

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	v
ABSTRACT.....	vii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	ix
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ.....	x

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

#### ΕΙΣΑΓΩΓΗ – ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

1.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	1
1.2 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΔΟΜΗ.....	4
1.2.1 Δομή Εργασίας.....	5
1.3 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ.....	5

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

#### ΚΑΡΣΤΙΚΟΙ ΥΔΡΟΦΟΡΕΙΣ

2.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	16
2.2 ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΚΑΡΣΤΙΚΗΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	18
2.3 ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΟ ΚΑΙ ΥΠΟΓΕΙΟ ΚΑΡΣΤ.....	19
2.4 ΚΑΡΣΤΙΚΟΙ ΥΔΡΟΦΟΡΟΙ ΟΡΙΖΟΝΤΕΣ.....	22
2.4.1 Γενικά.....	22
2.4.2 Το Επίπεδο Βάσης.....	24
2.4.2.1 Γενικά.....	24
2.4.2.2 Βασικές θεωρίες.....	24
2.4.3 Υδροδυναμικές Ζώνες του Καρστ.....	25
2.4.4 Συνοπτική Θεωρία της Ροής σε Πορώδες Μέσο – Σύγκριση με Καρστικά Συστήματα.....	25
2.4.5 Υδραυλική Συμπεριφορά των Καρστικών Υδροφόρων Οριζόντων.....	30
2.5 Καρστικοί Υδροφορείς.....	31
2.5.1 Παράκτιοι Καρστικοί Υδροφορείς.....	31
2.5.1.1 Υφαλμύρωση παράκτιων καρστικών υδροφορέων.....	31
2.5.1.2 Υδροδυναμική των καρστικών συστημάτων.....	36

2.6	Υφάλμυρες καρστικές πηγές.....	37
-----	--------------------------------	----

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3**

#### **ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΛΜΥΡΟΥ**

3.1	ΓΕΝΙΚΑ.....	39
3.2	ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ ΠΗΓΗΣ.....	39
3.3	ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΥΦΑΛΜΥΡΩΣΗΣ ΤΗΣ.....	40
3.3.1	Περιοχή Τροφοδοσίας.....	40
3.3.1.1	<i>Διαχωρισμός σε επιμέρους υδροφορείς.....</i>	<i>41</i>
3.3.2	Μηχανισμός Τροφοδοσίας και Υφαλμύρωσης.....	42
3.4	ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ – ΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ.....	44
3.4.1	Σύντομη Γεωλογική Ιστορία Κρήτης.....	44
3.4.2	Υδρογεωλογική Τοποθεσία του Αλμυρού.....	46
3.5	ΦΑΡΑΓΓΙ ΚΑΙ ΥΓΡΟΤΟΠΟΣ ΑΛΜΥΡΟΥ.....	50

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4**

#### **ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΗΓΗΣ ΚΑΙ ΠΡΩΤΟΓΕΝΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ**

4.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	52
4.2	ΠΟΣΟΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ – ΠΑΡΟΧΗ ΠΗΓΗΣ.....	53
4.3	ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ – ΧΛΩΡΙΟΝΤΑ.....	55
4.3.1	Γενικά.....	55
4.3.2	Διαγράμματα.....	55

### **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5**

#### **ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ –**

#### **ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ**

5.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	62
5.2	ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ ΚΑΙ ΔΕΔΟΜΕΝΑ.....	62
5.2.1	Παρατηρήσεις για τους Βροχομετρικούς Σταθμούς.....	63
5.3	ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	64
5.4	ΕΛΕΓΧΟΣ ΟΜΟΓΕΝΕΙΑΣ (ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ) ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΩΝ.....	64

5.5	ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ.....	69
5.6	ΣΕΝΑΡΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ.....	71
5.6.1	Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους.....	72
5.6.1.1	<i>Πρόγραμμα ArcMAP.....</i>	72
5.6.2	Μέθοδος Πολυγώνων Thiessen.....	77
5.6.3	Βροχοβαθμίδα.....	78
5.6.4	Συντελεστής Ύψομετρικής Αναγωγής.....	80
5.7	ΔΕΙΚΤΕΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ.....	81
5.7.1	Το λογισμικό DrinC.....	81
5.7.2	SPI.....	81
5.7.3	Deciles.....	85
5.7.4	RDI.....	87

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

### ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΥΔΡΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΠΗΓΗΣ ΑΛΜΥΡΟΥ

6.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	92
6.2	ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ.....	93
6.2.1	Διερεύνηση σε ετήσια βάση.....	93
6.2.1.1	<i>Χρονοσειρές παροχής πηγής και βροχοπτώσεων.....</i>	93
6.2.1.2	<i>Υδατικό Ισοζύγιο.....</i>	93
6.2.2	Διερεύνηση σε υπερετήσια βάση.....	98
6.2.2.1	<i>Διάγραμμα συσχέτισης παροχής πηγής και βροχόπτωσης.....</i>	98
6.2.2.2	<i>Διάγραμμα συσχέτισης παροχής πηγής και χλωριόντων.....</i>	99
6.2.3	Διερεύνηση σε μηνιαία βάση.....	102
6.3	ΑΝΑΛΥΣΗ ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΩΝ.....	107
6.3.1	Αυτοσυσχέτιση.....	107
6.3.1.1	<i>Γενικά.....</i>	107
6.3.1.2	<i>Σημασία της μεθόδου.....</i>	107
6.3.1.3	<i>Δεδομένα – εξισώσεις – εφαρμογή στον Αλμυρό.....</i>	108
6.3.1.4	<i>Συμπεράσματα.....</i>	108
6.3.2	Ετεροσυσχέτιση.....	112
6.3.2.1	<i>Γενικά.....</i>	112
6.3.2.2	<i>Χρονική υστέρηση (Lag).....</i>	112

6.3.2.3	Σημασία της μεθόδου.....	112
6.3.2.4	Δεδομένα – εξισώσεις – εφαρμογή στον Αλμυρό.....	113
6.3.2.5	Συμπεράσματα.....	114
6.4	ΜΟΝΤΕΛΟ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΜΗΝΙΑΙΑΣ ΠΑΡΟΧΗΣ ΠΗΓΗΣ ΑΛΜΥΡΟΥ.....	117
6.4.1	Περιγραφή του Μοντέλου.....	117
6.4.2	Έλεγχος Μεθόδου.....	120
6.4.3	Συμπεράσματα.....	137

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7**

### **ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ**

7.1	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	139
7.2	ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ.....	144

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ**

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει σαν θέμα την υδρολογική διερεύνηση της υφάλμυρης καρστικής πηγής του Αλμυρού ποταμού στο Ηράκλειο Κρήτης. Το ζήτημα του καρστικού συστήματος του Αλμυρού έχει απασχολήσει πολλούς ερευνητές από το 1969 περίπου, προσπαθώντας να βρουν το μηχανισμό λειτουργίας και υφαλμύρωσης της πηγής, με σκοπό την αξιοποίησή της και τελικώς την υδροδότηση των γύρω περιοχών. Η πηγή παροχετεύει γλυκό νερό μόνο λίγες μέρες το χρόνο, τους χειμερινούς μήνες. Εάν είναι γνωστή η υδροδυναμική λειτουργία της πηγής, είναι δυνατό να γίνουν τεχνικά έργα, π.χ. ανύψωση του υψομέτρου της πηγής, ώστε να αυξηθούν οι μέρες παροχέτευσης γλυκού νερού.

Βασικό πρόβλημα που αντιμετωπίζεται κατά τη μελέτη του συστήματος του Αλμυρού είναι η εύρεση της λεκάνης τροφοδοσίας της πηγής, της οποίας τα όρια δεν είναι πλήρως γνωστά. Η πηγή αποτελεί την έξοδο ενός πολύπλοκου υδρογεωλογικού συστήματος, το οποίο δεν έχει ενιαίο μηχανισμό λειτουργίας και, συνεπώς, αντιμετώπισης. Υπάρχουν πολλές υποθέσεις γύρω από την τροφοδοσία της πηγής. Κάποιοι μελετητές τοποθετούν την έκτασή της στα 300 km<sup>2</sup> θεωρώντας ότι η πηγή τροφοδοτείται υπογείως από ρεύματα και άλλες πηγές κάτω από τον ορεινό όγκο Ψηλορείτη. Άλλοι θεωρούν ότι η περιοχή τροφοδοσίας είναι ακόμη μεγαλύτερη, χωρίς όμως να μπορούν να τοποθετήσουν ακριβώς την περιοχή στο χάρτη. Στην παρούσα εργασία, αν και θεωρήθηκε λεκάνη τροφοδοσίας 300 km<sup>2</sup> για την εξαγωγή μέσου υψομέτρου λεκάνης και λοιπών υδρολογικών στοιχείων, διερευνήθηκε όμως η αναγκαία έκταση λεκάνης για να ισχύει η αρχή διατήρησης του υδατικού ισοζυγίου.

Η παρούσα εργασία είχε σαν στόχο την εύρεση συσχέτισης μεταξύ των δεδομένων παροχής και βροχόπτωσης, σε μηνιαία, ετήσια και υπερετήσια βάση. Στο πλαίσιο του παραπάνω σκοπού, βρέθηκαν και οι δείκτες ξηρασίας της περιοχής SPI, Deciles, RDI. Εφαρμόστηκαν μέθοδοι ανάλυσης χρονοσειρών για τα δεδομένα της βροχόπτωσης και της παροχής. Πιο συγκεκριμένα πραγματοποιήθηκε μέθοδος αυτοσυσχέτισης, η οποία επιβεβαιώνει την παρουσία βασικής ροής στο σύστημα και τον σχετικά υψηλό βαθμό καρστικοποίησης. Ακολούθησε μέθοδος ετεροσυσχέτισης, η οποία υπέδειξε

ικανοποιητική συσχέτιση μεξύ ενός γεγονότος βροχόπτωσης και της παροχής, η οποία γίνεται πιο φανερή στις 60 και στις 90 μέρες. Το γεγονός αυτό φανερώνει τη «μνήμη» του συστήματος του Αλμυρού και την παρουσία της βασικής ροής.

Ακολουθεί προσπάθεια προσομοίωσης των εκφορτίσεων της πηγής του Αλμυρού χρησιμοποιώντας μοντέλο ενός ταμιευτήρα τύπου Maillet, τα αποτελέσματα της οποίας δείχνουν ικανοποιητική ταύτιση μεταξύ των προσομοιωμένων και μετρημένων παροχών της πηγής.

Πρέπει να αναφερθεί ιδιαίτερα η ανάγκη για περισσότερες μετρήσεις πεδίου, όπως χλωριόντα, παροχή της πηγής, θερμοκρασία, αγωγιμότητα κλπ., σε εβδομαδιαία ή ημερήσια βάση για ικανοποιητικό χρονικό διάστημα, ώστε τα αποτελέσματα να είναι πιο αξιόπιστα. Μέχρι σήμερα έχουν ληφθεί και ωριαίες μετρήσεις αλλά από συγκεκριμένους ερευνητές και για πολύ μικρό χρονικό διάστημα, όχι προσβάσιμες για τους ενδιαφερόμενους ερευνητές. Για την περαιτέρω διερεύνηση του θέματος, προτείνεται η πραγματοποίηση εκτενέστερης στατιστικής επεξεργασίας και η δημιουργία ενός πιο σύνθετου μοντέλου προσομοίωσης των εκφορτίσεων της πηγής.

## SUMMARY

The subject of the present diploma thesis is the hydrological investigation of the brackish karstic spring of Almiros in Heraklion Crete. The average water discharge of the spring per year is approximately  $240,3 \text{ m}^3$ , so it could constitute the solution for the water resources problem of the city of Heraklion and the nearby areas. The only problem is, as said above, that the water of the spring is brackish for most of the year and the mechanism of salinity has not been clarified. The karstic system of Almiros has been investigated by many researchers since 1969, in hope to find the salinity mechanism of the spring.

The Almiros spring is located 8 km west of the city of Heraklion at an elevation of about 4 m and at a distance of 1 km inland from coast and is the only identified outlet of the coastal karst system. The outlet takes the form of a lake that gives access to a karstic gallery with a diameter of 3 to 4 m and reaches 90 m below sea level (Arfib et al. 2007).

A lot of consideration has been given to the spring's catchment area, which can not be defined, due to complex geology and hydrogeology. There are different assumptions of its size which varies from  $300 \text{ km}^2$  (Arfib et al. 2000) to  $500 \text{ km}^2$  (Lambrakis 2000, Panagopoulos and Lambrakis 2006).

The primary goal of this thesis was to find the interrelation between the precipitation data and the discharge data in a monthly or yearly basis. Toward this objective, the drought indices, such as SPI, Deciles, RDI, were also calculated. In order to study the function and hydrodynamic behavior of the karst, time series analysis was applied to the precipitation data and the spring discharge data of Almyros. Results obtained through autocorrelation and cross-correlation analysis showed that the karstification processes in the Almyros karst system are more enhanced producing a better developed karst network, but contrary to the typical karst systems, baseflow and quickflow coexist. The Almyros karst system can be, in general, classified

(Panagopoulos and Lambrakis 2006) as an intermediate case between the two extreme karst types.

The above methods were followed by a pretty satisfying attempt to simulate the flow of the Almyros spring, based on monthly precipitation time series from 1975 to 2001. The simulation of spring discharge was based on the equation of Maillet type reservoir. For the evaluation of the simulation, the Nash parameter (NTD) was found.

In order to have more satisfying and reliable results, there is a need for more measurements of the various spring parameters, such as chlorides concentration, spring discharge, spring temperature or conductivity, on a weekly or daily basis for a long time period.



## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Πίνακας 3.1 Απογραφή καρστικών πηγών και ενδεικτικές θερμοκρασίες των νερών (Βέργης 2006)

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Πίνακας 4.1 Μηνιαίος όγκος νερού της πηγής Αλμυρού σε  $10^6 \text{ m}^3$  (πηγή: Y.E.B)

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Πίνακας 5.1 Χαρακτηριστικά Βροχομετρικών Σταθμών (πηγή: Y.E.B)

Πίνακας 5.2 Ετήσια και ετήσια αθροιστικά βροχομετρικά δεδομένα των σταθμών της περιοχής μελέτης

Πίνακας 5.3 Μέσο Υψόμετρο της Λεκάνης Τροφοδοσίας

Πίνακας 5.4 Ποσοστά κάθε σταθμού, με τη μέθοδο Thiessen

Πίνακας 5.5 Μέσο υπερετήσιο ύψος βροχής και υψόμετρο των σταθμών της ευρύτερης περιοχής μελέτης

Πίνακας 5.6 Κατηγοριοποίηση των τιμών του SPI

Πίνακας 5.7 Κατηγοριοποίηση δείκτη Deciles

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

Πίνακας 6.1 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα των παραμέτρων που επελέγησαν

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

- Σχήμα 1.1 Υπόθεση μηχανισμού υφαλμύρωσης γλυκού νερού (*Arfib et al. 2002*)
- Σχήμα 1.2 Θεώρηση Ghyben-Herzberg (*Arfib et al. 2007*)
- Σχήμα 1.3 Θεώρηση Μαραμαθά για τον τρόπο λειτουργίας του συστήματος του Αλμυρού

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

- Σχήμα 2.1 Καρστικά Φρέατα (*Μαραμαθάς 2002*)
- Σχήμα 2.2 Καρστικά Φρέατα - τομή (*Μαραμαθάς 2002*)
- Σχήμα 2.3 Δολίνες (*Μαραμαθάς 2002*)
- Σχήμα 2.4 Ουβάλες (*Μαραμαθάς 2002*)
- Σχήμα 2.5 Καταβόθρες (*Μαραμαθάς 2002*)
- Σχήμα 2.6 Η εξέλιξη μιας ασβεστολιθικής περιοχής, λόγω καρστικής διάβρωσης (*Μαραμαθάς 2002*)
- Σχήμα 2.7 Θεωρίες Grund και Katzer (*Καλλέργης 2001*)
- Σχήμα 2.8 Υδροδυναμικές ζώνες στο καρστ κατά Mijatovic (*Καλλέργης 2001*)
- Σχήμα 2.9 Κλίμακες του προβλήματος για ρηγματωμένους υδροφορείς (*Νάνου-Γιάνναρου και Παπαθανασιάδης 2008*)
- Σχήμα 2.10 Πειραματική διάταξη του Darcy (*Νάνου-Γιάνναρου και Παπαθανασιάδης 2008*)
- Σχήμα 2.11 Θέση και γεωμετρία της μεταβατικής ζώνης υφάλμυρου νερού σε καρστικά υδροφόρα (*Μαραμαθάς 2002*)
- Σχήμα 2.12 Υφαλμύρωση καρστικής πηγής (*Maramathas et al. 2006*)

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

- Σχήμα 3.1 Τοποθεσία της περιοχής μελέτης: Η περιοχή του Αλμυρού στο Ηράκλειο, στην Κρήτη (*Arfib et al. 2007*)
- Σχήμα 3.2 Τοποθεσία της πηγής του Αλμυρού και της περιοχής τροφοδοσίας της και προτεινόμενη υδρογεωλογική δομή (*Arfib et al. 2000*)
- Σχήμα 3.3 Γενική στρωματογραφική στήλη Κρήτης (*Μαραμαθάς 2002*)
- Σχήμα 3.4 Γενικός χάρτης της περιοχής τροφοδοσίας: γεωλογική δομή, υψόμετρα, βουνοκορφές και πόλεις (*Arfib et al. 2007*)
- Σχήμα 3.5 Γεωλογικός χάρτης της περιοχής γύρω από την πηγή του Αλμυρού (*Panagoroulos and Lambrakis 2006*)
- Σχήμα 3.6 Γεωλογική τομή ΝΔ-ΒΑ από τον Ψηλορείτη (υψόμετρο 2456 μέτρα) μέχρι την πηγή του Αλμυρού (*Arfib et al. 2007*)
- Σχήμα 3.7 Εικόνες του Υγρότοπου του Αλμυρού (πηγή: *Κέντρο περιβαλλοντικής εκπαίδευσης Νεάπολης Κρήτης*)

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

- Σχήμα 4.1 Διάγραμμα μηνιαίας συγκέντρωσης χλωριόντων για την περίοδο 1975-2001
- Σχήμα 4.2 Διάγραμμα χλωριόντων και παροχής σε μηνιαία βάση για την περίοδο 1975-1981
- Σχήμα 4.3 Διάγραμμα συσχέτισης χλωριόντων και παροχής, σε μηνιαία βάση για την περίοδο 1975-2001

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

- Σχήμα 5.1 Έλεγχος ομογένειας – Σταθμός βάσης Ηράκλειο
- Σχήμα 5.2 Έλεγχος ομογένειας – Σταθμός βάσης Κρουσώνας
- Σχήμα 5.3 Έλεγχος ομογένειας – Σταθμός βάσης Ανώγεια
- Σχήμα 5.4 Απεικόνιση λεκανών απορροής (κίτρινη) και λεκάνης

τροφοδοσίας (ροζ)

- Σχήμα 5.5 Σχηματική απεικόνιση ορεινής (μπλε) και πεδινής (μωβ) λεκάνης τροφοδοσίας
- Σχήμα 5.6 Ψηφιακό μοντέλο εδάφους για τη λεκάνη τροφοδοσίας
- Σχήμα 5.7 Υψογραφική καμπύλη για την ενιαία λεκάνη
- Σχήμα 5.8 Υψογραφική καμπύλη για την ορεινή λεκάνη
- Σχήμα 5.9 Σχηματική απεικόνιση πολυγώνων Thiessen για την ενιαία λεκάνη τροφοδοσίας
- Σχήμα 5.10 Συσχέτιση βροχοπτώσεων με το υψόμετρο για την εύρεση της βροχοβαθμίδας
- Σχήμα 5.11 Ετήσιες τιμές δείκτη SPI για την περίοδο 1975-2001
- Σχήμα 5.12 Ετήσιες τιμές δείκτη Deciles για την περίοδο 1975-2001
- Σχήμα 5.13 Ετήσιες τιμές δείκτη RDI, για το σταθμό του Ηρακλείου, για την περίοδο 1975-2001
- Σχήμα 5.14 Ετήσιες τιμές δείκτη RDI, για το σταθμό του Κρουσώνα, για την περίοδο 1991-2001

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

- Σχήμα 6.1 Διάγραμμα ετησίων τιμών παροχής της πηγής του Αλμυρού, για την περίοδο 1975 – 2001
- Σχήμα 6.2 Διάγραμμα ετησίων τιμών βροχοπτώσεων για την ενιαία λεκάνη επεξεργασίας, για την περίοδο 1975 – 2001
- Σχήμα 6.3 Διάγραμμα σύγκρισης των ετησίων παροχών του καρστικού συστήματος του Αλμυρού για την περίοδο 1975 – 2001
- Σχήμα 6.4 Διάγραμμα υπερετήσιων τιμών παροχής της πηγής και βροχόπτωσης, για την περίοδο 1975 – 2001
- Σχήμα 6.5 Διάγραμμα υπερετήσιων τιμών χλωριόντων και παροχής, για την περίοδο 1975 – 2001
- Σχήμα 6.6 Διάγραμμα συσχέτισης μηνιαίων τιμών βροχόπτωσης και παροχής, για την περίοδο 1975 – 2001

- Σχήμα 6.7 Διάγραμμα συσχέτισης μηνιαίων τιμών βροχόπτωσης και παροχής (για τους μήνες ΟΚΤ – ΜΑΡ), για την περίοδο 1975 – 2001
- Σχήμα 6.8 Διάγραμμα συσχέτισης μηνιαίων τιμών βροχόπτωσης και παροχής (για τους μήνες ΑΠΡ – ΑΥΓ), για την περίοδο 1975 – 2001
- Σχήμα 6.9 Διάγραμμα μηνιαίων τιμών βροχόπτωσης και παροχής, για την περίοδο 1975 – 2001
- Σχήμα 6.10 Διάγραμμα αυτοσυσχέτισης των βροχοπτώσεων για την ορεινή λεκάνη του Αλμυρού, με ημερήσια δεδομένα (1995-1997)
- Σχήμα 6.11 Διάγραμμα αυτοσυσχέτισης της παροχής της πηγής για την ορεινή λεκάνη του Αλμυρού, με ημερήσια δεδομένα (1995-1997)
- Σχήμα 6.12 Διάγραμμα ετεροσυσχέτισης μεταξύ των βροχοπτώσεων και της παροχής για την ορεινή λεκάνη του Αλμυρού, με ημερήσια δεδομένα
- Σχήμα 6.13 Ημιλογαριθμικό διάγραμμα μηνιαίας μετρημένης παροχής γλυκού νερού συναρτήσει του χρόνου
- Σχήμα 6.14 Ημιλογαριθμικό διάγραμμα μηνιαίας μετρημένης παροχής πηγής συναρτήσει του χρόνου
- Σχήμα 6.15 Μέση μηνιαία παροχή πηγής Αλμυρού συναρτήσει των μηνών του έτους σε υπερετήσια βάση (μέσος όρος 26 χρόνων)
- Σχήμα 6.16 Διάγραμμα προσομοιωμένης και μετρημένης ολικής παροχής συναρτήσει του χρόνου, για την ορεινή λεκάνη
- Σχήμα 6.17 Διάγραμμα διασποράς προσομοιωμένης – μετρημένης παροχής
- Σχήμα 6.18 Διάγραμμα προσομοιωμένης και μετρημένης παροχής γλυκού νερού συναρτήσει του χρόνου, για την ορεινή λεκάνη
- Σχήμα 6.19 Διάγραμμα διασποράς προσομοιωμένης – μετρημένης παροχής
- Σχήμα 6.20 Διάγραμμα προσομοιωμένης και μετρημένης ολικής παροχής συναρτήσει του χρόνου, για την ενιαία λεκάνη
- Σχήμα 6.21 Διάγραμμα διασποράς προσομοιωμένης – μετρημένης παροχής

- Σχήμα 6.22 Διάγραμμα προσομοιωμένης και μετρημένης παροχής γλυκού νερού συναρτήσει του χρόνου, για την ενιαία λεκάνη
- Σχήμα 6.23 Διάγραμμα διασποράς προσομοιωμένης – μετρημένης παροχής
- Σχήμα 6.24 Διάγραμμα προσομοιωμένης και μετρημένης ολικής παροχής συναρτήσει του χρόνου, για το συνδυασμό ορεινής-πεδινής λεκάνης
- Σχήμα 6.25 Διάγραμμα διασποράς προσομοιωμένης – μετρημένης παροχής
- Σχήμα 6.26 Διάγραμμα προσομοιωμένης και μετρημένης παροχής γλυκού νερού συναρτήσει του χρόνου, για το συνδυασμό ορεινής-πεδινής λεκάνης
- Σχήμα 6.27 Διάγραμμα διασποράς προσομοιωμένης – μετρημένης παροχής

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

# Εισαγωγή – Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

### 1.1 Γενικά

Το νερό είναι ίσως το πολυτιμότερο αγαθό που μας παρέχει η φύση. Αποτελεί αναμφισβήτητα σημαντικό παράγοντα για την ανάπτυξη, την υγιεινή διαβίωση, την ίδια τη ζωή. Όμως, αυτή η πηγή ζωής αποτελεί πλέον είδος εν ανεπαρκεία. Επιπλέον, οι λιγοστές ποσότητες νερού που απομένουν δε χαρακτηρίζονται πάντα από την καλύτερη ποιότητα.

Η Ελλάδα, όπως εξάλλου και ολόκληρος ο πλανήτης, βρίσκεται τα τελευταία χρόνια αντιμέτωπη με ένα μείζον οικολογικό πρόβλημα, αυτό της απειλουμένης λειψυδρίας. Το πρόβλημα αυτό οφείλεται σε μία σειρά από αίτια όπως η συνεχής αύξηση του πληθυσμού, η αύξηση του τουρισμού και της τουριστικής κατανάλωσης, η έλλειψη σχεδιασμού, η κακή διαχείριση των υδάτινων αποθεμάτων, η καταστροφή των δασών, η περιφρόνηση των φυσικών νόμων που διέπουν τον υδρολογικό κύκλο, η μείωση των βροχοπτώσεων λόγω κλιματικών αλλαγών κ.α.

Το πρόβλημα της έλλειψης ύδατος παρουσιάζεται σε ολόκληρη την ηπειρωτική Ελλάδα και ιδιαίτερα και στα νησιά. Έντονο είναι το πρόβλημα λειψυδρίας που αντιμετωπίζει και η Κρήτη.

Η Κρήτη είναι το μεγαλύτερο νησί της Ελλάδας και το 5ο μεγαλύτερο στη Μεσόγειο με πληθυσμό 601.131 κατοίκους (απογραφή 2001). Βρίσκεται στο νότιο άκρο του Αιγαίου πελάγους και καλύπτει μια περιοχή 8.336 km<sup>2</sup>. Το νησί είναι εξαιρετικά ορεινό και καθορίζεται από μια υψηλή σειρά βουνών που το διασχίζει από τη δύση ως την ανατολή. Η Κρήτη ανήκει στη Μεσογειακή κλιματολογική ζώνη που δίνει τον κύριο χαρακτήρα στο κλίμα της, το οποίο χαρακτηρίζεται ως εύκρατο. Η οικονομία της, λόγω του κλίματος και της έκτασης του νησιού, δίνει έμφαση στη γεωργία και την κτηνοτροφία, ενώ πλέον υπάρχει μεγάλη αύξηση στην παροχή υπηρεσιών, κυρίως σχετική με τον τουρισμό (πηγή [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)).

Το ζήτημα έλλειψης νερού στο νησί έχει απασχολήσει όχι μόνο την τοπική διοίκηση, αλλά προσπάθειες εύρεσης λύσης έχουν πραγματοποιηθεί σε παγκόσμια κλίμακα. Οι διάφορες ανθρωπογενείς παρεμβάσεις έχουν χειροτερέψει την ποιοτική και ποσοτική κατάσταση του νερού στην περιοχή, ενώ συγχρόνως παρατηρείται συνεχής μείωση των διαθέσιμων υδάτινων πόρων και υποβάθμιση της ποιότητάς τους.

Συνολικά, η Κρήτη διαθέτει επαρκείς, αλλά άνισα κατανεμημένους χωροχρονικά, επιφανειακούς και υπόγειους υδατικούς πόρους. Υπάρχουν, όμως, διάφοροι λόγοι οι οποίοι μειώνουν σημαντικά την πραγματική διαθέσιμη ποσότητα των υδατικών πόρων και δυσκολεύουν την αξιοποίησή τους.

Σύμφωνα με στοιχεία της Περιφέρειας Κρήτης, οι κυριότεροι από αυτούς τους λόγους είναι:

- Η άνιση κατανομή των υδατικών πόρων στο χώρο, καθώς η δυτική Κρήτη δέχεται μεγαλύτερα ύψη βροχών από την ανατολική, όπως και η βόρεια Κρήτη σε σχέση με τη νότια.
- Η ανομοιόμορφη κατανομή των υδατικών πόρων στο χρόνο, καθώς παρατηρείται συγκέντρωση βροχοπτώσεων κατά τη χειμερινή περίοδο.



- Η άνιση κατανομή της ζήτησης ύδατος στο χώρο, η οποία μάλιστα είναι και αναντίστοιχη με την κατανομή των υδατικών πόρων, καθώς οι κυριότερες χρήσεις νερού καταγράφονται σε περιοχές ελλειμματικές (Μεσαρά, Ιεράπετρα κ.α.).
- Η ανομοιόμορφη κατανομή της ζήτησης ύδατος στο χρόνο, η οποία επίσης είναι αναντίστοιχη με την κατανομή των υδατικών πόρων. Για παράδειγμα, ο μεγαλύτερος καταναλωτής νερού που είναι η γεωργία σε ποσοστό 84%, καταναλώνει το νερό την ξηρή περίοδο. Την ίδια περίοδο, ιδιαίτερα το δίμηνο Ιουλίου - Αυγούστου, διπλασιάζεται και η κατανάλωση του νερού ύδρευσης λόγω τουρισμού.
- Η γεωμορφολογία της Κρήτης, η οποία χαρακτηρίζεται από πολλά μικρά υδατορέματα - χειμάρρους και επιφανειακή απορροή μικρής διάρκειας.
- Η γεωλογική δομή της Κρήτης, που λόγω των ορεινών όγκων της, ευνοεί την κατείσδυση και αποθήκευση μεγάλων ποσοτήτων νερού στους υπόγειους καρστικούς υδροφορείς.
- Η υφαλμύρωση από φυσικά αίτια των μεγάλων καρστικών πηγών της ανατολικής ακτής (Αλμυρός Ηρακλείου, Αλμυρός Αγίου Νικολάου, πηγές Μαλαύρας κλπ).
- Το μεγάλο ανάπτυγμα ακτών, με αποτέλεσμα η εντατική εκμετάλλευση των παράκτιων υπόγειων υδροφορέων να οδηγεί στην υφαλμύρωσή τους.
- Η ρύπανση των υπόγειων υδροφορέων από διάφορους ανθρωπογενείς παράγοντες (γεωργία, βιομηχανία κ.α.).

Σοβαρό πρόβλημα έλλειψης νερού παρουσιάζεται και πιο συγκεκριμένα στην περιοχή του Ηρακλείου, το οποίο αποτελεί την πρωτεύουσα και μεγαλύτερη πόλη της Κρήτης. Οι αυξημένες ανάγκες γενικά τόσο για την ύδρευση όσο και για την άρδευση έχουν οδηγήσει, σε πολλές περιπτώσεις, στην υπεράντληση των υπόγειων υδροφορέων σε διάφορες περιοχές του νομού, με αποτέλεσμα την πτώση της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα και εν συνεχεία την αναπόφευκτη για τους παράκτιους υδροφορείς υφαλμύρωση των νερών, γεγονός που τα καθιστά μη εκμεταλλεύσιμα.

Στο πλαίσιο της ανάγκης κάλυψης των υδρευτικών αναγκών του Νομού, έχει κατασκευαστεί δίκτυο γεωτρήσεων από τη Δημόσια Επιχείρηση Ύδρευσης και Αποχέτευσης Ηρακλείου (ΔΕΥΑΗ) με σκοπό την άντληση του υδροφορέα, ο οποίος τροφοδοτεί την πηγή του Αλμυρού Ηρακλείου. Κεντρικές γεωτρήσεις του δικτύου αποτελούν αυτές των Δαφνών, της Τυλίσου, του Θραψανού, του Αρκαλοχωρίου και

των Μαλίων. Πέραν των γεωτρήσεων αυτών, για την ύδρευση της πόλης αντλούνται υπόγεια νερά και από τον καρστικό υδροφορέα των Μαλίων και από τους κοκκώδεις υδροφορείς του Θραψανού με πολυάριθμες γεωτρήσεις.

Το παραπάνω ζήτημα οδήγησε σε ευαισθητοποίηση του κοινού και σε ανάγκη αναζήτησης εναλλακτικών υδατικών πόρων και ορθολογικής και επιστημονικής διαχείρισής τους. Πολλές προτάσεις έχουν πραγματοποιηθεί, όπως η κατασκευή φραγμάτων, ταμιευτήρων, στοών υδροσυλλογής και άλλων τεχνικών έργων για την εκμετάλλευση των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων.

Η πηγή του Αλμυρού Ηρακλείου θα μπορούσε να αποτελέσει τη λύση για το υδρευτικό πρόβλημα της πόλης του Ηρακλείου, καθώς ο όγκος εκφορτιζόμενου νερού από την πηγή ανέρχεται σε  $235 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  ετησίως. Το βασικό πρόβλημα, όμως, είναι ότι το μεγαλύτερο μέρος αυτών των νερών είναι υφάλμυρο και παρά τις προσπάθειες δεν έχει βρεθεί ο μηχανισμός υφαλμύρωσης μέχρι σήμερα. Η μόνη δυνατότητα που υπάρχει είναι η εκμετάλλευση της πηγής για συγκεκριμένες μέρες το χρόνο, όταν το νερό της είναι γλυκό.

## 1.2 Αντικείμενο Εργασίας και Δομή

Στην παρούσα διπλωματική εργασία μελετάται η πηγή του Αλμυρού, Ηρακλείου η οποία είναι μια υφάλμυρη, καρστική πηγή και έχει αποτελέσει αντικείμενο έρευνας πλήθους ερευνητών (Ελλήνων και ξένων) σε μια προσπάθεια:

- Να εκτιμήσουν τις ποσότητες γλυκού νερού που μπορεί να παρέχει η πηγή.
- Να αυξήσουν τις μέρες κατά τις οποίες η πηγή παρέχει γλυκό νερό, ώστε να υπάρχει καλύτερη αξιοποίησή της.

Στο παραπάνω πλαίσιο, είχε κατασκευαστεί και το 1977 ένα μικρό φράγμα κοντά στην έξοδο του νερού της πηγής, με σκοπό τη ρύθμιση της στάθμης του νερού. Μετά το 1977, κατασκευάστηκε νέο ψηλότερο φράγμα που ρυθμίζει το ύψος του νερού μεταξύ 3 και 10 μέτρων.

Η παρούσα εργασία μελετά τόσο τα ποσοτικά όσο και τα ποιοτικά στοιχεία της πηγής και πιο συγκεκριμένα αποτελεί προσπάθεια διερεύνησης της σχέσης μεταξύ

βροχόπτωσης (των περιμετρικών σταθμών της πηγής), παροχής της πηγής και συγκέντρωσης χλωριόντων της πηγής

### 1.2.1 Δομή της εργασίας

Το 1<sup>ο</sup> κεφάλαιο αποτελεί εισαγωγή και γενική τοποθέτηση στο ζήτημα γύρω από την πηγή του Αλμυρού, περιλαμβάνοντας και βιβλιογραφική ανασκόπηση των σημαντικότερων εργασιών γύρω από το θέμα. Στο 2<sup>ο</sup> κεφάλαιο αναπτύσσονται σε συντομία θέματα σχετικά με τους καρστικούς υδροφορείς. Στο 3<sup>ο</sup> κεφάλαιο περιγράφεται η πηγή του Αλμυρού, η τοποθεσία της καθώς και τα όρια της λεκάνης τροφοδοσίας της, όπως αυτή έχει οριστεί από τις μέχρι τώρα μελέτες. Το 4<sup>ο</sup> κεφάλαιο δίνει πληροφορίες για τα ποσοτικά και ποιοτικά στοιχεία της πηγής, ενώ το 5<sup>ο</sup> κεφάλαιο δίνει τα βασικά στοιχεία των τριών βροχομετρικών σταθμών βρίσκονται, την πρωτογενή τους επεξεργασία και την εύρεση δεικτών ξηρασίας της περιοχής. Το 6<sup>ο</sup> περιλαμβάνει περαιτέρω επεξεργασία των δεδομένων υδρολογίας και ποιότητας, την ανάλυση χρονοσειρών των δεδομένων και τη δημιουργία μοντέλου προσομοίωσης της παροχής της πηγής. Τέλος, στο 7<sup>ο</sup> κεφάλαιο βρίσκονται τα συμπεράσματα της διπλωματικής εργασίας και προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.

## 1.3 Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

Η υφάλμυρη καρστική πηγή του Αλμυρού και η μελέτη των δυνατών τρόπων αξιοποίησής της απετέλεσε το αντικείμενο πληθους ερευνών, Ελληνικών και ξένων. Οι πρώτες μελέτες έχουν πραγματοποιηθεί ήδη από το 1964 με σκοπό την κατανόηση του τρόπου λειτουργίας της πηγής και του μηχανισμού υφαλμύρωσής της (Burdon and Papadakis 1964, Monopolis and Mastoris 1696, Bezes 1987, Μονόπωλης κ.α 1996 και άλλοι) – βιβλιογραφική αναφορά πραγματοποιείται και στην εργασία των Tsakiris et al. 2009. Ιδιαίτερα όμως την τελευταία δεκαετία, η ανάγκη για περισσότερες ποσότητες πόσιμου νερού στην Κρήτη, στην περιοχή Ηρακλείου, σε συνδυασμό με την απαίτηση για ορθολογική διαχείριση των υδατικών πόρων της περιοχής, είχε σαν αποτέλεσμα την πραγματοποίηση μεγάλου αριθμού μελετών. Μέχρι σήμερα, οριστική απάντηση στο πρόβλημα διαχείρισης της πηγής και

αξιοποίησής της σε επιχειρησιακή κλίμακα για την ύδρευση της ευρύτερης περιοχής Ηρακλείου Κρήτης, δεν έχει ακόμα δοθεί.

Η πηγή παροχετεύει γλυκό νερό λίγες μέρες ετησίως, κυρίως τους χειμερινούς μήνες, και δεν φαίνεται να επηρεάζεται άμεσα από τις γεωτρήσεις της περιοχής. Απώτερος σκοπός των περισσότερων ερευνών ήταν ο έλεγχος της διείσδυσης θαλασσινού νερού σε αυτό της πηγής του Αλμυρού, έτσι ώστε να αυξηθούν οι μέρες κατά τις οποίες η πηγή αποδίδει γλυκό νερό και να μπορέσει να αξιοποιηθεί το νερό αυτής για υδρευτικούς σκοπούς. Παρακάτω αναφέρονται χρονολογικά και αναπτύσσονται οι πιο σημαντικές από αυτές τις εργασίες, που χρησιμοποιήθηκαν στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Πρέπει να τονιστεί ότι η μελέτη των καρστικών υδροφορέων είναι γενικά δυσχερής και συνήθως δεν είναι σαφείς οι περιοχές τροφοδοσίας των καρστικών πηγών. Οι μέθοδοι που ακολουθούνται βασίζονται κυρίως στην στατιστική επεξεργασία των μετρήσεων πεδίου. Η ανάπτυξη μαθηματικών προσομοιώσεων των καρστικών υδροφορέων, σε συνδυασμό με υφαλμύρωση λόγω της γειννίας με τη θάλασσα, είναι δυσχερής και με μεγάλο βαθμό αβεβαιότητας λόγω της ιδιαίτερα σύνθετης, συνήθως άγνωστης, γεωλογικής δομής τους και της ετερογένειας που παρουσιάζουν. Στις εργασίες που αναφέρονται στη συνέχεια, γίνεται προσπάθεια συγκριτικής παρουσιάσής τους. Με βάση τις ομάδες των συγγραφέων και τις μεθόδους που ακολουθούν (στην παρούσα διπλωματική), οι εργασίες μπορούν να καταταγούν σε τέσσερις ομάδες:

- Ομάδα Arfib, de Marsily, Ganoulis κλπ: προσπαθούν να εξηγήσουν την υδροδυναμική συμπεριφορά της πηγής και τον μηχανισμό υφαλμύρωσης με βάση τους νόμους της υδραυλικής. Επεξεργάζονται χρονοσειρές με ημερήσια δεδομένα.
- Ομάδα Bonacci κλπ: εφαρμόζει μεθόδους στατιστικής επεξεργασίας των χρονοσειρών.
- Ομάδα Lambrakis κλπ: εφαρμόζει επίσης μεθόδους στατιστικής επεξεργασίας των χρονοσειρών και φασματικής ανάλυσης. Χρησιμοποιεί μη γραμμικές μεθόδους για την πρόβλεψη των παροχών της πηγής.

- Ομάδα Maramathas κλπ: θεωρεί σύστημα τριών δεξαμενών, εκ των οποίων οι δύο αντιπροσωπεύουν τα δύο καρστικά συστήματα της περιοχής τροφοδοσίας της πηγής και η τρίτη αντιπροσωπεύει τη θάλασσα και εφαρμόζει τις εξισώσεις διατήρησης μάζας και ενέργειας.

**1. B. Arfib, G. de Marsily, J. Ganoulis, «Freshwater - saltwater motion in a coastal karstic aquifer – The case of the Almyros of Heraklio, Crete, Greece», 2001.**

Οι Arfib et al. (2001) θεώρησαν περιοχή τροφοδοσίας της τάξης των 300 km<sup>2</sup> από το οροπέδιο της Ίδης και το Κρητικό πέλαγος προς βορά μέχρι την κορυφογραμμή του Ψιλορείτη προς νότο. Διακρίνουν στην περιοχή δύο καρστικές ζώνες εν μέρει επικαλυπτόμενες, τους αυτόχθονες ασβεστολίθους και τους ασβεστολίθους Τριπόλεως. Οι ζώνες αυτές πιθανόν να χωρίζονται μεταξύ τους με αδιαπέρατη στρώση φλύσχη. Οι ερευνητές πραγματοποίησαν τους πρώτους μήνες του 2000 μετρήσεις, ανά 30 λεπτά της ώρας, της παροχής, της ηλεκτρικής αγωγιμότητας και της θερμοκρασίας της πηγής (αυτόματες καταγραφές). Επιπλέον επεξεργάστηκαν δεδομένα από γεωτρήσεις στην περιοχή του Ηρακλείου (θερμοκρασία και αγωγιμότητα του νερού) με συχνότητα μία φορά το μήνα,.

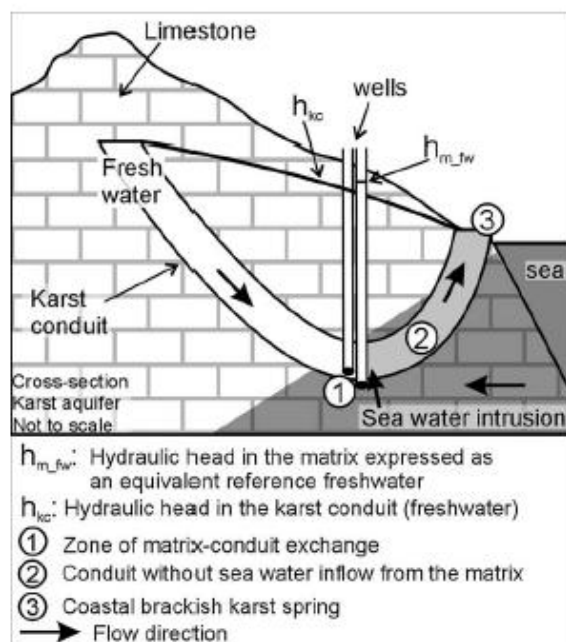
Ο Αλμυρός είναι η μόνη έξοδος μιας αρκετά πολύπλοκης λεκάνης τροφοδοσίας, η οποία αποτελείται από πολλούς επιμέρους υδροφορείς, που είτε βρίσκονται σε διαδοχή ο ένας του άλλου, είτε σε κάποιες περιπτώσεις υπερκαλύπτονται. Η θερμοκρασία του νερού της πηγής είναι περίπου 14-16°C, ενώ το νερό που αντλείται στα φρέατα έχει θερμοκρασία περίπου 20°C. Οι ερευνητές παρατηρούν ότι η αξιοποίηση μέσω γεωτρήσεων του καρστικού φρεάτιου υδροφορέα, που ξεκινάει από το σημείο της πηγής, οδηγεί σε αργή και συνεχή αύξηση της διείσδυσης θαλασσινού νερού (saline intrusion), χωρίς όμως να υπάρχει κάποια επιρροή στο νερό της πηγής του Αλμυρού. Η ποσότητα χλωριόντων και η αλατότητα κάθε γεώτρησης διαφοροποιείται ανάλογα με τα ρήγματα και την καρστικοποίηση της περιοχής. Όσον αφορά την πηγή, αυτή τροφοδοτείται με γλυκό νερό από τα βουνά, αρκετά μακριά από την ακτή. Το γλυκό νερό ρέει προς στην πηγή μέσω αγωγών σε μεγάλο βάθος και σε κάποια περοχή αναμιγνύεται με θαλάσσιο νερό και έτσι καταλήγει πλέον στην πηγή υφάλμυρο.

Κάθε γεγονός βροχόπτωσης στην περιοχή της λεκάνης τροφοδοσίας έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της παροχής της πηγής και την μείωση της αλατότητας του νερού. Οι ερευνητές όμως παρατήρησαν ότι, ενώ η παροχή της πηγής αυξάνει σχεδόν αμέσως μετά την βροχόπτωση, παρατηρείται πτώση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του νερού της πηγής μετά από παροχέτευση 760,000 έως 790,000 m<sup>3</sup> υφάλμυρου νερού, χωρίς στο ενδιάμεσο να έχει παρατηρηθεί μεταβολή της αλατότητας. Το φαινόμενο αυτό φαίνεται ανεξάρτητο από τις αρχικές συνθήκες. Ο όγκος του παροχετευόμενου υφάλμυρου νερού είναι ενδεικτικός της απόστασης μεταξύ της πηγής και της περιοχής διείσδυσης της θάλασσας μέσα στον καρστικό υδροφόρο.

Στο σύστημα του Αλμυρού, μπορεί να θεωρηθεί μία κύρια δεξαμενή γλυκού νερού. Το νερό αυτό κατά τη παροχέτευσή του προς την πηγή αναμιγνύεται με θαλασσινό αλμυρό νερό. Το αποτέλεσμα είναι υφάλμυρο νερό, το οποίο μεταφέρεται μακριά από την περιοχή διείσδυσης θαλασσινού νερού. Η πηγή του Αλμυρού αποτελεί σημείο εξόδου του όλου συστήματος, αλλά δεν αντιπροσωπεύει μόνο την άμεσα περιβάλλουσα περιοχή της, αλλά επηρεάζεται από πολύ μεγαλύτερη έκταση. Η περιοχή τροφοδοσίας της πηγής ότι δεν μπορεί να θεωρηθεί σαν ένα απλό πορώδες μέσο, ούτε σαν ένα σύστημα καρστικών αγωγών, αλλά σαν σύνθετο σύστημα διπλού πορώδους και αυτό πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στα μαθηματικά μοντέλα.

**2. B. Arfib, G. de Marsily, J. Ganoulis, «Coastal karst springs in the Mediterranean basin: study of the mechanisms of saline pollution at the Almyros spring (Crete), observations and modeling», 2002.**

Η εργασία αυτή αποτελεί συνέχεια της προηγούμενης του 2001. Οι Arfib et al. περιγράφουν τη λειτουργία του καρστικού συστήματος του Αλμυρού και δείχνουν την επιρροή της διττής φύσης της ροής στο καρστ και στην ποιότητα των υδατικών πόρων στην παράκτια περιοχή. Προτείνουν ένα μηχανισμό διείσδυσης του αλμυρού νερού σε αυτό το ετερογενές σύστημα, επιβεβαιώνοντάς το με ένα υδραυλικό μαθηματικό μοντέλο που περιγράφει αρκετά ικανοποιητικά τις παρατηρήσεις. Ο μηχανισμός υφαλμύρωσης του γλυκού νερού της πηγής φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα:



Σχήμα 1.1 Υπόθεση μηχανισμού υφαλμύρωσης γλυκού νερού (Arfib et al. 2002)

Σύμφωνα με την σχηματική αυτή απεικόνιση, ο κύριος καρστικός αγωγός τροφοδοσίας της πηγής διέρχεται από την περιοχή διείσδυσης της θάλασσας. Το θαλάσσιο νερό εισέρχεται στον αγωγό σύμφωνα με τους συνήθεις νόμους της ροής σε πορώδες μέσο. Όσο αυξάνεται το ενεργειακό φορτίο του γλυκού νερού, τόσο μικρότερη είναι η ποσότητα του θαλάσσιου νερού που εισέρχεται στον αγωγό και συνεπώς η ποσότητα των χλωριόντων.

Το μαθηματικό μοντέλο αυτό είναι μονοδιάστατο ρητό σχήμα πεπερασμένων διαφορών και είναι γραμμένο στο Matlab. Ο υδροφορέας θεωρείται ως οριζόντιος αγωγός κυκλικής διατομής, περιβαλλόμενος από πορώδες μέσο, του οποίου η πίεση και η αλατότητα είναι συνδεδεμένη με το θαλάσσιο νερό. Ο αγωγός τροφοδοτείται με γλυκό νερό από το ανάντη άκρο, ενώ σε ένα μήκος  $L$  διεισδύει θαλάσσιο νερό σύμφωνα με το νόμο Dupuit-Forchheimer και τη μέθοδο των εικόνων. Το μοντέλο υπολογίζει το πιεζομετρικό φορτίο για τυρβώδη ροή και θεωρώντας την εξίσωση Darcy-Weisbach.

Μετά από βαθμονόμηση, μπορούν να εκτιμηθούν τα χλωριόντα της πηγής για δεδομένη υδραυλική αγωγιμότητα, βάθος και διάμετρο του αγωγού, διαφοροποιώντας το μήκος του και τη σχετική του τραχύτητα. Το μοντέλο σε πρώτη φάση δεν

υπολογίζει τις ταχύτητες ροής της πηγής (αυτές θεωρούνται γνωστές από μετρήσεις), απλώς εκτιμάει τις διακυμάνσεις αλατότητας.

Θεώρηση αγωγού διαμέτρου 15 m, σε βάθος 500 m, με υδραυλική αγωγιμότητα  $10^{-4}$  m/s, δίνει ως αποτέλεσμα μήκος θαλάσσιας διείσδυσης 1320 m, σε απόσταση 4350 m από την πηγή και με συντελεστή τραχύτητας 1.1. Βάθη αγωγού μικρότερα των 400 m δεν φαίνονται ρεαλιστικά.

Οι Arfib et al. κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι για την επίτευξη βιώσιμης διαχείρισης του νερού στην περιοχή, είναι αναγκαία η αλλαγή του τρόπου άντλησης των γεωτρήσεων, έτσι ώστε να περιοριστεί η μη αναστρέψιμη υφαλμύρωση στους πάνω υδροφορείς (που βρίσκονται σε μικρότερο βάθος κάτω από την επιφάνεια τους εδάφους). Φαίνεται δυνατή η απ'ευθείας εκμετάλλευση της πηγής, αν το υψόμετρο του νερού στο σημείο εξόδου είναι μεγαλύτερο από το υπάρχον. Σύμφωνα με το μοντέλο, αν το υψόμετρο της πηγής ανυψωθεί κατά 15 m, η πηγή θα έχει γλυκό νερό καθ' όλη την διάρκεια του έτους. Για την επιβεβαίωση των παραπάνω, όμως, είναι απαραίτητη η διεξαγωγή μετρήσεων πεδίου με το υπάρχον φράγμα.

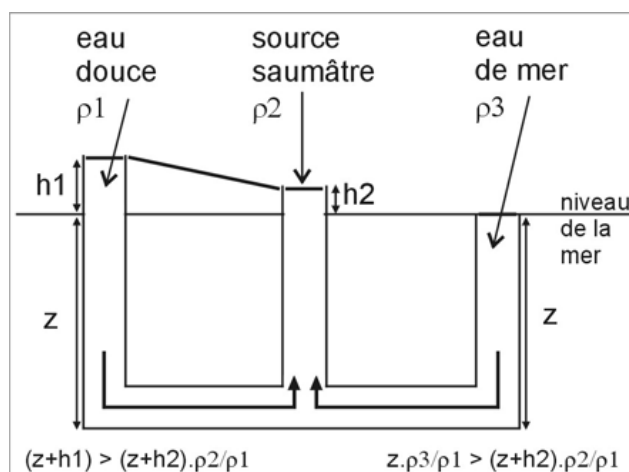
### 3. B. Arfib, T. Cavalera, E. Gilli, «Influence de l' hydrodynamique sur l' intrusion saline en aquifère karstique côtier», 2006.

Στην εργασία αυτή οι συγγραφείς ερμηνεύουν την υστέρηση μεταξύ παροχής και μεταβολής των χλωριόντων της πηγής θεωρώντας την παραδοχή Ghyben-Herzberg (βλ. σχήμα) και διατυπώνοντας την ακόλουθη σχέση μεταξύ:

- Παροχής και συγκέντρωσης χλωριόντων της πηγής  $Q_{spring}$  και  $C_{spring}$  αντίστοιχα
- Παροχής θαλάσσιου νερού που τροφοδοτείται στην πηγή  $Q_{sea}$  και των αντίστοιχης συγκέντρωσης χλωριόντων  $C_{sea}$  και
- Παροχής και συγκέντρωσης χλωριόντων του παροχετευόμενου γλυκού νερού  $Q_{fresh}$  και  $C_{fresh}$  αντίστοιχα

$$Q_{spring} C_{spring} = Q_{sea} C_{sea} + Q_{fresh} C_{fresh} \quad (1.1)$$





Σχήμα 1.2 Θεώρηση Ghyben-Herzberg (Arfib et al. 2007)

#### 4. B. Arfib, G. de Marsily, J. Ganoulis, «Locating the zone of saline intrusion in a coastal karst aquifer using springflow data», 2007.

Στην παρούσα εργασία εφαρμόστηκαν μετρήσεις αλατότητας και παροχής στην υφάλμυρη πηγή του Αλμυρού, όχι μόνο για να αποδειχθεί η μεταξύ τους συσχέτιση, αλλά και για να εκτιμηθεί η θέση όπου λαμβάνει χώρα η ανάμειξη του γλυκού νερού με το αλμυρό νερό της θάλασσας μέσα στον καρστικό υδροφόρο. Η συγκεκριμένη μελέτη είναι η πρώτη που προτείνει την ανάλυση της χρονικής καθυστέρησης (Lag) μεταξύ της συγκέντρωσης των χλωριόντων και της παροχής της πηγής, με σκοπό την εκτίμηση της απόστασης από τη ζώνη ανάμειξης του γλυκού νερού με το αλμυρό ως την πηγή.

Τα αποτελέσματα της εργασίας βασίζονται σε χημικές και φυσικές μετρήσεις, λαμβανόμενες κάθε 30 λεπτά στην πηγή του Αλμυρού, κατά την περίοδο του Σεπτεμβρίου 1999 μέχρι το Μάιο 2001. Με βάση την ανάλυση των υδροχημικών, γεωλογικών και μετεωρολογικών δεδομένων στη λεκάνη τροφοδοσίας του Αλμυρού προέκυψαν τα εξής συμπεράσματα:

- Η διακύμανση της αλατότητας δρα σαν «ανιχνευτής» υποδεικνύοντας κατευθείαν την απόσταση μεταξύ της πηγής του Αλμυρού και της ζώνης όπου το θαλασσινό νερό διεισδύει μέσα στον αγωγό γλυκού νερού.
- Ο καρστικός αγωγός που έχει υποτεθεί βρίσκεται πάνω στις βασικές ρωγμές από το νότο προς το βορρά και η τομή του αγωγού δεν μπορεί να μετρηθεί κατευθείαν από διάφορους.

- Η χρονική υστέρηση (Lag) μεταξύ της μείωσης της αλατότητας που καταγράφηκε στην πηγή και της αύξησης της παροχής μπορεί εύκολα να μετατραπεί σε όγκο παροχής για αυτή τη χρονική διάρκεια. Ο τελευταίος είναι ο όγκος του, γεμάτου με νερό, αγωγού μεταξύ της πηγής του Αλμυρού και της ζώνης ανάμειξης.
- Ο όγκος του καρστικού αγωγού μεταξύ της ζώνης ανάμειξης και της πηγής του Αλμυρού βρέθηκε ότι είναι σταθερός καθ' όλη τη διάρκεια του έτους και υπολογίζεται περίπου  $770000 \text{ m}^3$ . Αυτό δείχνει ότι το θαλασσινό νερό διεισδύει πάντα στην ίδια ζώνη του αγωγού. Η διείσδυση του νερού ρυθμίζεται μόνο από το ενεργειακό ύψος μέσα στον καρστικό αγωγό, που εξαρτάται από την εποχή και τη βροχόπτωση.
- Η απόσταση μεταξύ της πηγής και της ζώνης ανάμειξης μέσα στον αγωγό εκτιμάται γύρω στα 2500 και 8000 m.
- Η περίοδος παρατήρησης και των διαστημάτων που λαμβάνονται δείγματα νερού είναι μεγάλης σημασίας στη μελέτη καρστικών πηγών. Είναι συχνά απαραίτητη η λήψη δειγμάτων ανά τακτά χρονικά διαστήματα για εκτεταμένες περιόδους.

Οι εργασίες των Bonacci et al. και οι Panagopoulos et al. φαίνεται να έχουν τον ίδιο τρόπο αντιμετώπισης της πηγής του Αλμυρού, εφαρμόζοντας και οι δύο τη στατιστική μέθοδο ανάλυσης αυτοσυσχέτισης και ετεροσυσχέτισης σε διάφορες χρονοσειρές στοιχείων.

##### **5. O. Bonacci, I. Fistanic, «Contribution to Hydrological analysis of the coastal karst spring Almyros (Crete, Greece)»**

Στον καθορισμό της περιοχής τροφοδοσίας της πηγής, οι Bonacci & Fistanic ακολουθούν τη μεθοδολογία των Arfib et al. (2000). Στην τελευταία εργασία, όπως αναφέρεται παραπάνω, χωρίζεται η λεκάνη σε δύο υδροφορείς θεωρώντας ότι ο νοτιότερος και ορεινότερος υδροφορέας της Ίδης είναι αυτός που συνδέεται απ' ευθείας με την πηγή.

Σαν βασικό βήμα επεξεργασίας, εφαρμόζεται ανάλυση Αυτοσυσχέτισης (Auto-correlation) και Ετεροσυσχέτισης (Cross-Correlation). Τα δεδομένα στα οποία εφαρμόζεται η παραπάνω ανάλυση είναι: δεδομένα βροχόπτωσης ανά 30 λεπτά και μέσα ημερήσια δεδομένα βροχόπτωσης (μετρημένης στους σταθμούς των Ανωγείων και του Μάραθου), παροχής της πηγής και συγκέντρωσης των χλωριόντων της πηγής για την περίοδο 15 Σεπτεμβρίου 1999 με 17 Μαΐου 2001.

Με την εφαρμογή της παραπάνω στατιστικής ανάλυσης οι μελετητές επιβεβαιώνουν τα πολύπλοκα χαρακτηριστικά της επαναφόρτισης/τροφοδοσίας της πηγής.

- Γρήγορη μείωση των συντελεστών αυτοσυσχέτισης της χρονοσειράς της ημερήσιας παροχής στην αρχή του διαγράμματος φανερώνει το γεγονός ότι η πηγή τροφοδοτείται από τις μεγάλους καρστικούς σχηματισμούς του καρστικού υδροφορέα, στον οποίο η ροή είναι γρήγορη και τυρβώδης. Μικρότερη μείωση της συνάρτησης στη συνέχεια δείχνει ότι στη μάζα του καρστικού υδροφορέα υπάρχει και σημαντική ποσότητα μικρότερων κενών μέσα στα οποία φυλάσσεται ο μεγαλύτερος όγκος νερού και η ροή είναι στρωτή.
- Αντίστροφη είναι η σχέση μεταξύ των υδρολογικών δεδομένων και της συγκέντρωσης των χλωριόντων. Η παροχή γλυκού νερού έχει μεγαλύτερη επίπτωση στα χλωριόντα παρά στην εισροή θαλασσινού νερού, γεγονός που δείχνει ότι σε κάποιες περιόδους τα χλωριόντα αυξάνονται όχι λόγω μεγαλύτερης εισροής θαλασσινού νερού, αλλά λόγω του ότι μειώνεται ο όγκος γλυκού νερού.

**6. N. Lambrakis, A. S. Andreou, P. Polydoropoulos, E. Georgopoulos and T. Bountis, “Nonlinear Forecasting of a Brackish Karstic Spring”, Water Resources Research, Vol. 36, No. 4, pp. 875-884,2000.**

Η ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα αυτή εργασία έχει σαν στόχο την μελέτη της ροής της πηγής του Αλμυρού και τη δυνατότητα βραχυπρόθεσμης προβλέψης των παροχών της πηγής. Τα χαρακτηριστικά του συστήματος παρουσιάζουν μη γραμμική χαοτική συμπεριφορά και συνεπώς απαιτήθηκε ενδελεχέστερη μελέτη των δυναμικών χαρακτηριστικών και αναλύθηκε με φασματικές μεθόδους χρονοσειρά ημερήσιων μέσων παροχών. Τέλος, για την πρόβλεψη των παροχών, εφαρμόστηκαν μη γραμμικές μέθοδοι και τεχνητά νευρωνικά δίκτυα.

**7. G. Panagopoulos, N. Lambrakis, « The contribution of time series analysis to the study of the hydrodynamic characteristics of the karst systems: Application on two typical karst aquifers of Greece (Trifilia, Almyros Crete)», 2006.**

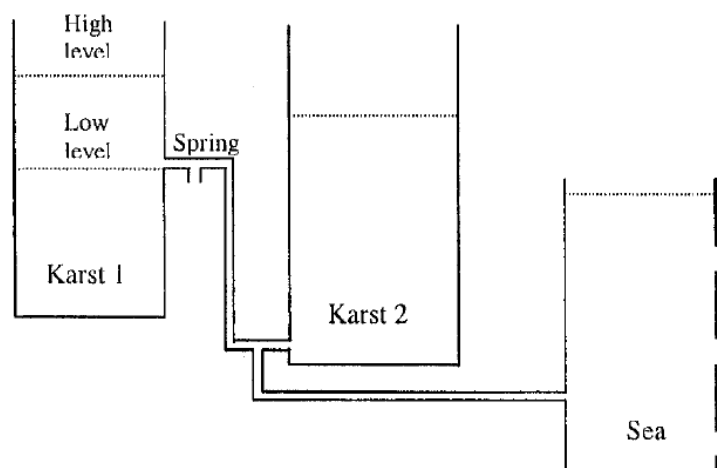
Οι ανωτέρω εφάρμοσαν στατιστική μέθοδο επεξεργασίας των χρονοσειρών της βροχόπτωσης, της απορροής της πηγής και των πιεζομετρικών φορτίων για τα δύο αντιπροσωπευτικά καρστικά συστήματα που υπάρχουν στον ελληνικό χώρο, την Τριφυλία στην Πελοπόννησο και τον Αλμυρό του Ηρακλείου, Κρήτης. Τα αποτελέσματα για τον Αλμυρό, μετά από μεθόδους αυτοσυσχέτισης, ετεροσυσχέτισης, φασματικής πυκνότητας και άλλων, έδειξαν ότι η διαδικασία καρστικοποίησης στο σύστημα είναι πολύ πιο προχωρημένη σε αντίθεση με την Τριφυλία και το καρστικό δίκτυο είναι πολύ καλύτερα οργανωμένο. Επιπρόσθετο συμπέρασμα που πρέπει να σημειωθεί είναι ότι στο σύστημα του Αλμυρού συνυπάρχουν δύο ροές, η ροή προερχόμενη από άμεση απόκριση από τη βροχόπτωση και η ροή βάσης προερχόμενη από τον υπόγειο υδροφόρο. Το καρστικό σύστημα του Αλμυρού εντάσσεται, τελικώς, σαν ενδιάμεση περίπτωση στις δύο ακραίες μορφές καρστικών συστημάτων που συναντώνται γενικά.

**8. A. Maramathas, Z. Maroulis, D. Marinos-Kouris, «Brackish Karstic Springs Model: Application to the Almiros Spring in Crete», 2003.**

και

**9. A. Maramathas, Z. Maroulis, D. Marinos-Kouris, «Blocking sea intrusion in brackish karstic springs», 2003.**

Οι παραπάνω μελετητές προτείνουν και εφαρμόζουν τη χρήση μαθηματικού μοντέλου προσομοίωσης της περιοδικά υφάλμυρης πηγής του Αλμυρού. Παραδοχές του μοντέλου αποτελούν η ισορροπία μηχανικής ενέργειας και μάζας σε μια υδροδυναμική αναλογία, που ενσωματώνει αποτελεσματικούς αγωγούς και δεξαμενές. Βασική ιδέα του μοντέλου είναι η θεώρηση δύο δεξαμενών, μία για κάθε καρστικό υδροφόρο και μίας τρίτης που αντοπροσωπεύει τη θάλασσα. Ανάλογα με το υψόμετρο του νερού στην πρώτη δεξαμενή, επηρεάζεται η ποσότητα θαλάσσιου νερού που παροχετεύεται από την πηγή.



*Σχήμα 1.3* Θεώρηση Μαραμαθά για τον τρόπο λειτουργίας του συστήματος του Αλμυρού

Δύο ταχύτητες «αδειάσματος» μπορούν να παρατηρηθούν κατά τη διάρκεια της αρχικής φάσης του συστήματος:

- Μεγάλη ταχύτητα, που αντιστοιχεί στο τμήμα του καρστ που αδειάζει γρήγορα και αποτελείται από λίγους αγωγούς μεγάλης διαμέτρου.
- Μικρή ταχύτητα, που αντιστοιχεί στο τμήμα του καρστ που αδειάζει αργά, και αποτελείται από πολλούς αγωγούς μικρότερης διαμέτρου.

Το μοντέλο προσομοιώνει το χρόνο σε σχέση με τα χλωρίοντα και τη διαφοροποίηση του υδρογραφήματος της πηγής και μετατρέπει τα δεδομένα βροχόπτωσης της λεκάνης τροφοδοσίας στα υδρογραφήματα της πηγής. Στην εργασία χρησιμοποιούνται ημερήσια δεδομένα των ετών 1995-1997.

Βασικό συμπέρασμα της εργασίας είναι ότι μια αύξηση του υψομέτρου του νερού, στο σημείο εξόδου της πηγής, στα 26 m. θα εμπόδιζε πλήρως την εισροή θαλασσινού νερού. Οι απώλειες γλυκού νερού αποτελούν το 24% ολόκληρης της υδρολογικής περιόδου και 37% της περιόδου αδειάσματος.

## **10. Maramathas, “A New Approach for the Development and Management of Brackish Karst Springs”, 2006**

Στην εργασία αυτή γίνεται μαθηματική προσομοίωση της πηγής του Αλμυρού με το μοντέλο MODKARST. Τα αποτελέσματα είναι παρεμφερή με τις προηγούμενες εργασίες του ίδιου συγγραφέα.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

# Καρστικοί Υδροφορείς

### 2.1 Γενικά

Ο γενικός όρος καρστ χρησιμοποιείται διεθνώς για να περιγράψει όλες τις γεωλογικές δομές που οφείλονται στο φαινόμενο της χημικής διάλυσης των ανθρακικών πετρωμάτων (ασβεστόλιθοι, δολομίτες) από ασθενές ανθρακικό οξύ, προερχόμενο από το νερό της βροχής και το διαλυμένο σ' αυτό διοξείδιο του άνθρακα, που προσλαμβάνει από το έδαφος και από τον αέρα.

Η όλη διαδικασία ονομάζεται καρστικοποίηση ενώ η λέξη "καρστ" προέρχεται από την περιοχή Kras της πρώην Γιουγκοσλαβίας που πρωτομελετήθηκε. Τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα μιας καρστικής περιοχής είναι: τα λιγοστά επιφανειακά νερά και οι ξηρές κοιλάδες, οι δολίνες, οι ουβάλες, οι καταβόθρες, τα ασβεστολιθικά πλακόστρωτα, οι αμαξοτροχιές, οι γλυφές, (επιφανειακό καρστ) οι μικροί ή μεγάλοι υπόγειοι αγωγοί απορροής υδάτων, τα βάραθρα και τα σπήλαια (υπόγειο καρστ). Πολλές φορές υπάρχει άμεση επικοινωνία του επιφανειακού με το υπόγειο καρστ.

Τα καρστικά πεδία, πέρα από όμορφα και ενδιαφέροντα τοπία, είναι πολύ σημαντικά για την υδροφορία μιας περιοχής. Τα ανθρακικά πετρώματα, εξ αιτίας της κατακερματισμένης μάζας τους, είναι από τα πλέον υδατοπερατά. Μόνο ένα μικρό

ποσοστό των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων ρέει επιφανειακά σε αυτά. Το νερό "τρυπώνει" στις ρωγμές του βράχου, μεγαλώνοντας τις συνεχώς και κυλάει προς τα κάτω μέχρι να συναντήσει – αν υπάρχει – ένα αδιαπέρατο πέτρωμα. Τότε συγκεντρώνεται και σχηματίζει υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες. Οι πηγές δεν είναι παρά φυσικές δίοδοι εκροής των υδάτων αυτών και μπορεί να είναι είτε στην επιφάνεια του εδάφους ή υποθαλάσσιες στον πυθμένα των θαλασσών. Όπως είναι αναμενόμενο τέτοια συστήματα είναι εξαιρετικά ευάλωτα σε χημικούς ρύπους, π.χ. φυτοφάρμακα, που διαλύονται στο νερό και ρυπαίνουν τους υπόγειους υδροφορείς.

Για διάφορους φυσικοχημικούς λόγους η καρστικοποίηση στην επιφάνεια των υδροφόρων οριζόντων είναι πολύ έντονη αλλά κάτω από αυτή σταματάει εντελώς. Στην περίπτωση που δεν υπάρχει αδιαπέρατο υπόβαθρο, το νερό συνεχίζει την προς τα κάτω πορεία του μέχρι την επιφάνεια της θάλασσας. Κατά τη διάρκεια της τελευταίας παγετώδους περιόδου, 20-10 χιλιάδες χρόνια πριν, η στάθμη της θάλασσας στη Μεσόγειο είχε φθάσει ως και 120μ. χαμηλότερα. Έτσι η καρστικοποίηση έχει προχωρήσει αρκετά πιο βαθιά από τη σημερινή στάθμη της θάλασσας με αποτέλεσμα τώρα να διευκολύνεται η υδραυλική επικοινωνία μεταξύ γλυκού και θαλασσινού νερού και να επιταχύνεται η υφαλμύρωση των υδροφορέων.

Γενικότερα, οι καρστικές πηγές είναι εκροές νερού μέσα από καρστικούς αγωγούς, που φτάνουν στην επιφάνεια του εδάφους ή του πυθμένα θάλασσας ή λίμνης. Πρόκειται, δηλαδή, για εξωκαρστικές εκδηλώσεις ενδοκαρστικών φαινομένων. Με άλλα λόγια, αποτελούν το σημείο εξόδου ή «σημείο εκφόρτισης» του νερού των υδρογεωλογικών λεκανών που αναπτύσσονται σε καρστικά πετρώματα.

Οι καρστικές λεκάνες σχηματίζονται σε ασβεστολιθικά πετρώματα τα οποία διαλύονται με τη διαδικασία της καρστικής αποσάθρωσης και διάβρωσης. Αυτή έχει σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία αγωγών, συνήθως πάνω σε προϋπάρχουσες ασυνέχειες τεκτονικού χαρακτήρα του πετρώματος.

## 2.2 Μηχανισμός της Καρστικής Διεργασίας

Πρόκειται για έναν ιδιαίτερο τύπο αποσάθρωσης και διάβρωσης που συναντάται συχνά με τον όρο «διάβρωση» (corrosion), ο οποίος θεωρείται πιο επιτυχής και ορθός. Στην παρούσα εργασία μας ενδιαφέρει η διάβρωση ασβεστολιθικών πετρωμάτων, με το μηχανισμό μιας αμφίδρομης χημικής αντίδρασης, που δημιουργεί το ανθρακικό καρστ, σε σχετικά καθαρούς ασβεστόλιθους και δολομίτες.

Η διαδικασία διάβρωσης των ανθρακικών πετρωμάτων είναι μια συνεχής δυναμική διαδικασία, οφειλόμενη στη διαλυτική δράση του νερού της βροχής. Περιλαμβάνει πολυάριθμες φυσικές και χημικές επιμέρους διαδικασίες.

Η χημική σύσταση των ασβεστολίθων και δολομιτών είναι:

Ασβεστόλιθος  $\text{CaCO}_3$

Δολομίτης  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$

Τα παραπάνω συστατικά δεν είναι διαλυτά σε καθαρό νερό. Το νερό της βροχής, όμως, αναμιγνύεται με το διοξείδιο του άνθρακα  $\text{CO}_2$  που βρίσκεται στον αέρα και στο έδαφος και, μέσω μιας σειράς αμφίδρομων αντιδράσεων, καταλήγουμε στη γνωστή εξίσωση αποσάθρωσης των ανθρακικών πετρωμάτων που είναι:



Το φαινόμενο διευκολύνει η παρουσία ρωγμών στο πέτρωμα (ρήγματα, διακλάσεις) και εκτείνεται σε όλη τη μάζα του πετρώματος. Αυτό συμβαίνει επειδή η διάβρωση ανοίγει αγωγούς που μπορεί να καταλήγουν ακόμη και στο τυχόν υποκείμενο αδιαπέρατο πέτρωμα ή, αν υπάρχει υδροφόρος ορίζοντας, στον υδροφόρο ορίζοντα.

Αποτέλεσμα της παραπάνω χημικής διαδικασίας είναι η δημιουργία διαβρωσιγενών δομών που ονομάζονται καρστικές δομές.



### 2.3 Επιφανειακό και Υπόγειο Καρστ

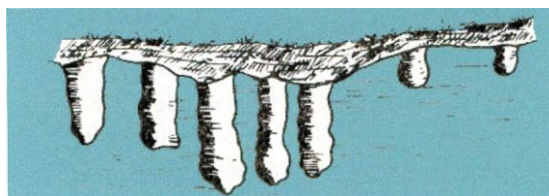
Οι μορφές του καρστ, ανάλογα με το αν βρίσκονται στην επιφάνεια ή σε βάθος, διακρίνονται σε εξωκαρστικές και ενδοκαρστικές.

Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν:

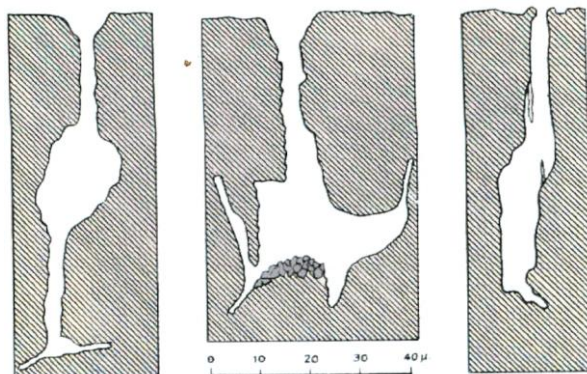
- (α). Δακτυλογλυφές και αμαξοτροχιές – δικτυωτές ραβδώσεις ή βαθιές αύλακες στην επιφάνεια του ασβεστολίθου
- (β). Καρστικά φρέατα – βάραθρα που, ξεκινώντας από την επιφάνεια, φτάνουν πολλές φορές σε μεγάλα βάθη μέσα στη μάζα του ασβεστόλιθου συναντώντας ενίοτε και το υπόγειο καρστ
- (γ). Δολίνες – κλειστές κυκλικές ή ελλειπτικές λεκάνες μικρών διαστάσεων
- (δ). Ουβάλες – ένωση πολλών δολινών και
- (ε). Πόλγες – μεγάλες καρστικές πεδιάδες όπως το οροπέδιο του Λασιθίου. Στα δύο τελευταία είδη υπάρχουν καταβόθρες που διοχετεύουν τα νερά της βροχής στον υδροφόρο ορίζοντα.

Οι υπόγειες καρστικές δομές είναι:

- (α). Καταβόθρες – ανοίγματα σε χαμηλά σημεία επιφανειακών λεκανών, τα οποία προχωρούν στο εσωτερικό του πετρώματος και σχηματίζουν ένα σύστημα υπόγειων αγωγών, στοών και ενδεχομένως σπηλαίων και
- (β). Σπήλαια – μεγάλες υπόγειες κοιλότητες, οι οποίες συνήθως επικοινωνούν με την επιφάνεια μέσω μικρών στομίων (Καλλέργης 2001).



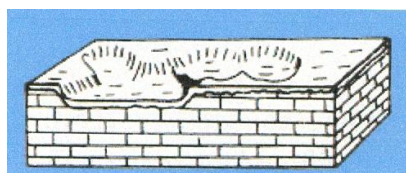
*Σχήμα 2.1 Καρστικά Φρέατα (Μαραμαθάς 2002)*



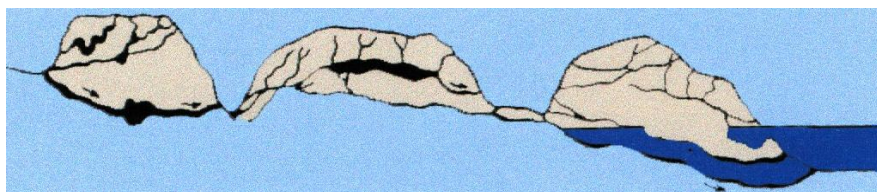
Σχήμα 2.2 Καρστικά Φρέατα - τομή (Μαραμαθάς 2002)



Σχήμα 2.3 Δολίνες (Μαραμαθάς 2002)

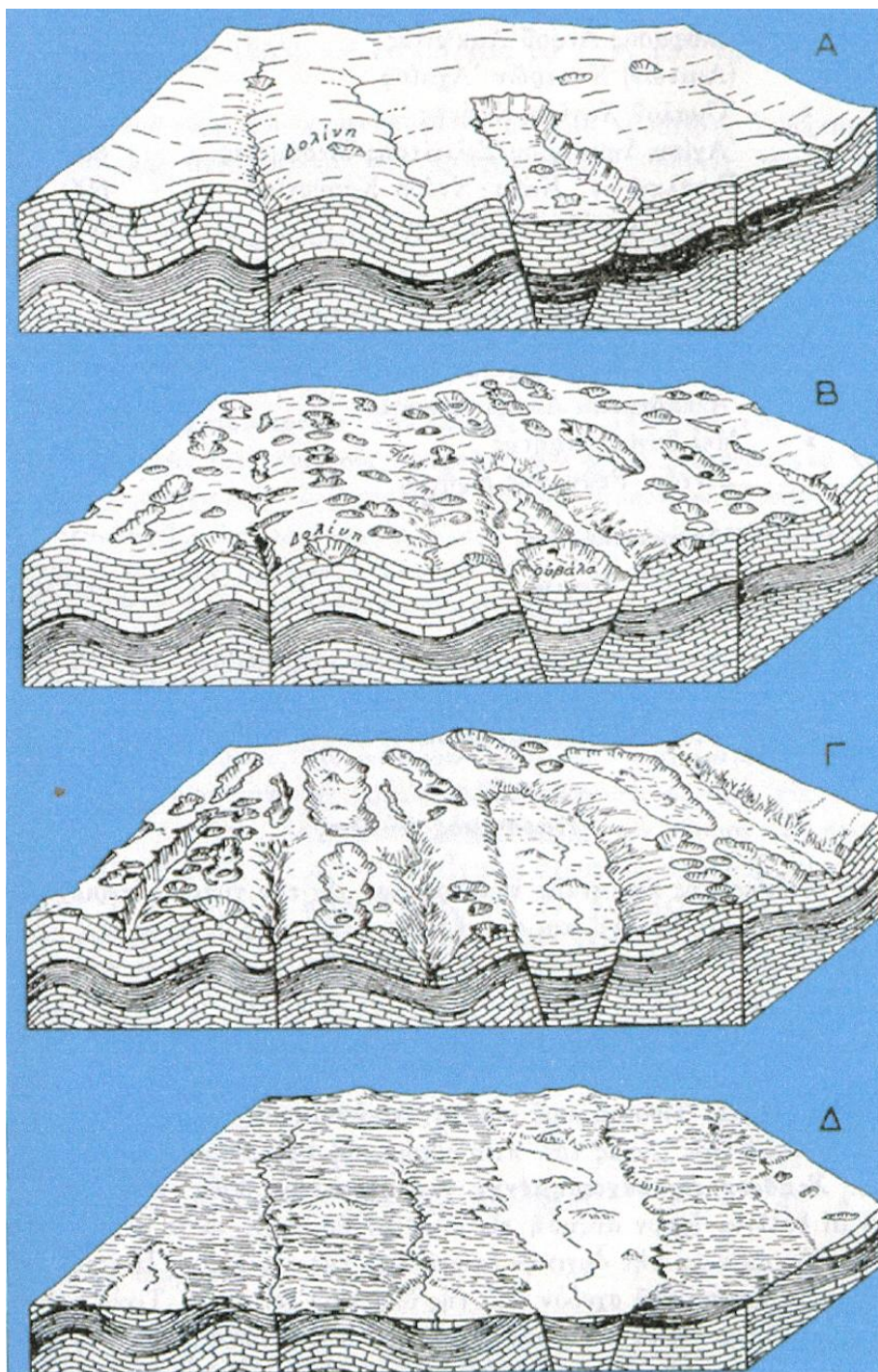


Σχήμα 2.4 Ουβάλες (Μαραμαθάς 2002)



Σχήμα 2.5 Καταβόθρες (Μαραμαθάς 2002)





Σχήμα 2.6 Η εξέλιξη μιας ασβεστολιθικής περιοχής, λόγω καρστικής διάβρωσης (Μαραμαθάς 2002)

## 2.4 Καρστικοί Υδροφόροι Ορίζοντες

### 2.4.1 Γενικά

Είναι υδροφόροι ορίζοντες που σχηματίζονται σε καρστικοποιημένα ασβεστολιθικά πετρώματα. Υπάρχουν δύο σχολές σκέψης (Καλλέργης 2001), όσον αφορά στη μορφή και τα χαρακτηριστικά των καρστικών υδροφόρων οριζόντων. Η σχολή Grund και η σχολή Katzer.

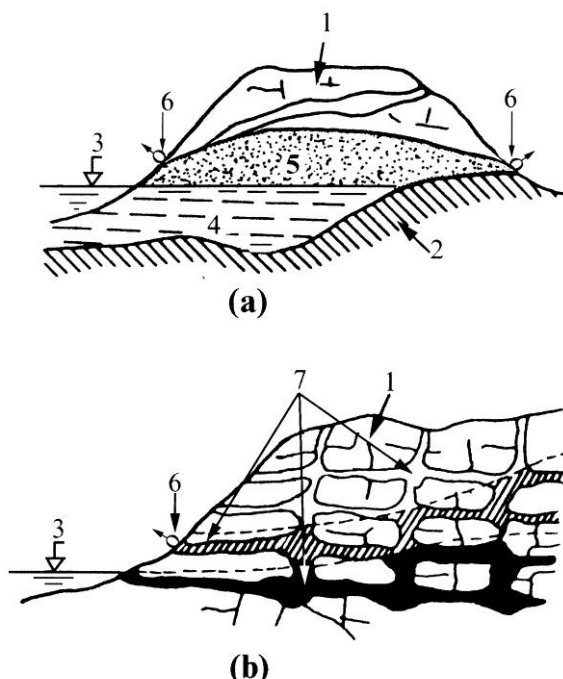
Ο A.Grund διατυπώνει τη θεωρία του για την ύπαρξη ενός ενιαίου, περισσότερο ή λιγότερο, υπεδαφικού υδροφόρου, ο οποίος αναπτύσσεται πάνω από το υποκείμενο του ασβεστολιθικού αδιαπέρατο πέτρωμα ή πάνω από τη στάθμη της θάλασσας, και ανυψώνεται προοδευτικά προς το εσωτερικό.

Ο F.Katzer υποστηρίζει την ύπαρξη μεμονωμένων υδάτινων ρευμάτων κατά μήκος αγωγών που συμπίπτουν με τεκτονικές ασυνέχειες του πετρώματος.

Οι αντιτιθέμενες απόψεις των A.Grund και F.Katzer κυριαρχούν μέχρι και το 1930, όταν ο W.Davis αναπτύσσει τη θεωρία του διπλού κύκλου, όπου οι υδροφόροι ορίζοντες κατά Grund και Katzer αποτελούν το αρχικό και τελικό στάδιο αντίστοιχα σε μια διαδικασία καρστογένεσης. Σύμφωνα με αυτήν δημιουργούνται καρστικές κοιλότητες κάτω από τη στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα με τη διαδικασία της διάλυσης οι οποίες αργότερα βρίσκονται στην ακόρεστη ζώνη, καθώς η στάθμη του υδροφόρου έχει κατέβει λόγω της δημιουργίας τους.

Τα τελευταία χρόνια έχουν πραγματοποιηθεί επιτυχείς προσπάθειες προσομοίωσης της εξέλιξης, στο χρόνο, ενός καρστικού υδροφόρου ορίζοντα, με τη χρήση μαθηματικών προσομοιώσεων. Τα μοντέλα αυτά λαμβάνουν υπόψη τους την κινητική του ανθρακικού ασβεστίου και υπολογίζουν κάθε φορά το ρυθμό διάλυσης του ασβεστολίθου και τη διερεύνηση, σε μήκος και σε διάμετρο, των ασυνεχειών του πετρώματος. Ξεκινώντας, λοιπόν, από μια αρχική κατάσταση όσον αφορά στις πρωτογενείς ασυνέχειες του πετρώματος και για δεδομένες οριακές συνθήκες, δίνουν, στη συνέχεια, τη μεταβολή βασικών υδραυλικών χαρακτηριστικών του καρστικού

υδροφόρου ορίζοντα, καθώς και της θέσης και των γεωμετρικών χαρακτηριστικών της στάθμης του συναρτήσει του χρόνου.



- (a) ΘΕΩΡΙΑ GRUND  
 1. Περαιτή καρστική μάζα  
 2. Αδιαπέρατο υπόβαθρο  
 3. Θάλασσα  
 4. Υπόγειο νερό  
 5. Καρστικό νερό  
 6. Καρστικές πηγές  
 (b) ΘΕΩΡΙΑ KATZER  
 7. Καρστικοί αγωγοί και κοιλότητες

*Σχήμα 2.7* Θεωρίες Grund και Katzer (Καλλέργης 2001)

Η γενική εξέλιξη που προκύπτει από αυτά τα μοντέλα είναι μια αύξηση, με την πάροδο του χρόνου, της υδραυλικής αγωγιμότητας του πετρώματος και της ανομοιομορφίας του, καθώς ξεκινώντας από έναν ομοιόμορφο και με μικρή περατότητα υδροφορέα στα αρχικά στάδια, καταλήγουμε μετά από μερικές χιλιάδες χρόνια σε έναν έντονα ανομοιόμορφο (καρστικοποιημένο) υδροφορέα που αποτελείται από ζώνες μεγάλης υραυλικής αγωγιμότητας μέσα σε ένα συνεχές μικρότερης υδραυλικής αγωγιμότητας.

## 2.4.2 Το Επίπεδο Βάσης

### 2.4.2.1 Γενικά

Γύρω από την έννοια του επιπέδου βάσης έχουν διατυπωθεί, από διάφορους ερευνητές, πολλές θεωρίες αρκετά διαφορετικές μεταξύ τους. Στη σημερινή εποχή, που δίνεται έμφαση στον πρακτικό χαρακτήρα που έχει για την αξιοποίηση των καρστικών υδροφόρων οριζόντων το επίπεδο βάσης, γίνεται δεκτό τουλάχιστον από τους ερευνητές που ασχολούνται με την εφαρμοσμένη έρευνα, ο ορισμός που αναφέρει σαν επίπεδο βάσης την επιφάνεια εκείνη η οποία αποτελεί το κατώτερο όριο ενός καρστικού υδροφόρου συστήματος που προσεγγίζει το μοντέλο του Grund.

### 2.4.2.2 Βασικές Θεωρίες

- Cvijic

Κατά τον Cvijic (1960), η καρστική διάβρωση αναπτύσσεται κατά την κατακόρυφο και δεν σταματάει παρά μόνο στο στεγανό υπόβαθρο των καρστικών σχηματισμών. Το στρώμα του νερού που αναπαύεται πάνω σε αυτό το αδιαπέρατο υπόβαθρο αποτελεί, κατά τον Cvijic, το «επίπεδο βάσης» μιας καρστικής περιοχής (Καλλέργης 2001).

- Monroe

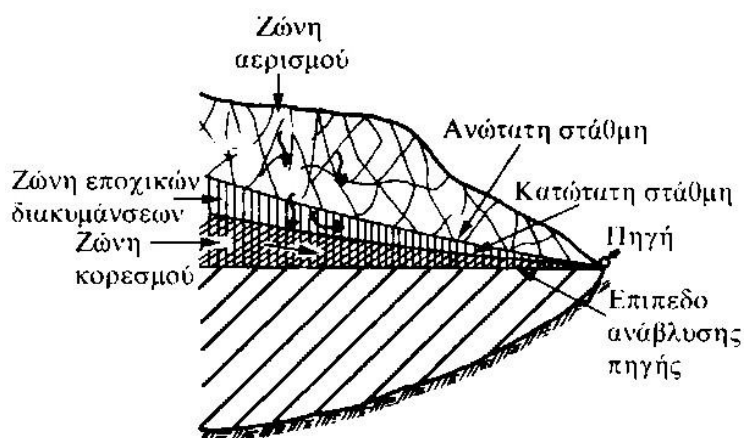
Ο Monroe (1970) προτείνει μια πιο γενικευμένη άποψη για το επίπεδο βάσης, το οποίο θεωρεί ότι είναι η επιφάνεια εκείνη, βαθύτερα από την οποία δε γίνεται καρστοποίηση και μπορεί να είναι:

- Ένα στεγανό υπόβαθρο των καρστικών σχηματισμών, που μπορεί να βρίσκεται και σε θετικό υψόμετρο.
- Η στάθμη της θάλασσας ή λίμνης που βρίσκονται απ'ευθείας σε επαφή με τους καρστικούς σχηματισμούς.
- Η εκάστοτε πιεζομετρική επιφάνεια άλλου υδροφόρου.

### 2.4.3 Υδροδυναμικές Ζώνες του Καρστ

Σε κάθε καρστικό υδροφόρο ορίζοντα διακρίνονται, κατά την κατακόρυφη έννοια, τέσσερις ζώνες (Mijatovic - Bakic 1967):

- Ζώνη Αερισμού ή Ακόρεστη Ζώνη, όπου επικρατεί η κατακόρυφη κίνηση του νερού.
- Ζώνη Εποχικής Διακύμανσης, ή αλλιώς μεταβατική ζώνη που ανάλογα με την εποχή του χρόνου μεταπίπτει είτε στη ζώνη παραπάνω ζώνη είτε στην παραπάνω ζώνη είτε στην παρακάτω ζώνη κορεσμού.
- Ζώνη Ολοκληρωτικού Κορεσμού, στην οποία υπάρχει νερό όλο το χρόνο και επικρατεί η οριζόντια κίνηση του νερού
- Ζώνη Βαθιάς Κυκλοφορίας, στην οποία το νερό δεν επηρεάζεται από κανένα δίκτυο αποστράγγισης. Η ζώνη αυτή χαρακτηρίζεται από βραδεία νταλλαγή νερού.



Σχήμα 2.8 Υδροδυναμικές ζώνες στο καρστ κατά Mijatovic (Καλλέργης 2001)

### 2.4.4 Συνοπτική θεωρία της ροής σε πορώδες μέσο – Σύγκριση με καρστικά συστήματα

Στα συνήθη εδάφη, αμμώδη και αργιλλώδη, το έδαφος αποτελείται από την στερεά ύλη, δηλαδή τους κόκκους του εδάφους και τα διάκενα, τα οποία γεμίζουν με νερό ή αέρα. Επειδή τα σωληνίδια που δημιουργούνται στο έδαφος είναι ιδιαίτερα

πολυδαίδαλα, αναπτύσσονται κατά την ροή του νερού μεγάλες αντιστάσεις, οι ταχύτητες που αναπτύσσονται είναι πολύ μικρές και η ροή, παρά το πολυδαίδαλο των σωληνίσκων είναι κατ' αρχήν στρωτή. Όταν το έδαφος μπορεί να θεωρηθεί σαν πορώδες μέσο, τότε η ροή υπόγειου νερού στο έδαφος αντιμετωπίζεται με τη μεθοδολογία της ροής σε πορώδες μέσο.

Ο ορισμός του πορώδους μέσου δεν είναι απλός (Νάνου-Γιάνναρου 2008). Σύμφωνα με τους Bear, Zavlaski and Irmay (1968 ), ως πορώδες μέσο ορίζεται:

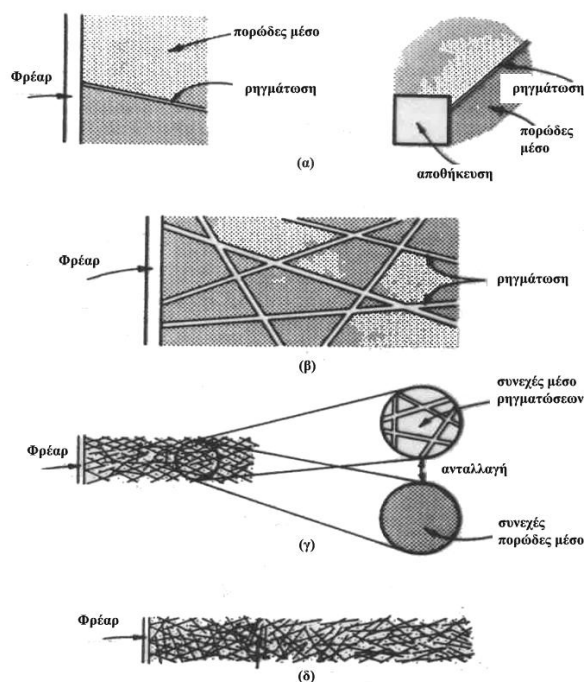
- a) Περιοχή του χώρου που καλύπτεται από ετερογενές ή πολυφασικό υλικό (σε στερεά, υγρή, αέρια φάση) στο οποίο μια τουλάχιστον φάση είναι συνεχώς σε πιθανόν παραμορφώσιμη στερεά κατάσταση.
- b) Η στερεά φάση είναι κατανεμημένη σε όλη την περιοχή του πορώδους μέσου. Τα διάκενα είναι στενά και έχουν σημαντική ειδική επιφάνεια.
- c) Σε κάθε θέση του πεδίου μπορεί να επιλεγεί αντιπροσωπευτικός στοιχειώδης όγκος αναφοράς, ο οποίος περιέχει στερεά ύλη (εδαφικό σκελετό) και διάκενα (πόρους). Το μέγεθος του αντιπροσωπευτικού στοιχειώδους όγκου αναφοράς είναι τέτοιο ώστε να έχουν στατιστικά έννοια παράμετροι οι οποίες απεικονίζουν τις κατανομές των πόρων και της στερεάς ύλης.
- d) Τουλάχιστον ορισμένα διάκενα είναι διασυνδεδεμένα μεταξύ τους.

Τα ρηγματωμένα πετρώματα και ασβεστολιθικοί σχηματισμοί μόνο υπό προϋποθέσεις μπορούν να θεωρηθούν πορώδη μέσα, επειδή τα ρήγματα δυνατόν να έχουν σημαντικό μέγεθος και να απέχουν αρκετά μεταξύ τους. Συνεπώς όλες οι μεθοδολογίες που έχουν αναπτυχθεί για τα πορώδη μέσα δεν ισχύουν πάντοτε.

Η θεώρηση ενός εδαφικού σχηματισμού σαν πορώδους μέσου είναι θέμα κλίμακας. Όταν τα μεγέθη και οι αποστάσεις των ρηγμάτων είναι συγκρίσιμα με την κλίμακα του προβλήματος δεν μπορεί να εφαρμοστεί η μεθοδολογία του απλού πορώδους μέσου και εφαρμόζονται άλλες μέθοδοι. Οι κλίμακες του προβλήματος για ρηγματωμένους υδροφορείς απεικονίζονται στο Σχήμα 2.9. Σε πολύ κοντινά πεδία ροής είναι απαραίτητη η πλήρης γνώση της γεωμετρίας των ρηγμάτων και γίνεται ακριβής επίλυση (π.χ. ύπαρξη συγκεκριμένων ρηγμάτων κοντά σε φρέαρ, περίπτωση α). Σε κοντινά πεδία ροής, στα οποία δεν είναι δυνατή η πλήρης γνώση των



ρηγμάτων, εφαρμόζονται στατιστικές μέθοδοι (περίπτωση β). Σε μακρινά πεδία ροής εφαρμόζονται πιο σύνθετες μεθοδολογίες, όπως είναι η μέθοδος του διπλού πορώδους (περίπτωση γ). Μόνο σε πολύ μακρινά πεδία ροής ο υδροφορέας μπορεί να θεωρηθεί πορώδες μέσο (περίπτωση δ). Ευτυχώς η ονομαζόμενη διαχειριστική κλίμακα μπορεί να θεωρηθεί συνήθως σαν περίπτωση δ.



**Σχήμα 2.9** Κλίμακες του προβλήματος για ρηγματωμένους υδροφορείς (Νάνου-Γιάνναρου και Παπαθανασιάδης 2008)

Στα πορώδη μέσα η λεπτομερειακή περιγραφή της ροής - μικροσκοπική θεώρηση - με βάση τις εξισώσεις Navier - Stokes είναι πρακτικά αδύνατη, λόγω της αδυναμίας ακριβούς μαθηματικής περιγραφής της γεωμετρίας της ροής. Έτσι είναι δυνατή μόνο η μακροσκοπική εξέταση του προβλήματος ροής και η χρησιμοποίηση εμπειρικών νόμων, οι οποίοι θεωρούν κάποια υποθετική μέση ροή που πραγματοποιείται σε ένα ιδεατό πορώδες μέσο που υποκαθιστά τον πραγματικό υδροφορέα. Άλλωστε στην πράξη δεν ενδιαφέρει το λεπτομερές πεδίο των πραγματικών ταχυτήτων, αλλά αρκεί η εκτίμηση κάποιας παροχής του νερού, κατάλληλα διατυπωμένης, που περνάει από μια δοσμένη επιφάνεια του πορώδους μέσου.

Στο πορώδες μέσο γίνεται η παραδοχή του συνεχούς μέσου, κλασική προσέγγιση σε πολλούς κλάδους της φυσικής (π.χ. ρευστομηχανική). Συνεπώς χρησιμοποιώντας την

έννοια του αντιπροσωπευτικού στοιχειώδους όγκου, το πραγματικό πορώδες μέσο αντικαθίσταται από ένα άλλο ιδεατό συνεχές μέσο στο οποίο μπορούν πλήρως να καθορισθούν τιμές όλων των ιδιοτήτων του σε κάθε μαθηματικό σημείο του πεδίου ροής.

Κατά τα γνωστά από τη Ρευστομηχανική, για την επίλυση κάποιας ροής πρέπει να διατυπωθούν αφενός η αρχή διατήρησης μάζας, με την μορφή της εξίσωσης συνέχειας και αφετέρου ο δεύτερος νόμος του Νεύτωνα, διατυπωμένος με τις εξισώσεις Navier-Stokes. Επειδή η χρήση των εξισώσεων Navier-Stokes δεν είναι δυνατή λόγω του πολύπλοκου της ροής, αντί αυτών, χρησιμοποιείται ο γνωστός εμπειρικός νόμος του Darcy.

Ο νόμος αυτός συσχετίζει κινηματικά μεγέθη, δηλαδή παροχή ή ταχύτητα, με την κλίση της γραμμής ενέργειας. Στις ροές σε πορώδες μέσο, εφ' όσον οι ταχύτητες είναι πολύ μικρές, τα ύψη κινητικής ενέργειας  $v^2/2g$  είναι ακόμα μικρότερα και η γραμμή ενέργειας συμπίπτει με την πιεζομετρική γραμμή. Στο νόμο αυτό δεν υπεισέρχονται οι πραγματικές υδροδυναμικές ταχύτητες, αλλά κάποιες μέσες ταχύτητες, που παλαιότερα ονομάζονταν ταχύτητες Darcy και σήμερα ειδικές παροχές (παροχές ανα μονάδα επιφάνειας). Η συνεκτικότητα, σαν μέγεθος εκφρασμένο μέσω του συντελεστή συνεκτικότητας  $\mu$ , δεν υπεισέρχεται άμεσα στο νόμο. Ο νόμος αυτός διατυπώνει απολύτως ικανοποιητικά το πρόβλημα ροής σε πορώδες μέσο και μπορεί να θεωρηθεί ότι αποτελεί "μακροσκοπικό στατιστικό ισοδύναμο των εξισώσεων Navier - Stokes".

Το 1856 ο Γάλλος μηχανικός Henry Darcy, ασχολούμενος με τις πηγές της πόλης Dijon της Γαλλίας, μελέτησε τη ροή νερού σε κατακόρυφα ομογενή φίλτρα άμμου. Για τα πειράματά του χρησιμοποίησε ένα κατακόρυφο σωλήνα με εμβαδόν διατομής  $E$  γεμάτο με άμμο, όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 2.10. Από αυτήν την πειραματική έρευνα συμπέρανε ότι η παροχή της ροής  $Q$  είναι:

$$Q = KE \frac{h_1 - h_2}{L} \quad (2.2)$$

Ο συντελεστής αναλογίας  $K$  ονομάζεται (σύγχρονη ονομασία) υδραυλική αγωγιμότητα, ή (παλαιότερη ονομασία) συντελεστής διαπερατότητας, έχει διαστάσεις

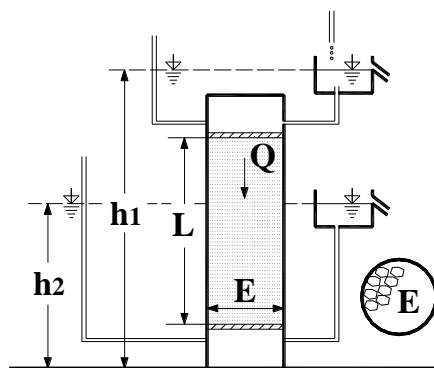
ταχύτητας και εξαρτάται όχι μόνο από τη φύση του πορώδους μέσου αλλά και από τις ιδιότητες του ρευστού.

Τα ύψη  $h_1$  και  $h_2$  είναι τα πιεζομετρικά ύψη που εκφράζουν τα αθροίσματα  $h_i = z_i + p_i/\gamma$  ανά μονάδα βάρους ρέοντος ρευστού, όπου  $p$  η πίεση και  $\gamma$  το ειδικό βάρος του νερού. Ο λόγος  $(h_1 - h_2)/L$  είναι η λεγόμενη υδραυλική κλίση και συμβολίζεται με  $J$ , άρα:

$$J = \frac{h_1 - h_2}{L} \quad (2.3)$$

Αν ορίσουμε ως ειδική παροχή ή ταχύτητα Darcy  $q$  τον όγκο του ρευστού ανά μονάδα χρόνου και ανά μονάδα επιφανείας κάθετα στην κατεύθυνση της ροής, προκύπτει:

$$q = \frac{Q}{E} = K \frac{h_1 - h_2}{L} \Rightarrow q = KJ \quad (2.4)$$



*Σχήμα 2.10 Πειραματική διάταξη του Darcy (Νάνου-Γιάνναρου και Παπαθανασιάδης 2008)*

Η παραπάνω σχέση μπορεί να γενικευθεί για την περίπτωση κεκλιμένης στήλης ομογενούς πορώδους μέσου ή και γενικότερα να διατυπωθεί για τρισδιάστατη ροή και ανισότροπο πορώδες μέσο.

Η γραμμική σχέση που προβλέπει ο νόμος του Darcy μεταξύ ειδικής παροχής  $q$  και υδραυλικής κλίσης  $J$  αποδεικνύεται ότι ισχύει για μικρές τιμές της  $q$ .

Ο νόμος του Darcy είναι πολύ εύχρηστος. Το πρόβλημα όμως είναι ότι η γραμμική σχέση που προβλέπει ο νόμος αυτός μεταξύ ειδικής παροχής  $q$  και υδραυλικής κλίσης  $J$  αποδεικνύεται ότι ισχύει για πολύ μικρούς αριθμούς Reynolds και ιδιαίτερα στρωτή ροή. Στις περιοχές όπου δεν ισχύει ο νόμος του Darcy, ή στρωτής ροής με μεγαλύτερους αριθμούς Reynolds ή τυρβώδους ροής, προτείνονται διάφοροι εμπειρικοί μη γραμμικοί νόμοι μεταβολής των  $q$ ,  $J$ . Οι περισσότεροι από αυτούς έχουν την μορφή :

$$J = Wq + bq^m, \quad \text{όπου } 1,6 < m < 2 \quad (2.5)$$

Ειδικά για την περίπτωση καρστικών υδροφορέων η ροή πολλές φορές είναι πλήρως ανεπτυγμένη τυρβώδης και πρέπει να χρησιμοποιούνται σχέσεις αντίστοιχες με την γνωστή έκφραση Colebrook-White της εφαρμοσμένης υδραυλικής για τυρβώδη ροή σε κλειστούς αγωγούς υπό πίεση. Συνεπώς μόνο για διαχειριστική κλίμακα και «πολύ μακρινό πεδίο ροής» μπορεί πιθανόν η εφαρμογή της θεωρίας της ροής σε πορώδες μέσο να δώσει αξιόπιστα αποτελέσματα.

#### 2.4.5 Υδραυλική Συμπεριφορά των Καρστικών Υδροφόρων Οριζόντων

Από υδραυλική άποψη, τα καρστικά μέσα χαρακτηρίζονται από έντονη ασυνέχεια, ετερογένεια και ανισοτροπία στην κλίμακα του δείγματος. Στην κλίμακα του συστήματος, σε ορισμένες περιπτώσεις, αυτή η ανισοτροπία εξαλείφεται, σε κάποιο βαθμό, αν το πέτρωμα χαρακτηρίζεται μόνο από μικροασυνέχειες, ενώ σε άλλες διατηρείται αν εκτός από μικροασυνέχειες στο πέτρωμα υπάρχουν και μακροασυνέχειες. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, στα καρστικά συστήματα ο νόμος του Darcy εν γένει δεν μπορεί να εφαρμοστεί και έχουν αναπτυχθεί άλλες μεθοδολογίες, όπως είναι τα συστήματα διπλού ή πολλαπλού πορώδους.

Τα καρστικά πετρώματα, εκτός των μικροασυνεχειών ή μακροασυνεχειών που παρουσιάζουν, έχουν και ένα άλλο χαρακτηριστικό, το δευτερογενές πορώδες. Δηλαδή τα διάκενα δεν παραμένουν αμετάβλητα όπως στα συνηθισμένα εδάφη που μπορούν να θεωρηθούν πορώδη μέσα ή ακόμα και σε έντονα ρηγματωμένα πετρώματα, όπως είναι ορισμένα εκρηξιγενή ή μεταμορφωσιγενή, αλλά

μεταβάλλονται με την πάροδο του χρόνου λόγω της διαλυτικής δράσης του νερού. Οι αγωγοί από τους οποίους περνάει το υπόγειο νερό συνεχώς διευρύνονται και το πλέον σύνηθες είναι η ροή να είναι τυρβώδης, υπό πίεση ή με ελεύθερη επιφάνεια (σχέσεις Colebrook-White ή Manning).

Επιπλέον η εποχιακή μεταβολή των βροχοπτώσεων ή χιονοπτώσεων και οι αντλήσεις και λοιπές δραστηριότητες του ανθρώπου, έχουν σαν αποτέλεσμα την ύπαρξη μη μόνιμης ροής.

## **2.5 Καρστικοί Υδροφορείς**

Καρστικός υδροφορέας ονομάζεται ένας όγκος διαλυτού πετρώματος στον οποίο η ροή γίνεται κυρίως μέσα στα κανάλια διάλυσης, των οποίων το μέγεθος και η κατεύθυνση είναι ακανόνιστη. Η ροή μπορεί να είναι γραμμική, τυρβώδης ή/και να έχει τα χαρακτηριστικά ροής σε ανοιχτό αγωγό. Η κίνηση του υπόγειου νερού μπορεί να προκαλέσει διάλυση του ασβεστόλιθου γύρω από τα υπάρχοντα κενά, με αποτέλεσμα την αύξηση του ανοίγματος τους και της υδραυλικής αγωγιμότητας του υδροφορέα. Όσον αφορά τα ρήγματα, λόγω της καρστικοποίησης αρκετά από αυτά μεγεθύνονται και μετατρέπονται σε κανάλια. Μέσο της διαδικασίας της διάλυσης, η δομή του καρστικοποιημένου υδροφορέα και τα υδραυλικά χαρακτηριστικά του μεταβάλλονται τόσο χωρικά όσο και χρονικά, με συνέπεια οι υδροφορείς αυτοί να χαρακτηρίζονται από μεγάλη ετερογένεια και ανισοτροπία (Καλλέργης 2001 και Ζαχαριάδη- Παπαδοπούλου- Καρατζάς «Μελέτη του φαινομένου της Υφαλμύρισης σε καρστικοποιημένες παράκτιες περιοχές»)

### **2.5.1 Παράκτιοι Καρστικοί Υδροφορείς**

#### **2.5.1.1 Υφαλμύρωση Παράκτιων Καρστικών Υδροφόρων Οριζόντων**

Στους παράκτιους καρστικούς υδροφορείς οι συνθήκες για την εμφάνιση του φαινομένου της υφαλμύρωσης είναι ιδιαίτερα ευνοϊκές λόγω των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών τους.

Συναντώνται σε καρστικοποιημένες μάζες πετρωμάτων που βρίσκονται κοντά στην ακτή. Το κύριο χαρακτηριστικό τους είναι η στενή υδραυλική τους σχέση με το θαλασσινό νερό και η άμεση επαφή γλυκού και αλμυρού νερού. Συχνά, η διείσδυση του θαλασσινού νερού στην ενδοχώρα προκαλεί το φαινόμενο της υφαλμύρωσης του υδροφόρου, ψηλότερα από τη στάθμη της θάλασσας (Καλλέργης 2001). Η εμφάνιση του φαινομένου της υφαλμύρωσης είναι δυνατόν να προκληθεί από κανάλια που καταλήγουν στον πυθμένα της θάλασσας πολύ μακριά από την ακτή και σε μεγάλο βάθος (Καλλέργης 2001).

Γενικά, στην περίπτωση που ο υδροφορέας ενός οποιουδήποτε υδροφόρου ορίζοντα εφάπτεται με τη θάλασσα, το γλυκό νερό επιπλέει πάνω στο θαλασσινό λόγω διαφοράς πυκνότητας. Κατά την ισορροπία, η θέση της διεπιφάνειας γλυκού - αλμυρού νερού, σε έναν παράκτιο υδροφόρο ορίζοντα τύπου Darcy, καθορίζεται από το νόμο Ghyben – Herzberg (Καλλέργης 2001), ο οποίος λαμβάνει υπ' όψιν τη σχέση πυκνοτήτων γλυκού – θαλασσινού νερού. Πιο συγκεκριμένα, η θέση της διεπιφάνειας δίνεται από τη σχέση

$$H_s = \frac{\gamma}{\gamma_s - \gamma} H \quad (2.6)$$

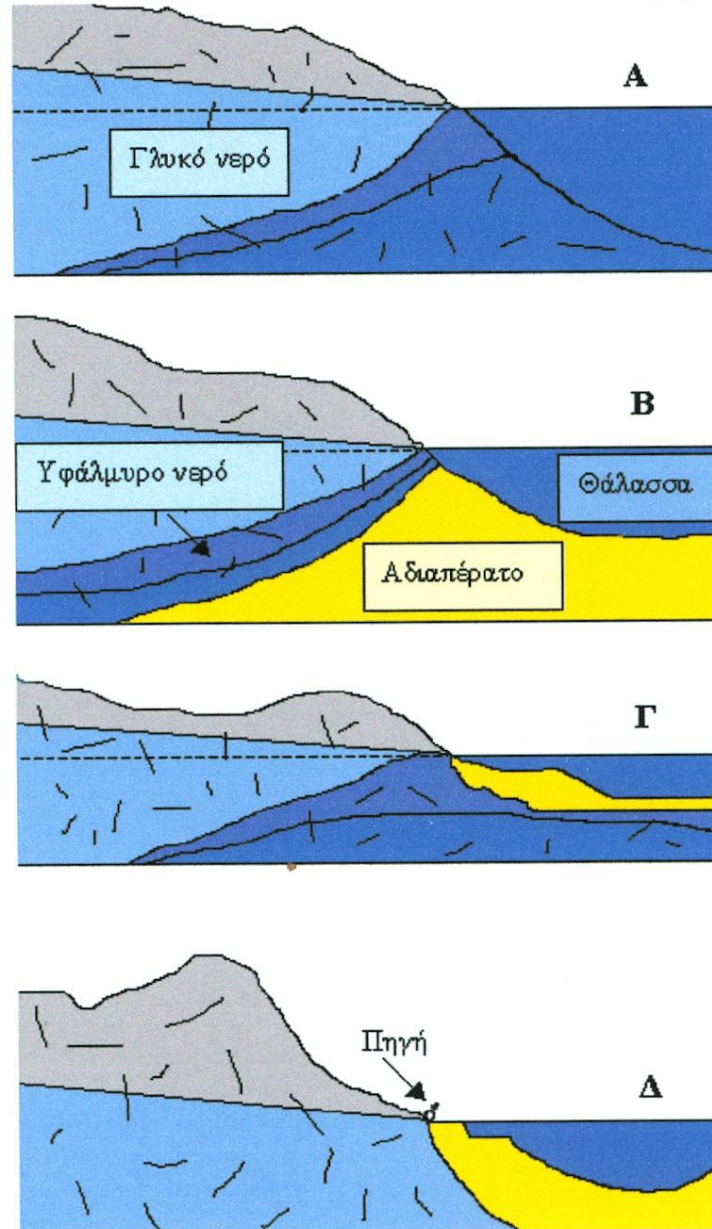
όπου,

$H_s$  το βάθος της διεπιφάνειας κάτω από τη στάθμη της θάλασσας

$H$  το ύψος της στάθμης του γλυκού νερού πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας

$\gamma_s$  το ειδικό βάρος του θαλασσινού νερού και

$\gamma$  το ειδικό βάρος του γλυκού νερού



**Σχήμα 2.11** Θέση και γεωμετρία της μεταβατικής ζώνης υφάλμυρου νερού σε καρστικά υδροφόρα  
(Μαραμαθάς 2002)

- A. Υδροφόρο ελεύθερο προς τη θάλασσα
- B. Μερικώς φραγμένο προς τη θάλασσα
- Γ. Με επικρεμάμενο φραγμό
- Δ. Ολικά φραγμένο

Δύο είναι οι τρόποι αντιμετώπισης προβλημάτων υφαλμύρωσης παράκτιων υδροφορέων (Νάνου-Γιάνναρου και Παπαθανασιάδης 2008):

- a) Θεώρηση διεπιφάνειας πεπερασμένου πάχους, λόγω υδροδυναμικής διασποράς. Η διείσδυση θαλάσσιου νερού σε υπόγειους υδροφορείς αντιμετωπίζεται σαν ένα είδος ρύπανσης περιβαλλοντικής προέλευσης. Θεωρείται ότι υπάρχει μία φάση, η υδάτινη, και δύο συνιστώσες, το γλυκό και το θαλάσσιο νερό. Το πρόβλημα αντιμετωπίζεται σαν πρόβλημα υδροδυναμικής διασποράς με συγκέντρωση εξαρτώμενη από την πυκνότητα (για κορεσμένη ροή).
- b) Θεώρηση απότομης διεπιφάνειας (ακίνητης ή κινούμενης), εάν το πάχος της διεπιφάνειας είναι μικρό σε σχέση με το πάχος του υδροφορέα. Γίνεται η παραδοχή ότι υπάρχουν δύο μη αναμίξιμα υγρά, το γλυκό και το θαλάσσιο νερό, δηλαδή δύο διαφορετικές φάσεις. Για αδιατάρακτες συνθήκες ροής θεωρείται κατάσταση ισορροπίας, δηλαδή μόνιμη ροή και ακίνητη διεπιφάνεια, με ταυτόχρονη εκροή γλυκού νερού προς τη θάλασσα πάνω από αυτήν. Λόγω άντλησης παρατηρείται κινούμενη διεπιφάνεια, επομένως μη μόνιμη ροή. Υπό προϋποθέσεις μπορεί να γίνει η παραδοχή της οριζόντιας ροής. Οι εξισώσεις γράφονται για κάθε μία φάση χωριστά:

Οι κύριοι μηχανισμοί που επηρεάζουν την μεταφορά ρύπων στα υπόγεια νερά είναι:

- Μετάθεση. Η διαλυμένη ουσία ή ο ρύπος κινούνται λόγω της υπόγειας ροής και μαζί με αυτήν, σύμφωνα με την μεθοδολογία που έχουμε εισάγει με τον νόμο του Darcy για την μέση ροή.
- Μηχανική διασπορά (ή μεταθετική διάχυση). Σε κάθε πόρο του εδάφους οι πραγματικές υδροδυναμικές ταχύτητες είναι διαφορετικές από αυτές της μέσης ροής που θεωρεί ο νόμος του Darcy και μεταβάλλονται κατά μέγεθος και διεύθυνση, από την τιμή μηδέν στα όρια των πόρων, μέχρι κάποια μέγιστη τιμή στο εσωτερικό τους. Συνεπώς, η ανομοιογένεια που υπάρχει σε μικροσκοπική κλίμακα έχει σαν αποτέλεσμα, εκτός από την μετάθεση, την εξάπλωση της διαλυμένης ουσίας, με διαφορετικό ρυθμό, τόσο κατά την διεύθυνση της ροής, όσο και εγκάρσια σε αυτήν.
- Μοριακή διάχυση. Σε μικροσκοπική κλίμακα, η ύπαρξη διαφορών στις τιμές των συγκεντρώσεων της διαλυμένης ουσίας ή του ρύπου έχει σαν αποτέλεσμα ροή από την μεγαλύτερη προς την μικρότερη συγκέντρωση.



- Αλληλεπιδράσεις μεταξύ στερεάς και υγρής φάσης (προσρόφηση) και χημικές αντιδράσεις.
- Φαινόμενα αποσύνθεσης του ρύπου.

Με τον όρο «υδροδυναμική διασπορά» εννοούμε την κίνηση και εξάπλωση, σε μακροσκοπική κλίμακα, της διαλυμένης ουσίας ή του ρύπου λόγω μηχανικής διασποράς και μοριακής διάχυσης.

Από τους μηχανισμούς αυτούς στα προβλήματα υφαλμύρωσης πρακτικά υπεσέρχονται οι πρώτοι τρεις. Θεωρούμε ότι μεταξύ θάλασσας και υπόγειων υδροφορέων δεν υπάρχουν χημικές αντιδράσεις και το αλάτι, σαν διαλυμένη ουσία, δεν παρουσιάζει φαινόμενα αποσύνθεσης. Πολλές φορές αμελείται και η μοριακή διάχυση, εκτός από περιοχές με ιδιαίτερα μικρές ταχύτητες.

Με βάση τα παραπάνω, η θεώρηση επιφάνειας πεπερασμένου πάχους ή απότομης διεπιφάνειας μεταξύ γλυκού και θαλάσσιου νερού δεν είναι απλή και εξαρτάται από το υπό εξέταση πρόβλημα. Στα συνήθη πορώδη μέσα, όταν δεν υπάρχει ανισοτροπία ή ετερογένειες, πολλές φορές μπορεί να θεωρηθεί απότομη διεπιφάνεια.

Στους καρστικούς υδροφόρους ορίζοντες συνήθως συναντάται μεταβατική ζώνη αλμυρού νερού, η οποία όμως έχει πολύ μεγαλύτερο πάχος, ενώ κοντά στην ακτογραμμή είναι δυνατόν να βρίσκεται και σε θετικά υψόμετρα. Εξαιτίας αυτού του γεγονότος, πολλές από τις παράκτιες πηγές που βρίσκονται σε μικρό υψόμετρο δίνουν υφάλμυρο νερό. Ο μηχανισμός δημιουργίας της μεταβατικής ζώνης στους καρστικούς υδροφορείς είναι διαφορετικός από τον αντίστοιχο στα συνήθη πορώδη μέσα που περιγράφηκε παραπάνω και έχει σχέση περισσότερο με την υδροδυναμική του συστήματος και λιγότερο με φαινόμενα διασποράς – διάχυσης. Παράδειγμα, μπορεί να εμφανιστεί γλυκό νερό κοντά στη θάλασσα ή και στον πυθμένα αυτής λόγω της ισχύος νόμων ροής αντίστοιχων με αυτούς σε κλειστούς αγωγούς υπό πίεση (π.χ. μεγάλο ενεργειακό φορτίο και σημαντικές ταχύτητες ροής).

### 2.5.1.2 Υδροδυναμική των Καρστικών Συστημάτων

Οι καρστικοί υδροφόροι αποτελούνται από πολλούς μικρο και μακρο – αγωγούς ποικίλου σχήματος και μεγέθους που σχηματίζουν σχετικά ή πλήρως ανεξάρτητα υδραυλικά σύνολα, τα οποία στην περίπτωση ύπαρξης πηγής εκφορτίζονται στον κεντρικό αγωγό εξόδου που οδηγεί το νερό στο στόμιο της πηγής. Αν δεν υπάρχει πηγή σε θετικό υψόμετρο, το νερό τους οδηγείται τελικά στη θάλασσα, είτε μέσω κεντρικού αγωγού (δημιουργία υποθαλάσσιας πηγής), είτε μέσω μικρότερων αγωγών (δημιουργία μετώπου εκφόρτισης).

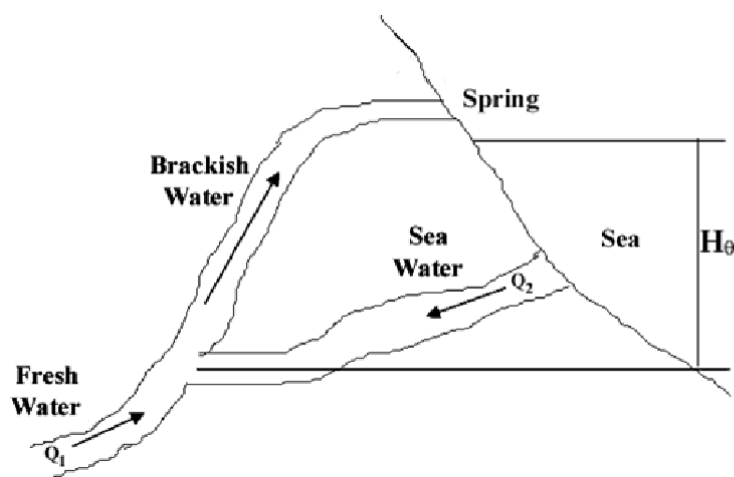
Πολλά από τα σύνολα αυτά έρχονται σε επαφή με τη θάλασσα, οπότε κλάδοι των αγωγών τους ή διοχετεύουν γλυκό νερό στη θάλασσα (αν οι πιέσεις του γλυκού νερού είναι μεγάλες σε σχέση με το βάθος κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας των σημείων συμβολής αυτών των κλάδων με τους αγωγούς που διαρρέονται από *γλυκό* νερό) ή φέρνουν θαλασσινό νερό αν οι πιέσεις του γλυκού νερού είναι μικρές. Ανάλογα, δηλαδή, με την τροφοδοσία του υδροφόρου από τις βροχοπτώσεις, υπάρχουν αγωγοί μέσα στο πέτρωμα στους οποίους κυκλοφορεί μόνο γλυκό νερό, μόνο θαλασσινό νερό ή υφάλμυρο νερό.

Με αποδοχή του παραπάνω μοντέλου, η μεταβατική ζώνη τοποθετείται εκεί όπου συναντώνται αγωγοί που διαρρέονται από υφάλμυρο νερό. Τέτοιοι αγωγοί βρίσκονται ενδιάμεσα σε αγωγούς γλυκού νερού (μικρά βάθη) και αγωγούς αλμυρού νερού (μεγάλα βάθη).

Τα φαινόμενα διασποράς διάχυσης παίζουν δευτερεύοντα ρόλο σε ένα τέτοιο σύστημα, τόσο λόγω της δομής του, όσο και λόγω των σχετικά μεγάλων ταχυτήτων κίνησης του νερού στους αγωγούς, που δε δίνουν την ευκαιρία σε φαινόμενα που αναπτύσσονται αργά, όπως τα φαινόμενα διασποράς – διάχυσης να δώσουν σημαντικά αποτελέσματα.

## 2.6 Υφάλμυρες Καρστικές Πηγές

Αν μία καρστική πηγή είναι παράκτια, οπότε κατά πάσα πιθανότητα και ο καρστικός υδροφόρος που την τροφοδοτεί θα έρχεται σε επαφή με τη θάλασσα, μπορεί να είναι υφάλμυρη ή περιοδικά υφάλμυρη. Εξήγηση στο φαινόμενο της υφαλμύρωσης έχουν δώσει από παλιά ερευνητές (Καλλέργης 2001), αναφερόμενοι είτε στη διαφορά πυκνότητας ανάμεσα στο γλυκό και στο αλμυρό νερό, είτε στην ύπαρξη στένωσης στη συμβολή των δύο αγωγών που φέρνουν γλυκό νερό από τη λεκάνη της πηγής και αλμυρό νερό από τη θάλασσα, οπότε σύμφωνα με την εξίσωση Bernoulli γίνεται αναρρόφηση του θαλασσινού νερού λόγω της δημιουργίας υποπίεσης (Μαραμαθάς 2002).



Σχήμα 2.12 Υφαλμύρωση καρστικής πηγής (Maramathas et al. 2006)

Τις δύο παραπάνω απόψεις συνδυάζει ο Kuscer (1950), του οποίου η θεωρία για τις υφάλμυρες παράκτιες καρστικές πηγές παρατίθεται περιληπτικά παρακάτω (Καλλέργης 2001).

Ο Kuscer δέχτηκε την ύπαρξη ενός αγωγού που φέρνει γλυκό νερό στο στόμιο εξόδου της πηγής και ενός αγωγού ο οποίος τον συνδέει με τη θάλασσα (σχήμα 2.12). Το θαλασσινό νερό μπορεί να μπει στον αγωγό του γλυκού νερού είτε λόγω διαφοράς πυκνότητας εφ'όσον η συμβολή βρίσκεται σε μεγάλο βάθος, είτε λόγω αναρρόφησης θαλασσινού νερού εφ'όσον η διατομή της συμβολής είναι στενή. Με απλό τρόπο υπολόγισε τη διαφορά υδροστατικής πίεσης  $P$  μεταξύ του αγωγού του γλυκού νερού

και του αγωγού του θαλασσινού νερού, που οφείλεται στη διαφορά πυκνότητας γλυκού – θαλασσινού νερού, σε σχέση με το υψόμετρο της πηγής και το βάθος της συμβολής. Με εφαρμογή «τεχνάσματος» (Μαραμαθάς 2002) μετέτρεψε και το αποτέλεσμα Bernoulli σε διαφορά υδροστατικής πίεσης  $S$  μεταξύ των δύο αγωγών. Επιπρόσθετα, θεώρησε ότι η συμπεριφορά της πηγής καθορίζεται από το άθροισμα  $P + S$ .

Με βάση τα παραπάνω, ο Kuscer διέκρινε τέσσερις κατηγορίες πηγών:

1. Πηγές τύπου PS όπου  $P > 0$  και  $S > 0$ .

Η συμβολή των δύο αγωγών βρίσκεται βαθιά και η διατομή είναι στενή. Το νερό της πηγής θα είναι όλο το χρόνο υφάλμυρο.

2. Πηγές τύπου P όπου  $P > 0$  και  $S < 0$ .

Η συμβολή βρίσκεται βαθιά και η διατομή είναι πλατειά. Το νερό της πηγής μπορεί να είναι γλυκό ή υφάλμυρο στις χαμηλές παροχές, ανάλογα με την τιμή του αθροίσματος  $P + S$ .

3. Πηγές τύπου S όπου  $P < 0$  και  $S > 0$ .

Η συμβολή βρίσκεται ψηλά και η διατομή είναι στενή. Το νερό της πηγής μπορεί να είναι γλυκό ή υφάλμυρο στις ψηλές παροχές, ανάλογα με το πρόσημο της τιμής του αθροίσματος  $P + S$ .

4. Πηγές τύπου N όπου  $P < 0$  και  $S < 0$ .

Η συμβολή βρίσκεται ψηλά και η διατομή είναι πλατειά. Το νερό της πηγής είναι μονίμως γλυκό.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

# Περιγραφή Αλμυρού

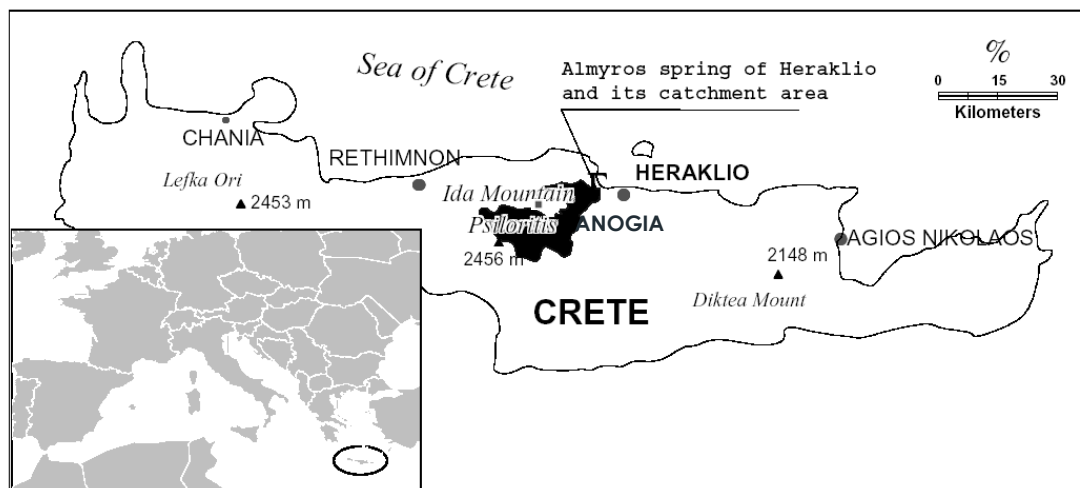
### 3.1 Γενικά

Η πηγή του Αλμυρού βρίσκεται 8 χλμ. δυτικά της πόλης του Ηρακλείου, σε απόσταση 1 χλμ. από τη θάλασσα και σε υψόμετρο περίπου 3 μέτρων. Είναι μια περιοδικά υφάλμυρη καρστική πηγή. Η παροχή της κυμαίνεται μεταξύ των  $4 \text{ m}^3/\text{sec}$  τα καλοκαίρια και των  $70 - 80 \text{ m}^3/\text{sec}$  τους χειμώνες μετά από έντονες βροχοπτώσεις στο βουνό του Ψηλορείτη, όπου εκτείνεται η λεκάνη τροφοδοσίας της. Η ετήσια παροχή προσεγγίζει τα  $250 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ . Στις χαμηλές παροχές, το νερό της πηγής είναι υφάλμυρο λόγω εισόδου θαλασσινού νερού στη λεκάνη της. Στις επόμενες ενότητες γίνεται αναλυτική περιγραφή της γεωγραφικής και γεωλογικής τοποθεσίας της πηγής, καθώς και της λεκάνης τροφοδοσίας της.

### 3.2 Τοποθεσία Πηγής

Η πηγή του Αλμυρού εμφανίζεται στο βόρειο τμήμα του Νομού Ηρακλείου και συγκεκριμένα στη βάση της απόκρημνης ασβεστολιθικής πλαγιάς του ρήγματος του Αλμυρού, το οποίο διαχωρίζει το ύψωμα της Κέρης από τη νεογενή λεκάνη του Ηρακλείου. Η πηγή απέχει 1 χλμ από τη βόρεια ακτή της Κρήτης και 8 χλμ από την πόλη του Ηρακλείου. Το νερό καταλήγει σε μία χοανοειδή λίμνη διαστάσεων 75 m

επί 50 m, μέσω ενός ευθύγραμμου κατακόρυφου καρστικού αγωγού διαμέτρου 5 μέτρων και βάθους μεταξύ 35 και 110 m και αναβλύζει σε υψόμετρο 3 μέτρων πάνω από τη μέση στάθμη της θάλασσας. Το επίπεδο του νερού μέχρι το 1997 βρισκόταν σε υψόμετρο 2, 3 μέτρων, ρυθμιζόμενο από ένα μικρό φράγμα. Με την κατασκευή μεγαλύτερου φράγματος όμως το 1977, η στάθμη του νερού ρυθμίζεται από 3 έως 10 μέτρα.



**Σχήμα 3.1** Τοποθεσία της περιοχής μελέτης: Η περιοχή του Αλμυρού στο Ηράκλειο, στην Κρήτη (Arfib et al. 2007)

### 3.3 Τροφοδοσία Πηγής και Μηχανισμός Υφαλμύρωσής της

#### 3.3.1 Περιοχή Τροφοδοσίας

Λόγω της ιδιαίτερα σύνθετης γεωλογίας και υδρογεωλογίας της περιοχής, ο ακριβής προσδιορισμός της περιοχής τροφοδοσίας του Αλμυρού έχει υπάρξει δυσχερής και αποτελεί ένα ζήτημα που έχει απασχολήσει αρκετά τους διάφορους ερευνητές που έχουν, κατά καιρούς, ασχοληθεί με την πηγή του Αλμυρού.

Γενικότερα πιστεύεται ότι η πηγή τροφοδοτείται, εκτός από τη βροχόπτωση που κατεισδύει στο έδαφος, και από διάφορες υπόγειες πηγές κάτω από τον ορεινό όγκο του Ψηλορείτη ή πιθανόν και πέρα από αυτόν. Το σίγουρο είναι ότι το γλυκό νερό, προερχόμενο από βροχοπτώσεις και από άλλες πιθανές πηγές, αναμιγνύεται με το νερό της θάλασσας καταλήγοντας έτσι σε υφάλμυρο νερό το οποίο φτάνει στην πηγή

του Αλμυρού. Η ακριβής θέση που λαμβάνει χώρα το τελευταίο φαινόμενο φαίνεται να έχει προσδιοριστεί από διάφορες μελέτες.

Διάφορες υποθέσεις έχουν πραγματοποιηθεί οι οποίες περιορίζουν το καρστικό σύστημα του Αλμυρού μεταξύ 300 km<sup>2</sup> (Arfib et al., 2001) και 500 km<sup>2</sup> (Lambrakis et al., 2000). Οι μελετητές που λαμβάνουν ως έκταση τα 500 km<sup>2</sup>, περιλαμβάνουν το σύνολο του ορεινού όγκου του Ψηλορείτη, παρόλο που τα όρια και η έκτασή του δεν είναι καθορισμένα με ακρίβεια. Μικρότερες εκτάσεις, γύρω στα 300 km<sup>2</sup> καλύπτουν τη μία του πλευρά του βουνού και φτάνουν ως και την κορυφή του περίπου. Στην παρούσα διπλωματική εργασία λαμβάνεται λεκάνης τροφοδοσίας έκτασης 302 km<sup>2</sup> (σύμφωνα με Bonacci et al., 2006) και περιλαμβάνει μέρος του συστήματος του υδροφορέα του Ψηλορείτη.

Φυσικά γεωγραφικά όρια της λεκάνης αποτελούν το Κρητικό Πέλαγος στο Βορρά, η βουνοκορφή του Ψηλορείτη στο Νότο και η παλαιά λεκάνη του Ηρακλείου, στην Ανατολή, καλυμμένη πλέον με νεογενή ιζήματα και κυρίως μάργα.

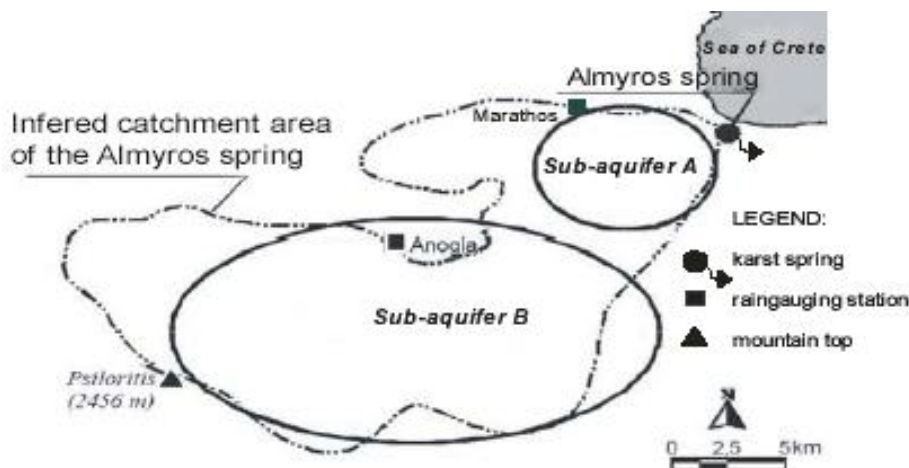
### 3.3.1.1 Διαχωρισμός σε επιμέρους υδροφορείς

Η πηγή του Αλμυρού είναι η μόνη έξοδος μιας σύνθετης περιοχής τροφοδοσίας αποτελούμενης από διάφορους υδροφορείς τον ένα δίπλα στον άλλο ή και σε κάποιες περιπτώσεις με κοινά τμήματα μεταξύ τους (Arfib et al., 2001).

Σύμφωνα με τον Bonacci (2006) και τον Arbif (2001), και με μετρήσεις θερμοκρασίας του νερού και της συγκέντρωσης των χλωριόντων, η περιοχή τροφοδοσίας χωρίζεται σε δύο βασικούς υδροφορείς επιρροής:

A. Στον υδροφορέα A που είναι ο βόρειος υδροφορέας, που χαρακτηρίζεται από χαμηλότερα υψόμετρα και σχετικά υψηλότερες θερμοκρασίες και περιλαμβάνει το υποσύστημα Τυλίσου – Κέρης και

B. Στον υδροφορέα B που βρίσκεται πιο νότια και είναι ορεινότερος και εκτείνεται μέχρι τη βουνοκορφή του Ψηλορείτη (Ιδη) περιλαμβάνοντας τον υδροφορέα της Ίδης. Σύμφωνα με ερευνητές, φαίνεται να είναι ο βασικός υδροφορέας επιρροής.



**Σχήμα 3.2** Τοποθεσία της πηγής του Αλμυρού και της περιοχής τροφοδοσίας της και προτεινόμενη υδρογεωλογική δομή (σύμφωνα με Arfib., 2001)

Ο μικρότερος επιμέρους υδροφορέας Α, με μέγιστη απόσταση 5 km από την πηγή, έχει θερμοκρασία νερού 20 °C περίπου, η οποία είναι μεγαλύτερη από τους 16 °C του νερού της πηγής. Η αλατότητα σε αυτόν τον υδροφορέα δεν έχει εποχιακές διακυμάνσεις, όπως αυτές που παρατηρούνται σε αυτήν του νερού που εκρέει από την πηγή του Αλμυρού. Στοιχεία, όπως η διαφορετική θερμοκρασία και η αλατότητα του υδροφορέα Α, οδηγούν στο συμπέρασμα ότι ο παραπάνω υδροφορέας δε συνδέεται απ'ευθείας με την πηγή του Αλμυρού.

Ο δεύτερος επιμέρους υδροφορέας Β διατηρεί το νερό στη σταθερή θερμοκρασία των 16 °C, το οποίο πέρχεται από χιόνο που έχει λιώσει ή από τη βροχόπτωση σε περιοχές μεγάλου υψομέτρου. Σύμφωνα με μετρήσεις που έχουν διεξαχθεί κατά την καλοκαιρινή και ξηρή περίοδο στην πηγή του Αλμυρού, η θερμοκρασία της πηγής βρέθηκε 16 °C, με εξωτερική θερμοκρασία 30 °C, στοιχείο που οδηγεί στο γεγονός ότι η πηγή τροφοδοτείται κυρίως από τον υδροφορέα Β. Από αυτόν τον επιμέρους υδροφορέα εκρέει φρέσκο νερό το οποίο καταλήγει στην πηγή του Αλμυρού, μέσω μεγάλων υπόγειων καρστικών καναλιών με τυρβώδη ροή.

### 3.3.2 Μηχανισμός Τροφοδοσίας και Υφαλμύρωσης

Όπως προαναφέρθηκε, μέσα στα όρια του πεδινού υδροφορέα της πηγής του Αλμυρού βρίσκεται και το υποσύστημα της Τυλίσου και της Κέρης (υδροφορέας Α, κατά τον Arfib). Το τελευταίο αναπτύσσεται μέσα σε ασβεστόλιθους της ζώνης της



Τρίπολης και έχει σταθερή θερμοκρασία 19 με 20 °C, ενώ του Αλμυρού είναι μεταβαλλόμενη μεταξύ 14 και 16 °C. Αυτό μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι, πιθανότατα, πριν φτάσει στην πηγή το νερό των υδροφορέων Τυλίσου- Κέρης, αναμιγνύεται με μεγάλες ποσότητες ψυχρότερου νερού, με αποτέλεσμα το μίγμα να έχει την παρατηρούμενη θερμοκρασία των 14 - 16 °C.

Οι ψυχρότερες ποσότητες νερού πιστεύεται ότι ανήκουν σε έναν υδροφορέα του Ψηλορείτη (Ίδης) με θερμοκρασία 13,5 με 14 °C και παροχή περίπου 2.5 με 4,5 φορές μεγαλύτερη από την παροχή του υδροφορέα της Τυλίσου- Κέρης. Ο ευρύτερος αυτός υδροφορέας ονομάζεται υδροφορέας της Ίδης (υδροφορέας Β, κατά τον Arfib) και περιλαμβάνεται στο καρστικό υποσύστημα της Ίδης (Μπεζές 1992). Ο υδροφορέας αυτός έχει μεγαλύτερη λεκάνη τροφοδοσίας από το σύστημα της Τυλίσου και ταχύτερη κυκλοφορία, στοιχεία που αιτιολογούν τη διακύμανση της θερμοκρασίας στην πηγή του Αλμυρού, ιδιαίτερα κατά την εποχή τήξης των χιονιών του Ψηλορείτη.

Ο υδροφορέας της Ίδης δεν έχει εντοπισθεί μέχρι σήμερα από τις γεωτρήσεις στην περιοχή της Τυλίσου- Κέρης. Είναι πολύ πιθανό να βρίσκεται σε μεγάλο βάθος και να περιέχεται μέσα στους πλακώδεις ασβεστόλιθους της Ιονίου ζώνης, που υπόκεινται των ασβεστόλιθων της ζώνης της Τρίπολης και των φυλλιτών. Παρόλα αυτά, σύμφωνα με μελέτη του Κ. Μπεζέ ,1992 επιβεβαιώνεται η ύπαρξη του υδροφορέα της Ίδης από την ανωμαλία της πιεζομετρίας, και συγκεκριμένα την υπερύψωση στο διπλάσιο υψόμετρο, στην περιοχή γεωτρήσεων (Βέργης 2006).

Η θερμοκρασία των 14 – 16 °C της πηγής του Αλμυρού είναι ελαφρά υψηλότερη από εκείνη που παρατηρείται συνήθως στις πηγές της Κρήτης που τροφοδοτούνται από τα ψηλά όρη με χιονοπτώσεις το χειμώνα. Στον παρακάτω Πίνακα αναφέρονται ενδεικτικά οι θερμοκρασίες ορισμένων από τις προαναφερθείσες πηγές (Βέργης 2006, αυθεντική πηγή: Ν.Ε. Κουρμούλης- Απογραφή των Καρστικών Πηγών της Ελλάδος- Κρήτη, ΙΓΜΕ, 1979).

**Πίνακας 3.1** Απογραφή καρστικών πηγών και ενδεικτικές θερμοκρασίες των νερών (Βέργης 2006)

Πηγή	Θερμοκρασία °C
Μαλαύρα Λασιθίου	16,5
Ψυχρό Λασιθίου	14,1
Κεφαλόβρυσο Καλαμαύκας	14,2
Αλμυρός Αγ. Νικολάου	14,8
Λουτράκι Βιάννου	13,6
Αλμυρός Ηρακλείου	15,9
Φοντάνα Γέργενης	14,0
Μάτι Ζαρού	13,6
Αλμυρή Πανόρμου	14,2
Κουρταλιώτη	14,0
Αλμυρός Γεωργιούπολης	14,8
Αρμένων	11,8
Στύλου	11,7
Αγίας Χανίων	13,4

Τα παραπάνω στοιχεία ενισχύουν την πιθανότητα ύπαρξης του ψυχρού υδροφορέα της Ίδης (υδροφορέας Β), των οποίων τα νερά αναμιγνύονται με τον πεδινό υδροφορέα της Τυλίσου (υδροφορέας Α). Το πιθανό σημείο ανάμιξής τους βρίσκεται 2,5 περίπου χλμ νοτιοδυτικά του Αλμυρού, καθώς στη ζώνη εκείνη παρατηρείται σημαντική τοπική αύξηση των φορτίων, γεγονός που υποδηλώνει την είσοδο μεγάλων ποσοτήτων νερού προς τον πεδινό υδροφορέα.

### 3.4 Γεωλογικά – Τεκτονικά Χαρακτηριστικά

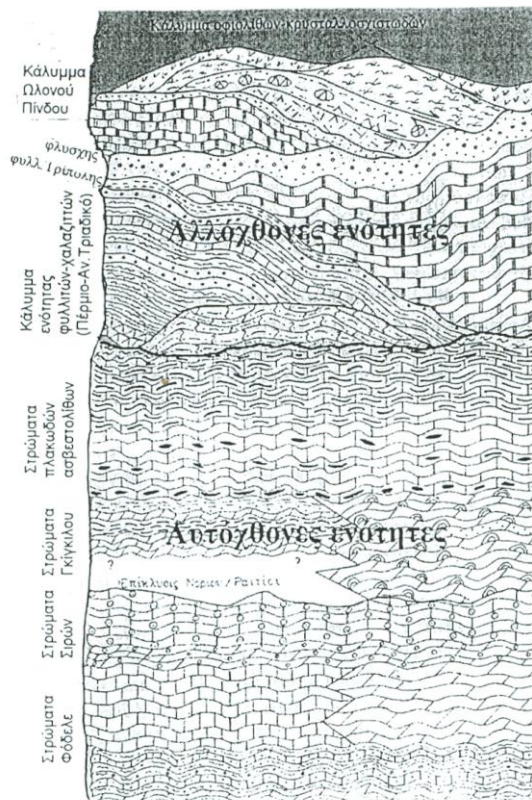
#### 3.4.1 Σύντομη Γεωλογική Ιστορία της Κρήτης

Η Κρήτη έχει ιδιαίτερα πολύπλοκη γεωλογική κατασκευή. Δομείται από ένα αυτόχθον σύστημα και από πέντε αλλόχθονα τα οποία έφτασαν στην περιοχή από βορειότερα όπου βρισκόταν ο χώρος σχηματισμού τους (Μαραμαθάς 2002).

Το αυτόχθον σύστημα είναι η γεωτεκτονική ενότητα της Κρήτης-Μάνης ή Ιόνιος ζώνη κατ' άλλους, της οποίας ο σχηματισμός έγινε στη χώρο της Κρήτης από το Πέρμιο μέχρι τις αρχές του Μειόκαινου. Κατά το μεγαλύτερο μέρος αυτού του τεράστιου χρονικού διαστήματος η Κρήτη ήταν πυθμένας θάλασσας. Τα πετρώματα αυτής της ενότητας είναι κυρίως ανθρακικά ανάμεσά τους όμως παρεμβάλλονται και κλαστικά υλικά. Στην κορυφή της σειράς βρίσκονται οι πλακώδεις ασβεστόλιθοι με

πυριτικές ενδιαστρώσεις που συναντώνται σε πολλές θέσεις στο νησί. Μετά τις αρχές του Μειόκαινου πτυχώθηκε και αναδύθηκε από τη θάλασσα η ενότητα Κρήτης-Μάνης, ενώ στη συνέχεια συνέβησαν οι επωθήσεις των αλλόχθονων ενοτήτων των οποίων ο σχηματισμός έγινε, όπως προαναφέρθηκε, βορειότερα. Οι αλλόχθονες ενότητες είναι:

- Ενότητα Τρυπαλίου που αποτελείται από ασβεστόλιθους. Η εμφάνισή της στην Κρήτη σήμερα είναι περιορισμένη.
- Ενότητα Φυλλιτών-Χαλαζιτών. Επικρατούντα πετρώματα αυτής της σειράς είναι οι φυλλίτες στους οποίους παρεμβάλλονται ορίζοντες χαλαζιτών.
- Ενότητα Τρίπολης. Χαρακτηριστικά πετρώματα αυτής της ενότητας είναι οι έντονα καρστικοποιημένοι μελανόχροι ασβεστόλιθοι και δολομίτες.
- Ενότητα Ωλονού-Πίνδου με χαρακτηριστικά πετρώματα τους έντονα πολυπτυχωμένους ασβεστόλιθους με τους ραδιολαρίτες και
- Ενότητα οφιολίθων και κρυσταλοσχιστωδών με χαρακτηριστικά τα πετρώματα του οφιολιθικού συμπλέγματος (Περιδοτίτες, Σερπεντίνες κα.).



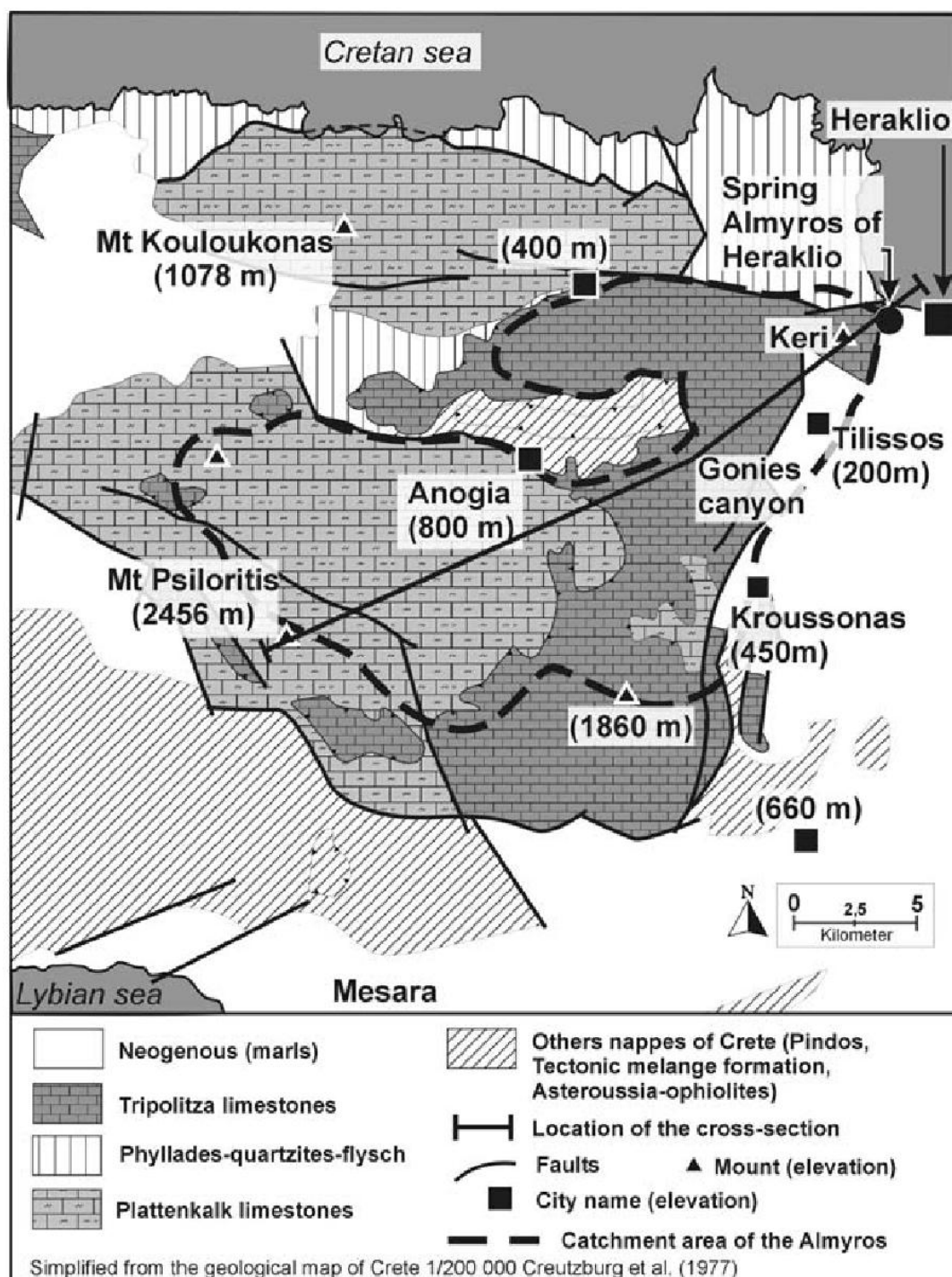
Σχήμα 3.3 Γενική στρωματογραφική στήλη Κρήτης (Μαραμαθάς 2002)

### 3.4.2 Υδρογεωλογική τοποθεσία του Αλμυρού

Στην υδρογεωλογική λεκάνη της πηγής κυριαρχούν τέσσερις γεωλογικοί σχηματισμοί (Μαραμαθάς 2002, Panagoroulos and Lambrakis 2006) οι οποίοι με σειρά από πάνω προς τα κάτω είναι:

1. Στρώματα του Νεογενούς (κατώτερο-μέσο Πλειόκαινο) που ανήκουν στο σχηματισμό της Φοινικιάς. Αποτελούνται ως επί το πλείστον από αδιαπέρατους σχηματισμούς, κυρίως μάργες, αργίλους και μαργαϊκούς ασβεστολίθους. Ο σχηματισμός αυτός στη θέση της πηγής έρχεται σε απ' ευθείας επαφή με τον ασβεστόλιθο της γεωτεκτονικής ενότητας της Τρίπολης μέσω ενός κατακόρυφου ρήγματος διεύθυνσης B-N το οποίο έχει κατεβάσει το ανατολικό τέμαχος σε σχέση με το δυτικό φέρνοντας έτσι σε επαφή τους δύο παραπάνω σχηματισμούς. Η υδρογεωλογική του σημασία είναι ότι φράζει μερικώς την υδρογεωλογική λεκάνη της πηγής προς τη θάλασσα, με αποτέλεσμα τη δημιουργία μικρής υπερπλήρωσης και την έξοδο του νερού από θετικό υψόμετρο.
2. Ασβεστόλιθοι, δολομίτες και δολομιτικοί ασβεστόλιθοι της γεωτεκτονικής ενότητας της Τρίπολης. Η ηλικία τους είναι από ανωτριάδική έως ανωιουρασική. Ανήκουν σε αλλόχθονη σειρά και βρίσκονται επωθημένοι είτε σε στρώματα της ενότητας Φυλλιτών-Χαλαζιτών, είτε απ' ευθείας στους πλακώδεις ασβεστόλιθους. Είναι καρστικοποιημένοι σε όλο τους το πάχος (300m περίπου), κυρίως όμως στα ανώτερα τμήματά τους. Από υδρογεωλογική άποψη παρουσιάζουν εκλεκτική περατότητα και μικρό πορώδες.
3. Σχιστόλιθοι του τεκτονικού καλύμματος των Φυλλιτών-Χαλαζιτών ηλικίας από Πέρμιο έως ανώτερο Τριαδικό. Πρόκειται για αδιαπέρατο σχηματισμό που έχει επωθηθεί πάνω στους πλακώδεις ασβεστόλιθους της αυτόχθονης σειράς. Παρεμβάλλονται σε ορισμένα σημεία μεταξύ των ασβεστόλιθων της Τρίπολης και των πλακωδών ασβεστολίθων.
4. Πλακώδεις ασβεστόλιθοι της Ιονίου ζώνης ή της ενότητας Κρήτης-Μάνης. Πρόκειται για ανακρυσταλλωμένους ασβεστόλιθους έως μάρμαρα ηλικίας από μέσο Ιουρασικό έως Ηώκαινο. Είναι καρστικοποιημένοι, παρουσιάζουν όμως

λιγότερο εκλεκτική περατότητα και μεγαλύτερο πορώδες από τους ασβεστόλιθους της Τρίπολης.



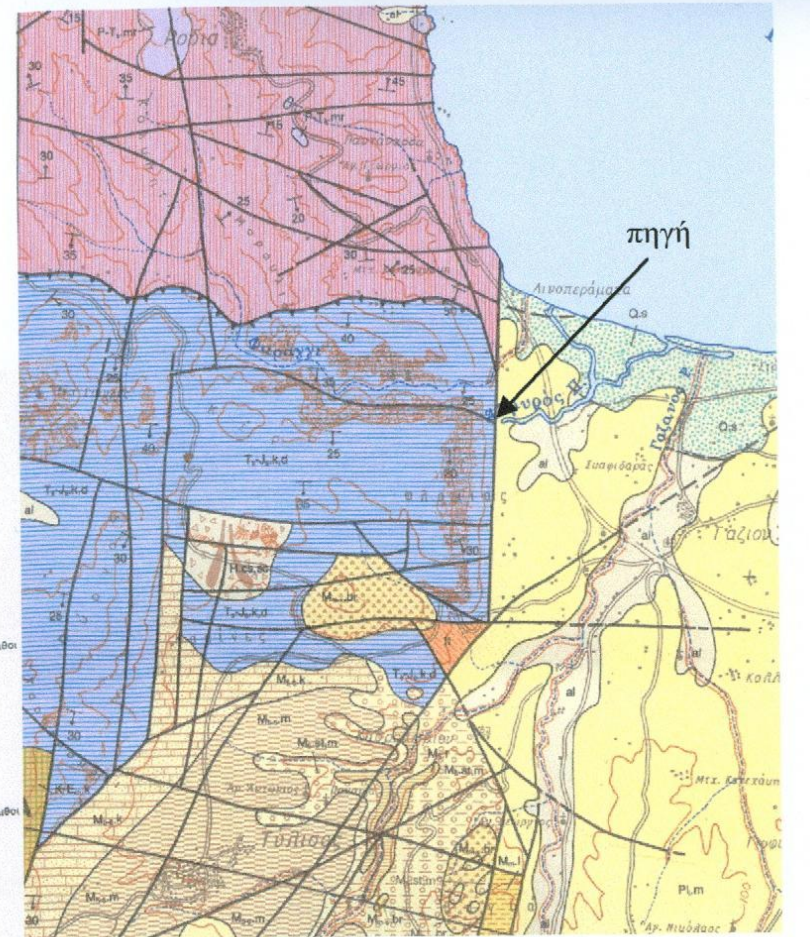
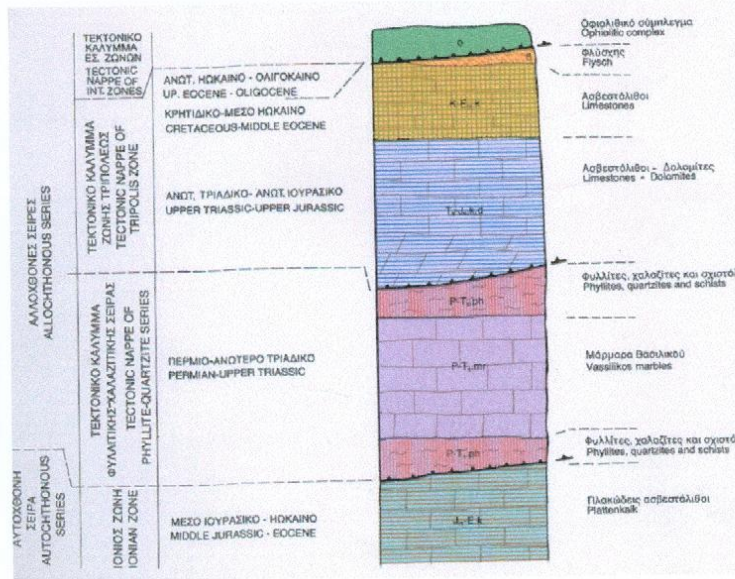
Σχήμα 3.4 Γενικός χάρτης της περιοχής τροφοδοσίας: γεωλογική δομή, υψόμετρα, βουνοκορφές και πόλεις (Arfib et al. 2007)



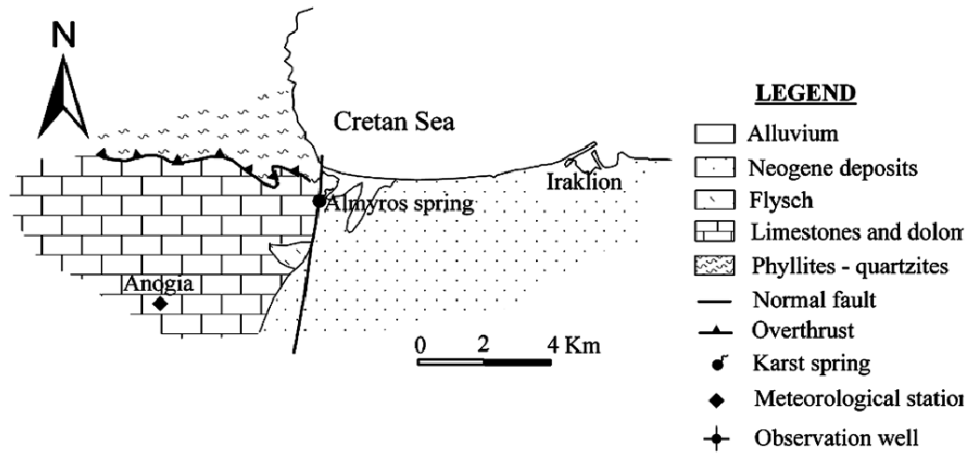
**ΜΕΤΑΛΠΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ**  
 al ποτάμια αποθέσεις και αποθέσεις κλειστών  
 λεκανών

Pli.m λευκές μάργες (σχηματισμός Φοινικιάς)

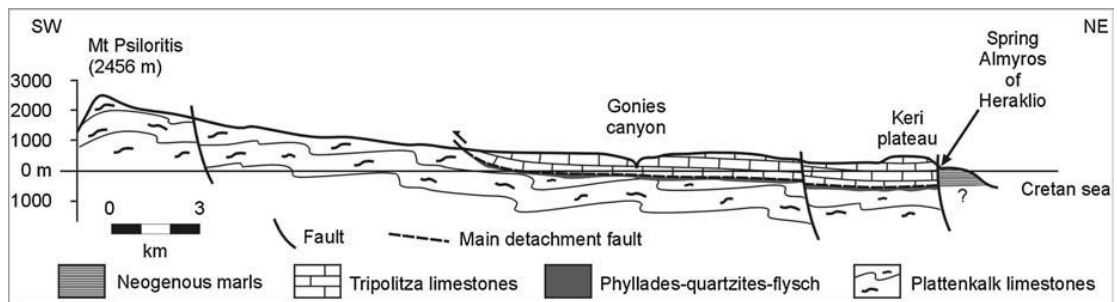
**ΑΛΠΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ**



Σχήμα 3.5 Φύλλο γεωλογικού χάρτη για την περιοχή της πηγής του Αλμυρού (πηγή: ΙΓΜΕ)



Σχήμα 3.5 Γεωλογικός χάρτης της περιοχής γύρω από την πηγή του Αλμυρού (Panagoroulou and Lambrakis 2006)



Σχήμα 3.6 Γεωλογική τομή ΝΔ-ΒΑ από τον Ψηλορείτη (υψόμετρο 2456 μέτρα) μέχρι την πηγή του Αλμυρού (Arfib et al. 2007)

### 3.5 Φαράγγι και Υγρότοπος Αλμυρού

Το υγροτοπικό σύστημα του Αλμυρού αποτελείται από την πηγή υφάλμυρου νερού με σημαντική, όμως, παροχή, από το φράγμα που συλλέγει το νερό της πηγής και τον ποταμό μόνιμης ροής που μεταφέρει το νερό σε μια απόσταση 1100 – 1200 μέτρα μέχρι τη θάλασσα. Στις εκβολές του ποταμού παρατηρείται ο σχηματισμός ενός Δέλτα, στο οποίο μάλιστα λειτουργεί και ο υποσταθμός της ΔΕΗ. Στο παρελθόν, ανάμεσα στους δύο βραχίονες του Δέλτα υπήρχε ένα έλος σε αρκετά καλή κατάσταση το οποίο, όμως, σήμερα έχει περιοριστεί αισθητά λόγω της τουριστικής δραστηριότητας στην περιοχή.

Το υδρολογικό σύστημα του Αλμυρού (πηγή, έλος, ποτάμι και Δέλτα) μαζί με το φαράγγι του Αλμυρού αποτελούν σημαντική τοποθεσία για την Κρήτη για τέσσερις βασικότερους λόγους.

- A. Εξαιτίας του περιορισμένου αριθμού σωμάτων επιφανειακών νερών στην Κρήτη
- B. Λόγω της μεγάλης ποικιλίας βιοτόπων σε μια σχετικά μικρή έκταση
- Γ. Στην τοποθεσία παρατηρούνται πολλά ενδημικά και σπάνια είδη της χλωρίδας και συστάδες φοινίκων.
- Δ. Εξαιτίας της σπουδαιότητας της περιοχής για τα μεταναστευτικά πουλιά και την αναπαραγωγή των παρυδάτιων πουλιών. Ένα είδος θηλαστικού και σημαντικά αμφίβια και ερπετά της περιοχής προστατεύονται από την Ελληνική Νομοθεσία (Π.Δ 67/81)





*Σχήμα 3.7* Εικόνες του Υγρότοπου του Αλμυρού (πηγή: Κέντρο περιβαλλοντικής εκπαίδευσης Νεάπολης Κρήτης)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

# Στοιχεία Πηγής & Πρωτογενής Επεξεργασία

### 4.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα γενικά ποιοτικά και ποσοτικά στοιχεία της πηγής του Αλμυρού, τα οποία αφορούν την παροχή της πηγής και τη συγκέντρωση των χλωριόντων της.

Τα δεδομένα καλύπτουν τη χρονική περίοδο 1975 – 2001 και είναι σε μηναία κλίμακα.

Παρακάτω παρουσιάζονται πίνακες και γραφήματα για τα δεδομένα των δύο χρονοσειρών. Τα δεδομένα της παροχής της πηγής παραχωρήθηκαν από την Υ.Ε.Β, ενώ τα δεδομένα συγκέντρωσης των χλωριόντων ψηφιοποιήθηκαν από υπάρχοντα διαγράμματα, για κάθε έτος της περιόδου που μελετάται, με τη βοήθεια του λογισμικού Surfer.

## 4.2 Ποσοτικά Στοιχεία - Παροχή Πηγής

Η παροχή της πηγής είναι συνεχής κατά τη διάρκεια του υδρολογικού κύκλου, εμφανίζοντας μία ελάχιστη παροχή της τάξεως των  $3.38 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  την καλοκαιρινή περίοδο, ενώ τους χειμερινούς μήνες η μέγιστη παροχή φτάνει τα  $23.29 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ , σύμφωνα με επεξεργασία δείγματος 30 ετών. Σημειώνεται ότι σε μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί (Maramathas et al., 2003), η μέγιστη παροχή αναφέρεται ότι φτάνει τα 70 με  $80 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ , στοιχείο που δεν παρατηρήθηκε στα δεδομένα της παρούσας εργασίας. Η μέση ετήσια παροχή της πηγής του Αλμυρού υπολογίζεται γύρω στα 240,3 εκατομμύρια κυβικά μέτρα.

Πρόσθετο στοιχείο που έχει παρατηρηθεί, σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, είναι πως όταν η παροχή ξεπερνάει τα  $12\text{m}^3\text{s}^{-1}$ , το νερό της είναι σχεδόν γλυκό (Βέργης 2006).

Στον παρακάτω συγκεντρωτικό πίνακα δίνεται η μηνιαία παροχή της πηγής σε  $10^6 \text{ m}^3$  για την περίοδο που εξετάστηκε, δηλαδή τα έτη 1975 με 2001. Ημερήσια στοιχεία της παροχής της πηγής παρατίθενται στο Παράρτημα.

*Πίνακας 4.1 Μηνιαίος όγκος νερού της πηγής Αλμυρού σε 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> (πηγή: Υ.Ε.Β)*

ΕΤΟΣ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	SUM
<b>1971-72</b>	10,28	9,93	10,39	12,71	18,80	24,05	29,24	17,14	21,06	14,60	15,17	11,55	<b>194,92</b>
<b>1972-73</b>	10,50	14,94	17,38	29,96	49,35	32,80	28,80	17,45	14,86	13,52	11,18	9,59	<b>250,34</b>
<b>1973-74</b>	9,26	8,80	9,12	10,49	22,95	29,37	32,31	15,82	13,15	12,18	11,55	10,89	<b>185,89</b>
<b>1974-75</b>	9,81	9,08	8,76	11,37	29,58	43,79	28,23	16,29	13,15	12,33	11,02	9,87	<b>203,29</b>
<b>1975-76</b>	9,36	9,70	9,95	22,42	40,35	41,19	42,15	29,78	20,68	18,09	15,44	13,79	<b>272,89</b>
<b>1976-77</b>	12,57	17,31	27,37	27,63	20,22	22,64	26,49	24,55	19,60	13,24	10,73	9,23	<b>231,58</b>
<b>1977-78</b>	10,57	15,20	11,10	36,48	55,09	33,66	26,35	21,92	15,97	14,31	13,16	12,63	<b>266,44</b>
<b>1978-79</b>	11,50	13,54	18,48	29,81	26,64	23,30	32,12	16,50	14,08	13,53	12,47	11,41	<b>223,38</b>
<b>1979-80</b>	13,32	11,87	17,04	28,34	29,85	41,37	34,93	25,52	18,53	15,82	14,60	13,38	<b>264,58</b>
<b>1980-81</b>	12,80	12,88	11,79	19,21	37,43	39,26	29,13	18,80	15,12	14,00	13,82	13,21	<b>237,47</b>
<b>1981-82</b>	12,03	11,66	13,01	21,53	17,36	50,00	41,35	25,34	16,59	14,46	12,83	12,42	<b>248,59</b>
<b>1982-83</b>	13,67	13,09	13,87	14,89	28,71	37,98	44,97	27,42	18,13	15,68	13,98	13,28	<b>255,68</b>
<b>1983-84</b>	13,32	12,64	18,77	34,02	30,46	39,73	29,58	19,89	17,55	15,00	14,52	13,16	<b>258,62</b>
<b>1984-85</b>	11,50	10,98	25,31	27,54	41,42	34,35	26,68	22,16	17,07	15,49	13,84	13,09	<b>259,43</b>
<b>1985-86</b>	12,74	12,73	14,39	21,24	17,53	27,81	18,05	14,73	13,74	13,22	12,70	12,10	<b>190,98</b>
<b>1986-87</b>	11,38	11,09	14,02	25,76	31,96	26,23	37,47	30,02	33,35	15,29	12,44	10,96	<b>259,99</b>
<b>1987-88</b>	11,63	11,79	11,53	18,83	24,03	32,30	32,38	19,54	14,75	13,74	13,32	12,57	<b>216,40</b>
<b>1988-89</b>	12,67	17,99	21,74	23,45	21,78	22,05	27,68	19,00	15,07	13,02	12,43	11,36	<b>218,24</b>
<b>1989-90</b>	10,65	11,59	15,58	14,83	15,56	26,05	15,93	12,80	11,64	10,55	9,93	9,62	<b>164,73</b>
<b>1990-91</b>	9,02	9,18	9,85	12,34	25,79	40,56	24,52	17,41	14,26	11,16	10,48	9,51	<b>194,08</b>
<b>1991-92</b>	9,11	9,11	10,56	41,68	27,85	32,51	39,73	38,09	22,65	17,13	12,97	11,81	<b>273,20</b>
<b>1992-93</b>	9,61	9,18	9,18	15,16	22,96	32,38	29,90	22,31	19,80	13,59	11,32	9,33	<b>204,73</b>
<b>1993-94</b>	9,33	9,33	16,48	15,90	28,58	37,44	20,94	19,07	13,87	12,56	11,70	10,02	<b>205,24</b>
<b>1994-95</b>	41,23	13,11	45,19	31,89	33,47	24,92	23,37	20,41	16,10	14,35	13,30	12,08	<b>289,42</b>
<b>1995-96</b>	10,37	9,59	9,07	13,75	42,56	45,76	40,36	19,83	17,04	14,41	12,96	11,66	<b>247,37</b>
<b>1996-97</b>	10,37	11,06	10,63	29,91	31,63	33,93	60,37	27,80	16,95	15,81	15,16	13,74	<b>277,36</b>
<b>1997-98</b>	12,53	16,27	17,96	27,67	20,65	27,71	38,35	30,28	15,40	14,26	12,96	11,66	<b>245,71</b>
<b>1998-99</b>	11,66	10,37	10,37	31,48	39,64	21,27	15,08	21,53	12,96	12,96	11,66	10,37	<b>209,36</b>
<b>1999-00</b>	9,07	9,07	13,15	33,87	34,19	45,25	26,60	20,64	16,85	15,55	12,96	10,37	<b>247,58</b>
<b>2000-01</b>	10,37	11,66	12,96	15,72	27,59	25,81	22,52	19,17	16,85	14,26	10,37	9,07	<b>196,35</b>
<b>mean</b>	<b>12,07</b>	<b>11,82</b>	<b>15,17</b>	<b>23,33</b>	<b>29,80</b>	<b>33,18</b>	<b>30,85</b>	<b>21,71</b>	<b>16,89</b>	<b>14,14</b>	<b>12,70</b>	<b>11,46</b>	<b>233,13</b>
<b>min</b>	<b>9,02</b>	<b>8,80</b>	<b>8,76</b>	<b>10,49</b>	<b>15,56</b>	<b>21,27</b>	<b>15,08</b>	<b>12,80</b>	<b>11,64</b>	<b>10,55</b>	<b>9,93</b>	<b>9,07</b>	<b>164,73</b>
<b>max</b>	<b>41,23</b>	<b>17,99</b>	<b>45,19</b>	<b>41,68</b>	<b>55,09</b>	<b>50,00</b>	<b>60,37</b>	<b>38,09</b>	<b>33,35</b>	<b>18,09</b>	<b>15,44</b>	<b>13,79</b>	<b>289,42</b>

### 4.3 Ποιοτικά Στοιχεία - Χλωριόντα

#### 4.3.1 Γενικά

Όπως είναι λογικό, η ποιότητα της πηγής δεν παραμένει σταθερή, αλλά μεταβάλλεται στο χρόνο. Συγκεκριμένα, αύξηση της βροχόπτωσης, ιδιαίτερα τους χειμερινούς μήνες, συνεπάγεται μείωση των χλωριόντων ή με άλλα λόγια καλύτερη ποιότητα. Αντίθετα, κατά το καλοκαίρι το φαινόμενο της υφαλμύρωσης είναι έντονο και το νερό συνεπώς υφάλμυρο. Από δεδομένα 30 χρόνων, η περιεκτικότητα της πηγής σε χλωριόντα μεταβάλλεται από 26,4 ppm ελάχιστη τιμή έως 5851,0 ppm μέγιστη τιμή.

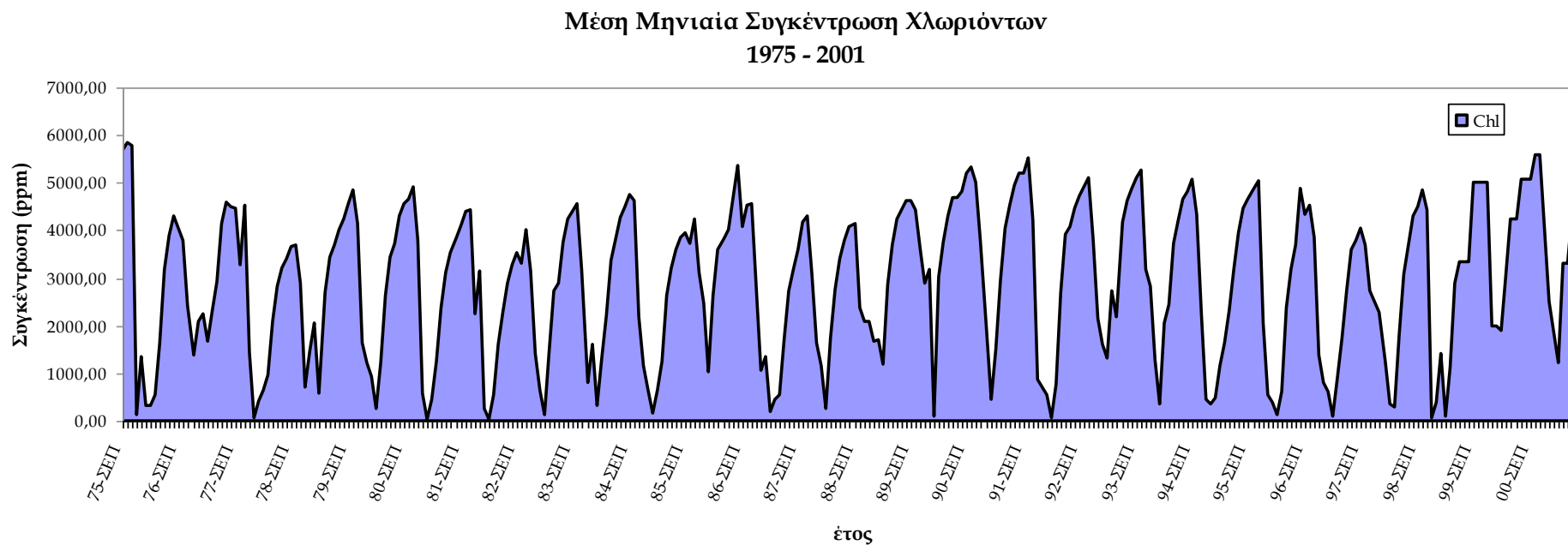
Όπως αναφέρθηκε και στην εισαγωγή του κεφαλαίου, λόγω έλλειψης πρωτογενών στοιχείων, τα δεδομένα συγκέντρωσης των χλωριόντων της πηγής ψηφιοποιήθηκαν, με τη βοήθεια του λογισμικού Surfer, από υπάρχοντα διαγράμματα της βιβλιογραφίας, για κάθε υδρολογικό έτος από το 1975 έως το 2001.

#### 4.3.2 Διαγράμματα

Παρακάτω παρουσιάζεται, αρχικά, για όλο το δείγμα των 26 χρόνων, η συγκέντρωση χλωριόντων ανά μήνα (Σχήμα 4.1).

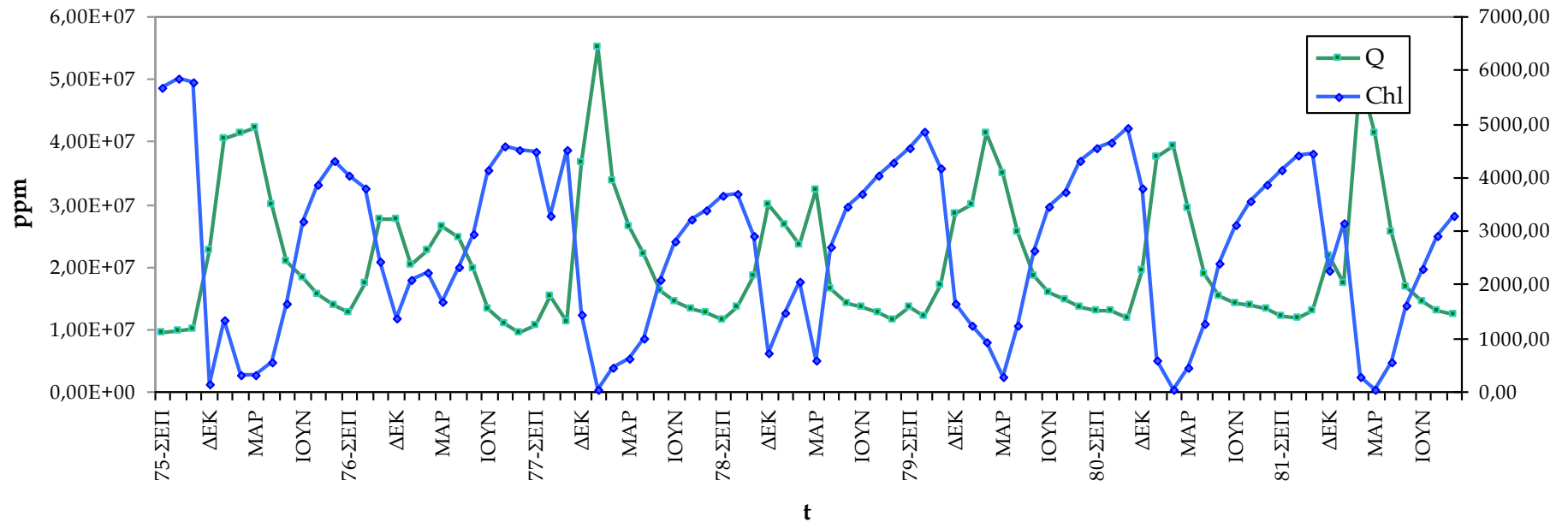
Σε επόμενες σελίδες παρουσιάζονται διαγράμματα της συγκέντρωσης των χλωριόντων συναρτήσει της παροχής της πηγής, για κάθε μήνα για τα 26 χρόνια του δείγματος (σχήματα 4.2<sup>αβγδ</sup>). Όπως ήταν αναμενόμενο, τα δύο μεγέθη αυξομειώνονται αντίθετα. Τους χειμερινούς μήνες παρατηρείται αύξηση της παροχής και μείωση της συγκέντρωσης των χλωριόντων, ενώ κατά την καλοκαιρινή περίοδο συμβαίνει το ακριβώς αντίθετο.

Στη συνέχεια, με εφαρμογή της μεθόδου ελαχίστων τετραγώνων για τα μεγέθη της συγκέντρωσης των χλωριόντων και της παροχής της πηγής, προέκυψε η εκθετική συνάρτηση η οποία φαίνεται στο σχήμα 4.3, με συντελεστή  $R^2 = 0.67$ . Όπου  $y$  είναι η συγκέντρωση χλωριόντων μετρημένη σε ppm και  $x$  είναι η παροχή της πηγής εκφρασμένη σε  $10^6 \text{ m}^3$ .



*Σχήμα 4.1* Διάγραμμα μηνιαίας συγκέντρωσης χλωριόντων για την περίοδο 1975-2001

Χλωριόντα - Παροχή  
1975 - 1981

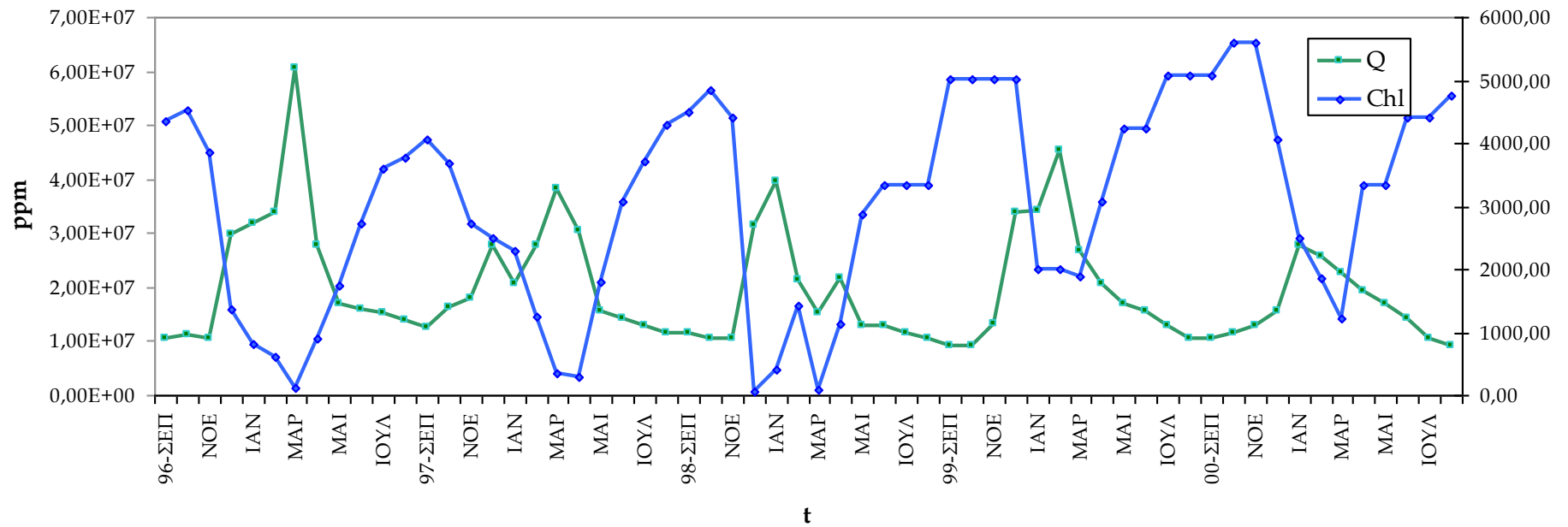






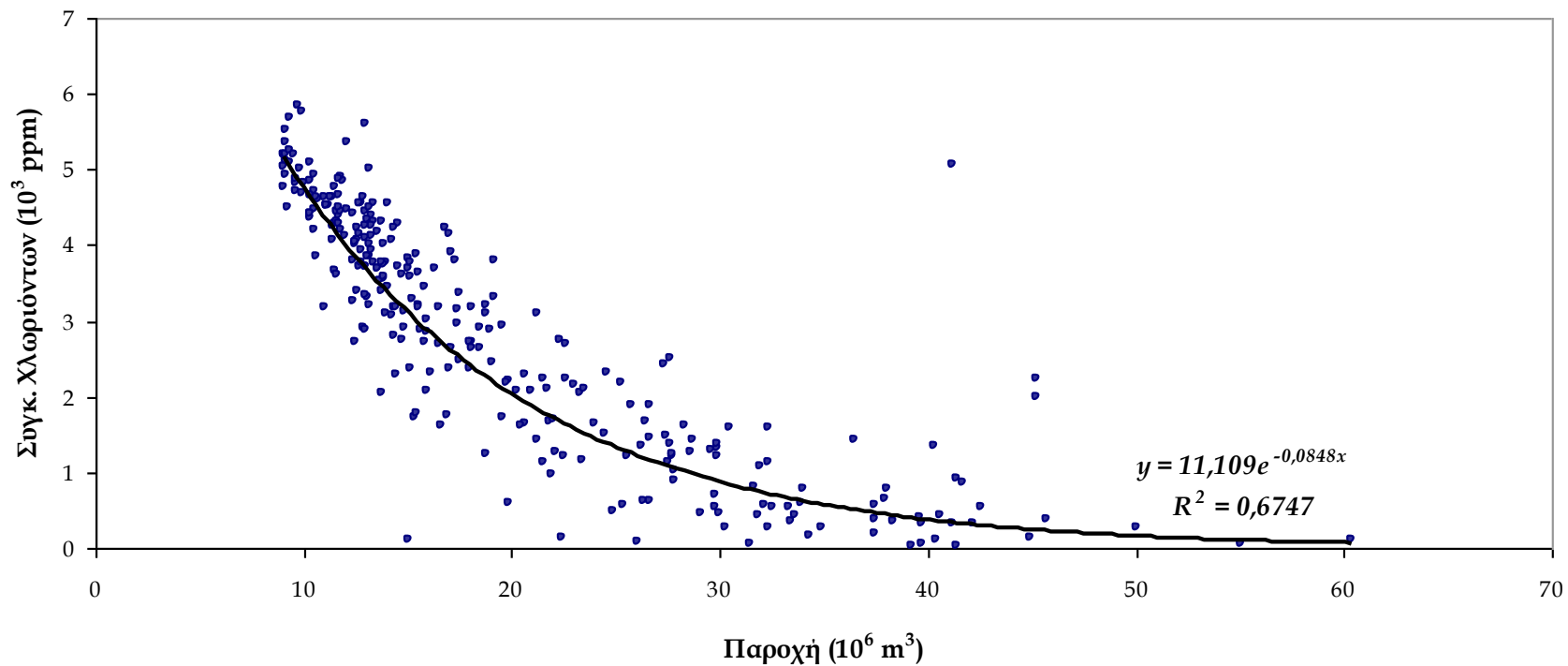


Χλωριόντα - Παροχή  
1996 - 2001



Σχήμα 4.2<sup>δ</sup> Διάγραμμα χλωριόντων και παροχής σε μηνιαία βάση για την περίοδο 1996-2001

Συσχέτιση Παροχής - Χλωριόντων (σε μηνιαία βάση)  
1975 - 2001



Σχήμα 4.3 Διάγραμμα συσχέτισης χλωριόντων και παροχής, σε μηνιαία βάση για την περίοδο 1975-2001

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

# Βροχομετρικοί Σταθμοί και Επεξεργασία Βροχομετρικών Δεδομένων

### 5.1 Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται οι τρεις σταθμοί που μελετήθηκαν και στοιχεία γεωγραφίας για αυτούς, καθώς και οι χρονοσειρές της βροχόπτωσης για τους σταθμούς αυτούς.

### 5.2 Βροχομετρικοί Σταθμοί και Δεδομένα

Περιμετρικά της περιοχής τροφοδοσίας της πηγής του Αλμυρού βρίσκονται σε λειτουργία διάφοροι βροχομετρικοί σταθμοί της Υ.Ε.Β και της Ε.Μ.Υ. Στο πλαίσιο της εργασίας πραγματοποιήθηκε επεξεργασία τριών από τους σταθμούς εν λειτουργία. Οι σταθμοί, των οποίων τα δεδομένα συνελέγησαν και αξιολογήθηκαν, είναι αυτοί του Ηρακλείου, των Ανωγείων και του Κρουσώνα. Οι παραπάνω σταθμοί

επιλέχτηκαν λόγω της γεωγραφικής τους θέσης και κρίθηκαν οι καταλληλότεροι για επεξεργασία.

Παρακάτω παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά των βροχομετρικών σταθμών.

*Πίνακας 5.1 Χαρακτηριστικά Βροχομετρικών Σταθμών (πηγή Υ.Ε.Β)*

Σταθμός	Νομός	Γ. Μήκος	Γ. Πλάτος	ΕΓΣΑ87-Χ	ΕΓΣΑ87-Υ	Υψόμετρο(m)	Φορέας
Ηράκλειο	Ηρακλείου	025:07:00E	35:20:00N	607349,8	3910240	15	Υ.Ε.Β
Ανώγεια	Ρεθύμνης	024:53:00E	35:17:00N	579796,3	3904930	740	Υ.Ε.Β
Κρουσώνας	Ηρακλείου	024:59:00E	35:14:00N	589276,3	3898390	500	Υ.Ε.Β

### 5.2.1 Παρατηρήσεις για τους βροχομετρικούς σταθμούς

#### ΗΡΑΚΛΕΙΟ

Μηνιαία Δεδομένα – Παραχωρήθηκαν από την Υ.Ε.Β Ηρακλείου σε έντυπη μορφή και καλύπτουν μια περίοδο 26 χρόνων από 1/ 9/ 1975 έως 31/ 8/ 2001.

#### ΚΡΟΥΣΩΝΑΣ

Μηνιαία Δεδομένα – Παραχωρήθηκαν από την Υ.Ε.Β Ηρακλείου σε έντυπη μορφή και καλύπτουν μια περίοδο 41 χρόνων από 1/ 9/ 1964 έως 31/ 8/ 2005.

#### ΑΝΩΓΕΙΑ

A. Μηνιαία Δεδομένα – Παραχωρήθηκαν από την Υ.Ε.Β Ηρακλείου σε έντυπη μορφή και καλύπτουν μια περίοδο 78 χρόνων από 1/ 9/ 1919 έως 31/ 8/ 2001.

B. Ημερήσια Δεδομένα – Βρέθηκαν αρχειοθετημένα δεδομένα από έντυπα της Υ.Ε.Β Ηρακλείου για το διάστημα 1/9/1973 έως 31/8/2001.

Στο σχήμα 3.4 του κεφαλαίου 3, φαίνονται οι βροχομετρικοί σταθμοί στη γενικότερη περιοχή μελέτης και σε σχέση με τη λεκάνη τροφοδοσίας.

Οι αναλυτικοί πίνακες των μηνιαίων και ημερήσιων τιμών βροχόπτωσης, για κάθε έναν από τους τρεις βροχομετρικούς σταθμούς, περιέχονται στο Παράρτημα.

### 5.3 Επεξεργασία Δεδομένων

Στις παρακάτω ενότητες παρουσιάζεται η επεξεργασία των μετρήσεων των βροχομετρικών σταθμών που αναφέρθηκαν παραπάνω. Οι εργασίες που πραγματοποιήθηκαν περιλαμβάνουν:

- Αξιολόγηση των πρωτογενών μηνιαίων μετρήσεων και εξαγωγή των ετήσιων τιμών
- Έλεγχο ποιότητας- ομογένειας των ετήσιων τιμών
- Ορισμός ευρύτερης περιοχής μελέτης
  - Λεκάνη Απορροής
  - Λεκάνη Τροφοδοσίας
- Πραγματοποίηση δύο σεναρίων για την περιοχή τροφοδοσίας
  - Δημιουργία ψηφιακού μοντέλο εδάφους
  - Υπολογισμό μέσου υψομέτρου της λεκάνης απορροής
  - Μέθοδος Πολυγώνων Thiessen

### 5.4 Έλεγχος Ομογένειας (Ποιότητας) Παρατηρήσεων

Πριν την ανάλυση των βροχομετρικών δεδομένων των σταθμών, πρέπει πρώτα να ελεγχθεί η ποιότητα και η πληρότητα των δεδομένων. Έτσι, λοιπόν, στο πλαίσιο του ελέγχου της ποιότητας των παρατηρήσεων πραγματοποιήθηκε ο έλεγχος ομογένειάς τους. Με τον έλεγχο ομογένειας ελέγχεται κατά πόσο το σύνολο των παρατηρήσεων προέκυψε με τις ίδιες συνθήκες μετρήσεως. Σύμφωνα με τη μέθοδο ελέγχονται τα ετήσια ύψη βροχής των σταθμών, λαμβανομένων ανά δύο, με τη μέθοδο της διπλής αθροιστικής καμπύλης.

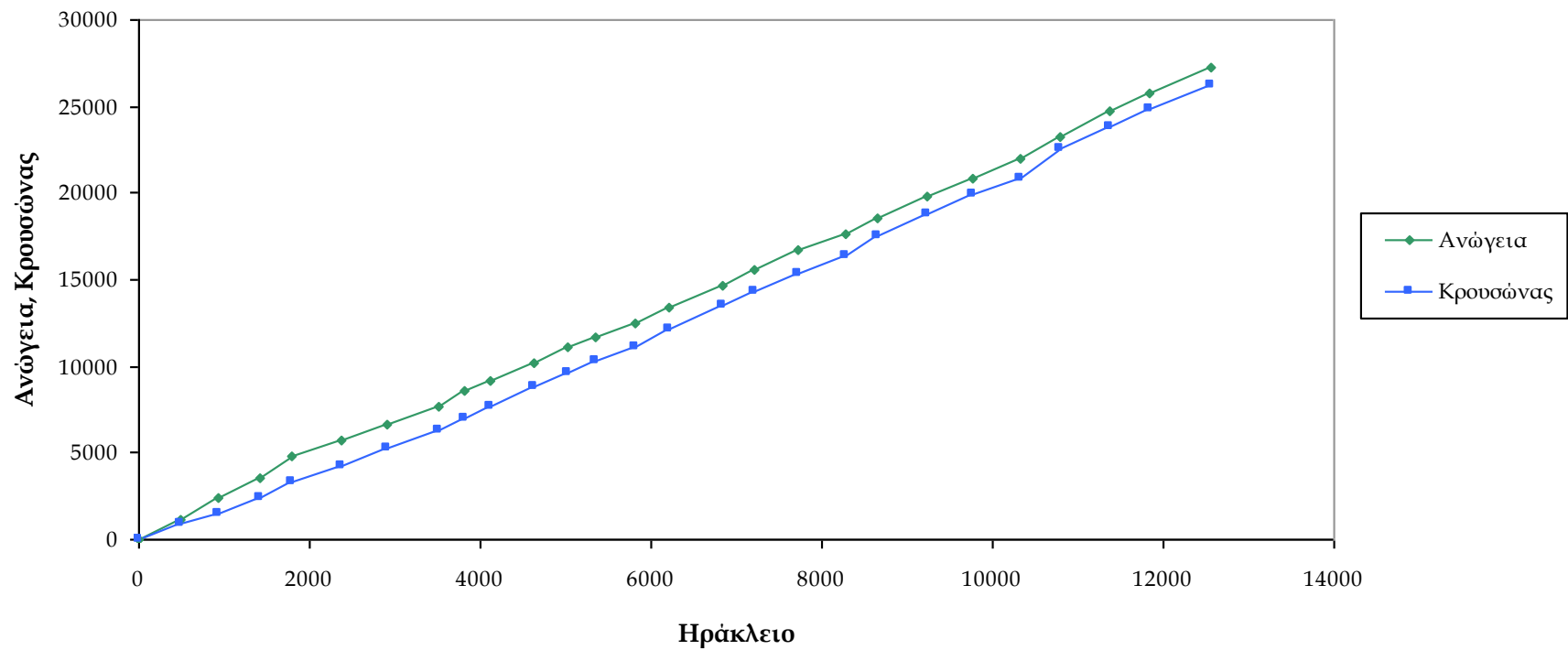
Στο διάγραμμα τοποθετούνται στον άξονα x τα αθροιστικά ύψη βροχής του σταθμού βάσης, ξεκινώντας από το πιο πρόσφατο έτος (2000 - 2001) προς το πρώτο (1975 – 1976). Αυτό συμβαίνει επειδή για τη διόρθωσή των δεδομένων θεωρούνται πιο αξιόπιστες οι πιο πρόσφατες μετρήσεις και η διόρθωση γίνεται στο παλαιότερο υποσύνολο. Ο άξονας y απεικονίζει τα αθροιστικά ύψη βροχής του σταθμού που είναι υπό έλεγχο.

Παρακάτω παρουσιάζονται ετήσια και ετήσια αθροιστικά βροχομετρικά δεδομένα των σταθμών της περιοχής μελέτης καθώς και τα διαγράμματα διπλής αθροιστικής καμπύλης για κάθε δυνατό ζεύγος βροχομετρικών σταθμών.

*Πίνακας 5.2 Ετήσια και ετήσια αθροιστικά βροχομετρικά δεδομένα των σταθμών της περιοχής μελέτης*

ΥΔΡ. ΕΤΟΣ	Ανώγεια	αθροιστικά	Ηράκλειο	αθροιστικά	Κρουσώνας	αθροιστικά
		0		0		0
2000-01	1179,5	1179,5	494,2	494,2	858,9	858,9
1999-00	1236,6	2416,1	447,2	941,4	655,7	1514,6
1998-99	1095,7	3511,8	479,1	1420,5	835,7	2350,3
1997-98	1256	4767,8	362	1782,5	952,6	3302,9
1996-97	1011,2	5779,0	599,3	2381,8	920,7	4223,6
1995-96	870,8	6649,8	525,5	2907,3	1008,9	5232,5
1994-95	975,7	7625,5	598,2	3505,5	1018	6250,5
1993-94	928,4	8553,9	304,4	3809,9	770,1	7020,6
1992-93	589,1	9143,0	303,9	4113,8	666,5	7687,1
1991-92	1096	10239,0	513,4	4627,2	1115,5	8802,6
1990-91	849	11088,0	407,1	5034,3	860,1	9662,7
1989-90	629	11717,0	316,4	5350,7	688,3	10351,0
1988-89	806,3	12523,3	463	5813,7	782	11133,0
1987-88	819,6	13342,9	392,1	6205,8	1049,8	12182,8
1986-87	1368,3	14711,2	620,6	6826,4	1345	13527,8
1985-86	888,1	15599,3	387,3	7213,7	784,6	14312,4
1984-85	1098,6	16697,9	500,4	7714,1	990,5	15302,9
1983-84	970,9	17668,8	559,5	8273,6	1022,2	16325,1
1982-83	936,1	18604,9	377,2	8650,8	1146,8	17471,9
1981-82	1209,2	19814,1	586,7	9237,5	1261,6	18733,5
1980-81	1034,3	20848,4	540,4	9777,9	1147,1	19880,6
1979-80	1168,9	22017,3	545,7	10323,6	964,5	20845,1
1978-79	1219,9	23237,2	464,3	10787,9	1667,9	22513,0
1977-78	1527	24764,2	587,1	11375,0	1294,2	23807,2
1976-77	1001	25765,2	465,7	11840,7	1019,1	24826,3
1975-76	1489,7	27254,9	724,1	12564,8	1375,4	26201,7

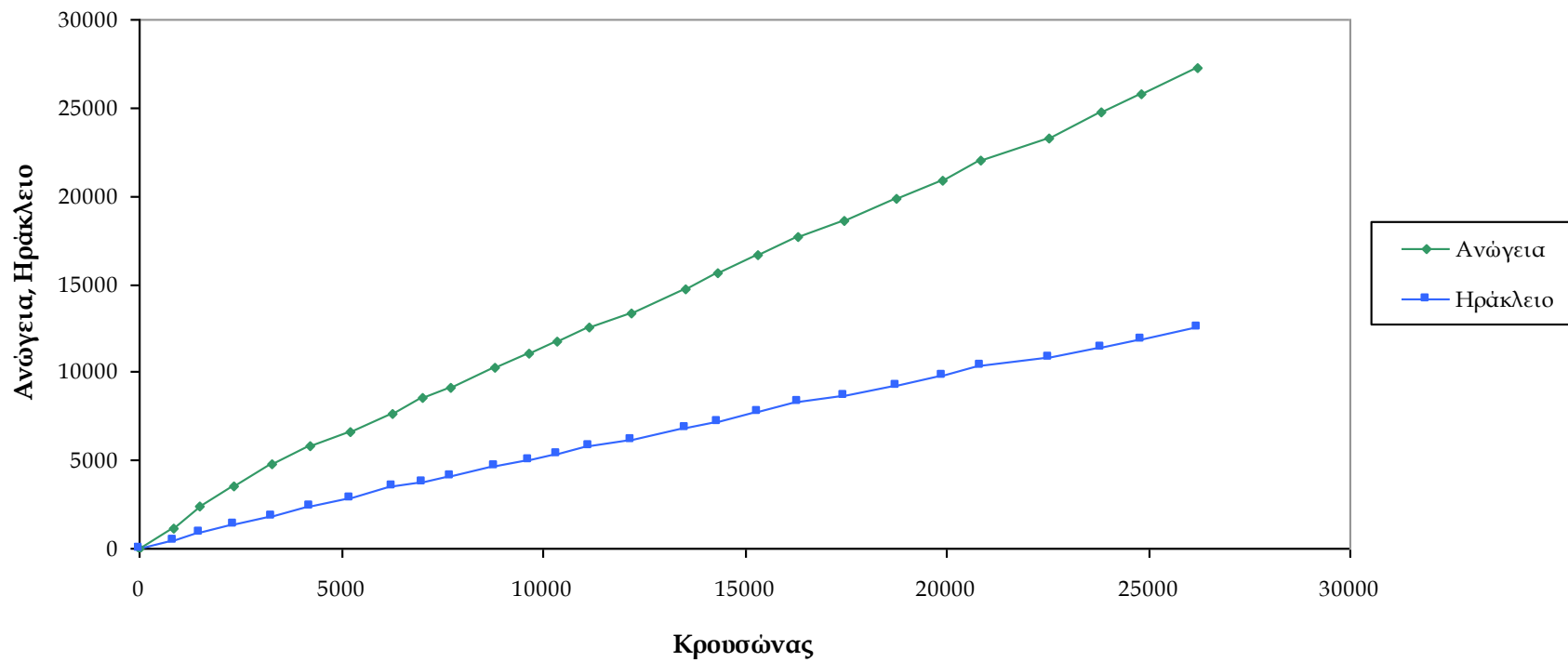
### Σταθμός Βάσης: ΗΡΑΚΛΕΙΟ



Σχήμα 5.1 Έλεγχος ομογένειας – Σταθμός βάσης Ηράκλειο

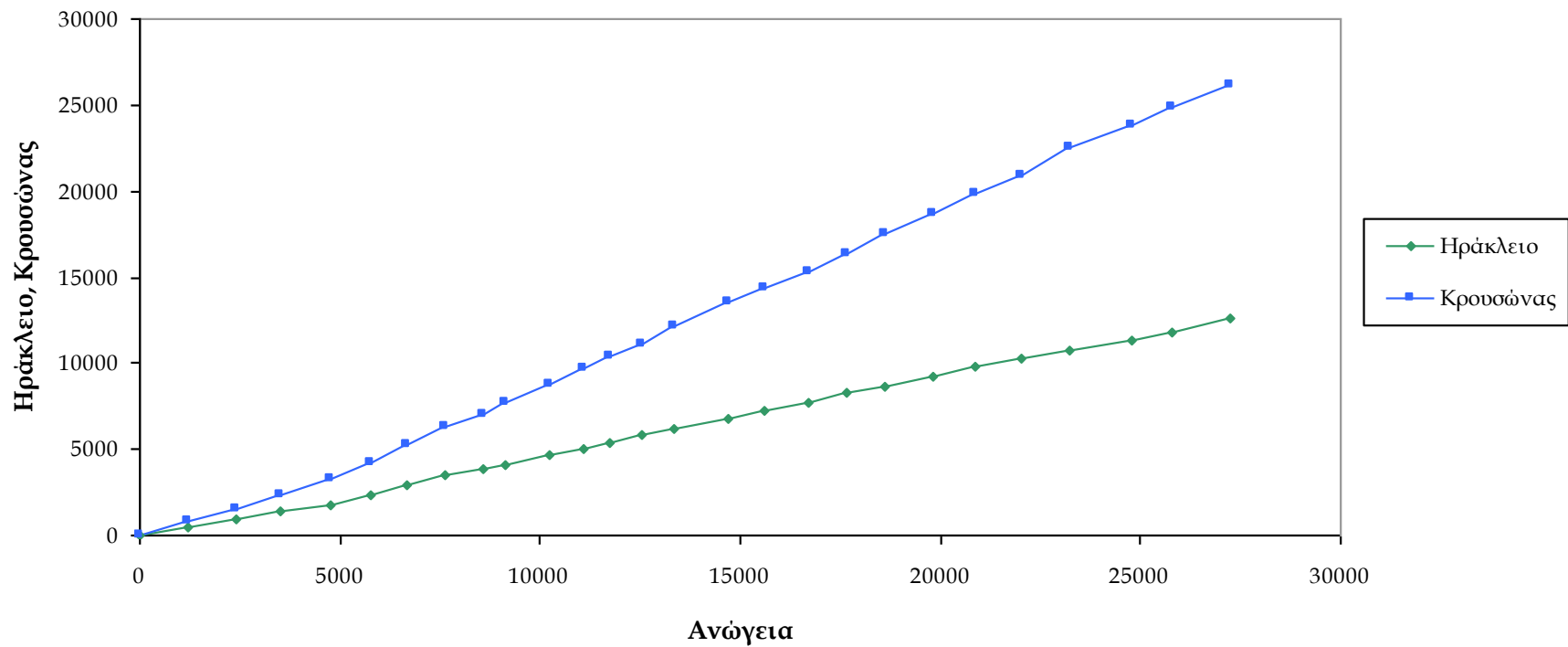


### Σταθμός Βάσης: ΚΡΟΥΣΩΝΑΣ



Σχήμα 5.2 Έλεγχος ομογένειας – Σταθμός βάσης Κρουσώνας

### Σταθμός Βάσης: ΑΝΩΓΕΙΑ



Σχήμα 5.3 Έλεγχος ομογένειας – Σταθμός βάσης Ανώγεια

Τα δεδομένα είναι ομογενή, αφού και στα τρία διαγράμματα η διάταξή τους είναι σχηματίζει περίπου ευθεία γραμμή.

## 5.5 Λεκάνη Απορροής

Πρώτο βήμα επεξεργασίας αποτελεί η εύρεση της επιφανειακής λεκάνης απορροής ή των επιφανειακών λεκανών απορροής στη συγκεκριμένη περίπτωση. Για τον προσδιορισμό της λεκάνης απορροής και την εκτίμηση του μεγέθους της είναι απαραίτητος ο καθορισμός του υδροκρίτη της λεκάνης, δηλαδή της νοητής εκείνης γραμμής που τέμνει κάθετα τις ισοϋψείς και διαχωρίζει δύο ή περισσότερες υδρολογικές λεκάνες (Τσακίρης, Υδατικοί Πόροι, 1995).

Η χάραξη του υδροκρίτη πραγματοποιήθηκε στο πρόγραμμα ArcMAP. Στο παρακάτω σχήμα φαίνονται οι δύο λεκάνες απορροής στις οποίες βασικά εκτείνεται το καρστικό σύστημα (ή αλλιώς λεκάνη τροφοδοσίας) του Αλμυρού. Με κίτρινη γραμμή έχουν σχεδιαστεί οι λεκάνες απορροής, ενώ με ροζ γραμμή η λεκάνη τροφοδοσίας της πηγής. Υπάρχει και τρίτη λεκάνη απορροής βόρεια των δύο, ήδη, σχεδιασμένων λεκανών, η οποία φτάνει με όρια με τη θάλασσα.



## 5.6 Σενάρια Περιοχής Τροφοδοσίας

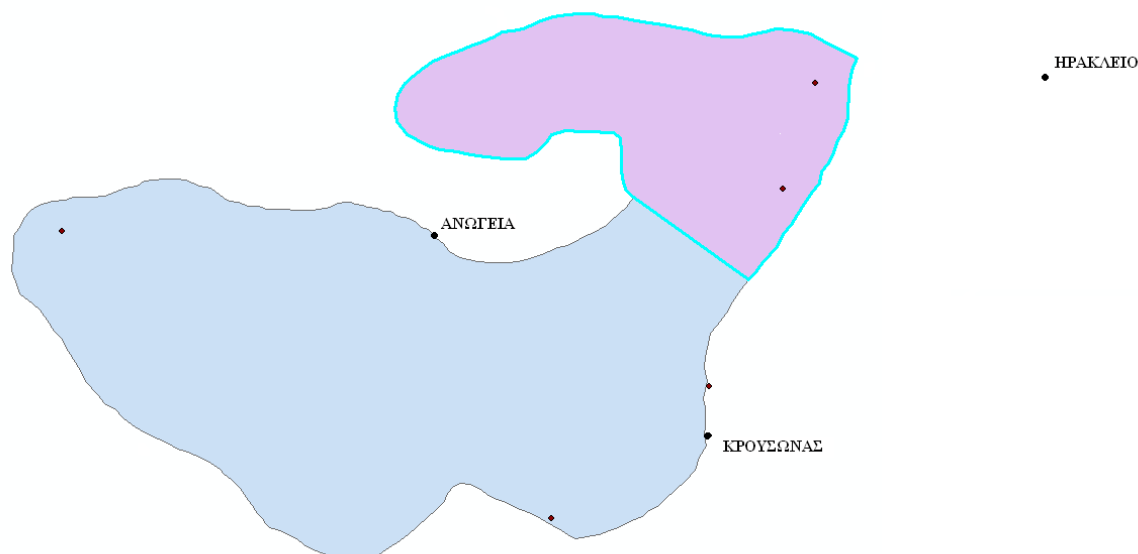
Η εύρεση της λεκάνης απορροής, όμως, δεν αρκεί για την επεξεργασία της πηγής του Αλμυρού και του μηχανισμού λειτουργίας του. Βασικό κομμάτι αποτελεί η εύρεση της υδρογεωλογικής λεκάνης της πηγής. Στην παρούσα διπλωματική εργασία λαμβάνεται συνολική έκταση τροφοδοσίας  $302 \text{ m}^3$ , σύμφωνα με Arfib et al. (2000), όπως αναφέρεται και σε προηγούμενο κεφάλαιο.

Σύμφωνα με τον Bonacci (2006) και τον Arbif (2000), η περιοχή τροφοδοσίας χωρίζεται επιπρόσθετα σε δύο βασικούς υδροφορείς. Στο βόρειο υδροφορέα, που χαρακτηρίζεται από χαμηλότερα υψόμετρα και σχετικά υψηλότερες θερμοκρασίες και στο νότιο υδροφορέα, που είναι ορεινότερος και περιλαμβάνει και τον υδροφορέα της Ίδης.

Στο πλαίσιο της επεξεργασίας των δεδομένων της παρούσας διπλωματικής εργασίας, μελετήθηκαν τα εξής δύο σενάρια:

A. Η λεκάνη λειτουργεί ως ενιαίος υδροφορέας, ο οποίος επηρεάζεται και από τους τρεις περιβάλλοντες σταθμούς. Το εμβαδόν της ενιαίας λεκάνης είναι ίσο με  $302 \text{ km}^2$  ή  $302007648 \text{ m}^2$ .

B. Η λεκάνη χωρίζεται σε δύο υδροφορείς, καθένας από τους οποίους επηρεάζεται και από διαφορετικό σταθμό. Συγκεκριμένα, εξαρτήθηκε η ορεινή λεκάνη από το σταθμό των Ανωγείων και η πεδινή λεκάνη από το σταθμό του Ηρακλείου. Τα εμβαδά των επιμέρους λεκανών είναι  $221 \text{ km}^2$  ή  $221472449 \text{ m}^2$  της ορεινής και  $80 \text{ km}^2$  ή  $80464654 \text{ m}^2$  της πεδινής.



*Σχήμα 5.5 Σχηματική απεικόνιση ορεινής (μπλε) και πεδινής (μωβ) λεκάνης τροφοδοσίας.*

Το βασικό σενάριο που διερευνήθηκε τελικά είναι κυρίως το πρώτο, καθώς παρατηρήθηκε ότι το δεύτερο σενάριο δίνει παρόμοια (και όχι καλύτερα) αποτελέσματα.

Για κάθε ένα από τα δύο παραπάνω σενάρια, πάντως, εφαρμόστηκαν τα παρακάτω βήματα, με τελικό σκοπό τον υπολόγισμο του μέσου υψομέτρου σε κάθε λεκάνη.

### **5.6.1 Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (D.E.M)**

#### **5.6.1.1 Πρόγραμμα ArcMAP**

Η περιοχή του Αλμυρού και η ενιαία και οι επιμέρους λεκάνες επεξεργάστηκαν με τη βοήθεια του λογισμικού ArcGIS 9.2 και συγκεκριμένα με το πρόγραμμα ArcMAP. Πρώτο βήμα ήταν ο προσανατολισμός των τεσσάρων φύλλων χάρτη της Γ.Υ.Σ, πάνω στα οποία βρισκόταν η λεκάνη τροφοδοσίας του Αλμυρού. Ακολούθησε η ψηφιοποίηση όλων των ισοϋψών και των σημείων ελέγχου που υπήρχαν στους χάρτες.

Για τη δημιουργία του ψηφιακού μοντέλου εδάφους (σχήμα 5.6) είναι αναγκαία η ύπαρξη των παρακάτω επιπέδων (layers) στο πρόγραμμα:

- ο Ισοΰψεις με στοιχεία υψομέτρου
- ο Σημεία ελέγχου με στοιχεία υψομέτρου
- ο Γραμμές αλλαγής κλίσης (εδώ: το υδρογραφικό δίκτυο)
- ο Όρια της υδρολογικής λεκάνης

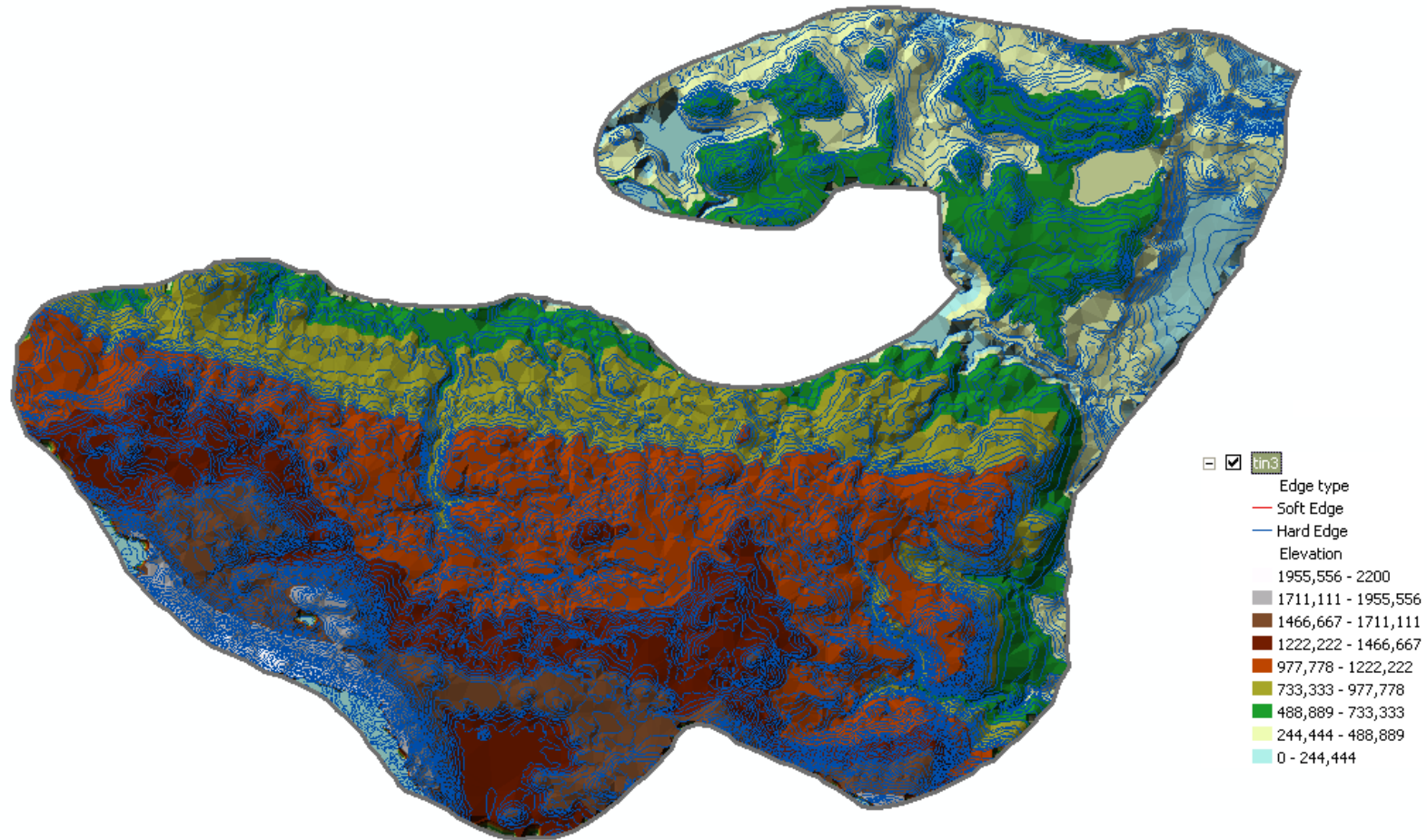
Με τη βοήθεια του Ψ.Μ.Ε υπολογίζεται το μέσο υψόμετρο σε κάθε λεκάνη τροφοδοσίας. Έτσι προέκυψαν οι υψογραφικές καμπύλες της ενιαίας λεκάνης (που είναι η βασική που εξετάζεται) και της ορεινής λεκάνης, οι οποίες βρίσκονται στα σχήματα 5.7, 5.8.

*Πίνακας 5.3 Μέσο Υψόμετρο της Λεκάνης Τροφοδοσίας*

Σενάριο	Λεκάνη	Μέσο Υψόμετρο (m)
A	Ενιαία	900,00
B	Βόρεια, πεδινή	416.46
	Νότια, ορεινή	1094.82

Γενικά, ως υψογραφική καμπύλη ορίζεται η καμπύλη που χαράσσεται σε σύστημα συντεταγμένων με τεταγμένη κάθε φορά το υψόμετρο και τετμημένη την επιφάνεια των εκτάσεων που βρίσκονται πάνω από το υψόμετρο. Η μέση τιμή του υψομέτρου (διάμεσος – median) λαμβάνεται από την υψομετρική καμπύλη και είναι εκείνη όπου το 50% της έκτασης της λεκάνης απορροής βρίσκεται πάνω από αυτό το υψόμετρο.

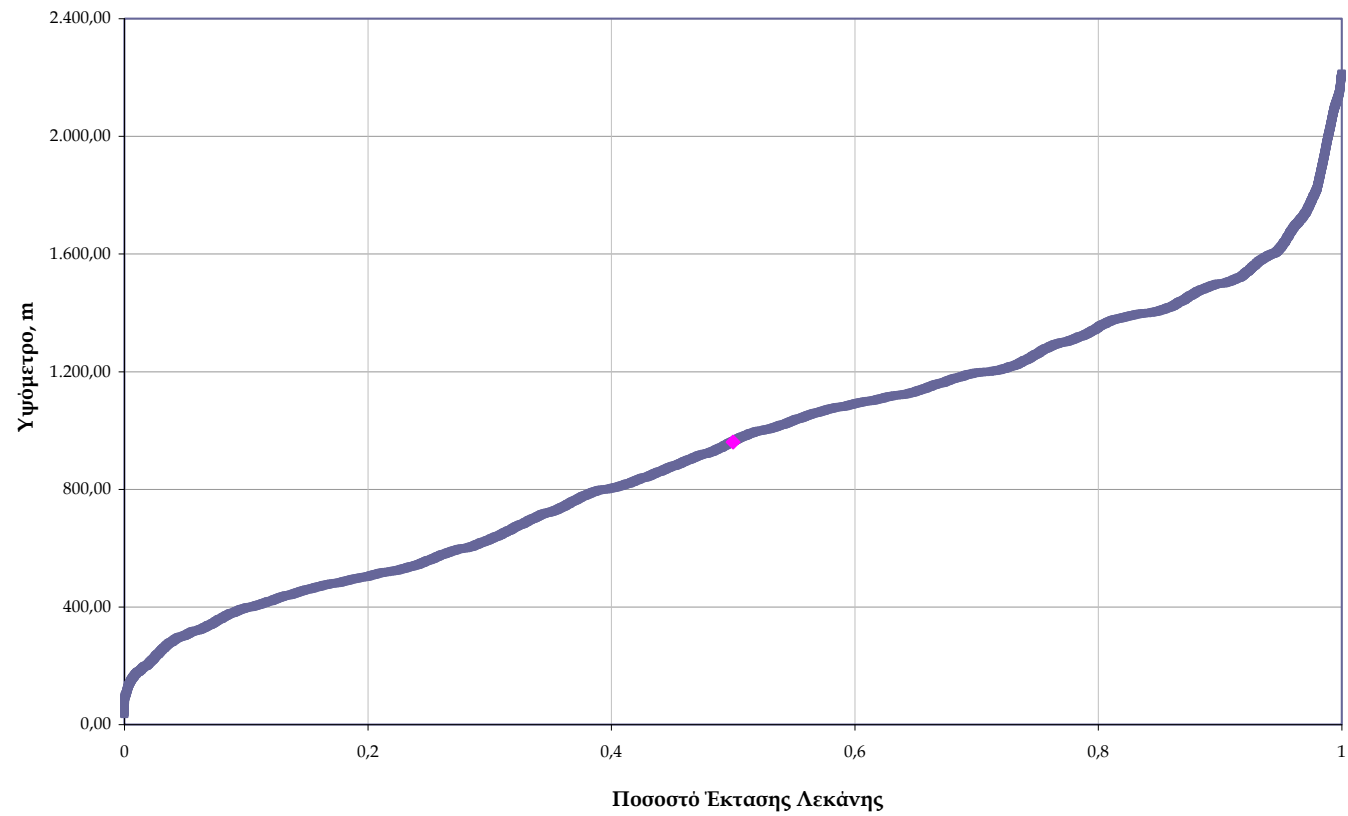
Στη συγκεκριμένη περίπτωση, το μέσο υψόμετρο υπολογίστηκε με δύο τρόπους: από το ArcMAP και από την υψογραφική καμπύλη.



Σχήμα 5.6 Ψηφιακό μοντέλο εδάφους για τη λεκάνη τροφοδοσίας

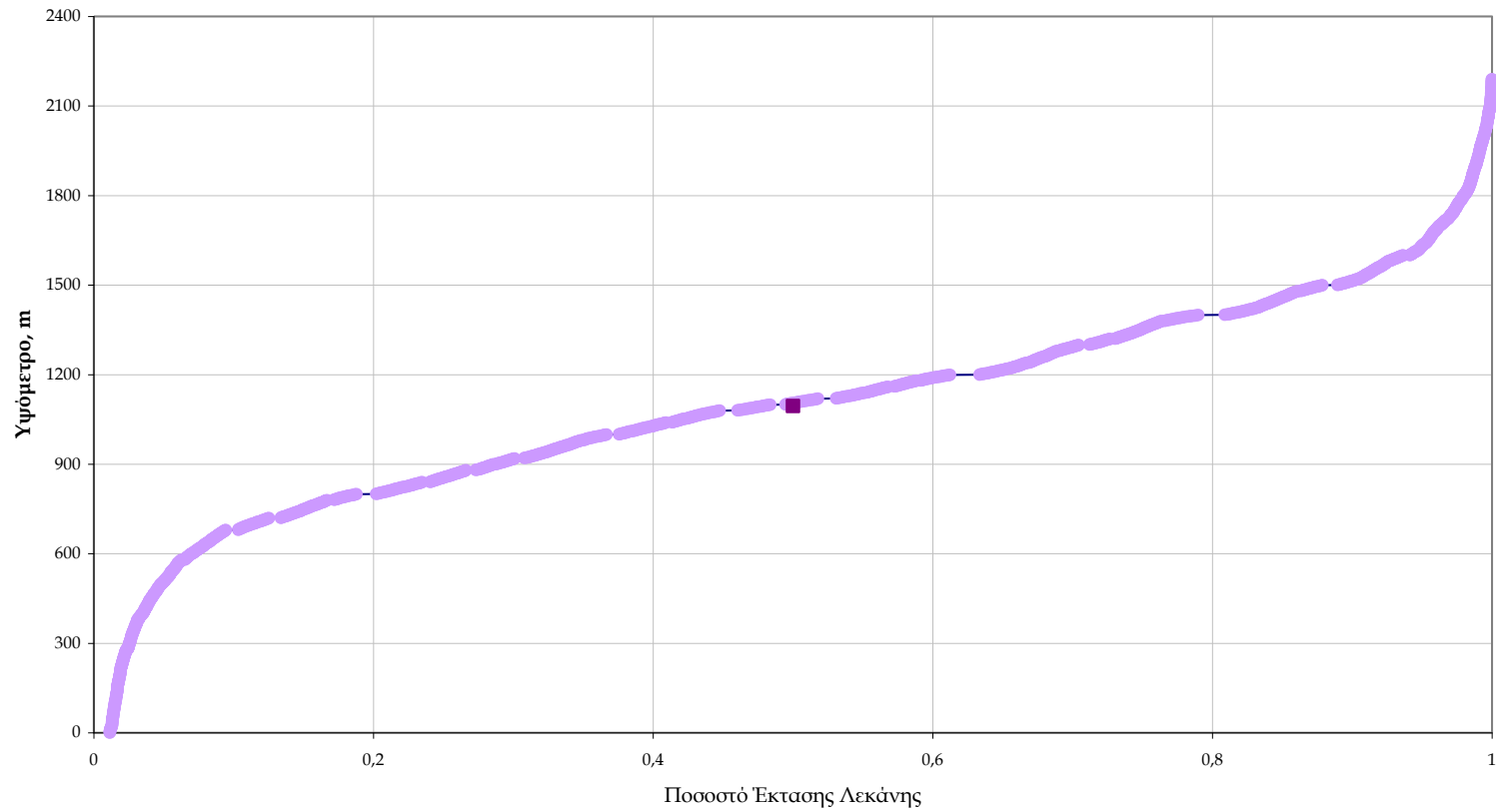


### Υψογραφική Καμπύλη Ενιαίας Λεκάνης



*Σχήμα 5.7* Υψογραφική καμπύλη για την ενιαία λεκάνη

Υψογραφική Καμπύλη Ορεινής Λεκάνης



Σχήμα 5.8 Υψογραφική καμπύλη για την ορεινή λεκάνη

### 5.6.2 Μέθοδος Πολυγώνων Thiessen

Για την ενιαία λεκάνη, στη συνέχεια, εφαρμόστηκε η μέθοδος Thiessen για την ενιαία λεκάνη (σχήμα 5.9), η οποία επιτρέπει τον υπολογισμό της μέσης επιφανειακής βροχής για ανομοιόμορφη κατανομή σταθμών και μη επίπεδες επιφάνειες (Τσακίρης 1995).

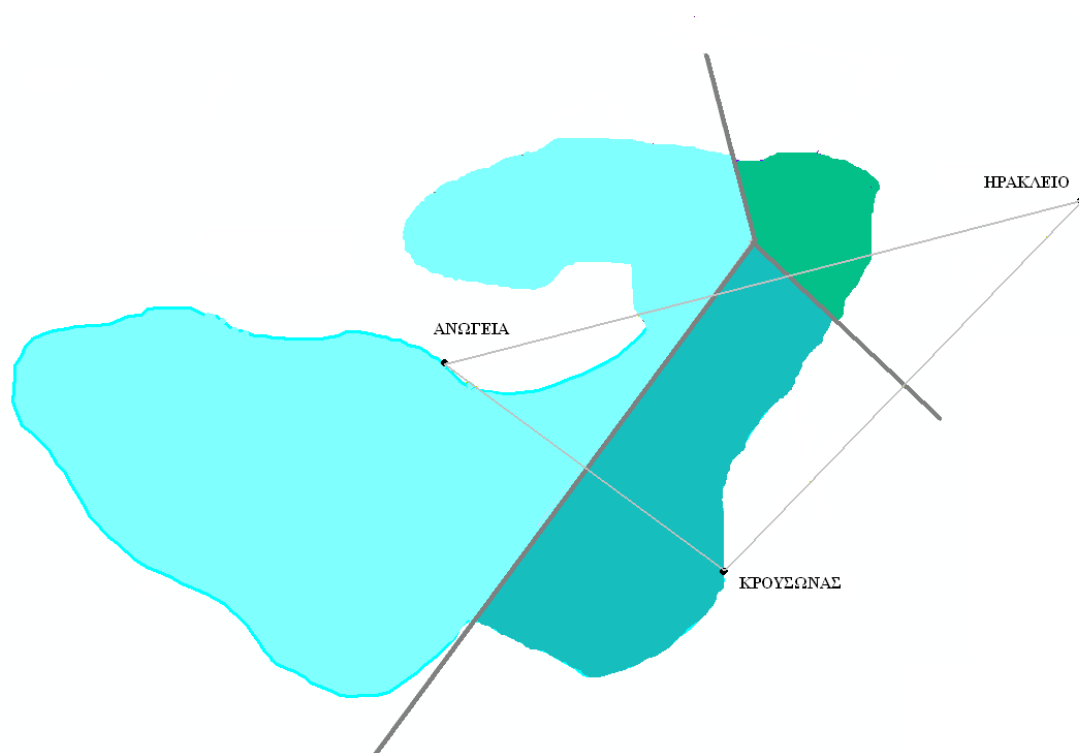
Η μέθοδος χρησιμοποιεί τον παράγοντα του βάρους που αντιστοιχεί στα εμβαδά των πολυγώνων/ περιοχών επηρεασμού κάθε σταθμού όπως προκύπτει με τη χάραξη των μεσοκαθέτων επί των αποστάσεων των σταθμών μεταξύ τους. Η επιφάνεια επιρροής του κάθε σταθμού είναι η επιφάνεια του αντίστοιχου πολυγώνου και ορίζεται ως ποσοστό  $a_j$  της συνολικής έκτασης της λεκάνης. Η ζυγισμένη μέση τιμή  $\bar{P}_t$ , στο χρόνο  $t$ , για  $j= 1,2,\dots,n$  σταθμούς, προκύπτει ως το άθροισμα των επιμέρους παρατηρήσεων  $P_{t,j}$  των σταθμών πολλαπλασιασμένες επί τις αντίστοιχες εκτάσεις επηρεασμού δια της συνολικής έκτασης της λεκάνης και δίνεται από τον τύπο

$$\bar{P}_t = \sum_{j=1}^n a_j \cdot P_{t,j} \quad (5.1)$$

όπου  $P_t$  η σημειακή βροχή στο σταθμό  $j$ .

*Πίνακας 5.4 Ποσοστά κάθε σταθμού, με τη μέθοδο Thiessen*

<b>Βροχομ. Σταθμός</b>	<b>Εμβαδόν <math>A_i</math> (m<sup>2</sup>)</b>	<b>ποσοστό P%</b>
Ανώγεια	214449221,61	71,0
Ηράκλειο	18153386,26	6,0
Κρουσώνας	69405040,09	23,0
<b>Σύνολο</b>	<b>302007647,96</b>	<b>100,0</b>



*Σχήμα 5.9* Περιοχή επιρροής κάθε σταθμού της ενιαίας λεκάνης τροφοδοσίας (πολύγωνα Thiessen)

### 5.6.3 Βροχοβαθμίδα

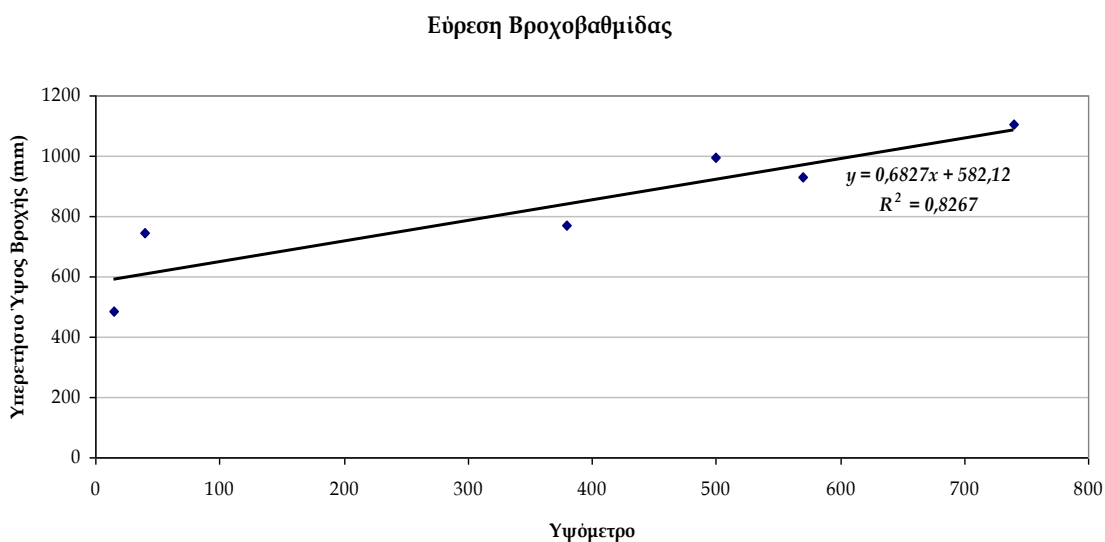
Με τον όρο βροχοβαθμίδα περιγράφεται η μέση αύξηση του ετήσιου σημειακού βροχομετρικού ύψους ανά 100 m αύξηση του υψομέτρου.

Για τον υπολογισμό της βροχοβαθμίδας υπολογίστηκαν τα υπερετήσια ύψη βροχής για το σύνολο των ετών. Για λόγους πληρότητας λήφθηκαν υπόψη και οι σταθμοί της Αγίας Βαρβάρας και του Προφήτη Ηλία. Τα μέσα υπερετήσια ύψη βροχής και το υψόμετρο των σταθμών παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.5.

*Πίνακας 5.5 Μέσο υπερετήσιο ύψος βροχής και υψόμετρο των σταθμών της ευρύτερης περιοχής μελέτης*

Σταθμός	Υψόμετρο	Ύψος Βροχής
Ανώγεια	740	1102,7
Κρουσώνας	500	994,3
Φοινικιά	40	744,1
Ηράκλειο	15	483,3
Αγ. Βαρβάρα	570	928,9
Πρ. Ηλίας	380	772,1

Με γραμμική συσχέτιση των υπερετήσιων βροχοπτώσεων και των υψομέτρων των αντίστοιχων σταθμών μέτρησης, προέκυψε η μέση αύξηση βροχόπτωσης ίση με 0,68 mm/m, η οποία παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα.

*Σχήμα 5.10 Συσχέτιση βροχοπτώσεων με το υψόμετρο για την εύρεση της βροχοβαθμίδας*

#### 5.6.4 Συντελεστής Υψομετρικής Αναγωγής

Με δεδομένα το μέσο και το ζυγισμένο υψόμετρο και τη βροχομετρική βαθμίδα, μπορεί να βρεθεί ο συντελεστής υψομετρικής αναγωγής των επιφανειακών υψών βροχής στο μέσο υψόμετρο της λεκάνης (Τσακίρης 1995). Ο συντελεστής δίνεται από τη σχέση

$$\mu = \frac{P_{\Sigma} + \beta \cdot (Z_m - Z_{\Sigma})}{P_{\Sigma}} \quad (5.2)$$

όπου,

$Z_m$  - μέσο υψόμετρο της λεκάνης απορροής

$Z_{\Sigma}$  - μέσο ζυγισμένο υψόμετρο ή  $Z_{\Sigma} = \sum a_i \cdot H_{\text{σταθμου}}$  (5.3), δηλαδή το άθροισμα του ποσοστού Thiessen επί το υψόμετρο καθενός από τους βροχομετρικούς σταθμούς

$P_{\Sigma}$  - μέσο ετήσιο ύψος βροχής της μεθόδου Thiessen

$\beta$  - βροχοβαθμίδα

Να σημειωθεί ότι στην περίπτωση των δύο λεκανών, της ορεινής και της πεδινής, δεν εφαρμόστηκε η μέθοδος Thiessen, αλλά εξαρτήθηκε α κάθε λεκάνη από ένα σταθμό. Η ορεινή λεκάνη εξαρτήθηκε από το σταθμό των Ανωγείων, ενώ η πεδινή εξαρτήθηκε από το σταθμό του Ηρακλείου.

Ο συντελεστής  $\mu$  προκύπτει ίσος με 1,01 για την ενιαία και την ορεινή λεκάνη, ενώ για την πεδινή βρέθηκε ίσος με 1,02. Με αυτόν τον τρόπο, υπολογίζονται πλέον τα τελικά επιφανειακά ύψη βροχής, ανηγμένα στο μέσο υψόμετρο. (Παράρτημα)

## 5.7 Δείκτες Ξηρασίας

### 5.7.1 Το Λογισμικό DrinC

Το πρόγραμμα DrinC δημιουργήθηκε για τη διευκόλυνση του υπολογισμού των δεικτών ξηρασίας. Η παραπάνω διαδικασία μπορεί να είναι αρκετά πολύπλοκη, ιδιαίτερα στην περίπτωση της εκτίμησης της χωρικής κατανομής των δεικτών.

Το πρόγραμμα υπολογίζει τρεις δείκτες:

1. Deciles
2. SPI (Standardized Precipitation Index)
3. RDI (Reconnaissance Drought Index)

Στην παρούσα εργασία υπολογίστηκαν μόνο οι δύο πρώτοι δείκτες, καθώς δεν υπήρχαν δεδομένα θερμοκρασίας ή δυνητικής εξατμισοδιαπνοής τα οποία είναι απαραίτητα για τον υπολογισμό του RDI.

Τα δεδομένα εισαγωγής και για τους δύο δείκτες είναι τα μηνιαία ή τα ημερήσια ύψη βροχόπτωσης για την *ενιαία λεκάνη* για το συνολικό διάστημα των 26 χρόνων.

### 5.7.2 SPI

Ο δείκτης SPI αναπτύχθηκε με σκοπό τον καθορισμό και τον έλεγχο της ξηρασίας (Tsakiris et al. 2007).

Η εκτίμηση του SPI για οποιαδήποτε θέση βασίζεται στον υπολογισμό σειράς αθροιστικής βροχόπτωσης για δεδομένη σταθερή χρονική κλίμακα, όπως για 1, 3, 6, 9, 12 ... μήνες. Η προαναφερθείσα σειρά προσεγγίζεται από μία κατανομή πιθανότητας, η οποία μετατρέπεται σε κανονική κατανομή, έτσι ώστε ο μέσος SPI, για τη συγκεκριμένη θέση και την επιλεγείσα χρονική περίοδο, να είναι μηδέν.

Θετικές τιμές του SPI υποδηλώνουν βροχόπτωση μεγαλύτερη της τιμής της διαμέσου, ενώ αρνητικές τιμές του δείκτη δείχνουν βροχόπτωση μικρότερη της.

Δεδομένου ότι ο δείκτης SPI είναι κανονικοποιημένος, υγρότερα και ξηρότερα κλίματα μπορούν να απεικονιστούν με τον ίδιο τρόπο. Η χρήση SPI επιτρέπει και την παρακολούθηση/καταγραφή υγρών περιόδων.

Ο Thom το 1958 βρήκε την κατανομή Γάμμα που ταίριαζε καλύτερα στη χρονοσειρά βροχόπτωσης. Η κατανομή Γάμμα καθορίζεται από τη συνάρτηση πυκνότητας – πιθανότητας:

$$g(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} \quad \text{για } x > 0 \quad (5.4)$$

όπου,

$\alpha$  και  $\beta$  οι παράμετροι σχήματος και κλίμακας αντίστοιχα

$x$  η ποσότητα βροχόπτωσης και

$\Gamma(\alpha)$  η συνάρτηση Γάμμα

Ο υπολογισμός του SPI περιλαμβάνει την προσαρμογή μιας Γάμμα κατανομής πιθανότητας σε μια δεδομένη κατανομή συχνότητας της συνολικής βροχόπτωσης για ένα σταθμό. Οι παράμετροι  $\alpha$  και  $\beta$  εκτιμώνται για κάθε σταθμό, για κάθε χρονική κλίμακα ενδιαφέροντος (1, 3, 6, 9, 12 μήνες ... κλπ) και για κάθε μήνα του έτους. Οι λύσεις μέγιστης πιθανοφάνειας χρησιμοποιούνται για την βέλτιστη εκτίμηση των  $\alpha$  και  $\beta$ .

$$\alpha = \frac{1}{4A} \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}} \right) \quad (5.5)$$

$$\beta = \frac{\bar{x}}{\alpha} \quad (5.6)$$

όπου,  $A = \ln(\bar{x}) - \frac{\sum \ln(x)}{n}$  (5.7) και  $n$  ο αριθμός των παρατηρήσεων.

Οι τελικές παράμετροι που εκτιμώνται χρησιμοποιούνται έπειτα στην εύρεση της αθροιστικής πιθανότητας ενός γεγονότος βροχής που παρατηρήθηκε για δεδομένο



μήνα και χρονική κλίμακα του υπο επεξεργασία σταθμού. Δεδομένου ότι η συνάρτηση Γάμμα δεν ορίζεται για  $x$  ίσο με μηδέν και η κατανομή βροχόπτωσης μπορεί να περιέχει μηδενικές τιμές, η αθροιστική πιθανότητα  $H(x)$  υπολογίζεται από την εξίσωση

$$H(x) = q + (1 - q)G(x) \quad (5.8)$$

όπου,

$q$  η πιθανότητα μιας τιμής μηδέν και

$G(x)$  η αθροιστική πιθανότητα της ατελούς (*incomplete*) συνάρτησης Γάμμα

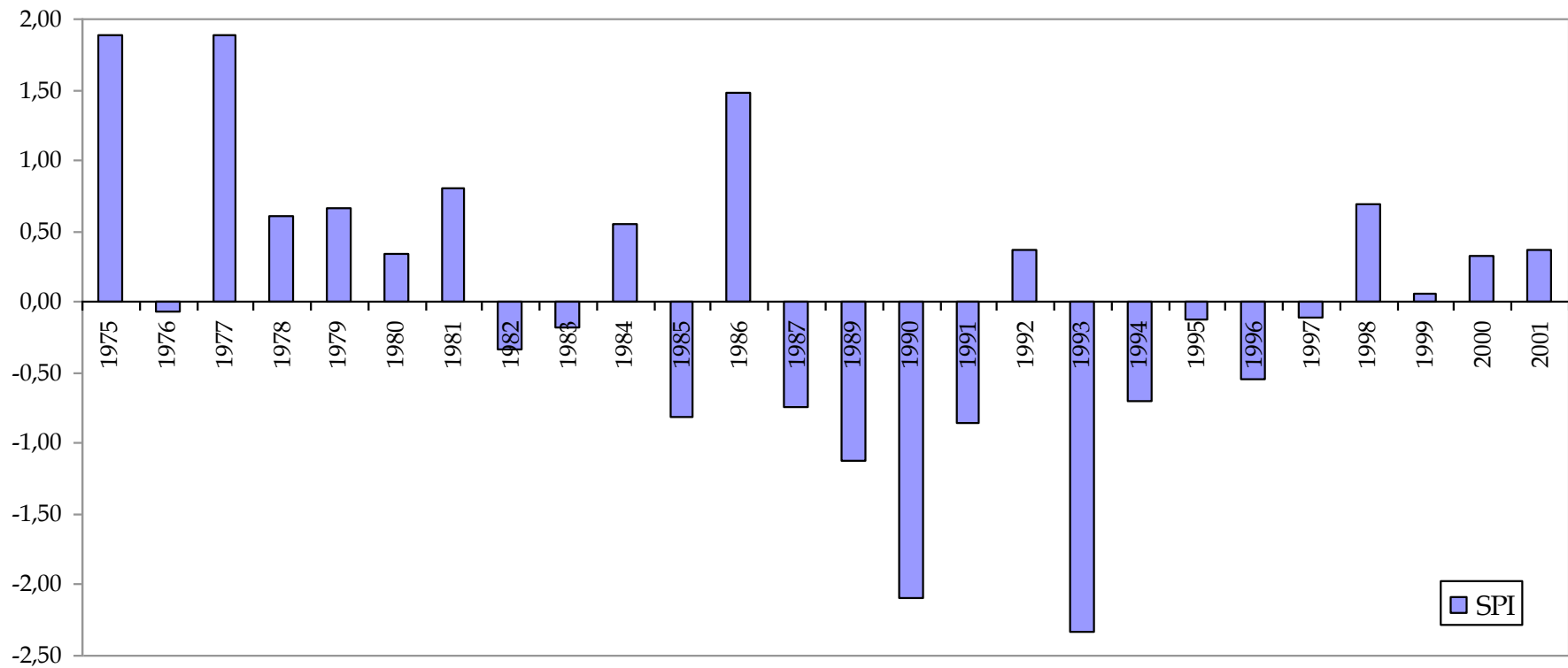
Αν  $m$  είναι ο αριθμός εμφάνισης της τιμής μηδέν σε μια χρονοσειρά βροχόπτωσης, τότε το  $q$  είναι ίσο με  $m/n$ . Έτσι η αθροιστική πιθανότητα μετατρέπεται στην κανονική τυχαία μεταβλητή  $z$ , με μέση τιμή μηδέν και διακύμανση ένα, που είναι η τιμή του SPI.

Οι τιμές με βάση τις οποίες κατηγοριοποιείται ο δείκτης SPI παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

*Πίνακας 5.6 Κατηγοριοποίηση των τιμών του SPI*

<b>Τιμή SPI</b>	<b>Κατηγορία</b>
> 2.00	Εξαιρετικά υγρό
1.50 εως 1.99	Έντονα υγρό
1.00 εως 1.49	Μέτρια υγρό
0 εως 0.99	Ήπια υγρό
0 εως -0.99	Ήπια ξηρό
-1.00 εως -1.49	Μέτρια ξηρό
-1.50 εως -1.99	Έντονα ξηρό
< -2.00	Εξαιρετικά ξηρό

### Δείκτης SPI για τα χρόνια 1975 - 2001



Σχήμα 5.11 Ετήσιες τιμές δείκτη SPI για την περίοδο 1975-2001

### 5.7.3 Deciles

Ο δείκτης deciles είναι ένας απλός μετεωρολογικός δείκτης, στον οποίο η συνολική βροχόπτωση των τριών προηγούμενων μηνών ταξινομείται με βάση τη χρονοσειρά δεδομένων (Tsakiris et al. 2007). Αν το άθροισμα εμπίπτει στο χαμηλότερο decile της ιστορικής χρονοσειράς των τριμηνιαίων αθροισμάτων, τότε η περιοχή θεωρείται ότι ευρίσκεται υπό συνθήκες ξηρασίας. Η ξηρασία τελειώνει όταν: (α) Η βροχόπτωση μετρούμενη τον τελευταίο μήνα μεταβάλλει το τριμηνιαίο άθροισμα ώστε να είναι ίσο ή μεγαλύτερο από το τέταρτο decile. (β) Η συνολική βροχόπτωση κατά τους τρεις τελευταίους μήνες είναι ίση ή μεγαλύτερη από το 8<sup>ο</sup> decile.

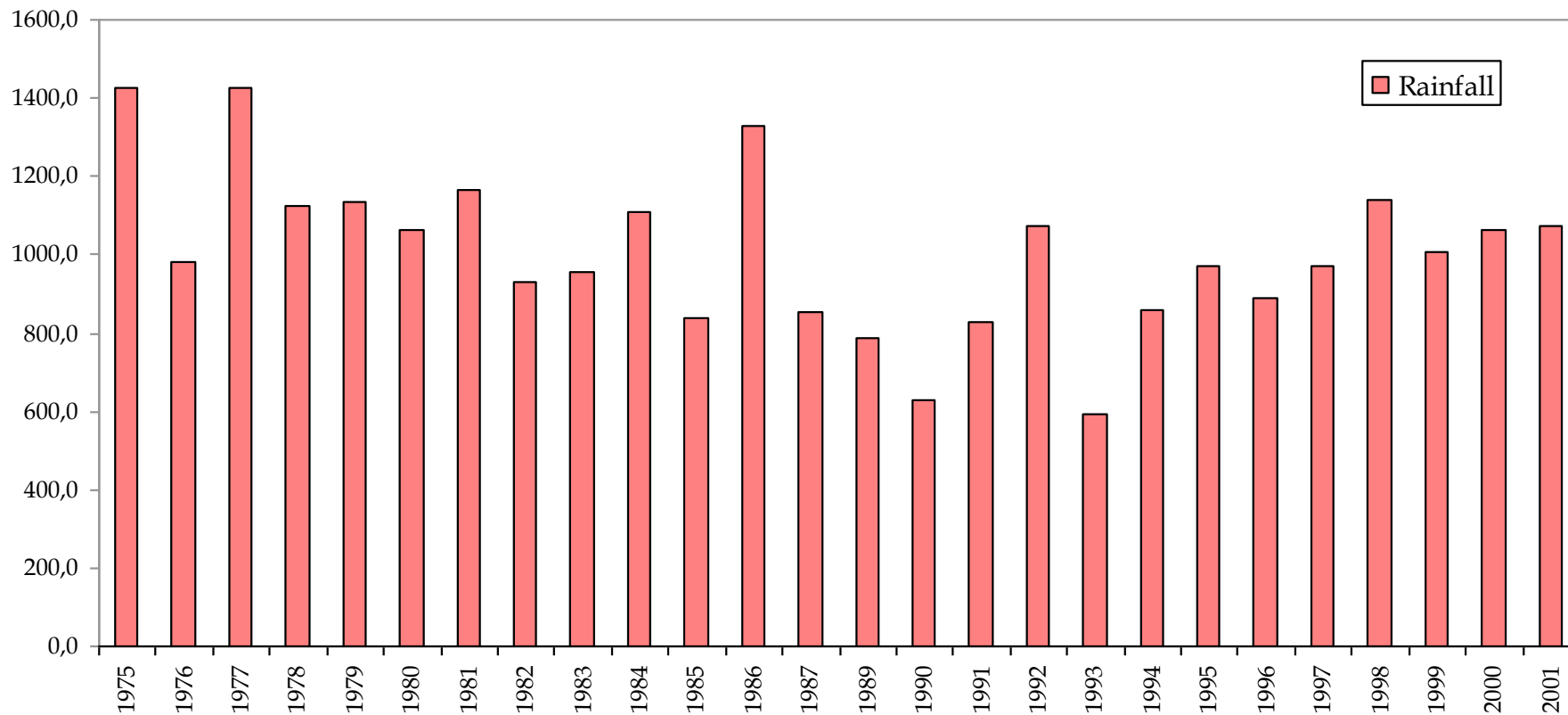
Ο πρώτος decile είναι το ποσό της βροχόπτωσης που δεν ξεπερνιέται από το χαμηλότερο 10% των συμβάντων βροχόπτωσης. Ο δεύτερος decile αποτελεί το ποσό της βροχής που δεν ξεπερνάει το 20% των συμβάντων βροχόπτωσης. Οι δείκτες deciles συνεχίζουν, έως το ποσό της βροχής που θα αναγνωριστεί από τον δέκατο decile να είναι το μεγαλύτερο ποσό βροχής για τα δεδομένα βροχομετρικά δεδομένα. Εξ' ορισμού, ο πέμπτος decile αποτελεί τη διάμεσο και το ποσοστό βροχόπτωσης δεν ξεπερνάει το 50% των συνολικών συμβάντων για τη χρονική περίοδο των δεδομένων.

Οι deciles χωρίζονται σε πέντε κατηγορίες. Ο παρακάτω πίνακας παρουσιάζει την κατηγοριοποίηση των συνθηκών ξηρασίας σύμφωνα με το δείκτη deciles.

*Πίνακας 5.7 Κατηγοριοποίηση δείκτη Deciles*

<b>Κατηγοριοποίηση Deciles</b>	
deciles 1-2: χαμηλότερο 20%	πολύ κάτω του κανονικού
deciles 3-4: επόμενο 20%	κάτω του κανονικού
deciles 5-6: μεσαίο 20%	κοντά στο κανονικό
deciles 7-8: επόμενο 20%	άνω του κανονικού
deciles 9-10: υψηλότερο 20%	πολύ άνω του κανονικού

### Δείκτης Deciles για τα χρόνια 1975 - 2001



Σχήμα 5.12 Ετήσιες τιμές δείκτη Deciles για την περίοδο 1975-2001

#### 5.7.4 RDI

Εκτός από τον SPI και τον Deciles, ένας τρίτος μετεωρολογικός δείκτης που χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της ξηρασίας είναι ο δείκτης RDI (Reconnaissance Drought Index), ο οποίος βασίζεται σε δεδομένα βροχόπτωσης και δυνητικής εξατμισοδιαπνοής.

Η βασική του μορφή ( $RDI_0$ ) υπολογίζεται με βάση την εξίσωση:

$$\alpha_k^{(i)} = \frac{\sum_{j=1}^{12} P_{ij}}{\sum_{j=1}^{12} PET_{ij}}, \text{ για } i = 1 \text{ έως } N \quad (5.8)$$

όπου,

$P_j$  είναι η βροχόπτωση για το μήνα  $j$  ανά έτος και

$PET_j$  είναι η δυνητική εξατμισοδιαπνοή για το μήνα  $j$  ανά έτος

Δύο μορφές του δείκτη RDI που χρησιμοποιούνται είναι η κανονικοποιημένη μορφή  $RDI_n$  (normalized) και η τυποποιημένη  $RDI_{st}$  (standardized). Οι παραπάνω υπολογίζονται σύμφωνα με τις σχέσεις (Tsakiris et al. 2008):

$$RDI_n = \frac{\alpha_k}{\bar{\alpha}_k} - 1 \quad (5.9)$$

$$RDI_{st} = \frac{y^{(i)} - \bar{y}}{\hat{\sigma}_y} \quad (5.10)$$

όπου,

$y$  είναι το  $\ln(\alpha_k^{(i)})$

$\bar{y}$  είναι ο αριθμητικός του μέσος και

$\hat{\sigma}_y$  η τυπική του απόκλιση

Να σημειωθεί ότι οι παραπάνω σχέσεις βασίζονται στη θεώρηση ότι οι τιμές του  $\alpha_k$  ακολουθούν λογαριθμοκανονική κατανομή, καθώς και πως τα αποτελέσματά του ερμηνεύονται όμοια με του δείκτη SPI, αφού έχουν ανάλογη συμπεριφορά.

Ο μέσος όρος του RDI ( $\bar{\alpha}_k$ ) αντιπροσωπεύει τις κλιματικές συνθήκες μιας περιοχής και είναι ισοδύναμος με το Δείκτη Ξηρασίας (Aridity Index) που έχει προταθεί από τον FAO για τον προσδιορισμό της ξηρασίας μιας περιοχής.

Για τον προσδιορισμό του επιπέδου της έντασης της ξηρασίας βάσει του RDIst μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι τιμές του Πίνακα X.

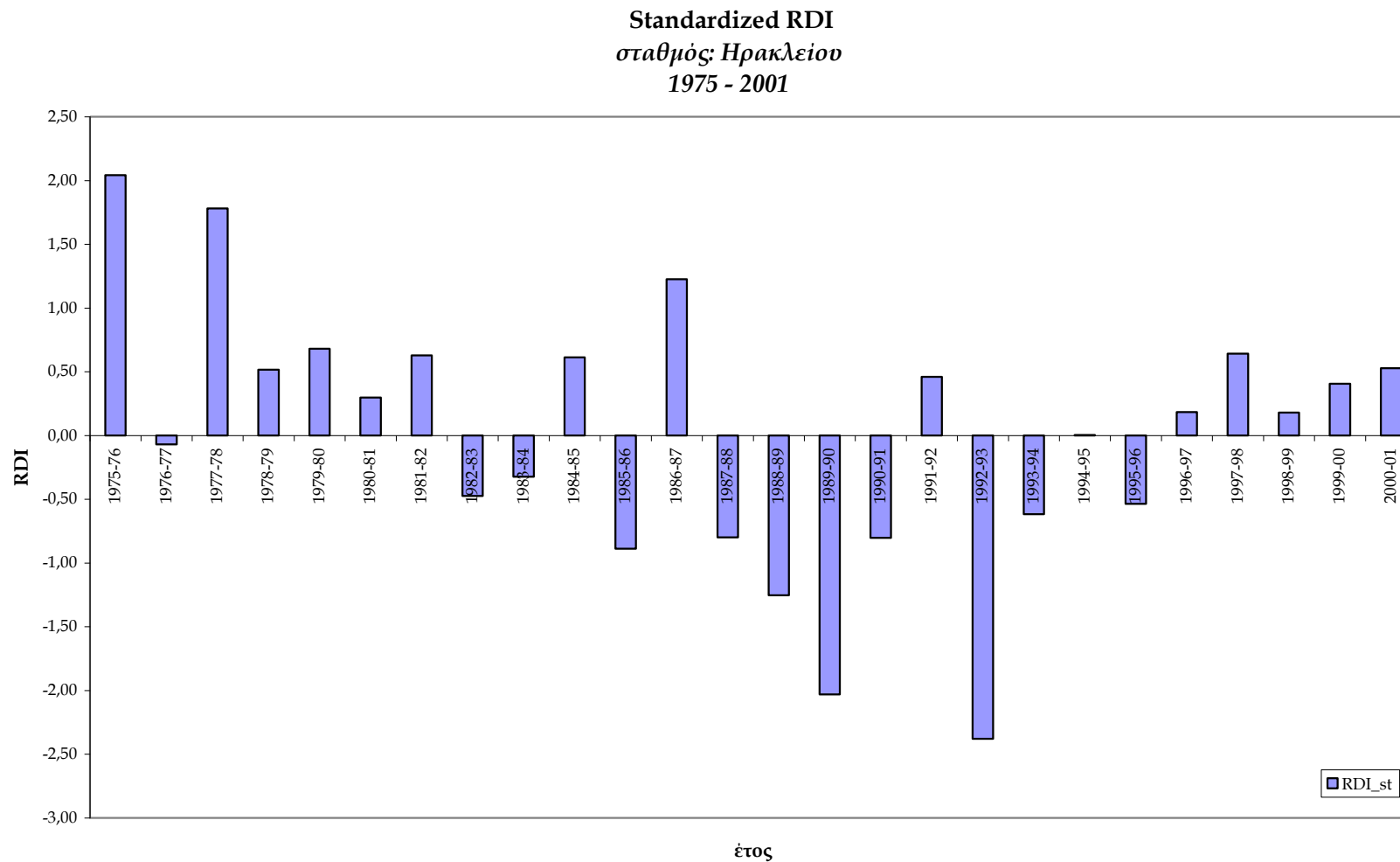
**Πίνακας 5.8** Τιμές RDI<sub>st</sub> για τον προσδιορισμό της έντασης της ξηρασίας (Tsakiris et al. 2007)

Τιμή RDI	Κατηγορία έντασης ξηρασίας
> 2.00	Εξαιρετικά υγρό
1.50 έως 1.99	Έντονα υγρό
1.00 έως 1.49	Μέτρια υγρό
0 έως 0.99	Κανονικές συνθήκες - Υγρό
0 έως -0.99	Κανονικές συνθήκες - Ξηρό
-1.00 έως -1.49	Μέτρια ξηρό
-1.50 έως -1.99	Έντονα ξηρό
< -2.00	Εξαιρετικά ξηρό

Τα κύρια πλεονεκτήματα του RDI σε σχέση με τον SPI είναι τα ακόλουθα:

- Έχει φυσική έννοια, καθώς υπολογίζει το συνολικό έλλειμμα από τις απαιτήσεις εξάτμισης της ατμόσφαιρας.
- Μπορεί να υπολογιστεί για κάθε χρονική περίοδο (π.χ. για ένα μήνα, δύο μήνες κλπ).
- Ο υπολογισμός του οδηγεί πάντα σε κάποιο κατανοητό νούμερο.
- Συνδέεται άμεσα με τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής.
- Μπορεί να χρησιμοποιηθεί υπό συνθήκες κλιματικής αστάθειας για τον προσδιορισμό της επίδρασης διαφόρων μεταβολών των κλιματικών παραμέτρων στην ξηρασία και την ερημοποίηση.

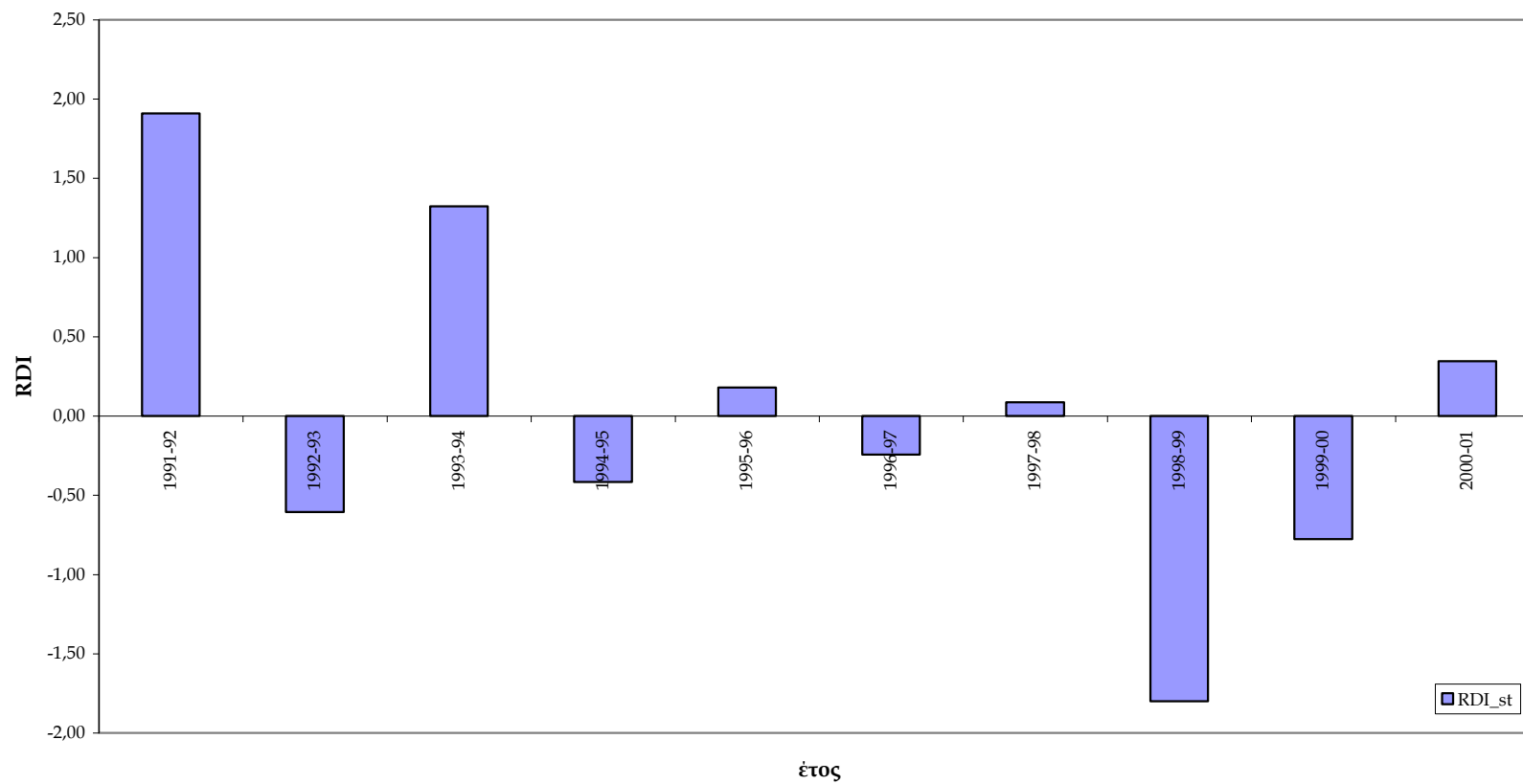
Στη διερεύνηση της πηγής του Αλμυρού, βρέθηκαν δεδομένα θερμοκρασίας για το σταθμούς του Ηρακλείου για 26 χρόνια (1975 – 2001) και του Κρουσώνα για 10 χρόνια (από το 1991 έως το 2001). Με εφαρμογή του DrinC υπολογίστηκε ο δείκτης RDI, ο οποίος φαίνεται παραστατικά για τους δύο σταθμούς στα σχήματα των επόμενων σελίδων.



*Σχήμα 5.13* Ετήσιες τιμές δείκτη RDI, για το σταθμό του Ηρακλείου, για την περίοδο 1975-2001



Standardized RDI  
σταθμός: Κρουσώνα  
1991 - 2001



Σχήμα 5.14 Ετήσιες τιμές δείκτη RDI, για το σταθμό του Κρουσώνα, για την περίοδο 1991-2001

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

# Διερεύνηση υδρολογίας και ποιότητας πηγής Αλμυρού

### 6.1 Εισαγωγή

Στο πλαίσιο της διερεύνησης της υδρολογίας της πηγής του Αλμυρού, πραγματοποιήθηκε περαιτέρω επεξεργασία των δεδομένων και απεικονίστηκαν γραφικά, στο περιβάλλον εργασίας του Excel και του Matlab, χρονοσειρές των ετών 1975-2001 αφενός των παροχών και των χλωριόντων της πηγής και αφετέρου των βροχοπτώσεων σε υπερετήσια, ετήσια και μηνιαία βάση. Τα σημαντικότερα από αυτά παρουσιάζονται παρακάτω και ταξινομούνται ανάλογα με το χρονικό βήμα με το οποίο εξετάστηκαν. Για την πληρέστερη κατανόηση της υδρολογίας της πηγής διερευνήθηκαν με στατιστικές μεθόδους τα ημερήσια δεδομένα των ετών 1995-1997.

Στο πλαίσιο της επεξεργασίας αναπτύχθηκε απλή μαθηματική προσομοίωση της μηνιαίας παροχής της πηγής με βάση τις βροχοπτώσεις. Χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος θεώρησης καρστικής πηγής κατά Maillet και η αρχή του υδατικού ισοζυγίου και διερευνήθηκε η ακρίβεια της μεθόδου για την εναία λεκάνη, την διακεκριμένη θεώρηση ορεινής και πεδινής λεκάνης και την θεώρηση μόνο της ορεινής λεκάνης.

## 6.2 Διερεύνηση

### 6.2.1 Διερεύνηση σε Ετήσια Βάση

#### 6.2.1.1 Χρονοσειρές παροχής πηγής και βροχοπτώσεων

Αρχικά, παρατίθενται δύο διαγράμματα μέσων ετήσιων τιμών, για τα 26 χρόνια του δείγματος. Στο σχήμα 6.1 απεικονίζεται η μέση ετήσια παροχή της πηγής ( $10^6 \text{ m}^3/\text{μήνα}$ ) συναρτήσει του χρόνου και στο σχήμα 6.2 η αντίστοιχη μεταβολή του μέσου ετήσιου ύψους βροχόπτωσης (mm). Και στα δύο διαγράμματα έχει χαραχθεί επιπλέον η μέση κεντροβαρική ευθεία των ετήσιων μεταβολών. Παρατηρώντας τα διαγράμματα, παρατηρείται αρνητική κλίση της ευθείας (γεγονός που φανερώνει ο αρνητικός συντελεστής της) δηλαδή μείωση των μέσων τιμών τόσο της παροχής της πηγής όσο και του ύψους των βροχοπτώσεων στο πέρασμα των ετών. Η παραπάνω μείωση φαίνεται να είναι πιο έντονη για τη βροχόπτωση.

#### 6.2.2.2 Υδατικό Ισοζύγιο

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχει η εξέταση του υδατικού ισοζυγίου στην περιοχή της θεωρούμενης λεκάνης τροφοδοσίας. Η μέθοδος εξέτασης που ακολουθείται είναι η εξής:

α) Θεωρείται ότι κατεισδύει στον καρστικό υδροφορέα περίπου το 50 % της συνολικής βροχόπτωσης. Αναφέρεται ότι ο συντελεστής κατεισδύσης που προτείνεται στην εργασία των Maramathas et al (2003) είναι 0,60 για τους ασβεστολίθους τόσο της ορεινής περιοχής, όσο και της πεδινής (Tripolis zone limestone and Ionian zone limestone). Συνεπώς μπορούν να υπολογιστεί κατά προσέγγιση η ετήσια ποσότητα των βροχοπτώσεων η οποία κατεισδύει στο έδαφος και τροφοδοτεί την πηγή.

β) Θεωρώντας ότι στη συνολική μετρημένη παροχή της πηγής  $Q_{spring}$  περιλαμβάνεται και η συμμετοχή του θαλασσινού νερού  $Q_{sea}$ , μπορεί να υποτεθεί ότι η ποσότητα του νερού που κατεισδύει σε ετήσια βάση μπορεί να θεωρηθεί ίση με την ετήσια ποσότητα γλυκού νερού που αποδίδει η πηγή. Για την εκτίμηση της ποσότητας γλυκού νερού  $Q_{fresh}$  που παροχετεύεται από την πηγή χρησιμοποιήθηκε η ακόλουθη σχέση (Arfib et al 2006):

$$Q_{spring} C_{spring} = Q_{fresh} C_{fresh} + Q_{sea} C_{sea} \quad (6.1)$$

Η παραπάνω έκφραση εκφράζει ουσιαστικά την αρχή διατήρησης μάζας του αλατιού (χλωριούχου νατρίου) και  $C$  είναι η συγκέντρωση αυτού σε mg/l ή ppm. Η συγκέντρωση  $C_{sea}$  της θάλασσας σε αλάτι θεωρήθηκε ίση με 19.000 ppm. Επιπλέον, επειδή τα υγρά πρακτικά είναι ασυμπίεστα, ισχύει:

$$Q_{spring} = Q_{fresh} + Q_{sea} \quad (6.2)$$

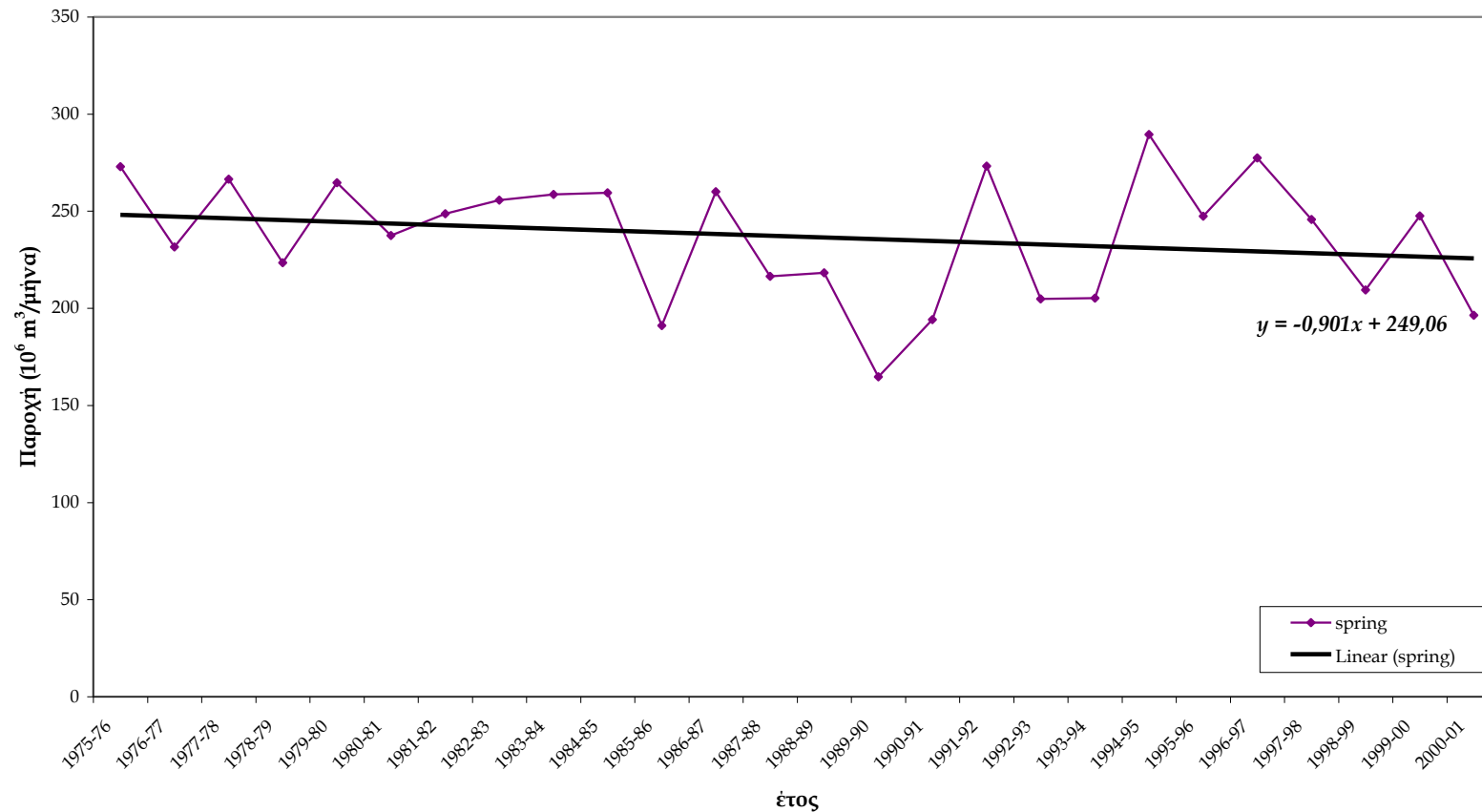
Από τις παραπάνω σχέσεις μπορεί να υπολογιστεί οι ποσότητες γλυκού και θαλασσινού νερού  $Q_{fresh}$  και  $Q_{sea}$  αντίστοιχα, ως εξής:

$$Q_{fresh} = Q_{spring} \frac{C_{spring} - C_{fresh}}{C_{sea} - C_{fresh}} \quad (6.3)$$

$$Q_{sea} = Q_{spring} \frac{C_{sea} - C_{spring}}{C_{sea} - C_{fresh}} \quad (6.4)$$

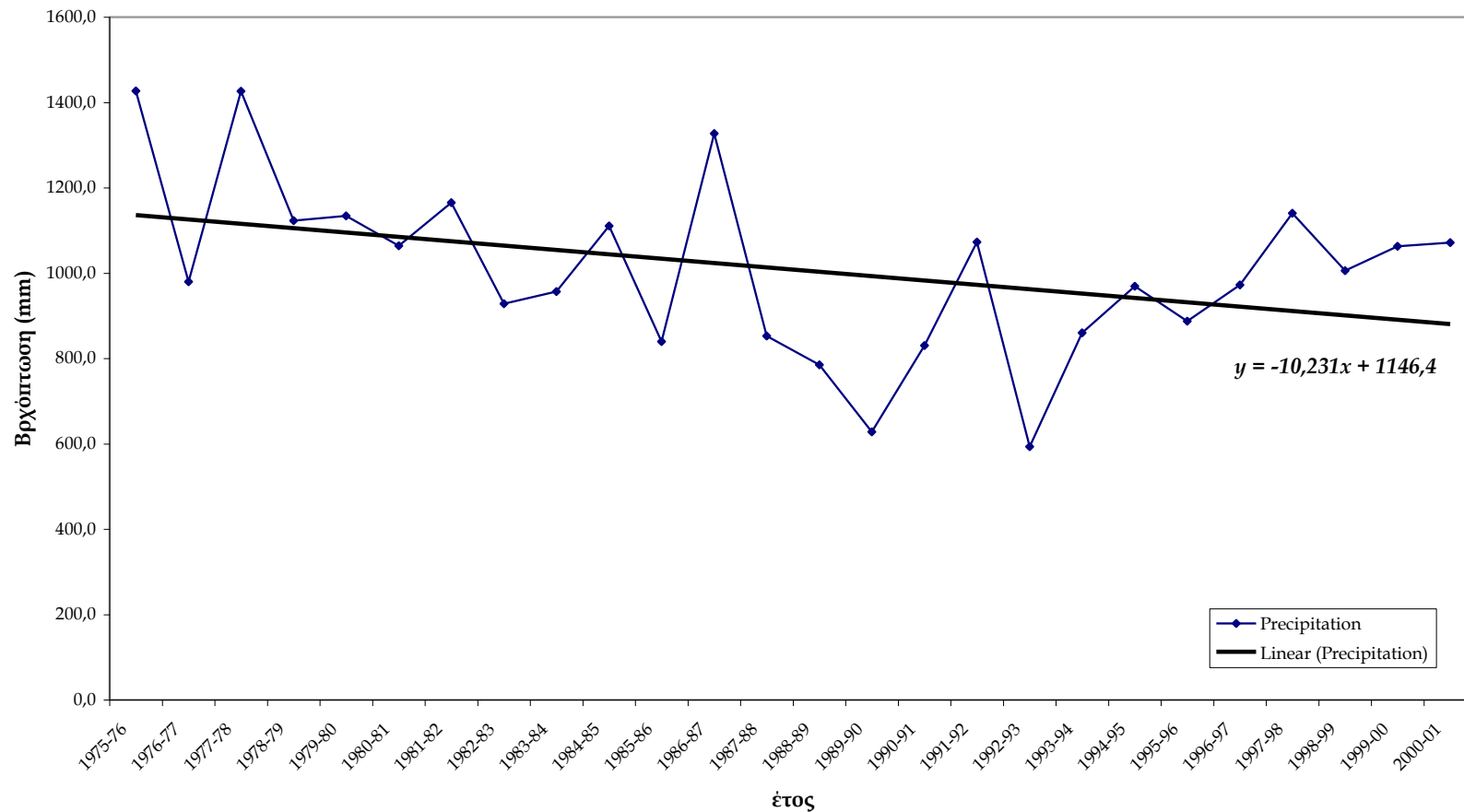
Στο σχήμα 6.3 απεικονίζονται οι ετήσιες ποσότητες γλυκού και θαλασσινού νερού που παροχετεύει η πηγή σε κυβικά μέτρα, η αντίστοιχη συνολική ποσότητα και η ποσότητα των βροχοπτώσεων που κατεισδύει στον υπόγειο υδροφόρο. Από το διάγραμμα αυτό φαίνεται ότι η ποσότητα της βροχόπτωσης που κατεισδύει, είναι μικρότερη και από την εκτιμούμενη ποσότητα γλυκού νερού που αποδίδει η πηγή. Η παρατήρηση αυτή οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η έκταση της λεκάνης τροφοδοσίας της πηγής πρέπει να είναι μεγαλύτερη από τα 300 km<sup>2</sup>. Υπενθυμίζεται ότι υπάρχουν δύο ομάδες εργασιών: μία η οποία θεωρεί λεκάνη τροφοδοσίας του Αλμυρού ίση με 300 km<sup>2</sup> και μία δεύτερη η οποία θεωρεί 500 km<sup>2</sup> έκταση λεκάνης, χωρίς όμως να την οριοθετεί στο χάρτη.

Χρονοσειρά Παροχής Πηγής  
1975 - 2001



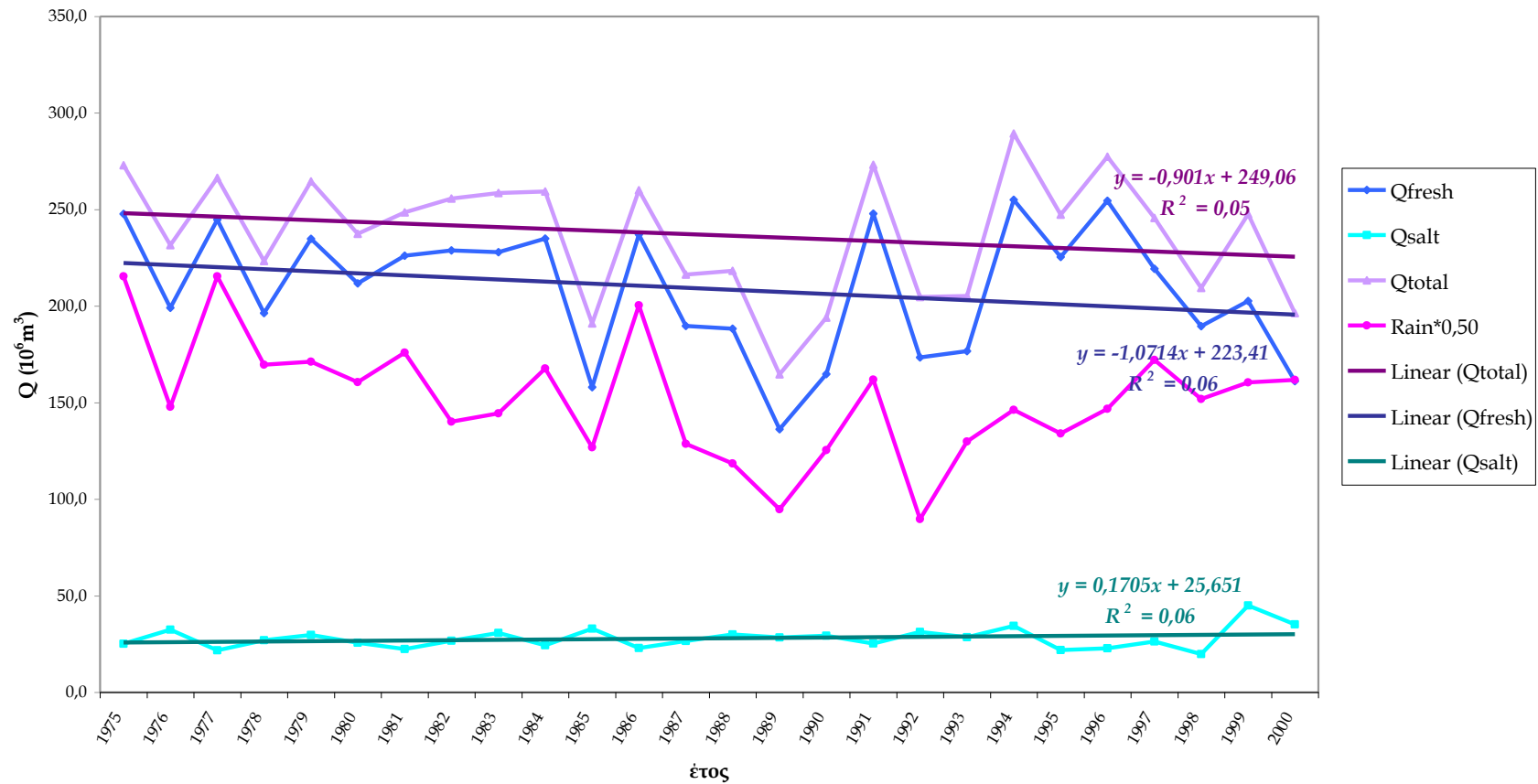
Σχήμα 6.1 Διάγραμμα ετησίων τιμών παροχής της πηγής του Αλμυρού, για την περίοδο 1975 - 2001

Χρονοσειρά Ανηγμένης Βροχόπτωσης  
1975 - 2001



Σχήμα 6.2 Διάγραμμα ετησίων τιμών βροχοπτώσεων για την ενιαία λεκάνη επεξεργασίας, για την περίοδο 1975 - 2001

Παροχές καρστικού συστήματος Αλμυρού



Σχήμα 6.3 Διάγραμμα σύγκρισης των ετησίων παροχών του καρστικού συστήματος του Αλμυρού για την περίοδο 1975 - 2001

## 6.2.2 Διερεύνηση σε Υπερετήσια Βάση

Στη συνέχεια, εξετάστηκαν τα δεδομένα της παροχής, των χλωριόντων και της βροχόπτωσης σε υπερετήσια βάση, δηλαδή υπολογίστηκε η μέση μηνιαία τιμή της παροχής της πηγής, των χλωριόντων και του ύψους της βροχόπτωσης για το σύνολο των 26 ετών.

### 6.2.2.1 Διάγραμμα συσχέτισης παροχής πηγής και βροχόπτωσης

Στο σχήμα 6.4 παρατίθεται το διάγραμμα συσχέτισης της υπερετήσιας μέσης παροχής της πηγής, σε  $m^3/s$ , με το υπερετήσιο μέσο ύψος βροχόπτωσης, σε mm. Παρατηρούμε ότι διακρίνονται δύο κλάδοι. Αρχικά, για τον πρώτο μήνα του υδρολογικού έτους, τον Σεπτέμβριο, ενώ παρατηρείται σημαντική αύξηση των βροχοπτώσεων, η παροχή δε φαίνεται να διαφοροποιείται έντονα. Για το επόμενο διάστημα από Οκτώβριο έως Δεκέμβριο η αύξηση βροχοπτώσεων και παροχής εμφανίζεται συνεχής και αντίστοιχη, ενώ κατά τη διάρκεια του Δεκεμβρίου παρουσιάζεται μια σταθεροποίηση της βροχόπτωσης και αύξηση της παροχής της πηγής. Συνεχίζοντας στους μήνες Ιανουάριο έως Μάρτιο ενώ υπάρχει μείωση της βροχόπτωσης, η παροχή φαίνεται να αυξάνει ελάχιστα με πολύ ομαλή κλίση της καμπύλης. Στη συνέχεια μέχρι το μήνα Απρίλιο η μείωση της βροχόπτωσης ακολουθείται και από ανάλογη μείωση της παροχής. Για τους τελευταίους τέσσερις μήνες παρατήρησης, από Μάιο μέχρι και Αύγουστο, σημειώνεται έντονη μείωση της παροχής, παρόλο που η βροχόπτωση ενώ μειώνεται δεν παρουσιάζει την ίδια έντονη μείωση. Συμπερασματικά, μεταξύ βροχοπτώσεων και παροχής της πηγής μπορούμε να πούμε ότι υπάρχει σαφής υστέρηση.

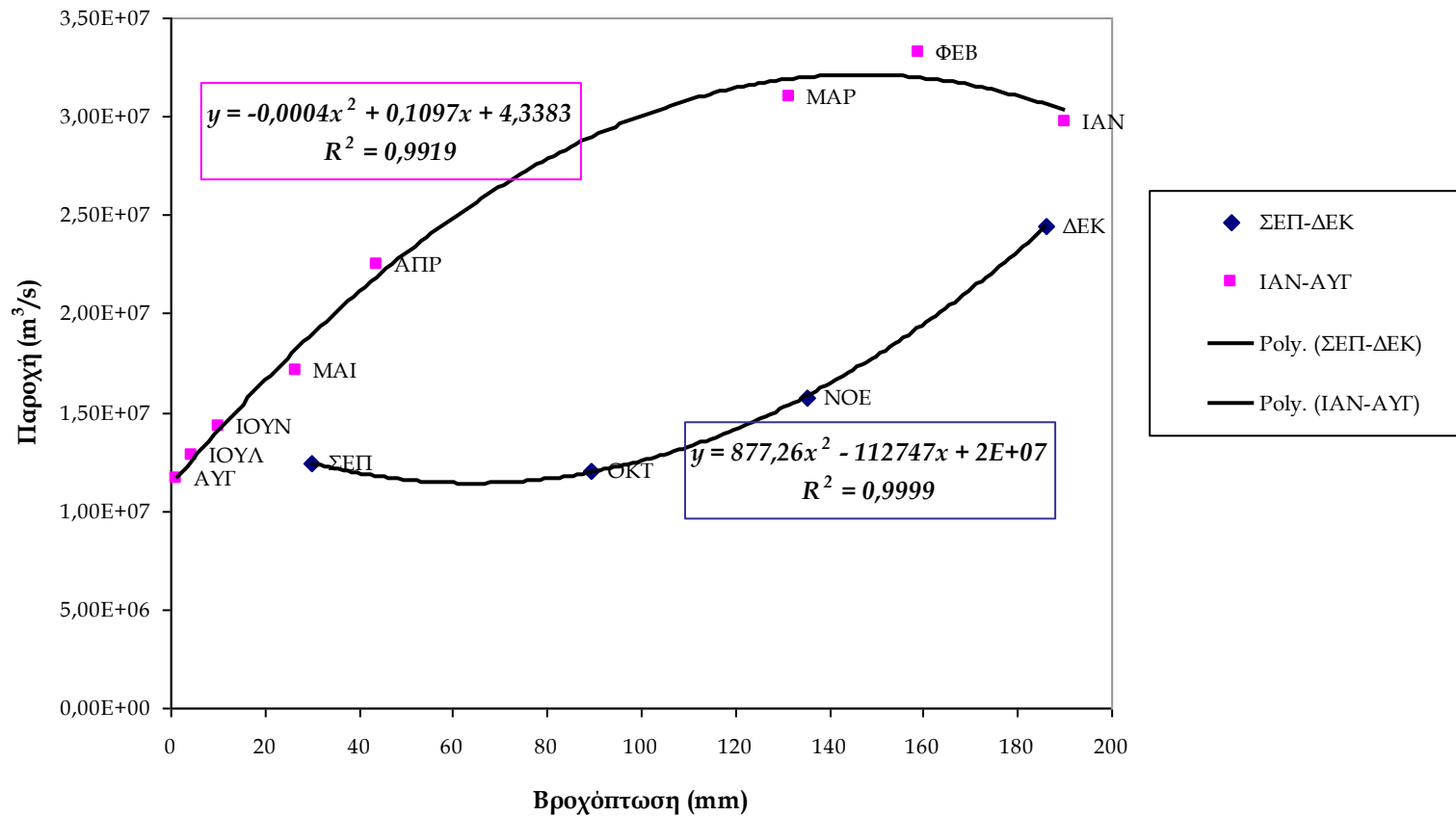
Ενδεικτικά, στο σχήμα απεικονίζονται καμπύλες 2<sup>ου</sup> βαθμού, που σχηματίστηκαν, η πρώτη για τους μήνες Σεπτέμβριο ως Δεκέμβριο και η δεύτερη για αυτούς από Ιανουάριο ως Αύγουστο. Φαίνεται να υπάρχει πολύ καλή συσχέτιση και στις δύο περιπτώσεις με συντελεστή  $R^2$  ίσο με 0,99.



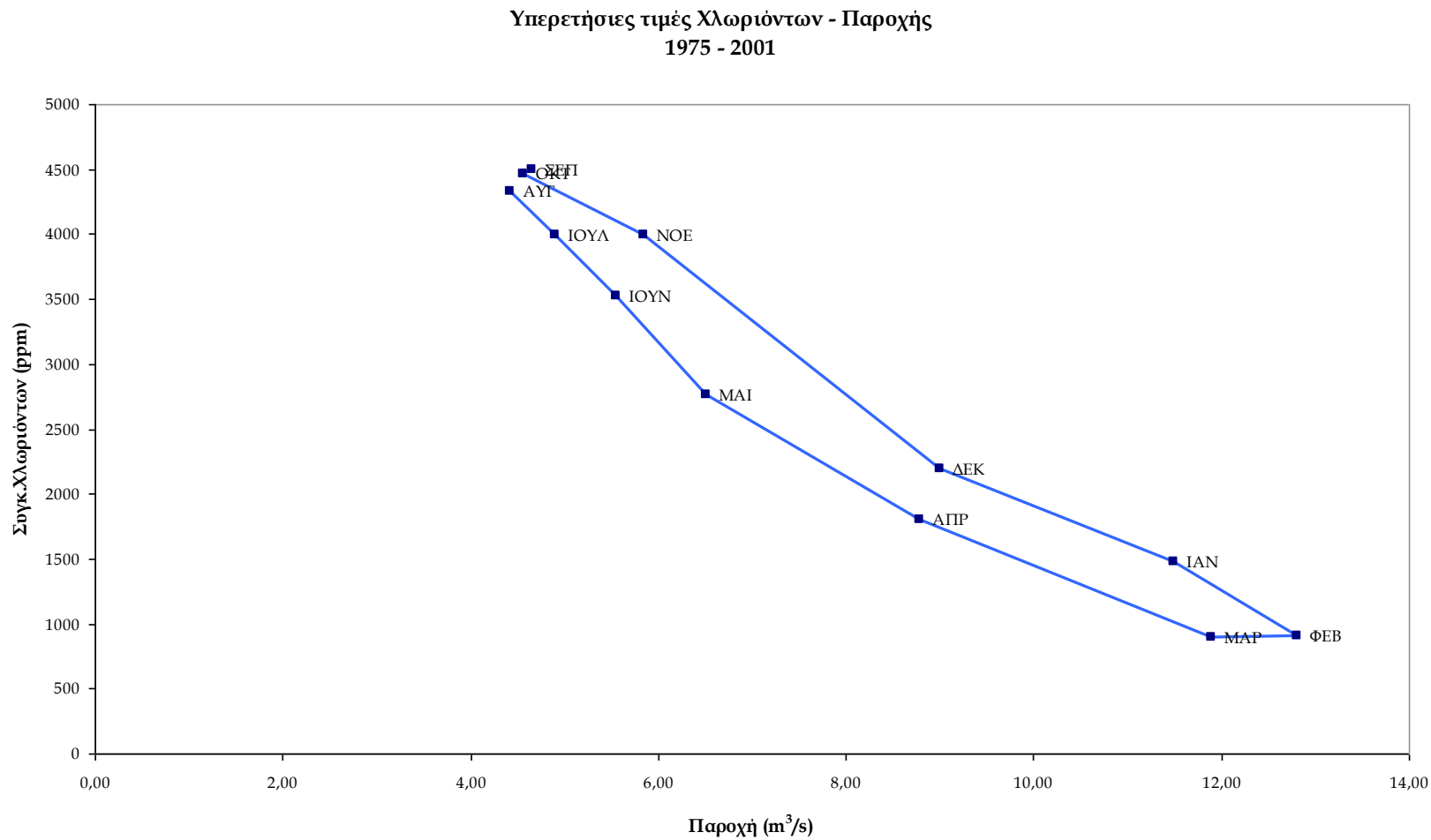
#### 6.2.2.2 Διάγραμμα συσχέτισης παροχής πηγής και χλωριόντων

Στο σχήμα 6.5 παρουσιάζεται το υπερετήσιο διάγραμμα χλωριόντων – παροχής. Ερμηνεύοντας το, ξεκινάμε από τον πρώτο μήνα του υδρολογικού έτους, τον Σεπτέμβριο, του οποίου οι τιμές των χλωριόντων και της παροχής της πηγής φαίνεται να ταυτίζονται με αυτές του Οκτωβρίου. Συνεχίζοντας, παρατηρείται μείωση της συγκέντρωσης των χλωριόντων και αύξηση της παροχής μέχρι και το Δεκέμβριο. Κατά τη διάρκεια του Ιανουαρίου σημειώνεται μείωση των χλωριόντων και παράλληλη αύξηση της παροχής της πηγής μέχρι το Φεβρουάριο, στο διάστημα του οποίου η παροχή μειώνεται ενώ η συγκέντρωση των χλωριόντων παραμένει σταθερή. Στους επόμενους δύο μήνες, υπάρχει η αναμενόμενη σχέση μεταξύ των δύο μεγεθών, δηλαδή μείωση της παροχής και αύξηση των χλωριόντων, η οποία συνεχίζεται και από το Μάιο έως τον Αύγουστο μόνο που το ποσοστό μείωσης της παροχής είναι λίγο μικρότερο. Συνεπώς, παρατηρείται μικρή υστέρηση μεταξύ των χλωριόντων και παροχής της πηγής.

Υπερετήσιες τιμές Παροχής - Βροχόπτωσης  
1975 - 2001



Σχήμα 6.4 Διάγραμμα υπερετήσιων τιμών παροχής της πηγής και βροχόπτωσης, για την περίοδο 1975 - 2001

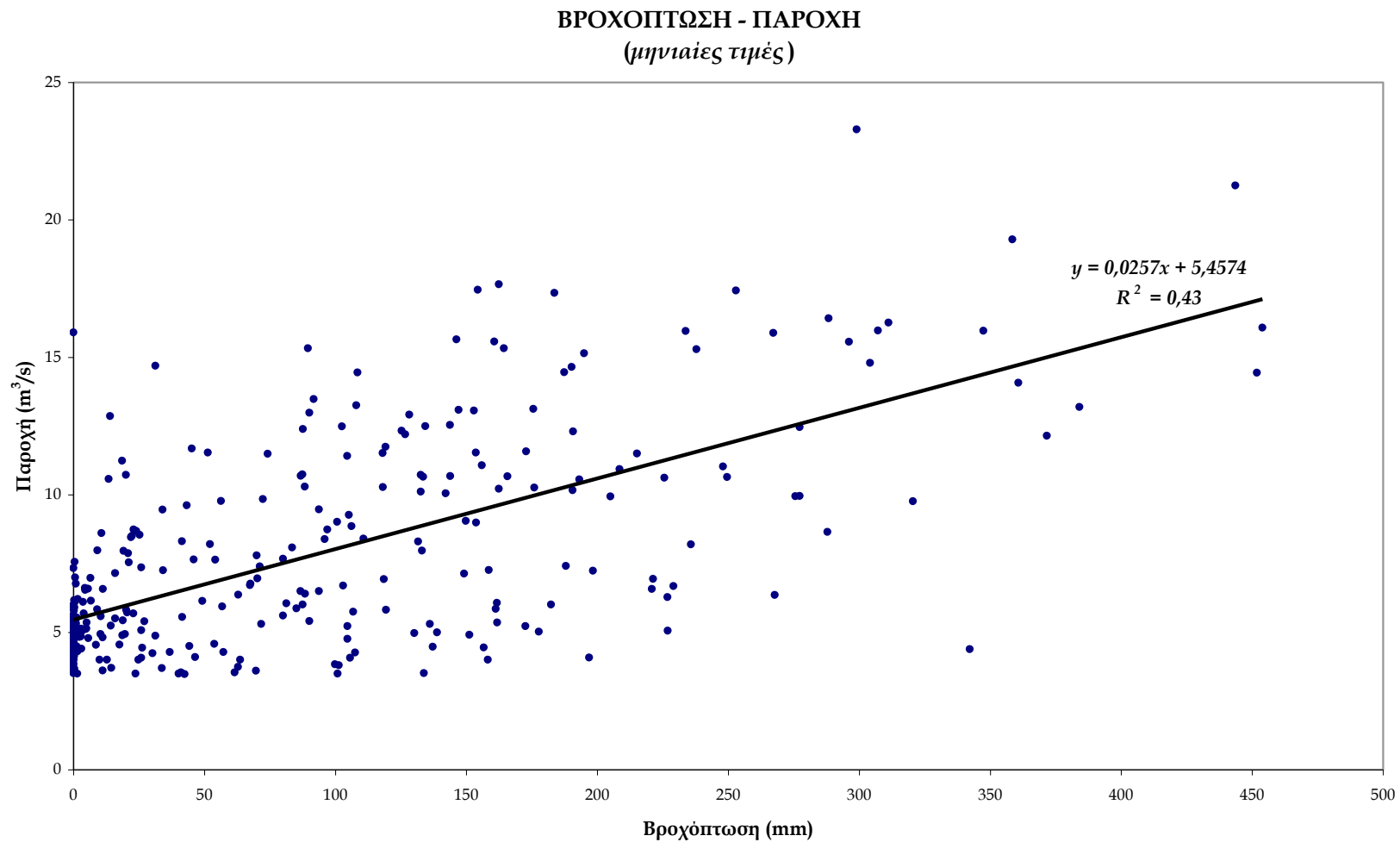


*Σχήμα 6.5* Διάγραμμα υπερετήσιων τιμών χλωριόντων και παροχής, για την περίοδο 1975 - 2001

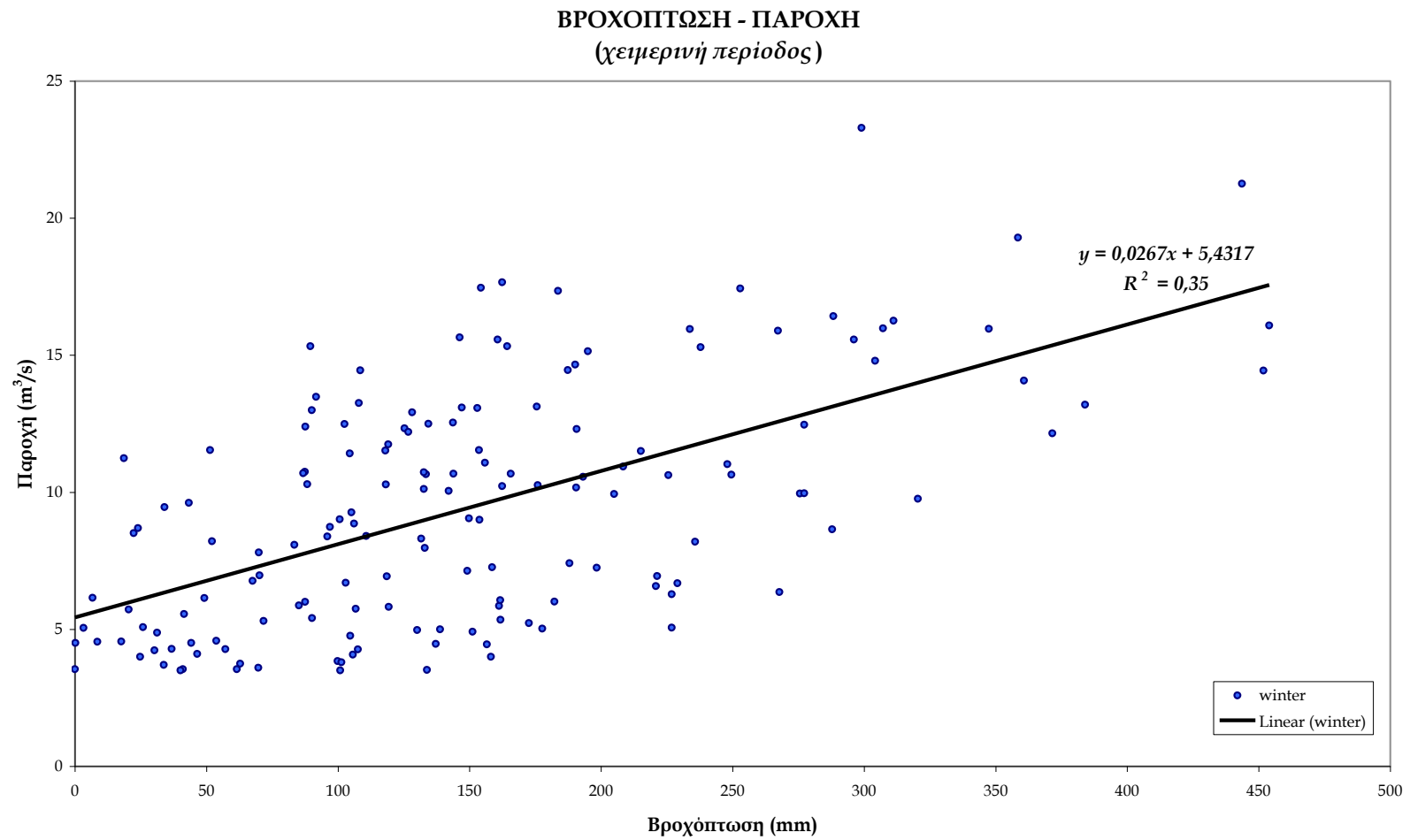
### 6.2.3 Διερεύνηση σε Μηνιαία Βάση

Στη συνέχεια παρατίθενται τρία διαγράμματα συσχέτισης (διασποράς) παροχής – βροχόπτωσης σε μηνιαία βάση, αρχικά για όλο το υδρολογικό έτος και μετά ξεχωριστά για τη χειμερινή και εαρινή περίοδο (σχήματα 6.6, 6.7, 6.8). Όπως προκύπτει και φαίνεται και από τους συντελεστές συσχέτισης, το αποτέλεσμα δεν είναι καλό και είναι ίσως και αναμενόμενο, καθώς τα δύο αυτά μεγέθη δε σχετίζονται με απλή γραμμική σχέση.

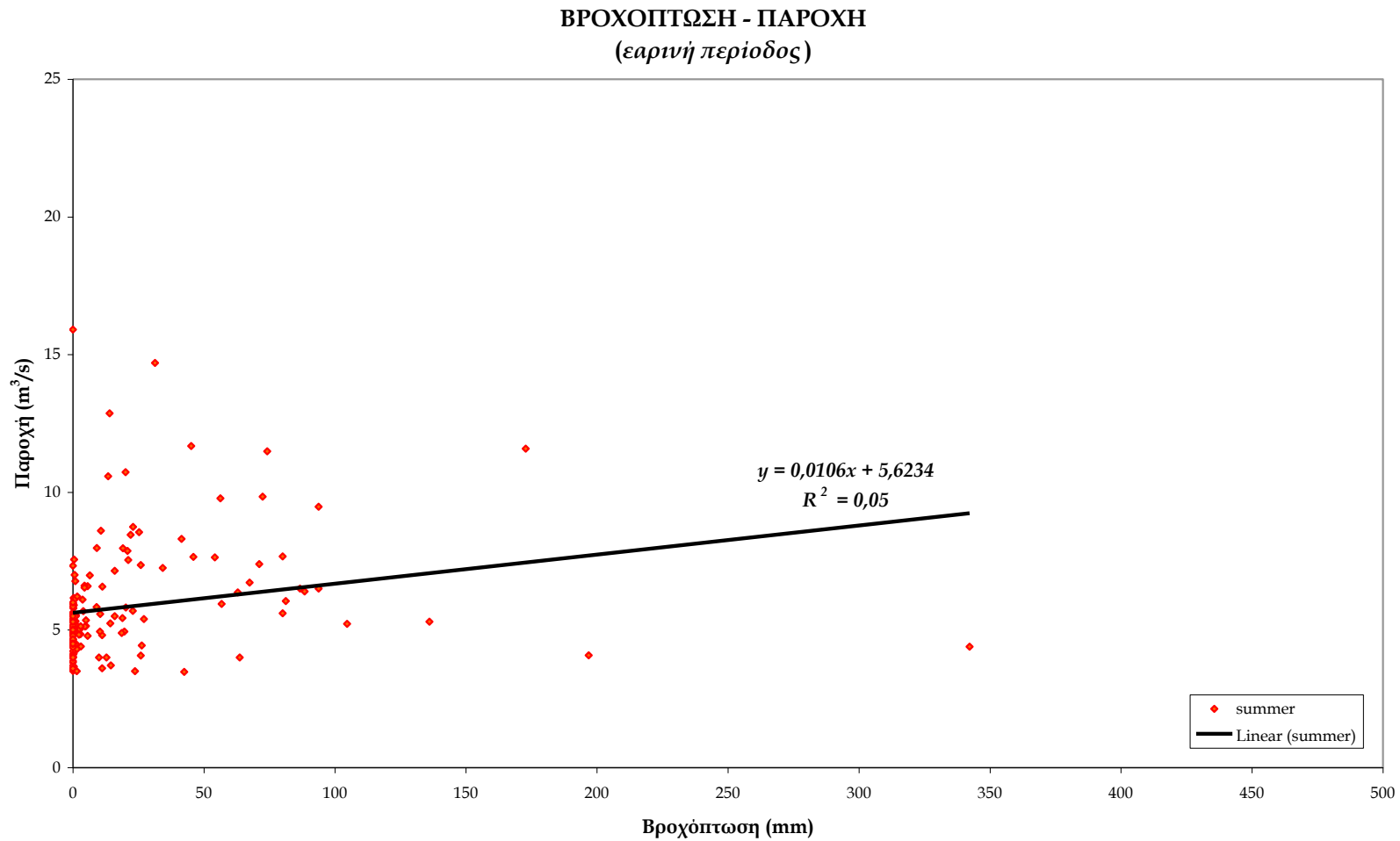
Ακολουθεί το διάγραμμα μηνιαίων τιμών παροχής και βροχόπτωσης (σχήμα 6.9), στο οποίο γίνεται αμέσως φανερή η χρονική διαφορά, μεγαλύτερη η μικρότερη για κάθε μήνα, μεταξύ των δύο φαινομένων. Πρώτα παρατηρείται το φαινόμενο της βροχόπτωσης και έπεται οποιαδήποτε αύξηση της παροχής.



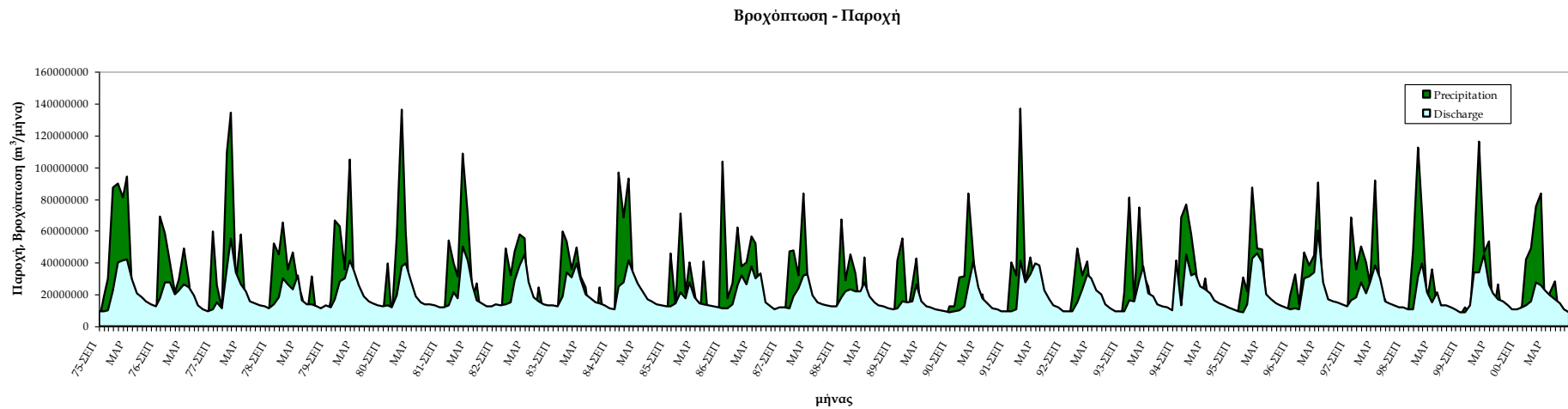
Σχήμα 6.6 Διάγραμμα συσχέτισης μηνιαίων τιμών βροχόπτωσης και παροχής, για την περίοδο 1975 - 2001



*Σχήμα 6.7* Διάγραμμα συσχέτισης μηνιαίων τιμών βροχόπτωσης και παροχής (για τους μήνες ΟΚΤ – ΜΑΡ), για την περίοδο 1975 - 2001



Σχήμα 6.8 Διάγραμμα συσχέτισης μηνιαίων τιμών βροχόπτωσης και παροχής (για τους μήνες ΑΠΡ – ΑΥΓ), για την περίοδο 1975 - 2001



*Σχήμα 6.9* Διάγραμμα μηνιαίων τιμών βροχόπτωσης και παροχής, για την περίοδο 1975 - 2001



## 6.3 Ανάλυση Χρονοσειρών

### 6.3.1 Αυτοσυσχέτιση (*Autocorrelation Function*)

#### 6.3.1.1 Γενικά

Η συνάρτηση αυτοσυσχέτισης είναι ένα ομαλό μέγεθος που δείχνει τη γραμμική εξάρτηση μεταξύ διαδοχικών τιμών μιας χρονοσειράς (Larocque et al. 1998, Lambrakis et al. 2000) και επιτρέπει την ποσοτικοποίηση της επίδρασης του φαινομένου της «μνήμης<sup>1</sup>» ενός συστήματος. Το διάγραμμα αυτοσυσχέτισης σκιαγραφεί αυτή τη μνήμη, η οποία υπολογίζεται από το χρόνο αποσυσχέτισης (decorrelation lag time) που προσδιορίζεται ως ο χρόνος στον οποίο η συνάρτηση αυτοσυσχέτισης φτάνει μια προκαθορισμένη τιμή – συνήθως μεταξύ 0,1 και 0,2.

#### 6.3.1.2 Σημασία της Μεθόδου

Από υδρογεωλογικής άποψης, το σχήμα του διαγράμματος αυτοσυσχέτισης παρέχει πληροφορίες για την καρστικοποίηση και τα αποθέματα υπόγειας ροής του καρστικού υδροφορέα (Panagopoulos and Lambrakis 2006). Ως εκ τούτου, ένα φτωχά ανεπτυγμένο καρστικό σύστημα, με σημαντικό όμως υπόγειο απόθεμα, έχει έντονη επίδραση του φαινομένου της μνήμης και το διάγραμμα αυτοσυσχέτισής του παρουσιάζει μια ελαφριά, φθίνουσα κλίση και τιμές υψηλότερες από 0,2 για μεγάλο διάστημα χρονικής υστέρησης (lag). Από την άλλη πλευρά, ένα ενεργό καρστικό δίκτυο, χωρίς σημαντικά υπόγεια αποθέματα, αντιστοιχεί σε χαμηλό σύστημα μνήμης και το διάγραμμα παρουσιάζει πολύ πιο απότομη κλίση και, κατά συνέπεια, βραχύτερο διάστημα αποσυσχέτισης (decorrelation lag time).

---

<sup>1</sup> Με τον όρο αυτό περιγράφεται ο χρόνος που απαιτείται για ένα σύστημα να «ξεχάσει» τις αρχικές του συνθήκες.

## 6.3.1.3 Δεδομένα – Εξισώσεις – Εφαρμογή στον Αλμυρό

Όπως προαναφέρθηκε στην παράγραφο 6.3.1.1, η χρησιμότητα του διαγράμματος αυτοσυσχέτισης αφορά στον καθορισμό του βαθμού εξάρτησης διαδοχικών παρατηρήσεων μιας χρονοσειράς.

Στο σύστημα του Αλμυρού εφαρμόστηκε η συνάρτηση αυτοσυσχέτισης, σε ημερήσια βάση, για δύο μεγέθη ξεχωριστά: Α. την ημερήσια ανηγμένη βροχόπτωση του σταθμού των Ανωγείων (mm/μέρα), Β. την ημερήσια παροχή της πηγής του Αλμυρού (m<sup>3</sup>/μέρα)

Οι μετρήσεις καλύπτουν συνολικά ένα διάστημα δύο υδρολογικών ετών, από το Σεπτέμβριο του 1995 έως και τον Αύγουστο του 1997.

Για μια δεδομένη σειρά τιμών  $x_t$ , η συνάρτηση αυτοδιακύμανσης  $\gamma_k$  μπορεί να υπολογιστεί ως

$$\gamma_k = \text{Cov}(x_t, x_{t+k}) = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^{n-k} (x_t - \mu)(x_{t+k} - \mu) \quad (6.5)$$

και τελικώς η αυτοσυσχέτιση  $\rho_k$  δίνεται από τον τύπο

$$\rho_k = \frac{\text{Cov}(x_t, x_{t+k})}{\text{Cov}(x_t, x_t)} = \frac{\gamma_k}{\gamma_0} \quad (6.6)$$

όπου  $\mu$  είναι ο μέσος των  $x_t$ ,  $k$  η χρονική υστέρηση (lag) και  $n$  το μήκος της χρονοσειράς.

## 6.3.1.4 Συμπεράσματα

*Βροχόπτωση*

Να σημειωθεί αρχικά ότι το διάγραμμα αυτοσυσχέτισης είναι πάντα συμμετρικό και συνεπώς πολλές φορές απεικονίζεται μόνο ο θετικός άξονας (για θετικό lag). Εδώ

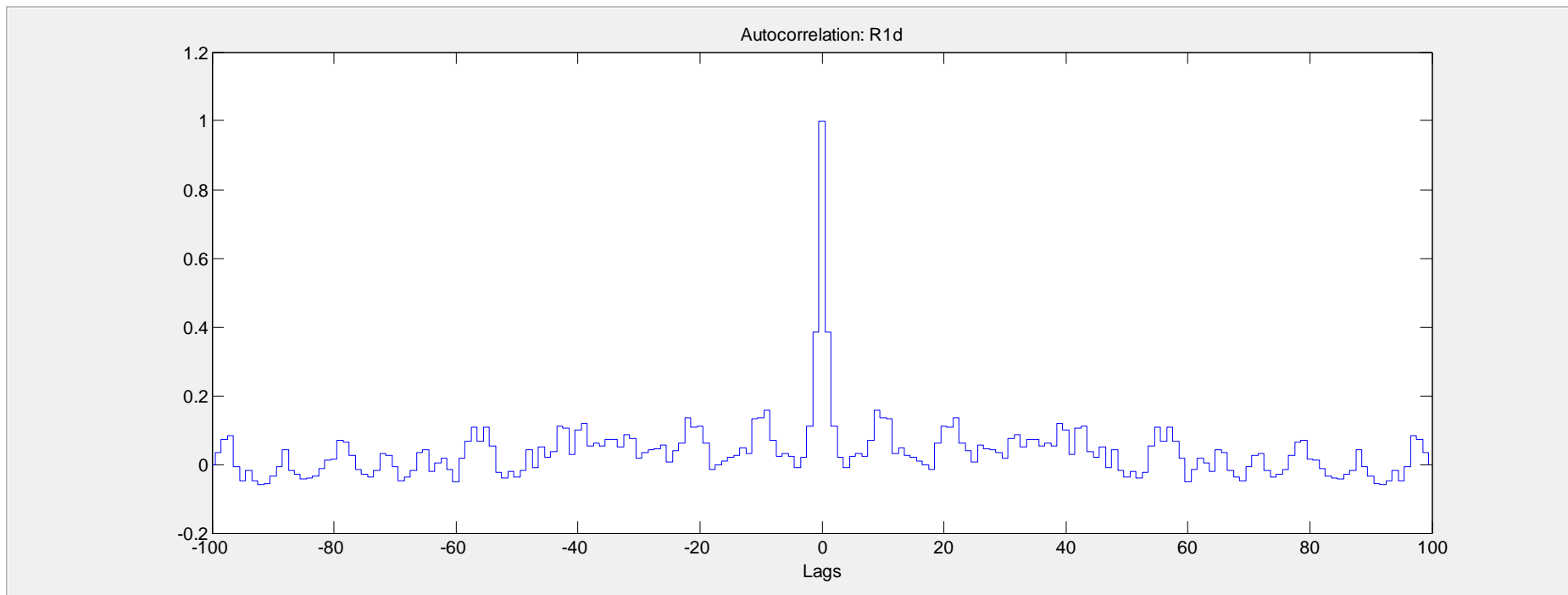
παρουσιάζεται και ο αρνητικός άξονας, αλλά λόγω συμμετρίας εξετάζεται η μία από τις δύο του πλευρές.

Μελετώντας το διάγραμμα αυτοσυσχέτισης της βροχόπτωσης, παρατηρείται ότι η συνάρτηση παρουσιάζει αρχικά μία πολύ απότομη κλίση και μέσα σε 2 μόνο μέρες φτάνει στο μηδέν (0,0), ενώ στη συνέχεια η καμπύλη αυξομειώνεται πολύ ομαλότερα γύρω από το μηδέν και δεν ξεπερνάει ως άνω όριο την τιμή  $\rho_k = 0,2$ . Αυτό ενισχύει τη θεώρηση ότι η βροχόπτωση αποτελεί ένα καθαρά τυχαίο γεγονός – συνάρτηση, χωρίς καθόλου μνήμη.

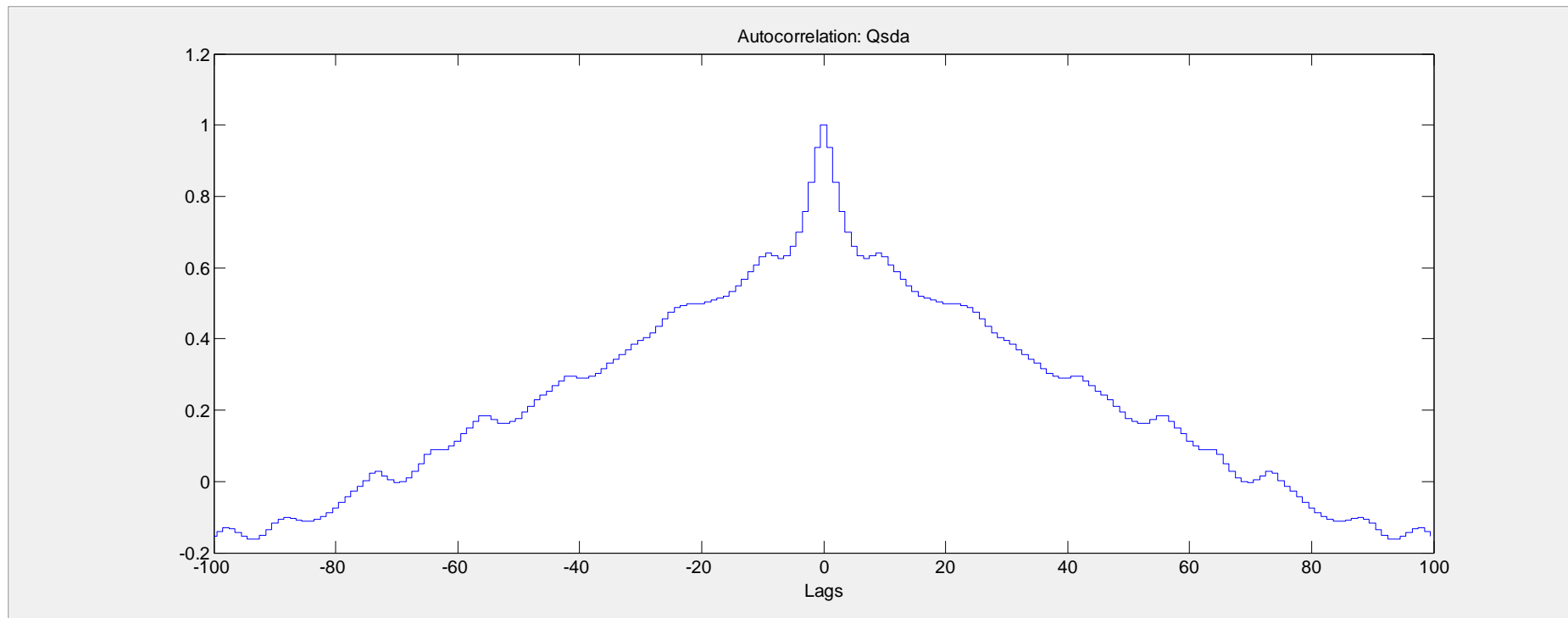
### *Παροχή Πηγής*

Παρατηρώντας το διάγραμμα αυτοσυσχέτισης της εκροής της πηγής, διακρίνουμε δύο διαφορετικές συμπεριφορές της καμπύλης. Αρχικώς, υπάρχει μια γρήγορη ελάττωση που φτάνει την τιμή  $\rho_k = 0,6$ , ενώ στη συνέχεια η μείωση είναι πολύ ομαλότερη και το διάγραμμα φτάνει την τιμή αυτοσυσχέτισης 0,2 σε 60 περίπου μέρες. Το προηγούμενο υποδεικνύει τη διττή φύση και συμπεριφορά του υδροφορέα.

Αναλύοντας ξεχωριστά τα δύο «κομμάτια» της παραπάνω καμπύλης, μπορούμε να αναφέρουμε ότι το πρώτο τμήμα αντιστοιχεί στην επιρροή μεγάλων καρστικών αγωγών που πολύ γρήγορα στραγγίζουν τον υδροφορέα, ενώ το δεύτερο κομμάτι θα μπορούσε να ερμηνευτεί ως το κομμάτι επιρροής από μικρότερους αγωγούς και ασυνέχειες που αδειάζουν τον υδροφορέα σε μεγαλύτερη χρονική περίοδο (Panagopoulos, Lambrakis 2006).



*Σχήμα 6.10* Διάγραμμα αυτοσυσχέτισης των βροχοπτώσεων για την ορεινή λεκάνη του Αλμυρού, με ημερήσια δεδομένα (1995-1997)



*Σχήμα 6.11* Διάγραμμα αυτοσυσχέτισης της παροχής της πηγής για την ορεινή λεκάνη του Αλμυρού, με ημερήσια δεδομένα (1995-1997)

### 6.3.2 Ετεροσυσχέτιση (*Cross-Correlation Function, CCF*)

#### 6.3.2.1 Γενικά

Η μέθοδος ετεροσυσχέτισης είναι μία στατιστική μέθοδος επεξεργασίας σημάτων χρονοσειρών διαφόρων μεγεθών και αναπαριστά την εσωτερική σχέση μεταξύ των δεδομένων τα οποία εισάγονται σε ένα σύστημα και των αποτελεσμάτων τα οποία εξάγονται σαν συνέπεια πιθανόν των προηγούμενων. (Lee et al. 2000, 2005). Δεδομένου ότι τα δεδομένα εισαγωγής αποτελούν μία ασυσχέτιστη διαδικασία (λευκός θόρυβος – white noise), όπως στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι το γεγονός της βροχής, η συνάρτηση ετεροσυσχέτισης μεταξύ βροχόπτωσης και απορροής της πηγής δίνει μια γενικότερη ιδέα για την απόκριση του καρστικού συστήματος (Padilla et al. 1995, Larocque et al. 1998). Για το λόγο αυτό, το γράφημα της ετεροσυσχέτισης μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν το μοναδιαίο υδρογράφημα στην επιφανειακή Υδρολογία .

#### 6.3.2.2 Χρονική Υστέρηση (Lag)

Η χρονική υστέρηση ή αλλιώς Lag που δίνεται για  $Lag = 0$  μέχρι τη μέγιστη ετεροσυσχέτιση υποδεικνύει το βαθμό καρστικοποίησης του υδροφορέα και δίνει μία εκτίμηση του ρυθμού μεταφοράς μιας φόρτισης μέσα στον υδροφορέα (π.χ. ένα γεγονός έντονης βροχόπτωσης), καθώς και την απαιτούμενη χρονική διάρκεια π.χ. για την μεταφορά μέχρι την πηγή. Λόγω του παραπάνω, η μελέτη του μεγέθους της μέσης υστέρησης θεωρείται χρήσιμο εργαλείο για την ολοκληρωμένη διαχείριση μιας καρστικής πηγής, όπως για μελέτη προσομοίωσης (modeling) της πηγής (Larocque et al. 1998).

#### 6.3.2.3 Σημασία της Μεθόδου

Κατ' αρχάς, το διάγραμμα ετεροσυσχέτισης δεν είναι συμμετρικό, δηλαδή ισχύει  $r_{zx}(k) \neq r_{xz}(k)$ . Αν  $r_{zx}(k) > 0$  για  $k > 0$ , τότε η χρονοσειρά των δεδομένων εισαγωγής επηρεάζει αυτήν της εξαγωγής, ενώ αν  $r_{zx}(k) > 0$  για  $k < 0$ , τότε τα δεδομένα εξαγωγής επηρεάζουν αυτά της εισαγωγής. Γενικά, ένα τελείως συμμετρικό διάγραμμα ετεροσυσχέτισης υποδεικνύει ότι και οι δύο σειρές δεδομένων συμβαίνουν αντίστοιχα, το

σήματα τους δηλαδή συμπίπτει. Σε οποιαδήποτε περίπτωση μετατόπισης, δείχνει ότι το ένα από τα δύο σήματα έπεται του άλλου.

Ένα σημαντικό αποτέλεσμα της ανάλυσης της ετεροσυσχέτισης είναι ότι επιτρέπει την διερεύνηση δύο ακραίων περιπτώσεων υδροφορέα: (α) ενός υδροφορέα με μικρές δυνατότητες στράγγισης, αλλά μεγάλη αποθηκευτική ικανότητα και (β) ενός καλά οργανωμένου καρστικού δικτύου, χωρίς σημαντική αποθηκευτική ικανότητα, με σημαντικές ικανότητες στράγγισης. Στην πρώτη περίπτωση, το γράφημα ετεροσυσχέτισης έχει ομαλή κλίση και αντιστοιχεί σε χρόνους ανταπόκρισης που μπορεί να φτάνουν και 100 μέρες, ενώ η μέση υστέρηση αντιστοιχεί σε αρκετές βδομάδες. Αντίθετα, στη δεύτερη περίπτωση, υπάρχει ένα καλά οργανωμένο καρστικό σύστημα, το οποίο χαρακτηρίζεται από πολύ μικρότερους χρόνους απόκρισης, π.χ. μερικές μέρες καθυστέρηση (Padilla et al. 1995).

#### 6.3.2.4 Δεδομένα – Εξισώσεις – Εφαρμογή στον Αλμυρό

Η πιο απλή μορφή συσχέτισης ροών της ίδιας χρονικής περιόδου είναι η λεγόμενη «Απλή Συσχέτιση» ή «Ετεροσυσχέτιση Μηδενικής Υστέρησης» (lag zero cross-correlation).

Στο παρόν πρόβλημα εφαρμόζεται συνάρτηση ετεροσυσχέτισης με υστέρηση  $k$  (ή αλλιώς lag  $k$  cross-correlation) η οποία συσχετίζει μια τυχαία μεταβλητή σε ένα χρονικό σημείο και μία δεύτερη μεταβλητή σε άλλο χρονικό σημείο,  $k$  χρονικές μονάδες αργότερα.

Οι υπάρχουσες μετρήσεις αφορούν δύο μεγέθη:

- την ανηγμένη βροχόπτωση του σταθμού των Ανωγείων σε mm, η οποία αναφέρεται στην ορεινή λεκάνη και αποτελεί το δεδομένο εισαγωγής, και
- την απορροή της πηγής του Αλμυρού σε  $m^3/μέρα$ , που είναι το δεδομένο εξαγωγής.

Οι παρατηρήσεις των δύο χρονοσειρών καλύπτουν ένα διάστημα δύο ετών, περιλαμβάνουν, δηλαδή, πληροφορίες για τα υδρολογικά έτη 1995-1996 και 1996-1997.

Υποθέτοντας, λοιπόν, ότι έχουμε δύο χρονοσειρές και συνεπώς  $N$  ζεύγη  $(z_t, x_t)$  για  $t = 0, 1, 2, \dots$  συνολικά, η συνάρτηση ετεροδιακύμανσης εκτιμάται ως

$$c_{zx}(k) = \begin{cases} \frac{1}{N} \sum_{t=1}^{n-k} (z_t - \bar{z})(x_{t+k} - \bar{x}) & k = 0, 1, 2 \dots \\ \frac{1}{N} \sum_{t=1}^{n+k} (x_t - \bar{x})(z_{t-k} - \bar{z}) & k = 0, -1, -2 \dots \end{cases} \quad (6.7)$$

όπου  $\bar{z}$  και  $\bar{x}$  είναι οι μέσοι των δεδομένων εισαγωγής και εξαγωγής αντίστοιχα (Montgomery et al. 1990).

Οι εκτιμήσεις των  $\sigma_z^2$  και  $\sigma_x^2$  είναι

$$s_z^2 = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^n (z_t - \bar{z})^2 \quad (6.8)$$

$$s_x^2 = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^n (x_t - \bar{x})^2 \quad (6.9)$$

Τέλος, η συνάρτηση ετεροσυσχέτισης υπολογιζόμενη από τις παραπάνω σχέσεις, είναι

$$r_{zx}(k) = \frac{c_{zx}(k)}{\sqrt{s_z^2 s_x^2}} \quad k = 0, \pm 1, \pm 2 \dots \quad (6.10)$$

### 6.3.2.5 Συμπεράσματα

Στο σύστημα του Αλμυρού εφαρμόστηκε η συνάρτηση cross-correlation για τη νότια και ορεινή λεκάνη, με δεδομένα για δύο υδρολογικά έτη απο το 1995 εως το 1997. Οι δύο χρονοσειρές είναι αυτή της παροχής του Αλμυρού σε m<sup>3</sup>/μέρα και εκείνη της ημερήσιας βροχόπτωσης σε mm/μέρα.

Το τελικό γράφημα δείχνει μια καθαρή ασυμμετρία προς τις θετικές τιμές k, υποδηλώνοντας ότι η βροχόπτωση επηρεάζει την παροχή της πηγής. Η συνάρτηση εκφράζει επίσης τη διττή υδροδυναμική συμπεριφορά του συστήματος μετατροπής.



Η γρήγορη αντίδραση, η οποία εκφράζεται από την οξεία κορυφή του σχήματος και παρουσιάζει χρονική υστέρηση 2-6 ημερών περίπου μπορεί να ερμηνευτεί ως η άμεση απόκριση του υδροφορέα σε ένα γεγονός βροχής (quickflow<sup>2</sup>).

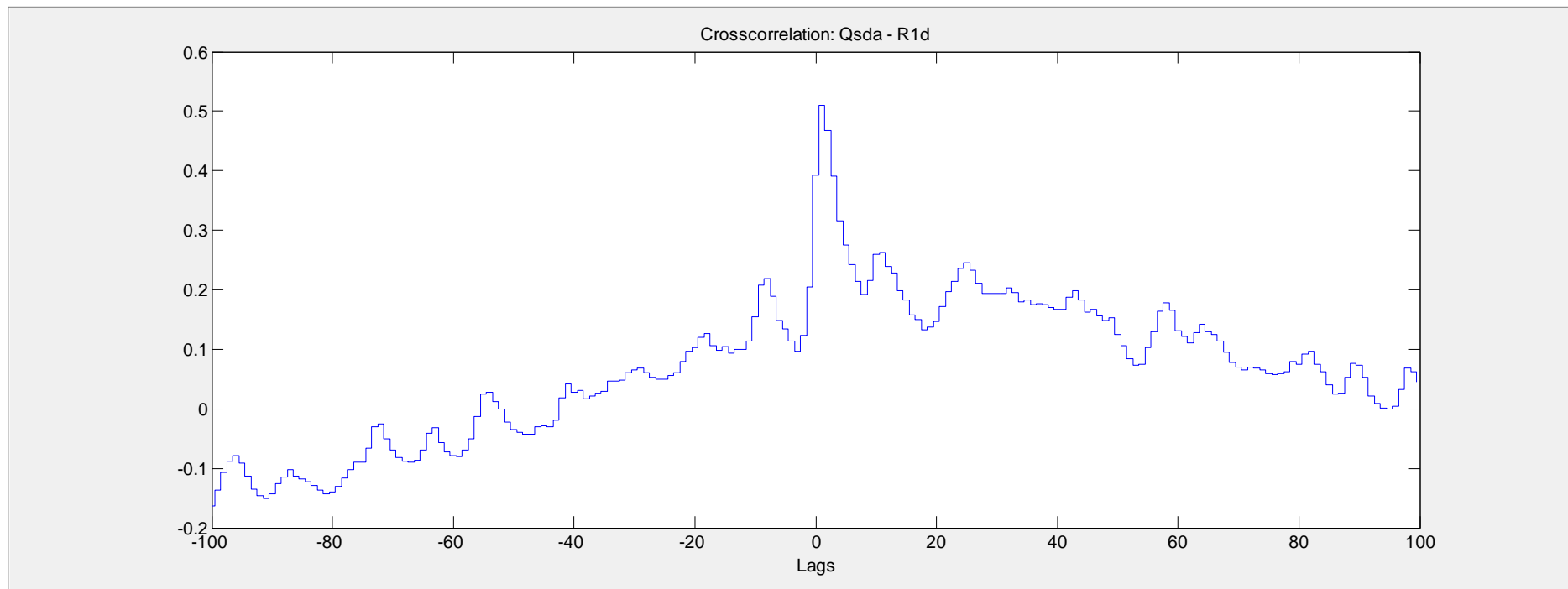
Μετά την αιχμή η συνάρτηση CCF ελαττώνεται σχετικά αργά και πιο ομαλά καταλήγοντας σε «μνήμη», η οποία εκτιμάται γύρω στις 60 με 90 μέρες. Το τελευταίο δείχνει την κυρίαρχη συνιστώσα της ροής βάσης<sup>3</sup> του συστήματος.

---

<sup>2</sup> Ως quickflow χαρακτηρίζεται η άμεση απόκριση σε ένα γεγονός βροχής, περιλαμβάνοντας τη ροή πάνω στο έδαφος (runoff), τη ροή μέσα στο έδαφος (interflow) και την απ' ευθείας βροχόπτωση που πέφτει πάνω στην επιφάνεια του ρεύματος ή ποταμού.

<sup>3</sup> Ροή βάσης ονομάζεται η έμμεση και μεγάλης διάρκειας απορροή του συστήματος, η οποία οφείλεται στη φυσική αποθήκευση νερού. Αποτελείται κατά κύριο μέρος την υπόγεια απορροή από το ρηχό υδροφορέα.

---



*Σχήμα 6.12* Διάγραμμα ετεροσυσχέτισης μεταξύ των βροχοπτώσεων και της παροχής για την ορεινή λεκάνη του Αλμυρού, με ημερήσια δεδομένα

## 6.4 Μοντέλο Υπολογισμού Μηνιαίας Παροχής Πηγής Αλμυρού

### 6.4.1 Περιγραφή του Μοντέλου

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται προσπάθεια προσομοίωσης των εκφορτίσεων της πηγής του Αλμυρού χρησιμοποιώντας ένα εννοιολογικό μοντέλο ενός ταμειυτήρα, τύπου Maillet. Τα εννοιολογικά μοντέλα γενικά βασίζονται σε απλές εξισώσεις που περιγράφουν πολύπλοκα συστήματα, με έναν απλοποιημένο αλλά ικανοποιητικό τρόπο (Rozos and Koutsoyiannis 2006).

Ο Maillet (1905) με στόχο τη μελέτη του υδρογραφήματος μιας καρστικής πηγής, εισήγαγε τα μοντέλα «συσσωρευμένου» υπόγειου νερού (lumped groundwater models) με τη χρήση μιας γραμμικής δεξαμενής με άνοιγμα-εκροή στο κάτω της μέρος. Θεωρώντας μηδενική κατακρήμνιση, κατέληξε στην ακόλουθη αναλυτική έκφραση για την εκτίμηση της καμπύλης εκφόρτισης πηγής (recession curve) σε συνθήκες παρατεταμένης ξηρής περιόδου:

$$Q_t = Q_o \cdot \exp(-kt) \quad (6.11)$$

Στην παραπάνω σχέση  $Q_t$  είναι η παροχή εκφόρτισης σε χρόνο  $t$  και  $Q_o$  η αρχική τιμή της. Ο συντελεστής  $k$  ονομάζεται **συντελεστής στείρευσης**, έχει διαστάσεις [ $T^{-1}$ ] και αποτελεί παράμετρο προς ρύθμιση. Το αντίστροφο του συντελεστή αυτού εκφράζει τον υδραυλικό χρόνο παραμονής του εκφορτιζόμενου νερού στον ταμειυτήρα (Πισινάρας και άλλοι 2009).

Η εξίσωση υδατικού ισοζυγίου, θεωρώντας το καρστικό σύστημα σαν ένα ταμειυτήρα διατυπώνεται ως εξής:

$$\frac{dV}{dt} = Q_{in} - Q_{out} \quad (6.12)$$

όπου  $Q_{in}$ ,  $Q_{out}$  είναι αντίστοιχα η εισροή και η εκροή νερού και ο όρος  $dV/dt$  εκφράζει την μεταβολή του όγκου του νερού στο καρστ.

Αμελώντας λόγω έλλειψης στοιχείων την εξατμισοδιαπνοή, την τήξη του χιονιού και άλλες απώλειες, οι εισροές νερού στον ταμειυτήρα του καρστ υπολογίζονται από τη σχέση:

$$Q_{in} = P \cdot \varepsilon \cdot A_{karst} \quad (6.13)$$

όπου  $P$  είναι η βροχόπτωση (διαστάσεις [L]),  $A_{karst}$  η επιφάνεια του καρστικού υδροφορέα (διαστάσεις [L<sup>2</sup>]) και  $\varepsilon$  αδιάστατος διορθωτικός συντελεστής που υπολογίζεται κατά τη βαθμονόμηση του μοντέλου και περιλαμβάνει τον συντελεστή κατείδυσης και τυχόν σφάλμα που υπάρχει στην εκτίμηση της λεκάνης τροφοδοσίας  $A_{karst}$  του καρστ.

Για σταθερό  $Q_{in}$ , η αναλυτική λύση της εξίσωσης του υδατικού ισοζυγίου είναι:

$$\begin{aligned} Q_{out} &= Q_0 \cdot \exp(-kt) + Q_{in} \cdot [1 - \exp(-kt)] \Rightarrow \\ \Rightarrow Q_{out} &= Q_0 \cdot \exp(-kt) + P \cdot \varepsilon \cdot A_{karst} \cdot [1 - \exp(-kt)] \end{aligned} \quad (6.14)$$

όπου  $k$  είναι ο συντελεστής στέρειυσης.

Η σχέση αυτή, διατυπωμένη για μη μόνιμη ροή μεταξύ δύο χρονικών στιγμών  $t$  και  $t + \Delta t$ , γράφεται:

$$Q_{out} \Big|_{t+\Delta t} = Q_{out} \Big|_t \cdot \exp(-k \cdot \Delta t) + P \cdot \varepsilon \cdot A_{karst} \cdot [1 - \exp(-k \cdot \Delta t)] \quad (6.15)$$

Σύμφωνα με τον Bonacci (1993), η παραπάνω έκφραση είναι επαρκής για πρακτικές εφαρμογές υπολογισμού της εκροής από καρστικούς υδροφορείς. Οι συντελεστές  $\varepsilon$  και  $k$  εκτιμώνται από τις μετρήσεις.

Η προηγούμενη σχέση αυτή εφαρμόστηκε στον υδροφορέα τροφοδοσίας της πηγής του Αλμυρού για την εκτίμηση της παροχής της πηγής. Κάθε φορά υπολογιζόταν το μέγεθος  $Q_{out} \Big|_{t+\Delta t}$  για μηνιαία δεδομένα και χρονικό βήμα  $\Delta t$  ίσο με 30 ημέρες, δηλαδή

1 μήνα. Στο διάστημα αυτό θεωρείτο σταθερή βροχόπτωση  $P$  και το  $Q_{out}|_t$  ήταν αυτό που υπολογίστηκε στο αμέσως προηγούμενο βήμα.

Για το γινόμενο  $P \cdot A_{karst}$  δοκιμάστηκαν τρεις περιπτώσεις:

- i) Όγκος σε  $m^3$  νερού που κατεισδύουν μηνιαίως στην ορεινή λεκάνη, όπως αυτά υπολογίζονται θεωρώντας τον σταθμό των Ανωγείων (Πίνακας 6.1)
- ii) Όγκος σε  $m^3$  νερού που κατεισδύουν μηνιαίως στην ενιαία λεκάνη (Πίνακας 6.1)
- iii) Όγκος σε  $m^3$  νερού που κατεισδύουν μηνιαίως στον συνδυασμό ορεινής και πεδινής λεκάνης (Πίνακας 6.1)

Στην παραπάνω έκφραση του υδατικού ισοζυγίου δεν έχει ληφθεί υπόψη η τροφοδότηση της πηγής του Αλμυρού εν μέρει από τη θάλασσα. Για την εκτίμηση της ποσότητας αυτής χρησιμοποιήθηκε η ακόλουθη σχέση (Arfib et al 2006):

$$Q_{spring} C_{spring} = Q_{fresh} C_{fresh} + Q_{sea} C_{sea} \quad (6.16)$$

Η παραπάνω εξίσωση εκφράζει ουσιαστικά την αρχή διατήρησης μάζας του αλατιού (χλωριούχου νατρίου) και  $C$  είναι η συγκέντρωση αυτού σε  $mg/l$  ή  $ppm$ . Η συγκέντρωση της θάλασσας σε αλάτι θεωρήθηκε ίση με  $19.000 ppm$ . Συνεπώς, κάθε προηγούμενη περίπτωση Α, Β ή Γ, ελέγχθηκε για εκροή  $Q_{out}$  αφενός ίση με την μετρημένη παροχή της πηγής  $Q_{spring}$  και αφετέρου ίση με την παροχή γλυκού νερού  $Q_{fresh}$ , όπως αυτή υπολογίστηκε από την προηγούμενη σχέση.

Για τον έλεγχο των αποτελεσμάτων κατασκευάστηκαν τα εξής διαγράμματα:

- Μετρημένες και υπολογισμένες παροχές της πηγής συναρτήσει του χρόνου.
- Υπολογισμένες παροχές συναρτήσει μετρημένων παροχών της πηγής. Εύρεση του συντελεστή γραμμικής συσχέτισης μεταξύ προσομοιωμένων και μετρημένων παροχών.

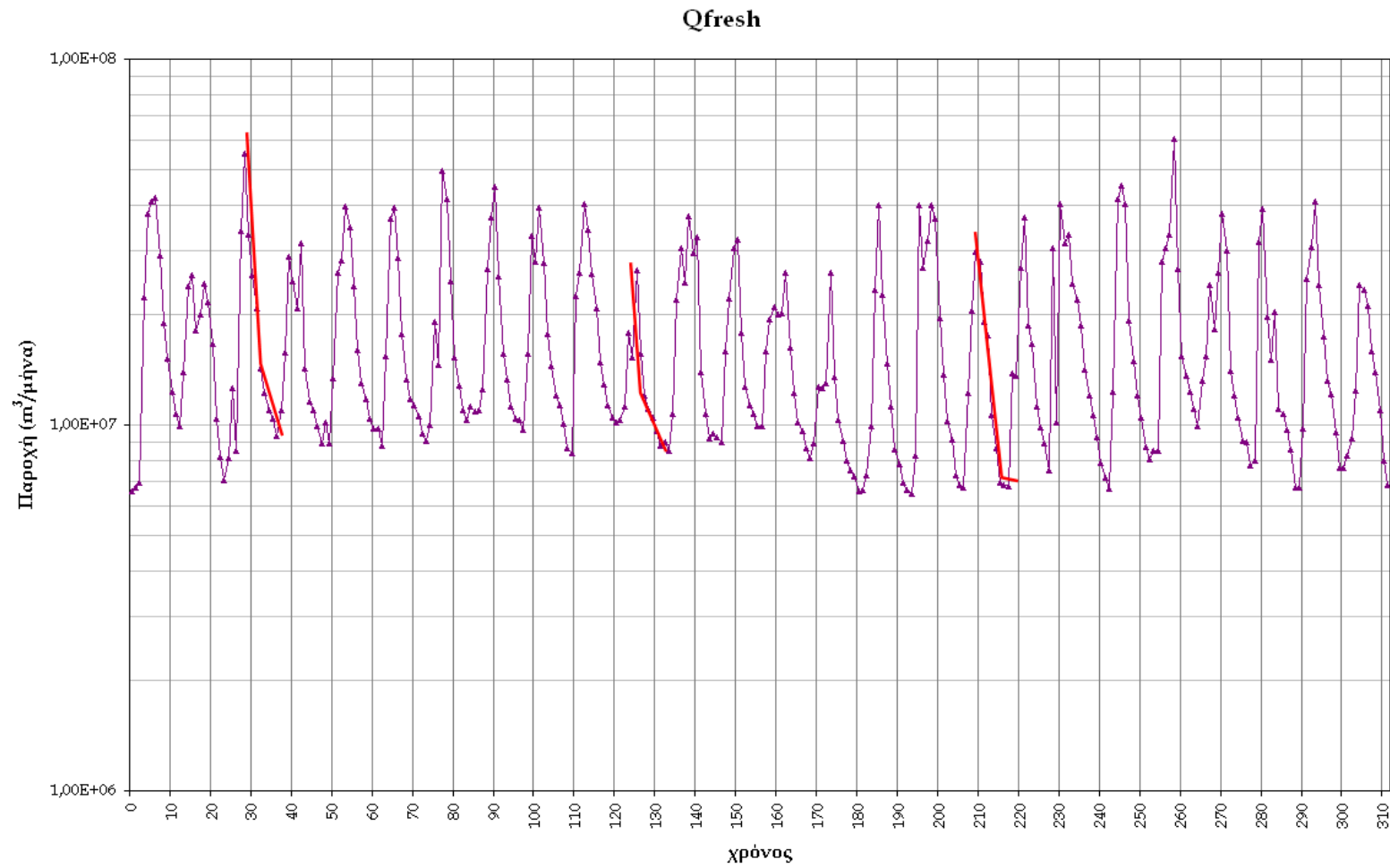
### 6.4.2 Έλεγχος Μεθόδου

Υπάρχουν διάφοροι δείκτες που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για τον έλεγχο των αποτελεσμάτων του μοντέλου, όπως ο αριθμητικός μέσος των μεταβλητών της παροχής, ο λόγος του απόλυτου σφάλματος προς τον μέσο των μεταβλητών της παροχής κλπ (Tsakiris and Tigkas 2004). Επιλέχθηκε η παράμετρος Nash (Nash and Sutcliffe 1970), η οποία υπολογίζεται ως εξής:

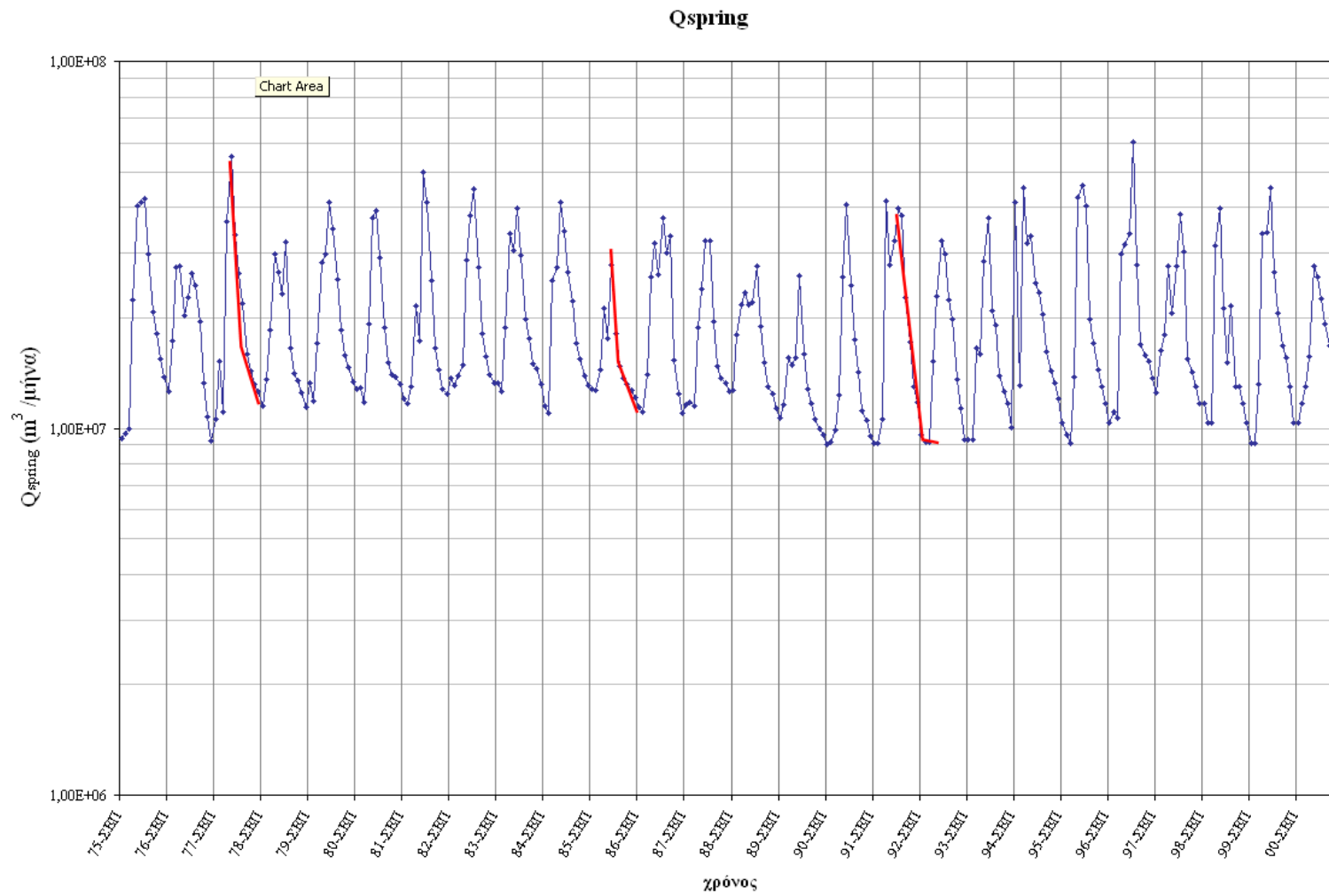
$$NTD = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - x_i)^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (6.17)$$

όπου  $y_i$  είναι οι προσομοιωμένες τιμές,  $x_i$  είναι οι μετρημένες τιμές και  $\bar{x}$  είναι η μέση τιμή των μετρημένων.

Ένα ιδιαίτερα κρίσιμο θέμα ήταν η *επιλογή του συντελεστή στείρευσης k*. Μελετώντας το υδρογράφημα της παροχής της πηγής και αυτό της παροχής του γλυκού νερού (σχήματα 6.12, 6.13), παρατηρήθηκε ότι ο συντελεστής k επηρεάζεται από την τιμή των βροχοπτώσεων και ότι η καμπύλη στείρευσης της πηγής μετά την υγρή περίοδο μπορεί να θεωρηθεί ότι αποτελείται από δύο περίπου ευθύγραμμες περιοχές, οι οποίες στα διαγράμματα είναι σχεδιασμένες με κόκκινο: (i) αρχικά μία περισσότερο απότομη στο μεγαλύτερο τμήμα και (ii) μία με πιο ήπια κλίση στο τέλος κοντά στην ελάχιστη τιμή. Αντίστοιχες παρατηρήσεις προκύπτουν μελετώντας το υδρογράφημα της πηγής σε υπερετήσια βάση (σχήμα 6.14). Τα παραπάνω οδηγούν στο συμπέρασμα, ότι στις χαμηλές τιμές βροχόπτωσης, πρέπει να ληφθεί μία μικρότερη τιμή k.

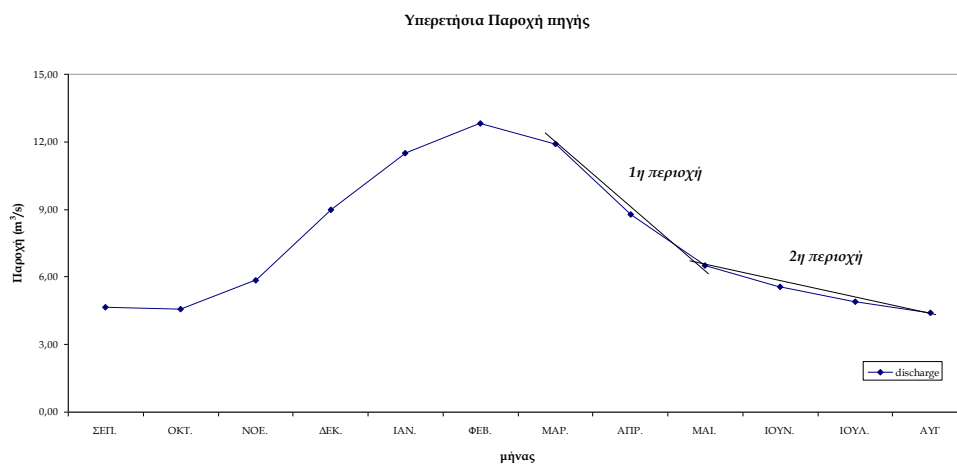


*Σχήμα 6.13 Ημιλογαριθμικό διάγραμμα μηνιαίας μετρημένης παροχής γλυκού νερού συναρτήσει του χρόνου*



Σχήμα 6.14 Ημιλογαριθμικό διάγραμμα μηνιαίας μετρημένης παροχής πηγής συναρτήσει του χρόνου





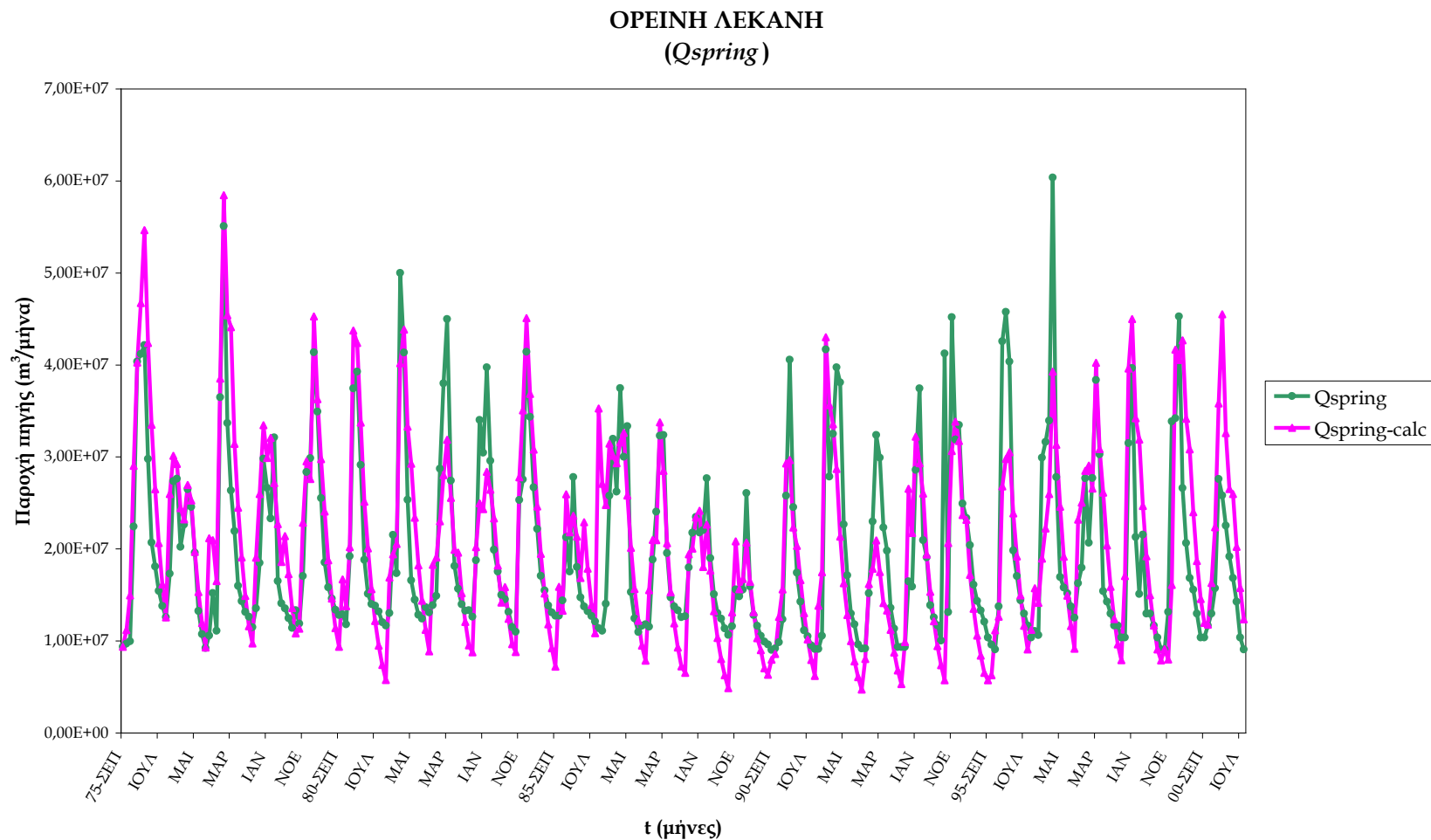
**Σχήμα 6.15** Μέση μηνιαία παροχή πηγής Αλμυρού συναρτήσει των μηνών του έτους σε υπερετήσια βάση (μέσος όρος 26 χρόνων)

Έτσι επελέγησαν σε κάθε περίπτωση 2 τιμές του  $k$ . Η δεύτερη αντιστοιχούσε στην περιοχή των πολύ μικρών βροχοπτώσεων. Η επιλογή αυτή επαληθεύτηκε από τα αποτελέσματα: η επιλογή 2 τιμών για το  $k$  βελτίωνε τα αποτελέσματα.

Συγκεντρωτικά αποτελέσματα των παραμέτρων που επελέγησαν απεικονίζονται στον Πίνακα 6.1 και στα επόμενα σχήματα.

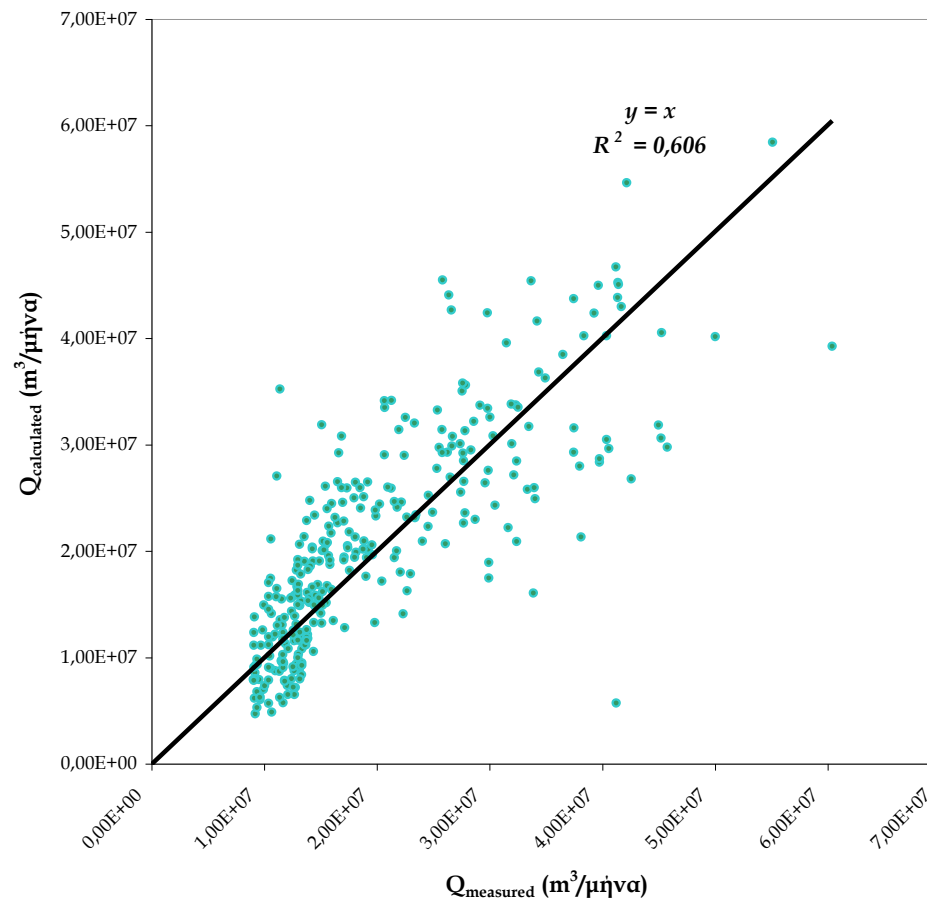
*Πίνακας 6.1 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα των παραμέτρων που επελέγησαν*

Λεκάνη	Παροχή	$\epsilon$	$k$ (days <sup>-1</sup> )	$R^2$	NTD
<b>(Α) Ορεινή Λεκάνη</b>	Qspring	1,0 ( $P \cdot A_{karst} = m^3$ ορεινής)	0,008 (για βροχοπτώσεις < 10 mm) 0,013	0,606	0,574
	Qfresh	1,0 ( $P \cdot A_{karst} = m^3$ ορεινής)	0,008 (για βροχοπτώσεις < 10 mm) 0,013	0,6707	0,670
<b>(Β) Συνδυασμός ορεινής-πεδινής</b>	Qspring	0,84 ( $P \cdot A_{karst} = m^3$ ορεινής + m3 πεδινής)	0,012 (για βροχοπτώσεις < 10 mm) 0,018	0,6733	0,512
	Qfresh	0,77 ( $P \cdot A_{karst} = m^3$ ορεινής + m3 πεδινής)	0,012 (για βροχοπτώσεις < 10 mm) 0,018	0,6416	0,624
<b>(Γ) Ενιαία λεκάνη</b>	Qspring	1,0 ( $P \cdot A_{karst} = m^3$ ορεινής)	0,010 (για βροχοπτώσεις < 5 mm) 0,017	0,6628	0,511
	Qfresh	0,67 ( $P \cdot A_{karst} = m^3$ ενιαίας)	0,008 (για βροχοπτώσεις < 5 mm) 0,015	0,6837	0,692

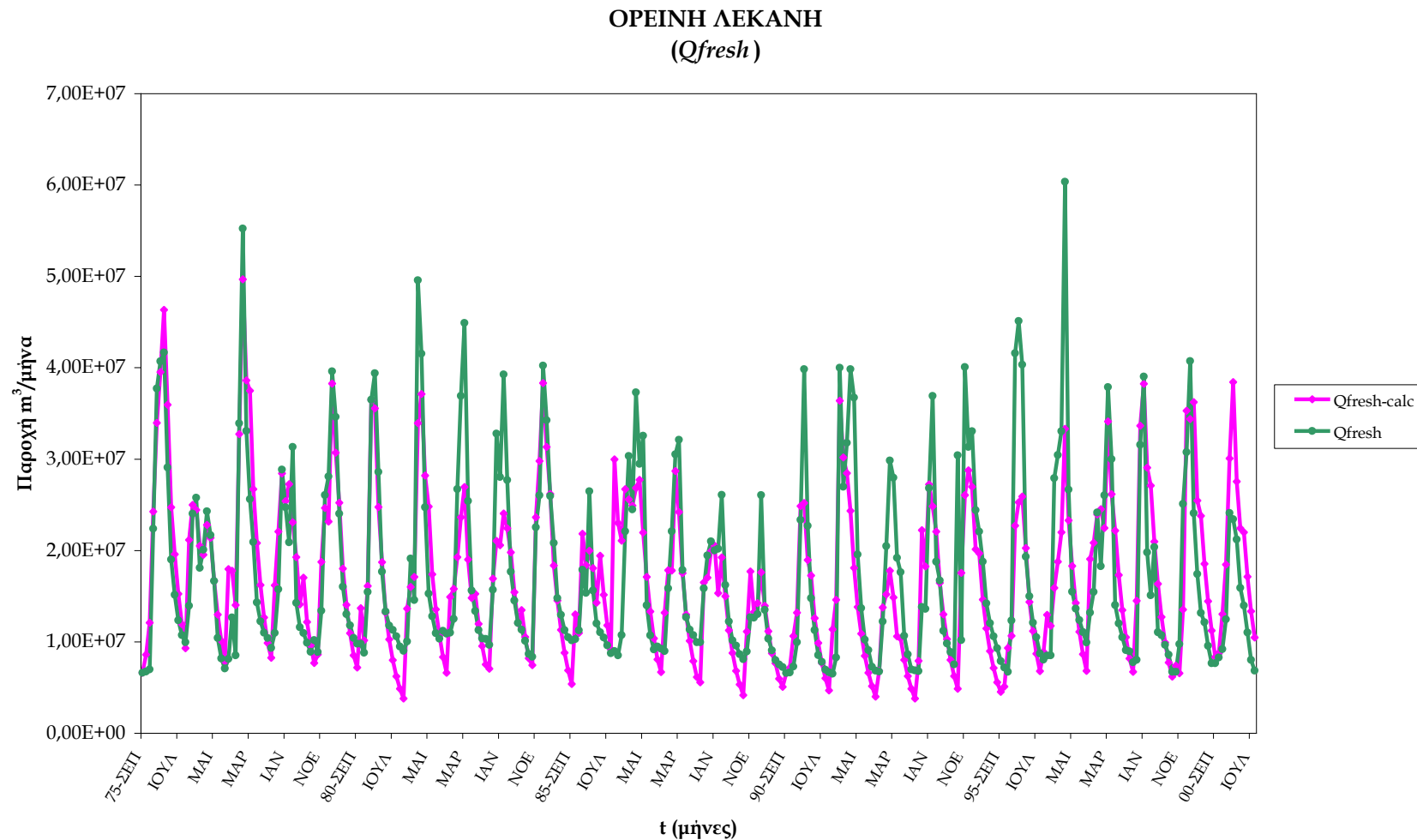


**Σχήμα 6.16** Διάγραμμα προσομοιωμένης και μετρημένης ολικής παροχής συναρτήσει του χρόνου, για την ορεινή λεκάνη

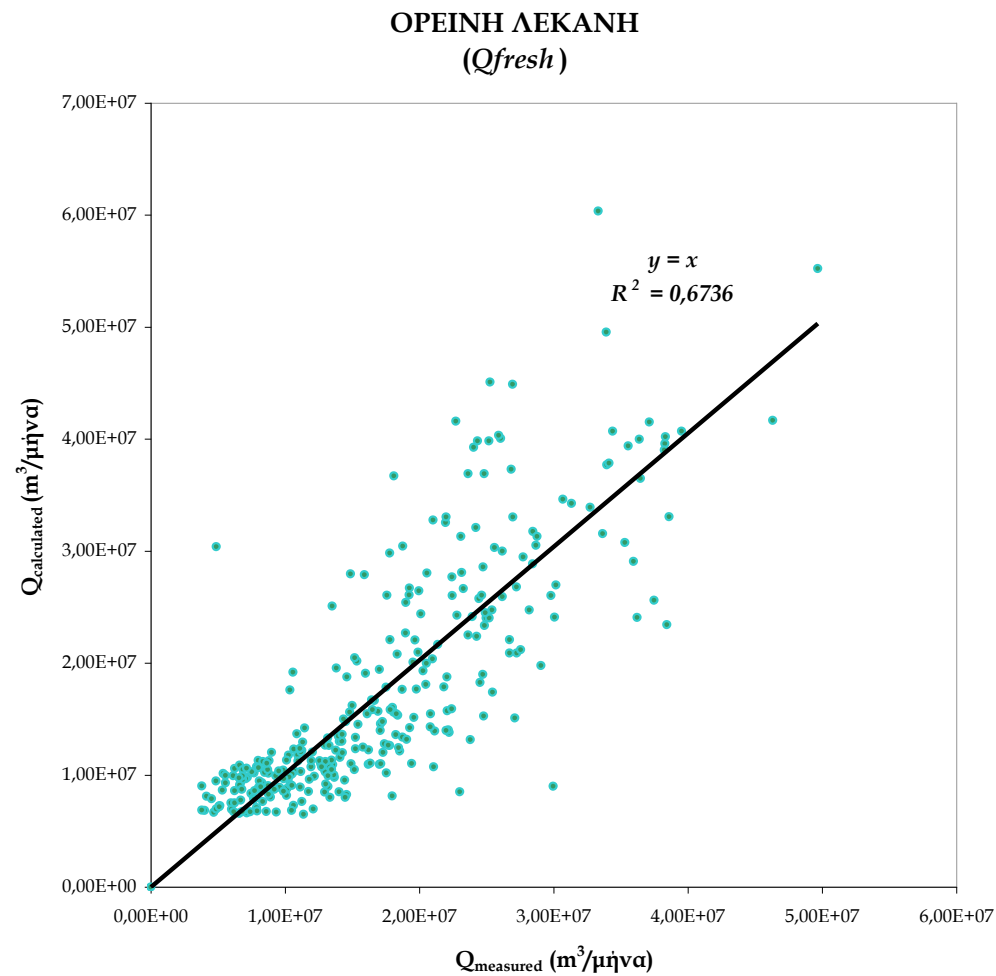
ΟΡΕΙΝΗ ΛΕΚΑΝΗ  
( $Q_{spring}$ )



Σχήμα 6.17 Διάγραμμα διασποράς προσομοιωμένης – μετρημένης παροχής

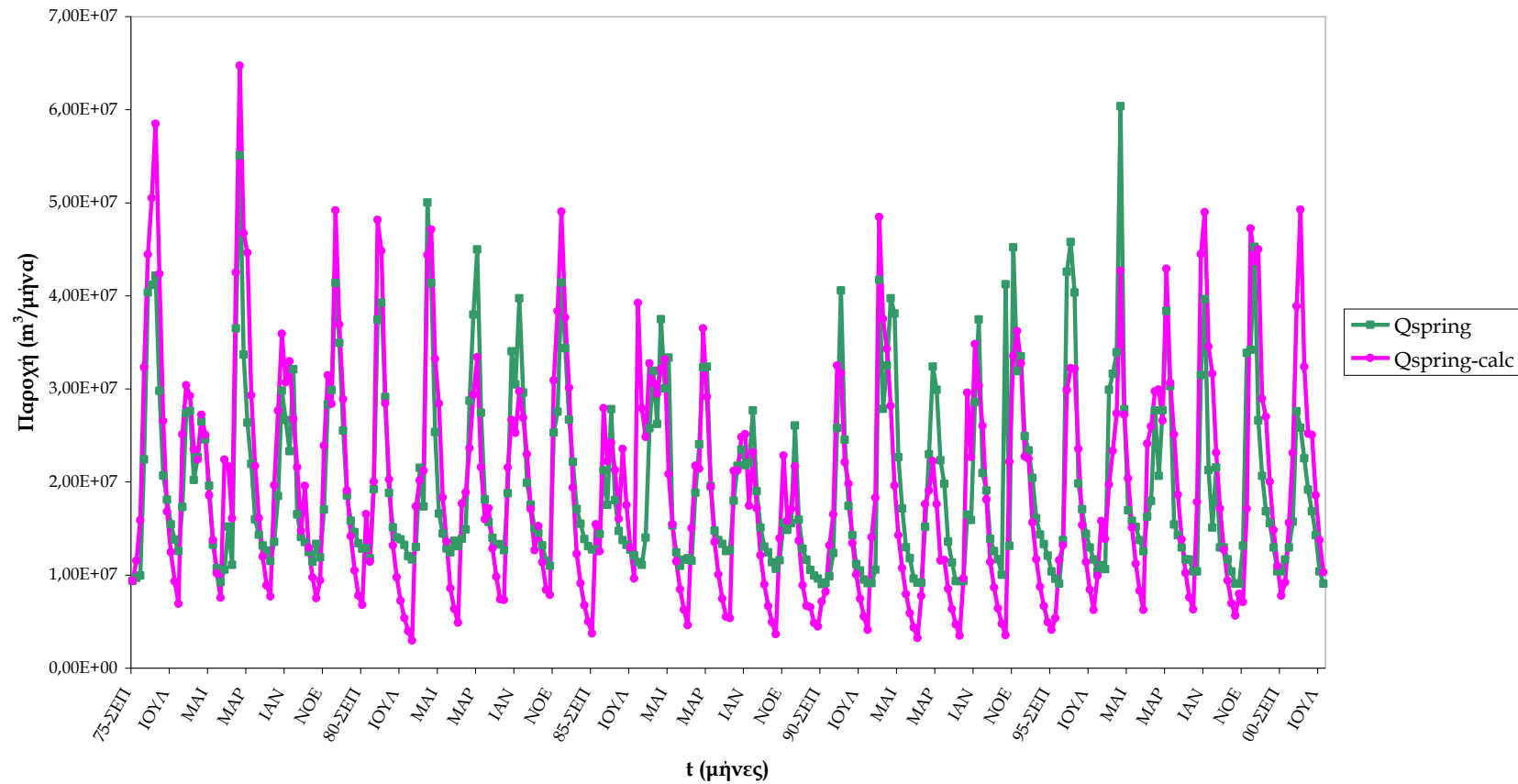


Σχήμα 6.18 Διάγραμμα προσομοιωμένης και μετρημένης παροχής γλυκού νερού συναρτήσει του χρόνου, για την ορεινή λεκάνη



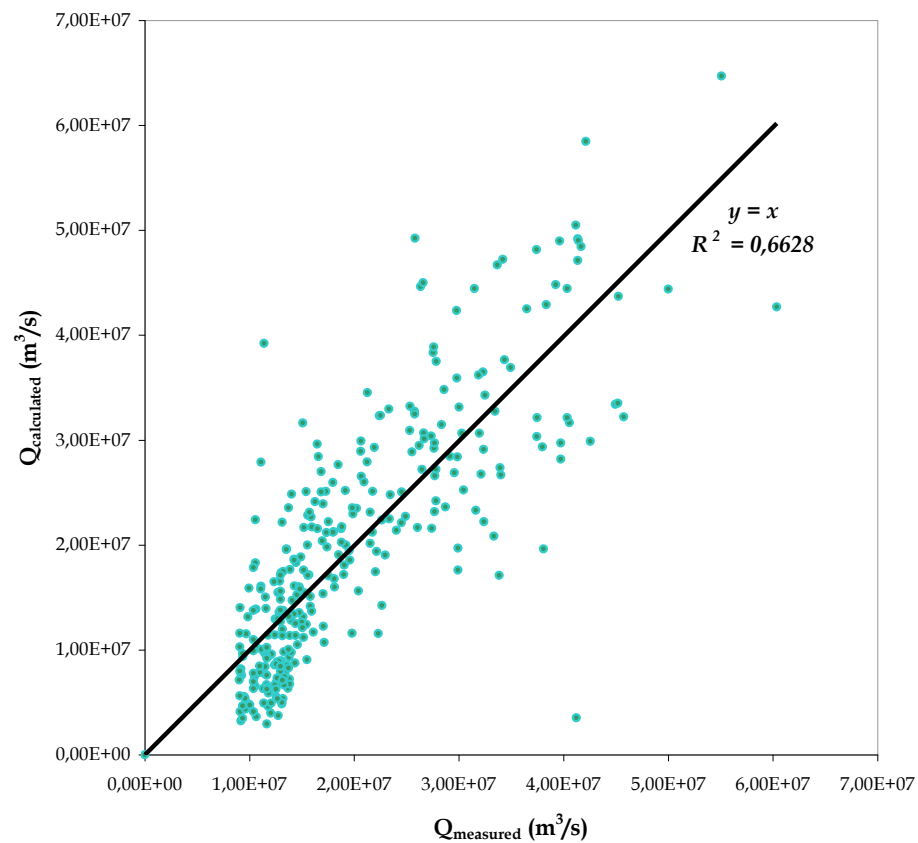
**Σχήμα 6.19** Διάγραμμα διασποράς προσομοιωμένης – μετρημένης παροχής

ΕΝΙΑΙΑ ΛΕΚΑΝΗ  
(*Qspring*)



Σχήμα 6.20 Διάγραμμα προσομοιωμένης και μετρημένης ολικής παροχής συναρτήσει του χρόνου, για την ενιαία λεκάνη

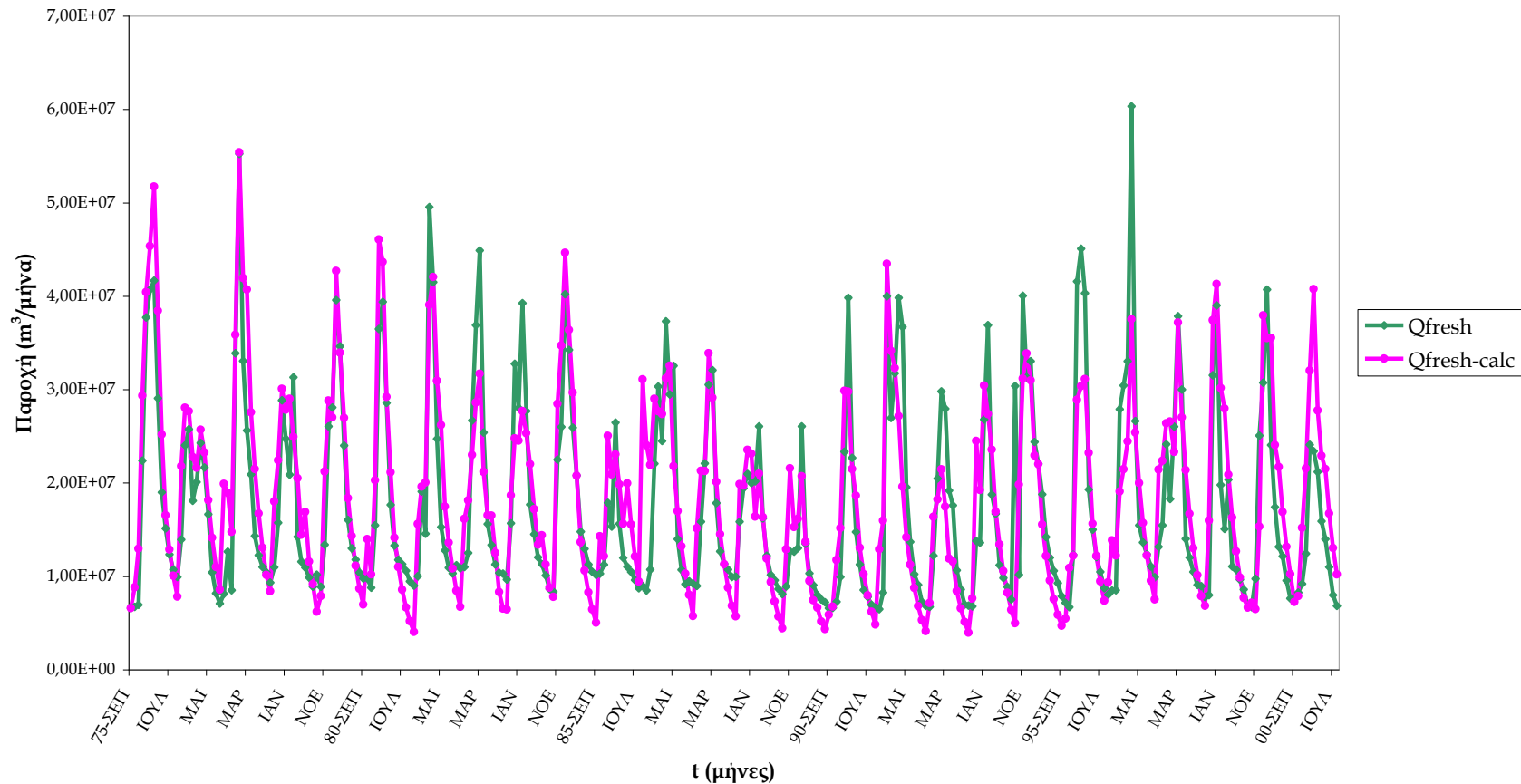
ΕΝΙΑΙΑ ΛΕΚΑΝΗ  
( $Q_{spring}$ )



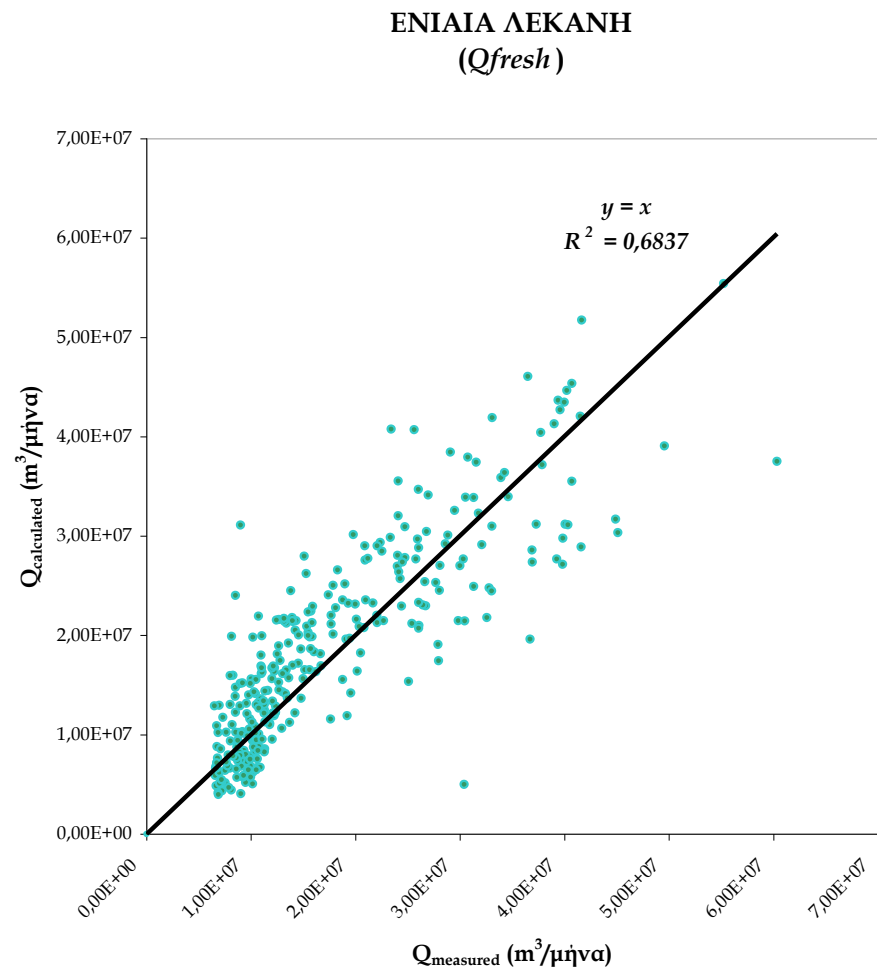
Σχήμα 6.21 Διάγραμμα διασποράς προσομοιωμένης – μετρημένης παροχής



ΕΝΙΑΙΑ ΛΕΚΑΝΗ  
( $Q_{fresh}$ )

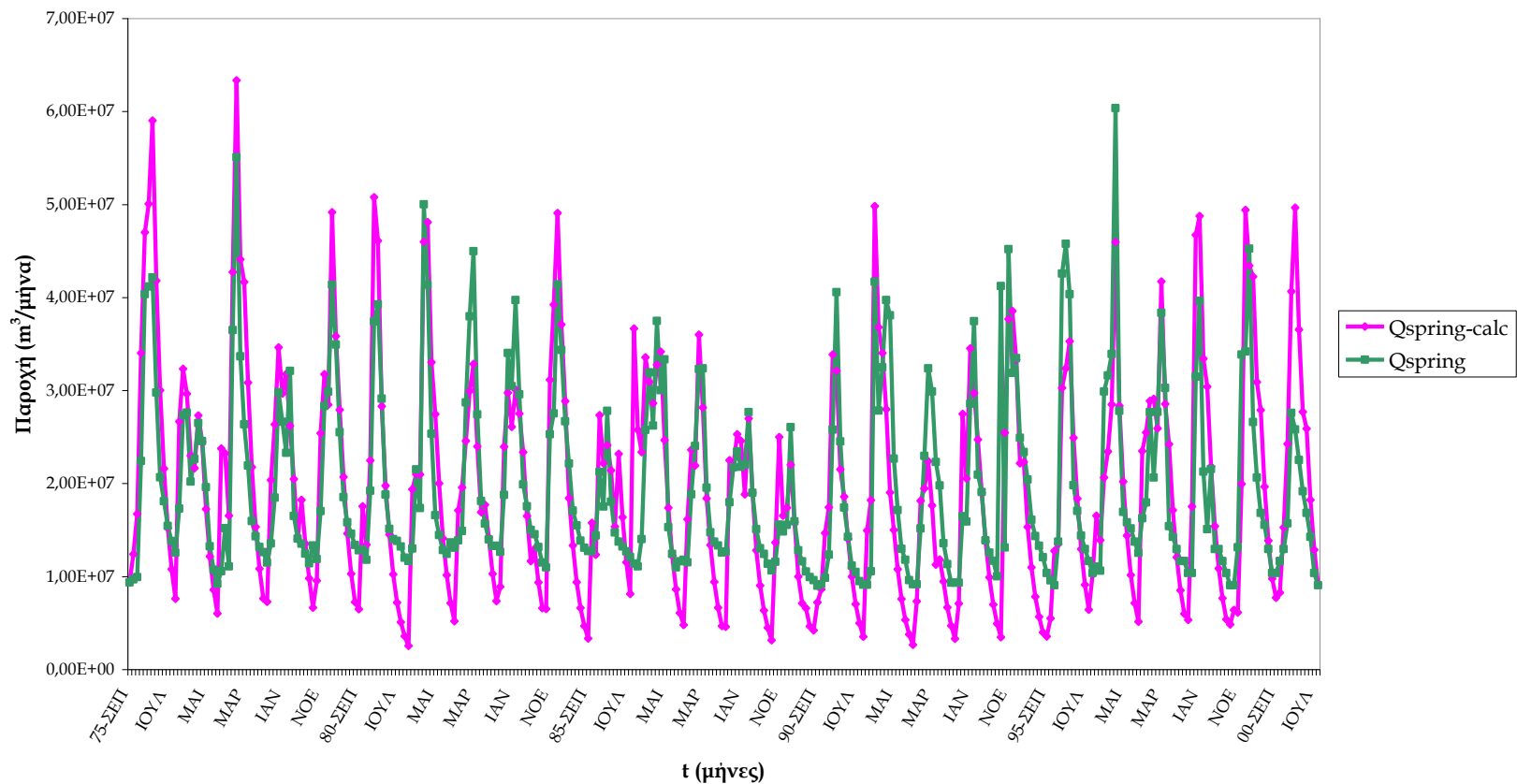


Σχήμα 6.22 Διάγραμμα προσομοιωμένης και μετρημένης παροχής γλυκού νερού συναρτήσει του χρόνου, για την ενιαία λεκάνη



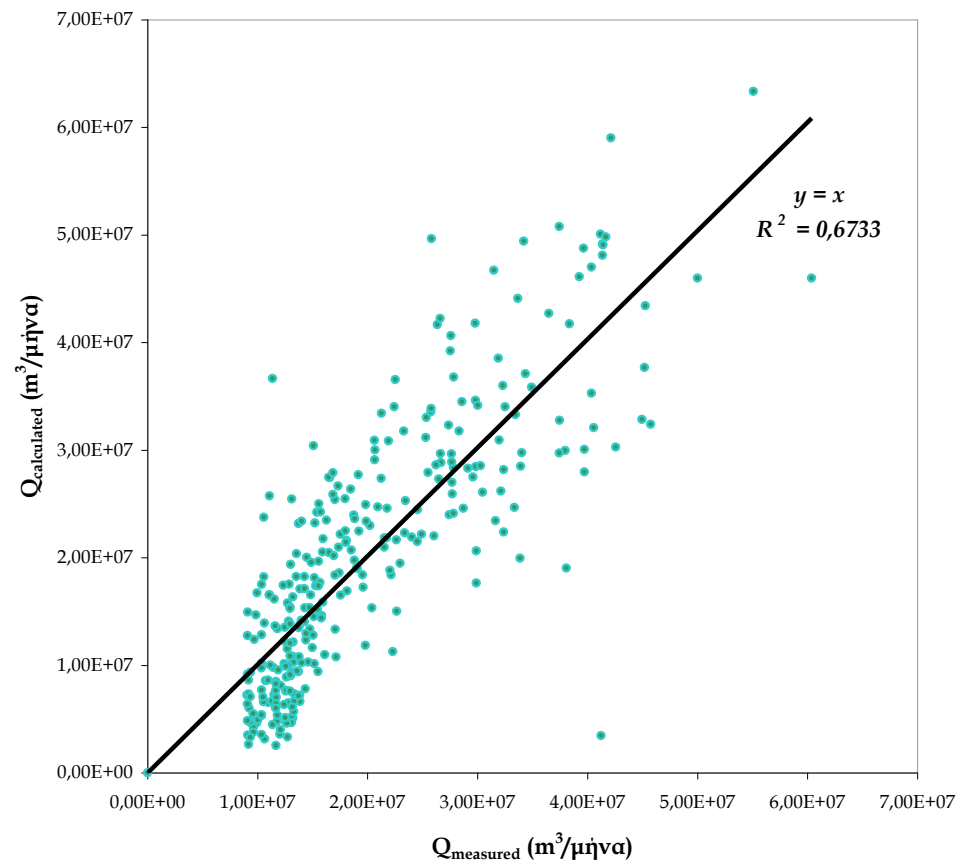
**Σχήμα 6.23** Διάγραμμα διασποράς προσομοιωμένης – μετρημένης παροχής

ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΟΡΕΙΝΗΣ - ΠΕΔΙΝΗΣ  
( $Q_{spring}$ )



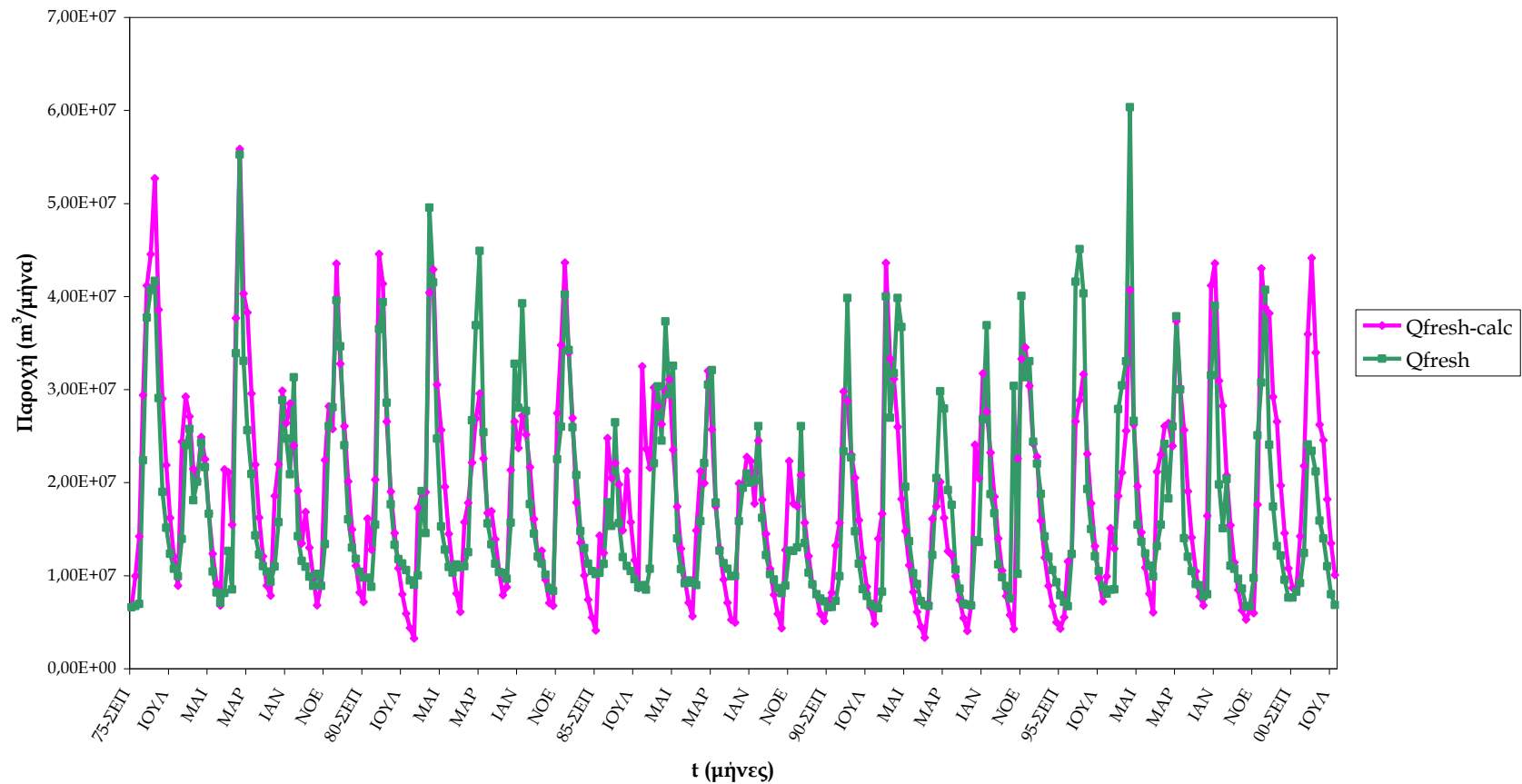
Σχήμα 6.24 Διάγραμμα προσομοιωμένης και μετρημένης ολικής παροχής συναρτήσει του χρόνου, για το συνδυασμό ορεινής-πεδινής λεκάνης

ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΟΡΕΙΝΗΣ - ΠΕΔΙΝΗΣ  
(*Q<sub>spring</sub>*)



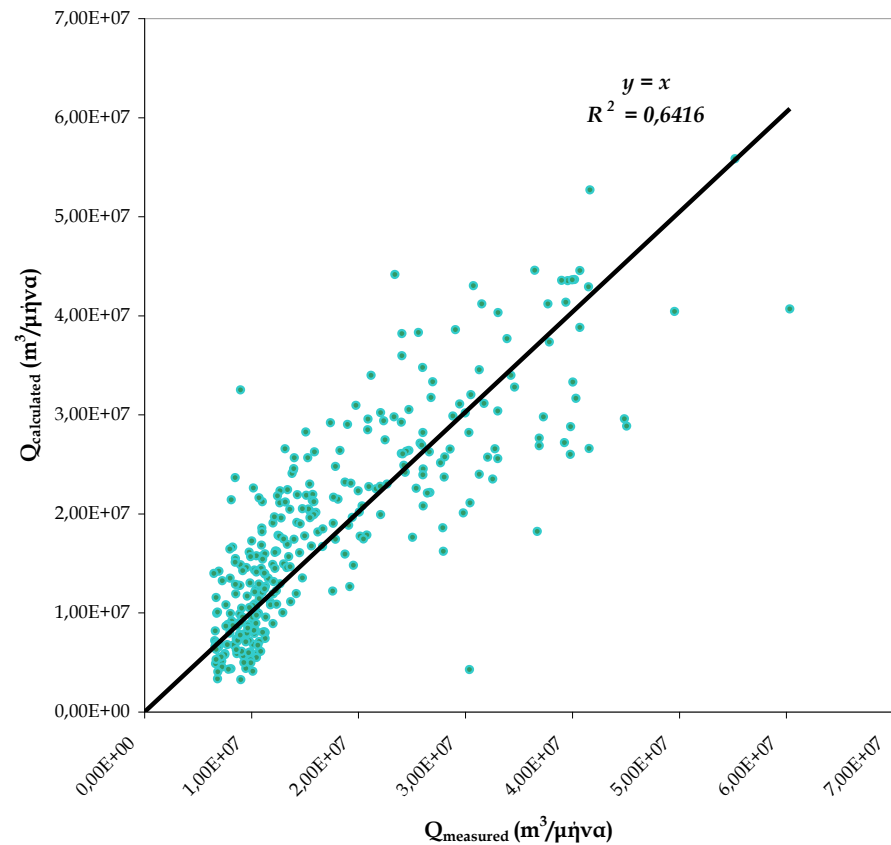
Σχήμα 6.25 Διάγραμμα διασποράς προσομοιωμένης – μετρημένης παροχής

ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΟΡΕΙΝΗΣ - ΠΕΔΙΝΗΣ  
( $Q_{fresh}$ )



Σχήμα 6.26 Διάγραμμα προσομοιωμένης και μετρημένης παροχής γλυκού νερού συναρτήσει του χρόνου, για το συνδυασμό ορεινής-πεδινής λεκάνης

ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΟΡΕΙΝΗΣ - ΠΕΔΙΝΗΣ  
(Q<sub>fresh</sub>)



Σχήμα 6.27 Διάγραμμα διασποράς προσομοιωμένης – μετρημένης παροχής

### 6.4.3 Συμπεράσματα

Από την μελέτη των παραπάνω διαγραμμάτων και πινάκων προκύπτουν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- i) Η προσομοίωση των εκφορτίσεων της πηγής του καρστικού συστήματος του Αλμυρού κρίθηκε ικανοποιητική. Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης δείχνουν ικανοποιητική ταύτιση μεταξύ των προσομοιωμένων και μετρημένων παροχών της πηγής.
- ii) Η θεώρηση μίας δεξαμενής τύπου Maillet και η εφαρμογή της σχέσης υδατικού ισοζυγίου για μία δεξαμενή και μηνιαίο βήμα δίνει πολύ καλά αποτελέσματα. Ο συντελεστής συσχέτισης είναι πάντοτε μεγαλύτερος του 60% (για τη συνολική παροχή της πηγής) και φθάνει μέχρι 69%, στην περίπτωση θεώρησης παροχής γλυκού νερού.
- iii) Η παράμετρος  $\varepsilon$  θεωρητικά πρέπει να είναι της τάξης του συντελεστή κατείδυσης, δηλαδή περίπου 0.60. Μέσω της παραμέτρου  $\varepsilon$ , η μέθοδος επιτρέπει διόρθωση της έκτασης της λεκάνης, ώστε να ικανοποιείται η εξίσωση συνέχειας. Στις περιπτώσεις Β και Γ, στις οποίες λαμβάνεται υπόψη η συνολική έκταση των 300 km<sup>2</sup> της λεκάνης, προκύπτει για το  $\varepsilon$  λίγο μεγαλύτερη τιμή (0.77 και 0.67 αντίστοιχα). Αυτό σημαίνει ότι η απαιτούμενη λεκάνη για την ύπαρξη ορθού υδατικού ισοζυγίου είναι κατά 30-40 % μεγαλύτερη από την αρχικά εκτιμηθείσα. Η τιμή 1.0, η οποία θεωρείται στην περίπτωση Α, δικαιολογείται γιατί τα μηνιαία κυβικά μέτρα της ορεινής λεκάνης υπολογίζονται για έκταση ίση με 220 km<sup>2</sup>, όσο είναι η ορεινή λεκάνη.
- iv) Ο συντελεστής στείρευσης για όλες τις περιπτώσεις μεταβάλλεται από 0,008 έως 0,017 d<sup>-1</sup>, δηλαδή έχει τιμές λογικές για καρστικό υδροφορέα. Οι μεγάλες τιμές του  $k$  αντιστοιχούν σε χρόνους παραμονής του νερού στο καρστ της τάξης των 59 ημερών, δηλαδή περίπου 2 μηνών. Οι μικρότερες τιμές, οι οποίες επελέγησαν για την προσομοίωση των κάτω ορίων της καμπύλης, αντιστοιχούν σε μεγαλύτερους χρόνους παραμονής, της τάξης των 125 ημερών, δηλαδή περίπου 4 μηνών.
- v) Προσπάθεια εφαρμογής της σχέσης αυτής για ημερήσιο βήμα, για δεδομένα 2 ετών, έδωσε για την παροχή της πηγής χειρότερα αποτελέσματα, προφανώς

γιατί σε ημερήσια βάση είναι πολύ περισσότερες και πιο σύνθετες οι μεταβολές από μια ελάχιστη τιμή παροχής της πηγής σε μια μέγιστη τιμή και το αντίστροφο, υπάρχει μεγάλη εναλλαγή ημερών με βροχοπτώσεις έντονες, μέτριες και μηδενικές και η απλουστευτική θεώρηση μιας δεξαμενής δεν επαρκεί. Ίσως στην περίπτωση αυτή έχει σημασία η θεώρηση του χιονιού στην εξίσωση του υδατικού ισοζυγίου. Επιπλέον δεν υπήρχαν καθημερινές μετρήσεις χλωριόντων της πηγής (υπήρχαν μετρήσεις ανά 20ήμερο) και δεν ήταν δυνατή η εκτίμηση της παροχής γλυκού νερού.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

# Συμπεράσματα – Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

### 7.1 Συμπεράσματα

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει σαν θέμα την υδρολογική διερεύνηση της υφάλμυρης καρστικής πηγής του Αλμυρού ποταμού στο Ηράκλειο Κρήτης. Σημαντικός στόχος της εργασίας ήταν η εύρεση συσχέτισης μεταξύ της βροχόπτωσης και της παροχής της πηγής.

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν: (α) για τη βροχόπτωση σε μηνιαία βάση για την περίοδο 1975-2001, για τρεις βροχομετρικούς σταθμούς και σε ημερήσια βάση για το σταθμό των Ανωγείων για τα χρόνια 1995-1997, (β) για την παροχή σε μηνιαία βάση για την περίοδο 1975-2001 και σε ημερήσια βάση τα χρόνια 1995-1997, (γ) για τα χλωριόντα ψηφιοποιήθηκαν δεδομένα, σε μηνιαία βάση, για τα έτη 1975-2001.

Κατά την εκπόνηση της εργασίας ακολουθήθηκαν οι εξής φάσεις:

α) Βιβλιογραφική ανασκόπηση των εργασιών που έχουν γίνει ως τώρα για την περιοχή μελέτης και για τις μεθόδους που ακολουθούνται για πηγές σε καρστικούς υδροφορείς.

β) Υδρογεωλογία της περιοχής με βάση πληροφορίες από προηγούμενες εργασίες.

---

γ) Υδρολογία της περιοχής. Κατά τη φάση αυτή έγινε πρωτογενής επεξεργασία των υδρολογικών δεδομένων των τριών βροχομετρικών σταθμών που προαναφέρθηκαν.

δ) Υδρολογική διερεύνηση της πηγής του Αλμυρού. Με βάση τις πληροφορίες που συλλέχθηκαν κατά τις δύο προηγούμενες φάσεις, έγινε εκτεταμένη διερεύνηση των σχέσεων που υπάρχουν μεταξύ των κύριων παραμέτρων της πηγής σε μηνιαία ετήσια και υπερετήσια βάση. Πραγματοποιήθηκε περαιτέρω επεξεργασία των δεδομένων και απεικονίστηκαν γραφικά χρονοσειρές των ετών 1975-2001 αφενός των παροχών και των χλωριόντων της πηγής και αφετέρου των βροχοπτώσεων σε υπερετήσια, ετήσια και μηνιαία βάση. Για την πληρέστερη κατανόηση της υδρολογίας της πηγής διερευνήθηκαν με στατιστικές μεθόδους τα ημερήσια δεδομένα των ετών 1995-1997.

Αναπτύχθηκε απλή μαθηματική προσομοίωση της μηνιαίας παροχής της πηγής με βάση τις βροχοπτώσεις, η οποία έδωσε πολύ καλά αποτελέσματα.

Στις επόμενες παραγράφους βρίσκονται συγκεντρωμένα τα συμπεράσματα που προέκυψαν, αλλά και οι δυσκολίες που υπήρξαν κατά τη διερεύνηση και επεξεργασία του συστήματος του Αλμυρού.

- Μετά από επεξεργασία της παροχής της πηγής και χάραξη του διαγράμματος των μέσων ετήσιων τιμών της συναρτήσεως του χρόνου για την περίοδο 1975-2001 (σχήμα 6.1), παρατηρήθηκε μια πτωτική μέση τάση της παροχής για τα 26 χρόνια του δείγματος.
- Όμοια ήταν και η μέση τάση που παρατηρήθηκε στη χρονοσειρά των βροχοπτώσεων, μετά από μελέτη του φαινομένου σε ετήσια κλίμακα για την περίοδο 1975-2001 (σχήμα 6.2). Να σημειωθεί, βέβαια, ότι στην περίπτωση αυτή, η μείωση των βροχοπτώσεων με το πέρασμα του χρόνου ήταν συγκριτικά μεγαλύτερη, από αυτήν της παροχής.
- Ένα βασικό και δύσκολο κομμάτι της εργασίας ήταν ο προσδιορισμός της υδρογεωλογικής λεκάνης η οποία τροφοδοτεί την πηγή του Αλμυρού και ο υπολογισμός της έκτασής της. Στην παρούσα εργασία η λεκάνη τροφοδοσίας

του Αλμυρού επελέγη με βάση πληροφορίες από προηγούμενες μελέτες για το καρστικό σύστημα του Αλμυρού. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, οι ερευνητές που ασχολήθηκαν με το αντικείμενο, φαίνεται να έχουν περιορίσει την έκταση της λεκάνης μεταξύ 300 και 500 km<sup>2</sup>. Πιο συγκεκριμένα, το εμβαδό των 300 km<sup>2</sup> πρωτομελέτησε και χρησιμοποίησε στη συνέχεια σε όλες του εργασίες, μόνος ή με συνεργάτες, ο Arfib (2001) και ακολούθησαν και οι Bonacci-Fistanic (2006). Την ιδέα των 500 km<sup>2</sup> εισήγαγαν οι Παναγόπουλος και Λαμπράκης (2006), παρόλο που ενώ καθόρισαν την έκταση, δεν προσδιόρισαν σε καμία εργασία τους σε χάρτη τα ακριβή όρια. Οι Maramathas et al (2003) αναφέρουν ότι η λεκάνη τροφοδοσίας του Αλμυρού είναι όλος ο Ψηλορείτης, με εξαίρεση ένα τμήμα που τροφοδοτεί την πηγή του Ζάρου. Οι ίδιοι ερευνητές αναφέρουν ότι στην περιοχή υπάρχουν πολλά καταλόρυφα ρήγματα, με σημαντικότερα ένα με διεύθυνση βορά-νότο και ένα ανατολή-δύση. Η παρούσα εργασία λαμβάνει λεκάνη τροφοδοσίας 300 km<sup>2</sup> και η επεξεργασία πραγματοποιήθηκε με βάση αυτή. Γίνεται όμως προσπάθεια στο πλαίσιο της περαιτέρω επεξεργασίας να παρουσιάζονται και αποτελέσματα που να μην εξαρτώνται από αυτήν.

- Θεωρώντας λεκάνη τροφοδοσίας 300 km<sup>2</sup>, εξετάστηκε σε ετήσια βάση το ποσό της βροχόπτωσης που κατεισδύει στο έδαφος, με ένα μέσο συντελεστή κατεισδύσης 0,50, σε σχέση με τη συνολική παροχή της πηγής ( $Q_{spring}$ ) και με την παροχή γλυκού νερού ( $Q_{fresh}$ ) και απεικονίζεται στο σχήμα 6.3 (Κεφάλαιο 6). Τα στοιχεία που προκύπτουν από το εν λόγω γράφημα, είναι ότι το ποσό της βροχόπτωσης που κατεισδύει στο έδαφος είναι μικρότερο και από τη συνολική παροχή της πηγής και από την παροχή γλυκού νερού. Με βάση αυτό και υποθέτοντας ότι δεν έχει πραγματοποιηθεί σφάλμα στις μετρήσεις πεδίου, προκύπτει ότι τα 300 km<sup>2</sup> δεν είναι αρκετά και θα έπρεπε ίσως να ληφθεί μεγαλύτερη έκταση.
- Όσον αφορά στη σχέση παροχής – βροχόπτωσης, τα διαγράμματα χρονοσειρών, το υπερετήσιο μηνιαίο διάγραμμα συσχέτισης των δύο μεγεθών και η στατιστική επεξεργασία (ετεροσυσχέτιση) έδειξαν ότι υφίσταται χρονική υστέρηση μεταξύ των δύο μεγεθών της τάξης των 30-50 ημερών. με το

φαινόμενο της βροχόπτωσης προφανώς να προηγείται. Το παραπάνω γίνεται κατανοητό από το μηνιαίο διάγραμμα 6.9, στο οποίο φαίνεται ότι οι αυξήσεις στην παροχή έπονται των γεγονότων βροχόπτωσης και στο διάγραμμα 6.4, το οποίο αναλύεται σε προηγούμενο κεφάλαιο και φανερώνει καθαρά τη σχέση μεταξύ των δύο μεγεθών, σε υπερετήσια βάση. Παρόμοια αποτελέσματα εμφανίζει και η μέθοδος ετεροσυσχέτισης, η οποία αναλύεται στη συνέχεια.

- Μικρή υστέρηση εμφανίζεται και μεταξύ παροχής της πηγής και συγκέντρωσης χλωριόντων, όπως φαίνεται στο σχήμα 6.5. Η υστέρηση αυτή είναι πιο έντονη όταν ελαττώνεται η παροχή της πηγής σε αντίθεση με την περίπτωση που η παροχή αυξάνεται.
- Στην παρούσα εργασία έγινε προσπάθεια χρήσης στατιστικών μεθόδων και εφαρμόστηκαν μέθοδοι αυτοσυσχέτισης και ετεροσυσχέτισης για το καρστικό σύστημα του Αλμυρού. Η ανάλυση χρονοσειρών γενικά, στην οποία εντάσσονται και οι παραπάνω μέθοδοι, μπορεί να αποδειχθεί χρήσιμο εργαλείο στη μελέτη των καρστικών συστημάτων και του μηχανισμού λειτουργίας τους, οδηγώντας έτσι στην ολοκληρωμένη διαχείρισή τους.

Μελετώντας αρχικά το διάγραμμα αυτοσυσχέτισης, προκύπτει συμπέρασμα για το διττό χαρακτήρα του καρστικού συστήματος του Αλμυρού. Η απότομη πτώση της συνάρτησης αυτοσυσχέτισης στο διάστημα των πρώτων 2 ημερών αντιστοιχεί στην επίδραση των καρστικών αγωγών, οι οποίοι στραγγίζουν τον υδροφόρα πολύ γρήγορα μετά από ένα γεγονός βροχόπτωσης. Η δεύτερη συνιστώσα έχει πολύ ομαλότερη κλίση, με χρόνο αποσυσχέτισης 55 μέρες, φανερώνοντας την παρουσία της κυρίαρχης βασικής ροής (ροής βάσης ή baseflow).

Τα παραπάνω αποτελούν μία πρώτη ένδειξη του υψηλού σχετικά βαθμού καρστικοποίησης, σε σχέση με το καρστικό σύστημα που βρίσκεται για παράδειγμα στην Τριφυλία (και έχουν εξετάσει οι Panagopoulos and Lambrakis, 2006) το οποίο έχει χρόνο αποσυσχέτισης (decorrelation time) 83 μέρες και γενικά πολύ ομαλό διάγραμμα αυτοσυσχέτισης.

Όσον αφορά στο διάγραμμα ετεροσυσχέτισης, εμφανίζει και αυτό διττό χαρακτήρα. Αρχικά εμφανίζεται μια διακριτική έντονη κορυφή με καθυστέρηση 2-6 μέρες, στοιχείο το οποίο μπορεί να ερμηνευτεί ως γρήγορη ανταπόκριση του υδροφορέα σε ένα γεγονός βροχοπτώσης (quickflow). Μετά από αυτήν την κορύφωση, η συνάρτηση ετεροσυσχέτισης μειώνεται σταδιακά, καταλήγοντας σε χρόνο ανταπόκρισης 60 με 90 μέρες, υποδηλώνοντας την κυριαρχία της βασικής ροής.

- Η υστέρηση που προαναφέρθηκε μεταξύ βροχοπτώσεων και παροχής της πηγής ήταν πιθανόν ένας σημαντικός παράγων που δεν επέτρεψε την συσχέτιση απ' ευθείας της βροχοπτώσης με την παροχή της πηγής.
- Τέλος έγινε προσπάθεια προσομοίωσης των εκφορτίσεων της πηγής του Αλμυρού χρησιμοποιώντας μοντέλο ενός ταμειυτήρα τύπου Maillet. Εφαρμόζοντας την εξίσωση διατήρησης του υδατικού ισοζυγίου, προκύπτει σαν λύση μία απλή αναδρομική σχέση, η οποία εφαρμόζεται για χρονικό βήμα 30 ημερών. Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης δείχνουν ικανοποιητική ταύτιση μεταξύ των προσομοιωμένων και μετρημένων παροχών της πηγής. Για την εφαρμογή του μοντέλου απαιτείται η εκτίμηση δύο παραμέτρων:
  - Η παράμετρος  $\varepsilon$  η οποία εκφράζει τον συντελεστή κατεΐσδυσης και θεωρητικά πρέπει να είναι της τάξης του 0.50-0.60. Μέσω της παραμέτρου  $\varepsilon$ , η μέθοδος επιτρέπει διόρθωση της έκτασης της λεκάνης, ώστε να ικανοποιείται η εξίσωση συνέχειας. Συνεπώς, το μέγεθος της λεκάνης τροφοδοσίας δεν είναι σημαντικό, γιατί μπορεί να ρυθμιστεί κατά την βαθμονόμηση.
  - Ο συντελεστής στείρευσης του υδροφορέα. Μελετώντας τα υδρογραφήματα της πηγής παρατηρήθηκε ότι η καμπύλη στείρευσης της πηγής μετά την υγρή περίοδο μπορεί να θεωρηθεί ότι αποτελείται από δύο περίπου ευθύγραμμες περιοχές: αρχικά μία περισσότερο απότομη στο μεγαλύτερο τμήμα και μία με πιο ήπια κλίση στο τέλος κοντά στην ελάχιστη τιμή. Έτσι επελέγησαν σε κάθε περίπτωση 2 τιμές του  $k$ . Η δεύτερη αντιστοιχούσε στην περιοχή των πολύ μικρών βροχοπτώσεων. Ο

συντελεστής στείρευσης για όλες τις περιπτώσεις μεταβάλλεται από 0,008 έως 0,017 d<sup>-1</sup>, δηλαδή έχει τιμές λογικές για καρστικό υδροφορέα. Οι μεγάλες τιμές του k αντιστοιχούν σε χρόνους παραμονής του νερού στο καρστ της τάξης των 59 ημερών, δηλαδή περίπου 2 μηνών. Οι μικρότερες τιμές, οι οποίες επελέγησαν για την προσομοίωση των κάτω ορίων της καμπύλης, αντιστοιχούν σε μεγαλύτερους χρόνους παραμονής, της τάξης των 125 ημερών, δηλαδή περίπου 4 μηνών.

- Προσπάθεια εφαρμογής της σχέσης αυτής για ημερήσιο βήμα, για δεδομένα 2 ετών, δεν απέδωσε, προφανώς γιατί σε ημερήσια βάση το σύστημα είναι πιο σύνθετο και η απλουστευτική θεώρηση μιας δεξαμενής δεν επαρκεί. Ίσως στην περίπτωση αυτή έχει σημασία η θεώρηση του χιονιού στην εξίσωση του υδατικού ισοζυγίου. Επιπλέον δεν υπήρχαν καθημερινές μετρήσεις χλωριόντων τηςπηγής (υπήρχαν μετρήσεις ανά 20ήμερο) και δεν ήταν δυνατή η εκτίμηση της παροχής γλυκού νερού.

## 7.2 Προτάσεις

Στην ενότητα αυτή αναπτύσσονται προτάσεις επέκτασης της παρούσας εργασίας. Το θέμα της υδραυλικής και υδρολογικής διερεύνησης της πηγής του Αλμυρού είναι ιδιαίτερα σύνθετο και πολύ ευρύ, επομένως δεν είναι εύκολο να αναπτυχθούν γενικές προτάσεις.

Η σημαντικότερη παρατήρηση είναι ότι χρειάζονται περισσότερα στοιχεία: μετρήσεις ημερήσιες ή και ωριαίες, μετά από κάποια σημαντική βροχόπτωση, της παροχής της πηγής, της συγκέντρωσης των χλωριόντων, της αγωγιμότητας, της θερμοκρασίας και άλλων παραμέτρων. Εφ' όσον υπάρξουν περισσότερα στοιχεία, η στατιστική επεξεργασία των χρονοσειρών των βροχοπτώσεων, της παροχής της πηγής και της συγκέντρωσης των χλωριόντων μπορεί να επεκταθεί σημαντικά.

Το μοντέλο υδατικού ισοζυγίου που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα εργασία είχε αρκετά καλά αποτελέσματα, μπορεί όμως να βελτιωθεί προς τις εξής κατευθύνσεις:

- Να εφαρμοστεί σε ημερήσια βάση, εφ' όσον υπάρχουν στοιχεία ημερήσια για την παροχή της πηγής και την συγκέντρωση των χλωριόντων.
- Να ληφθεί υπόψη η τήξη του χιονιού στην εξίσωση του υδατικού ισοζυγίου. Στην περίπτωση αυτή είναι απαραίτητη η γνώση των θερμοκρασιών στους μετεωρολογικούς σταθμούς.
- Να θεωρηθούν δύο δεξαμενές τύπου Maillet για την ορεινή και την πεδινή καρστική λεκάνη.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ



*Πίνακας Π.1 Βροχόπτωση σταθμού Ανωγείων*

ΥΔΡ.ΕΤΟΣ	ΣΕΠ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕ.	ΔΕΚ.	ΙΑΝ.	ΦΕΒ.	ΜΑΡ.	ΑΠΡ.	ΜΑΙ.	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΥΝ.
<b>1975-76</b>	15.6	70.5	107.2	273.7	299.6	284.0	335.9	83.0	10.4	8.4	0.0	1.4	<b>1489.7</b>
<b>1976-77</b>	0.0	252.4	183.0	130.2	69.6	98.2	164.3	103.3	0.0	0.0	0.0	0.0	<b>1001.0</b>
<b>1977-78</b>	215.0	97.3	35.4	395.1	469.7	89.8	196.7	26.8	0.4	0.0	0.8	0.0	<b>1527.0</b>
<b>1978-79</b>	28.0	180.5	189.9	230.9	107.5	173.1	81.7	64.3	19.8	128.4	12.8	3.0	<b>1219.9</b>
<b>1979-80</b>	5.1	58.7	219.6	204.6	112.3	385.5	85.3	78.5	18.7	0.6	0.0	0.0	<b>1168.9</b>
<b>1980-81</b>	25.0	149.9	16.6	157.8	434.7	188.2	15.3	36.2	10.6	0.0	0.0	0.0	<b>1034.3</b>
<b>1981-82</b>	0.0	0.2	187.7	116.3	108.2	380.3	243.6	56.0	99.9	13.0	0.0	4.0	<b>1209.2</b>
<b>1982-83</b>	0.0	3.0	177.5	98.3	146.9	181.3	188.3	15.8	0.2	90.0	29.4	5.4	<b>936.1</b>
<b>1983-84</b>	2.4	34.2	206.4	164.1	109.5	173.8	106.7	80.4	0.8	0.2	91.4	1.0	<b>970.9</b>
<b>1984-85</b>	0.0	33.2	315.4	236.5	310.8	95.4	87.8	13.4	6.1	0.0	0.0	0.0	<b>1098.6</b>
<b>1985-86</b>	0.8	159.0	38.1	245.1	63.7	129.4	79.4	5.0	166.9	0.7	0.0	0.0	<b>888.1</b>
<b>1986-87</b>	403.0	49.6	95.4	213.4	130.1	131.3	171.9	164.8	8.8	0.0	0.0	0.0	<b>1368.3</b>
<b>1987-88</b>	0.0	9.7	147.6	152.3	99.1	283.7	84.2	21.9	21.1	0.0	0.0	0.0	<b>819.6</b>
<b>1988-89</b>	24.4	216.5	100.9	143.9	121.6	26.7	151.9	0.0	20.4	0.0	0.0	0.0	<b>806.3</b>
<b>1989-90</b>	0.0	141.5	173.3	23.8	90.5	136.2	6.5	7.4	1.4	30.2	0.0	18.2	<b>629.0</b>
<b>1990-91</b>	53.5	46.7	98.8	102.8	271.2	144.3	35.2	77.0	17.0	2.0	0.0	0.5	<b>849.0</b>
<b>1991-92</b>	0.0	139.3	118.0	450.7	97.9	139.2	89.1	30.4	28.4	3.0	0.0	0.0	<b>1096.0</b>
<b>1992-93</b>	0.0	0.0	70.0	155.7	100.9	128.8	49.8	10.6	55.3	18.0	0.0	0.0	<b>589.1</b>
<b>1993-94</b>	0.0	91.0	286.6	56.8	254.0	111.2	91.8	28.0	5.0	4.0	0.0	0.0	<b>928.4</b>
<b>1994-95</b>	0.0	241.8	242.0	191.4	130.3	34.5	104.9	24.0	2.0	1.6	3.2	0.0	<b>975.7</b>
<b>1995-96</b>	13.4	34.9	100.3	74.3	263.9	170.0	151.9	49.1	13.0	0.0	0.0	0.0	<b>870.8</b>
<b>1996-97</b>	73.8	118.2	51.8	136.2	137.1	159.4	314.7	16.0	4.0	0.0	0.0	0.0	<b>1011.2</b>
<b>1997-98</b>	2.0	245.4	136.5	168.8	143.4	101.8	323.1	55.8	78.2	1.0	0.0	0.0	<b>1256.0</b>
<b>1998-99</b>	0.0	20.7	169.2	405.6	265.6	58.0	129.0	47.6	0.0	0.0	0.0	0.0	<b>1095.7</b>
<b>1999-00</b>	17.0	55.0	27.3	154.3	444.5	181.7	223.0	19.8	114.0	0.0	0.0	0.0	<b>1236.6</b>
<b>2000-01</b>	13.4	54.0	121.0	164.7	299.8	309.6	30.0	67.0	118.0	0.0	0.0	2.0	<b>1179.5</b>
<b>ΣΥΝ</b>	<b>892.4</b>	<b>2503.2</b>	<b>3615.5</b>	<b>4847.3</b>	<b>5082.4</b>	<b>4295.4</b>	<b>3542.0</b>	<b>1182.1</b>	<b>820.4</b>	<b>301.1</b>	<b>137.6</b>	<b>35.5</b>	<b>27254.9</b>

Πίνακας Π.2 Βροχόπτωση σταθμού Κρουσόνα

ΥΔΡ.ΕΤΟΣ	ΣΕΠ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕ.	ΔΕΚ.	ΙΑΝ.	ΦΕΒ.	ΜΑΡ.	ΑΠΡ.	ΜΑΙ.	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΥΝ.
1975-76	0.0	37.9	86.1	362.2	308.0	261.6	260.8	49.8	7.0	2.0	0.0	0.0	1375.4
1976-77	0.0	178.6	239.2	162.9	80.9	106.1	170.7	77.0	1.9	0.8	1.0	0.0	1019.1
1977-78	147.7	46.4	45.0	305.0	433.2	104.1	201.8	11.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1294.2
1978-79	20.0	163.4	54.3	196.6	163.2	114.0	110.0	68.3	13.6	50.5	8.5	2.1	964.5
1979-80	0.0	38.6	243.9	252.2	146.9	274.2	122.7	57.4	10.5	0.7	0.0	0.0	1147.1
1980-81	6.8	75.1	22.5	297.7	560.6	236.0	27.8	29.3	5.8	0.0	0.0	0.0	1261.6
1981-82	0.0	0.0	152.0	199.2	103.3	323.8	226.4	60.1	65.0	5.0	0.0	12.0	1146.8
1982-83	0.0	5.0	143.0	136.0	198.4	241.4	198.2	9.2	2.0	62.0	23.7	3.3	1022.2
1983-84	0.0	9.9	188.0	217.7	170.0	154.5	101.7	83.7	1.5	0.0	63.5	0.0	990.5
1984-85	0.0	26.0	375.4	211.5	337.6	156.6	102.6	60.5	4.6	0.0	0.0	0.0	1274.8
1985-86	0.0	143.8	58.0	244.1	80.0	158.1	43.7	1.5	55.4	0.0	0.0	0.0	784.6
1986-87	217.2	85.7	81.8	188.6	122.2	158.6	247.4	210.6	31.5	1.4	0.0	0.0	1345.0
1987-88	0.0	7.0	199.0	187.8	140.2	301.9	172.6	18.8	22.5	0.0	0.0	0.0	1049.8
1988-89	4.7	253.8	90.8	184.9	94.6	12.6	108.1	0.0	21.2	11.3	0.0	0.0	782.0
1989-90	0.0	144.0	214.0	11.8	88.7	176.5	8.8	19.1	0.7	18.6	0.0	6.1	688.3
1990-91	10.8	24.2	111.1	122.8	320.7	169.8	35.1	49.6	15.5	0.5	0.0	0.0	860.1
1991-92	0.0	124.6	85.0	517.6	68.7	168.8	96.0	35.7	9.9	9.2	0.0	0.0	1115.5
1992-93	0.0	0.0	44.6	194.6	133.6	168.8	58.7	10.5	52.2	3.5	0.0	0.0	666.5
1993-94	0.0	20.1	253.8	33.1	253.1	111.3	70.6	23.5	4.6	0.0	0.0	0.0	770.1
1994-95	0.0	183.8	300.1	210.0	139.2	76.8	95.6	9.5	0.0	0.0	3.0	0.0	1018.0
1995-96	13.6	30.3	106.8	75.0	405.2	156.3	176.7	38.5	6.5	0.0	0.0	0.0	1008.9
1996-97	37.9	83.0	36.1	220.7	112.2	114.7	264.4	31.3	6.9	13.5	0.0	0.0	920.7
1997-98	3.7	202.0	74.7	180.0	116.1	59.0	292.3	19.9	3.4	1.5	0.0	0.0	952.6
1998-99	0.0	40.0	144.2	294.6	189.6	37.2	103.2	25.3	1.6	0.0	0.0	0.0	835.7
1999-00	45.7	2.0	25.1	138.9	243.2	93.5	67.0	20.0	20.3	0.0	0.0	0.0	655.7
2000-01	0.0	24.1	212.5	161.2	113.0	213.6	11.0	85.5	38.0	0.0	0.0	0.0	858.9
ΣΥΝ	508.1	1949.3	3587.0	5306.7	5122.4	4149.8	3373.9	1105.6	402.1	180.5	99.7	23.5	25808.6

*Πίνακας Π.3 Βροχόπτωση σταθμού Ηρακλείου*

ΥΔΡ.ΕΤΟΣ	ΣΕΠ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕ.	ΔΕΚ.	ΙΑΝ.	ΦΕΒ.	ΜΑΡ.	ΑΠΡ.	ΜΑΙ.	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΥΝ.
1975-76	0.0	61.0	55.2	138.2	176.2	60.4	177.3	54.3	1.5	0.0	0.0	0.0	724.1
1976-77	0.0	120.1	115.2	44.6	24.2	36.5	90.3	34.3	0.5	0.0	0.0	0.0	465.7
1977-78	149.0	79.6	17.0	128.3	125.6	29.5	53.5	4.6	0.0	0.0	0.0	0.0	587.1
1978-79	27.1	94.9	14.0	76.2	58.9	60.0	62.2	19.5	25.9	19.2	0.0	6.4	464.3
1979-80	21.8	47.3	122.8	63.7	62.0	137.9	38.8	49.0	2.4	0.0	0.0	0.0	545.7
1980-81	3.5	91.8	8.7	104.3	187.7	96.7	20.0	26.0	1.7	0.0	0.0	0.0	540.4
1981-82	0.0	0.0	137.3	39.2	27.6	192.8	118.7	38.9	32.2	0.0	0.0	0.0	586.7
1982-83	0.0	0.0	29.1	83.3	81.8	78.2	52.5	0.0	0.0	43.0	9.3	0.0	377.2
1983-84	0.0	74.4	120.0	130.2	25.2	71.7	77.2	53.1	0.0	0.0	0.0	7.7	559.5
1984-85	0.0	7.5	134.6	125.9	113.4	58.4	30.7	27.4	2.5	0.0	0.0	0.0	500.4
1985-86	0.0	69.4	14.4	67.0	58.0	58.4	55.1	0.0	65.0	0.0	0.0	0.0	387.3
1986-87	63.7	31.7	49.4	145.5	65.3	34.0	120.0	104.0	7.0	0.0	0.0	0.0	620.6
1987-88	0.0	0.0	83.3	103.6	30.7	75.6	38.9	18.0	42.0	0.0	0.0	0.0	392.1
1988-89	1.5	129.4	46.2	69.0	31.6	5.1	169.6	0.0	10.6	0.0	0.0	0.0	463.0
1989-90	0.0	44.7	147.4	11.9	38.0	63.7	0.0	10.7	0.0	0.0	0.0	0.0	316.4
1990-91	28.0	34.1	82.3	45.4	124.3	62.8	12.4	14.8	3.0	0.0	0.0	0.0	407.1
1991-92	0.0	88.9	26.6	198.2	25.3	85.4	59.0	21.8	6.2	2.0	0.0	0.0	513.4
1992-93	0.0	0.0	20.2	80.4	51.5	53.5	35.6	11.2	42.3	9.2	0.0	0.0	303.9
1993-94	0.0	0.0	68.6	15.2	129.9	53.4	24.6	6.5	6.2	0.0	0.0	0.0	304.4
1994-95	0.0	190.3	173.0	88.4	46.6	13.8	58.9	24.0	3.2	0.0	0.0	0.0	598.2
1995-96	1.9	29.5	74.0	20.4	97.0	78.5	185.6	31.8	6.8	0.0	0.0	0.0	525.5
1996-97	34.7	63.8	17.7	86.1	44.9	108.3	212.7	22.5	0.0	8.6	0.0	0.0	599.3
1997-98	0.0	76.9	60.4	55.3	60.1	5.5	91.8	11.0	1.0	0.0	0.0	0.0	362.0
1998-99	0.2	11.5	63.3	222.4	68.3	33.7	52.8	25.4	1.5	0.0	0.0	0.0	479.1
1999-00	16.2	5.8	9.7	173.3	165.0	46.2	17.4	5.2	8.4	0.0	0.0	0.0	447.2
2000-01	6.5	1.2	51.7	110.3	149.8	107.8	0.0	56.9	10.0	0.0	0.0	0.0	494.2
<b>ΣΥΝ</b>	<b>354.1</b>	<b>1353.8</b>	<b>1742.1</b>	<b>2426.3</b>	<b>2068.9</b>	<b>1707.8</b>	<b>1855.6</b>	<b>670.9</b>	<b>279.9</b>	<b>82.0</b>	<b>9.3</b>	<b>14.1</b>	<b>12564.8</b>

*Πίνακας Π.4 Ανηγμένα ύψη βροχής στο μέσο υψόμετρο (ΕΝΙΑΙΑ ΛΕΚΑΝΗ)*

ΥΔΡ.ΕΤΟΣ	ΣΕΠ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕ.	ΔΕΚ.	ΙΑΝ.	ΦΕΒ.	ΜΑΡ.	ΑΠΡ.	ΜΑΙ.	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΥΝ.
1975-76	11.2	62.9	99.9	287.8	296.1	267.2	311.2	74.1	9.1	6.5	0.0	1.0	1427.0
1976-77	0.0	229.0	193.1	133.5	69.9	97.0	162.4	93.7	0.5	0.2	0.2	0.0	979.6
1977-78	196.9	85.1	36.7	360.8	443.6	90.1	190.5	22.0	0.3	0.0	0.6	0.0	1426.6
1978-79	26.3	172.6	149.2	215.2	118.2	153.8	87.6	62.9	18.9	104.6	11.1	3.0	1123.3
1979-80	5.0	53.8	220.8	208.5	118.0	347.4	91.7	72.4	15.9	0.6	0.0	0.0	1134.0
1980-81	19.7	130.1	17.6	188.0	451.8	195.0	18.6	34.2	9.0	0.0	0.0	0.0	1064.0
1981-82	0.0	0.1	177.7	131.6	102.9	358.4	233.7	56.3	88.4	10.5	0.0	5.6	1165.3
1982-83	0.0	3.3	161.7	106.8	155.9	190.2	183.6	13.4	0.6	81.3	27.1	4.6	928.5
1983-84	1.7	31.2	198.3	175.6	119.1	164.3	104.5	80.1	0.9	0.1	80.0	1.2	957.1
1984-85	0.0	30.2	320.5	225.6	307.2	108.0	88.4	25.2	5.6	0.0	0.0	0.0	1110.6
1985-86	0.6	151.1	41.5	235.7	67.6	132.6	70.2	3.9	136.1	0.5	0.0	0.0	839.8
1986-87	342.2	57.2	90.1	205.0	125.2	132.6	187.4	172.8	14.0	0.3	0.0	0.0	1326.9
1987-88	0.0	8.6	156.6	158.6	105.1	277.2	102.5	21.1	22.8	0.0	0.0	0.0	852.5
1988-89	18.6	221.3	95.9	149.8	110.7	22.3	143.9	0.0	20.1	2.6	0.0	0.0	785.3
1989-90	0.0	137.2	182.3	20.5	87.5	142.1	6.7	10.4	1.2	25.9	0.0	14.4	628.1
1990-91	42.4	41.0	101.3	104.6	275.6	146.2	34.0	67.4	15.9	1.5	0.0	0.4	830.6
1991-92	0.0	133.8	105.6	453.9	87.4	143.7	89.5	31.3	23.0	4.4	0.0	0.0	1072.7
1992-93	0.0	0.0	61.6	161.2	106.2	134.4	51.3	10.7	54.2	14.2	0.0	0.0	593.7
1993-94	0.0	69.7	267.8	49.2	248.0	108.5	83.4	25.8	5.0	2.9	0.0	0.0	860.3
1994-95	0.0	226.9	252.9	190.8	128.2	43.3	100.7	20.8	1.6	1.1	3.0	0.0	969.2
1995-96	12.8	33.7	100.9	71.7	288.3	162.4	160.7	45.9	11.2	0.0	0.0	0.0	887.7
1996-97	63.6	107.6	46.5	153.6	126.7	147.0	299.0	20.0	4.5	3.6	0.0	0.0	972.2
1997-98	2.3	226.8	118.5	165.7	133.0	86.8	304.2	45.2	56.8	1.1	0.0	0.0	1140.2
1998-99	0.0	24.7	158.1	371.6	237.9	52.1	119.3	41.4	0.5	0.0	0.0	0.0	1005.6
1999-00	23.7	40.1	25.9	152.9	384.0	154.3	176.0	19.1	86.7	0.0	0.0	0.0	1062.8
2000-01	10.0	44.3	138.8	161.7	249.5	277.3	24.0	71.1	93.8	0.0	0.0	1.4	1071.8
<b>ΣΥΝ</b>	<b>776.9</b>	<b>2322.4</b>	<b>3520.0</b>	<b>4839.8</b>	<b>4943.6</b>	<b>4134.1</b>	<b>3425.0</b>	<b>1141.4</b>	<b>696.5</b>	<b>262.0</b>	<b>122.0</b>	<b>31.7</b>	<b>26215.3</b>
<b>ΜΟ</b>	<b>29.9</b>	<b>89.3</b>	<b>135.4</b>	<b>186.1</b>	<b>190.1</b>	<b>159.0</b>	<b>131.7</b>	<b>43.9</b>	<b>26.8</b>	<b>10.1</b>	<b>4.7</b>	<b>1.2</b>	<b>1008.3</b>

*Πίνακας Π.5 Ανημένα ύψη βροχής στο μέσο υψόμετρο (ΟΡΕΙΝΗ ΛΕΚΑΝΗ)*

ΥΔΡ.ΕΤΟΣ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΥΝ
1975-76	15.7	71.1	108.1	276.1	302.3	286.5	338.9	83.7	10.5	8.5	0.0	1.4	1502.9
1976-77	0.0	254.6	184.6	131.4	70.2	99.1	165.8	104.2	0.0	0.0	0.0	0.0	1009.9
1977-78	216.9	98.2	35.7	398.6	473.9	90.6	198.4	27.0	0.4	0.0	0.8	0.0	1540.5
1978-79	28.2	182.1	191.6	232.9	108.5	174.6	82.4	64.9	20.0	129.5	12.9	3.0	1230.7
1979-80	5.1	59.2	221.5	206.4	113.3	388.9	86.1	79.2	18.9	0.6	0.0	0.0	1179.2
1980-81	25.2	151.2	16.7	159.2	438.5	189.9	15.4	36.5	10.7	0.0	0.0	0.0	1043.5
1981-82	0.0	0.2	189.4	117.3	109.2	383.7	245.8	56.5	100.8	13.1	0.0	4.0	1219.9
1982-83	0.0	3.0	179.1	99.2	148.2	182.9	190.0	15.9	0.2	90.8	29.7	5.4	944.4
1983-84	2.4	34.5	208.2	165.6	110.5	175.3	107.6	81.1	0.8	0.2	92.2	1.0	979.5
1984-85	0.0	33.5	318.2	238.6	313.6	96.2	88.6	13.5	6.2	0.0	0.0	0.0	1108.3
1985-86	0.8	160.4	38.4	247.3	64.3	130.5	80.1	5.0	168.4	0.7	0.0	0.0	896.0
1986-87	406.6	50.0	96.2	215.3	131.3	132.5	173.4	166.3	8.9	0.0	0.0	0.0	1380.4
1987-88	0.0	9.8	148.9	153.6	100.0	286.2	84.9	22.1	21.3	0.0	0.0	0.0	826.9
1988-89	24.6	218.4	101.8	145.2	122.7	26.9	153.2	0.0	20.6	0.0	0.0	0.0	813.4
1989-90	0.0	142.8	174.8	24.0	91.3	137.4	6.6	7.5	1.4	30.5	0.0	18.4	634.6
1990-91	54.0	47.1	99.7	103.7	273.6	145.6	35.5	77.7	17.2	2.0	0.0	0.5	856.5
1991-92	0.0	140.5	119.0	454.7	98.8	140.4	89.9	30.7	28.7	3.0	0.0	0.0	1105.7
1992-93	0.0	0.0	70.6	157.1	101.8	129.9	50.2	10.7	55.8	18.2	0.0	0.0	594.3
1993-94	0.0	91.8	289.1	57.3	256.2	112.2	92.6	28.2	5.0	4.0	0.0	0.0	936.6
1994-95	0.0	243.9	244.1	193.1	131.5	34.8	105.8	24.2	2.0	1.6	3.2	0.0	984.3
1995-96	13.5	35.2	101.2	75.0	266.2	171.5	153.2	49.5	13.1	0.0	0.0	0.0	878.5
1996-97	74.5	119.2	52.3	137.4	138.3	160.8	317.5	16.1	4.0	0.0	0.0	0.0	1020.2
1997-98	2.0	247.6	137.7	170.3	144.7	102.7	326.0	56.3	78.9	1.0	0.0	0.0	1267.1
1998-99	0.0	20.9	170.7	409.2	268.0	58.5	130.1	48.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1105.4
1999-00	17.2	55.5	27.5	155.7	448.4	183.3	225.0	20.0	115.0	0.0	0.0	0.0	1247.5
2000-01	13.5	54.5	122.1	166.2	302.5	312.3	30.3	67.6	119.0	0.0	0.0	2.0	1189.9
<b>ΣΥΝ</b>	<b>900.3</b>	<b>2525.4</b>	<b>3647.5</b>	<b>4890.2</b>	<b>5127.4</b>	<b>4333.4</b>	<b>3573.4</b>	<b>1192.6</b>	<b>827.7</b>	<b>303.8</b>	<b>138.8</b>	<b>35.8</b>	<b>27496.2</b>
<b>ΜΟ</b>	<b>34.6</b>	<b>97.1</b>	<b>140.3</b>	<b>188.1</b>	<b>197.2</b>	<b>166.7</b>	<b>137.4</b>	<b>45.9</b>	<b>31.8</b>	<b>11.7</b>	<b>5.3</b>	<b>1.4</b>	<b>1057.5</b>

*Πίνακας Π.6 Ανηγγμένα ύψη βροχής στο μέσο υψόμετρο (ΠΕΔΙΝΗ ΛΕΚΑΝΗ)*

ΥΔΡ.ΕΤΟΣ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΥΝ
1975-76	0.0	62.3	56.4	141.2	180.0	61.7	181.2	55.5	1.5	0.0	0.0	0.0	739.8
1976-77	0.0	122.7	117.7	45.6	24.7	37.3	92.3	35.0	0.5	0.0	0.0	0.0	475.8
1977-78	152.2	81.3	17.4	131.1	128.3	30.1	54.7	4.7	0.0	0.0	0.0	0.0	599.9
1978-79	27.7	97.0	14.3	77.9	60.2	61.3	63.6	19.9	26.5	19.6	0.0	6.5	474.4
1979-80	22.3	48.3	125.5	65.1	63.3	140.9	39.6	50.1	2.5	0.0	0.0	0.0	557.6
1980-81	3.6	93.8	8.9	106.6	191.8	98.8	20.4	26.6	1.7	0.0	0.0	0.0	552.1
1981-82	0.0	0.0	140.3	40.1	28.2	197.0	121.3	39.7	32.9	0.0	0.0	0.0	599.4
1982-83	0.0	0.0	29.7	85.1	83.6	79.9	53.6	0.0	0.0	43.9	9.5	0.0	385.4
1983-84	0.0	76.0	122.6	133.0	25.7	73.3	78.9	54.3	0.0	0.0	0.0	7.9	571.7
1984-85	0.0	7.7	137.5	128.6	115.9	59.7	31.4	28.0	2.6	0.0	0.0	0.0	511.3
1985-86	0.0	70.9	14.7	68.5	59.3	59.7	56.3	0.0	66.4	0.0	0.0	0.0	395.7
1986-87	65.1	32.4	50.5	148.7	66.7	34.7	122.6	106.3	7.2	0.0	0.0	0.0	634.1
1987-88	0.0	0.0	85.1	105.9	31.4	77.2	39.7	18.4	42.9	0.0	0.0	0.0	400.6
1988-89	1.5	132.2	47.2	70.5	32.3	5.2	173.3	0.0	10.8	0.0	0.0	0.0	473.1
1989-90	0.0	45.7	150.6	12.2	38.8	65.1	0.0	10.9	0.0	0.0	0.0	0.0	323.3
1990-91	28.6	34.8	84.1	46.4	127.0	64.2	12.7	15.1	3.1	0.0	0.0	0.0	415.9
1991-92	0.0	90.8	27.2	202.5	25.8	87.3	60.3	22.3	6.3	2.0	0.0	0.0	524.6
1992-93	0.0	0.0	20.6	82.1	52.6	54.7	36.4	11.4	43.2	9.4	0.0	0.0	310.5
1993-94	0.0	0.0	70.1	15.5	132.7	54.6	25.1	6.6	6.3	0.0	0.0	0.0	311.0
1994-95	0.0	194.4	176.8	90.3	47.6	14.1	60.2	24.5	3.3	0.0	0.0	0.0	611.2
1995-96	1.9	30.1	75.6	20.8	99.1	80.2	189.6	32.5	6.9	0.0	0.0	0.0	536.9
1996-97	35.5	65.2	18.1	88.0	45.9	110.7	217.3	23.0	0.0	8.8	0.0	0.0	612.3
1997-98	0.0	78.6	61.7	56.5	61.4	5.6	93.8	11.2	1.0	0.0	0.0	0.0	369.9
1998-99	0.2	11.7	64.7	227.2	69.8	34.4	53.9	26.0	1.5	0.0	0.0	0.0	489.5
1999-00	16.6	5.9	9.9	177.1	168.6	47.2	17.8	5.3	8.6	0.0	0.0	0.0	456.9
2000-01	6.6	1.2	52.8	112.7	153.1	110.1	0.0	58.1	10.2	0.0	0.0	0.0	504.9
<b>ΣΥΝ</b>	<b>361.8</b>	<b>1383.2</b>	<b>1780.0</b>	<b>2479.0</b>	<b>2113.9</b>	<b>1744.9</b>	<b>1895.9</b>	<b>685.5</b>	<b>286.0</b>	<b>83.8</b>	<b>9.5</b>	<b>14.4</b>	<b>12837.8</b>
<b>ΜΟ</b>	<b>13.9</b>	<b>53.2</b>	<b>68.5</b>	<b>95.3</b>	<b>81.3</b>	<b>67.1</b>	<b>72.9</b>	<b>26.4</b>	<b>11.0</b>	<b>3.2</b>	<b>0.4</b>	<b>0.6</b>	<b>493.8</b>

Πίνακας Π.7 Παροχή πηγής (m<sup>3</sup>/s)

ΥΔΡ.ΕΤΟΣ	ΣΕΠ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕ.	ΔΕΚ.	ΙΑΝ.	ΦΕΒ.	ΜΑΡ.	ΑΠΡ.	ΜΑΙ.	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	Μ.Ο
<b>1975-76</b>	3.6	3.7	3.8	8.7	15.6	15.9	16.3	11.5	8.0	7.0	6.0	5.3	<b>8.8</b>
<b>1976-77</b>	4.8	6.7	10.6	10.7	7.8	8.7	10.2	9.5	7.6	5.1	4.1	3.6	<b>7.4</b>
<b>1977-78</b>	4.1	5.9	4.3	14.1	21.3	13.0	10.2	8.5	6.2	5.5	5.1	4.9	<b>8.6</b>
<b>1978-79</b>	4.4	5.2	7.1	11.5	10.3	9.0	12.4	6.4	5.4	5.2	4.8	4.4	<b>7.2</b>
<b>1979-80</b>	5.1	4.6	6.6	10.9	11.5	16.0	13.5	9.8	7.1	6.1	5.6	5.2	<b>8.5</b>
<b>1980-81</b>	4.9	5.0	4.6	7.4	14.4	15.1	11.2	7.3	5.8	5.4	5.3	5.1	<b>7.6</b>
<b>1981-82</b>	4.6	4.5	5.0	8.3	6.7	19.3	16.0	9.8	6.4	5.6	4.9	4.8	<b>8.0</b>
<b>1982-83</b>	5.3	5.1	5.3	5.7	11.1	14.7	17.3	10.6	7.0	6.0	5.4	5.1	<b>8.2</b>
<b>1983-84</b>	5.1	4.9	7.2	13.1	11.7	15.3	11.4	7.7	6.8	5.8	5.6	5.1	<b>8.3</b>
<b>1984-85</b>	4.4	4.2	9.8	10.6	16.0	13.3	10.3	8.5	6.6	6.0	5.3	5.1	<b>8.3</b>
<b>1985-86</b>	4.9	4.9	5.6	8.2	6.8	10.7	7.0	5.7	5.3	5.1	4.9	4.7	<b>6.1</b>
<b>1986-87</b>	4.4	4.3	5.4	9.9	12.3	10.1	14.5	11.6	12.9	5.9	4.8	4.2	<b>8.4</b>
<b>1987-88</b>	4.5	4.5	4.4	7.3	9.3	12.5	12.5	7.5	5.7	5.3	5.1	4.8	<b>7.0</b>
<b>1988-89</b>	4.9	6.9	8.4	9.0	8.4	8.5	10.7	7.3	5.8	5.0	4.8	4.4	<b>7.0</b>
<b>1989-90</b>	4.1	4.5	6.0	5.7	6.0	10.1	6.1	4.9	4.5	4.1	3.8	3.7	<b>5.3</b>
<b>1990-91</b>	3.5	3.5	3.8	4.8	9.9	15.6	9.5	6.7	5.5	4.3	4.0	3.7	<b>6.2</b>
<b>1991-92</b>	3.5	3.5	4.1	16.1	10.7	12.5	15.3	14.7	8.7	6.6	5.0	4.6	<b>8.8</b>
<b>1992-93</b>	3.7	3.5	3.5	5.9	8.9	12.5	11.5	8.6	7.6	5.2	4.4	3.6	<b>6.6</b>
<b>1993-94</b>	3.6	3.6	6.4	6.1	11.0	14.4	8.1	7.4	5.4	4.8	4.5	3.9	<b>6.6</b>
<b>1994-95</b>	15.9	5.1	17.4	12.3	12.9	9.6	9.0	7.9	6.2	5.5	5.1	4.7	<b>9.3</b>
<b>1995-96</b>	4.0	3.7	3.5	5.3	16.4	17.7	15.6	7.7	6.6	5.6	5.0	4.5	<b>8.0</b>
<b>1996-97</b>	4.0	4.3	4.1	11.5	12.2	13.1	23.3	10.7	6.5	6.1	5.9	5.3	<b>8.9</b>
<b>1997-98</b>	4.8	6.3	6.9	10.7	8.0	10.7	14.8	11.7	5.9	5.5	5.0	4.5	<b>7.9</b>
<b>1998-99</b>	4.5	4.0	4.0	12.1	15.3	8.2	5.8	8.3	5.0	5.0	4.5	4.0	<b>6.7</b>
<b>1999-00</b>	3.5	3.5	5.1	13.1	13.2	17.5	10.3	8.0	6.5	6.0	5.0	4.0	<b>8.0</b>
<b>2000-01</b>	4.0	4.5	5.0	6.1	10.6	10.0	8.7	7.4	6.5	5.5	4.0	3.5	<b>6.3</b>
<b>Μ.Ο</b>	<b>4.8</b>	<b>4.6</b>	<b>6.1</b>	<b>9.4</b>	<b>11.5</b>	<b>12.8</b>	<b>12.0</b>	<b>8.7</b>	<b>6.6</b>	<b>5.5</b>	<b>4.9</b>	<b>4.5</b>	<b>7.6</b>

ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΠΗΓΗΣ ΤΟΥ ΑΛΜΥΡΟΥ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ ΣΤΗΝ ΚΡΗΤΗ

Πίνακας Π.8 Παροχή πηγής (m<sup>3</sup>/μήνα)

ΥΔΡ.ΕΤΟΣ	ΣΕΠ	ΟΚΤ.	ΝΟΕ.	ΔΕΚ.	ΙΑΝ.	ΦΕΒ.	ΜΑΡ.	ΑΠΡ.	ΜΑΙ.	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΥΝΟΛΟ
1975-76	9.4E+06	9.7E+06	1.0E+07	2.2E+07	4.0E+07	4.1E+07	4.2E+07	3.0E+07	2.1E+07	1.8E+07	1.5E+07	1.4E+07	2.7E+08
1976-77	1.3E+07	1.7E+07	2.7E+07	2.8E+07	2.0E+07	2.3E+07	2.6E+07	2.5E+07	2.0E+07	1.3E+07	1.1E+07	9.2E+06	2.3E+08
1977-78	1.1E+07	1.5E+07	1.1E+07	3.6E+07	5.5E+07	3.4E+07	2.6E+07	2.2E+07	1.6E+07	1.4E+07	1.3E+07	1.3E+07	2.7E+08
1978-79	1.1E+07	1.4E+07	1.8E+07	3.0E+07	2.7E+07	2.3E+07	3.2E+07	1.7E+07	1.4E+07	1.4E+07	1.2E+07	1.1E+07	2.2E+08
1979-80	1.3E+07	1.2E+07	1.7E+07	2.8E+07	3.0E+07	4.1E+07	3.5E+07	2.6E+07	1.9E+07	1.6E+07	1.5E+07	1.3E+07	2.6E+08
1980-81	1.3E+07	1.3E+07	1.2E+07	1.9E+07	3.7E+07	3.9E+07	2.9E+07	1.9E+07	1.5E+07	1.4E+07	1.4E+07	1.3E+07	2.4E+08
1981-82	1.2E+07	1.2E+07	1.3E+07	2.2E+07	1.7E+07	5.0E+07	4.1E+07	2.5E+07	1.7E+07	1.4E+07	1.3E+07	1.2E+07	2.5E+08
1982-83	1.4E+07	1.3E+07	1.4E+07	1.5E+07	2.9E+07	3.8E+07	4.5E+07	2.7E+07	1.8E+07	1.6E+07	1.4E+07	1.3E+07	2.6E+08
1983-84	1.3E+07	1.3E+07	1.9E+07	3.4E+07	3.0E+07	4.0E+07	3.0E+07	2.0E+07	1.8E+07	1.5E+07	1.5E+07	1.3E+07	2.6E+08
1984-85	1.1E+07	1.1E+07	2.5E+07	2.8E+07	4.1E+07	3.4E+07	2.7E+07	2.2E+07	1.7E+07	1.5E+07	1.4E+07	1.3E+07	2.6E+08
1985-86	1.3E+07	1.3E+07	1.4E+07	2.1E+07	1.8E+07	2.8E+07	1.8E+07	1.5E+07	1.4E+07	1.3E+07	1.3E+07	1.2E+07	1.9E+08
1986-87	1.1E+07	1.1E+07	1.4E+07	2.6E+07	3.2E+07	2.6E+07	3.7E+07	3.0E+07	3.3E+07	1.5E+07	1.2E+07	1.1E+07	2.6E+08
1987-88	1.2E+07	1.2E+07	1.2E+07	1.9E+07	2.4E+07	3.2E+07	3.2E+07	2.0E+07	1.5E+07	1.4E+07	1.3E+07	1.3E+07	2.2E+08
1988-89	1.3E+07	1.8E+07	2.2E+07	2.3E+07	2.2E+07	2.2E+07	2.8E+07	1.9E+07	1.5E+07	1.3E+07	1.2E+07	1.1E+07	2.2E+08
1989-90	1.1E+07	1.2E+07	1.6E+07	1.5E+07	1.6E+07	2.6E+07	1.6E+07	1.3E+07	1.2E+07	1.1E+07	9.9E+06	9.6E+06	1.6E+08
1990-91	9.0E+06	9.2E+06	9.9E+06	1.2E+07	2.6E+07	4.1E+07	2.5E+07	1.7E+07	1.4E+07	1.1E+07	1.0E+07	9.5E+06	1.9E+08
1991-92	9.1E+06	9.1E+06	1.1E+07	4.2E+07	2.8E+07	3.3E+07	4.0E+07	3.8E+07	2.3E+07	1.7E+07	1.3E+07	1.2E+07	2.7E+08
1992-93	9.6E+06	9.2E+06	9.2E+06	1.5E+07	2.3E+07	3.2E+07	3.0E+07	2.2E+07	2.0E+07	1.4E+07	1.1E+07	9.3E+06	2.0E+08
1993-94	9.3E+06	9.3E+06	1.6E+07	1.6E+07	2.9E+07	3.7E+07	2.1E+07	1.9E+07	1.4E+07	1.3E+07	1.2E+07	1.0E+07	2.1E+08
1994-95	4.1E+07	1.3E+07	4.5E+07	3.2E+07	3.3E+07	2.5E+07	2.3E+07	2.0E+07	1.6E+07	1.4E+07	1.3E+07	1.2E+07	2.9E+08
1995-96	1.0E+07	9.6E+06	9.1E+06	1.4E+07	4.3E+07	4.6E+07	4.0E+07	2.0E+07	1.7E+07	1.4E+07	1.3E+07	1.2E+07	2.5E+08
1996-97	1.0E+07	1.1E+07	1.1E+07	3.0E+07	3.2E+07	3.4E+07	6.0E+07	2.8E+07	1.7E+07	1.6E+07	1.5E+07	1.4E+07	2.8E+08
1997-98	1.3E+07	1.6E+07	1.8E+07	2.8E+07	2.1E+07	2.8E+07	3.8E+07	3.0E+07	1.5E+07	1.4E+07	1.3E+07	1.2E+07	2.5E+08
1998-99	1.2E+07	1.0E+07	1.0E+07	3.1E+07	4.0E+07	2.1E+07	1.5E+07	2.2E+07	1.3E+07	1.3E+07	1.2E+07	1.0E+07	2.1E+08
1999-00	9.1E+06	9.1E+06	1.3E+07	3.4E+07	3.4E+07	4.5E+07	2.7E+07	2.1E+07	1.7E+07	1.6E+07	1.3E+07	1.0E+07	2.5E+08
2000-01	1.0E+07	1.2E+07	1.3E+07	1.6E+07	2.8E+07	2.6E+07	2.3E+07	1.9E+07	1.7E+07	1.4E+07	1.0E+07	9.1E+06	2.0E+08
ΜΟ	1.2E+07	1.2E+07	1.6E+07	2.4E+07	3.0E+07	3.3E+07	3.1E+07	2.2E+07	1.7E+07	1.4E+07	1.3E+07	1.2E+07	2.4E+08

Πίνακας Π.9 Συγκέντρωση χλωριόντων

ΥΔΡ.ΕΤΟΣ	ΣΕΠ	ΟΚΤ.	ΝΟΕ.	ΔΕΚ.	ΙΑΝ.	ΦΕΒ.	ΜΑΡ.	ΑΠΡ.	ΜΑΙ.	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΥΝ
1975-76	5681.9	5851.0	5773.8	136.0	1336.8	322.9	318.3	547.2	1640.5	3176.1	3872.2	4297.4	32954.1
1976-77	4045.1	3792.8	2411.4	1374.2	2085.3	2233.8	1682.5	2319.5	2934.7	4129.8	4590.6	4503.9	36103.6
1977-78	4463.6	3274.3	4517.2	1438.6	50.9	432.0	627.8	975.3	2073.4	2812.3	3204.9	3397.2	27267.5
1978-79	3670.6	3691.6	2900.3	708.3	1459.2	2059.5	574.4	2690.3	3447.0	3695.8	4012.6	4254.2	33163.9
1979-80	4545.8	4851.8	4151.9	1626.1	1218.8	918.2	271.8	1215.3	2643.4	3451.1	3726.1	4302.8	32923.4
1980-81	4553.9	4642.2	4904.3	3784.6	577.9	32.2	452.4	1248.0	2380.2	3102.9	3543.6	3850.4	33072.6
1981-82	4115.4	4393.9	4441.4	2237.0	3148.0	267.5	26.4	558.6	1603.1	2294.6	2895.7	3268.3	29249.9
1982-83	3516.4	3300.7	4013.9	3135.6	1422.4	637.5	133.7	1489.1	2731.4	2892.6	3768.6	4244.4	31286.4
1983-84	4384.6	4551.7	3191.6	790.1	1597.8	322.4	1305.6	2204.9	3360.9	3819.6	4269.3	4490.5	34289.0
1984-85	4766.2	4635.3	2186.2	1143.4	649.0	154.7	631.3	1252.7	2634.1	3208.0	3588.8	3855.1	28704.7
1985-86	3942.3	3711.8	4229.3	3105.0	2464.3	1016.7	2640.3	3602.8	3813.0	4023.3	4691.4	5359.5	42599.8
1986-87	4070.0	4518.5	4546.6	2807.0	1067.4	1351.6	186.5	447.3	547.2	1710.2	2728.7	3187.6	27168.6
1987-88	3594.4	4188.1	4289.2	3086.5	1631.1	1141.5	265.0	1732.1	2754.3	3399.5	3777.2	4066.9	33926.0
1988-89	4154.1	2364.7	2098.4	2098.4	1661.0	1709.0	1203.2	2870.8	3692.5	4254.6	4415.7	4621.3	35143.6
1989-90	4636.0	4434.4	3621.5	2896.4	3187.0	94.0	3004.7	3761.6	4297.4	4699.2	4679.7	4812.9	44124.8
1990-91	5194.8	5345.5	5011.4	3785.0	1889.7	439.7	1515.9	2968.1	4056.0	4527.9	4929.7	5196.0	44859.7
1991-92	5191.3	5521.5	4210.2	864.9	701.4	537.8	51.9	780.8	2690.2	3901.8	4079.3	4453.1	32984.3
1992-93	4724.1	4923.5	5121.2	3780.3	2149.7	1593.8	1332.1	2743.1	2191.8	4182.1	4635.3	4866.6	42243.7
1993-94	5097.9	5252.1	3176.1	2841.2	1276.0	366.5	2065.6	2447.2	3732.1	4216.4	4658.7	4826.9	39956.7
1994-95	5065.2	4327.0	2247.9	441.3	341.6	497.4	1168.6	1621.8	2322.6	3163.6	3934.5	4462.5	29593.8
1995-96	4649.4	4878.3	5041.8	2051.6	533.2	374.3	112.7	597.0	2374.0	3168.3	3705.6	4868.9	32355.1
1996-97	4350.3	4518.5	3859.8	1374.2	808.8	598.6	108.0	892.9	1743.3	2715.1	3590.3	3775.7	28335.5
1997-98	4051.3	3691.6	2729.1	2502.5	2275.9	1243.3	341.6	280.9	1790.0	3074.8	3705.6	4291.2	29977.7
1998-99	4490.5	4850.3	4415.7	61.3	397.7	1425.6	98.7	1126.5	2883.3	3341.1	3341.1	3341.1	29772.9
1999-00	5004.4	5004.4	5004.4	5004.4	2000.2	2000.2	1892.8	3065.5	4238.2	4238.2	5079.2	5079.2	47611.3
2000-01	5079.2	5593.1	5593.1	4046.6	2500.2	1857.7	1215.3	3322.5	3322.5	4406.4	4406.4	4752.1	46095.2
ΣΥΝ	117038.7	116108.5	103687.8	57120.4	38431.4	23628.7	23227.2	46761.8	71897.0	91605.3	103831.2	112425.8	905763.9
ΜΟ	4501.5	4465.7	3988.0	2196.9	1478.1	908.8	893.4	1798.5	2765.3	3523.3	3993.5	4324.1	34837.1



Πίνακας Π.10 Ετήσιες τιμές SPI (1975-2001)		Πίνακας Π.11 Ετήσιες τιμές Deciles (1975-2001)	
<b>Year</b>		<b>Year</b>	<b>Thresholds</b>
1975 - 1976	1.89	1975 - 1976	10%
1976 - 1977	-0.07	1976 - 1977	20%
1977 - 1978	1.88	1977 - 1978	30%
1978 - 1979	0.61	1978 - 1979	40%
1979 - 1980	0.66	1979 - 1980	50%
1980 - 1981	0.33	1980 - 1981	60%
1981 - 1982	0.80	1981 - 1982	70%
1982 - 1983	-0.33	1982 - 1983	80%
1983 - 1984	-0.19	1983 - 1984	90%
1984 - 1985	0.55	1984 - 1985	100%
1985 - 1986	-0.81	1985 - 1986	
1986 - 1987	1.49	1986 - 1987	
1987 - 1988	-0.74	1987 - 1988	
1988 - 1989	-1.12	1988 - 1989	
1989 - 1990	-2.10	1989 - 1990	
1990 - 1991	-0.86	1990 - 1991	
1991 - 1992	0.38	1991 - 1992	
1992 - 1993	-2.33	1992 - 1993	
1993 - 1994	-0.69	1993 - 1994	
1994 - 1995	-0.13	1994 - 1995	
1995 - 1996	-0.55	1995 - 1996	
1996 - 1997	-0.11	1996 - 1997	
1997 - 1998	0.69	1997 - 1998	
1998 - 1999	0.05	1998 - 1999	
1999 - 2000	0.33	1999 - 2000	
2000 - 2001	0.37	2000 - 2001	

Πίνακας Π.12 Ετήσιες τιμές RDI - Κρουσόνας (1991 - 2001)				Πίνακας Π.13 Ετήσιες τιμές RDI - Ηράκλειο (1975-2001)			
<b>Year</b>	<b><math>\alpha_{12}</math></b>	<b>Normalised</b>	<b>Standardised</b>	<b>Year</b>	<b><math>\alpha_{12}</math></b>	<b>Normalised</b>	<b>Standardised</b>
1991-92	1.55	0.31	1.91	1975-76	1.60	0.51	2.04
1992-93	1.08	-0.09	-0.61	1976-77	1.02	-0.04	-0.07
1993-94	1.43	0.20	1.32	1977-78	1.52	0.43	1.78
1994-95	1.11	-0.07	-0.42	1978-79	1.16	0.09	0.51
1995-96	1.21	0.02	0.18	1979-80	1.20	0.13	0.68
1996-97	1.13	-0.05	-0.24	1980-81	1.11	0.04	0.30
1997-98	1.19	0.00	0.09	1981-82	1.19	0.12	0.63
1998-99	0.90	-0.24	-1.80	1982-83	0.94	-0.12	-0.47
1999-00	1.05	-0.12	-0.78	1983-84	0.97	-0.09	-0.32
2000-01	1.24	0.04	0.34	1984-85	1.18	0.11	0.61
				1985-86	0.86	-0.19	-0.89
				1986-87	1.35	0.27	1.23
				1987-88	0.88	-0.17	-0.80
				1988-89	0.79	-0.25	-1.25
				1989-90	0.67	-0.37	-2.03
				1990-91	0.87	-0.18	-0.80
				1991-92	1.14	0.08	0.46
				1992-93	0.63	-0.41	-2.38
				1993-94	0.91	-0.14	-0.62
				1994-95	1.04	-0.02	0.00
				1995-96	0.93	-0.13	-0.54
				1996-97	1.08	0.02	0.18
				1997-98	1.19	0.12	0.64
				1998-99	1.08	0.02	0.18
				1999-00	1.13	0.07	0.40
				2000-01	1.16	0.09	0.53

Πίνακας Π.15 Συνδυασμός ορεινής και πεδινής λεκάνης - Μοντέλο προσομοίωσης παροχής

t	Precipitation		Q <sub>spring</sub>	Q <sub>fresh</sub>	Q <sub>fresh-calc</sub>			Q <sub>spring-calc</sub>		
	(m <sup>3</sup> )- ΟΡΕΙΝΗ	(m <sup>3</sup> )- ΠΕΔΙΝΗ			k (month <sup>-1</sup> )	k (days <sup>-1</sup> )	(m <sup>3</sup> /μήνα)	k (month <sup>-1</sup> )	k (days <sup>-1</sup> )	(m <sup>3</sup> /μήνα)
0	3.29E+06	0.00E+00	9.36E+06	2.43E+13			6.60E+06			9.36E+06

1	1.49E+07	4.82E+06	9.70E+06	2.51E+13	0.55	0.018	1.02E+07	0.55	0.018	1.24E+07
2	2.26E+07	4.36E+06	9.95E+06	2.58E+13	0.55	0.018	1.47E+07	0.55	0.018	1.67E+07
3	5.77E+07	1.09E+07	2.24E+07	5.81E+13	0.55	0.018	3.08E+07	0.55	0.018	3.40E+07
4	6.31E+07	1.39E+07	4.04E+07	1.05E+14	0.55	0.018	4.29E+07	0.55	0.018	4.70E+07
5	5.98E+07	4.78E+06	4.12E+07	1.07E+14	0.55	0.018	4.58E+07	0.55	0.018	5.01E+07
6	7.08E+07	1.40E+07	4.21E+07	1.09E+14	0.55	0.018	5.40E+07	0.55	0.018	5.90E+07
7	1.75E+07	4.29E+06	2.98E+07	7.72E+13	0.55	0.018	3.83E+07	0.55	0.018	4.18E+07
8	2.19E+06	1.19E+05	2.07E+07	5.36E+13	0.35	0.012	2.75E+07	0.35	0.012	3.00E+07
9	1.77E+06	0.00E+00	1.81E+07	4.69E+13	0.35	0.012	1.98E+07	0.35	0.012	2.16E+07
10	0.00E+00	0.00E+00	1.54E+07	4.00E+13	0.35	0.012	1.39E+07	0.35	0.012	1.52E+07
11	2.95E+05	0.00E+00	1.38E+07	3.57E+13	0.35	0.012	9.89E+06	0.35	0.012	1.08E+07
12	0.00E+00	0.00E+00	1.26E+07	3.26E+13	0.35	0.012	6.97E+06	0.35	0.012	7.61E+06
13	5.32E+07	9.50E+06	1.73E+07	4.49E+13	0.55	0.018	2.44E+07	0.55	0.018	2.67E+07
14	3.86E+07	9.11E+06	2.74E+07	7.09E+13	0.55	0.018	2.96E+07	0.55	0.018	3.23E+07
15	2.74E+07	3.53E+06	2.76E+07	7.16E+13	0.55	0.018	2.72E+07	0.55	0.018	2.96E+07
16	1.47E+07	1.91E+06	2.02E+07	5.24E+13	0.55	0.018	2.11E+07	0.55	0.018	2.30E+07
17	2.07E+07	2.89E+06	2.26E+07	5.87E+13	0.55	0.018	1.98E+07	0.55	0.018	2.16E+07
18	3.46E+07	7.14E+06	2.65E+07	6.87E+13	0.55	0.018	2.50E+07	0.55	0.018	2.73E+07
19	2.18E+07	2.71E+06	2.46E+07	6.36E+13	0.55	0.018	2.24E+07	0.55	0.018	2.45E+07
20	0.00E+00	3.95E+04	1.96E+07	5.08E+13	0.35	0.012	1.58E+07	0.35	0.012	1.72E+07
21	0.00E+00	0.00E+00	1.32E+07	3.43E+13	0.35	0.012	1.11E+07	0.35	0.012	1.22E+07
22	0.00E+00	0.00E+00	1.07E+07	2.78E+13	0.35	0.012	7.85E+06	0.35	0.012	8.57E+06
23	0.00E+00	0.00E+00	9.23E+06	2.39E+13	0.35	0.012	5.53E+06	0.35	0.012	6.04E+06
24	4.53E+07	1.18E+07	1.06E+07	2.74E+13	0.55	0.018	2.18E+07	0.55	0.018	2.38E+07
25	2.05E+07	6.29E+06	1.52E+07	3.94E+13	0.55	0.018	2.13E+07	0.55	0.018	2.32E+07
26	7.46E+06	1.34E+06	1.11E+07	2.88E+13	0.55	0.018	1.52E+07	0.55	0.018	1.65E+07
27	8.32E+07	1.01E+07	3.65E+07	9.46E+13	0.55	0.018	3.92E+07	0.55	0.018	4.27E+07
28	9.90E+07	9.93E+06	5.51E+07	1.43E+14	0.55	0.018	5.81E+07	0.55	0.018	6.33E+07
29	1.89E+07	2.33E+06	3.37E+07	8.73E+13	0.55	0.018	4.04E+07	0.55	0.018	4.41E+07
30	4.14E+07	4.23E+06	2.64E+07	6.83E+13	0.55	0.018	3.82E+07	0.55	0.018	4.17E+07
31	5.65E+06	3.64E+05	2.19E+07	5.68E+13	0.35	0.012	2.83E+07	0.35	0.012	3.09E+07
32	8.43E+04	0.00E+00	1.60E+07	4.14E+13	0.35	0.012	2.00E+07	0.35	0.012	2.18E+07
33	0.00E+00	0.00E+00	1.43E+07	3.71E+13	0.35	0.012	1.41E+07	0.35	0.012	1.53E+07
34	1.69E+05	0.00E+00	1.32E+07	3.41E+13	0.35	0.012	9.95E+06	0.35	0.012	1.08E+07
35	0.00E+00	0.00E+00	1.26E+07	3.27E+13	0.35	0.012	7.01E+06	0.35	0.012	7.65E+06
36	5.90E+06	2.14E+06	1.15E+07	2.98E+13	0.55	0.018	6.66E+06	0.55	0.018	7.27E+06
37	3.80E+07	7.50E+06	1.35E+07	3.51E+13	0.55	0.018	1.87E+07	0.55	0.018	2.04E+07
38	4.00E+07	1.11E+06	1.85E+07	4.79E+13	0.55	0.018	2.42E+07	0.55	0.018	2.64E+07
39	4.86E+07	6.02E+06	2.98E+07	7.73E+13	0.55	0.018	3.18E+07	0.55	0.018	3.46E+07
40	2.26E+07	4.66E+06	2.66E+07	6.91E+13	0.55	0.018	2.72E+07	0.55	0.018	2.97E+07
41	3.65E+07	4.74E+06	2.33E+07	6.04E+13	0.55	0.018	2.91E+07	0.55	0.018	3.18E+07
42	1.72E+07	4.92E+06	3.21E+07	8.32E+13	0.55	0.018	2.40E+07	0.55	0.018	2.62E+07
43	1.35E+07	1.54E+06	1.65E+07	4.28E+13	0.55	0.018	1.88E+07	0.55	0.018	2.05E+07
44	4.17E+06	2.05E+06	1.41E+07	3.65E+13	0.55	0.018	1.29E+07	0.55	0.018	1.40E+07
45	2.70E+07	1.52E+06	1.35E+07	3.51E+13	0.55	0.018	1.67E+07	0.55	0.018	1.82E+07
46	2.70E+06	0.00E+00	1.25E+07	3.23E+13	0.35	0.012	1.24E+07	0.35	0.012	1.35E+07

47	6.32E+05	5.06E+05	1.14E+07	2.96E+13	0.35	0.012	8.99E+06	0.35	0.012	9.81E+06
48	1.07E+06	1.72E+06	1.33E+07	3.45E+13	0.55	0.018	6.10E+06	0.55	0.018	6.66E+06
49	1.24E+07	3.74E+06	1.19E+07	3.08E+13	0.55	0.018	8.77E+06	0.55	0.018	9.56E+06
50	4.63E+07	9.71E+06	1.70E+07	4.42E+13	0.55	0.018	2.33E+07	0.55	0.018	2.54E+07
51	4.31E+07	5.04E+06	2.83E+07	7.35E+13	0.55	0.018	2.91E+07	0.55	0.018	3.18E+07
52	2.37E+07	4.90E+06	2.99E+07	7.74E+13	0.55	0.018	2.61E+07	0.55	0.018	2.85E+07
53	8.12E+07	1.09E+07	4.14E+07	1.07E+14	0.55	0.018	4.51E+07	0.55	0.018	4.92E+07
54	1.80E+07	3.07E+06	3.49E+07	9.06E+13	0.55	0.018	3.29E+07	0.55	0.018	3.58E+07
55	1.65E+07	3.87E+06	2.55E+07	6.61E+13	0.55	0.018	2.56E+07	0.55	0.018	2.79E+07
56	3.94E+06	1.90E+05	1.85E+07	4.80E+13	0.35	0.012	1.90E+07	0.35	0.012	2.07E+07
57	1.26E+05	0.00E+00	1.58E+07	4.10E+13	0.35	0.012	1.34E+07	0.35	0.012	1.46E+07
58	0.00E+00	0.00E+00	1.46E+07	3.78E+13	0.35	0.012	9.45E+06	0.35	0.012	1.03E+07
59	0.00E+00	0.00E+00	1.34E+07	3.47E+13	0.35	0.012	6.66E+06	0.35	0.012	7.26E+06
60	5.27E+06	2.77E+05	1.28E+07	3.32E+13	0.35	0.012	5.95E+06	0.35	0.012	6.49E+06
61	3.16E+07	7.26E+06	1.29E+07	3.34E+13	0.55	0.018	1.61E+07	0.55	0.018	1.75E+07
62	3.50E+06	6.88E+05	1.18E+07	3.06E+13	0.35	0.012	1.23E+07	0.35	0.012	1.34E+07
63	3.32E+07	8.25E+06	1.92E+07	4.98E+13	0.55	0.018	2.06E+07	0.55	0.018	2.25E+07
64	9.16E+07	1.48E+07	3.74E+07	9.70E+13	0.55	0.018	4.66E+07	0.55	0.018	5.08E+07
65	3.96E+07	7.65E+06	3.93E+07	1.02E+14	0.55	0.018	4.23E+07	0.55	0.018	4.61E+07
66	3.22E+06	1.58E+06	2.91E+07	7.55E+13	0.55	0.018	2.59E+07	0.55	0.018	2.83E+07
67	7.63E+06	2.06E+06	1.88E+07	4.87E+13	0.55	0.018	1.81E+07	0.55	0.018	1.98E+07
68	2.23E+06	1.34E+05	1.51E+07	3.92E+13	0.35	0.012	1.33E+07	0.35	0.012	1.45E+07
69	0.00E+00	0.00E+00	1.40E+07	3.63E+13	0.35	0.012	9.38E+06	0.35	0.012	1.02E+07
70	0.00E+00	0.00E+00	1.38E+07	3.58E+13	0.35	0.012	6.61E+06	0.35	0.012	7.21E+06
71	0.00E+00	0.00E+00	1.32E+07	3.42E+13	0.35	0.012	4.66E+06	0.35	0.012	5.08E+06
72	0.00E+00	0.00E+00	1.20E+07	3.12E+13	0.35	0.012	3.28E+06	0.35	0.012	3.58E+06
73	4.21E+04	0.00E+00	1.17E+07	3.02E+13	0.35	0.012	2.32E+06	0.35	0.012	2.53E+06
74	3.95E+07	1.09E+07	1.30E+07	3.37E+13	0.55	0.018	1.78E+07	0.55	0.018	1.94E+07
75	2.45E+07	3.10E+06	2.15E+07	5.58E+13	0.55	0.018	1.92E+07	0.55	0.018	2.10E+07
76	2.28E+07	2.18E+06	1.74E+07	4.50E+13	0.55	0.018	1.92E+07	0.55	0.018	2.10E+07
77	8.01E+07	1.52E+07	5.00E+07	1.30E+14	0.55	0.018	4.22E+07	0.55	0.018	4.60E+07
78	5.13E+07	9.38E+06	4.14E+07	1.07E+14	0.55	0.018	4.41E+07	0.55	0.018	4.81E+07
79	1.18E+07	3.08E+06	2.53E+07	6.57E+13	0.55	0.018	3.03E+07	0.55	0.018	3.30E+07
80	2.10E+07	2.55E+06	1.66E+07	4.30E+13	0.55	0.018	2.52E+07	0.55	0.018	2.74E+07
81	2.74E+06	0.00E+00	1.45E+07	3.75E+13	0.35	0.012	1.84E+07	0.35	0.012	2.00E+07
82	0.00E+00	0.00E+00	1.28E+07	3.33E+13	0.35	0.012	1.29E+07	0.35	0.012	1.41E+07
83	8.43E+05	0.00E+00	1.24E+07	3.22E+13	0.35	0.012	9.31E+06	0.35	0.012	1.02E+07
84	0.00E+00	0.00E+00	1.37E+07	3.54E+13	0.35	0.012	6.56E+06	0.35	0.012	7.15E+06
85	6.32E+05	0.00E+00	1.31E+07	3.39E+13	0.35	0.012	4.76E+06	0.35	0.012	5.20E+06
86	3.74E+07	2.30E+06	1.39E+07	3.59E+13	0.55	0.018	1.57E+07	0.55	0.018	1.71E+07
87	2.07E+07	6.59E+06	1.49E+07	3.86E+13	0.55	0.018	1.79E+07	0.55	0.018	1.96E+07
88	3.09E+07	6.47E+06	2.87E+07	7.44E+13	0.55	0.018	2.25E+07	0.55	0.018	2.46E+07
89	3.82E+07	6.18E+06	3.80E+07	9.84E+13	0.55	0.018	2.75E+07	0.55	0.018	3.00E+07
90	3.97E+07	4.15E+06	4.50E+07	1.17E+14	0.55	0.018	3.01E+07	0.55	0.018	3.29E+07
91	3.33E+06	0.00E+00	2.74E+07	7.11E+13	0.35	0.012	2.20E+07	0.35	0.012	2.40E+07
92	4.21E+04	0.00E+00	1.81E+07	4.70E+13	0.35	0.012	1.55E+07	0.35	0.012	1.69E+07

93	1.90E+07	3.40E+06	1.57E+07	4.06E+13	0.55	0.018	1.62E+07	0.55	0.018	1.77E+07
94	6.19E+06	7.35E+05	1.40E+07	3.62E+13	0.35	0.012	1.30E+07	0.35	0.012	1.42E+07
95	1.14E+06	0.00E+00	1.33E+07	3.44E+13	0.35	0.012	9.43E+06	0.35	0.012	1.03E+07
96	5.06E+05	0.00E+00	1.33E+07	3.45E+13	0.35	0.012	6.76E+06	0.35	0.012	7.37E+06
97	7.20E+06	5.88E+06	1.26E+07	3.28E+13	0.55	0.018	8.16E+06	0.55	0.018	8.90E+06
98	4.35E+07	9.49E+06	1.88E+07	4.86E+13	0.55	0.018	2.20E+07	0.55	0.018	2.40E+07
99	3.46E+07	1.03E+07	3.40E+07	8.82E+13	0.55	0.018	2.73E+07	0.55	0.018	2.98E+07
100	2.31E+07	1.99E+06	3.05E+07	7.89E+13	0.55	0.018	2.39E+07	0.55	0.018	2.61E+07
101	3.66E+07	5.67E+06	3.97E+07	1.03E+14	0.55	0.018	2.76E+07	0.55	0.018	3.01E+07
102	2.25E+07	6.10E+06	2.96E+07	7.67E+13	0.55	0.018	2.52E+07	0.55	0.018	2.75E+07
103	1.69E+07	4.20E+06	1.99E+07	5.16E+13	0.55	0.018	2.14E+07	0.55	0.018	2.34E+07
104	1.69E+05	0.00E+00	1.75E+07	4.55E+13	0.35	0.012	1.51E+07	0.35	0.012	1.65E+07
105	4.21E+04	0.00E+00	1.50E+07	3.89E+13	0.35	0.012	1.07E+07	0.35	0.012	1.17E+07
106	1.93E+07	0.00E+00	1.45E+07	3.76E+13	0.35	0.012	1.19E+07	0.35	0.012	1.30E+07
107	2.11E+05	6.09E+05	1.32E+07	3.41E+13	0.35	0.012	8.58E+06	0.35	0.012	9.35E+06
108	0.00E+00	0.00E+00	1.15E+07	2.98E+13	0.35	0.012	6.04E+06	0.35	0.012	6.59E+06
109	6.99E+06	5.93E+05	1.10E+07	2.85E+13	0.35	0.012	5.98E+06	0.35	0.012	6.53E+06
110	6.64E+07	1.06E+07	2.53E+07	6.56E+13	0.55	0.018	2.86E+07	0.55	0.018	3.12E+07
111	4.98E+07	9.95E+06	2.75E+07	7.14E+13	0.55	0.018	3.60E+07	0.55	0.018	3.92E+07
112	6.55E+07	8.97E+06	4.14E+07	1.07E+14	0.55	0.018	4.50E+07	0.55	0.018	4.91E+07
113	2.01E+07	4.62E+06	3.44E+07	8.90E+13	0.55	0.018	3.40E+07	0.55	0.018	3.71E+07
114	1.85E+07	2.43E+06	2.67E+07	6.92E+13	0.55	0.018	2.64E+07	0.55	0.018	2.88E+07
115	2.82E+06	2.17E+06	2.22E+07	5.74E+13	0.55	0.018	1.69E+07	0.55	0.018	1.84E+07
116	1.29E+06	1.98E+05	1.71E+07	4.42E+13	0.35	0.012	1.22E+07	0.35	0.012	1.33E+07
117	0.00E+00	0.00E+00	1.55E+07	4.02E+13	0.35	0.012	8.62E+06	0.35	0.012	9.40E+06
118	0.00E+00	0.00E+00	1.38E+07	3.59E+13	0.35	0.012	6.07E+06	0.35	0.012	6.63E+06
119	0.00E+00	0.00E+00	1.31E+07	3.39E+13	0.35	0.012	4.28E+06	0.35	0.012	4.67E+06
120	1.69E+05	0.00E+00	1.27E+07	3.30E+13	0.35	0.012	3.05E+06	0.35	0.012	3.33E+06
121	3.35E+07	5.49E+06	1.27E+07	3.30E+13	0.55	0.018	1.45E+07	0.55	0.018	1.58E+07
122	8.03E+06	1.14E+06	1.44E+07	3.73E+13	0.55	0.018	1.13E+07	0.55	0.018	1.24E+07
123	5.16E+07	5.30E+06	2.12E+07	5.51E+13	0.55	0.018	2.51E+07	0.55	0.018	2.74E+07
124	1.34E+07	4.59E+06	1.75E+07	4.54E+13	0.55	0.018	2.03E+07	0.55	0.018	2.22E+07
125	2.73E+07	4.62E+06	2.78E+07	7.21E+13	0.55	0.018	2.21E+07	0.55	0.018	2.41E+07
126	1.67E+07	4.36E+06	1.80E+07	4.68E+13	0.55	0.018	1.96E+07	0.55	0.018	2.14E+07
127	1.05E+06	0.00E+00	1.47E+07	3.82E+13	0.35	0.012	1.41E+07	0.35	0.012	1.54E+07
128	3.52E+07	5.14E+06	1.37E+07	3.56E+13	0.55	0.018	2.12E+07	0.55	0.018	2.32E+07
129	1.47E+05	0.00E+00	1.32E+07	3.43E+13	0.35	0.012	1.50E+07	0.35	0.012	1.64E+07
130	0.00E+00	0.00E+00	1.27E+07	3.29E+13	0.35	0.012	1.06E+07	0.35	0.012	1.15E+07
131	0.00E+00	0.00E+00	1.21E+07	3.14E+13	0.35	0.012	7.45E+06	0.35	0.012	8.13E+06
132	8.49E+07	5.04E+06	1.14E+07	2.95E+13	0.55	0.018	3.36E+07	0.55	0.018	3.66E+07
133	1.04E+07	2.51E+06	1.11E+07	2.88E+13	0.55	0.018	2.36E+07	0.55	0.018	2.57E+07
134	2.01E+07	3.91E+06	1.40E+07	3.63E+13	0.55	0.018	2.14E+07	0.55	0.018	2.34E+07
135	4.50E+07	1.15E+07	2.58E+07	6.68E+13	0.55	0.018	3.08E+07	0.55	0.018	3.36E+07
136	2.74E+07	5.16E+06	3.20E+07	8.28E+13	0.55	0.018	2.84E+07	0.55	0.018	3.09E+07
137	2.77E+07	2.69E+06	2.62E+07	6.80E+13	0.55	0.018	2.62E+07	0.55	0.018	2.86E+07
138	3.62E+07	9.49E+06	3.75E+07	9.71E+13	0.55	0.018	3.00E+07	0.55	0.018	3.28E+07

139	3.47E+07	8.22E+06	3.00E+07	7.78E+13	0.55	0.018	3.13E+07	0.55	0.018	3.42E+07
140	1.85E+06	5.53E+05	3.33E+07	8.64E+13	0.35	0.012	2.26E+07	0.35	0.012	2.47E+07
141	0.00E+00	0.00E+00	1.53E+07	3.96E+13	0.35	0.012	1.59E+07	0.35	0.012	1.74E+07
142	0.00E+00	0.00E+00	1.24E+07	3.22E+13	0.35	0.012	1.12E+07	0.35	0.012	1.23E+07
143	0.00E+00	0.00E+00	1.10E+07	2.84E+13	0.35	0.012	7.91E+06	0.35	0.012	8.63E+06
144	0.00E+00	0.00E+00	1.16E+07	3.01E+13	0.35	0.012	5.58E+06	0.35	0.012	6.08E+06
145	2.04E+06	0.00E+00	1.18E+07	3.05E+13	0.35	0.012	4.39E+06	0.35	0.012	4.79E+06
146	3.11E+07	6.59E+06	1.15E+07	2.99E+13	0.55	0.018	1.48E+07	0.55	0.018	1.62E+07
147	3.21E+07	8.19E+06	1.88E+07	4.88E+13	0.55	0.018	2.17E+07	0.55	0.018	2.36E+07
148	2.09E+07	2.43E+06	2.40E+07	6.23E+13	0.55	0.018	2.01E+07	0.55	0.018	2.19E+07
149	5.98E+07	5.98E+06	3.23E+07	8.37E+13	0.55	0.018	3.30E+07	0.55	0.018	3.60E+07
150	1.77E+07	3.08E+06	3.24E+07	8.39E+13	0.55	0.018	2.58E+07	0.55	0.018	2.82E+07
151	4.61E+06	1.42E+06	1.95E+07	5.07E+13	0.55	0.018	1.69E+07	0.55	0.018	1.84E+07
152	4.45E+06	3.32E+06	1.47E+07	3.82E+13	0.55	0.018	1.23E+07	0.55	0.018	1.34E+07
153	0.00E+00	0.00E+00	1.37E+07	3.56E+13	0.35	0.012	8.64E+06	0.35	0.012	9.43E+06
154	0.00E+00	0.00E+00	1.33E+07	3.45E+13	0.35	0.012	6.09E+06	0.35	0.012	6.64E+06
155	0.00E+00	0.00E+00	1.26E+07	3.26E+13	0.35	0.012	4.29E+06	0.35	0.012	4.68E+06
156	5.14E+06	1.19E+05	1.27E+07	3.28E+13	0.35	0.012	4.22E+06	0.35	0.012	4.60E+06
157	4.56E+07	1.02E+07	1.80E+07	4.66E+13	0.55	0.018	2.06E+07	0.55	0.018	2.25E+07
158	2.13E+07	3.65E+06	2.17E+07	5.63E+13	0.55	0.018	2.00E+07	0.55	0.018	2.18E+07
159	3.03E+07	5.46E+06	2.35E+07	6.08E+13	0.55	0.018	2.32E+07	0.55	0.018	2.53E+07
160	2.56E+07	2.50E+06	2.18E+07	5.65E+13	0.55	0.018	2.25E+07	0.55	0.018	2.46E+07
161	5.62E+06	4.03E+05	2.20E+07	5.71E+13	0.35	0.012	1.73E+07	0.35	0.012	1.88E+07
162	3.20E+07	1.34E+07	2.77E+07	7.17E+13	0.55	0.018	2.47E+07	0.55	0.018	2.70E+07
163	0.00E+00	0.00E+00	1.90E+07	4.93E+13	0.35	0.012	1.74E+07	0.35	0.012	1.90E+07
164	4.30E+06	8.38E+05	1.51E+07	3.91E+13	0.55	0.018	1.17E+07	0.55	0.018	1.28E+07
165	0.00E+00	0.00E+00	1.30E+07	3.37E+13	0.35	0.012	8.27E+06	0.35	0.012	9.02E+06
166	0.00E+00	0.00E+00	1.24E+07	3.22E+13	0.35	0.012	5.83E+06	0.35	0.012	6.36E+06
167	0.00E+00	0.00E+00	1.14E+07	2.94E+13	0.35	0.012	4.11E+06	0.35	0.012	4.48E+06
168	0.00E+00	0.00E+00	1.07E+07	2.76E+13	0.35	0.012	2.89E+06	0.35	0.012	3.16E+06
169	2.98E+07	3.53E+06	1.16E+07	3.00E+13	0.55	0.018	1.25E+07	0.55	0.018	1.37E+07
170	3.65E+07	1.17E+07	1.56E+07	4.04E+13	0.55	0.018	2.29E+07	0.55	0.018	2.50E+07
171	5.01E+06	9.41E+05	1.48E+07	3.84E+13	0.55	0.018	1.52E+07	0.55	0.018	1.65E+07
172	1.91E+07	3.00E+06	1.56E+07	4.03E+13	0.55	0.018	1.59E+07	0.55	0.018	1.74E+07
173	2.87E+07	5.04E+06	2.60E+07	6.75E+13	0.55	0.018	2.02E+07	0.55	0.018	2.20E+07
174	1.37E+06	0.00E+00	1.59E+07	4.13E+13	0.35	0.012	1.45E+07	0.35	0.012	1.59E+07
175	1.56E+06	8.46E+05	1.28E+07	3.32E+13	0.55	0.018	9.17E+06	0.55	0.018	1.00E+07
176	2.95E+05	0.00E+00	1.16E+07	3.02E+13	0.35	0.012	6.53E+06	0.35	0.012	7.12E+06
177	6.36E+06	0.00E+00	1.05E+07	2.73E+13	0.35	0.012	6.05E+06	0.35	0.012	6.60E+06
178	0.00E+00	0.00E+00	9.93E+06	2.57E+13	0.35	0.012	4.26E+06	0.35	0.012	4.65E+06
179	3.83E+06	0.00E+00	9.62E+06	2.49E+13	0.35	0.012	3.87E+06	0.35	0.012	4.23E+06
180	1.13E+07	2.21E+06	9.02E+06	2.34E+13	0.55	0.018	6.63E+06	0.55	0.018	7.23E+06
181	9.84E+06	2.70E+06	9.18E+06	2.38E+13	0.55	0.018	7.91E+06	0.55	0.018	8.63E+06
182	2.08E+07	6.51E+06	9.85E+06	2.55E+13	0.55	0.018	1.35E+07	0.55	0.018	1.47E+07
183	2.17E+07	3.59E+06	1.23E+07	3.20E+13	0.55	0.018	1.60E+07	0.55	0.018	1.74E+07
184	5.71E+07	9.83E+06	2.58E+07	6.68E+13	0.55	0.018	3.10E+07	0.55	0.018	3.39E+07

185	3.04E+07	4.97E+06	4.06E+07	1.05E+14	0.55	0.018	2.94E+07	0.55	0.018	3.21E+07
186	7.42E+06	9.80E+05	2.45E+07	6.36E+13	0.55	0.018	1.97E+07	0.55	0.018	2.15E+07
187	1.62E+07	1.17E+06	1.74E+07	4.51E+13	0.55	0.018	1.70E+07	0.55	0.018	1.86E+07
188	3.58E+06	2.37E+05	1.43E+07	3.70E+13	0.35	0.012	1.29E+07	0.35	0.012	1.40E+07
189	4.21E+05	0.00E+00	1.12E+07	2.89E+13	0.35	0.012	9.17E+06	0.35	0.012	1.00E+07
190	0.00E+00	0.00E+00	1.05E+07	2.72E+13	0.35	0.012	6.46E+06	0.35	0.012	7.05E+06
191	1.05E+05	0.00E+00	9.51E+06	2.47E+13	0.35	0.012	4.58E+06	0.35	0.012	4.99E+06
192	0.00E+00	0.00E+00	9.11E+06	2.36E+13	0.35	0.012	3.23E+06	0.35	0.012	3.52E+06
193	2.93E+07	7.03E+06	9.11E+06	2.36E+13	0.55	0.018	1.37E+07	0.55	0.018	1.50E+07
194	2.49E+07	2.10E+06	1.06E+07	2.74E+13	0.55	0.018	1.67E+07	0.55	0.018	1.82E+07
195	9.49E+07	1.57E+07	4.17E+07	1.08E+14	0.55	0.018	4.57E+07	0.55	0.018	4.98E+07
196	2.06E+07	2.00E+06	2.79E+07	7.22E+13	0.55	0.018	3.37E+07	0.55	0.018	3.68E+07
197	2.93E+07	6.75E+06	3.25E+07	8.43E+13	0.55	0.018	3.12E+07	0.55	0.018	3.40E+07
198	1.88E+07	4.66E+06	3.97E+07	1.03E+14	0.55	0.018	2.56E+07	0.55	0.018	2.80E+07
199	6.40E+06	1.72E+06	3.81E+07	9.87E+13	0.55	0.018	1.74E+07	0.55	0.018	1.90E+07
200	5.98E+06	4.90E+05	2.27E+07	5.87E+13	0.35	0.012	1.38E+07	0.35	0.012	1.50E+07
201	6.32E+05	1.58E+05	1.71E+07	4.44E+13	0.35	0.012	9.88E+06	0.35	0.012	1.08E+07
202	0.00E+00	0.00E+00	1.30E+07	3.36E+13	0.35	0.012	6.96E+06	0.35	0.012	7.59E+06
203	0.00E+00	0.00E+00	1.18E+07	3.06E+13	0.35	0.012	4.90E+06	0.35	0.012	5.35E+06
204	0.00E+00	0.00E+00	9.61E+06	2.49E+13	0.35	0.012	3.46E+06	0.35	0.012	3.77E+06
205	0.00E+00	0.00E+00	9.18E+06	2.38E+13	0.35	0.012	2.44E+06	0.35	0.012	2.66E+06
206	1.47E+07	1.60E+06	9.18E+06	2.38E+13	0.55	0.018	6.73E+06	0.55	0.018	7.34E+06
207	3.28E+07	6.36E+06	1.52E+07	3.93E+13	0.55	0.018	1.66E+07	0.55	0.018	1.82E+07
208	2.13E+07	4.07E+06	2.30E+07	5.95E+13	0.55	0.018	1.78E+07	0.55	0.018	1.95E+07
209	2.71E+07	4.23E+06	3.24E+07	8.39E+13	0.55	0.018	2.05E+07	0.55	0.018	2.24E+07
210	1.05E+07	2.81E+06	2.99E+07	7.75E+13	0.55	0.018	1.62E+07	0.55	0.018	1.76E+07
211	2.23E+06	8.86E+05	2.23E+07	5.78E+13	0.55	0.018	1.03E+07	0.55	0.018	1.13E+07
212	1.16E+07	3.34E+06	1.98E+07	5.13E+13	0.55	0.018	1.09E+07	0.55	0.018	1.18E+07
213	3.79E+06	7.27E+05	1.36E+07	3.52E+13	0.35	0.012	8.68E+06	0.35	0.012	9.46E+06
214	0.00E+00	0.00E+00	1.13E+07	2.93E+13	0.35	0.012	6.11E+06	0.35	0.012	6.67E+06
215	0.00E+00	0.00E+00	9.33E+06	2.42E+13	0.35	0.012	4.31E+06	0.35	0.012	4.70E+06
216	0.00E+00	0.00E+00	9.33E+06	2.42E+13	0.35	0.012	3.04E+06	0.35	0.012	3.31E+06
217	1.92E+07	0.00E+00	9.33E+06	2.42E+13	0.35	0.012	6.50E+06	0.35	0.012	7.09E+06
218	6.04E+07	5.42E+06	1.65E+07	4.27E+13	0.55	0.018	2.52E+07	0.55	0.018	2.75E+07
219	1.20E+07	1.20E+06	1.59E+07	4.12E+13	0.55	0.018	1.88E+07	0.55	0.018	2.05E+07
220	5.35E+07	1.03E+07	2.86E+07	7.41E+13	0.55	0.018	3.16E+07	0.55	0.018	3.45E+07
221	2.34E+07	4.22E+06	3.74E+07	9.71E+13	0.55	0.018	2.73E+07	0.55	0.018	2.97E+07
222	1.93E+07	1.94E+06	2.09E+07	5.43E+13	0.55	0.018	2.27E+07	0.55	0.018	2.47E+07
223	5.90E+06	5.14E+05	1.91E+07	4.94E+13	0.35	0.012	1.74E+07	0.35	0.012	1.90E+07
224	1.05E+06	4.90E+05	1.39E+07	3.59E+13	0.35	0.012	1.26E+07	0.35	0.012	1.38E+07
225	8.43E+05	0.00E+00	1.26E+07	3.26E+13	0.35	0.012	9.09E+06	0.35	0.012	9.92E+06
226	0.00E+00	0.00E+00	1.17E+07	3.03E+13	0.35	0.012	6.41E+06	0.35	0.012	6.99E+06
227	0.00E+00	0.00E+00	1.00E+07	2.60E+13	0.35	0.012	4.52E+06	0.35	0.012	4.93E+06
228	0.00E+00	0.00E+00	4.12E+07	1.07E+14	0.35	0.012	3.18E+06	0.35	0.012	3.47E+06
229	5.09E+07	1.50E+07	1.31E+07	3.40E+13	0.55	0.018	2.33E+07	0.55	0.018	2.55E+07
230	5.10E+07	1.37E+07	4.52E+07	1.17E+14	0.55	0.018	3.45E+07	0.55	0.018	3.77E+07

231	4.03E+07	6.99E+06	3.19E+07	8.27E+13	0.55	0.018	3.53E+07	0.55	0.018	3.85E+07
232	2.75E+07	3.68E+06	3.35E+07	8.68E+13	0.55	0.018	3.05E+07	0.55	0.018	3.33E+07
233	7.27E+06	1.09E+06	2.49E+07	6.46E+13	0.55	0.018	2.03E+07	0.55	0.018	2.22E+07
234	2.21E+07	4.66E+06	2.34E+07	6.06E+13	0.55	0.018	2.04E+07	0.55	0.018	2.23E+07
235	5.06E+06	1.90E+06	2.04E+07	5.29E+13	0.55	0.018	1.41E+07	0.55	0.018	1.53E+07
236	4.21E+05	2.53E+05	1.61E+07	4.17E+13	0.35	0.012	1.01E+07	0.35	0.012	1.10E+07
237	3.37E+05	0.00E+00	1.44E+07	3.72E+13	0.35	0.012	7.17E+06	0.35	0.012	7.82E+06
238	6.74E+05	0.00E+00	1.33E+07	3.45E+13	0.35	0.012	5.20E+06	0.35	0.012	5.68E+06
239	0.00E+00	0.00E+00	1.21E+07	3.13E+13	0.35	0.012	3.67E+06	0.35	0.012	4.00E+06
240	2.82E+06	1.50E+05	1.04E+07	2.69E+13	0.35	0.012	3.26E+06	0.35	0.012	3.56E+06
241	7.35E+06	2.33E+06	9.59E+06	2.49E+13	0.55	0.018	5.04E+06	0.55	0.018	5.49E+06
242	2.11E+07	5.85E+06	9.07E+06	2.35E+13	0.55	0.018	1.17E+07	0.55	0.018	1.28E+07
243	1.57E+07	1.61E+06	1.37E+07	3.56E+13	0.55	0.018	1.24E+07	0.55	0.018	1.35E+07
244	5.56E+07	7.67E+06	4.26E+07	1.10E+14	0.55	0.018	2.77E+07	0.55	0.018	3.03E+07
245	3.58E+07	6.21E+06	4.58E+07	1.19E+14	0.55	0.018	2.97E+07	0.55	0.018	3.24E+07
246	3.20E+07	1.47E+07	4.04E+07	1.05E+14	0.55	0.018	3.23E+07	0.55	0.018	3.53E+07
247	1.03E+07	2.51E+06	1.98E+07	5.14E+13	0.55	0.018	2.28E+07	0.55	0.018	2.49E+07
248	2.74E+06	5.38E+05	1.70E+07	4.42E+13	0.35	0.012	1.68E+07	0.35	0.012	1.84E+07
249	0.00E+00	0.00E+00	1.44E+07	3.74E+13	0.35	0.012	1.19E+07	0.35	0.012	1.29E+07
250	0.00E+00	0.00E+00	1.30E+07	3.36E+13	0.35	0.012	8.36E+06	0.35	0.012	9.12E+06
251	0.00E+00	0.00E+00	1.17E+07	3.02E+13	0.35	0.012	5.89E+06	0.35	0.012	6.43E+06
252	1.55E+07	2.74E+06	1.04E+07	2.69E+13	0.55	0.018	9.36E+06	0.55	0.018	1.02E+07
253	2.49E+07	5.04E+06	1.11E+07	2.87E+13	0.55	0.018	1.52E+07	0.55	0.018	1.65E+07
254	1.09E+07	1.40E+06	1.06E+07	2.76E+13	0.55	0.018	1.28E+07	0.55	0.018	1.39E+07
255	2.87E+07	6.81E+06	2.99E+07	7.75E+13	0.55	0.018	1.89E+07	0.55	0.018	2.06E+07
256	2.89E+07	3.55E+06	3.16E+07	8.20E+13	0.55	0.018	2.15E+07	0.55	0.018	2.34E+07
257	3.36E+07	8.56E+06	3.39E+07	8.80E+13	0.55	0.018	2.61E+07	0.55	0.018	2.85E+07
258	6.63E+07	1.68E+07	6.04E+07	1.56E+14	0.55	0.018	4.21E+07	0.55	0.018	4.60E+07
259	3.37E+06	1.78E+06	2.78E+07	7.21E+13	0.55	0.018	2.60E+07	0.55	0.018	2.84E+07
260	8.43E+05	0.00E+00	1.69E+07	4.39E+13	0.35	0.012	1.85E+07	0.35	0.012	2.02E+07
261	0.00E+00	6.80E+05	1.58E+07	4.10E+13	0.35	0.012	1.32E+07	0.35	0.012	1.44E+07
262	0.00E+00	0.00E+00	1.52E+07	3.93E+13	0.35	0.012	9.30E+06	0.35	0.012	1.01E+07
263	0.00E+00	0.00E+00	1.37E+07	3.56E+13	0.35	0.012	6.55E+06	0.35	0.012	7.15E+06
264	4.21E+05	0.00E+00	1.25E+07	3.25E+13	0.35	0.012	4.71E+06	0.35	0.012	5.14E+06
265	5.17E+07	6.08E+06	1.63E+07	4.22E+13	0.55	0.018	2.15E+07	0.55	0.018	2.35E+07
266	2.88E+07	4.78E+06	1.80E+07	4.65E+13	0.55	0.018	2.34E+07	0.55	0.018	2.55E+07
267	3.56E+07	4.37E+06	2.77E+07	7.17E+13	0.55	0.018	2.65E+07	0.55	0.018	2.89E+07
268	3.02E+07	4.75E+06	2.07E+07	5.35E+13	0.55	0.018	2.67E+07	0.55	0.018	2.91E+07
269	2.14E+07	4.35E+05	2.77E+07	7.18E+13	0.35	0.012	2.38E+07	0.35	0.012	2.59E+07
270	6.81E+07	7.26E+06	3.84E+07	9.94E+13	0.55	0.018	3.82E+07	0.55	0.018	4.17E+07
271	1.18E+07	8.70E+05	3.03E+07	7.85E+13	0.55	0.018	2.62E+07	0.55	0.018	2.86E+07
272	1.65E+07	7.91E+04	1.54E+07	3.99E+13	0.35	0.012	2.22E+07	0.35	0.012	2.42E+07
273	2.11E+05	0.00E+00	1.43E+07	3.70E+13	0.35	0.012	1.57E+07	0.35	0.012	1.71E+07
274	0.00E+00	0.00E+00	1.30E+07	3.36E+13	0.35	0.012	1.11E+07	0.35	0.012	1.21E+07
275	0.00E+00	0.00E+00	1.17E+07	3.02E+13	0.35	0.012	7.80E+06	0.35	0.012	8.51E+06
276	0.00E+00	1.58E+04	1.17E+07	3.02E+13	0.35	0.012	5.50E+06	0.35	0.012	6.00E+06

277	4.36E+06	9.09E+05	1.04E+07	2.69E+13	0.55	0.018	4.89E+06	0.55	0.018	5.33E+06
278	3.56E+07	5.00E+06	1.04E+07	2.69E+13	0.55	0.018	1.61E+07	0.55	0.018	1.75E+07
279	8.54E+07	1.76E+07	3.15E+07	8.16E+13	0.55	0.018	4.28E+07	0.55	0.018	4.67E+07
280	5.60E+07	5.40E+06	3.96E+07	1.03E+14	0.55	0.018	4.47E+07	0.55	0.018	4.88E+07
281	1.22E+07	2.66E+06	2.13E+07	5.51E+13	0.55	0.018	3.06E+07	0.55	0.018	3.34E+07
282	2.72E+07	4.17E+06	1.51E+07	3.91E+13	0.55	0.018	2.79E+07	0.55	0.018	3.04E+07
283	1.00E+07	2.01E+06	2.15E+07	5.58E+13	0.55	0.018	2.00E+07	0.55	0.018	2.18E+07
284	0.00E+00	1.19E+05	1.30E+07	3.36E+13	0.35	0.012	1.41E+07	0.35	0.012	1.54E+07
285	0.00E+00	0.00E+00	1.30E+07	3.36E+13	0.35	0.012	9.96E+06	0.35	0.012	1.09E+07
286	0.00E+00	0.00E+00	1.17E+07	3.02E+13	0.35	0.012	7.02E+06	0.35	0.012	7.65E+06
287	0.00E+00	0.00E+00	1.04E+07	2.69E+13	0.35	0.012	4.94E+06	0.35	0.012	5.39E+06
288	3.58E+06	1.28E+06	9.07E+06	2.35E+13	0.55	0.018	4.44E+06	0.55	0.018	4.84E+06
289	1.16E+07	4.59E+05	9.07E+06	2.35E+13	0.35	0.012	5.87E+06	0.35	0.012	6.40E+06
290	5.75E+06	7.67E+05	1.32E+07	3.41E+13	0.35	0.012	5.62E+06	0.35	0.012	6.13E+06
291	3.25E+07	1.37E+07	3.39E+07	8.78E+13	0.55	0.018	1.83E+07	0.55	0.018	2.00E+07
292	9.36E+07	1.30E+07	3.42E+07	8.86E+13	0.55	0.018	4.53E+07	0.55	0.018	4.94E+07
293	3.83E+07	3.65E+06	4.53E+07	1.17E+14	0.55	0.018	3.98E+07	0.55	0.018	4.34E+07
294	4.70E+07	1.38E+06	2.66E+07	6.89E+13	0.55	0.018	3.87E+07	0.55	0.018	4.22E+07
295	4.17E+06	4.11E+05	2.06E+07	5.35E+13	0.35	0.012	2.83E+07	0.35	0.012	3.09E+07
296	2.40E+07	6.64E+05	1.68E+07	4.37E+13	0.35	0.012	2.56E+07	0.35	0.012	2.79E+07
297	0.00E+00	0.00E+00	1.56E+07	4.03E+13	0.35	0.012	1.80E+07	0.35	0.012	1.97E+07
298	0.00E+00	0.00E+00	1.30E+07	3.36E+13	0.35	0.012	1.27E+07	0.35	0.012	1.39E+07
299	0.00E+00	0.00E+00	1.04E+07	2.69E+13	0.35	0.012	8.95E+06	0.35	0.012	9.76E+06
300	2.82E+06	5.14E+05	1.04E+07	2.69E+13	0.35	0.012	7.06E+06	0.35	0.012	7.71E+06
301	1.14E+07	9.49E+04	1.17E+07	3.02E+13	0.35	0.012	7.59E+06	0.35	0.012	8.28E+06
302	2.55E+07	4.09E+06	1.30E+07	3.36E+13	0.55	0.018	1.40E+07	0.55	0.018	1.53E+07
303	3.47E+07	8.72E+06	1.57E+07	4.07E+13	0.55	0.018	2.22E+07	0.55	0.018	2.42E+07
304	6.32E+07	1.18E+07	2.76E+07	7.15E+13	0.55	0.018	3.73E+07	0.55	0.018	4.06E+07
305	6.52E+07	8.52E+06	2.58E+07	6.69E+13	0.55	0.018	4.55E+07	0.55	0.018	4.97E+07
306	6.32E+06	0.00E+00	2.25E+07	5.84E+13	0.35	0.012	3.35E+07	0.35	0.012	3.66E+07
307	1.41E+07	4.50E+06	1.92E+07	4.97E+13	0.55	0.018	2.54E+07	0.55	0.018	2.77E+07
308	2.49E+07	7.91E+05	1.68E+07	4.37E+13	0.35	0.012	2.37E+07	0.35	0.012	2.59E+07
309	0.00E+00	0.00E+00	1.43E+07	3.70E+13	0.35	0.012	1.67E+07	0.35	0.012	1.82E+07
310	0.00E+00	0.00E+00	1.04E+07	2.69E+13	0.35	0.012	1.18E+07	0.35	0.012	1.29E+07
311	4.21E+05	0.00E+00	9.07E+06	2.35E+13	0.35	0.012	8.40E+06	0.35	0.012	9.16E+06

Πίνακας Π.16 Ορεινή λεκάνη - Μοντέλο προσομοίωσης παροχής

t	Precipitation		Q <sub>spring</sub>	Q <sub>fresh</sub>	Q <sub>fresh-calc</sub>			Q <sub>spring-calc</sub>		
	(m <sup>3</sup> )	(mm)			(m <sup>3</sup> /μήνα)	(m <sup>3</sup> /μήνα)	k (month <sup>-1</sup> )	k (days <sup>-1</sup> )	(m <sup>3</sup> /μήνα)	k (month <sup>-1</sup> )
0	3.29E+06	1.55E+01	9.36E+06	2.43E+13			6.60E+06			9.36E+06
1	1.49E+07	6.99E+01	9.70E+06	2.51E+13	0.45	0.015	8.81E+06	0.5	0.017	1.15E+07
2	2.26E+07	1.06E+02	9.95E+06	2.58E+13	0.45	0.015	1.29E+07	0.5	0.017	1.59E+07



3	5.77E+07	2.72E+02	2.24E+07	5.81E+13	0.45	0.015	2.94E+07	0.5	0.017	3.23E+07
4	6.31E+07	2.97E+02	4.04E+07	1.05E+14	0.45	0.015	4.04E+07	0.5	0.017	4.44E+07
5	5.98E+07	2.82E+02	4.12E+07	1.07E+14	0.45	0.015	4.54E+07	0.5	0.017	5.05E+07
6	7.08E+07	3.33E+02	4.21E+07	1.09E+14	0.45	0.015	5.17E+07	0.5	0.017	5.85E+07
7	1.75E+07	8.23E+01	2.98E+07	7.72E+13	0.45	0.015	3.84E+07	0.5	0.017	4.23E+07
8	2.19E+06	1.03E+01	2.07E+07	5.36E+13	0.45	0.015	2.52E+07	0.5	0.017	2.65E+07
9	1.77E+06	8.33E+00	1.81E+07	4.69E+13	0.45	0.015	1.65E+07	0.5	0.017	1.68E+07
10	0.00E+00	0.00E+00	1.54E+07	4.00E+13	0.25	0.008	1.29E+07	0.3	0.010	1.24E+07
11	2.95E+05	1.39E+00	1.38E+07	3.57E+13	0.25	0.008	1.01E+07	0.3	0.010	9.29E+06
12	0.00E+00	0.00E+00	1.26E+07	3.26E+13	0.25	0.008	7.84E+06	0.3	0.010	6.89E+06
13	5.32E+07	2.50E+02	1.73E+07	4.49E+13	0.45	0.015	2.18E+07	0.5	0.017	2.51E+07
14	3.86E+07	1.82E+02	2.74E+07	7.09E+13	0.45	0.015	2.81E+07	0.5	0.017	3.04E+07
15	2.74E+07	1.29E+02	2.76E+07	7.16E+13	0.45	0.015	2.77E+07	0.5	0.017	2.92E+07
16	1.47E+07	6.90E+01	2.02E+07	5.24E+13	0.45	0.015	2.28E+07	0.5	0.017	2.35E+07
17	2.07E+07	9.74E+01	2.26E+07	5.87E+13	0.45	0.015	2.16E+07	0.5	0.017	2.24E+07
18	3.46E+07	1.63E+02	2.65E+07	6.87E+13	0.45	0.015	2.57E+07	0.5	0.017	2.72E+07
19	2.18E+07	1.02E+02	2.46E+07	6.36E+13	0.45	0.015	2.33E+07	0.5	0.017	2.51E+07
20	0.00E+00	0.00E+00	1.96E+07	5.08E+13	0.25	0.008	1.81E+07	0.3	0.010	1.86E+07
21	0.00E+00	0.00E+00	1.32E+07	3.43E+13	0.25	0.008	1.41E+07	0.3	0.010	1.38E+07
22	0.00E+00	0.00E+00	1.07E+07	2.78E+13	0.25	0.008	1.10E+07	0.3	0.010	1.02E+07
23	0.00E+00	0.00E+00	9.23E+06	2.39E+13	0.25	0.008	8.58E+06	0.3	0.010	7.55E+06
24	4.53E+07	2.13E+02	1.06E+07	2.74E+13	0.45	0.015	1.99E+07	0.5	0.017	2.24E+07
25	2.05E+07	9.65E+01	1.52E+07	3.94E+13	0.45	0.015	1.89E+07	0.5	0.017	2.17E+07
26	7.46E+06	3.51E+01	1.11E+07	2.88E+13	0.45	0.015	1.48E+07	0.5	0.017	1.61E+07
27	8.32E+07	3.92E+02	3.65E+07	9.46E+13	0.45	0.015	3.59E+07	0.5	0.017	4.25E+07
28	9.90E+07	4.66E+02	5.51E+07	1.43E+14	0.45	0.015	5.54E+07	0.5	0.017	6.47E+07
29	1.89E+07	8.91E+01	3.37E+07	8.73E+13	0.45	0.015	4.19E+07	0.5	0.017	4.67E+07
30	4.14E+07	1.95E+02	2.64E+07	6.83E+13	0.45	0.015	4.07E+07	0.5	0.017	4.46E+07
31	5.65E+06	2.66E+01	2.19E+07	5.68E+13	0.45	0.015	2.76E+07	0.5	0.017	2.93E+07
32	8.43E+04	3.97E-01	1.60E+07	4.14E+13	0.25	0.008	2.15E+07	0.3	0.010	2.17E+07
33	0.00E+00	0.00E+00	1.43E+07	3.71E+13	0.25	0.008	1.67E+07	0.3	0.010	1.61E+07
34	1.69E+05	7.94E-01	1.32E+07	3.41E+13	0.25	0.008	1.31E+07	0.3	0.010	1.20E+07
35	0.00E+00	0.00E+00	1.26E+07	3.27E+13	0.25	0.008	1.02E+07	0.3	0.010	8.86E+06
36	5.90E+06	2.78E+01	1.15E+07	2.98E+13	0.45	0.015	8.41E+06	0.5	0.017	7.70E+06
37	3.80E+07	1.79E+02	1.35E+07	3.51E+13	0.45	0.015	1.80E+07	0.5	0.017	1.96E+07
38	4.00E+07	1.88E+02	1.85E+07	4.79E+13	0.45	0.015	2.24E+07	0.5	0.017	2.76E+07
39	4.86E+07	2.29E+02	2.98E+07	7.73E+13	0.45	0.015	3.01E+07	0.5	0.017	3.59E+07
40	2.26E+07	1.07E+02	2.66E+07	6.91E+13	0.45	0.015	2.78E+07	0.5	0.017	3.07E+07
41	3.65E+07	1.72E+02	2.33E+07	6.04E+13	0.45	0.015	2.90E+07	0.5	0.017	3.30E+07
42	1.72E+07	8.10E+01	3.21E+07	8.32E+13	0.45	0.015	2.49E+07	0.5	0.017	2.68E+07
43	1.35E+07	6.38E+01	1.65E+07	4.28E+13	0.45	0.015	2.05E+07	0.5	0.017	2.16E+07
44	4.17E+06	1.96E+01	1.41E+07	3.65E+13	0.45	0.015	1.45E+07	0.5	0.017	1.47E+07
45	2.70E+07	1.27E+02	1.35E+07	3.51E+13	0.45	0.015	1.69E+07	0.5	0.017	1.96E+07
46	2.70E+06	1.27E+01	1.25E+07	3.23E+13	0.45	0.015	1.16E+07	0.5	0.017	1.29E+07
47	6.32E+05	2.98E+00	1.14E+07	2.96E+13	0.25	0.008	9.16E+06	0.3	0.010	9.74E+06
48	1.07E+06	5.06E+00	1.33E+07	3.45E+13	0.25	0.008	7.36E+06	0.3	0.010	7.50E+06

49	1.24E+07	5.82E+01	1.19E+07	3.08E+13	0.45	0.015	8.63E+06	0.5	0.017	9.41E+06
50	4.63E+07	2.18E+02	1.70E+07	4.42E+13	0.45	0.015	2.17E+07	0.5	0.017	2.39E+07
51	4.31E+07	2.03E+02	2.83E+07	7.35E+13	0.45	0.015	2.91E+07	0.5	0.017	3.15E+07
52	2.37E+07	1.11E+02	2.99E+07	7.74E+13	0.45	0.015	2.72E+07	0.5	0.017	2.84E+07
53	8.12E+07	3.82E+02	4.14E+07	1.07E+14	0.45	0.015	4.28E+07	0.5	0.017	4.92E+07
54	1.80E+07	8.46E+01	3.49E+07	9.06E+13	0.45	0.015	3.40E+07	0.5	0.017	3.69E+07
55	1.65E+07	7.79E+01	2.55E+07	6.61E+13	0.45	0.015	2.70E+07	0.5	0.017	2.89E+07
56	3.94E+06	1.85E+01	1.85E+07	4.80E+13	0.45	0.015	1.84E+07	0.5	0.017	1.91E+07
57	1.26E+05	5.95E-01	1.58E+07	4.10E+13	0.25	0.008	1.43E+07	0.3	0.010	1.42E+07
58	0.00E+00	0.00E+00	1.46E+07	3.78E+13	0.25	0.008	1.12E+07	0.3	0.010	1.05E+07
59	0.00E+00	0.00E+00	1.34E+07	3.47E+13	0.25	0.008	8.70E+06	0.3	0.010	7.77E+06
60	5.27E+06	2.48E+01	1.28E+07	3.32E+13	0.45	0.015	6.99E+06	0.5	0.017	6.79E+06
61	3.16E+07	1.49E+02	1.29E+07	3.34E+13	0.45	0.015	1.40E+07	0.5	0.017	1.65E+07
62	3.50E+06	1.65E+01	1.18E+07	3.06E+13	0.45	0.015	1.02E+07	0.5	0.017	1.14E+07
63	3.32E+07	1.57E+02	1.92E+07	4.98E+13	0.45	0.015	2.03E+07	0.5	0.017	2.00E+07
64	9.16E+07	4.31E+02	3.74E+07	9.70E+13	0.45	0.015	4.61E+07	0.5	0.017	4.82E+07
65	3.96E+07	1.87E+02	3.93E+07	1.02E+14	0.45	0.015	4.37E+07	0.5	0.017	4.48E+07
66	3.22E+06	1.52E+01	2.91E+07	7.55E+13	0.45	0.015	2.92E+07	0.5	0.017	2.84E+07
67	7.63E+06	3.59E+01	1.88E+07	4.87E+13	0.45	0.015	2.11E+07	0.5	0.017	2.03E+07
68	2.23E+06	1.05E+01	1.51E+07	3.92E+13	0.45	0.015	1.41E+07	0.5	0.017	1.32E+07
69	0.00E+00	0.00E+00	1.40E+07	3.63E+13	0.25	0.008	1.10E+07	0.3	0.010	9.75E+06
70	0.00E+00	0.00E+00	1.38E+07	3.58E+13	0.25	0.008	8.58E+06	0.3	0.010	7.22E+06
71	0.00E+00	0.00E+00	1.32E+07	3.42E+13	0.25	0.008	6.68E+06	0.3	0.010	5.35E+06
72	0.00E+00	0.00E+00	1.20E+07	3.12E+13	0.25	0.008	5.20E+06	0.3	0.010	3.97E+06
73	4.21E+04	1.98E-01	1.17E+07	3.02E+13	0.25	0.008	4.06E+06	0.3	0.010	2.95E+06
74	3.95E+07	1.86E+02	1.30E+07	3.37E+13	0.45	0.015	1.56E+07	0.5	0.017	1.73E+07
75	2.45E+07	1.15E+02	2.15E+07	5.58E+13	0.45	0.015	1.96E+07	0.5	0.017	2.02E+07
76	2.28E+07	1.07E+02	1.74E+07	4.50E+13	0.45	0.015	2.00E+07	0.5	0.017	2.12E+07
77	8.01E+07	3.77E+02	5.00E+07	1.30E+14	0.45	0.015	3.91E+07	0.5	0.017	4.44E+07
78	5.13E+07	2.42E+02	4.14E+07	1.07E+14	0.45	0.015	4.20E+07	0.5	0.017	4.71E+07
79	1.18E+07	5.56E+01	2.53E+07	6.57E+13	0.45	0.015	3.09E+07	0.5	0.017	3.32E+07
80	2.10E+07	9.91E+01	1.66E+07	4.30E+13	0.45	0.015	2.62E+07	0.5	0.017	2.84E+07
81	2.74E+06	1.29E+01	1.45E+07	3.75E+13	0.45	0.015	1.75E+07	0.5	0.017	1.83E+07
82	0.00E+00	0.00E+00	1.28E+07	3.33E+13	0.25	0.008	1.36E+07	0.3	0.010	1.36E+07
83	8.43E+05	3.97E+00	1.24E+07	3.22E+13	0.45	0.015	9.09E+06	0.5	0.017	8.56E+06
84	0.00E+00	0.00E+00	1.37E+07	3.54E+13	0.25	0.008	7.08E+06	0.3	0.010	6.34E+06
85	6.32E+05	2.98E+00	1.31E+07	3.39E+13	0.25	0.008	5.66E+06	0.3	0.010	4.86E+06
86	3.74E+07	1.76E+02	1.39E+07	3.59E+13	0.45	0.015	1.55E+07	0.5	0.017	1.77E+07
87	2.07E+07	9.75E+01	1.49E+07	3.86E+13	0.45	0.015	1.77E+07	0.5	0.017	1.89E+07
88	3.09E+07	1.46E+02	2.87E+07	7.44E+13	0.45	0.015	2.27E+07	0.5	0.017	2.36E+07
89	3.82E+07	1.80E+02	3.80E+07	9.84E+13	0.45	0.015	2.84E+07	0.5	0.017	2.94E+07
90	3.97E+07	1.87E+02	4.50E+07	1.17E+14	0.45	0.015	3.16E+07	0.5	0.017	3.34E+07
91	3.33E+06	1.57E+01	2.74E+07	7.11E+13	0.45	0.015	2.11E+07	0.5	0.017	2.16E+07
92	4.21E+04	1.98E-01	1.81E+07	4.70E+13	0.25	0.008	1.65E+07	0.3	0.010	1.60E+07
93	1.90E+07	8.93E+01	1.57E+07	4.06E+13	0.45	0.015	1.65E+07	0.5	0.017	1.72E+07
94	6.19E+06	2.92E+01	1.40E+07	3.62E+13	0.45	0.015	1.25E+07	0.5	0.017	1.28E+07

95	1.14E+06	5.36E+00	1.33E+07	3.44E+13	0.25	0.008	9.93E+06	0.3	0.010	9.81E+06
96	5.06E+05	2.38E+00	1.33E+07	3.45E+13	0.25	0.008	7.81E+06	0.3	0.010	7.40E+06
97	7.20E+06	3.39E+01	1.26E+07	3.28E+13	0.45	0.015	7.27E+06	0.5	0.017	7.32E+06
98	4.35E+07	2.05E+02	1.88E+07	4.86E+13	0.45	0.015	1.92E+07	0.5	0.017	2.16E+07
99	3.46E+07	1.63E+02	3.40E+07	8.82E+13	0.45	0.015	2.51E+07	0.5	0.017	2.67E+07
100	2.31E+07	1.09E+02	3.05E+07	7.89E+13	0.45	0.015	2.47E+07	0.5	0.017	2.53E+07
101	3.66E+07	1.72E+02	3.97E+07	1.03E+14	0.45	0.015	2.78E+07	0.5	0.017	2.97E+07
102	2.25E+07	1.06E+02	2.96E+07	7.67E+13	0.45	0.015	2.54E+07	0.5	0.017	2.69E+07
103	1.69E+07	7.98E+01	1.99E+07	5.16E+13	0.45	0.015	2.21E+07	0.5	0.017	2.30E+07
104	1.69E+05	7.94E-01	1.75E+07	4.55E+13	0.25	0.008	1.72E+07	0.3	0.010	1.71E+07
105	4.21E+04	1.98E-01	1.50E+07	3.89E+13	0.25	0.008	1.34E+07	0.3	0.010	1.26E+07
106	1.93E+07	9.07E+01	1.45E+07	3.76E+13	0.45	0.015	1.44E+07	0.5	0.017	1.52E+07
107	2.11E+05	9.92E-01	1.32E+07	3.41E+13	0.25	0.008	1.13E+07	0.3	0.010	1.13E+07
108	0.00E+00	0.00E+00	1.15E+07	2.98E+13	0.25	0.008	8.79E+06	0.3	0.010	8.41E+06
109	6.99E+06	3.29E+01	1.10E+07	2.85E+13	0.45	0.015	7.82E+06	0.5	0.017	7.85E+06
110	6.64E+07	3.13E+02	2.53E+07	6.56E+13	0.45	0.015	2.85E+07	0.5	0.017	3.09E+07
111	4.98E+07	2.35E+02	2.75E+07	7.14E+13	0.45	0.015	3.47E+07	0.5	0.017	3.83E+07
112	6.55E+07	3.08E+02	4.14E+07	1.07E+14	0.45	0.015	4.47E+07	0.5	0.017	4.90E+07
113	2.01E+07	9.46E+01	3.44E+07	8.90E+13	0.45	0.015	3.64E+07	0.5	0.017	3.76E+07
114	1.85E+07	8.71E+01	2.67E+07	6.92E+13	0.45	0.015	2.97E+07	0.5	0.017	3.01E+07
115	2.82E+06	1.33E+01	2.22E+07	5.74E+13	0.45	0.015	2.08E+07	0.5	0.017	1.94E+07
116	1.29E+06	6.05E+00	1.71E+07	4.42E+13	0.45	0.015	1.37E+07	0.5	0.017	1.23E+07
117	0.00E+00	0.00E+00	1.55E+07	4.02E+13	0.25	0.008	1.06E+07	0.3	0.010	9.08E+06
118	0.00E+00	0.00E+00	1.38E+07	3.59E+13	0.25	0.008	8.28E+06	0.3	0.010	6.73E+06
119	0.00E+00	0.00E+00	1.31E+07	3.39E+13	0.25	0.008	6.45E+06	0.3	0.010	4.98E+06
120	1.69E+05	7.94E-01	1.27E+07	3.30E+13	0.25	0.008	5.05E+06	0.3	0.010	3.74E+06
121	3.35E+07	1.58E+02	1.27E+07	3.30E+13	0.45	0.015	1.43E+07	0.5	0.017	1.54E+07
122	8.03E+06	3.78E+01	1.44E+07	3.73E+13	0.45	0.015	1.22E+07	0.5	0.017	1.25E+07
123	5.16E+07	2.43E+02	2.12E+07	5.51E+13	0.45	0.015	2.50E+07	0.5	0.017	2.79E+07
124	1.34E+07	6.32E+01	1.75E+07	4.54E+13	0.45	0.015	2.09E+07	0.5	0.017	2.22E+07
125	2.73E+07	1.28E+02	2.78E+07	7.21E+13	0.45	0.015	2.31E+07	0.5	0.017	2.42E+07
126	1.67E+07	7.88E+01	1.80E+07	4.68E+13	0.45	0.015	1.99E+07	0.5	0.017	2.13E+07
127	1.05E+06	4.96E+00	1.47E+07	3.82E+13	0.25	0.008	1.56E+07	0.3	0.010	1.60E+07
128	3.52E+07	1.66E+02	1.37E+07	3.56E+13	0.45	0.015	1.99E+07	0.5	0.017	2.36E+07
129	1.47E+05	6.94E-01	1.32E+07	3.43E+13	0.25	0.008	1.56E+07	0.3	0.010	1.75E+07
130	0.00E+00	0.00E+00	1.27E+07	3.29E+13	0.25	0.008	1.21E+07	0.3	0.010	1.30E+07
131	0.00E+00	0.00E+00	1.21E+07	3.14E+13	0.25	0.008	9.44E+06	0.3	0.010	9.60E+06
132	8.49E+07	4.00E+02	1.14E+07	2.95E+13	0.45	0.015	3.11E+07	0.5	0.017	3.92E+07
133	1.04E+07	4.92E+01	1.11E+07	2.88E+13	0.45	0.015	2.40E+07	0.5	0.017	2.79E+07
134	2.01E+07	9.46E+01	1.40E+07	3.63E+13	0.45	0.015	2.19E+07	0.5	0.017	2.48E+07
135	4.50E+07	2.12E+02	2.58E+07	6.68E+13	0.45	0.015	2.90E+07	0.5	0.017	3.28E+07
136	2.74E+07	1.29E+02	3.20E+07	8.28E+13	0.45	0.015	2.77E+07	0.5	0.017	3.06E+07
137	2.77E+07	1.30E+02	2.62E+07	6.80E+13	0.45	0.015	2.74E+07	0.5	0.017	2.95E+07
138	3.62E+07	1.71E+02	3.75E+07	9.71E+13	0.45	0.015	3.12E+07	0.5	0.017	3.21E+07
139	3.47E+07	1.63E+02	3.00E+07	7.78E+13	0.45	0.015	3.26E+07	0.5	0.017	3.31E+07
140	1.85E+06	8.73E+00	3.33E+07	8.64E+13	0.45	0.015	2.18E+07	0.5	0.017	2.08E+07

141	0.00E+00	0.00E+00	1.53E+07	3.96E+13	0.25	0.008	1.70E+07	0.3	0.010	1.54E+07
142	0.00E+00	0.00E+00	1.24E+07	3.22E+13	0.25	0.008	1.32E+07	0.3	0.010	1.14E+07
143	0.00E+00	0.00E+00	1.10E+07	2.84E+13	0.25	0.008	1.03E+07	0.3	0.010	8.47E+06
144	0.00E+00	0.00E+00	1.16E+07	3.01E+13	0.25	0.008	8.02E+06	0.3	0.010	6.27E+06
145	2.04E+06	9.62E+00	1.18E+07	3.05E+13	0.45	0.015	5.74E+06	0.5	0.017	4.61E+06
146	3.11E+07	1.46E+02	1.15E+07	2.99E+13	0.45	0.015	1.51E+07	0.5	0.017	1.50E+07
147	3.21E+07	1.51E+02	1.88E+07	4.88E+13	0.45	0.015	2.13E+07	0.5	0.017	2.17E+07
148	2.09E+07	9.83E+01	2.40E+07	6.23E+13	0.45	0.015	2.13E+07	0.5	0.017	2.14E+07
149	5.98E+07	2.81E+02	3.23E+07	8.37E+13	0.45	0.015	3.39E+07	0.5	0.017	3.65E+07
150	1.77E+07	8.35E+01	3.24E+07	8.39E+13	0.45	0.015	2.91E+07	0.5	0.017	2.91E+07
151	4.61E+06	2.17E+01	1.95E+07	5.07E+13	0.45	0.015	2.01E+07	0.5	0.017	1.95E+07
152	4.45E+06	2.09E+01	1.47E+07	3.82E+13	0.45	0.015	1.45E+07	0.5	0.017	1.36E+07
153	0.00E+00	0.00E+00	1.37E+07	3.56E+13	0.25	0.008	1.13E+07	0.3	0.010	1.00E+07
154	0.00E+00	0.00E+00	1.33E+07	3.45E+13	0.25	0.008	8.80E+06	0.3	0.010	7.44E+06
155	0.00E+00	0.00E+00	1.26E+07	3.26E+13	0.25	0.008	6.85E+06	0.3	0.010	5.51E+06
156	5.14E+06	2.42E+01	1.27E+07	3.28E+13	0.45	0.015	5.73E+06	0.5	0.017	5.37E+06
157	4.56E+07	2.15E+02	1.80E+07	4.66E+13	0.45	0.015	1.99E+07	0.5	0.017	2.12E+07
158	2.13E+07	1.00E+02	2.17E+07	5.63E+13	0.45	0.015	1.97E+07	0.5	0.017	2.12E+07
159	3.03E+07	1.43E+02	2.35E+07	6.08E+13	0.45	0.015	2.36E+07	0.5	0.017	2.48E+07
160	2.56E+07	1.21E+02	2.18E+07	5.65E+13	0.45	0.015	2.31E+07	0.5	0.017	2.51E+07
161	5.62E+06	2.65E+01	2.20E+07	5.71E+13	0.45	0.015	1.64E+07	0.5	0.017	1.75E+07
162	3.20E+07	1.51E+02	2.77E+07	7.17E+13	0.45	0.015	2.10E+07	0.5	0.017	2.32E+07
163	0.00E+00	0.00E+00	1.90E+07	4.93E+13	0.25	0.008	1.64E+07	0.3	0.010	1.72E+07
164	4.30E+06	2.02E+01	1.51E+07	3.91E+13	0.45	0.015	1.19E+07	0.5	0.017	1.21E+07
165	0.00E+00	0.00E+00	1.30E+07	3.37E+13	0.25	0.008	9.39E+06	0.3	0.010	8.97E+06
166	0.00E+00	0.00E+00	1.24E+07	3.22E+13	0.25	0.008	7.31E+06	0.3	0.010	6.64E+06
167	0.00E+00	0.00E+00	1.14E+07	2.94E+13	0.25	0.008	5.69E+06	0.3	0.010	4.92E+06
168	0.00E+00	0.00E+00	1.07E+07	2.76E+13	0.25	0.008	4.43E+06	0.3	0.010	3.65E+06
169	2.98E+07	1.40E+02	1.16E+07	3.00E+13	0.45	0.015	1.29E+07	0.5	0.017	1.39E+07
170	3.65E+07	1.72E+02	1.56E+07	4.04E+13	0.45	0.015	2.16E+07	0.5	0.017	2.28E+07
171	5.01E+06	2.36E+01	1.48E+07	3.84E+13	0.45	0.015	1.53E+07	0.5	0.017	1.58E+07
172	1.91E+07	8.98E+01	1.56E+07	4.03E+13	0.45	0.015	1.61E+07	0.5	0.017	1.71E+07
173	2.87E+07	1.35E+02	2.60E+07	6.75E+13	0.45	0.015	2.07E+07	0.5	0.017	2.17E+07
174	1.37E+06	6.45E+00	1.59E+07	4.13E+13	0.45	0.015	1.37E+07	0.5	0.017	1.37E+07
175	1.56E+06	7.34E+00	1.28E+07	3.32E+13	0.45	0.015	9.49E+06	0.5	0.017	8.91E+06
176	2.95E+05	1.39E+00	1.16E+07	3.02E+13	0.25	0.008	7.45E+06	0.3	0.010	6.68E+06
177	6.36E+06	3.00E+01	1.05E+07	2.73E+13	0.45	0.015	6.65E+06	0.5	0.017	6.55E+06
178	0.00E+00	0.00E+00	9.93E+06	2.57E+13	0.25	0.008	5.18E+06	0.3	0.010	4.85E+06
179	3.83E+06	1.81E+01	9.62E+06	2.49E+13	0.45	0.015	4.36E+06	0.5	0.017	4.45E+06
180	1.13E+07	5.31E+01	9.02E+06	2.34E+13	0.45	0.015	5.89E+06	0.5	0.017	7.14E+06
181	9.84E+06	4.63E+01	9.18E+06	2.38E+13	0.45	0.015	6.77E+06	0.5	0.017	8.20E+06
182	2.08E+07	9.80E+01	9.85E+06	2.55E+13	0.45	0.015	1.17E+07	0.5	0.017	1.32E+07
183	2.17E+07	1.02E+02	1.23E+07	3.20E+13	0.45	0.015	1.52E+07	0.5	0.017	1.65E+07
184	5.71E+07	2.69E+02	2.58E+07	6.68E+13	0.45	0.015	2.99E+07	0.5	0.017	3.25E+07
185	3.04E+07	1.43E+02	4.06E+07	1.05E+14	0.45	0.015	2.98E+07	0.5	0.017	3.17E+07
186	7.42E+06	3.49E+01	2.45E+07	6.36E+13	0.45	0.015	2.15E+07	0.5	0.017	2.21E+07

187	1.62E+07	7.64E+01	1.74E+07	4.51E+13	0.45	0.015	1.86E+07	0.5	0.017	1.98E+07
188	3.58E+06	1.69E+01	1.43E+07	3.70E+13	0.45	0.015	1.31E+07	0.5	0.017	1.34E+07
189	4.21E+05	1.98E+00	1.12E+07	2.89E+13	0.25	0.008	1.02E+07	0.3	0.010	1.01E+07
190	0.00E+00	0.00E+00	1.05E+07	2.72E+13	0.25	0.008	7.97E+06	0.3	0.010	7.45E+06
191	1.05E+05	4.96E-01	9.51E+06	2.47E+13	0.25	0.008	6.22E+06	0.3	0.010	5.54E+06
192	0.00E+00	0.00E+00	9.11E+06	2.36E+13	0.25	0.008	4.85E+06	0.3	0.010	4.11E+06
193	2.93E+07	1.38E+02	9.11E+06	2.36E+13	0.45	0.015	1.29E+07	0.5	0.017	1.40E+07
194	2.49E+07	1.17E+02	1.06E+07	2.74E+13	0.45	0.015	1.60E+07	0.5	0.017	1.83E+07
195	9.49E+07	4.47E+02	4.17E+07	1.08E+14	0.45	0.015	4.35E+07	0.5	0.017	4.85E+07
196	2.06E+07	9.71E+01	2.79E+07	7.22E+13	0.45	0.015	3.41E+07	0.5	0.017	3.75E+07
197	2.93E+07	1.38E+02	3.25E+07	8.43E+13	0.45	0.015	3.23E+07	0.5	0.017	3.43E+07
198	1.88E+07	8.84E+01	3.97E+07	1.03E+14	0.45	0.015	2.72E+07	0.5	0.017	2.82E+07
199	6.40E+06	3.02E+01	3.81E+07	9.87E+13	0.45	0.015	1.96E+07	0.5	0.017	1.96E+07
200	5.98E+06	2.82E+01	2.27E+07	5.87E+13	0.45	0.015	1.42E+07	0.5	0.017	1.42E+07
201	6.32E+05	2.98E+00	1.71E+07	4.44E+13	0.25	0.008	1.12E+07	0.3	0.010	1.07E+07
202	0.00E+00	0.00E+00	1.30E+07	3.36E+13	0.25	0.008	8.76E+06	0.3	0.010	7.94E+06
203	0.00E+00	0.00E+00	1.18E+07	3.06E+13	0.25	0.008	6.82E+06	0.3	0.010	5.88E+06
204	0.00E+00	0.00E+00	9.61E+06	2.49E+13	0.25	0.008	5.31E+06	0.3	0.010	4.36E+06
205	0.00E+00	0.00E+00	9.18E+06	2.38E+13	0.25	0.008	4.14E+06	0.3	0.010	3.23E+06
206	1.47E+07	6.94E+01	9.18E+06	2.38E+13	0.45	0.015	7.15E+06	0.5	0.017	7.76E+06
207	3.28E+07	1.54E+02	1.52E+07	3.93E+13	0.45	0.015	1.64E+07	0.5	0.017	1.76E+07
208	2.13E+07	1.00E+02	2.30E+07	5.95E+13	0.45	0.015	1.82E+07	0.5	0.017	1.90E+07
209	2.71E+07	1.28E+02	3.24E+07	8.39E+13	0.45	0.015	2.15E+07	0.5	0.017	2.22E+07
210	1.05E+07	4.94E+01	2.99E+07	7.75E+13	0.45	0.015	1.75E+07	0.5	0.017	1.76E+07
211	2.23E+06	1.05E+01	2.23E+07	5.78E+13	0.45	0.015	1.19E+07	0.5	0.017	1.16E+07
212	1.16E+07	5.49E+01	1.98E+07	5.13E+13	0.45	0.015	1.16E+07	0.5	0.017	1.16E+07
213	3.79E+06	1.79E+01	1.36E+07	3.52E+13	0.45	0.015	8.42E+06	0.5	0.017	8.52E+06
214	0.00E+00	0.00E+00	1.13E+07	2.93E+13	0.25	0.008	6.56E+06	0.3	0.010	6.32E+06
215	0.00E+00	0.00E+00	9.33E+06	2.42E+13	0.25	0.008	5.11E+06	0.3	0.010	4.68E+06
216	0.00E+00	0.00E+00	9.33E+06	2.42E+13	0.25	0.008	3.98E+06	0.3	0.010	3.47E+06
217	1.92E+07	9.03E+01	9.33E+06	2.42E+13	0.45	0.015	7.65E+06	0.5	0.017	9.65E+06
218	6.04E+07	2.84E+02	1.65E+07	4.27E+13	0.45	0.015	2.45E+07	0.5	0.017	2.96E+07
219	1.20E+07	5.63E+01	1.59E+07	4.12E+13	0.45	0.015	1.92E+07	0.5	0.017	2.27E+07
220	5.35E+07	2.52E+02	2.86E+07	7.41E+13	0.45	0.015	3.04E+07	0.5	0.017	3.48E+07
221	2.34E+07	1.10E+02	3.74E+07	9.71E+13	0.45	0.015	2.74E+07	0.5	0.017	3.03E+07
222	1.93E+07	9.11E+01	2.09E+07	5.43E+13	0.45	0.015	2.36E+07	0.5	0.017	2.60E+07
223	5.90E+06	2.78E+01	1.91E+07	4.94E+13	0.45	0.015	1.69E+07	0.5	0.017	1.81E+07
224	1.05E+06	4.96E+00	1.39E+07	3.59E+13	0.45	0.015	1.12E+07	0.5	0.017	1.14E+07
225	8.43E+05	3.97E+00	1.26E+07	3.26E+13	0.25	0.008	8.82E+06	0.3	0.010	8.65E+06
226	0.00E+00	0.00E+00	1.17E+07	3.03E+13	0.25	0.008	6.87E+06	0.3	0.010	6.41E+06
227	0.00E+00	0.00E+00	1.00E+07	2.60E+13	0.25	0.008	5.35E+06	0.3	0.010	4.75E+06
228	0.00E+00	0.00E+00	4.12E+07	1.07E+14	0.25	0.008	4.17E+06	0.3	0.010	3.52E+06
229	5.09E+07	2.40E+02	1.31E+07	3.40E+13	0.45	0.015	1.93E+07	0.5	0.017	2.22E+07
230	5.10E+07	2.40E+02	4.52E+07	1.17E+14	0.45	0.015	3.08E+07	0.5	0.017	3.35E+07
231	4.03E+07	1.90E+02	3.19E+07	8.27E+13	0.45	0.015	3.37E+07	0.5	0.017	3.62E+07
232	2.75E+07	1.29E+02	3.35E+07	8.68E+13	0.45	0.015	3.09E+07	0.5	0.017	3.28E+07

233	7.27E+06	3.42E+01	2.49E+07	6.46E+13	0.45	0.015	2.28E+07	0.5	0.017	2.27E+07
234	2.21E+07	1.04E+02	2.34E+07	6.06E+13	0.45	0.015	2.20E+07	0.5	0.017	2.25E+07
235	5.06E+06	2.38E+01	2.04E+07	5.29E+13	0.45	0.015	1.55E+07	0.5	0.017	1.56E+07
236	4.21E+05	1.98E+00	1.61E+07	4.17E+13	0.25	0.008	1.22E+07	0.3	0.010	1.17E+07
237	3.37E+05	1.59E+00	1.44E+07	3.72E+13	0.25	0.008	9.52E+06	0.3	0.010	8.74E+06
238	6.74E+05	3.17E+00	1.33E+07	3.45E+13	0.25	0.008	7.55E+06	0.3	0.010	6.65E+06
239	0.00E+00	0.00E+00	1.21E+07	3.13E+13	0.25	0.008	5.88E+06	0.3	0.010	4.93E+06
240	2.82E+06	1.33E+01	1.04E+07	2.69E+13	0.45	0.015	4.69E+06	0.5	0.017	4.10E+06
241	7.35E+06	3.46E+01	9.59E+06	2.49E+13	0.45	0.015	5.47E+06	0.5	0.017	5.38E+06
242	2.11E+07	9.95E+01	9.07E+06	2.35E+13	0.45	0.015	1.09E+07	0.5	0.017	1.16E+07
243	1.57E+07	7.37E+01	1.37E+07	3.56E+13	0.45	0.015	1.22E+07	0.5	0.017	1.32E+07
244	5.56E+07	2.62E+02	4.26E+07	1.10E+14	0.45	0.015	2.89E+07	0.5	0.017	2.99E+07
245	3.58E+07	1.69E+02	4.58E+07	1.19E+14	0.45	0.015	3.03E+07	0.5	0.017	3.22E+07
246	3.20E+07	1.51E+02	4.04E+07	1.05E+14	0.45	0.015	3.11E+07	0.5	0.017	3.21E+07
247	1.03E+07	4.87E+01	1.98E+07	5.14E+13	0.45	0.015	2.32E+07	0.5	0.017	2.36E+07
248	2.74E+06	1.29E+01	1.70E+07	4.42E+13	0.45	0.015	1.56E+07	0.5	0.017	1.54E+07
249	0.00E+00	0.00E+00	1.44E+07	3.74E+13	0.25	0.008	1.22E+07	0.3	0.010	1.14E+07
250	0.00E+00	0.00E+00	1.30E+07	3.36E+13	0.25	0.008	9.48E+06	0.3	0.010	8.43E+06
251	0.00E+00	0.00E+00	1.17E+07	3.02E+13	0.25	0.008	7.38E+06	0.3	0.010	6.25E+06
252	1.55E+07	7.32E+01	1.04E+07	2.69E+13	0.45	0.015	9.37E+06	0.5	0.017	9.91E+06
253	2.49E+07	1.17E+02	1.11E+07	2.87E+13	0.45	0.015	1.39E+07	0.5	0.017	1.58E+07
254	1.09E+07	5.14E+01	1.06E+07	2.76E+13	0.45	0.015	1.22E+07	0.5	0.017	1.39E+07
255	2.87E+07	1.35E+02	2.99E+07	7.75E+13	0.45	0.015	1.91E+07	0.5	0.017	1.97E+07
256	2.89E+07	1.36E+02	3.16E+07	8.20E+13	0.45	0.015	2.15E+07	0.5	0.017	2.33E+07
257	3.36E+07	1.58E+02	3.39E+07	8.80E+13	0.45	0.015	2.45E+07	0.5	0.017	2.74E+07
258	6.63E+07	3.12E+02	6.04E+07	1.56E+14	0.45	0.015	3.75E+07	0.5	0.017	4.27E+07
259	3.37E+06	1.59E+01	2.78E+07	7.21E+13	0.45	0.015	2.54E+07	0.5	0.017	2.72E+07
260	8.43E+05	3.97E+00	1.69E+07	4.39E+13	0.25	0.008	2.00E+07	0.3	0.010	2.04E+07
261	0.00E+00	0.00E+00	1.58E+07	4.10E+13	0.25	0.008	1.57E+07	0.3	0.010	1.51E+07
262	0.00E+00	0.00E+00	1.52E+07	3.93E+13	0.25	0.008	1.22E+07	0.3	0.010	1.12E+07
263	0.00E+00	0.00E+00	1.37E+07	3.56E+13	0.25	0.008	9.54E+06	0.3	0.010	8.28E+06
264	4.21E+05	1.98E+00	1.25E+07	3.25E+13	0.25	0.008	7.53E+06	0.3	0.010	6.25E+06
265	5.17E+07	2.43E+02	1.63E+07	4.22E+13	0.45	0.015	2.14E+07	0.5	0.017	2.41E+07
266	2.88E+07	1.35E+02	1.80E+07	4.65E+13	0.45	0.015	2.24E+07	0.5	0.017	2.60E+07
267	3.56E+07	1.67E+02	2.77E+07	7.17E+13	0.45	0.015	2.64E+07	0.5	0.017	2.97E+07
268	3.02E+07	1.42E+02	2.07E+07	5.35E+13	0.45	0.015	2.66E+07	0.5	0.017	2.99E+07
269	2.14E+07	1.01E+02	2.77E+07	7.18E+13	0.45	0.015	2.33E+07	0.5	0.017	2.66E+07
270	6.81E+07	3.21E+02	3.84E+07	9.94E+13	0.45	0.015	3.72E+07	0.5	0.017	4.29E+07
271	1.18E+07	5.54E+01	3.03E+07	7.85E+13	0.45	0.015	2.70E+07	0.5	0.017	3.06E+07
272	1.65E+07	7.76E+01	1.54E+07	3.99E+13	0.45	0.015	2.14E+07	0.5	0.017	2.51E+07
273	2.11E+05	9.92E-01	1.43E+07	3.70E+13	0.25	0.008	1.67E+07	0.3	0.010	1.86E+07
274	0.00E+00	0.00E+00	1.30E+07	3.36E+13	0.25	0.008	1.30E+07	0.3	0.010	1.38E+07
275	0.00E+00	0.00E+00	1.17E+07	3.02E+13	0.25	0.008	1.01E+07	0.3	0.010	1.02E+07
276	0.00E+00	0.00E+00	1.17E+07	3.02E+13	0.25	0.008	7.89E+06	0.3	0.010	7.57E+06
277	4.36E+06	2.05E+01	1.04E+07	2.69E+13	0.45	0.015	6.85E+06	0.5	0.017	6.31E+06
278	3.56E+07	1.68E+02	1.04E+07	2.69E+13	0.45	0.015	1.60E+07	0.5	0.017	1.79E+07

279	8.54E+07	4.02E+02	3.15E+07	8.16E+13	0.45	0.015	3.74E+07	0.5	0.017	4.44E+07
280	5.60E+07	2.63E+02	3.96E+07	1.03E+14	0.45	0.015	4.13E+07	0.5	0.017	4.90E+07
281	1.22E+07	5.75E+01	2.13E+07	5.51E+13	0.45	0.015	3.02E+07	0.5	0.017	3.45E+07
282	2.72E+07	1.28E+02	1.51E+07	3.91E+13	0.45	0.015	2.80E+07	0.5	0.017	3.16E+07
283	1.00E+07	4.72E+01	2.15E+07	5.58E+13	0.45	0.015	2.09E+07	0.5	0.017	2.31E+07
284	0.00E+00	0.00E+00	1.30E+07	3.36E+13	0.25	0.008	1.63E+07	0.3	0.010	1.71E+07
285	0.00E+00	0.00E+00	1.30E+07	3.36E+13	0.25	0.008	1.27E+07	0.3	0.010	1.27E+07
286	0.00E+00	0.00E+00	1.17E+07	3.02E+13	0.25	0.008	9.87E+06	0.3	0.010	9.40E+06
287	0.00E+00	0.00E+00	1.04E+07	2.69E+13	0.25	0.008	7.69E+06	0.3	0.010	6.97E+06
288	3.58E+06	1.69E+01	9.07E+06	2.35E+13	0.45	0.015	6.64E+06	0.5	0.017	5.63E+06
289	1.16E+07	5.46E+01	9.07E+06	2.35E+13	0.45	0.015	7.18E+06	0.5	0.017	7.98E+06
290	5.75E+06	2.71E+01	1.32E+07	3.41E+13	0.45	0.015	6.48E+06	0.5	0.017	7.10E+06
291	3.25E+07	1.53E+02	3.39E+07	8.78E+13	0.45	0.015	1.53E+07	0.5	0.017	1.71E+07
292	9.36E+07	4.41E+02	3.42E+07	8.86E+13	0.45	0.015	3.79E+07	0.5	0.017	4.72E+07
293	3.83E+07	1.80E+02	4.53E+07	1.17E+14	0.45	0.015	3.55E+07	0.5	0.017	4.37E+07
294	4.70E+07	2.21E+02	2.66E+07	6.89E+13	0.45	0.015	3.55E+07	0.5	0.017	4.50E+07
295	4.17E+06	1.96E+01	2.06E+07	5.35E+13	0.45	0.015	2.41E+07	0.5	0.017	2.89E+07
296	2.40E+07	1.13E+02	1.68E+07	4.37E+13	0.45	0.015	2.17E+07	0.5	0.017	2.70E+07
297	0.00E+00	0.00E+00	1.56E+07	4.03E+13	0.25	0.008	1.69E+07	0.3	0.010	2.00E+07
298	0.00E+00	0.00E+00	1.30E+07	3.36E+13	0.25	0.008	1.32E+07	0.3	0.010	1.48E+07
299	0.00E+00	0.00E+00	1.04E+07	2.69E+13	0.25	0.008	1.03E+07	0.3	0.010	1.10E+07
300	2.82E+06	1.33E+01	1.04E+07	2.69E+13	0.45	0.015	7.27E+06	0.5	0.017	7.77E+06
301	1.14E+07	5.36E+01	1.17E+07	3.02E+13	0.45	0.015	7.88E+06	0.5	0.017	9.19E+06
302	2.55E+07	1.20E+02	1.30E+07	3.36E+13	0.45	0.015	1.52E+07	0.5	0.017	1.56E+07
303	3.47E+07	1.63E+02	1.57E+07	4.07E+13	0.45	0.015	2.15E+07	0.5	0.017	2.31E+07
304	6.32E+07	2.97E+02	2.76E+07	7.15E+13	0.45	0.015	3.20E+07	0.5	0.017	3.89E+07
305	6.52E+07	3.07E+02	2.58E+07	6.69E+13	0.45	0.015	4.08E+07	0.5	0.017	4.92E+07
306	6.32E+06	2.98E+01	2.25E+07	5.84E+13	0.45	0.015	2.77E+07	0.5	0.017	3.24E+07
307	1.41E+07	6.65E+01	1.92E+07	4.97E+13	0.45	0.015	2.29E+07	0.5	0.017	2.52E+07
308	2.49E+07	1.17E+02	1.68E+07	4.37E+13	0.45	0.015	2.15E+07	0.5	0.017	2.51E+07
309	0.00E+00	0.00E+00	1.43E+07	3.70E+13	0.25	0.008	1.67E+07	0.3	0.010	1.86E+07
310	0.00E+00	0.00E+00	1.04E+07	2.69E+13	0.25	0.008	1.30E+07	0.3	0.010	1.37E+07
311	4.21E+05	1.98E+00	9.07E+06	2.35E+13	0.25	0.008	1.02E+07	0.3	0.010	1.03E+07

Πίνακας Π.14 Ενιαία λεκάνη - Μοντέλο προσομοίωσης παροχής

t	Precipitation		Q <sub>spring</sub>	Q <sub>fresh</sub>	Q <sub>fresh-calc</sub>			Q <sub>spring-calc</sub>		
	(m <sup>3</sup> )	(mm)			k (month <sup>-1</sup> )	k (days <sup>-1</sup> )	(m <sup>3</sup> / μήνα)	k (month <sup>-1</sup> )	k (days <sup>-1</sup> )	(m <sup>3</sup> / μήνα)
0	3.37E+09	1.12E+01	9.36E+06	2.43E+13			6.60E+06			9.36E+06
1	1.90E+10	6.29E+01	9.70E+06	2.51E+13	0.4	0.013	8.58E+06	0.4	0.013	1.12E+07
2	3.02E+10	9.99E+01	9.95E+06	2.58E+13	0.4	0.013	1.21E+07	0.4	0.013	1.49E+07
3	8.69E+10	2.88E+02	2.24E+07	5.81E+13	0.4	0.013	2.43E+07	0.4	0.013	2.90E+07
4	8.94E+10	2.96E+02	4.04E+07	1.05E+14	0.4	0.013	3.39E+07	0.4	0.013	4.03E+07

5	8.07E+10	2.67E+02	4.12E+07	1.07E+14	0.4	0.013	3.95E+07	0.4	0.013	4.67E+07
6	9.40E+10	3.11E+02	4.21E+07	1.09E+14	0.4	0.013	4.63E+07	0.4	0.013	5.46E+07
7	2.24E+10	7.41E+01	2.98E+07	7.72E+13	0.4	0.013	3.60E+07	0.4	0.013	4.24E+07
8	2.76E+09	9.15E+00	2.07E+07	5.36E+13	0.4	0.013	2.47E+07	0.25	0.008	3.35E+07
9	1.95E+09	6.47E+00	1.81E+07	4.69E+13	0.25	0.008	1.96E+07	0.25	0.008	2.65E+07
10	0.00E+00	0.00E+00	1.54E+07	4.00E+13	0.25	0.008	1.52E+07	0.25	0.008	2.06E+07
11	3.02E+08	1.00E+00	1.38E+07	3.57E+13	0.25	0.008	1.19E+07	0.25	0.008	1.61E+07
12	0.00E+00	0.00E+00	1.26E+07	3.26E+13	0.25	0.008	9.29E+06	0.25	0.008	1.26E+07
13	6.92E+10	2.29E+02	1.73E+07	4.49E+13	0.4	0.013	2.11E+07	0.4	0.013	2.59E+07
14	5.83E+10	1.93E+02	2.74E+07	7.09E+13	0.4	0.013	2.50E+07	0.4	0.013	3.01E+07
15	4.03E+10	1.33E+02	2.76E+07	7.16E+13	0.4	0.013	2.44E+07	0.4	0.013	2.92E+07
16	2.11E+10	6.99E+01	2.02E+07	5.24E+13	0.4	0.013	2.05E+07	0.4	0.013	2.44E+07
17	2.93E+10	9.70E+01	2.26E+07	5.87E+13	0.4	0.013	1.95E+07	0.4	0.013	2.32E+07
18	4.90E+10	1.62E+02	2.65E+07	6.87E+13	0.4	0.013	2.28E+07	0.4	0.013	2.70E+07
19	2.83E+10	9.37E+01	2.46E+07	6.36E+13	0.4	0.013	2.14E+07	0.4	0.013	2.52E+07
20	1.42E+08	4.70E-01	1.96E+07	5.08E+13	0.25	0.008	1.66E+07	0.25	0.008	1.97E+07
21	5.59E+07	1.85E-01	1.32E+07	3.43E+13	0.25	0.008	1.30E+07	0.25	0.008	1.53E+07
22	6.99E+07	2.31E-01	1.07E+07	2.78E+13	0.25	0.008	1.01E+07	0.25	0.008	1.19E+07
23	0.00E+00	0.00E+00	9.23E+06	2.39E+13	0.25	0.008	7.86E+06	0.25	0.008	9.29E+06
24	5.95E+10	1.97E+02	1.06E+07	2.74E+13	0.4	0.013	1.80E+07	0.4	0.013	2.12E+07
25	2.57E+10	8.51E+01	1.52E+07	3.94E+13	0.4	0.013	1.78E+07	0.4	0.013	2.09E+07
26	1.11E+10	3.67E+01	1.11E+07	2.88E+13	0.4	0.013	1.40E+07	0.4	0.013	1.65E+07
27	1.09E+11	3.61E+02	3.65E+07	9.46E+13	0.4	0.013	3.27E+07	0.4	0.013	3.85E+07
28	1.34E+11	4.44E+02	5.51E+07	1.43E+14	0.4	0.013	4.97E+07	0.4	0.013	5.84E+07
29	2.72E+10	9.01E+01	3.37E+07	8.73E+13	0.4	0.013	3.86E+07	0.4	0.013	4.54E+07
30	5.75E+10	1.91E+02	2.64E+07	6.83E+13	0.4	0.013	3.75E+07	0.4	0.013	4.41E+07
31	6.64E+09	2.20E+01	2.19E+07	5.68E+13	0.4	0.013	2.67E+07	0.4	0.013	3.14E+07
32	8.64E+07	2.86E-01	1.60E+07	4.14E+13	0.25	0.008	2.08E+07	0.25	0.008	2.45E+07
33	0.00E+00	0.00E+00	1.43E+07	3.71E+13	0.25	0.008	1.62E+07	0.25	0.008	1.91E+07
34	1.73E+08	5.72E-01	1.32E+07	3.41E+13	0.25	0.008	1.27E+07	0.25	0.008	1.49E+07
35	0.00E+00	0.00E+00	1.26E+07	3.27E+13	0.25	0.008	9.86E+06	0.25	0.008	1.16E+07
36	7.94E+09	2.63E+01	1.15E+07	2.98E+13	0.4	0.013	8.26E+06	0.4	0.013	9.72E+06
37	5.21E+10	1.73E+02	1.35E+07	3.51E+13	0.4	0.013	1.62E+07	0.4	0.013	1.91E+07
38	4.50E+10	1.49E+02	1.85E+07	4.79E+13	0.4	0.013	2.21E+07	0.4	0.013	2.60E+07
39	6.50E+10	2.15E+02	2.98E+07	7.73E+13	0.4	0.013	2.84E+07	0.4	0.013	3.34E+07
40	3.57E+10	1.18E+02	2.66E+07	6.91E+13	0.4	0.013	2.54E+07	0.4	0.013	2.99E+07
41	4.64E+10	1.54E+02	2.33E+07	6.04E+13	0.4	0.013	2.72E+07	0.4	0.013	3.21E+07
42	2.65E+10	8.76E+01	3.21E+07	8.32E+13	0.4	0.013	2.31E+07	0.4	0.013	2.72E+07
43	1.90E+10	6.29E+01	1.65E+07	4.28E+13	0.4	0.013	1.93E+07	0.4	0.013	2.27E+07
44	5.70E+09	1.89E+01	1.41E+07	3.65E+13	0.4	0.013	1.41E+07	0.25	0.008	1.86E+07
45	3.16E+10	1.05E+02	1.35E+07	3.51E+13	0.4	0.013	1.70E+07	0.4	0.013	2.14E+07
46	3.36E+09	1.11E+01	1.25E+07	3.23E+13	0.4	0.013	1.22E+07	0.25	0.008	1.72E+07
47	9.11E+08	3.02E+00	1.14E+07	2.96E+13	0.25	0.008	9.59E+06	0.25	0.008	1.36E+07
48	1.50E+09	4.97E+00	1.33E+07	3.45E+13	0.25	0.008	7.67E+06	0.25	0.008	1.08E+07
49	1.62E+10	5.38E+01	1.19E+07	3.08E+13	0.4	0.013	8.61E+06	0.4	0.013	1.13E+07
50	6.67E+10	2.21E+02	1.70E+07	4.42E+13	0.4	0.013	1.87E+07	0.4	0.013	2.28E+07



51	6.30E+10	2.08E+02	2.83E+07	7.35E+13	0.4	0.013	2.46E+07	0.4	0.013	2.95E+07
52	3.56E+10	1.18E+02	2.99E+07	7.74E+13	0.4	0.013	2.31E+07	0.4	0.013	2.76E+07
53	1.05E+11	3.47E+02	4.14E+07	1.07E+14	0.4	0.013	3.83E+07	0.4	0.013	4.53E+07
54	2.77E+10	9.17E+01	3.49E+07	9.06E+13	0.4	0.013	3.07E+07	0.4	0.013	3.63E+07
55	2.19E+10	7.24E+01	2.55E+07	6.61E+13	0.4	0.013	2.52E+07	0.4	0.013	2.98E+07
56	4.81E+09	1.59E+01	1.85E+07	4.80E+13	0.4	0.013	1.80E+07	0.25	0.008	2.41E+07
57	1.78E+08	5.91E-01	1.58E+07	4.10E+13	0.25	0.008	1.40E+07	0.25	0.008	1.88E+07
58	0.00E+00	0.00E+00	1.46E+07	3.78E+13	0.25	0.008	1.09E+07	0.25	0.008	1.46E+07
59	0.00E+00	0.00E+00	1.34E+07	3.47E+13	0.25	0.008	8.52E+06	0.25	0.008	1.14E+07
60	5.94E+09	1.97E+01	1.28E+07	3.32E+13	0.4	0.013	7.19E+06	0.4	0.013	9.36E+06
61	3.93E+10	1.30E+02	1.29E+07	3.34E+13	0.4	0.013	1.37E+07	0.4	0.013	1.67E+07
62	5.32E+09	1.76E+01	1.18E+07	3.06E+13	0.4	0.013	1.01E+07	0.25	0.008	1.38E+07
63	5.68E+10	1.88E+02	1.92E+07	4.98E+13	0.4	0.013	1.61E+07	0.4	0.013	2.02E+07
64	1.36E+11	4.52E+02	3.74E+07	9.70E+13	0.4	0.013	3.65E+07	0.4	0.013	4.37E+07
65	5.89E+10	1.95E+02	3.93E+07	1.02E+14	0.4	0.013	3.56E+07	0.4	0.013	4.24E+07
66	5.61E+09	1.86E+01	2.91E+07	7.55E+13	0.4	0.013	2.47E+07	0.25	0.008	3.37E+07
67	1.03E+10	3.42E+01	1.88E+07	4.87E+13	0.4	0.013	1.87E+07	0.4	0.013	2.51E+07
68	2.72E+09	9.02E+00	1.51E+07	3.92E+13	0.4	0.013	1.32E+07	0.25	0.008	2.01E+07
69	0.00E+00	0.00E+00	1.40E+07	3.63E+13	0.25	0.008	1.03E+07	0.25	0.008	1.56E+07
70	0.00E+00	0.00E+00	1.38E+07	3.58E+13	0.25	0.008	7.99E+06	0.25	0.008	1.22E+07
71	0.00E+00	0.00E+00	1.32E+07	3.42E+13	0.25	0.008	6.22E+06	0.25	0.008	9.47E+06
72	0.00E+00	0.00E+00	1.20E+07	3.12E+13	0.25	0.008	4.85E+06	0.25	0.008	7.38E+06
73	4.32E+07	1.43E-01	1.17E+07	3.02E+13	0.25	0.008	3.78E+06	0.25	0.008	5.76E+06
74	5.37E+10	1.78E+02	1.30E+07	3.37E+13	0.4	0.013	1.36E+07	0.4	0.013	1.69E+07
75	3.97E+10	1.32E+02	2.15E+07	5.58E+13	0.4	0.013	1.60E+07	0.4	0.013	1.94E+07
76	3.11E+10	1.03E+02	1.74E+07	4.50E+13	0.4	0.013	1.71E+07	0.4	0.013	2.05E+07
77	1.08E+11	3.58E+02	5.00E+07	1.30E+14	0.4	0.013	3.39E+07	0.4	0.013	4.02E+07
78	7.06E+10	2.34E+02	4.14E+07	1.07E+14	0.4	0.013	3.71E+07	0.4	0.013	4.38E+07
79	1.70E+10	5.63E+01	2.53E+07	6.57E+13	0.4	0.013	2.82E+07	0.4	0.013	3.33E+07
80	2.67E+10	8.84E+01	1.66E+07	4.30E+13	0.4	0.013	2.48E+07	0.4	0.013	2.92E+07
81	3.16E+09	1.05E+01	1.45E+07	3.75E+13	0.4	0.013	1.74E+07	0.25	0.008	2.34E+07
82	0.00E+00	0.00E+00	1.28E+07	3.33E+13	0.25	0.008	1.35E+07	0.25	0.008	1.82E+07
83	1.70E+09	5.64E+00	1.24E+07	3.22E+13	0.25	0.008	1.07E+07	0.25	0.008	1.44E+07
84	0.00E+00	0.00E+00	1.37E+07	3.54E+13	0.25	0.008	8.34E+06	0.25	0.008	1.12E+07
85	9.97E+08	3.30E+00	1.31E+07	3.39E+13	0.25	0.008	6.61E+06	0.25	0.008	8.85E+06
86	4.88E+10	1.62E+02	1.39E+07	3.59E+13	0.4	0.013	1.49E+07	0.4	0.013	1.83E+07
87	3.22E+10	1.07E+02	1.49E+07	3.86E+13	0.4	0.013	1.58E+07	0.4	0.013	1.91E+07
88	4.71E+10	1.56E+02	2.87E+07	7.44E+13	0.4	0.013	1.93E+07	0.4	0.013	2.30E+07
89	5.74E+10	1.90E+02	3.80E+07	9.84E+13	0.4	0.013	2.36E+07	0.4	0.013	2.80E+07
90	5.55E+10	1.84E+02	4.50E+07	1.17E+14	0.4	0.013	2.69E+07	0.4	0.013	3.18E+07
91	4.05E+09	1.34E+01	2.74E+07	7.11E+13	0.4	0.013	1.90E+07	0.25	0.008	2.55E+07
92	1.83E+08	6.06E-01	1.81E+07	4.70E+13	0.25	0.008	1.48E+07	0.25	0.008	1.99E+07
93	2.45E+10	8.13E+01	1.57E+07	4.06E+13	0.4	0.013	1.52E+07	0.4	0.013	1.96E+07
94	8.17E+09	2.71E+01	1.40E+07	3.62E+13	0.4	0.013	1.19E+07	0.4	0.013	1.52E+07
95	1.40E+09	4.62E+00	1.33E+07	3.44E+13	0.25	0.008	9.52E+06	0.25	0.008	1.21E+07
96	5.18E+08	1.72E+00	1.33E+07	3.45E+13	0.25	0.008	7.51E+06	0.25	0.008	9.51E+06

97	9.44E+09	3.12E+01	1.26E+07	3.28E+13	0.4	0.013	7.05E+06	0.4	0.013	8.75E+06
98	5.99E+10	1.98E+02	1.88E+07	4.86E+13	0.4	0.013	1.69E+07	0.4	0.013	2.02E+07
99	5.30E+10	1.76E+02	3.40E+07	8.82E+13	0.4	0.013	2.10E+07	0.4	0.013	2.49E+07
100	3.60E+10	1.19E+02	3.05E+07	7.89E+13	0.4	0.013	2.06E+07	0.4	0.013	2.43E+07
101	4.96E+10	1.64E+02	3.97E+07	1.03E+14	0.4	0.013	2.40E+07	0.4	0.013	2.84E+07
102	3.16E+10	1.04E+02	2.96E+07	7.67E+13	0.4	0.013	2.24E+07	0.4	0.013	2.64E+07
103	2.42E+10	8.01E+01	1.99E+07	5.16E+13	0.4	0.013	1.98E+07	0.4	0.013	2.33E+07
104	2.78E+08	9.19E-01	1.75E+07	4.55E+13	0.25	0.008	1.54E+07	0.25	0.008	1.82E+07
105	4.32E+07	1.43E-01	1.50E+07	3.89E+13	0.25	0.008	1.20E+07	0.25	0.008	1.42E+07
106	2.42E+10	8.00E+01	1.45E+07	3.76E+13	0.4	0.013	1.35E+07	0.4	0.013	1.58E+07
107	3.57E+08	1.18E+00	1.32E+07	3.41E+13	0.25	0.008	1.05E+07	0.25	0.008	1.24E+07
108	0.00E+00	0.00E+00	1.15E+07	2.98E+13	0.25	0.008	8.19E+06	0.25	0.008	9.65E+06
109	9.12E+09	3.02E+01	1.10E+07	2.85E+13	0.4	0.013	7.45E+06	0.4	0.013	8.77E+06
110	9.68E+10	3.20E+02	2.53E+07	6.56E+13	0.4	0.013	2.36E+07	0.4	0.013	2.78E+07
111	6.81E+10	2.26E+02	2.75E+07	7.14E+13	0.4	0.013	2.98E+07	0.4	0.013	3.51E+07
112	9.28E+10	3.07E+02	4.14E+07	1.07E+14	0.4	0.013	3.83E+07	0.4	0.013	4.51E+07
113	3.26E+10	1.08E+02	3.44E+07	8.90E+13	0.4	0.013	3.13E+07	0.4	0.013	3.68E+07
114	2.67E+10	8.84E+01	2.67E+07	6.92E+13	0.4	0.013	2.62E+07	0.4	0.013	3.08E+07
115	7.62E+09	2.52E+01	2.22E+07	5.74E+13	0.4	0.013	1.83E+07	0.25	0.008	2.46E+07
116	1.68E+09	5.58E+00	1.71E+07	4.42E+13	0.25	0.008	1.45E+07	0.25	0.008	1.94E+07
117	0.00E+00	0.00E+00	1.55E+07	4.02E+13	0.25	0.008	1.13E+07	0.25	0.008	1.51E+07
118	0.00E+00	0.00E+00	1.38E+07	3.59E+13	0.25	0.008	8.81E+06	0.25	0.008	1.18E+07
119	0.00E+00	0.00E+00	1.31E+07	3.39E+13	0.25	0.008	6.86E+06	0.25	0.008	9.19E+06
120	1.73E+08	5.72E-01	1.27E+07	3.30E+13	0.25	0.008	5.37E+06	0.25	0.008	7.19E+06
121	4.56E+10	1.51E+02	1.27E+07	3.30E+13	0.4	0.013	1.30E+07	0.4	0.013	1.59E+07
122	1.25E+10	4.15E+01	1.44E+07	3.73E+13	0.4	0.013	1.10E+07	0.4	0.013	1.33E+07
123	7.12E+10	2.36E+02	2.12E+07	5.51E+13	0.4	0.013	2.18E+07	0.4	0.013	2.59E+07
124	2.04E+10	6.76E+01	1.75E+07	4.54E+13	0.4	0.013	1.84E+07	0.4	0.013	2.18E+07
125	4.01E+10	1.33E+02	2.78E+07	7.21E+13	0.4	0.013	2.00E+07	0.4	0.013	2.36E+07
126	2.12E+10	7.02E+01	1.80E+07	4.68E+13	0.4	0.013	1.81E+07	0.4	0.013	2.13E+07
127	1.18E+09	3.92E+00	1.47E+07	3.82E+13	0.25	0.008	1.43E+07	0.25	0.008	1.68E+07
128	4.11E+10	1.36E+02	1.37E+07	3.56E+13	0.4	0.013	1.94E+07	0.4	0.013	2.29E+07
129	1.51E+08	5.00E-01	1.32E+07	3.43E+13	0.25	0.008	1.52E+07	0.25	0.008	1.79E+07
130	0.00E+00	0.00E+00	1.27E+07	3.29E+13	0.25	0.008	1.18E+07	0.25	0.008	1.39E+07
131	0.00E+00	0.00E+00	1.21E+07	3.14E+13	0.25	0.008	9.19E+06	0.25	0.008	1.08E+07
132	1.03E+11	3.42E+02	1.14E+07	2.95E+13	0.4	0.013	3.00E+07	0.4	0.013	3.52E+07
133	1.73E+10	5.72E+01	1.11E+07	2.88E+13	0.4	0.013	2.30E+07	0.4	0.013	2.71E+07
134	2.72E+10	9.01E+01	1.40E+07	3.63E+13	0.4	0.013	2.11E+07	0.4	0.013	2.48E+07
135	6.19E+10	2.05E+02	2.58E+07	6.68E+13	0.4	0.013	2.67E+07	0.4	0.013	3.14E+07
136	3.78E+10	1.25E+02	3.20E+07	8.28E+13	0.4	0.013	2.56E+07	0.4	0.013	3.01E+07
137	4.01E+10	1.33E+02	2.62E+07	6.80E+13	0.4	0.013	2.49E+07	0.4	0.013	2.93E+07
138	5.66E+10	1.87E+02	3.75E+07	9.71E+13	0.4	0.013	2.68E+07	0.4	0.013	3.16E+07
139	5.22E+10	1.73E+02	3.00E+07	7.78E+13	0.4	0.013	2.77E+07	0.4	0.013	3.26E+07
140	4.23E+09	1.40E+01	3.33E+07	8.64E+13	0.25	0.008	2.19E+07	0.25	0.008	2.58E+07
141	9.78E+07	3.24E-01	1.53E+07	3.96E+13	0.25	0.008	1.71E+07	0.25	0.008	2.01E+07
142	0.00E+00	0.00E+00	1.24E+07	3.22E+13	0.25	0.008	1.33E+07	0.25	0.008	1.57E+07

143	0.00E+00	0.00E+00	1.10E+07	2.84E+13	0.25	0.008	1.04E+07	0.25	0.008	1.22E+07
144	0.00E+00	0.00E+00	1.16E+07	3.01E+13	0.25	0.008	8.07E+06	0.25	0.008	9.49E+06
145	2.58E+09	8.55E+00	1.18E+07	3.05E+13	0.25	0.008	6.67E+06	0.25	0.008	7.85E+06
146	4.73E+10	1.57E+02	1.15E+07	2.99E+13	0.4	0.013	1.32E+07	0.4	0.013	1.55E+07
147	4.79E+10	1.59E+02	1.88E+07	4.88E+13	0.4	0.013	1.78E+07	0.4	0.013	2.10E+07
148	3.18E+10	1.05E+02	2.40E+07	6.23E+13	0.4	0.013	1.78E+07	0.4	0.013	2.09E+07
149	8.37E+10	2.77E+02	3.23E+07	8.37E+13	0.4	0.013	2.87E+07	0.4	0.013	3.37E+07
150	3.09E+10	1.02E+02	3.24E+07	8.39E+13	0.4	0.013	2.42E+07	0.4	0.013	2.85E+07
151	6.37E+09	2.11E+01	1.95E+07	5.07E+13	0.4	0.013	1.75E+07	0.4	0.013	2.06E+07
152	6.90E+09	2.28E+01	1.47E+07	3.82E+13	0.4	0.013	1.30E+07	0.4	0.013	1.53E+07
153	0.00E+00	0.00E+00	1.37E+07	3.56E+13	0.25	0.008	1.01E+07	0.25	0.008	1.19E+07
154	0.00E+00	0.00E+00	1.33E+07	3.45E+13	0.25	0.008	7.88E+06	0.25	0.008	9.27E+06
155	0.00E+00	0.00E+00	1.26E+07	3.26E+13	0.25	0.008	6.13E+06	0.25	0.008	7.22E+06
156	5.62E+09	1.86E+01	1.27E+07	3.28E+13	0.4	0.013	5.55E+06	0.4	0.013	6.53E+06
157	6.68E+10	2.21E+02	1.80E+07	4.66E+13	0.4	0.013	1.65E+07	0.4	0.013	1.94E+07
158	2.90E+10	9.59E+01	2.17E+07	5.63E+13	0.4	0.013	1.70E+07	0.4	0.013	2.00E+07
159	4.52E+10	1.50E+02	2.35E+07	6.08E+13	0.4	0.013	1.99E+07	0.4	0.013	2.34E+07
160	3.34E+10	1.11E+02	2.18E+07	5.65E+13	0.4	0.013	2.05E+07	0.4	0.013	2.41E+07
161	6.74E+09	2.23E+01	2.20E+07	5.71E+13	0.4	0.013	1.53E+07	0.4	0.013	1.80E+07
162	4.34E+10	1.44E+02	2.77E+07	7.17E+13	0.4	0.013	1.92E+07	0.4	0.013	2.26E+07
163	0.00E+00	0.00E+00	1.90E+07	4.93E+13	0.25	0.008	1.50E+07	0.25	0.008	1.76E+07
164	6.08E+09	2.01E+01	1.51E+07	3.91E+13	0.4	0.013	1.13E+07	0.4	0.013	1.32E+07
165	7.90E+08	2.61E+00	1.30E+07	3.37E+13	0.25	0.008	8.76E+06	0.25	0.008	1.03E+07
166	0.00E+00	0.00E+00	1.24E+07	3.22E+13	0.25	0.008	6.82E+06	0.25	0.008	8.03E+06
167	0.00E+00	0.00E+00	1.14E+07	2.94E+13	0.25	0.008	5.31E+06	0.25	0.008	6.25E+06
168	0.00E+00	0.00E+00	1.07E+07	2.76E+13	0.25	0.008	4.14E+06	0.25	0.008	4.87E+06
169	4.14E+10	1.37E+02	1.16E+07	3.00E+13	0.4	0.013	1.11E+07	0.4	0.013	1.31E+07
170	5.51E+10	1.82E+02	1.56E+07	4.04E+13	0.4	0.013	1.77E+07	0.4	0.013	2.08E+07
171	6.18E+09	2.05E+01	1.48E+07	3.84E+13	0.4	0.013	1.33E+07	0.4	0.013	1.56E+07
172	2.64E+10	8.75E+01	1.56E+07	4.03E+13	0.4	0.013	1.42E+07	0.4	0.013	1.67E+07
173	4.29E+10	1.42E+02	2.60E+07	6.75E+13	0.4	0.013	1.76E+07	0.4	0.013	2.07E+07
174	2.02E+09	6.68E+00	1.59E+07	4.13E+13	0.25	0.008	1.39E+07	0.25	0.008	1.64E+07
175	3.13E+09	1.04E+01	1.28E+07	3.32E+13	0.25	0.008	1.12E+07	0.25	0.008	1.31E+07
176	3.51E+08	1.16E+00	1.16E+07	3.02E+13	0.25	0.008	8.74E+06	0.25	0.008	1.03E+07
177	7.82E+09	2.59E+01	1.05E+07	2.73E+13	0.4	0.013	7.64E+06	0.4	0.013	8.99E+06
178	0.00E+00	0.00E+00	9.93E+06	2.57E+13	0.25	0.008	5.95E+06	0.25	0.008	7.00E+06
179	4.36E+09	1.44E+01	9.62E+06	2.49E+13	0.4	0.013	5.07E+06	0.25	0.008	6.30E+06
180	1.28E+10	4.24E+01	9.02E+06	2.34E+13	0.4	0.013	6.55E+06	0.4	0.013	7.94E+06
181	1.24E+10	4.10E+01	9.18E+06	2.38E+13	0.4	0.013	7.15E+06	0.4	0.013	8.57E+06
182	3.06E+10	1.01E+02	9.85E+06	2.55E+13	0.4	0.013	1.06E+07	0.4	0.013	1.26E+07
183	3.16E+10	1.05E+02	1.23E+07	3.20E+13	0.4	0.013	1.32E+07	0.4	0.013	1.56E+07
184	8.32E+10	2.76E+02	2.58E+07	6.68E+13	0.4	0.013	2.49E+07	0.4	0.013	2.93E+07
185	4.42E+10	1.46E+02	4.06E+07	1.05E+14	0.4	0.013	2.52E+07	0.4	0.013	2.97E+07
186	1.03E+10	3.40E+01	2.45E+07	6.36E+13	0.4	0.013	1.90E+07	0.4	0.013	2.23E+07
187	2.04E+10	6.74E+01	1.74E+07	4.51E+13	0.4	0.013	1.73E+07	0.4	0.013	2.03E+07
188	4.81E+09	1.59E+01	1.43E+07	3.70E+13	0.4	0.013	1.26E+07	0.25	0.008	1.66E+07

189	4.67E+08	1.55E+00	1.12E+07	2.89E+13	0.25	0.008	9.87E+06	0.25	0.008	1.30E+07
190	0.00E+00	0.00E+00	1.05E+07	2.72E+13	0.25	0.008	7.68E+06	0.25	0.008	1.01E+07
191	1.08E+08	3.57E-01	9.51E+06	2.47E+13	0.25	0.008	6.00E+06	0.25	0.008	7.93E+06
192	0.00E+00	0.00E+00	9.11E+06	2.36E+13	0.25	0.008	4.68E+06	0.25	0.008	6.17E+06
193	4.04E+10	1.34E+02	9.11E+06	2.36E+13	0.4	0.013	1.14E+07	0.4	0.013	1.38E+07
194	3.19E+10	1.06E+02	1.06E+07	2.74E+13	0.4	0.013	1.46E+07	0.4	0.013	1.75E+07
195	1.37E+11	4.54E+02	4.17E+07	1.08E+14	0.4	0.013	3.64E+07	0.4	0.013	4.30E+07
196	2.64E+10	8.74E+01	2.79E+07	7.22E+13	0.4	0.013	3.02E+07	0.4	0.013	3.56E+07
197	4.34E+10	1.44E+02	3.25E+07	8.43E+13	0.4	0.013	2.84E+07	0.4	0.013	3.35E+07
198	2.70E+10	8.95E+01	3.97E+07	1.03E+14	0.4	0.013	2.43E+07	0.4	0.013	2.87E+07
199	9.46E+09	3.13E+01	3.81E+07	9.87E+13	0.4	0.013	1.81E+07	0.4	0.013	2.13E+07
200	6.94E+09	2.30E+01	2.27E+07	5.87E+13	0.4	0.013	1.38E+07	0.4	0.013	1.63E+07
201	1.33E+09	4.39E+00	1.71E+07	4.44E+13	0.25	0.008	1.09E+07	0.25	0.008	1.28E+07
202	0.00E+00	0.00E+00	1.30E+07	3.36E+13	0.25	0.008	8.47E+06	0.25	0.008	9.98E+06
203	0.00E+00	0.00E+00	1.18E+07	3.06E+13	0.25	0.008	6.59E+06	0.25	0.008	7.77E+06
204	0.00E+00	0.00E+00	9.61E+06	2.49E+13	0.25	0.008	5.14E+06	0.25	0.008	6.05E+06
205	0.00E+00	0.00E+00	9.18E+06	2.38E+13	0.25	0.008	4.00E+06	0.25	0.008	4.71E+06
206	1.86E+10	6.16E+01	9.18E+06	2.38E+13	0.4	0.013	6.81E+06	0.4	0.013	8.02E+06
207	4.87E+10	1.61E+02	1.52E+07	3.93E+13	0.4	0.013	1.38E+07	0.4	0.013	1.62E+07
208	3.21E+10	1.06E+02	2.30E+07	5.95E+13	0.4	0.013	1.52E+07	0.4	0.013	1.79E+07
209	4.06E+10	1.34E+02	3.24E+07	8.39E+13	0.4	0.013	1.78E+07	0.4	0.013	2.09E+07
210	1.55E+10	5.13E+01	2.99E+07	7.75E+13	0.4	0.013	1.49E+07	0.4	0.013	1.75E+07
211	3.23E+09	1.07E+01	2.23E+07	5.78E+13	0.4	0.013	1.06E+07	0.25	0.008	1.41E+07
212	1.64E+10	5.42E+01	1.98E+07	5.13E+13	0.4	0.013	1.04E+07	0.4	0.013	1.33E+07
213	4.30E+09	1.42E+01	1.36E+07	3.52E+13	0.4	0.013	8.01E+06	0.25	0.008	1.12E+07
214	0.00E+00	0.00E+00	1.13E+07	2.93E+13	0.25	0.008	6.24E+06	0.25	0.008	8.72E+06
215	0.00E+00	0.00E+00	9.33E+06	2.42E+13	0.25	0.008	4.86E+06	0.25	0.008	6.79E+06
216	0.00E+00	0.00E+00	9.33E+06	2.42E+13	0.25	0.008	3.78E+06	0.25	0.008	5.29E+06
217	2.11E+10	6.97E+01	9.33E+06	2.42E+13	0.4	0.013	7.91E+06	0.4	0.013	9.86E+06
218	8.09E+10	2.68E+02	1.65E+07	4.27E+13	0.4	0.013	2.22E+07	0.4	0.013	2.65E+07
219	1.49E+10	4.92E+01	1.59E+07	4.12E+13	0.4	0.013	1.82E+07	0.4	0.013	2.17E+07
220	7.49E+10	2.48E+02	2.86E+07	7.41E+13	0.4	0.013	2.72E+07	0.4	0.013	3.22E+07
221	3.28E+10	1.08E+02	3.74E+07	9.71E+13	0.4	0.013	2.48E+07	0.4	0.013	2.93E+07
222	2.52E+10	8.34E+01	2.09E+07	5.43E+13	0.4	0.013	2.21E+07	0.4	0.013	2.60E+07
223	7.81E+09	2.58E+01	1.91E+07	4.94E+13	0.4	0.013	1.64E+07	0.4	0.013	1.94E+07
224	1.51E+09	5.01E+00	1.39E+07	3.59E+13	0.25	0.008	1.30E+07	0.25	0.008	1.53E+07
225	8.64E+08	2.86E+00	1.26E+07	3.26E+13	0.25	0.008	1.03E+07	0.25	0.008	1.21E+07
226	0.00E+00	0.00E+00	1.17E+07	3.03E+13	0.25	0.008	8.01E+06	0.25	0.008	9.44E+06
227	0.00E+00	0.00E+00	1.00E+07	2.60E+13	0.25	0.008	6.24E+06	0.25	0.008	7.36E+06
228	0.00E+00	0.00E+00	4.12E+07	1.07E+14	0.25	0.008	4.86E+06	0.25	0.008	5.73E+06
229	6.85E+10	2.27E+02	1.31E+07	3.40E+13	0.4	0.013	1.75E+07	0.4	0.013	2.06E+07
230	7.64E+10	2.53E+02	4.52E+07	1.17E+14	0.4	0.013	2.60E+07	0.4	0.013	3.06E+07
231	5.76E+10	1.91E+02	3.19E+07	8.27E+13	0.4	0.013	2.88E+07	0.4	0.013	3.38E+07
232	3.87E+10	1.28E+02	3.35E+07	8.68E+13	0.4	0.013	2.70E+07	0.4	0.013	3.17E+07
233	1.31E+10	4.33E+01	2.49E+07	6.46E+13	0.4	0.013	2.01E+07	0.4	0.013	2.37E+07
234	3.04E+10	1.01E+02	2.34E+07	6.06E+13	0.4	0.013	1.97E+07	0.4	0.013	2.31E+07

235	6.28E+09	2.08E+01	2.04E+07	5.29E+13	0.4	0.013	1.46E+07	0.4	0.013	1.72E+07
236	4.90E+08	1.62E+00	1.61E+07	4.17E+13	0.25	0.008	1.15E+07	0.25	0.008	1.35E+07
237	3.45E+08	1.14E+00	1.44E+07	3.72E+13	0.25	0.008	8.98E+06	0.25	0.008	1.06E+07
238	9.00E+08	2.98E+00	1.33E+07	3.45E+13	0.25	0.008	7.12E+06	0.25	0.008	8.38E+06
239	0.00E+00	0.00E+00	1.21E+07	3.13E+13	0.25	0.008	5.55E+06	0.25	0.008	6.53E+06
240	3.88E+09	1.28E+01	1.04E+07	2.69E+13	0.4	0.013	4.51E+06	0.25	0.008	5.71E+06
241	1.02E+10	3.37E+01	9.59E+06	2.49E+13	0.4	0.013	5.08E+06	0.4	0.013	6.25E+06
242	3.05E+10	1.01E+02	9.07E+06	2.35E+13	0.4	0.013	9.33E+06	0.4	0.013	1.12E+07
243	2.17E+10	7.17E+01	1.37E+07	3.56E+13	0.4	0.013	1.06E+07	0.4	0.013	1.26E+07
244	8.71E+10	2.88E+02	4.26E+07	1.10E+14	0.4	0.013	2.27E+07	0.4	0.013	2.68E+07
245	4.91E+10	1.62E+02	4.58E+07	1.19E+14	0.4	0.013	2.53E+07	0.4	0.013	2.98E+07
246	4.85E+10	1.61E+02	4.04E+07	1.05E+14	0.4	0.013	2.59E+07	0.4	0.013	3.05E+07
247	1.39E+10	4.59E+01	1.98E+07	5.14E+13	0.4	0.013	2.03E+07	0.4	0.013	2.39E+07
248	3.39E+09	1.12E+01	1.70E+07	4.42E+13	0.4	0.013	1.43E+07	0.25	0.008	1.92E+07
249	0.00E+00	0.00E+00	1.44E+07	3.74E+13	0.25	0.008	1.12E+07	0.25	0.008	1.49E+07
250	0.00E+00	0.00E+00	1.30E+07	3.36E+13	0.25	0.008	8.70E+06	0.25	0.008	1.16E+07
251	0.00E+00	0.00E+00	1.17E+07	3.02E+13	0.25	0.008	6.78E+06	0.25	0.008	9.06E+06
252	1.92E+10	6.36E+01	1.04E+07	2.69E+13	0.4	0.013	8.90E+06	0.4	0.013	1.12E+07
253	3.25E+10	1.08E+02	1.11E+07	2.87E+13	0.4	0.013	1.29E+07	0.4	0.013	1.57E+07
254	1.40E+10	4.65E+01	1.06E+07	2.76E+13	0.4	0.013	1.17E+07	0.4	0.013	1.41E+07
255	4.64E+10	1.54E+02	2.99E+07	7.75E+13	0.4	0.013	1.59E+07	0.4	0.013	1.89E+07
256	3.83E+10	1.27E+02	3.16E+07	8.20E+13	0.4	0.013	1.88E+07	0.4	0.013	2.22E+07
257	4.44E+10	1.47E+02	3.39E+07	8.80E+13	0.4	0.013	2.20E+07	0.4	0.013	2.60E+07
258	9.03E+10	2.99E+02	6.04E+07	1.56E+14	0.4	0.013	3.33E+07	0.4	0.013	3.93E+07
259	6.05E+09	2.00E+01	2.78E+07	7.21E+13	0.4	0.013	2.33E+07	0.25	0.008	3.13E+07
260	1.35E+09	4.46E+00	1.69E+07	4.39E+13	0.25	0.008	1.83E+07	0.25	0.008	2.46E+07
261	1.10E+09	3.64E+00	1.58E+07	4.10E+13	0.25	0.008	1.42E+07	0.25	0.008	1.91E+07
262	0.00E+00	0.00E+00	1.52E+07	3.93E+13	0.25	0.008	1.11E+07	0.25	0.008	1.49E+07
263	0.00E+00	0.00E+00	1.37E+07	3.56E+13	0.25	0.008	8.64E+06	0.25	0.008	1.16E+07
264	6.90E+08	2.29E+00	1.25E+07	3.25E+13	0.25	0.008	6.81E+06	0.25	0.008	9.14E+06
265	6.85E+10	2.27E+02	1.63E+07	4.22E+13	0.4	0.013	1.90E+07	0.4	0.013	2.32E+07
266	3.58E+10	1.19E+02	1.80E+07	4.65E+13	0.4	0.013	2.08E+07	0.4	0.013	2.50E+07
267	5.00E+10	1.66E+02	2.77E+07	7.17E+13	0.4	0.013	2.39E+07	0.4	0.013	2.85E+07
268	4.02E+10	1.33E+02	2.07E+07	5.35E+13	0.4	0.013	2.45E+07	0.4	0.013	2.91E+07
269	2.62E+10	8.68E+01	2.77E+07	7.18E+13	0.4	0.013	2.24E+07	0.4	0.013	2.65E+07
270	9.19E+10	3.04E+02	3.84E+07	9.94E+13	0.4	0.013	3.41E+07	0.4	0.013	4.02E+07
271	1.36E+10	4.52E+01	3.03E+07	7.85E+13	0.4	0.013	2.62E+07	0.4	0.013	3.08E+07
272	1.71E+10	5.68E+01	1.54E+07	3.99E+13	0.4	0.013	2.22E+07	0.4	0.013	2.61E+07
273	3.21E+08	1.06E+00	1.43E+07	3.70E+13	0.25	0.008	1.73E+07	0.25	0.008	2.04E+07
274	0.00E+00	0.00E+00	1.30E+07	3.36E+13	0.25	0.008	1.35E+07	0.25	0.008	1.59E+07
275	0.00E+00	0.00E+00	1.17E+07	3.02E+13	0.25	0.008	1.05E+07	0.25	0.008	1.24E+07
276	3.66E+06	1.21E-02	1.17E+07	3.02E+13	0.25	0.008	8.17E+06	0.25	0.008	9.63E+06
277	7.47E+09	2.47E+01	1.04E+07	2.69E+13	0.4	0.013	6.70E+06	0.4	0.013	7.89E+06
278	4.78E+10	1.58E+02	1.04E+07	2.69E+13	0.4	0.013	1.45E+07	0.4	0.013	1.70E+07
279	1.12E+11	3.72E+02	3.15E+07	8.16E+13	0.4	0.013	3.36E+07	0.4	0.013	3.96E+07
280	7.18E+10	2.38E+02	3.96E+07	1.03E+14	0.4	0.013	3.82E+07	0.4	0.013	4.50E+07

281	1.57E+10	5.21E+01	2.13E+07	5.51E+13	0.4	0.013	2.91E+07	0.4	0.013	3.42E+07
282	3.60E+10	1.19E+02	1.51E+07	3.91E+13	0.4	0.013	2.71E+07	0.4	0.013	3.19E+07
283	1.25E+10	4.14E+01	2.15E+07	5.58E+13	0.4	0.013	2.10E+07	0.4	0.013	2.47E+07
284	1.39E+08	4.61E-01	1.30E+07	3.36E+13	0.25	0.008	1.63E+07	0.25	0.008	1.92E+07
285	0.00E+00	0.00E+00	1.30E+07	3.36E+13	0.25	0.008	1.27E+07	0.25	0.008	1.50E+07
286	0.00E+00	0.00E+00	1.17E+07	3.02E+13	0.25	0.008	9.91E+06	0.25	0.008	1.17E+07
287	0.00E+00	0.00E+00	1.04E+07	2.69E+13	0.25	0.008	7.71E+06	0.25	0.008	9.08E+06
288	7.16E+09	2.37E+01	9.07E+06	2.35E+13	0.4	0.013	6.17E+06	0.25	0.008	7.86E+06
289	1.21E+10	4.01E+01	9.07E+06	2.35E+13	0.4	0.013	7.39E+06	0.4	0.013	9.09E+06
290	7.83E+09	2.59E+01	1.32E+07	3.41E+13	0.4	0.013	6.56E+06	0.4	0.013	7.99E+06
291	4.62E+10	1.53E+02	3.39E+07	8.78E+13	0.4	0.013	1.35E+07	0.4	0.013	1.61E+07
292	1.16E+11	3.84E+02	3.42E+07	8.86E+13	0.4	0.013	3.53E+07	0.4	0.013	4.16E+07
293	4.66E+10	1.54E+02	4.53E+07	1.17E+14	0.4	0.013	3.44E+07	0.4	0.013	4.05E+07
294	5.31E+10	1.76E+02	2.66E+07	6.89E+13	0.4	0.013	3.62E+07	0.4	0.013	4.27E+07
295	5.77E+09	1.91E+01	2.06E+07	5.35E+13	0.4	0.013	2.54E+07	0.25	0.008	3.41E+07
296	2.62E+10	8.67E+01	1.68E+07	4.37E+13	0.4	0.013	2.38E+07	0.4	0.013	3.08E+07
297	0.00E+00	0.00E+00	1.56E+07	4.03E+13	0.25	0.008	1.85E+07	0.25	0.008	2.40E+07
298	0.00E+00	0.00E+00	1.30E+07	3.36E+13	0.25	0.008	1.44E+07	0.25	0.008	1.87E+07
299	0.00E+00	0.00E+00	1.04E+07	2.69E+13	0.25	0.008	1.12E+07	0.25	0.008	1.46E+07
300	3.01E+09	9.97E+00	1.04E+07	2.69E+13	0.4	0.013	8.32E+06	0.25	0.008	1.20E+07
301	1.34E+10	4.43E+01	1.17E+07	3.02E+13	0.4	0.013	8.77E+06	0.4	0.013	1.18E+07
302	4.19E+10	1.39E+02	1.30E+07	3.36E+13	0.4	0.013	1.30E+07	0.4	0.013	1.63E+07
303	4.88E+10	1.62E+02	1.57E+07	4.07E+13	0.4	0.013	1.85E+07	0.4	0.013	2.24E+07
304	7.54E+10	2.50E+02	2.76E+07	7.15E+13	0.4	0.013	3.01E+07	0.4	0.013	3.58E+07
305	8.37E+10	2.77E+02	2.58E+07	6.69E+13	0.4	0.013	3.84E+07	0.4	0.013	4.55E+07
306	7.25E+09	2.40E+01	2.25E+07	5.84E+13	0.4	0.013	2.75E+07	0.4	0.013	3.26E+07
307	2.15E+10	7.11E+01	1.92E+07	4.97E+13	0.4	0.013	2.24E+07	0.4	0.013	2.65E+07
308	2.83E+10	9.38E+01	1.68E+07	4.37E+13	0.4	0.013	2.20E+07	0.4	0.013	2.60E+07
309	0.00E+00	0.00E+00	1.43E+07	3.70E+13	0.25	0.008	1.71E+07	0.25	0.008	2.02E+07
310	0.00E+00	0.00E+00	1.04E+07	2.69E+13	0.25	0.008	1.33E+07	0.25	0.008	1.57E+07
311	4.32E+08	1.43E+00	9.07E+06	2.35E+13	0.25	0.008	1.05E+07	0.25	0.008	1.24E+07