το κύριο μέγεθος που ενδιαφέρει είναι προφανώς η απορροή της κάθε λεκάνης, δηλαδή η εισροή σε κάθε ταμιευτήρα.

3. Οι όγκοι της βροχόπτωσης και της εξάτμισης εξαρτώνται από την επιφάνεια του ταμιευτήρα, και σε τελική ανάλυση από τη στάθμη του. Κατά συνέπεια οι όγκοι αυτοί μπορούν να προσδιοριστούν μόνο στη φάση της προσομοίωσης του συστήματος ταμιευτήρων. Στη φάση της προσομοίωσης των υδρολογικών μεταβλητών παράγονται χρονοσειρές ύψους βροχής και ύψους εξάτμισης.
4. Οι απώλειες υπόγειων διαφυγών είναι σημαντικές για τον ταμιευτήρα Μόρνου και ακόμα πιο σημαντικές για τον ταμιευτήρα Υλίκης. Για τους εναλλακτικούς ταμιευτήρες Ευήνου δε μπορεί να γίνει από τώρα εκτίμηση των απωλειών, αλλά πάντως αναμένεται ότι θα είναι μικρές (μικρότερες από την αβεβαιότητα των υδρολογικών υπολογισμών) και γι' αυτό θα αγνοηθούν. Σύμφωνα με τα συμπεράσματα των αναλύσεων του Α' μέρους του ερευνητικού έργου, οι απώλειες του Μόρνου μπορούν να περιγραφούν ικανοποιητικά, χωρίς σημαντικό σφάλμα, με μια σχέση στάθμης-όγκου απωλειών. Αντίστοιχη σχέση έχει προκύψει και για την Υλίκη, με τη διαφορά ότι υπάρχει σημαντική διασπορά των σημείων γύρω από τη σχέση αυτή. Η διασπορά αυτή λαμβάνεται υπόψη για την προσομοίωση, και η απώλεια της Υλίκης θα θεωρηθεί ως τυχαία μεταβλητή, με μέση τιμή εξαρτώμενη από τη στάθμη και διασπορά σταθερή. Λόγω της εξάρτησης των απωλειών από τη στάθμη των ταμιευτήρων, η προσομοίωση τους έχει υπαχθεί στην επόμενη φάση της προσομοίωσης του συστήματος ταμιευτήρων.
5. Η απορροή και η βροχόπτωση εμφανίζουν (προφανώς) έντονη στοχαστική εξάρτηση μεταξύ τους, και γι' αυτό η προσομοίωσή τους δε μπορεί να γίνει ανεξάρτητα, αλλά συνδυασμένα.
6. Η εξάτμιση δεν είναι στοχαστικά εξαρτημένη με τη βροχόπτωση και την απορροή, και γι' αυτό η προσομοίωσή της μπορεί να γίνει ανεξάρτητα από την προσομοίωση των άλλων δύο.
7. Η προσομοίωση γίνεται σε μηνιαία βάση. Η χρονική αυτή βάση είναι υπερεπαρκής για την παρακολούθηση και της ετήσιας και της υπερετήσιας ρύθμισης των ταμιευτήρων. Λόγω της σαφούς υπεροχής των χωρητικότητων για υπερετήσια ρύθμιση, σε σχέση

με αυτές για ετήσια ρύθμιση, οι κρίσιμες χρονοσειρές είναι οι ετήσιες, ενώ οι μηνιαίες είναι δευτερεύουσες.

8. Οι συντελεστές αυτοσυσχέτισης των ετήσιων χρονοσειρών που εξετάστηκαν δε διαφέρουν σημαντικά από το μηδέν. Ειδικότερα οι συντελεστές αυτοσυσχέτισης των απορροών είναι πολύ μικροί, ( $0 \div 0.17$ ). Αυτό σημαίνει ότι οι απορροές δε χαρακτηρίζονται από σημαντική εμμονή. Εν πάση περιπτώσει, κατά την προσομοίωση των εισροών επιδιώκεται η διατήρηση των συντελεστών αυτοσυσχέτισης των απορροών. Αντίθετα οι αντίστοιχοι συντελεστές των βροχών θεωρούνται ίσοι με μηδέν, πράγμα που δικαιολογείται θεωρητικά. Οι συντελεστές αυτοσυσχέτισης  $\rho_1$  των εξατμίσεων έχουν τιμές από  $-0.06$  μέχρι  $0.26$ , και οι τιμές αυτές επιδιώκεται να διατηρηθούν.
9. Οι συντελεστές αυτοσυσχέτισης των μηνιαίων εισροών είναι εν γένει σημαντικοί (τους θερινούς μήνες φθάνουν την τιμή  $0.80$ ) και επιδιώκεται η διατήρησή τους. Αντίθετα, οι αντίστοιχοι συντελεστές για τις βροχές είναι ασήμαντοι (όπως άλλωστε αναμενόταν) και γι' αυτό θεωρούνται ίσοι με μηδέν. Τέλος οι συντελεστές αυτοσυσχέτισης των εξατμίσεων είναι σε μερικές περιπτώσεις αρκετά υψηλοί (μέχρι  $0.85$ ).
10. Η κατανομή γάμα δύο παραμέτρων, με παραμέτρους που υπολογίζονται με τη μέθοδο των ροπών (από τη μέση τιμή και διασπορά) προσαρμόζεται ικανοποιητικά στα δείγματα ετήσιων και μηνιαίων βροχών και απορροών. Επειδή τα μεγέθη των δειγμάτων είναι πολύ μικρά για ασφαλείς εκτιμήσεις της τρίτης ροπής, θεωρείται ότι ο συντελεστής ασυμμετρίας κάθε μεταβλητής είναι αυτός που προκύπτει θεωρητικά για την κατανομή γάμα 2 παραμέτρων. Αντίθετα για τις εξατμίσεις είναι γενικά δεκτή η κανονική κατανομή.

### 3.3.2. Γενικό σχήμα προσομοίωσης της απορροής-βροχής

Το γενικό σχήμα που υιοθετήθηκε για τη συνδυασμένη προσομοίωση απορροής-βροχής συνίσταται από

- Ένα Μαρκοβιανό μοντέλο ετήσιων απορροών 6 διαστάσεων (2 μεγέθη \* 3 θέσεις) το οποίο διατηρεί τους συντελεστές ετήσιας αυτοσυσχέτισης  $\rho_1$ , τους συντελεστές ετεροσυσχέτισης (βροχής-βροχής, απορροής-απορροής, απορροής-βροχής σε όλους τους συνδυασμούς θέσεων) καθώς και τις τρεις πρώτες ροπές των περιθώριων κατανομών κάθε μεταβλητής (μέση τιμή - διασπορά - ασυμμετρία).
- Ένα Μαρκοβιανό μοντέλο επιμερισμού ετήσιων σε μηνιαίες απορροές, 6 διαστάσεων και 12 τμηματικών μεταβλητών, ήτοι συνολικά 72 μεταβλητών. Το μοντέλο αυτό διατηρεί τις ίδιες ομάδες στατιστικών χαρακτηριστικών για κάθε μήνα, και επί πλέον διατηρεί τη λεγόμενη προσθετική ιδιότητα (το άθροισμα των μηνιαίων τιμών σε ένα έτος είναι ίσο με την ετήσια τιμή).

Η δομή αυτή του μοντέλου δύο φάσεων αν και είναι πολλαπλώς πολυπλοκότερη, προτιμήθηκε από την απευθείας παραγωγή μηνιαίων τιμών και στη συνέχεια την άθροισή τους για παραγωγή ετήσιων τιμών, γιατί η άμεση, σε πρώτη φάση, παραγωγή των ετήσιων χρονοσειρών υπερτερεί στα εξής:

- α) Αποφεύγονται τα σφάλματα που υπάρχουν στις εκτιμήσεις των μηνιαίων στατιστικών χαρακτηριστικών. Οι συνδυασμοί σφαλμάτων και αποκλίσεων θα μπορούσε να δώσουν πολλαπλασιαστικές αποκλίσεις για τις ετήσιες χρονοσειρές.
- β) Με τη χρησιμοποίηση πολυδιάστατου μοντέλου σε μηνιαία βάση και στη συνέχεια άθροιση των μηνιαίων τιμών για την εξαγωγή ετήσιων, είναι σχεδόν αδύνατο να διατηρηθούν οι πολύ σημαντικές ιδιότητες της εμμονής. Αυτή η μέθοδος θα οδηγούσε σε πρακτικά μηδενικούς συντελεστές αυτοσυσχέτισης των ετήσιων τιμών.
- γ) Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, οι ετήσιες χρονοσειρές, και όχι οι μηνιαίες, είναι κρίσιμες για τη μελέτη μας.

Το μαρκοβιανό μοντέλο ετήσιων εισροών θεωρείται επαρκές λόγω των χαμηλών συντελεστών αυτοσυσχέτισης που παρατηρήθηκαν (μικρή



εμμονή). Η χρήση μοντέλων FGN κλπ. για τη διατήρηση συντελεστών Hurst (που άλλωστε δε θα ήταν εύκολο να εκτιμηθούν) δε θα είχε νόημα στην περίπτωση των μικρών συντελεστών αυτοσυσχέτισης. Εξ άλλου δεν είναι βέβαιο αν με τέτοια μοντέλα μακράς μνήμης είναι δυνατό να παράγουμε χρονοσειρές με τόσο μικρούς συντελεστές αυτοσυσχέτισης.

Οι όροι διατήρησης των χαρακτηριστικών των μηνιαίων χρονοσειρών που τέθηκαν είναι απόλυτα ικανοποιητικοί, δεδομένου μάλιστα ότι οι χρονοσειρές αυτές είναι δευτερεύουσας σημασίας (π.χ. δε θα επηρέαζε σε τίποτα ένας όρος για τη διατήρηση συντελεστών αυτοσυσχέτισης μεγαλύτερου βήματος).

Σε σχέση με τους λόγους που μας οδήγησαν στην υιοθέτηση ενός μοντέλου συνδυασμένης προσομοίωσης της απορροής και της βροχόπτωσης αντί ενός τυπικού μοντέλου βροχής-απορροής στο οποίο η βροχή θα ήταν η είσοδος και η απορροή η έξοδος, έχουμε να παρατηρήσουμε τα ακόλουθα:

- Όπως προέκυψε από την επεξεργασία των δεδομένων κατά το Α' μέρος του ερευνητικού έργου, τα βροχομετρικά δεδομένα είναι γενικά μειωμένης αξιοπιστίας, ενώ υπάρχουν και αναντιστοιχίες μεταξύ των δεδομένων βροχής και παροχής.
- Τα μεγέθη των δειγμάτων της βροχής δεν ήταν σημαντικά μεγαλύτερα αυτών της απορροής (26 έναντι 20 έτη για τις λεκάνες Μόρνου και Ευήνου). Εξ άλλου η τυχόν στατιστική επέκταση των δειγμάτων απορροής με βάση τα μεγαλύτερα δείγματα βροχής θα οδηγούσε σε υποεκτιμήσεις των διασπορών των δειγμάτων απορροής, οι οποίες είναι απαραίτητο να εκτιμηθούν με τη μεγαλύτερη δυνατή αμεροληψία προκειμένου να χρησιμοποιηθούν για την προσομοίωση.
- Η χρήση ενός στοχαστικού μοντέλου βροχής-απορροής τύπου μαύρου κουτιού (black box) δε θα έδινε μεγαλύτερη αξιοπιστία στην προσομοίωση της απορροής. Ουσιαστικά το μοντέλο που υιοθετήθηκε υπερτερεί από ένα τέτοιο μοντέλο, γιατί αφ' ενός λαμβάνει υπόψη τις αλληλοσυσχετίσεις μεταξύ βροχής και απορροής και τις αυτοσυσχετίσεις της κάθε χρονοσειράς, ενώ

παράλληλα θεωρεί τις χρονοσειρές της απορροής ως πρωτεύουσα πληροφορία και όχι ως παράγωγη της βροχομετρικής πληροφορίας

- Η χρήση ενός εννοιολογικού (conceptual) μοντέλου βροχής-απορροής, είναι πιθανό ότι θα έδινε ικανοποιητικές χρονοσειρές απορροής, υπό τις προϋποθέσεις ότι (α) θα εφαρμόζονταν σε ημερήσια χρονική κλίμακα και (β) τα βροχομετρικά δεδομένα θα ήταν επαρκώς αξιόπιστα και σε πλήρη αντιστοιχία με τα δεδομένα απορροής, ώστε να μπορεί να γίνει σωστή ρύθμιση του μοντέλου. Ο δεύτερος όρος όμως δεν εκπληρώνεται, ενώ η ημερήσια χρονική κλίμακα δεν είναι απαραίτητη για την προσομοίωση του συστήματος ταμιευτήρων. Επίσης το όφελος από μια τέτοια αρκετά επίπονη προσπάθεια δεν θα ήταν σημαντικό, λόγω της μικρής διαφοράς των χρονικών μεγεθών των δειγμάτων βροχής και απορροής που προαναφέρθηκε. Για τους λόγους αυτούς εγκαταλείφθηκε και αυτή η προσέγγιση του θέματος.
- Ένας τελευταίος λόγος που συνηγορεί υπέρ της απόρριψης της προσέγγισης του τυπικού μοντέλου βροχής-απορροής, είναι το γεγονός ότι μια τέτοια προσπάθεια είχε γίνει παλιότερα για τον ταμιευτήρα Μόρνου από την Lahmeyer (παρ. 2.4), με αποτελέσματα που δεν ανταποκρίνονταν στην πραγματικότητα.
- Το ίδιο σχήμα προσομοίωσης που υιοθετήθηκε, εφαρμόζεται επίσης και για τις εξατμίσεις, και αυτό είναι ένα επιπλέον πλεονέκτημα του σχήματος. Στην περίπτωση αυτή το μοντέλο είναι τριών διαστάσεων (3 θέσεις ταμιευτήρων).

#### 4. ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΥΔΡΟΔΟΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

##### 4.1. Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφεται το γενικό μοντέλο προσομοίωσης λειτουργίας του υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας. Πρόκειται για ένα μοντέλο προσομοίωσης της λειτουργίας συστήματος ταμιευτήρων απλής σκοπιμότητας, το οποίο περιλαμβάνει το σύνολο των μαθηματικών σχέσεων που συνδέουν μεταξύ τους τις υδρολογικές μεταβλητές, τα χαρακτηριστικά του συστήματος και τις λειτουργικές μεταβλητές, με την αξιοπιστία του συστήματος. Επίσης, το μοντέλο περιλαμβάνει περιοριστικές συνθήκες για μερικές από τις μεταβλητές, οι οποίες απορρέουν από φυσικούς ή λειτουργικούς λόγους.

Το σημερινό υδροδοτικό σχήμα της Αθήνας περιλαμβάνει τον ταμιευτήρα Μόρνου και την λίμνη Υλίκη. Μελλοντικά προβλέπεται η ένταξη στο σύστημα ενός ταμιευτήρα στη λεκάνη του Ευήνου, ενώ παραμένει πάντα η δυνατότητα κατασκευής ενός ταμιευτήρα αναρρύθμισης κοντά στην Αθήνα (πιθανότητα στη λεκάνη του ποταμού Ασωπού).

Οι εξισώσεις του μοντέλου προσομοίωσης λειτουργίας, που αναλύονται στις επόμενες παραγράφους, αναφέρονται στο τελικό υδροδοτικό σχήμα, που περιλαμβάνει το σύνολο των ταμιευτήρων, (Σχ. 2). Οι εξισώσεις αυτές κωδικοποιήθηκαν σε πρόγραμμα H/Y σε γλώσσα προγραμματισμού Pascal, που τρέχει σε λειτουργικό σύστημα DOS.

Για τις ανάγκες του τεύχους, χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο προσομοίωσης, στην πλήρη μορφή του που περιλαμβάνει όλα τα εναλλακτικά υδρευτικά σχήματα της Αθήνας, από τα πιο απλά (π.χ. μεμονωμένος ταμιευτήρας Μόρνου) μέχρι τα πιο σύνθετα (συνδυασμός ταμιευτήρων Μόρνου - Υλίκης - Ευήνου - ταμιευτήρα αναρρύθμισης).

Η θεωρητική τοποθέτηση του προβλήματος της διαστασιολόγησης και της λειτουργίας ταμιευτήρων έγινε στην παρ. 3.1, όπου και επεξηγούνται και τα σύμβολα που υπεισέρχονται στις εξισώσεις του μοντέλου. Επισημαίνεται επίσης ότι οι ταμιευτήρες του συστήματος θεωρήθηκαν αποκλειστικά ως απλής σκοπιμότητας (ύδρευση) και η

απαιτούμενη χωρητικότητα για ανάσχεση πλημμυρών δεν πάρθηκε υπόψη στις εξισώσεις του μοντέλου.

Οι κωδικοί αριθμοί για κάθε ταμιευτήρα (που είναι και δείκτες των μεταβλητών του προβλήματος) είναι οι εξής:

1 = Εύηνος, 2 = Μόρνος, 3 = Υλίκη, 4 = ταμιευτήρας αναρρύθμισης.

#### 4.2. Περιγραφή του μοντέλου - Εξισώσεις ισοζυγίου για κάθε ταμιευτήρα

Στην παράγραφο αυτή παρατίθενται οι εξισώσεις του μοντέλου που απορρέουν από την αρχή διατήρησης της μάζας του νερού σε κάθε ταμιευτήρα. Μία άλλη κατηγορία εξισώσεων είναι εκείνες που περιγράφουν τον κανόνα λειτουργίας του θεωρούμενου συστήματος ταμιευτήρων. Οι τελευταίες εξισώσεις είναι πεπλεγμένης μορφής, αφού περιλαμβάνουν μεγέθη από περισσότερους του ενός ταμιευτήρες και εξαρτώνται άμεσα από το ποιοί ταμιευτήρες υπεισέρχονται στο σύστημα. Οι εξισώσεις της πρώτης κατηγορίας ισχύουν ανεξάρτητα από το θεωρούμενο σύστημα ταμιευτήρων και παρουσιάζονται μία μόνο φορά, στη συνέχεια αυτής της παραγράφου. Οι εξισώσεις του κανόνα λειτουργίας του συστήματος παρουσιάζονται στην παράγραφο 4.3 για κάθε περίπτωση συνδυασμού ταμιευτήρων.

##### 4.2.1. Ταμιευτήρας Ευήνου

Για το μοντέλο λειτουργίας έχει θεωρηθεί ένας μόνο ταμιευτήρας στον Εύηνο ο οποίος, μπορεί εναλλακτικά να είναι ο ταμιευτήρας Περίστας, Αγ. Δημητρίου ή Δενδροχωρίου. Η τροποποίηση των χαρακτηριστικών των ταμιευτήρων από τη μια θέση φράγματος στην άλλη καθώς και των υδρολογικών μεταβλητών που συνδέονται μ' αυτούς, γίνεται με απλούς συντελεστές αναγωγής (βλ. παρ.5.4).

Υποθέτουμε ότι η διαδικασία της προσομοίωσης έχει ολοκληρωθεί μέχρι το τέλος του μήνα  $(j-1)$  και επομένως είναι γνωστή η τιμή του αποθηκευμένου ωφέλιμου όγκου νερού  $S_1(j-1)$ .

Διευκρινίζεται ότι με  $S_1(j-1)$  συμβολίζεται ο ωφέλιμος όγκος ταμιευτήρα ενώ η καμπύλη στάθμης-όγκου δίνει τη σχέση ολικού όγκου-στάθμης. Γι' αυτό κάθε φορά που χρησιμοποιείται αυτή η καμπύλη πρέπει να υπολογίζεται ο ολικός όγκος (ωφέλιμος όγκος + νεκρός όγκος).

Από την καμπύλη στάθμης-όγκου υπολογίζεται η αντίστοιχη στάθμη  $Z_1(j-1)$  και στη συνέχεια από την καμπύλη στάθμης-επιφάνειας λίμνης η αντίστοιχη επιφάνεια της λίμνης  $A_1(j-1)$ . Οι καμπύλες αυτές φαίνονται στα σχήματα 9, 10 και 11 του τεύχους 15 για τους τρεις εναλλακτικούς ταμιευτήρες του Ευήνου.

Οι υδρολογικές μεταβλητές του προβλήματος είναι:

- 1) Οι εισροές στον ταμιευτήρα. Το κύριο μέρος των εισροών αποτελείται από την απορροή του ποταμού Ευήνου στη θέση του φράγματος καθώς και των τυχόν μικρών υδατορευμάτων που εκβάλλουν απ' ευθείας στον ταμιευτήρα.

Η συνολική μηνιαία απορροή του μήνα  $j$   $I_1(j)$  δίνεται ως έξοδος (output) του μοντέλου των εισροών (βλ. Κεφ. 3) σε ισοδύναμο ύψος στη λεκάνη του Ευήνου επιφάνειας  $s_1$ . Επειδή όμως ζητείται η απορροή στην είσοδο του ταμιευτήρα η απορροή στη θέση του φράγματος πολλαπλασιάζεται επί  $[s_1 - A_1(j-1)]$ .

Ένα άλλο πολύ μικρότερο τμήμα των εισροών είναι η βροχόπτωση  $P_1(j)$ , απ' ευθείας πάνω στην επιφάνεια της λίμνης του ταμιευτήρα, η οποία, για να αναχθεί σε όγκο, πολλαπλασιάζονται επί  $A_1(j-1)$ .

- 2) Οι απώλειες νερού από τον ταμιευτήρα λόγω εξάτμισης  $E_1(j)$ , που πολλαπλασιάζονται επί  $A_1(j-1)$ . Σημειώνεται ότι απώλειες λόγω διαφυγών δε λαμβάνονται υπόψη.

Η καθαρή εισροή  $N_1(j)$  του μήνα  $j$  στον ταμιευτήρα είναι ίση με

$$N_1(j) = I_1(j) * [s_1 - A_1(j-1)] + [P_1(j) - E_1(j)] * A_1(j-1) \quad (4.1)$$

Η απόληψη νερού  $R_1(j)$  προκύπτει από τον κανόνα λειτουργίας του συστήματος (βλ. παρ. 4.3).

Ο όγκος νερού προς αποθήκευση,  $S_{a1}(j)$ , στο τέλος του μήνα  $j$  προκύπτει από το ισοζύγιο του ταμιευτήρα:

$$S_{a1}(j) = S_1(j-1) + N_1(j) - R_1(j) \quad (4.2)$$

Αν  $S_{a1}(j) > K_1$ , τότε υπάρχει υπερχείλιση:

$$SP_1(j) = S_{a1}(j) - K_1 \quad (4.3)$$

οπότε ο όγκος νερού στον ταμιευτήρα στο τέλος του μήνα  $j$  είναι

$$S_1(j) = K_1$$

Αλλιώς,

$$S_1(j) = S_{a1}(j), \quad SP_1(j) = 0$$

Οι υπολογισμοί επαναλαμβάνονται κατά τον ίδιο τρόπο για τους επόμενους μήνες  $j+1, j+2, \dots$

#### 4.2.2. Ταμιευτήρας Μόρνου

Οι εισροές στον ταμιευτήρα Μόρνου αποτελούνται κατά το μεγαλύτερο μέρος τους από την απορροή του ποταμού Μόρνου και εκείνη των υδατορευμάτων που εισρέουν άμεσα στον ταμιευτήρα Μόρνου, και εκφράζονται σε ισοδύναμο ύψος απορροής στην επιφάνεια της λεκάνης απορροής που αντιστοιχεί στη θέση του φράγματος  $I_2(j)$ . Βεβαίως στις περιπτώσεις εκτροπής του Ευήνου, οι εκτρεπόμενες ποσότητες αποτελούν εισροές για τον ταμιευτήρα Μόρνου.

Ένα δεύτερο μέρος της συνολικής εισροής οφείλεται στη βροχή απευθείας στον ταμιευτήρα  $P_2(j)$ .

Οι απώλειες από τον ταμιευτήρα οφείλονται αφ' ενός μεν στην εξάτμιση  $E_2(j)$ , αφ' ετέρου δε στις υπόγειες διαφυγές  $L_2(j)$ .

Για τη μετατροπή της εισροής  $I_2(j)$  σε όγκο νερού στην είσοδο του ταμιευτήρα πολλαπλασιάζουμε επί την επιφάνεια της λεκάνης  $s_2$  μείον την επιφάνεια της λίμνης  $A_2(j-1)$ . Αντίστοιχα για τα μεγέθη  $P_2(j)$ ,  $E_2(j)$  πολλαπλασιάζουμε με  $A_2(j-1)$ .

Η επιφάνεια της λίμνης  $A_2(j-1)$  στο τέλος του μήνα  $(j-1)$  καθώς και η στάθμη  $Z_2(j-1)$  λαμβάνονται από τις καμπύλες στάθμης-όγκου-επιφάνειας (Σχ. 9, τεύχος 3, Α' μέρος Ερευν. Εργου), με βάση το γνωστό μέγεθος του διαθέσιμου ωφέλιμου όγκου  $S_2(j-1)$ . Υπενθυμίζεται πάλι ότι η καμπύλη στάθμης-όγκου απαιτεί τον υπολογισμό του ολικού όγκου (= ωφελ. όγκος + νεκρός όγκος).

Οι υπόγειες διαφυγές από τον ταμιευτήρα εκτιμώνται στο 2-πλάσιο των διαρροών Πύρνου (Σχ. 11, Τεύχος 3, Α' μέρος Ερευν. Εργου) και εκφράζονται συναρτήσει μόνο της στάθμης του ταμιευτήρα που λαμβάνεται ίση με εκείνη του τέλους του προηγούμενου μήνα  $Z_2(j-1)$ .

Η σχέση αυτή δίνεται από την εξίσωση

$$L_2(j) = [0.022865 [Z_2(j-1) - 390.0] + 0.132710]$$

όπου  $L_2(j)$  σε εκ.  $m^3$  και  $Z_2(j-1)$  σε m

Η καθαρή εισροή  $N_2(j)$  του μήνα  $j$  είναι:

$$\begin{aligned} N_2(j) = & I_2(j) [s_2 - A_2(j-1)] + \\ & + [P_2(j) - E_2(j)] A_2(j-1) \\ & - L_2(j) \end{aligned} \quad (4.4)$$

Με γνωστή την απόληψη  $R_2(j)$ , που προκύπτει από τον κανόνα λειτουργίας του συστήματος (παρ. 4.3) ο όγκος νερού προς αποθήκευση στο τέλος του μήνα  $j$  είναι:

$$S_{a2}(j) = S_2(j-1) + N_2(j) - R_2(j) \quad (4.5)$$

Αν  $S_{a2}(j) > K_2$  τότε υπάρχει υπερχειλίση ίση με

$$SP_2(j) = Sa_2(j) - K_2 \quad (4.6)$$

οπότε ο τελικός ωφέλιμος όγκος  $S_2(j)$  στο τέλος του μήνα  $j$  είναι

$$S_2(j) = K_2$$

Αλλιώς,

$$S_2(j) = Sa_2(j), \quad SP_2(j) = 0$$

#### 4.2.3. Λίμνη Υλίκη

Οι εισροές στη λίμνη από τη σήραγγα Καρδίτσας καθώς και η απορροή της ίδιας της λεκάνης Υλίκης αποτελούν την ολική απορροή  $I_3(j)$  του μήνα  $j$  εκφρασμένη σε ισοδύναμο ύψος απορροής στη λεκάνη του Β. Κηφισού επιφάνειας  $2010 \text{ km}^2$  αυξημένης κατά 6% για να ληφθεί υπόψη η επαύξηση λόγω της απορροής της λεκάνης της ίδιας της λίμνης, (συνολική επιφάνεια  $s_3$ ).

Ένα άλλο μικρό μέρος των εισροών προέρχεται από τη βροχή  $P_3(j)$  απ' ευθείας στη λίμνη ενώ οι απώλειες οφείλονται, κατά ένα μέρος, στην εξάτμιση  $E_3(j)$  από την επιφάνεια της λίμνης, κατά δε ένα άλλο μέρος στις υπόγειες διαφυγές  $L_3(j)$ .

Όπως φαίνεται και στα Σχήματα 5.1 και 5.2 του τεύχους 11 οι διαφυγές δίνονται από δευτεροβάθμιες πολυωνυμικές σχέσεις της στάθμης, ενώ λαμβάνεται υπόψη και μια τυχαία συνιστώσα που θεωρείται ότι ακολουθεί κανονική κατανομή.

Η σχέση στάθμης-απωλειών για τους καλοκαιρινούς μήνες είναι

$$L_3(j) = 12422 [Z_3(j-1)]^2 - 999061 Z_3(j-1) + 17461050 + \eta(j) \quad (\text{σε } m^3) \quad (4.7)$$

όπου,  $Z_3(j-1)$  η απόλυτη στάθμη της λίμνης σε  $m$ , και



$\eta(j)$ : τυχαίος αριθμός κανονικής κατανομής με μέση τιμή μηδέν και τυπική απόκλιση  $2636048 \text{ m}^3$ .

Για τους χειμερινούς μήνες η σχέση αυτή γίνεται

$$L_3(j) = 12422 [Z_3(j-1)]^2 - 999061 Z_3(j-1) + 22161050 + \eta(j) \quad (\text{σε } \text{m}^3) \quad (4.8)$$

όπου η  $\eta(j)$  έχει τυπική απόκλιση  $5959663 \text{ m}^3$ .

Η καθαρή εισροή του μήνα  $j$  είναι

$$N_3(j) = I_3(j) * [s_3 - A_3(j-1)] + [P_3(j) - E_3(j)] * A_3(j-1) - L_3(j) \quad (4.9)$$

Τα μεγέθη  $A_3(j-1)$ ,  $Z_3(j-1)$  υπολογίζονται από τις καμπύλες στάθμης-όγκου-επιφανείας που φαίνονται στο σχήμα 4.1 του τεύχους 11. Στις περιπτώσεις συνδυασμένων ταμιευτήρων Μόρνου-Υλίκης και Μόρνου-Ευήνου-Υλίκης λήφθηκε υπόψη και η ασφάλεια των απολήψεων με τον ακόλουθο τρόπο.

Ανάλογα με την τιμή του  $S_3(j)$  διακρίνουμε τις εξής 4 περιπτώσεις:

I.  $-Sd_3 \leq S_3(j) \leq 0$

Νεκρός όγκος όπου δε γίνεται καμία απόληψη.

II.  $0 < S_3(j) \leq SF_3(j)$

Δε γίνεται καμία απόληψη και παραμένει στη λίμνη ο όγκος ασφαλείας  $SF_3(j)$  έναντι βλάβης του υδαταγωγού Μόρνου.

III.  $SF_3(j) < S_3(j) \leq SR_3(j) + SF_3(j)$

Γίνεται απόληψη μόνο για αρδευτικούς σκοπούς  $IR_3(j)$ .

IV.  $SF_3(j) + SR_3(j) < S_3(j) \leq K_3$  όπου γίνεται απόληψη και για ύδρευση της Αθήνας  $R_3(j)$  καθώς και για άρδευση  $IR_3(j)$ .

Τα όρια ασφαλείας  $SF_3$  και  $SR_3$  θεωρήθηκαν ως εξής:

$$\begin{aligned}
 \text{a. } SF_3(j) = \min & \left[ \sum_{\kappa=j}^{j+M} a(\kappa) (Dy/12) \right. && \text{(ζήτηση από Αθήνα των} \\
 & && \text{επόμενων } M \text{ μηνών)} \\
 & - K_{\text{μαρ}} && \text{(χωρητικότητα Μαραθώνα)} \\
 & - \sum_{\kappa=j}^{j+M} Q_{\text{min}}(\kappa) && \text{(ελάχιστη εισροή των} \\
 & && \text{επόμενων } M \text{ μηνών)} \\
 & \left. - M \cdot C_3 \right] && \text{(4.10)}
 \end{aligned}$$

όπου,

$a(\kappa)$  : συντελεστής ανισοκατανομής της ζήτησης του μήνα  $\kappa$

$Dy$  : ετήσια ζήτηση

$Q_{\text{min}}(\kappa)$  : ελάχιστη παροχή του  $\kappa$  μήνα

$M$  : αριθμός μηνών ασφαλείας για ύδρευση Αθήνας (=3)

$K_{\text{μαρ}}$ : ωφέλιμη χωρητικότητα ταμιευτήρα Μαραθώνα

$$\text{b. } SR_3(j) = \sum_{\kappa=j}^{j+M'} ar(\kappa) (DRy/12) \quad \text{(ζήτηση των επόμενων } M' \text{ μηνών για άρδευση)} \quad \text{(4.11)}$$

όπου:

$ar(\kappa)$  : συντελεστής ανισοκατανομής για άρδευση

$DRy$  : ετήσια ζήτηση για άρδευση

$M'$  : αριθμός μηνών ασφαλείας για άρδευση (=6)

Πάντως στην περίπτωση αστοχίας του συστήματος (άδειασμα των άλλων ταμιευτήρων) γίνεται απόληψη από την Υλίκη και της ποσότητας  $SF_3 + SR_3$  που κανονικά διατηρείται για λόγους ασφαλείας.

Σημειώνεται επίσης ότι για την περίπτωση των συνδυασμένων ταμιευτήρων Μόρνου-Ευήνου-Υλίκης-ταμιευτήρα αναρρύθμισης ο όγκος ασφαλείας έναντι βλάβης του υδαταγωγού Μόρνου δεν υπεισέρχεται στους υπολογισμούς, καθόσον η ασφάλεια έναντι μιας τέτοιας βλάβης καλύπτεται από τον ταμιευτήρα αναρρύθμισης.

Αφού καθοριστούν οι απολήψεις  $R_3(j)$  και  $IR_3(j)$  βάσει των παραπάνω ορίων και του κανόνα λειτουργίας (παρ. 4.3) το ισοζύγιο της λίμνης δίνει διαθέσιμο ωφέλιμο όγκο:

$$Sa_3(j) = S_3(j-1) + N_3(j) - R_3(j) - IR_3(j) \quad \text{(4.12)}$$

Αν  $Sa_3(j) > K_3$  τότε υπάρχει υπερχειλίση ίση με

$$SP_3(j) = Sa_3(j) - K_3 \quad \text{και} \quad S_3(j) = K_3$$

Αλλιώς,

$$S_3(j) = Sa_3(j) \quad \text{και} \quad SP_3(j) = 0$$

#### 4.2.4. Ταμιευτήρας αναρρύθμισης

Η υδρολογία της λεκάνης του ταμιευτήρα αυτού δε λαμβάνεται υπόψη στους υπολογισμούς, ούτε και θεωρούνται υπόγειες διαφυγές από αυτόν. Οι μόνες εισροές στον ταμιευτήρα είναι οι απολήψεις  $R_2(j)$  από το Μόρνο και  $R_5(j)$  από την Υλίκη (Σχήμα 2).

Επομένως η καθαρή εισροή είναι

$$N_4(j) = R_3(j) + R_5(j) \quad (4.13)$$

Η απόληψη  $R_4(j)$  προκύπτει από τον κανόνα λειτουργίας (βλ. παρ. 4.3).

Το ισοζύγιο του ταμιευτήρα δίνει διαθέσιμο όγκο στο τέλος του μήνα  $j$ :

$$Sa_4(j) = S_4(j-1) + N_4(j) - R_4(j)$$

Αν  $Sa_4(j) > K_4$  υπάρχει υπερχείλιση

$$SP_4(j) = Sa_4(j) - K_4 \quad \text{και} \quad S_4(j) = K_4 \quad (4.14)$$

Αλλιώς

$$S_4(j) = Sa_4(j) \quad \text{και} \quad SP_4(j) = 0$$

#### 4.3. Κανόνες λειτουργίας

Όπως αναφέρθηκε ήδη στην παρ. 4.2 οι σχέσεις που περιγράφουν τον κανόνα λειτουργίας συστήματος ταμιευτήρων εξαρτώνται από το ποιοί ταμιευτήρες υπεισέρχονται στο σύστημα καθώς και από ορισμένες

αποφάσεις που αφορούν τις απολήψεις από τον κάθε ταμιευτήρα. Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι σχέσεις αυτές για κάθε περίπτωση μεμονωμένων και συνδυασμένων ταμιευτήρων.

#### 4.3.1. Σημερινό υδροδοτικό σύστημα

##### 4.3.1.α. Μεμονωμένος ταμιευτήρας Μόρνου

Η μηνιαία ζήτηση είναι ίση με

$$D(j) = a(j) * (Dy/12) \quad (4.15)$$

Η απόληψη  $R_2(j)$  είναι ίση με τη ζήτηση εφόσον η παροχεταιυτικότητα του υδαταγωγού Μόρνου  $C_2$  και η διαθέσιμη για απόληψη ποσότητα νερού  $S_2(j-1) + N_2(j)$  το επιτρέπουν. Η μέγιστη απολήψιμη ποσότητα νερού  $\max R_2(j)$  καθορίζεται από την παροχεταιυτικότητα  $C_2$  εφόσον υπάρχει διαθέσιμη ποσότητα νερού.

Σε μαθηματική μορφή

$$\max R_2(j) = \max[0, \min(S_2(j-1) + N_2(j), C_2)] \quad (4.16\alpha)$$

$$R_2(j) = \min[\max R_2(j), D(j)] \quad (4.16\beta)$$

Σημειώνεται ότι απόληψη γίνεται μόνον όταν  $S_2(j-1) + N_2(j) > 0$  δηλαδή για ολικό όγκο μεγαλύτερο του νεκρού όγκου.

##### 4.3.1.β. Μεμονωμένη εκμετάλλευση Λίμνης Υλίκης

Πραγματοποιείται καταρχήν απόληψη για άρδευση της Κωπαΐδας  $IR_3(j)$  με επιδίωξη να ικανοποιηθεί η ζήτηση για άρδευση:

$$IR_3(j) = \max[0, \min(S_3(j-1) + N_3(j), DR(j))] \quad (4.17\alpha)$$

$$\text{όπου } DR(j) = ar(j) (DRy/12) \quad (4.17\beta)$$

είναι η μηνιαία ζήτηση για άρδευση με  $ar(j)$  το συντελεστή ανισοκατανομής της ζήτησης για άρδευση εντός του έτους, (Παρ. 5.3).

και  $DR_y$  = ετήσια ζήτηση για άρδευση.

Η μέγιστη απολήψιμη ποσότητα νερού για ύδρευση της Αθήνας είναι εκείνη που επιτρέπει η παροχетеυτικότητα  $C_3$  του υδραγωγείου Υλίκης και τα αποθέματα στη λίμνη:

$$\max R_3(j) = \max[0, \min(S_3(j-1) + N_3(j) - IR_3(j), C_3)] \quad (4.18\alpha)$$

Η πραγματική απόληψη  $R_3(j)$  θα είναι ίση με τη ζήτηση  $D(j)$  του μήνα  $j$  εφόσον αυτή δεν υπερβαίνει την παραπάνω τιμή  $\max R_3(j)$  δηλαδή

$$R_3(j) = \min[D(j), \max R_3(j)] \quad (4.18\beta)$$

#### 4.3.1.γ. Συνδυασμένοι ταμιευτήρες Μόρνου-Υλίκης

Εφ'όσον ο διαθέσιμος όγκος νερού στο Μόρνο ( $S_2(j-1) + N_2(j)$ ) υπερβαίνει κάποιο κατώφλι  $V_k$  τότε γίνεται απόληψη  $R_2(j)$  από τον ταμιευτήρα Μόρνου του περισσεύματος πάνω από τον όγκο  $V_k$  (παρ. 5.9 τεύχος 14). Στην αντίθετη περίπτωση η ικανοποίηση της μηνιαίας ζήτησης  $D(j)$  γίνεται κατά σειρά προτεραιότητας από τις εξής διαθέσιμες ποσότητες νερού:

- α. Σε πρώτη προτεραιότητα παίρνεται από την Υλίκη ποσότητα νερού που να μην εξαντλεί πάνω από ένα ποσοστό  $\beta$  ( $0 \leq \beta \leq 1$ ) τις δυνατότητες της Υλίκης. Η παράμετρος αυτή  $\beta$  ορίζεται από τη σχέση

$$\beta = \frac{\text{μέγιστη επιτρεπτή απόληψη}}{\text{μέγιστη δυνατή απόληψη } (\max R_3(j))}$$

Η ποσότητα  $\max R_3(j)$  προκύπτει ως εξής: Υπολογίζεται κατ' αρχήν η απόληψη από την Υλίκη για άρδευση της Κωπαίδας

$IR_3(j)$  με διατήρηση του αποθέματος  $SF_3$  έναντι βλάβης του υδαταγωγού Μόρνου.

$$IR_3(j) = \max[0, \min(S_3(j-1) + N_3(j) - SF_3(j), DR(j))] \quad (4.19)$$

όπου  $DR(j)$  δίνεται από την εξίσωση 4.17β

Η μέγιστη απολήψιμη ποσότητα για ύδρευση της Αθήνας με διατήρηση των αποθεμάτων ασφαλείας  $SF_3$  και  $SR_3$  (παρ. 4.2.3) δίνεται από τη σχέση

$$\max R_3(j) = \max[0, \min(S_3(j-1) + N_3(j) - IR_3(j) - SF_3(j) - SR_3(j), C_3)] \quad (4.20)$$

Η πραγματική απόληψη από την Υλίκη είναι

$$R_3(j) = \min(\beta \max R_3(j), D(j)) \quad (4.21)$$

- β. Στη συνέχεια επιδιώκεται η ικανοποίηση από το Μόρνο της ζήτησης που δεν ικανοποιήθηκε ως τώρα:  $D(j) - R_3(j)$

Η συμπληρωματική απόληψη από το Μόρνο θα είναι

$$R_2(j)^* = \max[0, \min(D(j) - R_3(j), \max R_2(j))] \quad (4.22)$$

όπου  $\max R_2(j)$  δίνεται από την εξίσωση 3.16α

- γ. Αν πάλι δεν ικανοποιηθεί η ζήτηση γίνεται πρόσθετη απόληψη και από τα αποθέματα ασφαλείας  $SF_3$  και  $SR_3$  στην Υλίκη εφόσον το επιτρέπει η παροχетеυτικότητα του υδραγωγείου Υλίκης. Η νέα μέγιστη απολήψιμη ποσότητα είναι

$$\max R_3(j)^* = \max[0, \min(S_3(j-1) + N_3(j) - IR_3(j) - R_3(j), C_3 - R_3(j))] \quad (4.23)$$

και η συμπληρωματική απόληψη

$$R_3(j)^* = \min(\max R_3(j)^*, D(j) - R_3(j) - R_2(j)^*) \quad (4.24)$$

Στην περίπτωση όπου το κατώφλι  $V_k$  για το Μόρνο θεωρηθεί στη μέγιστη στάθμη του τότε προκύπτει ο κανόνας απόλυτης προτεραιότητας Υλίκης. Αλλιώς πρόκειται για τον κανόνα εναλλακτικής προτεραιότητας Μόρνου-Υλίκης (παρ. 5.9 τεύχους 14). Σημειώνεται επίσης ότι κατά τις δοκιμές προσομοίωσης η παράμετρος  $\beta$  στην εξίσωση 4.21 είχε πάντα τιμή ίση με τη μονάδα που αντιστοιχεί με εξάντληση των δυνατοτήτων της Υλίκης.

#### 4.3.2. Μελλοντικό υδροδοτικό σύστημα

##### 4.3.2.α. Συνδυασμένοι ταμιευτήρες Μόρνου-Εύηνου (Σχ. 1)

Η μέγιστη δυνατή παροχέτευση νερού  $\max R_1(j)$  από τον ταμιευτήρα Εύηνου στον ταμιευτήρα Μόρνου είναι ίση με την παροχετευτικότητα  $C_1$  της σήραγγας Εύηνου-Μόρνου εφόσον υπάρχει διαθέσιμος όγκος νερού στον ταμιευτήρα Εύηνου.

$$\max R_1(j) = \max[0, \min(S_1(j-1) + N_1(j), C_1)] \quad (4.25)$$

Ελέγχεται αν η πρόσθετη αυτή εισροή στο Μόρνο προκαλεί υπερχείλιση του ταμιευτήρα Μόρνου η οποία βέβαια δεν είναι επιθυμητή.

Η εισροή στο Μόρνο είναι

$$N_2(j)^* = N_2(j) + \max R_1(j) \quad (4.26)$$

όπου η εισροή  $N_2(j)$  δίνεται από την εξ. (4.4), η μέγιστη απόληψη από τον Εύηνο  $\max R_1(j)$  από μια εξίσωση εντελώς ανάλογη της (4.16α) και η απόληψη από το Μόρνο από την εξ. (4.16β) για εισροή  $N_2(j)^*$ .

Αν από την κατάρτιση του ισοζυγίου του ταμιευτήρα Μόρνου (εξ. 4.5, 4.6) προκύψει υπερχείλιση  $SP_2(j) > 0$  τότε γίνεται μείωση της απόληξης από τον Εύηνο τέτοια ώστε τελικά

Με τη νέα τιμή της εισροής στο Μόρνο

$$N_2(j)^{**} = N_2(j) + R_1^*(j) \quad (4.28)$$

καταρτίζεται νέο τελικό ισοζύγιο του ταμιευτήρα Μόρνου.

Στην αντίθετη περίπτωση που ο έλεγχος δίνει  $SP_2(j) = 0$  η απόληψη από τον Εύηνο παραμένει ίση με  $R_1(j) = \max R_1(j)$ .

Στην περίπτωση που το ισοζύγιο δίνει τελικό απόθεμα στο Μόρνο  $S_2(j) > Su_2$  όπου  $Su_2$  είναι ένα αυθαίρετο κατώφλι τότε γίνεται νέα μείωση της απόληψης από τον Εύηνο.

$$R_1(j) = \max[0, R_1^*(j) - (S_2(j) - Su_2)] \quad (4.29)$$

Το ισοζύγιο του ταμιευτήρα Μόρνου καταρτίζεται με τη νέα τιμή της εισροής στο Μόρνο

$$N_2(j)^{***} = N_2(j) + R_1(j) \quad (4.30)$$

Στην περίπτωση που το κατώφλι  $Su_2$  θεωρηθεί ίσο με τη χωρητικότητα  $K_2$  του ταμιευτήρα Μόρνου γίνεται ουσιαστικά έλεγχος μόνο της υπερχειλίσης του Μόρνου και τότε πρόκειται για τον κανόνα λειτουργίας χωρίς έλεγχο της στάθμης στο Μόρνο. Στην αντίθετη περίπτωση, όπου  $Su_2 < K_2$ , τότε πρόκειται για τον κανόνα λειτουργίας με έλεγχο της στάθμης στο Μόρνο.

Τέλος γίνεται έλεγχος αν η στάθμη στον Εύηνο  $Z_1(j)$  στο τέλος του μήνα είναι μικρότερη εκείνης του Μόρνου  $Z_2(j)$  προσαυξημένη κατά τις υδραυλικές απώλειες  $h_{aπ}$  στη σήραγγα Ευήνου-Μόρνου. Αν συμβαίνει κάτι τέτοιο τότε γίνεται μείωση της απόληψης από τον Εύηνο ώστε η στάθμη  $Z_1(j)$  να είναι ίση με  $Z_2(j) + h_{aπ}$  (βλ. και παρ. 5.7).



#### 4.3.2.β. Συνδυασμένοι ταμιευτήρες Μόρνου - Ευήνου - ταμιευτήρα αναρρύθμισης (Σχ. 2)

Θεωρείται κατ' αρχήν ότι γίνεται η μέγιστη δυνατή απόληψη από τον Ευήνο (εξ. 4.25). Με εισροή στο Μόρνο που δίνεται από την εξ. (4.26) θεωρείται ότι γίνεται η μέγιστη δυνατή απόληψη από το Μόρνο (εξ. 4.16α) οπότε η εισροή στον ταμιευτήρα αναρρύθμισης είναι

$$N_4(j)^* = \max R_2(j) \quad (4.31)$$

Η απόληψη από τον ταμιευτήρα αναρρύθμισης είναι:

$$R_4(j) = \max\{0, \min[S_4(j-1) + N_4(j)^*, C_4, D(j)]\} \quad (4.32)$$

Καταρτίζεται το ισοζύγιο του ταμιευτήρα αναρρύθμισης και αν προκύπτει υπερχείλιση  $SP_4(j) > 0$  τότε μειώνεται η απόληψη από το Μόρνο

$$R_2(j) = \max\{0, \max R_2(j) - SP_4(j)\} \quad (4.33)$$

Καταρτίζεται στη συνέχεια το ισοζύγιο Μόρνου με απόληψη  $R_2(j)$  και αν προκύψει  $SP_2(j) > 0$  τότε μειώνεται η απόληψη από τον Ευήνο όπως στην προηγούμενη παράγραφο (εξ. 4.27). Υπάρχει βέβαια πάντα η δυνατότητα ελέγχου της στάθμης στο Μόρνο όπως στην προηγούμενη παράγραφο αλλά δεν εφαρμόστηκε στην περίπτωση που εξετάζεται εδώ καθόσον τα αποτελέσματα προσομοίωσης του συστήματος Μόρνου-Ευήνου έδειξαν ότι ο έλεγχος της στάθμης στο Μόρνο δεν δίνει μεγαλύτερη συνολική απόληψη για το σύστημα.

#### 4.3.2.γ. Συνδυασμένοι ταμιευτήρες Μόρνου-Ευήνου-Υλίκης (Σχ. 1)

Γίνεται απόληψη από τον Ευήνο  $R_1(j)$  ίση με τη μέγιστη ποσότητα  $\max R_1(j)$  που επιτρέπει η παροχетеυτικότητα της σήραγγας Ευήνου-Μόρνου  $C_1$  και τα αποθέματα στον ταμιευτήρα Ευήνου (εξίσωση 4.25).

Με εισροή  $N_2(j) + \max R_1(j)$  ο ταμιευτήρας Μόρνου διαθέτει απόθεμα ίσο με  $N_2(j) + \max R_1(j) + S_2(j-1)$ . Εφόσον το απόθεμα αυτό υπερβαίνει

ένα κατώφλι  $V_K$  τότε το περίσσειμα  $N_2(j) + \max R_1(j) + S_2(j-1) - V_K$  θεωρείται ότι μπορεί να διατεθεί για ύδρευση της Αθήνας. Έτσι η μέγιστη απολήψιμη ποσότητα από το Μόρνο είναι

$$\max R_2(j) = \max[0, \min(S_2(j-1) + N_2(j) + \max R_1(j) - V_K, C_2)] \quad (4.34)$$

και η πραγματική απόληψη

$$R_2(j) = \min(\max R_2(j), D(j))$$

Όσον αφορά τη λίμνη Υλίκη γίνεται καταρχήν απόληψη  $IR_3(j)$  για άρδευση της Κωπαΐδας (εξίσωση 4.19) με διατήρηση του αποθέματος ασφαλείας έναντι βλάβης του υδαταγωγού Μόρνου  $SF_3$ .

Η μέγιστη απολήψιμη ποσότητα από την Υλίκη για ύδρευση της Αθήνας δίνεται από την εξίσωση 4.20 με διατήρηση αποθεμάτων ασφαλείας έναντι βλάβης του υδαταγωγού Μόρνου  $SF_3$  και για άρδευση της Κωπαΐδας  $SR_3$ .

Επιδιώκεται η ικανοποίηση του υπόλοιπου της ζήτησης της Αθήνας από την Υλίκη

$$R_3(j) = \min(D(j) - R_2(j), \max R_3(j)) \quad (4.35)$$

Το υπόλοιπο της ζήτησης λαμβάνεται από τον ταμειευτήρα Μόρνου:

$$R_2(j)^* = \min(\max R_2(j) - R_2(j), D(j) - R_3(j) - R_2(j)) \quad (4.36)$$

Αν πάλι υπάρξει έλλειμμα στην ικανοποίηση της ζήτησης τότε λαμβάνονται και τα αποθέματα ασφαλείας στην Υλίκη. Στην περίπτωση αυτή η μέγιστη απολήψιμη ποσότητα από την Υλίκη είναι:

$$\max R_3(j)^* = \max[0, \min(S_3(j-1) + N_3(j) - IR_3(j) - R_3(j), C_3 - R_3(j))] \quad (4.37)$$

και η πραγματική συμπληρωματική απόληψη

$$R_3(j)^* = \min(\max R_3(j)^*, D(j) - R_3(j) - R_2(j) - R_2(j)^*) \quad (4.38)$$

Τέλος γίνεται έλεγχος της υπερχείλισης του Μόρνου καθώς και της διαφοράς στάθμης των ταμειυτήρων Μόρνου και Ευήνου όπως στην παράγραφο 4.3.2.α.

Αν το κατώφλι  $V_k$  θεωρηθεί ίσο με την χωρητικότητα του ταμειυτήρα Μόρνου  $K_2$  τότε προκύπτει ο κανόνας απόλυτης προτεραιότητας Υλίκης. Αλλιώς πρόκειται για κανόνα εναλλακτικής προτεραιότητας Μόρνου-Υλίκης.

#### 4.3.2.δ. Συνδυασμένοι ταμειυτήρες Μόρνου-Ευήνου-Υλίκης-ταμειυτήρα αναρρύθμισης (Σχ. 2)

Λαμβάνεται καταρχήν από τον ταμειυτήρα Ευήνου η μέγιστη δυνατή ποσότητα  $\max R_1(j)$  που επιτρέπει η παροχετευτικότητα της σήραγγας Ευήνου-Μόρνου  $C_1$  και τα αποθέματα στον ταμειυτήρα (εξίσωση 4.25).

Εφόσον το απόθεμα στο Μόρνο υπερβαίνει ένα κατώφλι  $V_k$ , το περίσσευμα παροχετεύεται προς τον ταμειυτήρα αναρρύθμισης  $R_2(j) = \max R_2(j)$ , ( $\max R_2(j)$  από εξίσωση 4.34).

Όσον αφορά τη λίμνη Υλίκη, ικανοποιείται καταρχήν η ζήτηση για άρδευση της Κωπαίδας  $IR_3(j)$ , (εξ. 3.17α), χωρίς διατήρηση αποθεμάτων ασφαλείας.

Με διατήρηση στην Υλίκη αποθέματος ασφαλείας  $SR_3$  για άρδευση της Κωπαίδας (εξ. 4.11) ο μέγιστος απολήψιμος όγκος από την Υλίκη είναι

$$\max R_3(j) = \max[0, \min(S_3(j-1) + N_3(j) - SR_3(j) - IR_3(j), C_3)] \quad (4.39)$$

Η ζήτηση της Αθήνας καλύπτεται κατά πρώτη προτεραιότητα από την Υλίκη:

$$R_3(j) = \min(\max R_3(j), D(j)) \quad (4.40)$$

ενώ το περίσσευμα παροχετεύεται προς τον ταμιευτήρα αναρρύθμισης με μέγιστο απολήψιμο όγκο

$$\begin{aligned} \max R_5(j) = \max[0, \min(S_3(j-1) + N_3(j) - SR_3(j) \\ - IR_3(j) - R_3(j), C_5)] \end{aligned} \quad (4.41)$$

Στη συνέχεια γίνεται νέα παροχέτευση από τον ταμιευτήρα Μόρνου στον ταμιευτήρα αναρρύθμισης με επιδίωξη να γεμίσει ο τελευταίος, χωρίς αυτή τη φορά να τίθεται κατώφλι περιορισμού της απόληψης.

$$\begin{aligned} \max R_2(j)^* = \max[0, \min(S_2(j-1) + N_2(j) + R_1(j) \\ - R_2(j), C_2 - R_2(j))] \end{aligned}$$

Το υπόλοιπο της ζήτησης της Αθήνας καλύπτεται από τον ταμιευτήρα αναρρύθμισης του οποίου η εισροή είναι

$$N_K(j) = \max R_2(j) + \max R_5(j) + \max R_2(j)^* \quad (4.42)$$

η μέγιστη απολήψιμη ποσότητα νερού

$$\max R_4(j) = \max[0, \min(S_4(j-1) + N_4(j), C_4)] \quad (4.43)$$

και η πραγματική απόληψη

$$R_4(j) = \min(\max R_4(j), D(j) - R_3(j)) \quad (4.44)$$

Αν στον ταμιευτήρα αναρρύθμισης προκύψει υπερχείλιση ( $SR_4 > 0$ ) τότε γίνεται σταδιακά μείωση της απόληψης από το Μόρνο ( $\max R_2(j)^*$ ) κάτω από το κατώφλι  $V_K$ , από την Υλίκη ( $\max R_5(j)$ ) και τέλος από το Μόρνο πάνω από το κατώφλι ( $\max R_2(j)$ ).

Αν τελικά υπάρχει πάλι υπόλοιπο ζήτησης τότε λαμβάνονται και το απόθεμα ασφαλείας στην Υλίκη  $SR_3$  εφόσον το επιτρέπει η παροχευτικότητα του υδραγωγείου Υλίκης  $C_3$  ( $R_3(j)^*$  από εξισώσεις 4.37, 4.38).

Η συνολική απόληψη από το σύστημα είναι

$$R(j) = R_4(j) + R_3(j) + R_3^*(j) \quad (4.45)$$

Τέλος γίνεται έλεγχος της υπερχείλισης του Μόρνου και της διαφοράς στάθμης στους ταμιευτήρες Μόρνου και Ευήνου όπως στην παράγραφο 4.3.2.α.

Στην περίπτωση που το κατώφλι  $V_k$  στον ταμιευτήρα Μόρνου θεωρηθεί ίσο με τη χωρητικότητα του ταμιευτήρα  $K_2$  τότε προκύπτει ο **κανόνας απόλυτης προτεραιότητας Υλίκης**. Αλλιώς πρόκειται για **κανόνα εναλλακτικής προτεραιότητας Μόρνου-Υλίκης**.

## 5. ΒΑΣΙΚΕΣ ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΤΟΥ ΣΗΜΕΡΙΝΟΥ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΟΥ ΥΔΡΟΔΟΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

### 5.1. Επίπεδο αξιοπιστίας

Η πιθανοτική προσέγγιση στο θέμα της αξιοπιστίας ενός υδροδοτικού συστήματος είναι η μόνη επιστημονικά θεμελιωμένη. Η προσέγγιση αυτή επιβάλλει την αποδοχή ενός δεδομένου επιπέδου αξιοπιστίας,  $\alpha$ , και μιας δεδομένης πιθανότητας αστοχίας  $1-\alpha$ , του συστήματος. Η πιθανότητα αστοχίας δε μπορεί ποτέ να είναι μηδενική, αλλά μπορεί να γίνει οσοδήποτε μικρή, με την κατασκευή των κατάλληλων έργων και την εξασφάλιση του κατάλληλου τρόπου λειτουργίας τους.

Θεωρούμε ότι είναι επιβεβλημένη η αποδοχή ενός αυξημένου επιπέδου αξιοπιστίας του υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας, για τον κύριο λόγο ότι πρόκειται για ένα πολύ σοβαρό έργο, που καλύπτει βασικότερες ανάγκες των κατοίκων μιας μεγαλούπολης όπως η Αθήνα. Η αστοχία του έργου αυτού θα είχε μείζονες συνέπειες, που δεν είναι εύκολο να εκτιμηθούν. Δύο πρόσθετοι λόγοι που αφορούν κυρίως μεθοδολογικές αδυναμίες, συνηγορούν στην αποδοχή αυξημένου επιπέδου αξιοπιστίας. Οι λόγοι αυτοί είναι

- (α) η ύπαρξη ανακρίβειών στα δεδομένα εισροών στους ταμιευτήρες και διαφυγών από αυτούς και
- (β) το γεγονός ότι, λόγω των πολλών μεταβλητών που περιγράφουν το σύστημα, και των πολύπλοκων αλληλεπιδράσεων τους, δεν είναι δυνατό να υπολογιστούν όρια εμπιστοσύνης, παρά μόνο μέσες αναμενόμενες εκτιμήσεις των μεταβλητών απόφασης.

Στο ερευνητικό αυτό έργο επιλέξαμε ως αποδεκτό για την κανονική (συνήθη) πολιτική απολήψεων το επίπεδο αξιοπιστίας 99%, που ορίζεται από το δυσμενέστερο συντελεστή  $\alpha_1$  (βλ. παρ. 3.1) και αντιστοιχεί στις κύριες πηγές τροφοδοσίας (Μόρνος-Υλίκη-Εύηνος). Αυτό σημαίνει ότι δεχόμαστε γινικά πιθανότητα αστοχίας 1% κάθε χρόνο. Διευκρινίζεται ότι η αστοχία του συστήματος δε σημαίνει παντελή έλλειψη υδροδότησης κατά το έτος που πραγματοποιείται, ούτε δηλώνει ένα φαινόμενο που επεκτείνεται σε όλη τη διάρκεια ενός (υδρολογικού) έτους. Αντίθετα, σημαίνει μερική ή ολική

αστοχία στην ικανοποίηση της ζήτησης, σε ένα περιορισμένο χρονικό διάστημα μέσα στο έτος (π.χ. 2 μήνες) και πλήρη ικανοποίηση για το υπόλοιπο διάστημα. Η αποτυχία της πλήρους κάλυψης της ζήτησης μπορεί να οφείλεται

- είτε σε ταυτόχρονο άδειασμα του συνόλου των ταμιευτήρων του υδροδοτικού συστήματος
- είτε σε αδυναμία μεταφοράς των διαθέσιμων ποσοτήτων νερού, λόγω εξάντλησης της παροχетеυτικότητας των αγωγών μεταφοράς
- είτε σε συνδυασμό των δύο παραπάνω λόγων (π.χ. εξάντληση της παροχетеυτικότητας του αγωγού μεταφοράς ενός ταμιευτήρα, με ταυτόχρονο άδειασμα των άλλων ταμιευτήρων).

Σημειώνεται ότι το παραπάνω επίπεδο αξιοπιστίας  $a_1=99\%$  αντιστοιχεί πρακτικά (όπως έδειξαν τα αποτελέσματα της προσομοίωσης) σε  $a_2=99.8\%$ , που σημαίνει ότι κατά μέσο όρο σε 2 από τους 1000 μήνες εμφανίζεται πρόβλημα, και σε  $a_3=99.9\%$  που σημαίνει ότι κατά μέσο όρο από 1000 μονάδες ζήτησης ικανοποιούνται οι 999.

Οι παραπάνω τιμές των συντελεστών αξιοπιστίας αναφέρονται στην κανονική (συνήθη) πολιτική απολήψεων από το σύστημα και αφορούν στις κύριες πηγές τροφοδοσίας, χωρίς να συμπεριλαμβάνονται οι εφεδρικές πηγές. Είναι φανερό ότι σε περίπτωση επερχόμενης αστοχίας θα λαμβάνονται πρόσθετα μέτρα για την αντιμετώπιση της κατάστασης, που θα αυξάνουν τους συντελεστές αξιοπιστίας και θα μειώνουν τους κινδύνους λειψυδρίας. Τέτοια μέτρα μπορεί να είναι (ανάλογα με τη σοβαρότητα της κατάστασης)

- Περιορισμός ή διακοπή των αρδευτικών χρήσεων (π.χ. άρδευση Κωπαΐδας)
- Χρησιμοποίηση των αποθεμάτων ασφαλείας των ταμιευτήρων
- Ενεργοποίηση εφεδρικών πηγών με ταυτόχρονη αναζήτηση νέων εφεδρικών πηγών (π.χ. εκτέλεση νέων γεωτρήσεων)

- Μεταφορά νερού από άλλες λεκάνες απορροής με δεξαμενόπλοια
- Περιορισμός της κατανάλωσης

Παρά την πρόσφατη αρνητική εμπειρία από τη λειψυδρία που έχει επιβάλει την εφαρμογή σχεδίων έκτακτης ανάγκης, θεωρούμε ότι το επίπεδο αξιοπιστίας  $\alpha_1=99\%$  είναι ικανοποιητικό. Κατά συνέπεια αποδεχόμαστε ότι κατά μέσο όρο μια φορά στα 100 χρόνια θα υπάρχει ανάγκη να μελετηθεί και να εφαρμοστεί ένα σχέδιο έκτακτης ανάγκης με κίνδυνο να μην καλυφθεί πλήρως η ζήτηση. Ας σημειωθεί ότι στην έρευνα αυτή τα επίπεδα αξιοπιστίας και οι αντίστοιχες πιθανότητες αστοχίας, ορίζονται με την προϋπόθεση ότι στα επόμενα χρόνια δε θα συμβεί κάποια μείζων κλιματική αλλαγή, παρόλο που και το ενδεχόμενο αυτό δε μπορεί να αποκλειστεί. Δυστυχώς από τα μέχρι τώρα δεδομένα δε μπορεί να γίνει καμιά αξιόπιστη πρόβλεψη σχετικά με το θέμα αυτό και εκ των πραγμάτων δεχόμαστε ότι η στατιστική εικόνα των υδρολογικών δειγμάτων που είναι διαθέσιμα (μέχρι και το υδρολογικό έτος 1987-88) δε θα μεταβληθεί κατά τα επόμενα υδρολογικά έτη. Με αυτή τη λογική αποδίδουμε στα φαινόμενα ξηρασίας που έχουν συμβεί τα τελευταία χρόνια ένα συγκυριακό ή τυχαίο χαρακτήρα, θεωρώντας ότι δεν υποδηλώνουν μόνιμη κλιματική αλλαγή. Προφανώς αν η πραγματικότητα είναι διαφορετική, και η υδρολογική διάτα των τελευταίων ετών συνεχιστεί και στο μέλλον, τότε τα επίπεδα αξιοπιστίας που δίνουμε δεν ανταποκρίνονται στην πραγματικότητα.

Ανακεφαλαιώνοντας τα παραπάνω, αποδεχόμαστε τα ακόλουθα:

- α. Το επίπεδο αξιοπιστίας για το υδροδοτικό σύστημα της Αθήνας ορίζεται ίσο με  $\alpha_1=99\%$  για την κανονική (συνήθη) πολιτική απολήψεων, και για τις κύριες πηγές τροφοδοσίας (Μόρνος - Υλίκη - Εύηνος). Το επίπεδο αξιοπιστίας αυτό χρησιμοποιείται σε όλες τις προσομοιώσεις καθορισμού δυνατοτήτων του συστήματος.
- β. Για έκτακτες περιπτώσεις, όπως η σημερινή συγκυρία, και για τις προσομοιώσεις καθορισμού πιθανοτήτων αστοχίας χρησιμοποιούνται κατά περίπτωση αυξημένες τιμές της αξιοπιστίας ( $\alpha_1 > 99\%$ ), ενώ παίρνονται υπόψη και οι εφεδρικές πηγές



ύδρευσης, και συνυπολογίζονται και τυχόν άλλα μέτρα που περιλαμβάνονται στο σχέδιο αντιμετώπισης της κατάστασης.

- γ. Οι τιμές των επιπέδων αξιοπιστίας, και οι αντίστοιχες τιμές των απολήψεων βασίζονται στην υπόθεση στατιστικά σταθερής υδρολογικής δίαιτας για τα επόμενα υδρολογικά έτη, χωρίς να αντιμετωπίζεται το ενδεχόμενο μόνιμων κλιματικών αλλαγών.

## 5.2. Ασφάλεια έναντι ατυχημάτων

Τα ατυχήματα που είναι δυνατόν να αντιμετωπιστούν στην προσομοίωση λειτουργίας του υδροδοτικού συστήματος είναι οι βλάβες περιορισμένης έκτασης στους αγωγούς μεταφοράς, ενώ μείζονα ατυχήματα (π.χ. καταστροφή του φράγματος Μόρνου) δε μπορούν να αντιμετωπιστούν.

Οι προβλέψεις που έγιναν αφορούν σε βλάβη στον υδαταγωγό Μόρνου με τρίμηνη διάρκεια. Θεωρείται ότι το χρονικό αυτό διάστημα επαρκεί ώστε να ολοκληρωθούν οι κατάλληλες επισκευές (έστω και προσωρινές παρακάμψεις) και να ξαναμπει σε λειτουργία ο αγωγός.

Πρέπει να επισημάνουμε εδώ ότι η ασφάλεια του υδροδοτικού συστήματος μελετήθηκε για πρώτη φορά με σοβαρότητα στο παρόν ερευνητικό έργο. Ηδη στο Α' μέρος του ερευνητικού έργου (τεύχος 7) είχε επισημανθεί η ανάγκη να υπάρχει ένας δεύτερος εναλλακτικός δρόμος προσαγωγής νερού πέρα από τον υδαταγωγό Μόρνου. Αυτό εξασφαλίζεται βέβαια μόνο με την οριστική ένταξη της Υλίκης στο σύστημα εφόσον δεν υπάρξει δεύτερος αγωγός Ευήνου-Μόρνου-Αθήνας ή ειδικός ταμιευτήρας αναρρύθμισης κοντά στην Αθήνα.

Η περίπτωση βλάβης δεν αντιμετωπίζεται από το πρόγραμμα προσομοίωσης της λειτουργίας του συστήματος. Το πρόγραμμα αυτό αναφέρεται πάντα στις συνθήκες κανονικής λειτουργίας ενώ η αξιοπιστία του συστήματος που υπολογίζεται δεν επηρεάζεται από τυχόν βλάβη, γιατί κατά τη διάρκεια της βλάβης εξακολουθούν να πραγματοποιούνται εισροές στους ταμιευτήρες. Η κάλυψη όμως των

κινδύνων βλάβης απαιτεί την εξασφάλιση όγκων ασφαλείας που πρέπει να είναι διαθέσιμοι σε κάθε ταμιευτήρα. Η πρόβλεψη αυτών ακριβώς των όγκων ασφαλείας γίνεται με κατάλληλο τρόπο στο μοντέλο προσομοίωσης της λειτουργίας του συστήματος.

Οι παραδοχές που έγιναν είναι οι ακόλουθες:

- α) Ο ταμιευτήρας Μαραθώνα διατηρείται συνεχώς γεμάτος και εξασφαλίζει έτσι όγκο  $40 * 10^6 \text{ m}^3$  που διατίθεται σε περίπτωση βλάβης.
- β) Ο ταμιευτήρας Μόρνου διαθέτει αρκετά μεγάλο νεκρό όγκο ( $118.6 * 10^6 \text{ m}^3$ ), ο οποίος εκτιμάται ότι δεν έχει γεμίσει με αποθέσεις φερτών. Έτσι σε περίπτωση βλάβης του υδραγωγείου Υλίκης είναι δυνατόν να ληφθεί μέρος του όγκου αυτού με την εγκατάσταση πλωτών αντλιοστασίων. Κατά συνέπεια η πρόβλεψη επί πλέον όγκου ασφαλείας στον ταμιευτήρα Μόρνου δεν είναι απαραίτητη.
- γ) Η λίμνη Υλίκη πρέπει να διαθέτει συνεχώς όγκο νερού που να καλύπτει τις ανάγκες της Αθήνας επί τρίμηνο. Ο όγκος αυτός δεν είναι σταθερός, αλλά προκύπτει σε κάθε χρονική στιγμή ως η ζήτηση του επόμενου τριμήνου αφού αφαιρεθεί ο όγκος νερού στο Μαραθώνα και οι ελάχιστες αναμενόμενες εισροές του επόμενου τριμήνου. Ως ελάχιστες εισροές θεωρήθηκαν οι ελάχιστες παρατηρημένες τιμές ολικής εισροής κατά την τελευταία εικοσαετία, όπως φαίνονται στον πίνακα 1 που ακολουθεί.

#### ΠΙΝΑΚΑΣ 1

#### ΕΛΑΧΙΣΤΕΣ ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΟΛΙΚΕΣ ΕΙΣΡΟΕΣ ΣΤΗΝ ΥΛΙΚΗ ( $\text{m}^3 * 10^6$ )

ΟΚΤ	0	ΦΕΒ	29	ΙΟΥΝ	0
ΝΟΕ	8	ΜΑΡ	29	ΙΟΥΛ	0
ΔΕΚ	21	ΑΠΡ	11	ΑΥΓ	0
ΙΑΝ	24	ΜΑΙ	0	ΣΕΠΤ	0

Πρέπει να σημειωθεί εδώ ότι η παροχέτευση του όγκου ασφαλείας στην Υλίκη σε περίπτωση βλάβης του υδαταγωγού Μόρνου τρίμηνης

διάρκειας δεν είναι δυνατόν να γίνει με τη σημερινή παροχетеυτικότητα του υδραγωγείου της Υλίκης των  $7.5 \text{ m}^3/\text{sec}$  για τα σημερινά επίπεδα ζήτησης των  $385 * 10^6 \text{ m}^3$  το χρόνο για το έτος 1990-91.

Πράγματι η σημερινή παροχетеυτικότητα δίνει όγκο τριμήνου  $58 * 10^6 \text{ m}^3$  και με πρόσθεση του όγκου στο Μαραθώνα  $98 * 10^6 \text{ m}^3$ . Ο όγκος αυτής καλύπτει τη σημερινή ζήτηση της Αθήνας για ένα μέσο τρίμηνο τα  $96 * 10^6 \text{ m}^3$  όχι όμως και τη μέγιστη ζήτηση τριμήνου  $112 * 10^6 \text{ m}^3$ . Η παροχетеυτικότητα των  $11.0 \text{ m}^3/\text{sec}$  δίνει  $86 * 10^6 \text{ m}^3$  και μαζί με τον Μαραθώνα  $126 * 10^6 \text{ m}^3$ , τιμή που καλύπτει τη σημερινή μέγιστη ζήτηση τριμήνου. Τέλος η παροχетеυτικότητα των  $15.0 \text{ m}^3/\text{sec}$  δίνει μαζί με το Μαραθώνα  $157 * 10^6 \text{ m}^3$ , όγκο δηλαδή που επαρκεί για τη μέγιστη ζήτηση τριμήνου, όταν η ζήτηση είναι  $537 * 10^6 \text{ m}^3$ . Η τιμή αυτή της ετήσιας κατανάλωσης φαίνεται ότι θα πραγματοποιηθεί σε διάστημα 9 χρόνων με το πιο απαισιόδοξο σενάριο εξέλιξης της κατανάλωσης (βλ. Τεύχος 12). Κατά συνέπεια ο διπλασιασμός της σημερινής παροχетеυτικότητας του υδραγωγείου Υλίκης φαίνεται σαν η μόνη λύση στο θέμα της ασφάλειας έναντι βλάβης.

Σημειώνεται επίσης ότι η πρόβλεψη των αποθεμάτων ασφαλείας στην Υλίκη γίνεται στο μοντέλο προσομοίωσης λειτουργίας του συστήματος, τόσο για το υπάρχον σύστημα Μόρνου-Υλίκης όσο και το μελλοντικό σχήμα Ευήνου-Μόρνου-Υλίκης. Στην περίπτωση όμως που υπεισέρχεται στο σύστημα ταμιευτήρας αναρρύθμισης κοντά στην Αθήνα τέτοια πρόβλεψη για απόθεμα ασφαλείας στην Υλίκη έναντι βλάβης του υδαταγωγού Μόρνου δε γίνεται, καθόσον ο όγκος στον ταμιευτήρα αναρρύθμισης, ο οποίος επιδιώκεται να διατηρείται συνεχώς γεμάτος, θεωρείται ότι έχει χωρητικότητα που καλύπτει τα απαιτούμενα αποθέματα ασφαλείας.

Τέλος πρέπει να σημειωθεί ότι στο μελλοντικό υδροδοτικό σχήμα με ένταξη ενός εναλλακτικού ταμιευτήρα στη λεκάνη του Ευήνου δεν προβλέπεται όγκος ασφαλείας στον ταμιευτήρα Ευήνου αλλά θεωρείται ότι ο σχετικά μεγάλος νεκρός όγκος του ταμιευτήρα Μόρνου επαρκεί για κάλυψη των αναγκών της Αθήνας στην περίπτωση βλάβης του υδραγωγείου Υλίκης.

### 5.3. Άλλες χρήσεις νερού

Οι απολήψεις νερού για άρδευση, από τον ταμιευτήρα Μόρνου, έχουν διακοπεί και λόγω της κρισιμότητας της κατάστασης δεν αναμένεται να επαναληφθούν στο άμεσο μέλλον. Κατά μήκος του υδαταγωγού Μόρνου γίνονται απολήψεις για ύδρευση μικρών πόλεων και χωριών, που όμως αποτελούν μικρό ποσοστό της ολικής απόληψης και δε λαμβάνονται υπόψη ξεχωριστά αλλά συνυπολογίζονται στην κατανάλωση της Αθήνας.

Στη λίμνη Υλίκη σύμφωνα με την απόφαση του Υπουργού Γεωργίας Ε/4256/1955 είναι υποχρεωτική η διάθεση  $50 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup> νερού το χρόνο για την άρδευση της Κωπαΐδας. Μετά από μελέτη των δεδομένων απόληψης για άρδευση από την Υλίκη βρέθηκε ότι οι απολήψεις αυτές πραγματοποιούνται σε διάστημα 5 μηνών κάθε έτος με κατανομή που φαίνεται στον ακόλουθο πίνακα.

#### ΠΙΝΑΚΑΣ 2

#### ΜΗΝΙΑΙΑ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΑΡΔΕΥΤΙΚΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΚΩΠΑΪΔΑΣ

(Συντελεστής ανισοκατανομής της ζήτησης)

ΟΚΤ	0	ΦΕΒ	0	ΙΟΥΝ	2.11
ΝΟΕ	0	ΜΑΡ	0	ΙΟΥΛ	4.78
ΔΕΚ	0	ΑΠΡ	0.31	ΑΥΓ	3.94
ΙΑΝ	0	ΜΑΙ	0.86	ΣΕΠ	0

Για την εξασφάλιση του παραπάνω όγκου, προβλέφθηκε στο μοντέλο προσομοίωσης λειτουργίας του συστήματος όγκος ασφαλείας στην Υλίκη -πέρα από τον όγκο ασφαλείας για ύδρευση της Αθήνας- ίσος με τον όγκο νερού που ζητείται κάθε φορά για άρδευση της Κωπαΐδας κατά το επόμενο εξάμηνο. Έτσι, γίνεται απόληψη νερού για την Αθήνα μόνο όταν στην Υλίκη υπάρχει απόθεμα νερού που να υπερκαλύπτει τον όγκο ασφαλείας έναντι βλάβης του υδαταγωγού Μόρνου προσαυξημένο κατά τον όγκο ασφαλείας για άρδευση της Κωπαΐδας επί ένα εξάμηνο. Αντίστοιχα, απόληψη νερού για αρδευτικούς σκοπούς γίνεται όταν εξασφαλίζεται ο όγκος ασφαλείας για ύδρευση της Αθήνας. Το γεγονός αυτό σημαίνει ότι υπάρχει μια μη

μηδενική πιθανότητα να μην ικανοποιηθούν οι αρδευτικές ανάγκες της Κωπαΐδας, η οποία όμως είναι μικρή και δεν υπολογίζεται από το μοντέλο προσομοίωσης της λειτουργίας του συστήματος. Σημειώνεται επίσης ότι σε περίπτωση εξάντλησης όλων των ωφέλιμων αποθεμάτων του συστήματος λαμβάνονται για ύδρευση της Αθήνας και τα αποθέματα ασφαλείας στην Υλίκη.

Τέλος σημειώνεται ότι κατά τη διαστασιολόγηση των εναλλακτικών ταμιευτήρων Ευήνου δε λήφθηκαν υπόψη άλλες χρήσεις νερού εκτός της ύδρευσης της Αθήνας. Το ίδιο ισχύει και για τον ταμιευτήρα αναρρύθμισης. Κατά συνέπεια όλο τα εναλλακτικά μελλοντικά υδρευτικά σχήματα της Αθήνας μελετήθηκαν ως έργα απλής σκοπιμότητας (για ύδρευση) με μόνη εξαίρεση τη λίμνη Υλίκη όπου θεωρήθηκε ότι υπάρχει σταθερή στο χρόνο ετήσια ζήτηση αρδευτικού νερού ίση με  $50 * 10^6 \text{ m}^3$ .

#### 5.4. Χαρακτηριστικές στάθμες και όγκοι ταμιευτήρων

Για τον ταμιευτήρα Μόρνου η ελάχιστη στάθμη λειτουργίας καθορίζεται από τη στάθμη υδροληψίας. Το κατώφλι υδροληψίας είναι στα +377 m και η διάμετρος της σήραγγας Γκιώνας είναι 3.20 m. Για να εξασφαλίζεται η παροχή των  $23.0 \text{ m}^3/\text{sec}$  στη σήραγγα θεωρήθηκε ότι η στάθμη του νερού στον ταμιευτήρα πρέπει να υπερβαίνει τα +382 m ή αλλιώς ο νεκρός όγκος στον ταμιευτήρα να είναι  $118.6 * 10^6 \text{ m}^3$ . Η μέγιστη στάθμη λειτουργίας είναι στα +435 m και αντιστοιχεί σε συνολικό όγκο  $762 * 10^6 \text{ m}^3$ . Κατά συνέπεια ο ωφέλιμος όγκος (ή χωρητικότητα) του ταμιευτήρα είναι  $643.4 * 10^6 \text{ m}^3$ .

Στη λίμνη Υλίκη η ελάχιστη στάθμη λειτουργίας εξαρτάται σχεδόν αποκλειστικά από τα έργα της ΕΥΔΑΠ. Σήμερα εκτιμάται ότι με την εγκατάσταση πλωτών αντλιοστασίων είναι δυνατή η άντληση των αποθεμάτων νερού μέχρι τη στάθμη +43 m. Ο πυθμένας της λίμνης βρίσκεται στα +40 m και ο αντίστοιχος νεκρός όγκος προκύπτει ίσος με  $10 * 10^6 \text{ m}^3$ . Η στάθμη υπερχειλίσσης προς τη διώρυγα Μουρικίου βρίσκεται κανονικά στα +77.7 m. Η διώρυγα όμως αυτή φράσσεται συνήθως με πασσαλοσανίδες με αποτέλεσμα η μέγιστη στάθμη στην Υλίκη να ανεβαίνει στα +80 m που αντιστοιχεί σε ολικό όγκο  $597.5$

\*  $10^6 \text{ m}^3$  και ωφέλιμο όγκο  $587.5 * 10^6 \text{ m}^3$ .

Πρέπει να σημειωθεί ότι κατά την εκπόνηση του τεύχους 8 του παρόντος ερευνητικού προγράμματος τον Οκτώβριο του 1989, όταν δεν είχε ακόμη θεωρηθεί η ελάχιστη στάθμη στα +43 m ως τελική, είχαν εξεταστεί διάφορες εναλλακτικές στάθμες ως ελάχιστες στάθμες λειτουργίας της λίμνης που όμως δε χρησιμοποιήθηκαν εδώ. Οι στάθμες αυτές μαζί με τις αντίστοιχες τιμές του νεκρού και του ωφέλιμου όγκου φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3  
ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΕΛΑΧΙΣΤΕΣ ΣΤΑΘΜΕΣ ΥΛΙΚΗΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΟΙ  
ΝΕΚΡΟΙ ΚΑΙ ΩΦΕΛΙΜΟΙ ΟΓΚΟΙ

ΣΤΑΘΜΗ (m)	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΝΕΚΡΟΣ ΟΓΚΟΣ $* 10^6 \text{ m}^3$	ΩΦΕΛΙΜΟΣ ΟΓΚΟΣ $* 10^6 \text{ m}^3$
+ 43	Ελάχιστη στάθμη που μπορεί κατά την ΕΥΔΑΠ να επιτευχθεί με εγκατάσταση πλωτών αντλιοστασίων	10.0	587.5
+ 47	Στάθμη που έχει επιτευχθεί στο παρελθόν με εγκατάσταση πλωτών αντλιοστασίων και αποβαθρών	39.5	558.0
+ 55	Στάθμη που μπορεί να επιτευχθεί με οικονομικό τρόπο, χωρίς ειδικά έργα (αποβάθρες κλπ.)	128.8	468.7
+ 58	Στάθμη ασφαλείας που κατά το ΙΓΜΕ δε δημιουργεί προβλήματα λειψυδρίας στις παρακείμενες πηγές	171.0	426.5

Για τους εναλλακτικούς ταμιευτήρες στον Εύηνο εξετάστηκαν διάφορες τιμές του ωφέλιμου όγκου για κάθε ταμιευτήρα. Ο νεκρός όγκος εκτιμήθηκε σε  $17 * 10^6 \text{ m}^3$  και για τους τρεις εναλλακτικούς ταμιευτήρες μετά από μελέτη των πρωτογενών δεδομένων στερεοπαροχής στα πλαίσια του παρόντος ερευνητικού έργου (Κεφ. 4, Τεύχος 15). Οι εναλλακτικές τιμές ωφέλιμου και ολικού όγκου καθώς και οι αντίστοιχες μέγιστες στάθμες λειτουργίας και τα ύψη φράγματος (κατά προσέγγιση) φαίνονται στον πίνακα 4 που ακολουθεί.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΩΦΕΛΙΜΟΥ ΚΑΙ ΣΥΝΟΛΙΚΟΥ ΟΓΚΟΥ ΤΑΜΙΕΤΗΡΩΝ  
ΕΥΗΝΟΥ ΚΑΙ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΕΣ ΣΤΑΘΜΕΣ ΚΑΙ ΥΨΗ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ

Ωφέλιμος όγκος * 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	Ολικός όγκος * 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	Μέγιστη στάθμη λειτουργίας (m) (και ύψος φράγματος σε m)		
		Δενδροχώρι Πυθμ.+560 m Υδρολ.+619.0 m	Αγ. Δημήτριος Πυθμ.+420 m Υδρολ.+458.1 m	Περίστα Πυθμ. +380 m Υδρολ. +436.7 m
10	27	628.8 (74)	466.1 (52)	445.9 (71)
50	67	653.1 (98)	490.2 (76)	468.0 (93)
100	117	672.6 (118)	509.2 (95)	485.6 (111)
150	167	687.3 (133)		494.8 (120)
199	216			509.9 (135)
252	269	709.9 (155)		

Για τις ανάγκες εκπόνησης του παρόντος τεύχους χρησιμοποιήθηκαν μόνο δύο εναλλακτικές λύσεις ταμιευτήρων στον Εύηνο. Η πρώτη περιλαμβάνει ταμιευτήρα με φράγμα στη θέση Δενδροχώρι και ωφέλιμη χωρητικότητα 252 \* 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> και η δεύτερη ταμιευτήρα με φράγμα στην Περίστα και ωφέλιμη χωρητικότητα 199 \* 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>.

Τέλος για τον ταμιευτήρα αναρρύθμισης κοντά στην Αθήνα θεωρήθηκε μία ενδεικτική τιμή του ωφέλιμου όγκου ίση με 100 \* 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>, ενώ οι τιμές του νεκρού όγκου καθώς και η μέγιστη και ελάχιστη στάθμη λειτουργίας δεν υπεισέρχονται στους υπολογισμούς του μοντέλου προσομοίωσης λειτουργίας του συστήματος.

5.5. Παροχетеυτικότητες αγωγών

Ο υδαταγωγός Μόρνου σχεδιάστηκε για παροχетеυτικότητα 23.0 m<sup>3</sup>/sec μέχρι τη σήραγγα Κιθαιρώνα. Η πραγματική όμως παροχетеυτικότητα του υδαταγωγού είναι ουσιαστικά άγνωστη μια και η μέγιστη παροχή που έχει επιτευχθεί δεν ξεπερνά τα 16.0 m<sup>3</sup>/sec. Η εκτίμηση της πραγματικής τιμής της παροχетеυτικότητας του υδαταγωγού Μόρνου

αποτελεί αντικείμενο ξεχωριστού ερευνητικού έργου που έχει ανατεθεί από την ΕΥΔΑΠ στον Τομέα Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων του ΕΜΠ. Τα αποτελέσματα της διερεύνησης αυτής δεν ήταν διαθέσιμα κατά το στάδιο της εκπόνησης του παρόντος ερευνητικού έργου και γιαυτό για τις ανάγκες της προσομοίωσης του υδροδοτικού συστήματος χρησιμοποιήσαμε την παροχетеυτικότητα σχεδιασμού των 23 m<sup>3</sup>/sec καθώς και μια τιμή μειωμένη κατά 20% (18.5 m<sup>3</sup>/sec).

Για το υδραγωγείο Υλίκης χρησιμοποιήθηκαν τρεις εναλλακτικές τιμές της παροχетеυτικότητας, η σημερινή τιμή των 7.5 m<sup>3</sup>/sec και δυο αυξημένες τιμές 11.0 m<sup>3</sup>/sec και 15.0 m<sup>3</sup>/sec, που είναι δυνατόν να επιτευχθούν με κατασκευή νέου αγωγού ενίσχυσης του υδραγωγείου.

Για τη σήραγγα Ευήνου-Μόρνου έγινε συστηματική διερεύνηση του θέματος κατά τον υδρολογικό σχεδιασμό των εναλλακτικών ταμιευτήρων του Ευήνου (τεύχος 15). Για κάθε θέση φράγματος και για κάθε εναλλακτική τιμή της ωφέλιμης χωρητικότητας ταμιευτήρα δοκιμάστηκαν διάφορες τιμές της παροχетеυτικότητας και επιλέχθηκε τελικά εκείνη η τιμή που δεν προκαλεί μείωση των απολήψεων από το σύστημα μεγαλύτερη του 2% των εισροών του ταμιευτήρα Ευήνου. Οι τελικοί αυτοί συνδυασμοί τεχνικών χαρακτηριστικών των έργων του Ευήνου φαίνονται Πίνακα 5 που ακολουθεί.

#### ΠΙΝΑΚΑΣ 5

#### ΠΑΡΟΧΕΤΕΥΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΗΡΑΓΓΑΣ ΕΥΗΝΟΥ-ΜΟΡΝΟΥ

Ωφέλιμος όγκος * 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	Παροχетеυτικότητα σήραγγας (m <sup>3</sup> /sec)		
	Δενδροχώρι	Αγ. Δημήτριος	Περίστα
10	16	22	20
50	10	16	16
100	8	12	12
150	6		12
199			10
252	6		



Οι παραπάνω τιμές της παροχетеυτικότητας που προέκυψαν από τον υδρολογικό σχεδιασμό των ταμειυτήρων Ευήνου θεωρήθηκαν δεδομένες για τις ανάγκες εκπόνησης του παρόντος τεύχους όπου μάλιστα η διερεύνηση περιορίστηκε σε ένα ταμειυτήρα στο Δενδροχώρι με παροχетеυτικότητα αγωγού  $6 \text{ m}^3/\text{sec}$  και ωφέλιμη χωρητικότητα  $252 * 10^6 \text{ m}^3$  και ένα ταμειυτήρα στην Περίστα με παροχетеυτικότητα αγωγού  $10 \text{ m}^3/\text{sec}$  και ωφέλιμη χωρητικότητα  $199 * 10^6 \text{ m}^3$ .

Όσον αφορά στην παροχетеυτικότητα του νέου υδραγωγείου Υλίκης - ταμειυτήρα αναρρύθμισης που αποτελεί ένα δεύτερο ανεξάρτητο δρόμο από την Υλίκη στην Αθήνα (σχ. 2) αυτή θεωρήθηκε ίση με  $7.5 \text{ m}^3/\text{sec}$ , ίση δηλαδή με τη παροχетеυτικότητα του σημερινού υδραγωγείου Υλίκης. Τέλος σημειώνεται ότι κατάντη του ταμειυτήρα αναρρύθμισης δεν τέθηκε περιορισμός στην παροχетеυτικότητα του υδραγωγείου αλλά αντίθετα θεωρήθηκε ότι θα γίνουν τα κατάλληλα έργα ώστε πράγματι να μην υφίσταται τέτοιος περιορισμός.

#### 5.6. Εισροές

Οι ιστορικές χρονοσειρές της εισροής τόσο στον ταμειυτήρα Μόρνου όσο και στους τρεις εναλλακτικούς ταμειυτήρες Ευήνου έχουν αναλυθεί πλήρως κατά το Α' μέρος του ερευνητικού έργου. Αντίθετα η ανάλυση των εισροών στην Υλίκη ολοκληρώθηκε προς το τέλος της Β' φάσης του ερευνητικού έργου. Λεπτομερής περιγραφή όλων των σταδίων της ανάλυσης αυτής παρουσιάζεται στο τεύχος 13. Τα τελικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για το μοντέλο προσομοίωσης των υδρολογικών μεταβλητών προέκυψαν από τα ιστορικά μετά από αφαίρεση της τάσης (trend) που διαπιστώθηκε τόσο στην απορροή όσο και στη βροχή της λεκάνης του Β. Κηφισού.

Τα μεγέθη που ενδιαφέρουν για την προσομοίωση λειτουργίας του συστήματος είναι η απορροή στην είσοδο του κάθε ταμειυτήρα, η βροχή πάνω στην επιφάνειά του και η εξάτμιση από την επιφάνεια αυτή.

Οι χρονοσειρές απορροής που εισάγονται στο μοντέλο προσομοίωσης λειτουργίας αντιστοιχούν στην απορροή στη θέση του φράγματος Μόρνου, στην είσοδο στην Υλίκη και στη θέση Περίστα του ποταμού

Εύηνου. Για τη βροχή δίνεται η επιφανειακή βροχή της λεκάνης ανάντη των θέσεων φράγματος Μόρνου, εισόδου σήραγγας Καρδίτσας προς την Υλίκη και της θέσης Περίστα στον Εύηνο. Τέλος εισάγονται οι εξατμίσεις από τους ταμιευτήρες Μόρνου, Υλίκης και Περίστας. Κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης λειτουργίας του υδροδοτικού συστήματος γίνεται αναγωγή με κατάλληλους συντελεστές στα μεγέθη που ενδιαφέρουν. Οι συντελεστές αναγωγής φαίνονται στον πίνακα 6 που ακολουθεί.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 6**  
**ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΑΝΑΓΩΓΗΣ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΜΕΓΕΘΩΝ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΩΝ**  
**ΜΟΡΝΟΥ, ΕΥΗΝΟΥ ΚΑΙ ΥΛΙΚΗΣ**

Μέγεθος —> Ταμιευτήρας	Απορροή	Βροχή	Εξάτμιση
Μόρνος	1.000	0.489	1.000
Υλίκη	1.000	0.839	1.000
Δενδροχώρι	1.000	0.928	0.917
Αγ. Δημήτριος	1.000	0.794	1.000
Περίστα	1.000	0.793	1.000

### 5.7. Κατανάλωση νερού

Το θέμα της εκτίμησης της κατανάλωσης της Αθήνας και κυρίως της χρονικής εξέλιξης της είναι αρκετά πολύπλοκο αλλά και δεν περιλαμβάνεται στο κυρίως αντικείμενο του ερευνητικού έργου. Μια πρώτη προσπάθεια διερεύνησης των δεδομένων κατανάλωσης και κατάρτισης σεναρίων εξέλιξης της κατανάλωσης έγινε σε συνεργασία με την ΕΥΔΑΠ για τις ανάγκες εκπόνησης της ενδιάμεσης έκθεσης (τεύχος 8) τον Οκτώβριο 1989. Στη συνέχεια η ΕΥΔΑΠ μελέτησε το θέμα αυτό με ξεχωριστό ερευνητικό έργο. Τα αποτελέσματα του έργου αυτού μαζί με μερικές επιπλέον εκτιμήσεις της ερευνητικής ομάδας συνοψίζονται στο τεύχος 12 του παρόντος ερευνητικού έργου.

Για τις ανάγκες του παρόντος τεύχους δε χρησιμοποιήθηκαν σενάρια

εξέλιξης της κατανάλωσης της Αθήνας, καθόσον διερευνήθηκαν οι δυνατότητες των διαφόρων εναλλακτικών λύσεων για το υδροδοτικό σχήμα της Αθήνας σε συνθήκες ζήτησης που παραμένει σταθερή στο χρόνο. Ειδικότερα προσδιορίστηκε η ζήτηση που αντιστοιχεί σε δεδομένη αξιοπιστία (99%).

Σημειώνεται ότι στο μοντέλο προσομοίωσης λειτουργίας του υδροδοτικού συστήματος υπεισέρχεται η ολική κατανάλωση που αντιστοιχεί στις εξόδους των ταμιευτήρων.

Τέλος κατά την προσομοίωση πάρθηκε υπόψη τη μηνιαία διακύμανση της κατανάλωσης, όπως αυτή προέκυψε από τα διαθέσιμα στοιχεία της ΕΥΔΑΠ φαίνεται στον πίνακα 7 που ακολουθεί.

#### ΠΙΝΑΚΑΣ 7

#### ΜΗΝΙΑΙΑ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΑΘΗΝΑΣ

(Συντελεστές ανισοκατανομής της ζήτησης)

ΟΚΤ	1.05	ΦΕΒ	0.79	ΙΟΥΝ	1.12
ΝΟΕ	0.93	ΜΑΡ	0.89	ΙΟΥΛ	1.21
ΔΕΚ	0.93	ΑΠΡ	0.91	ΑΥΓ	1.17
ΙΑΝ	0.86	ΜΑΙ	1.04	ΣΕΠ	1.10

#### 5.8. Υδραυλικές απώλειες στη σήραγγα Ευήνου-Μόρνου

Όπως φαίνεται στον πίνακα 4 η στάθμη υδροληψίας του ταμιευτήρα Περίστας βρίσκεται στα +436.7 m δηλαδή μόνο 1.7 m πάνω από την ανώτατη στάθμη λειτουργίας του ταμιευτήρα Μόρνου (+ 435 m). Κατά συνέπεια μπορεί να παρουσιαστεί η περίπτωση όπου η διαφορά στάθμης των δύο ταμιευτήρων να μην επαρκεί για την εξασφάλιση της απρόσκοπτης ροής προς τον ταμιευτήρα Μόρνου. Σε κάθε περίπτωση λοιπόν θα πρέπει να εξασφαλίζεται ότι η διαφορά στάθμης των δύο ταμιευτήρων είναι τουλάχιστον ίση με τις ελάχιστες υδραυλικές απώλειες στη σήραγγα Ευήνου-Μόρνου. Οι απώλειες αυτές εκτιμήθηκαν κατά προσέγγιση ίσες με 0.5 m/Km για παροχετευτικότητα 10 m<sup>3</sup>/sec, διάμετρο σήραγγας 3.5 m και ανεπένδυτο σκυρόδεμα. Ετσι για τη

σήραγγα Περίστας-Μόρνου μήκους περίπου 30 km προκύπτουν απώλειες ίσες με 15 m περίπου.

#### 5.9. Κανόνες λειτουργίας υπάρχοντος υδροδοτικού συστήματος

Στην περίπτωση της μεμονωμένης εκμετάλλευσης του Μόρνου ή της λίμνης Υλίκης ο κανόνας λειτουργίας είναι απλός: επιδιώκεται πάντα η κάλυψη της ζήτησης ανεξάρτητα από τη στάθμη του θεωρούμενου ταμιευτήρα ή από άλλες λειτουργικές μεταβλητές. Ο ίδιος αυτός κανόνας ισχύει και στην περίπτωση των συνδυασμένων ταμιευτήρων Μόρνου και Υλίκης αλλά για τη συνολική απόληψη από τους δύο ταμιευτήρες. Στη τελευταία αυτή περίπτωση χρειάζεται όμως παραπέρα διερεύνηση του κανόνα λειτουργίας σε ότι αφορά στην κατανομή της συνολικής απόληξης στους ταμιευτήρες του συστήματος.

Κατά τη κατάρτιση του κανόνα λειτουργίας, θεωρήθηκε κατ' αρχήν ότι επιδιώκεται η μεγιστοποίηση των απολήψεων από το σύστημα των δύο ταμιευτήρων, ή αλλιώς η ελαχιστοποίηση των απωλειών νερού από υπερχειλίση, εξάτμιση ή υπόγειες διαφυγές. Δεδομένου ότι οι υπόγειες διαφυγές στην Υλίκη είναι αρκετά μεγαλύτερες από εκείνες του ταμιευτήρα Μόρνου, και μάλιστα αυξάνουν έντονα μή γραμμικά με την αύξηση της στάθμης, γίνεται φανερό ότι είναι προτιμότερο το ενδεχόμενο περίσσειμα νερού να αποθηκεύεται στο Μόρνο. Κατά συνέπεια ο κανόνας λειτουργίας μπορεί να διατυπωθεί ως εξής:

- α1. Μετά την απόληψη του αρδευτικού νερού της Κωπαΐδας και εφόσον ο αποθηκευμένος όγκος στην Υλίκη υπερβαίνει το απόθεμα ασφαλείας για την άρδευση της Κωπαΐδας και έναντι βλάβης του υδαταγωγού Μόρνου (που περιγράφηκαν στις παραγράφους 5.2 και 5.3 του παρόντος τεύχους) το περίσσειμα αντλείται για ύδρευση της Αθήνας με το μέγιστο ρυθμό που επιτρέπει η παροχетеυτικότητα του υδραγωγείου Υλίκης.
- α2. Το υπόλοιπο της ζήτησης που δεν καλύπτεται από την Υλίκη λαμβάνεται από τον ταμιευτήρα Μόρνου.
- α3. Εφόσον υπάρχει υπόλοιπο ζήτησης και έχει εξαντληθεί το

απόθεμα του Μόρνου γίνεται απόληψη από τα αποθέματα ασφαλείας στην Υλίκη.

Σημειώνεται ότι εφόσον υπάρχει όγκος υπερχειλίσεως στον ταμιευτήρα Μόρνου αυτός λαμβάνεται πάντα σε πρώτη προτεραιότητα για ύδρευση της Αθήνας.

Ο παραπάνω κανόνας που μπορεί να χαρακτηριστεί ως κανόνας απόλυτης προτεραιότητας της Υλίκης οδηγεί στη μεγιστοποίηση των απολήψεων από το σύστημα αλλά δεν παίρνει υπόψη την οικονομικότητα. Αντίθετα είναι ο πλέον αντιοικονομικός, δεδομένου ότι μεγιστοποιεί τις αντλήσεις νερού από την Υλίκη.

Από τα αποτελέσματα των δοκιμών προσομοίωσης τα οποία παρουσιάζονται στο κεφάλαιο 6, αποδείχτηκε ότι ο παραπάνω κανόνας είναι ο πιο κατάλληλος για το σημερινό υδροδοτικό σύστημα. Στην περίπτωση όμως που αυξάνει η παροχетеυτικότητα του υδραγωγείου Υλίκης (σε  $11.0 \text{ m}^3/\text{sec}$  ή  $15.0 \text{ m}^3/\text{sec}$ ) τότε η εφαρμογή του κανόνα μεγιστοποιεί μεν τις απολήψεις από την Υλίκη αλλά οδηγεί σε σημαντικές υπερχειλίσεις στον ταμιευτήρα Μόρνου. Σε αυτή την περίπτωση λόγοι οικονομικότητας επιβάλλουν τη χρησιμοποίηση άλλου κανόνα λειτουργίας. Ο κανόνας που εξετάστηκε και χαρακτηρίζεται ως κανόνας εναλλακτικής προτεραιότητας Μόρνου-Υλίκης και είναι ο ακόλουθος:

- β1. Εφόσον ο αποθηκευμένος όγκος στον ταμιευτήρα Μόρνου υπερβαίνει ένα συγκεκριμένο κατώφλι  $V_k$  τότε γίνεται απόληψη αποκλειστικά από το Μόρνο.
- β2. Σε αντίθετη περίπτωση, και εφόσον το απόθεμα στην Υλίκη υπερκαλύπτει το απόθεμα ασφαλείας, που είναι το ίδιο όπως και στην περίπτωση α1, μετά από την ικανοποίηση των αρδευτικών αναγκών της Κωπαΐδας, το περίσσειμα νερού αντλείται για ύδρευση της Αθήνας με το μέγιστο ρυθμό που επιτρέπει η παροχетеυτικότητα του υδραγωγείου Υλίκης.
- β3. Το υπόλοιπο ζήτησης, εφόσον υπάρχει, καλύπτεται από τον ταμιευτήρα Μόρνου.

β4. Αν πάλι υπάρξει υπόλοιπο ζήτησης αντλούνται και τα αποθέματα ασφαλείας της Υλίκης εφόσον το επιτρέπει η παροχευετικότητα του υδραγωγείου Υλίκης.

Σημειώνεται ότι ο νέος αυτός κανόνας έδωσε απολήψεις από το σύστημα ουσιαστικά τις ίδιες με τον προηγούμενο κανόνα. Οι υπερχειλίσεις όμως από το Μόρνο ελαττώνονται σημαντικά με παράλληλη μείωση των απολήψεων από την Υλίκη σε σχέση πάντα με τον πρώτο κανόνα λειτουργίας.

#### 5.10. Κανόνες λειτουργίας μελλοντικού υδροδοτικού συστήματος

##### 5.10.1. Συνδυασμένοι ταμιευτήρες Μόρνου-Ευήνου

Σε ότι αφορά στην ολική απόληψη από το σύστημα των δύο ταμιευτήρων Μόρνου και Ευήνου ο κανόνας λειτουργίας είναι απλός: επιδιώκεται πάντα η ικανοποίηση της ζήτησης με απόληψη από το Μόρνο και αυτό ανεξάρτητα από τη στάθμη του νερού στους δύο ταμιευτήρες ή από άλλες λειτουργικές μεταβλητές.

Για την κατάρτιση του κανόνα με βάση τον οποίο θα γίνεται η μεταφορά του νερού από τον ταμιευτήρα Ευήνου στο Μόρνο, δεχθήκαμε ότι είναι επιθυμητή η αποθήκευση της μέγιστης δυνατής ποσότητας από το νερό του Ευήνου στον ταμιευτήρα Μόρνου για τους εξής λόγους:

- α) Είναι προτιμότερο το περίσσευμα νερού που δε χρησιμοποιείται για ύδρευση της Αθήνας να αποθηκεύεται όσο πιο κοντά στην Αθήνα γίνεται για λόγους ασφαλείας έναντι βλάβης των αγωγών μεταφοράς.
- β) Ο ταμιευτήρας Μόρνου διαθέτει πολύ μεγαλύτερη ωφέλιμη χωρητικότητα σε σχέση με τις εισροές από τη λεκάνη Μόρνου από ότι οι εναλλακτικοί ταμιευτήρες Ευήνου σε σχέση με τις εισροές από την αντίστοιχη λεκάνη Ευήνου.

Εξετάστηκαν δύο εναλλακτικοί κανόνες λειτουργίας οι οποίοι περιγράφονται στη συνέχεια.

α. Κανόνας εκτροπής του Ευήνου χωρίς έλεγχο στάθμης στο Μόρνο

- α1. Γίνεται η μέγιστη δυνατή παροχέτευση νερού από τον ταμιευτήρα Ευήνου στον ταμιευτήρα Μόρνου με το μέγιστο ρυθμό που επιτρέπει η παροχетеυτικότητα της σήραγγας Ευήνου-Μόρνου και αυτό ανεξάρτητα από τη στάθμη στον ταμιευτήρα Μόρνου. Η παροχέτευση διακόπτεται μόνο στην περίπτωση που προκαλεί υπερχειλίση στον ταμιευτήρα Μόρνου. Επίσης διακόπτεται η παροχέτευση όταν η διαφορά στάθμης στους ταμιευτήρες Μόρνου και Ευήνου δεν υπερβαίνει τις ελάχιστες υδραυλικές απώλειες στη σήραγγα Ευήνου-Μόρνου.
- α2. Η ζήτηση για ύδρευση της Αθήνας καλύπτεται από το Μόρνο ανεξάρτητα από όλα τα λειτουργικά μεγέθη στους δύο ταμιευτήρες.

Στην περίπτωση μεγάλων απορροών στις δύο λεκάνες Μόρνου και Ευήνου και υψηλής στάθμης στο Μόρνο, ο παραπάνω κανόνας οδηγεί ουσιαστικά στην πλήρωση του ταμιευτήρα Μόρνου. Αυτό μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα σημαντικές υπερχειλίσεις στο Μόρνο κατά τους επόμενους μήνες, γι' αυτό θεωρήθηκε πιθανό ότι η παροχέτευση από τον Ευήνο θα πρέπει να διακόπτεται όταν η στάθμη στο Μόρνο υπερβαίνει μία συγκεκριμένη τιμή σαφώς χαμηλότερη της στάθμης υπερχειλίσης. Εξετάστηκε έτσι ο ακόλουθος κανόνας λειτουργίας.

β. Κανόνας εκτροπής του Ευήνου με έλεγχο στάθμης στο Μόρνο

- β1. Γίνεται παροχέτευση από τον ταμιευτήρα Ευήνου στον ταμιευτήρα Μόρνου με το μέγιστο ρυθμό που επιτρέπει η παροχетеυτικότητα της σήραγγας Ευήνου-Μόρνου εφόσον η στάθμη στο Μόρνο δεν υπερβαίνει μια συγκεκριμένη τιμή ή αλλιώς το απόθεμα στο Μόρνο δεν υπερβαίνει ένα κατώφλι  $S_u$ . Γίνεται έλεγχος της διαφοράς στάθμης στους δύο ταμιευτήρες όπως στην περίπτωση α1.
- β2. Γίνεται απόληψη από το Μόρνο όπως στην περίπτωση α2.

Οι παραπάνω κανόνες λειτουργίας χρησιμοποιήθηκαν εναλλακτικά για

τον υδρολογικό σχεδιασμό των ταμιευτήρων Ευήνου. Ο δεύτερος κανόνας έδωσε μικρή μείωση των συνολικών απολήψεων από το σύστημα. Για τον ίδιο λόγο κατά την κατάρτιση των κανόνων λειτουργίας του υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας όπου το σύστημα Ευήνου-Μόρνου συνδυάζεται με ταμιευτήρα αναρρύθμισης ή/και τη λίμνη Υλίκη δεν εξετάστηκε η περίπτωση με έλεγχο της στάθμης στο Μόρνο. Αντίθετα διατηρήθηκε η αρχή του κανόνα α σύμφωνα με τον οποίο γίνεται η μέγιστη δυνατή παροχέτευση νερού από τον ταμιευτήρα Ευήνου στον ταμιευτήρα Μόρνου ανεξάρτητα από τη στάθμη του τελευταίου.

#### 5.10.2. Συνδυασμένοι ταμιευτήρες Μόρνου - Ευήνου - ταμιευτήρα αναρρύθμισης

Σε ότι αφορά στη συνολική απόληψη από το σύστημα, επιδιώκεται η ικανοποίηση της ζήτησης με απόληψη από τον ταμιευτήρα αναρρύθμισης ανεξάρτητα από όλες τις λειτουργικές μεταβλητές του προβλήματος.

Σε ότι αφορά στις απολήψεις από τους ταμιευτήρες Μόρνου και Ευήνου καταρτίστηκε κανόνας λειτουργίας που βασίστηκε στις ακόλουθες αρχές:

- (α) Ο ταμιευτήρας αναρρύθμισης επιδιώκεται να διατηρείται γεμάτος για λόγους ασφάλειας.
- (β) Είναι επιθυμητή η μέγιστη δυνατή αποθήκευση του νερού του Ευήνου στον ταμιευτήρα Μόρνου για το λόγο ότι ο τελευταίος βρίσκεται πιο κοντά στην Αθήνα και επί πλέον διαθέτει πολύ μεγαλύτερη χωρητικότητα σε σχέση με τις εισροές του από ότι οι εναλλακτικοί ταμιευτήρες Ευήνου.
- (γ) Οι υπερχειλίσεις θα πρέπει να αποφεύγονται εφόσον αυτό είναι δυνατό. Ειδικά στον ταμιευτήρα αναρρύθμισης, που η υδρολογία δε λαμβάνεται υπόψη, είναι δυνατόν να μηδενιστούν οι υπερχειλίσεις με μηδενισμό των εισροών μόλις ο ταμιευτήρας αναρρύθμισης γεμίσει.



Ο κανόνας λειτουργίας που προτάθηκε είναι ως εξής:

- α1. Γίνεται η μέγιστη δυνατή παροχέτευση νερού από τον ταμιευτήρα Ευήνου στον ταμιευτήρα Μόρνου την οποία επιτρέπει η παροχευευστικότητα της σήραγγας Ευήνου - Μόρνου. Η παροχέτευση διακόπτεται όταν προκαλεί υπερχείλιση στο Μόρνο ή όταν η διαφορά στάθμης στους δύο ταμιευτήρες δεν υπερκαλύπτει τις ελάχιστες υδραυλικές απώλειες στη σήραγγα.
- α2. Γίνεται παροχέτευση από το Μόρνο προς τον ταμιευτήρα αναρρύθμισης με το μέγιστο ρυθμό που επιτρέπει η παροχευευστικότητα του υδαταγωγού Μόρνου, εφόσον δεν προκαλείται υπερχείλιση στον ταμιευτήρα αναρρύθμισης.
- α3. Η ζήτηση για ύδρευση της Αθήνας καλύπτεται με απόληψη από τον ταμιευτήρα αναρρύθμισης.

### 5.10.3. Συνδυασμένοι ταμιευτήρες Μόρνου-Ευήνου-Υλίκης

Η κατάρτιση του κανόνα λειτουργίας του συστήματος Μόρνου-Ευήνου-Υλίκης έγινε με βάση τις ίδιες αρχές που χρησιμοποιήθηκαν για το παρόν υδροδοτικό σχήμα Μόρνου-Υλίκης. Ως προς τη συνολική απόληψη από το σύστημα, επιδιώκεται πάντα η κάλυψη της ζήτησης της Αθήνας ανεξάρτητα από τη στάθμη στους ταμιευτήρες ή από άλλες λειτουργικές μεταβλητές. Είναι απαραίτητο όμως να διατυπωθεί ο κανόνας λειτουργίας σε ότι αφορά στις επιμέρους απολήψεις από τους ταμιευτήρες του συστήματος.

Η κύρια παράμετρος για την κατάρτιση του κανόνα λειτουργίας είναι η δίαιτα των απωλειών και κυρίως των υπόγειων διαφυγών. Δεδομένου ότι οι υπόγειες διαφυγές στην Υλίκη είναι αρκετά μεγαλύτερες από εκείνες του ταμιευτήρα Μόρνου και μάλιστα αυξάνουν με έντονα μη γραμμικό τρόπο με την αύξηση της στάθμης, είναι φανερό ότι σε ένα ορθολογικό κανόνα λειτουργίας που να μεγιστοποιεί τις απολήψεις από το σύστημα, η στάθμη της Υλίκης πρέπει να διατηρείται όσο το δυνατόν χαμηλότερα. Μια δεύτερη παράμετρος που υπεισέρχεται είναι οι υπερχειλίσεις στους δύο ταμιευτήρες, οι οποίες θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μικρότερες. Επίσης ο ταμιευτήρας Μόρνου

αποτελεί τον κύριο ταμιευτήρα για αποθήκευση του νερού των λεκανών Μόρνου και Ευήνου καθόσον διαθέτει χωρητικότητα, πολύ μεγαλύτερη εκείνης του ταμιευτήρα Ευήνου σε σχέση πάντα με τις εισροές της αντίστοιχης λεκάνης. Κατά συνέπεια ο κανόνας λειτουργίας μπορεί να διατυπωθεί ως εξής:

- α1. Πραγματοποιείται η μέγιστη δυνατή παροχέτευση νερού από τον ταμιευτήρα Ευήνου προς το Μόρνο την οποία επιτρέπει η παροχетеυτικότητα της σήραγγας Ευήνου-Μόρνου, εφόσον υπάρχουν αποθέματα στον ταμιευτήρα Ευήνου.
- α2. Εφόσον προκύπτει όγκος υπερχείλισης στον ταμιευτήρα Μόρνου, ο όγκος αυτός λαμβάνεται για ύδρευση της Αθήνας. Αν ικανοποιηθεί η ζήτηση και υπάρχει πάλι υπερχείλιση τότε μειώνεται κατάλληλα η απόληψη από τον Ευήνο.
- α3. Εφόσον στην Υλίκη υπάρχει απόθεμα που υπερκαλύπτει το απόθεμα ασφαλείας έναντι βλάβης του υδραγωγείου Μόρνου, όπως αυτό περιγράφεται αναλυτικά στην παράγραφο 5.2, γίνεται απόληψη ίση με τη ζήτηση για άρδευση της Κωπαΐδας.
- α4. Εφόσον στην Υλίκη υπάρχει απόθεμα μεγαλύτερο από το απόθεμα ασφαλείας για άρδευση της Κωπαΐδας και για ασφάλεια έναντι βλάβης του υδαταγωγού Μόρνου, όπως αυτά αναλυτικά περιγράφονται στις παραγράφους 5.2 και 5.3, γίνεται απόληψη για ύδρευση της Αθήνας με το μέγιστο ρυθμό που επιτρέπει η παροχетеυτικότητα του υδραγωγείου Υλίκης. Με την απόληψη αυτή επιδιώκεται η ικανοποίηση του υπόλοιπου ζήτησης.
- α5. Εφόσον παραμένει υπόλοιπο ζήτησης, αυτό καλύπτεται με απόληψη από τον ταμιευτήρα Μόρνου.
- α6. Αν και πάλι υπάρχει υπόλοιπο ζήτησης τότε αυτό λαμβάνεται από τα αποθέματα ασφαλείας στην Υλίκη εφόσον το επιτρέπει η παροχетеυτικότητα του υδραγωγείου Υλίκης.
- α7. Γίνεται έλεγχος αν η τελική διαφορά στάθμης στους ταμιευτήρες Μόρνου και Ευήνου καλύπτει τις ελάχιστες υδραυλικές απώλειες στη σήραγγα Ευήνου-Μόρνου.

Ο παραπάνω κανόνας, που αναφέρεται στη συνέχεια ως κανόνας απόλυτης προτεραιότητας Υλίκης, οδηγεί στη μεγιστοποίηση της απόληψης από το σύστημα όπως αποδείχτηκε κατά τις δοκιμές προσομοίωσης που έγιναν. Ο κανόνας όμως αυτός δεν παίρνει υπόψη την οικονομικότητα, αλλά αντίθετα είναι ο πιο αντιοικονομικός, δεδομένου ότι μεγιστοποιεί τις αντλήσεις από την Υλίκη.

Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης με τον παραπάνω κανόνα έδειξαν ότι το σύνολο σχεδόν των υπερχειλίσεων από το σύστημα προέρχεται από υπερχειλίσεις στους ταμιευτήρες Μόρνου και Ευήνου. Για το λόγο αυτό έγινε διερεύνηση ενός πιο οικονομικού κανόνα λειτουργίας που να επιτυγχάνει λιγότερο συντηρητική εκμετάλλευση του Μόρνου και του Ευήνου με παράλληλη μείωση των αντλήσεων από την Υλίκη. Ο νέος αυτός κανόνας εναλλακτικής προτεραιότητας Μόρνου-Υλίκης μπορεί να διατυπωθεί με τον ακόλουθο τρόπο:

β1. Όπως στην περίπτωση α1.

β2. Εφόσον ο αποθηκευμένος όγκος στον ταμιευτήρα Μόρνου υπερβαίνει ένα κατώφλι  $V_k$  τότε το περίσσειμα πάνω από το κατώφλι λαμβάνεται για ύδρευση της Αθήνας με ρυθμό ίσο με την παροχетеυτικότητα του υδραγωγείου Μόρνου.

β3 έως β9 όπως αντίστοιχα στις περιπτώσεις α3 έως α9

Ο κανόνας αυτός εξετάστηκε για διάφορες τιμές του κατωφλίου  $V_k$  και έδωσε πράγματι μικρότερες απολήψεις από την Υλίκη με παράλληλη μείωση των υπερχειλίσεων στους ταμιευτήρες Μόρνου και Ευήνου. Η συνολική όμως απόληψη από το σύστημα προέκυψε λίγο μικρότερη από εκείνη του προηγούμενου κανόνα όπως φαίνεται από τα αποτελέσματα της προσομοίωσης που παρουσιάζονται στο κεφάλαιο 6.

Επί πλέον εξετάστηκε και ο κανόνας απόλυτης προτεραιότητας Μόρνου, τον οποίο η απόληψη από την Υλίκη θεωρείται ως η τελευταία δυνατότητα, μετά την εξάντληση της παροχетеυτικότητας του υδαταγωγού Μόρνου ή των αποθεμάτων Μόρνου και Ευήνου. Ο Κανόνας αυτός, παρόλη την οικονομικότητά του, δεν έδωσε καμιά ουσιαστική αύξηση της απόληψης, σε σχέση με αυτή που δίνει το σύστημα Ευήνου-Μόρνου, χωρίς την Υλίκη, και έτσι εγκαταλείφθηκε.

#### **5.10.4. Συνδυασμένοι ταμιευτήρες Μόρνου-Ευήνου-Υλίκης-ταμιευτήρα αναρρύθμισης**

Η κατάρτιση του κανόνα λειτουργίας του συστήματος ταμιευτήρων Ευήνου-Μόρνου-Υλίκης-ταμιευτήρα αναρρύθμισης βασίστηκε στις ίδιες αρχές με βάση τις οποίες μελετήθηκε στο σημερινό υδροδοτικό σύστημα Μόρνου-Υλίκης (παρ. 5.9) και το μελλοντικό σχήμα Μόρνου-Ευήνου-Υλίκης (παρ. 5.10.3). Πρόσθετη δυσκολία όμως εισάγει η ένταξη του ταμιευτήρα αναρρύθμισης που καθιστά το υδροδοτικό σχήμα πιο πολύπλοκο από εκείνα που μελετήθηκαν στις προηγούμενες παραγράφους (βλ. Σχ. 2).

Κατ' αρχήν η συνολική απόληψη από το σύστημα καλύπτει πάντα τη ζήτηση, εφόσον αυτό είναι δυνατόν και μάλιστα ανεξάρτητα από τις στάθμες των ταμιευτήρων ή από άλλες λειτουργικές μεταβλητές. Ως προς τον επιμερισμό της απόληξης στους ταμιευτήρες του συστήματος, η δίαιτα των απωλειών και κυρίως των υπογείων διαφυγών θεωρήθηκε ως η βασική παράμετρος για την κατάρτιση του κανόνα λειτουργίας. Δεδομένου ότι οι υπόγειες διαφυγές στη λίμνη Υλίκη είναι σαφώς μεγαλύτερες από εκείνες του ταμιευτήρα Μόρνου και μάλιστα αυξάνουν έντονα με την αύξηση της στάθμης, η ορθολογική διαχείριση του νερού απαιτεί να διατηρείται το περίσσειμα που δε λαμβάνεται για ύδρευση της Αθήνας, στους ταμιευτήρες Μόρνου και Ευήνου ή στον ταμιευτήρα αναρρύθμισης. Μια δεύτερη παράμετρος που λήφθηκε υπόψη είναι ο όγκος υπερχείλισης από τους ταμιευτήρες ο οποίος πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μικρότερος. Όσον αφορά στο επιμέρους σύστημα Μόρνου-Ευήνου, ο ταμιευτήρας Μόρνου θεωρείται ο κύριος ταμιευτήρας καθόσον διαθέτει πολύ μεγαλύτερη χωρητικότητα από εκείνη του ταμιευτήρα Ευήνου σε σχέση πάντα με την αντίστοιχη εισροή. Επίσης θεωρήθηκε ότι λόγοι ασφάλειας επιβάλλουν την αποθήκευση του νερού όσο το δυνατόν πιο κοντά στην Αθήνα και γι αυτό επιδιώκεται να διατηρείται ο ταμιευτήρας αναρρύθμισης πάντα γεμάτος.

Με βάση όλα τα παραπάνω διατυπώθηκε ο εξής κανόνας λειτουργίας:

- α1. Λαμβάνεται η μέγιστη ποσότητα νερού από τον Ευήνο, την οποία επιτρέπει η παροχетеυτικότητα της σήραγγας Ευήνου-Μόρνου.

- α2. Παροχετεύεται από το Μόρνο προς τον ταμιευτήρα αναρρύθμισης ο όγκος νερού που αλλιώς θα υπερχείλιζε στο Μόρνο, με το μέγιστο ρυθμό που επιτρέπει η παροχετευτικότητα του υδαταγωγού Μόρνου, εφόσον βέβαια αυτό δεν προκαλεί υπερχείλιση και στον ταμιευτήρα αναρρύθμισης.
- α3. Ικανοποιείται από την Υλίκη η ζήτηση για άρδευση της Κωπαΐδας χωρίς διατήρηση αποθεμάτων ασφαλείας έναντι βλάβης του υδαταγωγού Μόρνου καθόσον για την αντιμετώπιση μιας τέτοιας βλάβης υπάρχουν τα αποθέματα του ταμιευτήρα αναρρύθμισης.
- α4. Διατηρείται στην Υλίκη απόθεμα ασφαλείας για άρδευση της Κωπαΐδας ενώ το περίσσειμα αντλείται για ύδρευση της Αθήνας με το μέγιστο ρυθμό που επιτρέπει η παροχετευτικότητα του υδραγωγείου Υλίκης.
- α5. Το υπόλοιπο από το περίσσειμα νερού στην Υλίκη που δεν αντλείται προς την Αθήνα παροχετεύεται στον ταμιευτήρα αναρρύθμισης με τον μέγιστο ρυθμό που επιτρέπει η παροχετευτικότητα του υδραγωγείου Υλίκης - ταμιευτήρα αναρρυθμίσης.
- α6. Το υπόλοιπο της χωρητικότητας του ταμιευτήρα αναρρύθμισης γεμίζει με απόληψη από τον ταμιευτήρα Μόρνου, εφόσον το επιτρέπει η παροχετευτικότητα του υδαταγωγού Μόρνου.
- α7. Το υπόλοιπο της ζήτησης για ύδρευση της Αθήνας λαμβάνεται από τον ταμιευτήρα αναρρύθμισης.
- α8. Αν πάλι η ζήτηση δεν ικανοποιηθεί αντλείται και το απόθεμα ασφαλείας στην Υλίκη.
- α9. Γίνεται έλεγχος αν υπερχειλίζει ο Μόρνος ή αν η διαφορά στάθμης στον ταμιευτήρα Μόρνου και Ευήνου είναι μικρότερη από τις ελάχιστες απαιτούμενες υδραυλικές απώλειες στη σήραγγα Ευήνου-Μόρνου και αν υπάρχει ανάγκη τροποποιείται κατάλληλα η απόληψη από τον Ευήνο.

Ο παραπάνω κανόνας που χαρακτηρίζεται ως κανόνας απόλυτης

προτεραιότητας Υλίκης οδηγεί στη μεγιστοποίηση των απολήψεων από το σύστημα, όπως έδειξαν οι δοκιμές προσομοίωσης. Ο κανόνας όμως αυτός δε λαμβάνει υπόψη την οικονομικότητα, αλλά αντίθετα είναι ο πιο αντιοικονομικός γιατί μεγιστοποιεί τις απολήψεις από την Υλίκη.

Από τα αποτελέσματα της προσομοίωσης διαπιστώθηκε ότι το σύνολο σχεδόν του όγκου υπερχείλισης του συστήματος προέρχεται από υπερχείλιση στους ταμιευτήρες Μόρνου και Ευήνου. Αυτό σημαίνει ότι η εκμετάλλευση των ταμιευτήρων Μόρνου και Ευήνου είναι συντηρητική και επομένως ένας άλλος κανόνας μπορεί να οδηγήσει σε καλύτερη διαχείριση του συστήματος. Ο νέος κανόνας που προτάθηκε με το χαρακτηρισμό ως κανόνας εναλλακτικής προτεραιότητας Μόρνου-Υλίκης μπορεί να διατυπωθεί ως εξής:

β1. Όπως στην περίπτωση α1

β2. Εφόσον ο αποθηκευμένος όγκος στον ταμιευτήρα Μόρνου υπερβαίνει ένα κατώφλι  $V_k$ , το περίσσειμα παροχετεύεται προς τον ταμιευτήρα αναρρύθμισης με το μέγιστο ρυθμό που επιτρέπει η παροχευετικότητα του υδαταγωγού Μόρνου.

β3 έως β9 όπως αντίστοιχα στις περιπτώσεις α3 έως α9

Ο κανόνας αυτός έδωσε γενικά λίγο μικρότερη συνολική απόληψη από εκείνη του προηγούμενου κανόνα αλλά και μικρότερες απολήψεις από την Υλίκη.

## 6. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

### 6.1. Απόληψη από τον ταμιευτήρα Μόρνου

Από το μοντέλο προσομοίωσης του ταμιευτήρα Μόρνου με βάση συνθετικές χρονοσειρές εισροών, βροχών και εξατμίσεων μήκους 2000 ετών, προέκυψε ότι η ασφαλής απόληψη από τον ταμιευτήρα αυτόν για αξιοπιστία 99% είναι  $280 * 10^6 \text{ m}^3$  το χρόνο. Το μέσο ετήσιο ισοζύγιο του ταμιευτήρα παρουσιάζεται στον πίνακα 12. Σημειώνεται ότι η παραπάνω τιμή του απολήψιμου όγκου των  $280 * 10^6 \text{ m}^3$  είναι ελαφρά μεγαλύτερη από την αρχική εκτίμηση των  $265 * 10^6 \text{ m}^3$  που είχαμε δώσει το Μάρτιο 1988, με τη δεύτερη αναγνωριστική Εκθεση. Αυτό δικαιολογείται από το γεγονός ότι η νέα εκτίμηση έγινε με βάση τις μέσες τιμές από τα ιστορικά δείγματα των υδρομετεωρολογικών μεγεθών ενώ αντίθετα η αρχική εκτίμηση είχε βασιστεί σε ένα κάτω όριο εμπιστοσύνης για τη μέση εισροή με αποτέλεσμα να είναι λίγο πιο συντηρητική.

### 6.2. Απόληψη από τη λίμνη Υλίκη

Ο ασφαλώς απολήψιμος όγκος από τη λίμνη Υλίκη, αν αυτή θεωρηθεί ως μεμονωμένος ταμιευτήρας, είναι  $151 * 10^6 \text{ m}^3$  ετησίως για όλες τις τιμές της παροχетеυτικότητας του υδραγωγείου Υλίκης που εξετάστηκαν (7.5, 11.0 και  $15.0 \text{ m}^3/\text{sec}$ ). Το μέσο ετήσιο ισοζύγιο της λίμνης φαίνεται στον πίνακα 12. Σημειώνεται ότι πέραν της απόληψης για ύδρευση της Αθήνας γίνεται και απόληψη  $50 * 10^6 \text{ m}^3$  ετησίως για άρδευση της Κωπαΐδας. Επίσης όλα τα παραπάνω αποτελέσματα αναφέρονται σε ελάχιστη στάθμη της Υλίκης στα +43m

### 6.3. Απόληψη από το σύστημα Μόρνου-Υλίκης

Η διερεύνηση των δυνατοτήτων του συστήματος Μόρνου-Υλίκης με τον κανόνα λειτουργίας της απόλυτης προτεραιότητας Υλίκης έδωσε ασφαλείς απολήψεις από το σύστημα που κυμαίνονται από  $461 * 10^6 \text{ m}^3$  έως  $476 * 10^6 \text{ m}^3$  το χρόνο, ανάλογα με την παροχетеυτικότητα του υδραγωγείου Υλίκης. Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης παρουσιάζονται συνοπτικά στον πίνακα 8, ενώ τα μέσα ετήσια

ισοζύγια των δύο συνδυασμένων ταμιευτήρων φαίνονται στον πίνακα 12. Στους πίνακες αυτούς παρατηρούμε τα ακόλουθα:

- α) Η συνδυασμένη εκμετάλλευση Μόρνου και Υλίκης αυξάνει σημαντικά την ασφαλή απόληψη από το σύστημα (κατά  $30 * 10^6 \text{ m}^3$  έως  $45 * 10^6 \text{ m}^3$  το χρόνο) σε σχέση με το άθροισμα των ασφαλών απολήψεων των ταμιευτήρων όταν αυτοί λειτουργούν μεμονωμένα.
- β) Η παροχетеυτικότητα του υδαταγωγού Μόρνου δεν επηρεάζει την ολική απόληψη από το σύστημα εφόσον αυτή είναι τουλάχιστον ίση με το 80% της παροχетеυτικότητας σχεδιασμού ή  $18.5 \text{ m}^3/\text{sec}$ .
- γ) Η επαύξηση της παροχетеυτικότητας του υδραγωγείου της Υλίκης από  $7.5 \text{ m}^3/\text{sec}$  σε  $11.0 \text{ m}^3/\text{sec}$ , δίνει πρόσθετο απολήψιμο όγκο  $14 * 10^6 \text{ m}^3$  τό χρόνο. Το αντίστοιχο μέγεθος για την παροχетеυτικότητα των  $15.0 * 10^6 \text{ m}^3$  είναι  $15 * 10^6 \text{ m}^3$  το χρόνο. Στον πίνακα 12 παρατηρούμε ότι η επιμέρους απόληψη από την Υλίκη αυξάνει σημαντικά με την αύξηση της παροχетеυτικότητας του υδραγωγείου Υλίκης. Η αύξηση αυτή φθάνει τα  $42 * 10^6 \text{ m}^3$  το χρόνο για την παροχетеυτικότητα των  $15.0 \text{ m}^3/\text{sec}$ . Η αντίστοιχη όμως αύξηση της απόληψης από το σύστημα είναι πολύ μικρότερη γιατί αυξάνουν οι υπερχειλίσεις στον ταμιευτήρα Μόρνου.

Η τελευταία παρατήρηση μας οδήγησε στην κατάρτιση νέου κανόνα λειτουργίας, του κανόνα εναλλακτικής προτεραιότητας Μόρνου-Υλίκης (παρ. 5.9). Κατά τη διερεύνηση του συστήματος με το νέο κανόνα, προσδιορίστηκε η βέλτιστη τιμή του κατωφλίου του όγκου στον ταμιευτήρα Μόρνου, στον οποίο αντιστοιχεί η αλλαγή της προτεραιότητας απόληψης. Ο νέος κανόνας έδωσε μικρή μείωση της συνολικής απόληψης από το σύστημα κατά  $6 * 10^6 \text{ m}^3$  το χρόνο για παροχетеυτικότητα του υδραγωγείου Υλίκης  $7.5 \text{ m}^3/\text{sec}$  σε σχέση με τον κανόνα απόλυτης προτεραιότητας Υλίκης, (βλ. Πίν. 13), ενώ για παροχетеυτικότητα  $11.0 \text{ m}^3/\text{sec}$  η μείωση ήταν  $5 * 10^6 \text{ m}^3$ . Αντίθετα στην περίπτωση της παροχетеυτικότητας των  $15.0 \text{ m}^3/\text{sec}$  ο νέος κανόνας έδωσε μικρή αύξηση της συνολικής απόληψης κατά  $4 * 10^6 \text{ m}^3/\text{sec}$ . Σε όλες τις περιπτώσεις ο κανόνας αυτός έχει το



πλεονέκτημα των μικρότερων (κατά  $21 * 10^6 \text{ m}^3$  ως  $30 * 10^6 \text{ m}^3$ ) αντλήσεων από την Υλίκη.

#### 6.4. Απόληψη από το σύστημα Μόρνου-Ευήνου Επιπτώσεις ταμιευτήρα αναρρύθμισης

Η πλήρης διερεύνηση των δυνατοτήτων του συστήματος Μόρνου και Ευήνου με τους εναλλακτικούς ταμιευτήρες Περίστας, Αγ. Δημητρίου και Δενδροχωρίου στη λεκάνη του Ευήνου και για διάφορους συνδυασμούς ωφέλιμης χωρητικότητας του ταμιευτήρα Ευήνου και παροχетеυτικότητας της σήραγγας Ευήνου-Μόρνου, έγινε στη φάση του υδρολογικού σχεδιασμού των έργων του Ευήνου που περιγράφεται αναλυτικά στο τεύχος 15.

Όπως προαναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, στο παρόν τεύχος διερευνήθηκε μόνο η περίπτωση ένταξης στο σύστημα Μόρνου-Ευήνου ενός ταμιευτήρα αναρρύθμισης και αυτό για τις εξής δύο εναλλακτικές λύσεις φράγματος στον Ευήνο:

- Φράγμα Δενδροχωρίου με ύψος 155 m περίπου, ωφέλιμο όγκο ταμιευτήρα  $252 * 10^6 \text{ m}^3$  και παροχетеυτικότητα σήραγγας Ευήνου-Μόρνου  $6 \text{ m}^3/\text{sec}$ .
- Φράγμα Περίστας με ύψος 135 m περίπου, ωφέλιμο όγκο ταμιευτήρα  $199 * 10^6 \text{ m}^3$  και παροχетеυτικότητα σήραγγας Ευήνου-Μόρνου  $10 \text{ m}^3/\text{sec}$ .

Επίσης εξετάστηκε η επίπτωση της μείωσης της παροχетеυτικότητας του υδαταγωγού Μόρνου κατά 20% σε σχέση με την παροχетеυτικότητα σχεδιασμού των  $23 \text{ m}^3/\text{sec}$ . Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης παρουσιάζονται συνοπτικά στον πίνακα 9 ενώ τα μέσα ετήσια ισοζύγια των ταμιευτήρων Μόρνου και Ευήνου φαίνονται στον πίνακα 14. Στους πίνακες αυτούς παρατηρούμε τα ακόλουθα:

1. Η ασφαλής απόληψη από το σύστημα ταμιευτήρων Μόρνου-Δενδροχωρίου είναι  $461 * 10^6 \text{ m}^3$  ετησίως όση ακριβώς και η ασφαλής απόληψη από το υπάρχον υδροδοτικό σύστημα Μόρνου-Υλίκης. Η ένταξη στο σύστημα αυτό ενός ταμιευτήρα

αναρρύθμισης ωφέλιμης χωρητικότητας  $100 * 10^6 \text{ m}^3$  αυξάνει την ασφαλή απόληψη κατά  $8 * 10^6 \text{ m}^3$  δίνοντας δηλαδή συνολική απόληψη  $469 * 10^6 \text{ m}^3$ .

2. Το σύστημα ταμιευτήρων Μόρνου-Περίστας επιτρέπει ασφαλή απόληψη  $541 * 10^6 \text{ m}^3$  ετησίως και με ένταξη ενός ταμιευτήρα αναρρύθμισης  $557 * 10^6 \text{ m}^3$  ετησίως.
3. Οι παραπάνω απολήψεις υπολογίστηκαν με την παροχετευτικότητα σχεδιασμού του υδαταγωγού Μόρνου ( $23 \text{ m}^3/\text{sec}$ ). Η μείωση της τιμής αυτής κατά 20%, δηλαδή σε  $18.5 \text{ m}^3/\text{sec}$  δεν επηρεάζει την απόληψη από το σύστημα Μόρνου-Δενδροχωρίου ακόμη και χωρίς ένταξη στο σύστημα του ταμιευτήρα αναρρύθμισης. Αντίθετα στην περίπτωση του συστήματος Μόρνου-Περίστας χωρίς ταμιευτήρα αναρρύθμισης η ασφαλής απόληψη μειώνεται από  $541 * 10^6 \text{ m}^3$  σε  $475 * 10^6 \text{ m}^3$ . Η τελευταία τιμή αποτελεί και τη μέγιστη παροχετεύσιμη ποσότητα για παροχετευτικότητα  $18.5 \text{ m}^3/\text{sec}$ . Η ένταξη τέλος ταμιευτήρα αναρρύθμισης στο σύστημα Μόρνου-Περίστας στην περίπτωση πάντα της μειωμένης παροχετευτικότητας του υδαταγωγού Μόρνου αναιρεί ουσιαστικά το αποτέλεσμα της μείωσης της παροχετευτικότητας αφού αυξάνει την απόληψη από  $475 * 10^6 \text{ m}^3$  σε  $555 * 10^6 \text{ m}^3$  ετησίως, τιμή που είναι μόνον κατά  $2 * 10^6 \text{ m}^3$  μικρότερη εκείνης του συστήματος Μόρνου-Περίστας-ταμιευτήρα αναρρύθμισης με παροχετευτικότητα υδαταγωγού Μόρνου  $23 \text{ m}^3/\text{sec}$  ( $557 * 10^6 \text{ m}^3$ ).

#### 6.5. Απόληψη από το σύστημα Μόρνου-Ευήνου-Υλίκης

Η προσομοίωση λειτουργίας του συστήματος Μόρνου-Ευήνου-Υλίκης για δύο εναλλακτικούς ταμιευτήρες στον Ευήνο, δύο τιμές της παροχετευτικότητας του υδαταγωγού Μόρνου και κανόνες λειτουργίας απόλυτης προτεραιότητας Υλίκης και εναλλακτικής προτεραιότητας Μόρνου-Υλίκης, έδωσε για τη συνολική απόληψη από το σύστημα τις τιμές που φαίνονται στον Πίνακα 10.

Οι εναλλακτικοί ταμιευτήρες Δενδροχωρίου και Περίστας που εξετάστηκαν είναι οι ίδιοι με εκείνους της προηγούμενης παραγράφου.

Ειδικότερα, με τον κανόνα λειτουργίας απόλυτης προτεραιότητας Υλίκης μελετήθηκε η επίπτωση της μείωσης κατά 20% της παροχетеυτικότητας του υδαταγωγού Μόρνου των  $23 \text{ m}^3/\text{sec}$ . Στη συνέχεια διερευνήθηκε η επίδραση της τιμής του κατωφλίου αλλαγής προτεραιότητας  $V_k$  στην περίπτωση του κανόνα εναλλακτικής προτεραιότητας Μόρνου-Υλίκης. Στον πίνακα 10 φαίνεται η επίδραση αυτή για δύο τιμές του  $V_k$ , μία πρώτη αρκετά μεγάλη ( $593 * 10^6 \text{ m}^3$  ή  $50 * 10^6 \text{ m}^3$  μικρότερη της χωρητικότητας του ταμιευτήρα Μόρνου) και μία δεύτερη αρκετά μικρή ( $300 * 10^6 \text{ m}^3$ ). Στους πίνακες 15 και 16 φαίνονται τα μέσα ετήσια ισοζύγια των ταμιευτήρων Μόρνου, Ευήνου και Υλίκης. Η μελέτη των αποτελεσμάτων επιτρέπει να γίνουν οι ακόλουθες παρατηρήσεις:

1. Η ασφαλής απόληψη από το σύστημα ταμιευτήρων Δενδροχωρίου-Μόρνου-Υλίκης είναι  $631 * 10^6 \text{ m}^3$  ετησίως με τον κανόνα λειτουργίας της απόλυτης προτεραιότητας Υλίκης, εφόσον η παροχетеυτικότητα του υδαταγωγού Μόρνου είναι τουλάχιστον ίση με το 80% της παροχетеυτικότητας σχεδιασμού ή  $18.5 \text{ m}^3/\text{sec}$
2. Η ένταξη της Υλίκης στο σύστημα ταμιευτήρων Δενδροχωρίου-Μόρνου αυξάνει την απόληψη από το σύστημα κατά  $170 * 10^6 \text{ m}^3$  ετησίως.
3. Το σύστημα ταμιευτήρων Περίστας-Μόρνου-Υλίκης επιτρέπει την ασφαλή απόληψη  $715 * 10^6 \text{ m}^3$  ετησίως με τον κανόνα λειτουργίας απόλυτης προτεραιότητας της Υλίκης και εφόσον εξασφαλίζεται η παροχетеυτικότητα των  $23 \text{ m}^3/\text{sec}$  για τον υδαταγωγό Μόρνου. Στην περίπτωση που η παροχетеυτικότητα αυτή είναι μειωμένη κατά 20% η απόληψη από το σύστημα μειώνεται σημαντικά σε  $668 * 10^6 \text{ m}^3$  ετησίως.
4. Η ένταξη της Υλίκης στο σύστημα Περίστας-Μόρνου αποφέρει όφελος στη συνολική απόληψη από το σύστημα ίσο με  $174 * 10^6 \text{ m}^3$  ετησίως στην περίπτωση της παροχетеυτικότητας των  $23 \text{ m}^3/\text{sec}$  για τον υδαταγωγό Μόρνου. Το όφελος όμως είναι ακόμη πιο σημαντικό ( $193 * 10^6 \text{ m}^3$ ) στην περίπτωση της μειωμένης παροχетеυτικότητας ( $18.5 \text{ m}^3/\text{sec}$ ), τα αρνητικά αποτελέσματα της οποίας αναιρούνται κατά ένα μέρος.

5. Η ένταξη ενός ταμιευτήρα του Εύηνου στο υπάρχον σύστημα Μόρνου-Υλίκης αυξάνει την ασφαλή απόληψη από το σύστημα κατά  $170 * 10^6 \text{ m}^3$  για τον ταμιευτήρα Δενδροχωρίου και κατά  $254 * 10^6 \text{ m}^3$  για τον ταμιευτήρα Περίστας. Στην τελευταία περίπτωση είναι απαραίτητο να εξασφαλιστεί η παροχетеυτικότητα των  $23 \text{ m}^3/\text{sec}$  για τον υδαταγωγό Μόρνου.
6. Η εφαρμογή του κανόνα λειτουργίας εναλλακτικής προτεραιότητας Υλίκης οδηγεί σε μικρή μείωση της ασφαλούς απόληξης από το σύστημα εφόσον το κατώφλι αλλαγής προτεραιότητας διατηρείται αρκετά ψηλά ώστε να πλησιάζει την ωφέλιμη χωρητικότητα του ταμιευτήρα Μόρνου. Για κατώφλι στα  $593 * 10^6 \text{ m}^3$  η μείωση αυτή είναι  $3 * 10^6 \text{ m}^3$  για το σύστημα με ταμιευτήρα στο Δενδροχώρι και  $7 * 10^6 \text{ m}^3$  για το σύστημα με ταμιευτήρα στην Περίστα. Οι αντλήσεις από την Υλίκη μειώνονται αντίστοιχα κατά  $18 * 10^6 \text{ m}^3$  και  $24 * 10^6 \text{ m}^3$  ετησίως, γεγονός που οδηγεί σε οικονομικότερη διαχείριση του συστήματος.

#### **6.6. Απόληψη από το σύστημα Μόρνου-Εύηνου-Υλίκης-ταμιευτήρα αναρρύθμισης**

Από το μοντέλο προσομοίωσης του συστήματος Μόρνου-Εύηνου-Υλίκης-ταμιευτήρα αναρρύθμισης και με τον κανόνα λειτουργίας της απόλυτης προτεραιότητας Υλίκης προέκυψε η ασφαλής απόληψη από το σύστημα τόσο για παροχетеυτικότητα του υδαταγωγού Μόρνου ίση με την τιμή σχεδιασμού ( $23 \text{ m}^3/\text{sec}$ ), όσο και για μια τιμή μειωμένη κατά 20% ( $18.5 \text{ m}^3/\text{sec}$ ). Στη συνέχεια διερευνήθηκε η επίπτωση εφαρμογής του κανόνα εναλλακτικής προτεραιότητας Μόρνου-Υλίκης για διάφορες τιμές του κατωφλίου αλλαγής προτεραιότητας. Υπενθυμίζεται ότι θεωρήθηκαν μόνο δύο εναλλακτικοί ταμιευτήρες στον Εύηνο, και πιο συγκεκριμένα οι ταμιευτήρες Περίστας και Δενδροχωρίου που εξετάστηκαν και στις παραγράφους 6.4, 6.5 και 6.6. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται συνοπτικά στον πίνακα 11 ενώ τα μέσα ετήσια ισοζύγια όλων των ταμιευτήρων για κάθε περίπτωση φαίνονται στους πίνακες 17 και 18.

Μετά από μελέτη των πινάκων αυτών μπορούν να γίνουν οι ακόλουθες παρατηρήσεις:

1. Η ασφαλής απόληψη από το σύστημα Μόρνου-Ευήνου-Υλίκης-ταμιευτήρα αναρρύθμισης, με τον κανόνα λειτουργίας της απόλυτης προτεραιότητας Υλίκης είναι  $667 * 10^6 \text{ m}^3$  ετησίως για φράγμα στον Εύηνο στη θέση Δενδροχώρι και  $749 * 10^6 \text{ m}^3$  ετησίως για φράγμα στη θέση Περίστας.
2. Οι παραπάνω τιμές της απόληξης επιτυγχάνονται μόνον εφόσον εξασφαλίζεται η παροχетеυτικότητα των  $23 \text{ m}^3/\text{sec}$  στον υδαταγωγό Μόρνου. Στην περίπτωση που η παροχетеυτικότητα αυτή είναι μειωμένη κατά 20% τότε η ασφαλής απόληψη μειώνεται σε  $658 * 10^6 \text{ m}^3$  ετησίως για το σύστημα με τον ταμιευτήρα Δενδροχωρίου και σε  $687 * 10^6 \text{ m}^3$  ετησίως για το σύστημα με τον ταμιευτήρα Περίστας.
3. Η ένταξη του ταμιευτήρα αναρρύθμισης στο σύστημα Μόρνου-Ευήνου-Υλίκης αποφέρει σημαντικό όφελος σε απολήψιμο όγκο νερού που είναι  $36 * 10^6 \text{ m}^3$  ετησίως για το σύστημα με τον ταμιευτήρα Δενδροχωρίου και  $34 * 10^6 \text{ m}^3$  ετησίως για το σύστημα με τον ταμιευτήρα Περίστας. Αυτό οφείλεται κυρίως στην άντληση των αποθεμάτων της Υλίκης στον ταμιευτήρα αναρρύθμισης που έχει ως αποτέλεσμα να αποφεύγονται οι μεγάλες υπόγειες διαφυγές στην Υλίκη. Ένας άλλος λόγος είναι η ύπαρξη δευτέρου υδραγωγείου από την Υλίκη προς την Αθήνα μέσω του ταμιευτήρα αναρρύθμισης που διπλασιάζει την παροχетеυτικότητα του σημερινού υδραγωγείου Υλίκης των  $7.5 \text{ m}^3/\text{sec}$ .
4. Η εφαρμογή του κανόνα λειτουργίας εναλλακτικής προτεραιότητας Μόρνου-Υλίκης με κατώφλι αλλαγής προτεραιότητας όχι πολύ μικρότερο της ωφέλιμης χωρητικότητας του ταμιευτήρα Μόρνου δεν επηρεάζει ουσιαστικά την απόληψη από το σύστημα. Όσον αφορά όμως στις αντλήσεις από την Υλίκη, αυτές είναι μικρότερες από ότι στην περίπτωση του κανόνα απόλυτης προτεραιότητας Υλίκης κατά  $8 * 10^6 \text{ m}^3$  ετησίως για το σύστημα με τον ταμιευτήρα Δενδροχωρίου και  $11 * 10^6 \text{ m}^3$  για το σύστημα με τον ταμιευτήρα Περίστας (για κατώφλι  $593 * 10^6 \text{ m}^3$ ).

### 6.7. Επιπτώσεις κλιματικής αλλαγής

Η διερεύνηση των δυνατοτήτων του σημερινού και του μελλοντικού υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας που αποτέλεσε το κύριο αντικείμενο του τεύχους αυτού έγινε με βάση την υπόθεση ότι δεν υπάρχει καμμία μείζων κλιματική αλλαγή ούτε στην κρίσιμη φάση που διανύουμε ούτε και θα υπάρξει στο άμεσο μέλλον. Όλες οι εκτιμήσεις που δίνονται στις προηγούμενες παραγράφους και στα τεύχη 15 και 16, ισχύουν με την προϋπόθεση ότι τα ιστορικά υδρομετεωρολογικά δεδομένα αντιπροσωπεύουν πλήρως και τη μελλοντική συμπεριφορά του φυσικού συστήματος των λεκανών απορροής που εξετάστηκαν.

Το εξαιρετικά μεγάλο ενδιαφέρον για το θέμα της κλιματικής αλλαγής κατά τα τελευταία χρόνια οδήγησε σε μεγάλο αριθμό ερευνών για τα ανθρωπογενή κυρίως αίτια της κλιματικής αλλαγής. Παράλληλα καταρτίστηκαν διάφορα υποθετικά σενάρια για τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στους υπάρχοντες υδατικούς πόρους. Πολλά από τα σενάρια αυτά περιλαμβάνουν μείωση των βροχών και κατά συνέπεια και των απορροών τουλάχιστον για τις περιοχές του γεωγραφικού πλάτους όπου βρίσκεται η Ελλάδα. Το γεγονός αυτό μας ώθησε να πραγματοποιήσουμε μία ανάλυση ευαισθησίας των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης λειτουργίας του υδροδοτικού συστήματος σε ένα ενδεικτικό σενάριο κλιματικής αλλαγής, αρκετά αυθαίρετο. Η ανάλυση αυτή περιορίστηκε στην περίπτωση του συστήματος Μόρνου-Ευήνου-Υλίκης με τον ταμιευτήρα Περίστας, τον κανόνα λειτουργίας της απόλυτης προτεραιότητας Υλίκης και παροχετευτικότητα του υδαταγωγού Μόρνου ίση με  $23 \text{ m}^3/\text{sec}$ . Οι χρονοσειρές των εισροών των ταμιευτήρων του συστήματος, μήκους 2000 ετών προέκυψαν από εκείνες που χρησιμοποιήθηκαν σε όλες τις δοκιμές προσομοίωσης με μείωση κατά 25%.

Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης λειτουργίας του συστήματος με τις υδρολογικές χρονοσειρές του παραπάνω ενδεικτικού σεναρίου φαίνονται στον πίνακα 16. Παρατηρείται ότι η συνολική ασφαλής απόληψη από το σύστημα μειώνεται από  $715 * 10^6 \text{ m}^3$  ετησίως σε  $557 * 10^6 \text{ m}^3$  ετησίως δηλαδή κατά 22%. Η μείωση αυτή είναι μικρότερη από εκείνη των εισροών κυρίως λόγω της μεγάλης μείωσης των υπερχειλίσεων από τον ταμιευτήρα Ευήνου όπως φαίνεται από τα μέσα

ετήσια ισοζύγια των ταμιευτήρων.

### 6.8. Συμπεράσματα

Η ασφαλής απόληψη από τον ταμιευτήρα Μόρνου για αξιοπιστία 99% είναι  $280 * 10^6 \text{ m}^3$  ετησίως. Η αντίστοιχη απόληψη από τη λίμνη Υλίκη για ελάχιστη στάθμη άντλησης στα +43 m είναι  $151 * 10^6 \text{ m}^3$  επί πλέον των  $50 * 10^6 \text{ m}^3$  που λαμβάνονται για άρδευση της Κωπαΐδας. Η συνδυασμένη εκμετάλλευση των δύο ταμιευτήρων με τον κανόνα απόλυτης προτεραιότητας της Υλίκης επιτρέπει συνολική ασφαλή απόληψη από το σύστημα  $461 * 10^6 \text{ m}^3$  ετησίως για την ίδια τιμή της αξιοπιστίας 99%.

Η επαύξηση της παροχетеυτικότητας του υδραγωγείου Υλίκης κατά  $3.5 \text{ m}^3/\text{sec}$  (σύνολο  $11.0 \text{ m}^3/\text{sec}$ ) οδηγεί σε αυξημένη δυνατότητα απόληψης από το σύστημα κατά  $14 * 10^6 \text{ m}^3$  ετησίως. Η αντίστοιχη αύξηση για διπλασιασμό της παροχетеυτικότητας του υδραγωγείου Υλίκης ( $15.0 \text{ m}^3/\text{sec}$ ) είναι  $15 * 10^6 \text{ m}^3$ . Όπως ήδη έχει σημειωθεί στο τεύχος 8 οι αυξήσεις αυτές είναι αρκετά μικρές σε σχέση με το κόστος των έργων που απαιτούν, αλλά τα έργα αυτά μπορούν να δικαιολογηθούν για κάλυψη κινδύνων βλάβης των υπάρχοντων αγωγών Μόρνου και Υλίκης.

Όσον αφορά στο μελλοντικό υδροδοτικό σύστημα μετά από την ένταξη ενός ταμιευτήρα στη λεκάνη του Ευήνου, η δυνατότητα απόληψης από το σύστημα Μόρνου-Ευήνου με ταμιευτήρα στο Δενδροχώρι ωφέλιμης χωρητικότητας  $252 * 10^6 \text{ m}^3$ , είναι  $461 * 10^6 \text{ m}^3$  ετησίως. Η αντίστοιχη δυνατότητα για το σύστημα με τον ταμιευτήρα Περίστας ωφέλιμης χωρητικότητας  $199 * 10^6 \text{ m}^3$  είναι  $541 * 10^6 \text{ m}^3$  ετησίως, εφόσον όμως εξασφαλίζεται η παροχетеυτικότητα των  $23 \text{ m}^3/\text{sec}$  στον υδαταγωγό Μόρνου. Στην περίπτωση που η παροχетеυτικότητα αυτή είναι μειωμένη κατά 20% η δυνατότητα του συστήματος με τον ταμιευτήρα Περίστας μειώνεται κατά  $66 * 10^6 \text{ m}^3$ .

Η ένταξη στο σύστημα Μόρνου-Ευήνου ενός ταμιευτήρα αναρρύθμισης κοντά στην Αθήνα με ωφέλιμη χωρητικότητα  $100 * 10^6 \text{ m}^3$  αυξάνει την ασφαλή απόληψη από το σύστημα κατά  $8 * 10^6 \text{ m}^3$  ετησίως στην περίπτωση του Δενδροχωρίου και κατά  $16 * 10^6 \text{ m}^3$  στην περίπτωση

της Περίστας. Πέραν όμως από αυτή τη μικρή σχετικά αύξηση της απόληψης το σημαντικότερο όφελος από τον ταμιευτήρα αναρρύθμισης είναι τό ότι αναιρεί σχεδόν πλήρως τα αρνητικά αποτελέσματα της μείωσης της παροχетеυτικότητας του υδαταγωγού Μόρνου.

Η συνδυασμένη εκμετάλλευση των ταμιευτήρων Μόρνου, Ευήνου και Υλίκης με τον κανόνα απόλυτης προτεραιότητας της Υλίκης παρέχει δυνατότητα συνολικής απόληψης  $715 * 10^6 \text{ m}^3$  ετησίως από το σύστημα με τον ταμιευτήρα Περίστας και  $631 * 10^6 \text{ m}^3$  ετησίως από το σύστημα με τον ταμιευτήρα Δενδροχωρίου. Το όφελος από την ένταξη της Υλίκης στο σύστημα Μόρνου-Ευήνου είναι  $174 * 10^6 \text{ m}^3$  και  $170 * 10^6 \text{ m}^3$  για τις δύο περιπτώσεις αντίστοιχα. Στην περίπτωση του συστήματος με τον ταμιευτήρα Περίστας πρέπει να εξασφαλίζεται η παροχетеυτικότητα των  $23 \text{ m}^3/\text{sec}$  στον υδαταγωγό Μόρνου. Σε αντίθετη περίπτωση οι δυνατότητες του συστήματος υφίστανται σημαντική μείωση που φθάνει τα  $47 * 10^6 \text{ m}^3$  ετησίως για μείωση της παροχетеυτικότητας κατά 20%.

Αν στο σύστημα Μόρνου-Ευήνου-Υλίκης ενταχθεί και ταμιευτήρας αναρρύθμισης (κοντά στην Αθήνα) με ωφέλιμη χωρητικότητα  $100 * 10^6 \text{ m}^3$  συνδεδεμένος με την Υλίκη μέσω ενός ανεξάρτητου υδραγωγείου παροχетеυτικότητας  $7.5 \text{ m}^3/\text{sec}$  πέραν του υπάρχοντος υδραγωγείου Υλίκης, τότε η δυνατότητα απόληψη από το σύστημα με τον κανόνα απόλυτης προτεραιότητας της Υλίκης φθάνει τα  $749 * 10^6 \text{ m}^3$  ετησίως για την περίπτωση της Περίστας και  $667 * 10^6 \text{ m}^3$  για την περίπτωση του Δενδροχωρίου. Οι παραπάνω απολήψεις επιτυγχάνονται εφόσον εξασφαλιστεί η παροχетеυτικότητα των  $23 \text{ m}^3/\text{sec}$  στον υδαταγωγό Μόρνου. Στην περίπτωση που η παροχетеυτικότητα αυτή είναι μειωμένη κατά 20% υπάρχει μείωση της δυνατότητας απόληψης που είναι μικρή για το σύστημα με τον ταμιευτήρα Δενδροχωρίου ( $9 * 10^6 \text{ m}^3$ ) αλλά γίνεται σημαντική για το σύστημα με τον ταμιευτήρα Περίστας ( $62 * 10^6 \text{ m}^3$ ).

Σε όλες τις περιπτώσεις συστήματος με ένταξη της Υλίκης που εξετάστηκαν ο κανόνας της απόλυτης προτεραιότητας Υλίκης έδωσε τις μεγαλύτερες συνολικές απολήψεις. Ο κανόνας εναλλακτικής προτεραιότητας Υλίκης μπορεί να χρησιμοποιηθεί εφόσον επιδιώκεται η οικονομικότητα, αλλά συνεπάγεται μικρές μειώσεις στη συνολική απόληψη από το σύστημα. Εξαιρέση αποτελούν οι περιπτώσεις με



αυξημένη παροχευτικότητα του υδραγωγείου Υλίκης οπότε ο δεύτερος αυτός κανόνας δε μειώνει καθόλου τη συνολική απόληψη.

ΠΙΝΑΚΑΣ 8

ΕΤΗΣΙΕΣ ΑΠΟΛΗΨΕΙΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΟΡΝΟΥ-ΥΛΙΚΗΣ (σε  $m^3 * 10^6$ )

ΓΙΑ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ 99%

ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΣΤΑΘΜΗ ΥΛΙΚΗΣ +43 m

ΚΑΝΟΝΑΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ: ΑΠΟΛΥΤΗ ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΑ ΥΛΙΚΗΣ

ΠΑΡΟΧΕΥΤΙΚΟΤΗΤΑ ( $m^3/sec$ ) ΥΛΙΚΗΣ/ΜΟΡΝΟΥ —>	0	18.5	23.0
0		280	280
7.5	151	461 (+30) <sup>(1)</sup>	461 (+30)
11.0	151	475 (+44)	475 (+44)
15.0	151	476 (+45)	476 (+45)

1. Καθαρό όφελος από τη συνδυασμένη εκμετάλλευση των ταμιευτήρων.

## ΠΙΝΑΚΑΣ 9

ΕΤΗΣΙΕΣ ΑΠΟΛΗΨΕΙΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΜΟΡΝΟΥ-ΕΥΗΝΟΥ (σε  $m^3 * 10^6$ )ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑ ΑΝΑΡΡΥΘΜΙΣΗΣ

ΓΙΑ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ 99%

ΚΑΝΟΝΑΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ: ΧΩΡΙΣ ΕΛΕΓΧΟ ΣΤΑΘΜΗΣ ΜΟΡΝΟΥ

ΠΑΡΟΧΕΤΕΥΤΙΚΟΤΗΤΑ ΜΟΡΝΟΥ ( $m^3/sec$ ) ———>	18.5	23.0
<u>ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΩΝ</u>		
Δενδροχώρι + Μόρνος	461	461
Δενδροχώρι + Μόρνος + ταμιευτήρας αναρρύθμισης	469 (+8) <sup>1</sup>	469 (+8)
Περίστα + Μόρνος	475	541
Περίστα + Μόρνος + ταμιευτήρας αναρρύθμισης	555 (+80)	557 (+16)

1. Οφελος από την ένταξη του ταμιευτήρα αναρρύθμισης

ΠΙΝΑΚΑΣ 10ΕΤΗΣΙΕΣ ΑΠΟΛΗΨΕΙΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΩΝΜΟΡΝΟΥ - ΕΥΗΝΟΥ - ΥΛΙΚΗΣ (σε  $m^3 * 10^6$ )ΓΙΑ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ  $\alpha_1 = 99\%$ 

ΚΑΝΟΝΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ: Α: ΑΠΟΛΥΤΗ ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΑ ΥΛΙΚΗΣ

Β: ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗ ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΑ

ΜΟΡΝΟΥ - ΥΛΙΚΗΣ

ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑΣ ΕΥΗΝΟΥ	ΚΑΝΟΝΑΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	ΚΑΤΩΦΛΙ ΑΛΛΑΓΗΣ ΠΡΟ- ΤΕΡΑΙΟΤΗΤΑΣ $* 10^6 m^3$	ΠΑΡΟΧΕΤΕΥΤΙ- ΚΟΤΗΤΑ ΜΟΡΝΟΥ $m^3/sec$	ΑΠΟΛΗΨΗ $* 10^6 m^3$
Δενδροχώρι	A	-	23.0	631 (+19) <sup>1</sup>
"	A	-	18.5	631 (+19) <sup>1</sup>
"	B	593	23.0	628 (+16) <sup>1</sup>
"	B	300	23.0	592
Περίστα	A	-	23.0	715 (+23) <sup>1</sup>
"	A	-	18.5	668 (+42) <sup>1</sup>
"	B	593	23.0	708
"	B	300	23.0	653

1. Καθαρό όφελος σε σχέση με τα μεμονωμένα συστήματα Μόρνου - Ευήνου και Υλικής

ΠΙΝΑΚΑΣ 11ΕΤΗΣΙΕΣ ΑΠΟΛΗΨΕΙΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΩΝ ΜΟΡΝΟΥ-ΕΥΗΝΟΥ-ΥΛΙΚΗΣ - ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑ ΑΝΑΡΡΥΘΜΙΣΗΣ (σε  $m^3 * 10^6$ )ΓΙΑ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ  $\alpha_1 = 99\%$ 

ΚΑΝΟΝΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ: Α: ΑΠΟΛΥΤΗ ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΑ ΥΛΙΚΗΣ

Β: ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗ ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΑ

ΜΟΡΝΟΥ - ΥΛΙΚΗΣ

ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑΣ ΕΥΗΝΟΥ	ΚΑΝΟΝΑΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	ΚΑΤΩΦΛΙ ΑΛΛΑΓΗΣ ΠΡΟ- ΤΕΡΑΙΟΤΗΤΑΣ $* 10^6 m^3$	ΠΑΡΟΧΕΤΕΥΤΙ- ΚΟΤΗΤΑ ΜΟΡΝΟΥ $m^3/sec$	ΑΠΟΛΗΨΗ $* 10^6 m^3$
Δενδροχώρι	A	-	23.0	667 (+55) <sup>1</sup>
"	A	-	18.5	658 (+46)
"	B	593	23.0	667
Περίστα	A	-	23.0	749 (+57)
"	A	-	18.5	687 (+61)
"	B	593	23.0	750

1. Καθαρό όφελος σε σχέση με τα μεμονωμένα συστήματα Μόρνου - Ευήνου και Υλικής

## ΠΙΝΑΚΑΣ 12

ΜΕΣΑ ΕΤΗΣΙΑ ΙΣΟΖΥΓΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΩΝ ΜΟΡΝΟΥ-ΥΛΙΚΗΣ σε  $m^3 \cdot 10^6$   
ΓΙΑ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ  $\alpha_1 = 99\%$

ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΣΤΑΘΜΗ ΥΛΙΚΗΣ +43m

ΚΑΝΟΝΑΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ : ΑΠΟΛΥΤΗ ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΑ ΥΛΙΚΗΣ

ΠΑΡΟΧ. ΜΟΡΝΟΥ->	0	18.5 m <sup>3</sup> /sec	23 m <sup>3</sup> /sec
ΠΑΡΟΧ. ΥΛΙΚΗΣ			
-----V-----			
		ΖΗΤΗΣΗ = 280 $\alpha_2=99.85\%$ $\alpha_3=99.91\%$	ΖΗΤΗΣΗ = 280 $\alpha_2=99.85\%$ $\alpha_3=99.91\%$
		ΜΟΡΝ. ΥΛΙΚΗ ΣΥΝΟΛΟ	ΜΟΡΝ. ΥΛΙΚΗ ΣΥΝΟΛΟ
		ΑΠΟΡΡΟΗ 311   311	ΑΠΟΡΡΟΗ 311   311
		ΒΡΟΧΟΠ. 11   11	ΒΡΟΧΟΠ. 11   11
0 m <sup>3</sup> /sec		ΕΙΣΡΟΕΣ 322   322	ΕΙΣΡΟΕΣ 322   322
		ΥΔΡΕΥΣΗ 280   280	ΥΔΡΕΥΣΗ 280   280
		ΑΡΔΕΥΣΗ 0   0	ΑΡΔΕΥΣΗ 0   0
		ΕΞΑΤΜ. 21   21	ΕΞΑΤΜ. 21   21
		ΔΙΑΦΥΓΗ 11   11	ΔΙΑΦΥΓΗ 11   11
		ΥΠΕΡΧ. 10   10	ΥΠΕΡΧ. 10   10
		ΕΚΡΟΕΣ 322   322	ΕΚΡΟΕΣ 322   322
-----			
		ΖΗΤΗΣΗ = 151 $\alpha_2=99.82\%$ $\alpha_3=99.86\%$	ΖΗΤΗΣΗ = 461 $\alpha_2=99.84\%$ $\alpha_3=99.93\%$
		ΜΟΡΝ. ΥΛΙΚΗ ΣΥΝΟΛΟ	ΜΟΡΝ. ΥΛΙΚΗ ΣΥΝΟΛΟ
		ΑΠΟΡΡΟΗ 351   351	ΑΠΟΡΡΟΗ 310   351   661
		ΒΡΟΧΟΠ. 7   7	ΒΡΟΧΟΠ. 13   6   19
7.5 m <sup>3</sup> /sec		ΕΙΣΡΟΕΣ 358   358	ΕΙΣΡΟΕΣ 323   357   680
		ΥΔΡΕΥΣΗ 151   151	ΥΔΡΕΥΣΗ 268   193   461
		ΑΡΔΕΥΣΗ 50   50	ΑΡΔΕΥΣΗ 0   50   50
		ΕΞΑΤΜ. 26   26	ΕΞΑΤΜ. 24   24   48
		ΔΙΑΦΥΓΗ 123   123	ΔΙΑΦΥΓΗ 13   86   99
		ΥΠΕΡΧ. 8   8	ΥΠΕΡΧ. 18   4   22
		ΕΚΡΟΕΣ 358   358	ΕΚΡΟΕΣ 323   357   680

## ΠΙΝΑΚΑΣ 12 (συνέχεια)

ΜΕΣΑ ΕΤΗΡΙΑ ΙΣΟΖΥΓΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΩΝ ΜΟΡΝΟΥ-ΥΛΙΚΗΣ σε  $m^3 \cdot 10^4$   
ΓΙΑ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ  $\alpha_1 = 99\%$

ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΣΤΑΘΜΗ ΥΛΙΚΗΣ +43m

ΚΑΝΟΝΑΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ : ΑΠΟΛΥΤΗ ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΑ ΥΛΙΚΗΣ

ΠΑΡΟΧ. ΜΟΡΝΟΥ- ΠΑΡΟΧ. ΥΛΙΚΗΣ		0	18.5 m <sup>3</sup> /sec	23 m <sup>3</sup> /sec
-V-				
ΖΗΤΗΣΗ =		151	475	475
$\alpha_2=99.82\%$ $\alpha_3=99.86\%$			$\alpha_2=99.79\%$ $\alpha_3=99.92\%$	$\alpha_2=99.79\%$ $\alpha_3=99.92\%$
ΜΟΡΝ. ΥΛΙΚΗ ΣΥΝΟΛΟ			ΜΟΡΝ. ΥΛΙΚΗ ΣΥΝΟΛΟ	ΜΟΡΝ. ΥΛΙΚΗ ΣΥΝΟΛΟ
ΑΠΟΡΡΟΗ	351	351	ΑΠΟΡΡΟΗ	309   351   660
ΒΡΟΧΟΠ.	7	7	ΒΡΟΧΟΠ.	14   6   20
ΕΙΣΡΟΕΣ		358   358	ΕΙΣΡΟΕΣ	323   357   680
ΕΙΣΡΟΕΣ		358   358	ΕΙΣΡΟΕΣ	323   357   680
ΥΔΡΕΥΣΗ		151   151	ΥΔΡΕΥΣΗ	252   223   475
ΑΡΔΕΥΣΗ		50   50	ΑΡΔΕΥΣΗ	0   50   50
ΕΞΑΤΜ.		26   26	ΕΞΑΤΜ.	24   22   46
ΔΙΑΦΥΓΗ		123   123	ΔΙΑΦΥΓΗ	13   60   73
ΥΠΕΡΧ.		8   8	ΥΠΕΡΧ.	34   2   36
ΕΚΡΟΕΣ		358   358	ΕΚΡΟΕΣ	323   357   680
ΕΚΡΟΕΣ		358   358	ΕΚΡΟΕΣ	323   357   680
-----				
ΖΗΤΗΣΗ =		151	476	476
$\alpha_2=99.82\%$ $\alpha_3=99.86\%$			$\alpha_2=99.82\%$ $\alpha_3=99.93\%$	$\alpha_2=99.82\%$ $\alpha_3=99.93\%$
ΜΟΡΝ. ΥΛΙΚΗ ΣΥΝΟΛΟ			ΜΟΡΝ. ΥΛΙΚΗ ΣΥΝΟΛΟ	ΜΟΡΝ. ΥΛΙΚΗ ΣΥΝΟΛΟ
ΑΠΟΡΡΟΗ	351	351	ΑΠΟΡΡΟΗ	309   352   661
ΒΡΟΧΟΠ.	7	7	ΒΡΟΧΟΠ.	14   5   19
ΕΙΣΡΟΕΣ		358   358	ΕΙΣΡΟΕΣ	323   357   680
ΕΙΣΡΟΕΣ		358   358	ΕΙΣΡΟΕΣ	323   357   680
ΥΔΡΕΥΣΗ		151   151	ΥΔΡΕΥΣΗ	241   235   476
ΑΡΔΕΥΣΗ		50   50	ΑΡΔΕΥΣΗ	0   50   50
ΕΞΑΤΜ.		26   26	ΕΞΑΤΜ.	25   21   46
ΔΙΑΦΥΓΗ		123   123	ΔΙΑΦΥΓΗ	13   50   63
ΥΠΕΡΧ.		8   8	ΥΠΕΡΧ.	44   1   45
ΕΚΡΟΕΣ		358   358	ΕΚΡΟΕΣ	323   357   680
ΕΚΡΟΕΣ		358   358	ΕΚΡΟΕΣ	323   357   680

ΠΙΝΑΚΑΣ 13ΜΕΣΑ ΕΤΗΡΙΑ ΙΣΟΖΥΓΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΩΝ ΜΟΡΝΟΥ-ΥΛΙΚΗΣ (σε  $\text{m}^3 \cdot 10^6$ )ΓΙΑ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ  $\alpha_1 = 99\%$ 

ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΣΤΑΘΜΗ ΥΛΙΚΗΣ: +43 m

ΠΑΡΟΧΕΥΤΙΚΟΤΗΤΑ ΥΔΑΤΑΓΟΓΟΥ ΜΟΡΝΟΥ 23  $\text{m}^3/\text{sec}$ 

ΚΑΝΟΝΑΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ: ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗ ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΑ ΜΟΡΝΟΥ-ΥΛΙΚΗΣ

ΚΑΤΩΦΛΙ  $593 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ 

ΠΑΡΟΧΕΥΤΙΚΟΤΗΤΑ ΥΛΙΚΗΣ	ΖΗΤΗΣΗ κλπ.	ΕΙΣΡΟΕΣ			ΕΚΡΟΕΣ				
		ΜΟΡ.	ΥΛ.	ΣΥΝ.	ΜΟΡ.	ΥΛ.	ΣΥΝ.		
7.5 $\text{m}^3/\text{sec}$	D = 455 $\alpha_2 = 99.82 \%$ $\alpha_3 = 99.94 \%$	ΑΠΟΡΡΟΗ	310	351	661	ΥΔΡΕΥΣΗ	283	172	455
	Κατώφλι αλλαγής προτεραιότητας $593 \cdot 10^6 \text{ m}^3$	ΒΡΟΧΟΠΤ.	12	7	19	ΑΡΔΕΥΣΗ	0	50	50
ΣΥΝΟΛΟ		322	358	680	ΕΞΑΤΜΙΣΗ	23	25	48	
					ΔΙΑΦΥΓΗ	12	102	114	
					ΥΠΕΡΧΕΙΛ.	4	9	13	
					ΣΥΝΟΛΟ	322	358	680	
11 $\text{m}^3/\text{sec}$	D = 471 $\alpha_2 = 99.83 \%$ $\alpha_3 = 99.94 \%$	ΑΠΟΡΡΟΗ	310	351	661	ΥΔΡΕΥΣΗ	278	193	471
	Κατώφλι αλλαγής προτεραιότητας $593 \cdot 10^6 \text{ m}^3$	ΒΡΟΧΟΠΤ.	12	6	18	ΑΡΔΕΥΣΗ	0	50	50
ΣΥΝΟΛΟ		322	357	679	ΕΞΑΤΜΙΣΗ	23	24	47	
					ΔΙΑΦΥΓΗ	12	86	98	
					ΥΠΕΡΧΕΙΛ.	9	4	13	
					ΣΥΝΟΛΟ	322	357	679	
15 $\text{m}^3/\text{sec}$	D = 478 $\alpha_2 = 99.79 \%$ $\alpha_3 = 99.92 \%$	ΑΠΟΡΡΟΗ	310	351	661	ΥΔΡΕΥΣΗ	273	205	478
	Κατώφλι αλλαγής προτεραιότητας $593 \cdot 10^6 \text{ m}^3$	ΒΡΟΧΟΠΤ.	13	6	19	ΑΡΔΕΥΣΗ	0	50	50
ΣΥΝΟΛΟ		323	357	680	ΕΞΑΤΜΙΣΗ	23	23	46	
					ΔΙΑΦΥΓΗ	12	75	87	
					ΥΠΕΡΧΕΙΛ.	15	4	19	
					ΣΥΝΟΛΟ	323	357	680	

## ΠΙΝΑΚΑΣ 14

ΜΕΣΑ ΕΤΗΣΙΑ ΙΣΟΖΥΓΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΩΝ ΜΟΡΝΟΥ-ΕΥΗΝΟΥ (σε  $m^3 \cdot 10^6$ )

ΕΠΙΠΤΩΣΗ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑ ΑΝΑΡΡΥΘΜΙΣΗΣ

ΓΙΑ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ  $\alpha_1 = 99\%$ 

ΚΑΝΟΝΑΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ : ΧΩΡΙΣ ΕΛΕΓΧΟ ΣΤΑΘΜΗΣ ΜΟΡΝΟΥ

ΠΑΡΟΧ. ΜΟΡΝΟΥ -->	18.5 $m^3/sec$			23 $m^3/sec$				
ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΩΝ								
	ΖΗΤΗΣΗ = 461 $\alpha_2=99.88\%$ $\alpha_3=99.94\%$ ΜΟΡΝ. ΕΥΗΝ. ΣΥΝΟΛΟ			ΖΗΤΗΣΗ = 461 $\alpha_2=99.88\%$ $\alpha_3=99.94\%$ ΜΟΡΝ. ΕΥΗΝ. ΣΥΝΟΛΟ				
	ΑΠΟΡΡΟΗ	310	230	540	ΑΠΟΡΡΟΗ	310	230	540
	ΒΡΟΧΟΠ.	12	5	17	ΒΡΟΧΟΠ.	12	5	17
	ΕΙΣΡΟΕΣ	322	235	557	ΕΙΣΡΟΕΣ	322	235	557
	ΥΔΡΕΥΣΗ	283	178	461	ΥΔΡΕΥΣΗ	283	178	461
	ΑΡΔΕΥΣΗ	0	0	0	ΑΡΔΕΥΣΗ	0	0	0
	ΕΞΑΤΜ.	22	5	27	ΕΞΑΤΜ.	22	5	27
	ΔΙΑΦΥΓΗ	11	0	11	ΔΙΑΦΥΓΗ	11	0	11
	ΥΠΕΡΧ.	6	52	58	ΥΠΕΡΧ.	6	52	58
	ΕΚΡΟΕΣ	322	235	557	ΕΚΡΟΕΣ	322	235	557
ΔΕΝΔΡΟΧΩΡΙ + + ΜΟΡΝΟΣ	ΖΗΤΗΣΗ = 469 $\alpha_2=99.83\%$ $\alpha_3=99.92\%$ ΜΟΡΝ. ΕΥΗΝ. ΣΥΝΟΛΟ			ΖΗΤΗΣΗ = 469 $\alpha_2=99.83\%$ $\alpha_3=99.92\%$ ΜΟΡΝ. ΕΥΗΝ. ΣΥΝΟΛΟ				
	ΑΠΟΡΡΟΗ	311	230	541	ΑΠΟΡΡΟΗ	311	230	541
	ΒΡΟΧΟΠ.	11	6	17	ΒΡΟΧΟΠ.	11	6	17
	ΕΙΣΡΟΕΣ	322	236	558	ΕΙΣΡΟΕΣ	322	236	558
	ΥΔΡΕΥΣΗ	288	181	469	ΥΔΡΕΥΣΗ	288	181	469
	ΑΡΔΕΥΣΗ	0	0	0	ΑΡΔΕΥΣΗ	0	0	0
	ΕΞΑΤΜ.	20	5	25	ΕΞΑΤΜ.	20	5	25
	ΔΙΑΦΥΓΗ	10	0	10	ΔΙΑΦΥΓΗ	10	0	10
	ΥΠΕΡΧ.	4	50	54	ΥΠΕΡΧ.	4	50	54
	ΕΚΡΟΕΣ	322	236	558	ΕΚΡΟΕΣ	322	236	558
ΔΕΝΔΡΟΧΩΡΙ + + ΜΟΡΝΟΣ + + ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑΣ ΑΝΑΡΡΥΘΜΙΣΗΣ	ΖΗΤΗΣΗ = 469 $\alpha_2=99.83\%$ $\alpha_3=99.92\%$ ΜΟΡΝ. ΕΥΗΝ. ΣΥΝΟΛΟ			ΖΗΤΗΣΗ = 469 $\alpha_2=99.83\%$ $\alpha_3=99.92\%$ ΜΟΡΝ. ΕΥΗΝ. ΣΥΝΟΛΟ				
	ΑΠΟΡΡΟΗ	311	230	541	ΑΠΟΡΡΟΗ	311	230	541
	ΒΡΟΧΟΠ.	11	6	17	ΒΡΟΧΟΠ.	11	6	17
	ΕΙΣΡΟΕΣ	322	236	558	ΕΙΣΡΟΕΣ	322	236	558
	ΥΔΡΕΥΣΗ	288	181	469	ΥΔΡΕΥΣΗ	288	181	469
	ΑΡΔΕΥΣΗ	0	0	0	ΑΡΔΕΥΣΗ	0	0	0
	ΕΞΑΤΜ.	20	5	25	ΕΞΑΤΜ.	20	5	25
	ΔΙΑΦΥΓΗ	10	0	10	ΔΙΑΦΥΓΗ	10	0	10
	ΥΠΕΡΧ.	4	50	54	ΥΠΕΡΧ.	4	50	54
	ΕΚΡΟΕΣ	322	236	558	ΕΚΡΟΕΣ	322	236	558



## ΠΙΝΑΚΑΣ 14 (Συνέχεια)

ΜΕΣΑ ΕΤΗΘΙΑ ΙΣΟΖΥΓΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΩΝ ΜΟΡΦΟΥ-ΕΥΗΝΟΥ σε  $m^3 \cdot 10^6$ 

ΕΠΙΠΤΟΝ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑ ΑΝΑΡΡΩΜΙΣΗΣ

ΓΙΑ ΛΕΙΟΠΙΣΤΙΑ  $\alpha_1 = 99\%$ 

ΚΑΝΟΝΑΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ : ΧΟΡΙΣ ΕΛΕΓΧΟ ΣΤΑΘΜΗΣ ΜΟΡΦΟΥ

ΠΑΡΟΧ. ΜΟΡΦΟΥ -->	18.5 $m^3/sec$	23 $m^3/sec$
ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΩΝ		
	ΖΗΤΗΣΗ = 475 $\alpha_1 > 99\%$ $\alpha_2 > 99.80\%$ $\alpha_3 > 99.90\%$ ΜΟΡΦ. ΕΥΗΝ. ΣΥΝΟΛΟ	ΖΗΤΗΣΗ = 541 $\alpha_2 = 99.80\%$ $\alpha_3 = 99.94\%$ ΜΟΡΦ. ΕΥΗΝ. ΣΥΝΟΛΟ
	ΑΠΟΡΡΟΗ 309 357 666 ΒΡΟΧΟΠ. 13 4 17	ΑΠΟΡΡΟΗ 310 358 668 ΒΡΟΧΟΠ. 13 4 17
ΠΕΡΙΣΤΑ + + ΜΟΡΦΟΣ	ΕΙΣΡΟΕΣ 322 361 683	ΕΙΣΡΟΕΣ 323 362 685
	ΥΔΡΕΥΣΗ 179 296 475 ΑΡΔΕΥΣΗ 0 0 0 ΕΞΑΤΗ. 25 4 29 ΔΙΑΦΥΓΗ 12 0 12 ΥΠΕΡΧ. 106 61 167	ΥΔΡΕΥΣΗ 276 265 541 ΑΡΔΕΥΣΗ 0 0 0 ΕΞΑΤΗ. 24 5 29 ΔΙΑΦΥΓΗ 12 0 12 ΥΠΕΡΧ. 11 92 103
	ΕΚΡΟΕΣ 322 361 683	ΕΚΡΟΕΣ 323 362 685
	ΖΗΤΗΣΗ = 555 $\alpha_2 = 99.85\%$ $\alpha_3 = 99.91\%$ ΜΟΡΦ. ΕΥΗΝ. ΣΥΝΟΛΟ	ΖΗΤΗΣΗ = 557 $\alpha_2 = 99.85\%$ $\alpha_3 = 99.91\%$ ΜΟΡΦ. ΕΥΗΝ. ΣΥΝΟΛΟ
	ΑΠΟΡΡΟΗ 310 357 667 ΒΡΟΧΟΠ. 12 4 16	ΑΠΟΡΡΟΗ 310 358 668 ΒΡΟΧΟΠ. 12 4 16
ΠΕΡΙΣΤΑ + + ΜΟΡΦΟΣ + + ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑΣ ΑΝΑΡΡΩΜΙΣΗΣ	ΕΙΣΡΟΕΣ 322 361 683	ΕΙΣΡΟΕΣ 322 362 684
	ΥΔΡΕΥΣΗ 281 274 555 ΑΡΔΕΥΣΗ 0 0 0 ΕΞΑΤΗ. 23 4 27 ΔΙΑΦΥΓΗ 11 0 11 ΥΠΕΡΧ. 7 83 90	ΥΔΡΕΥΣΗ 281 276 557 ΑΡΔΕΥΣΗ 0 0 0 ΕΞΑΤΗ. 23 4 27 ΔΙΑΦΥΓΗ 11 0 11 ΥΠΕΡΧ. 7 82 89
	ΕΚΡΟΕΣ 322 361 683	ΕΚΡΟΕΣ 322 362 684

## ΠΙΝΑΚΑΣ 17

ΜΕΣΑ ΕΤΗΡΙΑ ΓΕΩΖΥΓΙΑ ΕΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΩΝ ΜΟΡΝΟΥ-ΕΥΗΝΟΥ-ΥΑΙΚΗΣ-  
-ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑ ΑΝΑΡΡΩΜΙΣΗΣ σε  $m^3 * 10^6$

ΓΙΑ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ  $\alpha_1 = 99\%$

ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΣΤΑΘΜΗ ΥΑΙΚΗΣ: +43 m

ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΟΣ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑΣ ΕΥΗΝΟΥ: ΔΕΝΔΡΟΧΟΡΙ

ΚΑΝΟΝΑΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ : A : ΑΠΟΛΥΤΗ ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΑ ΥΑΙΚΗΣ

B : ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗ ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΑ ΥΑΙΚΗΣ

ΚΑΝΟΝΑΣ	ΠΑΡΟΧΗ/ΤΑ ΜΟΡΝΟΥ	ΖΗΤΗΣΗ κλπ.	ΕΙΣΡΟΕΣ				ΕΚΡΟΕΣ					
			ΜΟΡΝ. ΕΥΗΝ. ΥΑΙΚ. ΣΥΝΟΛΟ				ΜΟΡΝ. ΕΥΗΝ. ΥΑΙΚ. ΣΥΝΟΛΟ					
A	23 $m^3/sec$	D = 667 $\alpha_2 = 99.84\%$ $\alpha_3 = 99.92\%$	ΑΠΟΡΡΟΗ	309	230	352	891	ΥΔΡΕΥΣΗ	248	150	269	667
			ΒΡΟΧΟΠΤ.	13	6	4	23	ΑΡΔΕΥΣΗ	0	0	50	50
			ΣΥΝΟΛΟ	322	236	356	914	ΕΞΑΤΜΙΣΗ	24	6	16	46
								ΔΙΑΦΥΓΗ	13	0	21	34
								ΥΠΕΡΧΕΙΑ.	37	80	0	117
								ΣΥΝΟΛΟ	322	236	356	914
A	18.5 $m^3/sec$	D = 658 $\alpha_2 = 99.81\%$ $\alpha_3 = 99.93\%$	ΑΠΟΡΡΟΗ	309	230	352	891	ΥΔΡΕΥΣΗ	242	146	270	658
			ΒΡΟΧΟΠΤ.	13	6	4	23	ΑΡΔΕΥΣΗ	0	0	49	49
			ΣΥΝΟΛΟ	322	236	356	914	ΕΞΑΤΜΙΣΗ	25	6	16	47
								ΔΙΑΦΥΓΗ	13	0	21	34
								ΥΠΕΡΧΕΙΑ.	42	84	0	126
								ΣΥΝΟΛΟ	322	236	356	914
B	23 $m^3/sec$	D = 667 $\alpha_2 = 99.85\%$ $\alpha_3 = 99.93\%$	ΑΠΟΡΡΟΗ	310	230	352	892	ΥΔΡΕΥΣΗ	254	192	261	667
			ΒΡΟΧΟΠΤ.	13	6	4	23	ΑΡΔΕΥΣΗ	0	0	49	49
			ΣΥΝΟΛΟ	323	236	356	915	ΕΞΑΤΜΙΣΗ	24	7	17	48
								ΔΙΑΦΥΓΗ	12	0	29	41
								ΥΠΕΡΧΕΙΑ.	33	77	0	111
								ΣΥΝΟΛΟ	323	236	356	915
		Κατώφλι αλλαγής 593 * $10^6 m^3$ προτεραιότητας										



BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Askew A.J. (1974a). "Optimum reservoir operating policies and the imposition of a reliability constraint", Water Resour. Res. 10(1), 51-56.
- Becker L. and W.W-G. Yeh (1974). "Optimization of real-time operation of multiplereservoir systems", Water Resour. Res. 10(6), 1107-1112.
- Biswas A.K. (editor) (1976). "Systems Approach to Water Management" Mc. Graw Hill.
- Box G.E.P. and Jenkins G.M. (1970). "Time Series Analysis, Forecasting and Control", Holden Day, San Francisco.
- Dagli C.H. and J.F. Miles (1980). "Determining operating policies for a water resource system", J. Hydrol. 47(34) 297-306.
- Fiering M.B. (1967). "Streamflow Synthesis", Mc Milan London.
- Houck M.H. and J.L. Cohon (1978). "Sequential Explicitly Stochastic Linear Programming Models. A Proposed Method for Design and Management of multi-purpose reservoir system", Water Resour. Res. 14(2), 161-168.
- Hurst H.E. (1951). "Long term Storage Capacity of Reservoirs". Trans ASCE, 116, paper 2447, 770-808.
- Hurst H.E., Black R.P. and Simaika Y.M. (1965). "Long-term Storage. An Experimental Study". Constable, London.
- Kottegoda N.T. (1980). "Stochastic Water Resources Technology", Mc Milan, London.

- Κουτσογιάννης Δ. (1988). "Μοντέλο Επιμερισμού Σημειακής Βροχόπτωσης ", Διδακτορική διατριβή ΕΜΠ, Αθήνα.
- Loucks D.P. (1970). "Some Comments on Linear Decision Rules and Chance Constraints", Water Resour. Res. 6(2), 668-671.
- Mimikou M. and I. Nalbantis (1987). "Influence of Reservoir Inflows Persistence on Storage Capacity", International Journal of Modeling and Simulation", IASTED, Vol. 7 no 29.
- Ναλμπάντης Ι. (1988). "Η εμμονή και η επίδρασή της στο σχεδιασμό ταμιευτήρα", Τεχνικά Χρονικά - Επιστημονικά έκδοση ΤΕΕ, Α-1988, том.8, τευχ. 2.
- Ξανθόπουλος Θεμ. (1987). "Εισαγωγή στην Τεχνική Υδρολογία", ΕΜΠ Αθήνα.
- Revelle C. and J. Gundelach (1975). "Linear Decision Rule in Reservoir Management and Design. 4. A Rule that Minimizes output Variance", Water Resour. Res. 11(2), 197-203.
- Rippl W. (1883). "The Capacity of Storage reservoirs for Water Supply", Proc. Inst. Civ. Eng. , 71, 270-8.
- Schultz G.A. (1976). "Determination of Deficiencies of the Rippl-diagram", XII congres for Large Dams, Q46, R.1, Mexico.
- Simonovic S.P. and M.A. Marino (1980). "Reliability Programming in Reservoir Management. 1. Single Multipurpose Reservoir", Water Resour. Res. 16(5), 844-848.
- Turgeon A. (1981b). "A Decomposition method for the Long-term Scheduling of Reservoir in Series", Water Resour. Res. 17(6), 1565-1570.
- W.M.O. (1983). "Guide to Hydrological Practices", Vol. II Chapter 7 - Applications to Water Management.

# Σ Υ Μ Π Λ Η Ρ Ω Μ Α Α

## Σ Χ Η Μ Α Τ Α

		Σελ.
Σχ.1	Μοντέλο υδροδοτικού συστήματος Αθήνας (χωρίς ταμιευτήρα αναρρύθμισης).	A-1
Σχ.2	Μοντέλο υδροδοτικού συστήματος Αθήνας (με ταμιευτήρα αναρρύθμισης).	A-1
Σχ.3 έως	Διακύμανση ωφέλιμου αποθέματος και απόληψης ταμιευτήρων υδροδοτικού συστήματος Αθηνών.	A-2 έως
Σχ.7	Παράδειγμα δοκιμής.	A-6

Σ Υ Μ Π Λ Η Ρ Ω Μ Α Β

ΕΞΟΔΟΙ (OUTPUTS)  
ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ  
ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΥΔΡΟΔΟΤΙΚΟΥ  
ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΘΗΝΑΣ

1. ΣΥΝΟΠΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ
2. ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΥΔΡΟΔΟΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΘΗΝΑΣ

Σύνταξη : Ι. Ναλιμπάντης (1990)

ΚΔ = 1282 ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ : 11 β = -0.99 1.00 1.00 1.00 Κ.ΛΕΙΤ = 1 1 1

Αριθ. ετών προσ. περιόδου 5 συνολικά : 5

ετήσια ζήτηση(εκ. m3) 715.00 αύξηση(εκ. m3) 0.00 0.00

-ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΩΝ

	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη	Ασωπός	
χωρητ.	199.000	643.400	587.499	0.000	
επιφ.	393.008	557.000	2130.600	330.000	
αρχ.ογκ	100.000	40.000	40.000	-99.900	
νεκ.ογκ	17.000	118.600	10.000	0.000	
τοπ.ζητ	0.000	0.000	50.000	0.000	
κατωφ.1	0.000	300.000	0.000	0.000	
κατωφ.2	0.000	500.000	0.000	0.000	
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη-Αθ.	Ασωπός	Υλίκη-Ασπ.
παροχ.	25.920	59.616	19.440	0.000	0.000
ΠΕΡΙΟΔΟΣ	1				

----- ΕΤΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ : 1ο ΜΗΝΑΣ : 1ος

Αποτελέσματα σε εκ. μ3 :	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη	Ασωπός	
καθαρή εισροή	10.212	12.631	11.307	0.000	
εισροή	10.258	12.742	22.413	0.000	
εξάτμιση	0.301	0.444	0.527	0.000	
βροχή	0.255	0.333	0.271	0.000	
απώλειες	0.000	0.000	10.851	0.000	
όγκος	84.292	18.935	48.361	0.000	
κάτω όριο ύδρ.	0.000	0.000	70.358	0.000	
κάτω όριο αρδ.	0.000	0.000	69.067	0.000	
υπερχειλίση	0.000	0.000	0.000	0.000	
Αποτελέσματα (μέγιστη απόληψη, απόληψη, τοπική απόληψη) εκ. μ3 :	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη-Αθ.	Ασωπός	Υλίκη-Ασπ.
μέγιστη απόληψη	25.920	59.616	0.000	0.000	0.000
απόληψη	25.920	59.616	2.947	0.000	0.000
τοπική απόληψη	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

----- ΕΤΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ : 1ο ΜΗΝΑΣ : 2ος

Αποτελέσματα σε εκ. μ3 :	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη	Ασωπός
καθαρή εισροή	36.563	24.843	25.897	0.000
εισροή	36.045	24.400	23.368	0.000
εξάτμιση	0.112	0.224	0.436	0.000
βροχή	0.630	0.666	0.661	0.000
απώλειες	0.000	0.000	-2.304	0.000
όγκος	94.935	33.725	54.818	0.000



κάτω όριο ύδρ.	0.000	0.000	54.600	0.000	
κάτω όριο αρδ.	0.000	0.000	49.725	0.000	
υπερχειλίση	0.000	0.000	0.000	0.000	
Αποτελέσματα (μέγιστη απόληψη, απόληψη, τοπική απόληψη) εκ. μ3 :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη-Αθ.	Ασωπός	Υλίκη-Ασωπ.
μέγιστη απόληψη	25.920	59.616	19.440	0.000	0.000
απόληψη	25.920	35.973	19.440	0.000	0.000
τοπική απόληψη	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

----- ΕΤΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ : 1ο ΜΗΝΑΣ : 3ος

Αποτελέσματα σε εκ. μ3 :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη	Ασωπός	
καθαρή εισροή	65.503	74.676	23.346	0.000	
εισροή	65.013	73.937	33.818	0.000	
εξάτμιση	0.091	0.187	0.296	0.000	
βροχή	0.581	0.926	0.602	0.000	
απώλειες	0.000	0.000	10.778	0.000	
όγκος	134.518	98.349	58.724	0.000	
κάτω όριο ύδρ.	0.000	0.000	53.008	0.000	
κάτω όριο αρδ.	0.000	0.000	39.342	0.000	
υπερχειλίση	0.000	0.000	0.000	0.000	
Αποτελέσματα (μέγιστη απόληψη, απόληψη, τοπική απόληψη) εκ. μ3 :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη-Αθ.	Ασωπός	Υλίκη-Ασωπ.
μέγιστη απόληψη	25.920	59.616	19.440	0.000	0.000
απόληψη	25.920	35.973	19.440	0.000	0.000
τοπική απόληψη	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

----- ΕΤΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ : 1ο ΜΗΝΑΣ : 4ος

Αποτελέσματα σε εκ. μ3 :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη	Ασωπός	
καθαρή εισροή	79.848	94.710	58.790	0.000	
εισροή	79.081	94.012	66.176	0.000	
εξάτμιση	0.173	0.358	0.464	0.000	
βροχή	0.940	1.312	0.834	0.000	
απώλειες	0.000	0.256	7.757	0.000	
όγκος	188.446	187.177	98.074	0.000	
κάτω όριο ύδρ.	0.000	0.000	88.904	0.000	
κάτω όριο αρδ.	0.000	0.000	55.321	0.000	
υπερχειλίση	0.000	0.000	0.000	0.000	
Αποτελέσματα (μέγιστη απόληψη, απόληψη, τοπική απόληψη) εκ. μ3 :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη-Αθ.	Ασωπός	Υλίκη-Ασωπ.
μέγιστη απόληψη	25.920	59.616	19.440	0.000	0.000
απόληψη	25.920	31.802	19.440	0.000	0.000
τοπική απόληψη	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

----- ΕΤΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ : 1ο ΜΗΝΑΣ : 5ος

Αποτελέσματα σε εκ. μ3 :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη	Ασωπός	
καθαρή εισροή	55.970	24.641	83.313	0.000	
εισροή	55.812	24.704	87.209	0.000	
εξάτμιση	0.335	0.380	0.660	0.000	
βροχή	0.493	0.775	0.800	0.000	
απώλειες	0.000	0.458	4.036	0.000	
όγκος	199.000	210.108	161.947	0.000	

κάτω όριο ύδρ.	0.000	0.000	139.217	0.000	
κάτω όριο αρδ.	0.000	0.000	89.217	0.000	
υπερχείλιση	19.496	0.000	0.000	0.000	
Αποτελέσματα (μέγιστη απόληψη, απόληψη, τοπική απόληψη) εκ. μ3 :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη-Αθ.	Ασωπός	Υλίκη-Ασωπ.
μέγιστη απόληψη	25.920	59.616	19.440	0.000	0.000
απόληψη	25.920	27.631	19.440	0.000	0.000
τοπική απόληψη	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

----- ΕΤΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ : 1ο ΜΗΝΑΣ : 6ος

Αποτελέσματα σε εκ. μ3 :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη	Ασωπός	
καθαρή εισροή	41.156	40.774	67.555	0.000	
εισροή	41.509	42.103	82.093	0.000	
εξάτμιση	0.701	1.318	1.365	0.000	
βροχή	0.349	0.495	0.310	0.000	
απώλειες	0.000	0.505	13.483	0.000	
όγκος	199.000	243.213	210.062	0.000	
κάτω όριο ύδρ.	0.000	0.000	181.921	0.000	
κάτω όριο αρδ.	0.000	0.000	131.921	0.000	
υπερχείλιση	15.236	0.000	0.000	0.000	
Αποτελέσματα (μέγιστη απόληψη, απόληψη, τοπική απόληψη) εκ. μ3 :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη-Αθ.	Ασωπός	Υλίκη-Ασωπ.
μέγιστη απόληψη	25.920	59.616	19.440	0.000	0.000
απόληψη	25.920	33.589	19.440	0.000	0.000
τοπική απόληψη	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

----- ΕΤΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ : 1ο ΜΗΝΑΣ : 7ος

Αποτελέσματα σε εκ. μ3 :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη	Ασωπός	
καθαρή εισροή	41.264	30.665	45.426	0.000	
εισροή	41.730	32.127	50.227	0.000	
εξάτμιση	0.944	1.536	1.888	0.000	
βροχή	0.478	0.645	0.216	0.000	
απώλειες	0.000	0.571	3.130	0.000	
όγκος	199.000	265.017	234.756	0.000	
κάτω όριο ύδρ.	0.000	0.000	209.504	0.000	
κάτω όριο αρδ.	0.000	0.000	160.796	0.000	
υπερχείλιση	15.344	0.000	0.000	0.000	
Αποτελέσματα (μέγιστη απόληψη, απόληψη, τοπική απόληψη) εκ. μ3 :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη-Αθ.	Ασωπός	Υλίκη-Ασωπ.
μέγιστη απόληψη	25.920	59.616	19.440	0.000	0.000
απόληψη	25.920	34.781	19.440	0.000	0.000
τοπική απόληψη	0.000	0.000	1.292	0.000	0.000

----- ΕΤΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ : 1ο ΜΗΝΑΣ : 8ος

Αποτελέσματα σε εκ. μ3 :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη	Ασωπός	
καθαρή εισροή	20.019	19.375	15.539	0.000	
εισροή	21.057	22.126	21.493	0.000	
εξάτμιση	1.383	2.551	3.450	0.000	
βροχή	0.346	0.410	0.335	0.000	
απώλειες	0.000	0.610	2.839	0.000	
όγκος	193.099	267.786	227.271	0.000	

κάτω όριο ύδρ.	0.000	0.000	213.667	0.000	
κάτω όριο αρδ.	0.000	0.000	168.542	0.000	
υπερχείλιση	0.000	0.000	0.000	0.000	
Αποτελέσματα (μέγιστη απόληψη, απόληψη, τοπική απόληψη) εκ. μ3 :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη-Αθ.	Ασωπός	Υλίκη-Ασωπ.
μέγιστη απόληψη	25.920	49.303	19.440	0.000	0.000
απόληψη	25.920	42.527	19.440	0.000	0.000
τοπική απόληψη	0.000	0.000	3.583	0.000	0.000

----- ΕΤΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ : 1ο ΜΗΝΑΣ : 9ος					
Αποτελέσματα σε εκ. μ3 :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη	Ασωπός	
καθαρή εισροή	7.686	5.795	-4.427	0.000	
εισροή	8.976	9.014	4.002	0.000	
εξάτμιση	1.502	2.957	3.916	0.000	
βροχή	0.212	0.353	0.185	0.000	
απώλειες	0.000	0.614	4.697	0.000	
όγκος	174.865	243.137	203.683	0.000	
κάτω όριο ύδρ.	0.000	0.000	203.683	0.000	
κάτω όριο αρδ.	0.000	0.000	167.350	0.000	
υπερχείλιση	0.000	0.000	0.000	0.000	
Αποτελέσματα (μέγιστη απόληψη, απόληψη, τοπική απόληψη) εκ. μ3 :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη-Αθ.	Ασωπός	Υλίκη-Ασωπ.
μέγιστη απόληψη	25.920	59.616	10.369	0.000	0.000
απόληψη	25.920	56.364	10.369	0.000	0.000
τοπική απόληψη	0.000	0.000	8.792	0.000	0.000

----- ΕΤΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ : 1ο ΜΗΝΑΣ : 10ος					
Αποτελέσματα σε εκ. μ3 :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη	Ασωπός	
καθαρή εισροή	3.952	1.427	-6.133	0.000	
εισροή	5.186	4.860	0.837	0.000	
εξάτμιση	1.336	3.028	3.826	0.000	
βροχή	0.102	0.165	0.081	0.000	
απώλειες	0.000	0.570	3.226	0.000	
όγκος	152.897	210.868	165.153	0.000	
κάτω όριο ύδρ.	0.000	0.000	174.233	0.000	
κάτω όριο αρδ.	0.000	0.000	157.817	0.000	
υπερχείλιση	0.000	0.000	0.000	0.000	
Αποτελέσματα (μέγιστη απόληψη, απόληψη, τοπική απόληψη) εκ. μ3 :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη-Αθ.	Ασωπός	Υλίκη-Ασωπ.
μέγιστη απόληψη	25.920	59.616	3.400	0.000	0.000
απόληψη	25.920	59.616	12.480	0.000	0.000
τοπική απόληψη	0.000	0.000	19.917	0.000	0.000

----- ΕΤΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ : 1ο ΜΗΝΑΣ : 11ος					
Αποτελέσματα σε εκ. μ3 :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη	Ασωπός	
καθαρή εισροή	2.188	1.004	0.755	0.000	
εισροή	3.187	3.908	2.817	0.000	
εξάτμιση	1.045	2.590	3.292	0.000	
βροχή	0.046	0.193	0.171	0.000	
απώλειες	0.000	0.507	-1.059	0.000	
όγκος	129.165	182.054	135.517	0.000	

κάτω όριο ύδρ.	0.000	0.000	135.517	0.000	
κάτω όριο αρδ.	0.000	0.000	135.517	0.000	
υπερχειλίση	0.000	0.000	0.000	0.000	
Αποτελέσματα (μέγιστη απόληψη, απόληψη, τοπική απόληψη) εκ. μ3 :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη-Αθ.	Ασωπός	Υλίκη-Ασωπ.
μέγιστη απόληψη	25.920	59.616	13.975	0.000	0.000
απόληψη	25.920	55.738	13.975	0.000	0.000
τοπική απόληψη	0.000	0.000	16.417	0.000	0.000

----- ΕΤΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ : 1ο ΜΗΝΑΣ : 12ος

Αποτελέσματα σε εκ. μ3 :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη	Ασωπός	
καθαρή εισροή	5.419	2.574	14.646	0.000	
εισροή	5.819	4.007	14.863	0.000	
εξάτμιση	0.682	1.397	1.953	0.000	
βροχή	0.282	0.412	0.335	0.000	
απώλειες	0.000	0.448	-1.401	0.000	
όγκος	108.665	164.446	130.722	0.000	
κάτω όριο ύδρ.	0.000	0.000	104.388	0.000	
κάτω όριο αρδ.	0.000	0.000	104.388	0.000	
υπερχειλίση	0.000	0.000	0.000	0.000	
Αποτελέσματα (μέγιστη απόληψη, απόληψη, τοπική απόληψη) εκ. μ3 :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη-Αθ.	Ασωπός	Υλίκη-Ασωπ.
μέγιστη απόληψη	25.920	59.616	19.440	0.000	0.000
απόληψη	25.920	46.102	19.440	0.000	0.000
τοπική απόληψη	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

----- ΕΤΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ : 1ο ΕΤΗΣΙΕΣ ΤΙΜΕΣ

	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη-Αθ.	Ασωπός	Υλίκη-Ασ.
απολ.	311.040	519.710	195.290	0.000	0.000
τοπ.α	0.000	0.000	50.000	0.000	0.000
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη	Ασωπός	
εισρ.	373.671	347.940	409.315	0.000	
εξατμ	8.604	16.970	22.072	0.000	
βροχ.	4.714	6.685	4.802	0.000	
απώλ.	0.000	4.540	56.032	0.000	
υπερχ	50.076	0.000	0.000	0.000	

----- ΕΤΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ : 2ο ΜΗΝΑΣ : 1ος

Αποτελέσματα σε εκ. μ3 :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη	Ασωπός	
καθαρή εισροή	12.656	82.233	26.234	0.000	
εισροή	12.596	82.624	28.961	0.000	
εξάτμιση	0.291	0.683	1.085	0.000	
βροχή	0.350	0.703	0.081	0.000	
απώλειες	0.000	0.411	1.723	0.000	
όγκος	95.400	229.477	137.517	0.000	
κάτω όριο ύδρ.	0.000	0.000	70.358	0.000	
κάτω όριο αρδ.	0.000	0.000	69.067	0.000	
υπερχειλίση	0.000	0.000	0.000	0.000	
Αποτελέσματα (μέγιστη απόληψη, απόληψη, τοπική απόληψη) εκ. μ3 :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη-Αθ.	Ασωπός	Υλίκη-Ασωπ.
μέγιστη απόληψη	25.920	59.616	19.440	0.000	0.000
απόληψη	25.920	43.123	19.440	0.000	0.000

τοπική απόληψη 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000

----- ΕΤΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ : 2ο ΜΗΝΑΣ : 2ος

Αποτελέσματα σε εκ. μ3 :	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη	Ασωπός	
καθαρή εισροή	11.530	38.410	18.089	0.000	
εισροή	11.284	38.374	25.835	0.000	
εξάτμιση	0.130	0.332	0.375	0.000	
βροχή	0.376	0.911	0.161	0.000	
απώλειες	0.000	0.543	7.531	0.000	
όγκος	81.010	257.835	136.166	0.000	
κάτω όριο ύδρ.	0.000	0.000	54.600	0.000	
κάτω όριο αρδ.	0.000	0.000	49.725	0.000	
υπερχείλιση	0.000	0.000	0.000	0.000	
Αποτελέσματα (μέγιστη απόληψη, απόληψη, τοπική απόληψη) εκ. μ3 :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη-Αθ.	Ασωπός	Υλίκη-Ασωπ.
μέγιστη απόληψη	25.920	59.616	19.440	0.000	0.000
απόληψη	25.920	35.973	19.440	0.000	0.000
τοπική απόληψη	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

----- ΕΤΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ : 2ο ΜΗΝΑΣ : 3ος

Αποτελέσματα σε εκ. μ3 :	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη	Ασωπός	
καθαρή εισροή	85.804	54.906	45.115	0.000	
εισροή	84.895	54.206	56.577	0.000	
εξάτμιση	0.079	0.297	0.347	0.000	
βροχή	0.988	1.595	2.168	0.000	
απώλειες	0.000	0.598	13.283	0.000	
όγκος	140.894	300.000	164.530	0.000	
κάτω όριο ύδρ.	0.000	0.000	53.008	0.000	
κάτω όριο αρδ.	0.000	0.000	39.342	0.000	
υπερχείλιση	0.000	0.000	0.000	0.000	
Αποτελέσματα (μέγιστη απόληψη, απόληψη, τοπική απόληψη) εκ. μ3 :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη-Αθ.	Ασωπός	Υλίκη-Ασωπ.
μέγιστη απόληψη	25.920	20.955	19.440	0.000	0.000
απόληψη	25.920	38.661	16.751	0.000	0.000
τοπική απόληψη	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

----- ΕΤΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ : 2ο ΜΗΝΑΣ : 4ος

Αποτελέσματα σε εκ. μ3 :	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη	Ασωπός	
καθαρή εισροή	83.795	75.500	48.613	0.000	
εισροή	82.933	74.691	60.175	0.000	
εξάτμιση	0.135	0.375	0.504	0.000	
βροχή	0.997	1.853	1.760	0.000	
απώλειες	0.000	0.670	12.819	0.000	
όγκος	198.769	350.179	213.142	0.000	
κάτω όριο ύδρ.	0.000	0.000	88.904	0.000	
κάτω όριο αρδ.	0.000	0.000	55.321	0.000	
υπερχείλιση	0.000	0.000	0.000	0.000	
Αποτελέσματα (μέγιστη απόληψη, απόληψη, τοπική απόληψη) εκ. μ3 :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη-Αθ.	Ασωπός	Υλίκη-Ασωπ.
μέγιστη απόληψη	25.920	8.374	19.440	0.000	0.000
απόληψη	25.920	51.242	0.000	0.000	0.000

τοπική απόληψη 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000

----- ΕΤΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ : 2ο ΜΗΝΑΣ : 5ος

Αποτελέσματα σε εκ. μ3 :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη	Ασωπός	
καθαρή εισορή	68.264	22.620	30.728	0.000	
εισορή	67.938	22.806	53.918	0.000	
εξάτμιση	0.231	0.379	0.477	0.000	
βροχή	0.557	0.946	0.299	0.000	
απώλειες	0.000	0.753	23.013	0.000	
όγκος	199.000	351.648	243.870	0.000	
κάτω όριο ύδρ.	0.000	0.000	139.217	0.000	
κάτω όριο αρδ.	0.000	0.000	89.217	0.000	
υπερχείλιση	42.112	0.000	0.000	0.000	
Αποτελέσματα (μέγιστη απόληψη, απόληψη, τοπική απόληψη) εκ. μ3 :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη-Αθ.	Ασωπός	Υλίκη-Ασωπ.
μέγιστη απόληψη	25.920	12.545	19.440	0.000	0.000
απόληψη	25.920	47.071	0.000	0.000	0.000
τοπική απόληψη	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

----- ΕΤΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ : 2ο ΜΗΝΑΣ : 6ος

Αποτελέσματα σε εκ. μ3 :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη	Ασωπός	
καθαρή εισορή	38.478	16.207	79.874	0.000	
εισορή	38.498	17.439	91.112	0.000	
εξάτμιση	0.517	1.438	1.518	0.000	
βροχή	0.497	0.962	1.804	0.000	
απώλειες	0.000	0.756	11.525	0.000	
όγκος	199.000	340.746	323.744	0.000	
κάτω όριο ύδρ.	0.000	0.000	181.921	0.000	
κάτω όριο αρδ.	0.000	0.000	131.921	0.000	
υπερχείλιση	12.558	0.000	0.000	0.000	
Αποτελέσματα (μέγιστη απόληψη, απόληψη, τοπική απόληψη) εκ. μ3 :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη-Αθ.	Ασωπός	Υλίκη-Ασωπ.
μέγιστη απόληψη	25.920	6.587	19.440	0.000	0.000
απόληψη	25.920	53.029	0.000	0.000	0.000
τοπική απόληψη	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

----- ΕΤΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ : 2ο ΜΗΝΑΣ : 7ος

Αποτελέσματα σε εκ. μ3 :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη	Ασωπός	
καθαρή εισορή	52.605	23.931	67.540	0.000	
εισορή	52.816	26.019	79.271	0.000	
εξάτμιση	0.860	1.893	2.489	0.000	
βροχή	0.649	0.542	0.721	0.000	
απώλειες	0.000	0.738	9.963	0.000	
όγκος	199.000	336.376	389.993	0.000	
κάτω όριο ύδρ.	0.000	0.000	209.504	0.000	
κάτω όριο αρδ.	0.000	0.000	160.796	0.000	
υπερχείλιση	26.685	0.000	0.000	0.000	
Αποτελέσματα (μέγιστη απόληψη, απόληψη, τοπική απόληψη) εκ. μ3 :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη-Αθ.	Ασωπός	Υλίκη-Ασωπ.
μέγιστη απόληψη	25.920	5.395	19.440	0.000	0.000
απόληψη	25.920	54.221	0.000	0.000	0.000

τοπική απόληψη 0.000 0.000 1.292 0.000 0.000

----- ΕΤΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ : 2ο ΜΗΝΑΣ : 8ος

Αποτελέσματα σε εκ. μ3 :	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη	Ασωπός	
καθαρή εισροή	27.507	16.544	27.959	0.000	
εισροή	28.039	18.532	41.528	0.000	
εξάτμιση	0.805	1.705	2.722	0.000	
βροχή	0.273	0.448	0.293	0.000	
απώλειες	0.000	0.730	11.140	0.000	
όγκος	199.000	319.224	412.018	0.000	
κάτω όριο ύδρ.	0.000	0.000	213.667	0.000	
κάτω όριο αρδ.	0.000	0.000	168.542	0.000	
υπερχείλιση	1.587	0.000	0.000	0.000	
Αποτελέσματα (μέγιστη απόληψη, απόληψη, τοπική απόληψη) εκ. μ3 :	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη-Αθ.	Ασωπός	Υλίκη-Ασωπ.
μέγιστη απόληψη	25.920	0.000	19.440	0.000	0.000
απόληψη	25.920	59.616	2.351	0.000	0.000
τοπική απόληψη	0.000	0.000	3.583	0.000	0.000

----- ΕΤΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ : 2ο ΜΗΝΑΣ : 9ος

Αποτελέσματα σε εκ. μ3 :	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη	Ασωπός	
καθαρή εισροή	9.191	1.011	1.634	0.000	
εισροή	10.151	4.158	10.950	0.000	
εξάτμιση	1.060	2.785	4.330	0.000	
βροχή	0.100	0.340	0.178	0.000	
απώλειες	0.000	0.702	5.165	0.000	
όγκος	182.271	298.861	385.420	0.000	
κάτω όριο ύδρ.	0.000	0.000	203.683	0.000	
κάτω όριο αρδ.	0.000	0.000	167.350	0.000	
υπερχείλιση	0.000	0.000	0.000	0.000	
Αποτελέσματα (μέγιστη απόληψη, απόληψη, τοπική απόληψη) εκ. μ3 :	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη-Αθ.	Ασωπός	Υλίκη-Ασωπ.
μέγιστη απόληψη	25.920	13.461	19.440	0.000	0.000
απόληψη	25.920	47.293	19.440	0.000	0.000
τοπική απόληψη	0.000	0.000	8.792	0.000	0.000

----- ΕΤΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ : 2ο ΜΗΝΑΣ : 10ος

Αποτελέσματα σε εκ. μ3 :	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη	Ασωπός	
καθαρή εισροή	3.730	-2.049	-9.137	0.000	
εισροή	4.743	1.200	1.799	0.000	
εξάτμιση	1.023	2.638	4.161	0.000	
βροχή	0.010	0.057	0.068	0.000	
απώλειες	0.000	0.668	6.842	0.000	
όγκος	160.081	270.077	336.926	0.000	
κάτω όριο ύδρ.	0.000	0.000	174.233	0.000	
κάτω όριο αρδ.	0.000	0.000	157.817	0.000	
υπερχείλιση	0.000	0.000	0.000	0.000	
Αποτελέσματα (μέγιστη απόληψη, απόληψη, τοπική απόληψη) εκ. μ3 :	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη-Αθ.	Ασωπός	Υλίκη-Ασωπ.
μέγιστη απόληψη	25.920	36.883	19.440	0.000	0.000
απόληψη	25.920	52.656	19.440	0.000	0.000

τοπική απόληψη 0.000 0.000 19.917 0.000 0.000

----- ΕΤΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ : 2ο ΜΗΝΑΣ : 11ος

Αποτελέσματα σε εκ. μ3 :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη	Ασωπός	
καθαρή εισορή	2.721	9.978	-6.173	0.000	
εισορή	3.701	12.799	2.871	0.000	
εξάτμιση	1.033	2.327	3.592	0.000	
βροχή	0.053	0.125	0.079	0.000	
απώλειες	0.000	0.618	5.532	0.000	
όγκος	136.882	255.703	294.896	0.000	
κάτω όριο ύδρ.	0.000	0.000	135.517	0.000	
κάτω όριο αρδ.	0.000	0.000	135.517	0.000	
υπερχείλιση	0.000	0.000	0.000	0.000	
Αποτελέσματα (μέγιστη απόληψη, απόληψη, τοπική απόληψη) εκ. μ3 :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη-Αθ.	Ασωπός	Υλίκη-Ασωπ.
μέγιστη απόληψη	25.920	53.641	19.440	0.000	0.000
απόληψη	25.920	50.273	19.440	0.000	0.000
τοπική απόληψη	0.000	0.000	16.417	0.000	0.000

----- ΕΤΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ : 2ο ΜΗΝΑΣ : 12ος

Αποτελέσματα σε εκ. μ3 :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη	Ασωπός	
καθαρή εισορή	0.786	6.225	2.313	0.000	
εισορή	1.350	8.376	7.701	0.000	
εξάτμιση	0.564	1.606	2.262	0.000	
βροχή	0.000	0.049	0.130	0.000	
απώλειες	0.000	0.594	3.256	0.000	
όγκος	111.748	241.746	277.769	0.000	
κάτω όριο ύδρ.	0.000	0.000	104.388	0.000	
κάτω όριο αρδ.	0.000	0.000	104.388	0.000	
υπερχείλιση	0.000	0.000	0.000	0.000	
Αποτελέσματα (μέγιστη απόληψη, απόληψη, τοπική απόληψη) εκ. μ3 :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη-Αθ.	Ασωπός	Υλίκη-Ασωπ.
μέγιστη απόληψη	25.920	59.616	19.440	0.000	0.000
απόληψη	25.920	46.102	19.440	0.000	0.000
τοπική απόληψη	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

----- ΕΤΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ : 2ο ΕΤΗΣΙΕΣ ΤΙΜΕΣ

	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη-Αθ.	Ασωπός	Υλίκη-Ασ.
απολ.	311.040	579.258	135.742	0.000	0.000
τοπ.α	0.000	0.000	50.000	0.000	0.000
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη	Ασωπός	
εισορ.	398.944	361.225	460.700	0.000	
εξατμ	6.728	16.459	23.862	0.000	
βροχ.	4.849	8.531	7.742	0.000	
απώλ.	0.000	7.780	111.791	0.000	
υπερχ	82.942	0.000	0.000	0.000	

----- ΕΤΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ : 3ο ΜΗΝΑΣ : 1ος

Αποτελέσματα σε εκ. μ3 :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη	Ασωπός	
καθαρή εισορή	11.740	27.477	7.030	0.000	
εισορή	11.404	27.535	27.902	0.000	
εξάτμιση	0.257	0.775	1.245	0.000	



	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη-Αθ.	Ασωπός	Υλίκη-Ασωπ.
βροχή	0.593	1.285	1.282	0.000	
απώλειες	0.000	0.568	20.909	0.000	
όγκος	97.569	252.020	265.360	0.000	
κάτω όριο ύδρ.	0.000	0.000	70.358	0.000	
κάτω όριο αρδ.	0.000	0.000	69.067	0.000	
υπερχείλιση	0.000	0.000	0.000	0.000	
Αποτελέσματα (μέγιστη απόληψη, απόληψη, τοπική απόληψη) εκ. μ3 :					
μέγιστη απόληψη	25.920	59.616	19.440	0.000	0.000
απόληψη	25.920	43.123	19.440	0.000	0.000
τοπική απόληψη	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

----- ΕΤΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ : 3ο ΜΗΝΑΣ : 2ος

Αποτελέσματα σε εκ. μ3 :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη	Ασωπός	Υλίκη-Ασωπ.
καθαρή εισροή	96.505	83.213	33.092	0.000	
εισροή	95.517	81.955	38.016	0.000	
εξάτμιση	0.139	0.460	0.762	0.000	
βροχή	1.126	2.306	1.129	0.000	
απώλειες	0.000	0.587	5.291	0.000	
όγκος	168.153	305.741	298.451	0.000	
κάτω όριο ύδρ.	0.000	0.000	54.600	0.000	
κάτω όριο αρδ.	0.000	0.000	49.725	0.000	
υπερχείλιση	0.000	0.000	0.000	0.000	
Αποτελέσματα (μέγιστη απόληψη, απόληψη, τοπική απόληψη) εκ. μ3 :					
μέγιστη απόληψη	25.920	4.204	19.440	0.000	0.000
απόληψη	25.920	55.413	0.000	0.000	0.000
τοπική απόληψη	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

----- ΕΤΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ : 3ο ΜΗΝΑΣ : 3ος

Αποτελέσματα σε εκ. μ3 :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη	Ασωπός	Υλίκη-Ασωπ.
καθαρή εισροή	96.718	16.042	29.092	0.000	
εισροή	96.129	15.476	42.325	0.000	
εξάτμιση	0.104	0.311	0.464	0.000	
βροχή	0.693	1.556	1.623	0.000	
απώλειες	0.000	0.679	14.392	0.000	
όγκος	199.000	300.000	319.833	0.000	
κάτω όριο ύδρ.	0.000	0.000	53.008	0.000	
κάτω όριο αρδ.	0.000	0.000	39.342	0.000	
υπερχείλιση	39.952	0.000	0.000	0.000	
Αποτελέσματα (μέγιστη απόληψη, απόληψη, τοπική απόληψη) εκ. μ3 :					
μέγιστη απόληψη	25.920	11.913	19.440	0.000	0.000
απόληψη	25.920	47.703	7.709	0.000	0.000
τοπική απόληψη	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

----- ΕΤΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ : 3ο ΜΗΝΑΣ : 4ος

Αποτελέσματα σε εκ. μ3 :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη	Ασωπός	Υλίκη-Ασωπ.
καθαρή εισροή	36.000	38.036	38.495	0.000	
εισροή	35.374	37.898	52.829	0.000	
εξάτμιση	0.093	0.339	0.599	0.000	

βροχή	0.719	1.148	0.736	0.000	
απώλειες	0.000	0.670	14.471	0.000	
όγκος	199.000	312.715	358.329	0.000	
κάτω όριο ύδρ.	0.000	0.000	88.904	0.000	
κάτω όριο αρδ.	0.000	0.000	55.321	0.000	
υπερχείλιση	10.080	0.000	0.000	0.000	
Αποτελέσματα (μέγιστη απόληψη, απόληψη, τοπική απόληψη) εκ. μ3 :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη-Αθ.	Ασωπός	Υλίκη-Ασωπ.
μέγιστη απόληψη	25.920	8.374	19.440	0.000	0.000
απόληψη	25.920	51.242	0.000	0.000	0.000
τοπική απόληψη	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

----- ΕΤΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ : 3ο ΜΗΝΑΣ : 5ος

Αποτελέσματα σε εκ. μ3 :

	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη	Ασωπός	
καθαρή εισροή	33.425	2.208	39.960	0.000	
εισροή	33.344	2.293	50.310	0.000	
εξάτμιση	0.200	0.608	0.983	0.000	
βροχή	0.280	1.213	0.211	0.000	
απώλειες	0.000	0.691	9.578	0.000	
όγκος	199.000	300.000	392.061	0.000	
κάτω όριο ύδρ.	0.000	0.000	139.217	0.000	
κάτω όριο αρδ.	0.000	0.000	89.217	0.000	
υπερχείλιση	7.505	0.000	0.000	0.000	
Αποτελέσματα (μέγιστη απόληψη, απόληψη, τοπική απόληψη) εκ. μ3 :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη-Αθ.	Ασωπός	Υλίκη-Ασωπ.
μέγιστη απόληψη	25.920	18.773	19.440	0.000	0.000
απόληψη	25.920	40.843	6.228	0.000	0.000
τοπική απόληψη	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

----- ΕΤΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ : 3ο ΜΗΝΑΣ : 6ος

Αποτελέσματα σε εκ. μ3 :

	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη	Ασωπός	
καθαρή εισροή	39.376	27.637	20.064	0.000	
εισροή	39.430	28.820	37.719	0.000	
εξάτμιση	0.389	1.086	1.387	0.000	
βροχή	0.334	0.573	0.666	0.000	
απώλειες	0.000	0.670	16.933	0.000	
όγκος	199.000	300.528	412.125	0.000	
κάτω όριο ύδρ.	0.000	0.000	181.921	0.000	
κάτω όριο αρδ.	0.000	0.000	131.921	0.000	
υπερχείλιση	13.456	0.000	0.000	0.000	
Αποτελέσματα (μέγιστη απόληψη, απόληψη, τοπική απόληψη) εκ. μ3 :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη-Αθ.	Ασωπός	Υλίκη-Ασωπ.
μέγιστη απόληψη	25.920	6.587	19.440	0.000	0.000
απόληψη	25.920	53.029	0.000	0.000	0.000
τοπική απόληψη	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

----- ΕΤΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ : 3ο ΜΗΝΑΣ : 7ος

Αποτελέσματα σε εκ. μ3 :

	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη	Ασωπός	
καθαρή εισροή	32.542	24.812	4.790	0.000	
εισροή	32.788	26.716	16.736	0.000	
εξάτμιση	0.628	1.800	2.680	0.000	

βροχή	0.382	0.567	0.802	0.000	
απώλειες	0.000	0.670	10.068	0.000	
όγκος	199.000	300.000	412.663	0.000	
κάτω όριο ύδρ.	0.000	0.000	209.504	0.000	
κάτω όριο αρδ.	0.000	0.000	160.796	0.000	
υπερχείλιση	6.622	0.000	0.000	0.000	
Αποτελέσματα (μέγιστη απόληψη, απόληψη, τοπική απόληψη) εκ. μ3 :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη-Αθ.	Ασωπός	Υλίκη-Ασωπ.
μέγιστη απόληψη	25.920	8.356	19.440	0.000	0.000
απόληψη	25.920	51.260	2.961	0.000	0.000
τοπική απόληψη	0.000	0.000	1.292	0.000	0.000

----- ΕΤΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ : 3ο ΜΗΝΑΣ : 8ος

Αποτελέσματα σε εκ. μ3 :

	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη	Ασωπός	
καθαρή εισροή	27.858	23.234	0.536	0.000	
εισροή	28.471	25.561	17.395	0.000	
εξάτμιση	0.945	2.393	3.996	0.000	
βροχή	0.332	0.736	0.456	0.000	
απώλειες	0.000	0.670	13.319	0.000	
όγκος	199.000	300.000	396.802	0.000	
κάτω όριο ύδρ.	0.000	0.000	213.667	0.000	
κάτω όριο αρδ.	0.000	0.000	168.542	0.000	
υπερχείλιση	1.938	0.000	0.000	0.000	
Αποτελέσματα (μέγιστη απόληψη, απόληψη, τοπική απόληψη) εκ. μ3 :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη-Αθ.	Ασωπός	Υλίκη-Ασωπ.
μέγιστη απόληψη	25.920	10.462	19.440	0.000	0.000
απόληψη	25.920	49.154	12.813	0.000	0.000
τοπική απόληψη	0.000	0.000	3.583	0.000	0.000

----- ΕΤΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ : 3ο ΜΗΝΑΣ : 9ος

Αποτελέσματα σε εκ. μ3 :

	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη	Ασωπός	
καθαρή εισροή	9.761	11.092	-12.877	0.000	
εισροή	10.759	14.446	4.492	0.000	
εξάτμιση	1.183	2.955	4.327	0.000	
βροχή	0.184	0.270	0.158	0.000	
απώλειες	0.000	0.670	13.200	0.000	
όγκος	182.841	289.718	355.694	0.000	
κάτω όριο ύδρ.	0.000	0.000	203.683	0.000	
κάτω όριο αρδ.	0.000	0.000	167.350	0.000	
υπερχείλιση	0.000	0.000	0.000	0.000	
Αποτελέσματα (μέγιστη απόληψη, απόληψη, τοπική απόληψη) εκ. μ3 :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη-Αθ.	Ασωπός	Υλίκη-Ασωπ.
μέγιστη απόληψη	25.920	22.604	19.440	0.000	0.000
απόληψη	25.920	47.293	19.440	0.000	0.000
τοπική απόληψη	0.000	0.000	8.792	0.000	0.000

----- ΕΤΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ : 3ο ΜΗΝΑΣ : 10ος

Αποτελέσματα σε εκ. μ3 :

	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη	Ασωπός	
καθαρή εισροή	6.047	6.105	-15.446	0.000	
εισροή	6.938	9.192	0.435	0.000	
εξάτμιση	1.111	2.848	4.015	0.000	

βροχή	0.219	0.413	0.216	0.000	
απώλειες	0.000	0.652	12.081	0.000	
όγκος	162.967	269.088	300.891	0.000	
κάτω όριο ύδρ.	0.000	0.000	174.233	0.000	
κάτω όριο αρδ.	0.000	0.000	157.817	0.000	
υπερχείλιση	0.000	0.000	0.000	0.000	
Αποτελέσματα (μέγιστη απόληψη, απόληψη, τοπική απόληψη) εκ. μ3 :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη-Αθ.	Ασωπός	Υλίκη-Ασωπ.
μέγιστη απόληψη	25.920	37.872	19.440	0.000	0.000
απόληψη	25.920	52.656	19.440	0.000	0.000
τοπική απόληψη	0.000	0.000	19.917	0.000	0.000

----- ΕΤΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ : 3ο ΜΗΝΑΣ : 11ος

Αποτελέσματα σε εκ. μ3 :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη	Ασωπός	
καθαρή εισροή	2.606	2.803	-7.622	0.000	
εισροή	3.470	5.753	1.263	0.000	
εξάτμιση	0.895	2.575	3.804	0.000	
βροχή	0.031	0.242	0.115	0.000	
απώλειες	0.000	0.617	5.197	0.000	
όγκος	139.654	247.538	257.413	0.000	
κάτω όριο ύδρ.	0.000	0.000	135.517	0.000	
κάτω όριο αρδ.	0.000	0.000	135.517	0.000	
υπερχείλιση	0.000	0.000	0.000	0.000	
Αποτελέσματα (μέγιστη απόληψη, απόληψη, τοπική απόληψη) εκ. μ3 :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη-Αθ.	Ασωπός	Υλίκη-Ασωπ.
μέγιστη απόληψη	25.920	59.616	19.440	0.000	0.000
απόληψη	25.920	50.273	19.440	0.000	0.000
τοπική απόληψη	0.000	0.000	16.417	0.000	0.000

----- ΕΤΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ : 3ο ΜΗΝΑΣ : 12ος

Αποτελέσματα σε εκ. μ3 :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη	Ασωπός	
καθαρή εισροή	3.965	3.863	11.872	0.000	
εισροή	4.280	5.776	15.586	0.000	
εξάτμιση	0.509	1.604	2.464	0.000	
βροχή	0.194	0.270	0.632	0.000	
απώλειες	0.000	0.579	1.882	0.000	
όγκος	117.699	231.219	249.845	0.000	
κάτω όριο ύδρ.	0.000	0.000	104.388	0.000	
κάτω όριο αρδ.	0.000	0.000	104.388	0.000	
υπερχείλιση	0.000	0.000	0.000	0.000	
Αποτελέσματα (μέγιστη απόληψη, απόληψη, τοπική απόληψη) εκ. μ3 :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη-Αθ.	Ασωπός	Υλίκη-Ασωπ.
μέγιστη απόληψη	25.920	59.616	19.440	0.000	0.000
απόληψη	25.920	46.102	19.440	0.000	0.000
τοπική απόληψη	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

-----ΕΤΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ : 3ο ΕΤΗΣΙΕΣ ΤΙΜΕΣ					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη-Αθ.	Ασωπός	Υλίκη-Ασ.
απολ.	311.040	588.089	126.911	0.000	0.000
τοπ.α	0.000	0.000	50.000	0.000	0.000
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη	Ασωπός	
εισρ.	397.905	281.421	305.008	0.000	

εξατμ	6.451	17.756	26.726	0.000
βροχ.	5.089	10.579	8.025	0.000
απώλ.	0.000	7.721	137.320	0.000
υπερχ	79.553	0.000	0.000	0.000

----- ΕΤΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ : 4ο ΜΗΝΑΣ : 1ος

Αποτελέσματα σε εκ. μ3 :		Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη	Ασωπός	
καθαρή εισροή		4.601	1.012	9.636	0.000	
εισροή		4.513	1.914	24.748	0.000	
εξάτμιση		0.225	0.700	1.014	0.000	
βροχή		0.312	0.344	1.364	0.000	
απώλειες		0.000	0.546	15.463	0.000	
όγκος		96.379	215.028	240.040	0.000	
κάτω όριο ύδρ.		0.000	0.000	70.358	0.000	
κάτω όριο αρδ.		0.000	0.000	69.067	0.000	
υπερχείλιση		0.000	0.000	0.000	0.000	
Αποτελέσματα (μέγιστη απόληψη, απόληψη, τοπική απόληψη) εκ. μ3 :		Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη-Αθ.	Ασωπός	Υλίκη-Ασωπ.
μέγιστη απόληψη		25.920	59.616	19.440	0.000	0.000
απόληψη		25.920	43.123	19.440	0.000	0.000
τοπική απόληψη		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

----- ΕΤΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ : 4ο ΜΗΝΑΣ : 2ος

Αποτελέσματα σε εκ. μ3 :		Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη	Ασωπός	
καθαρή εισροή		22.238	22.602	27.757	0.000	
εισροή		21.932	22.740	31.672	0.000	
εξάτμιση		0.151	0.482	0.746	0.000	
βροχή		0.458	0.859	0.736	0.000	
απώλειες		0.000	0.515	3.906	0.000	
όγκος		92.698	227.578	248.357	0.000	
κάτω όριο ύδρ.		0.000	0.000	54.600	0.000	
κάτω όριο αρδ.		0.000	0.000	49.725	0.000	
υπερχείλιση		0.000	0.000	0.000	0.000	
Αποτελέσματα (μέγιστη απόληψη, απόληψη, τοπική απόληψη) εκ. μ3 :		Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη-Αθ.	Ασωπός	Υλίκη-Ασωπ.
μέγιστη απόληψη		25.920	59.616	19.440	0.000	0.000
απόληψη		25.920	35.973	19.440	0.000	0.000
τοπική απόληψη		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

----- ΕΤΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ : 4ο ΜΗΝΑΣ : 3ος

Αποτελέσματα σε εκ. μ3 :		Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη	Ασωπός	
καθαρή εισροή		51.079	52.246	36.967	0.000	
εισροή		50.310	52.585	40.202	0.000	
εξάτμιση		0.101	0.326	0.608	0.000	
βροχή		0.869	0.526	1.093	0.000	
απώλειες		0.000	0.539	3.720	0.000	
όγκος		117.856	269.771	265.884	0.000	
κάτω όριο ύδρ.		0.000	0.000	53.008	0.000	
κάτω όριο αρδ.		0.000	0.000	39.342	0.000	
υπερχείλιση		0.000	0.000	0.000	0.000	
Αποτελέσματα (μέγιστη απόληψη, απόληψη, τοπική απόληψη) εκ. μ3 :		Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη-Αθ.	Ασωπός	Υλίκη-Ασωπ.

μέγιστη απώληση	25.920	53.872	19.440	0.000	0.000
απώληση	25.920	35.973	19.440	0.000	0.000
τοπική απώληση	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

----- ΕΤΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ : 4ο ΜΗΝΑΣ : 4ος

Αποτελέσματα σε εκ. μ3 :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη	Ασωπός	
καθαρή εισροή	44.912	63.291	57.584	0.000	
εισροή	44.413	62.352	72.395	0.000	
εξάτμιση	0.159	0.401	0.562	0.000	
βροχή	0.658	1.958	0.701	0.000	
απώλειες	0.000	0.618	14.950	0.000	
όγκος	136.848	307.741	323.467	0.000	
κάτω όριο ύδρ.	0.000	0.000	88.904	0.000	
κάτω όριο αρδ.	0.000	0.000	55.321	0.000	
υπερχείλιση	0.000	0.000	0.000	0.000	
Αποτελέσματα (μέγιστη απώληση, απώληση, τοπική απώληση) εκ. μ3 :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη-Αθ.	Ασωπός	Υλίκη-Ασωπ.
μέγιστη απώληση	25.920	8.374	19.440	0.000	0.000
απώληση	25.920	51.242	0.000	0.000	0.000
τοπική απώληση	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

----- ΕΤΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ : 4ο ΜΗΝΑΣ : 5ος

Αποτελέσματα σε εκ. μ3 :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη	Ασωπός	
καθαρή εισροή	31.686	22.343	34.627	0.000	
εισροή	31.783	23.234	49.963	0.000	
εξάτμιση	0.234	0.620	1.231	0.000	
βροχή	0.137	0.411	1.627	0.000	
απώλειες	0.000	0.682	15.732	0.000	
όγκος	142.614	308.933	358.094	0.000	
κάτω όριο ύδρ.	0.000	0.000	139.217	0.000	
κάτω όριο αρδ.	0.000	0.000	89.217	0.000	
υπερχείλιση	0.000	0.000	0.000	0.000	
Αποτελέσματα (μέγιστη απώληση, απώληση, τοπική απώληση) εκ. μ3 :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη-Αθ.	Ασωπός	Υλίκη-Ασωπ.
μέγιστη απώληση	25.920	12.545	19.440	0.000	0.000
απώληση	25.920	47.071	0.000	0.000	0.000
τοπική απώληση	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

----- ΕΤΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ : 4ο ΜΗΝΑΣ : 6ος

Αποτελέσματα σε εκ. μ3 :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη	Ασωπός	
καθαρή εισροή	40.167	29.648	58.769	0.000	
εισροή	40.134	30.457	76.589	0.000	
εξάτμιση	0.404	1.055	1.249	0.000	
βροχή	0.437	0.930	1.923	0.000	
απώλειες	0.000	0.684	18.494	0.000	
όγκος	156.861	311.472	416.863	0.000	
κάτω όριο ύδρ.	0.000	0.000	181.921	0.000	
κάτω όριο αρδ.	0.000	0.000	131.921	0.000	
υπερχείλιση	0.000	0.000	0.000	0.000	
Αποτελέσματα (μέγιστη απώληση, απώληση, τοπική απώληση) εκ. μ3 :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη-Αθ.	Ασωπός	Υλίκη-Ασωπ.

μέγιστη απόληψη	25.920	6.587	19.440	0.000	0.000
απόληψη	25.920	53.029	0.000	0.000	0.000
τοπική απόληψη	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

----- ΕΤΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ : 4ο ΜΗΝΑΣ : 7ος

Αποτελέσματα σε εκ. μ <sup>3</sup> :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη	Ασωπός	
καθαρή εισροή	19.302	18.196	31.565	0.000	
εισροή	19.649	20.022	39.611	0.000	
εξάτμιση	0.521	1.524	2.250	0.000	
βροχή	0.173	0.386	0.157	0.000	
απώλειες	0.000	0.689	5.954	0.000	
όγκος	150.243	301.367	447.136	0.000	
κάτω όριο ύδρ.	0.000	0.000	209.504	0.000	
κάτω όριο αρδ.	0.000	0.000	160.796	0.000	
υπερχείλιση	0.000	0.000	0.000	0.000	
Αποτελέσματα (μέγιστη απόληψη, απόληψη, τοπική απόληψη) εκ. μ <sup>3</sup> :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη-Αθ.	Ασωπός	Υλίκη-Ασωπ.
μέγιστη απόληψη	25.920	5.395	19.440	0.000	0.000
απόληψη	25.920	54.221	0.000	0.000	0.000
τοπική απόληψη	0.000	0.000	1.292	0.000	0.000

----- ΕΤΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ : 4ο ΜΗΝΑΣ : 8ος

Αποτελέσματα σε εκ. μ <sup>3</sup> :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη	Ασωπός	
καθαρή εισροή	7.166	5.276	-3.687	0.000	
εισροή	7.657	7.591	10.332	0.000	
εξάτμιση	0.608	1.900	3.242	0.000	
βροχή	0.116	0.256	0.075	0.000	
απώλειες	0.000	0.672	10.851	0.000	
όγκος	131.488	290.036	420.425	0.000	
κάτω όριο ύδρ.	0.000	0.000	213.667	0.000	
κάτω όριο αρδ.	0.000	0.000	168.542	0.000	
υπερχείλιση	0.000	0.000	0.000	0.000	
Αποτελέσματα (μέγιστη απόληψη, απόληψη, τοπική απόληψη) εκ. μ <sup>3</sup> :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη-Αθ.	Ασωπός	Υλίκη-Ασωπ.
μέγιστη απόληψη	25.920	27.053	19.440	0.000	0.000
απόληψη	25.920	42.527	19.440	0.000	0.000
τοπική απόληψη	0.000	0.000	3.583	0.000	0.000

----- ΕΤΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ : 4ο ΜΗΝΑΣ : 9ος

Αποτελέσματα σε εκ. μ <sup>3</sup> :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη	Ασωπός	
καθαρή εισροή	2.000	10.724	-13.078	0.000	
εισροή	2.641	13.735	2.346	0.000	
εξάτμιση	0.723	2.381	4.007	0.000	
βροχή	0.083	0.023	0.197	0.000	
απώλειες	0.000	0.653	11.614	0.000	
όγκος	107.569	279.387	379.116	0.000	
κάτω όριο ύδρ.	0.000	0.000	203.683	0.000	
κάτω όριο αρδ.	0.000	0.000	167.350	0.000	
υπερχείλιση	0.000	0.000	0.000	0.000	
Αποτελέσματα (μέγιστη απόληψη, απόληψη, τοπική απόληψη) εκ. μ <sup>3</sup> :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη-Αθ.	Ασωπός	Υλίκη-Ασωπ.

μέγιστη απόληψη	25.920	32.935	19.440	0.000	0.000
απόληψη	25.920	47.293	19.440	0.000	0.000
τοπική απόληψη	0.000	0.000	8.792	0.000	0.000

----- ΕΤΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ : 4ο ΜΗΝΑΣ : 10ος

Αποτελέσματα σε εκ. μ3 :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη	Ασωπός	
καθαρή εισροή	1.380	0.630	-21.630	0.000	
εισροή	2.081	3.257	0.194	0.000	
εξάτμιση	0.754	2.206	3.629	0.000	
βροχή	0.054	0.214	0.063	0.000	
απώλειες	0.000	0.634	18.259	0.000	
όγκος	83.029	253.282	318.129	0.000	
κάτω όριο ύδρ.	0.000	0.000	174.233	0.000	
κάτω όριο αρδ.	0.000	0.000	157.817	0.000	
υπερχείλιση	0.000	0.000	0.000	0.000	
Αποτελέσματα (μέγιστη απόληψη, απόληψη, τοπική απόληψη) εκ. μ3 :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη-Αθ.	Ασωπός	Υλίκη-Ασωπ.
μέγιστη απόληψη	25.920	53.679	19.440	0.000	0.000
απόληψη	25.920	52.656	19.440	0.000	0.000
τοπική απόληψη	0.000	0.000	19.917	0.000	0.000

----- ΕΤΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ : 4ο ΜΗΝΑΣ : 11ος

Αποτελέσματα σε εκ. μ3 :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη	Ασωπός	
καθαρή εισροή	1.836	-0.441	-12.065	0.000	
εισροή	2.457	2.273	1.110	0.000	
εξάτμιση	0.678	2.236	3.730	0.000	
βροχή	0.057	0.112	0.337	0.000	
απώλειες	0.000	0.590	9.781	0.000	
όγκος	58.945	228.488	270.208	0.000	
κάτω όριο ύδρ.	0.000	0.000	135.517	0.000	
κάτω όριο αρδ.	0.000	0.000	135.517	0.000	
υπερχείλιση	0.000	0.000	0.000	0.000	
Αποτελέσματα (μέγιστη απόληψη, απόληψη, τοπική απόληψη) εκ. μ3 :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη-Αθ.	Ασωπός	Υλίκη-Ασωπ.
μέγιστη απόληψη	25.920	59.616	19.440	0.000	0.000
απόληψη	25.920	50.273	19.440	0.000	0.000
τοπική απόληψη	0.000	0.000	16.417	0.000	0.000

----- ΕΤΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ : 4ο ΜΗΝΑΣ : 12ος

Αποτελέσματα σε εκ. μ3 :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη	Ασωπός	
καθαρή εισροή	1.755	0.194	-0.305	0.000	
εισροή	2.070	1.906	7.759	0.000	
εξάτμιση	0.343	1.299	2.158	0.000	
βροχή	0.028	0.128	0.216	0.000	
απώλειες	0.000	0.541	6.121	0.000	
όγκος	34.780	208.501	250.463	0.000	
κάτω όριο ύδρ.	0.000	0.000	104.388	0.000	
κάτω όριο αρδ.	0.000	0.000	104.388	0.000	
υπερχείλιση	0.000	0.000	0.000	0.000	
Αποτελέσματα (μέγιστη απόληψη, απόληψη, τοπική απόληψη) εκ. μ3 :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη-Αθ.	Ασωπός	Υλίκη-Ασωπ.



μέγιστη απόληψη	25.920	59.616	19.440	0.000	0.000
απόληψη	25.920	46.102	19.440	0.000	0.000
τοπική απόληψη	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

-----ΕΤΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ : 4ο ΕΤΗΣΙΕΣ ΤΙΜΕΣ

	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη-Αθ.	Ασωπός	Υλίκη-Ασ.
απολ.	311.040	559.480	155.520	0.000	0.000
τοπ.α	0.000	0.000	50.000	0.000	0.000
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη	Ασωπός	
εισορ.	229.640	242.067	356.921	0.000	
εξατμ	4.901	15.130	24.426	0.000	
βροχ.	3.381	6.148	8.488	0.000	
απώλ.	0.000	7.363	134.845	0.000	
υπερχ	0.000	0.000	0.000	0.000	

----- ΕΤΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ : 5ο ΜΗΝΑΣ : 1ος

Αποτελέσματα σε εκ. μ3 :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη	Ασωπός	
καθαρή εισροή	26.800	43.234	26.725	0.000	
εισορή	26.435	43.224	34.181	0.000	
εξατμηση	0.146	0.697	0.991	0.000	
βροχή	0.511	1.210	1.669	0.000	
απώλειες	0.000	0.502	8.135	0.000	
όγκος	35.660	234.532	257.748	0.000	
κάτω όριο ύδρ.	0.000	0.000	70.358	0.000	
κάτω όριο αρδ.	0.000	0.000	69.067	0.000	
υπερχείλιση	0.000	0.000	0.000	0.000	
Αποτελέσματα (μέγιστη απόληψη, απόληψη, τοπική απόληψη) εκ. μ3 :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη-Αθ.	Ασωπός	Υλίκη-Ασωπ.
μέγιστη απόληψη	25.920	59.616	19.440	0.000	0.000
απόληψη	25.920	43.123	19.440	0.000	0.000
τοπική απόληψη	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

----- ΕΤΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ : 5ο ΜΗΝΑΣ : 2ος

Αποτελέσματα σε εκ. μ3 :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη	Ασωπός	
καθαρή εισροή	33.514	35.585	26.691	0.000	
εισορή	33.301	35.531	33.506	0.000	
εξατμηση	0.062	0.393	0.515	0.000	
βροχή	0.275	1.000	0.319	0.000	
απώλειες	0.000	0.553	6.620	0.000	
όγκος	43.253	260.065	264.998	0.000	
κάτω όριο ύδρ.	0.000	0.000	54.600	0.000	
κάτω όριο αρδ.	0.000	0.000	49.725	0.000	
υπερχείλιση	0.000	0.000	0.000	0.000	
Αποτελέσματα (μέγιστη απόληψη, απόληψη, τοπική απόληψη) εκ. μ3 :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη-Αθ.	Ασωπός	Υλίκη-Ασωπ.
μέγιστη απόληψη	25.920	59.616	19.440	0.000	0.000
απόληψη	25.920	35.973	19.440	0.000	0.000
τοπική απόληψη	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

----- ΕΤΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ : 5ο ΜΗΝΑΣ : 3ος

Αποτελέσματα σε εκ. μ3 :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη	Ασωπός	

καθαρή εισροή	72.355	45.095	42.063	0.000	
εισροή	72.088	44.987	54.412	0.000	
εξάτμιση	0.044	0.326	0.431	0.000	
βροχή	0.311	1.036	0.684	0.000	
απώλειες	0.000	0.601	12.602	0.000	
όγκος	89.688	295.108	287.621	0.000	
κάτω όριο ύδρ.	0.000	0.000	53.008	0.000	
κάτω όριο αρδ.	0.000	0.000	39.342	0.000	
υπερχείλιση	0.000	0.000	0.000	0.000	
Αποτελέσματα (μέγιστη απόληψη, απόληψη, τοπική απόληψη) εκ. μ3 :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη-Αθ.	Ασωπός	Υλίκη-Ασωπ.
μέγιστη απόληψη	25.920	28.536	19.440	0.000	0.000
απόληψη	25.920	35.973	19.440	0.000	0.000
τοπική απόληψη	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

----- ΕΤΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ : 5ο ΜΗΝΑΣ : 4ος

Αποτελέσματα σε εκ. μ3 :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη	Ασωπός	
καθαρή εισροή	5.093	40.951	47.226	0.000	
εισροή	4.830	40.895	56.374	0.000	
εξάτμιση	0.080	0.296	0.416	0.000	
βροχή	0.342	1.013	0.924	0.000	
απώλειες	0.000	0.661	9.656	0.000	
όγκος	68.861	310.737	334.847	0.000	
κάτω όριο ύδρ.	0.000	0.000	88.904	0.000	
κάτω όριο αρδ.	0.000	0.000	55.321	0.000	
υπερχείλιση	0.000	0.000	0.000	0.000	
Αποτελέσματα (μέγιστη απόληψη, απόληψη, τοπική απόληψη) εκ. μ3 :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη-Αθ.	Ασωπός	Υλίκη-Ασωπ.
μέγιστη απόληψη	25.920	8.374	19.440	0.000	0.000
απόληψη	25.920	51.242	0.000	0.000	0.000
τοπική απόληψη	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

----- ΕΤΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ : 5ο ΜΗΝΑΣ : 5ος

Αποτελέσματα σε εκ. μ3 :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη	Ασωπός	
καθαρή εισροή	19.990	43.039	30.262	0.000	
εισροή	19.722	42.612	41.639	0.000	
εξάτμιση	0.110	0.328	0.382	0.000	
βροχή	0.378	1.443	0.492	0.000	
απώλειες	0.000	0.687	11.488	0.000	
όγκος	62.931	332.626	365.109	0.000	
κάτω όριο ύδρ.	0.000	0.000	139.217	0.000	
κάτω όριο αρδ.	0.000	0.000	89.217	0.000	
υπερχείλιση	0.000	0.000	0.000	0.000	
Αποτελέσματα (μέγιστη απόληψη, απόληψη, τοπική απόληψη) εκ. μ3 :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη-Αθ.	Ασωπός	Υλίκη-Ασωπ.
μέγιστη απόληψη	25.920	12.545	19.440	0.000	0.000
απόληψη	25.920	47.071	0.000	0.000	0.000
τοπική απόληψη	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

----- ΕΤΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ : 5ο ΜΗΝΑΣ : 6ος

Αποτελέσματα σε εκ. μ3 :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη	Ασωπός	

καθαρή εισροή	49.260	25.404	65.609	0.000	
εισροή	49.210	26.450	73.065	0.000	
εξάτμιση	0.222	1.228	1.687	0.000	
βροχή	0.272	0.905	1.286	0.000	
απώλειες	0.000	0.724	7.054	0.000	
όγκος	86.271	330.920	430.718	0.000	
κάτω όριο ύδρ.	0.000	0.000	181.921	0.000	
κάτω όριο αρδ.	0.000	0.000	131.921	0.000	
υπερχείλιση	0.000	0.000	0.000	0.000	
Αποτελέσματα (μέγιστη απόληψη, απόληψη, τοπική απόληψη) εκ. μ3 :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη-Αθ.	Ασωπός	Υλίκη-Ασωπ.
μέγιστη απόληψη	25.920	6.587	19.440	0.000	0.000
απόληψη	25.920	53.029	0.000	0.000	0.000
τοπική απόληψη	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

----- ΕΤΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ : 5ο ΜΗΝΑΣ : 7ος

Αποτελέσματα σε εκ. μ3 :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη	Ασωπός	
καθαρή εισροή	12.657	14.752	16.342	0.000	
εισροή	12.990	16.605	27.857	0.000	
εξάτμιση	0.367	1.500	2.555	0.000	
βροχή	0.034	0.369	2.035	0.000	
απώλειες	0.000	0.721	10.996	0.000	
όγκος	73.008	317.372	445.769	0.000	
κάτω όριο ύδρ.	0.000	0.000	209.504	0.000	
κάτω όριο αρδ.	0.000	0.000	160.796	0.000	
υπερχείλιση	0.000	0.000	0.000	0.000	
Αποτελέσματα (μέγιστη απόληψη, απόληψη, τοπική απόληψη) εκ. μ3 :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη-Αθ.	Ασωπός	Υλίκη-Ασωπ.
μέγιστη απόληψη	25.920	5.395	19.440	0.000	0.000
απόληψη	25.920	54.221	0.000	0.000	0.000
τοπική απόληψη	0.000	0.000	1.292	0.000	0.000

----- ΕΤΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ : 5ο ΜΗΝΑΣ : 8ος

Αποτελέσματα σε εκ. μ3 :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη	Ασωπός	
καθαρή εισροή	8.315	4.549	-5.457	0.000	
εισροή	8.681	6.995	7.763	0.000	
εξάτμιση	0.497	2.111	3.435	0.000	
βροχή	0.131	0.364	0.727	0.000	
απώλειες	0.000	0.699	10.512	0.000	
όγκος	55.403	300.000	422.602	0.000	
κάτω όριο ύδρ.	0.000	0.000	213.667	0.000	
κάτω όριο αρδ.	0.000	0.000	168.542	0.000	
υπερχείλιση	0.000	0.000	0.000	0.000	
Αποτελέσματα (μέγιστη απόληψη, απόληψη, τοπική απόληψη) εκ. μ3 :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη-Αθ.	Ασωπός	Υλίκη-Ασωπ.
μέγιστη απόληψη	25.920	11.775	19.440	0.000	0.000
απόληψη	25.920	47.841	14.126	0.000	0.000
τοπική απόληψη	0.000	0.000	3.583	0.000	0.000

----- ΕΤΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ : 5ο ΜΗΝΑΣ : 9ος

Αποτελέσματα σε εκ. μ3 :				
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη	Ασωπός

καθαρή εισροή	10.753	9.736	-8.765	0.000	
εισορή	11.208	12.779	0.177	0.000	
εξάτμιση	0.559	2.683	4.397	0.000	
βροχή	0.104	0.309	0.736	0.000	
απώλειες	0.000	0.670	5.281	0.000	
όγκος	40.236	288.362	385.606	0.000	
κάτω όριο ύδρ.	0.000	0.000	203.683	0.000	
κάτω όριο αρδ.	0.000	0.000	167.350	0.000	
υπερχειλίση	0.000	0.000	0.000	0.000	
Αποτελέσματα (μέγιστη απόληψη, απόληψη, τοπική απόληψη) εκ. μ3 :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη-Αθ.	Ασωπός	Υλίκη-Ασωπ.
μέγιστη απόληψη	25.920	23.960	19.440	0.000	0.000
απόληψη	25.920	47.293	19.440	0.000	0.000
τοπική απόληψη	0.000	0.000	8.792	0.000	0.000

----- ΕΤΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ : 5ο ΜΗΝΑΣ : 10ος

Αποτελέσματα σε εκ. μ3 :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη	Ασωπός	
καθαρή εισροή	4.175	-2.900	-7.626	0.000	
εισορή	4.668	0.237	0.221	0.000	
εξάτμιση	0.508	2.679	4.327	0.000	
βροχή	0.015	0.192	0.185	0.000	
απώλειες	0.000	0.650	3.704	0.000	
όγκος	18.491	258.727	338.623	0.000	
κάτω όριο ύδρ.	0.000	0.000	174.233	0.000	
κάτω όριο αρδ.	0.000	0.000	157.817	0.000	
υπερχειλίση	0.000	0.000	0.000	0.000	
Αποτελέσματα (μέγιστη απόληψη, απόληψη, τοπική απόληψη) εκ. μ3 :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη-Αθ.	Ασωπός	Υλίκη-Ασωπ.
μέγιστη απόληψη	25.920	48.234	19.440	0.000	0.000
απόληψη	25.920	52.656	19.440	0.000	0.000
τοπική απόληψη	0.000	0.000	19.917	0.000	0.000

----- ΕΤΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ : 5ο ΜΗΝΑΣ : 11ος

Αποτελέσματα σε εκ. μ3 :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη	Ασωπός	
καθαρή εισροή	3.068	1.933	-10.577	0.000	
εισορή	3.426	4.723	0.219	0.000	
εξάτμιση	0.392	2.337	3.594	0.000	
βροχή	0.034	0.146	0.012	0.000	
απώλειες	0.000	0.599	7.214	0.000	
όγκος	0.000	231.946	292.189	0.000	
κάτω όριο ύδρ.	0.000	0.000	135.517	0.000	
κάτω όριο αρδ.	0.000	0.000	135.517	0.000	
υπερχειλίση	0.000	0.000	0.000	0.000	
Αποτελέσματα (μέγιστη απόληψη, απόληψη, τοπική απόληψη) εκ. μ3 :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη-Αθ.	Ασωπός	Υλίκη-Ασωπ.
μέγιστη απόληψη	21.558	59.616	19.440	0.000	0.000
απόληψη	21.558	50.273	19.440	0.000	0.000
τοπική απόληψη	0.000	0.000	16.417	0.000	0.000

----- ΕΤΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ : 5ο ΜΗΝΑΣ : 12ος

Αποτελέσματα σε εκ. μ3 :				
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη	Ασωπός

καθαρή εισροή	3.076	2.820	-1.782	0.000	
εισροή	3.184	4.415	5.158	0.000	
εξάτμιση	0.128	1.266	1.873	0.000	
βροχή	0.020	0.219	0.134	0.000	
απώλειες	0.000	0.548	5.201	0.000	
όγκος	0.000	191.740	270.967	0.000	
κάτω όριο ύδρ.	0.000	0.000	104.388	0.000	
κάτω όριο αρδ.	0.000	0.000	104.388	0.000	
υπερχειλίση	0.000	0.000	0.000	0.000	
Αποτελέσματα (μέγιστη απόληψη, απόληψη, τοπική απόληψη) εκ. μ3 :					
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη-Αθ.	Ασωπός	Υλίκη-Ασωπ.
μέγιστη απόληψη	3.076	59.616	19.440	0.000	0.000
απόληψη	3.076	46.102	19.440	0.000	0.000
τοπική απόληψη	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

-----ΕΤΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ : 5ο ΕΤΗΣΙΕΣ ΤΙΜΕΣ

	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη-Αθ.	Ασωπός	Υλίκη-Ασ.
απολ.	283.834	564.794	150.206	0.000	0.000
τοπ.α	0.000	0.000	50.000	0.000	0.000
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη	Ασωπός	
εισρ.	249.743	279.454	334.573	0.000	
εξατμ	3.114	15.844	24.602	0.000	
βροχ.	2.426	8.206	9.203	0.000	
απώλ.	0.000	7.617	98.464	0.000	
υπερχ	0.000	0.000	0.000	0.000	

----- ΜΕΣΕΣ ΕΤΗΣΙΕΣ ΤΙΜΕΣ

	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη-Αθ.	Ασωπός	Υλίκη-Ασ.
απολ.	305.599	562.266	152.734	0.000	0.000
τοπ.α	0.000	0.000	50.000	0.000	0.000
	Εύηνος	Μόρνος	Υλίκη	Ασωπός	
εισρ.	329.981	302.421	373.303	0.000	
εξατμ.	5.960	16.432	24.338	0.000	
βροχ.	4.092	8.030	7.652	0.000	
απώλ.	0.000	7.004	107.691	0.000	
υπερχ.	42.514	0.000	0.000	0.000	
τ.ογ..	0.000	191.740	270.967	0.000	
μεγ.απ	25.920	59.616	19.440	0.000	
ελ.ογκ	0.000	18.935	48.361	-99.900	

Αστοχία (%) α1 = 0.0000 α2 = 0.0000 α3 = 0.0000  
 1ο άδειασμα : -Περίοδος : 1η- Ετος -99- Μήνας -99  
 ΤΕΛΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ \* ΟΛΑ ΤΑ ΑΡΧΕΙΑ ΕΚΛΕΙΣΑΝ \*