



ΣΧΕΔΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

των Λεκανών Απορροής Ποταμών
του Υδατικού Διαμερίσματος Δυτικής 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 - ΕΝΒΙΟΡΡΑΝ 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 ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ (GR09)

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

Ημερομηνία πρώτης Δημοσίευσης: 4/2/2013

ΦΕΚ Έγκρισης Σχεδίου Διαχείρισης: 181 Β /31.01.2014

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	I
ΣΥΝΤΜΗΣΕΙΣ.....	XVII
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1. Στόχος, αντικείμενα και φάσεις της μελέτης.....	1
1.2. Αντικείμενο και Στόχος του Παραδοτέου Π.2.4	2
1.3. Επιτροπή Επίβλεψης	3
2. ΟΡΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΤΗΣ ΟΔΗΓΙΑΣ 2000/60/ΕΚ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ ΞΗΡΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ	5
2.1. Θεμελιώδεις έννοιες	5
2.2. Επιπτώσεις ξηρασίας και λειψυδρίας	7
2.3. Διαχείριση ξηρασίας.....	10
3. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ ΚΑΙ ΔΕΔΟΜΕΝΑ.....	13
3.1. Περιοχή μελέτης.....	13
3.2. Γεωγραφικά δεδομένα	15
3.3. Σημειακά βροχομετρικά δεδομένα και επεξεργασίες.....	15
3.4. Επιφανειακές βροχοπτώσεις.....	27
4. ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΑΚΡΑΙΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ ΞΗΡΑΣΙΑΣ	48
4.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	48
4.2. Δείκτες ξηρασίας – Βιβλιογραφική επισκόπηση	48
4.3. Μεθοδολογία εκτίμησης δεικτών SPI και SRI.....	50
4.4. Ανάλυση μετεωρολογικών ξηρασιών	60
4.5. Ανάλυση υδρολογικών ξηρασιών	98
4.6. Σύγκριση μετεωρολογικών και υδρολογικών ξηρασιών.....	104
5. ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΔΕΙΚΤΗ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ.....	112
5.1. Η έννοια της λειψυδρίας – Σύνδεση με μετεωρολογική και υδρολογική ξηρασία	112
5.2. Μεθοδολογικό πλαίσιο υπολογισμού δεικτών λειψυδρίας.....	113
5.3. Εκτίμηση μεγεθών υδατικού ισοζυγίου	116
5.4. Υπολογισμός δείκτη λειψυδρίας.....	141
6. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ ΞΗΡΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ.....	149
6.1. Τρωτότητα έναντι μετεωρολογικών ξηρασιών	149
6.2. Τρωτότητα έναντι λειψυδρίας	149
6.3. τρωτοτητα ως προς κοινωνικούς παραγοντες.....	150
6.4. Τρωτότητα ως προς οικονομικούς παράγοντες.....	153
6.5. τρωτοτητα ως προς το περιβαλλον	159
6.6. ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΤΡΩΤΟΤΗΤΑΣ ΑΝΑ ΥΠΟΛΕΚΑΝΗ.....	159
6.7. Συνολικός ΠΙΝΑΚΑΣ ΤΡΩΤΟΤΗΤΑΣ ΑΝΑ λαπ και στο συνολο του υδ.....	160
7. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΕΠΙΔΡΑΣΕΩΝ ΞΗΡΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΠΙΤΕΥΞΗ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΤΟΧΩΝ ΤΟΥ ΑΡΘΡΟΥ 4.....	162
7.1. Περιβαλλοντικοί στόχοι άρθρου 4	162
7.2. Όροι υπό τους οποίους μπορούν να κηρύσσονται παρατεταμένες ξηρασίες.....	165
7.3. Εντοπισμός επιφανειακών υδατικών συστημάτων υψηλής τρωτότητας σε ξηρασία.....	166

7.4. Εντοπισμός υπογείων υδατικών συστημάτων υψηλής τρωτότητας σε ξηρασία	170
8. ΚΑΤΑΡΤΙΣΗ ΜΕΤΡΩΝ ΠΡΟΛΗΨΗΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΤΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ, ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ.....	172
8.1. Ευρωπαϊκή προσέγγιση και πλαίσιο διαχείρισης ξηρασιών.....	172
8.2. Μέτρα διαχείρισης ξηρασιών.....	175
9. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΠΗΓΩΝ ΧΡΗΣΕΩΝ ΝΕΡΟΥ.....	202
9.1. Γενική θεώρηση.....	202
9.2. Επιφανειακά νερα.....	202
9.3. Υπόγεια Νερά	204
10. ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΥ ΠΡΟΕΙΔΟΠΟΙΗΣΗΣ.....	212
10.1. Η έννοια της πρόγνωσης ξηρασιών.....	212
10.2. Υπολογισμός πιθανοτήτων μετάβασης.....	213
11. ΑΝΑΦΟΡΕΣ	272
12. ΟΜΑΔΑ ΜΕΛΕΤΗΣ	276

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟΙ ΠΙΝΑΚΕΣ

Πίνακας 3-1: Βροχομετρικοί σταθμοί περιοχής μελέτης.....	16
Πίνακας 3-2: Μέσες τιμές αθροιστικής βροχόπτωσης σε διάφορες χρονικές κλίμακες, για την κοινή περίοδο δεδομένων (1980-2010) των βροχομετρικών σταθμών της περιοχής μελέτης.....	20
Πίνακας 3-3: Στατιστικά χαρακτηριστικά βροχόπτωσης στον σταθμό Θεοδωράκι του ΥΠΓΕ (1/1964 – 9/2011).....	24
Πίνακας 3-4: Στατιστικά χαρακτηριστικά βροχόπτωσης στον σταθμό Καστοριά της ΕΜΥ (7/1956 – 9/2012).....	24
Πίνακας 3-5: Στατιστικά χαρακτηριστικά βροχόπτωσης στον σταθμό Κατερίνη του ΥΠΕΚΑ (6/1958 – 4/2012).....	24
Πίνακας 3-6: Στατιστικά χαρακτηριστικά βροχόπτωσης στον σταθμό Κοζάνη της ΕΜΥ (1/1955 – 9/2012).....	25
Πίνακας 3-7: Στατιστικά χαρακτηριστικά βροχόπτωσης στον σταθμό Λιμνοχώρι του ΥΠΕΚΑ (9/1959 – 12/2010).....	25
Πίνακας 3-8: Στατιστικά χαρακτηριστικά βροχόπτωσης στον σταθμό Ποντοκώμη του ΥΠΕΚΑ (7/1950 – 9/2010).....	25
Πίνακας 3-9: Στατιστικά χαρακτηριστικά βροχόπτωσης στον σταθμό Σιάτιστα του ΥΠΕΚΑ (6/1950 – 9/2011).....	25
Πίνακας 3-10: Στατιστικά χαρακτηριστικά βροχόπτωσης στον σταθμό Τσοτύλιο του ΥΠΕΚΑ (7/1950 – 9/2010).....	25
Πίνακας 3-11: Στατιστικά χαρακτηριστικά βροχόπτωσης στον σταθμό Φλώρινα της ΕΜΥ (1/1961 – 9/2012).....	25
Πίνακας 3-12: Χαρακτηριστικά βροχομετρικών σταθμών ΥΔ 09 με μεγάλο μήκος δείγματος, που χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό της ετήσιας βροχοβαθμίδας.....	26
Πίνακας 3-13: Συντελεστές Thiessen βροχομετρικών σταθμών ανά υπολεκάνη.....	29
Πίνακας 3-14: Χαρακτηριστικά μεγέθη για τον υπολογισμό των επιφανειακών βροχοπτώσεων στις υπολεκάνες του ΥΔ 09, με βάση τα δείγματα σημειακής βροχόπτωσης μεγάλου μήκους.....	29

Πίνακας 3-15: 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. .30	
Πίνακας 3-16: 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..... 31	
Πίνακας 3-17: Συντελεστής συσχέτισης μεταξύ των επιφανειακών βροχοπτώσεων που υπολογίζονται από το μεγάλο και το μικρό δείγμα σταθμών, με βάση την κοινή περίοδο 1980-2010..... 31	
Πίνακας 3-18: Στατιστικά χαρακτηριστικά επιφανειακής βροχόπτωσης Αλιάκμονα (1/1961 – 9/2010)..... 31	
Πίνακας 3-19: Στατιστικά χαρακτηριστικά επιφανειακής βροχόπτωσης Αξιού Φλώρινας (1/1964 – 12/2010)..... 31	
Πίνακας 3-20: Στατιστικά χαρακτηριστικά επιφανειακής βροχόπτωσης Πεδιάδας Κατερίνης (6/1957 – 4/2012)..... 31	
Πίνακας 3-21: Στατιστικά χαρακτηριστικά επιφανειακής βροχόπτωσης Περιφ. Τάφρου (10/1965 – 9/2010)..... 31	
Πίνακας 3-22: Στατιστικά χαρακτηριστικά επιφανειακής βροχόπτωσης Πτολεμαΐδας (1/1964 – 9/2010)..... 32	
Πίνακας 3-23: Στατιστικά χαρακτηριστικά επιφανειακής βροχόπτωσης Πρεσπών (1/1961 – 12/2012)..... 32	
Πίνακας 3-24: Χαρακτηριστικά υδρομετρικών σταθμών και λοιπών θέσεων υπολογισμού της παροχής ποταμών..... 33	
Πίνακας 3-25: Σχέσεις στάθμης-παροχής υδρομετρικών σταθμών περιοχής μελέτης. 35	
Πίνακας 3-26: Σύγκριση μέσου όρου χρονοσειράς μηνιαίων παροχών πρόσφατης (2000-2011) και προγενέστερης περιόδου, με βάση τα επεξεργασμένα δείγματα μηνιαίων παροχών της ΔΕΗ. 35	
Πίνακας 3-27: Χρονοσειρές ετήσιων παροχών (m ³ /s) στις θέσεις ενδιαφέροντος. 36	
Πίνακας 3-28: Στατιστικά χαρακτηριστικά παροχής Αραπίτσας στη θέση Άγιος Νικόλαος (10/1983 – 9/2005)..... 37	
Πίνακας 3-29: Στατιστικά χαρακτηριστικά παροχής Άγρα ανάντη ΥΗΣ (1/1980 – 6/2012)..... 37	
Πίνακας 3-30: Στατιστικά χαρακτηριστικά παροχής Τριπόταμου ανάντη ΥΗΣ Βερμίου (1/1993 – 6/2009)..... 37	
Πίνακας 3-31: Στατιστικά χαρακτηριστικά παροχής Βενέτικου στη θέση Ελευθεροχώρι – Γέφυρα Γρεβενών (10/1980 -6/1988 και 10/2001 – 9/2011)..... 37	
Πίνακας 3-32: Στατιστικά χαρακτηριστικά παροχής Αλιάκμονα στη θέση του φράγματος Ιλαρίωνα (10/1980 – 11/1990)..... 37	
Πίνακας 3-33: Στατιστικά χαρακτηριστικά παροχής Αλιάκμονα στη θέση Γέφυρα Κορομηλιάς (10/1980 – 8/1989 και 10/2000 – 9/2011)..... 37	
Πίνακας 3-34: Στατιστικά χαρακτηριστικά παροχής Αλιάκμονα στη θέση Γέφυρα Νεστορίου, στην οποία περιλαμβάνεται η παροχή του ομώνυμου υδραύλακα (12/1982 – 9/2004)..... 37	
Πίνακας 3-35: Στατιστικά χαρακτηριστικά παροχής Αλιάκμονα ανάντη του φράγματος Πολυφύτου (9/1974 – 6/2012)..... 38	
Πίνακας 3-36: Στατιστικά χαρακτηριστικά παροχής Αλμωπαίου στη θέση Προφήτης Ηλίας (10/1980 – 9/1995)..... 38	
Πίνακας 3-37: Στατιστικά χαρακτηριστικά παροχής Αλιάκμονα στη θέση Σιάτιστα (10/1980 – 9/1988 και 10/2001 - 9/2011)..... 38	
Πίνακας 3-38: Στατιστικά χαρακτηριστικά παροχής ρέματος Παπαδιάς στη θέση Σκοπός (2/1974 – 1/1991 και 10/2000 - 12/2007)..... 38	

Πίνακας 3-39: Στατιστικά χαρακτηριστικά παροχής Βενέτικου στη θέση Τρίκωμο (10/1993 – 9/1998 και 10/2001 – 9/2011).....	38
Πίνακας 3-40: Στατιστικά χαρακτηριστικά παροχής ρέματος Μέλω στη θέση Υδρούσα (2/1974 – 9/1990).....	38
Πίνακας 4-1: Στατιστικά χαρακτηριστικά βροχόπτωσης Σιάτιστας σε διάφορες χρονικές κλίμακες στοιχεία περιόδου (1950-51 έως 2010-11).....	54
Πίνακας 4-2: Κατάταξη γεγονότων ξηρασίας και υδροφορίας κατά McKee et al. (1993), μετά από προσαρμογή.....	59
Πίνακας 4-3: Μέση τιμή σημειακού δείκτη SPI σε διάφορες χρονικές κλίμακες.....	60
Πίνακας 4-4: Χαρακτηριστικά μεγέθη υπολεκάνων ΛΑΠ Αλιάκμονα.	81
Πίνακας 4-5: Χαρακτηριστικά μεγέθη ΛΑΠ ΥΔ Δυτικής Μακεδονίας.....	84
Πίνακας 4-6: Αξιολόγηση ξηρασιών με βάση τις ετήσιες επιφανειακές βροχοπτώσεις του Υδατικού Διαμερίσματος Δυτικής Μακεδονίας, σε διάφορες χωρικές κλίμακες.....	88
Πίνακας 4-7: Αξιολόγηση ξηρασιών με βάση τις μέσες επιφανειακές βροχοπτώσεις δύο ετών του Υδατικού Διαμερίσματος Δυτικής Μακεδονίας, σε διάφορες χωρικές κλίμακες.....	90
Πίνακας 4-8: Αξιολόγηση ξηρασιών με βάση τις μέσες επιφανειακές βροχοπτώσεις τριών ετών του Υδατικού Διαμερίσματος Δυτικής Μακεδονίας, σε διάφορες χωρικές κλίμακες.....	91
Πίνακας 4-9: Αξιολόγηση ξηρασιών με βάση τις μέσες επιφανειακές βροχοπτώσεις τεσσάρων ετών του Υδατικού Διαμερίσματος Δυτικής Μακεδονίας, σε διάφορες χωρικές κλίμακες.....	93
Πίνακας 4-10: Αξιολόγηση ξηρασιών με βάση τις μέσες επιφανειακές βροχοπτώσεις πέντε ετών του Υδατικού Διαμερίσματος Δυτικής Μακεδονίας, σε διάφορες χωρικές κλίμακες.....	94
Πίνακας 4-11: Συχνότητα εμφάνισης διαφόρων κλάσεων ξηρασίας στις υπολεκάνες του Υδατικού Διαμερίσματος Δυτικής Μακεδονίας και το σύνολο του ΥΔ, για διάφορες χρονικές κλίμακες.....	98
Πίνακας 4-12: Αξιολόγηση υδρολογικών ξηρασιών (με γκριζο χρώμα απεικονίζονται οι περίοδοι με κενές τιμές).	103
Πίνακας 5-1: Στατιστικά χαρακτηριστικά δυνητικής εξατμοδιαπνοής υπολεκάνης Αλιάκμονα, που εκτιμάται με τη μέθοδο Penman-Monteith, με βάση τα μετεωρολογικά δεδομένα του σταθμού Κοζάνης (1/1967 – 12/1990).....	118
Πίνακας 5-2: Στατιστικά χαρακτηριστικά τελικής χρονοσειράς μηνιαίας απορροής (σε hm ³) υπολεκάνης Αλιάκμονα (10/1960 – 6/2012).	118
Πίνακας 5-3: Μέσα ετήσια μεγέθη υδατικού ισοζυγίου υπολεκάνων περιόδου 1980-2001, με βάση τα αποτελέσματα του μοντέλου MIKE-SHE (ΥΠΑΝ, 2007).	121
Πίνακας 5-4: Χαρακτηριστικά μεγέθη ετήσιας βροχόπτωσης και απορροής υπολεκάνων (τελικά δείγματα).....	121
Πίνακας 5-5: Μέσα ετήσια μεγέθη υδατικού ισοζυγίου ανά ΛΑΠ και στο ΥΔ περιόδου 1980-2001, με βάση τα αποτελέσματα του μοντέλου MIKE-SHE (ΥΠΑΝ, 2007).....	123
Πίνακας 5-6: Χαρακτηριστικά μεγέθη ετήσιας βροχόπτωσης και απορροής ανά ΛΑΠ και στο ΥΔ (τελικά δείγματα).....	123
Πίνακας 5-7: Κρίσιμες τιμές παροχής (ως ποσοστά της μέσης ετήσιας παροχής) και συσχέτισή τους με την κατάσταση των ενδιαιτημάτων, σύμφωνα με τη μέθοδο Tennant (1976).	126
Πίνακας 5-8: Εκτίμηση ετήσιων περιβαλλοντικών αναγκών (σε hm ³) ως ποσοστό της μέσης ετήσιας απορροής, σύγκριση με ελάχιστη παρατηρημένη τιμή, και υπολογισμός πιθανοτήτων μη υπέρβασης.....	126
Πίνακας 5-9: Χαρακτηριστικά μεγέθη περιβαλλοντικής παροχής στην υπολεκάνη Αξιού Φλώρινας.	132
Πίνακας 5-10: Χαρακτηριστικά μεγέθη περιβαλλοντικής παροχής στην υπολεκάνη Περιφερειακής Τάφρου.....	135

Πίνακας 5-11: Τελικές τιμές ετήσιων περιβαλλοντικών αναγκών υπολεκανών.....	137
Πίνακας 5-12: Ετήσιες απολήψεις επιφανειακών νερών για διάφορες χρήσεις (m3).....	138
Πίνακας 5-13: Ετήσιες απολήψεις υπόγειων νερών για διάφορες χρήσεις (m3).....	138
Πίνακας 5-14: Συνολικές απολήψεις από επιφανειακά και υπόγεια νερά (m3).....	138
Πίνακας 5-15: Ετήσιες ποσότητες απολήψεων και επιστροφών νερού.....	141
Πίνακας 5-16: Εκτίμηση ετήσιου δείκτη WEI ανά υπολεκάνη (ετήσιες ποσότητες νερού σε hm3).....	142
Πίνακας 5-17: Εκτίμηση ετήσιου δείκτη WEI ανά ΛΑΠ και συνολικά (ετήσιες ποσότητες νερού σε hm3)	142
Πίνακας 5-18: Συχνότητες υπέρβασης χαρακτηριστικών ορίων του δείκτη WEI.....	147
Πίνακας 6-1: Μεγέθη που εισέρχονται στον υπολογισμό του καθολικού μέτρου τρωτότητας έναντι μετεωρολογικών ξηρασιών στην περιοχή της Δυτικής Μακεδονίας, για διάφορες χωρικές κλίμακες...149	
Πίνακας 6-2: Μεγέθη που εισέρχονται στον υπολογισμό του καθολικού μέτρου τρωτότητας έναντι λειψυδρίας στην περιοχή της Δυτικής Μακεδονίας, για διάφορες χωρικές κλίμακες.....	150
Πίνακας 6-3: Πίνακας κοινωνικής τρωτότητας ανά Υπολεκάνη και ΛΑΠ	152
Πίνακας 6-4: Ομαδοποίηση των χρήσεων γης.....	153
Κατόπιν, σε κάθε Λεκάνη Απορροής και σε κάθε υπολεκάνη 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.....	153
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.....	155
Πίνακας 6-7. Χρήση νερού στους ΑΗΣ του ΥΔ 09 - μέση ετήσια απόληψη (hm3)	157
Πίνακας 6-8.Χρήση νερού στους ΥΗΣ του ΥΔ09 - Εκροή για παραγωγή ενέργειας (106 κυβ. μέτρα)..158	
Πίνακας 6-9. Χρήση νερού ανά υπολεκάνη και τύπο σταθμού.....	158
Πίνακας 6-10: ΥΣ εντός Προστατευόμενων Περιοχών δικτύου Natura	159
Πίνακας 6-11: Συγκεντρωτικός πίνακας τρωτότητας σε ξηρασία υπολεκανών ΥΔ09(κανονικοποιημένες τιμές)	160
Πίνακας 6-12: Συγκεντρωτικός πίνακας τρωτότητας σε ξηρασία ανά ΛΑΠ ΥΔ09 (κανονικοποιημένες τιμές)	161
Πίνακας 7.1. Επιφανειακά ΥΣ στο ΥΔ 09 που εμπίπτουν στις εξαιρέσεις των παρ. 4 και 5 του Άρθρου 4 της Οδηγίας.....	164
Πίνακας 7.2. Υπόγεια ΥΣ που εμπίπτουν στις εξαιρέσεις στο ΥΔ09.....	165
Πίνακας 8-1: Μακροπρόθεσμα μέτρα για την αποφυγή ανισορροπίας μεταξύ ζήτησης και παροχής νερού.....	176
Πίνακας 8-2: Είδος μέτρων αντιμετώπισης ξηρασίας ανά κατάσταση ξηρασίας	180
Πίνακας 8-3: Συμπληρωματικά μετρά που συμβάλουν στην αντιμετώπιση φαινομένων λειψυδρίας....185	
Πίνακας 8-4 Έκτακτα μέτρα για την αντιμετώπιση της λειψυδρίας σε περιόδους ξηρασίας.....198	
Πίνακας 9-1: Δυνατότητες απόληψης πρόσθετων ποσοτήτων νερού από καρστικά συστήματα στο ΥΔ GR09	209
Πίνακας 9-2: Δυνατότητα απόληψης πρόσθετων ποσοτήτων νερού από κοκκώδη συστήματα στο GR09210	
Πίνακας 10-1: Πιθανότητες μετάβασης (%) από κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας τριών μηνών (γραμμή) σε κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας υδρολογικού έτους (στήλη) στη λεκάνη απορροής Πρεσπών (GR01).....	213

Πίνακας 10-2: Πιθανότητες μετάβασης (%) από κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας έξι μηνών (γραμμή) σε κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας υδρολογικού έτους (στήλη) στη λεκάνη απορροής Πρεσπών (GR01).....	214
Πίνακας 10-3: Πιθανότητες μετάβασης (%) από κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας εννέα μηνών (γραμμή) σε κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας υδρολογικού έτους (στήλη) στη λεκάνη απορροής Πρεσπών (GR01).....	214
Πίνακας 10-4: Πιθανότητες μετάβασης (%) από κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας υδρολογικού έτους (γραμμή) σε κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας διετίας (στήλη) στη λεκάνη απορροής Πρεσπών (GR01).....	214
Πίνακας 10-5: Πιθανότητες μετάβασης (%) από κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας διετίας (γραμμή) σε κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας τριετίας (στήλη) στη λεκάνη απορροής Πρεσπών (GR01).....	214
Πίνακας 10-6: Πιθανότητες μετάβασης (%) από κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας τριετίας (γραμμή) σε κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας τετραετίας (στήλη) στη λεκάνη απορροής Πρεσπών (GR01).....	215
Πίνακας 10-7: Πιθανότητες μετάβασης (%) από κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας τετραετίας (γραμμή) σε κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας πενταετίας (στήλη) στη λεκάνη απορροής Πρεσπών (GR01).....	215
Πίνακας 10-8: Πιθανότητες μετάβασης (%) από κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας τριών μηνών (γραμμή) σε κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας υδρολογικού έτους (στήλη) στη λεκάνη απορροής Αλιάκμονα (GR02).....	216
Πίνακας 10-9: Πιθανότητες μετάβασης (%) από κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας έξι μηνών (γραμμή) σε κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας υδρολογικού έτους (στήλη) στη λεκάνη απορροής Αλιάκμονα (GR02).....	217
Πίνακας 10-10: Πιθανότητες μετάβασης (%) από κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας εννέα μηνών (γραμμή) σε κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας υδρολογικού έτους (στήλη) στη λεκάνη απορροής Αλιάκμονα (GR02).....	217
Πίνακας 10-11: Πιθανότητες μετάβασης (%) από κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας υδρολογικού έτους (γραμμή) σε κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας διετίας (στήλη) στη λεκάνη απορροής Αλιάκμονα (GR02).....	217
Πίνακας 10-12: Πιθανότητες μετάβασης (%) από κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας διετίας (γραμμή) σε κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας τριετίας (στήλη) στη λεκάνη απορροής Αλιάκμονα (GR02).....	217
Πίνακας 10-13: Πιθανότητες μετάβασης (%) από κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας τριετίας (γραμμή) σε κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας τετραετίας (στήλη) στη λεκάνη απορροής Αλιάκμονα (GR02).....	218
Πίνακας 10-14: Πιθανότητες μετάβασης (%) από κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας τετραετίας (γραμμή) σε κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας πενταετίας (στήλη) στη λεκάνη απορροής Αλιάκμονα (GR02).....	218
Πίνακας 10-15: Πιθανότητες διατήρησης ίδιας κατάστασης ξηρασίας (%).....	219
Πίνακας 10-16: Μέσες τιμές σημειακών συντελεστών συσχέτισης δείκτη SPI ανά ΛΑΠ και στο σύνολο του ΥΔ 09.....	222
Πίνακας 10-17: Συντελεστές συσχέτισης επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκάνης Αλιάκμονα, για διάφορες χρονικές κλίμακες και διάφορες χρονικές υστερήσεις.....	224
Πίνακας 10-18: Συντελεστές συσχέτισης επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκάνης Αξιού Φλώρινας, για διάφορες χρονικές κλίμακες και διάφορες χρονικές υστερήσεις.....	224
Πίνακας 10-19: Συντελεστές συσχέτισης επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκάνης Πεδιάδας Κατερίνης, για διάφορες χρονικές κλίμακες και διάφορες χρονικές υστερήσεις.....	224
Πίνακας 10-20: Συντελεστές συσχέτισης επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκάνης Περιφερειακής Τάφρου, για διάφορες χρονικές κλίμακες και διάφορες χρονικές υστερήσεις.....	224

Πίνακας 10-21: Συντελεστές συσχέτισης επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκάνης Πτολεμαΐδας, για διάφορες χρονικές κλίμακες και διάφορες χρονικές υστερήσεις.....	224
Πίνακας 10-22: Συντελεστές συσχέτισης επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκάνης Πρεσπών, για διάφορες χρονικές κλίμακες και διάφορες χρονικές υστερήσεις.....	224
Πίνακας 10-23: Συντελεστές συσχέτισης απορροής Αλιάκμονα στη θέση Πολύφυτο, για διάφορες χρονικές κλίμακες και διάφορες χρονικές υστερήσεις.	226
Πίνακας 10-24: Εφαρμογή μοντέλων πρόγνωσης δείκτη μετεωρολογικής ξηρασίας και αντίστοιχη αξιολόγηση στην υπολεκάνη του Αλιάκμονα και σύγκριση με ιστορικά δεδομένα.	233
Πίνακας 10-25: Εφαρμογή μοντέλων εκτίμησης δείκτη μετεωρολογικής ξηρασίας τριών επών, αξιολόγηση έμμονων ξηρασιών και σύγκριση με ιστορικά δεδομένα στην υπολεκάνη Αλιάκμονα.	234
Πίνακας 10-26: Εφαρμογή μοντέλων πρόγνωσης δείκτη μετεωρολογικής ξηρασίας και αντίστοιχη αξιολόγηση στην υπολεκάνη του Αξιού Φλώρινας και σύγκριση με ιστορικά δεδομένα.....	237
Πίνακας 10-27: Εφαρμογή μοντέλων εκτίμησης δείκτη μετεωρολογικής ξηρασίας τριών επών, αξιολόγηση έμμονων ξηρασιών και σύγκριση με ιστορικά δεδομένα στην υπολεκάνη Αξιού Φλώρινας.....	238
Πίνακας 10-28: Εφαρμογή μοντέλων πρόγνωσης δείκτη μετεωρολογικής ξηρασίας και αντίστοιχη αξιολόγηση στην υπολεκάνη της Πεδιάδας Κατερίνης και σύγκριση με ιστορικά δεδομένα.	241
Πίνακας 10-29: Εφαρμογή μοντέλων εκτίμησης δείκτη μετεωρολογικής ξηρασίας τριών επών, αξιολόγηση έμμονων ξηρασιών και σύγκριση με ιστορικά δεδομένα στην υπολεκάνη Πεδιάδας Κατερίνης.....	243
Πίνακας 10-30: Εφαρμογή μοντέλων πρόγνωσης δείκτη μετεωρολογικής ξηρασίας και αντίστοιχη αξιολόγηση στην υπολεκάνη της Περιφερειακής Τάφρου και σύγκριση με ιστορικά δεδομένα.	247
Πίνακας 10-31: Εφαρμογή μοντέλων εκτίμησης δείκτη μετεωρολογικής ξηρασίας τριών επών, αξιολόγηση έμμονων ξηρασιών και σύγκριση με ιστορικά δεδομένα στην υπολεκάνη Περιφερειακής Τάφρου.....	247
Πίνακας 10-32: Εφαρμογή μοντέλων πρόγνωσης δείκτη μετεωρολογικής ξηρασίας και αντίστοιχη αξιολόγηση στην υπολεκάνη της Πτολεμαΐδας και σύγκριση με ιστορικά δεδομένα.	251
Πίνακας 10-33: Εφαρμογή μοντέλων εκτίμησης δείκτη μετεωρολογικής ξηρασίας τριών επών, αξιολόγηση έμμονων ξηρασιών και σύγκριση με ιστορικά δεδομένα στην υπολεκάνη Πτολεμαΐδας.	252
Πίνακας 10-34: Εφαρμογή μοντέλων πρόγνωσης δείκτη μετεωρολογικής ξηρασίας και αντίστοιχη αξιολόγηση στην υπολεκάνη Πρεσπών και σύγκριση με ιστορικά δεδομένα.	256
Πίνακας 10-35: Εφαρμογή μοντέλων εκτίμησης δείκτη μετεωρολογικής ξηρασίας τριών επών, αξιολόγηση έμμονων ξηρασιών και σύγκριση με ιστορικά δεδομένα στην υπολεκάνη Πρεσπών.	257
Πίνακας 10-36: Εφαρμογή μοντέλων πρόγνωσης δείκτη υδρολογικής ξηρασίας και αντίστοιχη αξιολόγηση στη θέση Πολύφυτο του Αλιάκμονα, και σύγκριση με ιστορικά δεδομένα.	259
Πίνακας 10-37: Εφαρμογή μοντέλων πρόγνωσης δείκτη υδρολογικής ξηρασίας και αντίστοιχη αξιολόγηση στη θέση Αγ. Νικόλαος (πηγές Αραπίτσας), και σύγκριση με ιστορικά δεδομένα.	261
Πίνακας 10-38: Εφαρμογή μοντέλων πρόγνωσης δείκτη υδρολογικής ξηρασίας και αντίστοιχη αξιολόγηση στη θέση ΥΗΣ Άγρα, και σύγκριση με ιστορικά δεδομένα.....	262
Πίνακας 10-39: Εφαρμογή μοντέλων πρόγνωσης δείκτη υδρολογικής ξηρασίας και αντίστοιχη αξιολόγηση Αλμωπαίου στη θέση Προφ. Ηλίας, και σύγκριση με ιστορικά δεδομένα.	264
Πίνακας 10-40: Εφαρμογή μοντέλων πρόγνωσης δείκτη υδρολογικής ξηρασίας και αντίστοιχη αξιολόγηση στη θέση Σκοπός του ρέματος Παπαδιάς, και σύγκριση με ιστορικά δεδομένα.....	266
Πίνακας 10-41: Εφαρμογή μοντέλων πρόγνωσης δείκτη υδρολογικής ξηρασίας και αντίστοιχη αξιολόγηση στη θέση Υδρούσα του ρέματος Μέλπω, και σύγκριση με ιστορικά δεδομένα.....	267

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΕΣ ΕΙΚΟΝΕΣ

Εικόνα 2-1: Συνιστώσες σχεδιασμού και διαχείρισης ξηρασίας (Πηγή: MEDROPLAN, Iglesias et al., 2007).....	11
Εικόνα 2-2: Κατηγορίες ξηρασίας, προβλήματα και δράσεις.....	12
Εικόνα 3-1: Περιοχή μελέτης και όρια υπολεκάνων - διαχειριστικών ενοτήτων.....	14
Εικόνα 3-2: Βροχομετρικοί σταθμοί περιοχής μελέτης, από όπου ελήφθησαν τα δείγματα σημειακής βροχόπτωσης.....	16
Εικόνα 3-3: Διάγραμμα διασποράς συσχέτισης βροχόπτωσης Οκτωβρίου για το σταθμό Σιάτιστα (εξαρτημένη μεταβλητή) προς τη μέση τιμή των σταθμών Εξάρχου, Κυδωνίων, Γαλατινής (ανεξάρτητες μεταβλητές).....	19
Εικόνα 3-4: Χωρική κατανομή μέσης βροχόπτωσης τριμήνου Οκτωβρίου-Δεκεμβρίου (περίοδος 1980-2010).....	21
Εικόνα 3-5: Χωρική κατανομή μέσης βροχόπτωσης εξαμήνου Οκτωβρίου-Μαρτίου (περίοδος 1980-2010).....	21
Εικόνα 3-6: Χωρική κατανομή μέσης βροχόπτωσης εννιαμήνου Οκτωβρίου-Ιουνίου (περίοδος 1980-2010).....	22
Εικόνα 3-7: Χωρική κατανομή μέσης ετήσιας βροχόπτωσης (περίοδος 1980-2010).....	23
Εικόνα 3-8: Βροχομετρικοί σταθμοί ΥΔ Δυτικής και Κεντρικής Μακεδονίας με μεγάλο μήκος δείγματος.....	24
Εικόνα 3-9: Σύγκριση μέσων ετήσιων υψών βροχής (αριστερά) και ετήσιων τυπικών αποκλίσεων (δεξιά) περιόδου 1980-2010 και προγενέστερων ετών, στους σταθμούς με μεγάλο δείγμα βροχοπτώσεων....	26
Εικόνα 3-10: Διάγραμμα διασποράς δεδομένων και ευθεία γραμμικής παλινδρόμησης μέσου ετήσιου ύψους βροχής συναρτήσει του υψομέτρου.....	27
Εικόνα 3-11: Εμβαδά επιρροής (πολύγωνα Thiessen) βροχομετρικών σταθμών για τον υπολογισμό της επιφανειακής βροχόπτωσης της περιόδου 1980-2010 στις υπολεκάνες του ΥΔ 09.....	28
Εικόνα 3-12: Σύγκριση επιφανειακών χρονοσειρών που παράγονται με χωρική ολοκλήρωση διαφορετικών δειγμάτων, την κοινή περίοδο δεδομένων (1980-2010).....	30
Εικόνα 3-13: Μέσες τιμές μηνιαίων υψών βροχής στις υπολεκάνες του ΥΔ 09.....	32
Εικόνα 3-14: Θέσεις μέτρησης ή εκτίμησης της παροχής στο ΥΔ 09.....	34
Εικόνα 3-15: Προσαρμογή καμπυλών στάθμης-παροχής στις υδρομετρήσεις των περιόδων 10/2001 έως 8/2007 (αριστερά) και 9/2007 έως 9/2011 (δεξιά) του υδρομετρικού σταθμού Σιάτιστας.....	35
Εικόνα 3-16: Διαγράμματα διασποράς ετήσιων παροχών Αλιάκμονα στη θέση Πολύφυτο με τις ετήσιες παροχές των ανάντη υδρομετρικών σταθμών.....	40
Εικόνα 3-17: Διαγράμματα διασποράς ετήσιων παροχών Αλιάκμονα στη θέση Πολύφυτο με τις ετήσιες παροχές στους υδρομετρικούς σταθμούς Τρίκωμο και Ελευθεροχώρι του ποταμού Βενέτικου.....	40
Εικόνα 3-18: Διαγράμματα διασποράς ετήσιων παροχών Αλιάκμονα στη θέση Πολύφυτο με τις ετήσιες παροχές των υδρομετρικών σταθμών της υπολεκάνης Περιφερειακής Τάφρου.....	41
Εικόνα 3-19: Διαγράμματα διασποράς ετήσιων παροχών Αλιάκμονα στη θέση Πολύφυτο με τις ετήσιες παροχές στους υδρομετρικούς σταθμούς Σκοπού και Υδρούσας στην υπολεκάνη Αξιού Φλώρινας.....	41
Εικόνα 3-20: Διαγράμματα διασποράς ετήσιων παροχών Αραπίτσας στη θέση Άγιος Νικόλαος με την ετήσια επιφανειακή βροχόπτωση της υπολεκάνης Περ. Τάφρου και την σημειακή βροχόπτωση στον σταθμό Κρύας Βρύσης.....	42
Εικόνα 3-21: Διαγράμματα διασποράς ετήσιων παροχών Άγρα στη θέση του ΥΗΣ με την ετήσια επιφανειακή βροχόπτωση της υπολεκάνης Περ. Τάφρου και την σημειακή βροχόπτωση στον σταθμό Άγρα-Νησιά.....	43

Εικόνα 3-22: Διαγράμματα διασποράς ετήσιων παροχών Βερμίου στη θέση του ΥΗΣ με την ετήσια επιφανειακή βροχόπτωση της υπολεκάνης Περ. Τάφρου και τη σημειακή βροχόπτωση στο σταθμό Μεσοβούνι.....	43
Εικόνα 3-23: Διαγράμματα διασποράς ετήσιων παροχών Βενέτικου στη θέση Ελευθεροχώρι με την ετήσια επιφανειακή βροχόπτωση της υπολεκάνης Αλιάκμονα και τη σημειακή βροχόπτωση στο σταθμό Κηπουργιό.....	44
Εικόνα 3-24: Διαγράμματα διασποράς ετήσιων παροχών Αλιάκμονα στη θέση Κορομηλιά με την ετήσια επιφανειακή βροχόπτωση της υπολεκάνης Αλιάκμονα και τη σημειακή βροχόπτωση στο σταθμό Καστοριά.....	44
Εικόνα 3-25: Διαγράμματα διασποράς ετήσιων παροχών Αλιάκμονα στη θέση Πολύφυτο με την ετήσια επιφανειακή βροχόπτωση της υπολεκάνης Αλιάκμονα και τη σημειακή βροχόπτωση στο σταθμό Κηπουργιό.....	45
Εικόνα 3-26: Διαγράμματα διασποράς ετήσιων παροχών Αλμωπαίου στη θέση Προφ. Ηλίας με την ετήσια επιφανειακή βροχόπτωση της υπολεκάνης Περ. Τάφρου και τη σημειακή βροχόπτωση στο σταθμό Εξαπλάτανος.....	45
Εικόνα 3-27: Διαγράμματα διασποράς ετήσιων παροχών Αλιάκμονα στη θέση Σιάτιστα με την ετήσια επιφανειακή βροχόπτωση της υπολεκάνης Αλιάκμονα και τη σημειακή βροχόπτωση στο σταθμό Σιάτιστα.....	46
Εικόνα 3-28: Διαγράμματα διασποράς ετήσιων παροχών Ρέματος Παπαδιάς στη θέση Σκοπός με την ετήσια επιφανειακή βροχόπτωση της υπολεκάνης Αξιού και τη σημειακή βροχόπτωση στο σταθμό Λιμνοχώρι.....	46
Εικόνα 3-29: Διαγράμματα διασποράς ετήσιων παροχών Βενέτικου στη θέση Τρίκωμο με την ετήσια επιφανειακή βροχόπτωση της υπολεκάνης Αλιάκμονα και τη σημειακή βροχόπτωση στο σταθμό Σιάτιστα.....	47
Εικόνα 3-30: Διαγράμματα διασποράς ετήσιων παροχών Ρέματος Μέλπω στη θέση Υδρούσα με την ετήσια επιφανειακή βροχόπτωση της υπολεκάνης Αξιού και την σημειακή βροχόπτωση στον σταθμό Φλώρινα.....	47
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.....	54
Πίνακας 4-1: Στατιστικά χαρακτηριστικά βροχόπτωσης Σιάτιστας σε διάφορες χρονικές κλίμακες στοιχεία περιόδου (1950-51 έως 2010-11).....	54
Εικόνα 4-2: Ετήσιο ύψος βροχής Σιάτιστας και κινούμενοι μέσοι όροι δέκα ετών.....	55
Εικόνα 4-3: Προσαρμογή θεωρητικών κατανομών στα δείγματα αθροιστικών βροχοπτώσεων του μετεωρολογικού σταθμού Σιάτιστας (ΔΕΗ) τριμήνου Οκτωβρίου-Δεκεμβρίου (πάνω αριστερά), εξαμήνου Οκτωβρίου- Μαρτίου (πάνω δεξιά), εννεάμηνου Οκτωβρίου-Ιουνίου (κάτω αριστερά), και υδρολογικού έτους (κάτω δεξιά).....	55
Εικόνα 4-4: Προσαρμογή θεωρητικών κατανομών στα δείγματα βροχοπτώσεων του μετεωρολογικού σταθμού Σιάτιστας (ΔΕΗ) για χρονικές κλίμακες κυλιόμενων μέσων όρων δύο (πάνω αριστερά), τριών (πάνω δεξιά), τεσσάρων (κάτω αριστερά), και πέντε υδρολογικών ετών (κάτω δεξιά).....	56
Εικόνα 4-5: Προσαρμογή θεωρητικών κατανομών στα ετήσια (αριστερά) και μέσα πενταετή (δεξιά) ύψη βροχής αντιπροσωπευτικών σταθμών της περιοχής μελέτης.....	58
Εικόνα 4-6: Μεταβλητότητα σημειακών τιμών SPI ετήσιας βροχόπτωσης για την περίοδο 1980-2010.61	
Εικόνα 4-7: Χρονική εξέλιξη της επιφάνειας προσαρμογής του δείκτη ξηρασίας στην περιοχή μελέτης, την περίοδο 1980-2010.....	64
Εικόνα 4-8: Χρονοσειρά ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκάνης Αλιάκμονα.....	66

Εικόνα 4-9: Προσαρμογή θεωρητικών κατανομών στα δείγματα επιφανειακής βροχόπτωσης της υπολεκάνης Αλιάκμονα, για χρονικές κλίμακες ενός (αριστερά) και μέσου όρου πέντε ετών (δεξιά).	66
Εικόνα 4-10: Χρονική εξέλιξη δείκτη ξηρασίας υπολεκάνης Αλιάκμονα για χρονικές κλίμακες ενός, δύο, τριών και πέντε υδρολογικών ετών.....	67
Εικόνα 4-11: Χρονοσειρά ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκάνης Αξιού Φλώρινας.	67
Εικόνα 4-12: Προσαρμογή θεωρητικών κατανομών στα δείγματα επιφανειακής βροχόπτωσης της υπολεκάνης Αξιού Φλώρινας, για χρονικές κλίμακες ενός (αριστερά) και μέσου όρου πέντε ετών (δεξιά).68	
Εικόνα 4-13: Χρονική εξέλιξη δείκτη ξηρασίας υπολεκάνης Αξιού Φλώρινας για χρονικές κλίμακες ενός, δύο, τριών και πέντε υδρολογικών ετών.	69
Εικόνα 4-14: Χρονοσειρά ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκάνης Πεδιάδας Κατερίνης.	69
Εικόνα 4-15: Προσαρμογή θεωρητικών κατανομών στα δείγματα επιφανειακής βροχόπτωσης της υπολεκάνης Πεδιάδας Κατερίνης, για χρονικές κλίμακες ενός (πάνω αριστερά) και μέσου όρου δύο (πάνω δεξιά), τριών (κάτω αριστερά) και πέντε ετών (κάτω δεξιά).	70
Εικόνα 4-16: Χρονική εξέλιξη δείκτη ξηρασίας υπολεκάνης Πεδιάδας Κατερίνης για χρονικές κλίμακες ενός, δύο, τριών και πέντε υδρολογικών ετών.	71
Εικόνα 4-17: Χρονοσειρά ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκάνης Περιφερειακής Τάφρου. ...	71
Εικόνα 4-18: Προσαρμογή θεωρητικών κατανομών στα δείγματα επιφανειακής βροχόπτωσης της υπολεκάνης Περιφερειακής Τάφρου, για χρονικές κλίμακες ενός (αριστερά) και μέσου όρου πέντε ετών (δεξιά).....	72
Εικόνα 4-19: Χρονική εξέλιξη δείκτη ξηρασίας υπολεκάνης Περιφερειακής Τάφρου για χρονικές κλίμακες ενός, δύο, τριών και πέντε υδρολογικών ετών.....	72
Εικόνα 4-20: Χρονοσειρά ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκάνης Πτολεμαΐδας.	73
Εικόνα 4-21: Προσαρμογή θεωρητικών κατανομών στα δείγματα επιφανειακής βροχόπτωσης της υπολεκάνης Πτολεμαΐδας, για χρονικές κλίμακες ενός (πάνω αριστερά) και μέσου όρου δύο (πάνω δεξιά), τριών (κάτω αριστερά) και πέντε ετών (κάτω δεξιά).	74
Εικόνα 4-22: Χρονική εξέλιξη δείκτη ξηρασίας υπολεκάνης Πτολεμαΐδας για χρονικές κλίμακες ενός, δύο, τριών και πέντε υδρολογικών ετών.	75
Εικόνα 4-23: Χρονοσειρά ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκάνης Πρεσπών.	76
Εικόνα 4-24: Προσαρμογή θεωρητικών κατανομών στα δείγματα επιφανειακής βροχόπτωσης της υπολεκάνης Πρεσπών, για χρονικές κλίμακες ενός (πάνω αριστερά) και μέσου όρου δύο (πάνω δεξιά), τριών (κάτω αριστερά) και πέντε ετών (κάτω δεξιά).	77
Εικόνα 4-25: Χρονική εξέλιξη δείκτη ξηρασίας υπολεκάνης Πρεσπών για χρονικές κλίμακες ενός, δύο, τριών και πέντε υδρολογικών ετών.....	78
Εικόνα 4-26: Χρονοσειρά ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης ΛΑΠ Πρεσπών.	79
Εικόνα 4-27: Προσαρμογή θεωρητικών κατανομών στα δείγματα επιφανειακής βροχόπτωσης της ΛΑΠ Πρεσπών, για χρονικές κλίμακες ενός (πάνω αριστερά) και μέσου όρου δύο (πάνω δεξιά), τριών (κάτω αριστερά) και πέντε ετών (κάτω δεξιά).	80
Εικόνα 4-28: Χρονική εξέλιξη δείκτη ξηρασίας ΛΑΠ Πρεσπών για χρονικές κλίμακες ενός, δύο, τριών και πέντε υδρολογικών ετών.....	81
Εικόνα 4-29: Χρονοσειρά ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης ΛΑΠ Αλιάκμονα.....	82
Εικόνα 4-30: Προσαρμογή θεωρητικών κατανομών στα δείγματα επιφανειακής βροχόπτωσης της ΛΑΠ Αλιάκμονα, για χρονικές κλίμακες ενός (πάνω αριστερά) και μέσου όρου δύο (πάνω δεξιά), τριών (κάτω αριστερά) και πέντε ετών (κάτω δεξιά).	82
Εικόνα 4-31: Χρονική εξέλιξη δείκτη ξηρασίας ΛΑΠ Αλιάκμονα για χρονικές κλίμακες ενός, δύο, τριών και πέντε υδρολογικών ετών.....	83
Εικόνα 4-32: Χρονοσειρά ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης ΥΔ Δυτικής Μακεδονίας.....	84

Εικόνα 4-33: Προσαρμογή θεωρητικών κατανομών στα δείγματα επιφανειακής βροχόπτωσης του ΥΔ Δυτικής Μακεδονίας, για χρονικές κλίμακες ενός (πάνω αριστερά) και μέσου όρου δύο (πάνω δεξιά), τριών (κάτω αριστερά) και πέντε ετών (κάτω δεξιά).....	85
Εικόνα 4-34: Χρονική εξέλιξη δείκτη ξηρασίας ΥΔ Δυτικής Μακεδονίας για χρονικές κλίμακες ενός, δύο, τριών και πέντε υδρολογικών ετών.....	86
Εικόνα 4-35: Απεικόνιση δεικτών ξηρασίας μέσης ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης.....	95
Εικόνα 4-36: Απεικόνιση δεικτών ξηρασίας μέσης επιφανειακής βροχόπτωσης πέντε ετών.	96
Εικόνα 4-37: Ελάχιστες και μέγιστες τιμές δείκτη ξηρασίας ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκανών ΥΔΟ9.	97
Εικόνα 4-38: Χρονική εξέλιξη δεικτών ξηρασίας μέσης ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης πέντε ετών στις υπολεκάνες του ΥΔΟ9.	97
Εικόνα 4-39: Χρονοσειρές ετήσιας βροχόπτωσης υπολεκάνης Αλιάκμονα και ετήσιας απορροής στο Πολύφυτο.	99
Εικόνα 4-40: Προσαρμογή θεωρητικών κατανομών στα δείγματα απορροής στο Πολύφυτο, για χρονικές κλίμακες ενός (πάνω αριστερά) και μέσου όρου δύο (πάνω δεξιά), τριών (κάτω αριστερά) και πέντε ετών (κάτω δεξιά).	99
Εικόνα 4-41: Χρονική εξέλιξη δείκτη υδρολογικής ξηρασίας Αλιάκμονα στη θέση Πολύφυτο για χρονικές κλίμακες ενός, δύο, τριών και πέντε υδρολογικών ετών.....	100
Εικόνα 4-42: Εμπειρικές κατανομές δειγμάτων ετήσιων παροχών στις διάφορες θέσεις ενδιαφέροντος και θεωρητικές κατανομές που επιλέχθηκαν για τον υπολογισμό του δείκτη SRI.....	102
Εικόνα 4-43: Χρονοσειρές ετήσιου δείκτη SRI στις διάφορες θέσεις ενδιαφέροντος.....	102
Εικόνα 4-44: Χρονοσειρές ετήσιου δείκτη SRI στο Πολύφυτο και τον ΥΗΣ Άγρα.....	104
Εικόνα 4-45: Σύγκριση ετήσιων δεικτών μετεωρολογικής (SPI) και υδρολογικής (SRI) ξηρασίας στη λεκάνη του Αλιάκμονα.	105
Εικόνα 4-46: Σύγκριση δεικτών μετεωρολογικής (SPI) και υδρολογικής (SRI) ξηρασίας κυλιόμενου μέσου όρου δύο ετών στη λεκάνη του Αλιάκμονα.	105
Εικόνα 4-47: Σύγκριση δεικτών μετεωρολογικής (SPI) και υδρολογικής (SRI) ξηρασίας κυλιόμενου μέσου όρου τριών ετών στη λεκάνη του Αλιάκμονα.	105
Εικόνα 4-48: Διαγράμματα διασποράς δεικτών μετεωρολογικής (SPI) και υδρολογικής (SRI) ξηρασίας στη λεκάνη του Αλιάκμονα σε όλες τις χρονικές κλίμακες ενδιαφέροντος.	107
4.6.2. Σύγκριση ετήσιων δεικτών μετεωρολογικών και υδρολογικών ξηρασιών	107
Εικόνα 4-49: Χρονική εξέλιξη ετήσιου δείκτη SRI παροχών Αραπίτσας στη θέση Άγιος Νικόλαος και δεικτών SPI επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκάνης Περ. Τάφρου και σημειακής βροχόπτωσης στον σταθμό Κρύας Βρύσης.	107
Εικόνα 4-50: Χρονική εξέλιξη ετήσιου δείκτη SRI παροχών Άγρα στη θέση του ΥΗΣ και δεικτών SPI επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκάνης Περ. Τάφρου και σημειακής βροχόπτωσης στον σταθμό Άγρα-Νησιά.....	107
Εικόνα 4-51: Χρονική εξέλιξη ετήσιου δείκτη SRI παροχών Βερμίου στη θέση του ΥΗΣ και δεικτών SPI επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκάνης υπολεκάνης Περ. Τάφρου και σημειακής βροχόπτωσης στον σταθμό Μεσοβούνι.	108
Εικόνα 4-52: Χρονική εξέλιξη ετήσιου δείκτη SRI παροχών Βενέτικου στη θέση Ελευθεροχώρι και δεικτών SPI επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκάνης Αλιάκμονα και σημειακής βροχόπτωσης στον σταθμό Κηπουργιό.....	108
Εικόνα 4-53: Χρονική εξέλιξη ετήσιου δείκτη SRI παροχών Αλιάκμονα στη θέση Κορομηλιά και δεικτών SPI επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκάνης Αλιάκμονα και σημειακής βροχόπτωσης στον σταθμό Καστοριά.....	108

Εικόνα 4-54: Χρονική εξέλιξη ετήσιου δείκτη SRI παροχών Αλιάκμονα στη θέση Πολύφυτο και δεικτών SPI επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκάνης Αλιάκμονα και σημειακής βροχόπτωσης στον σταθμό Κηπουργιό.	109
Εικόνα 4-55: Χρονική εξέλιξη ετήσιου δείκτη SRI παροχών Αλμωπαίου στη θέση Προφ. Ηλίας και δεικτών SPI επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκάνης Περ. Τάφρου και σημειακής βροχόπτωσης στον σταθμό Εξαπλάτανος.....	109
Εικόνα 4-56: Χρονική εξέλιξη ετήσιου δείκτη SRI παροχών Αλιάκμονα στη θέση Σιάτιστα και δεικτών SPI επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκάνης Αλιάκμονα και σημειακής βροχόπτωσης στον σταθμό Σιάτιστα.	109
Εικόνα 4-57: Χρονική εξέλιξη ετήσιου δείκτη SRI παροχών Ρέματος Παπαδιάς στη θέση Σκοπός και δεικτών SPI επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκάνης Αξιού και σημειακής βροχόπτωσης στον σταθμό Λιμνοχώρι.	110
Εικόνα 4-58: Χρονική εξέλιξη ετήσιου δείκτη SRI παροχών Βενέτικου στη θέση Τρίκωμο και δεικτών SPI επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκάνης Αλιάκμονα και σημειακής βροχόπτωσης στον σταθμό Σιάτιστα.	110
Εικόνα 4-59: Χρονική εξέλιξη ετήσιου δείκτη SRI παροχών Ρέματος Μέλπω στη θέση Υδρούσα και δεικτών SPI επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκάνης Αξιού και σημειακής βροχόπτωσης στον σταθμό Φλώρινα.	110
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.	115
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.	116
Εικόνα 5-3: Σχηματική παράσταση μοντέλου υδατικού ισοζυγίου λεκάνης Αλιάκμονα.	118
Εικόνα 5-4: Σύγκριση μηνιαίου ύψους παρατηρημένης και προσομοιωμένης απορροής λεκάνης Αλιάκμονα για την περίοδο μετρημένων εισροών στο φράγμα Πολυφύτου (1974-2010).	119
Εικόνα 5-5: Σύγκριση ετήσιου ύψους παρατηρημένης και προσομοιωμένης απορροής λεκάνης Αλιάκμονα για το σύνολο της περιόδου δεδομένων βροχόπτωσης (1960-2011).	120
Εικόνα 5-6: Διαγράμματα διασποράς ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης και προσομοιωμένης (με το μοντέλο MIKE-SHE) απορροής υπολεκανών περιόδου 1980-2001.	122
Εικόνα 5-7: Χρονοσειρές ετήσιων υψών απορροής υπολεκάνης Αλιάκμονα που προκύπτουν με διαφορετικές μεθοδολογικές προσεγγίσεις.	124
Εικόνα 5-8: Χρονοσειρά ετήσιας απορροής υπολεκανών και τιμές-στόχοι περιβαλλοντικής ζήτησης (συνεχής γραμμή: επιθυμητό όριο 30%, διακεκομμένη γραμμή: αποδεκτό όριο 10%).	128
Εικόνα 5-9: Χρονοσειρά ετήσιων και ελάχιστων μηνιαίων παροχών Αλιάκμονα και τιμές-στόχοι περιβαλλοντικής παροχής (συνεχής γραμμή: επιθυμητό όριο 30%, διακεκομμένη γραμμή: αποδεκτό όριο 10%).	130
Εικόνα 5-10: Προσαρμογή κανονικής κατανομής στο δείγμα ελάχιστων μηνιαίων παροχών Αλιάκμονα.	130
Εικόνα 5-11: Χρονοσειρά ετήσιων και ελάχιστων μηνιαίων παροχών ρέματος Παπαδιάς (Σκοπός) και τιμές-στόχοι περιβαλλοντικής παροχής (συνεχής γραμμή: επιθυμητό όριο 30%, διακεκομμένη γραμμή: αποδεκτό όριο 10%).	131
Εικόνα 5-12: Χρονοσειρά ετήσιων και ελάχιστων μηνιαίων παροχών ρέματος Μέλπω (Υδρούσα) και τιμές-στόχοι περιβαλλοντικής παροχής (συνεχής γραμμή: επιθυμητό όριο 30%, διακεκομμένη γραμμή: αποδεκτό όριο 10%).	131
Εικόνα 5-13: Προσαρμογή κατανομής Weibull στο δείγμα ελάχιστων μηνιαίων παροχών των ρεμάτων Παπαδιάς (αριστερά) και Μέλπω (δεξιά).	132

Εικόνα 5-14: Χρονοσειρά ετήσιων και ελάχιστων μηνιαίων παροχών Αραπίτσας (Αγ. Νικόλαος) και τιμές-στόχοι περιβαλλοντικής παροχής (συνεχής γραμμή: επιθυμητό όριο 30%, διακεκομμένη γραμμή: αποδεκτό όριο 10%).	133
Εικόνα 5-15: Χρονοσειρά ετήσιων και ελάχιστων μηνιαίων παροχών Αλμωπαίου (Προφ. Ηλίας) και τιμές-στόχοι περιβαλλοντικής παροχής (συνεχής γραμμή: επιθυμητό όριο 30%, διακεκομμένη γραμμή: αποδεκτό όριο 10%).	133
Εικόνα 5-16: Χρονοσειρά ετήσιων και ελάχιστων μηνιαίων παροχών Τριπόταμου (ΥΗΣ Βερμίου) και τιμές-στόχοι περιβαλλοντικής παροχής (συνεχής γραμμή: επιθυμητό όριο 30%, διακεκομμένη γραμμή: αποδεκτό όριο 10%).	134
Εικόνα 5-17: Προσαρμογή λογαριθμοκανονικής κατανομής στο δείγμα ελάχιστων μηνιαίων παροχών Αραπίτσας.	134
Εικόνα 5-18: Προσαρμογή κατανομής Weibull στο δείγμα ελάχιστων μηνιαίων παροχών πηγών Αλμωπαίου (αριστερά) και Τριπόταμου (δεξιά).	134
Εικόνα 5-19: Χρονική εξέλιξη διαθεσιμότητας υδατικών πόρων συγκριτικά με την ετήσια καθαρή απόληψη νερού (αριστερά) και του αντίστοιχου ετήσιου δείκτη WEI (δεξιά) στην υπολεκάνη Αλιάκμονα.	143
Εικόνα 5-20: Χρονική εξέλιξη διαθεσιμότητας υδατικών πόρων συγκριτικά με την ετήσια καθαρή απόληψη νερού (αριστερά) και του αντίστοιχου ετήσιου δείκτη WEI (δεξιά) στην υπολεκάνη Αξιού Φλώρινας.	143
Εικόνα 5-21: Χρονική εξέλιξη διαθεσιμότητας υδατικών πόρων συγκριτικά με την ετήσια καθαρή απόληψη νερού (αριστερά) και του αντίστοιχου ετήσιου δείκτη WEI (δεξιά) στην υπολεκάνη Πεδιάδας Κατερίνης.	144
Εικόνα 5-22: Χρονική εξέλιξη διαθεσιμότητας υδατικών πόρων συγκριτικά με την ετήσια καθαρή απόληψη νερού (αριστερά) και του αντίστοιχου ετήσιου δείκτη WEI (δεξιά) στην υπολεκάνη Περιφερειακής Τάφρου.	144
Εικόνα 5-23: Χρονική εξέλιξη διαθεσιμότητας υδατικών πόρων συγκριτικά με την ετήσια καθαρή απόληψη νερού (αριστερά) και του αντίστοιχου ετήσιου δείκτη WEI (δεξιά) στην υπολεκάνη Πτολεμαΐδας.	144
Εικόνα 5-24: Χρονική εξέλιξη διαθεσιμότητας υδατικών πόρων συγκριτικά με την ετήσια καθαρή απόληψη νερού (αριστερά) και του αντίστοιχου ετήσιου δείκτη WEI (δεξιά) στην υπολεκάνη Πρεσπών.	145
Εικόνα 5-25: Χρονική εξέλιξη διαθεσιμότητας υδατικών πόρων συγκριτικά με την ετήσια καθαρή απόληψη νερού (αριστερά) και του αντίστοιχου ετήσιου δείκτη WEI (δεξιά) στη ΛΑΠ Πρεσπών.	145
Εικόνα 5-26: Χρονική εξέλιξη διαθεσιμότητας υδατικών πόρων συγκριτικά με την ετήσια καθαρή απόληψη νερού (αριστερά) και του αντίστοιχου ετήσιου δείκτη WEI (δεξιά) στη ΛΑΠ Αλιάκμονα.	145
Εικόνα 5-27: Χρονική εξέλιξη διαθεσιμότητας υδατικών πόρων συγκριτικά με την ετήσια καθαρή απόληψη νερού (αριστερά) και του αντίστοιχου ετήσιου δείκτη WEI (δεξιά) στο ΥΔ Δυτικής Μακεδονίας.	146
Εικόνα 7-1. Δείκτης τρωτότητας έναντι λειψυδρίας και Επιφανειακά Υδατικά Συστήματα που επηρεάζονται από απολήψεις στις υπολεκάνες του Υδατικού Διαμερίσματος Δυτικής Μακεδονίας.	167
Εικόνα 7-2. Δείκτης τρωτότητας έναντι λειψυδρίας και Επιφανειακά Υδατικά Συστήματα που επηρεάζονται από απολήψεις νερού για ανθρώπινη κατανάλωση στις υπολεκάνες του Υδατικού Διαμερίσματος Δυτικής Μακεδονίας	168
Εικόνα 7-3: Υπόγεια υδατικά συστήματα υψηλής τρωτότητας σε ξηρασία	170
Εικόνα 8-1: Διαδοχικά βήματα για την εφαρμογή των δράσεων διαχείρισης της ξηρασίας (Πηγή: MEDROPLAN, Iglesias et al., 2007).	179
Εικόνα 10-1: Απεικόνιση επιφανειών πιθανοτήτων μετάβασης (%) μεταξύ διαφόρων κατηγοριών ξηρασίας/υδροφορίας και διαφόρων χρονικών κλιμάκων, με βάση το σύνολο των βροχομετρικών δειγμάτων της περιοχής μελέτης (ΥΔ09).	220

Εικόνα 10-2: Συντελεστές συσχέτισης δεικτών SPI μεταξύ διαφορετικών χρονικών περιόδων για τους σταθμούς των ΛΑΠ Πρεσπών (σταθμοί 1-7) και Αλιάκμονα (σταθμοί 8-41).....	222
Εικόνα 10-3: Συντελεστές συσχέτισης βροχόπτωσης και δείκτη ξηρασίας στη λεκάνη του Αλιάκμονα, για χρονική υστέρηση μίας και δύο χρονικών κλιμάκων.	225
Εικόνα 10-4: Διάγραμμα διασποράς βροχόπτωσης τριμήνου στη Γαλατινή και ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκάνης Αλιάκμονα (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SPI (δεξιά).....	231
Εικόνα 10-5: Διάγραμμα διασποράς βροχόπτωσης εξαμήνου στη Γαλατινή και ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκάνης Αλιάκμονα (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SPI (δεξιά).....	232
Εικόνα 10-6: Διάγραμμα διασποράς ετήσιας βροχόπτωσης στη Γαλατινή και ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκάνης Αλιάκμονα (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SPI (δεξιά).....	232
Εικόνα 10-7: Διάγραμμα διασποράς μέσης τριετούς βροχόπτωσης στη Γαλατινή και μέσης τριετούς επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκάνης Αλιάκμονα (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SPI (δεξιά).....	232
Εικόνα 10-8: Διάγραμμα διασποράς βροχόπτωσης τριμήνου στον Σκοπό και ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκάνης Αξιού (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SPI (δεξιά).....	235
Εικόνα 10-9: Διάγραμμα διασποράς βροχόπτωσης εξαμήνου στον Σκοπό και ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκάνης Αξιού (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SPI (δεξιά).....	235
Εικόνα 10-10: Διάγραμμα διασποράς ετήσιας βροχόπτωσης στον Σκοπό και ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκάνης Αξιού (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SPI (δεξιά).....	236
Εικόνα 10-11: Διάγραμμα διασποράς μέσης τριετούς βροχόπτωσης στον Σκοπό και μέσης τριετούς επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκάνης Αξιού (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SPI (δεξιά).....	236
Εικόνα 10-12: Διάγραμμα διασποράς βροχόπτωσης τριμήνου στον Λόφο και ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκάνης Πεδιάδας Κατερίνης (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SPI (δεξιά).....	240
Εικόνα 10-13: Διάγραμμα διασποράς βροχόπτωσης εξαμήνου στον Λόφο και ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκάνης Πεδιάδας Κατερίνης (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SPI (δεξιά).....	240
Εικόνα 10-14: Διάγραμμα διασποράς ετήσιας βροχόπτωσης στον Λόφο και ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκάνης Πεδιάδας Κατερίνης (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SPI (δεξιά).....	241
Εικόνα 10-15: Διάγραμμα διασποράς μέσης τριετούς βροχόπτωσης στον Λόφο και μέσης τριετούς επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκάνης Πεδιάδας Κατερίνης (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SPI (δεξιά).	241
Εικόνα 10-16: Διάγραμμα διασποράς βροχόπτωσης τριμήνου στον Άγρα και ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκάνης Περιφ. Τάφρου (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SPI (δεξιά).....	245
Εικόνα 10-17: Διάγραμμα διασποράς βροχόπτωσης εξαμήνου στον Άγρα και ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκάνης Περιφ. Τάφρου (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SPI (δεξιά).....	245

Εικόνα 10-18: Διάγραμμα διασποράς ετήσιας βροχόπτωσης στον Άγρα και ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκάνης Περιφ. Τάφρου (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SPI (δεξιά).....	246
Εικόνα 10-19: Διάγραμμα διασποράς μέσης ετήσιας βροχόπτωσης τριετίας στον Άγρα και μέσης ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης τριών ετών υπολεκάνης Περιφ. Τάφρου (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SPI (δεξιά).....	246
Εικόνα 10-20: Διάγραμμα διασποράς βροχόπτωσης τριμήνου στο Λιμνοχώρι και ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης Πτολεμαΐδας (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SPI (δεξιά).....	249
Εικόνα 10-21: Διάγραμμα διασποράς βροχόπτωσης εξαμήνου στο Λιμνοχώρι και ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης Πτολεμαΐδας (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SPI (δεξιά).....	249
Εικόνα 10-22: Διάγραμμα διασποράς ετήσιας βροχόπτωσης στο Λιμνοχώρι και ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκάνης Πτολεμαΐδας (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SPI (δεξιά).....	250
Εικόνα 10-23: Διάγραμμα διασποράς μέσης τριετούς βροχόπτωσης στο Λιμνοχώρι και μέσης τριετούς επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκάνης Πτολεμαΐδας (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SPI (δεξιά).....	250
Εικόνα 10-24: Διάγραμμα διασποράς βροχόπτωσης τριμήνου στη Βουσιινιά και ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκάνης Πρεσπών (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SPI (δεξιά).....	254
Εικόνα 10-25: Διάγραμμα διασποράς βροχόπτωσης εξαμήνου στη Βουσιινιά και ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκάνης Πρεσπών (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SPI (δεξιά).....	254
Εικόνα 10-26: Διάγραμμα διασποράς ετήσιας βροχόπτωσης στη Βουσιινιά και ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκάνης Πρεσπών (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SPI (δεξιά).....	255
Εικόνα 10-27: Διάγραμμα διασποράς μέσης τριετούς βροχόπτωσης στη Βουσιινιά και μέσης τριετούς επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκάνης Πρεσπών (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SPI (δεξιά).....	255
Εικόνα 10-28: Διάγραμμα διασποράς μέσης παροχής τριμήνου και έτους στο Πολύφυτο (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SRI (δεξιά).....	258
Εικόνα 10-29: Διάγραμμα διασποράς μέσης παροχής εξαμήνου και έτους στο Πολύφυτο (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SRI (δεξιά).....	258
Εικόνα 10-30: Διάγραμμα διασποράς μέσης παροχής τριμήνου και έτους στον Αγ. Νικόλαο (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SRI (δεξιά).....	260
Εικόνα 10-31: Διάγραμμα διασποράς μέσης παροχής εξαμήνου και έτους στον Αγ. Νικόλαο (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SRI (δεξιά).....	261
Εικόνα 10-32: Διάγραμμα διασποράς μέσης παροχής τριμήνου και έτους στον ΥΗΣ Άγρα (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SRI (δεξιά).....	263
Εικόνα 10-33: Διάγραμμα διασποράς μέσης παροχής εξαμήνου και έτους στον ΥΗΣ Άγρα (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SRI (δεξιά).....	263
Εικόνα 10-34: Διάγραμμα διασποράς μέσης παροχής τριμήνου και έτους στον Αλμωπαίο (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SRI (δεξιά).....	264
Εικόνα 10-35: Διάγραμμα διασποράς μέσης παροχής εξαμήνου και έτους στον Αλμωπαίο (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SRI (δεξιά).....	264

Εικόνα 10-36: Διάγραμμα διασποράς μέσης παροχής τριμήνου και έτους στο ρέμα Παπαδιάς (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SRI (δεξιά).	265
Εικόνα 10-37: Διάγραμμα διασποράς μέσης παροχής εξαμήνου και έτους στο ρέμα Παπαδιάς (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SRI (δεξιά).	266
Εικόνα 10-38: Διάγραμμα διασποράς μέσης παροχής τριμήνου και έτους στο ρέμα Μέλπω (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SRI (δεξιά).	268
Εικόνα 10-39: Διάγραμμα διασποράς μέσης παροχής εξαμήνου και έτους στο ρέμα Μέλπω (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SRI (δεξιά).	268

ΣΥΝΤΜΗΣΕΙΣ

CIS = Common Implementation Strategy (Κοινή Στρατηγική Υλοποίησης)
ET= Evapotranspiration (Εξατμοδιαπνοή)
GD = Guidance Document (Καθοδηγητικό Έγγραφο)
PET= Potential Evapotranspiration (Δυνητική Εξατμοδιαπνοή)
RWA = Renewable Water Availability (Διαθεσιμότητα Ανανεώσιμων Υδατικών Πόρων)
SPI = Standard Precipitation Index (Δείκτης Τυποποιημένης Βροχόπτωσης)
SRI = Standard Runoff Index (Δείκτης Τυποποιημένης Απορροής)
TCI = Temperature Condition Index (Δείκτης Κατάστασης Θερμοκρασίας)
TSPA = Total Surface Water Abstraction (Συνολική Απόληψη Επιφανειακών Υδάτων)
TWA = Total Water Abstraction (Συνολική Απόληψη Υδάτων)
VCI = Vegetation Condition Index (Δείκτης Κατάστασης Βλάστησης)
WEI = Water Exploitation Index (Δείκτης Εκμετάλλευσης Ύδατος)
ΑΗΣ = Ατμοηλεκτρικός Σταθμός
ΒΔ = Βάση Δεδομένων
ΒΠΣ = Βιολογικά Ποιοτικά Στοιχεία
ΔΕ = Δημοτική Ενότητα
ΔΕΗ = Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού Α.Ε.
ΕΓΥ = Ειδική Γραμματεία Υδάτων
ΕΕ = Ευρωπαϊκή Επιτροπή
ΕΚ= Ευρωπαϊκή Κοινότητα
ΕΜΥ = Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία
ΕΥΑΘ = Εταιρία Ύδρευσης και Αποχέτευσης Θεσσαλονίκης
ΕΠΠ = Εταιρεία Προστασίας Πρεσπών
ΚΕ = Καθοδηγητικό Έγγραφο
ΚΥΑ = Κοινή Υπουργική Απόφαση
ΛΑΠ = Λεκάνη Απορροής Ποταμού
ΛΙΠΤΟΛ = Λιγνιτωρυχεία Πτολεμαΐδας
πΓΔΜ = Πρώην Γιουγκοσλαβική Δημοκρατία της Μακεδονίας
ΠΔΜ = Περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας
ΠΔ = Προεδρικό Διάταγμα
ΠΕ = Περιφερειακή Ενότητα
ΠΛΑΠ = Περιοχή Λεκάνης Απορροής Ποταμού (*ταυτίζεται με την έννοια Υδατικό Διαμέρισμα – ΥΔ*)
ΣΓΠ = Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών
ΣΔ = Σχέδιο Διαχείρισης
ΣΜΠΕ = Στρατηγική Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων
ΣΠΕ = Στρατηγική Περιβαλλοντική Εκτίμηση
ΣΕΥ = Σύστημα Επιφανειακών Υδάτων
ΤΤΔ = Τεύχος Τεχνικών Δεδομένων
ΤΥΣ = Τεχνητό Υδατικό Σύστημα
ΥΔ = Υδατικό Διαμέρισμα (*ταυτίζεται με την έννοια της ΠΛΑΠ*)
ΥΗΣ = Υδροηλεκτρικός σταθμός
ΥΠΑΑΤ = Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης & Τροφίμων
ΥΠΓΕ = Υπουργείο Γεωργίας
ΥΠΕΚΑ = Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής
ΥΠΕΧΩΔΕ = Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων
ΥΣ = Υδατικό Σύστημα
ΥΥΣ = Υπόγειο Υδατικό Σύστημα

ΦΕΚ = 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 ENM ΑΕ

“ΓΕΩΣΥΝΟΛΟ ΣΥΜΒΟΥΛΟΙ ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ ΚΑΙ ΓΕΩΛΟΓΟΙ ΕΠΕ”, διακρ. τίτλος: ΓΕΩΣΥΝΟΛΟ ΕΠΕ

“ΕΝΒΙΡΟΡPLAN 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 09 (Δυτική 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 Διαχείρισης] 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 ιδιαίτερος 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:

Ενδιάμεση Φάση 1: 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.

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

Ενδιάμεση Φάση 3: 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 Δυτικής 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 Υπόγειων 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 μετριάσει με τη διαχείριση της προσφοράς και της ζήτησης του νερού. Επισημαίνεται ότι η κακή διαχείριση του νερού μπορεί να οδηγήσει σε λειψυδρία χωρίς να έχει εκδηλωθεί 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 τέσσερις κύριες κατηγορίες ξηρασίας η μετεωρολογική, η γεωργική η υδρολογική η κοινωνικοοικονομική και η επιχειρησιακή.

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 (MEDROPLAN, 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 αποκατάσταση της βροχόπτωσης στα «φυσιολογικά επίπεδα» 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 δυναμικής 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 με 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 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 ανάσχεσης ή μεταφοράς νερού. Τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά επιδρούν σημαντικά στο συντελεστή απορροής, η αύξηση του οποίου μειώνει τα διαθέσιμα αποθέματα στο υδατικό σύστημα και κάνει πιο πιθανή την εμφάνιση υδρολογικής ξηρασίας ιδίως σε συνδυασμό με την απουσία έργων ταμίευσης. Αντίθετα η λειτουργία έργων ταμίευσης και μεταφοράς νερού 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 τάσεων 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 χρήσης νερού) αλλά και τη σχέση των τιμολογίων και της ζήτησης νερού για τις διάφορες χρήσεις.

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 αποτρέπει 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 διασύνδεσής 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 τη 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 και την ποιότητα 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 υφαλμύρωση υπόγειων υδροφορέων ειδικά σε παράκτιες περιοχές)
- Ζημιά στα οικοσυστήματα, στους υδροβιότοπους και στη βιοποικιλότητα, αλλοίωση τοπίου (διάβρωση του εδάφους, σκόνη, μειωμένη φυτοκάλυψη, κλπ.) και εμφάνιση ασθενειών στα φυτά
- 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.)
- Ζημίες 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 συνοψίζονται 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 ταμειυτήρες 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. Μια 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 υγρότοπους και οικοσυστημάτα τους
- Επιδείνωση προβλημάτων σχετικών με την ποιότητα των υδάτων ως συνέπεια της αύξησης της συγκέντρωσης ρυπαντών (μειωμένη αραιώση λόγω μείωσης του διαθέσιμου νερού στα υδατικά σώματα)
- Αρνητικές επιπτώσεις στην βιοποικιλότητα με απώλεια χλωρίδας και πανίδας λόγω της μείωσης του διαθέσιμου νερού και της επιδείνωσης της ποιότητας νερού 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. 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 κατά την ανάπτυξη σχεδίων (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 2-1, 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 πρέπει να βασίζεται στις εξής 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 ή τεχνητού εμπλουτισμού υπόγειων 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 χρήση συσκευών εξοικονόμησης ή την αύξηση της τιμής του) και 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, με κατάλληλη αξιοποίηση των υδατικών πόρων που είναι διαθέσιμοι για την κάλυψη της ζήτησης αυτής.

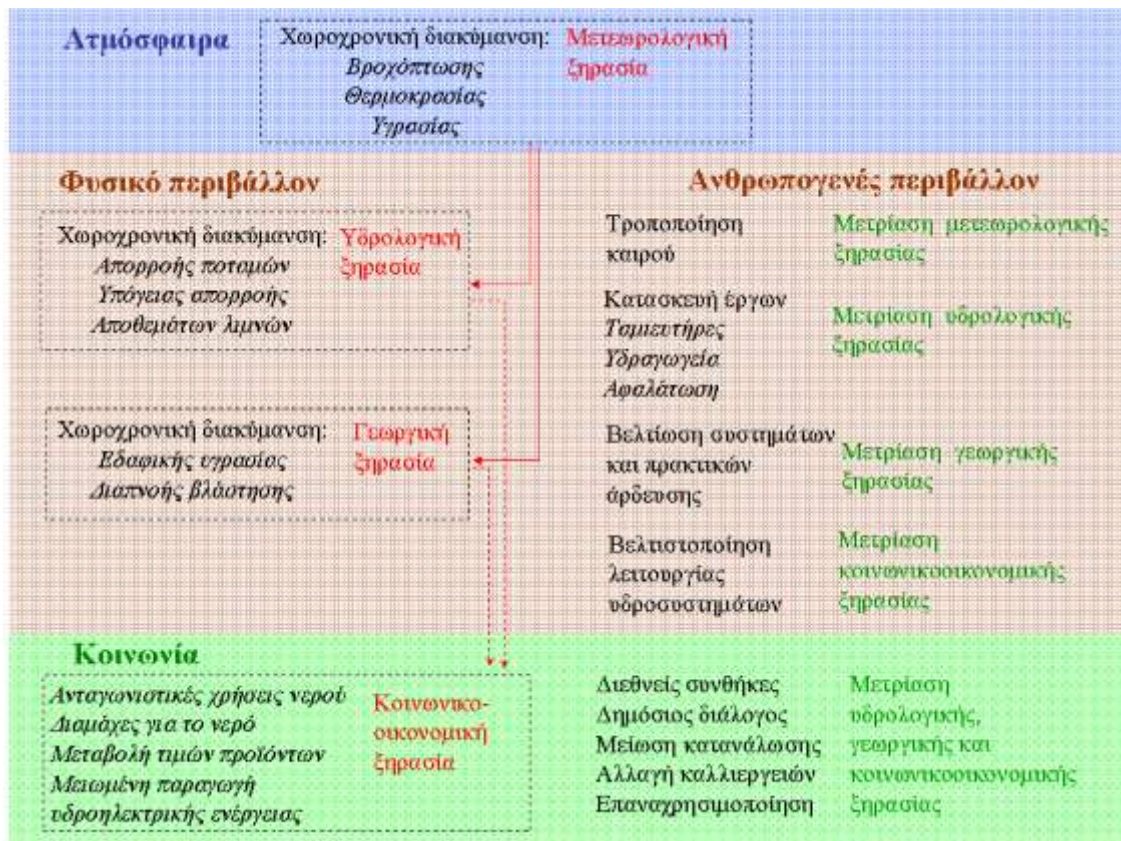
Η διαχείριση της ξηρασίας περιλαμβάνει τρία κύρια στάδια που σχετίζονται με το ισοζύγιο φυσικής προσφοράς και ζήτησης του νερού.

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 (ΥΔ - Περιοχή Λεκάνης Απορροής Ποταμού, ΠΛΑΠ) Δυτικής Μακεδονίας (ΥΔ 09) εντοπίζεται στο βορειοδυτικό τμήμα της χώρας. Η έκτασή του είναι 13 624 km² και διοικητικά υπάγεται στις Περιφέρειες Δυτικής Μακεδονίας (65.2%) και Κεντρικής Μακεδονίας (33.1%), εκ των οποίων η πρώτη υπάγεται στην Αποκεντρωμένη Διοίκηση Ηπείρου – Δυτικής Μακεδονίας και η δεύτερη στην Αποκεντρωμένη Διοίκηση Μακεδονίας – Θράκης. Μικρά, επουσιώδη, τμήματα του ΥΔ υπάγονται στις Περιφέρειες Ηπείρου (0.4%) και Θεσσαλίας (1.4%). Επιπλέον, το ΥΔ καλύπτει το σύνολο των δώδεκα (12) δήμων της Περιφέρειας της Δυτικής Μακεδονίας, σημαντικά τμήματα από εννέα (9) δήμους της Κεντρικής Μακεδονίας και μικρά τμήματα από έναν (1) δήμο της Ηπείρου και δύο (2) της Θεσσαλίας.

Το ΥΔ 09 κυριαρχείται από την παρουσία του ποταμού Αλιάκμονα, ενώ μικρότεροι ποταμοί είναι οι Λύγκος (Αξιός-τμήμα Φλώρινας), Κοιλιάδα και Μαυρονέρι. Ο αριθμός των λιμνών που παρατηρείται στο ΥΔ είναι σημαντικός και μεγαλύτερος από τα άλλα ΥΔ της χώρας. Επιπλέον, τόσο οι φυσικές όσο και οι τεχνητές λίμνες που εντοπίζονται σε αυτό το ΥΔ είναι από τις σπουδαιότερες της χώρας, τόσο από περιβαλλοντικής – οικολογικής όσο και από ενεργειακής άποψης. Έτσι, στο ΥΔ 09 απαντώνται οι φυσικές λίμνες Καστοριάς, Βεγορίτιδας, Πετρών, Ζάζαρης, Χειμαδίτιδας, Μικρής και Μεγάλης Πρέσπας, ο υγρότοπος του Άγρα και οι τεχνητές λίμνες Αλιάκμονα (Πολύφυτο, Σφηκιά, Ασώματα, Αγία Βαρβάρα και Ιλαρίωνα με μόλις έναρξη πλήρωσης τον Ιούλιο 2012).

Το ανάγλυφο του ΥΔ είναι κυρίως ορεινό-ημιορεινό, καθώς μόνο το 30% της έκτασης του ΥΔ βρίσκεται κάτω από τα 600 m. Κύριο γνώρισμά του είναι η ύπαρξη εννέα κορυφών με υψόμετρο άνω των 2 000 m, με χαρακτηριστικότερη την κορυφή του Ολύμπου (Μύτικας, 2 917m), που είναι η υψηλότερη κορυφή της Ελλάδας. Επίσης, το ΥΔ 09 χαρακτηρίζεται και από την ύπαρξη δύο μεγάλων ορεινών συγκροτημάτων με διεύθυνση Β–Ν. Το πρώτο αποτελείται από τα όρη Βέρονο (2.128 m), Άσκιο (2 111 m) και Βούρινο (1 688 m), ενώ το δεύτερο από τα όρη Βόρρας (2 524 m), Βέρμιο (2 052 m) και Πιέρια (2 180 m). Ανάμεσα σε αυτούς του ορεινούς όγκους διακρίνονται οι επίπεδες εκτάσεις της Καστοριάς, Φλώρινας, Πτολεμαΐδας και Γρεβενών. Αντίθετα, στο ανατολικό τμήμα του ΥΔ το ανάγλυφο γίνεται ομαλό και κυριαρχούν οι πεδινές εκτάσεις της Έδεσσας, της Νάουσας, της Βέροιας και της Πιερίας.

Η ακτογραμμή του ΥΔ είναι σχεδόν ευθεία, με ήπιο ανάγλυφο και το συνολικό μήκος της ανέρχεται στα 80 km. Χαρακτηριστικά της ακτογραμμής είναι η ύπαρξη της λιμνοθάλασσας των αλυκών του Κίτρου και του δέλτα της εκβολής του Αλιάκμονα.

Το μεγαλύτερο μέρος του διαμερίσματος έχει ηπειρωτικό κλίμα, ενώ τα παράκτια και τα ορεινά τμήματα έχουν θαλάσσιο και ορεινό κλίμα αντίστοιχα. Η γεωγραφική θέση και το ανάγλυφο του διαμερίσματος συμβάλλουν στη μεγάλη κλιματική ποικιλία του. Το μέσο ετήσιο ύψος βροχής κυμαίνεται από 600 μέχρι 1 000 mm, ενώ στα ορεινά τμήματα ξεπερνάει και τα 1 200 mm. Οι χιονοπτώσεις είναι αρκετά συνηθισμένες κατά το διάστημα Νοεμβρίου - Απριλίου. Η μέση ετήσια θερμοκρασία κυμαίνεται μεταξύ 14.5 και 17.0 °C, με ψυχρότερο μήνα τον Ιανουάριο και θερμότερο τον Ιούλιο.

3.1.2. ΛΕΚΑΝΕΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΚΑΙ ΥΠΟΛΕΚΑΝΕΣ

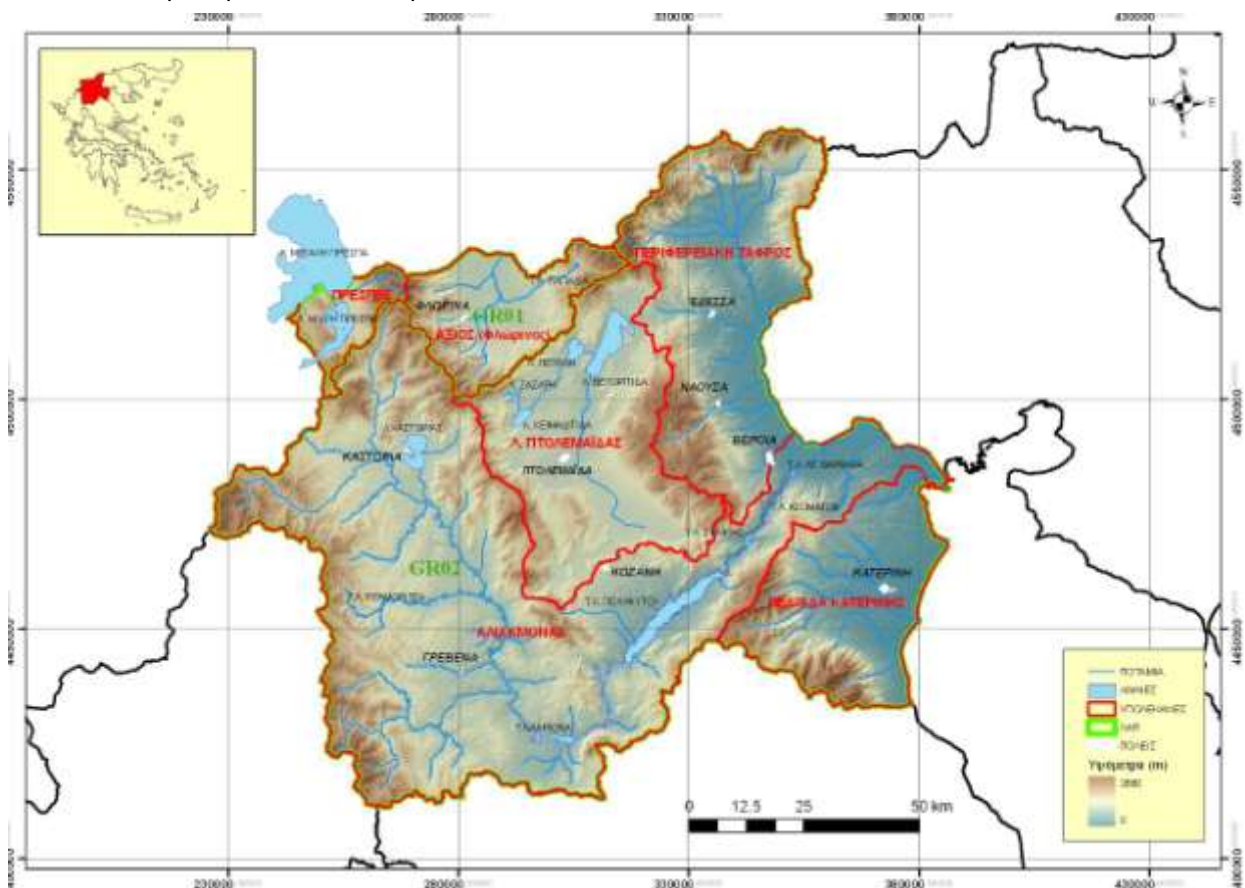
Το ΥΔ 09 περιλαμβάνει τις Λεκάνες Απορροής Ποταμού (ΛΑΠ) Πρεσπών (GR01) και Αλιάκμονα (GR02), που με τη σειρά τους χωρίζονται σε επιμέρους υπολεκάνες ή διαχειριστικές ενότητες, όπως φαίνεται στον χάρτη της Εικόνας 3-1. Συγκεκριμένα:

Η διασυνοριακή λεκάνη απορροής (ΛΑΠ) των Πρεσπών (GR01) οφείλει το όνομά της στις δύο από τις σπουδαιότερες λίμνες της Ελλάδας, της Μικρής και Μεγάλης Πρέσπας. Βρίσκεται στο ΒΔ άκρο του ΥΔ 09, καλύπτει μικρό τμήμα του ΥΔ και οριοθετείται προς δύση και βορρά από τα σύνορα Αλβανίας και πΓΔΜ,

προς νότο από τα όρη Τρικλάρι, Βαρνούντα, Βέρνο, και ανατολικά από το όρος Βόρα. Οι κύριοι ορεινοί όγκοι που αναπτύσσονται στη ΛΑΠ, έχουν ως αποτέλεσμα τη διάκριση δύο επιμέρους κύριων υδρολογικών υπολεκανών, την Κλειστή Λεκάνη των Πρεσπών και τη Λεκάνη Αξιού - Τμήμα Φλώρινας. Η μεν πρώτη είναι τριεθνής και μοιράζεται μεταξύ της Ελλάδας, Αλβανίας και πΓΔΜ, ενώ η δεύτερη μοιράζεται μεταξύ Ελλάδας και πΓΔΜ.

Η λεκάνη απορροής (ΛΑΠ) Αλιάκμονα (GR02) διακρίνεται υδρολογικά και μορφολογικά σε τέσσερις διαχειριστικές ενότητες - υπολεκάνες: Αλιάκμονα, Πτολεμαΐδας, Περιφερειακής Τάφρου, Πεδιάδας Κατερίνης. Η μεγαλύτερη ακολουθεί τα όρια της φυσικής υδρολογικής λεκάνης του ποταμού Αλιάκμονα (περιλαμβάνεται και η λίμνη Καστοριάς), στον μέσο ρου του οποίου αναπτύσσονται οι υδροηλεκτρικοί ταμιευτήρες της ΔΕΗ. Η κλειστή λεκάνη Πτολεμαΐδας εκτείνεται στο ομώνυμο οροπέδιο, που αποστραγγίζεται επιφανειακά στο σύστημα φυσικών λιμνών Βεγορίτιδας, Πετρών, Ζάζαρης και Χειμαδίτιδας, οι οποίες συνδέονται μέσω καναλιών. Ο κύριος αποδέκτης είναι το ρέμα Σουλού (Εορδαίος), που σχηματίζεται στην περιοχή του παλιού έλους Σαριγκιόλ και εκβάλλει στη Βεγορίτιδα. Η υπολεκάνη της Περιφερειακής Τάφρου (Τ66) συνορεύει με το ΥΔ Κεντρικής Μακεδονίας. Τα σημαντικότερα ποτάμια της είναι ο Αλμωπαίος, ο Εδεσσαίος, η Αραπίτσα και ο Τριπόταμος, που εκβάλλουν στην ομώνυμη τάφρο. Τα τελευταία τροφοδοτούνται από το καρστικό σύστημα Βερμίου, το οποίο επικοινωνεί υδραυλικά με την υπολεκάνη Πτολεμαΐδας. Τέλος, η Πεδιάδα Κατερίνης αναπτύσσεται στο ΝΑ άκρο του ΥΔ 09, και περιλαμβάνει διάφορες μικρές υδρολογικές λεκάνες, με έξοδο στον Θερμαϊκό Κόλπο.

Οι υπολεκάνες αυτές συμπίπτουν με τις διαχειριστικές ενότητες που διαμορφώθηκαν στα πλαίσια της μελέτης του τέως Υπουργείου Ανάπτυξης (Υπουργείο Ανάπτυξης & ΕΝΜ Σύμβουλοι Μηχανικοί, 2008) και υιοθετούνται στην παρούσα ανάλυση.



Εικόνα 3-1: Περιοχή μελέτης και όρια υπολεκανών - διαχειριστικών ενοτήτων.

3.2. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Στα πλαίσια της μελέτης χρησιμοποιήθηκαν γεωγραφικά δεδομένα που προέρχονται από μελέτη του πρώην Υπουργείου Ανάπτυξης (Υπουργείο Ανάπτυξης & ENM 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 45 σταθμών, που ανήκουν στις ακόλουθες υπηρεσίες:

- Υδρομετεωρολογικοί σταθμοί ΥΠΕΚΑ (τέως ΥΠΕΧΩΔΕ)
- Υδρομετεωρολογικοί σταθμοί ΥΠΑΑΤ (τέως ΥΠΓΕ)
- Υδρομετεωρολογικοί σταθμοί ΔΕΗ
- Μετεωρολογικοί σταθμοί ΕΜΥ

Όνομασία	Υπηρεσία	x (m)	y (m)	z (m)	ΛΑΠ	Μήκος (έτη)	Έναρξη
ΚΑΣΤΟΡΙΑ	ΥΠΕΚΑ/ΕΜΥ	270 175	4 484 898	627.4	GR02	54	Ιουλ-56
ΚΑΤΕΡΙΝΗ	ΥΠΕΚΑ/ΥΠΓΕ	373 402	4 459 304	30.4	GR02	53	Ιουν-58
ΚΗΠΟΥΡΓΙΟ	ΔΕΗ	274 279	4 425 745	828.2	GR02	31	Οκτ-80
ΚΛΕΙΣΟΥΡΑ	ΔΕΗ	285 228	4 489 641	1280.0	GR02	31	Οκτ-80
ΚΟΖΑΝΗ	ΕΜΥ	312 818	4 462 979	687.0	GR02	57	Ιαν-55
ΚΟΛΥΝΔΡΟΣ	ΥΠΓΕ	370 830	4 481 712	319.5	GR02	44	Απρ-67
ΚΟΥΜΑΡΙΑ	ΥΠΓΕ	337 761	4 486 628	776.6	GR02	37	Ιαν-74
ΚΡΥΑ ΒΡΥΣΗ	ΥΠΓΕ	356 570	4 505 000	10.0	GR03	59	Ιαν-52
ΚΥΔΩΝΙΕΣ	ΔΕΗ	268 774	4 449 620	864.6	GR02	31	Οκτ-80
ΛΙΜΝΟΧΩΡΙ	ΥΠΓΕ	293 065	4 499 455	600.3	GR02	41	Σεπ-60
ΛΟΦΟΣ	ΥΠΓΕ	361 876	4 455 855	242.3	GR02	37	Φεβ-74
ΜΕΣΟΒΟΥΝΟ	ΔΕΗ	316 560	4 499 914	880.0	GR02	31	Οκτ-80
ΜΕΣΟΠΟΤΑΜΙΑ	ΔΕΗ	259 366	4 486 975	694.6	GR02	31	Οκτ-80
ΜΙΚΡΟΛΙΜΝΗ	ΔΕΗ	256 194	4 514 176	852.9	GR01	32	Οκτ-80
ΜΟΝΟΣΠΙΤΑ	ΥΠΓΕ	345 417	4 497 269	47.0	GR02	31	Οκτ-80
ΜΟΣΧΟΠΟΤΑΜΟΣ	ΥΠΓΕ	355 871	4 464 874	495.6	GR02	42	Σεπ-68
Ν. ΧΑΛΚΗΔΟΝΑ	ΥΠΓΕ	380 768	4 509 800	29.7	GR03	59	Ιαν-52
ΝΕΣΤΟΡΙΟ	ΔΕΗ/ΕΘΙΑΓΕ	250 913	4 477 739	950.0	GR02	31	Οκτ-80
ΟΡΜΑ	ΔΕΗ	324 488	4 536 750	400.0	GR02	31	Οκτ-80
ΠΟΝΤΟΚΩΜΗ	ΥΠΕΚΑ	310 312	4 476 001	684.0	GR02	60	Ιουλ-50
ΣΙΑΤΙΣΤΑ	ΥΠΕΚΑ	291 609	4 459 429	933.1	GR02	60	Ιουν-50
ΣΙΣΑΝΙΟ	ΔΕΗ	287 644	4 478 388	835.4	GR02	31	Οκτ-80
ΣΚΟΠΟΣ	ΥΠΓΕ	301 439	4 526 439	765.9	GR01	31	Οκτ-80
ΤΡΟΠΑΙΟΥΧΟΣ	ΥΠΓΕ	284 053	4 512 529	682.0	GR01	42	Σεπ-68
ΤΣΟΥΤΥΛΙΟ	ΥΠΕΚΑ	272 346	4 459 789	856.0	GR02	60	Ιουλ-50
ΦΛΩΡΙΝΑ	ΕΜΥ	280 402	4 517 561	700.0	GR01	51	Ιαν-61
ΧΑΛΑΡΑ	ΔΕΗ	266 063	4 503 035	867.9	GR02	31	Οκτ-80

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 τη μελέτη του ΥΠΑΝ, 2008), 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 των Διαχειριστικών Μελετών Κεντρικής και Δυτικής Μακεδονίας αποδελτιώθηκαν τα μηνιαία βροχομετρικά δείγματα 129 σταθμών, τα οποία προέρχονται από διαφορετικούς φορείς και καλύπτουν διαφορετικές χρονικές περιόδους ανακτήθηκαν σε ψηφιακή μορφή. Για τις περαιτέρω αναλύσεις επιλέχθηκαν 45 χρονοσειρές, που καλύπτουν το σύνολο της περιόδου 1980-2001, με σχετικά μικρό ποσοστό ελλειπουσών τιμών (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, ΔΕΗ, ΕΜΥ). Συγκεκριμένα:

Από την **Εθνική Τράπεζα Υδρολογικής και Μετεωρολογικής Πληροφορίας** ελήφθησαν 16 σημειακές χρονοσειρές από υδρομετεωρολογικούς σταθμούς του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (ΥΠΕΚΑ). Οι χρονοσειρές αυτές καλύπτουν διαφορετικές χρονικές περιόδους, μεταξύ του 1950 και του 1997, από τις οποίες επιλέχθηκαν οι 5 για την παρούσα μελέτη. Τα πρωτογενή δεδομένα ανακτήθηκαν σε ψηφιακή μορφή, με δυνατότητα επεξεργασίας, και 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 5 υδρομετεωρολογικών σταθμών για την περίοδο 2001–2010.

Από το **Υπουργείο Γεωργίας** (ΥΠΓΕ) αποδελτιώθηκαν τα μηνιαία δείγματα 15 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.

Από την **ΔΕΗ** ελήφθησαν, σε ψηφιακή μορφή, τα μηνιαία κλιματικά δελτία 22 υδρομετεωρολογικών σταθμών, που κάλυπταν την περίοδο 2001–2010, τα οποία και μετατράπηκαν σε χρονοσειρές.

Τέλος, από την **Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία** (ΕΜΥ) ελήφθησαν τα μηνιαία κλιματικά δελτία σε ψηφιακή επεξεργάσιμη μορφή από τρεις μετεωρολογικούς σταθμούς (Κοζάνη, Καστοριά, Φλώρινα), που κάλυπταν τις περιόδους 1950–1980 και 2001–2010. Επιπλέον δεδομένα, για τα έτη 2011 και 2012, ελήφθησαν από την ιστοσελίδα της ΕΜΥ. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω οι χρονοσειρές τις περιόδου 1950–1980 δεν έχουν το ίδιο έτος εκκίνησης.

Τελικά, προέκυψαν δύο κατηγορίες πρωτογενών σημειακών χρονοσειρών βροχόπτωσης:

- 45 χρονοσειρές, μήκους 30 ετών (1980-2010)
- 11 χρονοσειρές, μήκους 45 έως 60 ετών (με έναρξη από το 1950 έως το 1965)

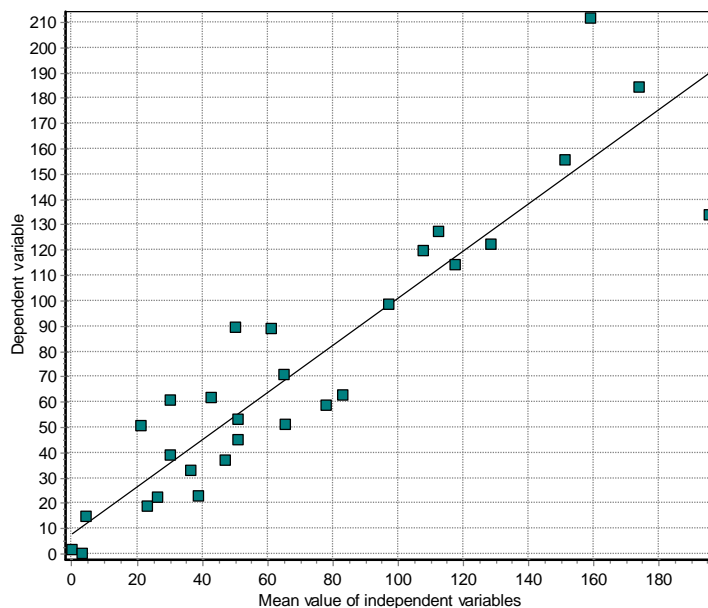
Η χρήση των δειγμάτων βροχόπτωσης μεγάλου μήκους κρίθηκε αναγκαία για την εξαγωγή πιο ασφαλών συμπερασμάτων, καθώς, όπως θα φανεί στις επόμενες αναλύσεις, η διαφοροποίηση των στατιστικών χαρακτηριστικών των βροχοπτώσεων είναι σημαντική, συγκριτικά με την περίοδο 1980-2010.

3.3.3. ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΗ ΚΑΙ ΕΠΕΚΤΑΣΗ ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΩΝ

Για τη συμπλήρωση των κενών τιμών των 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. Στο παράδειγμα της Εικόνας 3-3 απεικονίζεται το διάγραμμα διασποράς της βροχόπτωσης του μηνός Οκτωβρίου του σταθμού Σιάτιστα (εξαρτημένη μεταβλητή) με τη μέση βροχόπτωση Οκτωβρίου των σταθμών Εξάρχου, Κυδωνιών και Γαλατινής (ανεξάρτητες μεταβλητές).

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.



Εικόνα 3-3: Διάγραμμα διασποράς συσχέτισης βροχόπτωσης Οκτωβρίου για το σταθμό Σιάτιστα (εξαρτημένη μεταβλητή) προς τη μέση τιμή των σταθμών Εξάρχου, Κυδωνιών, Γαλατινής (ανεξάρτητες μεταβλητές).

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.).

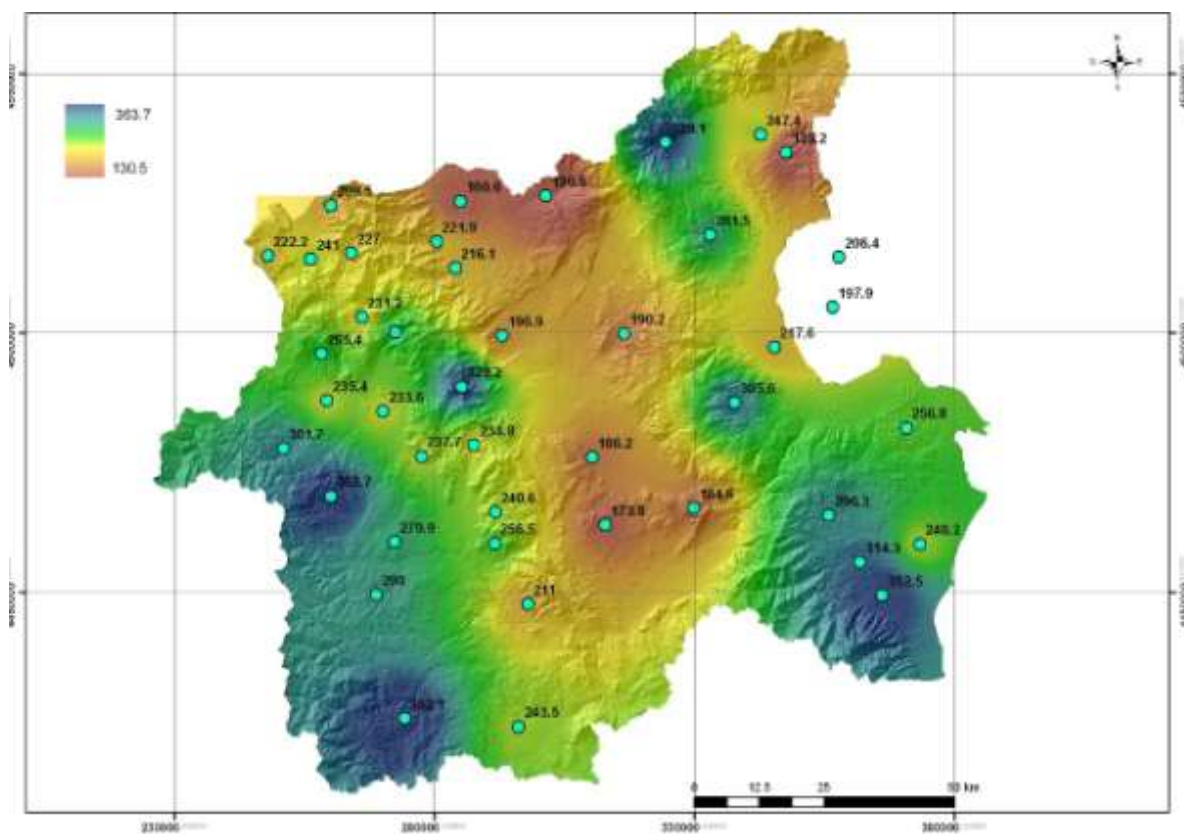
Στον Πίνακα 3-2 δίνονται οι μέσες τιμές της αθροιστικής βροχόπτωσης τριμήνου, εξαμήνου, εννιαμήνου και υδρολογικού έτους όλων των σταθμών της περιοχής μελέτης, για την κοινή περίοδο δεδομένων (1980-2010).

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

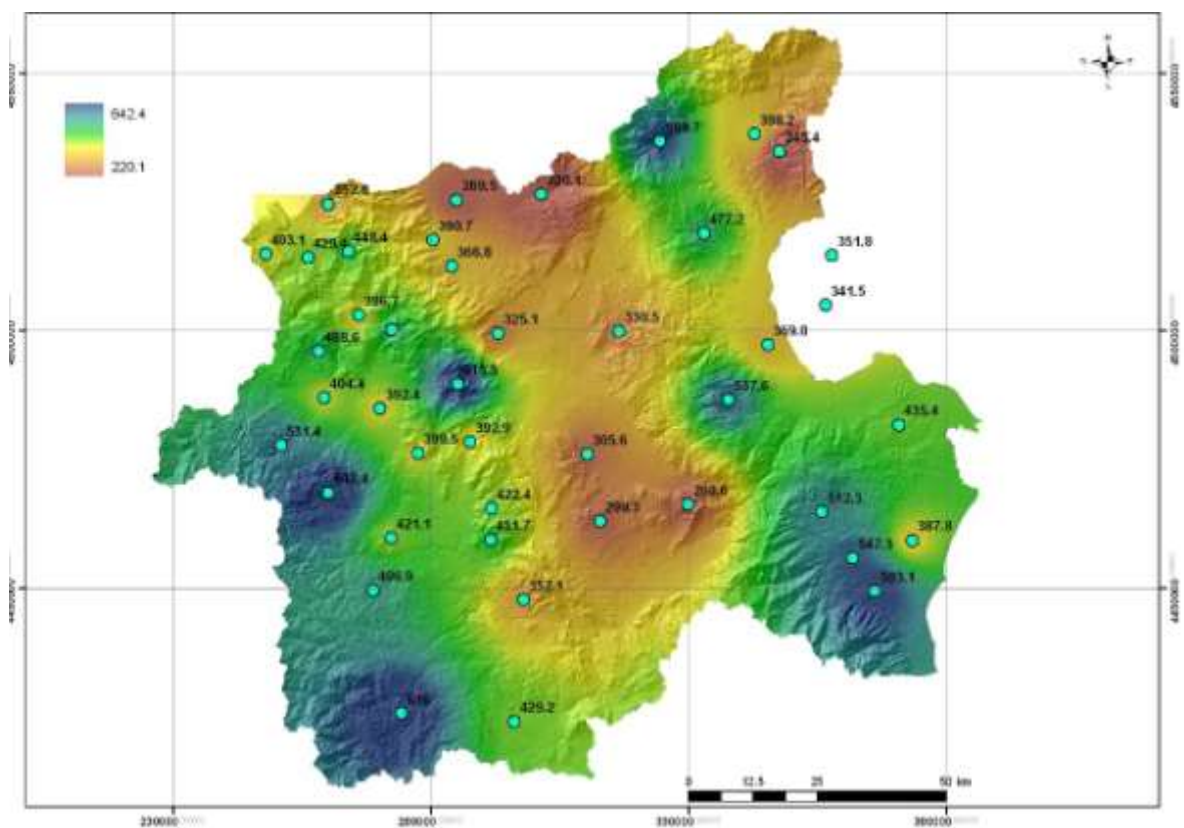
	Οκτ. – Δεκ.	Οκτ. – Μαρ.	Οκτ. – Ιούν.	Οκτ. – Σεπ.
ΑΓ. ΓΕΡΜΑΝΟΣ	209.5	352.8	507.5	623.4
ΑΓΡΑΣ ΥΗΣ (ΝΗΣΙΑ)	281.5	477.2	650.7	753.4
ΑΝΤΑΡΤΙΚΟ	227.0	448.4	603.7	715.0
ΑΝΩ ΚΑΛΛΙΝΙΚΗ	160.6	269.5	397.1	490.7
ΒΟΓΑΤΣΙΚΟ	237.7	399.5	541.2	646.7
ΒΡΟΝΤΕΡΟ	222.2	403.1	559.0	661.0
ΒΡΟΝΤΟΥ	352.5	593.1	750.8	837.3
ΒΥΣΣΙΝΙΑ	273.4	475.5	657.6	778.9
ΓΑΛΑΤΙΝΗ	240.6	422.4	584.2	694.6
ΔΑΜΑΣΚΗΝΙΑ	363.7	642.4	822.1	944.3
ΔΕΝΔΡΟΧΩΡΙ	265.4	468.6	636.0	747.8
ΕΞΑΠΛΑΤΑΝΟΣ	247.4	398.2	549.5	648.6
ΕΞΑΡΧΟΣ	211.0	352.1	497.7	606.2
ΕΡΜΑΚΙΑ	184.6	298.6	470.4	602.9
ΕΥΖΩΝΟΙ	177.5	297.3	426.1	518.4
ΘΕΟΔΩΡΑΚΙ	139.2	245.4	372.6	472.1
ΚΑΡΠΕΡΟ	243.5	429.2	563.8	663.6
ΚΑΡΥΩΤΙΣΣΑ	206.4	351.8	471.3	533.7
ΚΑΣΤΟΡΙΑ	233.6	392.4	526.1	622.2
ΚΑΤΕΡΙΝΗ	240.2	387.8	503.1	579.3
ΚΗΠΟΥΡΓΙΟ	352.1	616.0	785.7	894.1
ΚΛΕΙΣΟΥΡΑ	329.2	615.5	809.9	931.2
ΚΟΖΑΝΗ	173.8	299.3	455.5	555.8
ΚΟΛΥΝΔΡΟΣ	256.8	435.4	581.4	660.7
ΚΟΥΜΑΡΙΑ	305.6	537.6	767.0	918.7
ΚΡΥΑ ΒΡΥΣΗ	197.9	341.5	471.5	537.1
ΚΥΔΩΝΙΕΣ	290.0	496.9	648.2	756.3
ΛΙΜΝΟΧΩΡΙ	196.9	325.1	453.0	537.6
ΛΟΦΟΣ	314.3	547.3	718.1	810.4
ΜΕΣΟΒΟΥΝΟ	190.2	330.5	479.0	582.7
ΜΕΣΟΠΟΤΑΜΙΑ	235.4	404.4	531.8	628.9
ΜΙΚΡΟΛΙΜΝΗ	241.0	429.4	576.7	684.6
ΜΟΝΟΣΠΙΤΑ	217.6	369.8	511.8	588.7
ΜΟΣΧΟΠΟΤΑΜΟΣ	296.3	512.3	692.7	795.6
Ν. ΧΑΛΚΗΔΟΝΑ	189.2	319.9	432.1	493.9
ΝΕΣΤΟΡΙΟ	301.7	531.4	689.7	814.0
ΟΡΜΑ	329.1	559.7	760.7	881.8
ΠΟΝΤΟΚΩΜΗ	186.2	305.6	448.5	546.9
ΣΙΑΤΙΣΤΑ	256.5	451.7	628.6	748.8
ΣΙΣΑΝΙΟ	234.8	392.9	536.4	646.2
ΣΚΟΠΟΣ	130.5	220.1	340.2	433.4
ΤΡΟΠΑΙΟΥΧΟΣ	216.1	366.8	526.8	627.1
ΤΣΟΥΥΛΙΟ	279.9	421.1	573.4	684.9
ΦΛΩΡΙΝΑ	221.9	390.7	532.7	643.2
ΧΑΛΑΡΑ	231.2	396.7	537.3	632.7

3.3.5. ΧΩΡΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ

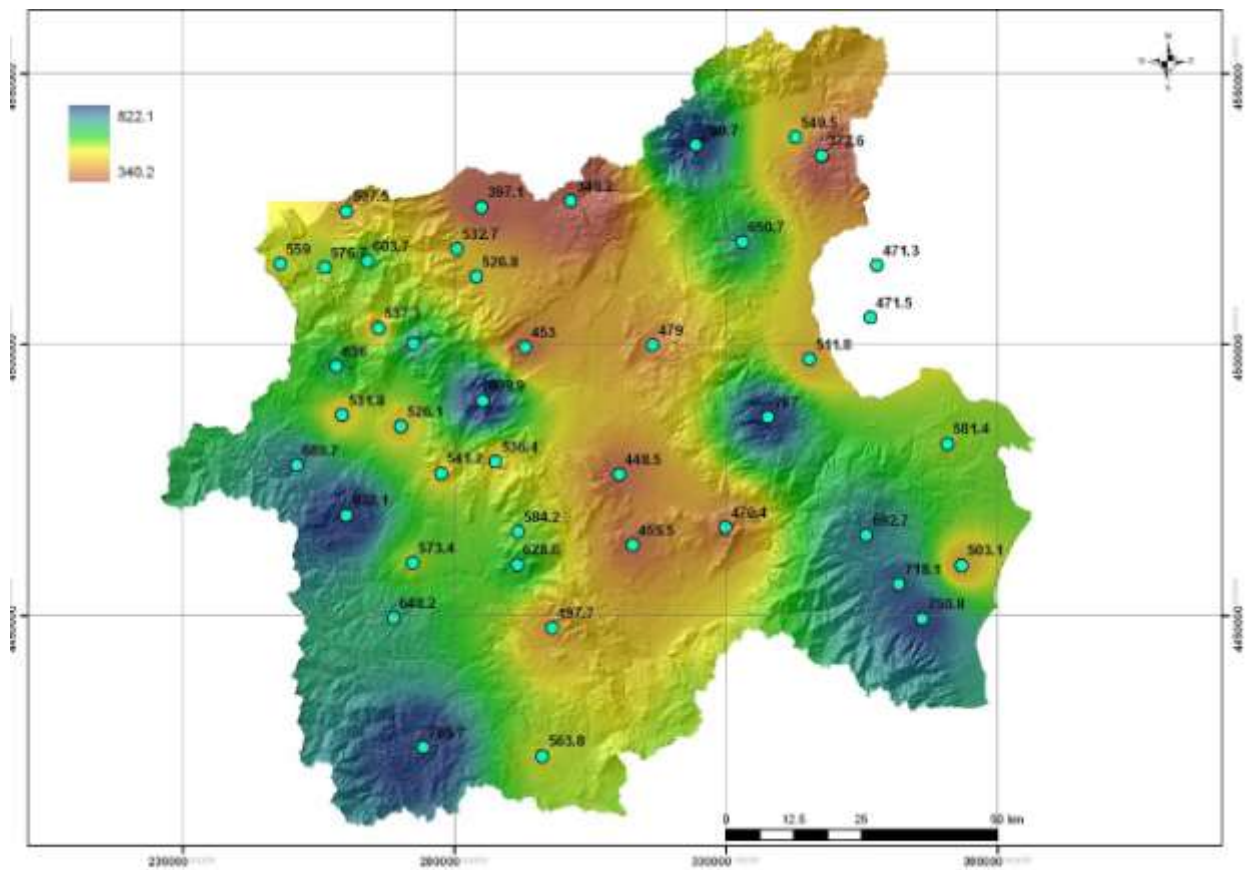
Με βάση τη μέση σημειακή τιμή βροχόπτωσης τριμήνου, εξαμήνου, εννιαμήνου και υδρολογικού έτους στους 45 σταθμούς, με μήκος δείγματος 30 ετών (1980-2010), απεικονίστηκε, με τη χρήση εργαλείων χωρικής παρεμβολής σε περιβάλλον ΣΓΠ, η χωρική κατανομή της βροχόπτωσης στην περιοχή μελέτης (Εικόνες 3-4 έως 3-7).



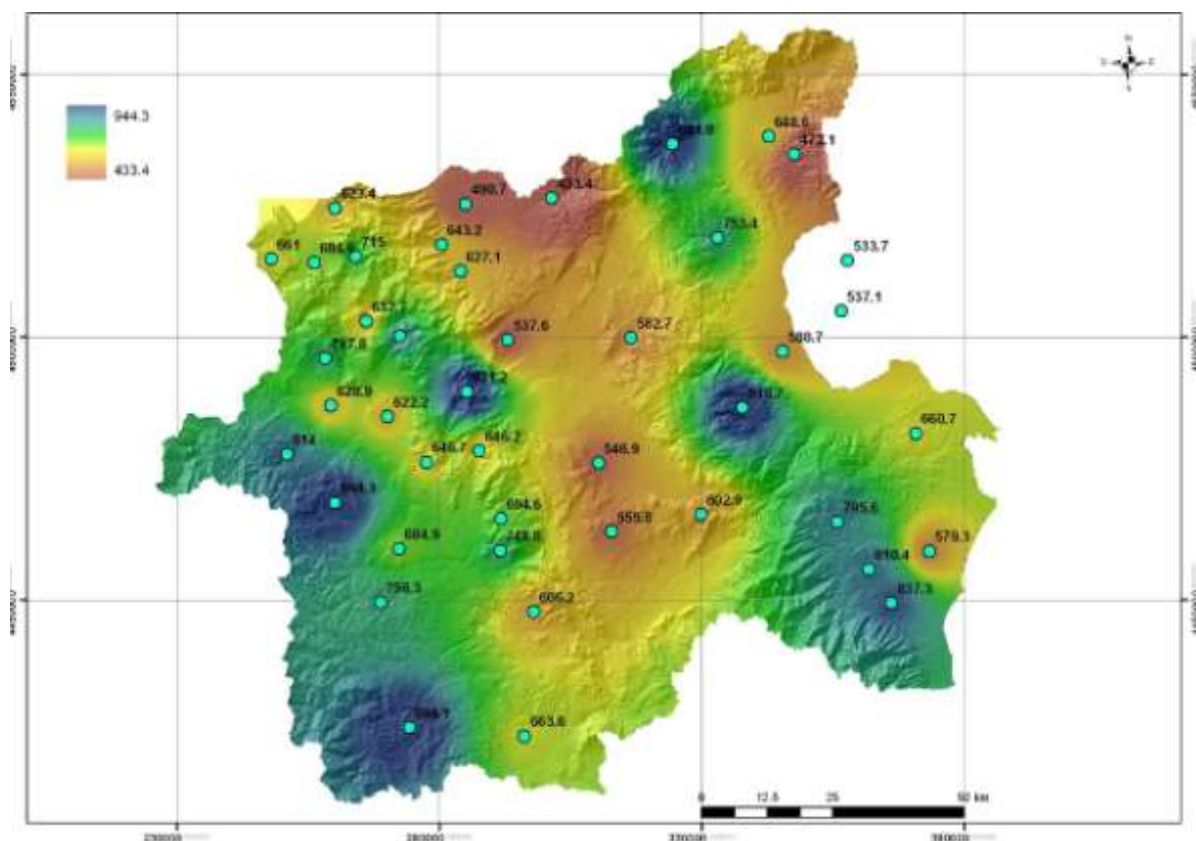
Εικόνα 3-4: Χωρική κατανομή μέσης βροχόπτωσης τριμήνου Οκτωβρίου-Δεκεμβρίου (περίοδος 1980-2010).



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



Εικόνα 3-6: Χωρική κατανομή μέσης βροχόπτωσης ενιαμήνου Οκτωβρίου-Ιουλίου (περίοδος 1980-2010).



Εικόνα 3-7: Χωρική κατανομή μέσης ετήσιας βροχόπτωσης (περίοδος 1980-2010).

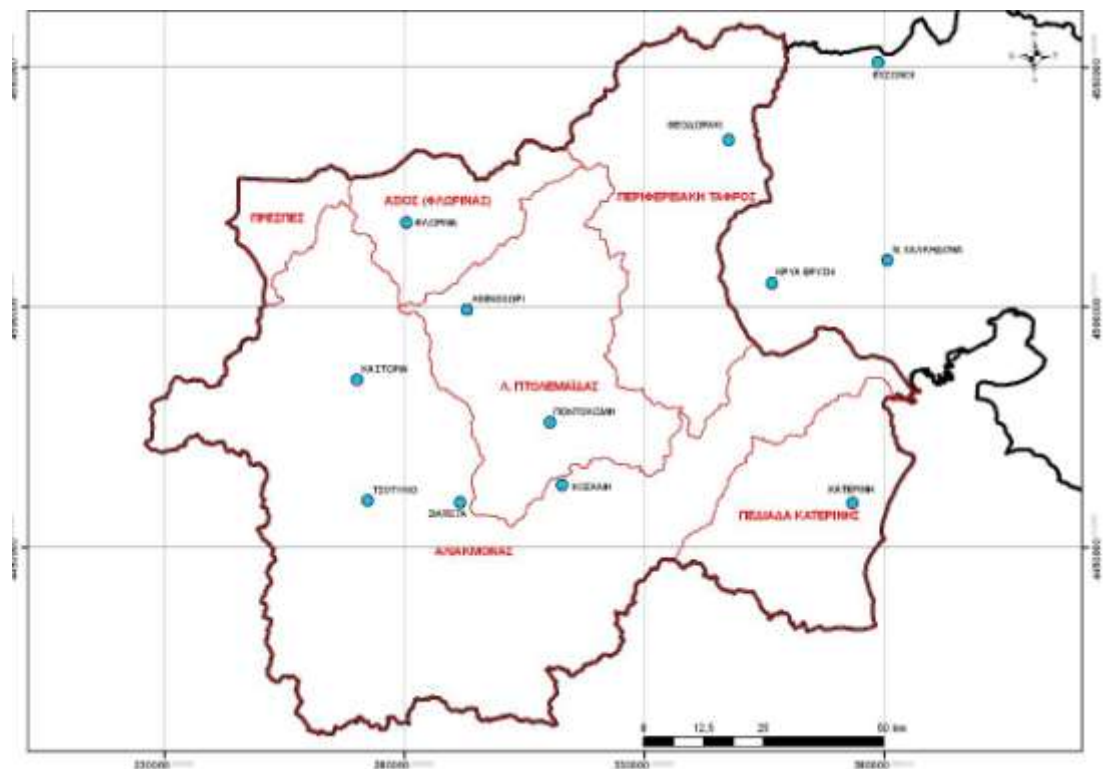
Σε όλες τις χρονικές κλίμακες, διακρίνονται τρεις υδροκλιματικές ζώνες:

- Η ζώνη υψηλής βροχόπτωσης, που περιλαμβάνει το δυτικό τμήμα της υπολεκάνης Αλιάκμονα, καθώς και το ορεινό τμήμα της υπολεκάνης Πεδιάδας Κατερίνης.
- Η ενδιάμεση ζώνη, που περιλαμβάνει τμήματα της υπολεκάνης Αλιάκμονα, το πεδινό τμήμα της Πεδιάδας Κατερίνης, το δυτικό τμήμα της Περιφερειακής Τάφρου και την υπολεκάνη Πρεσπών.
- Η ζώνη χαμηλής βροχόπτωσης, που καλύπτει το σύνολο σχεδόν των υπολεκανών Πτολεμαΐδας και Αξιού Φλώρινας, καθώς και το ανατολικό τμήμα της Περιφερειακής Τάφρου.

3.3.6. ΣΗΜΕΙΑΚΕΣ ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΕΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΜΕΓΑΛΟΥ ΜΗΚΟΥΣ

Οι σημειακές χρονοσειρές μεγάλου μήκους (με πλήρες δείγμα που καλύπτει την περίοδο τουλάχιστον από το 1965 ως το 2010), που ανήκουν στο Υδατικό Διαμέρισμα 09 είναι εννέα (Θεοδωράκι, Καστοριά, Κατερίνη, Κοζάνη, Λιμνοχώρι, Ποντοκώμη, Σιάτιστα, Τσοτύλιο, Φλώρινα). Οι σταθμοί αυτοί είναι αρκετά καλά κατανομημένοι στη λεκάνη. Στις αναλύσεις των σημειακών δειγμάτων περιλαμβάνονται και τρεις ακόμα χρονοσειρές βροχόπτωσης από γειτονικούς σταθμούς (Εύζωνοι, Κρύα Βρύση, Νέα Χαλκηδόνα), που υπάγονται στο Υδατικό Διαμέρισμα Κεντρικής Μακεδονίας (ΥΔ 10) και χρησιμοποιήθηκαν στους υπολογισμούς της επιφανειακής βροχόπτωσης. Το σύνολο των δώδεκα (12) βροχομετρικών σταθμών με μεγάλο μήκος δείγματος των ΥΔ 09 και ΥΔ 10 απεικονίζεται στο χάρτη της Εικόνας 3-8.

Τα στατιστικά χαρακτηριστικά των μηνιαίων και ετήσιων δειγμάτων στους εννέα σταθμούς του ΥΔ 09 δίνονται στους Πίνακες 3-4 έως 3-11. Ακόμη, στα διαγράμματα της Εικόνας 3-9 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, που βασίζονται στην προσαρμογή κατάλληλων στατιστικών κατανομών στα δείγματα βροχοπτώσεων.



Εικόνα 3-8: Βροχομετρικοί σταθμοί ΥΔ Δυτικής και Κεντρικής Μακεδονίας με μεγάλο μήκος δείγματος.

Πίνακας 3-3: Στατιστικά χαρακτηριστικά βροχόπτωσης στον σταθμό Θεοδωράκι του ΥΠΓΕ (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 3-4: Στατιστικά χαρακτηριστικά βροχόπτωσης στον σταθμό Καστοριά της ΕΜΥ (7/1956 – 9/2012).

	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αυγ.	Σεπ.	Έτος
Μέση τιμή	65.2	79.9	75.1	48.0	54.2	51.8	50.6	53.1	31.3	26.0	26.9	39.2	602.5
Τυπ. αποκ.	44.5	48.6	47.1	32.0	44.5	26.5	29.2	26.6	23.4	22.6	25.7	32.1	129.8
Ελάχιστη	0.0	10.5	3.1	0.0	0.0	9.1	8.8	6.2	2.2	0.0	0.0	0.2	379.1
Μέγιστη	171.1	195.9	223.3	114.4	201.2	108.8	137.3	111.3	91.3	98.2	111.2	172.6	1066.3
Συντ. ασυμ.	0.65	0.77	1.10	0.51	1.62	0.15	0.66	0.37	0.84	1.06	1.68	1.64	0.85
Αυτοσυσχ.	0.04	0.01	-0.09	0.13	0.05	0.25	-0.18	0.03	0.13	0.10	0.24	0.11	0.13

Πίνακας 3-5: Στατιστικά χαρακτηριστικά βροχόπτωσης στον σταθμό Κατερίνη του ΥΠΕΚΑ (6/1958 – 4/2012).

	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αυγ.	Σεπ.	Έτος
Μέση τιμή	69.8	78.1	79.2	47.6	48.0	57.5	40.4	40.4	32.5	22.6	24.5	42.8	582.0
Τυπ. αποκ.	55.9	73.9	86.3	45.3	40.9	44.0	36.7	30.0	36.4	26.5	22.6	42.2	155.9
Ελάχιστη	4.2	0.0	1.5	0.0	1.3	5.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	277.0
Μέγιστη	244.8	287.0	441.5	225.0	158.6	256.5	190.0	129.1	156.5	130.5	99.5	174.1	899.4
Συντ. ασυμ.	1.34	1.22	2.43	1.60	1.26	2.06	1.92	0.94	1.95	1.98	1.47	1.19	0.11
Αυτοσυσχ.	-0.11	-0.05	-0.09	0.09	0.16	0.16	-0.08	-0.08	-0.09	0.06	0.01	-0.12	-0.08

Πίνακας 3-6: Στατιστικά χαρακτηριστικά βροχόπτωσης στον σταθμό Κοζάνη της ΕΜΥ (1/1955 – 9/2012).

	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αυγ.	Σεπ.	Έτος
Μέση τιμή	60.6	68.1	70.2	50.2	45.5	52.7	59.5	68.9	48.9	41.0	32.7	38.0	632.8
Τυπ. αποκ.	44.9	45.0	51.3	40.5	36.1	36.9	42.8	47.5	41.7	39.6	29.9	29.3	242.3
Ελάχιστη	1.1	1.2	3.0	0.0	0.0	3.9	8.0	7.2	1.6	0.0	0.0	1.4	288.7
Μέγιστη	172.0	180.0	214.4	210.3	150.0	185.8	185.6	253.3	197.1	185.4	158.8	142.7	1300.4
Συντ. ασυμ.	0.98	0.73	1.03	1.25	1.17	1.20	1.10	1.44	1.53	1.80	1.71	1.20	0.76
Αυτοσυσχ.	0.14	0.21	-0.02	0.58	0.55	0.58	0.26	0.16	0.30	0.11	0.15	0.25	0.64

Πίνακας 3-7: Στατιστικά χαρακτηριστικά βροχόπτωσης στον σταθμό Λιμνοχώρι του ΥΠΕΚΑ (9/1959 – 12/2010).

	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αυγ.	Σεπ.	Έτος
Μέση τιμή	59.2	70.0	64.5	39.7	41.7	49.6	46.8	52.3	31.9	25.3	25.4	35.6	538.6
Τυπ. αποκ.	42.9	48.4	45.1	24.0	28.1	27.3	29.9	31.5	26.7	22.9	22.2	31.9	131.6
Ελάχιστη	0.0	10.5	0.0	0.0	0.0	6.6	9.0	6.0	0.0	0.0	0.0	0.0	303.1
Μέγιστη	159.5	186.9	188.0	95.0	153.0	130.0	112.0	162.0	112.0	84.8	84.6	180.0	1007.2
Συντ. ασυμ.	0.85	1.01	0.79	0.18	1.52	0.60	0.82	1.08	1.26	1.04	1.19	2.48	0.91
Αυτοσυσχ.	0.26	-0.02	-0.11	0.01	0.16	0.47	0.01	-0.28	0.07	0.05	0.12	0.10	0.25

Πίνακας 3-8: Στατιστικά χαρακτηριστικά βροχόπτωσης στον σταθμό Ποντοκώμη του ΥΠΕΚΑ (7/1950 – 9/2010).

	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αυγ.	Σεπ.	Έτος
Μέση τιμή	59.2	74.5	62.7	49.0	45.1	49.7	46.5	61.9	40.0	31.5	30.2	39.1	590.0
Τυπ. αποκ.	39.9	41.5	42.9	36.8	36.0	27.1	27.3	37.2	30.2	35.3	29.3	35.5	135.8
Ελάχιστη	0.0	8.4	2.0	0.0	0.0	7.3	2.2	7.4	0.0	0.0	0.0	1.0	325.8
Μέγιστη	182.6	170.1	171.8	164.0	193.0	111.8	120.0	161.7	125.5	175.7	146.3	173.3	975.1
Συντ. ασυμ.	0.79	0.61	0.52	0.86	1.79	0.38	0.76	0.58	0.89	1.97	1.51	1.67	0.35
Αυτοσυσχ.	-0.03	-0.07	0.12	0.16	0.43	0.42	0.06	-0.14	0.27	0.06	0.10	0.07	0.26

Πίνακας 3-9: Στατιστικά χαρακτηριστικά βροχόπτωσης στον σταθμό Σιάτιστα του ΥΠΕΚΑ (6/1950 – 9/2011).

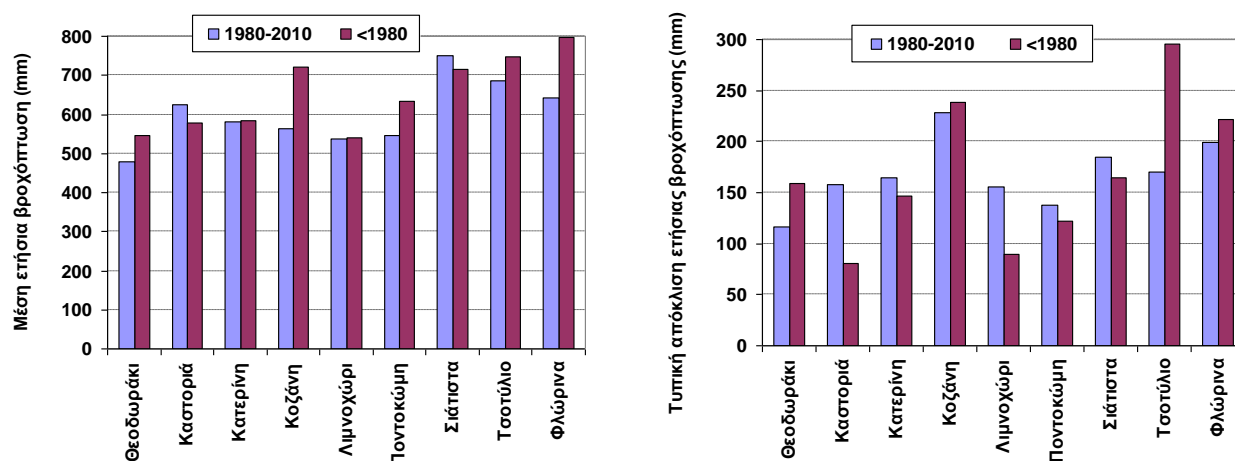
	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αυγ.	Σεπ.	Έτος
Μέση τιμή	73.9	89.2	83.4	64.9	63.0	61.4	63.2	67.9	45.5	39.3	35.6	45.1	733.4
Τυπ. αποκ.	44.6	52.9	57.4	46.6	44.4	35.2	39.2	38.1	29.8	37.7	32.4	29.9	174.4
Ελάχιστη	0.0	3.7	1.3	5.3	1.3	5.0	8.5	8.7	0.0	0.0	0.0	0.0	370.4
Μέγιστη	211.5	248.7	280.5	216.5	226.5	155.9	179.4	148.8	130.7	146.2	146.0	128.5	1210.3
Συντ. ασυμ.	0.77	1.04	1.23	0.84	1.18	0.27	0.83	0.46	0.83	1.21	1.43	0.80	0.27
Αυτοσυσχ.	-0.07	-0.02	0.16	0.17	0.32	0.33	0.07	-0.05	0.15	0.15	0.13	0.09	0.11

Πίνακας 3-10: Στατιστικά χαρακτηριστικά βροχόπτωσης στον σταθμό Τσοτύλιο του ΥΠΕΚΑ (7/1950 – 9/2010).

	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αυγ.	Σεπ.	Έτος
Μέση τιμή	94.1	110.7	80.0	62.4	49.7	47.9	57.7	62.9	35.6	33.8	30.0	50.6	716.0
Τυπ. αποκ.	67.6	69.2	62.0	56.0	39.4	35.2	52.9	44.2	46.9	41.2	35.3	38.8	241.2
Ελάχιστη	0.0	12.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.5	0.0	0.0	0.0	0.0	311.6
Μέγιστη	302.2	406.0	267.8	213.4	168.2	194.6	252.5	215.5	265.8	218.0	159.8	135.1	1490.9
Συντ. ασυμ.	1.05	1.72	1.33	1.15	0.83	1.60	1.77	1.05	3.56	2.16	1.70	0.45	1.30
Αυτοσυσχ.	-0.01	-0.05	0.06	0.30	0.46	0.38	0.24	0.06	0.34	-0.04	0.16	0.22	0.45

Πίνακας 3-11: Στατιστικά χαρακτηριστικά βροχόπτωσης στον σταθμό Φλώρινα της ΕΜΥ (1/1961 – 9/2012).

	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αυγ.	Σεπ.	Έτος
Μέση τιμή	67.3	76.8	87.7	66.5	60.5	60.5	60.7	64.0	39.5	33.3	32.1	47.9	695.6
Τυπ. αποκ.	53.7	52.3	54.8	45.7	36.6	32.4	37.8	40.8	35.8	39.0	24.6	39.9	220.9
Ελάχιστη	0.0	2.5	0.2	1.6	7.7	2.3	0.6	4.5	0.1	0.0	1.0	1.5	311.2
Μέγιστη	251.7	226.1	237.9	237.9	207.4	187.4	164.7	172.1	147.2	254.5	83.7	177.4	1405.1
Συντ. ασυμ.	1.28	1.20	1.00	1.13	1.71	1.29	0.74	0.55	1.17	3.81	0.58	1.20	0.84
Αυτοσυσχ.	0.02	-0.07	0.09	0.23	0.40	0.17	0.19	0.15	0.44	0.03	0.00	0.36	0.44



Εικόνα 3-9: Σύγκριση μέσων ετήσιων υψών βροχής (αριστερά) και ετήσιων τυπικών αποκλίσεων (δεξιά) περιόδου 1980-2010 και προγενέστερων ετών, στους σταθμούς με μεγάλο δείγμα 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 τα 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.

Πίνακας 3-12: Χαρακτηριστικά βροχομετρικών σταθμών ΥΔ 09 με μεγάλο μήκος δείγματος, που χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό της ετήσιας βροχοβαθμίδας.

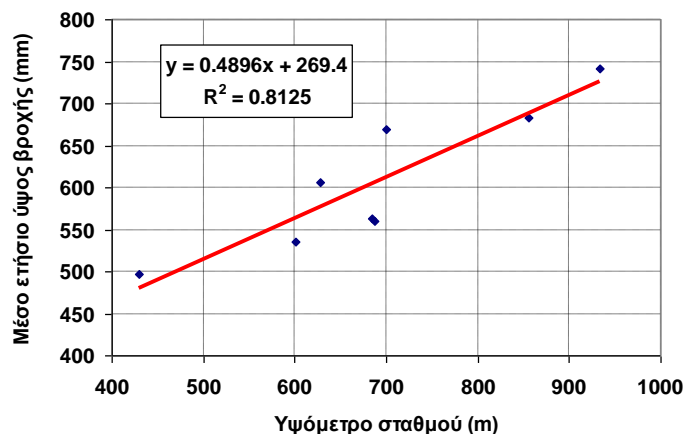
Σταθμός	Λεκάνη απορροής	Υψόμετρο (m)	Μέσο ετήσιο ύψος βροχής περιόδου 1965-2011 (mm)
ΘΕΟΔΩΡΑΚΙ	GR02	429.8	497.0
ΚΑΣΤΟΡΙΑ	GR02	627.4	605.6
ΚΑΤΕΡΙΝΗ	GR02	30.4	573.1
ΚΟΖΑΝΗ	GR02	687.0	560.3
ΛΙΜΝΟΧΩΡΙ	GR02	600.3	535.5
ΠΟΝΤΟΚΩΜΗ	GR02	684.0	563.5
ΣΙΑΤΙΣΤΑ	GR02	933.1	741.1
ΤΣΟΤΥΛΙΟ	GR02	856.0	683.7
ΦΛΩΡΙΝΑ	GR01	700.0	669.8

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.

Για τη διερεύνηση της σχέσης βροχόπτωσης - υψομέτρου στην περιοχή μελέτης χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα οκτώ από τους εννέα βροχομετρικούς σταθμούς του ΥΔ 09, με μεγάλο μήκος δείγματος, για την κοινή περίοδο δεδομένων, που περιλαμβάνει τα υδρολογικά έτη 1965-66 έως 2010-11 (Πίνακας 3-12). Εξαιρέθηκε ο βροχομετρικός σταθμός Κατερίνης, ο οποίος ανήκει σε περιοχή με διαφορετικό υδροκλιματικό καθεστώς. Όπως αναφέρθηκε στο εδάφιο 3.3.5, η Πεδιάδα Κατερίνης δέχεται μεγαλύτερα ύψη βροχής σε σχέση με τις υπόλοιπες λεκάνες του ΥΔ Δυτικής Μακεδονίας, παρόλο που αυτές

βρίσκονται σε μεγαλύτερο υψόμετρο. Ο ίδιος ο σταθμός, που βρίσκεται σε υψόμετρο μόλις 30 m, δέχεται, κατά μέσο όρο 573 mm σε ετήσια βάση, περίπου όσο δηλαδή και οι σταθμοί Κοζάνης, Λιμνοχωρίου και Ποντοκόμης, οι οποίοι βρίσκονται σε υψόμετρο μεγαλύτερο των 600 m.

Στην Εικόνα 3-10 απεικονίζεται το διάγραμμα διασποράς μέσης ετήσιας βροχόπτωσης συναρτήσει του υψομέτρου, και η αντίστοιχη ευθεία γραμμικής παλινδρόμησης. Η συσχέτιση των δύο μεταβλητών είναι πολύ ικανοποιητική, όπως αποδεικνύεται και από την αρκετά υψηλή τιμή του συντελεστή προσδιορισμού ($r^2 = 0.81$). Η κλίση της ευθείας είναι ίση με $\beta = 0.50$ mm/m, που σημαίνει ότι η βροχοβαθμίδα της περιοχής μελέτης είναι στο κάτω όριο του τυπικού εύρους τιμών της Ελλάδας.



Εικόνα 3-10: Διάγραμμα διασποράς δεδομένων και ευθεία γραμμικής παλινδρόμησης μέσου ετήσιου ύψους βροχής συναρτήσει του υψομέτρου.

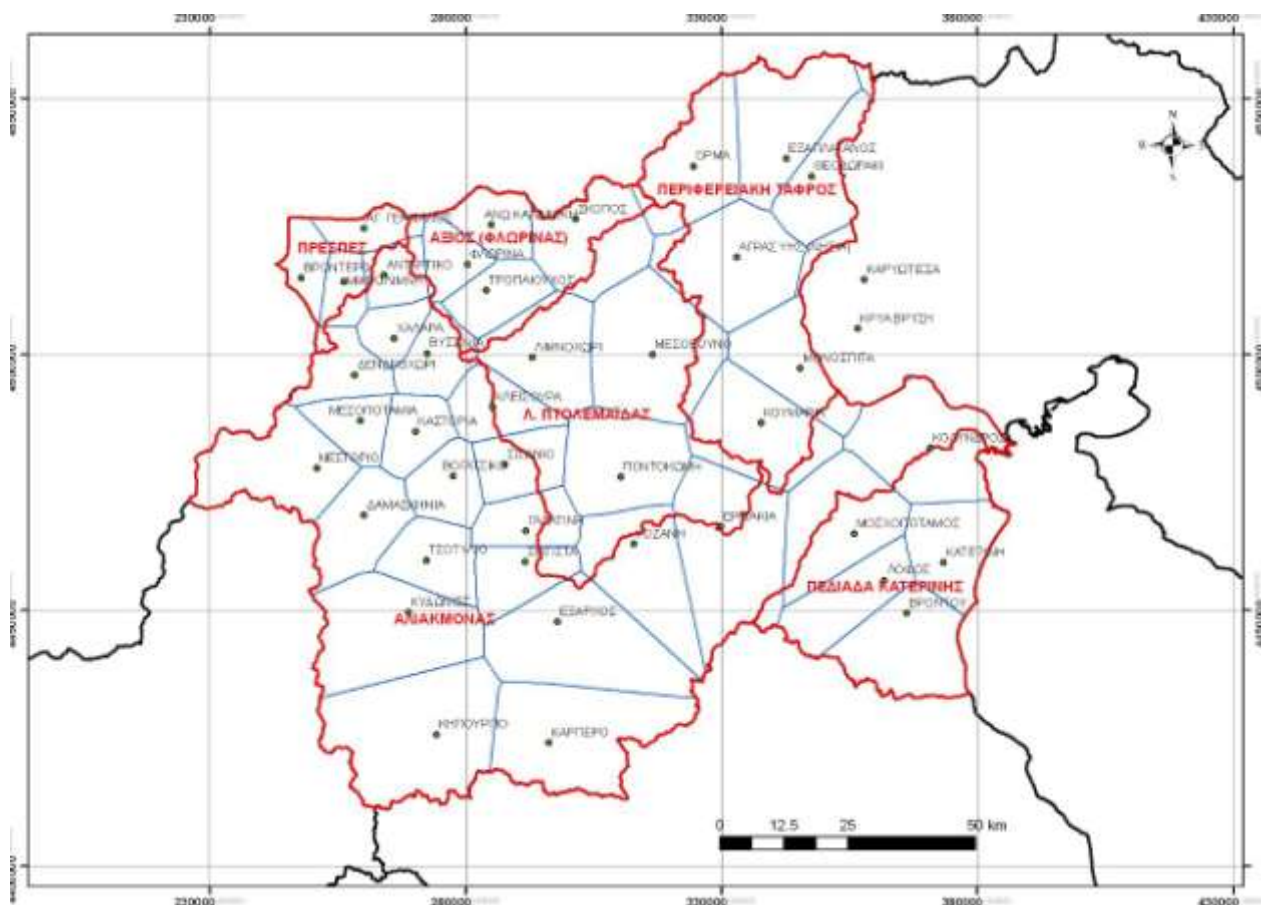
3.4. ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΕΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΙΣ

3.4.1. ΧΩΡΙΚΗ ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗ ΣΗΜΕΙΑΚΩΝ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΩΝ ΠΕΡΙΟΔΟΥ 1980-2010

Η εκτίμηση των επιφανειακών χρονοσειρών των έξι υπολεκάνων του ΥΔ 09 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, παρήχθησαν, για κάθε υπολεκάνη, τα εμβαδά επιρροής των 45 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 3-11, υπολογίστηκαν τα ποσοστά επιρροής κάθε σταθμού για κάθε υπολεκάνη. 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:

$$\lambda = 1 + \beta (z_s - z_0) / h_s \quad (3.1)$$

όπου z_s είναι το μέσο υψόμετρο της κάθε υπολεκάνης σε m (Πίνακας), z_0 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 υπολεκάνες και ίση με $\beta = 0.50$ mm/m (βλ. εδάφιο 3.3.7).



Εικόνα 3-11: Εμβαδά επιρροής (πολύγωνα Thiessen) βροχομετρικών σταθμών για τον υπολογισμό της επιφανειακής βροχόπτωσης της περιόδου 1980-2010 στις υπολεκάνες του ΥΔ 09.

3.4.2. ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΩΝ ΜΕΓΑΛΟΥ ΜΗΚΟΥΣ

Η παραγωγή των χρονοσειρών επιφανειακής βροχόπτωσης στις έξι υπολεκάνες επαναλήφθηκε, αυτή τη φορά με βάση μόνο τα δείγματα των 12 βροχομετρικών σταθμών μεγάλου μήκους. Οι συντελεστές Thiessen για κάθε υπολεκάνη, καθώς και τα στοιχεία για την εκτίμηση του συντελεστή υψομετρικής αναγωγής δίνονται στους Πίνακες 3-13 και 3-14, αντίστοιχα. Παρατηρείται ότι τόσο στην υπολεκάνη Πρεσπών όσο και στην Πεδιάδα Κατερίνης, οι εκτιμήσεις βασίζονται στα δεδομένα ενός, πρακτικά, σταθμού (Φλώρινα και Κατερίνη, αντίστοιχα), που συμμετέχει με πολύ μεγάλο βάρος στον υπολογισμό της επιφανειακής βροχόπτωσης (μάλιστα, ο σταθμός Φλώρινας βρίσκεται εκτός των ορίων της υπολεκάνης Πρεσπών).

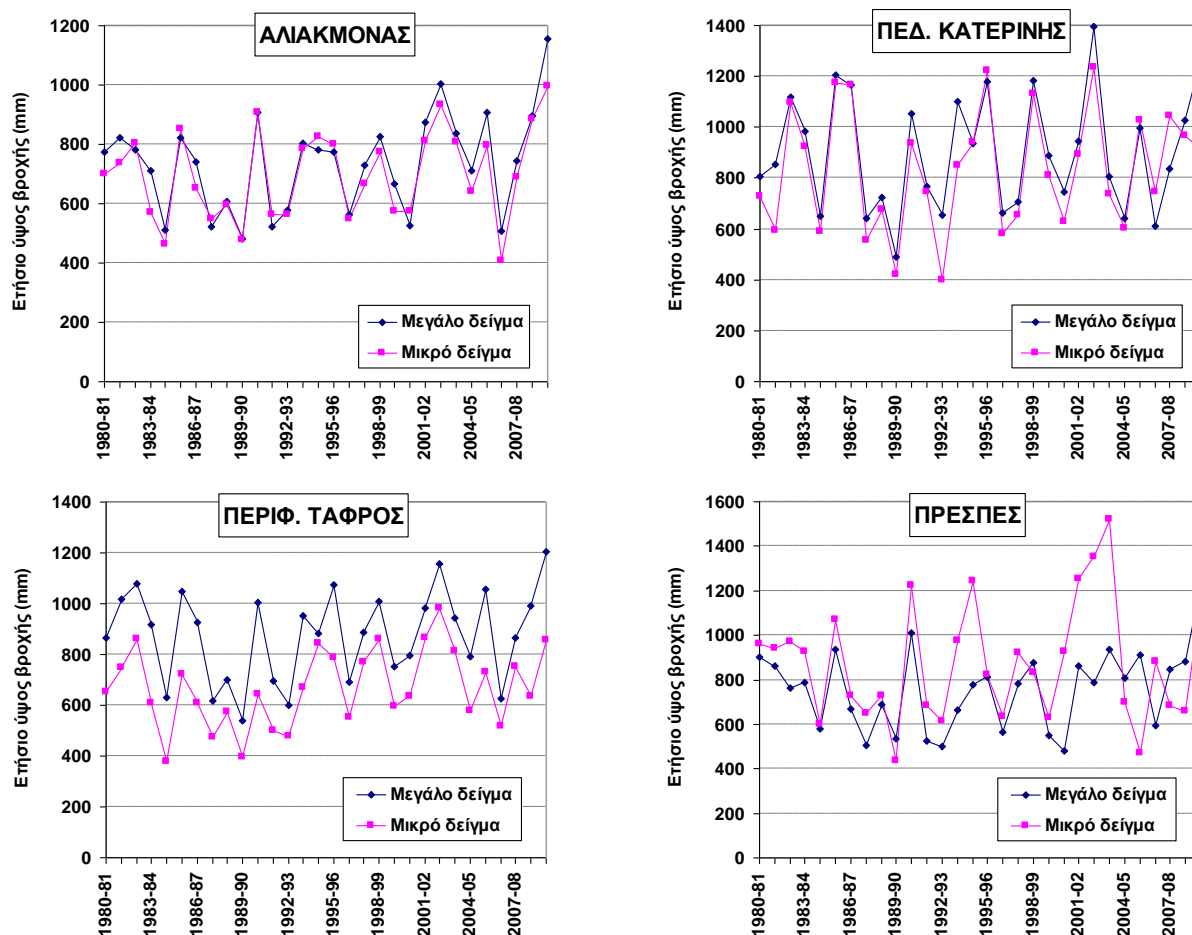
Όπως φαίνεται στην Εικόνα 3-12, σε ορισμένες περιπτώσεις, όπως π.χ. στις υπολεκάνες των Πρεσπών και της Περιφερειακής Τάφρου, οι διαφορές μεταξύ των χρονοσειρών που υπολογίστηκαν με το πλήρες δείγμα και με τον μικρό αριθμό σταθμών, για την κοινή περίοδο 1980-2001, είναι πολύ σημαντικές. Από την άλλη πλευρά, στην υπολεκάνη του Αλιάκμονα, οι δύο χρονοσειρές σχεδόν ταυτίζονται, κάτι εύλογο, καθώς στη συγκεκριμένη υπολεκάνη ο υπολογισμός της επιφανειακής βροχόπτωσης έγινε με βάση δέκα σταθμούς μεγάλου μήκους. 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 3-13: Συντελεστές Thiessen βροχομετρικών σταθμών ανά υπολεκάνη.

Σταθμός	Αλιάκμονας	Πεδιάδα Κατερίνης	Περιφ. τάφος	Πτολεμαΐδα	Αξιός (Φλώρινα)	Πρέσπες
ΕΥΖΩΝΟΙ			0.005			
ΘΕΟΔΩΡΑΚΙ			0.617	0.028	0.016	
ΚΑΣΤΟΡΙΑ	0.214					0.067
ΚΑΤΕΡΙΝΗ	0.039	0.976				
ΚΟΖΑΝΗ	0.185	0.022	0.003	0.097		
ΚΡΥΑ ΒΡΥΣΗ	0.047		0.280	0.006		
ΛΙΜΝΟΧΩΡΙ	0.009		0.005	0.444	0.161	
Ν. ΧΑΛΚΗΔΟΝΑ	0.009	0.002				
ΠΟΝΤΟΚΩΜΗ	0.002		0.090	0.372		
ΣΙΑΤΙΣΤΑ	0.194			0.050		
ΤΣΟΤΥΛΙΟ	0.265					
ΦΛΩΡΙΝΑ	0.036			0.003	0.823	0.933

Πίνακας 3-14: Χαρακτηριστικά μεγέθη για τον υπολογισμό των επιφανειακών βροχοπτώσεων στις υπολεκάνες του ΥΔ 09, με βάση τα δείγματα σημειακής βροχόπτωσης μεγάλου μήκους.

Υπολεκάνες	Μέσο υψόμετρο υπολεκάνης(m)	Μέσο υψόμετρο σταθμών (m)	Μέσο ετήσιο ύψος βροχής (mm)	Συντ. υψομ. αναγωγής
Αλιάκμονας	813	704	656.8	1.083
Αξιός (Φλώρινα)	958	680	652.9	1.213
Πεδ. Κατερίνης	554	45	584.4	1.436
Περιφ. τάφος	685	335	510.7	1.343
Πτολεμαΐδα	870	649	560.7	1.197
Πρέσπες	1192	695	689.4	1.360



Εικόνα 3-12: 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 12 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 3-15 έως 3-17). 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 3-18 έως 3-23. Ακόμη, στην Εικόνα 3-13 απεικονίζονται οι μέσες μηνιαίες τιμές της επιφανειακής βροχοπτώσης.

Πίνακας 3-15: 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.

Υπολεκάνες	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αυγ.	Σεπ.
Αλιάκμονας	1.010	0.868	1.012	0.989	1.212	1.168	0.944	0.913	0.802	0.836	0.711	1.043
Αξιός (Φλώρινα)	0.603	0.616	0.701	0.574	0.553	0.579	0.568	0.597	0.803	0.912	0.723	0.630
Πεδ. Κατερίνης	0.828	0.997	0.779	0.968	0.915	0.684	0.888	0.726	0.605	0.687	0.530	0.595
Περιφ. τάφρος	1.192	1.293	1.181	1.217	1.105	1.296	1.264	0.514	0.874	1.120	0.705	0.967
Πτολεμαΐδα	0.944	0.796	0.830	0.927	0.954	0.865	0.941	0.810	0.905	0.857	0.997	0.866
Πρέσπες	0.442	0.509	0.506	0.461	0.575	0.229	0.407	0.477	0.461	0.618	0.452	0.514

Πίνακας 3-16: 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.

Υπολεκάνες	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αυγ.	Σεπ.
Αλιάκμονας	-0.4	12.4	11.6	9.9	-0.5	-1.3	3.4	3.4	7.1	7.1	7.3	-1.6
Αξιός (Φλώρινα)	24.2	19.4	12.5	15.0	15.2	18.7	27.4	24.2	11.3	6.4	7.4	13.3
Πεδ. Κατερίνης	28.8	4.6	29.9	20.2	20.1	29.8	16.5	25.2	19.9	11.2	13.9	15.2
Περιφ. τάφρος	24.9	14.2	13.0	10.6	8.2	10.2	9.7	40.1	9.9	4.4	12.1	4.9
Πτολεμαΐδα	1.6	9.2	11.4	5.4	3.1	5.3	2.3	8.2	4.3	6.0	0.5	3.6
Πρέσπες	34.0	36.2	38.7	27.9	26.5	46.0	35.2	32.3	22.7	15.3	13.8	17.3

Πίνακας 3-17: Συντελεστής συσχέτισης μεταξύ των επιφανειακών βροχοπτώσεων που υπολογίζονται από το μεγάλο και το μικρό δείγμα σταθμών, με βάση την κοινή περίοδο 1980-2010.

Υπολεκάνες	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αυγ.	Σεπ.
Αλιάκμονας	0.941	0.910	0.943	0.950	0.959	0.910	0.965	0.922	0.940	0.912	0.952	0.936
Αξιός (Φλώρινα)	0.835	0.908	0.800	0.816	0.707	0.532	0.850	0.794	0.872	0.810	0.880	0.770
Πεδ. Κατερίνης	0.818	0.946	0.865	0.890	0.781	0.922	0.924	0.835	0.801	0.936	0.769	0.794
Περιφ. τάφρος	0.883	0.844	0.830	0.913	0.905	0.879	0.904	0.622	0.819	0.878	0.703	0.888
Πτολεμαΐδα	0.980	0.975	0.955	0.957	0.980	0.941	0.970	0.918	0.950	0.926	0.982	0.972
Πρέσπες	0.638	0.714	0.637	0.657	0.543	0.217	0.702	0.680	0.725	0.699	0.723	0.656

Πίνακας 3-18: Στατιστικά χαρακτηριστικά επιφανειακής βροχόπτωσης Αλιάκμονα (1/1961 – 9/2010).

	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αυγ.	Σεπ.	Έτος
Μέση τιμή	78.2	92.1	99.0	67.9	68.4	66.1	61.1	62.7	40.6	38.2	30.9	46.1	754.9
Τυπ. αποκ.	48.0	48.3	56.2	39.1	42.6	34.0	35.0	31.6	24.7	28.1	16.8	33.5	168.6
Ελάχιστη	1.1	22.1	16.2	1.7	7.7	16.5	14.5	17.1	8.4	1.3	1.7	4.9	480.9
Μέγιστη	190.6	215.8	285.1	159.9	180.1	171.2	146.9	141.8	127.4	130.3	65.6	170.0	1256.9
Συντ. ασυμ.	0.66	0.93	0.90	0.51	0.73	0.83	0.80	0.76	1.53	1.13	0.37	1.32	0.56
Αυτοσυσχ.	-0.08	-0.01	0.03	0.35	0.40	0.29	-0.01	-0.15	0.25	0.00	0.03	0.10	0.36

Πίνακας 3-19: Στατιστικά χαρακτηριστικά επιφανειακής βροχόπτωσης Αξιού Φλώρινας (1/1964 – 12/2010).

	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αυγ.	Σεπ.	Έτος
Μέση τιμή	71.5	73.3	81.0	57.2	51.9	57.9	67.0	66.3	47.4	41.9	35.4	50.0	696.7
Τυπ. αποκ.	41.7	37.0	48.3	32.2	25.0	25.5	28.4	29.0	34.1	42.2	21.3	34.2	154.2
Ελάχιστη	0.1	23.4	17.9	0.6	8.8	11.3	9.7	9.1	3.1	3.7	5.4	4.5	364.9
Μέγιστη	192.7	180.3	221.4	155.9	122.6	124.7	146.0	159.6	137.0	254.4	79.1	185.0	1057.1
Συντ. ασυμ.	0.80	0.96	1.03	0.69	0.57	0.59	0.70	0.69	1.17	2.98	0.37	1.44	0.17
Αυτοσυσχ.	-0.03	-0.12	-0.18	0.42	0.43	0.23	0.03	-0.10	0.20	0.03	-0.08	0.34	0.25

Πίνακας 3-20: Στατιστικά χαρακτηριστικά επιφανειακής βροχόπτωσης Πεδιάδας Κατερίνης (6/1957 – 4/2012).

	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αυγ.	Σεπ.	Έτος
Μέση τιμή	105.2	116.1	116.3	86.5	83.2	86.2	68.7	68.1	48.5	33.9	32.6	51.7	894.8
Τυπ. αποκ.	70.5	107.8	109.3	65.5	62.0	45.5	49.3	34.1	37.1	27.3	19.8	38.4	205.7
Ελάχιστη	0.0	12.4	0.0	4.8	7.3	16.7	6.2	17.3	2.1	0.1	3.4	1.0	490.2
Μέγιστη	281.1	456.4	645.1	326.3	279.4	237.2	229.1	158.4	181.0	128.2	84.6	162.0	1396.8
Συντ. ασυμ.	0.76	1.44	2.84	1.39	1.38	0.98	1.44	0.76	1.97	1.42	0.80	1.03	0.33
Αυτοσυσχ.	-0.08	-0.12	-0.11	0.25	0.27	0.08	0.14	-0.15	0.05	0.10	0.02	-0.11	-0.09

Πίνακας 3-21: Στατιστικά χαρακτηριστικά επιφανειακής βροχόπτωσης Περιφ. Τάφρου (10/1965 – 9/2010).

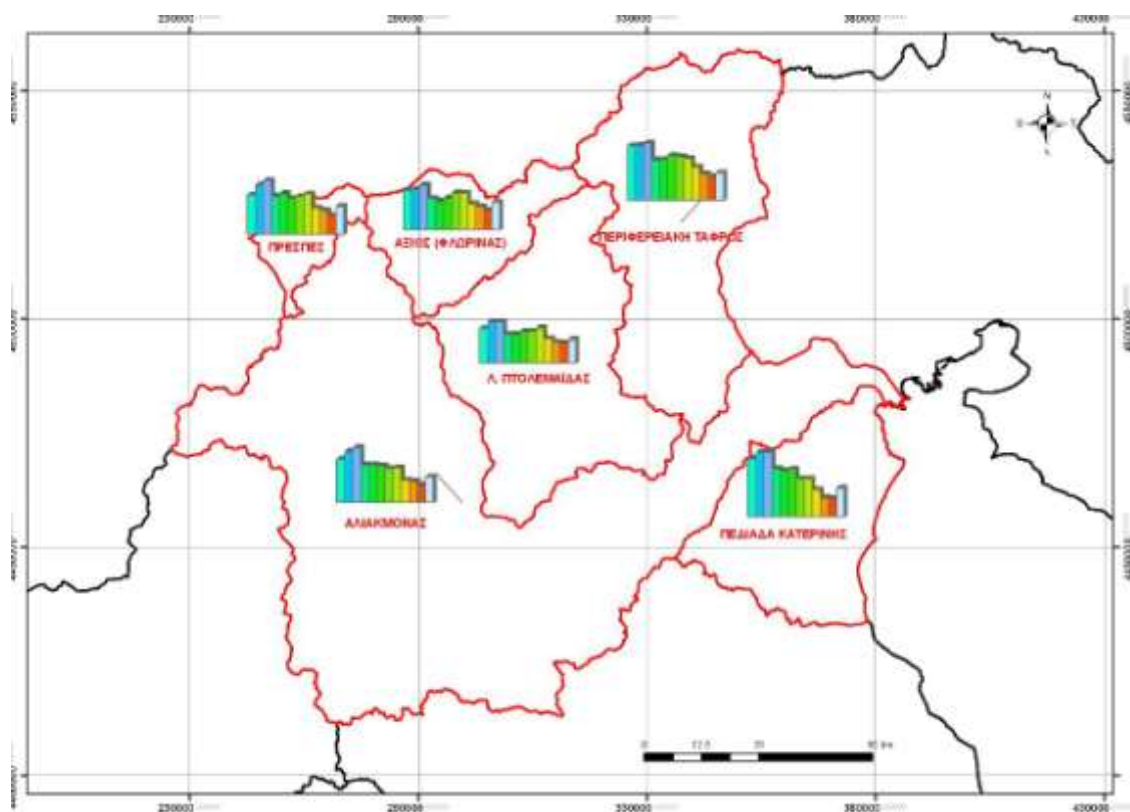
	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αυγ.	Σεπ.	Έτος
Μέση τιμή	98.7	99.7	103.3	72.9	73.2	81.6	79.5	75.7	60.9	47.6	43.2	50.1	886.4
Τυπ. αποκ.	58.8	68.4	76.5	43.3	52.8	42.6	51.0	25.6	45.0	37.9	26.7	39.8	181.1
Ελάχιστη	0.0	21.7	0.0	2.7	7.2	14.7	8.7	22.4	10.3	2.1	0.1	3.3	538.4
Μέγιστη	272.1	291.0	392.2	172.3	212.1	200.4	224.3	161.1	184.2	154.8	132.1	207.4	1339.5
Συντ. ασυμ.	0.59	1.45	1.67	0.56	1.09	0.70	1.16	0.73	1.31	1.19	0.79	1.78	0.04
Αυτοσυσχ.	0.00	-0.02	-0.17	0.39	0.31	0.43	0.06	-0.24	-0.09	0.11	0.06	0.18	0.03

Πίνακας 3-22: Στατιστικά χαρακτηριστικά επιφανειακής βροχόπτωσης Πτολεμαΐδας (1/1964 – 9/2010).

	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αυγ.	Σεπ.	Έτος
Μέση τιμή	62.5	74.0	74.3	52.0	51.2	56.8	56.9	63.2	43.9	37.3	35.5	42.1	652.0
Τυπ. αποκ.	42.2	39.5	43.7	29.8	29.6	25.8	31.9	31.0	27.2	30.7	27.7	31.1	126.7
Ελάχιστη	0.0	18.8	0.0	1.3	5.3	13.4	15.2	12.9	4.3	2.2	0.5	3.6	425.5
Μέγιστη	174.8	175.6	207.3	124.2	143.3	128.5	136.8	147.9	127.4	139.9	122.0	189.6	978.5
Συντ. ασυμ.	0.84	0.96	0.87	0.23	0.74	0.54	0.78	0.67	0.99	1.40	1.26	2.35	0.14
Αυτοσυσχ.	0.02	-0.05	-0.09	0.28	0.29	0.42	-0.09	-0.30	0.23	0.06	0.13	0.15	0.24

Πίνακας 3-23: Στατιστικά χαρακτηριστικά επιφανειακής βροχόπτωσης Πρεσπών (1/1961 – 12/2012).

	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αυγ.	Σεπ.	Έτος
Μέση τιμή	71.0	89.5	97.7	68.8	73.5	64.6	68.5	73.3	47.2	42.9	33.4	50.4	780.0
Τυπ. αποκ.	47.2	42.3	48.5	38.2	40.7	25.2	27.8	31.5	25.5	34.7	18.0	37.0	165.3
Ελάχιστη	0.0	19.8	0.0	1.5	12.7	13.1	20.2	9.8	6.1	0.3	1.6	4.1	480.4
Μέγιστη	197.0	228.7	195.2	150.5	214.4	134.9	186.0	140.2	111.1	219.7	73.0	207.9	1234.9
Συντ. ασυμ.	0.78	1.21	0.31	0.22	1.31	0.21	1.35	-0.02	0.58	2.77	0.22	1.88	0.43
Αυτοσυσχ.	-0.17	-0.07	0.03	0.18	0.33	0.30	-0.14	0.01	0.22	-0.04	-0.04	0.30	0.23



Εικόνα 3-13: Μέσες τιμές μηνιαίων υψών βροχής στις υπολεκάνες του ΥΔ 09.

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. Στα πλαίσια της μελέτης, πραγματοποιήθηκε συλλογή και επεξεργασία των υδρομετρικών δεδομένων σε 23 θέσεις, που φαίνονται στον χάρτη της Εικόνας 3-14. Αυτές αναφέρονται είτε σε σταθμούς μέτρησης της στάθμης (ή και παροχής) ποταμών (υδρομετρικοί σταθμοί), είτε σε θέσεις τεχνικών έργων (φράγματα), όπου η απορροή υπολογίζεται έμμεσα, με επίλυση του υδατικού ισοζυγίου του ταμιευτήρα ως προς τις άγνωστες υδρολογικές εισροές. Το σύνολο των σταθμών ελέγχεται από τη ΔΕΗ. Τα χαρακτηριστικά τους δίνονται στον Πίνακα 3-24 και οι θέσεις τους στην εικόνα 3-14.

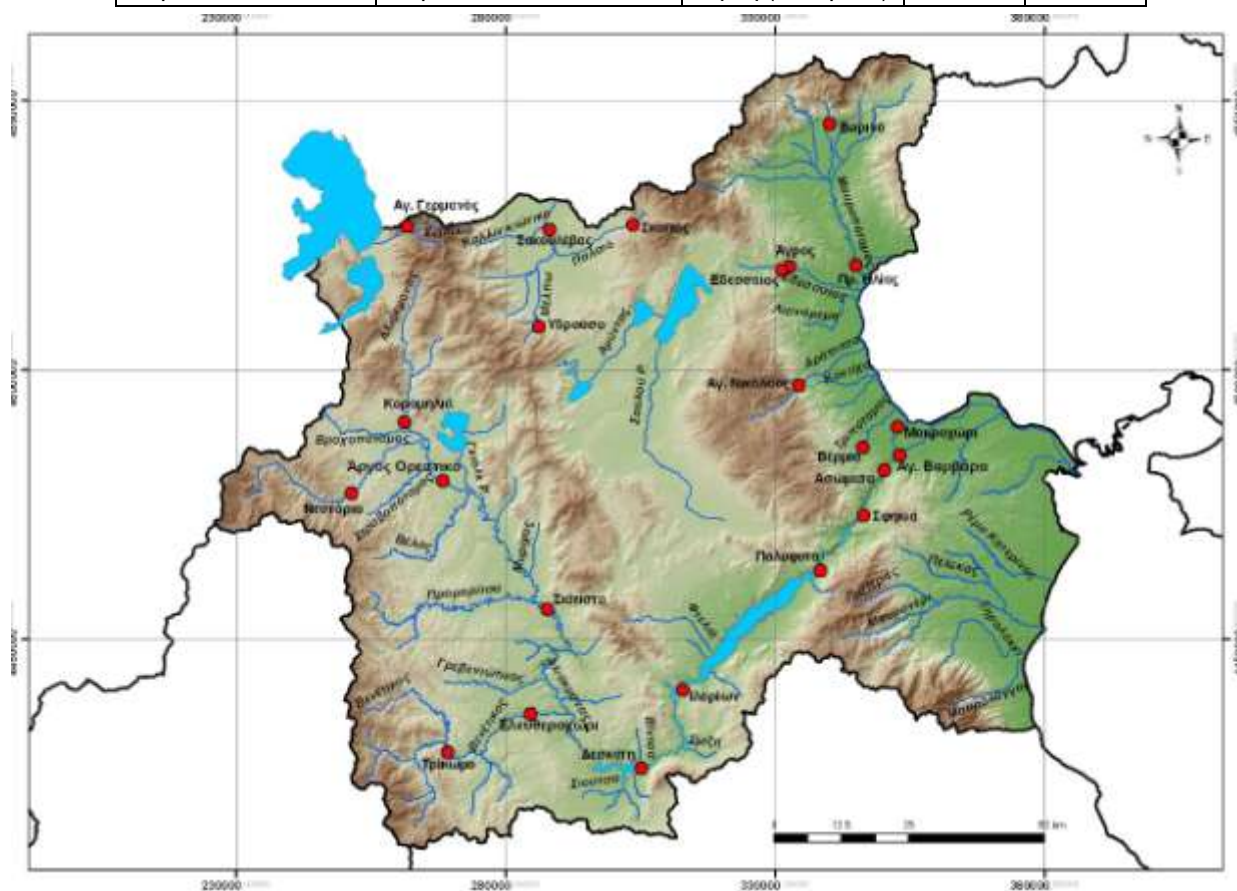
Οι περισσότερες θέσεις βρίσκονται κατά μήκος του κύριου κλάδου του Αλιάκμονα και σε παραποτάμους του. Το σημαντικότερο και μεγαλύτερο δείγμα αναφέρεται στις εισροές του φράγματος Πολυφύτου, που καλύπτει την περίοδο 9/1974 έως 6/2012, δηλαδή 37 πλήρη υδρολογικά έτη. Η εκτίμηση των εισροών, που ταυτίζονται με την απορροή της ανάντη υπολεκάνης, έκτασης 5 800 km², έχει γίνει από τη ΔΕΗ, με βάση τα δεδομένα του μηνιαίου υδατικού ισοζυγίου του ταμιευτήρα (μεταβολή αποθέματος, εκροές από στροβίλους, υπερχειλίσεις). Κατάντη του Πολυφύτου βρίσκονται τρεις ακόμη Υ/Η ταμιευτήρες (Σφηκιά, Ασώματα, Αγία Βαρβάρα), όπου επίσης έχουν υπολογιστεί οι εισροές. Ωστόσο, εξαιτίας της αναρρύθμισης που πραγματοποιείται στο Πολύφυτο, οι εισροές δεν είναι φυσικοποιημένες, και συνεπώς δεν μπορούν να θεωρηθούν αντιπροσωπευτικές της απορροής του ποταμού. Γενικά, σε αρκετές θέσεις τα δεδομένα δεν είναι αξιοποιήσιμα, είτε για τον προαναφερθέντα λόγο είτε επειδή το μήκος τους δεν είναι ικανοποιητικό.

Όλες οι χρονοσειρές μέσω μηνιαίων παροχών έως το 2001 προήλθαν από τη παλαιότερη μελέτη (Υπουργείο Ανάπτυξης & ENM Σύμβουλοι Μηχανικοί, 2008), ενώ τα δεδομένα από τα ισοζύγια ταμιευτήρων δόθηκαν από τη ΔΕΗ επικαιροποιημένα μέχρι το 2012. Στις υπόλοιπες θέσεις αναζητήθηκαν (επίσης από τη ΔΕΗ) πρωτογενή υδρομετρικά δεδομένα, δηλαδή παρατηρήσεις στάθμης και σποραδικές (μία έως δύο ανά μήνα) μετρήσεις στάθμης και παροχής. Στο επόμενο εδάφιο περιγράφεται η επικαιροποίηση των χρονοσειρών, με βάση τα πρωτογενή δεδομένα της περιόδου 2001-2011.

Πίνακας 3-24: Χαρακτηριστικά υδρομετρικών σταθμών και λοιπών θέσεων υπολογισμού της παροχής ποταμών.

Όνομασία	Ποταμός	Υπολεκάνη	Έναρξη	Λήξη
Αγ. Βαρβάρα (ΥΗΣ)	Αλιάκμονας	Αλιάκμονας	Ιαν-93	Ιουν-09
Αγ. Γερμανός	Συράκιο	Πρέσπες	Οκτ-80	Αυγ-84
Αγ. Νικόλαος	Αραπίτσα	Περιφ. τάφρος	Νοε-83	Σεπ-05
Άγρας (ΥΗΣ)	Άγρας	Περιφ. τάφρος	Ιαν-80	Δεκ-07
Άργος Ορεστικό	Αλιάκμονας	Αλιάκμονας	Νοε-96	Σεπ-11
Ασώματα	Αλιάκμονας	Αλιάκμονας	Ιαν-93	Ιουν-09
Βέρμιο (ΥΗΣ)	Τριπόταμος	Περιφ. τάφρος	Ιαν-93	Ιουν-09
Βορινό	Αλμωπαίος	Περιφ. τάφρος	Οκτ-91	Σεπ-98
Δεσκάτη	Αλιάκμονας	Αλιάκμονας	Ιαν-86	Αυγ-88
Εδεσσαίος (ΥΗΣ)	Εδεσσαίος	Περιφ. τάφρος	Ιαν-80	Δεκ-95
Ελευθεροχώρι	Βενέτικος	Αλιάκμονας	Οκτ-80	Σεπ-11
Ιλαρίων	Αλιάκμονας	Αλιάκμονας	Οκτ-80	Νοε-91
Κορομηλιά	Αλιάκμονας	Αλιάκμονας	Οκτ-80	Σεπ-11
Μακροχώρι (ΥΗΣ)	Αλιάκμονας	Αλιάκμονας	Ιαν-93	Δεκ-01
Νεστόριο)	Στραβοπόταμος	Αλιάκμονας	Δεκ-82	Σεπ-04
Πολύφυτο	Αλιάκμονας	Αλιάκμονας	Σεπ-74	Ιουν-12
Προφ. Ηλίας	Αλμωπαίος	Περιφ. τάφρος	Οκτ-80	Σεπ-95
Σακουλέβας	Σακουλέβας	Αξιός (Φλώρινα)	Νοε-90	Σεπ-96
Σιάτιστα	Αλιάκμονας	Αλιάκμονας	Οκτ-80	Σεπ-11
Σκοπός	Ρέμα Παπαδιάς (Αξιός)	Αξιός (Φλώρινα)	Φεβ-74	Δεκ-07

Σφηκιά	Αλιάκμονας	Αλιάκμονας	Σεπ-85	Οκτ-92
Τρίκωμο	Βενέτικος	Αλιάκμονας	Οκτ-93	Σεπ-11
Υδροούσα	Ρέμα Μέλπω	Αξιός (Φλώρινα)	Οκτ-73	Σεπ-90



Εικόνα 3-14: Θέσεις μέτρησης ή εκτίμησης της παροχής στο ΥΔ 09.

3.5.2. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΠΡΩΤΟΓΕΝΩΝ ΥΔΡΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΠΡΟΣΦΑΤΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ

Τα υδρομετρικά δεδομένα αναφέρονται στις θέσεις Άργος Ορεστικό, Γέφυρα Κορομηλιάς, Ελευθεροχώρι, (Γέφυρα Γρεβενών), Σιάτιστα, Σκοπός και Τρίκωμο, όπου η ΔΕΗ πραγματοποιεί συστηματικές μετρήσεις στάθμης (κατά κανόνα, μία ανά ημέρα) καθώς και συστηματικές (μία έως δύο ανά μήνα) υδρομετρήσεις, με τη χρήση μιλίσκου. Στους παραπάνω υδρομετρικούς σταθμούς, αναζητήθηκαν τα πλέον πρόσφατα δεδομένα, τα οποία δόθηκαν σε πρωτογενή μορφή (σε αντίθεση με τα δεδομένα πριν το 2001, για τα οποία δόθηκαν απευθείας οι τελικές εκτιμήσεις μέσης μηνιαίας παροχής).

Η διαδικασία υπολογισμού των μηνιαίων παροχών σε κάθε θέση έγινε ως εξής:

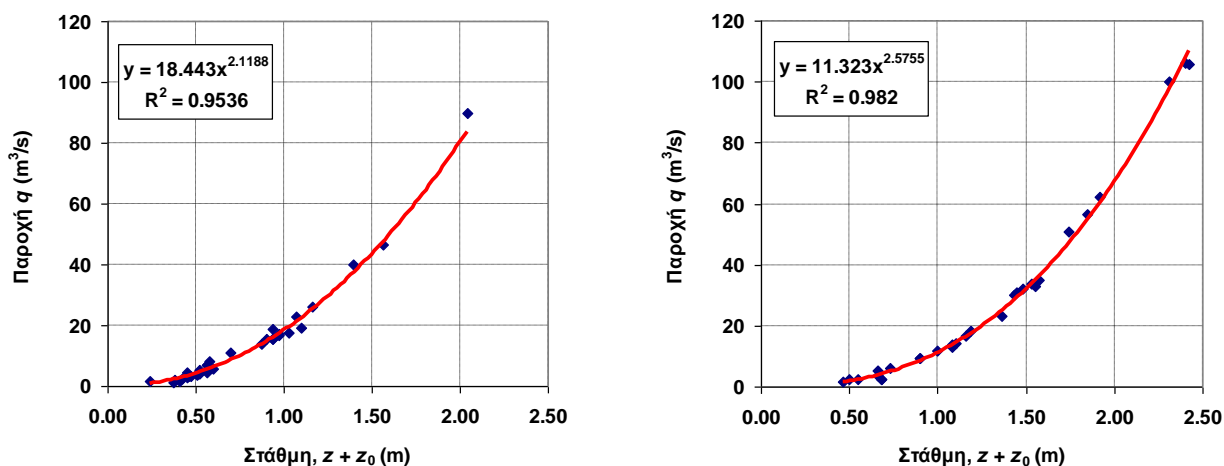
Αρχικά, με βάση το δείγμα ταυτόχρονων μετρήσεων στάθμης και παροχής, καταρτίστηκαν οι σχέσεις στάθμης h (σε m) και παροχής q (σε m^3/s) για τη συγκεκριμένη διατομή του ποταμού, με προσαρμογή μιας εκθετικής εξίσωσης της μορφής:

$$q = \kappa (h - h_0)^\lambda \quad (3.2)$$

όπου h_0 μια στάθμη αναφοράς σε m, στην οποία μηδενίζεται η ροή του νερού, και κ, λ παράμετροι, που εκτιμώνται μέσω παλινδρόμησης, δηλαδή με κριτήριο την ελαχιστοποίηση του μέσου τετραγωνικού σφάλματος μεταξύ των μετρημένων και εκτιμημένων, από την παραπάνω σχέση, παροχών.

Σε δύο περιπτώσεις (Σιάτιστα, Τρίκωμο), κρίθηκε αναγκαία η θεώρηση επιμέρους χρονικών περιόδων κατά τις οποίες ισχύουν διαφορετικές σχέσεις στάθμης-παροχής. Πρόκειται για μια συνηθισμένη πρακτική, που

αιτιολογείται είτε από την αλλαγή των γεωμετρικών χαρακτηριστικών της διατομής (π.χ. από το πέρασμα μιας ισχυρής πλημμύρας) είτε την αλλαγή της θέσης του οργάνου καταγραφής της στάθμης (απλό σταθμήμετρο ή σταθμηγράφος). Στην Εικόνα 3-15 απεικονίζονται οι δύο σχέσεις στάθμης-παροχής που εφαρμόστηκαν στον σταθμό Σιάτιστα, για τις περιόδους 10/2001 έως 8/2007 και 9/2007 έως 9/2011.



Εικόνα 3-15: Προσαρμογή καμπυλών στάθμης-παροχής στις υδρομετρήσεις των περιόδων 10/2001 έως 8/2007 (αριστερά) και 9/2007 έως 9/2011 (δεξιά) του υδρομετρικού σταθμού Σιάτιστα.

Οι εμπειρικές σχέσεις στάθμης-παροχής που καταρτίστηκαν σε κάθε σταθμό και για κάθε χρονική περίοδο δίνονται στον Πίνακα 3-25. Στη συνέχεια, οι σχέσεις εφαρμόστηκαν για τον υπολογισμό των μέσων ημερήσιων παροχών, με βάση τις ημερήσιες χρονοσειρές στάθμης (αναφέρονται σε μία παρατήρηση στάθμης ανά ημέρα), και ακολούθως τον υπολογισμό των μέσων μηνιαίων παροχών, ως μέσος όρος των επιμέρους τιμών κάθε μήνα. Κατά κανόνα, οι χρονοσειρές αυτές δεν ήταν συνεχείς. Ωστόσο, σε πολλές περιπτώσεις, περιείχαν μικρό μόνο αριθμό κενών τιμών ανά μήνα, έτσι ώστε η μέση τιμή των παροχών κάθε μήνα να θεωρηθεί αντιπροσωπευτική της μέσης μηνιαίας παροχής. Επιπλέον, τους θερινούς μήνες, κατά τους οποίους η απορροή οφείλεται κατά κανόνα μόνο στην βασική ροή, ακόμα και σποραδικές παρατηρήσεις στάθμης θεωρήθηκαν ικανοποιητικές για την εκτίμηση της μέσης μηνιαίας παροχής.

Αντίθετα, κατά την υγρή περίοδο, όταν το μεγαλύτερο ποσοστό της απορροής οφείλεται στις πλημμυρικές ροές, η απουσία συστηματικών παρατηρήσεων στάθμης σε κάποιους μεμονωμένους μήνες δεν επέτρεψε την εξαγωγή αξιόπιστων τιμών μηνιαίας παροχής (π.χ. στο Άργος Ορεστικό). Γενικά πάντως, οι εκτιμήσεις είναι ικανοποιητικές, καθώς σε όλους τους σταθμούς οι μέσες τιμές του δείγματος παροχών της πλέον πρόσφατης περιόδου είναι συνεπείς με τις μέσες μηνιαίες τιμές των δειγμάτων πριν το έτος 2000 (βλ. και Πίνακα 3-26).

Πίνακας 3-25: Σχέσεις στάθμης-παροχής υδρομετρικών σταθμών περιοχής μελέτης.

Σταθμός	Περίοδος 1	Καμπύλη 1	Περίοδος 2	Καμπύλη 2
Άργος Ορεστικό	10/01 - 9/11	$q = 15.40 (h + 0.1)^{2.43}$		
Ελευθεροχώρι	10/01 - 9/11	$q = 34.03 (h + 0.1)^{1.80}$		
Κορομηλιά	10/00 - 9/11	$q = 10.72 (h - 0.2)^{1.95}$		
Σιάτιστα	10/01 - 8/07	$q = 18.44 (h + 0.1)^{2.12}$	9/07 - 9/11	$q = 11.32 (h + 0.5)^{2.58}$
Σκοπός	10/00 - 12/07	$q = 6.50 (h + 0.1)^{2.73}$		
Τρίκωμο	10/01 - 3/08	$q = 8.68 h^{2.79}$	4/08 - 9/11	$q = 5.56 h^{2.50}$

Πίνακας 3-26: Σύγκριση μέσου όρου χρονοσειράς μηνιαίων παροχών πρόσφατης (2000-2011) και προγενέστερης περιόδου, με βάση τα επεξεργασμένα δείγματα μηνιαίων παροχών της ΔΕΗ.

Σταθμός	Περίοδος	Μ.Ο. παροχής (m³/s)	Περίοδος	Μ.Ο. παροχής (m³/s)
Άργος Ορεστικό	2001-11	11.30	1996-01	10.82

Ελευθεροχώρι	2001-11	16.54	1980-88	17.59
Κορομηλιά	2000-11	3.72	1980-89	3.82
Σιάτιστα	2001-11	21.04	1980-88	20.36
Σκοπός	2001-07	0.60	1974-90	0.67
Τρίκωμο	2000-11	12.35	1993-98	14.13

3.5.3. ΤΕΛΙΚΕΣ ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΕΣ ΠΑΡΟΧΩΝ

Από τους 23 σταθμούς του Πίνακα 3-24, σε 11 από αυτούς κατέστη δυνατή η κατάρτιση αξιόπιστων χρονοσειρών μηνιαίας και ετήσιας παροχής για μια περίοδο δέκα τουλάχιστον υδρολογικών ετών. Σε πολύ λίγες περιπτώσεις που υπήρχαν μία ή δύο κενές τιμές στη διάρκεια του έτους (συνήθως θερινών μηνών), αυτές συμπληρώθηκαν με βάση την παροχή κάποιου γειτονικού, καλά συσχετισμένου σταθμού. Στις επεξεργασίες, δεν ελήφθησαν υπόψη οι παροχές που μετρώνται ή υπολογίζονται κατάντη φραγμάτων, καθώς αυτές είναι έντονα εξαρτώμενες από τις ρυθμιζόμενες εκροές των ταμιευτήρων. Από τις 11 θέσεις, τέσσερις βρίσκονται στην κύρια κοίτη του Αλιάκμονα (Κορομηλιά, Νεστόριο, Σιάτιστα, Πολύφυτο) και δύο στον μεγαλύτερο παραπόταμό του, τον Βενέτικο (Ελευθεροχώρι, Τρίκωμο). Σημαντικός σταθμός είναι αυτός του Προφήτη Ηλία, που ελέγχει το σύνολο σχεδόν της απορροής του Αλμωπαίου, λίγο ανάντη της συμβολής του με την Περιφερειακή Τάφρο. Τέλος, οι σταθμοί Σκοπού και Υδρούσας ελέγχουν την απορροή δύο μικρών ρεμάτων του ανάντη ρου του Αξιού (Φλώρινας). Οι χρονοσειρές ετήσιων παροχών δίνονται στον Πίνακα 3-27. Τα στατιστικά χαρακτηριστικά τους δίνονται στους Πίνακες 3-28 έως 3-40.

Πίνακας 3-27: Χρονοσειρές ετήσιων παροχών (m³/s) στις θέσεις ενδιαφέροντος.

Υδρ. έτος	Αγ. Νικόλαος	Άγρας	Βέρμιο	Ελευθεροχώρι	Κορομηλιά	Πολύφυτο	Προφ. Ηλίας	Σιάτιστα	Σκοπός	Τρίκωμο	Υδρούσα
1974-75						41.72			0.46		1.02
1975-76						36.59			0.74		0.64
1976-77						34.41			0.49		0.65
1977-78						49.25			0.41		0.89
1978-79						61.77			0.93		1.62
1979-80						75.19			1.28		1.65
1980-81		2.50		21.62	5.92	63.82	14.98	24.22	1.18		1.18
1981-82		3.58		18.32	4.29	42.70	12.72	24.31	0.71		1.07
1982-83		3.08		12.77	3.90	53.26	13.78	18.27	0.77		1.02
1983-84	2.80	2.97		22.08	4.95	73.63	20.43	27.25	0.96		1.26
1984-85	1.93	2.94		12.23	2.88	37.27	9.48	12.74	0.46		0.63
1985-86	1.92	3.42		16.48	6.49	52.91	13.02	24.59	0.75		1.05
1986-87	2.51	3.05		18.92	3.76	52.56	12.64	20.97	0.64		1.14
1987-88	1.40	3.13		10.87	1.97	27.82	4.76	9.72	0.27		0.46
1988-89	1.33	2.66			1.87	24.34	3.75		0.27		0.43
1989-90	0.82	2.61			1.75	16.46	3.74		0.12		0.29
1990-91	2.39	2.37				54.65	9.20				
1991-92	1.55	2.07				22.19	7.34				
1992-93	1.05	2.19				28.84	4.66				
1993-94	1.76		0.85			47.94	7.36			16.13	
1994-95	1.09	1.69	0.63			39.39	4.62			12.21	
1995-96	1.29	1.88	0.73			46.94				13.49	
1996-97	1.56	2.04	0.93			36.42				14.61	
1997-98	1.57	1.56	0.80			35.62				13.87	
1998-99	2.00	2.17	1.23			60.72					
1999-00	1.58	1.74	0.98			38.08					
2000-01	1.13	1.58	0.72		1.12	17.68			0.14		
2001-02	1.39	1.58	0.71	9.60	1.58	25.16		7.35	0.28	9.06	
2002-03	2.64		1.19	19.32	4.88	72.14		26.43	1.15		

2003-04	2.89	2.16	1.19	17.59	4.24	55.88		19.93	0.70	14.03	
2004-05	0.86	1.91	0.89	13.06	4.37	44.92		17.56	0.50	11.11	
2005-06		2.31	0.81	20.27	4.52	61.20		34.27	1.09	13.57	
2006-07		1.77	0.66	7.67	2.06	23.87		7.34	0.34	6.42	
2007-08		1.68	0.58	8.38	2.53	28.59		7.69		7.62	
2008-09		2.05		15.06	4.14	47.65		19.73			
2009-10		2.46		26.01	6.94	90.90		43.25		17.68	
2010-11		2.54		27.46	4.46	64.01		25.66		15.17	

Πίνακας 3-28: Στατιστικά χαρακτηριστικά παροχής Αραπίτσας στη θέση Άγιος Νικόλαος (10/1983 – 9/2005).

	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αυγ.	Σεπ.	Έτος
Μέση τιμή	0.87	1.14	1.54	1.77	2.06	2.87	4.42	2.80	1.19	0.69	0.53	0.59	1.70
Τυπ. αποκ.	0.44	0.49	0.79	1.14	1.35	1.42	2.61	1.43	0.63	0.31	0.24	0.37	0.62
Ελάχιστη	0.24	0.44	0.55	0.76	0.79	0.89	0.98	0.62	0.34	0.26	0.27	0.27	0.82
Μέγιστη	2.20	2.24	4.03	5.02	5.82	6.05	10.77	5.59	2.63	1.43	1.23	2.03	2.89

Πίνακας 3-29: Στατιστικά χαρακτηριστικά παροχής Άγρα ανάντη ΥΗΣ (1/1980 – 6/2012).

	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αυγ.	Σεπ.	Έτος
Μέση τιμή	2.24	2.46	2.54	2.61	2.64	2.68	2.69	2.42	2.09	1.63	1.74	2.19	2.33
Τυπ. αποκ.	0.58	0.76	0.77	0.68	0.66	0.73	0.79	0.66	0.58	0.50	0.51	0.98	0.58
Ελάχιστη	1.30	1.50	1.60	1.50	1.60	1.70	1.70	1.30	1.20	0.90	1.00	1.30	1.56
Μέγιστη	3.40	5.00	5.40	4.60	3.90	4.40	4.60	3.80	3.30	2.50	2.80	6.10	3.58

Πίνακας 3-30: Στατιστικά χαρακτηριστικά παροχής Τριπόταμου ανάντη ΥΗΣ Βερμίου (1/1993 – 6/2009).

	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αυγ.	Σεπ.	Έτος
Μέση τιμή	0.88	0.91	0.98	1.03	1.07	1.07	1.04	1.01	0.63	0.41	0.39	0.63	0.86
Τυπ. αποκ.	0.20	0.17	0.26	0.23	0.23	0.27	0.28	0.29	0.33	0.30	0.32	0.25	0.21
Ελάχιστη	0.48	0.62	0.49	0.82	0.81	0.71	0.59	0.60	0.20	0.12	0.00	0.29	0.58
Μέγιστη	1.31	1.31	1.48	1.43	1.47	1.57	1.68	1.56	1.35	1.03	1.02	1.18	1.23

Πίνακας 3-31: Στατιστικά χαρακτηριστικά παροχής Βενέτικου στη θέση Ελευθεροχώρι – Γέφυρα Γρεβενών (10/1980 -6/1988 και 10/2001 – 9/2011).

	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αυγ.	Σεπ.	Έτος
Μέση τιμή	6.31	20.42	30.48	26.22	30.10	30.36	29.57	16.03	4.86	2.15	1.27	1.72	16.54
Τυπ. αποκ.	6.34	23.59	24.76	16.11	16.53	11.16	9.77	8.13	2.09	1.39	0.59	1.52	5.79
Ελάχιστη	0.54	2.42	3.49	8.84	8.22	14.75	15.62	4.86	1.97	0.13	0.00	0.50	7.67
Μέγιστη	26.27	89.91	90.21	60.17	67.00	49.66	52.32	33.94	9.45	4.84	2.21	7.13	27.46

Πίνακας 3-32: Στατιστικά χαρακτηριστικά παροχής Αλιάκμονα στη θέση του φράγματος Ιλαρίωνα (10/1980 – 11/1990).

	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αυγ.	Σεπ.	Έτος
Μέση τιμή	11.64	30.63	55.65	48.85	66.39	83.37	76.68	48.91	19.50	7.68	5.34	4.69	38.31
Τυπ. αποκ.	8.17	17.90	42.90	29.15	50.93	42.73	40.87	27.18	8.77	4.33	2.10	2.28	15.61
Ελάχιστη	3.10	13.50	9.80	11.30	13.40	11.80	17.20	14.20	7.80	2.30	2.10	2.10	12.14
Μέγιστη	27.10	67.80	115.30	106.60	176.30	145.60	124.30	93.40	33.80	16.70	8.20	9.40	55.30

Πίνακας 3-33: Στατιστικά χαρακτηριστικά παροχής Αλιάκμονα στη θέση Γέφυρα Κορομηλιάς (10/1980 – 8/1989 και 10/2000 – 9/2011).

	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αυγ.	Σεπ.	Έτος
Μέση τιμή	2.06	2.98	4.37	4.02	5.37	6.70	7.09	5.41	3.01	1.62	1.17	1.26	3.84
Τυπ. αποκ.	1.15	2.02	2.87	2.20	3.82	4.00	3.18	2.35	1.16	0.69	0.45	0.42	1.63
Ελάχιστη	0.52	0.69	0.79	0.96	1.32	1.41	2.50	1.74	0.97	0.63	0.45	0.55	1.12
Μέγιστη	4.91	8.39	9.42	9.10	15.22	15.23	12.89	9.09	5.73	2.74	2.06	2.26	6.94

Πίνακας 3-34: Στατιστικά χαρακτηριστικά παροχής Αλιάκμονα στη θέση Γέφυρα Νεστορίου, στην οποία περιλαμβάνεται η παροχή του ομώνυμου υδραύλακα (12/1982 – 9/2004).

	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αυγ.	Σεπ.	Έτος
Μέση τιμή	2.15	4.13	5.80	4.60	5.61	7.09	9.86	8.65	3.51	1.22	0.74	1.25	4.34
Τυπ. αποκ.	2.03	2.37	3.52	3.68	3.07	3.27	4.29	4.21	2.01	0.56	0.36	1.60	1.47
Ελάχιστη	0.40	0.79	1.06	1.00	1.46	1.47	4.25	3.42	1.10	0.36	0.30	0.25	2.88
Μέγιστη	6.18	10.81	13.41	15.34	12.85	12.82	19.08	17.50	8.87	2.10	1.59	6.07	6.54

Πίνακας 3-35: Στατιστικά χαρακτηριστικά παροχής Αλιάκμονα ανάντη του φράγματος Πολυφύτου (9/1974 – 6/2012).

	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αυγ.	Σεπ.	Έτος
Μ.Τ.	20.71	41.71	66.49	62.34	77.70	81.24	81.50	53.67	25.94	12.97	10.92	12.99	45.58
Τ.Α.	12.26	30.05	42.24	37.32	48.40	41.09	34.12	22.39	11.21	6.24	5.02	6.37	17.62
Ελάχ.	0.63	6.36	14.50	14.90	14.91	16.01	21.25	17.90	8.21	3.58	3.10	3.13	16.46
Μέγ.	62.08	146.83	184.02	165.85	255.29	182.14	141.49	104.99	58.78	25.75	20.14	37.41	90.90

Πίνακας 3-36: Στατιστικά χαρακτηριστικά παροχής Αλμωπαίου στη θέση Προφήτης Ηλίας (10/1980 – 9/1995).

	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αυγ.	Σεπ.	Έτος
Μέση τιμή	8.58	9.13	10.25	9.43	11.69	13.15	17.30	13.16	7.40	4.39	4.15	5.62	9.50
Τυπ. αποκ.	6.61	6.02	7.42	5.38	7.72	8.29	9.16	7.15	4.64	3.32	3.89	5.30	4.97
Ελάχιστη	2.09	3.36	3.85	4.19	4.38	4.03	4.29	3.76	2.72	1.15	1.03	0.90	3.74
Μέγιστη	20.82	20.70	24.33	21.93	26.87	27.77	28.55	24.19	18.21	13.36	16.31	18.83	20.43

Πίνακας 3-37: Στατιστικά χαρακτηριστικά παροχής Αλιάκμονα στη θέση Σιάτιστα (10/1980 – 9/1988 και 10/2001 – 9/2011).

	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αυγ.	Σεπ.	Έτος
Μέση τιμή	7.55	16.19	27.27	26.29	39.09	47.62	37.48	25.93	11.22	4.47	2.25	3.51	20.63
Τυπ. αποκ.	5.89	19.11	22.66	15.54	30.07	29.36	14.40	11.28	5.04	2.96	1.40	3.01	9.58
Ελάχιστη	0.90	1.23	1.52	4.84	6.19	13.08	18.24	10.93	2.94	0.00	0.00	0.01	7.34
Μέγιστη	24.53	77.48	73.22	60.40	114.31	115.53	67.41	49.87	19.18	10.85	4.51	13.69	43.25

Πίνακας 3-38: Στατιστικά χαρακτηριστικά παροχής ρέματος Παπαδιάς στη θέση Σκοπός (2/1974 – 1/1991 και 10/2000 – 12/2007).

	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αυγ.	Σεπ.	Έτος
Μέση τιμή	0.28	0.40	0.59	0.63	0.64	0.91	1.66	1.45	0.75	0.23	0.12	0.15	0.64
Τυπ. αποκ.	0.34	0.38	0.47	0.52	0.43	0.73	1.13	1.00	0.54	0.25	0.10	0.22	0.34
Ελάχιστη	0.01	0.03	0.02	0.08	0.11	0.10	0.10	0.08	0.03	0.00	0.00	0.00	0.12
Μέγιστη	1.66	1.96	2.00	1.80	1.62	3.34	4.88	3.48	2.11	1.08	0.37	1.08	1.28

Πίνακας 3-39: Στατιστικά χαρακτηριστικά παροχής Βενέτικου στη θέση Τρίκωμο (10/1993 – 9/1998 και 10/2001 – 9/2011).

	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αυγ.	Σεπ.	Έτος
Μέση τιμή	5.96	15.44	21.26	22.65	22.06	23.03	21.77	13.50	3.91	2.09	1.49	3.26	12.69
Τυπ. αποκ.	6.10	13.42	12.59	13.30	11.34	8.62	5.78	6.88	1.57	0.87	0.71	4.45	3.32
Ελάχιστη	0.92	1.57	4.40	7.57	8.03	9.83	14.10	3.74	1.77	0.98	0.74	0.87	6.42
Μέγιστη	20.07	52.49	38.45	48.01	39.83	38.23	33.45	28.55	7.59	3.84	2.77	18.06	17.68

Πίνακας 3-40: Στατιστικά χαρακτηριστικά παροχής ρέματος Μέλπω στη θέση Υδρούσα (2/1974 – 9/1990).

	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αυγ.	Σεπ.	Έτος
Μέση τιμή	0.30	0.69	0.95	1.12	1.38	1.76	2.25	1.77	0.67	0.24	0.17	0.17	0.94
Τυπ. αποκ.	0.26	0.58	0.76	1.24	0.82	0.98	0.96	0.97	0.35	0.17	0.15	0.15	0.40
Ελάχιστη	0.05	0.25	0.14	0.24	0.25	0.27	0.68	0.51	0.23	0.02	0.02	0.01	0.29
Μέγιστη	1.14	2.43	2.20	5.39	2.68	3.37	3.89	3.53	1.61	0.57	0.59	0.59	1.65

3.5.4. ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΣΥΣΧΕΤΙΣΕΩΝ ΕΤΗΣΙΩΝ ΠΑΡΟΧΩΝ

Η διερεύνηση της στατιστικής συσχέτισης των παροχών στις διάφορες θέσεις παρουσιάζει σημαντικό επιχειρησιακό ενδιαφέρον, καθώς, με εξαίρεση την χρονοσειρά παροχών του Αλιάκμονα στον Πολύφυτο, τα περισσότερα δείγματα έχουν μικρό μήκος δεδομένων και σε κάθε περίπτωση μη επαρκές για την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων σχετικά με τη δίαιτα των υδρολογικών ξηρασιών στην περιοχή μελέτης. Η διερεύνηση γίνεται σε ετήσια κλίμακα, που είναι κατάλληλη για τη μελέτη των ξηρασιών. Ως χρονοσειρά αναφοράς λαμβάνεται αυτή του Πολυφύτου, για την οποία καταρτίζονται τα διαγράμματα διασποράς με όλες τις άλλες θέσεις ενδιαφέροντος. Με βάση το διάγραμμα διασποράς, υπολογίζονται οι παράμετροι της εξίσωσης γραμμικής παλινδρόμησης και ο συντελεστής προσδιορισμού.

Στην Εικόνα 3-16 απεικονίζονται τα διαγράμματα διασποράς των μέσων ετήσιων παροχών του Αλιάκμονα στον Πολύφυτο με τις παροχές στους τέσσερις υδρομετρικούς σταθμούς που βρίσκονται κατά μήκος του άνω ρου του ποταμού (Κορομηλιά, Νεστόριο, Σιάτιστα, Ιλαρίωνας). Σε όλες τις θέσεις, οι συντελεστές προσδιορισμού των ετήσιων παροχών με τις ετήσιες εισροές στον ταμιευτήρα Πολυφύτου είναι υψηλοί, καθώς κυμαίνονται από 0.81 έως 0.85. Αυτό σημαίνει ότι, σε ετήσια τουλάχιστον κλίμακα, η παροχή που εκτιμάται στο Πολύφυτο, μέσω του μηνιαίου υδατικού ισοζυγίου του ταμιευτήρα, είναι αντιπροσωπευτική της υδρολογικής δίαιτας του Αλιάκμονα, στο ανάντη τμήμα του, και μάλιστα εμφανίζει ισχυρή γραμμική συσχέτιση. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι η κλίση της σχέσης γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ των ετήσιων παροχών Σιάτιστας και Πολυφύτου είναι ίση με 0.48, και ταυτίζεται με το λόγο των εμβαδών των λεκανών απορροής τους ($2\ 724 / 5\ 800 = 0.47$).

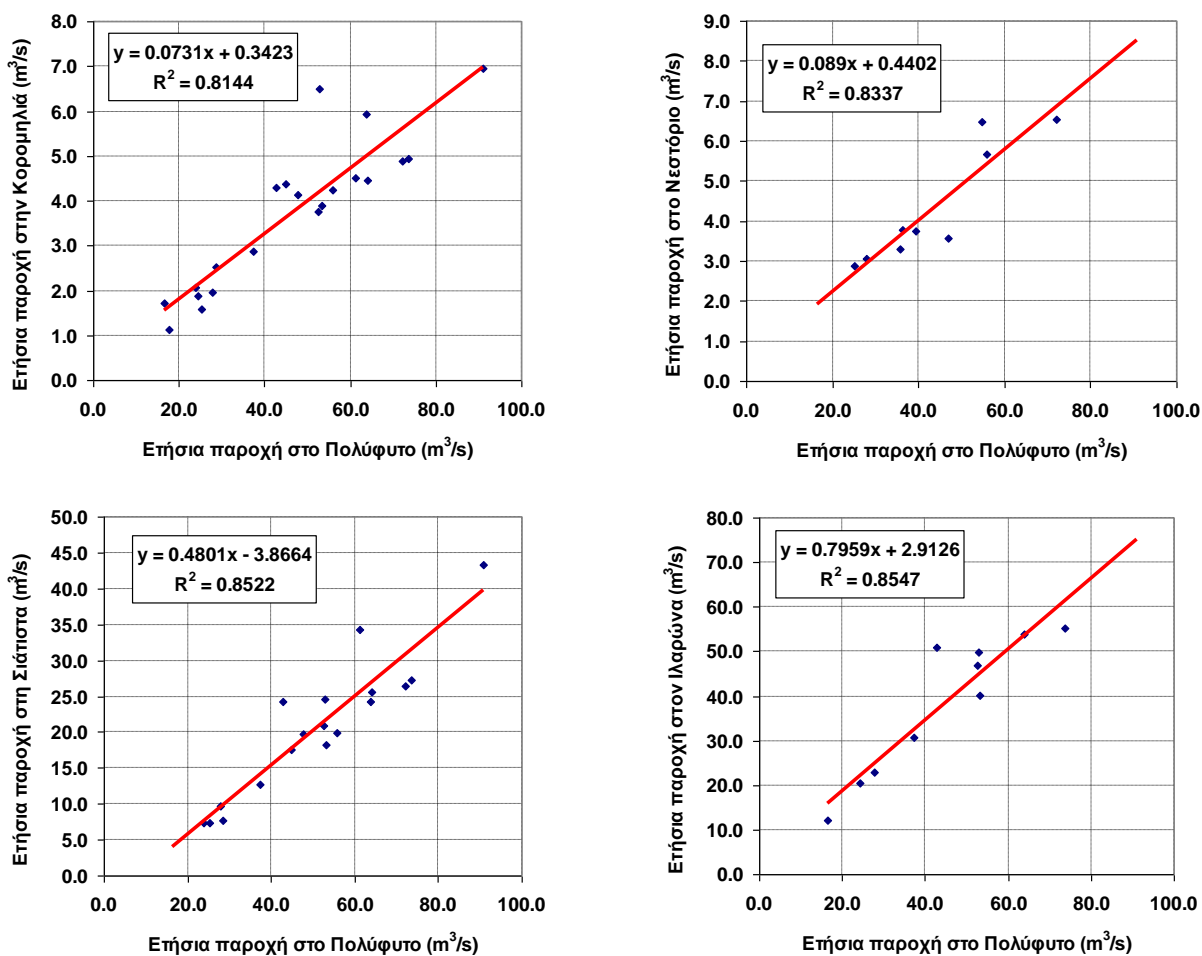
Στην Εικόνα 3-17 απεικονίζονται τα διαγράμματα διασποράς των μέσων ετήσιων παροχών του Αλιάκμονα στο Πολύφυτο με τις παροχές του παραποτάμου του Βενέτικου, στους δύο υδρομετρικούς σταθμούς, Τρίκωμο (ανάντη) και Ελευθεροχώρι (κατάντη). Στην ανάντη θέση, ο συντελεστής προσδιορισμού είναι αρκετά χαμηλός (0.53), αλλά βελτιώνεται σημαντικά στο Ελευθεροχώρι (0.77), που βρίσκεται κοντά στη συμβολή του Βενέτικου με τον κύριο κλάδο του Αλιάκμονα. Συνεπώς, η απορροή της υπολεκάνης του Βενέτικου είναι καλά συσχετισμένη με την απορροή της συνολικής λεκάνης του Αλιάκμονα, ανάντη του φράγματος Πολυφύτου.

Στην Εικόνα 3-18 απεικονίζεται τα διαγράμματα διασποράς των μέσων ετήσιων παροχών του Αλιάκμονα στο Πολύφυτο με τις παροχές των σταθμών της υπολεκάνης Περιφερειακής Τάφρου, οι οποίοι και ελέγχουν τις απορροές σχετικά μικρών ορεινών λεκανών. Παρατηρείται ότι οι συντελεστές προσδιορισμού με τις παροχές των πηγών του ρέματος Αραπίτσα (υδρομετρικός σταθμός Άγιος Νικόλαος, με έκταση λεκάνης 114.3 km²), του Αλμωπαίου ή Μαυροπόταμου (υδρομετρικός σταθμός Προφ. Ηλίας) και του Τριπόταμου (ΥΗΣ Βερμίου) είναι 0.62, 0.78 και 0.54, αντίστοιχα. Συνεπώς, υπάρχει από μέτρια έως καλή γραμμική συσχέτιση με τις ετήσιες παροχές στο Πολύφυτο. Αντίθετα, στον ΥΗΣ Άγρα δεν προκύπτει τέτοια συσχέτιση (συντελεστής προσδιορισμού 0.10). Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι εισροές που υπολογίζονται από το ισοζύγιο του ταμιευτήρα προέρχονται από τεχνητά ρυθμιζόμενες απολήψεις. Ειδικότερα, ο ΥΗΣ λειτουργεί με νερό από τον ημιφυσικό υγρότοπο Άγρα-Νησίου-Βρυττών, που, μέσω του ΥΗΣ Έδεσσαίου, καταλήγει σε μικρό αναρρυθμιστικό ταμιευτήρα. Από εκεί τροφοδοτούνται και οι καταρράκτες της Έδεσσας, που έχουν σχεδόν σταθερή ροή όλο τον χρόνο.

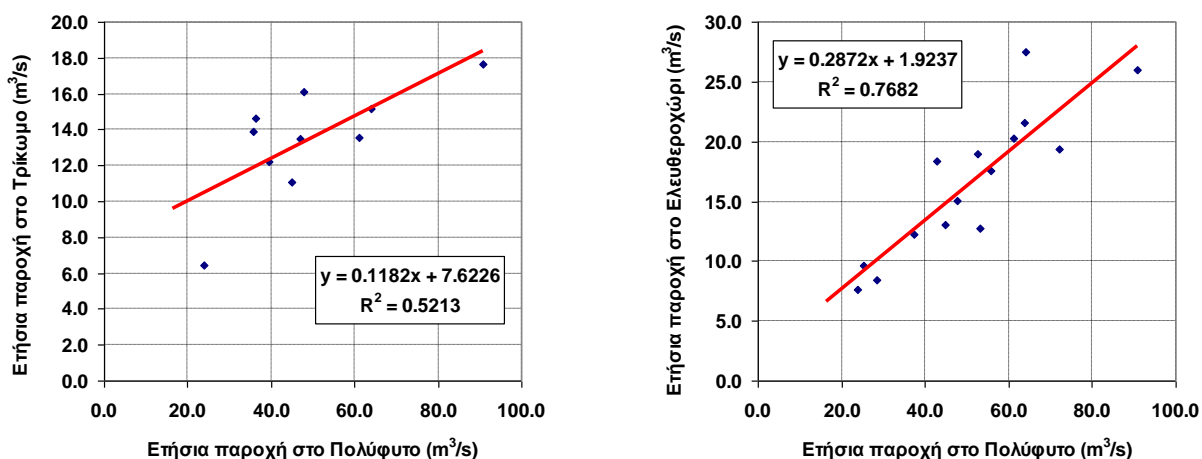
Από την άλλη πλευρά, η συσχέτιση με τις παροχές στο ρέμα Παπαδιάς (υδρομετρικός σταθμός Σκοπός, με έκταση λεκάνης 112.5 km²) και την Υδρούσα (62.4 km²) είναι πολύ υψηλή, με συντελεστή προσδιορισμού 0.85 περίπου (Εικόνα 3-19). Υπενθυμίζεται ότι οι δύο παραπάνω σταθμοί βρίσκονται στην ανάντη λεκάνη απορροής του Αξιού (Φλώρινας), που στη συνέχεια κατευθύνεται βόρεια, διερχόμενος από το έδαφος της πΓΔΜ.

Από την παραπάνω ανάλυση προκύπτει ότι, γενικά, η υδρολογική δίαιτα των απορροής στις υπολεκάνες του Αλιάκμονα, του Αξιού Φλώρινας και, σε μικρότερο βαθμό, της Περιφερειακής Τάφρου, εμφανίζει σημαντική στατιστική συσχέτιση, κάτι που επιτρέπει τη θεώρηση της χρονοσειράς ετήσιας παροχής του Πολυφύτου ως αντιπροσωπευτικής για τα ποτάμια της περιοχής. Όσον αφορά στις υπόλοιπες υπολεκάνες

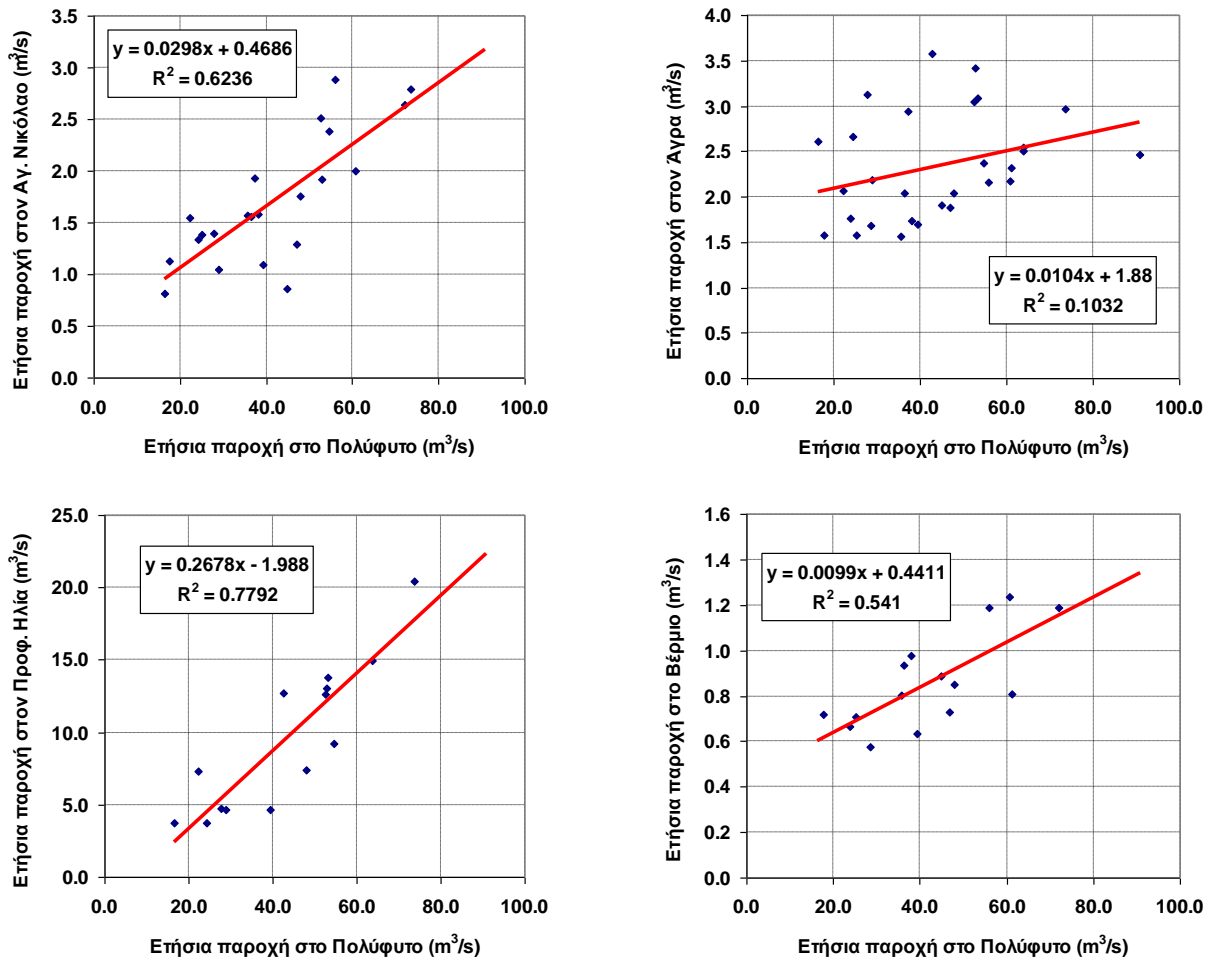
του ΥΔ 09 (Πεδιάδα Κατερίνης, Πρέσπες, Πτολεμαΐδα), δεν υπάρχουν επαρκή υδρομετρικά δεδομένα ώστε να μπορεί να εξαχθεί κάποιο ασφαλές συμπέρασμα.



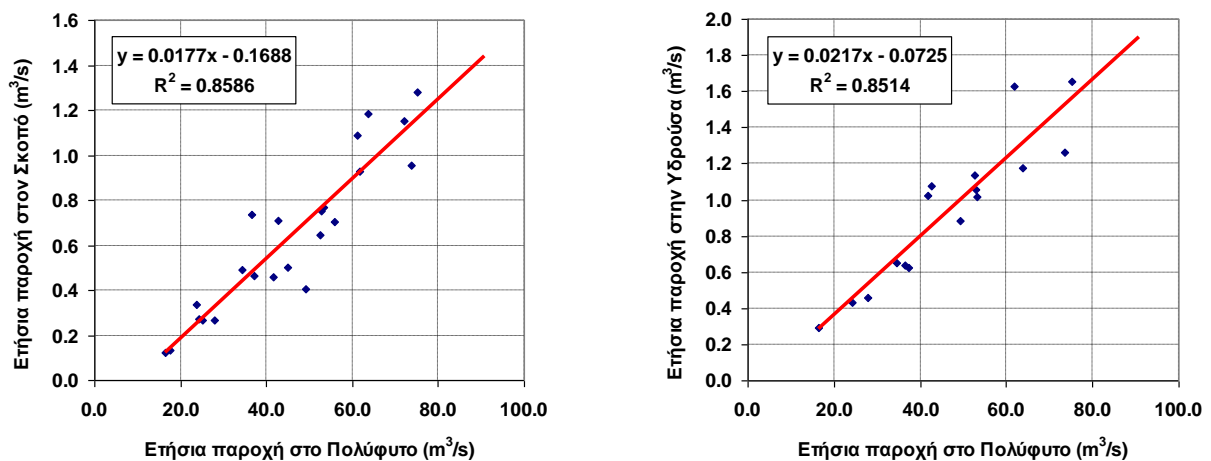
Εικόνα 3-16: Διαγράμματα διασποράς ετήσιων παροχών Αλιάκμονα στη θέση Πολύφυτο με τις ετήσιες παροχές των ανάντη υδρομετρικών σταθμών.



Εικόνα 3-17: Διαγράμματα διασποράς ετήσιων παροχών Αλιάκμονα στη θέση Πολύφυτο με τις ετήσιες παροχές στους υδρομετρικούς σταθμούς Τρίκωμο και Ελευθεροχώρι του ποταμού Βενέτικου.



Εικόνα 3-18: Διαγράμματα διασποράς ετήσιων παροχών Αλιάκμονα στη θέση Πολύφυτο με τις ετήσιες παροχές των υδρομετρικών σταθμών της υπολεκάνης Περιφερειακής Τάφρου.

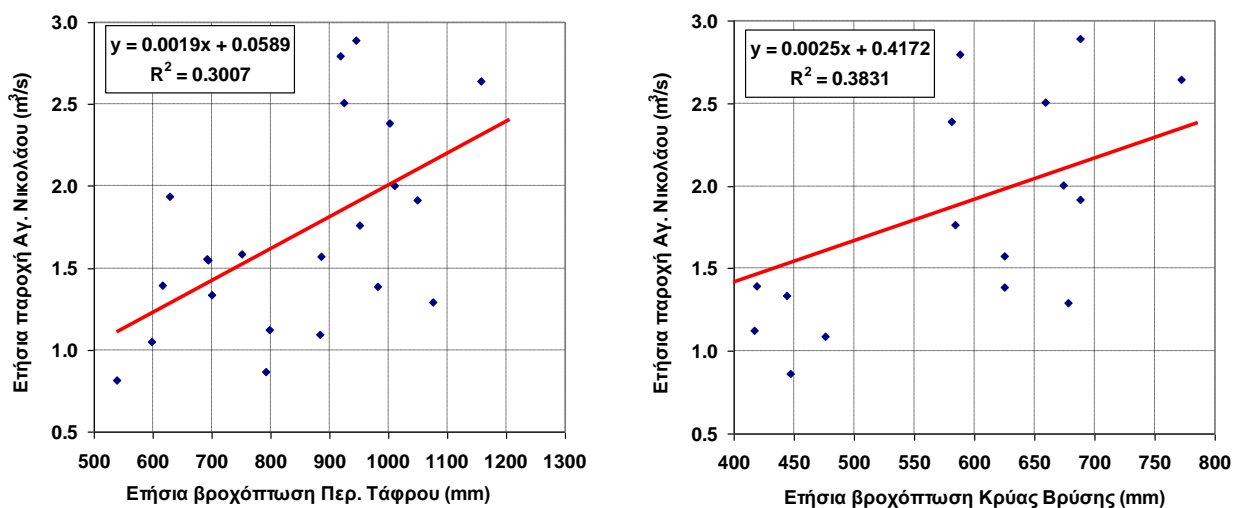


Εικόνα 3-19: Διαγράμματα διασποράς ετήσιων παροχών Αλιάκμονα στη θέση Πολύφυτο με τις ετήσιες παροχές στους υδρομετρικούς σταθμούς Σκοπού και Υδρούσσα στην υπολεκάνη Αξιού Φλώρινας.

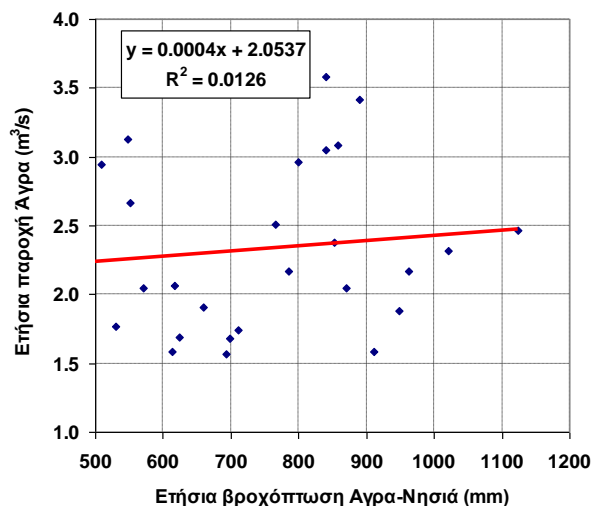
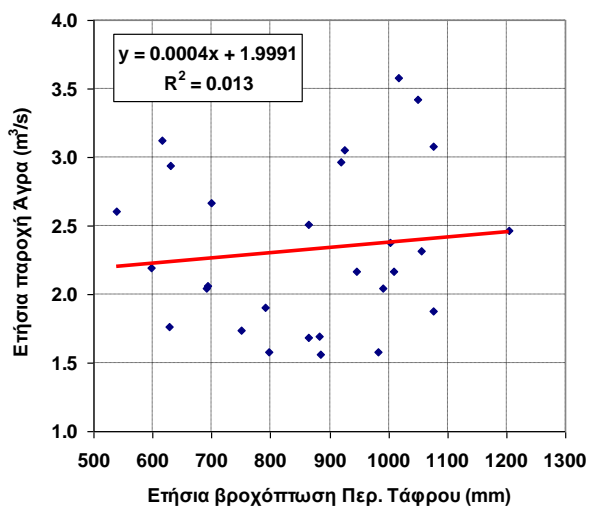
3.5.5. ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΕΤΗΣΙΩΝ ΠΑΡΟΧΩΝ ΚΑΙ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΩΝ

Σε κάθε θέση, εξετάστηκε η συσχέτιση της ετήσιας χρονοσειράς παροχής με την επιφανειακή βροχόπτωση της αντίστοιχης υπολεκάνης, καθώς και με τη σημειακή βροχόπτωση του καλύτερα συσχετισμένου βροχομετρικού σταθμού. Προκειμένου να εντοπιστεί ο εν λόγω σταθμός, εξετάστηκαν οι συσχετίσεις της παροχής με όλους τους βροχομετρικούς σταθμούς της ευρύτερης περιοχής.

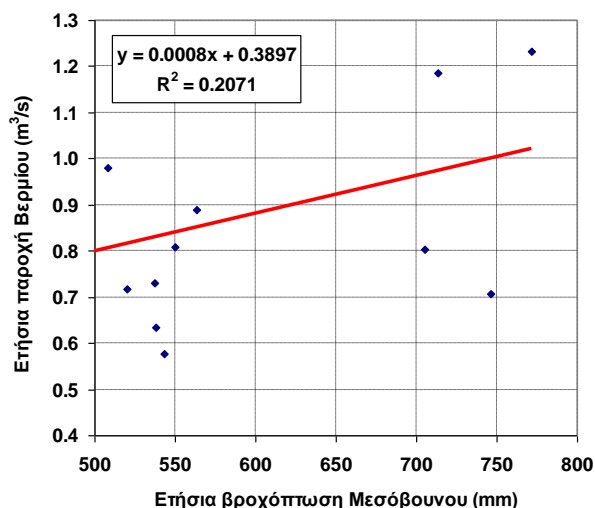
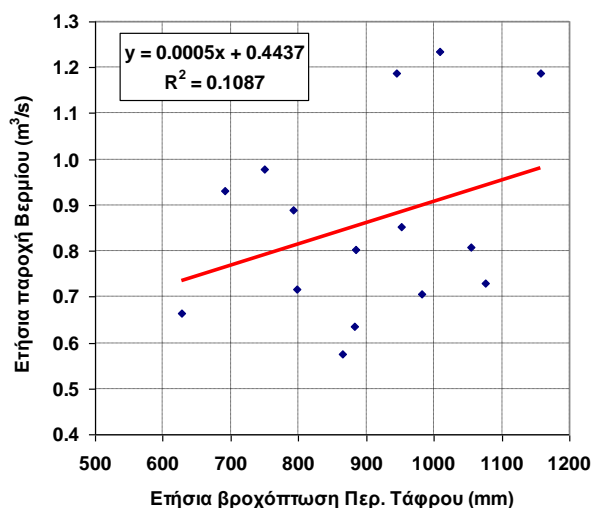
Τα αποτελέσματα των αναλύσεων απεικονίζονται, με τη μορφή διαγραμμάτων διασποράς, στις Εικόνες 3-20 έως 3-30. Παρατηρείται ότι οι συσχετίσεις των παροχών με τις βροχοπτώσεις στη σημειακή βάση είναι συστηματικά καλύτερες σε σχέση με την επιφανειακή. Πράγματι, οι επιφανειακές βροχοπτώσεις των υπολεκάνων δεν είναι επαρκώς αντιπροσωπευτικές της υδρολογικής δίαιτας των ποταμών που ανήκουν σε αυτές, καθώς αναφέρονται σε ευρύτερες διαχειριστικές ενότητες και όχι σε φυσικές υδρολογικές λεκάνες. Με εξαίρεση την ετήσια παροχή του Άγρα, που είναι πλήρως ασυσχέτιστη με την βροχόπτωση, (Εικόνα 3-12) καθώς και την παροχή στον ΥΗΣ Βερμίου, (εικόνα 3-22) που εμφανίζει πολύ χαμηλό συντελεστή προσδιορισμού (0.207), σε όλες τις υπόλοιπες θέσεις οι συσχετίσεις είναι από μέτριες έως ικανοποιητικές. Αυτό σημαίνει ότι, στην ετήσια κλίμακα, ο μετασχηματισμός της βροχής σε απορροή μπορεί, έστω και αδρομερώς, να προσεγγιστεί από σχέσεις γραμμικής παλινδρόμησης. Τέτοιες σχέσεις χρησιμοποιήθηκαν για την εκτίμηση της απορροής των υπολεκάνων, όπως περιγράφεται στο εδάφιο 5.3.1.



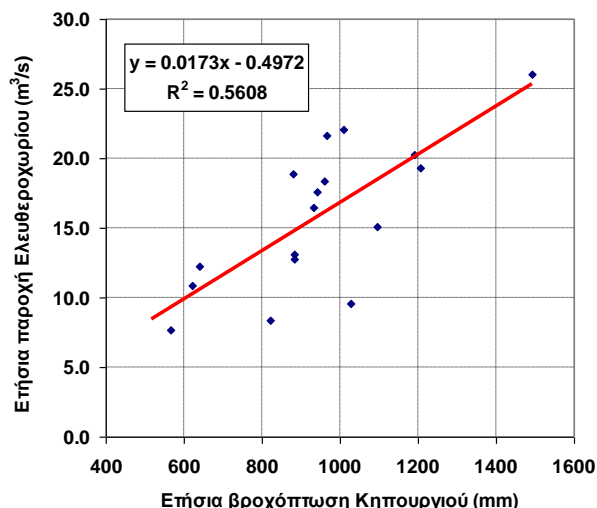
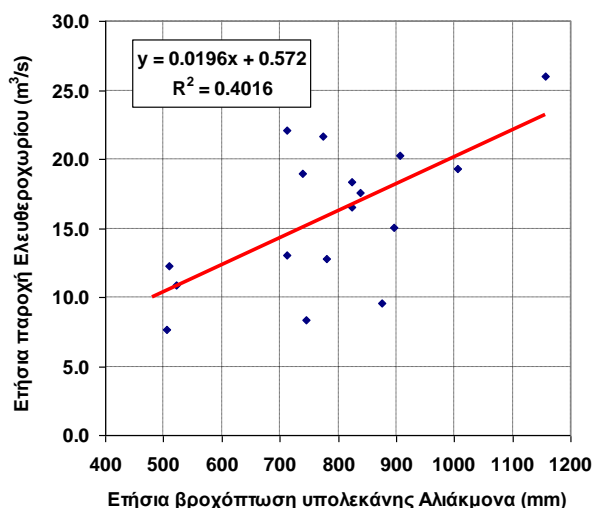
Εικόνα 3-20: Διαγράμματα διασποράς ετήσιων παροχών Αραπίτσας στη θέση Άγιος Νικόλαος με την ετήσια επιφανειακή βροχόπτωση της υπολεκάνης Περ. Τάφρου και την σημειακή βροχόπτωση στον σταθμό Κρύας Βρύσης.



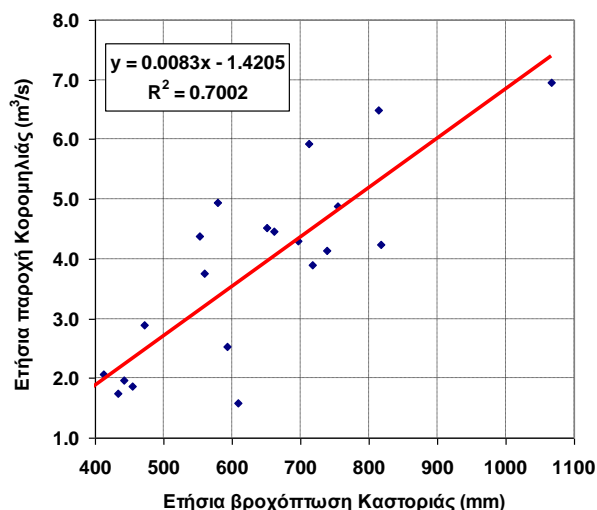
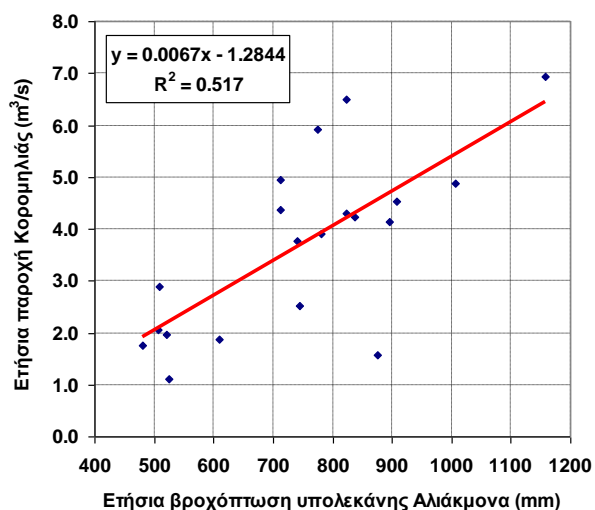
Εικόνα 3-21: Διαγράμματα διασποράς ετήσιων παροχών Άγρια στη θέση του ΥΗΣ με την ετήσια επιφανειακή βροχόπτωση της υπολεκάνης Περ. Τάφρου και την σημειακή βροχόπτωση στον σταθμό Άγρια-Νησιά.



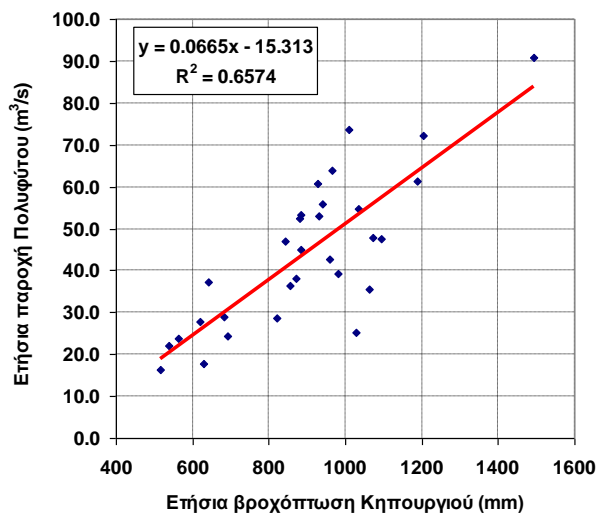
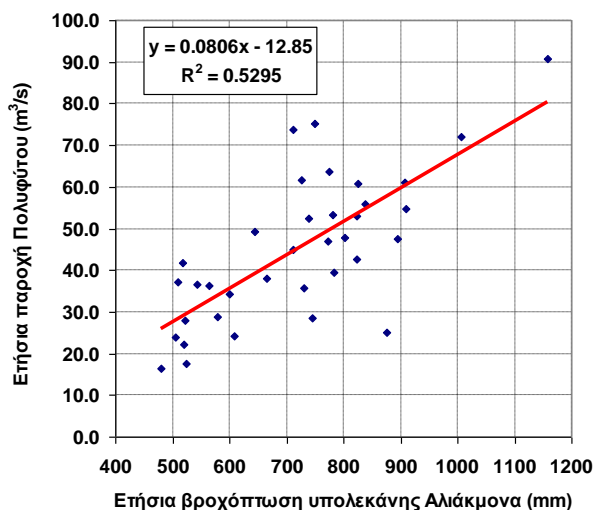
Εικόνα 3-22: Διαγράμματα διασποράς ετήσιων παροχών Βερμίου στη θέση του ΥΗΣ με την ετήσια επιφανειακή βροχόπτωση της υπολεκάνης Περ. Τάφρου και τη σημειακή βροχόπτωση στο σταθμό Μεσοβούνι.



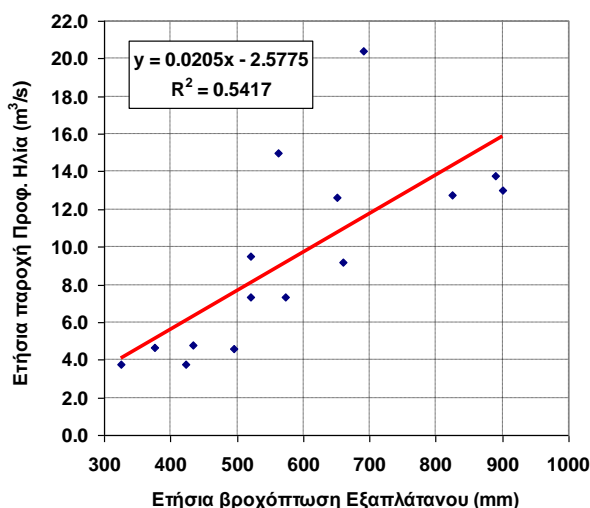
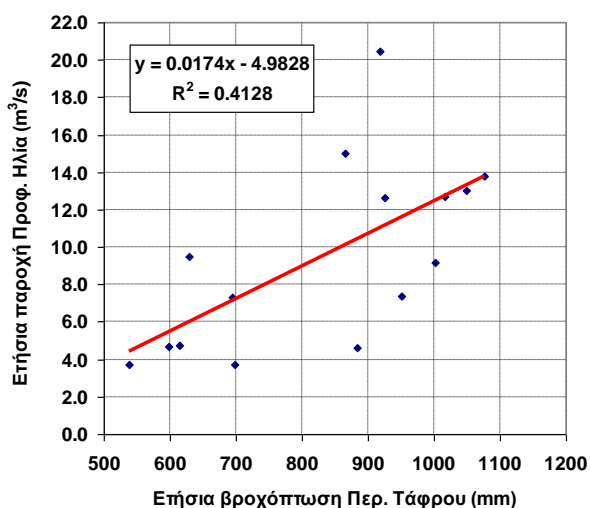
Εικόνα 3-23: Διαγράμματα διασποράς ετήσιων παροχών Βενέτικου στη θέση Ελευθεροχώρι με την ετήσια επιφανειακή βροχόπτωση της υπολεκάνης Αλιάκμονα και τη σημειακή βροχόπτωση στο σταθμό Κηπουργιό.



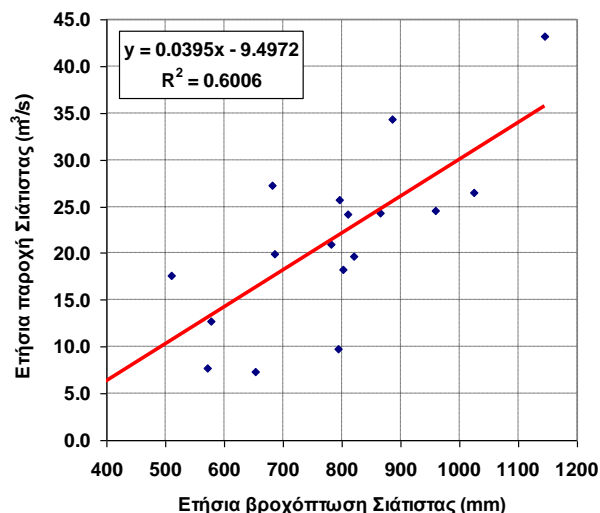
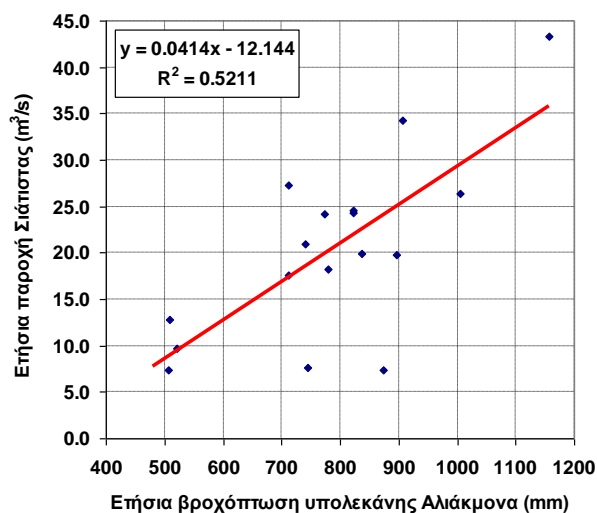
Εικόνα 3-24: Διαγράμματα διασποράς ετήσιων παροχών Αλιάκμονα στη θέση Κορομηλιά με την ετήσια επιφανειακή βροχόπτωση της υπολεκάνης Αλιάκμονα και τη σημειακή βροχόπτωση στο σταθμό Καστοριάς.



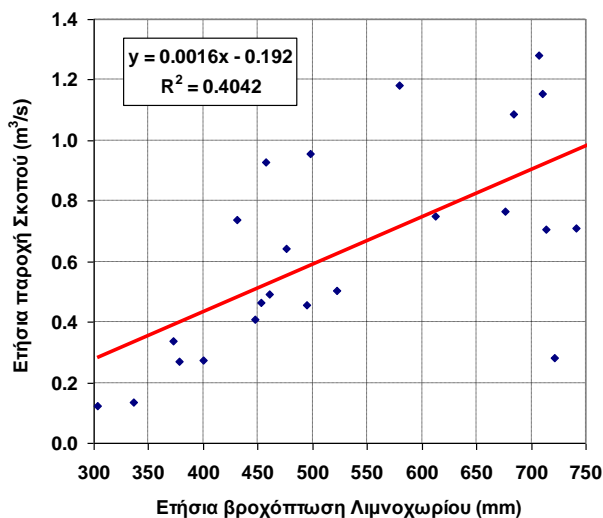
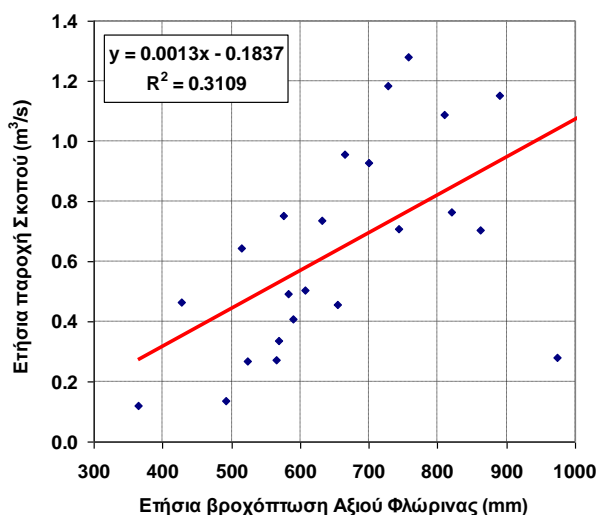
Εικόνα 3-25: Διαγράμματα διασποράς ετήσιων παροχών Αλιάκμονα στη θέση Πολύφυτο με την ετήσια επιφανειακή βροχόπτωση της υπολεκάνης Αλιάκμονα και τη σημειακή βροχόπτωση στο σταθμό Κηπουργιό.



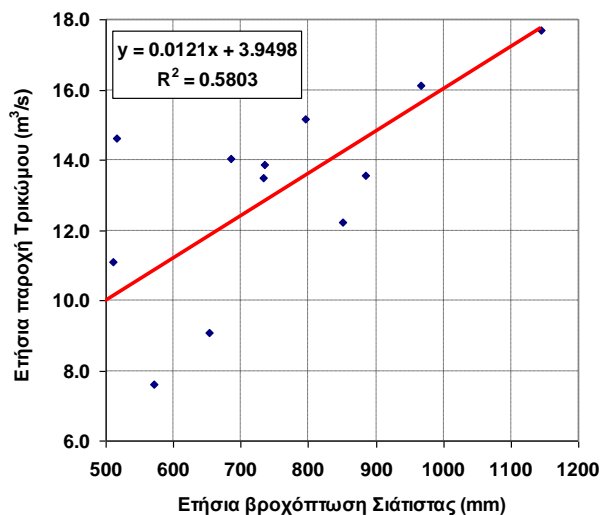
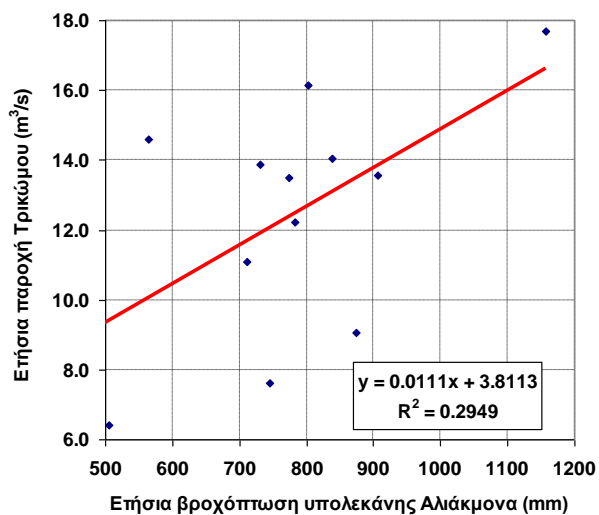
Εικόνα 3-26: Διαγράμματα διασποράς ετήσιων παροχών Αλμωπαίου στη θέση Προφ. Ηλία με την ετήσια επιφανειακή βροχόπτωση της υπολεκάνης Περ. Τάφρου και τη σημειακή βροχόπτωση στο σταθμό Εξαπλάτανος.



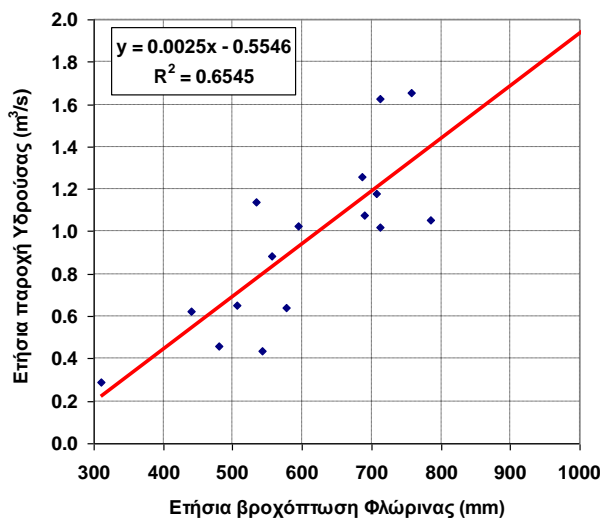
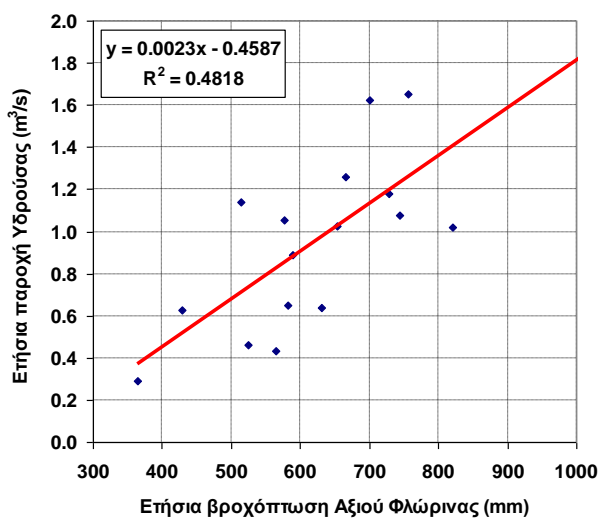
Εικόνα 3-27: Διαγράμματα διασποράς ετήσιων παροχών Αλιάκμονα στη θέση Σιάτιστα με την ετήσια επιφανειακή βροχόπτωση της υπολεκάνης Αλιάκμονα και τη σημειακή βροχόπτωση στο σταθμό Σιάτιστα.



Εικόνα 3-28: Διαγράμματα διασποράς ετήσιων παροχών Ρέματος Παπαδιάς στη θέση Σκοπός με την ετήσια επιφανειακή βροχόπτωση της υπολεκάνης Αξιού και τη σημειακή βροχόπτωση στο σταθμό Λιμνοχώρι.



Εικόνα 3-29: Διαγράμματα διασποράς ετήσιων παροχών Βενέτικου στη θέση Τρίκωμο με την ετήσια επιφανειακή βροχόπτωση της υπολεκάνης Αλιάκμονα και τη σημειακή βροχόπτωση στο σταθμό Σιάτιστα.



Εικόνα 3-30: Διαγράμματα διασποράς ετήσιων παροχών Ρέματος Μέλπω στη θέση Υδρούσα με την ετήσια επιφανειακή βροχόπτωση της υπολεκάνης Αξιού και την σημειακή βροχόπτωση στον σταθμό Φλώρινα.

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 στις εισροές του ταμιευτήρα Πολυφύτου (παροχές Αλιάκμονα), που αποτελεί το μεγαλύτερο (1974-2011), σημαντικότερο και πλέον 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 δυναμική 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 νερού 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 $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ 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:

$$F_x(x) = P(X \leq x) \quad (4.1)$$

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

$$x_u = x^- + k_u \sigma_x \quad (4.2)$$

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:

$$p_i = i / (n + 1) \quad (4.3)$$

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, med_x (δηλαδή τη μεσαία τιμή του δείγματος ή τον μέσο όρο 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 μέσης 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 υποθεθεί ότι η μεταβλητή ακολουθεί κανονική κατανομή (δηλαδή $k_u = z_u$), τότε ο SPI υπολογίζεται από τη σχέση:

$$z_u = (x - \bar{x}) / \sigma_x \quad (4.4)$$

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 το μετασχηματισμό:

$$y = \ln x \Leftrightarrow x = \exp(y) \quad (4.5)$$

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:

$$y_u = y, \bar{y} + z_u \sigma_y \Leftrightarrow x_u = \exp(y, \bar{y} + z_u \sigma_y) \quad (4.6)$$

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

$$y, \bar{y} = \text{Error!} \ln x_i / n \quad (4.7)$$

$$\sigma_y = \text{Error!} \quad (4.8)$$

Συνεπώς, με τη μέθοδο της μέγιστης πιθανοφάνειας υπολογίζονται η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση του μετασχηματισμένου δείγματος, οπότε προκύπτουν οι παράμετροι y, \bar{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:

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

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

$$\Gamma(\kappa) = \text{Error!} \quad (4.10)$$

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

$$\text{Error!} \quad (4.11)$$

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 τη λεγόμενη κατανομή ελαχίστων τύπου III, που είναι μια τυπική ασυμπτωτική κατανομή ακροτάτων, η μαθηματική έκφραση της οποίας είναι:

$$F_x(x) = 1 - \exp \text{Error!} \quad (4.12)$$

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 δείκτη 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:

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

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

όπου $\Gamma()$ 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.

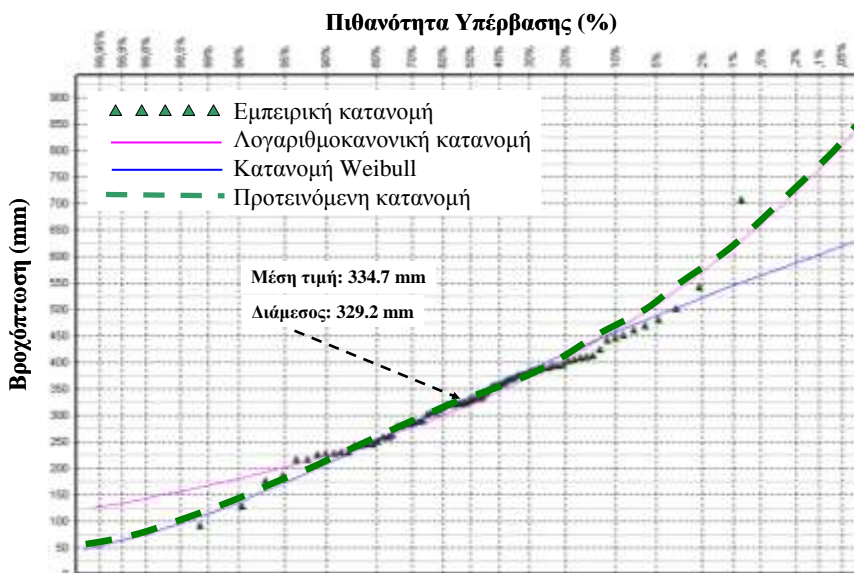
4.3.3. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΣ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ ΧΑΜΗΛΩΝ ΚΑΙ ΥΨΗΛΩΝ ΤΙΜΩΝ

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 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.



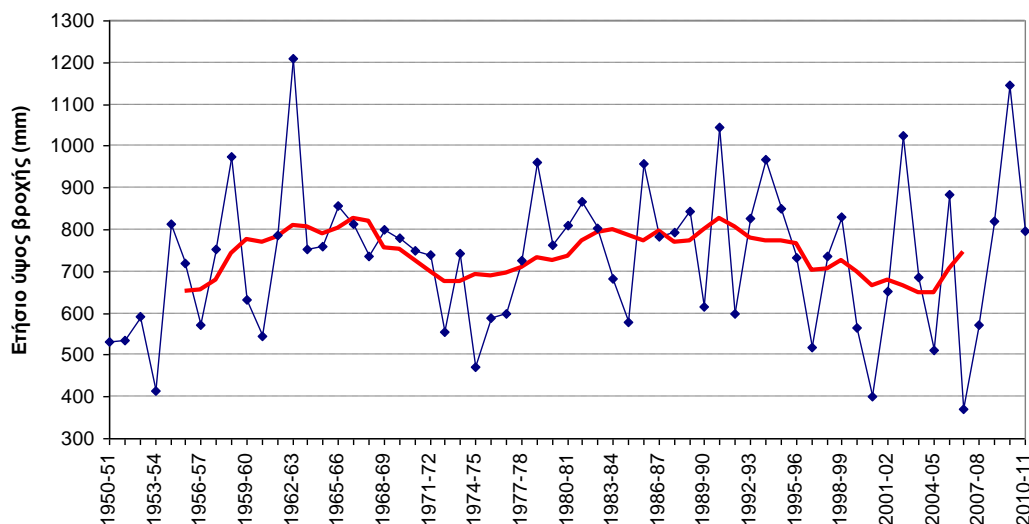
Εικόνα 4-1: Παράδειγμα προσαρμογής σύνθετης κατανομής σε δείγμα ετήσιων υψών βροχής, στο οποίο οι τιμές πάνω από τη διάμεσο περιγράφονται από την λογαριθμοκανονική κατανομή, ενώ οι τιμές κάτω από τη διάμεσο από την κατανομή Weibull.

4.3.4. ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗΣ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ

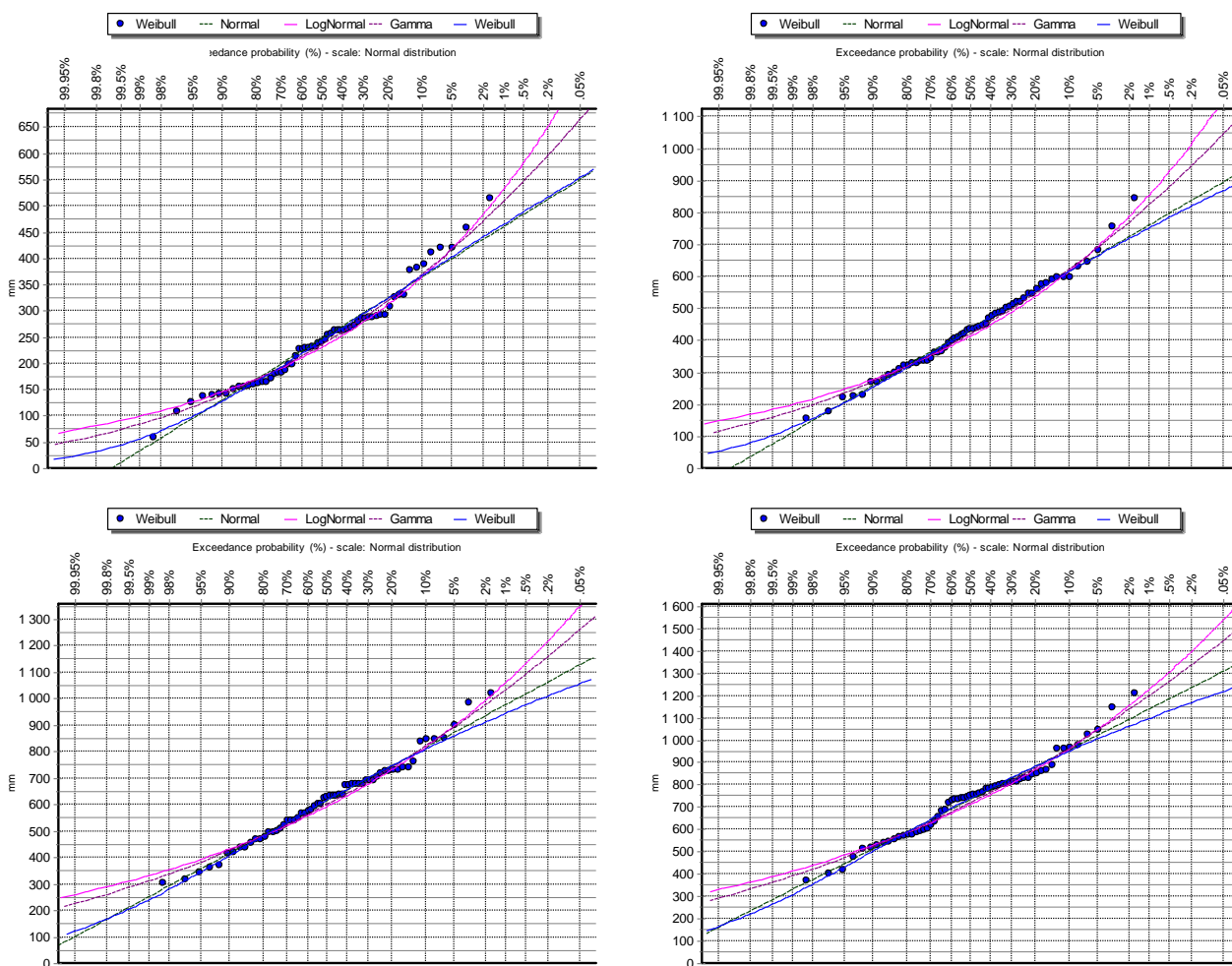
Ως παράδειγμα της διαδικασίας επιλογής της κατάλληλης στατιστικής κατανομής χρησιμοποιείται το δείγμα μηνιαίας βροχόπτωσης του σταθμού Σιάτιστα της ΔΕΗ, το οποίο καλύπτει μια περίοδο 61 υδρολογικών ετών, από τον Ιούνιο του 1950 έως τον Σεπτέμβριο του 2011 (πρόκειται για το μεγαλύτερο υδρολογικό δείγμα στην περιοχή μελέτης). Η ετήσια χρονοσειρά βροχόπτωσης, καθώς και οι κυλιόμενοι μέσοι όροι δέκα ετών (οι διακυμάνσεις των οποίων βοηθούν στην αναγνώριση των μακροχρόνιων, έμμοων, 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.

Πίνακας 4-1: Στατιστικά χαρακτηριστικά βροχόπτωσης Σιάτιστας σε διάφορες χρονικές κλίμακες στοιχεία περιόδου (1950-51 έως 2010-11).

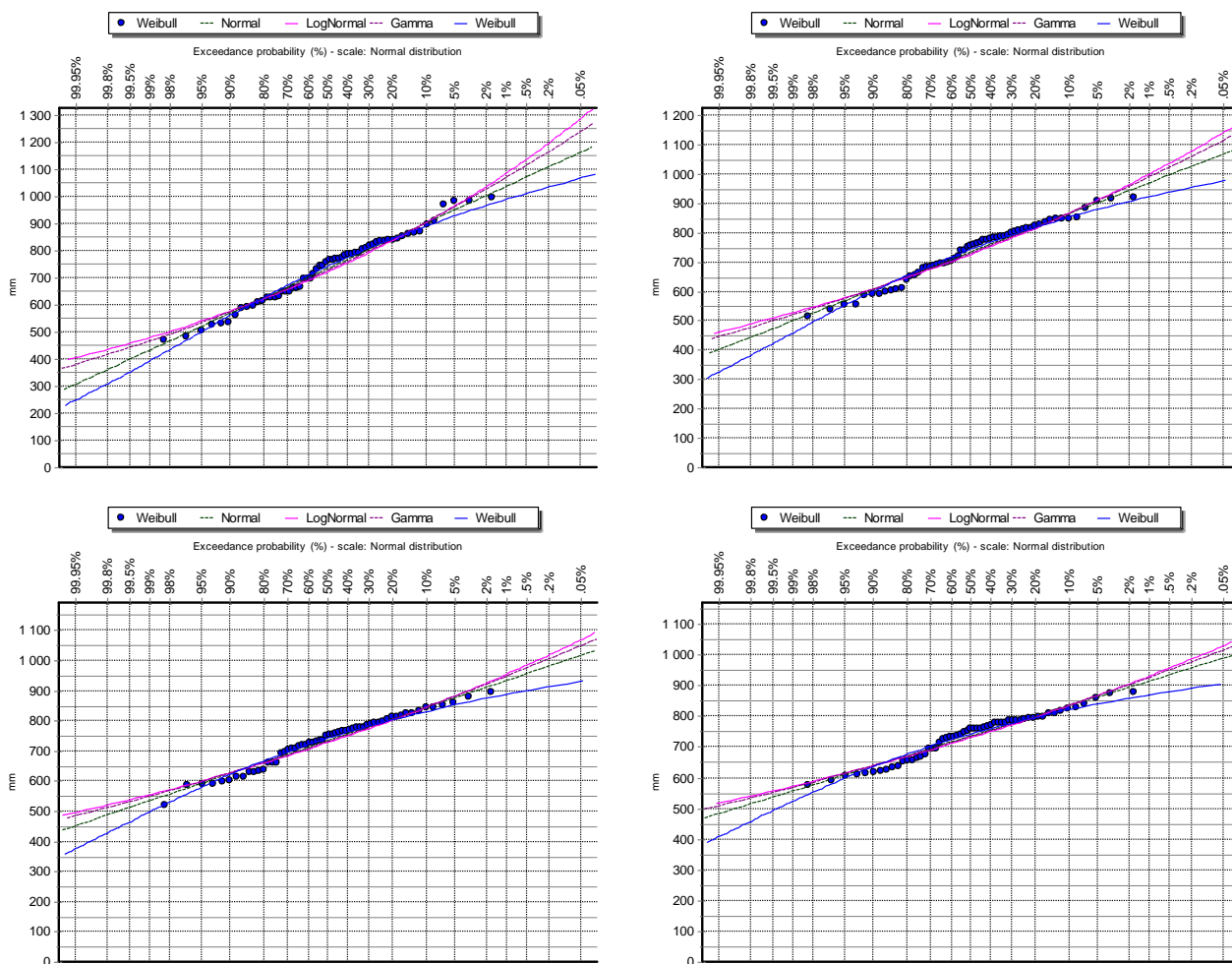
Χρονική κλίμακα	Μέση τιμή (mm)	Τυπική απόκλιση (mm)	Διάμεσος τιμή (mm)	Συντελεστής ασυμμετρίας	Ελάχιστη τιμή (mm)	Μέγιστη τιμή (mm)
Τρίμηνη	246.5	92.0	239.9	0.67	57.3	514.7
Εξάμηνη	435.7	139.6	434.6	0.39	153.7	845.0
Εννεάμηνη	613.0	156.0	627.9	0.25	300.5	1020.2
Ετήσια	733.4	174.4	750.8	0.27	370.4	1210.3
Διετής	734.6	130.3	761.5	-0.07	470.7	997.7
Τριετής	733.8	101.4	753.5	-0.29	514.0	920.5
Τετραετής	733.6	85.9	752.5	-0.41	518.0	895.7
Πενταετής	735.2	77.1	758.4	-0.34	577.0	879.5



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



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



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

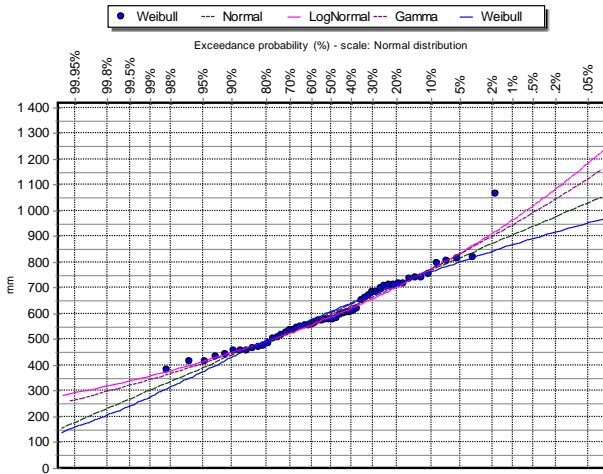
Για τις χρονικές κλίμακες ενδιαφέροντος σχηματίζεται η εμπειρική κατανομή, στην οποία προσαρμόζονται οι τέσσερις τυπικές θεωρητικές κατανομές (κανονική, λογαριθμοκανονική, διαπαραμετρική γάμα και Weibull). Για τις επεξεργασίες χρησιμοποιείται το υποσύστημα στατιστικής ανάλυσης Πυθία του λογισμικού Υδρογνώμων (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 έως 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:

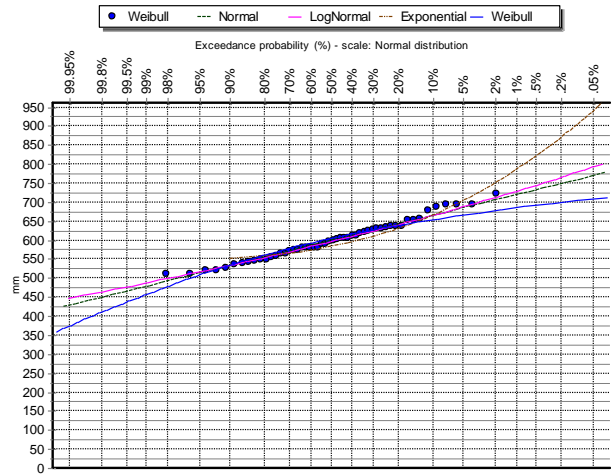
- καμία από τις στατιστικές κατανομές δεν μπορεί να περιγράψει ικανοποιητικά όλο το εύρος τιμών των παρατηρημένων δειγμάτων, σε όλες τις χρονικές κλίμακες
- γενικά, η λογαριθμοκανονική κατανομή περιγράφει ικανοποιητικά τις υψηλές τιμές βροχόπτωσης (ιδιαίτερα στις μικρές χρονικές κλίμακες), αλλά όχι τις 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.

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.

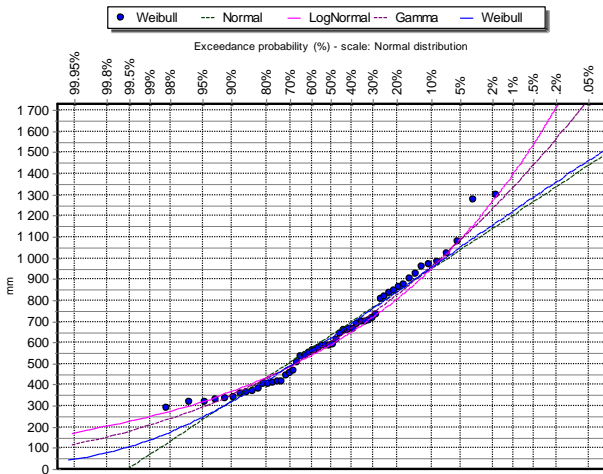
Όπως φαίνεται από τις αναλύσεις, στην περιοχή μελέτης οι υδρολογικές μεταβλητές εμφανίζουν αρκετά διαφορετική στατιστική συμπεριφορά, ακόμα και σε σχετικά κοντινούς σταθμούς, γεγονός που δεν επιτρέπει την χρήση γενικών κανόνων για την επιλογή των στατιστικών κατανομών. Όπως φαίνεται στην Εικόνα 4-5, 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.



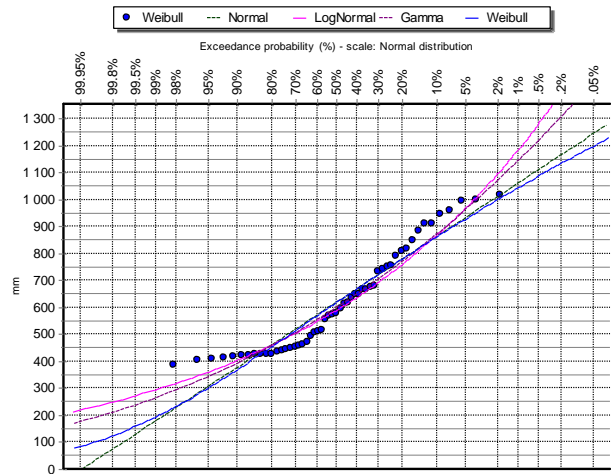
Κατοριά – Ετήσια βροχόπτωση



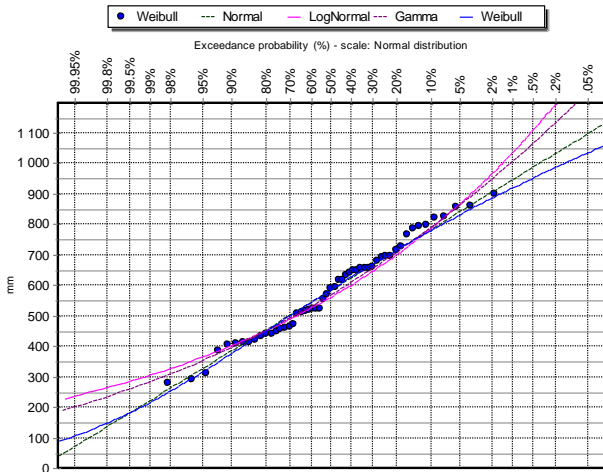
Κατοριά – Μέση βροχόπτωση πέντε ετών



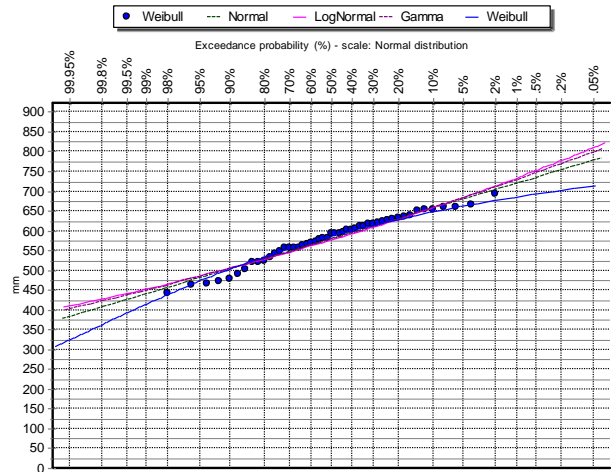
Κοζάνη – Ετήσια βροχόπτωση



Κοζάνη – Μέση βροχόπτωση πέντε ετών



Κατερίνη – Ετήσια βροχόπτωση



Κατερίνη – Μέση βροχόπτωση πέντε ετών

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

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:

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

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

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

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 ^[1]	Εύρος συνάρτησης κατανομής, F_z	Εύρος περιόδου επαναφοράς (έτη)	Χαρακτηρισμός κατάστασης	Συμβολισμός
$2.0 \leq z$	$0.977 \geq F_z$	$44 \leq T$	Ακραία υψηλή υδροφορία	+Δ
$1.5 \leq z < 2.0$	$0.977 \geq F_z > 0.933$	$15 \leq T < 44$	Πολύ υψηλή υδροφορία	+Γ
$1.0 \leq z < 1.5$	$0.933 \geq F_z > 0.841$	$6 \leq T < 15$	Υψηλή υδροφορία	+Β
$0.0 \leq z < 1.0$	$0.841 \geq F_z > 0.500$	$2 \leq T < 6$	Κανονική υδροφορία	+Α
$0.0 \geq z > -1.0$	$0.500 \geq F_z > 0.159$	$2 \leq T < 6$	Ήπια (mild) ξηρασία	-Α
$-1.0 \geq z > -1.5$	$0.159 \geq F_z > 0.067$	$6 \leq T < 15$	Μέτρια (moderate) ξηρασία	-Β
$-1.5 \geq z > -2.0$	$0.067 \geq F_z > 0.023$	$15 \leq T < 44$	Σοβαρή (severe) ξηρασία	-Γ
$-2.0 \geq z$	$0.023 \geq F_z$	$44 \leq T$	Ακραία (extreme) ξηρασία	-Δ

[1] 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

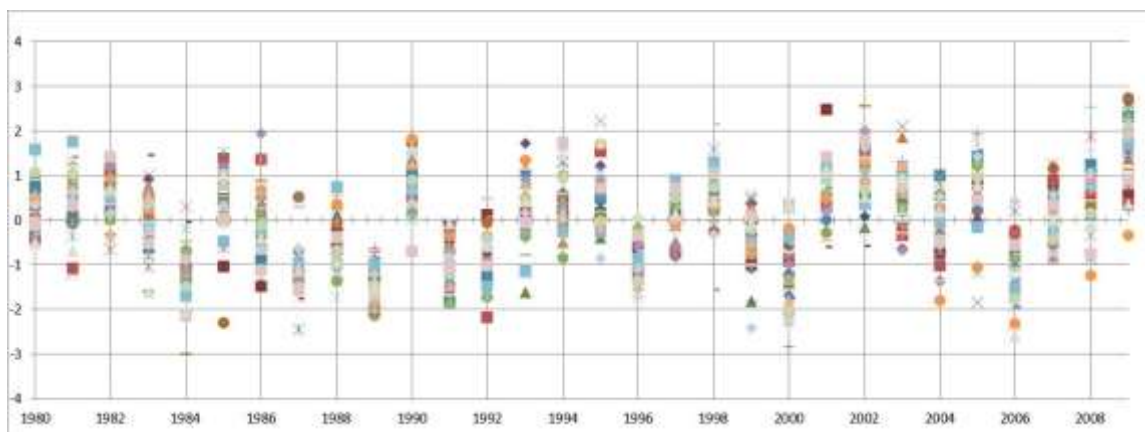
Για τη διερεύνηση των ιστορικών ξηρασιών στη περιοχή μελέτης έγιναν μια σειρά από στατιστικές αναλύσεις στις μηνιαίες χρονοσειρές βροχόπτωσης 45 σταθμών για μια περίοδο 30 ετών (υδρολογικά έτη 1980-81 έως 2009-10). Όπως αναφέρθηκε στο εδάφιο 3.3.4, σε όλους τους σταθμούς καταρτίστηκαν τα συναθροισμένα δείγματα τρίμηνης (Οκτώβριος-Δεκέμβριος), εξάμηνης (Οκτώβριος-Μάρτιος), εννεάμηνης (Οκτώβριος-Ιούνιος) και ετήσιας βροχόπτωσης. Επιπλέον, 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	0.79	0.60	0.26	0.23				
1981-82	0.55	0.13	0.30	0.47	0.47			
1982-83	0.92	0.20	0.39	0.51	0.67	0.72		
1983-84	-0.13	0.34	0.13	-0.03	0.36	0.60	0.70	
1984-85	-1.67	-0.76	-0.74	-1.16	-0.76	-0.28	0.05	0.19
1985-86	0.18	0.77	0.83	0.53	-0.32	-0.24	0.12	0.36
1986-87	-0.93	0.35	0.23	-0.03	0.39	-0.21	-0.14	0.17
1987-88	0.00	-0.36	-0.80	-1.11	-0.71	-0.18	-0.68	-0.54
1988-89	0.00	-0.69	-0.69	-0.56	-1.12	-0.88	-0.39	-0.80
1989-90	-0.67	-1.70	-1.60	-1.45	-1.36	-1.78	-1.48	-0.92
1990-91	0.54	0.43	0.82	0.89	-0.20	-0.47	-0.92	-0.73
1991-92	-1.46	-2.13	-0.76	-0.93	0.10	-0.66	-0.84	-1.18
1992-93	-0.14	-0.31	-0.55	-0.92	-1.25	-0.39	-1.01	-1.10
1993-94	0.16	0.61	0.40	0.28	-0.37	-0.81	-0.12	-0.68
1994-95	-0.25	-0.06	-0.13	0.33	0.43	-0.09	-0.49	0.07
1995-96	-0.16	0.50	0.20	0.44	0.53	0.65	0.20	-0.18
1996-97	-0.11	-0.56	-0.90	-0.90	-0.26	-0.01	0.19	-0.19
1997-98	0.46	-0.10	0.03	0.10	-0.53	-0.16	0.05	0.22
1998-99	0.95	0.89	0.61	0.62	0.50	-0.04	0.22	0.36
1999-00	0.51	0.14	-0.19	-0.47	0.15	0.20	-0.24	0.01
2000-01	-0.94	-1.12	-0.94	-0.98	-0.97	-0.38	-0.27	-0.62
2001-02	-0.71	-0.59	-0.31	0.71	-0.10	-0.32	0.08	0.11
2002-03	1.18	1.05	1.27	1.12	1.25	0.65	0.39	0.63
2003-04	0.50	0.38	0.73	0.59	1.19	1.44	0.90	0.62
2004-05	-0.24	0.14	-0.24	-0.19	0.27	0.95	1.23	0.70
2005-06	-0.22	0.63	0.55	0.73	0.39	0.69	1.27	1.41
2006-07	-1.45	-1.13	-0.97	-1.07	-0.12	-0.22	0.14	0.69
2007-08	0.83	0.03	-0.07	0.11	-0.62	-0.03	-0.13	0.16
2008-09	-0.01	0.55	0.64	0.61	0.50	-0.13	0.33	0.17
2009-10	1.41	1.74	1.69	1.61	1.55	1.43	0.87	1.10

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 45 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.

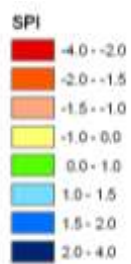
4.4.2. ΧΩΡΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΔΕΙΚΤΗ SPI

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. Το πλέον ξηρό έτος είναι το 1989-90, ενώ το πλέον υγρό είναι το 2009-10.

Παρατηρείται ότι ο δείκτης ξηρασίας παρουσιάζει σημαντική χωρική μεταβλητότητα. Για παράδειγμα, το υδρολογικό έτος 1985-86 το ΝΑ τμήμα του Υδατικού Διαμερίσματος (περιοχή Πιερίας) εμφανίζει υψηλές τιμές του δείκτη (>1.0), υποδηλώνοντας υψηλή υδροφορία, ενώ ένα μικρό τμήμα στα βόρεια (υπολεκάνη Αξιού) εμφανίζει ακραία ξηρασία.

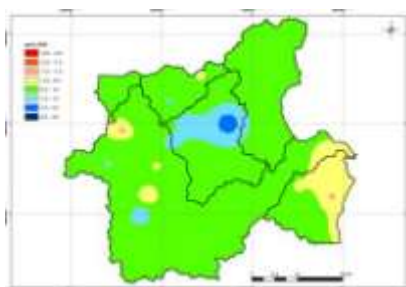
Αλλά και τις περιόδους που σε όλη την περιοχή μελέτης παρατηρείται ξηρασία, καθώς ο δείκτης SPI είναι αρνητικός σε όλους τους σταθμούς, η ένταση της ξηρασίας μεταβάλλεται χωρικά. Για παράδειγμα, το υδρολογικό έτος 2000-01, το δυτικό τμήμα του ΥΔ πλήττεται από σοβαρή έως ακραία ξηρασία, ενώ το ίδιο φαινόμενο στο ανατολικό τμήμα είναι γενικά ήπιο.

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





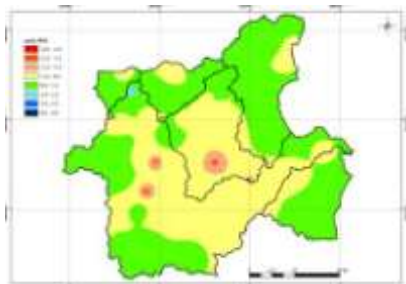
Υδρολογικό έτος 1980-81



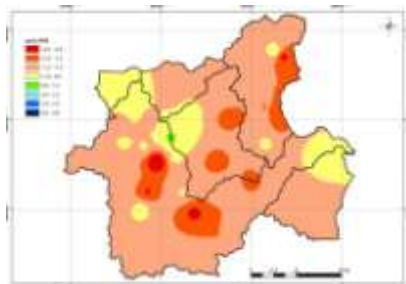
Υδρολογικό έτος 1981-82



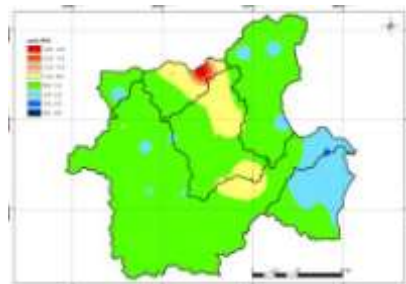
Υδρολογικό έτος 1982-83



Υδρολογικό έτος 1983-84



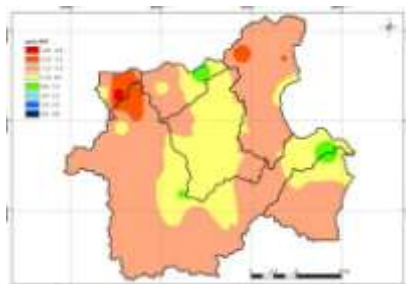
Υδρολογικό έτος 1984-85



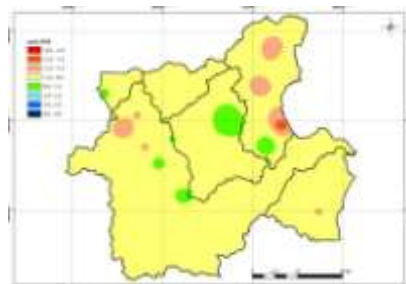
Υδρολογικό έτος 1985-86



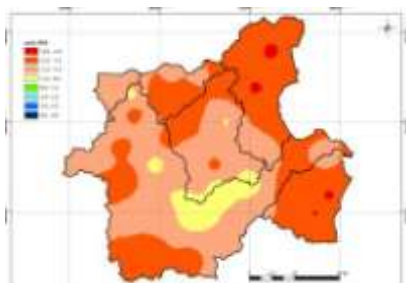
Υδρολογικό έτος 1986-87



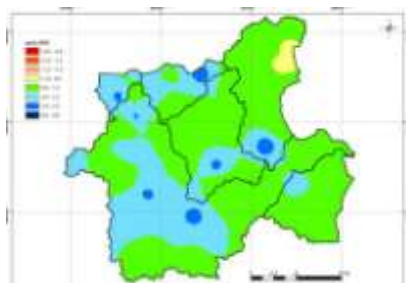
Υδρολογικό έτος 1987-88



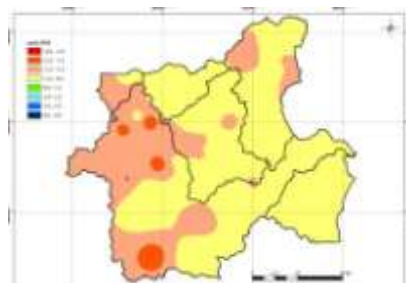
Υδρολογικό έτος 1988-89



Υδρολογικό έτος 1989-90



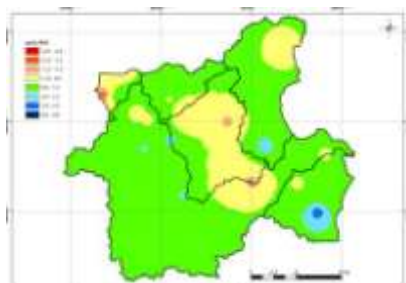
Υδρολογικό έτος 1990-91



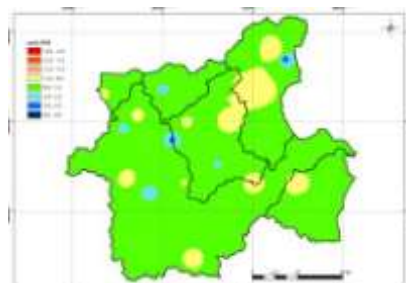
Υδρολογικό έτος 1991-92



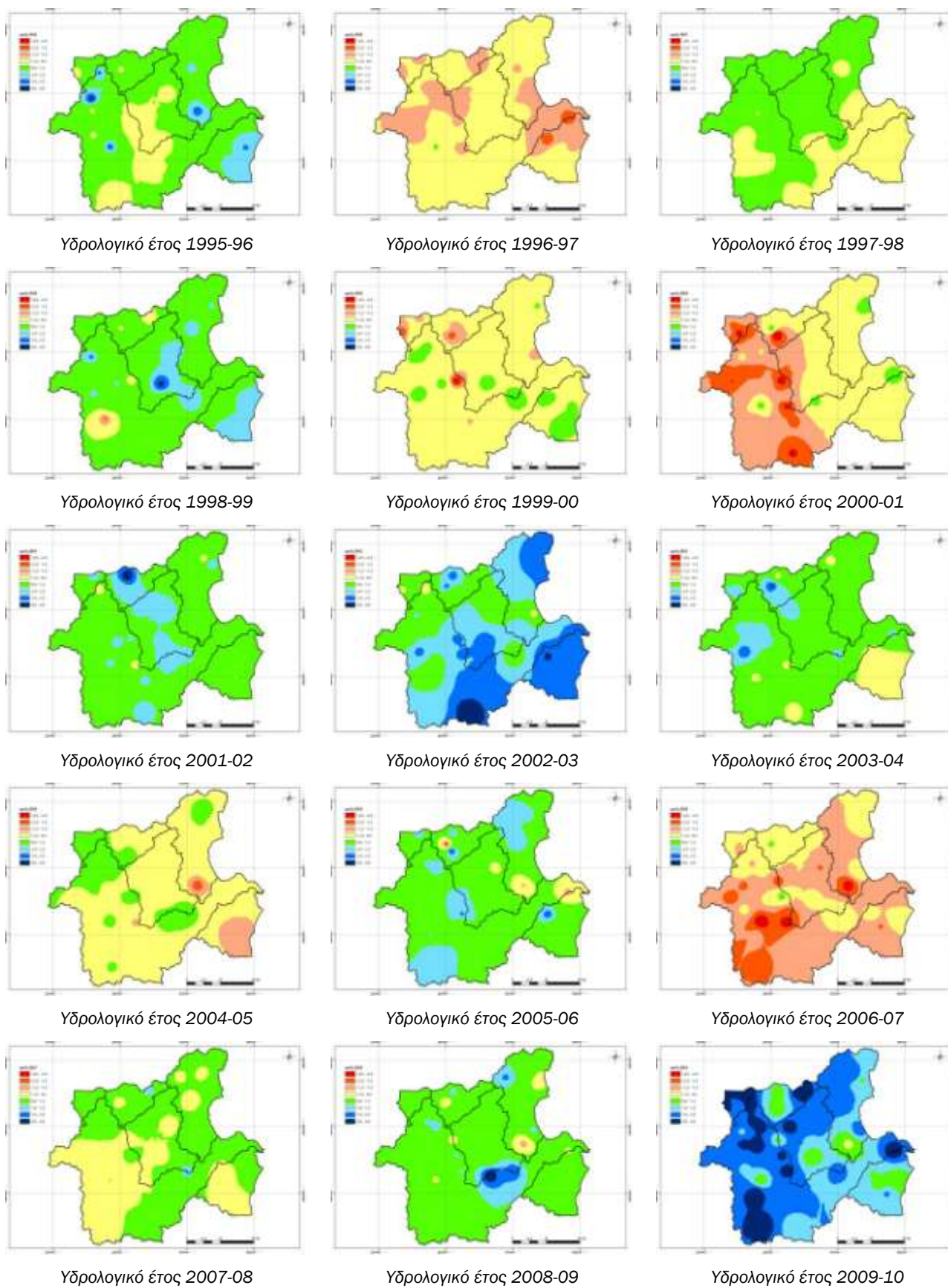
Υδρολογικό έτος 1992-93



Υδρολογικό έτος 1993-94



Υδρολογικό έτος 1994-95



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

4.4.3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΩΝ ΥΠΟΛΕΚΑΝΩΝ

4.4.3.1. ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ

Η ανάλυση των μετεωρολογικών ξηρασιών γίνεται και με βάση στις επιφανειακές βροχοπτώσεις των έξι υπολεκανών του Υδατικού Διαμερίσματος Δυτικής Μακεδονίας. Η χωρική κλίμακα της υπολεκάνης έχει μεγαλύτερο διαχειριστικό ενδιαφέρον σε σχέση με τη μεγαλύτερη χωρική κλίμακα της ΛΑΠ, καθώς από τις αναλύσεις του εδαφίου 4.4.2 είναι εμφανής η μεταβλητότητα των ξηρασιών, ακόμα και μέσα στα όρια της ΛΑΠ (ιδιαίτερα αυτό αφορά στη ΛΑΠ Αλιάκμονα, η οποία έκταση της οποίας υπερβαίνει τα 12 400 km²). Υπενθυμίζεται ότι οι χρονοσειρές επιφανειακής βροχόπτωσης έχουν υπολογιστεί με τρόπο ώστε να αξιοποιηθεί το σύνολο τη διαθέσιμης πληροφορίας που αφορά στα σημειακά δείγματα βροχοπτώσεων. Τα δεδομένα της περιόδου 1980-2010 βασίζονται σε μεγάλο αριθμό σταθμών, ενώ τα παλαιότερα δεδομένα προέρχονται από τη χωρική ολοκλήρωση δειγμάτων από μικρό αριθμό σταθμών, και έχουν διορθωθεί με βάση τη διαδικασία που περιγράφηκε στο εδάφιο 3.4.2.

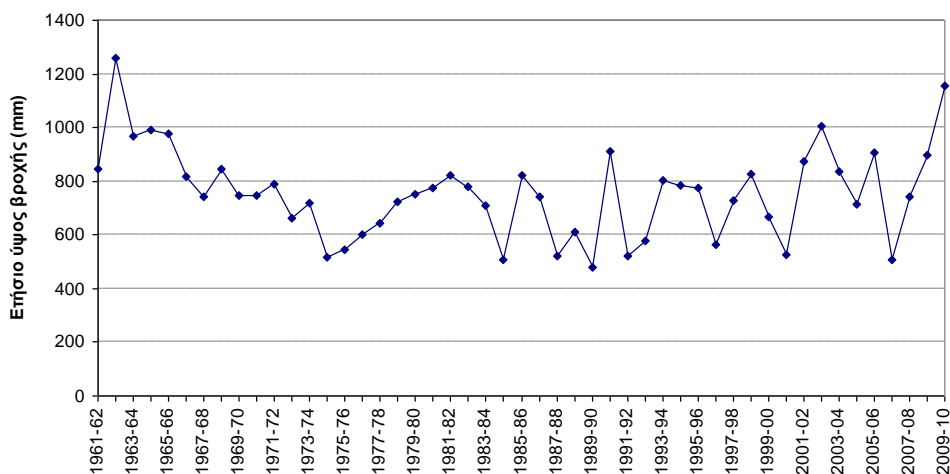
Στη συνέχεια παρουσιάζεται η ανάλυση ανά υπολεκάνη, ανά ΛΑΠ και συγκεντρωτικά.

4.4.3.2. ΥΠΟΛΕΚΑΝΗ ΑΛΙΑΚΜΟΝΑ

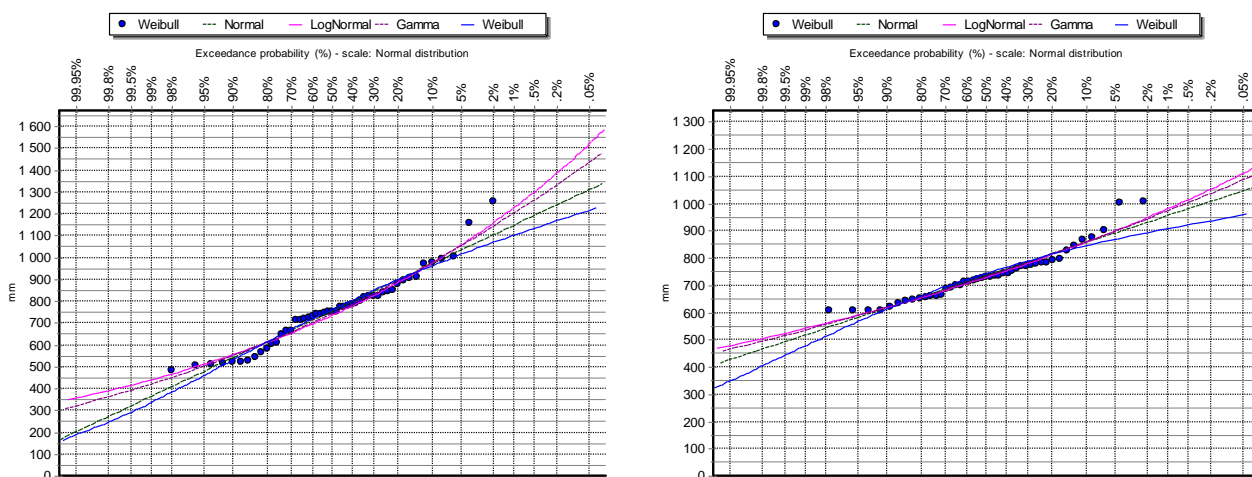
Πρόκειται για τη σημαντικότερη (και μεγαλύτερη σε έκταση) υπολεκάνη όχι μόνο του ΥΔ09 αλλά και του ΥΔ10 (Κεντρική Μακεδονία), καθώς από τον Αλιάκμονα υδροδοτούνται ευρύτερες αρδευόμενες περιοχές καθώς και η πόλη της Θεσσαλονίκης. Επιπλέον, τα υδροηλεκτρικά φράγματα κατά μήκος του Αλιάκμονα είναι από τα σημαντικότερα της ελληνικής επικράτειας. Η χρονοσειρά επιφανειακής βροχόπτωσης της λεκάνης καλύπτει την περίοδο 1961-62 έως 2009-10, δηλαδή 49 υδρολογικά έτη (Εικόνα 4-8). Η μέση ετήσια τιμή της ανέρχεται σε 755 mm.

Στην Εικόνα 4-9 απεικονίζονται οι κατανομές που χρησιμοποιήθηκαν για τη στατιστική ανάλυση των βροχοπτώσεων, στην ετήσια και πενταετή κλίμακα. Συγκεκριμένα, στα αθροιστικά ύψη επιφανειακής βροχόπτωσης 3, 6, 9 και 12 μηνών προσαρμόστηκε, για το σύνολο του δείγματος, η γάμα κατανομή, ενώ για τις ανώτερες κλίμακες η λογαριθμοκανονική.

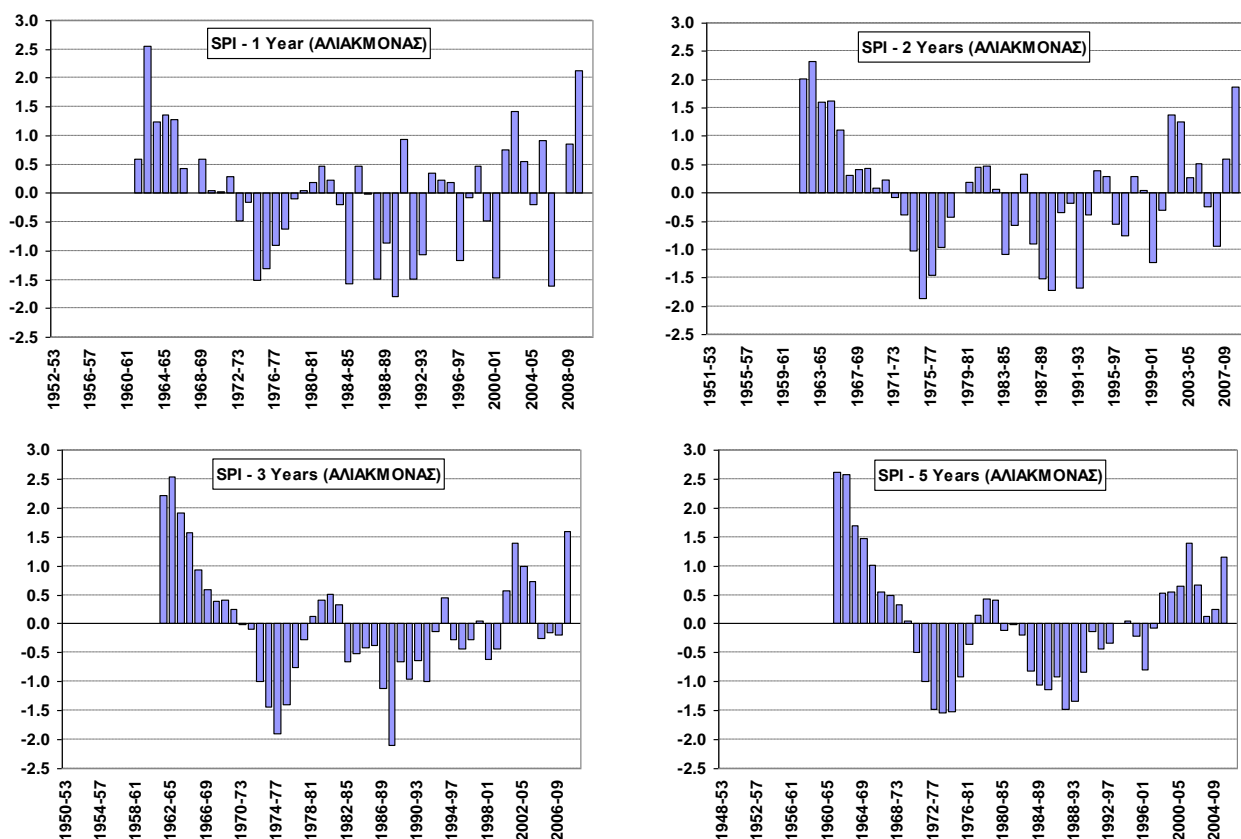
Στην Εικόνα 4-10 απεικονίζεται η χρονική εξέλιξη του δείκτη ξηρασίας SPI, για διάφορες χρονικές κλίμακες (υδρολογικού έτους και μέσων όρων δύο, τριών και πέντε ετών). Διακρίνονται δύο περίοδοι έμμονης ξηρασίας. Η πρώτη αναφέρεται στην επταετία 1972-1979, στη διάρκεια της οποίας εμφανίζονται συστηματικά χαμηλότερες βροχοπτώσεις (δηλαδή αρνητικές τιμές του ετήσιου SPI). Σε κλίμακα μέσων όρων πενταετίας, ο δείκτης SPI κυμαίνεται στα επίπεδα του -1.0 έως -1.5, που υποδηλώνει μέτρια έως οριακά σοβαρή ξηρασία. Η επόμενη περίοδος έμμονης ξηρασίας εκτείνεται από τα μέσα της δεκαετίας του 1980 μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του 1990, και μπορεί επίσης να χαρακτηριστεί από μέτρια έως οριακά σοβαρή. Αρκετά ξηρά εμφανίζονται και ορισμένα μεμονωμένα έτη (1996-97, 2000-01 και 2006-07), με το τελευταίο να είναι και το πλέον έντονο (SPI = -1.60).



Εικόνα 4-8: Χρονοσειρά ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκάνης Αλιάκμονα.



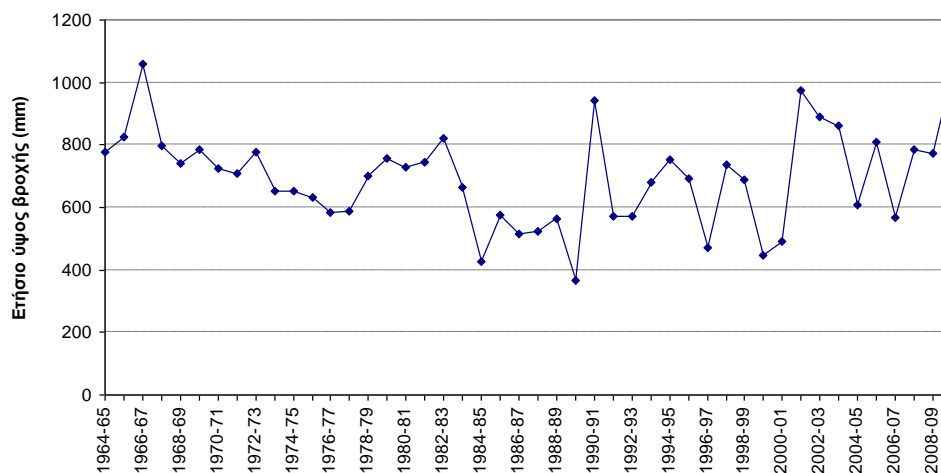
Εικόνα 4-9: Προσαρμογή θεωρητικών κατανομών στα δείγματα επιφανειακής βροχόπτωσης της υπολεκάνης Αλιάκμονα, για χρονικές κλίμακες ενός (αριστερά) και μέσου όρου πέντε ετών (δεξιά).



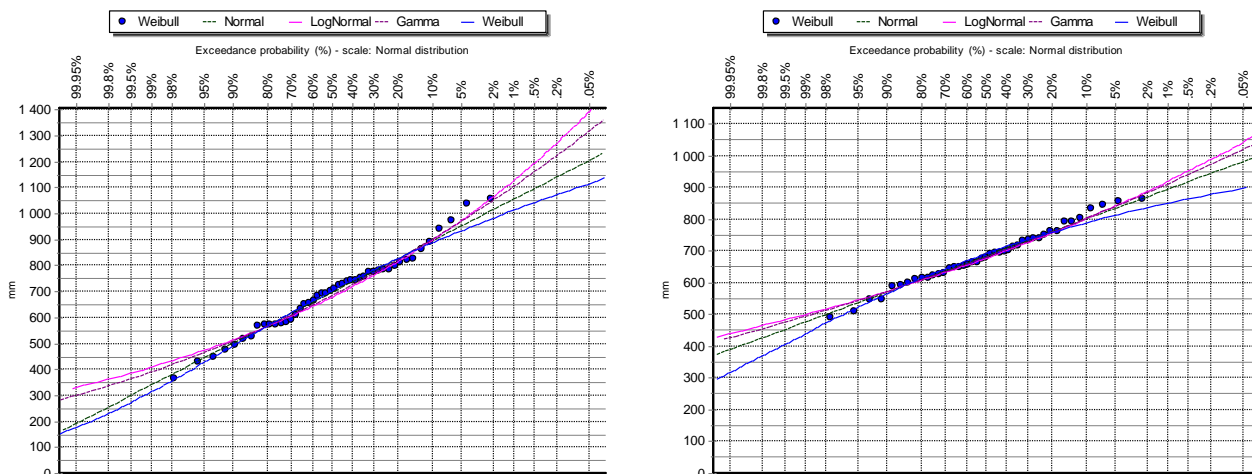
Εικόνα 4-10: Χρονική εξέλιξη δείκτη ξηρασίας υπολεκάνης Αλιάκμονα για χρονικές κλίμακες ενός, δύο, τριών και πέντε υδρολογικών ετών.

4.4.3.3. ΥΠΟΛΕΚΑΝΗ ΑΞΙΟΥ ΦΛΩΡΙΝΑΣ

Πρόκειται για την ανάντη υπολεκάνη του ποταμού Αξιού, που στη συνέχεια κατευθύνεται βόρεια, προς την πΓΔΜ, και επανέρχεται στο ελληνικό έδαφος για να εκβάλει στον Θερμαϊκό Κόλπο. Η χρονοσειρά της επιφανειακής βροχόπτωσης της λεκάνης καλύπτει την περίοδο 1964-65 έως 2009-10, δηλαδή 46 υδρολογικά έτη (Εικόνα 4-11). Η μέση ετήσια τιμή της ανέρχεται σε 697 mm.



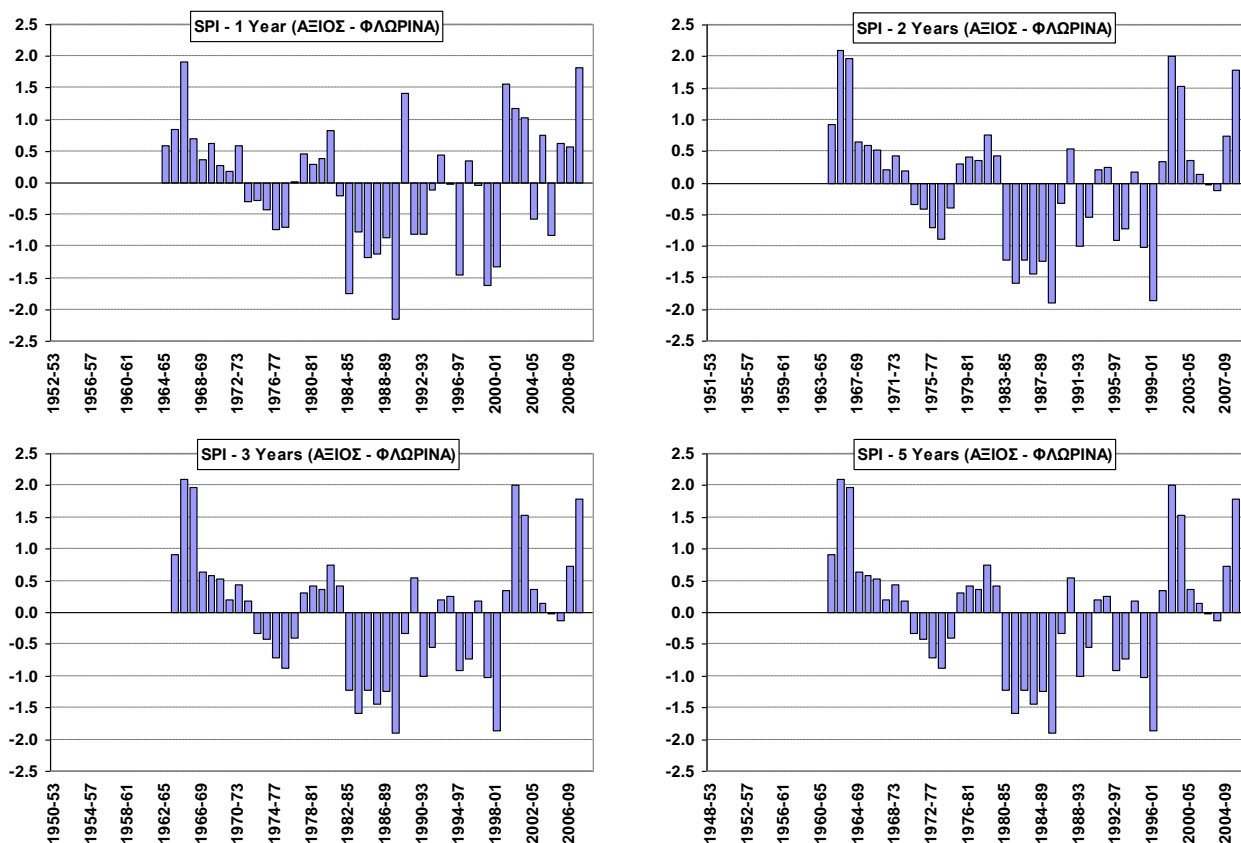
Εικόνα 4-11: Χρονοσειρά ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκάνης Αξιού Φλώρινας.



Εικόνα 4-12: Προσαρμογή θεωρητικών κατανομών στα δείγματα επιφανειακής βροχόπτωσης της υπολεκάνης Αξιού Φλώρινας, για χρονικές κλίμακες ενός (αριστερά) και μέσου όρου πέντε ετών (δεξιά).

Στην Εικόνα 4-12 απεικονίζονται οι κατανομές που χρησιμοποιήθηκαν για τη στατιστική ανάλυση των επιφανειακών βροχοπτώσεων της υπολεκάνης, στην ετήσια και πενταετή κλίμακα. Συγκεκριμένα, στα αθροιστικά ύψη επιφανειακής βροχόπτωσης μέχρι ενός έτους προσαρμόστηκε μια μικτή κατανομή (κανονική και λογαριθμοκανονική, για τις χαμηλές και υψηλές τιμές, αντίστοιχα). Για τις υπόλοιπες χρονικές κλίμακες επιλέχθηκε, για το σύνολο του δείγματος, η κανονική κατανομή.

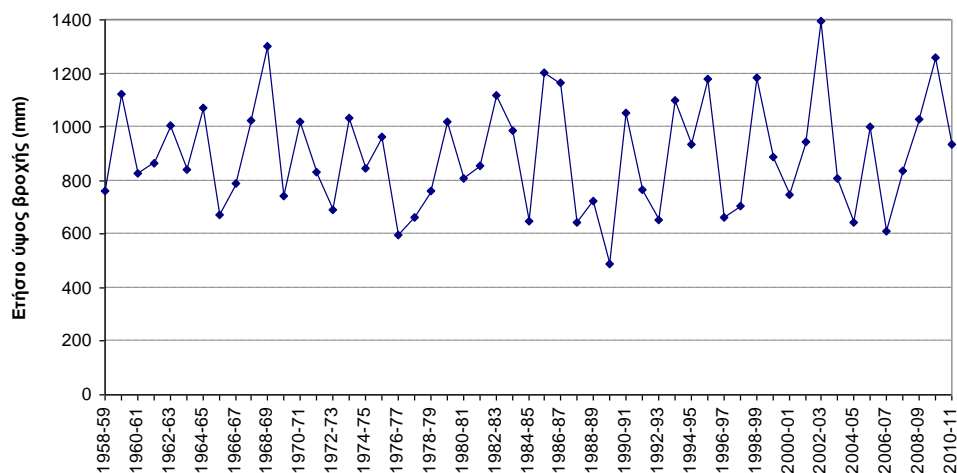
Στην Εικόνα 4-13 απεικονίζεται η χρονική εξέλιξη του δείκτη SPI, για διάφορες χρονικές κλίμακες. Διακρίνονται τρεις περίοδοι ξηρασίας. Η πρώτη αναφέρεται στην πενταετία 1973-1978, στη διάρκεια της οποίας εμφανίζονται συστηματικά χαμηλές βροχοπτώσεις (δηλαδή αρνητικές τιμές του ετήσιου SPI). Ωστόσο, σε αντίθεση με την επιφανειακή βροχόπτωση στη λεκάνη του Αλιάκμονα, όλες οι τιμές και σε όλες τις χρονικές κλίμακες κυμαίνονται σε ήπια επίπεδα. Αντίθετα, η ξηρασία της περιόδου 1983-1994 (κατά την οποία ο ετήσιος δείκτης SPI διατηρείται αρνητικός, με εξαίρεση το 1990-91) χαρακτηρίζεται τόσο από τη διάρκεια όσο και την έντασή της. Μάλιστα, ο δείκτης που αναφέρεται στη μέση βροχόπτωση της πενταετίας 1984-1990 είναι οριακά μικρότερος του -2, υποδηλώνοντας έτσι ένα ακραίο φαινόμενο ξηρασίας. Στην ετήσια κλίμακα, η ελάχιστη τιμή του SPI είναι -2.15, που αντιστοιχεί σε θεωρητική περίοδο επαναφοράς μεγαλύτερη των 60 ετών. Τέλος, σχετικά μεγάλη σε ένταση αλλά μικρή σε διάρκεια είναι η ξηρασία της περιόδου 1999-2001, που σε κλίμακα διετίας είναι εξίσου σοβαρή με την ξηρασία των ετών 1988-1990 (SPI \approx -1.90).



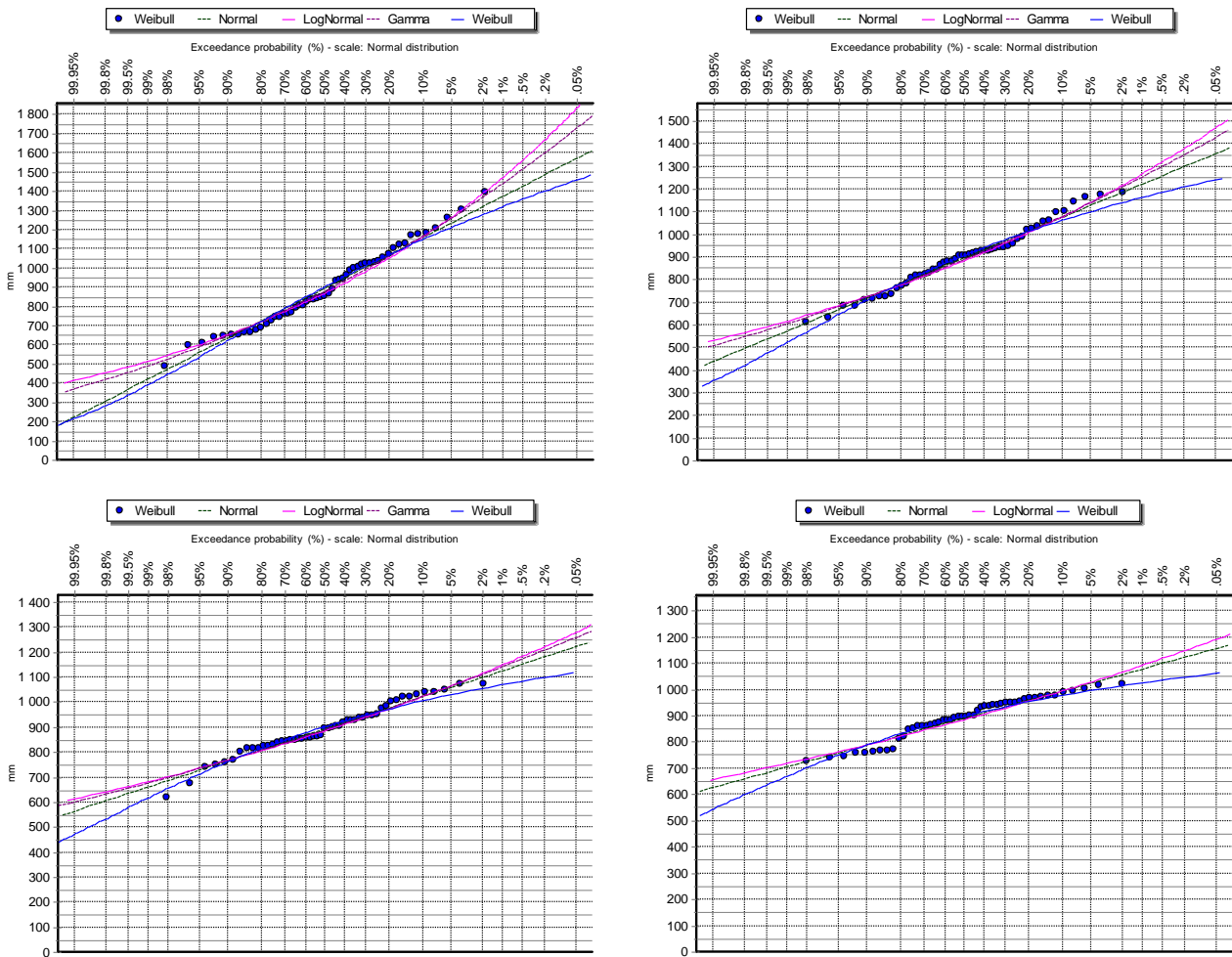
Εικόνα 4-13: Χρονική εξέλιξη δείκτη ξηρασίας υπολεκάνης Αξιού Φλώρινας για χρονικές κλίμακες ενός, δύο, τριών και πέντε υδρολογικών ετών.

4.4.3.4. ΥΠΟΛΕΚΑΝΗ ΠΕΔΙΑΔΑΣ ΚΑΤΕΡΙΝΗΣ

Η υπολεκάνη της Πεδιάδας Κατερίνης δέχεται τα μεγαλύτερα ύψη βροχής σε όλο το υδατικό διαμέρισμα. Η χρονοσειρά της επιφανειακής βροχόπτωσης της λεκάνης καλύπτει την περίοδο 1958-59 έως 2010-11, δηλαδή 53 υδρολογικά έτη (Εικόνα 4-14). Η μέση ετήσια τιμή της ανέρχεται σε 895 mm.



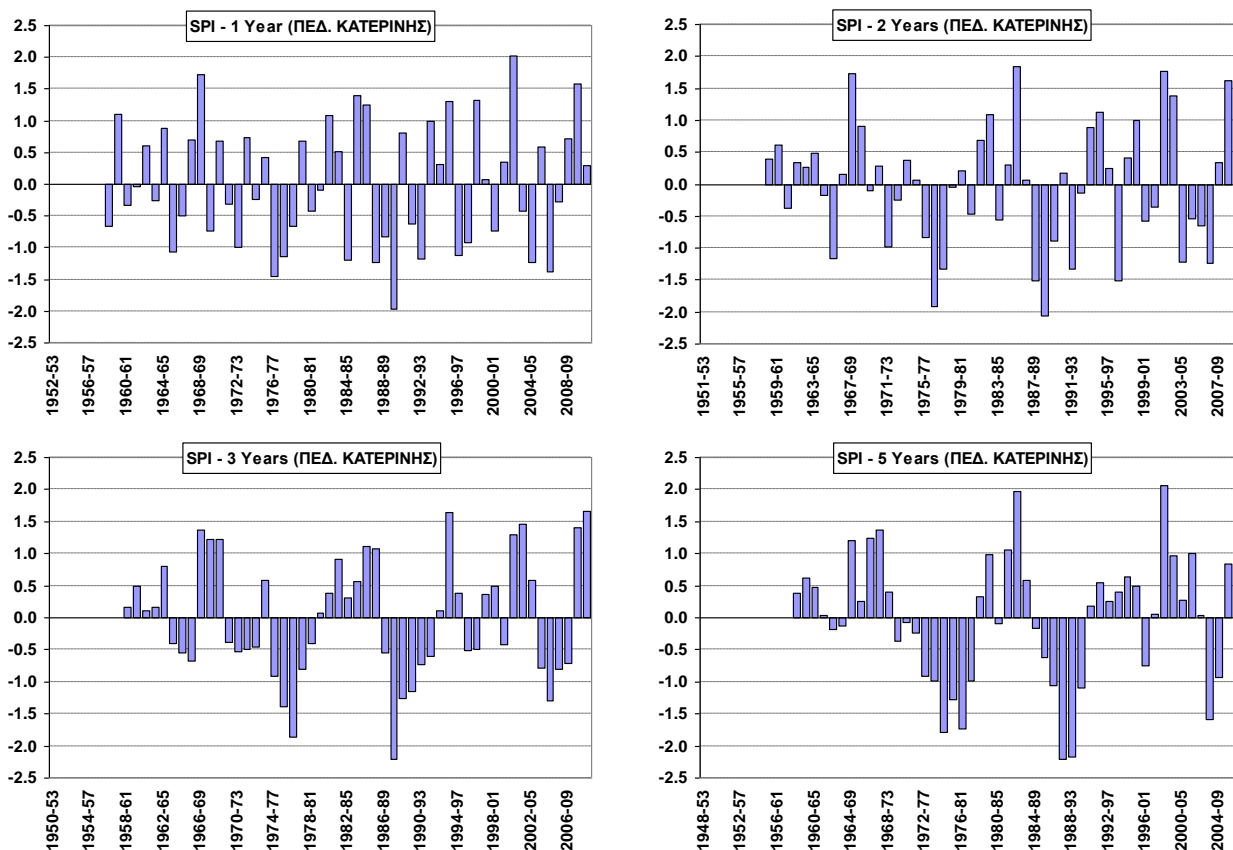
Εικόνα 4-14: Χρονοσειρά ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκάνης Πεδιάδας Κατερίνης.



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

Στην Εικόνα 4-15 απεικονίζονται οι κατανομές που χρησιμοποιήθηκαν για τη στατιστική ανάλυση των επιφανειακών βροχοπτώσεων, σε διάφορες χρονικές κλίμακες. Παρατηρείται ότι το σχήμα της εμπειρικής κατανομής μεταβάλλεται, ανάλογα με την κλίμακα. Μετά από διερεύνηση, επιλέχθηκαν οι ακόλουθες κατανομές: (α) ο συνδυασμός της κανονικής (για χαμηλές τιμές) και λογαριθμοκανονικής (για υψηλές τιμές) κατανομής, για χρονικές κλίμακες από τρεις μήνες έως δύο έτη, (β) ο συνδυασμός της Weibull (για χαμηλές τιμές) και λογαριθμοκανονικής (για υψηλές τιμές) κατανομής, για τις μέσες ετήσιες βροχοπτώσεις τριών ετών, και (γ) η κανονική κατανομή, για τις μέσες ετήσιες βροχοπτώσεις τεσσάρων και πέντε ετών.

Στην Εικόνα 4-16 απεικονίζεται η χρονική εξέλιξη του δείκτη ξηρασίας SPI, για διάφορες χρονικές κλίμακες (υδρολογικού έτους και μέσων όρων δύο, τριών και πέντε ετών). Διακρίνονται διάφορες περιόδους ξηρασίας, που διαφοροποιούνται ως προς τα χαρακτηριστικά τους. Ήπια φαινόμενα παρατηρούνται από τη δεκαετία του 1960, κατά την οποία εμφανίζονται αλληλουχίες υγρών και ξηρών ετών. Δυσμενέστερη είναι η διετία 1965-67, κατά την οποία ο SPI λαμβάνει την τιμή -1.2. Καθ' όλη τη δεκαετία του 1970, οι βροχοπτώσεις παραμένουν συστηματικά χαμηλές. Ειδικά στα μέσα της δεκαετίας, εμφανίζονται ιδιαίτερα σοβαρά επεισόδια ξηρασίας, στα οποία ο δείκτης SPI κυμαίνεται μεταξύ -1.5 και -2.0, σε διάφορες χρονικές κλίμακες. Η επόμενη μακροχρόνια ξηρασία καλύπτει την περίοδο 1988-1994, και με βάση την τιμή του δείκτη SPI μπορεί να χαρακτηριστεί ως ακραία, καθώς σε δύο διαδοχικά διαστήματα ο SPI της μέσης βροχοπτώσεως πενταετίας κυμαίνεται στα επίπεδα του -2.2. Την περίοδο 1996-2001 παρατηρείται μια ήπια ξηρασία (SPI = -0.8), ενώ ως σοβαρή χαρακτηρίζεται η ξηρασία των μέσων της δεκαετίας του 2000, με τον δείκτη SPI της πενταετίας 2003-2008 να εκτιμάται σε -1.6.

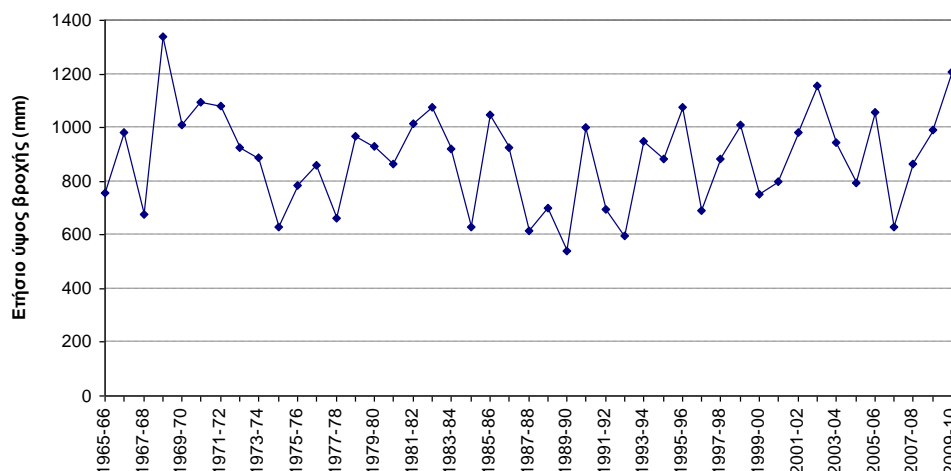


Εικόνα 4-16: Χρονική εξέλιξη δείκτη ξηρασίας υπολεκάνης Πεδιάδας Κατερίνης για χρονικές κλίμακες ενός, δύο, τριών και πέντε υδρολογικών ετών.

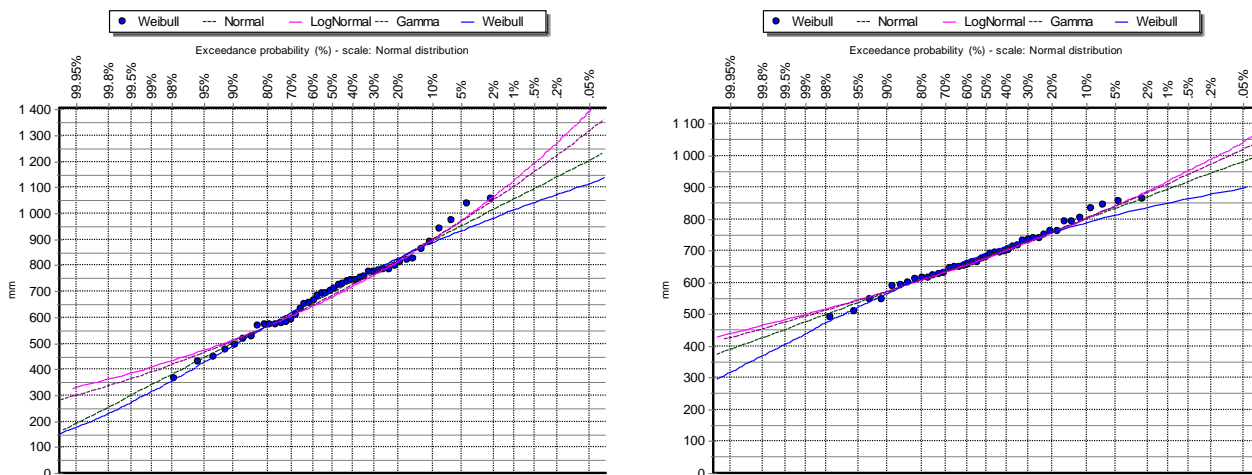
4.4.3.5. ΥΠΟΛΕΚΑΝΗ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΤΑΦΡΟΥ

Η χρονοσειρά επιφανειακής βροχόπτωσης της υπολεκάνης καλύπτει την περίοδο 1965-66 έως 2009-10, δηλαδή 45 υδρολογικά έτη (Εικόνα 4-17). Η μέση ετήσια τιμή της ανέρχεται σε 886 mm.

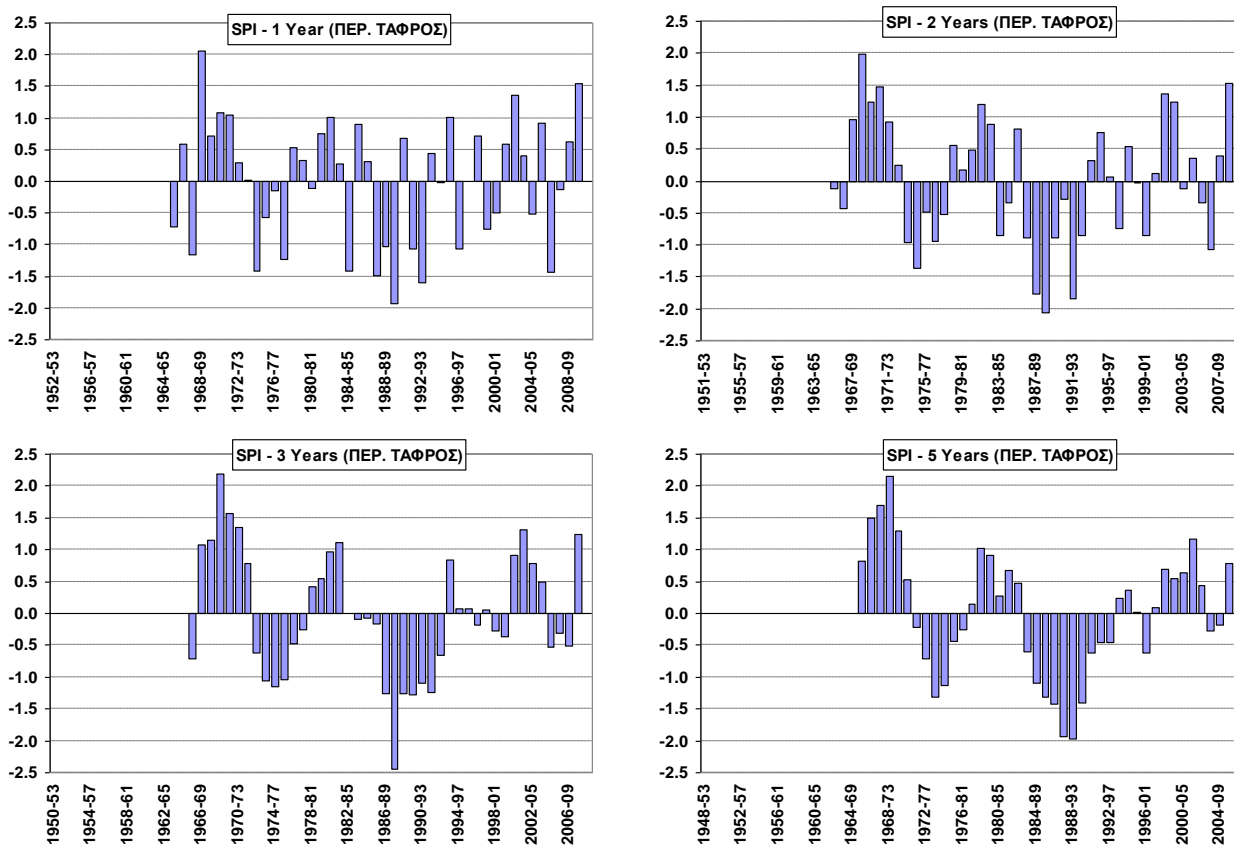
Στην Εικόνα 4-18 απεικονίζονται οι κατανομές που χρησιμοποιήθηκαν για τη στατιστική ανάλυση των επιφανειακών βροχοπτώσεων, σε ετήσια και πενταετή κλίμακα. Σε όλες τις κλίμακες προσαρμόστηκε μια μικτή κατανομή (κανονική για τις χαμηλές τιμές του δείγματος και λογαριθμοκανονική για τις υψηλές).



Εικόνα 4-17: Χρονοσειρά ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκάνης Περιφερειακής Τάφρου.



Εικόνα 4-18: Προσαρμογή θεωρητικών κατανομών στα δείγματα επιφανειακής βροχόπτωσης της υπολεκάνης Περιφερειακής Τάφρου, για χρονικές κλίμακες ενός (αριστερά) και μέσου όρου πέντε ετών (δεξιά).

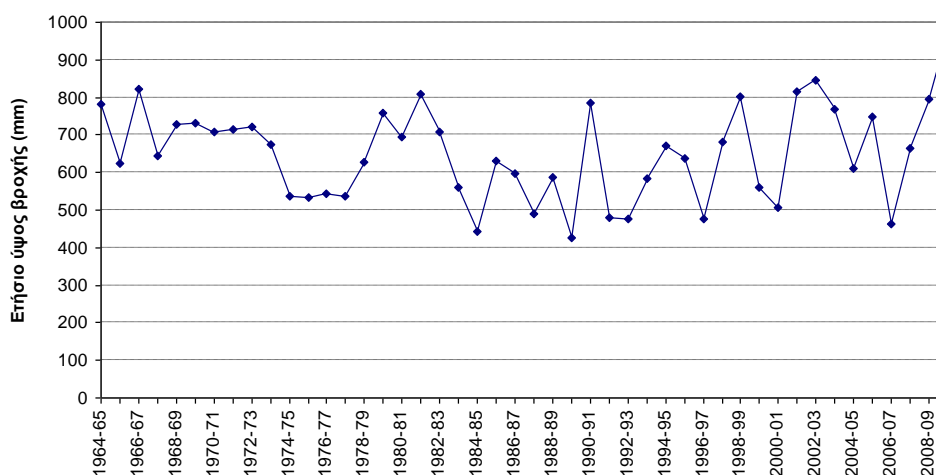


Εικόνα 4-19: Χρονική εξέλιξη δείκτη ξηρασίας υπολεκάνης Περιφερειακής Τάφρου για χρονικές κλίμακες ενός, δύο, τριών και πέντε υδρολογικών ετών.

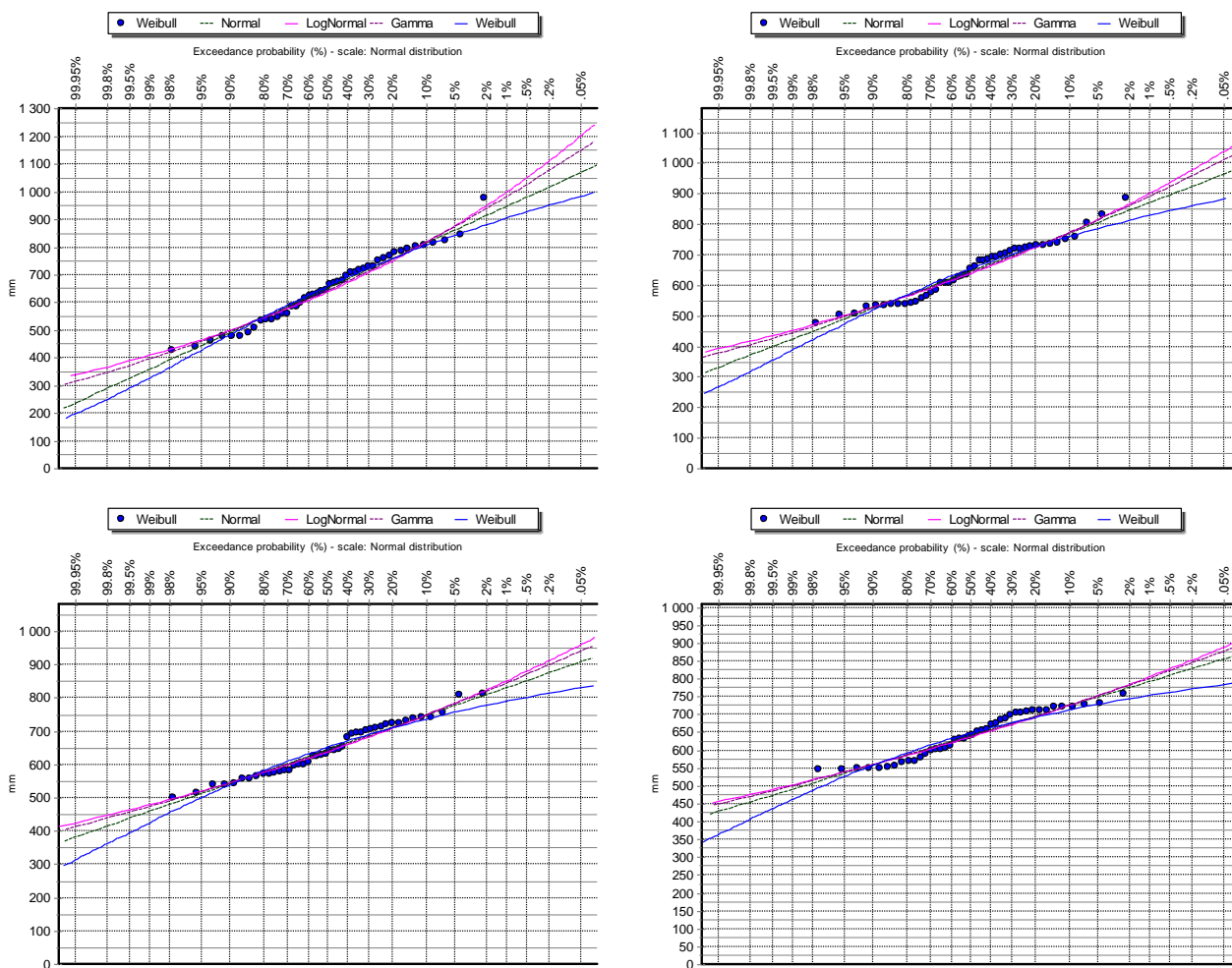
Στην Εικόνα 4-19 απεικονίζεται η χρονική εξέλιξη του SPI, για διάφορες χρονικές κλίμακες (υδρολογικού έτους και μέσων όρων δύο, τριών και πέντε ετών). Διακρίνονται δύο περίοδοι έμμονης ξηρασίας. Η πρώτη, που αναφέρεται στη δεκαετία του 1970, χαρακτηρίζεται από ήπια έως μέτρια, ενώ η επόμενη περίοδος ξηρασίας είναι πολύ σημαντική, τόσο σε διάρκεια όσο και σε ένταση. Ειδικά κατά την τριετία 1987-1990, η μέση ετήσια βροχόπτωση είναι ακραία χαμηλή, καθώς ο δείκτης SPI τείνει στο -2.5 (που αντιστοιχεί σε θεωρητική περίοδο επαναφοράς της τάξης των 140 ετών). Σε κλίμακα μέσης βροχόπτωσης πενταετίας, ο δείκτης SPI διατηρείται συστηματικά αρνητικός (από -0.5 έως -2.0) επί μία δεκαετία. Στις αρχές και τα μέσα της δεκαετίας του 2000 εμφανίζονται δύο ακόμη επεισόδια ξηρασίας, ήπιας ωστόσο έντασης.

4.4.3.6. ΥΠΟΛΕΚΑΝΗ ΠΤΟΛΕΜΑΪΔΑΣ

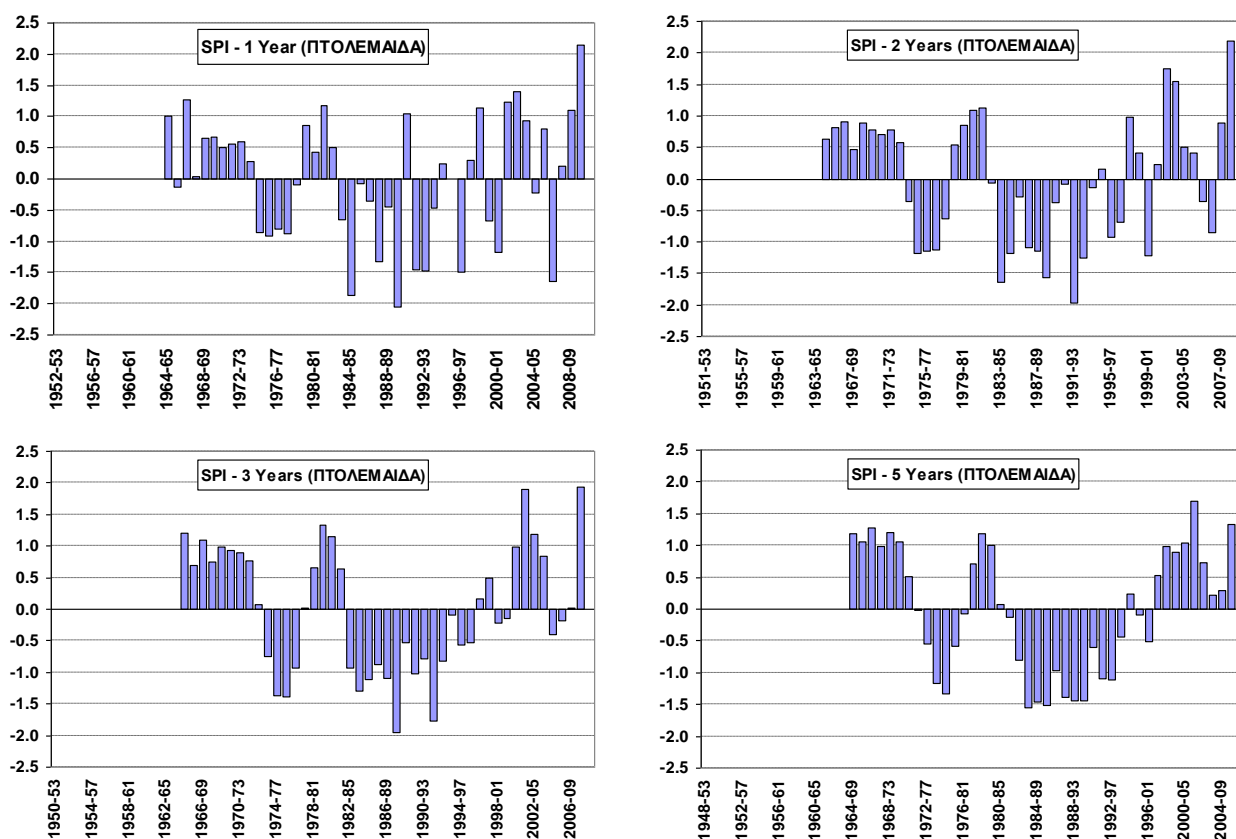
Η χρονοσειρά επιφανειακής βροχόπτωσης στην κλειστή λεκάνη της Πτολεμαΐδας καλύπτει την περίοδο 1964-65 έως 2009-10, δηλαδή 46 υδρολογικά έτη (Εικόνα 4-20). Η μέση ετήσια τιμή της ανέρχεται σε 652 mm, που είναι η χαμηλότερη σε όλο το Υδατικό Διαμέρισμα.



Εικόνα 4-20: Χρονοσειρά ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκάνης Πτολεμαΐδας.



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



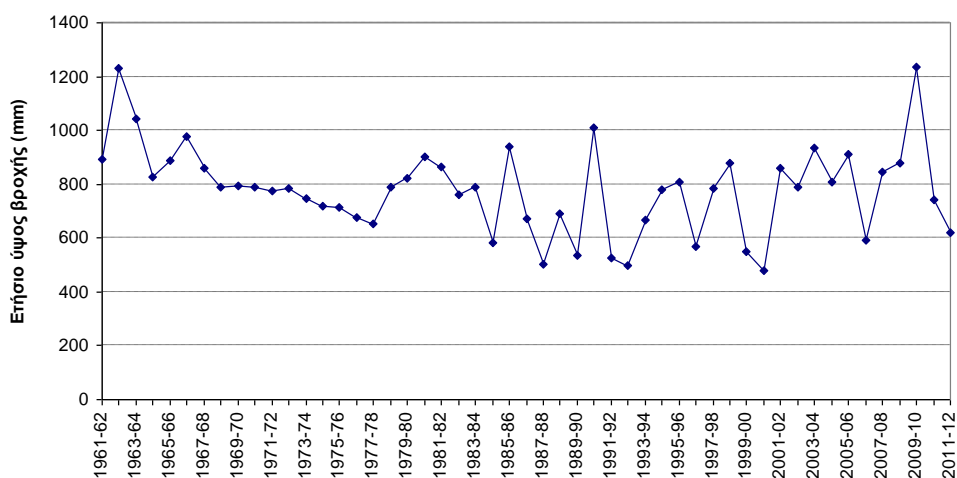
Εικόνα 4-22: Χρονική εξέλιξη δείκτη ξηρασίας υπολεκάνης Πτολεμαΐδας για χρονικές κλίμακες ενός, δύο, τριών και πέντε υδρολογικών ετών.

Στην Εικόνα 4-21 απεικονίζονται οι κατανομές που χρησιμοποιήθηκαν για τη στατιστική ανάλυση των επιφανειακών βροχοπτώσεων της λεκάνης, σε ετήσια, διετή, τριετή και πενταετή κλίμακα. Για τις αθροιστικές βροχοπτώσεις τριών, έξι και εννέα μηνών εφαρμόστηκε η γάμα κατανομή για τις χαμηλές τιμές και η λογαριθμοκανονική για τις υψηλές, ενώ στις ανώτερες χρονικές κλίμακες προσαρμόστηκε, για όλο το εύρος τιμών της μεταβλητής, η λογαριθμοκανονική κατανομή.

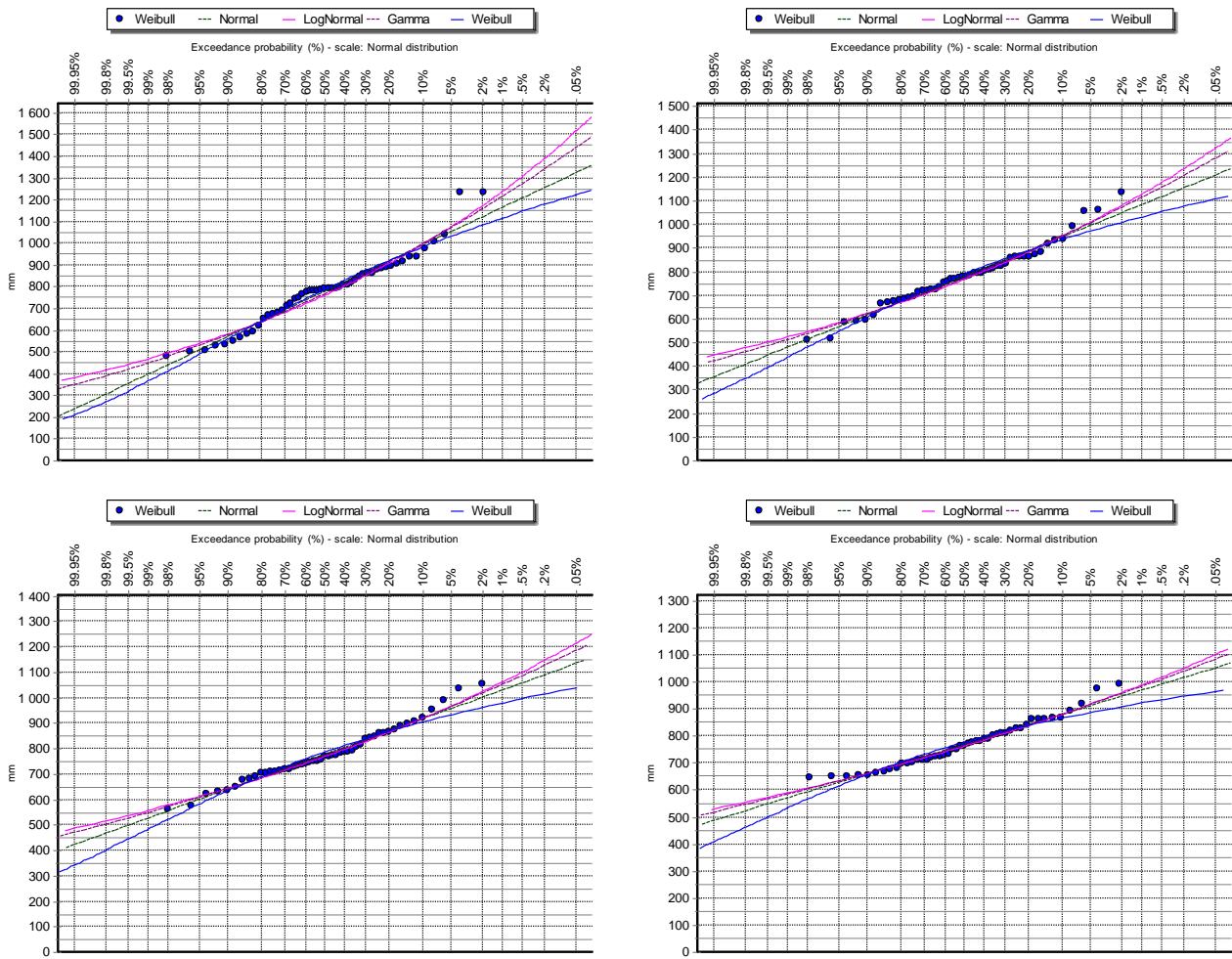
Στην Εικόνα 4-22 απεικονίζεται η χρονική εξέλιξη του δείκτη ξηρασίας SPI, για διάφορες χρονικές κλίμακες (υδρολογικού έτους και μέσων όρων δύο, τριών και πέντε ετών). Διακρίνονται δύο περίοδοι έμμονης ξηρασίας. Η πρώτη εμφανίζεται από τα μέσα ως τα τέλη της δεκαετίας του 1970, και έχει ήπια έως μέτρια ένταση, καθώς σε όλες τις χρονικές κλίμακες η τιμή του SPI διατηρείται μικρότερη από -1.5. Από τα μέσα της δεκαετίας του 1980 έως τα τέλη της δεκαετίας του 1990 παρατηρείται μια μακροχρόνια ξηρασία, με τις τιμές του ετήσιου δείκτη SPI να παραμένουν, στην πλειονότητά τους, αρνητικές. Στις χρονικές κλίμακες έτους, διετίας και τριετίας, εμφανίζονται τιμές κοντά ή και λίγο μικρότερες του -2.0, που υποδηλώνουν μετάβαση σε ακραίες συνθήκες ξηρασίας. Στη χρονική κλίμακα πενταετίας, και από το 1987-88 ως το 1993-94, ο αντίστοιχος δείκτης διατηρείται στα επίπεδα του -1.5, που είναι χαρακτηριστικός μιας σοβαρής ξηρασίας, με συστηματικά χαμηλές βροχοπτώσεις. Αντίθετα, την τελευταία δεκαετία καταγράφονται συστηματικά υψηλές βροχοπτώσεις, με μόνη εξαίρεση το υδρολογικό έτος 2006-07, κατά το οποίο η τιμή του ετήσιου SPI μειώθηκε στα επίπεδα του -1.65.

4.4.3.7. ΥΠΟΛΕΚΑΝΗ ΠΡΕΣΠΩΝ

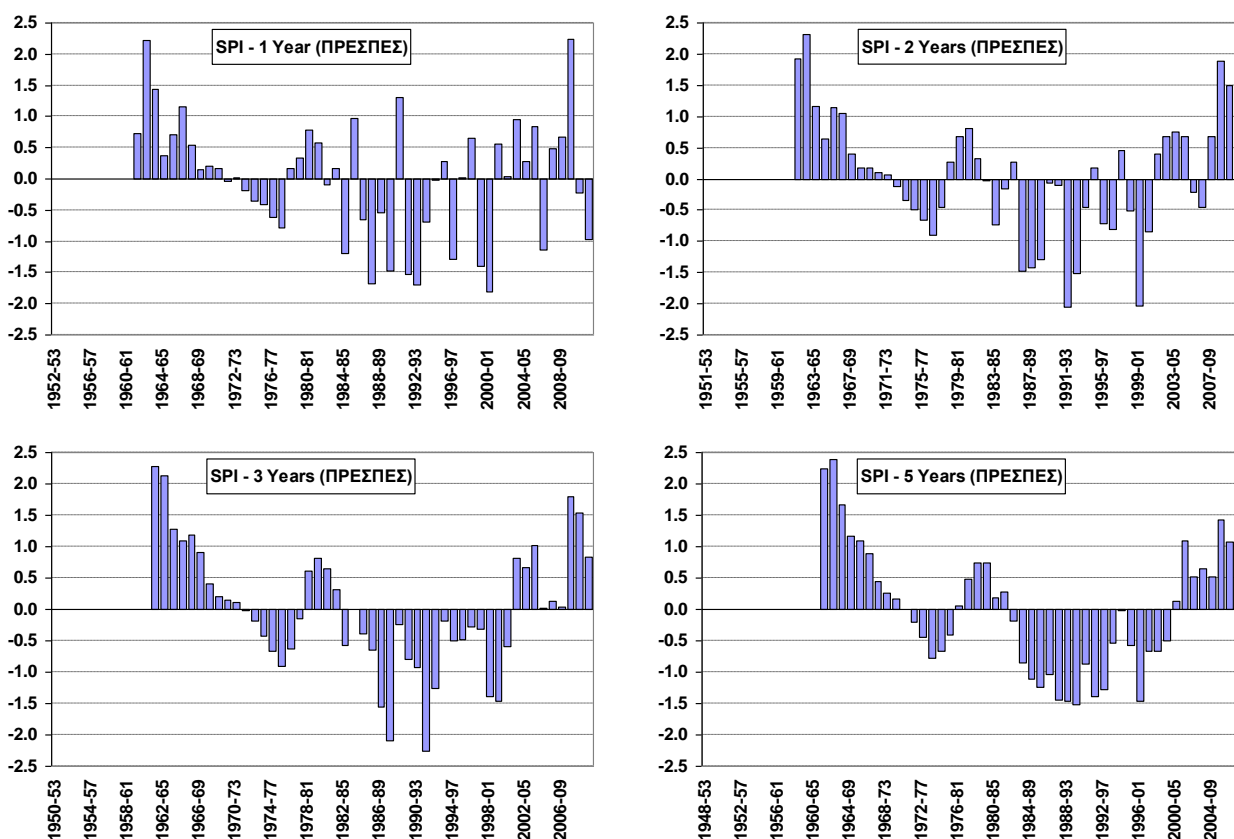
Η χρονοσειρά επιφανειακής βροχόπτωσης στην κλειστή λεκάνη των Πρεσπών (στην πραγματικότητα, το τμήμα της λεκάνης που εκτείνεται σε ελληνικό έδαφος) καλύπτει την περίοδο 1961-62 έως 2011-12, δηλαδή 51 υδρολογικά έτη (Εικόνα 4-23). Η μέση ετήσια τιμή της ανέρχεται σε 780 mm.



Εικόνα 4-23: Χρονοσειρά ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκάνης Πρεσπών.



Εικόνα 4-24: Προσαρμογή θεωρητικών κατανομών στα δείγματα επιφανειακής βροχόπτωσης της υπολεκάνης Πρεσπών, για χρονικές κλίμακες ενός (πάνω αριστερά) και μέσου όρου δύο (πάνω δεξιά), τριών (κάτω αριστερά) και πέντε ετών (κάτω δεξιά).



Εικόνα 4-25: Χρονική εξέλιξη δείκτη ξηρασίας υπολεκάνης Πρεσπών για χρονικές κλίμακες ενός, δύο, τριών και πέντε υδρολογικών ετών.

Στην Εικόνα 4-24 απεικονίζονται οι κατανομές που χρησιμοποιήθηκαν για τη στατιστική ανάλυση των επιφανειακών βροχοπτώσεων της λεκάνης, σε ετήσια, διετή, τριετή και πενταετή κλίμακα. Για τη χρονική κλίμακα έως δύο ετών εφαρμόστηκε η κανονική κατανομή για τις χαμηλές τιμές και η λογαριθμοκανονική για τις υψηλές, ενώ στις χρονικές κλίμακες τριών έως πέντε ετών προσαρμόστηκε, σε όλο το εύρος τιμών της μεταβλητής, η λογαριθμοκανονική κατανομή.

Στην Εικόνα 4-25 απεικονίζεται η χρονική εξέλιξη του δείκτη ξηρασίας SPI, για διάφορες χρονικές κλίμακες (υδρολογικού έτους και μέσων όρων δύο, τριών και πέντε ετών). Διακρίνονται δύο περίοδοι έμμονης ξηρασίας. Η πρώτη εμφανίζεται από τα μέσα ως τα τέλη της δεκαετίας του 1970, και έχει ήπια ένταση, καθώς σε όλες τις χρονικές κλίμακες η τιμή του SPI διατηρείται μικρότερη από -1.0. Από τα μέσα της δεκαετίας του 1980 έως τα μέσα της δεκαετίας του 2000 παρατηρείται μια μακροχρόνια ξηρασία κυμαινόμενης έντασης. Χαρακτηριστικό είναι ότι ο πενταετής δείκτης SPI διατηρείται αρνητικός επί 18 συνεχόμενες περιόδους, φτάνοντας, σε αρκετές περιπτώσεις, την τιμή -1.5. Πρόκειται για την πλέον μεγάλη σε διάρκεια ξηρασία σε όλο το Υδατικό Διαμέρισμα. Στις χρονικές κλίμακες των δύο και τριών ετών, εμφανίζονται τιμές του SPI μικρότερες του -2.0, που υποδηλώνουν ακραίες συνθήκες ξηρασίας.

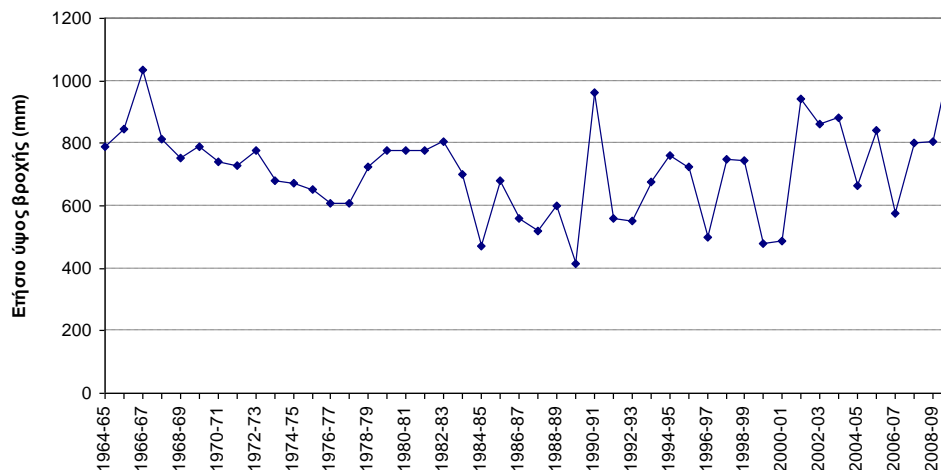
4.4.4. ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΩΝ ΛΕΚΑΝΩΝ ΑΠΟΡΡΟΗΣ (ΛΑΠ)

4.4.4.1. ΧΩΡΙΚΗ ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΩΝ ΣΕ ΚΛΙΜΑΚΑ ΛΑΠ

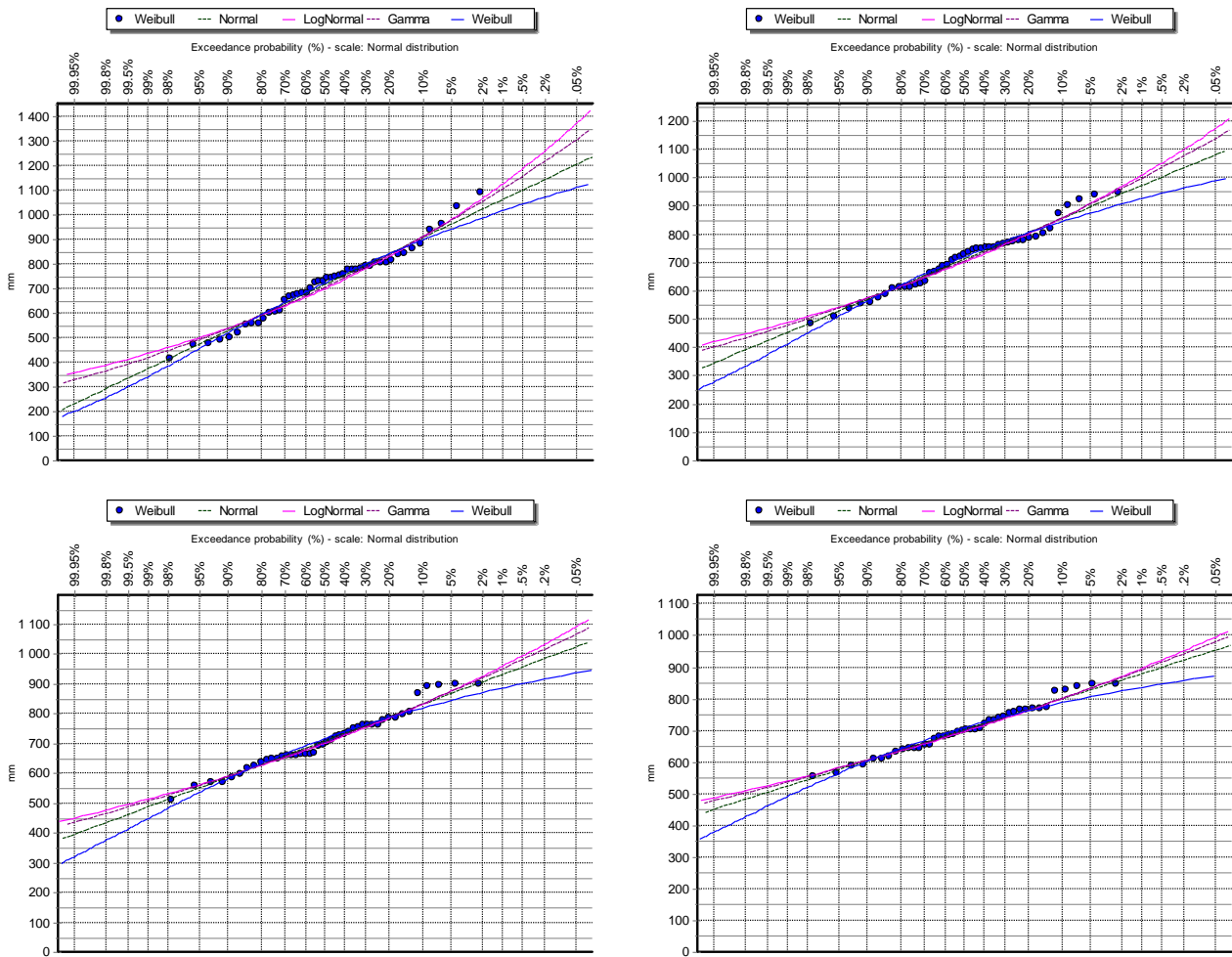
Η χωρική ολοκλήρωση της βροχοπτώσεως σε κλίμακα ΛΑΠ γίνεται θεωρώντας το σταθμισμένο, με βάση τα ποσοστά των αντίστοιχων εκτάσεων, άθροισμα των επιφανειακών βροχοπτώσεων των υπολεκάνων τους. Οι χρονοσειρές που προκύπτουν συναθροίζονται στις διάφορες χρονικές κλίμακες, και σε κάθε δείγμα εφαρμόζεται η μεθοδολογία υπολογισμού των τυποποιημένων δεικτών ξηρασίας, κατ' αντιστοιχία με τις υπολεκάνες.

4.4.4.2. ΛΑΠ ΠΡΕΣΠΩΝ (GR01)

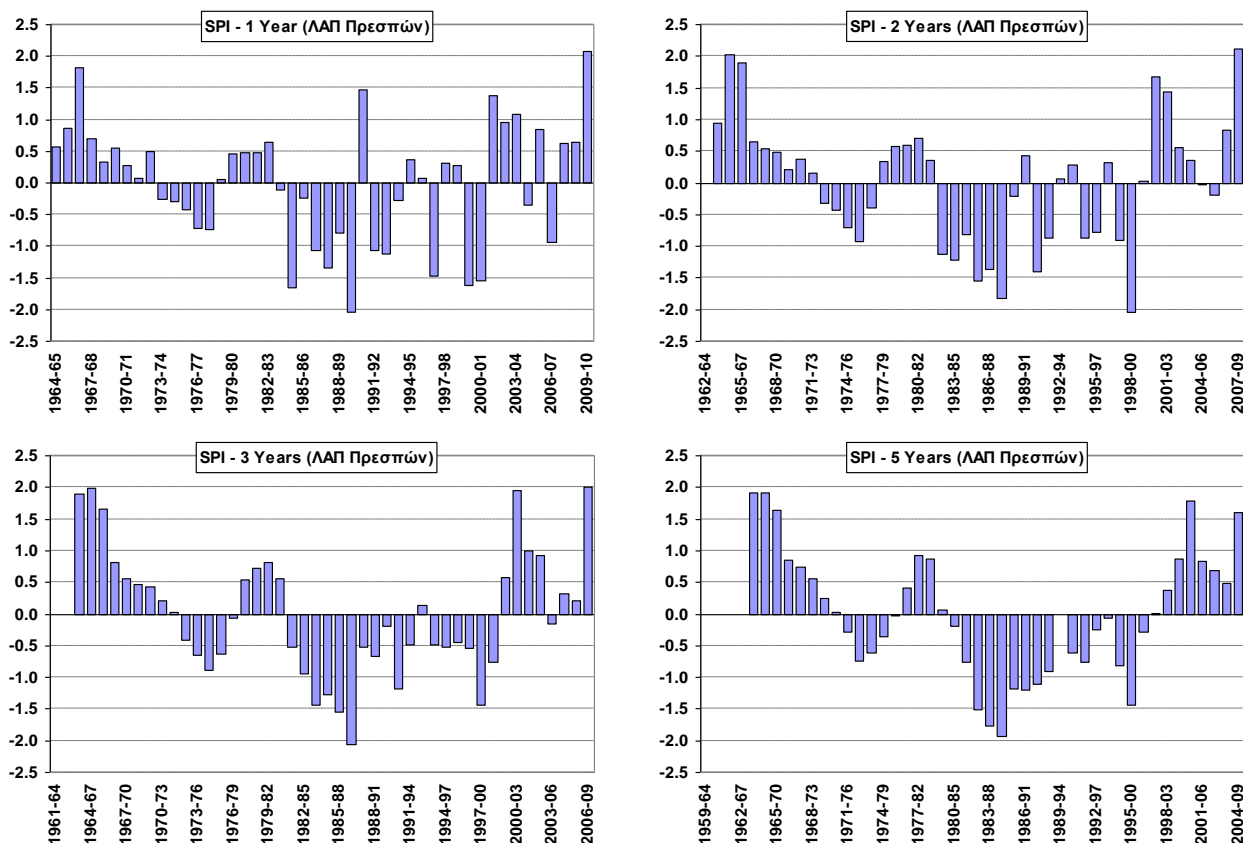
Η ΛΑΠ Πρεσπών περιλαμβάνει τις υπολεκάνες Αξιού Φλώρινας και Πρεσπών, έκτασης 862.7 και 347.0 km², αντίστοιχα. Συνεπώς, τα επιμέρους ύψη βροχής πολλαπλασιάζονται επί τα ποσοστά επιρροής 71.3 και 28.7%, οπότε προκύπτει η τελική χρονοσειρά βροχόπτωσης, που καλύπτει την περίοδο 1964-65 έως 2009-10, δηλαδή 46 υδρολογικά έτη (Εικόνα 4-26). Η μέση ετήσια τιμή της ανέρχεται σε 716 mm.



Εικόνα 4-26: Χρονοσειρά ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης ΛΑΠ Πρεσπών.



Εικόνα 4-27: Προσαρμογή θεωρητικών κατανομών στα δείγματα επιφανειακής βροχόπτωσης της ΛΑΠ Πρεσπών, για χρονικές κλίμακες ενός (πάνω αριστερά) και μέσου όρου δύο (πάνω δεξιά), τριών (κάτω αριστερά) και πέντε ετών (κάτω δεξιά).



Εικόνα 4-28: Χρονική εξέλιξη δείκτη ξηρασίας ΛΑΠ Πρεσπών για χρονικές κλίμακες ενός, δύο, τριών και πέντε υδρολογικών ετών.

Στην Εικόνα 4-27 απεικονίζονται οι κατανομές που χρησιμοποιήθηκαν για τη στατιστική ανάλυση των επιφανειακών βροχοπτώσεων της ΛΑΠ, σε ετήσια, διετή, τριετή και πενταετή κλίμακα. Στα αθροιστικά ύψη βροχόπτωσης μέχρι ενός έτους προσαρμόστηκε μικτή κατανομή (κανονική και λογαριθμοκανονική, για τις χαμηλές και υψηλές τιμές, αντίστοιχα), ενώ για τις υπόλοιπες κλίμακες επιλέχθηκε η κανονική κατανομή.

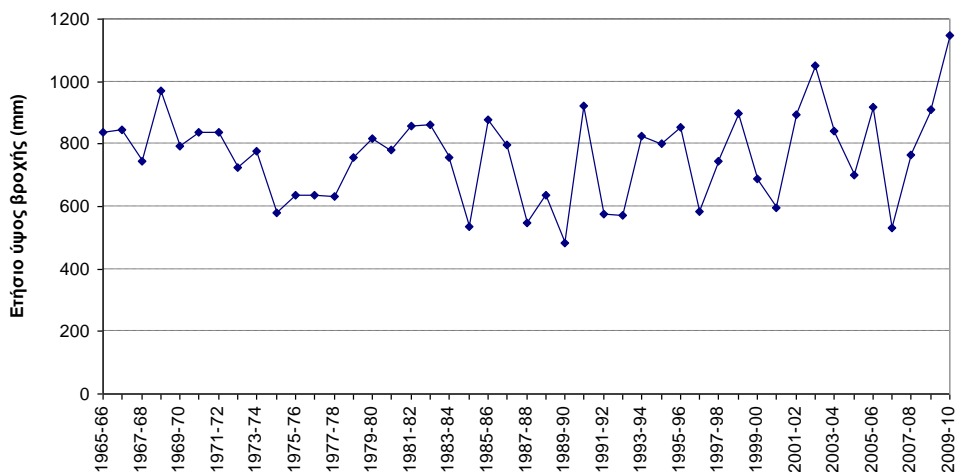
Στην Εικόνα 4-28 απεικονίζεται η χρονική εξέλιξη του SPI, για διάφορες χρονικές κλίμακες. Διακρίνονται δύο περίοδοι ξηρασίας. Η πρώτη αναφέρεται στα μέσα της δεκαετίας του 1970, και έχει ήπια ένταση, ενώ η δεύτερη εκτείνεται σε μια περίοδο 20 ετών, ξεκινώντας στις αρχές της δεκαετίας του 1980. Η περίοδος αυτή περιλαμβάνει αρκετά γεγονότα σοβαρής ξηρασίας, σε όλες τις χρονικές κλίμακες. Η πλέον δυσμενής είναι η τριετία 1986-89, κατά την οποία ο δείκτης SPI είναι -2.08, και συνεπώς το φαινόμενο χαρακτηρίζεται ως ακραίο. Εξίσου ακραία είναι και η διετία 1998-00, με τον δείκτη να εκτιμάται σε -2.04.

4.4.4.3. ΛΑΠ ΑΛΙΑΚΜΟΝΑ (GR02)

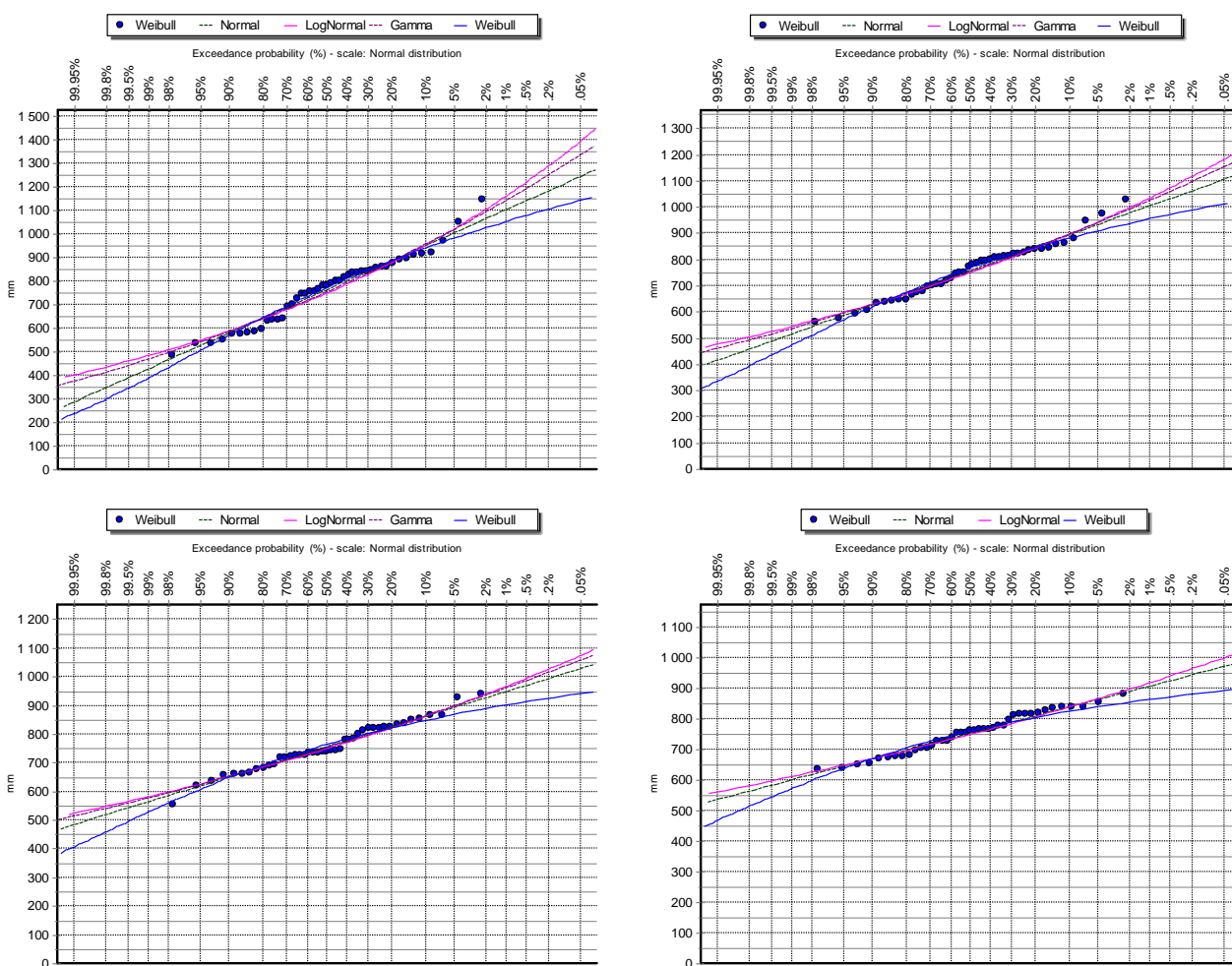
Η ΛΑΠ Αλιάκμονα περιλαμβάνει τέσσερις υπολεκάνες, τα εμβαδά των οποίων και τα αντίστοιχα ποσοστά επιρροής, δίνονται στον Πίνακα 4-4. Η τελική χρονοσειρά βροχόπτωσης που προκύπτει ως σταθμισμένο άθροισμα των επιφανειακών βροχοπτώσεων των υπολεκάνων, καλύπτει την περίοδο 1965-66 έως 2009-10, δηλαδή 45 υδρολογικά έτη (Εικόνα 4-29). Η μέση ετήσια τιμή της ανέρχεται σε 764 mm.

Πίνακας 4-4: Χαρακτηριστικά μεγέθη υπολεκάνων ΛΑΠ Αλιάκμονα.

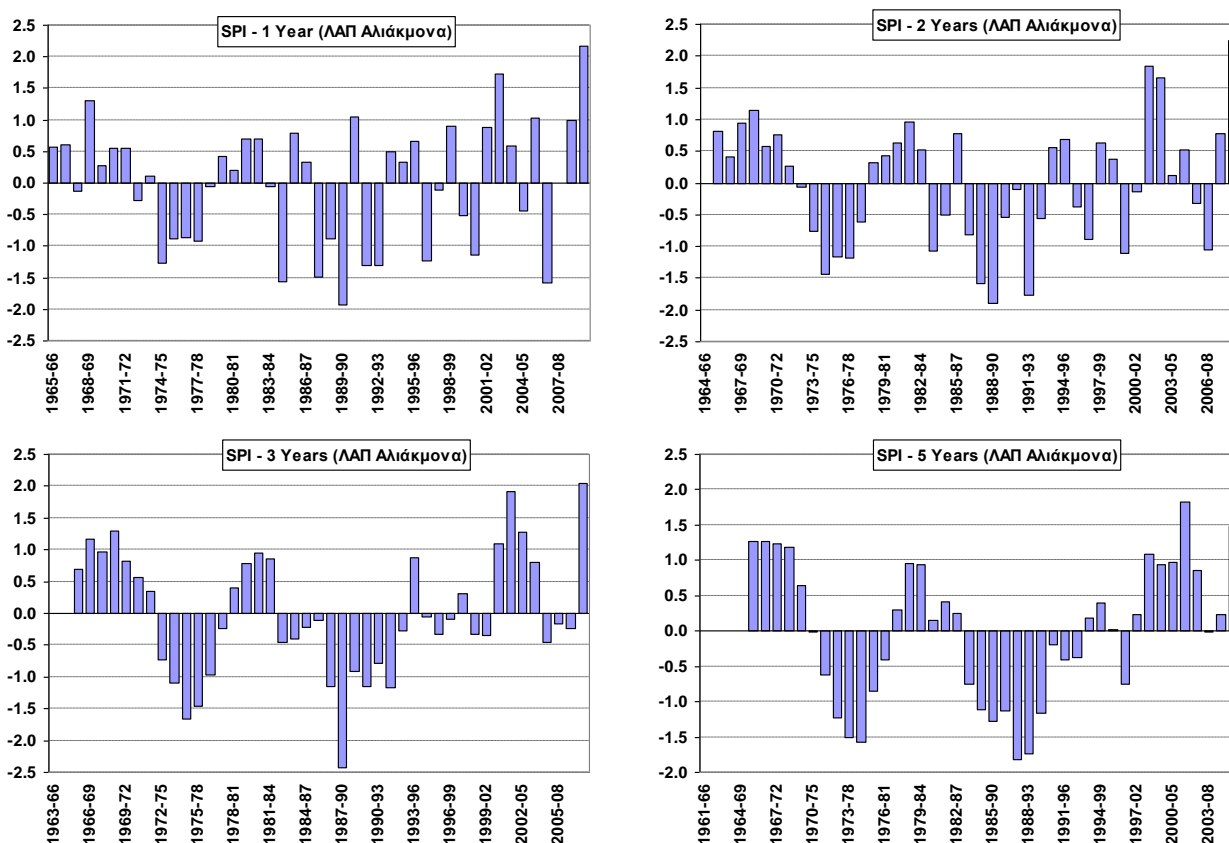
	Αλιάκμονας	Πεδ. Κατερίνης	Περ. Τάφρος	Πτολεμαΐδα	Σύνολο ΛΑΠ
Έκταση (km ²)	6 537.7	1 452.7	2 275.5	2 145.2	12 411.0
Ποσοστό επιρροής (%)	52.7	11.7	18.3	17.3	-
Μέση ετήσια βροχόπτωση (mm)	754.9	894.8	886.4	652.0	764.2



Εικόνα 4-29: Χρονοσειρά ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης ΛΑΠ Αλιάκμονα.



Εικόνα 4-30: Προσαρμογή θεωρητικών κατανομών στα δείγματα επιφανειακής βροχόπτωσης της ΛΑΠ Αλιάκμονα, για χρονικές κλίμακες ενός (πάνω αριστερά) και μέσου όρου δύο (πάνω δεξιά), τριών (κάτω αριστερά) και πέντε ετών (κάτω δεξιά).



Εικόνα 4-31: Χρονική εξέλιξη δείκτη ξηρασίας ΛΑΠ Αλιάκμονα για χρονικές κλίμακες ενός, δύο, τριών και πέντε υδρολογικών ετών.

Στην Εικόνα 4-30 απεικονίζονται οι κατανομές που χρησιμοποιήθηκαν για τη στατιστική ανάλυση των βροχοπτώσεων, σε ετήσια, διετή, τριετή και πενταετή κλίμακα. Για όλες τις κλίμακες προσαρμόστηκε η λογαριθμοκανονική κατανομή στις υψηλές τιμές και η κανονική στις χαμηλές.

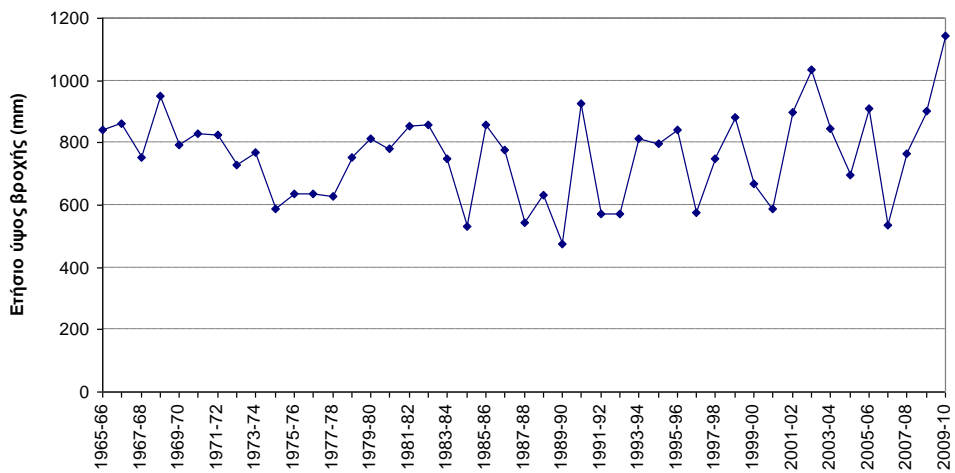
Στην Εικόνα 4-31 απεικονίζεται η χρονική εξέλιξη του δείκτη ξηρασίας SPI, για διάφορες χρονικές κλίμακες (υδρολογικού έτους και μέσω των όρων δύο, τριών και πέντε ετών). Διακρίνονται δύο περίοδοι έμμονης ξηρασίας, οι οποίες είναι ιδιαίτερα εμφανείς στις μεγάλες κλίμακες συνάθροισης (τριών και πέντε ετών). Η πρώτη αναφέρεται στη δεκαετία του 1970, που χαρακτηρίζεται από φαινόμενα έως και σοβαρής έντασης. Η δεύτερη έχει μεγαλύτερη διάρκεια, και είναι κλιμακούμενης έντασης. Σε αυτή περιλαμβάνονται εξαιρετικά ακραία γεγονότα, όπως η περίοδος 1987-90, με δείκτη SPI = -2.47. Η μέση βροχόπτωση της εν λόγω περιόδου αντιστοιχεί σε περίοδο επαναφοράς της τάξης των 130 ετών.

4.4.4.4. ΥΔΑΤΙΚΟ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

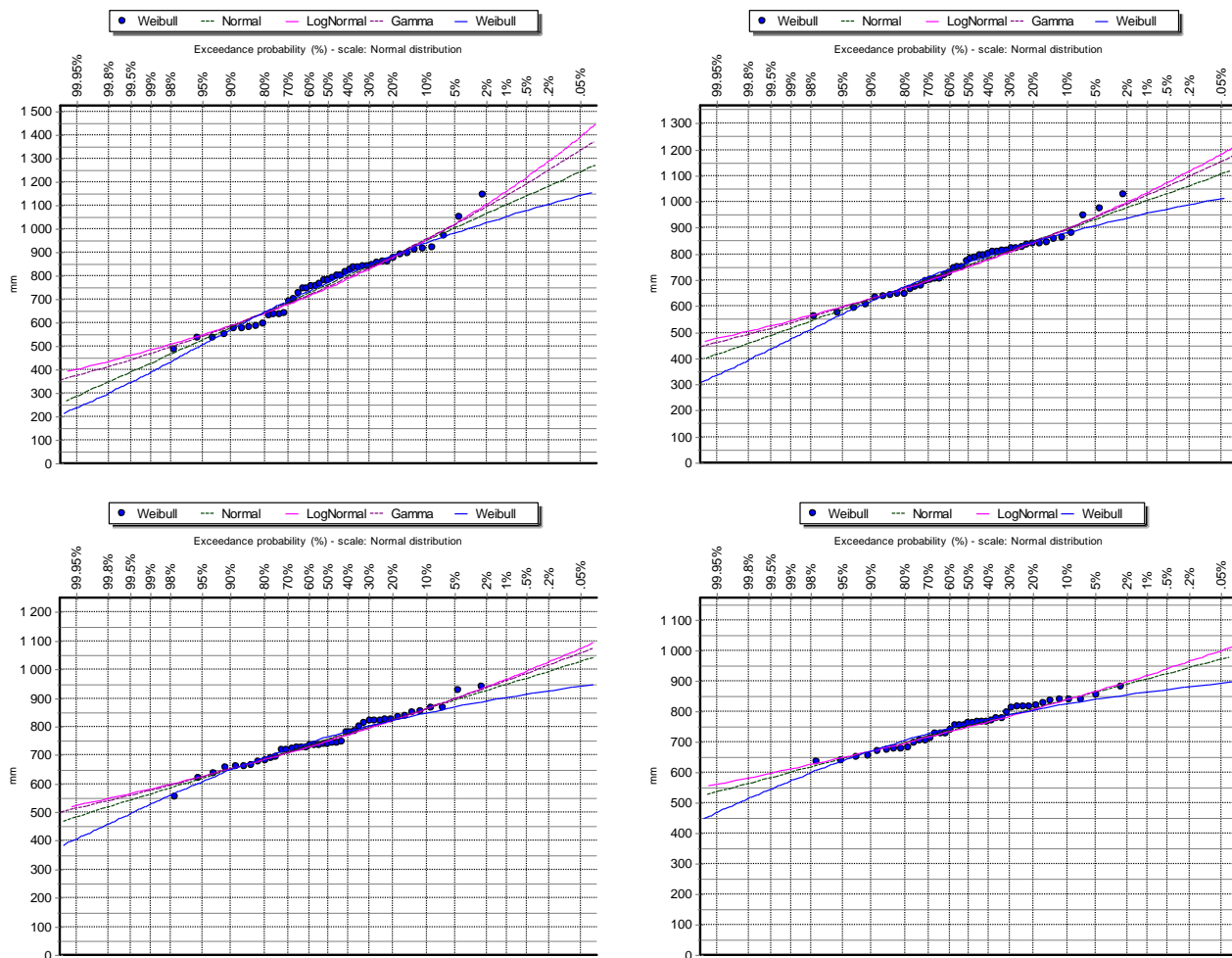
Η χρονοσειρά βροχόπτωσης του ΥΔ Δυτικής Μακεδονίας προκύπτει ως σταθμισμένο άθροισμα των επιφανειακών βροχοπτώσεων των ΛΑΠ Πρεσπών και Αλιάκμονα (Πίνακας 4-5) και καλύπτει την περίοδο 1965-66 έως 2009-10, δηλαδή 45 υδρολογικά έτη (Εικόνα 4-32). Η μέση ετήσια τιμή της ανέρχεται σε 760 mm. Πρακτικά, η χρονοσειρά ταυτίζεται με την αντίστοιχη βροχόπτωση στη ΛΑΠ Αλιάκμονα, που καταλαμβάνει το 92% του ΥΔ.

Πίνακας 4-5: Χαρακτηριστικά μεγέθη ΛΑΠ ΥΔ Δυτικής Μακεδονίας.

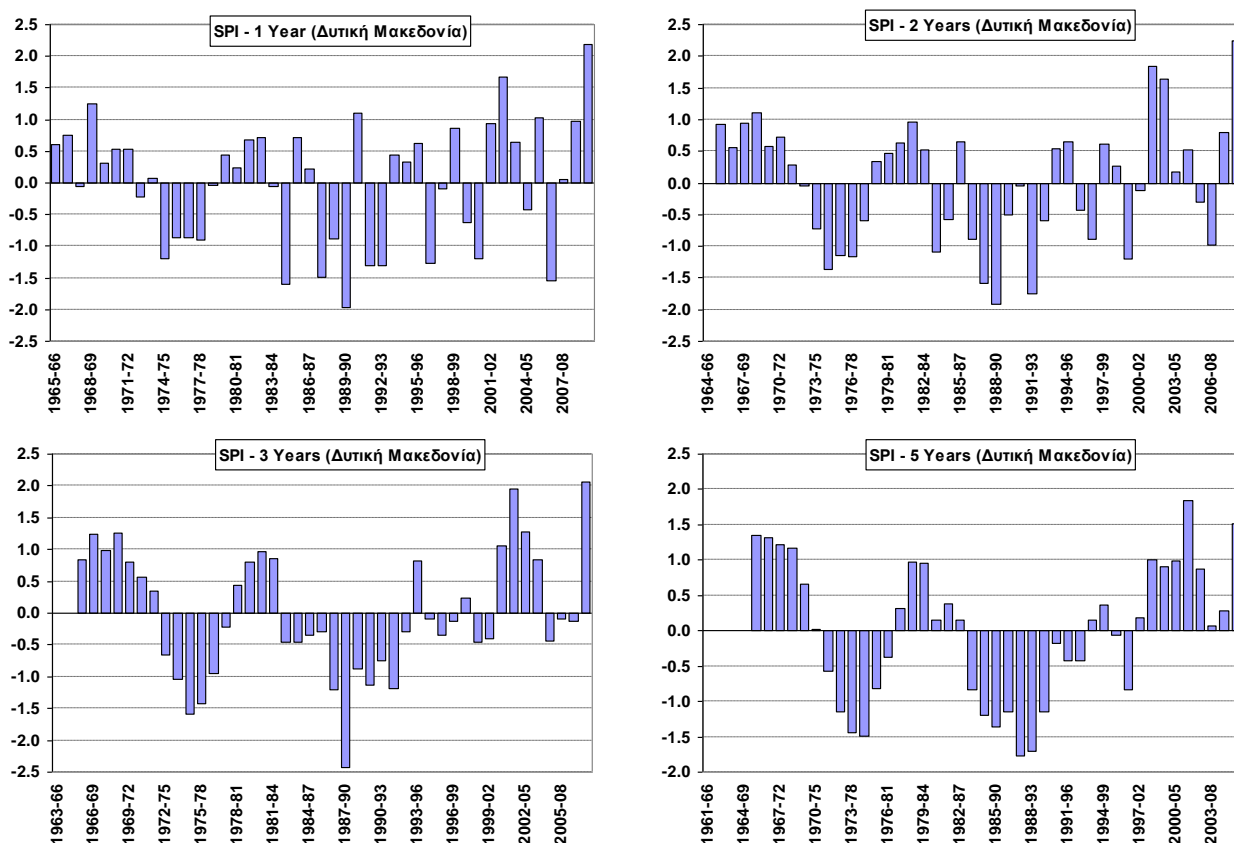
	ΛΑΠ Πρεσπών	ΛΑΠ Αλιάκμονα	Σύνολο ΥΔ
Έκταση (km ²)	1209.7	12 411.0	13 620.7
Ποσοστό επιρροής (%)	8.9	91.1	-
Μέση ετήσια βροχόπτωση (mm)	716.7	764.2	759.8



Εικόνα 4-32: Χρονοσειρά ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης ΥΔ Δυτικής Μακεδονίας.



Εικόνα 4-33: Προσαρμογή θεωρητικών κατανομών στα δείγματα επιφανειακής βροχοπτώσης του ΥΔ Δυτικής Μακεδονίας, για χρονικές κλίμακες ενός (πάνω αριστερά) και μέσου όρου δύο (πάνω δεξιά), τριών (κάτω αριστερά) και πέντε ετών (κάτω δεξιά).



Εικόνα 4-34: Χρονική εξέλιξη δείκτη ξηρασίας ΥΔ Δυτικής Μακεδονίας για χρονικές κλίμακες ενός, δύο, τριών και πέντε υδρολογικών ετών.

Στην Εικόνα 4-33 απεικονίζονται οι κατανομές που χρησιμοποιήθηκαν για τη στατιστική ανάλυση των βροχοπτώσεων, σε ετήσια, διετή, τριετή και πενταετή κλίμακα. Για όλες τις κλίμακες προσαρμόστηκε η λογαριθμοκανονική κατανομή στις υψηλές τιμές και η κανονική στις χαμηλές. Στην Εικόνα 4-34 απεικονίζεται η χρονική εξέλιξη του δείκτη ξηρασίας SPI, για διάφορες χρονικές κλίμακες. Διακρίνονται δύο περίοδοι έμμονης ξηρασίας, οι οποίες είναι ιδιαίτερα εμφανείς στις μεγάλες κλίμακες συνάθροισης (τριών και πέντε ετών). Η πρώτη αναφέρεται στη δεκαετία του 1970, που χαρακτηρίζεται από φαινόμενα έως και σοβαρής έντασης. Η δεύτερη έχει μεγαλύτερη διάρκεια και είναι κλιμακούμενης έντασης. Σε αυτή περιλαμβάνονται εξαιρετικά ακραία γεγονότα, όπως η περίοδος 1987-90, με δείκτη SPI = -2.42. Η μέση βροχόπτωση της εν λόγω περιόδου αντιστοιχεί σε περίοδο επαναφοράς της τάξης των 130 ετών.

4.4.5. ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

4.4.5.1. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΞΗΡΑΣΙΩΝ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΧΩΡΙΚΕΣ ΚΛΙΜΑΚΕΣ

Στους Πίνακες 4-6 ως 4-10 δίνεται η αξιολόγηση των φαινομένων μετεωρολογικής ξηρασίας, για χρονικές κλίμακες από ετήσια ως πενταετή, σε όλες τις χωρικές κλίμακες ενδιαφέροντος (υπολεκάνες, ΛΑΠ, ΥΔ). 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).

Παρατηρείται ότι η συνάθροιση σε μεγαλύτερες χωρικές κλίμακες οδηγεί σε διαφορετικές αξιολογήσεις, καθώς δεν λαμβάνεται υπόψη η χωρική μεταβλητότητα του καθεστώτος βροχοπτώσεων στην περιοχή. Σε κάποιες περιπτώσεις, μια ήπια ή μέτρια κατάσταση ξηρασίας, σε κλίμακα υπολεκάνης, δεν αναγνωρίζεται

στην κλίμακα του ΥΔ. Συνεπώς, η πρόγνωση των ξηρασιών και η λήψη των σχετικών διαχειριστικών μέτρων κρίνεται αναγκαίο να γίνεται ανά διαχειριστική ενότητα, με βάση τις τοπικές υδροκλιματικές συνθήκες.

Πίνακας 4-6: Αξιολόγηση ξηρασιών με βάση τις ετήσιες επιφανειακές βροχοπτώσεις του Υδατικού Διαμερίσματος Δυτικής Μακεδονίας, σε διάφορες χωρικές κλίμακες.

Περίοδος	Υπολεκάνη						ΛΑΠ		ΥΔ
	Αλιάκμονας	Πεδιάδα Κατερίνης	Περιφ. Τάφρος	Πτολεμαΐδα	Αξιός-Φλώρινα	Πρέσπες	Πρεσπών	Αλιάκμονα	
1958-59		Ήπια							
1959-60									
1960-61		Ήπια							
1961-62		Ήπια							
1962-63									
1963-64		Ήπια							
1964-65									
1965-66		Μέτρια	Ήπια	Ήπια					
1966-67		Ήπια							
1967-68			Μέτρια					Ήπια	Ήπια
1968-69									
1969-70		Ήπια							
1970-71									
1971-72		Ήπια				Ήπια			
1972-73	Ήπια	Μέτρια						Ήπια	Ήπια
1973-74	Ήπια				Ήπια	Ήπια	Ήπια		
1974-75	Σοβαρή	Ήπια	Μέτρια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Μέτρια	Μέτρια
1975-76	Μέτρια		Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1976-77	Ήπια	Μέτρια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1977-78	Ήπια	Μέτρια	Μέτρια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1978-79	Ήπια	Ήπια		Ήπια				Ήπια	Ήπια
1979-80									
1980-81		Ήπια	Ήπια						
1981-82		Ήπια							
1982-83						Ήπια			
1983-84	Ήπια			Ήπια	Ήπια		Ήπια	Ήπια	Ήπια
1984-85	Σοβαρή	Μέτρια	Μέτρια	Σοβαρή	Σοβαρή	Μέτρια	Σοβαρή	Σοβαρή	Σοβαρή
1985-86				Ήπια	Ήπια		Ήπια		
1986-87	Ήπια			Ήπια	Μέτρια	Ήπια	Μέτρια		
1987-88	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια	Σοβαρή	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια
1988-89	Ήπια	Ήπια	Μέτρια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1989-90	Σοβαρή	Σοβαρή	Σοβαρή	Ακραία	Ακραία	Μέτρια	Ακραία	Σοβαρή	Σοβαρή
1990-91									
1991-92	Μέτρια	Ήπια	Μέτρια	Μέτρια	Ήπια	Σοβαρή	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια
1992-93	Μέτρια	Μέτρια	Σοβαρή	Μέτρια	Ήπια	Σοβαρή	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια
1993-94				Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια		
1994-95			Ήπια			Ήπια			
1995-96				Ήπια	Ήπια				
1996-97	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια
1997-98	Ήπια	Ήπια	Ήπια					Ήπια	Ήπια
1998-99					Ήπια				
1999-00	Ήπια		Ήπια	Ήπια	Σοβαρή	Μέτρια	Σοβαρή	Ήπια	Ήπια
2000-01	Μέτρια	Ήπια	Ήπια	Μέτρια	Μέτρια	Σοβαρή	Σοβαρή	Μέτρια	Μέτρια
2001-02									
2002-03									
2003-04		Ήπια							
2004-05	Ήπια	Μέτρια	Ήπια	Ήπια	Ήπια		Ήπια	Ήπια	Ήπια
2005-06									
2006-07	Σοβαρή	Μέτρια	Μέτρια	Σοβαρή	Ήπια	Μέτρια	Ήπια	Σοβαρή	Σοβαρή
2007-08		Ήπια	Ήπια					Ήπια	
2008-09									
2009-10									

2010-11						Ήπια			
---------	--	--	--	--	--	------	--	--	--

Πίνακας 4-7: Αξιολόγηση ξηρασιών με βάση τις μέσες επιφανειακές βροχοπτώσεις δύο ετών του Υδατικού Διαμερισματος Δυτικής Μακεδονίας, σε διάφορες χωρικές κλίμακες.

Περίοδος	Διαχειριστική ενότητα						ΛΑΠ		ΥΔ
	Αλιάκμονας	Πεδιάδα Κατερίνης	Περιφ. Τάφρος	Πτολεμαίδα	Αξιός-Φλώρινα	Πρέσπες	Πρεσπών	Αλιάκμονα	
1958-60									
1959-61									
1960-62		Ήπια							
1961-63									
1962-64									
1963-65									
1964-66		Ήπια							
1965-67		Μέτρια	Ήπια						
1966-68			Ήπια						
1967-69									
1968-70									
1969-71		Ήπια							
1970-72									
1971-73	Ήπια	Ήπια							
1972-74	Ήπια	Ήπια				Ήπια		Ήπια	Ήπια
1973-75	Μέτρια		Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1974-76	Σοβαρή		Μέτρια	Μέτρια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Μέτρια	Μέτρια
1975-77	Μέτρια	Ήπια	Ήπια	Μέτρια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Μέτρια	Μέτρια
1976-78	Ήπια	Σοβαρή	Ήπια	Μέτρια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Μέτρια	Μέτρια
1977-79	Ήπια	Μέτρια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1978-80	Ήπια	Ήπια							
1979-81									
1980-82		Ήπια							
1981-83									
1982-84				Ήπια		Ήπια			
1983-85	Μέτρια	Ήπια	Ήπια	Σοβαρή	Μέτρια	Ήπια	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια
1984-86	Ήπια		Ήπια	Μέτρια	Σοβαρή	Ήπια	Μέτρια	Ήπια	Ήπια
1985-87				Ήπια	Μέτρια		Ήπια		
1986-88	Ήπια		Ήπια	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια	Σοβαρή	Ήπια	Ήπια
1987-89	Σοβαρή	Σοβαρή	Σοβαρή	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια	Σοβαρή	Σοβαρή
1988-90	Σοβαρή	Ακραία	Ακραία	Σοβαρή	Σοβαρή	Μέτρια	Σοβαρή	Σοβαρή	Σοβαρή
1989-91	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1990-92	Ήπια		Ήπια	Ήπια		Ήπια		Ήπια	Ήπια
1991-93	Σοβαρή	Μέτρια	Σοβαρή	Σοβαρή	Μέτρια	Ακραία	Μέτρια	Σοβαρή	Σοβαρή
1992-94	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Μέτρια	Ήπια	Σοβαρή	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1993-95				Ήπια		Ήπια			
1994-96									
1995-97	Ήπια			Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1996-98	Ήπια	Σοβαρή	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1997-99									
1998-00			Ήπια		Μέτρια	Ήπια	Ήπια		
1999-01	Μέτρια	Ήπια	Ήπια	Μέτρια	Σοβαρή	Ακραία	Ακραία	Μέτρια	Μέτρια
2000-02	Ήπια	Ήπια				Ήπια		Ήπια	Ήπια
2001-03									
2002-04									
2003-05		Μέτρια	Ήπια						
2004-06		Ήπια							
2005-07	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια
2006-08	Ήπια	Μέτρια	Μέτρια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Μέτρια	Ήπια
2007-09									
2008-10									
2009-11									

Πίνακας 4-8: Αξιολόγηση ξηρασιών με βάση τις μέσες επιφανειακές βροχοπτώσεις τριών ετών του Υδατικού Διαμερίσματος Δυτικής Μακεδονίας, σε διάφορες χωρικές κλίμακες.

Περίοδος	Διαχειριστική ενότητα						ΛΑΠ		ΥΔ
	Αλιάκμονας	Πεδιάδα Κατερίνης	Περιφ. Τάφρος	Πτολεμαίδα	Αξιός-Φλώρινα	Πρέσπες	Πρεσπών	Αλιάκμονα	
1958-61									
1959-62									
1960-63									
1961-64									
1962-65									
1963-66		Ήπια							
1964-67		Ήπια							
1965-68		Ήπια	Ήπια						
1966-69									
1967-70									
1968-71									
1969-72		Ήπια							
1970-73	Ήπια	Ήπια							
1971-74	Ήπια	Ήπια				Ήπια			
1972-75	Μέτρια	Ήπια	Ήπια			Ήπια		Ήπια	Ήπια
1973-76	Μέτρια		Μέτρια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Μέτρια	Μέτρια
1974-77	Σοβαρή	Ήπια	Μέτρια	Μέτρια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Σοβαρή	Σοβαρή
1975-78	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Μέτρια	Μέτρια
1976-79	Ήπια	Σοβαρή	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1977-80	Ήπια	Ήπια	Ήπια		Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1978-81		Ήπια							
1979-82									
1980-83									
1981-84									
1982-85	Ήπια		Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1983-86	Ήπια		Ήπια	Μέτρια	Μέτρια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1984-87	Ήπια		Ήπια	Μέτρια	Σοβαρή	Ήπια	Μέτρια	Ήπια	Ήπια
1985-88	Ήπια		Ήπια	Ήπια	Μέτρια	Ήπια	Μέτρια	Ήπια	Ήπια
1986-89	Μέτρια	Ήπια	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια	Σοβαρή	Σοβαρή	Μέτρια	Μέτρια
1987-90	Ακραία	Ακραία	Ακραία	Σοβαρή	Σοβαρή	Ακραία	Ακραία	Ακραία	Ακραία
1988-91	Ήπια	Μέτρια	Μέτρια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1989-92	Ήπια	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Μέτρια	Μέτρια
1990-93	Ήπια	Ήπια	Μέτρια	Ήπια		Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1991-94	Ήπια	Ήπια	Μέτρια	Σοβαρή	Ήπια	Ακραία	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια
1992-95	Ήπια		Ήπια	Ήπια	Ήπια	Μέτρια	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1993-96				Ήπια		Ήπια			
1994-97	Ήπια			Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1995-98	Ήπια	Ήπια		Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1996-99	Ήπια	Ήπια	Ήπια		Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1997-00					Ήπια	Ήπια	Ήπια		
1998-01	Ήπια		Ήπια	Ήπια	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια	Ήπια	Ήπια
1999-02	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Μέτρια	Ήπια	Ήπια	Ήπια
2000-03						Ήπια			
2001-04									
2002-05									
2003-06		Ήπια							
2004-07	Ήπια	Μέτρια	Ήπια	Ήπια	Ήπια		Ήπια	Ήπια	Ήπια
2005-08	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια				Ήπια	Ήπια
2006-09	Ήπια	Ήπια	Ήπια					Ήπια	Ήπια

2007-10									
2008-11									

Πίνακας 4-9: Αξιολόγηση ξηρασιών με βάση τις μέσες επιφανειακές βροχοπτώσεις τεσσάρων ετών του Υδατικού Διαμερίσματος Δυτικής Μακεδονίας, σε διάφορες χωρικές κλίμακες.

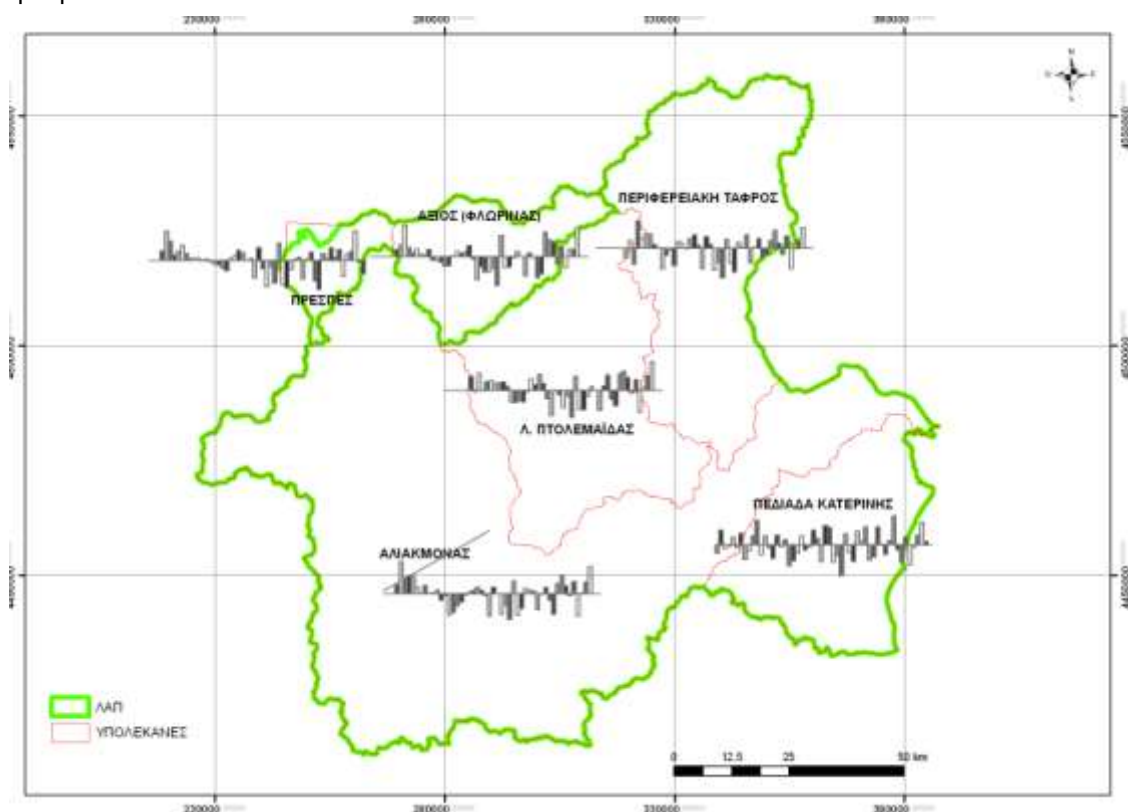
Περίοδος	Διαχειριστική ενότητα						ΛΑΠ		ΥΔ
	Αλιάκμονας	Πεδιάδα Κατερίνης	Περιφ. Τάφρος	Πτολεμαΐδα	Αξιός-Φλώρινα	Πρέσπες	Πρεσπών	Αλιάκμονα	
1958-62									
1959-63									
1960-64		Ήπια							
1961-65									
1962-66									
1963-67		Ήπια							
1964-68		Ήπια							
1965-69									
1966-70									
1967-71									
1968-72									
1969-73		Ήπια							
1970-74	Ήπια								
1971-75	Ήπια	Ήπια				Ήπια		Ήπια	Ήπια
1972-76	Μέτρια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Μέτρια	Ήπια
1973-77	Σοβαρή	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Μέτρια	Μέτρια
1974-78	Σοβαρή	Σοβαρή	Σοβαρή	Σοβαρή	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Σοβαρή	Σοβαρή
1975-79	Μέτρια	Σοβαρή	Ήπια	Μέτρια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Μέτρια	Μέτρια
1976-80	Ήπια	Σοβαρή	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1977-81	Ήπια	Ήπια	Ήπια					Ήπια	Ήπια
1978-82		Ήπια							
1979-83									
1980-84									
1981-85	Ήπια			Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια		Ήπια
1982-86	Ήπια			Ήπια	Ήπια		Ήπια		
1983-87	Ήπια		Ήπια	Μέτρια	Σοβαρή	Ήπια	Μέτρια	Ήπια	Ήπια
1984-88	Ήπια		Ήπια	Σοβαρή	Σοβαρή	Μέτρια	Σοβαρή	Ήπια	Ήπια
1985-89	Ήπια		Ήπια	Ήπια	Σοβαρή	Ήπια	Μέτρια	Ήπια	Ήπια
1986-90	Σοβαρή	Σοβαρή	Σοβαρή	Σοβαρή	Ακραία	Ακραία	Ακραία	Σοβαρή	Σοβαρή
1987-91	Μέτρια	Ακραία	Σοβαρή	Μέτρια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Μέτρια	Μέτρια
1988-92	Μέτρια	Σοβαρή	Σοβαρή	Μέτρια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Μέτρια	Μέτρια
1989-93	Μέτρια	Σοβαρή	Σοβαρή	Σοβαρή	Ήπια	Μέτρια	Ήπια	Σοβαρή	Σοβαρή
1990-94	Ήπια		Ήπια	Ήπια		Μέτρια	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1991-95	Ήπια	Ήπια	Μέτρια	Μέτρια	Ήπια	Σοβαρή	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1992-96			Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια		
1993-97	Ήπια			Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια		
1994-98	Ήπια	Ήπια		Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1995-99	Ήπια				Ήπια	Ήπια	Ήπια		
1996-00	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Μέτρια	Ήπια	Μέτρια	Ήπια	Ήπια
1997-01	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια	Ήπια	Ήπια
1998-02	Ήπια				Ήπια	Ήπια	Ήπια		
1999-03						Μέτρια	Ήπια		
2000-04						Ήπια			
2001-05									
2002-06									
2003-07		Σοβαρή	Ήπια					Ήπια	
2004-08	Ήπια	Μέτρια	Ήπια	Ήπια				Ήπια	Ήπια
2005-09		Ήπια							
2006-10									
2007-11									

Πίνακας 4-10: Αξιολόγηση ξηρασιών με βάση τις μέσες επιφανειακές βροχοπτώσεις πέντε ετών του Υδατικού Διαμερίσματος Δυτικής Μακεδονίας, σε διάφορες χωρικές κλίμακες.

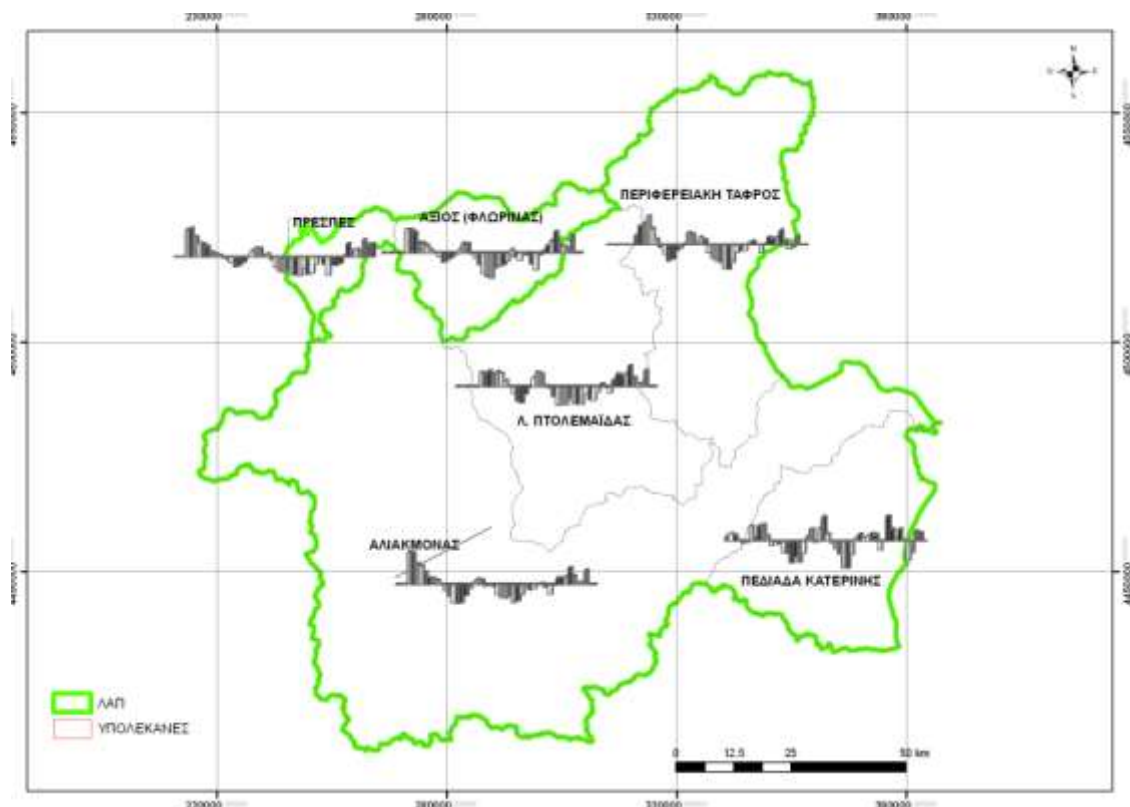
Περίοδος	Διαχειριστική ενότητα						ΛΑΠ		ΥΔ
	Αλιάκμονας	Πεδιάδα Κατερίνης	Περιφ. Τάφρος	Πτολεμαΐδα	Αξιός-Φλώρινα	Πρέσπες	Πρεσπών	Αλιάκμονα	
1958-63									
1959-64									
1960-65									
1961-66									
1962-67		Ήπια							
1963-68		Ήπια							
1964-69									
1965-70									
1966-71									
1967-72									
1968-73									
1969-74		Ήπια							
1970-75	Ήπια	Ήπια				Ήπια		Ήπια	
1971-76	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια		Ήπια		Ήπια	Ήπια
1972-77	Μέτρια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Μέτρια	Μέτρια
1973-78	Σοβαρή	Ήπια	Μέτρια	Μέτρια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Σοβαρή	Μέτρια
1974-79	Σοβαρή	Σοβαρή	Μέτρια	Μέτρια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Σοβαρή	Μέτρια
1975-80	Ήπια	Μέτρια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1976-81	Ήπια	Σοβαρή	Ήπια	Ήπια	Ήπια		Ήπια	Ήπια	Ήπια
1977-82		Ήπια							
1978-83									
1979-84									
1980-85	Ήπια	Ήπια			Ήπια				
1981-86	Ήπια			Ήπια	Ήπια		Ήπια		
1982-87	Ήπια			Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια		
1983-88	Ήπια		Ήπια	Σοβαρή	Σοβαρή	Ήπια	Σοβαρή	Ήπια	Ήπια
1984-89	Μέτρια	Ήπια	Μέτρια	Μέτρια	Σοβαρή	Μέτρια	Σοβαρή	Μέτρια	Μέτρια
1985-90	Μέτρια	Ήπια	Μέτρια	Σοβαρή	Ακραία	Μέτρια	Σοβαρή	Μέτρια	Μέτρια
1986-91	Ήπια	Μέτρια	Μέτρια	Ήπια	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια
1987-92	Μέτρια	Ακραία	Σοβαρή	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια	Σοβαρή	Σοβαρή
1988-93	Μέτρια	Ακραία	Σοβαρή	Μέτρια	Ήπια	Μέτρια	Μέτρια	Σοβαρή	Σοβαρή
1989-94	Ήπια	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια	Ήπια	Σοβαρή	Ήπια	Μέτρια	Μέτρια
1990-95	Ήπια		Ήπια	Ήπια		Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1991-96	Ήπια		Ήπια	Μέτρια	Ήπια	Μέτρια	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1992-97	Ήπια		Ήπια	Μέτρια	Ήπια	Μέτρια	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1993-98				Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια		
1994-99					Ήπια	Ήπια	Ήπια		
1995-00	Ήπια			Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια		Ήπια
1996-01	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια	Ήπια	Ήπια
1997-02	Ήπια				Ήπια	Ήπια	Ήπια		
1998-03						Ήπια			
1999-04						Ήπια			
2000-05									
2001-06									
2002-07									
2003-08		Σοβαρή	Ήπια					Ήπια	
2004-09		Ήπια	Ήπια						
2005-10									
2006-11									

4.4.5.2. 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 4-35 και 4-36, στις οποίες απεικονίζονται οι δείκτες SPI ενός και πέντε ετών, αντίστοιχα, σε κάθε υπολεκάνη, για τη χρονική περίοδο 1965-2010.



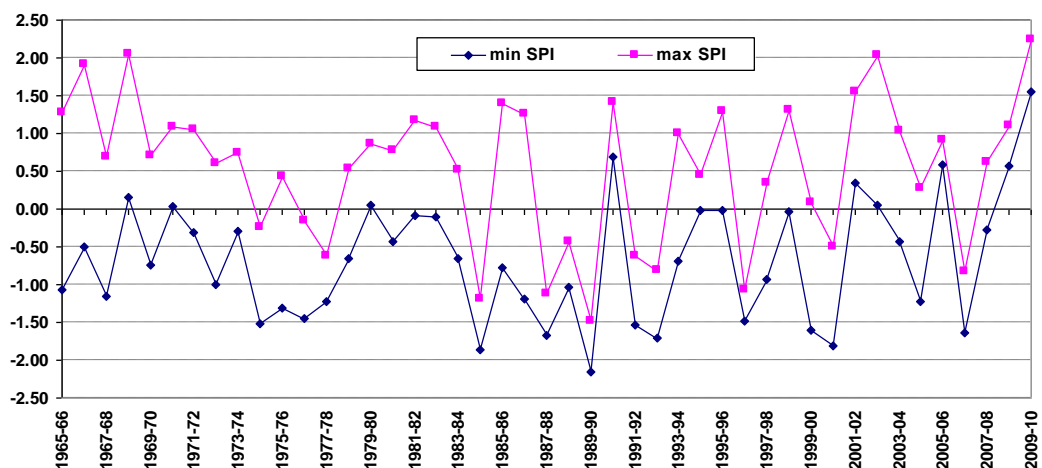
Εικόνα 4-35: Απεικόνιση δεικτών ξηρασίας μέσης ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης.



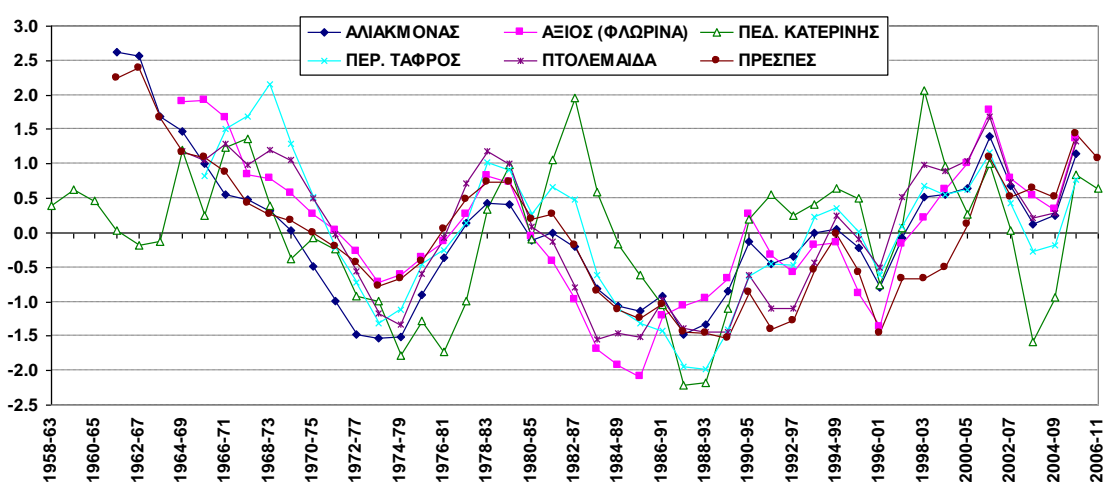
Εικόνα 4-36: Απεικόνιση δεικτών ξηρασίας μέσης επιφανειακής βροχόπτωσης πέντε ετών.

Στο διάγραμμα της Εικόνας 4-37 απεικονίζονται οι ελάχιστες και μέγιστες τιμές του ετήσιου δείκτη SPI, η μεταβλητότητα του οποίου είναι αξιοσημείωτη, μεταξύ των έξι υπολεκάνων. Σε αρκετές περιπτώσεις, ενώ ο μέγιστος SPI που παρατηρείται σε συγκεκριμένη υπολεκάνη έχει θετικό πρόσημο (που σημαίνει ότι η επιφανειακή βροχόπτωση στη συγκεκριμένη λεκάνη υπερβαίνει τη διάμεσο τιμή), ο ελάχιστος SPI που αναφέρεται σε άλλη υπολεκάνη του ΥΔ09 έχει αρνητικό πρόσημο. Μάλιστα, ορισμένες φορές, οι αποκλίσεις είναι πολύ μεγάλες. Για παράδειγμα, το υδρολογικό έτος 1986-87, στην υπολεκάνη του Αξιού ο ετήσιος δείκτης είναι ίσος με -1.18, υποδηλώνοντας έτσι μέτριας έντασης ξηρασία, ενώ στην Πεδιάδα Κατερίνης ανέρχεται σε 1.26, που με τη σειρά του υποδηλώνει υδροφορία σημαντικά μεγαλύτερη του μέσου όρου.

Παρόμοια συμπεράσματα προκύπτουν από το διάγραμμα της Εικόνας 4-38, όπου αντιπαραβάλλονται οι δείκτες ξηρασίας πενταετίας, σε όλες τις υπολεκάνες. Οι δείκτες πενταετίας είναι πιο αντιπροσωπευτικός για την αναγνώριση των ξηρασιών, καθώς εξετάζει τη βροχόπτωση σε κλίμακα κινούμενων μέσων όρων πέντε ετών, λαμβάνοντας έτσι υπόψη την εμμονή του φαινομένου. Γενικά φαίνεται ότι, παρόλο που σε απόλυτες τιμές εμφανίζονται και πάλι σημαντικές αποκλίσεις, οι δείκτες των υπολεκάνων είναι χωρικά συσχετισμένοι. Εξάιρεση αποτελεί ο δείκτης ξηρασίας στην Πεδιάδα Κατερίνης, ο οποίος δεν συσχετίζεται με τους αντίστοιχους δείκτες τις άλλες λεκάνες του Υδατικού Διαμερίσματος. Συνεπώς, η συγκεκριμένη λεκάνη μπορεί να χαρακτηριστεί υδρολογικά ανεξάρτητη, καθώς η δίαιτα των ξηρασιών της δεν είναι χρονικά συνεπής με τις υπόλοιπες περιοχές. Αυτό οφείλεται στη γεωμορφολογία της περιοχής η οποία είναι απομονωμένη από τα νότια και δυτικά (Όλυμπος, Πιέρια Όρη), ενώ στα ανατολικά επηρεάζεται από τη γειτνίασή της με τη θάλασσα.



Εικόνα 4-37: Ελάχιστες και μέγιστες τιμές δείκτη ξηρασίας ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκανών ΥΔ09.



Εικόνα 4-38: Χρονική εξέλιξη δεικτών ξηρασίας μέσης ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης πέντε ετών στις υπολεκάνες του ΥΔ09.

4.4.5.3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΞΗΡΑΣΙΩΝ

Για κάθε χρονική κλίμακα καταμετρώνται τα επεισόδια ξηρασίας, με βάση την κατάταξη κατά McKee *et al.* (1993, βλ. 4.4.5.1), 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 4-11. Στην ετήσια κλίμακα, η μικρότερη συχνότητα εμφάνισης ξηρασίας παρατηρείται στην υπολεκάνη των Πρεσπών (42%) και η μεγαλύτερη στην Πεδιάδα Κατερίνης (53%). Το αντίστοιχο ποσοστό στην κλίμακα του ΥΔ είναι 44%.

Πίνακας 4-11: Συχνότητα εμφάνισης διαφόρων κλάσεων ξηρασίας στις υπολεκάνες του Υδατικού Διαμερίσματος Δυτικής Μακεδονίας και το σύνολο του ΥΔ, για διάφορες χρονικές κλίμακες.

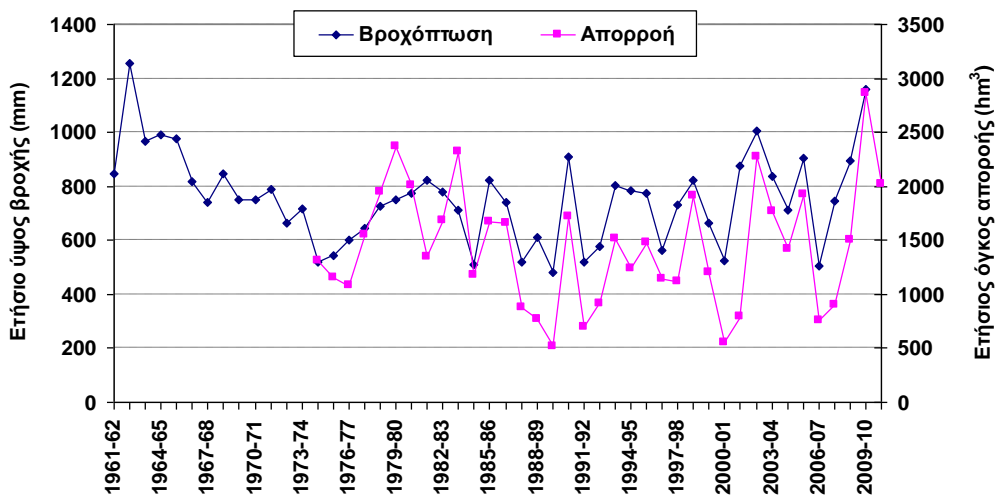
Χρονική κλίμακα	Κλάση	Αλιάκμονας	Πεδ. Κατερίνης	Περ. Τάφρος	Πτολεμαίδα	Αξίος Φλώρινα	Πρέσπες	ΥΔ
Ετήσια	Ήπια	0.224	0.321	0.222	0.304	0.326	0.240	0.244
	Μέτρια	0.122	0.189	0.200	0.109	0.087	0.100	0.133
	Σοβαρή	0.082	0.019	0.044	0.043	0.043	0.080	0.067
	Ακραία	0.000	0.000	0.000	0.022	0.022	0.000	0.000
	Σύνολο	0.429	0.528	0.467	0.478	0.478	0.420	0.444
2 έτη	Ήπια	0.313	0.288	0.386	0.244	0.244	0.367	0.295
	Μέτρια	0.083	0.096	0.045	0.178	0.133	0.061	0.114
	Σοβαρή	0.083	0.058	0.045	0.067	0.067	0.020	0.068
	Ακραία	0.000	0.019	0.023	0.000	0.000	0.041	0.000
	Σύνολο	0.479	0.462	0.500	0.489	0.444	0.490	0.477
3 έτη	Ήπια	0.447	0.373	0.349	0.318	0.364	0.417	0.419
	Μέτρια	0.085	0.078	0.186	0.136	0.091	0.063	0.116
	Σοβαρή	0.021	0.020	0.000	0.045	0.045	0.021	0.023
	Ακραία	0.021	0.020	0.023	0.000	0.000	0.042	0.023
	Σύνολο	0.574	0.490	0.558	0.500	0.500	0.542	0.581
4 έτη	Ήπια	0.391	0.280	0.333	0.302	0.372	0.383	0.333
	Μέτρια	0.109	0.020	0.024	0.116	0.047	0.106	0.095
	Σοβαρή	0.065	0.140	0.119	0.093	0.070	0.021	0.071
	Ακραία	0.000	0.020	0.000	0.000	0.023	0.021	0.000
	Σύνολο	0.565	0.460	0.476	0.512	0.512	0.532	0.500
5 έτη	Ήπια	0.356	0.265	0.268	0.262	0.381	0.326	0.220
	Μέτρια	0.111	0.061	0.146	0.190	0.071	0.174	0.171
	Σοβαρή	0.044	0.061	0.049	0.048	0.048	0.022	0.049
	Ακραία	0.000	0.041	0.000	0.000	0.024	0.000	0.000
	Σύνολο	0.511	0.429	0.463	0.500	0.524	0.522	0.439

4.5. ΑΝΑΛΥΣΗ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΞΗΡΑΣΙΩΝ

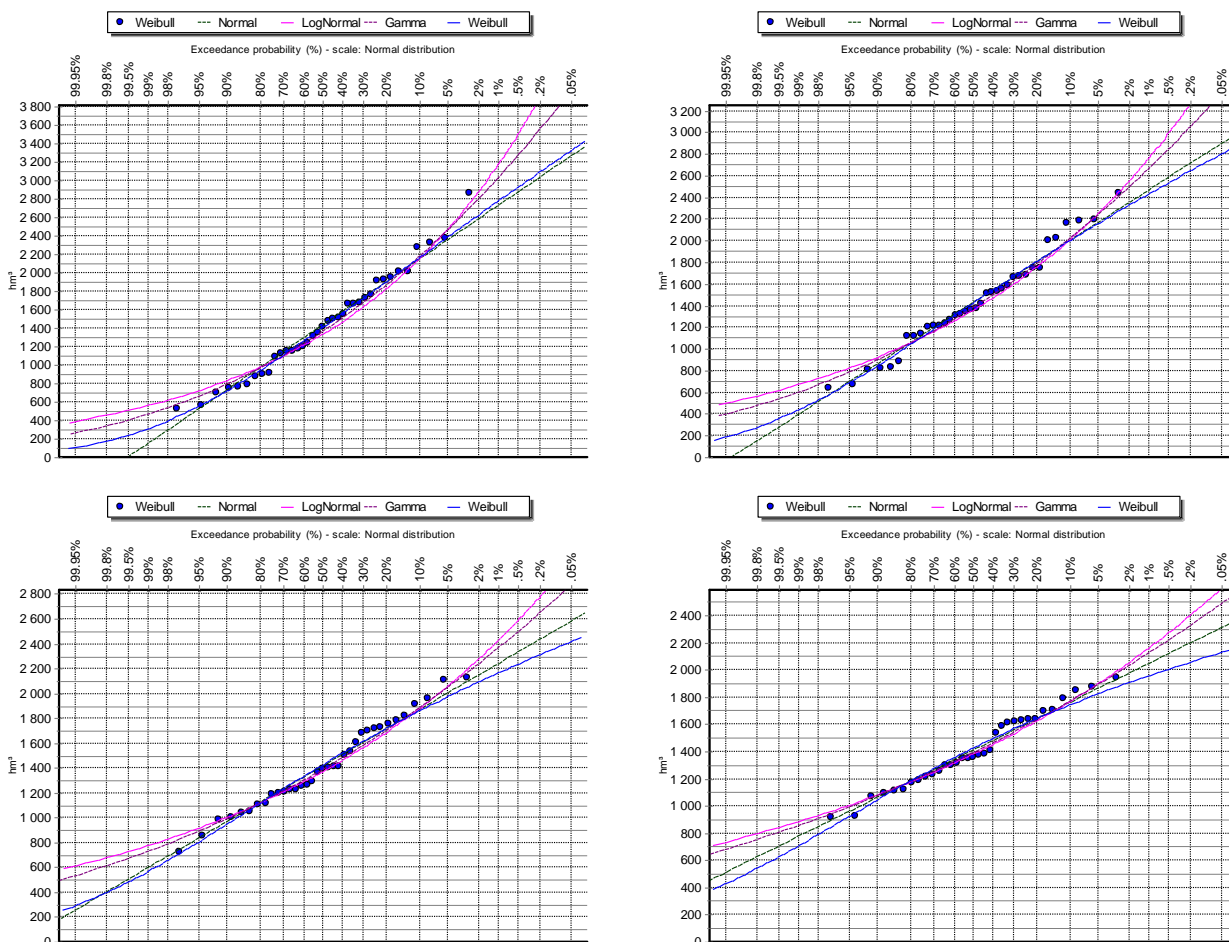
4.5.1. ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΛΗΡΟΥΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ ΑΠΟΡΡΟΩΝ ΑΛΙΑΚΜΟΝΑ ΣΤΗ ΘΕΣΗ ΠΟΛΥΦΥΤΟ

Το δείγμα απορροής του Αλιάκμονα στη θέση Πολύφυτο είναι το μεγαλύτερο και πλέον αξιόπιστο του ΥΔ 09, και χρησιμοποιείται κατά προτεραιότητα για την ανάλυση των υδρολογικών ξηρασιών. Η χρονοσειρά καλύπτει την περίοδο 1974-75 έως 2010-11, δηλαδή 37 υδρολογικά έτη (Εικόνα 4-39). Ο μέσος ετήσιος όγκος απορροής (μέση ετήσια εισροή στον ταμιευτήρα) ανέρχεται σε 1437 hm³ (45.6 m³/s).

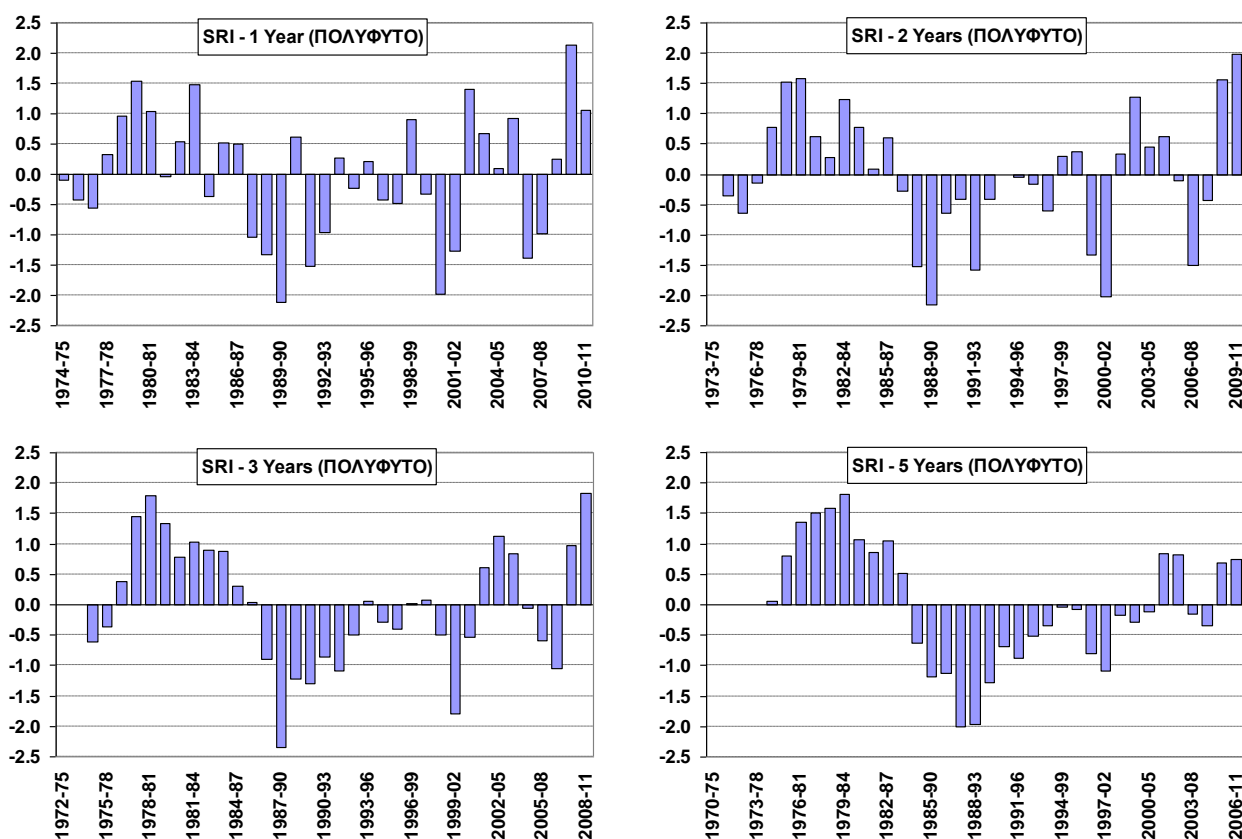
Στην Εικόνα 4-40 απεικονίζονται οι κατανομές που χρησιμοποιήθηκαν για τη στατιστική ανάλυση των επιφανειακών βροχοπτώσεων της λεκάνης, σε ετήσια, διετή, τριετή και πενταετή κλίμακα. Σε όλες τις χρονικές κλίμακες, από αθροιστική τριών μηνών έως μέση πενταετή, προσαρμόστηκε η γάμα κατανομή.



Εικόνα 4-39: Χρονοσειρές ετήσιας βροχόπτωσης υπολεκάνης Αλιάκμονα και ετήσιας απορροής στο Πολύφυτο.



Εικόνα 4-40: Προσαρμογή θεωρητικών κατανομών στα δείγματα απορροής στο Πολύφυτο, για χρονικές κλίμακες ενός (πάνω αριστερά) και μέσου όρου δύο (πάνω δεξιά), τριών (κάτω αριστερά) και πέντε ετών (κάτω δεξιά).



Εικόνα 4-41: Χρονική εξέλιξη δείκτη υδρολογικής ξηρασίας Αλιάκμονα στη θέση Πολύφυτο για χρονικές κλίμακες ενός, δύο, τριών και πέντε υδρολογικών ετών.

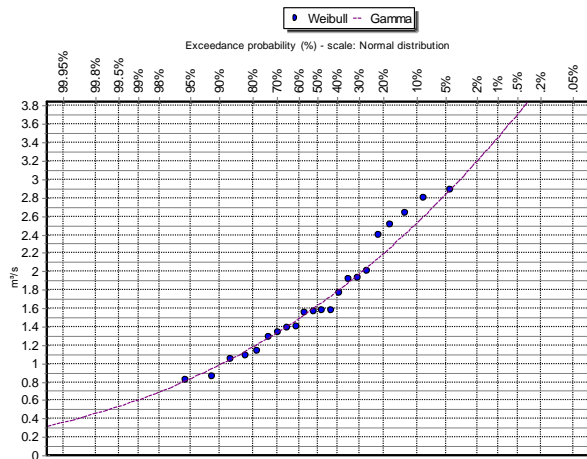
Στην Εικόνα 4-41 απεικονίζεται η χρονική εξέλιξη του δείκτη υδρολογικής ξηρασίας SRI, για διάφορες χρονικές κλίμακες (υδρολογικού έτους και μέσω των όρων δύο, τριών και πέντε ετών). Πρακτικά, το δείγμα απορροών μπορεί να χωριστεί σε τρεις περιόδους, με βάση το καθεστώς υδροφορίας. Από τα μέσα της δεκαετίας του 1970 έως τα μέσα της επόμενης δεκαετίας, η υδροφορία είναι υψηλή και ο δείκτης SRI διατηρείται θετικός σε όλες τις χρονικές κλίμακες. Από το υδρολογικό έτος 1983-84 και για μια περίοδο 20 περίπου ετών, εμφανίζονται πολλά συνεχόμενα έτη χαμηλής έως ακραία χαμηλής υδροφορίας (την περίοδο αυτή, ο πενταετής δείκτης διατηρείται αρνητικός). Τα δυσμενέστερα υδρολογικά έτη είναι το 1989-90 (SRI = -2.12), και το 2000-01 (SRI = -1.98), ενώ η δυσμενέστερη τριετία είναι η περίοδος 1987-1990 (SRI = -2.35, που αντιστοιχεί σε θεωρητική περίοδο επαναφοράς 105 έτη). Αρκετά σημαντική είναι και η ξηρασία των ετών 2006-2008, οπότε ο δείκτης SRI διετίας φτάνει το -1.50.

4.5.2. ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΤΗΣΙΩΝ ΠΑΡΟΧΩΝ ΣΤΙΣ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΘΕΣΕΙΣ ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝΤΟΣ

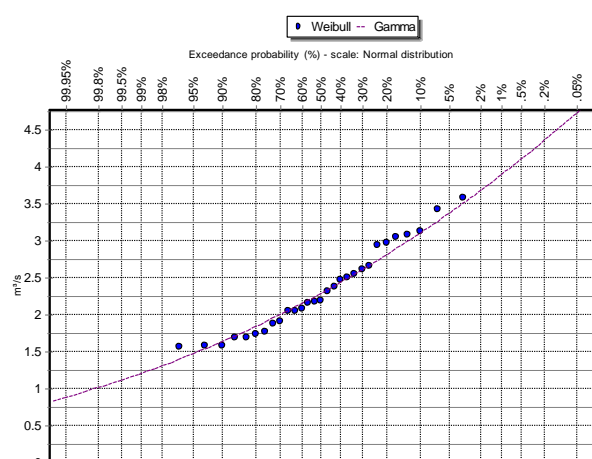
Εκτός από τη θέση Πολύφυτο, αρκετά αξιόπιστα δείγματα ετήσιων παροχών διατίθενται και σε άλλες θέσεις του ΥΔ 09, με μήκος που κυμαίνεται από 13 (Τρίκωμο) έως 29 έτη (ΥΗΣ Άγρα). Επειδή τα δείγματα αυτά είναι γενικά μικρά και μη συνεχή (παρεμβάλλονται μεμονωμένα κενά έτη ή σειρές κενών ετών), δεν είναι δυνατή η επεξεργασία τους σε υπερετήσιες χρονικές κλίμακες, δηλαδή η κατασκευή χρονοσειρών κινούμενων μέσω των όρων δύο ετών και άνω. Για το λόγο αυτό, εξετάζονται μόνο οι ετήσιες παροχές, για τις οποίες υπολογίζεται η αντίστοιχη χρονοσειρά των δεικτών SRI.

Σε κάθε θέση ενδιαφέροντος, απεικονίζεται γραφικά η εμπειρική κατανομή των μέσων ετήσιων παροχών, με βάση την οποία επιλέγεται η θεωρητική κατανομή που προσαρμόζεται καλύτερα στο δείγμα (Εικόνα 4-42). Στις περισσότερες περιπτώσεις, επιλέγεται η γάμα κατανομή, με εξαίρεση τους σταθμούς Σκοπός, Τρίκωμο και Υδρούσα, όπου επιλέγεται η κανονική κατανομή. Στη συνέχεια, για κάθε τιμή του δείγματος

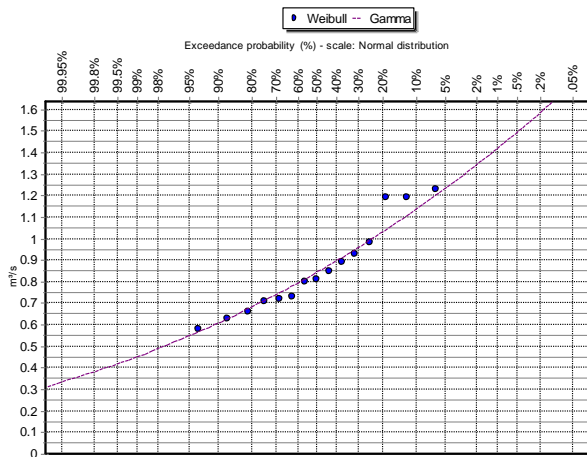
εκτιμάται η πιθανότητα μη υπέρβασης της εν λόγω τιμής, που μετασχηματίζεται στην αδιαστατοποιημένη κανονική μεταβλητή, δηλαδή τον δείκτη SRI του συγκεκριμένου υδρολογικού έτους.



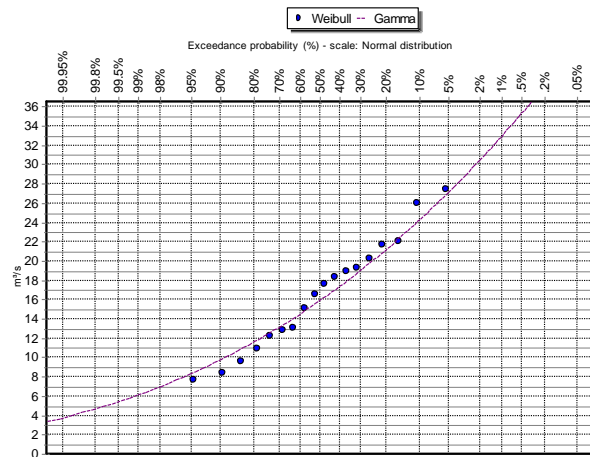
Άγιος Νικόλαος (Αραπίτσα)



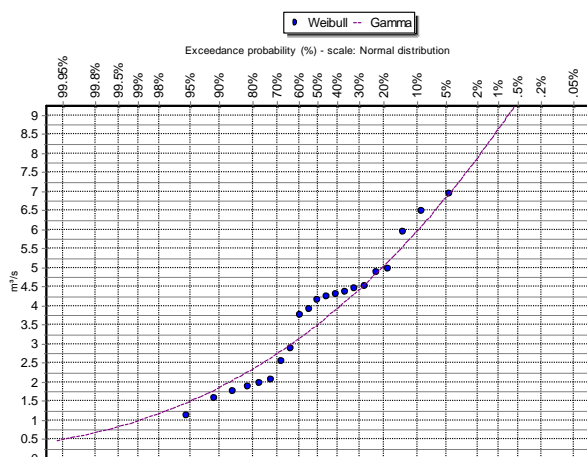
ΥΗΣ Άγρα (Άγρας)



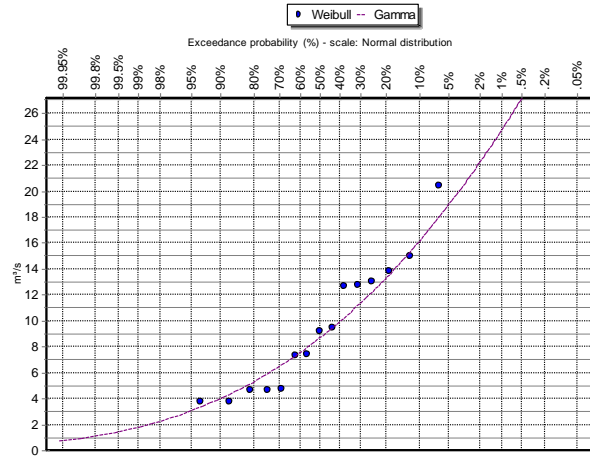
ΥΗΣ Βέρμιο (Τριπόταμος)



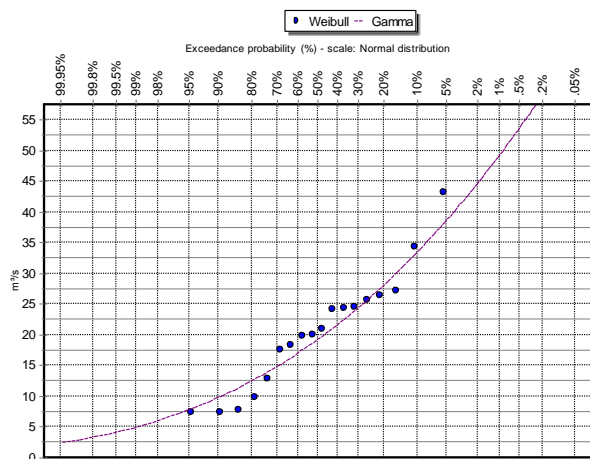
Ελευθεροχώρι (Βενέτικος)



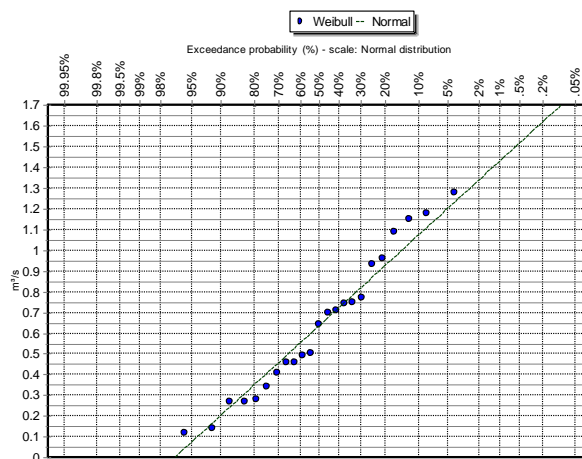
Κορομηλιά (Αλιάκμονας)



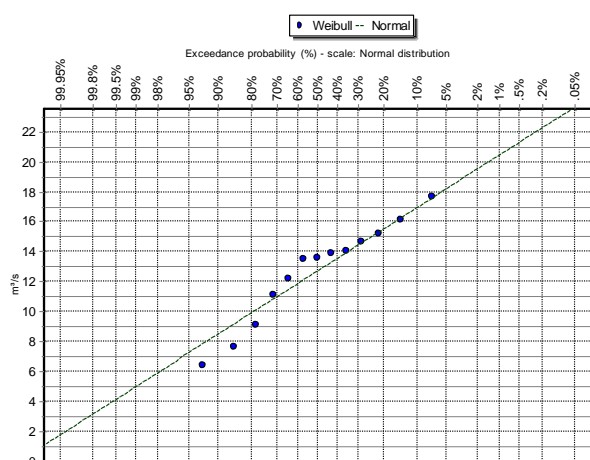
Προφ. Ηλίας (Αλμωπαίος)



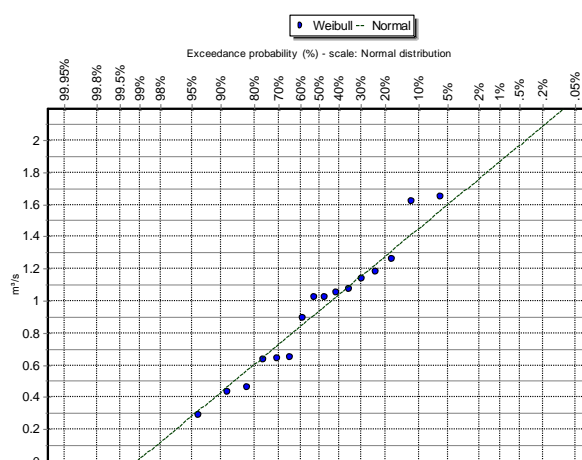
Σιάτιστα (Αλιάκμονας)



Σκοπός (Ρέμα Παπαδιάς)

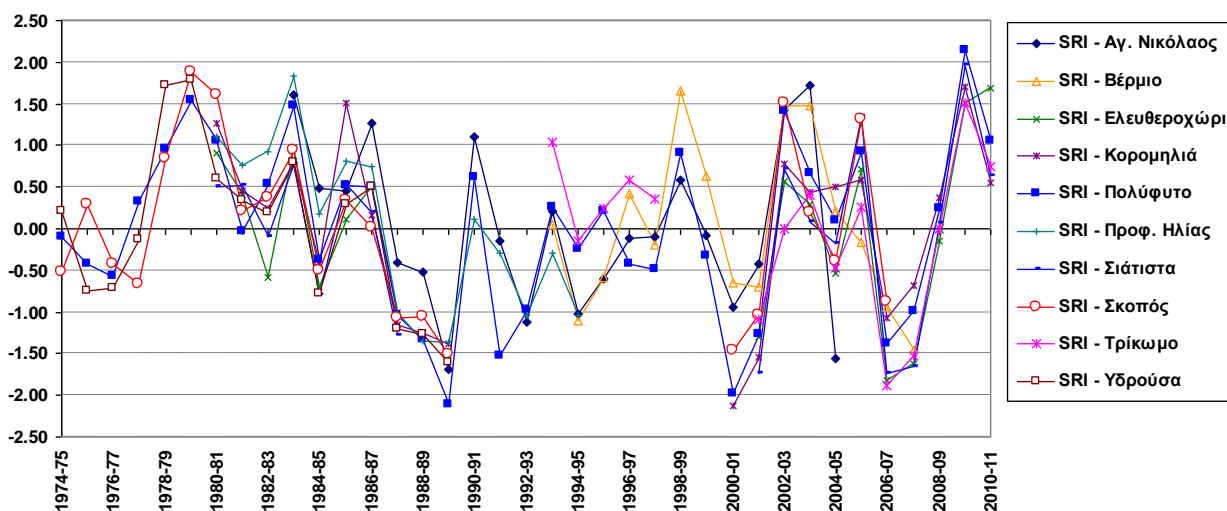


Τρίκωμο (Βενέτικος)



Υδρούσα (Ρέμα Μέλπω)

Εικόνα 4-42: Εμπειρικές κατανομές δειγμάτων ετήσιων παροχών στις διάφορες θέσεις ενδιαφέροντος και θεωρητικές κατανομές που επιλέχθηκαν για τον υπολογισμό του δείκτη SRI.



Εικόνα 4-43: Χρονοσειρές ετήσιου δείκτη SRI στις διάφορες θέσεις ενδιαφέροντος.

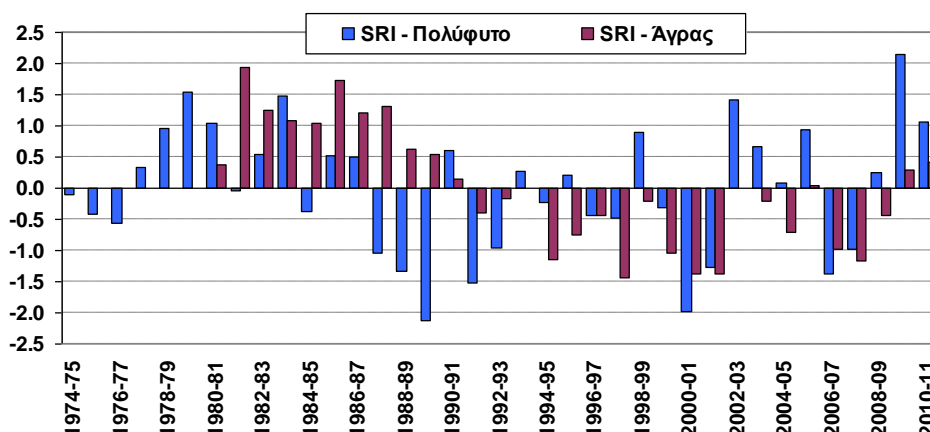
Πίνακας 4-12: Αξιολόγηση υδρολογικών ξηρασιών (με γκριζο χρώμα απεικονίζονται οι περίοδοι με κενές τιμές).

Υδρ. έτος	Αγ. Νικό-λαος	Άγρας	Βέρμιο	Ελευθε-ροχώρι	Κορο-μηλιά	Πολύ-φυτο	Προφ. Ηλίας	Σιάτι-στα	Σκοπός	Τρίκω-μο	Υδρού-σα
1974-75						Ήπια			Ήπια		
1975-76						Ήπια					Ήπια
1976-77						Ήπια			Ήπια		Ήπια
1977-78									Ήπια		Ήπια
1978-79											
1979-80											
1980-81											
1981-82						Ήπια					
1982-83				Ήπια				Ήπια			
1983-84											
1984-85				Ήπια	Ήπια	Ήπια		Ήπια	Ήπια		Ήπια
1985-86											
1986-87											
1987-88	Ήπια			Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια		Μέτρια
1988-89	Ήπια				Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια		Μέτρια		Μέτρια
1989-90	Σοβαρή				Μέτρια	Ακραία	Μέτρια		Σοβαρή		Σοβαρή
1990-91											
1991-92	Ήπια	Ήπια				Σοβαρή	Ήπια				
1992-93	Μέτρια	Ήπια				Ήπια	Μέτρια				
1993-94							Ήπια				
1994-95	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια			Ήπια	Μέτρια			Ήπια	
1995-96	Ήπια	Ήπια	Ήπια								
1996-97	Ήπια	Ήπια				Ήπια					
1997-98	Ήπια	Μέτρια	Ήπια			Ήπια					
1998-99		Ήπια									
1999-00	Ήπια	Μέτρια				Ήπια					
2000-01	Ήπια	Μέτρια	Ήπια		Ακραία	Σοβαρή			Μέτρια		
2001-02	Ήπια	Μέτρια	Ήπια	Μέτρια	Σοβαρή	Μέτρια		Σοβαρή	Μέτρια	Μέτρια	
2002-03											
2003-04		Ήπια									
2004-05	Σοβαρή	Ήπια		Ήπια				Ήπια	Ήπια	Ήπια	
2005-06			Ήπια								
2006-07		Ήπια	Ήπια	Σοβαρή	Μέτρια	Μέτρια		Σοβαρή	Ήπια	Σοβαρή	
2007-08		Μέτρια	Μέτρια	Σοβαρή	Ήπια	Ήπια		Σοβαρή		Σοβαρή	
2008-09		Ήπια		Ήπια							
2009-10											
2010-11											

Στην Εικόνα 4-43 απεικονίζεται οι χρονοσειρές του ετήσιου SRI σε όλες τις θέσεις ενδιαφέροντος, εκτός από τον ΥΗΣ Άγρα, του οποίου η παροχή δεν είναι φυσικοποιημένη και εμφανίζει σημαντικά διαφορετική στατιστική συμπεριφορά (βλ. Εικόνα 4-44, όπου γίνεται σύγκριση με τον δείκτη SRI στο Πολύφυτο).

Η γενική εικόνα της χρονική εξέλιξης της υδρολογικής ξηρασίας είναι κοινή σε όλες τις θέσεις. Έτσι, παρατηρείται ότι, από τα μέσα της δεκαετίας του 1970 έως το 2010, υπήρξαν 4-5 χαρακτηριστικά έτη με πολύ χαμηλές τιμές του SRI, συγκεκριμένα το 1989-90 (ελάχιστη τιμή -2.12 στο Πολύφυτο και μέγιστη -1.36 στον Προφήτη Ηλία), το 2000-01 (ελάχιστη τιμή -2.12 στην Κορομηλιά και μέγιστη -0.65 στο Βέρμιο), το 2006-07 (ελάχιστη τιμή -1.89 στο Τρίκωμο και μέγιστη -0.88 στον Σκοπό) και το 2007-08 (με ελάχιστη τιμή -1.66 στη Σιάτιστα και μέγιστη -0.68 στην Κορομηλιά). Από την ανάλυση αυτή προκύπτει ότι στη διάρκεια της δεκαετίας του 2000 υπήρξαν τρία έτη στα οποία εμφανίστηκαν σοβαρές ή και ακραίες ξηρασίες, τα δύο από τα οποία μάλιστα συνεχόμενα. Από την άλλη πλευρά, από τα μέσα της δεκαετίας του 1980 έως τα μέσα του 1990 καταγράφονται συστηματικά αρνητικές τιμές του SRI, σχεδόν στο σύνολο των θέσεων μέτρησης, με την ξηρασία του έτους 1989-90 να χαρακτηρίζεται, ως επί το πλείστον,

σοβαρή ως ακραία. Ο χαρακτηρισμός των υδρολογικών ξηρασιών σε κάθε θέση και κάθε υδρολογικό έτος, με βάση την κατάταξη των McKee *et al.* (1993), γίνεται στον Πίνακα 4-12.



Εικόνα 4-44: Χρονοσειρές ετήσιου δείκτη SRI στο Πολύφυτο και τον ΥΗΣ Άγρας.

4.6. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΚΑΙ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΞΗΡΑΣΙΩΝ

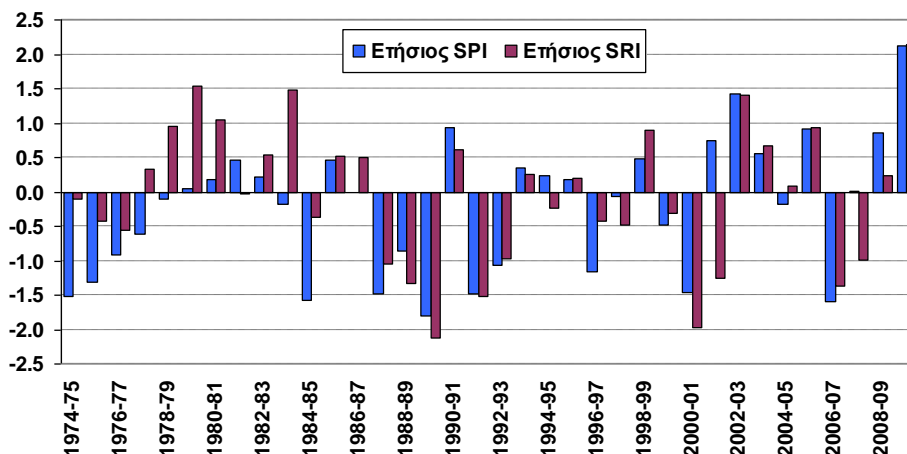
4.6.1. ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΗΣ ΚΑΙ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ ΑΛΙΑΚΜΟΝΑ

Στην Εικόνα 4-39 απεικονίζονται οι χρονοσειρές ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης στη λεκάνη του Αλιάκμονα και ετήσιας απορροής, ανάντη του φράγματος Πολυφύτου. Οι δύο χρονοσειρές παρουσιάζουν ικανοποιητική συσχέτιση, με τον σχετικό συντελεστή να φτάνει το 0.73 (συντελεστής προσδιορισμού 0.53, βλ. Εικόνα 3-25). Επισημαίνεται ότι η χρονοσειρά βροχόπτωσης αναφέρεται στο σύνολο της λεκάνης, ενώ η απορροή σε ένα τμήμα αυτής, έκτασης 5 800 km². Σε απόλυτα μεγέθη, η βροχόπτωση της «φυσικής» υπολεκάνης ανάντη του Πολύφυτου αναμένεται να είναι υψηλότερη σε σχέση με την ευρύτερη υπολεκάνη (διαχειριστική ενότητα) του Αλιάκμονα, κυρίως λόγω υψομετρικών διαφορών. Σε κάθε περίπτωση, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για στατιστικές συγκρίσεις, δεδομένου ότι τα δύο μεγέθη (βροχόπτωση, απορροή) είναι αδιαστατοποιημένα (αφού εκφράζονται με την μορφή δεικτών).

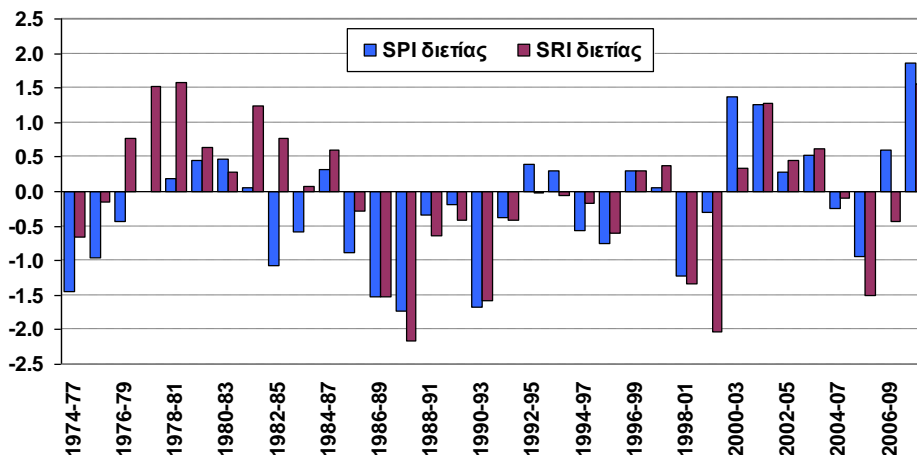
Στα διαγράμματα των Εικόνων 4-45 ως 4-47 απεικονίζεται η χρονική εξέλιξη των δεικτών μετεωρολογικής (SPI) και υδρολογικής (SRI) ξηρασίας, οι οποίοι υπολογίστηκαν στα πλαίσια των εδαφίων 0 και 4.5.1, αντίστοιχα, για χρονικές κλίμακες ενός, δύο και τριών υδρολογικών ετών. Παρατηρείται ότι, κυρίως κατά την περίοδο 1974-1984 αλλά και σε κάποιες μεμονωμένες περιπτώσεις, οι δείκτες SPI και SRI εμφανίζουν σημαντικές αποκλίσεις. Για παράδειγμα, η ιδιαίτερα σοβαρή μετεωρολογική ξηρασία του έτους 1983-84 (SPI = -1.57) είχε ως συνέπεια μια πολύ πιο ήπια υδρολογική ξηρασία (SRI = -0.37). Αντίθετα, ενώ το 2001-02 καταγράφηκε σχετικά μεγάλη βροχόπτωση (SPI = 0.75), η αντίστοιχη απορροή ήταν ιδιαίτερα χαμηλή (SRI = -1.26, που αντιστοιχεί σε μέτριας έντασης επεισόδιο ξηρασίας). Σε κλίμακα διετίας (2000-02), η διαφορά των δύο δεικτών είναι εντυπωσιακή (SRI = -2.03, SPI = -0.31), και καταδεικνύει την υστέρηση που παρουσιάζει η απορροή σε σχέση με τη βροχή. Στις άλλες περιπτώσεις, οι δύο δείκτες παρουσιάζουν αξιοσημείωτη ταύτιση, ειδικά όσον αφορά στην περίοδο έμμονης ξηρασίας 1987-1994. Για παράδειγμα, το δυσμενέστερο υδρολογικό έτος είναι το 1989-90, οπότε καταγράφονται οι χαμηλότερες τιμές των δύο δεικτών (SPI = -1.80 και SRI = -2.12), ενώ στη κλίμακα της τριετίας η δυσμενέστερη περίοδος είναι τα υδρολογικά έτη 1987-1990, με τους αντίστοιχους δείκτες να λαμβάνουν την τιμή -2.11 και -2.35.

Γενικά πάντως, όσο αυξάνει η χρονική κλίμακα τόσο χειροτερεύει η συσχέτιση μεταξύ των δύο δεικτών, όπως είναι εμφανές στα διαγράμματα διασποράς της Εικόνας 4-48. Δηλαδή, στις μεγάλες χρονικές κλίμακες (μέσοι όροι δύο ετών και άνω), η μετεωρολογική και η υδρολογική ξηρασία δεν συμβαδίζουν. Πρόκειται για ένα σημαντικό συμπέρασμα, καθώς στη διαχείριση των υδατικών πόρων, και ιδιαίτερα των

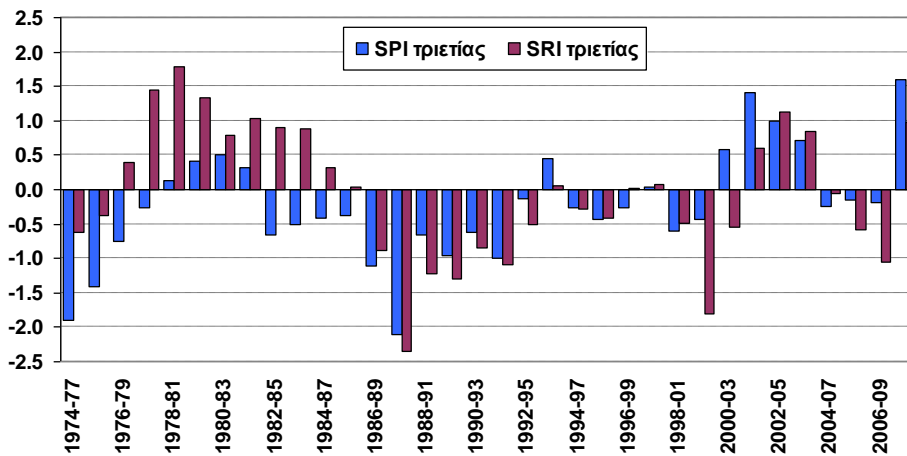
μεγάλων ταμιευτήρων, υπερετήσιας ρύθμισης, η υδρολογική ξηρασία, ήτοι η συστηματική μείωση της απορροής, είναι πιο σημαντική σε σχέση με τη μετεωρολογική.



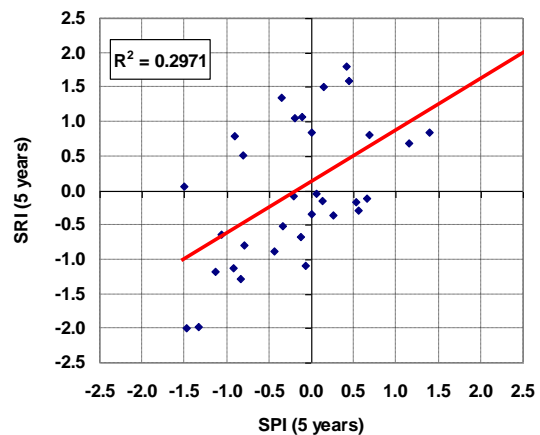
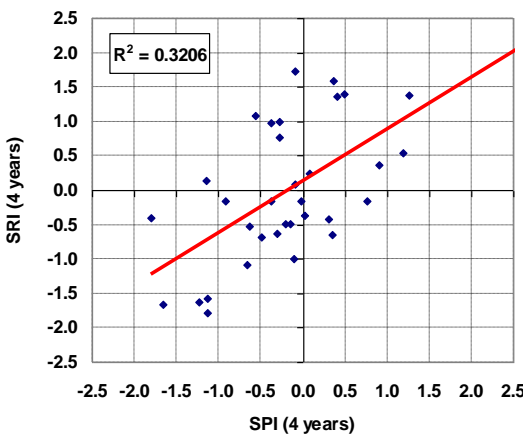
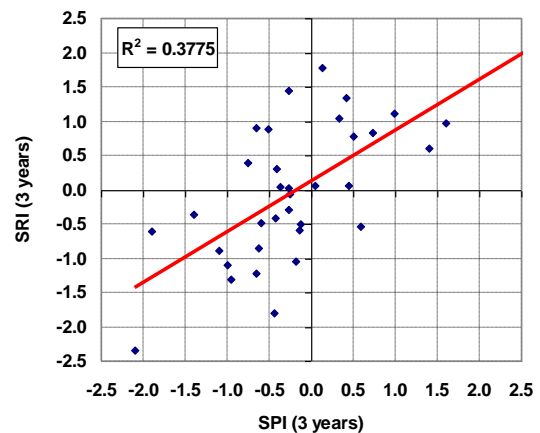
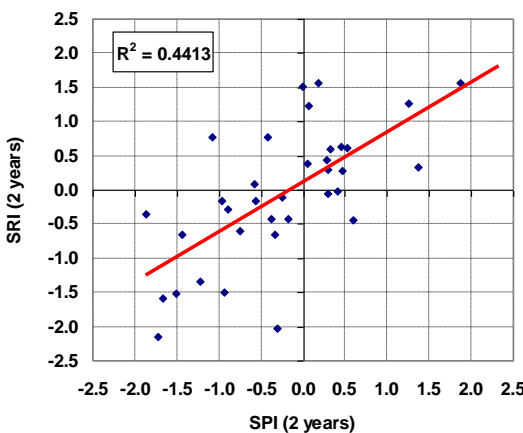
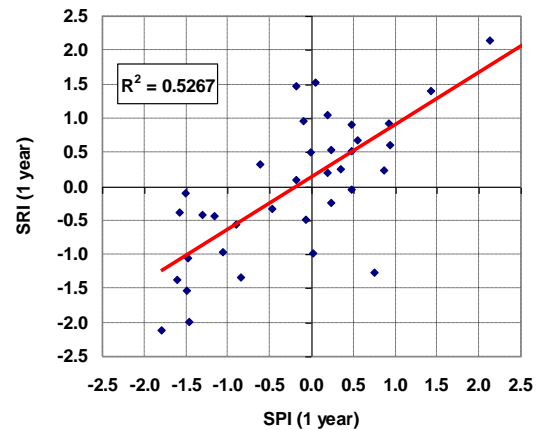
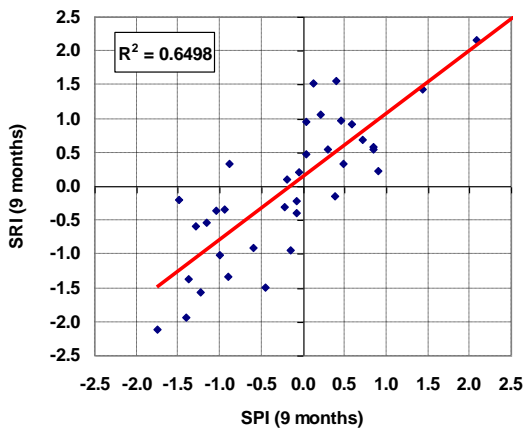
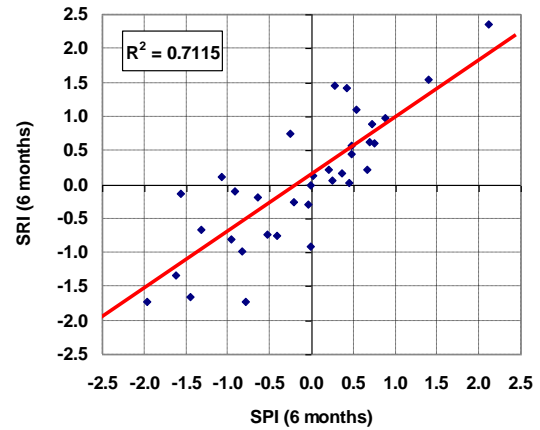
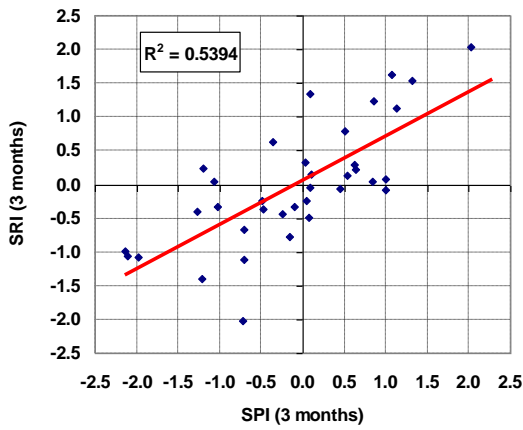
Εικόνα 4-45: Σύγκριση ετήσιων δεικτών μετεωρολογικής (SPI) και υδρολογικής (SRI) ξηρασίας στη λεκάνη του Αλιάκμονα.



Εικόνα 4-46: Σύγκριση δεικτών μετεωρολογικής (SPI) και υδρολογικής (SRI) ξηρασίας κυλιόμενου μέσου όρου δύο ετών στη λεκάνη του Αλιάκμονα.



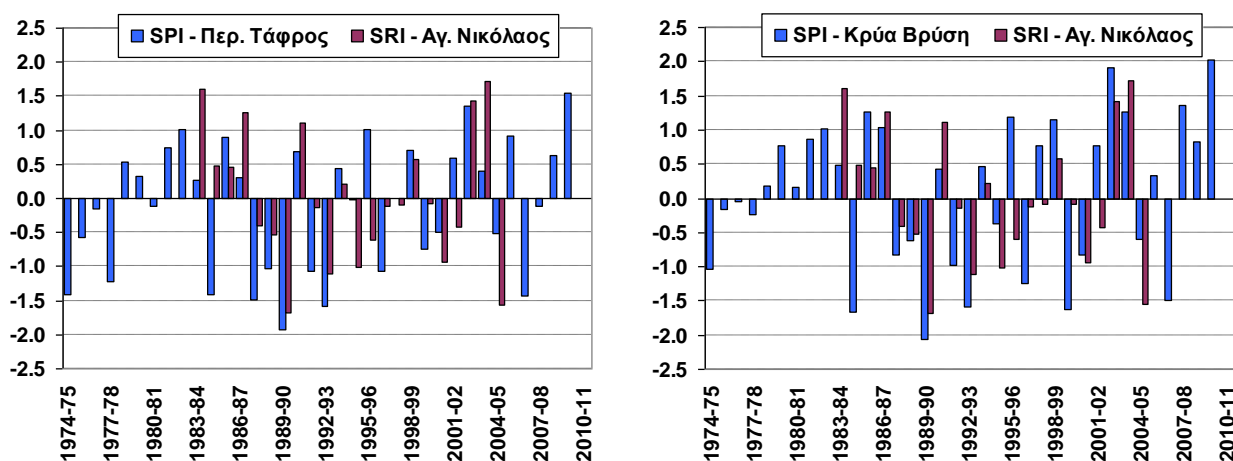
Εικόνα 4-47: Σύγκριση δεικτών μετεωρολογικής (SPI) και υδρολογικής (SRI) ξηρασίας κυλιόμενου μέσου όρου τριών ετών στη λεκάνη του Αλιάκμονα.



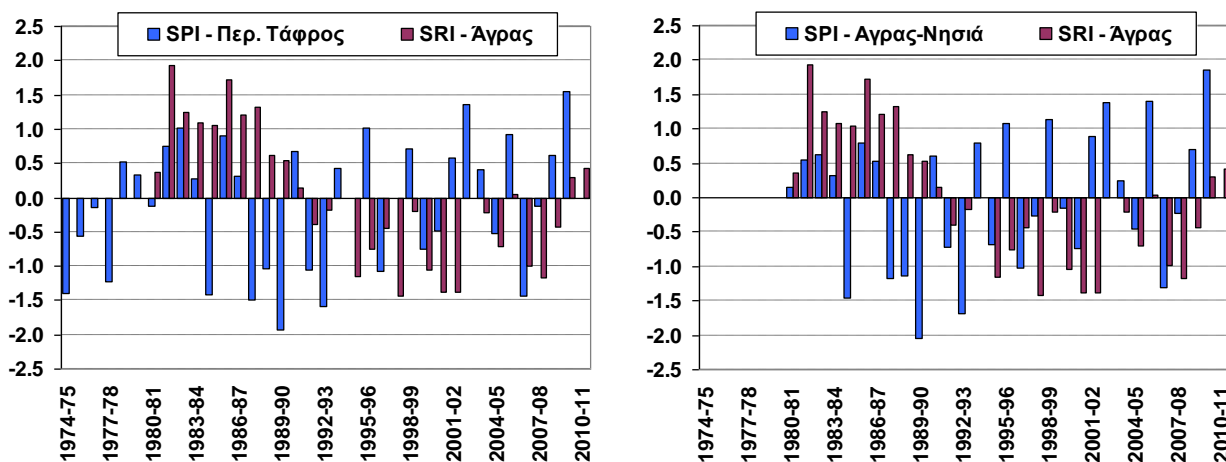
Εικόνα 4-48: Διαγράμματα διασποράς δεικτών μετεωρολογικής (SPI) και υδρολογικής (SRI) ξηρασίας στη λεκάνη του Αλιάκμονα σε όλες τις χρονικές κλίμακες ενδιαφέροντος.

4.6.2. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΕΤΗΣΙΩΝ ΔΕΙΚΤΩΝ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΚΑΙ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΞΗΡΑΣΙΩΝ

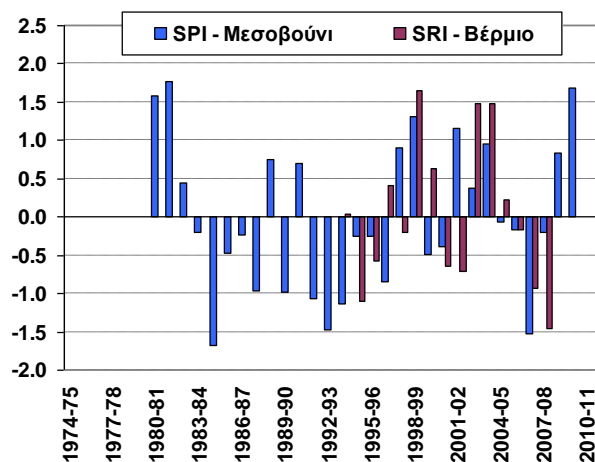
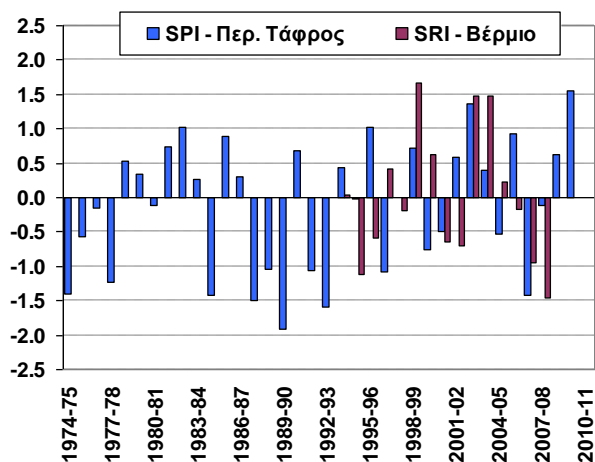
Όμοια με παραπάνω, σε κάθε θέση μέτρησης της παροχής απεικονίζονται, με μορφή ραβδογραμμάτων, οι δείκτες υδρολογικής και μετεωρολογικής ξηρασίας (Εικόνες 4-49 έως 4-59). Η τελευταία αποτιμάται τόσο σε επιφανειακή κλίμακα (με βάση την ετήσια επιφανειακή βροχόπτωση της υπολεκάνης στην οποία ανήκει η θέση μέτρησης) όσο και σημειακά, με βάση την ετήσια βροχόπτωση του καλύτερα συσχετισμένου σταθμού (βλ. 3.5.5). Παρατηρείται ότι οι δύο δείκτες ξηρασίας, αν και συσχετισμένοι, παρουσιάζουν, κατά περίπτωση, σημαντικές διαφορές, που οφείλονται στην έντονα μη γραμμική σχέση βροχής και απορροής, ιδιαίτερα σε μικρές λεκάνες. Όπως φάνηκε και στις πιο λεπτομερείς αναλύσεις της λεκάνης του Αλιάκμονα, ακόμη και μια έντονη πλην όμως μεμονωμένη μετεωρολογική ξηρασία δεν παράγει, κατ' ανάγκη μια αντίστοιχη ένταση 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.



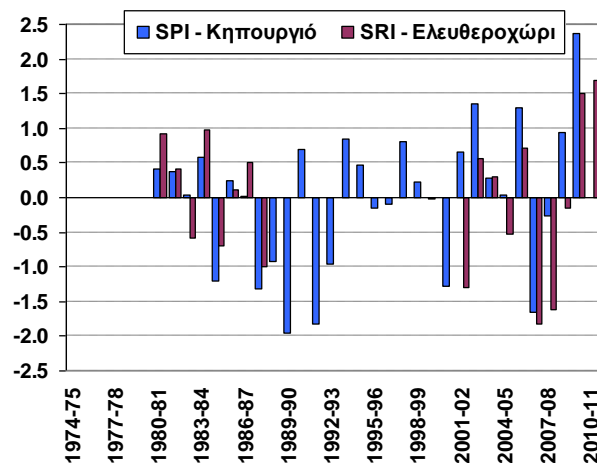
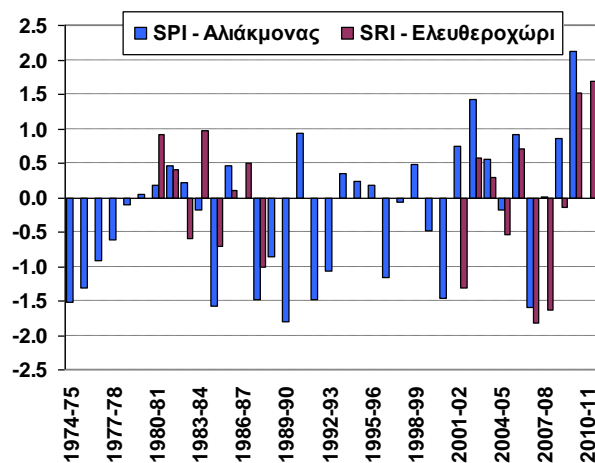
Εικόνα 4-49: Χρονική εξέλιξη ετήσιου δείκτη SRI παροχών Αραπίτσας στη θέση Άγιος Νικόλαος και δεικτών SPI επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκάνης Περ. Τάφρου και σημειακής βροχόπτωσης στον σταθμό Κρύας Βρύσης.



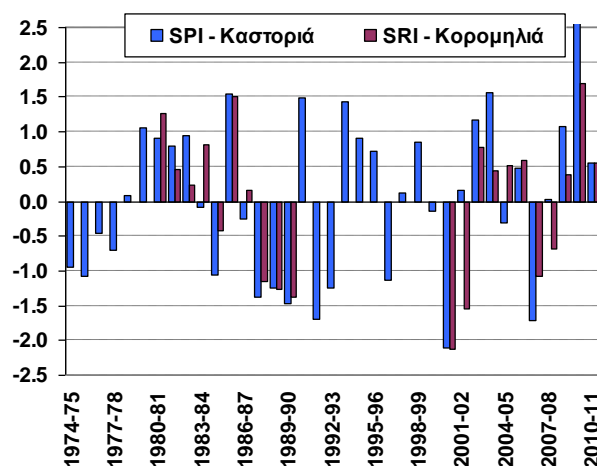
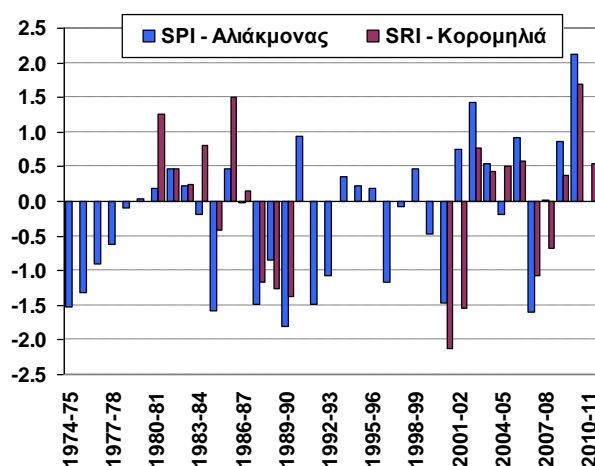
Εικόνα 4-50: Χρονική εξέλιξη ετήσιου δείκτη SRI παροχών Άγρα στη θέση του ΥΗΣ και δεικτών SPI επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκάνης Περ. Τάφρου και σημειακής βροχόπτωσης στον σταθμό Άγρα-Νησιά.



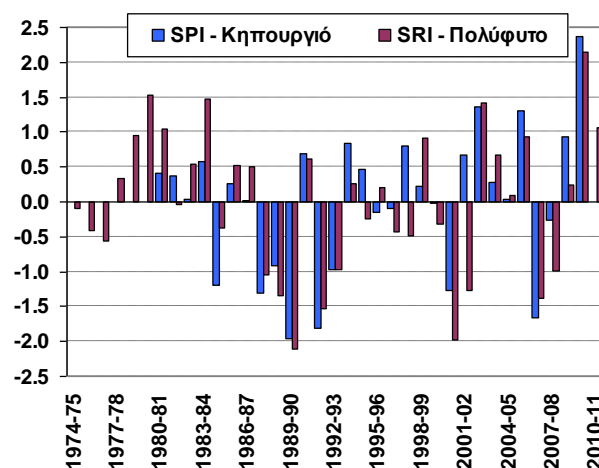
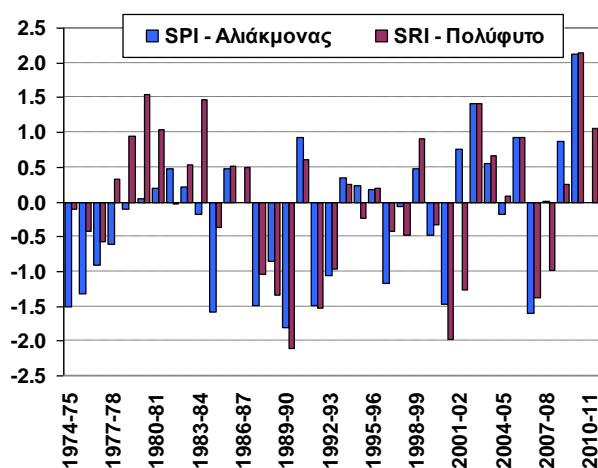
Εικόνα 4-51: Χρονική εξέλιξη ετήσιου δείκτη SRI παροχών Βερμίου στη θέση του ΥΗΣ και δεικτών SPI επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκάνης υπολεκάνης Περ. Τάφρου και σημειακής βροχόπτωσης στον σταθμό Μεσοβούνι.



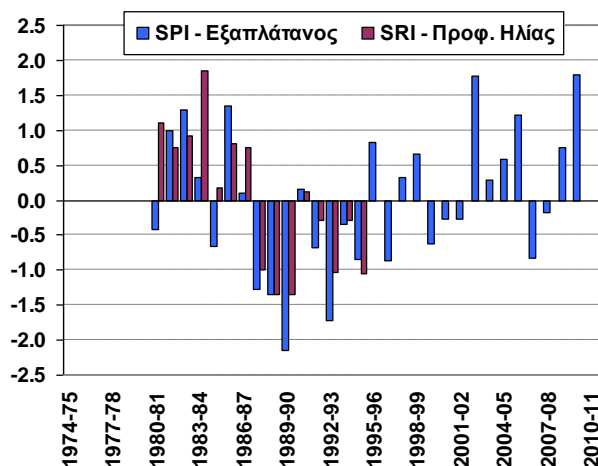
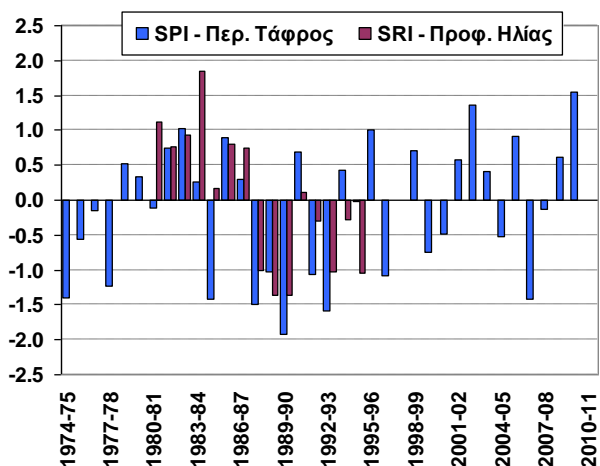
Εικόνα 4-52: Χρονική εξέλιξη ετήσιου δείκτη SRI παροχών Βενέτικου στη θέση Ελευθεροχώρι και δεικτών SPI επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκάνης Αλιάκμονα και σημειακής βροχόπτωσης στον σταθμό Κηπουργιό.



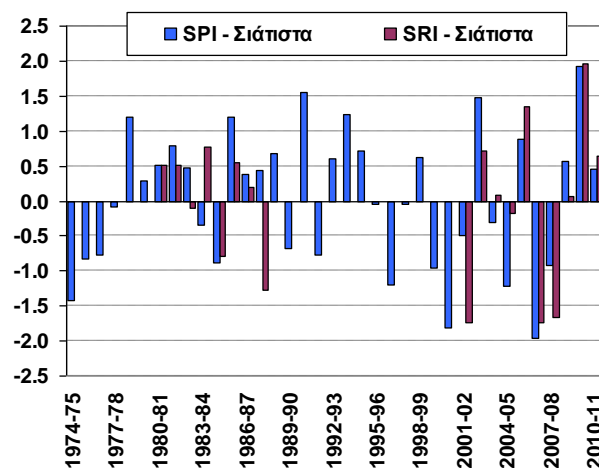
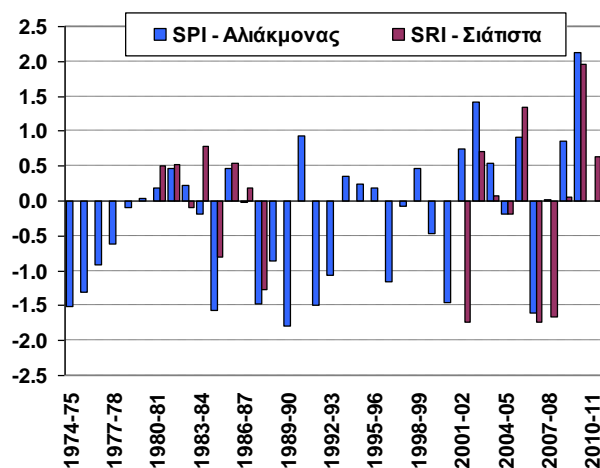
Εικόνα 4-53: Χρονική εξέλιξη ετήσιου δείκτη SRI παροχών Αλιάκμονα στη θέση Κορομηλιά και δεικτών SPI επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκάνης Αλιάκμονα και σημειακής βροχόπτωσης στον σταθμό Καστοριά.



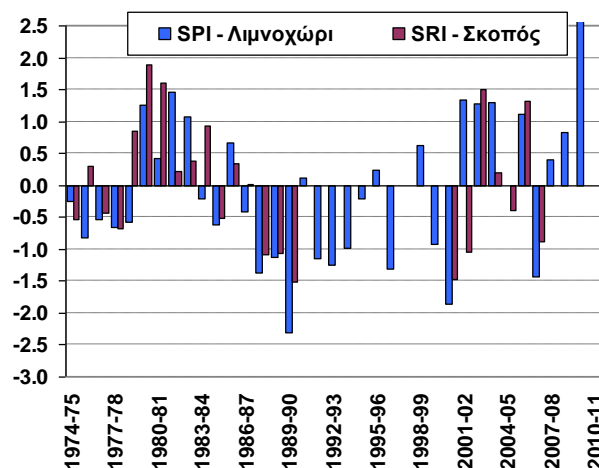
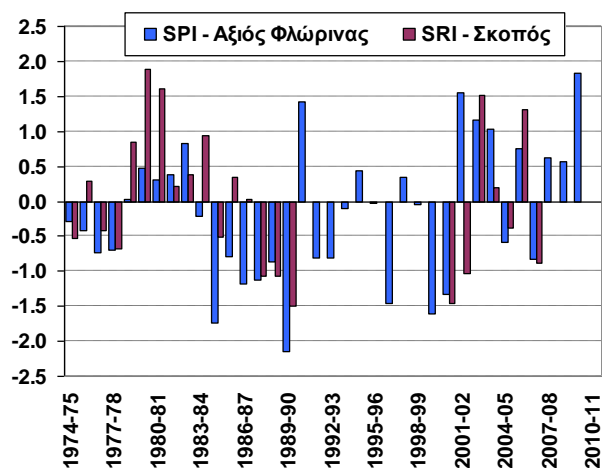
Εικόνα 4-54: Χρονική εξέλιξη ετήσιου δείκτη SRI παροχών Αλιάκμονα στη θέση Πολύφυτο και δεικτών SPI επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκάνης Αλιάκμονα και σημειακής βροχόπτωσης στον σταθμό Κηπουργιό.



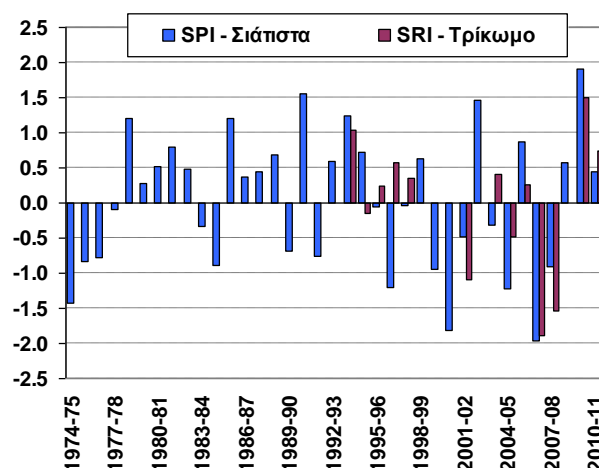
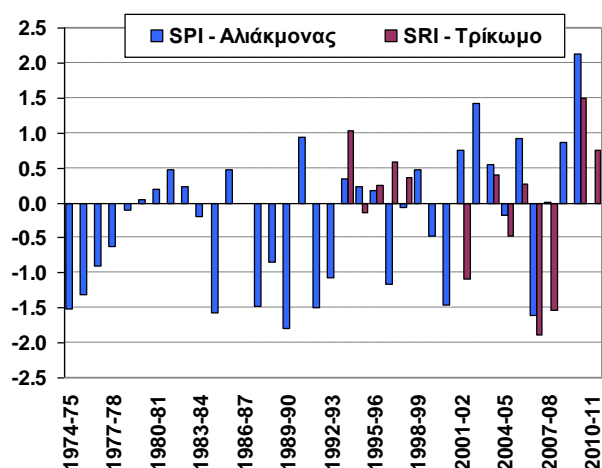
Εικόνα 4-55: Χρονική εξέλιξη ετήσιου δείκτη SRI παροχών Αλμωπαίου στη θέση Προφ. Ηλίας και δεικτών SPI επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκάνης Περ. Τάφρου και σημειακής βροχόπτωσης στον σταθμό Εξαπλάτανος.



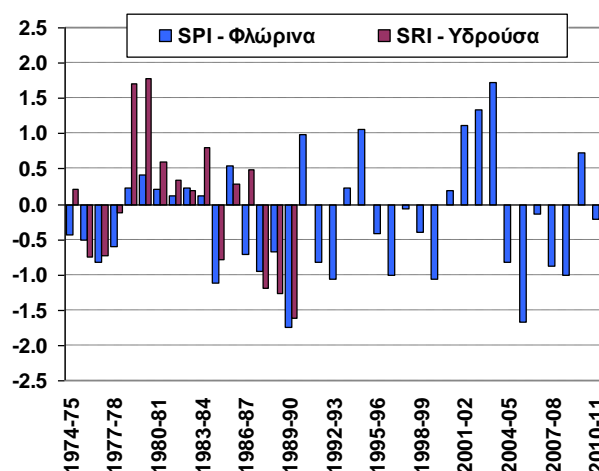
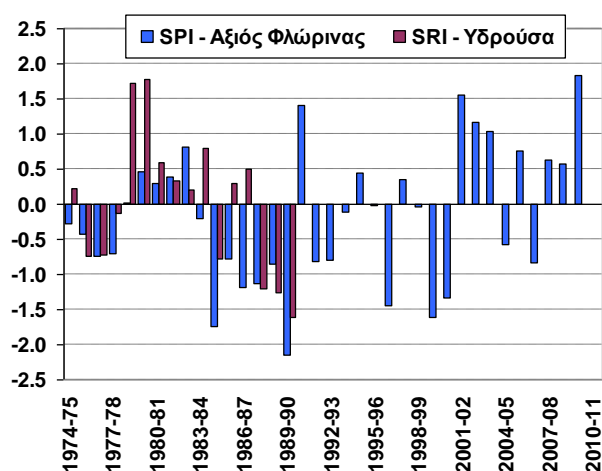
Εικόνα 4-56: Χρονική εξέλιξη ετήσιου δείκτη SRI παροχών Αλιάκμονα στη θέση Σιάτσιστα και δεικτών SPI επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκάνης Αλιάκμονα και σημειακής βροχόπτωσης στον σταθμό Σιάτσιστα.



Εικόνα 4-57: Χρονική εξέλιξη ετήσιου δείκτη SRI παροχών Ρέματος Παπαδιάς στη θέση Σκοπός και δεικτών SPI επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκάνης Αξιού και σημειακής βροχόπτωσης στον σταθμό Λιμνοχώρι.



Εικόνα 4-58: Χρονική εξέλιξη ετήσιου δείκτη SRI παροχών Βενέτικου στη θέση Τρίκωμο και δεικτών SPI επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκάνης Αλιάκμονα και σημειακής βροχόπτωσης στον σταθμό Σιάτιστα.



Εικόνα 4-59: Χρονική εξέλιξη ετήσιου δείκτη SRI παροχών Ρέματος Μέλπω στη θέση Υδρούσα και δεικτών SPI επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκάνης Αξιού και σημειακής βροχόπτωσης στον σταθμό Φλώρινα.

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 φάνηκε και στις αναλύσεις του υποκεφαλαίου 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 αναρρόθμιση 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 διαθέσιμους υδατικούς πόρους. Τονίζεται ότι η περιβαλλοντική ζήτηση είναι μια ευρύτερη έννοια, η οποία αναφέρεται στους υδατικούς πόρους της λεκάνης και όχι, κατ’ ανάγκη, 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 θερινής περιόδου 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 αναρρόθμιση των απορροών (όπως συμβαίνει, κατά μείζονα λόγο, στην λεκάνη του Αλιάκμονα, με τον ταμιευτήρα Πολυφύτου), που 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 αναρροθμιστικής 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. Όλες οι αναλύσεις πραγματοποιούνται σε κλίμακα υπολεκάνης – διαχειριστικής ενότητας.

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 κατείδυσης, από την οποία παράγεται η υπόγεια απορροή. Η μέση ετήσια κατείδυση, 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:

$$WEI = \text{Error!} \quad (5.3)$$

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 σε κλίμακα υπολεκάνης). 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 μέσης 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:

$$D(t) = R(t) + G(t) \quad (5.4)$$

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 υποθεθούν 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), $\sigma_D = 20$ (τυπική απόκλιση απορροής)

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

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

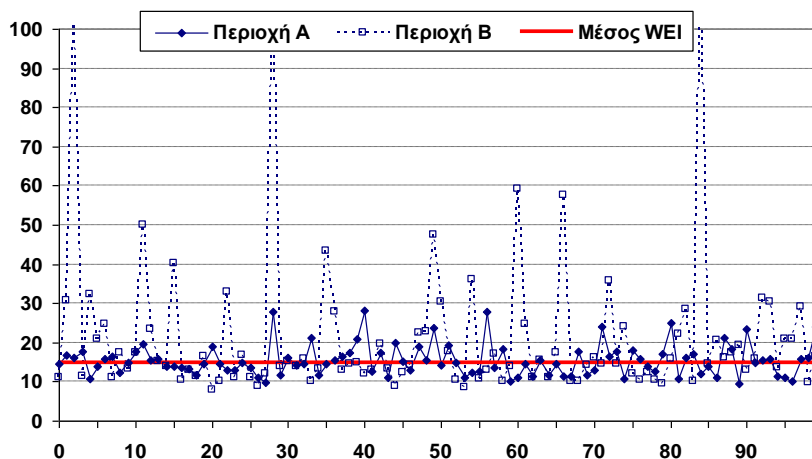
Περιοχή Δ: TWA = 25 (ζήτηση), RWA = D = 100 (μέση απορροή), $\sigma_D = 40$ (τυπική απόκλιση απορροής)

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.

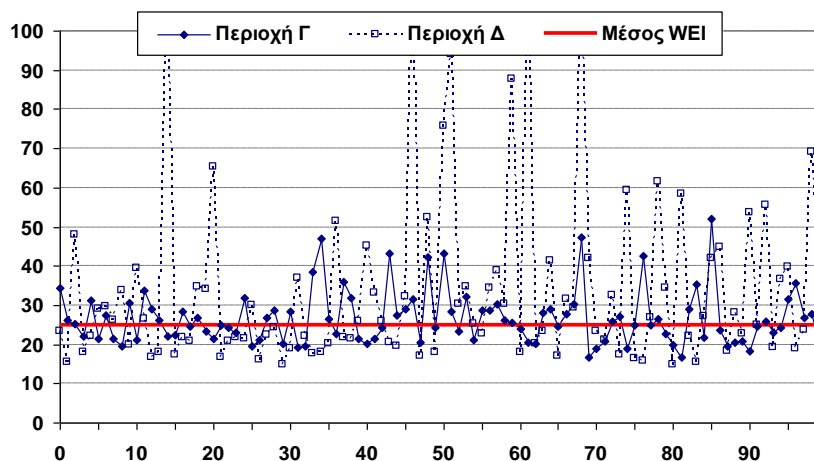
Συγκρίνοντας τις περιοχές Α και Β, παρατηρείται ότι στην πρώτη περίπτωση η τιμή του WEI παρουσιάζει μικρές σχετικά διακυμάνσεις γύρω από τη μέση τιμή του 15%, και σε καμία περίπτωση δεν υπερβαίνει το 30%. Αντίθετα, στην περιοχή Β, που με βάση την τιμή του μέσου WEI θα χαρακτηριζόταν όπως και η Α, χωρίς 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 εξ αρχής 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 ΜΕΓΕΘΩΝ 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 έξι υπολεκάνων του ΥΔ Δυτικής Μακεδονίας, ενώ τα μεγέθη που προέκυψαν συναθροίστηκαν, στη συνέχεια, στις δύο ΛΑΠ (Αλιάκμονα και Πρεσπών).

5.3.1. ΑΠΟΡΡΟΗ ΥΠΟΛΕΚΑΝΩΝ

Η απορροή είναι η μοναδική συνιστώσα του δείκτη λειψυδρίας που θεωρείται μεταβλητή. Η εκτίμηση της ετήσιας απορροής γίνεται ανά υπολεκάνη, ενώ στη συνέχεια τα μεγέθη αθροίζονται στις δύο ΛΑΠ. Στην υπολεκάνη του Αλιάκμονα, που είναι η πλέον σημαντική από πλευράς χρήσεων νερού και συναφών έργων αξιοποίησης, υιοθετείται μια σχετικά λεπτομερής προσέγγιση, στην οποία χρησιμοποιούνται τα δεδομένα απορροής στο Πολύφυτο, σε συνδυασμό με ένα εννοιολογικό υδρολογικό μοντέλο μηνιαίου χρονικού βήματος. Στις υπόλοιπες υπολεκάνες, η προσέγγιση είναι πιο απλή, και βασίζεται στην αξιοποίηση των προγενέστερων εκτιμήσεων του υδατικού ισοζυγίου της περιόδου 1980-2001, σε συνδυασμό με την ανάπτυξη σχέσεων γραμμικής συσχέτισης της ετήσιας βροχόπτωσης με την απορροή.

5.3.1.1. ΥΠΟΛΕΚΑΝΗ ΑΛΙΑΚΜΟΝΑ

Η υπολεκάνη (διαχειριστική ενότητα) του Αλιάκμονα, συνολικής έκτασης 6 538 km², ταυτίζεται με τα όρια της υδρολογικής λεκάνης του ποταμού, ανάντη της συμβολής του με την Περιφερειακή Τάφρο. Στην λεκάνη υπάρχουν αρκετά υδρομετρικά δεδομένα, που επιτρέπουν την ασφαλή εκτίμηση της απορροής. Το σημαντικότερο δείγμα απορροής είναι στο φράγμα Πολυφύτου, όπου διατίθενται μηνιαία δεδομένα εισροών στον ταμιευτήρα από τον Σεπτέμβριο του 1974 έως τον Ιούνιο του 2012. Η υπολεκάνη ανάντη του Πολυφύτου έχει έκταση 5 800 km², καλύπτει δηλαδή το 89% της συνολικής περιοχής ενδιαφέροντος. Δεδομένου ότι η λεκάνη κατάντη του φράγματος Πολυφύτου είναι έντονα διαταραγμένη εξαιτίας της παρεμβολής τεσσάρων ακόμα μικρότερων φραγμάτων κατά μήκος του ποταμού Αλιάκμονα (Σφηκιά, Ασώματα, Αγία Βαρβάρα, Μακροχώρι), για τα οποία δεν υπάρχουν πλήρη στοιχεία εισροών-εκροών, είναι εξαιρετικά δύσκολη η κατάρτιση της χρονοσειράς φυσικοποιημένης απορροής στην έξοδό της. Συνεπώς, θεωρούμε ότι το ύψος απορροής στο Πολύφυτο είναι αντιπροσωπευτικό της συνολικής λεκάνης.

Εκτός από τη χρονοσειρά απορροών, για την υπολεκάνη έχει καταρτιστεί η χρονοσειρά επιφανειακής βροχόπτωσης για την περίοδο 1961-2011. Προκειμένου να επεκτείνουμε το δείγμα απορροών για όλο το διάστημα ύπαρξης βροχομετρικών δεδομένων, αναπτύχθηκε ένα μοντέλο μηνιαίου υδατικού ισοζυγίου της

λεκάνης, η δομή του οποίου απεικονίζεται στην Εικόνα 5-3. Στο εννοιολογικό αυτό σχήμα, ο υπολογισμός της απορροής στην έξοδο της λεκάνης πραγματοποιείται με εφαρμογή διαδοχικών μετασχηματισμών της βροχόπτωσης, μέσω ενός συστήματος διασυνδεδεμένων δεξαμενών. Οι μεταβλητές εισόδου του μοντέλου είναι η επιφανειακή βροχόπτωση στη λεκάνη P , και η δυναμική εξατμοδιαπνοή PET, ενώ οι μεταβλητές εξόδου του είναι:

- το απόθεμα εδαφικής υγρασίας, S .
- το απόθεμα της δεξαμενής υπόγειου νερού, G .
- η πραγματική εξατμοδιαπνοή, ET, που επιμερίζεται σε άμεση εξάτμιση από την επιφάνεια του εδάφους E_D , και εδαφική εξατμοδιαπνοή E_S .
- η συνολική απορροή, Q , που επιμερίζεται σε άμεση Q_D , επιφανειακή Q_S , και βασική Q_B .
- οι υπόγειες διαφυγές, L , προς τον κατάντη υδροφορέα.

Όλες οι μεταβλητές εκφράζονται σε ισοδύναμα ύψη νερού και δίνονται σε μηνιαίο χρονικό βήμα. Οι παράμετροι του μοντέλου είναι:

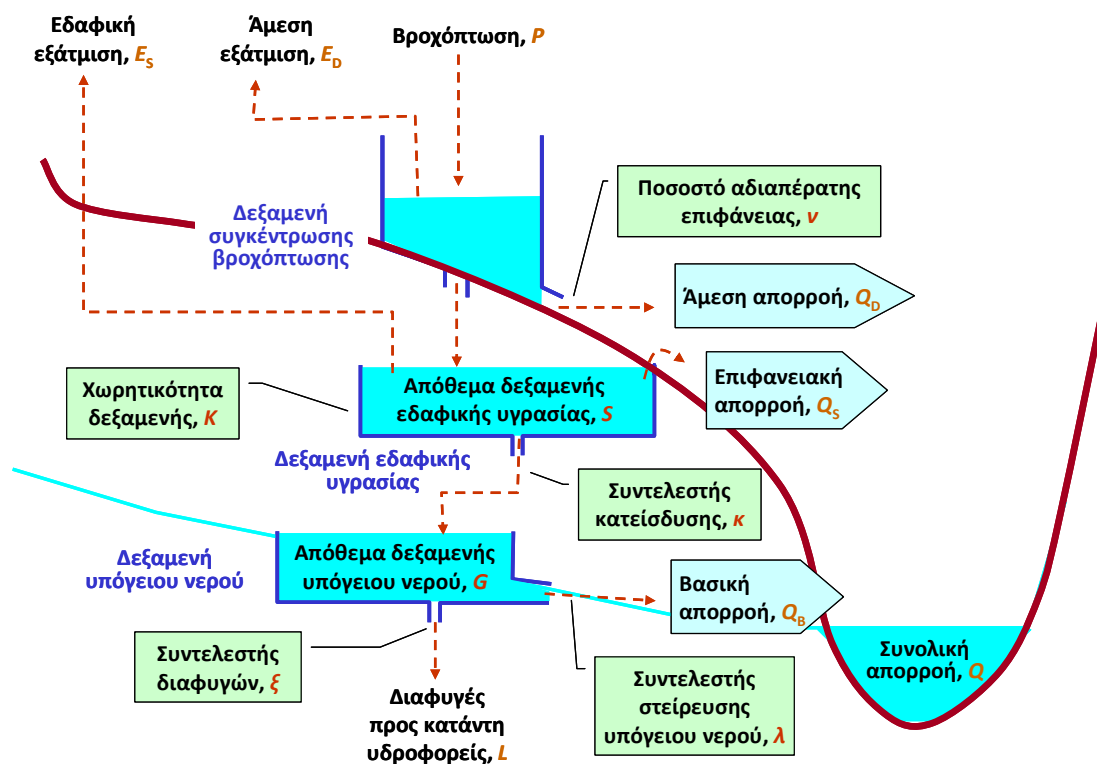
- το ποσοστό αδιαπέρατης επιφάνειας ν , που εκφράζει το μέρος της βροχόπτωσης που απορρέει επιφανειακά, χωρίς να διεισδύσει στο έδαφος.
- η χωρητικότητα της δεξαμενής εδαφικής υγρασίας K , που εκφράζει την αποθηκευτική ικανότητα της ακόρεστης ζώνης του εδάφους.
- ο συντελεστής κατείσδυσης κ , που εκφράζει το ποσοστό του αποθέματος υγρασίας που διακινείται από τη δεξαμενή εδαφικής υγρασίας προς τη δεξαμενή υπόγειου νερού, δηλαδή το νερό που ρέει από την ακόρεστη προς την κορεσμένη ζώνη του εδάφους.
- ο συντελεστής στείρευσης υπόγειου νερού λ , που εκφράζει το ποσοστό του αποθέματος υπόγειου νερού που εκφορτίζεται ως βασική ροή στο υδατόρευμα.
- ο συντελεστής διαφυγών υπόγειου νερού ξ , που εκφράζει το ποσοστό του αποθέματος υπόγειου νερού που εκφορτίζεται προς τον κατάντη υδροφορέα.

Για δεδομένες αρχικές συνθήκες $S(0)$ και $G(0)$, η προσομοίωση των υδρολογικών διεργασιών της λεκάνης γίνεται βήμα προς βήμα. Έστω ότι στο χρονικό βήμα (μήνα) t είναι γνωστά τα ύψη βροχόπτωσης $P(t)$ και δυναμικής εξατμοδιαπνοής $PE(t)$, καθώς και η αποθήκευση των δεξαμενών εδαφικής υγρασίας $S(t - 1)$ και υπόγειου νερού $G(t - 1)$. Η λειτουργία του μοντέλου έχει ως εξής:

Αρχικά, ποσοστό ν της βροχόπτωσης μετατρέπεται σε άμεση απορροή, $Q_D(t)$. Στη συνέχεια, η περίσσεια βροχόπτωσης $\Delta P(t)$ συγκρίνεται με τη δυναμική εξατμοδιαπνοή $PET(t)$. Εφόσον $\Delta P(t) > PET(t)$, η άμεση εξάτμιση $E_D(t)$ ταυτίζεται με τη δυναμική εξατμοδιαπνοή και η ποσότητα $\Delta P(t) - PET(t)$ αποθηκεύεται στη δεξαμενή εδαφικής υγρασίας. Εφόσον έχει κορεστεί το έδαφος, η περίσσεια $Q_S(t)$ (υπερχείλιση δεξαμενής) απορρέει επιφανειακά. Αντίθετα, στην περίπτωση που το περίσσειμα βροχής $\Delta P(t)$ είναι μικρότερο από τη δυναμική εξατμοδιαπνοή, όλη η περίσσεια βροχόπτωσης μετατρέπεται σε άμεση εξάτμιση, ενώ επιπλέον εξατμίζεται μέρος της αποθηκευμένης υγρασίας (εφόσον υπάρχει) ως εδαφική εξατμοδιαπνοή, $E_S(t)$. Η εδαφική εξατμοδιαπνοή είναι ανάλογη της υπολειπόμενης ζήτησης για εξατμοδιαπνοή και του λόγου πλήρωσης της δεξαμενής εδαφικής υγρασίας, και υπολογίζεται μέσω της εμπειρικής σχέσης:

$$E_S(t) = S(t - 1) \{1 - \exp [\Delta P(t) - PE(t)] / K\} \quad (5.5)$$

Η δεξαμενή υπόγειου νερού τροφοδοτείται από τη δεξαμενή εδαφικής υγρασίας, με ποσότητα ανάλογη (συντελεστής κ) του αποθηκευμένου νερού. Από τον αποθηκευμένο όγκο υπόγειου νερού, ποσοστό λ εκφορτίζεται επιφανειακά, ως βασική απορροή $Q_B(t)$, ενώ ποσοστό ξ ρέει κατάντη, το οποίο θεωρείται υπόγεια διαφυγή $L(t)$. Η τελική υπόγεια αποθήκευση $G(t)$ προκύπτει προσθέτοντας στην αποθήκευση του προηγούμενου μήνα $G(t - 1)$, την ποσότητα που διεισδύει από την ακόρεστη ζώνη, και αφαιρώντας τη βασική απορροή και τις υπόγειες διαφυγές. Η συνολική απορροή στη έξοδο της λεκάνης υπολογίζεται προσθέτοντας την άμεση, την επιφανειακή και τη βασική απορροή.



Εικόνα 5-3: Σχηματική παράσταση μοντέλου υδατικού ισοζυγίου λεκάνης Αλιάκμονα.

Πίνακας 5-1: Στατιστικά χαρακτηριστικά δυνητικής εξατμοδιαπνοής υπολεκάνης Αλιάκμονα, που εκτιμάται με τη μέθοδο Penman-Monteith, με βάση τα μετεωρολογικά δεδομένα του σταθμού Κοζάνης (1/1967 – 12/1990).

	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αυγ.	Σεπ.	Έτος
Μέση τιμή	57.0	28.4	21.8	24.2	30.7	52.0	81.1	113.3	145.1	172.8	149.2	101.1	977.1
Τυπ. αποκ.	6.8	4.3	3.4	4.1	5.1	9.5	12.3	12.2	16.5	18.4	14.8	10.8	51.3
Ελάχιστη	42.5	22.2	15.7	16.3	22.6	35.8	57.5	88.1	94.4	146.9	121.1	79.4	871.4
Μέγιστη	67.1	39.7	27.3	32.4	41.9	64.6	105.6	135.6	165.0	216.3	173.3	124.5	1052.4

Πίνακας 5-2: Στατιστικά χαρακτηριστικά τελικής χρονοσειράς μηνιαίας απορροής (σε hm³) υπολεκάνης Αλιάκμονα (10/1960 – 6/2012).

	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μάι.	Ιούν.	Ιούλ.	Αυγ.	Σεπ.	Έτος
Μέση τιμή	67.9	122.9	206.1	206.5	230.9	253.2	235.7	168.6	87.0	51.6	37.4	41.2	1713.5
Τυπ. αποκ.	46.1	83.4	124.2	124.4	136.1	119.8	97.0	67.8	44.4	29.5	17.9	19.8	677.7
Ελάχιστη	1.9	18.6	43.8	45.0	40.7	48.3	62.1	54.0	24.0	10.8	9.4	7.8	585.3
Μέγιστη	196.1	429.0	555.6	681.9	696.2	549.9	413.4	324.9	211.8	115.7	93.5	109.3	3883.6

Η περίοδος προσομοίωσης περιλαμβάνει 50 υδρολογικά έτη (10/1960 έως 9/2010), για τα οποία υπάρχουν πλήρη στοιχεία επιφανειακής βροχόπτωσης στη λεκάνη του Αλιάκμονα (με εξαίρεση τους τρεις πρώτους μήνες, που συμπληρώνονται με βάση τις αντίστοιχες μέσες μηνιαίες τιμές). Για την εκτίμηση της δυνητικής εξατμοδιαπνοής της λεκάνης, εφαρμόζεται η αναλυτική μέθοδος Penman-Monteith, η οποία απαιτεί μηνιαία δεδομένα θερμοκρασίας, σχετικής υγρασίας, ηλιοφάνειας και ταχύτητα ανέμου. Τα εν λόγω δεδομένα λαμβάνονται από τον μετεωρολογικό σταθμό της ΕΜΥ στην Κοζάνη για την περίοδο 1967-1990, ενώ οι υπολογισμοί της μεθόδου γίνονται με την σχετική εφαρμογή του λογισμικού Υδρογνώμων. Στον Πίνακα 5-1 δίνονται τα στατιστικά χαρακτηριστικά της δυνητικής εξατμοδιαπνοής της περιόδου 1967-1990. Τα υπόλοιπα έτη συμπληρώνονται με βάση τις μέσες μηνιαίες τιμές.

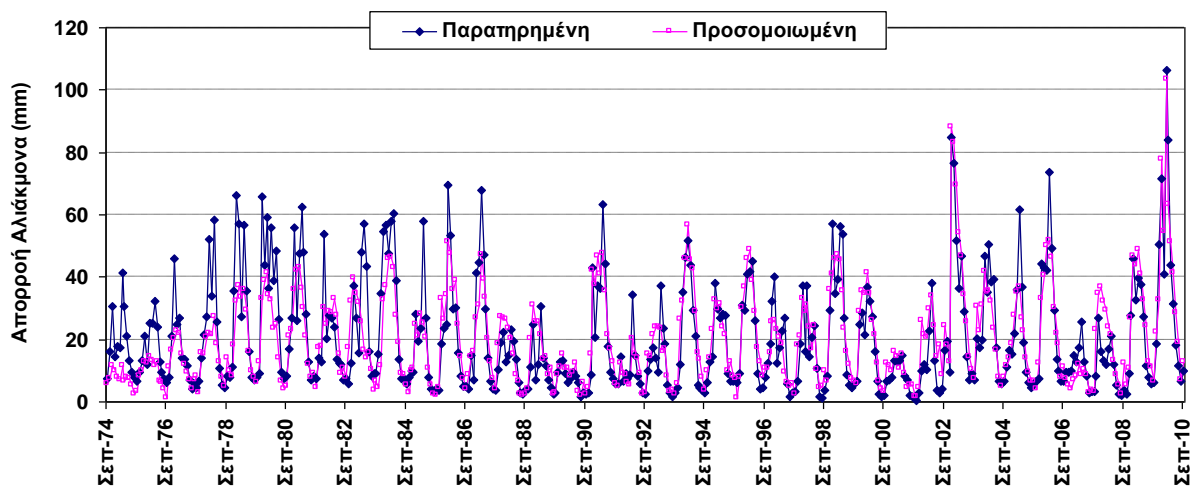
Η εκτίμηση των πέντε άγνωστων παραμέτρων του μοντέλου (ν , K , κ , λ , ξ) γίνεται μέσω βαθμονόμησης, προσαρμόζοντας τις προσομοιωμένες απορροές της περιόδου 9/1974 έως 9/2010 στις αντίστοιχες παρατηρημένες. Όσον αφορά στις αρχικές συνθήκες, δεδομένου ότι η προσομοίωση ξεκινά στην αρχή του

υδρολογικού έτους, οι δεξαμενές εδαφικής υγρασίας και υπόγειου νερού θεωρούνται κενές, οπότε ως αρχικές συνθήκες του μοντέλου λαμβάνονται $S(0) = 0$ και $G(0) = 0$. Η περίοδος προσομοίωσης χωρίζεται σε δύο ίσα διαστήματα ελέγχου. Το πλέον πρόσφατο (1992-03 έως 2009-10) χρησιμοποιείται για τη βαθμονόμηση του μοντέλου, ενώ το παλαιότερο (1974-75 έως 1991-92) για την επαλήθευσή του. Η πλέον πρόσφατη περίοδος θεωρείται πιο αντιπροσωπευτική, καθώς περιλαμβάνει μεγαλύτερο εύρος τιμών βροχόπτωσης και απορροής. Για την βελτιστοποίηση των παραμέτρων χρησιμοποιείται ο ενσωματωμένος εξελικτικός αλγόριθμος του Excel, με κριτήριο καλής προσαρμογής τον συντελεστή προσδιορισμού.

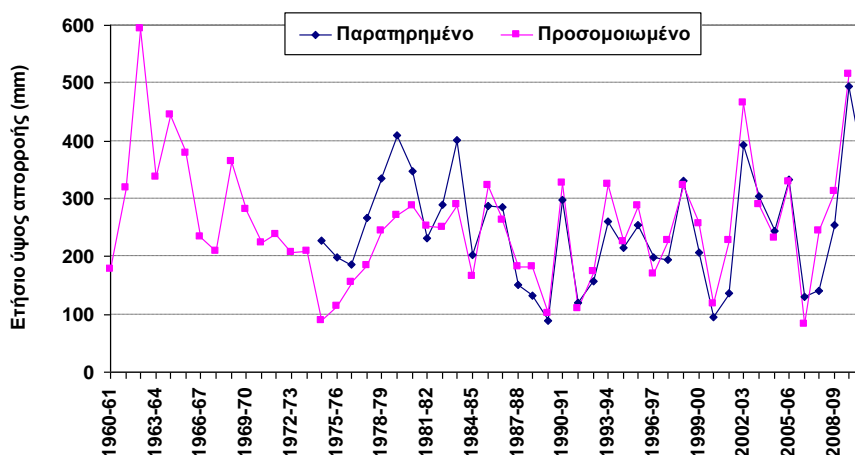
Οι βέλτιστες τιμές των παραμέτρων είναι $\nu = 0.107$, $K = 217$ mm, $\kappa = 0.352$, $\lambda = 0.440$ και $\xi = 0.111$. Στο σύνολο της περιόδου ελέγχου, ο συντελεστής προσδιορισμού του μοντέλου ανέρχεται στα επίπεδα του 0.711, ενώ οι επιμέρους τιμές για τις περιόδους βαθμονόμησης και επαλήθευσης είναι 0.816 και 0.595, αντίστοιχα. Όπως φαίνεται στις Εικόνες 5-4 και 5-5, στις οποίες αντιπαραβάλλονται οι παρατηρημένες και προσομοιωμένες χρονοσειρές ύψους απορροής σε μηνιαία και ετήσια βάση, αντίστοιχα, από τις αρχές της δεκαετίας του 1980 και μετά η προσαρμογή του μοντέλου είναι πολύ ικανοποιητική, σε αντίθεση με τα πρώτα δέκα περίπου έτη, κατά τα οποία δεν μπορεί να επιτευχθεί αναπαραγωγή των υψηλών απορροών. Αυτό οφείλεται στην ανακολουθία μεταξύ της βροχόπτωσης και απορροής, καθώς, όπως έχει επισημανθεί στις αναλύσεις του υποκεφαλαίου 4.6, αν και η συγκεκριμένη περίοδος χαρακτηρίζεται από συστηματικά χαμηλές βροχοπτώσεις, η απορροή της λεκάνης δεν δείχνει να επηρεάζεται, δηλαδή δεν υπάρχει ταύτιση της μετεωρολογικής ξηρασίας με την υδρολογική.

Με βάση τα αποτελέσματα του μοντέλου για το σύνολο των ετών 1960-2010, το μέσο ετήσιο υδατικό ισοζύγιο της λεκάνης του Αλιάκμονα διαμορφώνεται ως εξής: Η μέση ετήσια βροχόπτωση ανέρχεται σε 751 mm, από τα οποία τα 460 mm μετατρέπονται σε απώλειες λόγω εξατμοδιαπνοής (ποσοστό 61.2%), τα 256 mm μετατρέπονται σε απορροή (ποσοστό 34.1%), ενώ τα 36 mm μετακινούνται υπόγεια προς τον κατάντη υδροφορέα (ποσοστό 4.7%). Η ύπαρξη διαφυγών είναι εύλογη, καθώς η λεκάνη δεν μπορεί να θεωρηθεί υδρογεωλογικά κλειστή, δεδομένου ότι το κατάντη όριο της (συμβολή με Περιφερειακή Τάφρο) έχει οριστεί αυθαίρετα. Επισημαίνεται ότι, για την περίοδο 1974-2010, το ποσοστό της μέσης μετρημένης απορροής προς τη μέση επιφανειακή βροχόπτωση είναι ακριβώς το ίδιο.

Τελικά, για την εκτίμηση του όγκου απορροής της υπολεκάνης Αλιάκμονα, θεωρούνται το δείγμα υψών απορροής στο Πολύφυτο, για την περίοδο 1974-2011, και το δείγμα προσομοιωμένων υψών απορροής, για τα προηγούμενα υδρολογικά έτη, μέχρι το 1960-61. Τα στατιστικά χαρακτηριστικά του ενοποιημένου δείγματος, μήκους 51 υδρολογικών ετών, δίνονται στον Πίνακα 5-2. Ο μέσος ετήσιος όγκος απορροής είναι 1 713.5 hm³, που αντιστοιχεί σε ύψος απορροής 262.1 mm, ενώ το μέσο ετήσιο ύψος βροχής στην υπολεκάνη ανέρχεται σε 754.9 mm (βλ. εδάφιο 3.4.3). Ο υπερετήσιος συντελεστής απορροής εκτιμάται σε 34.7%, ενώ ο συντελεστής συσχέτισης μεταξύ ετήσιας βροχόπτωσης και απορροής είναι 0.805.



Εικόνα 5-4: Σύγκριση μηνιαίου ύψους παρατηρημένης και προσομοιωμένης απορροής λεκάνης Αλιάκμονα για την περίοδο μετρημένων εισροών στο φράγμα Πολυφύτου (1974-2010).



Εικόνα 5-5: Σύγκριση ετήσιου ύψους παρατηρημένης και προσομοιωμένης απορροής λεκάνης Αλιάκμονα για το σύνολο της περιόδου δεδομένων βροχόπτωσης (1960-2011).

5.3.1.2. ΛΟΙΠΕΣ ΥΠΟΛΕΚΑΝΕΣ

Στις υπόλοιπες πέντε υπολεκάνες του Υδατικού Διαμερίσματος Δυτικής Μακεδονίας, η παραγωγή των χρονοσειρών ετήσιας απορροής βασίζεται σε πιο αδρομερείς προσεγγίσεις, καθώς δεν υπάρχουν επαρκή υδρομετρικά δεδομένα, όπως στην περίπτωση του Αλιάκμονα. Εξάλλου, και με εξαίρεση την υπολεκάνη Αξιού, που είναι φυσική λεκάνη, οι υπόλοιπες δεν έχουν συγκεκριμένο σημείο εξόδου όπου συγκεντρώνεται η επιφανειακή απορροή. Ειδικότερα, οι υπολεκάνες Πτολεμαΐδας και Πρεσπών είναι κλειστά συστήματα που κυρίως αποστραγγίζονται σε λίμνες (η υπολεκάνη Πρεσπών περιλαμβάνει μόνο το τμήμα που ανήκει σε ελληνικό έδαφος), ενώ οι υπολεκάνες Περιφερειακής Τάφρου και Πεδιάδας Κατερίνης περιλαμβάνουν διάφορες μικρότερες υδρολογικές λεκάνες, με ξεχωριστά σημεία εκβολής. Χαρακτηριστικό είναι ότι το ΝΑ όριο της Περιφερειακής Τάφρου είναι ο κάτω ρους του Αλιάκμονα και όχι ο υδροκρίτης της λεκάνης, ενώ η Πεδιάδα Κατερίνης συνορεύει ανατολικά με τη θάλασσα.

Κατά συνέπεια, η εκτίμηση της απορροής των παραπάνω πέντε υπολεκανών δεν μπορεί να γίνει με βάση ένα συγκεντρωτικό δείγμα παροχών σε κάποιο σημείο εξόδου, όπως στην υπολεκάνη Αλιάκμονα, αλλά μέσω υδρολογικού μοντέλου, που εκτιμά το επιφανειακό και υπόγειο υδατικό δυναμικό των υπολεκανών βάσει των φυσικών χαρακτηριστικών τους. Στα πλαίσια των Διαχειριστικών Μελετών του πρώην ΥΠΑΝ (2008) εφαρμόστηκε το λογισμικό MIKE-SHE για την εκτίμηση του υδατικού ισοζυγίου των υπολεκανών, για την περίοδο 1980-2001. Τα αποτελέσματα του μοντέλου, σε μέση ετήσια κλίμακα, για τις έξι υπολεκάνες του ΥΔ 09 (περιλαμβανομένης και αυτής του Αλιάκμονα) συνοψίζονται στον Πίνακα 5-3.

Για την επέκταση των δειγμάτων στην περίοδο διαθεσιμότητας βροχομετρικών δεδομένων, αναπτύχθηκαν, στα πλαίσια της παρούσας μελέτης σχέσεις γραμμικής παλινδρόμησης της προσομοιωμένης απορροής του μοντέλου MIKE-SHE συναρτήσεως της επιφανειακής βροχόπτωσης των υπολεκανών. 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 στην υπολεκάνη του Αλιάκμονα, όπως υπολογίστηκε στο εδάφιο 3.4.3, ανέρχεται σε 688.1 mm, ενώ η αντίστοιχη τιμή που εφαρμόστηκε στο MIKE-SHE είναι 714.6 mm (Πίνακας 5-3). Οι αποκλίσεις προφανώς 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 στο σύνολο της περιόδου ύπαρξης βροχομετρικών δειγμάτων (διαφορετική ανά υπολεκάνη).

Οι σχέσεις παλινδρόμησης για κάθε υπολεκάνη απεικονίζονται στην Εικόνα 5-6, ενώ τα βασικά στατιστικά χαρακτηριστικά της ετήσιας βροχόπτωσης και απορροής συνοψίζονται στον Πίνακα 5-4. Τονίζεται ότι τα μεγέθη που αναφέρονται στην υπολεκάνη του Αλιάκμονα έχουν προκύψει με βάση τη μεθοδολογία του εδαφίου 5.3.1.1. Στο μεγαλύτερο μέρος τους, τα εν λόγω μεγέθη βασίζονται σε μετρήσεις, ενώ ένα μικρό τμήμα του δείγματος βασίζεται σε εκτιμήσεις με βάση το μηνιαίο μοντέλο υδατικού ισοζυγίου.

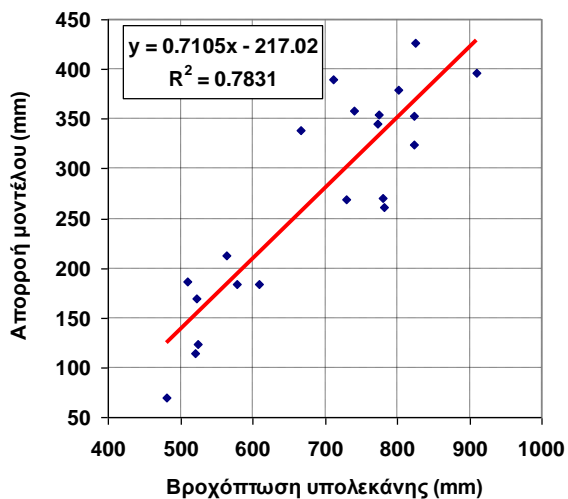
Πίνακας 5-3: Μέσα ετήσια μεγέθη υδατικού ισοζυγίου υπολεκανών περιόδου 1980-2001, με βάση τα αποτελέσματα του μοντέλου MIKE-SHE (ΥΠΑΝ, 2007).

	Αλιάκμονας	Αξιός	Πεδ. Κατερίνης	Περ. Τάφρος	Πτολεμαίδα	Πρέσπες
Έκταση (km ²)	6537.7	862.7	1452.7	2275.5	2145.2	347.0
Μέση ετήσια βροχόπτωση (mm)	714.6	656.3	757.0	895.1	620.1	661.7
Μέση ετήσια εξατμοδιαπνοή (mm)	437.6	380.0	458.0	548.9	483.4	452.2
Μέση ετήσια απορροή (mm)	271.8	263.8	277.7	334.2	111.7	342.7
Μέση ετήσια βροχόπτωση (hm ³)	4671.8	566.2	1099.7	2036.8	1330.2	229.6
Μέση ετήσια εξατμοδιαπνοή (hm ³)	2861.2	327.8	665.3	1248.9	1037.0	156.9
Μέση ετήσια απορροή (hm ³)	1777.1	227.6	403.3	760.5	239.7	118.9
Υπερετήσιος συντελεστής απορροής	0.380	0.402	0.367	0.373	0.180	0.518

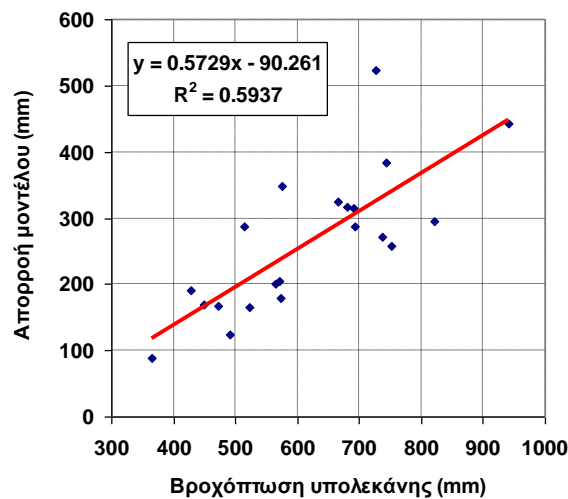
Πίνακας 5-4: Χαρακτηριστικά μεγέθη ετήσιας βροχόπτωσης και απορροής υπολεκανών (τελικά δείγματα).

	Αλιάκμονας ^[1]	Αξιός	Πεδ. Κατερίνης	Περ. Τάφρος	Πτολεμαίδα	Πρέσπες
Περίοδος δείγματος (έτη)	51	46	53	45	46	51
Μέση ετήσια βροχόπτωση (mm)	754.9	696.7	894.8	886.4	652.0	780.0
Μέση ετήσια απορροή (mm)	262.1	308.9	285.9	365.6	130.5	398.9
Μέση ετήσια βροχόπτωση (hm ³)	4935.2	601.0	1299.8	2017.0	1398.6	270.6
Μέση ετήσια απορροή (hm ³)	1713.4	266.4	415.4	832.0	279.8	138.4
Τυπική απόκλιση απορροής (hm ³)	677.6	85.7	198.2	307.6	105.3	44.3
Ελάχιστη ετήσια απορροή (hm ³)	585.2	75.7	39.2	135.7	64.1	33.6
Μέγιστη ετήσια απορροή (hm ³)	3883.4	450.6	917.3	1555.1	533.4	255.0
Υπερετήσιος συντελεστής απορροής	0.347	0.443	0.320	0.412	0.200	0.511

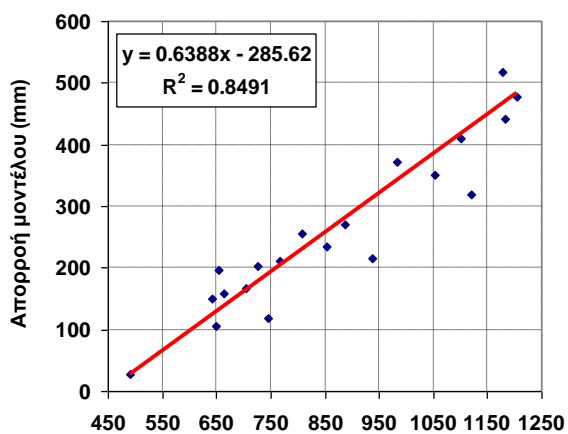
[1] Τα χαρακτηριστικά μεγέθη της απορροής της υπολεκάνης Αλιάκμονα υπολογίζονται με αναφορά στη χρονοσειρά που εκτιμήθηκε με βάση τη μεθοδολογία του εδαφίου 5.3.1.1.



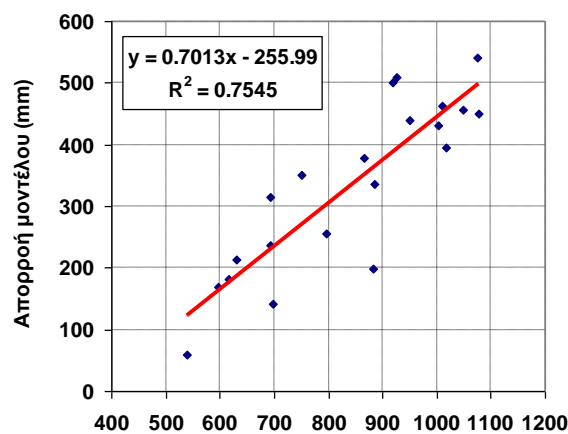
Υπολεκάνη Αλιάκμονα



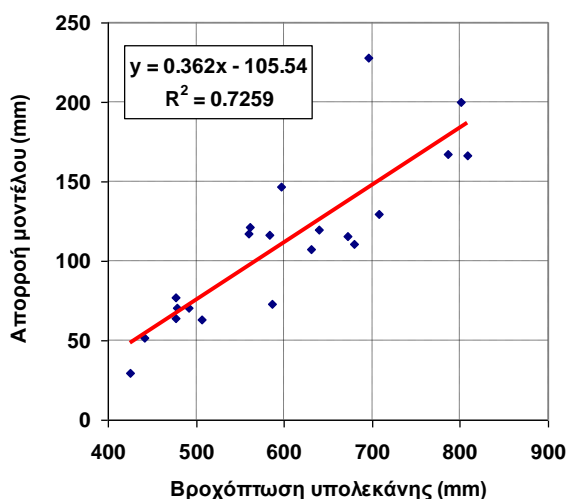
Υπολεκάνη Αξιού Φλώρινας



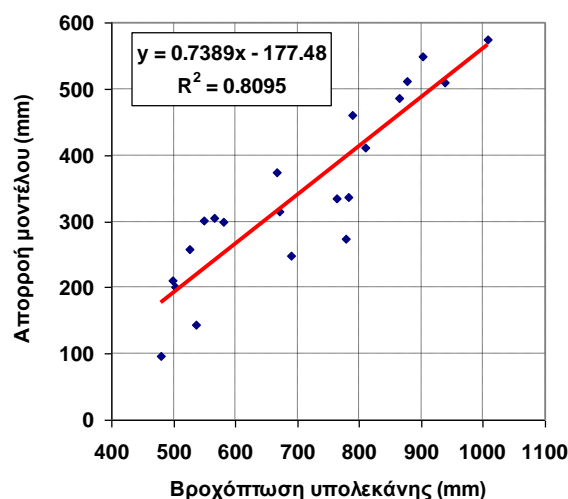
Υπολεκάνη Πεδιάδας Κατερίνης



Υπολεκάνη Περιφερειακής Τάφρου



Υπολεκάνη Πτολεμαΐδας



Υπολεκάνη Πρεσπών

Εικόνα 5-6: Διαγράμματα διασποράς ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης και προσομοιωμένης (με το μοντέλο MIKE-SHE) απορροής υπολεκανών περιόδου 1980-2001.

5.3.1.3. ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ

Τα υδρολογικά μεγέθη που εκτιμήθηκαν παραπάνω συναθροίστηκαν στις χωρικές κλίμακες των δύο ΛΑΠ, καθώς και στην κλίμακα του Υδατικού Διαμερίσματος. Τα αποτελέσματα συνοψίζονται στους Πίνακες 5-5 και 5-6. Η μέση ετήσια διαθεσιμότητα υδατικών πόρων (μέση απορροή) προσεγγίζει τα 4000 hm³, με τον υπερετήσιο συντελεστή απορροής να φτάνει στο 37.8%.

Πίνακας 5-5: Μέσα ετήσια μεγέθη υδατικού ισοζυγίου ανά ΛΑΠ και στο ΥΔ περιόδου 1980-2001, με βάση τα αποτελέσματα του μοντέλου MIKE-SHE (ΥΠΑΝ, 2007).

	ΛΑΠ Πρεσπών	ΛΑΠ Αλιάκμονα	ΥΔ Δυτικής Μακεδονίας
Έκταση (km ²)	1209.6	12411.0	13620.6
Μέση ετήσια βροχόπτωση (mm)	657.8	736.3	729.4
Μέση ετήσια εξατμοδιαπνοή (mm)	400.7	468.3	462.3
Μέση ετήσια απορροή (mm)	286.5	256.3	259.0
Μέση ετήσια βροχόπτωση (hm ³)	795.7	9138.5	9934.3
Μέση ετήσια εξατμοδιαπνοή (hm ³)	484.7	5812.4	6297.2
Μέση ετήσια απορροή (hm ³)	346.5	3180.6	3527.1
Υπερετήσιος συντελεστής απορροής	0.435	0.348	0.355

Πίνακας 5-6: Χαρακτηριστικά μεγέθη ετήσιας βροχόπτωσης και απορροής ανά ΛΑΠ και στο ΥΔ (τελικά δείγματα).

	ΛΑΠ Πρεσπών	ΛΑΠ Αλιάκμονα	ΥΔ Δυτικής Μακεδονίας
Περίοδος δείγματος (έτη)	46	45	45
Μέση ετήσια βροχόπτωση (mm)	716.7	764.2	759.8
Μέση ετήσια απορροή (mm)	332.7	288.5	287.0
Μέση ετήσια βροχόπτωση (hm ³)	866.9	9483.9	10348.8
Μέση ετήσια απορροή (hm ³)	402.5	3580.6	3981.5
Τυπική απόκλιση απορροής (hm ³)	101.5	942.1	1001.1
Ελάχιστη ετήσια απορροή (hm ³)	185.2	2034.1	2383.2
Μέγιστη ετήσια απορροή (hm ³)	649.8	6289.9	6939.7
Υπερετήσιος συντελεστής απορροής	0.464	0.378	0.378

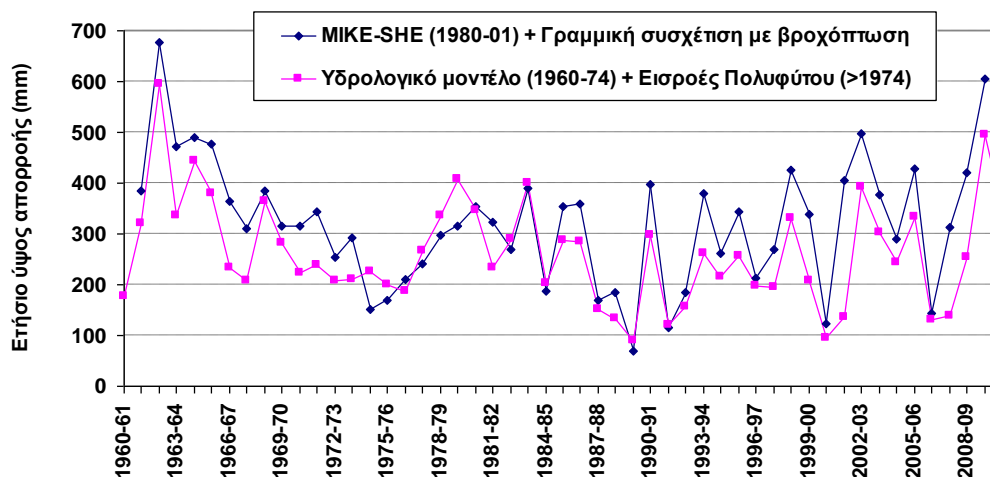
5.3.1.4. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Στην Εικόνα 5-7 συγκρίνονται οι χρονοσειρές ετήσιας απορροής της υπολεκάνης του Αλιάκμονα, όπως εκτιμώνται με βάση τις προσεγγίσεις των εδαφίων 5.3.1.1 και 5.3.1.2. Υπενθυμίζεται ότι στην πρώτη προσέγγιση, οι απορροές από το 1974 και έκτοτε προέρχονται από αναγωγή των παρατηρημένων εισροών στο Πολύφυτο (συνεπώς, διέπονται από επαρκή ακρίβεια), ενώ τα προηγούμενα έτη, έως το 1960-61, έχουν επεκταθεί μέσω ενός εννοιολογικού υδρολογικού μοντέλου, μηνιαίου βήματος. Παρατηρείται ότι, κατά την περίοδο 1980-2001, οι απορροές που είχαν εκτιμηθεί με το μοντέλο MIKE-SHE είναι, σε κάποιες περιπτώσεις υπερεκτιμημένες σε ό,τι αφορά τις θερινές απορροές, συγκριτικά με τα δεδομένα εισροών του Πολυφύτου. Ωστόσο, σε μέση ετήσια κλίμακα, το μέσο ετήσιο ύψος απορροής που υπολογίζεται με τις δύο προσεγγίσεις είναι παρεμφερές, ήτοι 271.8 (Πίνακας 5-4) και 262.1 mm, αντίστοιχα.

Στην υπολεκάνη του Αξιού Φλώρινας, η αδρομερής προσέγγιση του εδαφίου 5.3.1.2 φαίνεται ότι είναι αρκετά συνεπής με τα υδρολογικά δεδομένα της περιοχής. Όπως αναφέρθηκε στο υποκεφάλαιο 3.5, στην περιοχή λειτουργούν δύο υδρομετρικοί σταθμοί, στις θέσεις Σκοπός και Υδρούσα, όπου διατίθενται αξιόπιστα δείγματα μηνιαίων παροχών, ικανού μήκους. Οι δύο αυτές θέσεις ελέγχουν την απορροή των ρεμάτων Παπαδιάς και Μέλπω, αντίστοιχα, με εμβαδόν λεκάνης 112.5 και 62.4 km², αντίστοιχα (σύνολο

175.9 km²). Η μέση ετήσια παροχή τους ανέρχεται σε 0.64 και 0.94 m³/s, που αντιστοιχούν σε συνολικό όγκο απορροής 49.8 hm³ ή 283.3 mm. Η τιμή αυτή είναι συγκρίσιμη με το μέσο ετήσιο ύψος απορροής της συνολικής υπολεκάνης, έκτασης 862.7 km², που εκτιμήθηκε σε 308.9 mm (Πίνακας 5-4).

Από τις αναλύσεις προκύπτει ότι η περιοχή με το υψηλότερο υδατικό δυναμικό είναι η κλειστή υπολεκάνη Πρεσπών, τόσο σε όρους μέσου ετήσιου ύψους απορροής (400 mm) όσο και ως ποσοστού του επί της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης (συντελεστής απορροής 51%). Σημειώνεται ότι η απορροή της υπολεκάνης, επιφανειακή και υπόγεια, εκφορτίζεται στις λίμνες Μεγάλη και Μικρή Πρέσπα. Λαμβάνοντας υπόψη τα χαρακτηριστικά της περιοχής, τα μεγέθη αυτά κρίνονται εύλογα.



Εικόνα 5-7: Χρονοσειρές ετήσιων υψών απορροής υπολεκάνης Αλιάκμονα που προκύπτουν με διαφορετικές μεθοδολογικές προσεγγίσεις.

Από την άλλη πλευρά, η επίσης κλειστή υπολεκάνη Πτολεμαΐδας παράγει μόλις 130 mm απορροής, που αντιστοιχούν σε υπερετήσιο συντελεστή απορροής 20% και αντίστοιχο ποσοστό υδρολογικών απωλειών 80% που περιλαμβάνει την εξατμισοδιαπνοή καθώς και υπόγειες διαφυγές προς όμορες υδρολογικές λεκάνες. Τονίζεται ότι το ισοζύγιο της λεκάνης της Πτολεμαΐδας διέπεται από πληθώρα εγγενών αβεβαιοτήτων. Σημειώνεται κατ'αρχήν το εξαιρετικά πολύπλοκο υδρογεωλογικό καθεστώς της περιοχής (λόγω έντονης καρστικοποίησης των πετρωμάτων και μη ταύτισης των ορίων των επιφανειακών και υπόγειων υδροκριτών). Καταρχήν, υπάρχει σημαντική αλληλεπίδραση των λιμνών της περιοχής (Βεγορίτιδα, Πετρών, Ζάζαρη, Χειμαδίτιδα) με την υπόγεια απορροή. Μάλιστα, τις προηγούμενες δεκαετίες είχε παρατηρηθεί συστηματική μείωση της στάθμης της λίμνης Βεγορίτιδα, ενώ την τελευταία δεκαετία τα διαθέσιμα στοιχεία δείχνουν τάση ανάκαμψης. Σημαντικός παράγοντας αβεβαιότητας είναι και οι υπόγειες διαφυγές νερού προς άλλες υδρολογικές υπολεκάνες και συνεπώς δεν είναι διαθέσιμο προς αξιοποίηση στην ίδια την υπολεκάνη Πτολεμαΐδας (Κουτσογιάννης κ.ά., 2008· Ζουρνατζίδου, 2011). Επιπρόσθετα, στη λεκάνη αναπτύσσεται μεγάλο πλήθος καταβόθρων, που καθιστούν ασαφή ακόμη και τα όρια των επιφανειακών υδροκριτών. Για παράδειγμα, εικάζεται ότι μια έκταση της τάξης των 200 km² της λεκάνης του ρέματος Σουλού δεν απορρέει επιφανειακά αλλά εκβάλλει σε καταβόθρες. Αναφέρονται επίσης, οι μη καταγεγραμμένες ποσότητες απολήψεων από υπόγεια και επιφανειακά νερά και επιστροφών, είτε σε επιφανειακά συστήματα, είτε απευθείας για την εξυπηρέτηση άλλων χρήσεων. Ένας επιπλέον παράγοντας αβεβαιότητας είναι οι συνεχείς μεταβολές του αναγλύφου, εξαιτίας των επιχωμάτων που έχουν δημιουργηθεί, λόγω των μακροχρόνιων εξορύξεων και αποθέσεων λιγνίτη στα ορυχεία της ΔΕΗ (Κουτσογιάννης και Μαμάσης, 2004· ECHMES, 2010).

Για τις υπολεκάνες της Πεδιάδας Κατερίνης και Περιφερειακής Τάφρου δεν υπάρχουν επαρκή δεδομένα για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων. Ωστόσο, για τους λόγους που αναφέρθηκαν προηγουμένως, στην απορροή που παράγεται στην ίδια τη υπολεκάνη της Περιφερειακής Τάφρου πρέπει να συνυπολογίζονται οι ποσότητες που προέρχονται από την εκφόρτιση της βόρεια καρστικής ενότητας του Βερμίου.

5.3.2. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΖΗΤΗΣΗ

5.3.2.1. 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 ή 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, με εξαίρεση το φράγμα Αγίας Βαρβάρας, για το οποίο έχει θεσπιστεί ελάχιστη διατηρητέα παροχή 5.0 m³/s σε συνεχή χρονική βάση. Για την εκτίμηση της περιβαλλοντικής ζήτησης στις έξι υπολεκάνες, 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 μηνιαίων 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 Q₉₅ (η τιμή ημερήσιας παροχής με 95% πιθανότητα υπέρβασης), που γενικά υιοθετείται στη Μεγάλη Βρετανία και την Αυστραλία, η Q₉₀, που εφαρμόζονται στον Καναδά και τη Βραζιλία, αλλά και πολύ χαμηλότερες τιμές, όπως η Q₃₆₄, δηλαδή η παροχή της δυσμενέστερης ημέρας του έτους.

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 5-7). 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).

Στη βιβλιογραφία διατίθενται και πιο εξειδικευμένες 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.

Πίνακας 5-7: Κρίσιμες τιμές παροχής (ως ποσοστά της μέσης ετήσιας παροχής) και συσχέτισή τους με την κατάσταση των ενδiciaτημάτων, 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%

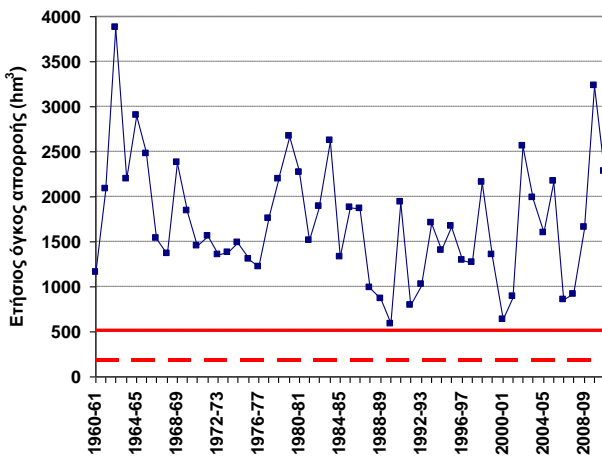
5.3.2.2. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΕΤΗΣΙΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΥΠΟΛΕΚΑΝΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΑΠΟΡΡΟΗ

Για όλες τις υπολεκάνες έχουν παραχθεί οι χρονοσειρές ετήσιας απορροής 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 η χρονοσειρά της υπολεκάνης του Αλιάκμονα έχει υπολογιστεί με διαφορετική μεθοδολογία σε σχέση με τις υπόλοιπες υπολεκάνες, στις οποίες η απορροή κυρίως έχει εκτιμηθεί μέσω γραμμικής συσχέτισης με την ετήσια επιφανειακή βροχόπτωση.

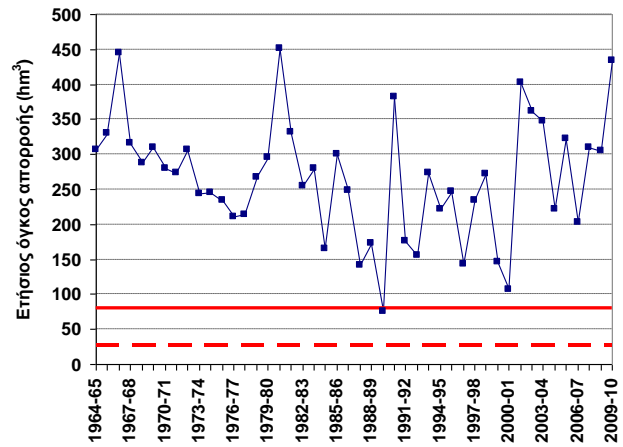
Οι ετήσιες περιβαλλοντικές ανάγκες εκτιμώνται ως ποσοστά επί της μέσης ετήσιας απορροής, τα οποία προτείνονται από τις στοιχειώδεις υδρολογικές μεθόδους. Συγκεκριμένα, θεωρούνται τα ποσοστά 2.5%, 10% και 30%. Το χαμηλό ποσοστό προκύπτει με βάση την Γαλλική Αλιευτική Νομοθεσία (1984), για την ελάχιστη διατηρητέα παροχή κατάντη παλαιών τεχνικών έργων. Το ενδιάμεσο ποσοστό είναι η 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 (Πίνακας 5-7).

Πίνακας 5-8: Εκτίμηση ετήσιων περιβαλλοντικών αναγκών (σε hm³) ως ποσοστό της μέσης ετήσιας απορροής, σύγκριση με ελάχιστη παρατηρημένη τιμή, και υπολογισμός πιθανοτήτων μη υπέρβασης.

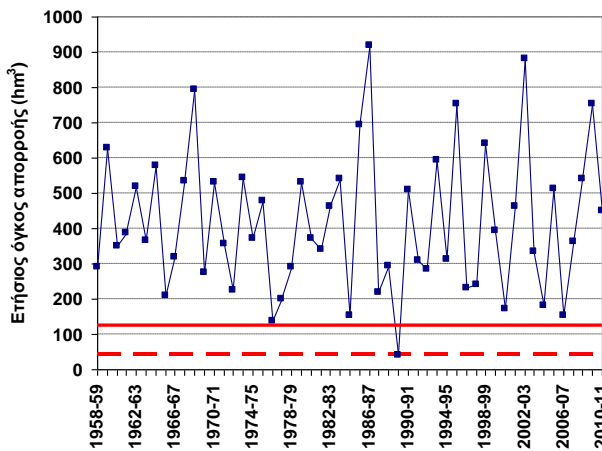
	Αλιάκμονας	Αξιός (Φλώρινα)	Πεδιάδα Κατερίνης	Περιφερειακή Τάφρος	Πτολεμαίδα	Πρέσπες
Μέση ετήσια απορροή (hm ³)	1713.4	266.4	415.4	832.0	279.8	138.4
Τυπική απόκλιση απορροής (hm ³)	677.6	85.7	198.2	307.6	105.3	44.3
Γαλλική Αλιευτική Νομοθεσία (2.5%)	52.2	6.7	10.4	20.8	7.0	3.5
Πιθανότητα μη υπέρβασης	0.007	0.001	0.020	0.004	0.005	0.001
Ελάχιστο όριο Tennant (10%)	208.8	26.6	41.5	83.2	28.0	13.8
Πιθανότητα μη υπέρβασης	0.013	0.003	0.030	0.007	0.008	0.002
Tennant, καλές συνθήκες (30%)	626.3	79.9	124.6	249.6	84.0	41.5
Πιθανότητα μη υπέρβασης	0.054	0.015	0.071	0.029	0.031	0.014
Ελάχιστη ετήσια απορροή (hm ³)	585.2	75.7	39.2	135.7	64.1	33.6
Πιθανότητα μη υπέρβασης	0.048	0.013	0.029	0.012	0.020	0.009



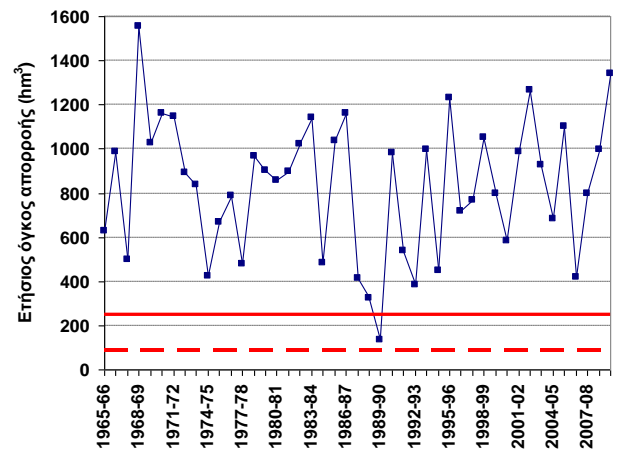
Υπολεκάνη Αλιάκμονα



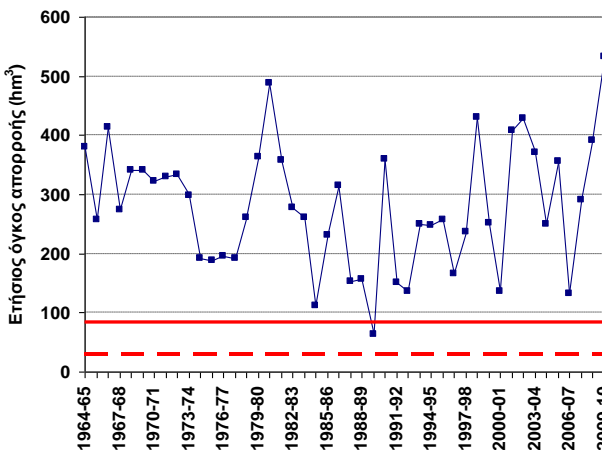
Υπολεκάνη Αξιού Φλώρινας



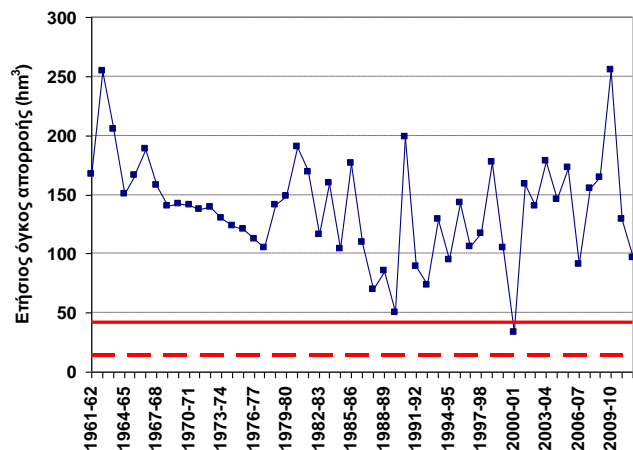
Υπολεκάνη Πεδιάδας Κατερίνης



Υπολεκάνη Περιφερειακής Τάφρου



Υπολεκάνη Πτολεμαΐδας



Υπολεκάνη Πρεσπών

Εικόνα 5-8: Χρονοσειρά ετήσιας απορροής υπολεκανών και τιμές-στόχοι περιβαλλοντικής ζήτησης (συνεχής γραμμή: επιθυμητό όριο 30%, διακεκομμένη γραμμή: αποδεκτό όριο 10%).

Τα αποτελέσματα των αναλύσεων συνοψίζονται στον Πίνακα 5-8. Οι τιμές που προκύπτουν συγκρίνονται με την ελάχιστη ετήσια απορροή κάθε δείγματος. Για τα παραπάνω μεγέθη, εκτιμάται η πιθανότητα μη υπέρβασης του συγκεκριμένου περιβαλλοντικού στόχου, με την υπόθεση ότι η ετήσια απορροή ακολουθεί κανονική κατανομή. Παρατηρείται ότι με την θεώρηση του υψηλού ποσοστού (30%), σε κάποιες υπολεκάνες η περιβαλλοντική ζήτηση υπερβαίνει την ελάχιστη παρατηρημένη απορροή. Γενικά, τις ξηρές χρονιές η ποσότητα νερού που απομένει για την κάλυψη των ανθρωπογενών χρήσεων νερού, εφόσον από

την ετήσια απορροή αφαιρεθεί η εν λόγω ζήτηση, είναι πολύ μικρή. Για τον λόγο αυτό, 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. Καταρχήν, χωρίς αναφορά στο υδρολογικό καθεστώς της λεκάνης, η επιθυμητή τιμή (30%) κρίνεται κατάλληλη εφόσον υπάρχει περιορισμένη ανάπτυξη τεχνικών έργων, δηλαδή επικρατούν συνθήκες που προσεγγίζουν τις φυσικοποιημένες, Αντίθετα, σε περιοχές που είναι σε μεγάλο βαθμό τροποποιημένες, θεωρείται επαρκές το χαμηλό όριο του 10%. Η τιμή που προτείνεται από τη Γαλλική Νομοθεσία του 1984 δεν κρίνεται αποδεκτή, και εξάλλου αναφέρεται μόνο 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.

Στην Εικόνα 5-8 απεικονίζονται η χρονοσειρά ετήσιας απορροής κάθε υπολεκάνης και οι δύο τιμές-στόχοι της περιβαλλοντικής ζήτησης (επιθυμητή, αποδεκτή). Επειδή η απορροή των υπολεκάνων περιλαμβάνει τόσο τα επιφανειακά νερά όσο και τα υπόγεια ρυθμιστικά αποθέματα, δεν έχει νόημα η διατύπωσή της σε όρους παροχής ποταμού, με εξαίρεση την υπολεκάνη Αλιάκμονα, όπου ως απορροή νοείται η ποσότητα νερού που είναι διαθέσιμη στην έξοδό της. Περαιτέρω ανάλυση των παροχών του Αλιάκμονα, με σκοπό την πιο αξιόπιστη εκτίμηση της περιβαλλοντικής παροχής, γίνεται στο εδάφιο που ακολουθεί. Ομοίως, για την υπολεκάνη των Πρεσπών, η οποία απορρέει σε λιμναίο οικοσύστημα, υιοθετείται πιο εξειδικευμένη προσέγγιση, που εξηγείται στο εδάφιο 5.3.2.6.

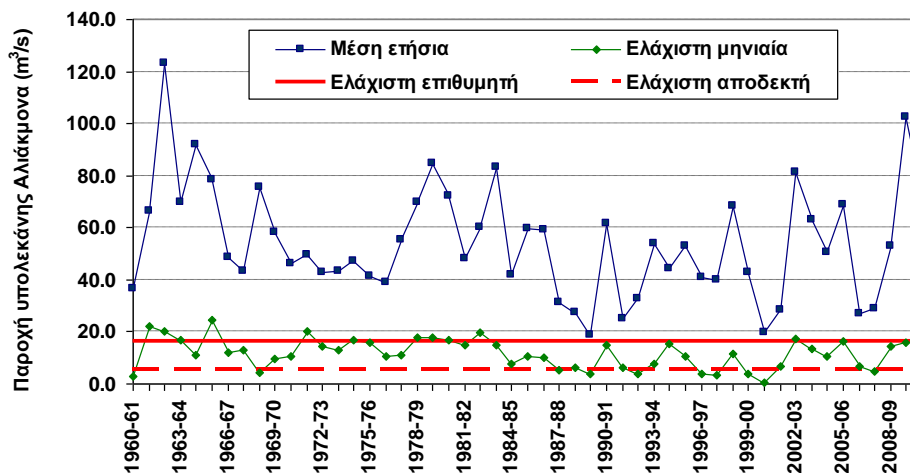
5.3.2.3. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΗΝΙΑΙΩΝ ΠΑΡΟΧΩΝ ΑΛΙΑΚΜΟΝΑ

Στο προηγούμενο εδάφιο εκτιμήθηκαν δύο εναλλακτικές τιμές της περιβαλλοντικής ζήτησης, ως ποσοστά την μέσης ετήσιας απορροής. Σε όρους παροχής, η μέση ετήσια τιμή της περιόδου 1060-61 έως 2010-11 ανέρχεται 54.3 m³/s, οι δύο τιμές-στόχοι είναι 16.3 m³/s (επιθυμητή) και 5.4 m³/s (αποδεκτή). Η χαμηλή τιμή ταυτίζεται σχεδόν με τον περιβαλλοντικό περιορισμό των 4.5 m³/s, κατάντη του ταμιευτήρα της Αγίας Βαρβάρας¹. Όπως φαίνεται στην Εικόνα 5-9, η επιθυμητή περιβαλλοντική παροχή, που αντιστοιχεί στο 30% της μέσης ετήσιας, είναι υπερβολικά υψηλή, δεδομένου ότι τις περισσότερες χρονιές, η ελάχιστη παροχή της ξηρής περιόδου (μηνιαία παροχή δυσμενέστερου μήνα) είναι αρκετά χαμηλότερη. Μάλιστα, τα ξηρά έτη, η ελάχιστη μηνιαία παροχή υπολείπεται ακόμα και του χαμηλού ορίου του 10%. Συνεπώς, φαίνεται ότι οι τιμές-στόχοι που τίθενται από τη μέθοδο Tennant για την διατήρηση «καλών» συνθηκών ροής δεν είναι συμβατές με την υδρολογική δίαιτα του ποταμού, και απαιτούν αναθεώρηση προς τα κάτω. Αυτό οφείλεται στο πολύ διαφορετικό καθεστώς ροής του Αλιάκμονα (και γενικά των ελληνικών ποταμών), που χαρακτηρίζεται από έντονη εποχιακή μεταβλητότητα, σε αντίθεση με τους μεγάλους ποταμούς της Ευρώπης και των ΗΠΑ, όπου η εφαρμογή της μεθόδου Tennant οδηγεί σε ρεαλιστικά αποτελέσματα.

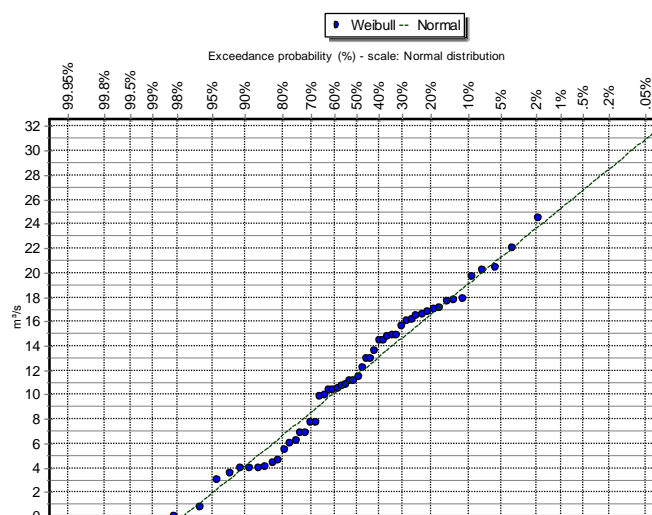
Για περαιτέρω διερεύνηση, πραγματοποιείται στατιστική ανάλυση των ελάχιστων μηνιαίων παροχών του Αλιάκμονα. Κατά κανόνα, ο δυσμενέστερος μήνας είναι ο Αύγουστος ή ο Σεπτέμβριος, και περιστασιακά ο Οκτώβριος (σε αυτή την περίπτωση, η παροχή δεν προσμετράται στο τρέχον αλλά στο προηγούμενο υδρολογικό έτος). Όπως φαίνεται στην Εικόνα 5-10, στο δείγμα προσαρμόζεται ικανοποιητικά η κανονική κατανομή. Σύμφωνα με αυτή, στην τιμή-στόχο των 16.3 m³/s αντιστοιχεί πιθανότητα μη υπέρβασης 79% (που σημαίνει ότι 4 στα 5 έτη δεν επιτυγχάνεται η εν λόγω τιμή), ενώ για την τιμή των 5.4 m³/s η εν λόγω πιθανότητα ανέρχεται σε 13%. Αν θεωρήσουμε ως τιμή-στόχο την ελάχιστη παροχή περιόδου επαναφοράς 5 ετών (πιθανότητα μη υπέρβασης 20%), τότε αυτή εκτιμάται σε 7.0 m³/s, που αντιστοιχεί στο 13% την μέσης ετήσιας τιμής. Η εν λόγω τιμή λαμβάνεται, τελικά, ως περιβαλλοντικός στόχος για το σύνολο της υδρολογικής λεκάνης του Αλιάκμονα.

¹ Α.Π. οικ. 100208/11-1-06, "Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων για την λειτουργία του έργου: «Υφιστάμενοι Υδροηλεκτρικοί Σταθμοί (ΥΗΣ): Πολυφύτου, Σφηκιάς, Ασωμάτων, Μακροχωρίου, Αγίας Βαρβάρας που βρίσκονται στην λεκάνη απορροής του ποταμού Αλιάκμονα», ΔΕΗ Α.Ε."

Λαμβάνονται υπόψη ότι το κατάντη της Αγίας Βαρβάρας αντιστοιχεί περίπου στο 7% του συνόλου της υπολεκάνης του Αλιάκμονα που ισυδυναμεί περίπου με 3.5 m³/s, μπορεί να θεωρηθεί ότι η ήδη θερμοθετημένη οικολογική παροχή των 4.5 m³/s είναι ικανοποιητική ώστε να καλύψει τον περιβαλλοντικό στόχο που αναφέρθηκε παραπάνω.



Εικόνα 5-9: Χρονοσειρά ετήσιων και ελάχιστων μηνιαίων παροχών Αλιάκμονα και τιμές-στόχοι περιβαλλοντικής παροχής (συνεχής γραμμή: επιθυμητό όριο 30%, διακεκομμένη γραμμή: αποδεκτό όριο 10%).



Εικόνα 5-10: Προσαρμογή κανονικής κατανομής στο δείγμα ελάχιστων μηνιαίων παροχών Αλιάκμονα.

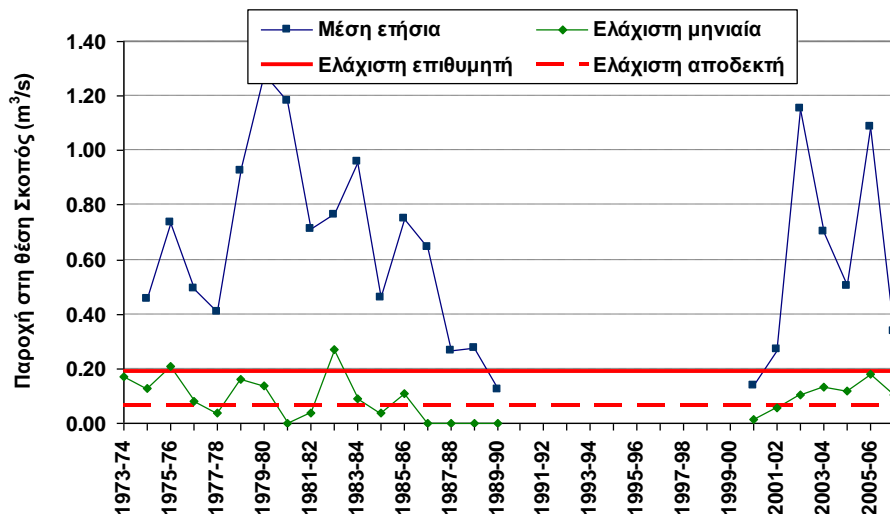
5.3.2.4. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΗΝΙΑΙΩΝ ΠΑΡΟΧΩΝ ΥΠΟΛΕΚΑΝΗΣ ΑΞΙΟΥ

Στην υπολεκάνη του Αξιού Φλώρινας διατίθενται χρονοσειρές μηνιαίων παροχών σε δύο ορεινούς υδρομετρικούς σταθμούς (Σκοπός και Υδρούσα), που όπως αναφέρθηκε στο εδάφιο 5.3.1.2, ελέγχουν τα 175.9 από τα 862.7 km² της υπολεκάνης.

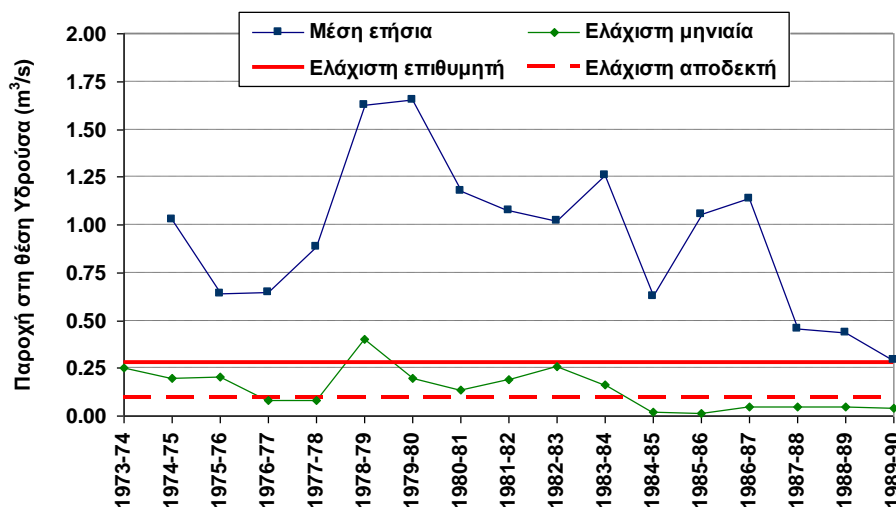
Κατ' αντιστοιχία με το δείγμα μηνιαίων παροχών του Αλιάκμονα, πραγματοποιείται στατιστική ανάλυση των ελάχιστων μηνιαίων παροχών στις δύο θέσεις, οι οποίες συγκρίνονται με τις δύο χαρακτηριστικές τιμές της μεθόδου Tennant. Όπως φαίνεται στις Εικόνες 5-11 και 5-12, το υψηλό όριο της περιβαλλοντικής παροχής (30%) υπερβαίνει τη συνήθη ελάχιστη θερινή ροή των δύο ρεμάτων (που σε κάποιες ξηρές χρονιές είναι μηδενική), ενώ το χαμηλό όριο (10%) κυμαίνεται στα επίπεδα της μέσης θερινής ροής.

Από τη στατιστική ανάλυση των ελάχιστων ετήσιων τιμών των δύο χρονοσειρών παροχής προκύπτει ότι στα δύο δείγματα προσαρμόζεται η κατανομή Weibull (Εικόνα 5-13). Τα δύο δείγματα παρουσιάζουν

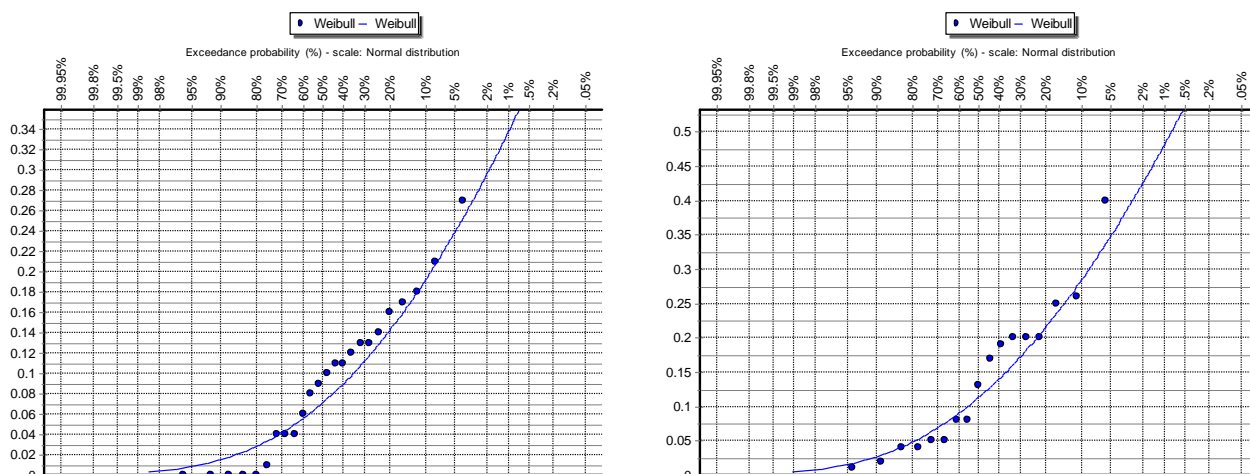
παρόμοια στατιστική συμπεριφορά. Υπολογίζεται ότι η τιμή-στόχος που αντιστοιχεί στο 30% της μέσης ετήσιας παροχής έχει πιθανότητα μη υπέρβασης 90%, ενώ η τιμή που αντιστοιχεί στο 10% έχει πιθανότητα μη υπέρβασης της τάξης του 40%, η οποία είναι επίσης ιδιαίτερα υψηλή. Πιο ρεαλιστική κρίνεται η θεώρηση της ελάχιστης παροχής πενταετίας, που αντιστοιχεί σε ποσοστό περίπου 5% επί της μέσης ετήσιας παροχής. Τα αποτελέσματα των παραπάνω αναλύσεων συνοψίζονται στον Πίνακα 5-9.



Εικόνα 5-11: Χρονοσειρά ετήσιων και ελάχιστων μηνιαίων παροχών ρέματος Παπαδιάς (Σκοπός) και τιμές-στόχοι περιβαλλοντικής παροχής (συνεχής γραμμή: επιθυμητό όριο 30%, διακεκομμένη γραμμή: αποδεκτό όριο 10%).



Εικόνα 5-12: Χρονοσειρά ετήσιων και ελάχιστων μηνιαίων παροχών ρέματος Μέλπω (Υδροούσα) και τιμές-στόχοι περιβαλλοντικής παροχής (συνεχής γραμμή: επιθυμητό όριο 30%, διακεκομμένη γραμμή: αποδεκτό όριο 10%).



Εικόνα 5-13: Προσαρμογή κατανομής Weibull στο δείγμα ελάχιστων μηνιαίων παροχών των ρεμάτων Παπαδιάς (αριστερά) και Μέλπω (δεξιά).

Πίνακας 5-9: Χαρακτηριστικά μεγέθη περιβαλλοντικής παροχής στην υπολεκάνη Αξιού Φλώρινας.

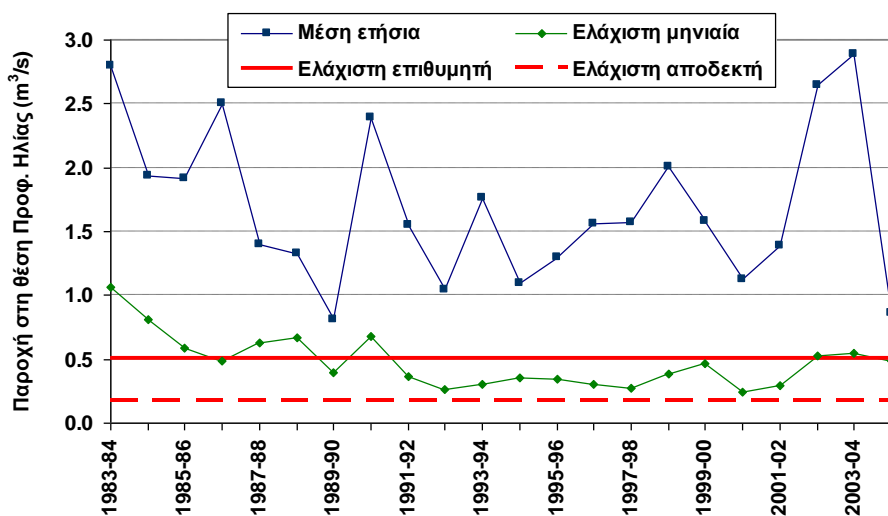
	Σκοπός (ρέμα Παπαδιάς)	Υδρούσα (ρέμα Μέλπω)
Περίοδος δείγματος	1973-90, 2000-07	1973-90
Μέση ετήσια παροχή (m ³ /s)	0.64	0.94
Μέση παροχή ξηρότερου μήνα (m ³ /s)	0.09	0.14
Τυπική απόκλιση παροχής ξηρότερου μήνα (m ³ /s)	0.07	0.11
Στατιστική κατανομή δείγματος ελαχίστων	Weibull	Weibull
Επιθυμητή ελάχιστη ροή κατά Tennant (m ³ /s)	0.19	0.28
Πιθανότητα μη υπέρβασης	90%	89%
Αποδεκτή ελάχιστη ροή κατά Tennant (m ³ /s)	0.06	0.09
Πιθανότητα μη υπέρβασης	42%	40%
Ελάχιστη θερινή παροχή πενταετίας (m ³ /s)	0.03	0.05
Ποσοστό επί της μέσης ετήσιας παροχής	5%	5%

Είναι προφανές ότι η θέσπιση της περιβαλλοντικής παροχής θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη την εποχικότητα της ροής, καθώς την ξηρή περίοδο το υδατικό δυναμικό των ποταμών είναι πολύ χαμηλότερο του επιθυμητού ορίου του 30%. Ωστόσο, λαμβάνοντας υπόψη και τον ορεινό χαρακτήρα των υδρομετρικών σταθμών που έχουν αξιοποιηθεί στην παρούσα ανάλυση θεωρείται ότι στο σύνολο της υπολεκάνης η απορροή θα παρουσιάζει μικρότερη εποχιακή μεταβλητότητα. Στο πλαίσιο αυτό, προτείνεται η θέσπιση εποχιακά μεταβαλλόμενων στόχων, κάτι που υιοθετεί και η μέθοδος Tennant, που θεωρεί ποσοστό 40% κατά την υγρή περίοδο και 20% κατά την ξηρή. Τα εν λόγω ποσοστά (ή ελαφρά τροποποιημένα) κρίνεται εφικτό να υλοποιηθούν, με ικανοποιητική αξιοπιστία. Βεβαίως, η επιχειρησιακή εφαρμογή των περιβαλλοντικών ροών αποτελεί εξειδικευμένο αντικείμενο, που υπερβαίνει τους στόχους της παρούσας μελέτης.

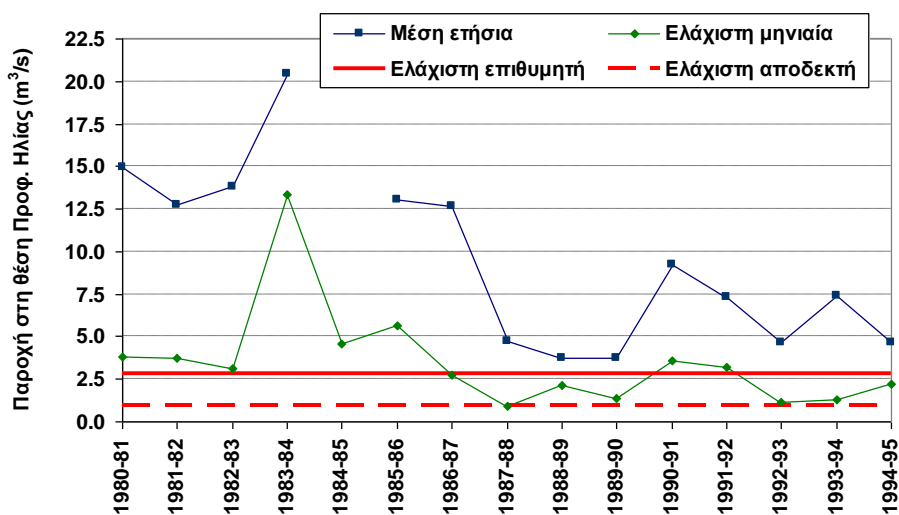
5.3.2.5. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΗΝΙΑΙΩΝ ΠΑΡΟΧΩΝ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΤΑΦΡΟΥ

Στην υπολεκάνη Περιφερειακής Τάφρου διατίθενται αξιόπιστες χρονοσειρές μηνιαίων παροχών στις θέσεις Αγ. Νικόλαος, Προφ. Ηλίας και Βέρμιο (οι παροχές στον Άγρα, που επίσης ανήκει στην υπολεκάνη, δεν είναι φυσικοποιημένες, και συνεπώς δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε τέτοιου είδους αναλύσεις). Όπως προηγουμένως, πραγματοποιείται στατιστική διερεύνηση των ελάχιστων μηνιαίων παροχών και σύγκρισή τους με τις δύο χαρακτηριστικές τιμές της μεθόδου Tennant. Οι χρονοσειρές μέσης ετήσιας και ελάχιστης μηνιαίας παροχής, καθώς και οι δύο τιμές-στόχοι απεικονίζονται στα διαγράμματα των Εικόνων 5-14 ως 5-16. Όπως και στις προηγούμενες περιπτώσεις, παρατηρείται ότι το υψηλό όριο δεν είναι φυσικά εφικτό,

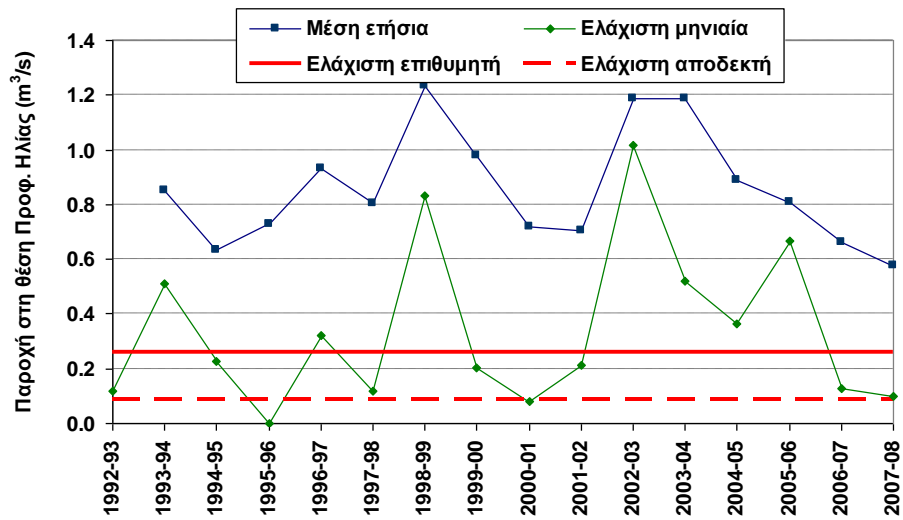
καθώς τουλάχιστον τις μισές χρονιές η ελάχιστη θερινή παροχή των τριών ποταμών που εξετάζονται είναι σαφώς χαμηλότερη.



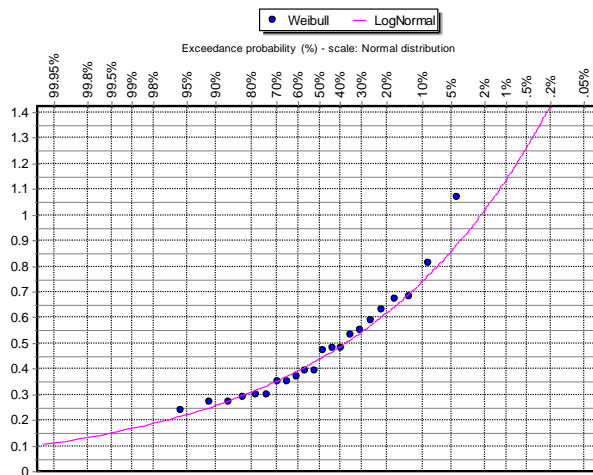
Εικόνα 5-14: Χρονοσειρά ετήσιων και ελάχιστων μηνιαίων παροχών Αραπίτσας (Αγ. Νικόλαος) και τιμές-στόχοι περιβαλλοντικής παροχής (συνεχής γραμμή: επιθυμητό όριο 30%, διακεκομμένη γραμμή: αποδεκτό όριο 10%).



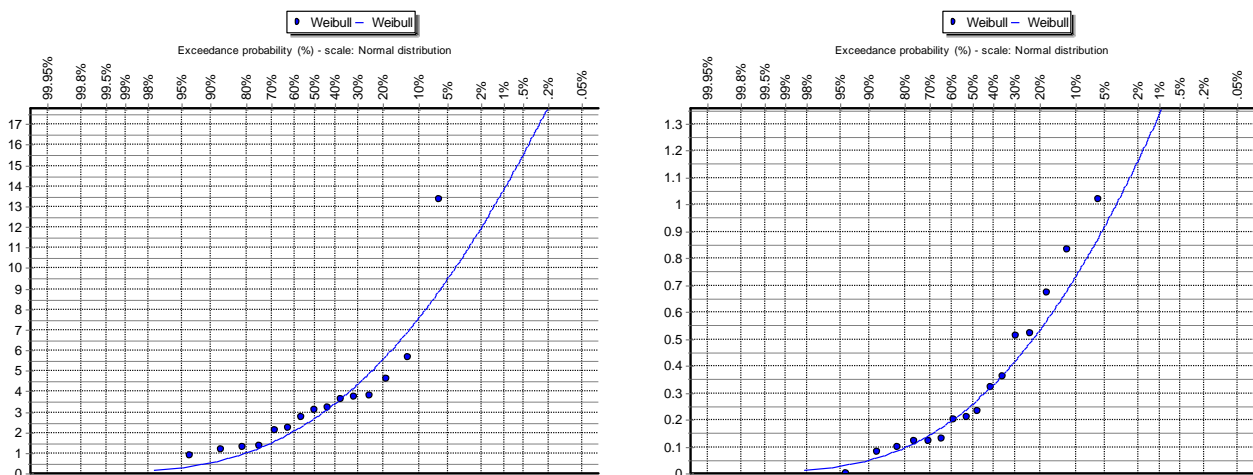
Εικόνα 5-15: Χρονοσειρά ετήσιων και ελάχιστων μηνιαίων παροχών Αλμωπαίου (Προφ. Ηλίας) και τιμές-στόχοι περιβαλλοντικής παροχής (συνεχής γραμμή: επιθυμητό όριο 30%, διακεκομμένη γραμμή: αποδεκτό όριο 10%).



Εικόνα 5-16: Χρονοσειρά ετήσιων και ελάχιστων μηνιαίων παροχών Τριπόταμου (ΥΗΣ Βερμίου) και τιμές-στόχοι περιβαλλοντικής παροχής (συνεχής γραμμή: επιθυμητό όριο 30%, διακεκομμένη γραμμή: αποδεκτό όριο 10%).



Εικόνα 5-17: Προσαρμογή λογαριθμοκανονικής κατανομής στο δείγμα ελάχιστων μηνιαίων παροχών Αραπίτσας.



Εικόνα 5-18: Προσαρμογή κατανομής Weibull στο δείγμα ελάχιστων μηνιαίων παροχών πηγών Αλμωπαίου (αριστερά) και Τριπόταμου (δεξιά).

Από την στατιστική ανάλυση των ελάχιστων ετήσιων τιμών προκύπτει ότι στο δείγμα του Αγ. Νικολάου προσαρμόζεται η λογαριθμοκανονική κατανομή (Εικόνα 5-14), ενώ σε αυτά των Προφ. Ηλίας και Βερμίου προσαρμόζεται η κατανομή Weibull (Εικόνα 5-18). Η εφαρμογή διαφορετικής κατανομής στο πρώτο δείγμα οφείλεται στο γεγονός ότι αυτό αναφέρεται στις παροχές των πηγών του ρέματος Αραπίτσα, η ροή των οποίων είναι πιο εξομαλυμένη. Τα άλλα δύο δείγματα, τα οποία αναφέρονται στον ποταμό Αλμωπαίο (Προφ. Ηλίας) και τον Τριπόταμο (Βέρμιο), παρουσιάζουν παρόμοια στατιστική συμπεριφορά. Μάλιστα, και στις δύο θέσεις, η ελάχιστη παροχή πενταετίας πρακτικά ταυτίζεται με το όριο 10% επί της μέσης ετήσιας παροχής, που υποθέτει η μέθοδος Tennant. Στις πηγές Αραπίτσας, το όριο αυτό ικανοποιείται σε όλη την περίοδο του δείγματος, ενώ η ελάχιστη παροχή πενταετίας αντιστοιχεί στο 18% της μέσης ετήσιας παροχής. Τα αποτελέσματα των αναλύσεων συνοψίζονται στον Πίνακα 5-10.

Πίνακας 5-10: Χαρακτηριστικά μεγέθη περιβαλλοντικής παροχής στην υπολεκάνη Περιφερειακής Τάφρου.

	Αγ. Νικόλαος (πηγές Αραπίτσας)	Προφ. Ηλίας (Αλμωπαίος)	ΥΗΣ Βερμίου (Τριπόταμος)
Περίοδος δείγματος	1983-05	1980-95	1992-08
Μέση ετήσια παροχή (m ³ /s)	1.70	9.50	0.84
Μέση παροχή ξηρότερου μήνα (m ³ /s)	0.48	3.52	0.34
Τυπική απόκλιση παροχής ξηρότερου μήνα (m ³ /s)	0.20	3.04	0.30
Στατιστική κατανομή δείγματος ελαχίστων	Λογαριθμοκανονική	Weibull	Weibull
Επιθυμητή ελάχιστη ροή κατά Tennant (m ³ /s)	0.51	2.85	0.26
Πιθανότητα μη υπέρβασης	64%	52%	50%
Αποδεκτή ελάχιστη ροή κατά Tennant (m ³ /s)	0.17	0.95	0.09
Πιθανότητα μη υπέρβασης	1%	19%	19%
Ελάχιστη θερινή παροχή πενταετίας (m ³ /s)	0.31	1.02	0.10
Ποσοστό επί της μέσης ετήσιας παροχής	18%	11%	12%

5.3.2.6. ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΥΠΟΛΕΚΑΝΗΣ ΠΡΕΣΠΩΝ

Η υπολεκάνη των Πρεσπών εκφορτίζεται στο σύστημα της Μικρής και Μεγάλης Πρέσπας που, λόγω της υψηλής οικολογικής τους αξίας, εξετάζεται πιο αναλυτικά.

Στις υδρολογικές αναλύσεις του εδαφίου 5.3.1.2, που βασίστηκαν στα αποτελέσματα του μοντέλου MIKE-SHE και τη διαμόρφωση απλών σχέσεων γραμμικής παλινδρόμησης μεταξύ της ετήσιας βροχόπτωσης και απορροής, δεν ελήφθη υπόψη η έκταση που καλύπτει η επιφάνεια των δύο λιμνών στην υπολεκάνη, ήτοι 81.0 km² επί συνόλου 347 km². Συνεπώς, η έκταση του χερσαίου τμήματος της υπολεκάνης είναι 266 km². Στην έκταση αυτή επανεκτιμήθηκε με το υδρολογικό ομοίωμα η μέση ετήσια απορροή του εν λόγω τμήματος σε 107.7 hm³ (μειωμένη κατά 22.2%). Συνεπώς, οι εκτιμήσεις των διαθέσιμων υδατικών πόρων της υπολεκάνης, βασίζονται σε αυτές που παράγονται στο χερσαίο τμήμα της και τροφοδοτούν τη Μικρή και Μεγάλη Πρέσπα.

Σύμφωνα με το σκεπτικό που αναπτύχθηκε στο εδάφιο 5.3.2.4, λόγω της υψηλής περιβαλλοντικής αξίας της περιοχής, σε συνδυασμό με την απουσία σημαντικών τεχνικών έργων, θα πρέπει να εφαρμοστεί το επιθυμητό όριο κατά Tennant, ήτοι 30% επί την μέσης ετήσιας απορροής, με το οποίο εξασφαλίζονται καλές οικολογικές συνθήκες στην υπολεκάνη. Στην περίπτωση, λοιπόν, της υπολεκάνης Πρεσπών, η ετήσια περιβαλλοντική ζήτηση θα είναι $0.30 \times 107.7 = 32.3$ hm³.

Ωστόσο, τα όρια που υποδεικνύει ο Tennant αναφέρονται σε ποτάμια και όχι σε λιμναία οικοσυστήματα. Η περίπτωση της «οικολογικής παροχής» μιας λίμνης οφείλει να αντιμετωπιστεί με διαφορετικό σκεπτικό, που βασίζεται στη διατήρηση ενός ικανοποιητικού ρυθμού ανανέωσης των αποθεμάτων της, σε βάθος χρόνου. Η εξίσωση υδατικού ισοζυγίου μιας λίμνης γράφεται:

$$\Delta S_t = Q_t + P_t - E_t - Y_t - L_t - R_t \quad (5.6)$$

όπου ΔS_t η μεταβολή του απόθεματος της λίμνης στο χρονικό διάστημα $[t - 1, t]$, Q_t η ελάχιστη περιβαλλοντική απορροή της υπολεκάνης της λίμνης, P_t ο όγκος βροχής που πέφτει στην επιφάνεια της

λίμνης, E_t , Y_t , L_t οι φυσικές απώλειες λόγω εξάτμισης, υπερχειλίσης και υπόγειων διαφυγών, αντίστοιχα, και R_t οι εκροές λόγω απολήψεων. Στην περίπτωση των Πρεσπών, οι υπόγειες διαφυγές, αν και λαμβάνουν χώρα θεωρήθηκαν μηδενικές, ενώ οι απολήψεις συνυπολογίζονται στις απολήψεις από την υδρολογική λεκάνη της λίμνης, με αντίστοιχη μείωση της εισροής Q_t , οπότε η παραπάνω σχέση απλοποιείται ως εξής:

$$\Delta S_t = Q_t + P_t - E_t - Y_t \quad (5.7)$$

όπου ο όρος Y_t αναφέρεται στο άθροισμα της εκροής από τη Μικρή Πρέσπα προς τη Μεγάλη Πρέσπα, μέσω ελεγχόμενης υπερχειλίσης από το θυρόφραγμα Κούλας και μέσω διήθησης από τον ισθμό Κούλας.

Σε υπερετήσια κλίμακα, η μεταβολή του όγκου, ΔS_t , οφείλει να είναι μηδενική, ώστε να διατηρείται σταθερή η μέση στάθμη της λίμνης. Ισοδύναμα, η μέση ετήσια απορροή θα πρέπει να είναι τέτοια ώστε:

$$Q_t^- = E_t^- + Y_t^- - P_t^- \quad (5.8)$$

Από προσομοιώσεις που έγιναν με το MIKE SHE εκτιμήθηκε ότι, κατά την περίοδο 1980-2001, η μέση ετήσια εξάτμιση από τις λίμνες ήταν 1059 mm, που αντιστοιχεί σε απώλειες 85.8 hm³. Η τιμή αυτή μπορεί να θεωρηθεί αντιπροσωπευτική για το σύνολο της περιόδου 1965-2011, δεδομένου ότι η ετήσια εξάτμιση παρουσιάζει πολύ μικρή διακύμανση ανά έτος. Πράγματι, η ετήσια τυπική απόκλιση της περιόδου 1980-2001 είναι μόλις 34.3 mm, που αντιστοιχεί σε ετήσιο συντελεστή μεταβλητότητας της τάξης του 3%.

Αντίθετα, η ετήσια βροχόπτωση στις δύο λίμνες έχει έντονη μεταβλητότητα και μάλιστα το ύψος της είναι μικρότερο σε σχέση με την υπολεκάνη, καθώς οι λίμνες βρίσκονται σε μικρότερο υψόμετρο. Με βάση τα αποτελέσματα του MIKE SHE, αναπτύχθηκε η ακόλουθη σχέση αναγωγής (τιμές σε mm):

$$P_{\text{ΛΙΜΝΩΝ}} = 0.954 P_{\text{ΥΠΟΛΕΚΑΝΗΣ}} - 54.8 \quad (5.9)$$

με την οποία εκτιμήθηκε το ετήσιο ύψος βροχής και ο αντίστοιχος όγκος, που αντιστοιχεί στην επιφάνεια των δύο λιμνών, ήτοι 81.0 km². Σε μέση ετήσια κλίμακα, οι εισροές λόγω επιφανειακής βροχόπτωσης της περιόδου 1965-2011 ανέρχονται σε 53.1 hm³.

Όσον αφορά στη μέση ετήσια εκροή από τη λίμνη Μικρής Πρέσπα προς τη Μεγάλη Πρέσπα, αυτή υπολογίζεται προσεγγιστικά με βάση την παρατηρημένη υπερχειλίση των ετών 2005-2011 και εκτιμήσεις για τη διήθηση μέσω του ισθμού Κούλας, σε 38.9 hm³ (στοιχεία ΕΠΠ). Κατά την περίοδο αυτή, η μέση εισροή στη λίμνη Μικρή Πρέσπα, ανήλθε σε 174.6 hm³ (τα 117.6 hm³ λόγω απορροής του χερσαίου τμήματος της υπολεκάνης και 57.0 hm³ λόγω βροχόπτωσης). Με βάση τις προαναφερθείσες εκτιμήσεις, τα αντίστοιχα μέσα μεγέθη του ισοζυγίου της περιόδου 1965-2011 είναι 107.7 hm³ (μέση ετήσια απορροή), 53.1 hm³ (μέση ετήσια βροχόπτωση), που αντιστοιχούν σε μέση εισροή 160.8 hm³. Συνεπώς, θεωρώντας ότι η εκροή είναι ανάλογη των υδρολογικών εισροών, προκύπτει ότι η ισοδύναμη εκροή της περιόδου 1965-2011 θα ανέρχεται σε 35.8 hm³. Σημειώνεται η εγγύτητα της τιμής αυτής στο επιθυμητό όριο κατά Tennant, 30% της απορροής του χερσαίου τμήματος, που αντιστοιχεί σε 32.3 hm³.

Κατά συνέπεια, η μη διαθέσιμη για κατανάλωση ποσότητα νερού στο χερσαίο τμήμα, λόγω κατάντη φυσικών συνθηκών, λαμβάνοντας υπόψη το ισοζύγιο της λίμνης (εξάτμιση από την επιφάνεια της λίμνης, εκροή προς τη λίμνη Μεγάλη Πρέσπα, βροχόπτωση στην επιφάνεια της λίμνης) εκτιμάται σε 85.8 + 35.8 - 53.1 = 68.5 hm³. Επομένως, προκειμένου να επιτευχθεί η επιθυμητή ανανέωση των αποθεμάτων των Πρεσπών, απαιτείται συνολικά ποσοστό 63% της μέσης ετήσιας απορροής του χερσαίου τμήματος.

Επισημαίνεται ότι όλες οι υδρολογικές αναλύσεις και τα σχετικά μεγέθη αναφέρονται στο ελληνικό τμήμα της λεκάνης των Πρεσπών. Το σκεπτικό είναι ότι, στην περίπτωση των διακρατικών λιμνών, κάθε κράτος συμμετέχει στην περιβαλλοντική παροχή της λίμνης αναλογικά με την επιφάνεια που καταλαμβάνει το αντίστοιχο τμήμα στο έδαφός της. Βεβαίως, πρόκειται για μια πολύ αδρομερή προσέγγιση, που υιοθετείται στα πλαίσια της παρούσας μελέτης για πρακτικούς καθαρά λόγους, ενώ θα πρέπει με τις κατάλληλες παρατηρήσεις και μελέτες να επιβεβαιωθεί εάν αυτό εξασφαλίζει την καλή οικολογική κατάσταση.

5.3.2.7. ΤΕΛΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ

Με βάση τις αναλύσεις των δειγμάτων παροχών στη ΛΑΠ Αλιάκμονα προκύπτει 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 της περιοχής. Ακόμα και στην περίπτωση του Αλιάκμονα, ενός εκ των μεγαλύτερων ποταμών της Ελλάδας, η ελάχιστη θερινή ροή του κυμαίνεται κατά κανόνα κάτω από αυτό το όριο. Στα μικρότερα ποτάμια (μεταξύ των οποίων στον Αλμωπαίο, που είναι το σημαντικότερο υδατόρευμα της υπολεκάνης Περιφερειακής Τάφρου), η υδρολογική δίαιτα των οποίων χαρακτηρίζεται από ακόμα πιο έντονη εποχιακή μεταβλητότητα, το όριο αυτό είναι απόλυτα μη ρεαλιστικό, ακόμα και αν θεωρηθούν πλήρως φυσικές συνθήκες ροής.

Για τον λόγο αυτό, στη ΛΑΠ Αλιάκμονα προτείνεται γενικά η θεώρηση του ορίου του 10%, που κατά τον Tennant υποδηλώνει οριακά αποδεκτές συνθήκες για τροποποιημένα υδροσυστήματα. Η τιμή αυτή είναι συνεπής με το υδροκλιματικό καθεστώς της περιοχής, καθώς αντιστοιχεί στις μέσες συνθήκες ροής του ξηρότερου μήνα. Με βάση το εν λόγω όριο, εκτιμάται η περιβαλλοντική ζήτηση όλων των υπολεκάνων της ΛΑΠ Αλιάκμονα, με εξαίρεση την υπολεκάνη του ίδιου του Αλιάκμονα, στην οποία λαμβάνεται η ελάχιστη παροχή περιόδου επαναφοράς πέντε ετών (7.0 m³/s ή 220.9 hm³, σε ετήσια βάση). Η τιμή αυτή αντιστοιχεί σε λίγο υψηλότερο ποσοστό, ήτοι 12.9% επί της μέσης ετήσιας απορροής του ποταμού.

Όσον αφορά στη ΛΑΠ Πρεσπών, για την υπολεκάνη Αξιού λαμβάνεται το υψηλό όριο του Tennant, ήτοι 30%, δεδομένου ότι στην υπολεκάνη έχουν πραγματοποιηθεί μικρές μόνο ανθρωπογενείς επεμβάσεις, και επιπλέον πρόκειται για διακρατικό ποταμό. Βεβαίως, λαμβάνοντας υπόψη τις αναλύσεις των δειγμάτων παροχών στα ρέματα Παπαδιάς και Μέλπω που εκβάλλουν στον Αξιό, η υλοποίηση του εν λόγω στόχου προϋποθέτει εποχιακή τροποποίηση των σχετικών ποσοστών, με θεώρηση πολύ χαμηλότερου ποσοστού κατά τη θερινή περίοδο και υψηλότερου κατά την υγρή περίοδο.

Τέλος, για την υπολεκάνη Πρεσπών υιοθετήθηκε διαφορετική προσέγγιση, που βασίστηκε στην υπόθεση διατήρησης ενός επαρκούς ρυθμού ανανέωσης των αποθεμάτων των λιμνών Μικρή και Μεγάλη Πρέσπα. Με βάση τη μέση ετήσια βροχόπτωση και τις απώλειες λόγω εξάτμισης και υπερχειλίσης / διήθησης, η ετήσια περιβαλλοντική ζήτηση ανέρχεται σε 68.5 hm³, που υπερβαίνει το 60% της μέσης ετήσιας απορροής που παράγεται στο χερσαίο τμήμα της υπολεκάνης. Η τιμή αυτή αιτιολογείται από τις ιδιαίτερες φυσικές συνθήκες και την υψηλή οικολογική αξία των δύο λιμνών, που επιβάλλουν τη διατήρηση εξαιρετικών συνθηκών στο λιμναίο αυτό οικοσύστημα, από τα σπουδαιότερα του ελληνικού χώρου.

Πίνακας 5-11: Τελικές τιμές ετήσιων περιβαλλοντικών αναγκών υπολεκάνων.

	Μέση ετήσια απορροή (hm ³)	Ετήσια περιβαλλοντική ζήτηση (hm ³)	Ποσοστό (%)
Υπολεκάνη Αξιού (Φλώρινα)	266.4	79.9	30.0
Υπολεκάνη Πρέσπων (χερσαίο τμήμα)	107.7	68.5	62.6
Σύνολο ΛΑΠ Πρεσπών	374.1	148.4	39.7
Υπολεκάνη Αλιάκμονα	1713.4	220.9	12.9
Υπολεκάνη Πεδιάδας Κατερίνης	415.4	41.5	10.0
Υπολεκάνη Περιφερειακής Τάφρου	832.0	83.2	10.0
Υπολεκάνη Πτολεμαΐδας	279.8	28.0	10.0
Σύνολο ΛΑΠ Αλιάκμονα	3240.6	373.6	11.5
Σύνολο ΥΔ Δυτικής Μακεδονίας	3614.7	522.0	14.4

Τα τελικά μεγέθη της ετήσιας περιβαλλοντικής ζήτησης που εφαρμόζονται στις έξι υπολεκάνες, καθώς και οι συναθροισμένες τιμές τους ανά ΛΑΠ και στο ΥΔ Δυτικής Μακεδονίας, συνοψίζονται στον Πίνακα 5-11. Στην πράξη, οι περιορισμοί αυτοί αναφέρεται στην αρδευτική περίοδο (Απρίλιος-Σεπτέμβριος), οπότε και 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 αναμένεται να είναι κατά πολύ υψηλότερη του αντίστοιχου στόχου.

5.3.3. ΥΠΟΓΕΙΕΣ ΔΙΑΦΥΓΕΣ ΝΕΡΟΥ

Στις αναλύσεις έχουν αγνοηθεί οι μεταφορές υπόγειου νερού μεταξύ υπολεκανών που εκτείνονται σε ενιαίες υδρογεωλογικές ενότητες. Όπως αναφέρθηκε στο εδάφιο 5.3.1.3, στην περίπτωση της υπολεκάνης Πτολεμαΐδας, οι μεταφορές υπόγειου νερού, διαμέσου του βόρειου και νότιου καρστικού συστήματος του Βερμίου, αποτελούν σημαντική συνιστώσα του υδατικού ισοζυγίου. Υπενθυμίζεται ότι τα υπόγεια νερά της περιοχής τροφοδοτούν με σημαντικές ποσότητες τις υπολεκάνες της Περιφερειακής Τάφρου (Τριπόταμος, πηγές Νάουσας) και Αλιάκμονα (πηγές Νεραΐδας).

Όσον αφορά στις διαφυγές της υπολεκάνης Αλιάκμονα, αυτές έχουν ληφθεί υπόψη, μέσω του υδρολογικού μοντέλου του εδαφίου 5.3.1.1, και εκτιμώνται στα επίπεδα του 5% επί της βροχόπτωσης, σε μέση ετήσια κλίμακα. Συνεπώς, έχουν αφαιρεθεί από το υδατικό δυναμικό της λεκάνης.

5.3.4. 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 ετήσιες απολήψεις για κάθε χρήση νερού από επιφανειακά και υπόγεια νερά δίνονται στους Πίνακες 5-12 και 5-13, αντίστοιχα. Τα συγκεντρωτικά μεγέθη δίνονται στον Πίνακα 5-14. Οι συνολικές απολήψεις από τους υδατικούς πόρους του Υδατικού Διαμερίσματος Δυτικής Μακεδονίας φτάνουν στα 1 200 hm³, από τα οποία 627 hm³ προέρχονται από επιφανειακούς υδατικούς πόρους (κυρίως από τους ταμιευτήρες του Αλιάκμονα), ενώ τα υπόλοιπα 575 hm³ προέρχονται από υπόγεια νερά. Το μεγαλύτερο μέρος των απολήψεων πραγματοποιούνται στην υπολεκάνη Αλιάκμονα, από όπου πραγματοποιούνται επίσης μεταφορές νερού προς άλλες περιοχές (βλ. 5.3.5).

Πίνακας 5-12: Ετήσιες απολήψεις επιφανειακών νερών για διάφορες χρήσεις (m³).

Υπολεκάνη / ΛΑΠ	Γεωργία	Ορυχεία	Ψύξη ΑΗΣ	Υδρευση	Βιομηχανία	Περιβάλλον
Αξιός (Φλώρινα)	915 922	-	6 800 000	4 484 305	197 365	-
Πρέσπες	4 946 400	-	-	299 907	-	-
ΛΑΠ Πρεσπών	5 862 322	-	6 800 000	4 784 212	197 365	-
Αλιάκμονας*	422 505 233	-	54 500 000	73 228 581	306 202	2 000 000
Πεδ. Κατερίνης	7 824 758	-	-	5 814 600	48 193	-
Περ. Τάφρος	7 412 449	-	-	10 979 250	687 096	-
Πτολεμαΐδα	1 725 832	2 255 000	8 500 000	2 725 468	28 246	-
ΛΑΠ Αλιάκμονα*	439 468 271	2 255 000	63 000 000	92 747 899	1 069 738	2 000 000
Σύνολο ΥΔ*	445 330 593	2 255 000	69 800 000	97 532 111	1 267 103	2 000 000

Πίνακας 5-13: Ετήσιες απολήψεις υπόγειων νερών για διάφορες χρήσεις (m³).

Υπολεκάνη / ΛΑΠ	Γεωργία	Κτηνοτροφία	Ορυχεία	Ψύξη ΑΗΣ	Υδρευση	Βιομηχανία
Αξιός (Φλώρινα)	34 790 663	675 748	-	-	1 345 251	104 201
Πρέσπες	368 224	216 858	-	-	87 980	5
ΛΑΠ Πρεσπών	35 158 887	892 605	-	-	1 433 231	104 206
Αλιάκμονας	162 467 473	2 557 213	-	-	11 527 410	2 152 606
Πεδ. Κατερίνης	97 522 437	3 040 407	-	-	11 946 023	874 349
Περ. Τάφρος	84 663 074	1 820 056	-	-	6 211 704	3 703 249
Πτολεμαΐδα	112 726 313	963 742	17 365 000	5 195 000	12 118 473	369 145
ΛΑΠ Αλιάκμονα	457 379 296	8 381 418	17 365 000	5 195 000	41 803 610	7 099 349
Σύνολο ΥΔ	492 538 182	9 274 023	17 365 000	5 195 000	43 236 841	7 203 554

Πίνακας 5-14: Συνολικές απολήψεις από επιφανειακά και υπόγεια νερά (m³).

Υπολεκάνη / ΛΑΠ	Επιφανειακά νερά	Υπόγεια νερά	Σύνολο
-----------------	------------------	--------------	--------

Αξιός (Φλώρινα)	12 397 592	36 915 862	49 313 454
Πρέσπες	5 246 307	673 067	5 919 374
ΛΑΠ Πρεσπών	17 643 899	37 588 929	55 232 827
Αλιάκμονας	552 540 016	178 704 702	731 244 718
Πεδ. Κατερίνης	13 687 551	113 383 215	127 070 765
Περ. Τάφρος	19 078 795	96 398 082	115 476 877
Πτολεμαΐδα	15 234 546	148 737 674	163 972 220
ΛΑΠ Αλιάκμονα	600 540 908	537 223 672	1 137 764 580
Σύνολο ΥΔ	618 184 807	574 812 601	1 192 997 408

Το μεγαλύτερο ποσοστό (78%) των συνολικών απολήψεων πραγματοποιείται για την κάλυψη αρδευτικών αναγκών. Το ποσοστό των υδρευτικών απολήψεων φτάνει στο 12%, μεγάλο όμως μέρος του οφείλεται στη μεταφορά αδιύλιστου νερού από τον Αλιάκμονα για την ύδρευση της Θεσσαλονίκης. Σημαντικές είναι και οι ποσότητες που καταναλώνονται στις διάφορες δραστηριότητες της ΔΕΗ (ορυχεία, ψύξη ΑΗΣ), οι οποίες αναπτύσσονται κυρίως στην υπολεκάνη Πτολεμαΐδας.

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 διατεθούν εφόσον υπήρχε κατάλληλο προσωπικό για τη 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, σχετικές μελέτες που αφορούν την εκτροφή των ζώων, τους ΚΟΓΠ που αφορούν ειδικότερα στην καλή διαβίωση των ζώων, καθώς και πληθυσμιακά στοιχεία από την ΕΛΣΤΑΤ, έτους 2008, ανά Δ.Δ. των περιοχών μελέτης, καθώς και από τις Δ/σεις Κτηνιατρικής κάθε Π.Ε.

Ορυχεία

Το υλικό των μελετών :

- « Έκθεση Ποιότητας Περιβάλλοντος Ορυχείου Αμυνταίου, Έκθεση Ποιότητας Περιβάλλοντος Ορυχείου Πτολεμαΐδας 2011» (ΔΕΗ, 2011)
- «Εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων στο υδατικό σύστημα και πορεία αποστράγγισης Ορυχείου Αμυνταίου 2011» (ΔΕΗ, 2012)
- «Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων Ορυχείων Πτολεμαΐδας, Ν. Κοζάνης», (ΔΕΗ 2010).

Υδρευση

- Τη 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, ιδίως πρωτογενή αλλά και επεξεργασμένα στοιχεία απογραφής της υδρευτικής κατάστασης των Δήμων Κεντρικής Μακεδονίας

- Οι απαντήσεις σε ερωτηματολόγια που στάλθηκαν στις ΔΕΥΑ και τους Δήμους του ΥΔ Δυτικής Μακεδονίας
- Το Σχέδιο Διαχείρισης Προστατευόμενης Περιοχής Εθνικού Πάρκου Πρεσπών (2012)
- Η μελέτη « Διαχείριση υδατικών πόρων υδρολογικής λεκάνης του ποταμού Αλιάκμονα», ΔΕΗ Α.Ε., 2010.
- Το Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Κοζάνης 2012 της ΔΕΥΑ Κοζάνης
- Πληροφορίες από τη Διεύθυνση Υδροηλεκτρικής Παραγωγής (ΔΥΗΠ) της ΔΕΗ Α.Ε.
- 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.
- 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.

5.3.5. ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ ΝΕΡΟΥ ΜΕΤΑΞΥ ΛΕΚΑΝΩΝ

Από την υπολεκάνη Αλιάκμονα πραγματοποιούνται σημαντικές μεταφορές νερού (509.8 hm³, σε ετήσια βάση) προς δύο υπολεκάνες του ίδιου Υδατικού Διαμερίσματος (Περιφερειακής Τάφρου και Πτολεμαΐδας), καθώς και το Υδατικό Διαμέρισμα Κεντρικής Μακεδονίας. Συγκεκριμένα:

- στην υπολεκάνη της Περιφερειακής Τάφρου μεταφέρονται 88.2 hm³, που λαμβάνονται από τον αναρρυθμιστικό ταμιευτήρα Αγίας Βαρβάρας για άρδευση των ΤΟΕΒ Αγροκτημάτων Νάουσας, Αραπίτσας-Νάουσας, Πεδιάδας Αραπίτσας και Τριπόταμου·
- στην υπολεκάνη Πτολεμαΐδας μεταφέρονται, μέσω άντλησης από τον ταμιευτήρα Πολυφύτου, 54.5 hm³ για ψύξη και 2.0 hm³ τα οποία διοχετεύονται ως περιβαλλοντική ροή του ρέματος Σουλού (Παράρτημα XII «Δραστηριότητες της ΔΕΗ», Παραδοτέο Π1.8, Παραρτήματος Α του Σχεδίου Διαχείρισης των Λαπ του ΥΔ Δ. Μακεδονίας, ΥΠΕΚΑ, 2012), ·
- στο ΥΔ Κεντρικής Μακεδονίας μεταφέρονται, μέσω του έργου Αγίας Βαρβάρας, 293.2 hm³ για άρδευση, ενώ άλλα 63.4 hm³ λαμβάνονται από την ΕΥΑΘ για την ύδρευση της ευρύτερης περιοχής της Θεσσαλονίκης (σύνολο 365.6 hm³).

Κατά συνέπεια, από τα 552.5 hm³ που είναι οι συνολικές ετήσιες απολήψεις επιφανειακών νερών από τον Αλιάκμονα (Πίνακας 5-12), τα 501.3 hm³ αξιοποιούνται για την κάλυψη χρήσεων εκτός της λεκάνης.

5.3.6. ΕΠΙΣΤΡΟΦΕΣ ΝΕΡΟΥ

Οι επιστροφές νερού αναφέρονται στην αρδευτική χρήση, καθώς και τις καταναλώσεις νερού της ΔΕΗ στα ορυχεία και τους ΑΗΣ. Οι ποσότητες αυτές εκτιμώνται ως εξής:

Για την αρδευτική χρήση 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 και οι απώλειες εφαρμογής για τις επιφανειακές μεθόδους σε 75%, την τεχνητή βροχή σε 85% και τις σταγόνες σε 90%. Με βάση τους παραπάνω συντελεστές αποδοτικότητας, τα χαρακτηριστικά των αρδευτικών δικτύων και άλλες παραδοχές που αφορούν την δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης των στραγγιστικών υδάτων, εκτιμήθηκαν οι ποσότητες των επιστροφών αρδευτικού νερού, που στο σύνολο του ΥΔ 09 ανέρχονται σε 47.1 hm³. Η ποσότητα αυτή αντιστοιχεί στο 5% των ετήσιων αρδευτικών απολήψεων.

Όσον αφορά το νερό ψύξης των ΑΗΣ, σύμφωνα και με τη διεθνή εμπειρία, εκτιμήθηκε ότι οι απώλειες ανέρχονται σε περίπου 70%, οπότε η υπόλοιπη ποσότητα επιστρέφει στο σύστημα και είναι διαθέσιμη για επαναχρησιμοποίηση. Σε ετήσια βάση, η ποσότητα αυτή εκτιμάται σε 14.7 hm³. Τέλος, μια ποσότητα της τάξης των 15.3 hm³ εκτιμάται ότι επιστρέφουν από τις υδατικές χρήσεις στα ορυχεία της ΔΕΗ.

Τα τελικά μεγέθη απολήψεων και επιστροφών νερού ανά υπολεκάνη δίνονται στον Πίνακα 5-15. Συνολικά, μόνο το 6.6% των συνολικών απολήψεων από τους υδατικούς πόρους της περιοχής μελέτης εκτιμάται ότι είναι διαθέσιμο για επαναχρησιμοποίηση.

Πίνακας 5-15: Ετήσιες ποσότητες απολήψεων και επιστροφών νερού.

Υπολεκάνη / ΛΑΠ	Απολήψεις (m ³)	Επιστροφές (m ³)	Ποσοστό (%)
Αξιός (Φλώρινα)	49 313 454	2 371 056	4.8
Πρέσπες	5 919 374	1 716 240	29.0
ΛΑΠ Πρεσπών	55 232 827	4 087 296	7.4
Αλιάκμονας	731 244 718	14 890 066	2.0
Πεδ. Κατερίνης	127 070 765	2 431 328	1.9
Περ. Τάφρος	115 476 877	27 036 093	23.4
Πτολεμαΐδα	163 972 220	30 621 625	18.7
ΛΑΠ Αλιάκμονα	1 137 764 580	74 979 112	6.5
Σύνολο ΥΔ	1 192 997 408	79 066 408	6.6

5.4. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΕΙΚΤΗ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ

5.4.1. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΕ ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΚΛΙΜΑΚΑ

Με βάση τα μέσα ετήσια μεγέθη του υδατικού ισοζυγίου των υπολεκάνων, εκτιμήθηκε ο μέσος δείκτης WEI στην περιοχή μελέτης. Τα μεγέθη που εισέρχονται στους υπολογισμούς συνοψίζονται στον Πίνακα 5-16. Υπενθυμίζεται ότι ο δείκτης ορίζεται ως ο λόγος των καθαρών απολήψεων από πηγές νερού εντός της υπολεκάνης προς την υπερετήσια ποσότητα των ανανεώσιμων υδατικών πόρων της. Ο πρώτος όρος προκύπτει ως άθροισμα των απολήψεων που πραγματοποιούνται εντός της υπολεκάνης (από τις οποίες αφαιρούνται οι επιστροφές νερού) και των ποσοτήτων που μεταφέρονται εκτός της υπολεκάνης. Η μέση ετήσια διαθεσιμότητα νερού προκύπτει αφαιρώντας από τη συνολική απορροή, επιφανειακή και υπόγεια, την περιβαλλοντική ζήτηση. Στους υπολογισμούς θεωρούμε ως φυσικό άνω όριο του WEI τη μονάδα, που υποδηλώνει απόληψη νερού ίση με την διαθεσιμότητα.

Με βάση τις υπερετήσιες τιμές των δεικτών προκύπτει ότι οι υπολεκάνες του Αλιάκμονα (WEI = 48.0%) και της Πτολεμαΐδας (WEI = 52.9%) δέχονται πολύ σημαντικές πιέσεις. Και οι δύο δείκτες είναι πάνω από το κρίσιμο όριο του 40%, που υποδηλώνει σοβαρό κίνδυνο λειψυδρίας. Στην πραγματικότητα, ο κίνδυνος αυτός είναι λιγότερο έντονος στην υπολεκάνη του Αλιάκμονα, καθώς, λόγω της υπερετήσιας ρυθμιστικής ικανότητας κυρίως του ταμιευτήρα Πολυφύτου, υπάρχουν ικανά περιθώρια ευελιξίας, στη κατεύθυνση της διαχείρισης των ξηρασιών. Πράγματι, τα μεγάλα έργα αξιοποίησης των επιφανειακών νερών της περιοχής επιτρέπουν τη διατήρηση επαρκών αποθεμάτων, ακόμα και σε περιόδους έμμονης ξηρασίας.

Αντίθετα, στην περιοχή της Πτολεμαΐδας, όπου δεν υπάρχουν τέτοια έργα, οι απολήψεις υπερβαίνουν την δυνατότητα ανανέωσης των υδατικών πόρων της λεκάνης, γεγονός που διακινδυνεύει την επίτευξη καλής κατάστασης τόσο των υπογείων ΥΣ όσο και των λιμναίων. Μάλιστα, προκειμένου να αμβλυνθούν οι

επιπτώσεις από τις μεγάλες απολήψεις υπόγειων νερών της λεκάνης, μεγάλο μέρος των αναγκών (κυρίως για ψύξη των ΑΗΣ) καλύπτεται με μεταφορά νερού από το Πολύφυτο (βλ. 5.3.5).

Στην Πεδιάδα Κατερίνης, ο μέσος δείκτης WEI εκτιμάται σε 33.3%. Η τιμή αυτή είναι πάνω από το όριο του 20%, που υποδηλώνει μέτριο κίνδυνο λειψυδρίας. Πάνω από το όριο αυτό βρίσκεται και η υπολεκάνη του Αξιού (25.2%), κυρίως λόγω της θέσπισης του υψηλού ορίου περιβαλλοντικής ζήτησης. Αντίθετα, ο δείκτης εκμετάλλευσης νερού στις υπολεκάνες Περιφερειακής Τάφρου και Πρεσπών είναι χαμηλός (11.8 και 10.7%, αντίστοιχα), που σημαίνει ότι οι περιοχές αυτές δεν αντιμετωπίζουν κίνδυνο λειψυδρίας.

Οι υπολογισμοί επαναλαμβάνονται, συναθροίζοντας τα διάφορα μεγέθη στην χωρική κλίμακα των δύο ΛΑΠ και του ΥΔ (Πίνακας 5-17). Η τιμή του υπερετήσιου δείκτη WEI στη ΛΑΠ Αλιάκμονα είναι σαφώς υψηλότερη σε σχέση με τη ΛΑΠ Πρεσπών, συγκεκριμένα 38.4% έναντι 22.9% (στο σύνολο του ΥΔ είναι 37.3%). Βεβαίως, ο δείκτης μεταβάλλεται σημαντικά μεταξύ των επιμέρους υπολεκάνων, και για τον λόγο αυτό δεν κρίνεται σκόπιμη η εξαγωγή διαχειριστικών συμπερασμάτων, όταν οι υπολογισμοί του WEI γίνονται σε πολύ μεγάλες χωρικές κλίμακες. Επιπλέον, όπως θα φανεί στη συνέχεια, εκτός από τη χωρική κλίμακα, είναι εξαιρετικά σημαντική και η χρονική κλίμακα των αναλύσεων, καθώς η υπερετήσια βάση παρέχει μόνο μια πρώτη, αδρομερή εικόνα σχετικά με τους κινδύνους λειψυδρίας μιας περιοχής.

Πίνακας 5-16: Εκτίμηση ετήσιου δείκτη WEI ανά υπολεκάνη (ετήσιες ποσότητες νερού σε hm³).

	Αλιάκμονας	Αξιός (Φλώρινα)	Π. Κατερίνης	Περ. Τάφρος	Πτολεμαίδα	Πρέσπες*
Απορροή	1713.4	266.4	415.4	832.0	279.8	107.7
Περιβαλλοντική ζήτηση	220.9	79.9	41.5	83.2	28.0	68.5
Μεταφορές νερού	501.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Απολήψεις νερού	229.9	49.3	127.1	115.5	164.0	5.9
Επιστροφές νερού	14.9	2.4	2.4	27.0	30.6	1.7
Ανανεώσιμοι πόροι	1492.6	186.5	373.8	748.8	251.9	39.2
Καθαρές απολήψεις	724.9	46.9	124.6	88.4	133.4	4.2
Ετήσιος WEI (%)	48.0	25.2	33.3	11.8	52.9	10.7

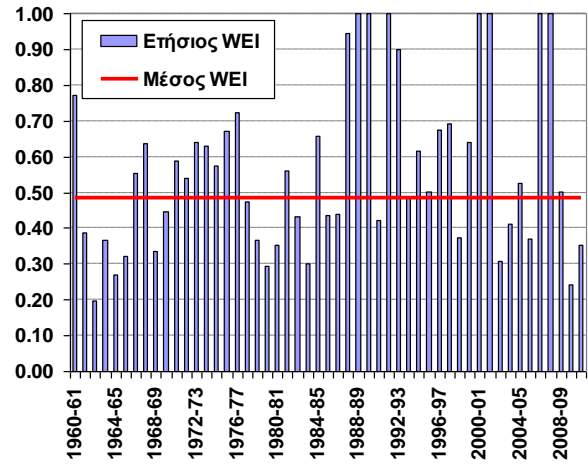
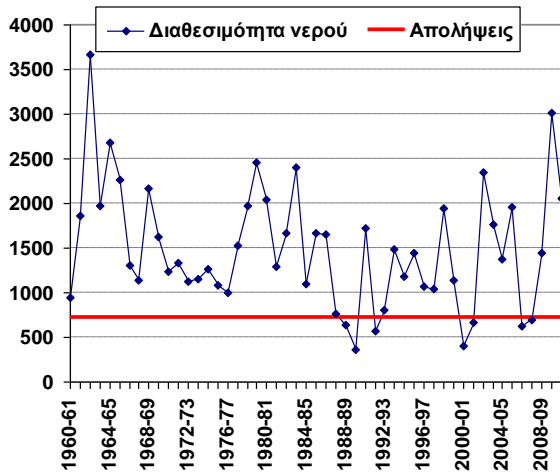
(*) Θεωρείται η απορροή που παράγεται στο χερσαίο τμήμα την υπολεκάνης (βλ. 5.3.2.6).

Πίνακας 5-17: Εκτίμηση ετήσιου δείκτη WEI ανά ΛΑΠ και συνολικά (ετήσιες ποσότητες νερού σε hm³).

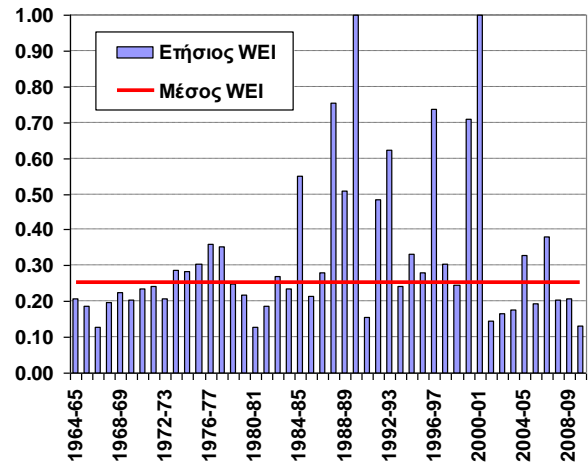
	ΛΑΠ Πρεσπών	ΛΑΠ Αλιάκμονα	ΥΔ Δυτικής Μακεδονίας
Απορροή	371.4	3138.9	3510.3
Περιβαλλοντική ζήτηση	148.4	373.6	522.0
Μεταφορές νερού	0.0	501.3	501.3
Απολήψεις νερού	55.2	636.4	691.7
Επιστροφές νερού	4.1	75.0	79.1
Ανανεώσιμοι πόροι	223.0	2 765.3	2 988.3
Καθαρές απολήψεις	51.1	1 062.7	1 113.9
Ετήσιος WEI (%)	0.229	0.384	0.373

5.4.2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΔΕΙΚΤΩΝ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ ΣΕ ΕΤΗΣΙΑ ΚΛΙΜΑΚΑ

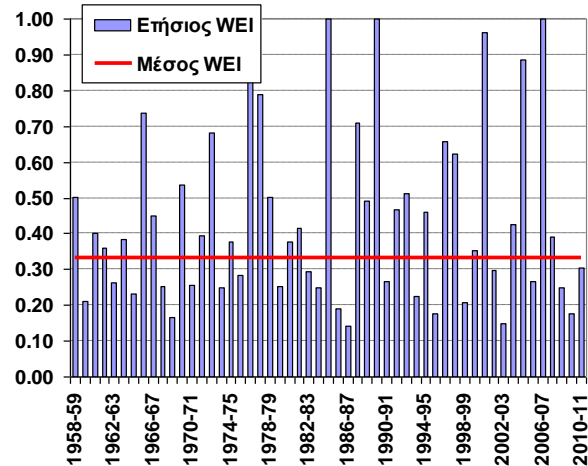
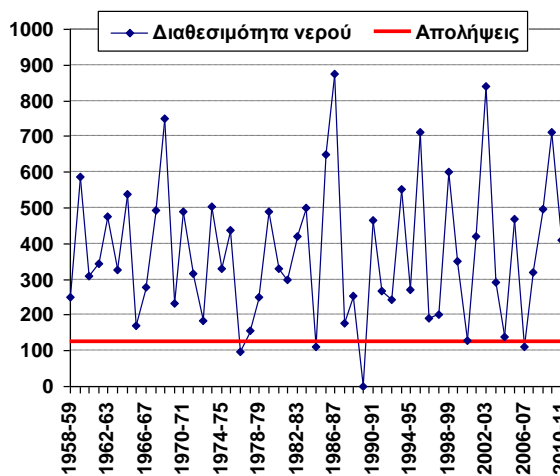
Σε κάθε υπολεκάνη εκτιμάται η ετήσια διακύμανση του δείκτη WEI, θεωρώντας τα διάφορα μεγέθη που εισέρχονται στους υπολογισμούς σταθερά, με εξαίρεση την απορροή. Οι χρονοσειρές ετήσιας απορροής που χρησιμοποιούνται έχουν παραχθεί με βάση τη μεθοδολογία και τις παραδοχές του εδαφίου 5.3.1 (και του εδαφίου 5.3.2.6, για την υπολεκάνη Πρεσπών). Τα αποτελέσματα, για κάθε υπολεκάνη και κάθε ΛΑΠ, δίνονται σε μορφή διαγραμμάτων (δύο ανά περιοχή). Σε αυτά απεικονίζονται η χρονική εξέλιξη της ετήσιας διαθεσιμότητας ανανεώσιμων υδατικών πόρων σε σύγκριση με την ετήσια καθαρή απόληψη (στην πραγματικότητα αφορά στην ετήσια ζήτηση νερού, που θεωρείται σταθερή), καθώς και η χρονική εξέλιξη του δείκτη WEI σε σύγκριση με την υπερετήσια τιμή του δείκτη. Οι αναλύσεις αναφέρονται σε μια περίοδο της τάξης των 50 ετών, που είναι επαρκής για την εξαγωγή ασφαλών διαχειριστικών συμπερασμάτων.



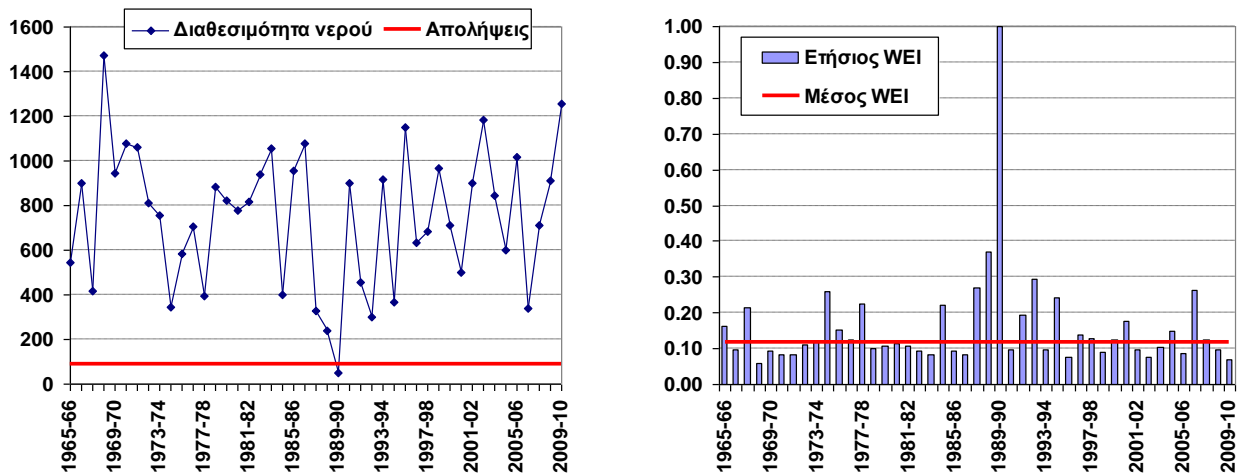
Εικόνα 5-19: Χρονική εξέλιξη διαθεσιμότητας υδατικών πόρων συγκριτικά με την ετήσια καθαρή απόληψη νερού (αριστερά) και του αντίστοιχου ετήσιου δείκτη WEI (δεξιά) στην υπολεκάνη Αλιάκμονα.



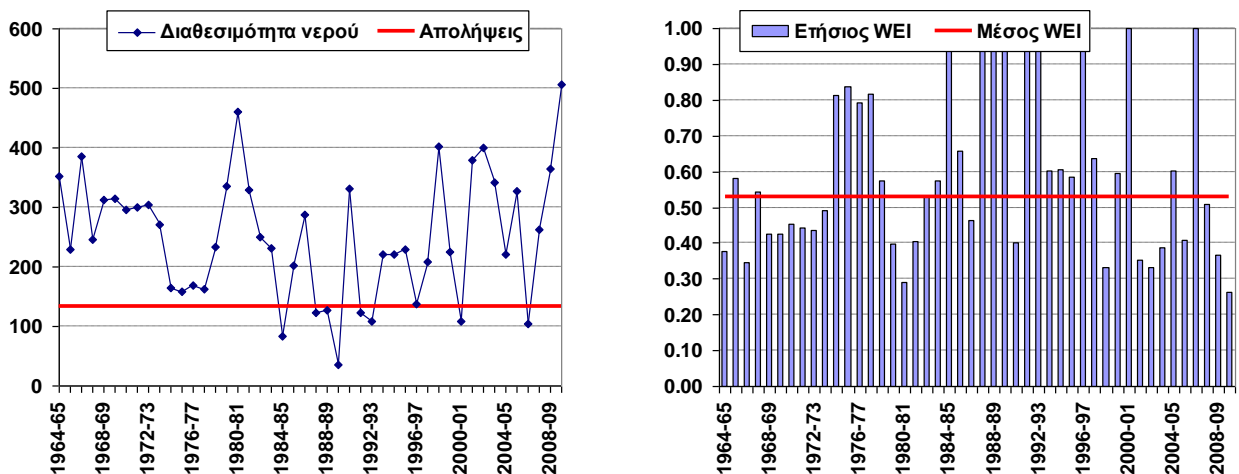
Εικόνα 5-20: Χρονική εξέλιξη διαθεσιμότητας υδατικών πόρων συγκριτικά με την ετήσια καθαρή απόληψη νερού (αριστερά) και του αντίστοιχου ετήσιου δείκτη WEI (δεξιά) στην υπολεκάνη Αξίου Φλώρινας.



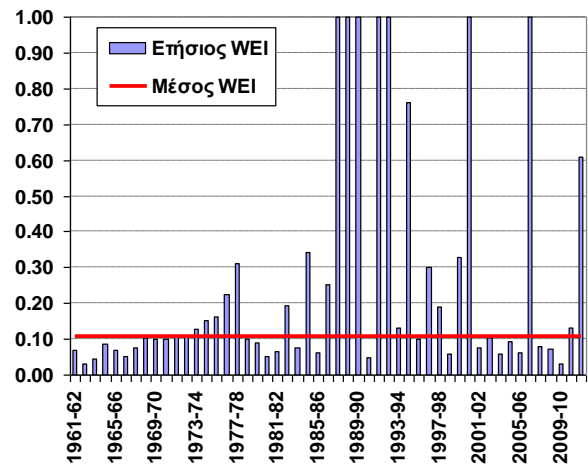
Εικόνα 5-21: Χρονική εξέλιξη διαθεσιμότητας υδατικών πόρων συγκριτικά με την ετήσια καθαρή απόληψη νερού (αριστερά) και του αντίστοιχου ετήσιου δείκτη WEI (δεξιά) στην υπολεκάνη Πεδιάδας Κατερίνης.



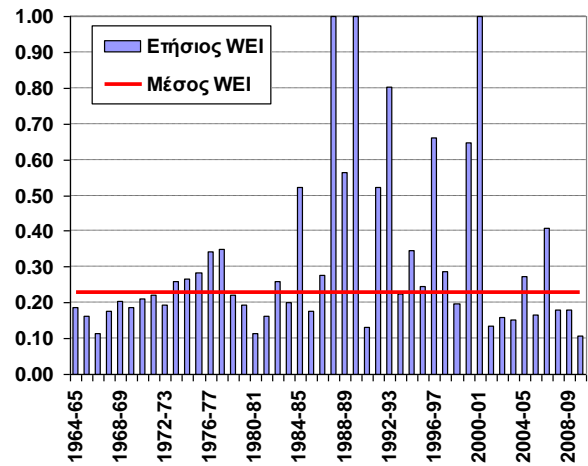
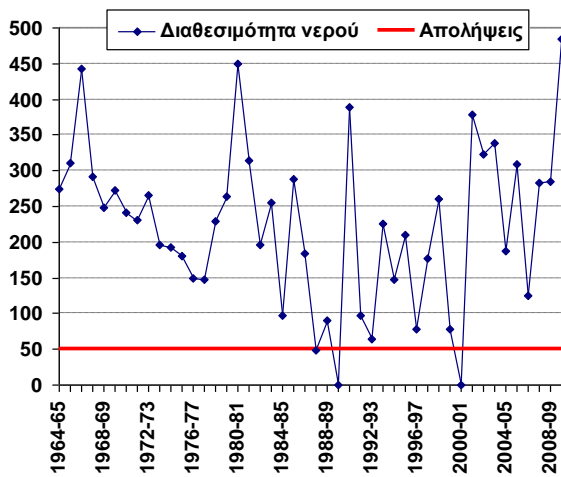
Εικόνα 5-22: Χρονική εξέλιξη διαθεσιμότητας υδατικών πόρων συγκριτικά με την ετήσια καθαρή απόληψη νερού (αριστερά) και του αντίστοιχου ετήσιου δείκτη WEI (δεξιά) στην υπολεκάνη Περιφερειακής Τάφρου.



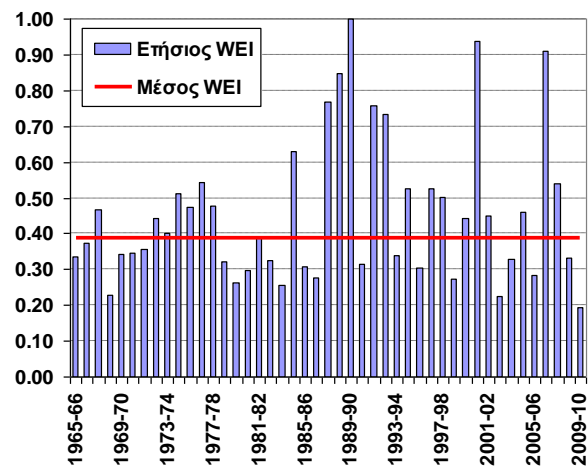
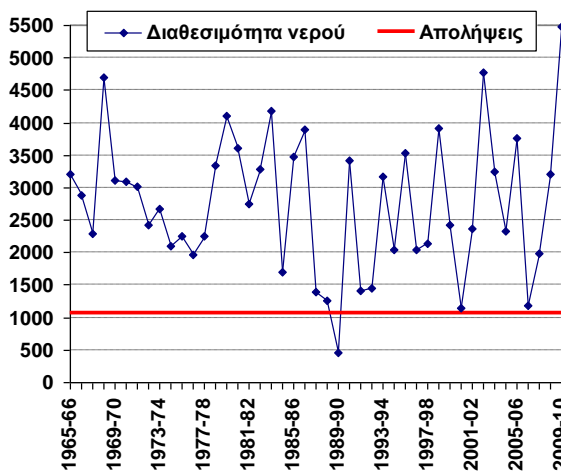
Εικόνα 5-23: Χρονική εξέλιξη διαθεσιμότητας υδατικών πόρων συγκριτικά με την ετήσια καθαρή απόληψη νερού (αριστερά) και του αντίστοιχου ετήσιου δείκτη WEI (δεξιά) στην υπολεκάνη Πτολεμαΐδας.



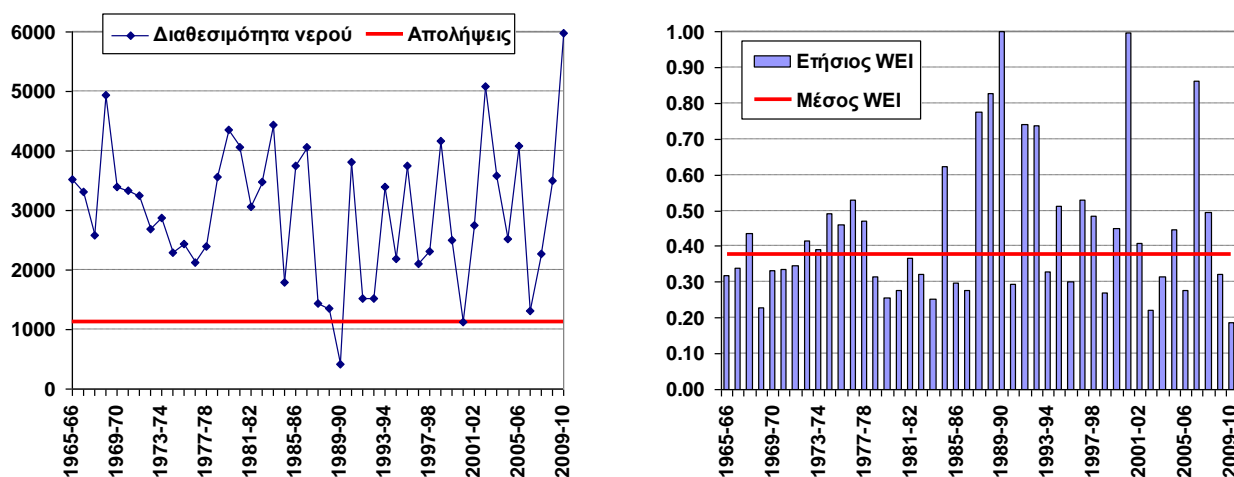
Εικόνα 5-24: Χρονική εξέλιξη διαθεσιμότητας υδατικών πόρων συγκριτικά με την ετήσια καθαρή απόληψη νερού (αριστερά) και του αντίστοιχου ετήσιου δείκτη WEI (δεξιά) στην υπολεκάνη Πρεσπών.



Εικόνα 5-25: Χρονική εξέλιξη διαθεσιμότητας υδατικών πόρων συγκριτικά με την ετήσια καθαρή απόληψη νερού (αριστερά) και του αντίστοιχου ετήσιου δείκτη WEI (δεξιά) στη ΛΑΠ Πρεσπών.



Εικόνα 5-26: Χρονική εξέλιξη διαθεσιμότητας υδατικών πόρων συγκριτικά με την ετήσια καθαρή απόληψη νερού (αριστερά) και του αντίστοιχου ετήσιου δείκτη WEI (δεξιά) στη ΛΑΠ Αλιάκμονα.



Εικόνα 5-27: Χρονική εξέλιξη διαθεσιμότητας υδατικών πόρων συγκριτικά με την ετήσια καθαρή απόληψη νερού (αριστερά) και του αντίστοιχου ετήσιου δείκτη WEI (δεξιά) στο ΥΔ Δυτικής Μακεδονίας.

5.4.3. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η θεώρηση του δυναμικού (ετήσιου) δείκτη WEI αποτυπώνει πολύ καλύτερα την εικόνα της τρωτότητας κάθε περιοχής, έναντι των φαινομένων ξηρασίας. Μάλιστα παρατηρείται ότι στις περισσότερες υπολεκάνες (με εξαίρεση την Περιφερειακή Τάφρο), η τιμή του WEI όχι μόνο υπερβαίνει συστηματικά το όριο επικινδυνότητας του 40%, αλλά σε ορισμένα υδρολογικά έτη φαίνεται να ξεπερνά το 100%. Αυτό σημαίνει ότι τις περιόδους αυτές, οι απολήψεις υπερβαίνουν τα ετήσια ανανεώσιμα αποθέματα νερού. Στην πράξη αυτό θα σήμαινε ότι προκειμένου να καλυφθεί η ζήτηση, θα έπρεπε να χρησιμοποιηθούν αποθέματα από τα μη ανανεώσιμα υπόγεια νερά. Βεβαίως, στις περιοχές όπου υπάρχουν ταμειυτήρες ή φυσικές λίμνες, ενδεχομένως θα υπήρχε η δυνατότητα περαιτέρω εκμετάλλευσης των επιφανειακών αποθεμάτων. Επιπλέον, όσον αφορά στις δύο υπολεκάνες της ΛΑΠ Πρεσπών, παρά την μικρή τιμή των απολήψεων, εμφανίζονται συχνά υψηλές τιμές του ετήσιου WEI (ακόμα και τιμές ίσες με τη μονάδα), που οφείλονται αποκλειστικά στη θέσπιση αυστηρών περιβαλλοντικών απαιτήσεων. Ειδικότερα, στην υπολεκάνη Πρεσπών, σε κάποια έτη χαμηλής υδροφορίας η περιβαλλοντική ζήτηση υπερβαίνει την παραγόμενη απορροή. Στην πραγματικότητα, είναι δυνατή, διαχειριστικά, η δυναμική προσαρμογή του περιβαλλοντικού στόχου, ήτοι η αύξησή του τις περιόδους υψηλής υδροφορίας και η μείωσή του τα ξηρά έτη. Σε μέση ετήσια κλίμακα, ο στόχος αυτός θα πρέπει να διατηρείται, σύμφωνα με την παρούσα προσέγγιση, στα επίπεδα των 68.5 hm³, που επιτρέπουν ομαλή ανανέωση των αποθεμάτων των λιμνών.

Στον Πίνακα 5-18 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 (Πτολεμαΐδα, Πεδιάδα Κατερίνης) θα υπήρχε δραστική αύξηση των ελλειμματικών περιόδων και της αντίστοιχης πιθανότητας αστοχίας. Αντίθετα, τα αποτελέσματα στην υπολεκάνη Αλιάκμονα θα ήταν σαφώς ευνοϊκότερα, με την προϋπόθεση ορθολογικής διαχείρισης των υφιστάμενων έργων αξιοποίησης.

Τα παραπάνω συμπεράσματα, για όλες τις υπολεκάνες πλην του Αλιάκμονα, βασίζονται σε αδρομερείς εκτιμήσεις της ετήσιας απορροής, η οποία έχει εκτιμηθεί μέσω γραμμικής συσχέτισης με τη βροχόπτωση. Όπως έχει φανεί στις αναλύσεις του εδαφίου 3.5.5, που αναφέρονται σε διάφορες θέσεις μέτρησης της παροχής στην περιοχή μελέτης, στην ετήσια κλίμακα, οι συντελεστές συσχέτισης των δύο μεταβλητών δεν

είναι ιδιαίτερα υψηλοί. Αυτό αποτυπώνεται κυρίως στις επαλληλίες ξηρών και υγρών περιόδων, κατά τις οποίες η ετήσια απορροή δεν συμβαδίζει με τη βροχόπτωση (βλ. υποκεφάλαιο 4.6). Έχει επισημανθεί επανειλημμένα ότι μια χρονιά υψηλών βροχοπτώσεων, μετά από μια μακρά περίοδο ξηρασίας (π.χ. υδρολογικό έτος 1990-91), δεν οδηγεί, κατ' ανάγκη, σε ανάκαμψη της απορροής. Ωστόσο, με την υπόθεση του γραμμικού μοντέλου, η εκτιμώμενη απορροή θα είναι αντίστοιχα υψηλή με την βροχόπτωση, κάτι που οδηγεί σε πιο ευνοϊκές εκτιμήσεις του δείκτη λειψυδρίας. Για τον λόγο αυτό, η χρήση του δείκτη πρέπει να γίνεται με προσοχή και να χρησιμοποιείται περισσότερο ως μέτρο σύγκρισης.

Πίνακας 5-18: Συχνότητες υπέρβασης χαρακτηριστικών ορίων του δείκτη WEI.

Εύρος μεταβολής	Αλιάκμονας	Αξιός (Φλώρινα)	Πεδιάδα Κατερίνης	Περιφ. Τάφρος	Πτολεμαΐδα	Πρέσπες	ΛΑΠ Πρεσπών	ΛΑΠ Αλιάκμονα	ΥΔ
<20%	2.0	23.9	10.9	77.8	0.0	70.5	36.6	0.0	0.0
20 - 40%	27.5	56.5	43.5	20.0	21.7	13.6	41.5	52.5	52.5
40 - 60%	31.4	6.5	23.9	0.0	39.1	0.0	7.3	30.0	30.0
60 - 80%	21.6	8.7	13.0	0.0	13.0	2.3	4.9	10.0	10.0
80 - 100%	3.9	0.0	2.2	0.0	8.7	0.0	2.4	5.0	5.0
100%	13.7	4.3	6.5	2.2	17.4	13.6	7.3	2.5	2.5

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 συνεχόμενων ξηρών ετών, που αναφέρονται σε διάφορες χωρικές κλίμακες. Το καθολικό μέτρο τρωτότητας προκύπτει πολλαπλασιάζοντας τα δύο παραπάνω μεγέθη κατ'άπολυτη τιμή. Τα αποτελέσματα συνοψίζονται στον Πίνακα 6-1.

Πίνακας 6-1: Μεγέθη που εισέρχονται στον υπολογισμό του καθολικού μέτρου τρωτότητας έναντι μετεωρολογικών ξηρασιών στην περιοχή της Δυτικής Μακεδονίας, για διάφορες χωρικές κλίμακες.

Υπολεκάνη / ΛΑΠ	Μέσος όρος ετήσιων αρνητικών τιμών SPI	Μέση διάρκεια ετήσιων ξηρασιών (έτη)	Καθολικό μέτρο τρωτότητας
Αξιός (Φλώρινα)	-0.82	3.1	2.578
Πρέσπες	-0.88	2.2	1.956
ΛΑΠ Πρεσπών	-0.90	2.9	2.315
Αλιάκμονας	-0.88	2.6	1.670
Πεδ. Κατερίνης	-0.90	1.8	1.511
Περ. Τάφρος	-0.86	1.8	2.481
Πτολεμαΐδα	-0.90	2.8	2.573
ΛΑΠ Αλιάκμονα	-0.86	2.1	1.798
Σύνολο ΥΔ	-0.90	2.0	1.792

6.2. ΤΡΩΤΟΤΗΤΑ ΕΝΑΝΤΙ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ

Για την αξιολόγηση των τρωτότητας των υπολεκάνων έναντι του κινδύνου λειψυδρίας θεωρούμε δύο μέτρα, συγκεκριμένα τον μέσο δείκτη εκμετάλλευσης νερού (WEI), καθώς και την συχνότητα υπέρβασης του κρίσιμου ορίου 40%. Η συχνότητα αυτή εκτιμάται ως πλήθος των ετών κατά τα οποία ο ετήσιος WEI υπερβαίνει το εν λόγω ποσοστό προς το συνολικό μήκος του δείγματος απορροών της κάθε περιοχής.

Όπως τονίστηκε στο εδάφιο 5.4.3, ο κίνδυνος λειψυδρίας περιορίζεται σημαντικά όταν υπάρχουν έργα ταμείωσης, και ιδιαίτερα μεγάλοι ταμιευτήρες υπερετήσιας ρύθμισης, που επιτρέπουν τη διαχείριση των μακροχρόνιων ξηρασιών. Στην υπολεκάνη Αλιάκμονα, η ύπαρξη τέτοιων έργων αμβλύνει κατά πολύ την εικόνα που αποτυπώνεται τόσο στον μέσο δείκτη WEI (48.6%) όσο και στην πολύ υψηλή ετήσια συχνότητα (70.6%) υπέρβασης του κρίσιμου ορίου 40%. Για τον λόγο αυτό, εκτός από τους προηγούμενους δείκτες λαμβάνουμε υπόψη και το ποσοστό της συνολικής ωφέλιμης χωρητικότητας των ταμιευτήρων, K , προς τις συνολικές απολήψεις από επιφανειακά νερά, TSWA, στην περιοχή αναφοράς. Όταν το ποσοστό αυτό υπερβαίνει τη μονάδα υπάρχει δυνατότητα υπερετήσιας ρύθμισης της επιφανειακής απορροής, δηλαδή αποθήκευσης της περίσσειας νερού τις χρονιές υψηλής υδροφορίας, για μεταγενέστερη χρήση. Όταν το ποσοστό υπολείπεται της μονάδας, οι ταμιευτήρες επιτρέπουν μόνο εποχιακή (ενδοετήσια) ρύθμιση των απορροών, που όμως έχει περιορισμένο πρακτικό ενδιαφέρον στη διαχείριση των ξηρασιών.

Στην υπολεκάνη του Αλιάκμονα υπάρχουν τρεις μεγάλοι ταμιευτήρες σε λειτουργία (Πολύφυτο Σφηκιά, Α σώματα), ενώ πρόσφατα εντάχθηκαν στο σύστημα τα έργα του Ιλαρίωνα. Η ολική ωφέλιμη χωρητικότητα των ταμιευτήρων ανέρχεται σε 1 660 hm³. Σύμφωνα με το εδάφιο 5.3.4 (Πίνακας 5-14), οι ετήσιες απολήψεις από επιφανειακά νερά εκτιμώνται σε 561 hm³, οπότε $K / TSWA = 2.95$. Αυτό σημαίνει ότι υπάρχει η δυνατότητα αποθήκευσης σχεδόν τριπλάσιας ποσότητας σε σχέση με την ετήσια ζήτηση, και συνεπώς ο ρυθμιστικός ορίζοντας του συστήματος είναι τρία έτη (με την προϋπόθεση ότι δεν υπάρχουν εκροές για παραγωγή ενέργειας). Σε κάθε περίπτωση, η ύπαρξη αυτών των έργων διαφοροποιεί δραστικά

της εικόνα του Αλιάκμονα σε σχέση, π.χ. με την υπολεκάνη Πτολεμαΐδας, παρόλο που και οι δύο περιοχές έχουν αντίστοιχα υψηλό δείκτη WEI.

Προκειμένου να προσδιοριστεί ένα καθολικό μέτρο τρωτότητας στην υδρολογική ξηρασία, λαμβάνεται το άθροισμα του μέσου WEI και της ετήσιας συχνότητας υπέρβασης του ορίου 40%, το οποίο αναφέρεται ως αθροιστικό μέτρο λειψυδρίας. Το μέτρο αυτό διαιρείται με το λεγόμενο δείκτη υπερετήσιας ρυθμιστικής ικανότητας, που ίσος με $K / TSWA$, εφόσον $K > TSWA$ (δηλαδή όταν υπάρχει δυνατότητα υπερετήσιας ρύθμισης των απορροών), διαφορετικά λαμβάνεται ίσος με τη μονάδα. Οι αναλυτικοί υπολογισμοί και τα τελικά μέτρα τρωτότητας έναντι λειψυδρίας, σε κλίμακες υπολεκάνης, ΛΑΠ και Υδατικού Διαμερίσματος, δίνονται στον Πίνακα 6-2.

Πίνακας 6-2: Μεγέθη που εισέρχονται στον υπολογισμό του καθολικού μέτρου τρωτότητας έναντι λειψυδρίας στην περιοχή της Δυτικής Μακεδονίας, για διάφορες χωρικές κλίμακες.

Υπολεκάνη / ΛΑΠ	Μέσος ετήσιος δείκτης WEI	Ετήσια συχνότητα υπέρβασης ορίου 40% [1]	Αθροιστικό μέτρο λειψυδρίας	Δείκτης υπερετήσιας ρυθμιστικής ικανότητας [1]	Καθολικό μέτρο τρωτότητας έναντι λειψυδρίας
Αξιός (Φλώρινα)	0.252	0.196	0.447	1.13	0.396
Πρέσπες	0.107	0.159	0.266	1.00	0.266
ΛΑΠ Πρεσπών	0.229	0.220	0.449	1.00	0.449
Αλιάκμονας	0.480	0.706	1.192	2.96	0,401
Πεδ. Κατερίνης	0.333	0.457	0.790	1.00	0.790
Περ. Τάφρος	0.118	0.022	0.140	1.00	0.140
Πτολεμαΐδα	0.529	0.783	1.312	1.00	1.312
ΛΑΠ Αλιάκμονα	0.384	0.475	0.862	2.73	0.315
Σύνολο ΥΔ	0.387	0.475	0.851	2.68	0.322

[1] Σημειώνεται ότι έχουν χρησιμοποιηθεί διαφορετικά μήκη δειγμάτων στις διαφορετικές υπολεκάνες, συνεπώς και στις διάφορες χωρικές κλίμακες.

6.3. ΤΡΩΤΟΤΗΤΑ ΩΣ ΠΡΟΣ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟΥΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ

Για την ποσοτικοποίηση του δείκτη κοινωνικής τρωτότητας ακολουθούνται τα εξής βήματα (MEDROPLAN, 2008²):

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 Υπολεκανών, των ΛΑΠ και του συνόλου του ΥΔ09 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 τρίτοβάθμιας εκπαίδευσης και
- ο ρυθμός αύξησης του μόνιμου πληθυσμού κατά τη δεκαετία 2001-2011.

² <http://www.iamz.ciheam.org/medroplan/index.htm>

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 09 Δυτικής Μακεδονίας, έχουμε μείωση του πληθυσμού της τάξης του 2,5%. Τα στοιχεία αφορούν στο μόνιμο πληθυσμό σύμφωνα με τις απογραφές 2001 και 2011. Μείωση πληθυσμού παρατηρείται σε όλες τις Υπολεκάνες, με μεγαλύτερη μείωση σε αυτή της Υπολεκάνης Πρεσπών, για την οποία η μείωση του πληθυσμού είναι της τάξης του 25%, ενώ δεν υπάρχει ούτε ένας οικισμός με αύξηση πληθυσμού. Η μόνη Υπολεκάνη στην οποία εμφανίζεται αύξηση του πληθυσμού είναι της Πεδιάδας Κατερίνης, στην οποία η αύξηση αγγίζει μόλις το 0,86%, και οφείλεται κυρίως στην αύξηση του πληθυσμού σε μεγάλα αστικά κέντρα της Υπολεκάνης. Η Κατερίνη παρουσιάζει αύξηση πληθυσμού της τάξης του 8,66%, ενώ το Λιτόχωρο και η Λεπτοκαρυά 7% και 5%, αντίστοιχα.

Στις υπόλοιπες Υπολεκάνες σημειώνεται μείωση του συνολικού πληθυσμού αν και στα μεγάλα αστικά κέντρα εμφανίζεται αύξηση του πληθυσμού. Στην Υπολεκάνη Αξιού της ΛΑΠ Πρεσπών η Φλώρινα είναι ο μόνος οικισμός με αύξηση πληθυσμού (18%). Στην Υπολεκάνη Πτολεμαΐδας της ΛΑΠ Αλιάκμονα η μόνη αξιοσημείωτη αύξηση πληθυσμού εμφανίζεται στην Πτολεμαΐδα και είναι της τάξης του 7%. Στην Υπολεκάνη Αλιάκμονα αύξηση πληθυσμού σημειώνεται στην Κοζάνη και τα Γρεβενά με ποσοστά 8% και 11% αντίστοιχα, ενώ στην Καστοριά παρατηρείται μείωση της τάξης του 14%. Αξίζει να σημειωθεί η σημαντική αύξηση του πληθυσμού του οικισμού Άργους Ορεστικού, η οποία ξεπερνά το 50%. Αντιθέτως, στην Υπολεκάνη Περιφερειακής Τάφρου μείωση πληθυσμού παρατηρείται και σε μεγάλα αστικά κέντρα (Βέροια -1%, Νάουσα -5% και Έδεσσα -1,5%).

Όσον αφορά την πληθυσμιακή πυκνότητα του ΥΔ09, αυτή ανέρχεται κατά μέσο όρο σε 42 κατοίκους ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο, υποδιπλάσια της μέσης πυκνότητας σε επίπεδο χώρας. Η μεγαλύτερη πληθυσμιακή πυκνότητα σημειώνεται στην Υπολεκάνη Κατερίνης της ΛΑΠ Αλιάκμονα (81 κάτοικοι ανά km²) φτάνοντας στα επίπεδα της μέσης πυκνότητας της χώρας, ενώ η μικρότερη στην Υπολεκάνη Πρεσπών της ΛΑΠ Πρεσπών (4 κάτοικοι ανά Km²). Μεγάλη σχετικά είναι και η πληθυσμιακή πυκνότητα της Υπολεκάνης Περιφερειακής Τάφρου με 65 κάτοίκους ανά Km², ενώ για τις Υπολεκάνες Πτολεμαΐδας, Αξιού (τμ. Φλώρινας) και Αλιάκμονα αυτή ανέρχεται σε 37 και 30 κατοίκους ανά Km², αντίστοιχα.

Σε επίπεδο Λεκάνης Απορροής, παρατηρείται πως η ΛΑΠ Αλιάκμονα παρουσιάζει μεγαλύτερο δείκτη τρωτότητας από τη ΛΑΠ Πρεσπών κυρίως λόγω της μεγάλης πληθυσμιακής διαφοράς μεταξύ των δύο ΛΑΠ και της διπλάσιας πληθυσμιακής πυκνότητας της ΛΑΠ Αλιάκμονα έναντι της ΛΑΠ Πρεσπών (43,5 κατ/Km² έναντι 28,9 κατ/Km², αντίστοιχα).

Στις μικρότερες χωρικές κλίμακες, παρατηρείται ότι η περιοχή με την υψηλότερη τρωτότητα είναι η Υπολεκάνη Κατερίνης της ΛΑΠ Αλιάκμονα, που συνδυάζει τη μεγαλύτερη πληθυσμιακή πυκνότητα (81 κάτοικοι/Km² τιμή ίση με τη πληθυσμιακή πυκνότητα σε επίπεδο χώρας) του ΥΔ, μεγάλο ποσοστό 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 στην Υπολεκάνη Πρεσπών, στην οποία παρατηρείται μεγάλη σχετικά μείωση πληθυσμού (25%) την τελευταία δεκαετία και εμφανίζει τη μικρότερη πληθυσμιακή πυκνότητα. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι ο Δήμος Πρεσπών εμφανίζει τη μικρότερη πληθυσμιακή πυκνότητα σε επίπεδο χώρας.

Πίνακας 6-3: Πίνακας κοινωνικής τρωτότητας ανά Υπολεκάνη και ΛΑΠ

ΛΑΠ/Υπολεκάνη	Πληθυσμός 2011 (Μόνιμος)	Έκταση Υπολεκάνης/ ΛΑΠ (Κm ²)	Πληθυσμιακή Πυκνότητα (Κατ/Κm 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 Πρεσπών (GR01)	35 000	1 210	28.9	36 325	36 398	9.22%	-3.65%	171%	1.1
Υπολεκάνη Πρεσπών	1 374	346.97	4.0	1 843	2 177	4.32%	-25.45%	210%	0.7
Υπολεκάνη Αξιού (τμ. Φλώρινας)	33 626	862.65	39.0	34 482	34 221	9.53%	-2.48%	170%	1.3
ΛΑΠ Αλιάκμονα (GR02)	539 991	12 411	43.5	553 200	670 668	8.48%	-2.39%	192%	1.3
Υπολεκάνη Πτολεμαΐδας	79 783	2 145.16	37.0	82 423	121 795	8.63%	-3.20%	67%	1.2
Υπολεκάνη Περιφερειακής Τάφρου	148 471	2 275.50	65.0	152 479	154 958	8.34%	-2.63%	97%	1.6
Υπολεκάνη Αλιάκμονα	193 555	6 537.69	30.0	201 122	273 420	8.41%	-3.76%	84%	1.1
Υπολεκάνη Πεδιάδας Κατερίνης	118 182	1 452.67	81.0	117 176	120 495	8.66%	0.86%	573%	2.0
Σύνολο ΥΔ 09	574 991	13 621	42.0	589 525	707 066	8.50%	-2.5%	191%	1.3
Επίπεδο χώρας			28.9				-1.34		

Πηγή Πρωτογενών Δεδομένων: ΕΛ.ΣΤΑΤ, 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 και σε κάθε υπολεκάνη 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.

Οι υπολεκάνες Πρεσπών, Αξιού (τμήμα Φλώρινας), Περιφερειακής Τάφρου, Αλιάκμονα και Πεδιάδας Κατερίνης κατέχουν μεγάλα ποσοστά κάλυψης Δασικής Έκτασης (62,28%, 42,25% ,51,13%, 49,62% και 49,10% αντίστοιχα). Η τρωτότητα ως προς το περιβάλλον σε περιόδους ξηρασίας για τις παραπάνω υπολεκάνες κρίνεται υψηλή καθώς καθίστανται περισσότερο ευάλωτες σε διακινδύνευση από φυσικές καταστροφές, θα μεταβληθεί δηλαδή η τρωτότητα τους, μέσω των δευτερογενών συνεπειών τους. π.χ. η παρατεταμένη ξηρασία θα καταστήσει ορισμένες δασικές περιοχές πιο ευάλωτες σε πυρκαγιές.

Λόγω αυξημένων ποσοστών Βοσκοτόπων και Γεωργικής Έκτασης στις υπολεκάνες Αξιού (τμ. Φλώρινας) , Πτολεμαΐδας, Περιφερειακής Τάφρου, Αλιάκμονα και Πεδιάδας Κατερίνης (53,27%, 65,29%, 43,99%, 45,12% και 43,36% 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, συνεπώς πλήγεται ο πρωτογενής τομέας (οικονομική επίπτωση).

Πίνακας 6-5: Πίνακας ποσοστών χρήσεων γης στις Υπολεκάνες και ΛΑΠ του ΥΔ Δυτικής Μακεδονίας (GR09)

ΛΑΠ / Υπολεκάνη	Έκταση (Km ²)	Δασική περιοχή (ποσοστό %)	Αστική περιοχή (ποσοστό %)	Βοσκότοποι (ποσοστό %)	Γεωργική χρήση (ποσοστό %)	Άλλο-όχι γεωργική χρήση (ποσοστό %)	Δρόμοι – Νερά (ποσοστό %)	Εγκαταλελειμμένο (ποσοστό %)
ΛΑΠ Πρεσπών (GR01)	1 171.44	49.57	1.11	11.65	30.46	2.86	3.99	0.15
Υπολεκάνη Πρεσπών	347.06	62.28	0.48	1.91	7.73	4.91	22.56	0.00
Υπολεκάνη Αξιού (τμ. Φλώρινας)	863.31	42.25	1.32	15.05	38.22	2.11	0.69	0.21
ΛΑΠ Αλιάκμονα (GR02)	12 409.4	45.12	1.19	17.96	30.24	3.28	2.00	0.17
Υπολεκάνη Πτολεμαΐδας	2 145.16	22.35	1.47	31.93	33.36	7.54	3.28	0.07
Υπολεκάνη Περιφερειακής Τάφρου	2 275.87	51.13	1.33	14.25	29.75	2.57	0.87	0.07
Υπολεκάνη Αλιάκμονα	6 546.97	49.62	0.90	17.48	27.64	2.06	2.09	0.15
Υπολεκάνη Πεδιάδας Κατερίνης	1 442.02	49.10	1.87	5.20	38.15	3.59	1.45	0.54
Σύνολο ΥΔ 09	13 581.18	45.50	1.20	17.40	30.30	3.30	2.40	0.2

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 τη 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 (ET), 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 φύτευμα, 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 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 δυνατικά 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, όπως η παραγόμενη βιομάζα ή ο 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 χιλ. τον 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 συνεκτιμούμενη 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. Χαρακτηριστικά αναφέρονται ως παραδείγματα οι περιπτώσεις των ΛΑΠ Πρεσπών και ΛΑΠ Κατερίνης, όπου σε λειψυδρία, στην πρώτη περίπτωση το αναλογικά μικρό ποσοστό γεωργικής γης με μονοκαλλιέργεια φασολιών και πηγή υδροδότησης τις λίμνες, δεν θα έχει τις ίδιες επιπτώσεις της δεύτερης περίπτωσης, όπου οι ανάγκες καλύπτονται από λίγα επιφανειακά νερά και περισσότερο από γεωτρήσεις, με καλλιέργειες υψηλών απαιτήσεων.

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 σε σχέση με την εκδήλωση και τη διάρκεια του φαινομένου ξηρασίας. 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.

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 καταστρέψουμε τα εδάφη με τα αλάτια).

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

6.4.3. ΧΡΗΣΕΙΣ ΥΔΑΤΟΣ ΓΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Το ΥΔ της Δυτικής Μακεδονίας (O9), με το υψηλό εκμεταλλεύσιμο υδροδυναμικό του ποταμού Αλιάκμονα και το πλούσιο σε λιγνίτες υπόβαθρο της κλ. Λ. Πτολεμαΐδας εξασφαλίζει σημαντικό ποσοστό της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας της χώρας. Η έντονη ανθρωπογενής δραστηριότητα για την παραγωγή ενέργειας στην περιοχή είναι άμεσα συνδεδεμένη με τη χρήση υδατικών πόρων.

Οι θέσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στο ΥΔ O9 εντοπίζονται στην Κλ. Λεκάνη της Πτολεμαΐδας με τη λειτουργία 5 ΑΗΣ (Αγίου Δημητρίου, Καρδιάς, Πτολεμαΐδας, ΛΙΠΤΟΛ και Αμυνταίου), στην υπολεκάνη Αξίου όπου λειτουργεί ο ΑΗΣ Μελίτης, στην υπολεκάνη Αλιάκμονα, όπου λειτουργούν οι ΥΗΣ Πολύφυτου, Σφηκιάς, Ασωμάτων και Αγίας Βαρβάρας, ενώ εντός του 2013 λειτούργησε ο ταμιευτήρας Ιλαρίωνα και ανενεργησε η λειτουργία του ΥΗΣ. Τέλος, στη λεκάνη της Περιφερειακής Τάφρου λειτουργούν οι ΥΗΣ Άγρα και Εδεσσαίου.

Όσον αφορά την Κλ. Λεκάνη Πτολεμαΐδας, εξαιτίας της έντονης ανθρωπογενούς δραστηριότητας κυρίως από τη λειτουργία τόσο των ΑΗΣ και όσο και της γεωργίας, παρουσιάστηκαν ελλείψεις στο υδατικό ισοζύγιο της περιοχής. Εκτός από την πτώση στάθμης των υπόγειων υδροφορέων, παρουσιάστηκε σημαντική πτώση και στη στάθμη της λίμνης Βεγορίτιδας, η οποία αποδόθηκε στη χρήση του νερού για την ψύξη των ΑΗΣ, στη μεταφορά νερού στον ΥΗΣ Άγρα και στην άρδευση των παραλίμνιων γεωργικών εκτάσεων. Τα αποτελέσματα αυτής της κατάστασης ήταν η αδυναμία της ενεργειακής αξιοποίησης των νερών της λίμνης για τον ΥΗΣ Άγρα, η σοβαρή υποβάθμιση του οικοσυστήματος της λίμνης και η οικονομική επιβάρυνση των ληπτών υπόγειου νερού, αφού επωμίζονται το κόστος άντλησης υπόγειου νερού. Για το λόγο αυτό αποφασίστηκε από την ΔΕΗ η μεταβολή του καθεστώτος άντλησης νερών για τους ΑΗΣ. Έτσι, σταμάτησαν τελείως οι αντλήσεις από τη λίμνη Βεγορίτιδα και διατηρηθήκαν εν μέρει σε ορισμένους ΑΗΣ οι λήψεις από τα υπόγεια νερά, ενώ ο κύριος όγκος νερού προέρχεται πια από την τ.λ. του Πολύφυτου. Μάλιστα, προβλέπεται σταδιακά η εξυπηρέτηση του νερού ψύξης των ΑΗΣ της κλ. Λ. Πτολεμαΐδας αποκλειστικά από την Τ.Λ. Πολύφυτου και παύση της άντλησης υπόγειων υδάτων της κλ. Λ. Πτολεμαΐδας για τη χρήση αυτή. Συγκεντρωτικά, οι ποσότητες νερού που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ενέργειας στους ΑΗΣ και ΥΗΣ του ΥΔ O9, παρουσιάζονται στους Πίνακες 6.7 και 6.8.

Πίνακας 6-7. Χρήση νερού στους ΑΗΣ του ΥΔ O9 - μέση ετήσια απόληψη (hm³)

ΛΑΠ Αλιάκμονα GRO2 – Υπολεκάνη Πτολεμαΐδας				
Σταθμοί ΑΗΣ	ΣΥΝΟΛΟ	Από Πολύφυτο	ρ. Σουλού	Υπόγεια
ΑΓ.ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ	27.2	27.0		0.2
ΑΗΣ ΚΑΡΔΙΑ	19.1	19.0		0.1
ΠΤΟΛΕΜΑΪΔΑ ^[1]	8.0		8.0	2.0
ΛΙΠΤΟΛ ^[2]	0.5		0.5	1.4
ΑΜΥΝΤΑΙΟΥ	10.0	8.5		1.5
Σύνολο	68.2	54.5	8.5	5.9
ΛΑΠ Πρεσπών GRO1 – Υπολεκάνη Αξίου				
Σταθμοί ΑΗΣ	ΣΥΝΟΛΟ	Από Παπαδιά	-	Υπόγεια
Μελίτης	6.8	6.8		-

[1] Ο ΑΗΣ Πτολεμαΐδας τροφοδοτείται με επιφανειακό νερό από τις επιστροφές στο ρέμα Σουλού των ΑΗΣ Αγίου Δημητρίου και Καρδιάς.

[2] Ο ΑΗΣ ΛΙΠΤΟΛ τροφοδοτείται με επιφανειακό νερό μέσω του ΑΗΣ Πτολεμαΐδας

Πίνακας 6-8. Χρήση νερού στους ΥΗΣ του ΥΔ09 - Εκροή για παραγωγή ενέργειας (106 κυβ. μέτρα)

Υπολεκάνη Αλιάκμονα				Υπολεκάνη Περιφερειακής Τάφρου	
Πολύφυτο ^[4]	Σφηκιά ^[4,4]	Ασώματα ^[4]	Αγία Βαρβάρα ^[2]	Άγρας ^[4]	Εδεσσαίος ^[3]
1 644.88	2 954.12	1 658.83	145.9	60.98	57.69

[1] Αφορά Μ.Ο. των υδρολογικών ετών 2007 - 2011

[2] Αφορά Μ.Ο. των υδρολογικών ετών 2008 - 2011

[3] Αφορά Μ.Ο. των υδρολογικών ετών 2004 - 2008

[4] Ο ΥΗΣ Σφηκιάς λειτουργεί και ως αντλητικός σταθμός επιστρέφοντας στον ΥΗΣ Σφηκιάς ποσότητες νερού από τον ταμιευτήρα Ασωμάτων κατά τις ώρες χαμηλής ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας.

Πίνακας 6-9. Χρήση νερού ανά υπολεκάνη και τύπο σταθμού

ΛΑΠ	Παραγωγή Ενέργειας από ΥΗΣ (hm ³)	Παραγωγή Ενέργειας από ΑΗΣ (hm ³)	Παραγωγή Ενέργειας Σύνολο (hm ³)	Ανανεώσιμοι Πόροι (hm ³)	Χρήση νερού για Παραγωγή Ενέργειας (ως προς τους ανανεώσιμους πόρους)
ΛΑΠ Πρεσπών (GR01)	-	6.8	6.8	225.7	0.03
Υπολεκάνη Πρεσπών	-	-	-	39.2	0.00
Υπολεκάνη Αξιού (τμ. Φλώρινας)	-	6.8	6.8	186.5	0.04
ΛΑΠ Αλιάκμονα (GR02)	6 522.3	60.4	6 582.7	2 493.3	2.64
Υπολεκάνη Πτολεμαΐδας	-	5.9 ^[1]	5.9	251.9	0.02
Υπολεκάνη Περιφερειακής Τάφρου	118.9	-	118.9	748.8	0.16
Υπολεκάνη Αλιάκμονα	6.403.4	54.5	6 457.9	1 492.6	4.33
Υπολεκάνη Πεδ. Κατερίνης	-	-	-	-	0.00
Σύνολο ΥΔ 09	6 522.3	67.2	6 589.5	2719.0	2.42

[1] Αφορά απολήψεις από υπόγειο νερό σε αντιδιαστολή με τις υπόλοιπες ποσότητες που αφορούν σε επιφανειακό νερό.

Στον Πίνακα 6.9, παρατίθενται οι απολήψεις νερού για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ανά τύπο παραγωγής ενέργειας και ανά υπολεκάνη, για κάθε ΛΑΠ και στο σύνολο του ΥΔ09.

Είναι σημαντικό να υπογραμμιστεί ότι σύμφωνα με την εκτίμηση του κοινωνικοοικονομικού κόστους-οφέλους από την αξιοποίηση υδάτινων πόρων από τη ΔΕΗ προκύπτει ένα καθαρό κοινωνικοοικονομικό όφελος. Θα πρέπει να τονιστεί ότι πέρα από τις όποιες αρνητικές συνέπειες έχει η χρήση της παραγωγής ενέργειας στο υδατικό ισοζύγιο του ΥΔ09, η παραγωγή ενέργειας εξασφαλίζει κοινωνικοοικονομικά οφέλη, τα οποία δεν περιορίζονται στα στενά όρια του ΥΔ09. Δεν πρέπει να υποτιμηθεί το γεγονός ότι η περιοχή αυτή, η οποία χαρακτηρίζεται ως η «ενεργειακή» καρδιά της Ελλάδας, τροφοδοτεί με ηλεκτρισμό το σύνολο της ηπειρωτικής Ελλάδας, εξασφαλίζοντας με αυτόν τον τρόπο την ενεργειακή ασφάλεια και αυτονομία της χώρας.

Στη συγκεκριμένη περιοχή εντοπίζεται όφελος από τις εκμεταλλεύσεις των υδάτων και από τις χρήσεις του όγκου των υδάτων, από τους ταμιευτήρες των ΥΗΕ καθώς και τις τεχνητές λίμνες, για τις ανάγκες της γεωργίας. Ωστόσο, σε ένα μακροπρόθεσμο ορίζοντα το ελλειμματικό ισοζύγιο που παρουσιάζεται στη συγκεκριμένη λεκάνη θα έχει επιπτώσεις τόσο στην απόδοση της γεωργικής παραγωγής, όσο και στην παραγωγή ενέργειας, το κόστος της οποίας θα αυξάνει όσο ο πόρος γίνεται πιο σπάνιος και ενδεχομένως να οδηγήσει και στην αύξηση των τιμών του ηλεκτρισμού.

Σε αυτό το πλαίσιο και λαμβάνοντας υπόψη τους παραπάνω παράγοντες μπορεί να ειπωθεί ότι πρωτίστως ο γεωργικός τομέας θα ζημιωθεί περαιτέρω σε περίπτωση ξηρασίας, ενώ σε δεύτερο βαθμό θα παρατηρηθούν αρνητικές συνέπειες και στην παραγωγή ενέργειας, οι οποίες θα επιφέρουν και άλλες κοινωνικοοικονομικές επιπτώσεις σε εθνικό επίπεδο.

Σε περιόδους έντονης ξηρασίας θα πρέπει να εξασφαλιστεί ένα αποδεκτό επίπεδο κοινωνικοοικονομικής ευημερίας από τις διαφορετικές χρήσεις ύδατος.

6.5. ΤΡΩΤΟΤΗΤΑ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Για την εκτίμηση της τρωτότητας των υποπεριοχών 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 διάρκεια τέτοιων συνθηκών απειλείται η βιοποικιλότητα και αυξάνεται η τρωτότητα.

Το ποσοστό των επιφανειακών ΥΣ εντός Προστατευόμενων περιοχών του Δικτύου Natura στο ΥΔ της Δυτικής Μακεδονίας παρατίθεται στον Πίνακα 6-10.

Παρατηρείται πως οι Υπολεκάνες Πρεσπών, Πεδ. Κατερίνης και Περιφερειακής Τάφρου εμφανίζουν υψηλά ποσοστά ΥΣ εντός Προστατευόμενων Περιοχών (100%, 65% και 57%, αντίστοιχα), συνεπώς και αυξημένη τρωτότητα σε περιόδους ξηρασίας και λειψυδρίας.

Πίνακας 6-10: ΥΣ εντός Προστατευόμενων Περιοχών δικτύου Natura

ΛΑΠ / Υπολεκάνη	Επιφανειακά ΥΣ εντός Υπολεκάνης [1]			Ποσοστό επιφανειακών ΥΣ εντός προστατευόμενων περιοχών [2]			Συνολική τρωτότητα ως προς το περιβάλλον
	Λιμναία (Εμβαδόν) Km ²	Μεταβατικά (Εμβαδόν) Km ²	Ποτάμια (Μήκος) Km	Λιμναία (Ποσοστό εμβαδού)	Μεταβατικά (Ποσοστό εμβαδού)	Ποτάμια (Ποσοστό μήκους)	
ΛΑΠ Πρεσπών (GR01)	82.1	0	121.5	99%	-	25%	62%
Υπολεκάνη Αξιού (τμ. Φλώρινας)	0.6	0	98.6	0%	-	7%	4%
Υπολεκάνη Πρεσπών	81.5	0	22.9	100%	-	100%	100%
ΛΑΠ Αλιάκμονα (GR02)	210.9	48.4	1 417.9	52%	100%	25%	59%
Υπολεκάνη Αλιάκμονα	133.3	43.9	832.5	25%	100%	14%	46%
Υπολεκάνη Πεδ. Κατερίνης	0	4.5	205.7	-	100%	29%	65%
Υπολεκάνη Περιφερειακής Τάφρου	0	0	306.0	-	-	57%	57%
Υπολεκάνη Πτολεμαΐδας	77.6	0	73.7	100%	-	0%	50%
Σύνολο ΥΔ 09	293.0	48.4	1 539.4	65%	100%	25%	64%

[1] Συνολικό Μήκος ποτάμιων ΥΣ εντός υπολεκάνης (model domain) και Συνολικό εμβαδόν λιμναίων ΥΣ στην υπολεκάνη (model domain)

[2] Μήκος ή εμβαδόν ΥΣ εντός προστατευόμενων περιοχών / Συνολικό Μήκος ή εμβαδόν ΥΣ για τα ποτάμια, λιμναία, αντίστοιχα.

6.6. ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΤΡΩΤΟΤΗΤΑΣ ΑΝΑ ΥΠΟΛΕΚΑΝΗ

Παραπάνω εκτιμήθηκε η συνολική τρωτότητα του ΥΔ Δυτικής Μακεδονίας σε επίπεδο υπολεκάνης και ΛΑΠ ως προς τις μετεωρολογικές ξηρασίες, τον κίνδυνο λειψυδρίας, τους κοινωνικούς παράγοντες, το περιβάλλον, και την χρήση νερού για παραγωγή ενέργειας. Στον Πίνακα 6-11 συγκεντρώθηκαν τα

αποτελέσματα ανά κατηγορία και εκτιμήθηκε η συνολική τρωτότητα για τις Υπολεκάνες του ΥΔ 09 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

Τη μεγαλύτερη τρωτότητα ως προς την ξηρασία-λειψυδρία, με τιμή δείκτη 3.10 (Υψηλή) παρουσιάζει η υπολεκάνη Πτολεμαΐδας εξαιτίας, των πολύ υψηλών τιμών των δεικτών μετεωρολογικής ξηρασίας και λειψυδρίας, καθώς και των υψηλών δεικτών κοινωνικής και περιβαλλοντικής τρωτότητας. Υψηλούς δείκτες τρωτότητας παρουσιάζουν και οι υπολεκάνες Αλιάκμονα, με τιμή 2.96, κυρίως λόγω πολύ υψηλού δείκτη παραγωγής ενέργειας από ΑΗΣ και ΥΗΣ³ και Κατερίνης, με τιμή 2.8, κυρίως λόγω αυξημένης κοινωνικής και περιβαλλοντικής τρωτότητας.

Συγκριτικά με τις ως άνω υπολεκάνες, αυτές των Πρεσπών, Περιφερειακής Τάφρου και Αξιού (Φλώρινα) παρουσιάζουν χαμηλότερη τρωτότητα (Μέτρια).

Πίνακας 6-11: Συγκεντρωτικός πίνακας τρωτότητας σε ξηρασία υπολεκανών ΥΔ09(κανονικοποιημένες τιμές)

Υπολεκάνη	Μετεωρολογικής ξηρασίας	Λειψυδρία	Κοινωνικοί παράγοντες	Περιβάλλον	Παραγωγή ενέργειας	Συνολική Τρωτότητα
Πτολεμαΐδα	1.00	1.00	0.60	0.50	0.00	3,10 (Υψηλή)
Αλιάκμονας	0.65	0.31	0.55	0.46	1.00	2,96 (Υψηλή)
Πεδ. Κατερίνης	0.59	0.60	1.00	0.65	0.00	2,84 (Υψηλή)
Περ. Τάφρος	0.96	0.11	0.80	0.57	0.04	2,48 (Μέτρια)
Πρέσπες	0.76	0.20	0.35	1.00	0.00	2,31 (Μέτρια)
Αξιός (Φλώρινα)	1.00	0.30	0.65	0.04	0.01	2,00 (Μέτρια)

6.7. ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΤΡΩΤΟΤΗΤΑΣ ΑΝΑ ΛΑΠ ΚΑΙ ΣΤΟ ΣΥΝΟΛΟ ΤΟΥ ΥΔ

Στον παρακάτω πίνακα (6-12) συγκεντρώθηκαν τα αποτελέσματα ανά κατηγορία και εκτιμήθηκε η συνολική τρωτότητα για τις ΛΑΠ GR01 και GR02 του ΥΔ 09, καθώς και για το σύνολο του ΥΔ, ως

³ Παρόλο που η παραγωγή ενέργειας συμπεριλαμβάνεται στον υπολογισμό του SPI, συμπεριλαμβάνεται και ως συνιστώσα για την εκτίμηση της τρωτότητας ως προς την ξηρασία-λειψυδρία λόγω μεγάλης σημασίας της σε εθνικό επίπεδο.

άθροισμα των επιμέρους κανονικοποιημένων, ως προς τη μέγιστη τιμή κάθε συνιστώσας, δεικτών τρωτότητας.

Όπως ήταν αναμενόμενο, η ΛΑΠ Αλιάκμονα παρουσιάζει τη μεγαλύτερη τρωτότητα ως προς την ξηρασία-λειψυδρία, με τιμή δείκτη 2.71, κυρίως λόγω υψηλού ποσοστού χρήσης νερού για παραγωγή ενέργειας, αυξημένων δεικτών τρωτότητας μετεωρολογικής ξηρασίας και περιβάλλοντος και τρωτότητας ως προς κοινωνικούς παράγοντες. Αντίθετα, η ΛΑΠ Πρεσπών, με πιο ήπια ανθρωπογενή δραστηριότητα, αλλά σημαντική περιβαλλοντική τρωτότητα, εμφανίζει τιμή δείκτη 2.42. Σε επίπεδο ΥΔ 09, το οποίο κυριαρχείται από τη ΛΑΠ GR02, ο δείκτης τρωτότητας είναι υψηλός, με τιμή 2.66.

Πίνακας 6-12: Συγκεντρωτικός πίνακας τρωτότητας σε ξηρασία ανά ΛΑΠ ΥΔ09 (κανονικοποιημένες τιμές)

ΛΑΠ	Συνολική τρωτότητα	Χαρακτηρισμός Τρωτότητας
Πρεσπών (GR01)	2.42	Μέτρια
Αλιάκμονα (GR02)	2.71	Υψηλή
Σύνολο ΥΔ 09	2.66	Υψηλή

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

7.1. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΙ ΣΤΟΧΟΙ ΑΡΘΡΟΥ 4

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 τα επιφανειακά ΥΣ, τα μεν φυσικά να πετύχουν Καλή Οικολογική Κατάσταση ενώ τα ιδιαίτερος 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 μόνιμως 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. λαμβάνονται 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 υπόλοιπες κατηγορίες εξαιρέσεων του Άρθρου 4 βάσει των παραγράφων 4, 5 και 7:

Άρθρο 4 παράγραφος 4:

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.

Άρθρο 4 παράγραφος 5:

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.

Άρθρο 4 παράγραφος 7:

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 ανθρωπίνων δραστηριοτήτων βιώσιμης ανάπτυξης.

Εμφανίζονται στη συνέχεια (Πίνακας 7.1 και Πίνακας 7.2) 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 Δυτικής 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 στο ΥΔ 09 που εμπίπτουν στις εξαιρέσεις των παρ. 4 και 5 του Άρθρου 4 της Οδηγίας

Α/Α	Κωδικός ΕΥΣ - Ονομασία ΕΥΣ Κατηγορία ΕΥΣ	Οικολογική Κατάσταση / Οικολογικό Δυναμικό	Χημική Κατάσταση
ΛΑΠ ΠΡΕΣΠΩΝ			
Εξαιρέσεις βάσει του Άρθρου 4 παράγραφος 4			
Είναι τεχνικά μη εφικτό να αποδώσουν τα μέτρα έγκαιρα / Οι φυσικές συνθήκες δεν επιτρέπουν έγκαιρες βελτιώσεις			
1	GR0901R0F0205008N - Λύγκος Π. Ποτάμιο	Ελλιπής	Κατώτερη της καλής
2	GR0901R0F0204006N - Παλαιό Ρ. Ποτάμιο	Ελλιπής	Κατώτερη της καλής
3	GR0901L0A0000013N - ΛΙΜΝΗ ΜΙΚΡΗ ΠΡΕΣΠΑ Λιμναίο	Ελλιπής	Κατώτερη της καλής
4	GR0901LFA0000014N - ΛΙΜΝΗ ΜΕΓΑΛΗ ΠΡΕΣΠΑ Λιμναίο	Μέτρια	Κατώτερη της καλής
Εξαιρέσεις βάσει του Άρθρου 4 παράγραφος 7			
Νέες Τροποποιήσεις			
1	GR0901R0F0208016N - Ασπρόρεμα Ποτάμιο	Ελλιπής	Άγνωστη
2	GR0901R0F0209017N - Δροσοπηγιώτικο Ρ. Ποτάμιο	Υψηλή	Καλή
ΛΑΠ ΑΛΙΑΚΜΟΝΑ			
Εξαιρέσεις βάσει του Άρθρου 4 παράγραφος 4			
Είναι τεχνικά μη εφικτό να αποδώσουν τα μέτρα έγκαιρα / Οι φυσικές συνθήκες δεν επιτρέπουν έγκαιρες βελτιώσεις			
1	GR0902R0002065090N - Εδεσσαίος (Βόδας) Π. Ποτάμιο	Ελλιπής	Άγνωστη
2	GR0902R0002065089H - Εδεσσαίος (Βόδας) Π. (Τμήμα Σκύδρας) Ποτάμιο	Ελλιπής	Άγνωστη
3	GR0902R0002064087N - Λιανόρεμα Ποτάμιο	Άγνωστη	Άγνωστη
4	GR0902R0002062082N - Κοντίχα Ρ. Ποτάμιο	Άγνωστη	Άγνωστη
5	GR0902R0002060079A - Περιφερειακή Τάφρος (Τ66) Ποτάμιο	Κακό	Κατώτερη της καλής
6	GR0902R0002060081A - Περιφερειακή Τάφρος (Τ66) Ποτάμιο	Κακό	Κατώτερη της καλής
7	GR0902R0002060083A - Περιφερειακή Τάφρος (Τ66) Ποτάμιο	Κακό	Κατώτερη της καλής
8	GR0902R0002060086A - Περιφερειακή Τάφρος (Τ66) Ποτάμιο	Ελλιπής	Κατώτερη της καλής
9	GR0902R0002060088A - Περιφερειακή Τάφρος (Τ66) Ποτάμιο	Ελλιπής	Κατώτερη της καλής
10	GR0902R0002030008H - Αλιάκμων Π. (Τ66 ως Κρασοπούλι) Ποτάμιο	Ελλιπής	Κατώτερη της καλής
11	GR0902R0002030007H - Αλιάκμων Π. (Τ66 ως Κρασοπούλι) Ποτάμιο	Ελλιπής	Κατώτερη της καλής

Α/Α	Κωδικός ΕΥΣ - Ονομασία ΕΥΣ Κατηγορία ΕΥΣ	Οικολογική Κατάσταση / Οικολογικό Δυναμικό	Χημική Κατάσταση
12	GR0902R0002010003H - Αλιάκμων Π. (Κρασσοπούλι ως Δέλτα) Ποτάμιο	Ελλιπές	Κατώτερη της καλής
13	GR0902T000000001N - ΕΚΒΟΛΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΛΟΥΔΙΑΣ - ΑΛΙΑΚΜΟΝΑΣ Μεταβατικό	Ελλιπές	Άγνωστη
14	GR0902R0002320039N - Γρεβενιώτικος Π. Ποτάμιο	Κακή	Κατώτερη της καλής
15	GR0902R0000010124A - Ρ. Σουλού (Σαρί Γκιόλ) Ποτάμιο	Ελλιπές	Κατώτερη της καλής
16	GR0902R0000010123H - Ρ. Σουλού (Εντός Ορυχείων) Ποτάμιο	Ελλιπές	Κατώτερη της καλής
17	GR0902L000000005N - ΛΙΜΝΗ ΒΕΓΟΡΙΤΙΔΑ Λιμναίο	Ελλιπές	Άγνωστη
18	GR0902L000000004N - ΛΙΜΝΗ ΠΕΤΡΩΝ Λιμναίο	Άγνωστη	Κατώτερη της καλής
19	GR0902L000000012H - ΛΙΜΝΗ ΚΑΣΤΟΡΙΑΣ Λιμναίο	Ελλιπές	Κατώτερη της καλής
20	GR0902R0002440061N - Γκιόλε Ρ. Ποτάμιο	Κακή	Κατώτερη της καλής
21	GR0902R0002440060N - Γκιόλε Ρ. Ποτάμιο	Κακή	Κατώτερη της καλής
Εξαιρέσεις βάσει του Άρθρου 4 παράγραφος 7 Νέες Τροποποιήσεις			
1	GR0902R0002500072N - Αλιάκμων Π. Ποτάμιο	Καλή	Καλή

Πίνακας 7.2. Υπόγεια ΥΣ που εμπíπτουν στις εξαιρέσεις στο ΥΔ09

Α/Α	Κωδικός ΥΥΣ: Ονομασία ΥΥΣ	Κατάσταση Συστήματος	
		Ποσοτική	Χημική
Εξαιρέσεις του Άρθρου 4, παράγραφος 4			
Είναι τεχνικά μη εφικτό να αποδώσουν τα μέτρα έγκαιρα / Οι φυσικές συνθήκες δεν επιτρέπουν έγκαιρες βελτιώσεις			
1	GR0900050: Αμυνταίου	Κακή	Καλή
2	GR0900060: Πτολεμαΐδας (υποσυστήματα GR0900061, GR0900062, GR0900063)	Κακή	Κακή
3	GR0900080: ΒΑ Βερμίου (υποσυστήματα GR0900081, GR0900082)	Κακή	Καλή
4	GR0900120: Αλμωπαίου	Κακή	Καλή
5	GR0900130: Κάτω ρου Αλιάκμονα	Κακή	Καλή
6	GR0900141: Υποσύστημα Λιποχώρου (κοκκώδες)	Κακή	Καλή
7	GR0900150: Κατερίνης	Κακή	Καλή
8	GR0900160: Κολινδρού	Κακή	Καλή

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 υδατικών συστημάτων 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 διάρκειας 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 Αρθρου 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, στο χάρτη της εικόνας 7-1 δείχνονται τα επιφανειακά Υδατικά Συστήματα του ΥΔ 09 που επηρεάζονται, είτε άμεσα είτε έμμεσα, από απολήψεις επιφανειακού ύδατος για διάφορες χρήσεις, ενώ στο 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 τριτοβάθμιας έναντι λειψυδρίας και Επιφανειακά Υδατικά Συστήματα που επηρεάζονται από απολήψεις στις υπολεκάνες του Υδατικού Διαμερίσματος Δυτικής 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 Δυτικής Μακεδονίας

Πίνακας 7-1 Επιφανειακά Υδατικά Συστήματα που επηρεάζονται από απολήψεις νερού ανά υπολεκάνη του Υδατικού Διαμερίσματος Δυτικής Μακεδονίας

ΛΑΠ	Υπο-λεκάνη	Είδος ΥΣ	Επιφανειακό ΥΣ [1]	Υδρευση [2]	Άρδευση	Βιομηχανία	Χρήση για ΑΗΣ	Εντός Ορυχείων
Πρεσπών	Αξιού	Λιμναίο	GR0901L000000001H				x	
		Ποτάμιο	GR0901R0F0202003N	x				
			GR0901R0F0204006N		x			
			GR0901R0F0204007N	+		x		
			GR0901R0F0205008N	x		x		
			GR0901R0F0209017N	+		x		
	Πρεσπών	Λιμναίο	GR0901L0A0000013N	x	x			
		Ποτάμιο	GR0901R000001019N	x				
			GR0901R000001018N		x			
Αλιάκιμονα	Λιμναίο	GR0902L000000006H	+	x				
		GR0902L000000008H	x		x			
		GR0902L000000009H	X	x	x	x		
		GR0902L000000010H	x	x	x			
		GR0902L000000012H	x	x	x			
	Ποτάμιο	GR0902R0002030008H	x		x			
		GR0902R0002040006N	x		x			
		GR0902R0002050010H	x		x			
		GR0902R0002100014N	x		x			
		GR0902R0002110036N		x				
		GR0902R0002130038N	x		x			
		GR0902R0002160018N	x					
		GR0902R0002170044N	x		x			
		GR0902R0002180019N		x				
		GR0902R0002190047N		x				
		GR0902R0002190048N		x				
		GR0902R0002200020N		x				
		GR0902R0002210054N		x				
		GR0902R0002220021N		x				
		GR0902R0002230056N		x				
		GR0902R0002230057N		x				
		GR0902R0002280025N	x	x	x			
		GR0902R0002281028N	x		x			
		GR0902R0002282032N	x		x			
		GR0902R0002290067N	x		x			

ΛΑΠ	Υπο-λεκάνη	Είδος ΥΣ	Επιφανειακό ΥΣ [1]	Υδρευση [2]	Άρδευση	Βιομηχανία	Χρήση για ΑΗΣ	Εντός Ορυχείων	
			GR0902R0002300037N	x		x			
			GR0902R0002320039N			x			
			GR0902R0002350078N	x	x	x			
			GR0902R0002360045N	x	x	x			
			GR0902R0002380049N	x	x	x			
			GR0902R0002420058N	x		x			
			GR0902R0002440060N	x		x			
			GR0902R0002440062N	x	x	x			
			GR0902R0002460064N		x				
			GR0902R0002460065N	x		x			
			GR0902R0002480068N	x		x			
			GR0902R0002480069N	x	x	x			
			GR0902R0002500071N		x				
			GR0902R0002500072N		x				
			GR0902R0002520075N		x				
			GR0902R0002520076N	x	x	x			
	Κατερίνης	Ποτάμιο	GR0902R0003000117N	x			x		
			GR0902R0004010102H						
			GR0902R0004020105N			x			
			GR0902R0004040108N	x	x	x			
			GR0902R0004050110N			x			
			GR0902R0005000118H	x		x			
			GR0902R0005000120N	+	x	x			
			GR0902R0004010102H			x			
	Περιφερειακής Τάφρου	Ποτάμιο	GR0902R0002061080N	x			x		
			GR0902R0002062082N	x			x		
			GR0902R0002063084N	x	x	x			
			GR0902R0002063085N	x		x			
			GR0902R0002065090N	x		x			
			GR0902R0002065091H	x		x			
			GR0902R0002065094H	x	x	x			
			GR0902R0002066097N	x		x			
			GR0902R0002066098N	x		x			
	Πτολεμαΐδας	Λιμναίο	GR0902L000000003N			x			
			GR0902L000000004N			x			
			GR0902L000000005N			x			
		Ποτάμιο	GR0902R0000010122N	x			x		
			GR0902R0000010123H					x	x
			GR0902R0000010124A	x			x		
			GR0902R0000010126N	x			x		
			GR0902R0000010127H	x			x		
			GR0902R0000010129H	x	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.

[2] (x) Αφορούν σε απολήψεις από πηγές εντός της υδρολογικής λεκάνης του αντίστοιχου ΥΣ.

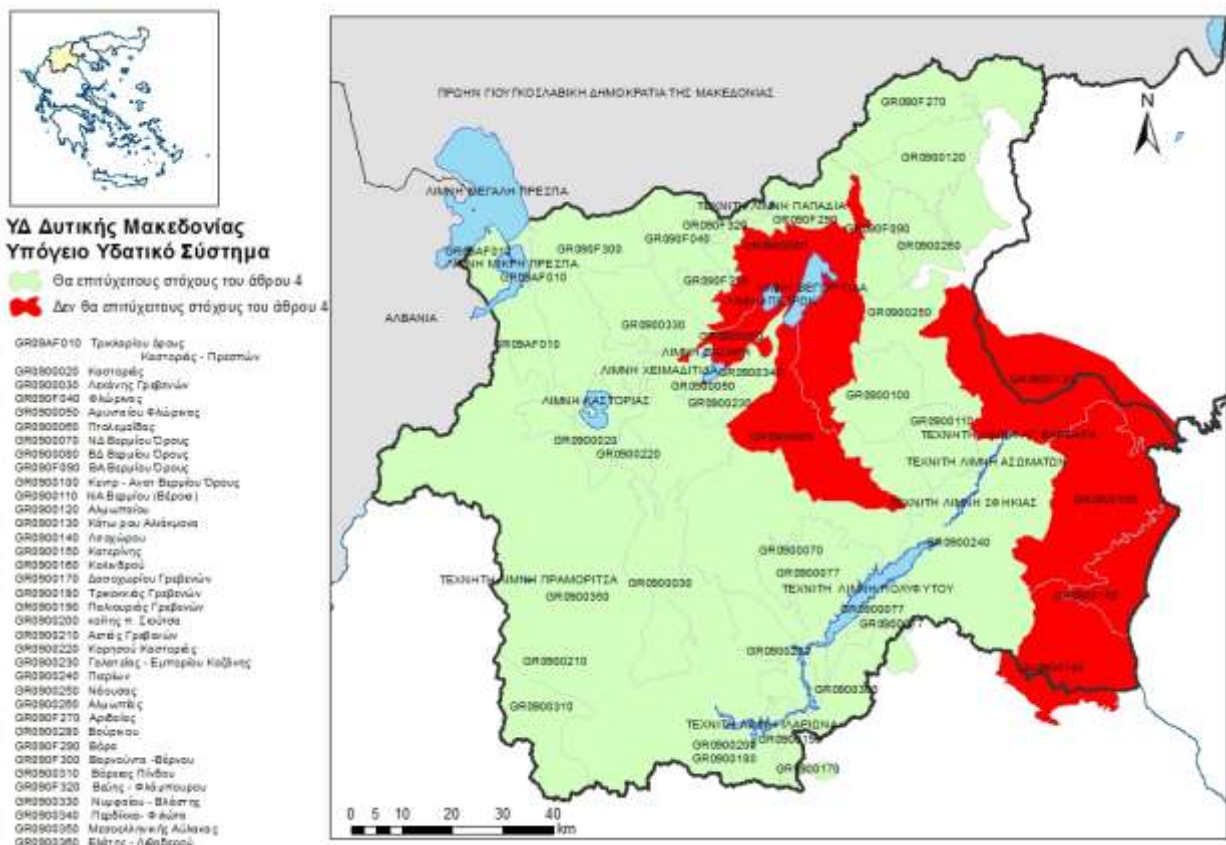
(+) Αφορούν σε απολήψεις και απευθείας από το επιφανειακό ΥΣ

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:

- την αναγνωρισμένη παρουσία φαινομένων υφαλμύρισης
- την ποιοτική και ποσοτική τους υποβάθμιση
- την χρήση τους για απολήψεις σε διάφορες χρήσεις

Στην παρακάτω εικόνα δίνονται τα ΥΥΣ τα οποία εκτιμάται ότι, λόγω της υφιστάμενης ποσοτικής τους υποβάθμισης ή της ποσοτικής υποβάθμισης που θα παρουσιάσουν στο μέλλον ως αποτέλεσμα ανθρώπινης δραστηριότητας, 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 εφαρμόσαν 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 αιεφορία·

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 άμβλυση 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 όσον αφορά την 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 την 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 ταμειυτήρες, 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 τις 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

	<i>Τεχνολογικές προσεγγίσεις</i>	<i>Οικονομικές προσεγγίσεις</i>	<i>Κοινωνικές προσεγγίσεις</i>
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: <ul style="list-style-type: none"> ▪ 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 και βιομηχανικός τομέας)
- οικονομικές διευκολύνσεις στους πληγέντες (μείωση φόρων, παράταση προθεσμιών πληρωμής)
- 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 κατηγοριοποίηση των σταδίων ξηρασίας, με βάση τα σχετικά κατευθυντήρια κείμενα της ΕΚ (ΕΚ, 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 $0.0 \geq SPI > -1.0$
- Συναγερμός (alert), για $-1.0 \geq SPI \geq -2.0$
- 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 (ΕΚ, 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.

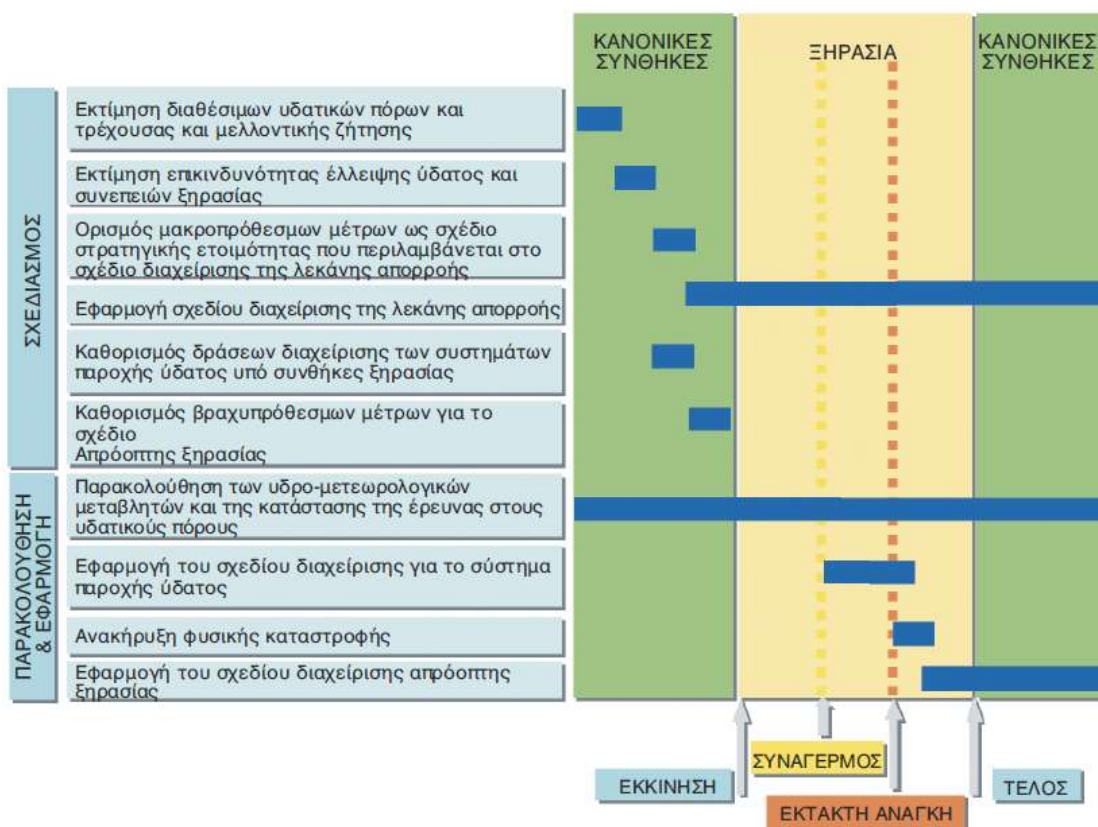
Επιχειρησιακά μέτρα: Περιλαμβάνονται τα επιχειρησιακά μέτρα και δράσεις που εφαρμόζονται μετά την εμφάνιση φαινομένων ξηρασίας και ουσιαστικά υλοποιούνται σε όλα τα στάδια των φαινομένων αυτών. Χωρίζονται περαιτέρω σε μέτρα που στοχεύουν τη ζήτηση, την παροχή και το περιβάλλον. Στο στάδιο εκκίνησης της 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)	<p>Προληπτικά / Στρατηγικά μέτρα:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ανάπτυξη Σχεδίων Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών • Θέσπιση μακροπρόθεσμων μέτρων διαχείρισης υδατικών πόρων (Πίνακας 8-1) • Θέσπιση κατάλληλων δεικτών και ορίων για τα διάφορα στάδια της ξηρασίας • Θέσπιση δράσεων αντιμετώπισης ξηρασίας • Απογραφή και συντήρηση υποδομών ξηρασίας <p>Επιχειρησιακά:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Καθορισμός προτεραιοτήτων χρήσης νερού σε περιόδους ξηρασίας <p>Οργανωτικά:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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 <p>Ελέγχου / Παρακολούθησης:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Καθορισμός δεικτών παρακολούθησης για τα σχέδια διαχείρισης ξηρασίας (εξέλιξη, επιπτώσεις, αποδοτικότητα)
Προειδοποίηση ξηρασίας (pre-alert)	<p>Επιχειρησιακά (βραχυπρόθεσμα):</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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 υδροβιότοπους με ευαισθησία σε φαινόμενα ξηρασίας (περιβάλλον) <p>Οργανωτικά:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ενεργοποίηση Τεχνικής Υπηρεσίας Ξηρασίας (αν κρίνεται απαραίτητο) • Συντονισμός των εμπλεκόμενων φορέων (δημόσιων και ιδιωτικών) • Ενεργοποίηση ειδικών μέτρων ύδρευσης (αστικό νερό) • Δραστηριότητες δημόσιας συμμετοχής <p>Ελέγχου / Παρακολούθησης:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Παρακολούθηση δεικτών ξηρασίας • Έλεγχος δεικτών παρακολούθησης σχεδίων διαχείρισης ξηρασίας
Συναγερμός	<p>Επιχειρησιακά (βραχυπρόθεσμα):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Εκστρατείες ενημέρωσης και εκπαίδευσης κοινού για την εξοικονόμηση αρδευτικού νερού

<p>(alert)</p>	<p>(διαχείριση ζήτησης)</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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 υδροβιότοπους 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, υδροβιότοπων RAMSAR, καθώς και υδάτινων σωμάτων που τροφοδοτούν ευάλωτους υδροβιότοπους και ταμιευτήρες (περιβάλλον) <p>Οργανωτικά:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Προετοιμασία, έγκριση συμφωνιών και διοικητικές ρυθμίσεις • Συντονισμός των εμπλεκόμενων φορέων (δημόσιων και ιδιωτικών) • Ενεργοποίηση ειδικών μέτρων ύδρευσης (αστικό νερό) • Δραστηριότητες δημόσιας συμμετοχής <p>Ελέγχου / Παρακολούθησης:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Παρακολούθηση δεικτών ξηρασίας • Έλεγχος δεικτών παρακολούθησης σχεδίων διαχείρισης ξηρασίας
<p>Επείγουσα / ακραία κατάσταση (emergency / extreme status)</p>	<p>Επιχειρησιακά (βραχυπρόθεσμα):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Μείωση διάθεσης αρδευτικού νερού (διαχείριση ζήτησης) • Απαγόρευση συγκεκριμένων χρήσεων νερού (πότισμα κήπων, πισίνες, καθαριότητα δρόμων, άρδευση υδροβόρων καλλιέργειών, 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 σωμάτων (περιβάλλον) • Εξασφάλιση περιβαλλοντικών στόχων σύμφωνα με την Οδηγία Πλαίσιο 2000/60 για τα νερά (περιβάλλον). Σύμφωνα με το άρθρο 4, παρ. 6 της Οδηγίας είναι δυνατή η προσωρινή υποβάθμιση της κατάστασης των υδατικών συστημάτων υπό προϋποθέσεις, μεταξύ των οποίων είναι και οι συνθήκες παρατεταμένης ξηρασίας .

	<ul style="list-style-type: none"> • 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 κατάστασης σε οικοσυστήματα, φυσικό περιβάλλον και σε ευάλωτα είδη (περιβάλλον). • Αποφυγή απολήψεων νερού από υδροβιότοπους 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, υδροβιότοπων RAMSAR, καθώς και υδάτινων σωμάτων που τροφοδοτούν ευάλωτους υδροβιότοπους 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) <p>Οργανωτικά:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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 <p>Ελέγχου / Παρακολούθησης:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Παρακολούθηση δεικτών ξηρασίας • Έλεγχος δεικτών παρακολούθησης σχεδίων διαχείρισης ξηρασίας
<p>Τέλος ξηρασίας</p>	<p>Αποκατάστασης:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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) <p>Οργανωτικά:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Έγκριση των μέτρων για την ανάκαμψη από την αρμόδια αρχή (κατά την ανάκαμψη) • Απενεργοποίηση Τεχνικής Υπηρεσίας Ξηρασίας (κατά την ανάκαμψη) • Συντονισμός των εμπλεκόμενων φορέων (δημόσιων και ιδιωτικών) • Δραστηριότητες δημόσιας συμμετοχής <p>Ελέγχου / Παρακολούθησης:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Παρακολούθηση δεικτών ξηρασίας • Έλεγχος δεικτών παρακολούθησης σχεδίων διαχείρισης ξηρασίας • Αξιολόγηση των μέτρων των σχεδίων διαχείρισης ξηρασίας μετά το τέλος του φαινομένου με

κατάλληλους ελέγχους
<ul style="list-style-type: none">Αναβάθμιση ή επανεξέταση σχεδίων διαχείρισης ξηρασίας (μετά το τέλος)

8.2.5. ΒΑΣΙΚΑ ΚΑΙ ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΙΚΑ ΜΕΤΡΑ

Η ξηρασία, σε αντίθεση με τη λειψυδρία, είναι ένα φυσικό φαινόμενο. Η εμφάνιση ξηρασίας δεν προκαλείται από τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Ωστόσο, οι επιπτώσεις της 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 ίδιας 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 επιφανειακών και υπόγειων υδάτων και την ταμίευση επιφανειακών υδάτων, συμπεριλαμβανομένου μητρώου ή μητρώων αντλήσεων, και απαίτηση προηγούμενης άδειας για την άντληση και την ταμίευση. Οι έλεγχοι αυτοί επανεξετάζονται περιοδικώς και, εφόσον χρειάζεται, εκσυγχρονίζονται. Τα κράτη μέλη μπορούν να εξαιρούν από τους εν λόγω ελέγχους τις αντλήσεις ή τις ταμιεύσεις νερού 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 (Πίνακας 8-3) 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 Δ.Μακεδονίας).

Τα ως βασικά μέτρα των ως άνω κατηγοριών καθώς και τα επιλεγμένα συμπληρωματικά μέτρα (Πίνακας 8-3) 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

Κωδικός	Ονομασία μέτρου	Συνοπτική Περιγραφή μέτρου
Οικονομικά ή φορολογικά μέτρα		
ΣΜ03-010	Αναμόρφωση λογιστικών συστημάτων παρόχων νερού	<p>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.</p> <p>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.</p>
Περιβαλλοντικές συμφωνίες μετά από διαπραγμάτευση		
ΣΜ04-010	Προώθηση συμφωνιών με ιδιοκτήτες τουριστικών καταλυμάτων	<p>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.</p>
ΣΜ04-020	Προώθηση συμφωνιών με Βιομηχανίες που καταναλώνουν πολύ νερό ή προκαλούν ρύπανση στο ΥΣ για υιοθέτηση πρωτοβουλιών και κωδίκων ορθής συμπεριφοράς	<p>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 υποβάθμισης.</p>
ΣΜ04-030	Προώθηση μέτρων ένταξης των παραγωγών σε Ολοκληρωμένα Συστήματα Διαχείρισης της Αγροτικής Παραγωγής.	<p>Το μέτρο αφορά σε δράσεις, ενέργειες των κρατικών φορέων προστασίας του περιβάλλοντος για ένταξη των παραγωγών ή ομάδων παραγωγών που δραστηριοποιούνται σε περιοχές με ιδιαίτερα επιβαρυνμένα υδατικά συστήματα σε Ολοκληρωμένα Συστήματα Διαχείρισης της Αγροτικής Παραγωγής.</p> <p>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 υπόγειων.</p> <p>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.</p> <p>Ως επικαιροποιημένο σύστημα αναφέρεται το ARGO 2.1 & 2.2 που καλύπτει όλο το φάσμα της γεωργικής παραγωγής και προβλέπεται να έχει σημαντική θέση στις μεθοδεύσεις της νέας ΚΑΠ.</p> <p>Ήδη το σύστημα είναι ενταγμένο στις δράσεις της υφιστάμενης ΚΑΠ με προσπάθεια του ΥΠΑΑΤ ένταξης παραγωγών με συγκεκριμένες καλλιέργειες, όπως ζαχαρότευτλα κ.ά. και με καθεστώς επιδότησης.</p>

Κωδικός	Όνομασία μέτρου	Συνοπτική Περιγραφή μέτρου
Κώδικες Ορθών Πρακτικών		
ΣΜ06-010	Πρόγραμμα παρακολούθησης μετεωρολογικών και ποιοτικών παραμέτρων	Σκοπός του προγράμματος είναι η ορθολογική χρήση του αρδευτικού νερού από τους αγρότες της Π.Ε. Φλώρινας, με την εφαρμογή συμβουλευτικής άρδευσης μέσω διαδικτυακής υποστήριξης του αγροτικού πληθυσμού με χρήση τεχνολογιών καταγραφής σε πραγματικό χρόνο. Γίνεται εκσυγχρονισμός του υφιστάμενου δικτύου μετεωρολογικών και υδρολογικών σταθμών, υπολογισμός υδατικών παραμέτρων των καλλιεργειών και ανάπτυξη εφαρμογών για την πληροφόρηση των γεωργών.
Ανασύσταση και αποκατάσταση περιοχών υγροβιοτόπων		
ΣΜ07-010	Μελέτες για την προστασία και εξυγίανση της λίμνης Καστοριάς	<p>1. Εκσυγχρονισμός θυροφραγμάτων ρέματος «Γκιόλε». Το έργο αυτό έχει ως κύριο στόχο την προστασία αλλά και τη διατήρηση των λειτουργιών του εδάφους, την ελαχιστοποίηση της απώλειας της εδαφικής του βιοποικιλότητας καθώς και την αντιμετώπιση πλημμυρικών φαινομένων στην άμεση αλλά και στην ευρύτερη παραλίμνια περιοχή, διασφαλίζοντας παράλληλα την αναγκαία ανώτερη και κατώτερη στάθμη της λίμνης. Ο εκσυγχρονισμός που θα λάβει χώρα θα αφορά την αντικατάσταση των υφιστάμενων θυροφραγμάτων, με νέα του ίδιου τύπου και διαστάσεων και την αναβάθμιση του τρόπου λειτουργίας τους, με την τοποθέτηση μηχανισμού για την αυτοματοποίηση και τον τηλεχειρισμό τους, ενώ δε θα γίνει καμία παρέμβαση στα λοιπά δομικά στοιχεία στερέωσής τους.</p> <p>2. Μελέτη δημοσίων Δασοτεχνικών έργων ορεινής υδρονομίας σε τμήματα των λεκανών των υδατορεμάτων Ξηροπόταμου και Βουσινιάς. Η μελέτη αυτή εκπονείται στο βόρειο τμήμα της λεκάνης του ρέματος του Ξηροπόταμου καθώς και σε τμήμα της λεκάνης του ρέματος της Βουσινιάς με στόχο την αντιμετώπιση του φαινομένου των προσχώσεων των πεδινών και παραλίμνιων περιοχών και την προστασία του σημαντικού για την περιοχή της Καστοριάς υγροτοπικού οικοσυστήματος της λίμνης. Η μελέτη εκπονείται στα προαναφερθέντα υδατορέματα, λόγω των έντονων κλίσεων που εμφανίζουν τόσο στη λεκάνη απορροής τους όσο και στην κεντρική τους κοίτη, γεγονός που σε συνεργασία με τους τύπους των πετρωμάτων των περιοχών που διατρέχουν, (κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα, οφιόλιθους και τεταρτογενή ιζήματα δηλαδή αδιαπέρατους γεωλογικούς σχηματισμούς που καλύπτουν ποσοστό μεγαλύτερο του 60% της λεκάνης απορροής τους) έχουν ως αποτέλεσμα την έντονη στερεομεταφορική τους δράση προς τα κατάντη.</p> <p>3. Μελέτη διεύθετης ρέματος Γκιόλε. Το υδατόρεμα του «Γκιόλε» αποτελεί τη μοναδική επιφανειακή διέξοδο εκφόρτισης της λεκάνης απορροής της λίμνης Καστοριάς αλλά και το συνδετικό άξονα αυτής με τον ποταμό Αλιάκμονα. Η μελέτη αφορά τη διεύθετηση τμήματος του υδατορέματος του «Γκιόλε» μήκους περίπου 1.300 μέτρων και έχει στόχο την εκτέλεση των αναγκαίων αντιδιαβρωτικών και αντιπλημμυρικών έργων, για την προστασία και διατήρηση των λειτουργιών του εδάφους και την ελαχιστοποίηση της απώλειας της εδαφικής βιοποικιλότητας. Σήμερα το υδατόρεμα διαθέτει πολύ μικρές κλίσεις, στοιχείο που σε συνδυασμό με την έντονη βλάστηση της περιοχής δρουν ανασταλτικά στην εκφόρτιση των υδάτων. Στα πλαίσια της μελέτης θα προταθεί η κοπή της αυτοφυούς βλάστησης στα πρανή και στον πυθμένα του καναλιού, ο καθαρισμός των εναποτιθέμενων φερτών υλικών εντός της κοίτης και η σταθεροποίηση - διαμόρφωση και καθορισμός της διατομής του υδατορέματος.</p>
Έλεγχος απολήψεων		
ΣΜ08-010	Μελέτη αρδευτικού δικτύου Πρεσπών	<p>Σύνταξη μελέτης που αφορά στη μετατροπή του υφιστάμενου ανοιχτού δικτύου άρδευσης, έκτασης 16.500 στρεμμάτων, περίπου, σε κλειστό αρδευτικό δίκτυο, ανατολικά της Μικρής λίμνης Πρεσπών. Εν εξελίξει διαγωνισμός μελέτης, με χρονοδιάγραμμα του Φακέλου του Έργου 20 μήνες.</p> <p>Το επιφανειακό αρδευτικό δίκτυο καταλαμβάνει συνολική αρδευόμενη έκταση μικρότερη από το σύνολο των καλλιεργούμενων εκτάσεων και έχει συνήθη περίοδο λειτουργίας 100 ημέρες. Από αυτά 800 στρέμματα, περίπου, αρδεύονται με αυλάκια ή κατάκλυση από το ρέμα Αγ. Γερμανού και τα υπόλοιπα από εγκαταστάσεις που αντλούν νερό από τη λίμνη Μικρή Πρέσπα.</p> <p>Το αρδευτικό δίκτυο λειτουργεί με σύστημα ανοικτών διωρύγων και μεριστών (δεξαμενών). Η ευθύνη λειτουργίας και συντήρησης του δικτύου ανήκει στον ΤΟΕΒ Πρεσπών.</p> <p>Οι λόγοι αντικατάστασης και εκσυγχρόνισης των υποδομών του επιφανειακού δικτύου με δίκτυο στάγδην άρδευσης, λόγω περιβαλλοντικών επιπτώσεων στην περιοχή των Πρεσπών συνοψίζονται στα εξής:</p> <ul style="list-style-type: none"> • μείωση της στάθμης της λίμνης της Μικρής Πρέσπας,

Κωδικός	Όνομασία μέτρου	Συνοπτική Περιγραφή μέτρου
		<ul style="list-style-type: none"> • αυξημένα ρυπαντικά φορτία γεωργικής προέλευσης, • αυξημένη κατανάλωση υδατικών πόρων, • αυξημένη διάβρωση των εδαφών, • αυξημένη κατανάλωση ενέργειας και συνεπώς οικονομική επιβάρυνση των παραγωγών <p>και στοχεύουν στην αντιμετώπιση προβλημάτων με τον καλύτερο περιβαλλοντικά τρόπο με παράλληλη στήριξη των παραγωγών, την προώθηση περιβαλλοντικών πρωτοβουλιών και δράσεων και την καλύτερη διαχείριση των υδατικών πόρων και καλλιεργειών.</p>
ΣΜ08-020	Τοποθέτηση λειτουργικής βάνας στις αρτεσιανές γεωτρήσεις	<p>Τοποθέτηση βάνας ή σωλήνα εξισορρόπησης της πίεσης ή οποιοσδήποτε 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.</p> <p>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.</p> <p>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.</p>
ΣΜ08-030	Ηλεκτρονική υδροληψία άρδευσης με χρήση επαναφορτιζόμενης κάρτας για εξοικονόμηση αρδευτικού νερού στο Δήμο Βελβεντού	<p>Το συγκεκριμένο μέτρο περιλαμβάνει την προμήθεια και τοποθέτηση ηλεκτρονικών υδροληψιών άρδευσης με χρήση επαναφορτιζόμενης κάρτας σε προβλεπόμενες θέσεις στα υπό πίεση αρδευτικά δίκτυα. Η εφαρμογή των παραπάνω επεμβάσεων στα αρδευτικά δίκτυα γίνεται προκειμένου να επιτευχθεί η προστασία του περιβάλλοντος μέσω της ορθολογικής χρήσης των υδάτινων πόρων καθώς επίσης και της ομαλής χρήσης του δικτύου με τη χρησιμοποίηση ημερήσιου προγράμματος με συγκεκριμένες ποσότητες άρδευσης σε κάθε τμήμα του δικτύου. Με το σύστημα της ηλεκτρονικής υδροληψίας άρδευσης με κάρτα γίνεται προσπάθεια να ελεγχθεί πιθανή παράτυπη χρήση του δικτύου άρδευσης, να διευκολυνθεί η επιτήρηση του δικτύου και να εξοικονομηθεί ποσότητα πολύτιμου νερού και ενέργειας καθώς και χρόνος και κόπος για τους καλλιεργητές αφού δεν απαιτείται πλέον η παρουσία τους στα αγροτεμάχια που αρδεύονται καθ' όλη τη διάρκεια της άρδευσης.</p>
ΣΜ08-040	Σύστημα Ηλεκτρονικών υδροληψιών άρδευσης με χρήση επαναφορτιζόμενης κάρτας για εξοικονόμηση αρδευτικού νερού του Τ.Ο.Ε.Β. Βράχου Δήμου Ορεστίδος	<p>Το συγκεκριμένο μέτρο περιλαμβάνει την προμήθεια και τοποθέτηση ηλεκτρονικών υδροληψιών άρδευσης με χρήση επαναφορτιζόμενης κάρτας σε προβλεπόμενες θέσεις στα υπό πίεση αρδευτικά δίκτυα. Η εφαρμογή των παραπάνω επεμβάσεων στα αρδευτικά δίκτυα γίνεται προκειμένου να επιτευχθεί η προστασία του περιβάλλοντος μέσω της ορθολογικής χρήσης των υδάτινων πόρων καθώς επίσης και της ομαλής χρήσης του δικτύου με τη χρησιμοποίηση ημερήσιου προγράμματος με συγκεκριμένες ποσότητες άρδευσης σε κάθε τμήμα του δικτύου. Με το σύστημα της ηλεκτρονικής υδροληψίας άρδευσης με κάρτα γίνεται προσπάθεια να ελεγχθεί πιθανή παράτυπη χρήση του δικτύου άρδευσης, να διευκολυνθεί η επιτήρηση του δικτύου και να εξοικονομηθεί ποσότητα πολύτιμου νερού και ενέργειας καθώς και χρόνος και κόπος για τους καλλιεργητές αφού δεν απαιτείται πλέον η παρουσία τους στα αγροτεμάχια που αρδεύονται καθ' όλη τη διάρκεια της άρδευσης. Οι ηλεκτρονικές υδροληψίες θα αποτελούνται από υδραυλική βαλβίδα, οθόνη ελεγκτή, ειδικό κουτί μπαταριών, υποδοχή καρτών, συσκευή φόρτισης καρτών, λογισμικό ηλεκτρονικού υπολογιστή κ.α. Συνολικά θα τοποθετηθούν 274 υδροληψίες και 137 ειδικά τεμάχια σύνδεσης, όπως προβλέπει η μελέτη.</p>
ΣΜ08-050	Ηλεκτρονική υδροληψία με κάρτα για άρδευση στα αρδευτικά Νεάπολης, Καλονερίου και Εράτυνας	<p>Το συγκεκριμένο μέτρο περιλαμβάνει την προμήθεια και τοποθέτηση ηλεκτρονικών υδροληψιών άρδευσης με χρήση επαναφορτιζόμενης κάρτας σε προβλεπόμενες θέσεις στα υπό πίεση αρδευτικά δίκτυα. Η εφαρμογή των παραπάνω επεμβάσεων στα αρδευτικά δίκτυα γίνεται προκειμένου να επιτευχθεί η προστασία του περιβάλλοντος μέσω της ορθολογικής χρήσης των υδάτινων πόρων καθώς επίσης και της ομαλής χρήσης του δικτύου με τη χρησιμοποίηση ημερήσιου προγράμματος με συγκεκριμένες ποσότητες άρδευσης σε κάθε τμήμα του δικτύου. Με το σύστημα της ηλεκτρονικής υδροληψίας άρδευσης με κάρτα γίνεται προσπάθεια να ελεγχθεί πιθανή παράτυπη χρήση του δικτύου άρδευσης, να διευκολυνθεί η επιτήρηση του δικτύου και να εξοικονομηθεί ποσότητα πολύτιμου νερού και ενέργειας καθώς και χρόνος και κόπος για τους καλλιεργητές αφού δεν απαιτείται πλέον η παρουσία τους στα αγροτεμάχια που αρδεύονται καθ' όλη τη διάρκεια της άρδευσης.</p>
ΣΜ08-060	Καταγραφή χρήσεων νερού και επικαιροποίηση ομοιωμάτων διαχείρισης υδατικών πόρων στην	<p>Στην κλειστή λεκάνη της Πτολεμαΐδας υπάρχει μια ιδιαίτερα σύνθετη διαχείριση των υδατικών πόρων, ως αποτέλεσμα των πολλαπλών και έντονων δραστηριοτήτων που υφίστανται στην περιοχή σε συνύπαρξη με τα ευαίσθητα οικοσυστήματα των λιμνών που εμπίπτουν σε προστατευόμενες περιοχές. Οι ποσοτικές και ποιοτικές πιέσεις που ασκούνται στα υδατικά συστήματα, της ΛΑΠ Αλιάκμονα, εντός αλλά και εκτός της κλειστής Λεκάνης Πτολεμαΐδας, οφείλονται κυρίως στη γεωργία και τις δραστηριότητες της ΔΕΗ ΑΕ. Τελικός αποδέκτης του συνόλου των πιέσεων είναι η λίμνη Βεγορίτιδα, που αποτελεί</p>

Κωδικός	Όνομασία μέτρου	Συνοπτική Περιγραφή μέτρου
	Κλειστή Λεκάνη Πτολεμαΐδας.	και το βαρόμετρο της περιοχής. Ωστόσο, η στάθμη της λίμνης Βεγορίτιδας δεν τυγχάνει συστηματικής μέτρησης τα τελευταία χρόνια από κανέναν κρατικό φορέα. Έτσι, παρόλο που παρατηρήθηκε μικρή άνοδος της στάθμης της λίμνης κατά την περίοδο 1996-2001, ενώ στοιχεία της ΔΕΗ για τα έτη 2011-2012 δείχνουν άνοδο χωρίς όμως να είναι με ασφάλεια συγκρίσιμα με την παλαιότερη χρονοσειρά παρατηρήσεων. Σε κάθε περίπτωση, δεν είναι σαφής η τάση ή ο ρυθμός ανόδου ή σταθεροποίησης της στάθμης της λίμνης, τα επίπεδα υπολείπονται σημαντικά παλαιότερων επιπέδων της στάθμης της λίμνης, ενώ παράλληλα, προβλήματα παρουσιάζονται και στα ποιοτικά χαρακτηριστικά της. Επιπλέον, χρήζει διερεύνησης η συμβολή στην αύξηση ή σταθεροποίηση της στάθμης της άντλησης υδάτων από την τ.λ. Πολύφυτου. Καθίσταται λοιπόν απαραίτητη, για την ορθολογική διαχείριση των υδάτων, η καταγραφή των χρήσεων νερού και η επιβεβαίωση της επίδρασης των διαφόρων χρήσεων με επικαιροποίηση και αξιοποίηση και των υφιστάμενων υπολογιστικών -υδρολογικών - διαχειριστικών- ομοιομάτων της Δνσης Υδάτων. Η μελέτη θα πρέπει να καταλήξει σε στοχευμένο πρόγραμμα μέτρων προκειμένου να ληφθεί αυτό υπόψη στην επόμενη διαχειριστική περίοδο. Προϋπόθεση για την επιτυχία του μέτρου είναι η ενεργός συμμετοχή όλων των εμπλεκόμενων χρηστών νερού, μέσω συμμετοχικών διαδικασιών και η κοινή αποδοχή των συμπερασμάτων της μελέτης.
ΣΜ08-070	Καθορισμός και οριοθέτηση περιοχών ΥΥΣ που παρουσιάζουν κακή ποιοτική κατάσταση λόγω υπαλμύρισης	Στα παράκτια ΥΥΣ που είναι σε κακή ποιοτική κατάσταση λόγω υπαλμύρισης ή παρουσιάζουν τοπική υπαλμύριση θα πρέπει να συνταχθούν ειδικές υδρογεωλογικές μελέτες για τον ακριβή καθορισμό των ορίων απαγόρευσης εκτέλεσης νέων υδροληψιών και επεκτάσεων του μετώπου υπαλμύρισης, ώστε στη ζώνη αυτή να ληφθούν μέτρα για σταδιακή αποκατάσταση μέσω όχι μόνο απαγόρευσης νέων γεωτρήσεων αλλά μείωσης έως και κατάργησης των αντλήσεων των υφιστάμενων 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 ΕΓΥ.
ΣΜ08-080	Ορισμός κατ'αρχήν ζωνών περιορισμού ανόρυξης νέων γεωτρήσεων για νέες χρήσεις νερού, καθώς και επέκτασης αδειών υφιστάμενων χρήσεων στα παράκτια ΥΥΣ που παρατηρούνται φαινόμενα υπαλμύρισης.	Στα παράκτια ΥΥΣ που έχει προσδιορισθεί ότι βρίσκονται σε κακή ποιοτική κατάσταση λόγω υπαλμύρισης ή παρουσιάζουν τοπική υπαλμύριση 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: – GR0900141, GR0900150, GR0900160: απαγορεύεται η διάνοιξη νέων γεωτρήσεων, καθώς και η επέκταση υφιστάμενων αδειών, για κάθε χρήση, σε ζώνη πλάτους 5.000 m από τη θάλασσα. – GR0900130: απαγορεύεται η διάνοιξη νέων γεωτρήσεων, καθώς και η ποσοτική επέκταση υφιστάμενων αδειών, για κάθε χρήση, σε απόσταση μικρότερη από 200 m από τη θάλασσα Οι ανωτέρω περιορισμοί αποσκοπούν στον περιορισμό της επέκτασης της υπαλμύρισης 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, κατά προτεραιότητα, στην εκτέλεση έργων για ύδρευση με χρήση πόσιμου ύδατος καθώς και άλλες ειδικές περιπτώσεις, όπως π.χ. γεωτρήσεις ιχθυοκαλλιέργειών, 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.
ΣΜ08-090	Προϋποθέσεις κατασκευής νέων υδροληπτικών έργων υπόγειων υδάτων (γεωτρήσεις, πηγάδια κ.λπ.) και επιφανειακών υδάτων για νέες χρήσεις νερού καθώς και της ποσοτικής επέκτασης αδειών υφιστάμενων χρήσεων νερού στα ΥΣ π. Σουλού (GR0902R0000010123H,	Στα Υδατικά συστήματα ρ. Σουλού (GR0902R0000010123H, GR0902R0000010124A), GR0900060 (GR0900061, GR0900062, GR0900063), GR0900050, GR0900340 επιτρέπεται η κατασκευή νέων υδροληπτικών έργων και ποσοτική επέκταση αδειών υφιστάμενων ως προς την ποσότητα με τις ακόλουθες προϋποθέσεις: – Η απόληψη αφορά σε ειδικές περιπτώσεις με προτεραιότητα στη χρήση πόσιμου ύδατος και σε έργα που θα οδηγήσουν σε μετρήσιμη απομείωση των απολήψεων από επιφανειακά και υπόγεια ΥΣ. – Η απόληψη για βιομηχανική χρήση, πλην της ενεργειακής, γίνεται μετά από τεκμηρίωση της εφαρμογής βέλτιστων πρακτικών ως προς την εξοικονόμηση και ανακύκλωση νερού στην παραγωγική διαδικασία (που δεν οδηγούν σε υπέρμετρο κόστος) με την υποβολή διαγράμματος ροής, ισοζυγίου χρήσης ύδατος-παραγωγής υγρών αποβλήτων και καθορισμό του τελικού αποδέκτη. – Η απόληψη για ενεργειακή χρήση και χρήση για τον υποβιβασμό της στάθμης για εξόρυξη υλοποιείται μετά από κατάθεση στη Δ/ση Υδάτων: α) του προβλεπόμενου προγράμματος αντλήσεων και επιστροφών ύδατος, για την περίοδο αδειοδότησης, με αναλυτική περιγραφή των θέσεων

Κωδικός	Όνομασία μέτρου	Συνοπτική Περιγραφή μέτρου
	GR0902R0000010124A) GR0900060 (GR0900061, GR0900062, GR0900063), GR0900050, GR0900340	<p>και προσδιορισμό ποσοτήτων νερού, που αντλούνται και επιστρέφονται, από τον εν λόγω Φορέα εντός της ΛΑΠ Αλιάκμονα, ανά χρήση, ανά υδατικό σύστημα και συνολικά.</p> <p>β) προγράμματος παρακολούθησης της ποσότητας των υδάτων στα επηρεαζόμενα ΥΣ, ήτοι μετρήσεις στάθμης στα ΥΥΣ και παροχής στα ΕΥΣ. Οι θέσεις μέτρησης και η συχνότητα μετρήσεων θα καθοριστούν από την αδειοδοτούσα αρχή.</p> <p>– Η απόληψη εντός των ζωνών των συλλογικών αρδευτικών δικτύων από νέα ατομική ή ομαδική γεώτρηση γίνεται μόνο για την ενίσχυση των αναγκών του συλλογικού αρδευτικού δικτύου, για θερμοκήπια, για καλλιέργειες με αρδευτικές ανάγκες εκτός της περιόδου λειτουργίας του αρδευτικού δικτύου και άλλες χρήσεις πλην της άρδευσης.</p> <p>Η ανόρυξη νέων γεωτρήσεων για αγροτική χρήση ρυθμίζεται κατά περίπτωση από τη Δ/ση Υδάτων λαμβάνοντας υπόψη γειτονικές υφιστάμενες γεωτρήσεις, τις λοιπές αιτήσεις για άδεια ανόρυξης, τις εναλλακτικές δυνατότητες υδροδότησης, καθώς επίσης και τις κατευθύνσεις της αγροτικής πολιτικής για την περιοχή.</p>
ΣΜ08-100	Ειδικές ρυθμίσεις για τις δραστηριότητες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στη ΛΑΠ Αλιάκμονα που σχετίζονται με επιφανειακά και υπόγεια Υδατικά Συστήματα	<p>Για το σύνολο των υδατικών συστημάτων, επιφανειακών και υπόγειων, που επηρεάζονται από το σύνολο δραστηριοτήτων που έχουν ως σκοπό την παραγωγή ενέργειας θα πρέπει εντός 2 ετών, με βάση τον ενεργειακό σχεδιασμό της χώρας, να καταρτιστεί ειδική μελέτη, η οποία θα περιλαμβάνει τουλάχιστον τα παρακάτω:</p> <ol style="list-style-type: none"> Ως προς τις εργασίες εξόρυξης ενεργειακών ορυκτών: <ul style="list-style-type: none"> το προβλεπόμενο πρόγραμμα εξέλιξης των εργασιών αυτών με βάση το θεσμοθετημένο σχεδιασμό παραγωγής ενέργειας από ενεργειακά ορυκτά για την επόμενη εξαετή περίοδο, προβλεπόμενες ποσότητες και θέσεις άντλησης και επιστροφών νερού ανά ΥΣ (υπόγειο και επιφανειακό). Ως προς τις θερμοηλεκτρικές εγκαταστάσεις: <ul style="list-style-type: none"> το προβλεπόμενο πρόγραμμα λειτουργίας αυτών (παραγωγής ενέργειας) με βάση το θεσμοθετημένο σχεδιασμό παραγωγής ενέργειας για την επόμενη εξαετή περίοδο, προβλεπόμενες ποσότητες και θέσεις άντλησης και επιστροφών νερού ανά μονάδα και ανά ΥΣ (υπόγειο και επιφανειακό). Την επίδραση των ανωτέρω προγραμμάτων απολήψεων και επιστροφών στην κατάσταση των υπόγειων και επιφανειακών υδατικών συστημάτων της περιοχής και στις λοιπές χρήσεις του κάθε ΥΣ. Εναλλακτικά σενάρια μέτρων – δράσεων για την αντιμετώπιση των επιπτώσεων αυτών λαμβάνοντας υπόψη τις τεχνολογικές εξελίξεις στον αντίστοιχο τομέα που θα περιλαμβάνει και οικονομική αξιολόγηση των εξεταζόμενων μέτρων με ανάλυση του κόστους και της αποδοτικότητάς τους. Ισοζύγιο απόληψης, κατανάλωσης και επιστροφών του συνόλου της δραστηριότητας παραγωγής θερμοηλεκτρικής ενέργειας ανά ΥΣ.
Έργα δομικών κατασκευών		
ΣΜ11-010	Αποπεράτωση κατασκευής Φράγματος Τριανταφυλλιάς	<p>Το φράγμα Τριανταφυλλιάς βρίσκεται 1,5 km, περίπου, ΝΔ του οικισμού Κάτω Υδρούσα επί του χειμάρρου Ασπρόρεμα. Το φράγμα θα είναι λιθόρριπτο με κεντρικό αδιαπέραστο πυρήνα, θα έχει ύψος 73m από τη θεμελίωση (υψόμετρο στέψης +844m), μήκος στέψης 510m περίπου και πλάτος στέψης 16m, ενώ θα κατακλύζει έκταση 486 στρεμμάτων περίπου και θα εξασφαλίζει αποθήκευση νερού συνολικού όγκου 10x10⁶ m³ περίπου. Επίσης, προβλέπεται η ενίσχυση του ταμιευτήρα του φράγματος από τη γειτονική λεκάνη Δροσοπηγής μέσω του ρουφράκτη Δροσοπηγής (σε απόσταση 0,8 km περίπου ΒΑ κατόντη του οικισμού Δροσοπηγής) και της διώρυγας εκτροπής προς τον ταμιευτήρα Τριανταφυλλιάς. Τα κύρια οικονομικά οφέλη από την κατασκευή του φράγματος αναμένεται να προέρχονται πρωτίστως από την αύξηση των αρδευόμενων εκτάσεων, ενώ δευτερευόντως από την κάλυψη των υδρευτικών αναγκών της πόλης της Φλώρινας με 2,0 εκ. m³/έτος. Αντίστοιχα, το κοινωνικό όφελος στην περιοχή είναι η αύξηση των αρδευόμενων εκτάσεων που θα αποτελέσει κίνητρο για τους κατοίκους να παραμείνουν στην περιοχή τους, ενώ με την ενίσχυση της ύδρευσης της πόλης της Φλώρινας θα λυθούν τα υδρευτικά προβλήματα της πόλης.</p> <p>Έχουν εγκριθεί οι περιβαλλοντικοί όροι του φράγματος με την ΥΑ οικ. 203732/26.09.2011 «Τροποποίηση και παράταση ισχύος της υπ. αριθ. οικ.106202/11.6.2001 ΚΥΑ Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων του έργου: Κατασκευή φραγμάτων πεδιάδας Φλώρινας» με ισχύ έως τις 30.06.2021. Τον Ιανουάριο του 2005 άρχισαν οι εργασίες κατασκευής του με προβλεπόμενη διάρκεια τους 55 μήνες, οι οποίες όμως σταμάτησαν με διάλυση της σύμβασης με την ανάδοχη εταιρεία το Φεβρουάριο του 2011. Σήμερα έχει υπογραφεί νέα σύμβαση και προχωράει η διαδικασία για την ολοκλήρωση</p>

ΣΧΕΔΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΩΝ ΛΕΚΑΝΩΝ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΠΟΤΑΜΩΝ ΤΟΥ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΟΣ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ (GR09)

Σχέδιο αντιμετώπισης φαινομένων λειψυδρίας και ξηρασίας με βάση τις αρχές του προληπτικού σχεδιασμού

Κωδικός	Όνομασία μέτρου	Συνοπτική Περιγραφή μέτρου
		του έργου.
ΣΜ11-020	Διερεύνηση για τον ορισμό Φ.Δ. φράγματος Περδίκκα και σύνταξη προδιαγραφών μελέτης σκοπιμότητας αξιοποίησης ή και καθαίρεσης φράγματος Περδίκκα	Το φράγμα Περδίκκα ολοκληρώθηκε το 1962, το φράγμα είναι χωμάτινο με κεντρικό πυρήνα, ύψους 22 m, όγκου 530.000 m ³ και μήκους στέψης 352 m. Κύριος του έργου είναι το ΥΠ.ΟΙΚ. ενώ δεν υπάρχει φορέας λειτουργίας/ συντήρησης/ παρακολούθησης του έργου. Το φράγμα εντοπίζεται στη λεκάνη απορροής του ρ. Σουλού, σε μικρή απόσταση ανάντη του οικ. Περδίκκα. Κατά την πρώτη πλήρωση του ταμιευτήρα και όταν η στάθμη του ταμιευτήρα είχε ανέλθει περίπου στα δύο τρίτα του ύψους του φράγματος αναπτύχθηκαν έντονες διαρροές, με αποτέλεσμα την ουσιαστική εκκένωση του ταμιευτήρα σε μικρό χρονικό διάστημα. Η διαρροή πραγματοποιήθηκε με διασωλήνωση και διάπλυση του 'στεγανού' αργιλο-μαργαϊκού σχηματισμού μέσα στις καρστικές διόδους των υποκείμενων ασβεστόλιθων. Λόγω της αδυναμίας του ταμιευτήρα να συγκρατήσει νερό για το σκοπό που κατασκευάστηκε το φράγμα, το γεγονός αυτό θεωρείται ως αστοχία. Κατά την αστοχία αυτή δεν τέθηκαν σε κίνδυνο ανθρώπινες ζωές ή περιουσίες. Προτείνεται να γίνει τεχνοοικονομική μελέτη για την αξιολόγηση της κατάστασης του φράγματος και της δυνατότητας αξιοποίησης του έργου για τους σκοπούς που κατασκευάστηκε. Η αξιοποίηση του έργου ενδέχεται να αποτελέσει ανακουφιστικό μέτρο ως προς το υδατικό ισοζύγιο του ρ. Σουλού. Ανάλογα με τα συμπεράσματα της μελέτης ως προς τυχόν απαιτούμενα έργα αποκατάστασης ή/και συνθήκες λειτουργίας του έργου και του κόστους αυτών σε σχέση με την ωφέλεια θα πρέπει να εξετασθεί και η εναλλακτική άρσης της υδρομορφολογικής αλλοίωσης (καθαίρεση φράγματος).
ΣΜ11-030	Μελέτη φράγματος Αλμωπαίου (Καλής), Ν.ΠΕΛΛΑΣ	Το φράγμα Αλμωπαίου (Καλής) στον ομώνυμο ποταμό της Π.Ε. Πέλλας, 5km βόρεια των οικισμών Προφήτη Ηλία και Καλής εκτείνεται κατά μήκος του ρου του π. Αλμωπαίου. Αποτελείται από μία στενή κοιλάδα, την οποία διαρρέει ο π. Αλμωπαίος, τροφοδοτούμενος από τις απορροές της ανάντη υδρολογικής λεκάνης της πεδινής και ορεινής Αλμωπίας, τις οποίες διοχετεύει κατάντη στην πεδιάδα Θεσσαλονίκης. Αποτελεί ένα σημαντικό υδραυλικό έργο υποδομής, το οποίο θα μπορεί να ρυθμίζει τη διάθεση 65.000.000 m ³ νερού για πολλαπλή χρήση. Η προβλεπόμενη να αρδευτεί έκταση είναι της τάξεως των 150.000 στρεμμάτων και οι απολήψεις εκτιμούνται σε 45 εκ. m ³ /έτος. Οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες έχουν αλλάξει το καθεστώς του υδάτινου ισοζυγίου και τις περιβαλλοντικές συνθήκες, τόσο στην περιοχή της πεδιάδας Αλμωπίας, όσο και στην περιοχή της πεδιάδας Θεσσαλονίκης, με αποτέλεσμα την υποβάθμιση και ελάττωση των ποιοτικών και ποσοτικών χαρακτηριστικών των διατιθέμενων υδατικών πόρων, που καλύπτουν όχι μόνο τις ανάγκες άρδευσης αλλά και τις πάσης φύσεως ανάγκες (π.χ. αντλήσεις υδάτων από τον υπόγειο υδροφόρα, επάρκεια οικολογικής παροχής κ.λπ.). Η δημιουργία ενός ταμιευτήρα στον π. Αλμωπαίο θα συμβάλει στην κάλυψη των ανωτέρω αναγκών και στην κάλυψη των απαιτούμενων υδατικών ποσοτήτων των κατάντη περιοχών της πεδιάδας, αλλά και για τη δημιουργία αποδεκτών περιβαλλοντικών συνθηκών π.χ. στην περιφερειακή τάφρο Θεσσαλονίκης και στον υπόγειο υδροφόρα. Η λειτουργία του ταμιευτήρα θα περιορίσει σημαντικά τις αντλήσεις του υπόγειου νερού που πραγματοποιούνται σήμερα για την εξυπηρέτηση των υδρευτικών ή/και αρδευτικών αναγκών στην ευρύτερη κατάντη περιοχή, με αποτέλεσμα το έργο να συμβάλει στην επίτευξη της καλής ποσοτικής κατάστασης.
ΣΜ11-040	Αποπεράτωση κατασκευής φράγματος Νεστορίου και λειτουργία αρδευτικού δικτύου	Το μέτρο αφορά στην αποπεράτωση της κατασκευής του φράγματος Νεστορίου, Π.Ε. Καστοριάς, ύψους θεμελίωσης 72m, με μήκος στέψης 270m, υψόμετρο στέψης +868m και όγκο φράγματος 2.060.000m ³ . Η μέγιστη στάθμη λειτουργίας του ταμιευτήρα είναι +862m, η ελάχιστη στάθμη λειτουργίας είναι +833m, η επιφάνεια στη μέγιστη στάθμη λειτουργίας είναι 823 στρέμματα, ο συνολικός όγκος ταμιευτήρα είναι 19,42 εκατ. m ³ , ο ωφέλιμος όγκος αποθήκευσης είναι 15,35 εκατ. m ³ και η μέση ετήσια απορροή είναι 144,4 εκατ.m ³ . Είναι σημαντικό να προχωρήσει και να ολοκληρωθεί η κατασκευή του και να επιταχυνθεί η έναρξη λειτουργίας του ώστε να προκύψουν τα οφέλη για το περιβάλλον και τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες που θα εξυπηρετηθούν με τη λειτουργία του έργου.
Εκπαιδευτικά Μέτρα		
ΣΜ15-010	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 την διοργάνωση εκπαιδευτικών ημερίδων και σεμιναρίων με έμφαση στα θέματα προστασίας του περιβάλλοντος και των γεωργικών εδαφών. Τα κείμενα των νομοθετημάτων (ΚΟΓΠ. Πολλαπλή Συμμόρφωση), εγκυκλίων κ.λπ. 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

Κωδικός	Όνομασία μέτρου	Συνοπτική Περιγραφή μέτρου
		που είναι η αρμονική σχέση παραγωγής και προστασίας των υδατικών συστημάτων.
ΣΜ15-020	Ενίσχυση Κέντρου Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης Περιφερειακών Ενοτήτων	<p>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:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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. Καστοριάς: "Οι Δρόμοι του Νερού - η Λίμνη της Καστοριάς", το "Βιοδείκτες - Εκτίμηση της Ποιότητας του Νερού" και το "Εργαστηριακές Ασκήσεις με Μικροσκόπιο". Επιπλέον, το Κ.Π.Ε. Καστοριάς αποτελεί συντονιστικό φορέα σε πανελλαδικό επίπεδο στο εθνικό δίκτυο περιβαλλοντικής εκπαίδευσης "Λίμνες: Πηγές έμπνευσης για προγράμματα Π.Ε." με αντικείμενο την οικολογική και κοινωνική διάσταση των περιβαλλοντικών προβλημάτων που αφορούν τις λίμνες και τις λεκάνες απορροής τους. • Κ.Π.Ε. Γρεβενών: "Βενέτικος Ποταμός". • Κ.Π.Ε. Μελίτης Φλώρινας: "Ταξίδι Στη Χώρα Των Λιμνών", το "Το Σχολείο Πάει Λίμνες", το "Νερό... με γεύση!", το "Οι διαδρομές του νερού στη λεκάνη της Πελαγονιάς". • Κ.Π.Ε.Βελβεντού - Σιάτιστας: "Τρέχει, τρέχει, τρέχει το νερό".
ΣΜ15-030	Δράσεις εκπαιδευτικού χαρακτήρα για τη προώθηση της ορθολογικής διαχείρισης των υδατικών πόρων.	<p>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:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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 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.
Έργα έρευνας, ανάπτυξης και επίδειξης (βέλτιστων πρακτικών)		
ΣΜ16-010	Εκπόνηση διερευνητικών μελετών για τον εμπλουτισμό υπόγειων υδροφορέων με επεξεργασμένο νερό από ΕΕΛ και Μονάδες Καθαρισμού Βιομηχανικών Αποβλήτων	<p>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, αλακία 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.</p>
ΣΜ16-020	Ολοκληρωμένες πράσινες πόλεις/INGREENCI	<p>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 αειφορικό 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.</p>

Κωδικός	Όνομασία μέτρου	Συνοπτική Περιγραφή μέτρου
ΣΜ16-030	Μελέτη αξιοποίησης διαχείρισης των αποβλήτων για λίπανση και άρδευση των αγροκτημάτων	<p>Αντικείμενο του προγράμματος είναι η διερεύνηση των ποσοτήτων νερού που μπορούν να αξιοποιηθούν για την άρδευση των καλλιεργειών της περιοχής. Θα ερευνηθεί η δυνατότητα ανάμειξης των επεξεργασμένων λυμάτων της Ε.Ε.Λ. Φλώρινας με καθαρό νερό για την άρδευση των καλλιεργειών με βάση τις ανάγκες και τις ιδιαιτερότητες της ευρύτερης περιοχής. Επίσης, θα σχεδιαστεί με καινοτόμες μεθόδους βελτιστοποίησης ένα συλλογικό αρδευτικό δίκτυο και θα ερευνηθεί ο τύπος του δικτύου με βάση τις ιδιαιτερότητες της περιοχής εφαρμογής. Όλα τα παραπάνω θα έχουν ως τελικό στόχο την αναζήτηση της βέλτιστης σχέσης κόστους – οφέλους με τη χρήση καινοτόμων μεθόδων αξιοποίησης των διαθέσιμων ποσοτήτων νερού της περιοχής.</p> <p>Η υλοποίηση του έργου, ως ακολούθως:</p> <p>Α' ΦΑΣΗ</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Διερεύνηση των ποσοτήτων νερού που μπορούν να αξιοποιηθούν από την ανάμειξη των επεξεργασμένων λυμάτων της Ε.Ε.Λ. Φλώρινας με καθαρό νερό για την άρδευση των καλλιεργειών με βάση τις ανάγκες και τις ιδιαιτερότητες της ευρύτερης περιοχής 2. Οριοθέτηση της περιοχής που θα αρδευτεί. 3. Καταγραφή των χρήσεων γης και της κατανομής των καλλιεργειών στην περιοχή έρευνας. <p>Β' ΦΑΣΗ</p> <ol style="list-style-type: none"> 4. Υπολογισμός της ειδικής παροχής άρδευσης για τις ανάγκες των καλλιεργειών. 5. Σχεδιασμός με καινοτόμες μεθόδους βελτιστοποίησης ενός συλλογικού αρδευτικού δικτύου και διερεύνησης του τύπου του με βάση τις ιδιαιτερότητες της περιοχής εφαρμογής. 6. Αναζήτηση της βέλτιστης σχέσης κόστους – οφέλους με τη χρήση καινοτόμων μεθόδων αξιοποίησης των διαθέσιμων ποσοτήτων νερού της περιοχής.
ΣΜ16-040	SSM Nature: Innovative space satellite monitoring of the environmental natural resources of cross-border area Greece-Albania (Region of Western Macedonia)	<p>Το έργο αποσκοπεί στην καθιέρωση μιας καινοτόμου και ταυτόχρονα οικονομικά αποδοτικής μεθόδου για την παρακολούθηση των φυσικών πόρων στα σύνορα Ελλάδας-Αλβανίας μέσω της μελέτης των περιβαλλοντικών μεταβολών και της σχέσης του τρίπτυχου ανθρώπινες δραστηριότητες-άγρια ζωή-φύση. Περιλαμβάνει δορυφορική παρακολούθηση των υδατικών πόρων για τον εντοπισμό ρύπανσης – χωρίς βέβαια να περιορίζεται μόνο σε αυτό. Στην περιοχή παρακολούθησης περιλαμβάνονται και οι λίμνες Πρέσπες και Καστοριάς. Ένας από τους στόχους του είναι και η αξιολόγηση της υφιστάμενης κατάστασης σε σχέση με τη ρύπανση των υδάτων.</p>
ΣΜ16-050	Εκπόνηση Εδαφολογικής μελέτης	<p>Εκπόνηση εδαφολογικών μελετών για όλες τις καλλιεργούμενες εκτάσεις του διαμερίσματος παράλληλα με τη συγκέντρωση και όσων έχουν εκπονηθεί στα πλαίσια κατασκευής εγγειοβελτιωτικών έργων. Δημιουργία βάσης δεδομένων εύκολα προσπελάσιμης από γεωτεχνικούς του δημοσίου και ιδιώτες καθώς και από κάθε αρμόδιο κρατικό φορέα που έχει την ευθύνη παροχής στοιχείων προς τρίτους (Ε.Ε. κ.λπ.). Ωφέλειες εφαρμογής θα είναι η ορθολογική χρήση λιπασμάτων και αρδευτικού νερού.</p>
Λοιπά μέτρα		
ΣΜ17-060	Βυθομέτρηση της λίμνης Μικρής Πρέσπας	<p>Η βυθομέτρηση της λίμνης Μικρής Πρέσπας, αποτελεί ένα συμπληρωματικό εργαλείο διαχείρισης, το οποίο θα διευκολύνει τη λήψη αποφάσεων της Επιτροπής Διαχείρισης Υγροτόπου (ΕΔΥ) του ΦΔΕΔΠ. Η ΕΔΥ είναι συμβουλευτική επιτροπή του ΔΣ του ΦΔΕΔΠ και σκοπός της είναι η παροχή συμβουλευτικής υποστήριξης και γνωματεύσεων στο Δ.Σ. του Φορέα Διαχείρισης του Εθνικού Πάρκου Πρεσπών σε θέματα που αφορούν στη διαχείριση των νερών, της υδροτοπικής βλάστησης και της ορνιθοπανίδας, στην εφαρμογή των διαχειριστικών μέτρων που αναφέρονται στο Σχέδιο-Οδηγό Αποκατάστασης και Διατήρησης των Υγρών Λιβαδιών (2007-2012), όπως αυτός έχει ενσωματωθεί στο Σχέδιο Διαχείρισης του Ε.Π.Α.Π. (Ιούλιο 2011), στην προώθηση προτάσεων προστασίας του περιβάλλοντος, καθώς και σε θέματα που αφορούν στη διασυννοριακή συνεργασία στους παραπάνω τομείς. Η βυθομέτρηση της λίμνης Μικρή Πρέσπα θα αποτελέσει ένα απαραίτητο εργαλείο κατ' αρχήν για τον καλύτερο υπολογισμό του υδατικού ισοζυγίου της λίμνης και συνεπώς θα συμβάλλει στην ορθότερη διαχείριση των νερών της. Η βυθομέτρηση παράλληλα θα συμβάλλει στην καλύτερη διαχείριση της υδρόβιας βλάστησης και ιδιαίτερα των καλαμιώνων και των υγρών λιβαδιών, δηλαδή των δύο εξαιρετικά σημαντικών οικοτόπων για το φώλιασμα και διατροφή των απειλούμενων υδρόβιων πουλιών, π.χ. Πελεκάνοι, λαγγόνες, ερωδιοί αλλά και τα ενδημικά ψάρια. Τέλος η βυθομέτρηση της Μικρής Πρέσπας θα πραγματοποιηθεί συμπληρωματικά με τη βυθομέτρηση της Μεγάλης Πρέσπας που είχε πραγματοποιηθεί στο παρελθόν ((ΙΓΜΕ, πρόγραμμα ΙΑΕΑ (International Atomic Energy Agency, 2000- 2002)).</p>

Κωδικός	Όνομασία μέτρου	Συνοπτική Περιγραφή μέτρου
ΣΜ17-070	Μελέτη υδρογεωλογικών χαρακτηριστικών της Ζώνης Α1 του Ε.Π.Α.Π.	<p>Το υποέργο αφορά στην εκπόνηση υδρογεωλογικής μελέτης της Ζώνης Α1 (Περιοχή Απόλυτης Προστασίας της Φύσης, περιοχή Σλάτινας Λαιμού – Οπάγιας) του Εθνικού Πάρκου Πρεσπών, η οποία θα συμβάλει στην κατανόηση της φυσικής ροής του νερού και στη βελτίωση και τη διαχείριση της λίμνης Μικρή Πρέσπα. Η αναγκαιότητα του συγκεκριμένου υποέργου πηγάζει από την έλλειψη ολοκληρωμένης επιστημονικής γνώσης για την υδρογεωλογία της περιοχής μεταξύ των δύο λιμνών. Σύμφωνα με την ήδη υπάρχουσα μελέτη με τίτλο «Μελέτη υδρολογίας, Μελέτη εκσυχρονισμού θυροφράγματος Κούλας και Μελέτη Διαχείρισης Στάθμης Λίμνης Μικρής Πρέσπας, Α΄ Φάση». Καραβοκύρης Ι. και Συνεργάτες Σύμβουλοι Μηχανικοί Ε.Π.Ε.. Ιούλιος 2003, είναι γνωστό ότι εκτός από την υπερχείλιση της Μικρής Πρέσπας στη Μεγάλη, υπάρχουν και υπόγειες διαφυγές από τη λωρίδα γης ανάμεσα στις δύο λίμνες, καθώς υπάρχει διαφορετικό υψόμετρο (και συνεπώς διαφορά υδραυλικού δυναμικού) ενώ και το έδαφος αποτελείται από γεωλογικά κορήματα. Η προτεινόμενη μελέτη αποτελεί βραδικό εργαλείο διαχείρισης για την Επιτροπή Διαχείρισης Υγροτόπου (Ε.Δ.Υ.) του ΦΔΕΔΠ, η οποία είναι συμβουλευτική επιτροπή στο ΔΣ του ΦΔΕΔΠ σε θέματα διαχείρισης νερών, βλάστησης του υγροτόπου και διαχείρισης της ορνιθοπανίδας, σύμφωνα με το Σχέδιο-Οδηγό Αποκατάστασης και Διατήρησης των Υγρών Λιβαδιών (2007-2012), η κατανόηση της αλληλεπίδρασης του υπόγειου υδροφόρου με τις λίμνες θα παρέχει τα απαιτούμενα στοιχεία για τον υπολογισμό των υπόγειων διαφυγών και της ελάχιστης στάθμης του υδροφόρου ώστε να μην επηρεάζεται αρνητικά η στάθμη της Μικρής Πρέσπας, τα οποία είναι απαραίτητα για τη διαχείριση της στάθμης του υγροτόπου που γίνεται υπό την εποπτεία της Επιτροπής Διαχείρισης Υγροτόπου του ΦΔ και μέσω του θυροφράγματος της Κούλας. Για τη διερεύνηση της υδραυλικής αγωγιμότητας του εδάφους ανάμεσα στις δύο λίμνες απαιτείται έρευνα που στα πλαίσια της υδρογεωλογικής μελέτης θα εστιάσει στην εκτίμηση του μέσου ετήσιου ισοζυγίου, στην εποχιακή διακύμανση της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα και την αλληλεπίδραση της στάθμης του με τη στάθμη της Μικρής και της Μεγάλης Πρέσπας. Με τον τρόπο αυτό θα προστατευτεί το υδατικό ισοζύγιο των υπόγειων νερών και θα διασφαλιστεί η αειφόρος χρήση του σε συνδυασμό με την υφιστάμενη διαχείριση της στάθμης της Μικρής Πρέσπας που εφαρμόζεται από το 2005 από το ΦΔΕΔΠ. Η υλοποίηση της μελέτης θα πραγματοποιηθεί με Προγραμματική Σύμβαση με την Περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας.</p>
ΣΜ17-110	Αξιολόγηση της διπλής χρήσης της Ενωτικής διώρυγας Αλιάκμονα – Αξιού σε σχέση με την κατασκευή ξεχωριστού αγωγού για την ύδρευση του ΠΣ Θεσσαλονίκης.	<p>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).</p> <p>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 μεταφερόμενη για την ύδρευση της πόλης ποσότητα νερού, να διπλασιαστεί, φτάνοντας τα 3,5m³/sec περίπου. Παράλληλα, κατά τη διάρκεια της αρδευτικής περιόδου μεταφέρει και αρδευτικό νερό (400-450 εκ. m³ ανά αρδευτική περίοδο), για την τροφοδοσία της πεδιάδας Θεσσαλονίκης. Η διώρυγα παρουσιάζει 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 150.000 m³/έτος, περίπου. Τα ως άνω προβλήματα εμφανίζονται λόγω της τεχνικής αδυναμίας του ΓΟΕΒ Πεδιάδας Θεσσαλονίκης–Λαγκαδά συντήρησης εν λειτουργία της διώρυγας, καθώς δεν μπορεί να γίνει διακοπή της συνεχούς παροχέτευσης των 2 m³/sec νερού για την υδροδότηση της Θεσσαλονίκης. Ως αποτέλεσμα, από το 2003, οπότε άρχισε να εξυπηρετεί την ύδρευση Θεσσαλονίκης, δεν έχει γίνει ουσιαστικά ευρεία 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 η 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 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, δημοπράτησης για την επικαιροποίηση των συμπερασμάτων της διερεύνησης εναλλακτικών</p>

Κωδικός	Ονομασία μέτρου	Συνοπτική Περιγραφή μέτρου
		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. 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) ως ακραία (-Δ) είναι περί το 40%.

- **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 αντανakλούν 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 αντανakλούν 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 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 του 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 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 υπαλμύρισης των υπογείων νερών**

Η υπαλμύριση 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 υπαλμύριση 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 υπαλμύρισης. Τα ειδικά μέτρα που προτείνονται για τις περιοχές αυτές είναι:

ΜΕΤΡΟ 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 υπαλμύρισης ή ανάμειξης προς το εσωτερικό τμήμα του συστήματος) του φαινομένου υπαλμύρισης. 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 έκτακτα μέτρα που προτείνονται για την αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών, οικονομικών και κοινωνικών επιπτώσεων από την λειψυδρία και την ξηρασία στο ΥΔ 09 παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 8-4).

Πίνακας 8-4 Έκτακτα μέτρα για την αντιμετώπιση της λειψυδρίας σε περιόδους ξηρασίας

Κατηγορία Μέτρου	Κωδικός	Ονομασία μέτρου	Περιγραφή μέτρου	Κατάσταση Ξηρασίας	Κατηγορία 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 υπόγειου νερού προς ύδρευση 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 ΥΣ είναι δυνατό να αυξηθεί λόγω της μείωσης των αποθεμάτων τους. Αυτά τα ΥΣ πρέπει να ταυτοποιηθούν και να γίνει έλεγχος για την το αν πληρούν τις απαραίτητες προϋποθέσεις, σύμφωνα με την υπ' αριθμ. Υ2/2600/2001 κοινή υπουργική απόφαση, για τη χορήγηση παρεκκλίσεων. Στην περίπτωση που η συγκέντρωση τοξικών ουσιών (όπως As, Cr, κ.λπ.) είναι ιδιαίτερα υψηλή, απαιτείται η διερεύνηση/εφαρμογή εναλλακτικών λύσεων προμήθειας νερού.	Έκτακτη κατάσταση	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 ή ξηρασίας\Συναγερμός\Έκτακτη κατάσταση\ Τέλος ξηρασίας	Οργανωτικά μέτρα
Έλεγχοι εκπομπής ρύπων	EM05-1	Λήψη περιοριστικών μέτρων στις περιοχές ΥΣ που παρουσιάζουν κακή ποιοτική κατάσταση λόγω υπαλύμρινσης. Ορισμός ζωνών περιορισμού κατασκευής νέων υδροληπτικών	Στα παράκτια ΥΣ που έχει προσδιοριστεί ότι βρίσκονται σε κακή ποιοτική κατάσταση λόγω υπαλύμρινσης που προέρχεται από ανθρώπινες πιέσεις (υπεραντλήσεις) λαμβάνονται περιοριστικά μέτρα για την κατασκευή νέων υδροληπτικών έργων (γεωτρήσεις, πηγάδια) υπόγειων νερών , για την επέκταση των αδειών υφιστάμενων χρήσεων, για τη μείωση των ωρών άντλησης και τον καθορισμό μέγιστης απολήψιμης ποσότητας (αφορούν τη ζώνη ανάμειξης γλυκού και αλμυρού νερού και την εκατέρωθεν ζώνης καθαρού νερού) καθώς και	Προειδοποίηση ή ξηρασίας\Συναγερμός\Έκτακτη κατάσταση\ Τέλος ξηρασίας	Προληπτικά και στρατηγικά μέτρα

Κατηγορία Μέτρου	Κωδικός	Ονομασία μέτρου	Περιγραφή μέτρου	Κατάσταση Ξηρασίας	Κατηγορία μέτρων αντιμετώπισης
		έργων υπόγειων νερών και επέκτασης αδειών υφισταμένων χρήσεων. Εντατικοποίηση των ελέγχων και επιβολή κυρώσεων.	απαγορευτικά μέτρα που αφορούν στη ζώνη υφαλμύρισης. Οι ανωτέρω περιορισμοί αποσκοπούν στον περιορισμό της επέκτασης της υφαλμύρισης στα παράκτια συστήματα καθώς το φαινόμενο της διαχρονικά "εγκατεστημένης" υφαλμύρισης σε ένα παράκτιο υδατικό σύστημα είναι, ιδιαίτερα δύσκολο, αναστρέψιμο. 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. 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 επιδύρωση φαινομένων υφαλμύρισης ΥΥΣ, συνεπώς η ανάγκη για την αναγνώριση αυτών και την προστασία τους είναι επιτακτική.		
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 μέτρα για την επαναφορά αυτών στην προηγούμενη κατάσταση.	Τέλος ξηρασίας	Μέτρα αποκατάστασης
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, με συχνότητα μεγαλύτερη των 2/ έτος τουλάχιστον 2 φορές το χρόνο και εφαρμογή των προβλεπόμενων κυρώσεων σε περιπτώσεις παραβάσεων.	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

Κατηγορία Μέτρου	Κωδικός	Ονομασία μέτρου	Περιγραφή μέτρου	Κατάσταση Ξηρασίας	Κατηγορία μέτρων αντιμετώπισης
Μέτρα αποτελεσματικότητας και επαναχρησιμοποίησης	EM10-2	Αξιοποίηση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων για συμπληρωματικές χρήσεις (άρδευση, βιομηχανία, πράσινο)	Πρωώθηση 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 ή ξηρασίας \ Συν αγερμός \ Εκτακτη κατάσταση	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 τους ίδιους τους εκπαιδευτικούς κάθε τάξης εφόσον έχει προετοιμαστεί κατάλληλο εκπαιδευτικό υλικό. Σε περιόδους ξηρασίας \ λειψυδρίας η εφαρμογή του μέτρου πρέπει να εντατικοποιείται	Προειδοποίηση ή ξηρασίας \ Συν αγερμός \ Εκτακτη κατάσταση	Επιχειρησιακά μέτρα
Εκπαιδευτικά μέτρα	EM15-3	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 ή ξηρασίας \ Συν αγερμός \ Εκτακτη κατάσταση	Προληπτικά και στρατηγικά μέτρα
Εκπαιδευτικά μέτρα	EM15-4	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 συμπεριφορές που θα συμβάλλουν στην προστασία της οικολογικής ισορροπίας και της ποιότητας ζωής και θα εξασφαλίζουν την βιώσιμη ανάπτυξη. Προς αυτή την κατεύθυνση 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	Προειδοποίηση ή ξηρασίας \ Συν αγερμός \ Εκτακτη κατάσταση	Επιχειρησιακά μέτρα

Κατηγορία Μέτρου	Κωδικός	Ονομασία μέτρου	Περιγραφή μέτρου	Κατάσταση Ξηρασίας	Κατηγορία μέτρων αντιμετώπισης
			εφαρμογή του μέτρου πρέπει να εντατικοποιείται		
Μέτρα αποτελεσματικότητας και επαναχρησιμοποίησης	EM10-3	Πρόγραμμα Επιδοτήσεων / Κινήτρων για την Ανακύκλωση Ημιακάθαρτων Νερών	Προτείνεται η έναρξη προγράμματος επιδότησης εγκατάστασης συστημάτων ανακύκλωσης ημιακάθартου 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)	EM16-1	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. Επειδή τα έργα αυτά είναι τεχνικής φύσης συνήθως είναι χρονοβόρα. Προτείνεται η άμεση εφαρμογή τους στο στάδιο προειδοποίησης ξηρασίας.	Προειδοποίηση ξηρασίας /Συναγερμός	Επιχειρησιακά μέτρα
	EM17-1	Αποκατάσταση περιοχών με επιδείνωση της ποιοτικής κατάστασης λόγω υφαιμύρισης	Μετά από τη λήξη του φαινομένου της ξηρασίας θα πρέπει να ληφθούν μέτρα για την επαναφορά των ΥΥΣ στην προηγούμενη κατάσταση.	Τέλος ξηρασίας	Μέτρα αποκατάστασης

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 4ταμιευτήρων και υδροφορέων
- Αφαλάτωση
- Χρήση άλλων αναξιοποίητων έως 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 ννοικοκυριά, 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 υδατικού διαμερίσματος και ειδικότερα στον Πολύφυτο και τον Ιλαρίωνα. Με δεδομένο ότι ο ταμιευτήρας του Ιλαρίωνα με ωφέλιμο όγκο 398,5 hm³, 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 hm³ 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

4 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 hm³, 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 ΥΔΟ9 λειτουργεί ή πρόκειται να λειτουργήσει ένας σημαντικός αριθμός ταμιευτήρων με μεγάλη χωρητικότητα. Το σύνολο αυτών των ταμιευτήρων θα πρέπει να αξιολογηθεί έτσι ώστε σε ακραία φαινόμενα ξηρασίας να συμμετάσχει 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 χρήση νερού μόνο για άρδευση (π.χ. φράγματα Καλής, Ασπροκκλησιάς) να επανεξεταθεί η άδεια χρήση ώστε να χρησιμοποιηθούν και για ύδρευση. Επίσης, σε φράγματα πολλαπλού σκοπού (ύδρευσης, άρδευσης, παραγωγή ενέργειας, κλπ) θα πρέπει να καθοριστεί η κατανομή των χρήσεων με κύρια προτεραιότητα την ύδρευση. Τέλος, σε περιοχές με υψηλό δείκτη λειψυδρίας όπως η υπολεκάνη της πεδιάδας Κατερίνης 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 των ΕΕΛ, ιδίως όππου 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.

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:

- ο επιπτώσεις από την χρήση της ενέργειας και
- ο 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 πεδιάδας Κατερίνης, 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 ΥΥΣ, τα οποία αποτελούν τα αποθέματα ασφαλείας σε περίπτωση λειψυδρίας ή άμεσης ανάγκης που οφείλεται σε άλλο φυσικό φαινόμενο.

Οι εναλλακτικές λύσεις που διερευνώνται για την εκμετάλλευση των στρατηγικών αποθεμάτων είναι:

- επαναπροσδιορισμός των απολήψεων από τα ΥΥΣ,
- ανόρυξη νέων υδρογεωτρήσεων.

Όταν η υδροληψία για την κάλυψη υδρευτικών κυρίως αναγκών, γίνεται από τις εκφορτίσεις μεγάλων πηγών, που εντάσσονται στην κατηγορία των πηγών υπερπλήρωσης, είναι απαραίτητη η **σύνταξη υδρογεωλογικής μελέτης για την επιλογή της βέλτιστης θέσης ανόρυξης υδρογεωτρήσεων**, οι οποίες θα μπορούν να ενεργοποιηθούν άμεσα σε περίπτωση ξηρασίας/λειψυδρίας.

Παρακάτω εξετάζεται η δυνατότητα αύξησης των απολήψεων ανά ΥΥΣ σε περίοδο λειψυδρίας με την ανόρυξη νέων υδρογεωτρήσεων.

Τα υπόγεια υδατικά συστήματα που παρέχουν τη δυνατότητα για περαιτέρω εκμετάλλευση σε κατάσταση λειψυδρίας είναι:

α) αυτά που παρουσιάζουν σημαντική -θετική- διαφορά μεταξύ της ανανεώσιμης και της αντλούμενης 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) τα δευτερεύοντα υδατικά συστήματα.

Το ΥΔ GR09 περιλαμβάνει:

- πέντε κύρια καρστικά συστήματα και τέσσερα υποσυστήματα με μεγάλο όγκο ανανεώσιμων αποθεμάτων. Τα συστήματα αυτά έχουν -στο σύνολό τους- καλή ποιοτική και ποσοτική κατάσταση, θετικό ισοζύγιο (διαφορά ανανεώσιμων αποθεμάτων και αντλούμενων ποσοτήτων) και δέχονται μικρές έως αμελητέες πιέσεις, καθώς έχει ανορυχθεί μικρός αριθμός υδρογεωτρήσεων. Στα συστήματα αυτά, τα οποία αποτελούν σημαντική πηγή για την κάλυψη των αναγκών σε νερό, έχουν κατασκευαστεί υδρομαστεύσεις σε επιλεγμένες θέσεις καρστικών πηγών.

Τα συστήματα αυτά μπορούν χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή νερού σε περίοδο λειψυδρίας είτε για την κάλυψη των αναγκών που καταγράφονται στην έκταση του συστήματος είτε των αναγκών γειτονικών περιοχών. Αυτό μπορεί να γίνει με την υδρομάστευση της υπερχείλισης των ήδη υδρομαστευμένων πηγών, με την παραγωγή νερού για τεχνητό εμπλουτισμό γειτονικού συστήματος, με τη διάτρηση υδρογεωτρήσεων ή με την εφαρμογή άλλων τεχνικών (ενδεικτικά αναφέρεται: διάτρηση σηράγγων σε επιλεγμένες θέσεις). Σημαντικό πρόβλημα κατά την αξιοποίηση των υπόψη συστημάτων

αποτελεί το έντονο (συνήθως) μορφολογικό ανάγλυφο και η βαθιά στάθμη υδροφορίας. Για την επιλογή της βέλτιστης λύσης απαιτείται η σύνταξη ειδικής υδρογεωλογικής μελέτης.

- εννέα κύρια κοκκώδη υπόγεια υδατικά συστήματα, τα οποία παρουσιάζουν καλή ποιοτική κατάσταση με εξαίρεση το GR0900060, το οποίο έχει κακή ποιοτική κατάσταση και, καλή ή κακή, κατά περίπτωση ποσοτική κατάσταση.
- δύο κύρια κοκκώδη υπόγεια υδατικά συστήματα (GR0900150: κοκκώδες Κατερίνης και GR0900160: κοκκώδες Κολινδρού), καθώς και το κοκκώδες υποσύστημα Λιτοχώρου (GR0900141) τα οποία παρουσιάζουν φαινόμενο υφαλμύρισης στην παράκτια ζώνη.
- είκοσι (δευτερεύοντα) τοπική σημασίας συστήματα.

Ακολουθεί μία σύντομη αναφορά στη δυνατότητα χρήσης νερού από κάθε υπόγειο υδατικό σύστημα σε περίπτωση λειψυδρίας. Επισημαίνεται ότι για τη βέλτιστη επιλογή της μεθοδολογίας που θα υιοθετηθεί και της βέλτιστης τεχνικής λύσης, απαιτείται η σύνταξη υδρογεωλογικής μελέτης διαχείρισης υπόγειου υδατικού δυναμικού σε περίπτωση λειψυδρίας.

α) Καρστικά Υπόγεια Υδατικά Συστήματα/Υποσυστήματα με θετικό ισοζύγιο, καλή ποιοτική και ποσοτική κατάσταση

Στην κατηγορία αυτή εντάσσονται τα καρστικά συστήματα/υποσυστήματα τα οποία αναπτύσσονται στο ΥΔ GR09. Η εκμετάλλευση των υπόψη συστημάτων μπορεί να γίνει και στα τρία στάδια λήψης μέτρων (pre-alert, alert, extreme status).

Απαιτείται ο σχεδιασμός των μεθόδων εκμετάλλευσης έτσι ώστε να επιλεγεί η βέλτιστη τεχνικοοικονομική λύση, η συστηματική καταγραφή των ποιοτικών και ποσοτικών χαρακτηριστικών τους για όλο το διάστημα εκμετάλλευσης και ο σχεδιασμός μέτρων αποκατάστασης εφόσον αυτό κριθεί αναγκαίο. Τα συστήματα αυτά είναι:

- **GR09AF010: Τρικλαρίου - Πρεσπών**, το οποίο διακρίνεται σε τρία υποσυστήματα:
 - το υποσύστημα GR09AF011: Τρικλαρίου Καστοριάς το οποίο εκφορτίζεται στις καρστικές πηγές Γάββρου, Κορομηλιάς και Λεύκης
 - το υποσύστημα GR09AF012: Πρεσπών, το οποίο εκφορτίζεται στις καρστικές πηγές Πόγραδετς Αλβανίας και Αγ. Ναούμ της π.Γ.Δ.Μ.
 - το υποσύστημα GR09AF015: καρστικό Απόσκεπου - Κεφαλαρίου, το οποίο εκφορτίζεται στις ομώνυμες καρστικές πηγές.

Τα ανανεώσιμα αποθέματα των παραπάνω υποσυστημάτων είναι ιδιαίτερα σημαντικά, η εκμετάλλευσή τους όμως μέσω ανόρυξης υδρογεωτρήσεων είναι ιδιαίτερα δύσκολη, όπως δύσκολη είναι και η μεταφορά νερού, λόγω του έντονου μορφολογικού αναγλύφου. Εναλλακτικά θα μπορούσε να διερευνηθεί η δυνατότητα κατασκευής σήραγγας. Επισημαίνεται ότι η εκμετάλλευση των παραπάνω υδροφορέων θα πρέπει να γίνει μόνο μετά από τη σύνταξη τεκμηριωμένης υδρογεωλογικής μελέτης με ιδιαίτερη προσοχή στο υποσύστημα GR09AF012 το οποίο εκφορτίζει σε πηγές γειτονικών χωρών.

- **GR0900070: ΝΔ Βερμίου - Ασκίου Όρους Κοζάνης**, στο οποίο εντάσσεται ο καρστικός υδροφορέας του ΝΔ Βερμίου - Ασκίου όρους. Ο υδροφορέας αυτός παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον λόγω της έκτασης που έχει και του σημαντικού όγκου των ανανεώσιμων αποθεμάτων. Όπως και παραπάνω, η ανόρυξη υδρογεωτρήσεων και η μεταφορά νερού είναι ιδιαίτερα δύσκολη λόγω του έντονου μορφολογικού αναγλύφου.

Οι καρστικοί υδροφορείς Λευκοπηγής Κοζάνης και Αργίλου Πρωτοχωρίου, χαρακτηρίζονται ως τοπικής σημασίας και εκφορτίζονται στις ομώνυμες καρστικές πηγές. Τα συστήματα αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κάλυψη τοπικών αναγκών, εκτιμάται όμως ότι η εντατική εκμετάλλευσή τους είναι δυνατό να οδηγήσει στην άμεση ποσοτική υποβάθμισή τους. Προτείνεται η εντατικοποίηση της χρήσης τους να γίνει μόνο στα στάδια alert - extreme status.

- **GR090F090: ΒΑ Βερμίου Όρους**, το οποίο αποτελείται από καρστικούς υδροφορές με σημαντική έκταση και υδατοαποθηκευτικότητα. Το σύστημα αυτό, στο οποίο έχει ανορυχθεί πολύ μικρός αριθμός

υδρογεωτρήσεων λόγω του έντονου μορφολογικού αναγλύφου, μπορεί να αποτελέσει εναλλακτική πηγή άντλησης νερού μόνο στα στάδια alert και extreme status. Προς το σκοπό αυτό απαιτείται η σύνταξη υδρογεωλογικής μελέτης για τον καθορισμό της μεθοδολογίας άντλησης.

Οι μικρότεροι υδροφορείς Κερασιάς - Σαρακηνών - Μεγαπλατάνου Σεβαστιανών Πέλλας και Μαρίνας Ημαθίας, είναι μικρής υδροδυναμικότητας, εκφορτίζονται στις ομώνυμες καρστικές πηγές και μπορούν να καλύψουν τοπικές ανάγκες, στα στάδια alert και extreme status.

- **GR0900100: Κεντρικού - Ανατολικού Βερμίου Όρους**, όπου εντάσσονται τέσσερις καρστικοί υδροφορείς με σημαντικότερο τον υδροφορέα του Κεντρικού Ανατολικού Βερμίου (Νάουσα), εκφορτίζεται στις πηγές Αγ. Νικολάου ($\bar{Q}=2196$ L/sec). Η υπερχείλιση των υπόψη πηγών διηθείται εκ νέου στην υπόγεια υδροφορία μέσω των κατάντη, υδροπερατών τραβερτινών και αποδίδεται στις πηγές Αριστοτέλη ($\bar{Q}=304$ L/sec) και Κοπανού ($\bar{Q}=185,5$ L/sec).

Ο υπόψη καρστικός υδροφορέας μπορεί να καλύψει έκτακτες ανάγκες σε περίοδο λειψυδρίας, απαιτείται όμως η σύνταξη υδρογεωλογικής μελέτης για τον καθορισμό της βέλτιστης μεθοδολογίας εκμετάλλευσης σε συνδυασμό με το γεγονός ότι η ποσότητα που αφαιρείται από τον υπόψη υδροφορέα θα "στερηθεί" από τους κατάντη προσχωματικούς υδροφορείς.

Οι καρστικοί υδροφορείς Ερμακιάς, Μπέλλα-Ρέκα και Γκιώνας, εκφορτίζονται στις ομώνυμες πηγές, οι οποίες χρησιμοποιούνται για την ύδρευση κοντινών δήμων. Η εκμετάλλευση αυτών μπορεί να γίνει, μετά από τη σύνταξη λεπτομερούς υδρογεωλογική μελέτης για τον καθορισμό των απολήψιμων ποσοτήτων αλλά και της βέλτιστης μεθοδολογία, κυρίως σε στάδια alert και extreme status.

- **GR0900110: Νοτιοανατολικού Βερμίου (Βέροια)**, ο οποίος έχει μεγάλη υδατοαποθηκευτικότητα, εκφορτίζεται σε μία σειρά καρστικών πηγών (περίπου 24) ενώ υπάρχουν 14 υδρευτικές γεωτρήσεις. Οι σημαντικότερες πηγές είναι οι πηγές Βέροιας ($\bar{Q}=882$ L/sec) και Γεωργιανών ($\bar{Q}=333$ L/sec), οι οποίες παρουσιάζουν σταθερή παροχή και οι πηγές Στρατοπέδου ($\bar{Q}=164$ L/sec) και Τριπόταμου ($\bar{Q}=473$ L/sec), οι οποίες παρουσιάζουν μικρή μείωση της παροχής. Η εκμετάλλευση του καρστικού αυτού συστήματος μπορεί να γίνει μετά από τη σύνταξη λεπτομερούς υδρογεωλογικής μελέτης για τον καθορισμό των απολήψιμων ποσοτήτων, της βέλτιστης μεθοδολογίας αλλά και της επίδρασης που θα έχει στους κατάντη υδροφορείς.
- **GR0900140: Λιτοχώρου**. Το σύστημα Λιτοχώρου περιλαμβάνει ένα κοκκώδες (GR0900141) και ένα καρστικό (GR0900142) υποσύστημα. Το καρστικό υποσύστημα τροφοδοτεί το κοκκώδες, το οποίο βρίσκεται σε καθεστώς υπεράντλησης, ενώ τοπικά καταγράφονται φαινόμενα υφαλμύρισης. Στο σύστημα αυτό προτείνεται η διερεύνηση μεθόδων τεχνητού εμπλουτισμού στο στάδιο "κανονικών συνθηκών" καθώς η μελέτη και η εφαρμογή του απαιτεί τη σύνταξη ειδικών υδρογεωλογικών και υδροχημικών μελετών τεχνητού εμπλουτισμού. Η εφαρμογή της μεθόδου τεχνητού εμπλουτισμού είναι δυνατό να αφορά τα κοκκώδη συστήματα Κολινδρού - Κατερίνης και το κοκκώδες υποσύστημα Λιτοχώρου. Επισημαίνεται ότι η αύξηση των απολήψεων από το καρστικό υποσύστημα Λιτοχώρου σε περίπτωση λειψυδρίας, χωρίς να έχει προηγηθεί έργο εμπλουτισμού, θα οδηγήσει σε περαιτέρω υποβάθμιση των ποιοτικών και ποσοτικών χαρακτηριστικών του υδροφορέα.

β) Κοκκώδη Υπόγεια Υδατικά συστήματα με θετικό ή οριακά θετικό ισοζύγιο, καλή ποιοτική και ποσοτική κατάσταση

Στην κατηγορία αυτή εντάσσονται τα κύρια, κοκκώδη, υπόγεια υδατικά συστήματα, τα οποία παρουσιάζουν καλή ποιοτική και ποσοτική κατάσταση με τοπικές εξαιρέσεις. Στην κατηγορία αυτή εντάσσονται τα παρακάτω συστήματα:

- **GR0900020: κοκκώδες Καστοριάς**, στο οποίο διακρίνονται δύο υποσυστήματα
 - το υποσύστημα GR0900021: κοκκώδες Καστοριάς, το οποίο κατά θέσεις παρουσιάζει πτώση στάθμης. Επειδή το υπόψη υποσύστημα συνδέεται με την λίμνη Καστοριάς, προτείνεται: α) στο στάδιο pre-alert, η αξιοποίηση της υπερχείλισης του μετώπου των πηγών Βέργας και η διερεύνηση της δυνατότητας διάνοιξης υδρογεωτρήσεων στο βραχώδη περιβάλλοντα όγκο του GR090F300

και β) μόνο στο στάδιο alert η διάτρηση νέων υδρογεωτρήσεων με ταυτόχρονη παρακολούθηση της στάθμης της λίμνης.

- το υποσύστημα GR0900022: κοκκώδες Μεσοποταμίας - Χιλιόδενδρου, παρουσιάζει καλή ποιοτική και ποσοτική κατάσταση με θετικό ισοζύγιο και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την άντληση μεγαλύτερης ποσότητας νερού στο στάδιο alert. Και στην περίπτωση αυτή απαιτείται η παρακολούθηση της στάθμης της λίμνης.
- **GR0900030: κοκκώδες Γρεβενών**, το οποίο παρουσιάζει καλή ποιοτική και ποσοτική κατάσταση και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για περαιτέρω άντληση υπόγειου νερού κατόπιν ειδικής υδρογεωλογικής μελέτης χωρίς να θιγεί η εξυπηρέτηση της ύδρευσης τοπικών Δήμων και οικισμών.
- **GR090F040: κοκκώδες Φλώρινας**, το οποίο παρουσιάζει καλή ποιοτική και ποσοτική κατάσταση και θετικό ισοζύγιο. Εκτιμάται ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή νερού.

GR0900120: κοκκώδες Αλμωπαίου, το οποίο παρουσιάζει καλή ποιοτική κατάσταση και κακή ποσοτική κατάσταση. Για την αντιμετώπιση των προβλημάτων νερού σε περίπτωση λειψυδρίας στο υπόψη υδατικό σύστημα προτείνεται κατά προτεραιότητα η χρησιμοποίηση (υδρομάστευση πηγών, διάνοιξη υδρογεωτρήσεων) του υπόγειου υδατικού δυναμικού του ρωγματικού GR090F270 - ρωγματικού Αριδαίας, το οποίο αναπτύσσεται βόρεια του υπόψη κοκκώδους συστήματος, του ρωγματικού συστήματος GR0900260 (ρωγματικό Αλμωπίας) το οποίο αναπτύσσεται νότια και του καρστικού GR090F090, το οποίο αναπτύσσεται στα δυτικά (στάδιο pre-alert).

Θα πρέπει να αποφευχθεί η διάνοιξη νέων υδρογεωτρήσεων με εφαρμογή του άρθρου 4, παράγραφος 6 της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ, καθώς η διαδικασία αυτή θα οδηγήσει σε περαιτέρω ποσοτική υποβάθμιση το υπόψη σύστημα (στάδιο alert).

- **GR0900130: κοκκώδες Κάτω ρου Αλιάκμονα**, το οποίο παρουσιάζει καλή ποιοτική κατάσταση με τοπικές εξαιρέσεις και κακή ποσοτική κατάσταση. Η περαιτέρω χρησιμοποίηση του υπόγειου υδατικού δυναμικού του υπόψη συστήματος θα οδηγήσει σε περαιτέρω υποβάθμιση αυτού και μπορεί να γίνει μόνο σε περιοχές όπου δεν καταγράφεται πτώση στάθμης (στάδιο alert και extreme status).

γ) Υπόγεια Υδατικά Συστήματα με ποιοτική ή/και ποσοτική υποβάθμιση

Στην κατηγορία αυτή εντάσσονται τα παρακάτω υπόγεια υδατικά συστήματα, για τα οποία κατά προτεραιότητα προτείνεται, σε περίπτωση λειψυδρίας, μεγαλύτερες ποσότητες από το αντλούμενο νερό, μπορούν να διοχετευθούν άμεσα στις χρήσεις προτεραιότητας (ύδρευση) μειώνοντας τις επιστροφές.:

- **GR0900050: κοκκώδες Αμυνταίου**, το οποίο παρουσιάζει καλή ποιοτική κατάσταση με τοπικές εξαιρέσεις και κακή ποσοτική κατάσταση, η οποία οφείλεται στην άντληση υπογείων νερών για την, εν ξηρώ, εξόρυξη του λιγνίτη (η μεγαλύτερη ποσότητα των οποίων επιστρέφει στο επιφανειακό υδατικό σύστημα και επαναχρησιμοποιείται) και λόγω της γεωργικής δραστηριότητας.
- **GR0900060: κοκκώδες Πτολεμαΐδας**, το οποίο παρουσιάζει καλή ποιοτική και κακή ποσοτική κατάσταση, η οποία οφείλεται στην άντληση υπογείων νερών για την εν ξηρώ εξόρυξη του λιγνίτη (η μεγαλύτερη ποσότητα των οποίων επιστρέφει στο επιφανειακό υδατικό σύστημα και επαναχρησιμοποιείται) και λόγω της γεωργικής δραστηριότητας.

Για τα παραπάνω δύο συστήματα άντληση μεγαλύτερων ποσοτήτων νερού θα οδηγήσει στην περαιτέρω υποβάθμισή τους και σε εφαρμογή του άρθρου 4 παράγραφος 6 της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ. Προτείνεται η διερεύνηση εναλλακτικών λύσεων, όπως η κατασκευή έργων αποθήκευσης νερού όπου μπορεί να αποθηκευτεί τμήμα του νερού που αντλείται στα λιγνιτωρυχεία (υπόγεια ή/και υπέργεια με παρακολούθηση των κατόπιν επιφανειακών ΥΣ και ιδίως της στάθμης της λ. Βεγορίτιδας ώστε να μην διακινδυνεύσει η κατάστασή της), καθώς και η χρησιμοποίηση του υπόγειου υδάτινου δυναμικού των εκατέρωθεν ευρισκόμενων καρστικών συστημάτων.

- **GR0900080: καρσικό ΒΔ Βερμίου**, το οποίο συνδέεται υδραυλικά με τις λίμνες Πετρών και Βεγορίτιδας, καθώς και με τις τεχνητές λίμνες Περδίκια και Άγρα. Επειδή το σύστημα αυτό αποτελεί ένα

ιδιαίτερα σύνθετο -υδρογεωλογικά και υδραυλικά- σύνολο, προτείνεται να διερευνηθεί η δυνατότητα χρήσης των υπόγειων αποθεμάτων σε περίπτωση λειψυδρίας στα πλαίσια σύνταξης μίας ενιαίας διαχειριστικής μελέτης.

Πίνακας 9-1: Δυνατότητες απόληψης πρόσθετων ποσοτήτων νερού από καρστικά συστήματα στο ΥΔ GR09

Κωδικός	Όνομασία	ΛΑΠ	Κατάσταση		Δυνατότητα περαιτέρω εκμετάλλευσης (από ανανεώσιμα αποθέματα)	Δυνατότητα απόληψης από μόνιμα αποθέματα	Υφαλμύριση	Παρατηρήσεις	Γενική παρατήρηση
			Ποιοτική	Ποσοτική					
GR09AF011	Τρικλαρίου	Αλιάκμονα	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	Ιδιαίτερη προσοχή στο GR09AF012 το οποίο εκφορτίζει σε πηγές γειτονικών χωρών.	Οι καρστικοί υδροφορείς αποτελούν τροφodότη (με υπόγεια διήθηση) σημαντικών ποσοτήτων νερού στα γειτονικά εφαπτόμενα, κοκκώδη συστήματα. Πριν την εφαρμογή οποιαδήποτε μέτρου απαιτείται η σύνταξη υδρογεωλογικής μελέτης όπου θα καθορίζεται η επίδραση των συγκεκριμένων μέτρων στους κατάντη υδροφορείς.
GR09AF012	Πρεσπών	Πρεσπών	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ		
GR09AF015	Απόσκεπου - Κεφαλαρίου	Αλιάκμονα	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ		
GR0900070	ΝΔ Βερμίου - Ασκίου Όρους	Αλιάκμονα	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	Κάλυψη τοπικών αναγκών. Κατά τόπους άμεση ποσοτική υποβάθμιση	
GR090F090	ΒΑ Βερμίου	Αλιάκμονα	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	Περιοδική στέρησηση πηγών - Προτείνεται ο εντοπισμός εναλλακτικής μεθόδου κάλυψης τοπικών αναγκών	
GR1000100	Νάουσας	Αλιάκμονα	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	Κάλυψη τοπικών αναγκών. Άμεση ποσοτική υποβάθμιση	
GR0900110	ΝΑ Βερμίου	Αλιάκμονα	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ		
GR0900141	Κοκκώδες υποσύστημα Λιτοχώρου	Αλιάκμονα	ΚΑΛΗ	ΚΑΚΗ	ΝΑΙ, περιορισμένη	ΝΑΙ	ΝΑΙ	Διερεύνηση μεθόδων τεχνητού εμπλουτισμού	
GR0900142	Καρστικό υποσύστημα Λιτοχώρου	Αλιάκμονα	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΝΑΙ	ΟΧΙ		
GR0900080	ΒΔ Βερμίου	Αλιάκμονα	ΚΑΛΗ	ΚΑΚΗ	Συνδέεται υδραυλικά με τις λίμνες Πετρών και Βεγορίτιδας, και τις τεχνητές λίμνες Περδίκια και Άγρα. Επειδή το σύστημα αυτό αποτελεί ένα ιδιαίτερα σύνθετο -υδρογεωλογικά και υδραυλικά- σύνολο, προτείνεται να διερευνηθεί η δυνατότητα χρήσης των υπόγειων αποθεμάτων σε περίπτωση λειψυδρίας στα πλαίσια σύνταξης μίας ενιαίας διαχειριστικής μελέτης.				

Πίνακας 9-2: Δυνατότητα απόληψης πρόσθετων ποσοτήτων νερού από κοκκώδη συστήματα στο GR09

Κωδικός	Όνομασία	ΛΑΠ	Κατάσταση		Δυνατότητα περαιτέρω εκμετάλλευσης (από ανανεώσιμα αποθέματα)	Δυνατότητα απόληψης από μόνιμα αποθέματα	Υφαλμύριση	Παρατηρήσεις	Γενική παρατήρηση
			Ποιοτική	Ποσοτική					
GR0900021	Καστοριάς	Αλιάκμονα	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	<ul style="list-style-type: none"> • ΝΑΙ, περιορισμένη • Συνδιαχείριση επιφανειακών και υπόγειων υδάτων 	ΟΧΙ, λόγω γειτνίασης με λ. Καστοριάς	ΟΧΙ	<ul style="list-style-type: none"> • Υδρομάστευση περίσσειας πηγών Βέργας • Παρακολούθηση στάθμης λίμνης 	Απαιτείται η σύνταξη ειδικής υδρογεωλογικής μελέτης για τον καθορισμό των μέγιστων απολήξιμων ποσοτήτων, της βέλτιστης μεθοδολογίας και των μέτρων αποκατάστασης.
GR0900022	Μεσοποταμίας - Χιλιόδενδρου	Αλιάκμονα	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ			ΟΧΙ		
GR0900030	Γρεβενών	Αλιάκμονα	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ		
GR090F040	Φλώρινας	Πρεσπών	ΚΑΛΗ	ΚΑΛΗ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ		
GR0900050	Αμυνταίου	Αλιάκμονα	ΚΑΚΗ	ΚΑΚΗ	<ul style="list-style-type: none"> • ΝΑΙ, περιορισμένη • Συνδιαχείριση επιφανειακών και υπόγειων υδάτων 	ΟΧΙ	ΟΧΙ		
GR0900060	Πτολεμαΐδας	Αλιάκμονα	ΚΑΛΗ	ΚΑΚΗ	-"	ΟΧΙ	ΟΧΙ		
GR0900120	Αλμωπαίου	Αλιάκμονα	ΚΑΛΗ	ΚΑΚΗ	-"	ΟΧΙ	Χρήση υπόγειου δυναμικού των εκατέρωθεν ευρισκόμενων ρωγματικών / καρστικών συστημάτων		
GR0900130	Κάτω ρου Αλιάκμονα	Αλιάκμονα	ΚΑΛΗ	ΚΑΚΗ	-"	ΟΧΙ	ΝΑΙ		
GR0900150	Κατερίνης	Αλιάκμονα	ΚΑΛΗ	ΚΑΚΗ	-"	ΝΑΙ, εκτός περιοχών υφαλμύρισης	ΝΑΙ		
GR0900160	Κολινδρού	Αλιάκμονα	ΚΑΛΗ	ΚΑΚΗ	-"		ΝΑΙ		

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 άμβλυση των δυνητικών επιπτώσεων 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) καθίσταται 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 σημαντικό 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. υπολεκάνη), 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 άμβλυση 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 υπολεκάνης, γίνεται στο τέλος του κεφαλαίου.

10.2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΩΝ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ

10.2.1. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Οι πιθανότητες μετάβασης μεταξύ των διαφορετικών υδρολογικών καταστάσεων εκτιμήθηκαν με βάση τους τυποποιημένους δείκτες SPI των 41 βροχομετρικών σταθμών της περιοχής (υποκεφάλαιο 3.3), και αναφέρονται στην κοινή περίοδο δεδομένων (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 1230 σταθμών-ετών, για το σύνολο του ΥΔ. Η διαδικασία επαναλήφθηκε σε κλίμακα λεκάνης απορροής (ΛΑΠ), με βάση τους βροχομετρικούς σταθμούς κάθε ΛΑΠ. Στη συνέχεια, υπολογίστηκαν οι εμπειρικές πιθανότητες μετάβασης από την κατάσταση που είχε παρατηρηθεί (ξηρασία για αρνητικό SPI, υδροφορία για θετικό) από τη μία 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 ΠΡΕΣΠΩΝ

Τα αναλυτικά αποτελέσματα των επεξεργασιών για τη ΛΑΠ Πρεσπών (GR01) 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 τριμήνης 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 -B, που υποδηλώνει μέτρια ξηρασία (δηλαδή δείκτη SPI από -1.0 έως -1.5). Με βάση το δείγμα των 30 ετών, υπάρχει 0.5% πιθανότητα η μέτρια αυτή ξηρασία τριμήνου να εξελιχθεί σε ακραία, μετά την ολοκλήρωση του υδρολογικού έτους, 2.9% να εξελιχθεί σε ήπια ξηρασία και 0.5% να εξελιχθεί σε κανονική υδροφορία. Το άθροισμα των παραπάνω ποσοστών (άθροισμα στηλών) είναι 3.8%, που είναι η συνολική πιθανότητα εμφάνισης μέτριων ξηρασιών τριμήνου στη ΛΑΠ Πρεσπών.

Πίνακας 10-1: Πιθανότητες μετάβασης (%) από κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας τριών μηνών (γραμμή) σε κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας υδρολογικού έτους (στήλη) στη λεκάνη απορροής Πρεσπών (GR01).

	-Δ	-Γ	-B	-A	A	B	Γ	Δ	
-Δ	0.5	1.0	1.4	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	4.3
-Γ	1.0	0.0	2.4	1.0	1.0	0.5	0.0	0.0	5.7
-B	0.5	0.0	0.0	2.9	0.5	0.0	0.0	0.0	3.8
-A	0.0	1.9	4.8	13.3	11.9	0.5	0.0	0.5	32.9
A	0.0	1.0	2.9	8.1	22.4	5.2	1.0	0.0	40.5
B	0.0	0.0	0.0	0.0	4.3	1.4	1.4	0.0	7.1
Γ	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9	1.0	0.0	1.4	4.3
Δ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.5	0.5	1.4
	1.9	3.8	11.4	26.7	42.4	8.6	2.9	2.4	100.0

Πίνακας 10-2: Πιθανότητες μετάβασης (%) από κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας έξι μηνών (γραμμή) σε κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας υδρολογικού έτους (στήλη) στη λεκάνη απορροής Πρεσπών (GR01).

	-Δ	-Γ	-Β	-Α	Α	Β	Γ	Δ	
-Δ	1.0	1.4	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9
-Γ	0.5	0.5	2.9	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.8
-Β	0.5	0.5	3.3	1.4	1.0	0.5	0.0	0.0	7.1
-Α	0.0	1.4	4.8	18.6	8.6	0.5	0.0	0.0	33.8
Α	0.0	0.0	0.0	5.7	27.1	4.8	0.5	0.0	38.1
Β	0.0	0.0	0.0	0.0	4.8	2.4	0.0	0.5	7.6
Γ	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.5	1.4	0.5	3.3
Δ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.4	2.4
	1.9	3.8	11.4	26.7	42.4	8.6	2.9	2.4	100.0

Πίνακας 10-3: Πιθανότητες μετάβασης (%) από κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας εννέα μηνών (γραμμή) σε κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας υδρολογικού έτους (στήλη) στη λεκάνη απορροής Πρεσπών (GR01).

	-Δ	-Γ	-Β	-Α	Α	Β	Γ	Δ	
-Δ	1.9	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.8
-Γ	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9
-Β	0.0	1.0	7.1	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.0
-Α	0.0	0.0	3.3	21.0	7.1	0.5	0.0	0.0	31.9
Α	0.0	0.0	0.0	4.8	32.4	2.4	0.0	0.0	39.5
Β	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9	4.3	0.0	0.0	7.1
Γ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	2.4	0.5	4.3
Δ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	1.9	2.4
	1.9	3.8	11.4	26.7	42.4	8.6	2.9	2.4	100.0

Πίνακας 10-4: Πιθανότητες μετάβασης (%) από κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας υδρολογικού έτους (γραμμή) σε κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας διετίας (στήλη) στη λεκάνη απορροής Πρεσπών (GR01).

	-Δ	-Γ	-Β	-Α	Α	Β	Γ	Δ	
-Δ	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0
-Γ	1.5	0.0	1.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	3.9
-Β	1.0	2.5	0.5	5.4	2.5	0.0	0.0	0.0	11.8
-Α	0.5	2.0	5.9	11.8	6.9	0.0	0.5	0.0	27.6
Α	0.0	0.0	0.0	10.3	25.1	4.4	1.0	1.5	42.4
Β	0.0	0.0	0.0	0.0	3.9	3.9	1.0	0.0	8.9
Γ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	1.5	0.0	0.5	2.5
Δ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.5	1.0
	3.0	5.4	7.4	30.0	38.9	10.3	2.5	2.5	100.0

Πίνακας 10-5: Πιθανότητες μετάβασης (%) από κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας διετίας (γραμμή) σε κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας τριετίας (στήλη) στη λεκάνη απορροής Πρεσπών (GR01).

	-Δ	-Γ	-Β	-Α	Α	Β	Γ	Δ	
-Δ	1.5	0.5	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.1
-Γ	0.5	1.5	2.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	5.6
-Β	0.5	1.0	1.5	3.6	1.0	0.0	0.0	0.0	7.7
-Α	0.0	1.5	2.6	16.8	10.2	0.0	0.0	0.0	31.1
Α	0.0	0.0	0.5	14.3	22.4	1.0	1.0	0.0	39.3
Β	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6	4.1	2.0	1.5	10.2
Γ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.5	1.0	2.0

Δ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.5	1.0
	2.6	4.6	7.7	36.2	36.7	5.1	4.1	3.1	100.0

Πίνακας 10-6: Πιθανότητες μετάβασης (%) από κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας τριετίας (γραμμή) σε κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας τετραετίας (στήλη) στη λεκάνη απορροής Πρεσπών (GR01).

	-Δ	-Γ	-B	-A	A	B	Γ	Δ	
-Δ	1.1	0.5	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6
-Γ	1.6	1.6	0.0	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	4.8
-B	0.0	1.1	2.6	4.2	0.0	0.0	0.0	0.0	7.9
-A	0.0	0.5	3.7	21.7	11.1	0.0	0.0	0.0	37.0
A	0.0	0.0	0.0	9.5	20.6	5.3	1.1	1.1	37.6
B	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	2.6	1.1	0.0	4.8
Γ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	1.1	1.6	0.5	3.7
Δ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	0.5	1.6
	2.6	3.7	6.9	37.6	33.3	9.0	4.8	2.1	100.0

Πίνακας 10-7: Πιθανότητες μετάβασης (%) από κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας τετραετίας (γραμμή) σε κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας πενταετίας (στήλη) στη λεκάνη απορροής Πρεσπών (GR01).

	-Δ	-Γ	-B	-A	A	B	Γ	Δ	
-Δ	0.0	1.1	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7
-Γ	0.0	1.6	1.6	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	3.8
-B	0.0	1.6	3.3	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0	7.1
-A	0.0	1.1	6.0	20.9	10.4	0.0	0.0	0.0	38.5
A	0.0	0.0	0.5	6.0	23.1	2.7	0.0	0.5	33.0
B	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	5.5	0.5	1.1	9.3
Γ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	1.6	1.1	1.1	4.4
Δ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.5	1.1
	0.0	5.5	13.2	29.7	36.3	10.4	1.6	3.3	100.0

10.2.3. ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΑΛΙΑΚΜΟΝΑ

Τα αναλυτικά αποτελέσματα των επεξεργασιών για τη ΛΑΠ Αλιάκμονα (GR02) δίνονται στους Πίνακες 10-8 έως 10-14. Σε σχέση με τη ΛΑΠ Πρεσπών, 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 10-8: Πιθανότητες μετάβασης (%) από κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας τριών μηνών (γραμμή) σε κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας υδρολογικού έτους (στήλη) στη λεκάνη απορροής Αλιάκμονα (GR02).

	-Δ	-Γ	-Β	-Α	Α	Β	Γ	Δ	
-Δ	0.7	0.6	0.9	0.6	0.3	0.0	0.0	0.0	3.0
-Γ	0.6	1.3	1.8	2.1	0.6	0.0	0.0	0.0	6.3
-Β	0.3	1.1	1.8	3.4	1.1	0.2	0.0	0.0	7.8
-Α	0.1	1.9	5.5	12.3	8.5	1.2	0.2	0.0	29.6
Α	0.0	0.1	1.6	10.5	19.4	4.2	1.3	0.2	37.3
Β	0.0	0.0	0.0	0.9	5.3	2.8	1.1	0.0	10.1
Γ	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	1.1	1.4	0.4	3.9
Δ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.2	0.4	1.1	2.0
	1.7	4.9	11.5	29.7	36.6	9.7	4.3	1.7	100.0

Πίνακας 10-9: Πιθανότητες μετάβασης (%) από κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας έξι μηνών (γραμμή) σε κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας υδρολογικού έτους (στήλη) στη λεκάνη απορροής Αλιάκμονα (GR02).

	-Δ	-Γ	-B	-A	A	B	Γ	Δ	
-Δ	1.0	1.1	1.1	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	4.4
-Γ	0.5	1.7	1.2	0.9	0.2	0.0	0.0	0.0	4.4
-B	0.2	1.1	2.6	2.1	0.3	0.0	0.0	0.0	6.3
-A	0.0	1.1	6.4	17.8	6.4	1.1	0.0	0.0	32.7
A	0.0	0.0	0.2	7.6	24.5	3.2	0.7	0.0	36.3
B	0.0	0.0	0.0	0.0	4.9	4.4	1.6	0.0	10.9
Γ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	1.0	1.7	0.1	3.0
Δ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	1.6	2.0
	1.7	4.9	11.5	29.7	36.6	9.7	4.3	1.7	100.0

Πίνακας 10-10: Πιθανότητες μετάβασης (%) από κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας εννέα μηνών (γραμμή) σε κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας υδρολογικού έτους (στήλη) στη λεκάνη απορροής Αλιάκμονα (GR02).

	-Δ	-Γ	-B	-A	A	B	Γ	Δ	
-Δ	1.3	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0
-Γ	0.4	2.0	0.6	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	3.4
-B	0.0	2.3	6.6	1.7	0.2	0.0	0.0	0.0	10.7
-A	0.0	0.0	4.3	23.7	5.3	0.5	0.0	0.0	33.8
A	0.0	0.0	0.0	3.8	28.2	2.4	0.0	0.0	34.4
B	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7	5.7	1.1	0.0	9.5
Γ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	1.2	2.7	0.0	4.0
Δ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	1.7	2.2
	1.7	4.9	11.5	29.7	36.6	9.7	4.3	1.7	100.0

Πίνακας 10-11: Πιθανότητες μετάβασης (%) από κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας υδρολογικού έτους (γραμμή) σε κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας διετίας (στήλη) στη λεκάνη απορροής Αλιάκμονα (GR02).

	-Δ	-Γ	-B	-A	A	B	Γ	Δ	
-Δ	0.2	0.2	0.6	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7
-Γ	0.6	1.1	1.4	1.7	0.2	0.0	0.0	0.0	5.1
-B	0.8	1.8	2.2	5.5	1.5	0.0	0.0	0.0	11.9
-A	0.1	2.3	4.3	13.8	9.4	0.6	0.1	0.0	30.6
A	0.0	0.0	0.1	12.2	18.4	4.6	1.3	0.6	37.1
B	0.0	0.0	0.0	0.3	3.5	2.9	1.8	1.0	9.6
Γ	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	1.2	0.6	0.4	3.3
Δ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.2	0.1	0.6
	1.7	5.5	8.6	34.2	34.2	9.6	4.1	2.1	100.0

Πίνακας 10-12: Πιθανότητες μετάβασης (%) από κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας διετίας (γραμμή) σε κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας τριετίας (στήλη) στη λεκάνη απορροής Αλιάκμονα (GR02).

	-Δ	-Γ	-B	-A	A	B	Γ	Δ	
-Δ	0.3	0.7	0.6	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8
-Γ	1.2	0.6	1.6	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	5.7
-B	0.5	1.4	2.1	4.7	0.1	0.0	0.0	0.0	8.8
-A	0.2	0.8	5.0	18.7	9.7	0.8	0.1	0.0	35.4
A	0.0	0.0	0.2	9.3	19.9	3.6	0.9	0.6	34.6
B	0.0	0.0	0.0	0.0	3.7	3.7	1.8	0.5	9.7
Γ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	1.4	0.5	3.3

Δ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.4	0.3	0.8
	2.2	3.6	9.6	35.2	33.3	9.6	4.6	2.0	100.0

Πίνακας 10-13: Πιθανότητες μετάβασης (%) από κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας τριετίας (γραμμή) σε κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας τετραετίας (στήλη) στη λεκάνη απορροής Αλιάκμονα (GR02).

	-Δ	-Γ	-B	-A	A	B	Γ	Δ	
-Δ	0.3	0.8	0.9	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3
-Γ	0.4	1.4	0.9	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.7
-B	1.2	2.3	3.7	2.5	0.2	0.0	0.0	0.0	9.9
-A	0.1	0.7	4.6	21.0	9.0	0.5	0.2	0.0	36.2
A	0.0	0.0	0.1	7.4	20.0	4.8	1.4	0.1	33.9
B	0.0	0.0	0.0	0.0	3.9	3.1	2.1	0.0	9.0
Γ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	1.6	1.2	0.7	4.2
Δ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	0.3	0.8
	2.1	5.1	10.1	32.2	34.0	10.1	5.2	1.1	100.0

Πίνακας 10-14: Πιθανότητες μετάβασης (%) από κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας τετραετίας (γραμμή) σε κατηγορία ξηρασίας/υδροφορίας πενταετίας (στήλη) στη λεκάνη απορροής Αλιάκμονα (GR02).

	-Δ	-Γ	-B	-A	A	B	Γ	Δ	
-Δ	0.3	0.7	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1
-Γ	1.2	1.8	1.2	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	5.2
-B	0.0	1.7	4.8	3.8	0.2	0.0	0.0	0.0	10.5
-A	0.0	0.3	4.5	21.0	6.6	0.3	0.1	0.0	32.9
A	0.0	0.0	0.0	5.2	22.6	4.8	1.4	0.0	33.9
B	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	4.5	1.6	0.5	9.7
Γ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	2.1	1.6	0.1	4.4
Δ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.1	0.3	1.1
	1.6	4.5	11.7	31.0	33.1	12.4	4.8	0.9	100.0

10.2.4. ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

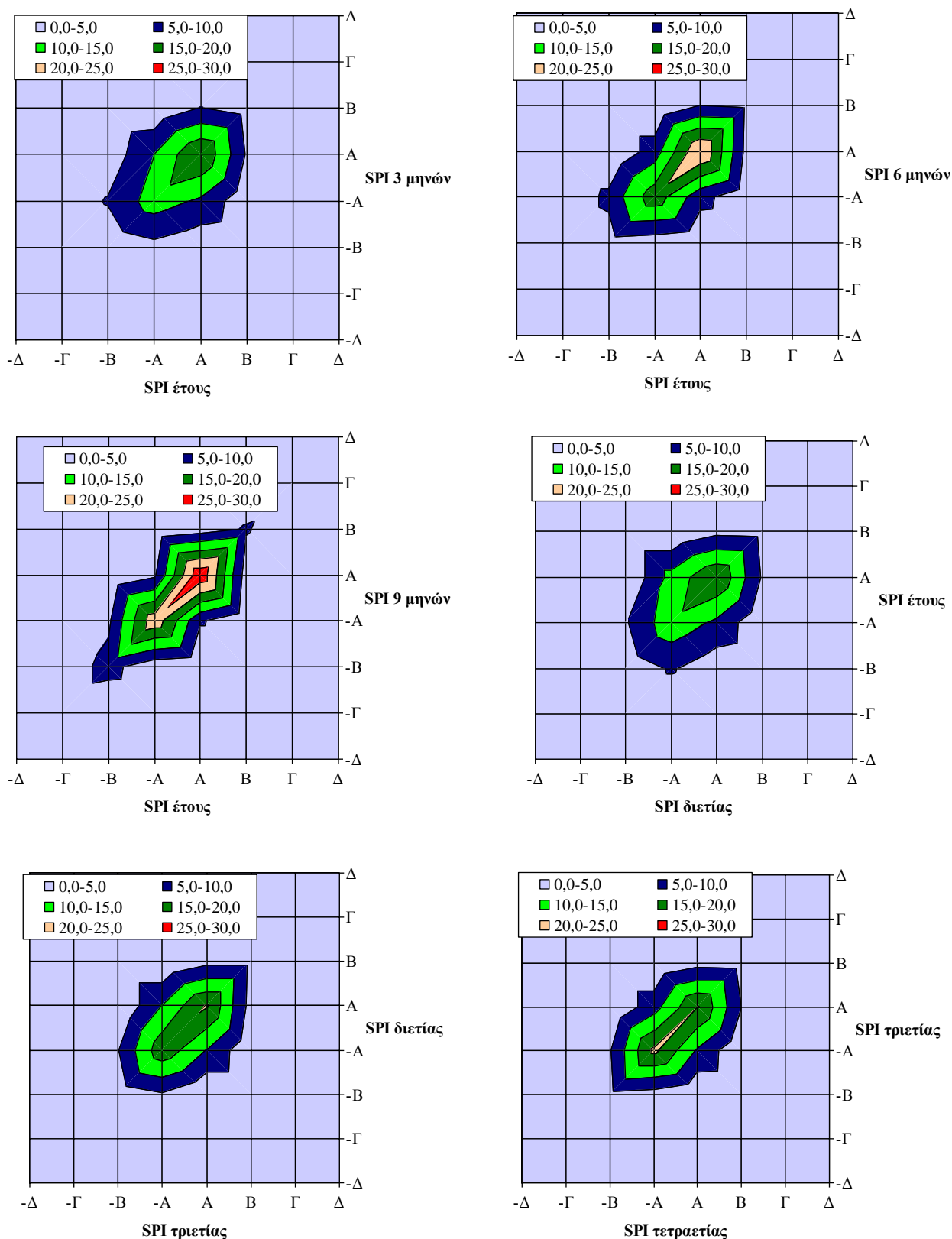
Τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα των πιθανοτικών αναλύσεων, για το σύνολο των σταθμών της περιοχής μελέτης, απεικονίζονται με τη μορφή διαγραμμάτων επιφάνειας, στην Εικόνα 10-1.

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 -B, -Γ ή -Δ (μέτριο, σοβαρό ή ακραίο γεγονός ξηρασίας), τότε το έτος αναμένεται να διατηρηθεί ξηρό, με πιθανότητα που επίσης αγγίζει το 100%.

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 10-15 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.

Πίνακας 10-15: Πιθανότητες διατήρησης ίδιας κατάστασης ξηρασίας (%).

	3 μήνες → έτος	6 μήνες → έτος	9 μήνες → έτος	Έτος → διετία	Διετία → τριετία	Τριετία → τετραετία	Τετραετία → πενταετία
Σύνολο	40.4	53.8	70.0	40.2	48.1	50.8	57.3
ΛΑΠ Πρεσπών	38.1	55.7	71.9	41.9	49.0	52.4	56.0
ΛΑΠ Αλιάκμονα	40.7	55.3	71.9	39.4	47.0	51.1	57.0



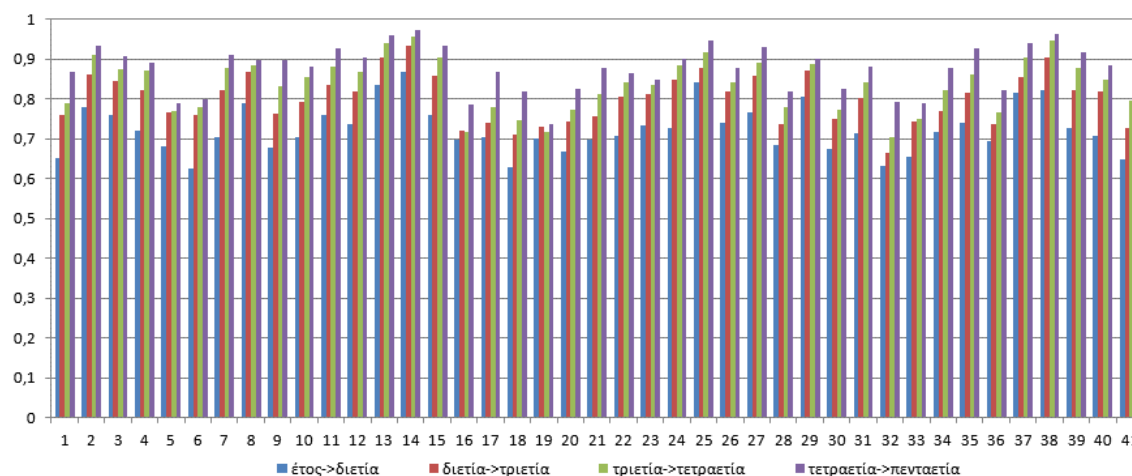
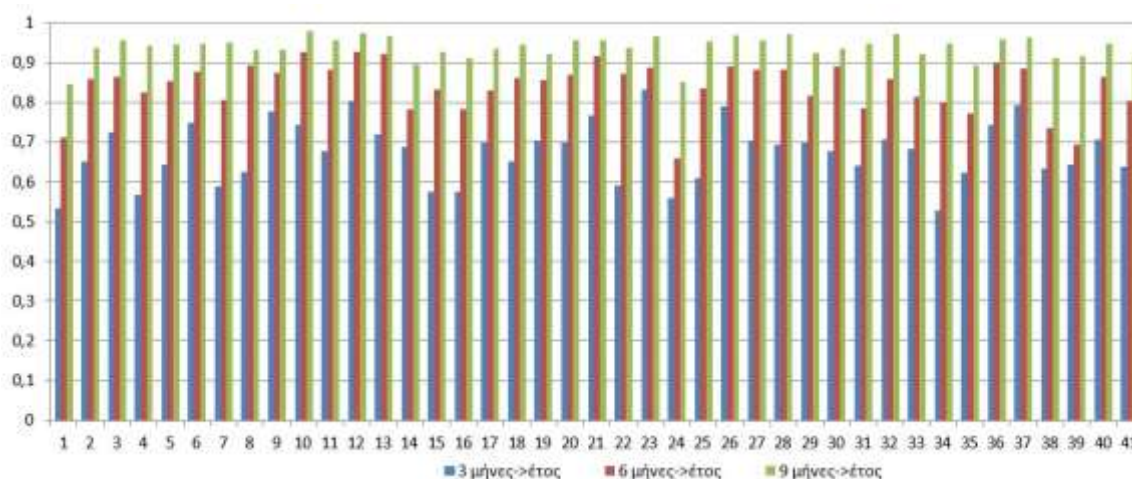
Εικόνα 10-1: Απεικόνιση επιφανειών πιθανότητας μετάβασης (%) μεταξύ διαφόρων κατηγοριών ξηρασίας/υδροφορίας και διαφόρων χρονικών κλιμάκων, με βάση το σύνολο των βροχομετρικών δειγμάτων της περιοχής μελέτης (ΥΔ09).

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 45 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 δύο ΛΑΠ δίνονται στον Πίνακα 10-16. Σε όλες τις περιπτώσεις είναι φανερό 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 50%. Αντίστοιχα, ο συντελεστής συσχέτισης μεταξύ πρώτου εξαμήνου (Οκτώβριος-Μάρτιος) και έτους υπερβαίνει το 70%, ενώ μεταξύ εννεάμηνου (Οκτώβριος-Ιούνιος) και έτους υπερβαίνει το 90%.



Εικόνα 10-2: Συντελεστές συσχέτισης δεικτών SPI μεταξύ διαφορετικών χρονικών περιόδων για τους σταθμούς των ΛΑΠ Πρεσπών (σταθμοί 1-7) και Αλιάκμονα (σταθμοί 8-41).

Πίνακας 10-16: Μέσες τιμές σημειακών συντελεστών συσχέτισης δείκτη SPI ανά ΛΑΠ και στο σύνολο του ΥΔ 09.

	3 μήνες → έτος	6 μήνες → έτος	9 μήνες → έτος	Έτος → διετία	Διετία → τριετία	Τριετία → τετραετία	Τετραετία → πενταετία
Σύνολο	0.66	0.84	0.94	0.73	0.81	0.85	0.89
ΛΑΠ Πρεσπών	0.65	0.85	0.95	0.71	0.81	0.85	0.87
ΛΑΠ Αλιάκμονα	0.68	0.84	0.94	0.73	0.80	0.84	0.88

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 Δυτικής 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.

10.3.2. ΑΝΑΛΥΣΗ ΧΡΟΝΙΚΩΝ ΣΥΣΧΕΤΙΣΕΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΩΝ

Η ανάλυση των συντελεστών συσχέτισης των επιφανειακών βροχοπτώσεων των υπολεκανών, 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:

$$P(t + k) = \alpha + \beta P(t) \quad (10.1)$$

ως μοντέλα πρόγνωσης της αθροιστικής βροχόπτωσης στη χρονική κλίμακα $t + k$ (π.χ. ετήσια), δεδομένης της αθροιστικής βροχόπτωσης στη χρονική κλίμακα t (π.χ. εξαμήνου). 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 Πίνακα 10-17 έως 10-22 δίνονται οι συντελεστές συσχέτισης της επιφανειακής βροχόπτωσης των οκτώ υπολεκανών της περιοχής μελέτης, για διάφορες χρονικές κλίμακες και διάφορες χρονικές υστερήσεις.

Από τις διάφορες χρονικές κλίμακες που εξετάζονται θεωρούνται κρίσιμες η τρίμηνη (αθροιστικό ύψος βροχής Οκτωβρίου-Μαρτίου), η εξαμήνη (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 57%, στην υπολεκάνη Περιφερειακής Τάφρου, έως 76%, στην Πεδιάδα Κατερίνης. Η αθροιστική βροχόπτωση εξαμήνου παρέχει πολύ πιο ασφαλείς προγνώσεις, με τον συντελεστή συσχέτισης να κυμαίνεται από 80%, στην υπολεκάνη Πτολεμαΐδας, ενώ φτάνει στο εξαιρετικά υψηλό 97%, στην υπολεκάνη του Αλιάκμονα. Συνεπώς, στην εν λόγω υπολεκάνη, που είναι η πλέον σημαντική της περιοχής μελέτης, αν είναι γνωστή η τιμή της αθροιστικής βροχόπτωσης στο τέλος Μαρτίου, μπορεί να εκτιμηθεί σχεδόν με πλήρη βεβαιότητα 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 67%, στην Πεδιάδα Κατερίνης, έως 80%, στις υπολεκάνες Πτολεμαΐδας και Πρεσπών.

Πίνακας 10-17: Συντελεστές συσχέτισης επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκάνης Αλιάκμονα, για διάφορες χρονικές κλίμακες και διάφορες χρονικές υστερήσεις.

Υστέρηση	Οκτ.- Δεκ.	Οκτ.-Μάρ.	Οκτ.-Ιούν.	Ετήσια	Μέση διετίας	Μέση τριετίας	Μέση τετραετίας
1	0.713	0.979	0.978	0.788	0.873	0.918	0.942
2	0.719	0.973	0.766	0.641	0.781	0.852	
3	0.712	0.790	0.627	0.586	0.743		
4	0.545	0.627	0.571	0.566			

Πίνακας 10-18: Συντελεστές συσχέτισης επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκάνης Αξιού Φλώρινας, για διάφορες χρονικές κλίμακες και διάφορες χρονικές υστερήσεις.

Υστέρηση	Οκτ.- Δεκ.	Οκτ.-Μάρ.	Οκτ.-Ιούν.	Ετήσια	Μέση διετίας	Μέση τριετίας	Μέση τετραετίας
1	0.795	0.912	0.911	0.804	0.885	0.914	0.938
2	0.782	0.841	0.822	0.684	0.772	0.833	
3	0.727	0.747	0.726	0.565	0.695		
4	0.661	0.704	0.585	0.534			

Πίνακας 10-19: Συντελεστές συσχέτισης επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκάνης Πεδιάδας Κατερίνης, για διάφορες χρονικές κλίμακες και διάφορες χρονικές υστερήσεις.

Υστέρηση	Οκτ.- Δεκ.	Οκτ.-Μάρ.	Οκτ.-Ιούν.	Ετήσια	Μέση διετίας	Μέση τριετίας	Μέση τετραετίας
1	0.848	0.944	0.970	0.671	0.759	0.789	0.814
2	0.809	0.913	0.705	0.459	0.612	0.661	
3	0.759	0.672	0.498	0.454	0.598		
4	0.556	0.555	0.449	0.439			

Πίνακας 10-20: Συντελεστές συσχέτισης επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκάνης Περιφερειακής Τάφρου, για διάφορες χρονικές κλίμακες και διάφορες χρονικές υστερήσεις.

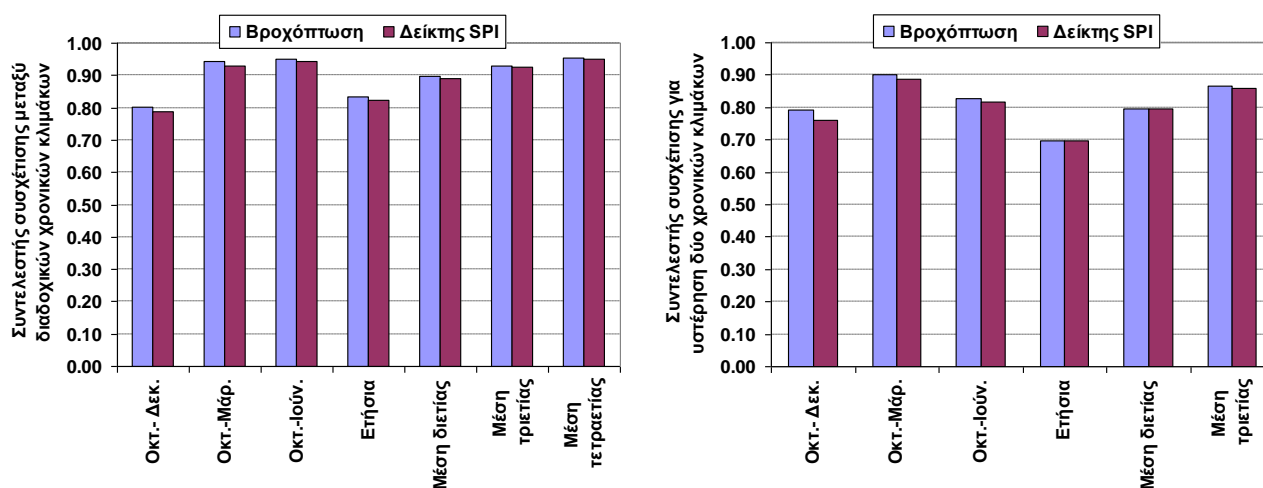
Υστέρηση	Οκτ.- Δεκ.	Οκτ.-Μάρ.	Οκτ.-Ιούν.	Ετήσια	Μέση διετίας	Μέση τριετίας	Μέση τετραετίας
1	0.723	0.919	0.921	0.730	0.836	0.884	0.916
2	0.663	0.814	0.689	0.628	0.749	0.822	
3	0.579	0.617	0.582	0.553	0.686		
4	0.390	0.560	0.501	0.494			

Πίνακας 10-21: Συντελεστές συσχέτισης επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκάνης Πτολεμαΐδας, για διάφορες χρονικές κλίμακες και διάφορες χρονικές υστερήσεις.

Υστέρηση	Οκτ.- Δεκ.	Οκτ.-Μάρ.	Οκτ.-Ιούν.	Ετήσια	Μέση διετίας	Μέση τριετίας	Μέση τετραετίας
1	0.743	0.909	0.883	0.803	0.876	0.905	0.938
2	0.735	0.795	0.766	0.677	0.761	0.837	
3	0.666	0.676	0.630	0.566	0.706		
4	0.523	0.598	0.487	0.558			

Πίνακας 10-22: Συντελεστές συσχέτισης επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκάνης Πρεσπών, για διάφορες χρονικές κλίμακες και διάφορες χρονικές υστερήσεις.

Υστέρηση	Οκτ.- Δεκ.	Οκτ.-Μάρ.	Οκτ.-Ιούν.	Ετήσια	Μέση διετίας	Μέση τριετίας	Μέση τετραετίας
1	0.798	0.945	0.933	0.786	0.864	0.915	0.939
2	0.776	0.862	0.815	0.614	0.739	0.838	
3	0.730	0.766	0.698	0.495	0.683		
4	0.629	0.680	0.545	0.519			



Εικόνα 10-3: Συντελεστές συσχέτισης βροχόπτωσης και δείκτη ξηρασίας στη λεκάνη του Αλιάκμονα, για χρονική υστέρηση μίας και δύο χρονικών κλιμάκων.

Στην υπολεκάνη του Αλιάκμονα, ο συντελεστής συσχέτισης μεταξύ της εξαμηνιαίας βροχόπτωσης και της μέσης βροχόπτωσης δύο ετών ανέρχεται σε 79% (αντίστοιχα υψηλοί συντελεστές προκύπτουν και στις δύο υπολεκάνες της ΛΑΠ Πρεσπών). Η υψηλή συσχέτιση των δύο μεγεθών είναι ιδιαίτερα ευνοϊκή για τη λήψη αποφάσεων, καθώς επιτρέπει την πραγματοποίηση αξιόπιστων προγνώσεων όχι μόνο μέχρι το πέρας του τρέχοντος υδρολογικού έτους αλλά και σε χρονικό ορίζοντα δύο ετών. Όπως έχει τονιστεί, επειδή στη λεκάνη αυτή αναπτύσσονται μεγάλα αναρρυθμιστικά έργα, μπορούν να ληφθούν κατάλληλα διαχειριστικά μέτρα (π.χ. διατήρηση αποθεμάτων ασφαλείας που αρχικά προορίζονταν για την παραγωγή ενέργειας), συμβάλλοντας έτσι στη δραστική μείωση των αρνητικών συνεπειών των ξηρασιών.

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 απλός μετασχηματισμός της βροχόπτωσης. 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 υπολεκάνης Αλιάκμονα και του αντίστοιχου δείκτη SPI. Όπως αναμενόταν, οι τιμές των συντελεστών αποκλίνουν ελάχιστα (το πολύ 2%).

10.3.3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΧΡΟΝΙΚΩΝ ΣΥΣΧΕΤΙΣΕΩΝ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΑΛΙΑΚΜΟΝΑ ΣΤΟ ΠΟΛΥΦΥΤΟ

Η υπολεκάνη του Αλιάκμονα ανάντη του φράγματος Πολυφύτου είναι η μοναδική στην οποία υπάρχουν ικανού μήκους και αξιοπιστίας υδρολογικά δεδομένα, που να καθιστούν δυνατή την πραγματοποίηση στατιστικών προγνώσεων. Για τον σκοπό αυτό, υπολογίστηκαν οι συντελεστές συσχέτισης μεταξύ της αθροιστικής απορροής σε διάφορες χρονικές κλίμακες. Παρόμοια με τις επιφανειακές βροχοπτώσεις, εξετάστηκε κατά πόσο μπορούν να χρησιμοποιηθούν απλές γραμμικές σχέσεις της μορφής:

$$R(t + k) = \alpha + \beta R(t) \quad (10.2)$$

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 10-23.

Οι τιμές των συντελεστών που αναφέρονται σε όλες τις χρονικές κλίμακες, εκτός του τριμήνου, είναι παρόμοιες με τις τιμές των συντελεστών συσχέτισης της επιφανειακής βροχόπτωσης στη λεκάνη του Αλιάκμονα (Πίνακας 10-17). Συνεπώς, υπάρχει εξαιρετικά υψηλή συσχέτιση μεταξύ της αθροιστικής

απορροής του πρώτου εξαμήνου και της αντίστοιχης ετήσιας (συντελεστής 97%) και πολύ καλή συσχέτιση μεταξύ της ετήσιας απορροής και της μέσης απορροής δύο ετών (συντελεστής 80%). Συνεπώς, για τη συγκεκριμένη λεκάνη, 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 μια ικανοποιητική πρόγνωση τόσο για την απορροή του έτους (συντελεστής συσχέτισης 77%) όσο και της διετίας (συντελεστής 70%). Συνεπώς, είναι εξαιρετικά σημαντική η παρακολούθηση της εξέλιξης της απορροής, για την έγκαιρη αναγνώριση των υδρολογικών ξηρασιών, καταρχήν στη λεκάνη του Αλιάκμονα και ευρύτερα στην περιοχή μελέτης.

Πίνακας 10-23: 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	0.843	0.971	0.999	0.802	0.881	0.905	0.929
2	0.772	0.969	0.802	0.624	0.746	0.806	
3	0.772	0.784	0.621	0.547	0.679		
4	0.704	0.613	0.541	0.510			

10.4. ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΡΟΓΝΩΣΗΣ ΚΑΙ ΕΓΚΑΙΡΗΣ ΠΡΟΕΙΔΟΠΟΙΗΣΗΣ

10.4.1. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΗΣ ΠΡΟΓΝΩΣΗΣ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΞΗΡΑΣΙΩΝ

Οι 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 έξι υπολεκάνων, ενώ η υδρολογική ξηρασία αναφέρεται στον Αλιάκμονα, όπου πραγματοποιείται συστηματική παρακολούθηση των εισρών στον ταμιευτήρα Πολυφύτου, που είναι αντιπροσωπευτικές της απορροής της συνολικής υπολεκάνης. Η πρόγνωση των υδρολογικών ξηρασιών στις υπόλοιπες υπολεκάνες δεν είναι εφικτή, δεδομένου ότι, γενικά, δεν υπάρχουν επαρκή δεδομένα για την αξιόπιστη εκτίμηση της απορροής, επιφανειακής και υπόγειας. Στις χωρικές αυτές ενότητες, θεωρείται μια κατά προσέγγιση γραμμική συσχέτιση μεταξύ της ετήσιας βροχόπτωσης και απορροής (βλ. 5.3.1.2), συνεπώς ο δείκτης μετεωρολογικής ξηρασίας που εκτιμάται λαμβάνεται ως αδρομερής εκτιμήτρια και του αντίστοιχου δείκτη υδρολογικής ξηρασίας. Η επιλογή της υπολεκάνης ως χωρικής κλίμακας αναφοράς για την πρόγνωση των μετεωρολογικών ξηρασιών (αντί της ΛΑΠ ή του ΥΔ) αποτυπώνει καλύτερα τη χωρική μεταβλητότητα των βροχοπτώσεων, οδηγώντας σε πιο ασφαλείς προγνώσεις, που με τη σειρά τους επιτρέπουν πιο ορθολογική και επιχειρησιακά πιο εύκολη και στοχευμένη διαχείριση των ξηρασιών.

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 μέτρων, σοβαρών και ακραίων ξηρασιών.

Η οριστικοποίηση των μέτρων γίνεται στο εξάμηνο, καθώς η πρόγνωση των ετήσιων υδρολογικών μεγεθών με βάση τα μεγέθη του εξαμήνου (ήτοι την αθροιστική βροχόπτωση Οκτωβρίου-Μαρτίου) είναι σαφώς πιο αξιόπιστη. Πράγματι, αμέσως μετά την παρέλευση του εξαμήνου είναι δυνατή όχι μόνο η αναγνώριση του ενδεχομένου ξηρασίας, αλλά και η αρκετά αξιόπιστη 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 σηματοδοτείται 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 υπολεκάνης.

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 στις υπολεκάνες προϋποθέτει τη συλλογή βροχομετρικών δεδομένων από 45 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 ενδιαφέροντος, προκειμένου να λαμβάνονται εγκαίρως τα μέτρα μετριασμού των επιπτώσεων μιας ενδεχόμενης ξηρασίας. Είναι προφανές ότι αν χρησιμοποιηθούν οι επιφανειακές βροχοπτώσεις 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 του ετήσιου δείκτη SPI έχει ως εξής:

Έστω P_s η ετήσια τιμή του επιφανειακού ύψους βροχής της υπολεκάνης (ή 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 προκύπτει ο τυποποιημένος δείκτης z . Ο υπολογισμός του εξαρτάται από το είδος της κατανομής.

Στην απλούστερη περίπτωση που η ετήσια (ή μέση τριετής) βροχόπτωση ακολουθεί κανονική κατανομή, ο δείκτης SPI ταυτίζεται με την τυποποιημένη κανονική μεταβλητή, δηλαδή:

$$SPI = (P_s - P_s^-) / \sigma_P \quad (10.7)$$

όπου P_s^- 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):

$$SPI = (\ln P_s - y^-) / \sigma_Y \quad (10.8)$$

όπου y^- η μέση τιμή και σ_Y η τυπική απόκλιση του μετασχηματισμένου δείγματος $y = \ln(P)$.

Τέλος, αν η 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:

$$F_P = 1 - \exp [-(P_s / a)^\kappa] \quad (10.9)$$

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:

$$SRI = \text{NORMSINV}(F_P) \quad (10.10)$$

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).

Κατά συνέπεια, 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.

10.4.2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΗΣ ΠΡΟΓΝΩΣΗΣ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΞΗΡΑΣΙΩΝ

Στο επιχειρησιακό πλαίσιο, η αξιόπιστη πρόγνωση του δείκτη υδρολογική ξηρασίας SRI έχει ιδιαίτερη πρακτική χρησιμότητα, καθώς συνδέεται άμεσα με την παραγωγή της επιφανειακής απορροής και τη διαθεσιμότητα των υδατικών πόρων. Αντίθετα, ο SPI περιγράφει μόνο το καθεστώς των βροχοπτώσεων στην περιοχή αναφοράς, που έχουν έμμεση συσχέτιση με την απορροή, επιφανειακή και υπόγεια.

Κατ' αντιστοιχία με την επιφανειακή βροχόπτωση, για την πρόγνωση της ετήσιας απορροής R (ή μέσης ετήσιας παροχής) σε μια συγκεκριμένη θέση ελέγχου εξετάζονται οι γραμμικές σχέσεις:

$$R = \kappa_3 + \lambda_3 R_3 \quad (10.11)$$

$$R = \kappa_6 + \lambda_6 R_6 \quad (10.12)$$

όπου R_3 και R_6 η αθροιστική απορροή (ή, ισοδύναμα, η μέση παροχή) τριμήνου και εξαμήνου, αντίστοιχα, που αναφέρεται στην ίδια θέση. Προφανώς, η πρόγνωση της ετήσιας απορροής αναμένεται να είναι πιο αξιόπιστη όταν λαμβάνεται ως ανεξάρτητη μεταβλητή η απορροή του εξαμήνου αντί του τριμήνου.

Σύμφωνα με τις αναλύσεις του υποκεφαλαίου 4.4.5.3, στις περισσότερες θέσεις της περιοχής μελέτης, τα ετήσια δείγματα απορροών ακολουθούν κατανομή γάμα. Υπενθυμίζεται ότι η συνάρτηση κατανομής γάμα δεν έχει αναλυτική έκφραση. Ωστόσο, η διαδικασία υπολογισμού του SRI μπορεί να τυποποιηθεί εύκολα σε λογιστικό φύλλο, εφόσον είναι γνωστές η ετήσια μέση τιμή, $R, \bar{}$, και η τυπική απόκλιση, σ_R , της απορροής (παροχής). Αρχικά, εκτιμώνται οι παράμετροι της κατανομής γάμα από τις σχέσεις:

$$a = (R, \bar{} / \sigma_R)^2 \quad (10.13)$$

$$b = \sigma_R^2 / R, \bar{} \quad (10.14)$$

Στη συνέχεια, καλείται η ενσωματωμένη συνάρτηση GAMMADIST, που υπολογίζει την πιθανότητα μη υπέρβασης της δεδομένης τιμής της ετήσιας απορροής R , θέτοντας:

$$F_R = \text{GAMMADIST}(R, a, b, \text{TRUE}) \quad (10.15)$$

Τέλος, εκτιμάται ο δείκτης SRI, με χρήση της ενσωματωμένης συνάρτησης του Excel:

$$\text{SRI} = \text{NORMSINV}(F_R) \quad (10.16)$$

Στις θέσεις όπου η ετήσια απορροή ακολουθεί κανονική κατανομή, ο υπολογισμός του δείκτη ξηρασίας είναι στοιχειώδης, μέσω του γνωστού μετασχηματισμού:

$$\text{SRI} = (R - R, \bar{}) / \sigma_R \quad (10.17)$$

Αναγκαία προϋπόθεση για την εφαρμογή των παραπάνω μοντέλων είναι η συστηματική παρακολούθηση της απορροής, έτσι ώστε τα υδρομετρικά δεδομένα και να είναι όσο το δυνατόν πιο ακριβή. Επιπλέον, για να έχει νόημα η χρήση προγνωστικών μοντέλων θα πρέπει τα δεδομένα, που ως επί το πλείστον συλλέγονται από τη ΔΕΗ, να ενημερώνονται σε τακτική βάση.

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.

10.4.3. ΠΡΟΓΝΩΣΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΞΗΡΑΣΙΩΝ ΥΠΟΛΕΚΑΝΩΝ

10.4.3.1. ΥΠΟΛΕΚΑΝΗ ΑΛΙΑΚΜΟΝΑ

Ο σταθμός που παρουσιάζει την υψηλότερη συσχέτιση με τη χρονοσειρά επιφανειακής βροχόπτωσης της περιόδου 1980-2010 είναι η Γαλατινή, που ανήκει στην εποπτεία της ΔΕΗ. Στις Εικόνες 10-4 έως 10-7 απεικονίζονται τα διαγράμματα διασποράς της επιφανειακής βροχόπτωσης της υπολεκάνης με την αθροιστική βροχόπτωση τριμήνου, εξαμήνου, υδρολογικού έτους και τριετίας, στον σταθμό Γαλατινή.

Για την πρόγνωση της ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης με βάση τη σημειακή βροχόπτωση τριμήνου, εφαρμόζεται η σχέση:

$$P_s = 388.8 + 1.444 P_3 \quad (10.18)$$

με συντελεστή συσχέτισης 70% (συντελεστής προσδιορισμού 49%).

Αντίστοιχα, για την πρόγνωση της ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης με βάση τη σημειακή βροχόπτωση εξαμήνου, εφαρμόζεται η σχέση:

$$P_s = 295.5 + 1.043 P_6 \quad (10.19)$$

με συντελεστή συσχέτισης 86% (συντελεστής προσδιορισμού 74%).

Για την εκτίμηση της ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης, με βάση την ετήσια σημειακή, στο πέρας του υδρολογικού έτους, εφαρμόζεται η σχέση:

$$P_s = 121.2 + 0.886 P_Y \quad (10.20)$$

με εξαιρετικά υψηλό συντελεστή συσχέτισης 96% (συντελεστής προσδιορισμού 91%).

Τέλος, για την εκτίμηση της μέσης επιφανειακής βροχόπτωσης τριών ετών, με βάση την αντίστοιχη μέση σημειακή, εφαρμόζεται η σχέση:

$$P_{S3} = 1.059 P_{3Y} \quad (10.21)$$

με συντελεστή συσχέτισης 94% (συντελεστής προσδιορισμού 89%). Παρατηρείται ότι στην παραπάνω σχέση δεν υπάρχει σταθερός όρος, το οποίο οδηγεί σε καλύτερη προσαρμογή στις χαμηλές βροχοπτώσεις.

Σύμφωνα με το εδάφιο 4.4.3.2, η ενδεικνυόμενη στατιστική κατανομή για την περιγραφή των ετήσιων επιφανειακών βροχοπτώσεων στην υπολεκάνη είναι η λογαριθμοκανονική, με παραμέτρους $y,^- = 6.602$ και $\sigma_Y = 0.223$. Για τη δεδομένη πρόγνωση P_s , ο δείκτης ξηρασίας υπολογίζεται από τη σχέση:

$$SPI = (\ln P_s - 6.602) / 0.223 \quad (10.22)$$

Για τη μέση επιφανειακή βροχόπτωση τριών ετών της υπολεκάνης, η ενδεικνυόμενη στατιστική κατανομή είναι επίσης η λογαριθμοκανονική, με παραμέτρους $y,^- = 6.600$ και $\sigma_Y = 0.149$. Συνεπώς, ο δείκτης τριετούς ξηρασίας υπολογίζεται από τη σχέση:

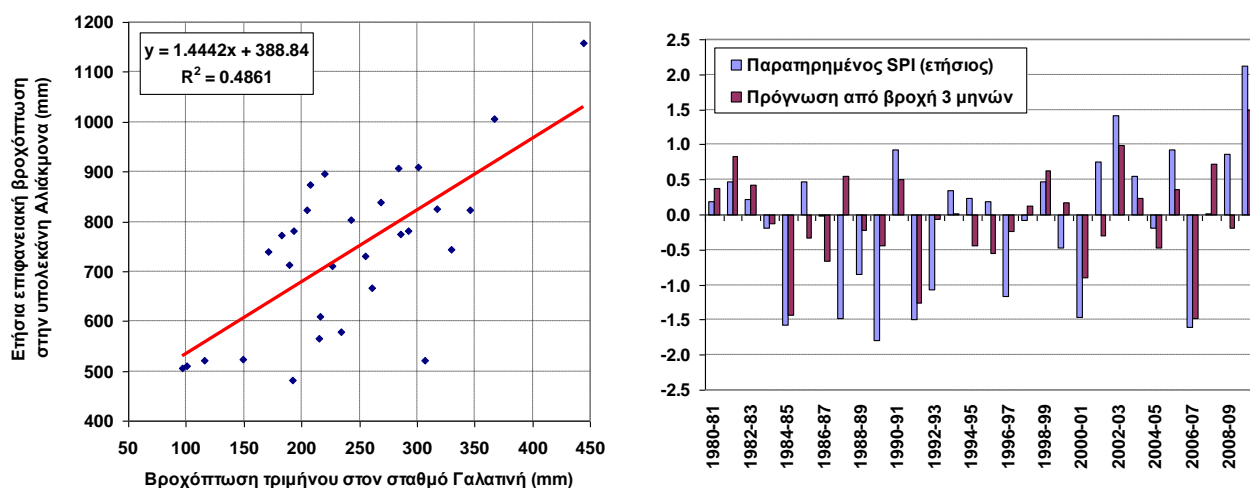
$$SPI = (\ln P_{S3} - 6.600) / 0.149 \quad (10.23)$$

Η επαλήθευση των μοντέλων γίνεται με βάση τα σημειακά 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. Τα αναλυτικά μεγέθη για την ετήσια και μέση τριετή κλίμακα παρατίθενται στους Πίνακες 10-24 και 10-25, αντίστοιχα. Η σύγκριση μεταξύ των παρατηρημένων και εκτιμημένων τιμών του SPI απεικονίζεται και στα διαγράμματα των Εικόνων 10-4 έως 10-7.

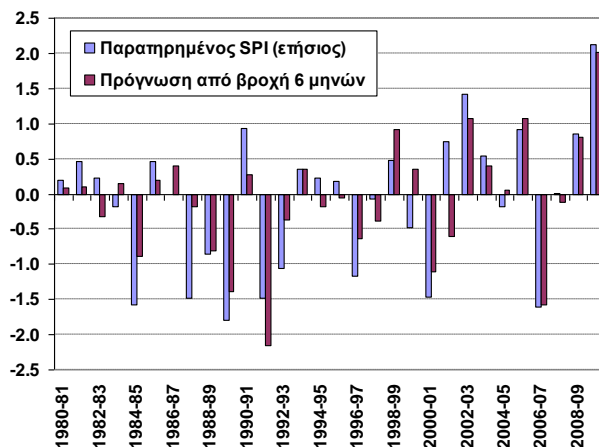
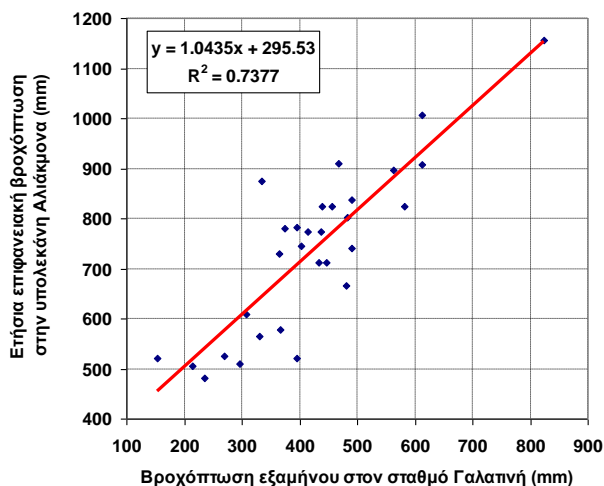
Παρατηρείται ότι η πρόγνωση των ετήσιων μετεωρολογικών ξηρασιών στην υπολεκάνη του Αλιάκμονα με βάση τη σημειακή βροχόπτωση του εξαμήνου είναι ικανοποιητική, λαμβανομένης υπόψη της εξαιρετικά αδρομερούς προσέγγισης. Αντίθετα, στην κλίμακα του τριμήνου η σημειακή πληροφορία παρέχει μόνο μια πρώτη ένδειξη του κινδύνου εμφάνισης ξηρασιών, χωρίς να παρέχει καλές ποσοτικές εκτιμήσεις. Ορισμένα έτη, το μέγεθος των ξηρασιών υποεκτιμάται σημαντικά, και αυτό οφείλεται στη χρήση προγνωστικών σχέσεων που έχουν εξαχθεί μέσω γραμμικής παλινδρόμησης. Οι σχέσεις αυτές υποεκτιμούν την διασπορά των βροχοπτώσεων, εξομαλύνοντας αρκετά 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 στη Γαλατινή καταγραφεί μηδενική βροχόπτωση το πρώτο τρίμηνο, από την εφαρμογή της σχέσης (10.15) προκύπτει μια πρόγνωση της ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης στην υπολεκάνη ίση με 388.8 mm. Για τον λόγο αυτό θα πρέπει να γίνεται προσεκτική χρήση των αποτελεσμάτων των προγνώσεων, και σε περίπτωση εμφάνισης αρνητικού δείκτη SPI να λαμβάνονται 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. Αυτό ισοδυναμεί με μια διόρθωση των εκτιμημένων SPI κατά μισή μονάδα προς τα κάτω και διατήρηση των ορίων -1.0, -1.5 και -2.0. Τονίζεται ότι τα εν λόγω όρια εξακολουθούν να ισχύουν για την αξιολόγηση των ξηρασιών έτους και τριετίας, με βάση τις ετήσιες και μέσες τριετείς σημειακές βροχοπτώσεις.

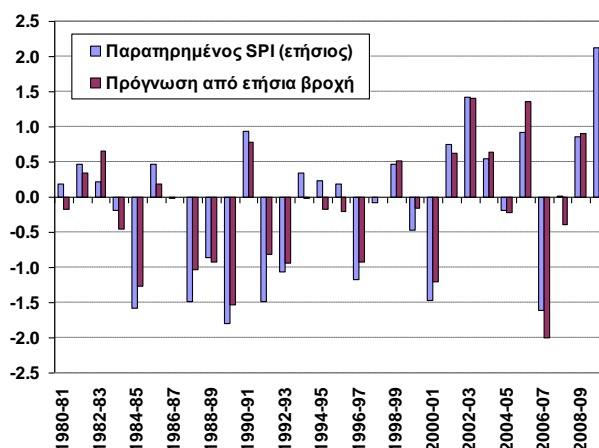
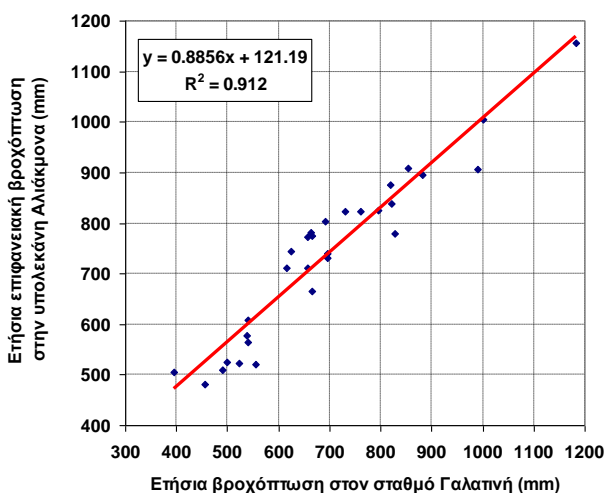
Στην ετήσια και μέση τριετή κλίμακα, λόγω της ιδιαίτερα υψηλής συσχέτισης των δειγμάτων, οι εκτιμήσεις που βασίζονται στη σημειακή βροχόπτωση είναι πολύ κοντά στις θεωρητικές, οι οποίες υπολογίστηκαν από το πλήρες δείγμα, μέσω επιφανειακής ολοκλήρωσης. Οι εκτιμήσεις αυτές, που πραγματοποιούνται στις 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 χαμηλότερα, τότε λαμβάνονται έκτακτα μέτρα που διατηρούνται καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.



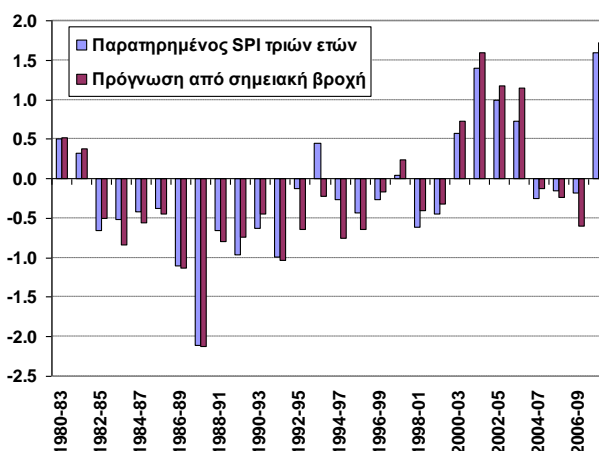
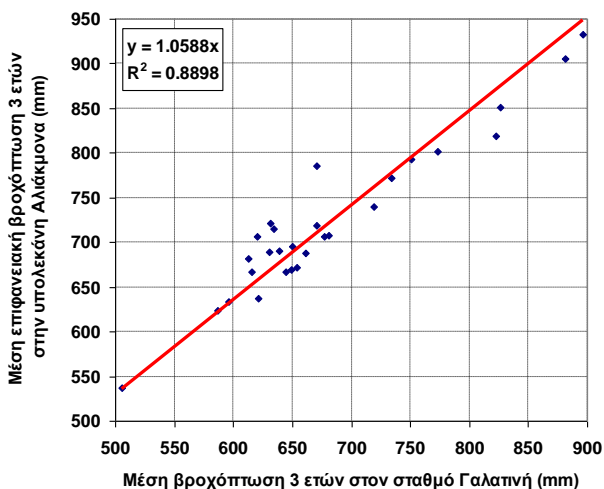
Εικόνα 10-4: Διάγραμμα διασποράς βροχόπτωσης τριμήνου στη Γαλατινή και ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκάνης Αλιάκμονα (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SPI (δεξιά).



Εικόνα 10-5: Διάγραμμα διασποράς βροχόπτωσης εξαμήνου στη Γαλατινή και ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκάνης Αλιάκμονα (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SPI (δεξιά).



Εικόνα 10-6: Διάγραμμα διασποράς ετήσιας βροχόπτωσης στη Γαλατινή και ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκάνης Αλιάκμονα (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SPI (δεξιά).



Εικόνα 10-7: Διάγραμμα διασποράς μέσης τριετούς βροχόπτωσης στη Γαλατινή και μέσης τριετούς επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκάνης Αλιάκμονα (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SPI (δεξιά).

Πίνακας 10-24: Εφαρμογή μοντέλων πρόγνωσης δείκτη μετεωρολογικής ξηρασίας και αντίστοιχη αξιολόγηση στην υπολεκάνη του Αλιάκμονα και σύγκριση με ιστορικά δεδομένα.

Υδρολ. έτος	Ετήσιος SPI	Πρόγνωση τριμήνου	Πρόγνωση εξαμήνου	Πρόγνωση έτους	Αξιολόγηση ξηρασίας	Πρόγνωση τριμήνου	Πρόγνωση εξαμήνου	Πρόγνωση έτους
1980-81	0.19	0.38	0.09	-0.17				Ήπια
1981-82	0.47	0.84	0.10	0.34				
1982-83	0.22	0.43	-0.31	0.66			Ήπια	
1983-84	-0.19	-0.13	0.14	-0.45	Ήπια	Ήπια		Ήπια
1984-85	-1.57	-1.44	-0.88	-1.26	Σοβαρή	Μέτρια	Ήπια	Μέτρια
1985-86	0.47	-0.33	0.20	0.19		Ήπια		
1986-87	-0.01	-0.66	0.41	0.00	Ήπια	Ήπια		
1987-88	-1.48	0.55	-0.18	-1.03	Μέτρια		Ήπια	Μέτρια
1988-89	-0.85	-0.22	-0.80	-0.93	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1989-90	-1.80	-0.45	-1.39	-1.52	Σοβαρή	Ήπια	Μέτρια	Σοβαρή
1990-91	0.93	0.50	0.28	0.78				
1991-92	-1.49	-1.26	-2.15	-0.82	Μέτρια	Μέτρια	Ακραία	Ήπια
1992-93	-1.06	-0.06	-0.37	-0.93	Μέτρια	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1993-94	0.35	0.01	0.36	-0.01				Ήπια
1994-95	0.23	-0.44	-0.18	-0.18		Ήπια	Ήπια	Ήπια
1995-96	0.18	-0.54	-0.05	-0.20		Ήπια	Ήπια	Ήπια
1996-97	-1.17	-0.23	-0.63	-0.93	Μέτρια	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1997-98	-0.07	0.12	-0.39	0.00	Ήπια		Ήπια	
1998-99	0.48	0.63	0.91	0.51				
1999-00	-0.47	0.17	0.36	-0.16	Ήπια			Ήπια
2000-01	-1.46	-0.89	-1.10	-1.21	Μέτρια	Ήπια	Μέτρια	Μέτρια
2001-02	0.75	-0.30	-0.60	0.62		Ήπια	Ήπια	
2002-03	1.42	0.99	1.07	1.41				
2003-04	0.55	0.24	0.41	0.63				
2004-05	-0.18	-0.47	0.06	-0.21	Ήπια	Ήπια		Ήπια
2005-06	0.92	0.37	1.07	1.36				
2006-07	-1.60	-1.48	-1.57	-1.99	Σοβαρή	Μέτρια	Σοβαρή	Σοβαρή
2007-08	0.01	0.72	-0.12	-0.39			Ήπια	Ήπια
2008-09	0.86	-0.19	0.81	0.90		Ήπια		
2009-10	2.13	1.50	2.01	2.07				

Πίνακας 10-25: Εφαρμογή μοντέλων εκτίμησης δείκτη μετεωρολογικής ξηρασίας τριών επών, αξιολόγηση έμμοων ξηρασιών και σύγκριση με ιστορικά δεδομένα στην υπολεκάνη Αλιάκμονα.

Τριετία	SPI τριετίας	Εκτίμηση τριετίας	Αξιολόγηση ξηρασίας	Εκτίμηση τριετίας
1980-83	0.51	0.45		
1981-84	0.33	0.32		
1982-85	-0.65	-0.43	Ήπια	Ήπια
1983-86	-0.51	-0.72	Ήπια	Ήπια
1984-87	-0.42	-0.47	Ήπια	Ήπια
1985-88	-0.38	-0.38	Ήπια	Ήπια
1986-89	-1.11	-0.96	Μέτρια	Ήπια
1987-90	-2.11	-1.78	Ακραία	Σοβαρή
1988-91	-0.66	-0.68	Ήπια	Ήπια
1989-92	-0.96	-0.63	Ήπια	Ήπια
1990-93	-0.63	-0.39	Ήπια	Ήπια
1991-94	-0.99	-0.87	Ήπια	Ήπια
1992-95	-0.13	-0.55	Ήπια	Ήπια
1993-96	0.45	-0.20		Ήπια
1994-97	-0.27	-0.65	Ήπια	Ήπια
1995-98	-0.43	-0.55	Ήπια	Ήπια
1996-99	-0.27	-0.15	Ήπια	Ήπια
1997-00	0.05	0.20		
1998-01	-0.61	-0.35	Ήπια	Ήπια
1999-02	-0.44	-0.28	Ήπια	Ήπια
2000-03	0.58	0.62		
2001-04	1.40	1.39		
2002-05	0.99	1.01		
2003-06	0.72	0.99		
2004-07	-0.25	-0.11	Ήπια	Ήπια
2005-08	-0.15	-0.20	Ήπια	Ήπια
2006-09	-0.18	-0.52	Ήπια	Ήπια
2007-10	1.60	1.49		

10.4.3.2. ΥΠΟΛΕΚΑΝΗ ΑΞΙΟΥ ΦΛΩΡΙΝΑΣ

Ο σταθμός που παρουσιάζει την υψηλότερη συσχέτιση με τη χρονοσειρά επιφανειακής βροχόπτωσης της περιόδου 1980-2010 είναι ο Σκοπός, που ανήκει στο ΥΠΑΑΤ (πρώην ΥΠΓΕ). Στις Εικόνες 10-8 έως 10-11 απεικονίζονται τα διαγράμματα διασποράς της επιφανειακής βροχόπτωσης της υπολεκάνης με την αθροιστική βροχόπτωση τριμήνου, εξαμήνου, υδρολογικού έτους και μέσης τριετίας, στον εν λόγω σταθμό.

Για την πρόγνωση της ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης με βάση τη σημειακή βροχόπτωση τριμήνου, εφαρμόζεται η σχέση:

$$P_s = 443.7 + 1.783 P_3 \quad (10.24)$$

με συντελεστή συσχέτισης 72% (συντελεστής προσδιορισμού 51%).

Αντίστοιχα, για την πρόγνωση με βάση την σημειακή βροχόπτωση εξαμήνου, εφαρμόζεται η σχέση:

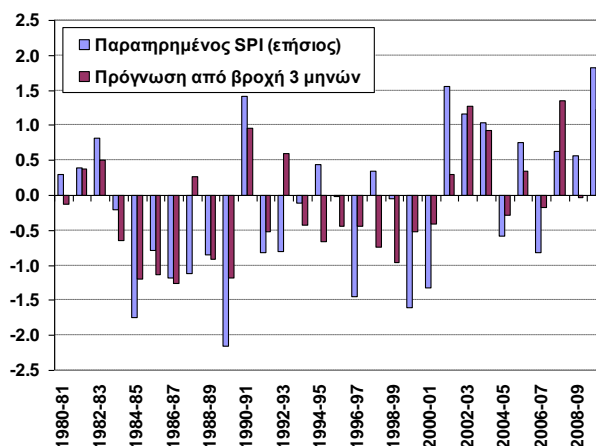
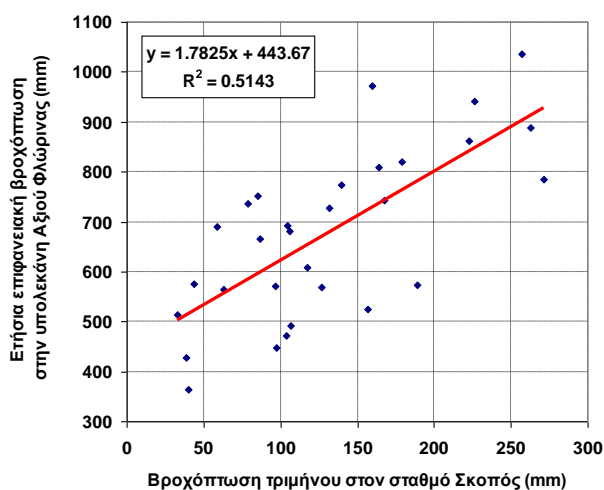
$$P_s = 427.0 + 1.132 P_6 \quad (10.25)$$

με συντελεστή συσχέτισης 75% (συντελεστής προσδιορισμού 56%).

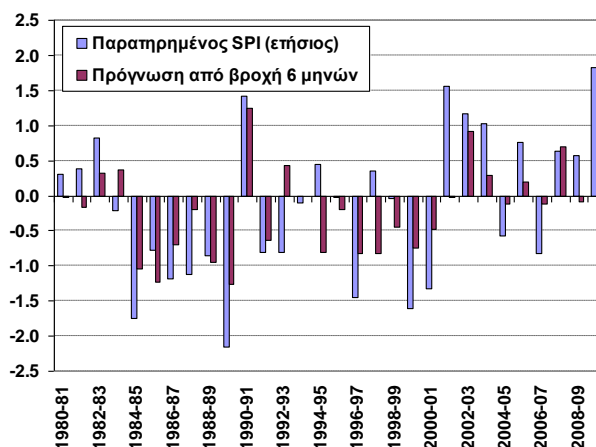
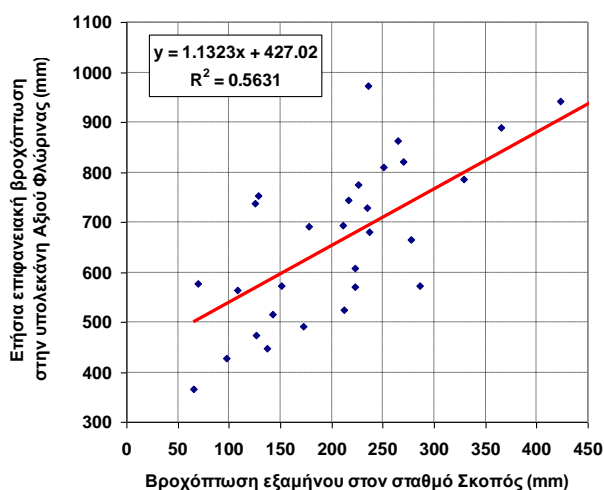
Για την εκτίμηση της ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης, με βάση την ετήσια σημειακή, στο πέρας του υδρολογικού έτους, εφαρμόζεται η σχέση:

$$P_s = 340.1 + 0.773 P_Y \quad (10.26)$$

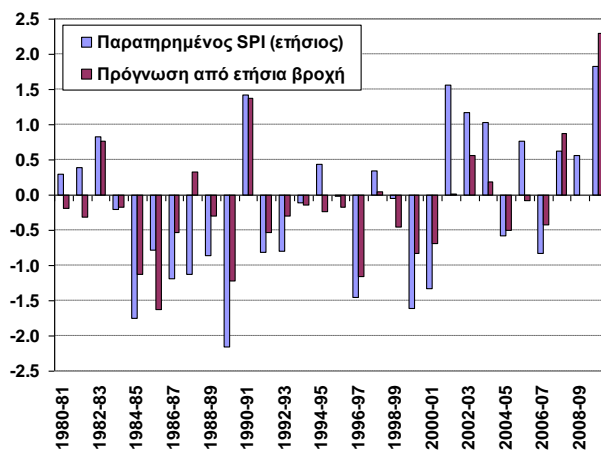
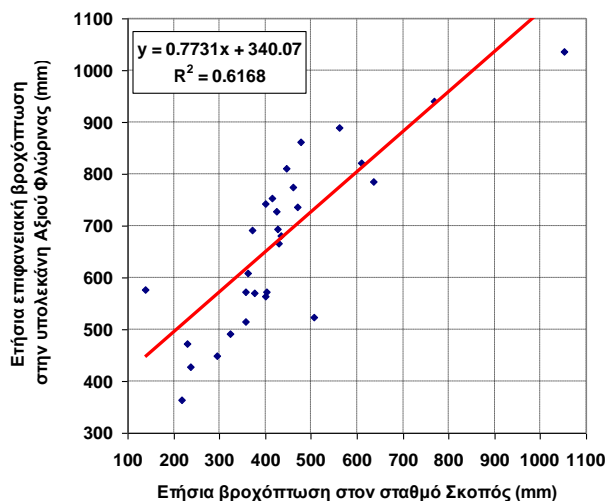
με συντελεστή συσχέτισης 78% (συντελεστής προσδιορισμού 62%).



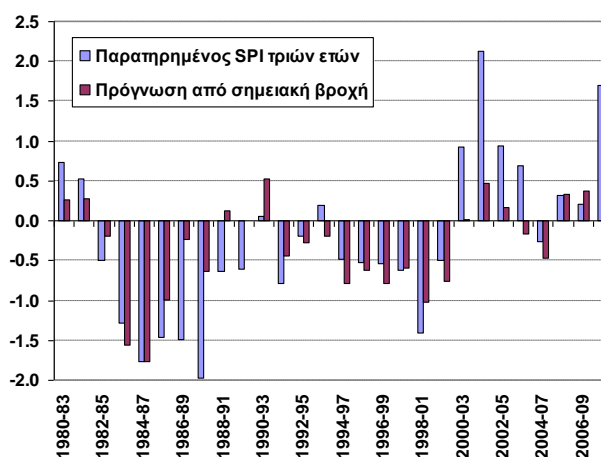
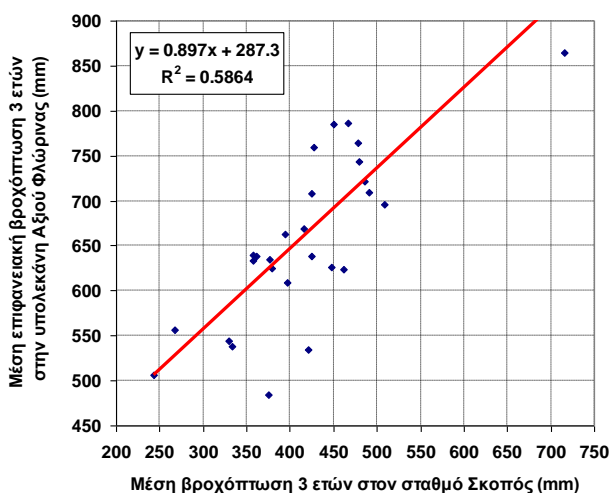
Εικόνα 10-8: Διάγραμμα διασποράς βροχόπτωσης τριμήνου στον Σκοπό και ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκάνης Αξιού (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SPI (δεξιά).



Εικόνα 10-9: Διάγραμμα διασποράς βροχόπτωσης εξαμήνου στον Σκοπό και ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκάνης Αξιού (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SPI (δεξιά).



Εικόνα 10-10: Διάγραμμα διασποράς ετήσιας βροχόπτωσης στον Σκοπό και ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκάνης Αξιού (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SPI (δεξιά).



Εικόνα 10-11: Διάγραμμα διασποράς μέσης τριετούς βροχόπτωσης στον Σκοπό και μέσης τριετούς επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκάνης Αξιού (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SPI (δεξιά).

Πίνακας 10-26: Εφαρμογή μοντέλων πρόγνωσης δείκτη μετεωρολογικής ξηρασίας και αντίστοιχη αξιολόγηση στην υπολεκάνη του Αξιού Φλώρινας και σύγκριση με ιστορικά δεδομένα.

Υδρολ. έτος	Ετήσιος SPI	Πρόγνωση τριμήνου	Πρόγνωση εξαμήνου	Πρόγνωση έτους	Αξιολόγηση ξηρασίας	Πρόγνωση τριμήνου	Πρόγνωση εξαμήνου	Πρόγνωση έτους
1980-81	0.30	-0.12	-0.02	-0.18		Ήπια	Ήπια	Ήπια
1981-82	0.39	0.38	-0.16	-0.31			Ήπια	Ήπια
1982-83	0.82	0.50	0.33	0.77				
1983-84	-0.20	-0.64	0.38	-0.17	Ήπια	Ήπια		Ήπια
1984-85	-1.74	-1.19	-1.04	-1.12	Σοβαρή	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια
1985-86	-0.78	-1.13	-1.24	-1.62	Ήπια	Μέτρια	Μέτρια	Σοβαρή
1986-87	-1.18	-1.26	-0.70	-0.53	Μέτρια	Μέτρια	Ήπια	Ήπια
1987-88	-1.12	0.27	-0.19	0.32	Μέτρια		Ήπια	
1988-89	-0.86	-0.91	-0.96	-0.30	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1989-90	-2.15	-1.18	-1.27	-1.22	Ακραία	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια
1990-91	1.41	0.95	1.25	1.38				
1991-92	-0.81	-0.52	-0.64	-0.53	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1992-93	-0.80	0.60	0.44	-0.30	Ήπια			Ήπια
1993-94	-0.11	-0.42	-0.01	-0.14	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1994-95	0.44	-0.65	-0.81	-0.24		Ήπια	Ήπια	Ήπια
1995-96	-0.02	-0.44	-0.20	-0.17	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1996-97	-1.45	-0.44	-0.82	-1.15	Μέτρια	Ήπια	Ήπια	Μέτρια
1997-98	0.35	-0.73	-0.83	0.05		Ήπια	Ήπια	
1998-99	-0.04	-0.96	-0.44	-0.45	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1999-00	-1.61	-0.51	-0.74	-0.84	Σοβαρή	Ήπια	Ήπια	Ήπια
2000-01	-1.33	-0.40	-0.48	-0.69	Μέτρια	Ήπια	Ήπια	Ήπια
2001-02	1.56	0.30	-0.02	0.01			Ήπια	
2002-03	1.17	1.28	0.92	0.57				
2003-04	1.03	0.92	0.29	0.19				
2004-05	-0.58	-0.28	-0.11	-0.50	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια
2005-06	0.76	0.35	0.20	-0.08				Ήπια
2006-07	-0.82	-0.18	-0.11	-0.42	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια
2007-08	0.63	1.35	0.71	0.88				
2008-09	0.57	-0.03	-0.09	-0.01		Ήπια	Ήπια	Ήπια
2009-10	1.83	1.23	2.20	2.30				

Πίνακας 10-27: Εφαρμογή μοντέλων εκτίμησης δείκτη μετεωρολογικής ξηρασίας τριών ετών, αξιολόγηση έμμοων ξηρασιών και σύγκριση με ιστορικά δεδομένα στην υπολεκάνη Αξιού Φλώρινας.

Τριετία	SPI τριετίας	Εκτίμηση τριετίας	Αξιολόγηση ξηρασίας	Εκτίμηση τριετίας
1980-83	0.73	0.27		
1981-84	0.53	0.28		
1982-85	-0.49	-0.19	Ήπια	Ήπια
1983-86	-1.28	-1.56	Μέτρια	Σοβαρή
1984-87	-1.77	-1.77	Σοβαρή	Σοβαρή
1985-88	-1.46	-0.99	Μέτρια	Ήπια
1986-89	-1.50	-0.23	Μέτρια	Ήπια
1987-90	-1.98	-0.63	Σοβαρή	Ήπια
1988-91	-0.63	0.12	Ήπια	
1989-92	-0.61	0.00	Ήπια	Ήπια
1990-93	0.06	0.53		
1991-94	-0.78	-0.44	Ήπια	Ήπια
1992-95	-0.20	-0.27	Ήπια	Ήπια
1993-96	0.19	-0.20		Ήπια
1994-97	-0.48	-0.78	Ήπια	Ήπια
1995-98	-0.53	-0.62	Ήπια	Ήπια
1996-99	-0.54	-0.78	Ήπια	Ήπια
1997-00	-0.62	-0.60	Ήπια	Ήπια
1998-01	-1.41	-1.02	Μέτρια	Μέτρια
1999-02	-0.49	-0.75	Ήπια	Ήπια
2000-03	0.93	0.02		
2001-04	2.12	0.47		
2002-05	0.94	0.17		
2003-06	0.69	-0.17		Ήπια
2004-07	-0.26	-0.46	Ήπια	Ήπια
2005-08	0.32	0.33		
2006-09	0.20	0.37		
2007-10	1.71	2.33		

Τέλος, για την εκτίμηση της μέσης επιφανειακής βροχόπτωσης τριών ετών, με βάση την αντίστοιχη μέση σημειακή, εφαρμόζεται η σχέση:

$$P_{S3} = 287.3 + 0.897 P_{3Y} \quad (10.27)$$

με συντελεστή συσχέτισης 77% (συντελεστής προσδιορισμού 59%).

Σύμφωνα με τις αναλύσεις του εδαφίου 4.4.3.3, η ενδεικνυόμενη στατιστική κατανομή για την περιγραφή των ετήσιων επιφανειακών βροχοπτώσεων είναι η λογαριθμοκανονική, με παραμέτρους $y, \bar{y} = 6.521$ και $\sigma_y = 0.230$, για τις τιμές υπεράνω της διαμέσου (705 mm), και η κανονική, με παραμέτρους $P, \bar{P} = 696.7$ mm και $\sigma_P = 154.2$ mm, για τις χαμηλές τιμές. Συνεπώς, τα υγρά έτη ($P_S > 705$ mm), ο δείκτης ξηρασίας είναι θετικός και υπολογίζεται από τη σχέση:

$$SPI = (\ln P_S - 6.602) / 0.223 \quad (10.28)$$

Αντίστοιχα, τα ξηρά έτη ($P_S < 705$ mm) ο δείκτης ξηρασίας είναι αρνητικός και υπολογίζεται από τη σχέση:

$$SPI = (P_S - 696.7) / 154.2 \quad (10.29)$$

Για τη μέση επιφανειακή βροχόπτωση τριών ετών η ενδεικνυόμενη στατιστική κατανομή είναι η κανονική, με μέση τιμή $P, \bar{P} = 688.8$ mm και τυπική απόκλιση $\sigma_P = 103.3$ mm. Συνεπώς, ο δείκτης ξηρασίας τριών ετών υπολογίζεται από τη σχέση:

$$SPI = (P_{S3} - 688.8) / 103.3 \quad (10.30)$$

Η επαλήθευση των μοντέλων γίνεται με βάση τα σημειακά βροχομετρικά δεδομένα της περιόδου 1980-2010, από τα οποία εκτιμώνται οι τιμές πρόγνωσης του SPI, που συγκρίνονται με τα αποτελέσματα του εδαφίου 4.4.3.3. Οι αναλυτικοί υπολογισμοί και η σύγκριση με τις παρατηρημένες τιμές της ετήσιας και τριετούς βροχόπτωσης και των αντίστοιχων δεικτών ξηρασίας, παρατίθενται στους Πίνακες 10-26 και 10-27. Η σύγκριση μεταξύ των παρατηρημένων και εκτιμημένων τιμών του ετήσιου SPI απεικονίζεται στις Εικόνες 10-8 έως 10-11.

Παρατηρείται ότι τα προγνωστικά μοντέλα δίνουν λιγότερο ακριβή αποτελέσματα σε σχέση με την υπολεκάνη του Αλιάκμονα, ακόμα και όταν είναι γνωστή η ετήσια ή τριετής βροχόπτωση. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η σημειακή βροχόπτωση στον Σκοπό δεν τόσο πολύ αντιπροσωπευτική των επιφανειακών βροχοπτώσεων της λεκάνης. Δεδομένου ότι, ειδικά στις κλίμακες τριμήνου και εξαμήνου, οι σχέσεις γραμμικής παλινδρόμησης οδηγούν σε σημαντική υποεκτίμηση των χαμηλών βροχοπτώσεων και σημαντική, αντίστοιχα, υπερεκτίμηση των αρνητικών δεικτών ξηρασίας, προτείνεται να εφαρμόζονται, όπως προηγουμένως, τα συντηρητικά όρια -0.5, -1.0 και -1.5, για τον αξιόπιστο χαρακτηρισμό των μέτρων, σοβαρών και ακραίων ξηρασιών, αντίστοιχα.

10.4.3.3. ΥΠΟΛΕΚΑΝΗ ΠΕΔΙΑΔΑΣ ΚΑΤΕΡΙΝΗΣ

Ο σταθμός που παρουσιάζει την υψηλότερη συσχέτιση με τη χρονοσειρά επιφανειακής βροχόπτωσης της περιόδου 1980-2010 είναι ο Λόφος, που ανήκει στο ΥΠΑΑΤ (πρώην ΥΠΓΕ). Στις Εικόνες 10-12 έως 10-15 απεικονίζονται τα διαγράμματα διασποράς της επιφανειακής βροχόπτωσης της υπολεκάνης με την αθροιστική βροχόπτωση τριμήνου, εξαμήνου, υδρολογικού έτους και μέσης τριετίας, στον εν λόγω σταθμό. Για την πρόγνωση της ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης με βάση τη σημειακή βροχόπτωση τριμήνου, εφαρμόζεται η σχέση:

$$P_s = 525.6 + 1.196 P_3 \quad (10.31)$$

με συντελεστή συσχέτισης 78% (συντελεστής προσδιορισμού 61%).

Αντίστοιχα, για την πρόγνωση με βάση την σημειακή βροχόπτωση εξαμήνου, εφαρμόζεται η σχέση:

$$P_s = 388.2 + 0.938 P_6 \quad (10.32)$$

με συντελεστή συσχέτισης 90% (συντελεστής προσδιορισμού 81%).

Για την εκτίμηση της ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης, με βάση την ετήσια σημειακή, στο πέρας του υδρολογικού έτους, εφαρμόζεται η σχέση:

$$P_s = 166.2 + 0.907 P_Y \quad (10.33)$$

με συντελεστή συσχέτισης 93% (συντελεστής προσδιορισμού 86%).

Τέλος, για την εκτίμηση της μέσης επιφανειακής βροχόπτωσης τριών ετών, με βάση την αντίστοιχη μέση σημειακή, εφαρμόζεται η σχέση:

$$P_{S3} = 251.6 + 0.800 P_{3Y} \quad (10.34)$$

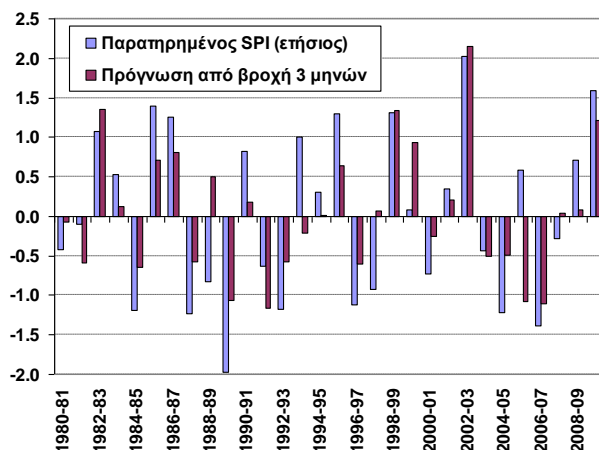
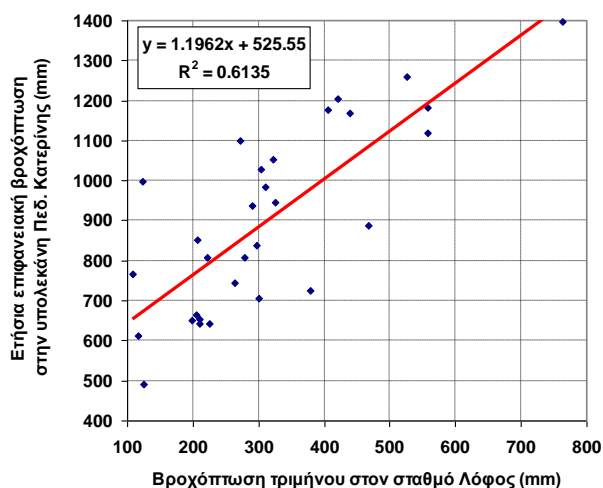
με συντελεστή συσχέτισης 84% (συντελεστής προσδιορισμού 71%).

Σύμφωνα με τις αναλύσεις του εδαφίου 4.4.3.4, η ενδεικνυόμενη στατιστική κατανομή για την περιγραφή των ετήσιων επιφανειακών βροχοπτώσεων είναι η λογαριθμοκανονική, με παραμέτρους $y, \bar{y} = 6.770$ και $\sigma_Y = 0.232$, για τις τιμές υπεράνω της διαμέσου (853 mm), και η κανονική, με παραμέτρους $P, \bar{P} = 894.8$ mm και $\sigma_P = 205.7$ mm, για τις χαμηλές τιμές. Συνεπώς, τα υγρά έτη ($P_s > 853$ mm), ο δείκτης ξηρασίας είναι θετικός και υπολογίζεται από τη σχέση:

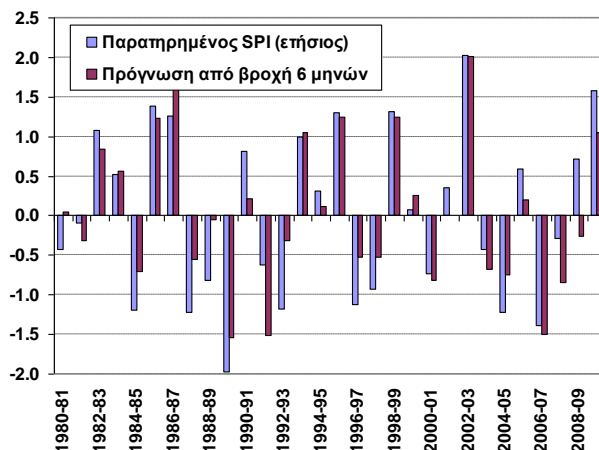
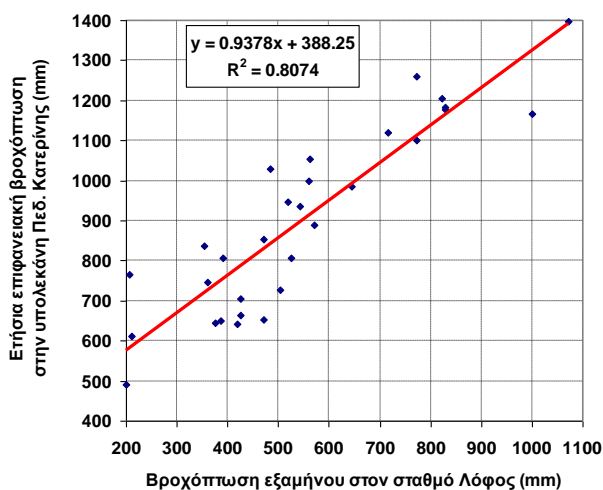
$$SPI = (\ln P_s - 6.770) / 0.232 \quad (10.35)$$

Αντίστοιχα, τα ξηρά έτη ($P_s < 705$ mm) ο δείκτης ξηρασίας είναι αρνητικός και υπολογίζεται από τη σχέση:

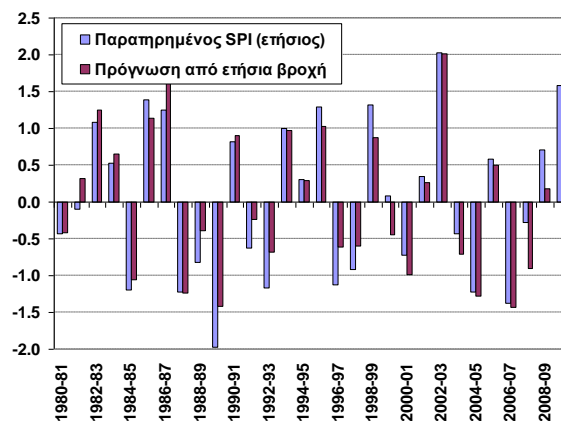
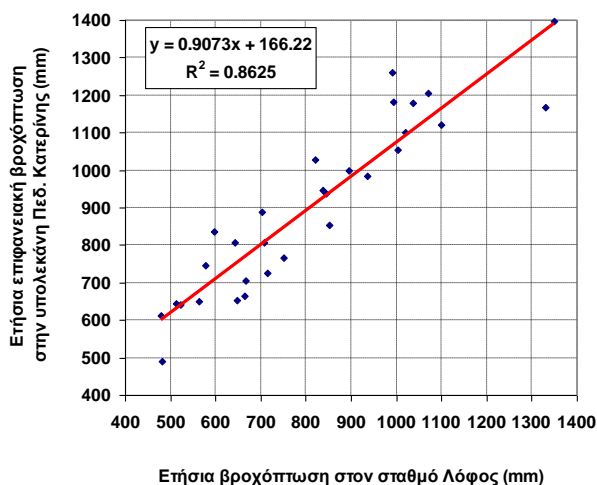
$$SPI = (P_s - 894.8) / 205.7 \quad (10.36)$$



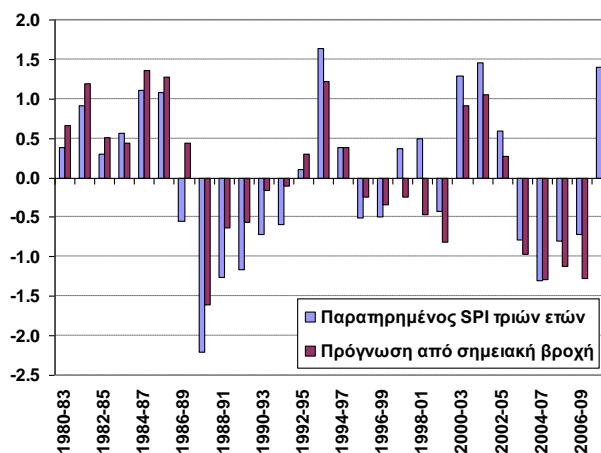
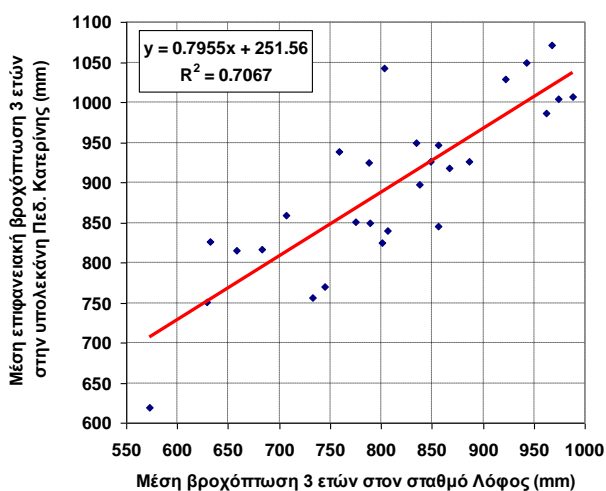
Εικόνα 10-12: Διάγραμμα διασποράς βροχόπτωσης τριμήνου στον Λόφο και ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκάνης Πεδιάδας Κατερίνης (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SPI (δεξιά).



Εικόνα 10-13: Διάγραμμα διασποράς βροχόπτωσης εξαμήνου στον Λόφο και ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκάνης Πεδιάδας Κατερίνης (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SPI (δεξιά).



Εικόνα 10-14: Διάγραμμα διασποράς ετήσιας βροχόπτωσης στον Λόφο και ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκάνης Πεδιάδας Κατερίνης (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SPI (δεξιά).



Εικόνα 10-15: Διάγραμμα διασποράς μέσης τριετούς βροχόπτωσης στον Λόφο και μέσης τριετούς επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκάνης Πεδιάδας Κατερίνης (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SPI (δεξιά).

Πίνακας 10-28: Εφαρμογή μοντέλων πρόγνωσης δείκτη μετεωρολογικής ξηρασίας και αντίστοιχη αξιολόγηση στην υπολεκάνη της Πεδιάδας Κατερίνης και σύγκριση με ιστορικά δεδομένα.

Υδρολ. έτος	Ετήσιος SPI	Πρόγνωση τριμήνου	Πρόγνωση εξαμήνου	Πρόγνωση έτους	Αξιολόγηση ξηρασίας	Πρόγνωση τριμήνου	Πρόγνωση εξαμήνου	Πρόγνωση έτους
1980-81	-0.43	-0.07	0.05	-0.42	Ήπια	Ήπια		Ήπια
1981-82	-0.09	-0.59	-0.32	0.32	Ήπια	Ήπια	Ήπια	
1982-83	1.08	1.35	0.84	1.25				
1983-84	0.52	0.13	0.56	0.66				
1984-85	-1.19	-0.64	-0.70	-1.06	Μέτρια	Ήπια	Ήπια	Μέτρια
1985-86	1.39	0.71	1.23	1.15				
1986-87	1.26	0.81	1.80	1.95				
1987-88	-1.23	-0.57	-0.55	-1.23	Μέτρια	Ήπια	Ήπια	Μέτρια
1988-89	-0.82	0.50	-0.06	-0.39	Ήπια		Ήπια	Ήπια
1989-90	-1.97	-1.07	-1.55	-1.42	Σοβαρή	Μέτρια	Σοβαρή	Μέτρια
1990-91	0.82	0.19	0.21	0.91				
1991-92	-0.63	-1.17	-1.52	-0.23	Ήπια	Μέτρια	Σοβαρή	Ήπια
1992-93	-1.17	-0.58	-0.31	-0.68	Μέτρια	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1993-94	1.00	-0.22	1.05	0.97		Ήπια		
1994-95	0.31	0.01	0.12	0.29				
1995-96	1.30	0.64	1.25	1.03				
1996-97	-1.12	-0.60	-0.52	-0.62	Μέτρια	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1997-98	-0.92	0.07	-0.52	-0.60	Ήπια		Ήπια	Ήπια
1998-99	1.31	1.35	1.25	0.87				
1999-00	0.08	0.94	0.25	-0.44				Ήπια
2000-01	-0.73	-0.26	-0.82	-0.99	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια
2001-02	0.35	0.21	0.01	0.26				
2002-03	2.03	2.15	2.02	2.01				
2003-04	-0.43	-0.51	-0.68	-0.71	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια
2004-05	-1.22	-0.49	-0.75	-1.28	Μέτρια	Ήπια	Ήπια	Μέτρια
2005-06	0.59	-1.07	0.20	0.50		Μέτρια		
2006-07	-1.38	-1.11	-1.50	-1.42	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια
2007-08	-0.28	0.05	-0.85	-0.91	Ήπια		Ήπια	Ήπια
2008-09	0.71	0.09	-0.26	0.19			Ήπια	
2009-10	1.59	1.21	1.05	0.86				

Πίνακας 10-29: Εφαρμογή μοντέλων εκτίμησης δείκτη μετεωρολογικής ξηρασίας τριών ετών, αξιολόγηση έμμονων ξηρασιών και σύγκριση με ιστορικά δεδομένα στην υπολεκάνη Πεδιάδας Κατερίνης.

Τριετία	SPI τριετίας	Εκτίμηση τριετίας	Αξιολόγηση ξηρασίας	Εκτίμηση τριετίας
1980-83	0.38	0.66		
1981-84	0.92	1.19		
1982-85	0.31	0.52		
1983-86	0.56	0.44		
1984-87	1.10	1.36		
1985-88	1.08	1.27		
1986-89	-0.55	0.44	Ήπια	
1987-90	-2.20	-1.61	Ακραία	Σοβαρή
1988-91	-1.26	-0.64	Μέτρια	Ήπια
1989-92	-1.16	-0.56	Μέτρια	Ήπια
1990-93	-0.72	-0.15	Ήπια	Ήπια
1991-94	-0.59	-0.11	Ήπια	Ήπια
1992-95	0.10	0.31		
1993-96	1.64	1.22		
1994-97	0.38	0.38		
1995-98	-0.51	-0.24	Ήπια	Ήπια
1996-99	-0.50	-0.34	Ήπια	Ήπια
1997-00	0.37	-0.25		Ήπια
1998-01	0.49	-0.46		Ήπια
1999-02	-0.42	-0.81	Ήπια	Ήπια
2000-03	1.29	0.91		
2001-04	1.46	1.06		
2002-05	0.59	0.28		
2003-06	-0.79	-0.96	Ήπια	Ήπια
2004-07	-1.30	-1.29	Μέτρια	Μέτρια
2005-08	-0.80	-1.12	Ήπια	Μέτρια
2006-09	-0.72	-1.27	Ήπια	Μέτρια
2007-10	1.40	-0.14		Ήπια

Στην κλίμακα της τριετίας, η ενδεικνυόμενη στατιστική κατανομή για την περιγραφή των επιφανειακών βροχοπτώσεων είναι η λογαριθμοκανονική, με παραμέτρους $\gamma, \bar{y} = 6.787$ και $\sigma_{\gamma} = 0.116$, για τις τιμές υπεράνω της διαμέσου (893 mm), και η Weibull, με παραμέτρους $\alpha = 936.4$ mm και $\kappa = 10.34$, για τις χαμηλότερες της διαμέσου τιμές. Συνεπώς, τις υγρές τριετίες ($P_{S3} > 893$ mm), ο δείκτης ξηρασίας είναι θετικός και υπολογίζεται από τη σχέση:

$$SPI = (\ln P_{S3} - 6.787) / 0.116 \quad (10.37)$$

Αντίστοιχα, τα ξηρά έτη ($P_{S3} < 893$ mm) ο δείκτης τριετούς ξηρασίας είναι αρνητικός και υπολογίζεται από τη σχέση:

$$F_P = \text{NORMSINV}\{1 - \exp [-(P_{S3} / 936.4)^{10.34}]\} \quad (10.38)$$

Η επαλήθευση των μοντέλων γίνεται με βάση τα σημειακά βροχομετρικά δεδομένα της περιόδου 1980-2010, από τα οποία εκτιμώνται οι τιμές πρόγνωσης του SPI, που συγκρίνονται με τα αποτελέσματα του εδαφίου 4.4.3.4. Οι αναλυτικοί υπολογισμοί και η σύγκριση με τις παρατηρημένες τιμές της ετήσιας και τριετούς βροχόπτωσης και των αντίστοιχων δεικτών ξηρασίας, παρατίθενται στους Πίνακες 10-28 και 10-29. Ακόμη, η σύγκριση μεταξύ των παρατηρημένων και εκτιμημένων τιμών του SPI απεικονίζεται στις Εικόνες 10-12 έως 10-15.

Γενικά, η προγνωστική ικανότητα των μοντέλων είναι αρκετά καλή, ωστόσο και πάλι παρατηρείται υποεκτίμηση των χαμηλών βροχοπτώσεων ορισμένων ετών ή ακόμα και τριετιών. Ειδικά οι προγνώσεις που γίνονται με βάση την σημειακή βροχόπτωση του τριμήνου αποκλίνουν σημαντικά από τις ιστορικές τιμές των αρνητικών δεικτών ξηρασίας, και απαιτούν διόρθωση προς τα κάτω.

10.4.3.4. ΥΠΟΛΕΚΑΝΗ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΗΣ ΤΑΦΡΟΥ

Ο σταθμός που παρουσιάζει την υψηλότερη συσχέτιση με τη χρονοσειρά επιφανειακής βροχόπτωσης της περιόδου 1980-2010 είναι ο Άγρας (Νησιά), που ανήκει στη ΔΕΗ. Στις Εικόνες 10-16 έως 10-19 απεικονίζονται τα διαγράμματα διασποράς της επιφανειακής βροχόπτωσης της υπολεκάνης με την αθροιστική βροχόπτωση τριμήνου, εξαμήνου και υδρολογικού έτους, αντίστοιχα, στον εν λόγω σταθμό.

Για την πρόγνωση της ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης με βάση τη σημειακή τριμήνου, εφαρμόζεται η σχέση:

$$P_s = 535.5 + 1.211 P_3 \quad (10.39)$$

με συντελεστή συσχέτισης 66% (συντελεστής προσδιορισμού 43%).

Αντίστοιχα, για την πρόγνωση με βάση την σημειακή βροχόπτωση εξαμήνου, εφαρμόζεται η σχέση:

$$P_s = 446.7 + 0.901 P_6 \quad (10.40)$$

με συντελεστή συσχέτισης 77% (συντελεστής προσδιορισμού 60%).

Για την εκτίμηση της ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης, με βάση την ετήσια σημειακή, στο πέρας του υδρολογικού έτους, εφαρμόζεται η σχέση:

$$P_s = 164.1 + 0.945 P_Y \quad (10.41)$$

με συντελεστή συσχέτισης 96% (συντελεστής προσδιορισμού 91%).

Τέλος, για την εκτίμηση της μέσης επιφανειακής βροχόπτωσης τριών ετών, με βάση την αντίστοιχη μέση σημειακή, εφαρμόζεται η σχέση:

$$P_{S3} = 251.6 + 0.800 P_{3Y} \quad (10.42)$$

με συντελεστή συσχέτισης 84% (συντελεστής προσδιορισμού 71%).

Σύμφωνα με τις αναλύσεις του εδαφίου 4.4.3.5, η ενδεικνυόμενη στατιστική κατανομή για την περιγραφή των ετήσιων επιφανειακών βροχοπτώσεων είναι η λογαριθμοκανονική, με παραμέτρους $y, \bar{y} = 6.767$ και $\sigma_y = 0.132$, για τις τιμές υπεράνω της διαμέσου (919 mm), και η κανονική, με παραμέτρους $P, \bar{P} = 886.4$ mm και $\sigma_P = 181.1$ mm, για τις χαμηλές τιμές. Συνεπώς, τα υγρά έτη ($P_s > 919$ mm), ο δείκτης ξηρασίας είναι θετικός και υπολογίζεται από τη σχέση:

$$SPI = (\ln P_s - 6.767) / 0.132 \quad (10.43)$$

Αντίστοιχα, τα ξηρά έτη ($P_s < 705$ mm) ο δείκτης ξηρασίας είναι αρνητικός και υπολογίζεται από τη σχέση:

$$SPI = (P_s - 886.4) / 181.1 \quad (10.44)$$

Ομοίως, η ενδεικνυόμενη κατανομή για την περιγραφή της μέσης βροχόπτωσης τριών ετών είναι η λογαριθμοκανονική, με παραμέτρους $y, \bar{y} = 6.775$ και $\sigma_y = 0.123$, για τις τιμές υπεράνω της διαμέσου (866 mm), και η κανονική, με παραμέτρους $P, \bar{P} = 881.9$ mm και $\sigma_P = 107.7$ mm, για τις χαμηλές τιμές. Συνεπώς, τις υγρές τριετίες ($P_{S3} > 866$ mm), ο δείκτης ξηρασίας είναι θετικός και υπολογίζεται από τη σχέση:

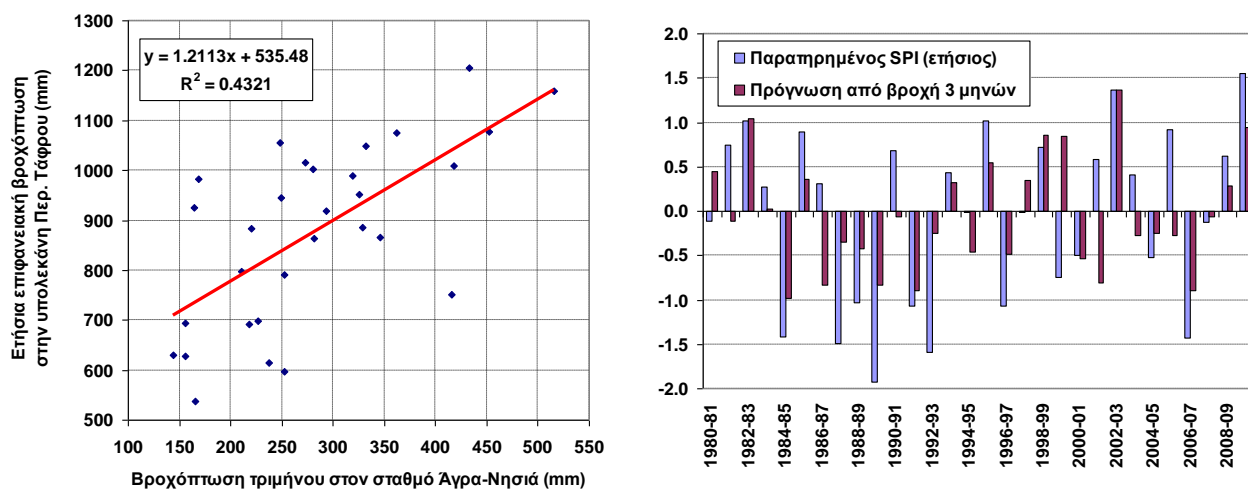
$$SPI = (\ln P_{S3} - 6.775) / 0.123 \quad (10.45)$$

Αντίστοιχα, τις ξηρές τριετίες ($P_s < 866$ mm) ο δείκτης είναι αρνητικός και υπολογίζεται από τη σχέση:

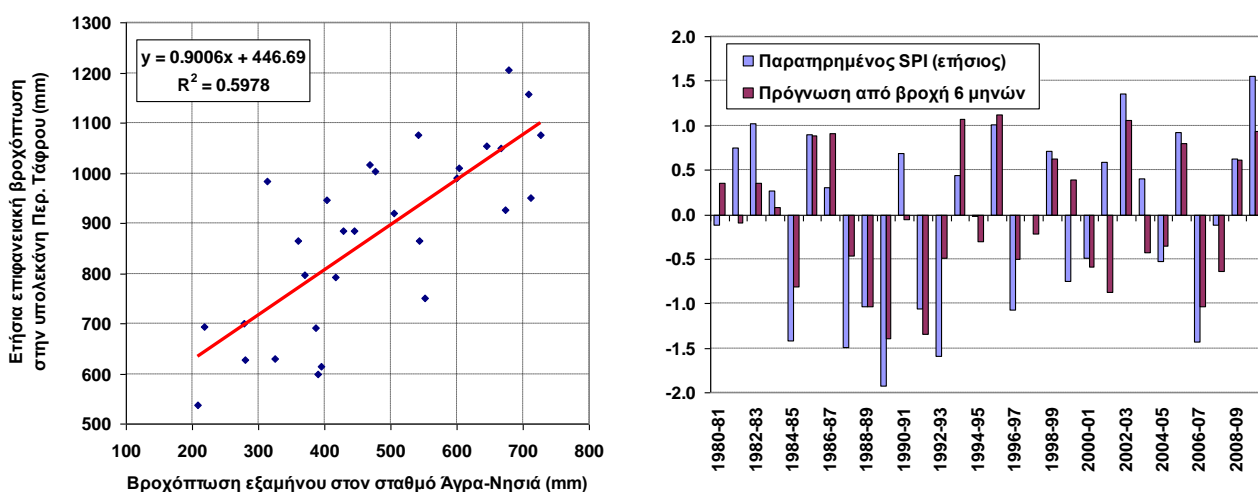
$$SPI = (P_{S3} - 881.9) / 107.7 \quad (10.46)$$

Η επαλήθευση των μοντέλων γίνεται με βάση τα σημειακά βροχομετρικά δεδομένα της περιόδου 1980-2010, από τα οποία εκτιμώνται οι τιμές πρόγνωσης του SPI, που συγκρίνονται με τα αποτελέσματα του εδαφίου 4.4.3.5. Οι αναλυτικοί υπολογισμοί και η σύγκριση με τις παρατηρημένες τιμές της ετήσιας και τριετούς βροχόπτωσης και των αντίστοιχων δεικτών ξηρασίας, παρατίθενται στους Πίνακες 10-30 και 10-31. Ακόμη, η σύγκριση μεταξύ των παρατηρημένων και εκτιμημένων τιμών του SPI απεικονίζεται στις

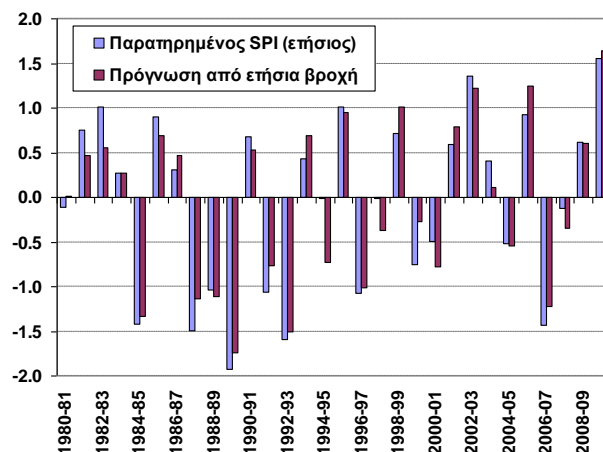
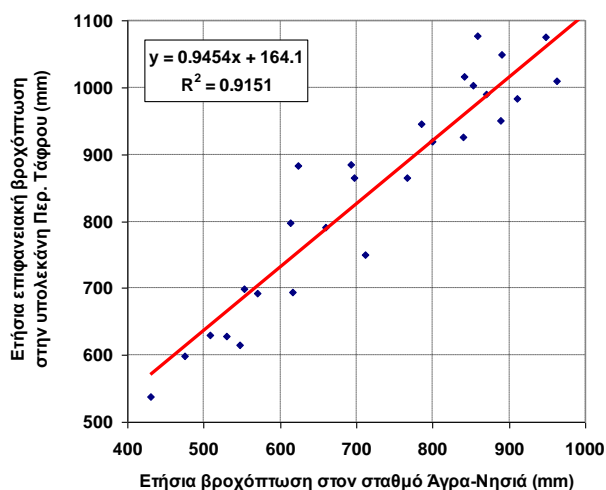
Εικόνες 10-16 έως 10-19. Στη συγκεκριμένη υπολεκάνη, η ακρίβεια των εκτιμήσεων που βασίζονται στην ετήσια και τριετή βροχόπτωση είναι εξαιρετικά υψηλή. Αντίθετα, οι προγνώσεις με βάση την τρίμηνη και εξαμήνη βροχόπτωση οδηγούν γενικά σε υποεκτίμηση των χαμηλών βροχοπτώσεων.



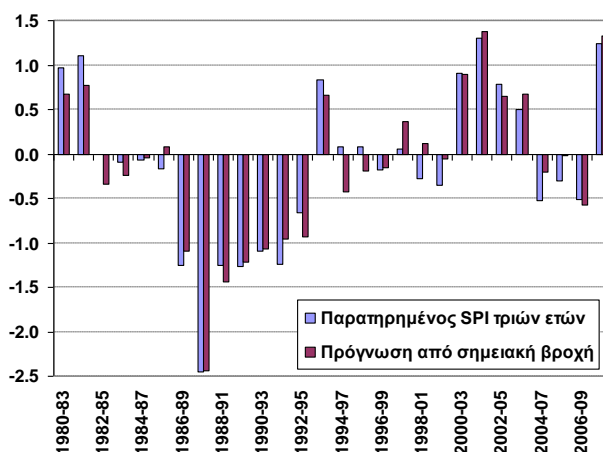
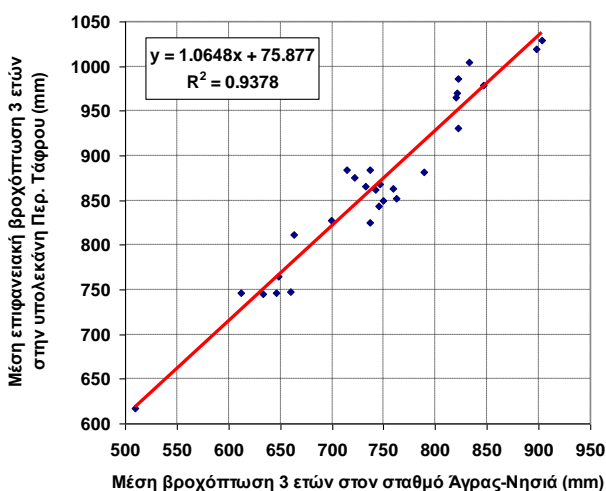
Εικόνα 10-16: Διάγραμμα διασποράς βροχόπτωσης τριμήνου στον Άγρα και ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκάνης Περιφ. Τάφρου (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SPI (δεξιά).



Εικόνα 10-17: Διάγραμμα διασποράς βροχόπτωσης εξαμήνου στον Άγρα και ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκάνης Περιφ. Τάφρου (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SPI (δεξιά).



Εικόνα 10-18: Διάγραμμα διασποράς ετήσιας βροχόπτωσης στον Άγρα και ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκάνης Περιφ. Τάφρου (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SPI (δεξιά).



Εικόνα 10-19: Διάγραμμα διασποράς μέσης ετήσιας βροχόπτωσης τριετίας στον Άγρα και μέσης ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης τριών ετών υπολεκάνης Περιφ. Τάφρου (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SPI (δεξιά).

Πίνακας 10-30: Εφαρμογή μοντέλων πρόγνωσης δείκτη μετεωρολογικής ξηρασίας και αντίστοιχη αξιολόγηση στην υπολεκάνη της Περιφερειακής Τάφρου και σύγκριση με ιστορικά δεδομένα.

Υδρολ. έτος	Ετήσιος SPI	Πρόγνωση τριμήνου	Πρόγνωση εξαμήνου	Πρόγνωση έτους	Αξιολόγηση ξηρασίας	Πρόγνωση τριμήνου	Πρόγνωση εξαμήνου	Πρόγνωση έτους
1980-81	-0.12	0.45	0.36	0.01	Ήπια			
1981-82	0.75	-0.11	-0.10	0.47		Ήπια	Ήπια	
1982-83	1.02	1.05	0.35	0.55				
1983-84	0.27	0.02	0.08	0.28				
1984-85	-1.42	-0.98	-0.81	-1.33	Μέτρια	Ήπια	Ήπια	Μέτρια
1985-86	0.90	0.36	0.89	0.69				
1986-87	0.30	-0.84	0.91	0.47		Ήπια		
1987-88	-1.50	-0.35	-0.47	-1.13	Μέτρια	Ήπια	Ήπια	Μέτρια
1988-89	-1.03	-0.42	-1.04	-1.11	Μέτρια	Ήπια	Μέτρια	Μέτρια
1989-90	-1.92	-0.83	-1.40	-1.74	Σοβαρή	Ήπια	Μέτρια	Σοβαρή
1990-91	0.68	-0.06	-0.06	0.53		Ήπια	Ήπια	
1991-92	-1.06	-0.90	-1.34	-0.77	Μέτρια	Ήπια	Μέτρια	Ήπια
1992-93	-1.59	-0.25	-0.49	-1.51	Σοβαρή	Ήπια	Ήπια	Σοβαρή
1993-94	0.43	0.32	1.07	0.69				
1994-95	-0.02	-0.46	-0.30	-0.73	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1995-96	1.01	0.54	1.12	0.95				
1996-97	-1.07	-0.48	-0.50	-1.01	Μέτρια	Ήπια	Ήπια	Μέτρια
1997-98	-0.01	0.35	-0.21	-0.37	Ήπια		Ήπια	Ήπια
1998-99	0.71	0.86	0.62	1.01				
1999-00	-0.75	0.85	0.39	-0.27	Ήπια			Ήπια
2000-01	-0.49	-0.53	-0.59	-0.78	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια
2001-02	0.59	-0.81	-0.87	0.79		Ήπια	Ήπια	
2002-03	1.36	1.37	1.05	1.22				
2003-04	0.41	-0.27	-0.42	0.11		Ήπια	Ήπια	
2004-05	-0.52	-0.25	-0.35	-0.54	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια
2005-06	0.92	-0.28	0.80	1.24		Ήπια		
2006-07	-1.43	-0.90	-1.04	-1.23	Μέτρια	Ήπια	Μέτρια	Μέτρια
2007-08	-0.12	-0.06	-0.64	-0.35	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια
2008-09	0.62	0.29	0.61	0.61				
2009-10	1.55	0.94	0.93	1.64				

Πίνακας 10-31: Εφαρμογή μοντέλων εκτίμησης δείκτη μετεωρολογικής ξηρασίας τριών επών, αξιολόγηση έμμοων ξηρασιών και σύγκριση με ιστορικά δεδομένα στην υπολεκάνη Περιφερειακής Τάφρου.

Τριετία	SPI τριετίας	Εκτίμηση τριετίας	Αξιολόγηση ξηρασίας	Εκτίμηση τριετίας
1980-83	0.97	0.67		
1981-84	1.11	0.77		
1982-85	0.00	-0.34	Ήπια	Ήπια
1983-86	-0.09	-0.24	Ήπια	Ήπια
1984-87	-0.07	-0.05	Ήπια	Ήπια
1985-88	-0.17	0.08	Ήπια	
1986-89	-1.26	-1.09	Μέτρια	Μέτρια
1987-90	-2.45	-2.44	Ακραία	Ακραία
1988-91	-1.26	-1.43	Μέτρια	Μέτρια
1989-92	-1.27	-1.22	Μέτρια	Μέτρια
1990-93	-1.09	-1.07	Μέτρια	Μέτρια
1991-94	-1.25	-0.96	Μέτρια	Ήπια
1992-95	-0.66	-0.93	Ήπια	Ήπια
1993-96	0.83	0.66		
1994-97	0.08	-0.42		Ήπια
1995-98	0.08	-0.20		Ήπια
1996-99	-0.18	-0.15	Ήπια	Ήπια
1997-00	0.06	0.37		
1998-01	-0.27	0.12	Ήπια	
1999-02	-0.36	-0.05	Ήπια	Ήπια
2000-03	0.91	0.89		
2001-04	1.31	1.38		
2002-05	0.79	0.65		
2003-06	0.50	0.67		
2004-07	-0.53	-0.20	Ήπια	Ήπια
2005-08	-0.30	-0.02	Ήπια	Ήπια
2006-09	-0.51	-0.57	Ήπια	Ήπια
2007-10	1.24	1.33		

10.4.3.5. ΥΠΟΛΕΚΑΝΗ ΠΤΟΛΕΜΑΪΔΑΣ

Ο σταθμός που παρουσιάζει την υψηλότερη συσχέτιση με τη χρονοσειρά επιφανειακής βροχόπτωσης της περιόδου 1980-2010 είναι το Λιμνοχώρι, που ανήκει στο ΥΠΑΑΤ (πρώην ΥΠΓΕ). Στις Εικόνες 10-20 έως 10-23 απεικονίζονται τα διαγράμματα διασποράς της επιφανειακής βροχόπτωσης της υπολεκάνης με την αθροιστική βροχόπτωση τριμήνου, εξαμήνου, υδρολογικού έτους και μέσης τριετίας, στον εν λόγω σταθμό. Για την πρόγνωση της ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης με βάση τη σημειακή τριμήνου, εφαρμόζεται η σχέση:

$$P_s = 390.7 + 1.283 P_3 \quad (10.47)$$

με συντελεστή συσχέτισης 70% (συντελεστής προσδιορισμού 49%).

Αντίστοιχα, για την πρόγνωση με βάση την σημειακή βροχόπτωση εξαμήνου, εφαρμόζεται η σχέση:

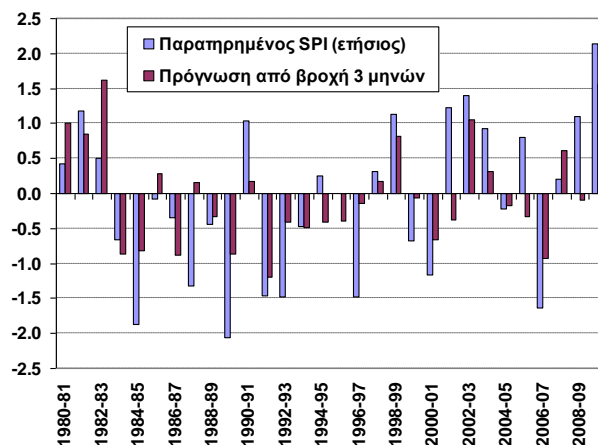
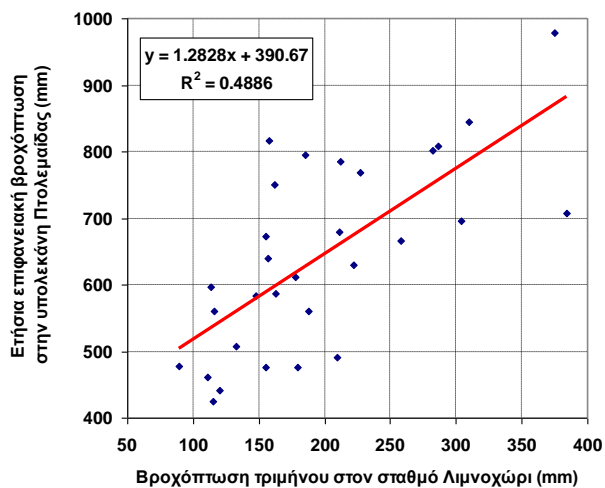
$$P_s = 283.8 + 1.106 P_6 \quad (10.48)$$

με συντελεστή συσχέτισης 80% (συντελεστής προσδιορισμού 65%).

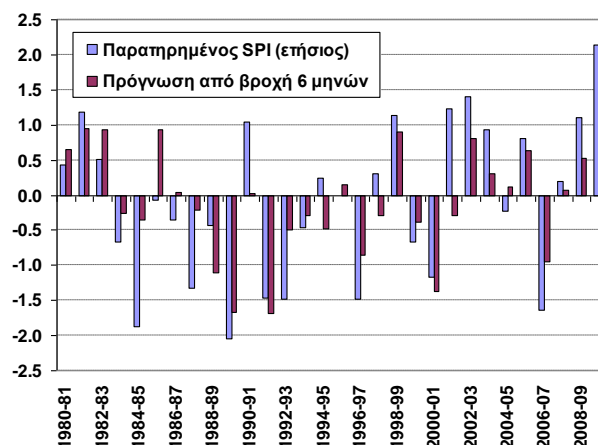
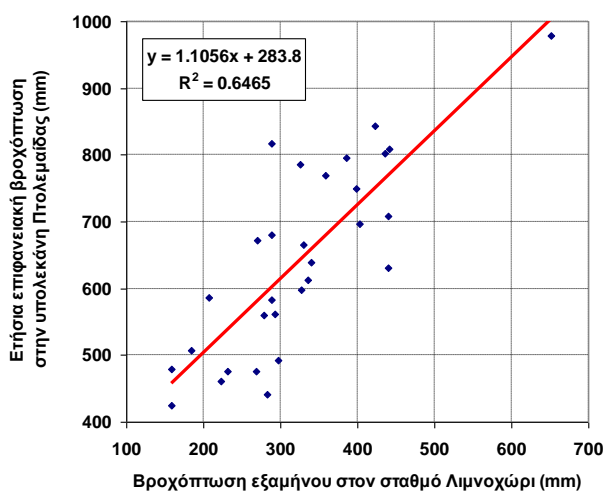
Για την εκτίμηση της ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης, με βάση την ετήσια σημειακή, στο πέρας του υδρολογικού έτους, εφαρμόζεται η σχέση:

$$P_s = 191.5 + 0.840 P_y \quad (10.49)$$

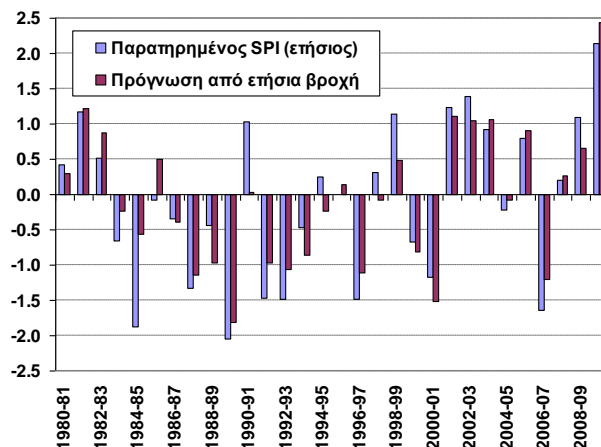
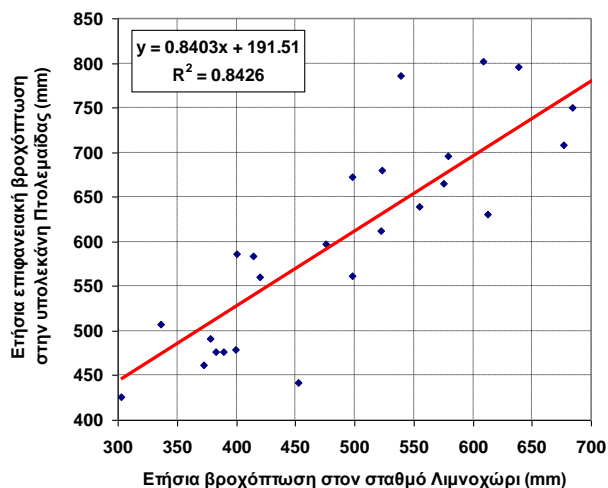
με συντελεστή συσχέτισης 92% (συντελεστής προσδιορισμού 84%).



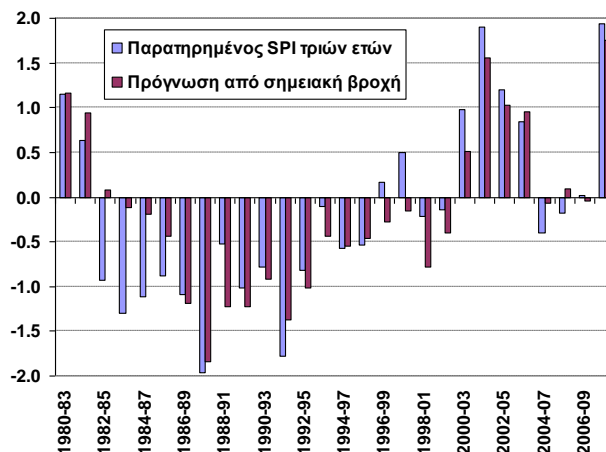
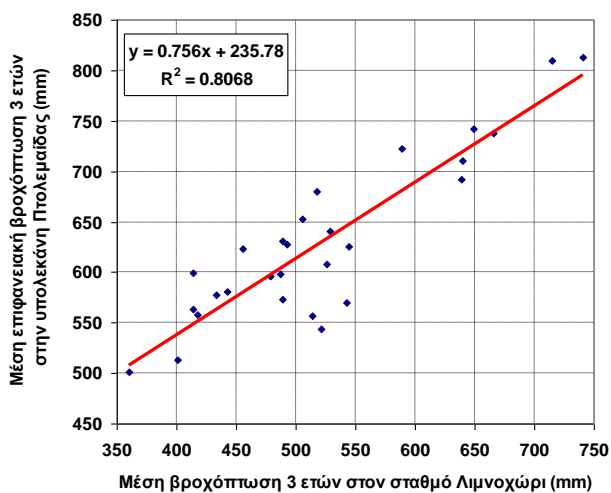
Εικόνα 10-20: Διάγραμμα διασποράς βροχόπτωσης τριμήνου στο Λιμνοχώρι και ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης Πτολεμαΐδας (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SPI (δεξιά).



Εικόνα 10-21: Διάγραμμα διασποράς βροχόπτωσης εξαμήνου στο Λιμνοχώρι και ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης Πτολεμαΐδας (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SPI (δεξιά).



Εικόνα 10-22: Διάγραμμα διασποράς ετήσιας βροχόπτωσης στο Λιμνοχώρι και ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκάνης Πτολεμαΐδας (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SPI (δεξιά).



Εικόνα 10-23: Διάγραμμα διασποράς μέσης τριετούς βροχόπτωσης στο Λιμνοχώρι και μέσης τριετούς επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκάνης Πτολεμαΐδας (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SPI (δεξιά).

Πίνακας 10-32: Εφαρμογή μοντέλων πρόγνωσης δείκτη μετεωρολογικής ξηρασίας και αντίστοιχη αξιολόγηση στην υπολεκάνη της Πτολεμαΐδας και σύγκριση με ιστορικά δεδομένα.

Υδρολ. έτος	Ετήσιος SPI	Πρόγνωση τριμήνου	Πρόγνωση εξαμήνου	Πρόγνωση έτους	Αξιολόγηση ξηρασίας	Πρόγνωση τριμήνου	Πρόγνωση εξαμήνου	Πρόγνωση έτους
1980-81	0.43	1.00	0.66	0.29				
1981-82	1.18	0.85	0.94	1.22				
1982-83	0.51	1.62	0.94	0.87				
1983-84	-0.66	-0.86	-0.26	-0.24	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1984-85	-1.87	-0.81	-0.35	-0.56	Σοβαρή	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1985-86	-0.07	0.28	0.94	0.50	Ήπια			
1986-87	-0.35	-0.89	0.04	-0.40	Ήπια	Ήπια		Ήπια
1987-88	-1.33	0.15	-0.22	-1.15	Μέτρια		Ήπια	Μέτρια
1988-89	-0.44	-0.33	-1.11	-0.97	Ήπια	Ήπια	Μέτρια	Ήπια
1989-90	-2.05	-0.87	-1.67	-1.81	Ακραία	Ήπια	Σοβαρή	Σοβαρή
1990-91	1.04	0.18	0.03	0.04				
1991-92	-1.46	-1.19	-1.68	-0.97	Μέτρια	Μέτρια	Σοβαρή	Ήπια
1992-93	-1.48	-0.41	-0.49	-1.06	Μέτρια	Ήπια	Ήπια	Μέτρια
1993-94	-0.47	-0.49	-0.29	-0.86	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1994-95	0.25	-0.41	-0.48	-0.24		Ήπια	Ήπια	Ήπια
1995-96	-0.01	-0.39	0.15	0.14	Ήπια	Ήπια		
1996-97	-1.48	-0.15	-0.85	-1.11	Μέτρια	Ήπια	Ήπια	Μέτρια
1997-98	0.31	0.17	-0.30	-0.07			Ήπια	Ήπια
1998-99	1.14	0.82	0.90	0.48				
1999-00	-0.67	-0.07	-0.39	-0.81	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια
2000-01	-1.17	-0.66	-1.37	-1.51	Μέτρια	Ήπια	Μέτρια	Σοβαρή
2001-02	1.23	-0.38	-0.29	1.11		Ήπια	Ήπια	
2002-03	1.40	1.05	0.81	1.05				
2003-04	0.93	0.32	0.31	1.07				
2004-05	-0.22	-0.17	0.12	-0.07	Ήπια	Ήπια		Ήπια
2005-06	0.80	-0.34	0.63	0.91		Ήπια		
2006-07	-1.64	-0.92	-0.95	-1.20	Σοβαρή	Ήπια	Ήπια	Μέτρια
2007-08	0.20	0.61	0.07	0.27				
2008-09	1.10	-0.09	0.52	0.65		Ήπια		
2009-10	2.14	1.56	2.27	2.44				

Πίνακας 10-33: Εφαρμογή μοντέλων εκτίμησης δείκτη μετεωρολογικής ξηρασίας τριών ετών, αξιολόγηση έμμωνων ξηρασιών και σύγκριση με ιστορικά δεδομένα στην υπολεκάνη Πτολεμαΐδας.

Τριετία	SPI τριετίας	Εκτίμηση τριετίας	Αξιολόγηση ξηρασίας	Εκτίμηση τριετίας
1980-83	1.15	1.16		
1981-84	0.64	0.94		
1982-85	-0.92	0.08	Ήπια	
1983-86	-1.29	-0.12	Μέτρια	Ήπια
1984-87	-1.12	-0.19	Μέτρια	Ήπια
1985-88	-0.88	-0.44	Ήπια	Ήπια
1986-89	-1.09	-1.18	Μέτρια	Μέτρια
1987-90	-1.96	-1.84	Σοβαρή	Σοβαρή
1988-91	-0.52	-1.23	Ήπια	Μέτρια
1989-92	-1.02	-1.23	Μέτρια	Μέτρια
1990-93	-0.78	-0.92	Ήπια	Ήπια
1991-94	-1.77	-1.37	Σοβαρή	Μέτρια
1992-95	-0.82	-1.01	Ήπια	Μέτρια
1993-96	-0.10	-0.44	Ήπια	Ήπια
1994-97	-0.57	-0.54	Ήπια	Ήπια
1995-98	-0.53	-0.46	Ήπια	Ήπια
1996-99	0.17	-0.28		Ήπια
1997-00	0.50	-0.16		Ήπια
1998-01	-0.21	-0.78	Ήπια	Ήπια
1999-02	-0.15	-0.40	Ήπια	Ήπια
2000-03	0.98	0.51		
2001-04	1.90	1.56		
2002-05	1.19	1.02		
2003-06	0.85	0.95		
2004-07	-0.40	-0.07	Ήπια	Ήπια
2005-08	-0.17	0.10	Ήπια	
2006-09	0.02	-0.05		Ήπια
2007-10	1.93	1.76		

Τέλος, για την εκτίμηση της μέσης επιφανειακής βροχόπτωσης τριών ετών, με βάση την αντίστοιχη μέση σημειακή, εφαρμόζεται η σχέση:

$$P_{S3} = 235.8 + 0.756 P_{3Y} \quad (10.50)$$

με συντελεστή συσχέτισης 90% (συντελεστής προσδιορισμού 80%).

Σύμφωνα με το εδάφιο 4.4.3.6, η ενδεικνυόμενη στατιστική κατανομή για την περιγραφή των ετήσιων επιφανειακών βροχοπτώσεων στην υπολεκάνη είναι η λογαριθμοκανονική, με παραμέτρους $\gamma, \bar{\gamma} = 6.461$ και $\sigma_{\gamma} = 0.199$. Για τη δεδομένη πρόγνωση P_S , ο δείκτης ξηρασίας υπολογίζεται από τη σχέση:

$$SPI = (\ln P_S - 6.461) / 0.199 \quad (10.51)$$

Για τις τριετείς επιφανειακές βροχοπτώσεις, η ενδεικνυόμενη κατανομή είναι επίσης η λογαριθμοκανονική, με παραμέτρους $\gamma, \bar{\gamma} = 6.460$ και $\sigma_{\gamma} = 0.124$. Για τη δεδομένη πρόγνωση της βροχόπτωσης τριετίας P_{S3} , ο δείκτης ξηρασίας υπολογίζεται από τη σχέση:

$$SPI = (\ln P_{S3} - 6.460) / 0.124 \quad (10.52)$$

Η επαλήθευση των μοντέλων γίνεται με βάση τα σημειακά βροχομετρικά δεδομένα της περιόδου 1980-2010, από τα οποία εκτιμώνται οι τιμές πρόγνωσης του SPI, που συγκρίνονται με τα αποτελέσματα του εδαφίου 4.4.3.6. Οι αναλυτικοί υπολογισμοί και η σύγκριση με τις παρατηρημένες τιμές της ετήσιας και τριετούς βροχόπτωσης και των αντίστοιχων δεικτών ξηρασίας παρατίθενται στους Πίνακες 10-32 και 10-33. Ακόμη, η σύγκριση μεταξύ των παρατηρημένων και εκτιμημένων τιμών του SPI απεικονίζεται στις Εικόνες 10-20 έως 10-23. Τα γενικά συμπεράσματα ως προς την επίδοση των μοντέλων πρόγνωσης και αξιολόγησης των ξηρασιών δεν διαφοροποιούνται σε σχέση με τις άλλες υπολεκάνες.

10.4.3.6. ΥΠΟΛΕΚΑΝΗ ΠΡΕΣΠΩΝ

Ο σταθμός που παρουσιάζει την υψηλότερη συσχέτιση με τη χρονοσειρά επιφανειακής βροχόπτωσης της περιόδου 1980-2010 είναι η Βουσιινιά, που ανήκει στη ΔΕΗ. Στις Εικόνες 10-24 έως 10-27 απεικονίζονται τα διαγράμματα διασποράς της επιφανειακής βροχόπτωσης της υπολεκάνης με την αθροιστική βροχόπτωση τριμήνου, εξαμήνου και υδρολογικού έτους, αντίστοιχα, στον εν λόγω σταθμό.

Για την πρόγνωση της ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης με βάση τη σημειακή τριμήνου, εφαρμόζεται η σχέση:

$$P_s = 400.6 + 1.296 P_3 \quad (10.53)$$

με συντελεστή συσχέτισης 65% (συντελεστής προσδιορισμού 42%).

Αντίστοιχα, για την πρόγνωση με βάση την σημειακή βροχόπτωση εξαμήνου, εφαρμόζεται η σχέση:

$$P_s = 277.5 + 1.004 P_6 \quad (10.54)$$

με συντελεστή συσχέτισης 84% (συντελεστής προσδιορισμού 71%).

Για την εκτίμηση της ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης, με βάση την ετήσια σημειακή, στο πέρας του υδρολογικού έτους, εφαρμόζεται η σχέση:

$$P_s = 144.4 + 0.784 P_Y \quad (10.55)$$

με συντελεστή συσχέτισης 91% (συντελεστής προσδιορισμού 83%).

Τέλος, για την εκτίμηση της μέσης επιφανειακής βροχόπτωσης τριών ετών, με βάση την αντίστοιχη μέση σημειακή, εφαρμόζεται η σχέση:

$$P_{S3} = 236.5 + 0.660 P_{3Y} \quad (10.56)$$

με συντελεστή συσχέτισης 88% (συντελεστής προσδιορισμού 78%).

Σύμφωνα με τις αναλύσεις του εδαφίου 4.4.3.7, η ενδεικνυόμενη στατιστική κατανομή για την περιγραφή των ετήσιων επιφανειακών βροχοπτώσεων είναι η λογαριθμοκανονική, με παραμέτρους $\gamma, \bar{=} = 6.637$ και $\sigma_\gamma = 0.215$, για τις τιμές υπεράνω της διαμέσου (789 mm), και η κανονική, με παραμέτρους $P, \bar{=} = 780.0$ mm και $\sigma_P = 165.3$ mm, για τις χαμηλές τιμές. Συνεπώς, τα υγρά έτη ($P_s > 789$ mm), ο δείκτης ξηρασίας είναι θετικός και υπολογίζεται από τη σχέση:

$$SPI = (\ln P_s - 6.637) / 0.215 \quad (10.57)$$

Αντίστοιχα, τα ξηρά έτη ($P_s < 705$ mm) ο δείκτης ξηρασίας είναι αρνητικός και υπολογίζεται από τη σχέση:

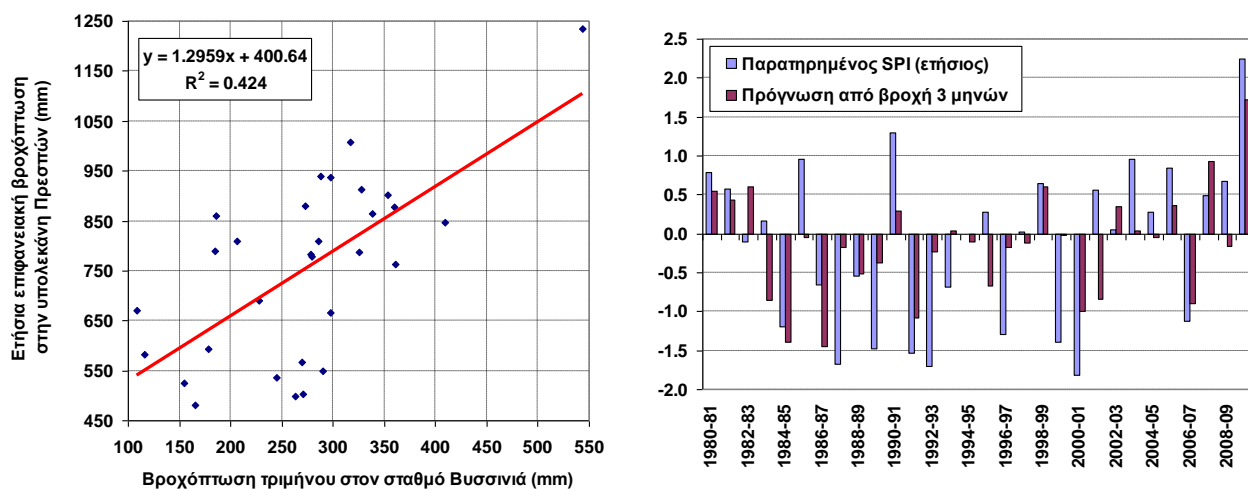
$$SPI = (P_s - 780.0) / 165.3 \quad (10.58)$$

Για τις τριετείς επιφανειακές βροχοπτώσεις, η ενδεικνυόμενη κατανομή είναι η λογαριθμοκανονική, με παραμέτρους $\gamma, \bar{=} = 6.647$ και $\sigma_\gamma = 0.138$. Για τη δεδομένη πρόγνωση της βροχόπτωσης τριετίας P_{S3} , ο δείκτης ξηρασίας υπολογίζεται από τη σχέση:

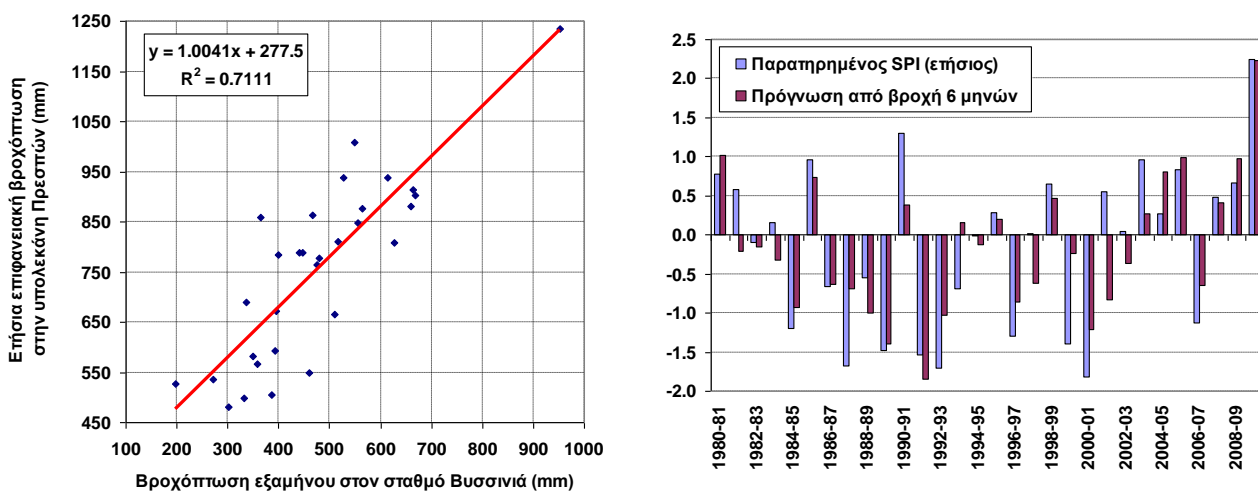
$$SPI = (\ln P_{S3} - 6.647) / 0.138 \quad (10.59)$$

Η επαλήθευση των μοντέλων γίνεται με βάση τα σημειακά βροχομετρικά δεδομένα της περιόδου 1980-2010, από τα οποία εκτιμώνται οι τιμές πρόγνωσης του SPI, που συγκρίνονται με τα αποτελέσματα του εδαφίου 4.4.3.7. Οι αναλυτικοί υπολογισμοί και η σύγκριση με τις παρατηρημένες τιμές της ετήσιας και

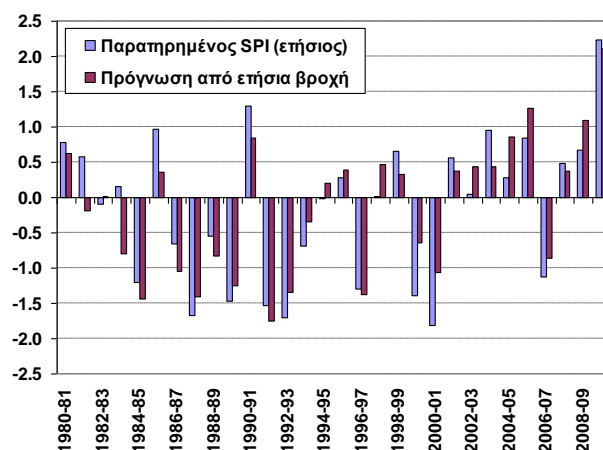
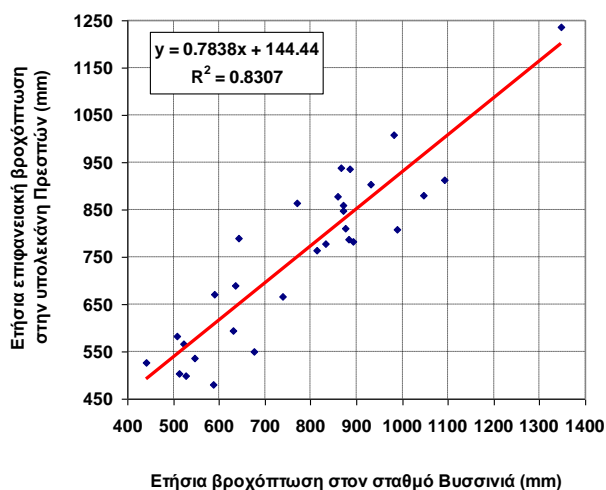
τριετούς βροχόπτωσης και των αντίστοιχων δεικτών ξηρασίας παρατίθενται στους Πίνακες 10-34 και 10-35. Ακόμη, η σύγκριση μεταξύ των παρατηρημένων και εκτιμημένων τιμών του SPI απεικονίζεται στις Εικόνες 10-24 έως 10-27. Γενικά, η επίδοση των μοντέλων πρόγνωσης και αξιολόγησης των ξηρασιών είναι ιακνοποιητική, χωρίς ωστόσο να επιτυγχάνεται ιδιαίτερα υψηλή ακρίβεια, ακόμα και στην εκτίμηση της μέσης βροχόπτωσης τριετίας.



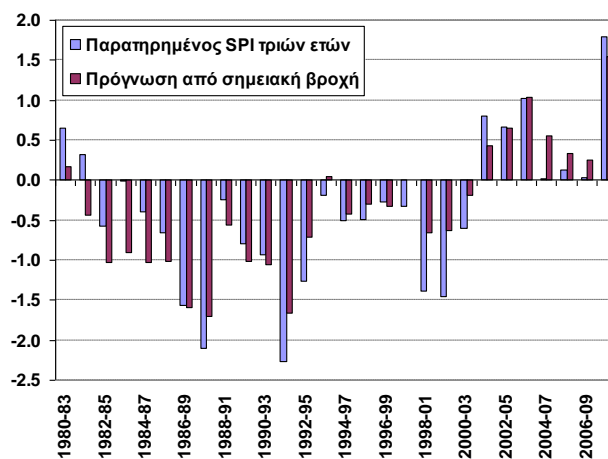
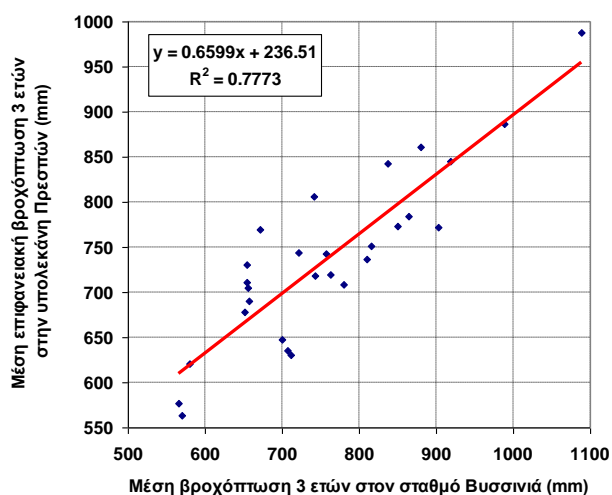
Εικόνα 10-24: Διάγραμμα διασποράς βροχόπτωσης τριμήνου στη Βουσινιά και ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκάνης Πρεσπών (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SPI (δεξιά).



Εικόνα 10-25: Διάγραμμα διασποράς βροχόπτωσης εξαμήνου στη Βουσινιά και ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκάνης Πρεσπών (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SPI (δεξιά).



Εικόνα 10-26: Διάγραμμα διασποράς ετήσιας βροχόπτωσης στη Βουσιανιά και ετήσιας επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκάνης Πρεσπών (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SPI (δεξιά).



Εικόνα 10-27: Διάγραμμα διασποράς μέσης τριετούς βροχόπτωσης στη Βουσιανιά και μέσης τριετούς επιφανειακής βροχόπτωσης υπολεκάνης Πρεσπών (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SPI (δεξιά).

Πίνακας 10-34: Εφαρμογή μοντέλων πρόγνωσης δείκτη μετεωρολογικής ξηρασίας και αντίστοιχη αξιολόγηση στην υπολεκάνη Πρεσπών και σύγκριση με ιστορικά δεδομένα.

Υδρολ. έτος	Ετήσιος SPI	Πρόγνωση τριμήνου	Πρόγνωση εξαμήνου	Πρόγνωση έτους	Αξιολόγηση ξηρασίας	Πρόγνωση τριμήνου	Πρόγνωση εξαμήνου	Πρόγνωση έτους
1980-81	0.78	0.55	1.02	0.63				
1981-82	0.58	0.44	-0.21	-0.19			Ήπια	Ήπια
1982-83	-0.10	0.60	-0.16	0.01	Ήπια		Ήπια	
1983-84	0.16	-0.85	-0.32	-0.80		Ήπια	Ήπια	Ήπια
1984-85	-1.20	-1.39	-0.92	-1.44	Μέτρια	Μέτρια	Ήπια	Μέτρια
1985-86	0.96	-0.04	0.74	0.35		Ήπια		
1986-87	-0.66	-1.45	-0.64	-1.05	Ήπια	Μέτρια	Ήπια	Μέτρια
1987-88	-1.67	-0.17	-0.69	-1.41	Σοβαρή	Ήπια	Ήπια	Μέτρια
1988-89	-0.55	-0.51	-0.99	-0.83	Ήπια	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1989-90	-1.48	-0.38	-1.39	-1.25	Μέτρια	Ήπια	Μέτρια	Μέτρια
1990-91	1.30	0.29	0.39	0.84				
1991-92	-1.54	-1.08	-1.84	-1.75	Σοβαρή	Μέτρια	Σοβαρή	Σοβαρή
1992-93	-1.70	-0.23	-1.03	-1.34	Σοβαρή	Ήπια	Μέτρια	Μέτρια
1993-94	-0.69	0.03	0.16	-0.34	Ήπια			Ήπια
1994-95	-0.01	-0.11	-0.13	0.20	Ήπια	Ήπια	Ήπια	
1995-96	0.28	-0.68	0.20	0.40		Ήπια		
1996-97	-1.29	-0.18	-0.86	-1.37	Μέτρια	Ήπια	Ήπια	Μέτρια
1997-98	0.02	-0.11	-0.61	0.47		Ήπια	Ήπια	
1998-99	0.65	0.60	0.47	0.32				
1999-00	-1.39	-0.02	-0.24	-0.63	Μέτρια	Ήπια	Ήπια	Ήπια
2000-01	-1.81	-0.99	-1.21	-1.06	Σοβαρή	Ήπια	Μέτρια	Μέτρια
2001-02	0.56	-0.84	-0.82	0.37		Ήπια	Ήπια	
2002-03	0.05	0.35	-0.36	0.43			Ήπια	
2003-04	0.96	0.04	0.26	0.44				
2004-05	0.28	-0.05	0.80	0.87		Ήπια		
2005-06	0.84	0.36	0.99	1.26				
2006-07	-1.13	-0.90	-0.65	-0.85	Μέτρια	Ήπια	Ήπια	Ήπια
2007-08	0.49	0.93	0.42	0.37				
2008-09	0.67	-0.15	0.97	1.10		Ήπια		
2009-10	2.24	1.73	2.23	2.11				

Πίνακας 10-35: Εφαρμογή μοντέλων εκτίμησης δείκτη μετεωρολογικής ξηρασίας τριών ετών, αξιολόγηση έμμονων ξηρασιών και σύγκριση με ιστορικά δεδομένα στην υπολεκάνη Πρεσπών.

Τριετία	SPI τριετίας	Εκτίμηση τριετίας	Αξιολόγηση ξηρασίας	Εκτίμηση τριετίας
1980-83	0.65	0.17		
1981-84	0.32	-0.43		Ήπια
1982-85	-0.58	-1.03	Ήπια	Μέτρια
1983-86	-0.01	-0.91	Ήπια	Ήπια
1984-87	-0.39	-1.03	Ήπια	Μέτρια
1985-88	-0.65	-1.02	Ήπια	Μέτρια
1986-89	-1.56	-1.59	Σοβαρή	Σοβαρή
1987-90	-2.10	-1.70	Ακραία	Σοβαρή
1988-91	-0.25	-0.56	Ήπια	Ήπια
1989-92	-0.80	-1.01	Ήπια	Μέτρια
1990-93	-0.93	-1.06	Ήπια	Μέτρια
1991-94	-2.26	-1.66	Ακραία	Σοβαρή
1992-95	-1.26	-0.71	Μέτρια	Ήπια
1993-96	-0.18	0.04	Ήπια	
1994-97	-0.51	-0.42	Ήπια	Ήπια
1995-98	-0.49	-0.29	Ήπια	Ήπια
1996-99	-0.27	-0.33	Ήπια	Ήπια
1997-00	-0.32	0.00	Ήπια	
1998-01	-1.39	-0.66	Μέτρια	Ήπια
1999-02	-1.46	-0.63	Μέτρια	Ήπια
2000-03	-0.60	-0.18	Ήπια	Ήπια
2001-04	0.81	0.43		
2002-05	0.66	0.65		
2003-06	1.02	1.03		
2004-07	0.01	0.56		
2005-08	0.13	0.33		
2006-09	0.03	0.25		
2007-10	1.80	1.55		

10.4.4. ΠΡΟΓΝΩΣΗ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΞΗΡΑΣΙΩΝ

Εξετάζεται η εφαρμογή του προγνωστικού πλαισίου του εδαφίου 10.4.2 στις θέσεις της περιοχής μελέτης στις οποίες πραγματοποιείται συστηματική παρακολούθηση της απορροής. Στον ποταμό Αλιάκμονα, όπου βρίσκονται οι περισσότεροι υδρομετρικοί σταθμοί, η εκτίμηση του δείκτη ετήσιας ξηρασίας έχει ιδιαίτερη σημασία μόνο για την κατάντη θέση, δηλαδή το φράγμα Πολυφύτου, καθώς στο ανάντη τμήμα του ποταμού δεν πραγματοποιούνται επιφανειακές απολήψεις. Εξάλλου, όπως έχει προκύψει από τις συγκριτικές αναλύσεις των υδρομετρικών δεδομένων κατά μήκος του ποταμού δεν παρατηρείται αξιόλογη διαφοροποίηση της υδρολογικής δίκαιτας, ώστε να αιτιολογείται ο υπολογισμός διαφορετικών δεικτών.

10.4.4.1. ΠΡΟΓΝΩΣΗ ΕΤΗΣΙΩΝ ΞΗΡΑΣΙΩΝ ΑΛΙΑΚΜΟΝΑ ΣΤΗ ΘΕΣΗ ΠΟΛΥΦΥΤΟ

Για την πρόγνωση της μέσης ετήσιας παροχής του Αλιάκμονα στο Πολύφυτο, και συνακόλουθα των εισροών στον ταμειυτήρα, με βάση την μέση παροχή τριμήνου, εφαρμόζεται η σχέση:

$$R = 20.17 + 0.583 R_3 \quad (10.60)$$

με συντελεστή συσχέτισης 77% (συντελεστής προσδιορισμού 60%, βλ. Εικόνα 10-28, αριστερά).

Αντίστοιχα, για την πρόγνωση με βάση την μέση παροχή εξαμήνου, εφαρμόζεται η σχέση:

$$R = 7.73 + 0.645 R_6 \quad (10.61)$$

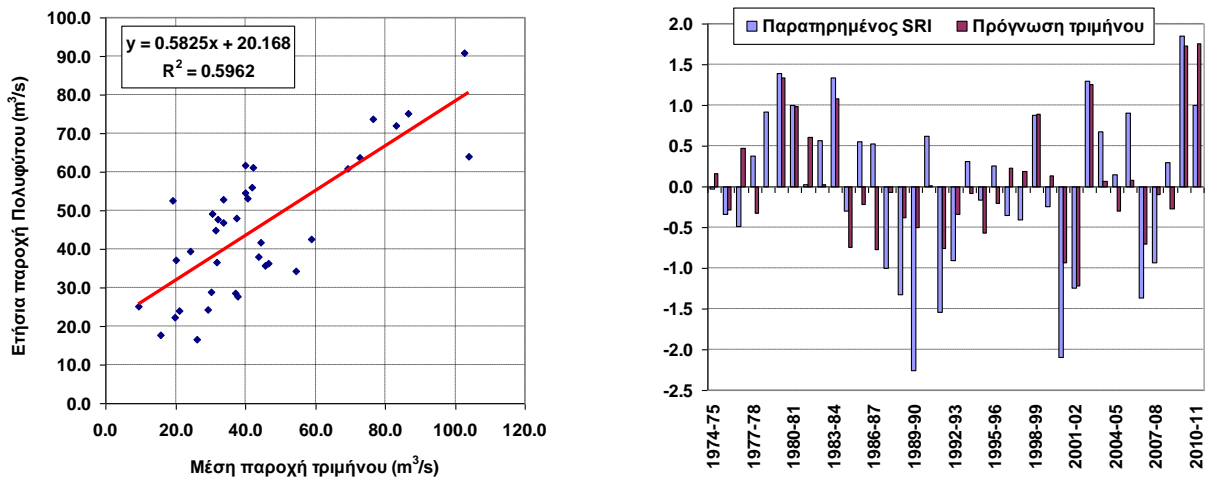
με συντελεστή συσχέτισης 97% (συντελεστής προσδιορισμού 94%, βλ. Εικόνα 10-29, αριστερά).

Σύμφωνα με τις αναλύσεις του εδαφίου 4.5.1, η ενδεικνυόμενη στατιστική κατανομή για την περιγραφή της ετήσιας παροχής είναι η γάμα, με παραμέτρους $a = 6.69$ και $b = 6.81$. Με βάση τη μεθοδολογία του 10.4.2, ο υπολογισμός του δείκτη ξηρασίας σε περιβάλλον Excel γίνεται μέσω της εντολής:

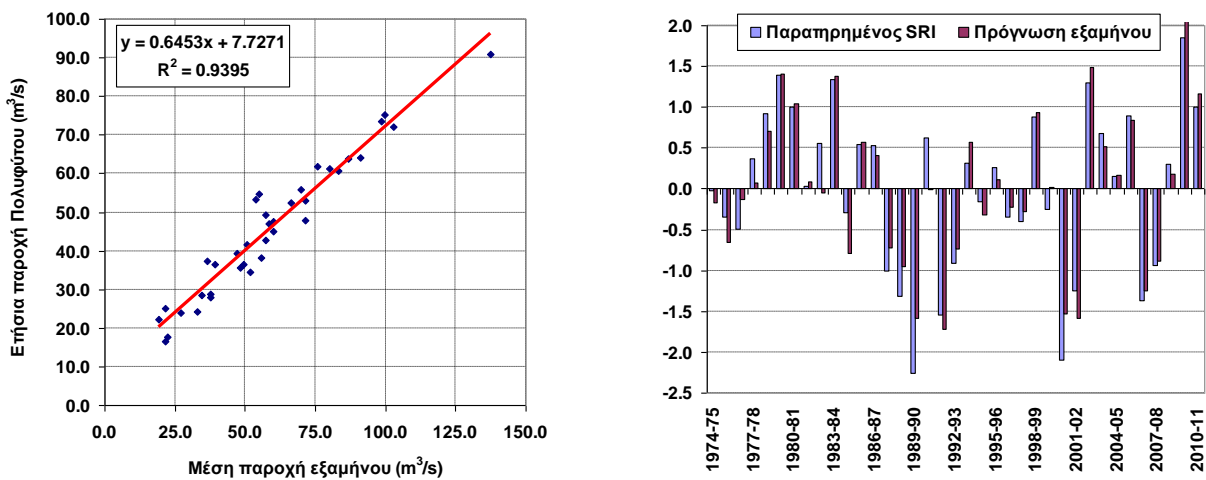
$$SRI = \text{NORMSINV}[\text{GAMMADIST}(R, 6.69, 6.81, \text{TRUE})] \quad (10.62)$$

Η επαλήθευση των μοντέλων γίνεται με βάση το δείγμα παροχών της περιόδου 1974-2011, 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 10-36. Ακόμη, η σύγκριση μεταξύ των παρατηρημένων και εκτιμημένων τιμών του SRI απεικονίζεται στις Εικόνες 10-28 και 10-29.

Όπως παρατηρείται, η προγνωστική ικανότητα του μοντέλου, ειδικά μετά την ολοκλήρωση του εξαμήνου, είναι ιδιαίτερα υψηλή. Βεβαίως, σε πρακτικό επίπεδο, η λήψη των όποιων διαχειριστικών μέτρων για την αντιμετώπιση των ξηρασιών στη λεκάνη του Αλιάκμονα εξαρτάται όχι μόνο από την ίδια την απορροή στο Πολύφυτο αλλά και από τα αποθέματα του συστήματος των ταμιευτήρων της ΔΕΗ. Για τον λόγο αυτό, θεωρούμε ότι για το συγκεκριμένο υδροσύστημα απαιτείται μια πιο ολοκληρωμένη προσέγγιση, που θα συνδυάζει την υδρολογική πρόγνωση με ένα διαχειριστικό μοντέλο των ταμιευτήρων.



Εικόνα 10-28: Διάγραμμα διασποράς μέσης παροχής τριμήνου και έτους στο Πολύφυτο (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SRI (δεξιά).



Εικόνα 10-29: Διάγραμμα διασποράς μέσης παροχής εξαμήνου και έτους στο Πολύφυτο (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SRI (δεξιά).

Πίνακας 10-36: Εφαρμογή μοντέλων πρόγνωσης δείκτη υδρολογικής ξηρασίας και αντίστοιχη αξιολόγηση στη θέση Πολύφυτο του Αλιάκμονα, και σύγκριση με ιστορικά δεδομένα.

Υδρολ. έτος	Ετήσιος SRI	Πρόγνωση τριμήνου	Πρόγνωση εξαμήνου	Αξιολόγηση ξηρασίας	Πρόγνωση τριμήνου	Πρόγνωση εξαμήνου
1974-75	-0.02	0.16	-0.17	Ήπια		Ήπια
1975-76	-0.34	-0.28	-0.66	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1976-77	-0.49	0.47	-0.13	Ήπια		Ήπια
1977-78	0.38	-0.32	0.08		Ήπια	
1978-79	0.92	0.00	0.71			
1979-80	1.39	1.34	1.41			
1980-81	1.00	0.99	1.05			
1981-82	0.03	0.61	0.09			
1982-83	0.56	0.03	-0.04			Ήπια
1983-84	1.34	1.09	1.37			
1984-85	-0.30	-0.74	-0.78	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1985-86	0.55	-0.21	0.57		Ήπια	
1986-87	0.53	-0.78	0.40		Ήπια	
1987-88	-1.00	-0.07	-0.72	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1988-89	-1.32	-0.38	-0.95	Μέτρια	Ήπια	Ήπια
1989-90	-2.26	-0.50	-1.58	Ακραία	Ήπια	Σοβαρή
1990-91	0.63	0.01	0.00			Ήπια
1991-92	-1.54	-0.75	-1.72	Σοβαρή	Ήπια	Σοβαρή
1992-93	-0.91	-0.34	-0.73	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1993-94	0.31	-0.08	0.57		Ήπια	
1994-95	-0.16	-0.57	-0.31	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1995-96	0.26	-0.21	0.12		Ήπια	
1996-97	-0.35	0.22	-0.22	Ήπια		Ήπια
1997-98	-0.40	0.19	-0.28	Ήπια		Ήπια
1998-99	0.88	0.89	0.94			
1999-00	-0.24	0.13	0.02	Ήπια		
2000-01	-2.09	-0.93	-1.53	Ακραία	Ήπια	Σοβαρή
2001-02	-1.24	-1.22	-1.59	Μέτρια	Μέτρια	Σοβαρή
2002-03	1.29	1.26	1.49			
2003-04	0.68	0.07	0.52			
2004-05	0.15	-0.29	0.17		Ήπια	
2005-06	0.90	0.09	0.84			
2006-07	-1.37	-0.70	-1.25	Μέτρια	Ήπια	Μέτρια
2007-08	-0.93	-0.09	-0.88	Ήπια	Ήπια	Ήπια
2008-09	0.30	-0.27	0.18		Ήπια	
2009-10	1.85	1.73	2.33			
2010-11	1.01	1.75	1.17			

10.4.4.2. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΜΑΚΡΟΧΡΟΝΙΩΝ ΞΗΡΑΣΙΩΝ ΑΛΙΑΚΜΟΝΑ

Στον Αλιάκμονα, ιδιαίτερα σημαντική είναι η εκτίμηση και αξιολόγηση των μακροχρόνιων υδρολογικών ξηρασιών, που κατ' αντιστοιχία με τις βροχοπτώσεις, βασίζεται στον δείκτη SRI τριετίας. Σύμφωνα με τις αναλύσεις του εδαφίου 4.5.1, η ενδεικνυόμενη στατιστική κατανομή για την περιγραφή της μέσης ετήσιας απορροής τριών ετών είναι η γάμα. Οι παράμετροι της κατανομής, εκφρασμένοι σε όρους παροχής R_{3Y} , εκτιμώνται σε $a = 16.06$ και $b = 2.80$, και συνεπώς ο υπολογισμός του δείκτη γίνεται μέσω της εντολής:

$$SRI = \text{NORMSINV}[\text{GAMMADIST}(R_{3Y}, 16.06, 2.80, \text{TRUE})] \quad (10.63)$$

Στο πέρας κάθε υδρολογικού έτους, εκτός από την εκτίμηση του δείκτη SRI του έτους, με βάση τα πραγματικά στοιχεία ετήσιων παροχών, είναι αναγκαίος και ο υπολογισμός του δείκτη τριετίας.

Στις υπόλοιπες θέσεις που υπάρχουν υδρομετρικοί σταθμοί σε λειτουργία, τα δείγματα είναι γενικά μικρά και μη συνεχή, οπότε δεν επιτρέπουν αντίστοιχες εκτιμήσεις μακροχρόνιων ξηρασιών. Στις θέσεις αυτές δίνονται μόνο σχέσεις πρόγνωσης της ετήσιας παροχής και εκτίμησης του αντίστοιχου δείκτη SRI.

10.4.4.3. ΠΡΟΓΝΩΣΗ ΕΤΗΣΙΩΝ ΞΗΡΑΣΙΩΝ ΡΕΜΑΤΟΣ ΑΡΑΠΙΤΣΑ ΣΤΗ ΘΕΣΗ ΑΓ. ΝΙΚΟΛΑΟΣ

Για την πρόγνωση της μέσης ετήσιας παροχής των πηγών του ρέματος Αραπίτσα στον υδρομετρικό σταθμό Αγίου Νικολάου, με βάση την μέση παροχή τριμήνου, εφαρμόζεται η σχέση:

$$R = 0.84 + 0.725 R_3 \quad (10.64)$$

με συντελεστή συσχέτισης 55% (συντελεστής προσδιορισμού 30%, βλ. Εικόνα 10-30, αριστερά).

Αντίστοιχα, για την πρόγνωση με βάση την μέση παροχή εξαμήνου, εφαρμόζεται η σχέση:

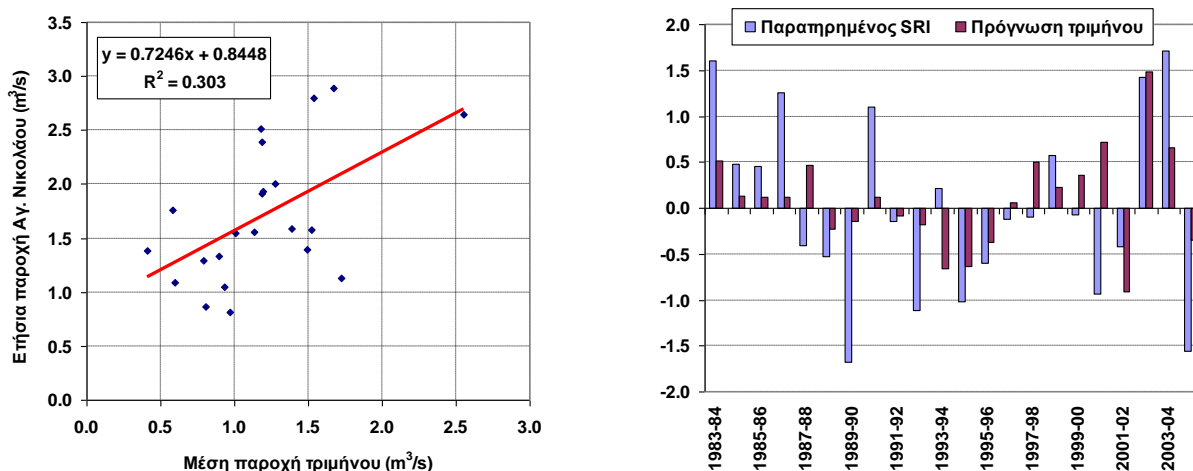
$$R = 0.30 + 0.822 R_6 \quad (10.65)$$

με συντελεστή συσχέτισης 86% (συντελεστής προσδιορισμού 75%, βλ. Εικόνα 10-31, αριστερά).

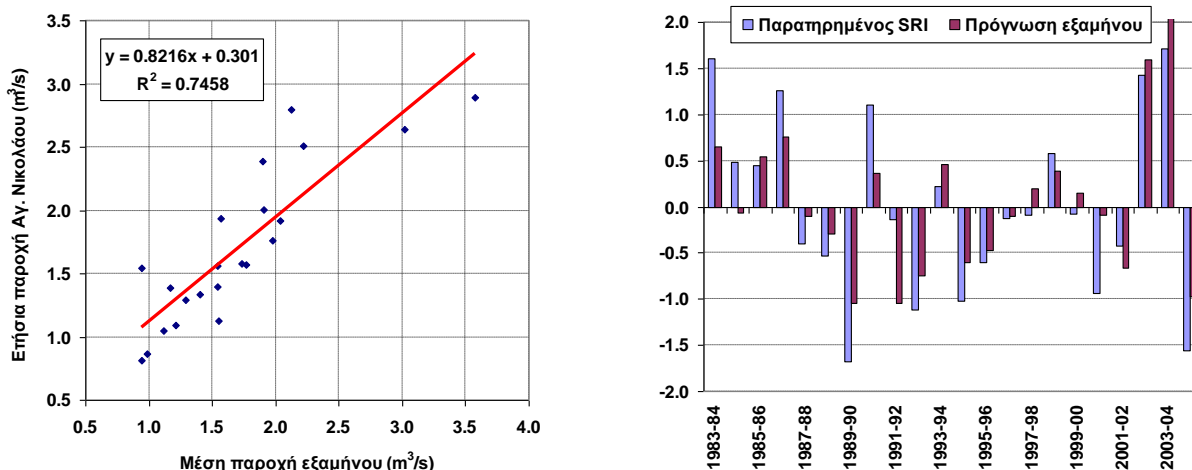
Σύμφωνα με τις αναλύσεις του εδαφίου 4.5.2, η ενδεικνυόμενη στατιστική κατανομή για την περιγραφή της ετήσιας παροχής είναι η γάμα, με παραμέτρους $a = 7.61$ και $b = 0.22$. Με βάση τη μεθοδολογία του 10.4.2, ο υπολογισμός του δείκτη ξηρασίας σε περιβάλλον Excel γίνεται μέσω της εντολής:

$$SRI = \text{NORMSINV}[\text{GAMMADIST}(R, 7.61, 0.22, \text{TRUE})] \quad (10.66)$$

Η επαλήθευση των μοντέλων γίνεται με βάση το δείγμα παροχών της περιόδου 1983-2005, από το οποίο εκτιμώνται οι τιμές πρόγνωσης του SRI, που συγκρίνονται με τα αποτελέσματα του εδαφίου 4.5.2. Οι αναλυτικοί υπολογισμοί και η σύγκριση με τις παρατηρημένες τιμές τόσο της μέσης ετήσιας παροχής όσο και του δείκτη υδρολογικής ξηρασίας, παρατίθενται στον Πίνακα 10-37. Ακόμη, η σύγκριση μεταξύ των παρατηρημένων και εκτιμημένων τιμών του SRI απεικονίζεται στις Εικόνες 10-30 και 10-31.



Εικόνα 10-30: Διάγραμμα διασποράς μέσης παροχής τριμήνου και έτους στον Αγ. Νικόλαο (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SRI (δεξιά).



Εικόνα 10-31: Διάγραμμα διασποράς μέσης παροχής εξαμήνου και έτους στον Αγ. Νικόλαο (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SRI (δεξιά).

Πίνακας 10-37: Εφαρμογή μοντέλων πρόγνωσης δείκτη υδρολογικής ξηρασίας και αντίστοιχη αξιολόγηση στη θέση Αγ. Νικόλαος (πηγές Αραπίτσας), και σύγκριση με ιστορικά δεδομένα.

Υδρολ. έτος	Ετήσιος SRI	Πρόγνωση τριμήνου	Πρόγνωση εξαμήνου	Αξιολόγηση ξηρασίας	Πρόγνωση τριμήνου	Πρόγνωση εξαμήνου
1983-84	1.61	0.51	0.65			
1984-85	0.48	0.14	-0.06	Ήπια		Ήπια
1985-86	0.45	0.12	0.54			
1986-87	1.26	0.12	0.75			
1987-88	-0.40	0.47	-0.11	Ήπια		Ήπια
1988-89	-0.53	-0.23	-0.30	Μέτρια	Ήπια	Ήπια
1989-90	-1.68	-0.14	-1.04	Ακραία	Ήπια	Μέτρια
1990-91	1.11	0.12	0.37			
1991-92	-0.14	-0.09	-1.05	Σοβαρή	Ήπια	Μέτρια
1992-93	-1.11	-0.18	-0.74	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1993-94	0.22	-0.66	0.46		Ήπια	
1994-95	-1.02	-0.64	-0.60	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1995-96	-0.60	-0.37	-0.47		Ήπια	Ήπια
1996-97	-0.12	0.06	-0.10	Ήπια		Ήπια
1997-98	-0.09	0.50	0.20	Ήπια		
1998-99	0.58	0.23	0.39			
1999-00	-0.08	0.36	0.15	Ήπια		
2000-01	-0.94	0.71	-0.08	Ακραία		Ήπια
2001-02	-0.42	-0.91	-0.66	Μέτρια	Ήπια	Ήπια
2002-03	1.43	1.48	1.59			
2003-04	1.72	0.66	2.10			
2004-05	-1.56	-0.34	-0.98		Ήπια	Ήπια

10.4.4.4. ΠΡΟΓΝΩΣΗ ΕΤΗΣΙΩΝ ΞΗΡΑΣΙΩΝ ΑΓΡΑ ΑΝΑΝΤΗ ΤΟΥ ΥΗΣ

Για την πρόγνωση της μέσης ετήσιας παροχής του ποταμού Άγρα στη θέση του ομώνυμου ΥΗΣ, με βάση την μέση παροχή τριμήνου, εφαρμόζεται η σχέση:

$$R = 0.44 + 0.780 R_3 \quad (10.67)$$

με συντελεστή συσχέτισης 90% (συντελεστής προσδιορισμού 81%, βλ. Εικόνα 10-32, αριστερά).

Αντίστοιχα, για την πρόγνωση με βάση την μέση παροχή εξαμήνου, εφαρμόζεται η σχέση:

$$R = 0.10 + 0.885 R_6 \quad (10.68)$$

με συντελεστή συσχέτισης 97% (συντελεστής προσδιορισμού 94%, βλ. Εικόνα 10-33, αριστερά).

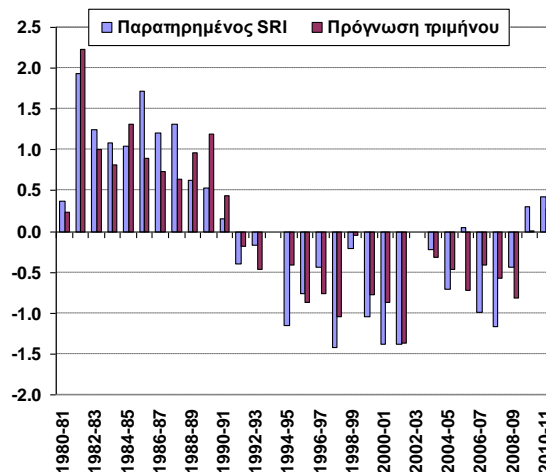
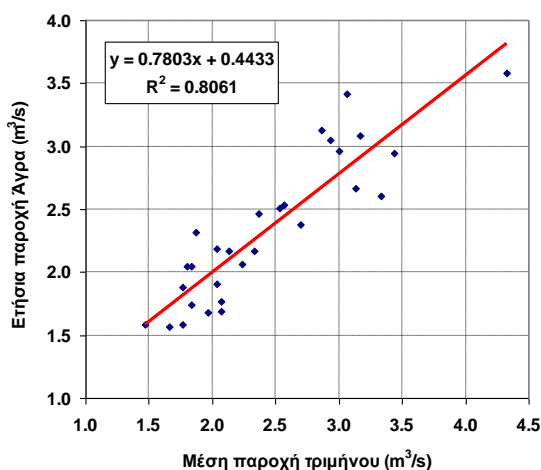
Σύμφωνα με τις αναλύσεις του εδαφίου 4.5.2, η ενδεικνυόμενη στατιστική κατανομή για την περιγραφή της ετήσιας παροχής είναι η γάμα, με παραμέτρους $a = 16.19$ και $b = 0.14$. Με βάση τη μεθοδολογία του 10.4.2, ο υπολογισμός του δείκτη ξηρασίας σε περιβάλλον Excel γίνεται μέσω της εντολής:

$$SRI = \text{NORMSINV}[\text{GAMMADIST}(R, 16.19, 0.14, \text{TRUE})] \quad (10.69)$$

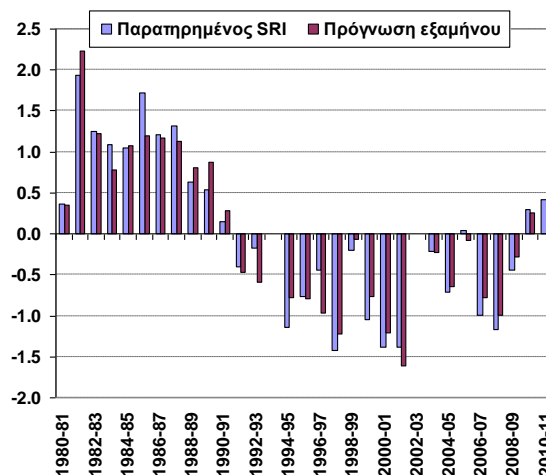
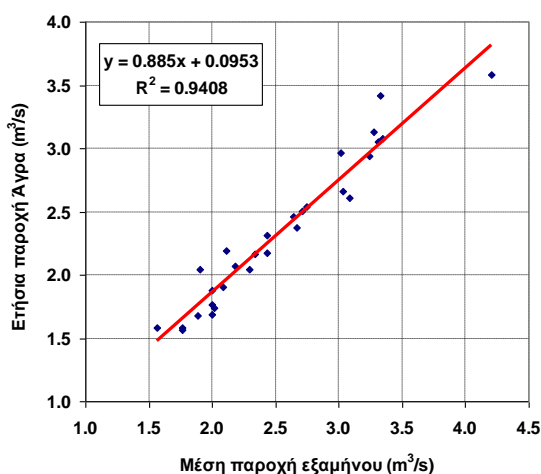
Η επαλήθευση των μοντέλων γίνεται με βάση το δείγμα παροχών της περιόδου 1980-2010, από το οποίο εκτιμώνται οι τιμές πρόγνωσης του SRI, που συγκρίνονται με τα αποτελέσματα του εδαφίου 4.5.2. Επισημαίνεται ότι για τα έτη 1993-94 και 2002-03 δεν υπάρχουν πλήρη στοιχεία παροχών, ώστε να μπορεί να εφαρμοστεί η μεθοδολογία. Οι αναλυτικοί υπολογισμοί και η σύγκριση με τις παρατηρημένες τιμές τόσο της μέσης ετήσιας παροχής όσο και του δείκτη υδρολογικής ξηρασίας παρατίθενται στον Πίνακα 10-38. Ακόμη, η σύγκριση μεταξύ των παρατηρημένων και εκτιμημένων τιμών του δείκτη SRI απεικονίζεται στις Εικόνες 10-32 και 10-33.

Πίνακας 10-38: Εφαρμογή μοντέλων πρόγνωσης δείκτη υδρολογικής ξηρασίας και αντίστοιχη αξιολόγηση στη θέση ΥΗΣ Άγρα, και σύγκριση με ιστορικά δεδομένα.

Υδρολ. έτος	Ετήσιος SRI	Πρόγνωση τριμήνου	Πρόγνωση εξαμήνου	Αξιολόγηση ξηρασίας	Πρόγνωση τριμήνου	Πρόγνωση εξαμήνου
1980-81	0.37	0.23	0.35			
1981-82	1.93	2.24	2.23			
1982-83	1.25	1.01	1.22			
1983-84	1.08	0.81	0.78			
1984-85	1.05	1.31	1.08			
1985-86	1.72	0.89	1.20			
1986-87	1.21	0.73	1.17			
1987-88	1.32	0.65	1.13			
1988-89	0.63	0.97	0.81			
1989-90	0.53	1.19	0.87			
1990-91	0.15	0.44	0.29			
1991-92	-0.40	-0.18	-0.47	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1992-93	-0.17	-0.47	-0.59	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1993-94						
1994-95	-1.15	-0.42	-0.78	Μέτρια	Ήπια	Ήπια
1995-96	-0.76	-0.87	-0.79	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1996-97	-0.44	-0.77	-0.96	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1997-98	-1.43	-1.04	-1.22	Μέτρια	Μέτρια	Μέτρια
1998-99	-0.21	-0.05	-0.07	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1999-00	-1.05	-0.77	-0.76	Μέτρια	Ήπια	Ήπια
2000-01	-1.38	-0.87	-1.21	Μέτρια	Ήπια	Μέτρια
2001-02	-1.38	-1.37	-1.62	Μέτρια	Μέτρια	Σοβαρή
2002-03						
2003-04	-0.22	-0.32	-0.22	Ήπια	Ήπια	Ήπια
2004-05	-0.70	-0.47	-0.64	Ήπια	Ήπια	Ήπια
2005-06	0.05	-0.72	-0.07		Ήπια	Ήπια
2006-07	-0.99	-0.42	-0.78	Ήπια	Ήπια	Ήπια
2007-08	-1.17	-0.57	-1.00	Μέτρια	Ήπια	Ήπια
2008-09	-0.44	-0.82	-0.28	Ήπια	Ήπια	Ήπια
2009-10	0.30	0.01	0.25			
2010-11	0.42	0.27	0.40			



Εικόνα 10-32: Διάγραμμα διασποράς μέσης παροχής τριμήνου και έτους στον ΥΗΣ Άγρα (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SRI (δεξιά).



Εικόνα 10-33: Διάγραμμα διασποράς μέσης παροχής εξαμήνου και έτους στον ΥΗΣ Άγρα (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SRI (δεξιά).

10.4.4.5. ΠΡΟΓΝΩΣΗ ΕΤΗΣΙΩΝ ΞΗΡΑΣΙΩΝ ΑΛΜΩΠΑΙΟΥ ΣΤΗ ΘΕΣΗ ΠΡΟΦ. ΗΛΙΑΣ

Για την πρόγνωση της μέσης ετήσιας παροχής του Αλμωπαίου στον υδρομετρικό σταθμό του Προφ. Ηλία, με βάση την μέση παροχή τριμήνου, εφαρμόζεται η σχέση:

$$R = 2.94 + 0.704 R_3 \quad (10.70)$$

με συντελεστή συσχέτισης 88% (συντελεστής προσδιορισμού 77%, βλ. Εικόνα 10-34, αριστερά).

Αντίστοιχα, για την πρόγνωση με βάση την μέση παροχή εξαμήνου, εφαρμόζεται η σχέση:

$$R = 0.84 + 0.836 R_6 \quad (10.71)$$

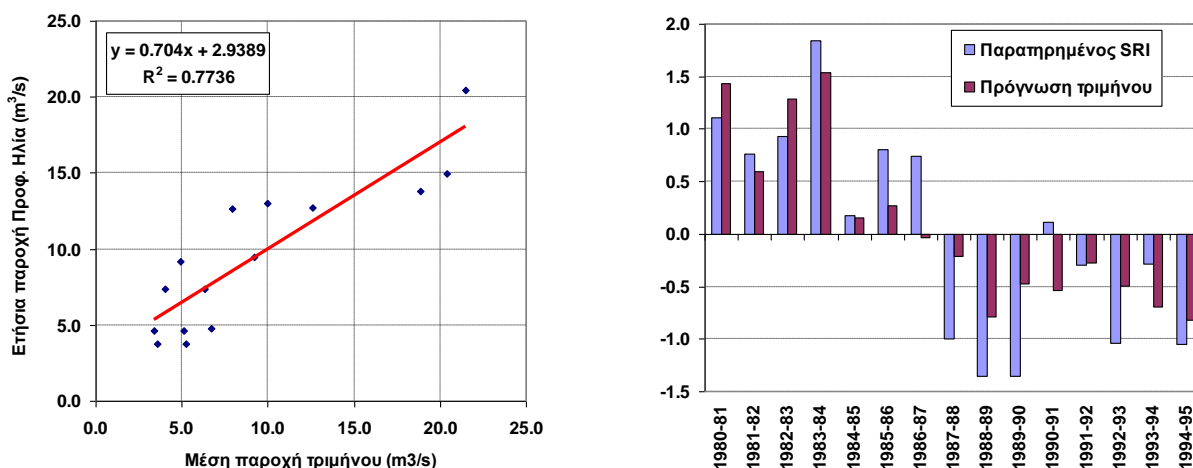
με συντελεστή συσχέτισης 96% (συντελεστής προσδιορισμού 93%, βλ. Εικόνα 10-35, αριστερά).

Σύμφωνα με τις αναλύσεις του εδαφίου 4.5.2, η ενδεικνυόμενη στατιστική κατανομή για την περιγραφή της ετήσιας παροχής είναι η γάμα, με παραμέτρους $a = 3.65$ και $b = 2.60$. Με βάση τη μεθοδολογία του 10.4.2, ο υπολογισμός του δείκτη ξηρασίας σε περιβάλλον Excel γίνεται μέσω της εντολής:

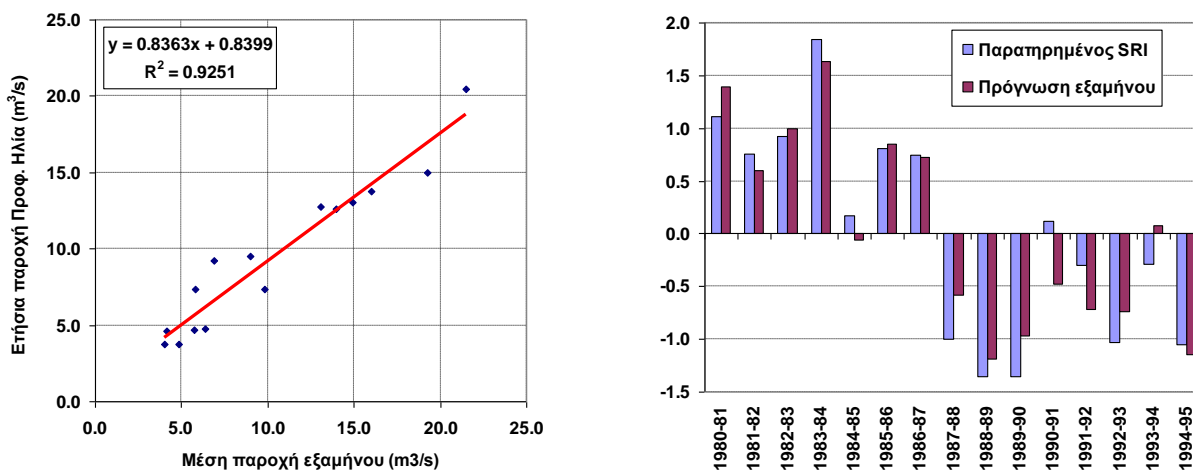
$$SRI = \text{NORMSINV}[\text{GAMMADIST}(R, 3.65, 2.60, \text{TRUE})] \quad (10.72)$$

Η επαλήθευση των μοντέλων γίνεται με βάση το δείγμα παροχών της περιόδου 1980-1994, από το οποίο εκτιμώνται οι τιμές πρόγνωσης του SRI, που συγκρίνονται με τα αποτελέσματα του εδαφίου 4.5.2. Οι

αναλυτικοί υπολογισμοί και η σύγκριση με τις παρατηρημένες τιμές τόσο της μέσης ετήσιας παροχής όσο και του δείκτη υδρολογικής ξηρασίας παρατίθενται στον Πίνακα 10-38.



Εικόνα 10-34: Διάγραμμα διασποράς μέσης παροχής τριμήνου και έτους στον Αλμωπαίο (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SRI (δεξιά).



Εικόνα 10-35: Διάγραμμα διασποράς μέσης παροχής εξαμήνου και έτους στον Αλμωπαίο (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SRI (δεξιά).

Πίνακας 10-39: Εφαρμογή μοντέλων πρόγνωσης δείκτη υδρολογικής ξηρασίας και αντίστοιχη αξιολόγηση Αλμωπαίου στη θέση Προφ. Ηλίας, και σύγκριση με ιστορικά δεδομένα.

Υδρολ. έτος	Ετήσιος SRI	Πρόγνωση τριμήνου	Πρόγνωση εξαμήνου	Αξιολόγηση ξηρασίας	Πρόγνωση τριμήνου	Πρόγνωση εξαμήνου
1980-81	1.11	1.44	1.39			
1981-82	0.76	0.60	0.60			
1982-83	0.93	1.29	1.00			
1983-84	1.84	1.54	1.64			
1984-85	0.17	0.16	-0.06			Ήπια
1985-86	0.81	0.27	0.85			
1986-87	0.74	-0.03	0.72		Ήπια	
1987-88	-1.00	-0.21	-0.58	Μέτρια	Ήπια	Ήπια
1988-89	-1.35	-0.79	-1.19	Μέτρια	Ήπια	Μέτρια
1989-90	-1.36	-0.47	-0.97	Μέτρια	Ήπια	Ήπια
1990-91	0.12	-0.53	-0.48		Ήπια	Ήπια
1991-92	-0.29	-0.28	-0.72	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1992-93	-1.03	-0.49	-0.74	Μέτρια	Ήπια	Ήπια

1993-94	-0.29	-0.69	0.08	Ήπια	Ήπια	
1994-95	-1.05	-0.82	-1.15	Μέτρια	Ήπια	Μέτρια

10.4.4.6. ΠΡΟΓΝΩΣΗ ΕΤΗΣΙΩΝ ΞΗΡΑΣΙΩΝ ΡΕΜΑΤΟΣ ΠΑΠΑΔΙΑΣ ΣΤΗ ΘΕΣΗ ΣΚΟΠΟΣ

Για την πρόγνωση της μέσης ετήσιας παροχής του ρέματος Παπαδιάς στον υδρομετρικό σταθμό Σκοπού, με βάση την μέση παροχή τριμήνου, εφαρμόζεται η σχέση:

$$R = 0.32 + 0.763 R_3 \quad (10.73)$$

με συντελεστή συσχέτισης 74% (συντελεστής προσδιορισμού 54%, βλ. Εικόνα 10-36, αριστερά).

Αντίστοιχα, για την πρόγνωση με βάση την μέση παροχή εξαμήνου, εφαρμόζεται η σχέση:

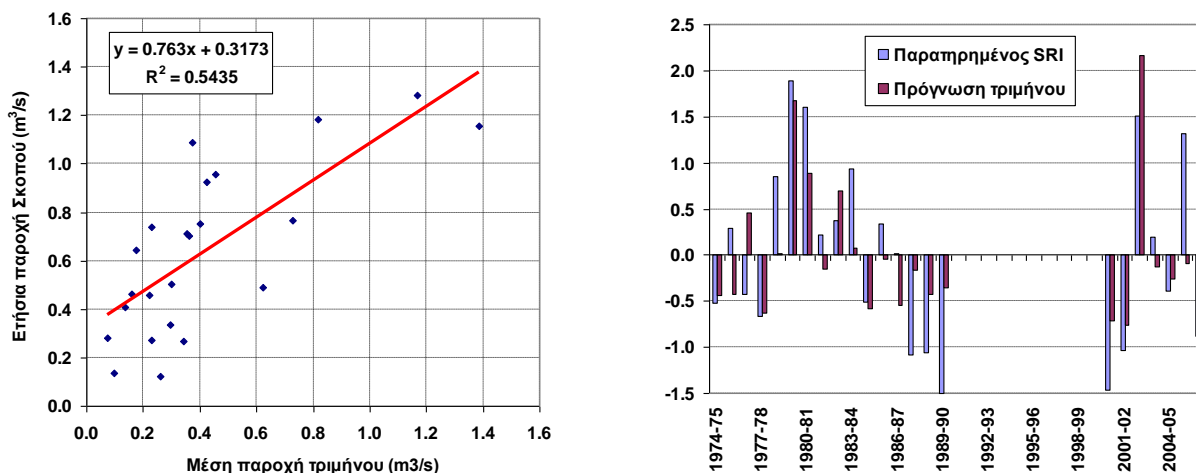
$$R = 0.15 + 0.873 R_6 \quad (10.74)$$

με συντελεστή συσχέτισης 91% (συντελεστής προσδιορισμού 82%, βλ. Εικόνα 10-37, αριστερά).

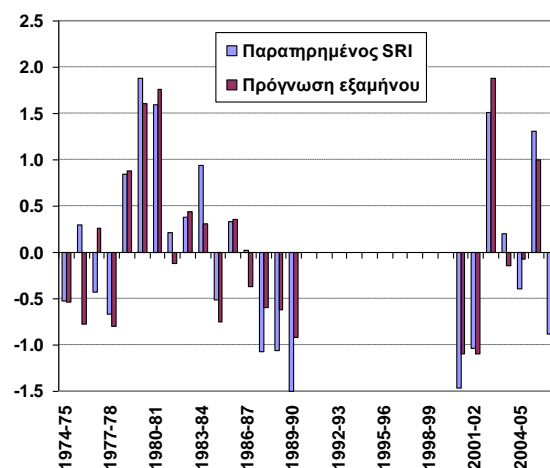
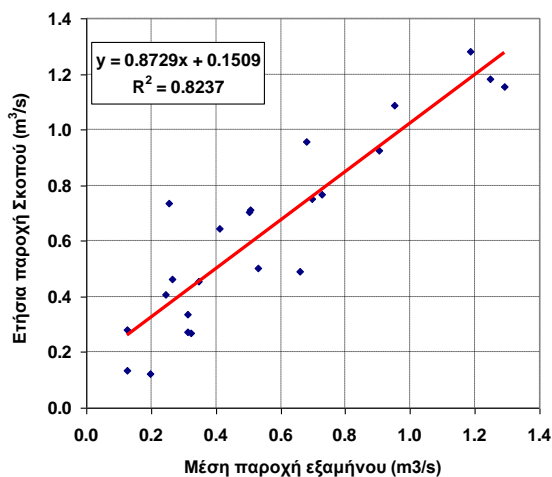
Σύμφωνα με τις αναλύσεις του εδαφίου 4.5.2, η ενδεικνυόμενη στατιστική κατανομή για την περιγραφή της ετήσιας παροχής είναι η κανονική, με παραμέτρους $R, \bar{R} = 0.64 \text{ m}^3/\text{s}$ και $\sigma_R = 0.34 \text{ m}^3/\text{s}$, οπότε ο δείκτης υδρολογικής ξηρασίας υπολογίζεται από την απλή σχέση:

$$SRI = (R - 0.64) / 0.34 \quad (10.75)$$

Η επαλήθευση των μοντέλων γίνεται με βάση το δείγμα παροχών των περιόδων 1974-1989 και 2000-2006, από το οποίο εκτιμώνται οι τιμές πρόγνωσης του SRI, που συγκρίνονται με τα αποτελέσματα του εδαφίου 4.5.2. Οι αναλυτικοί υπολογισμοί και η σύγκριση με τις παρατηρημένες τιμές τόσο της μέσης ετήσιας παροχής όσο και του δείκτη υδρολογικής ξηρασίας παρατίθενται στον Πίνακα 10-40.



Εικόνα 10-36: Διάγραμμα διασποράς μέσης παροχής τριμήνου και έτους στο ρέμα Παπαδιάς (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SRI (δεξιά).



Εικόνα 10-37: Διάγραμμα διασποράς μέσης παροχής εξαμήνου και έτους στο ρέμα Παπαδιάς (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SRI (δεξιά).

Πίνακας 10-40: Εφαρμογή μοντέλων πρόγνωσης δείκτη υδρολογικής ξηρασίας και αντίστοιχη αξιολόγηση στη θέση Σκοπός του ρέματος Παπαδιάς, και σύγκριση με ιστορικά δεδομένα.

Υδρολ. έτος	Ετήσιος SRI	Πρόγνωση τριμήνου	Πρόγνωση εξαμήνου	Αξιολόγηση ξηρασίας	Πρόγνωση τριμήνου	Πρόγνωση εξαμήνου
1974-75	-0.53	-0.44	-0.53	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1975-76	0.30	-0.42	-0.77		Ήπια	Ήπια
1976-77	-0.42	0.45	0.27	Ήπια		
1977-78	-0.67	-0.63	-0.80	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1978-79	0.85	0.01	0.89			
1979-80	1.89	1.67	1.61			
1980-81	1.60	0.89	1.76			
1981-82	0.21	-0.15	-0.12		Ήπια	Ήπια
1982-83	0.38	0.69	0.44			
1983-84	0.94	0.08	0.31			
1984-85	-0.51	-0.58	-0.75	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1985-86	0.33	-0.04	0.36		Ήπια	
1986-87	0.02	-0.54	-0.37		Ήπια	Ήπια
1987-88	-1.08	-0.17	-0.60	Μέτρια	Ήπια	Ήπια
1988-89	-1.06	-0.42	-0.62	Μέτρια	Ήπια	Ήπια
1989-90	-1.50	-0.35	-0.91	Σοβαρή	Ήπια	Ήπια
2000-01	-1.46	-0.72	-1.10	Μέτρια	Ήπια	Μέτρια
2001-02	-1.04	-0.76	-1.10	Μέτρια	Ήπια	Μέτρια
2002-03	1.51	2.16	1.88			
2003-04	0.20	-0.12	-0.14		Ήπια	Ήπια
2004-05	-0.39	-0.26	-0.07	Ήπια	Ήπια	Ήπια
2005-06	1.31	-0.10	1.01		Ήπια	
2006-07	-0.88	-0.27	-0.62	Ήπια	Ήπια	Ήπια

10.4.4.7. ΠΡΟΓΝΩΣΗ ΕΤΗΣΙΩΝ ΞΗΡΑΣΙΩΝ ΡΕΜΑΤΟΣ ΜΕΛΠΩ ΣΤΗ ΘΕΣΗ ΥΔΡΟΥΣΑΣ

Για την πρόγνωση της μέσης ετήσιας παροχής του ρέματος Μέλπω στον υδρομετρικό σταθμό Υδρούσας, με βάση την μέση παροχή τριμήνου, εφαρμόζεται η σχέση:

$$R = 0.56 + 0.585 R_3 \quad (10.76)$$

με συντελεστή συσχέτισης 66% (συντελεστής προσδιορισμού 43%, βλ. Εικόνα 10-38, αριστερά).

Αντίστοιχα, για την πρόγνωση με βάση την μέση παροχή εξαμήνου, εφαρμόζεται η σχέση:

$$R = 0.22 + 0.707 R_6 \quad (10.77)$$

με συντελεστή συσχέτισης 92% (συντελεστής προσδιορισμού 85%, βλ. Εικόνα 10-39, αριστερά).

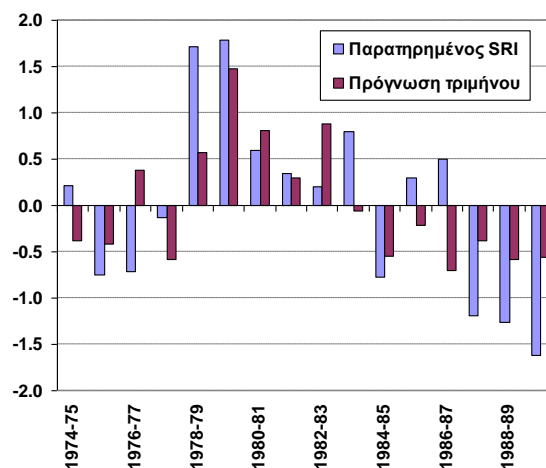
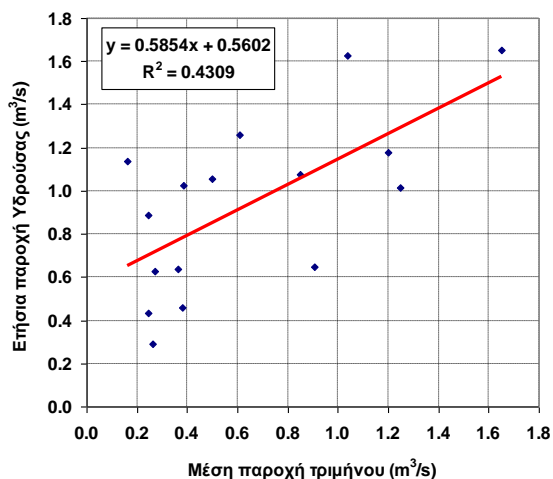
Σύμφωνα με τις αναλύσεις του εδαφίου 4.5.2, η ενδεικνυόμενη στατιστική κατανομή για την περιγραφή της ετήσιας παροχής είναι η κανονική, με παραμέτρους $R, \bar{R} = 0.94 \text{ m}^3/\text{s}$ και $\sigma_R = 0.40 \text{ m}^3/\text{s}$, οπότε ο δείκτης υδρολογικής ξηρασίας υπολογίζεται από την απλή σχέση:

$$SRI = (R - 0.94) / 0.40 \quad (10.78)$$

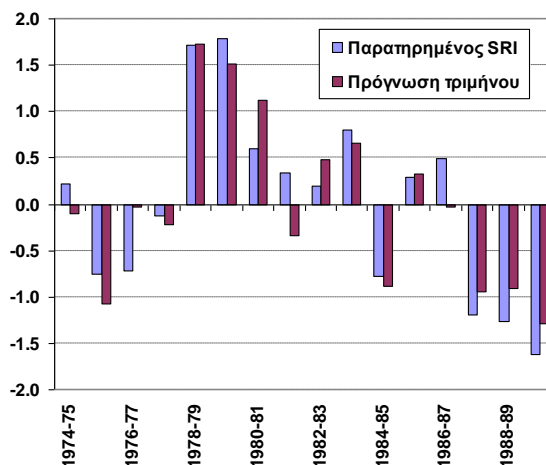
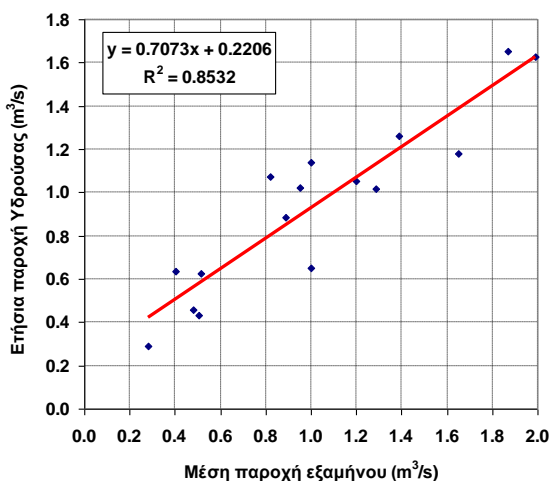
Η επαλήθευση των μοντέλων γίνεται με βάση το δείγμα παροχών της περιόδου 1974-1989, από το οποίο εκτιμώνται οι τιμές πρόγνωσης του SRI, που συγκρίνονται με τα αποτελέσματα του εδαφίου 4.5.2. Οι αναλυτικοί υπολογισμοί και η σύγκριση με τις παρατηρημένες τιμές τόσο της μέσης ετήσιας παροχής όσο και του δείκτη υδρολογικής ξηρασίας παρατίθενται στον Πίνακα 10-41.

Πίνακας 10-41: Εφαρμογή μοντέλων πρόγνωσης δείκτη υδρολογικής ξηρασίας και αντίστοιχη αξιολόγηση στη θέση Υδρούσα του ρέματος Μέλπω, και σύγκριση με ιστορικά δεδομένα.

Υδρολ. έτος	Ετήσιος SRI	Πρόγνωση τριμήνου	Πρόγνωση εξαμήνου	Αξιολόγηση ξηρασίας	Πρόγνωση τριμήνου	Πρόγνωση εξαμήνου
1974-75	0.21	-0.38	-0.11		Ήπια	Ήπια
1975-76	-0.75	-0.41	-1.08	Ήπια	Ήπια	Μέτρια
1976-77	-0.72	0.38	-0.03	Ήπια		Ήπια
1977-78	-0.13	-0.58	-0.22	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1978-79	1.72	0.57	1.72			
1979-80	1.79	1.47	1.51			
1980-81	0.60	0.81	1.13			
1981-82	0.34	0.30	-0.34			Ήπια
1982-83	0.20	0.88	0.48			
1983-84	0.80	-0.05	0.66		Ήπια	
1984-85	-0.78	-0.54	-0.89	Ήπια	Ήπια	Ήπια
1985-86	0.29	-0.21	0.32		Ήπια	
1986-87	0.50	-0.71	-0.03		Ήπια	Ήπια
1987-88	-1.20	-0.39	-0.95	Μέτρια	Ήπια	Ήπια
1988-89	-1.26	-0.58	-0.90	Μέτρια	Ήπια	Ήπια
1989-90	-1.62	-0.56	-1.29	Σοβαρή	Ήπια	Μέτρια



Εικόνα 10-38: Διάγραμμα διασποράς μέσης παροχής τριμήνου και έτους στο ρέμα Μέλπω (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SRI (δεξιά).



Εικόνα 10-39: Διάγραμμα διασποράς μέσης παροχής εξαμήνου και έτους στο ρέμα Μέλπω (αριστερά) και σύγκριση παρατηρημένου και εκτιμημένου δείκτη SRI (δεξιά).

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 Σεπτεμβρίου), θα επικαιροποιούνται τα βροχομετρικά δεδομένα των αντιπροσωπευτικών σταθμών των έξι υπολεκάνων (Αλιάκμονα: Γαλατινή, Αξιού Φλώρινας: Σκοπός, Πεδιάδας Κατερίνης: Λόφος, Περιφερειακής Τάφρου: Άγρας-Νησιά, Πτολεμαΐδας: Λιμοχώρι, Πρεσπών: Βουσισιά), καθώς και τα δείγματα παροχών στις διάφορες θέσεις ενδιαφέροντος.

Πρόγνωση τριμήνου: Με βάση τις αθροιστικές βροχοπτώσεις στους έξι βροχομετρικούς σταθμούς, θα γίνεται μια πρώτη αδρομερής εκτίμηση της αναμενόμενης βροχόπτωσης του έτους και του ετήσιου δείκτη SPI σε κλίμακα υπολεκάνης, εφαρμόζοντας τις αντίστοιχες σχέσεις των εδαφίων 10.4.3.1 έως 10.4.3.6. 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 -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 Αλιάκμονα και των άλλων θέσεων παρακολούθησης της παροχής, για την πρόγνωση του ετήσιου δείκτη υδρολογικής ξηρασίας SRI, σύμφωνα με τη μεθοδολογία των εδαφίων 10.4.4.1 έως 10.4.4.7. Ανάλογα με το επίπεδο επικινδυνότητας, θα λαμβάνεται ένα πρώτο πλέγμα μέτρων πρόληψης, κυρίως σε επίπεδο προετοιμασίας του κρατικού μηχανισμού, σύμφωνα με το προτεινόμενο πλαίσιο του εδαφίου 8.2.4.

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 η εκτίμηση της ετήσιας παροχής και του δείκτη υδρολογικής ξηρασίας SRI στις διάφορες θέσεις ενδιαφέροντος. Ανάλογα με το επίπεδο επικινδυνότητας, τα μέτρα θα εξειδικεύονται σε κάθε υπολεκάνη. Ειδικότερα, για την υπολεκάνη του Αλιάκμονα, ως πρωτεύον κριτήριο θα λαμβάνεται ο δείκτης SRI στο Πολύφυτο, και δευτερευόντως ο SPI της υπολεκάνης. Η κατά προτεραιότητα χρήση του SRI γίνεται επειδή στη συγκεκριμένη θέση ελέγχεται το μεγαλύτερο μέρος της απορροής που παράγεται στην υπολεκάνη, και η πρόγνωση είναι πιο ασφαλής σε σχέση με την βροχομετρική πληροφορία. Αντίθετα, στις άλλες υπολεκάνες, ο βασικός ποσοτικός δείκτης για τη λήψη των αποφάσεων θα είναι ο SPI, ενώ ο δείκτης SRI θα λαμβάνεται υπόψη επικουρικά, καθώς αναφέρεται σε τμήματα της αντίστοιχης διαχειριστικής ενότητας (δηλαδή στην ανάντη λεκάνη απορροής που ελέγχει ο κάθε υδρομετρικός σταθμός). Επιπλέον, οι σχέσεις που δίνονται για την πρόγνωση των εν λόγω δεικτών βασίζονται σε περιορισμένο δείγμα δεδομένων.

Αξιολόγηση έτους: Στην αρχή κάθε νέου υδρολογικού έτους, με βάση πλέον τα πλήρη ετήσια δείγματα των βροχομετρικών και υδρομετρικών σταθμών αναφοράς, θα υπολογίζονται τα ετήσια μεγέθη βροχόπτωσης και παροχής, και οι αντίστοιχοι δείκτες μετεωρολογικής και υδρολογικής ξηρασίας. 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 στην σημειακή βροχόπτωση τριμήνου και εξαμήνου. Για τον λόγο αυτό, στις αξιολογήσεις των καταστάσεων ξηρασίας θα εφαρμόζονται τα τυπικά όρια -1.0, -1.5 και -2.0, για τον χαρακτηρισμό των μέτρων, σοβαρών και ακραίων ξηρασιών, αντίστοιχα.

Αξιολόγηση μέσων τιμών τριετίας: Στην αρχή κάθε νέου υδρολογικού έτους θα εκτιμώνται οι μέσες επιφανειακές βροχοπτώσεις των υπολεκανών και η μέση παροχή του Αλιάκμονα στο Πολύφυτο, 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 λαμβάνονται έκτακτα διαχειριστικά μέτρα, ακόμα και κατά παράβαση του Άρθρου 4 της Οδηγίας 2000/60 (π.χ. μείωση ή και μηδενισμός της περιβαλλοντικής παροχής). 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 διάρκειας του νέου υδρολογικού έτους, ανεξάρτητα από την εξέλιξη των βροχοπτώσεων (και παροχών) 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 των έκτακτων μέτρων θα γίνεται μόνο όταν ο δείκτης τριετούς ξηρασίας υποχωρήσει σε ανεκτά επίπεδα, συγκεκριμένα μεγαλύτερα του -1.0, που υποδηλώνουν λήξη της περιόδου έμμονης ξηρασίας.

11. 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. Buchanan, B.B., W. Gruissen and R.L. Jonew (2000) *Biochemistry and Molecular Biology of Plants*. In American Society of Plant Physiology. Rockville, ML.
5. E.C., *Water Scarcity and Droughts: In-depth Assessment*, Second Interim Report, June 2007.
6. ECHMES Ltd., *Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων Ορυχείων Πτολεμαΐδας Ν. Κοζάνης*, ΔΕΗ Α.Ε. – Γενική Διεύθυνση Ορυχείων, 2010.
7. 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.
8. 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.
9. 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.
10. 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.
11. 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.
12. 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.
13. European Commission, *Water Scarcity and Droughts: In-depth Assessment*, Second Interim Report, Prepared by DG Environment – European Commission, June 2007.
14. 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.
15. European Environment Agency, *Towards efficient use of resources in Europe*, EEA Report No 1/2012, Copenhagen, Denmark, 2012.
16. 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.
17. Hamdy A., and G. Trisorio-Liussi, *Drought planning and drought mitigation measures in the Mediterranean region, Options Mediterraneennes*, A, 80, 2008.

18. 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.
19. Komuscu, A. U., Using the SPI to analyze spatial and temporal patterns of drought in Turkey, *Drought Network News*, 11(1), 7-13, 1999.
20. Koutsoyiannis, D., Hurst-Kolmogorov dynamics and uncertainty, *Journal of the American Water Resources Association*, 47(3), 481-495, 2011.
21. 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.
22. 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.
23. 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.
24. 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.
25. Nalbantis, I., and G. Tsakiris, Assessment of hydrological drought revisited, *Water Resources Management*, 23(5), 881-897, 2009.
26. Pereira L. S., T. Oweis, and A. Zairi, Irrigation management under water scarcity, *Agricultural Water Management*, 57, 175-206, 2002.
27. Petts, G.E., Instream flow science for sustainable river management, *Journal of the American Water Resources Association*, 45(5), 1071-1086, 2009.
28. Tennant D.L., Instream flow regimens for fish, wildlife, recreation and related environmental resources, *Fisheries*, 1(4), 6-10, 1976.
29. 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.
30. Water Scarcity Drafting Group, Water scarcity management in the context of WFD, *MED Joint Process WFD /EUWI*, June 2006.
31. 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.
32. Wilks, D.S., *Statistical Methods in the Atmospheric Sciences*, Academic Press, London, 1995.
33. Γ.Π.Α. Διδακτορική Διατριβή Β. Κωτούλας, *Μελέτη των επιδράσεων της ελλειμματικής άρδευσης σε καλλιέργεια βαμβακιού*, 2010.
34. ΔΕΗ Α.Ε., Διαχείριση υδατικών πόρων υδρολογικής λεκάνης του ποταμού Αλιάκμονα» Ανάδοχος Μελετητής: ENM Σύμβουλοι Μηχανικοί ΕΠΕ, 2010.
35. Δημοτική Επιχείρηση Ύδρευσης-Αποχέτευσης Κοζάνης, Επιχειρησιακό Πρόγραμμα 2012- 2016 Δημοτικής Επιχείρησης Ύδρευσης Αποχέτευσης Κοζάνης, 2011
36. ΕΘΙΑΓΕ, Ινστιτούτο Ελιάς και Υποτροπικών φυτών / Κ. Χατζουλάκης- Μ. Μπερτάκη, *Ορθολογική διαχείριση του νερού άρδευσης, Αναγκαιότητα για αειφόρο αγροτική ανάπτυξη*, 2009.
37. Ζουρνατζίδου, Α., *Αλληλεπίδραση μεταλλευτικής δραστηριότητας και υδατικών πόρων - Περιπτώσεις από τον Ελλαδικό χώρο*, Μεταπτυχιακή εργασία, 233 σελίδες, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Οκτώβριος 2011.

38. Ιστοσελίδα Ελληνικής Στατιστικής Αρχής - www.statistics.gr, στοιχεία του 2011.
39. Ιστοσελίδα Eurostat - epp.eurostat.ec.europa.eu, στοιχεία του Απρ. 2012.
40. 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.
41. 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.
42. 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.
43. Κουτσογιάννης, Δ., και Θ. Ξανθόπουλος, *Τεχνική Υδρολογία*, Έκδοση 3, 418 σελίδες, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 1999.
44. Κουτσογιάννης, Δ., και Ν. Μαμάσης, Υδρολογική διερεύνηση, *Εκτροπή Ρέματος Σουλού για την Ανάπτυξη των Λιγνιτικών Εκμεταλλεύσεων της ΔΕΗ στο Ορυχείο Νοτίου Πεδίου της Περιοχής Κοζάνης-Πτολεμαΐδας*, Εργοδότης: Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού, Ανάδοχοι: Δ. Κουτσογιάννης, Ν. Μαμάσης, 18 σελίδες, Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού, Αθήνα, 2004.
45. Μαμάσης, Ν., και Δ. Κουτσογιάννης, Ξηρασία και διαχείρισή της, *Σημειώσεις Διαχείρισης Υδατικών Πόρων*, Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 2007.
46. Σαμαράς, Β., *Υδατικές απαιτήσεις των καλλιεργειών βάμβακος, καλαμποκιού, βιομηχανικής ντομάτας και τεύτλων στον Θεσσαλικό χώρο*, Πρόγραμμα Hydrosense, ΕΘΙΑΓΕ.
47. 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: ENM Σύμβουλοι Μηχανικοί ΕΠΕ, Σεπτέμβριος 2007.
48. Φορέας Διαχείρισης Εθνικού Πρεσπών, *Σχέδιο Διαχείρισης Προστατευόμενης Περιοχής Εθνικού Πάρκου Πρεσπών*, Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Φλώρινας 2012.
49. Παυλουδάκης, Φ., Σαχανίδης, Χρ., Τσουφλίδου, Σ., Σαχανίδης, Χαρ. Έκθεση Ποιότητας Περιβάλλοντος Ορυχείου Αμυνταίου, Έκθεση Ποιότητας Περιβάλλοντος Ορυχείου Πτολεμαΐδας 2011, ΔΕΗ 2011.
50. Δημητρακόπουλος, Δ., Σαχανίδης, Χ., Ηλία, Ι. Εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων στο υδατικό σύστημα και πορεία αποστράγγισης Ορυχείου Αμυνταίου 2011, ΔΕΗ 2012.
51. Εταιρία Προστασίας Πρεσπών, *Τεχνική Έκθεση: Υδατικό ισοζύγιο Μικρής Πρέσπας επίδραση στο ισοζύγιο της Μεγάλης Πρέσπας και τα οικοσυστήματα*.
52. ECHMES Ltd., *Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων Ορυχείων Πτολεμαΐδας*, Ν. Κοζάνης, ΔΕΗ 2010.

12. ΟΜΑΔΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

α/α	ΚΩΔ.	ΟΝΟΜΑ ΕΠΩΝΥΜΟ	ΕΙΔΙΚΟΤΗΤΑ	ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΘΕΣΗ
1.	ΑΜ	Αβραάμ Μπενσασών	Πολιτικός Μηχανικός-ΕΜΠ, Υδραυλικός	Κοινός Νόμιμος Εκπρόσωπος Συντονιστής Ομάδας Μελέτης
2.	ΛΜ	Λίζα Μπενσασών	Πολιτικός Μηχανικός Μηχανικός Περιβάλλοντος MSc	Υπεύθυνη Περιβαλλοντικής Μελέτης - Προσδιορισμός Εξαιρέσεων & Πρόγραμμα Μέτρων Μέλος Ομάδας Υδραυλικής Μελέτης
3.	ΙΜ	Ιωάννης Μουλατσιώτης	Γεωλόγος	Μέλος Ομάδας Περιβαλλοντικής Μελέτης Μέλος Ομάδας Υδραυλικής Μελέτης
4.	ΔΚ	Δημήτρης Κουτσογιάννης	Δρ. Πολιτικός Μηχανικός ΕΜΠ, Καθηγητής ΕΜΠ	Επιστημονικός Σύμβουλος
5.	ΜΝ	Νίκος Μαμάσης	Αγρονόμος-Τοπογράφος Μηχανικός ΕΜΠ, Δρ. Μηχανικός ΕΜΠ, Επίκουρος Καθηγητής ΕΜΠ	Μέλος Ομάδας Υδραυλικής Μελέτης Μέλος Ομάδας Πληροφορικής Μελέτης
6.	ΑΚ	Αντώνης Κουκουβίνος	Αγρονόμος-Τοπογράφος Μηχανικός ΕΜΠ, DEA Γεωγραφίας	Μέλος Ομάδας Υδραυλικής Μελέτης Μέλος Ομάδας Πληροφορικής Μελέτης
7.	ΑΕ	Ανδρέας Ευστρατιάδης	Δρ. Πολιτικός Μηχανικός ΕΜΠ, MSc Υδρολόγος	Μέλος Ομάδας Υδραυλικής Μελέτης Μέλος Ομάδας Πληροφορικής Μελέτης
8.	ΓΜ	Γιάννης Μαρκόνης	Μηχανικός Περιβάλλοντος Πολ. Κρήτης, Υποψ. Δρ. ΕΜΠ	Μέλος Ομάδας Υδραυλικής Μελέτης Μέλος Ομάδας Πληροφορικής Μελέτης
9.	ΣΜ	Σωτηρία Μπακή	Πολιτικός Μηχανικός ΕΜΠ, MSc Υδρολόγος, Υποψ. Δρ. ΕΜΠ	Μέλος Ομάδας Υδραυλικής Μελέτης Μέλος Ομάδας Πληροφορικής Μελέτης
10.	ΣΦ	Σοφία Φώτη	Γεωλόγος PhD-Πολιτικός Μηχανικός	Υπεύθυνη εκτέλεσης γεωλογικών εργασιών Μέλος Ομάδας Συλλογής Στοιχείων
11.	ΓΚ	Γεώργιος Καφέτης	Γεωλόγος	Μέλος Ομάδας Γεωλογικής Μελέτης Μέλος Ομάδας Συλλογής Στοιχείων
12.	ΘΒ	Θεσσαλία Βασιλακάκη	Γεωλόγος MSc	Μέλος Ομάδας Γεωλογικής Μελέτης
13.	ΒΠ	Βασίλης Παπακωνσταντίνου	Μηχανικός Χωροταξίας Πολεοδομίας & Περ. Ανάπτυξης	Μέλος Ομάδας Χωροταξικής Μελέτης
14.	ΔΚ	Δημήτρης Κοντομάρκος	Μηχανικός Χωροταξίας Πολεοδομίας & Περ. Ανάπτυξης	Μέλος Ομάδας Χωροταξικής Μελέτης
15.	ΔΔ	Δημήτρης Δούμας	Αρχιτέκτων Μηχανικός	Μέλος Ομάδας Χωροταξικής Μελέτης
16.	ΣΚ	Σπυριδούλα Κικαίρε	Περιβαλλοντολόγος	Μέλος Ομάδας Περιβαλλοντικής Μελέτης

α/α	ΚΩΔ.	ΟΝΟΜΑ ΕΠΩΝΥΜΟ	ΕΙΔΙΚΟΤΗΤΑ	ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΘΕΣΗ
17.	ΗΚ	Ηλίας Κουρκουλής	Γεωπόνος – ΑΠΘ Γεωργικός Σύμβουλος	Υπεύθυνος Σύνταξης Γεωργικής Μελέτης
18.	ΚΜ	Κωνσταντίνος Μπίθας	Αναπληρωτής Καθηγητής Οικονομικών του Περιβάλλοντος- Ερευνητική Ομάδα Οικονομικών του Περιβάλλοντος κ Βιώσιμης Ανάπτυξης - Πάντειο Πανεπιστήμιο	Υπεύθυνος Σύνταξης Οικονομικής Μελέτης
19.	ΑΚ	Αντώνης Κολημενάκης	Οικονομολόγος- M.Sc. Management- Ερευνητική Ομάδα Οικονομικών του Περιβάλλοντος κ Βιώσιμης Ανάπτυξης - Πάντειο Πανεπιστήμιο	Μέλος Ομάδας Οικονομικής Μελέτης
20.	ΓΜ	Γεώργιος Μαρούλης	Οικονομολόγος- M.A. Environmental Management- Ερευνητική Ομάδα Οικονομικών του Περιβάλλοντος κ Βιώσιμης Ανάπτυξης - Πάντειο Πανεπιστήμιο	Μέλος Ομάδας Οικονομικής Μελέτης



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



www.epperaa.gr



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης