ΣΧΕΔΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Κεντρικής Μακεδονίας

ΣΧΕΔΙΟ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ ΚΑΙ ΞΗΡΑΣΙΑΣ, ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΙΣ ΑΡΧΕΣ ΤΟΥ ΠΡΟΛΗΠΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ
(ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 4 Β΄ Φάσης)

ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2014

ΕΙΔΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΥΔΑΤΩΝ

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΥΔΑΤΩΝ

ΕΡΓΟ: ΚΑΤΑΡΤΙΣΗ ΣΧΕΔΙΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΩΝ ΛΕΚΑΝΩΝ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΠΟΤΑΜΩΝ ΤΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΩΝ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ ΚΑΙ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΙΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΤΗΣ ΟΔΗΓΙΑΣ 2000/60/ΕΚ, ΚΑΤ' ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ Ν. 3199/2003 ΚΑΙ ΤΟΥ ΠΔ 51/2007

ΣΥΜΠΡΑΞΗ: ΕΞΑΡΧΟΥ ΝΙΚΟΛΟΠΟΥΛΟΣ ΜΠΕΝΣΑΣΣΩΝ Σύμβουλοι Μηχανικοί ΑΕ - ΓΕΩΣΥΝΟΛΟ Σύμβουλοι Μηχανικοί & Γεωλόγοι Εταιρεία Περιορισμένης Ευθύνης ΕΠΕ - ΛΙΖΑ ΜΠΕΝΣΑΣΣΩΝ - ΗΛΙΑΣ ΚΟΥΡΚΟΥΛΗΣ - ENVIROPLAN ΜΕΛΕΤΗΤΙΚΗ Σύμβουλοι Αναπτυξιακών και Τεχνικών Έργων ΑΕ - ΔΙΚΤΥΟ-Ανώνυμη Εταιρία Τεχνικών Μελετών ΑΕ - ΒΑΒΙΖΟΣ–ΖΑΝΝΑΚΗ Μελέτες Έρευνες ΑΕ - ΦΩΤΕΙΝΗ ΜΠΑΛΤΟΓΙΑΝΝΗ

ΚΑΤΑΡΤΙΣΗ ΣΧΕΔΙΟΥ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΩΝ ΛΕΚΑΝΩΝ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΠΟΤΑΜΩΝ ΤΟΥ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΟΣ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ (GR10)

Β΄ ΦΑΣΗ - ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 4: ΣΧΕΔΙΟ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ ΚΑΙ ΞΗΡΑΣΙΑΣ, ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΙΣ ΑΡΧΕΣ ΤΟΥ ΠΡΟΛΗΠΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

Ημερομηνία πρώτης Δημοσίευσης: 15/2/2013
ΦΕΚ Έγκρισης Σχεδίου Διαχείρισης: 182 Β΄/31.01.2014

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ 1
1.1. ΣΤΟΧΟΣ, ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΑ ΚΑΙ ΦΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ 1
1.2. ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΣ ΤΟΥ ΠΑΡΑΔΟΤΕΟΥ Π.2.4 2
1.3. ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΕΠΙΒΛΕΨΗΣ 3

2. ΟΡΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΤΗΣ ΟΔΗΓΙΑΣ 2000/60/ΕΚ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ ΞΗΡΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ 4
2.1. ΘΕΜΕΛΙΩΔΕΙΣ ΕΝΝΟΙΕΣ 4
2.1.1. ΟΡΙΣΜΟΙ ΞΗΡΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ 4
2.1.2. ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ 4
2.1.3. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΞΗΡΑΣΙΑΣ 5
2.1.4. ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΙΔΡΟΥΝ ΣΤΗΝ ΕΜΦΑΝΙΣΗ ΞΗΡΑΣΙΑΣ 5
2.2. ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ 6
2.2.1. ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ 7
2.2.2. ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ 8
2.3. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΞΗΡΑΣΙΑΣ 9

3. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ ΚΑΙ ΔΕΔΟΜΕΝΑ 12
3.1. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ 12
3.1.1. ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ 12
3.1.2. ΛΕΚΑΝΕΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΚΑΙ ΥΠΟΛΕΚΑΝΕΣ 12
3.2. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ 13
3.3. ΣΗΜΕΙΑΚΑ ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΕΣ 14
3.3.1. ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΥΔΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ 14
3.3.2. ΣΥΛΛΟΓΗ ΠΡΩΤΟΓΕΝΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ 15
3.3.3. ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΗ ΚΑΙ ΕΠΕΚΤΑΣΗ ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΩΝ 16
3.3.4. ΠΑΡΑΓΩΓΕΣ ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΕΣ ΚΑΙ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ 16
3.3.5. ΧΩΡΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ 17
3.3.6. ΣΗΜΕΙΑΚΕΣ ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΕΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΜΕΓΑΛΟΥ ΜΗΚΟΥΣ 20
3.3.7. ΣΧΕΣΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΥΨΟΥΣ ΒΡΟΧΗΣ ΚΑΙ ΥΨΟΜΕΤΡΟΥ 22
3.4. ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΕΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΙΣ 23
3.4.1. ΧΩΡΙΚΗ ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗ ΣΗΜΕΙΑΚΩΝ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΩΝ ΠΕΡΙΟΔΟΥ 1980-2010 23
3.4.2. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΩΝ ΜΕΓΑΛΟΥ ΜΗΚΟΥΣ 24
3.4.3. ΤΕΛΙΚΕΣ ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΕΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ 26
3.5. ΥΔΡΟΜΕΤΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ 28
3.5.1. ΥΔΡΟΜΕΤΡΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ ΚΑΙ ΔΕΔΟΜΕΝΑ 28
3.5.2. ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΥΔΡΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ 29
3.5.3. ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑ ΠΑΡΟΧΩΝ ΑΞΙΟΥ ΣΤΑ ΣΥΝΟΡΑ (ΕΙΣΡΟΕΣ ΑΠΟ ΠΓΔΜ) 31

4. ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΑΚΡΑΙΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ ΞΗΡΑΣΙΑΣ 33
4.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ 33
4.2. ΔΕΙΚΤΕΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ – ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ 33
4.2.1. ΓΕΝΙΚΑ 33
4.2.2. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ 34
4.2.3. ΔΕΙΚΤΕΣ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ 34
4.2.4. ΔΕΙΚΤΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ 35
4.3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΔΕΙΚΤΩΝ SPI ΚΑΙ SRI 35
4.3.1. ΤΥΠΙΚΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ 35
4.3.2. ΚΑΤΑΝΟΜΕΣ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ 36
4.3.3. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΣ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ ΧΑΜΗΛΩΝ ΚΑΙ ΥΨΗΛΩΝ ΤΙΜΩΝ 38
4.3.4. ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗΣ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ 39
4.3.5. ΔΙΑΤΥΠΩΣΗ ΔΕΙΚΤΩΝ SPI ΚΑΙ SRI ΣΕ ΟΡΟΥΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ ΕΠΑΝΑΦΟΡΑΣ 43
4.3.6. ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΞΗΡΑΣΙΩΝ 43
4.4. ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΞΗΡΑΣΙΩΝ 44
4.4.1. ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΩΝ ΠΕΡΙΟΔΟΥ 1980-2010 44
4.4.2. ΧΩΡΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΔΕΙΚΤΗ SPI 46
4.4.3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΩΝ 49
4.4.4. ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ 59
4.5. ΑΝΑΛΥΣΗ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΞΗΡΑΣΙΩΝ 69
4.5.1. ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΤΗΣΙΩΝ ΠΑΡΟΧΩΝ ΑΞΙΟΥ ΣΤΑ ΣΥΝΟΡΑ 69
4.5.2. ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΤΗΣΙΩΝ ΠΑΡΟΧΩΝ ΚΟΤΖΑ 70
4.6. ΑΝΑΛΥΣΗ ΞΗΡΑΣΙΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ 70
4.6.1. ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΕΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝΤΟΣ 70
4.6.2. ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΞΗΡΑΣΙΩΝ 72

5. ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΔΕΙΚΤΗ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ 74
5.1. Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ – ΣΥΝΔΕΣΗ ΜΕ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΗ ΚΑΙ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗ ΞΗΡΑΣΙΑ 74
5.2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΔΕΙΚΤΩΝ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ 75
5.2.1. ΔΕΙΚΤΕΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ ΝΕΡΟΥ WEI ΚΑΙ WEI+ 75
5.2.2. ΔΥΝΑΜΙΚΟΣ ΔΕΙΚΤΗΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ ΝΕΡΟΥ 76
5.3. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ 78
5.3.1. ΑΠΟΡΡΟΗ ΥΠΟΛΕΚΑΝΩΝ 78
5.3.2. ΕΞΩΤΕΡΙΚΕΣ ΕΙΣΡΟΕΣ ΑΠΟ ΔΙΑΚΡΑΤΙΚΑ ΠΟΤΑΜΙΑ 81
5.3.3. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΖΗΤΗΣΗ 85
5.3.4. ΥΠΟΓΕΙΕΣ ΔΙΑΦΥΓΕΣ ΝΕΡΟΥ 91
5.3.5. ΑΠΟΛΗΨΕΙΣ ΝΕΡΟΥ 91
5.3.6. ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ ΝΕΡΟΥ ΜΕΤΑΞΥ ΛΕΚΑΝΩΝ 93
5.3.7. ΕΠΙΣΤΡΟΦΕΣ ΝΕΡΟΥ 94
5.4. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΕΙΚΤΗ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ 94

5.4.1. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΕ ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΚΛΙΜΑΚΑ 94
5.4.2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΔΕΙΚΤΩΝ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ ΣΕ ΕΤΗΣΙΑ ΚΛΙΜΑΚΑ 95
5.4.3. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ 97

6. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ ΞΗΡΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ 99
6.1. ΤΡΩΤΟΤΗΤΑ ΕΝΑΝΤΙ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΞΗΡΑΣΙΩΝ 99
6.2. ΤΡΩΤΟΤΗΤΑ ΕΝΑΝΤΙ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ 99
6.3. ΤΡΩΤΟΤΗΤΑ ΩΣ ΠΡΟΣ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟΥΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ 100
6.4. ΤΡΩΤΟΤΗΤΑ ΩΣ ΠΡΟΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟΥΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ 103
6.4.1. ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ 103
6.4.2. ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ 105
6.5. ΤΡΩΤΟΤΗΤΑ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ 107
6.6. ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΤΡΩΤΟΤΗΤΑΣ ΑΝΑ ΛΑΠ 108

7. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΕΠΙΔΡΑΣΕΩΝ ΞΗΡΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΠΙΤΕΥΞΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΤΟΧΩΝ ΤΟΥ ΑΡΘΡΟΥ 4 109
7.1. ΟΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΙ ΣΤΟΧΟΙ ΤΟΥ ΑΡΘΡΟΥ 4 ΤΗΣ ΟΔΗΓΙΑΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΠΑΡΑΤΕΤΑΜΕΝΗΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ 109
7.2. ΟΡΟΙ ΥΠΟ ΤΟΥΣ ΟΠΟΙΟΥΣ ΜΠΟΡΟΥΝ ΝΑ ΚΗΡΥΣΣΟΝΤΑΙ ΠΑΡΑΤΕΤΑΜΕΝΕΣ ΞΗΡΑΣΙΕΣ 112
7.3. ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΥΨΗΛΗΣ ΤΡΩΤΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΞΗΡΑΣΙΑ . 112
7.4. ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΥΨΗΛΗΣ ΤΡΩΤΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΞΗΡΑΣΙΑ 116
ΕΙΚΟΝΑ 7-3: ΥΠΟΓΕΙΑ ΥΔΑΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΥΨΗΛΗΣ ΤΡΩΤΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΞΗΡΑΣΙΑ 116

8. ΚΑΤΑΡΤΙΣΗ ΜΕΤΡΩΝ ΠΡΟΛΗΨΗΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ, ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ 117
8.1. ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΚΑΙ ΠΛΑΙΣΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΞΗΡΑΣΙΩΝ 117
8.1.1. ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΟΔΗΓΙΑ 2000/60 117
8.1.2. ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΗ ΕΕ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑ ΚΑΙ ΤΗΝ ΞΗΡΑΣΙΑ 118
8.1.3. ΕΥΡΩΠΑΙΚΟ ΠΡΟΣΧΕΔΙΟ 2012 118
8.2. ΜΕΤΡΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΞΗΡΑΣΙΩΝ 120
8.2.1. ΓΕΝΙΚΑ 120
8.2.2. ΜΑΚΡΟΠΡΟΘΕΣΜΑ ΜΕΤΡΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΠΡΟΣΦΟΡΑΣ ΚΑΙ ΖΗΤΗΣΗΣ ΝΕΡΟΥ 120
8.2.3. ΜΕΤΡΑ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΥ ΤΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΤΗΣ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ 122
8.2.4. ΜΕΤΡΑ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΚΑΙ ΣΤΑΔΙΑ ΞΗΡΑΣΙΑΣ 122
8.2.5. ΒΑΣΙΚΑ ΚΑΙ ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΙΚΑ ΜΕΤΡΑ 127
8.2.6. ΕΙΔΙΚΑ ΜΕΤΡΑ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΥ ΤΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΤΗΣ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ 139

9. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΠΗΓΩΝ ΧΡΗΣΕΩΝ ΝΕΡΟΥ 146
9.1. ΓΕΝΙΚΗ ΘΕΩΡΗΣΗ 146
9.2. ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΑ ΝΕΡΑ 146
9.3. ΥΠΟΓΕΙΑ ΝΕΡΑ 148

10. ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΥ ΠΡΟΕΙΔΟΠΟΙΗΣΗΣ 151
10.1. Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΠΡΟΓΝΩΣΗΣ ΞΗΡΑΣΙΩΝ 151
10.2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΩΝ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ 152
10.2.1. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ 152
10.2.2. ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΑΞΙΟΥ 152
10.2.3. ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΓΑΛΛΙΚΟΥ 154
10.2.4. ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ 157
10.2.5. ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ 159
10.3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΧΡΟΝΙΚΩΝ ΣΥΣΧΕΤΙΣΕΩΝ 161
10.3.1. ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΔΕΙΚΤΩΝ ΞΗΡΑΣΙΑΣ ΣΗΜΕΙΑΚΩΝ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΩΝ 161
10.3.2. ΑΝΑΛΥΣΗ ΧΡΟΝΙΚΩΝ ΣΥΣΧΕΤΙΣΕΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΩΝ 162
10.3.3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΧΡΟΝΙΚΩΝ ΣΥΣΧΕΤΙΣΕΩΝ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΑΞΙΟΥ ΣΤΑ ΣΥΝΟΡΑ 164
10.4. ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΡΟΓΝΩΣΗΣ ΚΑΙ ΕΓΚΑΙΡΗΣ ΠΡΟΕΙΔΟΠΟΙΗΣΗΣ 165
10.4.1. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΗΣ ΠΡΟΓΝΩΣΗΣ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΞΗΡΑΣΙΩΝ 165
10.4.2. ΠΡΟΓΝΩΣΗ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΞΗΡΑΣΙΩΝ ΛΑΠ 168
10.4.3. ΠΡΟΓΝΩΣΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΞΗΡΑΣΙΩΝ ΑΞΙΟΥ 183
10.5. ΣΥΝΟΨΗ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΥ ΠΡΟΕΙΔΟΠΟΙΗΣΗΣ ΚΑΙ ΠΡΟΓΝΩΣΗΣ 185
ΑΝΑΦΟΡΕΣ 187
ΟΜΑΔΑ ΜΕΛΕΤΗΣ 190

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟΙ ΠΙΝΑΚΕΣ

ΠΙΝΑΚΑΣ 3-1: ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ. 15
ΠΙΝΑΚΑΣ 3-2: ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΧΡΟΝΙΚΕΣ ΚΛΙΜΑΚΕΣ, ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΟΙΝΗ ΠΕΡΙΟΔΟ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ (1980-2010) ΤΩΝ ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ. 17
ΠΙΝΑΚΑΣ 3-3: ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΣΤΟ ΣΤΑΘΜΟ ΑΡΝΑΙΑ ΤΟΥ ΥΠΕΚΑ (6/1953 – 4/2011). 20
ΠΙΝΑΚΑΣ 3-4: ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΣΤΟ ΣΤΑΘΜΟ ΓΟΥΜΕΝΙΣΣΑ ΤΟΥ ΥΠΕΚΑ (9/1954 – 8/2011). 21
ΠΙΝΑΚΑΣ 3-5: ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΣΤΟ ΣΤΑΘΜΟ ΕΥΖΩΝΟΙ ΤΟΥ ΥΠΕΚΑ (10/1965 – 12/2011). 21
ΠΙΝΑΚΑΣ 3-6: ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΣΤΟ ΣΤΑΘΜΟ ΘΕΟΔΩΡΑΚΙ ΤΟΥ ΥΠΑΑΤ (1/1964 – 9/2011). 21
ΠΙΝΑΚΑΣ 3-7: ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΣΤΟ ΣΤΑΘΜΟ ΚΡΥΑ ΒΡΥΣΗ ΤΟΥ ΥΠΑΑΤ (1/1952 – 9/2010). 21
ΠΙΝΑΚΑΣ 3-8: ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΣΤΟ ΣΤΑΘΜΟ ΜΕΤΑΞΟΧΩΡΙ ΤΟΥ ΥΠΑΑΤ (10/1963 – 12/2011). 21
ΠΙΝΑΚΑΣ 3-9: ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΣΤΟ ΣΤΑΘΜΟ ΜΙΚΡΑ ΤΗΣ ΕΜΥ (1/1965 – 9/2012). 21

ΠΙΝΑΚΑΣ 3-10: ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΣΤΟ ΣΤΑΘΜΟ Ν. ΧΑΛΚΗΔΟΝΑ ΤΟΥ ΥΠΑΑΤ (1/1952 – 9/2010). 22
ΠΙΝΑΚΑΣ 3-11: ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ ΥΔ 10 ΜΕ ΜΕΓΑΛΟ ΜΗΚΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ, ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΗΣ ΕΤΗΣΙΑΣ ΒΡΟΧΟΒΑΘΜΙΔΑΣ 23
ΠΙΝΑΚΑΣ 3-12: ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ THIESSEN ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ ΑΝΑ ΛΑΠ. 25
ΠΙΝΑΚΑΣ 3-13: ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΩΝ ΣΤΙΣ ΛΑΠ ΤΟΥ ΥΔ 10, ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΣΗΜΕΙΑΚΗΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΜΕΓΑΛΟΥ ΜΗΚΟΥΣ. 25
ΠΙΝΑΚΑΣ 3-14: ΚΛΙΣΗ ΕΥΘΕΙΑΣ ΓΡΑΜΜΙΚΗΣ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗΣ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΩΝ ΠΟΥ ΥΠΟΛΟΓΙΖΟΝΤΑΙ ΑΠΟ ΤΟ ΜΕΓΑΛΟ ΚΑΙ ΤΟ ΜΙΚΡΟ ΔΕΙΓΜΑ ΣΤΑΘΜΩΝ, ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΚΟΙΝΗ ΠΕΡΙΟΔΟ 1980-2010. 26
ΠΙΝΑΚΑΣ 3-15: ΤΟΜΗ (ΣΕ ΜΜ) ΕΥΘΕΙΑΣ ΓΡΑΜΜΙΚΗΣ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗΣ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΩΝ ΠΟΥ ΥΠΟΛΟΓΙΖΟΝΤΑΙ ΑΠΟ ΤΟ ΜΕΓΑΛΟ ΚΑΙ ΤΟ ΜΙΚΡΟ ΔΕΙΓΜΑ ΣΤΑΘΜΩΝ, ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΚΟΙΝΗ ΠΕΡΙΟΔΟ 1980-2010. 27
ΠΙΝΑΚΑΣ 3-16: ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗΣ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΩΝ ΠΟΥ ΥΠΟΛΟΓΙΖΟΝΤΑΙ ΑΠΟ ΤΟ ΜΕΓΑΛΟ ΚΑΙ ΤΟ ΜΙΚΡΟ ΔΕΙΓΜΑ ΣΤΑΘΜΩΝ, ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΚΟΙΝΗ ΠΕΡΙΟΔΟ 1980-2010. 27
ΠΙΝΑΚΑΣ 3-17: ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΛΑΠ ΑΞΙΟΥ (10/1965 – 9/2010). 27
ΠΙΝΑΚΑΣ 3-18: ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΛΑΠ ΓΑΛΛΙΚΟΥ (10/1965 – 9/2010). 27
ΠΙΝΑΚΑΣ 3-19: ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΛΑΠ ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ (1/1965 – 4/2011). 27
ΠΙΝΑΚΑΣ 3-20: ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΛΑΠ ΑΘΩ (6/1953 – 4/2011). 27
ΠΙΝΑΚΑΣ 3-21: ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΔΡΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ ΥΔ 10. 29
ΠΙΝΑΚΑΣ 3-22: ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΕΣ ΕΤΗΣΙΩΝ ΠΑΡΟΧΩΝ (Μ3/S) ΣΤΟΥΣ ΥΔΡΟΜΕΤΡΙΚΟΥΣ ΣΤΑΘΜΟΥΣ ΤΟΥ ΥΔ 10. 30
ΠΙΝΑΚΑΣ 3-23: ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΑΡΟΧΗΣ ΑΞΙΟΥ ΣΤΗ ΘΕΣΗ ΓΕΦΥΡΑ ΑΞΙΟΥΠΟΛΗΣ (10/1980 – 9/1991). 30
ΠΙΝΑΚΑΣ 3-24: ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΑΡΟΧΗΣ ΜΕΓ. ΡΕΜΑΤΟΣ ΣΤΗ ΘΕΣΗ ΚΟΤΖΑ ΝΤΕΡΕ (10/1980 – 10/1991). 30
ΠΙΝΑΚΑΣ 3-25: ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΚΤΙΜΗΜΕΝΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ ΑΞΙΟΥ ΣΤΑ ΣΥΝΟΡΑ (10/1980 – 12/1996). 31

ΠΙΝΑΚΑΣ 4-1: ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ ΑΡΝΑΙΑΣ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΧΡΟΝΙΚΕΣ ΚΛΙΜΑΚΕΣ (1952-53 ΕΩΣ 2010-11). 43
ΠΙΝΑΚΑΣ 4-2: ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΓΕΓΟΝΟΤΩΝ ΞΗΡΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΡΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΤΑ MCKEE ET AL. (1993), ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ. 44
ΠΙΝΑΚΑΣ 4-3: ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ΣΗΜΕΙΑΚΟΥ ΔΕΙΚΤΗ SPI ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΧΡΟΝΙΚΕΣ ΚΛΙΜΑΚΕΣ. 45
ΠΙΝΑΚΑΣ 4-4: ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΛΑΠ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΣΤΟ ΥΔΑΤΙΚΟ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ. 49
ΠΙΝΑΚΑΣ 4-5: ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΞΗΡΑΣΙΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΙΣ ΕΤΗΣΙΕΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΕΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΤΕΣΣΑΡΩΝ ΛΑΠ ΚΑΙ ΤΟΥ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΟΣ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ. 60

ΠΙΝΑΚΑΣ 4-6: ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΞΗΡΑΣΙΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΙΣ ΜΕΣΕΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΕΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΙΣ ΔΥΟ ΕΤΩΝ ΤΩΝ ΤΕΣΣΑΡΩΝ ΛΑΠ ΚΑΙ ΤΟΥ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΟΣ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ..... 61

ΠΙΝΑΚΑΣ 4-7: ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΞΗΡΑΣΙΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΙΣ ΜΕΣΕΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΕΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΙΣ ΤΡΙΩΝ ΕΤΩΝ ΤΩΝ ΤΕΣΣΑΡΩΝ ΛΑΠ ΚΑΙ ΤΟΥ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΟΣ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ..... 62

ΠΙΝΑΚΑΣ 4-8: ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΞΗΡΑΣΙΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΙΣ ΜΕΣΕΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΕΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΙΣ ΤΕΣΣΑΡΩΝ ΕΤΩΝ ΤΩΝ ΤΕΣΣΑΡΩΝ ΛΑΠ ΚΑΙ ΤΟΥ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΟΣ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ. 63

ΠΙΝΑΚΑΣ 4-9: ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΞΗΡΑΣΙΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΙΣ ΜΕΣΕΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΕΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΙΣ ΠΕΝΤΕ ΕΤΩΝ ΤΩΝ ΤΕΣΣΑΡΩΝ ΛΑΠ ΚΑΙ ΤΟΥ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΟΣ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ..... 64

ΠΙΝΑΚΑΣ 4-10: ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΕΜΦΑΝΙΣΗΣ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΚΛΑΣΕΩΝ ΞΗΡΑΣΙΑΣ ΣΤΙΣ ΥΠΟΛΕΚΑΝΕΣ ΤΟΥ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΟΣ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ, ΓΙΑ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΧΡΟΝΙΚΕΣ ΚΛΙΜΑΚΕΣ..... 68

ΠΙΝΑΚΑΣ 5-1: ΜΕΣΑ ΕΤΗΣΙΑ ΜΕΓΕΘΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΥΠΟΛΕΚΑΝΩΝ ΠΕΡΙΟΔΟΥ 1980-2001, ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ MIKE-SHE (ΥΠΑΝ, 2007). 79

ΠΙΝΑΚΑΣ 5-2: ΕΚΤΑΣΕΙΣ (ΚΜ2) ΠΟΥ ΚΑΤΑΛΑΜΒΑΝΟΥΝ ΟΙ ΥΠΟΛΕΚΑΝΕΣ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ MIKE-SHE ΣΤΙΣ ΛΑΠ ΤΟΥ ΥΔ 10. 80

ΠΙΝΑΚΑΣ 5-3: ΜΕΣΟ ΕΤΗΣΙΟ ΥΔΑΤΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΠΕΡΙΟΔΟΥ 1980-2001 ΣΕ ΚΛΙΜΑΚΑ ΛΑΠ, ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΑ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ MIKE-SHE..... 80

ΠΙΝΑΚΑΣ 5-4: ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΕΤΗΣΙΑΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΚΑΙ ΑΠΟΡΡΟΗΣ (ΤΕΛΙΚΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ). 81

ΠΙΝΑΚΑΣ 5-5: ΚΡΙΣΙΜΕΣ ΤΙΜΕΣ ΠΑΡΟΧΗΣ (ΩΣ ΠΟΣΟΣΤΑ ΤΗΣ ΜΕΣΗΣ ΕΤΗΣΙΑΣ ΠΑΡΟΧΗΣ) ΚΑΙ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΤΟΥΣ ΜΕ ΤΗΝ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΕΝΔΙΑΙΤΗΜΑΤΩΝ, ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ TENNANT (1976). 86

ΠΙΝΑΚΑΣ 5-6: ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΕΤΗΣΙΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΤΩΝ ΛΑΠ ΩΣ ΠΟΣΟΣΤΟ ΤΗΣ ΜΕΣΗΣ ΕΤΗΣΙΑΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ, ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΠΑΡΑΤΗΡΗΜΕΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗ, ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΩΝ ΜΗ ΥΠΕΡΒΑΣΗΣ..... 88

ΠΙΝΑΚΑΣ 5-7: ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ ΑΞΙΟΥ ΚΑΙ ΚΟΤΖΑ. 90

ΠΙΝΑΚΑΣ 5-8: ΤΕΛΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΜΕΣΗΣ ΕΤΗΣΙΑΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΚΑΙ ΕΤΗΣΙΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ (Μ3). 91

ΠΙΝΑΚΑΣ 5-9: ΕΤΗΣΙΕΣ ΑΠΟΛΗΨΕΙΣ ΑΠΟ ΤΟΠΙΚΟΥΣ ΥΔΑΤΙΚΟΥΣ ΠΟΡΟΥΣ ΓΙΑ ΧΡΗΣΕΙΣ ΝΕΡΟΥ ΕΝΤΟΣ ΤΗΣ ΙΔΙΑΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ (Μ3)..... 93

ΠΙΝΑΚΑΣ 5-10: ΕΤΗΣΙΕΣ ΑΠΟΛΗΨΕΙΣ ΑΠΟ ΤΟΠΙΚΟΥΣ ΥΔΑΤΙΚΟΥΣ ΠΟΡΟΥΣ ΓΙΑ ΧΡΗΣΕΙΣ ΝΕΡΟΥ ΣΕ ΑΛΛΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ (Μ3). 93

ΠΙΝΑΚΑΣ 5-11: ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΕΤΗΣΙΕΣ ΑΠΟΛΗΨΕΙΣ ΝΕΡΟΥ (Μ3). 93

ΠΙΝΑΚΑΣ 5-12: ΕΤΗΣΙΕΣ ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ ΜΕΤΑΦΕΡΟΜΕΝΟΥ ΝΕΡΟΥ ΜΕΤΑΞΥ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΛΑΠ (Μ3). 93

ΠΙΝΑΚΑΣ 5-13: ΕΤΗΣΙΕΣ ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ ΑΠΟΛΗΨΕΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΣΤΡΟΦΩΝ ΝΕΡΟΥ ΑΝΑ ΛΑΠ (Μ3). 94

ΠΙΝΑΚΑΣ 5-14: ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΕΤΗΣΙΟΥ ΔΕΙΚΤΗ WEI ΑΝΑ ΛΑΠ ΚΑΙ ΣΥΝΟΛΙΚΑ (ΕΤΗΣΙΕΣ ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ ΝΕΡΟΥ ΣΕ ΗΜ3). 95

ΠΙΝΑΚΑΣ 5-15: ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ ΥΠΕΡΒΑΣΗΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΟΡΙΩΝ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ WEI. 98

ΠΙΝΑΚΑΣ 6-1: ΜΕΓΕΘΗ ΠΟΥ ΕΙΣΕΡΧΟΝΤΑΙ ΣΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΟΥ ΚΑΘΟΛΙΚΟΥ ΜΕΤΡΟΥ ΤΡΩΤΟΤΗΤΑΣ ΕΝΑΝΤΙ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΞΗΡΑΣΙΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ..... 99
ΠΙΝΑΚΑΣ 6-2: ΜΕΓΕΘΗ ΠΟΥ ΕΙΣΕΡΧΟΝΤΑΙ ΣΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΟΥ ΚΑΘΟΛΙΚΟΥ ΜΕΤΡΟΥ ΤΡΩΤΟΤΗΤΑΣ ΕΝΑΝΤΙ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ. 99
ΠΙΝΑΚΑΣ 6-3: ΠΙΝΑΚΑΣ ΚΟΙΝΩΝΙΚΗΣ ΤΡΩΤΟΤΗΤΑΣ ΑΝΑ ΛΑΠ..... 102
ΠΙΝΑΚΑΣ 6-4: ΟΜΑΔΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΧΡΗΣΕΩΝ ΓΗΣ 103
ΠΙΝΑΚΑΣ 6-5: ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΟΣΟΣΤΩΝ ΧΡΗΣΕΩΝ ΓΗΣ ΣΤΙΣ ΛΑΠ ΥΔ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ (GR10).... 104
ΠΙΝΑΚΑΣ 6-6: ΦΥΤΙΚΟΙ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΚC, ΚΑΤΑ ΣΤΑΔΙΟ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΕΣΣΑΡΩΝ ΒΑΣΙΚΩΝ ΕΤΗΣΙΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΠΡΟΣΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΣΤΙΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ ΓΙΑ ΧΡΗΣΗ μΕ ΤΗΝ ΣΥΝΔΥΑΣΜΕΝΗ ΜΕΘΟΔΟ FAO PENMAN-MONTEITH..... 104
ΠΙΝΑΚΑΣ 6-7: ΥΣ ΕΝΤΟΣ ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΟΜΕΝΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΔΙΚΤΥΟΥ NATURA..... 104
ΠΙΝΑΚΑΣ 6-8: ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΤΡΩΤΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΞΗΡΑΣΙΑ ΑΝΑ ΛΑΠ ΥΔ10 (ΚΑΝΟΝΙΚΟΠΟΙΗΜΕΝΕΣ ΤΙΜΕΣ)..... 104

ΠΙΝΑΚΑΣ 7-1: ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΑ ΥΣ ΠΟΥ ΕΜΠΙΠΤΟΥΝ ΣΤΙΣ ΕΞΑΙΡΕΣΕΙΣ 111
ΠΙΝΑΚΑΣ 7-2: ΕΞΑΙΡΕΣΕΙΣ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ..... 112
ΠΙΝΑΚΑΣ 7-3: ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΑ ΥΔΑΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΝΤΑΙ ΑΠΟ ΑΠΟΛΗΨΕΙΣ ΝΕΡΟΥ ΑΝΑ ΥΠΟΛΕΚΑΝΗ ΤΟΥ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΟΣ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ 115

ΠΙΝΑΚΑΣ 8-1: ΜΑΚΡΟΠΡΟΘΕΣΜΑ ΜΕΤΡΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΠΟΦΥΓΗ ΑΝΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ ΜΕΤΑΞΥ ΖΗΤΗΣΗΣ ΚΑΙ ΠΑΡΟΧΗΣ ΝΕΡΟΥ..... 121
ΠΙΝΑΚΑΣ 8-2: ΕΙΔΟΣ ΜΕΤΡΩΝ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ ΑΝΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΞΗΡΑΣΙΑΣ 124

ΠΙΝΑΚΑΣ 10-1: ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΕΣ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ (%) ΑΠΟ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΞΗΡΑΣΙΑΣ/ΥΔΡΟΦΟΡΙΑΣ ΤΡΙΩΝ ΜΗΝΩΝ (ΓΡΑΜΜΗ) ΣΕ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΞΗΡΑΣΙΑΣ/ΥΔΡΟΦΟΡΙΑΣ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΕΤΟΥΣ (ΣΤΗΛΗ) ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΑΞΙΟΥ (GR03)..... 152
ΠΙΝΑΚΑΣ 10-2: ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΕΣ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ (%) ΑΠΟ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΞΗΡΑΣΙΑΣ/ΥΔΡΟΦΟΡΙΑΣ ΕΞΙ ΜΗΝΩΝ (ΓΡΑΜΜΗ) ΣΕ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΞΗΡΑΣΙΑΣ/ΥΔΡΟΦΟΡΙΑΣ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΕΤΟΥΣ (ΣΤΗΛΗ) ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΑΞΙΟΥ (GR03)..... 153
ΠΙΝΑΚΑΣ 10-3: ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΕΣ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ (%) ΑΠΟ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΞΗΡΑΣΙΑΣ/ΥΔΡΟΦΟΡΙΑΣ ΕΝΝΕΑ ΜΗΝΩΝ (ΓΡΑΜΜΗ) ΣΕ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΞΗΡΑΣΙΑΣ/ΥΔΡΟΦΟΡΙΑΣ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΕΤΟΥΣ (ΣΤΗΛΗ) ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΑΞΙΟΥ (GR03)..... 153
ΠΙΝΑΚΑΣ 10-4: ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΕΣ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ (%) ΑΠΟ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΞΗΡΑΣΙΑΣ/ΥΔΡΟΦΟΡΙΑΣ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΕΤΟΥΣ (ΓΡΑΜΜΗ) ΣΕ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΞΗΡΑΣΙΑΣ/ΥΔΡΟΦΟΡΙΑΣ ΔΙΕΤΙΑΣ (ΣΤΗΛΗ) ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΑΞΙΟΥ (GR03)..... 153
ΠΙΝΑΚΑΣ 10-5: ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΕΣ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ (%) ΑΠΟ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΞΗΡΑΣΙΑΣ/ΥΔΡΟΦΟΡΙΑΣ ΔΙΕΤΙΑΣ (ΓΡΑΜΜΗ) ΣΕ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΞΗΡΑΣΙΑΣ/ΥΔΡΟΦΟΡΙΑΣ ΤΡΙΕΤΙΑΣ (ΣΤΗΛΗ) ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΑΞΙΟΥ (GR03). 154
ΠΙΝΑΚΑΣ 10-6: ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΕΣ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ (%) ΑΠΟ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΞΗΡΑΣΙΑΣ/ΥΔΡΟΦΟΡΙΑΣ ΤΡΙΕΤΙΑΣ (ΓΡΑΜΜΗ) ΣΕ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΞΗΡΑΣΙΑΣ/ΥΔΡΟΦΟΡΙΑΣ ΤΕΤΡΑΕΤΙΑΣ (ΣΤΗΛΗ) ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΑΞΙΟΥ (GR03). 154
ΠΙΝΑΚΑΣ 10-7: ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΕΣ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ (%) ΑΠΟ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΞΗΡΑΣΙΑΣ/ΥΔΡΟΦΟΡΙΑΣ ΤΕΤΡΑΕΤΙΑΣ (ΓΡΑΜΜΗ) ΣΕ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΞΗΡΑΣΙΑΣ/ΥΔΡΟΦΟΡΙΑΣ ΠΕΝΤΑΕΤΙΑΣ (ΣΤΗΛΗ) ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΑΞΙΟΥ (GR03). 154

ΠΙΝΑΚΑΣ 10-8: ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΕΣ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ (%) ΑΠΟ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΞΗΡΑΣΙΑΣ/ΥΔΡΟΦΟΡΙΑΣ ΤΡΙΩΝ ΜΗΝΩΝ (ΓΡΑΜΜΗ) ΣΕ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΞΗΡΑΣΙΑΣ/ΥΔΡΟΦΟΡΙΑΣ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΕΤΟΥΣ (ΣΤΗΛΗ) ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΓΑΛΛΙΚΟΥ (GR04). 155

ΠΙΝΑΚΑΣ 10-9: ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΕΣ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ (%) ΑΠΟ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΞΗΡΑΣΙΑΣ/ΥΔΡΟΦΟΡΙΑΣ ΕΞΙ ΜΗΝΩΝ (ΓΡΑΜΜΗ) ΣΕ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΞΗΡΑΣΙΑΣ/ΥΔΡΟΦΟΡΙΑΣ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΕΤΟΥΣ (ΣΤΗΛΗ) ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΓΑΛΛΙΚΟΥ (GR04). 155

ΠΙΝΑΚΑΣ 10-10: ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΕΣ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ (%) ΑΠΟ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΞΗΡΑΣΙΑΣ/ΥΔΡΟΦΟΡΙΑΣ ΕΝΝΕΑ ΜΗΝΩΝ (ΓΡΑΜΜΗ) ΣΕ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΞΗΡΑΣΙΑΣ/ΥΔΡΟΦΟΡΙΑΣ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΕΤΟΥΣ (ΣΤΗΛΗ) ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΓΑΛΛΙΚΟΥ (GR04). 155

ΠΙΝΑΚΑΣ 10-11: ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΕΣ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ (%) ΑΠΟ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΞΗΡΑΣΙΑΣ/ΥΔΡΟΦΟΡΙΑΣ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΕΤΟΥΣ (ΓΡΑΜΜΗ) ΣΕ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΞΗΡΑΣΙΑΣ/ΥΔΡΟΦΟΡΙΑΣ ΔΙΕΤΙΑΣ (ΣΤΗΛΗ) ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΓΑΛΛΙΚΟΥ (GR04). 156

ΠΙΝΑΚΑΣ 10-12: ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΕΣ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ (%) ΑΠΟ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΞΗΡΑΣΙΑΣ/ΥΔΡΟΦΟΡΙΑΣ ΔΙΕΤΙΑΣ (ΓΡΑΜΜΗ) ΣΕ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΞΗΡΑΣΙΑΣ/ΥΔΡΟΦΟΡΙΑΣ ΤΡΙΕΤΙΑΣ (ΣΤΗΛΗ) ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΓΑΛΛΙΚΟΥ (GR04). 156

ΠΙΝΑΚΑΣ 10-13: ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΕΣ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ (%) ΑΠΟ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΞΗΡΑΣΙΑΣ/ΥΔΡΟΦΟΡΙΑΣ ΤΡΙΕΤΙΑΣ (ΓΡΑΜΜΗ) ΣΕ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΞΗΡΑΣΙΑΣ/ΥΔΡΟΦΟΡΙΑΣ ΤΕΤΡΑΕΤΙΑΣ (ΣΤΗΛΗ) ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΓΑΛΛΙΚΟΥ (GR04). 156

ΠΙΝΑΚΑΣ 10-14: ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΕΣ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ (%) ΑΠΟ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΞΗΡΑΣΙΑΣ/ΥΔΡΟΦΟΡΙΑΣ ΤΕΤΡΑΕΤΙΑΣ (ΓΡΑΜΜΗ) ΣΕ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΞΗΡΑΣΙΑΣ/ΥΔΡΟΦΟΡΙΑΣ ΠΕΝΤΑΕΤΙΑΣ (ΣΤΗΛΗ) ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΓΑΛΛΙΚΟΥ (GR04)..... 157

ΠΙΝΑΚΑΣ 10-15: ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΕΣ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ (%) ΑΠΟ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΞΗΡΑΣΙΑΣ/ΥΔΡΟΦΟΡΙΑΣ ΤΡΙΕΤΙΑΣ (ΓΡΑΜΜΗ) ΣΕ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΞΗΡΑΣΙΑΣ/ΥΔΡΟΦΟΡΙΑΣ ΤΕΤΡΑΕΤΙΑΣ (ΣΤΗΛΗ) ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ (GR05). 159

ΠΙΝΑΚΑΣ 10-16: ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΣΗΜΕΙΑΚΩΝ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗΣ ΔΕΙΚΤΗ SPI ΑΝΑ ΛΑΠ ΚΑΙ ΣΤΟ ΣΥΝΟΛΟ ΤΟΥ ΥΔ 10..... 161

ΠΙΝΑΚΑΣ 10-17: ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΛΑΠ ΑΞΙΟΥ, ΓΙΑ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΧΡΟΝΙΚΕΣ ΚΛΙΜΑΚΕΣ ΚΑΙ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΧΡΟΝΙΚΕΣ ΥΣΤΕΡΗΣΕΙΣ. 163

ΠΙΝΑΚΑΣ 10-18: ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΛΑΠ ΓΑΛΛΙΚΟΥ, ΓΙΑ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΧΡΟΝΙΚΕΣ ΚΛΙΜΑΚΕΣ ΚΑΙ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΧΡΟΝΙΚΕΣ ΥΣΤΕΡΗΣΕΙΣ. 163

ΠΙΝΑΚΑΣ 10-19: ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΛΑΠ ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ, ΓΙΑ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΧΡΟΝΙΚΕΣ ΚΛΙΜΑΚΕΣ ΚΑΙ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΧΡΟΝΙΚΕΣ ΥΣΤΕΡΗΣΕΙΣ. 163

ΠΙΝΑΚΑΣ 10-20: ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΛΑΠ ΑΘΩ, ΓΙΑ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΧΡΟΝΙΚΕΣ ΚΛΙΜΑΚΕΣ ΚΑΙ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΧΡΟΝΙΚΕΣ ΥΣΤΕΡΗΣΕΙΣ..... 163

ΠΙΝΑΚΑΣ 10-21: ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΑΛΙΑΚΜΟΝΑ ΣΤΗ ΘΕΣΗ ΠΟΛΥΦΥΤΟ, ΓΙΑ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΧΡΟΝΙΚΕΣ ΚΛΙΜΑΚΕΣ ΚΑΙ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΧΡΟΝΙΚΕΣ ΥΣΤΕΡΗΣΕΙΣ. 165

ΠΙΝΑΚΑΣ 10-22: ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΠΡΟΓΝΩΣΗΣ ΔΕΙΚΤΗ ΕΤΗΣΙΑΣ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΗΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ, ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΤΗΣΙΩΝ ΞΗΡΑΣΙΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΣΤΗ ΛΑΠ ΑΞΙΟΥ. 170

ΠΙΝΑΚΑΣ 10-23: ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΔΕΙΚΤΗ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΗΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ ΤΡΙΩΝ ΕΠΩΝ, ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΜΜΟΝΩΝ ΞΗΡΑΣΙΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΣΤΗ ΛΑΠ ΑΞΙΟΥ. 171

ΠΙΝΑΚΑΣ 10-24: ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΠΡΟΓΝΩΣΗΣ ΔΕΙΚΤΗ ΕΤΗΣΙΑΣ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΗΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ, ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΤΗΣΙΩΝ ΞΗΡΑΣΙΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΣΤΗ ΛΑΠ ΓΑΛΛΙΚΟΥ..... 174

ΠΙΝΑΚΑΣ 10-25: ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΔΕΙΚΤΗ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΗΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ ΤΡΙΩΝ ΕΠΩΝ, ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΜΜΟΝΩΝ ΞΗΡΑΣΙΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΣΤΗ ΛΑΠ ΓΑΛΛΙΚΟΥ..... 175
ΠΙΝΑΚΑΣ 10-26: ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΠΡΟΓΝΩΣΗΣ ΔΕΙΚΤΗ ΕΤΗΣΙΑΣ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΗΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ, ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΤΗΣΙΩΝ ΞΗΡΑΣΙΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΣΤΗ ΛΑΠ ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ..... 178
ΠΙΝΑΚΑΣ 10-27: ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΔΕΙΚΤΗ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΗΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ ΤΡΙΩΝ ΕΠΩΝ, ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΜΜΟΝΩΝ ΞΗΡΑΣΙΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΣΤΗ ΛΑΠ ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ..... 179
ΠΙΝΑΚΑΣ 10-28: ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΠΡΟΓΝΩΣΗΣ ΔΕΙΚΤΗ ΕΤΗΣΙΑΣ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΗΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ, ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΤΗΣΙΩΝ ΞΗΡΑΣΙΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΣΤΗ ΛΑΠ ΑΘΩ..... 181
ΠΙΝΑΚΑΣ 10-29: ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΔΕΙΚΤΗ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΗΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ ΤΡΙΩΝ ΕΠΩΝ, ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΜΜΟΝΩΝ ΞΗΡΑΣΙΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΣΤΗ ΛΑΠ ΑΘΩ..... 182
ΠΙΝΑΚΑΣ 10-30: ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΠΡΟΓΝΩΣΗΣ ΔΕΙΚΤΗ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ ΑΞΙΟΥ, ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΞΗΡΑΣΙΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ. 184

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΕΣ ΕΙΚΟΝΕΣ

ΕΙΚΟΝΑ 2-1: ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ (ΠΗΓΗ: MEDROPLAN, IGLESIAS ET AL., 2007) 10
ΕΙΚΟΝΑ 2-2: ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ, ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΔΡΑΣΕΙΣ. 11
ΕΙΚΟΝΑ 3-1: ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ ΚΑΙ ΟΡΙΑ ΛΕΚΑΝΩΝ ΑΠΟΡΡΟΗΣ. 13
ΕΙΚΟΝΑ 3-2: ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ, ΑΠΟ ΟΠΟΥ ΕΛΗΦΘΗΣΑΝ ΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΣΗΜΕΙΑΚΗΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ..... 14
ΕΙΚΟΝΑ 3-3: ΧΩΡΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΜΕΣΗΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΤΡΙΜΗΝΟΥ ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ-ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΥ (ΠΕΡΙΟΔΟΣ 1980-2010)..... 18
ΕΙΚΟΝΑ 3-4: ΧΩΡΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΜΕΣΗΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΕΞΑΜΗΝΟΥ ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ-ΜΑΡΤΙΟΥ (ΠΕΡΙΟΔΟΣ 1980-2010)..... 18
ΕΙΚΟΝΑ 3-5: ΧΩΡΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΜΕΣΗΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΕΝΝΙΑΜΗΝΟΥ ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ-ΙΟΥΝΙΟΥ (ΠΕΡΙΟΔΟΣ 1980-2010)..... 19
ΕΙΚΟΝΑ 3-6: ΧΩΡΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΜΕΣΗΣ ΕΤΗΣΙΑΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ (ΠΕΡΙΟΔΟΣ 1980-2010). 19
ΕΙΚΟΝΑ 3-7: ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ ΥΔ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ ΜΕ ΜΕΓΑΛΟ ΜΗΚΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ..... 20
ΕΙΚΟΝΑ 3-8: ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΣΩΝ ΕΤΗΣΙΩΝ ΥΨΩΝ ΒΡΟΧΗΣ (ΑΡΙΣΤΕΡΑ) ΚΑΙ ΕΤΗΣΙΩΝ ΤΥΠΙΚΩΝ ΑΠΟΚΛΙΣΕΩΝ (ΔΕΞΙΑ) ΠΕΡΙΟΔΟΥ 1980-2010 ΚΑΙ ΠΡΟΓΕΝΕΣΤΕΡΩΝ ΕΤΩΝ, ΣΤΟΥΣ ΟΚΤΩ ΣΤΑΘΜΟΥΣ ΜΕ ΜΕΓΑΛΟ ΔΕΙΓΜΑ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΩΝ..... 22
ΕΙΚΟΝΑ 3-9: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΕΥΘΕΙΑ ΓΡΑΜΜΙΚΗΣ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗΣ ΜΕΣΟΥ ΕΤΗΣΙΟΥ ΥΨΟΥΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙ ΤΟΥ ΥΨΟΜΕΤΡΟΥ. 23
ΕΙΚΟΝΑ 3-10: ΕΜΒΑΔΑ ΕΠΙΡΡΟΗΣ (ΠΟΛΥΓΩΝΑ THIESSEN) ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ 1980-2010 ΣΤΙΣ ΥΠΟΛΕΚΑΝΕΣ ΤΟΥ ΥΔ 10. 24

ΕΙΚΟΝΑ 3-11: ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΩΝ ΠΟΥ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΙ ΜΕ ΧΩΡΙΚΗ ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ, ΤΗΝ ΚΟΙΝΗ ΠΕΡΙΟΔΟ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ (1980-2010) 26
ΕΙΚΟΝΑ 3-12: ΜΕΣΕΣ ΤΙΜΕΣ ΜΗΝΙΑΙΩΝ ΥΨΩΝ ΒΡΟΧΗΣ ΣΤΙΣ ΛΑΠ ΤΟΥ ΥΔ 10. 28
ΕΙΚΟΝΑ 3-13: ΘΕΣΕΙΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ ΣΤΟ ΥΔ 10. 29
ΕΙΚΟΝΑ 3-14: ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΕΣ ΜΗΝΙΑΙΑΣ ΠΑΡΟΧΗΣ ΣΤΟΥΣ ΔΥΟ ΥΔΡΟΜΕΤΡΙΚΟΥΣ ΣΤΑΘΜΟΥΣ ΤΟΥ ΛΟΥΔΙΑ 30
ΕΙΚΟΝΑ 3-15: ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΕΣ ΜΗΝΙΑΙΑΣ ΠΑΡΟΧΗΣ ΑΞΙΟΥ ΣΤΑ ΣΥΝΟΡΑ ΚΑΙ ΤΗ ΓΕΦΥΡΑ ΑΞΙΟΥΠΟΛΗΣ. .. 31
ΕΙΚΟΝΑ 3-16: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ ΜΗΝΙΑΙΩΝ ΠΑΡΟΧΩΝ ΑΞΙΟΥ ΣΤΑ ΣΥΝΟΡΑ ΚΑΙ ΤΗ ΓΕΦΥΡΑ ΑΞΙΟΥΠΟΛΗΣ. 32
ΕΙΚΟΝΑ 3-17: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ ΕΤΗΣΙΑΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΣΤΗ ΛΑΠ ΑΞΙΟΥ (ΑΡΙΣΤΕΡΑ) ΚΑΙ ΕΤΗΣΙΑΣ ΠΑΡΟΧΗΣ ΑΛΙΑΚΜΟΝΑ ΣΤΗ ΘΕΣΗ ΠΟΛΥΦΥΤΟ (ΔΕΞΙΑ) ΜΕ ΤΗΝ ΕΤΗΣΙΑ ΠΑΡΟΧΗ ΤΟΥ ΑΞΙΟΥ ΤΑ ΣΥΝΟΡΑ. 32

ΕΙΚΟΝΑ 4-1: ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗΣ ΣΥΝΘΕΤΗΣ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΣΕ ΔΕΙΓΜΑ ΕΤΗΣΙΩΝ ΥΨΩΝ ΒΡΟΧΗΣ, ΣΤΟ ΟΠΟΙΟ ΟΙ ΤΙΜΕΣ ΠΑΝΩ ΑΠΟ ΤΗ ΔΙΑΜΕΣΟ ΠΕΡΙΓΡΑΦΟΝΤΑΙ ΑΠΟ ΤΗΝ ΛΟΓΑΡΙΘΜΟΚΑΝΟΝΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ, ΕΝΩ ΟΙ ΤΙΜΕΣ ΚΑΤΩ ΑΠΟ ΤΗ ΔΙΑΜΕΣΟ ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΑΤΑΝΟΜΗ WEIBULL. 39
ΕΙΚΟΝΑ 4-2: ΕΤΗΣΙΟ ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ ΑΡΝΑΙΑΣ ΚΑΙ ΚΙΝΟΥΜΕΝΟΙ ΜΕΣΟΙ ΟΡΟΙ ΔΕΚΑ ΕΤΩΝ. 40
ΕΙΚΟΝΑ 4-3: ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΘΕΩΡΗΤΙΚΩΝ ΚΑΤΑΝΟΜΩΝ ΣΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΩΝ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΩΝ ΤΟΥ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ ΑΡΝΑΙΑΣ ΤΡΙΜΗΝΟΥ ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ-ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΥ (ΠΑΝΩ ΑΡΙΣΤΕΡΑ), ΕΞΑΜΗΝΟΥ ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ- ΜΑΡΤΙΟΥ (ΠΑΝΩ ΔΕΞΙΑ), ΕΝΝΕΑΜΗΝΟΥ ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ-ΙΟΥΝΙΟΥ (ΚΑΤΩ ΑΡΙΣΤΕΡΑ), ΚΑΙ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΕΤΟΥΣ (ΚΑΤΩ ΔΕΞΙΑ). 40
ΕΙΚΟΝΑ 4-4: ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΘΕΩΡΗΤΙΚΩΝ ΚΑΤΑΝΟΜΩΝ ΣΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΩΝ ΤΟΥ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ ΑΡΝΑΙΑΣ ΓΙΑ ΧΡΟΝΙΚΕΣ ΚΛΙΜΑΚΕΣ ΚΥΛΙΟΜΕΝΩΝ ΜΕΣΩΝ ΟΡΩΝ ΔΥΟ (ΠΑΝΩ ΑΡΙΣΤΕΡΑ), ΤΡΙΩΝ (ΠΑΝΩ ΔΕΞΙΑ), ΤΕΣΣΑΡΩΝ (ΚΑΤΩ ΑΡΙΣΤΕΡΑ), ΚΑΙ ΠΕΝΤΕ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΤΩΝ (ΚΑΤΩ ΔΕΞΙΑ). 41
ΕΙΚΟΝΑ 4-5: ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΘΕΩΡΗΤΙΚΩΝ ΚΑΤΑΝΟΜΩΝ ΣΤΑ ΕΤΗΣΙΑ (ΑΡΙΣΤΕΡΑ) ΚΑΙ ΜΕΣΑ ΠΕΝΤΑΕΤΗ (ΔΕΞΙΑ) ΥΨΗ ΒΡΟΧΗΣ ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΕΥΤΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΜΕ ΜΕΓΑΛΟ ΜΗΚΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ. 42
ΕΙΚΟΝΑ 4-6: ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑ ΣΗΜΕΙΑΚΩΝ ΤΙΜΩΝ SPI ΕΤΗΣΙΑΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΔΟ 1980-2010 (ΤΟ ΚΟΚΚΙΝΟ ΣΗΜΕΙΟ ΥΠΟΔΗΛΩΝΕΙ ΤΗ ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ΟΛΩΝ ΤΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ). 46
ΕΙΚΟΝΑ 4-7: ΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗΣ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ ΞΗΡΑΣΙΑΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ, ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΔΟ 1980-2010. 48
ΕΙΚΟΝΑ 4-8: ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑ ΕΤΗΣΙΑΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΣΤΗ ΛΑΠ ΑΞΙΟΥ. 49
ΕΙΚΟΝΑ 4-9: ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΘΕΩΡΗΤΙΚΩΝ ΚΑΤΑΝΟΜΩΝ ΣΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΤΗΣ ΛΑΠ ΑΞΙΟΥ, ΓΙΑ ΧΡΟΝΙΚΕΣ ΚΛΙΜΑΚΕΣ ΕΝΟΣ (ΠΑΝΩ ΑΡΙΣΤΕΡΑ) ΚΑΙ ΜΕΣΟΥ ΟΡΟΥ ΔΥΟ (ΠΑΝΩ ΔΕΞΙΑ), ΤΡΙΩΝ (ΚΑΤΩ ΑΡΙΣΤΕΡΑ) ΚΑΙ ΠΕΝΤΕ ΕΤΩΝ (ΚΑΤΩ ΔΕΞΙΑ) 50
ΕΙΚΟΝΑ 4-10: ΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΔΕΙΚΤΗ ΞΗΡΑΣΙΑΣ ΛΑΠ ΑΞΙΟΥ ΓΙΑ ΧΡΟΝΙΚΕΣ ΚΛΙΜΑΚΕΣ ΕΝΟΣ, ΔΥΟ, ΤΡΙΩΝ ΚΑΙ ΠΕΝΤΕ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΤΩΝ. 51
ΕΙΚΟΝΑ 4-11: ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑ ΕΤΗΣΙΑΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΣΤΗ ΛΑΠ ΓΑΛΛΙΚΟΥ. 52

ΕΙΚΟΝΑ 4-12: ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΘΕΩΡΗΤΙΚΩΝ ΚΑΤΑΝΟΜΩΝ ΣΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΤΗΣ ΛΑΠ ΓΑΛΛΙΚΟΥ, ΓΙΑ ΧΡΟΝΙΚΕΣ ΚΛΙΜΑΚΕΣ ΕΝΟΣ (ΠΑΝΩ ΑΡΙΣΤΕΡΑ) ΚΑΙ ΜΕΣΟΥ ΟΡΟΥ ΔΥΟ (ΠΑΝΩ ΔΕΞΙΑ), ΤΡΙΩΝ (ΚΑΤΩ ΑΡΙΣΤΕΡΑ) ΚΑΙ ΠΕΝΤΕ ΕΤΩΝ (ΚΑΤΩ ΔΕΞΙΑ). 52
ΕΙΚΟΝΑ 4-13: ΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΔΕΙΚΤΗ ΞΗΡΑΣΙΑΣ ΛΑΠ ΓΑΛΛΙΚΟΥ ΓΙΑ ΧΡΟΝΙΚΕΣ ΚΛΙΜΑΚΕΣ ΕΝΟΣ, ΔΥΟ, ΤΡΙΩΝ ΚΑΙ ΠΕΝΤΕ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΤΩΝ. 53
ΕΙΚΟΝΑ 4-14: ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑ ΕΤΗΣΙΑΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΣΤΗ ΛΑΠ ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ..... 54
ΕΙΚΟΝΑ 4-15: ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΘΕΩΡΗΤΙΚΩΝ ΚΑΤΑΝΟΜΩΝ ΣΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΤΗΣ ΛΑΠ ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ, ΓΙΑ ΧΡΟΝΙΚΕΣ ΚΛΙΜΑΚΕΣ ΕΝΟΣ (ΠΑΝΩ ΑΡΙΣΤΕΡΑ) ΚΑΙ ΜΕΣΟΥ ΟΡΟΥ ΔΥΟ (ΠΑΝΩ ΔΕΞΙΑ), ΤΡΙΩΝ (ΚΑΤΩ ΑΡΙΣΤΕΡΑ) ΚΑΙ ΠΕΝΤΕ ΕΤΩΝ (ΚΑΤΩ ΔΕΞΙΑ). 54
ΕΙΚΟΝΑ 4-16: ΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΔΕΙΚΤΗ ΞΗΡΑΣΙΑΣ ΛΑΠ ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ ΓΙΑ ΧΡΟΝΙΚΕΣ ΚΛΙΜΑΚΕΣ ΕΝΟΣ, ΔΥΟ, ΤΡΙΩΝ ΚΑΙ ΠΕΝΤΕ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΤΩΝ..... 55
ΕΙΚΟΝΑ 4-17: ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑ ΕΤΗΣΙΑΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΣΤΗ ΛΑΠ ΆΘΩ..... 56
ΕΙΚΟΝΑ 4-18: ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΘΕΩΡΗΤΙΚΩΝ ΚΑΤΑΝΟΜΩΝ ΣΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΤΗΣ ΛΑΠ ΆΘΩ, ΓΙΑ ΧΡΟΝΙΚΕΣ ΚΛΙΜΑΚΕΣ ΕΝΟΣ (ΠΑΝΩ ΑΡΙΣΤΕΡΑ) ΚΑΙ ΜΕΣΟΥ ΟΡΟΥ ΔΥΟ (ΠΑΝΩ ΔΕΞΙΑ), ΤΡΙΩΝ (ΚΑΤΩ ΑΡΙΣΤΕΡΑ) ΚΑΙ ΠΕΝΤΕ ΕΤΩΝ (ΚΑΤΩ ΔΕΞΙΑ). 56
ΕΙΚΟΝΑ 4-19: ΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΔΕΙΚΤΗ ΞΗΡΑΣΙΑΣ ΛΑΠ ΆΘΩ ΓΙΑ ΧΡΟΝΙΚΕΣ ΚΛΙΜΑΚΕΣ ΕΝΟΣ, ΔΥΟ, ΤΡΙΩΝ ΚΑΙ ΠΕΝΤΕ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΤΩΝ. 57
ΕΙΚΟΝΑ 4-20: ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑ ΕΤΗΣΙΑΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΥΔ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ.... 58
ΕΙΚΟΝΑ 4-21: ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΘΕΩΡΗΤΙΚΩΝ ΚΑΤΑΝΟΜΩΝ ΣΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΣΤΟ ΥΔ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ, ΓΙΑ ΧΡΟΝΙΚΕΣ ΚΛΙΜΑΚΕΣ ΕΝΟΣ (ΠΑΝΩ ΑΡΙΣΤΕΡΑ) ΚΑΙ ΜΕΣΟΥ ΟΡΟΥ ΔΥΟ (ΠΑΝΩ ΔΕΞΙΑ), ΤΡΙΩΝ (ΚΑΤΩ ΑΡΙΣΤΕΡΑ) ΚΑΙ ΠΕΝΤΕ ΕΤΩΝ (ΚΑΤΩ ΔΕΞΙΑ). 58
ΕΙΚΟΝΑ 4-22: ΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΔΕΙΚΤΗ ΞΗΡΑΣΙΑΣ ΥΔ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ ΓΙΑ ΧΡΟΝΙΚΕΣ ΚΛΙΜΑΚΕΣ ΕΝΟΣ, ΔΥΟ, ΤΡΙΩΝ ΚΑΙ ΠΕΝΤΕ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΤΩΝ. 59
ΕΙΚΟΝΑ 4-23: ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΔΕΙΚΤΩΝ ΞΗΡΑΣΙΑΣ ΜΕΣΗΣ ΕΤΗΣΙΑΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ..... 66
ΕΙΚΟΝΑ 4-24: ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΔΕΙΚΤΩΝ ΞΗΡΑΣΙΑΣ ΜΕΣΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΠΕΝΤΕ ΕΤΩΝ.66
ΕΙΚΟΝΑ 4-25: ΕΛΑΧΙΣΤΕΣ ΚΑΙ ΜΕΓΙΣΤΕΣ ΤΙΜΕΣ ΔΕΙΚΤΗ ΞΗΡΑΣΙΑΣ ΕΤΗΣΙΑΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΣΤΟ ΥΔ 10. 67
ΕΙΚΟΝΑ 4-26: ΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΔΕΙΚΤΩΝ ΞΗΡΑΣΙΑΣ ΕΤΗΣΙΑΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΣΤΙΣ ΛΑΠ ΤΟΥ ΥΔ 10. 67
ΕΙΚΟΝΑ 4-27: ΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΔΕΙΚΤΩΝ ΞΗΡΑΣΙΑΣ ΜΕΣΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΠΕΝΤΕ ΕΤΩΝ ΣΤΙΣ ΛΑΠ ΤΟΥ ΥΔ 10. 67
ΕΙΚΟΝΑ 4-28: ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΓΑΜΑ ΣΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΤΟΥ ΑΞΙΟΥ ΣΤΑ ΣΥΝΟΡΑ ΜΕ ΤΗΝ ΠΓΔΜ, ΓΙΑ ΧΡΟΝΙΚΕΣ ΚΛΙΜΑΚΕΣ ΕΝΟΣ (ΑΡΙΣΤΕΡΑ) ΚΑΙ ΜΕΣΟΥ ΟΡΟΥ ΔΥΟ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΤΩΝ (ΔΕΞΙΑ). 69
ΕΙΚΟΝΑ 4-29: ΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΔΕΙΚΤΗ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ ΑΞΙΟΥ ΣΤΑ ΣΥΝΟΡΑ ΜΕ ΤΗΝ ΠΓΔΜ ΓΙΑ ΧΡΟΝΙΚΕΣ ΚΛΙΜΑΚΕΣ ΕΝΟΣ ΚΑΙ ΜΕΣΟΥ ΟΡΟΥ ΔΥΟ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΤΩΝ..... 70
ΕΙΚΟΝΑ 4-30: ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΚΑΝΟΝΙΚΗΣ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΣΤΟ ΔΕΙΓΜΑ ΕΤΗΣΙΩΝ ΠΑΡΟΧΩΝ ΤΟΥ ΡΕΜΑΤΟΣ ΚΟΤΖΑ (ΑΡΙΣΤΕΡΑ) ΚΑΙ ΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΔΕΙΚΤΗ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ SRI (ΔΕΞΙΑ). 70

ΕΙΚΟΝΑ 4-31: ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΓΑΜΑ ΣΤΗ ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑ ΠΑΡΟΧΗΣ ΤΟΥ ΑΛΙΑΚΜΟΝΑ ΣΤΗ ΘΕΣΗ ΠΟΛΥΦΥΤΟ, ΓΙΑ ΧΡΟΝΙΚΕΣ ΚΛΙΜΑΚΕΣ ΕΝΟΣ (ΑΡΙΣΤΕΡΑ) ΚΑΙ ΜΕΣΟΥ ΟΡΟΥ ΔΥΟ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΤΩΝ (ΔΕΞΙΑ). 71

ΕΙΚΟΝΑ 4-32: ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΚΑΤΑΝΟΜΩΝ ΓΑΜΑ (ΑΡΙΣΤΕΡΑ) ΚΑΙ WEIBULL (ΔΕΞΙΑ) ΣΤΙΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΙΣ ΕΝΟΣ ΚΑΙ ΜΕΣΟΥ ΟΡΟΥ ΔΥΟ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΤΩΝ ΤΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ ΓΟΥΜΕΝΙΣΣΑΣ. 71

ΕΙΚΟΝΑ 4-33: ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΔΕΙΚΤΩΝ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ ΑΛΙΑΚΜΟΝΑ ΣΤΟ ΠΟΛΥΦΥΤΟ ΚΑΙ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ ΑΞΙΟΥ ΣΤΑ ΣΥΝΟΡΑ ΜΕ ΤΗΝ ΠΓΔΜ, ΓΙΑ ΧΡΟΝΙΚΕΣ ΚΛΙΜΑΚΕΣ ΕΝΟΣ (ΑΡΙΣΤΕΡΑ) ΚΑΙ ΜΕΣΟΥ ΟΡΟΥ ΔΥΟ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΤΩΝ (ΔΕΞΙΑ). ... 72

ΕΙΚΟΝΑ 4-34: ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΔΕΙΚΤΩΝ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΗΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ ΣΤΟΝ ΣΤΑΘΜΟ ΓΟΥΜΕΝΙΣΣΑ ΚΑΙ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ ΑΞΙΟΥ ΣΤΑ ΣΥΝΟΡΑ ΜΕ ΤΗΝ ΠΓΔΜ, ΓΙΑ ΧΡΟΝΙΚΕΣ ΚΛΙΜΑΚΕΣ ΕΝΟΣ (ΑΡΙΣΤΕΡΑ) ΚΑΙ ΜΕΣΟΥ ΟΡΟΥ ΔΥΟ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΤΩΝ (ΔΕΞΙΑ). ... 73

ΕΙΚΟΝΑ 4-35: ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΕΤΗΣΙΟΥ ΔΕΙΚΤΗ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ ΑΛΙΑΚΜΟΝΑ ΣΤΟ ΠΟΛΥΦΥΤΟ (ΑΡΙΣΤΕΡΑ) ΚΑΙ ΕΤΗΣΙΟΥ ΔΕΙΚΤΗ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΗΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ ΣΤΟΝ ΣΤΑΘΜΟ ΓΟΥΜΕΝΙΣΣΑ (ΔΕΞΙΑ) ΜΕ ΤΟΝ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΟ ΔΕΙΚΤΗ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ ΣΤΗ ΘΕΣΗ ΚΟΤΖΑ ΝΤΕΡΕ. 73

ΕΙΚΟΝΑ 5-1: ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΕΝΗ ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑ 100 ΕΤΩΝ ΔΕΙΚΤΗ WEI ΣΕ ΔΥΟ ΥΠΟΘΕΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ Α ΚΑΙ Β, ΜΕ ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΖΗΤΗΣΗ TWA = 15, ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΑΠΟΡΡΟΗ D = 100 ΚΑΙ ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ 20 ΚΑΙ 40, ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΑ..... 77

ΕΙΚΟΝΑ 5-2: ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΕΝΗ ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑ 100 ΕΤΩΝ ΔΕΙΚΤΗ WEI ΣΕ ΔΥΟ ΥΠΟΘΕΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ Γ ΚΑΙ Δ, ΜΕ ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΖΗΤΗΣΗ TWA = 25, ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΑΠΟΡΡΟΗ D = 100 ΚΑΙ ΤΥΠΙΚΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗ 20 ΚΑΙ 40, ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΑ..... 78

ΕΙΚΟΝΑ 5-3: ΣΧΗΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ ΥΠΟΛΕΚΑΝΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΡΤΙΣΗ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΙΣΟΖΥΓΙΩΝ ΜΕ ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ MIKE-SHE..... 79

ΕΙΚΟΝΑ 5-4: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ ΕΤΗΣΙΑΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΕΝΗΣ (ΜΕ ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ MIKE-SHE) ΑΠΟΡΡΟΗΣ, ΑΝΗΓΜΕΝΗΣ ΣΤΗΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΤΗΣ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΗΣ ΛΑΠ, ΠΕΡΙΟΔΟΥ 1980-2001. 81

ΕΙΚΟΝΑ 5-5: ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗΣ ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑΣ ΠΑΡΟΧΗΣ ΑΞΙΟΥ ΣΤΑ ΣΥΝΟΡΑ ΜΕ ΤΙΣ ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΕΣ ΠΑΡΟΧΗΣ ΤΟΥ ΑΛΙΑΚΜΟΝΑ ΣΤΟ ΠΟΛΥΦΥΤΟ, ΤΗΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ ΣΤΗ ΛΑΠ ΑΞΙΟΥ ΚΑΙ ΤΗΝ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ ΣΤΟ ΛΙΜΝΟΧΩΡΙ..... 82

ΕΙΚΟΝΑ 5-6: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ ΕΤΗΣΙΑΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΣΤΑΘΜΩΝ ΛΙΜΟΝΧΩΡΙΟΥ (ΑΡΙΣΤΕΡΑ) ΚΑΙ ΓΟΥΜΕΝΙΣΣΑΣ (ΔΕΞΙΑ) ΚΑΙ ΕΤΗΣΙΑΣ ΠΑΡΟΧΗΣ ΑΞΙΟΥ ΣΤΑ ΣΥΝΟΡΑ, ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΔΟ 1980-1996..... 83

ΕΙΚΟΝΑ 5-7: ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΠΑΡΑΤΗΡΗΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΕΚΤΙΜΗΜΕΝΩΝ, ΜΕ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΣΧΕΣΗΣ (5.5), ΕΤΗΣΙΩΝ ΠΑΡΟΧΩΝ ΤΟΥ ΑΞΙΟΥ ΣΤΑ ΣΥΝΟΡΑ, ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΔΟ 1980-1996..... 83

ΕΙΚΟΝΑ 5-8: ΤΕΛΙΚΗ ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑ ΠΑΡΟΧΩΝ ΑΞΙΟΥ ΣΤΑ ΣΥΝΟΡΑ ΜΕ ΤΗΝ ΠΓΔΜ ΚΑΙ ΚΥΛΙΟΜΕΝΟΙ ΜΕΣΟΙ ΟΡΟΙ ΔΕΚΑ ΕΤΩΝ. 83

ΕΙΚΟΝΑ 5-9: ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΓΑΜΑ ΣΤΙΣ ΕΤΗΣΙΕΣ ΠΑΡΟΧΕΣ ΤΟΥ ΑΛΙΑΚΜΟΝΑ (ΑΡΙΣΤΕΡΑ) ΚΑΙ ΤΟΥ ΑΞΙΟΥ (ΔΕΞΙΑ)..... 84

ΕΙΚΟΝΑ 5-10: ΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΕΤΗΣΙΩΝ ΔΕΙΚΤΩΝ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ ΑΛΙΑΚΜΟΝΑ ΚΑΙ ΑΞΙΟΥ. 85

ΕΙΚΟΝΑ 5-11: ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑ ΕΤΗΣΙΑΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΛΑΠ ΚΑΙ ΤΙΜΕΣ-ΣΤΟΧΟΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ (ΣΥΝΕΧΗΣ ΓΡΑΜΜΗ: ΕΠΙΘΥΜΗΤΟ ΟΡΙΟ 30%, ΔΙΑΚΕΚΟΜΜΕΝΗ ΓΡΑΜΜΗ: ΑΠΟΔΕΚΤΟ ΟΡΙΟ 10%). 87

ΕΙΚΟΝΑ 5-12: ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΚΑΝΟΝΙΚΗΣ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΣΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΛΑΧΙΣΤΩΝ ΜΗΝΙΑΙΩΝ ΠΑΡΟΧΩΝ ΤΟΥ ΑΞΙΟΥ ΣΤΑ ΣΥΝΟΡΑ (ΑΡΙΣΤΕΡΑ) ΚΑΙ ΤΟΥ ΡΕΜΑΤΟΣ ΚΟΤΖΑ (ΔΕΞΙΑ)..... 89

ΕΙΚΟΝΑ 5-13: ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑ ΕΤΗΣΙΩΝ ΚΑΙ ΕΛΑΧΙΣΤΩΝ ΜΗΝΙΑΙΩΝ ΠΑΡΟΧΩΝ ΑΞΙΟΥ ΣΤΑ ΣΥΝΟΡΑ ΜΕ ΤΗΝ ΠΓΔΜ ΚΑΙ ΤΙΜΕΣ-ΣΤΟΧΟΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ (ΣΥΝΕΧΗΣ ΓΡΑΜΜΗ: ΕΠΙΘΥΜΗΤΟ ΟΡΙΟ 30%, ΔΙΑΚΕΚΟΜΜΕΝΗ ΓΡΑΜΜΗ: ΑΠΟΔΕΚΤΟ ΟΡΙΟ 10%)..... 89

ΕΙΚΟΝΑ 5-14: ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑ ΕΤΗΣΙΩΝ ΚΑΙ ΕΛΑΧΙΣΤΩΝ ΜΗΝΙΑΙΩΝ ΠΑΡΟΧΩΝ ΡΕΜΑΤΟΣ ΚΟΤΖΑ ΚΑΙ ΤΙΜΕΣ-ΣΤΟΧΟΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ (ΣΥΝΕΧΗΣ ΓΡΑΜΜΗ: ΕΠΙΘΥΜΗΤΟ ΟΡΙΟ 30%, ΔΙΑΚΕΚΟΜΜΕΝΗ ΓΡΑΜΜΗ: ΑΠΟΔΕΚΤΟ ΟΡΙΟ 10%). 89

ΕΙΚΟΝΑ 5-15: ΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗΝ ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΘΑΡΗ ΑΠΟΛΗΨΗ ΝΕΡΟΥ (ΑΡΙΣΤΕΡΑ) ΚΑΙ ΤΟΥ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΟΥ ΕΤΗΣΙΟΥ ΔΕΙΚΤΗ WEI (ΔΕΞΙΑ) ΣΤΗ ΛΑΠ ΑΞΙΟΥ..... 96

ΕΙΚΟΝΑ 5-16: ΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗΝ ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΘΑΡΗ ΑΠΟΛΗΨΗ ΝΕΡΟΥ (ΑΡΙΣΤΕΡΑ) ΚΑΙ ΤΟΥ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΟΥ ΕΤΗΣΙΟΥ ΔΕΙΚΤΗ WEI (ΔΕΞΙΑ) ΣΤΗ ΛΑΠ ΓΑΛΛΙΚΟΥ. 96

ΕΙΚΟΝΑ 5-17: ΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗΝ ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΘΑΡΗ ΑΠΟΛΗΨΗ ΝΕΡΟΥ (ΑΡΙΣΤΕΡΑ) ΚΑΙ ΤΟΥ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΟΥ ΕΤΗΣΙΟΥ ΔΕΙΚΤΗ WEI (ΔΕΞΙΑ) ΣΤΗ ΛΑΠ ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ. 96

ΕΙΚΟΝΑ 5-18: ΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗΝ ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΘΑΡΗ ΑΠΟΛΗΨΗ ΝΕΡΟΥ (ΑΡΙΣΤΕΡΑ) ΚΑΙ ΤΟΥ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΟΥ ΕΤΗΣΙΟΥ ΔΕΙΚΤΗ WEI (ΔΕΞΙΑ) ΣΤΗ ΛΑΠ ΆΘΩ. 97

ΕΙΚΟΝΑ 5-19: ΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗΝ ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΘΑΡΗ ΑΠΟΛΗΨΗ ΝΕΡΟΥ (ΑΡΙΣΤΕΡΑ) ΚΑΙ ΤΟΥ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΟΥ ΕΤΗΣΙΟΥ ΔΕΙΚΤΗ WEI (ΔΕΞΙΑ) ΣΤΟ ΥΔ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ. 97

ΕΙΚΟΝΑ 7-1. ΔΕΙΚΤΗΣ ΤΡΩΤΟΤΗΤΑΣ ΕΝΑΝΤΙ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ ΚΑΙ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΑ ΥΔΑΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΝΤΑΙ ΑΠΟ ΑΠΟΛΗΨΕΙΣ ΣΤΙΣ ΥΠΟΛΕΚΑΝΕΣ ΤΟΥ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΟΣ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ..... 114

ΕΙΚΟΝΑ 7-2. ΔΕΙΚΤΗΣ ΤΡΩΤΟΤΗΤΑΣ ΕΝΑΝΤΙ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ ΚΑΙ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΑ ΥΔΑΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΝΤΑΙ ΑΠΟ ΑΠΟΛΗΨΕΙΣ ΝΕΡΟΥ ΓΙΑ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΣΤΙΣ ΥΠΟΛΕΚΑΝΕΣ ΤΟΥ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΟΣ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ..... 114

ΕΙΚΟΝΑ 7-3: ΥΠΟΓΕΙΑ ΥΔΑΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΟΥ ΚΙΝΔΥΝΕΥΟΥΝ ΝΑ ΜΗΝ ΕΠΙΤΥΧΟΥΝ ΤΟΥΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΥΣ ΣΤΟΧΟΥΣ ΣΕ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ 116

ΕΙΚΟΝΑ 8-1: ΔΙΑΔΟΧΙΚΑ ΒΗΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ ΔΡΑΣΕΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΗΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ (ΠΗΓΗ: MEDROPLAN, IGLESIAS ET AL., 2007). 123

ΕΙΚΟΝΑ 10-1: ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΩΝ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ (%) ΜΕΤΑΞΥ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΚΑΤΗΓΟΡΙΩΝ ΞΗΡΑΣΙΑΣ/ΥΔΡΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΧΡΟΝΙΚΩΝ ΚΛΙΜΑΚΩΝ..... 160

ΕΙΚΟΝΑ 10-2: ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗΣ ΔΕΙΚΤΩΝ SPI ΜΕΤΑΞΥ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΩΝ ΧΡΟΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΟΔΩΝ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΣΤΑΘΜΟΥΣ ΤΩΝ GR 03 (ΣΤΑΘΜΟΙ 1-10) GR 04 (ΣΤΑΘΜΟΙ 11-13) ΚΑΙ GR 05 (ΣΤΑΘΜΟΙ 14-20)..... 162

ΕΙΚΟΝΑ 10-3: ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΚΑΙ ΔΕΙΚΤΗ ΞΗΡΑΣΙΑΣ ΣΤΗ ΛΑΠ ΑΞΙΟΥ, ΓΙΑ ΧΡΟΝΙΚΗ ΥΣΤΕΡΗΣΗ ΜΙΑΣ ΚΑΙ ΔΥΟ ΧΡΟΝΙΚΩΝ ΚΛΙΜΑΚΩΝ. 164

ΕΙΚΟΝΑ 10-4: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΤΡΙΜΗΝΟΥ ΣΤΗ ΝΕΑ ΧΑΛΚΗΔΟΝΑ ΚΑΙ ΕΤΗΣΙΑΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΛΑΠ ΑΞΙΟΥ (ΑΡΙΣΤΕΡΑ) ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΠΑΡΑΤΗΡΗΜΕΝΟΥ ΚΑΙ ΕΚΤΙΜΗΜΕΝΟΥ ΔΕΙΚΤΗ SPI (ΔΕΞΙΑ). 168

ΕΙΚΟΝΑ 10-5: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΕΞΑΜΗΝΟΥ ΣΤΗ ΝΕΑ ΧΑΛΚΗΔΟΝΑ ΚΑΙ ΕΤΗΣΙΑΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΛΑΠ ΑΞΙΟΥ (ΑΡΙΣΤΕΡΑ) ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΠΑΡΑΤΗΡΗΜΕΝΟΥ ΚΑΙ ΕΚΤΙΜΗΜΕΝΟΥ ΔΕΙΚΤΗ SPI (ΔΕΞΙΑ). 169

ΕΙΚΟΝΑ 10-6: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ ΕΤΗΣΙΑΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΣΤΗ ΝΕΑ ΧΑΛΚΗΔΟΝΑ ΚΑΙ ΕΤΗΣΙΑΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΛΑΠ ΑΞΙΟΥ (ΑΡΙΣΤΕΡΑ) ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΠΑΡΑΤΗΡΗΜΕΝΟΥ ΚΑΙ ΕΚΤΙΜΗΜΕΝΟΥ ΔΕΙΚΤΗ SPI (ΔΕΞΙΑ). 169

ΕΙΚΟΝΑ 10-7: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΤΡΙΩΝ ΕΤΩΝ ΣΤΗ ΝΕΑ ΧΑΛΚΗΔΟΝΑ ΚΑΙ ΜΕΣΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΤΡΙΩΝ ΕΤΩΝ ΛΑΠ ΑΞΙΟΥ (ΑΡΙΣΤΕΡΑ) ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΠΑΡΑΤΗΡΗΜΕΝΟΥ ΚΑΙ ΕΚΤΙΜΗΜΕΝΟΥ ΔΕΙΚΤΗ SPI (ΔΕΞΙΑ). 169

ΕΙΚΟΝΑ 10-8: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΤΡΙΜΗΝΟΥ ΣΤΟ ΜΕΤΑΞΟΧΩΡΙ ΚΑΙ ΕΤΗΣΙΑΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΛΑΠ ΓΑΛΛΙΚΟΥ (ΑΡΙΣΤΕΡΑ) ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΠΑΡΑΤΗΡΗΜΕΝΟΥ ΚΑΙ ΕΚΤΙΜΗΜΕΝΟΥ ΔΕΙΚΤΗ SPI (ΔΕΞΙΑ). 172

ΕΙΚΟΝΑ 10-9: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΕΞΑΜΗΝΟΥ ΣΤΟ ΜΕΤΑΞΟΧΩΡΙ ΚΑΙ ΕΤΗΣΙΑΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΛΑΠ ΓΑΛΛΙΚΟΥ (ΑΡΙΣΤΕΡΑ) ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΠΑΡΑΤΗΡΗΜΕΝΟΥ ΚΑΙ ΕΚΤΙΜΗΜΕΝΟΥ ΔΕΙΚΤΗ SPI (ΔΕΞΙΑ). 173

ΕΙΚΟΝΑ 10-10: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ ΕΤΗΣΙΑΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΣΤΟ ΜΕΤΑΞΟΧΩΡΙ ΚΑΙ ΕΤΗΣΙΑΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΛΑΠ ΓΑΛΛΙΚΟΥ (ΑΡΙΣΤΕΡΑ) ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΠΑΡΑΤΗΡΗΜΕΝΟΥ ΚΑΙ ΕΚΤΙΜΗΜΕΝΟΥ ΔΕΙΚΤΗ SPI (ΔΕΞΙΑ). 173

ΕΙΚΟΝΑ 10-11: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΤΡΙΩΝ ΕΤΩΝ ΣΤΟ ΜΕΤΑΞΟΧΩΡΙ ΚΑΙ ΜΕΣΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΤΡΙΩΝ ΕΤΩΝ ΛΑΠ ΓΑΛΛΙΚΟΥ (ΑΡΙΣΤΕΡΑ) ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΠΑΡΑΤΗΡΗΜΕΝΟΥ ΚΑΙ ΕΚΤΙΜΗΜΕΝΟΥ ΔΕΙΚΤΗ SPI (ΔΕΞΙΑ). 173

ΕΙΚΟΝΑ 10-12: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΤΡΙΜΗΝΟΥ ΣΤΗ ΜΕΓΑΛΗ ΠΑΝΑΓΙΑ ΚΑΙ ΕΤΗΣΙΑΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΛΑΠ ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ (ΑΡΙΣΤΕΡΑ) ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΠΑΡΑΤΗΡΗΜΕΝΟΥ ΚΑΙ ΕΚΤΙΜΗΜΕΝΟΥ ΔΕΙΚΤΗ SPI (ΔΕΞΙΑ). 177

ΕΙΚΟΝΑ 10-13: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΕΞΑΜΗΝΟΥ ΣΤΗ ΜΕΓΑΛΗ ΠΑΝΑΓΙΑ ΚΑΙ ΕΤΗΣΙΑΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΛΑΠ ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ (ΑΡΙΣΤΕΡΑ) ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΠΑΡΑΤΗΡΗΜΕΝΟΥ ΚΑΙ ΕΚΤΙΜΗΜΕΝΟΥ ΔΕΙΚΤΗ SPI (ΔΕΞΙΑ). 177

ΕΙΚΟΝΑ 10-14: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ ΕΤΗΣΙΑΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΣΤΗ ΜΕΓΑΛΗ ΠΑΝΑΓΙΑ ΚΑΙ ΕΤΗΣΙΑΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΛΑΠ ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ (ΑΡΙΣΤΕΡΑ) ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΠΑΡΑΤΗΡΗΜΕΝΟΥ ΚΑΙ ΕΚΤΙΜΗΜΕΝΟΥ ΔΕΙΚΤΗ SPI (ΔΕΞΙΑ). 177

ΕΙΚΟΝΑ 10-15: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΤΡΙΩΝ ΕΤΩΝ ΣΤΗ ΜΕΓΑΛΗ ΠΑΝΑΓΙΑ ΚΑΙ ΜΕΣΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΤΡΙΩΝ ΕΤΩΝ ΛΑΠ ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ (ΑΡΙΣΤΕΡΑ) ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΠΑΡΑΤΗΡΗΜΕΝΟΥ ΚΑΙ ΕΚΤΙΜΗΜΕΝΟΥ SPI (ΔΕΞΙΑ). 178

ΕΙΚΟΝΑ 10-16: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΤΡΙΜΗΝΟΥ ΣΤΟ ΩΡΑΙΟΚΑΣΤΡΟ ΚΑΙ ΕΤΗΣΙΑΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΛΑΠ ΆΘΩ (ΑΡΙΣΤΕΡΑ) ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΠΑΡΑΤΗΡΗΜΕΝΟΥ ΚΑΙ ΕΚΤΙΜΗΜΕΝΟΥ ΔΕΙΚΤΗ SPI (ΔΕΞΙΑ). 180

ΕΙΚΟΝΑ 10-17: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΕΞΑΜΗΝΟΥ ΣΤΟ ΩΡΑΙΟΚΑΣΤΡΟ ΚΑΙ ΕΤΗΣΙΑΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΛΑΠ ΆΘΩ (ΑΡΙΣΤΕΡΑ) ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΠΑΡΑΤΗΡΗΜΕΝΟΥ ΚΑΙ ΕΚΤΙΜΗΜΕΝΟΥ ΔΕΙΚΤΗ SPI (ΔΕΞΙΑ). 180

ΕΙΚΟΝΑ 10-18: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ ΕΤΗΣΙΑΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΣΤΟ ΩΡΑΙΟΚΑΣΤΡΟ ΚΑΙ ΕΤΗΣΙΑΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΛΑΠ ΆΘΩ (ΑΡΙΣΤΕΡΑ) ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΠΑΡΑΤΗΡΗΜΕΝΟΥ ΚΑΙ ΕΚΤΙΜΗΜΕΝΟΥ ΔΕΙΚΤΗ SPI (ΔΕΞΙΑ). 180

ΕΙΚΟΝΑ 10-19: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΤΡΙΩΝ ΕΤΩΝ ΣΤΟ ΩΡΑΙΟΚΑΣΤΡΟ ΚΑΙ ΜΕΣΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΤΡΙΩΝ ΕΤΩΝ ΛΑΠ ΆΘΩ (ΑΡΙΣΤΕΡΑ) ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΠΑΡΑΤΗΡΗΜΕΝΟΥ ΚΑΙ ΕΚΤΙΜΗΜΕΝΟΥ ΔΕΙΚΤΗ SPI (ΔΕΞΙΑ). 181

ΕΙΚΟΝΑ 10-20: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ ΤΡΙΜΗΝΟΥ ΚΑΙ ΕΤΟΥΣ ΣΤΑ ΣΥΝΟΡΑ ΜΕ ΤΗΝ ΠΓΔΜ (ΑΡΙΣΤΕΡΑ) ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΠΑΡΑΤΗΡΗΜΕΝΟΥ ΚΑΙ ΕΚΤΙΜΗΜΕΝΟΥ ΔΕΙΚΤΗ SRI (ΔΕΞΙΑ)..... 183
ΕΙΚΟΝΑ 10-21: ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ ΜΕΣΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ ΕΞΑΜΗΝΟΥ ΚΑΙ ΕΤΟΥΣ ΣΤΑ ΣΥΝΟΡΑ ΜΕ ΤΗΝ ΠΓΔΜ (ΑΡΙΣΤΕΡΑ) ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΠΑΡΑΤΗΡΗΜΕΝΟΥ ΚΑΙ ΕΚΤΙΜΗΜΕΝΟΥ ΔΕΙΚΤΗ SRI (ΔΕΞΙΑ)..... 183

ΣΥΝΤΜΗΣΕΙΣ

AVHRR	=	Advanced Very High Resolution Radiometer
EC	=	European Commission
EEA	=	European Environment Agency
FAPAR	=	Fraction of Absorbed Photosynthetically Active Solar Radiation
MODIS	=	Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer
NOAA	=	National Oceanic and Aerospace Administration
PDSI	=	Palmer Drought Severity Index
RWA	=	Renewable Water Availability (Διαθεσιμότητα Ανανεώσιμων Υδατικών Πόρων)
SPI	=	Standard Precipitation Index (Δείκτης Τυποποιημένης Βροχόπτωσης)
SRI	=	Standard Runoff Index (Δείκτης Τυποποιημένης Απορροής)
SWSI	=	Surface Water Supply Index
TCI	=	Temperature Condition Index (Δείκτης Κατάστασης Θερμοκρασίας)
TWA	=	Total Water Abstraction (Συνολική Υδροληψία)
UNESCO	=	United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization
VCI	=	Vegetation Condition Index (Δείκτης Κατάστασης Βλάστησης)
VHI	=	Vegetation Health Indices
WEI	=	Water Exploitation Index (Δείκτης Εκμετάλλευσης Ύδατος)
WISE	=	Water Information System for Europe
ΑΗΣ	=	Ατμοηλεκτρικός Σταθμός
ΒΙΠΕ	=	Βιομηχανική Περιοχή
ΓΟΕΒ	=	Γενικός Οργανισμός Εγγείων Βελτιώσεων
ΔΕ	=	Δημοτική Ενότητα
ΔΕΗ	=	Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού Α.Ε.
Ε.Μ.Υ.	=	Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία
Ε.Υ.Α.Θ.	=	Εταιρία Ύδρευσης και Αποχέτευσης Θεσσαλονίκης
ΕΓΥ	=	Ειδική Γραμματεία Υδάτων
ΕΕ	=	Ευρωπαϊκή Επιτροπή
ΕΕΛ	=	Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων
ΕΕΛ	=	Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων
ΕΕΛΘ	=	Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων Θεσσαλονίκης
ΕΕΥ	=	Εθνική Επιτροπή Υδάτων
ΕΘΙΑΓΕ	=	Εθνικό Ίδρυμα Αγροτικής Έρευνας
ΕΚ	=	Ευρωπαϊκή Κοινότητα
ΕΛ.Γ.Α.	=	Οργανισμός Ελληνικών Γεωργικών Ασφαλίσεων
ΕΛΣΤΑΤ	=	Ελληνική Στατιστική Αρχή
ΕΤ	=	Εξατμοδιαπνοή (Evapotranspiration)
ΕΤΒΑ ΒΙ.ΠΕ. Περιοχών	=	Ανώνυμη Εταιρεία Ίδρυσης, Οργάνωσης, Διαχείρισης & Λειτουργίας Βιομηχανικών
ΕΥΣ	=	Επιφανειακά Υδατικά Συστήματα
ΙΓΜΕ	=	Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών
Κ.Ε.	=	Καθοδηγητικό Έγγραφο
ΚΕΠ	=	Κέντρο Εξυπηρέτησης Πολιτών
ΚΕΠΕ	=	Κέντρο Προγραμματισμού και Οικονομικών Ερευνών
ΚΟΓΠ	=	Κώδικας Ορθής Γεωργικής Πρακτικής
ΚΠΕ	=	Κέντρα Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης

ΚΥΑ	=	Κοινή Υπουργική Απόφαση
ΛΑΠ	=	Λεκάνη Απορροής Ποταμού
ΟΠΥ	=	Οδηγία Πλαίσιο για τα ύδατα
ΠΓΔΜ	=	Πρώην Γιουγκοσλαβική Δημοκρατία της Μακεδονίας
ΠΔ	=	Προεδρικό Διάταγμα
ΠΕ	=	Περιφερειακή Ενότητα
ΠΛΑΠ	=	Περιοχή Λεκάνης Απορροής Ποταμού (ταυτίζεται με την έννοια Υδατικό Διαμέρισμα)
ΠΣΘ	=	Πολεοδομικό Συγκρότημα Θεσσαλονίκης
ΣΓΠ	=	Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών
ΣΔ	=	Σχέδιο Διαχείρισης
ΣΜΠΕ	=	Στρατηγική Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων
ΤΟΕΒ	=	Τοπικός Οργανισμός Εγγείων Βελτιώσεων
ΤΤΔ	=	Τεύχος Τεχνικών Δεδομένων
ΥΔ	=	Υδατικό Διαμέρισμα (ταυτίζεται με την έννοια της ΠΛΑΠ)
ΥΗΣ	=	Υδροηλεκτρικός σταθμός
ΥΠΑΑΤ	=	Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης & Τροφίμων
ΥΠΑΝ	=	Υπουργείο Ανάπτυξης & Ανταγωνιστικότητας
ΥΠΓΕ	=	Υπουργείο Γεωργίας
ΥΠΕΚΑ	=	Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής
ΥΠΕΧΩΔΕ	=	Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων
ΥΣ	=	Υδατικό Σύστημα
ΥΥΣ	=	Υπόγειο Υδατικό Σύστημα
Φ.Ε.Κ.	=	Φύλλο Εφημερίδας της Κυβερνήσεως

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το παρόν συντάσσεται στα πλαίσια εκπόνησης της μελέτης:

«Κατάρτιση Σχεδίων Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών των Υδατικών Διαμερισμάτων Δυτικής Μακεδονίας και Κεντρικής Μακεδονίας, σύμφωνα με τις προδιαγραφές της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ, κατ'εφαρμογή του Ν. 3199/2003 και του Π.Δ. 51/2007».

Την ανωτέρω μελέτη έχει αναλάβει, με βάση τη σχετική σύμβαση, η ομάδα συμπραττόντων γραφείων μελετών:

''ΕΞΑΡΧΟΥ ΝΙΚΟΛΟΠΟΥΛΟΣ ΜΠΕΝΣΑΣΣΩΝ ΣΥΜΒΟΥΛΟΙ ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ ΑΕ'', διακρ. τίτλος ΕΝΜ ΑΕ

''ΓΕΩΣΥΝΟΛΟ ΣΥΜΒΟΥΛΟΙ ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ ΚΑΙ ΓΕΩΛΟΓΟΙ ΕΠΕ'', διακρ. τίτλος: ΓΕΩΣΥΝΟΛΟ ΕΠΕ

''ENVIROPLAN ΜΕΛΕΤΗΤΙΚΗ–ΣΥΜΒΟΥΛΟΙ ΑΝΑΠΤΥΞΙΑΚΩΝ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΑΕ''

''ΔΙΚΤΥΟ ΑΝΩΝΥΜΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΜΕΛΕΤΩΝ Α.Ε.'' διακρ. τίτλος ''ΔΙΚΤΥΟ ΑΕ''

''ΒΑΒΙΖΟΣ–ΖΑΝΝΑΚΗ ΜΕΛΕΤΕΣ-ΕΡΕΥΝΕΣ ΑΕ'', διακρ. τίτλος: ECO CONSULTANTS SA

ΜΠΑΛΤΟΓΙΑΝΝΗ ΦΩΤΕΙΝΗ, ΔΑΣΟΛΟΓΟΣ

ΜΠΕΝΣΑΣΣΩΝ ΛΙΖΑ, ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ-ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ MSc

ΚΟΥΡΚΟΥΛΗΣ ΗΛΙΑΣ, ΓΕΩΠΟΝΟΣ - ΓΕΩΡΓΙΚΟΣ ΣΥΜΒΟΥΛΟΣ

με Εκπρόσωπο και Συντονιστή της Σύμπραξης τον Πολιτικό Μηχανικό Αβραάμ Μπενσασσών και Αναπληρώτρια την Πολιτικό Μηχανικό-Μηχανικό Περιβάλλοντος Λίζα Μπενσασσών.

Το παρόν αποτελεί το 2.4 παραδοτέο της Ενδιάμεσης Φάσης 2 της μελέτης και αφορά στην διαμόρφωση του σχεδίου αντιμετώπισης των φαινομένων ξηρασίας και λειψυδρίας, με βάση τις αρχές του προληπτικού σχεδιασμού, στο Υδατικό Διαμέρισμα 10 (Κεντρική Μακεδονία).

1.1. ΣΤΟΧΟΣ, ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΑ ΚΑΙ ΦΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Το αντικείμενο της παρούσας μελέτης είναι η εφαρμογή για κάθε Λεκάνη Απορροής Ποταμών των «Σχεδίων διαχείρισης λεκάνης απορροής ποταμού» σύμφωνα με τις προδιαγραφές της Οδηγίας και κατ' εφαρμογή του Ν. 3199/2003 και του ΠΔ 51/2007. Για το λόγο αυτό θα γίνει αρχικά επικαιροποίηση των εκθέσεων εφαρμογής των Άρθρων 3, 5, 6 και 8. Κατόπιν θα προταθεί πρόγραμμα βασικών και συμπληρωματικών μέτρων, όπως προβλέπεται από το άρθρο 11 και το Παράρτημα IV της Οδηγίας με σκοπό την επίτευξη των στόχων του Άρθρου 4 της Οδηγίας και του Άρθρου 4 του ΠΔ 51/2007. Επιπλέον, θα καταρτιστεί σχέδιο αντιμετώπισης φαινομένων λειψυδρίας και ξηρασίας. Για το Σχέδιο Διαχείρισης κάθε ΥΔ εκπονείται ΣΜΠΕ για τον εντοπισμό και την αξιολόγηση των επιπτώσεων στο περιβάλλον από τα προτεινόμενα μέτρα. Το σύνολο των εργασιών θα τεθεί υπό δημόσια διαβούλευση σύμφωνα με το άρθρο 14 της Οδηγίας και τα τελικά αποτελέσματα θα αποτελέσουν τα Σχέδια Διαχείρισης. Τέλος, οι εκθέσεις και τα δεδομένα θα υποβληθούν και στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή (Ε.Ε.). Το σύνολο των στοιχείων θα αναρτηθεί στο ηλεκτρονικό σύστημα WISE, σύμφωνα με το Άρθρο 15 της Οδηγίας.

Τα επιμέρους κύρια αντικείμενα της παρούσας μελέτης «Κατάρτιση Σχεδίων Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών των Υδατικών Διαμερισμάτων Δυτικής Μακεδονίας και Κεντρικής Μακεδονίας, σύμφωνα με τις προδιαγραφές της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ, κατ' εφαρμογή του Ν. 3199/2003 και του ΠΔ 51/2007», είναι:

α) Η κατάρτιση των Σχεδίων Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών των Υδατικών Διαμερισμάτων Δυτικής και Κεντρικής Μακεδονίας, τα οποία θα περιέχουν όλες τις πληροφορίες που καθορίζονται στο Άρθρο 13 και στο Παράρτημα VII της οδηγίας 2000/60/ΕΚ [Άρθρο 10 και Παράρτημα VII του ΠΔ 51/2007].

β) Η διαμόρφωση Προγράμματος Μέτρων, βασικών και συμπληρωματικών, όπως προβλέπεται στο Άρθρο 11 και στο Παράρτημα VI της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ [Άρθρο 12 και Παράρτημα VII του ΠΔ 51/2007] για την προστασία και την αποκατάσταση των υδατικών πόρων της περιοχής μελέτης, προκειμένου να επιτευχθούν οι περιβαλλοντικοί στόχοι, όπως αυτοί καθορίζονται στο Άρθρο 4 της οδηγίας 2000/60/ΕΚ και στο Άρθρο 4 το ΠΔ 51/2007.

γ) Η εκπόνηση Στρατηγικής Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων [Σ.Μ.Π.Ε.] για τον εντοπισμό, την περιγραφή και την αξιολόγηση των επιπτώσεων στο περιβάλλον από την εφαρμογή των προαναφερθέντων Προγραμμάτων Μέτρων και των Σχεδίων Διαχείρισης και τη διερεύνηση εναλλακτικών δυνατοτήτων, λαμβανομένων υπόψη των στόχων των Σχεδίων Διαχείρισης.

δ) Η Πληροφόρηση του κοινού και δημόσια διαβούλευση των προκαταρκτικών Σχεδίων Διαχείρισης [Προσχεδίων Διαχείριση] έξι μήνες πριν την ολοκλήρωσή τους, σύμφωνα με το Άρθρο 14 της οδηγίας 2000/60/ΕΚ και το Άρθρο 15 του ΠΔ 51/2007.

ε) Ο έλεγχος και επικαιροποίηση των εκθέσεων εφαρμογής των Άρθρων 3, 5, 6 & 8 και των Παραρτημάτων I-V της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ στα Υδατικά Διαμερίσματα της περιοχής μελέτης, οι οποίες έχουν υποβληθεί στην Ε.Ε. και περιλαμβάνουν, μεταξύ άλλων, την ανάλυση των ανθρωπογενών πιέσεων και των επιπτώσεων τους, τη διαμόρφωση των προγραμμάτων παρακολούθησης, την οικονομική ανάλυση των χρήσεων ύδατος, το μητρώο προστατευόμενων περιοχών, τον χαρακτηρισμό των τύπων των υδατικών συστημάτων, κλπ.

στ) Ο οριστικός προσδιορισμός των ιδιαιτέρως τροποποιημένων και τεχνητών υδατικών συστημάτων της περιοχής μελέτης, καθώς επίσης και των εξαιρέσεων από την επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων του Άρθρου 4 της οδηγίας 2000/60/ΕΚ και του Άρθρου 4 του ΠΔ 51/2007.

ζ) Η πλήρης κάλυψη των υποχρεώσεων, σε σχέση με την υποβολή εκθέσεων και λοιπών στοιχείων στην Ε.Ε. σχετικά με τα Σχέδια Διαχείρισης, σύμφωνα με τις προδιαγραφές που έχουν καθορισθεί από τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Περιβάλλοντος.

η) Η διαμόρφωση σχεδίου για την αντιμετώπιση φαινομένων λειψυδρίας και ξηρασίας για κάθε Υδατικό Διαμέρισμα της περιοχής μελέτης, με βάση τις αρχές κυρίως του προληπτικού σχεδιασμού.

Η συνολική μελέτη υλοποιείται σε 3 Φάσεις:

<u>Ενδιάμεση Φάση 1:</u> Διαμόρφωση προκαταρκτικών Προγραμμάτων Μέτρων για την επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων της Οδηγίας, με βάση τα επικαιροποιημένα στοιχεία από τις εθνικές εκθέσεις που έχουν ήδη υποβληθεί στην Ε.Ε., στο πλαίσιο της εφαρμογής των Άρθρων 3, 5 & 6 και των Παραρτημάτων I έως IV της Οδηγίας.

<u>Ενδιάμεση Φάση 2:</u> Διαμόρφωση των Προσχεδίων Διαχείρισης με την οριστικοποίηση των Προγραμμάτων Μέτρων, διαμόρφωση σχεδίων αντιμετώπισης φαινομένων λειψυδρίας και ξηρασίας και εκπόνηση Στρατηγικής Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων.

<u>Ενδιάμεση Φάση 3:</u> Διαβούλευση με το κοινό (Άρθρο 14 της Οδηγίας) και οριστικοποίηση των Σχεδίων Διαχείρισης, σύμφωνα με το Άρθρο 13 και Παράρτημα VII της Οδηγίας.

1.2. ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΣ ΤΟΥ ΠΑΡΑΔΟΤΕΟΥ Π.2.4

Το παρόν τεύχος αποτελεί τμήμα του παραδοτέου αντικειμένου της Ενδιάμεσης Φάσης 2 του έργου, σύμφωνα με τη Σύμβαση και το εγκεκριμένο χρονοδιάγραμμα. Συγκεκριμένα, αποτελεί το Τεύχος 4 του παραδοτέου αντικειμένου της Ενδιάμεσης Φάσης 2, σύμφωνα με τον κατάλογο παραδοτέων που παρατίθεται στο Τεύχος Τεχνικών Δεδομένων (ΤΤΔ) της Προκήρυξης και αφορά στη διαμόρφωση του σχεδίου αντιμετώπισης των φαινομένων λειψυδρίας και ξηρασίας στο Υδατικό Διαμέρισμα Κεντρικής Μακεδονίας, με βάση τις αρχές του προληπτικού σχεδιασμού.

1.3. ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΕΠΙΒΛΕΨΗΣ

Σε όλες τις φάσεις του έργου (προδιαγραφές και διενέργεια διαγωνισμού, επίβλεψη εκπόνησης και υλοποίηση της διαβούλευσης) το συντονισμό και τη γενική επίβλεψη είχαν οι προϊστάμενοι της ΕΓΥ:

- Μαρία Γκίνη, ΠΕ Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών με Β' βαθμό, Προϊσταμένη Διεύθυνσης Προστασίας και Διαχείρισης Υδάτινου Περιβάλλοντος και
- Παντελής Παντελόπουλος, ΠΕ Πολιτικών Μηχανικών με Β' βαθμό, Προϊστάμενος Διεύθυνσης Προστασίας (έως το Σεπτέμβριο του 2012).

Μέλη της επιτροπής επίβλεψης της μελέτης αποτέλεσαν τα στελέχη της ΕΓΥ :

- Κωνσταντίνα Νίκα, ΠΕ Γεωτεχνικών (Γεωπόνος) με Δ΄ βαθμό, Αν. Προϊσταμένη του Τμήματος Επιφανειακών και Υπογείων Υδάτων της Διεύθυνσης Προστασίας και Διαχείρισης Υδάτινου Περιβάλλοντος,
- Θεόδωρος Πλιάκας, ΠΕ Περιβάλλοντος (Φυσικός) με Β΄ βαθμό,
- Σπύρος Τασόγλου, ΠΕ Γεωτεχνικών (Γεωλόγος) με Δ΄ βαθμό,
- Γεώργιος Κόκκινος, ΠΕ Μηχανικών (Πολιτικός Μηχανικός) με Β΄ βαθμό (έως το Σεπτέμβριο του 2012).

2. ΟΡΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΤΗΣ ΟΔΗΓΙΑΣ 2000/60/ΕΚ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ ΞΗΡΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ

2.1. ΘΕΜΕΛΙΩΔΕΙΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

2.1.1. ΟΡΙΣΜΟΙ ΞΗΡΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ

Η ξηρασία και η λειψυδρία είναι δύο θεμελιώδεις έννοιες στη διαχείριση των υδατικών πόρων, που ορίζονται ως εξής:

- Ο όρος **ξηρασία** (drought) περιγράφει μια μακρά χρονική περίοδο, κατά την οποία η παρουσία του γλυκού νερού σε μια γεωγραφική περιοχή είναι σημαντικά μικρότερη από την αναμενόμενη.
- Ο όρος **λειψυδρία** (water scarcity) περιγράφει την αδυναμία πλήρους κάλυψης των υδατικών αναγκών σε νερό που έχουν οι ανθρώπινες δραστηριότητες και το περιβάλλον.

Αν και θεωρητικά η ξηρασία προηγείται της λειψυδρίας, η τελευταία μπορεί να μετριαστεί με τη διαχείριση της προσφοράς και της ζήτησης του νερού. Επισημάνεται ότι η κακή διαχείριση του νερού μπορεί να οδηγήσει σε λειψυδρία χωρίς να έχει πραγματοποιηθεί ξηρασία.

Η αναμενόμενη παρουσία γλυκού νερού σε μια περιοχή εξαρτάται από τους εξής παράγοντες (Μαμάσης και Κουτσογιάννης, 2007):

- την είσοδο του από την ατμόσφαιρα με τη διεργασία της κατακρήμνισης (βροχόπτωση, χιονόπτωση), η οποία εξαρτάται από το κλιματικό καθεστώς της περιοχής·
- την κίνησή του στο έδαφος και το υπέδαφος (παροχή ποταμών και πηγών) και τη δυνατότητα αποθήκευσής του (εδαφική υγρασία, φυσικές και τεχνητές λίμνες και υπόγειοι υδροφορείς)·
- τις απαιτήσεις νερού για την κάλυψη των τοπικών αναγκών όπως άρδευση καλλιεργειών, ύδρευση ανθρώπων και ζώων, υδροηλεκτρική ενέργεια, λειτουργία της βιομηχανίας, παροχή για τη διατήρηση του φυσικού περιβάλλοντος, αναψυχή και ναυσιπλοΐα σε ποτάμια και λίμνες.

Η ξηρασία διαφέρει από τις άλλες φυσικές καταστροφές σε τρία βασικά σημεία:

- πλήττει πολύ περισσότερους ανθρώπους από κάθε άλλη φυσική καταστροφή·
- είναι φαινόμενο που εξελίσσεται σιωπηλά και είναι δύσκολο να προσδιοριστεί η αρχή και το τέλος του, ενώ οι επιδράσεις του συσσωρεύονται αργά μέσα σε μεγάλο χρονικό διάστημα και μπορεί να παραμείνουν για αρκετά χρόνια μετά τη λήξη του·
- οι κοινωνικές επιδράσεις είναι λιγότερο ορατές (δεν καταλήγουν σε καταστροφή υποδομών) και εκτείνονται σε πολύ μεγαλύτερες γεωγραφικές περιοχές από ότι οι άλλες φυσικές καταστροφές (πλημμύρες, σεισμοί).

2.1.2. ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ

Στη βιβλιογραφία συναντώνται τέσσερεις κύριες κατηγορίες ξηρασίας η μετεωρολογική, η γεωργική η υδρολογική και η κοινωνικοοικονομική.

- Η **μετεωρολογική-κλιματική ξηρασία** ορίζεται από την απόκλιση της βροχόπτωσης (συνολικό ύψος και αριθμός ημερών βροχής) από την αναμενόμενη, με βάση το κλίμα της περιοχής, τιμή της.
- Η **γεωργική ξηρασία** ορίζεται με βάση τις επιδράσεις που έχει η μετεωρολογική ξηρασία στις καλλιέργειες και συγκεκριμένα της ανεπάρκειας της εδαφικής υγρασίας να καλύψει τις ανάγκες διαπνοής των φυτών, ώστε να ξεκινήσει ή να συνεχιστεί η ανάπτυξή τους. Οι ανάγκες σε νερό των φυτών εξαρτώνται από τις επικρατούσες καιρικές συνθήκες, τα βιολογικά χαρακτηριστικά κάθε είδους, το στάδιο ανάπτυξης και τις φυσικές και βιολογικές ιδιότητες του εδάφους. Η κύρια παράμετρος που εξετάζεται είναι η διαφορά μεταξύ βροχόπτωσης και δυνητικής εξατμοδιαπνοής.

- Η **υδρολογική ξηρασία** σχετίζεται με τα αποτελέσματα της μειωμένης βροχόπτωσης στην επιφανειακή και υπόγεια απορροή του νερού και εκδηλώνεται με τη μείωση της εδαφικής υγρασίας, της παροχής των ποταμών και πηγών, της στάθμης λιμνών, ταμιευτήρων και αποθεμάτων των υπόγειων νερών.
- Η **κοινωνικοοικονομική ξηρασία** εκφράζει την τρωτότητα της κοινωνίας στην έλλειψη νερού. Συνδέει όλες τις προηγούμενες κατηγορίες ξηρασίας με την προσφορά και ζήτηση αγαθών που σχετίζονται με τη χρήση νερού (πόσιμο νερό, γεωργικά προϊόντα, υδροηλεκτρική ενέργεια κ.α.). Η κοινωνικοοικονομική ξηρασία συμβαίνει όταν η ζήτηση για αυτά τα αγαθά ξεπερνά την προσφορά ως αποτέλεσμα της έλλειψης νερού. Ακόμη, μπορεί να προκληθεί και μέσα από πολιτικές διαδικασίες, όπως οι διαμάχες μεταξύ κρατών και κοινωνικών ομάδων για τη χρήση του νερού ή η μετακίνηση μεγάλων πληθυσμών σε άνυδρες περιοχές.
- Η **επιχειρησιακή ξηρασία** σχετίζεται με τις επιπτώσεις του φυσικού φαινομένου στα συστήματα υδροδότησης και οδηγεί σε ελλείμματα νερού με απροσδιόριστες οικονομικά συνέπειες. Τόσο η μείωση της διαθεσιμότητας νερού όσο και οι επιπτώσεις της εξαρτώνται, εκτός από τη σημασία του γεγονότος, από την αποτελεσματικότητα των μέτρων περιορισμού που έχουν προσαρμοστεί στα συστήματα υδροδότησης και στα κοινωνικό-οικονομικά συστήματα (Iglesias *et al.*, 2007).

2.1.3. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΞΗΡΑΣΙΑΣ

Τα χαρακτηριστικά μεγέθη μιας ξηρασίας είναι η ένταση, η χρονική διάρκεια η γεωγραφική έκταση και η καταστροφικότητα (Μαμάσης και Κουτσογιάννης, 2007). Αναλυτικότερα:

- Η **ένταση** συναρτάται με την απόκλιση της βροχόπτωσης και άλλων μεταβλητών που σχετίζονται με την εξάτμιση (θερμοκρασία, άνεμος, υγρασία) από τις αναμενόμενες κλιματικές τιμές. Η ποσοτικοποίηση της έντασης μπορεί να γίνει στατιστικά, με την εκτίμηση της πιθανότητας εμφάνισης των συγκεκριμένων τιμών των μεταβλητών.
- Η **χρονική διάρκεια** είναι δύσκολο να προσδιοριστεί αφού υπάρχει αβεβαιότητα για τη χρονική στιγμή αρχής και τέλους του φαινομένου. Η ξηρασία εξελίσσεται αργά και επιδρά αθροιστικά όσο η έλλειψη βροχόπτωσης εμμένει για μήνες ή χρόνια, ενώ οι επιδράσεις συνεχίζονται και μετά την έναρξη της βροχόπτωσης αφού η επαναφόρτιση όλων των υδάτινων σωμάτων (ιδίως των υπόγειων) απαιτεί χρόνο.
- Η **γεωγραφική έκταση** της ξηρασίας συναρτάται άμεσα από τα μετεωρολογικά και κλιματικά χαρακτηριστικά κάθε περιοχής αλλά και τα υπάρχοντα έργα μεταφοράς νερού. Ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα είναι η περίπτωση υδατικών συστημάτων που τροφοδοτούνται με νερό από διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές στις οποίες οι κλιματολογικές συνθήκες είναι διαφορετικές. Στα συστήματα αυτά, η γεωγραφική έκταση της ξηρασίας είναι παράμετρος ιδιαίτερα σημαντική, αφού μπορεί να επηρεάσει μόνο ένα τμήμα των υδατικών πόρων.
- Η **καταστροφικότητα** εκφράζει την επίδραση του φυσικού φαινομένου στις ανθρώπινες δραστηριότητες. Εξαρτάται από την ένταση, τη διάρκεια και την έκταση της ξηρασίας, τη χρονική κατανομή της βροχής, τη διαχείριση των υδατικών συστημάτων και την εξέλιξη της ζήτησης. Έτσι, η εκδήλωση των βροχών σε σχέση με τα στάδια ανάπτυξης των καλλιεργειών, ο αριθμός των επεισοδίων βροχής και η έντασή τους, η παρουσία τεχνητών ταμιευτήρων και η δυνατότητα μείωσης των υδατικών αναγκών, συνδέονται με την αποτελεσματικότητα της βροχής να καλύψει τις ανθρώπινες ανάγκες και κατά συνέπεια με την καταστροφικότητα της ξηρασίας.

2.1.4. ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΙΔΡΟΥΝ ΣΤΗΝ ΕΜΦΑΝΙΣΗ ΞΗΡΑΣΙΑΣ

Η ξηρασία είναι φαινόμενο που μπορεί να συμβεί σχεδόν σε όλες τις κλιματικές ζώνες της γης, αλλά τα χαρακτηριστικά του διαφέρουν σημαντικά από τη μία περιοχή στην άλλη. Η πραγματοποίηση μετεωρολογικής ξηρασίας (μείωση της βροχόπτωσης) δεν σημαίνει απαραίτητα και την εμφάνιση

ελλείμματος υδατικών πόρων σε μια περιοχή. Αυτό εξαρτάται από: (α) τα χαρακτηριστικά της βροχόπτωσης που τελικά πραγματοποιείται, (β) τα χαρακτηριστικά της δυνητικής εξατμοδιαπνοής, (γ) τα γεωμορφολογικά και τεχνικά χαρακτηριστικά της περιοχής, (δ) τη διαχείριση των υδατικών συστημάτων και (ε) άλλες κοινωνικές, οικονομικές και πολιτικές παραμέτρους. Συγκεκριμένα:

- Τα χαρακτηριστικά της βροχόπτωσης (ύψος, χρονική και χωρική κατανομή) αποτελούν θεμελιώδη κλιματικά χαρακτηριστικά που διαφέρουν σημαντικά στις διάφορες περιοχές της γης. Με βάση τα ιδιαίτερα αυτά χαρακτηριστικά έχουν κατά κανόνα προσαρμοστεί η τοπική χλωρίδα και πανίδα και διαμορφωθεί οι σχετικές με το νερό ανθρώπινες δραστηριότητες. Η χρονική κατανομή της βροχής είναι εξίσου σημαντική για την ποσότητα για το είδος της βλάστησης. Για παράδειγμα σε περιοχές με μεγάλα ετήσια ύψη βροχής αλλά με μια διαχωρισμένη ξηρή περίοδο αναπτύσσεται βλάστηση τύπου σαβάνας η οποία είναι ανθεκτική σε αυτή την ολιγόμηνη «ξηρασία».
- Τα χαρακτηριστικά της δυνητικής εξατμοδιαπνοής εξαρτώνται από μετεωρολογικές παραμέτρους (θερμοκρασία, σχετική υγρασία, ταχύτητα ανέμου, ηλιακή ακτινοβολία) αλλά και τις βιολογικές λειτουργίες των φυτών στις συγκεκριμένες κλιματικές συνθήκες.
- Τα γεωμορφολογικά και τεχνικά χαρακτηριστικά κάθε περιοχής καθορίζουν σημαντικά την ποσότητα και τη χρονική εξέλιξη της επιφανειακής και υπόγειας απορροής. Τα χαρακτηριστικά αυτά είναι η γεωλογία, η εδαφολογία, οι χρήσεις γης και η παρουσία έργων ταμίευσης ή μεταφοράς νερού. Τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά επιδρούν σημαντικά στον συντελεστή απορροής η αύξηση του οποίου μειώνει τα διαθέσιμα αποθέματα στο υδατικό σύστημα και κάνει πιο πιθανή την εμφάνιση υδρολογικής ξηρασίας. Η λειτουργία έργων ταμίευσης και μεταφοράς νερού που μπορούν να ρυθμίσουν την ξηρασία χωροχρονικά, σε κατάντη ή γειτονικές περιοχές για μήνες ή χρόνια.
- Η διαχείριση των υδατικών συστημάτων (που περιλαμβάνει και την κατασκευή υδραυλικών έργων), έχει ως στόχο την εξισορρόπηση της ανισοκατανομής μεταξύ της φυσικής προσφοράς και της ζήτησης νερού στο χώρο και το χρόνο. Προϋποθέτει τη μελέτη του ισοζυγίου μεταξύ της ζήτησης νερού (και των τάσεών της) και της φυσικής προσφοράς υδατικών πόρων (και της αβεβαιότητάς της). Ακόμη, περιλαμβάνει τη μελέτη των οικονομικών παραμέτρων που αφορούν στη λειτουργία του συστήματος (κόστος μεταφοράς νερού) αλλά και τη σχέση των τιμολογίων και της ζήτησης.
- Οι κοινωνικές, οικονομικές και πολιτικές παράμετροι είναι αυτές που, στις περισσότερες περιπτώσεις, προκαλούν κοινωνικοοικονομική ξηρασία, ανεξάρτητα από την ύπαρξη και ορθολογική διαχείριση των υδραυλικών έργων, με τα οποία αποτρέπεται προσωρινά η γεωργική και η υδρολογική ξηρασία (εφόσον έχει εκδηλωθεί μετεωρολογική ξηρασία). Στις παραμέτρους αυτές συγκαταλέγονται οι ανταγωνιστικές χρήσεις νερού και οι διαμάχες μεταξύ κοινωνικών ομάδων ή γειτονικών περιοχών για τη χρήση του. Ακόμη, περιλαμβάνονται ο ρυθμός αύξησης του πληθυσμού, η κατά κεφαλή κατανάλωση αγαθών, η επιλογή των καλλιεργειών, η μετακίνηση πληθυσμών για πολιτικούς λόγους, η επιρροή κοινωνικών ομάδων και, κατ' επέκταση, η ισχύς των γειτονικών κρατών που εξυπηρετούνται από το ίδιο υδατικό σύστημα.

2.2. ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ

Οι επιπτώσεις της ξηρασίας και της λειψυδρίας είναι ιδιαίτερα μεταβλητές ανάλογα με την εμφάνιση, την ένταση και τη διάρκεια του κάθε περιστατικού. Ιδιαίτερο ρόλο στις τελικές επιπτώσεις παίζει η ευαισθησία του επηρεαζόμενου οικοσυστήματος, της οικονομίας και κοινωνίας, όπως επίσης και η σχετική εδαφική υγρασία, η ικανότητα αποθήκευσης των υπόγειων υδροφορέων και η παροχή των επιφανειακών υδάτων. Είναι προφανές ότι τα φαινόμενα ξηρασίας θα έχουν δυσμενέστερες επιπτώσεις όταν εμφανίζονται σε περιοχές που έχουν ήδη προβλήματα έλλειψης διαθέσιμων υδατικών πόρων για την κάλυψη των διάφορων υδατικών αναγκών τους (ACTeon *et al.*, 2012).

2.2.1. ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ

Η εκτίμηση των δυνητικών επιπτώσεων της ξηρασίας στα διαφορετικά συστήματα, περιβαλλοντικά και ανθρωπογενή έχει ιδιαίτερη σημασία αφού με βάση τις επιπτώσεις αυτές μπορεί να αποτιμηθεί η επικινδυνότητα της ξηρασίας (MEDROPLAN, Iglesias et al., 2007). Μετά την έναρξη ενός φαινομένου ξηρασίας ο πρώτος τομέας που επηρεάζεται είναι ο γεωργικός λόγω της ισχυρής διασύνδεσης του με την εδαφική υγρασία. Σε περίπτωση που συνεχιστεί η μειωμένη βροχόπτωση επηρεάζονται και οι υπόλοιποι τομείς οι οποίοι εξαρτώνται από διαφορετικούς υδατικούς πόρους, όπως τα επιφανειακά και υπόγεια νερά. Αντίστροφα, ο γεωργικός τομέας είναι ο πρώτος που θα ανακάμψει μετά το τέλος της ξηρασίας καθώς η εδαφική υγρασία αναπληρώνεται γρήγορα, ενώ οι υπόλοιποι τομείς μπορεί να ανακάμψουν σε μήνες, ακόμα και χρόνια, ανάλογα με την ένταση του φαινομένου (Water Scarcity Drafting Group, 2006).

Οι επιπτώσεις της ξηρασίας μπορούν να διακριθούν σε άμεσες και έμμεσες (Wilhite et al., 2007). Παραδείγματα άμεσων συνεπειών περιλαμβάνουν την μείωση στη στάθμη και παροχή νερού, την μείωση της γεωργικής και δασικής παραγωγής, αρνητικές επιπτώσεις στο οικοσύστημα, τη χλωρίδα και την πανίδα. Οι έμμεσες επιπτώσεις είναι συνέπεια των άμεσων, όπως για παράδειγμα η μείωση εισοδήματος, η ανεργία, η αύξηση τιμών σε αγροτικά και δασικά προϊόντα, η μετανάστευση, κλπ. (Water Scarcity Drafting Group, 2006). Οι επιπτώσεις της ξηρασίας μπορούν επίσης να κατηγοριοποιηθούν, ανάλογα με τον ευρύτερο τομέα που επηρεάζουν, σε οικονομικές, κοινωνικές και περιβαλλοντικές. Οι οδηγίες διαχείρισης ξηρασίας που εκδόθηκαν στα πλαίσια του προγράμματος MEDA Water/MEDROPLAN (Iglesias *et al.*, 2007) περιλαμβάνουν την ακόλουθη σύνοψη των κύριων επιπτώσεων ανά τομέα.

Οικονομικές επιπτώσεις

- Μειωμένη παραγωγή στη γεωργία, δασοκομία, αλιεία, υδροηλεκτρική ενέργεια, τουρισμό, βιομηχανία και τις οικονομικές δραστηριότητες που εξαρτώνται από τους τομείς αυτούς
- Ανεργία και μείωση εισοδήματος ως συνέπεια της μείωσης της παραγωγής
- Οικονομική ζημιά λόγω μειωμένης πλευστότητας στα ρέματα, ποτάμια και κανάλια, όπως επίσης και πιθανή αύξηση των εξόδων μεταφοράς
- Ζημιά στον τομέα του τουρισμού λόγω μειωμένης διαθεσιμότητας νερού στα συστήματα υδροδότησης ή/και στα υδάτινα σώματα
- Πίεση σε οικονομικούς φορείς (μεγαλύτερη επικινδυνότητα δανεισμού, μείωση κεφαλαίων, κλπ.) και μείωση φορολογικών εσόδων για τις κυβερνήσεις
- Αύξηση τιμών σε φαγητό, νερό, ενέργεια και άλλα προϊόντα λόγω της μειωμένης διαθεσιμότητας και πιθανώς του αυξημένου μεταφορικού κόστους
- Μείωση εισοδήματος σε εταιρείες υδάτων λόγω μειωμένης διανομής ύδατος
- Δαπάνες σε μέτρα εκτάκτου ανάγκης για τη βελτίωση των πόρων και μείωση των απαιτήσεων (πρόσθετες δαπάνες για μεταφορά και απομάκρυνση νερού, δαπάνη διαφήμισης/εκστρατείας για μείωση της χρήσης νερού, κλπ.)

Κοινωνικές επιπτώσεις

- Ζημιά στην δημόσια υγεία και ασφάλεια, λόγω των επιπτώσεων στην ποιότητα του αέρα και των υδάτων ή των αυξημένων πυρκαγιών
- Αυξημένη κοινωνική ανισότητα, λόγω των επιπτώσεων στις διαφορετικές κοινωνικό-οικονομικές ομάδες
- Σύγκρουση συμφερόντων ανάμεσα στους διαφορετικούς χρήστες νερού
- Αλλαγές στις πολιτικές προοπτικές
- Οχλήσεις λόγω περιορισμού της παροχής ύδατος

- Επιπτώσεις στον τρόπο ζωής (ανεργία, μειωμένη ικανότητα οικονομίας, δυσκολίες στην προσωπική φροντίδα, επαναχρησιμοποίηση του ύδατος στο σπίτι, απαγόρευση πλυσίματος αυτοκινήτων και σπιτιών, ανησυχία για το μέλλον, μείωση της διασκέδασης, απώλεια περιουσίας)
- Ανισότητα των επιπτώσεων της ξηρασίας και της κατανομής των μέτρων περιορισμού της
- Εγκατάλειψη δραστηριοτήτων και μετανάστευση (σε ακραίες περιπτώσεις)

Περιβαλλοντικές επιπτώσεις

Η ποσοτικοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων δεν είναι εύκολη, αλλά η πρόσφατα μεγάλη ευαισθητοποίηση του κοινού σε περιβαλλοντικά θέματα έχει ως αποτέλεσμα την εστίαση προσοχής και πόρων προς αυτήν την κατεύθυνση. Κάποιες από τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις έχουν βραχυπρόθεσμο χαρακτήρα και αναστρέφονται σχετικά γρήγορα μετά το τέλος της ξηρασίας, ενώ κάποιες άλλες μπορεί να παραμείνουν για αρκετό καιρό ή και να γίνουν μόνιμες (Water Scarcity Drafting Group, 2006). Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις μπορούν να συνοψιστούν στις ακόλουθες:

- Μείωση της παροχής ύδατος και της ποιότητας του επιφανειακού και του υπογείου νερού (π.χ. υπερεκμετάλλευση και υφαλμύριση υπόγειων υδροφορέων ειδικά σε παράκτιες περιοχές)
- Ζημιά στα οικοσυστήματα και στους υδροβιότοπους, στη βιοποικιλότητα, αλλοίωση τοπίου και εμφάνιση ασθενειών στα φυτά (διάβρωση του εδάφους, σκόνη, μειωμένη φυτοκάλυψη, κλπ.)
- Αυξημένες πυρκαγιές
- Έλλειψη τροφής και πόσιμου νερού
- Αύξηση της συγκέντρωσης άλατος (σε ρέματα, υπόγεια στρώματα και αρδευόμενες περιοχές)
- Απώλειες σε φυσικές και τεχνητές λίμνες (ψάρια, τοπία, κλπ.)
- Ζημιές στη ζωή των ποταμών και των υδροβιότοπων (χλωρίδα, πανίδα)
- Ζημιά στην ποιότητα του αέρα (π.χ. ρυπαντική σκόνη)

2.2.2. ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ

Μια σχετικά αναλυτική σύνοψη των επιπτώσεων της λειψυδρίας περιέχεται στην δεύτερη ενδιάμεση έκθεση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για την λειψυδρία και τη ξηρασία (Water scarcity and drought second Interim Report) (EC, 2007a), μέσα στην οποία τονίζεται η έλλειψη επαρκών δεδομένων σε ευρωπαϊκό, εθνικό και τοπικό επίπεδο για την διεξοδική αποτίμηση των επιπτώσεων και ιδιαίτερα του συνολικού κόστους των φαινομένων αυτών στην Ευρώπη. Επίσης όπως επισημαίνεται και από τους ACTeon et al. (2012) στην ανάλυση κενών στην Ευρωπαϊκή πολιτική σε θέματα ξηρασίας και λειψυδρίας είναι ιδιαίτερα δύσκολος ο διαχωρισμός των κοινωνικο-οικονομικών επιπτώσεων της λειψυδρίας από αυτές της ξηρασίας. Η ενδιάμεση έκθεση χωρίζει τις επιπτώσεις της λειψυδρίας σε οικονομικές, κοινωνικές και περιβαλλοντικές· όπως συνοψίζεται στη συνέχεια (EC, 2007a).

Οικονομικές επιπτώσεις

Οι οικονομικές επιπτώσεις κανονικά θα πρέπει να εμπεριέχουν τις διαφορετικές κατηγορίες κόστους (περιβαλλοντικό, κοινωνικό κόστος), οι οποίες είναι όμως δύσκολο να συνεκτιμηθούν στις συνολικές οικονομικές επιπτώσεις. Οι οικονομικές επιπτώσεις που επιβαρύνουν τους καταναλωτές, τα νοικοκυριά και τους διάφορους παραγωγικούς τομείς (τουρισμό, βιομηχανία, ενέργεια και γεωργία) μπορούν να συνοψιστούν στα ακόλουθα:

- Έλλειμμα / Ανεπάρκεια στην δημόσια παροχή νερού με επιπτώσεις στους σχετικούς τομείς και ιδιαίτερα στον τουρισμό
- Αύξηση κόστους και τιμής νερού για οικιακή κατανάλωση

- Στον γεωργικό τομέα μείωση της απόδοσης των καλλιεργειών, αύξηση του κόστους άντλησης νερού, μείωση της ανταγωνιστικότητας
- Μείωση στην παραγωγή ενέργειας λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας του νερού που περιορίζει τη χρήση του για ψύξη, καθώς και μείωση του διαθέσιμου νερού στους ταμιευτήρες για την παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας
- Μείωση της παραγωγής σε διάφορες υδροβόρες βιομηχανίες
- Αύξηση κόστους επενδύσεων για υποδομές εναλλακτικών υδατικών πηγών (αφαλάτωση, γεωτρήσεις, επαναχρησιμοποίηση, μεταφορά νερού, κτλ.)

Κοινωνικές επιπτώσεις

Η αποτίμηση των κοινωνικών επιπτώσεων λόγω λειψυδρίας δεν είναι εύκολο εγχείρημα. Μία αρχική ποιοτική εκτίμηση των πιθανών επιπτώσεων συμπεριλαμβάνει:

- Μείωση της απασχόλησης στον γεωργικό τομέα
- Μετεγκατάσταση υδροβόρων βιομηχανιών
- Προβλήματα δημόσιας υγείας και ασφάλειας λόγω της αύξησης στην τιμή του νερού ως συνέπεια της λήψης αντισταθμιστικών μέτρων

Περιβαλλοντικές επιπτώσεις

Η υπερεκμετάλλευση των υδατικών πόρων μπορεί να οδηγήσει σε πολλαπλές σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις στα επιφανειακά και υπόγεια ύδατα, τους υγροβιότοπους, τις παράκτιες περιοχές, τα εδάφη και την βιοποικιλότητα. Οι σημαντικότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις της λειψυδρίας περιλαμβάνουν:

- Ελάττωση των υδατικών αποθεμάτων στους υπόγειους υδροφορείς λόγω υπεράντλησης για την κάλυψη των διάφορων υδατικών αναγκών (τουρισμός, γεωργία, κτλ.)
- Υφαλμύριση παράκτιων υπόγειων υδροφορέων
- Μη τήρηση της οικολογικής παροχής ποταμών
- Αρνητικές επιπτώσεις σε υγροτόπους και οικοσυστήματά τους
- Επιδείνωση προβλημάτων σχετικών με την ποιότητα των υδάτων ως συνέπεια της αύξησης της συγκέντρωσης ρυπαντών (μειωμένη αραίωση λόγω μείωσης του διαθέσιμου νερού στα υδάτινα σώματα)
- Αρνητικές επιπτώσεις στην βιοποικιλότητα με απώλεια χλωρίδας και πανίδας λόγω της μείωσης του διαθέσιμου νερού και της επιδείνωσης της ποιότητας ύδατος στα επιφανειακά υδατικά σώματα
- Αρνητικές επιπτώσεις στα εδάφη λόγω αύξησης της διάβρωσης και κινδύνου ερημοποίησης

2.3. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΞΗΡΑΣΙΑΣ

Η παραδοσιακή αντιμετώπιση των φαινομένων ξηρασίας στηρίζεται στην εφαρμογή διορθωτικών, βραχυπρόθεσμων μέτρων, στα πλαίσια δηλαδή μιας διορθωτικής προσέγγισης. Τα βραχυπρόθεσμα μέτρα λαμβάνονται μετά την έναρξη του φαινομένου ξηρασίας και στόχος τους είναι ο περιορισμός των επιπτώσεων της μέσα στο ήδη υπάρχον πλαίσιο. Τα τελευταία χρόνια επιχειρείται μια στροφή από τις παραδοσιακές διορθωτικές μεθόδους προς μια **προληπτική προσέγγιση**, η οποία περιλαμβάνει τον κατάλληλο συνδυασμό μακροπρόθεσμων και βραχυπρόθεσμων μέτρων ανάλογα με την εκάστοτε περιοχή και υδροσύστημα, που μπορεί να είναι πολύ πιο αποτελεσματική στην αντιμετώπιση, αλλά και στην πρόληψη των φαινομένων ξηρασίας. Σε αντίθεση με τα βραχυπρόθεσμα, τα μακροπρόθεσμα μέτρα εφαρμόζονται πριν από την εμφάνιση των σχετικών φαινομένων και στοχεύουν στην αύξηση της αξιοπιστίας των υδατικών συστημάτων και την μείωση της τρωτότητας τους.

Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή τεχνική έκθεση για με την ανάπτυξη σχεδίων αντιμετώπισης ξηρασίας (EC, 2007b) για τη διαχείριση της ξηρασίας θα πρέπει να ακολουθείται μια πολυεπίπεδη προσέγγιση (multilevel approach) σε: α) εθνικό επίπεδο, β) επίπεδο λεκάνης απορροής και γ) τοπικό επίπεδο. Παράλληλα θα πρέπει να διασφαλίζεται η σύνδεση με τα Σχέδια Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών, καθώς και η συμβατότητα με τους περιβαλλοντικούς στόχους της Οδηγίας Πλαίσιο 2000/60 για τα νερά.

Η διαδικασία της προετοιμασίας και διαχείρισης της ξηρασίας μπορεί να αναλυθεί γενικά στις ακόλουθες συνιστώσες / στάδια (Εικόνα 2-2, MEDROPLAN, Iglesias *et al.*, 2007· MED WS&D WG, 2007):

- το πλαίσιο προγραμματισμού
- το οργανωτικό μέρος
- το μεθοδολογικό μέρος
- το επιχειρησιακό μέρος
- το μέρος της ανοικτής αξιολόγησης

Οι δράσεις διαχείρισης, μακροπρόθεσμες και βραχυπρόθεσμες, για την πρόληψη και τον περιορισμό φαινομένων ξηρασίας και λειψυδρίας, εντάσσονται στο επιχειρησιακό μέρος διαχείρισης της ξηρασίας. Η επιχειρησιακή συνιστώσα των σχεδίων διαχείρισης ξηρασιών θα πρέπει να βασίζεται στις ακόλουθες βασικές κατευθύνσεις:

- Ετοιμότητα μέσω κατάλληλου μηχανισμού έγκαιρης προειδοποίησης
- Θέσπιση προτεραιοτήτων κατά τη διάρκεια φαινομένων ξηρασίας/λειψυδρίας
- Καθορισμός κλίμακας σταδίων ξηρασίας με ξεκάθαρα όρια συνδεδεμένα με τους κατάλληλους δείκτες ξηρασίας
- Προσδιορισμός και εφαρμογή προγράμματος κατάλληλων μέτρων ανταπόκρισης και περιορισμού των επιπτώσεων ανάλογα με το στάδιο της ξηρασίας

Εικόνα 2-1: Συνιστώσες σχεδιασμού και διαχείρισης ξηρασίας (Πηγή: MEDROPLAN, Iglesias et al., 2007)

Η πραγματοποίηση της ξηρασίας εξαρτάται από την αλληλεπίδραση ενός φυσικού φαινομένου (λιγότερη βροχή από την αναμενόμενη και κατά συνέπεια μικρότερη παρουσία νερού) με τη διαχείριση των υδατικών συστημάτων από τον άνθρωπο, ώστε να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις σε νερό.

Η διαχείριση της ξηρασίας γίνεται σε τρεις άξονες: (1) αύξηση του διαθέσιμου νερού, (2) μείωση των υδατικών αναγκών και (3) βελτιστοποίηση της λειτουργίας υδροσυστημάτων.

- Η **αύξηση του διαθέσιμου νερού** γίνεται με την κατασκευή έργων άντλησης υπόγειων υδροφορέων, ταμίευσης επιφανειακών υδάτων (ώστε να είναι διαθέσιμα τις ξηρές περιόδους) και μεταφοράς νερού από γειτονικές περιοχές. Εναλλακτικά, υπάρχουν οι τεχνικές της αφαλάτωσης θαλάσσιου ή υφάλμυρου νερού, της επαναχρησιμοποίησης νερού και της τροποποίησης καιρού (τεχνητή βροχή), οι οποίες χρησιμοποιούνται σε συγκεκριμένες περιστάσεις.
- Η **μείωση των υδατικών αναγκών** στα περισσότερα υδατικά συστήματα αφορά στην πιο αποδοτική χρήση του νερού που χρησιμοποιείται για άρδευση και ύδρευση. Η μείωση του αρδευτικού νερού

μπορεί να επιτευχθεί με την ανακατανομή των καλλιεργειών, την εφαρμογή οικονομικότερων σε νερό αρδευτικών δικτύων και τη συντήρηση των έργων μεταφοράς και διανομής νερού. Η μείωση του υδρευτικού νερού μπορεί να επιτευχθεί με την μείωση της κατά κεφαλή κατανάλωσης (με ενημερωτική εκστρατεία για την χρήση του νερού ή την αύξηση της τιμής του) και την επισκευή των δικτύων.

- Η **βελτιστοποίηση της λειτουργίας των υδροσυστημάτων** προϋποθέτει την μελέτη ορθολογικών, αποδοτικών και βιώσιμων τρόπων και μεθοδολογιών λειτουργίας με στόχο την ποσοτικά αξιόπιστη, ποιοτικά και περιβαλλοντικά ασφαλή, και οικονομικά πρόσφορη κάλυψη της ζήτησης, μέσω της κατάλληλης αξιοποίησης των υδατικών πόρων που είναι διαθέσιμοι για την κάλυψη της ζήτησης.

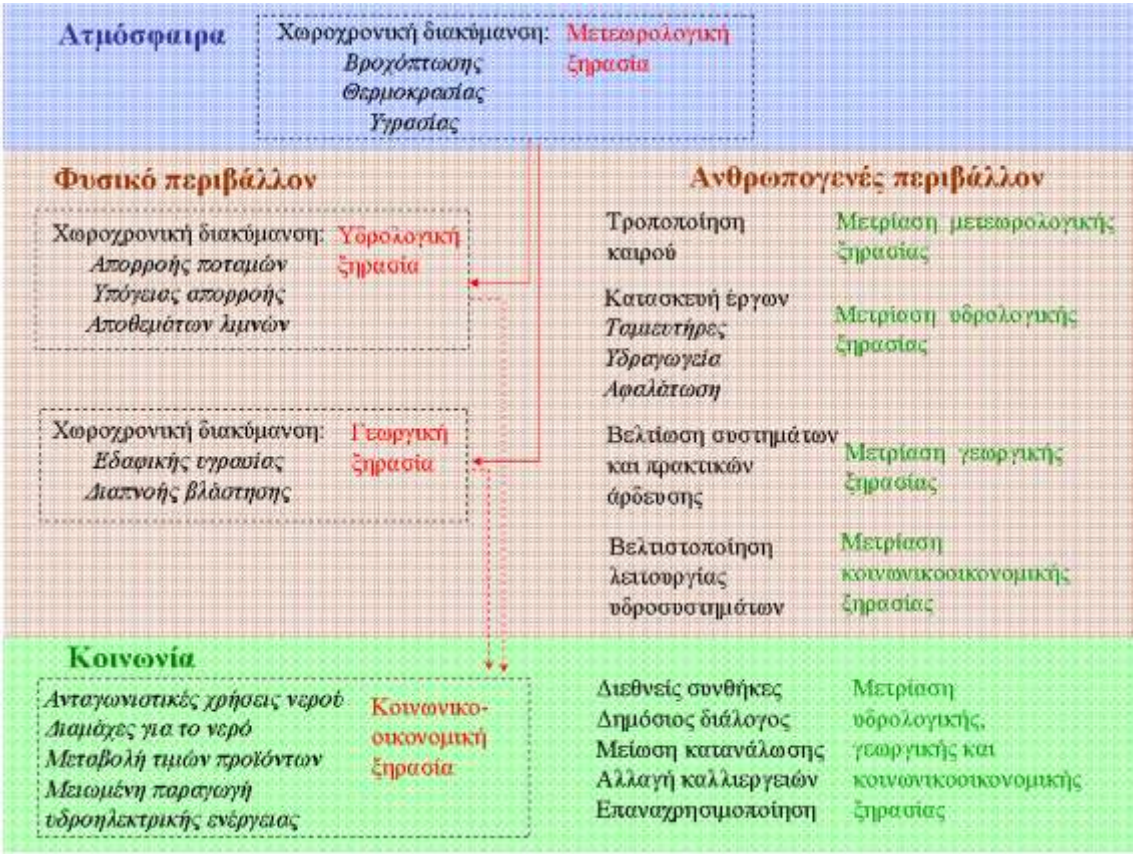
Η διαχείριση της ξηρασίας περιλαμβάνει τρία κύρια στάδια που σχετίζονται με το ισοζύγιο φυσικής προσφοράς και ζήτησης του νερού.

Στάδιο 1: Η φυσική προσφορά υπερβαίνει κατά πολύ τη ζήτηση (αφθονία νερού) και η διαχείριση περιορίζεται στη διανομή των υδατικών πόρων ή τη μεταφορά τους σε άλλες περιοχές.

Στάδιο 2: Η φυσική προσφορά είναι περιστασιακά μεγαλύτερη από τη ζήτηση (σπανιότητα νερού) και είναι απαραίτητη η αύξηση της φυσικής προσφοράς νερού και η ταμίευση του νερού με τεχνικά έργα.

Στάδιο 3: Η φυσική προσφορά είναι πάντα μικρότερη από τη ζήτηση (έλλειμμα νερού), παρά τα συμβατικά τεχνικά έργα. Σε αυτό το στάδιο αναπόφευκτα η προσπάθεια στρέφεται στον έλεγχο της ζήτησης και την ορθολογική διαχείριση των υδατικών πόρων, εφόσον η εναλλακτική λύση είναι η μεταφορά νερού από άλλες περιοχές ή η κατασκευή εξαιρετικά ακριβών ή εξεζητημένων τεχνικών έργων.

Στην Εικόνα 2-2 απεικονίζεται μια κατηγοριοποίηση των τύπων ξηρασίας, των προβλημάτων που προκύπτουν και των σχετικών διαχειριστικών δράσεων.



Εικόνα 2-2: Κατηγορίες ξηρασίας, προβλήματα και δράσεις.

3. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ ΚΑΙ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

3.1. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

3.1.1. ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Το Υδατικό Διαμέρισμα (Υ.Δ. - Περιοχή Λεκάνης Απορροής Ποταμού, ΠΛΑΠ) Κεντρικής Μακεδονίας (ΥΔ 10) έχει έκταση 10 165 km², και περιλαμβάνει τις ΛΑΠ Αξιού (GR03), Γαλλικού (GR04), Χαλκιδικής (GR05) και Άθω (GR43). Βόρεια, το Υ.Δ. συνορεύει με τη ΠΓΔΜ, ενώ οι απορροές του καταλήγουν Νότια - Νοτιανατολικά στο Θερμαϊκό κόλπο και τους κόλπους μεταξύ των ακρωτηρίων της Χαλκιδικής. Το σύνολο των προαναφερθέντων λεκανών υπάγονται διοικητικά στην Αιρετή Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας. Εντός των ορίων του Υ.Δ. 10 βρίσκεται το σύνολο των Περιφερειακών Ενοτήτων Χαλκιδικής και Αγίου Όρους, το μεγαλύτερο μέρος των Π.Ε. Θεσσαλονίκης και Κιλκίς, καθώς και τμήματα από τις Π.Ε. Πέλλας (33%) και Ημαθίας (26%). Σύμφωνα δε, με την απόφαση της ΕΕΥ με αρ. πρ. οικ.706/16.7.2010 το σύνολο των λεκανών απορροής του ΥΔ είναι αρμοδιότητα της Αποκεντρωμένης Διοίκησης Μακεδονίας-Θράκης, Διεύθυνση Υδάτων Κεντρικής Μακεδονίας.

Οι κύριοι ποταμοί του ΥΔ 10 είναι ο π. Αξιός, ο π. Γαλλικός και ο π. Λουδίας. Μικρότερα ποτάμια τοπικής σημασίας αποτελούν ο Χαβρίας και ο Ανθεμούντας, στην Π.Ε. Χαλκιδικής. Οι κυριότερες φυσικές λίμνες του υδατικού διαμερίσματος είναι οι λίμνες Βόλβη και Λαγκαδά (ή Κορώνεια ή Αγίου Βασιλείου), Δοϊράνη και Πικρολίμνη.

Το ΥΔ Κεντρικής Μακεδονίας περιλαμβάνει τη διασυνοριακή λεκάνη απορροής του π. Αξιού, η οποία εμπεριέχει και τη διασυνοριακή υπολεκάνη της λ. Δοϊράνης. Ο Αξιός μοιράζεται μεταξύ της Ελλάδας, της Βουλγαρίας, της π.Γ.Δ.Μ. και της Σερβίας. Η συνολική έκταση της λεκάνης απορροής του είναι 22 250 km², από τα οποία σε ελληνικό έδαφος βρίσκονται 2 513 km².

Το Υδατικό Διαμέρισμα περιλαμβάνει εκτεταμένες πεδιάδες, κυρίως στο δυτικό τμήμα, οι σημαντικότερες από τις οποίες είναι αυτές της Θεσσαλονίκης, των Γιαννιτσών και του Λαγκαδά, ενώ στο ανατολικό τμήμα διακρίνεται η λεκάνη της Χαλκιδικής. Δεν είναι ιδιαίτερα ορεινό, αφού περιλαμβάνει χαμηλά βουνά στην περιφερειακή ζώνη, ενώ υψόμετρο πάνω από 2 000 μέτρα έχουν το όρος Άθως (2 033 m) και το όρος Κερκίνη (2 031 m). Το μέσο υψόμετρο του ΥΔ είναι 245 m, περίπου, ενώ το 36% της έκτασής του έχει υψόμετρο κάτω από 100 m και μόλις το 3 % της έκτασής του έχει υψόμετρο πάνω από 800 m.

Το συνολικό μήκος των ακτών του ΥΔ ανέρχεται σε 910 km, ενώ αυτές χαρακτηρίζονται από έντονο ανάγλυφο και τον σχηματισμό πολυάριθμων βραχωδών κόλπων.

Το διαμέρισμα χαρακτηρίζεται από ποικιλία κλιμάτων, όπως το μεσογειακό στην περιοχή της Χαλκιδικής, το θαλάσσιο στις παράκτιες περιοχές, το ηπειρωτικό στο εσωτερικό και το ορεινό στις περιοχές με μεγάλο υψόμετρο. Το μέσο ετήσιο ύψος βροχής κυμαίνεται από 400 μέχρι 800 mm, ενώ στα ορεινά τμήματα ξεπερνάει τα 1 000 mm. Οι χιονοπτώσεις είναι αρκετά συνηθισμένες κατά το διάστημα Σεπτεμβρίου-Απριλίου. Η μέση ετήσια θερμοκρασία κυμαίνεται μεταξύ 14.5°C και 17°C, με ψυχρότερο μήνα τον Ιανουάριο και θερμότερο τον Ιούλιο.

3.1.2. ΛΕΚΑΝΕΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΚΑΙ ΥΠΟΛΕΚΑΝΕΣ

Το ΥΔ 10 περιλαμβάνει τις ΛΑΠ Αξιού (GR03), Γαλλικού (GR04), Χαλκιδικής (GR05) και Άθω (GR43), όπως φαίνεται στον χάρτη της Εικόνας 3-1.

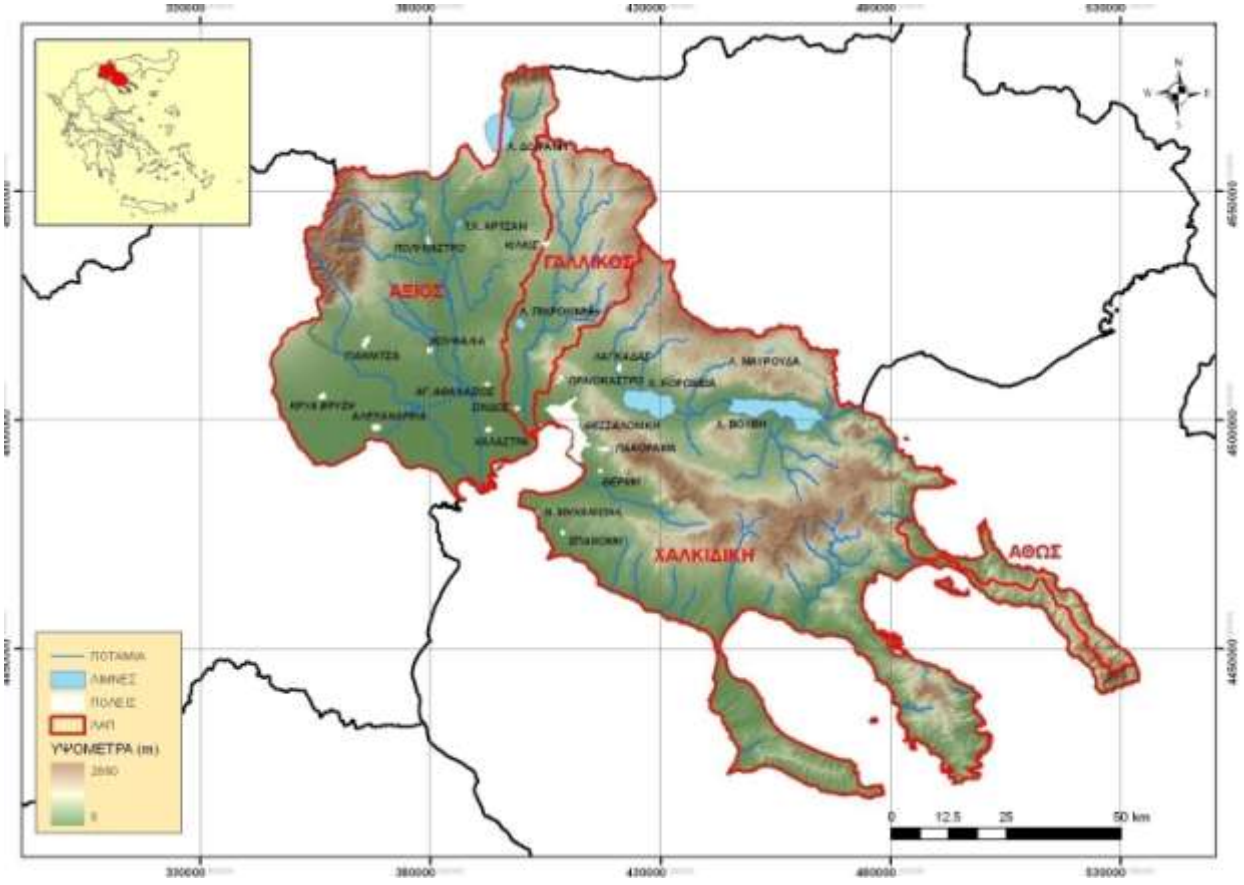
Η **ΛΑΠ Αξιού** έχει έκταση 3 325 km² και περιλαμβάνει τρεις υδρολογικές λεκάνες, ήτοι του ελληνικού τμήματος του Αξιού (1 867 km²), του Λουδία (1 250 km²) και της λίμνης Δοϊράνης (207 km²). Ο Αξιός είναι από τα σημαντικότερα διασυνοριακά ποτάμια της χώρας. Μάλιστα, ένας από τους κυριότερους κλάδους του, ο Λύγκος (Σακουλέβας) πηγάζει σε ελληνικό έδαφος, συγκεκριμένα στην πεδιάδα της Φλώρινας, που ανήκει στο ΥΔ 09 (ΛΑΠ Πρεσπών). Ωστόσο, το μεγαλύτερο τμήμα της λεκάνης του Αξιού αναπτύσσεται στο έδαφος της ΠΓΔΜ, από τη διαχειριστική πολιτική της οποίας εξαρτάται η παροχή που

εισέρχεται στο ελληνικό έδαφος. Οι κυριότερες υπολεκάνες του Αξιού στο έδαφος του ΥΔ Κεντρικής Μακεδονίας είναι του Αγιάκ (360 km²), του Γυναικοκάστρου (150 km²) και του Κοτζά Ντερέ (140 km²). Ο ποταμός Λουδίας βρίσκεται μεταξύ των ποταμών Αλιάκμονα και Αξιού. Στον ποταμό καταλήγουν, εκτός από τις γενικά χαμηλές απορροές της δικιάς του λεκάνης, έκτασης 1 251 km², τα πλεονάζοντα αρδευτικά νερά που εκτρέπονται από τον Αλιάκμονα και τον Αξιό. Τέλος, η λεκάνη Δοϊράνης, έκτασης 207 km², αποτελεί το ελληνικό τμήμα της ευρύτερης λεκάνης της ομώνυμης διασυνοριακής λίμνης.

Η **ΛΑΠ Γαλλικού** έχει έκταση 1 051 km². Ο ποταμός πηγάζει από τα όρη Μαυροβούνιο και Κρούσια, και αφού διασχίσει το ανατολικό τμήμα της πεδιάδας Θεσσαλονίκης εκβάλλει δυτικά της πόλης.

Η **ΛΑΠ Χαλκιδικής** έχει έκταση 5 537 km² και αποτελείται από τις λεκάνες απορροής των λιμνών Βόλβη και Κορώνεια (Λαγκαδά), των ποταμών Ανθεμούντα, Χαβρία και Ολυνθίου,τις λεκάνες του Πολεοδομικού Συγκροτήματος Θεσσαλονίκης, και άλλες μικρότερες υπολεκάνες της Π.Ε. Χαλκιδικής. Η μεγαλύτερη λεκάνη είναι αυτή των λιμνών Θεσσαλονίκης, συνολικής έκτασης 2 160 km². Στην λεκάνη παρατηρούνται μείζονα περιβαλλοντικά προβλήματα, με κυριότερο τη μακροχρόνια μείωση των αποθεμάτων της λίμνης Κορώνειας, που την τελευταία δεκαετία έχουν σχεδόν μηδενιστεί, παρά τις προσπάθειες αποκατάστασης (π.χ. με μεταφορά νερού από τη γειτονική λίμνη Βόλβη).

Τέλος, η **ΛΑΠ Άθω**, έκτασης 237 km², καλύπτει το ήμισυ περίπου της ομώνυμης χερσονήσου, και έχει περιορισμένο υδρολογικό ενδιαφέρον.



Εικόνα 3-1: Περιοχή μελέτης και όρια λεκανών απορροής.

3.2. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Στα πλαίσια της μελέτης χρησιμοποιήθηκαν γεωγραφικά δεδομένα που προέρχονται από μελέτη του πρώην Υπουργείου Ανάπτυξης (Υπουργείο Ανάπτυξης & ΕΝΜ Σύμβουλοι Μηχανικοί, 2007). Συγκεκριμένα:

- το ψηφιακό μοντέλο υψομέτρων της περιοχής μελέτης

- το κύριο υδρογραφικό δίκτυο
- οι φυσικές λίμνες και τα έργα ταμίευσης
- οι λεκάνες απορροής ποταμών (ΛΑΠ)
- οι υπολεκάνες απορροής (διαχειριστικές ενότητες)
- οι θέσεις των βροχομετρικών και υδρομετρικών σταθμών
- τα όρια των υδατικών διαμερισμάτων

Τα δεδομένα αυτά οργανώθηκαν σε Σύστημα Γεωγραφικής Πληροφορίας (ΣΓΠ) όπου έγιναν όλες οι χωρικές επεξεργασίες που αναφέρονται στην παρούσα μελέτη.

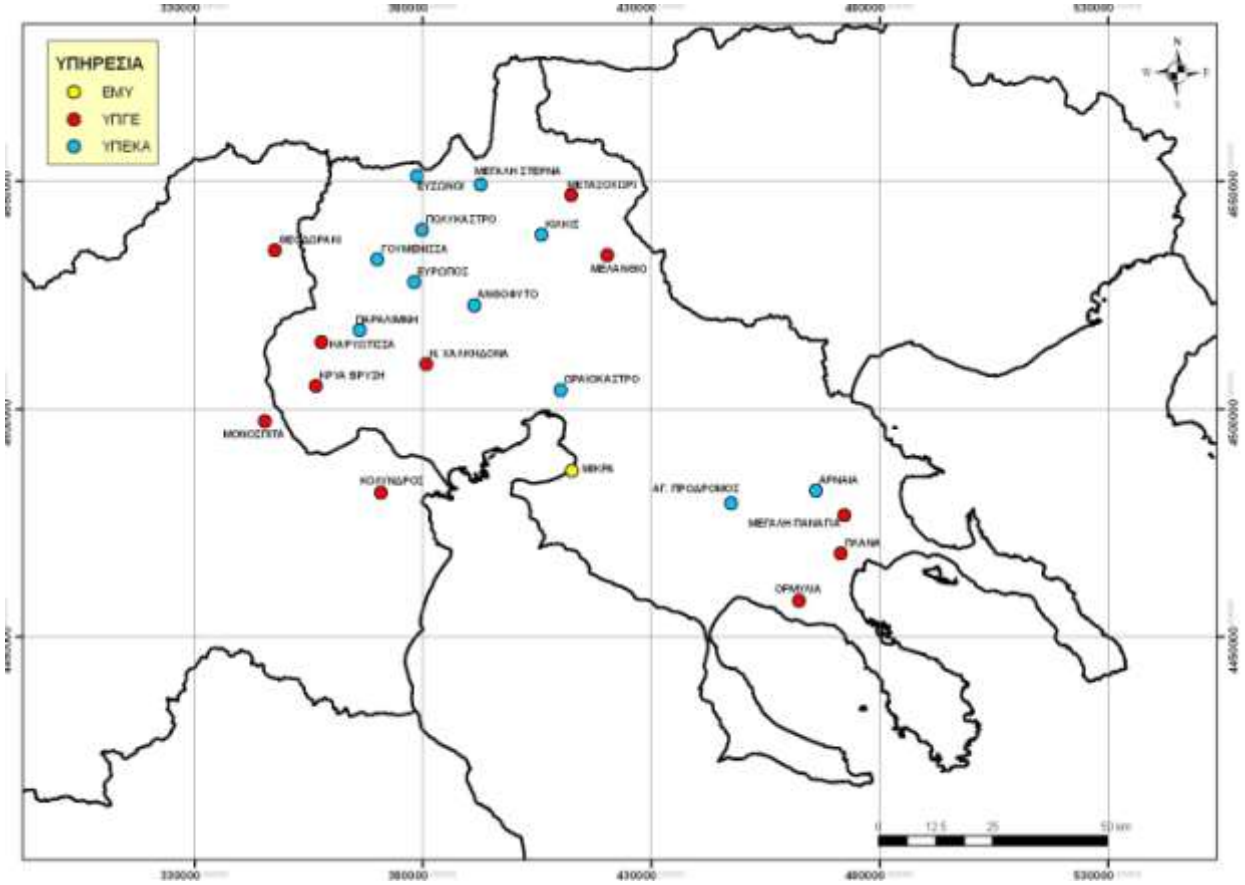
3.3. ΣΗΜΕΙΑΚΑ ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΕΣ

3.3.1. ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΥΔΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ

Η κύρια υδρολογική μεταβλητή που χρησιμοποιείται στην ανάλυση των ξηρασιών είναι η βροχόπτωση, που συνδέεται με τη λεγόμενη μετεωρολογική ξηρασία. Για τους σκοπούς της μελέτης, πραγματοποιήθηκε εκτεταμένη συλλογή, ανάλυση και επεξεργασία των βροχομετρικών δεδομένων της περιοχής μελέτης.

Τελικά, αξιοποιήθηκαν τα βροχομετρικά δείγματα 23 σταθμών, που ανήκουν στις ακόλουθες υπηρεσίες:

- Υδρομετεωρολογικοί σταθμοί ΥΠΕΚΑ (πρώην ΥΠΕΧΩΔΕ)
- Υδρομετεωρολογικοί σταθμοί ΥΠΓΕ
- Υδρομετεωρολογικοί σταθμοί ΔΕΗ
- Μετεωρολογικοί σταθμοί ΕΜΥ



Εικόνα 3-2: Βροχομετρικοί σταθμοί περιοχής μελέτης, από όπου ελήφθησαν τα δείγματα σημειακής βροχόπτωσης.

Πίνακας 3-1: Βροχομετρικοί σταθμοί περιοχής μελέτης.

Ονομασία	Υπηρεσία	x (m)	y (m)	z (m)	ΛΑΠ	Μήκος (έτη)	Έναρξη
ΑΓ. ΠΡΟΔΡΟΜΟΣ	ΥΠΕΚΑ	447 520	4 479 339	420.0	GR05	45	Ιουλ-66
ΑΝΘΟΦΥΤΟ	ΥΠΕΚΑ	391 223	4 522 729	47.9	GR03	46	Νοε-65
ΑΡΝΑΙΑ	ΥΠΕΚΑ	466 034	4 482 056	595.0	GR05	57	Ιουν-53
ΓΟΥΜΕΝΙΣΣΑ	ΥΠΕΚΑ	370 103	4 532 763	212.0	GR03	57	Σεπ-54
ΕΥΖΩΝΟΙ	ΥΠΕΚΑ	378 767	4 551 025	72.9	GR03	46	Οκτ-65
ΕΥΡΩΠΟΣ	ΥΠΕΚΑ	378 059	4 527 789	81.4	GR03	44	Ιαν-67
ΘΕΟΔΩΡΑΚΙ	ΥΠΓΕ	347 655	4 534 781	429.8	GR02	48	Ιαν-64
ΚΑΡΥΩΤΙΣΣΑ	ΥΠΓΕ	357 841	4 514 593	9.0	GR03	42	Σεπ-68
ΚΙΛΚΙΣ	ΥΠΕΚΑ	405 994	4 538 136	261.5	GR04	45	Ιαν-67
ΚΟΛΥΝΔΡΟΣ	ΥΠΓΕ	370 830	4 481 712	319.5	GR02	44	Απρ-67
ΚΡΥΑ ΒΡΥΣΗ	ΥΠΓΕ	356 570	4 505 000	10.0	GR03	59	Ιαν-52
ΜΕΓΑΛΗ ΠΑΝΑΓΙΑ	ΥΠΓΕ	472 334	4 476 746	469.1	GR05	35	Δεκ-75
ΜΕΓΑΛΗ ΣΤΕΡΝΑ	ΥΠΕΚΑ	392 746	4 549 248	121.3	GR03	44	Ιαν-67
ΜΕΛΑΝΘΙΟ	ΥΠΓΕ	420 479	4 533 795	490.0	GR04	47	Σεπ-64
ΜΕΤΑΞΟΧΩΡΙ	ΥΠΓΕ	412 504	4 546 831	271.8	GR04	48	Νοε-63
ΜΙΚΡΑ	ΕΜΥ	412 735	4 486 522	0.9	GR05	47	Ιαν-65
ΜΟΝΟΣΠΙΤΑ	ΥΠΓΕ	345 417	4 497 269	47.0	GR02	31	Οκτ-80
Ν. ΧΑΛΚΗΔΟΝΑ	ΥΠΓΕ	380 768	4 509 800	29.7	GR03	59	Ιαν-52
ΟΡΜΥΛΙΑ	ΥΠΓΕ	462 391	4 457 991	30.9	GR05	36	Δεκ-75
ΠΑΡΑΛΙΜΝΗ ΓΙΑΝΝΙΤΣΩΝ	ΥΠΕΚΑ	366 230	4 517 365	65.0	GR03	31	Οκτ-80
ΠΛΑΝΑ	ΥΠΓΕ	379 814	4 539 263	55.6	GR05	35	Δεκ-75
ΠΟΛΥΚΑΣΤΡΟ	ΥΠΕΚΑ	379 814	4 539 263	55.6	GR03	31	Οκτ-80
ΩΡΑΙΟΚΑΣΤΡΟ	ΥΠΕΚΑ	410 121	4 504 181	71.5	GR05	36	Απρ-75

Οι θέσεις των σταθμών απεικονίζονται στο χάρτη της Εικόνας 3-2, ενώ τα χαρακτηριστικά τους δίνονται στον Πίνακα 3-1. Τα δεδομένα ελήφθησαν είτε σε επεξεργασμένη μορφή (με κύρια πηγή τις Διαχειριστικές μελέτες Κεντρικής και Δυτικής Μακεδονίας), είτε σε πρωτογενή μορφή, από τις αρμόδιες υπηρεσίες. Τα περισσότερα ήταν διαθέσιμα σε ψηφιακή μορφή, είτε με δυνατότητα επεξεργασίας (λογιστικά φύλλα) είτε χωρίς (αρχεία pdf), ενώ συλλέχθηκαν και πληροφορίες σε αναλογική μορφή (δελτία μετρήσεων).

3.3.2. ΣΥΛΛΟΓΗ ΠΡΩΤΟΓΕΝΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Στα πλαίσια της Διαχειριστικής Μελέτης Κεντρικής Μακεδονίας αποδελτιώθηκαν τα μηνιαία βροχομετρικά δείγματα 49 σταθμών, τα οποία προέρχονται από διαφορετικούς φορείς και καλύπτουν διαφορετικές χρονικές περιόδους. Για τις περαιτέρω αναλύσεις επιλέχθηκαν 23 χρονοσειρές, που καλύπτουν το σύνολο της περιόδου 1980-2001, με σχετικά μικρό ποσοστό ελλειπουσών τιμών (τονίζεται ότι στις αναλύσεις χρησιμοποιήθηκαν οι πρωτογενείς χρονοσειρές, και όχι οι συμπληρωμένες). Στη συνέχεια, οι χρονοσειρές αυτές επικαιροποιήθηκαν τουλάχιστον μέχρι το 2010 ή και επεκτάθηκαν σε προγενέστερες χρονικές περιόδους, με τη συλλογή επιπλέον πρωτογενών δεδομένων από διάφορους φορείς (ΥΠΕΚΑ, ΥΠΓΕ, ΕΜΥ). Συγκεκριμένα:

- Από την **Εθνική Τράπεζα Υδρολογικής και Μετεωρολογικής Πληροφορίας** ελήφθησαν 15 σημειακές χρονοσειρές από υδρομετεωρολογικούς σταθμούς του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (ΥΠΕΚΑ, πρώην ΥΠΕΧΩΔΕ). Οι χρονοσειρές καλύπτουν διαφορετικές χρονικές περιόδους, μεταξύ του 1950 και του 1980, από τις οποίες επιλέχθηκαν οι 11 για την παρούσα μελέτη. Τα πρωτογενή δεδομένα ανακτήθηκαν σε ψηφιακή μορφή, με δυνατότητα επεξεργασίας, καθώς είναι οργανωμένα και διαθέσιμα σε διαδικτυακή βάση δεδομένων (www.hydroscope.gr). Επίσης, αποδελτιώθηκαν τα αντίστοιχα μηνιαία βροχομετρικά δείγματα (σε ψηφιακή, μη επεξεργάσιμη μορφή) των παραπάνω 11 σταθμών, για την περίοδο 2001–2010.
- Από το **Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων** (ΥΠΑΑΤ, πρώην ΥΠΓΕ) αποδελτιώθηκαν τα μηνιαία δείγματα 11 σταθμών για τις περιόδους 1950–1980 και 2001–2010. Στην περίοδο

1960–1980, οι χρονοσειρές δεν έχουν το ίδιο έτος εκκίνησης, καθώς κάθε σταθμός έχει τεθεί σε λειτουργία σε διαφορετικό έτος.

- Τέλος, από την **Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία** (ΕΜΥ) ελήφθησαν τα μηνιαία κλιματικά δελτία σε ψηφιακή επεξεργάσιμη μορφή από ένα μετεωρολογικό σταθμό (Μίκρα), που κάλυπταν τις περιόδους 1950–1980 και 2001–2010. Επιπλέον δεδομένα, για τα έτη 2011 και 2012, ελήφθησαν από την ιστοσελίδα της ΕΜΥ.

Τελικά, προέκυψαν δύο κατηγορίες πρωτογενών σημειακών χρονοσειρών βροχόπτωσης:

- 23 χρονοσειρές, μήκους 30 ετών (1980-2010)
- 8 χρονοσειρές, μήκους 45 έως 60 ετών (με έναρξη από το 1952 έως το 1965)

Η χρήση των δειγμάτων βροχόπτωσης μεγάλου μήκους κρίθηκε αναγκαία για την εξαγωγή πιο ασφαλών συμπερασμάτων, καθώς, όπως θα φανεί στις επόμενες αναλύσεις, η διαφοροποίηση των στατιστικών χαρακτηριστικών των βροχοπτώσεων είναι σημαντική, συγκριτικά με την περίοδο 1980-2010.

3.3.3. ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΗ ΚΑΙ ΕΠΕΚΤΑΣΗ ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΩΝ

Για τη συμπλήρωση των κενών τιμών των σημειακών χρονοσειρών βροχόπτωσης χρησιμοποιήθηκε η 4η έκδοση του λογισμικού επεξεργασίας υδρολογικών δεδομένων Υδρογνώμων (www.hydrognomon.org). Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, επιλέχθηκαν σταθμοί με όσο το δυνατόν λιγότερες ελλείπουσες τιμές τόσο σε ποσοστό επί του συνόλου του δείγματος (συγκεκριμένα, 5% επί του αριθμού τιμών της χρονοσειράς), όσο και σε συνεχόμενα διαστήματα (ως όριο τέθηκαν τα δύο χρόνια). Η συμπλήρωση των κενών υλοποιήθηκε με τη μέθοδο της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης, με εποχιακή συσχέτιση (Κοζάνης *κ.ά.*, 2010).

Σύμφωνα με τη συγκεκριμένη μεθοδολογία, για κάθε έναν από τους σταθμούς (εξαρτημένη μεταβλητή) προσδιορίστηκαν οι συντελεστές γραμμικής συσχέτισης με τους γειτονικούς τους σταθμούς (ανεξάρτητες μεταβλητές), έτσι ώστε τα πιθανά κενά στις χρονοσειρές να συμπληρωθούν από εκείνους με τους οποίους έχουν τη μεγαλύτερη συσχέτιση (ως κατώτατο όριο τέθηκε συντελεστής συσχέτισης 70%). Σε όλες τις περιπτώσεις, λήφθηκε υπόψη η επίδραση της μηνιαίας συσχέτισης (εποχικότητα), δηλαδή εφαρμόστηκαν διαφορετικοί συντελεστές γραμμικής παλινδρόμησης για κάθε μήνα του έτους.

Η διαδικασία συμπλήρωσης έγινε ως εξής: Αρχικά, εντοπίστηκαν οι γειτονικοί σταθμοί του σταθμού προς συμπλήρωση, και για κάθε μήνα εντοπίστηκε ο σταθμός με την υψηλότερη συσχέτιση. Σε περίπτωση που δεν υπήρχε καταγραφή στον συγκεκριμένο σταθμό, χρησιμοποιήθηκε για τη συμπλήρωση η χρονοσειρά του αμέσως καλύτερου σταθμού, κοκ. Με τον τρόπο αυτό, τα τελικά σημειακά δείγματα βροχόπτωσης δεν περιέχουν καμία ενδιάμεση κενή τιμή.

3.3.4. ΠΑΡΑΓΩΓΕΣ ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΕΣ ΚΑΙ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Για κάθε μηνιαία χρονοσειρά υπολογίστηκαν οι ακόλουθες παράγωγες χρονοσειρές:

- Αθροιστική βροχόπτωση τριμήνου Οκτωβρίου-Δεκεμβρίου
- Αθροιστική βροχόπτωση εξαμήνου Οκτωβρίου-Μαρτίου
- Αθροιστική βροχόπτωση εννιαμήνου Οκτωβρίου-Ιουνίου
- Αθροιστική βροχόπτωση υδρολογικού έτους (Οκτώβριος-Σεπτέμβριος)
- Κυλιόμενος μέσος όρος ετήσιας βροχόπτωσης δύο υδρολογικών ετών
- Κυλιόμενος μέσος όρος ετήσιας βροχόπτωσης τριών υδρολογικών ετών
- Κυλιόμενος μέσος όρος ετήσιας βροχόπτωσης τεσσάρων υδρολογικών ετών
- Κυλιόμενος μέσος όρος ετήσιας βροχόπτωσης πέντε υδρολογικών ετών

Για κάθε μία από τις παραπάνω χρονοσειρές, οι οποίες αναφέρονται σε διάφορες χρονικές κλίμακες (μικρές κλίμακες - ενδοετήσιες και μεγάλες κλίμακες - υπερετήσιες), υπολογίστηκαν τα βασικά στατιστικά

τους χαρακτηριστικά, δηλαδή η μέση τιμή, η τυπική απόκλιση, ο συντελεστής ασυμμετρίας και ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης πρώτης τάξης. Ακόμη, υπολογίστηκαν οι συντελεστές ετεροσυσχέτισης μεταξύ των διαφορετικών χρονικών κλιμάκων (π.χ. συντελεστής συσχέτισης τρίμηνης βροχόπτωσης με βροχόπτωση έξι μηνών, εννέα μηνών, υδρολογικού έτους, κτλ.). Στον Πίνακα 3-2 δίνονται οι μέσες τιμές της αθροιστικής βροχόπτωσης τριμήνου, εξαμήνου, εννιαμήνου και υδρολογικού έτους όλων των σταθμών, για την κοινή περίοδο δεδομένων (1980-2010).

Πίνακας 3-2: Μέσες τιμές βροχόπτωσης σε διάφορες χρονικές κλίμακες, για την κοινή περίοδο δεδομένων (1980-2010) των βροχομετρικών σταθμών της περιοχής μελέτης.

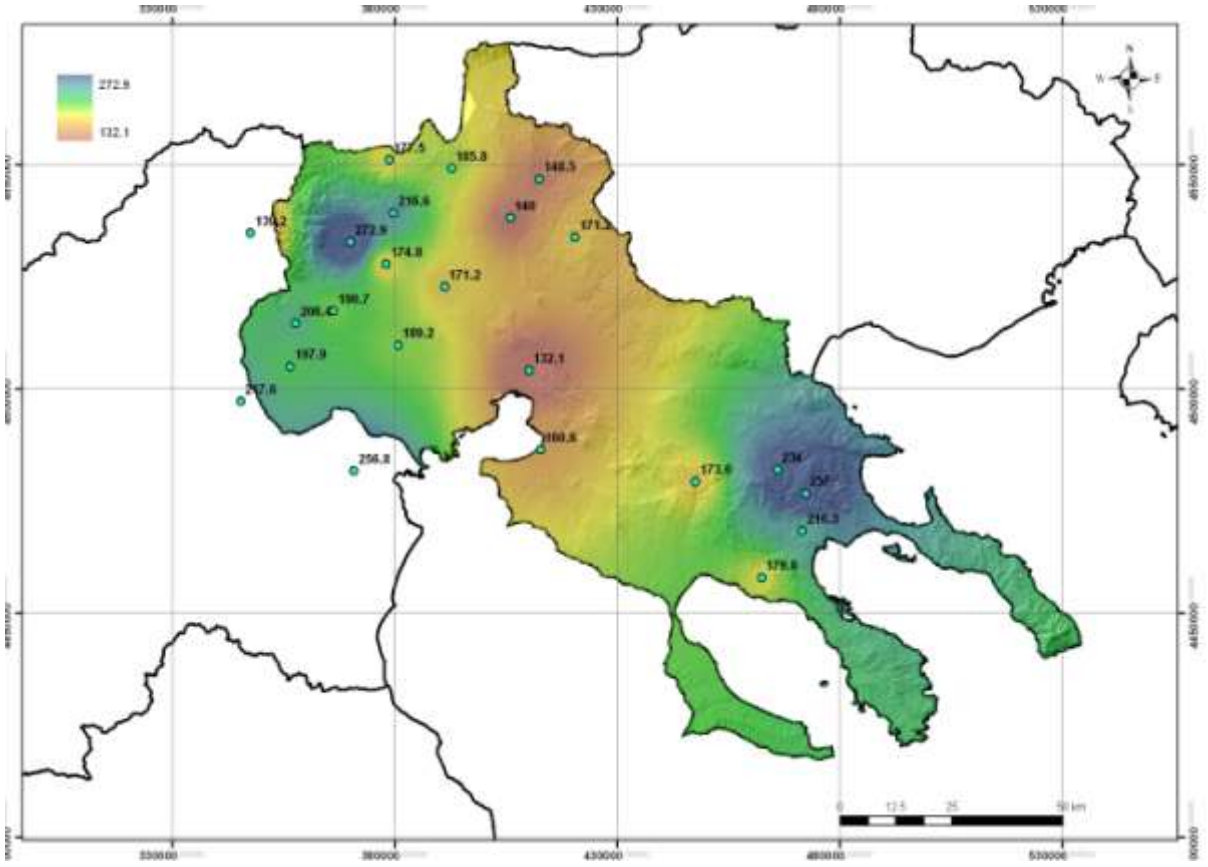
	Οκτ. – Δεκ.	Οκτ. – Μαρ.	Οκτ. – Ιούν.	Οκτ. – Σεπ.
ΑΓ. ΠΡΟΔΡΟΜΟΣ	173.6	280.1	404.1	509.6
ΑΝΘΟΦΥΤΟ	171.2	310.3	442.3	513.0
ΑΡΝΑΙΑ	234.0	395.7	540.0	662.0
ΓΟΥΜΕΝΙΣΣΑ	272.9	470.6	641.4	734.0
ΕΥΖΩΝΟΙ	177.5	297.3	426.1	518.4
ΕΥΡΩΠΟΣ	174.8	276.4	394.6	476.2
ΘΕΟΔΩΡΑΚΙ	139.2	245.4	372.6	472.1
ΚΑΡΥΩΤΙΣΣΑ	206.4	351.8	471.3	533.7
ΚΙΛΚΙΣ	140.0	235.8	370.4	446.9
ΚΟΛΥΝΔΡΟΣ	256.8	435.4	581.4	660.7
ΚΡΥΑ ΒΡΥΣΗ	197.9	341.5	471.5	537.1
ΜΕΓΑΛΗ ΠΑΝΑΓΙΑ	257.0	451.9	587.9	676.9
ΜΕΓΑΛΗ ΣΤΕΡΝΑ	185.8	347.5	497.3	592.6
ΜΕΛΑΝΘΙΟ	171.2	288.4	463.2	610.7
ΜΕΤΑΞΟΧΩΡΙ	148.5	263.3	416.2	530.7
ΜΙΚΡΑ	160.6	278.0	391.6	459.3
ΜΟΝΟΣΠΙΤΑ	217.6	369.8	511.8	588.7
Ν. ΧΑΛΚΗΔΟΝΑ	189.2	319.9	432.1	493.9
ΟΡΜΥΛΙΑ	179.8	302.4	389.2	467.8
ΠΑΡΑΛΙΜΝΗ ΓΙΑΝΝΙΤΣΩΝ	190.7	326.2	440.8	507.9
ΠΛΑΝΑ	210.3	361.3	471.0	554.5
ΠΟΛΥΚΑΣΤΡΟ	216.6	362.2	501.9	612.2
ΩΡΑΙΟΚΑΣΤΡΟ	132.1	215.7	323.5	390.7

3.3.5. ΧΩΡΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ

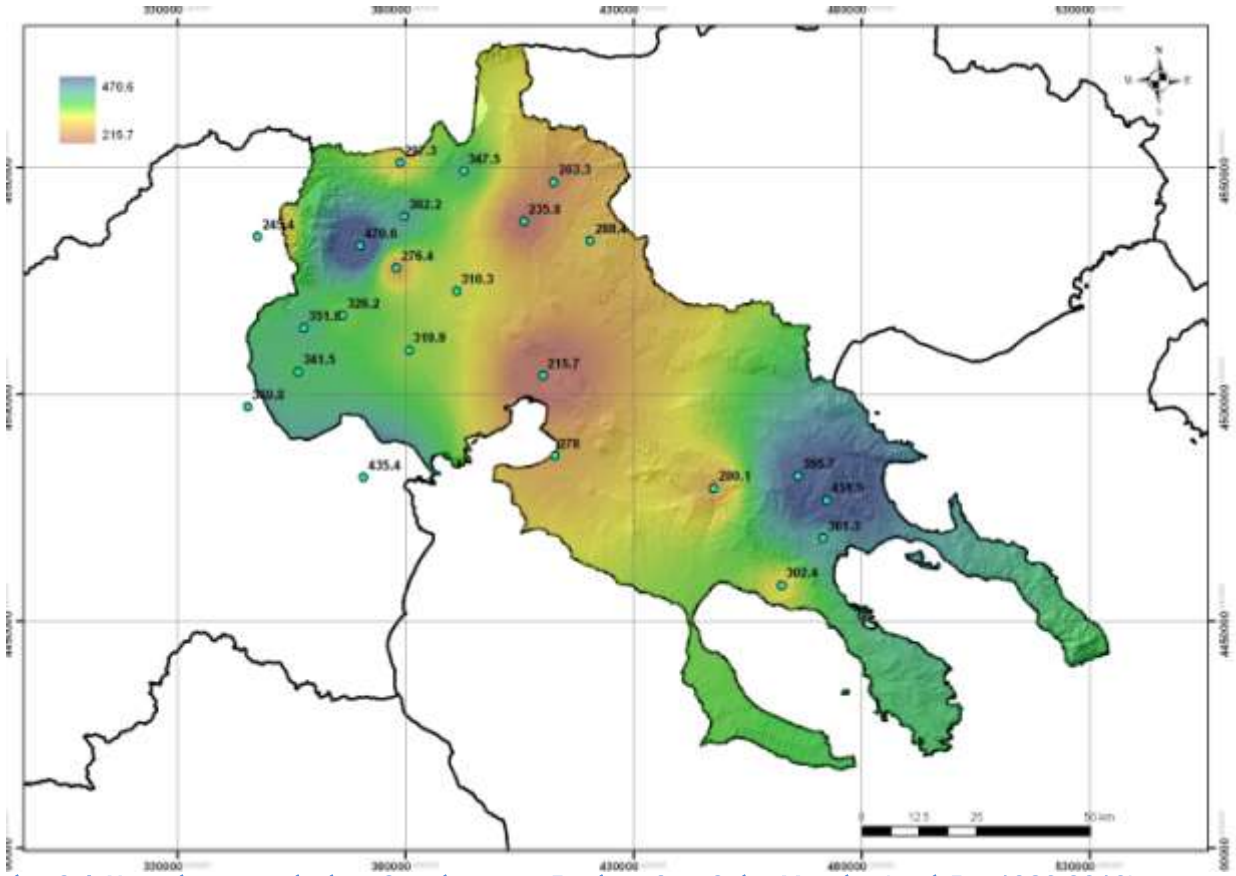
Με βάση τη μέση σημειακή τιμή βροχόπτωσης τριμήνου, εξαμήνου, εννιαμήνου και υδρολογικού έτους στους 23 σταθμούς του Πίνακα 3-1, με μήκος δείγματος 30 ετών (1980-2010), απεικονίστηκε, με τη χρήση εργαλείων χωρικής παρεμβολής σε περιβάλλον ΣΓΠ, η χωρική κατανομή της βροχόπτωσης στην περιοχή μελέτης (Εικόνες 3-3 έως 3-6).

Σε όλες τις χρονικές κλίμακες, διακρίνονται τρεις υδροκλιματικές ζώνες:

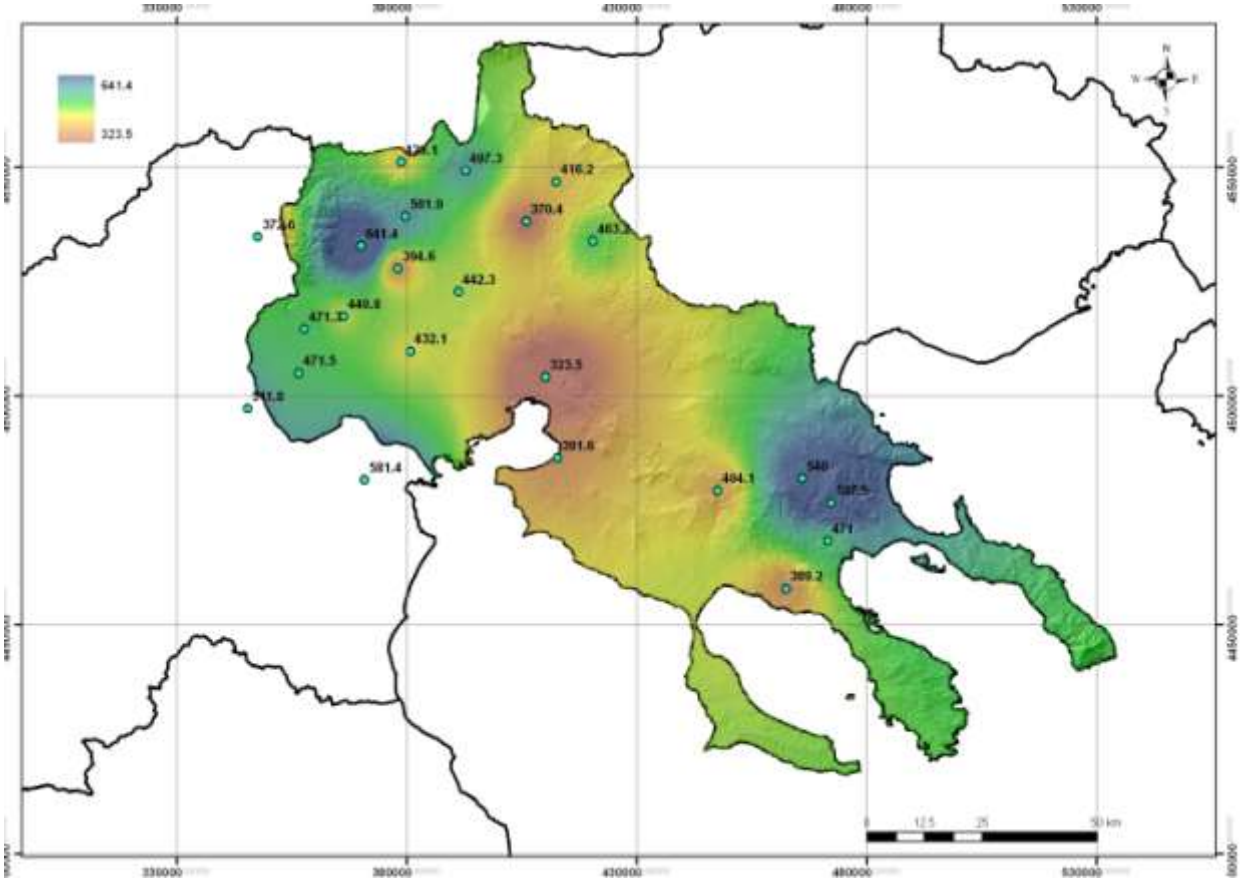
- Η ζώνη υψηλής βροχόπτωσης, με μέση ετήσια τιμή >600 mm, που καλύπτει το ορεινό τμήμα της Χαλκιδικής και ένα πολύ μικρό τμήμα στα ΒΔ της περιοχής μελέτης (λεκάνη Λουδία)
- Η ενδιάμεση ζώνη, με μέση ετήσια τιμή της τάξης των 500 mm, που εκτείνεται περιμετρικά του ΥΔ, και περιλαμβάνει ακόμη τις τρεις χερσονήσους της Χαλκιδικής.
- Η ζώνη χαμηλής βροχόπτωσης, με μέση ετήσια τιμή <450 mm, που αναπτύσσεται στο κεντρικό τμήμα του ΥΔ, και κυρίως γύρω από την πόλη της Θεσσαλονίκης.



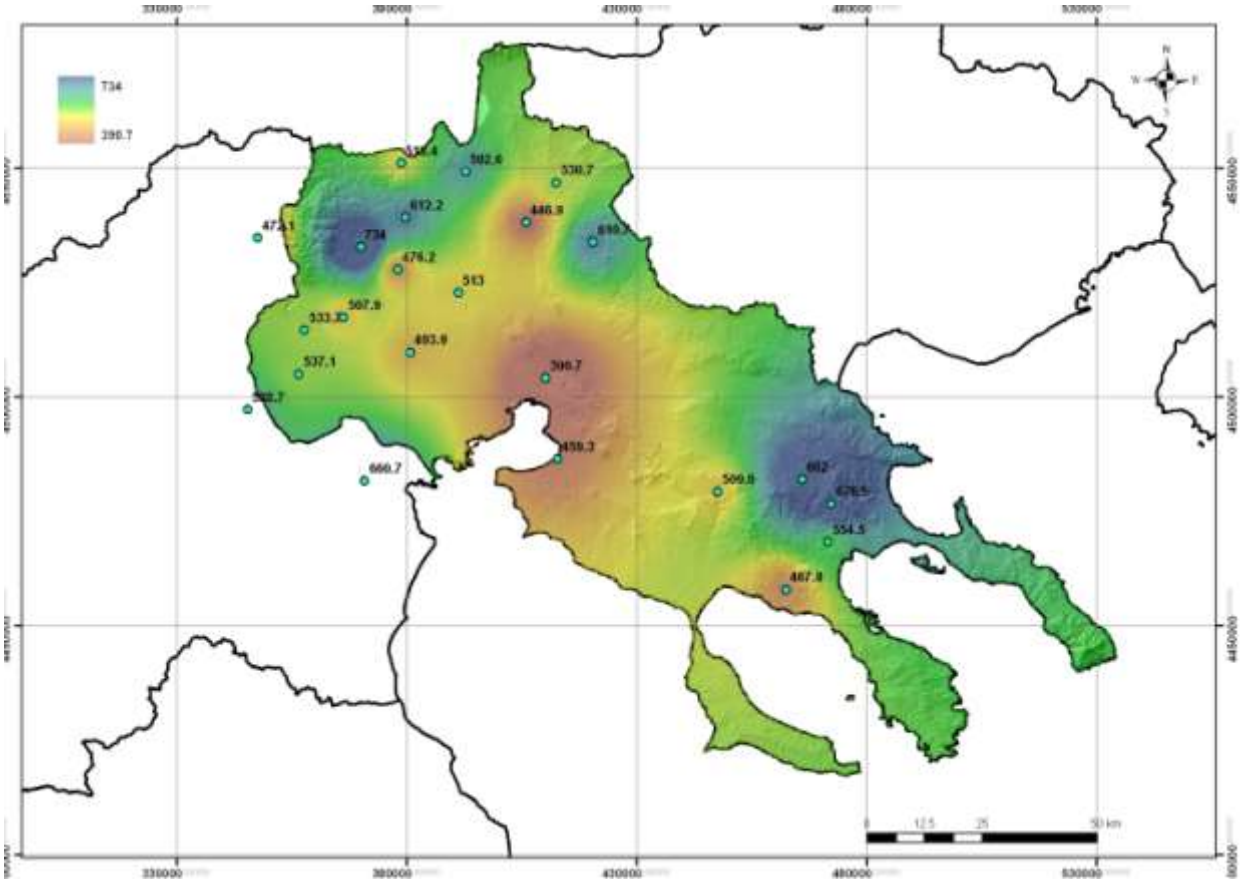
Εικόνα 3-3: Χωρική κατανομή μέσης βροχόπτωσης τριμήνου Οκτωβρίου-Δεκεμβρίου (περίοδος 1980-2010).



Εικόνα 3-4: Χωρική κατανομή μέσης βροχόπτωσης εξαμήνου Οκτωβρίου-Μαρτίου (περίοδος 1980-2010).



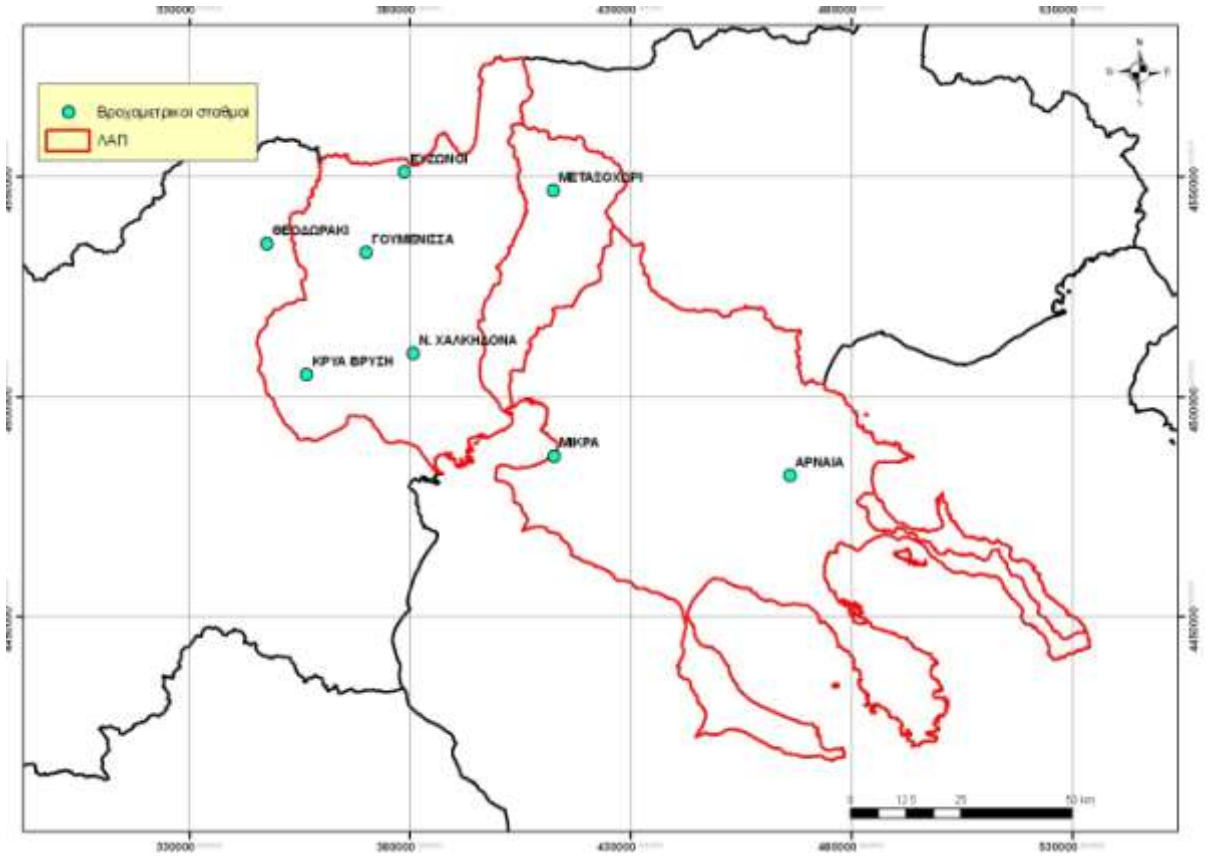
Εικόνα 3-5: Χωρική κατανομή μέσης βροχόπτωσης εννιαμήνου Οκτωβρίου-Ιουνίου (περίοδος 1980-2010).



Εικόνα 3-6: Χωρική κατανομή μέσης ετήσιας βροχόπτωσης (περίοδος 1980-2010).

3.3.6. ΣΗΜΕΙΑΚΕΣ ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΕΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΜΕΓΑΛΟΥ ΜΗΚΟΥΣ

Οι σημειακές χρονοσειρές μεγάλου μήκους, ήτοι με δείγμα που καλύπτει την περίοδο τουλάχιστον από το 1965 ως το 2010, και ανήκουν στο ΥΔ 10 είναι επτά (Αρναία, Γουμένισσα, Εύζωνοι, Κρύα Βρύση, Μεταξοχώρι, Μίκρα, Νέα Χαλκηδόνα). Οι περισσότεροι βρίσκονται στην ΛΑΠ Αξιού, ενώ η περιοχή των Λιμνών Θεσσαλονίκης και Χαλκιδικής καλύπτεται μόνο από τους σταθμούς της Μίκρας και Αρναίας. Για τις σημειακές αναλύσεις και τους υπολογισμούς της επιφανειακής βροχόπτωσης χρησιμοποιήθηκε και η μεγάλου μήκους χρονοσειρά βροχόπτωσης από τον γειτονικό σταθμό Θεοδωράκι, που ανήκει στο Υδατικό Διαμέρισμα Δυτικής Μακεδονίας (ΥΔ 09). Το σύνολο των οκτώ βροχομετρικών σταθμών με μεγάλο μήκος δείγματος απεικονίζεται στο χάρτη της Εικόνας 3-7.



Εικόνα 3-7: Βροχομετρικοί σταθμοί ΥΔ Κεντρικής Μακεδονίας με μεγάλο μήκος δείγματος.

Πίνακας 3-3: Στατιστικά χαρακτηριστικά βροχόπτωσης στο σταθμό Αρναία του ΥΠΕΚΑ (6/1953 – 4/2011).

	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αυγ.	Σεπ.	Έτος
Μέση τιμή	71.0	77.6	91.3	62.6	58.9	55.4	47.5	61.2	53.7	45.6	31.1	40.9	699.5
Τυπ. αποκ.	53.2	49.3	72.1	43.8	47.4	37.2	31.9	40.3	44.0	41.7	33.2	45.5	164.4
Ελάχιστη	0.0	5.0	3.6	0.0	2.0	2.5	0.0	2.0	0.5	0.0	0.0	0.0	303.5
Μέγιστη	212.5	210.6	308.0	172.0	210.7	170.5	147.2	177.0	204.9	156.8	159.8	222.0	1100.3
Συντ. ασυμ.	0.76	0.83	1.40	0.72	1.19	1.26	0.70	1.03	1.45	0.83	1.64	1.90	-0.01
Αυτοσυσχ.	0.322	0.034	0.214	0.175	0.138	0.248	0.165	-0.276	0.031	-0.043	0.003	-0.122	0.268

Πίνακας 3-4: Στατιστικά χαρακτηριστικά βροχόπτωσης στο σταθμό Γουμένισσα του ΥΠΕΚΑ (9/1954 – 8/2011).

	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αυγ.	Σεπ.	Έτος
Μέση τιμή	90.4	100.7	86.0	70.3	63.0	78.9	63.6	64.4	48.3	30.9	30.7	35.6	766.7
Τυπ. αποκ.	62.2	84.8	74.4	49.9	54.6	47.9	49.1	37.1	38.8	25.9	29.3	34.1	197.6
Ελάχιστη	0.0	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0	1.3	0.0	0.0	0.0	417.6
Μέγιστη	326.7	396.4	367.8	235.6	295.8	200.3	181.6	190.0	167.8	135.8	163.0	154.5	1214.0
Συντ. ασυμ.	1.20	1.37	1.83	1.14	1.74	0.42	1.12	0.89	1.38	1.38	2.11	1.70	0.10
Αυτοσυσχ.	-0.063	0.001	-0.113	0.410	0.261	0.493	-0.006	-0.060	0.015	0.078	0.169	0.105	-0.037

Πίνακας 3-5: Στατιστικά χαρακτηριστικά βροχόπτωσης στο σταθμό Εύζωνοι του ΥΠΕΚΑ (10/1965 – 12/2011).

	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αυγ.	Σεπ.	Έτος
Μέση τιμή	62.0	62.8	65.1	37.0	46.9	46.0	46.0	54.6	38.9	33.9	27.4	38.8	560.6
Τυπ. αποκ.	60.0	42.4	52.4	34.0	42.9	36.0	34.4	34.3	36.5	36.7	25.4	43.3	182.0
Ελάχιστη	2.0	12.6	0.0	0.0	0.0	0.0	4.5	7.3	0.0	0.0	0.0	0.0	287.8
Μέγιστη	369.4	179.6	227.5	122.8	235.0	171.3	154.9	147.3	175.1	138.6	90.9	256.0	1329.7
Συντ. ασυμ.	3.33	1.28	1.40	1.20	2.08	1.17	1.36	0.93	1.96	1.27	1.21	3.14	1.68
Αυτοσυσχ.	0.011	0.350	0.003	0.280	0.268	0.212	0.011	-0.191	-0.071	0.215	0.278	0.002	0.160

Πίνακας 3-6: Στατιστικά χαρακτηριστικά βροχόπτωσης στο σταθμό Θεοδωράκι του ΥΠΑΑΤ (1/1964 – 9/2011).

	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αυγ.	Σεπ.	Έτος
Μέση τιμή	43.2	44.9	52.0	34.5	44.9	36.5	38.2	53.7	49.5	29.7	35.6	39.1	500.8
Τυπ. αποκ.	35.8	35.5	38.3	23.3	36.5	23.2	28.7	31.6	46.2	23.3	27.4	35.5	134.8
Ελάχιστη	0.0	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	261.7
Μέγιστη	182.7	141.8	180.0	99.0	198.0	95.8	145.1	160.0	233.5	93.5	98.9	155.0	909.7
Συντ. ασυμ.	1.57	1.15	1.38	0.68	1.87	0.68	1.46	1.25	2.09	0.78	0.85	1.19	0.58
Αυτοσυσχ.	0.17	-0.05	0.09	0.23	0.10	0.20	-0.01	0.03	-0.09	0.19	0.18	0.04	0.19

Πίνακας 3-7: Στατιστικά χαρακτηριστικά βροχόπτωσης στο σταθμό Κρύα Βρύση του ΥΠΑΑΤ (1/1952 – 9/2010).

	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αυγ.	Σεπ.	Έτος
Μέση τιμή	53.5	59.0	72.2	47.9	46.8	50.0	41.4	46.6	30.8	20.5	20.9	32.3	524.6
Τυπ. αποκ.	40.5	46.8	60.8	36.1	45.6	28.3	34.8	27.4	24.8	26.9	20.0	34.4	129.5
Ελάχιστη	0.0	0.5	1.3	0.0	3.0	8.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	256.5
Μέγιστη	145.0	231.5	291.0	143.9	219.5	162.0	146.0	124.5	113.0	167.5	90.0	186.6	785.9
Συντ. ασυμ.	0.69	1.54	1.53	1.05	2.04	1.06	1.47	0.57	1.25	3.35	1.37	2.36	-0.17
Αυτοσυσχ.	-0.071	0.010	-0.092	0.230	0.323	0.237	0.007	-0.034	0.139	0.075	-0.027	0.061	0.020

Πίνακας 3-8: Στατιστικά χαρακτηριστικά βροχόπτωσης στο σταθμό Μεταξοχώρι του ΥΠΑΑΤ (10/1963 – 12/2011).

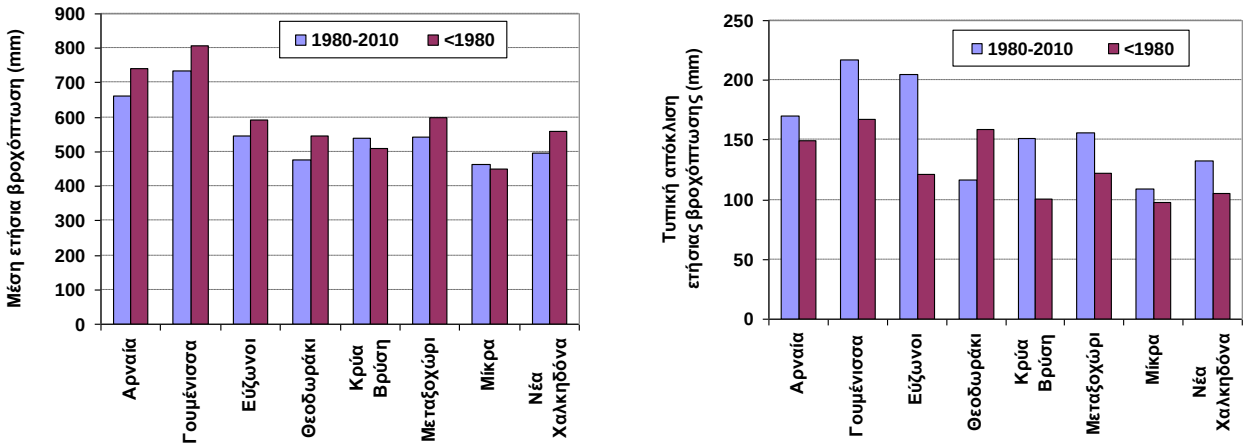
	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αυγ.	Σεπ.	Έτος
Μέση τιμή	58.0	52.0	47.6	36.0	40.5	43.4	49.5	54.6	56.9	42.0	42.0	38.9	562.1
Τυπ. αποκ.	61.5	39.7	35.8	27.1	28.4	25.5	33.1	33.9	49.9	36.0	29.5	30.2	146.3
Ελάχιστη	0.0	5.4	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	4.0	2.0	0.0	0.0	0.0	239.0
Μέγιστη	310.0	218.0	145.3	152.0	124.0	94.0	144.0	152.0	262.6	169.0	113.0	157.0	887.0
Συντ. ασυμ.	2.10	2.09	0.97	1.96	0.83	0.40	1.05	0.98	2.05	1.19	0.83	1.39	-0.12
Αυτοσυσχ.	0.234	0.015	-0.044	0.101	0.021	0.237	0.084	-0.034	0.039	0.325	-0.025	0.069	0.428

Πίνακας 3-9: Στατιστικά χαρακτηριστικά βροχόπτωσης στο σταθμό Μίκρα της ΕΜΥ (1/1965 – 9/2012).

	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αυγ.	Σεπ.	Έτος
Μέση τιμή	43.4	52.3	54.4	40.3	37.8	41.3	38.7	44.0	29.6	23.7	22.3	27.7	456.4
Τυπ. αποκ.	35.4	39.2	38.6	26.5	31.4	26.6	27.4	21.1	21.5	22.7	18.7	27.0	103.9
Ελάχιστη	0.0	3.6	0.2	2.0	0.3	2.1	0.7	3.3	0.3	0.0	0.1	0.0	213.1
Μέγιστη	150.5	179.1	154.7	124.4	167.2	113.6	108.0	104.4	85.6	82.6	97.5	135.0	658.9
Συντ. ασυμ.	1.12	1.25	1.01	0.97	1.98	0.83	0.51	0.18	0.79	1.10	1.65	1.75	-0.23
Αυτοσυσχ.	0.255	0.010	-0.099	0.239	0.125	0.187	0.046	0.044	0.065	0.103	0.324	-0.065	-0.079

Πίνακας 3-10: Στατιστικά χαρακτηριστικά βροχόπτωσης στο σταθμό Ν. Χαλκηδόνα του ΥΠΑΑΤ (1/1952 – 9/2010).

	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αυγ.	Σεπ.	Έτος
Μέση τιμή	59.8	60.5	65.9	46.0	43.8	53.4	40.9	47.4	32.8	23.3	20.3	31.0	526.7
Τυπ. αποκ.	39.5	38.0	55.0	33.3	40.5	33.2	30.9	26.2	22.8	25.7	18.9	36.6	123.3
Ελάχιστη	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	2.0	0.0	3.5	1.7	0.0	0.0	0.0	263.6
Μέγιστη	182.7	157.9	266.7	153.0	180.5	145.7	146.7	104.0	116.9	124.0	71.5	160.8	891.5
Συντ. ασυμ.	0.72	0.70	1.80	0.98	1.74	0.77	1.47	0.31	1.11	1.90	1.22	1.79	-0.04
Αυτοσυσχ.	-0.054	0.092	-0.166	0.388	0.217	0.177	-0.15	-0.118	0.171	0.135	0.030	-0.019	0.114



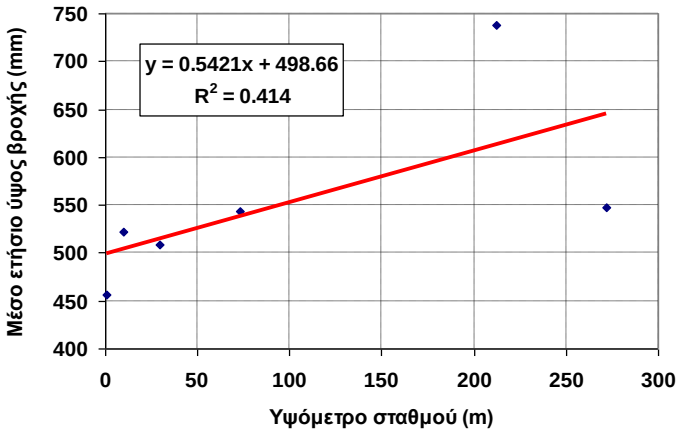
Εικόνα 3-8: Σύγκριση μέσων ετήσιων υψών βροχής (αριστερά) και ετήσιων τυπικών αποκλίσεων (δεξιά) περιόδου 1980-2010 και προγενέστερων ετών, στους οκτώ σταθμούς με μεγάλο δείγμα βροχοπτώσεων.

Τα στατιστικά χαρακτηριστικά των μηνιαίων και ετήσιων δειγμάτων στους εν λόγω σταθμούς συνοψίζονται στους Πίνακες 3-3 έως 3-10. Ακόμη, στα διαγράμματα της Εικόνας 3-8 συγκρίνονται οι μέσες ετήσιες τιμές και τυπικές αποκλίσεις των περιόδων 1980-2010 και των προγενέστερων ετών, που σε ορισμένες περιπτώσεις παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές. Αυτό καταδεικνύει την αναγκαιότητα χρήσης μεγάλων και συνεπώς πιο αντιπροσωπευτικών δειγμάτων στις αναλύσεις ξηρασίας, οι οποίες βασίζονται στην προσαρμογή κατάλληλων στατιστικών κατανομών στα δείγματα βροχοπτώσεων.

3.3.7. ΣΧΕΣΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΥΨΟΥΣ ΒΡΟΧΗΣ ΚΑΙ ΥΨΟΜΕΤΡΟΥ

Η υψομετρική αναγωγή της βροχομετρικής πληροφορίας αποτελεί τυπικό πρόβλημα πολλών υδρολογικών εφαρμογών. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η περίπτωση ανομοιόμορφης υψομετρικής κατανομής των βροχομετρικών σταθμών μιας λεκάνης, που συνήθως καλύπτουν μόνο στα πεδινά ή ημιορεινά τμήματα της. Αυτό έχει ως συνέπεια την υπεκτίμηση της επιφανειακής βροχόπτωσης της λεκάνης, καθώς, ως γνωστόν, το ύψος βροχής γενικά αυξάνει με την αύξηση του υψομέτρου.

Ο ρυθμός μεταβολής του ύψους βροχόπτωσης συναρτήσει του υψομέτρου καλείται βροχομετρική βαθμίδα ή, απλούστερα, βροχοβαθμίδα. Στην Ελλάδα, το τυπικό εύρος τιμών της ετήσιας βροχοβαθμίδας κυμαίνεται από 0.5 ως 2.0 mm/m (Κουτσογιάννης και Ξανθόπουλος, 1999, σ. 131). Αν και η τιμή αυτή διαφοροποιείται εποχιακά, ανάλογα με τις τοπικές υδροκλιματικές συνθήκες, οι υψομετρικές αναγωγές των μηνιαίων χρονοσειρών βροχόπτωσης γίνονται, κατά κανόνα, με βάση την ετήσια βροχοβαθμίδα, σύμφωνα με τη μεθοδολογία του εδαφίου 3.4.1.



Εικόνα 3-9: Διάγραμμα διασποράς δεδομένων και ευθεία γραμμικής παλινδρόμησης μέσου ετήσιου ύψους βροχόπτωσης συναρτήσει του υψομέτρου.

Πίνακας 3-11: Χαρακτηριστικά βροχομετρικών σταθμών ΥΔ 10 με μεγάλο μήκος δείγματος, που χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό της ετήσιας βροχοβαθμίδας

Σταθμός	Λεκάνη απορροής	Υψόμετρο (m)	Μέσο ετήσιο ύψος βροχής ετών 1965-2011 (mm)
ΓΟΥΜΕΝΙΣΣΑ	GR03	212.0	737.7
ΕΥΖΩΝΟΙ	GR03	72.9	543.5
ΚΡΥΑ ΒΡΥΣΗ	GR03	10.0	522.5
ΜΕΤΑΞΟΧΩΡΙ	GR04	271.8	547.9
ΜΙΚΡΑ	GR01	0.9	455.8
ΝΕΑ ΧΑΛΚΗΔΟΝΑ	GR03	29.7	508.3

Για τη διερεύνηση της σχέσης βροχόπτωσης – υψομέτρου στην περιοχή μελέτης χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα έξι από τους επτά βροχομετρικούς σταθμούς του ΥΔ με μεγάλο μήκος δείγματος, για την κοινή περίοδο δεδομένων τους, που περιλαμβάνει τα υδρολογικά έτη 1965-66 έως 2010-11 (Πίνακας 3-11). Εξαιρέθηκε ο βροχομετρικός σταθμός Αρναίας (ΥΠΕΚΑ/ΕΘΙΑΓΕ), που όχι μόνο είναι σε μεγάλη απόσταση από τους υπόλοιπους σταθμούς, αλλά και επειδή τα ύψη βροχής που δέχεται (672 mm, σε μέση ετήσια βάση) είναι σχετικά μικρά για το υψόμετρό του (595 m). Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι ο σταθμός Γουμένισσα, που βρίσκεται σε υψόμετρο 212 mm, δέχεται 738 mm, κατά μέσο όρο. Συνεπώς, θεωρείται ότι η Αρναία ανήκει σε άλλο υδροκλιματικό καθεστώς, και δεν λαμβάνεται υπόψη στον υπολογισμό της βροχοβαθμίδας.

Στην Εικόνα 3-9 απεικονίζεται το διάγραμμα διασποράς μέσης ετήσιας βροχόπτωσης συναρτήσει του υψομέτρου, και η αντίστοιχη ευθεία γραμμικής παλινδρόμησης. Η συσχέτιση των δύο μεταβλητών είναι μέτρια, με συντελεστή συσχέτισης 64% (συντελεστής προσδιορισμού 41%). Η κλίση της ευθείας είναι ίση με 0.54 mm/m, που σημαίνει ότι η βροχοβαθμίδα της περιοχής μελέτης είναι στο κάτω όριο του τυπικού εύρους τιμών της Ελλάδας. Πάντως, η τιμή αυτή είναι παρόμοια με αυτή που υπολογίστηκε στα πλαίσια της αντίστοιχης μελέτης για το Υδατικό Διαμέρισμα Δυτικής Μακεδονίας. Τελικά, ως γενική εκτιμήτρια της βροχοβαθμίδας στην ευρύτερη περιοχή μελέτης λαμβάνεται η τιμή β = 0.50 mm/m.

3.4. ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΕΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΙΣ

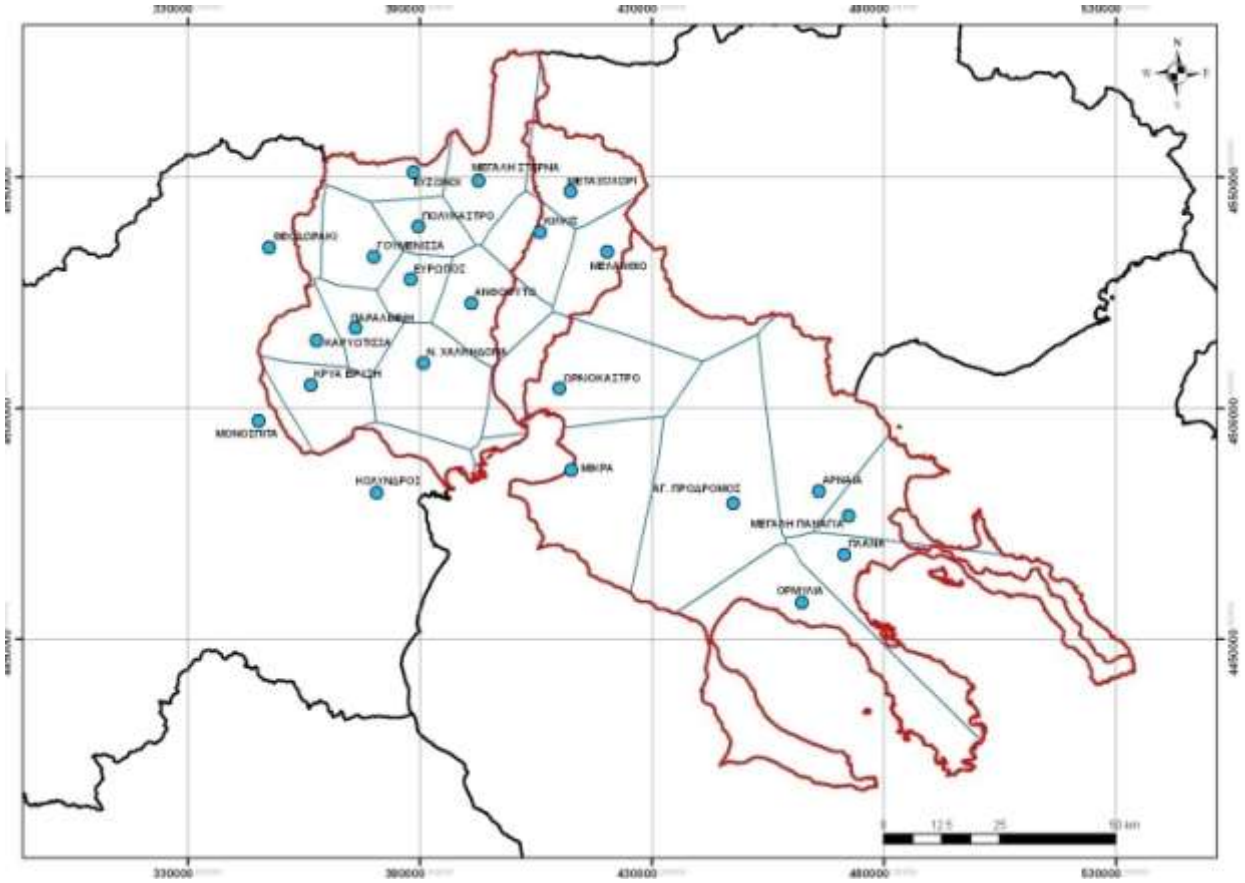
3.4.1. ΧΩΡΙΚΗ ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗ ΣΗΜΕΙΑΚΩΝ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΩΝ ΠΕΡΙΟΔΟΥ 1980-2010

Η εκτίμηση των επιφανειακών χρονοσειρών των τεσσάρων ΛΑΠ του ΥΔ 10 έγινε με χωρική ολοκλήρωση των σημειακών υψών βροχής των βροχομετρικών σταθμών, με την τυπική μέθοδο των πολυγώνων

Thiessen. Ο υπολογισμός της επιφανειακής βροχόπτωσης έγινε για δύο περιόδους. Αρχικά, για κάθε ΛΑΠ παρήχθησαν τα εμβαδά επιρροής των 23 σταθμών του Πίνακα 3-1, για τους οποίους διατίθενται πλήρη βροχομετρικά δεδομένα για την περίοδο 1980-2010 (οι επεξεργασίες έγιναν σε περιβάλλον ΣΓΠ). Με βάση τα εν λόγω εμβαδά, που απεικονίζονται στο χάρτη της Εικόνας 3-10, υπολογίστηκαν τα ποσοστά επιρροής κάθε σταθμού για κάθε ΛΑΠ. Η επιφανειακή ολοκλήρωση έγινε σταθμίζοντας τα επιμέρους σημειακά δείγματα, με βάση τα εν λόγω ποσοστά. Ακολούθως, έγινε υψομετρική διόρθωση των χρονοσειρών με τη μέθοδο του συντελεστή υψομετρικής αναγωγής, που υπολογίζεται από την σχέση:

$$\lambda = 1 + \beta\,(z_s - z_\sigma) / h_s \qquad (3.1)$$

όπου z_s το μέσο υψόμετρο της αντίστοιχης ΛΑΠ σε m (Πίνακας), z_σ το μέσο υψόμετρο των σταθμών σε m (που υπολογίζεται ως σταθμισμένος, με βάση τους συντελεστές Thiessen, μέσος όρος των υψομέτρων των σταθμών), h_s το επιφανειακό μέσο ετήσιο ύψος βροχής (όπως υπολογίζεται πριν την αναγωγή), και β η βροχοβαθμίδα, η οποία θεωρήθηκε κοινή για όλες τις ΛΑΠ και ίση με β = 0.50 mm/m.



Εικόνα 3-10: Εμβαδά επιρροής (πολύγωνα Thiessen) βροχομετρικών σταθμών για τον υπολογισμό της επιφανειακής βροχόπτωσης της περιόδου 1980-2010 στις υπολεκάνες του ΥΔ 10.

3.4.2. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΩΝ ΜΕΓΑΛΟΥ ΜΗΚΟΥΣ

Η παραγωγή των χρονοσειρών επιφανειακής βροχόπτωσης στις τέσσερις ΛΑΠ επαναλήφθηκε, αυτή τη φορά με βάση μόνο τα δείγματα των οκτώ βροχομετρικών σταθμών μεγάλου μήκους. Οι συντελεστές Thiessen για κάθε υπολεκάνη και τα στοιχεία για την εκτίμηση του συντελεστή υψομετρικής αναγωγής δίνονται στους Πίνακες 3-12 και 3-13, αντίστοιχα. Παρατηρείται ότι στη ΛΑΠ Χαλκιδικής, η οποία καταλαμβάνει πολύ μεγάλη έκταση (5 546 km²), οι εκτιμήσεις της επιφανειακής βροχόπτωσης βασίζονται στα δείγματα δύο μόνο σταθμών της λεκάνης (Αρναία και Μίκρα). Οι εν λόγω σταθμοί συμμετέχουν στους υπολογισμούς με βάρη 32% και 62%, αντίστοιχα, ενώ το υπόλοιπο 6% της επιφάνειας επηρεάζεται από

τον σταθμός Μεταξοχωρίου, που ανήκει στη ΛΑΠ Γαλλικού. Ομοίως, η βροχόπτωση στη ΛΑΠ Γαλλικού κυρίως εκτιμάται με βάση τη σημειακή χρονοσειρά στο Μεταξοχώρι, ενώ στη ΛΑΠ Άθω το σύνολο της βροχόπτωσης εκτιμάται από τον σταθμό Αρναίας (ενώ την περίοδο 1980-2010, οι εκτιμήσεις γίνονται με βάση τα δείγματα των σταθμών Πλάνα και Μεγάλη Παναγιά).

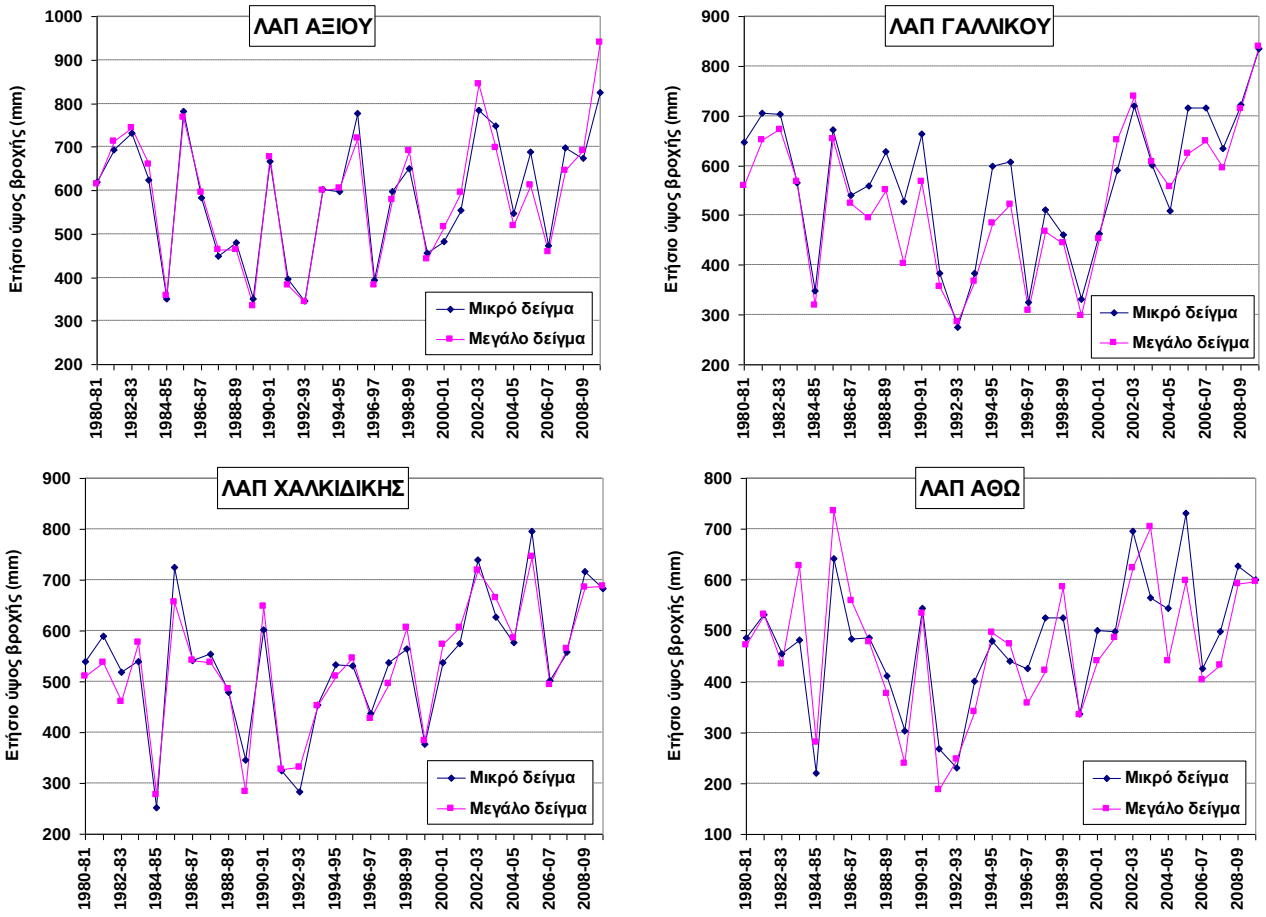
Όπως φαίνεται στην Εικόνα 3-11, στις ΛΑΠ Γαλλικού και Άθω, οι διαφορές μεταξύ των χρονοσειρών που υπολογίστηκαν με το πλήρες δείγμα και με τον μικρό αριθμό σταθμών, για την κοινή περίοδο 1980-2010, είναι αρκετά σημαντικές, σε ορισμένα έτη. Από την άλλη πλευρά, ΛΑΠ Αξιού, οι δύο χρονοσειρές σχεδόν ταυτίζονται, κάτι εύλογο, καθώς στη συγκεκριμένη περιοχή ο υπολογισμός της επιφανειακής βροχόπτωσης έγινε με βάση επτά σταθμούς. Ελάχιστες είναι οι διαφορές που παρατηρούνται και στη ΛΑΠ Χαλκιδικής, παρόλο που αυτές υπολογίστηκαν μόνο από δύο σημειακά δείγματα. Σε κάθε περίπτωση, προκειμένου να μην υπάρχουν ασυμβατότητες, πραγματοποιήθηκε διόρθωση των χρονοσειρών μεγάλου μήκους, για την περίοδο πριν το 1980, με βάση τη μεθοδολογία που περιγράφεται στη συνέχεια.

Πίνακας 3-12: Συντελεστές Thiessen βροχομετρικών σταθμών ανά ΛΑΠ.

Σταθμός	ΛΑΠ Αξιού	ΛΑΠ Γαλλικού	ΛΑΠ Χαλκιδικής	ΛΑΠ Άθω
Αρναία			0.620	1.000
Γουμένισσα	0.190			
Εύζωνοι	0.160			
Θεοδωράκι	0.040			
Κρύα Βρύση	0.170			
Μεταξοχώρι	0.120	0.780	0.060	
Μίκρα	0.030	0.030	0.320	
Νέα Χαλκηδόνα	0.290	0.190		

Πίνακας 3-13: Χαρακτηριστικά μεγέθη για τον υπολογισμό των επιφανειακών βροχοπτώσεων στις ΛΑΠ του ΥΔ 10, με βάση τα δείγματα σημειακής βροχόπτωσης μεγάλου μήκους.

ΛΑΠ	Μέσο υψόμετρο (m)	Μέσο υψόμετρο σταθμών (m)	Μέσο ετήσιο ύψος βροχής (mm)	Συντ. υψομ. αναγωγής
Αξιού	179.6	112.1	562.7	1.060
Γαλλικού	306.4	217.7	537.6	1.083
Χαλκιδικής	275.4	385.5	595.8	0.908
Άθω	217.1	595.0	684.2	0.724



Εικόνα 3-11: Σύγκριση επιφανειακών χρονοσειρών που παράγονται με χωρική ολοκλήρωση διαφορετικών δειγμάτων, την κοινή περίοδο δεδομένων (1980-2010) .

3.4.3. ΤΕΛΙΚΕΣ ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΕΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ

Οι χρονοσειρές που υπολογίστηκαν παραπάνω, με βάση τους 8 σταθμούς μεγάλου μήκους, διορθώθηκαν με βάση την περίοδο 1980-2010, οι επιφανειακές βροχοπτώσεις της οποίας προέκυψαν από μεγαλύτερο αριθμό σταθμών, και συνεπώς πιο αντιπροσωπευτικό δείγμα δεδομένων. Η διόρθωση έγινε με τη μέθοδο γραμμικής παλινδρόμησης, οι μηνιαίες παράμετροι της οποίας (κλίση, τομή, συντελεστής συσχέτισης) εκτιμήθηκαν για την κοινή περίοδο 1980-2010 (Πίνακες 3-14 έως 3-16). Τα υπόλοιπα έτη διορθώθηκαν, εφαρμόζοντας διαφορετική σχέση αναγωγής για κάθε μήνα. Τα στατιστικά χαρακτηριστικά των τελικών χρονοσειρών κάθε υπολεκάνης, σε μηνιαία και ετήσια βάση, δίνονται στους Πίνακες 3-17 έως 3-20. Ακόμη, στην Εικόνα 3-12 απεικονίζονται οι μέσες μηνιαίες τιμές της επιφανειακής βροχόπτωσης στις ΛΑΠ.

Πίνακας 3-14: Κλίση ευθείας γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ των επιφανειακών βροχοπτώσεων που υπολογίζονται από το μεγάλο και το μικρό δείγμα σταθμών, με βάση την κοινή περίοδο 1980-2010.

ΛΑΠ	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αυγ.	Σεπ.
Αξιού	0.939	0.959	1.041	0.918	1.159	1.011	0.958	0.934	0.990	0.904	0.892	0.972
Γαλλικού	0.841	0.796	0.917	0.842	0.902	0.871	0.788	0.916	0.861	0.798	0.700	1.011
Χαλκιδικής	1.041	0.815	0.896	0.926	1.014	0.915	1.005	0.732	0.905	0.753	0.726	0.956
Άθω	0.741	1.108	0.780	0.872	1.036	1.006	1.212	0.638	0.576	0.516	0.302	0.503

Πίνακας 3-15: Τομή (σε mm) ευθείας γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ των επιφανειακών βροχοπτώσεων που υπολογίζονται από το μεγάλο και το μικρό δείγμα σταθμών, με βάση την κοινή περίοδο 1980-2010.

ΛΑΠ	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αυγ.	Σεπ.
Αξιού	3.1	4.2	-3.4	3.2	-3.2	-1.2	0.2	4.0	1.4	2.8	1.7	0.2
Γαλλικού	1.4	9.8	2.4	2.0	0.8	0.3	5.2	5.9	6.3	6.3	9.7	-1.1
Χαλκιδικής	-1.1	12.5	6.5	0.1	-0.1	2.1	-1.1	12.1	3.7	5.3	9.9	3.0
Άθω	10.7	-2.3	8.9	-0.3	-1.6	2.0	-1.7	22.1	12.2	6.7	17.1	9.3

Πίνακας 3-16: Συντελεστής συσχέτισης μεταξύ των επιφανειακών βροχοπτώσεων που υπολογίζονται από το μεγάλο και το μικρό δείγμα σταθμών, με βάση την κοινή περίοδο 1980-2010.

ΛΑΠ	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αυγ.	Σεπ.
Αξιού	0.987	0.982	0.987	0.991	0.919	0.987	0.976	0.967	0.980	0.962	0.957	0.971
Γαλλικού	0.979	0.920	0.975	0.968	0.956	0.970	0.929	0.920	0.983	0.913	0.826	0.963
Χαλκιδικής	0.968	0.954	0.960	0.979	0.984	0.970	0.977	0.907	0.953	0.902	0.756	0.948
Άθω	0.786	0.882	0.822	0.888	0.945	0.901	0.888	0.574	0.773	0.749	0.315	0.806

Πίνακας 3-17: Στατιστικά χαρακτηριστικά επιφανειακής βροχόπτωσης ΛΑΠ Αξιού (10/1965 – 9/2010).

	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αυγ.	Σεπ.	Έτος
Μέση τιμή	62.8	65.7	72.4	48.3	54.2	55.4	48.1	54.7	42.6	31.4	27.7	32.5	595.9
Τυπ. αποκ.	40.0	43.4	60.0	31.1	51.3	33.3	33.6	23.8	29.6	25.1	17.3	27.2	133.9
Ελάχιστη	0.0	11.1	0.0	0.0	1.6	2.9	12.7	13.2	10.1	0.5	1.2	1.9	333.0
Μέγιστη	168.5	198.7	289.5	138.9	264.9	158.6	133.0	101.5	166.7	96.5	69.5	121.9	939.4
Συντ. ασυμ.	0.51	1.44	1.66	0.96	2.34	0.92	1.29	0.17	1.98	1.09	0.62	1.93	-0.06
Αυτοσυσχ.	-0.01	0.07	-0.11	0.42	0.18	0.29	0.01	-0.09	0.02	0.16	0.03	0.01	0.05

Πίνακας 3-18: Στατιστικά χαρακτηριστικά επιφανειακής βροχόπτωσης ΛΑΠ Γαλλικού (10/1965 – 9/2010).

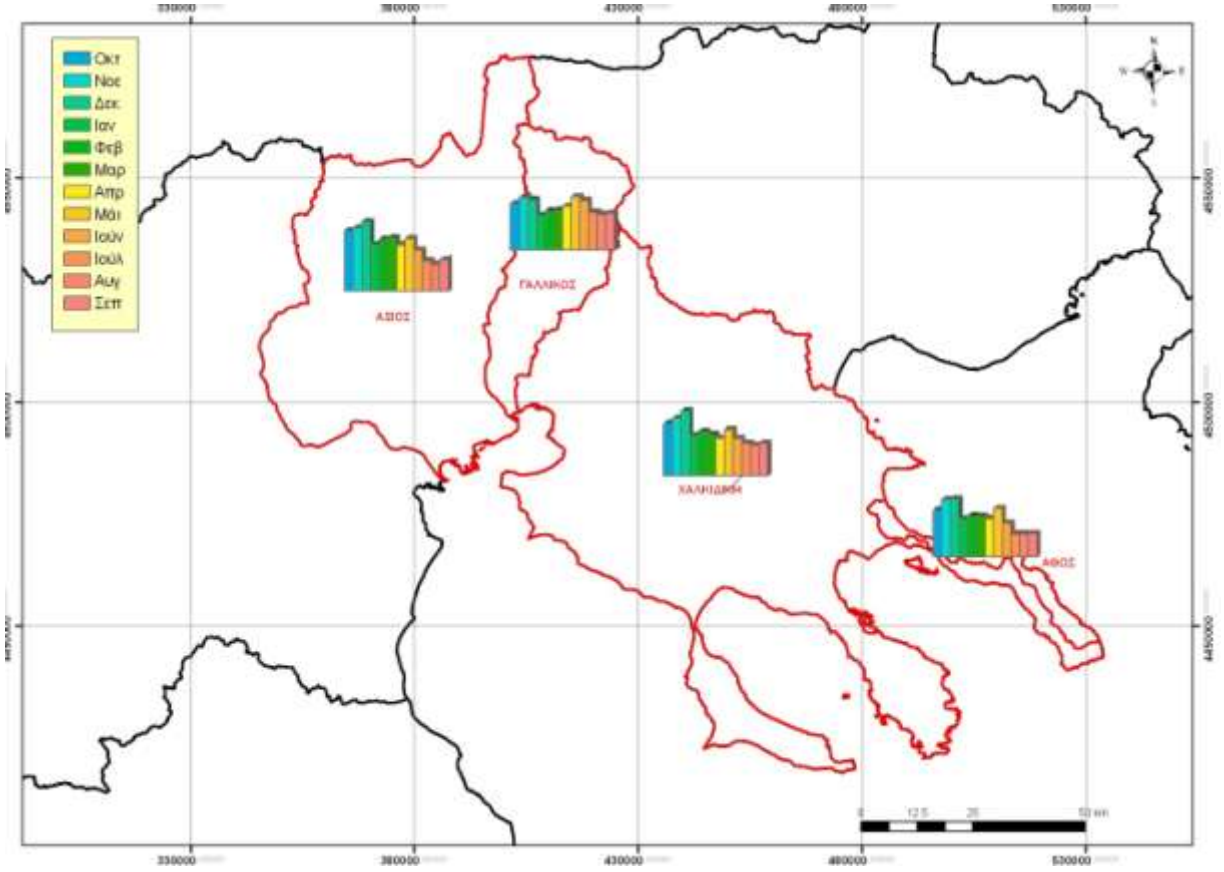
	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αυγ.	Σεπ.	Έτος
Μέση τιμή	48.5	55.3	52.8	36.4	41.0	42.4	45.7	55.9	52.0	39.6	37.5	38.5	545.6
Τυπ. αποκ.	40.2	34.0	39.3	25.0	30.0	24.9	27.6	28.9	38.7	30.2	21.9	30.8	125.4
Ελάχιστη	0.0	16.7	0.0	0.0	2.1	2.1	8.3	2.8	3.8	0.0	0.3	0.0	285.4
Μέγιστη	176.8	181.9	169.8	141.7	135.1	95.3	112.3	158.0	218.5	125.1	117.4	162.5	840.1
Συντ. ασυμ.	1.17	1.64	1.19	1.85	1.25	0.44	0.63	0.95	2.07	1.09	1.09	1.64	-0.24
Αυτοσυσχ.	0.34	0.06	-0.10	0.18	0.12	0.22	0.09	-0.10	-0.06	0.29	-0.01	0.18	0.40

Πίνακας 3-19: Στατιστικά χαρακτηριστικά επιφανειακής βροχόπτωσης ΛΑΠ Χαλκιδικής (1/1965 – 4/2011).

	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αυγ.	Σεπ.	Έτος
Μέση τιμή	54.2	59.7	67.3	42.9	46.0	43.0	39.5	47.5	39.2	33.0	31.1	32.9	534.9
Τυπ. αποκ.	41.5	31.0	48.6	28.5	34.9	26.4	27.2	22.3	26.1	23.8	21.0	28.8	110.9
Ελάχιστη	0.0	18.2	0.0	0.5	1.4	7.8	3.7	6.5	4.3	0.9	3.8	2.2	277.7
Μέγιστη	171.3	137.7	194.0	125.6	174.5	116.2	110.3	103.9	112.0	113.7	97.6	136.0	744.8
Συντ. ασυμ.	0.89	1.02	1.03	0.85	1.57	1.08	0.67	0.65	1.13	1.06	1.11	1.83	-0.42
Αυτοσυσχ.	0.25	-0.03	0.02	0.23	0.00	0.08	0.10	-0.25	0.01	-0.02	0.03	-0.03	0.05

Πίνακας 3-20: Στατιστικά χαρακτηριστικά επιφανειακής βροχόπτωσης ΛΑΠ Άθω (6/1953 – 4/2011).

	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αυγ.	Σεπ.	Έτος
Μέση τιμή	48.3	59.9	60.2	39.3	42.5	42.3	39.9	50.4	34.6	23.8	23.9	24.1	490.9
Τυπ. αποκ.	32.7	41.8	46.7	29.7	36.6	28.8	29.8	27.4	21.1	18.3	16.7	19.0	123.1
Ελάχιστη	0.0	6.5	0.0	0.0	2.0	1.8	1.7	4.2	1.7	0.0	1.4	0.3	187.5
Μέγιστη	117.8	171.6	206.8	130.0	178.8	135.6	127.3	165.4	107.3	86.6	108.4	81.2	765.6
Συντ. ασυμ.	0.52	0.97	1.36	1.09	1.66	1.30	0.90	1.40	1.24	1.15	2.39	1.09	-0.02
Αυτοσυσχ.	0.14	-0.07	0.17	0.15	0.12	0.27	0.20	-0.31	0.08	-0.16	0.08	-0.03	0.18



Εικόνα 3-12: Μέσες τιμές μηνιαίων υψών βροχής στις ΛΑΠ του ΥΔ 10.

3.5. ΥΔΡΟΜΕΤΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

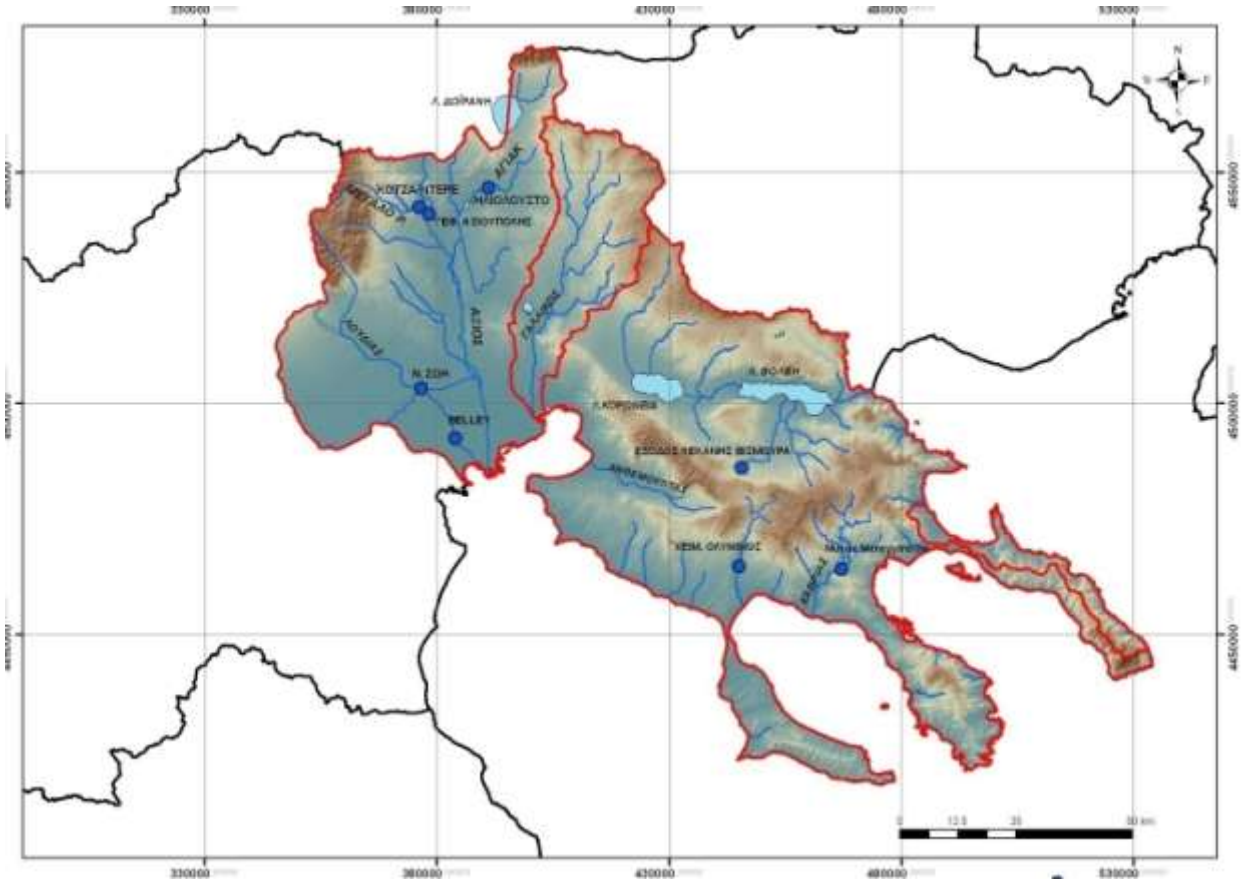
3.5.1. ΥΔΡΟΜΕΤΡΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ ΚΑΙ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Τα υδρομετρικά δεδομένα (με τη μορφή χρονοσειρών μέσης μηνιαίας παροχής) χρησιμοποιούνται για την αποτίμηση των υδρολογικών ξηρασιών, που αναφέρονται στη συστηματική και μακροχρόνια μείωση της απορροής των ποταμών. Δυστυχώς, παρά το γεγονός ότι η περιοχή διασχίζεται από σημαντικά ποτάμια, όπως ο Αξιός, ο Λουδίας και ο Γαλλικός, η υδρομετρική πληροφορία στο ΥΔ Κεντρική Μακεδονίας είναι φτωχή, και περιορίζεται σε λίγα έτη συστηματικών μετρήσεων κατά τη δεκαετία του 1980. Στα πλαίσια της μελέτης, πραγματοποιήθηκε συλλογή και επεξεργασία των δειγμάτων παροχών σε μόλις οκτώ θέσεις, που φαίνονται στον χάρτη της Εικόνας 3-13. Τα χαρακτηριστικά τους δίνονται στον Πίνακα 3-21. Το σημαντικότερο και μεγαλύτερο δείγμα (1980-1991) αναφέρεται στον υδρομετρικό σταθμό της Γέφυρας Αξιούπολης, λίγο κατάντη της εισόδου του Αξιού σε ελληνικό έδαφος, και αμέσως μετά τη συμβολή του με τον παραπόταμό του Κότζα (στην έξοδο του οποίου επίσης υπάρχει υδρομετρικός σταθμός). Θα πρέπει να τονιστεί ότι η παροχή που μετράται στην Αξιούπολη δεν είναι στο σύνολό της φυσικοποιημένη, καθώς στο έδαφος της ΠΓΔΜ πραγματοποιούνται σημαντικές αναρρυθμίσεις και απολήψεις νερού από τον Αξιό.

Σε όλες τις θέσεις ελήφθησαν χρονοσειρές ημερήσιων παροχών, που προήλθαν από παλαιότερη μελέτη (Υπουργείο Ανάπτυξης & ΕΝΜ Σύμβουλοι Μηχανικοί, 2007), και οι οποίες συναθροίστηκαν στη μηνιαία κλίμακα. Με εξαίρεση τη θέση μέτρησης στον Χαβρία (Μύλος Μεταγγίτσιου), οι υπόλοιπες ημερήσιες χρονοσειρές ήταν πλήρεις, δηλαδή υπήρχε μία καταγραφή της παροχής κάθε μέρα. Στον ποταμό Χαβρία, οι υδρομετρήσεις ήταν πιο αραιές (περίπου μία κάθε εβδομάδα), πλην όμως συστηματικές, έτσι ώστε να μπορεί να καταρτιστεί μια αρκετά αξιόπιστη χρονοσειρά μηνιαίων παροχών, για την πενταετή περίοδο λειτουργίας του σταθμού (Αύγουστος 1982 έως Μάιος 1987).

Πίνακας 3-21: Χαρακτηριστικά υδρομετρικών σταθμών ΥΔ 10.

Ονομασία	Ποταμός	ΛΑΠ	Έναρξη	Λήξη
Αξιούπολη	Αξιός	Αξιού	Οκτ-80	Σεπ-91
Κότζα Ντερέ	Μεγάλο Ρέμα	Αξιού	Οκτ-80	Οκτ-91
Αγιάκ	Χείμαρρος Αγιάκ	Αξιού	Σεπ-88	Απρ-90
Νέα Ζωή	Λουδίας	Αξιού	Αυγ-89	Δεκ-91
Μπέλεϋ	Λουδίας	Αξιού	Αυγ-89	Δεκ-91
Έξοδος Βισμουρά	Ρέμα Βόλβης	Χαλκιδικής	Ιαν-89	Δεκ-91
Ολύνθιος	Χείμαρρος Ολύνθιος	Χαλκιδικής	Οκτ-80	Νοε-84
Μύλος Μεταγγίτσιου	Χαβρίας	Χαλκιδικής	Αυγ-82	Μαι-87



Εικόνα 3-13: Θέσεις μέτρησης της παροχής στο ΥΔ 10.

3.5.2. ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΥΔΡΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ

Στον Πίνακα 3-22 δίνονται οι τιμές των ετήσιων παροχών, όπως προέκυψαν από την επεξεργασία των υδρομετρικών δεδομένων των οκτώ σταθμών του ΥΔ 10. Πρακτικά, μόνο στις θέσεις Αξιούπολη και Κότζα Ντερέ υπάρχουν ικανού μήκους δείγματα, 10 και 11 ετών, αντίστοιχα, ώστε να μπορούν να εξαχθούν σχετικά ασφαλή συμπεράσματα σχετικά με τη δίαιτα της απορροής στις εν λόγω θέσεις. Τα στατιστικά χαρακτηριστικά των δύο παραπάνω δειγμάτων συνοψίζονται στους Πίνακες 3-23 και 3-24, αντίστοιχα.

Ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα μηνιαία δείγματα των υδρομετρικών σταθμών Νέα Ζωή (ανάντη) και Μπέλεϋ (κατάντη) στον ποταμό Λουδία, που απεικονίζονται στην Εικόνα 3-14. Οι χρονοσειρές καλύπτουν μια περίοδο 29 μηνών (Αύγουστος 1989 έως Δεκέμβριος 1991), κατά την οποία εμφανίζουν εξαιρετικά υψηλή συσχέτιση. Παρατηρείται ότι οι παροχές στους δύο σταθμούς μεγιστοποιούνται τη θερινή περίοδο,

καθώς σε αυτές περιλαμβάνονται νερά του Αλιάκμονα που εκτρέπονται προς στον Λουδία για αρδευτική χρήση, αλλά και νερά που επιστρέφουν από τα ανάντη αποστραγγιστικά δίκτυα. Προφανώς, τόσο λόγω του ελάχιστου χρονικού διαστήματος των δεδομένων όσο και λόγω της παρεμβολής των τεχνικών έργων (μεταφορές νερού, απολήψεις, επιστροφές), είναι αδύνατη η εξαγωγή οποιουδήποτε συμπεράσματος όσον αφορά στη φυσική δίαιτα της απορροής του ποταμού.

Πίνακας 3-22: Χρονοσειρές ετήσιων παροχών (m^3/s) στους υδρομετρικούς σταθμούς του ΥΔ 10.

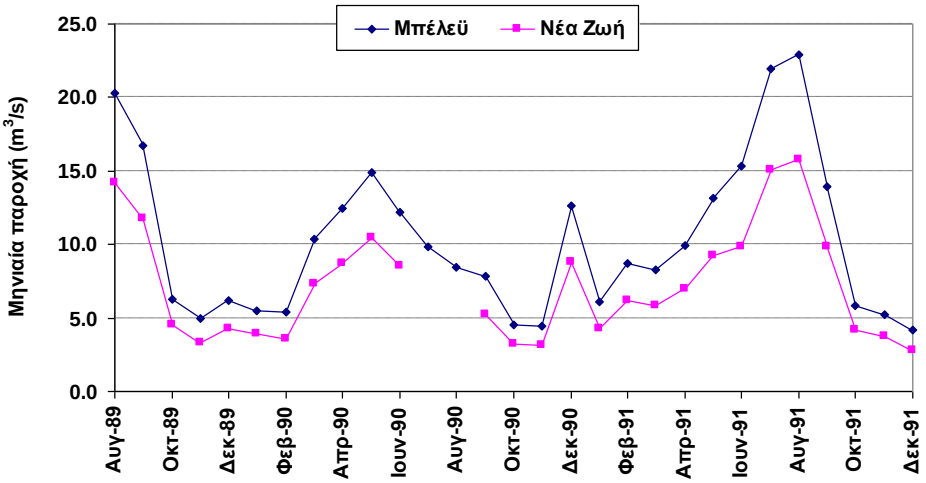
Υδρ. έτος	Αξιούπολη	Κότζα Ντερέ	Χειμ. Αγιάκ	Νέα Ζωή	Μπέλεϊ	Βισμουριά	Ολύνθιος	Χαβρίας
1980-81	184.4	2.10					0.43	
1981-82	189.1	2.34					0.39	
1982-83	122.2	1.70					0.20	0.73
1983-84	174.3	2.25					0.56	1.42
1984-85		2.09						0.26
1985-86	172.0	2.48						1.47
1986-87	123.2	1.76						
1987-88	68.5	0.99						
1988-89	88.6	1.21	0.19					
1989-90	58.4	0.86			8.71	0.03		
1990-91	99.6	1.37		8.20	8.20	0.04		

Πίνακας 3-23: Στατιστικά χαρακτηριστικά παροχής Αξιού στη θέση Γέφυρα Αξιούπολης (10/1980 – 9/1991).

	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αυγ.	Σεπ.	Έτος
Μέση τιμή	76.4	96.1	127.7	127.6	175.4	210.1	222.6	181.0	124.9	73.4	51.0	63.3	128.0
Τυπ. αποκ.	35.5	36.4	72.5	67.3	113.1	123.5	104.0	78.6	43.3	47.3	30.0	36.9	49.2
Ελάχιστη	13.6	35.2	38.9	58.1	59.5	62.2	83.9	77.5	42.0	6.2	0.1	2.8	58.4
Μέγιστη	132.4	172.0	295.8	252.7	387.2	449.3	349.9	291.6	173.5	168.0	89.7	120.1	189.1

Πίνακας 3-24: Στατιστικά χαρακτηριστικά παροχής Μεγ. Ρέματος στη θέση Κότζα Ντερέ (10/1980 – 10/1991).

	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αυγ.	Σεπ.	Έτος
Μέση τιμή	1.27	1.57	2.03	0.87	2.42	2.88	3.84	2.11	1.63	1.04	0.76	0.52	1.74
Τυπ. αποκ.	0.67	1.00	1.35	0.49	2.00	1.39	2.13	1.61	0.78	0.82	0.52	0.44	0.56
Ελάχιστη	0.20	0.49	0.01	0.40	0.89	1.01	1.53	0.76	0.56	0.08	0.00	0.02	0.86
Μέγιστη	2.36	3.42	5.46	2.04	6.60	5.31	8.48	6.58	2.95	3.11	1.91	1.71	2.48



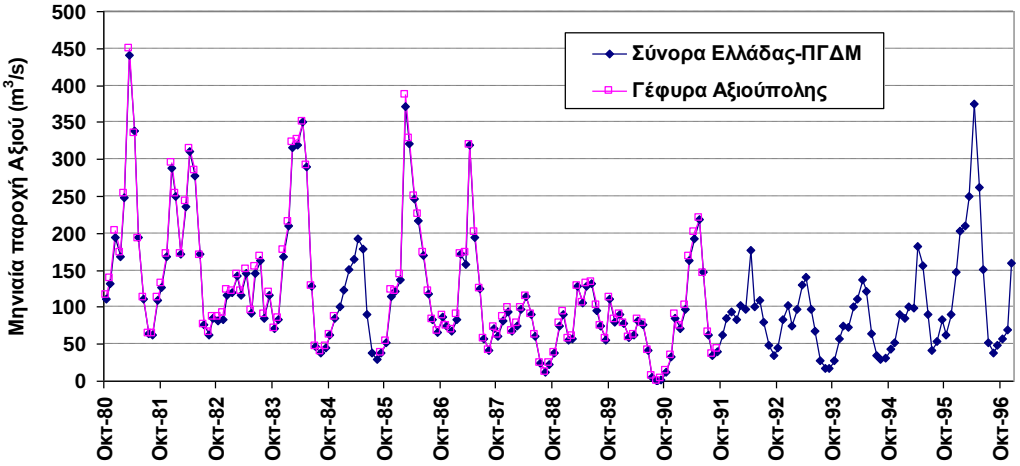
Εικόνα 3-14: Χρονοσειρές μηνιαίας παροχής στους δύο υδρομετρικούς σταθμούς του Λουδία.

3.5.3. ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑ ΠΑΡΟΧΩΝ ΑΞΙΟΥ ΣΤΑ ΣΥΝΟΡΑ (ΕΙΣΡΟΕΣ ΑΠΟ ΠΓΔΜ)

Στα πλαίσια των πρόσφατων διαχειριστικών μελετών (Υπουργείο Ανάπτυξης & ΕΝΜ Σύμβουλοι Μηχανικοί, 2007), καταρτίστηκε η χρονοσειρά μηνιαίων παροχών του Αξιού στα σύνορα με την ΠΓΔΜ, που προήλθε από την ένωση δύο δειγμάτων. Συγκεκριμένα:

- Οι μηνιαίες παροχές της περιόδου 10/1980-12/1991 εκτιμήθηκαν με βάση τη χρονοσειρά στη Γέφυρα Αξιούπολης, από την οποία αφαιρέθηκε η απορροή της ενδιάμεσης υπολεκάνης, το μεγαλύτερο μέρος της οποίας καταλαμβάνει η υπολεκάνη του Κότζα. Η απορροή αυτή εκτιμήθηκε από το υδρολογικό μοντέλο MIKE-SHE, το οποίο αναπτύχθηκε στα πλαίσια της προαναφερθείσας μελέτης. Σε μέση ετήσια βάση, η συμβολή της εν λόγω υπολεκάνης είναι της τάξης των 3.1 m^3/s, από τα οποία 2.5 m^3/s είναι η μετρημένη παροχή στη θέση Κότζα Ντερέ (βλ. Πίνακα 3-24).
- Για το διάστημα 1/1992-12/1996, οι μηνιαίες παροχές εκτιμήθηκαν συσχετίζοντας τα δεδομένα των υδρομετρικών σταθμών Γέφυρας Αξιούπολης και Demir Kapija της ΠΓΔΜ, για την περίοδο 1980-1991. Ο σταθμός Demir Kapija βρίσκεται περίπου 40 km ΒΔ από τα σύνορα, και τα στοιχεία του ελήφθησαν από την ιστοσελίδα MedHycos.com.

Οι χρονοσειρές μηνιαίων παροχών του Αξιού στις δύο θέσεις (σύνορα και Αξιούπολη) απεικονίζονται στην Εικόνα 3-15. Εύλογα, υπάρχει εξαιρετικά υψηλή συσχέτιση μεταξύ των δύο μεταβλητών, με τη μηνιαία παροχή στα σύνορα να εκτιμάται στο 98% της μετρούμενης παροχής στην Αξιούπολη (Εικόνα 3-16). Τα στατιστικά χαρακτηριστικά του ενοποιημένου δείγματος παροχών στα σύνορα δίνονται στον Πίνακα 3-25. Σε μέση ετήσια κλίμακα, η παροχή εισόδου στα σύνορα κατά την περίοδο 1980-1996 ανέρχεται σε 115 m^3/s. Η παροχή αυτή είναι σημαντικά μειωμένη σε σχέση με τα υδρομετρικά δεδομένα των δεκαετιών του 1950 και 1960, βάσει των οποίων προκύπτει μια εκτίμηση της μέσης ετήσιας τιμής της τάξης των 170 m^3/s (Κουτσογιάννης *κ.ά.*, 2008). Η δραστική μείωση της εισερχόμενης στο ελληνικό έδαφος παροχής οφείλεται στις απολήψεις νερού που πραγματοποιούνται κατά μήκος της κοίτης του ποταμού στην ΠΓΔΜ. Για το λόγο αυτό, ένα μείζον ζήτημα στην διαχείριση του διακρατικού αυτού ποταμού, το οποίο βρίσκεται ακόμα σε εκκρεμότητα, είναι η θέσπιση ορίων ελάχιστης εγγυημένης παροχής στα σύνορα.

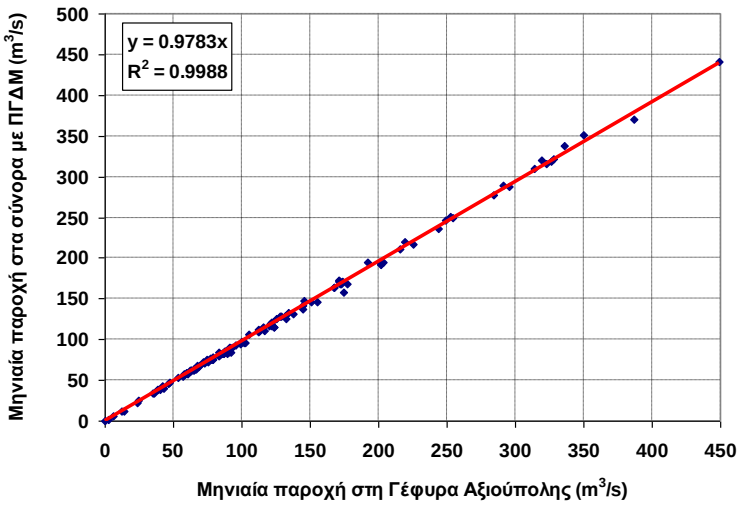


Εικόνα 3-15: Χρονοσειρές μηνιαίας παροχής Αξιού στα σύνορα και τη Γέφυρα Αξιούπολης.

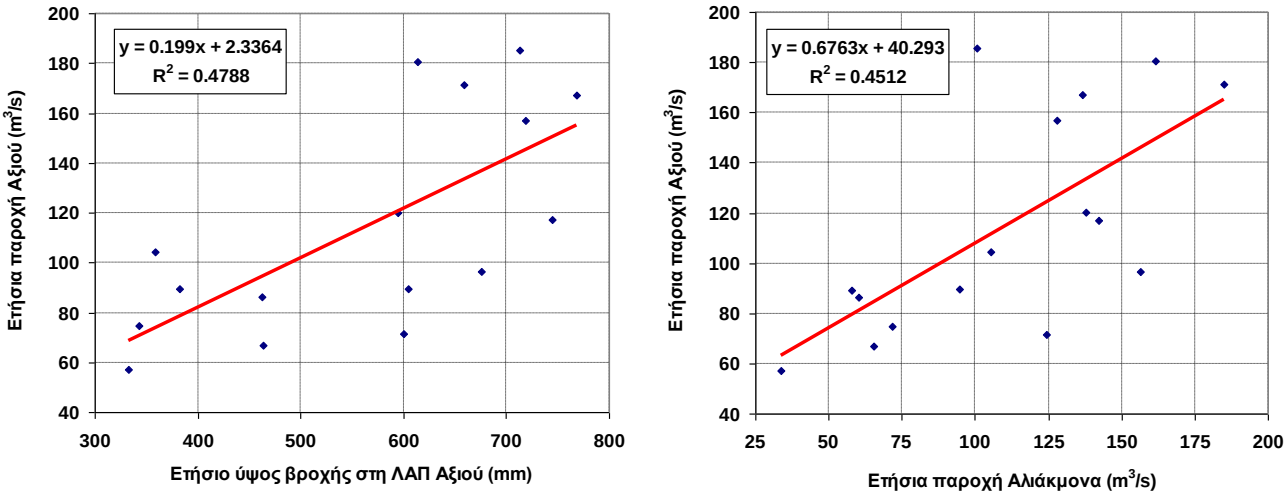
Πίνακας 3-25: Στατιστικά χαρακτηριστικά εκτιμημένης παροχής Αξιού στα σύνορα (10/1980 – 12/1996).

	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αυγ.	Σεπ.	Έτος
Μέση τιμή	65.4	85.3	122.5	117.9	154.5	181.1	212.9	168.4	113.0	61.9	44.4	54.2	114.7
Τυπ. αποκ.	30.4	30.6	55.3	59.9	91.3	104.7	96.7	71.3	40.3	39.0	25.0	32.1	43.7
Ελάχιστη	11.8	33.2	68.2	56.1	57.1	62.0	80.8	76.1	42.3	5.8	0.0	1.8	57.3
Μέγιστη	126.1	168.0	287.4	250.7	370.9	440.5	374.2	289.3	172.3	163.3	85.3	116.5	185.4

Στην Εικόνα 3-17 απεικονίζονται τα διαγράμματα διασποράς της μέσης ετήσιας παροχής του Αξιού με δύο χαρακτηριστικές υδρολογικές μεταβλητές, συγκεκριμένα το ετήσιο επιφανειακό ύψος βροχής στη ΛΑΠ Αξιού και τη μέση ετήσια παροχή του ποταμού Αλιάκμονα, στη θέση Πολύφυτο. Τα επιμέρους μεγέθη είναι εμφανώς συσχετισμένα, και μάλιστα οι σχετικοί συντελεστές προσδιορισμού είναι σχετικά υψηλοί (48% με τη βροχόπτωση και 45% με την παροχή στο Πολύφυτο). Αυτό καταδεικνύει ότι η υδρολογική δίαιτα στην ευρύτερη περιοχή δεν διαφοροποιείται σημαντικά, δηλαδή οι περίοδοι υψηλής και χαμηλής υδροφορίας στις δύο μείζονες λεκάνες απορροής, του Αλιάκμονα και του Αξιού, ταυτίζονται χρονικά. Βεβαίως, επειδή η φυσική ροή του Αξιού στο έδαφος της ΠΓΔΜ διαταράσσεται εξαιτίας των παρεμβαλλόμενων φραγμάτων και έργων υδροληψίας, είναι εξαιρετικά επισφαλής η χρήση στατιστικών σχέσεων για την αδρομερή έστω εκτίμηση της παροχής που εισέρχεται στο ελληνικό έδαφος.



Εικόνα 3-16: Διάγραμμα διασποράς μηνιαίων παροχών Αξιού στα σύνορα και τη Γέφυρα Αξιούπολης.



Εικόνα 3-17: Διαγράμματα διασποράς ετήσιας βροχόπτωσης στη ΛΑΠ Αξιού (αριστερά) και ετήσιας παροχής Αλιάκμονα στη θέση Πολύφυτο (δεξιά) με την ετήσια παροχή του Αξιού τα σύνορα.

4. ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΑΚΡΑΙΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ ΞΗΡΑΣΙΑΣ

4.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Για τον εντοπισμό των φαινομένων ξηρασίας στην περιοχή μελέτης, πραγματοποιήθηκε εκτενής ανάλυση των χρονοσειρών σημειακής και επιφανειακής βροχόπτωσης, καθώς και απορροής, σε διάφορες χρονικές κλίμακες (από τρίμηνη έως πενταετή). Ο χαρακτηρισμός των ξηρασιών βασίστηκε στη χρήση τυπικών βιβλιογραφικών δεικτών, και συγκριμένα του δείκτη τυποποιημένης βροχόπτωσης (SPI) και του δείκτη τυποποιημένης απορροής (SRI). Για την εκτίμηση των δεικτών εφαρμόστηκαν, μετά από διερεύνηση, διαφορετικές στατιστικές κατανομές για κάθε χρονική κλίμακα, και με διαφοροποίηση για τις υψηλές και χαμηλές τιμές του δείγματος.

Οι αναλύσεις των βροχοπτώσεων πραγματοποιήθηκαν τόσο σε σημειακή όσο και σε επιφανειακή κλίμακα (κλίμακα υπολεκάνης απορροής). Όσον αφορά στην απορροή, η βασική χρονοσειρά που χρησιμοποιείται στις αναλύσεις αναφέρεται στην απορροή του Αξιού στα σύνορα με την ΠΓΔΜ, που αποτελεί το μοναδικό ικανού μήκους (1980-1996) και σχετικά αξιόπιστο δείγμα απορροής στην περιοχή μελέτης.

Στη συνέχεια του κεφαλαίου, αρχικά παρουσιάζονται οι τυπικοί δείκτες ξηρασίας που χρησιμοποιούνται διεθνώς, για τον εντοπισμό και αξιολόγηση των ξηρασιών και εξηγείται η μεθοδολογία που εφαρμόστηκε στην περιοχή μελέτης. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των αναλύσεων, τόσο για την βροχόπτωση (σημειακή και επιφανειακή) όσο και για την απορροή, και διερευνάται η ιστορική εξέλιξη των ξηρασιών από το 1950 και εντεύθεν, καθώς και η χωρική κατανομή τους.

4.2. ΔΕΙΚΤΕΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ – ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ

4.2.1. ΓΕΝΙΚΑ

Στη διεθνή βιβλιογραφία αναφέρονται δεκάδες δείκτες, μέσω των οποίων τυποποιείται ποσοτικά η ένταση της ξηρασίας. Οι δείκτες αυτοί έχουν εφαρμοστεί σε διάφορες γεωγραφικές περιοχές και για διαφορετικούς σκοπούς, όπως ο προσδιορισμός του ελλείμματος βροχόπτωσης, εδαφικής υγρασίας, απορροής ή αποθεμάτων ταμιευτήρων, η επίδραση της ξηρασίας στις καλλιέργειες, η εκτίμηση του κινδύνου δασικών πυρκαγιών και η αξιολόγηση της κατάστασης της βλάστησης.

Για την εκτίμηση των δεικτών, οι μεταβλητές εισόδου που κυρίως χρησιμοποιούνται είναι η βροχόπτωση, η θερμοκρασία, η εξατμοδιαπνοή, η επιφανειακή απορροή και η χιονόπτωση. Σε ορισμένες περιπτώσεις, χρησιμοποιούνται και άλλες μεταβλητές, όπως τα αποθέματα των ταμιευτήρων, η παραγωγή αγροτικών προϊόντων και η δορυφορική καταγραφή της ορατής και υπέρυθρης ακτινοβολίας που εκπέμπει η βλάστηση.

Οι υπάρχοντες δείκτες μπορούν να διακριθούν σε τρεις κύριες κατηγορίες ανάλογα με τη μεθοδολογία υπολογισμού τους: (α) στατιστικοί, (β) υδρολογικού ισοζυγίου, και (γ) κατάστασης βλάστησης.

Πρόσφατα, η ΕΕ ανέθεσε σε επιτροπή ειδικών σε θέματα ξηρασίας και λειψυδρίας την αξιοποίηση υπαρχόντων δεικτών και την ανάπτυξη νέων, με στόχο τη δημιουργία ενός Συστήματος Ανίχνευσης της Λειψυδρίας και της Ξηρασίας (Water Scarcity and Drought Indicator System), το οποίο θα χρησιμοποιηθεί από τις Ευρωπαϊκές χώρες. Μέχρι σήμερα, η επιτροπή έχει καταλήξει στη χρήση επτά δεικτών. Οι πέντε είναι στατιστικοί και σχετίζονται με τη βροχόπτωση, την επιφανειακή και υπόγεια απορροή, τη χιονοκάλυψη και την εδαφική υγρασία. Ο έκτος δείκτης βασίζεται στην εκπόνηση υδρολογικού ισοζυγίου σε διαχειριστικές ενότητες ενώ ο έβδομος εξετάζει την φωτοσυνθετική ικανότητα της βλάστησης αξιοποιώντας δορυφορικά δεδομένα ακτινοβολίας εδάφους.

4.2.2. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ

Οι δείκτες αυτοί εξετάζουν τα στατιστικά χαρακτηριστικά των υδρομετεωρολογικών παραμέτρων που σχετίζονται με τη διαθεσιμότητα του νερού (βροχόπτωση, εξάτμιση, απορροή) για να ποσοτικοποιήσουν την απόκλιση κάποιας τιμής από την αναμενόμενη. Οι σημαντικότεροι είναι οι εξής:

Δείκτης τυποποιημένης βροχόπτωσης (Standardized Precipitation Index, SPI): Πρόκειται για τον πλέον διαδεδομένο δείκτη αυτής της κατηγορίας, και προτάθηκε από τους McKee *et al.* (1993). Ο δείκτης ποσοτικοποιεί τη *μετεωρολογική ξηρασία* σε μηνιαία, εποχιακή ή ετήσια βάση. Αρχικά προσαρμόζεται στις ιστορικές χρονοσειρές βροχόπτωσης μια συνάρτηση κατανομής, και στη συνέχεια υπολογίζεται η θεωρητική πιθανότητα της τιμής βροχόπτωσης που εξετάζεται. Ο δείκτης SPI υπολογίζεται ως η τυποποιημένη μεταβλητή της κανονικής κατανομής που αντιστοιχεί στην θεωρητική πιθανότητα που υπολογίστηκε. Σχετικά με την επιλογή της συνάρτησης κατανομής, οι McKee *et al.* (1993) προτείνουν την χρήση της κατανομής γάμα σε δείγματα μήκους μεγαλύτερου των 30 ετών. Σε μεταγενέστερες εργασίες άλλων ερευνητών (π.χ., Lana et al., 2001) έχουν χρησιμοποιηθεί και άλλες κατανομές, όπως η λογαριθμοκανονική και η Poisson, οι οποίες ταίριαζαν καλύτερα στα παρατηρημένα δεδομένα. Ο δείκτης επιλέχθηκε από την επιτροπή των ειδικών για την ξηρασία και τη λειψυδρία.

Δείκτης δεκατημορίων: Ο δείκτης προτάθηκε από τους Gibbs και Maher (1967) και εξετάζει την εμπειρική συνάρτηση κατανομής των υψών βροχής, τα οποία κατατάσσει σε δέκα κατηγορίες πιθανότητας. Ο δείκτης είναι υπολογιστικά απλός και είναι σκόπιμο να χρησιμοποιείται όταν διατίθενται μεγάλες χρονοσειρές, που καθιστούν την εμπειρική κατανομή πιο αξιόπιστη σε σχέση με τις θεωρητικές κατανομές, ως προς την αξιολόγηση των ακραίων τιμών της βροχόπτωσης.

Δείκτης τυποποιημένης απορροής (Standardized Runoff Index, SRI): Κατ' αντιστοιχία με τον δείκτη SPI, προσαρμόζεται μια συνάρτηση κατανομής στα ιστορικά δείγματα απορροής. Ο δείκτης χρησιμοποιείται για την αναγνώριση και αξιολόγηση της *υδρολογικής ξηρασίας*.

Ανάλογη στατιστική μεθοδολογία ερευνάται από την ομάδα των ειδικών για την ξηρασία και τη λειψυδρία με τη δημιουργία δεικτών για τα υπόγεια νερά, τη χιονοκάλυψη και την εδαφική υγρασία (Groundwater, Snowpack and Soil Moisture Indicators). Τέλος, αξίζει να αναφερθεί για την απλότητά του και ο δείκτης της UNESCO (1979), που εξετάζει το πηλίκο της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης προς τη μέση ετήσια δυνητική εξατμοδιαπνοή.

4.2.3. ΔΕΙΚΤΕΣ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ

Οι δείκτες αυτοί βασίζονται στην κατάρτιση του υδρολογικού ισοζυγίου της περιοχής μελέτης, λαμβάνοντας υπόψη χρονοσειρές βροχής, εξατμοδιαπνοής, απορροής και εδαφικής υγρασίας. Το κύριο μειονέκτημα των δεικτών αυτής της κατηγορίας είναι ότι ο υπολογισμός τους απαιτεί μεγάλο αριθμό δεδομένων, προκειμένου να καταρτιστεί το υδατικό ισοζύγιο, δεδομένου ότι πολλές από τις συνιστώσες του είναι πολύ δύσκολο να μετρηθούν, και μπορούν μόνο να εκτιμηθούν από μοντέλα (π.χ. εξατμοδιαπνοή, αποθήκευση υγρασίας). Οι σημαντικότεροι δείκτες αυτής της κατηγορίας είναι:

Δείκτης Δριμύτητας Ξηρασίας Palmer (Palmer Drought Severity Index, PDSI): Πρόκειται για τον γνωστότερο δείκτη υδατικού ισοζυγίου, ο οποίος προτάθηκε από τον Palmer (1965) και αναθεωρήθηκε από τον Alley (1984). Ο δείκτης στηρίζεται στην εξίσωση του υδατικού ισοζυγίου και εκτιμάται με βάση τις βροχοπτώσεις, τα δεδομένα θερμοκρασίας και την διαθεσιμότητα νερού στο έδαφος. Συγκεκριμένα, υπολογίζονται η εξατμοδιαπνοή, η επαναφόρτιση του εδάφους, η απορροή και η απώλεια υγρασίας από το επιφανειακό εδαφικό στρώμα, ενώ δεν λαμβάνεται υπόψη η άρδευση.

Δείκτης Προσφοράς Επιφανειακού Νερού (Surface Water Supply Index, SWSI): Προτάθηκε από τους Shafer and Dezman (1982), και αποτελεί τροποποίηση του PDSI, ώστε να ενσωματώνει τη συνεισφορά του χιονιού. Ο δείκτης αυτός είναι κατάλληλος για ορεινές περιοχές.

Δείκτης Εκμετάλλευσης Νερού (Water Exploitation Index, WEI): Ορίζεται ως η μέση ετήσια συνολική ζήτηση γλυκού νερού προς τις μέσες υπερετήσιες ποσότητες των διαθέσιμων υδατικών πόρων. Ο δείκτης αυτός εκφράζει τη πίεση που ασκεί η ζήτηση νερού στους υδατικούς πόρους και εφαρμόζεται σε μεγάλες χωρικές κλίμακες (π.χ. κλίμακα περιφέρειας ή ακόμα και χώρας). Στη βιβλιογραφία αναφέρεται το κατώφλι 20% για περιοχές όπου δεν υπάρχει πίεση στους υδατικούς πόρους (no water stress), και το ανώφλι 40% για σοβαρή πίεση στους υδατικούς πόρους (severe water stress).

Δεδομένου ότι ο δείκτης εκμετάλλευσης αποτυπώνει την σχέση μεταξύ προσφοράς και απολήψεων νερού, χρησιμοποιείται κυρίως για την αξιολόγηση των φαινομένων λειψυδρίας παρά ξηρασίας. Μάλιστα, έχουν προταθεί βελτιωμένες διατυπώσεις του εν λόγω δείκτη (δείκτης WEI+), που περιλαμβάνουν περισσότερες μεταβλητές. Στα πλαίσια της παρούσας μελέτης, ο δείκτης WEI+ εφαρμόστηκε, ως μέτρο λειψυδρίας, στα πλαίσια των αναλύσεων του Κεφαλαίου 5.

4.2.4. ΔΕΙΚΤΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ

Οι δείκτες αυτοί εξετάζουν την επίδραση της διαθεσιμότητας νερού στην κατάσταση της βλάστησης. Συνήθως, απαιτούν δορυφορικά δεδομένα της εκπεμπόμενης από τη βλάστηση ακτινοβολίας σε διάφορα μήκη κύματος. Με βάση τα παραπάνω δεδομένα, ποσοτικοποιείται η επίδραση παραμέτρων όπως η θερμοκρασία, η υγρασία και η διαπνοή στην «υγεία» της βλάστησης (Vegetation Health Indices, VHI).

Στη βιβλιογραφία υπάρχουν αρκετές εφαρμογές με μετρήσεις ειδικών αισθητήρων (Advanced Very High Resolution Radiometer, AVHRR), οι οποίοι είναι ενσωματωμένοι σε δορυφόρους της NOAA (National Oceanic and Aerospace Administration) των ΗΠΑ (π.χ., Hayes and Decker, 1996· Unganai and Kogan, 1998). Με βάση τις μετρήσεις αυτές υπολογίζονται οι δείκτες κατάστασης βλάστησης (Vegetation Condition Index, VCI) και θερμοκρασίας (Temperature Condition Index, TCI). Συχνά, χρησιμοποιούνται οι μετρήσεις των αισθητήρων MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer).

Μια σημαντική παράμετρος είναι το ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που εκπέμπεται στο τμήμα εκείνο του φάσματος που μπορεί να απορροφηθεί από φωτοσυνθετικούς οργανισμούς (Fraction of Absorbed Photosynthetically Active Solar Radiation, FAPAR). Η παράμετρος αυτή εκτιμάται από δορυφορικά δεδομένα (AVHRR – MODIS) και επιδρά σημαντικά στην φωτοσύνθεση και την αφομοίωση του διοξειδίου του άνθρακα από τα φυτά. Στην παράμετρο FAPAR βασίζεται ο υπολογισμός του λεγόμενου Δείκτη Απόκρισης Βλάστησης (Vegetation Response Indicator), που επιλέχθηκε από την ομάδα των ειδικών για την ξηρασία και τη λειψυδρία.

4.3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΔΕΙΚΤΩΝ SPI ΚΑΙ SRI

4.3.1. ΤΥΠΙΚΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Έστω $\{x_1, x_2, \ldots x_n\}$ μια χρονοσειρά βροχόπτωσης (ή απορροής), μήκους n, που αναφέρεται σε ορισμένη χρονική κλίμακα (στις αναλύσεις ξηρασιών συνήθως εξετάζονται δείγματα αθροιστικής βροχόπτωσης ή απορροής διάρκειας 3, 6, 9, 12 και 24 μηνών). Στο εν λόγω δείγμα προσαρμόζεται μια κατάλληλη συνάρτηση κατανομής F_X, η οποία εκφράζει την πιθανότητα μη υπέρβασης της τιμής x, δηλαδή:

$$F_X(x) = P(X \le x) \tag{4.1}$$

Αν $x,^{-}$ και σ_X είναι η μέση τιμή και τυπική απόκλιση του δείγματος, τότε κάθε τιμή της μεταβλητής μπορεί να γραφεί στη μορφή:

$$x_u = x,^{-} + k_u \sigma_X \tag{4.2}$$

όπου η ποσότητα k_u είναι η *τυποποιημένη μεταβλητή* (ακριβέστερα, u-ποσοστημόριο της τυποποιημένης μεταβλητής), στην οποία ο δείκτης u εκφράζει την πιθανότητα μη υπέρβασης, δηλαδή $u = F_X(x)$. Για κάθε στατιστική κατανομή, η τιμή της F_X υπολογίζεται, είτε αναλυτικά είτε (συνήθως) αριθμητικά, συναρτήσει της τυποποιημένης μεταβλητής k_u.

Η συνήθης κατανομή που εφαρμόζεται στις αναλύσεις ξηρασιών είναι η γάμα, που είναι κατάλληλη για την περιγραφή μεταβλητών με θετική ασυμμετρία. Γενικά, στις χαμηλές χρονικές κλίμακες (π.χ. μηνιαία, τριμηνιαία), η ασυμμετρία της βροχόπτωσης (όπως και της απορροής) είναι σημαντική. Ωστόσο, αυτή περιορίζεται καθώς αυξάνει η χρονική κλίμακα συνάθροισης. Για το λόγο αυτό, στις μεγάλες κλίμακες (ετήσια και άνω), είναι αρκετά ασφαλής η εφαρμογή της λογαριθμοκανονικής ή ακόμα και της κανονικής κατανομής (Angelidis *et al.*, 2012).

Η επιλογή και αξιολόγηση της καταλληλότητας της θεωρητικής κατανομής F_X γίνεται, συνήθως, γραφικά, αντιπαραβάλλοντας με την αντίστοιχη εμπειρική κατανομή. Η τελευταία σχηματίζεται διατάσσοντας τις τιμές του δείγματος σε φθίνουσα σειρά και αντιστοιχώντας σε κάθε τιμή (θέση) μια εμπειρική πιθανότητα υπέρβασης p_i,^. Ως επί το πλείστον, για το σκοπό αυτό χρησιμοποιείται η εμπειρική κατανομή Weibull, που δίνεται από τη σχέση:

$$p_i,^{\wedge} = i / (n + 1) \tag{4.3}$$

όπου i η διατεταγμένη θέση της συγκεκριμένης τιμής του δείγματος. Εκτός από τη γραφική μέθοδο, ενδέχεται να συντρέχουν και θεωρητικοί λόγοι που επιβάλλουν τη χρήση μιας συγκεκριμένης κατανομής, σε συνδυασμό με την γενικότερη υδρολογική εμπειρία.

Αφού επιλεχθεί η θεωρητική κατανομή, εφαρμόζεται ένας μετασχηματισμός, ώστε να εκφραστεί ο δείκτης ξηρασίας σε όρους τυποποιημένης κανονικής κατανομής. Συγκεκριμένα, για τη δεδομένη πιθανότητα μη υπέρβασης $F_X(x) = u$, υπολογίζεται η μεταβλητή z_u (u-ποσοστημόριο) της τυποποιημένης κανονικής κατανομής (ο υπολογισμός αυτός γίνεται μόνο αριθμητικά), που αποτελεί την έκφραση του ζητούμενου δείκτη τυποποιημένης βροχόπτωσης (SPI) ή απορροής (SRI). Με τον τρόπο αυτό, ο SPI (ομοίως, ο SRI) υποδηλώνει την απόσταση (σε όρους τυπικής απόκλισης) μιας ορισμένης τιμής βροχόπτωσης (ομοίως, απορροής) από τη μέση δειγματική τιμή, στην περίπτωση που η εν λόγω μεταβλητή ακολουθούσε κανονική κατανομή.

Το πρόσημο του SPI χρησιμοποιείται για τον διαχωρισμό των υγρών και ξηρών περιόδων, με όριο τη διάμεσο, medx (δηλαδή τη μεσαία τιμή του δείγματος ή τον μέσος όρος των δύο μεσαίων τιμών, ανάλογα με το αν έχουμε μονό ή ζυγό μέγεθος δείγματος). Σύμφωνα με τη σχέση (4.3), στη διάμεσο αντιστοιχεί εμπειρική πιθανότητα υπέρβασης πρακτικά ίση με 50%. Αρνητικές τιμές του SPI υποδηλώνουν τιμές της μεταβλητής μικρότερες της διαμέσου, και σηματοδοτούν μια ξηρή περίοδο, ενώ θετικές υποδηλώνουν τιμές μεγαλύτερες της διαμέσου, οπότε αναφέρονται σε υγρή περίοδο. Για θετικά ασύμμετρες μεταβλητές (που συνήθως είναι η βροχόπτωση και η απορροή), η διάμεσος είναι μικρότερη της μέσης τιμής, και αντίστροφα, ενώ η απόκλιση μεταξύ διάμεσου και μέση τιμής αμβλύνεται, όσο η κατανομή τείνει προς την κανονική.

4.3.2. ΚΑΤΑΝΟΜΕΣ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ

Στις αναλύσεις ξηρασίας με βάση τους δείκτες SPI και SRI εξετάζονται τέσσερις εναλλακτικές κατανομές, ήτοι η κανονική, η λογαριθμοκανονική, η κατανομή γάμα και η κατανομή ελαχίστων Weibull.

Στην περίπτωση που το δείγμα ακολουθεί κανονική κατανομή, ο υπολογισμός της τυποποιημένης μεταβλητής και του αντίστοιχου δείκτη ξηρασίας είναι στοιχειώδης. Για τις υπόλοιπες τρεις κατανομές, η υπολογιστική διαδικασία είναι πιο σύνθετη, όπως περιγράφεται στη συνέχεια.

4.3.2.1. ΚΑΝΟΝΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ

Αν υποτεθεί ότι η μεταβλητή ακολουθεί κανονική κατανομή (δηλαδή $k_u = z_u$), τότε ο SPI υπολογίζεται από την σχέση:

$$z_u = (x - x,^{-}) / \sigma_X \tag{4.4}$$

Ο παραπάνω μετασχηματισμός είναι η τυποποιημένη κανονική μεταβλητή. Στην περίπτωση αυτή, στη μέση τιμή του δείγματος αντιστοιχεί μηδενική τιμή του δείκτη ξηρασίας, δηλαδή θεωρείται ότι η διάμεσος ταυτίζεται με τη μέση τιμή, στις οποίες αντιστοιχεί πιθανότητα μη υπέρβασης 50%.

Ως απόρροια του κεντρικού οριακού θεωρήματος, στις μεγάλες χρονικές κλίμακες (ετήσια και άνω) είναι εύλογη η χρήση της κανονικής κατανομής. Σύμφωνα με το εν λόγω θεώρημα, το άθροισμα *N* τυχαίων μεταβλητών τείνει να ακολουθεί κανονική κατανομή, ανεξάρτητα από τις κατανομές που ακολουθούν οι επιμέρους συνιστώσες του (Κουτσογιάννης και Ξανθόπουλος, 1999, σ. 37). Συνεπώς, ενώ στις μικρές κλίμακες οι υδρολογικές μεταβλητές ακολουθούν, γενικά ασύμμετρες κατανομές, καθώς οι μεταβλητές συναθροίζονται σε μεγαλύτερες κλίμακες η εν λόγω ασυμμετρία εξομαλύνεται, ώσπου να εκμηδενιστεί.

4.3.2.2. ΛΟΓΑΡΙΘΜΟΚΑΝΟΝΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ

Η λογαριθμοκανονική κατανομή προκύπτει από την κανονική, με τον μετασχηματισμό:

$$y = \ln x \Leftrightarrow x = \exp(y) \tag{4.5}$$

όπου x η τιμή του αρχικού δείγματος. Σύμφωνα με τον ορισμό, η τυχαία μεταβλητή X ακολουθεί λογαριθμοκανονική κατανομή εφόσον η τυχαία μεταβλητή Y ακολουθεί κανονική κατανομή $N(y,^{-}, \sigma_Y)$. Άμεση συνέπεια του παραπάνω μετασχηματισμού είναι το γεγονός ότι η μεταβλητή X είναι πάντα θετική και έχει πάντα θετική ασυμμετρία. Κατά συνέπεια, το σχήμα της συνάρτησης πυκνότητας πιθανότητας είναι πάντα κωδωνοειδές και θετικά ασύμμετρο, το οποίο την καθιστά κατάλληλη για την περιγραφή των υψηλών τιμών των υδρολογικών μεγεθών.

Οι τυπικοί υπολογισμοί της λογαριθμοκανονικής κατανομής βασίζονται στους αντίστοιχους υπολογισμούς της κανονικής κατανομής. Η τυποποιημένη μεταβλητή ορίζεται ως:

$$y_u = y,^{-} + z_u \sigma_Y \Leftrightarrow x_u = \exp(y,^{-} + z_u \sigma_Y) \tag{4.6}$$

όπου z_u το u-ποσοστημόριο της τυποποιημένης κανονικής μεταβλητής. Για την εκτίμηση των παραμέτρων τη κατανομής, εφαρμόζεται η μέθοδος της μέγιστης πιθανοφάνειας που δίνει:

$$y,^{-} = \mathbf{Error!} \ln x_i / n \tag{4.7}$$

$$\sigma_Y = \mathbf{Error!} \tag{4.8}$$

Συνεπώς, με τη μέθοδο της μέγιστης πιθανοφάνειας υπολογίζονται η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση του μετασχηματισμένου δείγματος, οπότε προκύπτουν οι παράμετροι $y,^{-}$ και σ_Y. Στη συνέχεια, μέσω της (4.6) υπολογίζεται η μεταβλητή z_u, η οποία ταυτίζεται με τον δείκτη SPI (ή SRI).

4.3.2.3. ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΓΑΜΑ ΤΡΙΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ (PEARSON III)

Η κατανομή γάμα τριών παραμέτρων ή κατανομή Pearson III, ορίζεται από τρεις παραμέτρους, ήτοι την παράμετρο θέσης c, την παράμετρο κλίμακας $\lambda > 0$ και την παράμετρο σχήματος $\kappa > 0$. Η συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας της κατανομής είναι:

$$F_x(x) = \mathbf{Error!} (x - c)^{\kappa - 1} e^{-\lambda (x - c)} \tag{4.9}$$

όπου $\Gamma(\kappa)$ η ομώνυμη συνάρτηση γάμα, η οποία δίνεται από την:

$$\Gamma(\kappa) = \mathbf{Error!} \tag{4.10}$$

Οι παράμετροι της κατανομής, εκτιμώμενες με την μέθοδο των ροπών, είναι:

$$\mathbf{Error!} \tag{4.11}$$

όπου ξ_X ο συντελεστής ασυμμετρίας του δείγματος.

Το σχήμα της κατανομής εξαρτάται από την τιμή της παραμέτρου κ. Για $\kappa = 1$ η κατανομή ταυτίζεται με την εκθετική, ενώ για μεγάλες τιμές της παραμέτρου ($15 < \kappa < 30$), η κατανομή γάμα προσεγγίζει την κανονική. Η παράμετρος θέσης c, η οποία αποτελεί το κάτω όριο της μεταβλητής x, επιτρέπει την

καλύτερη προσαρμογή της κατανομής στα δεδομένα. Για $c = 0$, η κατανομή γάμα απλοποιείται και γίνεται διπαραμετρική.

Με γνωστές τις τιμές των παραμέτρων, για τον υπολογισμό του δείκτη ξηρασίας, αρχικά υπολογίζεται η τιμή της F_x, δηλαδή η πιθανότητα μη υπέρβασης της δεδομένης τιμής x και η τιμή της τυποποιημένης κανονικής μεταβλητής που αντιστοιχεί στη συγκεκριμένη πιθανότητα, και άρα ο δείκτης SPI (ή SRI).

4.3.2.4. ΚΑΤΑΝΟΜΗ WEIBULL

Η κατανομή Weibull προέρχεται από την λεγόμενη κατανομής ελαχίστων τύπου III, που είναι μια τυπική ασυμπτωτική κατανομή ακροτάτων, η μαθηματική έκφραση της οποίας είναι:

$$F_X(x) = 1 - \exp \textbf{Error!} \quad (4.12)$$

Στη γενική περίπτωση, η κατανομή ελαχίστων τύπου III έχει τρεις παραμέτρους, a, κ και c. Η κατανομή Weibull αποτελεί απλούστευσή της, με μηδενισμό της παραμέτρου θέσης c.

Λόγω της απλής μαθηματικής έκφρασης της συνάρτησης κατανομής, οι τυπικοί υπολογισμοί είναι άμεσοι (χωρίς τη χρήση πινάκων ή αριθμητικών μεθόδων). Η συνάρτηση κατανομής υπολογίζεται άμεσα, αν είναι γνωστή η τιμή της μεταβλητής x, ενώ η αντίστροφη συνάρτηση επίσης υπολογίζεται αναλυτικά, οπότε το u-ποσοστημόριο της κατανομής (που ταυτίζεται με τον δείκτη δείκτης SPI ή SRI) δίνεται από την:

$$x_u = a\,[-\ln(1-u)]^{1/\kappa} \quad (4.13)$$

Η εκτίμηση των παραμέτρων γίνεται με τη μέθοδο των ροπών, ως εξής:

$$\textbf{Error!} + 1 = \textbf{Error!} \quad (4.14)$$

$$a = \textbf{Error!} \quad (4.15)$$

όπου Γ() η συνάρτηση γάμα (σχέση 4.6). Η κατανομή Weibull είναι η πλέον συνηθισμένη στην τεχνική υδρολογία για την στατιστική ανάλυση παροχών ξηρασίας, ελάχιστων θερινών παροχών ποταμών, κτλ.

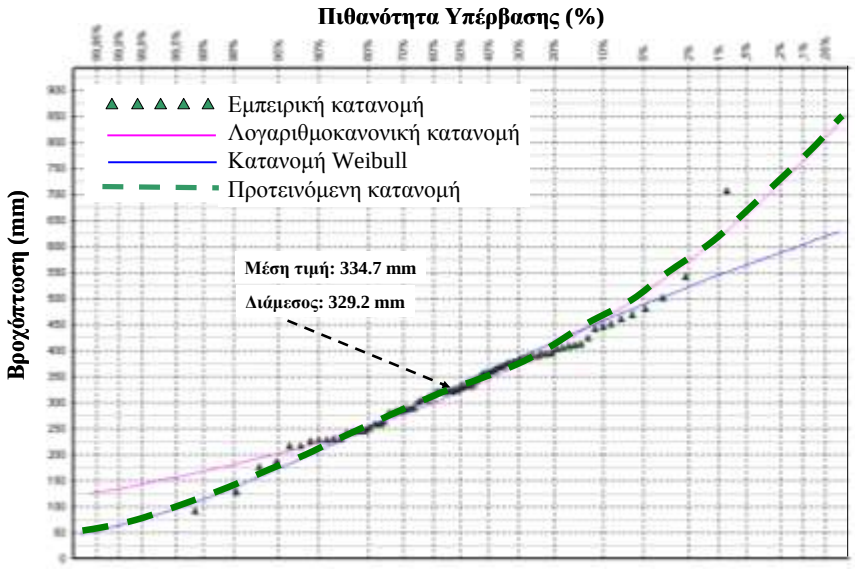
4.3.3. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΣ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ ΧΑΜΗΛΩΝ ΚΑΙ ΥΨΗΛΩΝ ΤΙΜΩΝ

Στην αξιολόγηση των φαινομένων ξηρασίας, αυτό που ενδιαφέρει είναι οι πολύ χαμηλές τιμές της μεταβλητής που εξετάζεται (βροχόπτωση ή απορροή), για τις οποίες επιδιώκεται μια όσο το δυνατόν πιο συνεπής στατιστική αποτύπωση. Συνεπώς, απαιτείται η επιλογή ενός στατιστικού μοντέλου που να προσαρμόζεται κατά προτεραιότητα στην κάτω ουρά της εμπειρικής κατανομής. Εκ των προτέρων, είναι αδύνατο να προσδιοριστεί ποια από τις διαθέσιμες θεωρητικές κατανομές της βιβλιογραφίας είναι η πλέον κατάλληλη για την αξιόπιστη περιγραφή της εν λόγω ουράς, η στατιστική συμπεριφορά της οποίας χαρακτηρίζεται από υψηλή αβεβαιότητα (η εν λόγω αβεβαιότητα αμβλύνεται, όσο αυξάνει το μήκος του δείγματος). Ομοίως, υψηλή αβεβαιότητα, αλλά και ενδεχομένως διαφορετική στατιστική συμπεριφορά, παρουσιάζουν οι πολύ υψηλές τιμές των υδρολογικών μεταβλητών, δηλαδή η άνω ουρά της κατανομής.

Με αυτό το σκεπτικό, θεωρήθηκε σκόπιμη η (κατά περίπτωση, και μετά από τεκμηρίωση) υιοθέτηση διαφορετικών θεωρητικών στατιστικών κατανομών για την περιγραφή των χαμηλών και υψηλών περιόδων της βροχόπτωσης και απορροής, και συνακόλουθα την εξαγωγή των αντίστοιχων δεικτών SPI και SRI. Ο διαχωρισμός των υγρών και ξηρών περιόδων έγινε με βάση τη διάμεσο του δείγματος, στην οποία αντιστοιχεί πιθανότητα υπέρβασης 50%. Συνεπώς, η εκτίμηση της πιθανότητας υπέρβασης βασίζεται σε διαφορετική κατανομή, αν η τιμή αναφοράς υπερβαίνει τη διάμεσο (υποδηλώνοντας, έτσι, ότι αναφέρεται σε υγρή περίοδο), ενώ χρησιμοποιείται άλλη κατανομή αν υπολείπεται της διαμέσου (που υποδηλώνει ότι αναφέρεται σε ξηρή περίοδο).

Ένα παράδειγμα προσαρμογής σύνθετης (μικτής) κατανομής σε δείγμα ετήσιας βροχόπτωσης φαίνεται στην Εικόνα 4-1, στο οποίο απεικονίζονται η εμπειρική κατανομή ενός δείγματος βροχόπτωσης (σημειακές τιμές), και δύο θεωρητικές κατανομές, η λογαριθμοκανονική και η Weibull. Παρατηρείται ότι οι ακραία υψηλές τιμές του δείγματος περιγράφονται πολύ καλύτερα από τη λογαριθμοκανονική κατανομή, ενώ,

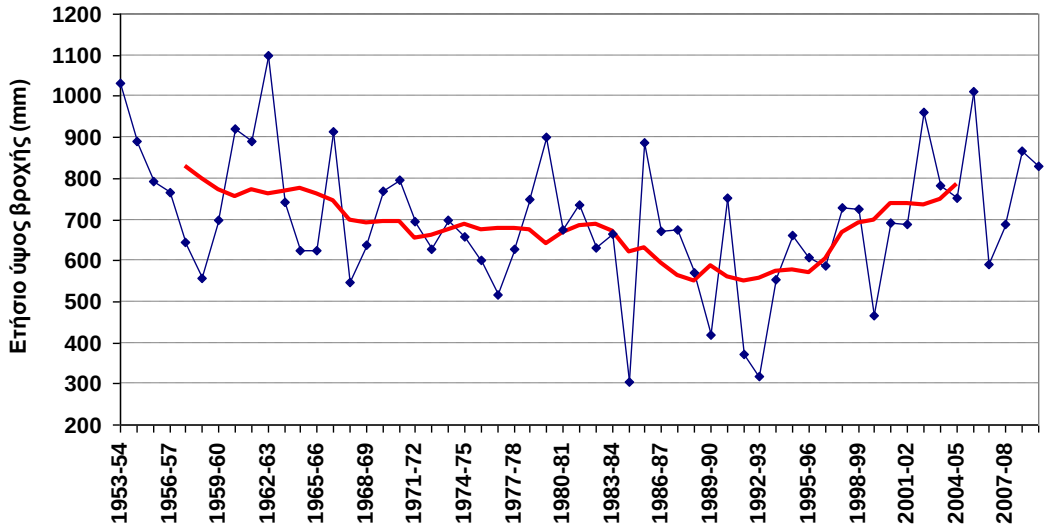
αντίθετα, στις πολύ χαμηλές τιμές προσαρμόζεται πιο καλά η κατανομή Weibull. Το κυρίως τμήμα του δείγματος, που κυμαίνεται σε ένα εύρος πιθανοτήτων υπέρβασης από 5 ως 95%, περιγράφεται εξίσου καλά και από τις δύο κατανομές. Σύμφωνα με την προτεινόμενη μεθοδολογία, στο σύνολο του δείγματος προσαρμόζεται μια μικτή κατανομή, με όριο τη διάμεσο τιμή. Αν δεχόμασταν μια ενιαία κατανομή, π.χ. τη λογαριθμοκανονική, τότε στις πολύ χαμηλές τιμές (π.χ. τη χαμηλότερη, ήτοι 100 mm) θα αντιστοιχούσε μια εξαιρετικά υψηλή πιθανότητα υπέρβασης, και συνακόλουθα ένας υπερβολικά χαμηλός δείκτης ξηρασίας, της τάξης του -4.0 ή και λιγότερο. Συνεπώς, το γεγονός ξηρασίας θα χαρακτηρίζονταν ως εξαιρετικά σπάνιο, κάτι που δεν είναι συνεπές με το γράφημα της εμπειρικής κατανομής, στο οποίο η ελάχιστη τιμή δεν δείχνει να αποκλίνει σημαντικά από το υπόλοιπο δείγμα.



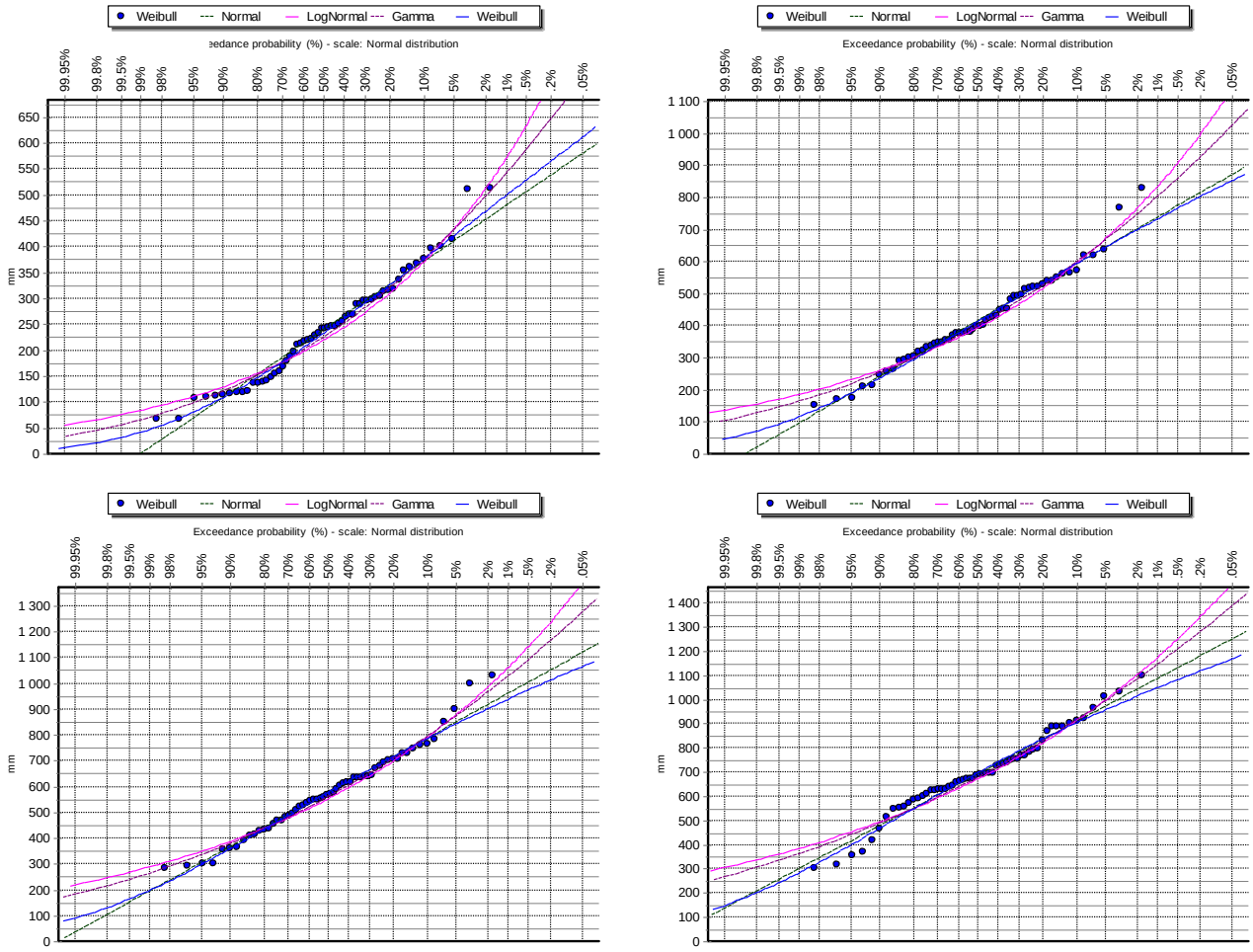
Εικόνα 4-1: Παράδειγμα προσαρμογής σύνθετης κατανομής σε δείγμα ετήσιων υψών βροχής, στο οποίο οι τιμές πάνω από τη διάμεσο περιγράφονται από την λογαριθμοκανονική κατανομή, ενώ οι τιμές κάτω από τη διάμεσο από την κατανομή Weibull.

4.3.4. ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗΣ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ

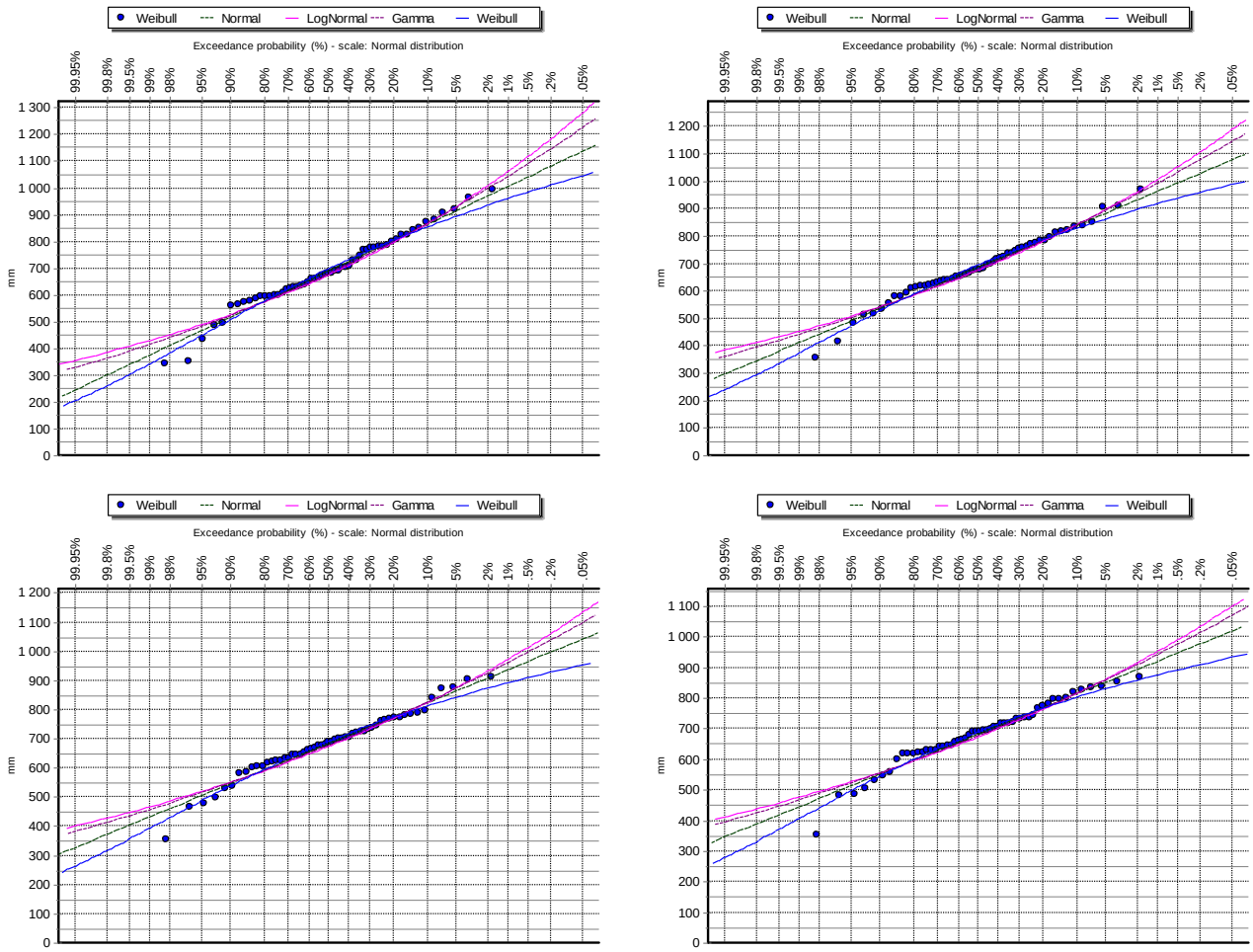
Ως παράδειγμα της διαδικασίας επιλογής της κατάλληλης στατιστικής κατανομής χρησιμοποιείται το δείγμα μηνιαίας βροχόπτωσης του σταθμού Αρναία του πρώην ΥΠΕΧΩΔΕ, το οποίο καλύπτει μια περίοδο 57 πλήρων υδρολογικών ετών, από τον Ιούνιο του 1953 έως τον Απρίλιο του 2011. Πρόκειται για τον σημαντικότερο σταθμό της ευρύτερης περιοχής της Χαλκιδικής, και αυτόν με το μεγαλύτερο υδρολογικό δείγμα σε όλο του ΥΔ (μαζί με τους βροχομετρικούς σταθμούς Κρύας Βρύσης και Νέας Χαλκηδόνας). Η ετήσια χρονοσειρά βροχόπτωσης, καθώς και οι κυλιόμενοι μέσοι όροι δέκα ετών, οι διακυμάνσεις των οποίων βοηθούν στην αναγνώριση των μακροχρόνιων, έμμονων, ξηρασιών, απεικονίζονται στο διάγραμμα του Σχήματος 4-2. Τα στατιστικά χαρακτηριστικά του ύψους βροχής του σταθμού, για διάφορες χρονικές κλίμακες, συνοψίζονται στον Πίνακα 4-1.



Εικόνα 4-2: Ετήσιο ύψος βροχής Αρναίας και κινούμενοι μέσοι όροι δέκα ετών.



Εικόνα 4-3: Προσαρμογή θεωρητικών κατανομών στα δείγματα αθροιστικών βροχοπτώσεων του μετεωρολογικού σταθμού Αρναίας τριμήνου Οκτωβρίου-Δεκεμβρίου (πάνω αριστερά), εξαμήνου Οκτωβρίου- Μαρτίου (πάνω δεξιά), εννεάμηνου Οκτωβρίου-Ιουνίου (κάτω αριστερά), και υδρολογικού έτους (κάτω δεξιά).

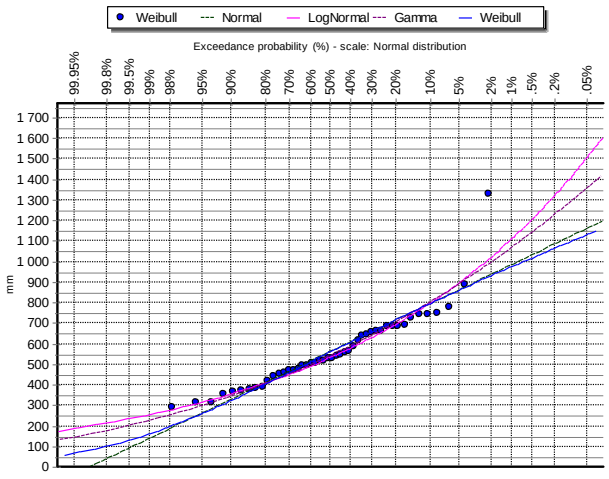


Εικόνα 4-4: Προσαρμογή θεωρητικών κατανομών στα δείγματα βροχοπτώσεων του μετεωρολογικού σταθμού Αρναίας για χρονικές κλίμακες κυλιόμενων μέσων όρων δύο (πάνω αριστερά), τριών (πάνω δεξιά), τεσσάρων (κάτω αριστερά), και πέντε υδρολογικών ετών (κάτω δεξιά).

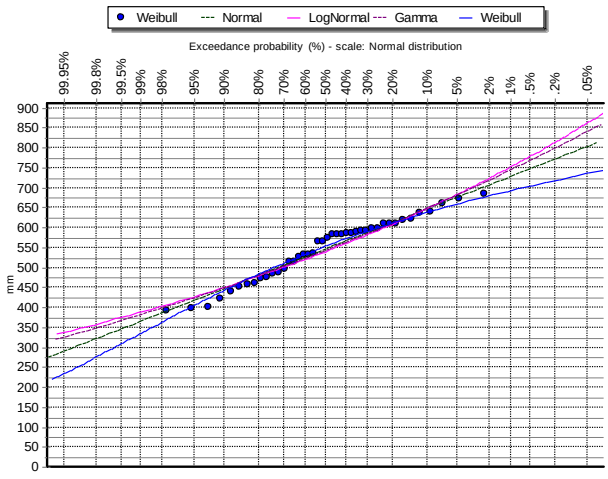
Για τις χρονικές κλίμακες ενδιαφέροντος σχηματίζεται η εμπειρική κατανομή, στην οποία προσαρμόζονται οι τέσσερις τυπικές θεωρητικές κατανομές (κανονική, λογαριθμοκανονική, διπαραμετρική γάμα και Weibull). Για τις επεξεργασίες χρησιμοποιείται το υποσύστημα στατιστικής ανάλυσης Πυθία του λογισμικού Υδρογνώμων (Κοζάνης *κ.ά.*, 2010), που διατίθεται από την ΕΓΥ (http://www.hydroscope.gr/). Τα διαγράμματα απεικονίζονται στις Εικόνες 4-3 (για χρονικές κλίμακες από τρίμηνη ένα ετήσια) και 4-4 (για χρονικές κλίμακες δύο έως πέντε ετών).

Στο συγκεκριμένο παράδειγμα, από τη γραφική σύγκριση της εμπειρικής και των εναλλακτικών θεωρητικών κατανομών, προκύπτει ότι:

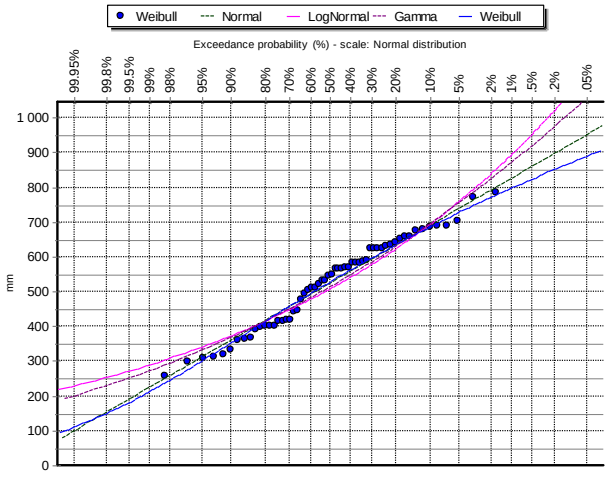
- Καμία από τις στατιστικές κατανομές δεν μπορεί να περιγράψει ικανοποιητικά όλο το εύρος τιμών των παρατηρημένων δειγμάτων, σε όλες τις χρονικές κλίμακες.
- Γενικά, η λογαριθμοκανονική κατανομή περιγράφει ικανοποιητικά τις υψηλές τιμές βροχόπτωσης (ιδιαίτερα στις μικρές χρονικές κλίμακες), αλλά όχι τις χαμηλές.
- Αντίθετα, η κανονική κατανομή καθώς και η Weibull περιγράφουν ικανοποιητικά τις χαμηλές βροχοπτώσεις, σε όλες τις χρονικές κλίμακες.
- Η γάμα κατανομή προσαρμόζεται σχετικά καλά στις μικρές κλίμακες (τρίμηνη έως ετήσια) και η κανονική στις μεγάλες.



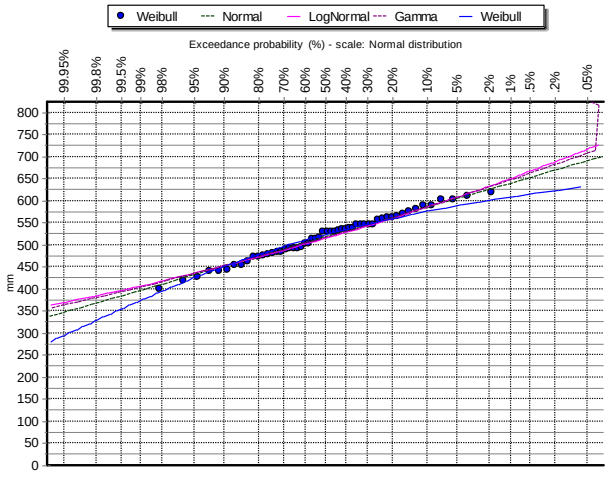
Εύζωνοι – Ετήσια βροχόπτωση



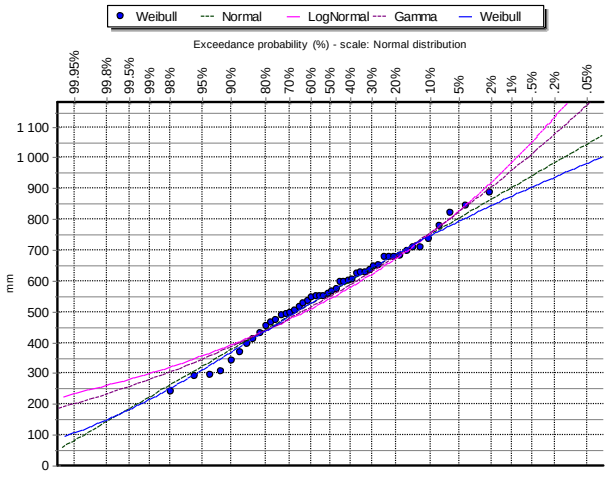
Εύζωνοι – Μέση βροχόπτωση πέντε ετών



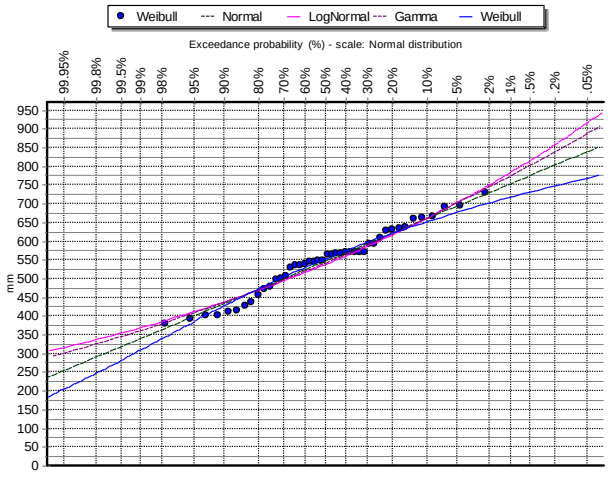
Κρύα Βρύση – Ετήσια βροχόπτωση



Κρύα Βρύση – Μέση βροχόπτωση πέντε ετών



Μεταξοχώρι – Ετήσια βροχόπτωση



Μεταξοχώρι – Μέση βροχόπτωση πέντε ετών

Εικόνα 4-5: Προσαρμογή θεωρητικών κατανομών στα ετήσια (αριστερά) και μέσα πενταετή (δεξιά) ύψη βροχής αντιπροσωπευτικών σταθμών της περιοχής μελέτης με μεγάλο μήκος δείγματος.

Πίνακας 4-1: Στατιστικά χαρακτηριστικά βροχόπτωσης μετεωρολογικού σταθμού Αρναίας σε διάφορες χρονικές κλίμακες (1952-53 έως 2010-11).

Χρονική κλίμακα	Μέση τιμή (mm)	Τυπική απόκλιση (mm)	Διάμεσος τιμή (mm)	Συντελεστής ασυμμετρίας	Ελάχιστη τιμή (mm)	Μέγιστη τιμή (mm)
Τρίμηνη	240.0	103.2	241.0	0.52	66.5	513.5
Εξάμηνη	416.9	138.2	398.1	0.51	153.3	829.6
Εννεάμηνη	581.0	163.6	572.8	0.45	281.0	1030.9
Ετήσια	699.5	164.4	689.0	-0.01	303.5	1100.3
Διετής	695.4	129.2	681.6	0.01	344.9	995.0
Τριετής	691.7	110.9	678.8	0.09	414.3	970.0
Τετραετής	689.4	99.7	688.9	0.03	465.4	912.6
Πενταετής	688.0	92.6	691.9	-0.17	482.9	869.7

Τελικά, για την στατιστική περιγραφή του συγκεκριμένου δείγματος βροχόπτωσης και, εν συνεχεία, τον υπολογισμό των δεικτών SPI, υιοθετούνται: (α) ο συνδυασμός Weibull και λογαριθμοκανονικής κατανομής, για χρονικές κλίμακες 3, 6, 9 και 12 μηνών, (β) η κανονική κατανομή, για τις ανώτερες κλίμακες.

Όπως φαίνεται από τις αναλύσεις, στην περιοχή μελέτης οι υδρολογικές μεταβλητές εμφανίζουν αρκετά διαφορετική στατιστική συμπεριφορά, ακόμα και σε σχετικά κοντινούς σταθμούς, γεγονός που δεν επιτρέπει την χρήση γενικών κανόνων για την επιλογή των στατιστικών κατανομών. Όπως φαίνεται στην Εικόνα 4-5, το σχήμα των εμπειρικών κατανομών αλλάζει τόσο χωρικά (από σταθμό σε σταθμό) όσο και μεταξύ των διαφορετικών χρονικών κλιμάκων. Συνεπώς, είναι επιβεβλημένη η κατά περίπτωση επιλογή της εκάστοτε κατανομής, με βάση την οποία γίνεται ο υπολογισμός του δείκτη ξηρασίας.

4.3.5. ΔΙΑΤΥΠΩΣΗ ΔΕΙΚΤΩΝ SPI ΚΑΙ SRI ΣΕ ΟΡΟΥΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ ΕΠΑΝΑΦΟΡΑΣ

Η περίοδος επαναφοράς αποτελεί μια από τις πλέον διαδεδομένες έννοιες της υδρολογίας, που βρίσκει ευρεία εφαρμογή στις αναλύσεις ακραίων υδρολογικών γεγονότων (πλημμύρες, ξηρασίες). Συγκεκριμένα, η περίοδος επαναφοράς T μιας δεδομένης τιμής x της τυχαίας μεταβλητής X ορίζεται ως ο μέσος αριθμός των χρονικών διαστημάτων (στην προκειμένη περίπτωση, υδρολογικών ετών) που μεσολαβεί μεταξύ δύο διαδοχικών εμφανίσεων της μεταβλητής, με μέγεθος μεγαλύτερο ή ίσο της δεδομένης τιμής x. Αποδεικνύεται ότι η περίοδος επαναφοράς της τιμής x είναι:

$$T = \textbf{Error!} = \textbf{Error!} \quad (4.16)$$

Παρόμοιος είναι ο ορισμός της περιόδου επαναφοράς ελαχίστων μιας μεταβλητής, με μέγεθος μικρότερο ή ίσο της δεδομένης τιμής x. Στην περίπτωση αυτή ισχύει:

$$T = \textbf{Error!} = \textbf{Error!} \quad (4.17)$$

Στις αναλύσεις, θεωρούμε την περίοδο επαναφοράς είτε ως το αντίστροφο της πιθανότητας υπέρβασης, όταν το υπόψη μέγεθος (έστω βροχόπτωση) είναι μεγαλύτερο της διαμέσου (δηλαδή για SPI > 0), είτε ως το αντίστροφο της πιθανότητας μη υπέρβασης, δηλαδή της συνάρτησης κατανομής $F_X(x)$, όταν το μέγεθος που ενδιαφέρει είναι μικρότερο της διαμέσου (SPI < 0). Εξ ορισμού, η τιμή SPI = 0 αντιστοιχεί σε περίοδο επαναφοράς δύο ετών.

4.3.6. ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΞΗΡΑΣΙΩΝ

Με βάση την τιμή της τυποποιημένης μεταβλητής z, κάθε γεγονός χαμηλής υδροφορίας (δηλαδή, κάθε τιμή βροχόπτωσης ή απορροής με $z < 0$) κατατάσσεται σε συγκεκριμένο επίπεδο κρισιμότητας, με βάση τα τέσσερα όρια που προτάθηκαν από τους McKee *et al.* (1993). Σύμφωνα με την παραπάνω κατάταξη, ως ακραία (extreme) χαρακτηρίζονται τα επεισόδια ξηρασίας για τα οποία ισχύει $z \leq -2$. Η τιμή αυτή αντιστοιχεί σε πιθανότητα μη υπέρβασης 2.3% ή, ισοδύναμα, περίοδο επαναφοράς 44 έτη. Αντίστοιχα, αν

η τιμή του *z* κυμαίνεται στο διάστημα –1.5 ως –2.0, η ξηρασία χαρακτηρίζεται σοβαρή (severe), και σε αυτή αντιστοιχεί περίοδος επαναφοράς από 15 έως 44 έτη.

Στον Πίνακα 4-2, οι δυνατές υδρολογικές καταστάσεις μιας περιοχής έχουν χωριστεί σε οκτώ κατηγορίες, επεκτείνοντας την κατάταξη των McKee *et al.* (1993) και για τις θετικές τιμές του δείκτη *z*. Συνεπώς, σε αντιστοιχία με την ήπια, μέτρια, σοβαρή και ακραία ξηρασία, οι θετικές τιμές υποδηλώνουν κανονική, υψηλή, πολύ υψηλή και ακραία υψηλή υδροφορία. Για τους χαρακτηρισμούς των γεγονότων-καταστάσεων χρησιμοποιούνται ακόμη τα σύμβολα Α, Β, Γ και Δ, με θετικό ή αρνητικό πρόσημο.

Πίνακας 4-2: Κατάταξη γεγονότων ξηρασίας και υδροφορίας κατά McKee et al. (1993), μετά από προσαρμογή.

Εύρος τυποποιημένου δείκτη ξηρασίας	Εύρος συνάρτησης κατανομής, *Fz*	Εύρος περιόδου επαναφοράς (έτη)	Χαρακτηρισμός κατάστασης	Συμβολισμός
$2.0 \le z$	$0.977 \ge F_Z$	$44 \le T$	Ακραία υψηλή υδροφορία	+Δ
$1.5 \le z < 2.0$	$0.977 \ge F_Z > 0.933$	$15 \le T < 44$	Πολύ υψηλή υδροφορία	+Γ
$1.0 \le z < 1.5$	$0.933 \ge F_Z > 0.841$	$6 \le T < 15$	Υψηλή υδροφορία	+Β
$0.0 \le z < 1.0$	$0.841 \ge F_Z > 0.500$	$2 \le T < 6$	Κανονική υδροφορία	+Α
$0.0 \ge z > -1.0$	$0.500 \ge F_Z > 0.159$	$2 \le T < 6$	Ήπια (mild) ξηρασία	-Α
$-1.0 \ge z > -1.5$	$0.159 \ge F_Z > 0.067$	$6 \le T < 15$	Μέτρια (moderate) ξηρασία	-Β
$-1.5 \ge z > -2.0$	$0.067 \ge F_Z > 0.023$	$15 \le T < 44$	Σοβαρή (severe) ξηρασία	-Γ
$-2.0 \ge z$	$0.023 \ge F_Z$	$44 \le T$	Ακραία (extreme) ξηρασία	-Δ

(*) Η μεταβλητή *z* υποδηλώνει είτε τον δείκτη SPI είτε τον δείκτη SRI.

4.4. ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΞΗΡΑΣΙΩΝ

4.4.1. ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΩΝ ΠΕΡΙΟΔΟΥ 1980-2010

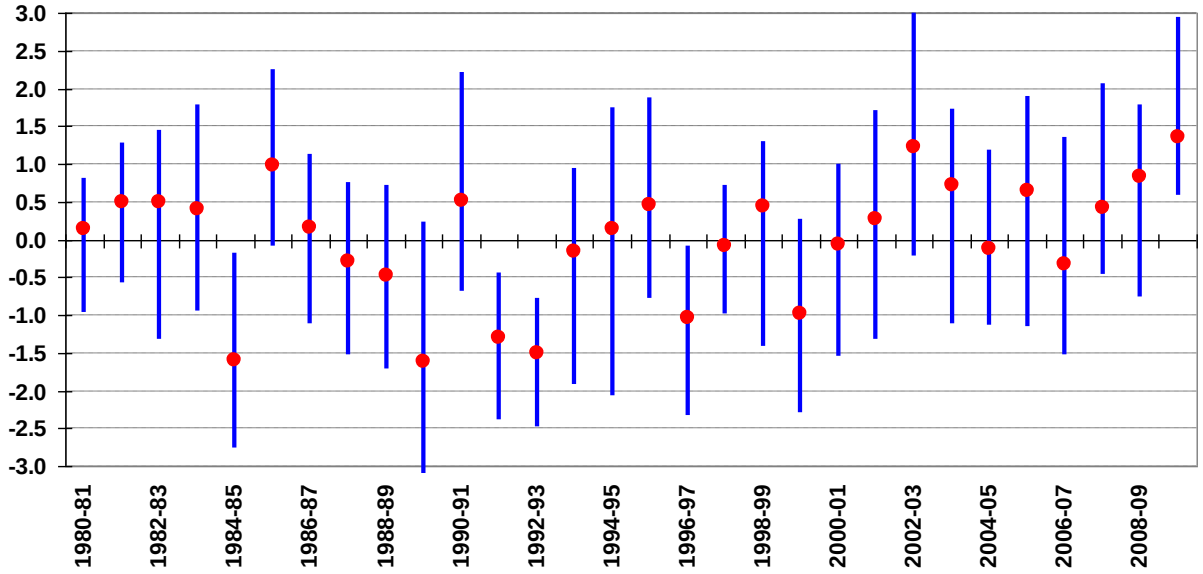
Για τη διερεύνηση των ιστορικών ξηρασιών στην περιοχή μελέτης έγιναν μια σειρά από στατιστικές αναλύσεις στις μηνιαίες χρονοσειρές βροχόπτωσης των 23 σταθμών του Πίνακα 3-1για μια περίοδο 30 ετών (υδρολογικά έτη 1980-81 έως 2009-10). Όπως αναφέρθηκε στο εδάφιο 3.3.4, σε όλους τους σταθμούς καταρτίστηκαν τα συναθροισμένα δείγματα τρίμηνης (Οκτώβριος-Δεκέμβριος), εξάμηνης (Οκτώβριος-Μάρτιος), εννεάμηνης (Οκτώβριος-Ιούνιος) και ετήσιας βροχόπτωσης. Ακόμη, καταρτίστηκαν οι χρονοσειρές μέσης ετήσιας βροχόπτωσης (κυλιόμενοι μέσοι όροι), για διαστήματα 24, 36, 48 και 60 μηνών. Είναι προφανές ότι η υπερετήσια χρονική κλίμακα παρέχει μια πιο αντιπροσωπευτική εικόνα της εξέλιξης μιας ξηρασίας, καθώς η δριμύτητα του φαινομένου και οι επιπτώσεις του μεγιστοποιούνται όσο αυξάνει το χρονικό εύρος της ακολουθίας των ξηρών περιόδων.

Πίνακας 4-3: Μέση τιμή σημειακού δείκτη SPI σε διάφορες χρονικές κλίμακες.

	3 μήνες	6 μήνες	9 μήνες	1 έτος	2 έτη	3 έτη	4 έτη	5 έτη
1980-81	0.87	0.63	0.18	0.13				
1981-82	0.25	0.25	0.39	0.50	0.40			
1982-83	0.81	0.02	0.48	0.49	0.62	0.59		
1983-84	0.59	0.73	0.52	0.40	0.60	0.75	0.75	
1984-85	-1.05	-0.93	-1.26	-1.60	-0.66	-0.22	0.09	0.17
1985-86	0.37	1.16	1.28	0.98	-0.20	0.10	0.35	0.55
1986-87	-1.45	0.23	0.33	0.16	0.79	-0.04	0.20	0.43
1987-88	0.53	0.38	0.00	-0.30	-0.07	0.53	-0.13	0.10
1988-89	-0.02	-0.73	-0.60	-0.48	-0.53	-0.31	0.27	-0.28
1989-90	-0.80	-1.88	-1.77	-1.61	-1.40	-1.25	-0.93	-0.30
1990-91	0.54	0.22	0.18	0.51	-0.59	-0.73	-0.75	-0.53
1991-92	-1.83	-2.52	-1.11	-1.30	-0.41	-1.12	-1.19	-1.13
1992-93	-0.66	-1.08	-1.05	-1.50	-1.90	-1.06	-1.60	-1.60
1993-94	-0.27	0.14	0.05	-0.17	-1.05	-1.50	-0.91	-1.38
1994-95	0.10	0.01	-0.24	0.13	0.00	-0.69	-1.12	-0.67
1995-96	0.29	0.80	0.42	0.46	0.40	0.30	-0.28	-0.69
1996-97	-0.74	-0.62	-1.10	-1.04	-0.29	-0.13	-0.11	-0.60
1997-98	0.44	0.24	0.10	-0.08	-0.72	-0.25	-0.10	-0.09
1998-99	0.76	0.71	0.46	0.45	0.27	-0.25	0.07	0.17
1999-00	0.34	-0.18	-0.68	-0.99	-0.28	-0.23	-0.61	-0.27
2000-01	-0.39	-0.41	0.08	-0.07	-0.67	-0.22	-0.19	-0.54
2001-02	-1.46	-0.90	-0.81	0.27	0.12	-0.36	-0.04	-0.03
2002-03	1.60	1.22	1.31	1.22	1.02	0.82	0.36	0.56
2003-04	0.88	0.67	0.84	0.73	1.32	1.22	1.07	0.65
2004-05	-0.20	-0.14	-0.40	-0.11	0.43	1.04	1.04	0.92
2005-06	-0.48	0.34	0.43	0.64	0.37	0.70	1.21	1.19
2006-07	-0.39	-0.72	-0.36	-0.33	0.22	0.10	0.45	0.95
2007-08	0.53	0.08	0.28	0.43	0.05	0.41	0.29	0.59
2008-09	-0.24	0.64	0.71	0.83	0.83	0.50	0.75	0.61
2009-10	1.00	1.50	1.52	1.35	1.46	1.42	1.13	1.28
Ελάχιστη	**-1.83**	**-2.52**	**-1.77**	**-1.61**	**-1.90**	**-1.50**	**-1.60**	**-1.60**
Μέγιστη	**1.60**	**1.50**	**1.52**	**1.35**	**1.46**	**1.42**	**1.21**	**1.28**

Για όλες τις χρονικές κλίμακες, από τη μηνιαία έως την πενταετή, υπολογίστηκαν τα βασικά στατιστικά μεγέθη (μέση τιμή, διάμεσος, τυπική απόκλιση, συντελεστής ασυμμετρίας, μέγιστη και ελάχιστη τιμή), και οι παράμετροι της κατανομής γάμα, η οποία χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό του SPI, σε σημειακή βάση. Για λόγους ομοιομορφίας, επιλέχθηκε μια κοινή κατανομή για όλους τους σταθμούς και όλες τις χρονικές κλίμακες. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, η γάμα κατανομή είναι η πλέον διαδεδομένη, και έχει το πλεονέκτημα της προσαρμογής της σε δείγματα με θετική ασυμμετρία. Βεβαίως, στις πιο λεπτομερείς αναλύσεις που γίνονται στη συνέχεια, η επιλογή της εκάστοτε στατιστικής κατανομής εξειδικεύεται για κάθε χρονοσειρά (σημειακή ή επιφανειακή) και κάθε χρονική κλίμακα, με βάση την προσαρμογή της στην εμπειρική κατανομή.

Στον Πίνακα 4-3 παρουσιάζονται οι μέσες τιμές των 23 δεικτών για κάθε χρονική κλίμακα. Ακόμη, στην Εικόνα 4-6 παρουσιάζονται οι τιμές του ετήσιου δείκτη SPI όλων των βροχομετρικών σταθμών, για κάθε έτος. Παρατηρείται ότι, σε σημειακή κλίμακα, η χωρική μεταβλητότητα του SPI είναι ιδιαίτερα υψηλή.



Εικόνα 4-6: Μεταβλητότητα σημειακών τιμών SPI ετήσιας βροχόπτωσης για την περίοδο 1980-2010 (το κόκκινο σημείο υποδηλώνει τη μέση τιμή όλων των σταθμών).

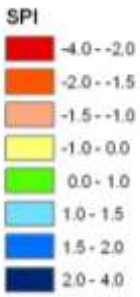
4.4.2. ΧΩΡΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΔΕΙΚΤΗ SPI

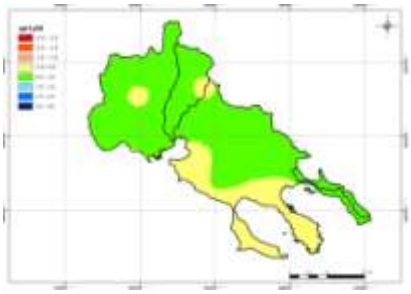
Στους χάρτες της Εικόνας 4-7 απεικονίζονται, με τη βοήθεια κατάλληλης εφαρμογής σε ΣΓΠ, οι επιφάνειες προσαρμογής του ετήσιου δείκτη SPI, για τα υδρολογικά έτη 1980-81 έως 2009-10. Τα πλέον ξηρά έτη είναι το 1984-85 και το 1989-90, ενώ τα πλέον υγρά είναι το 2002-03 και το 2009-10.

Παρατηρείται ότι ο δείκτης παρουσιάζει αρκετά σημαντική χωρική μεταβλητότητα. Για παράδειγμα, το υδρολογικό έτος 1982-83 παρατηρείται ήπια ξηρασία στη Χαλκιδική, ενώ στο Βόρειο τμήμα του Υδατικού Διαμερίσματος εμφανίζεται ήπια ως μέτρια υδροφορία.

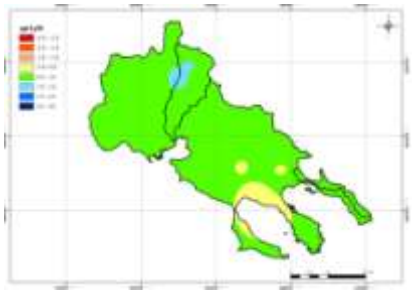
Αλλά και τις περιόδους που σε όλη την περιοχή μελέτης παρατηρείται ξηρασία, καθώς ο δείκτης SPI είναι αρνητικός σε όλους τους σταθμούς, η ένταση της ξηρασίας μεταβάλλεται χωρικά. Για παράδειγμα, το 1989-90 παρατηρείται ακραία ξηρασία στο Νότιο τμήμα της Χαλκιδικής, και ήπια στη ΛΑΠ Γαλλικού.

Η χρωματική κλίμακα που χρησιμοποιήθηκε στην Εικόνα 4-7 για την απεικόνιση των κλάσεων του δείκτη SPI είναι η παρακάτω:

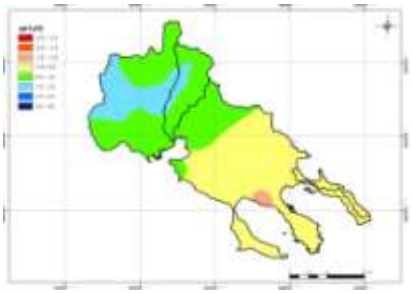




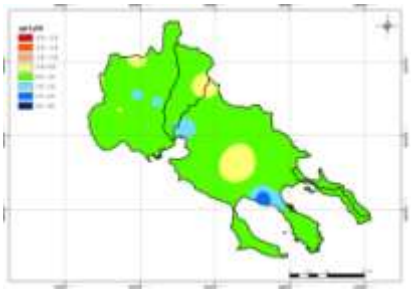
Υδρολογικό έτος 1980-81



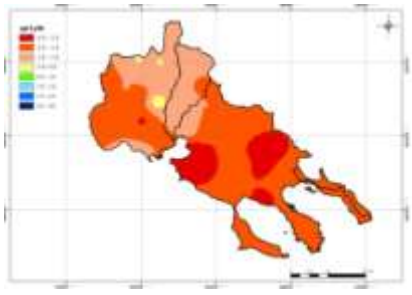
Υδρολογικό έτος 1981-82



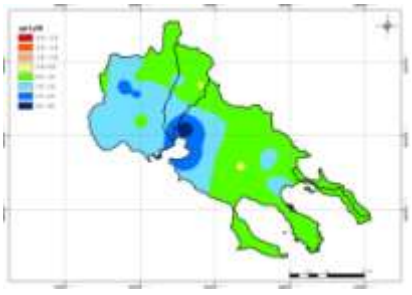
Υδρολογικό έτος 1982-83



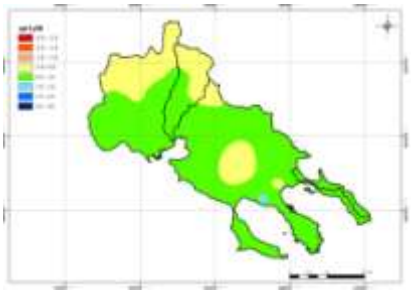
Υδρολογικό έτος 1983-84



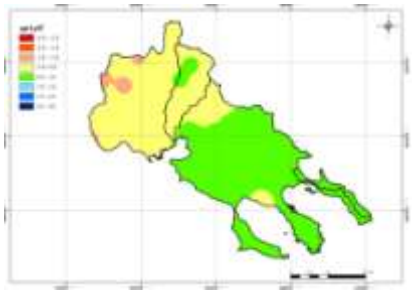
Υδρολογικό έτος 1984-85



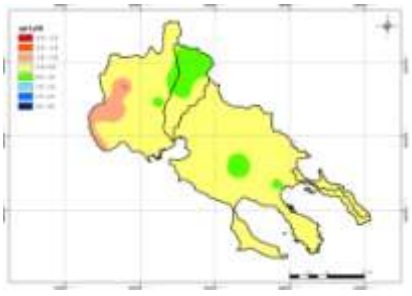
Υδρολογικό έτος 1985-86



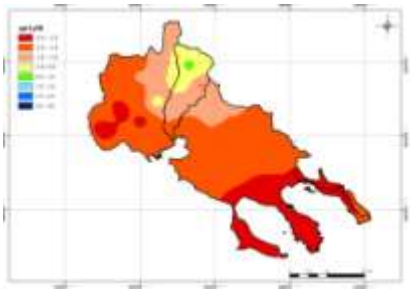
Υδρολογικό έτος 1986-87



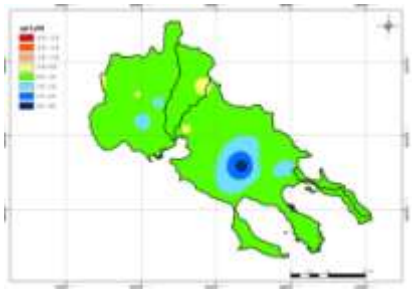
Υδρολογικό έτος 1987-88



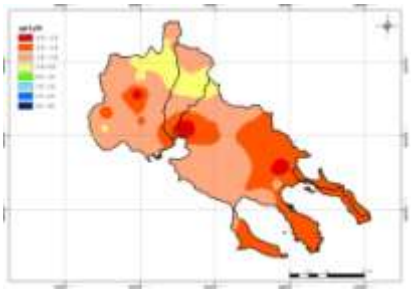
Υδρολογικό έτος 1988-89



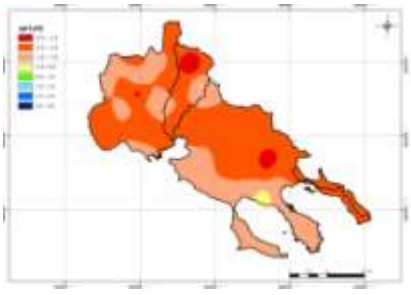
Υδρολογικό έτος 1989-90



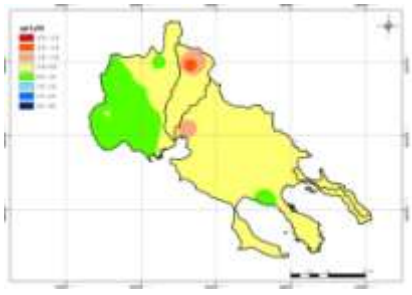
Υδρολογικό έτος 1990-91



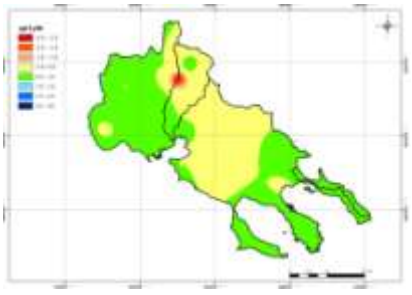
Υδρολογικό έτος 1991-92



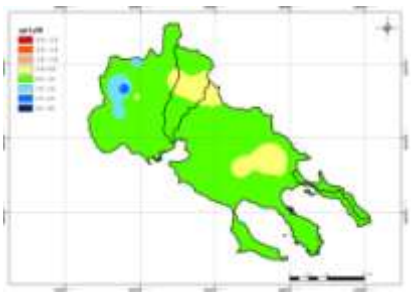
Υδρολογικό έτος 1992-93



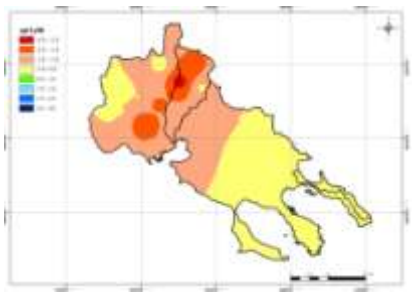
Υδρολογικό έτος 1993-94



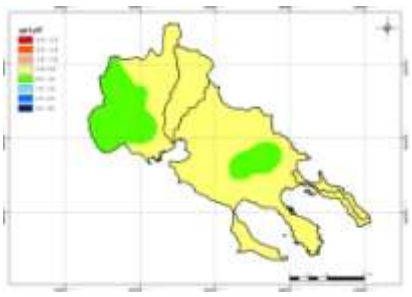
Υδρολογικό έτος 1994-95



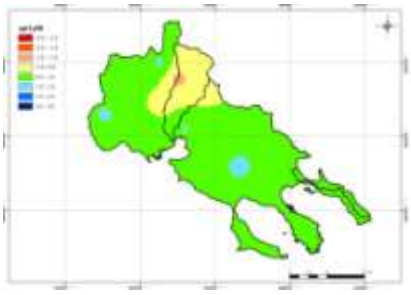
Υδρολογικό έτος 1995-96



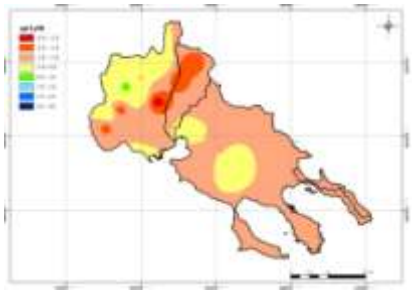
Υδρολογικό έτος 1996-97



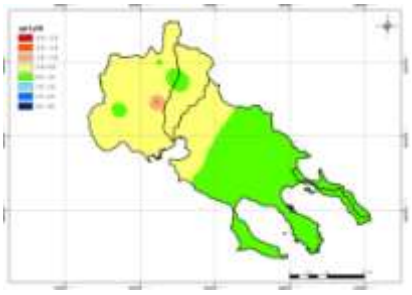
Υδρολογικό έτος 1997-98



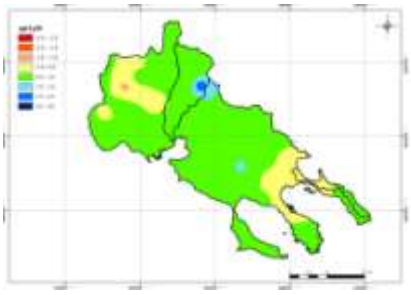
Υδρολογικό έτος 1998-99



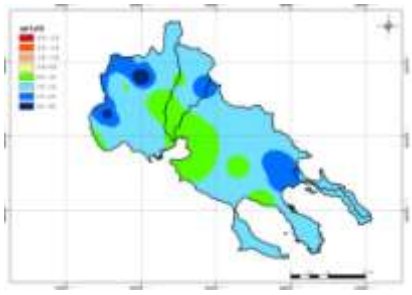
Υδρολογικό έτος 1999-00



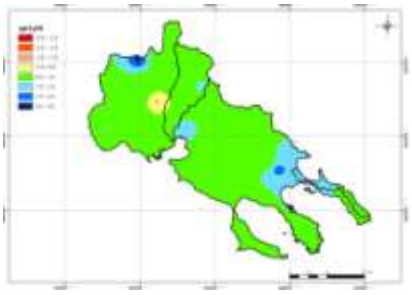
Υδρολογικό έτος 2000-01



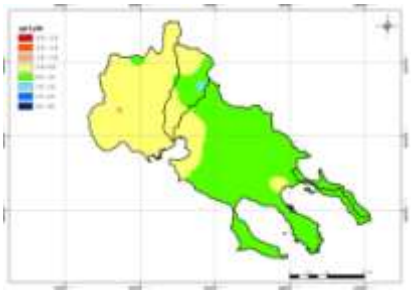
Υδρολογικό έτος 2001-02



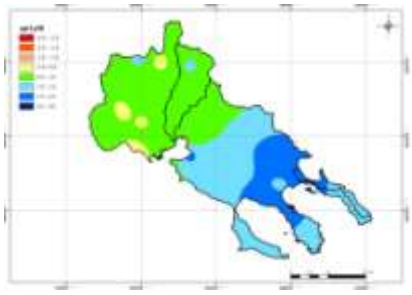
Υδρολογικό έτος 2002-03



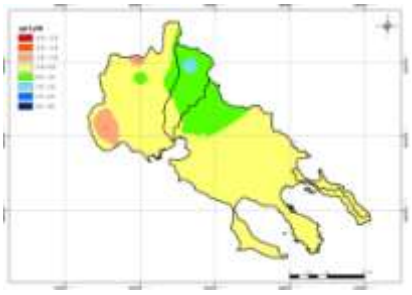
Υδρολογικό έτος 2003-04



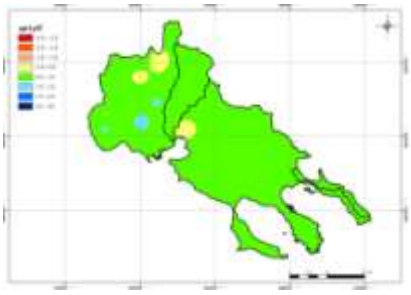
Υδρολογικό έτος 2004-05



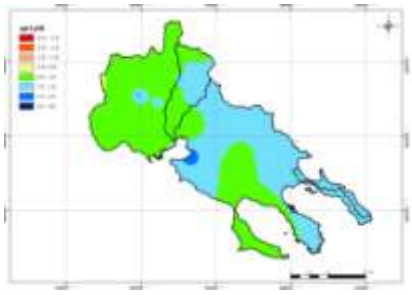
Υδρολογικό έτος 2005-06



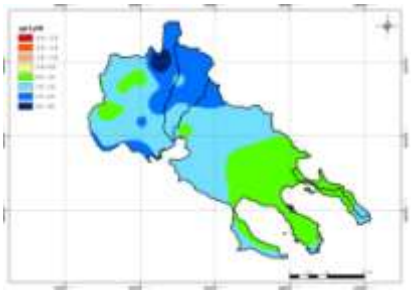
Υδρολογικό έτος 2006-07



Υδρολογικό έτος 2007-08



Υδρολογικό έτος 2008-09



Υδρολογικό έτος 2009-10

Εικόνα 4-7: Χρονική εξέλιξη της επιφάνειας προσαρμογής του δείκτη ξηρασίας στην περιοχή μελέτης, την περίοδο 1980-2010.

4.4.3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΩΝ

4.4.3.1. ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ

Η ανάλυση των μετεωρολογικών ξηρασιών γίνεται και με βάση στις επιφανειακές βροχοπτώσεις των τεσσάρων λεκανών απορροής ποταμού (ΛΑΠ) του Υδατικού Διαμερίσματος Κεντρικής Μακεδονίας, καθώς και στην επιφανειακή βροχόπτωση που αναφέρεται στο σύνολο του ΥΔ. Η τελευταία προκύπτει ως σταθμισμένο άθροισμα των επιφανειακών βροχοπτώσεων των επιμέρους ΛΑΠ, στο οποίο οι συντελεστές στάθμισης εκτιμώνται με βάση τα εμβαδά και τα αντίστοιχα ποσοστά επιρροής του Πίνακα 4-4.

Υπενθυμίζεται ότι οι επιφανειακές βροχοπτώσεις έχουν υπολογιστεί με τρόπο ώστε να αξιοποιηθεί το σύνολο τη διαθέσιμης πληροφορίας που αφορά στα σημειακά δείγματα. Τα δεδομένα της περιόδου 1980-2010 βασίζονται σε μεγάλο αριθμό σταθμών, ενώ τα παλαιότερα δεδομένα προέρχονται από τη χωρική ολοκλήρωση των δειγμάτων από μικρό αριθμό σταθμών, τα οποία έχουν διορθωθεί με βάση τη διαδικασία που περιγράφηκε στο εδάφιο 3.4.2. Στη συνέχεια παρουσιάζεται η ανάλυση των μετεωρολογικών ξηρασιών ανά ΛΑΠ και συγκεντρωτικά.

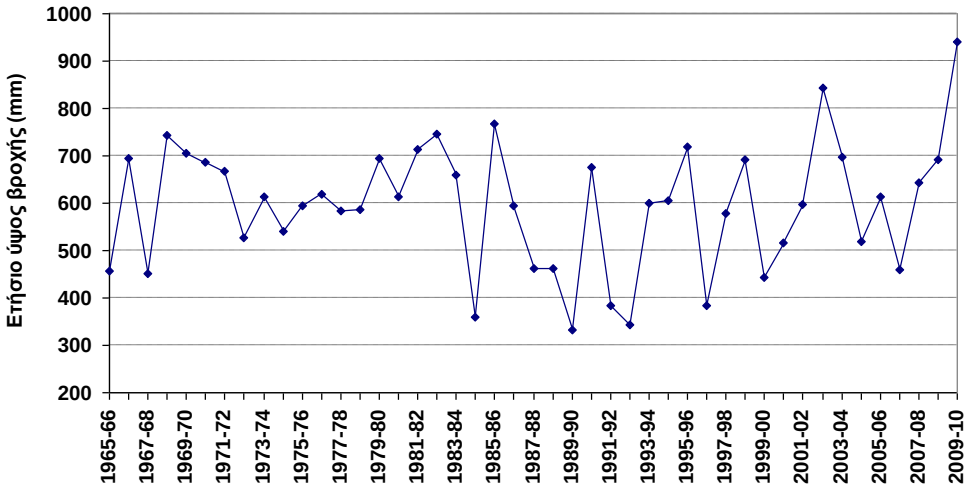
Πίνακας 4-4: Χαρακτηριστικά μεγέθη ΛΑΠ Κεντρικής Μακεδονίας για τον υπολογισμό της επιφανειακής βροχόπτωσης στο Υδατικό Διαμέρισμα.

	ΛΑΠ Αξιού	ΛΑΠ Γαλλικού	ΛΑΠ Χαλκιδικής	ΛΑΠ Άθω	Σύνολο ΥΔ
Έκταση (km²)	3 325	1 051	5 537	237	10 149
Ποσοστό επιρροής (%)	32.8	10.4	54.6	2.3	
Μέση ετήσια βροχόπτωση (mm)	595.9	545.6	534.9	470.8	554.8

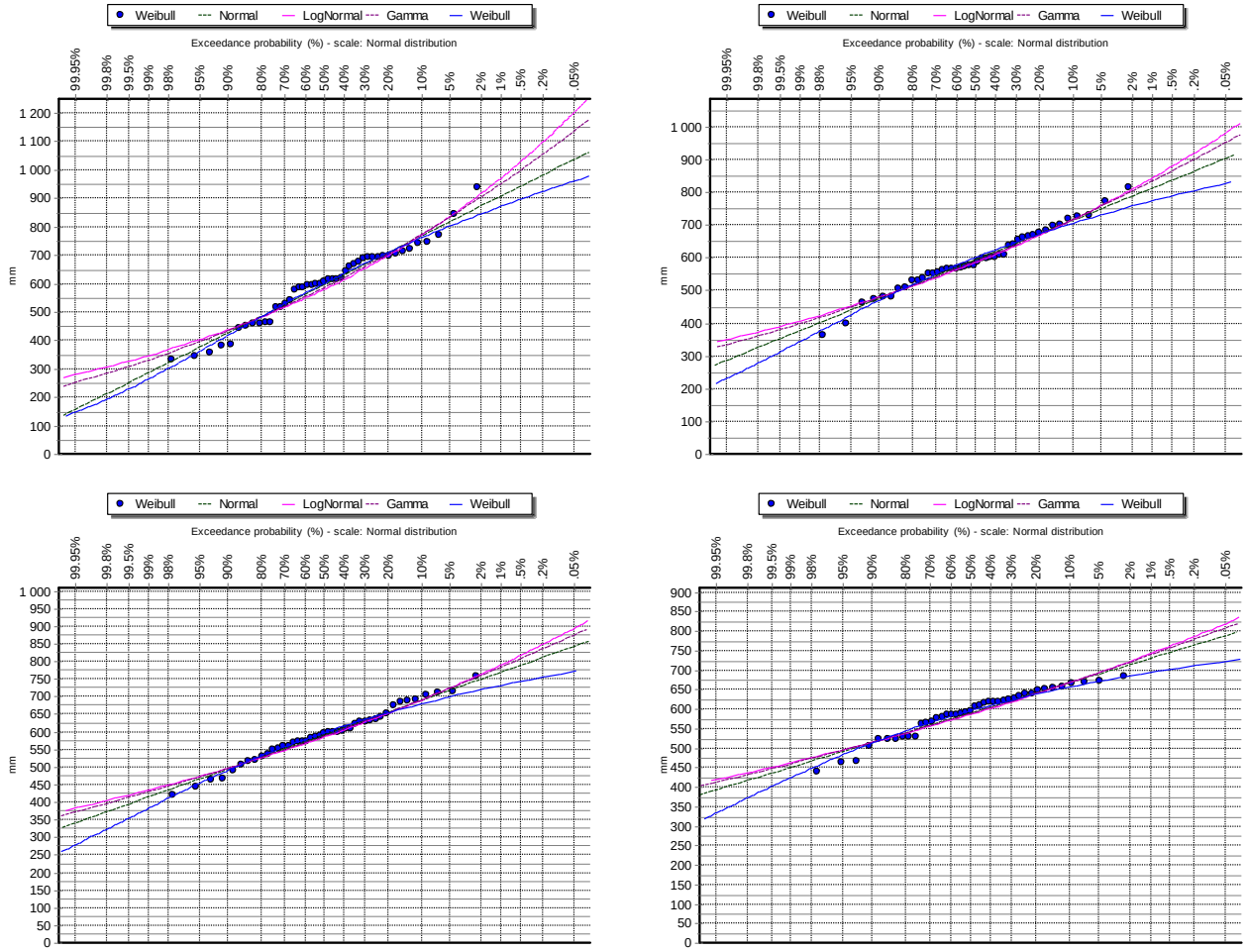
4.4.3.2. ΛΑΠ ΑΞΙΟΥ (GR03)

Η χρονοσειρά επιφανειακής βροχόπτωσης της ΛΑΠ καλύπτει την περίοδο 1965-66 έως 2009-10, δηλαδή 45 υδρολογικά έτη (Εικόνα 4-8). Η μέση ετήσια τιμή της ανέρχεται σε 596 mm (διάμεσος 605 mm).

Εξετάζοντας την προσαρμογή των τεσσάρων τυπικών κατανομών, στις διάφορες χρονικές κλίμακες, προέκυψαν τα εξής: (α) η αθροιστική βροχόπτωση τριμήνου περιγράφεται από την κατανομή γάμα, (β) η βροχόπτωση σε χρονικές κλίμακες από εξάμηνη έως μέση διετή περιγράφεται από την κανονική κατανομή, για τις χαμηλές (μικρότερες της διαμέσου) τιμές, και τη λογαριθμοκανονική κατανομή, για τις υψηλές, και (γ) στις υψηλότερες κλίμακες προσαρμόζεται η κανονική κατανομή, στο σύνολο του δείγματος. Στην Εικόνα 4-9 απεικονίζονται οι κατανομές που χρησιμοποιήθηκαν για τη στατιστική ανάλυση των βροχοπτώσεων σε ετήσια, μέση διετή, μέση τριετή και μέση πενταετή κλίμακα.

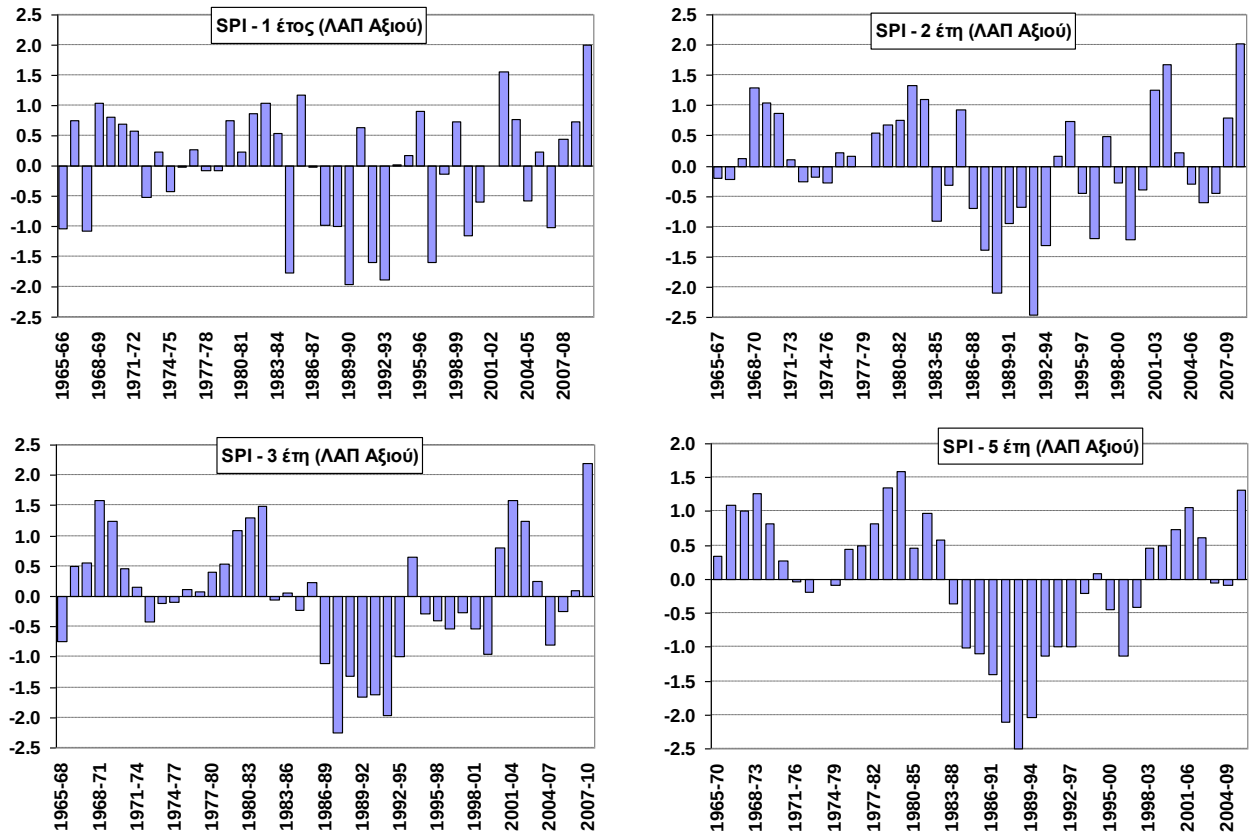


Εικόνα 4-8: Χρονοσειρά ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης στη ΛΑΠ Αξιού.



Εικόνα 4-9: Προσαρμογή θεωρητικών κατανομών στα δείγματα επιφανειακής βροχόπτωσης της ΛΑΠ Αξιού, για χρονικές κλίμακες ενός (πάνω αριστερά) και μέσου όρου δύο (πάνω δεξιά), τριών (κάτω αριστερά) και πέντε ετών (κάτω δεξιά).

Στην Εικόνα 4-10 απεικονίζεται η χρονική εξέλιξη του δείκτη μετεωρολογικής ξηρασίας SPI, για διάφορες χρονικές κλίμακες (υδρολογικού έτους και μέσων όρων δύο, τριών και πέντε ετών). Η περίοδος από το 1984-85 έως το 2000-01 χαρακτηρίζεται από έμμονη ξηρασία, με τις περισσότερες τιμές του δείκτη SPI να είναι αρνητικές. Μάλιστα, πέντε χρονιές η τιμή του δείκτη είναι μικρότερη από -1.50, που υποδηλώνει σοβαρή ξηρασία. Όταν τα μεγέθη συναθροίζονται, οι τιμές των δεικτών γίνονται ακόμα πιο δυσμενείς. Συνεπώς, στην κλίμακα της πενταετίας, προκύπτουν σε τρεις διαδοχικές μέσες πενταετίες, από το 1987 έως το 1994, τιμές μικρότερες του -2.0, που υποδηλώνουν ακραία ξηρασία. Ειδικότερα, την πενταετία 1987-92, η τιμή του δείκτη SPI εκτιμάται σε -2.50, που αντιστοιχεί σε ξηρασία περιόδου επαναφοράς 160 ετών. Αντίστοιχα ακραία είναι και η διετία 1991-93, με SPI = -2.46.



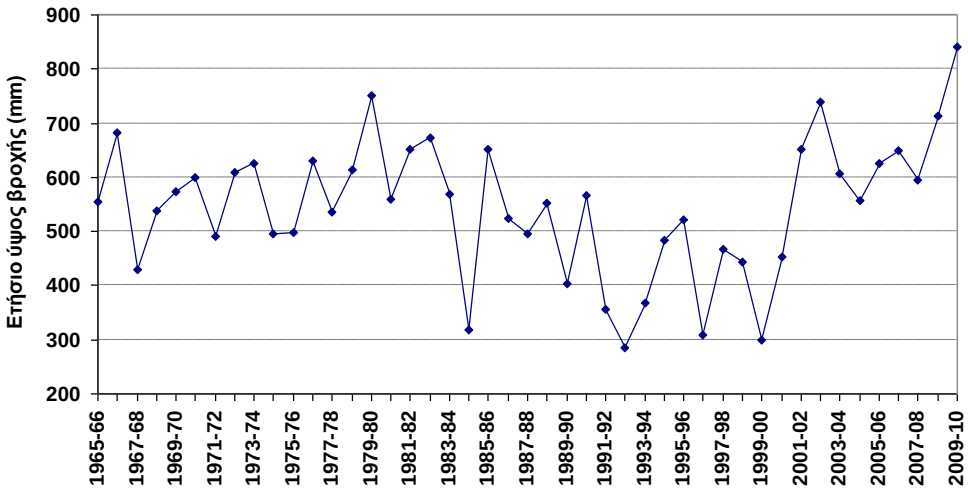
Εικόνα 4-10: Χρονική εξέλιξη δείκτη ξηρασίας ΛΑΠ Αξιού για χρονικές κλίμακες ενός, δύο, τριών και πέντε υδρολογικών ετών.

4.4.3.3. ΛΑΠ ΓΑΛΛΙΚΟΥ (GR04)

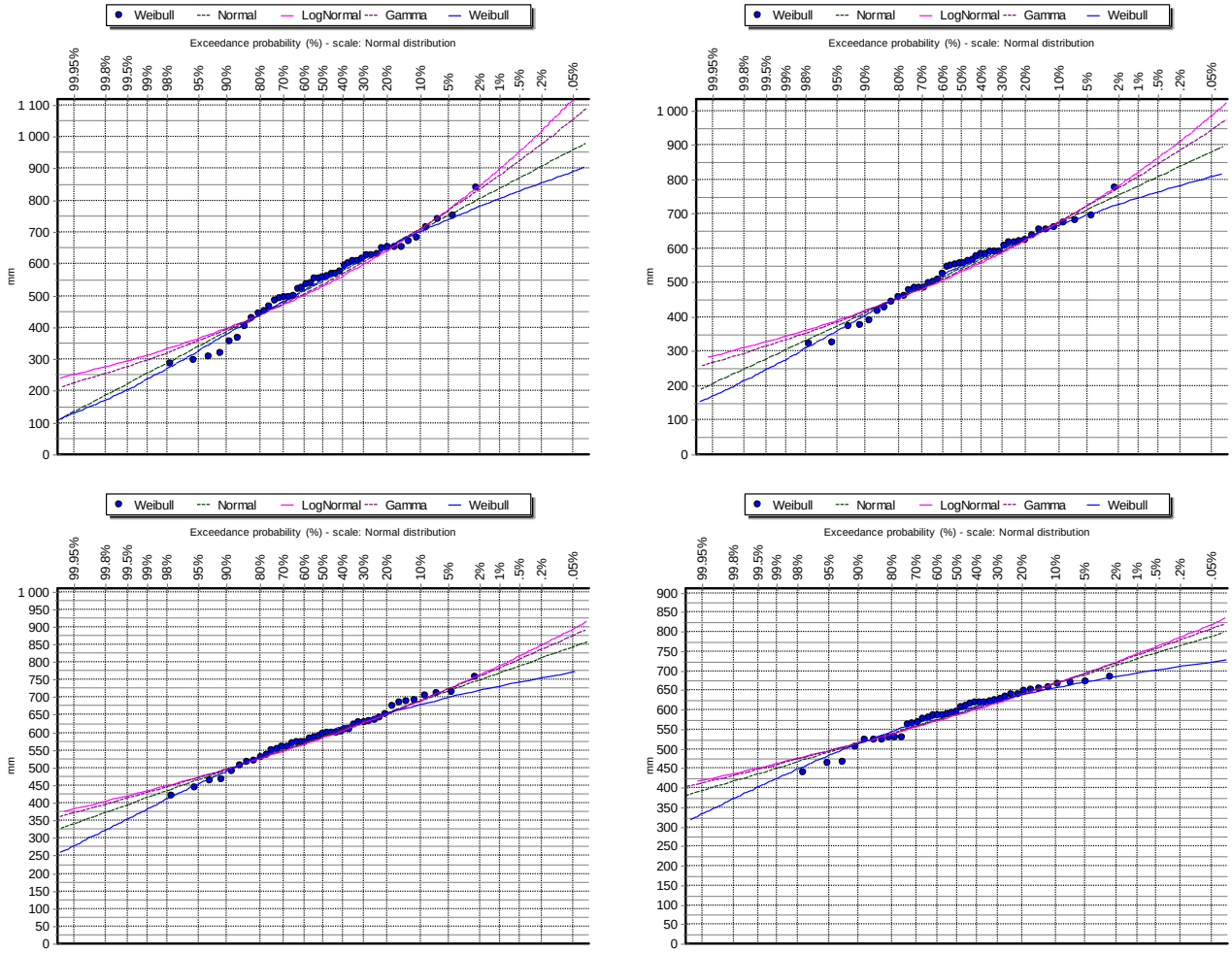
Η χρονοσειρά επιφανειακής βροχόπτωσης της ΛΑΠ καλύπτει την περίοδο 1965-66 έως 2009-10, δηλαδή 45 υδρολογικά έτη (Εικόνα 4-11). Η μέση ετήσια τιμή της ανέρχεται σε 546 mm (διάμεσος 557 mm).

Εξετάζοντας την προσαρμογή των τεσσάρων τυπικών κατανομών, στις διάφορες χρονικές κλίμακες, προέκυψαν τα εξής: (α) η αθροιστική βροχόπτωση τριμήνου περιγράφεται από την κατανομή γάμα, (β) η αθροιστική βροχόπτωση εξαμήνου και εννιαμήνου περιγράφεται από την κανονική κατανομή για τις χαμηλές τιμές και τη λογαριθμοκανονική κατανομή για τις υψηλές τιμές, και (γ) στις υπόλοιπες κλίμακες προσαρμόζεται η κανονική κατανομή, στο σύνολο του δείγματος. Στην Εικόνα 4-12 απεικονίζονται οι κατανομές που χρησιμοποιήθηκαν για τη στατιστική ανάλυση των βροχοπτώσεων σε ετήσια, μέση διετή, μέση τριετή και μέση πενταετή κλίμακα.

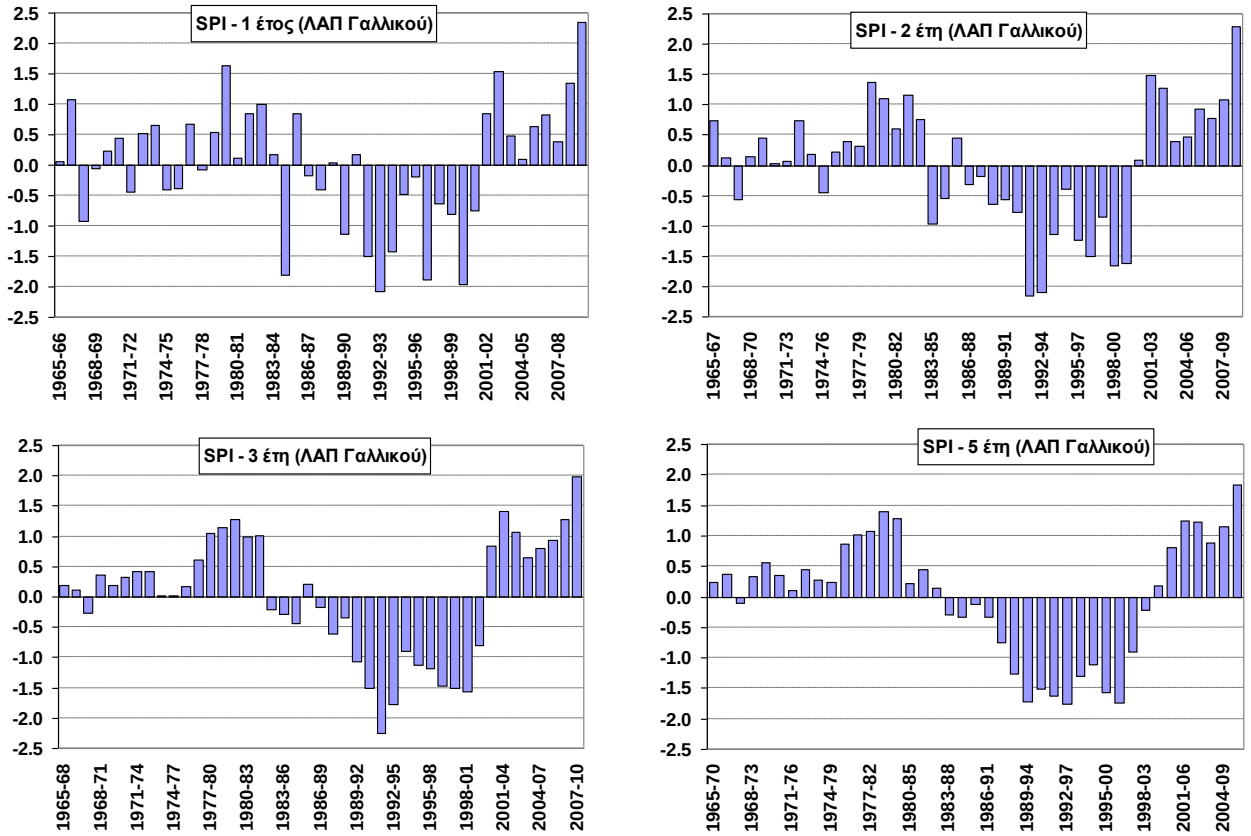
Στην Εικόνα 4-13 απεικονίζεται η χρονική εξέλιξη του δείκτη μετεωρολογικής ξηρασίας SPI, για διάφορες χρονικές κλίμακες (υδρολογικού έτους και μέσων όρων δύο, τριών και πέντε ετών). Η δίαιτα των μετεωρολογικών ξηρασιών είναι παρόμοια με τη γειτονική ΛΑΠ Αξιού. Συνεπώς, στην ευρύτερη περιοχή, η περίοδος από το 1984-85 έως το 2000-01 χαρακτηρίζεται από έμμονη ξηρασία, με τις περισσότερες τιμές του δείκτη SPI να είναι αρνητικές. Σε τέσσερις χρονιές, η τιμή του ετήσιου δείκτη προσεγγίζει ή και ξεπερνά οριακά την τιμή -2.0, υποδηλώνοντας ακραία ξηρασία. Την περίοδο από το 1989 έως το 2001, οι περισσότερες μέσες πενταετίες έχουν τιμή δείκτη μικρότερη του -1.50, που υποδηλώνουν σοβαρή ξηρασία. Η δυσμενέστερη περίοδος είναι η τριετία 1991-94, με SPI = -2.25, που αντιστοιχεί σε περίοδο επαναφοράς της τάξης των 80 ετών. Από την άλλη πλευρά, την τελευταία δεκαετία, οι βροχοπτώσεις στη ΛΑΠ είναι συστηματικά υψηλότερες της διαμέσου τιμής (SPI > 0). Μάλιστα, το υδρολογικό έτος 2009-10 χαρακτηρίζεται από ακραία υψηλή υδροφορία.



Εικόνα 4-11: Χρονοσειρά ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης στη ΛΑΠ Γαλλικού.



Εικόνα 4-12: Προσαρμογή θεωρητικών κατανομών στα δείγματα επιφανειακής βροχόπτωσης της ΛΑΠ Γαλλικού, για χρονικές κλίμακες ενός (πάνω αριστερά) και μέσου όρου δύο (πάνω δεξιά), τριών (κάτω αριστερά) και πέντε ετών (κάτω δεξιά).



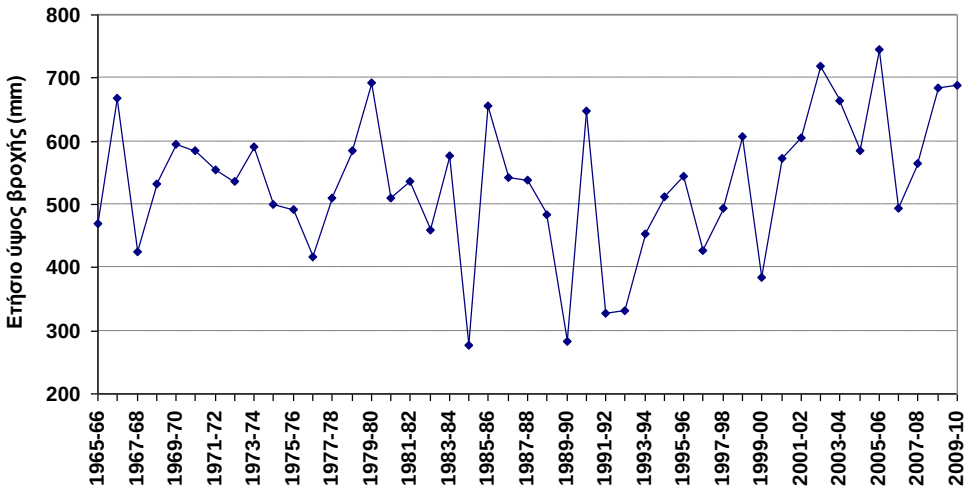
Εικόνα 4-13: Χρονική εξέλιξη δείκτη ξηρασίας ΛΑΠ Γαλλικού για χρονικές κλίμακες ενός, δύο, τριών και πέντε υδρολογικών ετών.

4.4.3.4. ΛΑΠ ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ (GR05)

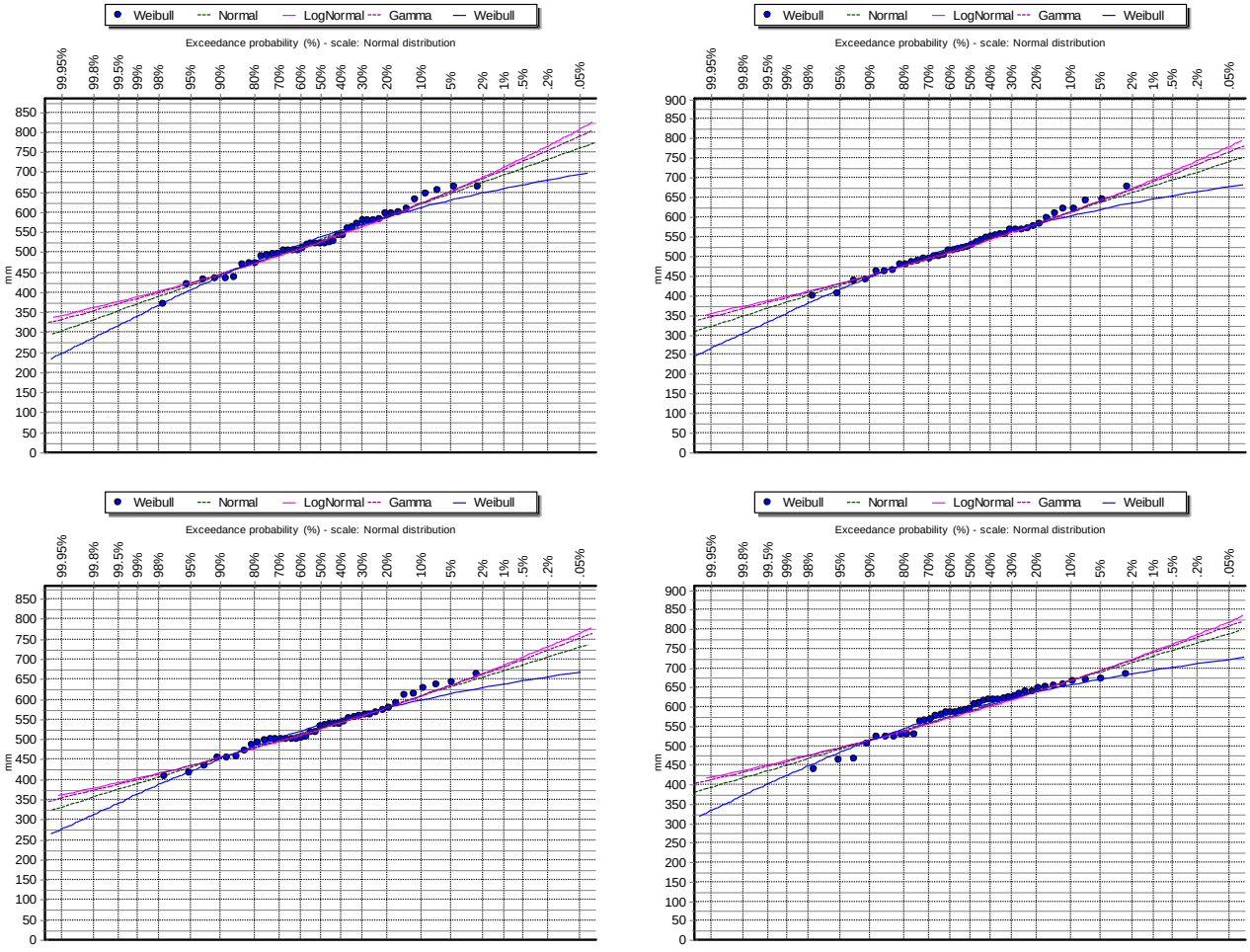
Η χρονοσειρά επιφανειακής βροχόπτωσης της ΛΑΠ καλύπτει την περίοδο 1965-66 έως 2009-10, δηλαδή 45 υδρολογικά έτη (Εικόνα 4-14). Η μέση ετήσια τιμή της ανέρχεται σε 535 mm (διάμεσος 538 mm).

Εξετάζοντας την προσαρμογή των τεσσάρων τυπικών κατανομών, στις διάφορες χρονικές κλίμακες, προέκυψαν τα εξής: (α) η αθροιστική βροχόπτωση τριμήνου περιγράφεται από την κατανομή γάμα, (β) η βροχόπτωση εξαμήνου έως μέσου όρου δύο ετών περιγράφεται από την κατανομή Weibull, για τις χαμηλές (μικρότερες της διαμέσου) τιμές, και τη κανονική κατανομή, για τις υψηλές, και (γ) στις υψηλότερες κλίμακες προσαρμόζεται η κανονική κατανομή, στο σύνολο του δείγματος. Στην Εικόνα 4-15 απεικονίζονται οι κατανομές που χρησιμοποιήθηκαν για τη στατιστική ανάλυση των βροχοπτώσεων σε ετήσια, μέση διετή, μέση τριετή και μέση πενταετή κλίμακα.

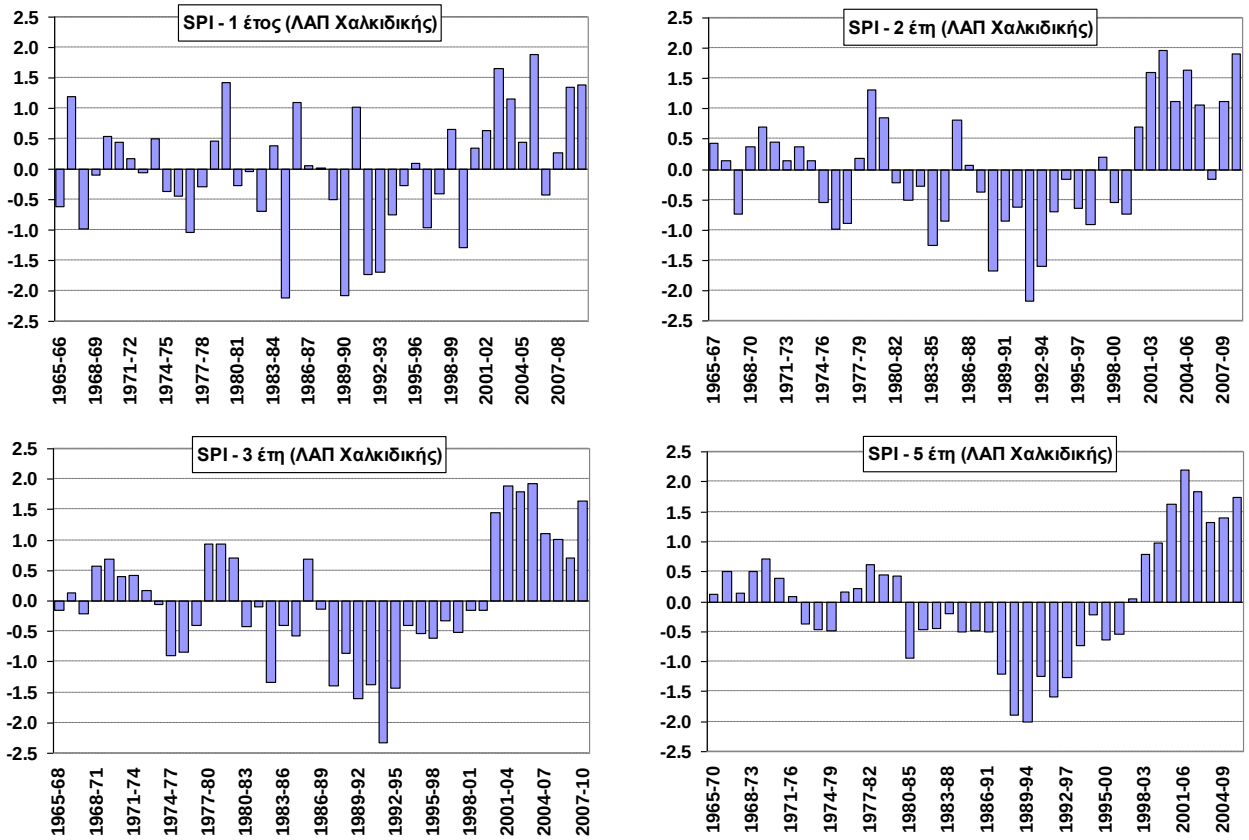
Στην Εικόνα 4-16 απεικονίζεται η χρονική εξέλιξη του δείκτη μετεωρολογικής ξηρασίας SPI, για διάφορες χρονικές κλίμακες (υδρολογικού έτους και μέσων όρων δύο, τριών και πέντε ετών). Η γενική εικόνα δεν διαφοροποιείται σε σχέση με τις άλλες λεκάνες του ΥΔ. Συνεπώς, όλη η εικοσαετία 1980-2000 είναι ξηρή, με τα υδρολογικά έτη 1984-85 και 1988-89 να χαρακτηρίζονται ως ακραία (SPI < -2.0), ενώ αντίθετα η δεκαετία 2000-2010 χαρακτηρίζεται από υψηλή υδροφορία. Η πλέον δυσμενής περίοδος είναι η τριετία 1991-94, με τον SPI να εκτιμάται σε -2.32, που αντιστοιχεί σε περίοδο επαναφοράς περίπου 100 ετών.



Εικόνα 4-14: Χρονοσειρά ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης στη ΛΑΠ Χαλκιδικής.



Εικόνα 4-15: Προσαρμογή θεωρητικών κατανομών στα δείγματα επιφανειακής βροχόπτωσης της ΛΑΠ Χαλκιδικής, για χρονικές κλίμακες ενός (πάνω αριστερά) και μέσου όρου δύο (πάνω δεξιά), τριών (κάτω αριστερά) και πέντε ετών (κάτω δεξιά).



Εικόνα 4-16: Χρονική εξέλιξη δείκτη ξηρασίας ΛΑΠ Χαλκιδικής για χρονικές κλίμακες ενός, δύο, τριών και πέντε υδρολογικών ετών.

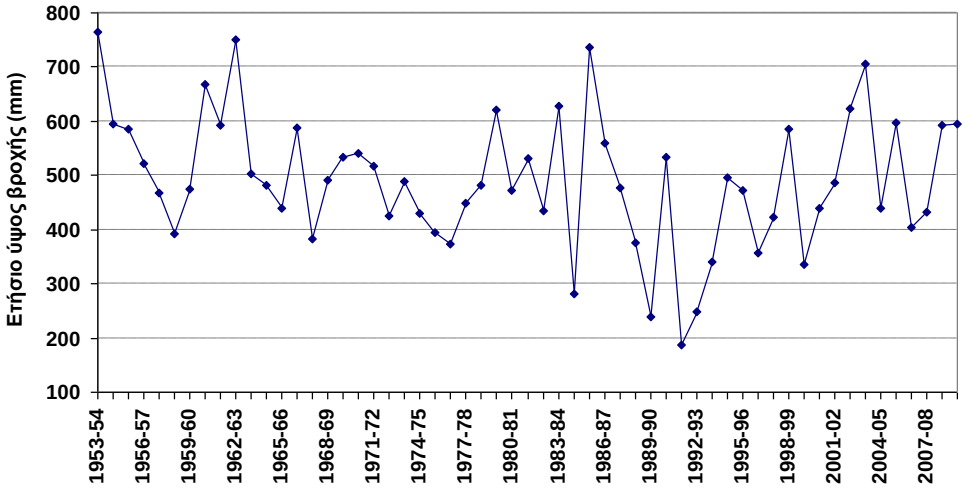
4.4.3.5. ΛΑΠ ΆΘΩ (GR41)

Η χρονοσειρά επιφανειακής βροχόπτωσης της ΛΑΠ καλύπτει την περίοδο 1953-54 έως 2009-10, δηλαδή 57 υδρολογικά έτη (Εικόνα 4-17). Η μέση ετήσια τιμή της ανέρχεται σε 491 mm (διάμεσος 481 mm). Υπενθυμίζεται ότι στη συγκεκριμένη περιοχή, τα έτη πριν το 1980 έχουν συμπληρωθεί με βάση ένα και μόνο σημειακό δείγμα, ήτοι του βροχομετρικού σταθμού Αρναίας.

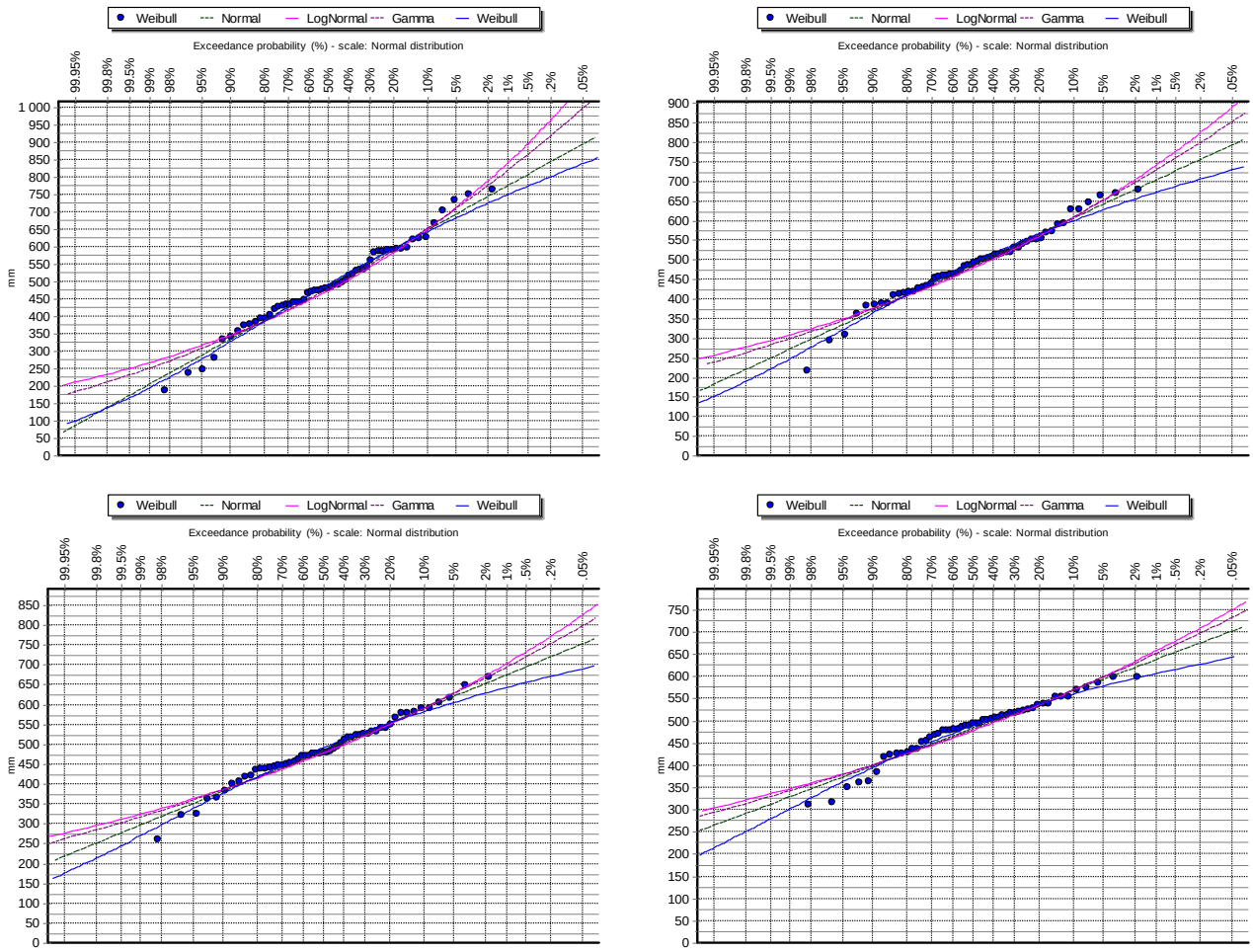
Εξετάζοντας την προσαρμογή των τεσσάρων κατανομών στις διάφορες χρονικές κλίμακες προέκυψαν τα εξής: (α) η αθροιστική βροχόπτωση τριμήνου περιγράφεται από την κατανομή γάμα, (β) η αθροιστική βροχόπτωση εξαμήνου και εννιαμήνου περιγράφεται από την κανονική κατανομή, για τις χαμηλές (μικρότερες της διαμέσου) τιμές, και τη λογαριθμοκανονική κατανομή, για τις υψηλές, (γ) η ετήσια βροχόπτωση περιγράφεται από την κανονική κατανομή, για το σύνολο του δείγματος, και (δ) στις υψηλότερες κλίμακες προσαρμόζεται η κατανομή Weibull για τις χαμηλές τιμές, και η κανονική για τις υψηλές. Στην Εικόνα 4-18 απεικονίζονται οι κατανομές που χρησιμοποιήθηκαν για τη στατιστική ανάλυση των βροχοπτώσεων σε ετήσια, μέση διετή, μέση τριετή και μέση πενταετή κλίμακα.

Στην Εικόνα 4-19 απεικονίζεται η χρονική εξέλιξη του δείκτη μετεωρολογικής ξηρασίας SPI, για διάφορες χρονικές κλίμακες (υδρολογικού έτους και μέσων όρων δύο, τριών και πέντε ετών). Στη συγκεκριμένη ΛΑΠ, η μεταβλητότητα του δείκτη ξηρασίας είναι πιο έντονη συγκριτικά με τις άλλες διαχειριστικές ενότητες του ΥΔ 10. Σε όλες τις χρονικές κλίμακες που εξετάζονται, εμφανίζονται έντονα αρνητικές τιμές του δείκτη SPI, που υποδηλώνουν ακραίες ξηρασίες. Ειδικότερα, στην κλίμακα του υδρολογικού έτους, προκύπτουν τρεις χρονιές με SPI < -2.0 (1989-90, 1991-92 και 1992-93). Η αλληλουχία δύο συνεχόμενων ετών με ακραία χαμηλές βροχοπτώσεις συνεπάγεται μια ακόμα πιο ακραία ξηρή διετία (1991-93), κατά την οποία ο δείκτης SPI εκτιμάται σε -2.59. Η τιμή αυτή αντιστοιχεί σε περίοδο επαναφοράς της τάξης των 200 ετών. Ιδιαίτερα χαμηλή (-2.40) είναι η τιμή του SPI και στην τριετία 1991-94, που αντιστοιχεί σε περίοδο

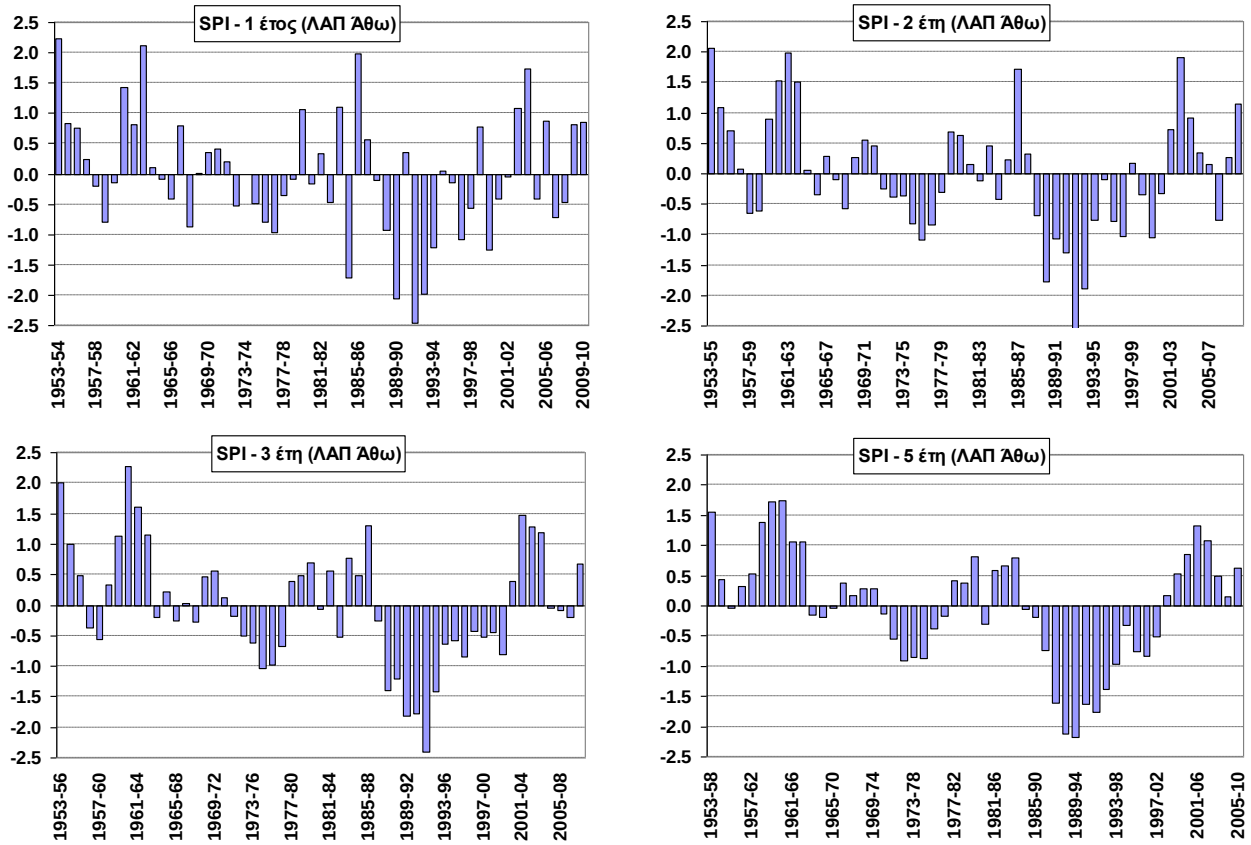
επαναφοράς 125 ετών. Πάντως, όπως και στις άλλες λεκάνες, από τις αρχές της δεκαετίας του 2000 διαπιστώνεται ανάκαμψη της υδροφορίας, καθώς οι βροχοπτώσεις των περισσότερων ετών υπερβαίνουν τον μέσο όρο, όχι όμως στον βαθμό που παρατηρείται στις άλλες λεκάνες της περιοχής μελέτης.



Εικόνα 4-17: Χρονοσειρά ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης στη ΛΑΠ Άθω.



Εικόνα 4-18: Προσαρμογή θεωρητικών κατανομών στα δείγματα επιφανειακής βροχόπτωσης της ΛΑΠ Άθω, για χρονικές κλίμακες ενός (πάνω αριστερά) και μέσου όρου δύο (πάνω δεξιά), τριών (κάτω αριστερά) και πέντε ετών (κάτω δεξιά).



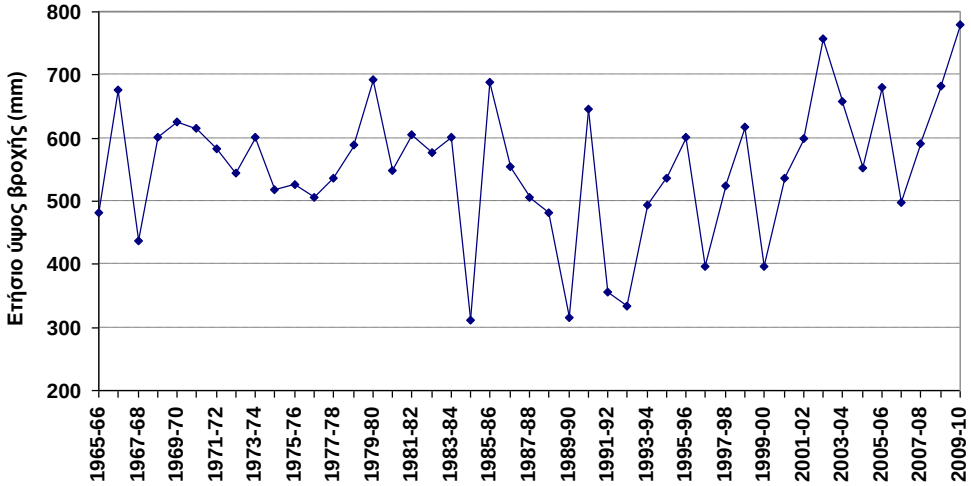
Εικόνα 4-19: Χρονική εξέλιξη δείκτη ξηρασίας ΛΑΠ Άθω για χρονικές κλίμακες ενός, δύο, τριών και πέντε υδρολογικών ετών.

4.4.3.6. ΑΝΑΛΥΣΗ ΞΗΡΑΣΙΩΝ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΟΣ

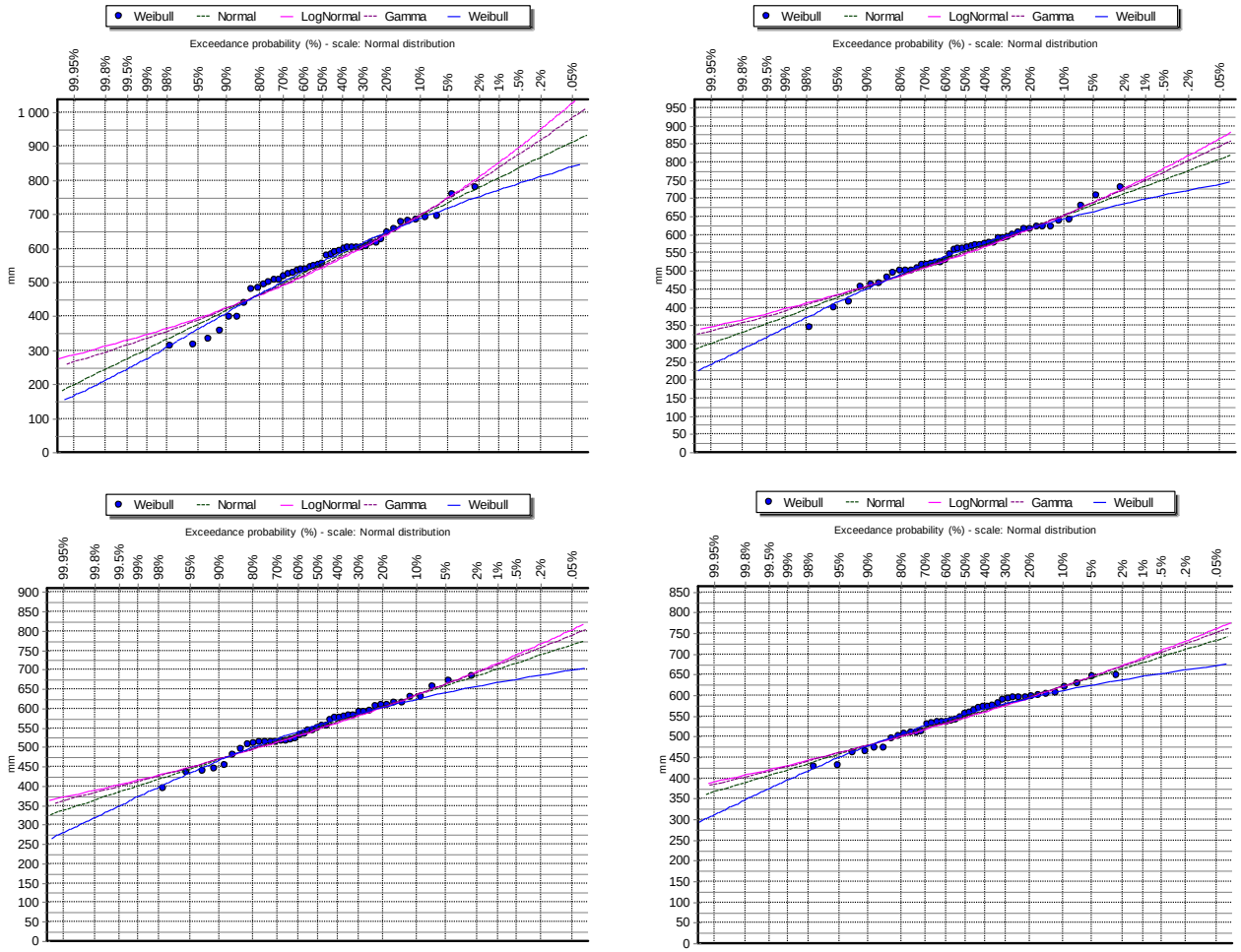
Η επιφανειακή χρονοσειρά βροχόπτωσης στο ΥΔ Κεντρικής Μακεδονίας, η οποία υπολογίστηκε ως σταθμισμένο (με βάση τις αντίστοιχες επιφάνειες) άθροισμα των επιφανειακών βροχοπτώσεων των τεσσάρων ΛΑΠ, καλύπτει την περίοδο 1965-66 έως 2009-10, δηλαδή 45 υδρολογικά έτη (Εικόνα 4-20). Η μέση ετήσια τιμή της ανέρχεται σε 555 mm, και μάλιστα ταυτίζεται με την διάμεσο.

Εξετάζοντας την προσαρμογή των τεσσάρων τυπικών στατιστικών κατανομών, στις διάφορες χρονικές κλίμακες, προέκυψαν τα εξής: (α) η αθροιστική βροχόπτωση τριμήνου περιγράφεται από την κατανομή γάμα, (β) η αθροιστική βροχόπτωση εξαμήνου και εννιαμήνου περιγράφεται από την κανονική κατανομή, για τις χαμηλές τιμές και τη λογαριθμοκανονική κατανομή για τις υψηλές, και (γ) στις υπόλοιπες κλίμακες προσαρμόζεται η κατανομή Weibull για τις χαμηλές τιμές και η κανονική για τις υψηλές. Στην Εικόνα 4-21 απεικονίζονται οι κατανομές που χρησιμοποιήθηκαν για τη στατιστική ανάλυση των βροχοπτώσεων, σε ετήσια, διετή, τριετή και πενταετή κλίμακα.

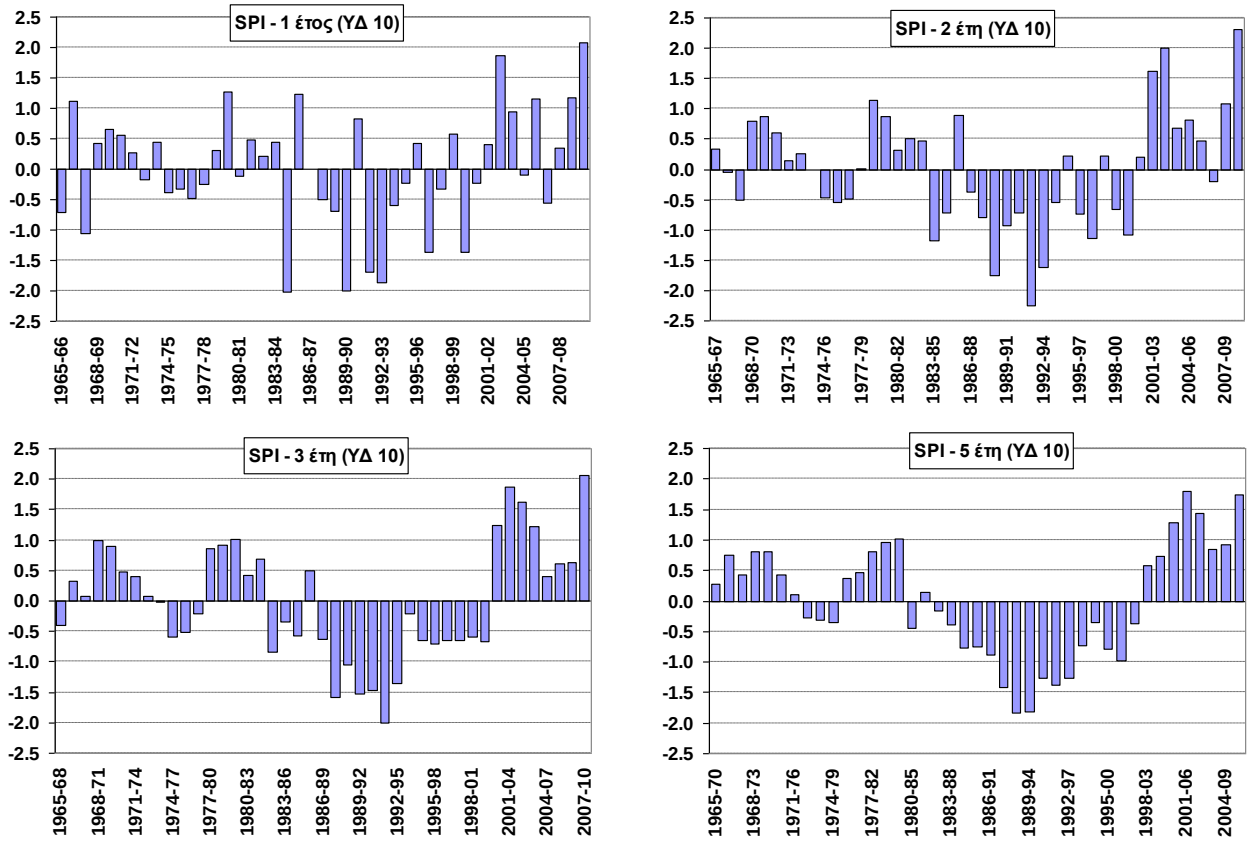
Στην Εικόνα 4-22 απεικονίζεται η χρονική εξέλιξη του δείκτη ξηρασίας SPI, για διάφορες χρονικές κλίμακες (υδρολογικού έτους και μέσων όρων δύο, τριών και πέντε ετών). Το δείγμα των ετών 1965-2010 μπορεί να χωριστεί σε τρεις χαρακτηριστικές υποπεριόδους. Η πρώτη περιλαμβάνει τα πρώτα 15 περίπου έτη, μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του 1980, και χαρακτηρίζεται από ήπιες, γενικά, διακυμάνσεις της ετήσιας βροχόπτωσης γύρω από τη μέση τιμή. Ακολουθεί μια περίοδος 20 περίπου ετών με συστηματικά χαμηλές βροχοπτώσεις, με πλέον δυσμενή τη διετία 1991-93, για την οποία προκύπτει SPI = -2.26 (η τιμή αυτή αντιστοιχεί σε περίοδο επαναφοράς 85 ετών). Σημαντική ανάκαμψη της υδροφορίας παρατηρείται από το 2001-02 και μετά, και ιδιαίτερα η τριετία 2007-10 είναι πολύ πλούσια σε βροχοπτώσεις (SPI = 2.07).



Εικόνα 4-20: Χρονοσειρά ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης ΥΔ Κεντρικής Μακεδονίας.



Εικόνα 4-21: Προσαρμογή θεωρητικών κατανομών στα δείγματα επιφανειακής βροχόπτωσης στο ΥΔ Κεντρικής Μακεδονίας, για χρονικές κλίμακες ενός (πάνω αριστερά) και μέσου όρου δύο (πάνω δεξιά), τριών (κάτω αριστερά) και πέντε ετών (κάτω δεξιά).



Εικόνα 4-22: Χρονική εξέλιξη δείκτη ξηρασίας ΥΔ Κεντρικής Μακεδονίας για χρονικές κλίμακες ενός, δύο, τριών και πέντε υδρολογικών ετών.

4.4.4. ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

4.4.4.1. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΞΗΡΑΣΙΩΝ

Στους Πίνακες 4-5 ως 4-9 δίνεται η αξιολόγηση των φαινομένων μετεωρολογικής ξηρασίας, για χρονικές κλίμακες από ετήσια ως πενταετή, στις τέσσερις ΛΑΠ καθώς και στο σύνολο της έκτασης του Υδατικού Διαμερίσματος. Αρχικά, γίνεται κατάταξη των ξηρών περιόδων (στις οποίες καταγράφονται αρνητικές τιμές του δείκτη SPI) στις τέσσερις κλάσεις του Πίνακα 4-2, και ο χαρακτηρισμός τους με βάση την κατάταξη των McKee *et al.* (1993).

Για λόγους εποπτείας, οι τέσσερις κλάσεις επισημαίνονται με διαφορετικό χρώμα (ήπιες: ανοιχτό πράσινο, μέτριες: κίτρινο, σοβαρές: ανοιχτό πορτοκαλί, ακραίες: σκούρο πορτοκαλί). Το λευκό χρώμα υποδηλώνει περίοδο υδροφορίας (δηλαδή θετική τιμή του δείκτη SPI, ανεξαρτήτως μεγέθους). Τέλος, με γκρίζο χρώμα επισημαίνονται οι περίοδοι για τις οποίες δεν υπάρχουν δεδομένα.

Πίνακας 4-5: Αξιολόγηση ξηρασιών με βάση τις ετήσιες επιφανειακές βροχοπτώσεις των ΛΑΠ και του Υδατικού Διαμερίσματος Κεντρικής Μακεδονίας.

Περίοδος	ΛΑΠ Αξιού	ΛΑΠ Γαλλικού	ΛΑΠ Χαλκιδικής	ΛΑΠ Άθω	ΥΔ 10
1953-54					
1954-55					
1955-56					
1956-57					
1957-58				Ήπια	
1958-59				Ήπια	
1959-60				Ήπια	
1960-61					
1961-62					
1962-63					
1963-64					
1964-65				Ήπια	
1965-66	Μέτρια		Ήπια	Ήπια	Ήπια
1966-67					
1967-68	Μέτρια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Μέτρια
1968-69		Ήπια	Ήπια		
1969-70					
1970-71					
1971-72		Ήπια			
1972-73	Ήπια		Ήπια	Ήπια	Ήπια
1973-74				Ήπια	
1974-75	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1975-76	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1976-77			Μέτρια	Ήπια	Ήπια
1977-78	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1978-79	Ήπια			Ήπια	
1979-80					
1980-81			Ήπια	Ήπια	Ήπια
1981-82			Ήπια		
1982-83			Ήπια	Ήπια	
1983-84					
1984-85	**Σοβαρή**	**Σοβαρή**	**Ακραία**	**Σοβαρή**	**Ακραία**
1985-86					
1986-87	Ήπια	Ήπια			Ήπια
1987-88	Ήπια	Ήπια		Ήπια	Ήπια
1988-89	Ήπια		Ήπια	Ήπια	Ήπια
1989-90	**Σοβαρή**	Μέτρια	**Ακραία**	**Ακραία**	**Σοβαρή**
1990-91					
1991-92	**Σοβαρή**	**Σοβαρή**	**Σοβαρή**	**Ακραία**	**Σοβαρή**
1992-93	**Σοβαρή**	**Ακραία**	**Σοβαρή**	**Σοβαρή**	**Σοβαρή**
1993-94		Μέτρια	Ήπια	Μέτρια	Ήπια
1994-95		Ήπια	Ήπια		Ήπια
1995-96		Ήπια		Ήπια	
1996-97	**Σοβαρή**	**Σοβαρή**	Ήπια	Μέτρια	Μέτρια
1997-98	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1998-99		Ήπια			
1999-00	Μέτρια	**Σοβαρή**	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια
2000-01	Ήπια	Ήπια		Ήπια	Ήπια
2001-02				Ήπια	
2002-03					
2003-04					
2004-05	Ήπια			Ήπια	Ήπια
2005-06					
2006-07	Μέτρια		Ήπια	Ήπια	Ήπια

Περίοδος	ΛΑΠ Αξιού	ΛΑΠ Γαλλικού	ΛΑΠ Χαλκιδικής	ΛΑΠ Άθω	ΥΔ 10
2007-08				Ήπια	
2008-09					
2009-10					

Πίνακας 4-6: Αξιολόγηση ξηρασιών με βάση τις μέσες επιφανειακές βροχοπτώσεις δύο ετών των τεσσάρων ΛΑΠ και του Υδατικού Διαμερίσματος Κεντρικής Μακεδονίας.

Περίοδος	ΛΑΠ Αξιού	ΛΑΠ Γαλλικού	ΛΑΠ Χαλκιδικής	ΛΑΠ Άθω	ΥΔ 10
1953-55					
1954-56					
1955-57					
1956-58					
1957-59				Ήπια	
1958-60				Ήπια	
1959-61					
1960-62					
1961-63					
1962-64					
1963-65					
1964-66				Ήπια	
1965-67	Ήπια				Ήπια
1966-68				Ήπια	
1967-69		Ήπια	Ήπια	Ήπια	
1968-70					
1969-71					
1970-72					
1971-73				Ήπια	
1972-74	Ήπια			Ήπια	
1973-75	Ήπια			Ήπια	Ήπια
1974-76	Ήπια		Ήπια	Ήπια	Ήπια
1975-77			Ήπια	Μέτρια	Ήπια
1976-78			Ήπια	Ήπια	Ήπια
1977-79				Ήπια	
1978-80					
1979-81					
1980-82			Ήπια		
1981-83			Ήπια	Ήπια	
1982-84	Ήπια	Ήπια	Ήπια		Ήπια
1983-85		Ήπια	Μέτρια	Ήπια	Ήπια
1984-86	Ήπια	Ήπια	Ήπια		Ήπια
1985-87					
1986-88	Μέτρια	Ήπια			Ήπια
1987-89	**Ακραία**	Ήπια	Ήπια	Ήπια	**Σοβαρή**
1988-90	Μέτρια	Ήπια	**Σοβαρή**	**Σοβαρή**	Μέτρια
1989-91	**Σοβαρή**	Μέτρια	Ήπια	Μέτρια	**Σοβαρή**
1990-92	**Σοβαρή**	**Σοβαρή**	Ήπια	Μέτρια	Μέτρια
1991-93	**Σοβαρή**	**Ακραία**	**Ακραία**	**Ακραία**	**Ακραία**
1992-94	Ήπια	**Σοβαρή**	**Σοβαρή**	**Σοβαρή**	Μέτρια
1993-95		Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1994-96	Ήπια	Μέτρια	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1995-97	Ήπια	Μέτρια	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1996-98	Ήπια	Μέτρια	Ήπια	Μέτρια	Ήπια
1997-99	Ήπια	**Σοβαρή**			Ήπια
1998-00	Ήπια	**Σοβαρή**	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1999-01	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Μέτρια	Ήπια
2000-02				Ήπια	
2001-03					

Περίοδος	ΛΑΠ Αξιού	ΛΑΠ Γαλλικού	ΛΑΠ Χαλκιδικής	ΛΑΠ Άθω	ΥΔ 10
2002-04					
2003-05					
2004-06	Ήπια				
2005-07	Ήπια				
2006-08			Ήπια	Ήπια	
2007-09					
2008-10					

Πίνακας 4-7: Αξιολόγηση ξηρασιών με βάση τις μέσες επιφανειακές βροχοπτώσεις τριών ετών των τεσσάρων ΛΑΠ και του Υδατικού Διαμερίσματος Κεντρικής Μακεδονίας.

Περίοδος	ΛΑΠ Αξιού	ΛΑΠ Γαλλικού	ΛΑΠ Χαλκιδικής	ΛΑΠ Άθω	ΥΔ 10
1953-56					
1954-57					
1955-58					
1956-59				Ήπια	
1957-60				Ήπια	
1958-61					
1959-62					
1960-63					
1961-64					
1962-65					
1963-66				Ήπια	
1964-67					
1965-68	Ήπια		Ήπια	Ήπια	Ήπια
1966-69					
1967-70		Ήπια	Ήπια	Ήπια	
1968-71					
1969-72					
1970-73					
1971-74				Ήπια	
1972-75	Ήπια			Ήπια	
1973-76	Ήπια		Ήπια	Ήπια	Ήπια
1974-77	Ήπια		Ήπια	Μέτρια	Ήπια
1975-78			Ήπια	Ήπια	Ήπια
1976-79			Ήπια	Ήπια	Ήπια
1977-80					
1978-81					
1979-82					
1980-83			Ήπια	Ήπια	
1981-84			Ήπια		
1982-85	Ήπια	Ήπια	Μέτρια	Ήπια	Ήπια
1983-86		Ήπια	Ήπια		Ήπια
1984-87	Ήπια	Ήπια	Ήπια		Ήπια
1985-88					
1986-89	Μέτρια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1987-90	**Ακραία**	Ήπια	Μέτρια	Μέτρια	**Σοβαρή**
1988-91	Μέτρια	Ήπια	Ήπια	Μέτρια	Μέτρια
1989-92	**Σοβαρή**	Μέτρια	**Σοβαρή**	**Σοβαρή**	**Σοβαρή**
1990-93	**Σοβαρή**	**Σοβαρή**	Μέτρια	**Σοβαρή**	Μέτρια
1991-94	**Σοβαρή**	**Ακραία**	**Ακραία**	**Ακραία**	**Ακραία**
1992-95	Ήπια	**Σοβαρή**	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια
1993-96		Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1994-97	Ήπια	Μέτρια	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1995-98	Ήπια	Μέτρια	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1996-99	Ήπια	Μέτρια	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1997-00	Ήπια	**Σοβαρή**	Ήπια	Ήπια	Ήπια

Περίοδος	ΛΑΠ Αξιού	ΛΑΠ Γαλλικού	ΛΑΠ Χαλκιδικής	ΛΑΠ Άθω	ΥΔ 10
1998-01	Ήπια	**Σοβαρή**	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1999-02	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια
2000-03					
2001-04					
2002-05					
2003-06					
2004-07	Ήπια			Ήπια	
2005-08	Ήπια			Ήπια	
2006-09				Ήπια	
2007-10					

Πίνακας 4-8: Αξιολόγηση ξηρασιών με βάση τις μέσες επιφανειακές βροχοπτώσεις τεσσάρων ετών των τεσσάρων ΛΑΠ και του Υδατικού Διαμερίσματος Κεντρικής Μακεδονίας.

Περίοδος	ΛΑΠ Αξιού	ΛΑΠ Γαλλικού	ΛΑΠ Χαλκιδικής	ΛΑΠ Άθω	ΥΔ 10
1953-57					
1954-58					
1955-59					
1956-60				Ήπια	
1957-61					
1958-62					
1959-63					
1960-64					
1961-65					
1962-66					
1963-67					
1964-68				Ήπια	
1965-69	Ήπια		Ήπια	Ήπια	Ήπια
1966-70					
1967-71		Ήπια		Ήπια	
1968-72					
1969-73					
1970-74					
1971-75	Ήπια			Ήπια	
1972-76	Ήπια		Ήπια	Ήπια	Ήπια
1973-77			Ήπια	Ήπια	Ήπια
1974-78	Ήπια		Ήπια	Ήπια	Ήπια
1975-79			Ήπια	Ήπια	Ήπια
1976-80				Ήπια	
1977-81					
1978-82					
1979-83					
1980-84			Ήπια		
1981-85			Μέτρια	Ήπια	Ήπια
1982-86			Ήπια		Ήπια
1983-87		Ήπια	Ήπια		Ήπια
1984-88	Ήπια	Ήπια	Ήπια		Ήπια
1985-89	Ήπια				
1986-90	**Σοβαρή**	Ήπια	Μέτρια	Ήπια	Μέτρια
1987-91	**Σοβαρή**	Ήπια	Ήπια	Μέτρια	Μέτρια
1988-92	**Σοβαρή**	Ήπια	Μέτρια	**Σοβαρή**	**Σοβαρή**
1989-93	**Ακραία**	**Σοβαρή**	**Ακραία**	**Ακραία**	**Σοβαρή**
1990-94	Μέτρια	**Σοβαρή**	Μέτρια	**Σοβαρή**	Μέτρια
1991-95	**Σοβαρή**	**Σοβαρή**	**Σοβαρή**	**Σοβαρή**	**Σοβαρή**
1992-96	Ήπια	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια	Ήπια
1993-97	Ήπια	Μέτρια	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1994-98	Ήπια	Μέτρια	Ήπια	Ήπια	Ήπια

Περίοδος	ΛΑΠ Αξιού	ΛΑΠ Γαλλικού	ΛΑΠ Χαλκιδικής	ΛΑΠ Άθω	ΥΔ 10
1995-99		Μέτρια	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1996-00	Μέτρια	**Σοβαρή**	Ήπια	Ήπια	Μέτρια
1997-01	Ήπια	Μέτρια	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1998-02	Ήπια	Ήπια		Ήπια	Ήπια
1999-03		Ήπια		Ήπια	
2000-04					
2001-05					
2002-06					
2003-07	Ήπια				
2004-08	Ήπια			Ήπια	
2005-09					
2006-10					

Πίνακας 4-9: Αξιολόγηση ξηρασιών με βάση τις μέσες επιφανειακές βροχοπτώσεις πέντε ετών των τεσσάρων ΛΑΠ και του Υδατικού Διαμερίσματος Κεντρικής Μακεδονίας.

Περίοδος	ΛΑΠ Αξιού	ΛΑΠ Γαλλικού	ΛΑΠ Χαλκιδικής	ΛΑΠ Άθω	ΥΔ 10
1953-58					
1954-59					
1955-60				Ήπια	
1956-61					
1957-62					
1958-63					
1959-64					
1960-65					
1961-66					
1962-67					
1963-68				Ήπια	
1964-69				Ήπια	
1965-70				Ήπια	
1966-71					
1967-72		Ήπια			
1968-73					
1969-74					
1970-75				Ήπια	
1971-76	Ήπια			Ήπια	
1972-77	Ήπια		Ήπια	Ήπια	Ήπια
1973-78			Ήπια	Ήπια	Ήπια
1974-79	Ήπια		Ήπια	Ήπια	Ήπια
1975-80				Ήπια	
1976-81				Ήπια	
1977-82					
1978-83					
1979-84					
1980-85			Ήπια	Ήπια	Ήπια
1981-86			Ήπια		
1982-87			Ήπια		Ήπια
1983-88	Ήπια	Ήπια	Ήπια		Ήπια
1984-89	Μέτρια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1985-90	Μέτρια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1986-91	Μέτρια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1987-92	**Ακραία**	Ήπια	Μέτρια	**Σοβαρή**	Μέτρια
1988-93	**Ακραία**	Μέτρια	**Σοβαρή**	**Ακραία**	**Σοβαρή**
1989-94	**Ακραία**	**Σοβαρή**	**Ακραία**	**Ακραία**	**Σοβαρή**
1990-95	Μέτρια	**Σοβαρή**	Μέτρια	**Σοβαρή**	Μέτρια
1991-96	Ήπια	**Σοβαρή**	**Σοβαρή**	**Σοβαρή**	Μέτρια
1992-97	Ήπια	**Σοβαρή**	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια

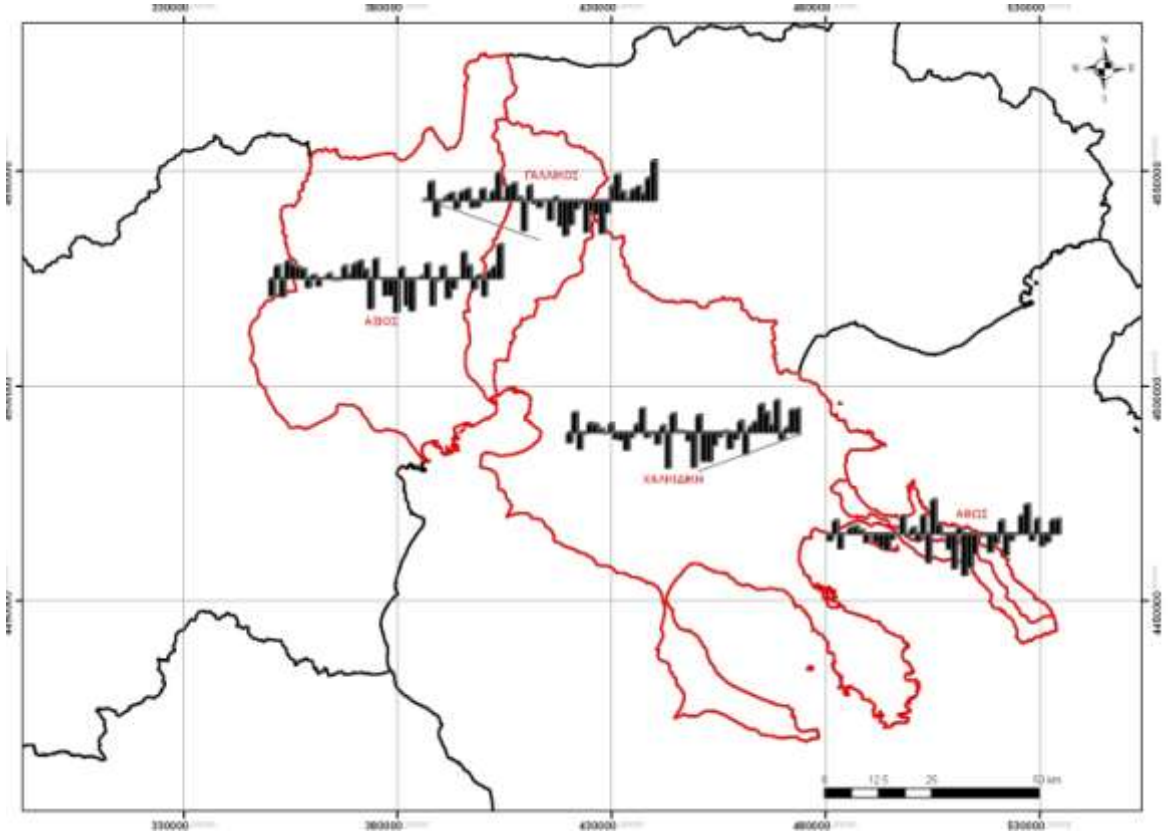
Περίοδος	ΛΑΠ Αξιού	ΛΑΠ Γαλλικού	ΛΑΠ Χαλκιδικής	ΛΑΠ Άθω	ΥΔ 10
1993-98	Ήπια	Μέτρια	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1994-99		Μέτρια	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1995-00	Ήπια	**Σοβαρή**	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1996-01	Μέτρια	**Σοβαρή**	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1997-02	Ήπια	Ήπια		Ήπια	Ήπια
1998-03		Ήπια			
1999-04					
2000-05					
2001-06					
2002-07					
2003-08	Ήπια				
2004-09	Ήπια				
2005-10					

4.4.4.2. ΧΩΡΙΚΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΞΗΡΑΣΙΩΝ

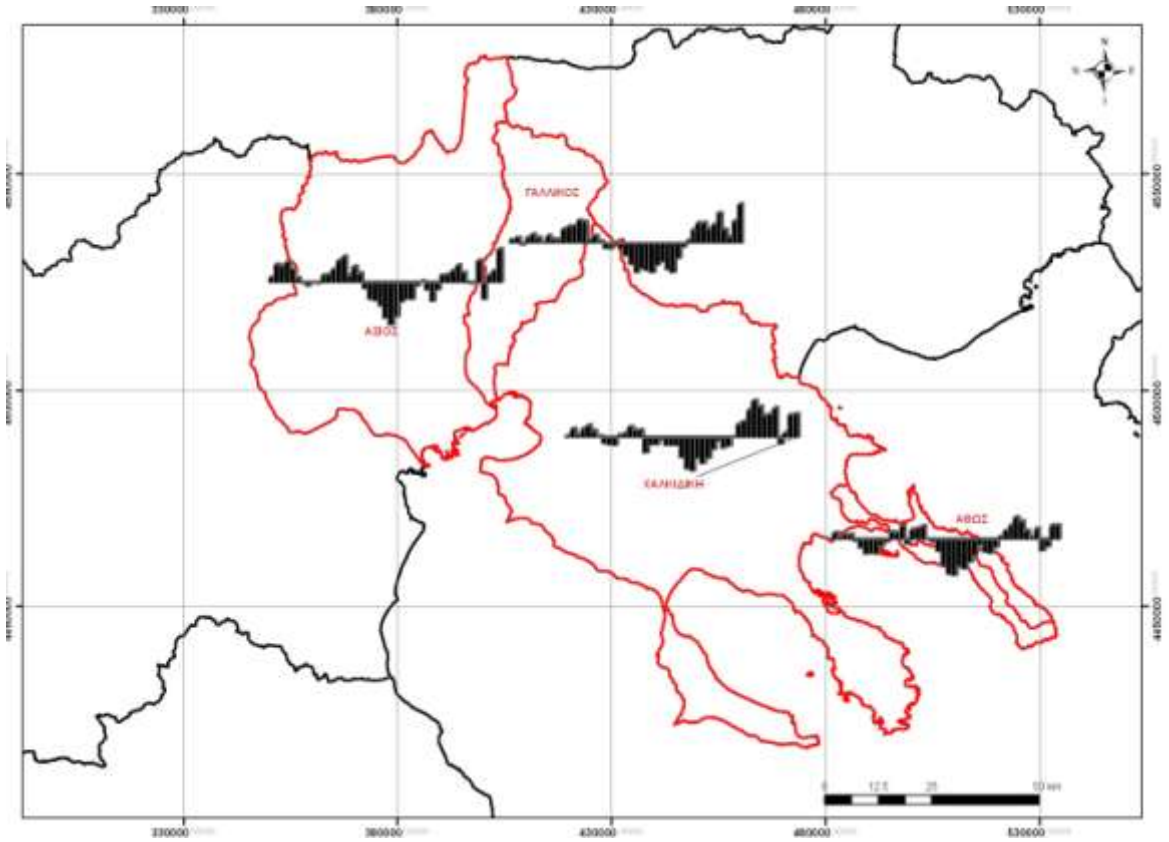
Στην περιοχή μελέτης τα επεισόδια ξηρασίας των τελευταίων 50 περίπου ετών δεν είχαν ούτε όμοια διάρκεια ούτε όμοια ένταση, χωρικά. Η διαφοροποίηση αυτή είναι εμφανής στις Εικόνες 4-23 και 4-24, στις οποίες απεικονίζονται οι δείκτες SPI ενός και πέντε ετών, αντίστοιχα, σε κάθε ΛΑΠ, για τη χρονική περίοδο 1965-2010.

Στο διάγραμμα της Εικόνας 4-25 απεικονίζονται οι ελάχιστες και μέγιστες τιμές του ετήσιου δείκτη SPI, η μεταβλητότητα του οποίου είναι εμφανής, μεταξύ των τεσσάρων ΛΑΠ. Σε αρκετές περιπτώσεις, ενώ ο μέγιστος SPI που παρατηρείται σε συγκεκριμένη διαχειριστική ενότητα έχει θετικό πρόσημο (που σημαίνει ότι η επιφανειακή βροχόπτωση στη συγκεκριμένη ΛΑΠ υπερβαίνει τη διάμεσο τιμή), ο ελάχιστος SPI που αναφέρεται σε άλλη ΛΑΠ έχει αρνητικό πρόσημο. Μάλιστα, ορισμένες φορές, οι αποκλίσεις είναι αρκετά μεγάλες. Για παράδειγμα, το υδρολογικό έτος 2006-07, στη ΛΑΠ Αξιού ο ετήσιος δείκτης SPI είναι ίσος με -1.02, υποδηλώνοντας έτσι μέτριας έντασης ξηρασία, ενώ στη γειτονική ΛΑΠ Γαλλικού ανέρχεται σε 0.83, που με τη σειρά του υποδηλώνει υδροφορία αρκετά μεγαλύτερη του μέσου όρου.

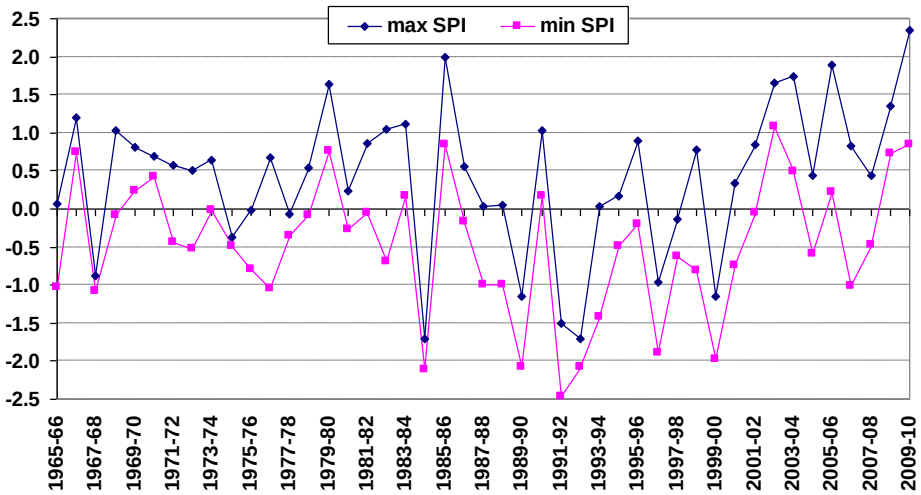
Παρόμοια συμπεράσματα προκύπτουν από το διάγραμμα των Εικόνων 4-26 και 4-27, στις οποίες αντιπαραβάλλονται οι δείκτες ξηρασίας έτους και μέσου όρου πενταετίας στις τέσσερις ΛΑΠ. Οι δείκτης πενταετίας είναι πιο αντιπροσωπευτικός για την αναγνώριση των μακροχρόνιων ξηρασιών, καθώς εξετάζει τη βροχόπτωση σε κλίμακα κινούμενων μέσων όρων πέντε ετών, λαμβάνοντας έτσι υπόψη την εμμένουσα συμπεριφορά του φαινομένου. Ειδικά στην πενταετία, εμφανίζονται σημαντικές αποκλίσεις, παρόλο που η γενική εικόνα της μακροχρόνιας δίαιτας των βροχοπτώσεων είναι παρόμοια.



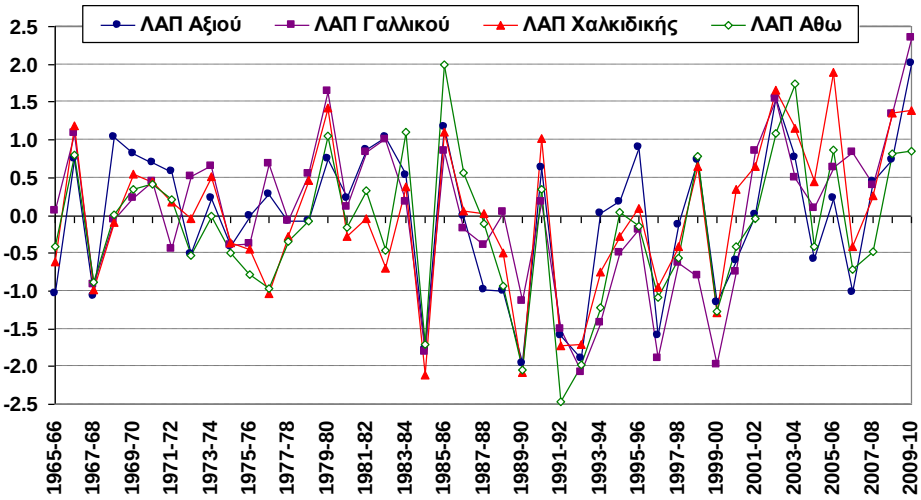
Εικόνα 4-23: Απεικόνιση δεικτών ξηρασίας μέσης ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης.



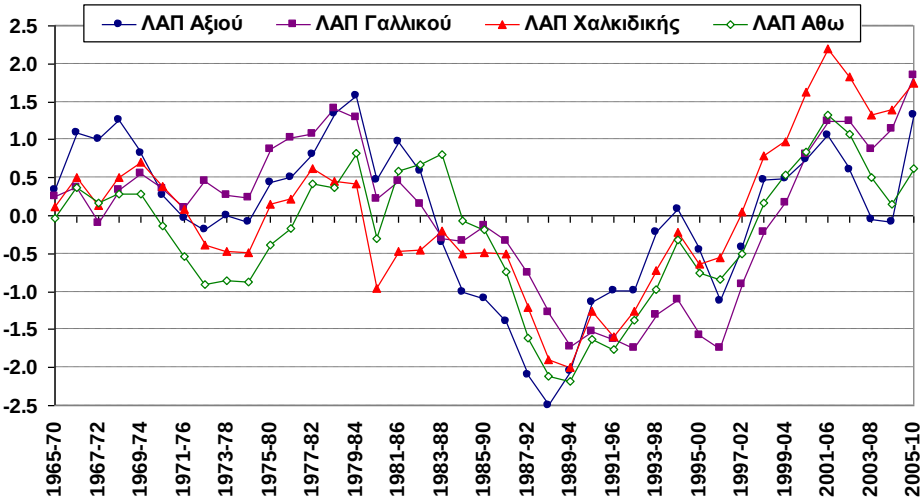
Εικόνα 4-24: Απεικόνιση δεικτών ξηρασίας μέσης επιφανειακής βροχόπτωσης πέντε ετών.



Εικόνα 4-25: Ελάχιστες και μέγιστες τιμές δείκτη ξηρασίας ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης στο ΥΔ 10.



Εικόνα 4-26: Χρονική εξέλιξη δεικτών ξηρασίας ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης στις ΛΑΠ του ΥΔ 10.



Εικόνα 4-27: Χρονική εξέλιξη δεικτών ξηρασίας μέσης επιφανειακής βροχόπτωσης πέντε ετών στις ΛΑΠ του ΥΔ 10.

4.4.4.3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΞΗΡΑΣΙΩΝ

Για κάθε χρονική κλίμακα καταμετρώνται τα επεισόδια ξηρασίας, με βάση την κατάταξη κατά McKee *et al.* (1993), και υπολογίζεται το ποσοστό κάθε μίας εκ των τεσσάρων κλάσεων (ήπια, μέτρια, σοβαρά, ακραία) στο αντίστοιχο δείγμα. Με τον τρόπο αυτό εκτιμώνται οι συχνότητες εμφάνισης κάθε κλάσης, σε κάθε χρονική κλίμακα, που δίνονται στον Πίνακα 4-10.

Στην ετήσια κλίμακα, οι διαφορές μεταξύ των τριών μεγαλύτερων ΛΑΠ (Αξιού, Γαλλικού και Χαλκιδικής) είναι αμελητέες. Αντίθετα, στις υψηλότερες κλίμακες, υπάρχουν εμφανείς διαφορές στις συχνότητες εμφάνισης τόσο των ξηρασιών, συνολικά, όσο και των επιμέρους κλάσεων. Για παράδειγμα, στην χρονική κλίμακα τριετίας, η συχνότητα εμφάνισης ξηρασιών (δηλαδή αρνητικού δείκτη SPI, για την κυλιόμενη μέση βροχόπτωση τριών ετών) στη ΛΑΠ Χαλκιδικής είναι 58%, ενώ στη Γαλλικού είναι 42%. Ωστόσο, στη ΛΑΠ Γαλλικού, στο 12% του δείγματος των τριετών περιόδων έχουν παρατηρηθεί σοβαρές ή ακραίες ξηρασίες (SPI < -1.5), ενώ το αντίστοιχο ποσοστό στη ΛΑΠ Χαλκιδικής είναι 5%. Τα αντίστοιχα ποσοστά για τις πενταετίες είναι 15% (ΛΑΠ Γαλλικού) και μόλις 2% (ΛΑΠ Χαλκιδικής).

Πίνακας 4-10: Συχνότητα εμφάνισης διαφόρων κλάσεων ξηρασίας στις υπολεκάνες του Υδατικού Διαμερίσματος Κεντρικής Μακεδονίας, για διάφορες χρονικές κλίμακες.

Χρονικήκλίμακα	Κλάση	ΛΑΠ Αξιού	ΛΑΠ Γαλλικού	ΛΑΠ Χαλκιδικής	ΛΑΠ Άθω	ΥΔ 10
Ετήσια	Ήπια	0.244	0.289	0.356	0.421	0.356
	Μέτρια	0.089	0.044	0.044	0.053	0.067
	Σοβαρή	0.111	0.089	0.044	0.035	0.067
	Ακραία	0.000	0.022	0.044	0.035	0.022
	Σύνολο	**0.444**	**0.444**	**0.489**	**0.544**	**0.511**
2 έτη	Ήπια	0.341	0.205	0.409	0.357	0.364
	Μέτρια	0.045	0.091	0.023	0.089	0.068
	Σοβαρή	0.068	0.091	0.045	0.036	0.045
	Ακραία	0.023	0.023	0.023	0.018	0.023
	Σύνολο	**0.477**	**0.409**	**0.500**	**0.500**	**0.500**
3 έτη	Ήπια	0.349	0.209	0.442	0.418	0.372
	Μέτρια	0.047	0.093	0.093	0.073	0.070
	Σοβαρή	0.070	0.093	0.023	0.036	0.047
	Ακραία	0.023	0.023	0.023	0.018	0.023
	Σύνολο	**0.488**	**0.419**	**0.581**	**0.545**	**0.512**
4 έτη	Ήπια	0.310	0.190	0.357	0.370	0.357
	Μέτρια	0.048	0.119	0.119	0.037	0.095
	Σοβαρή	0.095	0.095	0.024	0.056	0.071
	Ακραία	0.024	0.000	0.024	0.019	0.000
	Σύνολο	**0.476**	**0.405**	**0.524**	**0.481**	**0.524**
5 έτη	Ήπια	0.268	0.195	0.341	0.377	0.341
	Μέτρια	0.122	0.073	0.073	0.019	0.098
	Σοβαρή	0.000	0.146	0.049	0.057	0.049
	Ακραία	0.073	0.000	0.024	0.038	0.000
	Σύνολο	**0.463**	**0.415**	**0.488**	**0.491**	**0.488**

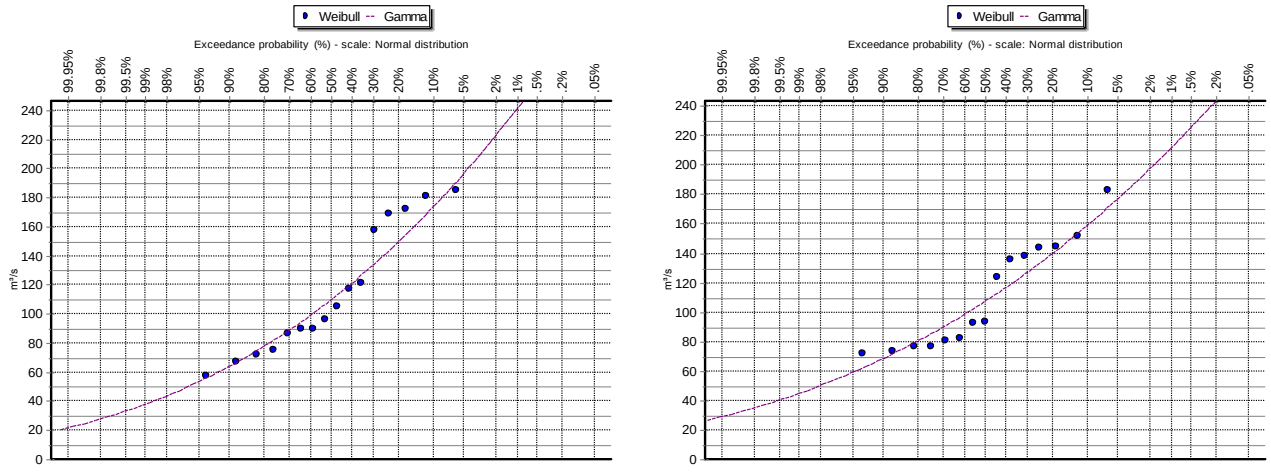
4.5. ΑΝΑΛΥΣΗ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΞΗΡΑΣΙΩΝ

4.5.1. ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΤΗΣΙΩΝ ΠΑΡΟΧΩΝ ΑΞΙΟΥ ΣΤΑ ΣΥΝΟΡΑ

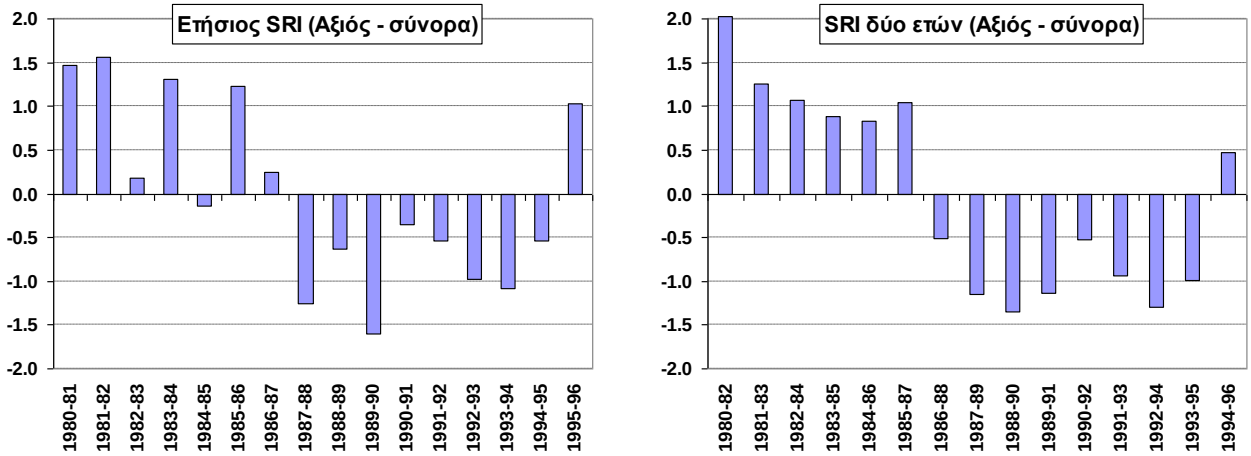
Το δείγμα ετήσιων παροχών του Αξιού στα σύνορα με την ΠΓΔΜ, αν και όχι πλήρως φυσικοποιημένο, είναι το μόνο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί, στην πράξη, για αναλύσεις των ιστορικών υδρολογικών ξηρασιών στην περιοχή μελέτης. Αν και η απορροή του Αξιού δεν παράγεται εντός του ΥΔ Κεντρικής Μακεδονίας, έχει καθοριστική σημασία, καθώς συνεισφέρει σε πολύ μεγάλο βαθμό στους ανανεώσιμους υδατικούς πόρους της περιοχής, και ειδικότερα στην κάλυψη των αρδευτικών αναγκών των ΛΑΠ Αξιού και Γαλλικού. Η χρονοσειρά καλύπτει την περίοδο 1980-81 έως 1995-96, δηλαδή 16 υδρολογικά έτη (Εικόνα 3-15). Η μέση ετήσια παροχή ανέρχεται σε 114.7 m^3/s, που αντιστοιχεί σε ετήσιο όγκο απορροής 3 618 hm^3.

Λόγω του μικρού μεγέθους της χρονοσειράς, οι αναλύσεις των υδρολογικών ξηρασιών περιορίστηκαν στις χρονικές κλίμακες του υδρολογικού έτους και του μέσου όρου δύο ετών. Όπως φαίνεται στην Εικόνα 4-28, στα αντίστοιχα δείγματα παροχών προσαρμόστηκε η λογαριθμοκανονική κατανομή.

Στην Εικόνα 4-29 απεικονίζεται η χρονική εξέλιξη του δείκτη υδρολογικής ξηρασίας SRI για τις δύο αυτές χρονικές κλίμακες. Είναι εμφανές ότι η περίοδος των δεδομένων περιλαμβάνει δύο διακριτές περιόδους υδροφορίας. Τα πρώτα επτά έτη, οι παροχές είναι υψηλότερες του μέσου όρου (με εξαίρεση το 1984-85, όταν ο δείκτης SRI είναι οριακά αρνητικός), ενώ ακολουθεί μια περίοδος συστηματικά χαμηλών παροχών, που διαρκεί οκτώ έτη (από το 1987-8 έως το 1994-95). Πρέπει βεβαίως να επισημανθεί ότι η εκτίμηση των στατιστικών χαρακτηριστικών της παροχής (μέση τιμή και τυπική απόκλιση) με βάση το συγκεκριμένο δείγμα είναι ιδιαίτερα επισφαλής, καθώς το μεγαλύτερο τμήμα του εκτείνεται στην περίοδο της έμμονης μετεωρολογικής ξηρασίας, η οποία ξεκίνησε από τα μέσα της δεκαετίας του 1980 και ολοκληρώθηκε στις αρχές της δεκαετίας του 2000. Συνεπώς, είναι σχεδόν βέβαιο ότι οι πραγματικές τιμές των δεικτών SRI θα είναι πολύ χαμηλότερες σε σχέση με αυτές που φαίνονται στην Εικόνα 4-29. Μάλιστα, αν θεωρηθεί ως αντιπροσωπευτική η μέση παροχή του ποταμού κατά τη διάρκεια των δεκαετιών του 1950 και 1960, που βάσει υδρομετρήσεων εκτιμάται σε 170 m^3/s (βλ. 3.5.3), τότε οι περισσότερες τιμές της παροχής της περιόδου 1980-1996 θα είναι μικρότερες από αυτή. Σε μια τέτοια περίπτωση, που είναι και η πλέον πιθανή, ο αντίστοιχος δείκτης SRI θα είναι σχεδόν για όλα τα έτη αρνητικός. Ωστόσο, τέτοιου είδους συμπεράσματα είναι δύσκολο να τεκμηριωθούν, ιδιαίτερα αν ληφθούν υπόψη οι τροποποιήσεις που έχουν επιφέρει στη δίαιτα της απορροής τα διάφορα έργα που έχουν κατασκευαστεί στην πλευρά της ΠΓΔΜ.



Εικόνα 4-28: Προσαρμογή κατανομής γάμα στα δείγματα απορροής του Αξιού στα σύνορα με την ΠΓΔΜ, για χρονικές κλίμακες ενός (αριστερά) και μέσου όρου δύο υδρολογικών ετών (δεξιά).

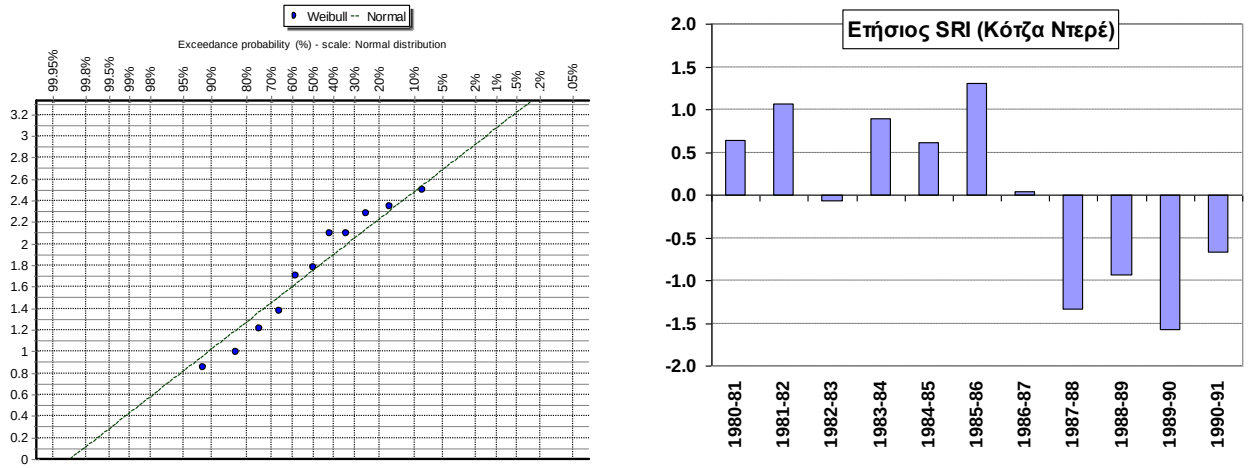


Εικόνα 4-29: Χρονική εξέλιξη δείκτη υδρολογικής ξηρασίας Αξιού στα σύνορα με την ΠΓΔΜ για χρονικές κλίμακες ενός και μέσου όρου δύο υδρολογικών ετών.

4.5.2. ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΤΗΣΙΩΝ ΠΑΡΟΧΩΝ ΚΟΤΖΑ

Στη θέση Κότζα Ντερέ διατίθεται μια πλήρης χρονοσειρά παροχών για μια περίοδο 11 υδρολογικών ετών (1980-81 έως 1990-91). Υπενθυμίζεται ο Κότζας (Μεγάλο Ρέμα) είναι ένας από τους σημαντικότερους παραπόταμους του ελληνικού τμήματος του Αξιού, και η εν λόγω θέση μέτρησης βρίσκεται ακριβώς πριν τη συμβολή των δύο ποταμών, λίγο ανάντη του υδρομετρικού σταθμού Γέφυρας Αξιούπολης.

Λόγω του μικρού μεγέθους της χρονοσειράς, οι αναλύσεις των υδρολογικών ξηρασιών περιορίστηκαν στη χρονική κλίμακα του υδρολογικού έτους. Όπως φαίνεται στην Εικόνα 4-30, αριστερά, στο δείγμα ετήσιων παροχών του Κότζα προσαρμόστηκε η κανονική κατανομή. Στο δεξιό διάγραμμα απεικονίζεται η χρονική εξέλιξη του δείκτη SRI, που γενικά ακολουθεί την υδρολογική δίαιτα του Αξιού για την αντίστοιχη περίοδο.



Εικόνα 4-30: Προσαρμογή κανονικής κατανομής στο δείγμα ετήσιων παροχών του ρέματος Κότζα (αριστερά) και χρονική εξέλιξη δείκτη υδρολογικής ξηρασίας SRI (δεξιά).

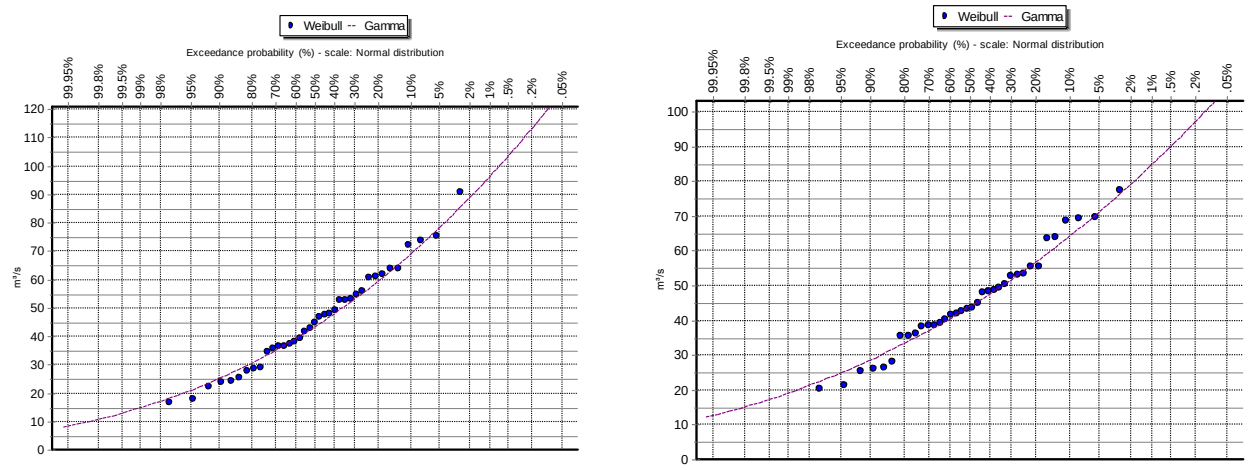
4.6. ΑΝΑΛΥΣΗ ΞΗΡΑΣΙΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ

4.6.1. ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΕΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝΤΟΣ

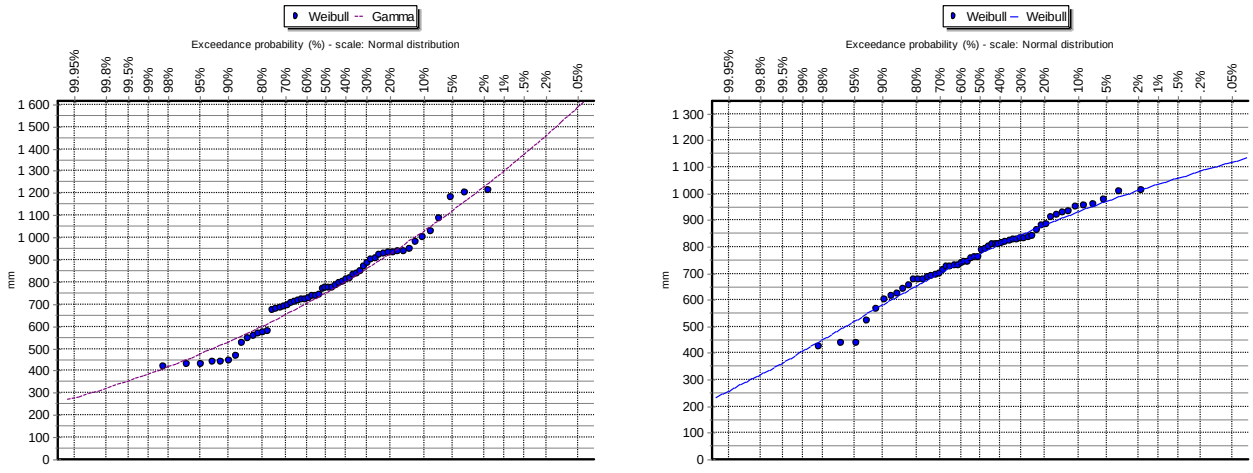
Για τη συγκριτική ανάλυση της δίαιτας των υδρολογικών ξηρασιών του Αξιού και του παραποτάμου του Κότζα, εξετάζονται δύο χαρακτηριστικές υδρομετεωρολογικές μεταβλητές της ευρύτερης περιοχής, ήτοι η

παροχή του Αλιάκμονα στη θέση Πολύφυτο και η βροχόπτωση ενός αντιπροσωπευτικού μετεωρολογικού σταθμού. Συγκεκριμένα:

Η ανάλυση της χρονοσειράς παροχών του Αλιάκμονα στο Πολύφυτο, η οποία έχει καταρτιστεί με βάση το μηνιαίο υδατικό ισοζύγιο του ομώνυμου ταμιευτήρα, έχει γίνει στα πλαίσια της αντίστοιχης διαχειριστικής μελέτης για το Υδατικό Διαμέρισμα Δυτικής Μακεδονίας. Η χρονοσειρά καλύπτει την περίοδο 1974-2011, και αποτελεί το μεγαλύτερο και πλέον αξιόπιστο δείγμα παροχών στην ευρύτερη περιοχή της Μακεδονίας. Υπενθυμίζεται ότι η επιφανειακή απορροή του ποταμού τροφοδοτεί το σύστημα των υδροηλεκτρικών ταμιευτήρων της ΔΕΗ, από όπου πραγματοποιούνται απολήψεις για την κάλυψη μέρους των αρδευτικών και υδρευτικών αναγκών του Υδατικού Διαμερίσματος Κεντρικής Μακεδονίας. Συνεπώς, η χρονοσειρά παροχών του Αλιάκμονα και η αξιολόγηση-πρόγνωση των υδρολογικών ξηρασιών της λεκάνης του είναι μείζονος ενδιαφέροντος για την περιοχή μελέτης. Για την στατιστική ανάλυση της χρονοσειράς σε ετήσια και μέση διετή κλίμακα, και, συνακόλουθα, τον υπολογισμό των αντίστοιχων δεικτών SRI, προσαρμόζεται η κατανομή γάμα, όπως φαίνεται στα διαγράμματα της Εικόνας 4-31.



Εικόνα 4-31: Προσαρμογή κατανομής γάμα στη χρονοσειρά παροχής του Αλιάκμονα στη θέση Πολύφυτο, για χρονικές κλίμακες ενός (αριστερά) και μέσου όρου δύο υδρολογικών ετών (δεξιά).



Εικόνα 4-32: Προσαρμογή κατανομών γάμα (αριστερά) και Weibull (δεξιά) στις βροχοπτώσεις ενός και μέσου όρου δύο υδρολογικών ετών του σταθμού Γουμένισσας.

Όσον αφορά στις μετεωρολογικές ξηρασίες, μετά από διερεύνηση που βασίστηκε στον υπολογισμό των συντελεστών συσχέτισης, επιλέχθηκε ο σταθμός Γουμένισσα, ως αντιπροσωπευτικός των βροχοπτώσεων στις λεκάνες του Αξιού και του Κότζα. Βεβαίως, ενώ για το ρέμα Κότζα έχει φυσικό νόημα η θεώρηση ενός βροχομετρικού σταθμού, δεν ισχύει κάτι τέτοιο για τον Αξιό, η λεκάνη του οποίου καταλαμβάνει πολύ

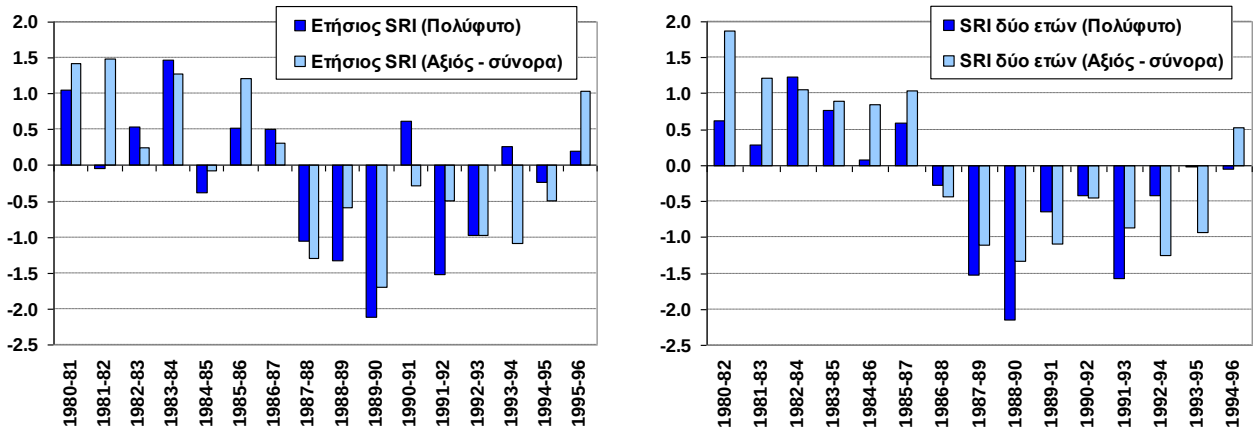
μεγάλη έκταση. Για τον λόγο αυτό, στην περίπτωση του Αξιού, η συγκριτική αυτή ανάλυση αποσκοπεί μόνο στη διερεύνηση της συσχέτισης μεταξύ των μετεωρολογικών και υδρολογικών ξηρασιών στην ευρύτερη περιοχή, και όχι στην κατάρτιση σχέσεων (ή μοντέλων) βροχής-απορροής της λεκάνης. Για την στατιστική ανάλυση της ετήσιας και μέσης διετούς βροχόπτωσης, και, στη συνέχεια, τον υπολογισμό των αντίστοιχων δεικτών SPI, προσαρμόζονται η κατανομές γάμα και Weibull, αντίστοιχα, όπως φαίνεται στα διαγράμματα της Εικόνας 4-32.

4.6.2. ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΞΗΡΑΣΙΩΝ

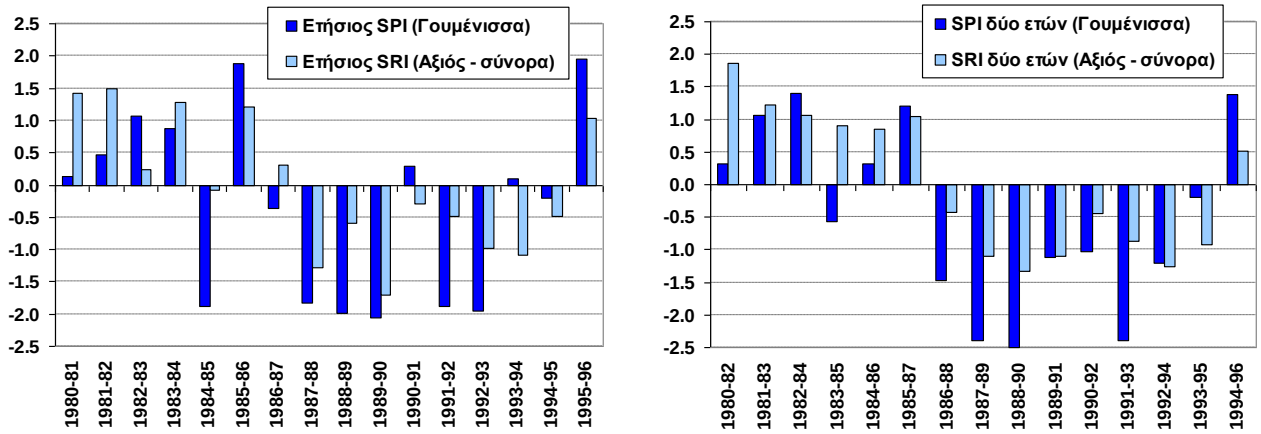
Οι δείκτες υδρολογικής ξηρασίας που υπολογίστηκαν στις δύο χαρακτηριστικές θέσεις της λεκάνης του Αξιού (σύνορα με ΠΓΔΜ και ανάντη συμβολής ρέματος Κότζα) συγκρίνονται με τους δείκτες υδρολογικής ξηρασίας του Αλιάκμονα (θέση Πολύφυτο) και τους δείκτες μετεωρολογικής ξηρασίας στη Γουμένισσα. Στον Αξιό, η σύγκριση γίνεται σε ετήσια και μέση διετή κλίμακα, ενώ στον Κότζα μόνο σε ετήσια.

Οι δείκτες απεικονίζονται, με μορφή ραβδογραμμάτων στις Εικόνες 4-33 έως 4-35. Παρατηρείται ότι οι επιμέρους δείκτες ξηρασίας είναι αρκετά καλά συσχετισμένοι. Τόσο στον Αξιό όσο και στον Κότζα, η συσχέτιση των δεικτών SRI είναι υψηλότερη όταν γίνεται με τους αντίστοιχους δείκτες του Αλιάκμονα παρά με τους δείκτες που αναφέρονται στη βροχόπτωση. Πράγματι, αν και γενικά τηρείται η ακολουθία θετικών και αρνητικών τιμών των δεικτών, σε ορισμένα έτη παρουσιάζονται σημαντικές διαφορές. Κάτι τέτοιο είναι αναμενόμενο, δεδομένου ότι μια έντονη πλην όμως μεμονωμένη μετεωρολογική ξηρασία δεν παράγει, κατ' ανάγκη μια αντίστοιχης έντασης υδρολογική ξηρασία, ενώ ακόμα και μια αισθητή αύξηση των βροχοπτώσεων μετά από μια περίοδο έμμονης ξηρασίας δεν συνεπάγεται αντίστοιχα ταχεία ανάκαμψη της υδροφορίας, με αποτέλεσμα τη διατήρηση της υδρολογικής ξηρασίας.

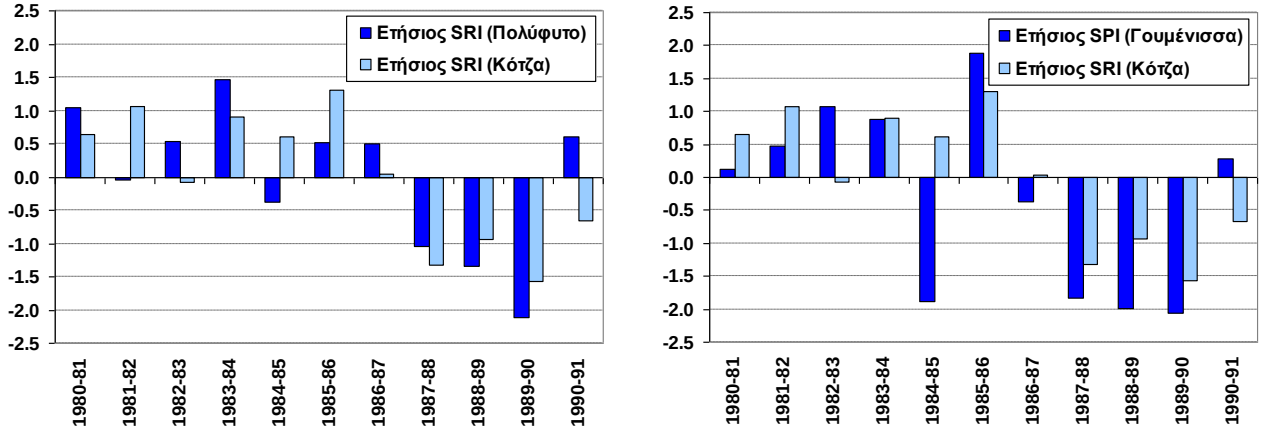
Από την άλλη πλευρά, το γεγονός ότι υπάρχει τόσο καλή, λαμβάνοντας υπόψη και το εύρος της χωρικής κλίμακας, συσχέτιση των παροχών του Αξιού με αυτές του Αλιάκμονα (συντελεστές συσχέτισης 74% στην ετήσια και 81% στη διετή κλίμακα) αποτελεί ιδιαίτερα χρήσιμο συμπέρασμα, καθώς αποδεικνύει ότι η υδρολογική δίαιτα στην ευρύτερη περιοχή της ΝΔ Βαλκανικής δεν διαφοροποιείται ουσιωδώς. Στην πράξη αυτό σημαίνει ότι παρακολουθώντας την εξέλιξη της απορροής στη λεκάνη του Αλιάκμονα μπορεί, σε συνδυασμό με την παρακολούθηση των βροχοπτώσεων, να υπάρξει μια αδρομερής, έστω, αναγνώριση των υδρολογικών ξηρασιών όχι μόνο στην ίδια την περιοχή μελέτης αλλά και στη διακρατική λεκάνη του Αξιού, προκειμένου να ληφθούν εγκαίρως κατάλληλα διαχειριστικά μέτρα, σε συνεργασία με τις αρμόδιες αρχές της ΠΓΔΜ.



Εικόνα 4-33: Σύγκριση δεικτών υδρολογικής ξηρασίας Αλιάκμονα στο Πολύφυτο και υδρολογικής ξηρασίας Αξιού στα σύνορα με την ΠΓΔΜ, για χρονικές κλίμακες ενός (αριστερά) και μέσου όρου δύο υδρολογικών ετών (δεξιά).



Εικόνα 4-34: Σύγκριση δεικτών μετεωρολογικής ξηρασίας στον σταθμό Γουμένισσα και υδρολογικής ξηρασίας Αξιού στα σύνορα με την ΠΓΔΜ, για χρονικές κλίμακες ενός (αριστερά) και μέσου όρου δύο υδρολογικών ετών (δεξιά).



Εικόνα 4-35: Σύγκριση ετήσιου δείκτη υδρολογικής ξηρασίας Αλιάκμονα στο Πολύφυτο (αριστερά) και ετήσιου δείκτη μετεωρολογικής ξηρασίας στον σταθμό Γουμένισσα (δεξιά) με τον αντίστοιχο δείκτη υδρολογικής ξηρασίας στη θέση Κότζα Ντερέ.

5. ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΔΕΙΚΤΗ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ

5.1. Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ – ΣΥΝΔΕΣΗ ΜΕ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΗ ΚΑΙ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗ ΞΗΡΑΣΙΑ

Οι επιπτώσεις μιας μετεωρολογικής ξηρασίας, όπως αυτή αποτυπώνεται στους σχετικούς στατιστικούς δείκτες βροχόπτωσης, εξαρτάται από τη δριμύτητα του φαινομένου (ένταση, διάρκεια), τη συσχέτισή της με την υδρολογική ξηρασία (ήτοι την μείωση της “παραγωγής” των επιφανειακών και υπόγειων υδατικών πόρων), τις πιέσεις που προκύπτουν στις χρήσεις νερού και τα ελλείμματα που τελικά δημιουργούνται στη ζήτηση νερού για τις διάφορες χρήσεις. Τα εν λόγω ελλείμματα αναφέρονται στη συνέχεια ως «λειψυδρία», και χαρακτηρίζουν μια περίοδο μειωμένης διαθεσιμότητας νερού σε σχέση με τη ζητούμενη.

Η ακολουθία μετεωρολογικής ξηρασίας, υδρολογικής ξηρασίας και λειψυδρίας είναι πολυσύνθετη και όχι πάντοτε προφανής. Όπως αναφέρθηκε στο υποκεφάλαιο 4.6, μια περίοδος συστηματικά χαμηλών υψών βροχής δεν συνεπάγεται, απαραίτητα, μια στατιστικά ισοδύναμη υδρολογική ξηρασία. Η απόκριση μιας υδρολογικής λεκάνης στην μετεωρολογική ξηρασία εξαρτάται από πληθώρα παραγόντων, που έχουν να κάνουν τόσο με τη χωροχρονική κατανομή της βροχόπτωσης όσο και με τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της λεκάνης. Για παράδειγμα, τα έντονα καρστικοποιημένα συστήματα είναι πιο ευαίσθητα στις μετεωρολογικές ξηρασίες, καθώς η αναρρύθμιση των ρυθμιστικών αποθεμάτων τους, που προέρχονται από την κατείσδυση σημαντικού ποσοστού της βροχής, είναι πολύ πιο γρήγορη.

Εξάλλου, είναι προφανές ότι όσο πιο μεγάλο ποσοστό των υδατικών πόρων διατίθεται για διάφορες χρήσεις νερού, τόσο πιο έντονες θα είναι οι επιπτώσεις μιας έμμονης ξηρασίας και τόσο πιο μεγάλο το πρόβλημα λειψυδρίας. Τονίζεται ότι οι υδατικές χρήσεις δεν περιορίζονται στις κλασικές ανθρωπογενείς καταναλώσεις νερού (ύδρευση, άρδευση, βιομηχανική χρήση), αλλά συμπεριλαμβάνουν τις ανάγκες του φυσικού περιβάλλοντος και των οικοσυστημάτων. Οι τελευταίες, αντί να θεωρούνται συνιστώσα της ζήτησης νερού, αφαιρούνται από τους ανανεώσιμους υδατικούς πόρους. Τονίζεται ότι η περιβαλλοντική ζήτηση είναι μια ευρύτερη έννοια, η οποία αναφέρεται στους υδατικούς πόρους της λεκάνης και όχι αποκλειστικά στην επιφανειακή ροή των ποταμών.

Σε κάθε περίπτωση, η εκτίμηση των επιπτώσεων μιας μετεωρολογικής ή υδρολογικής ξηρασίας στους υδατικούς πόρους μιας περιοχής αναφοράς προϋποθέτει την κατάρτιση του υδατικού ισοζυγίου της, που θα αποτυπώνει τη σχέση μεταξύ της φυσικής προσφοράς και των απολήψεων νερού. Η σχέση αυτή είναι εξ ορισμού δυναμική, δηλαδή μεταβάλλεται σε όλες τις χρονικές κλίμακες, καθώς, κατά μείζονα λόγο η φυσική προσφορά, αλλά και η ζήτηση είναι τυχαίες μεταβλητές. Σε πρώτη προσέγγιση, οι υπολογισμοί μπορούν να γίνουν σε ετήσια κλίμακα, η οποία, ωστόσο, εξομαλύνει τις εποχιακές διακυμάνσεις της προσφοράς και ζήτησης νερού, οδηγώντας σε πιο ευνοϊκά αποτελέσματα. Ειδικά στην Ελλάδα, όπου η φυσική προσφορά νερού της θερινή περίοδο είναι ελάχιστη, ενώ αντίθετα μεγιστοποιούνται οι απολήψεις (δεδομένου ότι το μεγαλύτερο μέρος της αφορά στην ικανοποίηση των αρδευτικών αναγκών), η ετήσια κλίμακα είναι ακατάλληλη για την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων.

Επιπλέον, η ίδια η έννοια της προσφοράς νερού χρήζει περαιτέρω εμβάθυνσης, καθώς δεν ταυτίζεται με τη φυσική διαθεσιμότητα του νερού, αλλά εξαρτάται, σε μεγάλο βαθμό, αφενός από τα χαρακτηριστικά των τεχνικών έργων αξιοποίησης των υδατικών πόρων (έργα σύλληψης, αποθήκευσης, μεταφοράς και διανομής νερού) και αφετέρου από τον τρόπο διαχείρισής τους. Αν δεν υπάρχουν καθόλου έργα, ακόμα και σε συνθήκες απεριόριστης προσφοράς νερού, δεν μπορεί να ικανοποιηθεί η ζήτηση. Από την άλλη πλευρά, αν υπάρχουν έργα ικανής χωρητικότητας για την υπερετήσια αναρρύθμιση των απορροών, τα οποία έχουν διατηρήσει επαρκή αποθέματα νερού από προηγούμενες περιόδους υψηλής υδροφορίας, είναι δυνατό να ικανοποιηθεί πλήρως η ζήτηση ενός μεμονωμένου υδρολογικού έτους, ακόμα και σε συνθήκες ακραίας ξηρασίας. Αντίστοιχη είναι η περίπτωση υδροφορέων μεγάλης αναρρυθμιστικής ικανότητας, οι οποίοι αποκρίνονται με πολύ μεγαλύτερη υστέρηση στην μετεωρολογική ξηρασία, σε σχέση με τα επιφανειακά νερά (παροχές ποταμών).

Από τα παραπάνω διαφαίνεται ότι η αξιολόγηση των φαινομένων λειψυδρίας απαιτεί μια ολοκληρωμένη και συστηματική προσέγγιση, η οποία προϋποθέτει την σχετικά λεπτομερή περιγραφή των υδρολογικών και ανθρωπογενών διεργασιών που αφορούν στο τρίπτυχο φυσική προσφορά νερού, απολήψεις και τεχνικά έργα. Επειδή, μάλιστα, η λειτουργία των έργων δεν είναι μονοσήμαντη, καθώς οι δυνητικές επιπτώσεις μιας ξηρασίας εξαρτώνται από τη διαχειριστική πολιτική που υιοθετείται, τίθεται το πρόβλημα της βέλτιστης διαχείρισης του συστήματος υδατικών πόρων, με στόχο, μεταξύ άλλων, την ελαχιστοποίηση της πιθανότητας εμφάνισης ελλειμμάτων (πιθανότητα αστοχίας), σε συνθήκες χαμηλής υδροφορίας.

Βεβαίως, στα πλαίσια της παρούσας μελέτης, δεν ζητείται η χρήση λεπτομερών διαχειριστικών μοντέλων αλλά μια αδρομερής αποτύπωση του προβλήματος, που αποσκοπεί στην κατάρτιση μιας γενικής εικόνας της τρωτότητας της περιοχής μελέτης έναντι των φαινομένων ξηρασίας και λειψυδρίας. Για το σκοπό αυτό εφαρμόζονται δύο προσεγγίσεις. Σε πρώτο στάδιο, υπολογίζεται ένας καθολικός δείκτης επίδοσης, που αποτυπώνει την σχέση προσφοράς νερού και απολήψεων από την περιοχή αναφοράς σε μέση ετήσια κλίμακα. Ο υπολογισμός του βασίζεται στον γνωστό από τη βιβλιογραφία **δείκτη εκμετάλλευσης νερού** (Water Exploitation Index, WEI), που έχει ήδη αναφερθεί στο εδάφιο 4.2.3. Στη συνέχεια, αναπτύσσεται μια δυναμική εκδοχή του δείκτη WEI, που εκτιμά την ετήσια μεταβλητότητά του, συναρτήσει της ετήσιας απορροής. Οι αναλύσεις πραγματοποιούνται σε κλίμακα ΛΑΠ και ακολούθως συναθροίζονται στην κλίμακα του Υδατικού Διαμερίσματος.

5.2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΔΕΙΚΤΩΝ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ

5.2.1. ΔΕΙΚΤΕΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ ΝΕΡΟΥ WEI ΚΑΙ WEI+

Ο δείκτης εκμετάλλευσης νερού (WEI) χρησιμοποιείται για να εκφράσει τις πιέσεις που ασκούνται στους υδατικούς πόρους μιας περιοχής αναφοράς. Στην τυπική του διατύπωση, ο WEI ορίζεται ως η μέση ετήσια απόληψη από τοπικούς υδατικούς πόρους (Total Water Abstraction, TWA) προς την υπερετήσια ποσότητα των ανανεώσιμων υδατικών πόρων (Renewable Water Availability, RWA) της περιοχής, δηλαδή:

$$WEI = TWA / RWA \quad (5.1)$$

Στην απλούστερη εκδοχή του WEI, η μέση ετήσια διαθεσιμότητα νερού RWA ισούται με την υπερετήσια απορροή, επιφανειακή και υπόγεια, της περιοχής αναφοράς. Στην βελτιωμένη εκδοχή του δείκτη WEI, που συμβολίζεται με WEI+, στους υπολογισμούς του όρου RWA εισέρχονται οι παρακάτω συνιστώσες:

- Η εσωτερική ροή (*D*), η οποία ισούται με το άθροισμα της επιφανειακής και υπόγειας απορροής.
- Η ποσότητα νερού που απαιτείται για περιβαλλοντικούς λόγους (WR), και η οποία θεωρείται μη διαθέσιμη για άλλες χρήσεις νερού, οπότε αφαιρείται από τους ανανεώσιμους πόρους.
- Οι εξωτερικές εισροές (*I*) επιφανειακών και υπόγειων νερών, από ανάντη διακρατικές λεκάνες και γειτονικές υδρογεωλογικές ενότητες, αντίστοιχα.
- Οι υπόγειες διαφυγές (*L*) προς τη θάλασσα ή προς γειτονικούς υδροφορείς.

Τα διάφορα μεγέθη συνδέονται μέσω της εξίσωσης υδατικού ισοζυγίου:

$$D = P + I - ET - L \quad (5.2)$$

όπου *P* η βροχόπτωση και ET η πραγματική εξατμοδιαπνοή στην περιοχή αναφοράς. Η παραπάνω σχέση αναφέρεται σε μη διαταραγμένες λεκάνες. Εφόσον υπάρχουν ανθρωπογενείς επεμβάσεις μέσω τεχνικών έργων, η εξίσωση ισοζυγίου περιπλέκεται, καθώς σε αυτή πρέπει να ληφθούν υπόψη οι απολήψεις από επιφανειακά νερά, οι εκτροπές σε άλλες λεκάνες, οι αντλήσεις υπόγειου νερού, οι επιστροφές νερού, και σε περίπτωση μεγάλων φραγμάτων, οι μεταβολές των αποθεμάτων στους ταμιευτήρες.

Στην υπερετήσια χρονική κλίμακα και στη χωρική κλίμακα μιας υδρολογικής λεκάνης, η εσωτερική ροή είναι το άθροισμα της μέσης ετήσιας επιφανειακής απορροής και της μέσης ετήσιας κατείσδυσης, από την οποία παράγεται η υπόγεια απορροή. Η μέση ετήσια κατείσδυση, με τη σειρά της, είναι ταυτόσημη με τα ρυθμιστικά αποθέματα των υδροφορέων. Αν δεν υπάρχουν διαφυγές (*L* = 0), το σύνολο της υπόγειας

απορροής εκφορτίζεται επιφανειακά εντός της ίδιας λεκάνης, μέσω πηγών. Στην περίπτωση αυτή, το σύνολο της μέσης ετήσιας υπόγειας απορροής ταυτίζεται με την μέση ετήσια βασική ροή του κύριου υδατορεύματος στην έξοδο της λεκάνης. Στην απλούστερη περίπτωση που αναφερόμαστε σε λεκάνη ή σύστημα λεκανών που είναι υδρογεωλογικά κλειστό και επιπλέον δεν πραγματοποιούνται μεταφορές νερού από άλλες λεκάνες (I = 0 και L = 0), η εσωτερική ροή ταυτίζεται με τη διαφορά της πραγματικής εξατμοδιαπνοής από τη βροχόπτωση.

Οι απολήψεις, TWA, αναφέρονται στην αξιοποίηση τοπικών, και μόνο, υδατικών πόρων, επιφανειακών και υπόγειων, για την κάλυψη των υδατικών αναγκών της περιοχής αναφοράς ή και άλλων περιοχών, μέσω έργων μεταφοράς (π.χ. μεταφορές νερού προς άλλες λεκάνες). Τονίζεται ότι η κατανάλωση νερού που προέρχεται από πηγές εκτός της περιοχής αναφοράς (π.χ. αφαλάτωση, μεταφορά από άλλες λεκάνες) δεν προσμετράται στις απολήψεις, καθώς δεν δημιουργεί πιέσεις στους τοπικούς υδατικούς πόρους. Ομοίως, δεν συνυπολογίζονται οι απολήψεις νερού για μη καταναλωτικές χρήσεις (π.χ., παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας), καθώς αυτές εξ ορισμού επιστρέφουν στο περιβάλλον.

Από τις απολήψεις αφαιρούνται οι ποσότητες νερού, RW, που επιστρέφουν στην περιοχή αναφοράς, μέσω των αποχετευτικών και αποστραγγιστικών δικτύων. Εφόσον το νερό αυτό δεν είναι έντονα υποβαθμισμένο ποιοτικά, θεωρείται ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί από κατάντη χρήστες.

Με βάση τις παραπάνω παραδοχές, η τελική έκφραση του δείκτη WEI είναι:

$$\text{WEI} = \textbf{Error!} \tag{5.3}$$

Η εφαρμογή του δείκτη WEI γίνεται, κατά κανόνα, σε μέση ετήσια κλίμακα. Ο δείκτης αυτός εκφράζει τη πίεση νερού (water stress) που ασκεί η ζήτηση στους υδατικούς πόρους και εφαρμόζεται σε μεγάλες χωρικές κλίμακες (στην προκειμένη περίπτωση, η εφαρμογή γίνεται σε κλίμακα ΛΑΠ καθώς και στην κλίμακα του ΥΔ). Στη βιβλιογραφία αναφέρεται το ανώφλι του 20% για περιοχές που δεν έχουν πρόβλημα πιέσεων και το κατώφλι του 40% για την υπαγωγή σε κατάσταση λειψυδρίας (σοβαρή πίεση νερού).

5.2.2. ΔΥΝΑΜΙΚΟΣ ΔΕΙΚΤΗΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ ΝΕΡΟΥ

Στα πλαίσια της μελέτης υλοποιήθηκε και μια δυναμική διατύπωση του δείκτη WEI, στην οποία λαμβάνεται υπόψη η ετήσια μεταβλητότητα της φυσικής προσφοράς νερού. Στην περίπτωση αυτή, χρησιμοποιείται, αντί της μέση τιμής, η χρονοσειρά ετήσιας απορροής, στη χωρική κλίμακα ενδιαφέροντος.

Γενικά, η συνολική ετήσια απορροή επιμερίζεται σε επιφανειακή, $R(t)$, και ετήσια υπόγεια, $G(t)$, δηλαδή:

$$D(t) = R(t) + G(t) \tag{5.4}$$

Οι παραπάνω συνιστώσες του υδατικού ισοζυγίου έχουν σημαντική ετήσια μεταβλητότητα, και μάλιστα μεγαλύτερη η επιφανειακή απορροή και μικρότερη η υπόγεια. Ωστόσο, προκειμένου να γίνει ο επιμερισμός των δύο μεγεθών, απαιτούνται είτε συστηματικές μετρήσεις (παροχές ποταμών και πηγών, στάθμες υδροφορέα), ή έμμεσες εκτιμήσεις των εν λόγω μεγεθών, μέσω υδρολογικού μοντέλου της περιοχής.

Σε κάθε περίπτωση, η εφαρμογή του δυναμικού δείκτη παρέχει μια πολύ πιο αντιπροσωπευτική εικόνα της τρωτότητας της περιοχής έναντι των φαινομένων λειψυδρίας, καθώς λαμβάνεται υπόψη η μεταβλητότητα της απορροής. Πράγματι, αν υποτεθούν δυο περιοχές με την ίδια τιμή του μέσου δείκτη WEI αλλά διαφορετικά στατιστικά χαρακτηριστικά της απορροής, είναι προφανές ότι στην περιοχή υψηλότερης μεταβλητότητας θα προκύπτει μεγαλύτερος αριθμός ετών στα οποία ο ετήσιος δείκτης θα υπερβαίνει το κρίσιμο όριο 40%. Ας υποθέσουμε τέσσερις περιοχές, με τις ακόλουθες τιμές μεγεθών (για απλούστευση, οι συνιστώσες AEI, WR και RW είναι μηδενικές):

Περιοχή Α: TWA = 15 (ζήτηση), RWA = D = 100 (μέση απορροή), σ_D = 20 (τυπική απόκλιση απορροής)

Περιοχή Β: TWA = 15 (ζήτηση), RWA = D = 100 (μέση απορροή), σ_D = 40 (τυπική απόκλιση απορροής)

Περιοχή Γ: TWA = 25 (ζήτηση), RWA = D = 100 (μέση απορροή), σ_D = 20 (τυπική απόκλιση απορροής)

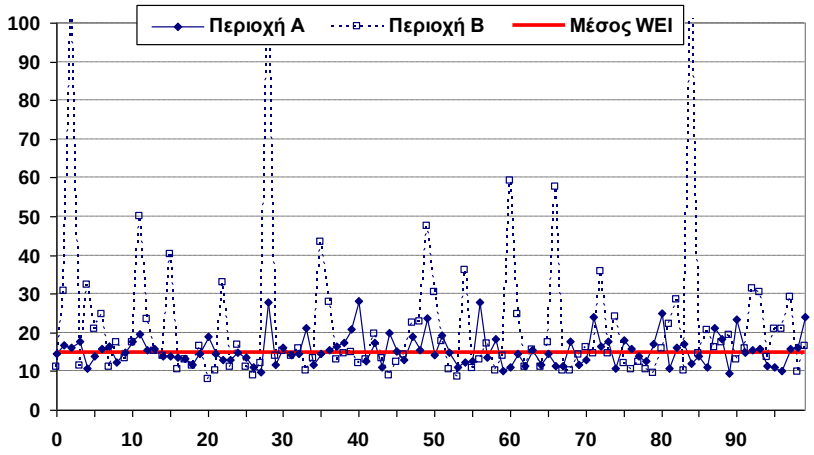
Περιοχή Δ: TWA = 25 (ζήτηση), RWA = D = 100 (μέση απορροή), σ_D = 40 (τυπική απόκλιση απορροής)

Στις περιοχές Α και Β, ο μέσος ετήσιος δείκτης WEI είναι ίσος με 15 / 100 = 15%, ενώ στις περιοχές Γ και Δ ισούται με 25 / 100 = 25% (που υποδηλώνει ότι οι περιοχές αυτές έχουν πρόβλημα διαθεσιμότητας νερού). Θεωρούμε τώρα ότι η ετήσια απορροή στις εν λόγω περιοχές ακολουθεί κανονική κατανομή, με μέση τιμή 100 και τυπική απόκλιση 20, για τις περιοχές Α και Γ, και 40, για τις περιοχές Β και Δ. Από την κανονική κατανομή παράγουμε 100 έτη συνθετικών τιμών απορροής, και για κάθε έτος υπολογίζουμε το λόγο της (σταθερής) ζήτησης προς την ετήσια απορροή, παράγοντας έτσι 100 συνθετικές τιμές του WEI. Οι χρονοσειρές του WEI απεικονίζονται στα διαγράμματα της Εικόνας 5-1, για τις περιοχές Α και Β, και της Εικόνας 5-2, για τις περιοχές Γ και Δ.

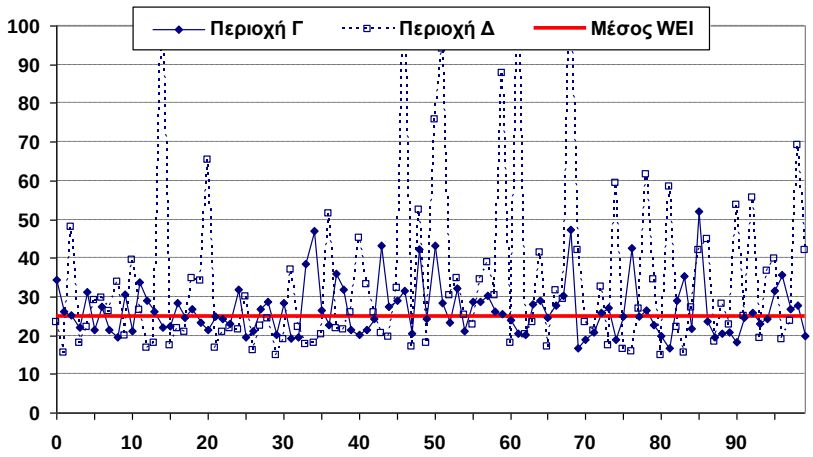
Συγκρίνοντας τις περιοχές Α και Β, παρατηρείται ότι στην πρώτη περίπτωση η τιμή του WEI παρουσιάζει μικρές σχετικά διακυμάνσεις γύρω από τη μέση τιμή του 15%, και σε καμία περίπτωση δεν υπερβαίνει το 30%. Αντίθετα, στην περιοχή Β, που με βάση την τιμή του μέσου WEI θα χαρακτηριζόταν όπως και η Α, χωρίς προβλήματα διαθεσιμότητας νερού, σε αρκετά έτη το ετήσιος WEI υπερβαίνει το όριο του 40%, και μάλιστα σε τρεις περιπτώσεις υπερβαίνει το 100%. Αυτό σημαίνει ότι τα τρία αυτά υδρολογικά έτη, η προσφορά νερού, ήτοι η απορροή, δεν επαρκεί για να καλύψει τη ζήτηση.

Αντίστοιχα είναι τα συμπεράσματα από τη σύγκριση των υποθετικών περιοχών Γ και Δ, που όμως είναι εξαρχής προβληματικές, αφού ο μέσος δείκτης WEI ανέρχεται στο 25%. Βεβαίως, η περιοχή Δ στην οποία η μεταβλητότητα της απορροής είναι υψηλή, είναι ιδιαίτερα αυξημένο τόσο το ποσοστό των τιμών του ετήσιου WEI που υπερβαίνουν το όριο λειψυδρίας (40%), όσο και το ποσοστό των ελλειμματικών ετών. Αυτό που έχει ενδιαφέρον είναι το γεγονός ότι η περιοχή Γ, λόγω της χαμηλής μεταβλητότητας της ετήσιας απορροής, είναι τελικά λιγότερο ευάλωτη σε σχέση με την Β, παρόλο που οι υδατικές ανάγκες της Γ είναι σημαντικά μεγαλύτερες από τη Β.

Το υποθετικό αυτό αριθμητικό παράδειγμα καταδεικνύει τη χρησιμότητα του δυναμικού δείκτη WEI, όχι μόνο ως μέτρου αξιολόγησης της επικινδυνότητας μιας περιοχής, έναντι των προβλημάτων λειψυδρίας, αλλά και σε επιχειρησιακό πλαίσιο, για την αποτίμηση του εν λόγω κινδύνου, την πρόγνωση των πιθανών ελλειμμάτων και την έγκαιρη αναζήτηση εναλλακτικών πηγών νερού.



Εικόνα 5-1: Προσομοιωμένη χρονοσειρά 100 ετών δείκτη WEI σε δύο υποθετικές περιοχές Α και Β, με μέση ετήσια ζήτηση TWA = 15, μέση ετήσια απορροή *D* = 100 και τυπική απόκλιση 20 και 40, αντίστοιχα.



Εικόνα 5-2: Προσομοιωμένη χρονοσειρά 100 ετών δείκτη WEI σε δύο υποθετικές περιοχές Γ και Δ, με μέση ετήσια ζήτηση TWA = 25, μέση ετήσια απορροή *D* = 100 και τυπική απόκλιση 20 και 40, αντίστοιχα.

5.3. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ

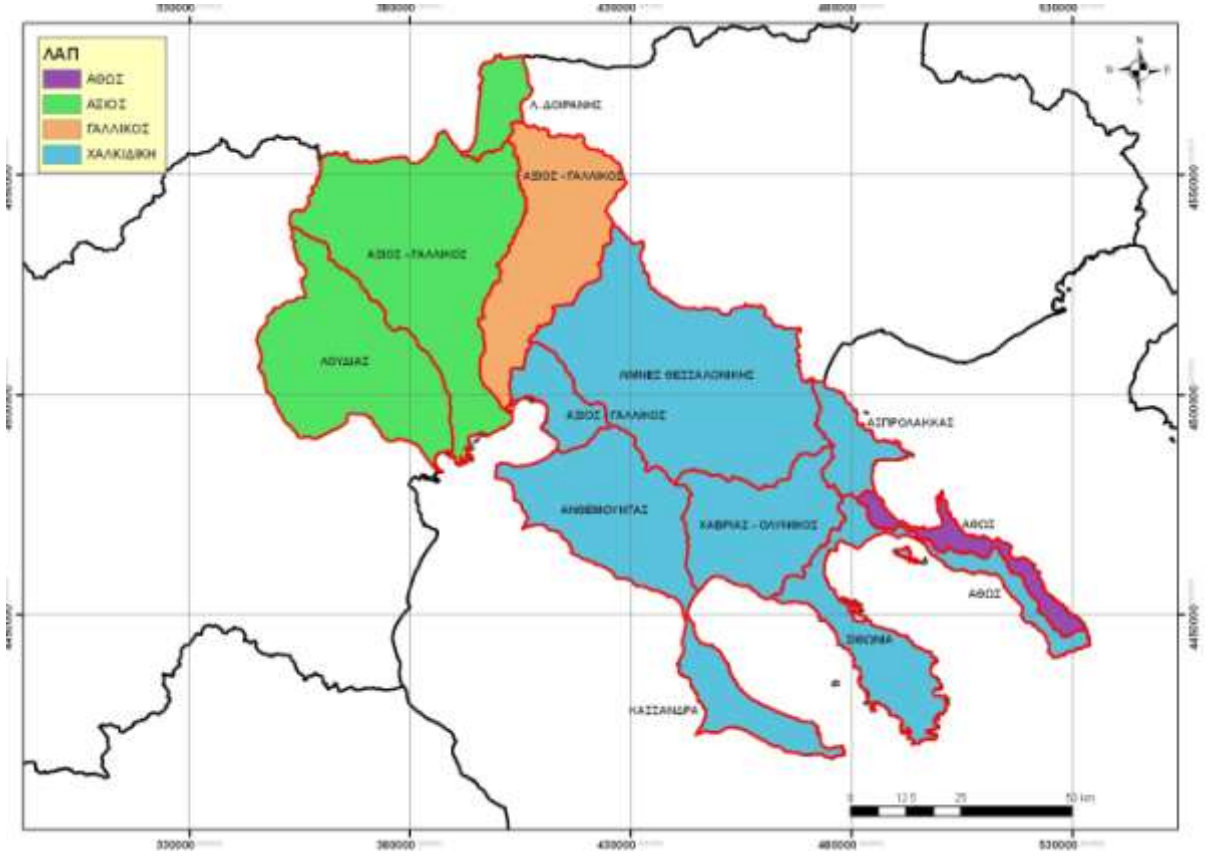
Στους υπολογισμούς του WEI υπεισέρχονται διάφορα μεγέθη του υδατικού ισοζυγίου, για την εκτίμηση των οποίων εφαρμόστηκαν οι προσεγγίσεις που περιγράφονται στη συνέχεια. Όλοι οι υπολογισμοί αναφέρονται στη χωρική κλίμακα των τεσσάρων ΛΑΠ του ΥΔ Κεντρικής Μακεδονίας, ενώ τα μεγέθη που προέκυψαν συναθροίστηκαν, στη συνέχεια, στην κλίμακα του ΥΔ.

5.3.1. ΑΠΟΡΡΟΗ ΥΠΟΛΕΚΑΝΩΝ

Η απορροή (εσωτερική ροή) είναι η μοναδική συνιστώσα του δείκτη λειψυδρίας που θεωρείται μεταβλητή. Λόγω της εξαιρετικά φτωχής υδρομετρικής πληροφορίας στην περιοχή, δεν είναι δυνατή η κατάρτιση χρονοσειρών απορροής με βάση μετρήσεις παροχών σε ποτάμια. Για το λόγο αυτό, η επιφανειακή και υπόγεια απορροή εκτιμώνται από απλές γραμμικές σχέσεις, συναρτήσει των επιφανειακών βροχοπτώσεων των ΛΑΠ, σε συνδυασμό με πιο λεπτομερείς εκτιμήσεις, που προέρχονται από προγενέστερες αναλύσεις με το υδρολογικό μοντέλο MIKE-SHE, το οποίο αναπτύχθηκε στα πλαίσια των Διαχειριστικών Μελετών του πρώην ΥΠΑΝ (2007).

Συγκεκριμένα, στα πλαίσια των παραπάνω μελετών, το Υδατικό Διαμέρισμα Κεντρικής Μακεδονίας χωρίστηκε σε δέκα υπολεκάνες (model domains), στις οποίες εφαρμόστηκε το μοντέλο MIKE-SHE για την εκτίμηση του υδατικού τους ισοζυγίου για την περίοδο 1980-2001. Τα αποτελέσματα του μοντέλου, σε μέση ετήσια κλίμακα και ανά υπολεκάνη, συνοψίζονται στον Πίνακα 5-1.

Η σχηματοποίηση του ΥΔ απεικονίζεται στην Εικόνα 5-3. Παρατηρείται ότι οι υπολεκάνες του μοντέλου και οι ΛΑΠ επικαλύπτονται. Για παράδειγμα, η υπολεκάνη Αξιού-Γαλλικού, συνολικής έκτασης 3184 km^2, περιλαμβάνει το σύνολο της ΛΑΠ Γαλλικού, τα 2/3 περίπου της ΛΑΠ Αξιού και ένα μικρό τμήμα της ΛΑΠ Χαλκιδικής. Για τον λόγο αυτό, οι προσομοιώσεις επαναλήφθηκαν, θεωρώντας δύο υπολεκάνες (Αξιού και Γαλλικού). Σε κάθε περίπτωση, για την αναγωγή των προσομοιωμένων απορροών στην εκάστοτε χωρική κλίμακα ενδιαφέροντος, απαιτείται ο υπολογισμός των εκτάσεων που προκύπτουν από την τομή των δύο θεματικών επιπέδων, ήτοι των υπολεκανών και των ΛΑΠ. Οι εκτάσεις αυτές δίνονται στον Πίνακα 5-2.



Εικόνα 5-3: Σχηματοποίηση υπολεκανών για την κατάρτιση υδατικών ισοζυγίων με το μοντέλο MIKE-SHE.

Πίνακας 5-1: Μέσα ετήσια μεγέθη υδατικού ισοζυγίου υπολεκανών περιόδου 1980-2001, με βάση τα αποτελέσματα του μοντέλου MIKE-SHE (ΥΠΑΝ, 2007).

Υπολεκάνη	Βροχόπτωση (mm)	Εξατμο-διαπνοή (mm)	Απορροή (mm)	Βροχόπτωση (hm^3)	Εξατμο-διαπνοή (hm^3)	Απορροή (hm^3)	Υπερετήσιος συντελεστής απορροής
Άθως	524.6	387.4	137	224.6	165.9	58.6	0.261
Ανθεμούντας	442.2	360.6	73.3	437.5	356.8	72.5	0.166
Αξιός	585.2	329.8	227.2	1092.7	615.8	424.3	0.388
Ασπρόλακκας	551	437.8	113.2	140.6	111.7	28.9	0.205
Γαλλικός	483.9	341.1	146.7	508.5	358.4	154.2	0.303
Δοϊράνη	645.3	439.5	205.5	133.7	91	42.6	0.318
Κασσάνδρα	575.9	463.4	121.6	202	162.5	42.7	0.211
Λίμνες Θεσ/νίκης	588.4	532.9	67.9	1226.1	1110.5	141.5	0.115
Λουδίας	546.4	316	235.3	683.2	395.1	294.2	0.431
Σιθωνία	504.4	384.4	119.8	298	227.1	70.8	0.237
Χαβρίας-Ολύνθιος	558.5	426.3	137.9	452.1	345.1	111.6	0.247

Πίνακας 5-2: Εκτάσεις (km²) που καταλαμβάνουν οι υπολεκάνες του μοντέλου MIKE-SHE στις ΛΑΠ του ΥΔ 10.

Υπολεκάνη	ΛΑΠ Αξιού	ΛΑΠ Γαλλικού	ΛΑΠ Χαλκιδικής	ΛΑΠ Άθω	Σύνολο
Άθως			190.9	237.2	**428.1**
Ανθεμούντας			989.5		**989.5**
Αξιός	1 867.3				**1 867.3**
Ασπρόλακκας			255.1		**255.1**
Γαλλικός		1 050.8	266.1		**1 316.8**
Δοϊράνη			350.7		**350.7**
Κασσάνδρα	207.2				**207.2**
Λίμνες Θεσ/νίκης			2 083.9		**2 083.9**
Λουδίας	1 250.4				**1 250.4**
Σιθωνία			590.7		**590.7**
Χαβρίας-Ολύνθιος			809.5		**809.5**
Σύνολο	**3 324.8**	**1 050.8**	**5 536.5**	**237.2**	**10 149.3**

Ο υπολογισμός του ετήσιου όγκου απορροής κάθε ΛΑΠ έγινε πολλαπλασιάζοντας τα ετήσια ύψη απορροής κάθε υπολεκάνης της περιόδου 1980-2001 επί την έκταση που αυτή καταλαμβάνει στην αντίστοιχη ΛΑΠ. Για την επέκταση των χρονοσειρών για όλη την περίοδο διαθεσιμότητας βροχομετρικών δεδομένων στις ΛΑΠ, αναπτύχθηκαν σχέσεις γραμμικής παλινδρόμησης της προσομοιωμένης απορροής τους συναρτήσει της επιφανειακής βροχόπτωσης, που υπολογίστηκαν στα πλαίσια της παρούσας μελέτης. Οι χρονοσειρές αυτές παρουσιάζουν μικρές διαφορές σε σχέση με αυτές που θεωρήθηκαν στις αναλύσεις του MIKE-SHE, όπως προέκυψε από ελέγχους με βάση τους συντελεστές συσχέτισης. Για παράδειγμα, την περίοδο 1980-2001 η μέση ετήσια βροχόπτωση στη ΛΑΠ Γαλλικού, όπως υπολογίστηκε στο εδάφιο 3.4.3, ανέρχεται σε 473.7 mm, ενώ η αντίστοιχη τιμή που εφαρμόστηκε στις προσομοιώσεις του MIKE-SHE είναι 483.9 mm (Πίνακας 5-3). Οι αποκλίσεις οφείλονται στα πρωτογενή σημειακά δείγματα που χρησιμοποιήθηκαν, στη διαδικασία χωρικής ολοκλήρωσης και άλλες παραδοχές (π.χ. βροχοβαθμίδα).

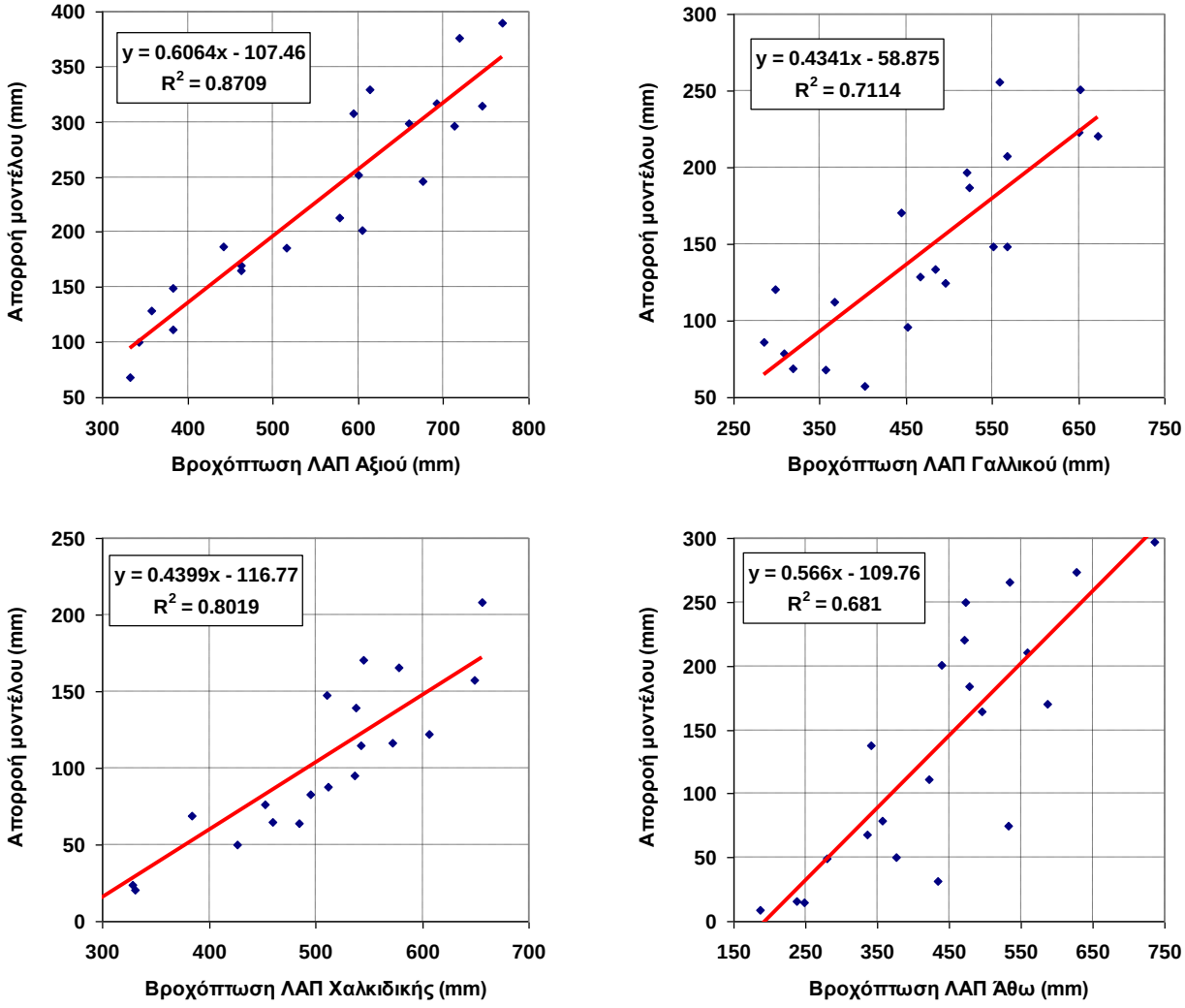
Τελικά, με βάση τις ετήσιες τιμές βροχόπτωσης της μελέτης και τα προσομοιωμένα ετήσια ύψη απορροής του μοντέλου MIKE-SHE αναπτύχθηκαν απλές σχέσεις παλινδρόμησης, οπότε οι χρονοσειρές απορροής επεκτάθηκαν σε όλο το μήκος των βροχομετρικών δειγμάτων (1965-2010 για τις ΛΑΠ Αξιού, Γαλλικού και Χαλκιδικής, 1953-2010 για τη ΛΑΠ Άθω). Οι σχέσεις παλινδρόμησης για κάθε ΛΑΠ απεικονίζονται στην Εικόνα 5-4, ενώ τα βασικά στατιστικά χαρακτηριστικά των τελικών χρονοσειρών ετήσιας βροχόπτωσης και απορροής των ΛΑΠ δίνονται στον Πίνακα 5-4. Τονίζεται ότι για την περίοδο 1980-2001 έχουν θεωρηθεί οι ετήσιες απορροές που έχουν προκύψει από τις προσομοιώσεις του MIKE-SHE, ενώ για τα υπόλοιπα έτη λαμβάνονται οι τιμές που εκτιμώνται μέσω γραμμικής συσχέτισης με την επιφανειακή βροχόπτωση των αντίστοιχων ΛΑΠ.

Πίνακας 5-3: Μέσο ετήσιο υδατικό ισοζύγιο περιόδου 1980-2001 σε κλίμακα ΛΑΠ, με βάση τα επιμέρους αποτελέσματα του μοντέλου MIKE-SHE.

	ΛΑΠ Αξιού	ΛΑΠ Γαλλικού	ΛΑΠ Χαλκιδικής	ΛΑΠ Άθω
Μέση ετήσια βροχόπτωση (mm)	574.3	483.9	539.2	524.6
Μέση ετήσια εξατμοδιαπνοή (mm)	331.5	341.1	447.7	387.4
Μέση ετήσια απορροή (mm)	228.9	146.7	96.3	137.0
Μέση ετήσια βροχόπτωση (hm^3)	1909.6	508.5	2985.2	124.4
Μέση ετήσια εξατμοδιαπνοή (hm^3)	1102.0	358.4	2478.4	91.9
Μέση ετήσια απορροή (hm^3)	761.0	154.2	533.1	32.5
Υπερετήσιος συντελεστής απορροής	0.399	0.303	0.179	0.261

Πίνακας 5-4: Χαρακτηριστικά μεγέθη ετήσιας βροχόπτωσης και απορροής (τελικά δείγματα).

	ΛΑΠ Αξιού	ΛΑΠ Γαλλικού	ΛΑΠ Χαλκιδικής	ΛΑΠ Άθω	Σύνολο
Περίοδος δείγματος (έτη)	45	45	45	57	45
Μέση ετήσια βροχόπτωση (mm)	595.9	545.6	540.5	490.9	554.8
Μέση ετήσια απορροή (mm)	253.9	178.0	121.0	168.1	171.3
Μέση ετήσια βροχόπτωση (hm^3)	1981.3	573.3	2992.6	116.4	5630.7
Μέση ετήσια απορροή (hm^3)	844.2	187.0	670.0	39.9	1738.4
Τυπική απόκλιση απορροής (hm^3)	280.1	61.8	316.2	18.2	634.1
Ελάχιστη ετήσια απορροή (hm^3)	227.6	60.4	106.9	2.1	398.5
Μέγιστη ετήσια απορροή (hm^3)	1536.8	321.3	1641.5	76.8	3553.5
Υπερετήσιος συντελεστής απορροής	0.426	0.326	0.224	0.342	0.309



Εικόνα 5-4: Διαγράμματα διασποράς ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης και προσομοιωμένης (με το μοντέλο MIKE-SHE) απορροής, ανηγμένης στην επιφάνεια της αντίστοιχης ΛΑΠ, περιόδου 1980-2001.

5.3.2. ΕΞΩΤΕΡΙΚΕΣ ΕΙΣΡΟΕΣ ΑΠΟ ΔΙΑΚΡΑΤΙΚΑ ΠΟΤΑΜΙΑ

Κατά τον υπολογισμό των ανανεώσιμων υδατικών πόρων της ΛΑΠ Αξιού, στην επιφανειακή και υπόγεια ροή που παράγεται εντός της λεκάνης πρέπει να προστεθούν οι εξωτερικές εισροές από τον διακρατικό ποταμό Αξιό. Για την περίοδο 1980-1996 διατίθεται η πλήρης χρονοσειρά παροχών του Αξιού στα σύνορα

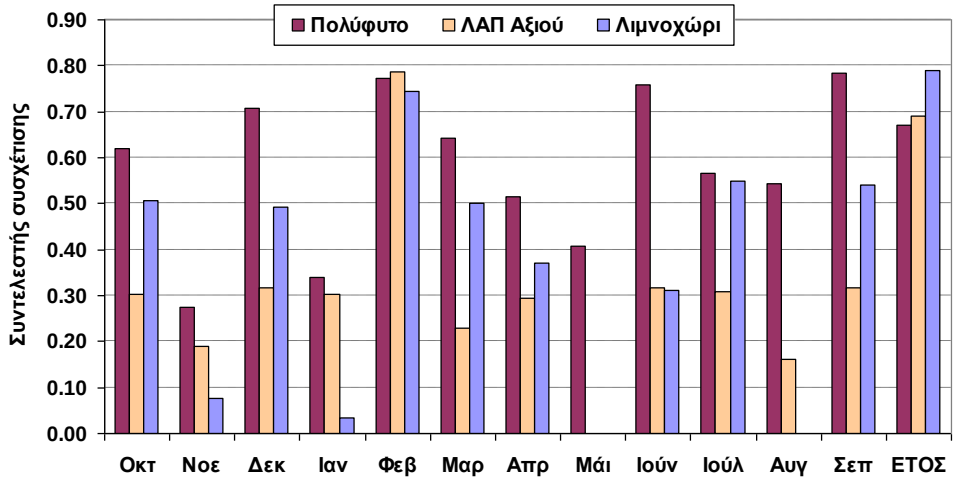
με την ΠΓΔΜ, που έχει προκύψει ενοποιώντας τα δείγματα παροχών των υδρομετρικών σταθμών Γέφυρας Αξιούπολης (1980-1991) και Demir Kapija (191-1996, βλ. εδάφιο 3.5.3).

Για την επέκταση του δείγματος, εξετάστηκαν οι συσχετίσεις των ετήσιων παροχών του Αξιού με ορισμένες χαρακτηριστικές υδρολογικές μεταβλητές της περιοχής μελέτης, συγκεκριμένα τις παροχές του Αλιάκμονα στο Πολύφυτο, την επιφανειακή βροχόπτωση της ΛΑΠ Αξιού και τις σημειακές βροχοπτώσεις των σταθμών των Υδατικών Διαμερισμάτων Δυτικής και Κεντρικής Μακεδονίας που βρίσκονται κοντά στα σύνορα με την ΠΓΔΜ. Στην Εικόνα 5-5 απεικονίζονται οι συντελεστές συσχέτισης, σε μηνιαία και ετήσια βάση, των παροχών του Αξιού με τρεις από τις υδρολογικές μεταβλητές που εξετάστηκαν. Στην κλίμακα του μήνα, η υψηλότερη τιμή του συντελεστή συσχέτισης διαφοροποιείται κατά περίπτωση (αν και, γενικά, η βέλτιστη συσχέτιση επιτυγχάνεται με τις παροχές του Πολυφύτου), ενώ στην ετήσια κλίμακα η βέλτιστη συσχέτιση επιτυγχάνεται με τη σημειακή βροχόπτωση του σταθμού Λιμνοχώρι του ΥΠΑΑΤ. Ο σταθμός αυτός βρίσκεται στο ΥΔ Δυτικής Μακεδονίας και διαθέτει πλήρη βροχομετρικά δεδομένα από το 1960-61. Αν και στην κλίμακα του μήνα οι επιμέρους συντελεστές συσχέτισης είναι γενικά μέτριοι, στην ετήσια κλίμακα ο εν λόγω συντελεστής φτάνει το 79% (συντελεστής προσδιορισμού 62%). Μεταξύ των σταθμών του ΥΔ Κεντρικής Μακεδονίας, η βέλτιστη συσχέτιση επιτυγχάνεται με τον βροχομετρικό σταθμό Γουμένισσας, όπου ο ετήσιος συντελεστής υπολογίζεται σε 71% (συντελεστής προσδιορισμού 52%). Στην Εικόνα 5-6 απεικονίζονται τα διαγράμματα διασποράς της ετήσιας παροχής του Αξιού με τα δύο δείγματα ετήσιας βροχόπτωσης, για την περίοδο 1980-1996.

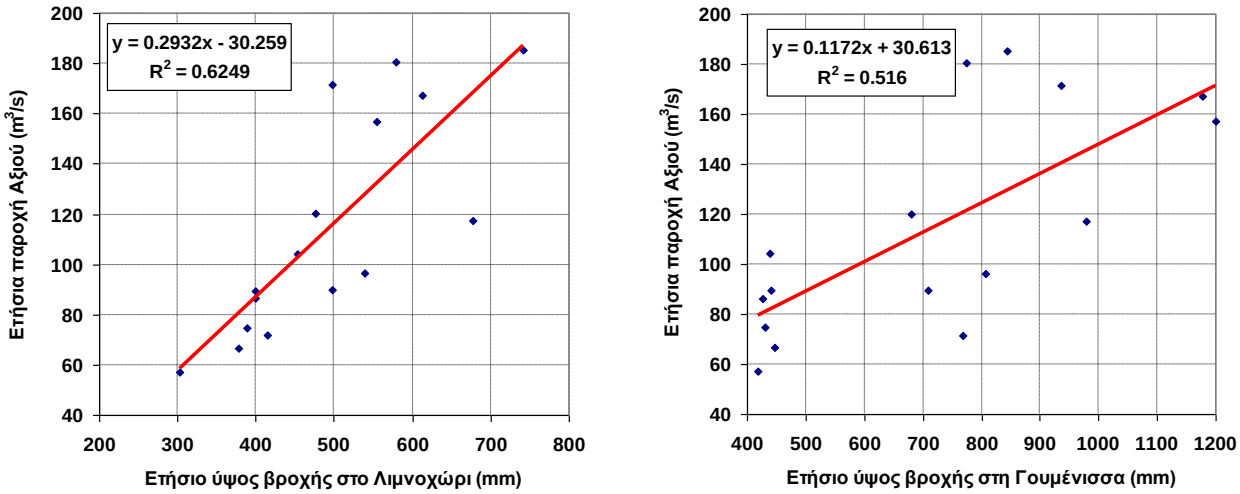
Τελικά, για την εκτίμηση της ετήσιας παροχής του Αξιού στα σύνορα συνδυάζονται τα ετήσια δείγματα των βροχομετρικών σταθμών Λιμνοχωρίου και Γουμένισσας, εφαρμόζοντας την ακόλουθη σχέση:

$$Q_{\text{ΑΞΙΟΥ}} = -95.5 + 0.321\, P_{\text{ΛΙΜΝΟΧΩΡΙ}} + 0.072\, P_{\text{ΓΟΥΜΕΝΙΣΣΑ}} \qquad (5.5)$$

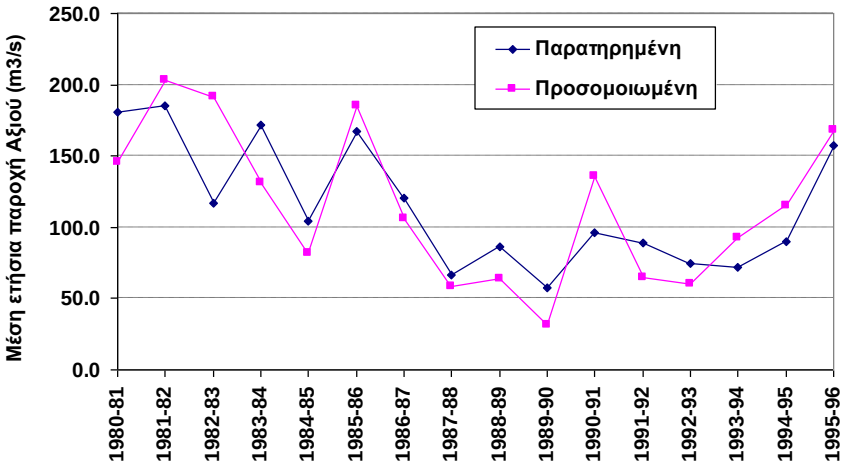
Οι τρεις παράμετροι της εξίσωσης υπολογίστηκαν μέσω βελτιστοποίησης, έτσι ώστε να μεγιστοποιείται ο συντελεστής αποτελεσματικότητας μεταξύ των εκτιμημένων και παρατηρημένων παροχών της περιόδου 1980-1995. Όπως φαίνεται στην Εικόνα 5-7, το απλό αυτό μοντέλο αναπαράγει με αρκετή ακρίβεια τις παροχές των περισότερων υδρολογικών ετών του δείγματος, με την τιμή της αποτελεσματικότητας να φτάνει στο 66%. Στη συνέχεια, η σχέση (5.5) χρησιμοποιείται για την επέκτασή του δείγματος παροχών με βάση τα ετήσια ύψη βροχής στους δύο σταθμούς. Το τελικό δείγμα παροχών του Αξιού για τα υδρολογικά έτη 1960-61 έως 2009-10, καθώς και οι κινούμενοι μέσοι όροι δέκα ετών, απεικονίζεται στην Εικόνα 5-8. Η μέση τιμή των 50 υδρολογικών ετών ανέρχεται σε 131.2 m³/s, με τυπική απόκλιση 49.0 m³/s.



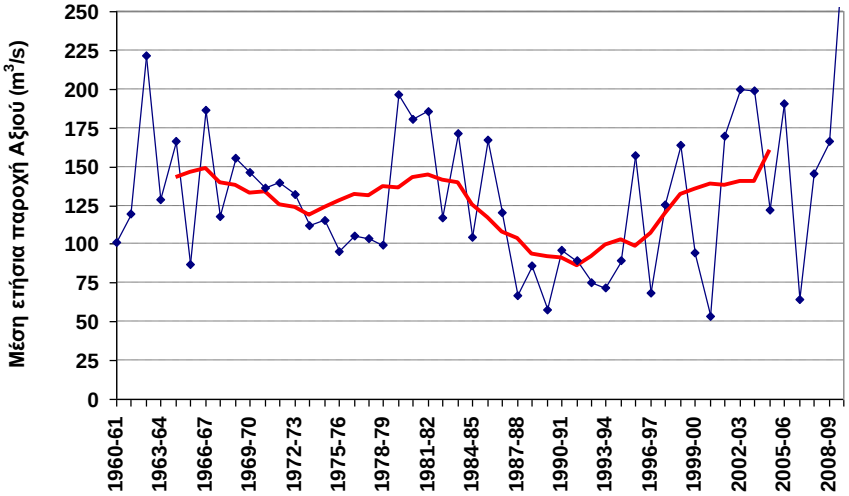
Εικόνα 5-5: Συντελεστές συσχέτισης χρονοσειράς παροχής Αξιού στα σύνορα με τις χρονοσειρές παροχής του Αλιάκμονα στο Πολύφυτο, την επιφανειακή βροχόπτωση στη ΛΑΠ Αξιού και την βροχόπτωση στο Λιμνοχώρι.



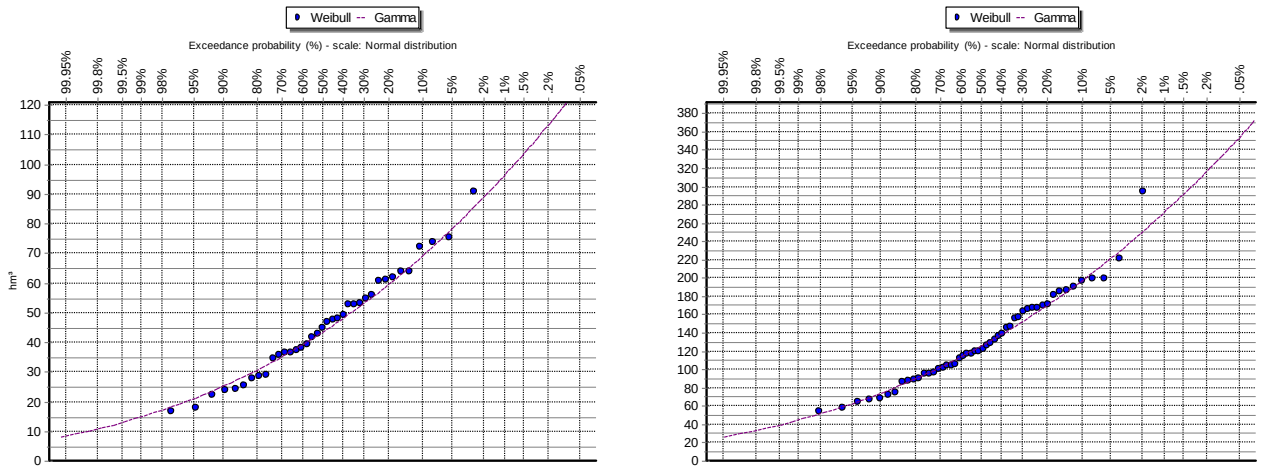
Εικόνα 5-6: Διαγράμματα διασποράς ετήσιας βροχόπτωσης σταθμών Λιμονχωρίου (αριστερά) και Γουμένισσας (δεξιά) και ετήσιας παροχής Αξιού στα σύνορα, για την περίοδο 1980-1996.



Εικόνα 5-7: Σύγκριση παρατηρημένων και εκτιμημένων, με εφαρμογή της σχέσης (5.5), ετήσιων παροχών του Αξιού στα σύνορα, για την περίοδο 1980-1996.



Εικόνα 5-8: Τελική χρονοσειρά παροχών Αξιού στα σύνορα με την ΠΓΔΜ και κυλιόμενοι μέσοι όροι δέκα ετών.



Εικόνα 5-9: Προσαρμογή κατανομής γάμα στις ετήσιες παροχές του Αλιάκμονα (αριστερά) και του Αξιού (δεξιά).

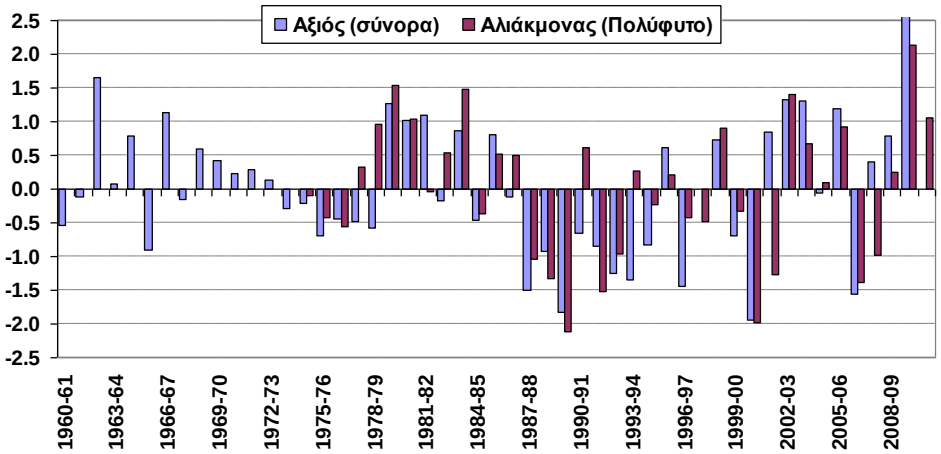
Με βάση το διάγραμμα της Εικόνας 5-8, επιβεβαιώνεται ότι κατά τη δεκαετία του 1960, η παροχή του Αξιού ήταν πολύ υψηλότερη σε σχέση με την περίοδο του δείγματος, φτάνοντας στα επίπεδα των 150 m^3/s. Λαμβάνοντας υπόψη και τις απολήψεις που πραγματοποιούνται στην ανάντη λεκάνη, είναι βέβαιο ότι η φυσικοποιημένη παροχή θα ήταν ακόμα μεγαλύτερη, στα επίπεδα των 170 m^3/s που αναφέρουν οι Κουτσογιάννης *κ.ά.* (2008, βλ. 3.5.3). Από την άλλη πλευρά, η περίοδος του αρχικού δείγματος, που βασίζεται σε πραγματικά υδρομετρικά δεδομένα, καλύπτει το μεγαλύτερο τμήμα της περιόδου έμμονης ξηρασίας που ξεκίνησε από τις αρχές της δεκαετίας του 1980 και είχε διάρκεια περίπου 15 έτη. Η μετάβαση στην πρόσφατη περίοδο υψηλής υδροφορίας είναι εμφανής στην προσομοιωμένη χρονοσειρά του Αξιού, καθώς από τα μέσα της δεκαετίας του 1990 παρατηρείται σημαντική ανάκαμψη της παροχής, με τη μέση τιμή να επανέρχεται στα επίπεδα των 150 m^3/s. Μάλιστα, το υδρολογικό έτος 2009-10 ενδεχομένως να ήταν το πλουσιότερο της τελευταίας πεντηκονταετίας, καθώς, με βάση με το απλό γραμμικό μοντέλο (5.5), η παροχή εκείνης της χρονιάς εκτιμάται σε 265 m^3/s.

Η αληθοφάνεια των εκτιμήσεων της παραπάνω προσέγγισης επιβεβαιώνεται και από τη σύγκριση των ετήσιων δεικτών ξηρασίας του Αξιού με τους δείκτες που υπολογίζονται με βάση τη χρονοσειρά ετήσιων παροχών του Αλιάκμονα στο Πολύφυτο. Οι τελευταίες είναι ιδιαίτερα αξιόπιστες, καθώς έχουν υπολογιστεί με βάση τα ιστορικά δεδομένα του υδατικού ισοζυγίου του ταμιευτήρα Πολυφύτου. Η στατιστική ανάλυση του δείγματος παροχών του Αλιάκμονα και η εκτίμηση των σχετικών δεικτών υδρολογικής ξηρασίας έχει γίνει στα πλαίσια της αντίστοιχης διαχειριστικής μελέτης του ΥΔ 09. Συγκεκριμένα, στο δείγμα ετήσιων παροχών έχει προασαρμοστεί η κατανομή γάμα (Εικόνα 5-9, αριστερά), με την οποία έχουν υπολογιστεί οι δείκτες SRI της περιόδου 1974-2011.

Στο τελικό δείγμα ετήσιων παροχών του Αξιού επίσης προσαρμόζεται η κατανομή γάμα (Εικόνα 5-9, δεξιά), που σημαίνει ότι τα δύο αυτά μεγάλα ποτάμια έχουν όμοια στατιστική συμπεριφορά. Υπενθυμίζεται ότι και στο μικρότερο δείγμα της περιόδου 1980-1996, που βασίζεται σε υδρομετρήσεις, εφαρμόστηκε η κατανομή γάμα για την στατιστική περιγραφή των ετήσιων παροχών του Αξιού (βλ. 4.5.1). Τελικά, μέσω της κατανομής γάμα, υπολογίζονται οι τιμές του δείκτη SRI για την πεντηκονταετία 1960-2010, οι οποίοι συγκρίνονται με τους δείκτες ξηρασίας του Αλιάκμονα (Εικόνα 5-10). Παρατηρείται πολύ καλή συσχέτιση μεταξύ των δύο δεικτών, και ιδιαίτερα οι ακραίες τιμές τους σχεδόν ταυτίζονται. Συνεπώς, επιβεβαιώνεται η ομοιομορφία των υδρολογικών ξηρασιών στην ευρύτερη περιοχή της ΝΔ Βαλκανικής. Η πρακτική αξία του παραπάνω συμπεράσματος είναι ιδιαίτερα σημαντική, καθώς με βάση την επίκαιρη υδρομετρική πληροφορία του Αλιάκμονα είναι εφικτή μια αρκετά ασφαλής εκτίμηση της υδρολογικής δίαιτας του Αξιού και, ειδικότερα, η αναγνώριση και αξιολόγηση των μεγάλης έντασης και διάρκειας ξηρασιών.

Στους υπολογισμούς του δείκτη εκμετάλλευσης νερού, η χρονοσειρά ετήσιων παροχών του Αξιού στα σύνορα με την ΠΓΔΜ, εκφρασμένη σε όρους ετήσιου όγκου απορροής, προστίθεται στην επιφανειακή και υπόγεια απορροή που παράγεται στη ΛΑΠ Αξιού, ώστε να ληφθεί η συνολική απορροή της διαχειριστικής

ενότητας. Σε μέση ετήσια κλίμακα, κατά την περίοδο 1965-2010, η εισροές από την ΠΓΔΜ εκτιμώνται σε 4 079 hm³, ενώ η απορροή της ίδιας της ΛΑΠ είναι 844 hm³ (Πίνακας 5-4).



Εικόνα 5-10: Χρονική εξέλιξη ετήσιων δεικτών υδρολογικής ξηρασίας Αλιάκμονα και Αξιού.

5.3.3. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΖΗΤΗΣΗ

5.3.3.1. ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ

Ως περιβαλλοντική ζήτηση νοείται η ετήσια ποσότητα νερού που πρέπει να δεσμεύεται για τα υδάτινα σώματα και οικοσυστήματα, με στόχο τη διατήρησή τους σε όσο το δυνατό καλύτερη οικολογική κατάσταση. Εφόσον αναφερόμαστε στη ροή ενός ποταμού, για την εκτίμηση της εν λόγω ποσότητας (που στην προκειμένη περίπτωση αναφέρεται ως οικολογική παροχή ή ελάχιστη διατηρητέα παροχή) έχει αναπτυχθεί πληθώρα μεθοδολογιών, με τις οποίες καθορίζεται είτε μια σταθερή τιμή είτε ένα εύρος εποχιακά μεταβαλλόμενων τιμών της παροχής που πρέπει να διατηρείται στον ρου του ποταμού, κατάντη ενός σημείου ελέγχου (π.χ. τεχνικό έργο, θέση απόληψης, κτλ.). Στη χωρική κλίμακα της υπολεκάνης - διαχειριστικής ενότητας, η έννοια της περιβαλλοντικής ζήτησης είναι λιγότερο σαφής, και πάντως αφορά στο σύνολο της εσωτερικής ροής, δηλαδή τόσο στα επιφανειακά όσο και τα υπόγεια νερά της περιοχής.

Στην περιοχή μελέτης δεν έχουν καθοριστεί σχετικοί περιβαλλοντικοί όροι. Για την εκτίμηση της περιβαλλοντικής ζήτησης στις τέσσερεις ΛΑΠ, εφαρμόζουμε αντίστοιχες προσεγγίσεις με την οικολογική παροχή, που αναφέρονται στη βιβλιογραφία ως υδρολογικές μέθοδοι (Tharme, 2003· Acreman and Dunbar, 2004· Petts, 2009). Οι μέθοδοι αυτές χρησιμοποιούν ως πρωτογενή πληροφορία υδρολογικά, και μόνο, δεδομένα, δηλαδή χρονοσειρές παροχής, σε διάφορες χρονικές κλίμακες. Στην απλούστερη εκδοχή τους, θεωρούν μια σταθερή ελάχιστη τιμή που εκφράζεται ως ποσοστό της μέσης ετήσιας παροχής του ποταμού. Το ποσοστό αυτό ποικίλει μεταξύ 2.5% (Γαλλική Αλιευτική Νομοθεσία του 1984, για την ελάχιστη διατηρητέα παροχή κατάντη υφιστάμενων έργων) έως 10% (τυπική τιμή που εφαρμόζεται στην Ισπανία, όταν δεν υπάρχουν αναλυτικότερα δεδομένα).

Εφόσον διατίθενται δείγματα μηναίων παροχών, τότε η οικολογική ροή εκτιμάται με στατιστική ανάλυση των παροχών της θερινής περιόδου ή του δυσμενέστερου θερινού μήνα. Για παράδειγμα, στην Ελλάδα, για τον υπολογισμό της περιβαλλοντικής εκροής κατάντη φραγμάτων, έχει χρησιμοποιηθεί η ελάχιστη μηνιαία παροχή πενταετίας, δηλαδή η ελάχιστη μηνιαία παροχή που αντιστοιχεί σε περίοδο επαναφοράς πέντε ετών. Στην περίπτωση που διατίθενται χρονοσειρές ημερήσιων παροχών ικανού μήκους (π.χ. 20 έτη), τότε η εκτίμηση της περιβαλλοντικής ροής βασίζεται στην κατάρτιση των καμπυλών διάρκειας-παροχής του ποταμού. Τυπικές τιμές ελάχιστης παροχής που υπολογίζονται κατ' αυτόν τον τρόπο είναι η Q_{95} (η τιμή ημερήσιας παροχής με 95% πιθανότητα υπέρβασης), που γενικά υιοθετείται στη Μεγάλη Βρετανία και την Αυστραλία, η Q_{90}, που εφαρμόζονται στον Καναδά και τη Βραζιλία, αλλά και πολύ χαμηλότερες τιμές, όπως η Q_{364}, δηλαδή η παροχή της δυσμενέστερης ημέρας του έτους.

Όλα τα παραπάνω όρια είναι εμπειρικά, και περισσότερο βασίζονται στη στατιστική θεώρηση της απορροής. Μια πιο τεκμηριωμένη προσέγγιση είναι η λεγόμενη μέθοδος Tennant (ή Montana), η οποία βασίζεται σε μακροχρόνιες παρατηρήσεις της δίαιτας των πληθυσμών ψαριών σε ποτάμια των ΗΠΑ, και της συσχέτισής τους με τις υδρολογικές συνθήκες (Tennant, 1976). Σύμφωνα με την μέθοδο αυτή, προσδιορίζονται κρίσιμα ποσοστά της μέσης ετήσιας παροχής για την υγρή και ξηρή περίοδο του έτους, που συνδέονται με την οικολογικές συνθήκες του ποταμού (Πίνακας 5-5). Για παράδειγμα, η διατήρηση «καλών» συνθηκών επιτυγχάνεται με τη διατήρηση του 20% της μέσης ετήσιας παροχής κατά την ξηρή περίοδο και του 40% κατά την υγρή. Το 10% της μέσης ετήσιας παροχής σε όλη τη διάρκεια του έτους αντιστοιχεί σε «φτωχές» ή «ελάχιστα αποδεκτές» συνθήκες, ενώ κάτω από αυτό το όριο το ποτάμιο σύστημα θεωρείται ότι εισέρχεται σε συνθήκες σοβαρής υποβάθμισης.

Σε όλες τις παραπάνω προσεγγίσεις, πρέπει να επισημανθεί ότι τα προτεινόμενα ποσοστά δεν είναι δυνατό να εφαρμοστούν αν δεν είναι συμβατά με την δίαιτα των απορροών του ποταμού. Για παράδειγμα, όταν η μέθοδος Tennant υποθέτει ποσοστό 30% επί της μέσης ετήσιας παροχής για τη διατήρηση πολύ καλών βιολογικών συνθηκών κατά την ξηρή περίοδο, δεν εξετάζει αν την περίοδο αυτή η φυσικοποιημένη ροή του ποταμού υπερβαίνει το εν λόγω ποσοστό. Στην περίπτωση που η ροή είναι διαλείπουσα ή εξαιρετικά χαμηλή, όπως συμβαίνει σε πολλές μικρές λεκάνες στην Ελλάδα κατά τους θερινούς μήνες, δεν έχει κανένα νόημα η θέσπιση υπερβολικά υψηλών περιβαλλοντικών στόχων, που δεν μπορούν να επιτευχθούν ακόμα κάτω από πλήρως αδιατάρακτες συνθήκες (δηλαδή, χωρίς τεχνικά έργα και απολήψεις νερού).

Πίνακας 5-5: Κρίσιμες τιμές παροχής (ως ποσοστά της μέσης ετήσιας παροχής) και συσχέτισή τους με την κατάσταση των ενδιαιτημάτων, σύμφωνα με τη μέθοδο Tennant (1976).

Περιγραφή συνθηκών	Ξηρή περίοδος	Υγρή περίοδος
Εξαιρετικές (outstanding)	40%	60%
Πολύ καλές (excellent)	30%	50%
Καλές (good)	20%	40%
Μέτριες, προς υποβάθμιση (fair or degrading)	10%	30%
Φτωχές ή οριακά αποδεκτές (poor or minimum)	10%	10%
Σοβαρή υποβάθμιση (severe degradation)	< 10%	< 10%

Στη βιβλιογραφία διατίθενται πιο σύνθετες υδρολογικές μέθοδοι που υλοποιούν σύνθετες επεξεργασίες δειγμάτων ημερήσιων παροχών, όπως οι μέθοδοι BFM (Basic Flow Method) και RVA (Range of Variability Approach). Οι εν λόγω τεχνικές εξετάζουν όχι μόνο τις μέσες συνθήκες ροής αλλά και τη μεταβλητότητά της, παρέχοντας πιο ρεαλιστικά αποτελέσματα. Τα τελευταία χρόνια, οι υδρολογικές μέθοδοι σταδιακά αντικαθίστανται από τις λεγόμενες ολιστικές (holistic) προσεγγίσεις, που ωστόσο απαιτούν πληθώρα δεδομένων (υδρολογικά, υδραυλικά, γεωμορφολογικά, βιολογικά, οικολογικά), καθώς και συστηματικές παρατηρήσεις πεδίου. Προφανώς, τέτοιες προσεγγίσεις παρέλκουν του σκοπού της παρούσας ανάλυσης, η οποία εστιάζει στην εκτίμηση δεικτών λειψυδρίας, με χρήση αδρομερών δεδομένων.

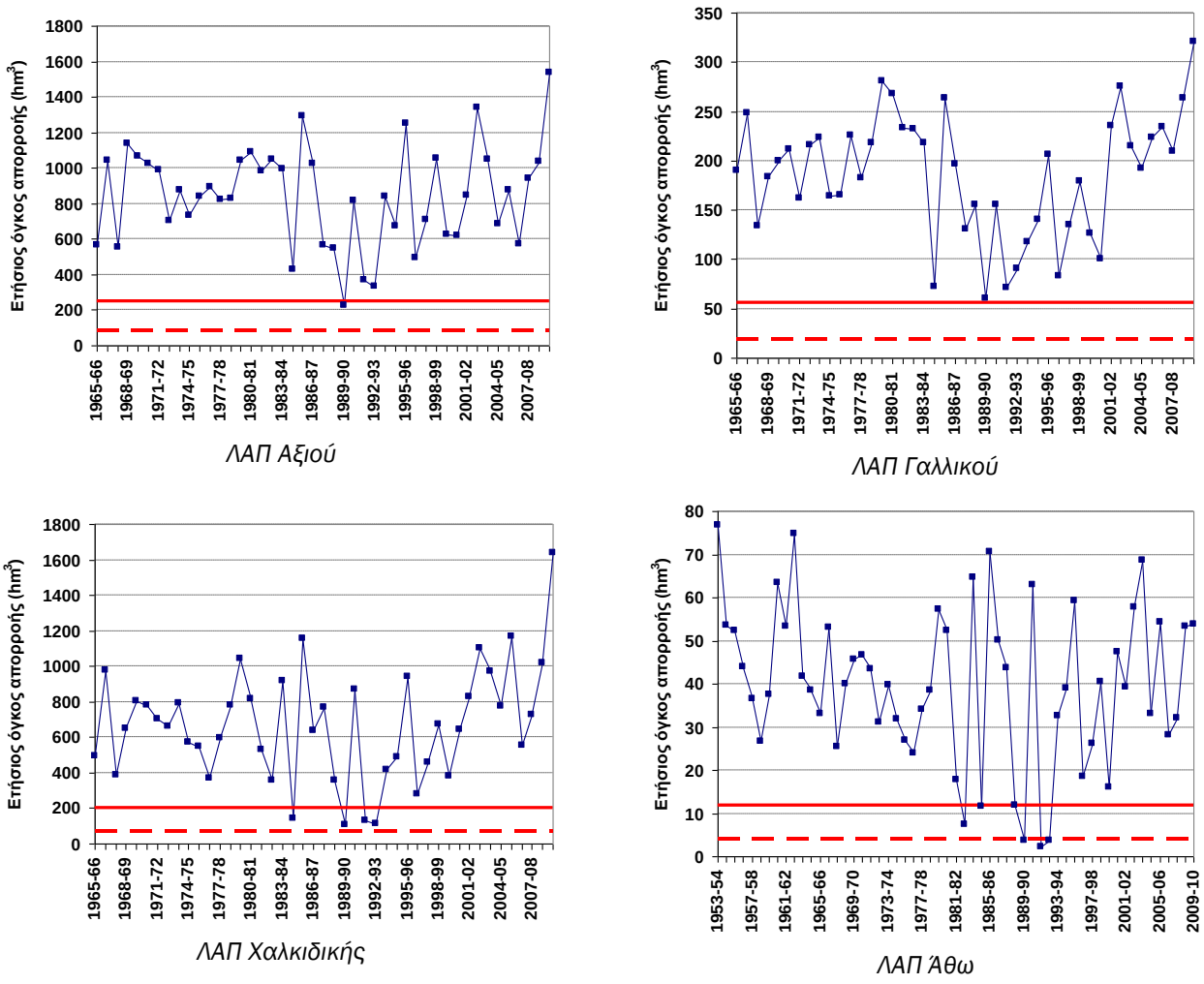
5.3.3.2. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΕΤΗΣΙΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗ ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΑΠΟΡΡΟΗ

Για όλες τις ΛΑΠ έχουν παραχθεί χρονοσειρές ετήσιας απορροής ικανού μήκους και έχουν υπολογιστεί τα βασικά στατιστικά τους μεγέθη, συγκεκριμένα η μέση τιμή, η ετήσια τυπική απόκλιση και οι δύο ακραίες τιμές (Πίνακας 5-4). Υπενθυμίζεται ότι τα δείγματα της περιόδου 1980-2001 έχουν υπολογιστεί με βάση το προσομοιωμένο υδατικό ισοζύγιο του μοντέλου MIKE-SHE, ενώ τα υπόλοιπα υδρολογικά έτη η απορροή έχει εκτιμηθεί μέσω γραμμικής συσχέτισης με την ετήσια επιφανειακή βροχόπτωση κάθε ΛΑΠ. Τονίζεται ότι στη ΛΑΠ Αξιού έχει θεωρηθεί μόνο η απορροή της ιδίας λεκάνης, και όχι η εισερχόμενη από την ΠΓΔΜ, η οποία αποτελεί το μεγαλύτερο ποσοστό της συνολικής απορροής του συστήματος.

Οι ετήσιες περιβαλλοντικές ανάγκες εκτιμώνται ως ποσοστά επί της μέσης ετήσιας απορροής των ΛΑΠ, τα οποία προτείνονται από τις στοιχειώδεις υδρολογικές μεθόδους. Δεδομένου ότι η απορροή περιλαμβάνει τόσο τα επιφανειακά νερά όσα και τα υπόγεια ρυθμιστικά αποθέματα, δεν έχει νόημα η διατύπωσή των

σχετικών περιβαλλοντικών στόχων σε όρους παροχής ποταμού. Τα ποσοστά που θεωρούνται είναι 2.5%, 10% και 30%. Το πρώτο και πλέον χαμηλό ποσοστό προκύπτει με βάση την Γαλλική Αλιευτική Νομοθεσία (1984), για την ελάχιστη διατηρητέα παροχή κατάντη παλαιών τεχνικών έργων. Το ενδιάμεσο ποσοστό αναφέρεται στην τυπική τιμή που εφαρμόζεται στην Ισπανία και ταυτίζεται με το ελάχιστο αποδεκτό όριο της μεθόδου Tennant. Τέλος, το υψηλό ποσοστό (30%) προκύπτει ως μέσος όρος των ορίων 20 και 40% της μεθόδου Tennant, για τη διατήρηση καλών συνθηκών κατά την ξηρή και υγρή περίοδο του έτους, αντίστοιχα, ενώ αντιστοιχεί σε πολύ καλές συνθήκες ροής, εφόσον ληφθεί υπόψη μόνο η θερινή περίοδος (Πίνακας 5-5). Τα αποτελέσματα των αναλύσεων συνοψίζονται στον Πίνακα 5-6, στον οποίο οι τρεις τιμές-στόχοι συγκρίνονται και με την ελάχιστη ετήσια απορροή κάθε δείγματος. Για όλα τα μεγέθη εκτιμάται η πιθανότητα μη υπέρβασης κάθε τιμής, με την υπόθεση ότι η ετήσια απορροή όλων των ΛΑΠ ακολουθεί κανονική κατανομή.

Τελικά, στις αναλύσεις του δείκτη λειψυδρίας θεωρούνται δύο τιμές-στόχοι των περιβαλλοντικών αναγκών, ήτοι η επιθυμητή τιμή, που εκτιμάται ως ποσοστό 30% της μέσης ετήσιας απορροής, και η αποδεκτή τιμή, που αντιστοιχεί στο 10% της μέσης ετήσιας απορροής. Η τιμή που προτείνεται από τη Γαλλική Νομοθεσία του 1984 δεν κρίνεται αποδεκτή, καθώς αναφέρεται σε παλαιά έργα. Η ίδια νομοθεσία δέχεται ποσοστό 10%, εφόσον εξετάζεται η περιβαλλοντική παροχή κατάντη νέων έργων, συμφωνεί δηλαδή τόσο με την πρακτική που εφαρμόζεται στην Ισπανία όσο και με το ελάχιστο αποδεκτό όριο της μεθόδου Tennant.



Εικόνα 5-11: Χρονοσειρά ετήσιας απορροής ΛΑΠ και τιμές-στόχοι περιβαλλοντικής ζήτησης (συνεχής γραμμή: επιθυμητό όριο 30%, διακεκομμένη γραμμή: αποδεκτό όριο 10%).

Πίνακας 5-6: Εκτίμηση ετήσιων περιβαλλοντικών αναγκών των ΛΑΠ ως ποσοστό της μέσης ετήσιας απορροής, σύγκριση με την ελάχιστη παρατηρημένη απορροή, και υπολογισμός πιθανοτήτων μη υπέρβασης.

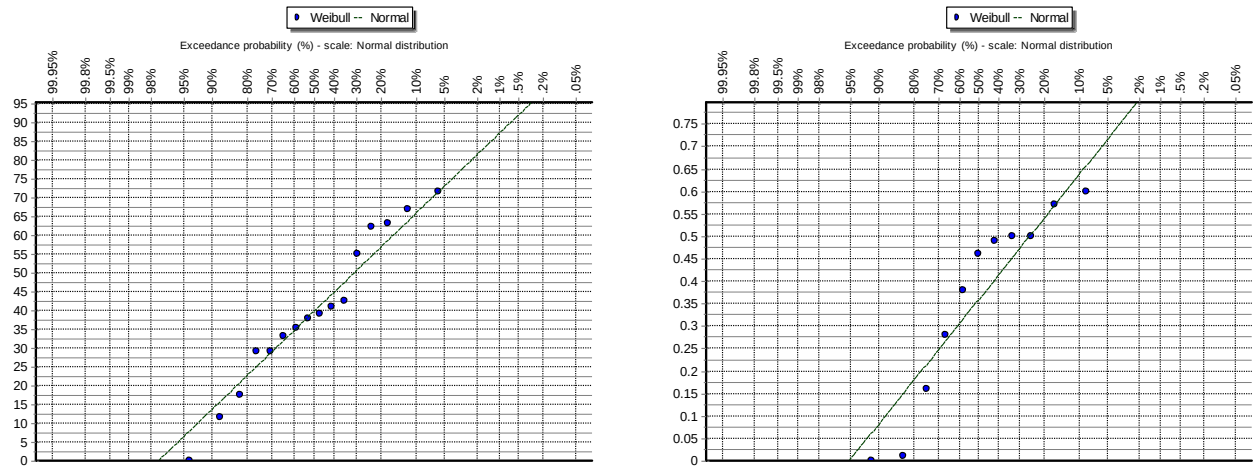
	ΛΑΠ Αξιού	ΛΑΠ Γαλλικού	ΛΑΠ Χαλκιδικής	ΛΑΠ Άθω
Μέση ετήσια απορροή (hm^3)	844.2	187.0	670.0	39.9
Τυπική απόκλιση απορροής (hm^3)	280.1	61.8	316.2	18.2
Γαλλική Αλιευτική Νομοθεσία (2.5%)	21.1	4.7	16.8	1.0
Πιθανότητα μη υπέρβασης (%)	0.2	0.2	1.9	1.6
Ελάχιστο όριο Tennant (10%)	84.4	18.7	67.0	4.0
Πιθανότητα μη υπέρβασης (%)	0.3	0.3	2.8	2.4
Tennant, καλές συνθήκες (30%)	253.3	56.1	201.0	12.0
Πιθανότητα μη υπέρβασης (%)	1.7	1.7	6.9	6.2
Ελάχιστη ετήσια απορροή (hm^3)	227.6	60.4	106.9	2.1
Πιθανότητα μη υπέρβασης (%)	1.4	2.0	3.7	1.9

Στην Εικόνα 5-11 απεικονίζονται η χρονοσειρά ετήσιας απορροής κάθε ΛΑΠ και οι δύο τιμές-στόχοι της περιβαλλοντικής ζήτησης (επιθυμητή, αποδεκτή). Παρατηρείται ότι με την θεώρηση του υψηλού στόχου του 30%, η περιβαλλοντική ζήτηση υπερβαίνει τουλάχιστον μία φορά (το υδρολογικό έτος 1989-90) την τιμή της ετήσιας απορροής, ενώ στις ΛΑΠ Χαλκιδικής και Άθω η τιμή αυτή παραβιάζεται 4 και 6 φορές, αντίστοιχα. Με εξαίρεση τη ΛΑΠ Αξιού, η οποία ενισχύεται σημαντικά λόγω των εξωτερικών εισροών, στις υπόλοιπες διαχειριστικές ενότητες αναμένεται ότι τις ξηρές χρονιές, η ποσότητα νερού που θα απομένει για την κάλυψη των ανθρωπογενών χρήσεων νερού θα είναι ανεπαρκής για την κάλυψη των αντίστοιχων υδατικών αναγκών, εφόσον δεσμευτεί το 30% της μέσης ετήσιας απορροής για περιβαλλοντική χρήση. Κατά συνέπεια, στη χωρική κλίμακα της ΛΑΠ, το αποδεκτό όριο του 10% κρίνεται πιο ρεαλιστικό, όπως τεκμηριώνεται και στις λεπτομερέστερες αναλύσεις του επόμενου εδαφίου.

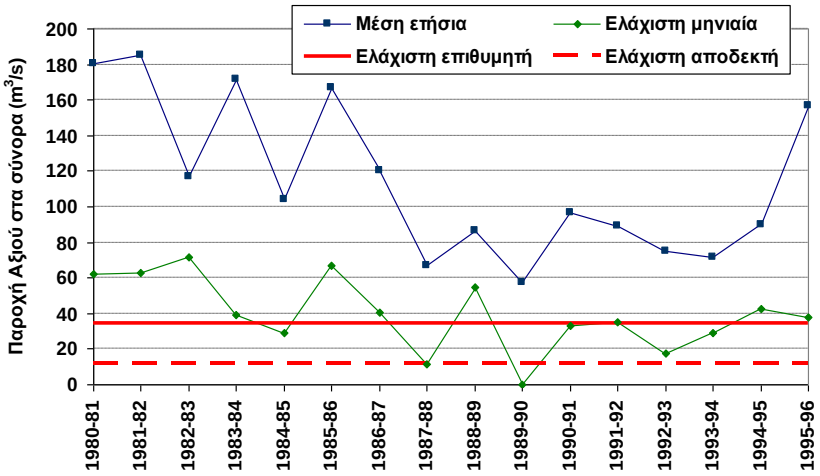
5.3.3.3. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΛΑΧΙΣΤΩΝ ΜΗΝΙΑΙΩΝ ΠΑΡΟΧΩΝ ΑΞΙΟΥ ΚΑΙ ΚΟΤΖΑ

Στο προηγούμενο εδάφιο εκτιμήθηκαν δύο εναλλακτικές τιμές της περιβαλλοντικής ζήτησης, ως ποσοστά την μέσης ετήσιας απορροής των ΛΑΠ. Προκειμένου να τεκμηριωθεί η καταλληλότητα των εν λόγω ποσοστών σε πρακτικό επίπεδο, ήτοι για τη θέσπιση ορίων ελάχιστης παροχής στα ποτάμια της περιοχής, εξετάζεται η δίαιτα των ελάχιστων μηναίων παροχών του Αξιού και του ρέματος Κότζα. Πρόκειται για τις μοναδικές θέσεις του ΥΔ 10 που διατίθενται αξιόπιστα δείγματα παροχών, με βάση υδρομετρικά δεδομένα. Πρόκειται για σε δύο ποτάμια εντελώς διαφορετικής κλίμακας, καθώς ο Αξιός είναι ένα από τα μεγαλύτερα διακρατικά ποτάμια της Ελλάδας, ενώ ο Κότζας είναι ένα τυπικό υδατόρευμα μικρομεσαίου μεγέθους, με έκταση λεκάνης απορροής λίγων εκατοντάδων km^2. Στα δύο δείγματα προσαρμόζεται η κανονική κατανομή (Εικόνα 5-12). Γενικά, οι παροχές των δύο ποταμών δεν ελαχιστοποιούνται τον ίδιο μήνα κάθε έτους. Συνήθως, ο δυσμενέστερος μήνας είναι ο Αύγουστος ή ο Σεπτέμβριος, και περιστασιακά ο Οκτώβριος (οπότε η παροχή δεν προσμετράται στο τρέχον αλλά στο προηγούμενο υδρολογικό έτος).

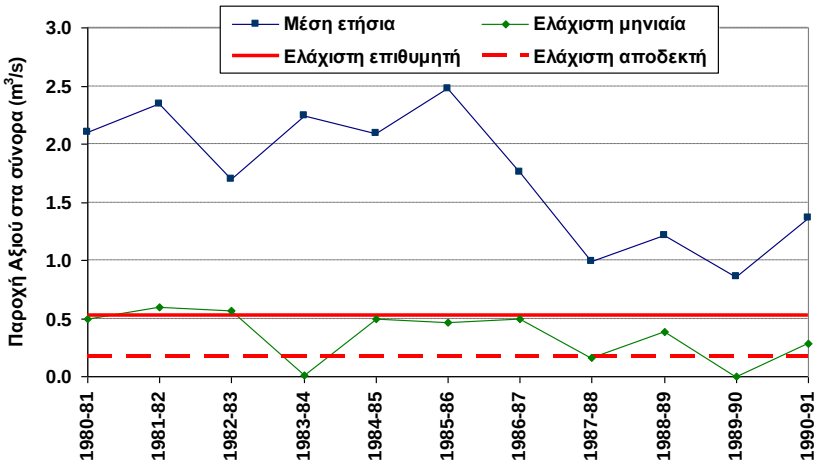
Για τις αναλύσεις του Αξιού θεωρούνται τα στατιστικά χαρακτηριστικά (μέσες τιμές και τυπικές αποκλίσεις) της περιόδου των μετρήσεων (1980-1996) και όχι του πλήρους δείγματος των 50 ετών (1960-2010), το οποίο έχει συμπληρωθεί με βάση στοιχειώδεις γραμμικές σχέσεις με τη βροχόπτωση. Συγκεκριμένα, η μέση ετήσια παροχή της περιόδου 1980-1996 ανέρχεται 114.7 m^3/s, η μέση παροχή του ξηρότερου μήνα είναι 39.6 m^3/s, ενώ οι εξεταζόμενες τιμές-στόχοι της περιβαλλοντικής ροής είναι 39.3 m^3/s (επιθυμητή) και 11.5 m^3/s (αποδεκτή). Όπως φαίνεται στην Εικόνα 5-13, η επιθυμητή παροχή που αντιστοιχεί στο 30% της μέσης ετήσιας είναι ιδιαίτερα υψηλή, ίση πρακτικά με τη μέση τιμή του ξηρότερου μήνα. Εύλογα, ο στόχος αυτός δεν μπορεί να ικανοποιηθεί σε μεγάλο ποσοστό της περιόδου ελέγχου. Μάλιστα, σε μία περίπτωση (καλοκαίρι 1990) δεν ικανοποιείται ούτε ο χαμηλός στόχος που αντιστοιχεί στο όριο του 10%, ενώ δύο ακόμα χρονιές ικανοποιείται οριακά.



Εικόνα 5-12: Προσαρμογή κανονικής κατανομής στα δείγματα ελάχιστων μηνιαίων παροχών του Αξιού στα σύνορα (αριστερά) και του ρέματος Κότζα (δεξιά).



Εικόνα 5-13: Χρονοσειρά ετήσιων και ελάχιστων μηνιαίων παροχών Αξιού στα σύνορα με την ΠΓΔΜ και τιμές-στόχοι περιβαλλοντικής παροχής (συνεχής γραμμή: επιθυμητό όριο 30%, διακεκομμένη γραμμή: αποδεκτό όριο 10%).



Εικόνα 5-14: Χρονοσειρά ετήσιων και ελάχιστων μηνιαίων παροχών ρέματος Κότζα και τιμές-στόχοι περιβαλλοντικής παροχής (συνεχής γραμμή: επιθυμητό όριο 30%, διακεκομμένη γραμμή: αποδεκτό όριο 10%).

Στην Εικόνα 5-14 παρουσιάζεται η αντίστοιχη ανάλυση για το ρέμα Κότζα. Η μέση ετήσια παροχή της περιόδου 1980-1995 ανέρχεται 1.74 m^3/s, ενώ η μέση παροχή του ξηρότερου μήνα είναι 0.35 m^3/s. Οι δύο τιμές-στόχοι της περιβαλλοντικής ροής είναι 0.52 m^3/s (επιθυμητή) και 0.17 m^3/s (αποδεκτή). Κατά την περίοδο 1980-1995 το όριο του 30% (το οποίο υπολείπεται σημαντικά της μέσης θερινής παροχής) παραβιάζεται συστηματικά, ενώ τρεις φορές παραβιάζεται το όριο του 10%.

Από τη στατιστική ανάλυση των δύο δειγμάτων ελάχιστων ετήσιων παροχών εκτιμώνται οι πιθανότητες μη υπέρβασης των αντίστοιχων στόχων (Πίνακας 5-7). Οι πιθανότητες μη υπέρβασης του επιθυμητού ορίου είναι 40% και 78%, για τον Αξιό και τον Κότζα, αντίστοιχα, ενώ οι πιθανότητες μη υπέρβασης του αποδεκτού ορίου εκτιμώνται σε 8% και 20%, αντίστοιχα. Είναι σαφές ότι οι τιμές-στόχοι που τίθενται από τη μέθοδο Tennant για την διατήρηση «πολύ καλών» συνθηκών ροής κατά τη θερινή περίοδο (ή «καλών», σε μέση ετήσια κλίμακα) δεν είναι συμβατές με την υδρολογική δίαιτα των ποταμών της περιοχής (ακόμα και των μεγάλης κλίμακας ποταμών), και απαιτούν αναθεώρηση προς τα κάτω. Αυτό οφείλεται στο πολύ διαφορετικό καθεστώς ροής τους, που χαρακτηρίζεται από έντονη εποχιακή μεταβλητότητα, σε αντίθεση με τους μεγάλους ποταμούς της Ευρώπης και των ΗΠΑ, όπου παρατηρούνται σχετικά ήπιες ενδοετήσιες μεταβολές της παροχής. Για τις ελληνικές συνθήκες, πιο ρεαλιστική κρίνεται η θεώρηση της ελάχιστης παροχής πενταετίας (πιθανότητα μη υπέρβασης 20%), η οποία έχει χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση της οικολογικής ροής κατάντη μεγάλων φραγμάτων. Στον Αξιό, η παροχή αυτή εκτιμάται σε 22.6 m^3/s, η οποία αντιστοιχεί στο 20% της μέσης ετήσιας τιμής του, ενώ για τον Κότζα η ελάχιστη παροχή πενταετίας υπολογίζεται σε 0.18 m^3/s, δηλαδή ταυτίζεται με την αποδεκτή ελάχιστη ροή της μεθόδου Tennant.

Πίνακας 5-7: Χαρακτηριστικά μεγέθη περιβαλλοντικής παροχής Αξιού και Κότζα.

	Αξιός (σύνορα)	Ρέμα Κότζα
Περίοδος δείγματος	1980-1996	1980-1995
Μέση ετήσια παροχή (m^3/s)	115.7	1.74
Μέση παροχή ξηρότερου μήνα (m^3/s)	39.6	0.35
Τυπική απόκλιση παροχής ξηρότερου μήνα (m^3/s)	20.3	0.22
Επιθυμητή ελάχιστη ροή κατά Tennant (m^3/s)	34.4	0.52
Πιθανότητα μη υπέρβασης (%)	39.8	77.5
Αποδεκτή ελάχιστη ροή κατά Tennant (m^3/s)	11.5	0.17
Πιθανότητα μη υπέρβασης (%)	8.2	19.6
Ελάχιστη θερινή παροχή πενταετίας (m^3/s)	22.6	0.18
Ποσοστό επί της μέσης ετήσιας παροχής (%)	20.0	10.0

5.3.3.4. ΤΕΛΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ

Με βάση τις παραπάνω αναλύσεις προκύπτει σαφώς ότι το όριο του 30% επί της μέσης ετήσιας παροχής θεωρεί η μέθοδος Tennant για την εξασφάλιση καλών περιβαλλοντικών συνθηκών δεν συνάδει με την υδρολογική δίαιτα των απορροών στην περιοχή μελέτης. Ακόμα και στην περίπτωση του Αξιού, ενός εκ των μεγαλύτερων ποταμών της ΝΔ Βαλκανικής, η ελάχιστη θερινή ροή του κυμαίνεται κατά κανόνα κάτω από αυτό το όριο. Στα μικρότερα ποτάμια, η υδρολογική δίαιτα των οποίων χαρακτηρίζεται από ακόμα πιο έντονη εποχιακή μεταβλητότητα, το όριο αυτό είναι απόλυτα μη ρεαλιστικό.

Για τον λόγο αυτό προτείνεται ως γενική αρχή η θεώρηση του ορίου του 10%, που κατά τον Tennant υποδηλώνει οριακά αποδεκτές συνθήκες, πλην όμως για το υδροκλιματικό καθεστώς της περιοχής μελέτης αντιστοιχεί στις τυπικές συνθήκες ροής της ξηρής περιόδου. Με βάση το συγκεκριμένο όριο, εκτιμάται η περιβαλλοντική ζήτηση όλων των ΛΑΠ, με εξαίρεση την ΛΑΠ Αξιού, για την οποία θεωρείται ποσοστό 20%. Το εν λόγω ποσοστό υπολογίστηκε με βάση την ελάχιστη παροχή περιόδου επαναφοράς πέντε ετών του Αξιού στα σύνορα, και επεκτείνεται για το σύνολο της ΛΑΠ, στην οποία οι εισροές του Αξιού αποτελούν το συντριπτικά μεγαλύτερο (~90%) ποσοστό της απορροής. Τα τελικά μεγέθη περιβαλλοντικής ζήτησης που εφαρμόζονται στις τέσσερις ΛΑΠ συνοψίζονται στον Πίνακα 5-8.

Στην πράξη, ο περιβαλλοντικός περιορισμός αναφέρεται στην αρδευτική περίοδο (Απρίλιος-Σεπτέμβριος), κατά την οποία πραγματοποιούνται σημαντικές απολήψεις νερού. Τους υπόλοιπους μήνες, οι απολήψεις είναι πολύ μικρές, και δεδομένου ότι η απορροή παράγεται κυρίως κατά την περίοδο αυτή, η ποσότητα νερού που είναι τελικά διαθέσιμη στο περιβάλλον είναι κατά πολύ υψηλότερη του αντίστοιχου στόχου. Μια άλλη παράμετρος που πρέπει να ληφθεί υπόψη είναι η αναρρύθμιση των παροχών του Αξιού στην ΠΓΔΜ, που αποτελούν τον σημαντικότερο υδατικό πόρο της περιοχής μελέτης. Ιδιαίτερα σε περιόδους ξηρασίας, δεδομένου ότι υπάρχει η δυνατότητα αποθήκευσης νερού στην ανάντη λεκάνη, είναι πιθανό να μην μπορεί να τηρηθεί ο προτεινόμενος περιβαλλοντικός περιορισμός. Γενικά, το ζήτημα της διευθέτησης των διακρατικών νερών του Αξιού, με τον καθορισμός μιας ελάχιστης εγγυημένης παροχής στα σύνορα με την ΠΓΔΜ αποτελεί ένα σύνθετο πρόβλημα, το οποίο υπερβαίνει τους στόχους της παρούσας μελέτης, αλλά είναι ιδιαίτερα κρίσιμο για την κατάρτιση ενός ορθολογικού σχεδίου διαχείρισης των υδατικών πόρων της περιοχής μελέτης.

Πίνακας 5-8: Τελικές τιμές μέσης ετήσιας απορροής και ετήσιων περιβαλλοντικών αναγκών (m³).

ΛΑΠ	Συνολική απορροή	Περιβαλλοντική ζήτηση
Αξιού	4 923 329 613	984 665 923
Γαλλικού	187 004 085	18 700 408
Χαλκιδικής	670 022 240	67 002 224
Άθω	39 872 853	3 987 285
Σύνολο	**5 820 228 790**	**1 074 355 840**

5.3.4. ΥΠΟΓΕΙΕΣ ΔΙΑΦΥΓΕΣ ΝΕΡΟΥ

Στις αναλύσεις έχουν αγνοηθεί οι μεταφορές υπόγειου νερού μεταξύ των ΛΑΠ που εκτείνονται σε κοινές υδρογεωλογικές ενότητες, καθώς και οι διαφυγές προς τη θάλασσα. Λογικά, πρόκειται για σχετικά μικρές ποσότητες που δεν επηρεάζουν τη γενική εικόνα του υδατικού ισοζυγίου της περιοχής.

5.3.5. ΑΠΟΛΗΨΕΙΣ ΝΕΡΟΥ

Ως απολήψεις νοούνται οι ποσότητες που λαμβάνονται από τους επιφανειακούς και υπόγειους υδατικούς πόρους κάθε ΛΑΠ, είτε για τοπική τους αξιοποίηση εντός της ίδιας ΛΑΠ είτε για μεταφορά τους σε άλλη περιοχή. Οι απολήψεις που λαμβάνονται υπόψη στο παρόν τεύχος είναι σύμφωνα με όσα αναλύονται στο Παραδοτέο Π.1.8 της μελέτης "Ανάλυση ανθρωπογενών πιέσεων και των επιπτώσεων τους στα επιφανειακά και στα υπόγεια υδατικά συστήματα", (παράρτημα Α του Σχεδίου Διαχείρισης των ΛΑΠ του Υδατικού Διαμερίσματος), όπου αξιοποιούνται οι ακόλουθες πηγές δεδομένων ανά κατηγορία χρήσης:

Γεωργία

Πηγές άντλησης των πληροφοριών για τις αρδευθείσες εκτάσεις, για τον τρόπο άρδευσης (βαρύτητα, άντληση) και τη μέθοδο άρδευσης (επιφανειακές μέθοδοι, καταιονισμός, στάγδην), αποτέλεσαν τα στοιχεία της ΕΛΣΤΑΤ, των εκτάσεων που αρδεύτηκαν το έτος 2008, οι πίνακες Α1 & Α2 των Δ/νσεων Εγγείων Βελτιώσεων των Π.Ε. (όσα ήταν διαθέσιμα μετά την παράδοση στους Καλλικρατικούς Δήμους), οι ίδιοι πίνακες Α1, Α2 από όσους Δήμους ήταν δυνατόν να τους παρέχουν, εφόσον υπήρχε κατάλληλο προσωπικό για την διαχείρισή τους (γεωπόνοι), από τους ΤΟΕΒ με τη μορφή πινάκων ή με ερωτήσεις - απαντήσεις περιγραφικά, από τον ΓΟΕΒ Θεσσαλονίκης – Λαγκαδά σε ψηφιακά αρχεία, καθώς και από τα τμήματα Περιβάλλοντος και Υδροοικονομίας των Π.Ε..

Κτηνοτροφία

Στοιχεία για τις απαιτήσεις σε νερό των διαφόρων κατηγοριών ζώων αντλήθηκαν από τη βιβλιογραφία, από μελέτες που αφορούν στην εκτροφή των ζώων, τους Κώδικες Ορθής Γεωργικής Πρακτικής και ειδικότερα

σε ό,τι αφορούν την καλή διαβίωση των ζώων, καθώς και πληθυσμιακά στοιχεία από την ΕΛΣΤΑΤ, έτους 2008, ανά Δ.Δ. των περιοχών μελέτης και από τις Δ/νσεις Κτηνιατρικής κάθε Π.Ε.

Μεταλλεία

- Το υλικό της Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων "Μεταλλευτικών – Μεταλλουργικών Εγκαταστάσεων της Εταιρίας Ελληνικός Χρυσός στη Χαλκιδική", 2010.
- Βεράνης, Ν. και Μελαδιώτης, Γ. (2005). «Υδρογεωλογικές συνθήκες της Υδρολογικής λεκάνης Ολυμπιάδος, Ν. Χαλκιδικής, Β. Ελλάδα». 70 Παν. Υδρογ. Συνέδριο, Τόμος Ι, σελ. 51-59. Αθήνα

Ύδρευση

- Η μελέτη «Ανάπτυξη συστημάτων και εργαλείων διαχείρισης υδατικών πόρων υδατικών διαμερισμάτων Δυτικής Μακεδονίας, Κεντρικής Μακεδονίας, Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης», ΥΠΑΝ 2003-2008
- Πληροφορίες από τη Διεύθυνση Υδάτων Κεντρικής Μακεδονίας και ιδίως πρωτογενή αλλά και επεξεργασμένα στοιχεία από την απογραφή της υδρευτικής κατάστασης των Δήμων Κεντρικής Μακεδονίας,
- Οι απαντήσεις σε ερωτηματολόγια που στάλθηκαν στις ΔΕΥΑ, τους Δήμους και την ΕΥΑΘ,
- Πληροφορίες από τη Διεύθυνση Υδροηλεκτρικής Παραγωγής (ΔΥΗΠ) της ΔΕΗ Α.Ε.,
- Το υλικό της μελέτης «Υποστηρικτικές ενέργειες για την αποτελεσματική εφαρμογή της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ», με το οποίο παρασχέθηκαν Υπηρεσίες Συμβούλου στην Κεντρική Υπηρεσία Υδάτων του ΥΠΕΧΩΔΕ (νυν Ειδική Γραμματεία Υδάτων του ΥΠΕΚΑ) για την ανάλυση που απαιτείται σύμφωνα με το Άρθρο 5 της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ, 2008,
- Το «Σχέδιο προγράμματος διαχείρισης των υδατικών πόρων της χώρας» ΥΠΑΝ, ~~ΕΜΠ, ΙΓΜΕ, ΚΕΠΕ~~ (Masterplan, 2008),
- Το υλικό της μελέτης «Ύδρευση Νομού Χαλκιδικής-Μελέτη φράγματος Πετρένια στην περιοχή Γοματίου και Έργων καθαρισμού, μεταφοράς και αποθήκευσης νερού- Προμελέτη –Συνοπτική τεχνική έκθεση» ΥΠΕΧΩΔΕ\Διεύθυνση Έργων Ύδρευσης και Αποχέτευσης (Δ6), Ιούνιος 2009,
- Πληροφορίες που συγκεντρώθηκαν είτε με τηλεφωνική επικοινωνία είτε με επιτόπου επισκέψεις μελών της ομάδας μελέτης σε υπηρεσίες της τοπικής αυτοδιοίκησης.

Βιομηχανία

Το υλικό των μελετών:

- «Κατάρτιση Μητρώου Χρηστών Ύδατος στους Τομείς Αρμοδιότητας του Υπουργείου Ανάπτυξης (Ενέργεια, Βιομηχανία, Εμπόριο) και στον Τουρισμό. Ανάπτυξη Εργαλείων Επικαιροποίησης και Επεξεργασίας των Δεδομένων. Εγκατάσταση Δικτύου Επικοινωνίας των επί μέρους Τομέων», ΥΠΑΝ 2008 και
- Ανάπτυξη συστημάτων και εργαλείων διαχείρισης υδατικών πόρων των Υδατικών Διαμερισμάτων Δυτικής Μακεδονίας, Κεντρικής Μακεδονίας, Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης, ΥΠΑΝ 2008.

Επίσης, αναζητήθηκαν στοιχεία από την ΕΤΒΑ ΒΙΠΕ ΑΕ και τις αρμόδιες Διευθύνσεις Βιομηχανίας των Περιφερειών.

Οι απολήψεις από τις ως άνω πηγές ανά χρήση και ανά ΛΑΠ εμφανίζονται στον Πίνακα 5-9, εφόσον αξιοποιούνται εντός της ίδιας ΛΑΠ και στον Πίνακα 5-10, εφόσον αφορούν μεταφορές σε άλλες περιοχές. Η τελευταία περίπτωση αναφέρεται στην άντληση 47.5 hm^3 από γεωτρήσεις της ΕΥΑΘ που βρίσκονται στις ΛΑΠ Αξιού (κυρίως) και Γαλλικού και λαμβάνονται για υδρευτική και βιομηχανική χρήση στην ευρύτερη περιοχή της Θεσσαλονίκης (βλ. επόμενη παράγραφο). Οι συνολικές απολήψεις για τις διάφορες χρήσεις νερού, ανά ΛΑΠ και αθροιστικά στο ΥΔ Κεντρικής Μακεδονίας, δίνονται στον Πίνακα 5-11. Το μεγαλύτερο ποσοστό (86%) των απολήψεων αφορά σε γεωργικές χρήσεις, ενώ το ποσοστό απολήψεων για ύδρευση φτάνει στο 10%.

Πίνακας 5-9: Ετήσιες απολήψεις από τοπικούς υδατικούς πόρους για χρήσεις νερού εντός της ιδίας περιοχής (m³).

ΛΑΠ	Γεωργία	Κτηνοτροφία	Ορυχεία	Ύδρευση	Βιομηχανία	Σύνολο
Αξιού	654 488 654	3 159 137	-	22 154 195	11 451 005	**691 252 991**
Γαλλικού	49 737 731	1 304 177	-	4 705 887	7 424 866	**63 172 660**
Χαλκιδικής	361 382 589	3 840 841	5 900 000	50 857 038	10 289 103	**432 269 570**
Άθω	2 024 641	337 440	-	249 728	128	**2 611 937**
Σύνολο	**1 067 633 615**	**8 641 594**	**5 900 000**	**77 966 848**	**29 165 101**	**1 189 307 158**

Πίνακας 5-10: Ετήσιες απολήψεις από τοπικούς υδατικούς πόρους για χρήσεις νερού σε άλλες ΛΑΠ (m³).

ΛΑΠ	Ύδρευση	Βιομηχανία	Σύνολο
Αξιού	40 871 791	4 745 023	**45 616 815**
Γαλλικού	1 859 185	-	**1 859 185**
Χαλκιδικής	-	-	-
Άθω	-	-	-
Σύνολο	**42 730 977**	**4 745 023**	**47 476 000**

Πίνακας 5-11: Συνολικές ετήσιες απολήψεις νερού (m³).

ΛΑΠ	Γεωργία	Κτηνοτροφία	Ορυχεία	Ύδρευση	Βιομηχανία	Σύνολο
Αξιού	654 488 654	3 159 137	-	63 025 986	16 196 028	**736 869 8051**
Γαλλικού	49 737 731	1 304 177	-	6 565 072	7 424 866	**65 031 846**
Χαλκιδικής	361 382 589	3 840 841	5 900 000	50 857 038	10 289 103	**432 269 570**
Άθω	2 024 641	337 440	-	249 728	128	**2 611 937**
Σύνολο	**1 067 633 615**	**8 641 594**	**5 900 000**	**120 697 824**	**33 910 125**	**1 236 783 158**

5.3.6. ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ ΝΕΡΟΥ ΜΕΤΑΞΥ ΛΕΚΑΝΩΝ

Στον Πίνακα 5-10 δίνονται οι ετήσιες ποσότητες νερού που μεταφέρονται από τις ΛΑΠ Αξιού και Γαλλικού για την ύδρευση της ευρύτερης περιοχής της Θεσσαλονίκης, που ανήκει στο μεγαλύτερο μέρος της στη ΛΑΠ Χαλκιδικής. Οι εν λόγω ποσότητες προσμετρώνται στις απολήψεις από τοπικούς υδατικούς πόρους.

Εκτός των μεταφορών νερού μεταξύ των επιμέρους ΛΑΠ του ΥΔ 10, μεταφέρονται σημαντικές ποσότητες νερού και από το ΥΔ 09 (ΛΑΠ Αλιάκμονα). Συγκεκριμένα, από τον μικρό αναρρυθμιστικό ταμιευτήρα Αγίας Βαρβάρας λαμβάνονται 293.2 hm³ για αρδευτική χρήση στη ΛΑΠ Αξιού, ενώ 63.4 hm³ λαμβάνονται για υδρευτική και βιομηχανική χρήση. Από την παραπάνω ποσότητα, 0.6 hm³ καταναλώνονται εντός της ΛΑΠ Γαλλικού (κυρίως για ύδρευση της Σίνδου) και 42.1 hm³ καταναλώνονται στην περιοχή της Θεσσαλονίκης, ήτοι εντός της ΛΑΠ Χαλκιδικής. Η ποσότητα που απομένει, ήτοι 63.4 – 0.6 – 42.1 = 17.6 hm³, αφορά σε απώλειες κατά τη μεταφορά και διανομή του νερού. Συμβατικά, οι απώλειες νοούνται ως καταναλώσεις στη ΛΑΠ Γαλλικού, οπότε η ετήσια ποσότητα που θεωρείται ότι μεταφέρεται από τη ΛΑΠ Αλιάκμονα προς τη ΛΑΠ Γαλλικού είναι 17.6 + 0.6 = 18.2 hm³. Σε κάθε περίπτωση, οι ποσότητες αυτές δεν λαμβάνονται υπόψη στους υπολογισμούς των δεικτών λειψυδρίας, καθώς αναφέρονται σε μεταφορές από άλλο Υδατικό Διαμέρισμα, που έχουν ήδη προσμετρηθεί στις τοπικές απολήψεις της ΛΑΠ Αλιάκμονα. Οι ποσότητες νερού που τελικά μεταφέρονται μεταξύ των ΛΑΠ δίνονται στον Πίνακα 5-12.

Πίνακας 5-12: Ετήσιες ποσότητες μεταφερόμενου νερού μεταξύ διαφόρων ΛΑΠ (m³).

Από / προς	ΛΑΠ Αξιού	ΛΑΠ Γαλλικού	ΛΑΠ Χαλκιδικής	Σύνολο
ΛΑΠ Αλιάκμονα	293 176 800	18 236 944	42 129 400	**353 543 144**
ΛΑΠ Αξιού	-	-	45 616 815	**45 616 815**
ΛΑΠ Γαλλικού	-	-	1 859 185	**1 859 185**
Σύνολο	**293 176 800**	**18 236 944**	**89 605 400**	**401 019 144**

5.3.7. ΕΠΙΣΤΡΟΦΕΣ ΝΕΡΟΥ

Οι επιστροφές αναφέρονται κατά μείζονα λόγο στην αρδευτική χρήση. Για την εκτίμησή τους λαμβάνονται υπόψη η αποδοτικότητα της άρδευσης, σε συνδυασμό με τον τρόπο άρδευσης και το είδος της καλλιέργειας, έναντι των απωλειών που οφείλονται στην επιφανειακή και βασική απορροή, στην εξάτμιση και την διήθηση. Το συνολικό ποσοστό των απωλειών διαμορφώνεται από ένα πλήθος παραγόντων που περιλαμβάνουν τις συνθήκες του μικροκλίματος, την υφή του εδάφους, την μορφολογία της αρδευόμενης έκτασης, τον τρόπο μεταφοράς του νερού από την πηγή υδροδότησης, τις μεθόδους εφαρμογής άρδευσης και άλλες ιδιαίτερες συνθήκες κατά περίπτωση, όπως η μορφή του αποστραγγιστικού δικτύου. Σύμφωνα με την ΚΥΑ Φ.16/6631/1989, οι απώλειες διανομής νερού σε συλλογικά δίκτυα καθορίζονται στο 5% για τα κλειστά υπόγεια δίκτυα και 10% για τα επιφανειακά. Επιπλέον, οι απώλειες εφαρμογής για τις επιφανειακές μεθόδους εκτιμώνται σε 75%, για τεχνητή βροχή σε 85% και για στάγδην άρδευση σε 90%. Με βάση τους παραπάνω συντελεστές αποδοτικότητας, τα τεχνικά χαρακτηριστικά των αρδευτικών δικτύων και άλλες παραδοχές που αφορούν την δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης των στραγγιστικών υδάτων, εκτιμήθηκαν οι ποσότητες των επιστροφών αρδευτικού νερού.

Τα τελικά μεγέθη απολήψεων και επιστροφών νερού ανά ΛΑΠ και συνολικά δίνονται στον Πίνακα 5-13. Συνολικά, το 14.8% των συνολικών απολήψεων από τους υδατικούς πόρους του ΥΔ 10 εκτιμάται ότι είναι διαθέσιμο για επαναχρησιμοποίηση.

Πίνακας 5-13: Ετήσιες ποσότητες απολήψεων και επιστροφών νερού ανά ΛΑΠ (m^3).

ΛΑΠ	Απολήψεις	Επιστροφές	Ποσοστό (%)
Αξιού	736 869 8051	175 046 008	25.3
Γαλλικού	65 031 846	3 840 399	6.1
Χαλκιδικής	432 269 570	4 295 360	1.0
Άθω	2 611 937	-	0.0
Σύνολο	**1 236 783 158**	**183 181 767**	**14.8**

5.4. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΕΙΚΤΗ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ

5.4.1. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΕ ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΚΛΙΜΑΚΑ

Με βάση τα μέσα ετήσια μεγέθη του υδατικού ισοζυγίου των ΛΑΠ, εκτιμήθηκε ο μέσος δείκτης WEI στην περιοχή μελέτης. Οι υπολογισμοί συνοψίζονται στον Πίνακα 5-14. Υπενθυμίζεται ότι ο δείκτης ορίζεται ως ο λόγος των καθαρών απολήψεων από πηγές νερού εντός της περιοχής αναφοράς (ΛΑΠ ή ΥΔ) προς την υπερετήσια ποσότητα των ανανεώσιμων υδατικών πόρων. Ο πρώτος όρος προκύπτει ως άθροισμα των απολήψεων που πραγματοποιούνται εντός της ΛΑΠ (από τις οποίες αφαιρούνται οι επιστροφές νερού) και των ποσοτήτων που μεταφέρονται σε άλλες ΛΑΠ. Οι ανανεώσιμοι υδατικοί πόροι εκτιμώνται αφαιρώντας την περιβαλλοντική ζήτηση από την μέση ετήσια απορροή. Στη ΛΑΠ Αξιού, η απορροή περιλαμβάνει και τις εξωτερικές εισροές από τη διακρατική λεκάνη του Αξιού.

Από τις αναλύσεις προκύπτει ότι η ΛΑΠ Χαλκιδικής αντιμετωπίζει εξαιρετικά σοβαρό πρόβλημα, με τον δείκτη WEI να εκτιμάται σε 71.0%. Υπενθυμίζεται ότι στη λεκάνη ήδη μεταφέρονται μεγάλες ποσότητες νερού από άλλες ΛΑΠ, καλύπτοντας σημαντικό μέρος των υδατικών της αναγκών. Ωστόσο, οι απολήψεις που πραγματοποιούνται για να καλύψουν την υπόλοιπη ζήτηση υπερβαίνουν τη δυνατότητα ανανέωσης των υδατικών πόρων της λεκάνης. Η κατάσταση αυτή αποτυπώνεται τόσο στη συστηματική ταπείνωση και ποιοτική υποβάθμιση τόσο του υδροφόρου ορίζοντα όσο και των λιμνών της περιοχής της Θεσσαλονίκης, με προεξάρχουσα τη λίμνη Κορώνεια.

Σημαντικά είναι τα προβλήματα και στη ΛΑΠ Γαλλικού, όπου ο ετήσιος δείκτης WEI εκτιμάται σε 36.4%, προσεγγίζοντας έτσι το όριο σοβαρής λειψυδρίας (40%). Αντίθετα, στη ΛΑΠ Αξιού ο εν λόγω δείκτης είναι

χαμηλός, καθώς εκτιμάται σε 14.3%. Βεβαίως, αν δεν υπήρχε η σημαντική ενίσχυση χάρη στη μεταφορά νερού από τον Αλιάκμονα, η εικόνα θα ήταν σαφώς πιο δυσμενής. Επιπλέον, δεν πρέπει να αγνοήσουμε την αβεβαιότητα που οφείλεται στο ασαφές διαχειριστικό πλαίσιο των διακρατικών νερών του Αξιού, που αποτελούν το 90% της προσφοράς νερού στη λεκάνη. Σε περιόδους ξηρασίας, δεν πρέπει να θεωρείται δεδομένη η συνήθης θερινή απορροή του Αξιού.

Οι υπολογισμοί επαναλαμβάνονται, συναθροίζοντας τα διάφορα μεγέθη στην χωρική κλίμακα του ΥΔ, όπου η τιμή του υπερετήσιου δείκτη WEI εκτιμάται σε 22.2%. Βεβαίως, καθώς ο δείκτης μεταβάλλεται σημαντικά μεταξύ των επιμέρους ΛΑΠ, η χρήση του για μια τόσο εκτενή περιοχή οδηγεί σε παραπλανητικά συμπεράσματα σχετικά με τους κινδύνους λειψυδρίας. Επιπλέον, όπως θα φανεί στις επόμενες αναλύσεις, εκτός από τη χωρική κλίμακα, είναι εξαιρετικά σημαντική και η χρονική κλίμακα, καθώς η υπερετήσια βάση παρέχει μόνο μια αδρομερή μόνο εικόνα των ενδεχόμενων προβλημάτων.

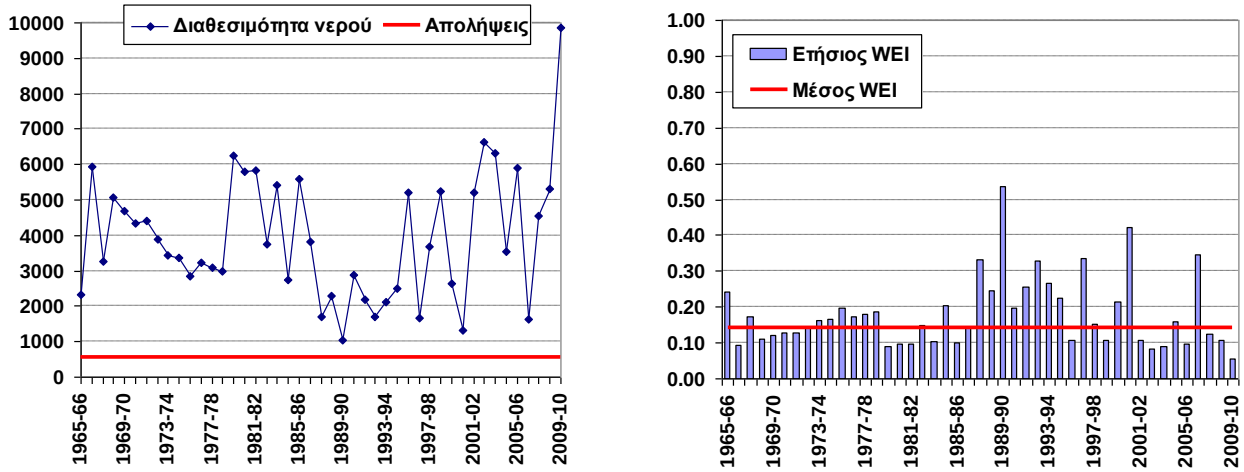
Πίνακας 5-14: Εκτίμηση ετήσιου δείκτη WEI ανά ΛΑΠ και συνολικά (ετήσιες ποσότητες νερού σε hm^3).

	ΛΑΠ Αξιού	ΛΑΠ Γαλλικού	ΛΑΠ Χαλκιδικής	ΛΑΠ Άθω	ΥΔ 10
Περίοδος δείγματος	1965-2010	1965-2010	1965-2010	1953-2010	1965-2010
Απορροή	4923.3	187.0	670.0	39.9	5820.2
Περιβαλλοντική ζήτηση	984.7	18.7	67.0	4.0	1074.4
Απολήψεις νερού	691.3	63.2	432.3	2.6	1236.8
Μεταφορές νερού	45.6	1.9	-	-	-
Επιστροφές νερού	175.0	3.8	4.3	-	183.2
Ανανεώσιμοι πόροι	3985.4	168.3	603.0	35.9	4792.6
Καθαρές απολήψεις	561.8	61.2	428.0	2.6	1053.6
Ετήσιος WEI (%)	**14.3**	**36.4**	**71.0**	**7.3**	**22.2**

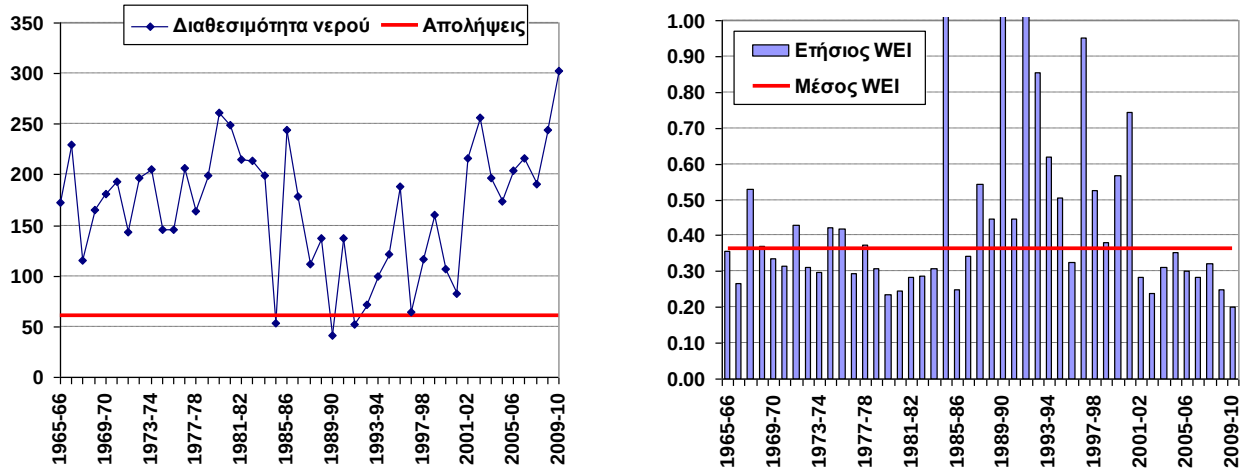
5.4.2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΔΕΙΚΤΩΝ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ ΣΕ ΕΤΗΣΙΑ ΚΛΙΜΑΚΑ

Σε κάθε υπολεκάνη εκτιμάται η ετήσια διακύμανση του δείκτη WEI, θεωρώντας τα διάφορα μεγέθη που εισέρχονται στους υπολογισμούς σταθερά, με εξαίρεση την απορροή (περιλαμβανομένων των εξωτερικών εισροών). Οι χρονοσειρές ετήσιας απορροής που χρησιμοποιούνται στους υπολογισμούς έχουν παραχθεί με βάση τη μεθοδολογία και τις παραδοχές των εδαφίων 5.3.1 και 5.3.2.

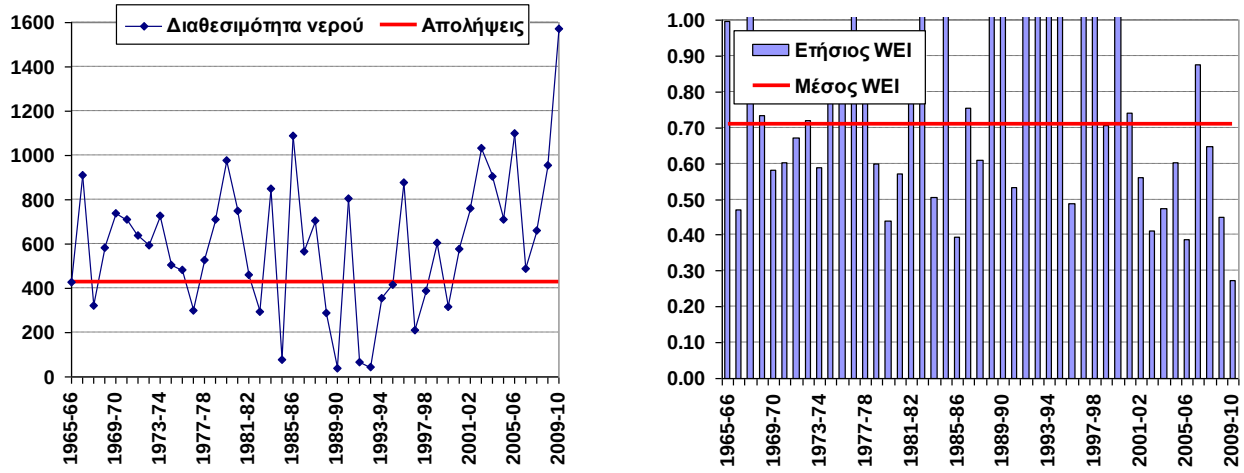
Τα αποτελέσματα, για κάθε ΛΑΠ καθώς και στο σύνολο του ΥΔ 10, δίνονται σε μορφή διαγραμμάτων (δύο ανά περιοχή). Σε αυτά απεικονίζονται η χρονική εξέλιξη της ετήσιας διαθεσιμότητας των ανανεώσιμων υδατικών πόρων σε σύγκριση με την ετήσια καθαρή απόληψη (η οποία θεωρείται σταθερή), καθώς και η χρονική εξέλιξη του δείκτη WEI σε σύγκριση με την υπερετήσια τιμή του δείκτη. Οι αναλύσεις αναφέρονται σε μια περίοδο 45 υδρολογικών ετών (1965-2010), η οποία είναι επαρκής για την εξαγωγή ασφαλών διαχειριστικών συμπερασμάτων. Στην περιορισμένου ενδιαφέροντος ΛΑΠ Άθω, το δείγμα απορροών είναι μεγαλύτερο, οπότε οι υπολογισμοί των σχετικών μεγεθών αναφέρονται σε 57 υδρολογικά έτη.



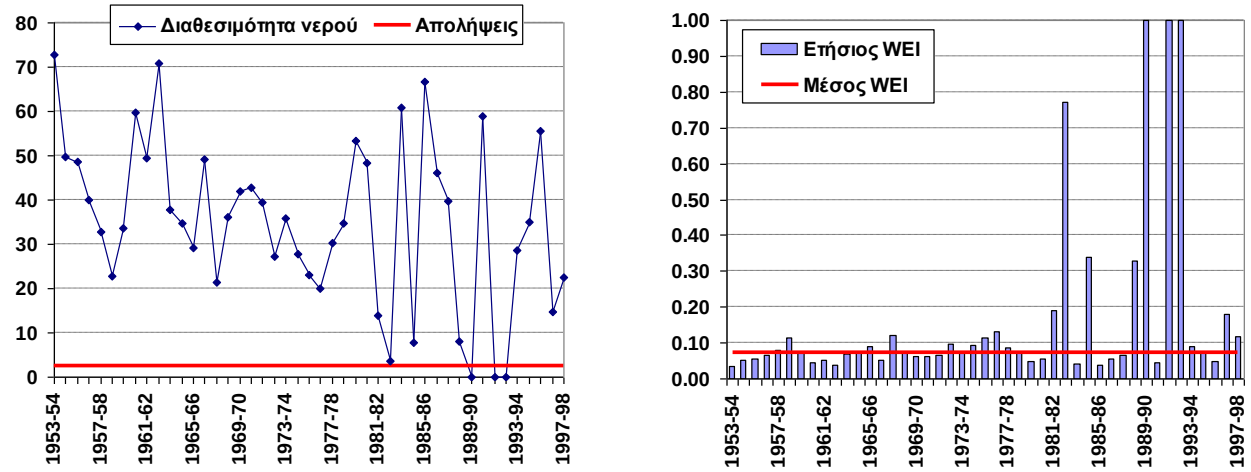
Εικόνα 5-15: Χρονική εξέλιξη διαθεσιμότητας υδατικών πόρων συγκριτικά με την ετήσια καθαρή απόληψη νερού (αριστερά) και του αντίστοιχου ετήσιου δείκτη WEI (δεξιά) στη ΛΑΠ Αξιού.



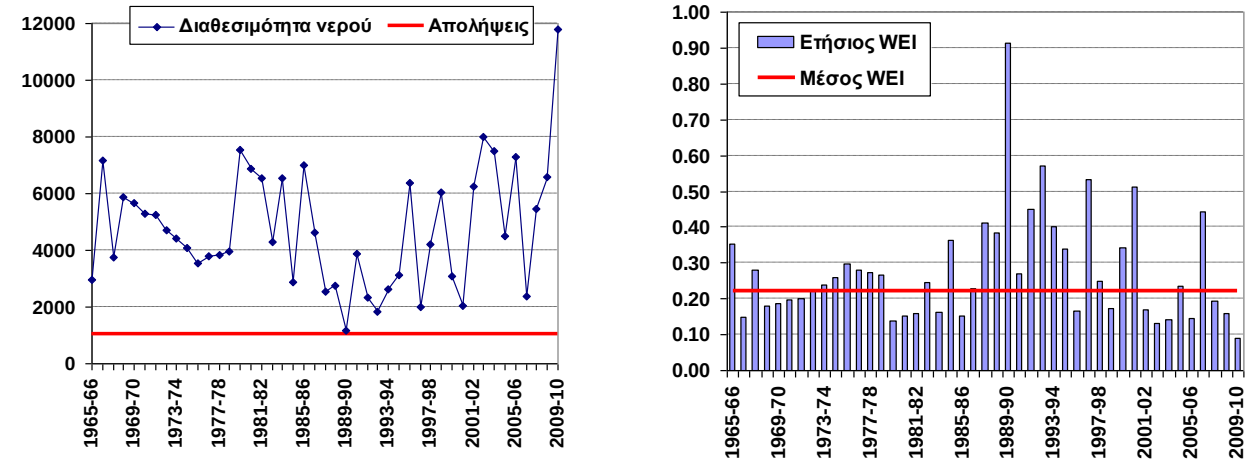
Εικόνα 5-16: Χρονική εξέλιξη διαθεσιμότητας υδατικών πόρων συγκριτικά με την ετήσια καθαρή απόληψη νερού (αριστερά) και του αντίστοιχου ετήσιου δείκτη WEI (δεξιά) στη ΛΑΠ Γαλλικού.



Εικόνα 5-17: Χρονική εξέλιξη διαθεσιμότητας υδατικών πόρων συγκριτικά με την ετήσια καθαρή απόληψη νερού (αριστερά) και του αντίστοιχου ετήσιου δείκτη WEI (δεξιά) στη ΛΑΠ Χαλκιδικής.



Εικόνα 5-18: Χρονική εξέλιξη διαθεσιμότητας υδατικών πόρων συγκριτικά με την ετήσια καθαρή απόληψη νερού (αριστερά) και του αντίστοιχου ετήσιου δείκτη WEI (δεξιά) στη ΛΑΠ Άθω.



Εικόνα 5-19: Χρονική εξέλιξη διαθεσιμότητας υδατικών πόρων συγκριτικά με την ετήσια καθαρή απόληψη νερού (αριστερά) και του αντίστοιχου ετήσιου δείκτη WEI (δεξιά) στο ΥΔ Κεντρικής Μακεδονίας.

5.4.3. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η θεώρηση του δυναμικού (ετήσιου) δείκτη WEI αποτυπώνει πολύ καλύτερα την εικόνα της τρωτότητας κάθε περιοχής, έναντι των φαινομένων λειψυδρίας. Μάλιστα παρατηρείται ότι στις ΛΑΠ Γαλλικού και πολύ περισσότερο Χαλκιδικής, η ετήσια τιμή του WEI όχι μόνο υπερβαίνει συστηματικά το όριο επικινδυνότητας του 40%, αλλά σε ορισμένα υδρολογικά έτη φαίνεται να ξεπερνά το 100%. Ακόμα και στη ΛΑΠ Άθω, για ορισμένα πολύ ξηρά υδρολογικά έτη φαίνεται η ζήτηση να υπερβαίνει την ετήσια απορροή. Αυτό σημαίνει ότι τις περιόδους αυτές, προκειμένου να καλυφθεί η ζήτηση, πρέπει να χρησιμοποιηθούν αποθέματα από μη ανανεώσιμα υπόγεια νερά.

Στον Πίνακα 5-15 δίνονται οι ετήσιες συχνότητες υπέρβασης του δείκτη WEI, δηλαδή το ποσοστό των ετών που ο δείκτης υπερβαίνει διάφορα κρίσιμα όρια. Τα εν λόγω όρια αποτελούν ένα επιπλέον μέτρο του κινδύνου λειψυδρίας. Γενικά, θεωρούμε ότι η υπέρβαση του ορίου του 40% υποδηλώνει πολύ αυξημένο κίνδυνο, ιδιαίτερα αν ληφθεί υπόψη η εποχιακή κατανομή της επιφανειακής απορροής, η οποία μεγιστοποιείται τους υγρούς μήνες του έτους, και των απολήψεων, που κυρίως πραγματοποιούνται τη θερινή περίοδο. Αν ήταν εφικτή μια αντίστοιχη ανάλυση σε μηνιαία κλίμακα (όπως είθισται στα

διαχειριστικά μοντέλα), είναι βέβαιο ότι στις πλέον ευάλωτες περιοχές (Χαλκιδική, Γαλλικός) θα υπήρχε περαιτέρω αύξηση των ελλειμματικών περιόδων και των αντίστοιχης πιθανότητας αστοχίας.

Πίνακας 5-15: Συχνότητες υπέρβασης χαρακτηριστικών ορίων του δείκτη WEI.

Εύρος μεταβολής	ΛΑΠ Αξιού	ΛΑΠ Γαλλικού	ΛΑΠ Χαλκιδικής	ΛΑΠ Άθω	ΥΔ 10
<20%	71.1	0.0	0.0	87.7	40.0
20 έως 40%	24.4	62.2	6.7	5.3	42.2
40 έως 60%	4.4	22.2	28.9	0.0	15.6
60 έως 80%	0.0	4.4	22.2	0.0	0.0
80 έως 100%	0.0	4.4	13.3	1.8	2.2
>100%	0.0	6.7	28.9	5.3	0.0

6. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ ΞΗΡΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ

6.1. ΤΡΩΤΟΤΗΤΑ ΕΝΑΝΤΙ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΞΗΡΑΣΙΩΝ

Για την αξιολόγηση της τρωτότητας της περιοχής μελέτης έναντι των μετεωρολογικών ξηρασιών, αναπτύχθηκε ένα εμπειρικό μέτρο, που λαμβάνει υπόψη του τη μέση τιμή των αρνητικών ετήσιων δεικτών SPI και τη μέση διάρκεια των συνεχόμενων ξηρών υδρολογικών ετών. Το καθολικό μέτρο τρωτότητας εκτιμάται πολλαπλασιάζοντας τα δύο παραπάνω μεγέθη, που αναφέρονται στην κοινή περίοδο 1965-2010. Τα αποτελέσματα, σε κλίμακες ΛΑΠ και Υδατικού Διαμερίσματος, συνοψίζονται στον Πίνακα 6-1. Από την ανάλυση αυτή προκύπτει ως πλέον δυσμενής περιοχή η ΛΑΠ Γαλλικού, τόσο ως προς τη μέση τιμή των αρνητικών δεικτών ξηρασίας (-0.88, όσο και η ΛΑΠ Αξιού) όσο και ως προς τη μέση διάρκεια των ετήσιων ξηρασιών (2.5 έτη). Είναι χαρακτηριστικό ότι, σύμφωνα με τις αναλύσεις του εδαφίου 4.4.3.3, ο δείκτης SPI στη ΛΑΠ Γαλλικού παρέμεινε αρνητικός επί δέκα συνεχόμενα υδρολογικά έτη, ήτοι από το 1991-92 έως το 2000-01.

Πίνακας 6-1: Μεγέθη που εισέρχονται στον υπολογισμό του καθολικού μέτρου τρωτότητας έναντι μετεωρολογικών ξηρασιών στην περιοχή της Κεντρικής Μακεδονίας.

	Μέσος όρος ετήσιων αρνητικών τιμών SPI	Μέση διάρκεια ετήσιων ξηρασιών (έτη)	Καθολικό μέτρο τρωτότητας
ΛΑΠ Αξιού	-0.88	1.7	1.46
ΛΑΠ Γαλλικού	-0.88	2.5	2.19
ΛΑΠ Χαλκιδικής	-0.78	2.1	1.63
ΛΑΠ Άθω	-0.77	2.3	1.72
ΥΔ 10	-0.74	1.9	1.42

6.2. ΤΡΩΤΟΤΗΤΑ ΕΝΑΝΤΙ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ

Για την αξιολόγηση των τρωτότητας των υπολεκανών έναντι του κινδύνου λειψυδρίας θεωρούμε δύο μέτρα, συγκεκριμένα το μέσο δείκτη εκμετάλλευσης νερού (WEI), καθώς και τη συχνότητα υπέρβασης του κρίσιμου ορίου 40%. Η συχνότητα αυτή εκτιμάται ως το πλήθος των ετών κατά τα οποία ο ετήσιος WEI υπερβαίνει το εν λόγω ποσοστό προς το συνολικό μήκος του δείγματος απορροών της κάθε περιοχής. Στη συνέχεια, υπολογίζεται ένα καθολικό μέτρο τρωτότητας ως το άθροισμα των δύο παραπάνω μεγεθών. Τα αποτελέσματα, σε κλίμακα ΛΑΠ και Υδατικού Διαμερίσματος, δίνονται στον Πίνακα 6-2. Ως προς την τρωτότητα έναντι λειψυδρίας, η ΛΑΠ Χαλκιδικής είναι εμφανώς η πλέον δυσμενής (μέσος WEI 71%, ετήσια συχνότητα υπέρβασης ορίου επικινδυνότητας 93%), ενώ ιδιαίτερα ευάλωτη είναι και η ΛΑΠ Γαλλικού (μέσος WEI 36%, ετήσια συχνότητα υπέρβασης ορίου επικινδυνότητας 38%).

Πίνακας 6-2: Μεγέθη που εισέρχονται στον υπολογισμό του καθολικού μέτρου τρωτότητας έναντι λειψυδρίας στην περιοχή της Κεντρικής Μακεδονίας.

	Μέσος ετήσιος δείκτης WEI	Ετήσια συχνότητα υπέρβασης ορίου 40%	Καθολικό μέτρο τρωτότητας
ΛΑΠ Αξιού	0.143	0.044	0.187
ΛΑΠ Γαλλικού	0.364	0.378	0.741
ΛΑΠ Χαλκιδικής	0.710	0.933	1.643
ΛΑΠ Άθω	0.073	0.070	0.143
ΥΔ 10	0.222	0.178	0.400

6.3. ΤΡΩΤΟΤΗΤΑ ΩΣ ΠΡΟΣ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟΥΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ

Για την ποσοτικοποίηση του δείκτη κοινωνικής τρωτότητας ακολουθούνται τα εξής βήματα (MEDROPLAN, 2008[1]):

1. Επιλογή αντιπροσωπευτικών μεταβλητών για παράγοντες που συντελούν στην τρωτότητα έναντι της ξηρασίας.
2. Συνδυασμός των αντιπροσωπευτικών μεταβλητών με κάθε κατηγορία τρωτότητας με σταθμικούς μέσους (επιλογή συντελεστών βαρύτητας για κάθε μεταβλητή).
3. Κανονικοποίηση των αντιπροσωπευτικών μεταβλητών (αναφορικά με τη μεγαλύτερη τιμή κάθε συνιστώσας).
4. Ποσοτικοποίηση της τρωτότητας ως σταθμικό άθροισμα των συνιστωσών|

Οι αντιπροσωπευτικές μεταβλητές που επιλέγονται για την αποτίμηση της κοινωνικής τρωτότητας των ΛΑΠ και του συνόλου του ΥΔ10 είναι:

- η πληθυσμιακή πυκνότητα,
- ο ρυθμός αύξησης του μόνιμου πληθυσμού 2001-2011,
- το ποσοστό των τουριστών σε σχέση με τον πληθυσμό των μόνιμων κατοίκων,
- το ποσοστό πληθυσμού (πραγματικός 2001) με πτυχίο τριτοβάθμιας εκπαίδευσης και
- ο ρυθμός αύξησης του μόνιμου πληθυσμού κατά τη δεκαετία 2001-2011.

Οι παραπάνω μεταβλητές επιλέχθηκαν λόγω της επίδρασης που έχουν στην εξέλιξη ενός φαινομένου ξηρασίας σε λειψυδρία, καθώς και της δυνατότητας ποσοτικοποίησής τους στις διάφορες χωρικές κλίμακες.

Οι συνιστώσες εκτίμησης της κοινωνικής τρωτότητας, καθώς και ο συνολικός βαθμός κοινωνικής τρωτότητας, συνοψίζονται στον Πίνακα 6-3.

Παρατηρείται ότι την τελευταία δεκαετία στο ΥΔ 10 Κεντρικής Μακεδονίας, έχουμε αύξηση του πληθυσμού της τάξης του 2.3%. Τα στοιχεία αφορούν τον μόνιμο πληθυσμό κατά την τελευταία δεκαετία (απογραφές 2001 και 2011). Αύξηση πληθυσμού παρατηρείται σε όλες τις ΛΑΠ (Χαλκιδικής, Γαλλικού και Άθως) πλην της ΛΑΠ Αξιού, στην οποία σημειώνεται μείωση πληθυσμού της τάξης του 3.9 %. Αν και στη ΛΑΠ Αξιού σημαντικά αστικά κέντρα, όπως τα Γιαννιτσά και η Αλεξάνδρεια εμφανίζουν αύξηση πληθυσμού το σύνολο της ΛΑΠ παρουσιάζει μείωση πληθυσμού. Μεγαλύτερη αύξηση πληθυσμού παρατηρείται στη ΛΑΠ Γαλλικού (6.4%), παρόλο που από τους 77 οικισμούς της ΛΑΠ μόνο σε 18 από αυτούς παρατηρείται αύξηση πληθυσμού.

Όσον αφορά στη ΛΑΠ Χαλκιδικής, η οποία συγκεντρώνει και το μεγαλύτερο πληθυσμό του ΥΔ Κεντρικής Μακεδονίας (81% του συνόλου του ΥΔ), σημειώνει αύξηση πληθυσμού της τάξης του 3.25 %. Εντός της ΛΑΠ βρίσκεται το Πολεοδομικό Συγκρότημα Θεσσαλονίκης και η Περιαστική Ζώνη αυτού, καθώς και οι χερσόνησοι της Κασσάνδρας και της Σιθωνίας της Περιφερειακής Ενότητας Χαλκιδικής. Αξίζει να σημειωθεί ότι στο σύνολό της η ΛΑΠ Χαλκιδικής παρουσιάζει αύξηση πληθυσμού, αλλά εντός αυτής εντοπίζονται οικισμοί, και κυρίως τμήματα του Πολεοδομικού Συγκροτήματος Θεσσαλονίκης, για τους οποίους παρατηρείται σημαντική μείωση πληθυσμού που σε ορισμένες περιπτώσεις αγγίζει και το 18% (Θεσσαλονίκη, Νεάπολη, Αμπελόκηποι). Βέβαια αυτό αντισταθμίζεται από το γεγονός ότι στην ίδια ΛΑΠ εμφανίζονται οικισμοί με μεγάλη αύξηση πληθυσμού (Πυλαία, Ωραιοκάστρο με ποσοστά αύξησης 51% και 73% αντίστοιχα). Γενικά, κυρίαρχη τάση είναι η μείωση του πληθυσμού σε πυκνοκατοικημένες περιοχές εντός του πολεοδομικού συγκροτήματος και η αύξηση του πληθυσμού των περιφερειακών Δήμων και Δημοτικών Ενοτήτων είτε εντός του ίδιου του ΠΣΘ (Πυλαία, Ωραιόκαστρο, Εύοσμος, Ευκαρπία), είτε εντός της Περιαστικής Ζώνης Θεσσαλονίκης (Θέρμη, Μίκρα, Περαία, Τρίλοφος). Σημαντική αύξηση πληθυσμού, σημειώνεται και στις Υπολεκάνες Σιθωνίας και Κασσάνδρας, στις οποίες εντοπίζονται οικισμοί και περιοχές όπου ήταν παραδοσιακά τουριστικοί προορισμοί, αλλά τα τελευταία χρόνια εξελίσσονται σε δυναμικούς

[1] http://www.iamz.ciheam.org/medroplan/index.htm

οικισμούς, οι οποίοι όχι μόνο συγκρατούν τον πληθυσμό τους αλλά και τον αυξάνουν, κυρίως τα μεγαλύτερα αστικά κέντρα (Μουδανιά, Πολύγυρος, Μαρμαράς).

Όσον αφορά στην πληθυσμιακή πυκνότητα του ΥΔ10, αυτή ανέρχεται κατά μέσο όρο σε 140 κατοίκους ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο, σχεδόν υπερδιπλάσια της μέσης πυκνότητας σε επίπεδο χώρας. Η μεγαλύτερη πληθυσμιακή πυκνότητα σημειώνεται, όπως είναι και αναμενόμενο, στη ΛΑΠ Χαλκιδικής καθώς εκεί βρίσκεται το Πολεοδομικό Συγκρότημα Θεσσαλονίκης (208 κάτοικοι ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο). Η μικρότερη πληθυσμιακή πυκνότητα σημειώνεται στη ΛΑΠ Άθω (23 κάτοικοι ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο), ενώ στις ΛΑΠ Αξιού και Γαλλικού οι πυκνότητες είναι 61 και 56 κάτοικοι ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο, αντίστοιχα, λίγο χαμηλότερες από τον εθνικό μέσο όρο.

Σε επίπεδο Λεκάνης Απορροής, παρατηρείται πως η ΛΑΠ Χαλκιδικής παρουσιάζει πολύ μεγαλύτερο δείκτη τρωτότητας από όλες τις υπόλοιπες ΛΑΠ, κυρίως λόγω του μεγάλου πληθυσμού αλλά και της υψηλής πληθυσμιακής πυκνότητας, παρουσιάζει πενταπλάσιο αριθμό τουριστών σε σχέση με τον μόνιμο πληθυσμό αλλά και θετικό ρυθμό αύξησης του πληθυσμού την τελευταία δεκαετία (ενδεικτικά αναφέρεται πως σε επίπεδο χώρας ο πληθυσμός μειώθηκε την τελευταία δεκαετία κατά 1,34%).

Από την άλλη πλευρά, η χαμηλότερη τρωτότητα αναφέρεται στη ΛΑΠ Αξιού, κυρίως λόγω μείωσης πληθυσμού (-3.94%) την τελευταία δεκαετία, εμφάνισης μικρού ποσοστού τουριστών/πληθυσμό μονίμων καθώς και σχετικά χαμηλής πληθυσμιακής πυκνότητας.

Πίνακας 6-3: Πίνακας κοινωνικής τρωτότητας ανά ΛΑΠ

ΛΑΠ	Πληθυσμός 2011 (Μόνιμος)	Έκταση ΛΑΠ (Km^2)	Πληθυσμιακή Πυκνότητα (Κατ/Km^2)	Πληθυσμός 2001 (Μόνιμος)	Πληθυσμός 2001 (Πραγματικός)	Ποσοστό Πληθυσμού 2001 (Πραγματικού) με Πτυχίο Τριτοβάθμιας Εκπαίδευσης (%)	Ρυθμός Μεταβολής Πληθυσμού 2001-2011 (Μόνιμου)	Ποσοστό Τουριστών/ Πληθυσμός Μόνιμων (%)	Δείκτης Κοινωνικής Τρωτότητας
ΛΑΠ Αξιού (GR03)	201 621	3 327.61	61	209 899	290 811	6.73	-3.94	52%	**0.99**
ΛΑΠ Γαλλικού (GR04)	58 915	1 051.28	56	55 359	59 768	7.66	6.42	35%	**1.01**
ΛΑΠ Χαλκιδικής (GR05)	1 154 315	5 546.27	208	1 117 956	1 095 282	13.36	3.25	482%	**1.83**
ΛΑΠ ΑΘΩ (GR43)	5 470	239.53	23	5 282	6 536	9.47	3.56	933%	**1.07**
Σύνολο ΥΔ 10	1 420 321	10 164.69	140	1 388 496	1 381 902	11.89	2.29	404%	**1.48**
Επίπεδο χώρας			**82**				**-1.34**		

Πηγή Πρωτογενών Δεδομένων: ΕΛ.ΣΤΑΤ, 2001, 2011, Eurostat, 4/2012

6.4. ΤΡΩΤΟΤΗΤΑ ΩΣ ΠΡΟΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟΥΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ

6.4.1. ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ

Για τον υπολογισμό των ποσοστών των χρήσεων στις Λεκάνες Απορροής χρησιμοποιήθηκαν τα Πολύγωνα Ενοτήτων Ελέγχου με τον Γεωγραφικό Κωδικό Αναφοράς και τον κωδικό ταξινόμησης χρήσης του 2008-2009 (ilots). Αρχικά, έγινε ομαδοποίηση των χρήσεων σε επτά βασικές κατηγορίες που φαίνονται στον Πίνακα 6-4.

Πίνακας 6-4: Ομαδοποίηση των χρήσεων γης

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΧΡΗΣΗ	ΟΜΑΔΟΠΟΙΗΣΗ
10	Δασικό	Δασική περιοχή (1)
41619	Δασικό Μικτό	
20	Αστικό	Αστική περιοχή (2)
21	Αστικό Μικτό	
30-32-33	Βοσκότοπος	Βοσκότοποι (3)
31	Βοσκότοπος Μικτό	
40	Αρώσιμα	Γεωργική χρήση (4)
41	Αρώσιμα Μικτό	
50	Μόνιμη καλλιέργεια	
51	Μόνιμη Μικτό	
60	Ελιές	
61	Ελιές Μικτό	
70	Αμπέλια	
71	Αμπέλια Μικτό	
90	Άλλο-όχι γεωργική χρήση	Άλλο-όχι γεωργική χρήση (5)
91	Δρόμοι - Νερά	Δρόμοι -Νερά (6)
92	Εγκαταλελειμμένο	Εγκαταλελειμμένο (7)

Κατόπιν, σε κάθε Λεκάνη Απορροής Ποταμού υπολογίστηκε η συνολική έκταση και το ποσοστό συμμετοχής ανά κατηγορία χρήσεων. Η επεξεργασία των δεδομένων έγινε σε περιβάλλον ArcGIS (ArcInfo) με τη χρήση των κατάλληλων εργαλείων και οι υπολογισμοί σε περιβάλλον MS Access με SQL Queries. Τα αποτελέσματα φαίνονται στον πίνακα 6-5 πιο κάτω.

Οι ΛΑΠ Άθω και Χαλκιδικής κατέχουν μεγάλα ποσοστά κάλυψης Δασικής Έκτασης (79.69% και 45.58% αντίστοιχα). Η τρωτότητα ως προς το περιβάλλον σε περιόδους ξηρασίας για τις παραπάνω ΛΑΠ κρίνεται υψηλή καθώς καθίστανται περισσότερο ευάλωτες σε φυσικές καταστροφές, θα μεταβληθεί δηλαδή η τρωτότητά τους, μέσω των δευτερογενών συνεπειών αυτών, π.χ. η παρατεταμένη ξηρασία θα καταστήσει ορισμένες δασικές περιοχές πιο ευάλωτες σε πυρκαγιές.

Λόγω αυξημένου ποσοστού Γεωργικής Έκτασης στις ΛΑΠ Αξιού και Γαλλικού (67.51% και 50.01% αντίστοιχα) οι περιοχές αυτές κρίνονται ιδιαίτερα ευάλωτες κατά τη διάρκεια περιόδων ξηρασίας, καθώς τα εδάφη συχνά μετατρέπονται σε αλατούχα, ξηρά, άγονα, μειώνεται η απόδοση ορισμένων καλλιεργειών και πλήγεται συνεπώς ο πρωτογενής τομέας (οικονομική επίπτωση).

Πίνακας 6-5: Πίνακας ποσοστών χρήσεων γης στις ΛΑΠ ΥΔ Κεντρικής Μακεδονίας (GR10)

ΛΑΠ	Έκταση (Km^2)	Δασική περιοχή (%)	Αστική περιοχή (%)	Βοσκότοποι (%)	Γεωργική χρήση (%)	Άλλο-όχι γεωργική χρήση (%)	Δρόμοι – Νερά (%)	Εγκαταλελειμμένο (%)
ΛΑΠ Αξιού (GR03)	3 364	20.26	2.50	3.13	67.51	3.03	3.10	0.03
ΛΑΠ Γαλλικού (GR04)	1 000	37.88	2.22	3.91	50.01	4.24	1.59	0.04
ΛΑΠ Χαλκιδικής (GR05)	5 395	45.58	2.65	7.40	38.34	2.77	2.84	0.14
ΛΑΠ ΑΘΩ (GR43)	387	79.69	0.46	5.56	11.56	1.29	0.08	0.11
Σύνολο ΥΔ 10	**10 146**	**37**	**3**	**6**	**48**	**3**	**3**	**0.1**

6.4.2. ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ

Η ελλειμματική άρδευση σε περιόδους λειψυδρίας ή ξηρασίας επηρεάζει τα ποσοτικά ή τα ποιοτικά χαρακτηριστικά ή και τα δύο μαζί, κάθε καλλιέργειας που υφίσταται την συνθήκη αυτή. Οι ανάγκες της καλλιέργειας σε νερό καθορίζονται από το είδος του φυτού, το στάδιο του βιολογικού κύκλου, τις εδαφικές συνθήκες, τη θερμοκρασία του αέρα, την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας, την διάρκεια της ημέρας, την ατμοσφαιρική υγρασία και την υδατοϊκανότητα του εδάφους. Τα υδατικό έλλειμμα μπορεί να επηρεάσει την συμπεριφορά του φυτού ανάλογα με το στάδιο του βιολογικού κύκλου που διατρέχει και διαφορετικά εάν το έλλειμμα αφορά ολόκληρη την καλλιεργητική περίοδο. Τα φυτά παρουσιάζουν διαφορετικό βαθμό ευαισθησίας στην έλλειψη νερού ανάλογα με το βλαστικό στάδιο στο οποίο βρίσκονται. Όταν η διαθέσιμη ποσότητα του νερού είναι μικρότερη από τις απαιτήσεις της εξατμοδιαπνοής (ΕΤ), στο κάθε στάδιο ανάπτυξης του φυτού, διαμορφώνεται η τιμή του ελλείμματος για τις απαιτήσεις του και προκύπτουν οι ανάλογες αντιδράσεις του. Οι υδατικές ανάγκες σχεδόν όλων των καλλιεργειών δεν είναι σταθερές κατά την διάρκεια της ανάπτυξης των, αλλά κυμαίνονται πολύ στα διάφορα στάδια της βλαστικής περιόδου. Είναι πολύ μικρές στο φύτρωμα, αυξάνονται στην έναρξη της ανθοφορίας, φτάνουν το μέγιστο κατά την ανθοφορία, για να μειωθούν σταδιακά στο στάδιο της φυσιολογικής ωρίμανσης. Η διαφορά των απαιτήσεων στα διάφορα στάδια ανάπτυξης δίνονται ενδεικτικά για τέσσερις βασικές καλλιέργειες στον παρακάτω πίνακα (Κωτούλας, 2010) .

Πίνακας 6-6: Φυτικοί συντελεστές Kc, κατά στάδιο ανάπτυξης τεσσάρων βασικών ετήσιων καλλιεργειών προσαρμοσμένων στις κλιματικές συνθήκες της Ελλάδος για χρήση με την συνδυασμένη μέθοδο FAO Penman-Monteith

Καλλιέργεια	Kc			
	Αρχικό στάδιο	Στάδιο ταχείας ανάπτυξης	Μέση περίοδος	Τελικό στάδιο
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Βαμβάκι	0,45	0,70	1,05	0,60
Καλαμπόκι	0,50	0,80	1,05	0,60
Βιομηχανική Ντομάτα	0,50	0,80	1,05	0,65
Τεύτλα	0,45	0,65	1,00	0,50

***Πηγή**: Παπαζαφειρίου 1999.*

Έτσι, ο σωστός προγραμματισμός της άρδευσης λαμβάνει υπόψη τις υδατικές ανάγκες κάθε περιόδου της καλλιέργειας και σε συνδυασμό με τις εδαφικές συνθήκες καθορίζει ποσοτικά και χρονικά τη δόση άρδευσης. Κατά τη διάρκεια του βιολογικού τους κύκλου τα φυτά είναι πιθανόν να εκτεθούν σε αντίξοες συνθήκες, οι οποίες επηρεάζουν δυσμενώς τόσο την ανάπτυξή τους, όσο και την ίδια την επιβίωσή τους. Οι αντίξοες αυτές συνθήκες με κυρίαρχο ρόλο την έλλειψη νερού παρεμποδίζουν την εύρυθμη λειτουργία των φυσιολογικών μηχανισμών (Κωτούλας, 2010).

Στις περιπτώσεις των καλλιεργειών παραγωγής τροφίμων τα αποτελέσματα της καταπόνησης από την έλλειψη νερού εκτιμώνται συνήθως από την ποσότητα του παραγομένου προϊόντος της καλλιέργειας. Η καταπόνηση σε επίπεδο γεωργικής παραγωγής, που δημιουργεί απόκλιση από τις κανονικές συνθήκες ανάπτυξης μπορεί να έχει σαν αποτέλεσμα το παραγόμενο προϊόν να είναι το 20-30% της δυνητικά μέγιστης παραγωγής που υπολογίστηκε για ορισμένη καλλιέργεια (Buchanan *et al.*, 2000).

Τα φυτά προσπαθώντας να προσαρμοστούν στις συνθήκες ξηρασίας διαμορφώνουν ιδιαίτερα μορφολογικά, φυσιολογικά και μοριακά χαρακτηριστικά, όπως την πτώση των φύλλων, την ενισχυμένη ανάπτυξη της ρίζας, τον περιορισμό της φωτοσυνθετικής λειτουργίας και της διαπνοής, με αποτέλεσμα την μείωση των προϊόντων της φωτοσύνθεσης που μεταφέρονται στον καρπό.

Η προσαρμοστικότητα των φυτών σε συνθήκες ξηρασίας είναι δύσκολο να εκτιμηθεί αξιολογώντας μία μόνον παράμετρο (π.χ. παραγόμενη βιομάζα, καρπός) και για τον λόγο αυτό προτάθηκαν από πολλούς ερευνητές που αναφέρονται στη διεθνή βιβλιογραφία, διάφοροι δείκτες που εκτιμούν το βαθμό υδατικής καταπόνησης των φυτών και επομένως την προσαρμοστικότητά τους στις συνθήκες αυτές. Σήμερα θεωρείται επιτακτική η ανάγκη, σε διεθνές επίπεδο, να διερευνηθεί και αποτυπωθεί μέσω μακροπρόθεσμων πειραμάτων και προσπαθειών μοντελοποίησης, να προσδιοριστεί σε ποιο βαθμό μπορούν να συμβάλλουν οι προσπάθειες αυτές με μοντέλα που θα βοηθήσουν στη μόνιμη μείωση της χρήσης του αρδευτικού νερού.

Σε παγκόσμιο επίπεδο αλλά και για την χώρα μας ειδικότερα, είναι πολύ σημαντική η δημιουργία ανθεκτικών ποικιλιών στην ξηρασία και ειδικότερα για τις καλλιέργειες που διαμορφώνουν τις υψηλότερες απαιτήσεις τους την κρίσιμη περίοδο Ιουλίου-Αυγούστου που οι ωφέλιμες βροχοπτώσεις στις περισσότερες περιοχές της χώρας, δεν ξεπερνούν τα 10 mm το μήνα, δηλαδή είναι πρακτικά μηδενικές.

Αξίζει επίσης, να γίνει αναφορά στην περίπτωση λειψυδρίας/ξηρασίας και ο μεγάλος βαθμός τρωτότητας του εδαφικού πόρου, όπου με την άνοδο των αλάτων μέσω της τριχοειδούς φάσης στην εδαφική επιφάνεια καθώς και η υψηλή συγκέντρωση νιτρικών και φωσφορικών ιόντων των λιπασμάτων, λόγω αδυναμίας σχηματισμού υδατικού διαλύματος και απορρόφησης από τα φυτά, προσθετικός δυσμενής παράγοντας στην φυσιολογική ανάπτυξη των φυτών.

Πέραν των πιο πάνω γενικών επισημάνσεων δεν επιχειρείται η διαβάθμιση των υπολεκανών ως προς την τρωτότητα των καλλιεργειών σε φαινόμενα ξηρασίας / λειψυδρίας.

Βασική παράμετρο εκτίμησης του βαθμού τρωτότητας των καλλιεργειών σε περιπτώσεις λειψυδρίας, αποτελεί η φέρουσα ικανότητα της πηγής υδροδότησης η οποία συνεκτιμάται με την έκταση της γεωργικής γης που καλείται να εξυπηρετήσει. Η απαίτηση σε αρδευτικό νερό συγκεκριμένης έκτασης μπορεί να εμφανίζεται με ένα μεγάλο εύρος απαιτήσεων που εξαρτάται από την σύνθεση των καλλιεργειών και την βλαστική τους περίοδο. Προκύπτει λοιπόν ότι, η υψηλή φέρουσα ικανότητα του πόρου σε περίπτωση λειψυδρίας θα διαμορφώνει τόσο μικρότερο βαθμό τρωτότητας στις καλλιέργειες όσο μικρότερη είναι η έκταση της γεωργικής γης και όσο μικρότερες είναι οι απαιτήσεις των ειδών που καλλιεργούνται, ή με άλλη διατύπωση, όσο μικρότερο θα είναι το ποσοστό κάλυψης της εξατμοδιαπνοής σε σχέση με τις απαιτήσεις του φυτικού συντελεστή της κάθε καλλιέργειας στο κάθε στάδιο ανάπτυξης.

Για την εκτίμηση του βαθμού τρωτότητας των καλλιεργειών στο ΥΔ 10 αξίζει να σημειωθεί η ποικιλομορφία σύνθεσης των καλλιεργειών στις τέσσερις ΛΑΠ που απαρτίζουν το ΥΔ, δηλαδή των ΛΑΠ Αξιού και Γαλλικού, όπου οι εκτάσεις γεωργικής γης ξεπερνούν το 50% και καταλαμβάνονται από τις πλέον υδροβόρες καλλιέργειες με κυρίαρχο είδος την καλλιέργεια ρυζιού, την ΛΑΠ Χαλκιδικής με ποσοστό έκτασης περίπου 40% και κυρίαρχες καλλιέργειες την ελιά, τα αμπέλια και τα σιτηρά και την ΛΑΠ του Άθω με ποσοστό έκτασης γεωργικής γης περίπου 12% και κυρίαρχες καλλιέργειες τα αμπέλια και τα λαχανικά σε πολύ μικρή έκταση για την εξυπηρέτηση των διατροφικών αναγκών της κοινότητας.

Έτσι ο βαθμός τρωτότητας σε περιπτώσεις λειψυδρίας θα εμφανίζεται μεγαλύτερος στην περίπτωση των ΛΑΠ Αξιού και Γαλλικού, όπου αναπτύσσονται και μεγάλες εκτάσεις συλλογικών αρδευτικών δικτύων ανοικτών αγωγών, μικρότερος στην ΛΑΠ Χαλκιδικής όπου οι καλλιέργειες ελιάς και αμπέλου είναι από τις ανθεκτικότερες σε λειψυδρία και ακόμη μικρότερος στην ΛΑΠ του Άθω, λόγω των περιορισμένων απαιτήσεων της αμπέλου όταν απαιτείται και των μικρών απαιτήσεων των λαχανόκηπων, λόγω έκτασης και της πρόβλεψης των μονών να εξασφαλίζουν ποσότητες νερού άρδευσης με μικρούς ταμιευτήρες ή δεξαμενές μέσα στις εκτάσεις της κατοχής των. Σε περιπτώσεις λειψυδρίας, όλες οι καλλιέργειες θα έχουν πρόβλημα, όμως με διαφορετικό βαθμό τρωτότητας, ανάλογα με το είδος της καλλιέργειας και την βλαστική τους περίοδο.

Το ποσοστό ικανοποίησης των καλλιεργειών σε περίπτωση λειψυδρίας με τους υπάρχοντες πόρους θα προκύψει μετά την συνεκτίμηση των αναγκών σε άλλες χρήσεις που ταξινομούνται με σειρά προτεραιότητας, όπως ύδρευση, οικολογική παροχή, παραγωγή ενέργειας κλπ. και συνήθως με τελευταίο βαθμό προτεραιότητας την γεωργία.

Σε αντίθετη περίπτωση και με μια προσπάθεια ικανοποίησης όλων των αναγκών θα διαμορφωθούν συνθήκες υψηλού βαθμού τρωτότητας του υδατικού πόρου (π.χ. στα επιφανειακά ρέοντα θα μειωθεί η οικολογική παροχή, στα λιμναία θα ταπεινωθεί η στάθμη και στα υπόγεια θα έχουμε κατακρημνίσεις και καταστροφή των εξοπλισμών και σε παραθαλάσσιες περιοχές θα καταστραφούν τα εδάφη με τα άλατα).

Συμπερασματικά, η συσχέτιση τρωτότητας / ποσοστό γεωργικής γης, μπορεί να συσχετιστεί μόνον από την πολύπλοκη σχέση, φέρουσα ικανότητα της πηγής υδροδότησης / είδος καλλιέργειας / βλαστική περίοδος / υδατοϊκανότητα εδαφών / μέθοδος άρδευσης / δόση άρδευσης.

6.5. ΤΡΩΤΟΤΗΤΑ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Για την εκτίμηση της τρωτότητας των ΛΑΠ της περιοχής μελέτης σε περιόδους λειψυδρίας και ξηρασίας ως προς το περιβάλλον αξιοποιήθηκε το ποσοστό των ΥΣ που βρίσκονται εντός δικτύου Προστατευόμενων Περιοχών Natura, καθώς οι Προστατευόμενες περιοχές αποτελούν πυρήνες βιοποικιλότητας, στους οποίους, κατά τη διάρκεια τέτοιων συνθηκών, απειλείται η βιοποικιλότητα και αυξάνεται η τρωτότητα.

Το ποσοστό των επιφανειακών ΥΣ εντός Προστατευόμενων περιοχών του Δικτύου Natura στο ΥΔ της Κεντρικής Μακεδονίας παρατίθεται στον πίνακα 6-7.

Παρατηρείται πως οι ΛΑΠ Αξιού (GR03) και Χαλκιδικής (GR05) εμφανίζουν υψηλά ποσοστά ΥΣ εντός Προστατευόμενων Περιοχών (80% και 79%, αντίστοιχα), συνεπώς και αυξημένη περιβαλλοντική τρωτότητα σε περιόδους ξηρασίας και λειψυδρίας.

Πίνακας 6-7: ΥΣ εντός Προστατευόμενων Περιοχών δικτύου Natura

Επιφανειακά ΥΣ *(Km για ποτάμια ΥΣ, Km² για τα λοιπά ΕΥΣ)*					
ΛΑΠ	Ποτάμια	Λίμνες	Μεταβατικά	Παράκτια	
GR03	402.2	40.3	67.6	0.0	
GR04	185.2	4.3	0.0	0.0	
GR05	521.2	121.4	2.7	3,508.7	
GR43	0.0	0.0	0.0	340.9	
ΥΔ10	1108.6	165.9	70.4	3,849.7	
ΕΥΣ εντός περιοχών Natura *(Km για ποτάμια ΥΣ, Km² για τα λοιπά ΕΥΣ)*					
GR03	157.9	40.3	67.6	0.0	
GR04	8.4	4.3	0.0	0.0	
GR05	159.4	121.4	2.7	3,032.6	
GR43	0.0	0.0	0.0	0.0	
ΥΔ10	325.7	165.9	70.4	3,032.6	
Ποσοστά ΕΥΣ εντός περιοχών Natura					**Τρωτότητα ως προς το περιβάλλον**
GR03	39%	100%	100%	-	**80%**
GR04	5%	100%	-	-	**52%**
GR05	31%	100%	100%	86%	**79%**
GR43	-	-	-	0%	**0%**
ΥΔ10	29%	100%	100%	79%	**77%**

6.6. ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΤΡΩΤΟΤΗΤΑΣ ΑΝΑ ΛΑΠ

Στον παρακάτω πίνακα (6-8) συγκεντρώθηκαν τα αποτελέσματα ανά κατηγορία και εκτιμήθηκε η συνολική τρωτότητα για τις ΛΑΠ GR03, GR04, GR05 και GR43 του ΥΔ 10, καθώς και για το σύνολο του ΥΔ, ως άθροισμα των επιμέρους κανονικοποιημένων, ως προς τη μέγιστη τιμή κάθε συνιστώσας, δεικτών τρωτότητας.

Βάσει των ως άνω η κλίμακα συνολικής τρωτότητας διαμορφώθηκε ως εξής:

Κλάση	Εύρος		Χαρακτηρισμός Τρωτότητας
	Από	Έως	
1	0.00	0.83	Πολύ Χαμηλή
2	0.83	1.67	Χαμηλή
3	1.67	2.50	Μέτρια
4	2.50	3.33	Υψηλή
5	3.33	5.00	Πολύ υψηλή

Όπως ήταν αναμενόμενο, η ΛΑΠ Χαλκιδικής παρουσιάζει τη μεγαλύτερη τρωτότητα (πολύ υψηλή) ως προς την ξηρασία-λειψυδρία με τιμή δείκτη 3.73, κυρίως λόγω πολύ υψηλής τρωτότητας ως τη λειψυδρία, τους κοινωνικούς παράγοντες και το περιβάλλον. Ευάλωτη στην ξηρασία- λειψυδρία είναι και η ΛΑΠ Γαλλικού η οποία εμφανίζει τιμή δείκτη τρωτότητας 2.65 (υψηλή τρωτότητα), με πιο ήπια ανθρωπογενή δραστηριότητα αλλά πολύ υψηλό δείκτη μετεωρολογικής ξηρασίας. Σε επίπεδο ΥΔ 10, ο δείκτης τρωτότητας είναι υψηλός, με τιμή 2.66.

Πίνακας 6-8: Συγκεντρωτικός Πίνακας Τρωτότητας σε Ξηρασία ανά ΛΑΠ ΥΔ10 (κανονικοποιημένες τιμές)

ΛΑΠ	Συνολική Τρωτότητα	Χαρακτηρισμός Τρωτότητας
ΛΑΠ Αξιού (GR03)	2.32	Μέτρια
ΛΑΠ Γαλλικού (GR04)	2.65	Υψηλή
ΛΑΠ Χαλκιδικής (GR05)	3.73	Πολύ Υψηλή
ΛΑΠ Άθω (GR43)	1.46	Χαμηλή
Σύνολο ΥΔ 10	2.66	Υψηλή

7. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΕΠΙΔΡΑΣΕΩΝ ΞΗΡΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΠΙΤΕΥΞΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΤΟΧΩΝ ΤΟΥ ΑΡΘΡΟΥ 4

7.1. ΟΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΙ ΣΤΟΧΟΙ ΤΟΥ ΑΡΘΡΟΥ 4 ΤΗΣ ΟΔΗΓΙΑΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΠΑΡΑΤΕΤΑΜΕΝΗΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ

Βασικός σκοπός της Οδηγίας 2000/60 ΕΚ (Άρθρο 1) είναι η θέσπιση ενός πλαισίου για την προστασία των εσωτερικών επιφανειακών, μεταβατικών, παράκτιων και των υπόγειων υδάτων. Απώτερος στόχος της εφαρμογής της Οδηγίας είναι (Παράρτημα V) όσο αφορά στα επιφανειακά ΥΣ, τα μεν φυσικά να πετύχουν Καλή Οικολογική Κατάσταση ενώ τα ιδιαιτέρως τροποποιημένα και τεχνητά υδατικά συστήματα να πετύχουν Καλό / Ανώτερο Οικολογικό Δυναμικό, ενώ στο σύνολο τους να έχουν Καλή Χημική Κατάσταση. Τέλος, όσο αφορά τα υπόγεια υδατικά συστήματα θα πρέπει να πετύχουν Καλή Ποσοτική και Ποιοτική κατάσταση. Για να επιτευχθεί ο παραπάνω σκοπός της Οδηγίας εφαρμόζονται τα Σχέδια Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμού για κάθε υδατικό σύστημα και προτείνεται ένα Πρόγραμμα Μέτρων (Άρθρο 11), το οποίο για να καταστεί λειτουργικό θα πρέπει οι Περιβαλλοντικοί Στόχοι να καθορίζονται σύμφωνα με το Άρθρο 4.

Οι παραπάνω περιβαλλοντικοί στόχοι για κάποια υδατικά συστήματα μπορούν να μην επιτευχθούν στην εκάστοτε διαχειριστική περίοδο και να συμπεριληφθούν στις εξαιρέσεις, όπως αυτές αναφέρονται στις παραγράφους 4, 5, 6 και 7 του άρθρου 4 της Οδηγίας. Βασική προϋπόθεση για την ένταξη ενός ΥΣ στις εξαιρέσεις είναι η εφαρμογή αυτή να μην αποκλείει μονίμως ή να μην υπονομεύει την επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων σε άλλα υδατικά συστήματα της ίδιας ΠΛΑΠ και να συμβαδίζει με την εφαρμογή άλλων κοινοτικών ή περιβαλλοντικών νομοθετημάτων (παρ.8, άρθρου 4).

Ειδικότερα **σε περίοδο παρατεταμένης ξηρασίας είναι δυνατή η εξαίρεση ορισμένων ΥΣ από την υποχρέωση επίτευξης των περιβαλλοντικών στόχων, βάσει του Άρθρου 4.6 της Οδηγίας**, όπου αναφέρεται ότι:

***«Προσωρινή υποβάθμιση της κατάστασης των υδατικών συστημάτων δεν συνιστά παράβαση των απαιτήσεων της παρούσας οδηγίας εάν οφείλεται σε περιστάσεις που απορρέουν από φυσικά αίτια ή από ανωτέρα βία και είναι εξαιρετικές ή δεν θα μπορούσαν ευλόγως να έχουν προβλεφθεί, ιδίως ακραίες πλημμύρες και παρατεταμένες ξηρασίες, ή εάν οφείλεται σε περιστάσεις λόγω ατυχημάτων οι οποίες δεν θα μπορούσαν ευλόγως να έχουν προβλεφθεί**, εφόσον πληρούνται όλες οι ακόλουθες προϋποθέσεις:*

i. λλαμβάνονται όλα τα πρακτικώς εφικτά μέτρα για να προληφθεί η περαιτέρω υποβάθμιση της κατάστασης και για να μην υπονομευθεί η επίτευξη των στόχων της παρούσας οδηγίας σε άλλα υδατικά συστήματα που δεν θίγονται από τις περιστάσεις αυτές

ii. το σχέδιο διαχείρισης λεκάνης απορροής ποταμού αναφέρει τους όρους υπό τους οποίους μπορούν να κηρύσσονται οι απρόβλεπτες ή εξαιρετικές αυτές περιστάσεις, συμπεριλαμβανομένης της θέσπισης των κατάλληλων δεικτών

iii. τα μέτρα που πρέπει να λαμβάνονται στις εξαιρετικές αυτές περιστάσεις περιλαμβάνονται στο πρόγραμμα μέτρων και δεν θα υπονομεύσουν την αποκατάσταση της ποιότητας του υδατικού συστήματος μετά τη λήξη των περιστάσεων

iv. οι επιπτώσεις των εξαιρετικών περιστάσεων ή των περιστάσεων που δεν θα μπορούσαν ευλόγως να έχουν προβλεφθεί επισκοπούνται ετησίως και, με την επιφύλαξη των λόγων που εκτίθενται στην παράγραφο 4 στοιχείο α), έχουν ληφθεί όλα τα πρακτικώς εφικτά μέτρα για την ευλόγως ταχύτερη δυνατή αποκατάσταση του υδατικού συστήματος στην κατάσταση στην οποία βρισκόταν πριν από τις επιπτώσεις των περιστάσεων αυτών και

v. η επόμενη ενημέρωση του σχεδίου διαχείρισης λεκάνης απορροής ποταμού περιλαμβάνει περίληψη των συνεπειών των περιστάσεων και των μέτρων που ελήφθησαν ή θα ληφθούν

σύμφωνα με τα στοιχεία i. και iv.».

Απαραίτητος για την κατανόηση του άρθρου 4.6 είναι ο προσδιορισμός των όρων (Κ.Ε. 20):

- **Προσωρινή υποβάθμιση**. Το χρονικό εύρος της προσωρινής υποβάθμισης έχει άμεση σχέση με το μέγεθος του φυσικού αιτίου, το οποίο ήταν ακραίο ή δεν μπορούσε να προβλεφθεί και προκάλεσε την υποβάθμιση, καθώς επίσης και από το πόσο είναι εφικτά τα μέτρα που πρέπει να εφαρμοσθούν για να αναιρέσουν τις μεταβολές στο ΥΣ.
- **Φυσικά αίτια**. Αναφέρεται σε συμβάντα όπως πλημμύρες ή ξηρασίες που προκαλούν καταστάσεις τέτοιες που οδηγούν στην επιδείνωση της κατάστασης των ΥΣ (π.χ. προμήθεια πόσιμου νερού σε περιόδους ξηρασίας). Θα πρέπει να τονισθεί ότι είναι απαραίτητος ο καθορισμός των φυσικών αιτιών που προκαλεί τη προσωρινή υποβάθμιση για την ένταξη στις εξαιρέσεις του άρθρου 4.6 ενός ΥΣ. Συγκεκριμένα, στο Κ.Ε. 29 γίνεται σαφής διάκριση μεταξύ της κοινής ξηρασίας που πρέπει να αντιμετωπίζεται με την εφαρμογή του Προγράμματος Μέτρων του Σχεδίου Διαχείρισης και της παρατεταμένης ξηρασίας για την οποία ενεργοποιείται η παράγραφος 4.6 του άρθρου 4 της Οδηγίας.

Σε αντίθεση με τις μη παρατεταμένες ξηρασίες, κατά τις οποίες οι ανάγκες του περιβάλλοντος θα πρέπει να γίνονται σεβαστές ανά πάσα στιγμή, έτσι ώστε να πληρούνται οι περιβαλλοντικοί στόχοι της ΟΠΥ, κατά τη διάρκεια μιας παρατεταμένης ξηρασίας, και υπό την προϋπόθεση ότι έχουν τηρηθεί οι απαιτήσεις του άρθρου 4.6, οι ανάγκες προτεραιότητας που σχετίζονται με την ανθρώπινη δραστηριότητα (π.χ. παροχή πόσιμου ύδατος) μπορούν προσωρινά να ικανοποιούνται εις βάρος των περιβαλλοντικών αναγκών, δηλαδή επιτρέποντας μια προσωρινή μη-επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων.

Η διαχείριση παρατεταμένης ξηρασίας συνεπάγεται τη λήψη αποφάσεων σχετικά με την κατανομή των μειωμένων πόρων, τόσο για το περιβάλλον όσο και για τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Οι αποφάσεις αυτές θα πρέπει να λαμβάνουν υπόψη προσεκτικά τις περιβαλλοντικές και κοινωνικοοικονομικές πτυχές (βλ. κεφάλαιο 6 πιο πάνω), σε συνάρτηση και με τους όρους των παραγράφων 4.6 (α) έως (δ) του Άρθρου 4 της Οδηγίας.

Επιπλέον των πιθανών επιπτώσεων για το πόσιμο νερό, η παρατεταμένη ξηρασία μπορεί να προκαλέσει σημαντικές επιπτώσεις σε όλες τις χρήσεις του νερού, ιδίως την άρδευση, την υδροηλεκτρική παραγωγή, την προμήθεια νερού ψύξης και άλλες βιομηχανικές χρήσεις, καθώς και άλλες οικιακές χρήσεις (όπως άρδευση κήπων). Έτσι, θα πρέπει να καθοριστεί εκ των προτέρων μια σαφής ιεράρχηση των κύριων χρήσεων, όπου οι περιορισμοί επιβάλλονται βήμα-βήμα με την αύξηση της διάρκειας, της έντασης και τις επιπτώσεις του φαινομένου ξηρασίας. Η εξασφάλιση των αναγκαίων ποσοτήτων πόσιμου νερού θα πρέπει να θεωρούνται υψηλή προτεραιότητα κατά τη διάρκεια παρατεταμένης ξηρασίας, σε συνδυασμό όμως και με υψηλή προτεραιότητα για την εξασφάλιση μιας ελάχιστης οικολογικής ροής.

Παρακάτω παρουσιάζονται με συντομία οι κατηγορίες εξαιρέσεων του Άρθρου 4 βάσει των παραγράφων 4,5 και 7:

<u>Άρθρο 4 παράγραφος 4:</u>

Η επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων της παραγράφου 1 του Άρθρου 4 μπορεί να παρατείνεται για τη σταδιακή επίτευξη των στόχων για υδατικά συστήματα, υπό την προϋπόθεση ότι δεν υποβαθμίζεται περαιτέρω η κατάσταση του πληττόμενου υδατικού συστήματος, εφόσον πληρούνται όλες οι προϋποθέσεις που ορίζονται στην παράγραφο.

<u>Άρθρο 4 παράγραφος 5:</u>

Τα κράτη μέλη μπορούν να επιδιώκουν περιβαλλοντικούς στόχους λιγότερο αυστηρούς από αυτούς που απαιτούνται στην παράγραφο 1 του Άρθρου 4 για συγκεκριμένα υδατικά συστήματα, όταν επηρεάζονται τόσο από ανθρώπινες δραστηριότητες ή η φυσική τους κατάσταση είναι τέτοια ώστε η επίτευξη των στόχων αυτών να είναι ανέφικτη ή δυσανάλογα δαπανηρή, και εφόσον πληρούνται όλες οι προϋποθέσεις της παραγράφου.

<u>Άρθρο 4 παράγραφος 7:</u>

Τα κράτη μέλη δεν παραβιάζουν την Οδηγία εφόσον:

- η αδυναμία επίτευξης καλής κατάστασης των υπόγειων υδάτων, καλής οικολογικής κατάστασης ή, κατά περίπτωση, καλού οικολογικού δυναμικού ή πρόληψης της υποβάθμισης της κατάστασης ενός συστήματος επιφανειακών ή υπόγειων υδάτων, οφείλεται σε νέες τροποποιήσεις των φυσικών χαρακτηριστικών του συστήματος επιφανειακών υδάτων ή σε μεταβολές της στάθμης των συστημάτων υπόγειων υδάτων ή
- η αδυναμία πρόληψης της υποβάθμισης από την άριστη στην καλή κατάσταση ενός συστήματος επιφανειακών υδάτων είναι αποτέλεσμα νέων ανθρώπινων δραστηριοτήτων βιώσιμης ανάπτυξης

Εμφανίζονται στη συνέχεια τα επιφανειακά και υπόγεια ΥΣ που εξαιρούνται από την επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων της Οδηγίας βάσει των παρ. 4 και 7 του άρθρου 4 ανά ΛΑΠ, σύμφωνα με το εγκεκριμένο Σχέδιο Διαχείρισης των ΛΑΠ του ΥΔ Κεντρικής Μακεδονίας. Η αιτιολόγηση της ένταξης των ΥΣ στις εξαιρέσεις βρίσκεται στο Παραδοτέο Π.1.11 (Παράρτημα Δ του Σχεδίου Διαχείρισης) «Καθορισμός των Περιβαλλοντικών Στόχων, συμπεριλαμβανομένων των «Εξαιρέσεων» από την επίτευξη των στόχων». Σημειώνεται ότι δεν εφαρμόζεται η παράγραφος 5 του άρθρου 7 σε κάποιο ΥΣ.

Πίνακας 7-1: Επιφανειακά ΥΣ που εμπίπτουν στις εξαιρέσεις

Α/Α	Ονομασία ΕΥΣ (Κωδικός ΕΥΣ) Είδος ΕΥΣ	Οικολογική Κατάσταση\ Οικολογικό Δυναμικό	Χημική Κατάσταση
Εξαιρέσεις βάσει του Άρθρου 4 παράγραφος 4 Είναι τεχνικά μη εφικτό να αποδώσουν τα μέτρα έγκαιρα / Οι φυσικές συνθήκες δεν επιτρέπουν έγκαιρες βελτιώσεις			
ΛΑΠ Αξιού			
1.	ΛΟΥΔΙΑΣ Π. (GR1003R000400032A) Ποτάμιο ΥΣ	Ελλιπές	Κατώτερη της Καλής
2.	ΛΟΥΔΙΑΣ Π. (GR1003R000400031A) Ποτάμιο ΥΣ	Ελλιπές	Κατώτερη της Καλής
3.	ΑΞΙΟΣ Π. (GR1003R0F0203005N) Ποτάμιο ΥΣ	Ελλιπής	Κατώτερη της Καλής
4.	ΑΞΙΟΣ Π. (GR1003R0F0201004H) Ποτάμιο ΥΣ	Ελλιπές	Κατώτερη της Καλής
5.	ΕΚΒΟΛΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΞΙΟΥ (GR1003T0001N) Μεταβατικό ΥΣ	Ελλιπής	Άγνωστο
ΛΑΠ Γαλλικού			
1.	ΓΑΛΛΙΚΟΣ Π. (GR1004R000201003N) Ποτάμιο ΥΣ	Ελλιπής	Κατώτερη της Καλής
2.	ΓΑΛΛΙΚΟΣ Π. (GR1004R000201002N) Ποτάμιο ΥΣ	Ελλιπής	Κατώτερη της Καλής
3.	ΓΑΛΛΙΚΟΣ Π. (GR1004R000201001N) Ποτάμιο ΥΣ	Ελλιπής	Κατώτερη της Καλής
ΛΑΠ Χαλκιδικής			
1.	ΛΙΜΝΗ ΚΟΡΩΝΕΙΑ (GR1005L000000004N) Λιμναίο ΥΣ	Κακή	Κατώτερη της Καλής
2.	ΛΙΜΝΗ ΒΟΛΒΗ (GR1005L000000003N) Λιμναίο ΥΣ	Μέτρια	Κατώτερη της Καλής
3.	ΑΝΘΕΜΟΥΣ (GR1005R001700029H) Ποτάμιο ΥΣ	Ελλιπές	Κατώτερη της Καλής
4.	ΜΑΥΡΟΣ ΛΑΚΚΟΣ (GR1005R000100021N) Ποτάμιο ΥΣ	Μέτρια	Κατώτερη της Καλής
5.	ΚΟΛΠΟΣ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ (GR1005C0011H) Παράκτιο ΥΣ	Μέτρια	Άγνωστο
Εξαιρέσεις βάσει του Άρθρου 4 παράγραφος 7 Νέες Τροποποιήσεις			
ΛΑΠ Χαλκιδικής			
1.	ΧΑΒΡΙΑΣ (GR1005R003101042N) Ποτάμιο ΥΣ	Καλή	Καλή
2.	ΠΕΤΡΕΝΙΟ (GR1005R000700024N) Ποτάμιο ΥΣ	Καλή	Καλή

Πίνακας 7-2: Εξαιρέσεις Υπόγειων Υδατικών Συστημάτων

Α/α	Κωδικός	Υπόγειο Υδατικό Σύστημα	Κατάσταση Συστήματος	
			Ποσοτική	Ποιοτική
Εξαιρέσεις βάσει του Άρθρου 4 παράγραφος 4 Είναι τεχνικά μη εφικτό να αποδώσουν τα μέτρα έγκαιρα / Οι φυσικές συνθήκες δεν επιτρέπουν έγκαιρες βελτιώσεις				
ΛΑΠ Αξιού				
1.	GR1000030	Αξιού	ΚΑΚΗ	ΚΑΚΗ
2.	GR100F040	Δοϊράνης	ΚΑΚΗ	ΚΑΛΗ
ΛΑΠ Γαλλικού				
1.	GR1000050	Γαλλικού	ΚΑΚΗ	ΚΑΛΗ
ΛΑΠ Χαλκιδικής				
1.	GR1000132	Υποσύστημα Κοκκινόλακκα	ΚΑΛΗ	ΚΑΚΗ
2.	GR1000061	Υποσύστημα Επανομής - Μουδανιών	ΚΑΚΗ	ΚΑΚΗ
3.	GR1000071	Υποσύστημα Κορώνειας	ΚΑΚΗ	ΚΑΛΗ
4.	GR1000072	Υποσύστημα Βόλβης	ΚΑΚΗ	ΚΑΛΗ
5.	GR1000081	Υποσύστημα Κάτω ρου Ανθεμούντα	ΚΑΚΗ	ΚΑΚΗ
6.	GR1000100	Ορμύλιας	ΚΑΚΗ	ΚΑΚΗ
Εξαιρέσεις βάσει του Άρθρου 4 παράγραφος 7 Νέες Τροποποιήσεις				
ΛΑΠ Χαλκιδικής				
1.	GR1000191	Υποσύστημα Σκουριών – Μαύρες Πέτρες	ΚΑΛΗ	ΚΑΚΗ
2.	GR1000192	Υποσύστημα Ολυμπιάδας	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ

7.2. ΟΡΟΙ ΥΠΟ ΤΟΥΣ ΟΠΟΙΟΥΣ ΜΠΟΡΟΥΝ ΝΑ ΚΗΡΥΣΣΟΝΤΑΙ ΠΑΡΑΤΕΤΑΜΕΝΕΣ ΞΗΡΑΣΙΕΣ

Η έννοια της παρατεταμένης ξηρασίας αφορά σε μεγάλες χρονικές κλίμακες, που υπερβαίνουν το υδρολογικό έτος. Ως χρονική κλίμακα αναφοράς προτείνεται η τριετία, με βάση την οποία θα γίνεται η αναγνώριση των παρατεταμένων ξηρασιών. Για το σκοπό αυτό, προτείνεται μια μεθοδολογία πρόγνωσης και αξιολόγησης ξηρασιών, που αναπτύσσεται στο υποκεφάλαιο 10.4 και βασίζεται σε χαρακτηριστικούς δείκτες ξηρασίας της περιοχής μελέτης (μετεωρολογικούς και υδρολογικούς). Αν με βάση τις τιμές των εν λόγω δεικτών προκύψει ότι κατά την τελευταία τριετία βρίσκεται σε εξέλιξη μια σοβαρή ξηρασία, τότε θα πρέπει να λαμβάνονται έκτακτα διαχειριστικά μέτρα, στα οποία περιλαμβάνεται η εξαίρεση ορισμένων υδάτινων σωμάτων από την υποχρέωση επίτευξης των περιβαλλοντικών στόχων. Επειδή μια τόσο χαμηλή τιμή του δείκτη είναι πολύ πιθανό να υποδηλώνει μια περίοδο ιδιαίτερα έμμονης ξηρασίας, τα μέτρα αυτά θα πρέπει να διατηρούνται καθ' όλη της διάρκεια του υδρολογικού έτους, ανεξάρτητα από την εξέλιξη των βροχοπτώσεων (και παροχών) των επόμενων μηνών. Η παύση ισχύος των έκτακτων μέτρων θα γίνεται μόνο όταν ο δείκτης τριετούς ξηρασίας υποχωρήσει σε επίπεδα τέτοια που να υποδηλώνουν ισχυρή πιθανότητα λήξης της περιόδου έμμονης ξηρασίας.

Οι τεχνικές λεπτομέρειες της μεθοδολογίας (δείκτες και σχετικά όρια) εξηγούνται στο υποκεφάλαιο 10.4.

7.3. ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΥΨΗΛΗΣ ΤΡΩΤΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΞΗΡΑΣΙΑ

Τα επιφανειακά υδατικά συστήματα, τα οποία ενδέχεται να μην επιτύχουν τους περιβαλλοντικούς στόχους του Άρθρου 4 της Οδηγίας, εντοπίζονται με βάση:

1. Τη γεωγραφική τους θέση σε σχέση με τις ζώνες υδρολογικής τρωτότητας (δείκτης τρωτότητας έναντι λειψυδρίας) που προσδιορίστηκαν στο κεφάλαιο 6
2. Τη χρήση τους για απολήψεις για διάφορες χρήσεις.

3. Την ιεράρχηση των χρήσεων ύδατος τις οποίες εξυπηρετούν και ιδίως εάν πρόκειται για συστήματα από όπου γίνεται απόληψη για ανθρώπινη κατανάλωση (πόσιμο νερό), καθώς η υψηλή προτεραιότητα που αναγνωρίζεται στη χρήση αυτή σημαίνει ότι η εξυπηρέτηση αυτής θα εξασφαλιστεί (τουλάχιστον σε ένα βασικό για την ποιότητα ζωής επίπεδο) ακόμη και εις βάρος της επίτευξης της καλής κατάστασης ενός συστήματος, πάντα υπό τους όρους που αναφέρονται στο υποκεφάλαιο 7.1.

Επισημαίνεται ότι ως απόληψη που επιβάλλει πίεση ποσοτική σε επιφανειακό υδατικό σύστημα, νοείται κάθε απόληψη επιφανειακού ύδατος από την άμεση υδρολογική λεκάνη του ΕΥΣ, περιλαμβανομένων των απολήψεων από νερά πηγών, καθώς το υδατικό σύστημα θα ήταν εν δυνάμει ο τελικός αποδέκτης των απορροών, οι οποίες απομειώνονται λόγω των απολήψεων.

Έτσι, στον χάρτη της εικόνας 7-1 απεικονίζονται τα επιφανειακά Υδατικά Συστήματα του ΥΔ 10 που επηρεάζονται, είτε άμεσα είτε έμμεσα, από απολήψεις επιφανειακού ύδατος για διάφορες χρήσεις, ενώ στον χάρτη της εικόνας 7-2 εντοπίζονται εκείνα που επηρεάζονται από απολήψεις επιφανειακού ύδατος για ανθρώπινη κατανάλωση (πόσιμο νερό).

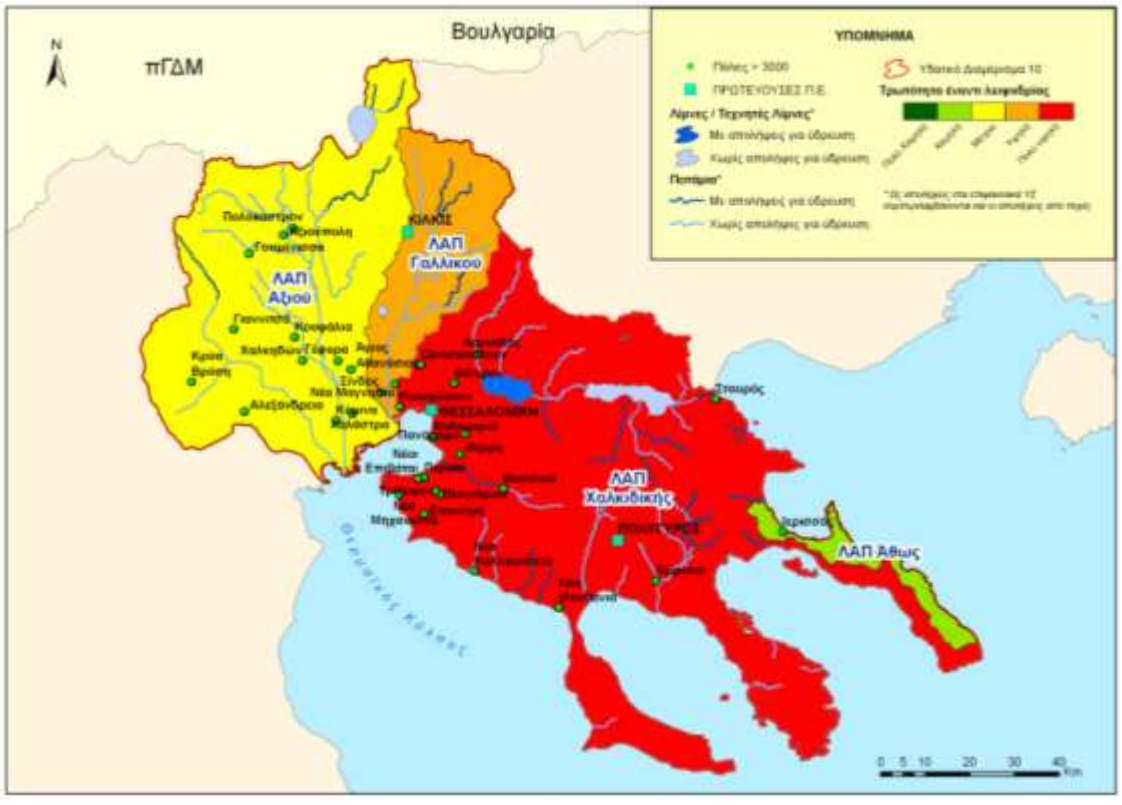
Στον Πίνακα 7-1 καταγράφονται τα ΕΥΣ που επηρεάζονται άμεσα ή έμμεσα από απολήψεις επιφανειακού ύδατος για όλες τις χρήσεις και εντοπίζονται ειδικότερα εκείνα που επηρεάζονται από απόληψη νερού για ανθρώπινη κατανάλωση.

Στον ίδιο πίνακα σημειώνονται

i. με κατάλληλη χρωματική κλίμακα, ο δείκτης τρωτότητας έναντι λειψυδρίας που χαρακτηρίζει την ευρύτερη υδρολογική λεκάνη στην οποία υπάγεται το ΕΥΣ
ii. τα επιφανειακά ΥΣ που εξαιρούνται από την επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων της Οδηγίας βάσει της παρ. 4 του άρθρου 4 ανά ΛΑΠ. Η αιτιολόγηση για την ένταξή τους στις εξαιρέσεις βρίσκεται στο Παραδοτέο Π.1.11 (Παράρτημα Δ του Σχεδίου Διαχείρισης) «Καθορισμός των Περιβαλλοντικών Στόχων, συμπεριλαμβανομένων των «Εξαιρέσεων» από την επίτευξη των στόχων».

Είναι προφανές ότι τα ΕΥΣ που βρίσκονται σε ζώνη υψηλής τρωτότητας και ικανοποιούν διάφορες χρήσεις μέσω άμεσων ή έμμεσων απολήψεων εμφανίζουν και τα ίδια υψηλότερη τρωτότητα σε περίοδο ξηρασίας και είναι πιθανό να οδηγήσουν, αφενός σε ενεργοποίηση της περίπτωσης του άρθρου 4, παράγραφος 6 της Οδηγίας (βλ. παράγραφο 7.1 πιο πάνω, αφετέρου δε και σε εμφάνιση φαινομένου λειψυδρίας.

Εικόνα 7-1. Δείκτης τρωτότητας έναντι λειψυδρίας και Επιφανειακά Υδατικά Συστήματα που επηρεάζονται από απολήψεις στις υπολεκάνες του Υδατικού Διαμερίσματος Κεντρικής Μακεδονίας



Εικόνα 7-2. Δείκτης τρωτότητας έναντι λειψυδρίας και Επιφανειακά Υδατικά Συστήματα που επηρεάζονται από απολήψεις νερού για ανθρώπινη κατανάλωση στις υπολεκάνες του Υδατικού Διαμερίσματος Κεντρικής Μακεδονίας

Πίνακας 7-3: Επιφανειακά Υδατικά Συστήματα που επηρεάζονται από απολήψεις νερού ανά υπολεκάνη του Υδατικού Διαμερίσματος Κεντρικής Μακεδονίας

ΛΑΠ	Είδος ΥΣ	Επιφανειακό ΥΣ [1]	Ύδρευση	Άρδευση	Βιομηχανία
Αξιού (GR03)	Λιμναίο	GR1003L000000006A		X	
		GR1003L0F0000001N		X	
	Ποτάμιο	GR1003R000000001N	X		X
		GR1003R000000003N	X	X	X
		GR1003R000400034N	X		X
		GR1003R000400035N	X		X
		GR1003R0F0203005N		X	
		GR1003R0F0204017A		X	
		GR1003R0F0204019N		X	
		GR1003R0F0204223N	X		X
		GR1003R0F0208028N		X	
Γαλλικού (GR04)	Ποτάμιο	GR1004R000202009N	X		X
		GR1004R000206015N	X		X
		GR1004R000206116N	X		X
Χαλκιδικής (GR05)	Λιμναίο	GR1005L000000002H	X		
		GR1005L000000003N		X	
		GR1005L000000004N	X		
	Ποτάμιο	GR1005R000100021N	X		X
		GR1005R000201001N	X		
		GR1005R000206014N	X		X
		GR1005R000206115N	X		X
		GR1005R000208017N	X		X
		GR1005R000212019N	X		
		GR1005R000300022N	X		X
		GR1005R000500023N	X		X
		GR1005R000700024N	X		X
		GR1005R001700029H	X		X
		GR1005R002300033N	X		X
		GR1005R002500034N	X		X
		GR1005R002704040N	X		X
		GR1005R003106051N	X		X
		GR1005R003107045N	X		X
		GR1005R003108052N	X		X
		GR1005R003111047N	X		X

Σημειώσεις:

[1] Με έντονη γραμματοσειρά σημειώνονται τα ΕΥΣ τα οποία εξαιρούνται από την επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων της Οδηγίας βάσει της παρ. 4 του Άρθου 4 της Οδηγίας σύμφωνα με το σχετικό υποστηρικτικό κείμενο (παράρτημα) του παρόντος Σχεδίου Διαχείρισης.

7.4. ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΥΨΗΛΗΣ ΤΡΩΤΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΞΗΡΑΣΙΑ

Τα υπόγεια υδατικά συστήματα τα οποία ενδέχεται να μην πετύχουν τους περιβαλλοντικούς στόχους του άρθρου 4 εντοπίζονται με βάση:

i. την αναγνωρισμένη παρουσία φαινομένων υφαλμύρινσης
ii. την ποιοτική και ποσοτική τους υποβάθμισης
iii. την χρήση τους για απολήψεις σε διάφορες χρήσεις

Στην παρακάτω εικόνα δίνονται τα ΥΥΣ τα οποία, λόγω της υφιστάμενης ποσοτικής τους υποβάθμισης ή της ποσοτικής υποβάθμισης που θα παρουσιάσουν στο μέλλον ως αποτέλεσμα ανθρώπινης δραστηριότητας, εκτιμάται ότι δεν θα πετύχουν τους στόχους του άρθρου 4 και έχουν συμπεριληφθεί στις εξαιρέσεις (βλ. Πίνακα 7-2 παραπάνω). Τα ΥΥΣ αυτά αναγνωρίζονται επιπλέον ως υψηλής τρωτότητας σε ξηρασία.

Εικόνα 7-3: Υπόγεια υδατικά συστήματα υψηλής τρωτότητας σε ξηρασία

8. ΚΑΤΑΡΤΙΣΗ ΜΕΤΡΩΝ ΠΡΟΛΗΨΗΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ, ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ

8.1. ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΚΑΙ ΠΛΑΙΣΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΞΗΡΑΣΙΩΝ

Η διαχείριση της ξηρασίας και η αντιμετώπιση της λειψυδρίας, με έμφαση στην περιοχή της Μεσογείου, είναι αντικείμενα που έχουν μελετηθεί από ομάδες εργασίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης και μεμονωμένους ερευνητές. Σε αναφορές της ΕΕ (MED WS&D WG, 2007· EC, 2007a· EC, 2009) παρουσιάζονται οι οργανωτικές, μεθοδολογικές και επιχειρησιακές συνιστώσες της διαχείρισης, ο σχεδιασμός και η υλοποίηση των μέτρων αντιμετώπισης, καθώς και η συμβατότητα των μέτρων με τους στόχους της Ευρωπαϊκής Οδηγίας-Πλαίσιο 2000/60 για τα νερά. Ειδικότερα, για την επιλογή των μέτρων εξετάζονται παράγοντες, όπως το θεσμικό και νομικό πλαίσιο, η εκτίμηση του ρίσκου και της τρωτότητας, η συμμετοχή των ενδιαφερομένων (stakeholders) στη διαχείριση, καθώς και η ετοιμότητα της κοινωνίας μέσω του μακροπρόθεσμου σχεδιασμού. Τέλος, έχουν καταγραφεί και αξιολογηθεί συγκεκριμένες πρακτικές και μέτρα που εφάρμοσαν χώρες της Μεσογείου, όπως η Ισπανία, η Κύπρος, η Αίγυπτος, η Γαλλία, η Τυνησία και η Παλαιστίνη (MED WS&D WG, 2007).

8.1.1. ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΟΔΗΓΙΑ 2000/60

Με την Οδηγία Πλαίσιο 2000/60 για τα νερά η Ευρωπαϊκή Ένωση αναδιάρθρωσε την πολιτική της σε σχέση με την προστασία των υδάτων καθορίζοντας ένα ευρωπαϊκό πλαίσιο για την διαχείριση και προστασία των υδατικών πόρων σε επίπεδο λεκάνης απορροής. Στόχος της είναι η επίτευξη της καλής οικολογικής κατάστασης τόσο για τα επιφανειακά όσο και για τα υπόγεια ύδατα μέσω της εφαρμογής ολοκληρωμένης διαχείρισης σε επίπεδο λεκάνης απορροής και της υλοποίησης των αντίστοιχων διαχειριστικών σχεδίων και μέτρων. Θέτει τα ζητήματα των πλημμυρών και των ξηρασιών και υποδηλώνει ότι ο περιορισμός των φαινομένων αυτών είναι βασικό αντικείμενο. Επίσης υποστηρίζει θέματα όπως η πολιτική τιμολόγησης, μέτρα διαχείρισης της ζήτησης και οι συμμετοχικές διαδικασίες στη διαχείριση υδατικών πόρων.

Συγκεκριμένα η Οδηγία 2000/60/ΕΚ για τα νερά θέτει τις παρακάτω αρχές:

- χρήση της Ευρωπαϊκής Οδηγίας 2000/60 ως κύριο μεθοδολογικό πλαίσιο για την επίτευξη της προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή των περιοχών ευάλωτων σε λειψυδρία, ώστε να μειωθούν οι επιπτώσεις της ξηρασίας·
- διατήρηση των υπόγειων υδροφορέων σε καλή ποσοτική κατάσταση ώστε να είναι πιο εύρωστα τα υδατικά συστήματα στην επίδραση της κλιματικής αλλαγής·
- διερεύνηση κατά περίπτωση του κατά πόσον η ξηρασία επιτρέπει την εφαρμογή του άρθρου 4.6 της οδηγίας 2000/60 λαμβάνοντας υπόψη τις κλιματικές προγνώσεις·
- να ληφθούν υπόψη οι απαιτήσεις του άρθρου 4.7 της Οδηγίας 2000/60 όταν λαμβάνονται μέτρα για την αντιμετώπιση της λειψυδρίας τα οποία μπορεί να προκαλέσουν υποβάθμιση της κατάστασης των νερών·
- διάγνωση των αιτιών που προκάλεσαν λειψυδρία στο παρελθόν και μπορούν να προκαλέσουν και στο μέλλον·
- παρακολούθηση της ζήτησης νερού και πρόβλεψή της στο μέλλον·
- συλλογή ποσοτικών πληροφοριών ώστε να εκτιμηθεί η αξιοπιστία της προσφοράς νερού στο μέλλον σε καθεστώς κλιματικής αλλαγής·
- ανίχνευση των κλιματικών αλλαγών στη φυσική μεταβλητότητα μέσα από χρονοσειρές μεγάλου μήκους (αξιοποίηση υπαρχόντων μετρητικών δικτύων)·

- λήψη πρόσθετων μέτρων για την πρόληψη της λειψυδρίας και την αντιμετώπιση μελλοντικών ξηρασιών·
- προσαρμογή της διαχείρισης των υδατικών πόρων σε καθεστώς κλιματικής αλλαγής, εστιάζοντας στην αειφορία·
- ολοκληρωμένη προσέγγιση στον συνδυασμό των μέτρων που σχετίζονται με τη μείωση της ζήτησης και την αύξηση της προσφοράς·
- υλοποίηση εύρωστων και ευέλικτων υδροσυστημάτων·
- εμπλοκή των ενδιαφερομένων (stakeholders) στη λήψη μέτρων·
- εκτίμηση της επίδρασης άλλων μέτρων για την κλιματική αλλαγή στην λειψυδρία και τον κίνδυνο ξηρασίας.

Παρά το γεγονός ότι η Οδηγία Πλαίσιο για τα νερά συνεισφέρει στην άμβλυνση των επιπτώσεων της ξηρασίας, δεν αποτελεί έναν από τους βασικούς της στόχους (MED WS&D WG, 2007). Συγκεκριμένα, δεν λαμβάνονται υπόψη τα κριτήρια και οι δράσεις αντιμετώπισης της επικινδυνότητας της ξηρασίας, οι αναφορές στην ξηρασία είναι σπάνιες και ασαφείς, ενώ οι δράσεις διαχείρισης και περιορισμού της ξηρασίας είναι προαιρετικές και συμπληρωματικές για τα κράτη-μέλη (MEDROPLAN, Iglesias et al., 2007).

8.1.2. ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΗ ΕΕ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑ ΚΑΙ ΤΗΝ ΞΗΡΑΣΙΑ

Η ανάγκη για περαιτέρω εξελίξεις και την κάλυψη κενών στο Ευρωπαϊκό νομοθετικό πλαίσιο στην ποσοτική διάσταση σε θέματα υδατικών πόρων και συγκεκριμένα τα φαινόμενα λειψυδρίας και ξηρασίας οδήγησε στην έκδοση της Ανακοίνωσης της Ευρωπαϊκής Επιτροπής το 2007 σχετικά με την αντιμετώπιση του προβλήματος της λειψυδρίας και της ξηρασίας στην Ευρωπαϊκή Ένωση (EC, 2007c). Μέσω της ανακοίνωσης προσδιορίστηκαν κάποιες γενικές κατευθύνσεις πολιτικής και συγκεκριμένα μέτρα για τη λειψυδρία και την ξηρασία, που μπορούν να εφαρμοστούν συμπληρωματικά και σε εναρμόνιση με την Οδηγία Πλαίσιο για τα νερά. Αυτές περιλαμβάνουν:

1. Σωστή τιμολόγηση του νερού
   - Βελτίωση του σχεδιασμού χρήσης γης
   - Χρηματοδότηση ορθολογικής χρήσης του νερού
2. Αποδοτικότερη κατανομή του νερού και των σχετικών με το νερό χρηματοδοτικών πόρων
3. Βελτίωση της διαχείρισης των κινδύνων ξηρασίας
   - Επεξεργασία σχεδίων διαχείρισης των κινδύνων ξηρασίας
   - Σύσταση παρατηρητηρίου και συστήματος έγκαιρης προειδοποίησης για φαινόμενα ξηρασίας
   - Περαιτέρω βελτιστοποίηση της χρήσης του ταμείου αλληλεγγύης της Ευρωπαϊκής Ένωσης και του ευρωπαϊκού μηχανισμού πολιτικής προστασίας
4. Μελέτη πρόσθετων υποδομών υδροδότησης
5. Προώθηση τεχνολογιών και πρακτικών που προάγουν την αποδοτική χρήση των υδατικών πόρων
6. Προαγωγή μιας νοοτροπίας για την εξοικονόμηση νερού στην Ευρώπη
7. Βελτίωση των γνώσεων και συγκέντρωση δεδομένων
   - Σύστημα πληροφοριών σχετικά με τη λειψυδρία και τη ξηρασία ανά την Ευρώπη
   - Ευκαιρίες όσον αφορά στην έρευνα και την τεχνολογική ανάπτυξη

8.1.3. ΕΥΡΩΠΑΙΚΟ ΠΡΟΣΧΕΔΙΟ 2012

Πρόσφατα, εκπονήθηκε για την Ευρωπαϊκή Επιτροπή εργασία πάνω στην ανάλυση κενών στην Ευρωπαϊκή πολιτική σε θέματα ξηρασίας και λειψυδρίας (Gap Analysis, ACTeon *et al.*, 2012) και η οποία επισήμανε την έλλειψη συνοχής μεταξύ της τρέχουσας κατάστασης σχετικά με την ξηρασία και την λειψυδρία στην

Ευρώπη και τις προτεινόμενες πολιτικές απόκρισης. Στα πλαίσια της εργασίας εντοπίστηκαν κενά στην τρέχουσα Ευρωπαϊκή νομοθεσία με σκοπό να προταθούν καινούρια μέτρα και πολιτικές για την αντιμετώπιση φαινομένων λειψυδρίας και ξηρασίας. Συγκεκριμένα η μελέτη οδήγησε σε:

- Αξιολόγηση των υπαρχόντων / διαθέσιμων μέτρων και πολιτικών (σε διάφορα επίπεδα, εθνικό, λεκάνης απορροής και τοπικό) για την πρόληψη, διαχείριση ή μετριασμό / αντιμετώπιση φαινομένων λειψυδρίας και ξηρασίας. Για το σκοπό αυτό δημιουργήθηκε βάση δεδομένων (*measure/policy instruments database*) που περιέχει όλους τους μηχανισμούς πολιτικής, μέτρα και υποστηρικτικές δράσεις που εφαρμόζονται από τα κράτη μέλη. Οι παρούσες δράσεις και τα μέτρα κατηγοριοποιήθηκαν ως εξής:

  (α) πρόληψης, προετοιμασίας, αντίδρασης ή αποκατάστασης,

  (β) ανάλογα με το πού επικεντρώνονται, σε κίνητρα, πιέσεις ή/και επιπτώσεις, και

  (γ) ανάλογα με τον τομέα που επηρεάζουν (γεωργία-δασοπονία, ύδρευση, ενέργεια, βιομηχανία)
- Εντοπισμός κενών (εννοιολογικών, πληροφορίας και αξιολόγησης, καθώς και σχετικών με πολιτικές, διακυβέρνηση και εφαρμογή) στην τρέχουσα Ευρωπαϊκή νομοθεσία
- Πρόταση πιθανών νέων μέτρων (ή και συνδυασμό μέτρων) μαζί με τις πιθανές τους επιπτώσεις (περιβαλλοντικές, οικονομικές και κοινωνικές) και τη δυνατότητα υλοποίησης τους. Συνολικά επτά εναλλακτικοί τομείς πολιτικών παρεμβάσεων με επιμέρους μέτρα εντοπίστηκαν, ενώ πρέπει να σημειωθεί ότι τα προτεινόμενα μέτρα έχουν διαχωριστεί για την λειψυδρία (πέντε τομείς) και την ξηρασία (δύο τομείς).

Τα αποτελέσματα και συμπεράσματα της συγκεκριμένης έρευνας στα πλαίσια της ανάλυσης κενών στην Ευρωπαϊκή πολιτική σε θέματα λειψυδρίας και ξηρασίας ενημέρωσαν το **Προσχέδιο για τη διαφύλαξη των υδατικών πόρων της Ευρώπης** (*A Blueprint to Safeguard Europe's Water Resources*) (EC, 2012a· EC, 2012b· EC, 2012c), το οποίο δημοσιοποιήθηκε το Δεκέμβριο 2012. Το προσχέδιο επισημαίνει τις ισχυρές πιέσεις που ασκούνται στους υδατικούς πόρους των Ευρωπαϊκών χωρών, λόγω αστικής ανάπτυξης, οικονομικών δραστηριοτήτων, δημογραφικών αλλαγών, αλλαγών στις χρήσεις γης, με αποτέλεσμα πολλές περιοχές να καθίστανται περισσότερο ευάλωτες σε φαινόμενα ξηρασίας, καθώς και να εμφανίζεται αυξανόμενος κίνδυνος λειψυδρίας. Επίσης το προσχέδιο επισημαίνει την έλλειψη επαρκούς διαχείρισης ξηρασιών σε πολλά κράτη μέλη και κατά συνέπεια και σε Ευρωπαϊκό επίπεδο γενικότερα.

Συγκεκριμένα το προσχέδιο δίνει ιδιαίτερη έμφαση στα ακόλουθα θέματα σε σχέση με την αντιμετώπιση φαινομένων ξηρασίας και λειψυδρίας:

- Πράσινη ανάπτυξη, **πράσινες υποδομές** (ειδικά σε μέτρα για τη φυσική συγκράτηση υδάτων)
- **Αποδοτική διαχείριση** φυσικών πόρων, και ιδιαίτερα στην αποδοτικότητα στον υδατικό κύκλο με την εφαρμογή κατάλληλων μέτρων σε όλους τους σχετικούς τομείς (γεωργία, βιομηχανία, δίκτυα διανομής, κτίρια και ενεργειακή παραγωγή). Αυτή η προσέγγιση επίσης διερευνάται σε βάθος και στην έκθεση του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Περιβάλλοντος σχετικά με την αποδοτική διαχείριση υδατικών πόρων (EEA, 2012).
- Εφαρμογή κατάλληλων **οικονομικών οργάνων**, όπως πολιτικών τιμολόγησης, ανάκτησης κόστους και μέτρησης της υδατικής κατανάλωσης, καθώς επίσης και υποστήριξη εθελοντικών συστημάτων επισήμανσης και πιστοποίησης
- Προώθηση της **επαναχρησιμοποίησης υδάτων** (ειδικά για αγροτικές και βιομηχανικές χρήσεις)
- Βελτίωση των **συστημάτων έγκαιρης προειδοποίησης** για την ξηρασία / Συνέχιση της ανάπτυξης του Ευρωπαϊκού Παρατηρητηρίου για την Ξηρασία (*European Drought Observatory*)
- Βελτίωση της **ανάλυσης κόστους – οφέλους** για τη λήψη κατάλληλων/εναλλακτικών μέτρων

Σύμφωνα με την προσχέδιο θα πρέπει να δίνεται προτεραιότητα σε μέτρα αποδοτικότητας στην υδατική πολιτική με κατάλληλη υποστήριξη από αντίστοιχα οικονομικά όργανα που προσφέρουν κίνητρα για βελτίωση της υδατικής αποδοτικότητας. Τονίζεται επίσης ότι η εξέταση λήψης μέτρων σχετικά με

πρόσθετες/εναλλακτικές πηγές νερού (αφαλάτωση, μεταφορά νερού, εμπλουτισμός υπόγειου υδροφορέα, αποθήκευση σε ταμιευτήρες, επαναχρησιμοποίηση, συλλογή βρόχινου νερού) θα πρέπει συνοδεύεται από ανάλυση κόστους-οφέλους.

8.2. ΜΕΤΡΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΞΗΡΑΣΙΩΝ

8.2.1. ΓΕΝΙΚΑ

Τα μέτρα διαχείρισης ξηρασιών διακρίνονται σε μακροπρόθεσμα και βραχυπρόθεσμα. Παράλληλα, υποδιαιρούνται στις εξής κατηγορίες, ανάλογα με τον τομέα στον οποίο επικεντρώνονται, σε:

- μέτρα διαχείρισης της υδατικής ζήτησης
- μέτρα αύξησης της διαθεσιμότητας νερού
- μέτρα ελαχιστοποίησης των επιπτώσεων της ξηρασίας/λειψυδρίας

8.2.2. ΜΑΚΡΟΠΡΟΘΕΣΜΑ ΜΕΤΡΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΠΡΟΣΦΟΡΑΣ ΚΑΙ ΖΗΤΗΣΗΣ ΝΕΡΟΥ

Τα βασικά μακροπρόθεσμα μέτρα για την αποφυγή ανισορροπίας μεταξύ ζήτησης και προσφοράς νερού συνοψίζονται στον Πίνακα 8-1 (MED WS&D WG, 2007 · Water Scarcity Drafting Group, 2006). Τα μέτρα μπορεί να είναι:

- **τεχνολογικά**, εφόσον πρόκειται για τεχνικά έργα ή τεχνολογίες·
- **οικονομικά**, εφόσον αντιμετωπίζουν το νερό ως οικονομικό αγαθό·
- **κοινωνικά**, εφόσον αναφέρονται σε δράσεις που συνδέονται με τη συμμετοχή και ευαισθητοποίηση της κοινωνίας.

Για την επίτευξη μιας ορθολογικής και ολοκληρωμένης διαχείρισης υδατικών πόρων πρέπει να τονιστεί ότι πρέπει να δίνεται προτεραιότητα στην χρησιμοποίηση των ήδη διαθέσιμων πόρων και συνεπώς σε μέτρα αποδοτικότητας και διαχείρισης της ζήτησης πριν αναζητηθούν πρόσθετες πηγές (EC, 2009). Όσον αφορά στις εναλλακτικές πηγές νερού έμφαση πρέπει να δίνεται σε πρακτικές και τεχνολογίες ανακύκλωσης και επαναχρησιμοποίησης για την κάλυψη γεωργικών, βιομηχανικών, αλλά και αστικών αναγκών, όπου αυτό είναι εφικτό.

Οι άξονες που αφορούν στην διαχείριση της ζήτησης εξειδικεύονται στη συνέχεια.

Η εισαγωγή νέων τεχνολογιών και η αλλαγή των μεθόδων άρδευσης περιλαμβάνει: (α) καλύτερο έλεγχο της άρδευσης, (β) τεχνολογικές αναβαθμίσεις, όπως αντικατάσταση των δικτύων βαρύτητας σε δίκτυα υπό πίεση, (γ) επανεξέταση των αρδευτικών αναγκών, (δ) έλεγχο διήθησης και εξάτμισης, (ε) δημιουργία μηχανισμού περικοπής κατανάλωσης σε έκτακτα περιστατικά, και (ζ) αντικατάσταση των υδροβόρων καλλιεργειών από ξηρικές.

Η μείωση των διαρροών στα δίκτυα διανομής δεν μπορεί να εξαλειφθεί ακόμη και στα πιο σύγχρονα και καλά συντηρημένα δίκτυα. Παρόλα αυτά, οι δράσεις περιορισμού τους είναι ιδιαίτερα σημαντικές, δεδομένου ότι εκτιμώνται από 20-30% (Γαλλία, Ισπανία) έως 60-80% (Κροατία, Αλβανία).

Οι τεχνολογίες εξοικονόμησης νερού σε σπίτια, κήπους και άλλες εγκαταστάσεις σχετίζονται με τη ρύθμιση της πίεσης των υδρευτικών δικτύων, την διπλή επιλογή της ποσότητας νερού που θα χρησιμοποιηθεί σε τουαλέτες και τη ρύθμιση της ροής του νερού (στάγδην άρδευση). Ακόμη, είναι σκόπιμη η πρόβλεψη τέτοιων τεχνολογιών στους οικοδομικούς κανονισμούς. Η επίδραση των μέτρων αυτών είναι σχετικά περιορισμένη, καθώς η οικιακή κατανάλωση είναι γενικά μικρό ποσοστό της συνολικής, ενώ και το κόστος των τεχνολογιών αποσβένεται αργά.

Η μέτρηση της ποσότητας του καταναλισκόμενου νερού επιτρέπει τον εντοπισμό των διαρροών και ενισχύει την ευαισθητοποίηση του κοινού σε θέματα εξοικονόμησης νερού. Εκτιμάται ότι η μείωση της κατανάλωσης ανέρχεται σε 10-25%, όταν ξεκινήσουν προγράμματα μέτρησης (MED WS&D WG, 2007).

Η εισαγωγή νέων τεχνολογιών και η αλλαγή των διαδικασιών στη βιομηχανία συνίσταται κυρίως στην επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων, και μπορεί να μειώσει την κατανάλωση έως και 90% (MED WS&D WG, 2007).

Η οικονομική προσέγγιση των μέτρων κατά της λειψυδρίας συνδέεται με πολλούς παράγοντες, όπως η αγροτική οικονομία, το νομικό και θεσμικό πλαίσιο, και η κοινωνική και αγροτική πολιτική. Τα μέτρα μπορεί να κλιμακώνονται από απλά οικονομικά κίνητρα στο οικιακό τιμολόγιο, στην τιμολόγηση του αρδευτικού νερού, η ακόμη και στη δημιουργία «τραπεζών-αγορών», οι οποίες διαχειρίζονται τα δικαιώματα χρήσης νερού. Η τελευταία προσέγγιση εφαρμόζεται στην Αμερική (ΗΠΑ, Καναδάς, Χιλή), στην Αυστραλία και στη Μεσόγειο (μόνο στα Κανάρια νησιά) και τονίζεται ότι εμπεριέχει σημαντικούς κινδύνους

Τέλος, η κοινωνική συμμετοχή περιλαμβάνει: (α) ενημέρωση και εκπαίδευση του κοινού, (β) δημιουργία μηχανισμών για την επίλυση των κρίσεων και άλλων θεσμικών θεμάτων, (γ) συμμετοχή των χρηστών στις αποφάσεις μέσω διαβούλευσης, και (δ) εκστρατείες ενημέρωσης και ευαισθητοποίησης.

Πίνακας 8-1: Μακροπρόθεσμα μέτρα για την αποφυγή ανισορροπίας μεταξύ ζήτησης και παροχής νερού

	Τεχνολογικές προσεγγίσεις	*Οικονομικές προσεγγίσεις*	*Κοινωνικές προσεγγίσεις*
Μέτρα διαχείρισης ζήτησης	Συσκευές / Τεχνολογίες εξοικονόμησης νερού (οικιακή κατανάλωση)	Γεωργικές πολιτικές	Εκπαίδευση και πληροφόρηση χρηστών
	Καταμέτρηση υδατικής κατανάλωσης	Τιμολογιακή πολιτική (ειδικά σε σχέση με το αρδευτικό νερό)	Φορείς/Θεσμοί: Επίλυση/διαχείριση διαφορών και διοικητικές ρυθμίσεις
	Μείωση διαρροών στα δίκτυα διανομής	Οικονομικά κίνητρα και πρόστιμα	Ευρεία συμμετοχή κοινού/χρηστών (μέσω διαβούλευσης)
	Νέες τεχνολογίες και αλλαγή διαδικασιών στη βιομηχανία	Τράπεζες και αγορές νερού	Εκστρατείες ενημέρωσης και εκπαίδευσης
	Νέες τεχνολογίες και αλλαγή διαδικασιών στη γεωργία (βελτίωση ελέγχου και μεθόδων άρδευσης, κλπ.)		
	Επαναχρησιμοποίηση νερού		
Μέτρα αύξησης της διαθεσιμότητας νερού	Φυσική αποθήκευση στη λεκάνη απορροής (ποτάμια, λίμνες, υγρότοποι, υπόγειοι υδροφορείς)		
	Εμπλουτισμός υπόγειου υδροφορέα		
	Ταμιευτήρες		
	Χρήση εναλλακτικών πηγών νερού: ▪ Αφαλάτωση ▪ Συλλογή βρόχινου νερού ▪ Ανακύκλωση γκρι νερού σε οικίες ▪ Χρήση εναλλακτικών υδατικών πόρων στη βιομηχανία ▪ Αειφόρα Συστήματα Αποχέτευσης Ομβρίων Υδάτων (SUDS) ▪ Άμεση και έμμεση επαναχρησιμοποίηση υδάτων ▪ Χρήση εναλλακτικών υδατικών πόρων για άρδευση		
	Κατασκευή μικρών λιμνοδεξαμενών		
	Μεταφορά νερού από άλλες, γειτονικές λεκάνες απορροής		

8.2.3. ΜΕΤΡΑ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΥ ΤΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΤΗΣ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ

Τα **μακροπρόθεσμα μέτρα** ελαχιστοποίησης των επιπτώσεων περιλαμβάνουν:

- εκπόνηση και εφαρμογή σχεδίων διαχείρισης ξηρασίας·
- ανάπτυξη συστημάτων έγκαιρης προειδοποίησης
- εκπαίδευση/ευαισθητοποίηση στην εξοικονόμηση χρήσης νερού με σκοπό την βελτίωση της ετοιμότητας σε περιόδους ξηρασίας
- δημιουργία και ένταξη σε κατάλληλα ασφαλιστικά προγράμματα (γεωργία, βιομηχανία)

Τα **βραχυπρόθεσμα μέτρα** ελαχιστοποίησης των επιπτώσεων, τα οποία λαμβάνονται μετά την έναρξη και αναγνώριση των φαινομένων, μπορούν να περιλαμβάνουν μεταξύ άλλων:

- αποζημίωση ζημιών εισοδήματος (αγροτικός /·βιομηχανικός τομέας)
- οικονομικές διευκολύνσεις στους πληγέντες (μείωση φόρων, παράταση προθεσμιών πληρωμής, κτλ)
- προσωρινή ανακατανομή υδατικών πόρων
- επανεξέταση των διασυνδέσεων προσφοράς και ζήτησης νερού
- αντιμετώπιση διάβρωσης εδαφών και υφαλμύρισης υπογείων νερών (Pereira, 2002)·
- διατήρηση της χλωρίδας και της πανίδας (Hamdy and Trisorio-Liussi, 2008).
- προσαρμογή της τιμολογιακής πολιτικής
- αποζημίωση σε περιορισθείσες δραστηριότητες ·

8.2.4. ΜΕΤΡΑ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΚΑΙ ΣΤΑΔΙΑ ΞΗΡΑΣΙΑΣ

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, το πρόγραμμα των μέτρων αντιμετώπισης πρέπει να προσαρμόζεται ανάλογα με το στάδιο της ξηρασίας, όπως προκύπτει από το ακόλουθο σύστημα ταξινόμησης. Η ταξινόμηση αυτή βασίζεται στην κατηγοροποίηση των σταδίων ξηρασίας, με βάση τα σχετικά κατευθυντήρια κείμενα της ΕΚ (EC, 2007b). Σε κάθε στάδιο έχει αντιστοιχηθεί ένα εύρος τιμών του δείκτη SPI ή SRI, με βάση την τυποποίηση των McKee *et al.* (1993). Η σύνδεση του «ποιοτικού» χαρακτηρισμού του σταδίου ξηρασίας με κάποιον σαφώς ορισμένο και εύκολα μετρήσιμο ποσοτικό δείκτη (δηλαδή τον δείκτη ξηρασίας SPI ή SRI) είναι αναγκαία για την αναγνώριση της κατάστασης ξηρασίας καθώς και τη λήψη των σχετικών διαχειριστικών μέτρων.

Η προτεινόμενη ταξινόμηση είναι η εξής:

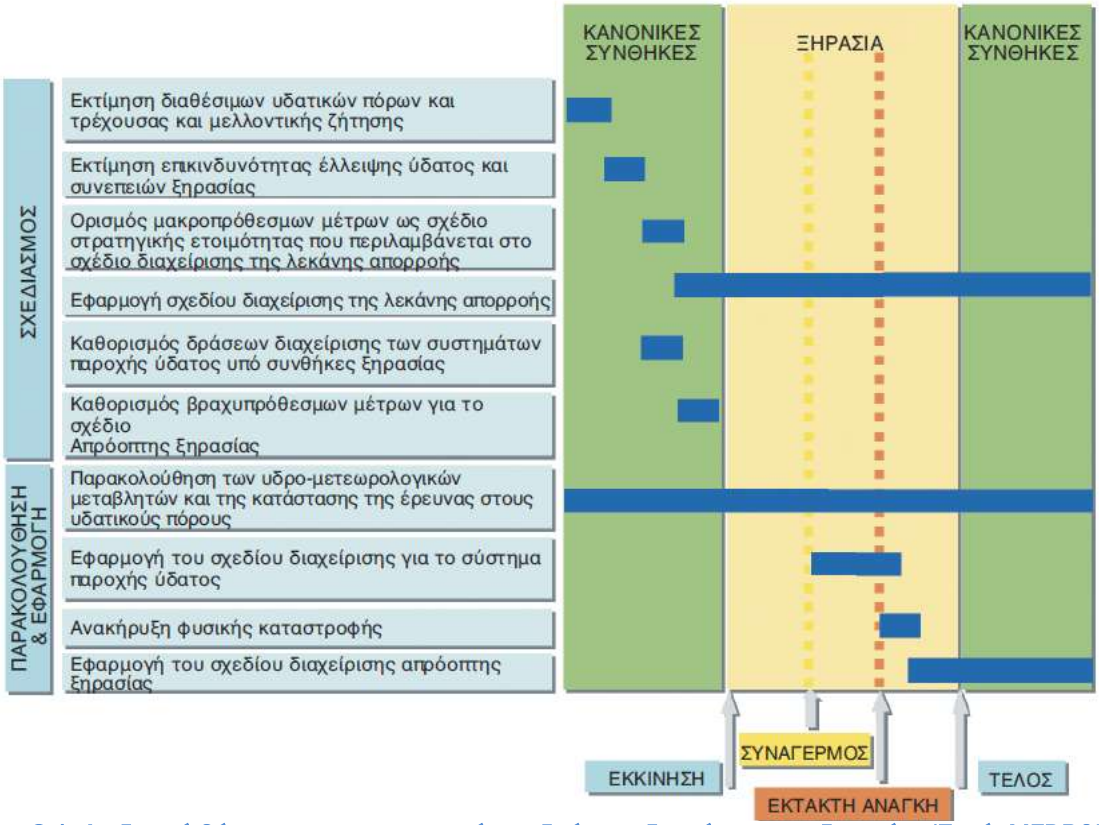
- Κανονικές συνθήκες (normal), για SPI > 0
- Προειδοποίηση για ξηρασία (pre-alert), για 0.0 ≥ SPI > -1.0
- Συναγερμός (alert), για -1.0 ≥ SPI > -2.0
- Έκτακτη ανάγκη (emergency/extreme status), για SPI < -2.0
- Τέλος ξηρασίας (recovery)

Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή τεχνική έκθεση σχετικά με την ανάπτυξη σχεδίων αντιμετώπισης ξηρασίας (EC, 2007b) τα μέτρα διαχείρισης ξηρασίας μπορούν να κατηγοριοποιηθούν με τον ακόλουθο τρόπο:

- **Προληπτικά και στρατηγικά μέτρα**: Εντάσσονται στη φάση του σχεδιασμού της διαχείρισης και περιλαμβάνουν μακροπρόθεσμες δράσεις που υλοποιούνται πριν την εμφάνιση φαινομένων ξηρασίας. Περιλαμβάνουν τα μακροπρόθεσμα μέτρα διαχείρισης υδατικών πόρων που περιλαμβάνονται στον Πίνακα 8-1 και τα οποία θα πρέπει να είναι μέρος των Σχεδίων Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών, τη θέσπιση κατάλληλων δεικτών και ορίων για τα διάφορα στάδια της ξηρασίας, τη θέσπιση μακροπρόθεσμων και βραχυπρόθεσμων μέτρων διαχείρισης και πρόληψης ξηρασίας, κτλ. Τα μέτρα αυτά, τα οποία προωθούν την επίτευξη της ορθολογικής διαχείρισης υδατικών πόρων και των οικολογικών στόχων όπως καθορίζονται από την Οδηγία-Πλαίσιο 2000/60, ισχυροποιούν τα υδροσυστήματα σε φαινόμενα ξηρασίας/λειψυδρίας και είναι σε θέση να μειώσουν τις αντίστοιχες αρνητικές επιπτώσεις.

- **Επιχειρησιακά μέτρα**: Περιλαμβάνονται τα επιχειρησιακά μέτρα και δράσεις που εφαρμόζονται μετά την εμφάνιση φαινομένων ξηρασίας και ουσιαστικά υλοποιούνται σε όλα τα στάδια των φαινομένων αυτών. Χωρίζονται περαιτέρω σε μέτρα που στοχεύουν τη ζήτηση, την παροχή και το περιβάλλον. Στο στάδιο εκκίνησης της ξηρασίας περιλαμβάνουν κυρίως μέτρα ελέγχου και πληροφορίας, όπως εκστρατείες ενημέρωσης και εκπαίδευσης για την εξοικονόμηση νερού. Γενικά στην κατηγορία αυτή εντάσσονται μέτρα για την εξοικονόμηση των διαθέσιμων υδατικών αποθεμάτων (π.χ. χρήση εναλλακτικών πηγών) που κατατάσσονται ανάλογα με τις θεσπισμένες προτεραιότητες ανάμεσα στους χρήστες, τις περιβαλλοντικές απαιτήσεις και το στάδιο της ξηρασίας. Σε περιπτώσεις παρατεταμένης ξηρασίας και έκτακτης ανάγκης μπορούν να ληφθούν μέτρα περιορισμού και απαγόρευσης συγκεκριμένων χρήσεων και απολήψεων.
- **Οργανωτικά μέτρα**: Τα μέτρα αυτά που λαμβάνονται καθόλα τα στάδια αποσκοπούν στη δημιουργία μιας οργανωτικής δομής για την κατάρτιση και υλοποίηση σχεδίων διαχείρισης ξηρασίας μέσα στο υπάρχον θεσμικό και νομικό πλαίσιο, τον ορισμό υπευθύνων, το συντονισμό των εμπλεκόμενων φορέων, πληροφοριών και παρακολούθησης.
- **Μέτρα ελέγχου / παρακολούθησης**: Τα μέτρα αυτά υλοποιούνται πριν και κατά τη διάρκεια όλων των σταδίων φαινομένων ξηρασίας και συμβάλλουν στην παρακολούθηση τήρησης και υλοποίησης των σχεδίων διαχείρισης ξηρασίας, τη συνεχή παρακολούθηση των θεσπισμένων δεικτών, των σχετικών επιπτώσεων, καθώς και την αποτελεσματικότητα των μέτρων στα πλαίσια των σχεδίων διαχείρισης ξηρασίας.
- **Μέτρα αποκατάστασης**: Τα μέτρα αυτά λαμβάνονται για την έξοδο από την ξηρασία και τη μετάβαση στις κανονικές συνθήκες. Περιλαμβάνουν την απενεργοποίηση των εκτάκτων μέτρων (περιορισμών, ζήτησης, παροχής νερού), καθώς και την ενεργοποίηση διορθωτικών για την αποκατάσταση του οικοσυστήματος/περιβάλλοντος.

Στην Εικόνα 8-1 συνοψίζονται τα μέτρα αντιμετώπισης που λαμβάνονται σε κάθε ένα από τα στάδια ξηρασίας. Τα μέτρα αυτά εξειδικεύονται στον Πίνακα 8-2.



Εικόνα 8-1: Διαδοχικά βήματα για την εφαρμογή των δράσεων διαχείρισης της ξηρασίας (Πηγή: MEDROPLAN, Iglesias *et al.*, 2007).

Πίνακας 8-2: Είδος μέτρων αντιμετώπισης ξηρασίας ανά κατάσταση ξηρασίας

Κατάσταση Ξηρασίας	Μέτρα Αντιμετώπισης
Κανονικές συνθήκες (normal)	***Προληπτικά / Στρατηγικά μέτρα:*** • Ανάπτυξη Σχεδίων Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών • Θέσπιση μακροπρόθεσμων μέτρων διαχείρισης υδατικών πόρων • Θέσπιση κατάλληλων δεικτών και ορίων για τα διάφορα στάδια της ξηρασίας • Θέσπιση δράσεων αντιμετώπισης ξηρασίας • Απογραφή και συντήρηση υποδομών ξηρασίας ***Επιχειρησιακά:*** • Καθορισμός προτεραιοτήτων χρήσης νερού σε περιόδους ξηρασίας ***Οργανωτικά:*** • Καθορισμός οργανωτικής δομής για την κατάρτιση και υλοποίηση σχεδίων διαχείρισης ξηρασίας • Ορισμός υπευθύνων και διαθέσιμων πόρων • Συντονισμός των εμπλεκόμενων φορέων (δημόσιων και ιδιωτικών), πληροφοριών και παρακολούθησης • Καθορισμός δραστηριοτήτων δημόσιας συμμετοχής για την εξασφάλιση της αποδοτικότητας του σχεδίου διαχείρισης της ξηρασίας ***Ελέγχου / Παρακολούθησης:*** • Καθορισμός δεικτών παρακολούθησης για τα σχέδια διαχείρισης ξηρασίας (εξέλιξη, επιπτώσεις, αποδοτικότητα)
Προειδοποίηση ξηρασίας (pre-alert)	***Επιχειρησιακά (βραχυπρόθεσμα):*** • Εκστρατείες ενημέρωσης και εκπαίδευσης κοινού για την εξοικονόμηση αστικού νερού (διαχείριση ζήτησης) • Έλεγχος λειτουργίας υποδομών ξηρασίας (διαθεσιμότητα νερού) • Αποπεράτωση υποδομών ξηρασίας (γεωτρήσεις, εγκαταστάσεις αφαλάτωσης, συστήματα ανακύκλωσης) (διαθεσιμότητα νερού) • Εξασφάλιση περιβαλλοντικών στόχων σύμφωνα με την Οδηγία Πλαίσιο 2000/60 για τα νερά (περιβάλλον) • Αποφυγή απολήψεων νερού από υγροβιότοπους με ευαισθησία σε φαινόμενα ξηρασίας (περιβάλλον) ***Οργανωτικά:*** • Ενεργοποίηση Τεχνικής Υπηρεσίας Ξηρασίας (αν κρίνεται απαραίτητο) • Συντονισμός των εμπλεκόμενων φορέων (δημόσιων και ιδιωτικών) • Ενεργοποίηση ειδικών μέτρων ύδρευσης (αστικό νερό) • Δραστηριότητες δημόσιας συμμετοχής ***Ελέγχου / Παρακολούθησης:*** • Παρακολούθηση δεικτών ξηρασίας • Έλεγχος δεικτών παρακολούθησης σχεδίων διαχείρισης ξηρασίας

Κατάσταση Ξηρασίας	Μέτρα Αντιμετώπισης
Συναγερμός (alert)	***Επιχειρησιακά (βραχυπρόθεσμα):*** • Εκστρατείες ενημέρωσης και εκπαίδευσης κοινού για την εξοικονόμηση αρδευτικού νερού (διαχείριση ζήτησης) • Μείωση διάθεσης αρδευτικού νερού (διαχείριση ζήτησης) • Αύξηση απολήψεων υπόγειων υδάτων (διαθεσιμότητα νερού) • Ενεργοποίηση και αύξηση επαναχρησιμοποίησης νερού (διαθεσιμότητα νερού) • Ενεργοποίηση και αύξηση χρήσης αφαλατωμένου νερού (διαθεσιμότητα νερού) • Μεταφορά υδατικών πόρων μέσα στη λεκάνη απορροής (διαθεσιμότητα νερού) • Εξασφάλιση περιβαλλοντικών στόχων σύμφωνα με την Οδηγία Πλαίσιο 2000/60 για τα νερά (περιβάλλον) • Διατήρηση υδρολογικών οικολογικών κριτηρίων όπως ορίζονται από τα Σχέδια Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών (περιβάλλον) • Αποφυγή απολήψεων νερού από υγροβιότοπους με ευαισθησία σε φαινόμενα ξηρασίας (περιβάλλον) • Αποφυγή χρήσης των ελαχίστων όγκων στους ταμιευτήρες που παρουσιάζουν προβλήματα ευτροφισμού ή που είναι υψηλού ρίσκου (περιβάλλον) • Περισσότεροι έλεγχοι σε απορρίψεις, εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων, γεωργικές πρακτικές και ποιότητα νερού (περιβάλλον) • Καθορισμός περιβαλλοντικού σχεδίου παρακολούθησης υδάτινων σωμάτων που ανήκουν στο δίκτυο Natura 2000, υγροβιότοπων RAMSAR, καθώς και υδάτινων σωμάτων που τροφοδοτούν ευάλωτους υγροβιότοπους και ταμιευτήρες (περιβάλλον) ***Οργανωτικά:*** • Προετοιμασία, έγκριση συμφωνιών και διοικητικές ρυθμίσεις • Συντονισμός των εμπλεκόμενων φορέων (δημόσιων και ιδιωτικών) • Ενεργοποίηση ειδικών μέτρων ύδρευσης (αστικό νερό) • Δραστηριότητες δημόσιας συμμετοχής ***Ελέγχου / Παρακολούθησης:*** • Παρακολούθηση δεικτών ξηρασίας • Έλεγχος δεικτών παρακολούθησης σχεδίων διαχείρισης ξηρασίας
Επείγουσα / ακραία κατάσταση (emergency / extreme status)	***Επιχειρησιακά (βραχυπρόθεσμα):*** • Μείωση διάθεσης αρδευτικού νερού (διαχείριση ζήτησης) • Απαγόρευση συγκεκριμένων χρήσεων νερού (πότισμα κήπων, πισίνες, καθαριότητα δρόμων, άρδευση υδροβόρων καλλιεργειών, γήπεδα του γκολφ, κτλ.) (διαχείριση ζήτησης) • Αύξηση απολήψεων υπόγειων υδάτων (διαθεσιμότητα νερού) • Ενεργοποίηση και αύξηση επαναχρησιμοποίησης νερού (διαθεσιμότητα νερού) • Ενεργοποίηση και αύξηση χρήσης αφαλατωμένου νερού (διαθεσιμότητα νερού) • Μεταφορά υδατικών πόρων μέσα στη λεκάνη απορροής (διαθεσιμότητα νερού) • Ενεργοποίηση κέντρων ανταλλαγής δικαιωμάτων νερού για την εξασφάλιση αστικού νερού (διαθεσιμότητα νερού) • Ενεργοποίηση κέντρων ανταλλαγής δικαιωμάτων νερού για την προστασία υδάτινων

Κατάσταση Ξηρασίας	Μέτρα Αντιμετώπισης
	σωμάτων (περιβάλλον) • Εξασφάλιση περιβαλλοντικών στόχων σύμφωνα με την Οδηγία Πλαίσιο 2000/60 για τα νερά (περιβάλλον). Σύμφωνα με το άρθρο 4,6 της Οδηγίας είναι δυνατή η προσωρινή υποβάθμιση της κατάστασης των υδατικών συστημάτων υπό προϋποθέσεις, μεταξύ των οποίων είναι και οι συνθήκες παρατεταμένης ξηρασίας . • Δυνατότητα προσωρινής απόκλισης από την επίτευξη περιβαλλοντικών στόχων (που εξαρτώνται από υδρολογικούς παράγοντες) των Σχεδίων Διαχείρισης των ΛΑΠ • Περιορισμοί/χαλάρωση περιβαλλοντικών όρων που σχετίζονται με τη διατήρηση περιβαλλοντικής παροχής σε τμήματα ή εκβολές ποταμών ή ματαβατικά ΥΣ ή ελάχιστης στάθμης λιμνών προκειμένου να διασφαλιστεί η απαραίτητη ποσότητα νερού για ύδρευση, υπό την προϋπόθεση ότι δεν προκαλείται με αυτόν τον τρόπο μόνιμη υποβάθμιση της κατάαστασης σε οικοσυστήματα, φυσικό περιβάλλον και σε ευάλωτα είδη (περιβάλλον). • Αποφυγή απολήψεων νερού από υγροβιότοπους με ευαισθησία σε φαινόμενα ξηρασίας (περιβάλλον) • Αποφυγή χρήσης των ελαχίστων όγκων στους ταμιευτήρες που παρουσιάζουν προβλήματα ευτροφισμού ή που είναι υψηλού ρίσκου (περιβάλλον) • Περισσότεροι έλεγχοι σε απορρίψεις, εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων, γεωργικές πρακτικές και ποιότητα νερού (περιβάλλον) • Καθορισμός περιβαλλοντικού σχεδίου παρακολούθησης υδάτινων σωμάτων που ανήκουν στο δίκτυο Natura 2000, υγροβιότοπων RAMSAR, καθώς και υδάτινων σωμάτων που τροφοδοτούν ευάλωτους υγροβιότοπους και ταμιευτήρες (περιβάλλον) • Αύξηση της αστυνόμευσης και του ελέγχου των δημόσιων υδάτων (περιβάλλον) • Συλλογή και μετεγκατάσταση χλωρίδας που απειλείται με εξαφάνιση και δημιουργία ειδικών περιοχών για τη διατήρηση υδρόβιων ειδών (περιβάλλον) ***Οργανωτικά:*** • Προετοιμασία, έγκριση συμφωνιών και διοικητικές ρυθμίσεις • Έγκριση διαταγμάτων και νόμων σχετικών με την ξηρασία (όταν κρίνεται απαραίτητο) • Δημιουργία επιτροπής διαχείρισης ξηρασίας • Συντονισμός των εμπλεκόμενων φορέων (δημόσιων και ιδιωτικών) • Δραστηριότητες δημόσιας συμμετοχής ***Ελέγχου / Παρακολούθησης:*** • Παρακολούθηση δεικτών ξηρασίας • Έλεγχος δεικτών παρακολούθησης σχεδίων διαχείρισης ξηρασίας
Τέλος Ξηρασίας	***Αποκατάστασης:*** • Απενεργοποίηση μέτρων έκτακτων μέτρων διάθεσης νερού (κατά την ανάκαμψη) • Τέλος περιορισμών/απαγορεύσεων διάθεσης νερού (μετά το τέλος) • Τέλος περιορισμών/απαγορεύσεων χρήσεων νερού (μετά το τέλος) • Ενεργοποίηση απαραίτητων και διορθωτικών μέτρων για την ανάκαμψη οικοσυστημάτων, βιοτόπων και ειδών που έχουν πληγεί από την ξηρασία (μετά το τέλος) ***Οργανωτικά:*** • Έγκριση των μέτρων για την ανάκαμψη από την αρμόδια αρχή (κατά την ανάκαμψη)

Κατάσταση Ξηρασίας	Μέτρα Αντιμετώπισης
	• Απενεργοποίηση Τεχνικής Υπηρεσίας Ξηρασίας (κατά την ανάκαμψη) • Συντονισμός των εμπλεκόμενων φορέων (δημόσιων και ιδιωτικών) • Δραστηριότητες δημόσιας συμμετοχής ***Ελέγχου / Παρακολούθησης:*** • Παρακολούθηση δεικτών ξηρασίας • Έλεγχος δεικτών παρακολούθησης σχεδίων διαχείρισης ξηρασίας • Αξιολόγηση των μέτρων των σχεδίων διαχείρισης ξηρασίας μετά το τέλος του φαινομένου με κατάλληλους ελέγχους • Αναβάθμιση ή επανεξέταση σχεδίων διαχείρισης ξηρασίας (μετά το τέλος)

8.2.5. ΒΑΣΙΚΑ ΚΑΙ ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΙΚΑ ΜΕΤΡΑ

Η ξηρασία, σε αντίθεση με λειψυδρία, είναι ένα φυσικό φαινόμενο. Η εμφάνιση ξηρασίας δεν προκαλείται από τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Ωστόσο, οι επιπτώσεις της ξηρασίας μπορούν να επιδεινωθούν εξαιτίας πρακτικών κακοδιαχείρισης.

Η εφαρμογή ορισμένων μέτρων μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση και ενδεχομένως την αποφυγή των συνεπειών της ξηρασίας, όταν αυτή εμφανίζεται, ενώ δεν υπάρχουν μέτρα για την αποφυγή της ξηρασίας. Αν και δεν είναι πάντα εύκολο, στην πράξη, θα πρέπει να γίνει διαχωρισμός μεταξύ των επιπτώσεων της παρατεταμένης ξηρασίας, που είναι καθαρά φυσικά φαινόμενο και των επιπτώσεων των ανθρώπινων δραστηριοτήτων.

Επιπλέον, κατά τη διάρκεια της παρατεταμένης ξηρασίας και μετά, όλα τα μέτρα πρέπει να ληφθούν με στόχο την αποκατάσταση του υδατικού συστήματος στην προηγούμενη κατάστασή του το συντομότερο δυνατό. Στο πλαίσιο αυτό, τα σχετικά μέτρα θα πρέπει να είναι τεχνικά εφικτά και όχι δυσανάλογα ακριβά.

Στην παράγραφο αυτή παρουσιάζονται τα μέτρα εκείνα που προτάθηκαν στα πλαίσια του Προγράμματος Βασικών και Συμπληρωματικών Μέτρων για την προστασία και την αποκατάσταση των Υδατικών Συστημάτων και η εφαρμογή τους σε κανονικές συνθήκες (όχι σε περιόδους ξηρασίας) μπορεί να συμβάλει στον περιορισμό, ή ακόμα και στην αποτροπή, της εμφάνισης φαινομένων λειψυδρίας σε περιπτώσεις ξηρασίας. Τα μέτρα αυτά αφορούν σε:

1. μέτρα αύξησης της προσφοράς νερού
2. μέτρα μείωσης της ζήτησης νερού
3. μέτρα μείωσης της ρύπανσης

Από τις παραπάνω κατηγορίες μέτρων, οι δύο πρώτες αφορούν σε μέτρα που σχετίζονται με την ποσότητα του νερού και το τρίτο αφορά στην ποιότητά του. Σε περιόδους ξηρασίας ή\ και λειψυδρίας, τα διαθέσιμα αποθέματα νερού μειώνονται με αποτέλεσμα την αύξηση των συγκεντρώσεων των ρύπων σε αυτά, γεγονός που μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα μεγάλες ποσότητες νερού να καταστούν μη αξιοποιήσιμες για ορισμένες χρήσεις, λόγω ελλιπούς ποιότητας. Για το λόγο αυτό, εκτός των μέτρων που αφορούν στην ποσότητα του νερού συμπεριλαμβάνονται και μέτρα που αφορούν στην ποιότητά του.

Από τα **βασικά μέτρα**, όπως αυτά προσδιορίζονται στο Άρθρο 11 (3β÷3ιβ) της Οδηγίας, οι κατηγορίες που μπορούν να συμβάλουν στην αντιμετώπιση φαινομένων λειψυδρίας, είναι οι παρακάτω:

- μέτρα που κρίνονται κατάλληλα για τους σκοπούς του άρθρου 9 (ανάκτηση κόστους για υπηρεσίες ύδατος)·

- μέτρα για την προαγωγή μιας αποτελεσματικής και βιώσιμης χρήσης ύδατος προκειμένου να μην διακυβεύεται η επίτευξη των στόχων που ορίζονται στο άρθρο 4 (Περιβαλλοντικοί στόχοι)·
- έλεγχοι που διέπουν την άντληση γλυκών επιφανειακών και υπόγειων υδάτων και την κατακράτηση γλυκών επιφανειακών υδάτων, συμπεριλαμβανομένου μητρώου ή μητρώων αντλήσεων, και απαίτηση προηγούμενης άδειας για την άντληση και την κατακράτηση. Οι έλεγχοι αυτοί επανεξετάζονται περιοδικώς και, εφόσον χρειάζεται, εκσυγχρονίζονται. Τα κράτη μέλη μπορούν να εξαιρούν από τους εν λόγω ελέγχους τις αντλήσεις ή τις κατακρατήσεις που δεν έχουν σημαντικές επιπτώσεις στην κατάσταση του ύδατος·
- έλεγχοι, συμπεριλαμβανομένης απαίτησης για προηγούμενη άδεια σχετικά με τεχνική ανατροφοδότηση ή αύξηση των συστημάτων υπόγειων υδάτων. Τα χρησιμοποιούμενα ύδατα μπορούν να προέρχονται από οιαδήποτε επιφανειακά ή υπόγεια ύδατα, εφόσον η χρησιμοποίηση της πηγής δεν θέτει σε κίνδυνο την επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων που καθορίζονται για την πηγή ή το ανατροφοδοτημένο ή αυξανόμενο σύστημα υπόγειων υδάτων. Οι έλεγχοι αυτοί επανεξετάζονται περιοδικώς και, εφόσον χρειάζεται, εκσυγχρονίζονται,
- μέτρα για τις σημειακές πηγές απορρίψεων που ενδέχεται να προκαλέσουν ρύπανση, σε απαίτηση για προηγούμενη κανονιστική ρύθμιση, όπως η απαγόρευση της εισόδου ρύπων στα ύδατα, ή για προηγούμενη άδεια, ή για καταχώρηση βασιζόμενη σε γενικούς δεσμευτικούς κανόνες που να καθορίζουν ελέγχους εκπομπών για τους σχετικούς ρύπους, συμπεριλαμβανομένων ελέγχων σύμφωνα με τα άρθρα 10 (η συνδυασμένη προσέγγιση για σημειακές και διάχυτες πηγές) και 16 (Στρατηγικές κατά της ρύπανσης των υδάτων) Οι έλεγχοι αυτοί επανεξετάζονται περιοδικώς και, εφόσον χρειάζεται, εκσυγχρονίζονται·
- μέτρα για τις διάχυτες πηγές ικανές να προκαλέσουν ρύπανση, μέτρα για την πρόληψη ή τον έλεγχο της διοχέτευσης ρύπων. Οι έλεγχοι μπορεί να λάβουν τη μορφή απαίτησης για προηγούμενη κανονιστική ρύθμιση, όπως η απαγόρευση εισόδου ρύπων στα ύδατα, προηγούμενη άδεια ή καταχώρηση βασιζόμενη σε γενικούς δεσμευτικούς κανόνες, όταν η απαίτηση αυτή δεν προβλέπεται από άλλη κοινοτική νομοθεσία. Οι έλεγχοι αυτοί επανεξετάζονται περιοδικώς και, εφόσον χρειάζεται, εκσυγχρονίζονται·
- απαγόρευση των απορρίψεων ρύπων, απευθείας στα υπόγεια ύδατα, με την επιφύλαξη των ακόλουθων διατάξεων.

Από τα **Συμπληρωματικά Μέτρα** παραθέτονται στον πίνακα που ακολουθεί εκείνα που έχουν θετική συμβολή στην προσαρμογή στην αειφορία και ως εκ τούτου στην αντιμετώπιση φαινομένων ξηρασίας / λειψυδρίας και της κλιματικής αλλαγής (βλ. και παραδοτέο Π.2.2 της μελέτης ως Παράρτημα Ε του Σχεδίου Διαχείρισης των ΛΑΠ του ΥΔ Κ.Μακεδονίας).

Τα ως βασικά μέτρα των ως άνω κατηγοριών καθώς και τα επιλεγμένα συμπληρωματικά μέτρα εφαρμόζονται σε **κανονικές συνθήκες** (όχι σε συνθήκες ξηρασίας) και εντάσσονται στην κατηγορία των **προληπτικών και στρατηγικών μέτρων**.

Σε **περίπτωση ξηρασίας**, απαιτείται η λήψη πρόσθετων μέτρων ανάλογα με το στάδιο εκδήλωσης του φαινομένου και τις επιπτώσεις αυτού, όπως διαμορφώνονται σε κάθε περιοχή με βάση και την τρωτότητα (βλ. κεφάλαιο 6 πιο πάνω).

Κάποια από τα πρόσθετα αυτά μέτρα αποτελούν είτε εντατικοποίηση της εφαρμογής ορισμένων από τα συμπληρωματικά μέτρα του Πίνακα 8-3 είτε στοχευμένη εφαρμογή τους σε ΥΣ τα οποία επλήγησαν ή κινδυνεύουν να πληγούν από την ξηρασία/ λειψυδρία.

Πίνακας 8-3: Συμπληρωματικά μετρά που συμβάλουν στην αντιμετώπιση φαινομένων λειψυδρίας

Κατηγορία Μέτρου	Κωδικός	Ονομασία μέτρου	Περιγραφή μέτρου	Βαθμός Επίτευξης Στόχου	Χρονικός Ορίζοντας Επίτευξης Μέτρου
Οικονομικά ή φορολογικά μέτρα	ΣΜ03-10	Αναμόρφωση λογιστικών συστημάτων παρόχων νερού	Διαμόρφωση και εφαρμογή ενιαίου τρόπου υπολογισμού και καταγραφής του κόστους του νερού ύδρευσης από τους παρόχους νερού, με στόχο την ενίσχυση της αξιοπιστίας εκτίμησής του. Με βάση τα διαθέσιμα δεδομένα προκύπτει ότι (α) ο τρόπος καταγραφής και καταχώρησης των κατηγοριών δαπανών παρουσιάζει μεγάλη ανομοιομορφία και (β) δεν υπάρχει συστηματική καταχώρηση δαπανών και εσόδων ανά υπηρεσία (ύδρευσης και αποχέτευσης με/χωρίς εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων). Τέλος, θα πρέπει να γίνεται συνυπολογισμός του περιβαλλοντικού κόστους καθώς και του κόστους πόρου, με κατάλληλες μεθοδολογίες. Προϋπόθεση για αυτά είναι η μηχανοργάνωση των παρόχων νερού. Η διαμόρφωση και εφαρμογή ενιαίου τρόπου καταγραφής του κόστους του νερού αφορά και στους παρόχους αρδευτικού νερού, όπου στο πλαίσιο αυτό πρέπει να γίνεται υπολογισμός του περιβαλλοντικού κόστους καθώς και του κόστους πόρου με κατάλληλες μεθοδολογίες - ακόμα και για τους εξυπηρετούμενους από ιδιωτικά αντλητικά συγκροτήματα. Προϋπόθεση της εφαρμογής αποτελεί η στοιχειώδης μηχανοργάνωση των παρόχων. Ετήσια δημοσιοποίηση του συνολικού κόστους νερού ύδρευσης και του βαθμού ανάκτησης του, με στόχο την ευαισθητοποίηση του κοινού. Η δημοσιοποίηση πρέπει να γίνεται κατά τρόπο εκλαϊκευμένο και να είναι συγκριτική.	Υψηλός	Βραχυπρόθεσμος - 2015
Περιβαλλοντικές συμφωνίες μετά από διαπραγμάτευση	ΣΜ04-10	Προώθηση συμφωνιών με Βιομηχανίες που καταναλώνουν πολύ νερό ή προκαλούν ρύπανση στο ΥΣ για υιοθέτηση πρωτοβουλιών και κωδίκων ορθής συμπεριφοράς.	Προώθηση συμφωνίας με Βιομηχανίες που προκαλούν μεγάλες αρνητικές πιέσεις στο ΥΣ με στόχο τη μακροπρόθεσμη αποκατάσταση της οικολογικής κατάστασης του ΥΣ. Οι επιχειρήσεις θα προωθήσουν τη δημιουργία μηχανισμών επιφορτισμένων με τις ανάλογες απαιτούμενες δράσεις για την άρση των γενεσιουργών αιτιών που προκαλούν τις επιβαρύνσεις και για την εξάλειψη των μη αναστρέψιμων στοιχείων της περιβαλλοντικής υποβάθμιση.	Μέτριος	Μεσοπρόθεσμος - 2021
Περιβαλλοντικές συμφωνίες μετά από διαπραγμάτευση	ΣΜ04-20	Προώθηση συμφωνιών με ιδιοκτήτες τουριστικών καταλυμάτων	Προώθηση συμφωνιών με ιδιοκτήτες τουριστικών μονάδων για την υιοθέτηση πρακτικών και τεχνολογιών εξοικονόμησης και επαναχρησιμοποίησης νερού. Οι τουριστικές μονάδες που θα συμμετάσχουν στις συμφωνίες αυτές, θα είναι δυνατό να επιβραβεύονται με ειδικά σήματα αναγνώρισης της συμμετοχής τους στην προσπάθεια διαφύλαξης των υδατικών πόρων. Η συμμετοχή τους θα συμβάλλει στην αναβάθμιση της αναγνωρισιμότητάς τους και στην ενημέρωση και ευαισθητοποίηση του κοινού.	Χαμηλός	Βραχυπρόθεσμος - 2015

Κατηγορία Μέτρου	Κωδικός	Ονομασία μέτρου	Περιγραφή μέτρου	Βαθμός Επίτευξης Στόχου	Χρονικός Ορίζοντας Επίτευξης Μέτρου
Περιβαλλοντικές συμφωνίες μετά από διαπραγμάτευση	ΣΜ04-30	Προώθηση μέτρων ένταξης των παραγωγών σε Ολοκληρωμένα Συστήματα Διαχείρισης της Αγροτικής Παραγωγής	Το μέτρο αφορά σε δράσεις και ενέργειες των κρατικών φορέων προστασίας του περιβάλλοντος για ένταξη των παραγωγών η ομάδων παραγωγών που δραστηριοποιούνται σε περιοχές με ιδιαίτερα επιβαρυμένα υδατικά συστήματα σε Ολοκληρωμένα Συστήματα Διαχείρισης της Αγροτικής Παραγωγής. Η εφαρμογή τέτοιων συστημάτων διαχείρισης εξασφαλίζει την ορθή διαχείριση του αρδευτικού νερού, τη με ακρίβεια εφαρμογή της λιπαντικής αγωγής, την πιστοποιημένη χρήση, ποσοτικά και ποιοτικά των φυτοφαρμάκων, το σωστό χειρισμό τεχνικών μέσων της εκμετάλλευσης με βασικό στόχο την αρμονική σχέση παραγωγής ασφαλών προϊόντων και προστασίας κυρίως των υδατικών πόρων, επιφανειακών και υπογείων. Η διαδικασία εφαρμογής των συστημάτων αυτών, προβλέπει την «εσωτερική επιθεώρηση» δηλαδή την άμεση συμμετοχή του παραγωγού ως ελεγκτού εφαρμογής των απαιτήσεων του προγράμματος και εξασφαλίζει οικολογικές αγροτικές τεχνικές ακόμη και πέραν των απαιτήσεων των ΚΟΓΠ και Πολλαπλής Συμμόρφωσης. Ως επικαιροποιημένο σύστημα αναφέρεται το AGRO 2.1 & 2.2 που καλύπτει όλο το φάσμα της γεωργικής παραγωγής και προβλέπεται να έχει σημαντική θέση στις μεθοδεύσεις της νέας ΚΑΠ. Ήδη το σύστημα είναι ενταγμένο στις δράσεις της υφιστάμενης ΚΑΠ με προσπάθεια του ΥΠΑΑΤ ένταξης παραγωγών με συγκεκριμένες καλλιέργειες, όπως ζαχαρότευτλα κα. Και με καθεστώς επιδότησης.	Μέτριος	Μεσοπρόθεσμος - 2021

Κατηγορία Μέτρου	Κωδικός	Ονομασία μέτρου	Περιγραφή μέτρου	Βαθμός Επίτευξης Στόχου	Χρονικός Ορίζοντας Επίτευξης Μέτρου
Ανασύσταση και αποκατάσταση περιοχών υγροβιοτόπων	ΣΜ07-10	Δέσμη Μέτρων από το εγκεκριμένο σχέδιο Αποκατάστασης του Εθν. Πάρκου των Λιμνών Κορώνειας - Βόλβης και των Μακεδονικών Τεμπών (Αε. 58481\ ΦΕΚ Β' 3159\27.11.2012) συναφή με την Οδηγία 2000/60, με δυνατότητα άμεσης υλοποίησης	Κατά προτεραιότητα το μέτρο αυτό αναφέρεται στα εξής: • Κατασκευή και λειτουργία συλλογικού αρδευτικού δικτύου στην υπολεκάνη Κορώνειας • Ενέργειες ρύθμισης αδειοδότησης των αρδευτικών γεωτρήσεων • Αλλαγή συστημάτων άρδευσης • Κατασκευή λιμνοδεξαμενών ωρίμανσης • Δημιουργία και διαμόρφωση υγροτόπου και βαθέων ενδιαιτημάτων • Ολοκλήρωση έργων κατασκευής υποδομών συλλογής και επεξεργασίας λυμάτων στους παραλίμνιους οικισμούς της Μυγδονίας • Ολοκλήρωση κατασκευής αποχετευτικού δικτύου Λαγκαδά μονάδων υποδοχής αστικών και βιοτεχνικών βοθρολυμάτων και λειτουργία του βιολογικού • Εφαρμογή γεωργοπεριβαλλοντικών δράσεων στην περιοχή του Εθνικού Πάρκου λιμνών Κορώνειας-Βόλβης και Μακεδονικών Τεμπών • Σχεδιασμός, υλοποίηση, οργάνωση ενεργειών ενημέρωσης προβολής (μη υλικά μέσα)	Υψηλός	Μεσοπρόθεσμος - 2021
Έλεγχος απολήψεων	ΣΜ08-10	Καθορισμός όρων προστασίας του κοκκώδους συστήματος Ορμυλίας μετά από την ολοκλήρωση και πλήρωση του φράγματος του Χαβρία	Σύμφωνα με τη διαχειριστική μελέτη για τα φράγματα Χαβρία, Ολύνθιου και Πετρένια (ΥΠΕΧΩΔΕ\ ΓΓΔΕ\ Δ7, 2009), μετά από την ολοκλήρωση του φράγματος του Χαβρία η τροφοδοσία των κατάντη υδροφορέων θα μειωθεί κατά 8,1 hm3. Επιπλέον, στην ΑΕΠΟ του έργου αναφέρεται πως μεταξύ των σκοπών κατασκευής του έργου είναι η προστασία των υπογείων υδάτων και η κάλυψη τμήματος των αρδευτικών αναγκών της πεδιάδας Ορμυλίας (10,5hm^3). Συνεπώς, μετά την ολοκλήρωση του φράγματος και του αρδευτικού δικτύου, προτείνεται μείωση της αντλούμενης ποσότητας από το υποβαθμισμένο κοκκώδες σύστημα Ορμυλίας, τουλάχιστον κατά 8,1hm^3 για αποφυγή περαιτέρω υποβάθμισής του ποσοτικά (πτώση στάθμης) και ποιοτικά (υφαλμύρινση).	Χαμηλός	Μεσοπρόθεσμος - 2021
Έλεγχος απολήψεων	ΣΜ08-20	Τοποθέτηση λειτουργικής βάνας στις αρτεσιανές γεωτρήσεις	Τοποθέτηση βάνας ή σωλήνα εξισορρόπησης της πίεσης ή οποιοδήποτε άλλος ενδεδειγμένος τρόπος για τον έλεγχο της εκροής των αρτεσιανών γεωτρήσεων, κατά τη διάρκεια που δεν χρησιμοποιούνται, που πολλές φορές εκφορτίζουν καθ' όλη τη διάρκεια του έτους την υπόγεια υπό πίεση υδροφορία δημιουργώντας προβλήματα ποσοτικής επάρκειας κατά την αρδευτική – υδρευτική περίοδο. Σκοπός του μέτρου είναι α) η μείωση των φυσικών εκροών του συστήματος για την επίτευξη ή τη διατήρηση της καλής ποσοτικής κατάστασης του συστήματος και β) η ορθολογική διαχείριση του συστήματος υπόγειο νερό - ζήτηση εκροών. Κατά την αρδευτική περίοδο. Απαιτείται η επιλογή και ένταξη μίας (1) κατ' ελάχιστον υδρογεώτρησης αρτεσιανής ροής, η οποία να θεωρείται αντιπροσωπευτική του συσχετιζόμενου υπόγειου υδατικού συστήματος, στο Εθνικό Δίκτυο Παρακολούθησης.	Μέτριος	Βραχυπρόθεσμος - 2015

Κατηγορία Μέτρου	Κωδικός	Ονομασία μέτρου	Περιγραφή μέτρου	Βαθμός Επίτευξης Στόχου	Χρονικός Ορίζοντας Επίτευξης Μέτρου
Έλεγχος απολήψεων	ΣΜ08-30	Ορισμός κατ' αρχήν ζωνών περιορισμού ανόρυξης νέων γεωτρήσεων για νέες χρήσεις νερού καθώς και επέκτασης αδειών υφισταμένων χρήσεων στα παράκτια Υπόγεια Υδατικά Συστήματα που παρατηρούνται φαινόμενα υφαλμύρινσης.	Στα παράκτια ΥΥΣ που έχει προσδιορισθεί ότι βρίσκονται σε κακή ποιοτική κατάσταση λόγω υφαλμύρινσης ή παρουσιάζουν τοπική υφαλμύρινση που προέρχεται από ανθρώπινες πιέσεις (υπεραντλήσεις) λαμβάνονται απαγορευτικά ή /και περιοριστικά μέτρα για την κατασκευή νέων υδροληπτικών έργων (γεωτρήσεις, πηγάδια) υπόγειων νερών καθώς και για την επέκταση των αδειών υφιστάμενων χρήσεων. Μέχρι την ακριβή οριοθέτηση των ζωνών περιορισμού με βάση τις ειδικές υδρογεωλογικές μελέτες που θα πρέπει να συνταχθούν, προτείνεται η θεσμοθέτηση των κάτωθι περιορισμών. Στα υπόγεια υδατικά συστήματα: 1. GR1000090, GR1000130, GR1000140, GR1000110, GR1000180, GR1000200, GR1000191, GR1000192 απαγορεύεται η διάνοιξη νέων γεωτρήσεων καθώς και η επέκταση υφιστάμενων αδειών, για κάθε χρήση. 2. GR1000060, GR1000081, GR1000100: απαγορεύεται η διάνοιξη νέων γεωτρήσεων καθώς και η επέκταση υφιστάμενων αδειών, για κάθε χρήση σε ζώνη πλάτους 5.000m από τη θάλασσα, εντός της οποίας εντοπίζεται υφαλμύρινση. 3. GR1000010, GR1000030, GR1000050, GR1000193: απαγορεύεται η διάνοιξη νέων γεωτρήσεων καθώς και η επέκταση υφιστάμενων αδειών σε ζώνη πλάτους 300m από τη θάλασσα Οι ανωτέρω περιορισμοί αποσκοπούν στον περιορισμό της επέκτασης της υφαλμύρινσης στα παράκτια συστήματα. Οι ζώνες περιορισμού μπορούν να επεκταθούν περαιτέρω με ευθύνη των Διευθύνσεων Υδάτων. Από όλες τις παραπάνω απαγορεύσεις εξαιρούνται οι ειδικές περιπτώσεις που αφορούν, με προτεραιότητα, στην εκτέλεση έργων υδροληψίας με χρήση την ύδρευση καθώς και άλλες ειδικές περιπτώσεις όπως π.χ. γεωτρήσεις ιχθυοκαλλιεργειών, πηγάδια άντλησης νερού για εργοστάσια αφαλάτωσης κ.α. Στις περιπτώσεις αυτές, η αδειοδότηση γίνεται μετά την υποβολή τεκμηριωμένης υδρογεωλογικής μελέτης που θα εξετάζεται και θα εγκρίνεται από τις αρμόδιες Διευθύνσεις Υδάτων.	Υψηλός	Βραχυπρόθεσμος - 2015
Έλεγχος απολήψεων	ΣΜ08-40	Καθορισμός και οριοθέτηση περιοχών ΥΥΣ που παρουσιάζουν κακή ποιοτική κατάσταση λόγω υφαλμύρινσης ή παρουσιάζουν τοπική υφαλμύρινση.	Στα παράκτια ΥΥΣ που είναι σε κακή ποιοτική κατάσταση λόγω υφαλμύρινσης ή παρουσιάζουν τοπική υφαλμύρινση θα πρέπει να συνταχθούν ειδικές υδρογεωλογικές μελέτες για τον ακριβή καθορισμό των ορίων απαγόρευσης εκτέλεσης νέων υδροληψιών και επεκτάσεων του μετώπου υφαλμύρινσης, ώστε στη ζώνη αυτή να ληφθούν μέτρα για σταδιακή αποκατάσταση μέσω όχι μόνο απαγόρευσης νέων γεωτρήσεων αλλά μείωσης έως και κατάργησης των αντλήσεων των υφισταμένων χρήσεων, δίνοντας προτεραιότητα στην εξεύρεση εναλλακτικών λύσεων κάλυψης των αρδευτικών αναγκών τους. Οι προδιαγραφές για τις προαναφερθείσες υδρογεωλογικές μελέτες θα καθοριστούν από τις συναρμόδιες αρχές υπό το συντονισμό της Ε.Γ.Υ.	Μέτριος	Μεσοπρόθεσμος - 2021

Κατηγορία Μέτρου	Κωδικός	Ονομασία μέτρου	Περιγραφή μέτρου	Βαθμός Επίτευξης Στόχου	Χρονικός Ορίζοντας Επίτευξης Μέτρου
Έργα δομικών κατασκευών	ΣΜ11-10	Φράγμα Χαβρία και δίκτυα φράγματος Χαβρία	Το προτεινόμενο έργο αφορά στην κατασκευή φράγματος επί του χειμάρρου Χαβρία στη Νότια Χαλκιδική περί τα 3,0 Km ΒΑ του οικισμού Ορμύλιας καθώς και την κατασκευή υδραγωγείου το οποίο στην πλήρη ανάπτυξη του (274 km) θα εκτείνεται σε μια περιοχή 14000 km2 και του βασικού δικτύου άρδευσης γεωργικής γης συνολικής έκτασης 24000 στρεμμάτων. Σκοπός του έργου είναι: • Η κάλυψη των αναγκών ύδρευσης των οικισμών και τουριστικών εγκαταστάσεων της νοτιοδυτικής Χαλκιδικής, περιλαμβανομένων των χερσονήσων Κασσάνδρας και Σιθωνίας (18,97hm3 νερού) • Η κάλυψη τμήματος των αναγκών άρδευσης της πεδιάδας Ορμύλιας (10,5 hm3 νερού) • Η προστασία των υπογείων υδάτων από υφαλμύριση • Αντιπλημμυρική προστασία του κάμπου Ορμύλιας	Υψηλός	Μεσοπρόθεσμος - 2021
Έργα δομικών κατασκευών	ΣΜ11-20	Φράγμα Πετρένια στην περιοχή Γοματίου και έργα καθαρισμού, μεταφοράς και αποθήκευσης νερού	Τα προτεινόμενα έργα αφορούν στην ταμίευση επιφανειακού νερού, στην επεξεργασία του, στη μεταφορά του και στην αποθήκευσή του σε δεξαμενές για την συμπληρωματική κάλυψη των αναγκών ύδρευσης των πρώην Δήμων Παναγιάς και Σταγείρων - Ακάνθου. Ο συνολικός ετήσιος όγκος που μπορεί να διατεθεί για ύδρευση στις περιοχές αυτές είναι 1.645.000 m^3/έτος για το έτος 2050. Επίσης, μελλοντικά και εφόσον αυτό ζητηθεί, μπορούν να διατεθούν για άρδευση ποσότητες της τάξεως των 0,97 εκατ. M^3 περίπου κατ ' έτος.	Μέτριος	Μεσοπρόθεσμος - 2021
Έργα δομικών κατασκευών	ΣΜ11-70	Ολοκλήρωση διαδικασιών ωρίμανσης του φράγματος Φανού Παιονίας (Κοτζά Ντερέ)	Το 1993 ολοκληρώθηκε η Προμελέτη του φρ. Φανού Παιονίας (Κοτζά Ντερέ) για το ΥΠΕΧΩΔΕ\ΓΓΔΕ\ Δ7, σύμφωνα με την οποία προτάθηκε χωμάτινο φράγμα αργιλικού πυρήνα, ύψους 87m και όγκου ταμιευτήρα περίπου 100 εκ. Μ3. Η σκοπιμότητα του έργου αφορούσε στην εξασφάλιση αποθεμάτων νερού για την κάλυψη των αρδευτικών αναγκών στην ευρύτερη κατάντη λεκάνη του π. Αξιού. Οι ανωτέρω ανάγκες ικανοποιούνται σήμερα από τα ύδατα του π. Αξιού και του ομώνυμου ΥΥΣ της περιοχής. Οι ανάγκες αυτές συνεχώς αυξάνουν, το ίδιο και η αβεβαιότητα σχετικά με την παροχή του π. Αξιού και την προοπτική κάλυψης των αναγκών αυτών στο μέλλον (διαχειριστική πολιτική πΓΔΜ). Συνεπώς, διαφαίνεται η πιθανότητα σημαντικής αύξησης του όγκου απόληψης νερού από το επιβαρυμένο ΥΥΣ Αξιού (Κακή ποσοτική και Κακή ποιοτική κατάσταση), γεγονός το οποίο θα δράσει ανασταλτικά στη βελτίωση της κατάστασής του. Για τους παραπάνω λόγους προτείνεται η εκπόνηση Μελέτης Κόστους- Οφέλους, ΜΠΕ, οριστικής μελέτης και τευχών δημοπράτησης για το φράγμα Φανού Παιονίας (Κοτζά Ντερέ).	Υψηλός	Μεσοπρόθεσμος - 2021

Κατηγορία Μέτρου	Κωδικός	Ονομασία μέτρου	Περιγραφή μέτρου	Βαθμός Επίτευξης Στόχου	Χρονικός Ορίζοντας Επίτευξης Μέτρου
Εκπαιδευτικά Μέτρα	ΣΜ15-10	Ενίσχυση Κέντρου Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης Περιφερειακών Ενοτήτων	Προτείνεται η συνέχεια των ήδη υλοποιούμενων εκπαιδευτικών προγραμμάτων, δράσεων και δικτύων περιβαλλοντικής εκπαίδευσης, καθώς και η οργάνωση και υλοποίηση νέων από τα Κέντρα Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης (Κ.Π.Ε.) των Π.Ε.. Τα εκπαιδευτικά αυτά προγράμματα συμβάλλουν στην ενημέρωση, επιμόρφωση και ευαισθητοποίηση των μαθητών των διαφόρων βαθμίδων εκπαίδευσης σε σχέση με τη διαχείριση των υδάτων και τα υδατικά συστήματα, μέσα από δραστηριότητες και βιωματικές εμπειρίες. Ήδη υλοποιούμενα προγράμματα είναι: • Από το Κ.Π.Ε. Έδεσσας και Γιαννιτσών: "Έργα Θεού και Ανθρώπων Υγρότοπος Άγρα-Βρυττών-Νησίου", το "Υπαίθριο Μουσείο Νερού ", το "Υδρολογία στην Πέλλα" και το "Λουδίας, το ποτάμι μας: Ποτάμι ή Αποστραγγιστικό Κανάλι;". • Κ.Π.Ε. Νάουσας: "Αράπιτσα – το ποτάμι μας", το "Τα κατορθώματα μιας Δροσοσταλιάς" και το "Το νιο, το ευλογημένο, το αθάνατο νερό". • Κ.Π.Ε. Κιλκίς: "Η λίμνη Δοϊράνη: βλέπω-δρω-ρωτώ"	Μέτριος	Βραχυπρόθεσμος - 2015
Εκπαιδευτικά Μέτρα	ΣΜ15-20	Διαχείριση των παρόχθιων οικοτόπων και επισκεπτών, διάδοση των γνώσεων και ευαισθητοποίηση του κοινού στις προστατευόμενες περιοχές	Το έργο στοχεύει στην ενίσχυση της περιβαλλοντικής συνείδησης των κατοίκων της περιοχής μελέτης, στην ενημέρωση των επισκεπτών για τα προβλήματα και τις απειλές του περιβάλλοντος της περιοχής, στην αντιμετώπιση του κινδύνου εξαφάνισης των σπάνιων και των απειλούμενων με εξαφάνιση ειδών και στη δημιουργία των κατάλληλων υποδομών για την προβολή της άγριας ζωής.	Μέτριος	Βραχυπρόθεσμος - 2015
Εκπαιδευτικά Μέτρα	ΣΜ15-30	Δράσεις εκπαιδευτικού χαρακτήρα για την προώθηση της ορθολογικής διαχείρισης των υδατικών πόρων.	Προτείνεται η διαρκής εκστρατεία ενημέρωσης των πολιτών σε σχέση με την ορθολογική διαχείριση των υδατικών πόρων και την προστασία τους. Δράσεις που ενδεικτικά και κατά περίπτωση μπορούν να υλοποιηθούν στα πλαίσια της εκστρατείας αυτής είναι: • Πραγματοποίηση ημερίδων και επιμορφωτικών σεμιναρίων για την ευαισθητοποίηση του κοινού σε σχέση με την αποδοτική χρήση του νερού, την αποτροπή της ρύπανσης που προκαλείται από διάφορες δραστηριότητες και την προώθηση της χρήσης του ανακυκλωμένου νερού. • Ενίσχυση εκπαιδευτικών προγραμμάτων στην πρωτοβάθμια, δευτεροβάθμια και τριτοβάθμια εκπαίδευση, ώστε να αναπτυχθούν στάσεις και συμμετοχικές συμπεριφορές που θα συμβάλλουν στην προστασία των υδατικών πόρων, της οικολογικής ισορροπίας και της ποιότητας ζωής και θα εξασφαλίζουν τη βιώσιμη ανάπτυξη. • Δημιουργία ιστοτόπου με διαδραστικές εφαρμογές ορθών πρακτικών χρήσης νερού ύδρευσης με στόχο την ενημέρωση και ευαισθητοποίηση του ευρύτερου καταναλωτικού κοινού. Η ηλεκτρονική πλατφόρμα θα είναι φιλική προς το χρήστη και θα παρέχει τη δυνατότητα	Μέτριος	Βραχυπρόθεσμος - 2015

Κατηγορία Μέτρου	Κωδικός	Ονομασία μέτρου	Περιγραφή μέτρου	Βαθμός Επίτευξης Στόχου	Χρονικός Ορίζοντας Επίτευξης Μέτρου
			υπολογισμού του υδατικού αποτυπώματος της κατοικίας του με βάση τις καταναλωτικές του συνήθειες και τις συσκευές του νοικοκυριού του. • Προώθηση της έρευνας στο χώρο της Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης, της Προστασίας της Βιοποικιλότητας και της Διατήρησης της Ποιότητας Υδάτων, αλλά και η σύνδεση με επιστημονικά ιδρύματα.		
Εκπαιδευτικά Μέτρα	ΣΜ15-40	Συμβουλευτικές παροχές προς τους αγρότες για τη βελτίωση των πρακτικών εφαρμογής των μέσων και εφοδίων που αφορούν την προστασία του περιβάλλοντος.	Το μέτρο αυτό περιλαμβάνει δράσεις και ενέργειες που έχουν ως σκοπό να εκπαιδεύσουν τον αγροτικό πληθυσμό στη διαχείριση του αρδευτικού νερού και της εφαρμογής των λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων. Οι κυριότεροι στόχοι της εκπαιδευτικής αυτής ενημέρωσης αφορούν τη διατήρηση και βελτίωση της παραγωγής με την ορθολογική χρήση νερού, λιπάσματος και φυτοφαρμάκου με σκοπό τη μεγαλύτερη δυνατή προστασία των υδατικών συστημάτων και ειδικά αυτών που βρίσκονται σε καθεστώς προστασίας. Οι προτεινόμενες δράσεις περιλαμβάνουν τον σχεδιασμό της επικοινωνίας μεταξύ των αρμοδίων φορέων διαχείρισης, ειδικών σε θέματα άρδευσης, λίπανσης και φυτοπροστασίας, με τη διοργάνωση εκπαιδευτικών ημερίδων και σεμιναρίων με έμφαση στα θέματα προστασίας του περιβάλλοντος και των γεωργικών εδαφών. Τα κείμενα των νομοθετημάτων (ΚΟΓΠ, Πολλαπλή Συμμόρφωση), εγκυκλίων κλπ. πολλές φορές γίνονται δύσκολα αντιληπτά λόγω του όγκου των κειμένων και των ειδικών όρων που αναφέρονται, με αποτέλεσμα να μην υπάρχει επιτυχία στην εφαρμογή τους. Η απευθείας επαφή ειδικού - παραγωγού προδιαγράφει με ασφάλεια την επιτυχία του στόχου που είναι η αρμονική σχέση παραγωγής και προστασίας των υδατικών συστημάτων.	Μέτριος	Βραχυπρόθεσμος - 2015
Έργα έρευνας, ανάπτυξης και επίδειξης (βέλτιστων πρακτικών)	ΣΜ16-10	Εκπόνηση διερευνητικών μελετών για τον εμπλουτισμό υπόγειων υδροφορέων με επεξεργασμένο νερό από ΕΕΛ και Μονάδες Καθαρισμού Βιομηχανικών Αποβλήτων	Προτείνεται η εκπόνηση διερευνητικών μελετών για τον εμπλουτισμό υπόγειων υδροφορέων με επεξεργασμένο νερό κυρίως από τις μεγαλύτερες ΕΕΛ και Μονάδες Καθαρισμού Βιομηχανικών Αποβλήτων του Υδατικού Διαμερίσματος. Στα πλαίσια των μελετών αυτών θα διερευνηθεί η αποτελεσματικότητα διαφόρων εφαρμοσμένων μεθόδων εμπλουτισμού, όπως γεωτρήσεις φόρτισης, λεκάνες διήθησης, αυλάκια και τάφροι, φρεάτια εμπλουτισμού, συνδυαστικές μέθοδοι με βάση τις υδρογεωλογικές και γεωλογικές συνθήκες των περιοχών, τα οικονομικά στοιχεία και την ποιότητα του επεξεργασμένου νερού. Επιπλέον, θα μελετηθεί και η δυνατότητα επανάκτησης του νερού μέσω γεωτρήσεων για την κάλυψη αναγκών άρδευσης.	Μέτριος	Μεσοπρόθεσμος - 2021

Κατηγορία Μέτρου	Κωδικός	Ονομασία μέτρου	Περιγραφή μέτρου	Βαθμός Επίτευξης Στόχου	Χρονικός Ορίζοντας Επίτευξης Μέτρου
Έργα έρευνας, ανάπτυξης και επίδειξης (βέλτιστων πρακτικών)	ΣΜ16-20	Ολοκληρωμένες Πράσινες πόλεις /INGREENCI (Integrated Green Cities)	Το έργο στοχεύει στην ολοκληρωμένη διαχείριση του αστικού πρασίνου μέσω της εκπαίδευσης, ευαισθητοποίησης και κινητοποίησης του ανθρώπινου δυναμικού. Για το σκοπό αυτό επιδιώκεται η δημιουργία ενός μοντέλου για τον αεϊφορικό σχεδιασμό και επανασχεδιασμό του αστικού χώρου δίνοντας έμφαση στην προώθηση των χώρων πρασίνου καθώς επίσης και στη δημιουργία ενός ολοκληρωμένου μοντέλου διαχείρισης του αρδευτικού νερού με έμφαση στη χρήση του βρόχινου νερού.	Μέτριος	Μεσοπρόθεσμος - 2021
Έργα έρευνας, ανάπτυξης και επίδειξης (βέλτιστων πρακτικών)	ΣΜ16-30	LIFE + - ACCOLAGOONS - Δράσεις για την προστασία των παράκτιων οικοτόπων και των σημαντικών ειδών ορνιθοπανίδας σε περιοχές του δικτύου NATURA 2000 της Επανομής και Αγγελοχωρίου λιμνοθάλασσες, Ελλάδα	Στόχος του έργου είναι η διατήρηση και προστασία των οικοτόπων υψηλής προτεραιότητας καθώς και των σημαντικών ειδών που διαβιούν σε αυτούς, μέσα από έναν σύγχρονο και καινοτόμο σχεδιασμό ολοκληρωμένης διαχείρισης. Επίσης δίνεται βαρύτητα στην επαναφορά της καλής υδρολογικής και οικολογικής κατάστασης της λιμνοθάλασσας της Επανομής και στη δημιουργία νέων οικοτόπων που παράλληλα με την αύξηση της ετερογένειας των ενδιαιτημάτων, θα ενισχύσουν τη βιοποικιλότητα και τη σταθερότητα του συστήματος της περιοχής.	Υψηλός	Βραχυπρόθεσμος - 2015
Λοιπά μέτρα	ΣΜ17-10	Περαιτέρω διερεύνηση ως προς τις μετρήσεις και τα αίτια υπερβάσεων χημικών ουσιών που καταγράφονται στη λ. Κορώνεια	Το μέτρο αφορά σε διερεύνηση ως προς τις μετρήσεις και τα αίτια της υπέρβασης συγκεκριμένων χημικών ουσιών που καταγράφονται στη λ. Κορώνεια που υπάγεται στις προστατευόμενες περιοχές με κωδικούς GR1220001,GR1220009, προκειμένου για τη σαφή σύνδεση πίεσης -κατάστασης - μέτρου αντιμετώπισης. Η περιοχή έχει επιβαρυνθεί συστηματικά από την ύπαρξη ανθρωπογενών δραστηριοτήτων όπως η λειτουργία σημαντικών βιομηχανιών και έλλειψη υποδομών απορρύπανσης όπως ΕΕΛ. Προτείνεται: Α) να διερευνηθούν τυχόν φυσικές διεργασίες παραγωγής νικελίου και αρσενικού από γεωλογικούς σχηματισμούς της συγκεκριμένης περιοχής με περαιτέρω μετρήσεις καθώς και την εκπόνηση ειδικής Γεωχημικής – Υδρογεωλογικής μελέτης, Β) να διερευνηθεί η συμβολή του ιζήματος του πυθμένα. Η διερεύνηση θα πρέπει να γίνει σε διάρκεια ενός (1) έτους σε τουλάχιστο τρεις (3) θέσεις δειγματοληψίας όπου θα γίνουν τουλάχιστον τρεις (3) σειρές δειγματοληψίας. Οι παράγοντες που θα πρέπει να μετρώνται στα δείγματα περιλαμβάνουν: φώσφορος, χαλκό, κυανιούχα, μόλυβδος, κάδμιο οργανοφωσφορικά και οργανοχλωριωμένα εντομοκτόνα και τριαζίνες.	Μέτριος	Μεσοπρόθεσμος - 2021

Κατηγορία Μέτρου	Κωδικός	Ονομασία μέτρου	Περιγραφή μέτρου	Βαθμός Επίτευξης Στόχου	Χρονικός Ορίζοντας Επίτευξης Μέτρου
Λοιπά μέτρα	ΣΜ17-30	Περαιτέρω διερεύνηση ως προς τις μετρήσεις και τα αίτια υπερβάσεων χημικών ουσιών που καταγράφονται στη λ. Βόλβη	Το μέτρο αφορά σε διερεύνηση ως προς τις μετρήσεις και τα αίτια της υπέρβασης συγκεκριμένων χημικών ουσιών που καταγράφονται στο ΥΣ (ειδικότερα για το νικέλιο και αρσενικό). Προτείνεται να διερευνηθούν: 1) τυχόν φυσικές διεργασίες παραγωγής του κάθε ρύπου από γεωλογικούς σχηματισμούς της συγκεκριμένης περιοχής με περαιτέρω μετρήσεις καθώς και την εκπόνηση ειδικής Γεωχημικής – Υδρογεωλογικής μελέτης, 2) συστηματική καταγραφή και παρακολούθηση των σημειακών απορρίψεων και εισροών -άμεσων και έμμεσων στη λίμνη.	Μέτριος	Μεσοπρόθεσμος - 2021
Λοιπά μέτρα	ΣΜ17-40	Μετριασμός ευπάθειας των Υδατικών Πόρων στο πλαίσιο της αλλαγής του κλίματος	Το πρόγραμμα στοχεύει στην ανάπτυξη μιας ολοκληρωμένης διακρατικής συνεργασίας στον τομέα των υδάτων με στόχο να αποτελέσει τη βάση για την εφαρμογή εθνικών και περιφερειακών σχεδίων δράσης. Η σχετική τεχνογνωσία και τα εφαρμοστέα μέτρα αναμένεται να μεταφερθούν από τα εθνικά στα περιφερειακά σχέδια δράσης. Οι δείκτες ποιότητας και ποσότητας των υδατικών πόρων ερευνώνται λαμβάνοντας υπόψη την κλιματική αλλαγή και τις κοινωνικό-οικονομικές συνθήκες με στόχο τη δημιουργία ενός χάρτη τρωτότητας αναφορικά με τις υφιστάμενες και μελλοντικές συνθήκες ποιότητας και ποσότητας των υδατικών πόρων.	Υψηλός	Μεσοπρόθεσμος - 2021
Λοιπά μέτρα	ΣΜ17-50	ENVI / Τοπικές Κοινότητες στην Περιβαλλοντική Δράση	Κύριοι στόχοι του προγράμματος είναι η προστασία των περιβαλλοντικών πόρων και η ενθάρρυνση των τοπικών κοινοτήτων για ενεργή συμμετοχή στην περιβαλλοντική προστασία. Οι δήμοι Δέλτα και Kavadarci έχουν την κοινή ανάγκη για προστασία των ποταμών που διασχίζουν την επικράτεια τους, δηλαδή τους ποταμούς Αξιό και Luda Mara. Βασικός στόχος του προγράμματος είναι η υλοποίηση κοινών δράσεων και ειδικών παρεμβάσεων για την προστασία του φυσικού περιβάλλοντος.	Χαμηλός	Βραχυπρόθεσμος - 2015
Λοιπά μέτρα	ΣΜ17-100	Αξιολόγηση της διπλής χρήσης της Ενωτικής διώρυγας Αλιάκμονα – Αξιού σε σχέση με την κατασκευή ξεχωριστού αγωγού για την ύδρευση του ΠΣ Θεσσαλονίκης.	Το μέτρο αποσκοπεί στη βελτίωση των υποδομών μεταφοράς νερού για την ύδρευση της Θεσσαλονίκης από τον π. Αλιάκμονα με στόχο τη μείωση των απωλειών, άρα και τη μείωση των απολήψεων (σύμφωνα με το Άρθρο 4 της Οδηγίας), καθώς και την αποτροπή υποβάθμισης της ποιότητάς του, έτσι ώστε να μειωθεί το απαιτούμενο επίπεδο επεξεργασίας που απαιτείται για την παραγωγή πόσιμου ύδατος (σύμφωνα με το Άρθρο 7 της Οδηγίας). Η ενωτική διώρυγα Αλιάκμονα – Αξιού μεταφέρει νερό, καθ' όλη τη διάρκεια του έτους (365 ημέρες), για την ύδρευση του ευρύτερου πολεοδομικού συγκροτήματος της Θεσσαλονίκης. Τυχόν διακοπή της λειτουργίας αυτής θα δημιουργήσει αξεπέραστα προβλήματα στην υδροδότηση της Θεσσαλονίκης, καθώς το Υδραγωγείο Αλιάκμονα εξασφαλίζει σήμερα περισσότερο από το 50% της συνολικής παραγωγής νερού για την πόλη. Μάλιστα, με την υλοποίηση του Α2 σταδίου των έργων του διυλιστηρίου νερού του υδραγωγείου Αλιάκμονα, το οποίο βρίσκεται σε διαδικασία δημοπράτησης, πρόκειται η μεταφερόμενης για την ύδρευση της πόλης ποσότητας νερού, να διπλασιαστεί, φτάνοντας τα 3,5m3/sec, περίπου. Παράλληλα, κατά τη διάρκεια της αρδευτικής περιόδου μεταφέρει και αρδευτικό νερό (400-450 εκ. Μ3 ανά αρδευτική περίοδο) για την τροφοδοσία της πεδιάδας Θεσσαλονίκης. Η διώρυγα παρουσιάζει	Μέτριος	Μεσοπρόθεσμος - 2021

Κατηγορία Μέτρου	Κωδικός	Ονομασία μέτρου	Περιγραφή μέτρου	Βαθμός Επίτευξης Στόχου	Χρονικός Ορίζοντας Επίτευξης Μέτρου
			φαινόμενα ανάπτυξης βλάστησης στον πυθμένα αυτής με συνέπεια την υποβάθμιση της ποιότητας του νερού ύδρευσης. Επίσης, παρουσιάζει φαινόμενα θραύσης των πρανών της με συνέπεια σημαντικές διαρροές που εκτιμώνται σε 30% περίπου, το οποίο μεταφράζεται στην απώλεια σημαντικών ποσοτήτων νερού της τάξης των 150.000m3/έτος, περίπου. Τα ως άνω προβλήματα εμφανίζονται λόγω της τεχνικής αδυναμίας του ΓΟΕΒ πεδιάδας Θεσσαλονίκης συντήρησης εν λειτουργία της διώρυγας, καθώς δεν μπορεί να γίνει διακοπή της συνεχούς παροχέτευσης των 2m3/sec νερού για την υδροδότηση της Θεσσαλονίκης. Ως αποτέλεσμα, από το 2003, οπότε άρχισε να εξυπηρετεί την ύδρευση Θεσσαλονίκης, δεν έχει γίνει ουσιαστικά ευρείας κλίμακας συντήρηση ή καθαρισμός της παρά μόνο σημειακές επεμβάσεις για την αποκατάσταση τοπικών σημαντικών θραύσεων. Παράλληλα, ακόμη και σε συνθήκες κανονικής συντήρησης και λειτουργίας της διώρυγας είναι αναμενόμενη μια μικρότερη ή μεγαλύτερη υποβάθμιση της ποιότητας του μεταφερόμενου νερού, λαμβάνοντας υπόψη τις ευνοϊκές συνθήκες ανάπτυξης αλγών (ιδίως κατά την εαρινή περίοδο, πριν την έναρξη της αρδευτικής περιόδου, όταν η ηλιοφάνεια και οι θερμοκρασία αέρα είναι αυξημένη και η ρέουσα ποσότητα νερού είναι ακόμη μικρή), την έκθεση του νερού σε αερομεταφερόμενους ρύπους από την έντονη αγροτική και άλλη δραστηριότητα στην πεδιάδα Θεσσαλονίκης αλλά και την έλλειψη προστασίας του από ατυχηματικές \κακόβουλες ενέργειες, εφόσον μεταφέρεται με ανοιχτό αγωγό. Το 2000 ολοκληρώθηκε σχετική προμελέτη από το τ.ΥΠΕΧΩΔΕ\ΓΓΔΕ\Δ6, με τίτλο "ΥΔΡΕΥΣΗ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ ΑΠΟ ΦΡΑΓΜΑ ΕΚΤΡΟΠΗΣ ΣΤΟΝ Π. ΑΛΙΑΚΜΟΝΑ ΜΕΧΡΙ Π. ΑΞΙΟ ΜΕ ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΟ ΑΓΩΓΟ", όπου προτάθηκε, μετά από τεχνοοικονομική διερεύνηση, ανεξάρτητος δίδυμος αγωγός Φ1.600m μεταφοράς του νερού ύδρευσης, μήκους 50km περίπου, παράλληλα και πλησίον της ενωτικής διώρυγας Αλιάκμονα. Για τους παραπάνω λόγους προτείνεται η εκπόνηση Μελέτης Κόστους- Οφέλους, ΜΠΕ, οριστικής μελέτης και τευχών δημοπράτησης για την επικαιροποίηση των συμπερασμάτων της διερεύνησης εναλλακτικών λύσεων βελτίωσης της υποδομής, όπου θα εξεταστούν μεταξύ άλλων τεχνικές λύσεις για την εξασφάλιση της δυνατότητας τακτικών επεμβάσεων συντήρησης-καθαρισμού της ενωτικής διώρυγας και η κατασκευή κλειστού αγωγού μεταφοράς του νερού ύδρευσης, με ενιαία ή τμηματική υλοποίηση αυτού λόγω μεγάλου κόστους κεφαλαίου.		

8.2.6. ΕΙΔΙΚΑ ΜΕΤΡΑ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΥ ΤΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΤΗΣ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ

Τα μέτρα που σκοπό έχουν να μετριάσουν τις επιπτώσεις της λειψυδρίας στο περιβάλλον, την οικονομία και την κοινωνία περιλαμβάνουν:

- **Επανεξέταση των διασυνδέσεων προσφοράς και ζήτησης νερού·**

  Για να εξασφαλιστεί η αειφορικότητα των Υδατικών Συστημάτων, η κατανάλωση του νερού δε θα πρέπει να γίνεται με ρυθμούς ταχύτερους από τους ρυθμούς της ετήσιας ανανέωσής του στο πλαίσιο του υδρολογικού κύκλου. Επιπλέον, για να επιτευχθεί ο στόχος της επάρκειας των υδατικών αποθεμάτων δεν απαιτείται η μονόπλευρη, όσο και αδιέξοδη περιβαλλοντικά, εξασφάλιση ολοένα μεγαλύτερης προσφοράς νερού, αλλά η επίτευξη ισορροπίας μεταξύ της προσφοράς και της ζήτησης του νερού. Η εφαρμογή των παραπάνω κανόνων, η οποία αποτελεί θεμέλιο λίθο της Διαχείρισης Υδατικών Πόρων, γίνεται ακόμα επιτακτικότερη σε περιπτώσεις ξηρασίας/ λειψυδρίας.

- **Υλοποίηση συστημάτων προειδοποίησης**

  Προτείνεται η διαμόρφωση ενός μεθοδολογικού πλαισίου για την πρόγνωση και εκτίμηση των ξηρασιών, που βασίζεται στην απλούστερη δυνατή πληροφορία. Το πλαίσιο αυτό εξειδικεύεται στο Κεφάλαιο 10.

- **Αποζημίωση αγροτικών παραγωγών·**

  Σε εκείνες τις περιπτώσεις όπου τα μέτρα αντιμετώπισης της λειψυδρίας οδηγούν σε δραστική μείωση των εσόδων μιας οικονομικής δραστηριότητας ως αντιστάθμισμα πρέπει να δωθούν αποζημιώσεις. Ουσιαστικά το μέτρο αυτό αφορά τα διαφεύγοντα οφέλη από την αποφυγή καλλιεργειών στον αγροτικό τομέα.

  Η γεωργία ως δραστηριότητα καλείται να αντιμετωπίσει τακτικά ακραία κλιματικά φαινόμενα που έχουν σαν συνέπεια την μερική ή και ολική καταστροφή, που βρίσκεται σε ευθεία συνάρτηση με το εισόδημα των παραγωγών.

  Σύμφωνα με την ισχύουσα Εθνική Νομοθεσία προβλέπονται αποζημιώσεις για τους παραγωγούς ανάλογα με το μέγεθος της ζημίας στις καλλιέργειες, με βάση μια τεχνική εκτίμησης και αξιολόγησης της ζημίας ως ποσοστό της δυνητικής παραγωγής της κάθε καλλιέργειας.

  Ο Ν. 3877/2010 Σύστημα προστασίας και ασφάλισης της αγροτικής δραστηριότητας (ΦΕΚ 160 Α /20-9-2010), προβλέπει μέσα από ένα ενιαίο εθνικό σύστημα την προστασία και ασφάλιση της αγροτικής δραστηριότητας που τελεί υπό την εποπτεία του ΥΠ.Α.Α.Τ., ωστόσο δεν προβλέπει αποζημιώσεις για τις περιπτώσεις ξηρασίας / λειψυδρίας. Οι υπηρεσίες προστασίας περιλαμβάνουν την υποχρεωτική ασφάλιση στον ΕΛ.Γ.Α για τους κινδύνους που αναφέρονται στο αρ. 5: (παγετός, χαλάζι, ανεμοθύελλα, πλημμύρα κλπ). Στις περιπτώσεις αποζημιώσεων της γεωργίας και κτηνοτροφίας απαραίτητη είναι η σύμφωνη γνώμη της Ευρωπαϊκής Επιτροπής εφόσον δεν προβλέπονται αποζημιώσεις από Εθνικούς Πόρους.

  Προκειμένου να αποφευχθεί η καταβολή αυξημένων αγροτικών αποζημιώσεων σε περιπτώσεις παρατεταμένης λειψυδρίας είναι σκόπιμο, όταν στην πρόγνωση εξαμήνου ο δείκτης ξηρασίας λαμβάνει τιμές SPI<-2.0 (κατάσταση alert) να γίνεται έγκαιρη προειδοποίηση στους καλλιεργητές ώστε να μην προμηθευτούν εφόδια και να γίνονται υποδείξεις για να αποφύγουν τη σπορά καλλιεργειών υψηλών απαιτήσεων σε νερό και προτάσεις για την επιλογή καλλιεργειών, με βάση το μικροκλίμα της περιοχής τους και τις εδαφικές συνθήκες. Ως κίνητρο για την λήψη μέτρων από τους παραγωγούς θα ήταν είτε η μη καταβολή αποζημίωσης, είτε η επιδότηση για την επιλογή των προτεινόμενων καλλιεργειών, στις περιπτώσεις που έχει δοθεί προειδοποίηση. Σημειώνεται ότι εάν η πρόγνωση εξαμήνου δίδει ήπια ξηρασία (-Α) η πιθανότητα εξέλιξης σε έτος με ξηρασία από ήπια (-Α) έως ακραία (-Δ) είναι περί το 38%.

- **Προσαρμογή της τιμολογιακής πολιτικής σε περιπτώσεις λειψυδρίας**

  Οι καθορισμένες τιμές, οι προδιαγραφές των οποίων περιγράφηκαν στα πλαίσια της προκαταρκτικής ανάλυσης προτάσεων ευέλικτης τιμολογιακής πολιτικής για το νερό και μηχανισμοί ανάκτησης κόστους, θα πρέπει να προσαρμοστούν έτσι ώστε να αντανακλούν τις συνθήκες σπανιότητας του πόρου. Το μέγεθος της προσαρμογής εξαρτάται από την ένταση της λειψυδρίας και από το συγκεκριμένο στόχο περιορισμού της χρήσης νερού που θα τεθεί.

  Σε ότι αφορά στην ύδρευση και υπό την υπόθεση ότι θα έχουν εφαρμοστεί σωστά οι τιμές στη βάση των increasing block rates συνίσταται μια μικρή αύξηση στο πρώτο block- κλίμακα κατανάλωσης. Οι υπόλοιπες κλίμακες θα αυξηθούν κατά μεγαλύτερο ποσοστό. Οι υψηλότερες κλίμακες κατανάλωσης που αντανακλούν χρήσεις πολυτελείας μπορούν να τιμολογηθούν με εξαιρετικά υψηλότερες τιμές, για παράδειγμα 200% ÷ 300% σε σχέση με τις υπάρχουσες κλίμακες την περίοδο λειψυδρίας. Επίσης θα μπορούσαν να τεθούν και ποσοτικοί περιορισμοί στη χρήση νερού. εάν εφαρμοστεί το σύστημα των increasing block rates. Εφόσον είναι γνωστός στις αρμόδιες αρχές ο αριθμός των μελών των νοικοκυριών, σε συνθήκες εξαιρετικής σπανιότητας θα μπορούσε να τεθεί κατά κεφαλήν ενδεικτική ποσότητα χρήσης. Όταν η χρήση αυτή ξεπεραστεί το νοικοκυριό θα χρεώνεται με υψηλό πρόστιμο.

  Ανάλογες αυξήσεις τιμών και ποσοτικοί περιορισμοί θα εφαρμοστούν στη βιομηχανική και τουριστική χρήση.

  Η αγροτική χρήση είναι σε αρκετές περιπτώσεις σχετικά ανελαστική καθώς δεν μπορούν να αλλάξουν βραχυχρόνια οι αρδευτικές μέθοδοι. Σε αυτές τις συνθήκες εξοικονόμηση νερού θα μπορεί να γίνει με την πλήρη αποφυγή κάποιων καλλιεργειών για την περίοδο της λειψυδρίας. Σε αυτήν την περίπτωση οι αγρότες θα εγκαταλείψουν τις καλλιέργειες με αποτέλεσμα τη δραστική εξοικονόμηση νερού ενώ θα αποζημιωθούν για τα διαφεύγοντα έσοδα τους. Παρόλα αυτά, καθώς συχνά υπάρχουν κάποια περιθώρια συνετότερης χρήσης νερού στις καλλιέργειες, θα πρέπει να εξεταστεί και η προσαρμογή των τιμών του αγροτικού νερού. Αυτό φυσικά έχει νόημα όταν μετράται η χρήση- κατανάλωση γεγονός εξαιρετικά σπάνιο στο εξεταζόμενο ΥΔ όσο και σε ολόκληρο τον ελλαδικό χώρο. Επίσης, αντίστοιχος έλεγχος πρέπει να επιδιωχθεί στις ιδιωτικές γεωτρήσεις. Εφόσον υπάρχει μέτρηση χρήσης του νερού πρέπει να σχεδιασθεί αύξηση της τιμής για τη χρήση. Επιπλέον, σε κρίσιμες περιόδους λειψυδρίας πρέπει να εξετασθεί η πλήρης απαγόρευση της χρήσης των ιδιωτικών γεωτρήσεων σε ορισμένες περιοχές.

- **Μείωση ή/και καθυστέρηση καταβολής φόρων των πληγέντων·**

  Σχετικά με το θεσμικό πλαίσιο για τη μείωση/ καθυστέρηση καταβολής φόρου από τους πληγέντες παρατηρείται έλλειψη γενικών διατάξεων νόμων που να προνοούν για αυτό το θέμα.

  Μόνο σε ειδικές περιπτώσεις (Σεισμός στην Αττική το 1999, πυρκαγιές στην Ηλεία το 2007), η οποίες δε σχετίζονται με ακραία καιρικά φαινόμενα, υπήρχαν εκ των υστέρων νομοθετικές ρυθμίσεις (άρθρο 18 Ν.2768/1999) ή πράξεις νομοθετικού περιεχομένου (ΦΕΚ 205/Α'/ 29.08.2007) που προέβλεπαν απαλλαγές ή καθυστέρηση καταβολής φόρου από τους πληγέντες.

  Η θεσμοθέτηση ενός τέτοιου μέτρου που να προβλέπει είτε τη μείωση- απαλλαγή από συγκριμένους φόρους είτε την καθυστέρηση καταβολής αυτών, θα μπορούσε να λειτουργήσει τόσο συμπληρωματικά ή ακόμα και να υποκαταστήσει προαναφερθέντα μέτρα (όπως αποζημιώσεις σε περιορισθείσες δραστηριότητες, αποζημίωση αγροτικών παραγωγών).

- **Εκπαίδευση στην εξοικονόμηση χρήσης νερού·**

  Η εκπαίδευση στην εξοικονόμηση νερού λειτουργεί ιδιαίτερα αποτελεσματικά σε συνέργεια με άλλα μέτρα, ιδίως στην κατεύθυνση κινήτρων και αντικινήτρων. Επιπλέον, η χρήση πολλαπλών μορφών εκπαίδευσης και επηρεασμού του νερού θα επιτύχει τη μεγιστοποίηση της αποτελεσματικότητας με ανταπόκριση από περισσότερες ομάδες – στόχο, άρα από μεγαλύτερο τμήμα του πληθυσμού. Τα

μέσα εκπαίδευσης που μπορούν να χρησιμοποιηθούν εναλλακτικά αλλά και παράλληλα περιλαμβάνουν:

- ✓ Ενημερωτικά σεμινάρια/ημερίδες/ομιλίες από ειδικούς επιστήμονες για το φαινόμενο της λειψυδρίας και την αντιμετώπισή της.
  - ➢ Ειδικές εκδηλώσεις σε σχολεία
  - ➢ Ειδικά σεμινάρια σε αρμόδιους φορείς
  - ➢ Ειδικά σεμινάρια σε μεγάλους καταναλωτές (γεωργία, έμποροι, δημόσιες χρήσεις κτλ.)
  - ➢ Ευρύ κοινό
- ✓ Χρήση εντύπων (αφίσες, φυλλάδια κτλ.)
  - ➢ Αποστολή μέσω του λογαριασμού ύδρευσης
  - ➢ Διάθεση από την Τοπική Αυτοδιοίκηση
  - ➢ Διάθεση από ΚΕΠ
- ✓ Χρήση διαδικτύου
  - ➢ Αποτίμηση της γνώμης/γνώσης των κατοίκων με τη συμπλήρωση αναρτημένου σχετικού ερωτηματολογίου
  - ➢ Διαδραστική ιστοσελίδα (εκπαίδευσης & ενημέρωσης για την ορθή διαχείριση του νερού σε περιπτώσεις λειψυδρίας)
- ✓ Χρήση ΜΜΕ
  - ➢ Διαφήμιση στην τηλεόραση
  - ➢ Ραδιόφωνο (σποτ & ενημερωτικές εκπομπές)

- **Αντιμετώπιση της διάβρωσης των εδαφών και της υφαλμύρινσης των υπογείων νερών**

  Η υφαλμύρινση του ηπειρωτικού τμήματος ενός ΥΥΣ οφείλεται σε γεωλογικού λόγους. Η υπεράντληση του υπόγειου υδάτινου δυναμικού ενός τέτοιου συστήματος ενδέχεται να επιδεινώσει την αλμυρότητα αυτού.

  Η υφαλμύρινση του παράκτιου τμήματος ενός ΥΥΣ οφείλεται στην υπεράντληση, η οποία έχει ως αποτέλεσμα την διείσδυση της θάλασσας. Στις περιοχές αυτές διακρίνονται τρεις ζώνες: η ζώνη του "καθαρού νερού" που συναντάται στο ηπειρωτικό τμήμα του συστήματος, η ζώνη ανάμειξης γλυκού-αλμυρού νερού και η ζώνη υφαλμύρινσης. Τα ειδικά μέτρα που προτείνονται για τις περιοχές αυτές είναι:

  ΜΈΤΡΟ ΕΜ05-1:

  α) η λήψη περιοριστικών ή/και απαγορευτικών μέτρων κατασκευής νέων υδροληπτικών έργων και λειτουργίας παλαιών (ενδεικτικά αναφέρεται: περιορισμός χρόνου άντλησης, καθορισμός μέγιστης αντλούμενης ποσότητας, καθορισμός κρίσιμης παροχής άντλησης, ανύψωση της αντλίας σε μικρότερο βάθος, καθορισμός ελάχιστης απόστασης γεωτρήσεων)

  β) ο συστηματικός έλεγχος των όρων που περιλαμβάνονται στην άδεια απόληψης και η εφαρμογή κυρώσεων σε περίπτωση μη τήρησης (μέτρο ΕΜ08-1)

  Τα παραπάνω μέτρα πρέπει να λαμβάνονται στα στάδια προειδοποίησης ξηρασίας - Συναγερμού - Έκτακτης ανάγκης

  γ) η λήψη μέτρων αποκατάστασης της ποιοτικής κατάστασης του συστήματος εφόσον έχει επέλθει επιδείνωση (υποχώρηση του μετώπου υφαλμύρινσης ή ανάμειξης προς το εσωτερικό τμήμα του συστήματος) του φαινομένου υφαλμύρινσης. Ενδεικτικά αναφέρεται: η δημιουργία υδραυλικού υβώματος με την εισπίεση νερού επιφανειακών χειμερινών απορροών ή επεξεργασμένων υδάτων, η κατασκευή στεγανού διαφράγματος σε επιλεγμένες θέσεις σε κοίτες ρεμάτων με πλημμυρική απορροή, χρονική επέκταση των περιοριστικών/απαγορευτικών μέτρων που έχουν ήδη ληφθεί, κ.λπ..

Τα έκτατα μέτρα που προτείνονται για την αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών, οικονομικών και κοινωνικών επιπτώσεων από την λειψυδρία και την ξηρασία στο ΥΔ 10 παρουσιάζονται στον παρακάτω Πίνακα 8-4

Πίνακας 8-4:Ειδικά μέτρα για την αντιμετώπιση της λειψυδρίας σε περιόδους ξηρασίας

Κατηγορία Μέτρου	Κωδικός	Ονομασία μέτρου	Περιγραφή μέτρου	Κατάσταση ξηρασίας	Κατηγορίες μέτρων αντιμετώπισης
Νομοθετικά Μέτρα	EM01-1	Αύξηση των προστίμων που επιβάλλονται σε περίπτωση απόρριψης αποβλήτων ανεπαρκώς επεξεργασμένων	Το ύψος των επιβαλλόμενων προστίμων θα είναι τέτοιο ώστε να λειτουργεί αποτρεπτικά στην διοχέτευση μη επεξεργασμένων ή πλημμελώς επεξεργασμένων αποβλήτων στον αποδέκτη. Σε περιόδους ξηρασίας\ λειψυδρίας η εφαρμογή του μέτρου πρέπει να εντατικοποιείται σε ΥΣ τα αποθέματα των οποίων κινδυνεύουν να γίνουν μη αξιοποιήσιμα λόγω της αύξησης των συγκεντρώσεων των ρύπων, η οποία επιτείνεται από την ξηρασία. Συνεπώς προκειμένου να αυξηθεί η αποτελεσματικότητα του μέτρου θα πρέπει να συνοδεύεται από ανάλογη αύξηση των προστίμων.	Συναγερμός	Επιχειρησιακά μέτρα
Διοικητικά Μέτρα	EM02-1	Χορήγηση παρεκκλίσεων σύμφωνα με την υπ' αριθμ. Υ2/2600/2001 κοινή υπουργική απόφαση για την «ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης».	Υπό συνθήκες είναι δυνατόν να χρησιμοποιείται υπόγειο νερό προς ύδρευση με περιεκτικότητα ιχνοστοιχείων μεγαλύτερη του ορίου ποσιμότητας όπως αυτή ορίζεται στο ΦΕΚ 892Β'/11.07.2001. Σε αυτές τις περιπτώσεις απαιτείται έκδοση ΚΥΑ μέσω της οποίας επιτρέπεται η χρήση του υπόψη νερού προς ύδρευσης για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα εντός του οποίου θα ληφθούν όλα τα απαιτούμενα μέτρα για την αντιμετώπιση του προβλήματος (σύνταξη ειδικής υδρογεωλογικής - υδροχημικής μελέτης, για την οριοθέτηση ζωνών επικινδυνότητας, απαγόρευση λειτουργίας ή ανόρυξης νέων γεωτρήσεων, μέτρα ανάμειξης ή καθαρισμός του νερού, κ.λπ.). Σε περιόδους ξηρασίας\ λειψυδρίας η συγκέντρωση των προαναφερόμενων ιχνοστοιχείων σε ορισμένα ΥΥΣ είναι δυνατό να αυξηθεί λόγω της μείωσης των αποθεμάτων τους. Αυτά τα ΥΥΣ πρέπει να ταυτοποιηθούν και να γίνει έλεγχος για την το αν πληρούν τις απαραίτητες προυποθέσεις, σύμφωνα με την υπ' αριθμ. Υ2/2600/2001 κοινή υπουργική απόφαση, για τη χορήγηση παρεκκλίσεων	Έκτακτη Ανάγκη	Επιχειρησιακά μέτρα
Διοικητικά Μέτρα	EM02-2	Ενεργοποίηση Υπηρεσίας Ξηρασίας	Η Υπηρεσία Ξηρασίας θα έχει την τελική ευθύνη για την εφαρμογή του προγράμματος αντιμετώπισης λειψυδρίας καθώς και την δραστηριοποίηση και τον συντονισμό των υπόλοιπων υπηρεσιών που μπορούν να συμβάλουν σε φαινόμενα λειψυδρίας. Η ενεργοποίηση της Υπηρεσίας θα γίνεται με τα πρώτες ενδείξεις ξηρασίας και η απενεργοποίησή της μετά από την πάροδο του φαινομένου και την αποκατάσταση των δομών που επηρεάστηκαν.	Προειδοποίηση ξηρασίας\Συναγερμός\Έκτακτη Ανάγκη\ Τέλος ξηρασίας	Οργανωτικά μέτρα

Κατηγορία Μέτρου	Κωδικός	Ονομασία μέτρου	Περιγραφή μέτρου	Κατάσταση ξηρασίας	Κατηγορίες μέτρων αντιμετώπισης
Έλεγχοι εκπομπής ρύπων	EM05-1	Λήψη περιοριστικών μέτρων στις περιοχές ΥΥΣ που παρουσιάζουν κακή ποιοτική κατάσταση λόγω υφαλμύρινσης. Ορισμός ζωνών περιορισμού κατασκευής νέων υδροληπτικών έργων υπόγειων νερών και επέκτασης αδειών υφισταμένων χρήσεων.	Στα παράκτια ΥΥΣ που έχει προσδιορισθεί ότι βρίσκονται σε κακή ποιοτική κατάσταση λόγω υφαλμύρινσης που προέρχεται από ανθρώπινες πιέσεις (υπεραντλήσεις) λαμβάνονται περιοριστικά μέτρα για την κατασκευή νέων υδροληπτικών έργων (γεωτρήσεις, πηγάδια) υπόγειων νερών καθώς και για την επέκταση των αδειών υφιστάμενων χρήσεων. Οι ανωτέρω περιορισμοί αποσκοπούν στον περιορισμό της επέκτασης της υφαλμύρινσης στα παράκτια συστήματα. Στις περιπτώσεις των παράκτιων καρστικών συστημάτων με εκτεταμένη φυσική υφαλμύρινση, μέσω των κανονιστικών αποφάσεων, οι ζώνες περιορισμού αυτές μπορούν να επεκταθούν περαιτέρω με ευθύνη των Διευθύνσεων Υδάτων δεδομένου ότι αφορούν το υπό εκμετάλλευση υπόγειο σύστημα και όχι τη χωρική και μόνο θέση του πιθανού νέου υδροληπτικού έργου. Οι ζώνες με περιορισμούς ή απαγορεύσεις υδροληπτικών έργων θα καθορισθούν από Ειδική Υδρογεωλογική μελέτη. Από την απαγόρευση εξαιρούνται οι ειδικές περιπτώσεις που αφορούν, με προτεραιότητα, στην εκτέλεση έργων για ύδρευση με χρήση πόσιμου ύδατος καθώς και άλλες ειδικές περιπτώσεις όπως π.χ. γεωτρήσεις ιχθυοκαλλιεργειών, πηγάδια άντλησης νερού για εργοστάσια αφαλάτωσης κ.α. Στις περιπτώσεις αυτές, η αδειοδότηση γίνεται μετά την υποβολή τεκμηριωμένης υδρογεωλογικής μελέτης που θα εξετάζεται και θα εγκρίνεται από τις αρμόδιες Διευθύνσεις Υδάτων. Οι προδιαγραφές για τις προαναφερθείσες υδρογεωλογικές μελέτες θα καθοριστούν από τις συναρμόδιες αρχές υπό το συντονισμό της ΕΓΥ. Σε περιόδους ξηρασίας\ λειψυδρίας αναμένεται επιδύνωση φαινομένων υφαλμύρινσης ΥΥΣ, συνεπώς η ανάγκη για την αναγνώριση αυτών και την προστασία τους είναι επιτακτική.	Προειτδοποίηση ξηρασίας	Προληπτικά και στρατηγικά μέτρα
Ανασύσταση και αποκατάσταση περιοχών υγροτόπων	EM07-1	Αποκατάσταση υγροτόπων	Η μείωση των διαθέσιμων αποθεμάτων νερού σε περίοδο ξηρασίας, η οποία επιτείνεται από τις απολήψεις νερού για ανθρώπινες δραστηριότητες, αναμένεται να έχει αρνητικές συνέπειες σε υγρότοπους. Μετά από τη λήξη του φαινομένου της ξηρασίας θα πρέπει να ληφθούν μέτρ για την εαπαναφορά αυτών στην προηγούμενη κατάσταση.	Τέλος ξηρασίας	Μέτρα αποκατάστασης

Κατηγορία Μέτρου	Κωδικός	Ονομασία μέτρου	Περιγραφή μέτρου	Κατάσταση ξηρασίας	Κατηγορίες μέτρων αντιμετώπισης
Έλεγχος απολήψεων	EM08-1	Συστηματικός έλεγχος τήρησης των όρων των αδειών απόληψης νερού στην φάση έκδοσης της άδειας, κατασκευής και λειτουργίας του έργου	Εντατικοποίηση ελέγχων για α) τις δηλούμενες ανάγκες και τους σκοπούς της απόληψης, β) τα υφιστάμενα υδροληπτικά έργα και την απόστασή τους από το αιτούμενο προς αδειοδότηση, γ) τη θέση του αιτούμενου νέου έργου σε σχέση με το φυσικό και δομημένο περιβάλλον της περιοχής, δ) την τήρηση των όρων της άδειας σε ότι αφορά τις προδιαγραφές κατασκευής του έργου, ε) τον εξοπλισμό του έργου με τα κατάλληλα όργανα παρακολούθησης και ελέγχου λειτουργίας, στ) την τήρηση των όρων λειτουργίας, ώρες και αντλούμενοι όγκοι νερού, ζ) την παρακολούθηση τυχόν μεταβολών όπως π.χ. στην χημισμό του υπόγειου νερού. Επί τόπου επιθεωρήσεις σε αδειοδοτημένες απολήψεις τουλάχιστον 2 φορές το χρόνο και εφαρμογή των προβλεπόμενων κυρώσεων σε περιπτώσεις παραβάσεων. Σε περιόδους ξηρασίας\ λειψυδρίας τέτοιους είδους ελέγχοι πρέπει να εντατικοποιούνται.	Συναγερμός	Μέτρα ελέγχου / παρακολούθησης
Μέτρα αποτελεσματικότητας και επαναχρησιμοποίησης	EM10-1	Αξιοποίηση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για συμπληρωματικές χρήσεις	Αξιοποίηση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για συμπληρωματικές χρήσεις (άρδευση, βιομηχανία, πράσινο).Σε περιόδους ξηρασίας\ λειψυδρίας η εφαρμογή του μέτρου πρέπει να εντατικοποιείται	Συναγερμός	Επιχειρησιακά μέτρα
Μέτρα αποτελεσματικότητας και επαναχρησιμοποίησης	EM10-2	Αξιοποίηση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για συμπληρωματικές χρήσεις (άρδευση, βιομηχανία, πράσινο)	Προώθηση της αξιοποίησης και επαναχρησιμοποίησης των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων από ΕΕΛ και από Μονάδες Καθαρισμού Βιομηχανικών Αποβλήτων με στόχο τη μείωση του όγκου των υγρών αποβλήτων που απορρίπτονται στον αποδέκτη και ταυτόχρονη κάλυψη αναγκών σε νερό για συμπληρωματικές χρήσεις. Για το σκοπό αυτό θα πρέπει να γίνει εκπόνηση των αναγκαίων μελετών και κατασκευή των απαραίτητων έργων Σε περιόδους ξηρασίας\ λειψυδρίας η εφαρμογή του μέτρου πρέπει να εντατικοποιείται	Συναγερμός	Επιχειρησιακά μέτρα
Εκπαιδευτικά μέτρα	EM15-1	Ενημέρωση και ευαισθητοποίηση του κοινού σε θέματα νερού	Προτείνεται η διαρκής εκστρατεία ενημέρωσης των καταναλωτών και η έμφαση στη σημασία της ορθολογικής διαχείρισης του πόρου και η συνεχής ενημέρωση των χρηστών νερού και του κοινού για τις τρέχουσες κάθε φορά συνθήκες του ισοζυγίου ύδατος στην περιοχή και την αναγκαιότητα των μέτρων που τίθενται κάθε φορά σε ισχύ. Σε περιόδους ξηρασίας\ λειψυδρίας η εφαρμογή του μέτρου πρέπει να εντατικοποιείται	Προειδοποίηση ξηρασίας\Συναγερμός\Έκτακτη Ανάγκη	Επιχειρησιακά μέτρα
Εκπαιδευτικά μέτρα	EM15-2	Ενίσχυση δράσεων περιβαλλοντικών προγραμμάτων στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση	Τα εκπαιδευτικά προγράμματα σε σχολεία έχουν διπλή σκοπιμότητα, καθώς από τη μια άμεσος στόχος είναι η μεταφορά μηνυμάτων - τρόπων εξοικονόμησης νερού στο σπίτι - προστασία υδάτων από την ρύπανση και από την άλλη μακροπρόθεσμος στόχος είναι η σταδιακή αλλαγή στη νοοτροπία των αυριανών πολιτών όσον αφορά στη σωστή χρήση του νερού. Θα πρέπει να γίνονται μέσα στην τάξη και από	Προειδοποίηση ξηρασίας\Συναγερμός\Έκτακτη Ανάγκη	Επιχειρησιακά μέτρα

Κατηγορία Μέτρου	Κωδικός	Ονομασία μέτρου	Περιγραφή μέτρου	Κατάσταση ξηρασίας	Κατηγορίες μέτρων αντιμετώπισης
			τους ίδιους τους εκπαιδευτικούς κάθε τάξης εφόσον έχει προετοιμαστεί κατάλληλο εκπαιδευτικό υλικό. Σε περιόδους ξηρασίας\ λειψυδρίας η εφαρμογή του μέτρου πρέπει να εντατικοποιείται		
Εκπαιδευτικά μέτρα	ΕΜ15-3	Οργάνωση ενημερωτικών ημερίδων	Πραγματοποίηση ημερίδων για την ευαισθητοποίηση του κοινού σε σχέση με την αποδοτική χρήση του νερού, την αποτροπή της ρύπανσης που προκαλείται από διάφορες δραστηριότητες και την προώθηση της χρήσης του ανακυκλωμένου νερού. Σε περιόδους ξηρασίας\ λειψυδρίας η εφαρμογή του μέτρου πρέπει να εντατικοποιείται	Προειδοποίηση ξηρασίας\Συναγερμός\Έκτακτη Ανάγκη	Προληπτικά και στρατηγικά μέτρα
Εκπαιδευτικά μέτρα	ΕΜ15-4	Ενίσχυση δράσεων εκπαίδευσης και ευαισθητοποίησης	Συγκεκριμένα πρέπει να ενισχυθεί η ευαισθητοποίηση των νέων αλλά και των κατοίκων γενικότερα σε θέματα που αφορούν στο περιβάλλον, έτσι ώστε να αναπτυχθούν στάσεις και συμμετοχικές συμπεριφορές που θα συμβάλλουν στην προστασία της οικολογικής ισορροπίας και της ποιότητας ζωής και θα εξασφαλίζουν την βιώσιμη ανάπτυξη. Προς αυτή την κατεύθυνσή προτείνεται η παραγωγή εκπαιδευτικού ενημερωτικού υλικού (έντυπου, οπτικοακουστικού κ.α.) η εφαρμογή πιλοτικών προγραμμάτων-οδηγών για τα σχολεία αλλά και η ενίσχυση της οργάνωσης και πραγματοποίησης επιμορφωτικών σεμιναρίων για τους εκπαιδευτικούς. Παράλληλα θεωρείται κρίσιμη η ανάπτυξη επιμορφωτικών προγραμμάτων για ενήλικες σε συνεργασία με άλλους κυβερνητικούς και μη-κυβερνητικούς φορείς. Σε περιόδους ξηρασίας\ λειψυδρίας η εφαρμογή του μέτρου πρέπει να εντατικοποιείται	Προειδοποίηση ξηρασίας\Συναγερμός\Έκτακτη Ανάγκη	Επιχειρησιακά μέτρα
Μέτρα αποτελεσματικότητας και επαναχρησιμοποίησης	ΕΜ10-3	Πρόγραμμα Επιδοτήσεων / Κινήτρων για την Ανακύκλωση Ημιακάθαρτων Νερών	Προτείνεται η έναρξη προγράμματος επιδότησης εγκατάστασης συστημάτων ανακύκλωσης ημιακάθαρτου νερού κυρίως σε κατοικίες, στρατόπεδα, σχολεία, γήπεδα και ξενοδοχεία με στόχο την άρδευση κήπων, αλλά και τη χρήση στις τουαλέτες. Σε περιόδους ξηρασίας\ λειψυδρίας η εφαρμογή του μέτρου πρέπει να εντατικοποιείται	Προειδοποίηση ξηρασίας	Επιχειρησιακά μέτρα
Έργα έρευνας, ανάπτυξης και επίδειξης (βέλτιστων πρακτικών)	ΕΜ16-1	Διερεύνηση εναλλακτικών πηγών υδροληψίας για την αντικατάσταση των έργων αξιοποίησης υπογείων υδάτων σε ΥΥΣ που βρίσκονται σε κακή ποσοτική κατάσταση	Στα υπόγεια υδατικά συστήματα που βρίσκονται σε κακή ποσοτική κατάσταση θα πρέπει να προωθηθούν κατά προτεραιότητα μελέτες και έργα αντικατάστασης των υφιστάμενων υδροληψιών που προκαλούν υπερεκμετάλλευση. Σε περιόδους ξηρασίας\ λειψυδρίας και εφόσον έχουν ολοκληρωθεί οι σχετικές μελέτες (βλ. και μέτρο ΣΜ16-5), θα πρέπει να προωθείται η κάλυψη αναγκών σε νερό από εναλλακτικές πηγές	Συναγερμός	Επιχειρησιακά μέτρα

9. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΠΗΓΩΝ ΧΡΗΣΕΩΝ ΝΕΡΟΥ

9.1. ΓΕΝΙΚΗ ΘΕΩΡΗΣΗ

Ο προσδιορισμός εναλλακτικών πηγών χρήσεων νερού ουσιαστικά αφορά σε μέτρα για την αντιμετώπιση φαινομένων ξηρασίας \ λειψυδρίας.

Σε περιόδους ξηρασίας είναι δυνατή η απόληψη ποσοτήτων νερού από ένα υδατικό σύστημα με ταυτόχρονη υποβάθμιση της ποιότητάς του, χωρίς αυτό να αποτελεί παραβίαση των στόχων της Οδηγίας. Προκειμένου να ισχύει η παραπάνω πρόταση πρέπει να ισχύουν όσα ορίζονται στην παρ. 6 του Άρθρου 4 της Οδηγίας. Έχοντας αυτό υπόψη μπορούν να αναζητηθούν ως εναλλακτικές πηγές νερού:

- Αξιοποίηση στρατηγικών αποθεμάτων [2]ταμιευτήρων και υδροφορέων
- Αφαλάτωση
- Χρήση άλλων αναξιοποίητων εως τώρα πηγών υδροληψίας με νέα έργα
- Μεταφορά νερού από άλλες περιοχές με επάρκεια αποθεμάτων.

Η εξεύρεση εναλλακτικών πηγών νερού για την ικανοποίηση βασικών αναγκών και τη διατήρηση της κοινωνικοοικονομικής ευημερίας σε αποδεκτά επίπεδα πρέπει να εντάσσεται σε μια ευρύτερη πολιτική ολοκληρωμένης διαχείρισης των υδατικών πόρων και επ' ουδενί πρέπει να αντικαταστήσει τις προσπάθειες για συλλογή του βρόχινου νερού, τον περιορισμό των διαρροών από το δίκτυο ύδρευσης και την ορθολογική χρήση νερού στα νοικοκυριά, την εξοικονόμηση νερού στη βιομηχανία και την επιλογή κατάλληλων καλλιεργειών και τεχνικών άρδευσης στην αγροτική παραγωγή, ώστε να γίνεται η μέγιστη εξοικονόμηση νερού.

9.2. ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΑ ΝΕΡΑ

Οι εναλλακτικές πηγές λήψης επιφανειακού νερού σε εκτεταμένα φαινόμενα λειψυδρίας μπορούν να είναι:

1. Εκμετάλλευση στρατηγικών αποθεμάτων

Στρατηγικά αποθέματα που αφορούν σε επιφανειακά υδατικά συστήματα εντοπίζονται στους μεγάλους ταμιευτήρες του γειτονικού υδατικού διαμερίσματος Δυτικής Μακεδονίας και ειδικότερα στον Πολύφυτο και τον Ιλαρίωνα. Με δεδομένο ότι ο ταμιευτήρας του Ιλαρίωνα με ωφέλιμο όγκο 392,5 hm^3, είναι νέος και δεν έχει τεθεί σε πλήρη λειτουργία δεν έχουν εκτιμηθεί τα στρατηγικά του αποθέματα. Έτσι, το κύριο βάρος κάλυψης υδατικών αναγκών σε περίπτωση λειψυδρίας – ξηρασίας επικεντρώνεται σήμερα στην εκμετάλλευση των στρατηγικών αποθεμάτων του ταμιευτήρα Πολύφυτου.

Σύμφωνα με επικοινωνία με τη ΔΕΗ ΑΕ τα στρατηγικά αποθέματα του ταμιευτήρα Πολύφυτου ορίζονται στο +278m που είναι η κατώτατη στάθμη άντλησης για την τροφοδοσία των ΑΗΣ της Πτολεμαΐδας. Ο όγκος νερού πάνω από αυτή τη στάθμη έως και την Κανονική Στάθμη Λειτουργίας (+291m) εκτιμάται από την Καμπύλη Στάθμης–Όγκου–Επιφάνειας σε 1 100 hm^3 περίπου και σε κανονικά υδρολογικά έτη εξασφαλίζει την απρόσκοπτη λειτουργία των ΑΗΣ Πτολεμαΐδας. Σε περιόδους λειψυδρίας η ιεράρχηση της κάλυψης των υδρευτικών αναγκών είναι η παρακάτω:

- ✓ Ύδρευση
- ✓ Οικολογική παροχή
- ✓ Παραγωγή ενέργειας από ΑΗΣ
- ✓ Άρδευση
- ✓ Παραγωγή ενέργειας από ΥΗΣ

[2] Μόνιμα αποθέματα ενός Υ.Σ., τα οποία αποτελούν τα αποθέματα ασφαλείας σε περίπτωση λειψυδρίας ή άμεσης ανάγκης.

Έτσι πρώτα διακόπτεται η παραγωγή ενέργειας από ΥΗΣ, μετά της άρδευσης και τέλος της παραγωγής ενέργειας από ΑΗΣ. Μετά από αυτή τη κρίσιμη διακοπή ο όγκος νερού κάτω από τη στάθμη των +278m που εκτιμάται από την Καμπύλη Στάθμης–Όγκου–Επιφάνειας σε 900 hm^3, θα πρέπει να εξασφαλίζει κατά΄ προτεραιότητα τις ανάγκες ύδρευσης και μετά για την οικολογική παροχή, η οποία σε ακραία φαινόμενα λειψυδρίας θα πρέπει να επανεκτιμηθεί με την βασική προϋπόθεση βέβαια ότι η προσωρινή μείωσή της δεν θα υπονομεύσει την απόκατασταση της ποιότητας του υδατικού συστήματος μετά τη λήξη της ξηρασίας.

2. Επανακαθορισμός των χρήσεων νερού σε σημαντικούς ταμιευτήρες.

Στο ΥΔ10 δε λειτουργεί σημαντικός αριθμός ταμιευτήρων με μεγάλη χωρητικότητα και η κατάσταση αυτή δεν αναμένεται να αλλάξει σε σημαντικό βαθμό στο μέλλον, βάσει των προγραμματισμένων έργων. Τα σημαντικότερα έργα ταμίευσης που πρόκειται να κατασκευαστούν στο ΥΔ 10 αφορούν στα φράγματα Χαβρία και Πετρένια στη ΛΑΠ Χαλκιδικής. Τα ανωτέρω φράγματα θα είναι πολλαπλού σκοπού (ύδρευση, άρδευση) και η κατασκευή τους αναμένεται μειώσει την τρωτότητα της περιοχής σε λειψυδρία. Το σύνολο αυτών των ταμιευτήρων θα πρέπει να αξιολογηθεί έτσι ώστε σε ακραία φαινόμενα ξηρασίας να συμμετέχει σε ένα ευρύ δίκτυο κάλυψης υδρευτικών κυρίως αναγκών για την αντιμετώπιση των επιπτώσεων της λειψυδρίας. Έτσι, σε ακραία φαινόμενα λειψυδρίας θα πρέπει σε φράγματα που έχουν άδεια χρήσης νερού μόνο για άρδευση να επανεξεταθεί η άδεια χρήσης ώστα να χρησιμοποιηθούν και για ύδρευση. Επίσης, σε φράγματα πολλαπλού σκοπού (ύδρευσης, άρδευσης, κλπ) θα πρέπει να καθορισθεί η κατανομή των χρήσεων με κύρια προτεραιότητα την ύδρευση. Τέλος, σε περιοχές με υψηλό δείκτη λειψυδρίας όπως η ΛΑΠ Χαλκιδικής και η ΛΑΠ Γαλλικού θα πρέπει στα μελλοντικά έργα να λαμβάνεται υπόψη κατά το σχεδιασμό και αδειοδότηση του έργου και η χρήση του νερού για ύδρευση. Σημειώνεται ότι τα ταχυδιυλιστήρια που προβλέπονται ήδη σε περιπτώσεις φραγμάτων πολλαπλού σκοπού έχουν περιθώριο μικρής αύξησης του υδραυλικού φορτίου ενώ για μικρούς οικισμούς είναι δυνατό να εξασφαλιστεί εκτάκτως η επεξεργασία της απαραίτητης ποσότητας νερού σε μικρές φορητές μονάδες.

Μέσα σε αυτά τα πλαίσια θα πρέπει να αναθεωρηθεί και η θεσμοθετημένη οικολογική παροχή του κάθε ταμιευτήρα για τις περιπτώσεις ξηρασίας συνεκτιμώντας την προτεραιότητα εξυπηρέτησης των βασικών ανθρώπινων αναγκών, με την βασική προϋπόθεση όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω ότι η αναθεώρηση αυτή δεν θα υπονομεύσει την απόκατασταση της ποιότητας του υδατικού συστήματος μετά τη λήξη της ξηρασίας.

3. Χρήση νερού από βιολογικούς καθαρισμούς

Σε περίπτωση ξηρασίας θα πρέπει να ληφθεί πρόνοια για την επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων λυμάτων της ΕΕΛ Θεσσαλονίκης και άλλων ΕΕΛ του ΥΔ, ιδίως όπιου προβλέπεται ήδη τριτοβάθμια επεξεργασία ή είναι δυνατόν να εξασφαλιστεί αυτή με μικρές επεμβάσεις στη μονάδα και τελική απολύμανση. Σκοπός της επαναχρησιμοποίησης θα είναι κυρίως η άρδευση ή η κάλυψη δευτερευόντων χρήσεων νερού, στα πλαίσια πάντα του θεσμικού πλαισίου.

Προς αυτή την κατεύθυνση υπάρχουν εγγεκριμένοι περιβαλλοντικοί όροι (ΚΥΑ ΑΠ οικ.198531 από 20/4/2011) σχετικά με τη διάθεση επεξεργασμένων νερού από την ΕΕΛΘ για άρδευση γεωργικών καλλιεργειών στην πεδιάδα Χαλάστρας-Καλοχωρίου για το 2012 και ετοιμότητα της ΕΥΑΘ σχετικά με τη διάθεση επεξεργασμένων νερού όταν της ζητηθεί.

4. Μονάδες αφαλάτωσης

Σύμφωνα με την διεθνή πρακτική η αφαλάτωση είναι μία από τις μεθόδους που εφαρμόζονται για να λύσουν επείγοντα προβλήματα έλλειψης νερού, ζυγίζοντας αυτά με τις όποιες επιπτώσεις επιφέρει η αφαλάτωση. Η αφαλάτωση είναι μια μέθοδος που μπορεί να προσφέρει ικανοποιητική ποιότητα και ποσότητα πόσιμου νερού, ανεξάρτητα από το κλίμα της περιοχής. Ωστόσο, επειδή είναι μια πολυδάπανη, ενεργοβόρα και περιβαλλοντικά επιβαρύνουσα λύση, συνιστάται ως συμπληρωματική πηγή νερού όπου δεν υπάρχει άλλη λύση για το υδατικό πρόβλημα.

Εξετάζοντας τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις μιας μονάδας αφαλάτωσης αυτές μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε:

- επιπτώσεις από την χρήση της ενέργειας και
- επιπτώσεις από την απόρριψη της άλμης

Η αφαλάτωση στην Ελλάδα, θα μπορούσε να αποτελέσει μια βιώσιμη λύση για το πρόβλημα της λειψυδρίας στοχεύοντας κυρίως στα νησιά του Αιγαίου και στα πολύ ξηρά νησιά των Κυκλάδων, όπου το κόστος του μεταφερόμενου νερού είναι πολύ υψηλό. Στην περιοχή μελέτης, η αφαλάτωση αποτελεί μια εναλλακτική πηγή νερού για την αντιμετώπιση λειψυδρίας, μόνο για τις παραλιακές περιοχές της ΛΑΠ Χαλκιδικής, όπου κατά το θέρος εμφανίζονται σημαντικές αιχμές ζήτησης λόγω του ιδιαίτερα αυξημένου αριθμού τουριστών.

Δεν προτείνεται για ευρεία χρήση λόγω της δυνατότητας κάλυψης έκτακτων αναγκών από τα υδατικά αποθέματα των υπόγειων και επιφανειών υδατικών συστημάτων της περιοχής.

9.3. ΥΠΟΓΕΙΑ ΝΕΡΑ

Ως «στρατηγικά» αποθέματα αναφέρονται τα μόνιμα αποθέματα ενός Υ.Υ.Σ. τα οποία αποτελούν τα αποθέματα ασφαλείας σε περίπτωση λυψειδρίας ή άμεσης ανάγκης από άλλο φυσικό φαινόμενο. Οι εναλλακτικές λύσεις που διερευνώνται είναι :

- ο τεχνητός εμπλουτισμός του υπόγειου υδροφορέα με νερό το οποίο έχει δεχθεί επεξεργασία ή νερό από επιφανειακό σύστημα. Η λύση αυτή έχει τοπικά χαρακτήρα και είναι χρονοβόρο καθώς απαιτείται η διερεύνηση των χαρακτηριστικών του υδροφορέα και ο έλεγχος της χημείας του εισπιεζόμενου νερού.
- η ανόρυξη νέων υδρογεωτρήσεων
- ο επανασχεδιασμός της κατανομής ανά χρήση του υπόγειου νερού ανάλογα με τις ανάγκες και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του υδροφορέα.

Παρακάτω εξετάζεται η δυνατότητα αύξησης των απολήψεων ανά ΥΥΣ σε περίοδο λειψυδρίας.

Υπόγεια υδατικά συστήματα που παρέχουν τη δυνατότητα για περαιτέρω εκμετάλλευση σε κατάσταση λειψυδρίας είναι:

α) αυτά που παρουσιάζουν θετικό ισοζύγιο, με σημαντική διαφορά μεταξύ της ανανεώσιμης και της απολήψιμης ποσότητας.

β) αυτά τα οποία παρουσιάζουν οριακά θετικό ισοζύγιο, ενεργοποιώντας το άρθρο 4, παράγραφος 6 της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ.

γ) αυτά τα οποία παρουσιάζουν ήδη κακή ποσοτική ή/και ποιοτική υποβάθμιση, ενεργοποιώντας το άρθρο 4, παράγραφος 6 της οδηγίας 2000/60/ΕΚ.

δ) αυτά στα οποία δεν επιτρέπεται περαιτέρω απόληψη υπογείων υδάτων

ε) τα δευτερεύοντα συστήματα.

Επισημαίνεται ότι για τον ακριβή καθορισμό των περιοχών ανόρυξης νέων υδρογεωτρήσων απαιτείται η σύνταξη υδρογεωλογικής / υδροχημικής μελέτης έτσι ώστε να επιλεγεί η βέλτιστη, από τεχνική και οικονομική άποψη, περιοχή ανόρυξης νέων υδρογεωτρήσεων.

Από την αξιολόγηση των υφιστάμενων στοιχείων (παραδοτέο Π.1.10) προκύπτει ότι τα ΥΥΣ του ΥΔ GR10 που παρέχουν τη δυνατότητα για περαιτέρω εκμετάλλευση του υπόγειου δυναμικού είναι:

α) Υπόγεια Υδατικά Συστήματα με θετικό ισοζύγιο, καλή ποιοτική και ποσοτική κατάσταση

Στην κατηγορία αυτή εντάσσεται το ΥΥΣ GR1000020, καρστικό Πάικου, όπου οι ανανεώσιμες ποσότητες (ΙΓΜΕ, Καλούση & Πρατανόπουλος, 2010) είναι της τάξης των 95x10^{6}m^3/έτος και οι, συνολικά, αντλούμενες ποσότητες είναι της τάξης των 33,21x10^{6}m^3/έτος. Η απόληψη ποσοτήτων νερού μπορεί να γίνει είτε με την ανόρυξη νέων υδρογεωτρήσεων είτε με υδρομάστευση του πλεονάζοντος νερού των πηγών Πλατάνου ή/και Αραβησού, γεγονός που σημαίνει αντίστοιχη μείωση της ποσότητας νερού που εισέρχεται στον κατάντη κοκκώδη υδροφορέα Λουδία.

β) Υπόγεια Υδατικά Συστήματα με οριακά θετικό ισοζύγιο ή θετικό ισοζύγιο κατά περιοχές

Στην κατηγορία αυτή εντάσσονται τα παρακάτω συστήματα:

- Υπόγειο Υδατικό Σύστημα GR1000010 : Κοκκώδες Λουδία

  Σύμφωνα με τα υφιστάμενα στοιχεία, στο υπόψη ΥΥΣ καταγράφεται πτώση στάθμης στο Β-ΒΔ τμήμα του, ενώ στο κεντρικό και νότιο τμήμα του καταγράφεται κατά θέσεις πτώση ή άνοδος ή/και ισορροπία της πιεζομετρικής στάθμης.

  Το υπόψη υπόγειο υδατικό σύστημα παρουσιάζει τα δύο παρακάτω προβλήματα :

  a. κατά μήκος του Λουδία ποταμού και στην παράκτια ζώνη λόγω του ιδιαίτερα χαμηλού μορφολογικού αναγλύφου καταγράφεται εισροή θαλασσινού νερού με αποτέλεσμα την ρύπανση του υπόγειου υδροφορέα σε ζώνη πλάτους περί τα 5.0 km και μήκος περί τα 25.0 km (μέχρι το Πλατύ, ΙΓΜΕ, Βεράνης κ. άλ., 2010)
  b. η, κατά θέσεις, αυξημένη περιεκτικότητα σε As, Mn και Fe λόγω γεωπεριβάλλοντος

  Συνοψίζοντας τα παραπάνω συμπεραίνεται ότι το κεντρικό τμήμα του υδατικού συστήματος Λουδία, είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί ως εναλλακτική πηγή νερού για διάφορες χρήσεις λαμβάνοντας μέτρα για την μη επιδείνωση της υφαλμύρινσης στην ζώνη που περιγράφηκε παραπάνω και την ικανοποίηση των απαιτούμενων ποιοτικών ορίων ανάλογα με την χρήση.

- Υπόγειο Υδατικό Σύστημα GR100F040 : Κοκκώδες Δοϊράνης

  Το υπόψη ΥΥΣ παρουσιάζει καλή ποιοτική και κακή ποσοτική κατάσταση, καθώς καταγράφεται πτώση στάθμης σε μεγάλο μέρος της συνολικής του επιφάνειας. Επειδή το ΥΥΣ βρίσκεται σε άμεση επικοινωνία με τη Λίμνη Δοϊράνη (η οποία εντάσσεται στα διακρατικά επιφανειακά συστήματα), οποιαδήποτε μεταβολή της κατάστασης του υδροφορέα έχει άμεσο αντίκτυπο στη μεταβολή της ποιοτικής και ποσοτικής κατάστασης της λίμνης. Για το λόγο αυτό προτείνεται σε περίπτωση έκτακτων αναγκών, η τυχόν διάνοιξη νέων υδρογεωτρήσεων να γίνει στη Β-ΒΔ περιοχή του συστήματος Δοϊράνης, η οποία δέχεται την τροφοδοσία από το ορεινό σύστημα Μπέλλες. Επισημαίνεται ότι κατά την περίοδο αυτή απαιτείται η συστηματική καταγραφή της στάθμης της λίμνης για τον έλεγχο των όποιων επιπτώσεων.

- Υπόγειο Υδατικό Σύστημα GR1000050 : Κοκκώδες Γαλλικού

  Το υπόψη ΥΥΣ παρουσιάζει καλή ποιοτική και κακή ποσοτική κατάσταση, καθώς καταγράφεται πτώση στάθμης στο μεγαλύτερο ποσοστό των υδροσημείων αλλά και του εμβαδού του συστήματος. Επισημαίνεται ότι πτώση στάθμης καταγράφεται σε συγκεκριμένες περιοχές στο ΒΑ και κεντρικό τμήμα του, και δευτερευόντως στο Ν. Επειδή το υπόψη ΥΥΣ παρουσιάζει σημαντική διαφοροποίηση των υδρογεωλογικών και υδροχημικών χαρακτηριστικών του στο Β, κεντρικό και Ν τμήμα του, προτείνεται η επιλογή των θέσεων ανόρυξης νέων υδρογεωτρήσεων σε περίπτωση λειψυδρίας να γίνει μετά από υδρογεωλογική - υδροχημική μελέτη.

- Υπόγειο Υδατικό Σύστημα GR1000090 : Κοκκώδες Κασσάνδρας

  Το υπόψη ΥΥΣ παρουσιάζει καλή ποιοτική και ποσοτική κατάσταση στο μεγαλύτερο τμήμα του. Το ισοζύγιο στο βόρειο έως κεντρικό τμήμα είναι αρνητικό, ενώ στο νότιο χαρακτηρίζεται θετικό. Το σύστημα αυτό αναπτύσσεται στην ομώνυμη χερσόνησο της Χαλκιδικής και παρουσιάζει φαινόμενα υφαλμύρινσης και πτώση στάθμης στο Βόρειο τμήμα του καθώς και πολλές περιοχές κοντά στις ακτές τις χερσονήσου.

  Ανόρυξη νέων γεωτρήσεων σε περίπτωση λειψυδρίας μπορεί να γίνει μόνο εκτός περιοχών πτώσης στάθμης ή/και υφαλμύρινσης με συχνή μέτρηση των ποσοτικών και ποιοτικών χαρακτηριστικών του νερού (με έμφαση στην αγωγιμότητα και την περιεκτικότητα σε χλωριόντα) καθώς το φαινόμενο αυτό δεν είναι αναστρέψιμο.

- Υπόγειο Υδατικό Σύστημα GR1000120 : Κοκκώδες Μαυρούδας

Το υπόψη ΥΥΣ παρουσιάζει καλή ποιοτική και ποσοτική κατάσταση με θετικό ισοζύγιο, από το οποίο προκύπτει ότι είναι δυνατή η χρήση του πλεονάσματος των ανανεώσιμων αποθεμάτων σε περίπτωση λειψυδρίας.

γ) Υπόγεια Υδατικά Συστήματα με ποιοτική και ποσοτική υποβάθμιση

Στην κατηγορία αυτή εντάσσονται τα ΥΥΣ τα οποία παρουσιάζουν κακή ποσοτική και ποιοτική κατάσταση (κυρίως λόγω υφαλμύρινσης καθώς το φαινόμενο αυτό είναι μη αναστρέψιμο), μπορούν όμως κατά θέσεις να χρησιμοποιηθούν για άντληση νερού κάθε χρήσης σε περίπτωση λειψυδρίας κατ' εφαρμογή του άρθρου 4, παράγραφος 6 της οδηγίας 2000/60/ΕΚ.

- GR1000030: Κοκκώδες Αξιού

Το υπόψη υπόγειο υδατικό σύστημα, παρουσιάζει κακή ποιοτική και ποσοτική κατάσταση με ελλειμματικό ισοζύγιο. Η απόληψη μεγαλύτερης ποσότητας νερού θα οδηγήσει σε περαιτέρω υποβάθμιση των χαρακτηριστικών του συστήματος. Αυτό είναι επιτρεπτό με εφαρμογή του άρθρου 4, §6 της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ, σε περιοχές που θα καθοριστούν με ειδική υδρογεωλογική μελέτη.

- GR1000060: Κοκκώδες / καρστικό Επανομής – Μουδανιών

Το υπόψη υπόγειο υδατικό σύστημα, παρουσιάζει προβλήματα υφαλμύρινσης κατά περιοχές στην παράκτια ζώνη (λόγω υπεράντλησης) και προβλήματα ποιότητας νερού στην ευρύτερη περιοχή του γεωθερμικού πεδίου Τρίγλιας (λόγω κυκλοφορίας γεωθερμικών ρευστών). Συγκεκριμένα, στην περιοχή του γεωθερμικού πεδίου καταγράφεται αυξημένη συγκέντρωση As και B με διάχυση προς το κατάντη προσχωματικό υδροφορέα.

Σε περιπτώσεις λειψυδρίας προτείνεται ανόρυξη νέων γεωτρήσεων σε περιοχές που παρουσιάζεται άνοδος στάθμης τα τελευταία χρόνια και παράλληλα παρουσιάζουν καλή ποιότητα νερού (Βεράνης κ. άλ., 2010).

Απαιτείται ο έλεγχος των ορίων ποιότητας για κάθε χρήση και η συστηματική καταγραφή των αντλήσεων και των επιπτώσεων αυτών.

δ) Υπόγεια Υδατικά Συστήματα που δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε περιπτώσεις λειψυδρίας

Στην κατηγορία αυτή εντάσσονται τα υπόγεια υδατικά συστήματα στα οποία θεωρείται μη επιτρεπτή η άντληση ποσοτήτων υπόγειου νερού λόγω κακής ποιοτικής και ποσοτικής κατάστασης.

- GR1000070: Κοκκώδες Μυγδονίας

Καταγράφεται σημαντική και διαχρονική πτώση στάθμης και αυξημένη συγκέντρωση NO_3 κατά θέσεις. Στο σύστημα αυτό αναπτύσσεται η λίμνη Κορώνεια (η οποία δεν συνδέεται με το υπόγειο υδατικό υποσύστημα, παρουσιάζει όμως σημαντική πτώση στάθμης) και η λίμνη Βόλβη (η οποία συνδέεται με το υπόγειο υδατικό υποσύστημα και «παρακολουθεί» την διακύμανση της πιεζομετρικής στάθμης).

- GR1000080: Κοκκώδες Ανθεμούντα

Καταγράφεται σημαντική και διαχρονική πτώση στάθμης και υφαλμύρινση με σταδιακή υποχώρηση προς την ενδοχώρα, του μετώπου υφαλμύρινσης

- GR1000100: Κοκκώδες Ορμύλιας (Κάτω ρου Χαββρία)

Καταγράφεται σημαντική και διαχρονική πτώση στάθμης και υφαλμύρινση με σταδιακή υποχώρηση προς την ενδοχώρα, του μετώπου υφαλμύρινσης.

ε) Δευτερεύοντα Υπόγεια Υδατικά Συστήματα

Τα συστήματα αυτά είναι τοπικής σημασίας, παρουσιάζουν συνήθως μικρή υδροχωρητικότητα, μικρό όγκο ανανεώσιμων αποθεμάτων και μικρό όγκο απολήψιμης ποσότητας.

Η εκμετάλλευση αυτών σε περίοδο λειψυδρίας ενέχει σοβαρούς κινδύνους έντονης ποιοτικής και ποσοτικής υποβάθμισης και μπορεί να γίνει μόνο μετά από την σύνταξη ειδικής υδρογεωλογικής μελέτης.

10. ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΥ ΠΡΟΕΙΔΟΠΟΙΗΣΗΣ

10.1. Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΠΡΟΓΝΩΣΗΣ ΞΗΡΑΣΙΩΝ

Η έγκαιρη πρόγνωση μιας ξηρασίας, με βάση τα τρέχοντα υδρομετεωρολογικά δεδομένα, έχει μείζονα σημασία για την προετοιμασία των αρμόδιων φορέων και της τοπικής κοινωνίας, και τη λήψη προληπτικών διαχειριστικών μέτρων, με στόχο την άμβλυνση των δυνητικών επιπτώσεών της. Είναι προφανές ότι ο όρος πρόγνωση χρησιμοποιείται με την στατιστική του και μόνο έννοια, δεδομένου ότι ο χρονικός ορίζοντας εξέλιξης των υδρομετεωρολογικών διεργασιών που σχετίζονται με την εμφάνιση ξηρασιών είναι τέτοιος που οποιαδήποτε ντετερμινιστική προσέγγιση (π.χ. με χρήση μοντέλων πρόγνωσης καιρού) είναι παντελώς αναξιόπιστη.

Στην πραγματικότητα, αυτό που ενδιαφέρει είναι η έγκαιρη αναγνώριση μιας ξηρασίας, στα αρχικά στάδια εξέλιξής της. Η προτεινόμενη μεθοδολογία για την περιοχή μελέτης εστιάζει στην μετεωρολογική ξηρασία και στη χρήση των σχετικών δεικτών ως προγνωστικών εργαλείων. Για την αξιολόγηση της τρέχουσας κατάστασης και της χρονικής τους εξέλιξης, σε χρονικούς ορίζοντες από λίγους μήνες έως λίγα έτη, εφαρμόζονται δύο προσεγγίσεις.

Η πρώτη προσέγγιση είναι πιθανοτική, και βασίζεται στον υπολογισμό των λεγόμενων πιθανοτήτων μετάβασης από μια συγκεκριμένη κατάσταση υδροφορίας (όπως αποτυπώνεται, π.χ. μέσω του δείκτη SPI μιας συγκεκριμένης χρονικής κλίμακας), σε μια άλλη κατάσταση, που αναφέρεται σε υψηλότερη κλίμακα συνάθροισης. Για παράδειγμα, αν η πιθανότητα μετάβασης από ένα σημαντικά ξηρό έτος (SPI < 1.50) σε μια σημαντικά ξηρή διετία είναι υψηλή, τότε πρέπει να ληφθούν έγκαιρα μέτρα, ώστε να αντιμετωπιστεί, όσο το δυνατόν, το ενδεχόμενο μιας έμμονης ξηρασίας. Οι πιθανότητες μετάβασης εκτιμώνται εμπειρικά, με βάση τα ιστορικά δεδομένα βροχόπτωσης, τα οποία έχουν ομαδοποιηθεί σε κλάσεις. Για κάθε κλάση, μετράται πόσες φορές στο παρελθόν έχει συμβεί μια συγκεκριμένη αλληλουχία γεγονότων, οπότε το πλήθος των περιστατικών προς τον συνολικό αριθμό των γεγονότων που εξετάζονται αποτελεί μέτρο της εν λόγω πιθανότητας. Η πιθανοτική προσέγγιση έχει περισσότερο ποιοτικό-υποστηρικτικό χαρακτήρα, και εφαρμόζεται για την τεκμηρίωση των αποφάσεων που λαμβάνονται σχετικά με τα μέτρα αντιμετώπισης μιας ξηρασίας που είτε βρίσκεται σε αρχικό στάδιο ανάπτυξης είτε εξελίσσεται σε έμμονο φαινόμενο.

Η δεύτερη προσέγγιση είναι στατιστική, και βασίζεται στον υπολογισμό των συντελεστών συσχέτισης μεταξύ των αθροιστικών υδρολογικών μεγεθών (βροχόπτωση, παροχή) διαφορετικών χρονικών κλιμάκων, και την ανάπτυξη απλών σχέσεων γραμμικής παλινδρόμησης, για την ποσοτικοποίηση των αντίστοιχων μεγεθών ενδιαφέροντος. Αν, για παράδειγμα, στην περιοχή αναφοράς (π.χ. ΛΑΠ), ο συντελεστής συσχέτισης μεταξύ της αθροιστικής επιφανειακής βροχόπτωσης του πρώτου εξαμήνου και της αντίστοιχης ετήσιας βροχόπτωσης είναι υψηλός, τότε υπάρχει ισχυρό ενδεχόμενο ένα πολύ φτωχό, από άποψη βροχοπτώσεων, πρώτο εξάμηνο να αποτελεί προπομπό ενός ολόκληρου υδρολογικού έτους, αντίστοιχα χαμηλής υδροφορίας. Στην περίπτωση αυτή, η ετήσια βροχόπτωση και ο σχετικός δείκτης ξηρασίας μπορούν να εκτιμηθούν με ικανοποιητική ακρίβεια από μια απλή γραμμική έκφραση, συναρτήσει της βροχόπτωσης εξαμήνου. Τονίζεται ότι η πρόγνωση των δεικτών μετεωρολογικής και υδρολογικής ξηρασίας με βάση τις υδρολογικές παρατηρήσεις του εξαμήνου έχει πολύ μεγάλη σημασία, καθώς επιτρέπει τη λήψη κατάλληλων διαχειριστικών μέτρων, πριν την έναρξη της αρδευτικής περιόδου.

Συνδυάζοντας τις παραπάνω προσεγγίσεις, προτείνεται η ανάπτυξη ενός επιχειρησιακού μηχανισμού προειδοποίησης, που θα αξιολογεί τα υδρομετεωρολογικά δεδομένα από χαρακτηριστικούς σταθμούς της περιοχής μελέτης, ώστε να λαμβάνει κατάλληλα διαχειριστικά μέτρα, καταρχήν βραχυπρόθεσμα (σε χρονικό ορίζοντα έτους) και κατά περίπτωση μεσοπρόθεσμα (σε χρονικό ορίζοντα δύο ή τριών ετών), με στόχο την άμβλυνση των επιπτώσεων πιθανά εξελισσόμενων ξηρασιών. Τα δεδομένα θα συλλέγονται τα δύο πρώτα τρίμηνα του υδρολογικού έτους (δηλαδή στο τέλος Δεκεμβρίου και το τέλος Μαρτίου), και θα εφαρμόζεται ένα απλό προγνωστικό μοντέλο, με βάση το οποίο θα αξιολογείται η τρέχουσα κατάσταση και θα προτείνονται κατάλληλα μέτρα. Η περιγραφή του προτεινόμενου συστήματος πρόγνωσης, που θα εφαρμόζεται σε κλίμακα ΛΑΠ, γίνεται στο τέλος του κεφαλαίου.

10.2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΩΝ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ

10.2.1. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Οι εμπειρικές πιθανότητες μετάβασης μεταξύ των διαφορετικών υδρολογικών καταστάσεων εκτιμήθηκαν με βάση τους τυποποιημένους δείκτες SPI των 20 βροχομετρικών σταθμών της περιοχής (υποκεφάλαιο 3.3), και αναφέρονται στην κοινή περίοδο δεδομένων των 30 υδρολογικών ετών (1980-2010). Για κάθε χρονική κλίμακα συνάθροισης (από τρεις μήνες ως μέσου όρου πέντε ετών), ενοποιήθηκαν τα επιμέρους δείγματα των δεικτών SPI, οπότε προέκυψε ένα συνολικό δείγμα $20 \times 30 = 600$ σταθμών-ετών, για το σύνολο του ΥΔ. Η διαδικασία επαναλήφθηκε σε κλίμακα ΛΑΠ, με βάση τους βροχομετρικούς σταθμούς τηςκάθε ΛΑΠ (εκτός από τη ΛΑΠ Άθω, όπου δεν υπάρχουν σταθμοί). Στη συνέχεια, υπολογίστηκαν οι πιθανότητες μετάβασης από την κατάσταση που είχε παρατηρηθεί (ξηρασία για αρνητικό SPI, υδροφορία για θετικό) από τη μια χρονική κλίμακα στην επόμενη. Ο συμβολισμός των καταστάσεων γίνεται με βάση την κατάταξη σε οκτώ κλάσεις ξηρασίας/υδροφορίας του Πίνακα 4-2, Οι κλίμακες μετάβασης που θεωρούνται είναι από 3, 6 και 9 μήνες σε υδρολογικό έτος, από υδρολογικό έτος σε μέσο όρο δύο ετών, από μέσο όρο δύο σε μέσο όρο τριών ετών, από μέσο όρο τριών σε μέσο όρο τεσσάρων ετών, και από μέσο όρο τεσσάρων σε μέσο όρο πέντε ετών.

10.2.2. ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΑΞΙΟΥ

Τα αναλυτικά αποτελέσματα των επεξεργασιών για τη ΛΑΠ Αξιού (GR03) δίνονται στους Πίνακες 10-1 έως 10-7. Σε κάθε πίνακα, η τελευταία στήλη περιέχει τις πιθανότητες εμφάνισης κάθε κατάστασης στη χρονική κλίμακα αναφοράς, ενώ η τελευταία γραμμή τις πιθανότητες εμφάνισης κάθε κατάστασης στην αντίστοιχη χρονική κλίμακα μετάβασης, ως προς την οποία γίνεται η πρόγνωση.

Με βάση τα στοιχεία του Πίνακα 10-1, η ερμηνεία των πιθανοτήτων μετάβασης γίνεται ως εξής: Σε κάθε γραμμή, αναφέρονται οι δυνατές καταστάσεις της τρίμηνης βροχόπτωσης, από –Δ (ακραία ξηρασία) έως Δ (ακραία υψηλή υδροφορία). Αντίστοιχα, σε κάθε στήλη δίνονται οι καταστάσεις του υδρολογικού έτους, που προκύπτουν με βάση την τιμή του ετήσιου SPI. Έστω ότι αναφερόμαστε σε κατάσταση τριμήνου –Β, που υποδηλώνει μέτρια ξηρασία (δηλαδή δείκτη SPI από -1.0 έως -1.5). Με βάση το δείγμα των 30 ετών, υπάρχει 0.7% πιθανότητα η μέτρια αυτή ξηρασία τριμήνου να εξελιχθεί σε ακραία, μετά την ολοκλήρωση του υδρολογικού έτους, 3.0% να εξελιχθεί σε σοβαρή ξηρασία, 4.0% να εξελιχθεί σε ήπια ξηρασία και 2.0% να εξελιχθεί σε κανονική υδροφορία. Το άθροισμα των παραπάνω ποσοστών (άθροισμα στηλών) είναι 9.7%, που είναι η συνολική πιθανότητα εμφάνισης μέτριων ξηρασιών τριμήνου στη ΛΑΠ Αξιού.

Πίνακας 10-1: Πιθανότητες μετάβασης (%) από κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας τριών μηνών (γραμμή) σε κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας υδρολογικού έτους (στήλη) στη λεκάνη απορροής Αξιού (GR03).

	-Δ	-Γ	-Β	-Α	Α	Β	Γ	Δ	
-Δ	0.3	0.7	1.3	2.0	0.3	0.0	0.0	0.0	**4.7**
-Γ	0.0	0.0	0.0	0.7	1.0	0.0	0.0	0.0	**1.7**
-Β	0.7	3.0	0.0	4.0	2.0	0.0	0.0	0.0	**9.7**
-Α	1.3	3.7	5.3	11.3	7.3	0.3	0.0	0.0	**29.3**
Α	0.0	0.3	1.3	9.3	22.3	4.7	1.3	0.3	**39.7**
Β	0.0	0.0	0.0	0.7	5.0	2.3	0.7	0.0	**8.7**
Γ	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	3.7	0.0	0.0	**4.7**
Δ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	1.0	**1.7**
	2.3	**7.7**	**8.0**	**28.0**	**39.0**	**11.7**	**2.0**	**1.3**	**100.0**

Πίνακας 10-2: Πιθανότητες μετάβασης (%) από κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας έξι μηνών (γραμμή) σε κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας υδρολογικού έτους (στήλη) στη λεκάνη απορροής Αξιού (GR03).

	-Δ	-Γ	-Β	-Α	Α	Β	Γ	Δ	
-Δ	1.3	1.3	1.0	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	**5.0**
-Γ	0.0	0.7	0.3	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	**1.3**
-Β	0.7	4.0	1.7	3.0	0.3	0.0	0.0	0.0	**9.7**
-Α	0.3	1.7	5.0	15.3	7.0	0.3	0.0	0.0	**29.7**
Α	0.0	0.0	0.0	8.0	27.7	4.0	0.0	0.0	**39.7**
Β	0.0	0.0	0.0	0.0	3.7	5.3	0.3	0.0	**9.3**
Γ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	2.0	1.0	0.7	**4.0**
Δ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.7	**1.3**
	2.3	**7.7**	**8.0**	**28.0**	**39.0**	**11.7**	**2.0**	**1.3**	**100.0**

Πίνακας 10-3: Πιθανότητες μετάβασης (%) από κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας εννέα μηνών (γραμμή) σε κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας υδρολογικού έτους (στήλη) στη λεκάνη απορροής Αξιού (GR03).

	-Δ	-Γ	-Β	-Α	Α	Β	Γ	Δ	
-Δ	1.3	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**2.0**
-Γ	0.7	2.0	0.7	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	**4.0**
-Β	0.3	5.0	3.7	2.0	0.7	0.0	0.0	0.0	**11.7**
-Α	0.0	0.0	3.7	19.7	5.0	0.0	0.0	0.0	**28.3**
Α	0.0	0.0	0.0	5.7	29.0	3.0	0.0	0.0	**37.7**
Β	0.0	0.0	0.0	0.0	4.3	7.3	0.3	0.0	**12.0**
Γ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	1.0	0.0	**2.3**
Δ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	1.3	**2.0**
	2.3	**7.7**	**8.0**	**28.0**	**39.0**	**11.7**	**2.0**	**1.3**	**100.0**

Πίνακας 10-4: Πιθανότητες μετάβασης (%) από κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας υδρολογικού έτους (γραμμή) σε κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας διετίας (στήλη) στη λεκάνη απορροής Αξιού (GR03).

	-Δ	-Γ	-Β	-Α	Α	Β	Γ	Δ	
-Δ	0.7	0.0	0.7	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**2.4**
-Γ	1.0	0.3	2.4	3.8	0.3	0.0	0.0	0.0	**7.9**
-Β	1.4	0.3	1.0	5.2	0.3	0.0	0.0	0.0	**8.3**
-Α	0.0	2.4	3.8	13.8	8.3	0.7	0.0	0.0	**29.0**
Α	0.0	0.0	0.3	10.0	21.4	5.9	0.7	0.7	**39.0**
Β	0.0	0.0	0.0	0.7	4.1	3.8	2.1	0.3	**11.0**
Γ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.3	0.3	0.0	**1.4**
Δ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.3	**1.0**
	3.1	**3.1**	**8.3**	**34.5**	**35.2**	**10.7**	**3.8**	**1.4**	**100.0**

Πίνακας 10-5: Πιθανότητες μετάβασης (%) από κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας διετίας (γραμμή) σε κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας τριετίας (στήλη) στη λεκάνη απορροής Αξιού (GR03).

	-Δ	-Γ	-Β	-Α	Α	Β	Γ	Δ	
-Δ	1.1	0.4	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**3.2**
-Γ	0.7	0.0	1.8	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	**3.2**
-Β	0.4	1.4	2.1	4.6	0.0	0.0	0.0	0.0	**8.6**
-Α	1.1	2.1	3.2	19.3	9.6	0.4	0.0	0.0	**35.7**
Α	0.0	0.0	0.0	9.6	18.6	5.0	1.1	0.4	**34.6**
Β	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	3.6	2.1	0.0	**10.7**
Γ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	1.1	1.1	0.4	**2.9**
Δ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	**1.1**
	3.2	**3.9**	**8.9**	**34.3**	**33.6**	**10.0**	**4.3**	**1.8**	**100.0**

Πίνακας 10-6: Πιθανότητες μετάβασης (%) από κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας τριετίας (γραμμή) σε κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας τετραετίας (στήλη) στη λεκάνη απορροής Αξιού (GR03).

	-Δ	-Γ	-Β	-Α	Α	Β	Γ	Δ	
-Δ	0.4	1.9	0.7	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	**3.3**
-Γ	1.1	0.4	2.2	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	**4.1**
-Β	0.4	4.1	1.9	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**9.3**
-Α	0.0	0.4	5.2	17.8	11.5	0.4	0.0	0.4	**35.6**
Α	0.0	0.0	0.0	6.7	19.6	6.3	0.4	0.0	**33.0**
Β	0.0	0.0	0.0	0.0	4.4	4.8	0.7	0.4	**10.4**
Γ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	1.5	1.1	0.4	**3.3**
Δ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.4	**1.1**
	1.9	**6.7**	**10.0**	**28.1**	**35.9**	**13.0**	**3.0**	**1.5**	**100.0**

Πίνακας 10-7: Πιθανότητες μετάβασης (%) από κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας τετραετίας (γραμμή) σε κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας πενταετίας (στήλη) στη λεκάνη απορροής Αξιού (GR03).

	-Δ	-Γ	-Β	-Α	Α	Β	Γ	Δ	
-Δ	0.8	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**1.9**
-Γ	2.3	1.5	2.3	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	**6.9**
-Β	0.4	2.3	4.2	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	**10.4**
-Α	0.0	0.4	1.9	17.7	8.5	0.4	0.4	0.0	**29.2**
Α	0.0	0.0	0.0	6.9	22.7	5.8	0.0	0.0	**35.4**
Β	0.0	0.0	0.0	0.0	5.8	4.6	1.9	0.4	**12.7**
Γ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	1.2	0.4	**2.7**
Δ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	**0.8**
	3.5	**5.4**	**8.5**	**28.8**	**36.9**	**11.9**	**4.2**	**0.8**	**100.0**

10.2.3. ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΓΑΛΛΙΚΟΥ

Τα αναλυτικά αποτελέσματα των επεξεργασιών για τη ΛΑΠ Γαλλικού (GR04) δίνονται στους Πίνακες 10-8 έως 10-14. Σε σχέση με τη ΛΑΠ Αξιού, παρατηρούνται μικρές αλλά όχι αμελητέες διαφορές, οι οποίες οφείλονται στη χωρική μεταβλητότητα των φαινομένων ξηρασίας, όπως έχει επισημανθεί στις εκτενείς αναλύσεις των ιστορικών δεδομένων (Κεφάλαιο 4).

Πίνακας 10-8: Πιθανότητες μετάβασης (%) από κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας τριών μηνών (γραμμή) σε κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας υδρολογικού έτους (στήλη) στη λεκάνη απορροής Γαλλικού (GR04).

	-Δ	-Γ	-Β	-Α	Α	Β	Γ	Δ	
-Δ	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0	**1.1**
-Γ	0.0	1.1	0.0	3.3	1.1	0.0	0.0	0.0	**5.6**
-Β	2.2	1.1	3.3	3.3	1.1	0.0	0.0	0.0	**11.1**
-Α	1.1	5.6	1.1	14.4	4.4	5.6	0.0	0.0	**32.2**
Α	0.0	0.0	1.1	7.8	16.7	3.3	1.1	0.0	**30.0**
Β	0.0	0.0	0.0	0.0	8.9	5.6	0.0	0.0	**14.4**
Γ	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	1.1	2.2	0.0	**4.4**
Δ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	0.0	**1.1**
	3.3	**7.8**	**5.6**	**28.9**	**34.4**	**15.6**	**4.4**	**0.0**	**100.0**

Πίνακας 10-9: Πιθανότητες μετάβασης (%) από κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας έξι μηνών (γραμμή) σε κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας υδρολογικού έτους (στήλη) στη λεκάνη απορροής Γαλλικού (GR04).

	-Δ	-Γ	-Β	-Α	Α	Β	Γ	Δ	
-Δ	0.0	0.0	1.1	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	**3.3**
-Γ	2.2	1.1	0.0	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0	**4.4**
-Β	1.1	5.6	0.0	2.2	2.2	1.1	0.0	0.0	**12.2**
-Α	0.0	1.1	4.4	15.6	5.6	0.0	1.1	0.0	**27.8**
Α	0.0	0.0	0.0	8.9	18.9	8.9	0.0	0.0	**36.7**
Β	0.0	0.0	0.0	0.0	5.6	4.4	0.0	0.0	**10.0**
Γ	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	1.1	1.1	0.0	**3.3**
Δ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	0.0	**2.2**
	3.3	**7.8**	**5.6**	**28.9**	**34.4**	**15.6**	**4.4**	**0.0**	**100.0**

Πίνακας 10-10: Πιθανότητες μετάβασης (%) από κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας εννέα μηνών (γραμμή) σε κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας υδρολογικού έτους (στήλη) στη λεκάνη απορροής Γαλλικού (GR04).

	-Δ	-Γ	-Β	-Α	Α	Β	Γ	Δ	
-Δ	2.2	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**4.4**
-Γ	1.1	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**3.3**
-Β	0.0	3.3	4.4	1.1	2.2	0.0	0.0	0.0	**11.1**
-Α	0.0	0.0	1.1	24.4	3.3	0.0	0.0	0.0	**28.9**
Α	0.0	0.0	0.0	3.3	25.6	5.6	1.1	0.0	**35.6**
Β	0.0	0.0	0.0	0.0	3.3	10.0	0.0	0.0	**13.3**
Γ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	0.0	**2.2**
Δ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	0.0	**1.1**
	3.3	**7.8**	**5.6**	**28.9**	**34.4**	**15.6**	**4.4**	**0.0**	**100.0**

Πίνακας 10-11: Πιθανότητες μετάβασης (%) από κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας υδρολογικού έτους (γραμμή) σε κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας διετίας (στήλη) στη λεκάνη απορροής Γαλλικού (GR04).

	-Δ	-Γ	-Β	-Α	Α	Β	Γ	Δ	
-Δ	1.1	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**3.4**
-Γ	0.0	0.0	3.4	4.6	0.0	0.0	0.0	0.0	**8.0**
-Β	1.1	1.1	0.0	2.3	1.1	0.0	0.0	0.0	**5.7**
-Α	0.0	2.3	4.6	19.5	3.4	0.0	0.0	0.0	**29.9**
Α	0.0	0.0	0.0	6.9	24.1	4.6	0.0	0.0	**35.6**
Β	0.0	0.0	0.0	0.0	4.6	6.9	3.4	0.0	**14.9**
Γ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	1.1	**2.3**
Δ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**0.0**
	2.3	**5.7**	**8.0**	**33.3**	**33.3**	**11.5**	**4.6**	**1.1**	**100.0**

Πίνακας 10-12: Πιθανότητες μετάβασης (%) από κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας διετίας (γραμμή) σε κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας τριετίας (στήλη) στη λεκάνη απορροής Γαλλικού (GR04).

	-Δ	-Γ	-Β	-Α	Α	Β	Γ	Δ	
-Δ	1.2	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**2.4**
-Γ	1.2	1.2	2.4	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	**6.0**
-Β	0.0	2.4	2.4	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	**8.3**
-Α	0.0	0.0	2.4	26.2	6.0	0.0	0.0	0.0	**34.5**
Α	0.0	0.0	0.0	3.6	23.8	6.0	1.2	0.0	**34.5**
Β	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	7.1	2.4	0.0	**10.7**
Γ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	1.2	0.0	**2.4**
Δ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	**1.2**
	2.4	**4.8**	**7.1**	**34.5**	**31.0**	**14.3**	**6.0**	**0.0**	**100.0**

Πίνακας 10-13: Πιθανότητες μετάβασης (%) από κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας τριετίας (γραμμή) σε κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας τετραετίας (στήλη) στη λεκάνη απορροής Γαλλικού (GR04).

	-Δ	-Γ	-Β	-Α	Α	Β	Γ	Δ	
-Δ	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**2.5**
-Γ	0.0	1.2	2.5	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	**4.9**
-Β	0.0	4.9	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**7.4**
-Α	0.0	0.0	2.5	30.9	2.5	0.0	0.0	0.0	**35.8**
Α	0.0	0.0	0.0	1.2	25.9	4.9	0.0	0.0	**32.1**
Β	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	4.9	4.9	0.0	**12.3**
Γ	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	3.7	0.0	**4.9**
Δ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**0.0**
	0.0	**8.6**	**7.4**	**33.3**	**32.1**	**9.9**	**8.6**	**0.0**	**100.0**

Πίνακας 10-14: Πιθανότητες μετάβασης (%) από κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας τετραετίας (γραμμή) σε κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας πενταετίας (στήλη) στη λεκάνη απορροής Γαλλικού (GR04).

	-Δ	-Γ	-Β	-Α	Α	Β	Γ	Δ	
-Δ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**0.0**
-Γ	0.0	3.8	5.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**9.0**
-Β	0.0	1.3	2.6	3.8	0.0	0.0	0.0	0.0	**7.7**
-Α	0.0	0.0	2.6	28.2	3.8	0.0	0.0	0.0	**34.6**
Α	0.0	0.0	0.0	3.8	24.4	5.1	0.0	0.0	**33.3**
Β	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	7.7	0.0	0.0	**9.0**
Γ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	5.1	0.0	**6.4**
Δ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**0.0**
	0.0	**5.1**	**10.3**	**35.9**	**29.5**	**14.1**	**5.1**	**0.0**	**100.0**

10.2.4. ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ

Τα αναλυτικά αποτελέσματα των επεξεργασιών για τη ΛΑΠ Χαλκιδικής (GR05) δίνονται στους Πίνακες 10-15 έως 10-21. Σε σχέση με τις άλλες ΛΑΠ, παρατηρούνται μικρές αλλά όχι αμελητέες διαφορές, που οφείλονται στη χωρική μεταβλητότητα των φαινομένων ξηρασίας, η οποία έχει επισημανθεί στις εκτενείς αναλύσεις των ιστορικών δεδομένων (Κεφάλαιο 4).

Πίνακας 10-15: Πιθανότητες μετάβασης (%) από κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας τριών μηνών (γραμμή) σε κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας υδρολογικού έτους (στήλη) στη λεκάνη απορροής Χαλκιδικής (GR05).

	-Δ	-Γ	-Β	-Α	Α	Β	Γ	Δ	
-Δ	0.5	0.0	0.5	0.5	1.0	0.5	0.0	0.0	**2.9**
-Γ	0.5	0.0	1.0	1.4	2.4	0.0	0.0	0.0	**5.2**
-Β	1.9	2.9	1.9	2.9	0.5	1.0	0.0	0.0	**11.0**
-Α	1.0	2.9	2.9	14.8	4.8	1.4	0.5	0.0	**28.1**
Α	0.0	0.0	1.0	8.6	24.8	2.4	1.9	0.5	**39.0**
Β	0.0	0.0	0.5	0.5	5.7	1.4	0.5	0.0	**8.6**
Γ	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	1.0	0.0	**2.9**
Δ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	1.4	0.5	**2.4**
	3.8	**5.7**	**7.6**	**28.6**	**40.5**	**7.6**	**5.2**	**1.0**	**100.0**

Πίνακας 10-16: Πιθανότητες μετάβασης (%) από κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας έξι μηνών (γραμμή) σε κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας υδρολογικού έτους (στήλη) στη λεκάνη απορροής Χαλκιδικής (GR05).

	-Δ	-Γ	-Β	-Α	Α	Β	Γ	Δ	
-Δ	1.9	1.9	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**5.2**
-Γ	1.0	1.9	1.4	1.4	0.5	0.0	0.0	0.0	**6.2**
-Β	1.0	1.0	0.5	3.8	0.5	0.0	0.0	0.0	**6.7**
-Α	0.0	1.0	4.3	15.7	7.1	1.0	0.0	0.0	**29.0**
Α	0.0	0.0	0.0	7.6	24.3	3.3	0.5	0.0	**35.7**
Β	0.0	0.0	0.0	0.0	7.6	2.9	1.9	0.0	**12.4**
Γ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.5	2.9	1.0	**4.8**
Δ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**0.0**
	3.8	**5.7**	**7.6**	**28.6**	**40.5**	**7.6**	**5.2**	**1.0**	**100.0**

Πίνακας 10-17: Πιθανότητες μετάβασης (%) από κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας εννέα μηνών (γραμμή) σε κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας υδρολογικού έτους (στήλη) στη λεκάνη απορροής Χαλκιδικής (GR05).

	-Δ	-Γ	-Β	-Α	Α	Β	Γ	Δ	
-Δ	2.9	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**3.8**
-Γ	1.0	2.9	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**4.8**
-Β	0.0	1.4	3.8	2.4	1.0	0.0	0.0	0.0	**8.6**
-Α	0.0	0.5	3.8	19.5	4.3	0.0	0.0	0.0	**28.1**
Α	0.0	0.0	0.0	5.7	28.1	2.9	0.0	0.0	**36.7**
Β	0.0	0.0	0.0	0.0	7.1	3.3	1.4	0.0	**11.9**
Γ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	3.8	0.0	**5.2**
Δ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	**1.0**
	3.8	**5.7**	**7.6**	**28.6**	**40.5**	**7.6**	**5.2**	**1.0**	**100.0**

Πίνακας 10-18: Πιθανότητες μετάβασης (%) από κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας υδρολογικού έτους (γραμμή) σε κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας διετίας (στήλη) στη λεκάνη απορροής Χαλκιδικής (GR05).

	-Δ	-Γ	-Β	-Α	Α	Β	Γ	Δ	
-Δ	1.0	1.0	0.5	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	**3.9**
-Γ	1.0	0.5	1.5	2.5	0.5	0.0	0.0	0.0	**5.9**
-Β	0.5	2.0	1.0	3.4	0.5	0.5	0.0	0.0	**7.9**
-Α	1.0	0.5	3.9	13.8	9.4	1.0	0.0	0.0	**29.6**
Α	0.0	1.0	0.5	11.8	16.3	8.4	1.0	0.0	**38.9**
Β	0.0	0.0	0.0	0.5	4.9	1.5	0.5	0.0	**7.4**
Γ	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	2.5	1.0	1.0	**5.4**
Δ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.5	**1.0**
	3.4	**4.9**	**7.4**	**33.5**	**33.0**	**13.8**	**2.5**	**1.5**	**100.0**

Πίνακας 10-19: Πιθανότητες μετάβασης (%) από κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας διετίας (γραμμή) σε κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας τριετίας (στήλη) στη λεκάνη απορροής Χαλκιδικής (GR05).

	-Δ	-Γ	-Β	-Α	Α	Β	Γ	Δ	
-Δ	1.5	1.0	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	**3.6**
-Γ	0.5	1.0	2.6	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**5.1**
-Β	0.0	2.0	1.0	4.1	0.5	0.0	0.0	0.0	**7.7**
-Α	0.5	0.5	5.6	20.4	7.1	0.5	0.0	0.0	**34.7**
Α	0.0	0.0	0.5	7.7	18.4	6.1	1.5	0.0	**34.2**
Β	0.0	0.0	0.0	0.0	5.1	5.1	1.0	0.5	**11.7**
Γ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.5	0.0	**1.5**
Δ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	**1.5**
	2.6	**4.6**	**10.2**	**33.7**	**31.1**	**12.8**	**4.6**	**0.5**	**100.0**

Πίνακας 10-15: Πιθανότητες μετάβασης (%) από κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας τριετίας (γραμμή) σε κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας τετραετίας (στήλη) στη λεκάνη απορροής Χαλκιδικής (GR05).

	-Δ	-Γ	-Β	-Α	Α	Β	Γ	Δ	
-Δ	1.1	1.1	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**2.6**
-Γ	2.1	1.6	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**4.8**
-Β	0.0	2.1	1.6	6.9	0.0	0.0	0.0	0.0	**10.6**
-Α	0.0	0.5	3.2	19.6	11.6	0.0	0.0	0.0	**34.9**
Α	0.0	0.0	0.5	7.9	15.9	5.8	1.1	0.0	**31.2**
Β	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	5.8	2.1	0.0	**11.1**
Γ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6	0.5	1.1	**4.2**
Δ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	**0.5**
	3.2	**5.3**	**6.9**	**34.4**	**30.7**	**14.8**	**3.7**	**1.1**	**100.0**

Πίνακας 10-21: Πιθανότητες μετάβασης (%) από κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας τετραετίας (γραμμή) σε κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας πενταετίας (στήλη) στη λεκάνη απορροής Χαλκιδικής (GR05).

	-Δ	-Γ	-Β	-Α	Α	Β	Γ	Δ	
-Δ	1.1	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**3.3**
-Γ	0.0	2.2	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	**5.5**
-Β	0.0	2.2	3.3	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	**7.1**
-Α	0.0	0.0	2.7	25.8	7.1	0.0	0.0	0.0	**35.7**
Α	0.0	0.0	0.0	7.7	17.0	2.7	1.1	0.0	**28.6**
Β	0.0	0.0	0.0	0.0	3.3	9.9	2.2	0.0	**15.4**
Γ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	0.5	0.5	**3.3**
Δ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	0.0	**1.1**
	1.1	**6.6**	**9.3**	**35.2**	**27.5**	**14.8**	**4.9**	**0.5**	**100.0**

10.2.5. ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

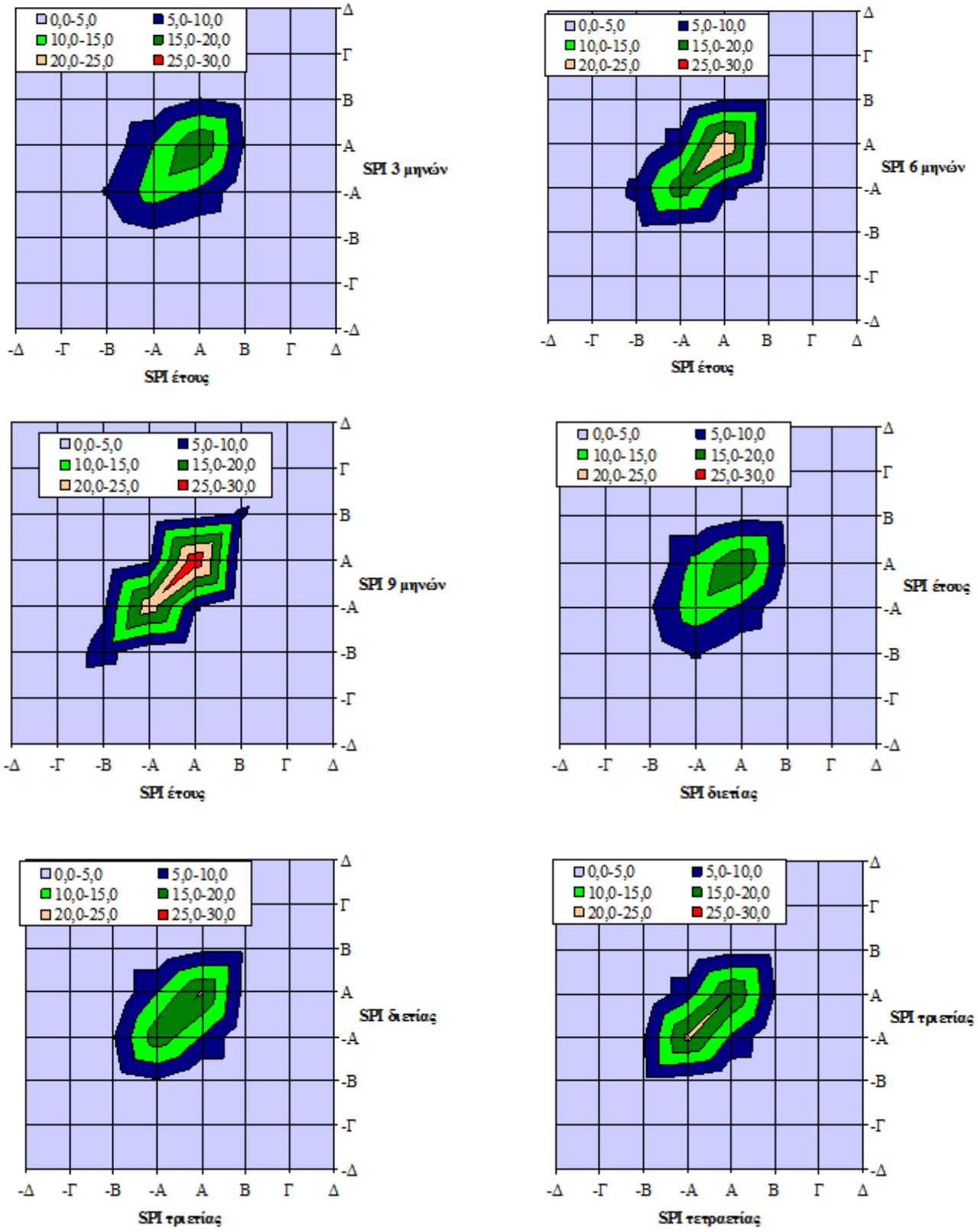
Τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα των πιθανοτικών αναλύσεων, για το σύνολο των σταθμών της περιοχής μελέτης, απεικονίζονται με τη μορφή διαγραμμάτων επιφάνειας, στην Εικόνα 10-1. Τα αποτελέσματα των πιθανοτικών αναλύσεων αποτελούν χρήσιμο εργαλείο για την έγκαιρη λήψη μέτρων, σε συγκεκριμένες περιόδους του έτους. Είναι χαρακτηριστικό ότι όταν η κατάσταση ξηρασίας των τριών μηνών εντάσσεται στις κατηγορίες –Γ (σοβαρή ξηρασία) και –Δ (ακραία ξηρασία), τότε το υδρολογικό έτος αναμένεται να είναι ξηρό, με πιθανότητα που αγγίζει το 100%. Ακόμη, όταν η κατάσταση ξηρασίας των έξη ή εννέα μηνών είναι στις κατηγορίες –Β, -Γ ή -Δ (μέτριο, σοβαρό ή ακραίο γεγονός ξηρασίας), τότε το έτος αναμένεται να διατηρηθεί ξηρό, με πιθανότητα που επίσης αγγίζει το 100%.

Πίνακας 10-22: Πιθανότητες διατήρησης ίδιας κατάστασης ξηρασίας (%).

	3 μήνες → έτος	6 μήνες → έτος	9 μήνες → έτος	Έτος → διετία	Διετία → τριετία	Τριετία → τετραετία	Τετραετία → πενταετία
Σύνολο ΥΔ	40.4	53.8	70.0	40.2	48.1	50.8	57.3
ΛΑΠ Αξιού	37.3	53.7	65.3	41.7	46.8	46.3	52.7
ΛΑΠ Γαλλικού	43.3	41.1	71.1	52.9	63.1	69.1	71.8
ΛΑΠ Χαλκιδικής	44.8	50.0	65.2	35.5	48.0	46.0	59.9

Από τα παραπάνω είναι φανερή μια σημαντική ιδιότητα που προκύπτει για τις κατηγορίες ξηρασίας και συγκεκριμένα η πιθανότητα να μείνει η ξηρασία του προηγούμενου χρονικού διαστήματος στην ίδια κατηγορία και κατά το επόμενο χρονικό διάστημα. Στον Πίνακα 10-22 παρουσιάζονται οι πιθανότητες που

αναφέρθηκαν για το σύνολο της περιοχής αλλά και για τις δύο ΛΑΠ. Στο σύνολο των περιπτώσεων προκύπτει ότι υπάρχει αρκετά έως πολύ μεγάλη πιθανότητα, η κατηγορία στην οποία εντάσσεται η τρέχουσα ξηρασία να παραμείνει η ίδια και στο επόμενο χρονικό διάστημα.



Εικόνα 10-1: Απεικόνιση επιφανειών πιθανοτήτων μετάβασης (%) μεταξύ διαφόρων κατηγοριών ξηρασίας/υδροφορίας και διαφόρων χρονικών κλιμάκων.

10.3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΧΡΟΝΙΚΩΝ ΣΥΣΧΕΤΙΣΕΩΝ

10.3.1. ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΔΕΙΚΤΩΝ ΞΗΡΑΣΙΑΣ ΣΗΜΕΙΑΚΩΝ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΩΝ

Για την αξιοποίηση του δείκτη μετεωρολογικής ξηρασίας SPI ως μέτρου πρόγνωσης της μεσοπρόθεσμης εξέλιξης του φαινομένου στα προσεχή χρονικά διαστήματα, εξετάστηκε η συσχέτιση του δείκτη που παρατηρείται σε κάποιο χρονικό διάστημα (π.χ. τους πρώτους τρεις μήνες ενός υδρολογικού έτους) με τον δείκτη που αναφέρεται σε επόμενο χρονικό διάστημα (π.χ. στο υδρολογικό έτος). Η επεξεργασία έγινε με βάση τις χρονοσειρές βροχόπτωσης μήκους 30 υδρολογικών ετών (1980-81 έως 2009-10) των 20 βροχομετρικών σταθμών της περιοχής μελέτης. Για κάθε σταθμό υπολογίστηκε ο συντελεστής γραμμικής συσχέτισης των δεικτών ξηρασίας τριών (Οκτώβριος-Δεκέμβριος), έξι (Οκτώβριος-Μάρτιος) και εννέα (Οκτώβριος-Ιούνιος) μηνών, με τον δείκτη του υδρολογικού έτους. Ακόμη, υπολογίστηκε ο συντελεστής συσχέτισης του ετήσιου δείκτη ξηρασίας με αυτόν της διετίας, της διετίας με την τριετία, της τριετίας με την τετραετία και της τετραετίας με την πενταετία.

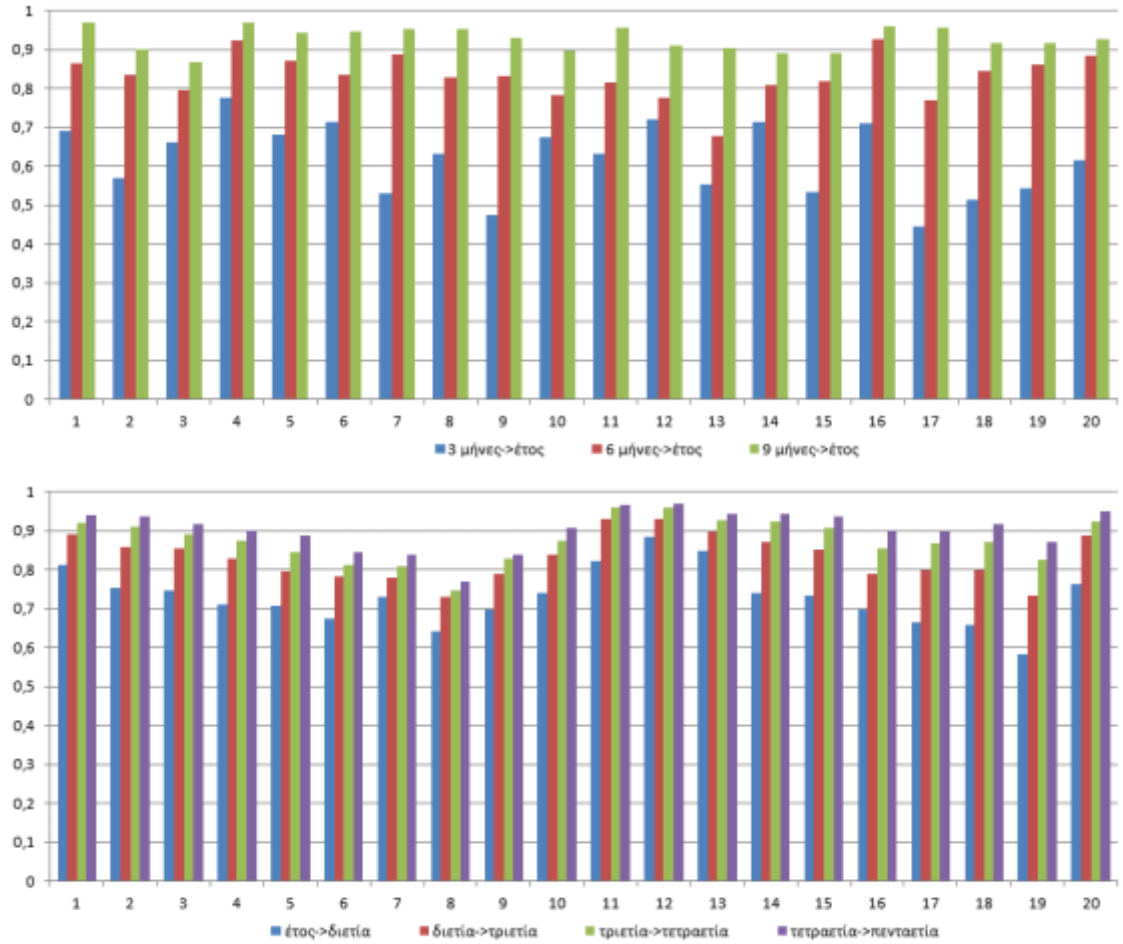
Οι τιμές των συντελεστών όλων των σταθμών απεικονίζονται στα διαγράμματα της Εικόνας 10-2, ενώ οι μέσες τιμές των συντελεστών στο σύνολο του ΥΔ και τις τέσσερεις ΛΑΠ δίνονται στον Πίνακα 10-16. Σε όλες τις περιπτώσεις είναι φανερή η υψηλή προγνωστική ικανότητα της εξέλιξης της μετεωρολογικής ξηρασίας. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι ο συντελεστής συσχέτισης μεταξύ των δεικτών SPI του πρώτου τριμήνου (Οκτώβριος-Δεκέμβριος) και του SPI του υδρολογικού έτους είναι μεγαλύτερος από 55%. Αντίστοιχα, ο συντελεστής συσχέτισης μεταξύ πρώτου εξαμήνου (Οκτώβριος-Μάρτιος) και έτους υπερβαίνει το 75%, ενώ μεταξύ εννεάμηνου (Οκτώβριος-Ιούνιος) και έτους υπερβαίνει το 90%.

Παρατηρείται ότι, σε σημειακή βάση, οι διαφοροποιήσεις των τιμών των συντελεστών είναι σημαντικές, ιδιαίτερα στις χαμηλές κλίμακες. Για παράδειγμα, οι συντελεστές μεταξύ τριμήνου και έτους κυμαίνονται μεταξύ 50 και 80%, ήτοι σε ένα εύρος της τάξης του 30%. Σε μεγαλύτερες κλίμακες, η μεταβλητότητα του συντελεστή περιορίζεται στα επίπεδα του 10%. Ωστόσο, στην χωρική κλίμακα των δύο ΛΑΠ, οι μέσες τιμές όλων των υπολογιζόμενων συντελεστών συσχέτισης πρακτικά ταυτίζονται.

Τα παραπάνω είναι σε πλήρη συμφωνία με την προσέγγιση του υποκεφαλαίου 10.2, που βασίζεται στις πιθανότητες μετάβασης. Συνεπώς, συμπεραίνεται ότι οι φορείς που εμπλέκονται στη διαχείριση του ΥΔ Κεντρικής Μακεδονίας μπορούν να αξιοποιήσουν τα δεδομένα του πρώτου εξαμήνου, ώστε στην αρχή της αρδευτικής περιόδου (στο τέλος Μαρτίου) να λάβουν έγκαιρα μέτρα για τη μετρίαση της ξηρασίας.

Πίνακας 10-16: Μέσες τιμές σημειακών συντελεστών συσχέτισης δείκτη SPI ανά ΛΑΠ και στο σύνολο του ΥΔ 10.

	3 μήνες → έτος	6 μήνες → έτος	9 μήνες → έτος	Έτος → διετία	Διετία → τριετία	Τριετία → τετραετία	Τετραετία → πενταετία
Σύνολο ΥΔ	0.66	0.84	0.94	0.73	0.81	0.85	0.89
ΛΑΠ Αξιού	0.64	0.85	0.93	0.72	0.81	0.85	0.88
ΛΑΠ Γαλλικού	0.63	0.76	0.92	0.85	0.92	0.95	0.96
ΛΑΠ Χαλκιδικής	0.58	0.85	0.92	0.69	0.82	0.88	0.92



Εικόνα 10-2: Συντελεστές συσχέτισης δεικτών SPI μεταξύ διαφορετικών χρονικών περιόδων για τους σταθμούς των GR 03 (σταθμοί 1-10) GR 04 (σταθμοί 11-13) και GR 05 (σταθμοί 14-20).

10.3.2. ΑΝΑΛΥΣΗ ΧΡΟΝΙΚΩΝ ΣΥΣΧΕΤΙΣΕΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΩΝ

Η ανάλυση των συντελεστών συσχέτισης των επιφανειακών βροχοπτώσεων των ΛΑΠ, για διάφορες χρονικές υστερήσεις, είναι πολύ σημαντική, καθώς αυτές αποτελούν την θεμελιώδη πληροφορία όχι μόνο για την αναγνώριση αλλά και την έγκαιρη πρόγνωση των μετεωρολογικών ξηρασιών. Ειδικότερα, οι τιμές των συντελεστών δείχνουν κατά πόσο μπορούν να χρησιμοποιηθούν απλές γραμμικές σχέσεις της μορφής:

$$P(t + k) = \alpha + \beta P(t) \qquad (10.1)$$

ως μοντέλα πρόγνωσης της αθροιστικής βροχόπτωσης στη χρονική κλίμακα $t + k$ (π.χ. ετήσια), δεδομένης της αθροιστικής βροχόπτωσης στη χρονική κλίμακα t (π.χ. εξάμηνη). Στην παραπάνω σχέση, ο δείκτης k εκφράζει τη χρονική υστέρηση, ενώ οι συντελεστές α (τομή) και β (κλίση) είναι παράμετροι που εκτιμώνται μέσω γραμμικής παλινδρόμησης. Στον Πίνακες 10-17 έως 10-20 δίνονται οι συντελεστές συσχέτισης της επιφανειακής βροχόπτωσης των τεσσάρων ΛΑΠ της περιοχής μελέτης, για διάφορες χρονικές κλίμακες και διάφορες χρονικές υστερήσεις.

Πίνακας 10-17: Συντελεστές συσχέτισης επιφανειακής βροχόπτωσης ΛΑΠ Αξιού, για διάφορες χρονικές κλίμακες και διάφορες χρονικές υστερήσεις.

Υστέρηση	Οκτ.- Δεκ.	Οκτ.-Μάρ.	Οκτ.-Ιούν.	Ετήσια	Μέση διετίας	Μέση τριετίας	Μέση τετραετίας
1	0.729	0.934	0.945	0.748	0.838	0.876	0.908
2	0.688	0.874	0.716	0.639	0.736	0.805	
3	0.641	0.667	0.626	0.554	0.681		
4	0.434	0.617	0.517	0.520			

Πίνακας 10-18: Συντελεστές συσχέτισης επιφανειακής βροχόπτωσης ΛΑΠ Γαλλικού, για διάφορες χρονικές κλίμακες και διάφορες χρονικές υστερήσεις.

Υστέρηση	Οκτ.- Δεκ.	Οκτ.-Μάρ.	Οκτ.-Ιούν.	Ετήσια	Μέση διετίας	Μέση τριετίας	Μέση τετραετίας
1	0.781	0.880	0.910	0.849	0.914	0.949	0.964
2	0.708	0.774	0.803	0.747	0.857	0.907	
3	0.614	0.648	0.739	0.741	0.836		
4	0.513	0.617	0.737	0.708			

Πίνακας 10-19: Συντελεστές συσχέτισης επιφανειακής βροχόπτωσης ΛΑΠ Χαλκιδικής, για διάφορες χρονικές κλίμακες και διάφορες χρονικές υστερήσεις.

Υστέρηση	Οκτ.- Δεκ.	Οκτ.-Μάρ.	Οκτ.-Ιούν.	Ετήσια	Μέση διετίας	Μέση τριετίας	Μέση τετραετίας
1	0.753	0.925	0.911	0.730	0.857	0.906	0.934
2	0.660	0.809	0.641	0.682	0.813	0.873	
3	0.576	0.587	0.644	0.632	0.771		
4	0.420	0.601	0.543	0.592			

Πίνακας 10-20: Συντελεστές συσχέτισης επιφανειακής βροχόπτωσης ΛΑΠ Άθω, για διάφορες χρονικές κλίμακες και διάφορες χρονικές υστερήσεις.

Υστέρηση	Οκτ.- Δεκ.	Οκτ.-Μάρ.	Οκτ.-Ιούν.	Ετήσια	Μέση διετίας	Μέση τριετίας	Μέση τετραετίας
1	0.766	0.945	0.960	0.757	0.872	0.907	0.930
2	0.703	0.915	0.734	0.678	0.781	0.835	
3	0.686	0.726	0.703	0.550	0.683		
4	0.512	0.679	0.560	0.498			

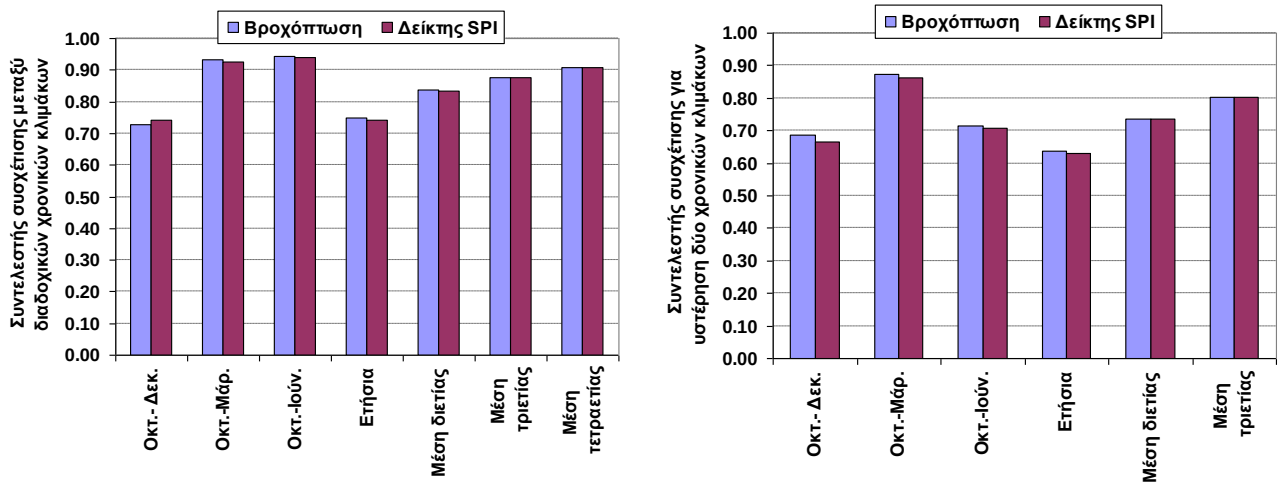
Από τις διάφορες χρονικές κλίμακες που εξετάζονται θεωρούνται κρίσιμες η τρίμηνη (αθροιστικό ύψος βροχής Οκτωβρίου-Μαρτίου), η εξάμηνη (αθροιστικό ύψος βροχής Οκτωβρίου-Μαρτίου) και η ετήσια. Οι δύο πρώτες βρίσκουν εφαρμογή στην στατιστική πρόγνωση του ετήσιου ύψους βροχής, ενώ η τελευταία εφαρμόζεται για τη στατιστική πρόγνωση της μέσης βροχόπτωσης δύο (ή και περισσότερων) ετών.

Από τις αναλύσεις προκύπτει ότι η αθροιστική βροχόπτωση τριμήνου μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μια χονδρική, έστω, εκτίμηση της ετήσιας βροχόπτωσης, με συντελεστή συσχέτισης που κυμαίνεται από 58% στη ΛΑΠ Χαλκιδικής, έως 69% στη ΛΑΠ Άθω. Η αθροιστική βροχόπτωση εξαμήνου παρέχει πολύ πιο ασφαλείς προγνώσεις, με τον συντελεστή συσχέτισης να κυμαίνεται από 77% στη ΛΑΠ Γαλλικού, ενώ στη ΛΑΠ Άθω φτάνει στο 92%. Συνεπώς, αν είναι γνωστή η τιμή της αθροιστικής βροχόπτωσης στο τέλος Μαρτίου, μπορεί να εκτιμηθεί με αρκετά καλή αξιοπιστία η συνολική βροχόπτωση του έτους, και ο αντίστοιχος δείκτης μετεωρολογικής ξηρασίας.

Ιδιαίτερη διαχειριστική σημασία έχουν οι συντελεστές συσχέτισης της ετήσιας βροχόπτωσης με τις μεγάλες χρονικές κλίμακες, δηλαδή τη μέση διετή, μέση τριετή, κοκ. Οι τιμές των συντελεστών συσχέτισης μεταξύ

της ετήσιας βροχόπτωσης και της μέσης βροχόπτωσης δύο ετών κυμαίνεται από 73% στη ΛΑΠ Χαλκιδικής έως 85% στη ΛΑΠ Γαλλικού.

Αντίστοιχα αποτελέσματα προκύπτουν αν, αντί της ίδιας της βροχόπτωσης, θεωρήσουμε τους συντελεστές συσχέτισης των δεικτών μετεωρολογικής ξηρασίας, όπως στην περίπτωση των σημειακών βροχοπτώσεων (βλ. 10.3.1). Στην πράξη, οι συντελεστές που υπολογίζονται με τις δύο προσεγγίσεις παρουσιάζουν επουσιώδεις μόνο αποκλίσεις, δεδομένου ότι ο δείκτης SPI δεν είναι παρά ένας μετασχηματισμός της βροχόπτωσης (μάλιστα, αν θεωρηθεί κανονική κατανομή για τον υπολογισμό του SPI, ο μετασχηματισμός είναι γραμμικός, οπότε οι τιμές των συντελεστών συσχέτισης ταυτίζονται). Στην Εικόνα 10-3 συγκρίνονται οι συντελεστές συσχέτισης για μία (τριμήνου-εξαμήνου, εξαμήνου-εννιαμήνου, κοκ.) και δύο (τριμήνου-εννιαμήνου, εξαμήνου-έτους, κοκ.) χρονικές υστερήσεις, που αναφέρονται στην επιφανειακή βροχόπτωση της ΛΑΠ Αξιού και του αντίστοιχου δείκτη SPI. Όπως αναμενόταν, οι τιμές των συντελεστών αποκλίνουν ελάχιστα (το πολύ 2%).



Εικόνα 10-3: Συντελεστές συσχέτισης βροχόπτωσης και δείκτη ξηρασίας στη ΛΑΠ Αξιού, για χρονική υστέρηση μίας και δύο χρονικών κλιμάκων.

10.3.3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΧΡΟΝΙΚΩΝ ΣΥΣΧΕΤΙΣΕΩΝ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΑΞΙΟΥ ΣΤΑ ΣΥΝΟΡΑ

Η απορροή του Αξιού στα σύνορα με την ΠΓΔΜ είναι το πιο σημαντικό αλλά και το μοναδικό υδρομετρικό δείγμα της περιοχή μελέτης για το οποίο διατίθενται ικανού μήκους και αξιοπιστίας δεδομένα, που να καθιστούν δυνατή την πραγματοποίηση στατιστικών προγνώσεων. Υπενθυμίζεται ότι υδρομετρήσεις στον ποταμό πραγματοποιείται λίγο κατάντη, ήτοι στη Γέφυρα Αξιούπολης, ενώ για την αναγωγή των μηνιαίων παροχών στα σύνορα μπορεί να εφαρμοστεί ο μειωτικός συντελεστής 98% (Εικόνα 3-16).

Όμοια με τις επιφανειακές βροχοπτώσεις των ΛΑΠ, υπολογίστηκαν οι συντελεστές συσχέτισης μεταξύ της αθροιστικής απορροής του Αξιού σε διάφορες χρονικές κλίμακες, με βάση τους οποίους εξετάστηκε κατά πόσο μπορούν να χρησιμοποιηθούν απλές γραμμικές σχέσεις της μορφής:

$$R(t + k) = \alpha + \beta\, R(t) \qquad (10.2)$$

ως μοντέλα πρόγνωσης της αθροιστικής απορροής στη χρονική κλίμακα $t + k$, δεδομένης της αθροιστικής απορροής στη χρονική κλίμακα t. Οι συντελεστές συσχέτισης μεταξύ των διαφορετικών χρονικών κλιμάκων δίνονται στον Πίνακα 10-21.

Παρατηρείται ότι υπάρχει εξαιρετικά υψηλή συσχέτιση μεταξύ της αθροιστικής απορροής του πρώτου εξαμήνου και της αντίστοιχης ετήσιας (συντελεστής 96%), καθώς και πολύ καλή συσχέτιση μεταξύ της ετήσιας απορροής και της μέσης απορροής δύο ετών (συντελεστής 84%). Συνεπώς, ένα εξάμηνο πολύ χαμηλής απορροής είναι σχεδόν βέβαιο ότι θα οδηγήσει σε ένα υδρολογικό έτος αντίστοιχα χαμηλής υδροφορίας, ενώ ένα ξηρό έτος είναι αρκετά πιθανό να αποτελεί προπομπό μιας ξηρής διετίας. Όσον

αφορά στην απορροή του τριμήνου, αυτή μπορεί να δώσει πολύ ικανοποιητική στατιστική πρόγνωση για την απορροή του έτους (συντελεστής συσχέτισης 74%) και της διετίας (συντελεστής 75%).

Από τα παραπάνω είναι εμφανής η σημασία της συστηματικής παρακολούθησης των εισροών του Αξιού, για την πρόγνωση των υδρολογικών ξηρασιών τόσο της ιδίας του λεκάνης όσο και της ευρύτερης περιοχής μελέτης.

Πίνακας 10-21: Συντελεστές συσχέτισης απορροής Αλιάκμονα στη θέση Πολύφυτο, για διάφορες χρονικές κλίμακες και διάφορες χρονικές υστερήσεις.

Υστέρηση	Οκτ.- Δεκ.	Οκτ.-Μάρ.	Οκτ.-Ιούν.	Ετήσια	Μέση διετίας	Μέση τριετίας	Μέση τετραετίας
1	0.826	0.972	0.988	0.837	0.928	0.957	0.967
2	0.749	0.961	0.804	0.715	0.877	0.912	
3	0.740	0.818	0.659	0.663	0.783		
4	0.753	0.717	0.667	0.454			

10.4. ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΡΟΓΝΩΣΗΣ ΚΑΙ ΕΓΚΑΙΡΗΣ ΠΡΟΕΙΔΟΠΟΙΗΣΗΣ

10.4.1. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΗΣ ΠΡΟΓΝΩΣΗΣ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΞΗΡΑΣΙΩΝ

Οι ικανοποιητικά υψηλές συσχετίσεις που παρουσιάζουν οι υδρολογικές μεταβλητές της περιοχής μελέτης επιτρέπουν την επιχειρησιακή τους αξιοποίηση, για την πρόγνωση των μετεωρολογικών και υδρολογικών ξηρασιών. Οι μετεωρολογικές ξηρασίες αναφέρονται στη χωρική κλίμακα των ΛΑΠ, ενώ η υδρολογική ξηρασία αναφέρεται στην ανάντη λεκάνη απορροής του Αξιού, όπου παράγεται το 80% της συνολικής απορροής της ΛΑΠ Αξιού. Η πρόγνωση των υδρολογικών ξηρασιών στις υπόλοιπες ΛΑΠ δεν είναι εφικτή, δεδομένου ότι δεν υπάρχουν συστηματικά μετρητικά δεδομένα για την αξιόπιστη εκτίμηση της απορροής, επιφανειακής και υπόγειας. Στις διαχειριστικές αυτές ενότητες, θεωρείται μια γραμμική συσχέτιση μεταξύ της ετήσιας βροχόπτωσης και απορροής (βλ. 5.3.1), και συνεπώς ο δείκτης μετεωρολογικής ξηρασίας που εκτιμάται λαμβάνεται ως αδρομερής εκτιμήτρια και του αντίστοιχου δείκτη υδρολογικής ξηρασίας.

Το προτεινόμενο μεθοδολογικό πλαίσιο πρόγνωσης των μετεωρολογικών ξηρασιών βασίζεται στον δείκτη SPI και περιλαμβάνει δύο διαδικασίες:

(α) την έγκαιρη αναγνώριση της επερχόμενης μετεωρολογικής ξηρασίας, καθώς και την ποσοτικοποίηση της επικινδυνότητάς της, μέσω του αντίστοιχου δείκτη SPI, και

(β) την έγκαιρη λήψη μέτρων, για την αντιμετώπιση των δυνητικών επιπτώσεων της ξηρασίας.

Η διαδικασία γίνεται σε τρεις χρονικές φάσεις. Αρχικά, αμέσως μετά την παρέλευση του πρώτου τριμήνου του υδρολογικού έτους, και με βάση τα τρέχοντα βροχομετρικά δεδομένα (αθροιστικό ύψος βροχόπτωσης Οκτωβρίου-Δεκεμβρίου) γίνεται μια πρώτη, αδρομερής πρόβλεψη της κατάστασης του υδρολογικού έτους, δηλαδή αν αναμένεται να έχουμε υψηλή ή χαμηλή υδροφορία. Εφόσον διαφαίνεται ότι το έτος θα είναι ξηρό, και ανάλογα με την εκτιμώμενη τιμή του SPI, λαμβάνεται ένα πρώτο πλέγμα μέτρων, που κυρίως αποσκοπούν στην προετοιμασία του κρατικού μηχανισμού και των συναφών φορέων για το ενδεχόμενο επιβολής θεσμικών μέτρων και λοιπών διαχειριστικών περιορισμών στη χρήση του νερού, εφόσον επιβεβαιωθεί το καθεστώς ξηρασίας. Χρησιμοποιούνται οι τρεις τυπικές διαβαθμίσεις του δείκτη SPI, ήτοι -1.0, -1.5 και -2.0, για τον χαρακτηρισμό των μέτριων, σοβαρών και ακραίων ξηρασιών.

Η οριστικοποίηση των μέτρων γίνεται στο εξάμηνο, καθώς η πρόγνωση των ετήσιων υδρολογικών μεγεθών με βάση τα μεγέθη του εξαμήνου είναι αρκετά αξιόπιστη. Πράγματι, αμέσως μετά την παρέλευση του εξαμήνου είναι δυνατή όχι μόνο η αναγνώριση του ενδεχομένου ξηρασίας, αλλά και μια καλή εκτίμηση του ετήσιου δείκτη SPI. Για κάθε εύρος διακύμανσης των δεικτών έχει αναπτυχθεί μια λίστα διαχειριστικών μέτρων, τα οποία λαμβάνονται από τους αρμόδιους φορείς προκειμένου να αντιμετωπιστούν οι δυνητικές

επιπτώσεις της ξηρασίας (Κεφάλαιο 8). Προφανώς, όσο πιο έντονη αναμένεται να είναι η ξηρασία, τόσο πιο αυστηρά είναι τα μέτρα που θα πρέπει να ληφθούν, κατά περίπτωση.

Μετά το πέρας του υδρολογικού έτους, υπολογίζεται, με βάση τα πλήρη βροχομετρικά δεδομένα του δωδεκαμήνου, ο ετήσιος SPI και αξιολογείται η επιτυχία των μέτρων. Σε περίπτωση που ο εν λόγω δείκτης είναι χαμηλότερος από το πρώτο όριο, το οποίο υποδηλώνει μέτρια ξηρασία (-1.0), λαμβάνονται επιπλέον μεσοπρόθεσμα μέτρα, δεδομένου ότι η πιθανότητα διατήρησης παρόμοιας κατάστασης ξηρασίας και την επόμενη χρονιά είναι σημαντική. Τα μέτρα αναθεωρούνται, ανάλογα με την εξέλιξη των βροχοπτώσεων στη διάρκεια του νέου υδρολογικού έτους.

Εκτός του SPI του διαρεύσαντος έτους, υπολογίζεται και ο δείκτης μέσης τριετίας, που αποσκοπεί στην αναγνώριση των ιδιαίτερα δυσμενών ξηρασιών μακράς διάρκειας. Εφόσον η τιμή του είναι κοντά στο όριο -1.5, που υποδηλώνει σοβαρή μακροχρόνια ξηρασία, λαμβάνονται έκτακτα μέτρα, ενώ συγχρόνως σηματοδοτεί δυνατότητα αναστολής των περιβαλλοντικών στόχων και ενεργοποίηση του άρθρου 4 παράγραφος 6 για εξαίρεση των υδατικών συστημάτων λόγω εξαιρετικών περιστάσεων παρατεταμένης ξηρασίας. Τα μέτρα αυτά διατηρούνται καθ' όλο το επόμενο υδρολογικό έτος, ανεξαρτήτως της εξέλιξης των βροχοπτώσεων.

Στις διαδοχικές εκτιμήσεις του ετήσιου δείκτη μετεωρολογικής ξηρασίας χρησιμοποιείται η απλούστερη δυνατή πρωτογενής πληροφορία. Συγκεκριμένα, οι προγνώσεις μετά το πέρας των μηνών Δεκεμβρίου, Μαρτίου και Σεπτεμβρίου γίνονται με βάση την αθροιστική βροχόπτωση τριμήνου, εξαμήνου και έτους, αντίστοιχα, ενός συγκεκριμένου σταθμού, του οποίου η σημειακή βροχόπτωση είναι αντιπροσωπευτική της επιφανειακής βροχόπτωσης της ΛΑΠ. Με τη χρήση μιας σημειακής αντί της επιφανειακής βροχόπτωσης, παρακάμπτεται η ανάγκη συλλογής και επεξεργασίας δεδομένων από μεγάλο αριθμό σταθμών. Υπενθυμίζεται ότι ο υπολογισμός της επιφανειακής βροχόπτωσης προϋποθέτει τη συλλογή βροχομετρικών δεδομένων από 23 σταθμούς, τη συνάθροιση των δεδομένων με εφαρμογή κατάλληλων συντελεστών βάρους, και την υψομετρική αναγωγή τους (βλ. υποκεφάλαιο 3.4). Μια τέτοια προσέγγιση παρέλκει του στόχου του προτεινόμενου μηχανισμού, ο οποίος δεν εστιάζει στην ακρίβεια των προγνώσεων αλλά στην όσο το δυνατόν πιο αξιόπιστη αναγνώριση της γενικής υδρολογικής εικόνας της περιοχής, προκειμένου να λαμβάνονται εγκαίρως τα μέτρα μετριασμού των επιπτώσεων μιας ενδεχόμενης ξηρασίας. Είναι προφανές ότι αν χρησιμοποιηθούν οι επιφανειακές βροχοπτώσεις των ΛΑΠ αντί των σημειακών, οι προγνώσεις θα είναι πολύ πιο ακριβείς, καθώς, όπως προκύπτει από τις αναλύσεις του εδαφίου 10.3.2, οι σχετικοί συντελεστές συσχέτισης είναι ιδιαίτερα υψηλοί, ακόμα και για υστερήσεις αρκετών μηνών.

Με βάση τις παραπάνω παραδοχές, η διαδικασία πρόγνωσης ή εκτίμησης του δείκτη SPI έχει ως εξής: Έστω P_S η ετήσια τιμή του επιφανειακού ύψους βροχής της ΛΑΠ στο τρέχον υδρολογικό έτος, που θεωρείται άγνωστη. Συμβολίζουμε με P_3 και P_6 την αθροιστική σημειακή βροχόπτωση του τριμήνου και εξαμήνου, αντίστοιχα, η οποία λαμβάνεται από τον ίδιο πάντοτε βροχομετρικό σταθμό. Η πρόγνωση της ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης γίνεται με τη χρήση γραμμικών σχέσεων της μορφής:

$$P_S = \alpha_3 + \beta_3 P_3 \quad (10.3)$$

$$P_S = \alpha_6 + \beta_6 P_6 \quad (10.4)$$

Ομοίως, η εκτίμηση της ετήσιας (P_S) και μέσης τριετούς (P_{S3}) επιφανειακής βροχόπτωσης από την ετήσια (P_Y) και μέση τριετή (P_{3Y}) σημειακή βροχόπτωση γίνεται με τη χρήση γραμμικών σχέσεων της μορφής:

$$P_S = \alpha_Y + \beta_Y P_Y \quad (10.5)$$

$$P_{S3} = \alpha_{3Y} + \beta_{3Y} P_{3Y} \quad (10.6)$$

Οι παράμετροι κάθε σχέσης (α: τομή, β: κλίση) εκτιμώνται μέσω γραμμικής παλινδρόμησης, με βάση τα δεδομένα της περιόδου 1980-2010, κατά την οποία η επιφανειακή βροχόπτωση έχει εκτιμηθεί από μεγάλο πλήθος δειγμάτων. Η επιλογή του σταθμού από τον οποίο λαμβάνεται η σημειακή βροχομετρική πληροφορία, δηλαδή οι επίκαιρες τιμές των P_3, P_6, P_Y και P_{3Y}, γίνεται με κριτήριο τη μεγιστοποίηση του συντελεστή συσχέτισης μεταξύ της επιφανειακής βροχόπτωσης της ΛΑΠ και της σημειακής αθροιστικής

βροχόπτωσης, στις τέσσερις χρονικές κλίμακες συνάθροισης. Επισημαίνεται ότι, κατά κανόνα, ο σταθμός που εμφανίζει την υψηλότερη συσχέτιση διαφοροποιείται ανάλογα με τη χρονική κλίμακα. Στην περίπτωση αυτή, επιλέγεται ο σταθμός με την καλύτερη μέση συσχέτιση.

Με βάση την εκτίμηση του ετήσιου ύψους βροχής P_S, εξετάζεται αν η τιμή του υπερβαίνει ή όχι τη διάμεσο τιμή του αντίστοιχου ιστορικού δείγματος. Εφόσον την υπερβαίνει, θεωρείται ότι το έτος είναι υγρό, και δεν προκύπτει ανάγκη λήψης μέτρων αντιμετώπισης της ξηρασίας. Διαφορετικά, το έτος είναι ξηρό, και είναι αναγκαία η εκτίμηση του δείκτη SPI, ώστε να ποσοτικοποιηθεί η ένταση του φαινομένου. Σύμφωνα με τη μεθοδολογία που αναπτύχθηκε στο υποκεφάλαιο 4.3, για την εκτίμηση της πιθανότητας υπέρβασης της τιμής της ετήσιας βροχόπτωσης, επιλέγεται μια στατιστική κατανομή, με βάση την οποία υπολογίζεται ο δείκτης SPI. Σύμφωνα τις αναλύσεις του εδαφίου 4.4.3, οι ετήσιες και μέσες τριετείς βροχοπτώσεις των ΛΑΠ ακολουθούν κανονική, λογαριθμοκανονική ή Weibull κατανομή.

Στην κανονική κατανομή, ο SPI ταυτίζεται με την τυποποιημένη κανονική μεταβλητή, δηλαδή:

$$SPI = (P_S - \bar{P,}) / \sigma_P \qquad (10.7)$$

όπου $\bar{P,}$ η μέση τιμή και σ_P η τυπική απόκλιση της ιστορικής χρονοσειράς επιφανειακής βροχόπτωσης.

Στην περίπτωση της λογαριθμοκανονικής κατανομής, ο SPI υπολογίζεται από τη σχέση (βλ. 4.3.2.2):

$$SPI = (\ln P_S - \bar{y,}) / \sigma_Y \qquad (10.8)$$

όπου $\bar{y,}$ η μέση τιμή και σ_Y η τυπική απόκλιση του μετασχηματισμένου δείγματος $y = \ln(P)$.

Τέλος, αν η ετήσια βροχόπτωση ακολουθεί κατανομή Weibull, με παραμέτρους α (παράμετρος σχήματος) και κ (παράμετρος κλίμακας), τότε αρχικά υπολογίζεται η πιθανότητα μη υπέρβασης της δεδομένης τιμής της βροχόπτωσης P_S, μέσω της σχέσης:

$$F_P = 1 - \exp\left[-(P_S / a)^{\kappa}\right] \qquad (10.9)$$

Στη συνέχεια, εκτιμάται δείκτης SPI ως η τυποποιημένη κανονική μεταβλητή που αντιστοιχεί στην εν λόγω πιθανότητα. Για το σκοπό αυτό, χρησιμοποιείται η ενσωματωμένη συνάρτηση του Excel:

$$SRI = NORMSINV(F_P) \qquad (10.10)$$

Υπενθυμίζεται ότι οι δύο παράμετροι της κατανομής εκτιμώνται από αριθμητικές σχέσεις, συναρτήσει της μέσης τιμής και τυπικής απόκλισης του δείγματος (βλ. 4.3.2.4).

Συνοψίζοντας, για την εκτίμηση του δείκτη SPI απαιτούνται ο προσδιορισμός του αντιπροσωπευτικού βροχομετρικού σταθμού, ο υπολογισμός των παραμέτρων του μοντέλου γραμμικής παλινδρόμησης που συνδέει τη μεταβλητή ενδιαφέροντος, η οποία αναφέρεται στην κλίμακα του υδρολογικού έτους, με την ανεξάρτητη μεταβλητή, η οποία αναφέρεται στην τριμηνιαία, εξαμηνιαία, ετήσια και μέση τριετή κλίμακα, καθώς και οι παράμετροι της κατανομής που ακολουθεί η επιφανειακή βροχόπτωση. Η υπολογιστική διαδικασία τυποποιείται πολύ εύκολα, με τη χρήση λογιστικών φύλλων.

Επισημαίνεται ότι τα στατιστικά μεγέθη που εισέρχονται στους υπολογισμούς τόσο των μετεωρολογικών όσο και των υδρολογικών ξηρασιών μεταβάλλονται κάθε χρόνο, καθώς προστίθενται νέα δεδομένα στα ιστορικά δείγματα. Στην πράξη, ωστόσο, δεν έχει νόημα η συστηματική επικαιροποίησή τους, παρά μόνο μετά την παρέλευση ενός εύλογου χρονικού διαστήματος, της τάξης των πέντε ως δέκα ετών. Ουσιαστική τροποποίηση των προγνωστικών μοντέλων θα είναι αναγκαία μόνο σε περίπτωση π.χ. παύσης της λειτουργίας του βροχομετρικού ή υδρομετρικού σταθμού ελέγχου. Οι αρμόδιες υπηρεσίες θα πρέπει να μεριμνήσουν ώστε οι σταθμοί αυτοί που θεωρούνται κρίσιμοι στη διαχείριση των ξηρασιών, και εν γένει των υδατικών πόρων της περιοχής, να συνεχίσουν να λειτουργούν απρόσκοπτα.

10.4.2. ΠΡΟΓΝΩΣΗ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΞΗΡΑΣΙΩΝ ΛΑΠ

10.4.2.1. ΛΑΠ ΑΞΙΟΥ

Ο σταθμός που παρουσιάζει την καλύτερη συσχέτιση στις διάφορες χρονικές κλίμακες με τη χρονοσειρά επιφανειακής βροχόπτωσης της περιόδου 1980-2010 είναι η Νέα Χαλκηδόνα του ΥΠΑΑΤ. Στις Εικόνες 10-4 έως 10-7 απεικονίζονται τα διαγράμματα διασποράς της ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης της ΛΑΠ Αξιού με την βροχόπτωση τριμήνου, εξαμήνου και υδρολογικού έτους στη Νέα Χαλκηδόνα, καθώς και των αντίστοιχων μέσων βροχοπτώσεων τριών ετών.

Για την πρόγνωση της ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης με βάση τη σημειακή βροχόπτωση τριμήνου, εφαρμόζεται η σχέση:

$$P_S = 352.1 + 1.249\ P_3 \qquad (10.11)$$

με συντελεστή συσχέτισης 59% (συντελεστής προσδιορισμού 35%).

Αντίστοιχα, για την πρόγνωση της ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης με βάση τη σημειακή βροχόπτωση εξαμήνου, εφαρμόζεται η σχέση:

$$P_S = 197.9 + 1.221\ P_6 \qquad (10.12)$$

με συντελεστή συσχέτισης 86% (συντελεστής προσδιορισμού 72%).

Για την εκτίμηση της ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης με βάση την ετήσια σημειακή, στο πέρας του υδρολογικού έτους, εφαρμόζεται η σχέση:

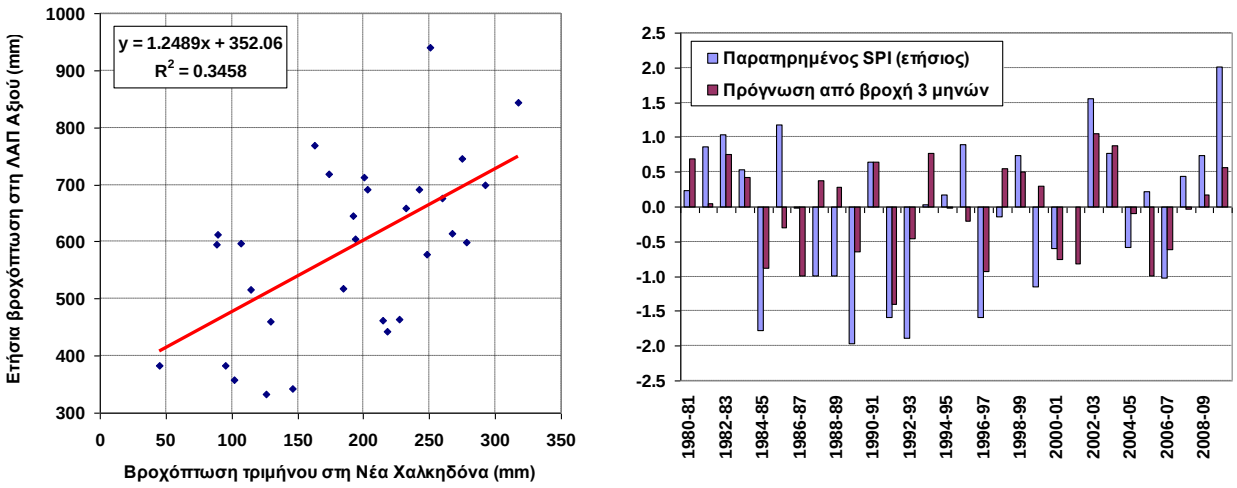
$$P_S = 53.6 + 1.078\ P_Y \qquad (10.13)$$

με υψηλό συντελεστή συσχέτισης 94% (συντελεστής προσδιορισμού 88%).

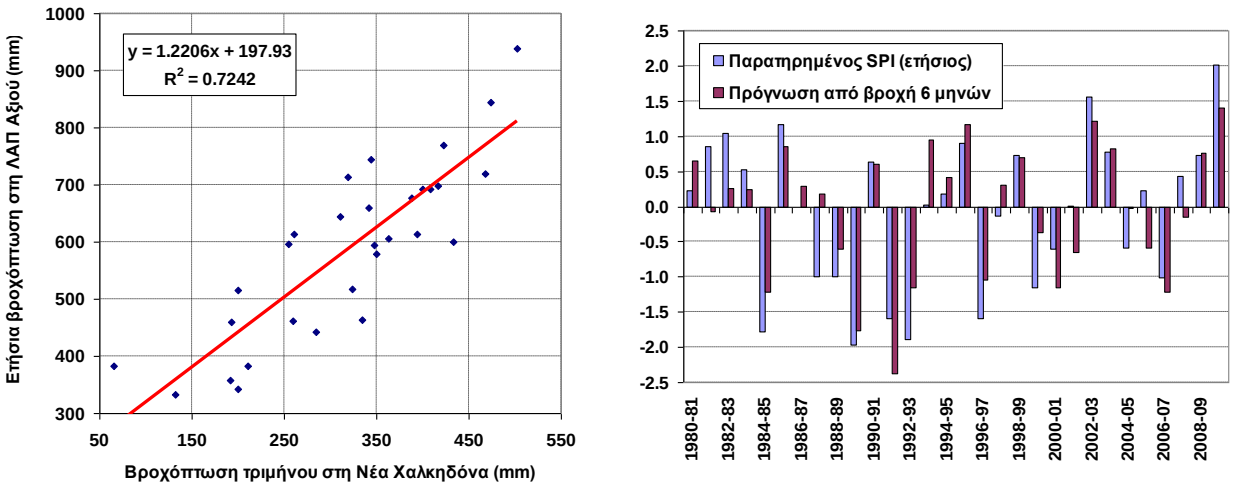
Τέλος, για την εκτίμηση της μέσης επιφανειακής βροχόπτωσης τριών ετών, με βάση την αντίστοιχη μέση σημειακή, εφαρμόζεται η σχέση:

$$P_{S3} = 26.5 + 1.131\ P_{3Y} \qquad (10.14)$$

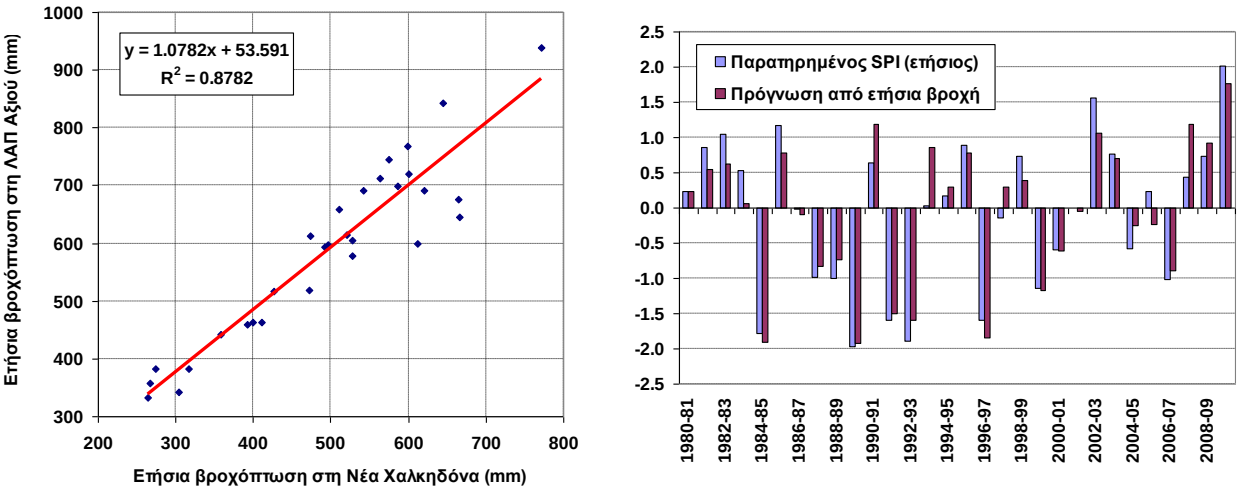
με συντελεστή συσχέτισης 91% (συντελεστής προσδιορισμού 83%).



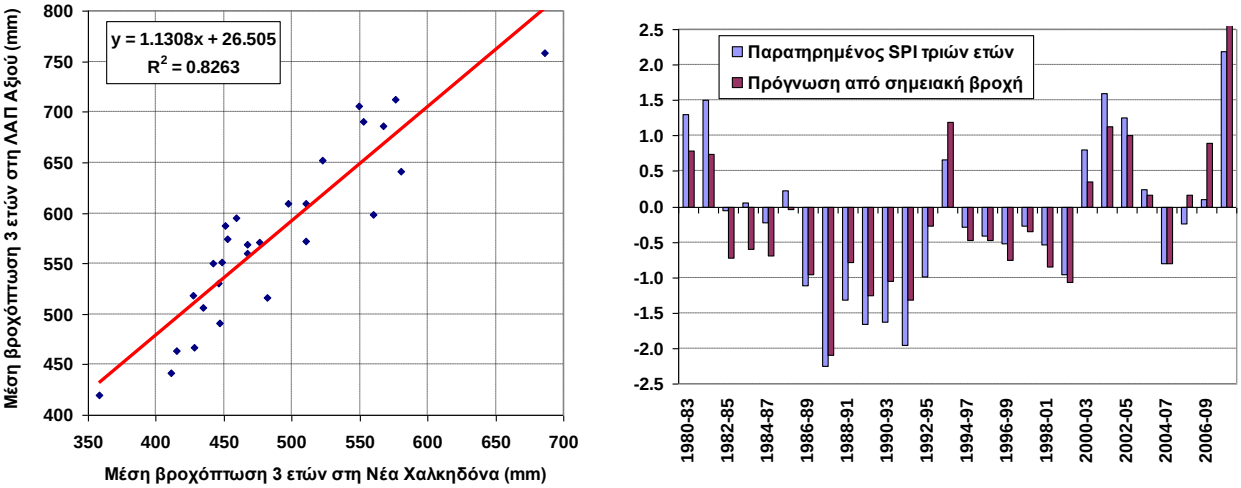
Εικόνα 10-4: Διάγραμμα διασποράς βροχόπτωσης τριμήνου στη Νέα Χαλκηδόνα και ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης ΛΑΠ Αξιού (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SPI (δεξιά).



Εικόνα 10-5: Διάγραμμα διασποράς βροχόπτωσης εξαμήνου στη Νέα Χαλκηδόνα και ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης ΛΑΠ Αξιού (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SPI (δεξιά).



Εικόνα 10-6: Διάγραμμα διασποράς ετήσιας βροχόπτωσης στη Νέα Χαλκηδόνα και ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης ΛΑΠ Αξιού (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SPI (δεξιά).



Εικόνα 10-7: Διάγραμμα διασποράς μέσης βροχόπτωσης τριών ετών στη Νέα Χαλκηδόνα και μέσης επιφανειακής βροχόπτωσης τριων ετών ΛΑΠ Αξιού (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SPI (δεξιά).

Πίνακας 10-22: Εφαρμογή μοντέλων πρόγνωσης δείκτη ετήσιας μετεωρολογικής ξηρασίας, αξιολόγηση ετήσιων ξηρασιών και σύγκριση με ιστορικά δεδομένα στη ΛΑΠ Αξιού.

Υδρολ. έτος	Ετήσιος SPI	Πρόγνωση τριμήνου	Πρόγνωση εξαμήνου	Εκτίμηση έτους	Αξιολόγηση ξηρασίας	Πρόγνωση τριμήνου	Πρόγνωση εξαμήνου	Εκτίμηση έτους
1980-81	0.23	0.70	0.65	0.24				
1981-82	0.86	0.05	-0.07	0.55			Ήπια	
1982-83	1.04	0.76	0.26	0.62				
1983-84	0.53	0.42	0.25	0.06				
1984-85	-1.78	-0.87	-1.22	-1.91	Σοβαρή	Ήπια	Μέτρια	Σοβαρή
1985-86	1.17	-0.30	0.86	0.78		Ήπια		
1986-87	-0.01	-0.99	0.29	-0.09	Ήπια	Ήπια		Ήπια
1987-88	-0.99	0.38	0.19	-0.83	Ήπια			Ήπια
1988-89	-1.00	0.28	-0.61	-0.74	Ήπια		Ήπια	Ήπια
1989-90	-1.96	-0.65	-1.76	-1.93	Σοβαρή	Ήπια	Σοβαρή	Σοβαρή
1990-91	0.64	0.64	0.61	1.18				
1991-92	-1.59	-1.40	-2.38	-1.50	Σοβαρή	Μέτρια	Ακραία	Σοβαρή
1992-93	-1.89	-0.46	-1.14	-1.60	Σοβαρή	Ήπια	Μέτρια	Σοβαρή
1993-94	0.03	0.78	0.94	0.86				
1994-95	0.18	-0.02	0.42	0.30		Ήπια		
1995-96	0.90	-0.20	1.18	0.79		Ήπια		
1996-97	-1.59	-0.93	-1.05	-1.84	Σοβαρή	Ήπια	Μέτρια	Σοβαρή
1997-98	-0.13	0.55	0.31	0.30	Ήπια			
1998-99	0.73	0.50	0.70	0.39				
1999-00	-1.15	0.31	-0.37	-1.17	Μέτρια		Ήπια	Μέτρια
2000-01	-0.60	-0.75	-1.15	-0.61	Ήπια	Ήπια	Μέτρια	Ήπια
2001-02	0.00	-0.82	-0.65	-0.05		Ήπια	Ήπια	Ήπια
2002-03	1.56	1.06	1.21	1.07				
2003-04	0.77	0.89	0.82	0.70				
2004-05	-0.58	-0.10	-0.02	-0.25	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια
2005-06	0.23	-0.99	-0.59	-0.24		Ήπια	Ήπια	Ήπια
2006-07	-1.02	-0.61	-1.22	-0.89	Μέτρια	Ήπια	Μέτρια	Ήπια
2007-08	0.44	-0.03	-0.14	1.19		Ήπια	Ήπια	
2008-09	0.73	0.18	0.76	0.92				
2009-10	2.01	0.57	1.40	1.76				

Σύμφωνα με το εδάφιο 4.4.3.2, η ενδεικνυόμενη στατιστική κατανομή για την περιγραφή των ετήσιων επιφανειακών βροχοπτώσεων στη ΛΑΠ Αξιού είναι η λογαριθμοκανονική, με παραμέτρους $y,^{-} = 6.363$ και $\sigma_Y = 0.240$, για τις τιμές υπεράνω της διαμέσου (605.3 mm), και η κανονική, με μέση τιμή $P,^{-} = 595.9$ mm και τυπική απόκλιση $\sigma_P = 133.9$ mm, για τις χαμηλές τιμές. Συνεπώς, τα υγρά έτη ($P_S > 605.3$ mm), ο δείκτης ξηρασίας είναι θετικός και υπολογίζεται από τη σχέση:

$$SPI = (\ln P_S - 6.363) / 0.240 \quad (10.15)$$

Αντίστοιχα, τα ξηρά έτη ($P_S < 605.3$ mm) ο δείκτης SPI είναι αρνητικός και υπολογίζεται από τη σχέση:

$$SPI = (P_S - 595.9) / 133.9 \quad (10.16)$$

Για τη μέση επιφανειακή βροχόπτωση τριών ετών, η ενδεικνυόμενη στατιστική κατανομή είναι η κανονική, με μέση τιμή $P,^{-} = 591.2$ mm και τυπική απόκλιση $\sigma_P = 76.4$ mm. Συνεπώς, ο δείκτης ξηρασίας τριών ετών υπολογίζεται από τη σχέση:

$$SPI = (P_{S3} - 591.2) / 76.4 \quad (10.17)$$

Η επαλήθευση των παραπάνω μοντέλων γίνεται με βάση τα βροχομετρικά δεδομένα της περιόδου 1980-2010, από τα οποία εκτιμώνται οι τιμές πρόγνωσης του SPI, που συγκρίνονται με τα αποτελέσματα του εδαφίου 4.4.3.2. Η σύγκριση μεταξύ των παρατηρημένων και εκτιμημένων τιμών του SPI απεικονίζεται και στα διαγράμματα των Εικόνων 10-4 έως 10-7. Τα αναλυτικά μεγέθη για την ετήσια και μέση τριετή κλίμακα παρατίθενται στους Πίνακες 10-22 και 10-23, αντίστοιχα.

Πίνακας 10-23: Εφαρμογή μοντέλων εκτίμησης δείκτη μετεωρολογικής ξηρασίας τριών επών, αξιολόγηση έμμονων ξηρασιών και σύγκριση με ιστορικά δεδομένα στη ΛΑΠ Αξιού.

Τριετία	SPI τριετίας	Εκτίμηση τριετίας	Αξιολόγηση ξηρασίας	Εκτίμηση Τριετίας
1980-83	1.30	0.79		
1981-84	1.50	0.74		
1982-85	-0.05	-0.72	Ήπια	Ήπια
1983-86	0.05	-0.60		
1984-87	-0.23	-0.70	Ήπια	Ήπια
1985-88	0.23	-0.04		Ήπια
1986-89	-1.11	-0.96	Μέτρια	Ήπια
1987-90	-2.25	-2.09		
1988-91	-1.32	-0.78	Μέτρια	Ήπια
1989-92	-1.67	-1.25	Σοβαρή	Μέτρια
1990-93	-1.62	-1.05	Σοβαρή	Μέτρια
1991-94	-1.96	-1.31	Σοβαρή	Μέτρια
1992-95	-0.99	-0.27	Ήπια	Ήπια
1993-96	0.66	1.19		
1994-97	-0.29	-0.47	Ήπια	Ήπια
1995-98	-0.41	-0.47	Ήπια	Ήπια
1996-99	-0.53	-0.76	Ήπια	Ήπια
1997-00	-0.27	-0.35	Ήπια	Ήπια
1998-01	-0.54	-0.85	Ήπια	Ήπια
1999-02	-0.96	-1.07	Ήπια	Μέτρια
2000-03	0.80	0.35		
2001-04	1.59	1.13		
2002-05	1.25	1.01		
2003-06	0.24	0.16		
2004-07	-0.80	-0.80	Ήπια	Ήπια
2005-08	-0.25	0.17	Ήπια	
2006-09	0.10	0.89		
2007-10	2.19	2.77		

Παρατηρείται ότι η πρόγνωση των ετήσιων μετεωρολογικών ξηρασιών στη ΛΑΠ Αξιού με βάση τη σημειακή βροχόπτωση του εξαμήνου στη Νέα Χαλκηδόνα είναι ικανοποιητική, λαμβανομένης υπόψη της εξαιρετικά αδρομερούς προσέγγισης. Αντίθετα, στη κλίμακα του τριμήνου η σημειακή πληροφορία παρέχει μόνο μια πρώτη ένδειξη του κινδύνου εμφάνισης ξηρασιών, χωρίς να παρέχει καλές ποσοτικές εκτιμήσεις. Γενικά, το μέγεθος των ξηρασιών υποεκτιμάται σημαντικά, και αυτό οφείλεται στη χρήση προγνωστικών σχέσεων, οι οποίες έχουν εξαχθεί μέσω γραμμικής παλινδρόμησης. Οι σχέσεις αυτές υποεκτιμούν την διασπορά των βροχοπτώσεων, εξομαλύνοντας σημαντικά τα αποτελέσματα των προγνώσεων, σε σχέση με τα ιστορικά δεδομένα. Αυτό έχει ιδιαίτερη επίπτωση στις χαμηλές τιμές της βροχόπτωσης, εξαιτίας της υπόθεσης του σταθερού όρου στην εξίσωση παλινδρόμησης. Για παράδειγμα, στην ακραία περίπτωση που στον σταθμό καταγραφεί μηδενική βροχόπτωση για όλο το πρώτο τρίμηνο, από την εφαρμογή της σχέσης (10.11) θα προκύψει μια πρόγνωση της ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης στη ΛΑΠ ίση με 352.1 mm. Για τον λόγο αυτό θα πρέπει να γίνεται προσεκτική χρήση των αποτελεσμάτων των προγνώσεων, και σε περίπτωση εμφάνισης αρνητικού δείκτη SPI να λαμβάνονται υψηλότερα (και συνεπώς πιο συντηρητικά) όρια για την εκτίμηση του μεγέθους των ξηρασιών, την αξιολόγηση των σχετικών κινδύνων και τη λήψη των μέτρων πρόληψης. Για τον λόγο αυτό, στις προγνώσεις του τριμήνου και εξαμήνου, προτείνεται αντί των τυπικών ορίων -1.0, -1.5 και -2.0, να εφαρμόζονται τα όρια -0.5, -1.0 και -1.5, έτσι ώστε ο χαρακτηρισμός των μέτριων, σοβαρών και ακραίων ξηρασιών να είναι υπέρ της ασφαλείας.

Στην ετήσια και μέση τριετή κλίμακα, τα αποτελέσματα των εκτιμήσεων που βασίζονται στη σημειακή βροχόπτωση σαφώς πιο πολύ κοντά στα θεωρητικά, τα οποία υπολογίστηκαν από το πλήρες δείγμα, μέσω επιφανειακής ολοκλήρωσης. Οι εκτιμήσεις αυτές, που πραγματοποιούνται στις αρχές κάθε υδρολογικού

έτους, χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση της κατάστασης του περασμένου έτους και της περασμένης τριετίας. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, αν ο δείκτης ξηρασίας τριετίας είναι κοντά στην τιμή -1.50 ή και χαμηλότερα, τότε λαμβάνονται έκτακτα μέτρα που διατηρούνται καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

10.4.2.2. ΛΑΠ ΓΑΛΛΙΚΟΥ

Στην περίπτωση της ΛΑΠ Γαλλικού υπάρχουν σημαντικές διαφορές στους συντελεστές συσχέτισης των τριών καλύτερων σταθμών (Μεταξοχώρι, Μελάνθιο, Κιλκίς), στις διάφορες χρονικές κλίμακες. Τελικά, ως σταθμός βάσης λαμβάνεται το Μεταξοχώρι του ΥΠΑΑΤ, που παρουσιάζει την καλύτερη συσχέτιση στην ετήσια και τριετή κλίμακα. Στις Εικόνες 10-8 έως 10-11 απεικονίζονται τα διαγράμματα διασποράς της ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης της ΛΑΠ Γαλλικού με την βροχόπτωση τριμήνου, εξαμήνου και υδρολογικού έτους στο Μεταξοχώρι, καθώς και των αντίστοιχων μέσων βροχοπτώσεων τριών ετών.

Για την πρόγνωση της ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης με βάση τη σημειακή βροχόπτωση τριμήνου, εφαρμόζεται η σχέση:

$$P_S = 378.6 + 1.025\ P_3 \qquad (10.18)$$

με συντελεστή συσχέτισης 49% (συντελεστής προσδιορισμού 24%).

Αντίστοιχα, για την πρόγνωση της ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης με βάση τη σημειακή βροχόπτωση εξαμήνου, εφαρμόζεται η σχέση:

$$P_S = 288.6 + 0.920\ P_6 \qquad (10.19)$$

με σχετικά χαμηλό συντελεστή συσχέτισης 65% (συντελεστής προσδιορισμού 42%).

Για την εκτίμηση της ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης με βάση την ετήσια σημειακή, στο πέρας του υδρολογικού έτους, εφαρμόζεται η σχέση:

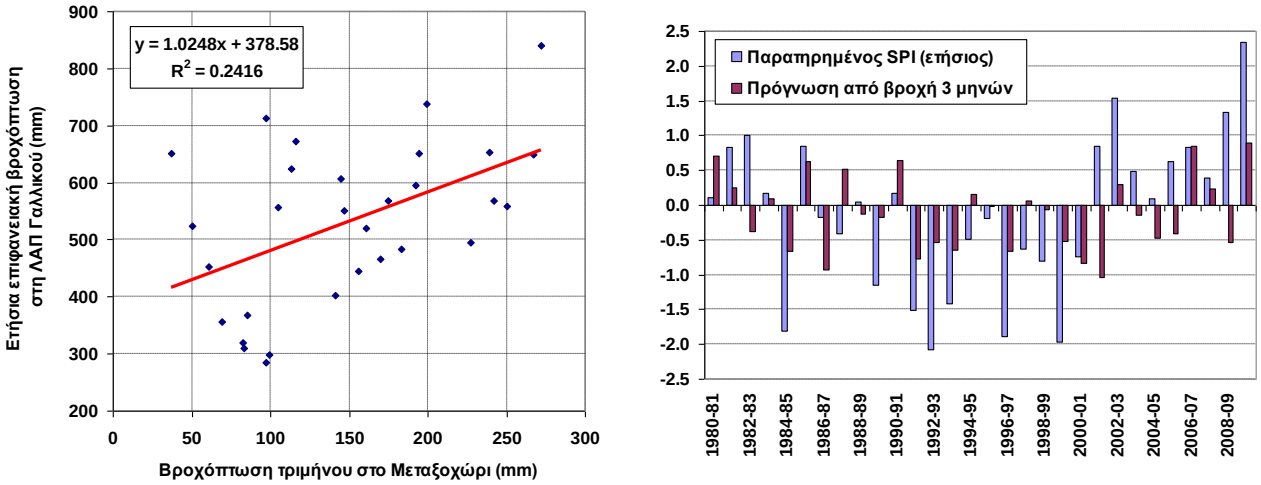
$$P_S = 58.5 + 0.890\ P_Y \qquad (10.20)$$

με συντελεστή συσχέτισης 91% (συντελεστής προσδιορισμού 84%).

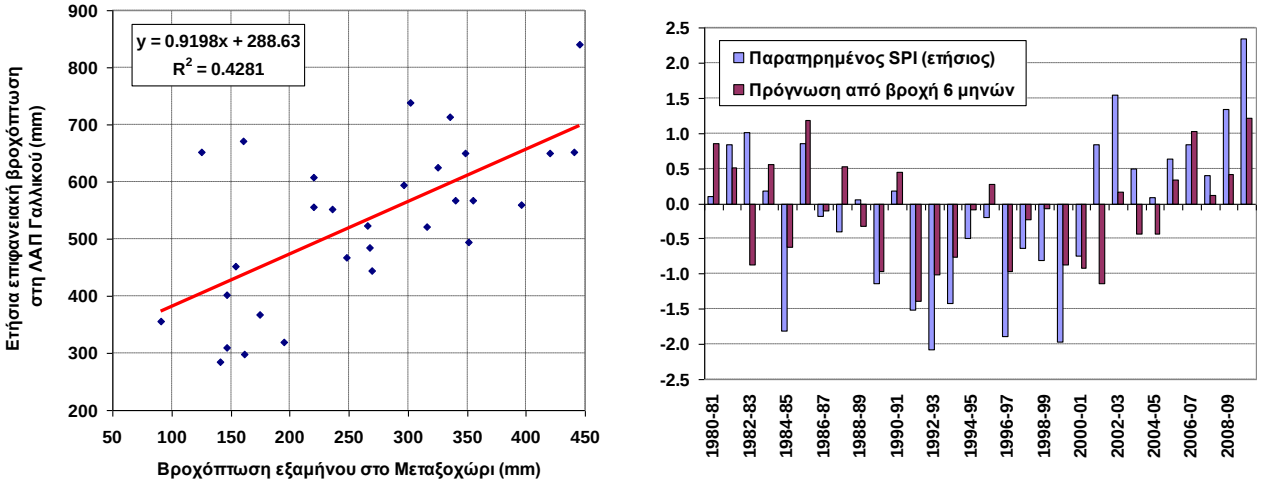
Τέλος, για την εκτίμηση της μέσης επιφανειακής βροχόπτωσης τριών ετών, με βάση την αντίστοιχη μέση σημειακή, εφαρμόζεται η σχέση:

$$P_{S3} = 54.0 + 0.896\ P_{3Y} \qquad (10.21)$$

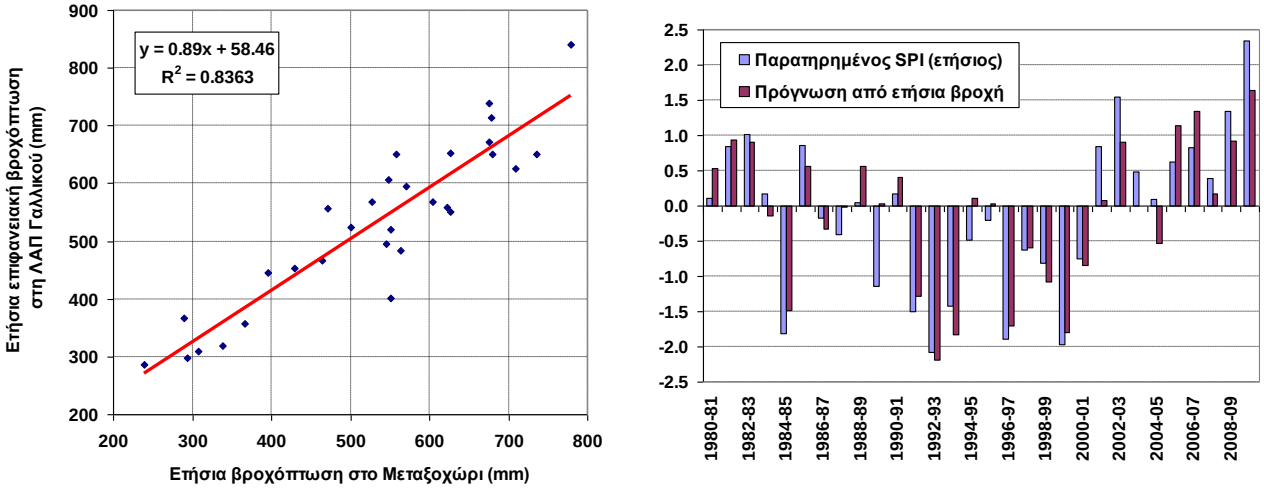
με συντελεστή συσχέτισης 92% (συντελεστής προσδιορισμού 85%).



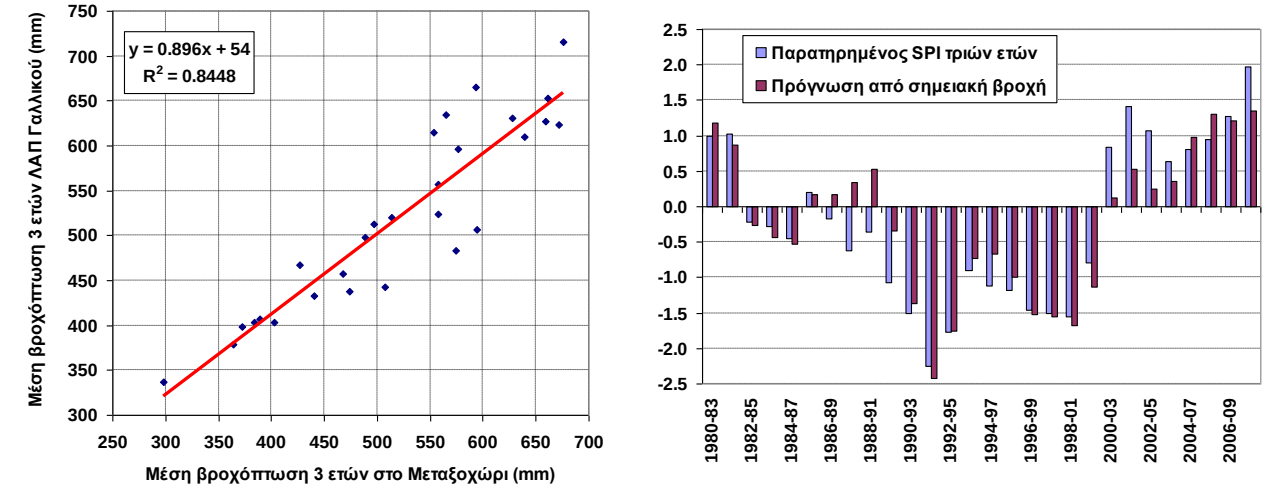
Εικόνα 10-8: Διάγραμμα διασποράς βροχόπτωσης τριμήνου στο Μεταξοχώρι και ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης ΛΑΠ Γαλλικού (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SPI (δεξιά).



Εικόνα 10-9: Διάγραμμα διασποράς βροχόπτωσης εξαμήνου στο Μεταξοχώρι και ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης ΛΑΠ Γαλλικού (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SPI (δεξιά).



Εικόνα 10-10: Διάγραμμα διασποράς ετήσιας βροχόπτωσης στο Μεταξοχώρι και ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης ΛΑΠ Γαλλικού (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SPI (δεξιά).



Εικόνα 10-11: Διάγραμμα διασποράς μέσης βροχόπτωσης τριών ετών στο Μεταξοχώρι και μέσης επιφανειακής βροχόπτωσης τριων ετών ΛΑΠ Γαλλικού (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SPI (δεξιά).

Πίνακας 10-24: Εφαρμογή μοντέλων πρόγνωσης δείκτη ετήσιας μετεωρολογικής ξηρασίας, αξιολόγηση ετήσιων ξηρασιών και σύγκριση με ιστορικά δεδομένα στη ΛΑΠ Γαλλικού.

Υδρολ. έτος	Ετήσιος SPI	Πρόγνωση τριμήνου	Πρόγνωση εξαμήνου	Εκτίμηση έτους	Αξιολόγηση ξηρασίας	Πρόγνωση τριμήνου	Πρόγνωση εξαμήνου	Εκτίμηση έτους
1980-81	0.11	0.72	0.86	0.54				
1981-82	0.84	0.26	0.51	0.94				
1982-83	1.01	-0.38	-0.87	0.91		Ήπια	Ήπια	
1983-84	0.18	0.09	0.56	-0.14				Ήπια
1984-85	-1.81	-0.66	-0.62	-1.48	Σοβαρή	Ήπια	Ήπια	Μέτρια
1985-86	0.85	0.62	1.19	0.56				
1986-87	-0.17	-0.92	-0.10	-0.33	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1987-88	-0.40	0.52	0.53	-0.02	Ήπια			Ήπια
1988-89	0.05	-0.13	-0.32	0.57		Ήπια	Ήπια	
1989-90	-1.14	-0.18	-0.97	0.03	Μέτρια	Ήπια	Ήπια	
1990-91	0.17	0.65	0.44	0.40				
1991-92	-1.51	-0.77	-1.38	-1.29	Σοβαρή	Ήπια	Μέτρια	Μέτρια
1992-93	-2.08	-0.54	-1.02	-2.19	Ακραία	Ήπια	Μέτρια	Ακραία
1993-94	-1.42	-0.64	-0.77	-1.83	Μέτρια	Ήπια	Ήπια	Σοβαρή
1994-95	-0.49	0.16	-0.09	0.11	Ήπια		Ήπια	
1995-96	-0.20	-0.02	0.27	0.03	Ήπια	Ήπια		
1996-97	-1.89	-0.65	-0.97	-1.71	Σοβαρή	Ήπια	Ήπια	Σοβαρή
1997-98	-0.63	0.06	-0.23	-0.59	Ήπια		Ήπια	Ήπια
1998-99	-0.81	-0.06	-0.07	-1.08	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Μέτρια
1999-00	-1.97	-0.52	-0.86	-1.80	Σοβαρή	Ήπια	Ήπια	Σοβαρή
2000-01	-0.74	-0.83	-0.92	-0.84	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια
2001-02	0.84	-1.03	-1.13	0.08		Μέτρια	Μέτρια	
2002-03	1.54	0.29	0.17	0.91				
2003-04	0.49	-0.15	-0.44	0.00		Ήπια	Ήπια	
2004-05	0.09	-0.47	-0.44	-0.54		Ήπια	Ήπια	Ήπια
2005-06	0.63	-0.41	0.33	1.15		Ήπια		
2006-07	0.83	0.85	1.03	1.34				
2007-08	0.39	0.24	0.12	0.17				
2008-09	1.34	-0.54	0.42	0.93		Ήπια		
2009-10	2.35	0.89	1.22	1.64				

Σύμφωνα με το εδάφιο 4.4.3.3, η ενδεικνυόμενη στατιστική κατανομή για την περιγραφή των ετήσιων επιφανειακών βροχοπτώσεων στη ΛΑΠ Γαλλικού είναι η κανονική, με μέση τιμή $P,^{-}$ = 545.6 mm και τυπική απόκλιση σ_P = 125.4 mm. Συνεπώς, ο ετήσιος δείκτης ξηρασίας υπολογίζεται από τη σχέση:

$$SPI = (P_S - 545.6) / 125.4 \quad (10.22)$$

Για τη μέση επιφανειακή βροχόπτωση τριών ετών, η ενδεικνυόμενη στατιστική κατανομή είναι επίσης η κανονική, με μέση τιμή $P,^{-}$ = 538.6 mm και τυπική απόκλιση σ_P = 89.8 mm. Συνεπώς, ο δείκτης ξηρασίας τριών ετών υπολογίζεται από τη σχέση:

$$SPI = (P_{S3} - 538.6) / 89.8 \quad (10.23)$$

Με βάση τα δεδομένα της περιόδου 1980-2010, εκτιμώνται οι τιμές του SPI, που συγκρίνονται με τα αποτελέσματα του εδαφίου 4.4.3.3. Η σύγκριση μεταξύ των παρατηρημένων και εκτιμημένων τιμών του SPI απεικονίζεται και στα διαγράμματα των Εικόνων 10-8 έως 10-11. Τα αναλυτικά μεγέθη για την ετήσια και μέση τριετή κλίμακα παρατίθενται στους Πίνακες 10-24 και 10-25, αντίστοιχα.

Παρατηρείται ότι η πρόγνωση των ετήσιων μετεωρολογικών ξηρασιών στη ΛΑΠ Γαλλικού με βάση τη σημειακή βροχόπτωση του τριμήνου και εξαμήνου στη Νέα Χαλκηδόνα είναι πολύ αδρομερής, και μάλιστα

οι εντάσεις των ξηρασιών υποεκτιμώνται σημαντικά (οι αρνητικές τιμές του SPI είναι λιγότερο έντονες). Για τον λόγο αυτό, όπως προηγουμένως, στα προγνωστικά μοντέλα τριμήνου κι εξαμήνου προτείνεται αντί των τυπικών ορίων -1.0, -1.5 και -2.0, να εφαρμόζονται τα όρια -0.5, -1.0 και -1.5, για τον χαρακτηρισμό των μέτριων, σοβαρών και ακραίων ξηρασιών, αντίστοιχα. Από την άλλη πλευρά, στην ετήσια και μέση τριετή κλίμακα, οι εκτιμήσεις που βασίζονται στη σημειακή βροχόπτωση πολύ ικανοποιητικές, με λίγες εξαιρέσεις που περισσότερο αφορούν στις περιόδους υδροφορίας παρά στις ξηρασίες.

Πίνακας 10-25: Εφαρμογή μοντέλων εκτίμησης δείκτη μετεωρολογικής ξηρασίας τριών επών, αξιολόγηση έμμονων ξηρασιών και σύγκριση με ιστορικά δεδομένα στη ΛΑΠ Γαλλικού.

Τριετία	SPI τριετίας	Εκτίμηση τριετίας	Αξιολόγηση ξηρασίας	Εκτίμηση Τριετίας
1980-83	0.99	1.18		
1981-84	1.02	0.86		
1982-85	-0.21	-0.27	Ήπια	Ήπια
1983-86	-0.28	-0.43	Ήπια	Ήπια
1984-87	-0.45	-0.52	Ήπια	Ήπια
1985-88	0.21	0.17		
1986-89	-0.17	0.17	Ήπια	
1987-90	-0.62	0.33	Ήπια	
1988-91	-0.35	0.53	Ήπια	
1989-92	-1.07	-0.34	Μέτρια	Ήπια
1990-93	-1.51	-1.37	Σοβαρή	Μέτρια
1991-94	-2.25	-2.42	Ακραία	Ακραία
1992-95	-1.78	-1.76	Σοβαρή	Σοβαρή
1993-96	-0.90	-0.72	Ήπια	Ήπια
1994-97	-1.12	-0.67	Μέτρια	Ήπια
1995-98	-1.18	-1.00	Μέτρια	Μέτρια
1996-99	-1.47	-1.51	Μέτρια	Σοβαρή
1997-00	-1.51	-1.56	Σοβαρή	Σοβαρή
1998-01	-1.56	-1.68	Σοβαρή	Σοβαρή
1999-02	-0.79	-1.14	Ήπια	Μέτρια
2000-03	0.84	0.13		
2001-04	1.42	0.53		
2002-05	1.06	0.24		
2003-06	0.64	0.35		
2004-07	0.80	0.98		
2005-08	0.94	1.31		
2006-09	1.27	1.21		
2007-10	1.98	1.35		

10.4.2.3. ΛΑΠ ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ

Για τις προγνώσεις των μετεωρολογικών ξηρασιώ στη ΛΑΠ Χαλκιδικής, λαμβάνεται ως σταθμός βάσης η Μεγάλη Παναγιά του ΥΠΑΑΤ. Στις Εικόνες 10-12 έως 10-15 απεικονίζονται τα διαγράμματα διασποράς της ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης της ΛΑΠ με την βροχόπτωση τριμήνου, εξαμήνου και υδρολογικού έτους στον εν λόγω σταθμό, καθώς και των αντίστοιχων μέσων βροχοπτώσεων τριών ετών.

Για την πρόγνωση της ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης με βάση τη σημειακή βροχόπτωση τριμήνου, εφαρμόζεται η σχέση:

$$P_S = 380.1 + 0.586\, P_3 \qquad (10.24)$$

με συντελεστή συσχέτισης 61% (συντελεστής προσδιορισμού 38%).

Αντίστοιχα, για την πρόγνωση της ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης με βάση τη σημειακή βροχόπτωση εξαμήνου, εφαρμόζεται η σχέση:

$$P_S = 300.4 + 0.510\ P_6 \quad (10.25)$$

με συντελεστή συσχέτισης 79% (συντελεστής προσδιορισμού 63%).

Για την εκτίμηση της ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης με βάση την ετήσια σημειακή, στο πέρας του υδρολογικού έτους, εφαρμόζεται η σχέση:

$$P_S = 196.9 + 0.493\ P_Y \quad (10.26)$$

με συντελεστή συσχέτισης 90% (συντελεστής προσδιορισμού 80%).

Τέλος, για την εκτίμηση της μέσης επιφανειακής βροχόπτωσης τριών ετών, με βάση την αντίστοιχη μέση σημειακή, εφαρμόζεται η σχέση:

$$P_{S3} = 142.4 + 0.572\ P_{3Y} \quad (10.27)$$

με συντελεστή συσχέτισης 94% (συντελεστής προσδιορισμού 88%).

Σύμφωνα με το εδάφιο 4.4.3.4, η ενδεικνυόμενη στατιστική κατανομή για την περιγραφή των ετήσιων επιφανειακών βροχοπτώσεων στη ΛΑΠ Χαλκιδικής είναι η κανονική, με μέση τιμή $\bar{P}$ = 595.9 mm και τυπική απόκλιση σ_P = 133.9 mm, για τις τιμές υπεράνω της διαμέσου (537.8 mm), και, για τις χαμηλές τιμές η Weibull, με παραμέτρους α = 579.3 mm και κ = 5.52. Συνεπώς, τα υγρά έτη (P_S > 537.8 mm), ο δείκτης ξηρασίας είναι θετικός και υπολογίζεται από τη σχέση:

$$SPI = (P_S - 595.9) / 133.9 \quad (10.28)$$

Αντίστοιχα, τα ξηρά έτη (P_S < 537.8 mm) ο δείκτης SPI είναι αρνητικός και υπολογίζεται από τη σχέση:

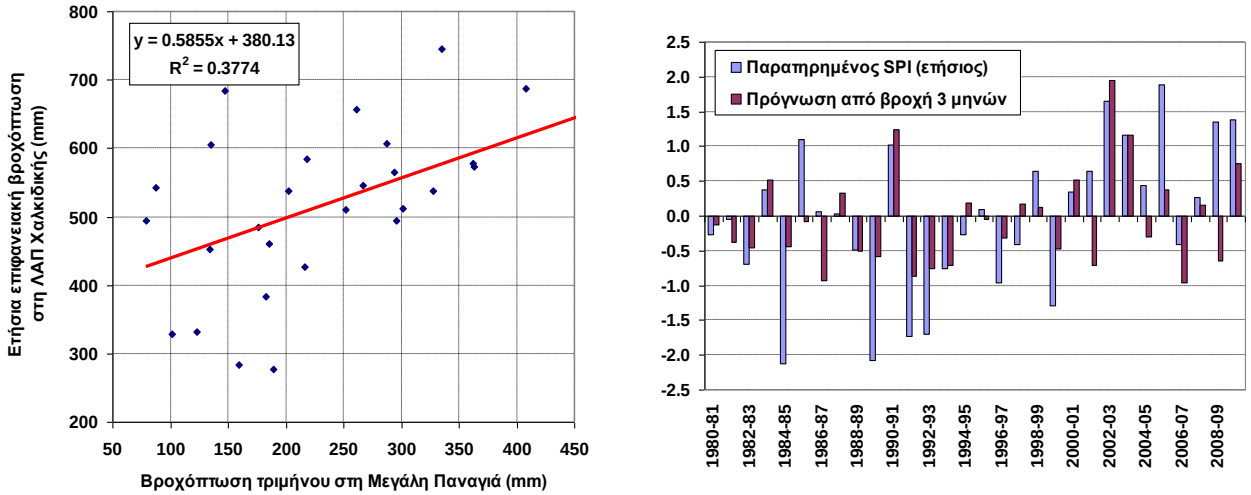
$$SPI = NORMSINV\ \{1 - \exp\ [-\ (P_S / 579.3)^{5.52}]\} \quad (10.29)$$

Για τη μέση επιφανειακή βροχόπτωση τριών ετών η ενδεικνυόμενη στατιστική κατανομή είναι η κανονική, με μέση τιμή $\bar{P}$ = 531.4 mm και τυπική απόκλιση σ_P = 69.3 mm. Συνεπώς, ο δείκτης ξηρασίας τριών ετών υπολογίζεται από τη σχέση:

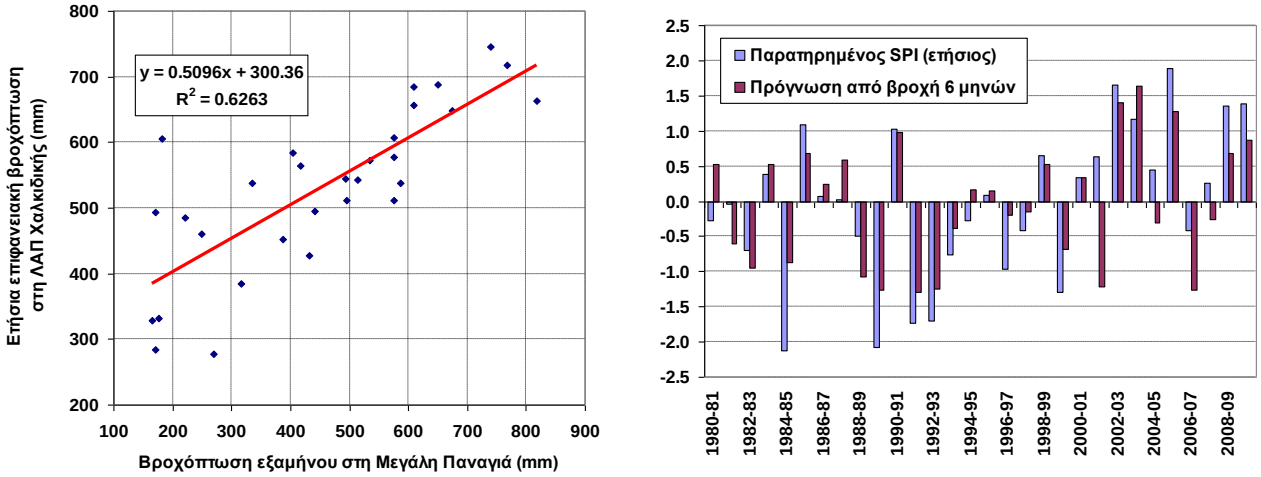
$$SPI = (P_{S3} - 531.4) / 69.3 \quad (10.30)$$

Με βάση τα δεδομένα της περιόδου 1980-2010, εκτιμώνται οι τιμές του SPI, που συγκρίνονται με τα αποτελέσματα του εδαφίου 4.4.3.4. Η σύγκριση μεταξύ των παρατηρημένων και εκτιμημένων τιμών του SPI απεικονίζεται και στα διαγράμματα των Εικόνων 10-12 έως 10-15. Τα αναλυτικά μεγέθη για την ετήσια και μέση τριετή κλίμακα παρατίθενται στους Πίνακες 10-26 και 10-27, αντίστοιχα.

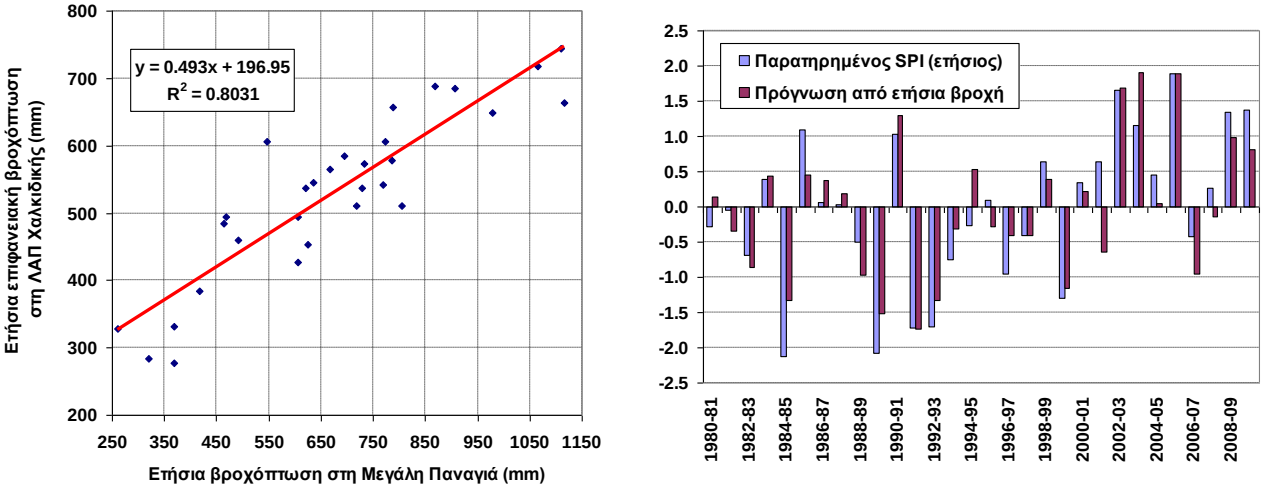
Η εικόνα των αποτελεσμάτων δεν διαφοροποιείται σε σχέση με τις άλλες δύο ΛΑΠ. Συνεπώς, υπάρχει μέτρια προγνωστική ικανότητα με βάση την σημειακή βροχόπτωση τριμήνου και καλύτερη με βάση το εξάμηνο, ενώ οι εκτιμήσεις είναι πολύ ικανοποιητικές με βάση το έτος και την τριετία. Όμοια με πριν, για τα προγνωστικά μοντέλα τριμήνου και εξαμήνου προτείνεται να εφαρμόζονται τα όρια -0.5, -1.0 και -1.5, για τον χαρακτηρισμό των μέτριων, σοβαρών και ακραίων ξηρασιών, αντίστοιχα.



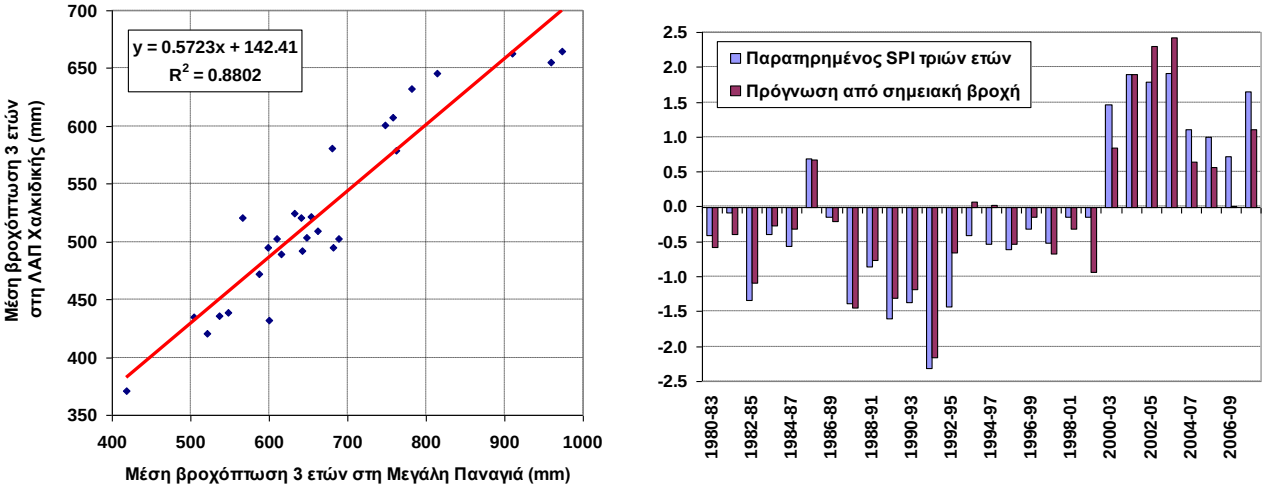
Εικόνα 10-12: Διάγραμμα διασποράς βροχόπτωσης τριμήνου στη Μεγάλη Παναγιά και ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης ΛΑΠ Χαλκιδικής (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SPI (δεξιά).



Εικόνα 10-13: Διάγραμμα διασποράς βροχόπτωσης εξαμήνου στη Μεγάλη Παναγιά και ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης ΛΑΠ Χαλκιδικής (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SPI (δεξιά).



Εικόνα 10-14: Διάγραμμα διασποράς ετήσιας βροχόπτωσης στη Μεγάλη Παναγιά και ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης ΛΑΠ Χαλκιδικής (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SPI (δεξιά).



Εικόνα 10-15: Διάγραμμα διασποράς μέσης βροχόπτωσης τριών ετών στη Μεγάλη Παναγιά και μέσης επιφανειακής βροχόπτωσης τριων ετών ΛΑΠ Χαλκιδικής (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου SPI (δεξιά).

Πίνακας 10-26: Εφαρμογή μοντέλων πρόγνωσης δείκτη ετήσιας μετεωρολογικής ξηρασίας, αξιολόγηση ετήσιων ξηρασιών και σύγκριση με ιστορικά δεδομένα στη ΛΑΠ Χαλκιδικής.

Υδρολ. έτος	Ετήσιος SPI	Πρόγνωση τριμήνου	Πρόγνωση εξαμήνου	Εκτίμηση έτους	Αξιολόγηση ξηρασίας	Πρόγνωση τριμήνου	Πρόγνωση εξαμήνου	Εκτίμηση έτους
1980-81	-0.27	-0.13	0.53	0.15	Ήπια	Ήπια		
1981-82	-0.05	-0.38	-0.60	-0.35	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1982-83	-0.69	-0.46	-0.96	-0.87	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1983-84	0.38	0.52	0.53	0.45				
1984-85	-2.12	-0.44	-0.87	-1.33	Ακραία	Ήπια	Ήπια	Μέτρια
1985-86	1.10	-0.08	0.68	0.45		Ήπια		
1986-87	0.07	-0.92	0.24	0.37		Ήπια		
1987-88	0.03	0.34	0.58	0.19				
1988-89	-0.49	-0.51	-1.07	-0.97	Ήπια	Ήπια	Μέτρια	Ήπια
1989-90	-2.07	-0.58	-1.27	-1.52	Ακραία	Ήπια	Μέτρια	Σοβαρή
1990-91	1.03	1.25	0.98	1.30				
1991-92	-1.72	-0.86	-1.29	-1.74	Σοβαρή	Ήπια	Μέτρια	Σοβαρή
1992-93	-1.70	-0.76	-1.25	-1.33	Σοβαρή	Ήπια	Μέτρια	Μέτρια
1993-94	-0.75	-0.71	-0.38	-0.32	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1994-95	-0.27	0.20	0.16	0.53	Ήπια			
1995-96	0.09	-0.05	0.15	-0.28		Ήπια		Ήπια
1996-97	-0.96	-0.31	-0.19	-0.40	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1997-98	-0.41	0.17	-0.15	-0.40	Ήπια		Ήπια	Ήπια
1998-99	0.65	0.12	0.53	0.39				
1999-00	-1.29	-0.47	-0.68	-1.15	Μέτρια	Ήπια	Ήπια	Μέτρια
2000-01	0.34	0.52	0.34	0.21				
2001-02	0.64	-0.70	-1.22	-0.64		Ήπια	Μέτρια	Ήπια
2002-03	1.65	1.95	1.41	1.69				
2003-04	1.16	1.16	1.64	1.91				
2004-05	0.45	-0.30	-0.31	0.04		Ήπια	Ήπια	
2005-06	1.89	0.37	1.28	1.89				
2006-07	-0.42	-0.96	-1.27	-0.95	Ήπια	Ήπια	Μέτρια	Ήπια
2007-08	0.27	0.15	-0.26	-0.15			Ήπια	Ήπια
2008-09	1.35	-0.64	0.68	0.98		Ήπια		
2009-10	1.38	0.76	0.87	0.81				

Πίνακας 10-27: Εφαρμογή μοντέλων εκτίμησης δείκτη μετεωρολογικής ξηρασίας τριών επών, αξιολόγηση έμμονων ξηρασιών και σύγκριση με ιστορικά δεδομένα στη ΛΑΠ Χαλκιδικής.

Τριετία	SPI τριετίας	Εκτίμηση τριετίας	Αξιολόγηση ξηρασίας	Εκτίμηση Τριετίας
1980-83	-0.41	-0.58	Ήπια	Ήπια
1981-84	-0.09	-0.39	Ήπια	Ήπια
1982-85	-1.34	-1.08	Μέτρια	Μέτρια
1983-86	-0.40	-0.27	Ήπια	Ήπια
1984-87	-0.57	-0.31	Ήπια	Ήπια
1985-88	0.68	0.68		
1986-89	-0.14	-0.22	Ήπια	Ήπια
1987-90	-1.39	-1.45	Μέτρια	Μέτρια
1988-91	-0.85	-0.76	Ήπια	Ήπια
1989-92	-1.61	-1.31	Σοβαρή	Μέτρια
1990-93	-1.38	-1.18	Μέτρια	Μέτρια
1991-94	-2.32	-2.15	Ακραία	Ακραία
1992-95	-1.44	-0.66	Μέτρια	Ήπια
1993-96	-0.41	0.07	Ήπια	
1994-97	-0.53	0.02	Ήπια	
1995-98	-0.61	-0.53	Ήπια	Ήπια
1996-99	-0.32	-0.15	Ήπια	Ήπια
1997-00	-0.52	-0.67	Ήπια	Ήπια
1998-01	-0.15	-0.32	Ήπια	Ήπια
1999-02	-0.15	-0.94	Ήπια	Ήπια
2000-03	1.46	0.85		
2001-04	1.89	1.90		
2002-05	1.79	2.31		
2003-06	1.92	2.43		
2004-07	1.10	0.65		
2005-08	1.01	0.57		
2006-09	0.72	0.00		
2007-10	1.65	1.11		

10.4.2.4. ΛΑΠ Άθω

Για τις προγνώσεις των μετεωρολογικών ξηρασιών στη ΛΑΠ Άθω λαμβάνεται ως σταθμός βάσης το Ωραιόκαστρο του ΥΠΕΚΑ. Στις Εικόνες 10-16 έως 10-19 απεικονίζονται τα διαγράμματα διασποράς της ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης της ΛΑΠ με την βροχόπτωση τριμήνου, εξαμήνου και υδρολογικού έτους στον εν λόγω σταθμό, καθώς και των αντίστοιχων μέσων βροχοπτώσεων τριών ετών.

Για την πρόγνωση της ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης με βάση τη σημειακή βροχόπτωση τριμήνου, εφαρμόζεται η σχέση:

$$P_S = 311.2 + 1.185\, P_3 \qquad (10.31)$$

με συντελεστή συσχέτισης 55% (συντελεστής προσδιορισμού 30%).

Αντίστοιχα, για την πρόγνωση της ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης με βάση τη σημειακή βροχόπτωση εξαμήνου, εφαρμόζεται η σχέση:

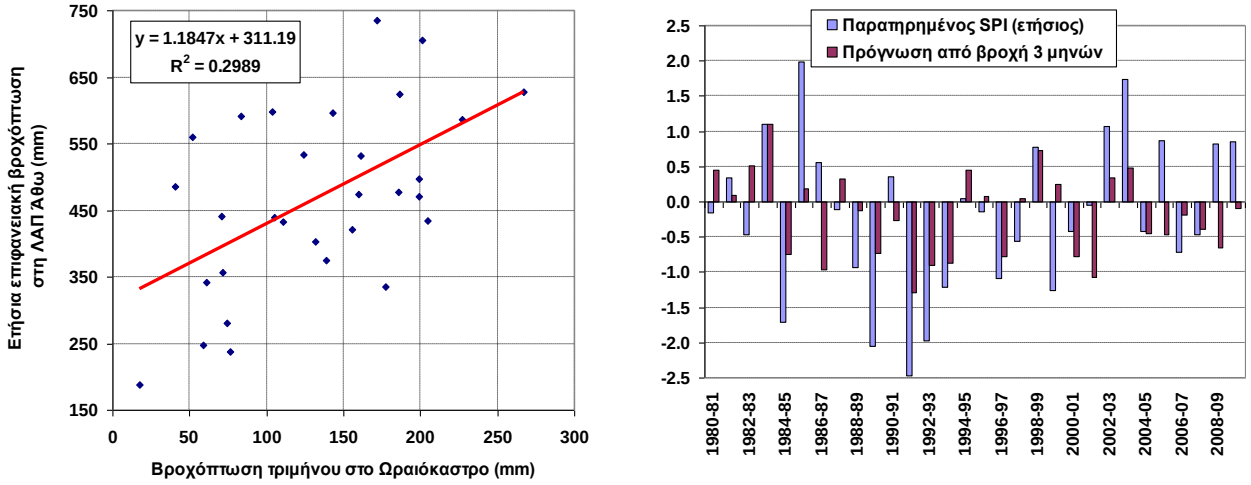
$$P_S = 192.0 + 1.278\, P_6 \qquad (10.32)$$

με υψηλό συντελεστή συσχέτισης 84% (συντελεστής προσδιορισμού 70%).

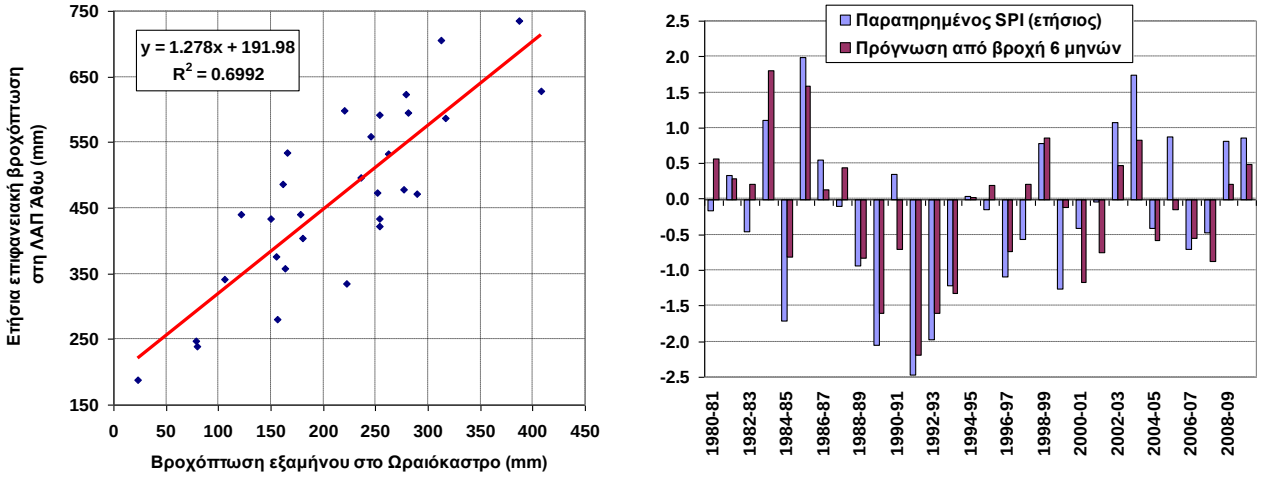
Για την εκτίμηση της ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης με βάση την ετήσια σημειακή, στο πέρας του υδρολογικού έτους, εφαρμόζεται η σχέση:

$$P_S = 56.5 + 1.052\, P_Y \qquad (10.33)$$

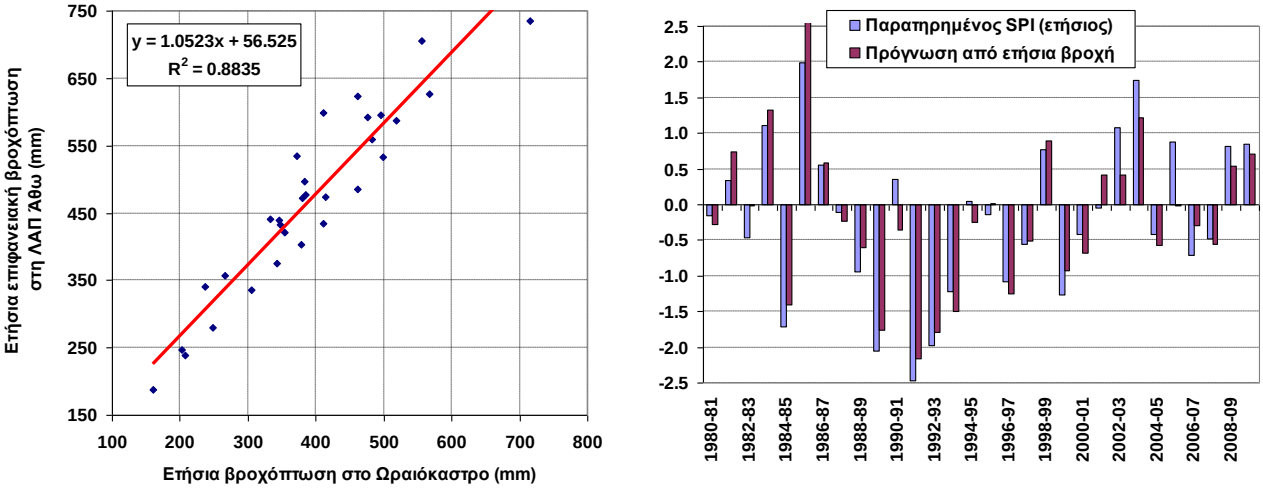
με συντελεστή συσχέτισης 94% (συντελεστής προσδιορισμού 88%).



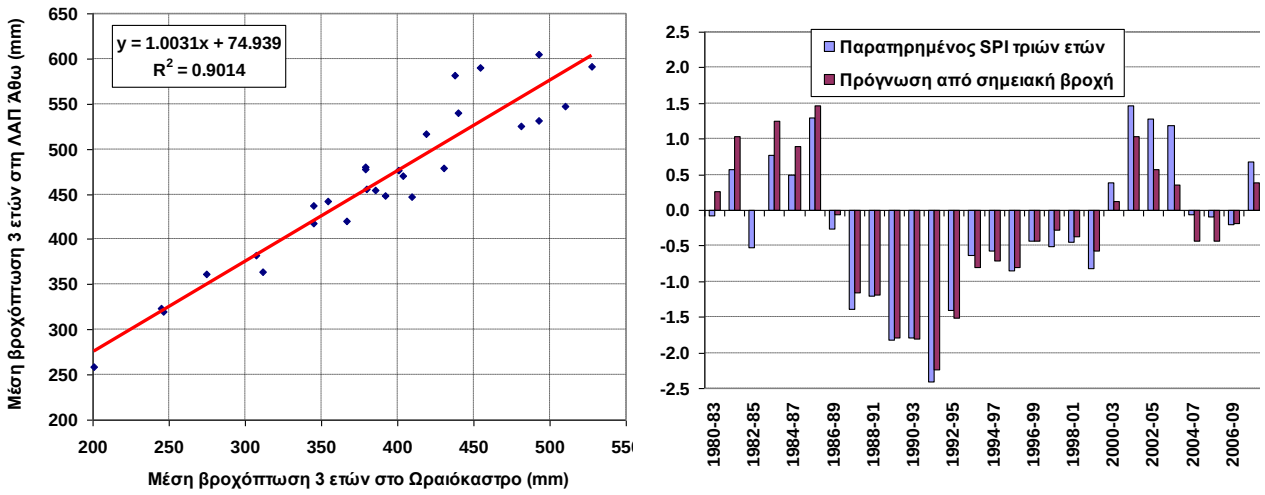
Εικόνα 10-16: Διάγραμμα διασποράς βροχόπτωσης τριμήνου στο Ωραιόκαστρο και ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης ΛΑΠ Άθω (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SPI (δεξιά).



Εικόνα 10-17: Διάγραμμα διασποράς βροχόπτωσης εξαμήνου στο Ωραιόκαστρο και ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης ΛΑΠ Άθω (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SPI (δεξιά).



Εικόνα 10-18: Διάγραμμα διασποράς ετήσιας βροχόπτωσης στο Ωραιόκαστρο και ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης ΛΑΠ Άθω (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SPI (δεξιά).



Εικόνα 10-19: Διάγραμμα διασποράς μέσης βροχόπτωσης τριών ετών στο Ωραιόκαστρο και μέσης επιφανειακής βροχόπτωσης τριων ετών ΛΑΠ Άθω (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SPI (δεξιά).

Πίνακας 10-28: Εφαρμογή μοντέλων πρόγνωσης δείκτη ετήσιας μετεωρολογικής ξηρασίας, αξιολόγηση ετήσιων ξηρασιών και σύγκριση με ιστορικά δεδομένα στη ΛΑΠ Άθω.

Υδρολ. έτος	Ετήσιος SPI	Πρόγνωση τριμήνου	Πρόγνωση εξαμήνου	Εκτίμηση έτους	Αξιολόγηση ξηρασίας	Πρόγνωση τριμήνου	Πρόγνωση εξαμήνου	Εκτίμηση έτους
1980-81	-0.16	0.46	0.57	-0.28	Ήπια			Ήπια
1981-82	0.34	0.09	0.29	0.74				
1982-83	-0.46	0.51	0.21	-0.01	Ήπια			Ήπια
1983-84	1.11	1.11	1.81	1.33				
1984-85	-1.71	-0.75	-0.81	-1.41	Σοβαρή	Ήπια	Ήπια	Μέτρια
1985-86	1.99	0.19	1.59	2.58				
1986-87	0.56	-0.96	0.12	0.59		Ήπια		
1987-88	-0.11	0.32	0.44	-0.24	Ήπια			Ήπια
1988-89	-0.94	-0.12	-0.82	-0.60	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1989-90	-2.05	-0.72	-1.60	-1.75	Ακραία	Ήπια	Σοβαρή	Σοβαρή
1990-91	0.35	-0.27	-0.71	-0.35		Ήπια	Ήπια	Ήπια
1991-92	-2.47	-1.29	-2.19	-2.16	Ακραία	Μέτρια	Ακραία	Ακραία
1992-93	-1.98	-0.89	-1.61	-1.79	Σοβαρή	Ήπια	Σοβαρή	Σοβαρή
1993-94	-1.22	-0.87	-1.33	-1.50	Μέτρια	Ήπια	Μέτρια	Μέτρια
1994-95	0.04	0.46	0.03	-0.25				Ήπια
1995-96	-0.14	0.08	0.19	0.01	Ήπια			
1996-97	-1.09	-0.77	-0.73	-1.25	Μέτρια	Ήπια	Ήπια	Μέτρια
1997-98	-0.56	0.04	0.20	-0.50	Ήπια			Ήπια
1998-99	0.78	0.73	0.87	0.90				
1999-00	-1.26	0.25	-0.12	-0.92	Μέτρια		Ήπια	Ήπια
2000-01	-0.41	-0.78	-1.17	-0.68	Ήπια	Ήπια	Μέτρια	Ήπια
2001-02	-0.04	-1.07	-0.75	0.42	Ήπια	Μέτρια	Ήπια	
2002-03	1.08	0.34	0.47	0.42				
2003-04	1.74	0.48	0.82	1.22				
2004-05	-0.41	-0.45	-0.58	-0.57	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια
2005-06	0.87	-0.46	-0.14	-0.01		Ήπια	Ήπια	Ήπια
2006-07	-0.71	-0.19	-0.56	-0.29	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια
2007-08	-0.47	-0.39	-0.87	-0.56	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια
2008-09	0.82	-0.65	0.21	0.54		Ήπια		
2009-10	0.85	-0.09	0.49	0.71		Ήπια		

Πίνακας 10-29: Εφαρμογή μοντέλων εκτίμησης δείκτη μετεωρολογικής ξηρασίας τριών επών, αξιολόγηση έμμονων ξηρασιών και σύγκριση με ιστορικά δεδομένα στη ΛΑΠ Άθω.

Τριετία	SPI τριετίας	Εκτίμηση τριετίας	Αξιολόγηση ξηρασίας	Εκτίμηση Τριετίας
1980-83	-0.07	0.27	Ήπια	
1981-84	0.57	1.04		
1982-85	-0.52	0.00	Ήπια	
1983-86	0.77	1.25		
1984-87	0.49	0.90		
1985-88	1.30	1.46		
1986-89	-0.26	-0.07	Ήπια	Ήπια
1987-90	-1.39	-1.15	Μέτρια	Μέτρια
1988-91	-1.20	-1.20	Μέτρια	Μέτρια
1989-92	-1.81	-1.79	Σοβαρή	Σοβαρή
1990-93	-1.78	-1.81	Σοβαρή	Σοβαρή
1991-94	-2.40	-2.24	Ακραία	Ακραία
1992-95	-1.41	-1.52	Μέτρια	Σοβαρή
1993-96	-0.64	-0.81	Ήπια	Ήπια
1994-97	-0.58	-0.70	Ήπια	Ήπια
1995-98	-0.84	-0.81	Ήπια	Ήπια
1996-99	-0.43	-0.43	Ήπια	Ήπια
1997-00	-0.51	-0.28	Ήπια	Ήπια
1998-01	-0.45	-0.36	Ήπια	Ήπια
1999-02	-0.81	-0.57	Ήπια	Ήπια
2000-03	0.39	0.13		
2001-04	1.47	1.04		
2002-05	1.29	0.56		
2003-06	1.18	0.36		
2004-07	-0.06	-0.44	Ήπια	Ήπια
2005-08	-0.09	-0.43	Ήπια	Ήπια
2006-09	-0.20	-0.19	Ήπια	Ήπια
2007-10	0.68	0.38		

Τέλος, για την εκτίμηση της μέσης επιφανειακής βροχόπτωσης τριών ετών, με βάση την αντίστοιχη μέση σημειακή, εφαρμόζεται η σχέση:

$$P_{S3} = 142.4 + 0.572\, P_{3Y} \qquad (10.34)$$

με συντελεστή συσχέτισης 94% (συντελεστής προσδιορισμού 88%).

Σύμφωνα με το εδάφιο 4.4.3.5, η ενδεικνυόμενη στατιστική κατανομή για την περιγραφή των ετήσιων επιφανειακών βροχοπτώσεων στη ΛΑΠ Άθω είναι η κανονική, με μέση τιμή $\bar{P}$ = 490.9 mm και τυπική απόκλιση σ_P = 123.1 mm. Συνεπώς, ο ετήσιος δείκτης ξηρασίας υπολογίζεται από τη σχέση:

$$SPI = (P_S - 490.9) / 123.1 \qquad (10.35)$$

Για τη μέση επιφανειακή βροχόπτωση τριών ετών, η ενδεικνυόμενη στατιστική κατανομή είναι η κανονική, με μέση τιμή $\bar{P}$ = 485.0 mm και τυπική απόκλιση σ_P = 81.3 mm, για τις τιμές υπεράνω της διαμέσου (478.1 mm), και, για τις χαμηλές τιμές η Weibull, με παραμέτρους α = 518.9 mm και κ = 6.90. Συνεπώς, τα υγρά έτη (P_S > 478.1 mm), ο δείκτης ξηρασίας είναι θετικός και υπολογίζεται από τη σχέση:

$$SPI = (P_{S3} - 485.0) / 81.3 \qquad (10.36)$$

Αντίστοιχα, τα ξηρά έτη (P_S < 478.1 mm) ο δείκτης SPI είναι αρνητικός και υπολογίζεται από τη σχέση:

$$SPI = NORMSINV\{1 - \exp[-(P_{S3} / 518.9)^{6.90}]\} \qquad (10.37)$$

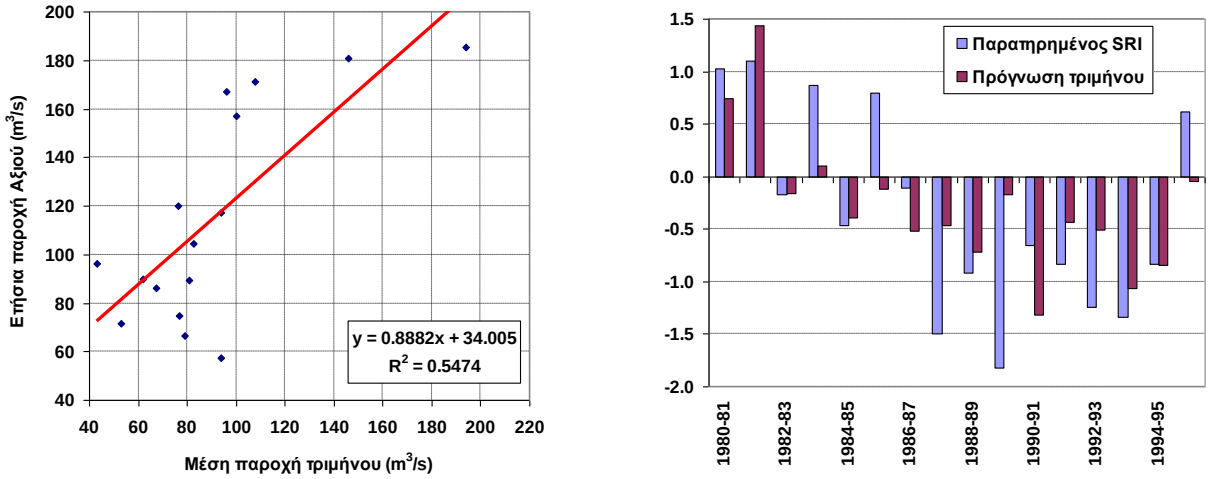
Με βάση τα δεδομένα της περιόδου 1980-2010, εκτιμώνται οι τιμές του SPI, που συγκρίνονται με τα αποτελέσματα του εδαφίου 4.4.3.5. Η σύγκριση μεταξύ των παρατηρημένων και εκτιμημένων τιμών του

SPI απεικονίζεται και στα διαγράμματα των Εικόνων 10-16 έως 10-19. Τα αναλυτικά μεγέθη για την ετήσια και μέση τριετή κλίμακα παρατίθενται στους Πίνακες 10-28 και 10-29, αντίστοιχα.

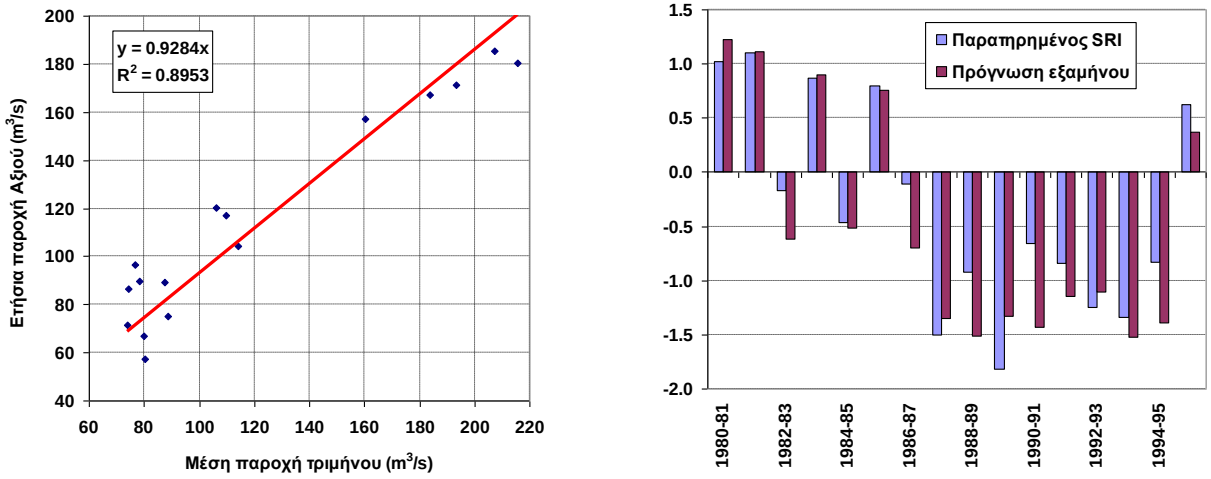
Στη ΛΑΠ Άθω παρατηρείται αρκετά ικανοποιητική προγνωστική ικανότητα με βάση την βροχόπτωση του εξαμήνου, ενώ και στις δύο υψηλότερες κλίμακες οι εκτιμήσεις είναι πολύ ακριβείς. Πάντως, για λόγους ασφαλείας, για τα προγνωστικά μοντέλα τριμήνου και εξαμήνου προτείνεται να εφαρμόζονται τα όρια -0.5, -1.0 και -1.5, για τον χαρακτηρισμό των μέτριων, σοβαρών και ακραίων ξηρασιών, αντίστοιχα.

10.4.3. ΠΡΟΓΝΩΣΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΞΗΡΑΣΙΩΝ ΑΞΙΟΥ

Η πρόγνωση του δείκτη υδρολογικής ξηρασίας SRI του ποταμού Αξιού στα σύνορα έχει ιδιαίτερη πρακτική χρησιμότητα, καθώς συνδέεται άμεσα με την παραγωγή του μεγαλύτερου ποσοστού της απορροής της ΛΑΠ Αξιού. Κατ' αντιστοιχία με την επιφανειακή βροχόπτωση, πρώτα εκτιμάται η ετήσια παροχή R, μέσω γραμμικής συσχέτισης με την μέση παροχή τριμήνου, R_3, και εξαμήνου, R_6, που αναφέρεται στη θέση ελέγχου στα σύνορα με την ΠΓΔΜ. Στη συνέχεια, με βάση την εκτιμημένη τιμή της παροχής και τα στατιστικά χαρακτηριστικά του ιστορικού δείγματος, υπολογίζεται ο ετήσιος δείκτης SRI.



Εικόνα 10-20: Διάγραμμα διασποράς μέσης παροχής τριμήνου και έτους στα σύνορα με την ΠΓΔΜ (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SRI (δεξιά).



Εικόνα 10-21: Διάγραμμα διασποράς μέσης παροχής εξαμήνου και έτους στα σύνορα με την ΠΓΔΜ (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SRI (δεξιά).

Συγκεκριμένα, για την πρόγνωση της ετήσιας παροχής του Αξιού στα σύνορα με την ΠΓΔΜ με βάση την μέση παροχή του τριμήνου εφαρμόζεται η σχέση παλινδρόμησης:

$$R = 34.0 + 0.888\, R_3 \qquad (10.38)$$

με συντελεστή συσχέτισης 74% (συντελεστής προσδιορισμού 55%, βλ. Εικόνα 10-20, αριστερά).

Για την πρόγνωση της ετήσιας παροχής με βάση την μέση παροχή του εξαμήνου εφαρμόζεται η σχέση:

$$R = 0.895\, R_6 \qquad (10.39)$$

με συντελεστή συσχέτισης 95% (συντελεστής προσδιορισμού 90%, βλ. Εικόνα 10-21, αριστερά). Στην προκειμένη περίπτωση, επιλέγεται η ομογενής ευθεία (μηδενική τομή), που δίνει πιο ρεαλιστικές εκτιμήσεις των χαμηλών παροχών, με ιδιαίτερο υψηλό συντελεστή προσδιορισμού.

Με βάση τη διερεύνηση του εδαφίου 4.5.1, τα ετήσια δείγματα παροχών του Αξιού ακολουθούν κατανομή γάμα. Οι παράμετροι της κατανομής εκτιμώνται από το προσομοιωμένο δείγμα της περιόδου 1960-2010, που είναι πιο αντιπροσωπευτικό των στατιστικών χαρακτηριστικών της παροχής, καθώς η περίοδος των μετρήσεων χαρακτηρίζεται, ως επί το πλείστον, από πολύ χαμηλές παροχές. Σύμφωνα με τις αναλύσεις του εδαφίου 5.3.2, η μέση τιμή και τυπική απόκλιση των ετών 1960-2010 είναι $\bar{R}$ = 131.2 m³/s και σ_R = 49.0 m³/s, αντίστοιχα, οπότε οι τιμές των παραμέτρων της κατανομής είναι a = 7.18 και b = 18.3.

Υπενθυμίζεται ότι η συνάρτηση κατανομής γάμα δεν έχει αναλυτική έκφραση. Ωστόσο, η διαδικασία υπολογισμού του SRI μπορεί να εύκολα τυποποιηθεί σε λογιστικό φύλλο, καλώντας την ενσωματωμένη συνάρτηση GAMMADIST, που υπολογίζει την πιθανότητα μη υπέρβασης της ετήσιας παροχής R, θέτοντας:

$$F_R = \text{GAMMADIST}(R, 7.18, 18.3, \text{TRUE}) \qquad (10.40)$$

Ο ετήσιος δείκτης SRI υπολογίζεται ως η τυποποιημένη κανονική μεταβλητή που αντιστοιχεί στην εν λόγω πιθανότητα, καλώντας την ενσωματωμένη συνάρτηση του Excel:

$$\text{SRI} = \text{NORMSINV}(F_R) \qquad (10.41)$$

Πίνακας 10-30: Εφαρμογή μοντέλων πρόγνωσης δείκτη υδρολογικής ξηρασίας Αξιού, αξιολόγηση ξηρασιών και σύγκριση με ιστορικά δεδομένα.

Υδρολ. έτος	Ετήσιος SRI	Πρόγνωση τριμήνου	Πρόγνωση εξαμήνου	Αξιολόγηση ξηρασίας	Πρόγνωση τριμήνου	Πρόγνωση εξαμήνου
1980-81	1.03	0.74	1.23			
1981-82	1.11	1.43	1.11			
1982-83	-0.17	-0.16	-0.61	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1983-84	0.87	0.10	0.90			
1984-85	-0.46	-0.39	-0.51	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1985-86	0.80	-0.12	0.75		Ήπια	
1986-87	-0.11	-0.52	-0.69	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1987-88	-1.50	-0.46	-1.35	Μέτρια	Ήπια	Μέτρια
1988-89	-0.92	-0.72	-1.51	Ήπια	Ήπια	Σοβαρή
1989-90	-1.82	-0.17	-1.33	Σοβαρή	Ήπια	Μέτρια
1990-91	-0.66	-1.32	-1.43	Ήπια	Μέτρια	Μέτρια
1991-92	-0.84	-0.43	-1.15	Ήπια	Ήπια	Μέτρια
1992-93	-1.24	-0.51	-1.11	Μέτρια	Ήπια	Μέτρια
1993-94	-1.34	-1.06	-1.52	Μέτρια	Μέτρια	Σοβαρή
1994-95	-0.83	-0.85	-1.39	Ήπια	Ήπια	Μέτρια
1995-96	0.62	-0.04	0.37		Ήπια	

Η επαλήθευση των μοντέλων γίνεται με βάση το δείγμα παροχών της περιόδου 1980-1996, από το οποίο εκτιμώνται οι τιμές πρόγνωσης του SRI, που συγκρίνονται με τα αποτελέσματα του εδαφίου 4.5.1. Οι αναλυτικοί υπολογισμοί και η σύγκριση με τις παρατηρημένες τιμές τόσο της μέσης ετήσιας παροχής όσο

και του δείκτη υδρολογικής ξηρασίας, παρατίθενται στον Πίνακα 10-30. Ακόμη, η σύγκριση μεταξύ των παρατηρημένων και εκτιμημένων τιμών του SRI απεικονίζεται στις Εικόνες 10-20 και 10-21.

Όπως παρατηρείται, η προγνωστική ικανότητα του μοντέλου, ειδικά μετά την ολοκλήρωση του εξαμήνου, είναι ιδιαίτερα υψηλή. Βεβαίως, σε πρακτικό επίπεδο, η αξιοποίηση των προγνώσεων και η λήψη των όποιων μέτρων αντιμετώπισης των ξηρασιών εξαρτάται και από τη διαχειριστική πολιτική στην πλευρά της ΠΓΔΜ, ιδιαίτερα κατά την κρίσιμη θερινή περίοδο. Σε κάθε περίπτωση, η συστηματική παρακολούθηση των παροχών του Αξιού στον υδρομετρικό σταθμό της Αξιούπολης, που τα τελευταία χρόνια έχει ατονήσει, είναι απολύτως αναγκαία, καθώς αποτελούν τον σημαντικότερο πόρο όλου του Υδατικού Διαμερίσματος.

10.5. ΣΥΝΟΨΗ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΥ ΠΡΟΕΙΔΟΠΟΙΗΣΗΣ ΚΑΙ ΠΡΟΓΝΩΣΗΣ

Η προτεινόμενη διαδικασία που θα ακολουθεί ο μηχανισμός προειδοποίησης και πρόγνωσης ξηρασιών συνοψίζεται ως εξής:

Συλλογή δεδομένων: Τρεις φορές κάθε χρόνο, και συγκεκριμένα αμέσως μετά τη λήξη του πρώτου τριμήνου (αρχές Ιανουαρίου), του πρώτου εξαμήνου (αρχές Απριλίου) και του υδρολογικού έτους (αρχές Οκτωβρίου), θα επικαιροποιούνται τα βροχομετρικά δεδομένα των τεσσάρων αντιπροσωπευτικών σταθμών κάθε ΛΑΠ (ΛΑΠ Αξιού: Νέα Χαλκηδόνα, ΛΑΠ Γαλλικού: Μεταξοχώρι, ΛΑΠ Χαλκιδικής: Μεγάλη Παναγιά, ΛΑΠ Άθω: Ωραιόκαστρο), καθώς και τα δείγματα παροχών του Αξιού στη Γέφυρα Αξιούπολης.

Πρόγνωση τριμήνου: Με βάση τις αθροιστικές βροχοπτώσεις στους τέσσερις βροχομετρικούς σταθμούς, θα γίνεται μια πρώτη αδρομερής εκτίμηση της αναμενόμενης βροχόπτωσης του έτους και του ετήσιου δείκτη SPI, εφαρμόζοντας τις αντίστοιχες σχέσεις των εδαφίων 10.4.2.1 έως 10.4.2.4. Για την αξιολόγηση του κινδύνου μετεωρολογικής ξηρασίας θα λαμβάνονται τα συντηρητικά όρια του δείκτη SPI, ήτοι -0.5 για μέτρια ξηρασία, -1.0 για σοβαρή ξηρασία και -1.5 για ακραία ξηρασία. Η χρήση των παραπάνω ορίων χαρακτηρισμού των ξηρασιών (αντί των τυπικών κατωφλίων -1.0, -1.5 και -2.0) γίνεται επειδή τα γραμμικά προγνωστικά μοντέλα που βασίζονται στη σημειακή βροχομετρική πληροφορία υποεκτιμούν τις χαμηλές τιμές των ετήσιων βροχοπτώσεων, όπως φάνηκε στις σχετικές αναλύσεις. Ομοίως, θα γίνεται μια αρχική εκτίμηση της ετήσιας παροχής του Αξιού και του δείκτη υδρολογικής ξηρασίας SRI, σύμφωνα με τη μεθοδολογία του εδαφίου 10.4.3. Ανάλογα με το επίπεδο επικινδυνότητας, θα λαμβάνεται ένα πρώτο πλέγμα μέτρων πρόληψης, κυρίως σε επίπεδο προετοιμασίας του κρατικού μηχανισμού.

Πρόγνωση εξαμήνου: Με βάση τις αθροιστικές βροχοπτώσεις στους βροχομετρικούς σταθμούς, θα είναι εφικτή μια ασφαλέστερη εκτίμηση της αναμενόμενης βροχόπτωσης του έτους και του ετήσιου δείκτη SPI. Για την αξιολόγηση του κινδύνου μετεωρολογικής ξηρασίας, θα θεωρούνται και πάλι τα συντηρητικά όρια του δείκτη SPI (-0.5, -1.0, -1.5). Ομοίως, θα γίνεται μια εκτίμηση της ετήσιας παροχής του Αξιού και του δείκτη υδρολογικής ξηρασίας SRI. Ανάλογα με το επίπεδο επικινδυνότητας, τα μέτρα θα εξειδικεύονται σε κάθε ΛΑΠ. Ειδικότερα, ως πρωτεύον κριτήριο στη ΛΑΠ Αξιού θα λαμβάνεται ο δείκτης SRI που βασίζεται στην πρόγνωση της ετήσιας παροχής του Αξιού στα σύνορα με την ΠΓΔΜ, και δευτερευόντως ο δείκτης SPI της επιφανειακής βροχόπτωσης ΛΑΠ. Η κατά προτεραιότητα χρήση του SRI γίνεται επειδή στη συγκεκριμένη θέση ελέγχεται το μεγαλύτερο μέρος της διαθέσιμης απορροής της ΛΑΠ, και η πρόγνωση είναι πιο ασφαλής σε σχέση με την βροχομετρική πληροφορία. Στην περίπτωση που διαφαίνεται υψηλός κίνδυνος λειψυδρίας, με βάση τις προγνώσεις της ετήσιας παροχής του Αξιού, θα πρέπει να γίνονται εγκαίρως οι σχετικές συνεννοήσεις με τους αρμόδιους φορείς της ΠΓΔΜ, για την εξασφάλιση των αναγκαίων ποσοτήτων νερού κατά τη θερινή περίοδο. Όσον αφορά στις άλλες τρεις ΛΑΠ, ο μοναδικός ποσοτικός δείκτης για τη λήψη των αποφάσεων θα είναι ο SPI, καθώς δεν υπάρχουν επαρκή υδρομετρικά δεδομένα για την πρόγνωση των υδρολογικών ξηρασιών.

Αξιολόγηση έτους: Στην αρχή κάθε νέου υδρολογικού έτους, με βάση πλέον τα πλήρη ετήσια δείγματα των βροχομετρικών σταθμών αναφοράς, θα υπολογίζονται τα ετήσια μεγέθη επιφανειακής βροχόπτωσης των ΛΑΠ και οι αντίστοιχοι δείκτες μετεωρολογικής και ξηρασίας. Ακόμη, θα υπολογίζεται ο ετήσιος δείκτης υδρολογικής ξηρασίας του Αξιού, με βάση τα υδρομετρικά δεδομένα του σταθμού Αξιούπολης. Με βάση τις εκτιμήσεις αυτές, θα ελέγχονται τα αποτελέσματα των προγνώσεων του εξαμήνου, και θα αξιολογείται

η επιτυχία των ληφθέντων μέτρων. Υπενθυμίζεται ότι στις εκτιμήσεις που βασίζονται σε πλήρη βροχομετρικά δεδομένα (έτους ή τριετίας), οι σχέσεις που εφαρμόζονται για τον υπολογισμό των δεικτών SPI είναι πολύ πιο ακριβείς σε σχέση με τα μοντέλα πρόγνωσης που βασίζονται στη σημειακή βροχόπτωση του τριμήνου και εξαμήνου. Για τον λόγο αυτό, στις αξιολογήσεις των ετήσιων και τριετών καταστάσεων ξηρασίας θα εφαρμόζονται τα τυπικά όρια -1.0, -1.5 και -2.0, για τον χαρακτηρισμό των μέτριων, σοβαρών και ακραίων ξηρασιών, αντίστοιχα.

Αξιολόγηση μέσων τιμών τριετίας: Στην αρχή κάθε νέου υδρολογικού έτους θα εκτιμώνται οι μέσες επιφανειακές βροχοπτώσεις των ΛΑΠ και η μέση παροχή του Αξιού, με βάση τις ετήσιες τιμές των τριών τελευταίων ετών. Αν, με βάση τις τιμές των δεικτών μετεωρολογικής και υδρολογικής ξηρασίας προκύψει ότι κατά την τελευταία τριετία βρίσκεται σε εξέλιξη μια σοβαρή ξηρασία (δηλαδή ο τριετής δείκτης είναι μικρότερος του -1.5), τότε θα θεωρείται επείγουσα κατάσταση (βλ. 7.2), που απαιτεί τη λήψη των αντίστοιχων έκτακτων διαχειριστικών μέτρων (π.χ. μείωση ή μηδενισμός της περιβαλλοντικής παροχής), σύμφωνα και με την παράγραφο 4.6 του άρθρου 4 της Οδηγίας. Επειδή μια τόσο χαμηλή τιμή του δείκτη είναι πολύ πιθανό να υποδηλώνει μια περίοδο παρατεταμένης ξηρασίας, τα μέτρα αυτά θα πρέπει να διατηρούνται καθ' όλη της διάρκεια του τρέχοντος υδρολογικού έτους, ανεξάρτητα από την εξέλιξη των βροχοπτώσεων των επόμενων μηνών. Όπως έχει φανεί και στην ανάλυση των ξηρασιών της περιοχής μελέτης (υποκεφάλαιο 4.4), σε ορισμένες περιπτώσεις μπορούν να υπάρξουν μεμονωμένα έτη υψηλών βροχοπτώσεων ενδιάμεσα μιας συστηματικά ξηρής περιόδου (π.χ. το 1990-91), τα οποία δεν μεταβάλλουν τη μακροχρόνια εικόνα της κατάστασης υδροφορίας. Η παύση ισχύος της επείγουσας κατάστασης και των σχετικών μέτρων θα γίνεται μόνο όταν ο δείκτης τριετούς ξηρασίας υποχωρήσει σε ανεκτά επίπεδα, συγκεκριμένα μεγαλύτερα του -1.0, που υποδηλώνουν λήξη της περιόδου παρατεταμένης ξηρασίας.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. Acreman, M.C., and M.J. Dunbar, Defining environmental river flow requirements – a review, *Hydrology and Earth System Sciences*, 8, 861–876, 2004.
2. ACTeon, FreshThoughts, Typsa, IACO, Artesia Consulting and FEEM, Water Scarcity & Droughts Policy in the EU - Gap Analysis. *Report to the European Commission*. Tender ENV.D.1/SER/2010/0049, 2012.
3. Angelidis, P., F. Maris, N. Kotsovinos, and V. Hrissanthou, Computation of drought index SPI with alternative distribution functions, *Water Resources Management*, 26, 2453-2473, 2012.
4. E.C., *Water Scarcity and Droughts: In-depth Assessment*, Second Interim Report, June 2007.
5. European Commission, *Commission Staff Working Document: Executive Summary of the Impact Assessment, Accompanying the document: Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: A Blueprint to Safeguard Europe's Water Resources*, SWD(2012) 381 final, Brussels, 14.11.2012.
6. European Commission, *Commission Staff Working Document: Impact Assessment, Accompanying the document: Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: A Blueprint to Safeguard Europe's Water Resources*, SWD(2012) 382 final, Brussels, 14.11.2012.
7. European Commission, *Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC), Guidance document No. 24, River Basin Management in a changing climate*. Technical Report 2009-040, 2009.
8. European Commission, *Communication from the Commission to the European Parliament and the Council: Addressing the challenge of water scarcity and droughts in the European Union*. Brussels, COM(2007) 414 final, {SEC(2007)993}{SEC(2007)996}, Brussels, 18.7.2007.
9. European Commission, *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and The Committee Of The Regions: A Blueprint to Safeguard Europe's Water Resources*, COM(2012) 673 final, Brussels, 14.11.2012.
10. European Commission, *Drought Management Plan report – Including Agricultural, Drought Indicators and Climate Change Aspects*, Water Scarcity and Droughts Expert Network, Technical Report 2008-023. November 2007.
11. European Commission - EuropeAid Co-operation Office, Euro-Mediterranean Regional Programme for Local Water Management (MEDA Water) and Mediterranean Drought Preparedness and Mitigation Planning (MEDROPLAN), Drought Management Guidelines, 2008.
12. European Commission, *Water Scarcity and Droughts: In-depth Assessment*, Second Interim Report, Prepared by DG Environment – European Commission, June 2007.
13. European Environment Agency, *Towards efficient use of resources in Europe*, EEA Report No 1/2012, Copenhagen, Denmark, 2012.
14. Guidance document No. 24, *River Basin Management in a Changing Climate, Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC*), Technical Report, 2009.
15. Hamdy A., and G. Trisorio-Liussi, Drought planning and drought mitigation measures in the Mediterranean region, *Options Mediterraneennes*, A, 80, 2008.
16. Iglesias, A., Cancelliere, A., Gabina, D., Lopez-Francos, A., Moneo, M., and Rossi, G., Drought Management Guidelines. *European Commission-EuropeAid Co-operation Office Euro-Mediterranean Regional Programme for Local Water Management (MEDA Water), Mediterranean Drought Preparedness and Mitigation Planning (MEDROPLAN)*, 78, 2007.

17. Komuscu, A. U., Using the SPI to analyze spatial and temporal patterns of drought in Turkey, *Drought Network News*, 11(1), 7–13, 1999.
18. Koutsoyiannis, D., Hurst-Kolmogorov dynamics and uncertainty, *Journal of the American Water Resources Association*, 47 (3), 481–495, 2011.
19. Lana X., C. Serra C, and A. Burgueno, Patterns of monthly rainfall shortage and excess in terms of the standardized precipitation index, *International Journal of Climatology*, 21, 1669-1691, 2001.
20. McKee T.B., N. J. Doesken, and J. Kliest, The relationship of drought frequency and duration to time scales, *Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology*, American Meteorological Society, Boston, MA, 179-184, 1993.
21. Mediterranean water scarcity & drought working group (MED WS&D WG), *Technical report on water scarcity and drought management in the Mediterranean and the Water Framework Directive*, 2007.
22. Mediterranean water scarcity & drought working group (MED WS&D WG), *Mediterranean Water Scarcity and Drought Report, Technical report on water scarcity and drought management in the Mediterranean and the Water Framework Directive*, Technical Report 009-2007, April 2007.
23. Nalbantis, I., and G. Tsakiris, Assessment of hydrological drought revisited, *Water Resources Management*, 23(5), 881-897, 2009.
24. Pereira L. S., T. Oweis, and A. Zairi, Irrigation management under water scarcity, *Agricultural Water Management*, 57, 175-206, 2002.
25. Petts, G.E., Instream flow science for sustainable river management, *Journal of the American Water Resources Association*, 45(5), 1071–1086, 2009.
26. Tennant D.L., Instream flow regimens for fish, wildlife, recreation and related environmental resources, *Fisheries*, 1(4), 6–10, 1976.
27. Tharme, R.E., A global perspective on environmental flow assessment: Emerging trends in the development and application of environmental flow methodologies for rivers, *River Research and Applications*, 19, 397–441, 2003.
28. Water Scarcity Drafting Group, Water scarcity management in the context of WFD, *MED Joint Process WFD /EUWI*, June 2006.
29. Wilhite, Donald A., Mark D. Svoboda, and Michael J. Hayes, Understanding the complex impacts of drought: A key to enhancing drought mitigation and preparedness. *Water resources management* 21(5), 763-774, 2007.
30. Wilks, D.S., *Statistical Methods in the Atmospheric Sciences*, Academic Press, London, 1995.
31. Βεράνης, Ν. και Μελαδιώτης, Γ. (2005). «Υδρογεωλογικές συνθήκες της Υδρολογικής λεκάνης Ολυμπιάδος, Ν. Χαλκιδικής, Β. Ελλάδα». 70 Παν. Υδρογ. Συνέδριο, Τόμος Ι, σελ. 51-59. Αθήνα.
32. Βεράνης Ν. κ. άλ, ΙΓΜΕ. Καταγραφή και αποτίμηση των υδρογεωλογικών χαρακτήρων των υπόγειων νερών και των υδροφόρων συστημάτων της χώρας. (Κ.Ε. 7.3.2.1), Υδατικά ισοζύγια λεκανών. Παρακολούθηση της ποιότητας και μέτρα προστασίας των νερών της Κεντρικής Μακεδονίας (Υ.Δ. αν. 09, 10, 11 δυτ.), Θεσσαλονίκη 2010
33. Καραμπουρνιώτης, Κ., *Επισκόπηση δεικτών ξηρασίας: Εφαρμογή του δείκτη Palmer στον ελληνικό χώρο*, Μεταπτυχιακή εργασία, 195 σελίδες, Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, Οκτώβριος 2012.
34. Κοζάνης, Σ., Α. Χριστοφίδης, και Α. Ευστρατιάδης, Θεωρητική τεκμηρίωση για το λογισμικό Υδρογνώμων (έκδοση 4), *Ανάπτυξη βάσης δεδομένων και εφαρμογών λογισμικού σε διαδικτυακό περιβάλλον για την «Εθνική Τράπεζα Υδρολογικής και Μετεωρολογικής Πληροφορίας»*, Ανάδοχος: Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 173 σελίδες, Αθήνα, Ιούνιος 2010.

35. Κουτσογιάννης, Δ., Α. Ανδρεαδάκης, Ρ. Μαυροδήμου, Α. Χριστοφίδης, Ν. Μαμάσης, Α. Ευστρατιάδης, Α. Κουκουβίνος, Γ. Καραβοκυρός, Σ. Κοζάνης, Δ. Μαμάης, και Κ. Νουτσόπουλος, Εθνικό Πρόγραμμα Διαχείρισης και Προστασίας των Υδατικών Πόρων, *Υποστήριξη της κατάρτισης Εθνικού Προγράμματος Διαχείρισης και Προστασίας των Υδατικών Πόρων*, 748 σελίδες, Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, Φεβρουάριος 2008.

36. Κουτσογιάννης, Δ., και Θ. Ξανθόπουλος, *Τεχνική Υδρολογία*, Έκδοση 3, 418 σελίδες, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 1999.

37. Μαμάσης, Ν., και Δ. Κουτσογιάννης, Ξηρασία και διαχείρισή της, *Σημειώσεις Διαχείρισης Υδατικών Πόρων*, Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 2007.

38. Υπουργείο Ανάπτυξης, *Ανάπτυξη Συστημάτων και Εργαλείων Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Υδατικών Διαμερισμάτων Δυτικής Μακεδονίας, Κεντρικής Μακεδονίας, Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης*, Τεύχος ΠΑ 06 «Υδατικά Ισοζύγια», Ανάδοχος Μελετητής: ΕΝΜ Σύμβουλοι Μηχανικοί ΕΠΕ, Σεπτέμβριος 2007.

ΟΜΑΔΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

α/α	ΟΝΟΜΑ ΕΠΩΝΥΜΟ	ΕΙΔΙΚΟΤΗΤΑ
1.	Αβραάμ Μπενσασσών	Πολιτικός Μηχανικός-ΕΜΠ, Υδραυλικός
2.	Ειρήνη Παπαδοπούλου	Αγρονόμος Τοπογράφος Μηχανικός Υδραυλικός Μηχανικός MSc
3.	Κωνσταντίνος Καντζούρας	Τεχνολόγος- Μηχανολόγος Η/Υ
4.	Λίζα Μπενσασσών	Πολιτικός Μηχανικός Μηχανικός Περιβάλλοντος MSc
5.	Εμμανουήλ Αθανασάκης	Μηχανικός Περιβάλλοντος
6.	Γεωργία Κανδηλιώτη	Φυσικός Ωκεανογράφος, MSc Υδατικών Πόρων- ΕΜΠ
7.	Δημήτρης Κουτσογιάννης	Δρ. Πολιτικός Μηχανικός ΕΜΠ, Καθηγητής ΕΜΠ
8.	Νίκος Μαμάσης	Αγρονόμος-Τοπογράφος Μηχανικός ΕΜΠ, Δρ. Μηχανικός ΕΜΠ, Επίκουρος Καθηγητής ΕΜΠ
9.	Αντώνης Κουκουβίνος	Αγρονόμος-Τοπογράφος Μηχανικός ΕΜΠ, DEA Γεωγραφίας, Ερευνητικός Συνεργάτης ΕΜΠ
10.	Ανδρέας Ευστρατιάδης	Δρ. Πολιτικός Μηχανικός ΕΜΠ, MSc Υδρολόγος
11.	Γιάννης Μαρκόνης	Μηχανικός Περιβάλλοντος Πολ. Κρήτης, Υποψ. Δρ. ΕΜΠ
12.	Σωτηρία Μπακή	Πολιτικός Μηχανικός ΕΜΠ, MSc Υδρολόγος, Υποψ. ΔΡ. ΕΜΠ
13.	Σοφία Φώτη	Γεωλόγος PhD-Πολιτικός Μηχανικός
14.	Γεώργιος Εμμανουηλίδης	Γεωλόγος PhD
15.	Γεώργιος Καφέτσης	Γεωλόγος
16.	Θεσσαλία Βασιλακάκη	Γεωλόγος MSc
17.	Αγνή Βαμβακά	Γεωλόγος PhD
18.	Παρασκευή Γραμμένου	Πολιτικός Μηχανικός Τ.Ε.
19.	Νικόλαος Βεράνης	Υδρογεωλόγος
20.	Ιωάννης Μελαδιώτης	Γεωλόγος MSc-Πολιτικός Μηχανικός PhD
21.	Ηλίας Κουρκουλής	Γεωπόνος – ΑΠΘ Γεωργικός Σύμβουλος
22.	Κωνσταντίνος Μπίθας	Αναπληρωτής Καθηγητής Οικονομικών του Περιβάλλοντος
23.	Αντώνης Κολημενάκης	Οικονομολόγος- M.Sc. Management
24.	Γεώργιος Μαρούλης	Οικονομολόγος- M.A. Environmental Management

ΕΙΔΙΚΗ
ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ
ΥΔΑΤΩΝ

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ &
ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ
ΑΛΛΑΓΗΣ

www.ypeka.gr

Ειδική Γραμματεία Υδάτων,
Μ. Ιατρίδου 2 & Λεωφ. Κηφισίας 115 26 Αθήνα
Τηλ: 210 693 1265, 210 693 1253,
Φαξ: 210 699 4355, 210 699 4357
E-mail: info.egy@prv.ypeka.gr

ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΤΑΜΕΙΟ
ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

ΕΠΠΕΡΑΑ

www.epperaa.gr

ΕΣΠΑ
2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης