

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

MINISTRY OF ENVIRONMENT, REGIONAL  
PLANNING & PUBLIC WORKS  
GENERAL SECRETARIAT OF PUBLIC WORKS  
SECRETARIAT OF WATER SUPPLY & SEWAGE  
NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS  
DIVISION OF WATER RESOURCES - HYDRAULIC  
& MARITIME ENGINEERING

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΕΡΓΟ  
ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ  
ΠΟΡΩΝ ΤΗΣ ΣΤΕΡΕΑΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

RESEARCH PROJECT  
EVALUATION AND MANAGEMENT OF THE  
WATER RESOURCES OF STEREA HELLAS

ΤΕΥΧΟΣ 8  
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ  
ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΤΗΣ ΣΧΕΣΗΣ  
ΒΡΟΧΗΣ-ΑΠΟΡΡΟΗΣ

VOLUME 8  
COMPUTER PROGRAMMES FOR  
SIMULATION OF THE  
RAINFALL-RUNOFF RELATIONSHIP

ΣΥΝΤΑΞΗ: Ι. ΝΑΛΜΠΑΝΤΗΣ  
ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΣ ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ: Θ. ΞΑΝΘΟΠΟΥΛΟΣ  
ΚΥΡΙΟΣ ΕΡΕΥΝΗΤΗΣ: Δ. ΚΟΥΤΣΟΓΙΑΝΝΗΣ

BY: I. NALBANTIS  
SCIENTIFIC DIRECTOR: TH. XANTHOPOULOS  
PRINCIPAL INVESTIGATOR: D. KOUTSOYIANNIS

ΑΘΗΝΑ - ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 1992

ATHENS - OCTOBER 1992

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1 Ιστορικό	1
1.2 Αντικείμενο του τεύχους	1
1.3 Διάρθρωση του τεύχους	1
2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ SACRAMENTO	3
2.1 Γενικά	3
2.2 Λειτουργία του μοντέλου	3
2.3 Μεταβλητές του μοντέλου	13
2.4 Ρύθμιση του μοντέλου	19
2.5 Αριθμητικά κριτήρια καλής προσαρμογής	21
2.5.1 Αριθμητικά κριτήρια καλής προσαρμογής σε ημερήσια χρονική κλίμακα	21
2.5.2 Αριθμητικά κριτήρια καλής προσαρμογής σε μηνιαία χρονική κλίμακα	22
2.5.3 Μέσα ετήσια ισοζύγια της λεκάνης απορροής	23
3. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ	25
3.1 Γενικά	25
3.2 Γενική περιγραφή της λειτουργίας του μοντέλου	26
3.3 Μεταβλητές του μοντέλου	30
3.4 Λειτουργία του μοντέλου - Εξισώσεις	33
3.4.1 Συνάρτηση F1	33
3.4.2 Συνάρτηση F2	35
3.4.3 Συνάρτηση F3	35
3.4.4 Υδατικό ισοζύγιο δεξαμενής Δ1	35
3.4.5 Υδατικό ισοζύγιο δεξαμενής Δ2	35
3.4.6 Συνάρτηση F4	36
3.4.7 Υδατικό ισοζύγιο δεξαμενής Δ3	37
3.4.8 Συνάρτηση F5	37
3.4.9 Συνολική υπολογισμένη παροχή	38
3.5 Αριθμητικά κριτήρια καλής προσαρμογής	38
4. ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΥ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗ RNRF	41
4.1 Γενικά	41
4.2 Εκκίνηση του προγράμματος	42

4.3	Μοντέλο SACRAMENTO	42
4.3.1	Αρχείο πληροφοριών.	42
4.3.2	Αρχεία εισόδου	44
4.3.3	Αρχεία εξόδου	45
4.4	Μοντέλο Υδατικού Ισοζυγίου	45
4.4.1	Αρχείο πληροφοριών	45
4.4.2	Αρχεία εισόδου	48
4.4.3	Αρχεία εξόδου	48
5.	ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ SACRAMENTO ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΤΟΥ ΕΥΗΝΟΥ	49
5.1	Εισαγωγή	49
5.2	Δεδομένα βροχόπτωσης	49
5.3	Δεδομένα παροχής	50
5.4	Μετεωρολογικά δεδομένα	50
5.5	Ρύθμιση του μοντέλου SACRAMENTO-Αποτελέσματα	51
5.6	Ρύθμιση του μοντέλου Υδατικού Ισοζυγίου-Αποτελέσματα	52
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ	58
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι - FORMAT ΑΡΧΕΙΩΝ ΜΟΝΤΕΛΟΥ SACRAMENTO	
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ - FORMAT ΑΡΧΕΙΩΝ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ	

# 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

## 1.1 Ιστορικό

Το Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων με την από 9 Μαΐου 1991 απόφασή του με αριθμό Δ6/20595, ανέθεσε σε ερευνητική ομάδα του Τομέα Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων του Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου, το ερευνητικό έργο με τίτλο *Εκτίμηση και διαχείριση των υδατικών πόρων Στερεάς Ελλάδας*. Επιστημονικός υπεύθυνος είναι ο καθηγητής Θεμ. Ξανθόπουλος.

Το ερευνητικό έργο αποτελείται από τρεις φάσεις από τις οποίες η πρώτη αφορά στην οργάνωση της υδρολογικής πληροφορίας των Υδατικών Διαμερισμάτων της Στερεάς Ελλάδας και την ανάπτυξη προγραμμάτων Η/Υ για την επεξεργασία των δεδομένων επιφανειακής υδρολογίας. Η δεύτερη φάση προτείνεται να περιλαμβάνει, πέραν της ολοκλήρωσης και επέκτασης των εργασιών της Α' φάσης, τη συστηματοποίηση των υδρογεωλογικών δεδομένων της Στερεάς Ελλάδας. Τέλος, για την τρίτη φάση του έργου προτείνεται η κατασκευή προγραμμάτων διαχειριστικής προσομοίωσης, η οργάνωση των δεδομένων χρήσης νερού της Στερεάς Ελλάδας και η μελέτη σεναρίων διαχείρισης νερού.

## 1.2 Αντικείμενο του τεύχους

Αντικείμενο του παρόντος τεύχους είναι η παρουσίαση του προγράμματος προσομοίωσης της σχέσης βροχής-απορροής που αναπτύχθηκε στα πλαίσια του παρόντος ερευνητικού έργου. Η παρουσίαση περιλαμβάνει, στο μεγαλύτερο μέρος της, τις θεωρητικές βάσεις των μαθηματικών μοντέλων βροχής-απορροής που επιλέχθηκαν.

Τη διεξοδική θεωρητική παρουσίαση ακολουθούν οδηγίες προς τον χρήστη του προγράμματος Η/Υ που υλοποιεί τα μοντέλα προσομοίωσης. Τέλος δίνονται τα αποτελέσματα της δοκιμαστικής εφαρμογής των μοντέλων βροχής-απορροής στη λεκάνη του ποταμού Ευήνου σε ημερήσια και μηνιαία χρονική βάση. Τα μοντέλα που επιλέχθηκαν είναι το μοντέλο SACRAMENTO για την προσομοίωση της σχέσης βροχής-απορροής σε ημερήσια χρονική βάση, και ένα μοντέλο υδατικού ισοζυγίου, ως ένα βαθμό πρωτότυπο, για την προσομοίωση σε μηνιαία βάση.

Το παρόν τεύχος καλύπτει το παρακάτω συμβατικό αντικείμενο, όπως αυτό περιγράφεται στην απόφαση ανάθεσης του ερευνητικού έργου:

- 2.2.4.δ Προγράμματα προσομοίωσης της σχέσης βροχής-απορροής.

## 1.3 Διάρθρωση του τεύχους

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

Στο κεφάλαιο 2 κάνουμε λεπτομερή περιγραφή της λειτουργίας του μοντέλου SACRAMENTO, δίνονται οι εξισώσεις του και επεξηγούνται οι παράμετροι του καθώς και οι

τρόποι εκτίμησής των. Ακόμη, παρουσιάζουμε αναλυτικά τα αριθμητικά κριτήρια καλής προσαρμογής του μοντέλου στα ιστορικά δεδομένα παροχής.

Στο κεφάλαιο 3 παρουσιάζουμε το θεωρητικό υπόβαθρο του μοντέλου υδατικού ισοζυγίου που αναπτύξαμε και δίνουμε τις μαθηματικές εξισώσεις που περιγράφουν τη λειτουργία του μοντέλου. Επί πλέον, παρουσιάζουμε τα αριθμητικά κριτήρια καλής προσαρμογής του μοντέλου στα ιστορικά δεδομένα.

Το κεφάλαιο 4 περιλαμβάνει τις οδηγίες χρήσης του προγράμματος προσομοίωσης της σχέσης βροχής-απορροής. Σημειώνεται εδώ ότι προτιμήσαμε να περιλάβουμε και τα δύο μοντέλα σε ένα ενιαίο πρόγραμμα H/Y και γι' αυτό σε όλο το τεύχος θα κάνουμε αναφορά στο "πρόγραμμα" και όχι στα προγράμματα όπως αναφέρεται στην περιγραφή του συμβατικού αντικειμένου.

Τέλος στο κεφάλαιο 5 παρουσιάζουμε τα αποτελέσματα της δοκιμαστικής εφαρμογής των μοντέλων SACRAMENTO και υδατικού ισοζυγίου στη λεκάνη του Ευήνου ώστε να ληφθεί μια πλήρης εικόνα από τη λειτουργία του προγράμματος που κατασκευάσαμε.

Στο τεύχος προσαρτήσαμε επίσης και δύο παραρτήματα (I και II), ένα για κάθε μοντέλο, τα οποία περιλαμβάνουν παραδείγματα αρχείων δεδομένων και αποτελεσμάτων του προγράμματος προσομοίωσης της σχέσης βροχής-απορροής.

## 2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ SACRAMENTO

### 2.1 Γενικά

Το Γενικευμένο Μοντέλο Υδρολογικής Προσομοίωσης (*Burnash et al. [1973]*) είναι ένα από τα πιο γνωστά μαθηματικά μοντέλα προσομοίωσης της σχέσης βροχής-απορροής. Το μοντέλο αυτό αναπτύχθηκε από το Κοινό Ομοσπονδιακό-Πολιτειακό Κέντρο Πρόγνωσης Πλημμυρών με έδρα την Καλιφόρνια των Ηνωμένων Πολιτειών και έγινε ευρύτατα γνωστό ως μοντέλο SACRAMENTO για να αποτελέσει στη συνέχεια τη θεωρητική βάση για την ανάπτυξη πολλών άλλων μοντέλων.

Το μοντέλο SACRAMENTO ανήκει στην κατηγορία των εννοιολογικών μοντέλων και προσομοιώνει τις κυριότερες φυσικές διεργασίες του υδρολογικού κύκλου σε λεκάνες απορροής που δε δέχονται εισροές από ανάντη λεκάνες. Όπως όλα τα μοντέλα της κατηγορίας του, το SACRAMENTO έχει ως βάση ένα σύστημα από στοιχειώδεις διεργασίες ή συνιστώσες που αναπαριστούν φυσικές διεργασίες όπως είναι η διήθηση, η μεταβολή της εδαφικής υγρασίας και η εξατμοδιαπνοή. Οι συνιστώσες του μοντέλου παρουσιάζονται στο Σχήμα 2.1. Στο σχήμα αυτό παρατηρούμε ότι το μοντέλο περιλαμβάνει ένα σύστημα διασυνδεδεμένων δεξαμενών δια μέσου των οποίων ρέει το νερό. Η ροή γίνεται σύμφωνα με κατάλληλες εξισώσεις που περιγράφουν τις επιμέρους διεργασίες. Στη μορφή που εφαρμόσαμε το μοντέλο στο παρόν ερευνητικό έργο θεωρήσαμε τη λεκάνη απορροής ως μία ενότητα χωρίς να πάρουμε υπόψη οποιαδήποτε χωρική μεταβολή των υδρολογικών μεταβλητών. Συνεπώς μπορούμε να χαρακτηρίσουμε το μοντέλο ως καθολικό (*lumped*). Ακόμη, οι υδρολογικές μεταβλητές δεν έχουν, κατά τη λειτουργία του μοντέλου, στοχαστικό χαρακτήρα και για τον λόγο αυτό μπορούμε να χαρακτηρίσουμε το μοντέλο ως προσδιοριστικό (*ντετερμινιστικό*).

### 2.2 Λειτουργία του μοντέλου

Θεωρούμε ότι η επιφανειακή βροχόπτωση της λεκάνης πέφτει σε δύο ξεχωριστά τμήματα της λεκάνης:

1. Το **Υδροπερατό** τμήμα που αντιστοιχεί στην εδαφική επιφάνεια της λεκάνης και
2. Το **Αδιαπέρατο** τμήμα που καλύπτεται από λίμνες, υδατορεύματα, έλη ή αδιαπέρατα εδαφικά υλικά. Η αδιαπέρατη αυτή ζώνη παράγει **άμεση επιφανειακή απορροή** (*direct runoff*) ακόμη και για πολύ μικρή ένταση βροχής σε αντίθεση με το υδροπερατό τμήμα που παράγει επιφανειακή απορροή μόνον εφόσον η ένταση της βροχής ξεπερνά τον ρυθμό **διείσδυσης** (*infiltration*) του νερού στο έδαφος.

Στο υδροπερατό τμήμα της λεκάνης θεωρούμε τις ακόλουθες δύο ζώνες του εδάφους

κατά την κατακόρυφη έννοια:

1. Την **Ανώτερη Ζώνη** (Upper Zone) που περιλαμβάνει την εδαφική υγρασία στα ανώτερα στρώματα του εδάφους και
2. Την **Κατώτερη Ζώνη** (Lower Zone) που περιλαμβάνει το υπόγειο νερό από το οποίο τροφοδοτείται η ροή βάσης του υδατορεύματος που εξετάζουμε.

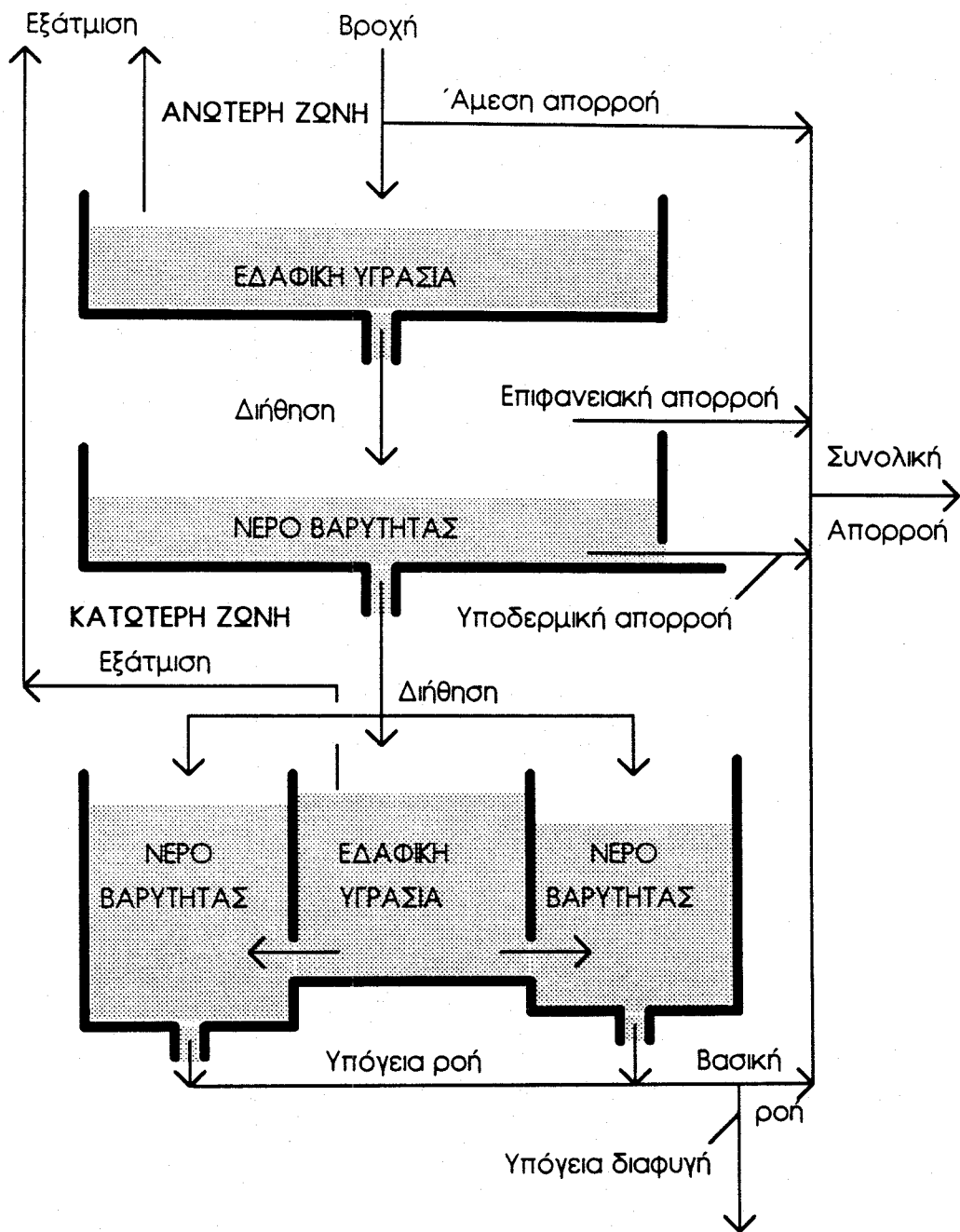
Το νερό των κατακρημνίσεων που φθάνει στην επιφάνεια του εδάφους γεμίζει σε πρώτη προτεραιότητα τη **Δεξαμενή Εδαφικής Υγρασίας της Ανώτερης Ζώνης** (Upper Zone Tension Water). Στο αντίστοιχο φυσικό φαινόμενο τα μόρια του νερού της εδαφικής υγρασίας είναι προσκολλημένα στην επιφάνεια της εδαφικής μήτρας μέσω δυνάμεων ηλεκτροστατικής φύσης. Μία παρατεταμένη βροχόπτωση που συμβαίνει μετά από μεγάλη περίοδο ξηρασίας συμβάλλει πρώτα στην ικανοποίηση των αναγκών της παρεμπόδισης από τη χλωρίδα (interception) και στη συνέχεια αυξάνει την εδαφική υγρασία σε σημείο ώστε να αρχίσει η **διήθηση** (percolation) σε βαθύτερες ζώνες του εδάφους. Ακόμη, είναι δυνατό να εμφανιστεί και οριζόντια στράγγιση. Ο όγκος νερού που απαιτείται για την έναρξη της διήθησης ή και της οριζόντιας στράγγισης αποτελεί και τη μέγιστη αποθηκευτική ικανότητα της ανώτερης ζώνης του εδάφους που αναπαρίσταται από την χωρητικότητα της Δεξαμενής Εδαφικής Υγρασίας της Ανώτερης Ζώνης.

Όταν η Δεξαμενή Εδαφικής Υγρασίας της Ανώτερης Ζώνης γεμίσει, η περίσσεια της εδαφικής υγρασίας αποθηκεύεται προσωρινά στη **Δεξαμενή του Νερού Βαρύτητας της Ανώτερης Ζώνης** (Upper Zone Free Water). Στη φυσική πραγματικότητα ο όρος "νερό βαρύτητας" αναφέρεται στο νερό που δεν είναι προσκολλημένο στο έδαφος αλλά μπορεί να κινηθεί κάτω από την επίδραση δυνάμεων βαρύτητας, είτε κατακόρυφα σε βαθύτερα εδαφικά στρώματα είτε πλευρικά δια μέσου των επιφανειακών εδαφικών στρωμάτων. Στο μοντέλο, η Δεξαμενή του Νερού Βαρύτητας της Ανώτερης Ζώνης τροφοδοτεί με τη διήθηση κατά κύριο λόγο τις κατώτερες εδαφικές ζώνες αλλά και αποστραγγίζεται πλευρικά παράγοντας **υποδερμική απορροή** (interflow). Ο όγκος νερού της υποδερμικής απορροής **INTERFLOW** είναι ανάλογος του αποθέματος της Δεξαμενής Νερού Βαρύτητας της Ανώτερης Ζώνης (μετά από την πραγματοποίηση της διήθησης):

$$INTERFLOW = UZK \times UZFWC \quad (1)$$

όπου **UZFWC** απόθεμα στη Δεξαμενή Νερού Βαρύτητας της Ανώτερης Ζώνης (μονάδες όγκου) και

**UZK** είναι ο συντελεστής εκφόρτισης της Δεξαμενής Νερού Βαρύτητας της Ανώτερης Ζώνης. Εκφράζεται ως ποσοστό του αποθέματος της δεξαμενής (αδιάστατος αριθμός).



Σχήμα 2.1 Σχηματική αναπαράσταση του μοντέλου SACRAMENTO



Η διήθηση από τη Δεξαμενή Νερού Βαρύτητας της Ανώτερης Ζώνης πραγματοποιείται πριν από κάθε άλλη διεργασία που αφορά τη δεξαμενή αυτή. Ο ρυθμός διήθησης εξαρτάται από το απόθεμα νερού στη Δεξαμενή Νερού Βαρύτητας της Ανώτερης Ζώνης και από το έλλειμμα νερού της κατώτερης ζώνης. Όταν ο ρυθμός τροφοδοσίας της Δεξαμενής του Νερού Βαρύτητας της Ανώτερης Ζώνης από τη Δεξαμενή Εδαφικής Υγρασίας της Ανώτερης Ζώνης ξεπεράσει τον ρυθμό της διήθησης, τότε η περίσσεια νερού αποθηκεύεται προσωρινά στη Δεξαμενή του Νερού Βαρύτητας και παράγει υποδερμική ροή σύμφωνα με την σχέση 1. Εφόσον η Δεξαμενή Νερού Βαρύτητας γεμίσει, τότε η περίσσεια νερού εμφανίζεται ως επιφανειακή απορροή (surface runoff).

Η Κατώτερη Ζώνη του εδάφους περιλαμβάνει τρεις δεξαμενές που είναι οι ακόλουθες:

1. Δεξαμενή Εδαφικής Υγρασίας της Κατώτερης Ζώνης (Lower Zone Tension Water) η οποία περιλαμβάνει το τμήμα εκείνο των υπόγειων αποθεμάτων που τροφοδοτεί την εξατμοδιαπνοή (εξάτμιση και διαπνοή φυτών με ριζικό σύστημα σε αρκετά μεγάλο βάθος).
2. Κύρια Δεξαμενή Νερού Βαρύτητας της Κατώτερης Ζώνης (Lower Zone Primary Free Water) και
3. Βοηθητική Δεξαμενή Νερού Βαρύτητας της Κατώτερης Ζώνης (Lower Zone Supplementary Free Water)

Οι δύο τελευταίες δεξαμενές τροφοδοτούν τη βασική ροή (base flow) του υδατορεύματος καθώς και την υπόγεια διαφυγή (subsurface outflow) εκτός λεκάνης απορροής.

Ο μηχανισμός της μεταφοράς νερού από την Ανώτερη στην Κατώτερη ζώνη του εδάφους έχει ως βάση την εκτίμηση της ζήτησης για διήθηση (percolation demand) από την Κατώτερη Ζώνη. Όταν η Κατώτερη Ζώνη είναι κορεσμένη, η διήθηση είναι ίση με το μέγιστο ρυθμό εκφόρτισης των δεξαμενών του Νερού Βαρύτητας της Κατώτερης Ζώνης *PBASE*. Σε αναλυτική μορφή ισχύει η ακόλουθη σχέση

$$PBASE = (LZFSM \times LZSK) + (LZFPM \times LZPK) \quad (2)$$

όπου *LZFPM*, *LZFSM* είναι αντίστοιχα οι χωρητικότητες της Κύριας και της Βοηθητικής Δεξαμενής Νερού Βαρύτητας της Κατώτερης Ζώνης και *LZPK*, *LZSK* είναι αντίστοιχα οι συντελεστές εκφόρτισης της Κύριας και της Βοηθητικής Δεξαμενής Νερού Βαρύτητας της Κατώτερης Ζώνης.

Σε μία ξηρή περίοδο, είναι λογικό να θεωρήσουμε ότι ο ρυθμός διήθησης είναι κατά πολύ μεγαλύτερος από την παραπάνω τιμή *PBASE*. Κάνουμε την παραδοχή ότι η μέγιστη

τιμή της διήθησης υπερβαίνει την τιμή *PBASE* κατά *Z* φορές φθάνοντας την τιμή *PBASE(1+Z)*. Η τιμή αυτή επιτυγχάνεται στην εξαιρετικά ασυνήθιστη περίπτωση που οι δεξαμενές της Ανώτερης Ζώνης είναι γεμάτες ενώ εκείνες της Κατώτερης Ζώνης εντελώς άδειες. Έχοντας λοιπόν καθορίσει ένα άνω και ένα κάτω όριο για τη ζήτηση για διήθηση δεχόμαστε ότι στη γενική περίπτωση η ζήτηση για διήθηση *LZPD* προκύπτει από μη γραμμική παρεμβολή μεταξύ των δύο αυτών ορίων σύμφωνα με τη σχέση

$$LZPD = PBASE \left( 1 + Z f \right) \quad (3)$$

όπου η συνάρτηση *f* δίνεται από τη σχέση

$$f = \left( \frac{\Sigma \text{ Ελλείμματα Κατώτερης Ζώνης}}{\Sigma \text{ Χωρητικότητες Κατώτερης Ζώνης}} \right)^{REXP} \quad (4)$$

και *REXP* είναι μία παράμετρος του μοντέλου που εκφράζει το βαθμό της μη γραμμικότητας.

Σημειώνεται ότι στα αθροίσματα που εμφανίζονται στις πιο πάνω εξισώσεις 3 και 4, συνυπολογίζεται και η Δεξαμενή Εδαφικής Υγρασίας της Κατώτερης Ζώνης εκτός από τις δύο δεξαμενές του Νερού Βαρύτητας.

Η πραγματική τιμή της διήθησης *PERC* εξαρτάται εκτός από την ζήτηση για διήθηση *LZPD* και από το απόθεμα νερού της Δεξαμενής Νερού Βαρύτητας της Ανώτερης Ζώνης. Πιο συγκεκριμένα ισχύει η σχέση:

$$PERC = LZPD \frac{UZFWC}{UZFWM} \quad (5)$$

όπου *UZFWC*, *UZFWM* είναι αντίστοιχα το απόθεμα και η χωρητικότητα της Δεξαμενής Νερού Βαρύτητας της Ανώτερης Ζώνης.

Ο όγκος νερού που διηθείται προς στην Κατώτερη Ζώνη του εδάφους διαχωρίζεται σε 3 μέρη. Το πρώτο μέρος αναπαριστά την εδαφική υγρασία που προσκολλάται στη μήτρα του εδάφους όταν, μετά από ξηρασία, το μέτωπο της υγρασίας φθάνει στο θεωρούμενο βάθος της κατώτερης ζώνης του εδάφους. Στην περίπτωση αυτή, τα μόρια του νερού βρίσκονται κάτω από την επίδραση δυνάμεων μύζησης (*suction forces*) οι οποίες τείνουν να συγκρατήσουν το σύνολο του όγκου νερού που διηθείται μέχρις ότου μηδενισθεί το έλλειμμα εδαφικής υγρασίας ή αλλιώς να επέλθει κορεσμός των κενών της εδαφικής μήτρας με νερό. Αυτή είναι η εξέλιξη του φυσικού φαινομένου στην κλίμακα μιας κατακόρυφης στήλης εδάφους που, ιδεατά, θα ήταν αντιπροσωπευτική του συνόλου της θεωρούμενης λεκάνης απορροής. Η πλήρης όμως εξομοίωση της λεκάνης απορροής με μία στήλη εδάφους δεν είναι δυνατή,

αφού οι ιδιότητες του εδάφους και η επιφανειακή βροχόπτωση παρουσιάζουν έντονη χωρική μεταβλητότητα. Ακριβώς αυτή η χωρική μεταβλητότητα δημιουργεί αποκλίσεις από την παραπάνω ιδεατή συμπεριφορά. Οι αποκλίσεις αυτές προσεγγίζονται με εισαγωγή κάποιας πρόσθετης ευελιξίας στο μοντέλο. Πιο συγκεκριμένα, ένα μέρος του νερού που διηθείται, εκτρέπεται προς τις δεξαμενές Νερού Βαρύτητας της Κατώτερης Ζώνης, πριν ακόμη γεμίσει η Δεξαμενή Εδαφικής Υγρασίας της Κατώτερης Ζώνης. Ο όγκος νερού που διηθείται προς τις δεξαμενές του Νερού Βαρύτητας της Κατώτερης Ζώνης (Κύρια και Βοηθητική) κατανέμεται σ' αυτές ανάλογα με το σχετικό έλλειμμα νερού (έλλειμμα/χωρητικότητα) της καθεμίας. Τέλος οι δεξαμενές Νερού Βαρύτητας της Κατώτερης Ζώνης παράγουν την βασική ροή του υδατορεύματος (base flow).

Η χρήση τριών ξεχωριστών συνιστωσών υπόγειου νερού (δεξαμενές της Κατώτερης Ζώνης) επιτρέπει να προσομοιωθεί ικανοποιητικά μια αρκετά μεγάλη ποικιλία καμπυλών στείρευσης (recession curves) που παρατηρούνται σε μετρημένα υδρογραφήματα.

Οι δεξαμενές του Νερού Βαρύτητας της Κατώτερης Ζώνης (Κύρια και Βοηθητική) θεωρούνται γραμμικές. Η συνολική εκροή από αυτές, που είναι η ροή βάσης, δίνεται από το άθροισμα των γινομένων των αποθεμάτων και των αντίστοιχων συντελεστών εκφόρτισης. Σε αναλυτική μορφή:

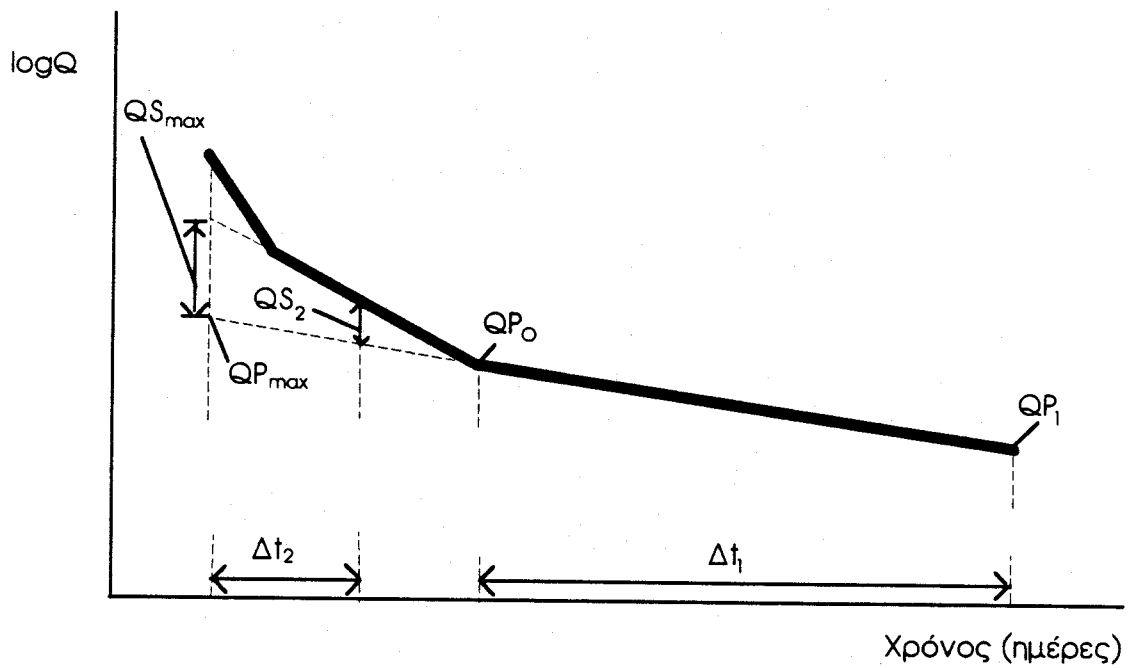
$$Q_{BASE} = (LZFSC \times LZSK) + (LZFPK \times LZPK) \quad (6)$$

όπου  $LZFPK$ ,  $LZFSC$  είναι αντίστοιχα τα αποθέματα της Κύριας και Βοηθητικής Δεξαμενής Νερού Βαρύτητας της Κατώτερης Ζώνης

$LZPK$ ,  $LZSK$  είναι αντίστοιχα οι συντελεστές εκφόρτισης της Κύριας και Βοηθητικής Δεξαμενής Νερού Βαρύτητας της Κατώτερης Ζώνης και

$Q_{BASE}$  είναι η συνολική εκροή από τις δεξαμενές Νερού Βαρύτητας της Κατώτερης Ζώνης.

Η εκτίμηση των παραμέτρων των δεξαμενών γίνεται με μελέτη των ιστορικών υδρογραφημάτων όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.2 όπου εικονίζεται η καμπύλη αποφόρτισης μίας πλημμύρας σε ημιλογαριθμικό χαρτί (η παροχή είναι σε λογαριθμική κλίμακα).



Σχήμα 2.2 Εκτίμηση παραμέτρων δεξαμενών Νερού Βαρύτητας της Κατώτερης Ζώνης - Μοντέλο SACRAMENTO

Σε αναλυτική μορφή και πάντοτε με αναφορά στο Σχήμα 2.2 ισχύουν οι παρακάτω εξισώσεις:

$$LZPK = 1 - \left\{ \frac{QP_1}{QP_0} \right\}^{\frac{1}{\Delta t_1}} \quad (7)$$

$$LZFPM = \frac{QP_{max}}{LZPK} \quad (8)$$

όπου  $LZPK$  είναι ο συντελεστής εκφόρτισης της Κύριας Δεξαμενής του Νερού Βαρύτητας της Κατώτερης Ζώνης

$QP_0$ ,  $QP_1$  είναι αντίστοιχα η παροχή του υδατορεύματος στην αρχή της εκφόρτισης και  $\Delta t_1$  χρονικά βήματα αργότερα και

$QP_{max}$  είναι η μέγιστη παρατηρημένη κύρια βασική ροή.

Σε ότι αφορά την δευτερεύουσα βασική ροή (εκροή από την Βοηθητική Δεξαμενή Νερού Βαρύτητας της Κατώτερης Ζώνης) ισχύουν οι ακόλουθες σχέσεις:

$$LZSK = 1 - \left\{ \frac{QS_2}{QS_{max}} \right\}^{\frac{1}{\Delta t_2}} \quad (9)$$

$$LZFSM = \frac{QS_{max}}{LZSK} \quad (10)$$

όπου  $LZSK$  είναι ο συντελεστής εκφόρτισης της Βοηθητικής Δεξαμενής Νερού Βαρύτητας της Κατώτερης Ζώνης

$\Delta t_2$  είναι ο αριθμός των χρονικών βημάτων από τη χρονική στιγμή που θεωρείται ότι η δευτερεύουσα βασική ροή είναι μέγιστη, μέχρι τα  $\frac{2}{3}$  του χρόνου από τη στιγμή της

μέγιστης δευτερεύουσας βασικής ροής μέχρι τη στιγμή που αυτή μηδενίζεται, και  $QS_{max}$ ,  $QS_2$  είναι αντίστοιχα η δευτερεύουσα βασική ροή του υδατορεύματος στην αρχή της αποφόρτισης και  $\Delta t_2$  χρονικά βήματα αργότερα.

Σε ότι αφορά στις υπόλοιπες δεξαμενές, είναι πρακτικά αδύνατο να γίνει ανάλυση παρόμοια με την παραπάνω εξαιτίας της ανάμειξης πολλών καμπυλών στειρευσης. Υπενθυμίζεται εδώ ότι το μοντέλο λαμβάνει επίσης υπόψη και την υπόγεια διαφυγή εκτός

της λεκάνης απορροής. Πρόκειται για την ποσότητα νερού που δεν περνά από τη θέση μέτρησης του κύριου υδατορεύματος.

Η απορροή που είναι και η έξοδος του μοντέλου εμφανίζεται με τις ακόλουθες πέντε μορφές:

1. **Άμεση απορροή** (direct runoff) από επιφάνειες που είναι μόνιμα ή προσωρινά αδιαπέρατες από το νερό.
2. **Επιφανειακή απορροή** (surface runoff) στην ανώτερη εδαφική ζώνη που εμφανίζεται όταν η ένταση της βροχής ξεπερνά το άθροισμα του ρυθμού διήθησης και του ρυθμού της υποδερμικής ροής.
3. **Υποδερμική ροή** (interflow) που προκύπτει ως πλευρική αποστράγγιση του νερού βαρύτητας της Ανώτερης Ζώνης.
4. **Δευτερεύουσα βασική ροή** (supplementary base flow).
5. **Κύρια βασική ροή** (primary base flow).

Το μοντέλο δέχεται μία μόνιμα αδιαπέρατη επιφάνεια στην λεκάνη που εξετάζεται (π.χ. πλακόστρωτα πόλεων) και μια προσωρινά αδιαπέρατη επιφάνεια που περιλαμβάνει μικρούς ταμιευτήρες, έλη και επιφάνειες ανάβλυσης (seepage outflow areas).

Η εξατμηση από την επιφάνεια που καλύπτεται από νερά ή υδροχαρή φυτά θεωρείται ίση με τη δυνητική εξατμοδιαπνοή. Σε αναλυτική μορφή έχουμε:

$$E_3 = ED SARVA \quad (11)$$

όπου  $SARVA$  είναι το ποσοστό της επιφάνειας που καλύπτεται από νερά ή υδροχαρή φυτά

$E_3$  είναι η εξατμοδιαπνοή από αυτή την επιφάνεια και

$ED$  είναι η δυνητική εξατμοδιαπνοή.

Στο υπόλοιπο τμήμα της λεκάνης η **πραγματική εξατμοδιαπνοή** είναι συνάρτηση της ζήτησης για εξατμοδιαπνοή. Η ζήτηση αυτή για τα ανώτερα εδαφικά στρώματα που αναπαριστώνται από τις δεξαμενές της Ανώτερης Ζώνης, είναι ίση με την δυνητική εξατμοδιαπνοή και επί πλέον εξαρτάται και από την διαθέσιμη ποσότητα εδαφικής υγρασίας. Καθώς το έδαφος ξηραίνεται από την εξατμοδιαπνοή, η υγρασία αφαιρείται από την ανώτερη ζώνη του με τον δυναμικό ρυθμό πολλαπλασιασμένο επί το ποσοστό πλήρωσης της Δεξαμενής Εδαφικής Υγρασίας της Ανώτερης Ζώνης. Σε αναλυτική μορφή έχουμε:

$$E_1 = ED \frac{UZTWC}{UZTWM} \quad (12)$$

όπου  $E_1$  είναι η εξατμοδιαπνοή από την Ανώτερη Ζώνη

$UZTWC$  είναι το απόθεμα εδαφικής υγρασίας της ανώτερης ζώνης

$UZTWM$  είναι η χωρητικότητα της Δεξαμενής Εδαφικής Υγρασίας της Ανώτερης Ζώνης και

$ED$  είναι η δυνητική εξατμοδιαπνοή.

Στην Κατώτερη Ζώνη, η εξατμοδιαπνοή δίνεται από τη ζήτηση για εξατμοδιαπνοή που δεν ικανοποιήθηκε από το νερό της Ανώτερης Ζώνης, πολλαπλασιασμένη επί το λόγο του αποθέματος της Δεξαμενής Εδαφικής Υγρασίας της Κατώτερης Ζώνης προς το άθροισμα των χωρητικοτήτων και των δύο δεξαμενών Εδαφικής Υγρασίας (Ανώτερη και Κατώτερη Ζώνη). Σε αναλυτική μορφή έχουμε:

$$E_2 = (ED - E_1) \frac{LZTWC}{UZTWM + LZTWC} \quad (13)$$

όπου  $E_2$  είναι η εξατμοδιαπνοή από την Κατώτερη Ζώνη

$LZTWC$  είναι το απόθεμα εδαφικής υγρασίας της Κατώτερης Ζώνης και

$LZTWM$  είναι η χωρητικότητα της Δεξαμενής Εδαφικής Υγρασίας της Κατώτερης Ζώνης.

Εάν η αφαίρεση νερού από την Δεξαμενή Εδαφικής Υγρασίας της Κατώτερης Ζώνης μέσω εξατμοδιαπνοής οδηγήσει σε ποσοστό πλήρωσης του συνόλου των δύο δεξαμενών Νερού Βαρύτητας της Κατώτερης Ζώνης μεγαλύτερο από εκείνο της Δεξαμενής Εδαφικής Υγρασίας της Κατώτερης Ζώνης, το μοντέλο εξισορροπεί τα δύο ποσοστά πλήρωσης μεταφέροντας την κατάλληλη ποσότητα νερού μεταξύ των δεξαμενών. Αυτό είναι σύμφωνο με το φυσικό φαινόμενο όπου δεν είναι δυνατό να αφαιρεθεί με εξατμοδιαπνοή ένα μέρος της εδαφικής υγρασίας και ταυτόχρονα να μην επηρεάζεται το νερό βαρύτητας το οποίο θα πρέπει να αναπληρώσει το έλλειμμα. Πάντως ένα τμήμα του νερού βαρύτητας θεωρείται ότι δε διατίθεται για μεταφορές όπως οι παραπάνω καθώς από ένα βάθος και κάτω δε θεωρείται πιθανή η εμφάνιση συνθηκών ακόρεστης ροής.

Σημειώνεται τέλος ότι σε κάθε ημερήσια χρονική περίοδο στην οποία υπάρχει σημαντική βροχόπτωση θεωρούνται δύο υποπεριόδους. Η πρώτη υποπερίοδος είναι βροχερή ενώ η δεύτερη είναι ξηρή. Η διάρκειες των δύο υποπεριοδών είναι ίσες (μισή ημέρα) όταν η βροχόπτωση είναι ίση με τη μέση τιμή των βροχερών περιόδων  $PDNOR$ . Στη γενική περίπτωση που η βροχόπτωση  $R$  είναι διαφορετική από την παραπάνω τιμή ισχύουν οι ακόλουθες σχέσεις:

1. Εάν  $R > PDNOR$

$$FRACT = 1 - \frac{1}{2} \frac{PDNOR}{R} \quad (14)$$

## 2. Εάν $R \leq PDNOR$

$$FRACT = \sqrt{\frac{R}{PDNOR}} \quad (15)$$

όπου  $FRACT$  είναι το τμήμα εκείνο της ημερήσιας χρονικής περιόδου που θεωρείται βροχερό.

Πέραν των εξισώσεων που παρουσιάστηκαν στο παρόν υποκεφάλαιο το μοντέλο περιλαμβάνει ακόμη

1. Εξισώσεις υδατικού ισοζυγίου των 5 δεξαμενών
2. Εξισώσεις που περιγράφουν την εξισορρόπηση των ποσοστών πλήρωσης διαφόρων δεξαμενών και
3. Απλές αθροίσεις όγκων νερού ώστε να ληφθούν οι τελικές εξοδοί του μοντέλου.

### 2.3 Μεταβλητές του μοντέλου

Οι μεταβλητές του μοντέλου διακρίνονται σε μεταβλητές εισόδου, μεταβλητές εξόδου και παραμέτρους. Στη αρχή παρουσιάζουμε συνοπτικά τα παραπάνω μεγέθη και στη συνέχεια δίνουμε πιο λεπτομερή στοιχεία για την ποσοτική εκτίμησή τους.

#### α. Δεδομένα χρονοσειρών εισόδου

- α1. Χρονοσειρά υψών σημειακής βροχοπτώσης  $R_i$  σε mm για  $N$  σταθμούς μέτρησης ( $i=1,2,3,\dots,N$ ) που βρίσκονται στο εσωτερικό ή στην άμεση γειτονία της λεκάνης.
- α2. Συντελεστές που εφαρμόζονται στις σημειακές βροχοπτώσεις για τον υπολογισμό της επιφανειακής βροχοπτώσης  $RAWT$  (αδιάστατοι αριθμοί).
- α3. Χρονοσειρά δυνητικής εξατμοδιαπνοής  $ED$  σε mm από δεδομένα εξατμισιμέτρου ή από μία οποιαδήποτε εμπειρική ή ημιεμπειρική μέθοδο (π.χ. Penman).
- α4. Μηνιαίοι συντελεστές αναγωγής των δεδομένων εξατμίσης σε τιμές δυνητικής εξατμοδιαπνοής από την λεκάνη απορροής.

#### β. Δεδομένα χρήσης γης για τη λεκάνη απορροής

- β1. Ποσοστό επιφάνειας που είναι μόνιμα αδιαπέρατη  $PCTIM$  (αδιάστατος αριθμός)
- β2. Μέγιστο ποσοστό αδιαπέρατης επιφάνειας του εδάφους  $ADIMP$  (αδιάστατος αριθμός).



β3. Συνολικό ποσοστό κάλυψης από υδατορεύματα, λίμνες, και παρόχθια βλάστηση *SARVA* (αδιάστατος αριθμός)

**γ. Παράμετροι δεξαμενών του μοντέλου**

γ1. Χωρητικότητα Δεξαμενής Εδαφικής Υγρασίας της Ανώτερης Ζώνης *UZTWM* (mm)

γ2. Χωρητικότητα Δεξαμενής Νερού Βαρύτητας της Ανώτερης Ζώνης *UZFWM* (mm)

γ3. Συντελεστής εκφόρτισης Δεξαμενής Νερού Βαρύτητας της Ανώτερης Ζώνης *UZK* (% του αποθέματος ανά χρονικό βήμα)

γ4. Χωρητικότητα Δεξαμενής Εδαφικής Υγρασίας της Κατώτερης Ζώνης *LZTWM* (mm)

γ5. Χωρητικότητα Κύριας Δεξαμενής Νερού Βαρύτητας της Κατώτερης Ζώνης *LZFPM* (mm)

γ6. Συντελεστής εκφόρτισης Κύριας Δεξαμενής Νερού Βαρύτητας της Κατώτερης Ζώνης *LZPK* (% του αποθέματος ανά χρονικό βήμα)

γ7. Χωρητικότητα Βοηθητικής Δεξαμενής Νερού Βαρύτητας της Κατώτερης Ζώνης *LZFMS* (mm)

γ8. Συντελεστής εκφόρτισης Βοηθητικής Δεξαμενής Νερού Βαρύτητας της Κατώτερης Ζώνης *LZSK* (% του αποθέματος ανά χρονικό βήμα)

**δ. Παράμετροι μηχανισμού διήθησης**

δ1. Ποσοστό επαύξησης της ζήτησης για διήθηση από συνθήκες κορεσμού σε συνθήκες ξηρασίας, *Z* (αδιάστατος αριθμός)

δ2. Εκθέτης σχέσης (4), *REXP* (αδιάστατος αριθμός)

δ3. Ποσοστό του όγκου νερού που διηθείται απευθείας στις δεξαμενές Νερού Βαρύτητας της Κατώτερης Ζώνης, *PFREE* (αδιάστατος αριθμός).

δ4. Ποσοστό του όγκου του νερού βερύτητας της Κατώτερης Ζώνης που δεν είναι δυνατό να επανατροφοδοτήσει την εδαφική υγρασία της ίδιας ζώνης όταν αυτή μειώνεται λόγω εξατμοδιαπνοής (αδιάστατος αριθμός).

**ε. Παράμετροι υπόγειων διαφυγών**

ε1. Ο λόγος, σε σχέση με την παρατηρημένη βασική ροή, της εκροής από τις δεξαμενές Νερού Βαρύτητας της Κατώτερης Ζώνης που δεν εμφανίζεται ως βασική ροή, *SIDE* (αδιάστατος αριθμός)

ε2. Απώλειες από το υδατόρευμα, *SSOUT* (mm)

- στ. Αδιάστατο Μοναδιαίο Υδρογράφημα, για την άμεση, την επιφανειακή και την υποδερμική ροή. (Δεν έχει κωδικοποιηθεί στην παρούσα έκδοση του προγράμματος)
- ζ. Χαρακτηριστικά του υδατορεύματος που υπεισέρχονται σε μοντέλο διόδευσης πλημμυρικού κύματος από μια θέση σε μια άλλη. Η αρχική έκδοση του μοντέλου (*Burnash et al. [1973]*) προέβλεπε την εφαρμογή της μεθόδου MUSKINGUM κατά στρώσεις (*layered Muskingum method*). Στο παρόν ερευνητικό έργο δε θεωρήσαμε σκόπιμο την εφαρμογή ενός μοντέλου διόδευσης πλημμύρας καθόσο ο στόχος ήταν η χρήση ενός μοντέλου βροχής-απορροής για θέματα διαχείρισης υδατικών πόρων. Σε τέτοια προβλήματα είναι γνωστό ότι σπάνια γίνεται χρήση χρονικής κλίμακας μικρότερης από 1 ημέρα. Στην κλίμακα όμως αυτή για τα περισσότερα ελληνικά ποτάμια δεν τίθεται πρόβλημα διόδευσης λόγω του μικρού χρόνου απόκρισής τους (μερικές ώρες). Τα ίδια ισχύουν και για το Μοναδιαίο Υδρογράφημα (σημείο στ.).
- η. Ενδιάμεσες μεταβλητές κατάστασης της λεκάνης απορροής.
- η1. Ποσοστό αδιαπέρατης επιφάνειας του εδάφους *ACTIM* (αδιάστατος αριθμός)
  - η2. Απόθεμα νερού Δεξαμενής Εδαφικής Υγρασίας της Ανώτερης Ζώνης *UZTWC* (mm)
  - η3. Απόθεμα νερού Δεξαμενής Νερού Βαρύτητας της Ανώτερης Ζώνης *UZFWC* (mm)
  - η4. Απόθεμα νερού Δεξαμενής Εδαφικής Υγρασίας της Κατώτερης Ζώνης *LZTWC* (mm)
  - η5. Απόθεμα νερού Κύριας Δεξαμενής Νερού Βαρύτητας της Κατώτερης Ζώνης *LZFWC* (mm)
  - η6. Απόθεμα νερού Βοηθητικής Δεξαμενής Νερού Βαρύτητας της Κατώτερης Ζώνης *LZFSC* (mm)

Οι παραπάνω μεταβλητές εξετάζονται στη συνέχεια λεπτομερέστερα, με τρόπο που να δίνει στο χρήστη του μοντέλου τη δυνατότητα να πραγματοποιήσει σχετικά εύκολα τη βαθμονόμηση του μοντέλου και τις προσομοιώσεις που επιθυμεί.

α. Δεδομένα χρονοσειρών εισόδου

*RAWT*: Βάρη σημειακών βροχοπτώσεων για τον υπολογισμό της επιφανειακής βροχής με ενδεχόμενη συνεκτίμηση του ορογραφικού φαινομένου καθώς και της επιρροής του ανέμου. Πάντως το μοντέλο δέχεται μόνο ένα συντελεστή βάρους για κάθε σταθμό και δεν προτείνει μεθόδους για την άμεση μοντελοποίηση

των δύο παραπάνω φαινομένων.

*PCTPN*: Μηνιαίοι συντελεστές αναγωγής των διαθέσιμων δεδομένων μηνιαίας εξατμοδιαπνοής (π.χ. από εξατμισόμετρα λεκάνης) σε μέσες μηνιαίες τιμές της δυναμικής εξατμοδιαπνοής από το σύνολο της λεκάνης απορροής. Για τις ημερήσιες τιμές θεωρούμε ότι ο κάθε μηνιαίος συντελεστής εφαρμόζεται στο μέσο του μήνα (15 ή 16 του μήνα ανάλογα με τον αριθμό των ημερών του-30 ή 31-και 14 για τον Φεβρουάριο) ενώ για τις υπόλοιπες μέρες κάνουμε γραμμική παρεμβολή μεταξύ των τιμών του μέσου του μήνα που εξετάζουμε και του μέσου του πλησιέστερου χρονικά μήνα.

## β. Δεδομένα χρήσης γης για τη λεκάνη απορροής

*PCTIM*: Το ποσοστό της μόνιμα αδιαπέρατης επιφάνειας της λεκάνης μπορούμε να το εκτιμήσουμε είτε από χάρτες χρήσης γης είτε από υδρολογικά δεδομένα ανεξάρτητα πάντα από την εφαρμογή του μοντέλου. Στη δεύτερη περίπτωση εκτιμούμε το *PCTIM* ως το ποσοστό της επιφάνειας της λεκάνης απορροής που αποκρίνεται άμεσα κάτω από συνθήκες παρατεταμένης ξηρασίας σε ένα περιστατικό καταιγίδας μικρής έντασης και διάρκειας. Κάτω από τις συνθήκες αυτές μόνο το αδιαπέρατο τμήμα της λεκάνης παράγει απορροή την οποία και παρατηρούμε ως αύξηση της συνολικής απορροής του υδατορεύματος. Έτσι, είναι εύκολο να εκτιμήσουμε το τμήμα της επιφάνειας της λεκάνης που, με συντελεστή απορροής ίσο με 1.0, παράγει την πιο πάνω αύξηση αυτή της απορροής. Το πιο σωστό είναι αντί της εκτίμησης με βάση ένα μεμονωμένο περιστατικό καταιγίδας, να παίρνουμε τη διάμεση τιμή από πολλά περιστατικά. Σε μία καθαρά μη αστική λεκάνη είναι δυνατό, σε πρώτη προσέγγιση, να θεωρηθεί ότι  $PCTIM=0$ .

*ADIMP*: Για να εκτιμήσουμε το ποσοστό της λεκάνης που γίνεται αδιαπέρατη όταν γεμίσουν οι δεξαμενές εδαφικής υγρασίας, μπορούμε να εφαρμόσουμε τις δύο μεθόδους που περιγράψαμε πιο πάνω για την παράμετρο *PCTIM*. Σύμφωνα με τη δεύτερη μέθοδο που χρησιμοποιεί υδρολογικά δεδομένα, ο υπολογισμός γίνεται με βάση περιστατικά καταιγίδας που συμβαίνουν σε εξαιρετικά υγρές συνθήκες με πολύ χαμηλή εξατμοδιαπνοή. Κάτω από τις συνθήκες αυτές αποκρίνεται το σύνολο της αδιαπέρατης επιφάνειας της λεκάνης στο οποίο βέβαια συμπεριλαμβάνεται και το ποσοστό *PCTIM*.

*SARVA*: Το ποσοστό της λεκάνης που καλύπτεται από υδατορεύματα, λίμνες και παρόχθια βλάστηση μπορεί να εκτιμηθεί από χάρτες χρήσης γης. Γενικά κάτω από μέσες υδρολογικές συνθήκες ισχύει  $SARVA < PCTIM$ . Η διαφορά των δύο μεταβλητών οφείλεται κυρίως σε πλακόστρωτα κατοικημένων περιοχών. Συνήθως

$$SARVA = 40 \sim 100\% PCTIM.$$

γ. Παράμετροι των δεξαμενών του μοντέλου

*UZTWM*: Μπορούμε να εκτιμήσουμε την παράμετρο αυτή ως τον όγκο εκείνο της βροχοπτώσης που, μετά από ξηρή περίοδο, φθάνει μόλις να αυξήσει την επιφανειακή απορροή πέραν εκείνης που προέρχεται από το αδιαπέρατο τμήμα της λεκάνης. Συνήθως η τιμή του *UZTWM* κυμαίνεται από 50 έως 180 mm, ανάλογα με τον τύπο του εδάφους.

*UZFWM*: Κυμαίνεται από 6 mm έως 90 mm με πιο συνήθη τιμή γύρω στα 25 mm και δεν είναι δυνατό να εκτιμηθεί με απλή μελέτη των ιστορικών υδρογραφημάτων.

*UZK*: Δεν είναι δυνατό να εκτιμηθεί από τα μετρημένα υδρογραφήματα. Παρουσιάζει εύρος τιμών από 0.18 έως 1.0 με πιο συνηθισμένη τιμή το 0.40.

*LZTWM*: Η παράμετρος αυτή είναι αρκετά δύσκολο να προσδιοριστεί εκ των προτέρων. Αυτό θα απαιτούσε περίοδο μετρήσεων αρκετά ξηρή ώστε να επηρεάσει τη διαπνοή των φυτών με βαθιές ρίζες. Αλλά τέτοια δεδομένα σπάνια είναι διαθέσιμα και η μόνη εκτίμηση της χωρητικότητας *LZTWM* που μπορεί να γίνει είναι η ταύτιση του *LZTWM* με το μέγιστο έλλειμμα νερού κατά την περίοδο μετρήσεων. Το έλλειμμα όμως αυτό είναι ενδεχόμενο να είναι σημαντικά μικρότερο από τη μέγιστη τιμή του. Μερικές ενδεικτικές τιμές παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.1 που ακολουθεί.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.1

Κατάσταση λεκάνης	<i>LZTWM</i> (mm)
Δασοκάλυψη με κωνοφόρα	600
Γρασιίδι με βαθιές ρίζες	150
Γρασιίδι με ρηχές ρίζες	75

Οι Burnash et al. [1973] δίνουν το διάστημα από 50 έως 600 mm με πιο συνηθισμένη τιμή τα 150 mm.

*LZFPM*: Μπορούμε να υπολογίσουμε ένα κάτω όριο για το μέγεθος αυτό από τα παρατηρημένα υδρογραφήματα της λεκάνης με την προϋπόθεση ότι αυτά αντιπροσωπεύουν τη μέγιστη δυνατή βασική απορροή της λεκάνης. Ο υπολογισμός βασίζεται στις εξισώσεις 7 και 8 και επεξηγείται στο Σχήμα 2.2. Υπενθυμίζεται ότι εφόσον υπάρχει υπόγεια διαφυγή τότε πρέπει να τροποποιηθεί κατάλληλα η εκτίμηση του *LZFPM* όπως θα περιγραφεί στα παρακάτω.

*LZPK* Ο υπολογισμός γίνεται με μελέτη των παρατηρημένων υδρογραφημάτων (βλ.

εξίσωση 7 και Σχήμα 2.2)

*LZFSM*: Μπορούμε να υπολογίσουμε ένα κάτω όριο για το μέγεθος αυτό από τα παρατηρημένα υδρογραφήματα της λεκάνης με την προϋπόθεση ότι αυτά αντιπροσωπεύουν τη μέγιστη δυνατή βασική απορροή της λεκάνης. Ο υπολογισμός βασίζεται στις εξισώσεις 9 και 10 και επεξηγείται στο Σχήμα 2.2. Υπενθυμίζεται ότι εφόσον υπάρχει υπόγεια διαφυγή τότε πρέπει να τροποποιηθεί κατάλληλα η εκτίμηση του *LZFSM* όπως θα περιγραφεί στα παρακάτω.

*LZSK*: Ο υπολογισμός γίνεται με μελέτη των παρατηρημένων υδρογραφημάτων (βλ. εξίσωση 9 και Σχήμα 2.2)

#### δ. Παράμετροι μηχανισμού διήθησης

*Z*: Προσδιορίζεται μόνο με δοκιμές

*REXP*: Προσδιορίζεται επίσης με δοκιμές και γενικά κυμαίνεται από 1.0 έως 3.0 με μια καλή αρχική εκτίμηση το 1.8.

*PFREE*: Δεν είναι δυνατό να εκτιμηθεί με βάση τα ιστορικά υδρογραφήματα. Η ευαισθησία των αποτελεσμάτων στην παράμετρο αυτή είναι μικρή και για το λόγο αυτό η βελτιστοποίηση των άλλων παραμέτρων (βαθμονόμηση του μοντέλου) δε χρειάζεται να περιλάβει και την παράμετρο αυτή. Το σύνηθες διάστημα μεταβολής του *PFREE* είναι από 0.00 έως 0.40 με το 0.20 ως ικανοποιητική αρχική τιμή. Μετά από την ολοκλήρωση της βελτιστοποίησης ως προς άλλες παραμέτρους είναι δυνατό να βελτιωθούν τα αποτελέσματα με μικρή αλλαγή του *PFREE*.

*RSERV*: Το μοντέλο έχει πολύ μικρή ευαισθησία σε αυτή την παράμετρο και γι' αυτό μια τιμή μεταξύ 0.00 και 0.30 ή 0.40 συνήθως αρκεί.

#### ε. Παράμετροι υπόγειων διαφυγών

*SIDE*: Σε συνθήκες κορεσμού του εδάφους και εφόσον η διήθηση γίνεται με ρυθμό μεγαλύτερο από την παρατηρημένη βασική ροή τότε η εισαγωγή της παραμέτρου *SIDE* μας επιτρέπει να εκτιμήσουμε σωστά την ελάχιστη ζήτηση για διήθηση *PBASE* (βλ. εξίσωση 2). Στις περισσότερες λεκάνες η παράμετρος αυτή έχει μηδενική τιμή. Παρόλα αυτά, σε περίπτωση πολύ μεγάλων υπόγειων διαφυγών μπορεί να φθάνει την τιμή 5.0 ή και μεγαλύτερη.

*SSOUT*: Η υπόγεια διαφυγή από το υδατόρευμα θεωρείται ότι ικανοποιείται προτού πραγματοποιηθεί η επιφανειακή απορροή. Υπολογίζεται γραφικά ως η σταθερή εκείνη ποσότητα που απαιτείται για τη γραμμικοποίηση της καμπύλης στέρσεως της κύριας βασικής ροής σε ημιλογαριθμική κλίμακα

(τετμημένη=χρόνος, τεταγμένη=λογάριθμος παροχής)

**στ. Ενδιάμεσες μεταβλητές κατάστασης της λεκάνης απορροής.**

*PBASE*: Υπολογίζεται από την εξίσωση 2. Στην περίπτωση που *SIDE*≠0 γίνεται διόρθωση των τιμών των χωρητικοτήτων των δεξαμενών Νερού Βαρύτητας της Κατώτερης Ζώνης που εκτιμώνται από τα παρατηρημένα υδρογραφήματα με πολλαπλασιασμό τους επί  $(1+SIDE)$ .

Οι άλλες ενδιάμεσες μεταβλητές που αναφέρθηκαν πιο πάνω αποτελούν αποθέματα των δεξαμενών του μοντέλου και έχουν, όπως είναι φυσικό, ως κάτω όριο διακύμανσης το 0.0 και ως άνω όριο την χωρητικότητα της αντίστοιχης δεξαμενής.

## 2.4 Βαθμονόμηση του μοντέλου

Όπως συμβαίνει και με πολλά άλλα μαθηματικά μοντέλα βροχής-απορροής, το SACRAMENTO έχει ένα μεγάλο αριθμό παραμέτρων που πρέπει να εκτιμηθούν για κάθε συγκεκριμένη λεκάνη απορροής. Οι παράμετροι του μοντέλου χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες ανάλογα με τον τρόπο εκτίμησής τους. Οι κατηγορίες αυτές είναι οι ακόλουθες:

- I. Παράμετροι που προσδιορίζονται με βάση την τοπογραφία, την γεωλογία και τις χρήσεις γης στη λεκάνη που εξετάζεται.
- II. Παράμετροι που προκύπτουν από ανάλυση των παρατηρημένων υδρογραφημάτων στην έξοδο της λεκάνης χωρίς να γίνει χρήση του μοντέλου SACRAMENTO ή άλλου μοντέλου βροχής-απορροής.
- III. Παράμετροι για τις οποίες οποιαδήποτε εκτίμηση είναι αδύνατη ή, στην καλύτερη περίπτωση, μπορούν να γίνουν μόνο χονδρικές εκτιμήσεις με βάση τις πηγές πληροφοριών που αναφέρονται για την Κατηγορία I. Για τις παραμέτρους αυτές είναι απαραίτητο να γίνεται "βαθμονόμηση" έτσι ώστε να επιτυγχάνεται καλή προσαρμογή των τιμών της παροχής που υπολογίζει το μοντέλο προς τις τιμές της παρατηρημένης παροχής.
- IV. Μια τελευταία κατηγορία παραμέτρων είναι εκείνες οι παράμετροι που δεν επηρεάζουν ουσιαστικά την επίδοση του μοντέλου ή αλλιώς η παροχή που υπολογίζεται από το μοντέλο δεν είναι ευαίσθητη στις μεταβολές αυτών των παραμέτρων. Υπάρχει βέβαια πάντα η προϋπόθεση οι μεταβλητές αυτές να μεταβάλλονται σε ορισμένο διάστημα που επιβάλλει η λογική της λειτουργίας του μοντέλου αλλά και η μέχρι σήμερα εμπειρία από τη χρήση του.

Οι παράμετροι της κατηγορίας I που αποτελούν ουσιαστικά δεδομένα εισόδου του μοντέλου είναι οι ακόλουθες: *PCTIM*, *ADIMP*, *SARVA*. Ειδικά οι παράμετροι *PCTIM* και *ADIMP*, όταν αυτές εκτιμώνται από τα παρατηρημένα υδρογραφήματα, θεωρούνται ότι ανήκουν στην κατηγορία II. Στην κατηγορία II ανήκουν επίσης οι συντελεστές εκφόρτισης των δεξαμενών Νερού Βαρύτητας της Κατώτερης Ζώνης *LZSK*, *LZPK* που υπολογίζονται με ικανοποιητική ακρίβεια με βάση τις εξισώσεις 7 και 9 αντίστοιχα. Επίσης στην κατηγορία αυτή υπάγεται και η παράμετρος *SSOUT*. Στην κατηγορία III ανήκουν οι παράμετροι *UZTWM*, *UZFWM*, *UZK*, *Z*, *REXP*, *LZTWM*, *LZFSM*, *LZFPM* και *SIDE*. Τέλος στην Κατηγορία IV ανήκουν οι παράμετροι *PFREE* και *RSERV*. Οι παράμετροι που σχετίζονται με το Μοναδιαίο Υδρογράφημα και το μοντέλο *MUSKINGUM* δεν υπεισέρχονται στην παρούσα έκδοση του μοντέλου για τους λόγους που εκτέθηκαν στην παράγραφο 2.3.

Η βαθμονόμηση (*calibration*) του μοντέλου συνίσταται στην πραγματοποίηση δοκιμών με βάση ένα ιστορικό δείγμα των υδρολογικών μεταβλητών βροχόπτωσης, απορροής και εξατμοδιαπνοής το οποίο ονομάζεται "δείγμα βαθμονόμησης". Κατά τις δοκιμές αυτές μεταβάλλουμε με συστηματικό τρόπο είτε μία μόνο παράμετρο, είτε μία ομάδα παραμέτρων με στόχο την όσο το δυνατό καλύτερη προσαρμογή των υπολογισμένων από το μοντέλο παροχών στο δείγμα των παρατηρημένων παροχών. Η ποιότητα της προσαρμογής η αλλιώς η επίδοση του μοντέλου εκφράζεται ποσοτικά με ένα ή περισσότερα αριθμητικά κριτήρια που μετρούν την "απόσταση" μεταξύ των μετρημένων και υπολογισμένων υδρογραφημάτων. Για να έχουμε πληροφόρηση σχετικά με τη συμπεριφορά όλων των συνιστωσών του μοντέλου, ώστε να οδηγηθούμε σωστά και γρήγορα προς ένα ικανοποιητικό συνδυασμό παραμέτρων θα έπρεπε να επινοήσουμε πολλά διαφορετικά αριθμητικά κριτήρια. Πράγματι, στην αρχική έκδοση του μοντέλου (*Burnash et al*, [1973]) υπήρχε ένας σχετικά μεγάλος αριθμός τέτοιων κριτηρίων. Η γνώμη μας είναι ότι η απλή γραφική σύγκριση των παρατηρημένων και των υπολογισμένων υδρογραφημάτων μπορεί να μας δώσει την απαραίτητη πληροφορία σχετικά με τη συμπεριφορά του μοντέλου χωρίς να είναι ανάγκη να εξετάσουμε ένα μεγάλο αριθμό αριθμητικών κριτηρίων καλής προσαρμογής. Στην αμέσως επόμενη παράγραφο παρουσιάζουμε τα κριτήρια της παρούσας έκδοσης του μοντέλου και τα οποία είναι διαφορετικά από εκείνα της αρχικής έκδοσης.

Υπενθυμίζεται ότι μετά τη βαθμονόμηση του μοντέλου κάνουμε την επαλήθευσή του (*verification*) κατά την οποία εκτιμάται η επίδοση του μοντέλου για ένα ιστορικό δείγμα υδρολογικών μεταβλητών (δείγμα επαλήθευσης) διαφορετικό από το δείγμα βαθμονόμησης. Τα αριθμητικά κριτήρια που χρησιμοποιούνται για την ποσοτική έκφραση της επίδοσης του μοντέλου είναι τα ίδια με εκείνα της βαθμονόμησης.

## 2.5 Αριθμητικά κριτήρια καλής προσαρμογής

Δεχόμαστε ότι η εφαρμογή του μοντέλου γίνεται αποκλειστικά σε ημερήσια χρονική κλίμακα. Παράλληλα όμως, το μοντέλο θεωρείται ότι χρησιμοποιείται στα πλαίσια μελετών σχεδιασμού και διαχείρισης συστημάτων υδατικών πόρων όπου η χρονική κλίμακα μελέτης είναι σχεδόν πάντα η μηνιαία. Συνεπώς υπάρχει ενδιαφέρον να βελτιστοποιηθεί η επίδοση του μοντέλου τόσο σε ημερήσια χρονική κλίμακα όσο και σε μηνιαία. Αυτό μας οδήγησε στην κατάστρωση δύο ομάδων κριτηρίων, μίας για κάθε χρονική κλίμακα. Τα κριτήρια αυτά περιγράφονται στη συνέχεια.

**2.5.1. Αριθμητικά κριτήρια καλής προσαρμογής σε ημερήσια χρονική κλίμακα.** Τα κριτήρια αυτά είναι τα ακόλουθα:

1. Ποσοστό επεξηγουμένης διασποράς (explained variance)  $EV$  που εκτιμάται από την ακόλουθη σχέση:

$$EV = 1 - \frac{\text{Var}[e]}{\text{Var}[Q]} \quad (15)$$

όπου  $\text{Var}[e]$  είναι η διασπορά των σφαλμάτων του μοντέλου και

$\text{Var}[Q]$  είναι η διασπορά των μετρημένων παροχών.

Το μέγεθος  $\text{Var}[e]$  δίνεται από την σχέση

$$\text{Var}[e] = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N ( (Q_i - QC_i) - (\bar{Q} - \overline{QC}) )^2 \quad (16)$$

όπου  $Q_i$  και  $QC_i$  είναι αντίστοιχα η μετρημένη και η υπολογισμένη ημερήσια παροχή

$\bar{Q}$  και  $\overline{QC}$  είναι αντίστοιχα η μέση τιμή για την μετρημένη και την υπολογισμένη ημερήσια παροχή και

$N$  είναι η περίοδος προσομοίωσης σε ημέρες.

Το μέγεθος  $\text{Var}[Q]$  δίνεται από την σχέση:

$$\text{Var}[Q] = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (Q_i - \bar{Q})^2 \quad (17)$$



2. Αποτελεσματικότητα (efficiency) του μοντέλου  $EFF$  που εκτιμάται από την ακόλουθη σχέση:

$$EFF = 1 - \frac{MSE}{\text{Var}[Q]} \quad (18)$$

όπου  $MSE$  είναι το μέσο τετραγωνικό σφάλμα του μοντέλου που δίνεται από την ακόλουθη σχέση:

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (Q_i - QC_i)^2 \quad (19)$$

Όπως προκύπτει εύκολα από τις παραπάνω εξισώσεις, ισχύει γενικά  $EFF \leq EV$ . Η ισότητα ισχύει μόνον εφόσον τα σφάλματα του μοντέλου έχουν μηδενική μέση τιμή ή αλλιώς όταν δεν υπάρχει μεροληψία (bias). Συνεπώς η συνδυασμένη χρήση και των δύο αριθμητικών κριτηρίων επιτρέπει την ανίχνευση μεροληψίας του μοντέλου. Ο στατιστικός όρος μεροληψία σημαίνει εδώ την παρουσία ενός συστηματικού σφάλματος υπερεκτίμησης ή υποεκτίμησης των μετρημένων παροχών. Στην περίπτωση που οι τιμές των δύο κριτηρίων είναι πολύ κοντά μεταξύ τους είναι δυνατό να ισχυριστούμε ότι το μοντέλο είναι αμερόληπτο (unbiased).

2.5.2. Αριθμητικά κριτήρια καλής προσαρμογής σε μηνιαία χρονική κλίμακα. Τα κριτήρια αυτά είναι τα ακόλουθα:

1. Ποσοστό επεξηγούμενης διασποράς (explained variance)  $EVM$  που εκτιμάται από την ακόλουθη σχέση:

$$EVM = 1 - \frac{\text{Var}[em]}{\text{Var}[Qm]} \quad (20)$$

όπου  $\text{Var}[em]$  είναι η διασπορά των σφαλμάτων του μοντέλου και

$\text{Var}[Qm]$  είναι η διασπορά των μετρημένων παροχών

Το μέγεθος  $\text{Var}[em]$  δίνεται από την ακόλουθη σχέση:

$$\text{Var}[em] = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M ( (Qm_i - QCm_i) - (\overline{Qm} - \overline{QCm}) )^2 \quad (21)$$

όπου  $Qm_i$  και  $QCm_i$  είναι αντίστοιχα η μετρημένη και η υπολογισμένη μηνιαία παροχή  
 $\overline{Qm}$  και  $\overline{QCm}$  είναι αντίστοιχα η μέση τιμή για την μετρημένη και την υπολογισμένη  
 μηνιαία παροχή και

$M$  είναι η περίοδος προσομοίωσης σε μήνες.

Το μέγεθος  $\text{Var}[Qm]$  δίνεται από τη σχέση:

$$\text{Var}[Qm] = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M (Qm_i - \overline{Qm})^2 \quad (22)$$

2. **Αποτελεσματικότητα (efficiency)** του μοντέλου *EFFM* που εκτιμάται από την ακόλουθη σχέση:

$$EFFM = 1 - \frac{MSEM}{\text{Var}[Qm]} \quad (23)$$

όπου *MSEM* είναι το μέσο τετραγωνικό σφάλμα του μοντέλου που δίνεται από την ακόλουθη σχέση:

$$MSEM = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M (Qm_i - QCm_i)^2 \quad (24)$$

Όπως και στην περίπτωση των ημερήσιων τιμών ισχύει και εδώ  $EFFM \leq EVM$  ενώ η διαφορά των δύο κριτηρίων είναι ένα μέτρο της μεροληψίας του μοντέλου σε ότι αφορά στην εκτίμηση των μηνιαίων τιμών. Σημειώνεται επίσης ότι και τα τέσσερα κριτήρια (*EFF*, *EV*, *EFFM*, *EVM*) παίρνουν τιμές από -1 έως 1 με την τιμή 1 να αντιστοιχεί στη τέλεια προσαρμογή του μοντέλου στο ιστορικό δείγμα.

**2.5.3 Μέσα ετήσια ισοζύγια της λεκάνης απορροής για την περίοδο προσομοίωσης.** Με βάση τις ημερήσιες τιμές των υδρολογικών μεταβλητών το μοντέλο υπολογίζει τις παρακάτω συνιστώσες του μέσου ετήσιου υδατικού ισοζυγίου της λεκάνης σε mm:

- Επιφανειακή βροχόπτωση από μετρήσεις σημειακής βροχόπτωσης

- Μετρομένη συνολική απορροή στην έξοδο της λεκάνης
- Υπολογισμένη συνολική απορροή στην έξοδο της λεκάνης
- Υπολογισμένη επιφανειακή απορροή στην έξοδο της λεκάνης
- Υπολογισμένη υποδερμική απορροή στην έξοδο της λεκάνης
- Υπολογισμένη βασική ροή στην έξοδο της λεκάνης
- Δυνητική εξατμοδιαπνοή της λεκάνης από μετρήσεις ή ανεξάρτητες από το μοντέλο εκτιμήσεις.
- Υπολογισμένη από το μοντέλο πραγματική εξατμοδιαπνοή της λεκάνης.
- Αποθέματα νερού στο έδαφος στο τέλος της θεωρούμενης περιόδου ρύθμισης. Υπενθυμίζεται ότι τα αποθέματα στη αρχή της περιόδου προσομοίωσης εισάγονται από τον χρήστη ως δεδομένα και έτσι είναι γνωστή και η μεταβολή των αποθεμάτων η οποία και συνδέεται άμεσα με το μέσο ετήσιο ισοζύγιο της λεκάνης σύμφωνα με τη γενική σχέση:  $(\text{εισροές}) = (\text{εκροές}) + (\text{αύξηση αποθεμάτων})$ .

### 3. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ

#### 3.1 Γενικά

Τα μοντέλα υδατικού ισοζυγίου αναπτύχθηκαν κατά τις δεκαετίες 1940-50 και 1950-60 από τους Thornthwaite και Mather [Thornthwaite, 1948, Thornthwaite και Mather, 1955]. Από τότε έχουν εφαρμοστεί σε μια πολύ μεγάλη ποικιλία υδρολογικών προβλημάτων και έχουν υποστεί πολλές τροποποιήσεις και προσαρμογές. Ως εισοδοί των μοντέλων χρησιμοποιούνται βροχομετρικά και μετεωρολογικά δεδομένα που είναι στην πράξη διαθέσιμα στις περισσότερες λεκάνες απορροής. Δεν απαιτείται δηλαδή η ύπαρξη δεδομένων που διατίθενται μόνον σε πειραματικές λεκάνες απορροής. Οι έξοδοι των μοντέλων είναι οι ακόλουθες:

- Επιφανειακή απορροή
- Διακύμανση των αποθεμάτων εδαφικής υγρασίας και υπόγειου νερού
- Πραγματική εξατμοδιαπνοή και
- Ρυθμοί εκφόρτισης και επαναφόρτισης υπόγειων υδροφορέων

Το χρονικό βήμα διακριτοποίησης των υδρολογικών μεταβλητών είναι είτε μηνιαίο είτε εποχιακό ή ακόμη και ετήσιο. Είναι βέβαια πάντα δυνατό να χρησιμοποιηθεί μικρότερο χρονικό βήμα (όπως λ.χ. 1 ημέρα ή 1 ώρα) αλλά η δυναμική του μοντέλου μπορεί να αποδειχτεί ανεπαρκής για την αναπαράσταση του φυσικού φαινομένου σε ένα τόσο μικρό χρονικό βήμα. Η ακρίβεια της εκτίμησης των υδρολογικών μεταβλητών εξόδου είναι γενικά πολύ ικανοποιητική.

Πολλά μοντέλα υδατικού ισοζυγίου έχουν αναπτυχθεί στο παρελθόν κυρίως στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής (π.χ. Thornthwaite και Mather 1955], Sokolon και Chapman [1974], Miller [1977], Mather [1978], Dunne και Leopold [1978] και U.S. Army Corps of Engineers [1980]). Στη δεκαετία του '80 τα μοντέλα υδατικού ισοζυγίου χρησιμοποιήθηκαν εκτεταμένα στη μελέτη των επιπτώσεων κλιματικών αλλαγών στους υδατικούς πόρους. Για την κατασκευή του μοντέλου που παρουσιάζεται στο παρόν ερευνητικό έργο, ως βάση χρησίμευσαν κυρίως οι εργασίες του Gleick (Gleick [1986], Gleick [1987]). Μία άλλη εφαρμογή παρόμοιου μοντέλου στον Ελληνικό χώρο αναφέρεται από τους Μιμίκου κ.α. (Mimikou et al. [1991]).

Εκτός από το μετασχηματισμό της βροχόπτωσης σε απορροή στο μοντέλο προσομοιώθηκε και η συγκέντρωση και η τήξη χιονιού. Η ανάπτυξη του τμήματος αυτού του μοντέλου που βασίστηκε κύρια στις εργασίες των Martinec και Rango (βλ. Martinec and Rango [1986]) και είναι ως ένα βαθμό πρωτότυπο. Στις παραγράφους που ακολουθούν περιγράφουμε με λεπτομέρεια τις παραδοχές και τις απλουστεύσεις του

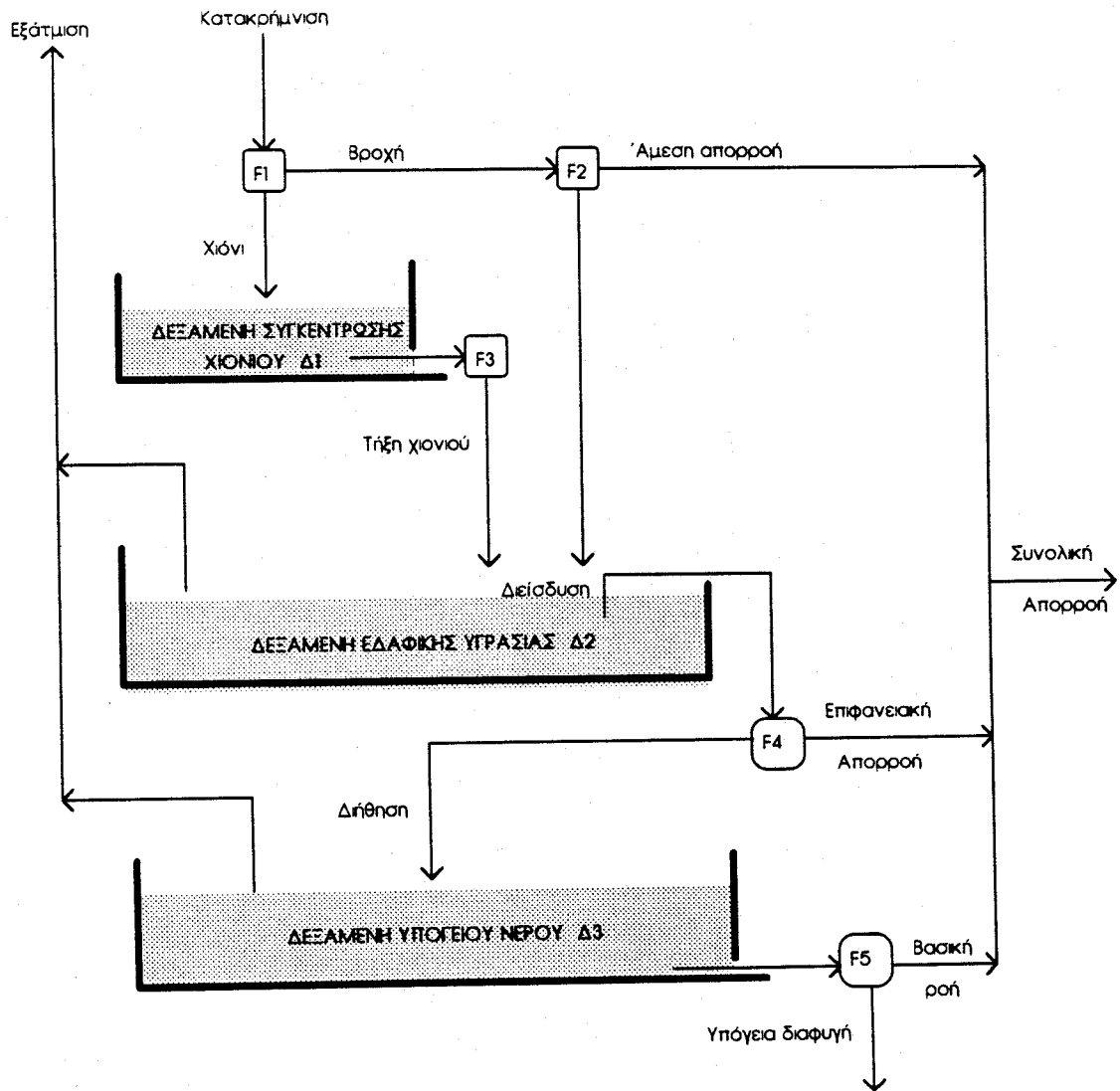
φυσικού φαινομένου που κάναμε για την κατασκευή του μοντέλου.

### 3.2 Γενική περιγραφή της λειτουργίας του μοντέλου

Ο μετασχηματισμός της βροχής σε απορροή στην έξοδο της λεκάνης απορροής που εξετάζεται, πραγματοποιείται με διόδευση της βροχόπτωσης μέσω συστήματος διασυνδεδεμένων δεξαμενών. Η καθεμιά δεξαμενή αναπαριστά και μία στοιχειώδη φυσική διεργασία που εμφανίζεται κατά την ροή του νερού μέσα στο φυσικό σύστημα της λεκάνης απορροής. Με τον τρόπο αυτό οι υδρολογικές μεταβλητές που περιγράφουν το φυσικό φαινόμενο θεωρούνται ότι ταυτίζονται είτε με τις εισόδους είτε με τις εξόδους ή ακόμη με τα αποθέματα των δεξαμενών του μοντέλου. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.1, οι δεξαμενές αυτές είναι οι ακόλουθες:

- Δ1:** Δεξαμενή συγκέντρωσης χιονιού με είσοδο τη χιονόπτωση  $SN$ , έξοδο την ποσότητα νερού από τήξη του χιονιού  $M$  και απόθεμα το αποθηκευμένο νερό στο χιονοκάλυμμα της λεκάνης  $S_1$ . Η δεξαμενή αυτή χωρίζεται σε διαμερίσματα που αντιστοιχούν σε υψομετρικές ζώνες της λεκάνης. Με τον τρόπο αυτό το μοντέλο διαχειρίζεται τις κατακρημνίσεις, το συσσωρευμένο χιόνι καθώς και την ποσότητα νερού από τήξη χιονιού χωριστά για κάθε ζώνη.
- Δ2:** Δεξαμενή της εδαφικής υγρασίας με είσοδο τη διείσδυση  $I$  και τη ζήτηση για εξατμοδιαπνοή. Έξοδοι είναι 1) η πραγματική εξατμοδιαπνοή  $E_2$  και 2) η περίσσεια νερού ή αλλιώς η υπερχείλιση  $SP$  της δεξαμενής όταν το απόθεμα σε αυτή φθάσει την τιμή της χωρητικότητας της  $K_2$  και ταυτόχρονα η εισροή νερού από διείσδυση ξεπερνά την ποσότητα που αφαιρείται λόγω εξατμοδιαπνοής. Το απόθεμα της δεξαμενής  $S_2$  αντιστοιχεί στην εδαφική υγρασία της ακόρεστης ζώνης του εδάφους ενώ η χωρητικότητα  $K_2$  της δεξαμενής είναι η μέγιστη αποθηκευτική ικανότητα της ζώνης αυτής.
- Δ3:** Δεξαμενή του υπόγειου νερού με είσοδο την διήθηση  $PERC$ , έξοδο την υπόγεια ροή  $QB$  και απόθεμα τον συνολικό όγκο υπόγειου νερού στη λεκάνη. Επίσης η ζήτηση για εξατμοδιαπνοή που δεν ικανοποιήθηκε από τη δεξαμενή Δ2 και είναι ίση με  $ED - E_2$ , θεωρείται ότι αποτελεί ζήτηση για εξατμοδιαπνοή από τη δεξαμενή Δ3 και προκαλεί ως έξοδο την πραγματική εξατμοδιαπνοή  $E_3$ .

Σημειώνεται ότι η δεξαμενή Δ1 δεν έχει περιορισμό στη χωρητικότητά της καθώς η ποσότητα χιονιού που συγκεντρώνεται στη λεκάνη δεν έχει, από φυσική άποψη, κανένα άνω όριο.



Σχήμα 3.1 Σχηματική αναπαράσταση του μοντέλου Υδατικού Ισοζυγίου.

Μετά από την παραπάνω παρουσίαση των κύριων συνιστωσών του μοντέλου (δεξαμενές Δ1, Δ2 και Δ3) και προτού προχωρήσουμε σε λεπτομερή εξέταση του συνόλου των μεγεθών και των εξισώσεων που υπεισέρχονται στο μοντέλο, περιγράφουμε στη συνέχεια τη λειτουργία του μοντέλου.

Η κύρια είσοδος του μοντέλου που είναι η συνολική κατακρήμνιση, επιμερίζεται σε βροχόπτωση και χιονόπτωση σε ισοδύναμο ύψος νερού. Ο επιμερισμός αυτός βασίζεται στη θερμοκρασία στο μέσο υψόμετρο της λεκάνης καθώς και στη μεταβολή του μεγέθους αυτού συναρτήσει του υψομέτρου. Ένας άλλος παράγοντας που καθορίζει το ποσοστό της κατακρήμνισης σε μορφή χιονιού είναι η τοπογραφία της λεκάνης και ειδικότερα η κατανομή της επιφάνειας της λεκάνης συναρτήσει του υψομέτρου. Μετά από τον επιμερισμό της κατακρήμνισης σε βροχή και χιόνι, η βροχή φθάνει στην επιφάνεια του εδάφους όπου ακολουθεί δυο δρόμους. Το τμήμα της βροχής που συναντά αδιαπέρατες επιφάνειες απορρέει επιφανειακά ως άμεση απορροφή ενώ το υπόλοιπο μέρος που έρχεται σε επαφή με υδροπερατά στρώματα του εδάφους διεισδύει σε αυτά, εφόσον βέβαια δεν είναι κορεσμένα με νερό. Η χιονόπτωση, εφόσον υπάρχει, συγκεντρώνεται στο χιονοκάλυμμα της λεκάνης (δεξαμενή Δ1). Εάν η θερμοκρασία είναι πάνω από 0°C, ένα ποσοστό του συσσωρευμένου χιονιού τήκεται και δίνει μαζί με τη βροχόπτωση στο υδροπερατό τμήμα της λεκάνης, τη συνολική ποσότητα νερού που φθάνει τελικά στην επιφάνεια του εδάφους. Η ποσότητα αυτή τροφοδοτεί την εδαφική υγρασία των ανωτέρων στρωμάτων του εδάφους (Δεξαμενή Δ2) η οποία βρίσκεται κάτω από την επιρροή δυνάμεων μύζησης (suction forces) και βαρύτητας. Το απόθεμα εδαφικής υγρασίας υφίσταται απώλειες, ιδιαίτερα κατά τις ξηρές περιόδους, λόγω εξατμησης και διαπνοής από τα φυτά. Ο ρυθμός της εξατμοδιαπνοής θεωρείται ίσος με την τιμή της δυναμικής εξατμοδιαπνοής αλλά βέβαια όταν εξαντληθεί το απόθεμα εδαφικής υγρασίας ο ρυθμός αυτός μηδενίζεται. Είναι φανερό ότι η παραπάνω απλούστευση, η εξίσωση δηλαδή της εξατμοδιαπνοής με τη δυναμική τιμή της, είναι δυνατή μόνο εφόσον η δεξαμενή Δ2 αντιπροσωπεύει το ανώτερο στρώμα του εδάφους μικρού σχετικά βάθους. Όταν η αποθηκευτική ικανότητα του εδάφους εξαντληθεί ή αλλιώς επέλθει κορεσμός των ανωτέρων στρωμάτων του εδάφους και ταυτόχρονα ο ρυθμός τροφοδοσίας του εδάφους από βροχή και τήξη χιονιού υπερβαίνει τον ρυθμό της εξατμοδιαπνοής, τότε υπάρχει περίσσεια νερού (βροχή + τήξη χιονιού - εξατμοδιαπνοή) που δεν μπορεί να αποθηκευθεί στα ανώτερα στρώματα του εδάφους. Στην περίπτωση αυτή ένα μέρος της περισσειας του νερού δεν διεισδύει στο έδαφος αλλά απορρέει επιφανειακά. Ένα δεύτερο μέρος διεισδύει μεν στο έδαφος αλλά εκτοπίζει συγχρόνως έναν ισοδύναμο όγκο νερού ο οποίος κάτω από την επίδραση της βαρύτητας (οι δυνάμεις μύζησης έχουν μηδενιστεί αφού υπάρχει κορεσμός) διηθείται προς βαθύτερα στρώματα του εδάφους όπου υπάρχει το υπόγειο νερό που κινείται πάντα σε κορεσμένο μέσο κάτω από την επίδραση της βαρύτητας (δεξαμενή Δ3). Τέλος, τα αποθέματα υπόγειου νερού που δημιουργούνται

και συντηρούνται από τη διήθηση υφίστανται κατ' αρχήν απώλειες λόγω εξατμοδιαπνοής με ρυθμούς όμως μειωμένους σε σχέση με εκείνους των ανώτερων εδαφικών στρωμάτων. Ακόμη, τα αποθέματα υπόγειου νερού τροφοδοτούν αποκλειστικά την απορροή κατά την ξηρή περίοδο (βασική απορροή).

Οι εξισώσεις που περιγράφουν τη λειτουργία του μοντέλου μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες:

1. **Εξισώσεις ισοζυγίου** των δεξαμενών του μοντέλου. Σε κάθε μια δεξαμενή και σε κάθε χρονική περίοδο (π.χ. μήνας) μπορούμε να γράψουμε μία εξίσωση ισοζυγίου η οποία είναι έχει την γενική μορφή: (Συνολικές εισροές) + (Αρχικά αποθέματα) = (Συνολικές εκροές) + (Τελικά αποθέματα)
2. **Εμπειρικές συναρτήσεις** των υδρολογικών μεταβλητών του μοντέλου οι οποίες μαζί με τις εξισώσεις της προηγούμενης κατηγορίας καθορίζουν τη δυναμική του μοντέλου. Οι συναρτήσεις αυτές εκφράζουν ποσοτικά όλες τις απλοποιητικές παραδοχές του μοντέλου πέραν της αναπαράστασης του φυσικού συστήματος με τη βοήθεια τριών δεξαμενών. Πρόκειται για παραδοχές που αφορούν στον τρόπο με τον οποίο διακινούνται οι διάφορες ποσότητες νερού μεταξύ των δεξαμενών, καθώς και στο πως από τις ποσότητες αυτές προκύπτουν οι διάφορες τελικές έξοδοι του μοντέλου, όπως για παράδειγμα οι συνιστώσες της υπολογισμένης απορροής (π.χ. επιφανειακή, βασική απορροή). Οι συναρτήσεις αυτές που σημειώνονται και στο Σχήμα 3.1, είναι οι ακόλουθες:

F1: Συνάρτηση επιμερισμού της κατακρήμνισης  $P$  σε βροχή  $R$  και χιόνι  $SN$

F2: Συνάρτηση υπολογισμού της άμεσης απορροής  $QD$

F3: Συνάρτηση υπολογισμού της ποσότητας νερού από τήξη χιονιού  $M$

F4: Συνάρτηση επιμερισμού του περισεύματος  $SP$  της εδαφικής υγρασίας σε επιφανειακή απορροή  $QS$  και διήθηση  $PERC$  και

F5: Συνάρτηση επιμερισμού της υπόγειας ροής  $QG$  σε υπόγεια ροή εκτός λεκάνης  $QO$  και σε βασική ροή  $QB$ .

Στην επόμενη παράγραφο περιγράφονται με λεπτομέρεια οι μεταβλητές του μοντέλου ώστε στη συνέχεια να μπορούν να παρουσιαστούν αναλυτικά οι εξισώσεις του μοντέλου.



### 3.3 Μεταβλητές του μοντέλου

#### α. Μεταβλητές εισόδου

- α1. **Επιφανειακή κατακρήμνιση  $P$**  στη θεωρούμενη λεκάνη απορροής σε mm ύψους νερού. Υπολογίζεται ανεξάρτητα από το μοντέλο είτε με τη μέθοδο Thiessen είτε με άλλη μέθοδο από τα σημειακά ύψη κατακρήμνισης των σταθμών της λεκάνης.
- α2. **Μέση θερμοκρασία  $T_m$**  σε °C στο μέσο υψόμετρο της λεκάνης για κάθε χρονική περίοδο της προσομοίωσης (μήνας). Ο υπολογισμός του μεγέθους αυτού γίνεται ξεχωριστά, εκτός του μοντέλου, με αναγωγή των μέσων θερμοκρασιών των σταθμών μέτρησης θερμοκρασίας στο μέσο υψόμετρο της λεκάνης με βάση τις παρατηρημένες τιμές της θερμοβαθμίδας (lapse rate).
- α3. **Ελάχιστη μέση ημερήσια θερμοκρασία  $T_{min}$**  σε °C στο μέσο υψόμετρο της λεκάνης για κάθε μήνα. Πρόκειται για την μέση θερμοκρασία της μέρας με την ελάχιστη μέση θερμοκρασία μέσα στο μήνα. Ο υπολογισμός του μεγέθους αυτού γίνεται ξεχωριστά, εκτός του μοντέλου όπως και στο α2.
- α4. **Μέγιστη μέση ημερήσια θερμοκρασία  $T_{max}$**  σε °C στο μέσο υψόμετρο της λεκάνης για κάθε μήνα. Πρόκειται για την μέση θερμοκρασία της μέρας με την μέγιστη μέση θερμοκρασία μέσα στο μήνα. Ο υπολογισμός του μεγέθους αυτού γίνεται ξεχωριστά, εκτός του μοντέλου όπως στο α2.
- α5. **Δυνητική εξατμοδιαπνοή** η οποία θεωρείται ότι αποτελεί τη ζήτηση για εξατμοδιαπνοή  $ED$  σε mm ύψους νερού. Το μέγεθος αυτό υπολογίζεται ξεχωριστά, πριν να εισαχθεί στο μοντέλο, είτε από δεδομένα εξατμισομέτρου στα οποία εφαρμόζονται κατάλληλοι συντελεστές αναγωγής, είτε με τη βοήθεια εμπειρικών ή ημιεμπειρικών μεθόδων (π.χ. Penman). Οι τελευταίες μέθοδοι βασίζονται σε μετεωρολογικά δεδομένα όπως η θερμοκρασία αέρα, η σχετική υγρασία, η ταχύτητα ανέμου και η ηλιοφάνεια.
- α6. **Παρατηρημένη παροχή  $Q_m$**  στην έξοδο της λεκάνης εκφρασμένη σε ισοδύναμο ύψος νερού στη λεκάνη. Χρησιμοποιείται για σύγκριση με την **υπολογισμένη** από το μοντέλο **παροχή  $Q_{Cm}$**  που προκύπτει ως έξοδος του μοντέλου. Η σύγκριση αυτή γίνεται είτε με γραφικό τρόπο είτε με τον υπολογισμό κατάλληλων αριθμητικών κριτηρίων που περιγράφονται στην παράγραφο 2.5.
- α7. **Υψογραφική καμπύλη της λεκάνης απορροής.** Αυτή δίνει την κατανομή της επιφάνειας της λεκάνης συναρτήσει του υψομέτρου. Ο χρήστης του μοντέλου

δίνει μερικά σημεία της καμπύλης και στη συνέχεια το μοντέλο υπολογίζει οποιοδήποτε σημείο της με κατάλληλη παρεμβολή.

- α8. Αριθμός υψομετρικών ζωνών  $n$  για τον υπολογισμό των αποθεμάτων συσσωρευμένου χιονιού και της ποσότητας νερού από τήξη χιονιού.

Υπενθυμίζουμε ότι πριν από το τρέξιμο του μοντέλου πρέπει, εφόσον η παρατηρημένη παροχή  $Qm$  δίνεται σε  $m^3/s$ , να κάνουμε αναγωγή των δεδομένων παροχής από  $m^3/s$  σε  $mm$  με την ακόλουθη σχέση:

$$Qm(mm) = Qm(m^3/s) \times 86.4 \Delta t / A \quad (25)$$

όπου  $\Delta t$  το χρονικό βήμα της προσομοίωσης σε μέρες  
 $A$  η επιφάνεια της λεκάνης απορροής σε  $Km^2$ .

#### β. Μεταβλητές εξόδου

- β1. Υπολογισμένη παροχή  $QCm$
- β2. Επιφανειακή απορροή  $QS$
- β3. Άμεση απορροή  $QD$
- β4. Βασική ροή  $QB$
- β5. Πραγματική εξατμοδιαπνοή  $E$

Εκτός από τις παραπάνω κύριες υδρολογικές μεταβλητές έχουμε τη δυνατότητα να παρακολουθήσουμε τη χρονική εξέλιξη πολλών άλλων υδρολογικών μεταβλητών, όπως είναι το συσσωρευμένο χιόνι σε ισοδύναμο ύψος νερού, ο ρυθμός τήξης του χιονιού, τα αποθέματα εδαφικής υγρασίας και υπόγειου νερού, η διήθηση και η διείσδυση. Αλλά οι μεταβλητές αυτές είναι μάλλον ενδιάμεσες μεταβλητές και γι' αυτό τις κατατάσσουμε στην αμέσως επόμενη κατηγορία.

γ. Άλλες μεταβλητές. Εκτός από τις μεταβλητές εισόδου και εξόδου στη λειτουργία του μοντέλου υπεισέρχονται και ενδιάμεσες μεταβλητές που είναι οι ακόλουθες:

- γ1. Επιφανειακή βροχοπτώση  $R$  εκφρασμένη σε  $mm$  ύψους νερού.
- γ2. Επιφανειακή χιονόπτωση  $SN$  εκφρασμένη σε  $mm$  ισοδύναμου ύψους νερού στο σύνολο της λεκάνης απορροής
- γ3. Επιφανειακή βροχοπτώση  $R_j$  για την υψομετρική ζώνη  $j$  ( $j = 1, 2, 3, \dots, n$ ) εκφρασμένη σε  $mm$  ισοδύναμου ύψους νερού στο σύνολο της λεκάνης απορροής
- γ4. Επιφανειακή χιονόπτωση  $SN_j$  της υψομετρικής ζώνης  $j$  ( $j = 1, 2, 3, \dots, n$ ),

- εκφρασμένη σε mm ισοδύναμου ύψους νερού στο σύνολο της λεκάνης απορροής
- γ5. Συσσωρευμένο χιόνι  $SC$  σε ισοδύναμο ύψος νερού (mm)
  - γ6. Τήξη χιονιού  $M$  σε ισοδύναμο ύψος νερού (mm)
  - γ7. Συσσωρευμένο χιόνι  $SCZ_j$  για την υψομετρική ζώνη  $j$  ( $j = 1,2,3,\dots,n$ ) στο τέλος του μήνα, εκφρασμένη σε mm ισοδύναμου ύψους νερού στο σύνολο της λεκάνης απορροής
  - γ8. Συσσωρευμένο χιόνι  $ISCZ_j$  για την υψομετρική ζώνη  $j$  ( $j = 1,2,3,\dots,n$ ) στην αρχή του μήνα, εκφρασμένη σε mm ισοδύναμου ύψους νερού στο σύνολο της λεκάνης απορροής
  - γ9. Τήξη χιονιού  $MZ_j$  για την υψομετρική ζώνη  $j$  ( $j = 1,2,3,\dots,n$ ) εκφρασμένη σε mm ισοδύναμου ύψους νερού στο σύνολο της λεκάνης απορροής
  - γ10. Διείσδυση  $I$  (mm) εκφρασμένη σε mm ισοδύναμου ύψους νερού στο σύνολο της λεκάνης απορροής
  - γ11. Περίσσεια εδαφικής υγρασίας  $SP$  (mm)
  - γ12. Διήθηση προς τη δεξαμενή υπόγειου νερού  $PERC$  (mm)
  - γ13. Πραγματική εξατμοδιαπνοή από την ανώτερη ζώνη του εδάφους  $E_2$
  - γ14. Υπόλοιπο ζήτησης εξατμοδιαπνοής από τα αποθέματα υπόγειου νερού  $RED = ED - E_2$
  - γ15. Πραγματική εξατμοδιαπνοή από τα αποθέματα υπόγειου νερού  $E_3$
  - γ16. Πραγματική εξατμοδιαπνοή και από τις δύο ζώνες του εδάφους  $E = E_2 + E_3$
  - γ17. Απόθεμα εδαφικής υγρασίας στο τέλος της θεωρούμενης περιόδου (μήνας)  $S_2$  (mm)
  - γ18. Απόθεμα υπόγειου νερού στο τέλος της θεωρούμενης περιόδου (μήνας)  $S_3$  (mm)
  - γ19. Απόθεμα εδαφικής υγρασίας στην αρχή της θεωρούμενης περιόδου (μήνας)  $IS_2$  (mm)
  - γ20. Απόθεμα υπόγειου νερού στην αρχή της θεωρούμενης περιόδου (μήνας)  $IS_3$  (mm)
  - γ21. Υπόγεια ροή  $QG$  (mm)
  - γ22. Υπόγεια διαφυγή εκτός της λεκάνης απορροής  $QO$  (mm)

#### δ. Παράμετροι του μοντέλου

Οι παράμετροι του μοντέλου, αν και έχουν κάποια φυσική σημασία, δεν είναι δυνατό να εκτιμηθούν από γνωστά χαρακτηριστικά της λεκάνης όπως είναι τα εδαφολογικά χαρακτηριστικά, η γεωλογία, η τοπογραφία και οι χρήσεις γης. Ακόμη, ποσοτικές εκτιμήσεις των παραμέτρων δεν είναι δυνατό να γίνουν με απλή παρατήρηση των μετρημένων υδρογραφημάτων. Παρ' όλα αυτά η μελέτη των παρατηρημένων

υδρογραφημάτων και των παραπάνω χαρακτηριστικών της λεκάνης, παρέχει χρήσιμες ενδείξεις ως προς τη συμπεριφορά του φυσικού συστήματος και συνεπώς και του μοντέλου. Τέτοιες ενδείξεις αφορούν για παράδειγμα την ύπαρξη ή όχι σημαντικής επιφανειακής απορροής ή την παρουσία εκτεταμένων υδροφορέων που τροφοδοτούν το ποτάμι.

Οι παράμετροι που υπεισέρχονται στο μοντέλο που προτείνεται στο παρόν ερευνητικό έργο είναι οι ακόλουθες:

- δ1. **Παράγων βαθμομερών** (degree-day factor)  $DDF$  ο οποίος εκφράζει την ποσότητα του χιονιού σε mm ισοδύναμου ύψους νερού που τήκεται σε μία μέρα για αύξηση της θερμοκρασίας κατά  $1^{\circ}\text{C}$  πάνω από μια θερμοκρασία αναφοράς  $Tr$ . Οι μονάδες για την παράμετρο αυτή είναι  $\text{mm}^{\circ}\text{C}^{-1}\text{ημ}^{-1}$ .
- δ2. **Κρίσιμη θερμοκρασία**  $Tr$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) πάνω από την οποία πραγματοποιείται τήξη του χιονιού.
- δ3. **Συντελεστής άμεσης απορροής**  $r_i$  που είναι το ποσοστό της βροχόπτωσης που απορρέει άμεσα μέσα στο μήνα χωρίς να υπόκειται σε εξάτμιση ούτε και να αποθηκεύεται στο έδαφος. Όπως είναι ευνόητο, η παράμετρος αυτή κυμαίνεται εποχιακά και έτσι στην περίπτωση μηνιαίου χρονικού βήματος θα πρέπει να δοθεί για κάθε μήνα  $i$  ( $i=1,2,3,\dots,12$ ) ξεχωριστή τιμή του  $r_i$ .
- δ4. **Μέγιστο απόθεμα εδαφικής υγρασίας**  $K_2$  σε mm ύψους νερού.
- δ5. **Μέγιστο απόθεμα υπόγειου νερού**  $K_3$  σε mm ύψους νερού.
- δ6. **Ποσοστό επιφανειακής απορροής**  $\beta$  που είναι το ποσοστό της περίσσειας εδαφικής υγρασίας που απορρέει επιφανειακά.
- δ7. **Συντελεστής εκκένωσης υπόγειων αποθεμάτων**  $\alpha$  που είναι το ποσοστό εκείνο του αποθέματος υπόγειου νερού που απορρέει κατά τη διάρκεια του μήνα.
- δ8. **Ποσοστό υπόγειων διαφυγών**  $\gamma$  που είναι το ποσοστό εκείνο της υπόγειας ροής που διαφεύγει από τη λεκάνη απορροής και συνεπώς δεν παρατηρείται ως τμήμα της συνολικής απορροής στην έξοδο της λεκάνης.

### 3.4 Λειτουργία του μοντέλου - Εξισώσεις

**3.4.1 Συνάρτηση F1.** Η κύρια είσοδος του μοντέλου που είναι η συνολική κατακρήμνιση  $P$ , επιμερίζεται σε βροχόπτωση  $R$  και χιόνι  $SN$  εκφρασμένο σε ισοδύναμο ύψος νερού (mm). Ο επιμερισμός αυτός βασίζεται στην χωρική κατανομή της θερμοκρασίας στην επιφάνεια της λεκάνης απορροής. Στο τμήμα της λεκάνης που η θερμοκρασία είναι κάτω των  $0^{\circ}\text{C}$  θεωρείται ότι η κατακρήμνιση είναι στο σύνολό της χιόνι. Αντίθετα, στο υπόλοιπο τμήμα θεωρούμε αποκλειστικά και μόνο βροχή.

Σύμφωνα με τη μεθοδολογία που ακολουθήσαμε, η λεκάνη απορροής χωρίζεται σε  $n$

υψομετρικές ζώνες. Για κάθε ζώνη υπολογίζεται η μέση μηνιαία θερμοκρασία  $TZ_m$ , η ελάχιστη ημερήσια θερμοκρασία  $TZ_{min}$  και η μέγιστη ημερήσια θερμοκρασία  $TZ_{max}$  σύμφωνα με τη γενική σχέση

$$TZ = T - \lambda_i(H-H_m) \quad (26)$$

όπου  $TZ$  είναι η θερμοκρασία στο μέσο υψόμετρο της ζώνης ( $TZ = TZ_m, TZ_{min}, TZ_{max}$ )

$T$  είναι η θερμοκρασία στο μέσο υψόμετρο της λεκάνης ( $T = T_m, T_{min}, T_{max}$ )

$\lambda_i$  είναι η παρατηρημένη θερμοβαθμίδα που θεωρείται διαφορετική για κάθε μήνα  $i$ , εκφρασμένη σε  $^{\circ}C$  ανά  $m$  υψομετρικής διαφοράς.

$H$  είναι το μέσο υψόμετρο της ζώνης

$H_m$  είναι το μέσο υψόμετρο της λεκάνης.

Στη συνέχεια γίνεται διαχωρισμός της κατακρήμνισης σε βροχή και χιόνι για κάθε ζώνη ξεχωριστά με βάση τις θερμοκρασίες  $TZ_m, TZ_{min}, TZ_{max}$ . Σε αναλυτική μορφή ισχύουν τα παρακάτω:

Αν  $TZ_{min} \geq 0^{\circ}C$  τότε

$$SN_j = 0, R_j = s_j P \quad (27)$$

όπου  $R_j, SN_j$  είναι αντίστοιχα η βροχόπτωση και η χιονόπτωση στη ζώνη  $j$ , και  $s_j$  είναι το ποσοστό της επιφάνειας της ζώνης  $j$ .

Αν  $TZ_{min} < 0^{\circ}C$  και  $TZ_{max} \geq 0^{\circ}C$  τότε

$$P_j = \frac{TZ_{min}}{TZ_{max} - TZ_{min}} \quad (28)$$

$$SN_j = s_j P_j P_j, R_j = s_j (1 - P_j) P_j \quad (29)$$

Τέλος αν  $TZ_{max} < 0^{\circ}C$  τότε

$$SN_j = s_j P, R_j = 0 \quad (30)$$

Η βροχόπτωση  $R$  στο σύνολο της λεκάνης προκύπτει με απλή άθροιση των επιμέρους τιμών της για κάθε ζώνη. Το ίδιο ισχύει και για τη χιονόπτωση  $SN$ .

**3.4.2 Συνάρτηση F2.** Η βροχόπτωση  $R$  που συναντά αδιαπέρατη επιφάνεια παράγει άμεση απορροή  $QD$  σύμφωνα με τη σχέση:

$$QD = r_i R \quad (31)$$

όπου  $r_i$  είναι ο συντελεστής άμεσης απορροής για το μήνα  $i$  που εξετάζεται.

**3.4.3 Συνάρτηση F3.** Το απόθεμα του κάθε διαμερίσματος της δεξαμενής συσσώρευσης χιονιού ( $\Delta 1$ ) παρέχει, εφόσον βέβαια η θερμοκρασία το επιτρέπει, μια ποσότητα από τήξη χιονιού  $MZ_j$  σύμφωνα με τη σχέση:

$$MZ_j = DDF \times TZ_m \times ND \quad (32)$$

όπου  $TZ_m$  είναι η μέση μηνιαία θερμοκρασία στο μέσο υψόμετρο της ζώνης.

$DDF$  είναι ο παράγων βαθμοημερών και

$ND$  είναι ο αριθμός ημερών του μήνα στον οποίο εξετάζεται το φαινόμενο.

**3.4.4 Υδατικό ισοζύγιο δεξαμενής  $\Delta 1$ .** Με τα μεγέθη που είτε δίνονται είτε έχουν υπολογιστεί στα προηγούμενα, είναι δυνατό να καταρτιστεί το υδατικό ισοζύγιο του καθενός από τα διαμερίσματα της δεξαμενής  $\Delta 1$  για όλη την μηνιαία περίοδο. Σε αναλυτική μορφή ισχύει η ακόλουθη σχέση:

$$SCZ_j = ISCZ_j + SN_j - MZ_j \quad (33)$$

όπου  $SCZ_j$  είναι το απόθεμα χιονιού στο τέλος του μήνα για τη ζώνη  $j$

$ISCZ_j$  είναι το απόθεμα χιονιού στην αρχή του μήνα

$SN_j$  είναι η χιονόπτωση κατά τη διάρκεια του μήνα και

$MZ_j$  είναι η ποσότητα από τήξη του χιονιού κατά τη διάρκεια του μήνα.

Ισχύει πάντοτε  $SCZ_j \geq 0$  και εφόσον από την παραπάνω εξίσωση προκύψει  $SCZ_j < 0$  τότε μειώνεται η τιμή του  $MZ_j$  ώστε  $SCZ_j = 0$ . Είναι η περίπτωση όπου λειώνει το σύνολο του χιονιού.

**3.4.5 Υδατικό ισοζύγιο δεξαμενής  $\Delta 2$ .** Η διείσδυση  $I$  που είναι και η εισροή στη δεξαμενή δίνεται από την ακόλουθη σχέση:

$$I = (1-r_i)R + M \quad (34)$$

Η διαθέσιμη ποσότητα νερού για εξατμοδιαπνοή κατά τη διάρκεια του μήνα είναι ίση με το άθροισμα της εισροής και του αποθέματος νερού στη δεξαμενή. Σε πρώτη προτεραιότητα αφαιρείται ποσότητα νερού ίση με τη δυναμική εξατμοδιαπνοή εφόσον το διαθέσιμο απόθεμα εδαφικής υγρασίας είναι επαρκές. Ισχύει η ακόλουθη εξίσωση:

$$E_2 = \min(ED, IS_2 + I) \quad (35)$$

όπου  $E_2$  είναι η πραγματική εξατμοδιαπνοή

$ED$  είναι η δυναμική εξατμοδιαπνοή

$IS_2$  είναι το απόθεμα εδαφικής υγρασίας στην αρχή του μήνα και

$I$  η διείσδυση (βλ. εξίσωση 34)

Στη συνέχεια υπολογίζεται από την σχέση που ακολουθεί, η υπερχειλίση της δεξαμενής ή αλλιώς η περίσσεια εδαφικής υγρασίας, εφόσον αυτή υπάρχει:

$$SP = \max(0, IS_2 + I - E_2 - K_2) \quad (36)$$

όπου  $SP$  είναι η υπερχειλίση ή η περίσσεια εδαφικής υγρασίας

$K_2$  είναι το μέγιστο απόθεμα ή η χωρητικότητα της δεξαμενής  $\Delta 2$ .

Με τα μεγέθη που έχουμε υπολογίσει στα προηγούμενα καταρτίζουμε το υδατικό ισοζύγιο της δεξαμενής  $\Delta 1$  για όλη την μηνιαία περίοδο. Σε αναλυτική μορφή ισχύει η ακόλουθη σχέση:

$$S_2 = IS_2 + I - E_2 - SP \quad (37)$$

όπου  $S_2$  είναι το απόθεμα εδαφικής υγρασίας στο τέλος του μήνα

**3.4.6 Συνάρτηση F4.** Η περίσσεια εδαφικής υγρασίας  $SP$  μετασχηματίζεται κατά ένα μέρος της σε επιφανειακή απορροή ενώ το υπόλοιπο διηθείται προς τον υπόγειο ορίζοντα (δεξαμενή  $\Delta 3$ ). Σε αναλυτική μορφή μπορούμε να γράψουμε:

$$QS = \beta SP \quad (38)$$

$$PERC = (1 - \beta) SP \quad (39)$$

όπου  $QS$  είναι η επιφανειακή απορροή

$PERC$  είναι η διήθηση και

$\beta$  είναι το ποσοστό επιφανειακής απορροής

**3.4.7 Υδατικό ισοζύγιο δεξαμενής Δ3.** Εφόσον η διήθηση *PERC* είναι και η μοναδική εισροή στη δεξαμενή, η διαθέσιμη ποσότητα νερού για εξατμοδιαπνοή κατά τη διάρκεια του μήνα είναι  $IS_3 + PERC$  όπου  $IS_3$  είναι το απόθεμα υπόγειου νερού στην αρχή του μήνα. Σε πρώτη προτεραιότητα αφαιρείται ποσότητα νερού ίση με τη υπόλοιπο ζήτησης για εξατμοδιαπνοή που δεν ικανοποιήθηκε από την εδαφική υγρασία των ανώτερων στρωμάτων του εδάφους (δεξαμενή Δ2) μόνο όμως εφόσον τα αποθέματα υπόγειου νερού είναι πολύ μεγάλα. Η ακραία περίπτωση μεγάλων αποθεμάτων είναι όταν έχουμε το μέγιστο απόθεμα υπόγειου νερού ( $S_3 = K_3$ ). Για  $S_3 < K_3$  η πραγματική εξατμοδιαπνοή του υπόγειου νερού  $E_3$  μειώνεται με γραμμικό τρόπο μέχρι την τιμή 0 για μηδενικά αποθέματα. Πιο συγκεκριμένα, ισχύει η ακόλουθη σχέση:

$$E_3 = \min \left\{ (ED - E_2) \frac{S_3}{K_3}, IS_3 + PERC \right\} \quad (40)$$

Η τιμή του  $K_3$  είναι τέτοια ώστε η δεξαμενή Δ3 να μην υπερχειλίζει ποτέ, πράγμα που άλλωστε δεν θα είχε κανένα φυσικό νόημα.

Η κύρια εκροή από τη δεξαμενή είναι η υπόγεια ροή η οποία μπορεί να θεωρηθεί ως γραμμική συνάρτηση ενός αντιπροσωπευτικού αποθέματος μεταξύ των τιμών του αποθέματος στη αρχή του μήνα  $IS_3$ , και του αποθέματος στο τέλος του μήνα  $S_3$ . Επειδή όμως η υπόγεια ροή δεν αποκρίνεται άμεσα στην αύξηση των αποθεμάτων θεωρούμε τελικά ότι αυτό το αντιπροσωπευτικό απόθεμα είναι το  $IS_3$  (αρχή του μήνα). Με τον τρόπο αυτό εισάγουμε κάποια υστέρηση στην υπόγεια ροή. Σε αναλυτική μορφή ισχύει:

$$QG = aIS_3 \quad (41)$$

όπου  $a$  είναι ο συντελεστής εκκένωσης υπόγειων αποθεμάτων

Με τα μεγέθη που έχουμε υπολογίσει στα προηγούμενα καταρτίζουμε το υδατικό ισοζύγιο της δεξαμενής για όλη την μηνιαία περίοδο. Σε αναλυτική μορφή ισχύει η ακόλουθη σχέση:

$$S_3 = IS_3 + PERC - QG \quad (42)$$

**3.4.8 Συνάρτηση F5.** Η υπόγεια ροή  $QG$  είναι δυνατό να μην οδηγείται στην έξοδο της λεκάνης αλλά να διαφεύγει κατά ένα ορισμένο ποσοστό της ίσο με  $\gamma$ . Η υπόγεια διαφυγή  $QO$  δίνεται από τη σχέση:



$$QO = \gamma QG \quad (43)$$

Το υπόλοιπο μέρος της υπόγειας ροής είναι η βασική ροή του υδατορεύματος  $QB$  :

$$QB = (1-\gamma)QG \quad (44)$$

3.4.9 **Συνολική υπολογισμένη παροχή** . Αυτή προκύπτει από άθροιση των συνιστωσών της απορροής σύμφωνα με τη σχέση:

$$QC = QD + QS + QB \quad (45)$$

### 3.5 Αριθμητικά κριτήρια καλής προσαρμογής

1. **Ποσοστό επεξηγουμένης διασποράς (explained variance)  $EVM$**  που εκτιμάται από την ακόλουθη σχέση:

$$EVM = 1 - \frac{\text{Var}[em]}{\text{Var}[Qm]} \quad (46)$$

όπου  $\text{Var}[em]$  είναι η διασπορά των σφαλμάτων του μοντέλου και  
 $\text{Var}[Qm]$  είναι η διασπορά των μετρημένων παροχών.

Το μέγεθος  $\text{Var}[em]$  δίνεται από την ακόλουθη σχέση

$$\text{Var}[em] = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M ( (Qm_i - QCm_i) - (\overline{Qm} - \overline{QCm}) )^2 \quad (47)$$

όπου  $Qm_i$  και  $QCm_i$  είναι αντίστοιχα η μετρημένη και η υπολογισμένη μηνιαία παροχή  
 $\overline{Qm}$  και  $\overline{QCm}$  είναι αντίστοιχα η μέση τιμή για την μετρημένη και την υπολογισμένη  
 μηνιαία παροχή και

$M$  είναι η περίοδος προσομοίωσης σε μήνες.

Το μέγεθος  $\text{Var}[Qm]$  δίνεται από τη σχέση:

$$\text{Var}[Qm] = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M (Qm_i - \overline{Qm})^2 \quad (48)$$

2. Αποτελεσματικότητα (efficiency) του μοντέλου *EFFM* που εκτιμάται από την ακόλουθη σχέση:

$$EFFM = 1 - \frac{MSEM}{Var[Qm]} \quad (49)$$

όπου *MSEM* είναι το μέσο τετραγωνικό σφάλμα του μοντέλου.

Το μέγεθος *MSEM* δίνεται από την ακόλουθη σχέση:

$$MSEM = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M (Qm_i - QCm_i)^2 \quad (50)$$

Ισχύει  $EFFM \leq EVM$  ενώ η διαφορά των δύο κριτηρίων είναι ένα μέτρο της μεροληψίας του μοντέλου σε ότι αφορά στην εκτίμηση των μηνιαίων τιμών της παροχής. Σημειώνεται επίσης ότι και τα δύο παραπάνω κριτήρια (*EFFM*, *EVM*) παίρνουν τιμές από -1 έως 1 με την τιμή 1 να αντιστοιχεί στη τέλεια προσαρμογή του μοντέλου στο ιστορικό δείγμα.

3. Μέσα ετήσια ισοζύγια της λεκάνης απορροής για την περίοδο προσομοίωσης. Με βάση τις μηνιαίες τιμές των υδρολογικών μεταβλητών το μοντέλο υπολογίζει τις παρακάτω συνιστώσες του μέσου ετήσιου υδατικού ισοζυγίου της λεκάνης σε mm:

- Επιφανειακή βροχοπτώση από μετρήσεις
- Μετρημένη συνολική απορροή στην έξοδο της λεκάνης
- Υπολογισμένη συνολική απορροή στην έξοδο της λεκάνης
- Υπολογισμένη επιφανειακή απορροή στην έξοδο της λεκάνης
- Υπολογισμένη υποδερμική απορροή στην έξοδο της λεκάνης
- Υπολογισμένη βασική ροή στην έξοδο της λεκάνης
- Δυνητική εξατμοδιαπνοή της λεκάνης από μετρήσεις ή ανεξάρτητες εκτιμήσεις.
- Υπολογισμένη πραγματική εξατμοδιαπνοή της λεκάνης από το μοντέλο.
- Αποθέματα νερού στο έδαφος στο τέλος της θεωρούμενης περιόδου προσομοίωσης (τέλος τελευταίου μήνα του τελευταίου έτους)

Υπενθυμίζουμε ότι τα αποθέματα στη αρχή της περιόδου προσομοίωσης (αρχή πρώτου μήνα του πρώτου έτους) εισάγονται από τον χρήστη ως δεδομένα και έτσι είναι γνωστή και η ολική μεταβολή των αποθεμάτων η οποία και συνδέεται άμεσα με το μέσο ετήσιο ισοζύγιο της λεκάνης.



## 4. ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΥ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗ RNRF

### 4.1 Γενικά

Στις προηγούμενες παραγράφους παρουσιάσαμε δύο μοντέλα προσομοίωσης της σχέσης βροχής-απορροής. Το ένα μοντέλο ταυτίζεται ουσιαστικά με το γνωστό στους υδρολόγους μοντέλο SACRAMENTO και λειτουργεί σε ημερήσια χρονική βάση. Το δεύτερο μοντέλο ανήκει στην κατηγορία των μοντέλων υδατικού ισοζυγίου και εφαρμόζεται σε μηνιαία χρονική βάση. Οι μαθηματικές και λογικές σχέσεις που περιγράφουν τη λειτουργία των δύο μοντέλων κωδικοποιήθηκαν σε ένα ενιαίο πρόγραμμα H/Y σε γλώσσα προγραμματισμού Pascal.

Το πρόγραμμα τρέχει σε όλους τους προσωπικούς υπολογιστές που είναι συμβατοί με IBM. Το λειτουργικό σύστημα πρέπει απαραίτητα να είναι DOS, έκδοση 4.01 ή νεότερη. Η ελάχιστη μνήμη RAM των 640 K είναι επαρκής για το τρέξιμο του προγράμματος. Οι συχνές εγγραφές σε αρχεία εξόδου καθώς και οι συχνές αναγώσεις από αρχεία δεδομένων καθιστά μάλλον επιβεβλημένη την ύπαρξη σκληρού δίσκου με ικανοποιητική ταχύτητα προσπέλασης. Τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων φυλάγονται πάντα σε αρχεία και έτσι η ύπαρξη εκτυπωτή είναι προαιρετική.

Ο χρήστης του προγράμματος, αφού αποφασίσει ποιό από τα δύο μοντέλα θέλει να τρέξει, προετοιμάζει από τα προηγούμενα το σύνολο των δεδομένων που απαιτούνται για το μοντέλο της επιλογής του. Τα δεδομένα αυτά πρέπει να είναι γραμμένα σε αρχεία κειμένου (text) με κατάλληλο format.

Για το κάθε ένα από τα δύο μοντέλα υπάρχουν οι ακόλουθες τρεις κατηγορίες αρχείων:

- α. Αρχείο πληροφοριών που περιέχει τα ονόματα των αρχείων δεδομένων καθώς και τις τιμές των παραμέτρων του μοντέλου
- β. Αρχεία εισόδου (input files) που είναι τα ακόλουθα:
  - β1. Αρχείο χρονοσειράς παρατηρημένων παροχών στην έξοδο της λεκάνης
  - β2. Αρχείο χρονοσειρών παρατηρημένων σημειακών ή επιφανειακών βροχοπτώσεων
  - β3. Αρχείο χρονοσειράς δυνητικής εξατμοδιαπνοής
  - β4. Αρχεία χρονοσειρών θερμοκρασιών (μέσων, ελάχιστων και μέγιστων) που δίνονται μόνο για το μοντέλο Υδατικού Ισοζυγίου.
- γ. Αρχεία εξόδου (output files) που είναι τα ακόλουθα:
  - γ1. Αρχείο συνοπτικών αποτελεσμάτων (Αριθμητικά κριτήρια)
  - γ2. Αρχείο αναλυτικών αποτελεσμάτων (πλήρης χρονοσειρά υπολογισμένων παροχών).

## 4.2 Εκκίνηση του προγράμματος

Για να ξεκινήσει το πρόγραμμα ο χρήστης πληκτρολογεί

```
>RNRF <RETURN>
```

Στη συνέχεια το πρόγραμμα ζητά από τον χρήστη να επιλέξει το μοντέλο βροχής-απορροής που επιθυμεί θέτοντας την ακόλουθη ερώτηση:

```
' ΕΠΙΛΟΓΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ '
```

```
' -----'
```

```
' MONTELO SACRAMENTO (1)'
```

```
' MONTELO ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ (2)'
```

Μόλις ο χρήστης απαντήσει στην παραπάνω ερώτηση το πρόγραμμα τρέχει μέχρι να τελειώσει χωρίς οποιαδήποτε άλλη παρέμβαση. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στην προετοιμασία του αρχείου πληροφοριών και των αρχείων δεδομένων. Εάν κάποιο αρχείο δεν υπάρχει στον κατάλογο εργασίας (working directory) τότε το πρόγραμμα θα δώσει κατάλληλο μήνυμα και θα σταματήσει.

## 4.3 Μοντέλο SACRAMENTO

4.3.1 Αρχείο πληροφοριών. Πρόκειται για ένα αρχείο κειμένου που έχει υποχρεωτικά το όνομα SACRAM.DAT. Το format του αρχείου πληροφοριών δίνεται στο παράδειγμα που ακολουθεί:

```
# ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΑΡΧΕΙΟΥ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ SACRAM.DAT
```

```
#-----
```

```
#ΑΡΧΕΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ
```

```
#
```

```
# Αρχείο ημ. παροχών
```

```
por7785t.dat
```

```
# Αρχείο ημ. βροχών
```

```
pb7785.dat
```

```
# Αρχείο μην. εξατμίσεων
```

```
etp7785.dat
```

```
#
```

```
# Διάρκεια προσομοίωσης
```

```
# 1ος μήνας, 1ο έτος, τελευταίος μήνας, τελευταίο έτος (Ημερολογιακά)
```

```
10 1977 9 1986
```

```

# Σε α/α μέσα στα αρχεία δεδομένων: 1ο έτος, τελευταίο έτος
1 9
# 12 συντελεστές αναγωγής μηνιαίων εξατμίσεων
1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
#
# Τίτλος μελέτης
ΛΕΚΑΝΗ ΕΥΗΝΟΥ - ΔΟΚΙΜΗ 7701
# Επιφάνεια λεκάνης σε Km2
884
# Αριθμός βροχομετρικών σταθμών
6
# Για κάθε σταθμό: Κωδικός σταθμού, συντελεστής Thiessen
# Βροχομετρικοί Σταθμοί
# Ανάληψη, Πόρος Ρηγανίου,Αράχοβα , Δρυμώνας, Γρηγόριο, Πλάτανος
1 0.037
2 0.054
3 0.291
4 0.177
5 0.229
6 0.212
#
# Παράμετροι μοντέλου (όπου υπάρχουν διαστάσεις είναι σε mm)
#=====
# uztwm, uzfwm, lztwm, lzfsm, lzfrm
80 30 180 90 170
#
# uzk, lzsk, lzpk
0.30 0.08 0.023
#
# zperc, rexp, side, sssot, pctim, sarva, rserv
20 3 0 0 0.01 0.005 0.3
#
# Αρχικά αποθέματα : uztwc, uzfwc, lztwc, lzpsc, lzpc
15 0 20 2 13
#
# adimp, pfree
0.1 0.5

```

#  
# pdn20, pdnor  
2 10  
#  
# Τέλος  
#-----

Όπως φαίνεται στο παράδειγμα που παρουσιάστηκε πιο πάνω το αρχείο πληροφοριών SACRAM.DAT περιλαμβάνει τις ακόλουθες πληροφορίες:

1. Ονόματα αρχείων δεδομένων
  - Αρχείο χρονοσειράς ημερήσιων παρατηρημένων παροχών
  - Αρχείο χρονοσειρών ημερήσιων σημειακών βροχών
  - Αρχείο χρονοσειράς μηνιαίων τιμών δυνητικής εξατμοδιαπνοής
2. Παράμετροι καθορισμού περιόδου προσομοίωσης. Δίνεται πρώτα η περίοδος προσομοίωσης σε ημερολογιακή βάση μέτρησης του χρόνου. Πιο συγκεκριμένα καθορίζονται τα ακόλουθα: 1ος μήνας, 1ο έτος, τελευταίος μήνας, τελευταίο έτος. Στη συνέχεια δίνεται ο αύξων αριθμός του έτους εκκίνησης της προσομοίωσης. Ο αριθμός αυτός αναφέρεται στην αρίθμηση των ετών στα τρία αρχεία δεδομένων που παρουσιάστηκαν πιο πάνω. Η αρίθμηση αυτή είναι υποχρεωτικά κοινή και για τα τρία αρχεία ή, αλλιώς, τα τρία αρχεία περιέχουν δεδομένα για τα ίδια ακριβώς υδρολογικά έτη. Το τέλος της περιόδου προσομοίωσης καθορίζεται από τον αύξοντα αριθμό του τελευταίου έτους της προσομοίωσης.
3. Συντελεστές αναγωγής μηνιαίων τιμών εξατμίσου (12 τιμές, μία για κάθε μήνα)
4. Τίτλος μελέτης
5. Επιφάνεια λεκάνης απορροής σε Km<sup>2</sup>
6. Αριθμός βροχομετρικών σταθμών
7. Συντελεστές Thiessen για το σύνολο των βροχομετρικών σταθμών
8. Παράμετροι μοντέλου οι οποίες περιγράφηκαν αναλυτικά στην παράγραφο 1.3.

**3.3.2 Αρχεία εισόδου (input files).** Το format των αρχείων εισόδου (παροχής, βροχής και δυνητικής εξατμοδιαπνοής) φαίνεται στα παραδείγματα που δίνονται στο Παράρτημα I του τεύχους. Τα αρχεία αυτά είναι σε μορφή ASCII και ο όγκος τους δεν είναι μεγάλος για τις συνηθισμένες απαιτήσεις χρήσης του μοντέλου.

**4.3.3 Αρχεία εξόδου (output files).** Το πρόγραμμα παράγει δύο αρχεία εξόδου σε μορφή ASCII. Αυτά είναι:

1. Το αρχείο SACRAM.BRF που περιέχει τα συνοπτικά αποτελέσματα της προσομοίωσης. Τα αποτελέσματα αυτά περιλαμβάνουν τις τιμές των αριθμητικών κριτηρίων καλής προσαρμογής του μοντέλου προς τα παρατηρημένα υδρογραφήματα - περιγράφηκαν στο υποκεφάλαιο 2.5 - αλλά και τα δεδομένα της συγκεκριμένης προσομοίωσης.
2. Το αρχείο SACRAM.ANL που περιέχει τα αναλυτικά αποτελέσματα της προσομοίωσης. Τα αποτελέσματα αυτά περιλαμβάνουν τις χρονοσειρές της μετρημένης και υπολογισμένης παροχής ώστε να είναι δυνατή η σχεδίαση των αντίστοιχων υδρογραφημάτων με οποιοδήποτε πακέτο που έχει γραφικά (λ.χ. LOTUS 123 ή EXCELL).

Το format των αρχείων εξόδου φαίνεται στα παραδείγματα που δίνονται στο Παράρτημα I του τεύχους.

#### 4.4 Μοντέλο Υδατικού Ισοζυγίου

**4.4.1 Αρχείο πληροφοριών.** Πρόκειται για ένα αρχείο κειμένου που έχει υποχρεωτικά το όνομα WATBA.DAT. Το format του αρχείου πληροφοριών δίνεται στο παράδειγμα που ακολουθεί:

##### # ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΑΡΧΕΙΟΥ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ WATBA.DAT

```
#-----  
#Αρχεία εισόδου  
# 1. Παροχών  
dis7785.dat  
# 2. Βροχών  
prec7785.dat  
# 3. Εξατμίσεων  
etp7785.dat  
# 4. Θερμοκρασιών (Μέσες, Ελάχιστες, Μέγιστες)  
mnt7785.dat  
mit7785.dat  
mxt7785.dat
```



# Διάρκεια προσομοίωσης  
# 1ος Μήνας, 1ο έτος, Τελευταίος μήνας, Τελευταίο έτος (Ημερολογιακά)  
10 1977 9 1985  
# α/α: 1ο έτος, Τελευταίο έτος  
1 9  
# Συντελεστές Εξατμισμέτρου  
1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1  
# Τίτλος μελέτης  
ΛΕΚΑΝΗ ΕΥΗΝΟΥ - ΔΟΚΙΜΗ 4401  
# Επιφάνεια λεκάνης σε Km<sup>2</sup>  
884  
# Χωρητικότητα, αρχ. απόθεμα δεξαμενών σε mm  
# Δ1  
300 10  
# Δ2  
400 10  
# Παράμετροι α, β, γ  
0.5 0.5 0.0  
# 12 μηνιαίοι συντελεστές απορροής  
# Ο Ν Δ Ι Φ Μ Α Μ Ι Ι Α Σ  
0.05 0.10 0.40 0.40 0.60 0.60 0.60 0.50 0.40 0.25 0.15 0.10  
# Αριθμός ζωνών για τον υπολογισμό της τήξης χιονιού  
10  
# Αρχ. απόθεμα χιονιού ανά ζώνη σε mm  
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
# Παράγων βαθμομερών mm/οC/ημ  
2  
# Κρίσιμη θερμοκρασία οC  
0  
# Αριθμός σημείων καμπύλης κατανομής υψομέτρων  
9  
# Καμπύλη κατανομής υψομέτρων  
# Υψόμετρο (m), Ποσοστό επιφάνειας  
150 0.000  
500 0.101  
700 0.234  
900 0.400

1100 0.589

1300 0.790

1500 0.928

1700 0.978

2250 1.000

# Μέσο υψόμετρο λεκάνης σε m

994

# Τιμές της παρατηρημένης θερμοβαθμίδας σε οC/km από Οκτ.-Σεπ. ( Υδρολογικό έτος)

# 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

4.09 2.61 3.48 3.14 4.65 4.75 4.42 4.51 6.4 7.7 7.56 3.25

# Τέλος

#-----

Όπως φαίνεται στο παράδειγμα που παρουσιάστηκε πιο πάνω το αρχείο πληροφοριών WATBA.DAT περιλαμβάνει τις ακόλουθες πληροφορίες:

1. Ονόματα αρχείων δεδομένων
  - Αρχείο χρονοσειράς μηνιαίων παρατηρημένων παροχών
  - Αρχείο χρονοσειρών μηνιαίων σημειακών βροχών
  - Αρχείο χρονοσειράς μηνιαίων τιμών δυνητικής εξατμοδιαπνοής
  - Αρχείο χρονοσειράς μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών
  - Αρχείο χρονοσειράς ελάχιστων ημερήσιων θερμοκρασιών του κάθε μήνα
  - Αρχείο χρονοσειράς μέγιστων ημερήσιων θερμοκρασιών του κάθε μήνα
2. Παράμετροι καθορισμού περιόδου προσομοίωσης. Δίνεται πρώτα η περίοδος προσομοίωσης σε ημερολογιακή βάση μέτρησης του χρόνου. Πιο συγκεκριμένα, καθορίζονται τα ακόλουθα: 1ος μήνας, 1ο έτος, τελευταίος μήνας, τελευταίο έτος. Στη συνέχεια δίνεται ο αύξων αριθμός του έτους εκκίνησης της προσομοίωσης. Ο αριθμός αυτός αναφέρεται στην αρίθμηση των ετών στα τρία αρχεία δεδομένων που παρουσιάστηκαν πιο πάνω. Η αρίθμηση αυτή είναι υποχρεωτικά κοινή και για τα τρία αρχεία ή, αλλιώς, τα τρία αρχεία περιέχουν δεδομένα για τα ίδια ακριβώς υδρολογικά έτη. Το τέλος της περιόδου προσομοίωσης καθορίζεται από τον αύξοντα αριθμό του τελευταίου έτους της προσομοίωσης.
3. Συντελεστές αναγωγής μηνιαίων τιμών εξατμίσσης (12 τιμές)
4. Τίτλος μελέτης
5. Επιφάνεια λεκάνης απορροής σε Km<sup>2</sup>
6. Αριθμός βροχομετρικών σταθμών
7. Συντελεστές Thiessen για το σύνολο των βροχομετρικών σταθμών
8. Παράμετροι μοντέλου οι οποίες περιγράφηκαν αναλυτικά στην παράγραφο 3.3.

**4.4.2 Αρχεία εισόδου (input files).** Το format των αρχείων εισόδου (παροχής, βροχής δυναμικής εξατμοδιαπνοής και μέσης ελάχιστης και μέγιστης θερμοκρασίας) φαίνεται στα παραδείγματα που δίνονται στο Παράρτημα II του τεύχους. Τα αρχεία αυτά είναι σε μορφή ASCII και ο όγκος τους δεν είναι μεγάλος για τις συνηθισμένες απαιτήσεις χρήσης του μοντέλου.

**4.4.3 Αρχεία εξόδου (output files).** Το πρόγραμμα παράγει δύο αρχεία εξόδου σε μορφή ASCII. Αυτά είναι:

1. Το αρχείο WATBA.BRF που περιέχει τα συνοπτικά αποτελέσματα της προσομοίωσης. Τα αποτελέσματα αυτά περιλαμβάνουν τις τιμές των αριθμητικών κριτηρίων καλής προσαρμογής του μοντέλου προς τα παρατηρημένα υδρογραφήματα - περιγράφηκαν στο υποκεφάλαιο 3.5 - αλλά και τα δεδομένα της συγκεκριμένης προσομοίωσης.
2. Το αρχείο WATBA.ANL που περιέχει τα αναλυτικά αποτελέσματα της προσομοίωσης. Τα αποτελέσματα αυτά περιλαμβάνουν τις χρονοσειρές της μετρημένης και υπολογισμένης παροχής ώστε να είναι δυνατή η σχεδίαση των αντίστοιχων υδρογραφημάτων με οποιοδήποτε πακέτο που έχει γραφικά (λ.χ. LOTUS 123 ή EXCELL).

Το format των αρχείων εξόδου φαίνεται στα παραδείγματα που δίνονται στο Παράρτημα II του τεύχους.

## 5. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ SACRAMENTO ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΤΟΥ ΕΥΗΝΟΥ

### 5.1 Εισαγωγή

Για τη δοκιμαστική εφαρμογή των δύο μοντέλων - SACRAMENTO και Υδατικού Ισοζυγίου - επιλέξαμε τη λεκάνη απορροής του Ευήνου για δύο λόγους. Ο πρώτος λόγος ήταν ότι υπήρχε προγενέστερη εμπειρία από τη συμπεριφορά της λεκάνης. Η εμπειρία αυτή είχε αποκτηθεί κατά την εκπόνηση του ερευνητικού έργου *Διερεύνηση προσφερομένων δυνατοτήτων για την ενίσχυση της ύδρευσης της Μείζονος Περιοχής Αθηνών* (Κουτσογιάννης κ.α. [1990], Ναλμπάντης [1990]). Ο δεύτερος λόγος της επιλογής του Ευήνου ήταν η δυνατότητα κατάρτισης ενός αρκετά αξιόπιστου δείγματος παροχών και επιφανειακών βροχών για τη λεκάνη ανάντη της θέσης του Πόρου Ρηγαίου (σταθμός 414 στον χάρτη του Σχήματος 5.1 στο τέλος του κεφαλαίου) τόσο σε μηνιαία όσο και σε ημερήσια χρονική βάση. Η λεκάνη απορροής ανάντη της θέσης του Πόρου Ρηγαίου έχει επιφάνεια ίση με 884 Km<sup>2</sup> και μέσο υψόμετρο +994 m.

### 5.2 Δεδομένα βροχόπτωσης

Χρησιμοποιήθηκαν ημερήσια δεδομένα από 6 βροχομετρικούς σταθμούς της λεκάνης ανάντη του Πόρου Ρηγαίου. Τα χαρακτηριστικά των σταθμών όπως και οι συντελεστές Thiessen για τον υπολογισμό της επιφανειακής βροχόπτωσης φαίνονται στον Πίνακα 5.1 που ακολουθεί.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.1

Βροχομετρικοί σταθμοί λεκάνης Ευήνου

Όνομα σταθμού	Κωδικός αρ.	Περίοδος λειτουργίας	Υψόμετρο (m)	Συντελεστής Thiessen
Ανάληψη	405	1950-	620	0.037
Πόρος Ρηγαίου	477	1960-	150	0.054
Δρυμώνας	424	1970-	900	0.177
Πλάτανος	475	1950-	900	0.212
Αράχοβα	409	1960-	960	0.291
Γρηγόριο	421	1851-84	1000	0.229

Τα ημερήσια βροχομετρικά δεδομένα αντιστοιχούν στη συνολική κατακρήμνιση της λεκάνης (βροχή + χιόνι). Όπου υπήρχαν ελλείψεις, παραλήφθηκε ο αντίστοιχος σταθμός με κατάλληλη τροποποίηση των συντελεστών Thiessen. Σημειώνεται ότι οι συντελεστές αυτοί λήφθηκαν από το ερευνητικό έργο *Διερεύνηση προσφερομένων δυνατοτήτων για την ενίσχυση της ύδρευσης της Μείζονος Περιοχής Αθηνών* (Ρώτη κ.α. [1989]) Για τις ανάγκες προσομοίωσης σε μηνιαία χρονική βάση (με το μοντέλο Υδατικού Ισοζυγίου) χρησιμοποιήθηκαν τα ίδια ημερήσια δεδομένα με βάση τα οποία έγινε η εφαρμογή του μοντέλου SACRAMENTO. Έγινε απλά άθροιση τους ώστε να ληφθούν μηνιαίες τιμές. Τα μηνιαία αυτά δεδομένα παρουσιάζουν κάποιες διαφορές από τις μηνιαίες βροχοπτώσεις που δίνονται στο Τεύχος 6 του παρόντος ερευνητικού έργου. Ο λόγος είναι ότι στο παρόν τεύχος τα μηνιαία δεδομένα δεν έχουν υποστεί την συμπλήρωση σε μηνιαία βάση όπως έγινε στο Τεύχος 6. Πάντως η ομογενοποίηση σε μηνιαία βάση που περιγράφεται στο Τεύχος 6 λήφθηκε υπόψη και στην εργασία του παρόντος τεύχους. Κατά την ομογενοποίηση αυτή κάναμε χρήση, για τα δεδομένα σε ημερήσια βάση, των συντελεστών διόρθωσης που υπολογίστηκαν για τα ετήσια και μηνιαία δεδομένα.

### 5.3 Δεδομένα παροχής

Χρησιμοποιήθηκαν ημερήσια παροχομετρικά δεδομένα που προέκυψαν είτε με ολοκλήρωση ωριαίων υδρογραφημάτων για περιόδους πλημμύρας είτε με αναγωγή σε παροχή ημερήσιων αναγνώσεων από σταθμήμετρο για τις ξηρές περιόδους. Υπάρχουν δύο διαφορετικές περιόδοι όπου διατίθενται έγκυρα δεδομένα. Η πρώτη καλύπτει τα υδρολογικά έτη 1961-62 και 1962-63 ενώ η δεύτερη ξεκινά από το 1970 και φθάνει ως σήμερα.

### 5.4 Μετεωρολογικά δεδομένα

Από τις μετεωρολογικές μεταβλητές με υδρολογικό ενδιαφέρον χρησιμοποιήσαμε μόνον τη θερμοκρασία. Έγινε συλλογή δεδομένων ελάχιστης και μέγιστης θερμοκρασίας σε ημερήσια βάση για 4 μετεωρολογικούς σταθμούς της λεκάνης του Ευήνου ανάντη της θέσης Πόρος Ρηγανίου. Τα χαρακτηριστικά των σταθμών παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.2 που ακολουθεί.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.2

Σταθμοί μέτρησης θερμοκρασίας στη λεκάνη Ευήνου

Όνομα σταθμού	Κωδικός αρ.	Περίοδος λειτουργίας	Υψόμετρο (m)
Πόρος Ρηγανίου	477	1973-82	150
Δρυμώνας	424	1973-	900
Αράχοβα	409	1973-	960
Γραμμένη Οξιά	420	1969-	1160

Για την εξαγωγή δευτερογενών υδρολογικών μεγεθών, έγινε επεξεργασία των δεδομένων θερμοκρασίας των παραπάνω σταθμών. Υπολογίστηκαν κατ' αρχήν οι μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες ως οι μέσοι όροι των ημερήσιων ελάχιστων και μέγιστων θερμοκρασιών. Στη συνέχεια, για τις ανάγκες εφαρμογής του μοντέλου Υδατικού Ισοζυγίου, έγινε εξαγωγή της ελάχιστης μέσης ημερήσιας και της μέγιστης μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας για κάθε μήνα. Η επεξεργασία αυτή βασίστηκε μόνο στο σταθμό του Δρυμώνα που έχει υψόμετρο +900 m και είναι πολύ κοντά στο μέσο υψόμετρο της λεκάνης (+994 m).

Οι τιμές της παρατηρημένης θερμοβαθμίδας υπολογίστηκαν με βάση τις μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες στους σταθμούς Πόρου Ρηγανίου και Αράχοβας. Ο σταθμός Πόρου Ρηγανίου είναι αντιπροσωπευτικός του τμήματος της λεκάνης με χαμηλά υψόμετρα ενώ ο σταθμός της Αράχοβας βρίσκεται περίπου στο μέσο υψόμετρο των υπόλοιπων σταθμών.

Τέλος έγινε εκτίμηση της δυνητικής εξατμοδιαπνοής κατά Thornthwaite σε μηνιαίο χρονικό βήμα με βάση τις μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες στους σταθμούς Γραμμένη Οξιά και Δρυμώνας μετά από αναγωγή τους στο μέσο υψόμετρο της λεκάνης.

### 5.5 Ρύθμιση του μοντέλου SACRAMENTO-Αποτελέσματα

Με τη βοήθεια του προγράμματος RNRf πραγματοποιήσαμε τη βαθμονόμηση του μοντέλου SACRAMENTO με βάση το δείγμα βροχών, παροχών και εξατμίσεων της περιόδου από τον Οκτώβριο 1977 έως τον Σεπτέμβριο 1982 (5 υδρολογικά έτη). Η επαλήθευση του μοντέλου έγινε σε δεδομένα της περιόδου από τον Οκτώβριο 1982 έως τον Σεπτέμβριο 1986 (4 υδρολογικά έτη). Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στους Πίνακες 5.3 και 5.4 που ακολουθούν. Στον Πίνακα 5.3 δίνονται τα αριθμητικά κριτήρια καλής προσαρμογής του μοντέλου στο ιστορικό δείγμα παροχής τόσο για τη βαθμονόμηση όσο και για την επαλήθευση. Στον Πίνακα 5.4 παρουσιάζουμε το μέσο ετήσιο ισοζύγιο της λεκάνης του Ευήνου για τα 5 υδρολογικά έτη βαθμονόμησης και τα 4 υδρολογικά έτη επαλήθευσης.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 5.3**

Αριθμητικά κριτήρια καλής προσαρμογής μοντέλου SACRAMENTO

Μεταβλητή	Βαθμονόμηση	Επαλήθευση
	Οκτ. 1977 - Σεπ. 1983	Οκτ. 1983 - Σεπ. 1986
<i>EV</i>	0.719	0.574
<i>EFF</i>	0.718	0.573
<i>EVM</i>	0.919	0.943
<i>EFFM</i>	0.918	0.942

### ΠΙΝΑΚΑΣ 5.4

Μέσα ετήσια υδατικά ισοζύγια λεκάνης Ευήνου σε mm - Μοντέλο SACRAMENTO

Υδρολογική μεταβλητή	Βαθμονόμηση	Επαλήθευση
	Οκτ. 1977 - Σεπ. 1983	Οκτ. 1983 - Σεπ. 1986
Βροχόπτωση	1557	1365
Δυνητική Εξατμοδιαπνοή	698	676
Πραγματική εξατμοδιαπνοή	480	476
Παρατηρημένη παροχή	1084	853
Εκτιμημένη παροχή	1072	878
Εκτιμημένη επιφανειακή απορροή	38	21
Εκτιμημένη άμεση απορροή	122	101
Εκτιμημένη υποδερμική απορροή	281	222
Εκτιμημένη βασική απορροή	631	534

Εκτός από τα αριθμητικά αποτελέσματα, παρουσιάζονται και γραφήματα στο τέλος του κεφαλαίου όπου συγκρίνονται τα παρατηρημένα με τα υπολογισμένα υδρογραφήματα (Σχήματα 5.2 και 5.3)

Παρατηρούμε ότι το μοντέλο έχει μάλλον μέτρια επίδοση στην προσομοίωση των ημερησίων παροχών όπως φαίνεται από τις τιμές των αριθμητικών κριτηρίων καλής προσαρμογής, ιδίως για την περίοδο επαλήθευσης. Αυτό οφείλεται στα σφάλματα των δεδομένων και στα σφάλματα του ίδιου του μοντέλου. Ακόμη είναι πιθανό η βελτιστοποίηση του μοντέλου να μην έχει ολοκληρωθεί και να είναι δυνατό να προσαρμόσουμε καλύτερα το μοντέλο. Σε ότι αφορά στα αποτελέσματα σε μηνιαία βάση, η επίδοση του μοντέλου είναι πάρα πολύ ικανοποιητική τόσο για το δείγμα βαθμονόμησης όσο και για το δείγμα επαλήθευσης. Το τελευταίο αυτό γεγονός επιβεβαιώνει την αξιοπιστία του μοντέλου για μελέτες διαχείρισης υδατικών πόρων όπου ενδιαφέρουν οι μηνιαίες παροχές.

#### 5.6 Ρύθμιση του μοντέλου Υδατικού Ισοζυγίου-Αποτελέσματα

Με τη βοήθεια του προγράμματος RNRFF πραγματοποιήσαμε τη βαθμονόμηση του μοντέλου Υδατικού Ισοζυγίου με βάση το δείγμα βροχών, παροχών και εξατμίσεων της περιόδου

από τον Οκτώβριο 1977 έως τον Σεπτέμβριο 1982 (5 υδρολογικά έτη). Η επαλήθευση του μοντέλου έγινε με βάση δεδομένα της περιόδου από τον Οκτώβριο 1982 έως τον Σεπτέμβριο 1986 (4 υδρολογικά έτη). Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στους Πίνακες 5.5 και 5.6 που ακολουθούν. Στον Πίνακα 5.5 δίνονται τα αριθμητικά κριτήρια καλής προσαρμογής του μοντέλου στο ιστορικό δείγμα παροχής τόσο για τη βαθμονόμηση όσο και για την επαλήθευση. Στον Πίνακα 5.6 παρουσιάζουμε το μέσο ετήσιο ισοζύγιο της λεκάνης του Ευήνου για τα 5 υδρολογικά έτη βαθμονόμησης και τα 4 υδρολογικά έτη επαλήθευσης.

### ΠΙΝΑΚΑΣ 5.5

Αριθμητικά κριτήρια καλής προσαρμογής του μοντέλου Υδατικού Ισοζυγίου

Μεταβλητή	Βαθμονόμηση	Επαλήθευση
	Οκτ. 1977 - Σεπ. 1983	Οκτ. 1983 - Σεπ. 1986
<i>EVM</i>	0.871	0.899
<i>EFFM</i>	0.871	0.898

### ΠΙΝΑΚΑΣ 5.6

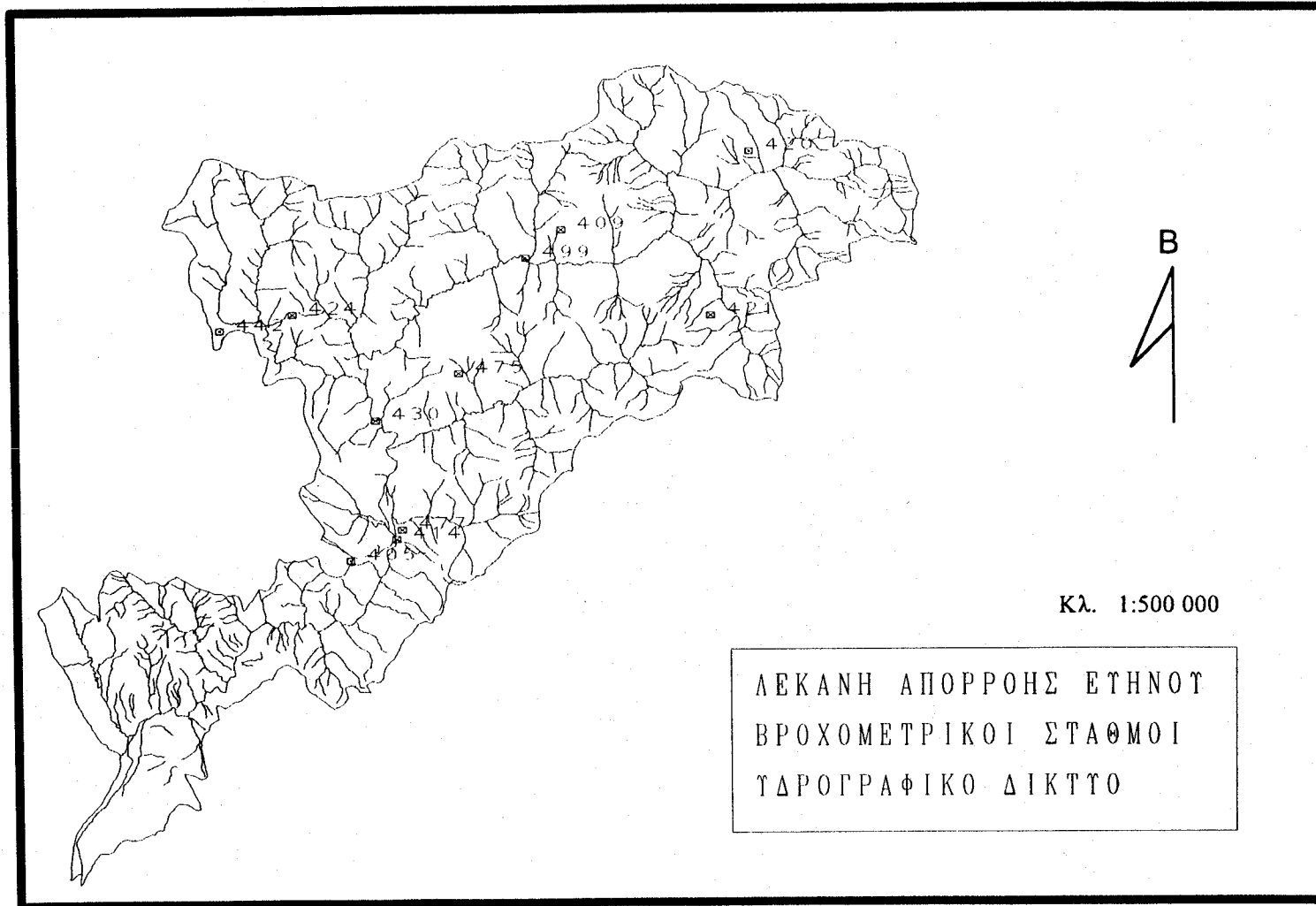
Μέσα ετήσια υδατικά ισοζύγια λεκάνης Ευήνου σε mm - Μοντέλο Υδατικού Ισοζυγίου

Υδρολογική μεταβλητή	Βαθμονόμηση	Επαλήθευση
	Οκτ. 1977 - Σεπ. 1983	Οκτ. 1983 - Σεπ. 1986
Βροχόπτωση	1515	1319
Χιονόπτωση	42	46
Δυνητική Εξατμοδιαπνοή	698	676
Πραγματική εξατμοδιαπνοή	503	488
Παρατηρημένη παροχή	1084	853
Εκτιμημένη παροχή	1058	882
Εκτιμημένη επιφανειακή απορροή	357	293
Εκτιμημένη άμεση απορροή	551	465
Εκτιμημένη βασική απορροή	150	124

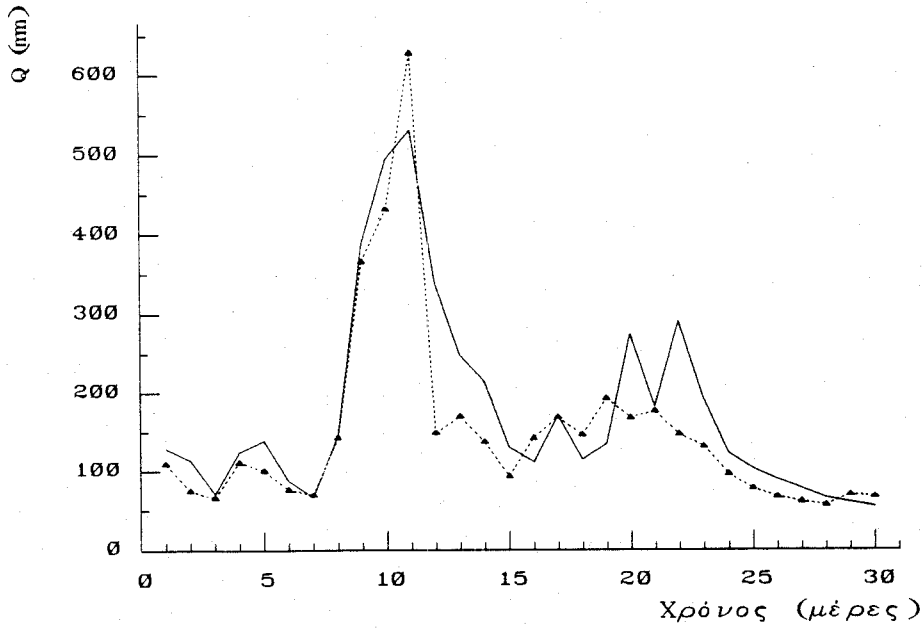


Εκτός από τα αριθμητικά αποτελέσματα παρουσιάζονται και γραφήματα στο τέλος του κεφαλαίου όπου συγκρίνονται τα παρατηρημένα με τα υπολογισμένα υδρογραφήματα (Σχήματα 5.4 και 5.5).

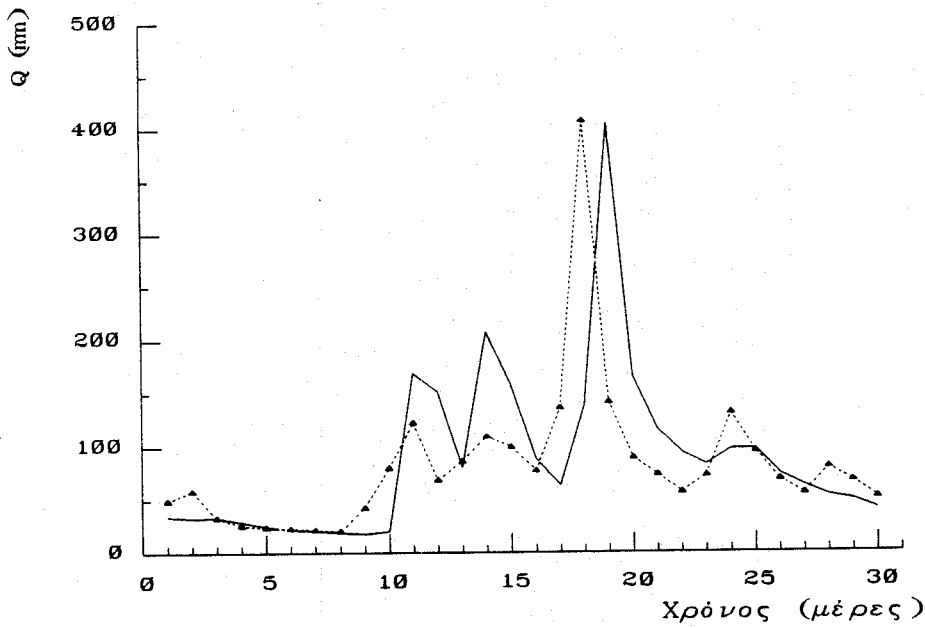
Η εξέταση των αποτελεσμάτων δείχνει ότι η επίδοση του μοντέλου είναι πολύ ικανοποιητική τόσο για το δείγμα βαθμονόμησης όσο και για το δείγμα επαλήθευσης. Η επίδοση αυτή είναι ελαφρά κατώτερη από εκείνη του μοντέλου SACRAMENTO όταν για το τελευταίο υπολογίζονται τα κριτήρια σε μηνιαία βάση. Η άποψή μας είναι ότι η υπεροχή του μοντέλου SACRAMENTO, σε σχέση με το μοντέλο Υδατικού Ισοζυγίου που εφαρμόστηκε, είναι αμφίβολο εάν δικαιολογεί την επί πλέον σοβαρή προσπάθεια ρύθμισης του μεγάλου αριθμού των παραμέτρων του και τις ανάγκες του σε μεγάλο όγκο ημερήσιων δεδομένων. Πάντως, η τελική επιλογή του μοντέλου που θα χρησιμοποιηθεί κάθε φορά, εξαρτάται άμεσα από τον σκοπό της χρήσης του και δεν είναι δυνατό να υπάρξει γενικός κανόνας.



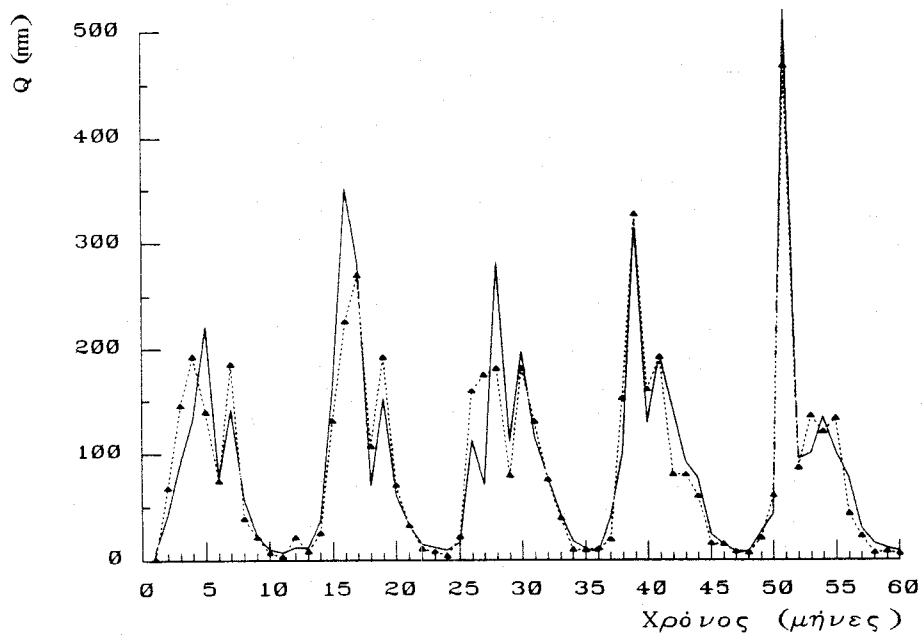
Σχήμα 5.1 Χάρτης σταθμών λεκάνης Ευήρου ανάντη Πόρου Ρηγαίου



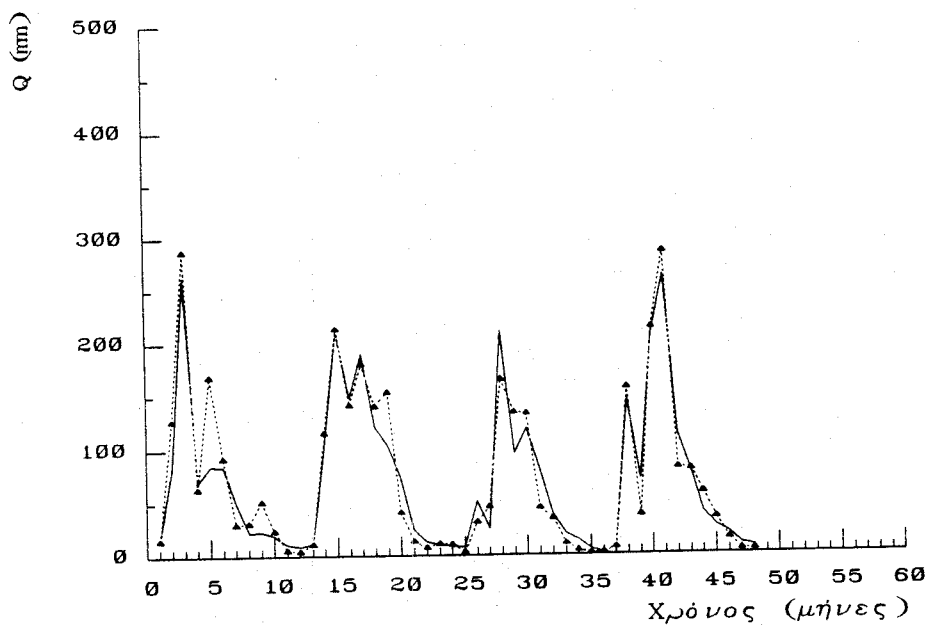
Σχήμα 5.2 Μοντέλο SACRAMENTO- Σύγκριση παρατηρημένων(—) και υπολογισμένων (-----) παροχών για την περίοδο βαθμονόμησης (Δεκέμβριος 1981).



Σχήμα 5.3 Μοντέλο SACRAMENTO- Σύγκριση παρατηρημένων(—) και υπολογισμένων (-----) παροχών για την περίοδο επαλήθευσης (Δεκέμβριος 1982).



Σχήμα 5.4 Μοντέλο Υδατικού Ισοζυγίου- Σύγκριση παρατηρημένων(—) και υπολογισμένων (-----) παροχών για την περίοδο βαθμονόμησης (10-1977 έως 9-1982).



Σχήμα 5.5 Μοντέλο Υδατικού Ισοζυγίου- Σύγκριση παρατηρημένων(—) και υπολογισμένων (-----) παροχών για την περίοδο επαλήθευσης (10-1982 έως 9-1986).

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Κουτσογιάννης Δ., Ξανθόπουλος Θ. και Ε. Αφτιάς, *Διερεύνηση προσφερομένων δυνατοτήτων για την ενίσχυση της ύδρευσης της Μείζονος Περιοχής Αθηνών, Τελική Έκθεση, Τεύχος 18*, Αθήνα, 1990
- Ναλμπάντης Ι., *Διερεύνηση προσφερομένων δυνατοτήτων για την ενίσχυση της ύδρευσης της Μείζονος Περιοχής Αθηνών, Υδρολογικός Σχεδιασμός ταμειωτήρων Ευήνου, Τεύχος 15*, Αθήνα, 1990
- Ξανθόπουλος, Θ., *Εισαγωγή στην Τεχνική Υδρολογία, Σημειώσεις παραδόσεων Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ, Αθήνα, 1984.*
- Ρώτη Σ., Μαμάσης Ν. και Δ. Κουτσογιάννης, *Διερεύνηση προσφερομένων δυνατοτήτων για την ενίσχυση της ύδρευσης της Μείζονος Περιοχής Αθηνών, Επιξεργασία υδρομετεωρολογικών δεδομένων σε μηνιαία βάση, Τεύχος 6*, Αθήνα, 1989
- Burnash, R. J. C., R. L. Ferral, and R. A. McGuire, *A Generalized streamflow Simulation System-Conceptual Modeling for Digital Computers*, Joint Federal State River Forecasting Center, Sacramento, Calif., 1973.
- Dunne, T., and I. B. Leopold, *Water in Environmental Planning*, W. H. Freeman, San Francisco, 1978
- Gleick, P. H., Methods for evaluating the regional hydrologic impacts of global climatic changes, *J. Hydrol.*, 88, 99-116, 1986.
- Gleick, P. H., The development and testing of a water balance model for climate impact assessment: modeling the Sacramento Basin, *Water Resour. Res.*, 23, 1049-1061, 1987.
- Martinez, J., and A. Rango, Parameters values for snowmelt runoff modeling, *J. Hydrol.*, 84, 197-220, 1986.
- Mather, J. R., *The Climatic Water Budget in Environmental Analysis*, D. C. Heath Co., Lexington Books, Lexington, Mass., 1978.
- Miller, D. H., *Water at the Surface of the Earth: An Introduction to Ecosystem Hydrodynamics*, Academic, Orlando, Fla., 1977.
- Mimikou, M., Y. Kouvopoulos, G. Kavadias, and N. Vayianos, Regional hydrological effects of climate change, *J. Hydrol.*, 123, 119-146, 1991.
- Sokolov, A. A., and T. G. Chapman, *Methods for Water Balance Computations, International Guide for Research and Practice*, Unesco Press, Paris, 1974.
- Thorntwaite, C. W., and J. R. Mather, The Water balance, in *Publications in Climatology*, vol. 8(1), 104 pp., Laboratory of Climatology, Drexel Institute of Technology, Centerton, N. J., 1955.

U.S. Army Corps of Engineers, *Guide Manual for Preparation of Water Balances*,  
edited by R. J. Hayes, K. A. Popko, and W. K. Johnson, Hydrologic Engineering  
Center, Davis, Calif., 1980.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

- |   |      |
|---|------|
| 1. Παράδειγμα αρχείου ημερήσιων παροχών                     | I-1  |
| 2. Παράδειγμα αρχείου ημερήσιων κατακρημνίσεων              | I-15 |
| 3. Παράδειγμα αρχείου μηνιαίων εξατμίσεων                   | I-29 |
| 4. Παράδειγμα αρχείου συνοπτικών αποτελεσμάτων (SACRAM.BRF) | I-30 |
| 5. Παράδειγμα αρχείου αναλυτικών αποτελεσμάτων (SACRAM.ANL) | I-32 |

# 1. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΑΡΧΕΙΟΥ ΗΜΕΡΗΣΙΩΝ ΠΑΡΟΧΩΝ

# Αριθμός ετών

2

# α/α έτους, δείκτης δίσεκτου έτους (1=δίσεκτο, 0=όχι δίσεκτο)

1 0

# α/α έτους, μήνας, αριθμός ημερών του μήνα

1 1 31

# Δεδομένα ενός μήνα

14.28

2.41

2.35

2.35

2.35

2.35

2.30

2.24

2.19

2.14

2.14

2.14

2.14

2.19

2.19

2.14

2.14

2.14

2.14

2.14

2.14

2.14

2.14

2.14

2.14

2.14

2.14

2.14

2.14

2.14

2.14

1 2 30

2.14

2.14

2.36

2.66

2.66

2.53

2.47

2.41

2.35

2.35

2.35

2.35

2.35

2.35

9.25

13.37



24.93  
32.87  
14.31  
14.95  
36.47  
61.83  
25.78  
17.38  
13.87  
12.61  
25.24  
40.38  
34.70  
27.61  
1 3 31  
24.06  
26.84  
47.17  
53.73  
37.99  
28.50  
24.05  
42.95  
52.82  
38.29  
39.78  
40.98  
36.49  
32.01  
28.18  
26.76  
24.85  
23.52  
23.52  
23.52  
23.52  
23.52  
23.52  
23.52  
23.78  
24.04  
23.78  
24.04  
27.63  
31.41  
1 4 31  
32.00  
29.64  
26.20  
24.57  
24.04  
25.66  
26.76  
25.65  
24.57  
24.04

23.78  
23.52  
24.85  
26.76  
27.32  
30.23  
33.19  
39.19  
44.63  
41.87  
38.90  
47.44  
64.85  
73.21  
64.85  
87.88  
99.34  
76.63  
67.25  
67.25  
83.45  
1 5 28  
90.24  
80.05  
70.00  
67.00  
64.50  
56.88  
51.91  
54.88  
56.02  
50.54  
45.57  
45.57  
50.54  
239.53  
414.11  
152.89  
90.84  
73.31  
62.28  
56.02  
60.19  
62.28  
54.15  
45.62  
39.49  
36.49  
45.88  
49.03  
1 6 31  
37.99  
34.39  
32.30  
30.82  
30.82  
29.93

27.61  
25.65  
24.31  
22.24  
20.29  
19.15  
18.26  
17.16  
16.06  
15.61  
15.39  
15.17  
15.17  
15.84  
16.50  
18.72  
25.18  
26.51  
31.48  
40.38  
37.99  
33.49  
30.52  
28.47  
27.04  
1 7 30  
24.85  
24.85  
58.19  
131.70  
126.53  
77.01  
54.15  
48.81  
44.02  
40.97  
38.29  
33.79  
30.52  
36.49  
47.86  
48.50  
48.50  
48.50  
53.24  
58.04  
48.89  
44.00  
42.47  
39.49  
36.49  
35.59  
36.19  
35.59  
33.49  
31.41  
1 8 31

29.93  
28.76  
28.18  
27.04  
25.65  
24.57  
23.52  
23.00  
22.49  
21.74  
20.76  
19.60  
19.14  
19.14  
19.14  
19.14  
18.70  
17.60  
16.72  
16.06  
15.39  
14.95  
14.51  
13.87  
13.23  
12.81  
12.40  
12.00  
11.80  
11.42  
11.03  
1 9 30  
11.03  
11.03  
11.42  
12.00  
11.61  
10.66  
10.10  
9.74  
9.38  
8.85  
8.33  
7.98  
7.64  
7.14  
6.65  
6.49  
6.34  
6.18  
6.03  
5.88  
5.73  
5.44  
5.30  
5.30  
5.16

4.88  
4.75  
4.75  
4.75  
4.75  
1 10 31  
4.61  
4.48  
4.35  
4.22  
4.22  
4.09  
3.73  
3.50  
3.50  
3.50  
3.50  
3.50  
3.39  
3.18  
3.08  
3.08  
3.08  
2.99  
2.82  
2.74  
2.74  
2.74  
2.74  
2.74  
2.74  
2.74  
2.74  
2.74  
2.66  
2.59  
2.59  
1 11 31  
2.59  
2.59  
2.53  
2.47  
2.47  
2.47  
2.47  
2.41  
2.35  
2.35  
2.35  
2.35  
2.35  
2.30  
2.24  
2.24  
2.24  
2.24

2.24  
2.24  
2.24  
2.24  
2.24  
2.24  
2.24  
2.24  
2.24  
2.24  
2.19  
1 12 30

2.19  
2.41  
2.91  
2.91  
2.53  
2.47  
2.47  
4.22  
7.82  
7.18  
4.75  
3.97  
3.97  
5.47  
5.75  
6.70  
7.17  
4.89  
3.97  
3.61  
3.39  
3.62  
3.97  
3.73  
3.50  
3.39  
3.28  
3.18  
3.18  
3.28

# Αλλαγή έτους

# α/α έτους, δείκτης δισκετου έτους (1=δισεκτο, 0=όχι δισεκτο)

2 0

# Όπως στα προηγούμενα

2 1 31

3.18  
3.08  
2.99  
2.90  
2.82  
2.74  
2.74  
2.74  
2.74

2.74  
2.74  
2.74  
2.74  
2.66  
2.59  
2.59  
2.59  
2.59  
2.74  
2.99  
3.29  
3.39  
4.68  
4.43  
4.19  
4.11  
7.52  
11.80  
10.08  
8.10  
2 2 30  
7.42  
7.42  
7.56  
7.28  
6.72  
6.29  
6.02  
5.74  
5.48  
5.34  
5.21  
4.95  
4.81  
4.81  
4.68  
4.56  
4.56  
4.56  
4.56  
4.43  
4.30  
4.30  
4.30  
4.30  
4.19  
4.11  
4.11  
29.57  
81.75  
125.79  
2 3 31  
75.09  
39.99  
30.35

26.50  
24.65  
34.54  
38.59  
28.42  
23.74  
23.74  
27.45  
27.42  
25.40  
50.62  
189.46  
188.85  
81.87  
66.00  
56.04  
46.99  
43.50  
39.99  
35.41  
47.81  
52.42  
41.05  
65.84  
80.65  
59.97  
50.46  
45.17  
2 4 31  
42.83  
168.33  
161.78  
90.41  
95.32  
547.08  
150.04  
97.00  
89.47  
76.24  
106.20  
159.55  
399.34  
209.66  
122.65  
87.74  
71.97  
61.99  
54.07  
48.73  
44.20  
40.00  
37.42  
36.47  
45.81  
70.45  
107.42  
77.53



61.68  
130.37  
109.01  
2 5 28  
109.34  
86.48  
75.77  
146.33  
212.70  
187.93  
131.03  
105.93  
97.00  
91.88  
82.42  
73.96  
94.51  
244.88  
290.75  
196.66  
103.56  
84.67  
78.19  
63.99  
54.07  
48.73  
45.25  
41.75  
38.23  
35.07  
32.33  
30.34  
2 6 31  
36.51  
39.99  
35.41  
33.00  
30.67  
28.40  
26.19  
24.65  
23.44  
22.25  
21.08  
20.50  
19.93  
18.80  
18.24  
18.24  
19.36  
19.36  
18.24  
19.08  
20.79  
25.60  
26.52  
22.25

19.93  
18.24  
17.15  
15.80  
17.99  
19.37  
19.08  
2 7 30  
20.50  
58.29  
127.03  
203.07  
98.46  
63.98  
59.97  
59.97  
51.85  
46.64  
39.99  
35.41  
32.67  
28.73  
25.88  
25.26  
25.26  
34.16  
60.22  
69.98  
54.21  
45.25  
44.20  
43.15  
40.70  
38.23  
35.76  
34.03  
32.33  
30.34  
2 8 31  
27.76  
26.19  
25.57  
24.65  
23.44  
22.25  
21.37  
20.79  
19.93  
19.93  
20.50  
21.37  
20.22  
18.24  
17.97  
17.42  
17.14  
17.69

19.36  
18.81  
16.87  
16.33  
17.15  
18.24  
19.94  
21.96  
19.94  
19.37  
18.54  
16.06  
22.65  
2 9 30  
26.21  
20.51  
17.15  
15.80  
15.27  
14.19  
12.85  
11.56  
10.85  
10.41  
10.41  
10.41  
10.00  
10.63  
10.23  
8.97  
8.52  
7.96  
7.56  
7.56  
7.42  
8.56  
9.14  
8.10  
9.19  
9.51  
7.96  
7.42  
7.14  
6.72  
2 10 31  
6.43  
6.86  
7.00  
6.57  
6.16  
5.74  
5.48  
5.48  
5.61  
5.61  
5.61  
5.48

5.08  
4.68  
4.56  
4.43  
4.30  
4.43  
4.56  
4.56  
4.56  
4.43  
4.19  
4.06  
4.02  
4.02  
4.00  
3.99  
3.99  
3.99  
3.99  
2 11 31  
3.99  
3.99  
3.98  
3.98  
3.98  
3.95  
3.97  
3.99  
3.99  
3.99  
3.95  
3.91  
3.82  
3.70  
3.70  
3.70  
3.70  
3.89  
3.99  
3.99  
3.95  
3.91  
3.91  
3.82  
3.70  
3.70  
3.70  
3.70  
3.53  
3.32  
3.32  
2 12 30  
3.53  
3.82  
3.82  
3.70  
3.53

3.32  
3.32  
3.32  
3.32  
3.32  
3.32  
3.32  
3.04  
3.04  
3.32  
3.32  
3.04  
2.73  
2.73  
2.73  
2.73  
2.37  
2.00  
2.00  
2.37  
3.28

## 2. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΑΡΧΕΙΟΥ ΗΜΕΡΗΣΙΩΝ ΚΑΤΑΚΡΗΜΝΙΣΕΩΝ

# Αριθμός ετών

2

# α/α έτους, δείκτης δίσεκτου έτους (1=δίσεκτο, 0=όχι δίσεκτο)

1 0

# α/α έτους, μήνας, αριθμός ημερών του μήνα

1 1 31

# Δεδομένα του μήνα

# Κάθε γραμμή αντιστοιχεί σε μια μέρα και έχει δεδομένα για όλους τους σταθμούς

#

# 1 2 3 4 5 6

0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00

0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00

2.40 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00

0.00 0.60 0.00 1.80 0.00 0.00

0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00

0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00

0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00

0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00

0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00

0.00 0.00 0.00 7.00 0.00 0.00

3.20 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00

0.00 0.00 0.00 0.70 0.00 6.17

0.00 2.10 3.20 4.00 0.00 0.00

0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00

0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00

0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00

0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00

0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00

0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00

0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00

0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00

0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00

0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00

0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00

0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00

0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00

0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00

0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00

0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00

0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00

0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00

1 2 30

0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00

18.40 5.40 5.80 13.30 6.00 7.11

0.00 14.80 22.80 28.70 11.50 16.71

0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00

0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00

0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00

0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00

0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00

0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00

0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00

0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00

0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00

0.00 0.00 0.00 0.00 7.30 0.00

58.40	6.20	4.40	9.10	43.50	13.97
0.00	47.10	36.80	55.00	0.00	46.79
64.60	1.60	0.00	5.60	89.40	0.00
0.00	83.70	76.40	24.80	0.00	73.44
0.00	0.40	0.00	4.70	48.00	0.00
26.20	22.10	26.20	18.70	0.00	10.63
67.80	4.80	0.00	18.60	62.30	8.31
0.00	87.40	64.80	22.90	0.00	40.79
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10.60	0.00	0.00	4.20	79.00	0.00
5.40	19.40	37.80	11.10	0.00	42.59
0.00	14.20	14.80	8.80	41.20	24.25
15.10	8.10	7.20	9.20	6.00	14.31
0.00	0.20	0.00	0.20	0.00	0.00

1 3 31

19.50	0.00	0.00	0.00	32.50	0.00
15.10	26.20	22.40	13.50	45.00	19.20
20.60	20.10	49.40	21.70	21.30	37.45
0.00	2.90	13.20	11.40	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.30	13.00	0.00
12.80	11.40	4.60	21.90	56.20	11.66
0.00	6.10	62.60	16.80	0.00	31.28
0.00	1.20	0.00	4.60	0.00	0.00
0.00	0.00	6.20	2.90	6.40	3.60
0.00	21.20	8.60	20.40	3.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
19.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	6.50	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25.60	15.60	14.40	22.60	2.00	12.43
0.00	0.40	0.00	0.00	7.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	1.20	0.00	3.40	0.00	3.86
0.00	1.20	7.40	1.50	17.00	0.00
0.00	8.80	15.60	7.10	21.30	6.26

1 4 31

0.00	16.60	8.00	9.40	0.00	12.60
0.00	0.00	0.00	0.70	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
50.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17.60	5.70	8.20	6.10	9.00	6.26
0.00	37.10	22.30	18.30	5.00	9.77
0.00	0.00	0.00	0.00	11.00	6.08

0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	8.10	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.51
17.00	3.40	6.40	9.40	0.00	0.00
0.00	1.20	8.20	10.70	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10.70	4.10	13.20	0.00	0.00	9.68
4.60	0.40	0.00	8.30	16.00	5.31
7.80	9.60	14.40	7.40	8.00	23.40
10.40	6.70	6.20	25.60	0.00	8.14
21.20	17.80	6.80	6.30	10.00	7.11
17.00	18.20	4.80	8.40	11.00	3.60
25.60	34.70	10.40	0.00	60.30	27.77
3.20	12.10	23.00	14.60	26.00	24.25
9.70	5.40	16.20	4.00	0.00	0.00
0.00	1.80	0.00	15.00	53.20	5.31
0.00	20.90	29.20	3.30	0.00	33.08
7.00	3.10	0.00	6.60	0.00	3.69
0.00	6.40	14.40	12.10	0.00	10.63
0.00	0.00	0.00	33.60	12.00	0.00
12.40	14.10	20.40	32.80	0.00	5.31
9.20	14.80	18.20	4.10	9.00	36.51
1 5 28					
18.30	18.60	19.20	16.00	15.00	26.91
0.00	6.40	4.80	7.50	17.00	0.00
19.40	14.20	10.20	14.60	11.00	13.97
3.20	0.60	17.80	3.30	21.00	16.63
0.00	5.80	0.00	2.60	5.00	0.00
0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	5.40
5.60	2.10	7.80	45.70	0.00	15.77
29.80	23.40	12.80	19.00	0.00	11.66
8.20	4.10	0.00	14.40	0.00	0.00
0.00	2.20	0.00	0.00	4.00	7.03
0.00	0.00	0.00	0.60	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	5.20	0.00	0.00
41.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
19.40	39.20	31.60	5.20	0.00	19.11
0.00	11.10	32.20	10.70	0.00	8.06
0.00	11.40	5.60	6.60	13.00	3.00
0.00	0.00	0.00	5.20	6.20	0.00
0.00	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00
0.00	3.10	0.00	0.00	0.00	3.60
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	4.60	6.20	10.80	5.00	9.77
18.00	0.00	0.00	1.00	6.00	13.37
0.00	14.20	10.40	12.10	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.00	3.10	19.80	11.10	0.00	5.40
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1 6 31					
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00



0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	2.74
0.00	0.00	0.00	0.30	3.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.80	5.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	2.10	0.00	2.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.69
0.00	0.00	0.00	4.30	0.00	0.00
4.20	2.20	6.20	10.10	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.40	6.20	10.20	13.20	9.00	7.97
19.60	2.40	0.00	6.50	0.00	6.34
0.00	5.60	17.40	10.10	4.00	11.57
0.00	26.60	15.80	9.50	7.00	13.37
8.40	0.00	0.00	0.00	11.00	0.00
35.70	22.10	21.80	42.40	4.00	10.63
0.00	6.40	10.20	0.70	0.00	8.23
16.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	2.60	4.20	10.40	0.00	8.14
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	7	30			
10.50	0.00	0.00	0.30	11.20	0.00
3.40	16.60	22.80	40.40	23.00	12.26
8.60	20.40	36.40	25.40	10.20	31.88
18.80	17.60	15.80	22.00	31.00	7.20
7.40	7.40	24.80	9.70	4.00	15.25
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.40	0.00	0.70	0.00	0.00
13.60	0.30	11.20	2.10	0.00	3.69
8.40	29.40	12.20	17.60	20.30	24.34
0.00	1.40	0.00	7.90	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	23.80	0.00	0.00
7.00	0.00	0.00	0.50	38.20	0.00
20.40	24.40	26.20	0.00	41.00	26.74
0.00	7.30	8.80	11.70	22.30	16.28
6.20	0.00	0.00	2.20	0.00	0.00
10.40	16.60	22.40	3.30	3.00	24.51
15.70	1.10	0.00	0.50	54.30	26.74
0.00	19.20	22.40	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	22.70	0.00	8.06
6.00	3.40	0.00	2.70	0.00	5.40
0.00	0.00	0.00	14.50	0.00	0.00
0.00	1.60	0.00	12.40	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
25.60	9.20	12.80	15.20	11.40	3.60
0.00	0.00	0.00	0.40	4.00	0.00
0.00	0.00	0.00	1.10	0.00	0.00

0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	8	31			
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00
0.00	0.80	0.00	0.80	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00
20.40	13.70	20.40	2.90	0.00	4.03
14.60	1.10	0.00	2.20	0.00	0.00
0.00	7.60	5.60	9.70	21.30	10.63
0.00	0.00	0.00	0.10	4.00	0.00
7.60	2.20	3.80	3.10	6.20	5.74
0.00	0.30	9.60	6.10	0.00	8.14
0.00	0.00	0.00	0.00	5.00	0.00
10.60	9.20	5.80	7.90	0.00	9.94
0.00	1.80	0.00	5.00	0.00	11.31
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.40	0.00	1.10	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.20	0.00	1.20	0.00	0.00
1	9	30			
17.00	0.00	0.00	0.40	0.00	6.51
5.40	0.40	13.40	0.70	1.00	3.94
13.20	9.10	10.80	7.90	5.20	5.74
0.00	1.10	9.80	14.70	0.00	8.14
0.00	4.40	0.00	0.30	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00



0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	10.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	3.40	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

1 12 30

0.00	15.20	24.80	8.10	13.00	13.88
5.70	0.00	0.00	0.00	19.20	0.00
0.00	47.80	4.80	11.30	0.00	8.06
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.20	51.30	0.00
11.30	26.10	51.20	29.30	36.00	23.65
0.00	2.20	0.00	7.30	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	41.50	0.00
0.00	25.20	24.20	0.00	3.00	18.34
27.20	2.40	13.80	0.00	0.00	3.09
4.60	6.10	10.20	28.50	0.00	0.00
0.00	0.00	2.20	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	19.00	0.00	0.00
15.70	0.00	0.00	0.20	31.40	0.00
0.00	12.60	10.20	2.40	0.00	8.23
0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.40	0.00	0.00	0.00	14.00	0.00
7.60	6.80	0.00	1.10	0.00	11.48
0.00	2.60	0.00	1.40	2.00	0.00

# Αλλαγή έτους

# α/α έτους, δείκτης δισεκτου έτους (1=δισεκτο, 0=όχι δισεκτο)

2 0

# Όπως στα προηγούμενα

2 1 31

0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	8.60	0.00	0.00

0.00	0.00	0.00	1.10	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	7.20	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6.60	0.00	0.00	0.00	19.40	0.00
0.00	6.80	24.80	0.00	0.00	12.26
8.20	0.40	0.00	0.00	10.00	0.00
20.40	19.20	0.00	0.00	0.00	23.40
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22.50	0.00	0.00	0.00	46.00	0.00
57.40	38.40	39.80	61.90	0.00	50.22
0.00	5.20	0.00	0.20	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2 2 30					
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
34.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	24.00	0.00
6.70	3.20	9.20	15.90	31.40	3.00
56.60	76.80	58.60	82.30	10.00	67.36
26.40	60.40	48.40	58.20	20.00	55.96
24.00	63.20	54.60	66.50	0.00	62.05
2 3 31					

0.00	4.20	0.00	3.40	0.00	9.68
0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.30	6.00	0.00
13.60	11.60	12.80	11.80	4.00	5.31
20.40	4.40	4.80	2.80	3.00	0.00
0.00	0.00	1.30	0.30	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	13.00	0.00
11.50	15.20	10.80	17.00	0.00	8.06
0.00	0.00	0.00	0.00	10.30	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	16.50	0.00
0.00	9.20	21.80	24.50	41.00	10.46
0.00	1.40	5.80	8.60	0.00	8.31
29.70	45.70	74.80	11.70	0.00	13.88
3.60	1.20	0.00	4.00	0.00	4.63
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.37
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.20	1.10	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.90	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16.40	0.00	0.00	0.00	32.40	0.00
37.50	54.20	29.40	27.00	7.00	33.94
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	17.20	31.80	36.10	0.00	29.74
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	1.10	9.20	2.10	27.00	8.23
0.00	0.00	0.00	0.00	41.30	0.00
0.00	1.60	0.00	0.00	11.20	0.00
2	4	31			
47.20	14.20	25.20	22.90	29.40	20.83
7.30	46.10	58.20	31.40	22.00	34.02
19.40	4.80	17.40	3.30	41.20	23.40
11.20	4.00	1.00	5.30	27.00	0.00
0.00	63.80	29.80	52.60	64.20	39.25
10.00	55.80	59.20	22.20	0.00	72.25
8.40	0.00	0.00	1.80	0.00	0.00
0.00	4.70	1.00	0.80	0.00	3.60
0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	18.50	0.00
28.20	35.20	40.20	56.50	29.00	41.48
18.40	23.80	27.20	37.80	15.00	28.80
14.70	30.20	51.60	21.60	9.00	35.31
13.20	11.30	3.20	11.60	0.00	6.94
0.00	1.10	0.00	12.30	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
32.40	0.00	0.00	0.00	8.00	0.00
17.00	5.40	0.00	5.20	11.30	0.00
0.00	10.20	12.60	13.80	0.00	19.11

0.00	14.10	23.80	30.60	0.00	20.74
0.00	14.20	9.20	11.80	0.00	5.74
20.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.80	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00
0.00	25.10	43.80	19.00	26.20	32.91
0.00	1.20	0.00	9.40	19.40	8.23

2 5 28

0.00	24.20	23.80	19.60	21.30	39.68
13.60	0.00	0.00	0.70	0.00	0.00
17.70	14.20	21.00	15.60	0.00	41.74
0.00	28.60	35.40	61.00	0.00	45.08
29.80	13.10	18.40	28.80	9.00	11.48
0.00	13.40	5.20	15.40	0.00	23.82
0.00	1.20	0.00	7.10	4.20	8.06
20.40	1.70	0.00	4.10	37.40	0.00
19.20	12.20	14.40	12.90	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12.40	9.40	37.40	29.80	0.00	44.91
20.20	43.20	59.80	63.60	0.00	33.17
18.00	29.30	19.20	27.10	21.50	30.34
0.00	1.10	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	8.20	0.00
13.30	13.20	10.20	14.50	31.00	8.74
7.00	12.60	0.00	10.10	0.00	6.26
0.00	0.00	0.00	0.00	6.00	0.00
13.60	0.70	0.80	0.00	5.00	0.00
12.20	0.40	1.80	4.00	8.00	0.00
0.00	1.20	5.40	5.00	0.00	3.43
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

2 6 31

28.60	21.20	8.30	42.30	0.00	20.83
0.00	0.00	0.00	0.00	18.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	9.30	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8.40	1.10	0.00	11.30	5.20	0.00
12.20	2.20	0.00	0.00	8.00	5.31
0.00	1.10	10.40	2.10	0.00	8.06
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	10.20	7.80	1.30	0.00	14.74
0.00	0.00	0.00	4.00	0.00	0.00
0.00	1.80	4.20	6.80	9.50	5.48
0.00	9.40	9.40	15.00	0.00	15.08
0.00	1.60	0.00	1.60	0.00	0.00

14.70	14.20	11.40	10.00	0.00	14.83
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	8.40	0.00
0.00	7.60	14.40	11.90	4.00	0.34
0.00	0.00	0.00	0.70	0.00	0.00
0.00	9.10	0.00	9.10	9.00	15.94
2 7 30					
8.60	3.60	0.00	5.90	35.00	6.26
15.40	22.20	47.80	28.20	54.20	40.45
36.20	17.40	17.20	27.10	27.50	15.77
0.00	11.60	20.40	18.50	0.00	25.11
18.70	0.00	0.00	1.90	0.00	0.00
0.00	4.80	0.00	0.50	19.30	0.00
0.00	5.20	28.40	3.20	21.50	15.77
0.00	8.40	8.20	11.60	9.00	10.54
0.00	5.40	0.00	6.00	0.00	8.06
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7.40	0.00	0.00	0.00	13.20	0.00
0.00	8.70	14.20	11.30	0.00	8.23
20.50	14.20	20.80	26.10	22.40	24.60
15.40	29.40	19.80	26.60	19.00	27.77
0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00
23.20	1.20	0.00	4.80	54.20	1.71
15.40	4.10	5.40	3.00	31.00	13.37
0.00	5.80	14.40	16.30	0.00	4.46
0.00	0.00	0.00	12.30	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	9.60	8.70	12.50	29.40	15.08
0.00	3.80	12.80	3.90	0.00	5.48
0.00	0.20	0.00	8.50	4.00	0.00
0.00	8.20	0.00	16.10	0.00	6.26
0.00	0.60	0.00	1.30	0.00	5.91



0.00	0.00	0.00	0.00	11.20	0.00
19.70	4.60	0.00	6.70	5.00	14.83
23.60	13.70	0.00	10.80	0.00	18.17
5.40	1.60	8.90	0.00	0.00	0.00
12.60	4.70	0.00	4.50	4.00	5.40
0.00	2.40	7.30	10.10	0.00	6.34
0.00	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	6.80	2.80	35.50	10.46
0.00	0.80	0.00	3.60	6.00	2.91
0.00	0.00	12.60	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	41.00	0.00
0.00	0.00	0.00	3.00	0.00	7.11
24.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	2.30	16.30	0.00	9.77
0.00	16.40	13.60	36.90	3.20	23.65
2 9 30					
0.00	0.00	0.00	1.40	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.90	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	9.20	4.00	0.00
0.00	3.40	6.10	20.00	0.00	3.69
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	12.20	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12.30	0.00	0.00	0.00	41.30	0.00
29.20	22.70	7.40	5.90	0.00	39.68
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7.60	0.00	0.00	0.00	33.00	0.00
27.80	4.60	0.00	4.40	0.00	0.00
16.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	1.80	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2 10 31					
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.53	1.60	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	4.83	4.90	0.00	8.23
0.00	0.00	1.00	3.00	0.00	0.00

0.00	1.20	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	6.33	0.00	19.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2 11 31					
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	7.00	0.00	3.69
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	7.60	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7.60	0.00	0.00	0.70	0.00	0.00
9.40	3.10	0.00	1.50	11.30	8.23
0.00	6.80	12.80	9.50	0.00	8.83
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.40	0.00	5.40
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6.20	0.00	0.00	0.00	1.40	0.00
2 12 30					
0.00	7.20	0.00	3.70	0.00	4.03
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	8.20	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	19.30	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	3.94
0.00	1.20	21.40	0.50	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

### 3. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΑΡΧΕΙΟΥ ΜΗΝΙΑΙΩΝ ΕΞΑΤΜΙΣΕΩΝ

# Αριθμός ετών

#	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2												
59.5	32.3	9.7	19.1	16.0	24.5	31.9	77.4	122.1	138.8	111.8	73.3	
45.5	19.1	17.4	7.2	12.2	30.7	35.6	77.7	122.4	134.3	115.0	93.1	

#### 4. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΑΡΧΕΙΟΥ ΣΥΝΟΠΤΙΚΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ (SACRAM.BRF)

=====

ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΗΣ ΣΧΕΣΗΣ ΒΡΟΧΗΣ-ΑΠΟΡΡΟΗΣ  
ΜΕ ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ SACRAMENTO

Έκδοση 1.0

Σύνταξη: Ι. Ναλμπάντης (1992)

=====

#### ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

-----

1. Τίτλος μελέτης : ΛΕΚΑΝΗ ΕΥΗΝΟΥ - ΔΟΚΙΜΗ 7701

2. Αρχεία δεδομένων

- Παροχές : por7785t.dat
- Βροχές : pb7785n.dat
- Εξατμίσεις : etp7785.dat

3. Διάρκεια προσομοίωσης

3.1 α/α

- Πρώτο έτος : 6
- Τελευταίο έτος : 9

3.2 Σε ημερολογιακή βάση

- 1ος Μήνας : 10
- 1ο Έτος : 1982
- Τελευταίος Μήνας : 9
- Τελευταίο Έτος : 1986

4. Μηνιαίοι συντελεστές αναγωγής εξατμίσεως

Ο	Ν	Δ	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

5. Επιφάνεια λεκάνης απορροής : 884.00 km<sup>2</sup>

6. Συντελεστές Thiessen

Σταθμός Συντελεστής

1	0.037
2	0.054
3	0.291
4	0.177
5	0.229
6	0.212

7. Παράμετροι μοντέλου (σε mm όπου υπάρχουν διαστάσεις)

- uztwm = 80.0 uzfwm = 30.0 lztwm = 180.0 lzfsm = 90.0 lzfpw = 170.0  
- uzk = 0.3000 lzsk = 0.0800 lzpk = 0.0230  
- zperc = 20.0 rexp = 3.00 side = 0.000 sssot = 0.0 pctim = 0.0100  
- sarva = 0.0050 rserv = 0.3000 adimp = 0.1000 pfree = 0.5000

- Αρχικά αποθέματα (mm)

uztwc uzfwc lztwc lzpsc lzfpw

15.0 0.0 20.0 2.0 13.0

- Ελάχιστη τιμή ημερήσιας βροχής (mm) = 2.0

- Μέση τιμή ημερήσιας βροχής (mm) = 10.0

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

-----

### 1. Αριθμητικά κριτήρια καλής προσαρμογής

#### 1.1 ΣΕ ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΧΡΟΝΙΚΗ ΒΑΣΗ

- Αριθμός ημερών = 1461  
- Ποσοστό επεξηγούμενης διασποράς = 0.574  
- Συντελεστής αποτελεσματικότητας = 0.573

#### 1.2 ΣΕ ΜΗΝΙΑΙΑ ΧΡΟΝΙΚΗ ΒΑΣΗ

- Αριθμός μηνών = 48  
- Ποσοστό επεξηγούμενης διασποράς = 0.943  
- Συντελεστής αποτελεσματικότητας = 0.942

### 2. Μέσο ετήσιο υδατικό ισοζύγιο σε mm για 4 έτη

- Βροχή 1364.92  
- Μετρημένη παροχή 853.41  
- Δυν. εξατμοδιαπνοή 675.97  
- Πραγ. εξατμοδιαπνοή 475.91  
- Εκτιμημένη παροχή 878.41  
- Εκτιμημένη επ. απ. 21.04  
- Εκτιμημένη αμ. απ. 101.03  
- Εκτιμημένη υποδ. απ. 222.08  
- Εκτιμημένη βασ. ροή 534.26  
- Τελικά αποθέματα

uztwc = 17.9 uzfwc = 0.0 lztwc = 71.2 lzfsc = 0.0 lzfpc = 2.8

## 5. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΑΡΧΕΙΟΥ ΑΝΑΛΥΤΙΚΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ (SACRAM.ANL)

# 1ος μήνας, 1ο έτος, τελευταίος μήνας, τελευταίο έτος  
10 1982 9 1982

# Μετρημένη παροχή, υπολογισμένη παροχή

2.870	4.250
2.870	4.662
4.100	6.372
12.180	10.509
13.620	7.476
7.490	8.448
6.630	6.812
5.820	6.734
5.820	6.340
5.820	6.005
5.200	5.588
4.610	6.119
4.470	8.041
4.470	6.207
4.330	5.978
4.610	7.675
4.900	9.217
4.900	7.095
4.750	6.749
4.470	6.852
4.330	6.134
4.330	5.842
4.200	5.578
4.060	5.329
4.060	5.097
4.060	5.494
4.470	7.010
4.610	5.296
4.330	5.064
4.200	4.847
4.060	4.642
4.060	4.450
3.930	4.269
3.800	4.098
3.800	4.921
3.930	6.053
4.470	4.583
4.610	4.386
4.470	4.201
4.610	4.031
4.470	3.870
4.330	3.719
4.330	3.576
4.200	3.441
4.110	6.107
4.410	44.092
59.120	101.661
78.220	100.758
248.790	148.809
119.150	81.951
60.670	41.525
40.510	32.753

30.880	31.104
24.360	29.374
21.620	27.765
19.360	26.268
17.670	24.874
16.570	23.575
15.770	23.839
16.300	57.836
23.390	76.241
35.400	59.825
35.030	49.380
33.060	58.657
33.790	33.122
29.130	26.038
25.030	23.851
22.170	22.659
20.780	21.546
19.070	20.506
17.840	42.923
20.270	80.126
169.200	122.563
152.110	68.728
80.700	86.490
207.740	109.607
158.830	99.812
88.380	77.588
63.910	136.260
138.730	408.091
405.700	142.153
165.860	89.134
116.190	73.456
94.560	56.840
83.270	72.796
97.460	131.421
97.460	95.177
74.500	68.730
63.410	55.354
53.380	80.035
49.000	67.255
40.950	51.432
33.000	44.778
31.200	40.852
28.780	38.376
27.150	36.435
25.590	34.625
24.130	32.970
22.450	31.352
21.060	29.874
19.930	28.490
19.080	27.193
18.510	25.978
17.120	24.838
15.770	23.930
15.250	22.942
15.000	47.379
23.500	66.416
27.300	39.351



21.340	29.049
19.930	27.890
19.360	54.808
34.180	50.451
42.170	33.186
29.500	47.358
24.710	31.990
22.450	26.659
20.780	25.365
19.360	24.193
18.510	23.095
17.670	22.065
16.840	30.289
16.560	31.368
25.010	77.301
28.910	45.456
23.840	31.935
25.610	60.577
26.830	87.437
24.430	88.661
23.280	70.093
36.160	72.432
58.390	50.806
60.810	44.527
49.050	37.536
51.240	40.270
49.990	36.057
39.770	48.117
34.170	34.222
31.550	65.430
30.490	65.102
28.450	51.688
26.210	37.110
24.410	35.099
23.000	52.983
21.890	42.288
21.890	64.721
21.340	42.899
19.930	33.858
19.360	29.901
19.080	37.971
21.330	72.446
26.880	92.442
35.400	98.882
44.160	76.330
42.970	51.749
34.960	40.877
30.150	35.696
28.780	33.450
28.780	31.760
29.120	30.182
29.460	28.709
29.460	27.332
29.120	26.168
27.480	24.860
25.000	23.726
22.730	22.650

21.340	21.656
20.780	20.723
19.930	19.853
19.360	19.026
19.080	18.246
18.510	17.515
18.230	16.826
18.790	16.175
19.360	15.561
19.930	14.980
22.170	15.164
31.850	74.006
47.450	65.021
43.410	32.604
29.500	24.350
25.590	21.890
24.410	21.048
30.350	65.702
33.820	37.296
28.790	26.123
26.210	22.888
23.850	21.900
21.620	20.872
20.220	19.927
19.650	19.016
19.080	18.162
18.510	17.368
17.940	16.623
17.390	15.935
17.110	15.407
16.840	14.763
16.030	14.059
15.250	13.512
14.750	13.071
13.790	12.496
13.090	12.031
13.090	11.591
12.870	11.174
12.420	10.779
11.980	10.404
11.550	10.048
11.330	9.709
11.120	9.387
10.300	9.080
9.500	8.787
9.120	8.508
8.930	8.242
9.310	7.987
9.500	7.761
9.120	7.745
8.750	7.286
8.560	7.072
8.380	6.866
8.200	6.669
8.200	6.684
8.200	6.623
8.560	6.573

8.560	5.952
8.020	5.789
7.660	5.722
7.310	5.480
6.970	5.334
6.800	5.428
6.630	5.056
6.460	5.619
6.970	5.480
7.140	4.674
6.630	4.553
6.300	4.461
6.140	5.175
6.300	4.360
6.300	4.109
5.980	4.007
5.660	3.907
5.500	3.810
5.350	3.716
5.820	5.063
6.140	3.712
5.820	3.797
5.660	3.554
5.500	3.458
5.500	3.404
5.500	3.128
5.350	3.053
5.050	2.980
4.900	2.908
5.200	2.882
5.350	2.771
5.050	2.776
4.750	2.987
4.610	2.854
4.750	2.901
5.050	4.305
23.560	58.842
32.060	16.304
14.810	7.677
10.920	7.429
9.120	7.067
8.020	6.729
7.140	6.413
6.470	7.136
5.980	6.425
6.300	7.729
6.470	5.512
5.820	5.450
5.350	5.214
5.050	4.992
5.050	5.136
5.200	4.587
6.830	4.798
7.500	4.708
6.460	11.999
6.630	4.773
6.140	4.726

5.820	4.747
5.820	4.684
7.170	33.872
7.850	8.709
8.980	10.728
14.340	8.596
16.310	6.441
11.620	7.053
7.670	6.028
6.630	5.764
6.300	5.496
5.820	5.254
5.200	5.027
4.750	4.813
4.470	4.613
4.060	4.424
3.800	4.246
3.670	4.078
3.430	3.920
3.310	3.771
3.310	3.629
3.310	3.496
3.310	3.435
3.310	3.267
3.200	3.136
3.090	3.027
3.090	2.925
3.090	2.827
3.090	2.734
3.090	2.645
3.090	2.561
3.090	2.507
3.090	2.403
3.090	2.329
3.090	2.259
3.090	2.191
3.200	2.224
3.430	2.647
3.800	2.031
4.200	1.948
4.330	1.892
4.200	1.839
3.930	1.884
3.930	1.742
4.060	2.179
3.930	1.954
3.670	1.602
3.550	1.560
3.430	1.518
3.310	1.479
3.310	1.867
3.310	1.403
3.310	1.367
3.310	1.332
3.200	1.298
3.090	1.265
3.090	1.234

3.090	1.203
3.090	1.173
2.980	1.144
3.090	1.115
3.200	1.088
3.090	1.061
3.090	1.035
2.980	1.010
2.870	0.986
2.870	0.962
2.870	0.939
2.870	0.916
2.870	0.894
2.870	0.873
2.870	0.852
2.870	2.482
3.570	1.175
4.060	0.792
3.550	0.865
3.200	0.755
3.090	0.737
3.090	0.720
2.980	0.703
2.870	0.726
2.870	0.790
2.870	0.655
2.870	0.639
2.870	0.624

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ

1. Παράδειγμα αρχείου μηνιαίων παροχών	Π-1
2. Παράδειγμα αρχείου μηνιαίων κατακρημνίσεων	Π-1
3. Παράδειγμα αρχείου μηνιαίων εξατμίσεων	Π-1
4. Παράδειγμα αρχείου μηνιαίων Θερμοκρασιών	Π-2
5. Παράδειγμα αρχείου συνοπτικών αποτελεσμάτων (WATBA.BRF)	Π-2
6. Παράδειγμα αρχείου αναλυτικών αποτελεσμάτων (WATBA.ANL)	Π-4

### 1. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΑΡΧΕΙΟΥ ΜΗΝΙΑΙΩΝ ΠΑΡΟΧΩΝ

# Αριθμός υδρολογικών ετών

2

# Μηνιαία δεδομένα σε mm

#	Ο	Ν	Δ	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α
7.819	42.909	92.684	131.899	221.455	76.278	142.542	57.107	22.019	9.903	7.045	11.912
11.711	37.054	163.024	351.929	281.851	69.986	153.010	61.345	32.078	15.039	11.603	9.130

### 2. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΑΡΧΕΙΟΥ ΜΗΝΙΑΙΩΝ ΚΑΤΑΚΡΗΜΝΙΣΕΩΝ

# Αριθμός υδρολογικών ετών

2

# Μηνιαία δεδομένα σε mm

#	Ο	Ν	Δ	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ
4.982	308.540	176.156	236.068	158.519	77.182	226.671	44.488	22.990	0.931	3.276	138.114	
76.309	166.142	178.697	368.537	246.864	84.234	219.867	112.369	45.850	11.534	19.248	16.905	

### 3. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΑΡΧΕΙΟΥ ΜΗΝΙΑΙΩΝ ΕΞΑΤΜΙΣΕΩΝ

# Αριθμός ετών

2

#	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
59.5	32.3	9.7	19.1	16.0	24.5	31.9	77.4	122.1	138.8	111.8	73.3	
45.5	19.1	17.4	7.2	12.2	30.7	35.6	77.7	122.4	134.3	115.0	93.1	

#### 4. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΑΡΧΕΙΟΥ ΜΗΝΙΑΙΩΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΩΝ

Το format των αρχείων θερμοκρασιών είναι το ίδιο για τις μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες, τις ελάχιστες ημερήσιες θερμοκρασίες του κάθε μήνα και τις μέγιστες μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες του μήνα.

# Αριθμός υδρολογικών ετών  
2

# Μηνιαία δεδομένα σε °C

#	Ο	Ν	Δ	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ
10.5	4.5	2	2	1.5	4	7	10	15.5	19	16	14	
9.5	3	2.5	-1.5	2	4.5	7.5	9	10.5	17.5	17	15.5	

#### 5. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΑΡΧΕΙΟΥ ΣΥΝΟΠΤΙΚΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ (WATVA.BRF)

=====

ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΗΣ ΣΧΕΣΗΣ ΒΡΟΧΗΣ-ΑΠΟΡΡΟΗΣ  
ΜΕ ΜΟΝΤΕΛΟ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ  
Εκδοση 1.0  
Σύνταξη: Ι. Ναλμπάντης (1992)

=====

#### ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

1. Τίτλος μελέτης : ΛΕΚΑΝΗ ΕΥΗΝΟΥ - ΔΟΚΙΜΗ 4401

2. Αρχεία δεδομένων

- Παροχές : dis7785.dat
- Βροχές : pr7785n.dat
- Εξατμίσεις : etp7785.dat
- Θερμοκρασίες :
- Μέσες : mnt7785.dat
- Ελάχιστες : mit7785.dat
- Μέγιστες : mxt7785.dat

3. Διάρκεια προσομοίωσης

3.1 α/α

- Πρώτο έτος : 1
- Τελευταίο έτος : 5

3.2 Σε ημερολογιακή βάση

- 1ος Μήνας : 10
- 1ο Έτος : 1977
- Τελευταίος Μήνας : 9
- Τελευταίο Έτος : 1982

4. Μηνιαίοι συντελεστές αναγωγής εξάτμισης

Ο	Ν	Δ	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	

5. Επιφάνεια λεκάνης απορροής : 884.00 km<sup>2</sup>

6. Παράμετροι μοντέλου



6.1 Δεδομένα δεξαμενών (mm)

Χωρητικότητα	Αρχ. απόθεμα	
- Δ2	200.0	20.0
- Δ3	400.0	0.5

6.2 Άλλες παράμετροι

- α	0.4500
- β	0.7000
- γ	0.0000

7. Μηνιαίοι συντελεστές απορροής

Ο	Ν	Δ	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ
0.10	0.15	0.50	0.40	0.45	0.45	0.40	0.40	0.23	0.20	0.15	

8. Παράμετροι χιονιού

8.1 Μηνιαία Θερμοβαθμίδα (σε βαθμούς Κελσίου ανά χλμ.)

Ο	Ν	Δ	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ
4.09	2.61	3.48	3.14	4.65	4.75	4.42	4.51	6.40	7.70	7.56	3.25

8.2 Παράγων βαθμοημερών (mm/βαθμοημέρα): 3.00

8.3 Κρίσιμη θερμοκρασία (οC) : 0.00

8.4 Καμπύλη κατανομής υψόμετρων

Υψόμετρο (m) Ποσοστό επιφάνειας

1	150.000	0.000
2	500.000	0.101
3	700.000	0.234
4	900.000	0.400
5	1100.000	0.589
6	1300.000	0.790
7	1500.000	0.928
8	1700.000	0.978
9	2250.000	1.000

8.5 Μέσο υψόμετρο (m) : 994.00

8.6 Αριθμός ζωνών : 10

8.7 Αρχικό απόθεμα χιονιού ανά ζώνη (σε mm)

1	0.00
2	0.00
3	0.00
4	0.00
5	0.00
6	0.00
7	0.00
8	0.00
9	0.00
10	0.00

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

1. Αριθμητικά κριτήρια καλής προσαρμογής		
- Αριθμός μηνών	=	60
- Ποσοστό επεξηγουμένης διασποράς	=	0.871
- Συντελεστής αποτελεσματικότητας	=	0.871

2. ΜΕΣΟ ΕΤΗΣΙΟ ΥΔΑΤΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ σε mm για 5 έτη

- Βροχή	1514.97		
- Μετρημένη παροχή	1083.89		
- Δυν. εξατμοδιαπνοή	698.30		
- Πραγ. εξατμοδιαπνοή	502.77		
- Εκτιμημένη παροχή	1057.78		
- Εκτιμημένη επ. απ.	357.06		
- Εκτιμημένη αμ. απ.	550.99		
- Εκτιμημένη βασ. ροή	149.73		
- Υπόγεια διαφυγή	0.00		
- Χιονόπτωση	41.61		
- Τήξη χιονιού	41.61		
- Τελικά αποθέματα (mm)	Χιονιού	Δ2	Δ3
0.00	0.00	0.61	

6. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΑΡΧΕΙΟΥ ΑΝΑΛΥΤΙΚΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ (WATBA.ANL)

# 1ος μήνας, 1ο έτος, τελευταίος μήνας, τελευταίο έτος

10 1977 9 1979

# Μετρημένη παροχή, υπολογισμένη παροχή

7.819	0.723
42.909	67.356
92.684	145.549
131.899	191.971
221.455	139.581
76.278	74.039
142.542	184.600
57.107	38.837
22.019	20.744
9.903	6.566
7.045	2.608
11.912	21.258
11.711	7.928
37.054	25.085
163.024	131.405
351.929	226.242
281.851	270.101
69.986	107.530
153.010	192.189
61.345	70.651
32.078	32.258
15.039	10.308
11.603	7.486
9.130	3.630