



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΔΙΠΛΩΜΑ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ
«ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ»

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΔΑΤΙΚΩΝ
ΠΟΡΩΝ ΤΗΣ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΤΟΥ ΚΕΡΙΤΗ.



ΚΥΡΙΑΚΗ Δ. ΧΑΤΖΗΕΥΑΓΓΕΛΟΥ

Εξεταστική Επιτροπή:

Τσάνης Ι. (Επιβλέπων Καθηγητής)

Διαμαντόπουλος Β.

Χριστόπουλος Δ.

Χανιά, Ιούλιος 2005

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα εργασία εκπονήθηκε στο πλαίσιο του διατμηματικού προγράμματος μεταπτυχιακών σπουδών « Έλεγχος Ποιότητας και Διαχείριση Περιβάλλοντος» του τμήματος Μηχανικών Περιβάλλοντος του Πολυτεχνείου Κρήτης.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέπων καθηγητή, Καθηγητη Ιωάννη Τσάνη αρχικά για την ανάθεση της εργασίας, αλλά και για τη πολύτιμη συμβολή του καθόλη τη διάρκεια της μελέτης.

Στη συνέχεια θέλω να ευχαριστήσω θερμά τον κύριο Βοζινάκη Κωνσταντίνο. Η εμπειρία και οι γνώσεις του αποτέλεσαν πολύ σημαντική βοήθεια στη διεκπαιρέωση της μελέτης.

Ευχαριστώ επίσης, τον υποψήφιο διδάκτορα του τμήματος Μηχανικών Περιβάλλοντα, Κουτρούλη Άρη για τη διάθεση των χαρτών της περιοχής και τη συνεργασία μας, καθώς και τα μέλη του εργαστηρίου «Διαχείρισης Υδατικών Πόρων και Παράκτιας Μηχανικής», Αποστολάκη Μαρία, Σειραδάκη Κωστα, Κουτσογιαννάκη Ειρήνη, Πουντουράκη Αντώνη και Δαλιακόπουλο Γιάννη για τη καθημερινή συνεργασία μας. Ευχαριστώ θερμά επίσης τον Μανώλη Λατο, για τη βοήθεια και τη στήριξη του σε επιστημονικό και συναισθηματικό επίπεδο καθ' όλη τη διάρκεια των μεταπτυχιακών σπουδών μου.

Κυρίως όμως ευχαριστώ τους γονείς και τα αδέρφια μου, για την αγάπη, τη κατανόηση και την υλική συμπαράσταση που μου παρείχαν καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου. Κυρίως, γιατί είναι πάντοτε δίπλα...

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	1
Εισαγωγή.....	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	3
Η Διαχείριση των Υδατικών Πόρων	3
2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	3
2.2 Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ	5
2.3 ΣΤΟΧΟΙ ΤΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ.....	7
2.4 ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ	9
2.4.1 Ευρωπαϊκό Δίκαιο Υδάτων πριν από την Οδηγία 2000/60.....	9
2.4.2 Η Οδηγία 2000/60/EC, Πλαίσιο Κοινοτικής Δράσης στο Τομέα των Υδάτων.....	10
2.5 Η ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	13
2.5.1 Οι Υδατικοί Πόροι στην Ελλάδα	13
2.5.2 Το νομοθετικό πλαίσιο της Ελλάδας	14
2.5.3 Το Υδατικό Διαμέρισμα της Κρήτης	18
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	21
Περιγραφή της Περιοχής Μελέτης	21
3.1 ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΚΡΗΤΗΣ.....	21
3.1.1 Μορφολογικά Χαρακτηριστικά	21
3.1.2 Κλιματολογικά Χαρακτηριστικά	21
3.1.3 Γεωλογικά Χαρακτηριστικά [7].....	22
3.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	23
3.2.1 Γεωγραφική Θέση.....	23
3.2.2 Μορφολογικά Χαρακτηριστικά	24
3.2.3 Γεωλογικά Χαρακτηριστικά [6].....	25
3.3 ΥΔΡΟΦΟΡΙΕΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΚΕΡΙΤΗ	25
3.3.1 Υδρολογική λεκάνη Κερίτη	25
3.3.2 Εκφορτίσεις Πηγών στη Λεκάνη του Κερίτη	26
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	32
Ανάλυση Βροχομετρικών Δεδομένων.....	32
4.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	32
4.2 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	34
4.2.1 Σταθμός Ταυρωνίτη	36
4.2.2 Σταθμός Αλικιανού.....	39
4.2.3 Σταθμός Ζυμβραγού.....	42
4.2.4 Σταθμός Παλαιά Ρούματα.....	45
4.2.5 Σταθμός Πρασσέ.....	48
4.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΠΕΙΣΟΔΙΩΝ ΒΡΟΧΗΣ	51
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	54
Υδατικό Ισοζύγιο της Υδρολογικής Λεκάνης του Κερίτη	54
5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	54
5.2 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ	54
5.2.1 Στοιχεία Περιοχής.....	54
5.2.2 Βροχόπτωση.....	55

5.2.3 Εξατμισοδιαπνοή	61
5.2.4 Μέση Μεταβολή Στάθμης Υδροφορέα.....	62
5.3 ΥΔΑΤΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ	66
5.3.1 Όγκος Νερού στη Λεκάνη	67
5.3.2 Εξατμισοδιαπνοή	67
5.3.3 Κατείσδυση	67
5.3.4 Παροχές Πηγών Αγιάς και Μεσκλών	69
5.3.5 Αποτελέσματα Υδατικού Ισοζυγίου	70
5.4 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ	75
5.5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	82
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6	87
Διαχειριστική Προσομοίωση των Υδατικών Πόρων της Υδρολογικής Λεκάνης του Κερίτη με χρήση του μοντέλου RIBASIM.....	87
6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	87
6.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ RIBASIM	87
6.2.1 Εισαγωγή στο Μοντέλο Ribasim.....	87
6.2.2 Σχηματοποίηση Δικτύου [11]	89
6.2.3 Βασικοί Κανόνες Λειτουργίες Προσομοίωσης	96
6.2.3 Περιγραφή Κόμβων και Συνδέσμων [11].....	96
6.3 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΗΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ.....	110
6.3.1 Σημαντικότερες Απολήψεις και Φορείς Διαχείρισης της υδρολογικής λεκάνης του Κερίτη.....	110
6.3.2 Στοιχεία Απόληψης και Κατανάλωσης	112
6.3.3 Σχηματοποίηση Δικτύου - Ρύθμιση μοντέλου για το έτος 2004	117
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7	127
Διαχειριστικά Σενάρια Προσφοράς και Ζήτησης Νερού	127
7.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	127
7.2 ΠΛΗΡΗΣ ΑΡΔΕΥΣΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΑΚΡΩΤΗΡΙΟΥ	127
7.3 ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΖΗΤΗΣΗΣ ΝΕΡΟΥ.....	130
7.3.1 Αύξηση Αρδευτικής Ζήτησης	131
7.3.2 Αύξηση Υδρευτικής Ζήτησης.....	131
7.3.3 Εφαρμογή του Μοντέλου για την Μελλοντική Κατάσταση Ζήτησης σε ένα Κανονικό Υδρολογικό Έτος	133
7.4 ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ ΣΕΝΑΡΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΠΡΟΣΦΟΡΑΣ ΝΕΡΟΥ.....	137
7.4.1 Περαιτέρω Αναρύθμιση των Πηγών Αγιάς.....	138
7.4.2 Λειτουργία Φράγματος	139
7.4.3 Εξέταση Ξηρού Υδρολογικού έτους 1989/90	141
7.5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	143
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8	146
Συμπεράσματα – Προτάσεις για Περαιτέρω Έρευνα	146
8.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	146
8.1.1 Εκτίμηση Υδατικού Δυναμικού Υδρολογικής Λεκάνης.....	146
8.1.2 Εκτίμηση Απορροής Υδατορέματος Κερίτη.....	148
8.1.3 Διαχείριση Υδατικών Πόρων	150
8.2 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ	152
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	155

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 4.1: Μετεωρολογικοί σταθμοί της περιοχής	32
Πίνακας 4.2: Ανάλυση Επεισοδίων Βροχής	51
Πίνακας 4.3: Ανάλυση Επεισοδίων Βροχής από 73/74-2000/01 στο σταθμό Παλαιών Ρουμάτων	53
Πίνακας 5.1: Υψόμετρα και Μέση Βροχόπτωση Σταθμών	56
Πίνακας 5.2: Εξισώσεις Ετήσιων Βροχοβαθμίδων	57
Πίνακας 5.3: Γραμμική Συσχέτιση Μηνιαίων Βροχοπτώσεων σταθμών Αλικιανού-Παλαιά Ρούματα με μηνιαίες τιμές για τα έτη 1977/78-1996/97	60
Πίνακας 5.4: Καταγραφή Στάθμης Υδροφορέα	63
Πίνακας 5.5: Μέση Διακύμανση Στάθμης Υδροφορέα	64
Πίνακας 5.6: Μέση Ανύψωση Στάθμης Υδροφορέα	64
Πίνακας 5.7: Ετήσιες Εκροές Πηγών Αγιάς και Μεσκλών	65
Πίνακας 5.8: Χαρακτηριστικές Τιμές Ενεργού Πορώδους	68
Πίνακας 5.9: Υδατικό Ισοζύγιο της Υδρολογικής Λεκάνης του Κερίτη για τα έτη 1973/74-2000/01 με συμβολή της Αγιάς 50%, και εξατμισοδιαπνοή 30% (ορεινά) & 60% (πεδινά)	72
Πίνακας 5.10: Υδατικά Ισοζύγια Υδατικό Ισοζύγιο της Υδρολογικής Λεκάνης του Κερίτη για τα έτη 1973/74-2000/01 με συμβολή της Αγιάς 70%, και εξατμισοδιαπνοή 20% (ορεινά) & 50% (πεδινά)	73
Πίνακας 5.11: Απορροή του Κερίτη σε Mm^3 για διαφορετικά ποσοστά της Εξατμισοδιαπνοής και με 50% συμβολή της Αγιάς	78
Πίνακας 5.12: Απορροή του Κερίτη σε Mm^3 για διαφορετικά ποσοστά της παροχής Αγιάς	79
Πίνακας 5.13: Απορροή Κερίτη σε Mm^3 χρησιμοποιώντας τη βροχόπτωση στα ορεινά των σταθμών Παλαιά Ρούματα και Ομαλό (για τα διαθέσιμα στοιχεία του Ομαλού)	80
Πίνακας 5.14: Απορροή Κερίτη για διάφορους συνδυασμούς Εξατμισοδιαπνοής-Συμβολή Αγιάς	81
Πίνακας 5.15: Συνοπτικά Αποτελέσματα Υδατικού Ισοζυγίου στη Λεκάνη του Κερίτη	82
Πίνακας 5.16: Υδατικό Δυναμικό Λεκάνης Κερίτη (Παλαιά Ρούματα)	84
Πίνακας 5.17: Υδατικό Δυναμικό Λεκάνης για διάφορα σενάρια (σε Mm^3)	84
Πίνακας 5.18: Υδατικό Δυναμικό Λεκάνης Κερίτη (Ομαλός)	84
Πίνακας 6.1: Στοιχεία Διαχείρισης Νερού από τον ΟΑΔΥΚ για το έτος 1990	113
Πίνακας 6.2: Στοιχεία Διαχείρισης Νερού από τον ΟΑΔΥΚ για το έτος 1996	113
Πίνακας 6.3: Στοιχεία Διαχείρισης Νερού από τον ΟΑΔΥΚ για το έτος 2004	114
Πίνακας 6.4: Στοιχεία Διαχείρισης Νερού από τη ΔΕΥΑΧ	115
Πίνακας 6.5: Απολήψιμες Ποσότητες Επιφανειακού Υδατικού Δυναμικού	116
Πίνακας 6.6: Διαχείριση Επιφανειακών Υδατικών Πόρων για το 2004	116
Πίνακας 7.1: Διαχείριση Υδρευτικής Ζήτησης	132
Πίνακας 7.2: Μελλοντικό Σενάριο Υδρευτικής Ζήτησης	133
Πίνακας 7.3: Αξιοποίηση της Αγιάς στα εξεταζόμενα σενάρια (Ιούνιος-Σεπτέμβριος)	139
Πίνακας 7.4: Αξιοποίηση των Μεσκλών στα εξεταζόμενα σενάρια	140

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 3.1: Υδρολογική Λεκάνη Κερίτη	26
Σχήμα 3.2: Πηγή Επαφής.....	27
Σχήμα 2.3: Πηγή Ταπείνωσης	27
Σχήμα 3.4: Πηγή Υπερπλήρωσης.....	27
Σχήμα 3.5: Ανερχόμενη Ρηγματογενής Πηγή	28
Σχήμα 3.6: Ανερχόμενη πηγή πλήρωσης.....	28
Σχήμα 3.3: Διαλείπουσα Πηγή.....	28
Σχήμα 4.1: Βροχομετρικοί Σταθμοί στη Περιοχή Μελέτης.....	33
Σχήμα 6.1: Τύποι κόμβων και συνδέσμων του Ribasim	91
Σχήμα 6.2: Σχηματοποίηση της συμβολής τριών υδατορεμάτων	94
Σχήμα 6.3: Σχηματοποίηση της απόληψης νερού από το κύριο υδατόρεμα	95
Σχήμα 6.4: Σχηματοποίηση ενός φράγματος που συνδυάζεται με υδροηλεκτρικό σταθμό	95
Σχήμα 6.5: Οι παροχές των τριών τύπων ροής στο διαιρέτη	103
Σχήμα 6.6: Γεωμετρία και υδατικό ισοζύγιο ενός ταμιευτήρα με υδροηλεκτρικό σταθμό	105
Σχήμα 6.7: Χαρακτηριστικά ύψη του ταμιευτήρα	106
Σχήμα 6.8: Σχηματοποίηση του δικτύου για τη περιοχή μελέτης.....	118
Σχήμα 6.9: Δίκτυο προσομοίωσης της Διαχείρισης Υδατικών Πόρων της Υδρολογικής Λεκάνης του Κερίτη.....	126

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 4.1: Περίοδος Μηνιαίων Χρονοσειρών	32
Διάγραμμα 4.2: Περίοδος Ημερήσιων Χρονοσειρών	32
Διάγραμμα 4.3: Υπερετήσιες τιμές βροχοπτώσεων στους εξεταζόμενους σταθμούς.....	33
Διάγραμμα 4.4: Ετήσιες Βροχοπτώσεις του σταθμού Ταυρωνίτη.....	36
Διάγραμμα 4.5: Μέση Μηνιαία Βροχόπτωση του σταθμού Ταυρωνίτη.....	36
Διάγραμμα 4.6: Καμπύλη Αποκλίσεων του σταθμού Ταυρωνίτη	37
Διάγραμμα 4.7: Καμπύλη Αθροιστικών Αποκλίσεων του σταθμού Ταυρωνίτη.....	37
Διάγραμμα 4.8: Καμπύλη Κυλιόμενου Μέσου Όρου σταθμού Ταυρωνίτη.....	38
Διάγραμμα 4.9: Ετήσιες Βροχοπτώσεις του σταθμού Αλικιανού	39
Διάγραμμα 4.10: Μέση Μηνιαία Βροχόπτωση του σταθμού Αλικιανού	39
Διάγραμμα 4.11: Καμπύλη Αποκλίσεων του σταθμού Αλικιανού.....	40
Διάγραμμα 4.12: Καμπύλη Αθροιστικών Αποκλίσεων του σταθμού Αλικιανού	40
Διάγραμμα 4.13: Καμπύλη Κυλιόμενου Μέσου Όρου σταθμού Αλικιανού	41
Διάγραμμα 4.14: Ετήσιες Βροχοπτώσεις του σταθμού Ζυμβραγού	42
Διάγραμμα 4.15: Μέση Μηνιαία Βροχόπτωση του σταθμού Ζυμβραγού	42
Διάγραμμα 4.16: Καμπύλη Αποκλίσεων του σταθμού Ζυμβραγού.....	43
Διάγραμμα 4.17: Καμπύλη Αθροιστικών Αποκλίσεων του σταθμού Ζυμβραγού.....	43
Διάγραμμα 4.18: Καμπύλη Κυλιόμενου Μέσου Όρου σταθμού Ζυμβραγού.....	44
Διάγραμμα 4.19: Ετήσιες Βροχοπτώσεις του σταθμού Παλαιών Ρουμάτων	45

Διάγραμμα 4.20: Μέση Μηνιαία Βροχόπτωση του σταθμού Παλαιών Ρουμάτων	45
Διάγραμμα 4.21: Καμπύλη Αποκλίσεων του σταθμού Παλαιών Ρουμάτων	46
Διάγραμμα 4.22: Καμπύλη Αθροιστικών Αποκλίσεων του σταθμού Παλαιών Ρουμάτων	46
Διάγραμμα 4.23: Καμπύλη Κυλιόμενου Μέσου Όρου σταθμού Παλαιών Ρουμάτων	47
Διάγραμμα 4.24: Ετήσιες Βροχοπτώσεις του σταθμού Πρασσές.....	48
Διάγραμμα 4.25: Μέση Μηνιαία Βροχόπτωση του σταθμού Πρασσές.....	48
Διάγραμμα 4.26: Καμπύλη Αποκλίσεων του σταθμού Πρασσές.....	49
Διάγραμμα 4.27: Καμπύλη Αθροιστικών Αποκλίσεων του σταθμού Πρασσές	49
Διάγραμμα 4.28: Καμπύλη Κυλιόμενου Μέσου Όρου σταθμού Πρασσές.....	50
Σχήμα 5.1: Διαχωρισμός Υδρολογικής Έκτασης Λεκάνης Κερίτη.....	55
Διάγραμμα 5.1: Εξίσωση Βροχοβαθμίδας για τα κοινά έτη 77/78-97/97.....	56
Διάγραμμα 5.2: Εξίσωση Βροχοβαθμίδας για το Έτος 1995/96	58
Διάγραμμα 5.3: Εξίσωση Βροχοβαθμίδας για το Έτος 1996/97	58
Διάγραμμα 5.4: Γραμμική Συσχέτιση Ετήσιας Βροχόπτωσης σταθμών Αλικιανού-Παλαιά Ρούματα για τα έτη 1977/78-1996/97.....	59
Διάγραμμα 5.5: Συσχέτιση Βροχόπτωσης- Παροχής πηγών Αγιάς και Μεσκλών.....	74
Διάγραμμα 5.7: Διακύμανση της μέσης απορροής του Κερίτη για διάφορες τιμές Εξατμισοδιαπνοής.....	76
Διάγραμμα 6.3: Δεδομένα για τους κόμβους σταθερής παροχής.....	120
Διάγραμμα 6.4: Δεδομένα για τους κόμβους υδρευτικής κατανάλωσης για το έτος 2004	122
Διάγραμμα 7.2: Αποτελέσματα εφαρμογής για το σενάριο αύξησης άρδευσης Ακρωτηρίου	129
Διάγραμμα 7.3: Τάση αύξησης της απόληψης και κατανάλωσης για την υδρευτική χρήση	132
Διάγραμμα 7.6: Σύγκριση Απολήψεων Αγιάς για τη σημερινή και μελλοντική ζήτηση με δίκτυο χωρίς περιορισμούς παροχευτικότητας	136
Διάγραμμα 7.7: Σύγκριση Απολήψεων Μεσκλών για τη σημερινή κατάσταση και μελλοντική ζήτηση με δίκτυο χωρίς περιορισμούς παροχευτικότητας	136
Διάγραμμα 7.8: Εκμετάλλευση Αγιάς για τα Διάφορα Σενάρια.....	139
Διάγραμμα 7.10: Μηνιαίες Παροχές Αγιάς για ένα Κανονικό και ένα Ξηρό Έτος.....	141
Διάγραμμα 7.11: Μηνιαίες Παροχές Μεσκλών για ένα Κανονικό και ένα Ξηρό Έτος.....	142

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία αποτελεί μια μελέτη του υδατικού δυναμικού καθώς και του υδατικού ισοζυγίου μεταξύ των διαθέσιμων υδατικών πόρων και των υδατικών απαιτήσεων στην υδρολογική λεκάνη του ποταμού Κερίτη.

Προκειμένου να υπολογισθεί το υδατικό δυναμικό της λεκάνης και δεδομένου της έλλειψης μετρήσεων απορροής του ποταμού Κερίτη, έγινε μια ανάλυση που στόχο είχε την εκτίμηση της απορροής αυτής. Στην ανάλυση αυτή χρησιμοποιήθηκαν επεξεργασμένα τα διαθέσιμα στοιχεία βροχόπτωσης καθώς και οι ετήσιες χρονοσειρές παροχής των πηγών Μεσκλών και Αγιάς. Εκτιμήθηκε η εξατμισοδιαπνοή συναρτήσει της βροχόπτωσης, και μελετήθηκαν τα διαθέσιμα στοιχεία από γεωτρήσεις απογραφής με σκοπό την εκτίμηση της μέσης μεταβολής της στάθμης και αναπλήρωσης του υδροφορέα. Υπολογίστηκε έτσι το υδατικό ισοζύγιο της υδρολογικής λεκάνης του Κερίτη.

Στη συνέχεια, το υδατικό δυναμικό των επιφανειακών κυρίως υδατικών πόρων της περιοχής μελέτης, καθώς και η ζήτηση που ικανοποιείται από αυτούς προσομοιώθηκαν από το διαχειριστικό πρόγραμμα *Ribasim* (RIVER BASIN SIMULATION Model) με στόχο τη διαχείριση των υδατικών πόρων. Συλλέχθησαν στοιχεία προσφοράς νερού καθώς και στοιχεία αναγκών της περιοχής σε νερό με στόχο τη προσομοίωση της παρούσας κατάστασης των υδατικών πόρων. Στη συνέχεια εκτιμήθηκαν οι μελλοντικές ανάγκες σε νερό και εξετάστηκαν διάφορα εναλλακτικά σενάρια προσφοράς και ζήτησης, ούτως ώστε να προκύψουν κατάλληλες διαχειριστικές προτάσεις για τους υδατικούς πόρους της υδρολογικής λεκάνης του Κερίτη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Εισαγωγή

Η παρούσα εργασία αποτελεί μια διερεύνηση του υδατικού δυναμικού καθώς και του υδατικού ισοζυγίου της υδρολογικής λεκάνης του ποταμού Κερίτη.

Η υδρολογική λεκάνη του Κερίτη αποτελεί μια από τις σημαντικότερες υδρολογικές λεκάνες του Νομού Χανίων. Βρίσκεται στο κεντρικό τμήμα του Νομού Χανίων και ανήκει στην επαρχία της Κυδωνίας. Έχει έκταση περί τα 219Km² και μέσο υψόμετρο 734 m. Μέσα στα όρια της υδρολογικής λεκάνης του Κερίτη εμφανίζονται τρεις κύριες ομάδες καρστικών πηγών.

Αρχικά συλλέχθηκαν τα βροχομετρικά στοιχεία των πλησιέστερων προς τη λεκάνη σταθμών, καθώς μόνο ένας βροχομετρικός σταθμός βρίσκεται εντός της λεκάνης. Έγινε μια απλή στατιστική επεξεργασία των διαθέσιμων βροχομετρικών δεδομένων καθώς και μια ανάλυση των επεισοδίων βροχόπτωσης.

Στη συνέχεια, προκειμένου να υπολογισθεί το υδατικό δυναμικό της λεκάνης και δεδομένου της έλλειψης μετρήσεων απορροής του ποταμού Κερίτη, έγινε μια ανάλυση που στόχο είχε την εκτίμηση της απορροής αυτής. Στην ανάλυση αυτή χρησιμοποιήθηκαν επεξεργασμένα τα διαθέσιμα στοιχεία βροχόπτωσης καθώς και οι ετήσιες χρονοσειρές παροχής των πηγών Μεσκλών και Αγιάς. Εκτιμήθηκε η εξατμισοδιαπνοή συναρτήσει της βροχόπτωσης και μελετήθηκαν τα διαθέσιμα στοιχεία από γεωτρήσεις απογραφής με σκοπό την εκτίμηση της μέσης μεταβολής της στάθμης και αναπλήρωσης του υδροφορέα. Κυριότερος στόχος της ανάλυσης αυτής ήταν να υπολογισθεί η απορροή του ποταμού Κερίτη, χωρίς να συμπεριλαμβάνεται σ' αυτήν η απορροή νερού που προέρχεται από το σύστημα των πηγών. Η απορροή αυτή δεν έχει μετρηθεί μέχρι σήμερα, με αποτέλεσμα να υπάρχει μια σημαντική απορροή νερού στη περιοχή, που η πιθανή μελλοντική αξιοποίηση της προϋποθέτει αρχικά την ποσοτικοποίηση της. Επίσης, έγινε εκτίμηση του υδατικού δυναμικού της λεκάνης σύμφωνα με τη λογική του υδατικού ισοζυγίου και ακολούθησε η ανάλυση της αβεβαιότητας που υπεισέρχεται στα αποτελέσματα που προέκυψαν.

Στη συνέχεια το επιφανειακό υδατικό δυναμικό καθώς και οι υδατικές ανάγκες της περιοχής μελέτης, προσομοιώθηκαν από το διαχειριστικό πρόγραμμα *Ribasim* (RIVER BASIN SIMULATION Model) με στόχο τη διαχείριση

των υδατικών πόρων. Συλλέχθηκαν και εισήχθησαν στοιχεία προσφοράς νερού καθώς και στοιχεία αρδευτικών και υδρευτικών καταναλώσεων της περιοχής με στόχο τη προσομοίωση της παρούσας κατάστασης των υδατικών πόρων. Τα σημεία παροχής νερού στο σύστημα αλλά και οι ανάγκες σε νερό αντιπροσωπεύονται από κόμβους προσφοράς και ζήτησης. Στη συνέχεια προσομοιώθηκε ο τρόπος που γίνεται η διανομή του υδατικού δυναμικού με όσο το δυνατόν καλύτερο τρόπο, δεδομένου των περιορισμένων διαθέσιμων στοιχείων. Έτσι, έγινε μια προσομοίωση του δικτύου της περιοχής καθώς και της παροχευτικής ικανότητας του, κυρίως για το έτος 2004.

Έχοντας πλέον τη προσομοίωση του δικτύου στο διαχειριστικό μοντέλο Ribasim για το έτος 2004, ακολούθησε η εξέταση διάφορων διαχειριστικών σεναρίων. Τα σενάρια αυτά αφορούν κυρίως στην αλλαγή της ζήτησης νερού και βασίζονται σε προτάσεις – αναπτυξιακά σχέδια που έχουν συζητηθεί και προταθεί για την περιοχή. Σύμφωνα με αυτά, μελετάται η δυνατότητα επέκτασης της αρδευόμενης έκτασης. Αυτό ισοδυναμεί με αύξηση της ζήτησης των αρδευτικών αναγκών για τη περιοχή. Παράλληλα, εξετάζεται και η αύξηση της μελλοντικής υδρευτικής ζήτησης. Με την εφαρμογή του διαχειριστικού μοντέλου εξετάζεται το κατά πόσο το υδατικό δυναμικό της περιοχής μπορεί να καλύψει αυτές τις περαιτέρω ανάγκες με την υπάρχουσα υποδομή και διαχείριση. Στη συνέχεια μελετώνται κάποια εναλλακτικά σενάρια διαχείρισης της προσφοράς νερού με στόχο τη κάλυψη των μελλοντικών υδατικών αναγκών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Η Διαχείριση των Υδατικών Πόρων

2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το σύνολο του νερού πάνω στη γη βρίσκεται σε μια κατάσταση δυναμικής ισορροπίας μεταξύ των τριών φάσεων του (υγρής, στερεάς και αέριας) και συγχρόνως σε μια κατάσταση διαρκούς κυκλοφορίας, περιοδικά μεταβαλλόμενης, που είναι γνωστή ως υδρολογικός κύκλος. Η ποσοστιαία κατανομή του συνολικού υδατικού όγκου στον πλανήτη είναι κατ' αρχήν δείκτης της σοβαρότητας του προβλήματος της διαχείρισης των υδατικών πόρων, αφού όπως προκύπτει από τις σχετικές εκτιμήσεις το νερό που τελικά μπορεί να αξιοποιηθεί για την κάλυψη των αναγκών αποτελεί ένα ελάχιστο ποσοστό του συνολικού.

Πίνακας 2.1: Παγκόσμια ισορροπία νερού. Καταμερισμός στις διάφορες αποθήκες νερού. [1]

Αποθήκη Νερού	Όγκος (Km ³)	Όγκος (%)
<i>Υδρόσφαιρα</i>	<i>145x10⁷</i>	<i>100</i>
Θάλασσα	137x10 ⁷	94
Υπόγειοι Υδροφορείς	6x10 ⁷	4
Πολικοί & Μόνιμοι Πάγοι	24x10 ⁶	2
Επιφανειακές λίμνες	28x10 ⁴	0.02
Ζώνη ριζών	8x10 ⁴	0.01
Ατμόσφαιρα	14x10 ³	0.001
Ποταμοί	12x10 ²	0.0001

Από τον Πίνακα 2.1 φαίνεται ότι το αλμυρό νερό αποτελεί το 94% του νερού στη γη, το οποίο, όσο τουλάχιστον η αφαλάτωση παραμένει οικονομικά ασύμφορη λύση, δεν προσφέρεται για αξιοποίηση και εκμετάλλευση. Το υπόλοιπο 6% είναι γλυκό νερό αλλά από αυτό, το 1/3 (περί τα 24x10⁶ km³) είναι στη μορφή χιονιού και πάγων και δεν είναι δυνατόν να το εκμεταλλευτούμε με τη σημερινή τεχνολογία.

Από το ποσοστό που υπολείπεται και που αποτελεί τους δυνητικούς υδατικούς πόρους, όλο το νερό, εκτός μιας μικρής ποσότητας, βρίσκεται στους υπόγειους υδροφορείς. Περίπου η μισή ποσότητα του υπόγειου νερού όμως, βρίσκεται σε βάθος μεγαλύτερο των 800 μέτρων, γεγονός που σημαίνει ότι το

νερό αυτό παραμένει πρακτικά αναξιοποίητο. Αυτή η ποσότητα νερού αποτελεί και τα μόνιμα αποθέματα νερού στους υπόγειους υδροφορείς. Το περιεχόμενο των μόνιμων αποθεμάτων των υδροφόρων στρωμάτων αλλάζει σε μια περίοδο πολλών χιλιάδων ετών. Αυτοί οι υδατικοί πόροι αποτελούν αποθέματα όπως π.χ. τα μεταλλεύματα, σε αντίθεση με τους ανανεώσιμους υδατικούς πόρους. Όπως για κάθε φυσικό πόρο, έτσι και για το νερό, είναι λανθασμένη η αντιμετώπιση του αγαθού ως ανεξάντλητη ποσότητα. Μπορεί σε μεγαλύτερο βαθμό συγκριτικά με άλλα φυσικά αγαθά να υπάρχει δυνατότητα ανανέωσης, όμως πρέπει να τονισθεί ότι το νερό που τελικά μπορεί να αξιοποιηθεί για την κάλυψη των αναγκών αποτελεί ένα ελάχιστο ποσοστό της συνολικής ποσότητας νερού σε παγκόσμιο επίπεδο.

Το πρόβλημα της ποσοτικής ανεπάρκειας σε νερό εντείνεται καθώς αυξάνεται διαρκώς η κατανάλωση του. Η αύξηση αυτή έχει δυο συνιστώσες: την αύξηση των αναγκών σε νερό στις αναπτυσσόμενες χώρες του κόσμου ως αποτέλεσμα της ανόδου του βιοτικού επιπέδου, της αλματώδους ανάπτυξης και της τεχνολογικής εξέλιξης, (αύξηση οικιακών χρήσεων, ραγδαία αύξηση των αρδευόμενων καλλιεργειών, επέκταση υδροβόρων βιομηχανικών μονάδων) και τη συνολική αύξηση του πληθυσμού του πλανήτη. Πράγματι, οι καταναλώσεις νερού παρουσιάζονται εξαιρετικά αυξημένες σε σχέση με τα περασμένα χρόνια και η συνολική ζήτηση νερού συνεχώς αυξάνεται. Υπολογίζεται ότι μέσα στον 20^ο αιώνα η ζήτηση νερού παγκοσμίως έχει δεκαπλασιαστεί. Είναι επίσης γνωστό ότι ο ρυθμός αύξησης της χρήσης του νερού είναι μεγαλύτερος από αυτόν της αύξησης του παγκόσμιου πληθυσμού. Στο μέλλον, διπλασιασμός του πληθυσμού θα σημαίνει εξαπλασιασμό των αναγκών σε νερό. [2]

Προβλήματα νερού, όμως δεν αντιμετωπίζουν μόνο οι χώρες που χαρακτηρίζονται ως άνυδρες, αλλά και χώρες που θεωρούνται πλούσιες, με βάση το δείκτη των μέσων ετήσιων αποθεμάτων νερού ανά κάτοικο. Έτσι, σε πολλές χώρες όπως και στη χώρα μας, ενώ η συνολική ποσότητα νερού φαίνεται να είναι αρκετή, εμφανίζονται περιοχές με έντονα ελλείμματα νερού. Αυτό οφείλεται κυρίως στην άνιση κατανομή του νερού στο χώρο και το χρόνο (ψηλά βουνά με πλούσια υδατικά αποθέματα και πεδινές παράκτιες ή νησιωτικές περιοχές με φτωχό υδατικό δυναμικό, εύκρατα κλίματα με υγρούς χειμώνες που ακολουθούνται από «στεγνά» καλοκαίρια) αλλά και στην άνιση κατανομή της ζήτησης με υδροβόρες δραστηριότητες να αναπτύσσονται στις άνυδρες περιοχές κατά τη διάρκεια της ξηρής περιόδου (αγροτικές ανάγκες στις

πεδινές περιοχές και τουρισμός στις παράκτιες και νησιώτικες περιοχές κατά τους θερινούς μήνες).

Η συνεχής υποβάθμιση της ποιότητας του νερού λόγω της ανεξέλεγκτης διάθεσης αποβλήτων και απορριμμάτων αλλά και ως αποτέλεσμα της εντατικοποίησης των καλλιεργειών, πέρα από τις ίσως ανεπανόρθωτες δυσμενείς περιβαλλοντικές επιπτώσεις, έχει φέρει πολλές χώρες σήμερα στα πρόθυρα της λειψυδρίας. Η ποιοτική υποβάθμιση των υδατικών πόρων είναι επίσης άρρηκτα συνδεδεμένη με την αύξηση του πληθυσμού της γης και την εντατικοποίηση της ανθρώπινης παραγωγικής δραστηριότητας μέσα σε ένα τεχνοκρατικό πνεύμα. Πρόκειται για έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες μείωσης των υδατικών αποθεμάτων, καθώς υπάρχουν ρυπαντές που με την είσοδο τους στη χημική σύσταση του νερού το καθιστούν ακατάλληλο και προς χρήση για πολλά χρόνια και προς διαβίωση των υπαρχόντων σε αυτό οργανισμών.

Αν σκεφτούμε το πρόβλημα μακροπρόθεσμα, με τη λογική της αειφόρου ανάπτυξης για το περιβάλλον σύμφωνα με τις αρχές της οποίας το κριτήριο της ανάπτυξης είναι η διατήρηση και συνέχιση της ζωής στον πλανήτη, τότε η ανθρωπότητα θα πρέπει να προσβλέπει σε μικρότερη ποσότητα διαθέσιμου γλυκού νερού από το συνολικό απόθεμα νερού και συγκεκριμένα στη ποσότητα που αντιστοιχεί στα ανανεώσιμα αποθέματα του νερού. Σε γενικές γραμμές, το νερό για να συνεχίσει να συντηρεί τη ζωή, δε θα πρέπει να καταναλώνεται με ρυθμούς ταχύτερους από τους ρυθμούς της ετήσιας ανανέωσης του στο πλαίσιο του υδρολογικού κύκλου.

2.2 Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ

Με τον όρο Διαχείριση των Υδατικών Πόρων, εννοούμε το σύνολο των μεθόδων και δραστηριοτήτων που απαιτούνται για την ορθολογική αξιοποίηση του υδατικού δυναμικού με στόχο τη πληρέστερη δυνατή κάλυψη των αναγκών σε νερό.

Πρακτικά, στη Διαχείριση των Υδατικών Πόρων συμπεριλαμβάνονται τόσο οι επιστημονικές και τεχνικές μέθοδοι, όσο και οι επιχειρησιακές επεμβάσεις και τα διοικητικά μέτρα που στόχο έχουν τη βέλτιστη αξιοποίηση του υδατικού δυναμικού, προκειμένου να ικανοποιηθεί μεγάλο μέρος των απαιτήσεων σε νερό, σύμφωνα με τα κριτήρια, τις προτεραιότητες και τους στόχους που έχουν προκαθοριστεί.

Η Διαχείριση των Υδατικών Πόρων, διακρίνεται σε δύο συνιστώσες, την *υδρολογική* και την *επιχειρησιακή*. Η πρώτη έχει φυσικό χαρακτήρα και αφορά την έρευνα, την παρακολούθηση και τη μελέτη κατανομής και διαθεσιμότητας των υδατικών πόρων στο χώρο και το χρόνο. Η δεύτερη διάσταση έχει κοινωνικοοικονομικό χαρακτήρα και αφορά τη διοικητική-οργανωτική και επιχειρησιακή διάρθρωση των παρεμβάσεων. Ο όρος λοιπόν «Διαχείριση Υδατικών Πόρων» αναφέρεται σαφώς στην **υδρολογική** διάσταση, επεκτείνεται όμως και στην **επιχειρησιακή** διάσταση του θέματος παραπέμποντας στο δύσκολο σύστημα «υδατικός πόρος-χρήση του». Έτσι η Διαχείριση των Υδατικών Πόρων αναφέρεται αλλά και υλοποιείται σε δυο διαστάσεις, στη **φυσική** από τη μια πλευρά και στην **κοινωνικοπολιτική** από την άλλη. [2]

Η φυσική διάσταση καλύπτει το αντικείμενο της φυσικής προσφοράς σε νερό και συγκεκριμένα ό,τι σχετίζεται με την κατανομή και τη διαθεσιμότητα των υδατικών πόρων στη φύση, καθώς και με τη δυναμική τους στο χώρο και το χρόνο. Ακόμη η φυσική διάσταση επεκτείνεται και σε ό,τι έχει να κάνει με τα θέματα της απόληψης του νερού από το περιβάλλον, καθώς και με εκείνα της επιστροφής του σ' αυτό.

Η κοινωνικοοικονομική διάσταση από την άλλη πλευρά αναφέρεται στην αξιοποίηση των υδατικών πόρων στην κατεύθυνση της κάλυψης των υδατικών αναγκών. Με την έννοια αυτή σχετίζεται με τη ζήτηση του νερού και τους παράγοντες που τη διαμορφώνουν και την επηρεάζουν, καθώς και με τον ορθολογικό σχεδιασμό της αξιοποίησης των υδατικών πόρων και της κατανομής τους στις χρήσεις και τις δραστηριότητες, προκειμένου να επιτυγχάνεται το μέγιστο δυνατό όφελος. Ο όρος του οφέλους στη προκειμένη περίπτωση, όπου το προς αξιοποίηση αγαθό είναι το νερό, δεν είναι δυνατόν να εξαντλείται στην οικονομική θεώρηση του ζητήματος, αλλά όπως είναι φυσικό επεκτείνεται κατά τρόπο που να επιτρέπει την ενσωμάτωση και κοινωνικών, περιβαλλοντικών ή συχνά και εθνικών στόχων και παραμέτρων, σύμφωνα με τα κριτήρια και τις προτεραιότητες που κάθε φορά τίθενται.

Σύμφωνα με τον ορισμό που προηγήθηκε, η Διαχείριση των Υδατικών Πόρων μπορεί με απλό τρόπο να παραλληλιστεί με μια οικονομική δραστηριότητα, η οποία υπόκειται στους νόμους της προσφοράς και της ζήτησης. Η διαφορά στην προκειμένη περίπτωση, η οποία προσδίδει και την ιδιαιτερότητα στο αντικείμενο της Διαχείρισης των Υδατικών Πόρων, είναι το γεγονός ότι το αγαθό που προσφέρεται είναι το νερό, ένα φυσικό δηλαδή

αγαθό, με έντονα στοιχεία κοινωνικού χαρακτήρα, αλλά και με την ιδιότητα να εμφανίζει έντονη ανισοκατανομή και μεταβλητότητα στο χώρο και το χρόνο.

2.3 ΣΤΟΧΟΙ ΤΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ

Μεταξύ των στόχων της Διαχείρισης των Υδατικών Πόρων, ως κυριότεροι αναφέρονται οι ακόλουθοι:

- **Η διευθέτηση της φυσικής προσφοράς του νερού σε σχέση με τη ζήτηση.** Πρόκειται για το παραδοσιακό αντικείμενο της Υδρολογίας και των Υδραυλικών Έργων, προσανατολισμένο στην προοπτική της ικανοποίησης των αναγκών σε νερό. Η γνώση των φυσικών μηχανισμών της ανανέωσης των υδατικών αποθεμάτων στο πλαίσιο του υδρολογικού κύκλου, η προσομοίωση της λειτουργίας των υδατικών συστημάτων και η πρόγνωση της συμπεριφοράς τους για διάφορα πιθανά σενάρια μετεωρολογικών και υδρολογικών συνθηκών, οδηγεί στον προσδιορισμό του υπάρχοντος υδατικού δυναμικού και βοηθά στην αντικειμενική εκτίμηση των δυνατοτήτων του.

Αποτέλεσμα αυτής της σύνθετης διαδικασίας είναι η καλύτερη αξιοποίηση του διαθέσιμου υδατικού δυναμικού αλλά και η δυνατότητα αναζήτησης και εντοπισμού νέων πηγών νερού, προκειμένου να καλυφτούν με το καλύτερο δυνατό τρόπο οι σημερινές και όσο το δυνατόν μελλοντικές ανάγκες σε νερό. Ο σχεδιασμός και η εκτέλεση έργων συλλογής και αποθήκευσης, αναρρύθμισης και διευθέτησης καθώς και μεταφοράς, διανομής και εκμετάλλευσης των υδατικών πόρων, αποτελεί το τελευταίο στάδιο αυτής της διαδικασίας αξιοποίησης και διευθέτησης της φυσικής προσφοράς του νερού σε σχέση με τη ζήτηση.

- **Η διευθέτηση της ζήτησης του νερού σε σχέση με τη διαθεσιμότητα των υδατικών πόρων.** Ο καθορισμός δηλαδή στην πράξη των αναγκών και δραστηριοτήτων που καταναλώνουν νερό, σύμφωνα με τις φυσικές δυνατότητες των υδατικών πόρων. Η καταγραφή των υπάρχουσων χρήσεων του νερού αφενός και η γνώση του διαθέσιμου υδατικού δυναμικού αφετέρου, έχει ως αποτέλεσμα τη δυνατότητα χάραξης πολιτικής νερού, με την έννοια της προσαρμογής των αναπτυξιακών προγραμμάτων και των σχετικών επενδύσεων στις φυσικές δυνατότητες των υπό μελέτη περιοχών.

- **Η προστασία και διατήρηση της ποιότητας του νερού.** Η δραστηριότητα αυτή θεωρείται και είναι πρωταρχική για τη Διαχείριση των Υδατικών Πόρων για τους προφανείς λόγους της περιβαλλοντικής προστασίας και διατήρησης της οικολογικής ισορροπίας αλλά και γιατί η διατήρηση της

ποιότητας του νερού σε ανεκτά επίπεδα αποτελεί την απαραίτητη προϋπόθεση για την κάλυψη της ζήτησης και την ικανοποίηση των αναγκών. Αυτός είναι και ο λόγος που στη σύγχρονη νομοθεσία η ρύπανση του νερού λογίζεται ως μια ακόμη ανταγωνιστική χρήση μια και πρακτικά έχει τη δυνατότητα να δεσμεύει τους υδατικούς πόρους και να εμποδίζει την περαιτέρω αξιοποίηση τους. Ο κατάλληλος σχεδιασμός λοιπόν των έργων προστασίας ή και αποκατάστασης των υδατικών πόρων καθώς και η εκτίμηση των επιπτώσεων στα υδατικά συστήματα από την εκτέλεση και λειτουργία των υδραυλικών έργων ή και άλλου είδους τεχνικών έργων αποτελεί χαρακτηριστικό πεδίο της Διαχείρισης των Υδατικών Πόρων.

- **Η αντιμετώπιση των ανοιγμάτων σε προσφορά και ζήτηση.** Η εκπόνηση υδατικών ισοζυγίων και ισοζυγίων προσφοράς και ζήτησης νερού σε επίπεδο υδρολογικής λεκάνης ή και υδατικού διαμερίσματος, αποτελεί την υποδομή που απαιτείται για τον έγκαιρο εντοπισμό και την αποτελεσματική αντιμετώπιση των τυχόν ανοιγμάτων ανάμεσα σε προσφορά και ζήτηση του νερού.

- **Η εξομάλυνση των συγκρούσεων ανάμεσα στις ανταγωνιστικές χρήσεις.** Πρόκειται για ένα σημαντικό ζήτημα που απασχολεί διεθνώς όσους ασχολούνται με τη Διαχείριση των Υδατικών Πόρων. Οι δραστηριότητες που καταναλώνουν νερό είναι άμεσα ανταγωνιστικές, με την έννοια ότι η ικανοποίηση των αναγκών κάποιας από αυτές συνήθως αποκλείει τη δυνατότητα ικανοποίησης των αναγκών κάποιας άλλης, καθώς οι υδατικοί πόροι είναι πεπερασμένοι ποσοτικά και επιπλέον στην ανανέωση τους δεν υπάρχει δυνατότητα επέμβασης και ελέγχου.

Έτσι η διαχείριση των υδατικών πόρων ισοδυναμεί με μια διαδικασία αξιολόγησης αναγκών, ιεράρχησης προτεραιοτήτων και επίλυσης διαφορών, προκειμένου να ικανοποιούνται οι ανάγκες κατά τρόπο δίκαιο, ωφέλιμο και ορθολογικό.

- **Η πρόληψη των απωλειών του νερού και η αξιοποίηση των πλεονασμάτων.** Οι απώλειες των τεχνικών έργων και των υδραυλικών δικτύων αποτελούν συχνά περιοριστικό παράγοντα στην πλήρη εκμετάλλευση του διαθέσιμου υδατικού δυναμικού, καθώς ανέρχονται σε υψηλά ποσοστά. Από την άλλη πλευρά συμβαίνει, εξαιτίας λανθασμένων υπολογισμών ή μεταβολών σε βασικούς παράγοντες σχεδιασμού, να υπάρχουν πλεονάσματα νερού τα οποία να μην αξιοποιούνται επαρκώς. Η αντιμετώπιση και η εξομάλυνση

παρόμοιων εκτροπών ανήκει στις βασικές αρμοδιότητες της διαχείρισης των υδατικών πόρων.

▪ **Ο συντονισμός των δραστηριοτήτων έρευνας, αξιοποίησης, χρήσης και προστασίας των υδατικών πόρων.** Η διαχείριση των υδατικών πόρων, πέρα από την επιδίωξη της αντιμετώπισης καθενός ξεχωριστά από τα προαναφερθέντα προβλήματα, έχει τη βασική αρμοδιότητα του συντονισμού όλων των επιμέρους δραστηριοτήτων, της έρευνας, της αξιοποίησης, της χρήσης και της προστασίας του νερού, στην κατεύθυνση της ενιαίας και συνολικής αντιμετώπισης του ζητήματος της ορθολογικής ικανοποίησης των υδατικών αναγκών.

2.4 ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ

2.4.1 Ευρωπαϊκό Δίκαιο Υδάτων πριν από την Οδηγία 2000/60.

Οι ρυθμίσεις του ευρωπαϊκού δικαίου για τους υδατικούς πόρους αποτέλεσαν από τις πρώτες ρυθμιστικές παρεμβάσεις στο πεδίο του ευρωπαϊκού δικαίου περιβάλλοντος καθώς οι πρώτες σχετικές οδηγίες θεσπίστηκαν ήδη στις αρχές της δεκαετίας του 1970. Από τότε μέχρι σήμερα έχει εκδοθεί ένα πλήθος κοινοτικών οδηγιών για την προστασία των υδατικών πόρων. Οι κοινοτικές διατάξεις για την προστασία των υδάτων μπορούν να ενταχθούν σε δύο «κύματα» νομοθεσίας.

Το **πρώτο κύμα** συνίστατο από νομοθετικό πλέγμα ποιοτικών στόχων που περιλαμβάνει την οδηγία για τα επιφανειακά νερά, την οδηγία για τα νερά κολύμβησης, την οδηγία για τα νερά αλιείας, την οδηγία για τα νερά με οστρακοειδή, την οδηγία για το πόσιμο νερό, την οδηγία για τις επικίνδυνες ουσίες και την οδηγία για τα υπόγεια νερά.

Η πιο σημαντική οδηγία στην κατεύθυνση της μείωσης των εκπομπών είναι η οδηγία 76/464, η οποία άλλωστε αποτελεί μέχρι και σήμερα και το βασικότερο τμήμα του ευρωπαϊκού δικαίου για την προστασία των υδατικών πόρων, με στόχο την εξάλειψη της ρύπανσης των υδάτων από ορισμένες ιδιαίτερα επικίνδυνες ουσίες.

Το **δεύτερο κύμα** περιλαμβάνει πιο εξειδικευμένες οδηγίες, οι οποίες διακρίνονται από την προσπάθεια καθορισμού των μεγίστων ορίων ανεκτής ρύπανσης των υδατικών πόρων αλλά και από τη θέσπιση αυστηρών οριακών τιμών εκπομπής για συγκεκριμένες ουσίες και συγκεκριμένων τεχνικών

προδιαγραφών με βάση τις πιο σύγχρονες αντιρρυπαντικές τεχνολογίες. Οι πιο χαρακτηριστικές οδηγίες του δεύτερου κύματος είναι

- Η οδηγία 91/271 η οποία θεσπίζει συγκεκριμένες υποχρεώσεις για τα κράτη-μέλη όσον αφορά τη συλλογή, επεξεργασία, και απόρριψη αστικών λυμάτων και λυμάτων από ορισμένους βιομηχανικούς κλάδους.
- Η οδηγία 91/676 με την οποία επιδιώκεται η μείωση της ρύπανσης των υδατικών πόρων από τα νιτρικά ιόντα γεωργικής προέλευσης.
- Η οδηγία 98/83 η οποία θεσπίζει συγκεκριμένες αυστηρές προϋποθέσεις για την ποιότητα του νερού που προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση.

2.4.2 Η Οδηγία 2000/60/EC, Πλαίσιο Κοινοτικής Δράσης στο Τομέα των Υδάτων.

Σήμερα το ευρωπαϊκό νομοθετικό πλαίσιο για τη διαχείριση των υδάτων καθορίζεται κυρίως από την Οδηγία 2000/60/EC στην οποία προτείνεται ένα μοντέλο διαχείρισης των υδατικών πόρων με στόχο τη διατήρηση και βελτίωση της κατάστασης των υδατικών συστημάτων και καθορίζεται το πλαίσιο για την ολοκληρωμένη διαχείρισή τους σε επίπεδο των λεκανών απορροής, με βάση την αειφορία. Παρέχει τη βάση για τη χάραξη και υλοποίηση από πλευράς των κρατών – μελών μιας βιώσιμης πολιτικής για τους υδατικούς πόρους, με στόχο τόσο την ικανοποίηση των αναγκών σε νερό διαχρονικά όσο και τη προστασία και διατήρηση των υδατικών οικοσυστημάτων μέσω της επίτευξης του στόχου για καλή κατάσταση τους έως το 2015.

Κύριος στόχος της οδηγίας αποτελεί η θέσπιση πλαισίου για την προστασία των εσωτερικών επιφανειακών, μεταβατικών, παράκτιων και υπόγειων νερών. Σε αντίθεση με την υπάρχουσα ευρωπαϊκή νομοθεσία η παρούσα οδηγία ορίζει ένα ευρύτατο πεδίο εφαρμογής υπερβαίνοντας τον αποσπασματικό χαρακτήρα των προηγούμενων ρυθμίσεων, προχωρώντας σε μια ενιαία προσέγγιση του προβλήματος. [3]

Στο κείμενο της οδηγίας ορίζεται για πρώτη φορά η έννοια της λεκάνης απορροής ποταμού ως *«η εδαφική έκταση από την οποία συγκεντρώνεται το σύνολο της απορροής μέσω διαδοχικών ρεμάτων, ποταμών και πιθανώς λιμνών και παροχέυεται στη θάλασσα με ενιαίο στόμιο ποταμού, εκβολές ή δέλτα»* (άρθρο 1). Σύμφωνα με την οδηγία τα κράτη-μέλη θα πρέπει να ορίσουν καταρχάς τα υδατικά διαμερίσματα στο πλαίσιο της επικράτειας τους, με βάση τις επιμέρους λεκάνες απορροής ποταμού. Πρέπει να διασφαλιστεί η εφαρμογή των κανόνων της οδηγίας σε κάθε περιοχή λεκάνης απορροής ποταμού, θεσπίζοντας τις

κατάλληλες διοικητικές ρυθμίσεις, μεταξύ των οποίων συμπεριλαμβάνεται και ο προσδιορισμός της αρμόδιας αρχής για τη διαχείριση των υδάτων. Το κύριο πλεονέκτημα αυτού του μοντέλου διαχείρισης, που έχει ως βασική μονάδα την περιοχή λεκάνης απορροής ποταμού, έγκειται ειδικότερα στο γεγονός ότι καθίσταται δυνατόν να ληφθούν υπόψη οι διαφορετικές μορφές του ύδατος (νερό ποταμών, λιμνών, πηγών), οι διάφορες χρήσεις του, αλλά και οι επιπτώσεις που υφίσταται κυρίως από τις ανθρώπινες δραστηριότητες στο πλαίσιο μιας ευρύτερης γεωγραφικής περιοχής. Έτσι ο σχεδιασμός και η διαχείριση των υδατικών πόρων γίνονται περισσότερο αποτελεσματικά καθώς είναι προσανατολισμένα στα φυσικά δεδομένα και συνθήκες με βάση τα οποία καθορίζονται οι αντίστοιχες διοικητικές ενότητες και όχι αντίστροφα. [3]

Οι περιβαλλοντικοί στόχοι της Οδηγίας αποσκοπούν κυρίως στη προστασία και βελτίωση των οικοσυστημάτων, στην προοδευτική μείωση της ρύπανσης των υδάτων, στη μείωση των δυσμενών επιπτώσεων από πλημμύρες και ξηρασίες και στην προστασία της ποιότητας των θαλάσσιων υδάτων. Οι στόχοι αυτοί κατατάσσονται σε τρεις βασικές ενότητες, που αναφέρονται στα επιφανειακά νερά, στα υπόγεια νερά και στις προστατευόμενες περιοχές. Ενιαίος στόχος είναι η κατάκτηση και διατήρηση της καλής ποιότητας όλων των υδατικών πόρων. Οι κανονιστικοί προσδιορισμοί οι οποίοι εκφράζουν την επιθυμητή κατάσταση της ποιότητας των υδάτων ορίζονται μέσω των σχεδίων διαχείρισης στο πλαίσιο της περιοχής λεκάνης απορροής ποταμού.

Τα Σχέδια Διαχείρισης καταρτίζονται για κάθε περιοχή λεκάνης απορροής και αποτελούν ένα πλαίσιο το οποίο δίνει τη δυνατότητα για μια ολοκληρωμένη παρατήρηση, εξέταση και ανάλυση των φυσικών χαρακτηριστικών, επιφανειακών και υπόγειων νερών. Μέσα σε αυτά εξετάζεται η δυνατότητα ικανοποίησης των διαφόρων αναγκών σε νερό αλλά και η εξισορρόπηση μεταξύ ανταγωνιστικών αναγκών θέτοντας προτεραιότητες και καταστρώνοντας κατάλληλα διαχειριστικά σενάρια ζήτησης. Επίσης στο πλαίσιο των σχεδίων διαχείρισης της λεκάνης απορροής, μπορεί να γίνει καλύτερος συγχρονισμός των συνολικών μέτρων προστασίας των υδάτων λαμβάνοντας πάντοτε υπόψη τις ιδιαιτερότητες τόσο από τη ποσοτική και ποιοτική κατάσταση του υδατικού δυναμικού της όσο και τα προβλήματα που εμφανίζει αλλά και τις ιδιαιτερότητες των αναγκών σε νερό. Δίνεται έτσι η ευκαιρία για επίτευξη ολοκληρωμένης πολιτικής προστασίας ύδατος.

Κάθε κράτος μέλος εξασφαλίζει ότι για κάθε περιοχή λεκάνης απορροής ποταμού που ανήκει ολοκληρωτικά ή τμήμα της στο έδαφος του,

αναλαμβάνεται: α) η ανάλυση των χαρακτηριστικών της (γεωλογικά, και υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά καθώς και υδροαγωγιμότητα, πορώδες, στεγανότητα, τα χαρακτηριστικά των επιφανειακών εναποθέσεων και εδαφών της υδρολογικής λεκάνης από την οποία τροφοδοτείται ο υπόγειος υδροφορέας, χαρακτηρισμός της χημικής σύνθεσης των υπόγειων νερών, κτλ) β) η επισκόπηση των επιπτώσεων των ανθρώπινων δραστηριοτήτων στην κατάσταση των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων και γ) η οικονομική ανάλυση της χρήσης ύδατος. Οι παραπάνω αναλύσεις και επισκοπήσεις θα γίνονται σύμφωνα με τις τεχνικές προδιαγραφές που ορίζονται στην Οδηγία.

Επίσης για κάθε περιοχή λεκάνης απορροής ποταμού τα κράτη-μέλη προσδιορίζουν όλα τα υδατικά συστήματα που χρησιμοποιούνται για την υδροληψία με σκοπό την ανθρώπινη κατανάλωση και παρέχουν κατά μέσο όρο άνω των 10m³ ημερησίως ή εξυπηρετούν περισσότερα από πενήντα άτομα, και συστήματα που προορίζονται για τη χρήση αυτή. Τα κράτη-μέλη πρέπει να εξασφαλίζουν ότι το νερό που προκύπτει από αυτά πληροί τις απαιτήσεις της Οδηγίας 80/778/ΕΟΚ όπως τροποποιήθηκε με την Οδηγία 98/83/ΕΚ, καθώς και την αποφυγή της υποβάθμισης της ποιότητάς τους, έτσι ώστε να μειωθεί το επίπεδο επεξεργασίας καθαρισμού που απαιτείται για την παραγωγή πόσιμου νερού.

Τέλος, νέο στοιχείο που εισάγει η Οδηγία 2000/60 είναι η οικονομική θεώρηση στη διαχείριση των υδατικών πόρων και στη λήψη αποφάσεων υδατικής πολιτικής, για το χαρακτηρισμό των λεκανών απορροής ποταμού και για την επιλογή των καταλληλότερων μέτρων. Η επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων της Οδηγίας βασίζεται σε οικονομικές πολιτικές (η αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει»), οικονομικά εργαλεία και τεχνικές (ανάλυση της οικονομικής αποδοτικότητας των μέτρων) και μέτρα (τιμολόγηση υπηρεσιών ύδατος). Η σημαντικότερη συνεισφορά της Οδηγίας είναι η δημιουργία ενός κοινού πλαισίου διαχείρισης που περιλαμβάνει πολιτικές και μέτρα όπως η τιμολόγηση των υπηρεσιών ύδατος με βάση την ανάκτηση του συνολικού κόστους.[4] Στο πρώτο στάδιο εφαρμογής της Οδηγίας τα κράτη μέλη υποχρεώνονται να εκτιμήσουν το βαθμό στον οποίο το συνολικό κόστος των υπηρεσιών ύδατος ανακτάται και σε επόμενο στάδιο υποχρεώνονται να χρησιμοποιήσουν τις κατάλληλες πολιτικές τιμολόγησης για την πλήρη ανάκτηση του κόστους υπηρεσιών ύδατος. Μέχρι το 2010 τα κράτη μέλη εξασφαλίζουν ότι οι πολιτικές τιμολόγησης του νερού θα παρέχουν κατάλληλα κίνητρα στους χρήστες για αποτελεσματική και σωστή χρήση των υδατικών

πόρων καθώς και τη διάκριση των διαφόρων χρήσεων ύδατος τουλάχιστον σε βιομηχανία, νοικοκυριά και γεωργία.

2.5 Η ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

2.5.1 Οι Υδατικοί Πόροι στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα, ο συνολικός όγκος νερού των κατακρημνισμάτων (βροχή και χιόνι) εκτιμάται σε $115 \times 10^9 \text{ m}^3$ ανά έτος. Τα συνολικά ανανεώσιμα αποθέματα νερού ανέρχονται σε $70 \times 10^9 \text{ m}^3$ ανά έτος και η συνολική αντίστοιχη κατανάλωση σε $5.5 \times 10^9 \text{ m}^3$. Από αυτά το 80-84% χρησιμοποιείται για αρδευτικούς σκοπούς, το 13-15% για την ύδρευση οικισμών και το 2,5-4% διατίθεται για βιομηχανική χρήση και παραγωγή ενέργειας.[2] Παρ' όλο όμως που οι αριθμοί δείχνουν μια πολύ ικανοποιητική κατάσταση για τους υδατικούς πόρους της χώρας, στην Ελλάδα το νερό αποτελεί σημαντικό περιβαλλοντικό ζήτημα που απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή

Η κρισιμότητα του ζητήματος αφορά παράγοντες που σχετίζονται τόσο με τα κλιματικά και τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της χώρας, όσο και με την πολιτική της διαχείρισης που εφαρμόζεται στη χώρα μας. Η χωρική και χρονική ανισοκατανομή της φυσικής προσφοράς του νερού της βροχής αλλά και της ζήτησής του είναι ένας απ' αυτούς τους παράγοντες. Έτσι, στην ηπειρωτική και ορεινή Ελλάδα και κατά τους χειμερινούς μήνες παρατηρείται το μεγαλύτερο ποσοστό των βροχοπτώσεων, ενώ αντίθετα η πεδινή και παράκτια χώρα, στην οποία συγκεντρώνεται και το μεγαλύτερο μέρος της ανθρώπινης δραστηριότητας (γεωργία και τουρισμός), αφενός χαρακτηρίζεται από χαμηλά ποσοστά βροχόπτωσης, αφετέρου υπάρχει ζήτηση για κατανάλωση μεγάλων ποσοτήτων νερού. Ας μη ξεχνάμε πως δύο από τους σημαντικότερους οικονομικούς παράγοντες της χώρας, ο τουρισμός και η γεωργία, στηρίζονται στην κατανάλωση νερού.

Ο περιορισμένος αριθμός και η γεωγραφική κατανομή των ποτάμιων συστημάτων, η οποία οφείλεται στο γεωμορφολογικό ανάγλυφο καθώς και η έλλειψη υδροτεχνικών έργων, οδήγησε σε μεγάλο αριθμό γεωτρήσεων και στην υπερεκμετάλλευση του υπόγειου νερού με αποτέλεσμα σε ορισμένες περιοχές την έντονη υποβάθμιση της στάθμης του υπόγειου υδροφορέα ή ακόμα και την υφαλμύρωση σε παράκτιες περιοχές. Αντιπροσωπευτικό παράδειγμα είναι η ανατολική περιοχή της Θεσσαλίας στην οποία ήδη έχει εισχωρήσει η υφάλμυρη σφήνα στον υδάτινο υδροφορέα. Η υφαλμύρωση των υδροφορέων των

παράκτιων και νησιωτικών περιοχών, λόγω των υπεραντλήσεων είναι ο λόγος για πολλά προβλήματα λειψυδρίας κυρίως στα νησιά της χώρας. Επίσης σε περιοχές με έντονη αγροτική δραστηριότητα η αλόγιστη χρήση λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων σε συνδυασμό με την έλλειψη μέτρων προστασίας για τη διοχέτευση τους έχει ως αποτέλεσμα τη ποιοτική υποβάθμιση των υδροφορέων.

Σε όλα τα παραπάνω προστίθεται και η ανυπαρξία ενιαίας πολιτικής σε θέματα νερού στη χώρα μας. Σε διοικητικό επίπεδο δεν υπάρχει σαφής προσδιορισμός των αρμόδιων οργάνων που σχετίζονται με τους υδατικούς πόρους καθώς η νομοθεσία που αφορά στους υδατικούς πόρους, δεν έχει εφαρμοστεί ακόμη ολοκληρωμένα. Σημαντικό σημείο επίσης αποτελεί η υποτιμολόγηση του νερού στην Ελλάδα. Το νερό θεωρείται κοινωνικό αγαθό που πρέπει να παρέχεται σε χαμηλή τιμή και που η κύρια χρήση του, η άρδευση, είναι σχεδόν δωρεάν, πράγμα που ίσως παρεμποδίζει τον αποδοτικό και ορθολογικό τρόπο διαχείρισης του.

Τέλος, στην Ελλάδα κύρια υδατικά συστήματα «μοιράζονται» με γειτονικές χώρες. Τα κύρια ποτάμια συστήματα του βόρειου τμήματος της χώρας, (Εβρος, Νέστος, Στρυμόνας, Αξιός, Αλιάκμονας) καθώς και τρεις από τις μεγαλύτερες λίμνες ανήκουν και σε γειτονικές χώρες. Αυτό δυσκολεύει τόσο τον έλεγχο της ρύπανσης που εμφανίζεται στα συστήματα αυτά όσο και την αξιοποίηση του υδατικού δυναμικού αυτών. Η κατασκευή ενός τεχνητού έργου ή π.χ η εκτροπή μέρους του ρου ενός διασυνοριακού ποταμού από μια χώρα, θα έχει άμεσο αντίκρυσμα στην γειτονική της. Γι' αυτό και η διαχείριση των διασυνοριακών συστημάτων επιβάλλει μια συνεργασία μεταξύ των χωρών με στόχο την ενιαία διαχείριση αυτών.

2.5.2 Το νομοθετικό πλαίσιο της Ελλάδας

Η Διαχείριση των Υδατικών Πόρων, ως συστηματική προσέγγιση και ως συγκροτημένη επιχειρησιακή πρακτική, έγινε γνωστή στην Ελλάδα αφότου εμφανίστηκαν τα πρώτα σημαντικά προβλήματα λειψυδρίας. Έως τότε επικρατούσε η νοοτροπία της πλήρους εκμετάλλευσης του υδατικού πλούτου, με αποτέλεσμα άλλοτε την εξάντληση των αποθεμάτων και άλλοτε την ποιοτική τους υποβάθμιση. Στη δεκαετία του '80, και ενώ είχε πλέον διαμορφωθεί μια αρνητική κατάσταση για το υδατικό δυναμικό της χώρας, άρχισε να γίνεται αντιληπτή και στην Ελλάδα η ανάγκη για θεσμοθέτηση μιας συγκροτημένης πολιτικής διαχείρισης των υδατικών πόρων. Σε αυτό συνετέλεσε και η ένταξη

της χώρας στην τότε ΕΟΚ και η υποχρεωτική, έως ένα βαθμό συμμόρφωση της με την κοινοτική νομοθεσία.

Έτσι το 1987, μετά την ένταξη της χώρας στην Ευρωπαϊκή Ένωση, ψηφίστηκε ο **νόμος 1739/87** για τη «Διαχείριση των Υδατικών Πόρων» της χώρας, ο οποίος αποτελεί και την πρώτη επίσημη κρατική παρέμβαση με στόχο την προστασία και την ορθολογική αξιοποίηση του υδατικού δυναμικού. Ο νόμος 1739/87 υπήρξε καινοτόμος στη σύλληψή του, καθώς αντιμετωπίζει το νερό ως φυσικό αγαθό σε ανεπάρκεια και δίνει έμφαση στον κοινωνικό χαρακτήρα του. Ιδιαίτερα σημαντικές υπήρξαν οι βασικές αρχές και διατάξεις του με βάση τις οποίες αναγνωρίζεται ο στρατηγικός ρόλος της Διαχείρισης των Υδατικών Πόρων, η οποία πλέον διαχωρίζεται σαφώς από τη χρήση του νερού, θεσμοθετούνται τα όργανα άσκησης της σε κεντρικό και περιφερειακό επίπεδο και αποκαθίσταται ο φορέας για την ενιαία αντιμετώπιση της από μέρους της διοίκησης.

Σημαντικό επίσης σημείο του νόμου είναι ότι αναγνωρίζεται η αδυναμία ταύτισης της φυσικής μονάδας της υδρολογικής λεκάνης με τα διοικητικά όρια της Νομαρχίας και της Περιφέρειας. Για το λόγο αυτό η χώρα χωρίστηκε σε 14 υδατικά διαμερίσματα που περιλαμβάνουν ολοκληρωμένα υδρογραφικά δίκτυα, χαρακτηρίζονται από όμοιες κατά το δυνατόν υδρολογικές συνθήκες και τα οποία αν και αντιστοιχούν σε διοικητικές περιφέρειες, εντούτοις δεν συμπίπτουν υποχρεωτικά με αυτές. Κάθε υδατικό διαμέρισμα περιλαμβάνει μια ή και περισσότερες υδρολογικές λεκάνες και αποτελεί τη βασική διοικητική μονάδα για την άσκηση κάθε δραστηριότητας διαχείρισης ή χρήσης νερού. Σε κάθε διοικητικό διαμέρισμα αντιστοιχεί και μια Περιφερειακή Υπηρεσία Διαχείρισης των Υδατικών Πόρων. Οι δεκατέσσερις αυτές υπηρεσίες, ανήκουν οργανικά στο συντονιστικό φορέα που κατά το νόμο είναι το Υπουργείο Ανάπτυξης.

Για πρώτη φορά στη νομοθεσία καθιερώνεται ο προγραμματισμός ανάπτυξης των υδατικών πόρων. Βασικό βήμα για τον προγραμματισμό αυτό αποτελεί η διαμόρφωση ισοζυγίων προσφοράς και ζήτησης νερού με βάση, τόσο την υφιστάμενη κατάσταση, όσο και τη μελλοντική προοπτική και εξέλιξη. Τα ισοζύγια εκπονούνται πρώτα σε επίπεδο λεκάνης απορροής, γενικεύονται όμως στη συνέχεια σε επίπεδο υδατικού διαμερίσματος, συμπεριλαμβάνοντας τις σχέσεις μεταξύ των λεκανών.

Σημαντική ρύθμιση του νόμου 1739/87 αποτελεί η καθιέρωση του θεσμού της άδειας για την άσκηση του δικαιώματος χρήσης του νερού και εκτέλεσης

έργου αξιοποίησης του. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται τόσο ο έλεγχος των νέων χρήσεων και έργων, όσο και η καταγραφή των υφιστάμενων καταναλώσεων του νερού. Από την υποχρέωση έκδοσης άδειας εξαιρούνται οι οικιακές ανάγκες (μέχρι 3 κυβικά μέτρα την ημέρα).

Ο νόμος 1739/89 έγινε στόχος αντιδράσεων, συντεχνιακού κυρίως χαρακτήρα, και θύμα της γνωστής αδράνειας της διοικητικής μηχανής. Τα Προεδρικά Διατάγματα που προβλέπονταν καθυστέρησαν να εκδοθούν και ακόμη περισσότερο να υλοποιηθούν. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός νόμου του οποίου η επιτυχία στηρίχτηκε στη διοικητική μεταρρύθμιση και την αποκεντρωμένη δομή, να εφαρμόζεται μερικά. Η εφαρμογή του περιορίστηκε στην κεντρική του υπηρεσία ενώ οι περισσότερες περιφερειακές υπηρεσίες δεν έγιναν ποτέ και όσες έγιναν λειτούργησαν πλημμελώς και με ελάχιστο προσωπικό.

Δεκαέξι χρόνια αργότερα, ψηφίστηκε ο **νόμος 3199/2003** για τη «Προστασία και Διατήρηση των Υδάτων – Εναρμόνιση με την Οδηγία 2000/60/ΕΚ». Σύμφωνα με το νόμο 3199/2003, καθορίζονται οι φορείς και τα όργανα που είναι υπεύθυνα για τη διαχείριση των υδατικών πόρων.

Έτσι, σε Εθνικό επίπεδο συνίσταται η Εθνική Επιτροπή Υδάτων η οποία χαράσσει την πολιτική για την προστασία και διαχείριση των υδάτων, παρακολουθεί και ελέγχει την εφαρμογή της και εγκρίνει, μετά από εισήγηση του Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. και γνώμη του Εθνικού Συμβουλίου Υδάτων, τα εθνικά προγράμματα προστασίας και διαχείρισης του υδατικού δυναμικού της χώρας. Συνίσταται το Εθνικό Συμβούλιο Υδάτων με τη συμμετοχή πολλών φορέων και έχοντας κυρίως συμβουλευτικό χαρακτήρα απέναντι στην Εθνική Επιτροπή Υδάτων. Συνίσταται στο Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. η Κεντρική Υπηρεσία Υδάτων η οποία ασκεί κυρίως τις εξής αρμοδιότητες:

- Καταρτίζει εθνικά προγράμματα προστασίας και διαχείρισης εθνικού υδατικού δυναμικού.
- Εισηγείται τους γενικούς κανόνες κοστολόγησης και τιμολόγησης των υδάτων και παρακολουθεί την τήρησή τους.
- Εισηγείται νομοθετικά και διοικητικά μέτρα για την προστασία και διαχείριση των υδάτων.
- Διαχειρίζεται βάση υδρολογικών και μετεωρολογικών δεδομένων σε εθνικό επίπεδο.
- Παρακολουθεί την ποιότητα και ποσότητα των υδάτων σε συνεργασία με τις Διευθύνσεις Υδάτων των Περιφερειών.

- Παρακολουθεί τη λειτουργία των Διευθύνσεων Υδάτων των Περιφερειών και παρέχει οδηγίες για την άσκηση των αρμοδιοτήτων τους.

Συνίσταται τέλος η Γνωμοδοτική Επιτροπή Υδάτων, η οποία γνωμοδοτεί προς τη Κεντρική Υπηρεσία Υδάτων.

Σε Περιφερειακό επίπεδο, η Διεύθυνση Υδάτων της Περιφέρειας είναι αρμόδια, επιγραμματικά, για την:

- Προστασία και διαχείριση κάθε λεκάνης απορροής που ανήκει σ' αυτήν (από κοινού για λεκάνες απορροής που ανήκουν σε περισσότερες από μια Περιφέρειες).
- Λήψη αναγκαίων μέτρων που αφορούν κυρίως : α) την αναβάθμιση και αποκατάσταση υδατικών συστημάτων, β) τη πρόληψη της υποβάθμισης των υδάτων, γ) τη μείωση της ρύπανσης και τη σταδιακή εξάλειψη των απορρίψεων των διάφορων ουσιών δ) την ισορροπία μεταξύ άντλησης και εμπλουτισμού υδροφορέων ε) το μετριασμό των επιπτώσεων από πλημμύρες και ξηρασίες.
- Συγκέντρωση και επεξεργασία ποιοτικών και ποσοτικών στοιχείων (αποστολή σε βάση υδρολογικών & μετεωρολογικών δεδομένων).
- Μέριμνα για τη συμμετοχή του κοινού.

Συνίσταται, επίσης, Περιφερειακό Συμβούλιο Υδάτων που γνωμοδοτεί πριν την έγκριση του Σχεδίου Διαχείρισης αλλά και για κάθε θέμα που του ζητηθεί γνώμη.

Η προστασία και η διαχείριση των υδατικών πόρων γίνεται στο πλαίσιο της λεκάνης απορροής ποταμού. Για κάθε λεκάνη απορροής ποταμού η αντίστοιχη Περιφέρεια εκπονεί το Σχέδιο Διαχείρισης το οποίο ισχύει για έξι χρόνια. Το Σχέδιο Διαχείρισης περιέχει όλα τα στοιχεία, πληροφορίες και εκτιμήσεις που είναι απαραίτητα για την προστασία και διαχείριση των υδάτων. Σ' αυτό περιλαμβάνονται και τα Προγράμματα Μέτρων και τα Προγράμματα Παρακολούθησης της κατάστασης των Υδάτων που επίσης καταρτίζονται από τις Περιφέρειες. Το Πρόγραμμα Μέτρων καθορίζει σε γενικές γραμμές τα μέτρα που απαιτούνται για τη διατήρηση προστασία και βελτίωση της ποιότητας του υδατικού περιβάλλοντος, τη προστασία και διαχείριση των υδάτων των λεκανών απορροής ποταμών, την αντιμετώπιση της ρύπανσης και τη διασφάλιση της αειφόρου χρήσης. Το Πρόγραμμα Παρακολούθησης περιέχει ειδικότερα μέτρα που εξασφαλίζουν τη διαρκή παρακολούθηση των ποιοτικών παραμέτρων και της ποσοτικής κατάστασης των υδάτων καθώς και της οικολογικής κατάστασης των επιφανειακών υδάτων.

Τονίζεται επίσης ότι η ικανοποίηση της ζήτησης γίνεται με βάση τα όρια και τις δυνατότητες των υδατικών αποθεμάτων και ότι οι ανάγκες των χρήσεων σε νερό πρέπει να ικανοποιούνται κατά το δυνατόν σε επίπεδο περιοχής λεκάνης απορροής ποταμού. Οι χρήσεις υδάτων διακρίνονται σε ύδρευση, άρδευση, βιομηχανική χρήση, ενεργειακή χρήση και χρήση για αναψυχή. Η χρήση για ύδρευση έχει προτεραιότητα, ως προς την ποσότητα και την ποιότητα, έναντι κάθε άλλης χρήσης.

Ιδιαίτερα σημαντική είναι η ρύθμιση για την εφαρμογή μιας αποτελεσματικής τιμολόγησης για το νερό, δεδομένου ότι το κόστος του νερού στις αστικές χρήσεις ανακτάται κατά το 1/3, ενώ στις αγροτικές χρήσεις, που καταλαμβάνουν το 70% του καταναλούμενου νερού, το νερό είναι τελείως ατιμολόγητο.

Η εναρμόνιση της οδηγίας – πλαισίου στην ελληνική νομοθεσία είναι μια ευκαιρία για τη χώρα μας να χαράξει και να εφαρμόσει μια ολοκληρωμένη πολιτική για τη διαχείριση των υδατικών πόρων με βάση τις σύγχρονες αντιλήψεις. Η αναγκαιότητα της αξιοποίησης της ευκαιρίας αυτής είναι προφανής αν λάβουμε υπόψη τα αποτελέσματα της έλλειψης συγκροτημένης πολιτικής, έτσι όπως έχουν ήδη αναφερθεί και σε προηγούμενα κεφάλαια.

2.5.3 Το Υδατικό Διαμέρισμα της Κρήτης

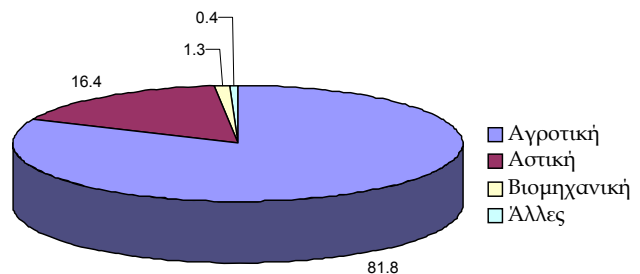
Το υδατικό διαμέρισμα Κρήτης αποτελεί 1 από τα 14 υδατικά διαμερίσματα της Ελλάδας. Περιλαμβάνει την ομώνυμη μεγαλόνησο μαζί με τα μικρά νησιά όπως Γαύδος, Ντία, Κουφονήσι, Γαϊδουρονήσι ή Χρυσή, Διονυσάδες, Σπιναλόγκα και Παξιμάδι, εκ των οποίων τα περισσότερα είναι ακατοίκητα. Περιλαμβάνει τους νομούς Χανίων, Ρεθύμνου, Ηρακλείου και Λασιθίου. Βρέχεται Βόρεια από το Κρητικό Πέλαγος και Νότια από το Λιβυκό Πέλαγος. Έχει συνολική έκταση 8.335 km² και καλύπτει το 6,3% της συνολικής έκτασης της χώρας.

Δέχεται κατά μέσο όρο 8.074x10⁶ m³ νερού από κατακρημνίσματα. Το ισχυρό ανάγλυφο του Υδατικού Διαμερίσματος και η πολύπλοκη γεωλογική δομή του δημιουργούν ποικιλία στην διακίνηση του νερού τόσο του επιφανειακού όσο και του υπόγειου. Ως αποτέλεσμα αυτών παρατηρείται η ανάπτυξη πολλών μικρών υδρολογικών λεκανών που η έκταση τους όμως δεν ξεπερνά τα 600 km². Το πυκνό υδρογραφικό δίκτυο, χειμαρρώδους χαρακτήρα παρουσιάζει μεγάλη διακύμανση των παροχών του. Τα κυριότερα ρέματα είναι: ο Γεροπόταμος, ο Πλατανιάς Χανίων και ο Κουρταλιώτης Ρεθύμνου που

διατηρούν μόνιμη ροή σε όλη τη διάρκεια του χρόνου και ο Αναποδάρης, ο Κερίτης και ο Πλατής που εμφανίζουν χειμαρρώδη ροή. Υπάρχουν επίσης δυο μικρές λίμνες, στο Ν. Χανίων, του Κουρνά και της Αγιάς.

Σύμφωνα με μελέτη του ΤΕΕ που εκπονήθηκε στο πλαίσιο του κοινοτικού προγράμματος Leonardo Da Vinci, το ετήσιο υδατικό δυναμικό της Κρήτης εκτιμάται σε $2.600 \times 10^6 \text{ m}^3$ από το οποίο $1.300 \times 10^6 \text{ m}^3$ αποτελούν το επιφανειακό υδατικό δυναμικό (συμπεριλαμβανομένων των πηγών που τροφοδοτούν τα επιφανειακά) και $1.300 \times 10^6 \text{ m}^3$ το υπόγειο. Στην ίδια μελέτη εκτιμάται ότι η ετήσια διαθεσιμότητα είναι $4.800 \text{ m}^3/\text{κάτοικο}$, ενώ η κατανομή του νερού στις διάφορες χρήσεις για το έτος 1996 είναι:

Αγροτική:	$368 \times 10^6 \text{ m}^3$
Αστική:	$74 \times 10^6 \text{ m}^3$
Βιομηχανική:	$6 \times 10^6 \text{ m}^3$
Άλλες:	$2 \times 10^6 \text{ m}^3$
Σύνολο:	$450 \times 10^6 \text{ m}^3$



Σχήμα 2.1: Κατανομή νερού για διάφορες χρήσεις (%)

Το βασικό πρόβλημα που παρουσιάζει το υδατικό διαμέρισμα της Κρήτης είναι η αντιστρόφως ανάλογη κατανομή των υδατικών πόρων του στο χώρο με τη διαμορφωμένη ζήτηση. Το μεγαλύτερο ποσοστό του υδατικού δυναμικού εμφανίζεται στο δυτικό τμήμα, ενώ στο κεντρικό και ανατολικό τμήμα όπου οι ανάγκες είναι πολύ μεγαλύτερες (μεγάλες γεωργικές εκτάσεις, θερμοκήπια) εμφανίζονται μεγάλα ελλείμματα. Το γεγονός αυτό προκάλεσε και την εντατικοποίηση των αντλήσεων, στο κεντρικό και ανατολικό τμήμα με αποτέλεσμα την υπερεκμετάλλευση και την υποβάθμιση της στάθμης των υδροφορέων με συνέπεια την υφαλμύρυνσή τους σε ορισμένες παράκτιες περιοχές.

Οι αρμόδιοι φορείς που είναι επιφορτισμένοι με την άσκηση καθηκόντων διαχείρισης υδατικών πόρων είναι οι Οργανισμοί Τοπικής Αυτοδιοίκησης, οι Τοπικοί Οργανισμοί Εγγείων Βελτιώσεων, οι Οργανισμοί Ανάπτυξης Ανατολικής και Δυτικής Κρήτης, καθώς και διάφορα τμήματα στις Νομαρχίες και της Περιφέρειες και σε ορισμένα υπουργεία όπως το Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. και τα

Υπουργεία Ανάπτυξης, Γεωργίας. Στο σημείο αυτό πρέπει να τονιστεί το πρόβλημα της αλληλοεπικάλυψης, και πολλές φορές, σύγκρουσης αρμοδιοτήτων μεταξύ των διαφόρων εμπλεκόμενων φορέων, που έχει συντελέσει στην αποσπασματική και συχνά αναποτελεσματική αντιμετώπιση του συστήματος Διαχείρισης των Υδατικών Πόρων.

Η εφαρμογή του νόμου 3199/2003 θα συντελέσει στην αποτελεσματικότερη διαχείριση των υδατικών πόρων της Κρήτης, καθώς θα υπάρξει ενιαίος σχεδιασμός και προγραμματισμός για όλο το υδατικό διαμέρισμα, με στόχο τόσο τη προστασία των υδάτων όσο και τη κάλυψη των αναγκών με όσο το δυνατόν καλύτερο τρόπο, αυξάνοντας έτσι τα περιθώρια ανάπτυξης του νησιού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Περιγραφή της Περιοχής Μελέτης

3.1 ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΚΡΗΤΗΣ

3.1.1 Μορφολογικά Χαρακτηριστικά

Η Κρήτη έχει έκταση 8.335km² και καλύπτει το 6.3% της συνολικής έκτασης της Ελλάδας. Βρέχεται βόρεια από το Κρητικό Πέλαγος και νότια από το Λιβυκό Πέλαγος. Η μορφολογία της χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη τριών βασικών ζωνών: α) τη ζώνη με υψόμετρο μεγαλύτερο των 400m (υψηλή ή ορεινή) β) τη ζώνη με υψόμετρο από 200-400m (μέση) και γ) τη χαμηλή ζώνη που αφορά τις περιοχές που εκτείνονται από την επιφάνεια της θάλασσας έως τα 200m υψόμετρο. Οι δύο πρώτες ζώνες καταλαμβάνουν σχεδόν τα 3/5 της Κρήτης και αποτελούν μια συνεχή οροσειρά με δυτικό-ανατολικό προσανατολισμό, διακοπτόμενη από μικρές κοιλάδες και φαράγγια. Η οροσειρά αυτή έχει έξι κορυφές που ξεπερνούν τα 2.000m.

3.1.2 Κλιματολογικά Χαρακτηριστικά

Ο τύπος κλίματος της Κρήτης είναι ένας μεταβατικός ενδιάμεσος τύπος μεταξύ του χερσαίου μεσογειακού, στο οποίο υπάγεται κυρίως η νοτιοανατολική Κρήτη. Το κύριο χαρακτηριστικό του κλίματος είναι η ηπιότητα. Η ψυχρή εποχή είναι ήπια και σε αυτό συντελεί η συχνή άφιξη στην περιοχή των θερμών και υγρών ΝΔ αέριων μαζών. Παρουσιάζει σημαντικές διακυμάνσεις τόσο από τα ανατολικά προς τα δυτικά, όσο και από τα ορεινά προς τα πεδινά. Οι πεδινές περιοχές των νομών Λασιθίου και Ηρακλείου υπάγονται στον ημίξηρο βιοκλιματικό όροφο με χειμώνα ήπιο ή θερμό ενώ οι αντίστοιχες πεδινές και βόρειες περιοχές των νομών Ρεθύμνου και Χανίων στο ύφυγρο βιοκλιματικό όροφο με χειμώνα ήπιο ή θερμό. Οι ορεινές και νότιες περιοχές των νομών αυτών ανήκουν στον υγρό βιοκλιματικό όροφο με χειμώνα ήπιο ή ψυχρό ενώ ένα πολύ μικρό μέρος των πολύ ορεινών περιοχών ανήκει στο υγρό βιοκλιματικό όροφο με χειμώνα δριμύ. Οι ημιορεινές και ορεινές περιοχές του νομού Λασιθίου ανήκουν αντίστοιχα στο ύφυγρο, υγρό βιοκλιματικό όροφο με ψυχρό χειμώνα [5].

Η μέση θερμοκρασία εμφανίζεται μεγαλύτερη στα ανατολικά από ότι στα δυτικά (18,38 °C έναντι 16,96°C) και μεγαλύτερη στα νότια από ότι στα βόρεια

(19,55 °C έναντι 18,55°C). Το κλίμα της Κρήτης θεωρείται προνομιούχο και οφείλεται στην κεντρική θέση που κατέχει το νησί στην ανατολική Μεσόγειο. Ο χειμώνας αρχίζει συνήθως κατά τα μέσα Δεκεμβρίου και είναι ήπιος. Ο ψυχρότερος μήνας του έτους είναι ο Φεβρουάριος, με ελάχιστη θερμοκρασιακή διαφορά από τον Ιανουάριο, ενώ ο θερμότερος είναι ο Ιούλιος με μέση υπερετήσια θερμοκρασία περίπου τους 25°C. Στα ορεινά παρουσιάζονται χαμηλότερες μέσες θερμοκρασίες αλλά και εντονότερες θερμοκρασιακές μεταβολές μεταξύ της καλοκαιρινής και χειμερινής περιόδου.[5]

Η μέση ετήσια βροχόπτωση (περίοδου επαναφοράς 2 ετών) ανέρχεται σε 927mm, ενώ πρέπει να σημειωθεί ότι η μέση ετήσια βροχόπτωση είναι στην ανατολική Κρήτη κατά 23% μικρότερη σε σχέση με τη δυτική. Η μέση ετήσια βροχόπτωση παρουσιάζει αύξηση από τα ανατολικά προς τα δυτικά και από τα νότια προς τα βόρεια. Στην πόλη της Σητείας η μέση βροχόπτωση ανέρχεται σε 490mm, στο Ηράκλειο σε 470mm, ενώ στους δυτικούς σταθμούς του Αλικιανού και της Σούδας οι μέσες ετήσιες βροχοπτώσεις ανέρχονται σε 824mm και 600mm αντίστοιχα. Η μικρότερη μέση υπερετήσια βροχόπτωση καταγράφεται στον σταθμό της Ιεράπετρας (440mm), ενώ στους ορεινούς σταθμούς οι τιμές της βροχόπτωσης διαφοροποιούνται σημαντικά, για παράδειγμα στο Τζερμιάδο η μέση υπερετήσια βροχόπτωση ανέρχεται σε 1157mm [5].

3.1.3 Γεωλογικά Χαρακτηριστικά [7]

Από γεωτεκτονικής άποψης η Κρήτη βρίσκεται στο ΝΑ μέρος του ελληνικού τόξου, σε μικρή απόσταση όπισθεν του μετώπου της αλπικής ορογένεσης, η οποία συνεχίζεται ακόμη και σήμερα. Το νησί παρουσιάζει πολύπλοκη γεωλογική δομή. Οι πτυχώσεις που εντοπίζονται στους γεωλογικούς σχηματισμούς παρουσιάζουν δυτική-ανατολική διεύθυνση, ενώ σύμφωνα με την προέλευση τους, χωρίζονται σε τρία κύρια συστήματα. Ένα αυτόχθονο, ένα αλλόχθονο, καθώς και ένα νεώτερο σύστημα ιζημάτων του Νεογενούς και Τεταρτογενούς, που έχουν αποτεθεί πάνω στους παλαιότερους σχηματισμούς.

- Το αυτόχθονο σύστημα- Ιόνιος ζώνη περιλαμβάνει την ενότητα των πλακών των ασβεστολίθων, που χαρακτηρίζεται από τη λεπτοστρωματώδη ανάπτυξη ισχυρά ανακρυσταλλωμένων ασβεστολίθων-μαρμάρων. Μέσα σε αυτούς παρεμβάλλονται πυριτόλιθοι με μορφή λεπτών στρώσεων, κονδύλων ή φακών, σχιστόλιθοι, κυρίως πυριτικοί που βρίσκονται με μορφή ένστρωσης στη βάση των πλακών κρυσταλλικών ασβεστόλιθων και παχυστρωματώδεις ασβεστόλιθοι έως μάρμαρα και δολομίτες.

▪ Το αλλόχθονο σύστημα περιλαμβάνει μια ολόκληρη σειρά ενοτήτων εντελώς διαφορετικών χώρων, προέλευσης και λιθοστρωματογραφίας, οι οποίες βρίσκονται ή μια πάνω στην άλλη με τεκτονικές επαφές. Το τεκτονικό κάλυμμα Ομαλού-Τρυπαλίου αποτελεί το κατώτερο κάλυμμα του νησιού και βρίσκεται πάνω στην αυτόχθονη σειρά στών λεπτοπλακωδών κρυσταλλικών ασβεστολίθων. Εμφανίζει μεγάλη εξάπλωση στη δυτική Κρήτη και αναπτύσσεται σε μεγάλο τμήμα των Λευκών Ορέων. Επάνω στην ενότητα Τρυπαλίου βρίσκεται επωθημένο το τεκτονικό κάλυμμα Φυλλιτών-Χαλαζιτών. Αποτελείται από φυλλίτες, μεταψαμμίτες, χαλαζίτες, σχιστόλιθους και κροκαλοπαγή. Ακολουθεί το τεκτονικό κάλυμμα της ζώνης της Τρίπολης, το οποίο συναντάται επωθημένο είτε πάνω στους φυλλίτες-χαλαζίτες είτε απευθείας πάνω στους Πλακώδεις ασβεστόλιθους. Τα ανθρακικά πετρώματα της Τρίπολης παρουσιάζουν μεγάλο πάχος, έχουν όμως κατατμηθεί εξαιτίας των επωθήσεων και των ρηγμάτων. Το τεκτονικό κάλυμμα της Πίνδου συναντάται με μικρές γενικά ανθρακικές εμφανίσεις λεπτοπλακωδών ασβεστολίθων με ενστρώσεις πυριτιολίθων, στρώματα κερατολίθων και μεγαλύτερα αναπτύγματα του φλύσχη. Η ενότητα της Πίνδου συναντάται κυρίως επωθημένη πάνω στην αντίστοιχη της Τρίπολης και τοπικά πάνω στους φυλλίτες. Ακολουθούν τα τεκτονικά καλύμματα των εσωτερικών ζωνών. Στην ενότητα αυτή ανήκουν οι οφιολίθοι (σερπεντινίτες, βασάλτες, περιδοτίτες, γάβροι), τα μεταμορφωμένα πετρώματα (γνεύσοι, αμφιβολίτες), τα ανθρακικά πετρώματα, τα ιζήματα, οι γρανίτες κ.α. Στο σύνολο της ενότητας αυτής καταγράφονται διάφορες υποενότητες με χαρακτηριστικές ονομασίες όπως τα καλύμματα Άρβης, Μιαμού, Βάτου, Αστερουσιών και το Οφιολιθικό κάλυμμα.

▪ Οι Νεογενείς και Τεταρτογενείς σχηματισμοί, βρίσκονται πάνω από τους αλπικούς σχηματισμούς. Οι νεογενείς σχηματισμοί αποτελούνται από ιζήματα χερσαίας, ποτάμιας και θαλάσσιας φάσης. Είναι αποθέσεις μάργων, κροκαλών και μαργαϊκών ασβεστολίθων. Τα τεταρτογενή ιζήματα αποτελούνται από χερσαίες, θαλάσσιες έως λιμνοθαλάσσιες αποθέσεις άμμων, κροκάλων, αργίλων και χαλκών.

3.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

3.2.1 Γεωγραφική Θέση

Η υδρολογική λεκάνη του Κερίτη αποτελεί μια από τις σημαντικότερες υδρολογικές λεκάνες του Ν. Χανίων. Βρίσκεται στο κεντρικό τμήμα του Ν.

Χανίων και ανήκει στην επαρχία της Κυδωνίας. Τα κυριότερα δημοτικά διαμερίσματα που ανήκουν στην υδρολογική λεκάνη είναι: το Γεράνι, το Πατελάρι, η Αγιά, το Βαρύπετρο, ο Αλικιανός, ο Βατόλακκος, ο Κουφός, ο Φουρνές, ο Σκινές, ο Σκορδαλός, ο Κάρανος, οι Λάκκοι και τα Μεσκλά (σχήμα 3.1).

3.2.2 Μορφολογικά Χαρακτηριστικά

Η δυτική και κεντρική περιοχή του Ν. Χανίων παρουσιάζει έντονα μορφολογικά χαρακτηριστικά που μεταβάλλονται από τα βόρεια προς τα νότια. Παρατηρείται μεγάλη μεταβολή τόσο του υψόμετρου όσο και των κλίσεων από τα νότια, τη περιοχή των Λευκών Ορέων, προς τα βόρεια, όπου το ανάγλυφο γίνεται ηπιότερο, μέχρι τις παράκτιες περιοχές με πεδινές καλλιεργήσιμες εκτάσεις.

Η περιοχή μπορεί να χωριστεί σε τρεις μορφολογικές ζώνες, στην ορεινή, στην ημιορεινή και στη χαμηλή που καταλαμβάνουν αντίστοιχα το νότιο, κεντρικό και βόρειο τμήμα της.

- **Ορεινή Ζώνη:** Αποτελεί το νότιο τμήμα της περιοχής και πρόκειται για το ΒΔ καρστικό τμήμα των Λευκών Ορέων με μεγάλο αριθμό βουνοκορφών. Τα απόλυτα υψόμετρα της ζώνης αυτής κυμαίνονται από 600m έως και 2450m, ενώ οι μορφολογικές κλίσεις είναι γενικά μεγαλύτερες του 20%. Είναι μια τυπική καρστική περιοχή όπου παρουσιάζονται όλες οι μορφές που προκύπτουν από τη διάλυση των ανθρακικών πετρωμάτων.
- **Ημιορεινή Ζώνη:** Έπεται της ορεινής ζώνης και αποτελείται κυρίως από φυλλιτικούς - χαλαζιτικούς σχηματισμούς. Η μετάβαση από την ορεινή στην ημιορεινή ζώνη γίνεται σχετικά απότομα μέσω πτωτικών ρηγμάτων. Τα απόλυτα υψόμετρα κυμαίνονται από 200-600m ενώ οι μορφολογικές κλίσεις είναι μεταξύ 10-20%. Η αδιαπερατότητα των φυλλιτών επιτρέπει την ανάπτυξη υδρογραφικού δικτύου, σε αντίθεση με την ορεινή καρστική ζώνη. Η βλάστηση είναι αρκετά αναπτυγμένη, ενώ όπου οι κλίσεις το επιτρέπουν υπάρχουν καλλιεργήσιμες εκτάσεις καθώς και μικροί οικισμοί.
- **Χαμηλή Ζώνη:** Είναι η περιοχή με ήπιο ανάγλυφο και αξιόλογες πεδινές εκτάσεις. Τα υψόμετρα στη ζώνη αυτή είναι χαμηλότερα των 200m. Στη ζώνη αυτή επικρατούν φυλλιτικοί, μαργαϊκοί σχηματισμοί και τεταρτογενείς αποθέσεις.

3.2.3 Γεωλογικά Χαρακτηριστικά [6]

Η γεωλογία της ευρύτερης περιοχής μελέτης ακολουθεί τα γενικά γεωλογικά χαρακτηριστικά της Κρήτης έτσι όπως περιγράφονται σε παραπάνω παράγραφο.

Το πιο γνωστό σύμπλεγμα πετρωμάτων στη δυτική Κρήτη είναι τα στρώματα της Ιονίου ζώνης. Αναπτύσσονται στη νότια και νοτιοανατολική εξεταζόμενη περιοχή και σε μεγάλα υψόμετρα. Φαίνεται να αποτελούν τον πυρήνα των Λευκών Ορέων.

Πάνω στους σχηματισμούς αυτούς βρίσκονται επωθημένοι οι σκοτεινόμαυροι λατυποπαγείς ασβεστόλιθοι και δολομίτες. Είναι οι δολομιτικοί ασβεστόλιθοι Τρυπαλίου που εμφανίζονται στη βορειοδυτική περίμετρο των Λευκών Ορέων. Οι σχηματισμοί αυτοί δεν εμφανίζουν σαφή στρώση, αλλά το πάχος τους πρέπει να ξεπερνά τα 500m. Οι σχηματισμοί αυτοί παρουσιάζουν μεγάλο υδρογεωλογικό ενδιαφέρον.

Επωθημένοι πάνω στους ασβεστόλιθους του Τρυπαλίου, εμφανίζονται φυλλίτες με σημαντικές ενστρώσεις χαλαζιτών και ψαμμιτών που δομούν τις περιοχές βόρεια της Αγιάς και του Κουφού.

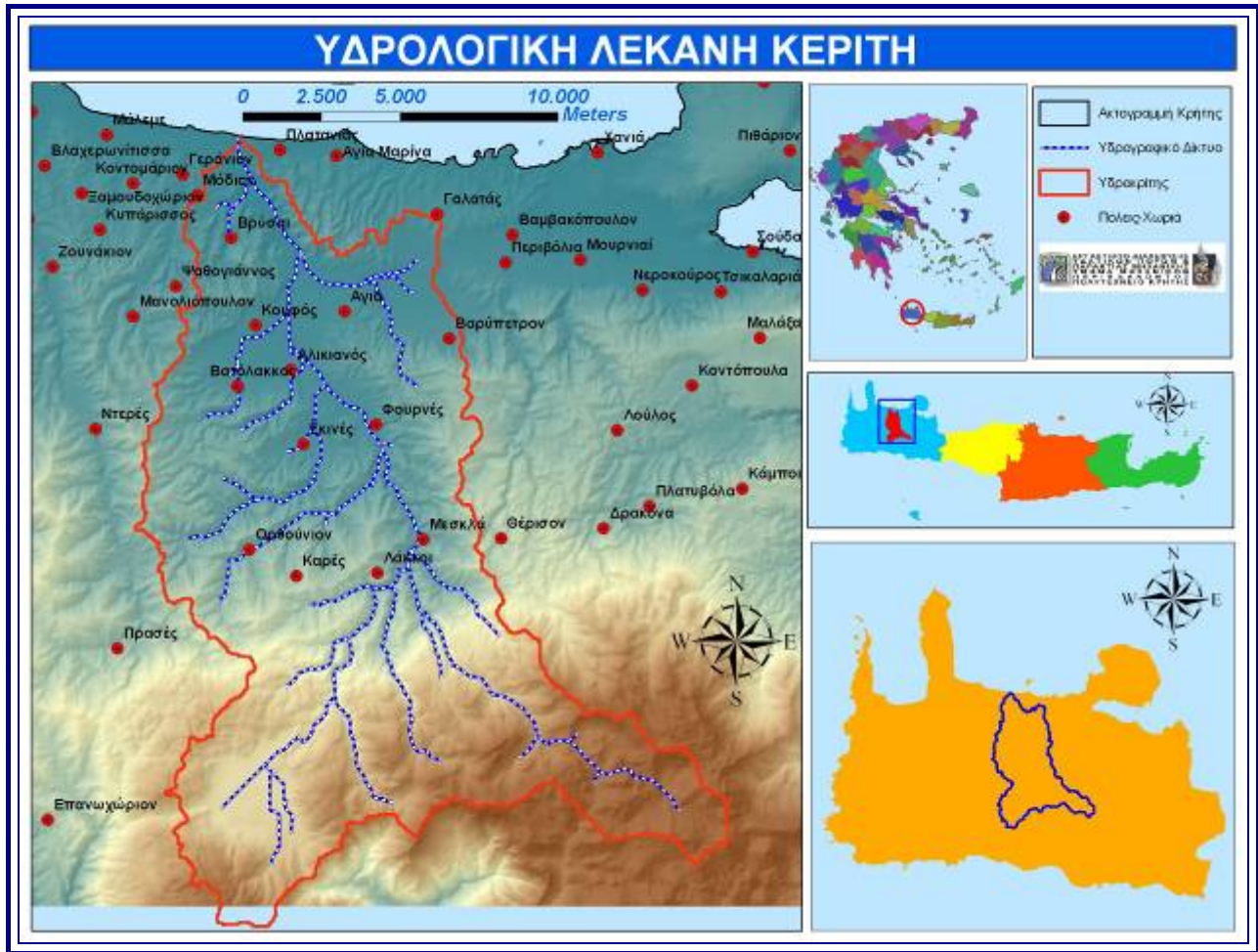
Οι νεογενείς σχηματισμοί εμφανίζονται στη περιοχή από την Αγιά μέχρι το ακρωτήρι Καλάμι και στη βόρεια παράκτια ζώνη. Στους νεογενείς σχηματισμούς περιλαμβάνονται πορώδεις μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι καθώς και μάργες του Μειοκαίνου, μαργαϊκοί ψαμμίτες, κροκαλοπαγείς μάργες και μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι του Πλειοκαίνου.

Τέλος οι τεταρτογενείς σχηματισμοί εμφανίζονται σε σημαντικό τμήμα της λεκάνης στη περιοχή Αγιάς, Αλικιανού, Βατόλακκου, Σκινέ, Κουφού. Είναι κυρίως λεπτόκοκκοι αργιλοϊλυαμμώδεις σχηματισμοί. Στη κοιλάδα του Κερίτη επικρατούν κυρίως κροκαλοαμμώδεις αποθέσεις ποτάμιας προέλευσης.

3.3 ΥΔΡΟΦΟΡΙΕΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΚΕΡΙΤΗ

3.3.1 Υδρολογική λεκάνη Κερίτη

Η υδρολογική λεκάνη του Κερίτη οριοθετείται βάση του ψηφιακού χάρτη στο G.I.S. Βάσει των ισοϋψών διακρίθηκε και «χαράχθηκε» ο υδροκρίτης της λεκάνης. Η έκταση της λεκάνης είναι 219km².



Σχήμα 3.1: Υδρολογική Λεκάνη Κερίτη

Στην υδρολογική λεκάνη του Κερίτη απαντώνται μεγάλες εκφορτίσεις καρστικών πηγών που αναφέρονται σε επόμενη παράγραφο. Η επιφανειακή απορροή της λεκάνης λαμβάνει χώρα στο επιφανειακό σύστημα φυλλιτών-χαλαζιτών στο νότιο τμήμα της λεκάνης. Στους αδιαπέρατους αυτούς σχηματισμούς συγκεντρώνεται επιφανειακά το νερό των βροχοπτώσεων και μέσω των χειμάρρων Μαύρος ποταμός, Βαλοαμιώτης, Φάζας, Αλικιανιώτης καταλήγει στο Κερίτη στο ύψος Σκινέ-Αλικιανού. Στοιχεία για τις απορροές των παραποτάμων αυτών δεν υπάρχουν.

3.3.2 Εκφορτίσεις Πηγών στη Λεκάνη του Κερίτη

3.3.2.1 Ταξινόμηση Πηγών

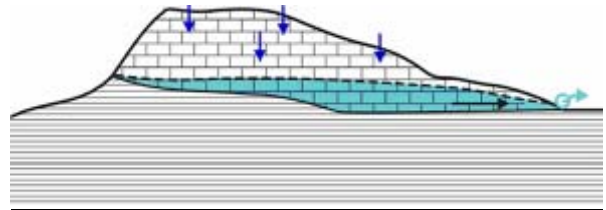
Η πηγή αποτελεί μια συγκεντρωμένη εκροή υπόγειου νερού που εμφανίζεται στην επιφάνεια του εδάφους ως ένα ρεύμα νερού που ρέει ελεύθερα (Todd K. ,1980). Αποτελούν την ανάβλυση, εμφάνιση δηλαδή υπόγειου νερού στην επιφάνεια του εδάφους ή στον πυθμένα μάζας νερού

(ποταμού, λίμνης, θάλασσας). Στην πραγματικότητα είναι η «υπερχείλιση» ή εκφόρτιση των υδροφόρων στρωμάτων. Η πηγή αποτελεί τη διαρροή νερού προς την επιφάνεια του εδάφους. Η διαρροή είναι συνήθως μη σημειακή αλλά εκτενής (γραμμικά ή δισδιάστατα). Οι διαρροές νερού μπορούν να σχηματίζουν τοπικά μικρά τέλματα ή ροές ή ακόμη και να εξατμίζονται ανάλογα με την παροχή της διαρροής, την τοπογραφία και το κλίμα.

Ανάλογα με το γεωλογικό τρόπο δημιουργίας, τις υδραυλικές συνθήκες λειτουργίας και τη διαίτα του νερού, έχουν προταθεί διάφορα κριτήρια ταξινόμησης των πηγών. Αν το νερό κινείται υπό την επίδραση της βαρύτητας, οι πηγές ονομάζονται **κατιούσες** ή βαρυτικές, ενώ στην αντίθετη περίπτωση είναι οι **ανερχόμενες** ή μη βαρυτικές. Κύριοι τύποι πηγών της πρώτης κατηγορίας είναι οι εξής:

- Πηγές επαφής:

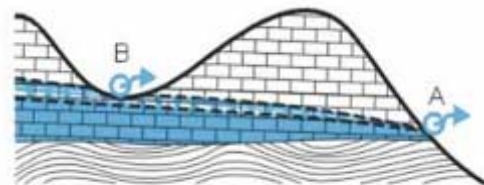
Το νερό κινείται παράλληλα κατά μήκος επαφής του με το αδιαπέρατο υποκείμενο στρώμα



Σχήμα 3.2: Πηγή Επαφής

- Πηγές ταπείνωσης:

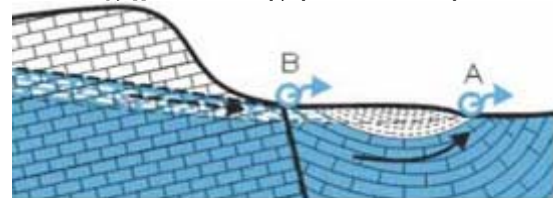
Η ταπείνωση της τοπογραφίας τέμνει την υδροστατική στάθμη.



Σχήμα 2.3: Πηγή Ταπείνωσης

- Πηγές υπερπλήρωσης:

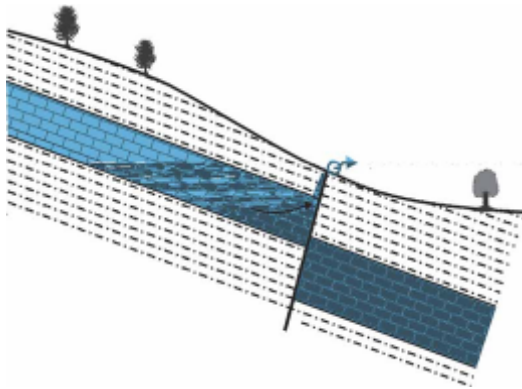
Η επαφή περατού και αδιαπερατού στρώματος και η μορφολογία και πιθανή εμφάνιση ρήγματος προκαλούν την εκφόρτιση του υδροφορέα.



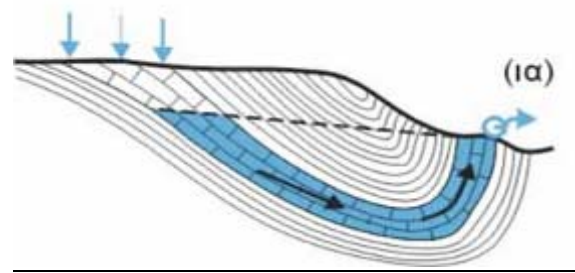
Σχήμα 3.4: Πηγή Υπερπλήρωσης

Στις ανερχόμενες πηγές ανήκουν κυρίως πηγές που η ανάβλυση του νερού προέρχεται είτε λόγω της υδροστατικής πίεσης (εμφάνιση ρημάτων) είτε

είναι μεταλλικές θερμές πηγές, το νερό των οποίων έρχεται στην επιφάνεια από μεγάλο βάθος μέσω ρηξιγενών ζωνών.



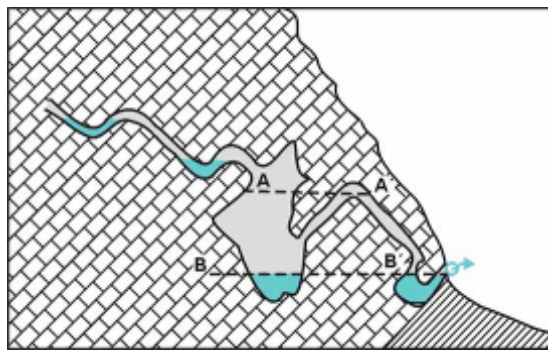
Σχήμα 3.5: Ανερχόμενη Ρηγματογενής Πηγή



Σχήμα 3.6: Ανερχόμενη πηγή πλήρωσης

Ανάλογα με τη διαίτα του νερού υπάρχουν οι **μόνιμες** και οι **εποχιακές** πηγές. Στις μόνιμες η παροχή είναι σταθερή κατά τη διάρκεια του έτους, ενώ οι εποχιακές δεν παρουσιάζουν συνεχή ροή σε όλη τη διάρκεια του έτους. Είναι συνήθως πηγές που τροφοδοτούνται από έντονα καρστικούς σχηματισμούς και η εκφόρτιση τους ολοκληρώνεται σε σύντομο χρονικό διάστημα μετά τις βροχοπτώσεις.

Άλλη κατηγορία πηγών είναι οι **διαλείπουσες** πηγές. Οι πηγές αυτές λόγω της μορφολογίας του εδάφους, παρουσιάζουν χρονικά διαστήματα συνεχούς ροής και διαστήματα όπου η παροχή σταματά τελείως.



Σχήμα 3.3: Διαλείπουσα Πηγή

Στον ελληνικό χώρο μεγάλος αριθμός των πηγών είναι καρστικές. Το νερό διακινείται μέσα σε έντονα αποσαθρωμένους ασβεστόλιθους όπου παρουσιάζουν αναπτυγμένο δευτερογενές πορώδες. Οι πηγές αυτές συνήθως δίνουν μεγάλες παροχές λόγω της έντονης ροής του νερού στα καρστ των ασβεστόλιθων.

3.3.2.2 Πηγές Αγιάς-Μεσκλών-Κουφού

Μέσα στα όρια της υδρολογικής λεκάνης του Κερίτη εμφανίζονται τρεις κύριες ομάδες πηγών. Οι πηγές της Αγιάς, οι πηγές των Μεσκλών και οι πηγές του Κουφού.

Πηγές Αγιάς:

Το νερό ανέρχεται μέσα από νεογενείς και τεταρτογενείς σχηματισμούς που υπέρκεινται των καρστικών ασβεστολίθων και δολομιτών του Τρυπαλίου. Η καρστική αυτή υδροφορία εκφορτίζεται στην περιοχή της Αγιάς με ένα μέτωπο πηγών που κατατάσσονται στις παρακάτω ομάδες:

- Πηγές Πλατάνου (+40,2m, απόλυτο υψόμετρο)
- Πηγές Κολύμπα (+40,1m απόλυτο υψόμετρο)
- Πηγές Καλαμιώνα (+34,5 απόλυτο υψόμετρο m)

Το ρήγμα της Αγιάς με διεύθυνση Δ-Α και ορατό μήκος πάνω από 20km, διακόπτει απότομα την επέκταση των ασβεστολιθικών μαζών και φέρνει σε επαφή τους φυλλίτες με τους ασβεστόλιθους, δημιουργώντας ένα φυσικό φράγμα που οδηγεί στην επιφανειακή εκφόρτιση των υδάτων. Οι πηγές δηλαδή λειτουργούν ως πηγές υπερπλήρωσης. [6]

Η παροχή των πηγών της Αγιάς είναι σχετικά σταθερή και σύμφωνα με τις μετρούμενες παροχές η μέση ετήσια παροχή είναι περί τα $70 \times 10^6 \text{ m}^3$. Επίσης στην περιοχή των πηγών και πριν την εκφόρτιση τους η υδροφορία εκμεταλλεύεται από αντλιοστάσια των Δήμων Χανίων, Βαρυπέτρου και Ο.Α.Δ.Υ.Κ. με μια μέση ποσότητα απολήψεων περί τα $14 \times 10^6 \text{ m}^3$.

Εκτός του συνολικού όγκου νερού των ετήσιων απορροών των πηγών της Αγιάς, εκτιμάται η ύπαρξη ενός μόνιμου αποθέματος στη λεκάνη τροφοδοσίας των πηγών το οποίο άλλωστε δικαιολογεί και τη σχεδόν σταθερή ετήσια παροχή των πηγών, αρκετά ανεξάρτητη από τα ετήσια κατακρημνίσματα. Η ποσότητα του μόνιμου αυτού αποθέματος και τα υδραυλικά χαρακτηριστικά του παραμένουν άγνωστα μέχρι στιγμής

Πηγές Μεσκλών:

Η εκφόρτιση τους γίνεται μέσα από ασβεστόλιθους της σειράς Τρυπαλίου κοντά στον ομώνυμο οικισμό. Επικρατεί η άποψη ότι δεν αποτελούν ξεχωριστή υδροφορία, αλλά αποτελούν τμήμα του ευρύτερου υδροφορέα της Αγιάς. Σε συνθήκες δηλαδή μεγάλης διακίνησης νερού, κατά την περίοδο των έντονων βροχοπτώσεων, δεν μπορεί η ανθρακική μάζα στο χώρο των πηγών να

παροχετεύσει τις υπόγεια διακινούμενες ποσότητες προς τα κατάντη, λόγω μειωμένης διαπερατότητας. Εξαιτίας της δυσκολίας αυτής το νερό εξέρχεται στην επιφάνεια ως πηγή, ενώ σε συνθήκες ομαλοποίησης της ροής υπερχειλίζει εσωτερικά προς τα κατάντη στις πηγές του μετώπου της Αγιάς.[7] Για το λόγο αυτό κατά τις ιχνηθετήσεις του Ι.Γ.Μ.Ε. ανιχνεύτηκαν οι ιχνηθέτες τόσο στα Μεσκλά όσο και στο μέτωπο πηγών της Αγιάς. Οι αναβλύσεις εντοπίζονται στις θέσεις:

- Ποταμός (+223m απόλυτο υψόμετρο)
- Παναγιά (+213m απόλυτο υψόμετρο)
- Νικολιανά (+197m απόλυτο υψόμετρο)

Η παροχή στις πηγές των Μεσκλών σε αντίθεση με της Αγιάς παρουσιάζουν μεγάλες διακυμάνσεις από έτος σε έτος. Η μέση ετήσια παροχή είναι περί τα $30 \times 10^6 \text{ m}^3$.

Πηγές Κουφού:

Αναπτύσσεται στους καρστικούς ασβεστόλιθους και δολομίτες Τρυπαλίου και εκφορτίζεται στη περιοχή του Κουφού με ένα μέτωπο πηγών με απόλυτο υψόμετρο +52m. Ο τρόπος που τροφοδοτούνται οι πηγές αυτές δεν είναι σαφής και έτσι δεν είναι γνωστό και το αν συνδέονται με τον ευρύτερο υδροφορέα της Αγιάς.

Οι πηγές στη περιοχή του Κουφού έχουν πρακτικά αναρρυθμιστεί, αφού με τις αντλήσεις (από 9 γεωτρήσεις στη περιοχή) που πραγματοποιούνται από την υδροφορία αυτή, οι πηγές εμφανίζουν, κατά μικρά διαστήματα, μικρή ροή στα μέσα της Άνοιξης για ελάχιστο χρονικό διάστημα. Ιδιαίτερο γνώρισμα των πηγών αυτών αποτελεί η υψηλή περιεκτικότητα σε θειικά ιόντα που ανέρχονται σε 350ppm SO_4 . [7]

3.3.2.3 Υδρογεωλογική Λεκάνη Τροφοδοσίας των Πηγών

Σύμφωνα με υδρογεωλογικές μελέτες για τη περιοχή, που έχουν προηγηθεί, τα όρια της υδρογεωλογικής λεκάνης που τροφοδοτεί τις πηγές που εκβάλλουν στην υδρολογική λεκάνη του Κερίτη είναι πολύ δύσκολο να καθοριστούν με ακρίβεια. Έτσι, σε αντίθεση με την οριοθέτηση της υδρολογικής λεκάνης του Κερίτη, η οριοθέτηση και κατά συνέπεια και ο καθορισμός της έκτασης της υδρογεωλογικής λεκάνης περικλείει σημαντικό βαθμό αβεβαιότητας. Επομένως, η προσέγγιση της έκτασης γίνεται με βάση τα γενικά μορφολογικά και τεκτονικά στοιχεία.

Το νότιο όριο της λεκάνης είναι το πιο σημαντικό γιατί καθορίζει την επιφάνεια του ασβεστολιθικού τμήματος της λεκάνης όπου λαμβάνει χώρα η μεγαλύτερη κατείσδυση των υδάτων. Τα όρια αυτά συμπίπτουν με τη κορυφογραμμή Μελινταού (+2.133m). Στην έκταση αυτή συμμετέχουν κυρίως οι ασβεστολιθικοί σχηματισμοί της ενότητας Τρυπαλίου, ενώ προς τα νοτιοανατολικά την έκταση συμπληρώνουν οι ασβεστολιθικοί σχηματισμοί της Ιονίου ζώνης. [7]

Προς τα δυτικά το όριο της λεκάνης τροφοδοσίας αποτελεί η επαφή των φυλλιτών με το σύστημα Τρυπαλίου. Η κλειστή λεκάνη του Ομαλού συμμετέχει και αυτή στην τροφοδοσία των πηγών. Το ανώτερο υψομετρικά τμήμα της λεκάνης του Ντεριανού που δομείται από ανθρακικούς σχηματισμούς του Τρυπαλίου αποτελεί τμήμα της υδρογεωλογικής λεκάνης των πηγών.

Το ανατολικό όριο τοποθετείται στα δυτικά του φαράγγιού του Θέρισου, στην τεκτονική ζώνη επώθησης των φυλλιτών. Μικρή είναι, επίσης, η πιθανότητα επέκτασης της λεκάνης προς τον όρμο της Σούδας (ασβεστόλιθοι ζώνης Τρίπολης), γιατί κάτω από τις μειοκαινικές αποθέσεις, στο ύψος του Νεροκούρου, αναδύονται οι φυλλίτες που πιθανώς να απομονώνουν την επικοινωνία προς τα ανατολικά.

Βόρεια, στη ζώνη των πηγών της Αγιάς, οι ανθρακικοί σχηματισμοί του Τρυπαλίου, κάτω από τις προσχώσεις, διακόπτονται από ένα πολύ σημαντικό ρήγμα του οποίου ο μυλονίτης αποτελεί γενικά υδατοστεγανό φράγμα.

Τα παραπάνω αποτελούν μια γενική περιγραφή της οριοθέτησης της υδρογεωλογικής λεκάνης της Αγιάς με βάση τα υδρογεωλογικά στοιχεία προγενέστερων μελετών, που θεωρείται ότι αποτελεί υπολεκάνη του μεγάλου υδροφόρου συστήματος των Λευκών Ορέων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

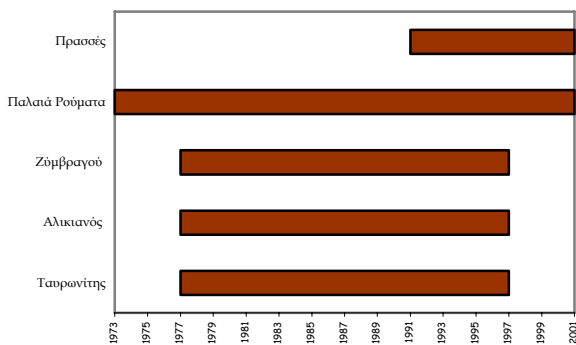
Ανάλυση Βροχομετρικών Δεδομένων

4.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

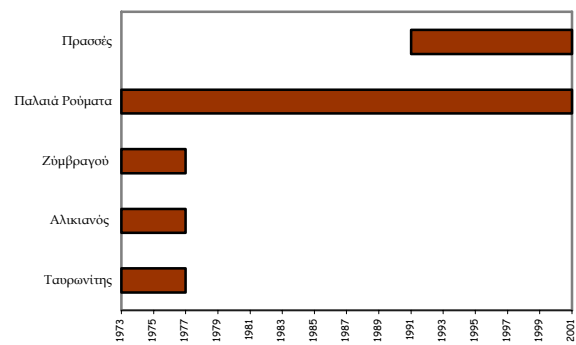
Για την επεξεργασία των βροχομετρικών δεδομένων που αφορούν τη λεκάνη του Κερίτη, συλλέχθηκαν τα βροχομετρικά στοιχεία των πλησιέστερων προς τη λεκάνη σταθμών. Οι σταθμοί αυτοί, το υψόμετρό τους καθώς και οι διαθέσιμες χρονοσειρές βροχοπτώσεων φαίνονται στον Πίνακα 4.1:

Πίνακας 4.1: Μετεωρολογικοί σταθμοί της περιοχής

Α/Α	Σταθμός	Υψόμετρο (m)	Μηνιαία Χρονοσειρά	Ημερήσια Χρονοσειρά
1	Ταυρωνίτης	14	77/78-96/97	73/74-76/77
2	Αλικιανός	68	77/78-96/97	73/74-76/77
3	Ζύμβραγος	235	77/78-96/97	73/74-76/77
4	Παλαιά Ρόματα	316	73/74-00/01	73/74-00/01
5	Πρασσές	520	91/92-00/01	91/92-00/01



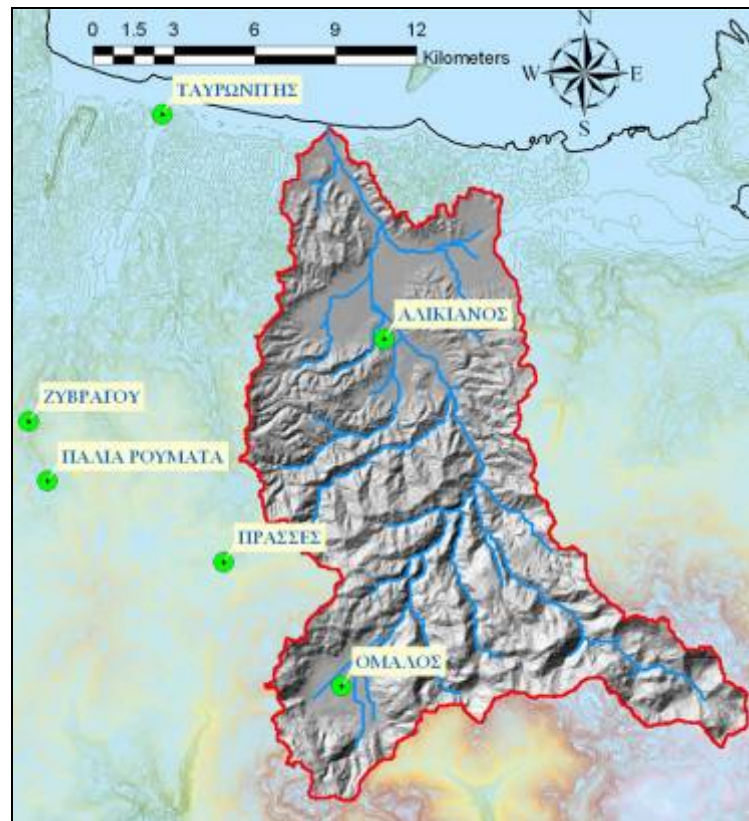
Διάγραμμα 4.1: Περίοδος Μηνιαίων Χρονοσειρών



Διάγραμμα 4.2: Περίοδος Ημερήσιων Χρονοσειρών

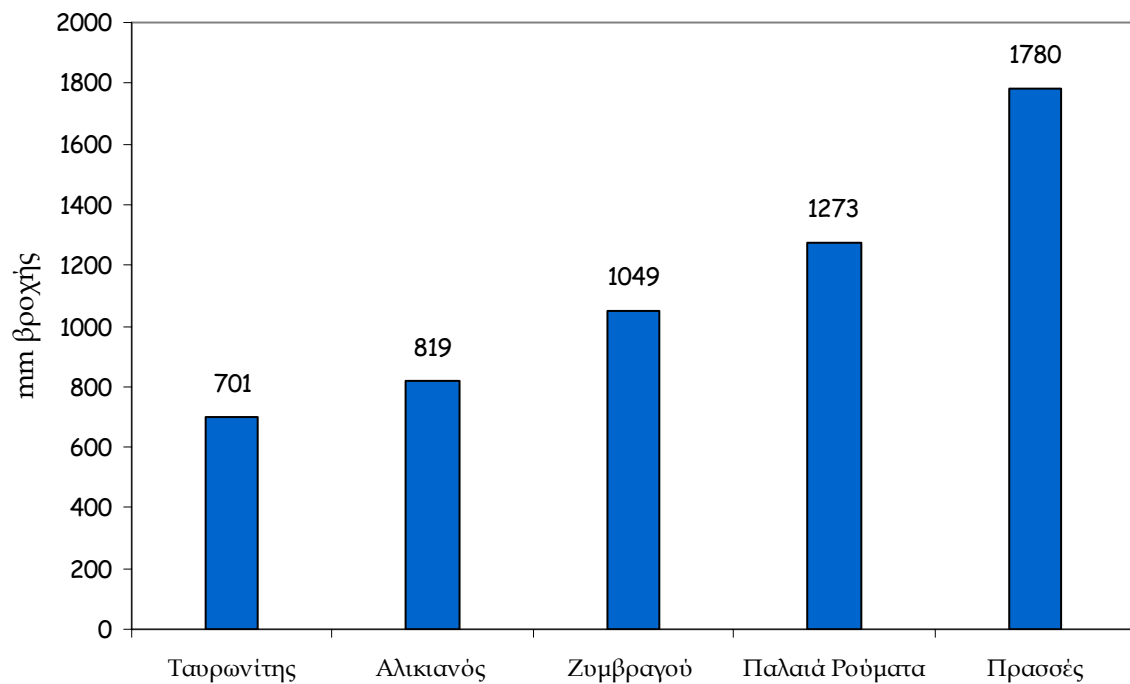
Από τους παραπάνω σταθμούς, όπως φαίνεται και στο σχήμα 4.1, μόνο ο σταθμός του Αλικιανού βρίσκεται μέσα στην υδρολογική λεκάνη του Κερίτη. . Για τον συγκεκριμένο σταθμό υπάρχει συμπληρωμένη μηνιαία χρονοσειρά για τα έτη 1977/78-1996/97. [7]

Ωστόσο, αναλύθηκαν και τα στοιχεία των υπόλοιπων σταθμών, αφ' ενός γιατί γειτονεύουν με τη λεκάνη του Κερίτη και αφετέρου γιατί χρειαζόμαστε και σταθμούς σε μεγαλύτερα υψόμετρα από το υψόμετρο του Αλικιανού που είναι σχετικά χαμηλό.



Σχήμα 4.1: Βροχομετρικοί Σταθμοί στη Περιοχή Μελέτης

Στο διάγραμμα 4.3 παρουσιάζονται για κάθε σταθμό, οι υπερετήσιες βροχοπτώσεις όπως προκύπτουν από τις διαθέσιμες χρονοσειρές.



Διάγραμμα 4.3: Υπερετήσιες τιμές βροχοπτώσεων στους εξεταζόμενους σταθμούς

4.2 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Στη παράγραφο αυτή παρουσιάζονται τα διαθέσιμα βροχομετρικά δεδομένα των σταθμών της περιοχής και μια πρώτη στατιστική ανάλυση αυτών. Μέρος της ανάλυσης αυτής έγινε με το λογισμικό HYMOS.

Το Hymos αποτελεί ένα σύστημα πληροφοριών όπου μπορεί να καταχωρηθεί, να επεξεργαστεί και να παρουσιαστεί ένα μεγάλο πλήθος υδρολογικών και περιβαλλοντικών δεδομένων. Το μεγάλο πλήθος δεδομένων που έχει την δυνατότητα να επεξεργαστεί καθώς και οι πολλές επιλογές ως προς την επεξεργασία των δεδομένων, το καθιστούν εύχρηστο εργαλείο για μια υδρολογική, περιβαλλοντική μελέτη. Επίσης σε συνδυασμό και με το GIS (Geographic Information System), προσφέρει τη δυνατότητα για χωρική ανάλυση και επέκταση των υδρολογικών δεδομένων.

Στις επόμενες παραγράφους, για κάθε εξεταζόμενο σταθμό, παρουσιάζονται οι χρονοσειρές των ετήσιων βροχοπτώσεων καθώς και η εικόνα ενός υδρολογικού έτους με τις μέσες μηνιαίες τιμές που προκύπτουν για κάθε μήνα. Τα δύο αυτά διαγράμματα περιγράφουν ποσοτικά τη βροχόπτωση στην περιοχή του σταθμού, καθώς και τη χρονική κατανομή της τόσο στο σύνολο των ετών, όσο και κατά τη διάρκεια του έτους. Ακολουθούν διαγράμματα που αφορούν στον κυλιόμενο μέσο όρο, στην καμπύλη αποκλίσεων από το μέσο όρο, και στην αθροιστική καμπύλη αποκλίσεων.

Η **καμπύλη αποκλίσεων από το μέσο όρο** των ιστορικών χρονοσειρών βροχόπτωσης είναι η απόκλιση της κάθε τιμής της χρονοσειράς από το μέσο όρο των τιμών της χρονοσειράς. Έτσι για κάθε μηνιαία βροχόπτωση x_i η συνάρτηση αποκλίσεων από το μέσο όρο δίνεται από την εξίσωση

$$y_i = x_m - x_i \quad (4.1)$$

Όπου το x_m εκφράζει τη μέση μηνιαία τιμή για όλες τις τιμές της χρονοσειράς. Η καμπύλη αυτή δίνει μια γρήγορη εποπτική εικόνα για τις ξηρές και υγρές περιόδους. Χρησιμοποιώντας μηνιαίες τιμές, διακρίνονται αφ' ενός οι ξηροί και υγροί μήνες αλλά και τα υγρά και ξηρά έτη. [8]

Η **καμπύλη αθροιστικών αποκλίσεων** είναι ένα αποτελεσματικό εργαλείο στον εντοπισμό της κλιματικής μεταβλητότητας ή και άλλων ανομοιογενειών. Η αθροιστική καμπύλη y_i για τις μηνιαίες τιμές x_i προκύπτει ως εξής

$$y_i = y_{i-1} + (x_i - x_m) \quad (4.2)$$

Όπου το x_m εκφράζει τη μέση μηνιαία τιμή για όλες τις τιμές της χρονοσειράς. Ο ανοδικός κλάδος στην καμπύλη είναι ενδεικτικός μιας ακολουθίας τιμών πάνω από το μέσο όρο. Η οριζόντια γραμμή δηλώνει μια ακολουθία σημείων περί το μέσο όρο και ο καθοδικός κλάδος δηλώνει μια ακολουθία τιμών κάτω από το μέσο όρο. [8]

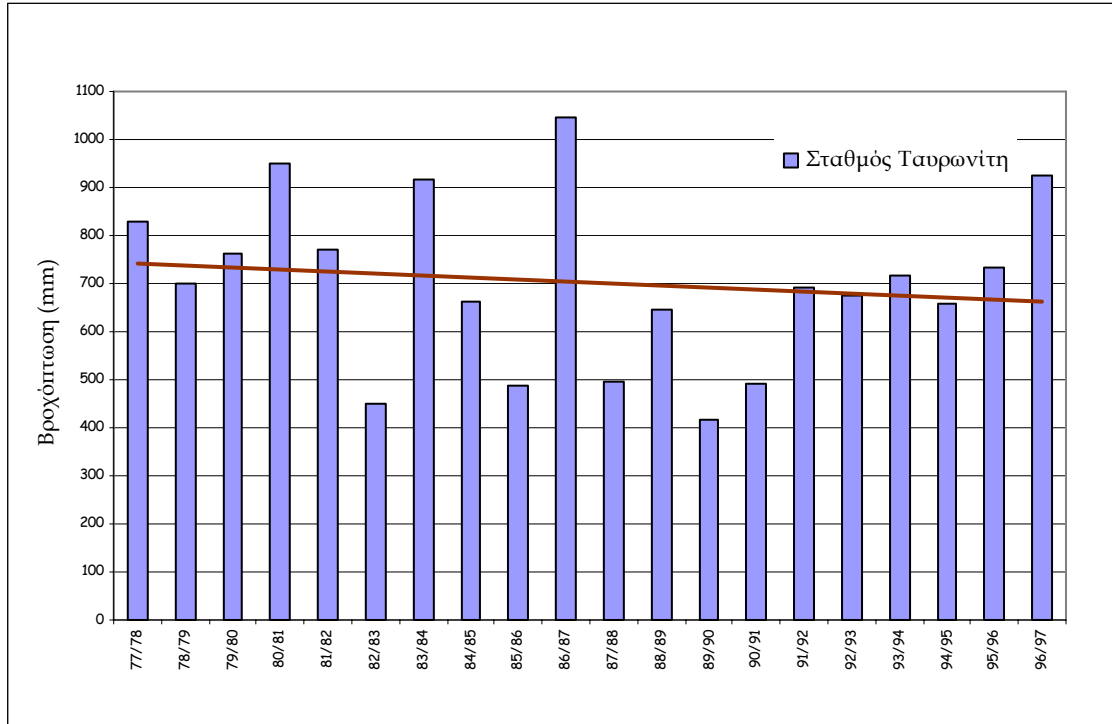
Η **συνάρτηση του κυλιόμενου μέσου όρου** (moving averages) βοηθά στην διερεύνηση της μεταβλητότητας αλλά και της ύπαρξης τάσης σε μια χρονοσειρά μεγάλης περιόδου. Για τις ετήσιες βροχοπτώσεις κάθε σταθμού X_i , η συνάρτηση του κυλιόμενου μέσου όρου δίνεται από την εξίσωση 4.3. [8]

$$y_i = \frac{1}{2m+1} \sum_{j=i-m}^{i+m} x_j \quad (4.3)$$

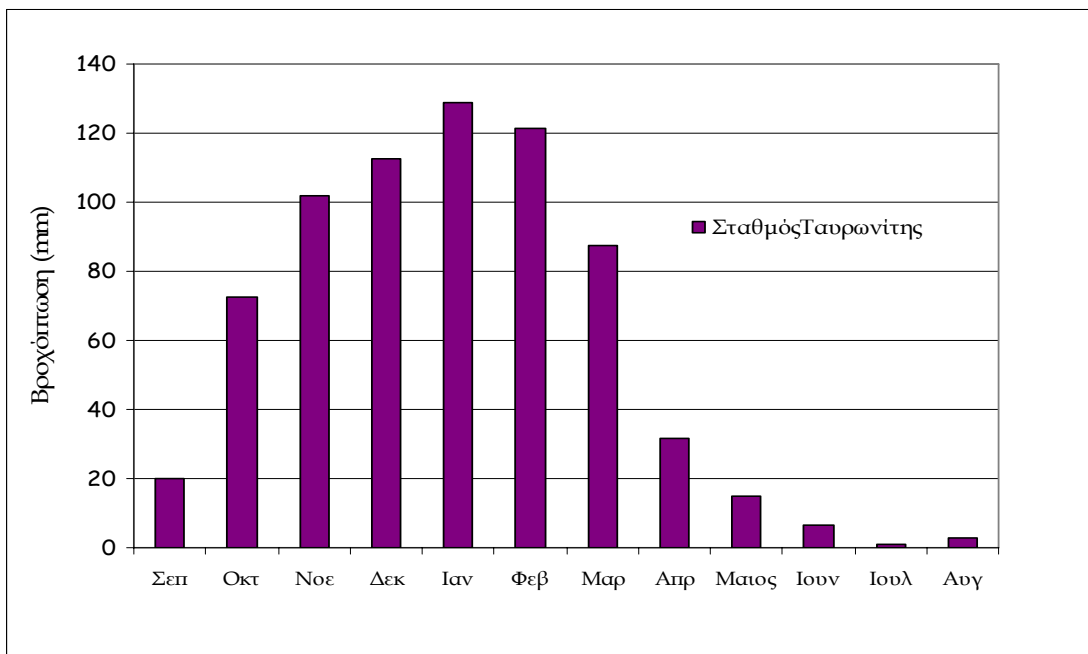
Έτσι, ο μέσος όρος σε κάθε θέση i της χρονοσειράς προκύπτει από $2m+1$ στοιχεία. Ο αριθμός m εκφράζει το πόσα χρονικά βήματα θα περιλάβει πριν και μετά τη θέση i . Η επιλογή του m καθορίζεται κυρίως από το μέγεθος της χρονοσειράς. Στις ετήσιες χρονοσειρές των σταθμών, επιλέχτηκε χρονικό διάστημα τριών ετών.

4.2.1 Σταθμός Ταυρωνίτη

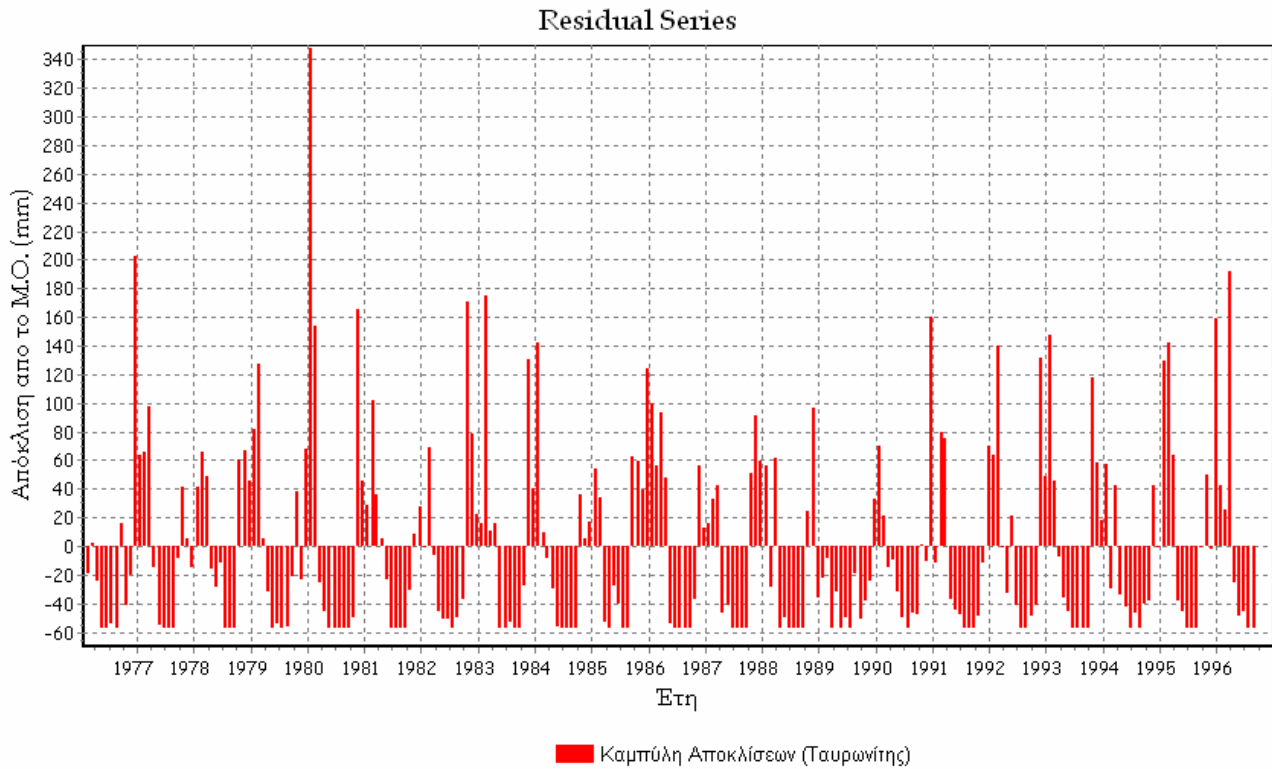
Ο σταθμός του Ταυρωνίτη (υψόμετρο +14m) ανήκει στο Ινστιτούτο Υποτροπικών και Ελαίας (Ι.Υ.Ε) και διαθέτει μηνιαία βροχομετρικά στοιχεία για τα έτη 1977-1997.



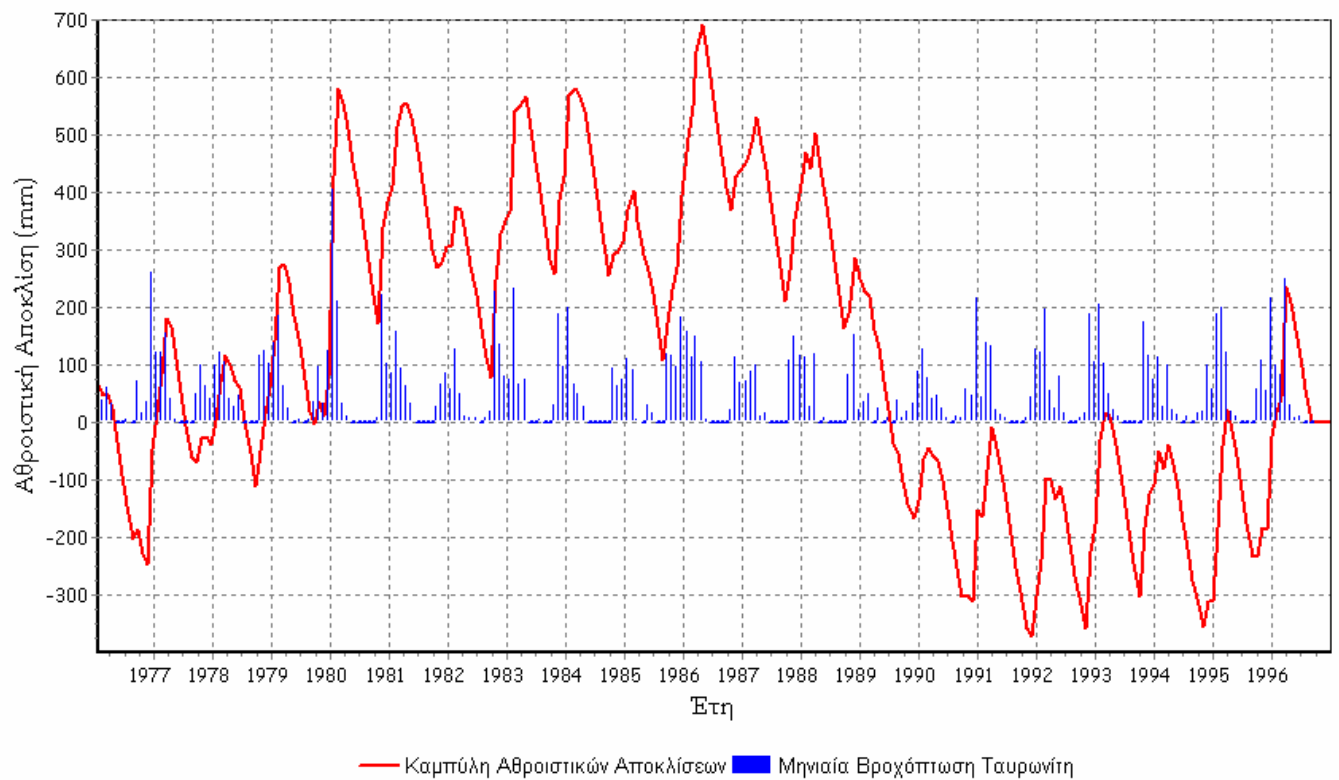
Διάγραμμα 4.4: Ετήσιες Βροχοπτώσεις του σταθμού Ταυρωνίτη



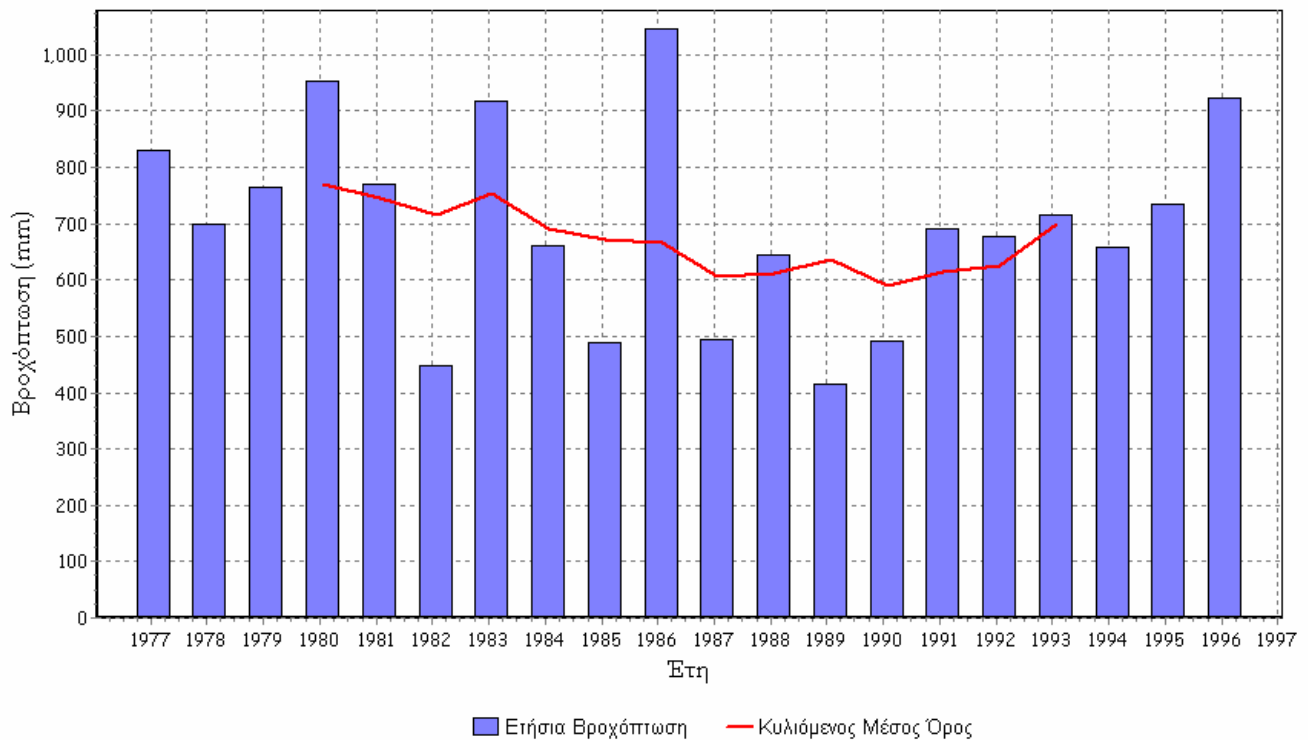
Διάγραμμα 4.5: Μέση Μηνιαία Βροχόπτωση του σταθμού Ταυρωνίτη



Διάγραμμα 4.6: Καμπύλη Αποκλίσεων του σταθμού Ταυρωνίτη



Διάγραμμα 4.7: Καμπύλη Αθροιστικών Αποκλίσεων του σταθμού Ταυρωνίτη

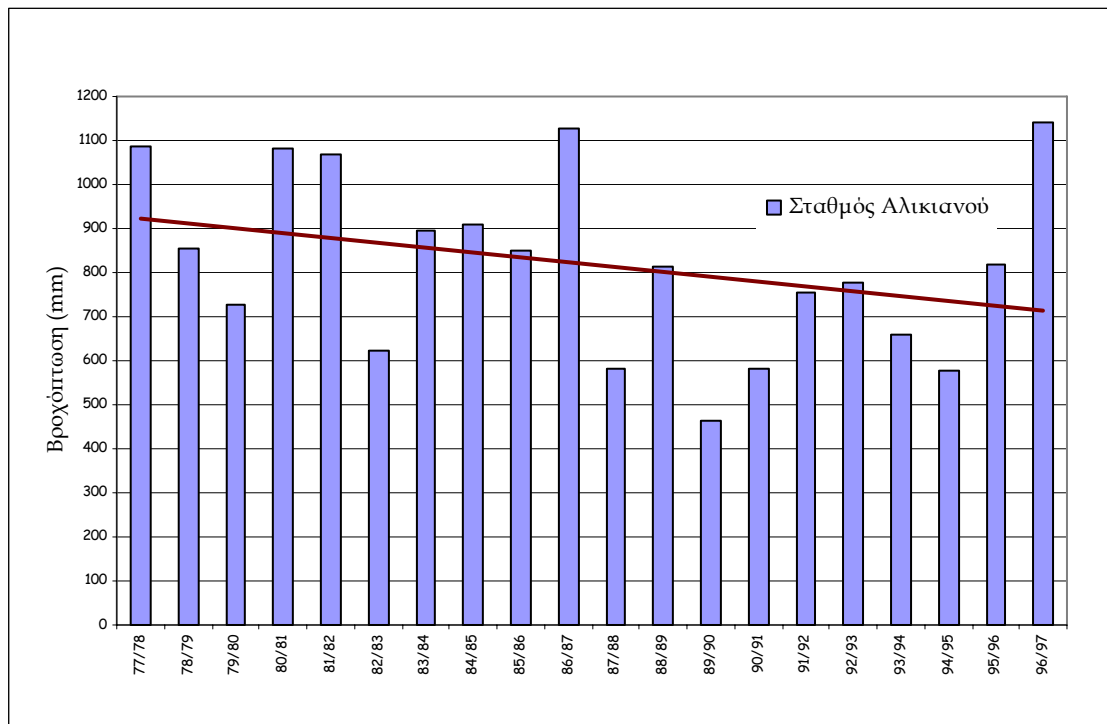


Διάγραμμα 4.8: Καμπύλη Κυλιόμενου Μέσου Όρου σταθμού Ταυρωνίτη

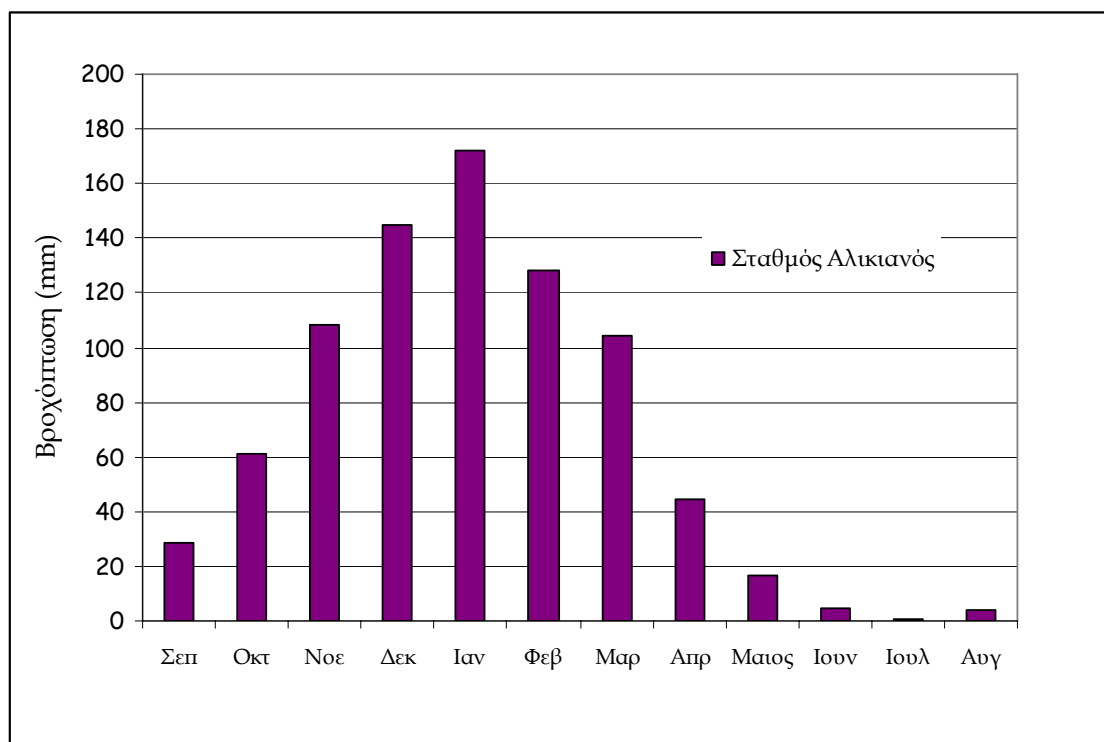
Παρατηρούμε πως το ξηρότερο υδρολογικό έτος για τον σταθμό του Ταυρωνίτη ήταν το έτος 1989/90 με ετήσια βροχόπτωση 415mm ενώ υγρότερο υδρολογικό έτος υπήρξε το 1986/87 με ετήσια βροχόπτωση 1047mm. Επίσης υγρότερος μήνας είναι ο Ιανουάριος με μέση βροχόπτωση 129mm, και ξηρότερος ο Ιούλιος με σχεδόν μηδενική μέση βροχόπτωση. Από τη καμπύλη αποκλίσεων και τη καμπύλη αθροιστικών αποκλίσεων φαίνεται πως μέσα στην 20ετία, εμφανίζεται μετά τα πρώτα έτη, μια περίοδος ξηρασίας η οποία όμως φαίνεται πως αρχίζει να εξαλείφεται μετά το 1996. Αν υπήρχαν στοιχεία βροχοπτώσεων για περισσότερα έτη, ίσως να διακρίναμε μια περιοδικότητα στη βροχόπτωση με υγρά και ξηρά έτη. Για τα εξεταζόμενα έτη πάντως, η τάση που παρατηρείται δείχνει μείωση της βροχόπτωσης μέσα στην 20ετία.

4.2.2 Σταθμός Αλικιανού

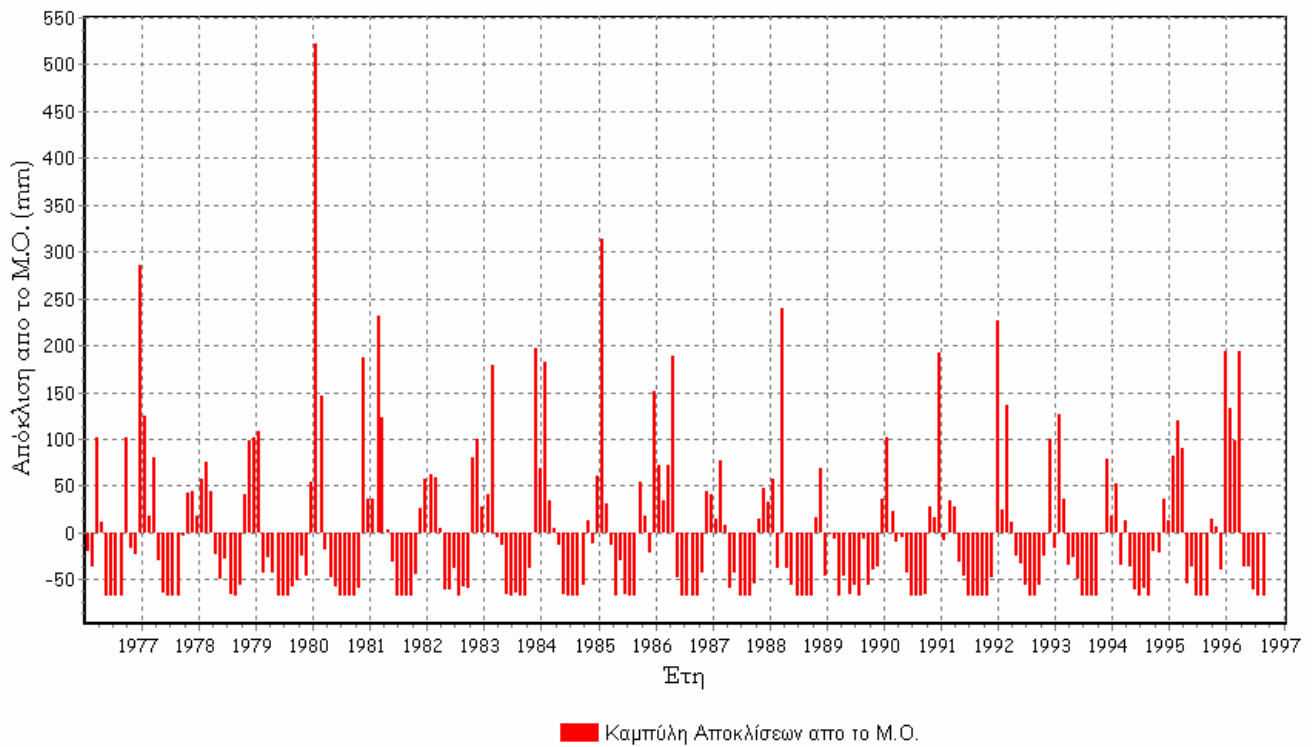
Ο σταθμός του Αλικιανού (υψόμετρο +68m) ανήκει στο Ινστιτούτο Υποτροπικών και Ελαίας (Ι.Υ.Ε) και διαθέτει μηνιαία βροχομετρικά στοιχεία για τα έτη 1977-1997.



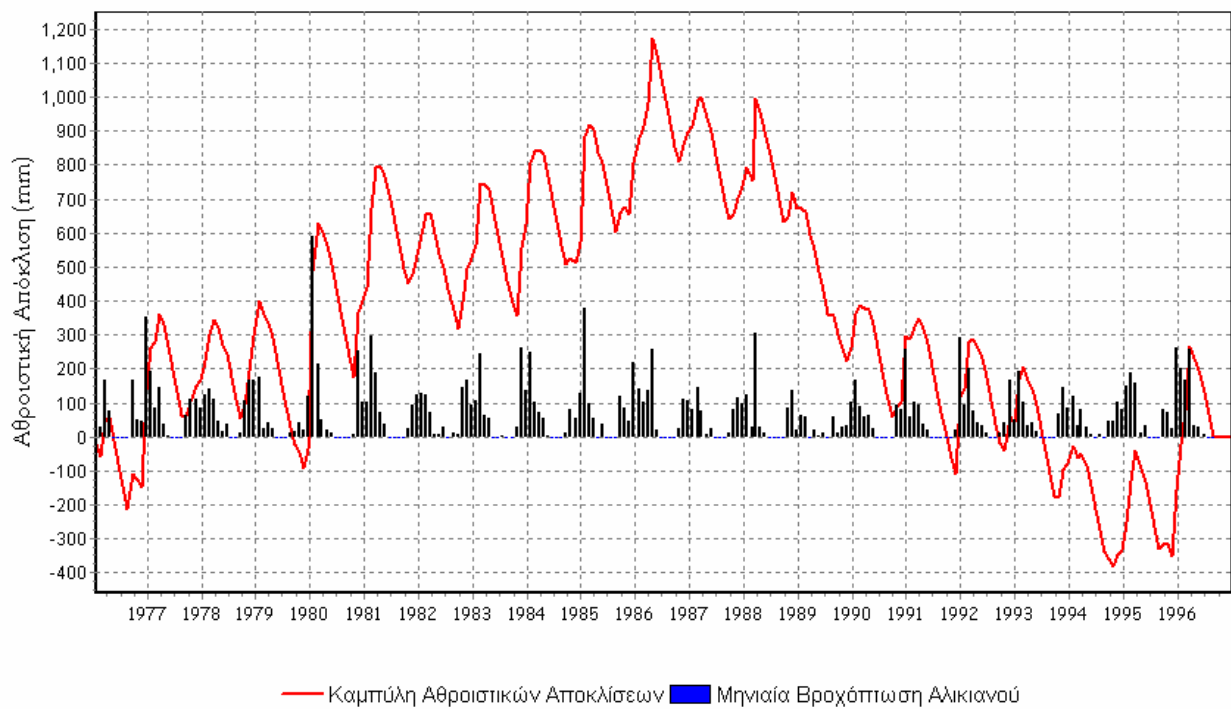
Διάγραμμα 4.9: Ετήσιες Βροχοπτώσεις του σταθμού Αλικιανού



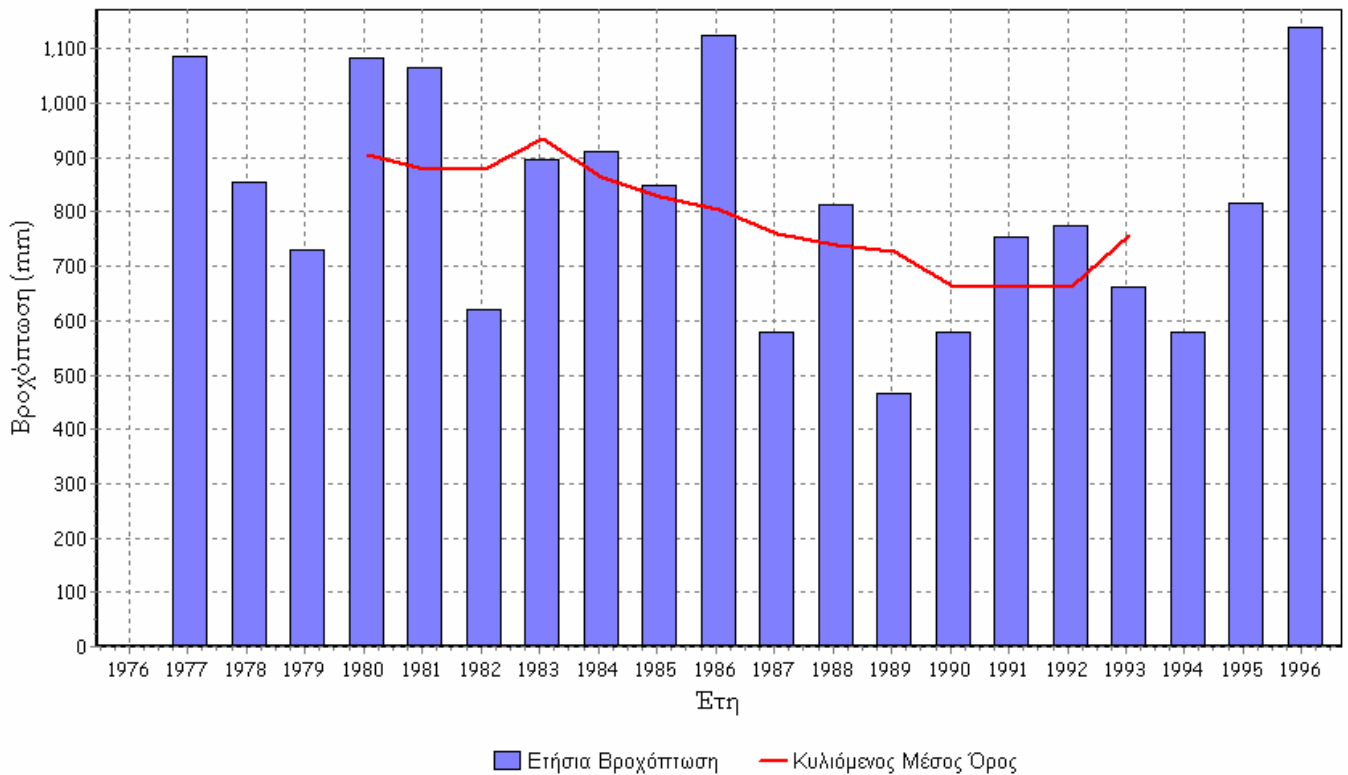
Διάγραμμα 4.10: Μέση Μηνιαία Βροχόπτωση του σταθμού Αλικιανού



Διάγραμμα 4.11: Καμπύλη Αποκλίσεων του σταθμού Αλικιανού



Διάγραμμα 4.12: Καμπύλη Αθροιστικών Αποκλίσεων του σταθμού Αλικιανού

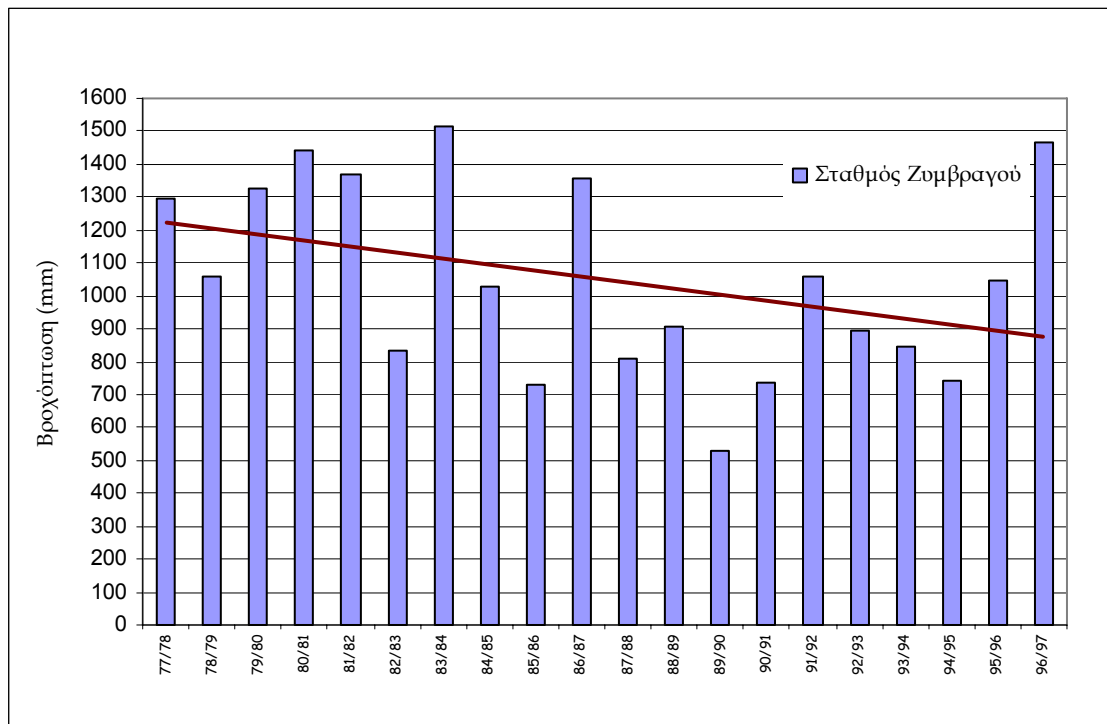


Διάγραμμα 4.13: Καμπύλη Κυλιόμενου Μέσου Όρου σταθμού Αλικιανού

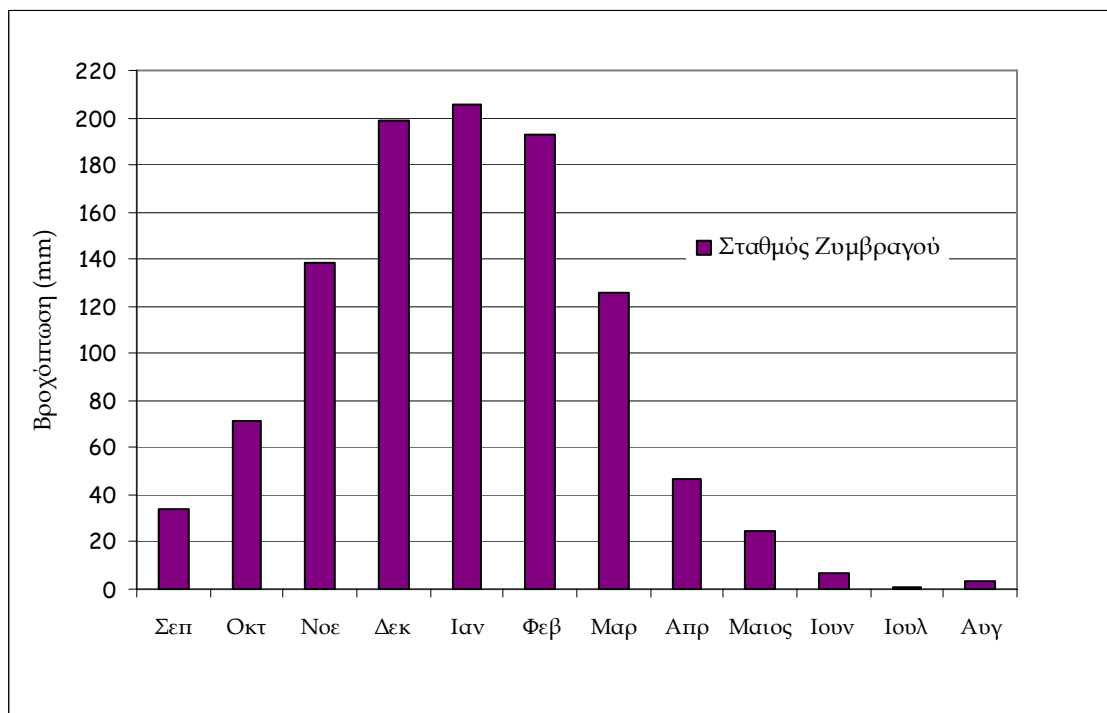
Όπως φαίνεται και από το διάγραμμα 4.10 το ξηρότερο υδρολογικό έτος για τον σταθμό του Αλικιανού ήταν το έτος 1989/90 με ετήσια βροχόπτωση 465mm ενώ υγρότερο υδρολογικό έτος υπήρξε το 1996/97 με ετήσια βροχόπτωση 1139mm. Υγρότερος μήνας είναι ο Ιανουάριος με μέση βροχόπτωση 172mm, και ξηρότερος ο Ιούλιος με σχεδόν μηδενική μέση βροχόπτωση. Όπως και στο σταθμό του Ταυρωνίτη, έτσι και στο σταθμό του Αλικιανού παρατηρείται μια μείωση της βροχόπτωσης μετά από τα πρώτα 10 περίπου χρόνια που ακολουθείται από μια ξηρή περίοδο. Γενικά η βροχόπτωση της 20ετίας παρουσιάζει πτωτική τάση, όπως φαίνεται και στο διάγραμμα 4.9.

4.2.3 Σταθμός Ζυμβραγού

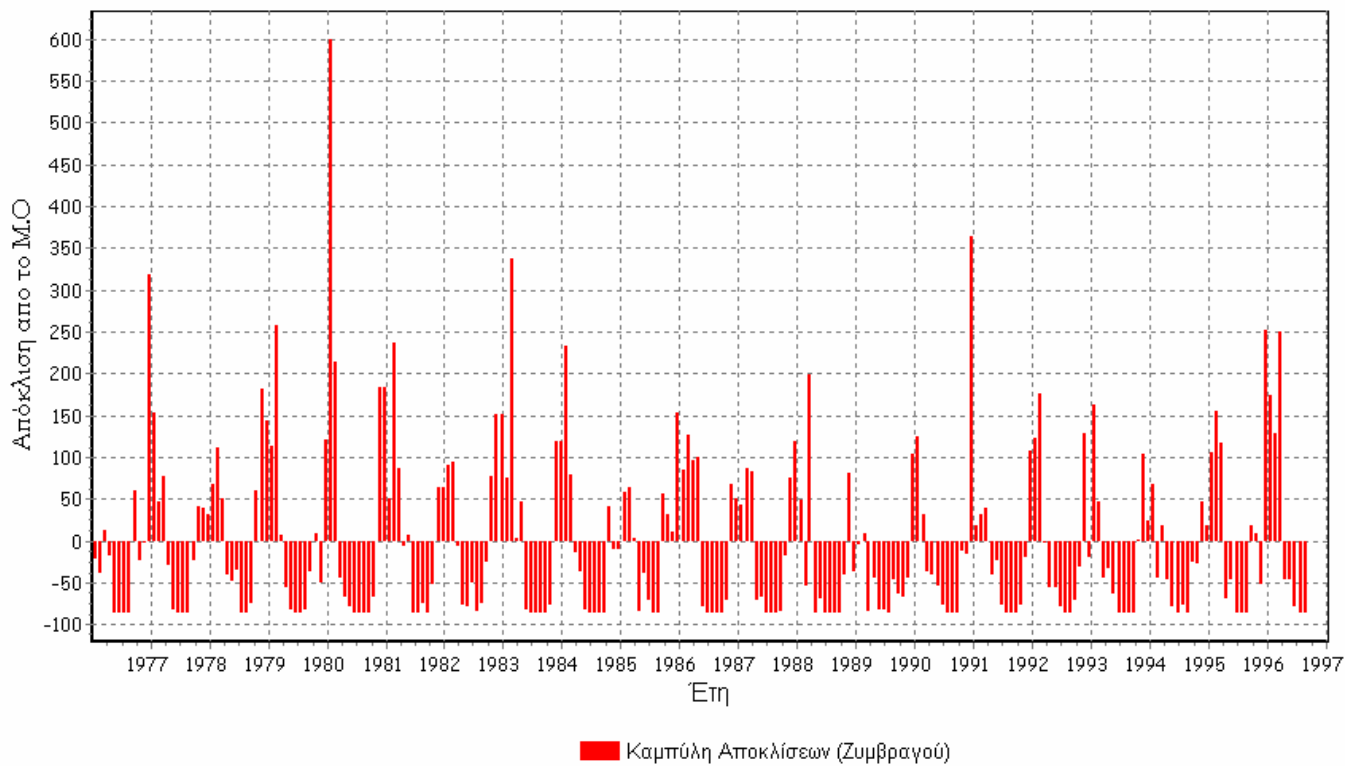
Ο σταθμός του Ζυμβραγού (υψόμετρο +235m) ανήκει στο Ινστιτούτο Υποτροπικών και Ελαίας (Ι.Υ.Ε) και διαθέτει μηνιαία βροχομετρικά στοιχεία για τα έτη 1977-1997.



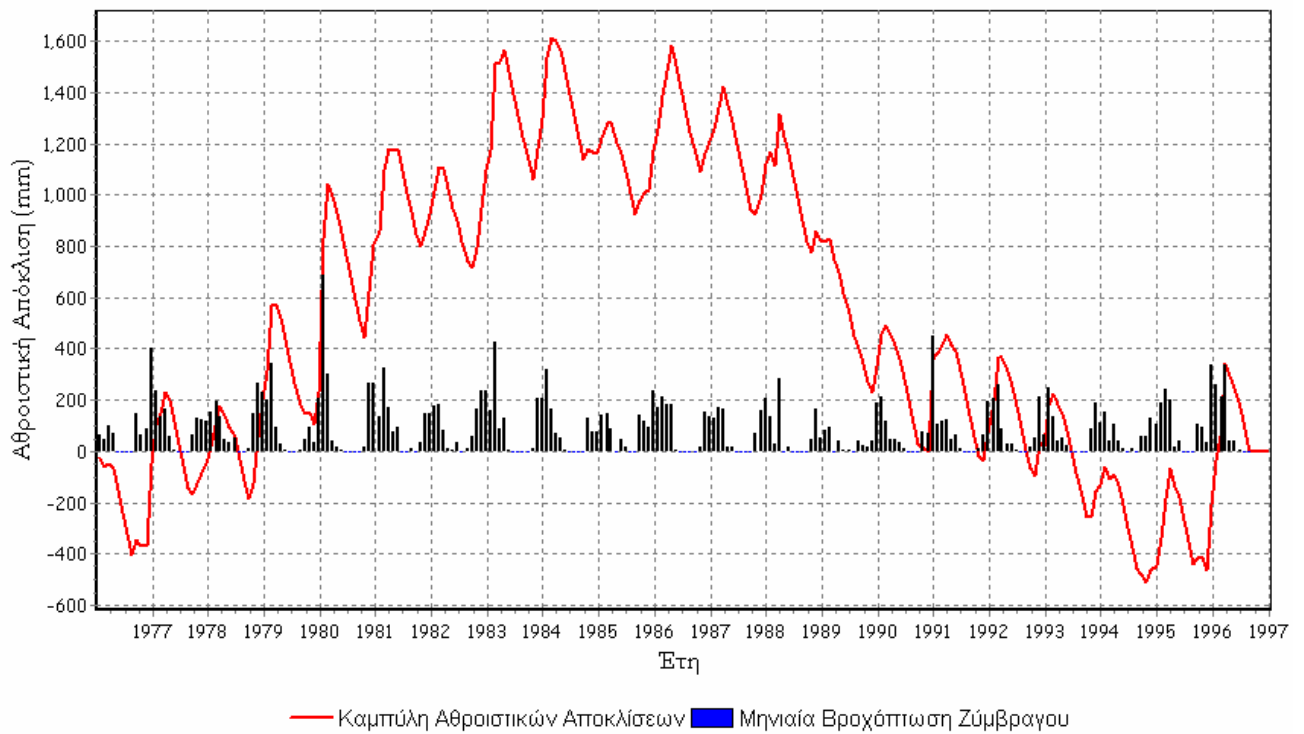
Διάγραμμα 4.14: Ετήσιες Βροχοπτώσεις του σταθμού Ζυμβραγού



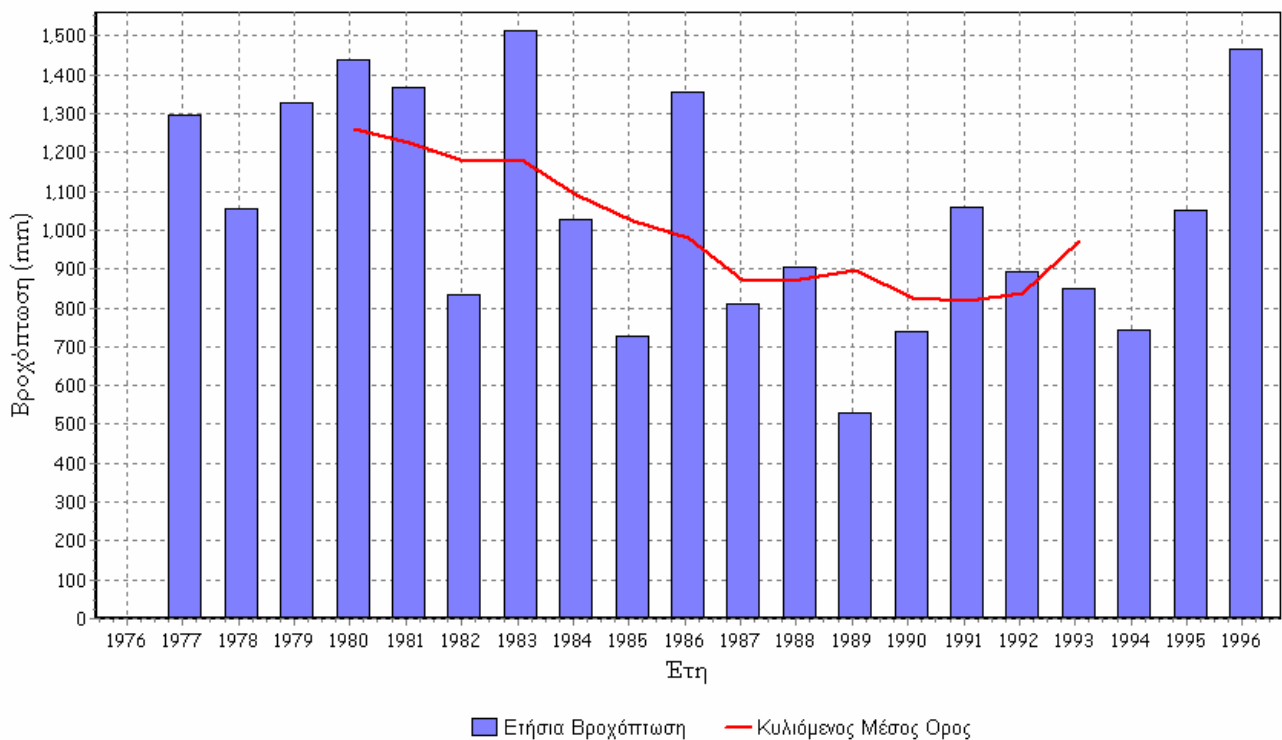
Διάγραμμα 4.15: Μέση Μηνιαία Βροχόπτωση του σταθμού Ζυμβραγού



Διάγραμμα 4.16: Καμπύλη Αποκλίσεων του σταθμού Ζυμβραγού



Διάγραμμα 4.17: Καμπύλη Αθροιστικών Αποκλίσεων του σταθμού Ζυμβραγού

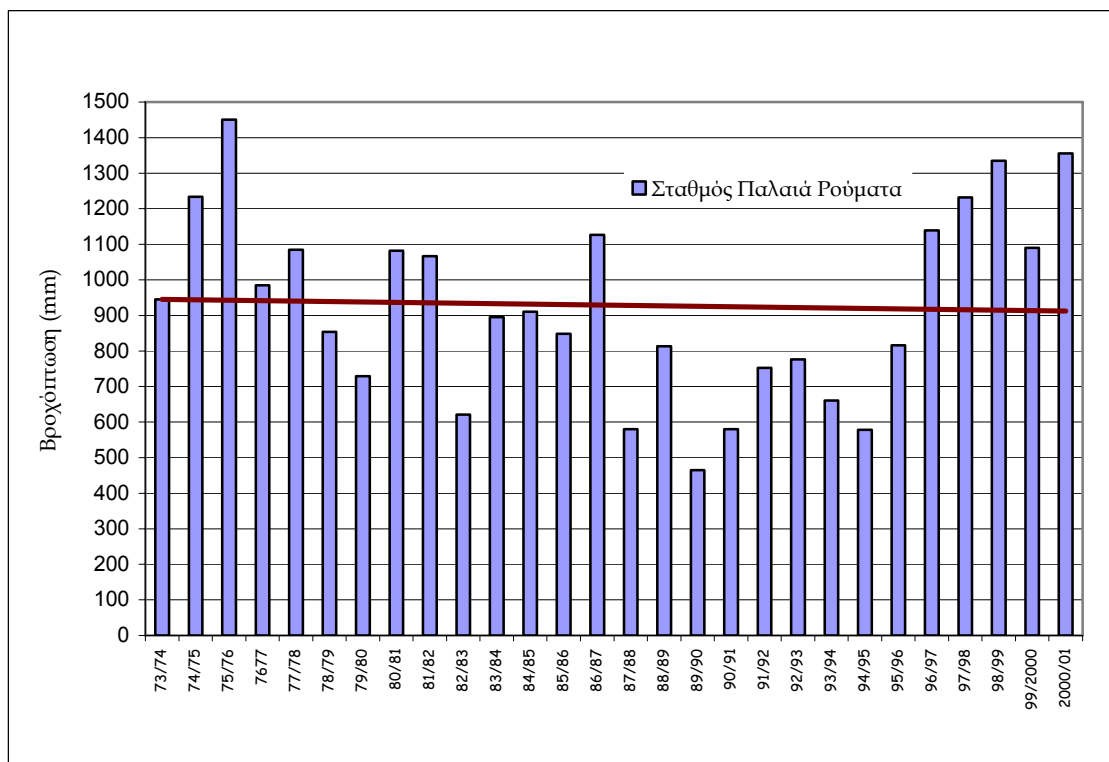


Διάγραμμα 4.18: Καμπύλη Κυλιόμενου Μέσου Όρου σταθμού Ζυμβραγού

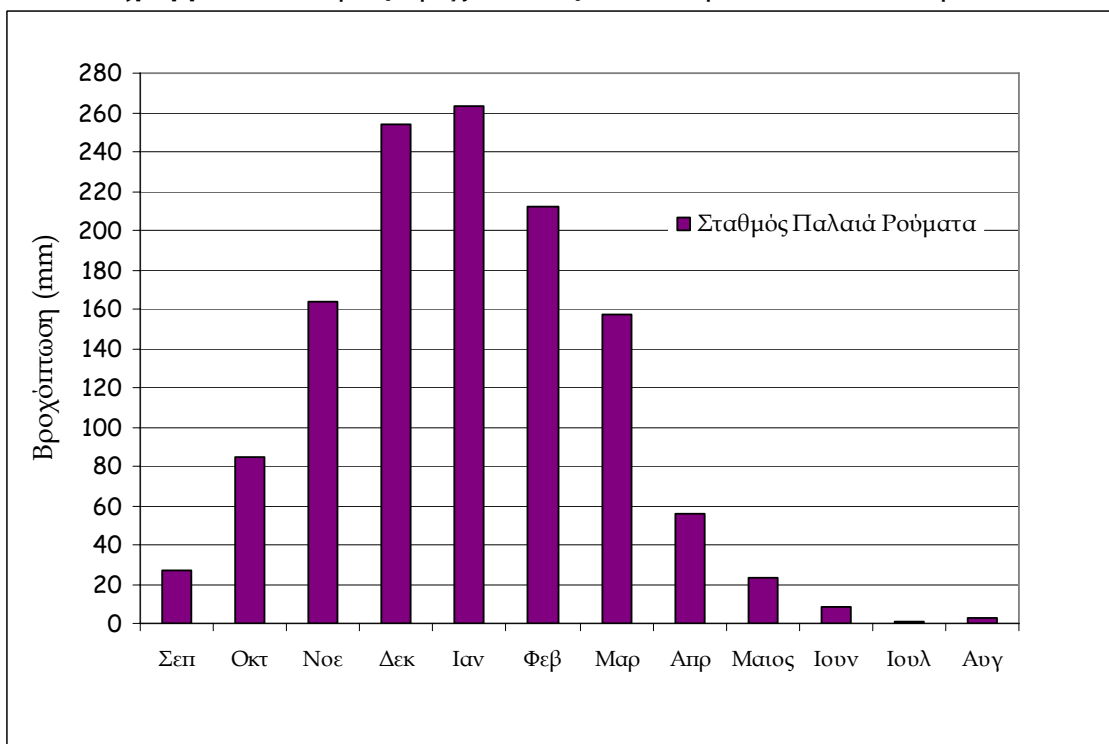
Παρατηρούμε πως το ξηρότερο υδρολογικό έτος για τον σταθμό του Ζυμβραγού ήταν το έτος 1989/90 με ετήσια βροχόπτωση 529mm ενώ υγρότερο υδρολογικό έτος υπήρξε το 1983/84 με ετήσια βροχόπτωση 1512mm. Επίσης υγρότερος μήνας είναι ο Ιανουάριος, με ελάχιστη διαφορά από το Δεκέμβριο, με μέση βροχόπτωση 205mm, και ξηρότερος ο Ιούλιος με μηδενική, σχεδόν, μέση βροχόπτωση. Εμφανίζεται και εδώ η ξηρή περίοδος στα τέλη του '80 και αρχές του '90 με αποτέλεσμα συνολικά η τάση της βροχόπτωσης να εμφανίζεται πτωτική για τα εξεταζόμενα έτη.

4.2.4 Σταθμός Παλαιά Ρούματα

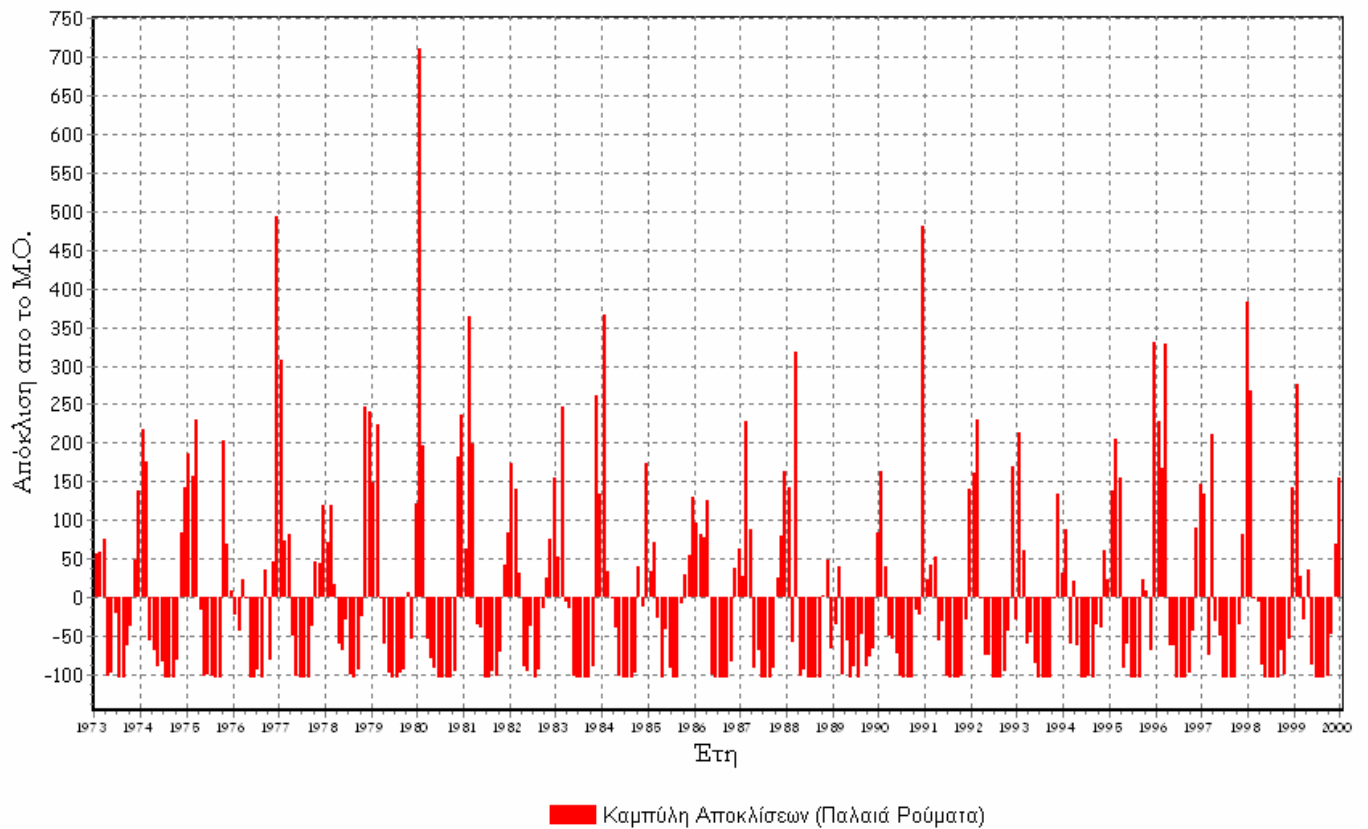
Ο σταθμός στα Παλαιά Ρούματα (υψόμετρο +316m) ανήκει στην Υπηρεσία Εγγείων Βελτιώσεων (ΥΕΒ) και διαθέτει τα περισσότερα βροχομετρικά στοιχεία για την περιοχή. Για τα έτη 1973/74-2000/01 διαθέτει ημερήσια στοιχεία βροχοπτώσεων.



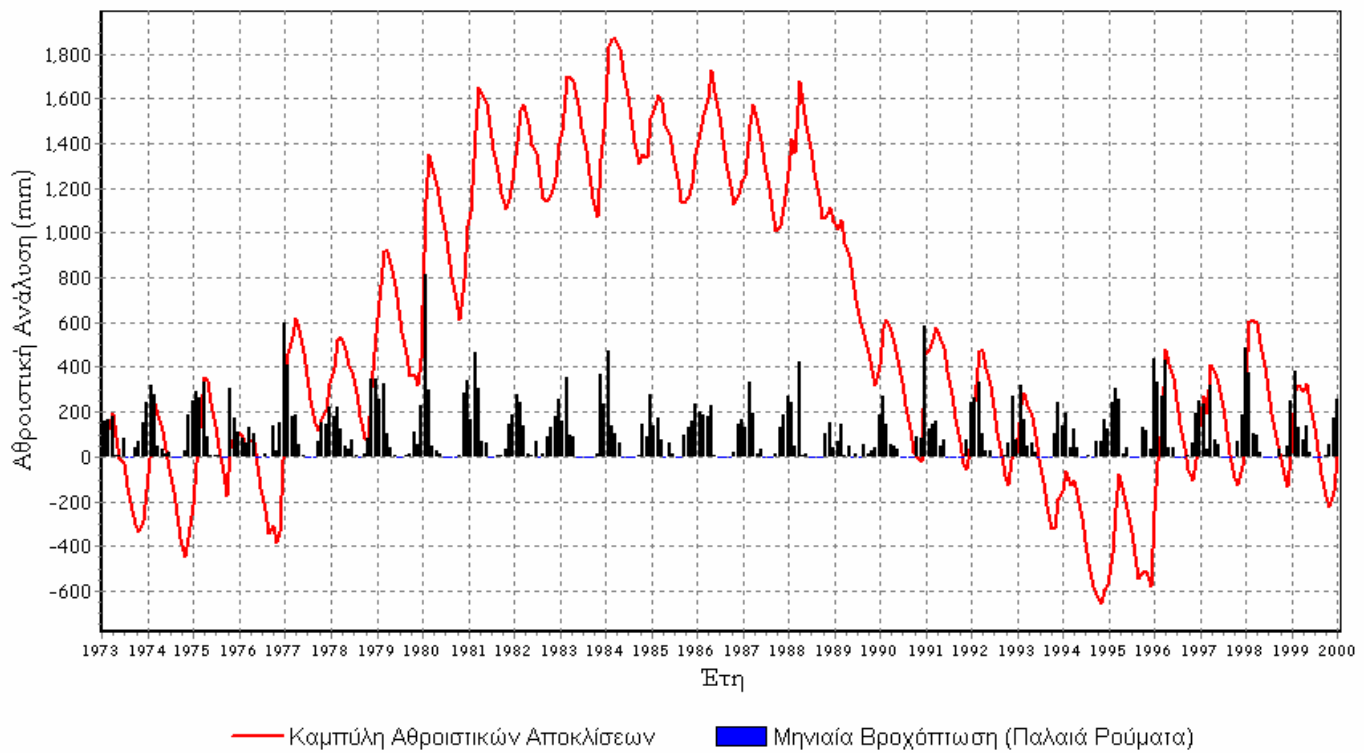
Διάγραμμα 4.19: Ετήσιες Βροχοπτώσεις του σταθμού Παλαιών Ρουμάτων



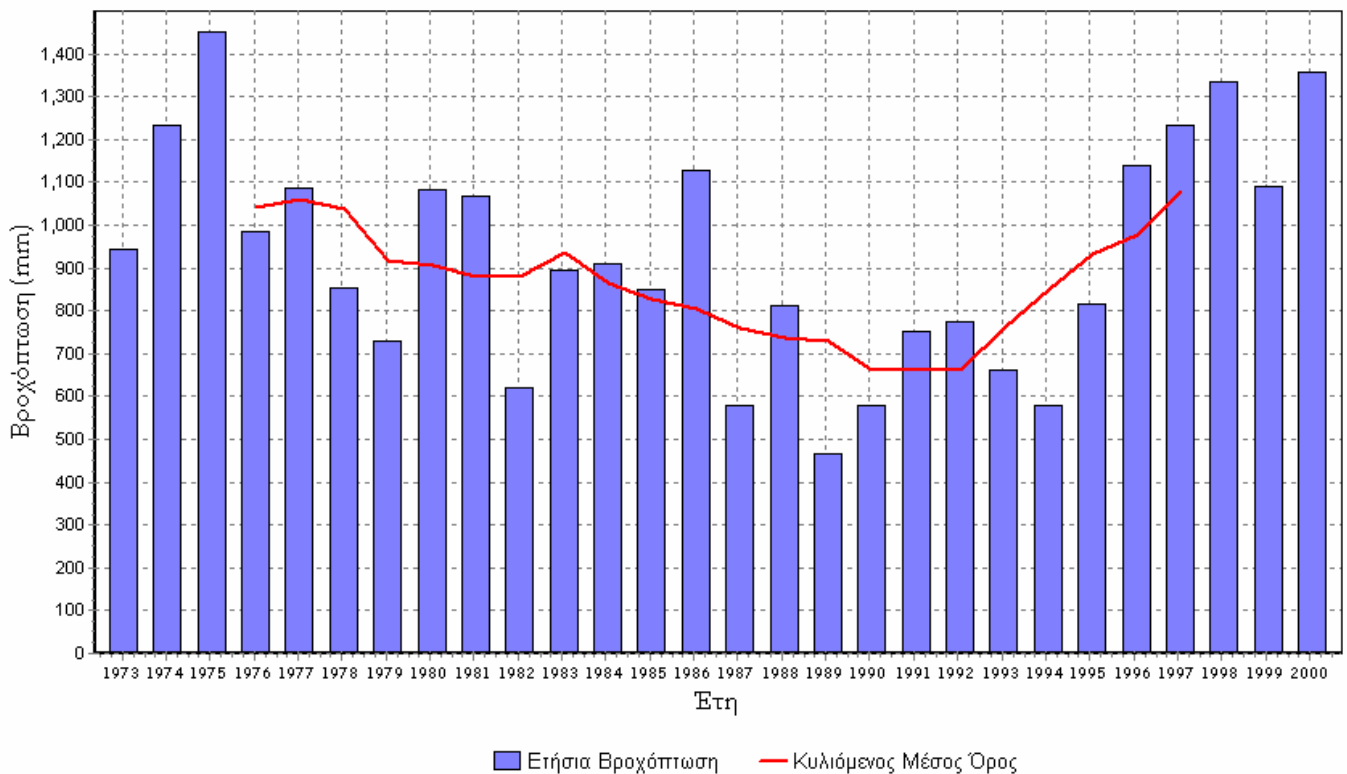
Διάγραμμα 4.20: Μέση Μηνιαία Βροχόπτωση του σταθμού Παλαιών Ρουμάτων



Διάγραμμα 4.21: Καμπύλη Αποκλίσεων του σταθμού Παλαιών Ρουμάτων



Διάγραμμα 4.22: Καμπύλη Αθροιστικών Αποκλίσεων του σταθμού Παλαιών Ρουμάτων

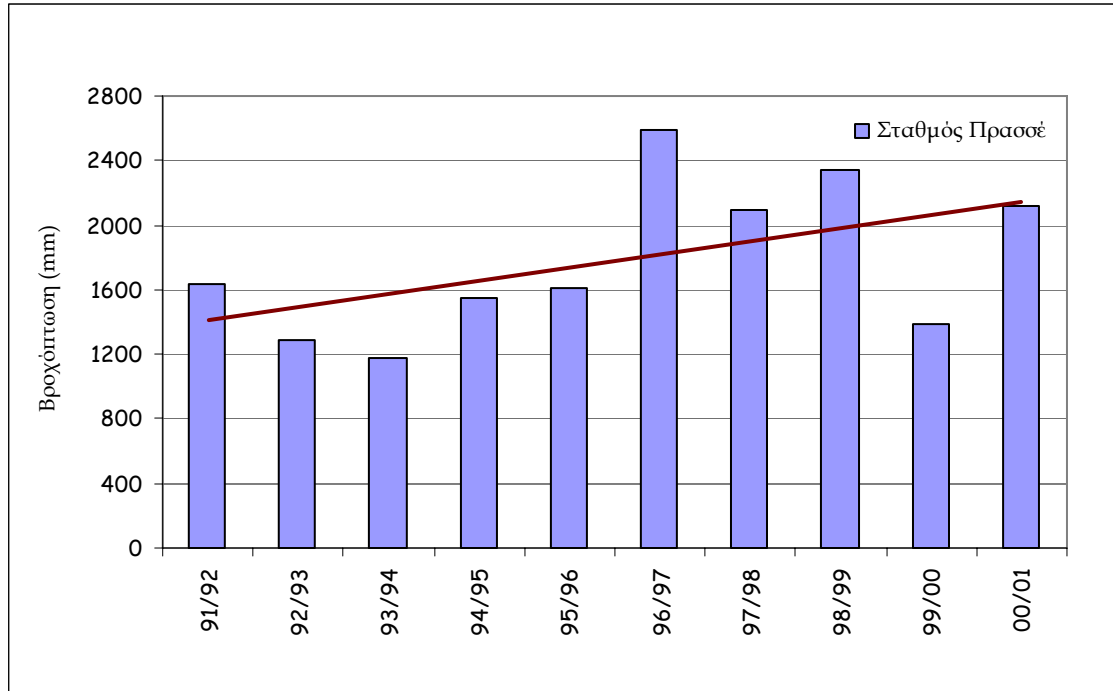


Διάγραμμα 4.23: Καμπύλη Κυλιόμενου Μέσου Όρου σταθμού Παλαιών Ρουμάτων

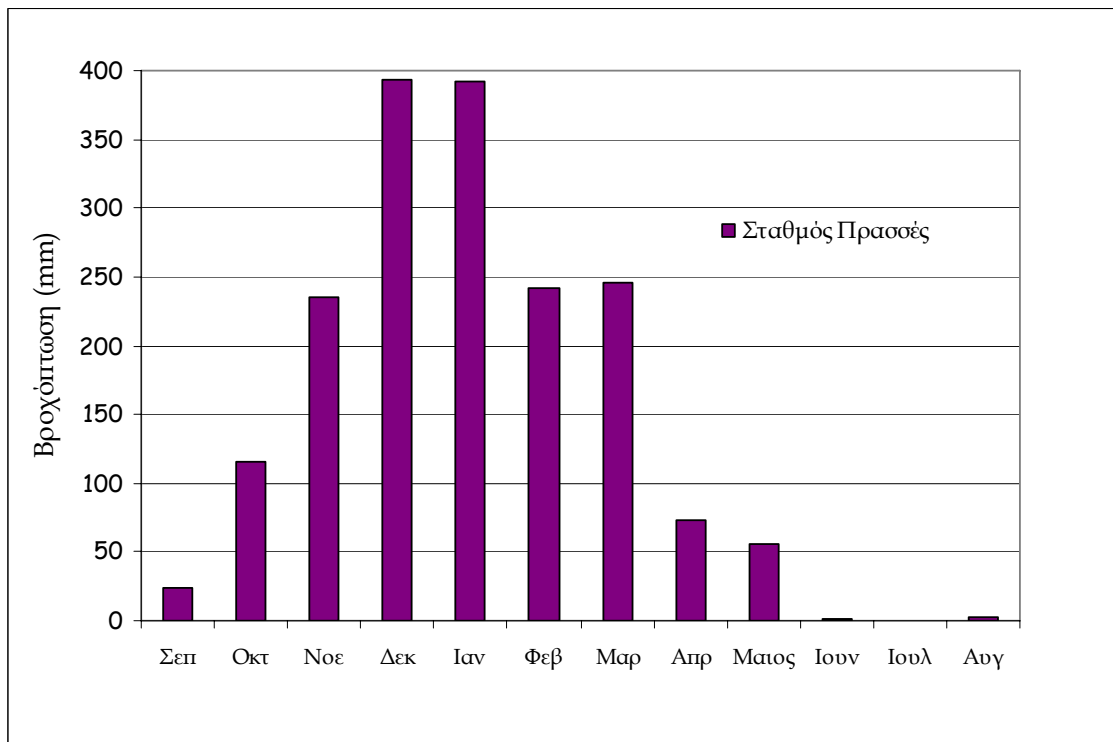
Παρατηρούμε πως το ξηρότερο υδρολογικό έτος για τον σταθμό Παλαιά Ρούματα ήταν το έτος 1989/90 με ετήσια βροχόπτωση 465mm ενώ υγρότερο υδρολογικό έτος υπήρξε το 1975/76 με ετήσια βροχόπτωση 1451mm και επίσης, πιο πρόσφατα, το υδρολογικό έτος 2000/'01 με ετήσια βροχόπτωση 1356mm. Υγρότερος μήνας είναι ο Ιανουάριος, με μέση βροχόπτωση 263mm, και ξηρότερος Ιούλιος με ελάχιστη μέση βροχόπτωση. Στα Παλαιά Ρούματα, όπου η ετήσια χρονοσειρά βροχοπτώσεων είναι μεγαλύτερη, διακρίνεται μια περιοδικότητα στη βροχόπτωση, όπου μετά τη περίοδο ξηρασίας ακολουθεί αύξηση της ετήσιας βροχόπτωσης. Έτσι και η τάση που παρουσιάζουν τα δεδομένα είναι σχεδόν σταθερή, όπως φαίνεται και στο διάγραμμα 4.19.

4.2.5 Σταθμός Πρασσέ

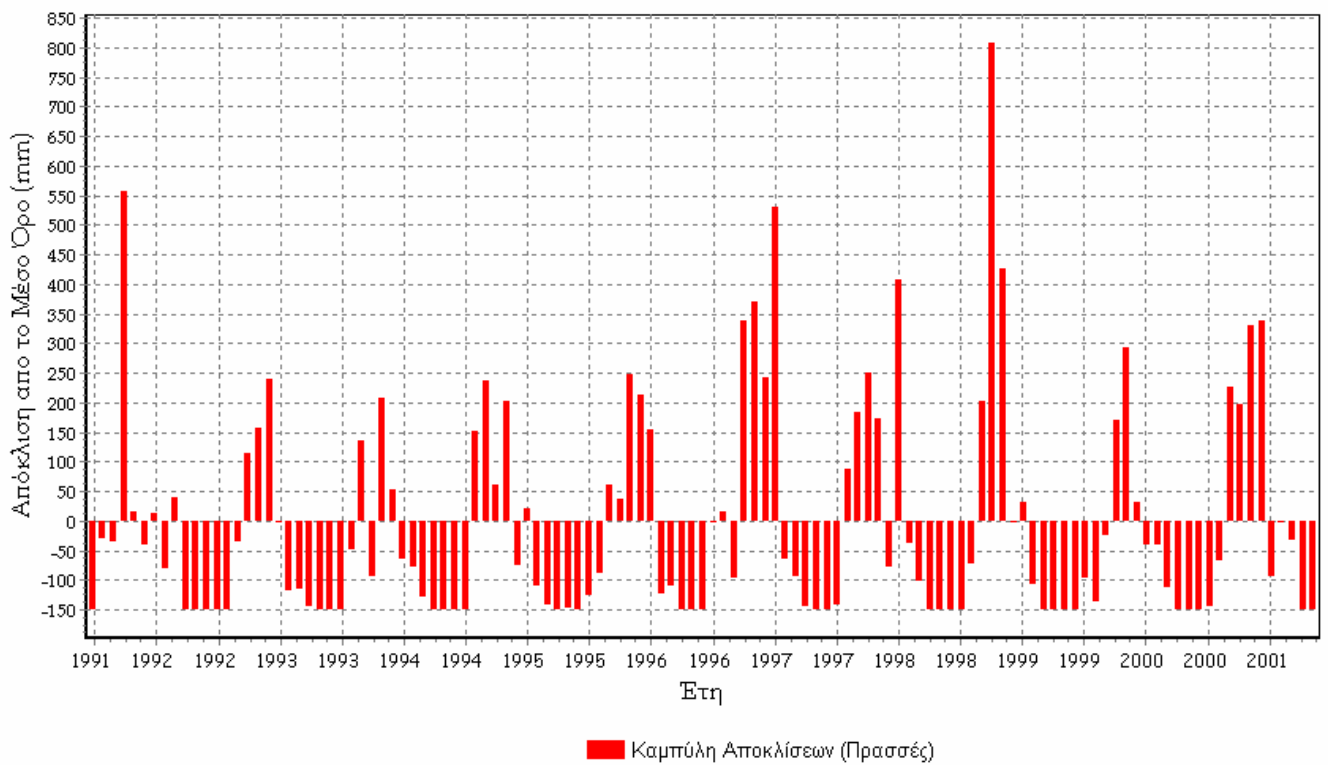
Ο σταθμός του Πρασσέ (υψόμετρο +520m) είναι ο σταθμός με το μεγαλύτερο υψόμετρο σε σχέση με τους υπόλοιπους και ο πιο πρόσφατος. Λειτουργεί από το 1990 και ανήκει στην Υπηρεσία Εγγείων Βελτιώσεων (ΥΕΒ). Διαθέτει ημερήσια στοιχεία βροχοπτώσεων για τα έτη 1991/92-2000/01



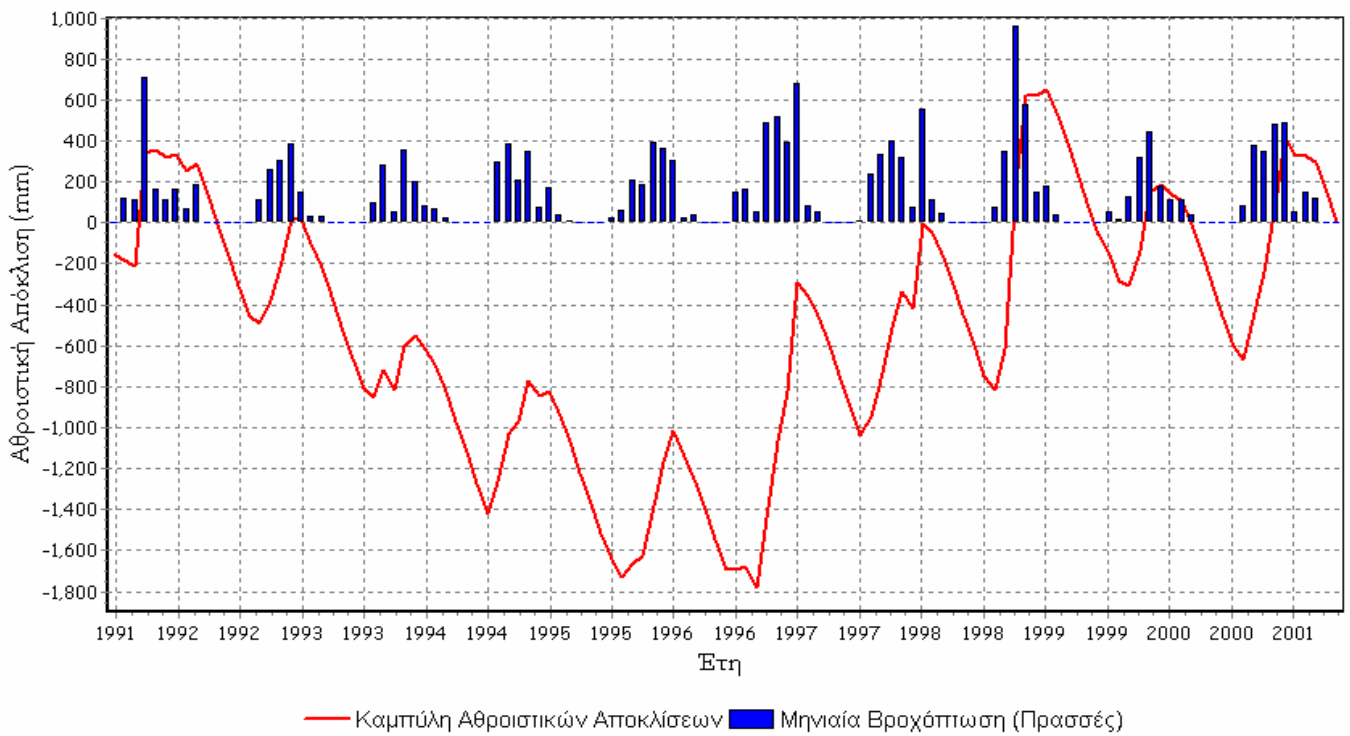
Διάγραμμα 4.24: Ετήσιες Βροχοπτώσεις του σταθμού Πρασσές



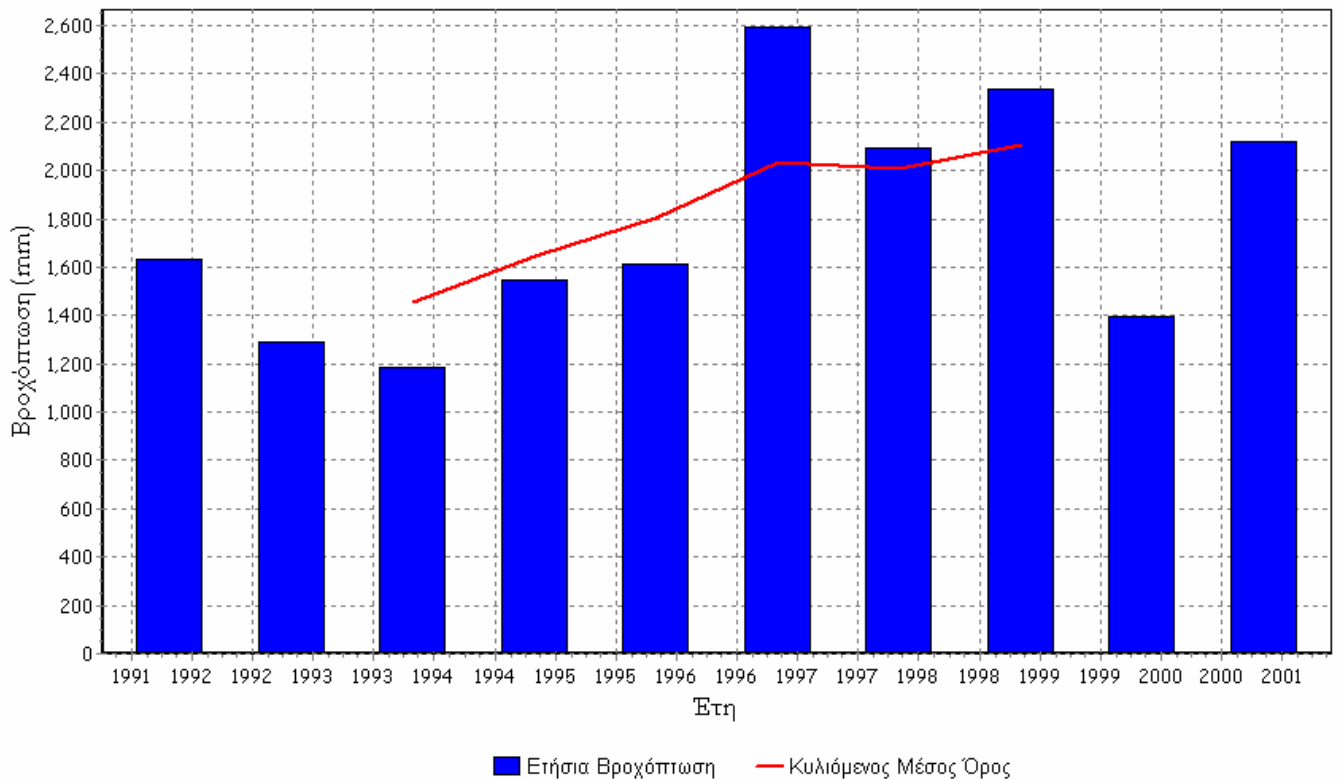
Διάγραμμα 4.25: Μέση Μηνιαία Βροχόπτωση του σταθμού Πρασσές



Διάγραμμα 4.26: Καμπύλη Αποκλίσεων του σταθμού Πρασό



Διάγραμμα 4.27: Καμπύλη Αθροιστικών Αποκλίσεων του σταθμού Πρασό



Διάγραμμα 4.28: Καμπύλη Κυλιόμενου Μέσου Όρου σταθμού Πρασές

Ο σταθμός Πρασές διαθέτει δεδομένα για την δεκαετία 1991-2001. Το ξηρότερο υδρολογικό έτος για τον σταθμό του Πρασέ ήταν το έτος 1992/93 με ετήσια βροχόπτωση 1183mm ενώ υγρότερο υδρολογικό έτος υπήρξε το 1996/97 με ετήσια βροχόπτωση 2595mm. Υγρότερος μήνας είναι ο Δεκέμβριος με μέση βροχόπτωση 394mm, με ελάχιστη διαφορά από τον Ιανουάριο που εμφανίζει μέση βροχόπτωση 392mm. Ξηρότερος μήνας είναι και πάλι ο Ιούλιος με μηδενική σχεδόν μέση βροχόπτωση. Στη δεκαετία αυτή περιλαμβάνεται η ξηρή περίοδος στις αρχές του '90 που ακολουθείται από αύξηση της βροχόπτωσης μετά το υγρό έτος '96/'97. Στη καμπύλη της αθροιστικής βροχόπτωσης φαίνεται η μειωμένη βροχόπτωση των πρώτων ετών που ακολουθείται από αύξηση στα επόμενα έτη. Έτσι συνολικά στη δεκαετή χρονοσειρά βροχοπτώσεων παρατηρείται αυξητική τάση.

4.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΠΕΙΣΟΔΙΩΝ ΒΡΟΧΗΣ

Στη συνέχεια, χρησιμοποιήθηκαν τα ημερήσια δεδομένα ώστε να γίνει μια ανάλυση επεισοδίων βροχόπτωσης. Έτσι, προσδιορίστηκε ο αριθμός των γεγονότων βροχής, η διάρκεια τους, η ποσότητα νερού σε κάθε γεγονός και έγινε μια κατανομή των γεγονότων βροχής μέσα στο έτος. Αρχικά, η διαδικασία αυτή έγινε για τα έτη 73/74-76/77 όπου οι σταθμοί Ταυρωνίτης, Αλικιανός, Ζυμβραγού έχουν ημερήσια στοιχεία βροχόπτωσης. Στον πίνακα 4.2 δίνονται ενδεικτικά τα αποτελέσματα της ανάλυσης αυτής για τα κοινά έτη 1973-1977.

Πίνακας 4.2: Ανάλυση Επεισοδίων Βροχής

	Σταθμοί	Ετήσια Βροχόπτωση (mm)	Ημέρες βροχής	Σημαντικά επεισόδια βροχής	Διάρκεια σημαντικών επεισοδίων	Ποσοστό της ετήσιας βροχόπτωσης
73-74	Ταυρωνίτης	469,8	51	4	13	46,8%
	Αλικιανός	643,8	88	3	20	47,6%
	Ζυμβραγού	977,7	86	4	21	59%
	Παλαιά Ρούματα	945,1	74	3	18	45,4%
74-75	Ταυρωνίτης	645,7	85	3	16	35%
	Αλικιανός	809,4	104	5	29	65%
	Ζυμβραγού	990,8	101	4	28	43%
	Παλαιά Ρούματα	1234	102	5	40	42,1%
75-76	Ταυρωνίτης	725	79	4	13	30%
	Αλικιανός	1267	98	3	14	45%
	Ζυμβραγού	1407	99	4	25	52%
	Παλαιά Ρούματα	1451	87	4	15	43%
76-77	Ταυρωνίτης	505,2	57	3	20	45
	Αλικιανός	785,2	62	3	13	57%
	Ζυμβραγού	858,6	67	3	15	52,3%
	Παλαιά Ρούματα	984,7	69	4	17	55,1%

Από την παραπάνω επεξεργασία, όπως φαίνεται και συνοπτικά στον παραπάνω πίνακα είναι ότι:

- Οι μέρες βροχόπτωσης κυμαίνονται από 60 μέχρι και 100 και συγκεντρώνονται στους μήνες Νοέμβριο μέχρι Μάρτιο.
- Στους συγκεκριμένους σταθμούς, για τα χρόνια που εξετάστηκαν, ο αριθμός των σημαντικών επεισοδίων βροχής είναι 3-5 κάθε χρόνο.
- Η συνολική διάρκεια των μεγάλων αυτών γεγονότων είναι 15 με 20 μέρες.

- Στη διάρκεια των επεισοδίων αυτών, δηλαδή στις 15-20 μέρες, συγκεντρώνεται το 45-55% της ετήσιας βροχόπτωσης.

Στη συνέχεια έγινε μια προσπάθεια συσχέτισης των μεγαλύτερων ετήσιων γεγονότων βροχής στους 4 σταθμούς. Σύμφωνα με την επεξεργασία αυτή:

- Διαπιστώθηκε πως τα περισσότερα επεισόδια βροχής λαμβάνουν χώρα στον ίδιο χρόνο και στους 4 σταθμούς.
- Έγιναν τα υδρογραφήματα των επεισοδίων βροχής στους σταθμούς όπου και διαπιστώθηκε ότι για λίγα επεισόδια βροχής υπήρξε καλή χρονική και ποσοτική συσχέτιση μεταξύ των σταθμών.
- Εξετάστηκε αν μπορεί να προκύψει κάποια ικανοποιητική βροχοβαθμίδα για το κάθε επεισόδιο βροχής. Δηλαδή συσχετίστηκε η συνολική ποσότητα βροχής κάθε επεισοδίου με τα υψόμετρα των σταθμών. Σε κάποια γεγονότα προέκυψε καλή συσχέτιση με $r^2=0,8-0,9$. Στα περισσότερα όμως η συσχέτιση δεν βρέθηκε καλή. Το σφάλμα αύξανε ο σταθμός του Ταυρωνίτη όπου εκτός από το χαμηλό υψόμετρο βρίσκεται και πολύ κοντά στη θάλασσα. Ο σταθμός αυτός διαφοροποιείται αρκετά από τους άλλους τρεις.

Ίδια ανάλυση έγινε για τα ημερήσια γεγονότα βροχόπτωσης του σταθμού στα Παλαιά Ρούματα για τη χρονοσειρά 1973/74-2000/01. Στο πίνακα 4.3 παρουσιάζεται η βροχόπτωση, ο αριθμός των ημερών βροχής καθώς και τα σημαντικότερα επεισόδια βροχόπτωσης με τη διάρκεια τους. Στην ανάλυση αυτή παρατηρείται ότι:

- Οι μέρες βροχόπτωσης κυμαίνονται από 60 μέχρι και 110, και συγκεντρώνονται στους μήνες Νοέμβριο μέχρι Απρίλιο.
- Τα 4 σημαντικότερα γεγονότα βροχόπτωσης (όσον αφορά τη ποσότητα νερού) έχουν συνολική διάρκεια περί τις 25 μέρες βροχόπτωσης που αποτελεί το 20%-25% της συνολικής διάρκειας βροχής.
- Στις μέρες αυτές συγκεντρώνεται το 45%-55% της ετήσιας βροχόπτωσης.
- Ότι στο σημαντικότερο επεισόδιο βροχής μέσης διάρκειας 7-8μερες συγκεντρώνεται το περίπου το 18% της συνολικής βροχόπτωσης.

Οι παρατηρήσεις αυτές οδηγούν στο συμπέρασμα ότι η βροχόπτωση παρουσιάζει μεγάλη ένταση γεγονός που πιθανόν οδηγεί σε πλημμυρικές απορροές.

Πίνακας 4.3: Ανάλυση Επεισοδίων Βροχή από 73/74-2000/01 στο σταθμό Παλαιών Ρουμάτων

Ετη	Βροχόπτωση	Μέρες Βροχόπτωσης	Αριθμός Επεισοδίων Βροχής	ΣΗΜΑΝΤΙΚΑ ΕΠΕΙΣΟΔΙΑ ΒΡΟΧΗΣ												Διάρκεια Σημαντικών Επεισοδίων	%
				1ο Επεισόδιο			2ο Επεισόδιο			3ο Επεισόδιο			4ο Επεισόδιο				
				Διάρκεια Βροχόπτωσης	Βροχή	% Συνολικής Βροχής	Διάρκεια Βροχόπτωσης	Βροχή	% Συνολικής Βροχής	Διάρκεια Βροχόπτωσης	Βροχή	% Συνολικής Βροχής	Διάρκεια Βροχόπτωσης	Βροχή	% Συνολικής Βροχής		
73/74	945.1	74	13	6	190	20.1%	8	165	17.5%	4	73.8	8.0%	4	56.6	6.0%	22	51.6%
74/75	1234	102	24	6	151	12.2%	10	147	12.0%	9	146	12.0%	7	140	11.2%	32	47.4%
75/76	1451	87	21	6	217	15.0%	2	147.3	10.2%	4	138.6	9.6%	3	119.2	8.2%	15	43.0%
76/77	984.7	69	17	4	281.5	28.6%	5	121.5	12.3%	6	77	7.8%	2	62.4	6.3%	17	55.0%
77/78	1749.4	93	20	10	396	22.6%	7	277	15.8%	10	115	6.6%	3	102	6.0%	30	51.0%
78/79	1282	100	17	10	193	15.1%	6	100.4	7.8%	2	97	7.6%	10	94.1	7.3%	28	37.8%
79/80	1537.76	104	21	3	192	12.5%	10	171	11.1%	7	119	7.7%	3	112	7.3%	23	38.6%
80/81	1609.2	95	15	18	515	32.0%	10	302.8	18.8%	11	145.8	9.1%	6	108.7	6.8%	45	66.7%
81/82	1722	110	18	4	337	19.6%	4	179	10.4%	3	153.6	8.9%	8	153.2	8.9%	19	47.8%
82/83	1139	90	17	7	125	11.0%	5	118.5	10.4%	5	112.2	9.9%	3	81.9	7.2%	20	38.5%
83/84	1364	96	14	16	337	20.9%	11	153.5	9.5%	4	112.4	7.0%	6	93	5.8%	37	43.2%
84/85	1337	81	14	5	253	18.9%	6	186	14.0%	7	175.7	13.1%	8	165.4	12.4%	26	58.4%
85/86	993.5	93	9	8	167	16.8%	10	150.9	15.2%	5	125.7	12.7%	2	103.2	10.4%	25	55.1%
86/87	1429	96	21	10	150.6	10.5%	2	120	8.4%	5	105	7.3%	5	97.6	6.8%	22	33.0%
87/88	1040	79	21	4	175	16.8%	9	125	12.0%	2	75.5	7.3%	4	66	6.3%	19	42.4%
88/89	1330	79	20	5	305	16.8%	3	141	12.0%	1	91.5	7.3%	7	90.6	6.3%	16	42.4%
89/90	639.7	61	11	3	104	16.2%	5	103	16.1%	2	60	9.4%	2	57.2	9.0%	12	50.7%
90/91	827	94	18	8	220	26.6%	6	75	9.1%	6	74	9.0%	5	48	5.8%	25	50.5%
91/92	1310.4	94	13	15	305	23.3%	9	300	22.9%	9	141.1	10.8%	8	130.2	9.9%	41	66.9%
92/93	1090.2	85	14	13	264	24.2%	3	166	15.2%	9	159.4	14.6%	3	62.6	5.7%	28	59.7%
93/94	1031.7	79	17	9	146	14.1%	10	136	13.2%	4	124.5	12.1%	5	107.2	10.4%	28	49.8%
94/95	892	79	16	5	195	21.9%	3	86.1	9.7%	7	83.1	9.3%	3	81	9.1%	18	50.0%
95/96	1297	109	20	13	235	18.1%	3	153.8	12.1%	6	110.4	8.5%	5	102	7.9%	27	46.6%
96/97	1837	81	20	5	291	15.8%	4	280.1	15.2%	4	189.2	10.3%	3	174.5	9.5%	16	50.8%
97/98	1232.1	89	19	11	235.4	19.1%	6	187.7	15.2%	6	121.5	9.9%	4	101	8.2%	27	52.4%
98/99	1334.9	60	17	12	342.2	25.6%	4	225.8	16.9%	4	81.5	6.1%	1	76	5.7%	21	54.3%
99/00	1090.5	73	14	6	196	18.0%	7	164	15.1%	3	140	12.8%	15	102	9.4%	31	55.3%
00/01	1356	66	15	3	245.4	4.0%	4	221.2	16.3%	8	174.1	12.8%	4	133.4	9.8%	19	57.0%

* με καφέ, μπλε και πράσινο χρώμα διακρίνεται το ξηρό, το υγρό και το κανονικό χρώμα αντίστοιχα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Υδατικό Ισοζύγιο της Υδρολογικής Λεκάνης του Κερίτη

5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο κεφάλαιο που ακολουθεί, θα γίνει μια προσπάθεια να προσδιοριστεί το υδατικό ισοζύγιο της υδρολογικής λεκάνης του Κερίτη. Δεδομένου της έλλειψης των απαραίτητων στοιχείων που θα οδηγούσαν σε ακριβέστερα αποτελέσματα, για την ανάλυση που ακολουθεί χρησιμοποιήθηκαν όσα διαθέσιμα δεδομένα υπάρχουν, με όσο το δυνατόν καλύτερο τρόπο, ώστε να μελετηθεί το υδατικό δυναμικό της περιοχής.

Χρησιμοποιήθηκαν, έπειτα από επεξεργασία, τα διαθέσιμα στοιχεία βροχόπτωσης και οι ετήσιες χρονοσειρές παροχής των πηγών Μεσκλών και Αγιάς. Εκτιμήθηκε η εξατμισοδιαπνοή ως ποσοστό της βροχόπτωσης και έγινε μια ανάλυση των διαθέσιμων στοιχείων από γεωτρήσεις απογραφής, με σκοπό την εκτίμηση της μέσης μεταβολής της στάθμης του υδροφορέα για τον προσδιορισμό της ετήσιας αναπλήρωσης του.

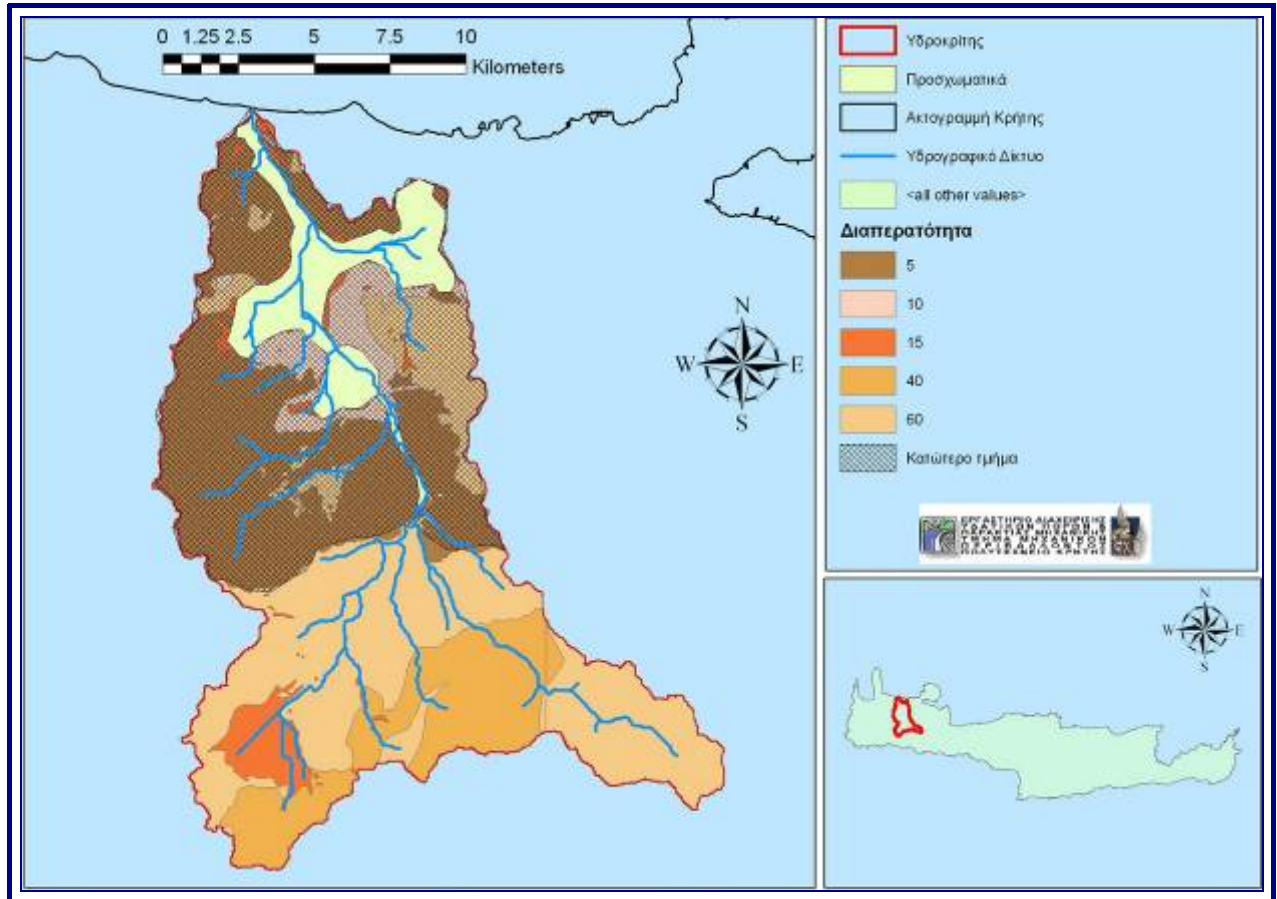
Κυριότερος στόχος της ανάλυσης αυτής ήταν να υπολογισθεί η απορροή του ποταμού Κερίτη, χωρίς να συμπεριλαμβάνεται σ' αυτήν η απορροή νερού που προέρχεται από το σύστημα των πηγών. Η απορροή αυτή δεν έχει μετρηθεί μέχρι σήμερα, με αποτέλεσμα να υπάρχει μια σημαντική απορροή νερού στη περιοχή, που η πιθανή μελλοντική αξιοποίηση της προϋποθέτει αρχικά την ποσοτικοποίηση της.

5.2 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

5.2.1 Στοιχεία Περιοχής

Η έκταση της υδρολογικής λεκάνης του Κερίτη, όπως έχει αναφερθεί και στο κεφάλαιο 3, είναι περί τα **219Km²**. Η έκταση αυτή μελετήθηκε σε δύο τμήματα. Το ορεινό τμήμα, που βρίσκεται στο νότιο τμήμα της λεκάνης και συμπεριλαμβάνει το βορειοανατολικό τμήμα των Λευκών Ορέων και το πεδινό τμήμα που αποτελεί το βόρειο τμήμα της λεκάνης. Το ορεινό τμήμα έχει έκταση **119,3 Km²** και μέσο υψόμετρο **1328m**, ενώ το πεδινό τμήμα (το σκούρο τμήμα στο σχήμα 5.1) έχει έκταση **99,7 Km²** και μέσο υψόμετρο **233m**. Το μέσο υψόμετρο της λεκάνης είναι 734m. Στο πεδινό τμήμα της λεκάνης ανήκει η προσχωματική υδροφορία του ποταμού Κερίτη. Η έκταση της εκτιμάται περί τα

22,7 Km². Ο διαχωρισμός της λεκάνης σε τμήματα θα χρησιμοποιηθεί τόσο στη μελέτη της βροχόπτωσης όσο και της εξατμισοδιαπνοής για την ανάλυση του υδατικού ισοζυγίου της λεκάνης.



Σχήμα 5.1: Διαχωρισμός Υδρολογικής Έκτασης Λεκάνης Κερίτη

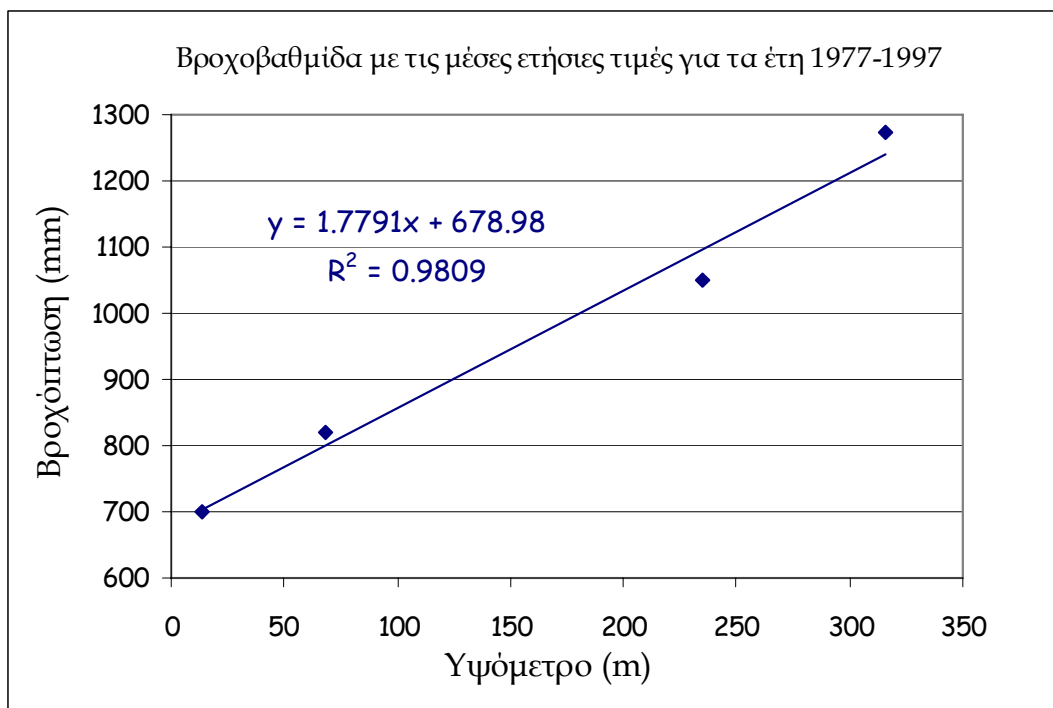
5.2.2 Βροχόπτωση

Για να προκύψει ένα μέσο ετήσιο υδατικό ισοζύγιο, είναι πολύ σημαντική η γνώση ικανοποιητικού πλήθους δεδομένων βροχόπτωσης για μια περιοχή. Όπως έχει αναφερθεί και στο κεφάλαιο 4, τα διαθέσιμα στοιχεία για την περιοχή είναι περιορισμένα. Για τη μελέτη ενός υδατικού ισοζυγίου πρέπει να είναι γνωστή η επιφανειακή βροχόπτωση. Για την αναγωγή των στοιχείων βροχόπτωσης των σταθμών σε επιφανειακή βροχόπτωση της λεκάνης, εξετάστηκε η βροχοβαθμίδα που προκύπτει από τα διαθέσιμα βροχομετρικά στοιχεία των σταθμών για τα κοινά υδρολογικά έτη 1977/78-1996/97.

Στον πίνακα 5.1 φαίνονται τα υψόμετρα των σταθμών με τη μέση ετήσια βροχόπτωση που προκύπτει από τα 20χρόνια, ενώ στο διάγραμμα 5.1 δίνεται η βροχοβαθμίδα που προκύπτει.

Πίνακας 5.1: Υψόμετρα και Μέση Βροχόπτωση Σταθμών

A/ A	Σταθμός	Υψόμετρο (m)	Μηνιαία Χρονοσειρ ά	Ημερήσια Χρονοσειρ ά
1	Ταυρωνίτης	14	77/78 -	73/74 -
2	Αλικιανός	68	77/78 -	73/74 -
3	Ζυμβραγού	235	77/78 -	73/74 -
4	Παλ.	316	73/74 -	73/74 -
5	Πρασσές	520	91/92 -	91/92 -

**Διάγραμμα 5.1:** Εξίσωση Βροχοβαθμίδας για τα κοινά έτη 77/78-97/97

Προκύπτει λοιπόν η εξίσωση της βροχοβαθμίδας $y = 1,7791x + 678,98$. Η εξίσωση της βροχοβαθμίδας εκφράζει την αρχή ότι η βροχόπτωση αυξάνεται όταν αυξάνεται το υψόμετρο. Στη συγκεκριμένη περίπτωση η ετήσια βροχοβαθμίδα που προκύπτει εκφράζει την αύξηση του ετήσιου ύψους βροχόπτωσης κατά 178mm περίπου ανά 100 m αύξησης του υψομέτρου.

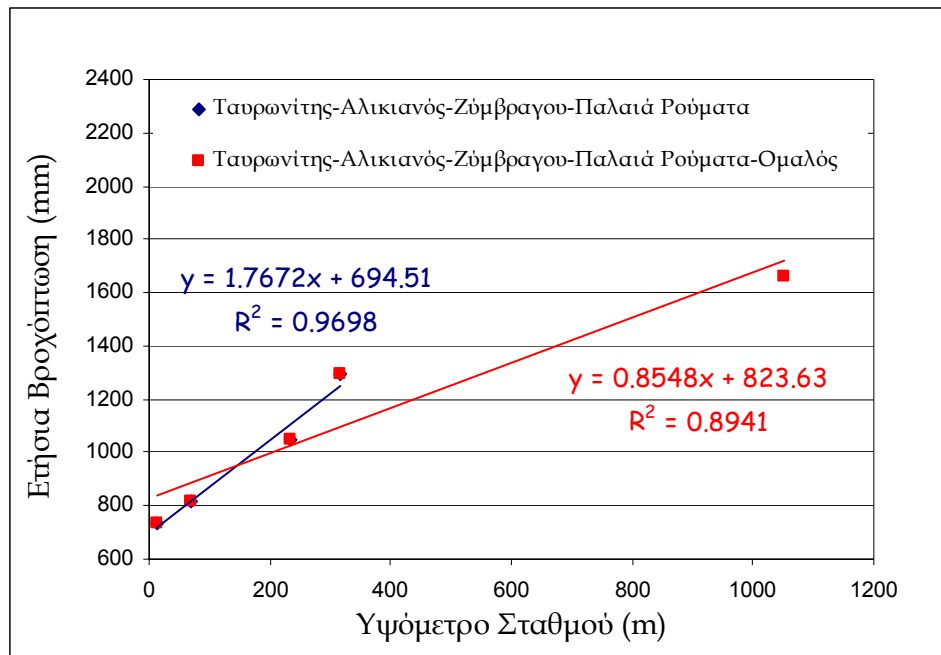
Ο συντελεστής $a=1,7791$ της εξίσωσης της βροχοβαθμίδας $y = ax + b$ προκύπτει πολύ μεγάλος και η χρήση μιας τέτοιας βροχοβαθμίδας για την αναγωγή σε επιφανειακή βροχόπτωση θα οδηγούσε σε υπερεκτίμηση αυτής. Εξετάστηκαν οι βροχοβαθμίδες που προκύπτουν για τους 4 σταθμούς σε κάθε έτος ξεχωριστά ούτως ώστε να διευκρινιστεί αν υπάρχει κάποια καλύτερη

προσέγγιση. Οι εξισώσεις βροχοβαθμίδας που προκύπτουν παρουσιάζονται στον πίνακα 5.2. Προέκυψε εξίσου πολύ μεγάλη αύξηση βροχόπτωσης με το υψόμετρο που σε ορισμένες χρονιές ξεπερνά και τα 200mm/100m. Οι τιμές αυτές είναι πολύ ψηλές για τα ελληνικά δεδομένα και ενδέχεται να μην αντιστοιχούν στη πραγματικότητα. Πιθανώς να οφείλονται στη τοπογραφία της θέσης των σταθμών αλλά και στο ότι το υψομετρικό εύρος των σταθμών αυτών είναι πολύ μικρό. Οι σταθμοί κατανέμονται σε χαμηλά υψόμετρα (από 14m μέχρι 316m) ενώ επίσης ανά 2 οι σταθμοί έχουν μικρή υψομετρική διαφορά, (Ταυρωνίτης-Αλικιανός, Ζόμβραγου-Παλαιά Ρούματα) δεν είναι δηλαδή καλά κατανεμημένοι οι σταθμοί «υψομετρικά».

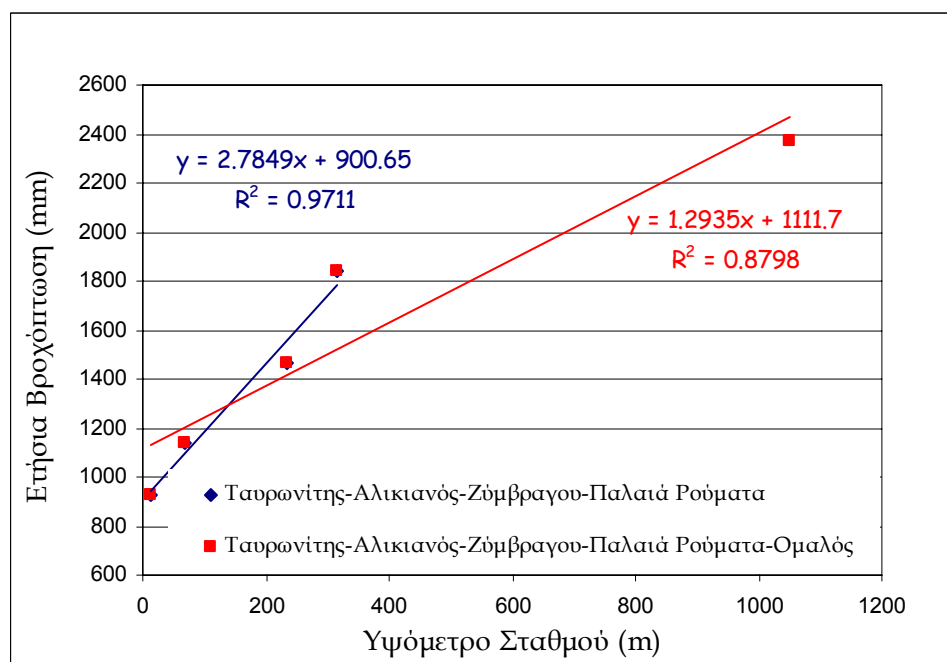
Πίνακας 5.2: Εξισώσεις Ετήσιων Βροχοβαθμίδων

ΕΤΗ	Ετήσιες Εξισώσεις Βροχοβαθμίδας	R ²
1977/1978	$2,6383x+822,5$	0.9158
1978/1979	$1,7646x+693,53$	0.9703
1979/1980	$2,8194x+643,03$	0.963
1980/1981	$2,1664x+927,97$	0.9996
1981/1982	$2,8353x+783,32$	0.9612
1982/1983	$2,0617x+434,56$	0.9539
1983/1984	$1,976x+859,55$	0.794
1984/1985	$1,8798x+686,83$	0.893
1985/1986	$1,0982x+590,33$	0.5248
1986/1987	$1,2835x+1035,8$	0.9951
1987/1988	$1,7165x+459,68$	0.9755
1988/1989	$1,8873x+624,26$	0.8338
1989/1990	$0,6644x+407,03$	0.9345
1990/1991	$1,071x+489,43$	0.9926
1991/1992	$2,013x+635,23$	0.9794
1992/1993	$1,2224x+665,42$	0.9385
1993/1994	$1,091x+641,28$	0.8671
1994/1995	$0,8441x+584,62$	0.7914
1995/1996	$1,7672x+694,51$	0.9698
1996/1997	$2,7849x+900,65$	0.9711

Για τα έτη 1995/96 και 1996/97 έχει μετρηθεί η ετήσια βροχόπτωση στο σταθμό που βρίσκεται στον Ομαλό με υψόμετρο 1050m. Εξετάστηκε κατά πόσο μεταβάλλεται η βροχοβαθμίδα σε περίπτωση που χρησιμοποιηθεί ένας σταθμός με μεγάλο υψόμετρο. Όπως αναμενόταν, μειώθηκε αισθητά η κλίση της εξίσωσης της βροχοβαθμίδας, γεγονός που αποδεικνύει πως αν υπήρχαν επαρκή δεδομένα από σταθμούς με μεγαλύτερο υψόμετρο θα είχαμε καλύτερη γραμμική συσχέτιση των υπερετήσιων βροχοπτώσεων και του υψομέτρου.



Διάγραμμα 5.2: Εξίσωση Βροχοβαθμίδας για το Έτος 1995/96



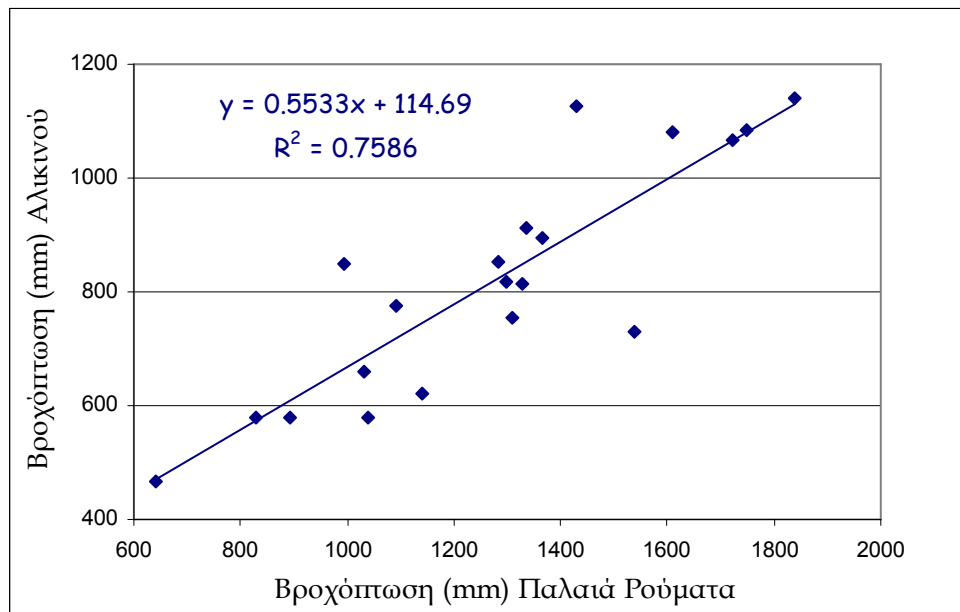
Διάγραμμα 5.3: Εξίσωση Βροχοβαθμίδας για το Έτος 1996/97

Στη συνέχεια, εξετάστηκε αν μπορεί να εφαρμοστεί η μέθοδος Thiessen. Έγινε ο διαχωρισμός της λεκάνης σε πολύγωνα για την εφαρμογή της μεθόδου. Όπως αναμενόταν, μεγαλύτερη επιρροή στην επιφανειακή βροχόπτωση της λεκάνης, κατά Thiessen, έχουν οι σταθμοί του Ομαλού και του Αλικιανού. Αν υπήρχε διαθέσιμη χρονοσειρά βροχοπτώσεων από το σταθμό του Ομαλού, ο οποίος ανήκει στην υδρολογική λεκάνη του Κερίτη, θα μπορούσε να εφαρμοστεί η μέθοδος για την αναγωγή των παρατηρούμενων βροχοπτώσεων

σε επιφανειακή. Για το σταθμό του Ομαλού όμως έχει καταγραφεί η ετήσια βροχόπτωση μόνο για δύο έτη. Καθίσταται, έτσι, αδύνατη η εφαρμογή της μεθόδου Thiessen.

Για τους παραπάνω λόγους, δεν είναι δυνατή η εκτίμηση της επιφανειακής βροχόπτωσης της λεκάνης του Κερίτη. Για το λόγο αυτό, για την ανάλυση που ακολουθεί θα κάνουμε την θεώρηση πως στα δυο τμήματα της υδρολογικής λεκάνης (ορεινό και πεδινό) η επιφανειακή βροχόπτωση συμπίπτει με τη βροχόπτωση των σταθμών Αλικιανού και Παλαιά Ρούματα αντίστοιχα. Ο κίνδυνος που κρύβει η θεώρηση αυτή, είναι πως στο ορεινό τμήμα της λεκάνης, με μέσο υψόμετρο 1328m, η μέση επιφανειακή βροχόπτωση υποτιμάται σημαντικά όταν θεωρείται ίση με την βροχόπτωση στα Παλαιά Ρούματα που έχουν υψόμετρο 316m. Δεδομένου όμως της ανεπάρκειας των δεδομένων δεν μπορεί να γίνει μια καλύτερη εκτίμηση.

Η διαθέσιμη χρονοσειρά μηνιαίας βροχόπτωσης του σταθμού Παλαιά Ρούματα περιλαμβάνει τα έτη 1973/74 – 2000/2001. Για να γίνει η ανάλυση των υδατικών ισοζυγίων για τα έτη αυτά, χρειαζόταν η αντίστοιχη χρονοσειρά στο σταθμό του Αλικιανού. Όπως προαναφέρθηκε για το σταθμό αυτό υπάρχουν ετήσιες τιμές βροχόπτωσης για τα έτη 1977/78 – 1996/97. Εξετάστηκε η συσχέτιση μεταξύ των δύο σταθμών με σκοπό να επεκταθεί η χρονοσειρά του σταθμού του Αλικιανού στα έτη που δεν υπάρχουν μετρήσεις. Για τις υπερετήσιες τιμές των ετών 1977-1997, η συσχέτιση που προέκυψε δίνεται στο διάγραμμα 5.4.



Διάγραμμα 5.4:Γραμμική Συσχέτιση Ετήσιας Βροχόπτωσης σταθμών Αλικιανού-Παλαιά Ρούματα για τα έτη 1977/78-1996/97.

Επίσης εξετάστηκε η γραμμική συσχέτιση των δυο σταθμών για τις μέσες μηνιαίες τιμές της 20ετίας ώστε να προσδιοριστούν και οι μηνιαίες τιμές. Οι γραμμικές συσχετίσεις που προέκυψαν δίνονται στον πίνακα 5.3.

Πίνακας 5.3: Γραμμική Συσχέτιση Μηνιαίων Βροχοπτώσεων σταθμών Αλικιανού-Παλαιά Ρούματα με μηνιαίες τιμές για τα έτη 1977/78-1996/97.

	ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ	R ²
Σεπ.	0,8626x-0,2734	0,7627
Οκτ.	0,6213x+12,79	0,6654
Νοεμβ.	0,657x-0,8756	0,7745
Δεκ.	0,4786x+20,607	0,6424
Ιαν.	0,6072x+14,336	0,6285
Φεβ.	0,5441x+4,2533	0,6495
Μαρ.	0,6328x+4,1459	0,9291
Απρ.	1,0542x-8,2371	0,9122
Μάιος	0,4496x+5,6015	0,6919
Ιουν.	0,4663x+0,7613	0,9
Ιουλ.	0,6564x+0,2576	0,2377
Αυγ.	1,0378x-0,4105	0,9772

Ο συντελεστής συσχέτισης $R^2 = 0,7586$ είναι αρκετά καλός και επιτρέπει την εκτίμηση της ετήσιας βροχόπτωσης του Αλικιανού από τα Παλαιά Ρούματα. Ο συντελεστής συσχέτισης των μηνιαίων τιμών εμφανίζεται επίσης αρκετά καλός, εκτός από το μήνα Ιούλιο όπου η συσχέτιση είναι πολύ μικρή. Επειδή όμως, ούτως ή άλλως η μηνιαία βροχόπτωση κατά το μήνα Ιούλιο είναι σχεδόν μηδενική, δεν θα επηρεάσει σημαντικά στην αναγωγή της βροχόπτωσης. Η βροχόπτωση για τα έτη 1973/74-1976/77 και 1997/98-2000/01 στο σταθμό του Αλικιανού υπολογίστηκε και με τους δυο τρόπους, δίνοντας παρόμοια αποτελέσματα για την ετήσια βροχόπτωση. Έτσι, τελικά, χρησιμοποιήθηκαν οι μηνιαίες συσχετίσεις των δυο σταθμών.

Ανακεφαλαιώνοντας, δεδομένου της ανεπάρκειας βροχομετρικών δεδομένων σε επίπεδο λεκάνης, δεν μπορεί να προσδιορισθεί και συνεπώς να χρησιμοποιηθεί η μέση επιφανειακή βροχόπτωση της λεκάνης. Έτσι γίνονται οι παρακάτω παραδοχές:

- Στο πεδινό τμήμα, θεωρούμε ότι η μέση επιφανειακή βροχόπτωση συμπίπτει με τη βροχόπτωση του σταθμού του Αλικιανού. Για τα έτη που δεν υπήρχαν στοιχεία, η βροχόπτωση υπολογίστηκε σε σχέση με τη βροχόπτωση του σταθμού Παλαιά Ρούματα, σύμφωνα με τις μηνιαίες συσχετίσεις των 2 σταθμών.
- Στο ορεινό τμήμα, θεωρούμε ότι η μέση επιφανειακή βροχόπτωση συμπίπτει με τη βροχόπτωση του σταθμού Παλαιά Ρούματα με μεγάλη

πιθανότητα υποεκτίμησης αυτής, καθώς το υψόμετρο του σταθμού (316m) είναι πολύ μικρότερο από το μέσο υψόμετρο της ορεινής περιοχής (1328m).

5.2.3 Εξατμισοδιαπνοή

Ένα σημαντικό ποσοστό των κατακρημνισμάτων χάνονται με τους μηχανισμούς της εξάτμισης και διαπνοής. Με τον όρο εξατμισοδιαπνοή περιγράφεται ο ρυθμός που το νερό μεταπίπτει από την υγρή κατάσταση στην αέρια είτε απ' ευθείας από το έδαφος (εξάτμιση), είτε μέσω των φυτών (διαπνοή). Οι διαδικασίες αυτές αποτελούν τις αναγκαστικές υδρολογικές απώλειες, δηλαδή το τμήμα εκείνο των κατακρημνισμάτων που δεν απορρέει και επομένως δεν είναι διαθέσιμο για εκμετάλλευση. Το μεγάλο αυτό ποσοστό των υδρολογικών απωλειών εξηγεί την ιδιαίτερη σημασία των αντίστοιχων φυσικών διεργασιών στο υδατικό ισοζύγιο. Η ακριβής εκτίμηση των συνολικών απωλειών από την εξάτμιση και τη διαπνοή θα επέτρεπε τον έμμεσο αλλά ακριβή υπολογισμό του διαθέσιμου υδατικού δυναμικού, δηλαδή της συνολικής απορροής σε κάποια χρονική κλίμακα (υπερετήσια, ετήσια ή εποχιακή). [12]

Στη μελέτη των υδατικών ισοζυγίων της λεκάνης του Κερίτη, η εξατμισοδιαπνοή υπολογίζεται ως ποσοστό της συνολικής βροχόπτωσης. Έτσι εκτιμάται, η ετήσια ποσότητα νερού που εξατμίζεται συναρτήσει της βροχόπτωσης. Η εκτίμηση του ποσοστού της βροχόπτωσης που εκφράζει την εξατμισοδιαπνοή, δεν μπορεί να καθοριστεί με ακρίβεια και εμπεριέχει πολύ μεγάλη αβεβαιότητα, καθώς η εξατμισοδιαπνοή εξαρτάται και από άλλους παράγοντες εκτός από τη βροχόπτωση, όπως η θερμοκρασία, η ηλιοφάνεια, το είδος της φυτοκάλυψης της περιοχής, και η σχετική υγρασία.

Η ανάλυση των βροχομετρικών δεδομένων, για το σταθμό Παλαιά Ρούματα έτσι όπως έχει παρουσιαστεί στο κεφάλαιο 4 (πιν. 4.3), έδειξε πως κατά τη διάρκεια του υδρολογικού έτους, 4 με 5 γεγονότα βροχής δίνουν περί το 45%-50% της ετήσιας βροχόπτωσης. Αυτό σημαίνει πως το σημαντικότερο μέρος της ετήσιας βροχόπτωσης εμφανίζεται σε λίγες μόνο μέρες του χρόνου. Άρα εμφανίζεται μεγάλη ένταση βροχόπτωσης γεγονός που συνήθως οδηγεί σε μεγάλο ποσοστό πλημμυρικής απορροής. Για το λόγο αυτό, στην εκτίμηση της εξατμισοδιαπνοής, θεωρήθηκε ένα ποσοστό της βροχόπτωσης στο οποίο δεν λαμβάνουν χώρα διαδικασίες εξατμισοδιαπνοής. Έτσι η εξατμισοδιαπνοή θα είναι τελικά, ποσοστό της βροχόπτωσης που δύναται να εξατμισθεί. Δηλαδή θα

έχει «αφαιρεθεί» το ποσοστό της βροχόπτωσης που συντελεί στην άμεση πλημμυρική απορροή.

Η εξατμισοδιαπνοή εκφράζεται σε mm και υπολογίζεται από τη σχέση:

$$E = a \times (b \times P) \quad (5.1)$$

Όπου

E: η εξατμισοδιαπνοή

a: το ποσοστό της βροχόπτωσης που εξατμίζεται

b: το ποσοστό της βροχόπτωσης που **δύναται** να εξατμιστεί

P: η βροχόπτωση

Η εξατμισοδιαπνοή εκτιμάται επίσης ξεχωριστά στα δύο τμήματα της λεκάνης απορροής.

- Στο **πεδινό τμήμα**, όπου υπάρχουν και μεγάλες εκτάσεις καλλιεργειών και μεγαλύτερες θερμοκρασίες, η εξατμισοδιαπνοή εκτιμάται γύρω στο 45%-60% της συνολικής βροχόπτωσης. Για τον συντελεστή a εξετάστηκε ένα εύρος τιμών μεταξύ 0,5-0,7 ενώ για το συντελεστή b, εξετάστηκε ένα εύρος τιμών μεταξύ 0,85-0,95.
- Στο **ορεινό τμήμα**, όπου δεν υπάρχουν εκτάσεις καλλιεργειών και η θερμοκρασία είναι σαφώς μικρότερη λόγω του μεγάλου υψομέτρου, η εξατμισοδιαπνοή θα εκφράζεται ως μικρότερο ποσοστό της βροχόπτωσης σε σχέση με το πεδινό τμήμα. Έτσι εκτιμάται πως είναι περί το 30%-45% της συνολικής βροχόπτωσης. Για τον συντελεστή a εξετάστηκε ένα εύρος τιμών μεταξύ 0,5-0,6 ενώ για το συντελεστή b, εξετάστηκε ένα εύρος τιμών μεταξύ 0,6-0,7. Ο συντελεστής b, που εκφράζει το ποσοστό της βροχόπτωσης που δύναται να εξατμιστεί, θα είναι μικρότερος από τον αντίστοιχο στο πεδινό τμήμα της λεκάνης. Αυτό συμβαίνει αφενός επειδή στη περιοχή επικρατούν ασβεστολιθικοί σχηματισμοί που εμφανίζουν μεγάλα καρστ και άρα ευνοείται η γρήγορη κατείσδυση, και αφετέρου επειδή το ανάγλυφο είναι έντονο με μεγάλες κλίσεις που ευνοεί την άμεση επιφανειακή απορροή.

5.2.4 Μέση Μεταβολή Στάθμης Υδροφορέα

Στη προσπάθεια να εκτιμηθεί το υδατικό ισοζύγιο της λεκάνης, χρειάζεται να εκτιμήσουμε την επαναφόρτιση του υπόγειου υδροφορέα που στην ελληνική υδρογεωλογική βιβλιογραφία αναφέρεται ως κατείσδυση. Η κατείσδυση αντιμετωπίζεται και εδώ διαφορετικά στα δύο τμήματα της λεκάνης. Στη

προσπάθεια να ποσοτικοποιηθεί η ποσότητα νερού που κατεισδύεται στη λεκάνη γίνονται ορισμένες παραδοχές.

Έτσι στο ορεινό τμήμα της λεκάνης, που επικρατούν οι καρστικοί ασβεστολιθικοί σχηματισμοί, θεωρήθηκε πως η ποσότητα του νερού που κατεισδύεται εμπλουτίζει τη λεκάνη τροφοδοσίας των πηγών Αγιάς και Μεσκλών και άρα το μεγαλύτερο ποσοστό της κατεισδυσης αποτελεί ποσότητα νερού που εκφορτίζεται στις πηγές Αγιά και Μεσκλά. Στην έκταση των σύγχρονων αλλουβιακών αποθέσεων αναπτύσσεται φρεάτιος υδροφορία σημαντικού κατά θέσεις δυναμικού [7]. Η κύρια τροφοδοσία της υπόγειας υδροφορίας πραγματοποιείται από την κατείσδυση του νερού της βροχόπτωσης.

Για να προσδιοριστεί η αναπλήρωση του υδροφορέα χρησιμοποιήθηκαν οι μετρήσεις στάθμης που πραγματοποιήθηκαν σε πηγάδια και γεωτρήσεις που βρίσκονται στη περιοχή. Οι παρατηρήσεις αυτές πραγματοποιήθηκαν για τέσσερις περιόδους (2 ξηρές- 2 υγρές), από Απρίλιο '98 - Απρίλιο '00. Από την εμπειρία ειδικών που παρατηρούν τη λειτουργία των γεωτρήσεων της περιοχής, ο υδροφορέας κατά την υγρή περίοδο επανέρχεται στη στάθμη που είχε πριν την περίοδο των αντλήσεων. Οι γεωτρήσεις μελετήθηκαν κατά ομάδες. Στο πίνακα 5.4 φαίνεται επεξεργασμένη η καταγραφή των παρατηρήσεων αυτών.

Πίνακας 5.4: Καταγραφή Στάθμης Υδροφορέα

Τοποθεσία	Α/Α	Γεωτρηση	Απρίλιος '98		Οκτώβριος '98		Πτώση Υ.Ο.	Απρίλιος '99		Ανύψωση Υ.Ο.	Οκτώβριος '99		Πτώση Υ.Ο.	Απρίλιος 2000		Ανύψωση Υ.Ο.
			Βάθος γεωτ	Απόλ. Υψόμετρο	Βάθος γεωτ	Απόλ. Υψόμετρο		Βάθος γεωτ	Απόλ. Υψόμετρο		Βάθος γεωτ	Απόλ. Υψόμετρο		Βάθος γεωτ	Απόλ. Υψόμετρο	
ΨΑΘΟΓΙΑΝΝΟΣ	1	Γ170	65.80		65.99		0.19	κατολίσθηση			65.99			κατολίσθηση		
	2	Γ171	103.33	52.15	104.26	51.22	0.93	102.49	52.99	1.77	104.25	51.23	1.76	103.51	51.97	0.74
ΚΟΥΦΟΣ	3	Γ161	4.03	51.83	4.96	50.90	0.93	2.98	52.88	1.98	4.55	51.31	1.57	3.87	51.99	0.68
	4	Γ162	6.51	51.64	6.97	51.18	0.46	5.15	52.99	1.82	6.79	51.36	1.64	6.18	51.97	0.61
	5	Γ163	6.69	51.86	7.31	51.24	0.62	5.52	53.03	1.79	7.57	50.98	2.05	6.55	52.00	1.02
	6	Γ164			16.08	51.23		14.30	53.02	1.78	18.11	49.20	3.81	15.32	51.99	2.79
	7	Γ168	54.23	50.52	53.48	51.27	-0.75	51.85	52.90	1.63	53.59	51.16	1.74	52.90	51.85	0.69
	8	Γ193			5.13	51.62		2.71	54.04	2.42	6.02	50.73	3.31	4.76	51.99	1.26
ΑΓΙΑ	9	Γ119	3.25	46.08	6.15	43.18	2.90	2.45	46.87	3.70	6.14	43.19	3.69	4.26	45.07	1.88
	10	Γ122	4.01	45.89	6.61	43.29	2.60	2.98	46.92	3.63	6.63	43.27	3.65	4.84	45.06	1.79
	11	Γ134	-0.49	42.98	0.86	41.63	1.35	-0.29	42.78	1.15	1.07	41.42	1.36	-0.08	42.57	1.15
ΑΛΙΚΙΑΝΟΣ	12	Γ194	7.74	34.89	10.93	31.70	3.19	6.68	35.95	4.25	11.14	31.49	4.46	8.25	34.38	2.89
	13	Γ191			14.75	33.84		10.50	38.09	4.25	15.65	32.94	5.15	12.04	36.55	3.61
	14	Γ187	20.10	39.75	23.98	35.87	3.88	19.20	40.65	4.78	24.03	35.82	4.83	20.67	39.18	3.36
	15	Γ188	10.57	38.51	15.82	33.26	5.25	10.60	38.48	5.22	15.90	33.18	5.30	12.44	36.64	3.46
	16	Γ189	10.21	38.83	15.64	33.40	5.43	10.65	38.39	4.99	15.70	33.34	5.05	12.19	36.85	3.51
ΒΑΤΟΛΑΚΟΣ	17	Γ177	26.39	59.22	Αδυνατη Μέτρηση			22.02	63.59		29.36	56.25	7.34	22.11	63.50	7.25
ΣΚΙΝΕΣ	18	Γ182	54.74	61.41	53.56	62.59	-1.18	53.90	62.25	-0.34	53.63	62.52	-0.27	53.92	62.23	-0.29
	19	Γ183	17.10	69.59	18.23	68.46	1.13	10.30	76.39	7.93	22.64	64.05	12.34	10.79	75.90	11.85
	20	Γ184	60.30	49.92	63.76	46.46	3.46	59.90	50.32	3.86	64.81	45.41	4.91	56.87	53.35	7.94

Η μέση μεταβολή της στάθμης του υδροφορέα από όλες τις γεωτρήσεις και για τις τέσσερις περιόδους συνοψίζονται στο πίνακα 5.5.

Πίνακας 5.5: Μέση Διακύμανση Στάθμης Υδροφορέα

Τοποθεσία	Μέση Πτώση Υ.Ο.'98 (m)	Μέση Ανύψωση Υ.Ο.98-99 (m)	Μέση Πτώση Υ.Ο.'99 (m)	Μέση Ανύψωση Υ.Ο.99-2000 (m)
ΨΑΘΟΓΙΑΝΝΟΣ	0.56	1.77	1.76	0.74
ΚΟΥΦΟΣ	0.67	1.90	2.35	1.18
ΑΓΙΑ	2.28	2.83	2.90	1.61
ΑΛΙΚΙΑΝΟΣ	4.44	4.70	4.96	3.37
ΒΑΤΟΛΑΚΟΣ	---	---	7.34	7.25
ΣΚΙΝΕΣ	2.30	5.90	8.63	9.90
ΜΕΣΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ	2.05	3.42	4.66	4.01

Μετρήσεις της στάθμης του υδροφορέα υπάρχουν μόνο για τις τέσσερις αυτές περιόδους και αναγκαστικά η εκτίμηση για τη μέση ετήσια διακύμανση της στάθμης μεταξύ υγρής και ξηρής περιόδου θα βασιστούν μόνο στις παραπάνω παρατηρήσεις. Για την ανάλυση των ισοζυγίων μας ενδιαφέρει η μέση ανύψωση της στάθμης, που όπως φαίνεται διαφοροποιείται σε κάθε τοποθεσία. Η μέση ανύψωση δίνεται από τον πίνακα 5.6.

Πίνακας 5.6: Μέση Ανύψωση Στάθμης Υδροφορέα

Τοποθεσία	Μέση Ανύψωση Υ.Ο. (m)
ΨΑΘΟΓΙΑΝΝΟΣ	1,26
ΚΟΥΦΟΣ	1,54
ΑΓΙΑ	2,22
ΑΛΙΚΙΑΝΟΣ	4,03
ΣΚΙΝΕΣ	7,90
Μέση Ανύψωση:	3,39

5.2.5 Παροχομετρικά Δεδομένα Πηγών Αγιάς και Μεσκλών

Σημαντικό τμήμα του υδατικού δυναμικού της υδρολογικής λεκάνης του Κερίτη αποτελούν οι εκφορτίσεις των πηγών Αγιάς και Μεσκλών. Για τον υπολογισμό της απορροής του Κερίτη είναι απαραίτητο να συνοψολογιστούν οι παροχές αυτές. Στην παρούσα ανάλυση χρησιμοποιήθηκαν χρονοσειρές παροχής από τις πηγές των Μεσκλών και Αγιάς.

Για τη πηγή των Μεσκλών υπάρχει ιστορική χρονοσειρά ετήσιας παροχής για τα έτη 1971/72-1996/97 [7] που χρησιμοποιήθηκε για τα κοινά έτη με τη χρονοσειρά της βροχόπτωσης 1973/74 - 2000/01 στα Παλαιά Ρούματα. Από τα υπάρχοντα στοιχεία, η μέση ετήσια παροχή στις πηγές των Μεσκλών είναι περί

τα $30,5 \times 10^6 \text{ m}^3$, με διακύμανση από $7,7 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{έτος}$ μέχρι και $59,3 \text{ m}^3/\text{έτος}$. Για τα έτη 1997/98-2000/01, που δεν υπάρχουν μετρήσεις, έγινε η παραδοχή πως η ετήσια παροχή είναι ίση με τη μέση ετήσια, δηλαδή $30 \times 10^6 \text{ m}^3$. Η παραδοχή αυτή περικλείει μεγάλη αβεβαιότητα δεδομένου της αυξημένης διακύμανσης που παρουσιάζει η παροχή των πηγών στα Μεσκλά.

Για τις πηγές της Αγιάς χρησιμοποιούνται ετήσια δεδομένα παροχής στα οποία προστίθενται και οι ετήσιες αντλήσεις και απολήψεις. Τα δεδομένα αυτά αφορούν στα έτη 1973/74-1975/76 και 1977/78-1996/97 [7]. Η μέση ετήσια εκφόρτιση των πηγών της Αγιάς είναι περί τα $60 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{έτος}$ και σε αυτά προστίθενται και οι απολήψεις από τα αντλιοστάσια Δήμου Χανίων, Βαρυπέτρου και Ο.Α.ΔΥ.Κ. καθώς και οι αντλήσεις των γεωτρήσεων που υπάρχουν στην περιοχή. Οι αντλήσεις και απολήψεις αυτές εκτιμώνται περί τα $20 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{έτος}$. Για τα έτη που δεν υπήρχαν δεδομένα δηλαδή για τα χρόνια 1976/77 και 1997/99-2000/01 θεωρήθηκε μέση ετήσια συνολική παροχή $70 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{έτος}$. Επίσης για τα χρόνια 1973/74-1976/77 όπου δεν υπήρχαν ακριβή στοιχεία απολήψεων θεωρήθηκε μέση ετήσια απόληψη περί τα $10 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{έτος}$, δεδομένου ότι οι απολήψεις της περιόδου εκείνης είναι μικρότερες από των πρόσφατων ετών [7]. Οι παραπάνω παραδοχές έγιναν προς το μέρος της ασφάλειας υποεκτιμώντας ίσως τη πραγματική παροχή των πηγών.

Πίνακας 5.7: Ετήσιες Εκροές Πηγών Αγιάς και Μεσκλών [7]

ΕΤΗΣΙΑ ΠΑΡΟΧΗ ΝΕΡΟΥ (Mm³)				
	Πηγές Μεσκλών	Πηγές Αγιάς		
		Εκφόρτιση	Αντλήσεις & Απολήψεις	Σύνολο
1973/74	18.5	64.7	10*	74.7
1974/75	20.9	56.3	10*	66.3
1975/76	25.8	58.5	10*	68.5
1976/77	20.0			70.0*
1977/78	58.8	73.1	9.5	82.6
1978/79	37.6	66.2	10.0	76.2
1979/80	59.3	72.2	10.0	82.2
1980/81	34.5	75	10.0	85.0
1981/82	42.8	75.5	10.0	85.5
1982/83	36.3	64.2	12.0	76.2
1983/84	30.8	63.9	18.0	81.9
1984/95	58.4	64.4	23.0	87.4
1985/86	16.3	57.9	23.0	80.9
1986/87	38.5	75.7	24.0	99.7
1987/88	34.8	46.8	25.0	71.8
1988/89	24.7	56.3	25.0	81.3
1989/90	7.7	35.3	25.0	60.3
1990/91	12.2	43.2	25.0	68.2

1991/92	29.0	54.8	25.0	79.8
1992/93	23.2	55.4	26.0	81.4
1993/94	15.6	47.3	26.0	73.3
1994/95	29.9	41.8	26.0	67.8
1995/96	20.5	59.5	28.0	87.5
1996/97	36.9	70.3	28.0	98.3
1997/98	30.0*			70.0*
1998/99	30.0*			70.0*
1999/00	30.0*			70.0*
2000/01	30.0*			70.0*

*οι τιμές αυτές αποτελούν παραδοχές λόγω έλλειψης δεδομένων

5.3 ΥΔΑΤΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ

Στη παράγραφο που ακολουθεί, παρατίθεται η εκτίμηση του υδατικού ισοζυγίου της υδρολογικής λεκάνης του Κερίτη με βάση τα διαθέσιμα στοιχεία. Το υδατικό ισοζύγιο στηρίζεται στην απλή υδρολογική σχέση όπου οι υδατικές εισροές σε μια υδρολογική λεκάνη είναι όσες και οι εκροές σε αυτήν.

$$Q = E + I + R \quad (5.2)$$

όπου **Q**: ο όγκος νερού που δέχεται η υδρολογική λεκάνη

E: ο όγκος νερού που εκφράζει τις απώλειες λόγω εξατμισοδιαπνοής

I: η κατείδυση

R: η απορροή στη λεκάνη

Η εκτίμηση του υδατικού ισοζυγίου στη λεκάνη του Κερίτη βασιζόμενη στη παραπάνω σχέση υπολογίζεται σύμφωνα με τα υπάρχοντα δεδομένα για τη συγκεκριμένη λεκάνη.

$$P = E + I + Q_{Ay} + Q_{Meσ} + Q'_{Kep} \quad (5.3)$$

όπου **P**: ο όγκος νερού που δέχεται η υδρολογική λεκάνη λόγω βροχόπτωσης

E: ο όγκος νερού που εκφράζει τις απώλειες λόγω εξατμισοδιαπνοής

I: η κατείδυση η οποία θεωρείται ίση με την αναπλήρωση του υδροφορέα που υπολογίζεται στο προσχωματικό τμήμα της λεκάνης

Q_{Ay}: η ετήσια παροχή των πηγών της Αγιάς

Q_{Meσ}: η ετήσια παροχή των πηγών στα Μεσκλά

Q'_{Kep}: η απορροή του ποταμού Κερίτη χωρίς να συμπεριλαμβάνεται το νερό των πηγών που καταλήγει σε αυτόν

Από τους παραπάνω όρους της εξίσωσης, τελείως άγνωστοι είναι ο όρος της εξατμισοδιαπνοής E και η παροχή του ποταμού Κερίτη Q'_{Kep}. Η εξατμισοδιαπνοή θα υπολογιστεί σύμφωνα με την υπόθεση πως αποτελεί

ποσοστό της βροχόπτωσης ενώ χρησιμοποιώντας τη σχέση 5.3 θα εκτιμηθεί, η μη μετρημένη μέχρι σήμερα, παροχή του ποταμού Κερίτη. Παρακάτω παρουσιάζεται αναλυτικά ο τρόπος με τον οποίο εισάγεται ο κάθε όρος της εξίσωσης, σε αυτήν.

5.3.1 Όγκος Νερού στη Λεκάνη

Για τα δύο τμήματα της λεκάνης, ορεινό και πεδινό, πολλαπλασιάζεται η βροχόπτωση των σταθμών Παλαιά Ρούματα και Αλικιανού, που όπως προαναφέρθηκε θεωρείται ίση με την επιφανειακή βροχόπτωση στα τμήματα αυτά, με τις αντίστοιχες εκτάσεις των τμημάτων. Υπολογίζεται έτσι ο όγκος νερού εισροής σε εκατομμύρια κυβικά μέτρα στο ορεινό και πεδινό τμήμα.

5.3.2 Εξατμισοδιαπνοή

Εκτιμάται η εξατμισοδιαπνοή ως ποσοστό της βροχόπτωσης, για τα δύο τμήματα της λεκάνης καθώς τόσο η βροχόπτωση όσο και οι παράγοντες που επηρεάζουν την εξατμισοδιαπνοή διαφέρουν στο ορεινό και πεδινό τμήμα. Οι παράμετροι a και b που υιοθετήθηκαν για την καλύτερη εκτίμηση της εξατμισοδιαπνοής, ρυθμίστηκαν διαφορετικά για τα δύο τμήματα της λεκάνης επηρεάζοντας κάθε φορά τα αποτελέσματα της απορροής του Κερίτη. Στην παράγραφο 5.4 θα γίνει η ανάλυση αβεβαιότητας που περικλείει η θεώρηση των παραμέτρων της εξατμισοδιαπνοής. Γενικά στο πεδινό τμήμα της λεκάνης σύμφωνα και με άλλες μελέτες κυμαίνεται στο 50-60% της βροχόπτωσης ενώ στο ορεινό τμήμα είναι μικρότερο και κυμαίνεται στο 30-40%. Οι απώλειες λόγω εξατμισοδιαπνοής εκφρασμένες επίσης σε mm πολλαπλασιάζονται με τις αντίστοιχες εκτάσεις και προκύπτει έτσι ο όγκος νερού που εξατμίζεται.

5.3.3 Κατείσδυση

Η ποσοτικοποίηση της κατείσδυσης βασίζεται στον ορισμό της έννοιας του **ενεργού πορώδους**. Σε αντίθεση με το συνολικό ογκομετρικό πορώδες που είναι ο λόγος των διάκενων προς το συνολικό όγκο του πορώδους μέσου, το ενεργό πορώδες είναι ο όγκος του νερού που αποστραγγίζεται με βαρύτητα από ένα κορεσμένο πορώδες μέσο. Σε αυτή τη περίπτωση το ενεργό πορώδες δεν περιλαμβάνει τόσο τον όγκο των τυφλών διάκενων όσο και τον όγκο του νερού που κατακρατείται στο μέσο από ελκτικές δυνάμεις ανάμεσα στα μόρια του νερού αφενός και του εδαφικού ιστού αφετέρου (Bear, 1979) [9]. Παραπλήσια με το ενεργό πορώδες είναι η ειδική απόδοση ο ορισμός της

οποίας συμπίπτει πρακτικώς με τον ορισμό του ενεργού πορώδους. Έτσι η **ειδική απόδοση** πορώδους μέσου ορίζεται ως ο όγκος νερού που προκύπτει κατά τη μεταβολή του υδροφόρου ορίζοντα ανά μονάδα επιφάνειας και ανά μονάδα μεταβολής της στάθμης δηλαδή

$$S_y = \frac{\Delta V}{F \Delta z} \quad (5.4)$$

Όπου S_y η ειδική απόδοση, ΔV η μεταβολή του αποθηκευμένου όγκου νερού για μεταβολή της στάθμης του υδροφορέα κατά Δz , και F η οριζόντια επιφάνεια. [9]

Η σχέση 5.4 χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της αναπλήρωσης του υδροφορέα στη προσχωματική περιοχή της υδρολογικής λεκάνης του Κερίτη. Η έκταση αυτή είναι περί τα 22,7Km² και αντιστοιχεί στις σύγχρονες αλουβιακές αποθέσεις κροκάλων, άμμων και αργίλων κυμαινόμενου πάχους που κατά θέσεις ξεπερνά τα 100m. Μερικές συνήθεις τιμές του ενεργού πορώδους για διάφορους κοκκώδεις σχηματισμούς παρατίθενται στο πίνακα 5. Ο ακριβής προσδιορισμός του ενεργού πορώδους για τη περιοχή δεν είναι εφικτός. Για τους κοκκώδεις (πορώδεις) προσχωσιγενείς σχηματισμούς, με εξαίρεση τους πηλούς και τις αργίλους, η συνηθέστερη τιμή του ενεργού πορώδους είναι 15% [10]. Σύμφωνα με αυτό για τη συγκεκριμένη περιοχή το ενεργό πορώδες λαμβάνεται ίσο με 15%.

Πίνακας 5.8: Χαρακτηριστικές Τιμές Ενεργού Πορώδους [10]

Χαλίκια	25%
Άμμος, Αμμοχάλικα	20%
Λεπτόκοκκη άμμος (επίσης Ψαμμίτης και Μολάσες)	10%
Αργιλλοχάλικα ή χαλίκια με συνεκτική ουσία	5%
Συνήθεις πρόσφατες προσχώσεις αμμόδεις	10-20%
Άργιλοι, πηλοί (με λίγες προσμίξεις)	0-3%

Δεδομένου της έλλειψης μετρήσεων που θα αφορούσαν τη μεταβολή της στάθμης του υδροφορέα, δεν μπορεί να εκτιμηθεί η ετήσια αναπλήρωση του υδροφορέα για κάθε έτος. Με βάση την ανάλυση της παραγράφου 5.2.4 θα γίνει η παραδοχή ότι η μέση ανύψωση του υδροφορέα είναι περί τα 3,5m.

Η μέση ανύψωση του υδροφορέα, που εκτιμάται περί τα 3.5m, πολλαπλασιασμένη με την επιφάνεια των προσχωματικής περιοχής (περί τα 22.7Km²) και το ενεργό πορώδες που λαμβάνεται ίσο με 15%, δίνουν τον όγκο νερού που δεσμεύεται από τον υδροφορέα λόγω κατείσδυσης. Ο όγκος νερού,

λοιπόν, που προκύπτει από την αναπλήρωση του υδροφορέα εκτιμάται περί τα 11.9Mm³ το χρόνο.

5.3.4 Παροχές Πηγών Αγιάς και Μεσκλών

Το μεγαλύτερο υδατικό δυναμικό της υδρολογικής λεκάνης του Κερίτη το συνιστούν οι εκφορτίσεις των πηγών στην περιοχή της Αγιάς και των Μεσκλών. Οι τεράστιες ποσότητες νερού που κατεισδύουν εντός της ασβεστολιθικής μάζας των Λευκών Ορέων εκφορτίζονται είτε υποθαλάσσια είτε μέσω εμφανών αναβλύσεων περιμετρικά της οροσειράς. Ενδεικτικά αναφέρονται οι εκφορτίσεις στην περιοχή της Σούγιας, και οι πηγές Στύλου, Αρμένων, Αγιάς και Μεσκλών.

Η οριοθέτηση της υπόγειας υπολεκάνης των Λευκών Ορέων που τροφοδοτεί τις πηγές Αγιάς και Μεσκλών που ανήκουν στην υδρολογική λεκάνη του Κερίτη είναι πολύ δύσκολη και δεν μπορεί να γίνει με ακρίβεια. Τα όρια της υδρογεωλογικής λεκάνης, πάντως, δεν συμπίπτουν με τα όρια της υδρολογικής λεκάνης αλλά επεκτείνονται σε μεγαλύτερη έκταση. Επίσης, δεν γίνεται να παραληφθούν οι πλευρικές εισροές από τις γειτονικές λεκάνες που επίσης δεν μπορούν να ποσοτικοποιηθούν.

Παρατηρείται επίσης ότι οι ετήσιες εκφορτίσεις της Αγιάς δεν παρουσιάζουν μεγάλη διακύμανση (για τα έτη 1971/72-1983/84 από 56,3x10⁶ m³ μέχρι 75,5x10⁶ m³) παρουσιάζουν δηλαδή μια κάποια ανεξαρτησία σε σχέση με την ετήσια βροχόπτωση, σε αντίθεση με τις πηγές στα Μεσκλά όπου εμφανίζονται πολύ μεγάλες διακυμάνσεις (για τα έτη 1971/72-1996/97 από 7,7x10⁶ m³ μέχρι 59,37x10⁶ m³)

Για τους παραπάνω λόγους, πρέπει να ληφθεί υπ' όψη πως η ποσότητα νερού που εκφορτίζεται στις πηγές της Αγιάς δεν μπορεί να θεωρηθεί απόρροια της ποσότητας νερού που δέχεται η επιφανειακή λεκάνη του Κερίτη. Έτσι θα ήταν λάθος αν στην εξίσωση του υδατικού ισοζυγίου στις εκροές της λεκάνης συμπεριληφθεί όλη η ποσότητα νερού που εκφορτίζεται στις πηγές. Το ποσοστό όμως της ποσότητας που μπορεί με ασφάλεια να αντιστοιχηθεί στην έκταση της υδρολογικής λεκάνης δεν μπορεί να καθοριστεί με ακρίβεια. Αρχικά εκτιμήθηκε πως το ποσοστό αυτό είναι 50% και στη συνέχεια εξετάστηκε η αβεβαιότητα που επιφέρει στα αποτελέσματα του υδατικού ισοζυγίου. Έτσι στην εξίσωση του ισοζυγίου όταν από δω και πέρα αναφέρεται η ετήσια παροχή των πηγών της Αγιάς εννοούμε ποσοστό αυτής της παροχής ίσο με το 50%.

5.3.5 Αποτελέσματα Υδατικού Ισοζυγίου

Η ανάλυση του υδατικού ισοζυγίου στόχο έχει κυρίως να εκτιμηθεί η απορροή του ποταμού Κερίτη, χωρίς να συμπεριλαμβάνεται σ' αυτήν η απορροή νερού που προέρχεται από το σύστημα των πηγών που καταλήγει στο υδατόρεμα του Κερίτη. Η εκτίμηση αυτή θα γίνει με έμμεσο τρόπο χρησιμοποιώντας την εξίσωση 5.5.

$$Q'_{\text{Κερίτης}} = [(P_{\text{ορεινά}} - E_{\text{ορεινά}}) + (P_{\text{πεδινά}} - E_{\text{πεδινά}})] - I - Q^*_{\text{Αγιάς}} - Q_{\text{Μεσκλά}} \quad (5.5)$$

όπου:

$Q'_{\text{Κερίτη}}$: η απορροή του ποταμού Κερίτη χωρίς να συμπεριλαμβάνεται το νερό των πηγών που καταλήγουν σε αυτόν

$P_{\text{ορεινά}}$: ο όγκος νερού που δέχεται το ορεινό τμήμα της υδρολογικής λεκάνης λόγω βροχόπτωσης

$P_{\text{πεδινά}}$: ο όγκος νερού που δέχεται το πεδινό τμήμα της υδρολογικής λεκάνης λόγω βροχόπτωσης

$E_{\text{ορεινά}}$: ο όγκος νερού που εκφράζει τις απώλειες λόγω εξατμισοδιαπνοής στο ορεινό τμήμα της υδρολογικής λεκάνης και που λαμβάνεται ίση με ποσοστό της βροχόπτωσης στα ορεινά.

$E_{\text{πεδινά}}$: ο όγκος νερού που εκφράζει τις απώλειες λόγω εξατμισοδιαπνοής στο ορεινό τμήμα της υδρολογικής λεκάνης και που λαμβάνεται ίση με ποσοστό της βροχόπτωσης στα πεδινά.

I : η κατείδυση η οποία θεωρείται ίση με την αναπλήρωση του υδροφορέα που υπολογίζεται στο προσχωματικό τμήμα της λεκάνης

$Q^*_{\text{Αγιάς}}$: ποσοστό της ετήσιας παροχής των πηγών της Αγιάς

$Q_{\text{Μεσκλά}}$: η ετήσια παροχή των πηγών στα Μεσκλά

Για τα έτη 1973/74 μέχρι 2000/01 εξετάστηκε το υδατικό ισοζύγιο σύμφωνα με τη παραπάνω εξίσωση και τις παραδοχές που χρειάστηκε να γίνουν λόγω έλλειψης ακριβέστερων στοιχείων. Ο όγκος νερού δίνεται σε εκατομμύρια κυβικά μέτρα ενώ υπενθυμίζεται πως λαμβάνεται ποσοστό της παροχής της Αγιάς.

Στους πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζονται δύο κύρια σενάρια που αφορούν το ποσοστό της εξατμισοδιαπνοής και το ποσοστό συμμετοχής της Αγιάς. Έτσι στο 1^ο σενάριο (πίνακας 5.9) το ποσοστό της Αγιάς έχει ληφθεί 50% της συνολικής παροχής και η εξατμισοδιαπνοή 30% και 60% της βροχόπτωσης στα ορεινά και πεδινά αντίστοιχα ενώ στο 2^ο σενάριο (πίνακας 5.10) έχει

μειωθεί το ποσοστό της εξατμισοδιαπνοής σε 20% και 50% της βροχόπτωσης στα ορεινά και πεδινά αντίστοιχα και έχει αυξηθεί το ποσοστό συμμετοχής της Αγιάς σε 70% της συνολικής παροχής.

Πίνακας 5.9: Υδατικό Ισοζύγιο της Υδρολογικής Λεκάνης του Κερίτη για τα έτη 1973/74-2000/01 με συμβολή της Αγίας 50%, και εξατμισοδιαπνοή 30% (ορεινά) & 60% (πεδινά)

Ετη	Βροχόπτωση		Όγκος Νερού στην Λεκάνη				Εξατμισοδιαπνοή						Κατείσδυση				Απορροή			Συνολική Απορροή (Mcm)
	P Αλικιανού (mm)	P Παλατιόπουλου (mm)	A Πεδινά (Km ²)	A Ορεινά (Km ²)	P πεδινά (Mcm)	P ορεινά (Mcm)	a πεδινά	b πεδινά	E πεδινά (Mcm)	a ορεινά	b ορεινά	E ορεινά (Mcm)	A Υδροφορίας (Km ²)	Πορώδες	Ανύψωση Υδρ/ρέα (m)	Κατείσδυση I (Mcm)	Q Μεσαλά (Mcm)	Q Αγιάς (Mcm)	Q' Καρ χωρίς τις πηγές (Mcm)	
1973/1974	625.4	945.1	119.3	99.3	74.6	93.8	0.6000	1.0000	44.7	0.50000	0.60000	28.2	22.7	0.150	3.50	11.9	18.5	37.35	27.758	121.0
1974/1975	785.1	1233.9			93.6	122.5			56.2			36.8	22.7	0.150	3.50	11.9	20.9	33.15	57.252	144.5
1975/1976	943.5	1450.6			112.5	144.0			67.5			43.2	22.7	0.150	3.50	11.9	25.8	34.25	73.874	168.2
1976/1977	696.7	984.7			83.1	97.8			49.9			29.3	22.7	0.150	3.50	11.9	20.0	35	34.767	124.8
1977/1978	1085.0	1749.4			129.4	173.7			77.6			52.1	22.7	0.150	3.50	11.9	58.8	41.3	61.342	202.7
1978/1979	854.0	1282.1			101.8	127.3			61.1			38.2	22.7	0.150	3.50	11.9	37.6	38.1	42.240	156.0
1979/1980	729.0	1537.8			86.9	152.7			52.2			45.8	22.7	0.150	3.50	11.9	59.3	41.1	29.348	170.8
1980/1981	1082.0	1609.2			129.0	159.8			77.4			47.9	22.7	0.150	3.50	11.9	34.5	42.5	74.554	194.1
1981/1982	1067.0	1722.0			127.3	171.0			76.4			51.3	22.7	0.150	3.50	11.9	42.8	42.75	73.129	201.4
1982/1983	621.0	1139.3			74.1	113.1			44.4			33.9	22.7	0.150	3.50	11.9	36.3	38.1	22.499	135.0
1983/1984	895.0	1364.0			106.7	135.4			64.0			40.6	22.7	0.150	3.50	11.9	30.8	40.95	53.839	166.5
1984/1985	911.0	1337.2			108.6	132.8			65.2			39.8	22.7	0.150	3.50	11.9	58.4	43.7	22.390	168.2
1985/1986	848.0	993.5			101.1	98.7			60.7			29.6	22.7	0.150	3.50	11.9	16.3	40.45	40.844	138.0
1986/1987	1126.0	1428.8			134.3	141.9			80.6			42.6	22.7	0.150	3.50	11.9	38.5	49.85	52.763	191.0
1987/1988	580.0	1040.3			69.2	103.3			41.5			31.0	22.7	0.150	3.50	11.9	34.8	35.9	17.362	124.0
1988/1989	813.0	1329.7			97.0	132.0			58.2			39.6	22.7	0.150	3.50	11.9	24.7	40.65	53.943	159.9
1989/1990	465.0	639.7			55.5	63.5			33.3			19.1	22.7	0.150	3.50	11.9	7.7	30.15	16.880	84.9
1990/1991	580.0	827.3			69.2	82.2			41.5			24.6	22.7	0.150	3.50	11.9	12.2	34.1	26.956	107.4
1991/1992	753.0	1310.4			89.8	130.1			53.9			39.0	22.7	0.150	3.50	11.9	29.0	39.9	46.190	155.0
1992/1993	776.0	1090.4			92.5	108.3			55.5			32.5	22.7	0.150	3.50	11.9	23.2	40.7	36.995	141.6
1993/1994	660.5	1031.7			78.8	102.4			47.3			30.7	22.7	0.150	3.50	11.9	15.6	36.65	39.056	128.0
1994/1995	578.6	892.0			69.0	88.6			41.4			26.6	22.7	0.150	3.50	11.9	29.9	33.9	13.889	111.6
1995/1996	816.0	1296.9			97.3	128.8			58.4			38.6	22.7	0.150	3.50	11.9	20.5	43.75	52.904	160.9
1996/1997	1138.8	1837.2			135.8	182.4			81.5			54.7	22.7	0.150	3.50	11.9	36.9	49.15	84.063	219.3
1997/1998	812.7	1232.1			96.9	122.3			58.2			36.7	22.7	0.150	3.50	11.9	41.7	35	35.793	147.5
1998/1999	816.0	1334.9			97.3	132.6			58.4			39.8	22.7	0.150	3.50	11.9	43.7	35	41.097	154.8
1999/2000	749.6	1090.5			89.4	108.3			53.6			32.5	22.7	0.150	3.50	11.9	22	35	42.641	134.6
2000/2001	866.5	1355.6			103.3	134.6			62.0			40.4	22.7	0.150	3.50	11.9	33.4	35	55.245	158.6

* με καφέ και μπλε χρώμα σημειώνεται το ξηρότερο και υγρότερο έτος αντίστοιχα και με πράσινο είναι ένα κανονικό έτος

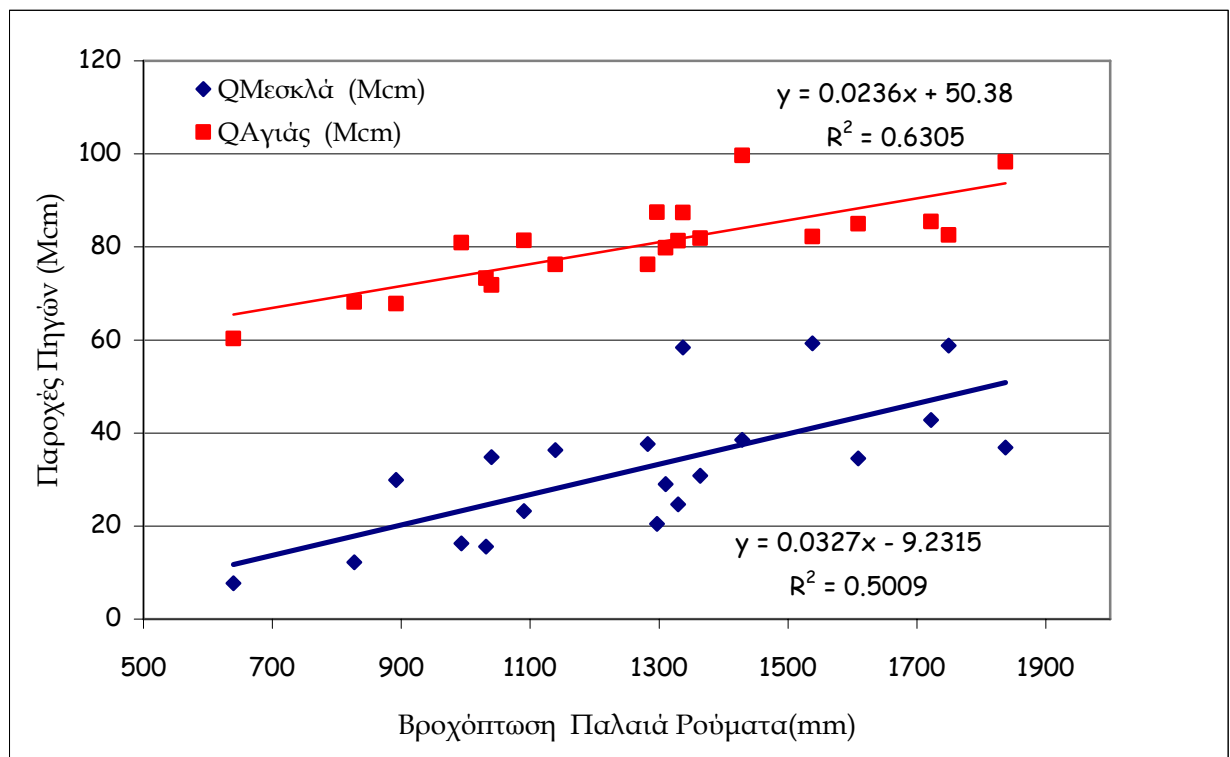
Πίνακας 5.10: Υδατικά Ισοζύγια Υδατικό Ισοζύγιο της Υδρολογικής Λεκάνης του Κερίτη για τα έτη 1973/74-2000/01 με συμβολή της Αγιάς 70%, και εξατμισοδιαπνοή 20% (ορεινά) & 50% (πεδινά)

Ετη	Βροχόπτωση		Όγκος Νερού στην Λεκάνη				Εξατμισοδιαπνοή						Κατείσδυση				Απορροή			Συνολική Απορροή
	P Αλικανού (mm)	P Παλαμάδου (mm)	A Πεδινά (Km ²)	A Ορεινά (Km ²)	P _{Πεδινά} (Mcm)	P _{Ορεινά} (Mcm)	a _{Πεδινά}	b _{Πεδινά}	E _{Πεδινά} (Mcm)	a _{Ορεινά}	b _{Ορεινά}	E _{Ορεινά} (Mcm)	A Υδροφορίας (Km ²)	Πορώδες	Ανύψωση Υδρ/ρέα (m)	Κατείσδυση I (Mcm)	Q _{Μακρά} (Mcm)	Q _{Αγιάς} (Mcm)	Q' Καρ χωρίς της πηγές (Mcm)	
1973/1974	625.4	945.1	119.3	99.3	74.6	93.8	0.5000	1.0000	37.3	0.40000	0.50000	18.8	22.7	0.150	3.50	11.9	18.5	52.29	29.661	152.7
1974/1975	785.1	1233.9			93.6	122.5			46.8			24.5	22.7	0.150	3.50	11.9	20.9	46.41	65.608	179.3
1975/1976	943.5	1450.6			112.5	144.0			56.3			28.8	22.7	0.150	3.50	11.9	25.8	47.95	85.831	207.5
1976/1977	696.7	984.7			83.1	97.8			41.5			19.6	22.7	0.150	3.50	11.9	20.0	49	38.854	156.9
1977/1978	1085.0	1749.4			129.4	173.7			64.7			34.7	22.7	0.150	3.50	11.9	58.8	57.82	75.133	249.6
1978/1979	854.0	1282.1			101.8	127.3			50.9			25.5	22.7	0.150	3.50	11.9	37.6	53.34	49.917	194.2
1979/1980	729.0	1537.8			86.9	152.7			43.5			30.5	22.7	0.150	3.50	11.9	59.3	57.54	36.872	211.3
1980/1981	1082.0	1609.2			129.0	159.8			64.5			32.0	22.7	0.150	3.50	11.9	34.5	59.5	86.437	239.9
1981/1982	1067.0	1722.0			127.3	171.0			63.6			34.2	22.7	0.150	3.50	11.9	42.8	59.85	85.853	248.4
1982/1983	621.0	1139.3			74.1	113.1			37.0			22.6	22.7	0.150	3.50	11.9	36.3	53.34	25.979	169.0
1983/1984	895.0	1364.0			106.7	135.4			53.4			27.1	22.7	0.150	3.50	11.9	30.8	57.33	61.678	207.1
1984/1985	911.0	1337.2			108.6	132.8			54.3			26.6	22.7	0.150	3.50	11.9	58.4	61.18	29.053	209.8
1985/1986	848.0	993.5			101.1	98.7			50.6			19.7	22.7	0.150	3.50	11.9	16.3	56.63	44.642	174.2
1986/1987	1126.0	1428.8			134.3	141.9			67.1			28.4	22.7	0.150	3.50	11.9	38.5	69.79	60.440	238.5
1987/1988	580.0	1040.3			69.2	103.3			34.6			20.7	22.7	0.150	3.50	11.9	34.8	50.26	20.249	155.6
1988/1989	813.0	1329.7			97.0	132.0			48.5			26.4	22.7	0.150	3.50	11.9	24.7	56.91	60.583	199.1
1989/1990	465.0	639.7			55.5	63.5			27.7			12.7	22.7	0.150	3.50	11.9	7.7	42.21	16.718	108.8
1990/1991	580.0	827.3			69.2	82.2			34.6			16.4	22.7	0.150	3.50	11.9	12.2	47.74	28.449	136.1
1991/1992	753.0	1310.4			89.8	130.1			44.9			26.0	22.7	0.150	3.50	11.9	29.0	55.86	52.222	192.9
1992/1993	776.0	1090.4			92.5	108.3			46.3			21.7	22.7	0.150	3.50	11.9	23.2	56.98	40.797	178.0
1993/1994	660.5	1031.7			78.8	102.4			39.4			20.5	22.7	0.150	3.50	11.9	15.6	51.31	42.518	160.7
1994/1995	578.6	892.0			69.0	88.6			34.5			17.7	22.7	0.150	3.50	11.9	29.9	47.46	16.088	140.9
1995/1996	816.0	1296.9			97.3	128.8			48.7			25.8	22.7	0.150	3.50	11.9	20.5	61.25	58.014	201.0
1996/1997	1138.8	1837.2			135.8	182.4			67.9			36.5	22.7	0.150	3.50	11.9	36.9	68.81	96.228	270.7
1997/1998	812.7	1232.1			96.9	122.3			48.5			24.5	22.7	0.150	3.50	11.9	41.7	49	43.719	183.4
1998/1999	816.0	1334.9			97.3	132.6			48.7			26.5	22.7	0.150	3.50	11.9	43.7	49	50.084	191.8
1999/2000	749.6	1090.5			89.4	108.3			44.7			21.7	22.7	0.150	3.50	11.9	22	49	48.409	168.4
2000/2001	866.5	1355.6			103.3	134.6			51.7			26.9	22.7	0.150	3.50	11.9	33.4	49	65.040	196.4

* με καφέ και μπλε χρώμα σημειώνεται το ξηρότερο και υγρότερο έτος αντίστοιχα και με πράσινο είναι ένα κανονικό έτος

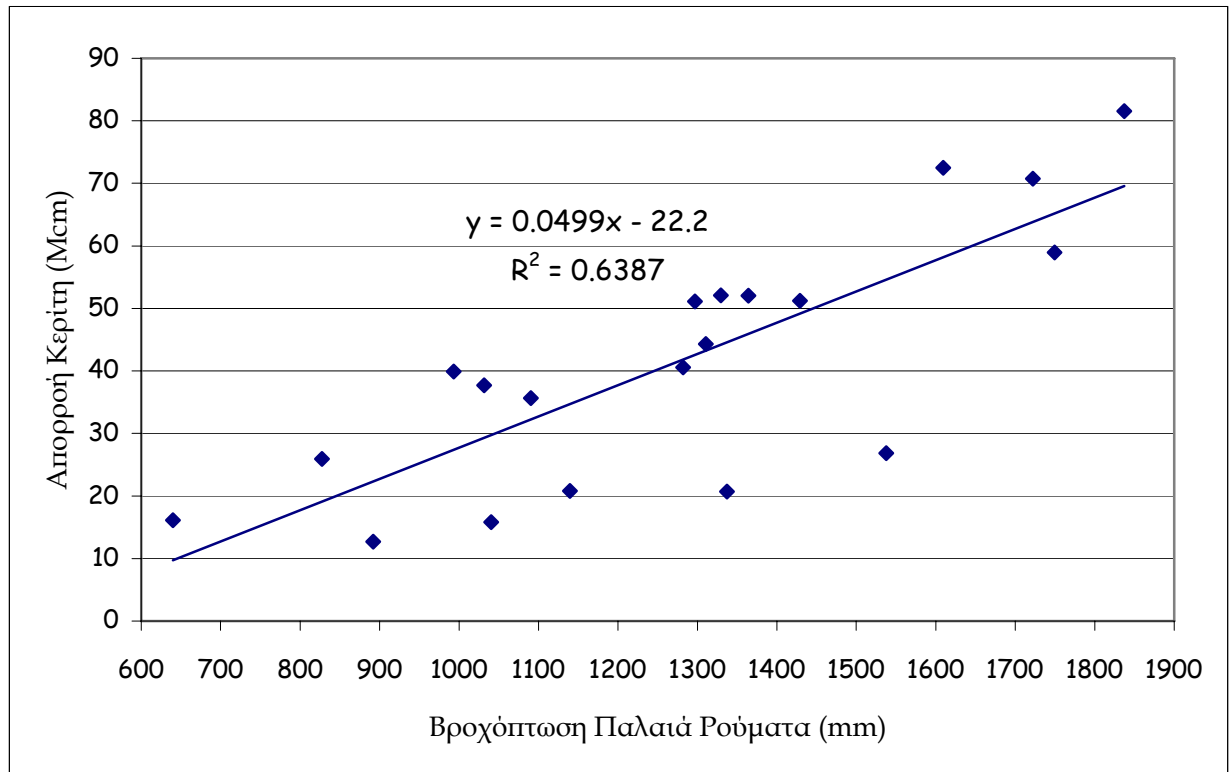
Για το 1^ο σενάριο, όπως φαίνεται στον πίνακα 5.9 η υπολογισμένη απορροή του Κερίτη κυμαίνεται από $16,9 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{έτος}$ μέχρι και $84,1 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{έτος}$ σε ένα ξηρό και υγρό έτος αντίστοιχα, ενώ για ένα κανονικό έτος εκτιμάται στα $52,9 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{έτος}$. Στο 2^ο σενάριο που παρουσιάζεται στον πίνακα 5.10 η υπολογισμένη απορροή του Κερίτη κυμαίνεται από $16,7 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{έτος}$ μέχρι και $96,2 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{έτος}$ σε ένα ξηρό και υγρό έτος αντίστοιχα, ενώ για ένα κανονικό έτος εκτιμάται στα $58 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{έτος}$. Η μέση ετήσια απορροή υπολογίζεται περί τα $43,9 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{έτος}$ και $50,5 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{έτος}$ στα δύο σενάρια αντίστοιχα. Παρουσιάζεται και στα δυο σενάρια ιδιαίτερα μεγάλη διακύμανση της υπολογισμένης απορροής του Κερίτη.

Για την καλύτερη εκτίμηση των αποτελεσμάτων, εξετάστηκε η συσχέτιση που προκύπτει μεταξύ της βροχόπτωσης και της εκτιμώμενης απορροής στο Κερίτη. Έτσι όπως υπολογίστηκε το υδατικό ισοζύγιο, η συσχέτιση αυτή είναι γραμμική. Ο βαθμός συσχέτισης εξαρτάται και από τη συσχέτιση της παροχής των πηγών Μεσκλά και Αγιάς με τη βροχόπτωση που χρησιμοποιείται στην εξίσωση του ισοζυγίου. Στα παρακάτω διαγράμματα βλέπουμε τη συσχέτιση μεταξύ της βροχόπτωσης του σταθμού Παλαιά Ρούματα και των παροχών στις πηγές για τα έτη 1977/78-1996/97.



Διάγραμμα 5.5: Συσχέτιση Βροχόπτωσης- Παροχής πηγών Αγιάς και Μεσκλών

Παρατηρούμε πως η συσχέτιση των πηγών της Αγιάς με τη βροχοπτώση είναι αρκετά καλή ενώ μικρότερη παρουσιάζεται η συσχέτιση των Μεσκλών που παρουσιάζουν μεγαλύτερη διακύμανση. Απομονώνοντας τις δύο τιμές, που όπως φαίνεται από το διάγραμμα 5.6, διαφοροποιούνται κατά πολύ από τις υπόλοιπες, βελτιώνεται ο συντελεστής συσχέτισης αλλά και πάλι παραμένει σχετικά μικρός. Η συσχέτιση τώρα μεταξύ βροχοπτώσης και εκτιμώμενης απορροής στο Κερίτη φαίνεται στο διάγραμμα 5.6.



Διάγραμμα 5.6: Συσχέτιση Βροχοπτώσης- Απορροής Κερίτη

Η εξίσωση $y=0.0499x - 22.2$ μπορεί να χρησιμοποιηθεί ούτως ώστε να γίνει μια εκτίμηση της ετήσιας απορροής του Κερίτη όταν είναι γνωστή η βροχοπτώση. Από τη κλίση της εξίσωσης, συμπεραίνεται πως μια αύξηση της ετήσιας βροχοπτώσης κατά 100mm θα οδηγούσε σε μια αύξηση της απορροής στο Κερίτη περί τα 5 Mm³. Οι υπολογισμένες τιμές από την εξίσωση του ισοζυγίου με τις τιμές της παραπάνω εξίσωσης παρουσιάζουν τυπική απόκλιση περί τα 12Mm³.

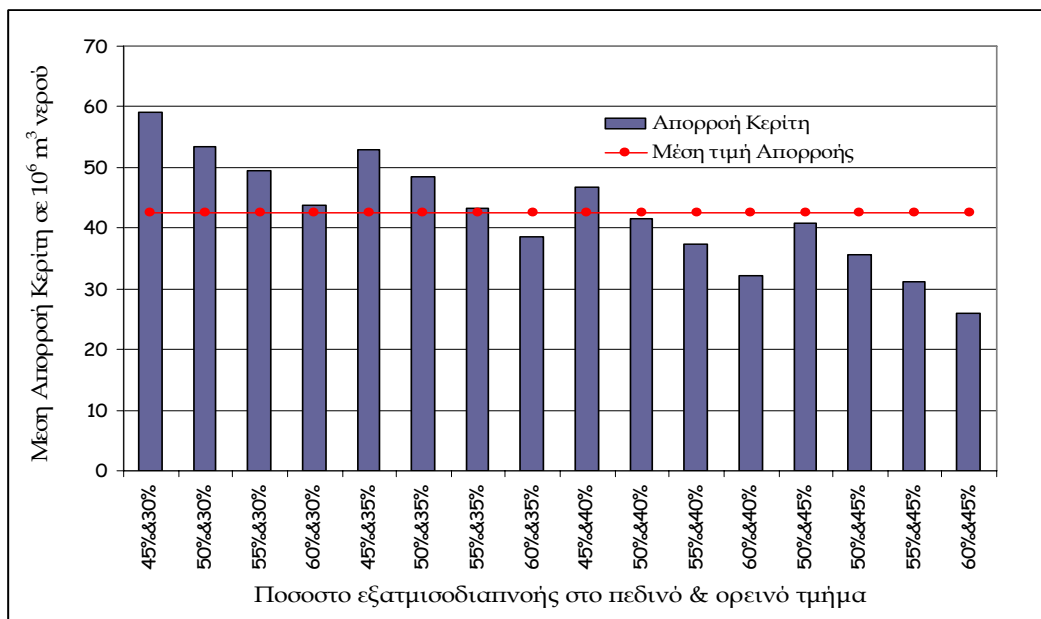
5.4 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ

Στο τρόπο που αντιμετωπίστηκε το υδατικό ισοζύγιο της υδρολογικής λεκάνης του Κερίτη υπεισέρχεται, λόγω των παραδοχών που χρειάστηκε να γίνουν εξαιτίας της έλλειψης δεδομένων, μεγάλη αβεβαιότητα στα αποτελέσματα που προκύπτουν. Στη παράγραφο αυτή θα εξεταστεί το πως κορμίνεται η

διακύμανση της απορροής του Κερίτη που υπολογίστηκε όταν μεταβάλλονται η εξατμισοδιαπνοή και το ποσοστό νερού των πηγών της Αγιάς που θεωρείται ότι ανήκει στη λεκάνη.

Η εξατμισοδιαπνοή στο πεδινό τμήμα της λεκάνης είναι μεγαλύτερη από την εξατμισοδιαπνοή στο ορεινό τμήμα. Εξετάζεται για τη πρώτη, να παίρνει τιμές από 45-60% της βροχόπτωσης, ενώ για τη δεύτερη να παίρνει τιμές από 30-45%. Λόγω της γραμμικής σχέσης που συνδέει την απορροή με την εξατμισοδιαπνοή και καθώς η ποσότητα νερού που εξατμίζεται αφαιρείται από την ποσότητα που εισρέει στην λεκάνη και άρα μειώνεται η «διαθέσιμη» ποσότητα νερού για απορροή, όσο μεγαλύτερη είναι η εξατμισοδιαπνοή τόσο λιγότερη απορροή προκύπτει.

Εξετάζοντας τους συνδυασμούς των διαφορετικών ποσοστών της εξατμισοδιαπνοής παρατηρείται ότι η ετήσια απορροή του Κερίτη που παρουσιάζει μεγάλη διακύμανση ούτως ή άλλως μέσα στα χρόνια που εξετάζονται 1973-2001, παρουσιάζει μεγάλες διακυμάνσεις καθώς εμφανίζονται από πολύ μικρές τιμές μέχρι και $104 \times 10^6 \text{ m}^3$ στο υγρότερο έτος και με το μικρότερο ποσοστό εξατμισοδιαπνοής. Στον πίνακα 5.11 παρουσιάζεται για όλα τα έτη η απορροή του Κερίτη για διαφορετικά ποσοστά της εξατμισοδιαπνοής στο ορεινό και πεδινό τμήμα της λεκάνης, ενώ στο διάγραμμα 5.7 φαίνεται η διακύμανση της μέσης ετήσιας απορροής για τα διάφορα ποσοστά εξατμισοδιαπνοής.



Διάγραμμα 5.7: Διακύμανση της μέσης απορροής του Κερίτη για διάφορες τιμές Εξατμισοδιαπνοής

Η μέση τιμή της υπολογισμένης απορροής, κυμαίνεται από περίπου $26 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{έτος}$ για ποσοστό εξατμισοδιαπνοής 45% στα ορεινά και 60% στα πεδινά, μέχρι και $60 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{έτος}$ για ποσοστό εξατμισοδιαπνοής 30% στα ορεινά και 45% στα πεδινά με μέση ετήσια απορροή περί τα **$42,5 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{έτος}$** . Η μεγάλη διακύμανση που παρατηρείται επιβεβαιώνει και τη μεγάλη αβεβαιότητα που υπεισέρχεται στους υπολογισμούς της απορροής.

Πίνακας 5.11: Απορροή του Κερίτη σε Mm³ για διαφορετικά ποσοστά της Εξατμισοδιαπνοής και με 50% συμβολή της Αγιάς

Έτη	Επεδ=45%Ρπεδ Εορην=30%Ρορην	Επεδ=50%Ρπεδ Εορην=30%Ρορην	Επεδ=55%Ρπεδ Εορην=30%Ρορην	Επεδ=60%Ρπεδ Εορην=30%Ρορην	Επεδ=45%Ρπεδ Εορην=35%Ρορην	Επεδ=50%Ρπεδ Εορην=35%Ρορην	Επεδ=55%Ρπεδ Εορην=35%Ρορην	Επεδ=60%Ρπεδ Εορην=35%Ρορην	Επεδ=45%Ρπεδ Εορην=40%Ρορην	Επεδ=50%Ρπεδ Εορην=40%Ρορην	Επεδ=55%Ρπεδ Εορην=40%Ρορην	Επεδ=60%Ρπεδ Εορην=40%Ρορην	Επεδ=45%Ρπεδ Εορην=45%Ρορην	Επεδ=50%Ρπεδ Εορην=45%Ρορην	Επεδ=55%Ρπεδ Εορην=45%Ρορην	Επεδ=60%Ρπεδ Εορην=45%Ρορην
1973/1974	38.908	34.471	31.562	27.162	34.253	30.897	26.870	23.215	29.654	25.627	22.271	18.244	25.056	21.028	17.672	13.645
1974/1975	71.249	65.679	62.027	56.503	65.170	60.957	55.901	51.313	59.166	54.110	49.897	44.841	53.162	48.106	43.893	38.837
1975/1976	90.697	84.002	79.613	72.974	83.551	78.487	72.411	66.897	76.493	70.416	65.353	59.276	69.435	63.358	58.294	52.218
1976/1977	47.189	42.245	39.005	34.102	42.342	38.603	34.116	30.044	37.551	33.064	29.324	24.837	32.759	28.272	24.533	20.046
1977/1978	80.687	72.988	67.941	60.307	72.066	66.243	59.256	52.915	63.554	56.566	50.744	43.756	55.042	48.054	42.232	35.244
1978/1979	57.467	51.407	47.435	41.426	51.152	46.569	41.069	36.079	44.914	39.414	34.831	29.331	38.675	33.176	28.592	23.093
1979/1980	42.346	37.173	33.782	28.653	34.755	30.842	26.147	21.887	27.272	22.577	18.665	13.970	19.790	15.095	11.183	6.488
1980/1981	93.845	86.167	81.135	73.521	85.920	80.113	73.145	66.822	78.090	71.122	65.315	58.347	70.260	63.292	57.485	50.517
1981/1982	92.153	84.581	79.619	72.111	83.667	77.940	71.069	64.834	75.288	68.416	62.690	55.819	66.909	60.038	54.311	47.440
1982/1983	33.571	29.165	26.277	21.907	27.952	24.619	20.620	16.991	22.408	18.409	15.076	11.077	16.865	12.866	9.533	5.534
1983/1984	69.797	63.446	59.283	52.985	63.078	58.274	52.511	47.280	56.441	50.677	45.874	40.110	49.804	44.040	39.237	33.473
1984/1985	38.632	32.168	27.931	21.520	32.047	27.158	21.291	15.968	25.541	19.674	14.785	8.918	19.034	13.168	8.279	2.412
1985/1986	55.963	49.946	46.001	40.035	51.081	46.530	41.069	36.113	46.247	40.786	36.235	30.773	41.413	35.952	31.401	25.939
1986/1987	72.839	64.849	59.612	51.689	66.812	59.769	52.518	45.938	58.860	51.609	45.566	38.314	51.908	44.656	38.614	31.362
1987/1988	27.703	23.587	20.890	16.809	22.573	19.460	15.725	12.335	17.511	13.776	10.663	6.928	12.449	8.714	5.601	1.866
1988/1989	68.439	62.670	58.888	53.168	61.885	57.522	52.286	47.535	55.415	50.179	45.816	40.581	48.945	43.710	39.346	34.111
1989/1990	25.171	21.871	19.709	16.437	22.023	19.527	16.533	13.815	18.910	15.915	13.420	10.425	15.798	12.803	10.307	7.313
1990/1991	37.297	33.182	30.484	26.403	33.225	30.112	26.377	22.987	29.199	25.464	22.351	18.616	25.174	21.439	18.326	14.591
1991/1992	59.615	54.272	50.769	45.471	53.154	49.113	44.263	39.863	46.778	41.928	37.887	33.038	40.402	35.552	31.511	26.662
1992/1993	50.830	45.324	41.714	36.254	45.463	41.298	36.301	31.766	40.157	35.160	30.995	25.997	34.851	29.854	25.689	20.692
1993/1994	50.832	46.145	43.073	38.425	45.749	42.204	37.951	34.091	40.729	36.476	32.931	28.677	35.709	31.456	27.911	23.657
1994/1995	24.206	20.100	17.409	13.337	19.812	16.706	12.980	9.598	15.472	11.745	8.640	4.913	11.131	7.405	4.299	0.573
1995/1996	67.452	61.662	57.867	52.126	61.062	56.683	51.428	46.660	54.752	49.497	45.118	39.863	48.441	43.187	38.808	33.553
1996/1997	104.368	96.287	90.990	82.977	95.314	89.202	81.868	75.213	86.375	79.041	72.929	65.595	77.435	70.101	63.990	56.655
1997/1998	61.982	56.215	52.436	46.717	55.913	51.552	46.318	41.569	49.918	44.684	40.323	35.090	43.923	38.689	34.328	29.095
1998/1999	69.346	63.556	59.760	54.019	62.767	58.388	53.133	48.364	56.271	51.016	46.637	41.382	49.776	44.521	40.142	34.887
1999/2000	48.006	42.687	39.200	33.926	42.636	38.613	33.786	29.406	37.330	32.503	28.480	23.653	32.024	27.197	23.174	18.347
2000/2001	74.094	67.946	63.916	57.819	67.416	62.765	57.185	52.122	60.820	55.239	50.589	45.009	54.224	48.643	43.993	38.413
ΜΕΣΗ ΑΠΟΡΡΟΗ	59.096	53.350	49.583	43.885	52.923	48.577	43.362	38.629	46.826	41.610	37.264	32.049	40.728	35.513	31.167	25.952

*με καφέ και μπλε χρώμα σημειώνεται το ξηρότερο και υγρότερο έτος αντίστοιχα

Όσον αφορά στην Αγιά, κατά τον υπολογισμό του υδατικού ισοζυγίου και θεωρώντας αρχικά ότι όλη η ποσότητα εκφόρτισης της Αγιάς προκύπτει από εισροές στη λεκάνη, τα αποτελέσματα της εξίσωσης του ισοζυγίου για τη παροχή του Κερίτη ήταν αμφίβολα, καθώς υπήρχαν χρονιές με μηδενικές ή και αρνητικές τιμές παροχής. Αυτό υπήρξε ως ένα βαθμό και απόδειξη για το ότι κάποιο ποσοστό της συνολικής εκφόρτισης της Αγιάς, προέρχεται είτε από διπλάνες λεκάνες, είτε από τμήματα της υδρογεωλογικής λεκάνης που δεν ανήκουν στην έκταση της υδρολογικής. Το ποσοστό όμως αυτό δεν μπορεί να εκτιμηθεί με ακρίβεια.

Με αντίστοιχο τρόπο εξετάζεται και η αβεβαιότητα που εισάγει στους υπολογισμούς η θεώρηση του ποσοστού αυτού. Στον πίνακα 5.12 παρουσιάζεται η μεταβολή της απορροής του Κερίτη για διάφορες εκτιμήσεις της παροχής της Αγιάς που οφείλεται σε εισροές της υδρολογικής λεκάνης. Η εξατμισοδιαπνοή στη περίπτωση αυτή λαμβάνεται ίση με 60% στα πεδινά και 30% στα ορεινά.

Πίνακας 5.12: Απορροή του Κερίτη σε Mm^3 για διαφορετικά ποσοστά της παροχής Αγιάς

ΕΤΗ	Επεδ=60%Ρπεδ Εορεια=30%Ρορεια				
	Απορροή Κερίτη ($10^6 \times \text{m}^3$)				
	40% $Q_{\text{Αγιάς}}$	45% $Q_{\text{Αγιάς}}$	50% $Q_{\text{Αγιάς}}$	55% $Q_{\text{Αγιάς}}$	60% $Q_{\text{Αγιάς}}$
1973/1974	35.228	31.5	27.8	24.0	20.3
1974/1975	63.882	60.6	57.3	53.9	50.6
1975/1976	80.724	77.3	73.9	70.4	67.0
1976/1977	41.767	38.3	34.8	31.3	27.8
1977/1978	69.602	65.5	61.3	57.2	53.1
1978/1979	49.860	46.1	42.2	38.4	34.6
1979/1980	37.568	33.5	29.3	25.2	21.1
1980/1981	83.054	78.8	74.6	70.3	66.1
1981/1982	81.679	77.4	73.1	68.9	64.6
1982/1983	30.119	26.3	22.5	18.7	14.9
1983/1984	62.029	57.9	53.8	49.7	45.6
1984/1985	31.130	26.8	22.4	18.0	13.6
1985/1986	48.934	44.9	40.8	36.8	32.8
1986/1987	62.733	57.7	52.8	47.8	42.8
1987/1988	24.542	21.0	17.4	13.8	10.2
1988/1989	62.073	58.0	53.9	49.9	45.8
1989/1990	22.910	19.9	16.9	13.9	10.9
1990/1991	33.776	30.4	27.0	23.5	20.1
1991/1992	54.170	50.2	46.2	42.2	38.2
1992/1993	45.135	41.1	37.0	32.9	28.9
1993/1994	46.386	42.7	39.1	35.4	31.7
1994/1995	20.669	17.3	13.9	10.5	7.1
1995/1996	61.654	57.3	52.9	48.5	44.2
1996/1997	93.393	89.0	84.1	79.1	74.2
1997/1998	42.793	39.3	35.8	32.3	28.8
1998/1999	48.097	44.6	41.1	37.6	34.1
1999/2000	49.641	46.1	42.6	39.1	35.6
2000/2001	62.245	58.7	55.2	51.7	48.2
Μέση Τιμή:	51.7	47.3	43.9	40.0	36.2

Καφέ χρώμα: Ξηρό έτος/ Μπλε χρώμα: Υγρό έτος /Πράσινο χρώμα: Κανονικό έτος

Βλέπουμε πως μεταβάλλεται η μέση απορροή του Κερίτη για τα διάφορα ποσοστά συμμετοχής της Αγιάς στην εξίσωση του υδατικού ισοζυγίου της υδρολογικής λεκάνης του Κερίτη. Έτσι για συμβολή της παροχής της Αγιάς από 40% μέχρι 60% παρουσιάζεται διακύμανση της μέσης απορροής του Κερίτη από 51,7Mm³ μέχρι 36,2Mm³, ενώ εμφανίζονται τιμές απορροής από 7Mm³ μέχρι και 93,4Mm³. Δυστυχώς, δεν υπάρχει κάποια μέτρηση που θα μπορούσαν να συγκριθούν οι υπολογισμοί που προηγήθηκαν. Στον πίνακα 5.14 παρουσιάζεται η υπολογισμένη απορροή του Κερίτη για διάφορα σενάρια ποσοστού εξατμισοδιαπνοής και συμβολής της Αγιάς.

Όπως προαναφέρθηκε, αβεβαιότητα στους υπολογισμούς της απορροής του Κερίτη υπεισέρχεται και λόγω των παραδοχών που χρειάστηκε να γίνουν καθώς δεν υπάρχουν επαρκή βροχομετρικά δεδομένα. Έτσι για την ορεινή περιοχή με μέσο υψόμετρο 1328m, η παραδοχή ότι η μέση επιφανειακή βροχόπτωση συμπίπτει με την βροχόπτωση στο σταθμό Παλαιά Ρούματα με υψόμετρο 316m, μπορεί να έχει οδηγήσει σε υποτίμηση του όγκου νερού που δέχεται η λεκάνη. Το σφάλμα αυτό θα μπορούσε να μειωθεί πολύ αν υπήρχαν δεδομένα από έναν βροχομετρικό σταθμό με μεγαλύτερο υψόμετρο. Ο βροχομετρικός σταθμός του Ομαλού στα 1050m, λειτουργεί για τα έτη 95/96-00/01 και διαθέτει δεδομένα ετήσιας βροχόπτωσης. Για ένα κανονικό έτος, που υπάρχουν στοιχεία και για το σταθμό του Αλικιανού, στην ορεινή περιοχή θεωρήθηκε η βροχόπτωση του Ομαλού. Έτσι υπάρχει μια αύξηση της βροχόπτωσης στα ορεινά περί το 28% (1660mm αντί 1297mm). Στη περίπτωση αυτή η απορροή του Κερίτη στο 1^ο σενάριο αυξάνεται κατά 25Mm³ ενώ στο 2^ο κατά 28 Mm³. Στο πίνακα 5.13 παρουσιάζονται για τα δυο σενάρια ο υπολογισμός της απορροής του Κερίτη λαμβάνοντας τη βροχόπτωση στα ορεινά μια φορά ίση με τη βροχή στα Παλαιά Ρούματα και μια φορά ίση με τον Ομαλό.

Πίνακας 5.13: Απορροή Κερίτη σε Mm³ χρησιμοποιώντας τη βροχόπτωση στα ορεινά των σταθμών Παλαιά Ρούματα και Ομαλό (για τα διαθέσιμα στοιχεία του Ομαλού)

Έτη	Απορροή Κερίτη (Mm ³)			
	1ο Σενάριο		2ο Σενάριο	
	Παλαιά Ρούματα	Ομαλός	Παλαιά Ρούματα	Ομαλός
1995/1996	52.904	78.144	58.01	86.858
1996/1997	84.063	121.098	96.23	138.554
1997/1998	35.793	108.632	43.72	126.964
1998/1999	41.097	130.077	50.08	151.775
1999/2000	42.641	41.564	48.41	47.178
2000/2001	55.245	90.306	65.04	105.110

Πίνακας 5.14: Απορροή Κερίτη για διαφόρους συνδυασμούς Εξατμισοδιαπνοής-Συμβολή Αγιάς

ΕΤΗ	Επεδ=39%Ρηεδ Εορ=25%Ρορ					Επεδ=49%Ρηεδ Εορ=30%Ρορ				Επεδ=56%Ρηεδ Εορ=33%Ρορ			Επεδ=60%Ρηεδ Εορ=36%Ρορ		Επεδ=64%Ρηεδ Εορ=42%Ρορ	
	Απορροή Κερίτη χωρίς πηγές					Απορροή Κερίτη χωρίς πηγές				Απορροή Κερίτη χωρίς πηγές			Απορροή Κερίτη χωρίς πηγές		Απορροή Κερίτη χωρίς πηγές	
	100% Q αγιάς	80% Q αγιάς	70% Q αγιάς	60% Q αγιάς	50% Q αγιάς	80% Q αγιάς	70% Q αγιάς	60% Q αγιάς	50% Q αγιάς	70% Q αγιάς	60% Q αγιάς	50% Q αγιάς	60% Q αγιάς	50% Q αγιάς	50% Q αγιάς	
1973/1974	17.85	31.85	38.85	45.85	52.85	19.70	26.70	33.70	40.70	18.66	25.66	32.66	19.86	26.86	18.25	
1974/1975	48.57	62.57	69.57	76.57	83.57	47.08	54.08	61.08	68.08	43.85	50.85	57.85	43.43	50.43	39.34	
1975/1976	71.34	85.34	92.34	99.34	106.34	66.89	73.89	80.89	87.89	61.69	68.69	75.69	59.87	66.87	53.72	
1976/1977	24.49	38.49	45.49	52.49	59.49	25.29	32.29	39.29	46.29	23.54	30.54	37.54	24.28	31.28	22.09	
1977/1978	58.28	74.80	83.06	91.32	99.58	53.18	61.44	69.70	77.96	47.17	55.43	63.69	45.04	53.30	37.70	
1978/1979	34.28	49.52	57.14	64.76	72.38	32.97	40.59	48.21	55.83	29.64	37.26	44.88	29.37	36.99	25.27	
1979/1980	16.52	32.96	41.18	49.40	57.62	16.64	24.86	33.08	41.30	14.19	22.41	30.63	14.35	22.57	9.93	
1980/1981	69.53	86.53	95.03	103.53	112.03	65.63	74.13	82.63	91.13	60.30	68.80	77.30	58.85	67.35	52.60	
1981/1982	68.03	85.13	93.68	102.23	110.78	63.86	72.41	80.96	89.51	58.37	66.92	75.47	56.70	65.25	49.90	
1982/1983	7.99	23.23	30.85	38.47	46.09	10.17	17.79	25.41	33.03	9.21	16.83	24.45	10.47	18.09	8.34	
1983/1984	44.46	60.84	69.03	77.22	85.41	43.39	51.58	59.77	67.96	40.05	48.24	56.43	39.91	48.10	35.70	
1984/1985	10.53	28.01	36.75	45.49	54.23	10.50	19.24	27.98	36.72	7.66	16.40	25.14	8.07	16.81	4.49	
1985/1986	28.95	45.13	53.22	61.31	69.40	30.08	38.17	46.26	54.35	28.13	36.22	44.31	29.22	37.31	27.34	
1986/1987	40.59	60.53	70.50	80.47	90.44	40.01	49.98	59.95	69.92	36.32	46.29	56.26	36.66	46.63	32.75	
1987/1988	3.54	17.90	25.08	32.26	39.44	5.81	12.99	20.17	27.35	5.05	12.23	19.41	6.37	13.55	4.58	
1988/1989	42.64	58.90	67.03	75.16	83.29	42.60	50.73	58.86	66.99	39.98	48.11	56.24	40.27	48.40	36.60	
1989/1990	3.94	16.00	22.03	28.06	34.09	7.27	13.30	19.33	25.36	7.52	13.55	19.58	9.42	15.45	9.42	
1990/1991	13.87	27.51	34.33	41.15	47.97	16.49	23.31	30.13	36.95	16.00	22.82	29.64	17.59	24.41	16.72	
1991/1992	34.04	50.00	57.98	65.96	73.94	34.51	42.49	50.47	58.45	32.30	40.28	48.26	32.79	40.77	29.37	
1992/1993	23.53	39.81	47.95	56.09	64.23	25.14	33.28	41.42	49.56	23.55	31.69	39.83	24.74	32.88	22.68	
1993/1994	26.45	41.11	48.44	55.77	63.10	28.11	35.44	42.77	50.10	26.86	34.19	41.52	27.96	35.29	25.99	
1994/1995	1.29	14.85	21.63	28.41	35.19	3.52	10.30	17.08	23.86	2.82	9.60	16.38	4.18	10.96	2.88	
1995/1996	38.41	55.91	64.66	73.41	82.16	39.74	48.49	57.24	65.99	37.82	46.57	55.32	38.81	47.56	35.94	
1996/1997	74.94	94.60	104.43	114.26	124.09	71.90	81.73	91.56	101.39	66.75	76.58	86.41	65.67	75.50	59.12	
1997/1998	41.35	55.35	62.35	69.35	76.35	39.54	46.54	53.54	60.54	36.08	43.08	50.08	35.54	42.54	31.32	
1998/1999	49.24	63.24	70.24	77.24	84.24	46.89	53.89	60.89	67.89	43.10	50.10	57.10	42.23	49.23	37.38	
1999/2000	26.21	40.21	47.21	54.21	61.21	25.86	32.86	39.86	46.86	23.35	30.35	37.35	23.53	30.53	20.45	
2000/2001	54.46	68.46	75.46	82.46	89.46	51.40	58.40	65.40	72.40	47.12	54.12	61.12	45.95	52.95	40.74	

5.5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τα ισοζύγια για τα έτη 1973/74-2000/01 συνοψίζονται ενδεικτικά στον πίνακα 5.15 που περιλαμβάνονται τα αποτελέσματα του 1^{ου} σεναρίου όπου το ποσοστό της Αγιάς έχει ληφθεί 50% της συνολικής παροχής και η εξατμισοδιαπνοή 30% και 60% της βροχόπτωσης στα ορεινά και πεδινά αντίστοιχα και του 2^{ου} σεναρίου όπου έχει μειωθεί το ποσοστό της εξατμισοδιαπνοής σε 20% και 50% της βροχόπτωσης στα ορεινά και πεδινά αντίστοιχα και έχει αυξηθεί το ποσοστό συμμετοχής της Αγιάς σε 70% της συνολικής παροχής.

Πίνακας 5.15: Συνοπτικά Αποτελέσματα Υδατικού Ισοζυγίου στη Λεκάνη του Κερίτη

		Ξηρό Έτος (89-90)		Κανονικό Έτος (95-96)		Υγρό Έτος (96-97)	
Βροχόπτωση: (mm)	<i>Ορεινά:</i>	639,7		1296,9		1837,2	
	<i>Πεδινά:</i>	465		816,0		1138,8	
	Συνολική	543,4		1078		1450,7	
Όγκος Νερού: (Mm³)	<i>Ορεινά:</i>	63,5		128,8		182,4	
	<i>Πεδινά:</i>	55,5		97,3		135,8	
	Συνολική	119		226,1		318,2	
Εξατμισοδιαπνοή: (Mm³)	<i>Ορεινά:</i>	19,1 ^(α)	12,7 ^(β)	38,6 ^(α)	25,8 ^(β)	54,7 ^(α)	36,5 ^(β)
	<i>Πεδινά:</i>	33,3 ^(α)	27,7 ^(β)	58,4 ^(α)	48,7 ^(β)	81,5 ^(α)	67,9 ^(β)
	Συνολική	52,4 ^(α)	40,4 ^(β)	97 ^(α)	74,5 ^(β)	136,2 ^(α)	104,4 ^(β)
ΚΑΘΑΡΕΣ ΕΙΣΡΟΕΣ: (Mm³)		66,6 ^(α)	78,6 ^(β)	129,1 ^(α)	151,6 ^(β)	182 ^(α)	213,8 ^(β)
Κατείδουση: (Mm³)		12		12		12	
(α) Αγιά: (50%) (Mm³)		30,15 ^(α)		43,75 ^(α)		49,15 ^(α)	
(β) Αγιά: (70%) (Mm³)		42,21 ^(β)		61,25 ^(β)		68,81 ^(β)	
Μεσκλά: (Mm³)		7,7		20,5		36,9	
(α)Κερίτης : (Mm³)		16,12 ^(α)		52,9 ^(α)		81,54 ^(α)	
(β)Κερίτης : (Mm³)		16,72 ^(β)		58,01 ^(β)		96,23 ^(β)	
ΕΚΡΟΕΣ: (Mm³)		66,6 ^(α)	78,6 ^(β)	129,1 ^(α)	151,6 ^(β)	182 ^(α)	213,8 ^(β)

(α): 1^ο σενάριο (εξατμισοδιαπνοή: 30% ορεινά, 60% πεδινά / Αγιά: 50%)

(β): 2^ο σενάριο (εξατμισοδιαπνοή: 20% ορεινά, 50% πεδινά / Αγιά: 70%)

Εκτίμηση Απορροής Υδατορέματος Κερίτη

- Κατά την ανάλυση ευαισθησίας της εξατμισοδιαπνοής, εξετάστηκε η εξατμισοδιαπνοή στα πεδινά να βρίσκεται μεταξύ 45%-60% και στα ορεινά μεταξύ 30%-45%, ενώ διατηρήθηκε η συμβολή της Αγιάς στο 50% της συνολικής παροχής της. Για το μεγαλύτερο ποσοστό εξατμισοδιαπνοής (45% στα ορεινά και 60% στα πεδινά) η μέση απορροή Κερίτη υπολογίζεται $26 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{έτος}$ με εμφάνιση όμως πολύ μικρών

τιμών σε ορισμένες χρονιές. Για το μικρότερο ποσοστό εξατμισοδιαπνοής (30% στα ορεινά και 45% στα πεδινά) η μέση απορροή Κερίτη υπολογίζεται περί τα $59 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{έτος}$

- Θεωρώντας σταθερή την εξατμισοδιαπνοή (30% στα ορεινά και 60% στα πεδινά) εξετάστηκε η συμβολή της παροχής της Αγιάς να κυμαίνεται μεταξύ 40%-60%. Για το εύρος αυτό προκύπτει η μέση απορροή στο Κερίτη να κυμαίνεται από $51,7 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{έτος}$, μέχρι και $36,2 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{έτος}$ αντίστοιχα.
- Θεωρώντας 50% τη συμβολή της Αγιάς, και λαμβάνοντας την εξατμισοδιαπνοή 30% στα ορεινά και 60% στα πεδινά (έπειτα από εξέταση των συντελεστών a, b) η υπολογισμένη απορροή του Κερίτη κυμαίνεται από $13,9 \times 10^6 - 84 \times 10^6 \text{ m}^3$ ανά έτος με μέση ετήσια απορροή $43,9 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{έτος}$.
- Θεωρώντας 70% τη συμβολή της Αγιάς, και λαμβάνοντας την εξατμισοδιαπνοή 20% στα ορεινά και 50% στα πεδινά (έπειτα από εξέταση των συντελεστών a, b) η υπολογισμένη απορροή του Κερίτη κυμαίνεται από $16,1 \times 10^6 \text{ m}^3 - 96,2 \times 10^6 \text{ m}^3$ ανά έτος με μέση ετήσια απορροή $50,5 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{έτος}$.
- Για ένα κανονικό έτος που υπολογίζεται η απορροή του Κερίτη στην ορεινή περιοχή με την βροχόπτωση του σταθμού στον Ομαλό που εμφανίζεται περί τα 28% μεγαλύτερη από ότι λαμβάνεται στους προηγούμενους υπολογισμούς, παρατηρείται μια αύξηση στην απορροή του Κερίτη κατά 25 Mm^3 και 28 Mm^3 . Επίσης για τα έτη 95/96-00/01 λαμβάνοντας τη βροχόπτωση του Ομαλού, που λόγω υψομέτρου μπορεί να αντιπροσωπεύει καλύτερα την ορεινή περιοχή, η υπολογισμένη απορροή του Κερίτη κυμαίνεται από $41,6 \times 10^6 \text{ m}^3 - 130 \times 10^6 \text{ m}^3$.

Εκτίμηση Υδατικού Δυναμικού Υδρολογικής Λεκάνης

Επίσης για το υδατικό δυναμικό της υδρολογικής λεκάνης του Κερίτη, (εισορές μείων την εξατμισοδιαπνοή) χρησιμοποιώντας (λόγω έλλειψης περαιτέρω βροχομετρικών στοιχείων) τη βροχόπτωση των σταθμών Παλαιά

Ρούματα και Αλικιανού για την ορεινή και πεδινή περιοχή το υδατικό δυναμικό της λεκάνης εκτιμάται:

Πίνακας 5.16: Υδατικό Δυναμικό Λεκάνης Κερίτη (Παλαιά Ρούματα)

Ξηρό Έτος:	Κανονικό Έτος:	Υγρό Έτος:
73 ± 8 Mm ³	140 ± 11 Mm ³	198 ± 16 Mm ³

Στη συνέχεια υπολογίστηκε το υδατικό δυναμικό της λεκάνης έχοντας θεωρήσει στο ορεινό τμήμα τη βροχόπτωση ίση με την ετήσια βροχόπτωση που μετρήθηκε στο σταθμό του Ομαλού για τα έτη 95/96 και 96/97. Εξετάζοντας πάλι δύο σενάρια εξατμισοδιαπνοής (α. εξατμισοδιαπνοή: 30% ορεινά, 60% πεδινά και β. εξατμισοδιαπνοή: 20% ορεινά, 50% πεδινά) καθώς επίσης και δύο σενάρια για τη βροχόπτωση (1. η βροχόπτωση στα ορεινά ίση με το σταθμό στα Παλαιά Ρούματα και 2. η βροχόπτωση ίση με το σταθμό στον Ομαλό), για ένα κανονικό και ένα υγρό έτος (για το ξηρό έτος δεν υπάρχουν στοιχεία από τον Ομαλό) προκύπτουν συνοπτικά τα αποτελέσματα του πίνακα 5.17

Πίνακας 5.17: Υδατικό Δυναμικό Λεκάνης για διάφορα σενάρια (σε Mm³)

Βροχόπτωση (ορεινά) Εξατμισοδιαπνοή	Παλαιά Ρούματα		Ομαλός	
	Κανονικό (95/96)	Υγρό (96/97)	Κανονικό (95/96)	Υγρό (96/97)
30% ορεινά 60% πεδινά	129,1	182	154,2	219,5
20% ορεινά 50% πεδινά	151,6	213,8	209,1	256,6

Λαμβάνοντας υπόψη τους πίνακες 5.16 και 5.17 μπορούμε να πούμε ότι το υδατικό δυναμικό της λεκάνης κυμαίνεται:

- για ένα υγρό έτος μεταξύ 182Mm³-256.6Mm³
- για ένα κανονικό έτος μεταξύ 129,1Mm³-209,1 Mm³
- για ένα ξηρό έτος μεταξύ 66,6Mm³-78,6 Mm³ (η μέγιστη τιμή θα ήταν μεγαλύτερη αν μπορούσε να εξεταστεί με τη βροχόπτωση του Ομαλού).

Εξετάζοντας δηλαδή το υγρό και κανονικό έτος με τη βροχόπτωση του Ομαλού στα ορεινά, το υδατικό δυναμικό εκτιμάται:

Πίνακας 5.18: Υδατικό Δυναμικό Λεκάνης Κερίτη (Ομαλός)

Κανονικό Έτος:	Υγρό Έτος:
169 ± 40 Mm ³	219 ± 37 Mm ³

Εξετάζοντας το υδατικό δυναμικό για το κανονικό και υγρό έτος με τη βροχόπτωση του Ομαλού, παρατηρούμε ότι το εύρος των τιμών αυξάνεται καθώς αυξάνεται η μέγιστη τιμή του υδατικού δυναμικού. Η αβεβαιότητα που υπεισέρχεται λόγω της βροχόπτωσης, είναι σημαντική. Η αδυναμία υπολογισμού της επιφανειακής βροχόπτωσης και η παραδοχή να ληφθεί ως επιφανειακή βροχόπτωση στα δυο τμήματα (ορεινό, πεδινό) η βροχόπτωση των σταθμών Παλαιά Ρούματα, Αλικιανού μπορεί να επιφέρει υποεκτίμηση του όγκου νερού που εισάγεται στην υδρολογική λεκάνη, όπως προέκυψε εξετάζοντας τη βροχόπτωση του Ομαλού. Είναι απαραίτητη η τοποθέτηση περισσότερων βροχομετρικών σταθμών στη περιοχή μελέτης και κυρίως σε μεγάλο υψόμετρο ούτως ώστε να μπορεί να υπολογισθεί καλύτερα και η επιφανειακή βροχόπτωση αλλά και να μετράτε η βροχόπτωση της ορεινής περιοχής.

Σχόλια-Προτάσεις

- Η αδυναμία υπολογισμού της επιφανειακής βροχόπτωσης και η παραδοχή να ληφθεί ως επιφανειακή βροχόπτωση στα δυο τμήματα (ορεινό, πεδινό) η βροχόπτωση των σταθμών Παλαιά Ρούματα, Αλικιανού μπορεί να επιφέρει υποεκτίμηση του όγκου νερού που εισάγεται στην υδρολογική λεκάνη και άρα και υποεκτίμηση της απορροής στο Κερίτη. Είναι απαραίτητη η απόκτηση βροχομετρικών σταθμών στη περιοχή μελέτης αλλά και σε υψηλό υψόμετρο ούτως ώστε να μπορεί να υπολογισθεί η επιφανειακή βροχόπτωση και άρα να εκτιμηθεί ακριβέστερα ο όγκος νερού που εισάγεται στη λεκάνη.
- Στο τρόπο που αντιμετωπίστηκε το υδατικό ισοζύγιο της υδρολογικής λεκάνης του Κερίτη υπεισέρχεται λόγω των παραδοχών που χρειάστηκε να γίνουν, εξ' αιτίας της έλλειψης δεδομένων, μεγάλη αβεβαιότητα στα αποτελέσματα που προκύπτουν. Τόσο η παροχή της Αγιάς όσο και η εξατμισοδιαπνοή είναι παράμετροι που επηρεάζουν τα αποτελέσματα και που είναι πολύ δύσκολο να καθοριστούν με ακρίβεια. Αν υπήρχαν μετρήσεις της απορροής στο Κερίτη, θα μπορούσε να γίνει σύγκριση των αποτελεσμάτων και να εξαχθούν και κάποια συμπεράσματα για τις παραμέτρους αυτές. Έτσι είναι πολύ σημαντικό για τη περαιτέρω μελέτη του υδατικού δυναμικού της περιοχής να υπάρξουν μετρήσεις της απορροής στο υδατόρεμα του Κερίτη.

- Έχοντας τα στοιχεία αυτά θα μπορέσει ο όγκος νερού που εισάγεται στη λεκάνη να εκτιμηθεί ακριβέστερα. Με την ύπαρξη επαρκών βροχομετρικών στοιχείων σε συνδυασμό με τις μετρήσεις που πρέπει να γίνουν στο Κερίτη αλλά και στις πηγές της λεκάνης θα μπορέσει, αρχικά, να εκτιμηθεί καλύτερα το υδατικό δυναμικό αλλά και να επαληθευτεί έπειτα, εφόσον θα είναι γνωστές οι εκροές της λεκάνης. Έτσι θα υπάρξει συνολικά καλύτερη αποτίμηση του υδατικού δυναμικού της λεκάνης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

Διαχειριστική Προσομοίωση των Υδατικών Πόρων της Υδρολογικής Λεκάνης του Κερίτη με χρήση του μοντέλου RIBASIM

6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο κεφάλαιο που ακολουθεί περιγράφεται το διαχειριστικό πρόγραμμα Ribasim (**R**iver **B**asin **S**imulation **M**odel) καθώς και ο τρόπος που χρησιμοποιήθηκε για την απεικόνιση, περιγραφή και προσομοίωση της διαχείρισης των υδατικών πόρων της υδρολογικής λεκάνης του Κερίτη. Το επιφανειακό κυρίως υδατικό δυναμικό καθώς και η ζήτηση της περιοχής μελέτης προσομοιώθηκαν από το διαχειριστικό μοντέλο *Ribasim*, με στόχο τη διαχείριση των υδατικών πόρων. Εισήχθησαν στο μοντέλο χρονοσειρές παροχής νερού καθώς και στοιχεία υδατικών αναγκών με στόχο τη προσομοίωση της παρούσας κατάστασης διαχείρισης των υδατικών πόρων. Τα σημεία παροχής νερού στο σύστημα αλλά και οι ανάγκες σε νερό αντιπροσωπεύονται από κόμβους προσφοράς και ζήτησης. Στη συνέχεια προσομοιώθηκε ο τρόπος που γίνεται η διανομή του υδατικού δυναμικού με όσο το δυνατόν καλύτερο τρόπο, δεδομένου των περιορισμένων διαθέσιμων στοιχείων. Έτσι υπήρξε και μια μορφή προσομοίωσης του δικτύου της περιοχής καθώς και της ικανότητας παροχευτικότητας του.

6.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ RIBASIM

6.2.1 Εισαγωγή στο Μοντέλο Ribasim

Το *Ribasim* (**R**iver **B**asin **S**imulation **M**odel) αποτελεί το κύριο διαχειριστικό πακέτο της DELFT HYDRAULICS για την προσομοίωση της διαχείρισης ενός συστήματος υδατικών πόρων συναρτήσει του χρόνου. Το μοντέλο αποτελεί ένα περιεκτικό και ευέλικτο εργαλείο, που συνδέει την προσφορά νερού από διάφορες περιοχές μιας υδρολογικής λεκάνης με τις διάφορες δραστηριότητες ζήτησης νερού στη λεκάνη και εκτιμά ένα πλήθος ενεργειών, που σχετίζονται με τις υποδομές, τη λειτουργία και τη διαχείριση. Το μοντέλο αυτό παρέχει αποτελεσματικό σχεδιασμό και ανάλυση του πλήθους δεδομένων, που σχετίζονται με τα πολύπλοκα συστήματα υδατικών πόρων.

Ο κύριος τομέας εφαρμογής του λογισμικού αυτού πακέτου είναι ο σχεδιασμός και η διερεύνηση της σκοπιμότητας ανάπτυξης ενός υδατικού συστήματος, όπως π.χ. μιας υδρολογικής λεκάνης. Με δεδομένους τους διαθέσιμους υδατικούς πόρους του συστήματος, καθώς και τις φυσικές τους διακυμάνσεις το πρόγραμμα προσδιορίζει τις δυνατότητες ανάπτυξης και αξιοποίησης του συστήματος, ώστε να διασφαλίζεται η συνεχής τροφοδοσία και κάλυψη των αναγκών των διαφόρων χρηστών.

Τα είδη της ανάλυσης που κάνει το μοντέλο είναι τα εξής:

- ✓ Εκτιμά τα όρια των υδατικών πόρων και τη δυνατότητα ανάπτυξης μιας περιοχής ή μιας υδρολογικής λεκάνης. Αυτό σημαίνει, ότι δεδομένων των διαθέσιμων υδατικών πόρων και των φυσικών τους μεταβολών, με τη βοήθεια του μοντέλου μελετάτε μέχρι ποιο σημείο μπορεί μια υδρολογική λεκάνη να αναπτυχθεί όσον αφορά σε φράγματα, αρδευτικό σχεδιασμό και συστήματα ύδρευσης, αποφεύγοντας τη δημιουργία ελλείμματος. Επιπλέον, μελετάτε πότε και που θα προκύψει σύγκρουση μεταξύ των χρηστών, καθώς και ποιος συνδυασμός της εσωτερικής δομής και της διαχείρισης παρέχουν τη βέλτιστη χρήση των διαθέσιμων πόρων.
- ✓ Εκτιμά τις ενέργειες, που έχουν σαν σκοπό τη βελτίωση της υπάρχουσας κατάστασης παροχής νερού, π.χ. ενέργειες που αφορούν στην αλλαγή της υποδομής, της διαχείρισης και της ζήτησης.
- ✓ Εκτιμά την κατάσταση στην πηγή για κάθε περιοχή της λεκάνης, σαν ένα πρώτο βήμα προς την πραγματική ποιοτική ανάλυση των υδάτων. Το μοντέλο υπολογίζει την επίδραση των διαφόρων ενεργειών στην κατανομή του ύδατος των πηγών της λεκάνης, χωρίς να απαιτούνται πληροφορίες σχετικά με τα ρυπαντικά φορτία, την εκροή υγρών αποβλήτων ή την ποιότητα ύδατος των πηγών στα ανάντι.

Τη βάση για τις παραπάνω αναλύσεις αποτελεί η προσομοίωση του υδατικού ισοζυγίου για μια περιοχή ή μια υδρολογική λεκάνη. Το *Ribasim* παρέχει τα μέσα για την προετοιμασία του ισοζυγίου αυτού με επαρκείς λεπτομέρειες, καθώς λαμβάνει υπόψη του την επαναχρησιμοποίηση του νερού, με τη δυνατότητα να διαφοροποιηθεί ο προσομοιωμένος σχηματισμός και να εξαχθούν αποτελέσματα.

Τα δεδομένα εισόδου του *Ribasim* καλύπτουν τα παρακάτω αντικείμενα:

- Σχηματοποίηση του δικτύου της λεκάνης, όπου προσδιορίζεται η τοποθεσία των επιφανειακών ταμιευτήρων, των υπόγειων υδροφορέων, των αρδευόμενων περιοχών, των καναλιών κλπ.
- Δεδομένα που χαρακτηρίζουν κάθε κόμβο και κάθε σύνδεσμο της σχηματοποίησης.
- Προτεινόμενες πηγές ύδατος για τους διάφορους χρήστες της λεκάνης.
- Κανόνες διανομής ύδατος και κανόνες λειτουργίας για τους επιφανειακούς ταμιευτήρες, τους υδροφορείς και τους διαιρέτες.
- Υδρολογικά δεδομένα (διαθέσιμες χρονοσειρές).

Το *Ribasim* είναι ουσιαστικά ένα μοντέλο υδατικού ισοζυγίου. Σε κάθε χρονικό βήμα υπολογίζεται το ισοζύγιο σε δύο στάδια:

1. Στο στάδιο της ζήτησης, όπου καθορίζονται όλες οι απαιτήσεις σε νερό και τίθενται στόχοι σχετικά με τη σύνδεση των επιφανειακών ταμιευτήρων και των υπόγειων υδροφορέων με τα συστήματα άντλησης
2. Στο στάδιο της προσφοράς, όπου γίνεται καταμερισμός του ύδατος σε όλους τους χρήστες σύμφωνα με τους στόχους, τη διαθεσιμότητα και τους κανόνες διανομής.

6.2.2 Σχηματοποίηση Δικτύου [11]

Για την προσομοίωση ενός υδατικού συστήματος με το *Ribasim* γίνεται η σχηματοποίηση της περιοχής μελέτης. Η σχηματοποίηση του συστήματος περιλαμβάνει στις εξής κύριες ομάδες στοιχείων:

- Υδατικοί πόροι (επιφανειακοί, υπόγειοι)
- Χρήστες νερού (ύδρευση, άρδευση, υδροηλεκτρική ενέργεια κλπ)
- Διαχείριση και λειτουργία του συστήματος.

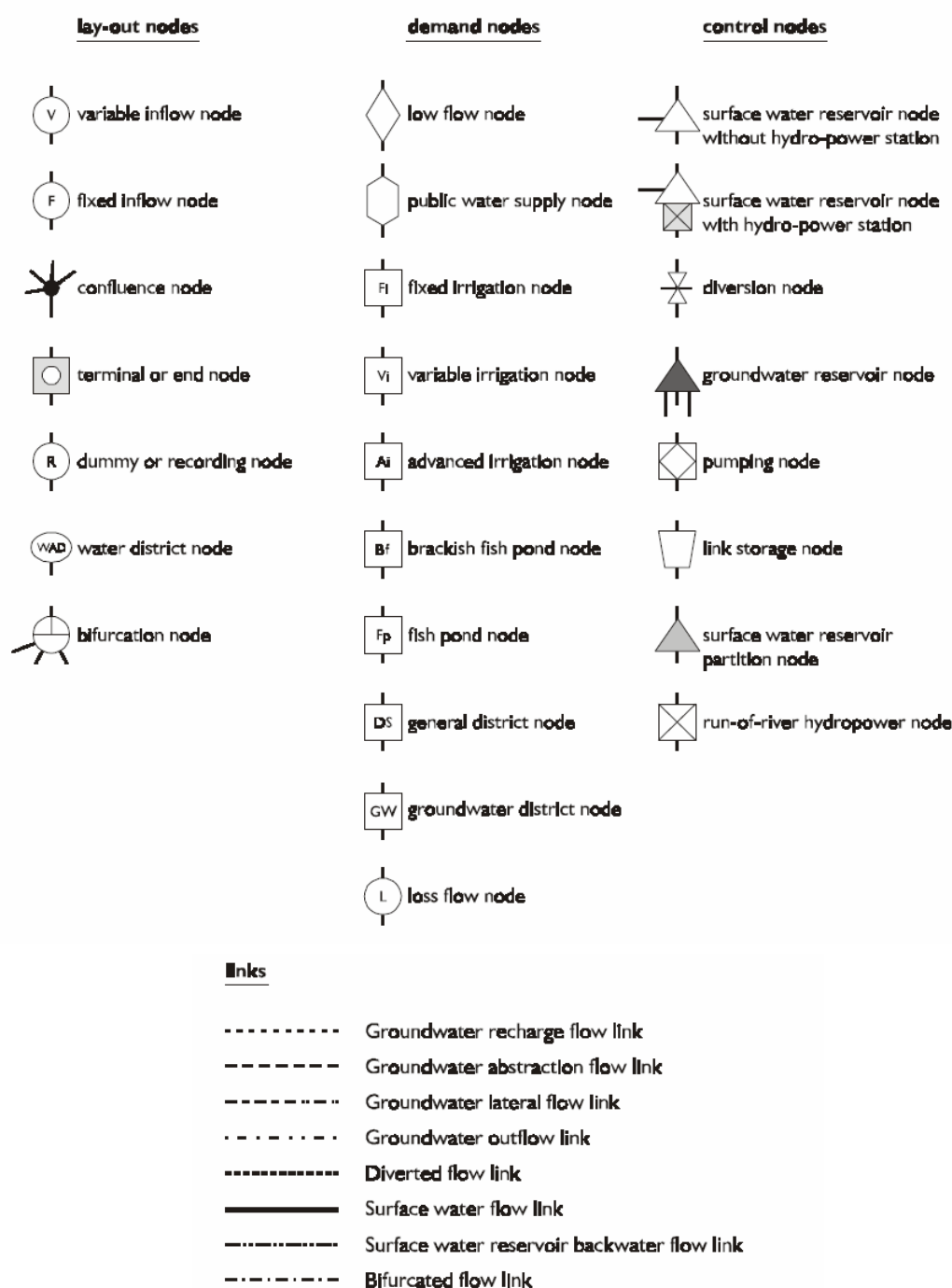
Η προσομοίωση της περιοχής μελέτης του συστήματος γίνεται με ένα δίκτυο κόμβων (nodes) που επικοινωνούν μεταξύ τους με συνδέσμους (links). Οι κόμβοι του δικτύου (nodes) αντιπροσωπεύουν δομές, χρήστες και εισροές, ενώ οι σύνδεσμοι (links) αντιπροσωπεύουν τη διακίνηση του νερού μεταξύ των κόμβων, δηλαδή μεταξύ των διαφόρων δραστηριοτήτων ή των υδατικών όγκων (αλληλεπίδραση μεταξύ ποταμών ή επιφανειακών ταμιευτήρων με υδροφορείς ή αλληλεπίδραση μεταξύ υδροφορέων).

Το δίκτυο αντιπροσωπεύει όλα τα στοιχεία που συμμετέχουν στο ισοζύγιο του υδατικού συστήματος, που διακρίνονται σε τέσσερις κατηγορίες:

1. Υδρολογία (εισορές στο σύστημα, βροχόπτωση, εξάτμιση), υδρογεωλογία (υπόγεια νερά) και υδραυλική συμπεριφορά (σχέση ροής-στάθμης).
2. Χρήστες νερού και δραστηριότητες σχετικές με το νερό (ύδρευση, άρδευση, υδροηλεκτρική ενέργεια, ιχθυοκαλλιέργειες, αναψυχή κλπ).
3. Υποδομές φυσικές και τεχνητές (αγωγοί, κανάλια, δεξαμενές, ταμιευτήρες, αντλιοστάσια, λίμνες, ποτάμια κλπ).
4. Διαχείριση του συστήματος υδατικών πόρων (κανόνες λειτουργίας ταμιευτήρων, προτεραιότητα κατανομής νερού, ελάχιστες επιτρεπόμενες απορροές για περιβαλλοντικούς λόγους κλπ).

Για τη σχηματοποίηση μιας λεκάνης απορροής, δηλαδή τη περιγραφή της από ένα δίκτυο (σύνολο κόμβων και συνδέσμων), σε πρώτο στάδιο απαιτείται να απαντηθεί ένα σύνολο ερωτήσεων. Κάποιες από αυτές, αφορούν τις αρχικές-συνοριακές συνθήκες που θα χρησιμοποιηθούν, το βαθμό λεπτομέρειας που μπορεί να περιγραφεί μια φυσική διαδικασία, τα διαθέσιμα δεδομένα που υπάρχουν, ποιοι χρήστες νερού και με τι βαθμό λεπτομέρειας θα προσομοιωθούν οι ανάγκες αυτών, ποια είναι τα εναλλακτικά σενάρια καθώς και τι αλλαγές στη παρούσα υποδομή μπορεί να γίνουν. Συνήθως η ακρίβεια με την οποία γίνεται η μεταφορά μιας πραγματικής κατάστασης σε μορφή δικτύου, εξαρτάται κυρίως από το βαθμό λεπτομέρειας των διαθεσίμων στοιχείων που υπάρχουν για τη περιοχή.

Χρησιμοποιώντας ένα σύνολο κόμβων και συνδέσμων που διαθέτει το μοντέλο, προσομοιώνονται διάφορα τμήματα του υδατικού συστήματος προσφοράς και ζήτησης. Στο σχήμα 6.1 απεικονίζονται οι τύποι κόμβων (nodes) και συνδέσμων (links) που χρησιμοποιούνται στο Ribasim.



Σχήμα 6.1: Τύποι κόμβων και συνδέσμων του Ribasim [11]

Για τους παραπάνω κόμβους, δίνεται μια σύντομη αναφορά του τρόπου που μπορούν να χρησιμοποιηθούν κατά τη σχηματοποίηση ενός δικτύου.

Lay-out nodes

Fixed and variable inflow node: Αντιπροσωπεύουν τα «άνω» όρια του συστήματος και αποτελούν τα σημεία εισόδου νερού στο δίκτυο. Τα δεδομένα

τους, είναι για τον πρώτο μια σταθερή για κάθε μήνα ποσότητα νερού, ενώ για τον δεύτερο ετήσιες χρονοσειρές.

Terminal node: Αντιπροσωπεύει τα «κάτω» όρια του συστήματος και αποτελούν τα σημεία εξόδου του νερού από το δίκτυο.

Confluence node: Αντιπροσωπεύει σημεία συμβολής ροής νερού (ένωση ποταμών, αγωγών, καναλιών)

Bifurcation node: Αντιπροσωπεύει σημεία διακλάδωσης της ανάντι ροής σε δύο ή περισσότερες κατάντι ροές.

Water district node: Αντιπροσωπεύει κυρίως μικρές υπολεκάνες με γνωστό υδατικό δυναμικό και συγκεκριμένες υδατικές ανάγκες που καλύπτονται από αυτό.

Dummy node: Συμβολίζει τους σταθμούς μέτρησης απορροής μιας λεκάνης.

Demand nodes

Fixed, variable and advanced irrigation node: Οι κόμβοι αυτοί αντιπροσωπεύουν τις υδατικές ανάγκες άρδευσης. Η διαφορά μεταξύ των τριών κόμβων έγκειται στη λεπτομέρεια των δεδομένων που απαιτούν για τον υπολογισμό των αρδευτικών αναγκών. Ο πρώτος κόμβος χρησιμοποιεί τις μηνιαίες αρδευτικές ανάγκες, στον δεύτερο χρησιμοποιείται και η ενεργός βροχόπτωση ενώ για το τρίτο κόμβο απαιτούνται και χαρακτηριστικά του είδους των καλλιεργειών.

Fishpond and brackish fish pond node: Οι κόμβοι αυτοί συμβολίζουν μονάδες ιχθυοκαλλιέργειας που χρησιμοποιούν μεγάλες ποσότητες νερού και αντιμετωπίζονται ως χρήστες νερού.

Public water supply node: Οι κόμβοι αυτοί αντιπροσωπεύουν τις αστικές ανάγκες. Σ' αυτές συμπεριλαμβάνονται πέρα από την οικιακή χρήση, οι δημοτικές και οι βιομηχανικές χρήσεις νερού.

Loss flow node: Αντιπροσωπεύει σημεία απώλειας νερού (π.χ. σημεία κατείσδυσης στον υδροφόρο ορίζοντα)

Low flow node: Οι κόμβοι αυτοί αντιπροσωπεύουν την ελάχιστη παροχή που απαιτείται ούτως ώστε να μην υπάρξει υποβάθμιση ενός οικοσυστήματος ή για τη διατήρηση ενός ελάχιστου βάθους ροής σε ένα υδατόρεμα.

General district node: Αντιπροσωπεύει μια περιοχή όπου τόσο οι ανάγκες όσο και οι παροχές δεν συμπεριλαμβάνονται στους υπολογισμούς του Ribasim, απλά συνδέονται με το δίκτυο με μορφή χρονοσειράς.

Groundwater district node: Συμβολίζει την υδρευτική, αρδευτική αλλά και την τοπική αποθηκευτική ικανότητα του υπόγειου νερού.

Control nodes

Diversion node: Οι κόμβοι αυτοί αντιπροσωπεύουν το σημείο όπου το νερό απολήπεται από κάποιο υδατόρεμα ή κανάλι με σκοπό να ικανοποιήσει τις υδατικές ανάγκες των κατάντι κόμβων.

Surface water reservoir node: Οι κόμβοι αυτοί αντιπροσωπεύουν τη δραστηριότητα αποθήκευσης των επιφανειακών υδατικών πόρων, με σκοπό την ελεγχόμενη διαχείριση του υδατικού δυναμικού μέσα στο χρόνο. Συνήθως συμπεριλαμβάνουν και τη παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας.

Groundwater reservoir node: Οι κόμβοι αυτοί περιγράφουν την ύπαρξη ενός υπόγειου υδροφορέα. Η εκμετάλλευση του εξαρτάται τόσο από χαρακτηριστικά του εδάφους όσο και από την ικανότητα άντλησης.

Pumping node: Συμβολίζει σημεία άντλησης νερού, ενώ υπολογίζεται και η ενέργεια που απαιτείται για την άντληση.

Run-of-river node: Οι κόμβοι αυτοί αντιπροσωπεύουν τους σταθμούς παραγωγής υδροηλεκτρικής ενέργειας χωρίς να γίνεται αποθήκευση νερού.

Link storage node: Οι κόμβοι αυτοί αντιπροσωπεύουν την «αποθηκευτικότητα» ενός υδατορέματος ή ενός ποταμού ως συνάρτηση της ροής από τη σχέση του Manning ($Q-h$) που συνδέει το ύψος ροής με την παροχή.

Surface reservoir partition node: Οι κόμβοι αυτοί αντιπροσωπεύουν κάποιο τμήμα του σταθμού παραγωγής υδροηλεκτρικής ενέργειας. Χρησιμοποιούνται στις εφαρμογές όπου γίνεται εξέταση της ποιότητας νερού.

Links

Groundwater recharge flow link: Με το σύνδεσμο αυτό περιγράφεται η παροχή μέσα σε έναν υδροφορέα.

Groundwater abstraction link: Με το σύνδεσμο αυτό περιγράφεται η παροχή του νερού που αντλείται από έναν υδροφορέα.

Groundwater later flow link: Ο σύνδεσμος αυτός αντιπροσωπεύει την υπόγεια διακίνηση του νερού μεταξύ των υδροφορέων.

Groundwater outflow link: Με το σύνδεσμο αυτό περιγράφεται η κίνηση του υπόγειου νερού έξω από το σύστημα ή και προς την επιφάνεια του εδάφους.

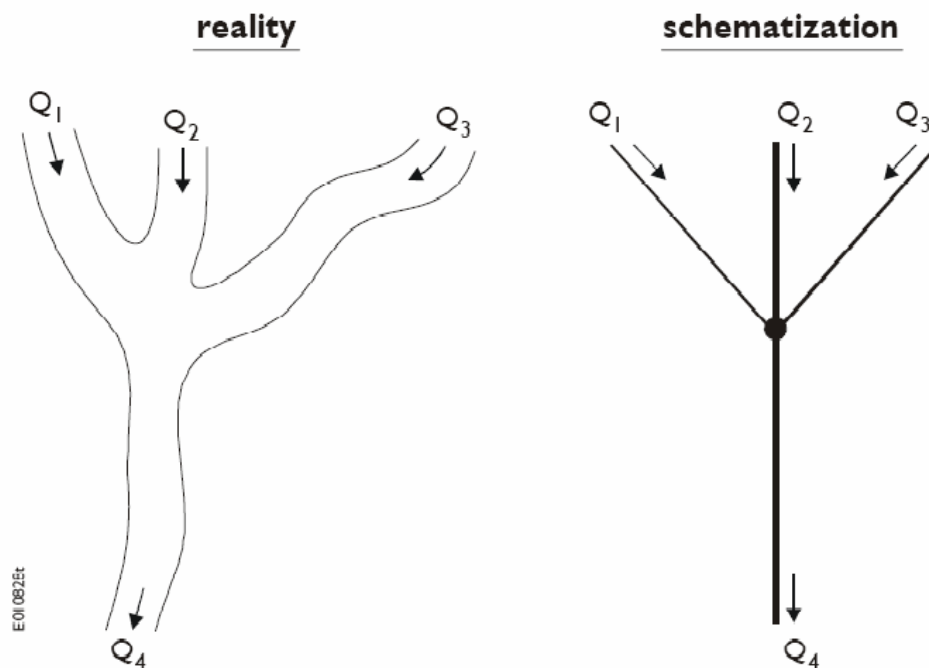
Diverted flow link: Είναι οι σύνδεσμοι που αντιπροσωπεύουν την απόληψη νερού από το κύριο υδατόρεμα ή κανάλι και τη μεταφορά του σε κάποιον κόμβο, συνήθως ζήτησης.

Surface water flow link: Είναι οι σύνδεσμοι που συνδέουν με επιφανειακή ροή νερού δύο κόμβους

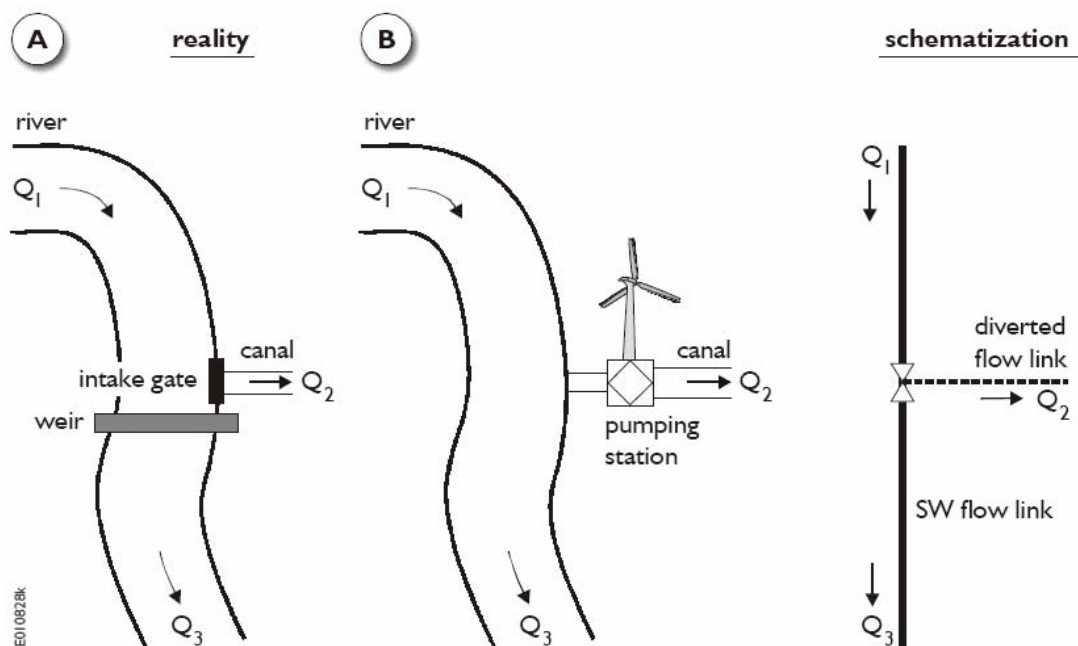
Reservoir backwater flow link: Είναι οι σύνδεσμοι που αντιπροσωπεύουν την ύπαρξη ενός καναλιού ή μιας κατασκευής απόληψης από ένα ταμιευτήρα επιφανειακού νερού.

Bifurcated flow link: Ο σύνδεσμος αυτός αντιπροσωπεύει τη ροή μετά από μια διακλάδωση του κύριου υδατορέματος.

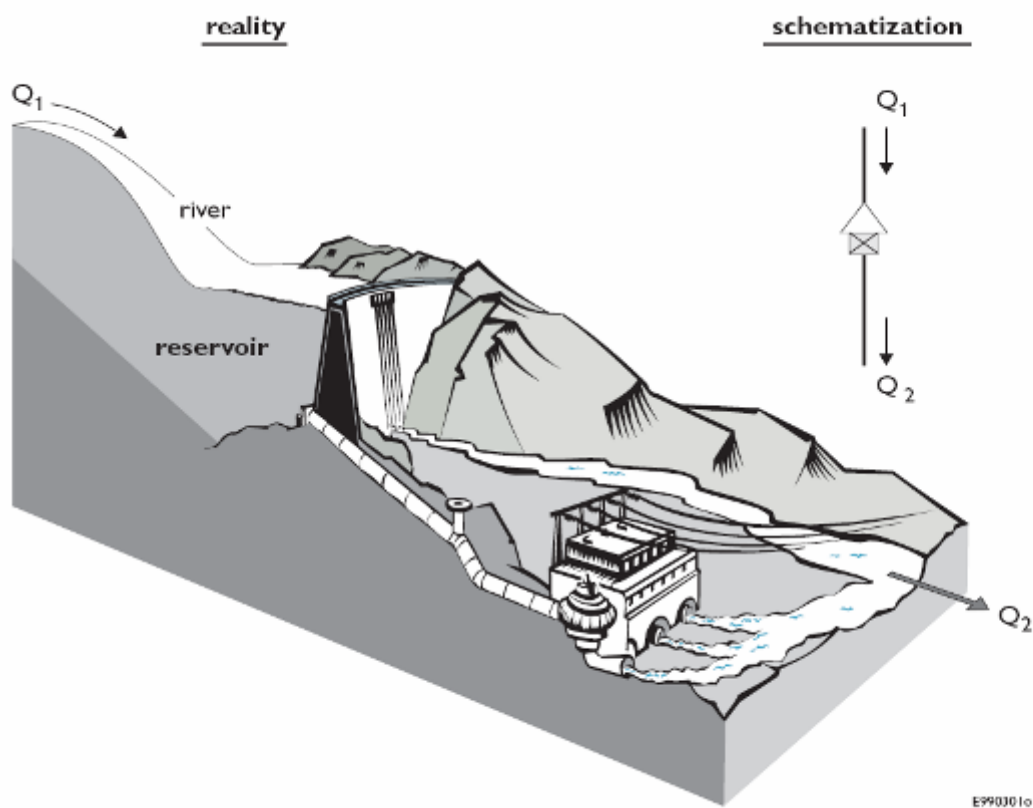
Παρακάτω στα σχήματα 6.2, 6.3, 6.4 δίνονται ενδεικτικά κάποιοι χαρακτηριστικοί τρόποι σχηματοποίησης της πραγματικής κατάστασης σε ένα δίκτυο στο μοντέλο Ribasim.



Σχήμα 6.2: Σχηματοποίηση της συμβολής τριών υδατορεμάτων [11]



Σχήμα 6.3: Σχηματοποίηση της απόληξης νερού από το κύριο υδατόρεμα [11]



Σχήμα 6.4: Σχηματοποίηση ενός φράγματος που συνδυάζεται με υδροηλεκτρικό σταθμό [11]

6.2.3 Βασικοί Κανόνες Λειτουργίες Προσομοίωσης

Εκτός από το τρόπο που οι κόμβοι επιλέγονται και προσομοιώνουν μια πραγματική κατάσταση, εισάγονται για κάθε κόμβο ένα σύνολο απαραίτητων δεδομένων για τη λειτουργία του. Στη παράγραφο 6.2.3 περιγράφονται αναλυτικά τα δεδομένα που συνοδεύουν τους κόμβους που χρησιμοποιήθηκαν στη συγκεκριμένη εφαρμογή.

Πέρα από αυτά, σημαντικό είναι να καθοριστεί η προτεραιότητα με την οποία καλύπτονται οι ανάγκες ζήτησης σε κάθε κόμβο. Σε ξεχωριστό αρχείο δίνεται για κάθε κόμβο ζήτησης η σειρά με την οποία θα «απευθυνθεί» στους κόμβους προσφοράς προκειμένου τη κάλυψη των αναγκών του. Δεδομένη για το μοντέλο, είναι η προτεραιότητα των κόμβων υδρευτικής ζήτησης και περιβαλλοντικών αναγκών σε σχέση με τους κόμβους αρδευτική κατανάλωσης.

Επίσης πριν από κάθε εφαρμογή του μοντέλου ζητείται να καθοριστεί αρχικά η χρονική διάρκεια για την εφαρμογή του προγράμματος καθώς και το χρονικό βήμα που θα επιλύσει το πρόγραμμα τις εξισώσεις του. Συνήθως χρησιμοποιείται το χρονικό βήμα του ενός μήνα, των 15 ημερών ή των 10 ημερών. Στη μελέτη που έγινε το χρονικό βήμα επιλέγεται ίσο με ένα μήνα καθώς δεν υπάρχουν διαθέσιμα ημερήσια δεδομένα.

6.2.3 Περιγραφή Κόμβων και Συνδέσμων [11]

Στη παράγραφο που ακολουθεί θα γίνει μια αναλυτικότερη περιγραφή της χρησιμότητας και λειτουργίας των κόμβων και των συνδέσμων που έχουν χρησιμοποιηθεί στη παρούσα μελέτη, για τη περιγραφή του δικτύου με το οποίο αναπαρίσταται η διαχείριση του υδατικού δυναμικού της λεκάνης του Κερίτη.

Lay-out nodes



Κόμβος Σταθερής Παροχής (Fixed Inflow node)

Οι κόμβοι αυτοί αντιπροσωπεύουν τα «όρια» στα ανάντι του συστήματος από όπου εισάγεται νερό στο σύστημα. Οι κόμβοι αυτοί έχουν δεδομένα τις μηνιαίες παροχές (m³/sec) που εισάγονται στο σύστημα. Για κάθε υδρολογικό έτος, χρησιμοποιείται η ίδια μηνιαία χρονοσειρά. Η εξίσωση που χρησιμοποιείται είναι απλή:

$$Q_{\text{down}}(t) = Q_{\text{infix}}(t) + C_2 * V_{\text{circuit}}(t) / N_{\text{days}}(t)$$
$$V_{\text{circuit}}(t) = C_3 * Q_{\text{up}}(t-1) * N_{\text{days}}(t-1)$$

Όπου:

t: ο δείκτης του χρονικού βήματος

$Q_{down}(t)$: η παροχή (m^3/sec) στον κατάντι σύνδεσμο

$Q_{infix}(t)$: η παροχή που έχει δοθεί ως δεδομένο στον κόμβο σταθερής παροχής

$V_{circuit}(t)$: ο όγκος νερού του προηγούμενου χρονικού βήματος από τον ανάντι τερματικό κόμβο. Αυτό έχει σχέση με τις περιπτώσεις που ανάντι του κόμβου σταθερής κατανάλωσης υπάρχει συνδεδεμένος ένας τερματικός.

$Q_{up}(t-1)$: η ροή στον ανάντι σύνδεσμο στο προηγούμενο χρονικό βήμα

C_2, C_3 : συντελεστές μετατροπής μονάδων

$N_{days}(t)$: ο αριθμός των ημερών που αντιστοιχούν στο χρονικό βήμα

★ Κόμβος Μεταβαλλόμενης Παροχής (Variable Inflow node)

Οι κόμβοι αυτοί αντιπροσωπεύουν τα «όρια» στα ανάντι του συστήματος από όπου εισάγεται νερό στο σύστημα. Αντιπροσωπεύουν τη φυσική ροή ποταμών ή πηγών της λεκάνης. Οι κόμβοι αυτοί χρησιμοποιούν ως δεδομένα, χρονοσειρές παροχής οι οποίες δίνονται στο αρχείο εισόδου ACTINFLW.TMS. Στο κόμβο αυτό γίνεται ο υπολογισμός της προσφοράς νερού που δίνεται στο σύστημα. Οι σχέσεις που χρησιμοποιούνται στο κόμβο αυτό δίνονται παρακάτω.

$$Q_{invf}(t) = Q_{ts}(t)$$

$$Q_{down}(t) = Q_{invf}(t) + C_2 * V_{circuit}(t) / N_{days}(t)$$

$$V_{circuit}(t) = C_3 * Q_{up}(t-1) * N_{days}(t-1)$$

Όπου:

t: ο δείκτης του χρονικού βήματος

$Q_{ts}(t)$: η παροχή που δίνεται σε κάθε χρονικό βήμα στη χρονοσειρά δεδομένων (m^3/sec)

$Q_{down}(t)$: η παροχή (m^3/sec) στο κατάντι σύνδεσμο

$Q_{invf}(t)$: η μεταβαλλόμενη παροχή που έχει δοθεί ή υπολογιστεί ως δεδομένο στον κόμβο μεταβαλλόμενης παροχής

$V_{circuit}(t)$: ο όγκος νερού του προηγούμενου χρονικού βήματος από τον ανάντι τερματικό κόμβο. Αυτό έχει σχέση με τις περιπτώσεις που ανάντι του κόμβου σταθερής κατανάλωσης υπάρχει συνδεδεμένος ένας τερματικός.

$Q_{up}(t-1)$: η ροή στον ανάντι σύνδεσμο στο προηγούμενο χρονικό βήμα

C_2, C_3 : συντελεστές μετατροπής μονάδων

$N_{days}(t)$: ο αριθμός των ημερών που αντιστοιχούν στο χρονικό βήμα

Τερματικός Κόμβος (Terminal node)

Οι κόμβοι αυτοί αντιπροσωπεύουν τα «όρια» στα κατάντι του συστήματος όπου το νερό εξάγεται από το δίκτυο. Είναι απαραίτητοι για να «κλείσει» κάθε βρόχος που αντιπροσωπεύει ένα υδατικό σύστημα. Δεν απαιτείται κανένα δεδομένο εισόδου για τη λειτουργία του κόμβου, ενώ η παροχή «εξόδου» στο κόμβο δίνεται από την απλή σχέση:

$$Q_{out}(t) = Q_{up}(t)$$

Όπου:

t : ο δείκτης του χρονικού βήματος

$Q_{out}(t)$: η παροχή που βγαίνει από το σύστημα (m^3/sec)

$Q_{up}(t)$: η παροχή στον ανάντι σύνδεσμο (ποτάμι, κανάλι ή αγωγό) (m^3/sec)

Κόμβος Συμβολής (Confluence node)

Οι κόμβοι αυτοί χρησιμοποιούνται ως συμβολή διάφορων συνδέσμων (links) όπου συγκεντρώνεται νερό ώστε να μεταφερθεί κάπου αλλού. Δεν απαιτείται ο προσδιορισμός καμίας παραμέτρου λειτουργίας του κόμβου, ενώ η λειτουργία του στηρίζεται στη σχέση:

$$Q_{down}(t) = \sum Q_{up\ i}(t) \quad \text{για } i = 1 \dots n$$

Όπου:

t : ο δείκτης του χρονικού βήματος

i : ο δείκτης του ανάντι συνδέσμου

n : ο αριθμός των συνδέσμων συμβολής

$Q_{down}(t)$: η παροχή του κατάντι συνδέσμου (m^3/sec)

$Q_{up\ i}(t)$: η παροχή στον ανάντι σύνδεσμο i (m^3/sec)

Demand nodes

Κόμβος Σταθερής Αρδευτικής Κατανάλωσης (Fixed Irrigation node)

Οι κόμβοι αυτοί αντιπροσωπεύουν τις αρδευτικές εκτάσεις που για την άρδευση τους παίρνουν νερό από το δίκτυο. Ονομάζονται κόμβοι σταθερής κατανάλωσης καθώς θεωρείται πως οι ανάγκες είναι ίδιες για κάθε έτος.

Δίνεται όμως μια χρονική κατανομή μέσα στο έτος τόσο για την αρδευτική κατανάλωση όσο και για την αρδευόμενη έκταση. Οι απαιτούμενες ανάγκες αυτές είναι οι καθαρές ποσότητες που χρειάζεται η άρδευση καθώς δε λαμβάνεται υπ' όψη η συμμετοχή του βρόχινου νερού στο πότισμα. Έτσι για κάθε μήνα καθορίζονται οι πραγματικές καταναλώσεις σε νερό της κάθε αρδευόμενης περιοχής. Οι υδατικές ανάγκες καλύπτονται είτε από υπόγειο είτε από επιφανειακό νερό του συστήματος, και το ποσοστό συμμετοχής του επιφανειακού ή υπόγειου νερού ανήκει στα δεδομένα του εκάστοτε κόμβου. Επίσης δίνεται η επιλογή να καθοριστεί κάποιο ποσοστό νερού που δεν εξατμίζεται, αλλά επιστρέφει στο δίκτυο. Οι εξισώσεις για τους κόμβους σταθερής αρδευτικής κατανάλωσης είναι οι παρακάτω:

$$D_{\text{net}}(t) = D_{\text{net sw}}(t) + D_{\text{net gw}}(t)$$

$$D_{\text{sw}}(t) = c * D_{\text{net sw}}(t) * A(t) * 100 / E_{\text{ffsw}}$$

$$D_{\text{gw}}(t) = c * D_{\text{net gw}}(t) * A(t) * 100 / E_{\text{ffgw}}$$

$$D(t) = D_{\text{sw}}(t) + D_{\text{gw}}(t)$$

Η άρδευση από επιφανειακό ή υπόγειο νερό εξαρτάται από τη προτεραιότητα που δίνεται στο κόμβο. Έτσι αν έχει προτεραιότητα το επιφανειακό νερό, τότε η απαιτούμενη κατανάλωση «ζητείται» από το επιφανειακό νερό του συστήματος και αν δεν επαρκέσει η προσφορά του επιφανειακού, τότε το υπόλοιπο καλύπτεται από το υπόγειο. Το ίδιο ισχύει και στη περίπτωση που έχει προτεραιότητα για τη κάλυψη της άρδευσης το υπόγειο νερό.

$$Q_{\text{irr}}(t) = \text{Minimum} (D(t), Q_{\text{upsw}}(t) + Q_{\text{upgw}}(t))$$

$$Q_{\text{return}}(t) = P(t) * Q_{\text{irr}}(t) / 100$$

$$Q_{\text{down}}(t) = Q_{\text{upsw}}(t) + Q_{\text{upgw}}(t) - Q_{\text{irr}}(t) + Q_{\text{return}}(t)$$

Όπου:

t: ο δείκτης του χρονικού βήματος

D(t): η συνολική αρδευτική ζήτηση που καλύπτεται από το δίκτυο (m³/sec)

D_{sw}(t): η αρδευτική ζήτηση που καλύπτεται από το επιφανειακό νερό του δικτύου (m³/sec)

$D_{gw}(t)$: η αρδευτική ζήτηση που καλύπτεται από το υπόγειο νερό του δικτύου (m^3/sec)

$D_{net}(t)$: οι καθαρές αρδευτικές απαιτήσεις του δικτύου (mm/day)

$D_{netsw}(t)$: οι καθαρές αρδευτικές απαιτήσεις που θα καλυφθούν από το επιφανειακό νερό (mm/day)

$D_{netgw}(t)$: οι καθαρές αρδευτικές απαιτήσεις που θα καλυφθούν από το υπόγειο νερό (mm/day)

$A(t)$: η αρδευόμενη έκταση

E_{ffsw} : το ποσοστό της άρδευσης από επιφανειακό νερό

E_{ffgw} : το ποσοστό της άρδευσης από υπόγειο νερό

$Q_{irr}(t)$: η παροχή νερού που διανέμεται στο δίκτυο (m^3/sec)

$Q_{upsw}(t)$: η ανάντι παροχή του επιφανειακού νερού (m^3/sec)

$Q_{upgw}(t)$: η ανάντι παροχή του υπόγειου νερού (m^3/sec)

$Q_{down}(t)$: η παροχή στα κατάντι του κόμβου (m^3/sec)

$Q_{return}(t)$: η παροχή του νερού που επιστρέφει στο δίκτυο (m^3/sec)

$P(t)$: ποσοστό της αρδευόμενης ποσότητας που επιστρέφει στο δίκτυο (%)

c : συντελεστής μετατροπής μονάδων από mm/day σε m^3/sec



Κόμβος Αστικής Κατανάλωσης (Public Water Supply node)

Οι κόμβοι αυτοί αντιπροσωπεύουν την αστική κατανάλωση νερού όπου συμπεριλαμβάνονται μέσα σε αυτήν η οικιακή χρήση, οι δημοτικές χρήσεις καθώς και η βιομηχανική χρήση νερού. Οι καταναλώσεις αυτές μπορούν να δοθούν ως δεδομένα εισόδου με δύο τρόπους. Έτσι είτε καθορίζονται για κάθε χρονικό βήμα σε m^3/sec και άρα έχουμε, στη συγκεκριμένη περίπτωση, μια μηνιαία κατανομή των αναγκών, είτε βασισμένοι στο πληθυσμό μιας περιοχής υπολογίζονται οι αστικές καταναλώσεις βάση της μέσης ημερήσιας παροχής κατανάλωσης (mm/day) για κάθε άτομο. Επίσης στους κόμβους αυτούς μπορεί να καθοριστεί ένα ποσοστό νερού που μπορεί να επιστρέφει στο δίκτυο. Οι εξισώσεις για τους κόμβους αυτούς είναι οι παρακάτω:

$$\begin{aligned} D(t) &= D_{explicit}(t) && \text{στη 1η περίπτωση} \\ D(t) &= c \cdot N_{days}(t) \cdot P \cdot D_{un}(t) && \text{στη 2η περίπτωση} \end{aligned}$$

$$D(t) = D_{sw}(t) + D_{gw}(t)$$

Όπως και στη περίπτωση των κόμβων αρδευτικής κατανάλωσης έτσι και σε αυτούς η κάλυψη των αναγκών από επιφανειακό ή υπόγειο νερό εξαρτάται

από τη προτεραιότητα και το ποσοστό κάλυψης που δίνεται στο κόμβο από επιφανειακό ή υπόγειο νερό, και υπολογίζεται από παρόμοιες σχέσεις.

$$Q_{pws}(t) = \text{Minimum} (D(t), Q_{upsw}(t) + Q_{upgw}(t))$$

$$Q_{return}(t) = P(t) * Q_{pws}(t) / 100$$

$$Q_{down}(t) = Q_{upsw}(t) + Q_{upgw}(t) - Q_{pws}(t) + Q_{return}(t)$$

Όπου:

$D(t)$: η συνολική υδρευτική ζήτηση που καλύπτεται από το δίκτυο (m^3/sec)

$D_{ex}(t)$: η δεδομένη αρδευτική ζήτηση (m^3/sec)

$D_{sw}(t)$: η υδρευτική ζήτηση που καλύπτεται από το επιφανειακό νερό του δικτύου (m^3/sec)

$D_{gw}(t)$: η υδρευτική ζήτηση που καλύπτεται από το υπόγειο νερό του δικτύου (m^3/sec)

P : ο πληθυσμός

$D_{un}(t)$: η μέση ημερήσια κατανάλωση ανά κάτοικο ($mm/day/capita$)

$N_{days}(t)$: ο αριθμός των ημερών που αντιστοιχούν στο χρονικό βήμα

$Q_{pws}(t)$: η παροχή νερού που διανέμεται τελικά στο δίκτυο (m^3/sec)

$Q_{down}(t)$: η παροχή στα κατάντι του κόμβου (m^3/sec)

$Q_{return}(t)$: η παροχή του νερού που επιστρέφει στο δίκτυο (m^3/sec)

$P(t)$: ποσοστό της αρδευόμενης ποσότητας που επιστρέφει στο δίκτυο (%)

c : συντελεστής μετατροπής μονάδων



Κόμβος Χαμηλής Παροχής (Low Flow node)

Οι κόμβοι αυτοί χρησιμοποιούνται για το καθορισμό μιας ελάχιστης παροχής που απαιτείται σε ένα σύνδεσμο ούτως ώστε να μην υπάρξει υποβάθμιση ενός οικοσυστήματος ή για τη διατήρηση ενός ελάχιστου βάθους ροής σε ένα υδατόρεμα. Ως δεδομένα δίνεται μια ελάχιστη απαίτηση ετήσιας παροχής που κατανέμεται σε κάθε χρονικό βήμα. Στο κόμβο αυτό δεν γίνεται κατανάλωση νερού απλά υπάρχει «μεταφορά» νερού από τους κόμβους προσφοράς. Οι εξισώσεις που περιγράφουν τη λειτουργία του είναι οι εξής:

$$Q_{short}(t) = \text{Minimum} (0, D(t) - Q_{up}(t))$$

$$Q_{down}(t) = Q_{up}(t)$$

Όπου:

t : ο δείκτης του χρονικού βήματος

$D(t)$: η ελάχιστη ζήτηση (m^3/sec)

$Q_{\text{short}}(t)$: το έλλειμα που τυχόν υπάρχει (m^3/sec)

$Q_{\text{up}}(t)$: η παροχή στα ανάντι του κόμβου (m^3/sec)

$Q_{\text{down}}(t)$: η παροχή στα κατάντι του κόμβου (m^3/sec)

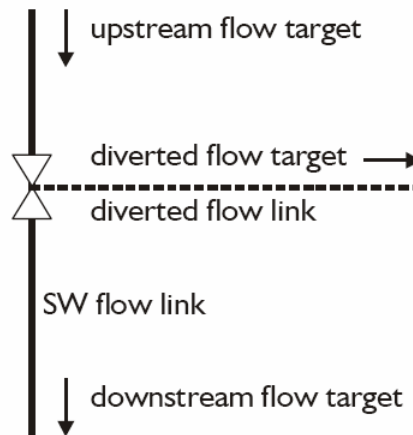
Control nodes

Διαιρέτης (*Diversion node*)

Οι κόμβοι αυτοί αντιπροσωπεύουν την απόληψη από κάποιο υδατόρεμα ή κανάλι με σκοπό την ικανοποίηση των υδατικών αναγκών των κατάντι κόμβων ζήτησης. Η παροχή που διαιρείται από το κύριο υδατόρεμα στο κόμβο αυτό, εξαρτάται από διάφορους παράγοντες οι οποίοι καθορίζονται ως δεδομένα εισόδου. Οι παράγοντες αυτοί αφορούν:

1. Τη διαθέσιμη ποσότητα νερού στον ανάντι σύνδεσμο
2. Τα χαρακτηριστικά των κατασκευών απόληψης που δίνονται ως δεδομένα στους συνδέσμους που ακολουθούν τους διαιρέτες (diverted flow link). Έτσι για κάθε κατασκευή δίνεται η σχέση μεταξύ της ανάντι ροής και της διαιρεμένης, η ικανότητα απόληψης (ικανότητα άντλησης ή ικανότητα μεταφοράς καναλιού), οι περιορισμοί στην απόληψη λόγω της ροής (π.χ. χειμαρρώδης ροή). Επίσης καθορίζονται και οι συνθήκες λειτουργίας που έχουν να κάνουν με το αν η λειτουργία της κατασκευής εξαρτάται από τις ανάγκες των κόμβων στα κατάντι οπότε «διαιρείται» η μέγιστη ποσότητα νερού προς πλήρωση των αναγκών, ή αν είναι ανεξάρτητη η λειτουργία τους.

Σύμφωνα με τα δεδομένα εισόδου, τίθενται κάποιοι στόχοι-όρια για τους τρεις τύπους της ροής (κατάντι, ανάντι και διαιρεμένη ροή) όπως φαίνεται και στο σχήμα 6.5. Στο καθορισμό της ποσότητας νερού που διανέμεται στη κατάντι και αποληπτέα παροχή σημαντικό ρόλο παίζει η ζήτηση που πρέπει να εξασφαλιστεί στο κατάντι κόμβο ζήτησης.



Σχήμα 6.5: Οι παροχές των τριών τύπων ροής στο διαιρέτη [11]

Όταν εξασφαλίζεται η ζήτηση ενός κόμβου κατανάλωσης που παίρνει νερό κατ' ευθείαν από τον διαιρέτη, η παροχή πριν τον διαιρέτη υπολογίζεται από τις παρακάτω σχέσεις:

Παροχή για τη κάλυψη ζήτησης στον κατάντι σύνδεσμο

$$Q_{\text{targ sw}}(t) = Q_{\text{targ sw}}'(t) + D(t)$$

Παροχή για τη κάλυψη ζήτησης στον διαιρέτη σύνδεσμο

$$Q_{\text{targ i}}(t) = \text{Minimum} (Cap_i(t), Q_{\text{targ i}}'(t) + D(t))$$

Επαναπροσδιορισμένη παροχή του ανάντι συνδέσμου

$$Q_{\text{targ up}}(t) = \text{Maximum} (\text{Maximum} (f^{-1}(Q_{\text{targ i}}(t)), \Sigma Q_{\text{targ i}}(t) + Q_{\text{targ sw}}(t))$$

Όπου:

t: ο δείκτης του χρονικού βήματος

i: ο δείκτης του συνδέσμου που ακολουθεί το διαιρέτη

f^{-1} : η συνάρτηση της μέγιστης αποληπτέας παροχής με την ανάντι παροχή

$Q_{\text{targ sw}}(t)$: η επαναπροσδιορισμένη παροχή στον κατάντι σύνδεσμο (m^3/sec)

$Q_{\text{targ sw}}'(t)$: η υπολογισμένη απαιτούμενη παροχή στο κατάντι σύνδεσμο (m^3/sec)

$D(t)$: η ζήτηση των κατάντι κόμβων ζήτησης (m^3/sec)

$Q_{\text{targ i}}(t)$: η επαναπροσδιορισμένη απαιτούμενη παροχή στο κατάντι σύνδεσμο (m^3/sec)

$Q_{\text{targ i}}'(t)$: η απαιτούμενη παροχή στο σύνδεσμο απόληψης (m^3/sec)

$Cap_i(t)$: μέγιστη διαιρετέα παροχή για το σύνδεσμο απόληψης (m^3/sec)

$Q_{targ\ up}(t)$: η υπολογισμένη απαιτούμενη παροχή στον ανάντι σύνδεσμο (m^3/sec)

Κατά τη διάρκεια της εφαρμογής του μοντέλου, το νερό ανακατανέμεται μεταξύ κόμβων με στόχο τη κάλυψη των υδατικών απαιτήσεων. Κατά τη διάρκεια των συνεχόμενων υπολογισμών που γίνονται υπολογίζεται κατά πόσο υπάρχει ή όχι αρκετό νερό για τη κάλυψη των στόχων εκπλήρωσης των υδατικών αναγκών. Έτσι τελικά οι παροχές στους συνδέσμους που ενώνονται με το διαιρέτη θα είναι:

αν η λειτουργία του διαιρέτη βασίζεται στη ζήτηση του κόμβου κατανάλωσης

$$Q_i(t) = \text{Minimum} (Cap_i(t), Q_{targ\ i}(t), f_i(Q_{up}(t)))$$

αν η λειτουργία του διαιρέτη δεν βασίζεται στη ζήτηση του κόμβου κατανάλωσης

$$Q_i(t) = Cap_i(t)$$
$$Q_{sw}(t) = Q_{up}(t) - \sum Q_i(t)$$

Όπου:

t: ο δείκτης του χρονικού βήματος

i: ο δείκτης του συνδέσμου που ακολουθεί το διαιρέτη

f_i : η συνάρτηση που συνδέει την ανάντι παροχή με τη μέγιστη αποληπτέα παροχή

$Q_{targ\ i}(t)$: η επαναπροσδιορισμένη παροχή στον σύνδεσμο που ακολουθεί το διαιρέτη (m^3/sec)

$Cap_i(t)$: μέγιστη διαιρετέα παροχή για το σύνδεσμο απόληψης (m^3/sec)

$Q_i(t)$: η τελική αποληπτέα παροχή του συνδέσμου απόληψης (m^3/sec)

$Q_{sw}(t)$: η τελική παροχή του κατάντι συνδέσμου (m^3/sec)

$Q_{up}(t)$: η τελική παροχή στον ανάντι σύνδεσμο (m^3/sec)

$Q_i(t)$: η αποληπτέα παροχή του συνδέσμου απόληψης (m^3/sec)

Κόμβος Ταμιευτήρα Επιφανειακού Νερού (Surface Water Reservoir node)

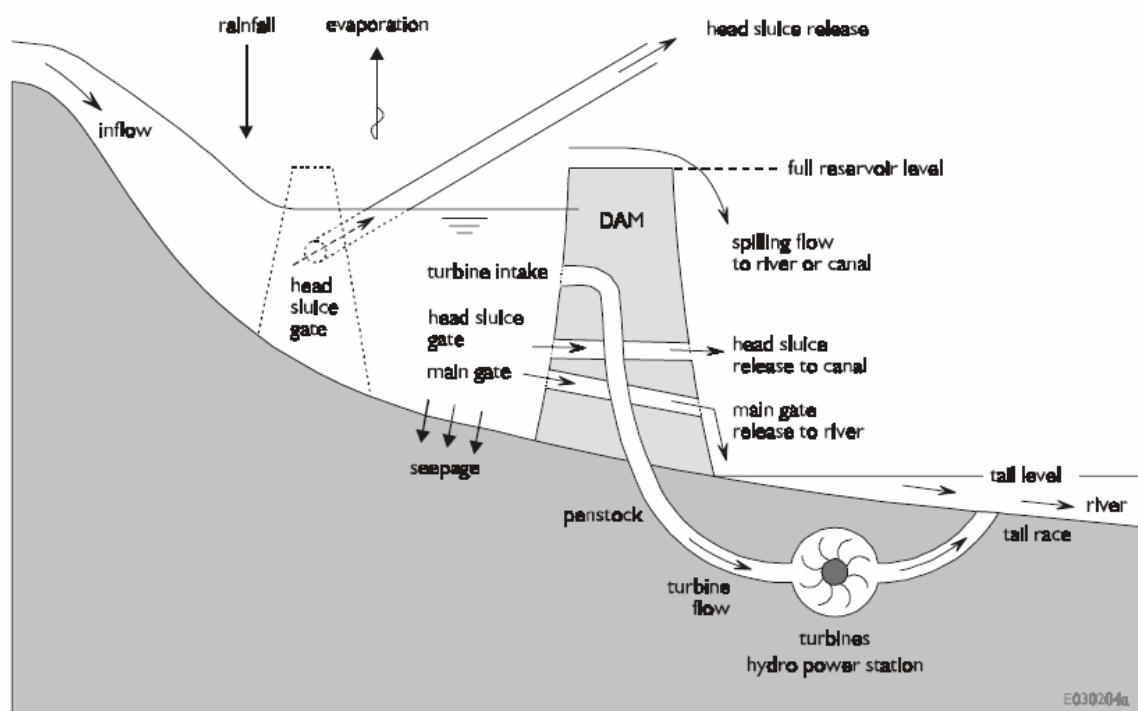
Οι κόμβοι αυτοί αντιπροσωπεύουν τη δραστηριότητα αποθήκευσης των επιφανειακών υδατικών πόρων, με σκοπό την ελεγχόμενη διαχείριση του υδατικού δυναμικού μέσα στο χρόνο. Συμπεριλαμβάνουν και τη δυνατότητα περιγραφής της λειτουργίας σταθμού παραγωγής υδροηλεκτρικής ενέργειας.

Παρακάτω γίνεται μια σύντομη περιγραφή των δεδομένων και της λειτουργίας των κόμβων αυτών.

Τα δεδομένα που περιγράφουν τη λειτουργία ενός κόμβου ταμιευτήρα επιφανειακού νερού αφορούν τις παρακάτω κατηγορίες:

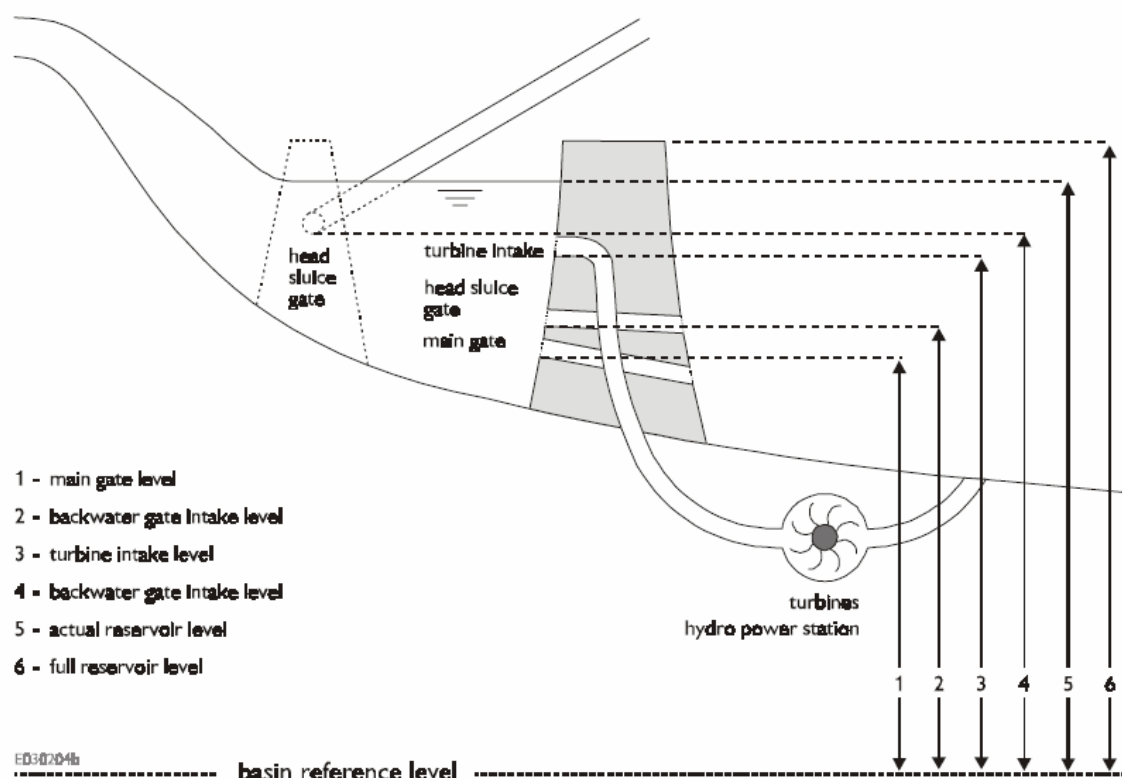
- Υδραυλικά χαρακτηριστικά του ταμιευτήρα που σχετίζονται με την αποθηκευτικότητα και τη παροχή

Από τα βασικά στοιχεία που πρέπει να καθοριστούν είναι η σχέση μεταξύ του ύψους νερού, του όγκου νερού και της υδατικής επιφάνειας στο ταμιευτήρα. Η σχέση αυτή προσδιορίζεται με γραμμική παρεμβολή από έναν αριθμό γνωστών στοιχείων που δίνονται αρχικά. Στο σχήμα 6.6 φαίνεται η γεωμετρία ενός ταμιευτήρα. Όλα τα ύψη που αφορούν χαρακτηριστικά του ταμιευτήρα δίνονται με βάση το ύψος αναφοράς της λεκάνης προσομοίωσης.



Σχήμα 6.6: Γεωμετρία και υδατικό ισοζύγιο ενός ταμιευτήρα με υδροηλεκτρικό σταθμό [11]

Στο σχήμα 6.7 φαίνονται το ύψος της κύριας εξόδου (main gate), το ύψος του σημείου άντλησης (turbine intake), το ύψος πιθανών σημείων εξόδου προς κάποιο κανάλι (head sluices gate) καθώς και το ύψος υπερχειλίσσης (full reservoir level).



Σχήμα 6.7: Χαρακτηριστικά ύψη του ταμιευτήρα [11]

Η εκχύλιση του ταμιευτήρα μπορεί να γίνει σε ένα από τα σημεία «απελευθέρωσης» νερού. Η παροχή των σημείων εξόδου υπολογίζεται συναρτήσει του ύψους νερού στο ταμιευτήρα. Γι' αυτό απαιτείται η συνάρτηση που συνδέει, την υψομετρική διαφορά μεταξύ του ύψους στο ταμιευτήρα και του σημείου εξόδου (καθαρό ύψος), με το ύψος στο σημείο εξόδου.

-

- Χαρακτηριστικά του σταθμού υδροηλεκτρικής ενέργειας

Για τον υπολογισμό της ηλεκτρικής ενέργειας που μπορεί να παραχθεί από τον υδροηλεκτρικό σταθμό χρειάζεται να δοθούν συναρτήσεις που συνδέουν την ικανότητα παραγωγής ενέργειας και το συντελεστή απόδοσης του σταθμού με το καθαρό ύψος του ταμιευτήρα, τις υδραυλικές απώλειες με τη παροχή λειτουργίας της αντλίας καθώς και κάποια ακόμη στοιχεία που αφορούν τη δυναμικότητα του υδροηλεκτρικού σταθμού.

- Στοιχεία λειτουργίας του ταμιευτήρα

Στο σημείο αυτό οι συναρτήσεις που συνδέουν την πλημμυρική παροχή, την αποθηκευτική ικανότητα και την ελάχιστη απαιτούμενη

αποθηκευτικότητα του ταμιευτήρα μέσα στη διάρκεια ενός υδρολογικού έτους.

- *Υδρολογικά στοιχεία*

Τα υδρολογικά στοιχεία που χρειάζεται ο κόμβος είναι η εξατμισοδιαπνοή, η βροχοπτώση και η εδαφική υγρασία. Τη βροχοπτώση και την υγρασία τη λαμβάνει από τις χρονοσειρές που δίνονται σε αρχεία εισόδου δεδομένων. Η πραγματική βροχοπτώση και υγρασία υπολογίζονται από το μοντέλο σε σχέση με το ύψος του νερού στο ταμιευτήρα.

- *Αρχικές συνθήκες απαραίτητες για τη προσομοίωση του ταμιευτήρα*

Είναι απαραίτητο να δοθεί το αρχικό ύψος νερού του ταμιευτήρα στην αρχή μιας περιόδου προσομοίωσης.

Στη φάση που καθορίζονται οι απαιτήσεις σε νερό που πρέπει να ικανοποιηθούν από το ταμιευτήρα, προσδιορίζονται τόσο αυτές που έχουν να κάνουν με τη παροχή στον ανοιχτό αγωγό (ποτάμι) όσο και αυτές που αφορούν τη διόδευση νερού σε κάποιο κανάλι. Έτσι καθορίζονται σύμφωνα με τις αντίστοιχες απαιτήσεις στη πρώτη περίπτωση η $Q_{targ0}(t)$ και στη δεύτερη η $Q_{targi}(t)$ σύμφωνα με τις σχέσεις:

$$Q_{targ0}(t) = \text{Maximum} (D_0(t), D_{firm}E(t))$$

$$D_{firm}E(t) = f_1(E_{firm}(t), H(t-1), H(t))$$

$$Q_0(t) = f_2(Q_{targ0}(t), Q_{mxTurb}(t) + Q_{mxMain}(t), S(t-1), S(t), \text{OperationRules}(t))$$

$$Q_0(t) = f_2(Q_{targ0}(t), Q_{mxTurb}(t) + Q_{mxMain}(t), S(t-1), S(t), \text{OperationRules}(t))$$

$$Q_i(t) = f_3(Q_{targi}(t), Q_{mxBkwi}(t), S(t-1), S(t), \text{OperationRules}(t))$$

$$Q_{mxTurb}(t) = f_4(H(t), H(t-1))$$

$$Q_{mxMain}(t) = f_5(H(t), H(t-1))$$

$$Q_{mxBkwi}(t) = f_6(H(t), H(t-1))$$

$$S(t) = S(t-1) + C_1 * N_{days}(t) * (Q_{up}(t) - Q_0(t) - Q_{spil}(t) - \sum Q_i(t) + \sum Q_{latj}(t)) \\ + C_2 * 0,5 * (A(t) + A(t-1)) * (Rn(t) - Ev(t)) - C_3 * N_{days}(t) * S_{pg}(t)$$

$$A(t) = f_7(H(t), H(t-1))$$

$$Q_{turb}(t) = \text{Minimum} (Q_0(t), Q_{mxTurb}(t))$$

$$Q_{main}(t) = Q_0(t) - Q_{turb}(t)$$

$$Q_{spill}(t) = [S(t-1) - S(t) + C_2 * 0,5 * (A(t) + A(t-1)) * (Rn(t) - Ev(t)) - C_3 * N_{days}(t) * S_{pg}(t)] /$$

$$[C_1 * N_{days}(t)] + (Q_{up}(t) - Q_0(t) - \sum Q_i(t) + \sum Q_{latj}(t))$$

$$= f_8(H(t)) \quad \text{για } N_{days}(t) > \text{διάρκεια πλημμυρικής αποροής}$$

Όπου:

t: ο δείκτης του χρονικού βήματος

i: ο δείκτης του συνδέσμου που αντιπροσωπεύει κανάλι

C_{1j}: ο δείκτης του συνδέσμου που αντιπροσωπεύει κανάλι

Q_{targi}(t): η απαιτούμενη παροχή στον σύνδεσμο που αντιπροσωπεύει κανάλι (m³/sec)

Q_{targ0}(t): η απαιτούμενη παροχή στον σύνδεσμο που ακολουθεί τη κύρια έξοδο του ταμιευτήρα ή το σημείο αντλήσεως (m³/sec)

S(t-1): η αποθηκευτικότητα στο χρονικό βήμα t-1 (Mm³)

S(t): η αποθηκευτικότητα στο χρονικό βήμα t (Mm³)

H(t-1): το ύψος νερού στο ταμιευτήρα κατά το χρονικό βήμα t-1 (Mm³)

H(t): το ύψος νερού στο ταμιευτήρα κατά το χρονικό βήμα t (Mm³)

D_{firmE}(t): η απαιτούμενη παροχή νερού για τη παραγωγή ενέργειας (m³/sec)

E_{firm}(t): η απαιτούμενη ενέργεια (GWh)

Q₀(t): η παροχή στον κατάντι σύνδεσμο (ποτάμι) (m³/sec)

Q_i(t): η παροχή στον κατάντι σύνδεσμο i (κανάλι) (m³/sec)

Q_j(t): η παροχή στο κατάντι σύνδεσμο j (κανάλι) (m³/sec)

Q_{up}(t): η παροχή εισόδου στο ταμιευτήρα (m³/sec)

Q_{main}(t): η παροχή εξόδου από τη κύρια έξοδο (m³/sec)

Q_{turb}(t): η παροχή άντλησης (m³/sec)

Q_{spill}(t): η παροχή υπερχειλίσης (m³/sec)

Q_{up}(t): η παροχή εισόδου στο ταμιευτήρα (m³/sec)

Q_{mxmain}(t): η μέγιστη παροχή εξόδου από τη κύρια έξοδο (m³/sec)

Q_{mxturb}(t): η μέγιστη παροχή άντλησης (m³/sec)

Q_{mxBkwi}(t): η μέγιστη παροχή που οδηγείται σε κάποιο κανάλι (m³/sec)

A(t): η υδατική επιφάνεια του ταμιευτήρα στο χρονικό βήμα t (Mm²)

A(t-1): η υδατική επιφάνεια του ταμιευτήρα στο χρονικό βήμα t-1 (Mm²)

Rn(t): βροχόπτωση (mm/day)

Ev(t): εξατμισοδιαπνοή (mm/day)

S_{pg}(t): εδαφική υγρασία (mm/day)

N_{days}: οι μέρες που αντιστοιχούν στο χρονικό βήμα t

N_{fr}: η διάρκεια της πλημμυρικής περιόδου

$f_1 f_2 f_3 f_4 f_5 f_6 f_7 f_8$: οι συναρτήσεις που προέκυψαν από τη γραμμική
συσχέτιση των μεγεθών που δίνονται στο μοντέλο

$C_1 C_2 C_3$: Συντελεστές μετατροπής μονάδων

✂ Κόμβος διακλάδωσης (Bifurcation node)

Οι κόμβοι αυτοί περιγράφουν τη φυσική διακλάδωση ενός υδατορέματος. Ο τρόπος που το RIBASIM κατανέμει το νερό στα δυο αυτά ρεύματα περιγράφεται από τις εξισώσεις του κόμβου διακλάδωσης ενώ με γραμμική παρεμβολή, προσδιορίζεται μια συνάρτηση που συνδέει την ροή στα ανάντι με την ροή στο ρεύμα της διακλάδωσης. Έτσι,

$$Q_{bifi}(t) = f_i(Q_{up}(t))$$
$$Q_{sw}(t) = Q_{up}(t) - \sum Q_{bifi}(t)$$

Όπου:

t : ο δείκτης του χρονικού βήματος

i : ο δείκτης του ανάντι συνδέσμου

n : ο αριθμός των συνδέσμων διακλάδωσης

$Q_{up}(t)$: η παροχή στον ανάντι από τον κόμβο, σύνδεσμο (m^3/sec)

$Q_{bifi}(t)$: η παροχή του κατάντι συνδέσμου διακλάδωσης i (m^3/sec)

$Q_{sw}(t)$: η παροχή του κατάντι απλό σύνδεσμο επιφανειακής ροής (m^3/sec)

f_i : η συνάρτηση της γραμμικής παρεμβολής

Σύνδεσμοι

— Σύνδεσμος Επιφανειακής Ροής (Surface Water Flow link)

Είναι οι σύνδεσμοι που συνδέουν με επιφανειακή ροή δύο κόμβους.

— Σύνδεσμος Διαιρεμένης Ροής (Diverted Flow link)

Είναι οι σύνδεσμοι που αντιπροσωπεύουν την απόληψη νερού από το κύριο υδατόρεμα ή κανάλι και τη μεταφορά του σε κάποιον άλλο κόμβο, συνήθως ζήτησης. Ακολουθούν τους διαιρέτες (diversion node).

— Σύνδεσμος Διακλάδωσης (Bifurcated Flow link)

Είναι οι σύνδεσμοι που αντιπροσωπεύουν τη ροή μιας διακλάδωσης του κύριου υδατορέματος. Ακολουθούν τους διακλαδωτές (bifurcation node) και η ροή σε αυτούς είναι συναρτήσει της ανάντι ροής.

6.3 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΗΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

6.3.1 Σημαντικότερες Απολήψεις και Φορείς Διαχείρισης της υδρολογικής λεκάνης του Κερίτη

Το υδατικό δυναμικό της λεκάνης του Κερίτη καθορίζεται κυρίως από τις πηγές της Αγιάς και των Μεσκλών καθώς και από τις γεωτρήσεις στη προσχωματική υδροφορία. Παρακάτω περιγράφεται η προσφορά και η διαχείριση αυτού του υδατικού δυναμικού.

Κύριες Υδροληψίες:

- **Πηγή Πλατάνου:** Αποτελεί μια από τις κύριες εκφορτίσεις των πηγών της Αγιάς. Το υδατικό δυναμικό της πηγής αξιοποιείται αποκλειστικά από τη ΔΕΥΑΧ για την ύδρευση του δήμου Χανίων. Η πηγή αυτή δεν επικοινωνεί με τη λίμνη της Αγιάς και παρουσιάζει τη καλύτερη ποιότητα νερού. Γι' αυτό άλλωστε χρησιμοποιείται για ύδρευση.
- **Πηγή Κολύμπα:** Αποτελεί επίσης σημαντική εκφόρτιση των πηγών της Αγιάς. Το νερό της πηγής το εκμεταλλεύεται αποκλειστικά ο ΤΟΕΒ Βαρυπέτρου για άρδευση.
- **Πηγή Καλαμιώνα:** Η διαχείριση του νερού της πηγής γίνεται από τον ΟΑΔΥΚ. Το νερό της πηγής αυτής παρουσιάζει μεγάλη αγωγιμότητα και είναι ακατάλληλο για ύδρευση. Χρησιμοποιείται για την άρδευση των ΤΟΕΒ Αγ. Μαρίνα Πλατανιά, Αγιά-Κολυμβάρι και για μικρό ποσοστό άρδευσης διάφορων δημοτικών διαμερισμάτων που ανήκουν στην υψηλή ζώνη Αγιάς-Κολυμβαρίου.
- **Γεωτρήσεις Μυλωνιανών:** Οι γεωτρήσεις αυτές ανήκουν στον ΟΑΔΥΚ και αντλούν ουσιαστικά νερό της λεκάνης τροφοδοσίας των πηγών της Αγιάς. Αυτό το νερό δηλαδή θα αποτελούσε εκφόρτιση των πηγών αν δεν είχε προηγηθεί άντληση στα ανάντι. Αυτός είναι και ο λόγος που στις χρονοσειρές εκφόρτισης της Αγιάς προστίθεται και το νερό αυτό. Ανήκει δηλαδή κατά κάποιο τρόπο στο επιφανειακό υδατικό δυναμικό, παρόλο που αντλείται με γεωτρήσεις. Το νερό αυτό χρησιμοποιείται τόσο για ύδρευση της ευρύτερης περιοχής των Χανίων όσο και για άρδευση κυρίως του κάμπου Χανίων.
- **Πηγές Μεσκλών:** Νερό από τις πηγές αυτές παίρνουν ο ΟΑΔΥΚ κυρίως κατά τους χειμερινούς μήνες για ύδρευση, ο ΤΟΕΒ Μεσκλών για άρδευση

αλλά και ένα πολύ μικρό ποσοστό ο Δήμος Μουσούρων για ύδρευση και άρδευση.

Διαχειριστικοί Φορείς

- Ο **ΟΑΔΥΚ**, που είναι και ο κύριος διαχειριστικός φορέας της περιοχής, συγκεντρώνει το νερό που διαχειρίζεται σε δύο σημεία.
 - 1) Το νερό από τη Πηγή του Καλαμιώνα και κάποιο νερό από τη λίμνη της Αγιάς (τροφοδοτείται από τις πηγές Καλαμιώνα και Κολύμπα) συγκεντρώνεται στο αντλιοστάσιο του Πατελαρίου και από κει διανέμεται αποκλειστικά για άρδευση στους ΤΟΕΒ Αγ. Μαρίνα Πλατανιά και Αγιάς-Κολυμβαρίου καθώς και σε κάποια δημοτικά διαμερίσματα στην υψηλή ζώνη Αγιάς-Κολυμβαρίου (Ξαμουδοχώρι, Μάλεμε, Κυπάρισσος, Συριλί, Κοντομαρί, Βλαχερονίτισσα).
 - 2) Το νερό από τις γεωτρήσεις των Μυλωνιανών και από τα Μεσκλά (με φυσική ροή) συγκεντρώνεται σε μια κοινή δεξαμενή και από κει διανέμεται : - για ύδρευση στους Δήμους Νέας Κυδωνίας, Σούδας, Ακρωτηρίου και συμπληρώνει αν χρειαστεί νερό για την ύδρευση των Δήμων Πλατανιά, Θερίσου και Ελ. Βενιζέλου - για άρδευση του Κάμπου Χανίων (Ν. Κυδωνία, Βαμβακόπουλο, Βαρύπετρο, Μουρνιές, Περιβόλια, Νεροκούρου) και καλύπτει κάποιο μικρό ποσοστό της συνολικής ανάγκης του Ακρωτηρίου.
- Ο **ΤΟΕΒ Φουρνέ** καλύπτει τις ανάγκες της περιοχής Φουρνέ με μια υδρομάστευση, όσον αφορά τις χαμηλές περιοχές, με πηγάδια και με γεωτρήσεις. Σπάνια, παίρνει συμπληρωματικά νερό από τα Μεσκλά (από τον αγωγό του ΟΑΔΥΚ που μεταφέρει το νερό των Μεσκλών, με φυσική ροή στη δεξαμενή του ΟΑΔΥΚ).
- Ο **ΤΟΕΒ Μεσκλών** καλύπτει τις ανάγκες της περιοχής από την εκμετάλλευση των πηγών στα Μεσκλά.
- **Διάφοροι τοπικοί φορείς διαχείρισης** όπως οι ΤΟΕΒ Βατόλακου, Αλικιανού, Κουφού αλλά και της πρώην κοινότητας Σκινέ διαχειρίζονται το νερό από τις γεωτρήσεις στη προσχωματική υδροφορία του Κερίτη για

τοπική άρδευση. Αυτοί διαχειρίζονται καθαρά υπόγειο νερό (γι' αυτό και δεν συμπεριλαμβάνονται αναλυτικά στο δίκτυο του Ribasim)

6.3.2 Στοιχεία Απόληψης και Κατανάλωσης

Από τους παραπάνω φορείς διαχείρισης των υδατικών πόρων της περιοχής συλλέχθηκαν στοιχεία απόληψης και κατανάλωσης. Στοιχεία απολήψεων υπάρχουν μόνο σε ετήσια βάση, ενώ τα στοιχεία κατανάλωσης προέκυψαν από τους λογαριασμούς πληρωμής. Έτσι για την αρδευτική κατανάλωση υπάρχουν δεδομένα σε δύο περιόδους, Απρίλιο-Ιούλιο και Αύγουστο-Οκτώβριο. Τα στοιχεία αρδευτικής κατανάλωσης για τους ΤΟΕΒ Φουρνέ και Μεσκλών διατίθενται μόνο σε ετήσια βάση. Για την υδρευτική κατανάλωση, συλλέχθηκαν στοιχεία για τη πόλη των Χανίων σε ετήσια βάση, ενώ για την ευρύτερη περιοχή οι καταναλώσεις είναι σε τριμηνιαία κατανομή. Συγκεντρώθηκαν και επεξεργάστηκαν τα στοιχεία κυρίως από τα έτη, 1990 που αποτελεί ένα υδρολογικό ξηρό έτος, 1996 που αποτελεί ένα υδρολογικό κανονικό έτος και από το 2004 που είναι το πιο πρόσφατο έτος. Τα σημαντικότερα στοιχεία απόληψης και κατανάλωσης για το νερό που διαχειρίζεται ο ΟΑΔΥΚ παρουσιάζονται στους πίνακες 6.1, 6.2, 6.3.

Πίνακας 6.1: Στοιχεία Διαχείρισης Νερού από τον ΟΑΔΥΚ για το έτος 1990

Υδροληπτικά Έργα (m ³)		Υδρευση (m ³)		Αρδευση (m ³)	
ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟ ΠΑΤΕΛΑΡΙΟΥ	6,099,600				
				ΤΟΕΒ Αγιά-Κολυμβάρι	4,575,000
				ΤΟΕΒ Αγ. Μαρίνας- Πλατανιά	954,000
				Υψηλή Ζώνη	62,000
				Σύνολο:	5,591,000
Μυλωνιανά (γεώτρηση)	6,642,400	ΔΕΥΑΧ	1,637,000	Κοιν Βαρουπέτρου	34,400
Κατσιφαριανά (γεώτρηση)	60,300	Δ. Σούδας	500,000	Ακρωτήρι	602,400
Νεροκούρου	46,170	Δ. Ν. Κυδωνίας	215,199	ΤΟΕΒ Φουρνέ	300,000
Αναβάλλονται	20,000	Κοιν. Πλατανιά	112,639	Τοεβ Βατολάκου	50,000
		Κοιν. Αγ Μαρίνα	112,639	Τοεβ Αλικιανού	50,000
		Κοιν. Περιβόλια	9,000	Κάμπος Χανίων	1,764,000
Σύνολο:	6,702,700			Σύνολο:	2,800,800
Συνολικά:	12,802,300	Συνολικά:	2,586,477	Συνολικά:	8,391,800

Πίνακας 6.2: Στοιχεία Διαχείρισης Νερού από τον ΟΑΔΥΚ για το έτος 1996

Υδροληπτικά Έργα (m ³)		Υδρευση (m ³)		Αρδευση (m ³)	
ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟ ΠΑΤΕΛΑΡΙΟΥ	6,297,600			Ξαμουδοχώρι Β'	22,189
				ΤΟΕΒ Αγιά-Κολυμβάρι	4,000,000
				ΤΟΕΒ Αγ. Μαρίνας- Πλατανιά	900,000
				Υψηλή Ζώνη	724,402
				Σύνολο:	5,646,591
Μυλωνιανά (γεώτρηση)	8,906,400	ΔΕΥΑΧ	1,448,090	Ακρωτήρι	974,669
Μεσκλά (φυσική ροή)	677,000	Δ.Ακρωτηρίου	974,669	Αρδευση Α'	3,263,190
Κατσιφαριανά (γεώτρηση)	157,000	Δ.Μουρνιών	152,000	Αρδευση Β'	66,924
Σύνολο:	9,740,400	Δ. Σούδας	454,798	Σύνολο:	4,304,783
		Δ. Ν.Κυδωνίας	1,044,496		
		Κοιν. Αγ Μαρίνα	281,000		
		Κοιν. Πλατανιά	35,300		
		Κοιν. Τσιγκαλαριών	35,300		
Συνολικά:	16,038,000	Συνολικά:	4,425,653	Συνολικά:	9,951,374

Πίνακας 6.3: Στοιχεία Διαχείρισης Νερού από τον ΟΑΔΥΚ για το έτος 2004

Υδροληπτικά Έργα (m ³)		Υδρευση (m ³)		Άρδευση (m ³)	
Αντλιοστάσιο Πατελάρι	7,146,000	Δ. Νέας Κυδωνίας	1,841,813	Ξαμουδοχώρι Β'	108,762
Μυλωνιανά (γεώτρηση)	9,000,000	Δ. Χανίων-ΔΕΔ	6,790	Μάλεμε Β'	17,627
Νεροκούρου (γεώτρηση)	269,000	Δ. Θερύσου	99,045	Κυπάρισσος Β'	33,839
Κατσιφαριανά (γεώτρηση)	207,000	Δ. Ελ. Βενιζέλου	1,557,906	Σύρλι Β'	82,580
Αναβάλλοντας (γεώτρηση)		Δ. Πλατανιά	851,572	Κοντομαρί Β'	200,263
Μεσκλά (φυσική ροή)	3,000,000	Δ. Ακρωτηρίου	2,627,790	Βλαχερονίτισσα Β'	53,895
Αρμένιοι (γεώτρηση)	2,014,950	Δ. Σούδας	942,033	ΤΟΕΒ Αγιά-Κολυμβάρι	4,000,000
Ζούρμπος (γεώτρηση)	2,512,980	Δ. Βάμος	193,324	ΤΟΕΒ Αγ. Μαρίνα-Πλατανιά	900,000
Νέο Χωριό Αποκόρωνα (φρεάτιο)	532,500	ΒΙΟΠΑ	14,486	Ν.Κυδωνία	756,914
		ΑΒΕΑ	23,940	Βαμβακόπουλο	97,627
		Μεσ.Τουρ.Επιχειρήσεις	2,216	Βαρόπετρο	414,342
				Μουρνιές	558,469
				Περιβόλια	443,485
				Νεροκούρου	639,294
				Τσικαλαριά	197,174
				Ακρωτήρι (Β+Γ)	1,731,162
Νερό από τη περιοχή του Κερίτη	19,622,000	Νερό του Κερίτη	7,967,591	Νερό του Κερίτη	10,235,433
				Καίνα Β'	98,931
				ΚΕ.ΑΠ Β'	297,350
				Βάμος Β'	92,119
				Αγ. Πάντες Β'	81,299
				Μεγ. Χωράφια Β'	66,008
				Κεραμιά Β'	600,000
				ΤΟΕΒ Δυτ.Αποκόρωνα	700,000
Συνολικά:	24,682,430	Συνολικά:	8,160,915	Συνολικά:	12,171,140

*με *italic* σημειώνονται οι απολήψεις και καταναλώσεις που δεν αφορούν το υδατικό δυναμικό της υδρολογικής λεκάνης του Κερίτη

Για την ύδρευση των Χανίων, τα στοιχεία απόληψης και κατανάλωσης συλλέχθηκαν από τη ΔΕΥΑ Χανίων. Στο πίνακα 6.4 παρουσιάζονται για τα έτη 1987-2004 το νερό που απολείπεται αλλά και το πώς διανέμεται στις διάφορες χρήσεις. Η ύδρευση της περιοχής γύρω από τα Χανιά άνηκε στη διαχείριση της ΔΕΥΑΧ κατά τα προηγούμενα χρόνια. Για να ικανοποιηθούν οι ανάγκες αυτές, πέρα από τις δικές της απολήψεις, η ΔΕΥΑΧ διαχειριζόταν και νερό που έπαιρνε από τον ΟΑΔΥΚ. Τα τελευταία χρόνια, όπως φαίνεται και στον πίνακα 6.4 αυτό έχει αλλάξει και η ΔΕΥΑΧ έχει αναλάβει αποκλειστικά την ύδρευση του δήμου Χανίων, ενώ η ευρύτερη περιοχή υδρεύεται από νερό του ΟΑΔΥΚ απ' ευθείας από τον ΟΑΔΥΚ.

Πίνακας 6.4: Στοιχεία Διαχείρισης Νερού από τη ΔΕΥΑΧ

Έτος	ΠΡΟΣΦΟΡΑ (m ³)			Ζήτηση (m ³)					Απώλειες (m ³)	Απώλειες %
	Από Αγιά	Από ΟΑΔΥΚ	Συνολική Ποσότητα	Οικιακή Χρήση	Κοινοότητες	Στρατιωτικές Μονάδες	Δωρεάν Χρήση	Καταγραφείσες Ποσότητες		
1987	15,100,000	400,000	15,500,000	3,217,000	1,461,000	1,277,000	180,000	6,135,000	9,365,000	60%
1988	15,200,000	800,000	16,000,000	3,523,000	1,770,000	1,241,000	200,000	6,734,000	9,266,000	58%
1989	12,600,000	800,000	13,400,000	3,488,000	1,777,000	1,137,000	190,000	6,592,000	6,808,000	51%
1990	10,440,000	1,840,000	12,280,000	3,474,000	1,315,000	700,000	150,000	5,639,000	6,641,000	54%
1991	8,550,000	2,690,000	11,240,000	3,420,000	756,000	930,000	169,000	5,275,000	5,965,000	53%
1992	8,167,000	1,525,000	9,692,000	3,504,000	227,000	1,028,000	167,000	4,926,000	4,766,000	49%
1993	8,058,000	1,677,000	9,735,000	3,473,000	0	1,050,000	201,000	4,724,000	5,011,000	51%
1994	8,870,000	1,180,000	10,050,000	3,507,000	113,000	954,815	200,000	4,774,815	5,275,185	52%
1995	9,662,000	2,139,268	11,801,268	3,592,878	25,312	1,207,465	183,805	5,009,460	6,791,808	58%
1996	10,598,840	1,448,090	12,046,930	3,503,471	67,240	1,152,103	196,000	4,918,814	7,128,116	59%
1997	9,607,500	218,061	9,825,561	3,689,235	311	1,207,999	176,249	5,073,794	4,751,767	48%
1998	10,068,000	0	10,068,000					5,193,158	4,874,842	48%
1999	9,890,000	0	9,890,000	3,845,961	0	968,934	305,409	5,120,304	4,769,696	48%
2000	7,917,000	1,098,818	9,015,818	3,803,897	0	542,626	300,000	4,646,523	4,369,295	48%
2001	6,558,750	713,439	7,272,189	3,826,575	0	395,793	200,000	4,422,368	2,849,821	39%
2002	7,350,300	25,046	7,375,346	3,858,648	0	541,096	250,000	4,649,744	2,725,602	37%
2003	8,584,800	0	8,584,800	3,914,838	0	440,468	270,000	4,625,306	3,959,494	46%
2004	8,393,800	0	8,393,800	3,985,850	0	174,597	280,000	4,440,447	3,953,353	47%

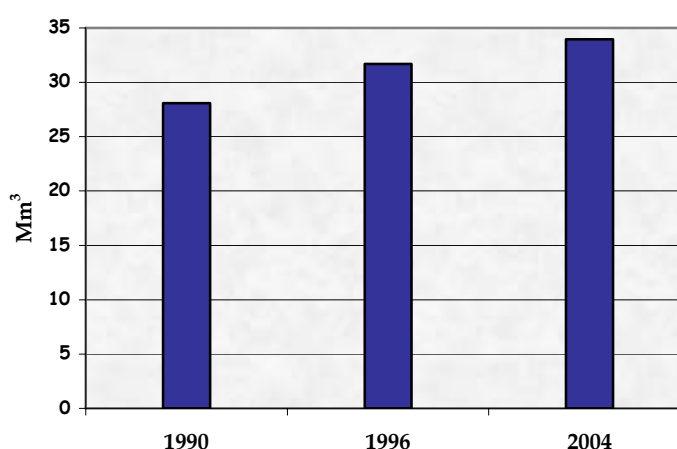
Παρατηρούμε πως οι απώλειες του δικτύου της ΔΕΥΑΧ είναι μεγάλες και κυμαίνονται από 37% μέχρι και 60% (τα παλαιότερα χρόνια). Όπως προαναφέρθηκε τα στοιχεία κατανάλωσης αφορούν το νερό που έχει κοστολογηθεί. Έτσι η διαφορά μεταξύ απολήψιμων ποσοτήτων και καταναλισκόμενων μπορεί να σημαίνει δύο πράγματα, ή ότι το νερό έχει χαθεί από απώλειες του δικτύου, ή ότι έχει καταναλωθεί αλλά δεν έχει καταγραφεί η κατανάλωση αυτή και άρα δεν έχει κοστολογηθεί.

Στον πίνακα 6.5 που ακολουθεί παρουσιάζονται συνοπτικά οι απολήψεις του επιφανειακού υδατικού δυναμικού που έγιναν από τους φορείς διαχείρισης της περιοχής κατά τα έτη 1990, 1996 και 2004.

Πίνακας 6.5: Απολήψιμες Ποσότητες Επιφανειακού Υδατικού Δυναμικού

Φορέας Διαχείρισης	ΑΠΟΛΗΨΕΙΣ (m ³)	1990	1996	2004
ΟΑΔΥΚ	ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΟ ΠΑΤΕΛΑΡΙΟΥ (Πηγή Καλαμιώνα)	6,099,600	6,297,600	7,146,000
	Γεωτρ Μυλωνιανών	6,642,400	8,906,400	9,000,000
	Μεσκλά		677,000	3,000,000
ΤΟΕΒ ΒΑΡΥΠΕΤΡΟΥ	Πηγή Κολόμπα	4,912,097	5,214,858	6,421,499
ΔΕΥΑΧ	Πηγή Πλατάνου	10,440,000	10,598,840	8,393,800
Συνολικά (m³):		28,096,087	31,696,694	33,963,303

Παρατηρείται λοιπόν μια αύξηση στην εκμετάλλευση του επιφανειακού νερού της τάξεως των 6 Mm³ κατά τα προηγούμενα 14 χρόνια. Τα στοιχεία προσφοράς και ζήτησης που συλλέχθηκαν για το έτος 2004 παρουσιάζονται συνοπτικά στο πίνακα 6.6



Διάγραμμα 6.1: Εκμετάλλευση Επιφανειακού Υδατικού Δυναμικού

Πίνακας 6.6: Διαχείριση Επιφανειακών Υδατικών Πόρων για το 2004

ΠΡΟΣΦΟΡΑ		ΖΗΤΗΣΗ			
Απολήψεις (m ³)		Υδρευση (m ³)		Άρδευση (m ³)	
Πηγή Καλαμιώνα	7,146,000	Δ. Νέας Κυδωνίας	1,841,813	ΤΟΕΒ Βαρυπέτρου	6,500,000
Γεωτρ.Μυλωνιανά	9,000,000	ΔΕΥΑΧ	4,400,000	ΤΟΕΒ Αγιά-Κολυμβάρι	4,000,000
Πηγή Πλατάνου (Υδρευση Χανίων)	8,340,000	Δ. Θερύσου	99,045	ΤΟΕΒ Αγ. Μαρίνας-Πλατανιά	900,000
Πηγή Κολόμπα	6,500,000	Δ. Ελ. Βενιζέλου	1,557,906	Υψηλή Ζώνη	496,966
Πηγές Μεσκλών	3,000,000	Δ. Πλατανιά	851,572	Κάμπος Χανίων	3,107,000
		Δ. Ακρωτηρίου	2,627,790	30% Άρδευση Ακρωτηρίου	510,000
		Δ. Σούδας	942,033		
		ΒΙΟΠΑ	14,486		
		ΑΒΕΑ	23,940		
		Μεσ. Τουρ. Επιχειρήσεις	2,216		
Σύνολο (m³)	33,986,000	Σύνολο (m³)	12,360,801	Σύνολο (m³)	15,513,966

Οι συνολικές απώλειες για το έτος αυτό φτάνουν περίπου τα 6 Mm³ γύρω στο 18% του συνολικού νερού που απολήπεται. Από οικονομικής άποψης, εκτιμώντας ότι το νερό κοστολογείται γύρω στο 1-2 € /m³, το χρηματικό κόστος των απωλειών αγγίζει τα 6-12 εκατομμύρια ευρώ.

6.3.3 Σχηματοποίηση Δικτύου - Ρύθμιση μοντέλου για το έτος 2004

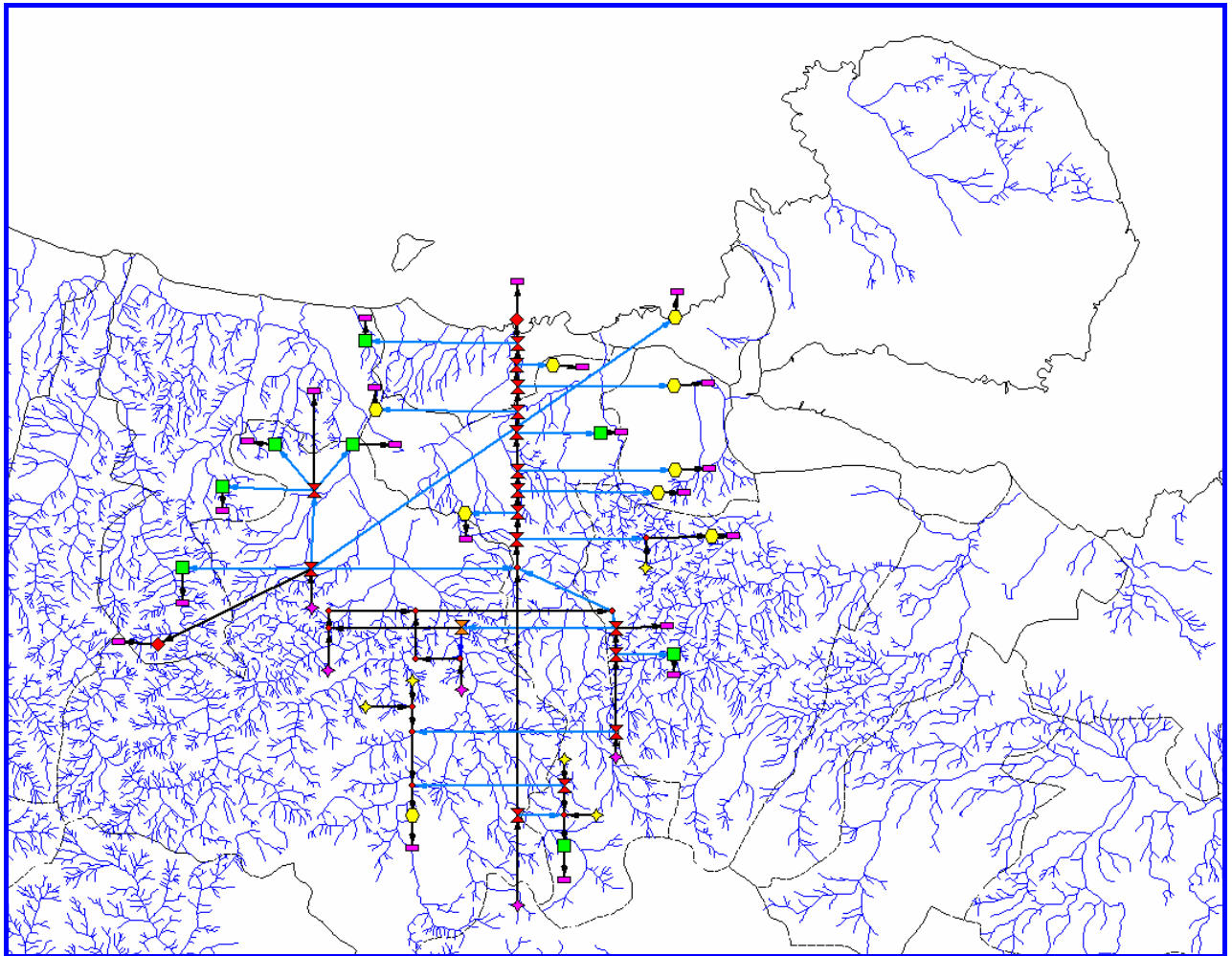
Όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω, για την προσομοίωση ενός υδατικού συστήματος με το *Ribasim* πρέπει να γίνει η σχηματοποίηση της περιοχής μελέτης.

Η σχηματοποίηση έχει την έννοια της προσομοίωσης της λειτουργίας του συστήματος προσφοράς και ζήτησης που γίνεται με ένα δίκτυο κόμβων (nodes) που επικοινωνούν μεταξύ τους με συνδέσμους (links).

Το δίκτυο αντιπροσωπεύει όλα τα στοιχεία που συμμετέχουν στο ισοζύγιο του υδατικού συστήματος. Κάθε προσφορά και ζήτηση νερού αντιπροσωπεύεται από ένα χαρακτηριστικό κόμβο που συνδέεται με τους υπόλοιπους, με αντίστοιχους συνδέσμους. Κάθε τέτοια σχηματοποίηση είναι στην ουσία μια μεταφορά-απλοποίηση της πραγματικότητας σε έναν αριθμό δεδομένων που εισάγονται στο μοντέλο με στόχο την προσομοίωση της πραγματικής κατάστασης.

Στη παράγραφο 6.3.1 έχουν περιγραφεί, οι φορείς διαχείρισης και ο τρόπος που αυτοί εξυπηρετούν τη ζήτηση. Τα επιφανειακό νερό που αξιοποιείται στη περιοχή ανήκει στις πηγές της Αγιάς και των Μεσκλών. Η διαχείριση αυτού του υδατικού δυναμικού εξετάζεται κυρίως από το δίκτυο. Επίσης όμως έχουν εισαχθεί στο δίκτυο και ομαδοποιημένες κάποιες απολήψεις που αφορούν γεωτρήσεις και πηγάδια. Δε γίνεται εκτενής περιγραφή αυτών τόσο γιατί τα στοιχεία είναι ανεπαρκή όσο και γιατί η εκμετάλλευση του υπόγειου υδατικού δυναμικού του υδροφορέα δεν γίνεται σε κάποιο ευρύτερο διαχειριστικό πλαίσιο. Έτσι π.χ. οι περισσότεροι ΤΟΕΒ έχουν κάποιες γεωτρήσεις με τις οποίες καλύπτουν πολύ συγκεκριμένες τοπικές αρδευτικές ανάγκες. Λειτουργούν δηλαδή σαν μεμονωμένα αυτόματα συστήματα προσφοράς και ζήτησης. Στο σχήμα 6.8 φαίνεται το αρχικό στάδιο

σχηματοποίησης του δικτύου για τη περιοχή μελέτης. Υπενθυμίζεται ότι το δίκτυο αυτό δε περικλείει καμιά χωρική πληροφορία.



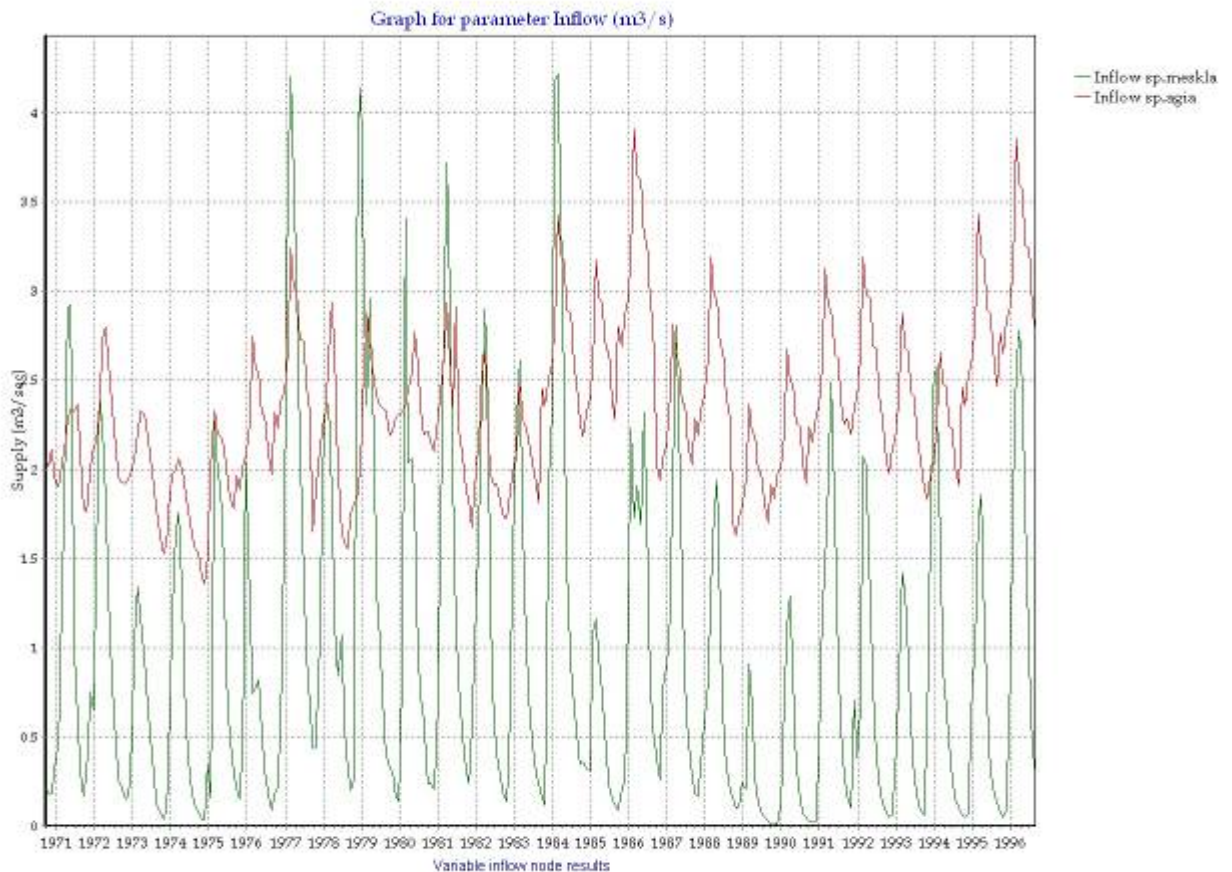
Σχήμα 6.8: Σχηματοποίηση του δικτύου για τη περιοχή μελέτης

6.3.3.1 Προσφορά νερού στο σύστημα

Η προσφορά νερού στο σύστημα διαχωρίζεται στις πηγές Αγιάς και Μεσκλών και στις γεωτρήσεις στη προσχωματική έκταση της λεκάνης.

Οι πηγές της Αγιάς και των Μεσκλών είναι οι κύριες συνιστώσες του επιφανειακού υδατικού δυναμικού της περιοχής, και γενικότερα του δυναμικού που εκμεταλλεύονται οι διάφοροι διαχειριστικοί φορείς. Στη σχηματοποίηση του δικτύου αντιπροσωπεύτηκαν από κόμβους μεταβαλλόμενης παροχής (*Variable Inflow node*). Για τους κόμβους αυτούς (*sp.agia* και *sp.meskla*) δόθηκαν μηνιαίες τιμές παροχής σε m^3/sec για τα έτη 1967-1997. Στις χρονοσειρές αυτές απορροής έχουν συνυπολογιστεί και οι

απολήψεις που έχουν γίνει για άρδευση και ύδρευση, ούτως ώστε να αντιπροσωπεύουν το υδατικό δυναμικό τους. Στο διάγραμμα 6.2 φαίνονται οι χρονοσειρές των πηγών που δίνονται στο μοντέλο.

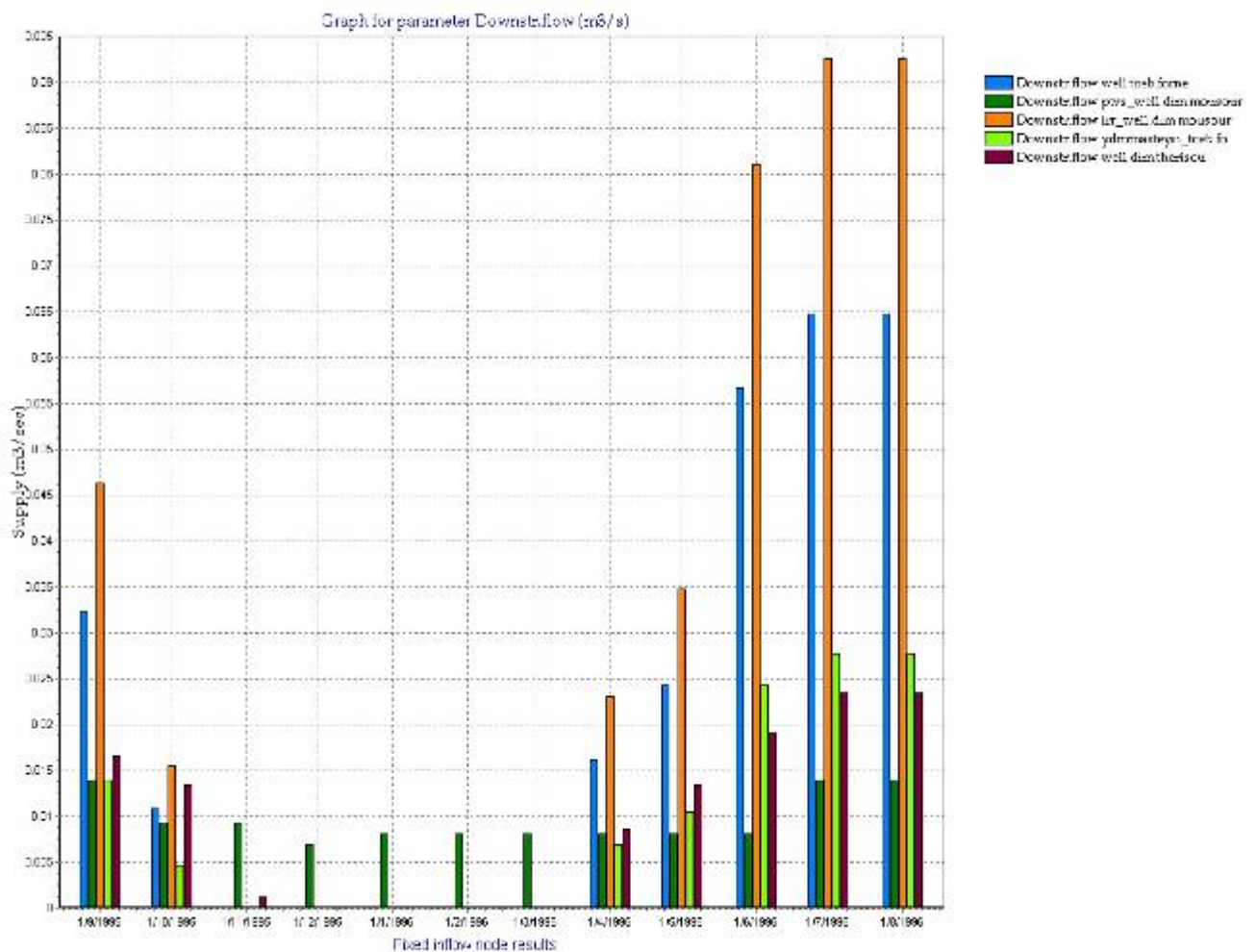


Διάγραμμα 6.2: Δεδομένα για τους κόμβους μεταβαλλόμενης παροχής (Αγιά-Μεσκλά)

Βλέπουμε τη μεγάλη διακύμανση που παρουσιάζει η παροχή των πηγών στα Μεσκλά μεταξύ χειμερινής και καλοκαιρινής περιόδου καθώς και η ετήσια απορροή τους, σε αντίθεση με την Αγιά όπου η διακύμανση παρατηρείται πολύ μικρότερη τόσο κατά τη διάρκεια ενός έτους όσο και μέσα στα χρόνια.

Στο δίκτυο επίσης αντιπροσωπεύτηκαν με κόμβους, ομαδοποιημένες κάποιες **γεωτρήσεις** της περιοχής. Στη σχηματοποίηση του δικτύου αντιπροσωπεύτηκαν από κόμβους σταθερής παροχής (*Fixed Inflow node*), διότι δεν υπήρχαν διαθέσιμα στοιχεία μηνιαίων αντλήσεων για διάφορα χρόνια αλλά και δεν υπάρχει μεγάλη μεταβολή στην άντληση από έτος σε έτος. Σε αυτές δεν συμπεριλαμβάνονται οι ιδιωτικές γεωτρήσεις καθώς οι ποσότητες

απόληψης είναι μικρές αλλά και δεν υπάρχει καταγραφή αυτών των απολήψεων. Οι ομάδες γεωτρήσεων που σχηματοποιήθηκαν στο δίκτυο είναι, οι γεωτρήσεις του Δήμων Μουσούρων (ύδρευση και άρδευση) και Θερίσου (*pws_well.dim.mousouron*, *irr_well.dim.mousouron*, *well.dim.therisou*), οι γεωτρήσεις και η υδρομάστευση του ΤΟΕΒ Φουρνέ (*well.toeb.fourne*, *ydromasteysi_toeb fourne*). Στο διάγραμμα 6.3 που ακολουθεί φαίνεται η σταθερή μηνιαία παροχή νερού για κάθε έτος των κόμβων που προαναφέρθηκαν.



Διάγραμμα 6.3: Δεδομένα για τους κόμβους σταθερής παροχής

6.3.3.2 Ζήτηση νερού στο σύστημα

Η ρύθμιση ενός διαχειριστικού ομοιώματος διαφέρει από την ρύθμιση ενός οποιουδήποτε άλλου ομοιώματος που προσομοιώνει ένα φυσικό σύστημα (π.χ. ένα ομοίωμα βροχής-απορροής). Στη περίπτωση του διαχειριστικού

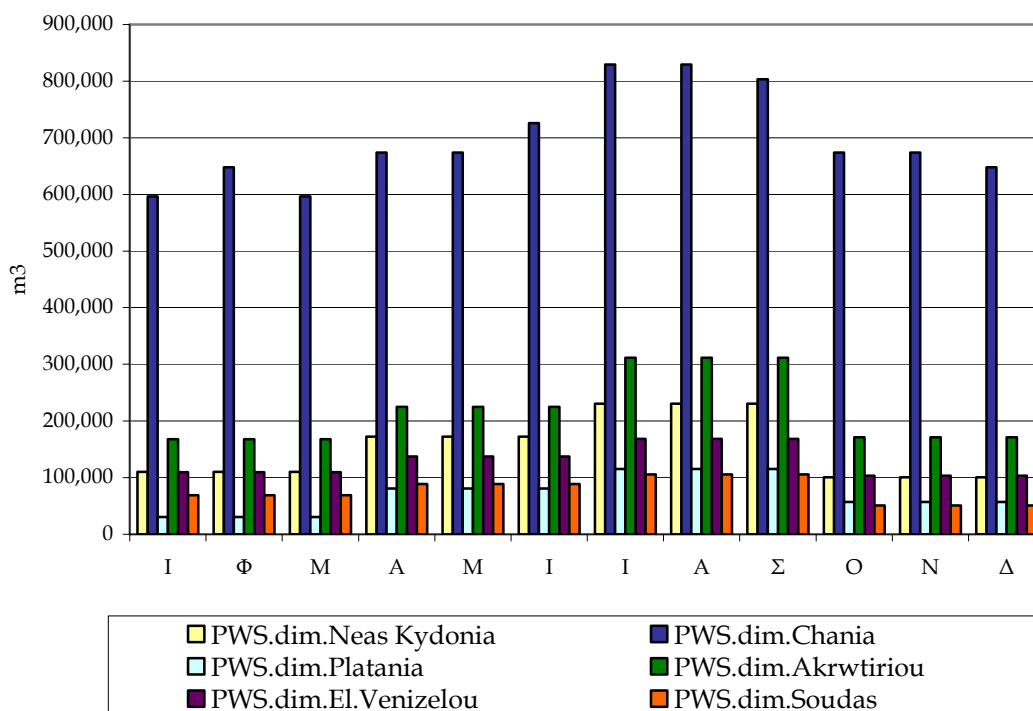
μοντέλου αυτό που ενδιαφέρει είναι η δυνατότητά του να αποδίδει ορθά την κατανομή των υδατικών πόρων στον χώρο και στον χρόνο και να προσομοιώνει την κατανάλωση από τις διάφορες χρήσεις. Για να ρυθμισθεί ένα τέτοιο μοντέλο συνεπώς με τον κλασικό τρόπο (σύγκριση παρατηρημένων και προσομοιωμένων τιμών κάποιας μεταβλητής) θα πρέπει να υφίστανται συστηματικές λεπτομερής μετρήσεις της μεταβλητής κατάντι όλων των χρήσεων που έχουν αναπαρασταθεί σε αυτό.

Επειδή τέτοια επάρκεια στοιχείων δεν υπάρχει για τη περιοχή η ρύθμιση του μοντέλου έγινε για ένα μόνο έτος, για το έτος 2004. Επιλέχθηκε το 2004 γιατί είναι πιο πρόσφατο και διατίθενται πληρέστερα στοιχεία. Έτσι έγινε προσπάθεια προσομοίωσης της διαχείρισης του νερού της περιοχής για το έτος αυτό. Θεωρήθηκε η ζήτηση-υδατικές ανάγκες της περιοχής, ίση με τη πραγματική κατανάλωση. Έτσι γνωρίζοντας τη πραγματική ζήτηση (αφού αποτελεί την υπάρχουσα κατανάλωση) είναι γνωστό ότι δε πρέπει να εμφανιστούν σε κανένα κόμβο κατανάλωσης ελλείμματα. Επίσης είναι γνωστό ακριβώς πόσο νερό πήγε σε κάθε μια ζήτηση αλλά και από πού απολείφθηκε το νερό αυτό. Έτσι μπορεί να εξεταστεί καλύτερα η λειτουργία του μοντέλου και ποσοτικά, αλλά και ποιοτικά εξετάζοντας το αν η διανομή του νερού στο δίκτυο αντιπροσωπεύει τη πραγματικότητα.

Η ζήτηση του νερού στο σύστημα διακρίνεται σε υδρευτική και αρδευτική. Τα στοιχεία ζήτησης που αναφέρονται στη παράγραφο 6.3.2 αποτελούν τα δεδομένα εισόδου στους κόμβους ζήτησης. Ανάλογα με τη χρήση επιλέχθηκε το είδος του κόμβου που θα την αντιπροσωπεύσει. Έτσι η υδρευτική ζήτηση (οικιακή, βιομηχανική, κτλ) αντιπροσωπεύτηκε από ένα σύνολο κόμβων αστικής κατανάλωσης (*Public Water node*), ενώ η αρδευτική ζήτηση αντιπροσωπεύεται από κόμβους σταθερής αρδευτικής κατανάλωσης (*Fixed Irrigation node*).

Η **υδρευτική κατανάλωση** εξετάστηκε σε επίπεδο Δήμων, όπου η κάθε υδρευτική κατανάλωση αντιπροσωπεύτηκε από ένα κόμβο. Έτσι στο δίκτυο υπάρχει η υδρευτική ζήτηση για τους δήμους Χανίων, Μουσούρων, Νέας Κυδωνίας, Ακρωτηρίου, Πλατανιά, Ελ Βενιζέλου, Θερίσου. Η ζήτηση που

αντιπροσωπεύουν οι κόμβοι υδρευτικής ζήτησης (Public Water Supply), δίνονται στο διάγραμμα 6.4. Στη περίπτωση μόνο των δήμων Μουσούρων και Θερίσου, επειδή δεν μπορούσε να διαχωριστεί η ζήτηση σε υδρευτική και αρδευτική σχηματοποιήθηκαν στο δίκτυο συμβατικά, με τον κόμβο της αστικής κατανάλωσης, και συμπεριλαμβάνουν και υδρευτική και αρδευτική ζήτηση.

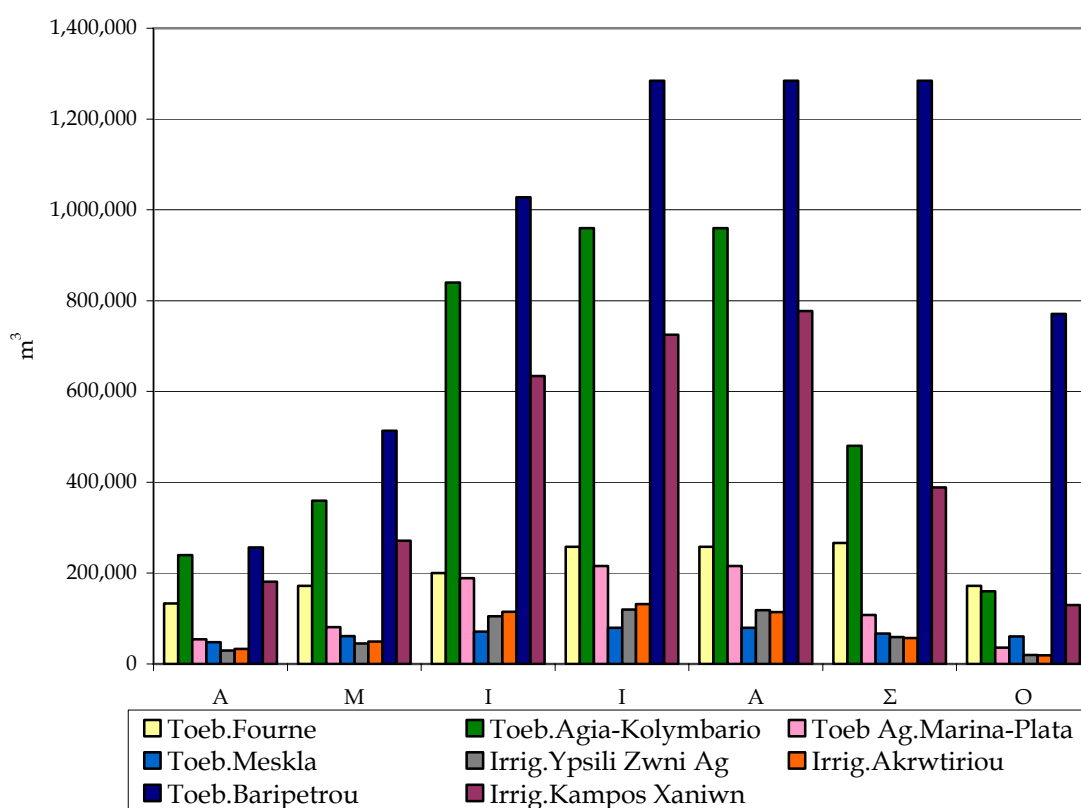


Διάγραμμα 6.4: Δεδομένα για τους κόμβους υδρευτικής κατανάλωσης για το έτος 2004

Πρέπει να σημειωθεί πως τα δεδομένα για τον κόμβο ύδρευσης του Δήμου Χανίων, συμπεριλαμβάνουν και τις απώλειες του δικτύου της ΔΕΥΑΧ. Δηλαδή η πραγματική κατανάλωση είναι πολύ μικρότερη, αλλά χρησιμοποιήθηκαν τα στοιχεία απόληψης νερού για τη κάλυψη αυτής της κατανάλωσης. Όπως φαίνεται και στο πίνακα 6.4 οι απώλειες είναι μεγάλες σε αυτή τη περίπτωση και έτσι το να χρησιμοποιηθούν τα στοιχεία κατανάλωσης και όχι της απόληψης για τη κάλυψη της κατανάλωσης αυτής, θα απέκλειε τις απώλειες. Στους υπόλοιπους κόμβους χρησιμοποιούνται τα στοιχεία καταναλώσεως.

Η **αρδευτική κατανάλωση** εξετάστηκε κυρίως σε επίπεδο φορέων διαχείρισης και αντιστοιχήθηκε από κάποιο κόμβο αρδευτικής ζήτησης. Έτσι υπάρχουν οι κόμβοι που αντιπροσωπεύουν τη κατανάλωση των ΤΟΕΒ

Βαρυπέτρου, Αγιάς-Κολυμβαρίου, Αγίας Μαρίνας-Πλατανιά, Μεσκλών, Φουρνέ καθώς και την άρδευση του Κάμπου Χανίων, της Υψηλής Ζώνης Αγιάς-Κολυμβαρίου και του Ακρωτηρίου. Τα στοιχεία του πίνακα 6.3 επεξεργάστηκαν και εισήχθησαν στο μοντέλο ως δεδομένα στους αντίστοιχους κόμβους. Στο διάγραμμα 6.5 παρουσιάζονται συνοπτικά η ζήτηση και οι κόμβοι αρδευτικής κατανάλωσης. Η αρδευτική κατανάλωση, υπενθυμίζεται, ότι λαμβάνει χώρα κατά τη καλοκαιρινή περίοδο Απριλίου-Οκτωβρίου.



Διάγραμμα 6.5: Δεδομένα για τους κόμβους αρδευτικής κατανάλωσης για το έτος 2004

6.3.3.3 Ρύθμιση μοντέλου

Πέρα από τους κόμβους προσφοράς και ζήτησης, η σχηματοποίηση του δικτύου περιλαμβάνει και τον τρόπο που συνδέονται οι κόμβοι αυτοί μεταξύ τους καθώς και το καθορισμό της μέγιστης παροχετευτικής ικανότητας του δικτύου. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω η ρύθμιση του μοντέλου έγινε για το έτος 2004. Έτσι για τα δεδομένα προσφοράς και ζήτησης και με δεδομένο τον

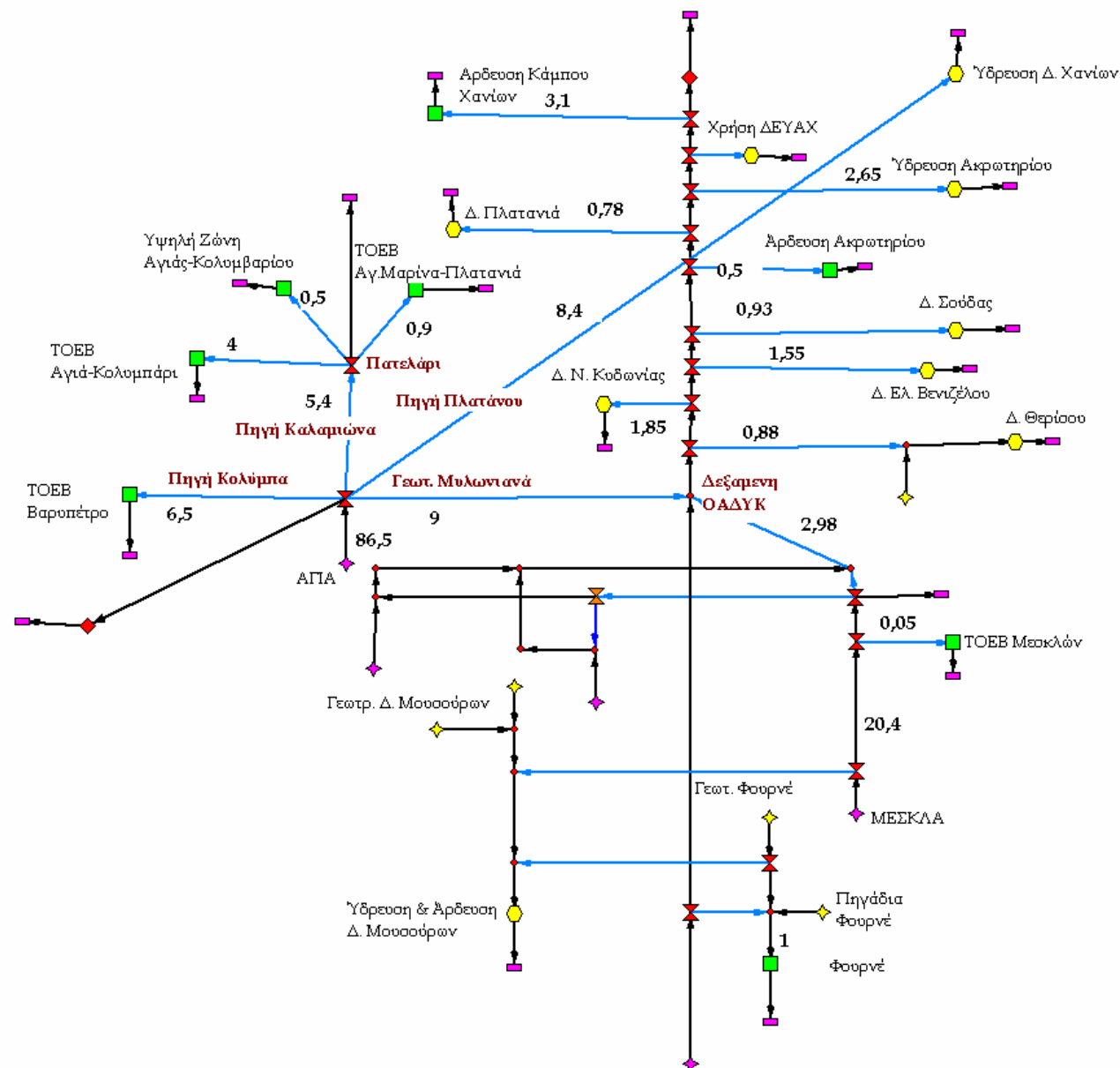
τρόπο που διαχειρίζονται το νερό στη περιοχή, έγινε η μεταφορά-σχηματοποίηση τους στο δίκτυο του Ribasim.

Αρχικά πραγματοποιήθηκε η σχηματοποίηση του δικτύου που περιλαμβάνει κυρίως κόμβους προσφοράς-ζήτησης και συνδέσμους (αγωγούς) που αντιπροσωπεύουν φυσική ροή (*Surface Water Flow link*) και τη ροή κατάντι μιας απόληψης (*Diverted Flow link*). Στη συνέχεια έπρεπε να δοθούν κάποιοι περιορισμοί στη μέγιστη ικανότητα μεταφοράς νερού από τους αγωγούς. Ο περιορισμός αυτός «προσομοιώνει» αφ'ενός την ικανότητα απόληψης ενός έργου π.χ. έργο απόληψης νερού από μια πηγή, αφ'ετέρου τη πραγματική παροχетеυτική ικανότητα ενός αγωγού ή ενός συνόλου αγωγών. Στο μοντέλο δίνεται η δυνατότητα να καθοριστεί για κάθε αγωγό απόληψης που χρησιμοποιείται, μια μηνιαία μέγιστη τιμή παροχής που μπορεί αυτός να έχει.

Ετσι ακόμα και αν υπάρχει διαθέσιμο υδατικό δυναμικό για να καλύψει μια ζήτηση, προκειμένου να αποδοθεί η πραγματικότητα, υπάρχει ο περιορισμός της παροχетеυτικής ικανότητας του δικτύου. Αν υπήρχαν αυτά τα τεχνικά χαρακτηριστικά που θα οδηγούσαν στη διερεύνηση της υδραυλικής κατάστασης του δικτύου διαχείρισης του νερού, θα γινόταν μια πληρέστερη μεταφορά της πραγματικότητας στο Ribasim. Τα αποτελέσματα που θα έδινε τότε το μοντέλο θα ανταποκρίνονταν περισσότερο στη τωρινή κατάσταση. Λεπτομερή υδραυλικά και τεχνικά στοιχεία των αρδευτικών και υδρευτικών δικτύων της περιοχής, που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν, δεν υπάρχουν. Για το λόγο αυτό η ικανότητα απόληψης και μεταφοράς στο δίκτυο ρυθμίστηκε με βάση τα δεδομένα αποληψης και κατανάλωσης του 2004. Προσδιορίστηκε έτσι η μέγιστη παροχή που μπορεί να έχει κάθε σύνδεσμος στο δίκτυο του μοντέλου. Η μέγιστη παροχή αυτή, όπως προαναφέρθηκε, αντιπροσωπεύει πλέον, τη δυνατότητα αρχικά απόληψης και στη συνέχεια μεταφοράς νερού, απο έναν συγκεκριμένο αγωγό ή από κάποιο μικρότερο δίκτυο.

Τα αρχεία BIN2PRT.LOG, RIBALANS.LOG και SUMMARY.LOG, που προκύπτουν από μια εφαρμογή του μοντέλου περιέχουν συγκεντρωμένα όλα τα απαιτούμενα δεδομένα που δίνονται στο μοντέλο καθώς και τα αποτελέσματα της εφαρμογής. Στο σχήμα 6.9 φαίνεται η πλήρης

σχηματοποίηση του δικτύου με τους κόμβους προσφοράς και ζήτησης με τους συνδέσμους και το τι αυτοί αντιπροσωπεύουν καθώς και η ετήσια ποσότητα νερού που διακινήθηκε κατά το 2004, έτσι όπως προέκυψε από την εφαρμογή του μοντέλου.



Σχήμα 6.9: Δίκτυο προσομοίωσης της Διαχείρισης Υδατικών Πόρων της Υδρολογικής Λεκάνης του Κερίτη

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

Διαχειριστικά Σενάρια Προσφοράς και Ζήτησης Νερού

7.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο κεφάλαιο που ακολουθεί, έχοντας πλέον τη προσομοίωση του δικτύου στο διαχειριστικό μοντέλο Ribasim καθώς και τη ρύθμιση του μοντέλου για το έτος 2004, ακολούθησε η εξέταση διάφορων διαχειριστικών σεναρίων. Τα σενάρια αυτά αφορούν κυρίως την αλλαγή της ζήτησης νερού και βασίζονται σε προτάσεις – αναπτυξιακά σχέδια που έχουν συζητηθεί και προταθεί για την περιοχή. Σύμφωνα με αυτά μελετάται η δυνατότητα επέκτασης της αρδευόμενης έκτασης. Αυτό ισοδυναμεί σε αύξηση της ζήτησης των αρδευτικών αναγκών για τη περιοχή. Παράλληλα εξετάζεται και η αύξηση της μελλοντικής υδρευτικής ζήτησης. Με την εφαρμογή του διαχειριστικού μοντέλου εξετάζεται το κατά πόσο το υδατικό δυναμικό της περιοχής μπορεί να καλύψει αυτές τις περαιτέρω ανάγκες με την υπάρχουσα υποδομή και διαχείριση. Στη συνέχεια μελετώνται κάποια εναλλακτικά σενάρια διαχείρισης της προσφοράς νερού με στόχο τη κάλυψη των μελλοντικών υδατικών αναγκών.

7.2 ΠΛΗΡΗΣ ΑΡΔΕΥΣΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΑΚΡΩΤΗΡΙΟΥ

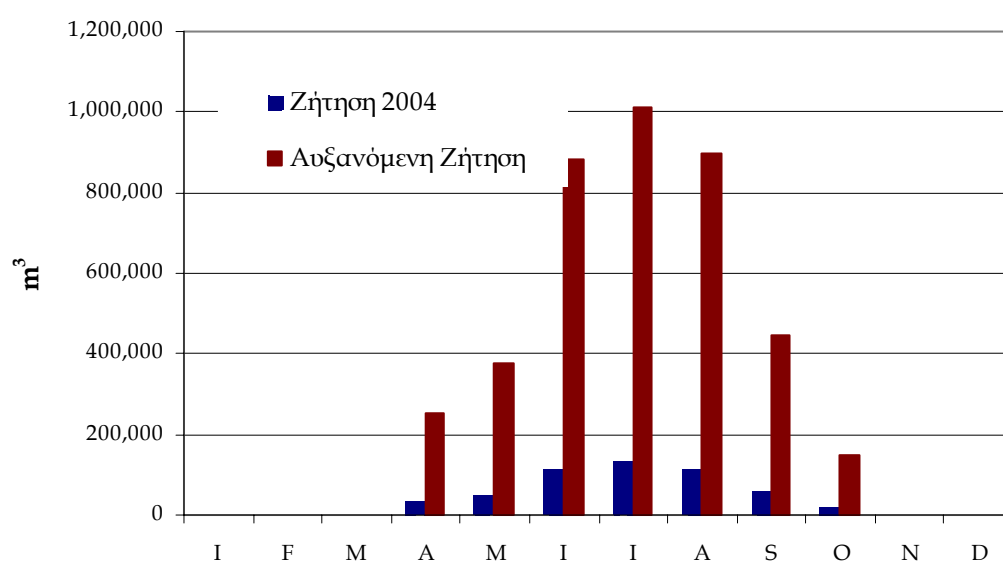
Η περιοχή του Ακρωτηρίου αρδεύεται από νερό που διαχειρίζεται ο ΟΑΔΥΚ. Το 1^ο στάδιο του αναπτυξιακού σχεδίου για την άρδευση της ευρύτερης περιοχής περιλάμβανε την άρδευση 9,700 στρεμμάτων στη περιοχή του Ακρωτηρίου. Η έκταση αυτή, αποτελεί μέρος από την συνολική καλλιεργήσιμη έκταση του Ακρωτηρίου που υπολογίζεται περί τα 18,000 στρέμματα. Σύμφωνα με εκτιμήσεις ειδικών της Υπηρεσίας Εγγείων Βελτιώσεων οι καλλιέργειες της περιοχής απαιτούν περί τα 500m³/στρέμμα ετησίως. Έτσι έχοντας ως στόχο την άρδευση των 9,700 στρεμμάτων θα έπρεπε να εξασφαλίζεται για το Ακρωτήριο ετήσια ποσότητα νερού περί τα 5 Mm³.

Όπως όμως είδαμε από τα στοιχεία που συλλέχθηκαν για το 2004 η αρδευτική κατανάλωση για τη περιοχή του Ακρωτηρίου είναι περί τα 1.8Mm³. Αυτό σημαίνει πως, είτε μέσα στην έκταση αυτή υπάρχουν καλλιέργειες που δεν αρδεύονται καθόλου, είτε πως αρδεύεται όλη η έκταση, ελλιπώς. Πρέπει επίσης να σημειωθεί, πως αυτή η ποσότητα νερού δεν προέρχεται όλη από τη λεκάνη του Κερίτη. Το περισσότερο νερό προέρχεται

από τις πηγές του Ζούρβου που επίσης διαχειρίζεται ο ΟΑΔΥΚ. Δεν είναι ξεκάθαρο το ποσοστό των αναγκών που καλύπτει η λεκάνη του Κερίτη για το Ακρωτήριο αλλά εκτιμάται γύρω στο 30%. Έτσι υπολογίζεται πως το νερό από τη λεκάνη του Κερίτη που δίνεται για την άρδευση του Ακρωτηρίου είναι περί τα 500,000m³ ετησίως.

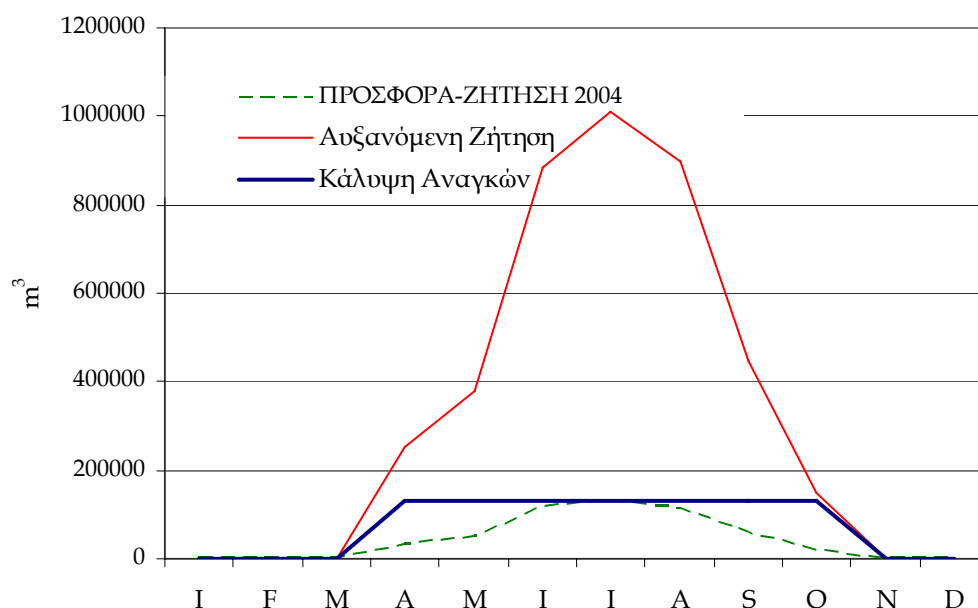
Στη περίπτωση που θα αρδευτούν πλήρως τα 9,700 στρέμματα, και διατηρώντας τη ποσότητα που χρησιμοποιείται από τις πηγές του Ζούρβου ίση με τη σημερινή (δεδομένης της επάρκειας νερού των πηγών και της υποδομής για τη μεταφορά) τότε από την υδρολογική λεκάνη του Κερίτη χρειάζονται για το Ακρωτήριο περί τα 2,7Mm³. Τόσο από εκτιμήσεις ειδικών της ΥΕΒ (Υπηρεσία Εγγείων Βελτιώσεων) και του ΟΑΔΥΚ, όσο και από την επεξεργασία των στοιχείων απόληψης και κατανάλωσης, οι απώλειες των αρδευτικών δικτύων εκτιμώνται περί τα 25%-30%. Άρα για να χρησιμοποιηθεί για άρδευση, ποσότητα 2,7 Mm³ απαιτείται περαιτέρω διαθέσιμο υδατικό δυναμικό, περί τα 3,5 Mm³.

Έτσι, στο διαχειριστικό μοντέλο, αυξήθηκε η ζήτηση στον κόμβο που αντιπροσωπεύει τις αρδευτικές ανάγκες του Ακρωτηρίου κατά 3,5 Mm³ ετησίως. Η αύξηση αυτή ακολούθησε τη μηνιαία κατανομή της σημερινής ζήτησης, καθ' ότι αντιστοιχεί σε αύξηση των αρδευόμενων εκτάσεων. Στο εξεταζόμενο σενάριο δηλαδή 7πλασιάζεται η ζήτηση του Ακρωτηρίου, φτάνοντας τα 950,000-1,000,000m³ στους καλοκαιρινούς μήνες. Το σενάριο αλλαγής της ζήτησης φαίνεται διάγραμμα 7.1



Διάγραμμα 7.1: Αύξηση Αρδευόμενης Ζήτησης Ακρωτηρίου κατά 3,5Mm³

Για την αυξανόμενη ζήτηση, με δεδομένες τις μέγιστες τιμές επιτρεπόμενες παροχής σε κάθε αγωγό, σε ένα κανονικό έτος η εφαρμογή του μοντέλου έδωσε σαν αποτελέσματα την παρουσία ελλειμμάτων της τάξεως των 3,1 Mm³. Αυτό σημαίνει πως ενώ, το Ακρωτήριο, από την λεκάνη του Κερίτη απαιτεί μια ποσότητα περί τα 4 Mm³ νερού, λαμβάνει γύρω στα 900,000 m³. Στο διάγραμμα 7.2 παρουσιάζονται συνοπτικά τα αποτελέσματα της εφαρμογής.



Διάγραμμα 7.2: Αποτελέσματα εφαρμογής για το σενάριο αύξησης άρδευσης Ακρωτηρίου

Οι μέγιστες επιτρεπόμενες παροχές των συνδέσμων στο δίκτυο του μοντέλου έχουν προσδιοριστεί με τέτοιο τρόπο ώστε να προσομοιώνουν όσο το δυνατό καλύτερα το διαχειριζόμενο υδατικό δυναμικό της περιοχής. Έτσι ακόμη και να υπάρχει διαθέσιμο υδατικό δυναμικό, κάθε κόμβος ζήτησης μπορεί να λαμβάνει συγκεκριμένη παροχή, όση και η μέγιστη παροχή του αγωγού που τον συνδέει με τους κόμβους προσφοράς. Γί' αυτό το λόγο η μηνιαία προσφορά σε κάθε κόμβο φτάνει σε μια μέγιστη παροχή αφήνοντας την υπόλοιπη ζήτηση να εμφανίζεται ως έλλειμμα. Αυτό φαίνεται και στο διάγραμμα 7.2. Ο λόγος που καθορίζονται οι μέγιστες παροχές στο σύστημα, είναι για να διαφοροποιηθεί το υδατικού δυναμικό που υπολογίζεται από τις χρονοσειρές παροχής των πηγών, από το πραγματικά διαχειριζόμενο υδατικό δυναμικό.

Αν υπήρχαν πλήρη στοιχεία τόσο απολήψεων όσο και τεχνικών χαρακτηριστικών των δικτύων και μπορούσε να γίνει μια πλήρης υδραυλική

μελέτη, τότε θα μπορούσε να προσδιοριστεί με ακρίβεια η μέγιστη δυνατή παροχетеυτική ικανότητα των αγωγών. Αυτό όμως απαιτεί μια πληθώρα στοιχείων που στη παρούσα φάση δεν είναι διαθέσιμα. Γι' αυτό και στο μοντέλο προσδιορίστηκαν οι Q_{max} προσομοιώνοντας απλά τη διαχείριση των υδατικών πόρων για το 2004.

Στη συνέχεια εξετάστηκε το ίδιο σενάριο ζήτησης χωρίς περιορισμούς στη παροχή που μεταφέρεται στους συνδέσμους. Αυτό έγινε για να εξεταστεί το κατά πόσο το υδατικό δυναμικό της περιοχής (χρονοσειρές παροχής) μπορεί να καλύψει τις περαιτέρω υδατικές ανάγκες. Στη περίπτωση αυτή το δίκτυο δεν έχει περιορισμό στην ικανότητα μεταφοράς και άρα ελλείμματα θα παρουσιαστούν μόνο αν το νερό της περιοχής δεν επαρκεί για να καλύψει τις ανάγκες της.

Σαν αποτελέσματα της εφαρμογής αυτής προέκυψε ότι, αν η συνολική μηνιαία απολήψιμη παροχή από τις πηγές Αγιάς αυξηθεί κατά το κρίσιμο μήνα (Ιούλιο) από $1,6 \text{ Mm}^3$ σε $2,5 \text{ Mm}^3$ σε συνδυασμό με την αύξηση της ικανότητας μεταφοράς νερού από την Αγιά στην αρδευόμενη έκταση του Ακρωτηρίου από $130,000 \text{ m}^3$ σε $1,000,000 \text{ m}^3$, τότε μπορεί η λεκάνη απορροής του Κερίτη να δώσει για άρδευση του Ακρωτηρίου περί τα 4 Mm^3 .

Συμπερασματικά, για το σενάριο της πλήρης άρδευσης του Ακρωτηρίου (9,700 στρέμματα), προέκυψε ότι με τη παρούσα υποδομή απολήψεων από τις πηγές Αγιάς και του δικτύου άρδευσης του Ακρωτηρίου, η πλήρης άρδευση των 9,700 στρεμμάτων είναι ανέφικτη καθώς προκύπτουν ελλείμματα της τάξεως των 3 Mm^3 . Πάρα ταύτα, με αύξηση των απολήψεων από την Αγιά, όπου σύμφωνα με τις χρονοσειρές παροχής υπάρχει περιθώριο τέτοιας αύξησης, σε συνδυασμό με τη βελτίωση και επέκταση του αρδευτικού δικτύου στο Ακρωτήρι είναι δυνατή η πλήρης άρδευση του Ακρωτηρίου.

7.3 ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΖΗΤΗΣΗΣ ΝΕΡΟΥ

Στη συνέχεια εξετάστηκαν τα μελλοντικά σενάρια αλλαγής της αρδευτικής ζήτησης και έγινε μια εκτίμηση της μελλοντικής αύξησης της υδρευτικής ζήτησης.

7.3.1 Αύξηση Αρδευτικής Ζήτησης

Το 2^ο στάδιο του αναπτυξιακού σχεδίου προβλέπει την επέκταση της άρδευσης του Ακρωτηρίου και της περιοχής της Υψηλής Ζώνης Αγιάς -

Κολυμβαρίου. Για το Ακρωτήρι, έχοντας εξασφαλιστεί ότι θα αρδεύονται πλήρως τα 9,700 στρέμματα (χρησιμοποιώντας και νερό από τις πηγές του Ζούρβου) θα γίνει περαιτέρω αύξηση της αρδευόμενης έκτασης με σκοπό να αρδευτούν συνολικά 18,000 στρέμματα στη περιοχή του Ακρωτηρίου. Εκτιμώντας την ετήσια κατανάλωση σε $500\text{m}^3/\text{στρέμμα}$, μιλάμε για μια αύξηση των αρδευτικών απαιτήσεων περί τα 4 Mm^3 . Συμπεριλαμβανομένων και των απωλειών που εκτιμώνται περί το 25%-30%, η παραπάνω ποσότητα αντιστοιχεί χονδρικά σε απόληψη της τάξεως των 5Mm^3 . Για τη περιοχή της υψηλής ζώνης Αγιάς-Κολυμβαρίου υπάρχει η πρόταση για περαιτέρω άρδευση 8,000 στρεμμάτων. Εκτιμάται με τον ίδιο τρόπο, ότι οι μελλοντικές αρδευτικές ανάγκες θα αυξηθούν επίσης κατά 5 Mm^3 .

Έτσι σε σχέση με τη σημερινή κατάσταση για οι αρδευτικές ανάγκες θα είναι αυξημένη κατά $3,5\text{ Mm}^3$ για τη πλήρη άρδευση των 9,700 στρεμμάτων του Ακρωτηρίου αρχικά, και σε δεύτερο στάδιο αυξημένη ακόμη 5Mm^3 νερού στη περιοχή του Ακρωτηρίου και 5Mm^3 νερού για την υψηλή ζώνη Αγιάς-Κολυμβαρίου. Συνολικά δηλαδή αύξηση των αρδευτικών αναγκών περί τα $13,5\text{ Mm}^3$ νερού.

7.3.2 Αύξηση Υδρευτικής Ζήτησης

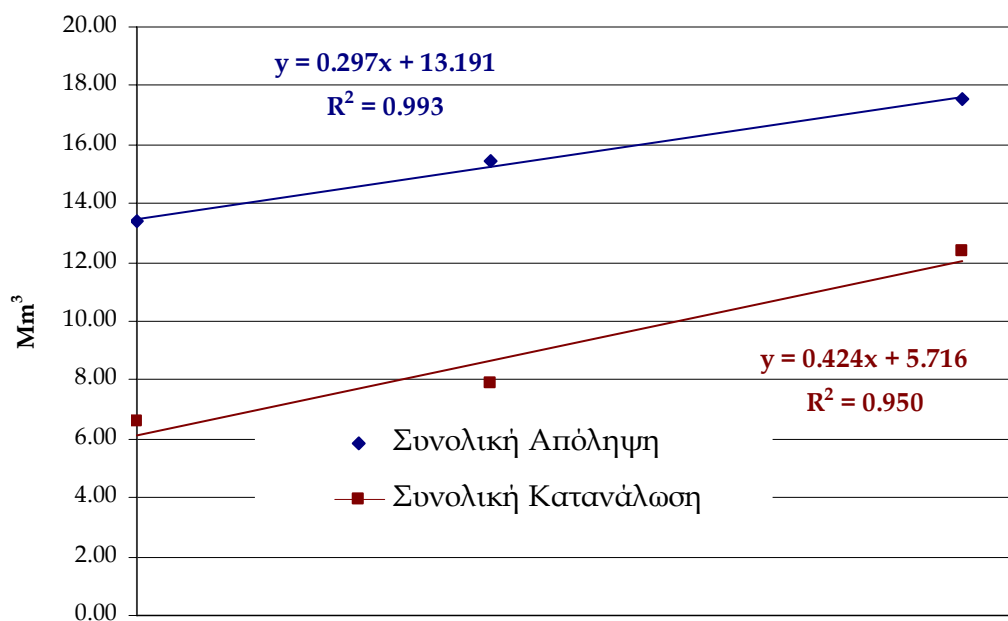
Τα στοιχεία υδρευτικής κατανάλωσης που χρησιμοποιήθηκαν στη μελέτη συλλέχθηκαν από τον ΟΑΔΥΚ και από τη ΔΕΥΑΧ. Τα προηγούμενα χρόνια την ύδρευση της περιοχής τη διαχειριζόταν η ΔΕΥΑΧ, πέρα από τα δικά της αντλιοστάσια έπαιρνε νερό και από αντλιοστάσια του ΟΑΔΥΚ (τα στοιχεία παρατίθενται στο πίνακα 6.4). Τα τελευταία χρόνια η διαχείριση των υδρευτικών αναγκών έχει αλλάξει. Η ΔΕΥΑΧ έχει αναλάβει αποκλειστικά την ύδρευση του Δήμου Χανίων και ένα μεγάλο ποσοστό και των υδρευτικών αναγκών των στρατιωτικών μονάδων που βρίσκονται στο Ακρωτήρι. Ο ΟΑΔΥΚ από την άλλη έχει αναλάβει την ύδρευση των δήμων στη περιοχή των Χανίων. Στο πίνακα 7.1 παρουσιάζονται συγκεντρωμένες οι απολήψιμες ποσότητες νερού για ύδρευση καθώς και οι υδρευτικές καταναλώσεις

Πίνακας 7.1: Διαχείριση Υδρευτικής Ζήτησης

Έτος	Συν. Απόληψη (m^3)	Συν. Κατανάλωση (m^3)	Απώλειες
1990	13,371,799	6,588,477	51%

1996	15,471,127	7,896,377	49%
2004	17,556,529	12,408,038	29%

Με τα στοιχεία αυτά εξετάστηκε αν παρατηρείται κάποια τάση αύξησης της πραγματικής υδρευτικής κατανάλωσης. Όπως φαίνεται και στο διάγραμμα 7.3, τόσο οι απολήψιμες ποσότητες νερού για την εξυπηρέτηση της ύδρευσης, όσο και η υδρευτική κατανάλωση παρουσίασαν αύξηση τα τελευταία 14 χρόνια. Η πραγματική κατανάλωση παρουσιάζει σημαντική αύξηση που μπορεί να εκτιμηθεί ότι είναι της τάξεως των 430,000m³ ανά έτος. Οι απολήψεις εμφανίζουν μικρότερο ρυθμό αύξησης σε σχέση με τη κατανάλωση γεγονός που οφείλεται στη μείωση των απωλειών. Πιθανή μείωση των απωλειών να έχει επιφέρει η ανάπτυξη του δικτύου ύδρευσης του ΟΑΔΥΚ, που εξυπηρετεί του δήμους της περιοχής γύρω από τα Χανιά.



Διάγραμμα 7.3: Τάση αύξησης της απόληψης και κατανάλωσης για την υδρευτική χρήση

Για την εκτίμηση της μελλοντικής υδρευτικής ζήτησης και για να συμπεριληφθούν και οι απώλειες θεωρήθηκε ότι η υδρευτική ζήτηση ακολουθεί την αυξητική τάση που είχαν οι απολήψεις για την άρδευση. Σύμφωνα με την εξίσωση, εκτιμήθηκε ότι για κάθε έτος αυξάνονται οι απολήψεις για την ύδρευση περί τα 300,000m³.

Συνδυάζοντας τα μελλοντικά σενάρια άρδευσης και ύδρευσης (θεωρώντας διάστημα 8 ετών) η συνολική ζήτηση στη περιοχή των Χανίων

εκτιμάται ότι θα έχει μια αύξηση τη τάξεως των 16 Mm³ (13,5 Mm³ για άρδευση και 2,5 Mm³ για ύδρευση)

7.3.3 Εφαρμογή του Μοντέλου για την Μελλοντική Κατάσταση Ζήτησης σε ένα Κανονικό Υδρολογικό Έτος

Η εκτίμηση των μελλοντικών αναγκών σε νερό δόθηκε στο μοντέλο ως καινούργια δεδομένα στους κόμβους χρήσης νερού. Η αύξηση της αρδευτικής ζήτησης περιορίστηκε στους κόμβους που αντιπροσωπεύουν την άρδευση του Ακρωτηρίου και της υψηλής ζώνης Αγιάς-Κολυμβαρίου, και κατανεμήθηκε στους μήνες ζήτησης με την ίδια τυπική κατανομή που είχε χρησιμοποιηθεί και στις προηγούμενες εφαρμογές. Για τις υδρευτικές ανάγκες έγιναν οι εξής παραδοχές. Αρχικά θεωρήθηκε ότι η υδρευτική ζήτηση μεταβάλλεται ομοιόμορφα μέσα στο έτος σε κάθε δήμο. Δηλαδή παρουσιάζεται σε όλους τους μήνες του έτους με μια κατανομή ανάλογη της διακύμανσης της υδρευτικής ζήτησης. Επίσης θεωρήθηκε ότι η αύξηση σε κάθε δήμο αποτελεί ποσοστό της συνολικής αύξησης. Το ποσοστό αυτό είναι το ίδιο με το ποσοστό της τωρινής υδρευτικής κατανάλωσης του κάθε δήμου σε σχέση με τη συνολική. Οι ποσότητες καθώς και το ποσοστό αυτό δίνεται στο πίνακα 7.2

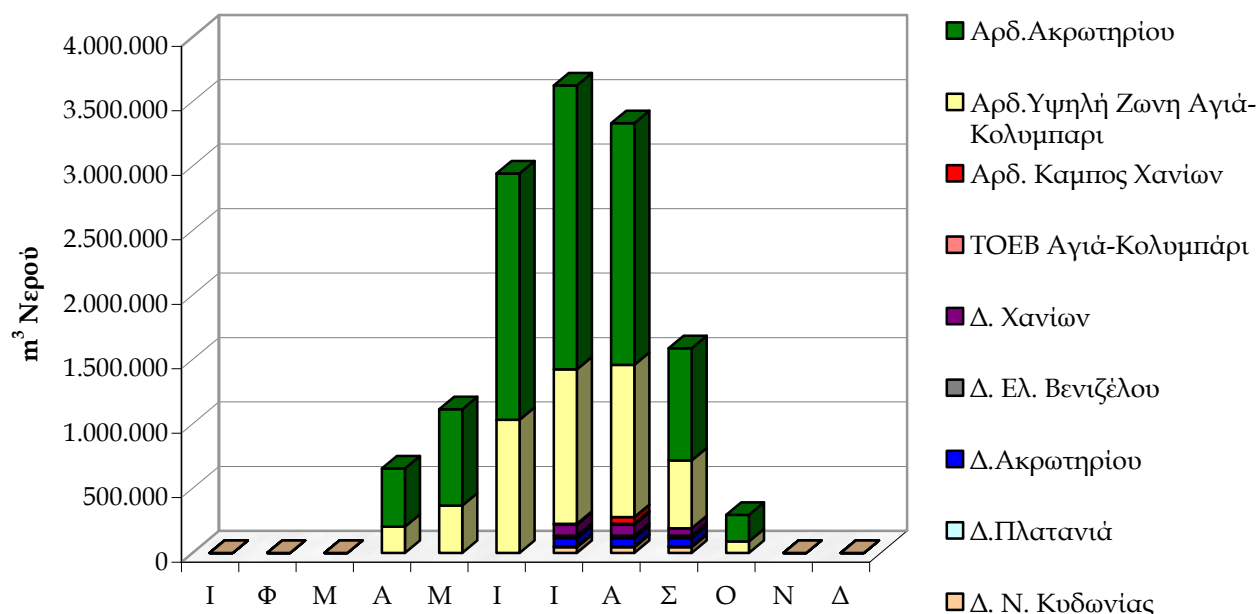
Πίνακας 7.2: Μελλοντικό Σενάριο Υδρευτικής Ζήτησης

Κύριοι Υδρευόμενοι Δήμοι	% Συνολικής Αύξηση	Αύξηση Κατανάλωσης (m ³)
Δ. Χανίων	36%	864,135
Δ. Ακρωτηρίου	22%	516,030
Δ. Πλατανιά	7%	167,227
Δ. Νέας Κυδωνίας	15%	361,685
Δ. Σούδας	8%	184,991
Δ. Ελ Βενιζέλου	13%	305,933

Το μοντέλο σε μηνιαίο βήμα σύμφωνα με τις μηνιαίες παροχές των πηγών, τις μηνιαίες παροχές ζήτησης, τον τρόπο που συνδέονται οι κόμβοι μεταξύ τους καθώς και τις προτεραιότητες που εισάγονται για κάποιους κόμβους ζήτησης (η υδρευτική ζήτηση έχει προτεραιότητα σε σχέση με την αρδευτική) λύνει ένα σύνολο εξισώσεων με επαναληπτική διαδικασία ώστε να γίνει η βέλτιστη κατανομή-διαχείριση του νερού ώστε, αν όχι να εξαλειφθούν, να ελαχιστοποιηθούν τα ελλείμματα νερού.

Στη συγκεκριμένη εφαρμογή η συνολική ζήτηση στους κόμβους έχει αυξηθεί σημαντικά, κατά 16 Mm³, ενώ η δυνατότητα άντλησης νερού και

μεταφοράς προσομοιώνει το έτος 2004. Έτσι οι αγωγοί μεταφοράς του δικτύου έχουν περιορισμό στη παροχή νερού που μπορούν να μεταφέρουν. Τα αποτελέσματα της εφαρμογής αυτής δίνονται συνοπτικά στο διάγραμμα 7.4 που ακολουθεί, όπου φαίνεται η μηνιαία κατανομή των ελλειμμάτων καθώς και οι κόμβοι στους οποίους παρουσιάζονται.



Διάγραμμα 7.4: Ελλείμματα στο Σύστημα για το Σενάριο της Μελλοντικής Ζήτησης με Περιορισμούς στη Παροχευτικότητα του Δικτύου.

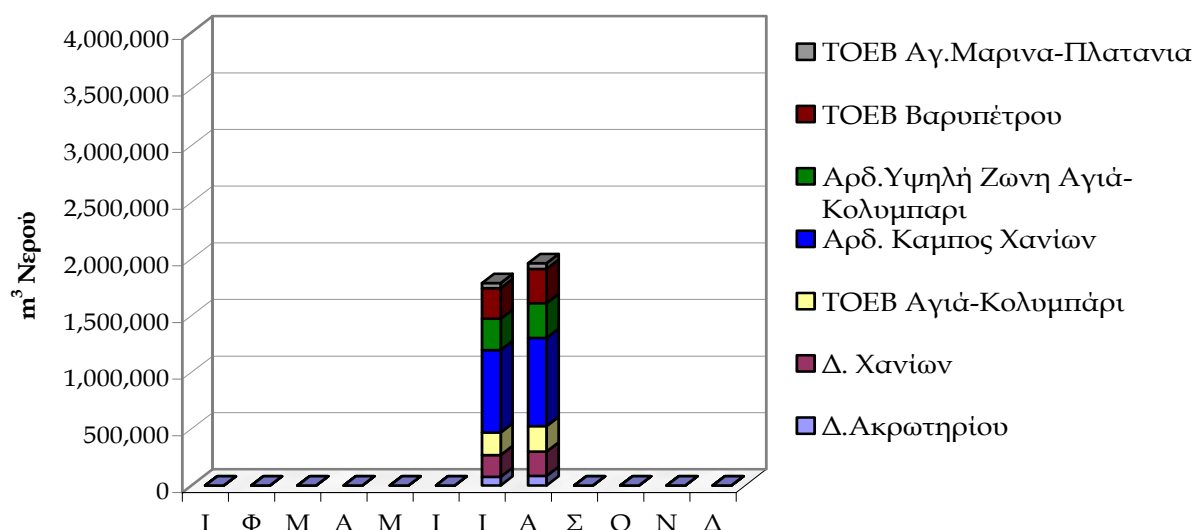
Έτσι στη περίπτωση αυτή, θεωρώντας ότι οι περιορισμοί που τεθήκαν στους αγωγούς του μοντέλου αντιπροσωπεύουν τη λειτουργία των υπάρχοντων δικτύων, τότε σε αύξηση της ζήτησης κατά 16 Mm³ θα εμφανιστούν ελλείμματα της τάξεως των 14 Mm³ περίπου. Στο σενάριο αυτό η ζήτηση είναι περί τα 31,5 Mm³ αρδευτική και 24,5 Mm³ υδρευτική. Το 95% των ελλειμμάτων που παρουσιάζονται, είναι στην άρδευση και δει εκεί όπου έγινε η μεγάλη αύξηση της ζήτησης, στο Δ. Ακρωτηρίου και στην Υψηλή Ζώνη Αγιάς-Κολυμβαρίου δηλαδή, ενώ το 5% εμφανίζεται στην ύδρευση.

Στο σενάριο αυτό, επιβεβαιώνεται η λογική σκέψη, ότι για μια τέτοια επέκταση της αρδευόμενης έκτασης στο μέλλον δυο πράγματα πρέπει να εξασφαλιστούν. Αφενός να υπάρχει διαθέσιμο υδατικό δυναμικό ικανό να καλύψει τις εκάστοτε υδατικές ανάγκες και αφετέρου η τεχνική υποδομή να είναι τέτοια ώστε να μπορούν να αντληθούν οι ποσότητες αυτές και να μεταφερθούν. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, ακόμη και να υπάρχει

κατάλληλο υδατικό δυναμικό με το υπάρχον δίκτυο δεν μπορεί να αξιοποιηθεί.

Σε επόμενη εφαρμογή του μοντέλου δεν δόθηκαν περιορισμοί στους αγωγούς του δικτύου. Στη περίπτωση αυτή έχουμε θεωρητικά εξασφαλίσει την ύπαρξη ενός ιδανικού δικτύου που μπορεί να αντλεί και να μεταφέρει όσο διαθέσιμο νερό υπάρχει ανάλογα με τις ανάγκες ζήτησης. Στην ουσία, με την εφαρμογή αυτή, εξετάζεται το αν υπάρχει, βάσει των χρονοσειρών παροχής, το διαθέσιμο υδατικό δυναμικό.

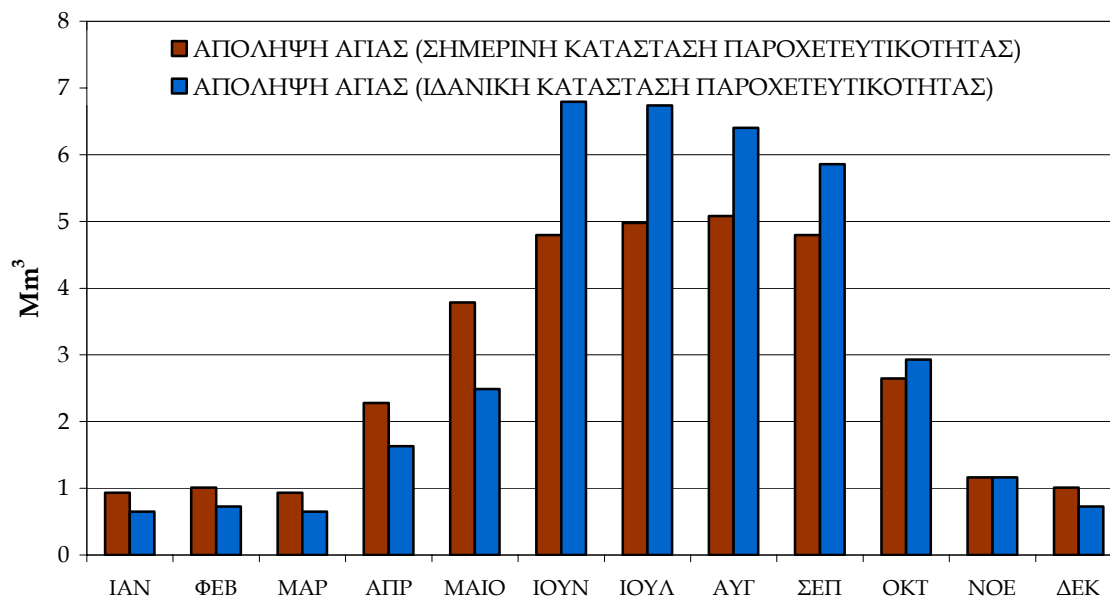
Το σενάριο αυτό αποτελεί μια πρόταση για τη πλήρη εκμετάλλευση των επιφανειακών νερών. Στις παροχές της Αγιάς βέβαια συμπεριλαμβάνονται και οι ποσότητες που αντλούνται ανάντι από τις εκβολές τους από τις γεωτρήσεις του ΟΑΔΥΚ. Αυτό όμως το νερό δεν είναι υπόγειο καθώς θα ήταν εκβαλλόμενη ποσότητα αν δεν υπήρχαν οι αντλήσεις. Συμπεριλαμβανομένου τη ποσότητα αυτή, και χρησιμοποιώντας με το βέλτιστο τρόπο τις μηνιαίες παροχές τις Αγιάς και των Μεσκλών, το μοντέλο δίνει τα παρακάτω αποτελέσματα. Στο διάγραμμα 7.5 όπου πάλι φαίνεται η μηνιαία κατανομή των ελλειμμάτων καθώς και οι κόμβοι στους οποίους παρουσιάζονται.



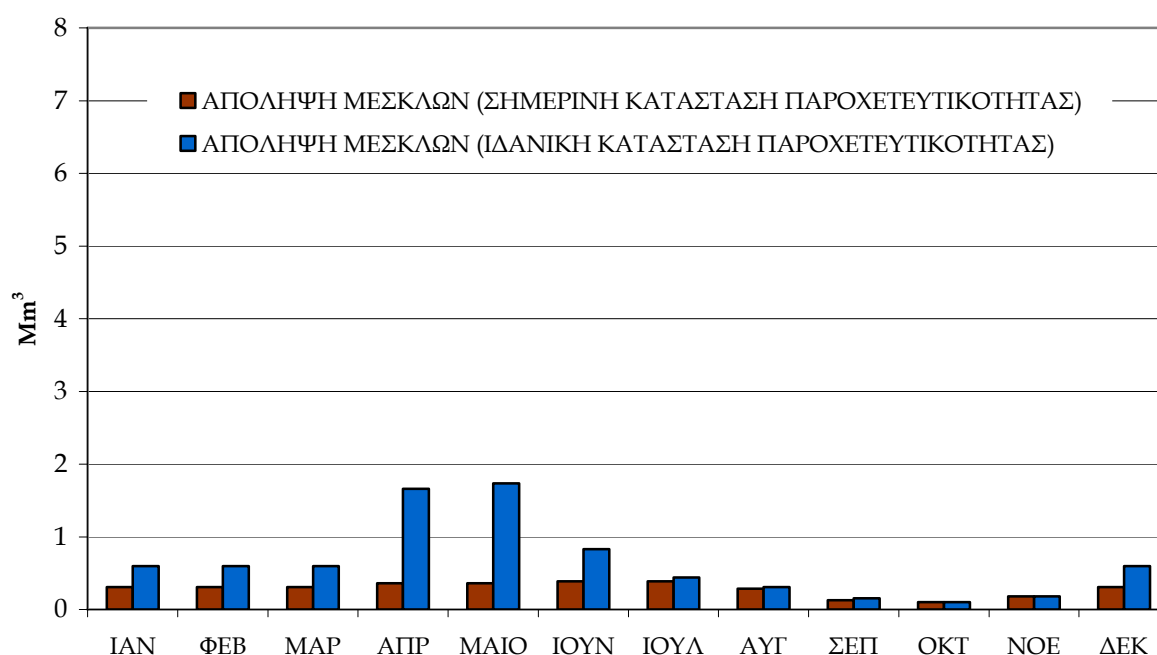
Διάγραμμα 7.5: Ελλείμματα στο Σύστημα για το Σενάριο της Μελλοντικής Ζήτησης Χωρίς Περιορισμούς στη Παροχευετικότητα του Δικτύου.

Στη περίπτωση αυτή η εκμετάλλευση της Αγιάς και των Μεσκλών έχει διαφοροποιηθεί σημαντικά σε σχέση με τη σημερινή κατάσταση (διάγραμμα 7.6 και 7.7). Έτσι όπως φαίνεται στο διάγραμμα 7.6 μπορεί να

εκμεταλλευτεί από την Αγιά περισσότερο κατά 1-1,5 Mm³.νερό κατά τους κρίσιμους καλοκαιρινούς μήνες.



Διάγραμμα 7.6: Σύγκριση Απολήψεων Αγιάς για τη σημερινή και μελλοντική ζήτηση με δίκτυο χωρίς περιορισμούς παροχτευτικότητας



Διάγραμμα 7.7: Σύγκριση Απολήψεων Μεσκλών για τη σημερινή κατάσταση και μελλοντική ζήτηση με δίκτυο χωρίς περιορισμούς παροχτευτικότητας

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του μοντέλου φαίνεται ότι λόγω αυξημένης ζήτησης μπορεί να εκμεταλλευτεί μεγαλύτερη ποσότητα νερού από την Αγιά κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, καθώς και από τα Μεσκλά κατά

τους χειμερινούς. Τα Μεσκλά δεν έχουν σημαντική απορροή το καλοκαίρι. Το χειμώνα όμως, σύμφωνα με τη διαχείριση του μοντέλου, μπορεί η ύδρευση της περιοχής των Χανίων (γύρω δήμοι) να εξασφαλιστεί ολοκληρωτικά από τα Μεσκλά ελλοτώνοντας τη χειμερινή απόληψη από την Αγιά. Στη πραγματικότητα αυτό θα είχε την έννοια του εμπλουτισμού των αποθεμάτων της Αγιάς κατά τους χειμερινούς μήνες, ούτως ώστε να αξιοποιηθεί περαιτέρω το καλοκαίρι.

Σύμφωνα με αυτή την εφαρμογή, όπως φαίνεται και στο διάγραμμα 7.5 τα ελλείμματα συγκεντρώνονται κατά τους κρίσιμους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο παρουσιάζοντας ένα συνολικό έλλειμμα της τάξεως των 4Mm³. Το 85% των ελλειμμάτων που παρουσιάζονται είναι στην άρδευση, ενώ το 15% εμφανίζεται στην ύδρευση.

Στο σενάριο αυτό εξετάστηκε η επάρκεια του υδατικού δυναμικού για μια σημαντικά αυξημένη μελλοντική ζήτηση, θεωρώντας δεδομένη την απαιτούμενη υποδομή για τη βέλτιστη εκμετάλλευση του. Βρέθηκε ότι το σύστημα παρέχει τη δυνατότητα εκμετάλλευσης σημαντικά μεγαλύτερης ποσότητας νερού σε σχέση με τη σημερινή (περί τα 10Mm³). Παρ' όλα αυτά όμως κατά τους κρίσιμους μήνες, όπου οι αρδευτικές ανάγκες είναι πολύ μεγάλες αδυνατεί να τις καλύψει πλήρως.

Στη παρακάτω παράγραφο εξετάζονται δυο προτάσεις για την αύξηση του διαθέσιμου υδατικού δυναμικού.

7.4 ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΑ ΣΕΝΑΡΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΠΡΟΣΦΟΡΑΣ ΝΕΡΟΥ

Όπως προέκυψε από την εξέταση των παραπάνω σεναρίων σε ένα κανονικό έτος, ακόμη και να υπάρξει πλήρης εκμετάλλευση της εκφόρτισης των πηγών, η μελλοντική ζήτηση δεν μπορεί να καλυφθεί πλήρως κατά τους κρίσιμους μήνες Ιούλιο-Αύγουστο. Παρουσιάζεται συνολικά για τους μήνες αυτούς έλλειμμα της τάξεως των 4Mm³. Για τη κάλυψη αυτού του ελλείμματος εξετάζονται οι παρακάτω προτάσεις.

7.4.1 Περαιτέρω Αναρύθμιση των Πηγών Αγιάς

Οι αντλήσεις στη περιοχή των Μυλωνιανών συντελούν στην αναρρύθμιση των πηγών της Αγιάς. Το νερό που αντλείται στα Μυλωνιανά αποτελεί νερό που θα υπερχείλιζε φυσικά, κατάντι των γεωτρήσεων, στη θέση των πηγών. Σε προηγούμενες μελέτες αναφέρεται πως πέρα από το

ρυθμιστικό απόθεμα των πηγών υπάρχει και ένα μόνιμο απόθεμα. Η ποσότητα των μόνιμων αποθεμάτων δεν έχει ακόμη εκτιμηθεί από κάποια μελέτη. Η υδροφορία πάντως των πηγών λειτουργεί σαν μια υπόγεια δεξαμενή που υπερχειλίζει. Υπάρχει δυνατότητα να αυξηθούν οι απολήψεις από τα ρυθμιστικά αποθέματα των πηγών δηλαδή να γίνει ακόμη μεγαλύτερη αναρρύθμιση των πηγών. Η αναπλήρωση των ρυθμιστικών αποθεμάτων θα πραγματοποιείται κατά τον Οκτώβριο έως το Δεκέμβριο σε βάρος της υπερχειλίσσης των πηγών. Θα λειτουργεί σαν ένας υπόγειος ταμιευτήρας δηλαδή. Αυτή άλλωστε είναι και η λογική της αναρύθμισης που ορίζει πως ο υπόγειος ταμιευτήρας «αδειάζετε» το καλοκαίρι που οι ανάγκες είναι μεγάλες και επαναφορτίζετε το χειμώνα μειώνοντας έτσι και τις διαφυγές του νερού προς τη θάλασσα.

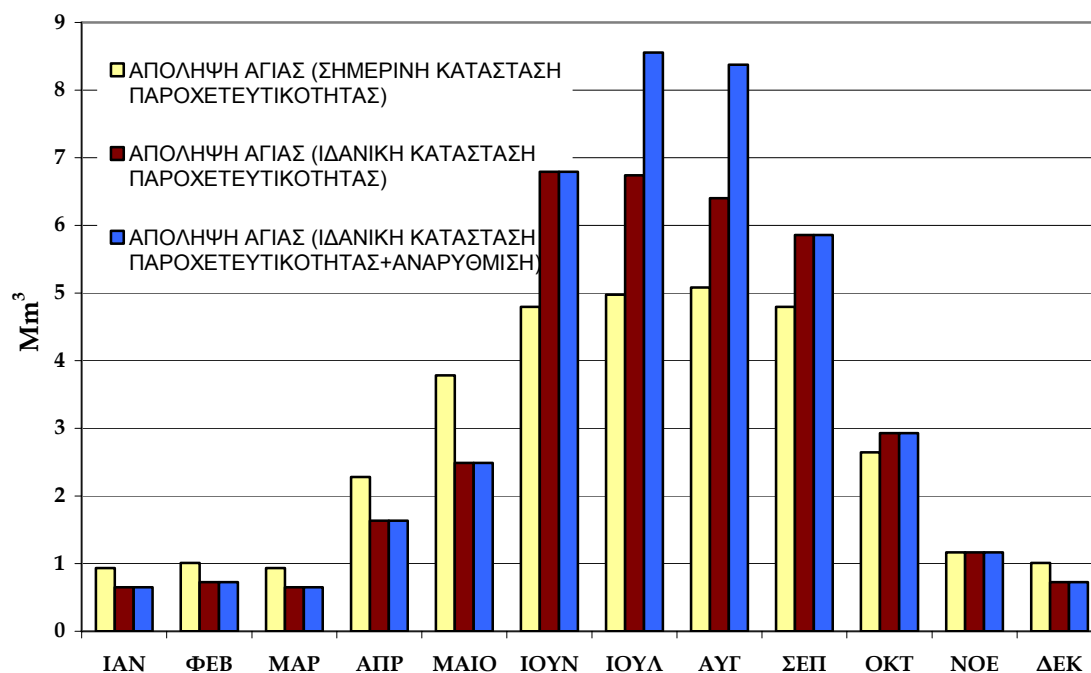
Εξετάζεται η περίπτωση που κατά τους κρίσιμους μήνες Ιούλιο-Αύγουστο αυξηθούν οι αντλήσεις των γεωτρήσεων κατά 2-2,1 Mm³ προκειμένου να καλυφθεί το έλλειμμα των 4 Mm³ που δημιουργείται ακόμη και στη περίπτωση που γίνει βέλτιστη εκμετάλλευση του επιφανειακού υδατικού δυναμικού της Αγιάς και των Μεσκλών. Στη περίπτωση αυτή κατά τους κρίσιμους μήνες συνολικά η απόληψη από την Αγιά (φυσική εκφόρτιση και άντληση) θα φτάσει περί τα 3,300 lt/sec.

Συνοπτικά, για τη κάλυψη της μελλοντικής ζήτησης, θα πρέπει να υπάρξει αύξηση των απολήψεων από την Αγιά περί τα 10 Mm³. Σύμφωνα με τις διαθέσιμες χρονοσειρές παροχής της Αγιάς που χρησιμοποιεί το μοντέλο, το 60% αυτής της αύξησης αποτελεί περαιτέρω αύξηση της φυσικής εκροής ενώ περί τα 4 Mm³ θα πρέπει να είναι περαιτέρω άντληση από γεωτρήσεις. Στη πραγματικότητα αυτό δε θα είναι ακριβώς έτσι. Υπεράντληση, σε σχέση με σήμερα, από γεωτρήσεις ανάντι της εκροής των πηγών, πιθανών να μειώσει τη φυσική εκροή των πηγών. Αυτό θα σημαίνει πως ένα ποσοστό της εκμετάλλευσης της φυσικής εκροής ίσως χρειαστεί να γίνει με γεωτρήσεις μικρού βάθους. Σύμφωνα με προηγούμενη μελέτη πάντως, ο συντελεστής στέρησης της Αγιάς προκύπτει πολύ μικρός και έτσι δύσκολα θα διακοπεί η φυσική ροή [7]. Αν αυτό συμβεί θα είναι για πολύ μικρό χρονικό διάστημα και τότε θα είναι που θα χρειαστεί να εξασφαλιστεί η ποσότητα που λαμβάνουν τα αντλιοστάσια της ΔΕΥΑΧ και ΤΟΕΒ Βαρυπέτρου, μέσω γεωτρήσεων. Στη περίπτωση αυτή όμως θα έχει εκμεταλλευτεί 10 Mm³ περισσότερο νερό από την Αγιά κατά τους καλοκαιρινούς μήνες.

Στον πίνακα 7.3 φαίνεται η εκμετάλλευση των πηγών Αγιάς κατά τους καλοκαιρινούς μήνες έτσι όπως προέκυψε από το Ribasim, δεδομένης της περαιτέρω εκμετάλλευσης και των πηγών στα Μεσκλά κατά τους χειμερινούς μήνες (διάγραμμα 7.7). Στο διάγραμμα 7.8 φαίνεται η αύξηση των μηνιαίων απολήψεων από την Αγιά για τα εξεταζόμενα σενάρια σε σχέση με τη σημερινή κατάσταση.

Πίνακας 7.3: Αξιοποίηση της Αγιάς στα εξεταζόμενα σενάρια (Ιούνιος-Σεπτέμβριος)

Σημερινή Κατάσταση	Πλήρης Αξιοποίηση Φυσικής Υπερχείλισης	Πλήρης Αξιοποίηση Φυσικής Υπερχείλισης + Περαιτέρω Αναρύθμιση
20 Mm ³	26 Mm ³	30 Mm ³



Διάγραμμα 7.8: Εκμετάλλευση Αγιάς για τα Διάφορα Σενάρια

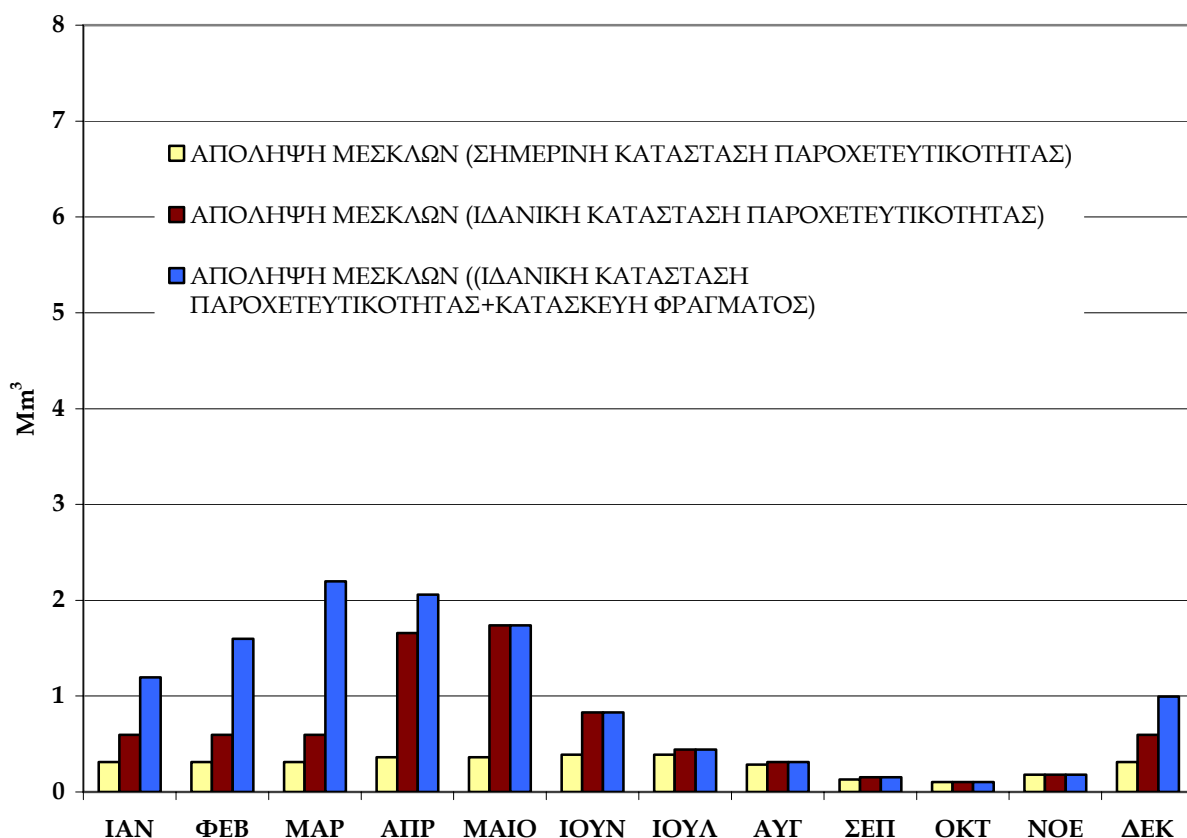
7.4.2 Λειτουργία Φράγματος

Στη παράγραφο αυτή αναφέρονται τα αποτελέσματα του εναλλακτικού σεναρίου που βασίζεται στο προγραμματισμό του ΟΑΔΥΚ για τη δημιουργία φράγματος συγκέντρωσης των χειμερινών εκροών των πηγών των Μεσκλών. Η εφαρμογή του Ribasim, όπου το δίκτυο είναι χωρίς περιορισμούς αξιοποιώντας με το καλύτερο τρόπο τις διαθέσιμες χρονοσειρές παροχής (παράγραφος 7.3.3, σελ. 136), προτείνει τη περαιτέρω αξιοποίηση της παροχής

των Μεσκλών κατά τους χειμερινούς μήνες για άρδευση. Πέρα όμως από αυτό μελετάται, το κατά πόσο είναι εφικτό, το έλλειμμα των 4 Mm³ κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, να καλυφθεί με τη λειτουργία ενός φράγματος όπου θα συγκεντρώνονται οι χειμερινές εκροές των πηγών Μεσκλών. Στη περίπτωση αυτή σύμφωνα με τα αποτελέσματα του μοντέλου, κατά τους χειμερινούς μήνες θα πρέπει να αξιοποιηθούν οι πηγές των Μεσκλών περισσότερο για υδρευτική ζήτηση το χειμώνα αλλά και για αποθηκευτική ποσότητα νερό στο φράγμα που θα αξιοποιηθεί το καλοκαίρι.

Πίνακας 7.4: Αξιοποίηση των Μεσκλών στα εξεταζόμενα σενάρια

Σημερινή Κατάσταση	Πλήρης Αξιοποίηση Φυσικής Υπερχείλισης	Πλήρης Αξιοποίηση Φυσικής Υπερχείλισης + Περαιτέρω Αναρύθμιση
3,4 Mm³	7,8 Mm³	11,8 Mm³



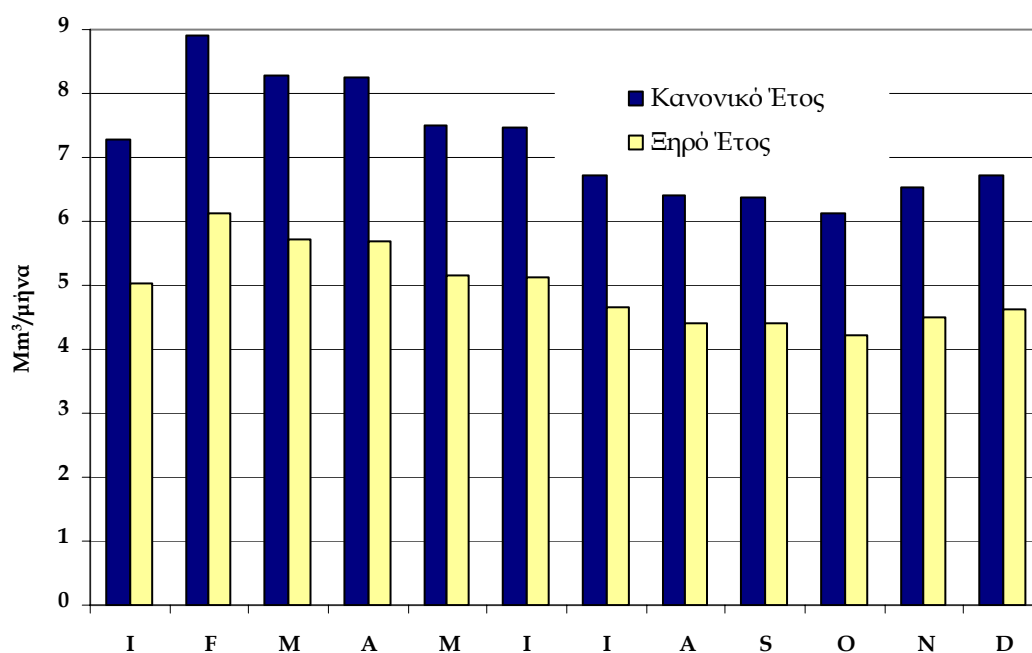
Διάγραμμα 7.9: Εκμετάλλευση Μεσκλών για τα Διάφορα Σενάρια

Στο σενάριο αυτό, σχεδόν τετραπλασιάζεται η ετήσια απώληση από τα Μεσκλά, φτάνοντας περί τα 12 Mm³. Πέρα από τη κατασκευή του φράγματος, θα χρειαστεί να επεκταθεί ο τωρινός αγωγός φυσικής ροής που «κατεβάζει» το νερό από τα Μεσκλά στο κάμφο Χανίων ούτως ώστε να καλυφθεί όλη η

ύδρευση από τα Μεσκλά. Υπενθυμίζεται εδώ πως οι χρονοσειρές παροχής των Μεσκλών παρουσιάζουν σημαντική διακύμανση μεταξύ των ετών. Έτσι το ερώτημα που τίθεται στη περίπτωση αυτή είναι το αν μπορεί να εξασφαλιστεί αυτή η απόληψη από τα Μεσκλά δεδομένου της μεγάλης διακύμανσης που παρουσιάζει η παροχή τους.

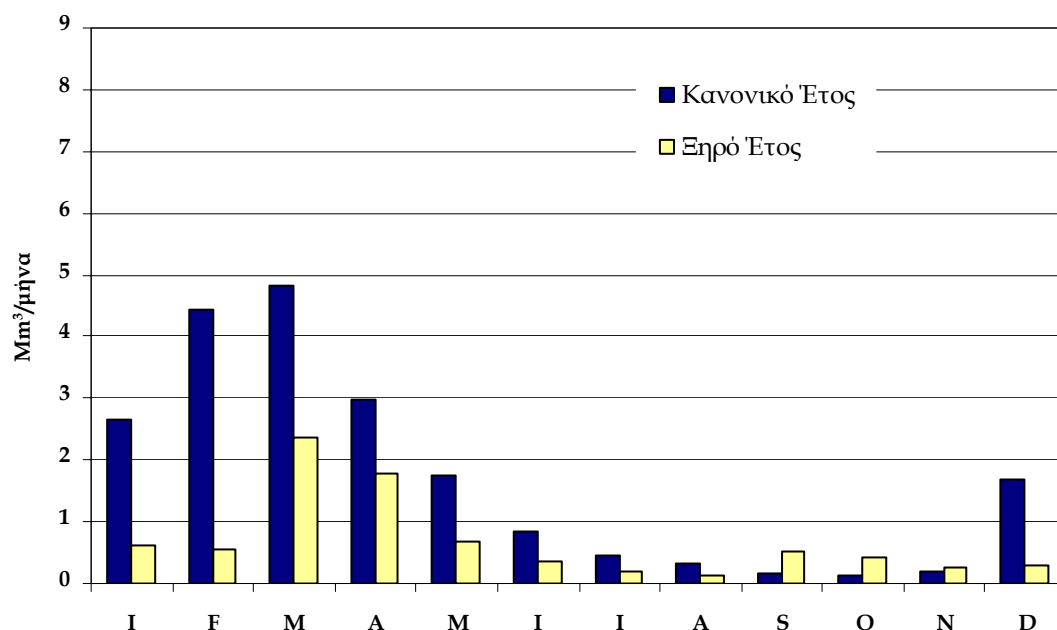
7.4.3 Εξέταση Ξηρού Υδρολογικού έτους 1989/90

Έπειτα από την εξέταση των εναλλακτικών σεναρίων αλλαγής στη προσφορά νερού στο σύστημα, εξετάστηκε και η ακραία περίπτωση ενός υδρολογικού έτους. Από τις χρονοσειρές βροχόπτωσης αλλά και παροχής των πηγών το ξηρότερο υδρολογικό έτος εμφανίζεται τη χρονιά 1989/90. Στα διαγράμματα 7.10 και 7.11 δίνονται συγκριτικά οι μηνιαίες παροχές της Αγιάς και των Μεσκλών στο κανονικό και το ξηρό έτος.



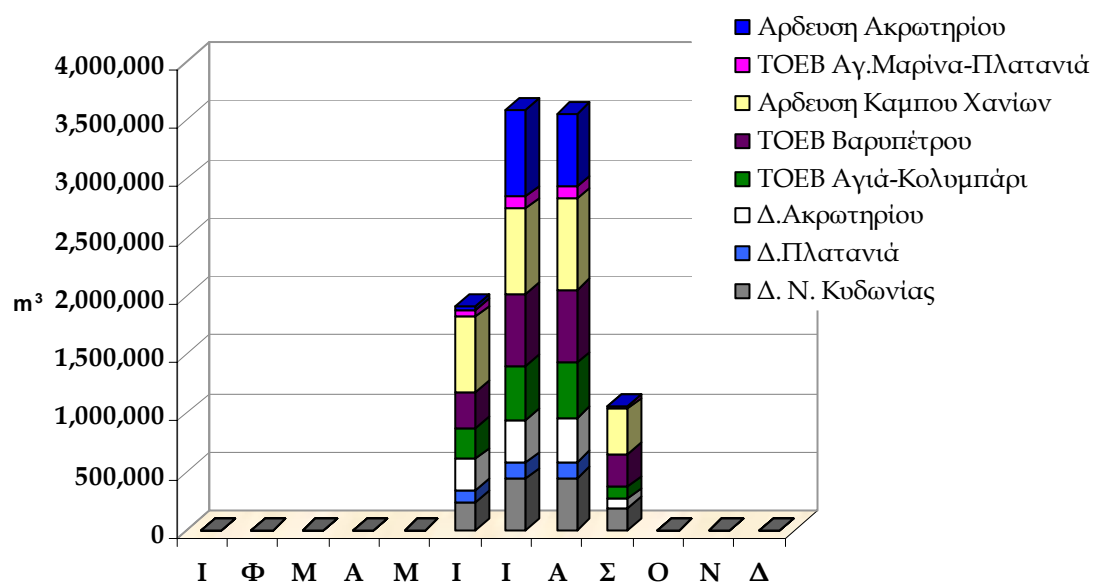
Διάγραμμα 7.10: Μηνιαίες Παροχές Αγιάς για ένα Κανονικό και ένα Ξηρό Έτος

Η ετήσια παροχή της Αγιάς στο έτος αυτό είναι 59,6 Mm³, ενώ για τα Μεσκλά φτάνει μόλις τα 8,2 Mm³.



Διάγραμμα 7.11: Μηνιαίες Παροχές Μεσκλών για ένα Κανονικό και ένα Ξηρό Έτος

Παρατηρείται πως το υδατικό δυναμικό για αυτό το έτος είναι πολύ μικρό σε σχέση με ένα κανονικό έτος. Η εφαρμογή του μοντέλου χωρίς περιορισμούς στο δίκτυο, αντίστοιχη εφαρμογή δηλαδή με της παραγράφου 7.3.3, ούτως ώστε να εξεταστεί το περιθώριο κάλυψης των αναγκών από τη φυσική εκροή των πηγών έδωσε τα αποτελέσματα του διαγράμματος 7.12



Διάγραμμα 7.12: Ελλείμματα στο Σύστημα για το Σενάριο της Μελλοντικής Ζήτησης Χωρίς Περιορισμούς στη Παροχευετικότητα του Δικτύου για το ξηρό έτος 89/90

Τα ελλείμματα στο ακραίο ξηρό έτος φτάνουν τα 10,2 Mm³. Δηλαδή, ακόμη και με ένα δίκτυο που θα μπορούσε να αξιοποιήσει κάθε δυνατότητα του υδατικού δυναμικού, δε θα επαρκούσε αυτό για τη κάλυψη της μελλοντικής ζήτησης. Στη περίπτωση αυτή, η ύπαρξη ενός φράγματος δε θα ευνοούσε ιδιαίτερα τη κατάσταση καθώς η παροχή των Μεσκλών είναι κατά πολύ περιορισμένη και η αξιοποίηση της θα αφορούσε κυρίως την άρδευση της περιοχής γύρω από τα Μεσκλά. Επομένως τίθεται το ερώτημα αν θα μπορούσε να αξιοποιηθεί ένα σύστημα γεωτρήσεων ώστε να γίνουν περαιτέρω απολήψεις από το ρυθμιστικό απόθεμα της Αγιάς κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Εδώ απαντάται ξανά η ανάγκη για μεγαλύτερη γνώση της έκτασης και του δυναμικού της υπόγειας υδροφορίας των πηγών της Αγιάς.

7.5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Ανακεφαλαιώνοντας, το υδατικό επιφανειακό δυναμικό της υδρολογικής λεκάνης του Κερίτη που αξιοποιείται σήμερα είναι περί τα **34 Mm³** νερού. Από αυτά, 31Mm³ είναι νερό από το ρυθμιστικό απόθεμα της Αγιάς και περί τα 3 Mm³ αποτελεί νερό από τις πηγές των Μεσκλών. Εκτιμάται πως αξιοποιούνται και περί τα 10 Mm³ από την υπόγεια υδροφορία της προσχωματικής έκτασης του Κερίτη, κυρίως για αρδευτική χρήση.

Δεδομένης της ανεπαρκούς άρδευσης του Ακρωτηρίου, αρχικά εξετάστηκε η δυνατότητα του υδατικού δυναμικού της περιοχής να καλύψει τη πλήρη άρδευση του. Για τη πλήρη άρδευση των 9,700 στρεμμάτων του Ακρωτηρίου, προβλέποντας τις απώλειες και συνυπολογίζοντας και την υπάρχουσα συνεισφορά από τις πηγές του Ζούρβου, απαιτείται περαιτέρω διαθέσιμο υδατικό δυναμικό της τάξεως των 3,5 Mm³. Από την εφαρμογή του μοντέλου προέκυψε πως η αδυναμία για κάλυψη αυτής της αυξημένης ζήτησης έγκειται στην ανεπάρκεια του ευρύτερου δικτύου μεταφοράς από την Αγιά προς το Ακρωτήρι. Υπάρχει δηλαδή περιθώριο αύξησης της απολήψιμης ποσότητας κατά 3,5 Mm³ από την Αγιά κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Αν υπάρξει η υποδομή για την αξιοποίηση της δυνατότητας αυτής, και εξασφαλίζοντας την παροχευτική ικανότητα ενός δικτύου από την Αγιά στο Ακρωτήρι, τότε θα μπορεί να αρδευτεί πλήρως το Ακρωτήρι χωρίς να εμφανίζονται ελλείμματα.

Στη συνέχεια εξετάστηκε ένα μελλοντικό αναπτυξιακό σχέδιο για τη περιοχή σύμφωνα με το οποίο προβλέπεται η επέκταση της αρδευόμενης έκτασης για τις περιοχές του Ακρωτηρίου και της υψηλής ζώνης Αγιάς-Κολυμβαρίου. Σε συνδυασμό με την αύξηση της αρδευτικής ζήτησης έγινε και μια πρόβλεψη για αύξηση της μελλοντικής υδρευτικής ζήτησης. Στη περίπτωση αυτή η συνολική αύξηση της ζήτησης για τη περιοχή θα είναι της τάξεως των 16 Mm³. Σύμφωνα με τις υπάρχουσες υποδομές του δικτύου και των απολήψιμων έργων, μια τέτοια αύξηση θα προκαλούσε ελλείμματα της τάξεως των 14 Mm³. Εξετάζοντας τα περιθώρια του διαθέσιμου υδατικού δυναμικού, προκύπτει πως τόσο η Αγιά όσο και τα Μεσκλά έχουν τα περιθώρια περαιτέρω αξιοποίησης.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του μοντέλου μπορεί να εκμεταλλευτεί μεγαλύτερη ποσότητα νερού από την Αγιά κατά τους καλοκαιρινούς μήνες (1-1,5 Mm³ μηνιαία), καθώς και από τα Μεσκλά κατά τους χειμερινούς (περί τα 4 Mm³ ετησίως). Τα Μεσκλά δεν έχουν σημαντική απορροή το καλοκαίρι. Το χειμώνα όμως, σύμφωνα με τη διαχείριση του μοντέλου, μπορεί η ύδρευση της περιοχής των Χανίων (γύρω δήμοι) να εξασφαλιστεί ολοκληρωτικά από τα Μεσκλά ελατώνοντας η χειμερινή απόληψη από την Αγιά. Στη πραγματικότητα αυτό θα είχε την έννοια του εμπλουτισμού των αποθεμάτων της Αγιάς κατά τους χειμερινούς μήνες, ούτως ώστε τη περαιτέρω εκμετάλλευση της κατά το καλοκαίρι. Στο σενάριο αυτό εξετάστηκε η επάρκεια του επιφανειακού υδατικού δυναμικού για μια σημαντικά αυξημένη μελλοντική ζήτηση, θεωρώντας δεδομένη την απαιτούμενη υποδομή για τη βέλτιστη εκμετάλλευση του. Βρέθηκε ότι το σύστημα παρέχει τη δυνατότητα εκμετάλλευσης σημαντικά μεγαλύτερης ποσότητας νερού σε σχέση με τη σημερινή (περί τα 10Mm³). Παρ' όλα αυτά όμως κατά τους κρίσιμους μήνες, όπου οι αρδευτικές ανάγκες είναι πολύ μεγάλες αδυνατεί να τις καλύψει πλήρως παρουσιάζοντας ελλείμματα της τάξεως των 4 Mm³.

Για την κάλυψη των ελλειμμάτων αυτών, στη συνέχεια εξετάστηκαν δύο προτάσεις διαχείρισης του υδατικού δυναμικού. Στη πρώτη περίπτωση εξετάζεται η περαιτέρω αναρύθμιση των πηγών της Αγιάς, αύξηση δηλαδή των απολήψεων από τα ρυθμιστικά αποθέματα των πηγών. Η αναπλήρωση των ρυθμιστικών αποθεμάτων θα πραγματοποιείται κατά τον Οκτώβριο έως το Δεκέμβριο σε βάρος της υπερχειλίσης των πηγών. Σύμφωνα με τη λογική της αναρύθμισης επιτυγχάνεται η λειτουργία ταμιευτήρα στη φυσική υπόγεια δεξαμενή της Αγιάς. Κατά τους κρίσιμους μήνες Ιούλιο-Αύγουστο αυξάνονται

οι αντλήσεις των γεωτρήσεων κατά 2-2,1 Mm³ προκειμένου να καλυφθεί το έλλειμμα των 4 Mm³ που δημιουργείται ακόμη και στη περίπτωση που γίνει βέλτιστη εκμετάλλευση του επιφανειακού δυναμικού της Αγιάς και των Μεσκλών. Στη περίπτωση αυτή κατά τους κρίσιμους μήνες συνολικά η απόληψη από την Αγιά (φυσική εκφόρτιση και άντληση) θα φτάσει περί τα 3,300 lt/sec. Συνολικά αυξάνεται η απολήψιμη ποσότητα κατά 10Mm³ κατά τη καλοκαιρινή περίοδο ενώ μειώνονται οι αντλήσεις κατά χειμερινή περίοδο αξιοποιώντας περισσότερο το νερό των Μεσκλών.

Η άλλη πρόταση που εξετάζεται είναι η κατασκευή ενός φράγματος συγκέντρωσης των χειμερινών εκροών των πηγών των Μεσκλών. Έτσι πέρα από την άμεση αξιοποίηση του νερού των Μεσκλών κατά τη χειμερινή περίοδο για υδρευτική χρήση, εξετάζεται η αποθήκευση ποσότητας περί τα 4 Mm³ νερού που θα διανεμηθεί κατά τη καλοκαιρινή περίοδο για άρδευση. Στο σενάριο αυτό η απολήψιμη ποσότητα από τα Μεσκλά θα έχει τετραπλασιαστεί σε σχέση με τη σημερινή, φτάνοντας τα 12 Mm³. Δεδομένης της μεγάλης διακύμανσης που παρουσιάζει η ετήσια χρονοσειρά παροχής των Μεσκλών, το παραπάνω σενάριο μπορεί να χαρακτηριστεί και τολμηρό καθώς έχει παρουσιασθεί και έτος (το ξηρό έτος '89/'90) με ετήσια παροχή περί τα 8,2 Mm³ νερού.

Για την πληρέστερη εξέταση των παραπάνω σεναρίων-προτάσεων απαιτείται περαιτέρω έρευνα και μελέτη παραμέτρων που αφορούν τόσο το υδατικό δυναμικό της περιοχής όσο και την υπάρχουσα υποδομή των δικτύων της περιοχής, ούτως ώστε να αξιολογηθεί καλύτερα ο τρόπος αξιοποίησης και ανάπτυξης αυτών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

Συμπεράσματα – Προτάσεις για Περαιτέρω Έρευνα

8.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης αφορούν στο υδατικό δυναμικό της υδρολογικής λεκάνης του Κερίτη καθώς και στην εκτίμηση της απορροής του ποταμού Κερίτη δεδομένης της έλλειψης μετρήσεων απορροής. Επίσης, συμπεριλαμβάνουν τα πορίσματα από την εξέταση διάφορων σεναρίων διαχείρισης των υδατικών πόρων.

8.1.1 Εκτίμηση Υδατικού Δυναμικού Υδρολογικής Λεκάνης

Για την εκτίμηση του υδατικού δυναμικού της υδρολογικής λεκάνης του Κερίτη, εξετάστηκαν κάποια σενάρια βάσει διαφορετικών παραδοχών που μπορούν να γίνουν. Αρχικά, θεωρήθηκε ότι στο ορεινό τμήμα, η επιφανειακή βροχόπτωση είναι ίση με την ετήσια βροχόπτωση που μετρήθηκε στα Παλαιά Ρούματα (λόγω έλλειψης δεδομένων). Εξετάστηκε όμως και η περίπτωση όπου η βροχόπτωση είναι ίση με την ετήσια βροχόπτωση που μετρήθηκε στο σταθμό του Ομαλού για τα έτη 95/96 και 96/97 που

Για την εκτίμηση του υδατικού δυναμικού της περιοχής, εξετάστηκε η αβεβαιότητα που υπεισέρχεται στα αποτελέσματα τόσο από τη θεώρηση του ποσοστού της εξατμισοδιαπνοής, όσο και από την ανεπάρκεια των βροχομετρικών δεδομένων στο ορεινό τμήμα της λεκάνης. Συνοπτικά, αναφέρεται ότι το υδατικό δυναμικό της υδρολογικής λεκάνης του Κερίτη, (εισορές μείων την εξατμισοδιαπνοή) χρησιμοποιώντας (λόγω έλλειψης περαιτέρω βροχομετρικών στοιχείων) τη βροχόπτωση των σταθμών Παλαιά Ρούματα και Αλικιανού για την ορεινή και πεδινή περιοχή εκτιμάται:

Πίνακας 8.1: Υδατικό Δυναμικό Λεκάνης Κερίτη (Βροχόπτωση: Παλαιά Ρούματα)

Ξηρό Έτος:	Κανονικό Έτος:	Υγρό Έτος:
73 ± 8 Mm ³	140 ± 11 Mm ³	198 ± 16 Mm ³

Εξετάζοντας πάλι δύο σενάρια εξατμισοδιαπνοής (α. εξατμισοδιαπνοή: 30% ορεινά, 60% πεδινά και β. εξατμισοδιαπνοή: 20% ορεινά, 50% πεδινά) καθώς επίσης και δύο σενάρια για τη βροχόπτωση (1. η βροχόπτωση στα ορεινά ίση με το σταθμό στα Παλαιά Ρούματα και 2. η βροχόπτωση ίση με το σταθμό στον Ομαλό),

για ένα κανονικό και ένα υγρό έτος (για το ξηρό έτος δεν υπάρχουν στοιχεία από τον Ομαλό) προκύπτουν συνοπτικά τα αποτελέσματα του πίνακα 8.2

Πίνακας 8.2:Υδατικό Δυναμικό Λεκάνης για διάφορα σενάρια (σε Mm³)

<div> <div>Βροχόπτωση (ορεινά)</div> <div>Εξατμισοδιαπνοή</div> </div>	Παλαιά Ρούματα		Ομαλός	
	Κανονικό (95/96)	Υγρό (96/97)	Κανονικό (95/96)	Υγρό (96/97)
30% ορεινά 60% πεδινά	129,1	182	154,2	219,5
20% ορεινά 50% πεδινά	151,6	213,8	209,1	256,6

Λαμβάνοντας υπόψη τους πίνακες 8.1 και 8.2 μπορούμε να πούμε ότι το υδατικό δυναμικό της λεκάνης κυμαίνεται:

- για ένα **υγρό** έτος μεταξύ **182Mm³-256.6Mm³**
- για ένα **κανονικό** έτος μεταξύ **129,1Mm³-209,1 Mm³**
- για ένα **ξηρό** έτος μεταξύ **66,6Mm³-78,6 Mm³** (η μέγιστη τιμή θα ήταν μεγαλύτερη αν μπορούσε να εξεταστεί χρησιμοποιώντας μετρήσεις βροχόπτωσης από τον Ομαλό).

Εξετάζοντας το υγρό και κανονικό έτος με τη βροχόπτωση του Ομαλού στα ορεινά, το υδατικό δυναμικό εκτιμάται:

Πίνακας 8.3: Υδατικό Δυναμικό Λεκάνης Κερίτη (Βροχόπτωση: Ομαλός)

Κανονικό Έτος:	Υγρό Έτος:
169 ± 40 Mm ³	219 ± 37 Mm ³

Εξετάζοντας το υδατικό δυναμικό για το κανονικό και υγρό έτος με τη βροχόπτωση του Ομαλού, παρατηρείται ότι το εύρος των τιμών αυξάνεται καθώς αυξάνεται η μέγιστη τιμή του υδατικού δυναμικού. Η αβεβαιότητα που υπεισέρχεται λόγω της βροχόπτωσης, είναι σημαντική. Η αδυναμία υπολογισμού της επιφανειακής βροχόπτωσης και η παραδοχή να ληφθεί ως επιφανειακή βροχόπτωση στα δυο τμήματα (ορεινό, πεδινό) η βροχόπτωση των σταθμών Παλαιά Ρούματα, Αλικιανού μπορεί να επιφέρει υποεκτίμηση του όγκου νερού που εισάγεται στην υδρολογική λεκάνη. Συμπεραίνουμε επομένως, ότι είναι απαραίτητη η τοποθέτηση περισσότερων βροχομετρικών σταθμών στη περιοχή μελέτης και κυρίως σε μεγάλο υψόμετρο ούτως ώστε να

μπορεί να υπολογισθεί καλύτερα και η επιφανειακή βροχόπτωση αλλά και να μετράται η βροχόπτωση της ορεινής περιοχής.

8.1.2 Εκτίμηση Απορροής Υδατορέματος Κερίτη

Στην εκτίμηση της απορροής στο υδατόρεμα του Κερίτη υπεισέρχεται μεγάλη αβεβαιότητα στα αποτελέσματα. Αυτή οφείλεται τόσο στην εξατμισοδιαπνοή, που αποτελεί εκτίμηση, όσο και στην εκτίμηση του ποσοστού εκφορτίσεως της Αγιάς, που αποτελεί επιφανειακή εισροή της υδρολογικής λεκάνης του Κερίτη. Συνοπτικά αναφέρεται ότι:

- Κατά την ανάλυση ευαισθησίας της εξατμισοδιαπνοής, εξετάστηκε η εξατμισοδιαπνοή στα πεδινά να βρίσκεται μεταξύ 45%-60% και στα ορεινά μεταξύ 30%-45%, ενώ διατηρήθηκε **η συμβολή της Αγιάς στο 50%** της συνολικής παροχής της. Για το μεγαλύτερο ποσοστό εξατμισοδιαπνοής (45% στα ορεινά και 60% στα πεδινά) η μέση απορροή Κερίτη υπολογίζεται $26 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{έτος}$ με εμφάνιση όμως πολύ μικρών τιμών σε ορισμένες χρονιές. Για το μικρότερο ποσοστό εξατμισοδιαπνοής (30% στα ορεινά και 45% στα πεδινά) η μέση απορροή Κερίτη υπολογίζεται περί τα $59 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{έτος}$
- Θεωρώντας σταθερή την εξατμισοδιαπνοή (30% στα ορεινά και 60% στα πεδινά) εξετάστηκε η συμβολή της παροχής της Αγιάς να κυμαίνεται **μεταξύ 40%-60%**. Για το εύρος αυτό προκύπτει η μέση απορροή στο Κερίτη να κυμαίνεται από $51,7 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{έτος}$, μέχρι και $36,2 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{έτος}$ αντίστοιχα.
- Θεωρώντας **50% τη συμβολή της Αγιάς**, και λαμβάνοντας την **εξατμισοδιαπνοή 30% στα ορεινά και 60% στα πεδινά** (έπειτα από εξέταση των συντελεστών a, b) η υπολογισμένη απορροή του Κερίτη κυμαίνεται από $13,9 \times 10^6 - 84 \times 10^6 \text{ m}^3$ ανά έτος με μέση ετήσια απορροή $43,9 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{έτος}$.
- Θεωρώντας **70% τη συμβολή της Αγιάς**, και λαμβάνοντας την **εξατμισοδιαπνοή 20% στα ορεινά και 50% στα πεδινά** (έπειτα από εξέταση των συντελεστών a, b) η υπολογισμένη απορροή του Κερίτη

κυμαίνεται από $16,1 \times 10^6 \text{ m}^3$ – $96,2 \times 10^6 \text{ m}^3$ ανά έτος με μέση ετήσια απορροή $50,5 \times 10^6 \text{ m}^3$ /έτος.

- Για ένα κανονικό έτος που υπολογίζεται η απορροή του Κερίτη στην ορεινή περιοχή με την βροχόπτωση του σταθμού στον Ομαλό που εμφανίζεται περί τα 28% μεγαλύτερη από ότι λαμβάνεται στους προηγούμενους υπολογισμούς, παρατηρείται μια αύξηση στην απορροή του Κερίτη κατά 25 Mm^3 και 28 Mm^3 . Επίσης για τα έτη 95/96-00/01 λαμβάνοντας τη βροχόπτωση του Ομαλού, που λόγω υψομέτρου μπορεί να αντιπροσωπεύει καλύτερα την ορεινή περιοχή, η υπολογισμένη απορροή του Κερίτη κυμαίνεται από $41,6 \times 10^6 \text{ m}^3$ – $130 \times 10^6 \text{ m}^3$.

■ Ενδεικτικά δίνεται ο πίνακας 8.4 για το ξηρό, κανονικό και υγρό έτος όπου φαίνεται ο τρόπος που αναλύθηκε το υδατικό ισοζύγιο για τη περιοχή..

Πίνακας 8.4: Συνοπτικά Αποτελέσματα Υδατικού Ισοζυγίου στη Λεκάνη του Κερίτη

		Ξηρό Έτος (89-90)		Κανονικό Έτος (95-96)		Υγρό Έτος (96-97)	
Βροχόπτωση: (mm)	Ορεινά:	639,7		1296,9		1837,2	
	Πεδινά:	465		816,0		1138,8	
	Συνολική	543,4		1078		1450,7	
Όγκος Νερού: (Mm ³)	Ορεινά:	63,5		128,8		182,4	
	Πεδινά:	55,5		97,3		135,8	
	Συνολική	119		226,1		318,2	
Εξατμισοδιαπνοή: (Mm ³)	Ορεινά:	19,1 ^(α)	12,7 ^(β)	38,6 ^(α)	25,8 ^(β)	54,7 ^(α)	36,5 ^(β)
	Πεδινά:	33,3 ^(α)	27,7 ^(β)	58,4 ^(α)	48,7 ^(β)	81,5 ^(α)	67,9 ^(β)
	Συνολική	52,4 ^(α)	40,4 ^(β)	97 ^(α)	74,5 ^(β)	136,2 ^(α)	104,4 ^(β)
ΚΑΘΑΡΕΣ ΕΙΣΡΟΕΣ: (Mm ³)		66,6 ^(α)	78,6 ^(β)	129,1 ^(α)	151,6 ^(β)	182 ^(α)	213,8 ^(β)
Κατεισδυση: (Mm ³)		12		12		12	
(α) Αγιά: (50%) (Mm ³)		30,15 ^(α)		43,75 ^(α)		49,15 ^(α)	
(β) Αγιά: (70%) (Mm ³)		42,21 ^(β)		61,25 ^(β)		68,81 ^(β)	
Μεσκλά: (Mm ³)		7,7		20,5		36,9	
(α) Κερίτης: (Mm ³)		16,12 ^(α)		52,9 ^(α)		81,54 ^(α)	
(β) Κερίτης: (Mm ³)		16,72 ^(β)		58,01 ^(β)		96,23 ^(β)	
ΕΚΡΟΕΣ: (Mm ³)		66,6 ^(α)	78,6 ^(β)	129,1 ^(α)	151,6 ^(β)	182 ^(α)	213,8 ^(β)

(α): 1^ο σενάριο (εξατμισοδιαπνοή: 30% ορεινά, 60% πεδινά / Αγιά: 50%)

(β): 2^ο σενάριο (εξατμισοδιαπνοή: 20% ορεινά, 50% πεδινά / Αγιά: 70%)

Στο 1^ο σενάριο η εξατμισοδιαπνοή αποτελεί σχετικά μεγάλο ποσοστό της βροχόπτωσης (30% και 60% της βροχόπτωσης στα ορεινά και πεδινά αντίστοιχα), και μόνο το 50% των εκροών της Αγιάς θεωρήθηκε ότι ανήκει σε εισροές της υδρολογικής λεκάνης του Κερίτη. Στο 2^ο σενάριο μειώθηκε η εξατμισοδιαπνοή (20% και 50% της βροχόπτωσης στα ορεινά και πεδινά αντίστοιχα) ενώ αυξήθηκε το ποσοστό των εκροών της Αγιάς που ανήκει στην υδρολογική λεκάνη του Κερίτη σε 70%

8.1.3 Διαχείριση Υδατικών Πόρων

Όσον αφορά τη διαχείριση των υδατικών πόρων, αρχικά συλλέχθηκαν στοιχεία για την υφιστάμενη κατάσταση. Έγινε η προσομοίωση της υφιστάμενης κατάστασης από το διαχειριστικό μοντέλο Ribasim και στη συνέχεια εξετάστηκαν τα περιθώρια για αύξηση των υδατικών αναγκών της περιοχής.

Το υδατικό επιφανειακό δυναμικό της υδρολογικής λεκάνης του Κερίτη που αξιοποιείται σήμερα είναι περί τα **34 Mm³** νερού. Από αυτά, 31Mm³ είναι νερό από το ρυθμιστικό απόθεμα της Αγιάς και περί τα 3 Mm³ αποτελεί νερό από τις πηγές των Μεσκλών. Εκτιμάται πως αξιοποιούνται και περί τα 10 Mm³ από την υπόγεια υδροφορία της προσχωματικής έκτασης του Κερίτη, κυρίως για αρδευτική χρήση.

Δεδομένης της ανεπαρκούς άρδευσης του Ακρωτηρίου, αρχικά εξετάστηκε η δυνατότητα του υδατικού δυναμικού της περιοχής να καλύψει τη πλήρη άρδευση του. Για τη πλήρη άρδευση των 9,700 στρεμμάτων του Ακρωτηρίου, προβλέποντας τις απώλειες και συνυπολογίζοντας και την υπάρχουσα συνεισφορά από τις πηγές του Ζούρβου, απαιτείται περαιτέρω διαθέσιμο υδατικό δυναμικό της τάξεως των 3,5 Mm³. Από την εφαρμογή του μοντέλου προέκυψε πως η αδυναμία για κάλυψη αυτής της αυξημένης ζήτησης έγκειται στην ανεπάρκεια του ευρύτερου δικτύου μεταφοράς από την Αγιά προς το Ακρωτήρι. Υπάρχει δηλαδή περιθώριο αύξησης της απολήψιμης ποσότητας κατά 3,5 Mm³ από την Αγιά κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Αν υπάρξει η υποδομή για την αξιοποίηση της δυνατότητας αυτής, και εξασφαλίζοντας την παροχετευτική ικανότητα ενός δικτύου από την Αγιά στο Ακρωτήρι, τότε θα μπορεί να αρδευτεί πλήρως το Ακρωτήρι χωρίς να εμφανίζονται ελλείμματα.

Στη συνέχεια εξετάστηκε ένα μελλοντικό αναπτυξιακό σχέδιο για τη περιοχή σύμφωνα με το οποίο προβλέπεται η επέκταση της αρδευόμενης

έκτασης για τις περιοχές του Ακρωτηρίου και της υψηλής ζώνης Αγιάς-Κολυμβαρίου. Σε συνδυασμό με την αύξηση της αρδευτικής ζήτησης έγινε και μια πρόβλεψη για αύξηση της μελλοντικής υδρευτικής ζήτησης. Στη περίπτωση αυτή η συνολική αύξηση της ζήτησης για τη περιοχή θα είναι της τάξεως των 16 Mm³. Σύμφωνα με τις υπάρχουσες υποδομές του δικτύου και των απολήψιμων έργων, μια τέτοια αύξηση θα προκαλούσε ελλείμματα της τάξεως των 14 Mm³. Εξετάζοντας τα περιθώρια του διαθέσιμου υδατικού δυναμικού, προκύπτει πως τόσο η Αγιά όσο και τα Μεσκλά έχουν τα περιθώρια περαιτέρω αξιοποίησης.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του μοντέλου μπορεί να εκμεταλλευτεί μεγαλύτερη ποσότητα νερού από την Αγιά κατά τους καλοκαιρινούς μήνες (1-1,5 Mm³ μηνιαία), καθώς και από τα Μεσκλά κατά τους χειμερινούς (περί τα 4 Mm³ ετησίως). Τα Μεσκλά δεν έχουν σημαντική απορροή το καλοκαίρι. Το χειμώνα όμως, σύμφωνα με τη διαχείριση του μοντέλου, μπορεί η ύδρευση της περιοχής των Χανίων (γειτονικοί δήμοι) να εξασφαλιστεί ολοκληρωτικά από τα Μεσκλά ελατώνοντας η χειμερινή απόληψη από την Αγιά. Στη πραγματικότητα αυτό θα είχε την έννοια του εμπλουτισμού των αποθεμάτων της Αγιάς κατά τους χειμερινούς μήνες, ούτως ώστε να είναι εφικτή η περαιτέρω εκμετάλλευση της κατά το καλοκαίρι. Στο σενάριο αυτό εξετάστηκε η επάρκεια του επιφανειακού υδατικού δυναμικού για μια σημαντικά αυξημένη μελλοντική ζήτηση, θεωρώντας δεδομένη την απαιτούμενη υποδομή για τη βέλτιστη εκμετάλλευση του. Βρέθηκε ότι το σύστημα παρέχει τη δυνατότητα εκμετάλλευσης σημαντικά μεγαλύτερης ποσότητας νερού σε σχέση με τη σημερινή (περί τα 10Mm³). Παρ' όλα αυτά όμως κατά τους κρίσιμους μήνες, όπου οι αρδευτικές ανάγκες είναι πολύ μεγάλες αδυνατεί να τις καλύψει πλήρως, παρουσιάζοντας ελλείμματα της τάξεως των 4 Mm³.

Για την κάλυψη των ελλειμμάτων αυτών, στη συνέχεια εξετάστηκαν δύο προτάσεις διαχείρισης του υδατικού δυναμικού. Στη πρώτη περίπτωση εξετάζεται η περαιτέρω αναρύθμιση των πηγών της Αγιάς, αύξηση δηλαδή των απολήψεων από τα ρυθμιστικά αποθέματα των πηγών. Η αναπλήρωση των ρυθμιστικών αποθεμάτων θα πραγματοποιείται κατά τον Οκτώβριο έως το Δεκέμβριο σε βάρος της υπερχειλίσσης των πηγών. Σύμφωνα με τη λογική της αναρύθμισης επιτυγχάνεται η λειτουργία ταμιευτήρα στη φυσική υπόγεια δεξαμενή της Αγιάς. Κατά τους κρίσιμους μήνες Ιούλιο-Αύγουστο αυξάνονται οι αντλήσεις των γεωτρήσεων κατά 2-2,1 Mm³ προκειμένου να καλυφθεί το έλλειμμα των 4 Mm³ που δημιουργείται ακόμη και στη περίπτωση που γίνει

βέλτιστη εκμετάλλευση του επιφανειακού δυναμικού της Αγιάς και των Μεσκλών. Στη περίπτωση αυτή, κατά τους κρίσιμους μήνες συνολικά η απόληψη από την Αγιά (φυσική εκφόρτιση και άντληση) θα φτάσει περί τα 3,300 lt/sec. Συνολικά αυξάνεται η απολήψιμη ποσότητα κατά 10Mm³ κατά τη καλοκαιρινή περίοδο ενώ μειώνονται οι αντλήσεις κατά τη χειμερινή περίοδο αξιοποιώντας περισσότερο το νερό των Μεσκλών.

Μια ακόμα πρόταση που εξετάστηκε είναι η κατασκευή ενός φράγματος συγκέντρωσης των χειμερινών εκροών των πηγών των Μεσκλών. Έτσι, πέρα από την άμεση αξιοποίηση του νερού των Μεσκλών κατά τη χειμερινή περίοδο για υδρευτική χρήση, εξετάζεται η αποθήκευση ποσότητας περί τα 4 Mm³ νερού που θα διανεμηθεί κατά τη καλοκαιρινή περίοδο για άρδευση. Στο σενάριο αυτό η απολήψιμη ποσότητα από τα Μεσκλά θα έχει τετραπλασιαστεί σε σχέση με τη σημερινή, φτάνοντας τα 12 Mm³. Δεδομένης της μεγάλης διακύμανσης που παρουσιάζει η ετήσια χρονοσειρά παροχής των Μεσκλών, το παραπάνω σενάριο μπορεί να χαρακτηριστεί και «ριψοκίνδυνο» καθώς έχει παρουσιασθεί και έτος (το ξηρό έτος '89/'90) με ετήσια παροχή περί τα 8,2 Mm³ νερού.

8.2 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΕΥΝΑ

Από τη παρούσα μελέτη, πέρα από τα συμπεράσματα που προέκυψαν, αναδεικνύονται και οι δυσκολίες καθώς και η ελλείψεις που υπάρχουν ούτως ώστε να υπάρξει μια περισσότερο ολοκληρωμένη μελέτη. Τόσο εκτιμώντας το υδατικό δυναμικό και την απορροή στον Κερίτη όσο και κατά διαχείριση των υδατικών πόρων υπάρχουν περιθώρια για πληρέστερη μελέτη αν υπάρξει επάρκεια στα απαιτούμενα στοιχεία. Οι προτάσεις για περαιτέρω έρευνα αφορούν κυρίως σε αυτό το κομμάτι. Έτσι:

- **Μετρήσεις Βροχόπτωσης στην Υδρολογική Λεκάνη.**

Η αδυναμία υπολογισμού της επιφανειακής βροχόπτωσης και η παραδοχή να ληφθεί ως επιφανειακή βροχόπτωση στα δυο τμήματα (ορεινό, πεδινό) η βροχόπτωση των σταθμών Παλαιά Ρούματα, Αλικιανού μπορεί να επιφέρει υποεκτίμηση του υδατικού δυναμικού της υδρολογικής λεκάνης καθώς και υποεκτίμηση της απορροής στο Κερίτη. Είναι απαραίτητη η απόκτηση βροχομετρικών σταθμών στη περιοχή μελέτης κυρίως σε μεγάλο υψόμετρο ούτως ώστε να μπορεί να

υπολογισθεί η επιφανειακή βροχόπτωση και να εκτιμηθεί ακριβέστερα ο όγκος νερού που εισάγεται στη λεκάνη.

▪ Μετρήσεις Παροχής στο υδατόρεμα του Κερίτη.

Στην εκτίμηση του υδατικού δυναμικού της περιοχής, υπεισέρχονται άγνωστοι παράμετροι όπως η εξατμισοδιαπνοή και το ποσοστό της παροχής της Αγιάς που αποτελεί εισροή της υδρολογικής λεκάνης του Κερίτη. Αν υπήρχαν μετρήσεις της απορροής στο Κερίτη, θα μπορούσε να γίνει σύγκριση των αποτελεσμάτων και να εξαχθούν και κάποια συμπεράσματα για τις παραμέτρους αυτές. Έτσι είναι πολύ σημαντικό για τη περαιτέρω μελέτη του υδατικού δυναμικού της περιοχής να υπάρξουν μετρήσεις της απορροής στο υδατόρεμα του Κερίτη αφενός γιατί μεγάλες ποσότητες νερού παραμένουν άγνωστες και αφετέρου γιατί η γνώση αυτή θα συντελέσει στον έμμεσο υπολογισμό σημαντικών παραμέτρων. Με την ύπαρξη επαρκών βροχομετρικών στοιχείων σε συνδυασμό με τις μετρήσεις που πρέπει να γίνουν στο Κερίτη θα μπορέσει, αρχικά, να εκτιμηθεί καλύτερα το υδατικό δυναμικό αλλά και να επαληθευτεί έπειτα, εφόσον θα είναι γνωστές οι εκροές της λεκάνης. Έτσι θα υπάρξει συνολικά καλύτερη αποτίμηση του υδατικού δυναμικού της λεκάνης.

▪ Υδρογεωλογική Μελέτη των Υδατικών Αποθεμάτων της Αγιάς.

Το μεγαλύτερο ποσοστό του διαθέσιμου αλλά και αξιοποιήσιμου υδατικού δυναμικού της λεκάνης είναι οι πηγές της Αγιάς. Είναι σημαντικό να μελετηθεί και να εκτιμηθεί πληρέστερα τόσο η λειτουργία της υδροφορίας, καθώς και να εκτιμηθούν τα ρυθμιστικά και μόνιμα αποθέματα των πηγών. Απαιτείται μια πληρέστερη υδρογεωλογική μελέτη για την υπολεκάνη της Αγιάς με στόχο τον καλύτερο προσδιορισμό της έκτασης καθώς και την ποσοτικοποίηση των μόνιμων αποθεμάτων της. Μια τέτοια μελέτη θα συντελέσει στο να διευκρινισθούν με ακρίβεια τα περιθώρια περαιτέρω αξιοποίησης του υδατικού δυναμικού της περιοχής λαμβάνοντας πάντοτε υπόψη και την περιβαλλοντική χρήση.

- Μελέτη για Περαιτέρω Αξιοποίηση των Μεσκλών.
Οι πηγές των Μεσκλών αποτελούν μια εξίσου σημαντική υδροφορία για τη περιοχή. Φαίνεται να υπάρχουν περιθώρια για περαιτέρω αξιοποίηση του υδατικού δυναμικού των πηγών, κυρίως κατά τους χειμερινούς μήνες. Μέσα σε ένα συνολικό διαχειριστικό πλαίσιο θα πρέπει να μελετηθεί ο βέλτιστος τρόπος αύξησης της απόληψης από τα Μεσκλά. Στο σημείο αυτό πιθανώς να πρέπει να επανεξεταστεί η πρόταση κατασκευής του φράγματος, δεδομένης της μεγάλης διακύμανσης που παρουσιάζει η απορροή των Μεσκλών και να εξεταστεί κάποιος άλλος τρόπος αξιοποίησης τους.

- Καταγραφή Δικτύου και Μελέτη των Υδραυλικών Χαρακτηριστικών του
Οι απώλειες των τεχνικών έργων και των υδραυλικών δικτύων αποτελούν συχνά περιοριστικό παράγοντα στην πλήρη εκμετάλλευση του διαθέσιμου υδατικού δυναμικού, καθώς ανέρχονται σε υψηλά ποσοστά. Είναι απαραίτητη η καταγραφή του δικτύου της περιοχής μελέτης και η υδραυλική μελέτη των χαρακτηριστικών του, ούτως ώστε να βελτιστοποιηθεί η ικανότητα μεταφοράς του, να γίνει ορθολογική επέκταση του, αλλά και να ελαχιστοποιηθούν οι απώλειες.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Θεμιστοκλής Δ. Λέκκας, « **Περιβαλλοντική Μηχανική Ι: Διαχείριση Υδατικών Πόρων**», Κόσμος Πεμέρ ΕΠΕ, Αθήνα, 1996
- [2] Ν. Μυλόπουλος, «**Σημειώσεις για τη Διαχείριση των Υδατικών Πόρων**» Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος, 2001.
- [3], Β. Καραγεωργίου, «**Η Οδηγία - Πλαίσιο για το νερό: Ένας σημαντικός σταθμός για το Ευρωπαϊκό Δίκαιο Περιβάλλοντος**», Αθήνα, 2003
- [4] Θ. Τσούτσος, «**Σημειώσεις για την Αειφόρο Ανάπτυξη**», Πανεπιστήμιο Κρήτης, Χανιά, 2002
- [5] Περιφέρεια Κρήτης, Διεύθυνση Σχεδιασμού και Ανάπτυξης, Τμήμα Διαχείρισης Υδατικών Πόρων, «**Ολοκληρωμένη Διαχείριση Υδατικών Πόρων της Κρήτης**», Αθήνα, Δεκέμβριος 2000
- [6] Ιωάννης Γ. Λιαλιάρης, «**Υδρολογικό και Υδρογεωλογικό Ισοζύγιο του ποταμού Κερίτη (Δυτ. Κρήτη)**», Μεταπτυχιακή διατριβή, Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, Χανιά, 1996
- [7] Γενική Δ/νση Εγγειοβελτιωτικών Έργων και Γεωργικών Διαρθρώσεων, Δ/νση Γεωλογίας-Υδρογεωλογίας, Τμήμα Υδρογεωλογίας -Γεωτρήσεων και Μαθηματικών Ομοιωμάτων, « **Υδρογεωλογική Μελέτη Κάμπου Χανίων**», Αθήνα, Ιανουάριος 2001
- [8] Δ. Κουτσογιάννης, «**Στατιστική Υδρολογία**» Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τομέας Υδατικών Πόρων, Έκδοση 4, Αθήνα 1997
- [9] Δ. Κουτσογιάννης, Θ. Ξανθόπουλος, «**Τεχνική Υδρολογία**» Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τομέας Υδατικών Πόρων, Έκδοση 3, Αθήνα 1999
- [10] Γεώργιος Χ. Σούλιος, « **Γενική Υδρογεωλογία**», University Studio Press A.E., Θεσσαλονίκη 1986
- [11] Wil N.M. van der Krogt, “**Ribasim Technical Reference Manual**”, Delft Hydraulics, Delft, February 2003

[12] Γ. Τσακίρης, «Υδατικοί Πόροι Ι: Τεχνική Υδρολογία» Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα 1995

[13] Για τη καλύτερη κατανόηση των διαδικασιών και της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε στη παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκαν:

- Wil N.M. van der Krogt, “**Ribasim User Manual**”, Delft Hydraulics, Delft, February 2003
- “**Hymos User Manual**”, Delft Hydraulics, Delft, June 2001
- D. Labat, A. Mangin, R. Ababou, “**Rainfall-runoff relations for karstic springs: multifractal analyses**” Journal of Hydrology 256 (2002) 176-195
- S. Naoum, I. K. Tsanis, “**Temporal and Spatial Variation of Annual Rainfall on the island of Crete, Greece**” Hydrological Processes 17, 1899-1922 (2003)
- Μαρία Α. Μιμίκου, «**Τεχνολογία Υδατικών Πόρων**» Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα 1994
- Νομαρχιακή Επιτροπή Σχεδιασμού και Ανάπτυξης Αγροτικού Τομέα, Τμήμα Συνεταιρισμών και Σύνδεσης Με Ερευνητικά Κέντρα και Λοιπές Υπηρεσίες, «**Το Υδατικό Δυναμικό του Νομού Χανίων**», Επιτροπή Καταγραφής και Αξιολόγησης των Υδατικών Πόρων, Αύγουστος 1996

