



ΣΧΕΔΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

των Λεκανών Απορροής Ποταμών
του Υδατικού Διαμερίσματος Ηπείρου

ΣΧΕΔΙΟ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ ΚΑΙ ΞΗΡΑΣΙΑΣ

ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2013



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 ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ, ΗΠΕΙΡΟΥ ΚΑΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΣΤΕΡΕΑΣ ΕΛΛΑΔΑΣ, ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΙΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΤΗΣ ΟΔΗΓΙΑΣ 2000/60/ΕΚ, ΚΑΤ' ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ Ν. 2199/2003 ΚΑΙ ΤΟΥ Π.Δ. 51/2007

ΚΟΙΝΟΠΡΑΞΙΑ: Γ. ΚΑΡΑΒΟΚΥΡΗΣ & ΣΥΝ/ΤΕΣ ΣΥΜΒΟΥΛΟΙ ΜΗΧ/ΚΟΙ Ανώνυμη Εταιρία - **ΒΑΣΙΛΗΣ ΠΕΡΛΕΡΟΣ – ΕΝΒΕCO** Ανώνυμη Εταιρεία Προστασίας και Διαχείρισης Περιβάλλοντος - **ΑΝΤΖΟΥΛΑΤΟΣ ΓΕΡΑΣΙΜΟΣ – ΕΠΕΜ** Εταιρία Περιβαλλοντικών Μελετών Α.Ε. - **ΟΜΙΚΡΟΝ** Οικονομικές & Αναπτυξιακές Μελέτες Ε.Π.Ε. - **ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΙΔΗΣ ΗΛΙΑΣ – ΤΣΕΚΟΥΡΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ – ΚΟΤΖΑΓΕΩΡΓΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ – ΓΚΑΡΓΚΟΥΛΑΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ**

ΣΠΥΡΟΣ ΠΑΠΑΓΡΗΓΟΡΙΟΥ

ΣΥΝΤΟΝΙΣΤΗΣ ΕΡΓΟΥ – ΝΟΜΙΜΟΣ ΕΚΠΡΟΣΩΠΟΣ ΚΟΙΝΟΠΡΑΞΙΑΣ

ΚΑΤΑΡΤΙΣΗ ΣΧΕΔΙΟΥ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΩΝ ΛΕΚΑΝΩΝ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΠΟΤΑΜΩΝ ΤΟΥ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΟΣ ΗΠΕΙΡΟΥ (GR05)

Β ΦΑΣΗ ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 4: – ΣΧΕΔΙΟ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ ΚΑΙ ΞΗΡΑΣΙΑΣ

Ημερομηνία πρώτης Δημοσίευσης: 27/6/2013

ΦΕΚ Έγκρισης Σχεδίου Διαχείρισης: 2292 Β'/13.09.2013

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1	ΟΡΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΈΝΝΟΙΕΣ ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΜΕ ΤΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΞΗΡΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ.....	2
1.2	ΤΥΠΟΙ ΚΑΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ.....	3
1.2.1	Τύποι Ξηρασίας	3
1.2.2	Χαρακτηριστικά Ξηρασίας.....	4
1.2.3	Δείκτες Ξηρασίας.....	4
1.3	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΔΕΙΚΤΕΣ ΤΗΣ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ	6
1.3.1	Χαρακτηριστικά Λειψυδρίας.....	6
1.3.2	Δείκτης WEI (Water Exploitation Index).....	7
1.3.3	Δείκτης WEI ^f	8
1.3.4	Δείκτης WEI ^{GR}	9
1.3.5	Εφαρμογή του Δείκτη WEI ^{GR} στο Υδατικό Διαμέρισμα της Ηπείρου.....	11
1.4	ΑΡΧΕΣ ΣΧΕΔΙΟΥ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟΝ ΠΡΟΛΗΠΤΙΚΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ.....	12
2	ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΙΣΤΟΡΙΚΩΝ ΕΠΕΙΣΟΔΙΩΝ ΞΗΡΑΣΙΑΣ ΣΤΗΝ ΉΠΕΙΡΟ	14
2.1	ΕΠΕΙΣΟΔΙΑ ΞΗΡΑΣΙΑΣ.....	14
2.1.1	Παρατηρήσεις Απορροής κατά την περίοδο ξηρασίας	16
2.1.2	Παρατηρήσεις Πτώσης Στάθμης και μετρήσεων παροχής πηγών σε Υπόγεια Υδατικά Συστήματα κατά τη διάρκεια περιόδων ξηρασίας	17
2.2	ΚΟΙΝΩΝΙΚΕΣ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ – ΜΕΤΡΑ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ.....	19
2.2.1	Κοινωνικές-Οικονομικές και Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις.....	19
2.2.2	Υδρευση.....	19
2.2.3	Άρδευση	19
3	ΖΩΝΕΣ ΤΡΩΤΟΤΗΤΑΣ ΕΝΑΝΤΙ ΞΗΡΑΣΙΑΣ	20
3.1	ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΈΝΝΟΙΕΣ	20
3.2	ΖΩΝΕΣ ΤΡΩΤΟΤΗΤΑΣ ΑΝΑ ΧΡΗΣΗ ΝΕΡΟΥ: ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΟ ΥΔ ΗΠΕΙΡΟΥ	22
3.2.1	Υδρευση / Τουρισμός / Βιομηχανία – Τρωτότητα έναντι Ξηρασίας.....	22
3.2.2	Άρδευση – Τρωτότητα έναντι Ξηρασίας.....	26
3.2.3	Κτηνοτροφία – Τρωτότητα έναντι Ξηρασίας.....	31
3.2.4	Περιβάλλον - Τρωτότητα έναντι Ξηρασίας.....	34
3.2.5	Κοινωνική Διάσταση - Τρωτότητα έναντι Ξηρασίας.....	35
4	ΑΝΑΛΥΣΗ ΞΗΡΑΣΙΑΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ SPI	38
4.1	ΔΕΙΚΤΗΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ SPI (STANDARDIZED PRECIPITATION INDEX)	38
4.1.1	Εισαγωγή – Μαθηματικός ορισμός δείκτη SPI.....	38
4.1.2	Χρονικές κλίμακες δείκτη SPI	38
4.1.3	Κλίμακα ταξινόμησης επεισοδίων ξηρασίας με βάση το δείκτη SPI	39
4.1.4	Κριτήρια προσδιορισμού έναρξης και λήξης ενός επεισοδίου ξηρασίας.....	39
4.1.5	Μέγεθος Ξηρασίας DM (Drought Magnitude or Severity)	40
4.1.6	Παραδείγματα χρήσης του δείκτη SPI για ανάλυση ξηρασίας.....	40
4.2	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΕΙΚΤΗ SPI ΣΤΟ ΥΔΑΤΙΚΟ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ ΤΗΣ ΗΠΕΙΡΟΥ	41
4.2.1	Συλλογή και Ανάλυση Βροχομετρικών Δεδομένων.....	41
4.2.2	Αποτελέσματα	43

5 ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΜΗ ΕΠΙΤΕΥΞΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΤΟΧΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟ ΆΡΘΡΟ 4.6 ΤΗΣ ΟΔΗΓΙΑΣ ΛΟΓΩ ΠΑΡΑΤΕΤΑΜΕΝΗΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ	47
5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	47
5.2 ΠΑΡΑΤΕΤΑΜΕΝΗ ΞΗΡΑΣΙΑ.....	48
5.2.1 Ορισμός	48
5.2.2 Δείκτης Παρατεταμένης Ξηρασίας	48
5.2.3 Δείκτες Διάγνωσης Ταξινόμησης των ΥΣ	50
5.2.4 Δείκτης Βασισμένος στη μη Ικανοποίηση Αρδευτικής Ζήτησης	51
5.3 ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΠΑΡΑΤΕΤΑΜΕΝΗΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ ΣΕ ΥΣ	52
5.3.1 Εισαγωγή	52
5.3.2 Επίδραση Παρατεταμένης Ξηρασίας σε Επιφανειακά Σώματα	52
5.3.3 Επίδραση Παρατεταμένης Ξηρασίας σε Υπόγεια Σώματα	54
6 ΒΡΑΧΥΠΡΟΘΕΣΜΑ ΜΕΤΡΑ (RE-ACTIVE MEASURES) ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΤΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΞΗΡΑΣΙΑΣ	58
6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	58
6.2 ΔΙΑΓΝΩΣΗ ΞΗΡΑΣΙΑΣ – ΕΠΙΠΕΔΑ ΕΠΙΦΥΛΑΚΗΣ	59
6.3 ΈΚΤΑΚΤΑ ΜΕΤΡΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΗΣ ΖΗΤΗΣΗΣ ΝΕΡΟΥ	61
6.3.1 Έκτακτα Μέτρα Περιορισμού Κατανάλωσης Πόσιμου Νερού	61
6.3.2 Έκτακτα Μέτρα Ελέγχου Απολήψεων από Επιφανειακά Σώματα και από Υπόγεια Υδατικά Συστήματα	61
6.3.3 Έκτακτα Μέτρα για την Αντιμετώπιση Παρατεταμένης Ξηρασίας.....	61
7 ΜΑΚΡΟΠΡΟΘΕΣΜΑ ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΛΗΠΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ (PRO-ACTIVE MEASURES) ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΗΣ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ	62
7.1 ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΜΕΤΡΩΝ ΠΟΥ ΠΕΡΙΛΑΜΒΑΝΟΝΤΑΙ ΣΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΡΩΝ ΤΟΥ ΥΔ ΚΑΙ ΣΥΜΒΑΛΛΟΥΝ ΣΤΗΝ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΗΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑΣ.....	63
7.2 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΠΗΓΩΝ ΓΙΑ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΑ ΥΔΑΤΙΚΑ ΑΠΟΘΕΜΑΤΑ	65
8 ΣΧΕΤΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ: ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ	68
9 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ	70

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

ΔΕΙΚΤΕΣ SPI – ΥΔΑΤΙΚΟ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ ΗΠΕΙΡΟΥ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2

ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΣΥΝΕΠΕΙΩΝ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ ΣΤΗΝ ΚΑΤΑΡΤΙΣΗ ΤΩΝ ΣΧΕΔΙΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΩΝ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ, ΗΠΕΙΡΟΥ ΚΑΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΣΤΕΡΕΑΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3

ΜΕΛΕΤΗ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ ΣΤΙΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΚΑΙ ΣΤΙΣ ΑΝΑΓΚΕΣ ΑΡΔΕΥΤΙΚΟΥ ΝΕΡΟΥ ΓΙΑ ΤΙΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΑΥΤΕΣ ΣΕ ΘΕΣΣΑΛΙΑ, ΉΠΕΙΡΟ ΚΑΙ ΔΥΤΙΚΗ ΣΤΕΡΕΑ ΕΛΛΑΔΑ (ΑΙΤΩΛΟΑΚΑΡΝΑΝΙΑ)

1 Εισαγωγή

Η σύνταξη του Σχεδίου Αντιμετώπισης Φαινομένων Λειψυδρίας και Ξηρασίας με βάση τις αρχές του Προληπτικού Σχεδιασμού στηρίχθηκε στις απαιτήσεις του «Τεύχους Τεχνικών Δεδομένων» της Σύμβασης, συγχρόνως, όμως, καταβλήθηκε προσπάθεια να καλυφθούν οι προτάσεις των υποστηρικτικών κειμένων της Οδηγίας Πλαίσιο, όπως είναι η έκθεση «Drought Management Plan Report» (European Commission 2008), και να ληφθούν υπόψη το Κείμενο των Κατευθυντήριων Γραμμών για την επίδραση της Κλιματικής Αλλαγής στην επίτευξη των στόχων της Οδηγίας (Guidance Document No.24 2009) και η Ανακοίνωση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής της 18^{ης} Ιουλίου 2007 για την αντιμετώπιση του προβλήματος της ξηρασίας στην Ευρωπαϊκή Ένωση (Ανακοίνωση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής 2007).

Η λειψυδρία και η ξηρασία έχουν αναχθεί σε μείζον πρόβλημα στην Ευρωπαϊκή Ένωση το οποίο η μη ορθολογική διαχείριση των υδάτινων πόρων και η αλλαγή κλίματος αναμένεται να επιδεινώσει. Σύμφωνα με την Ανακοίνωση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (18.07.2007) για την αντιμετώπιση του προβλήματος λειψυδρίας και ξηρασίας, την τελευταία τριακονταετία, ο αριθμός και η ένταση των κρουσμάτων ξηρασίας στην ΕΕ αυξήθηκε με ραγδαίους ρυθμούς. Ο αριθμός των περιοχών και των κατοίκων που επλήγησαν από ξηρασία αυξήθηκε κατά 20% περίπου μεταξύ του 1976 και του 2006.

Αναποτελεσματική διαχείριση της ξηρασίας και της λειψυδρίας μπορεί να οδηγήσει τα υδάτινα οικοσυστήματα σε ακόμη μεγαλύτερη απόκλιση από την επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων της Οδηγίας διότι το έλλειμμα νερού λόγω ξηρασίας έχει ως αποτέλεσμα την έντονη υπερεκμετάλλευση ποταμιών και ταμιευτήρων που θέτει σε κίνδυνο την εμπλεκόμενη χλωρίδα και πανίδα. Γι αυτόν ακριβώς τον λόγο θεωρείται αναγκαίο να αναπτυχθεί στο πλαίσιο της Οδηγίας μια σειρά εξειδικευμένων μέτρων που θα στοχεύει στην ελαχιστοποίηση των κοινωνικοοικονομικών και περιβαλλοντικών επιπτώσεων λόγω ξηρασίας και λειψυδρίας. Επομένως, σύμφωνα με το Άρθρο 13.5 της Οδηγίας, το Πρόγραμμα Μέτρων του Σχεδίου Διαχείρισης της Λεκάνης Απορροής Ποταμού μπορεί να συμπληρωθεί, εάν θεωρηθεί αναγκαίο, με την κατάρτιση λεπτομερέστερου προγράμματος μέτρων που θα περιλαμβάνεται στο Σχέδιο Αντιμετώπισης της Ξηρασίας και Λειψυδρίας σε επίπεδο Περιοχής Λεκάνης Απορροής Ποταμού.

Σύμφωνα με τα Υποστηρικτικά Κείμενα της Οδηγίας, τα Σχέδια Αντιμετώπισης Ξηρασίας και Λειψυδρίας θα πρέπει να εκπονούνται εκ των προτέρων και να βασίζονται σε προγενέστερες μελέτες που αφορούν τον χαρακτηρισμό του φαινομένου ξηρασίας, τις επιπτώσεις και τα μέτρα αντιμετώπισης στη συγκεκριμένη Περιοχή Λεκάνης Απορροής Ποταμού.

1.1 Ορισμοί και Έννοιες σχετικές με τα φαινόμενα Ξηρασίας και Λειψυδρίας

Σύμφωνα με την Ανακοίνωση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (18.07.2007) ως

«Ξηρασία» νοείται μια προσωρινή μείωση των διαθέσιμων υδάτινων πόρων λόγω, επί παραδείγματι, μειωμένων βροχοπτώσεων, ενώ ως

«Λειψυδρία» νοείται η κατάσταση κατά την οποία η ζήτηση νερού υπερβαίνει τους – σε συνθήκες αιφροδίας – εκμεταλλεύσιμους υδάτινους πόρους.

Η ξηρασία, η ξηρότητα, η λειψυδρία και η ερημοποίηση είναι κοινές και επικαλυπτόμενες διεργασίες στις Μεσογειακές χώρες και συχνά παρερμηνεύονται, όταν χρησιμοποιούνται. Για την αποσαφήνιση των εννοιών αυτών παρατίθενται οι ακόλουθοι ορισμοί (MEDROPLAN 2006):

Ξηρασία (Drought): Φυσική περιστασιακή (τυχαία) προσωρινή κατάσταση συνεχούς μείωσης στη βροχόπτωση και στη διαθεσιμότητα ύδατος αναφορικά με τις κανονικές τιμές, που εκτείνεται σε μια σημαντική χρονική περίοδο και καλύπτει μια ευρεία περιοχή. Προκαλείται από φυσικά αίτια.

Ξηρότητα ή Ανυδρία (Aridity): Φυσική μόνιμη κλιματική κατάσταση με πολύ χαμηλές ετήσιες ή εποχιακές βροχοπτώσεις σε σχέση με τη δυνητική εξατμισοδιαπνοή. Προκαλείται από φυσικά αίτια.

Λειψυδρία (Water Scarcity): Μόνιμη κατάσταση ανισορροπίας μεταξύ των υδάτινων πόρων και της ζήτησης σε μια περιοχή (ή σε ένα σύστημα υδροδότησης), η οποία χαρακτηρίζεται από ξηρό κλίμα ή/και γρήγορη αύξηση της υδατικής ζήτησης, που σχετίζεται με πληθυσμιακή ανάπτυξη, επέκταση των υδροβόρων καλλιεργειών, κ.λπ. Προκαλείται από την έλλειψη υποδομής στη διαχείριση των υδάτινων πόρων (ταμιευτήρες, συστήματα μεταφοράς και διανομής νερού κτλ).

Ερημοποίηση (Desertification): Υποβάθμιση του εδάφους σε ξηρές, ημίξηρες και άλλες περιοχές σε μια ξηρή περίοδο. Η ερημοποίηση προκαλείται αρχικά από υπέρ-εκμετάλλευση και ακατάλληλη εδαφική χρήση σε συνδυασμό με την κλιματική διακύμανση. Προκαλείται από ανθρωπογενή αίτια.

1.2 Τύποι και Χαρακτηριστικά της Ξηρασίας

1.2.1 Τύποι Ξηρασίας

Η πιο γνωστή και ευρέως εφαρμοζόμενη κατηγοριοποίηση του φαινομένου της ξηρασίας προτείνεται από τον Wilhite (2000). Ανάλογα με τη φύση του ελλείμματος νερού διακρίνονται τέσσερις τύποι ξηρασίας:

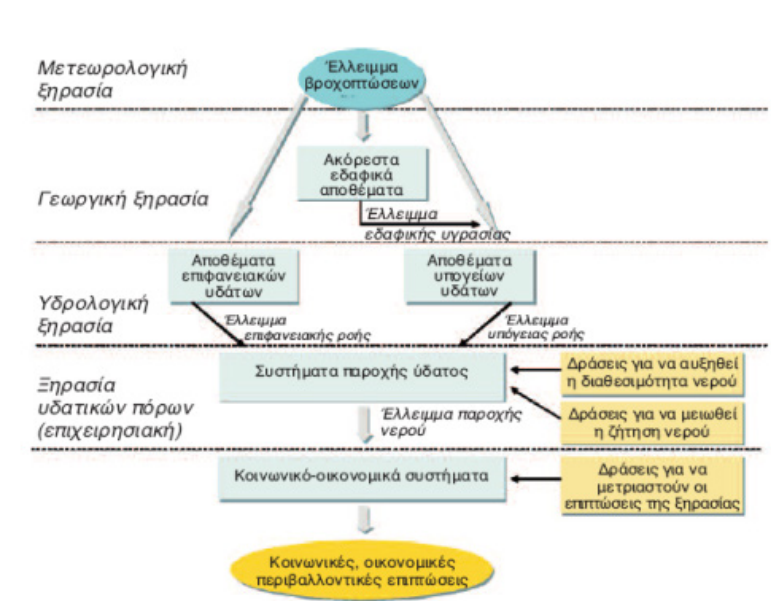
Η μετεωρολογική ξηρασία σε μια ορισμένη περιοχή για ορισμένη περίοδο ορίζεται με βάση την απόκλιση της βροχόπτωσης (συνολικό ύψος, αριθμός ημερών βροχής) από την αναμενόμενη. Η μετεωρολογική ξηρασία, με βάση τον παραπάνω γενικό ορισμό, είναι ένα αναμενόμενο φαινόμενο το οποίο παρουσιάζεται σε όλα τα κλίματα.

Η γεωργική ξηρασία αναφέρεται συνήθως σε μια χρονική περίοδο που παρατηρείται ανεπάρκεια της εδαφικής υγρασίας να καλύψει τις ανάγκες διαπνοής των φυτών, ώστε να ξεκινήσει ή να συνεχιστεί η ανάπτυξή τους με άμεση συνέπεια τη δραστική μείωση στην απόδοση της γεωργίας.

Η υδρολογική ξηρασία σχετίζεται με τις επιπτώσεις της μειωμένης βροχόπτωσης στην επιφανειακή απορροή και υπόγεια ταμίευση του νερού και εκδηλώνεται με τη μείωση της παροχής των ποταμών και πηγών, της στάθμης λιμνών και ταμιευτήρων και των αποθεμάτων των υπόγειων νερών.

Η κοινωνικοοικονομική ξηρασία (ή καμιά φορά ορίζεται και ως επιχειρησιακή ξηρασία) ουσιαστικά αναφέρεται στην αδυναμία του συστήματος των υδατικών πόρων να καλύψει τη ζήτηση νερού. Τόσο η μείωση της διαθεσιμότητας ύδατος όσο και οι επιπτώσεις αυτής εξαρτώνται, εκτός από το γεγονός ξηρασίας και από την αποτελεσματικότητα των μέτρων περιορισμού που έχουν προσαρμοστεί στα συστήματα υδατικών πόρων και στα κοινωνικό-οικονομικά συστήματα. 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.

Το ακόλουθο σχήμα (Σχήμα 1) δίνει και τη συνήθη χρονική ακολουθία εμφάνισης των τύπων ξηρασίας και τη σχέση μεταξύ τους.



Σχήμα 1. Το φαινόμενο της Ξηρασίας, οι τύποι και η σχέση μεταξύ τους (Πηγή : MEDAWater, MEDROPLAN 2006)

1.2.2 Χαρακτηριστικά Ξηρασίας

Τρία είναι τα βασικά χαρακτηριστικά των επεισοδίων ξηρασίας: η ένταση, η διάρκεια και η χωρική κατανομή.

Η ένταση της ξηρασίας αναφέρεται, κυρίως, στη μείωση της βροχόπτωσης και στη σοβαρότητα των επιπτώσεων της μείωσης αυτής. Γενικά, μπορεί να καθοριστεί με τον υπολογισμό διάφορων δεικτών ξηρασίας, οι οποίοι υπολογίζονται με βάση την βροχόπτωση. Εκτενέστερη περιγραφή και ανάλυση του δείκτη ξηρασίας που χρησιμοποιήθηκε στο Σχέδιο Ξηρασίας γίνεται στο κεφάλαιο 4 της παρούσης έκθεσης.

Το δεύτερο βασικό χαρακτηριστικό της ξηρασίας είναι η διάρκεια. Ένα επεισόδιο ξηρασίας, μπορεί να παρουσιάζει ένα μικρό χρονικό διάστημα υστέρησης της εμφάνισης του σε σχέση με την πρώτη μείωση ή την πλήρη απουσία της βροχόπτωσης, ενώ στη συνέχεια μπορεί να διατηρείται για μήνες ή και για χρόνια, παρά το γεγονός ότι στο διάστημα αυτό μπορεί να καταγραφούν βροχοπτώσεις, μικρής όμως σημαντικότητας. Γενικά, η διάρκεια μπορεί να καθοριστεί με τον υπολογισμό του μεγέθους ξηρασίας (drought magnitude or severity), το οποίο περιγράφεται επίσης εκτενέστερα στο κεφάλαιο 4 της παρούσης έκθεσης.

Το τρίτο χαρακτηριστικό της ξηρασίας είναι η χωρική κατανομή. Οι περιοχές, που επηρεάζονται από ακραία φαινόμενα ξηρασίας, αυξάνουν σταδιακά όσο η ξηρασία διατηρείται για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Η εκπόνηση του Σχεδίου Ξηρασίας στο πλαίσιο του Σχεδίου Διαχείρισης Υδατικών Πόρων της Ηπείρου γίνεται σε επίπεδο Υδατικού Διαμερίσματος.

1.2.3 Δείκτες Ξηρασίας

Ένα σύστημα δεικτών ξηρασίας πρέπει να συμπυκνώνει ένα μεγάλο αριθμό μετρήσεων και τα αποτελέσματα σύνθετων αναλύσεων σε λίγες τιμές, εύκολα κατανοητές, οι οποίες να μεταδίδουν με τρόπο άμεσο στους διαχειριστές τις βασικές πληροφορίες που είναι απαραίτητες για την ανάληψη και την επιλογή δράσεων αντιμετώπισης των επιπτώσεων. Οι πληροφορίες αυτές είναι σχετικές με την ύπαρξη ή όχι, την ένταση και το γεωγραφικό εύρος της ξηρασίας, καθώς και με τα συστήματα τα οποία είναι υπό πίεση (δηλ. ύδρευση, ποτάμιο περιβάλλον, λιμναίο περιβάλλον, υπόγεια σώματα, άρδευση).

Λόγω των ιδιοτήτων του κλίματος, της υδρολογίας και των συστημάτων διαχείρισης των υδάτινων πόρων κάθε χώρας, υπάρχει η τάση σημαντικής διαφοροποίησης των δεικτών μεταξύ χωρών, καθώς και η ανάπτυξη από πολλά κράτη ειδικών (ad hoc) για δική τους μόνον εφαρμογή. Η τάση αυτή χαρακτηρίζει ιδιαίτερα τα κράτη της Ε.Ε., όπως γίνεται φανερό από μία σύγκριση των δεικτών διαφορετικών κρατών στην έκθεση της Δ/σης Περιβάλλοντος της Ευρωπαϊκής Επιτροπής με τίτλο «Drought Management Plan Report – Technical Report 2008-23». Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή έχει αποφασίσει ότι θα πρέπει να αναπτυχθεί ένα Ευρωπαϊκό σύστημα πληροφόρησης για την έλλειψη νερού και την ξηρασία (Water Scarcity and Drought Information System) βασισμένο στο Ευρωπαϊκό σύστημα πληροφοριών για το νερό (WISE) και το οποίο θα αξιοποιεί κατάλληλους δείκτες. Ωστόσο γίνεται αποδεκτό ότι αυτοί καθ'εαυτοί οι δείκτες πιθανότατα θα διαφοροποιούνται μεταξύ των κρατών.

Υπάρχουν ορισμένοι δείκτες, κατά κανόνα ανεπτυγμένοι στις ΗΠΑ, οι οποίοι έχουν τύχει ευρύτερης εφαρμογής. Αυτοί παρουσιάζονται, συνοπτικά, παρακάτω (σημ. Οι δείκτες είναι γνωστοί με την Αγγλική τους ονομασία, η μετάφραση στα Ελληνικά είναι δυνατόν να διαφέρει σε άλλα κείμενα):

Ποσοστό κανονικής βροχόπτωσης (percent of normal precipitation) χρησιμοποιείται κυρίως για την ενημέρωση του κοινού, ιδιαίτερα στις ΗΠΑ. Υπολογίζεται διαιρώντας την πραγματική με τη μέση βροχόπτωση της περιόδου ενδιαφέροντος και πολλαπλασιάζοντας επί εκατό (Willeke et al., 1994).

Τυποποιημένος δείκτης βροχοπτώσεων (Standardized Precipitation Index – SPI), ο οποίος επιτρέπει τον προσδιορισμό της σπανιότητας μιας περιόδου ξηρασίας για μια δεδομένη χρονική κλίμακα για οποιαδήποτε θέση, δεδομένης της ύπαρξης ικανοποιητικής χρονοσειράς βροχοπτώσεων. Ο δείκτης υπολογίζεται με βάση την απόκλιση της υπό εξέταση τιμής από το μέσο μιας κανονικοποιημένης κατανομής τύπου Γ, η οποία έχει προσαρμοσθεί στα διαθέσιμα δεδομένα. Χρησιμοποιείται ευρέως κυρίως στις ΗΠΑ από φορείς όπως το National Drought Mitigation Center (McKee et al., 1993). Έχει υιοθετηθεί και από Ευρωπαϊκές χώρες όπως η Ιταλία και η Πορτογαλία. Πλεονέκτημά του η άμεση εφαρμοσιμότητά του οπουδήποτε υπάρχουν επαρκή στοιχεία βροχόπτωσης και η συγκρισιμότητα μεταξύ περιοχών με διαφορετικά κλιματικά χαρακτηριστικά. Αναλυτικά για το δείκτη αυτό γίνεται λεπτομερής αναφορά στο κεφάλαιο 4.

Δείκτης δριμύτητας ξηρασίας κατά Palmer, Palmer Drought Severity Index – PDSI, είναι δείκτης προσδιορισμού ξηρασίας και ανταποκρίνεται σε ανώμαλες καιρικές συνθήκες (είτε υγρές είτε ξηρές). Ο δείκτης προκύπτει από έναν αλγόριθμο που εκτελείται με τη χρήση δεδομένων βροχοπτώσεων και θερμοκρασίας, καθώς και χρησιμοποιώντας την υγρασία εδάφους σε τοπικό κάθε φορά επίπεδο. Ο δείκτης έχει κλίμακα από -4 έως +4. Ο δείκτης αυτός χρησιμοποιείται ευρέως στις ΗΠΑ από τις κυβερνητικές υπηρεσίες στην οργάνωση σχεδίων αντιμετώπισης ξηρασίας (W.C. Palmer, 1965). Η επιτυχής εφαρμογή του απαιτεί εκτεταμένες περιοχές με μικρή μεταβλητότητα σε υδρο-μετεωρολογικά χαρακτηριστικά (π.χ. μεγάλες πεδιάδες).

Δείκτης υγρασίας καλλιεργειών, Crop Moisture Index – CMI, είναι παράγωγος του δείκτη κατά Palmer (PSDI) και χρησιμοποιείται για να εκφράσει τη διαθέσιμη υγρασία σε περιοχές που καλλιεργούνται βραχυπρόθεσμα. Εφαρμόζεται στις ΗΠΑ. Ο δείκτης αυτός δεν δημιουργήθηκε, αλλά ούτε και χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση ξηρασίας με διάρκεια (W.C. Palmer, 1968).

Δείκτης παροχής επιφανειακών υδάτων, Surface Water Supply Index – SWSI, σχεδιάστηκε προκειμένου να συμπληρώσει τον δείκτη κατά Palmer στις περιπτώσεις ορεινών περιοχών (Shafer and Dezman, 1982). Ο δείκτης αυτός υπολογίζεται λαμβάνοντας υπόψη τη χιονόπτωση, την παροχή, τη βροχόπτωση και τον ταμειευμένο όγκο. Ο δείκτης έχει ως κέντρο το 0 και μία κλίμακα από -4,2 έως +4,2. Το κύριο μειονέκτημα του δείκτη αυτού είναι ότι είναι μοναδικός για κάθε λεκάνη απορροής που υπολογίζεται και επομένως με την αλλαγή των δεδομένων του σταθμού ή των διαχειριστικών χαρακτηριστικών του συστήματος χρειάζεται να επαναληφθεί ο υπολογισμός του σχετικού αλγόριθμου. Χρησιμοποιείται στις ΗΠΑ.

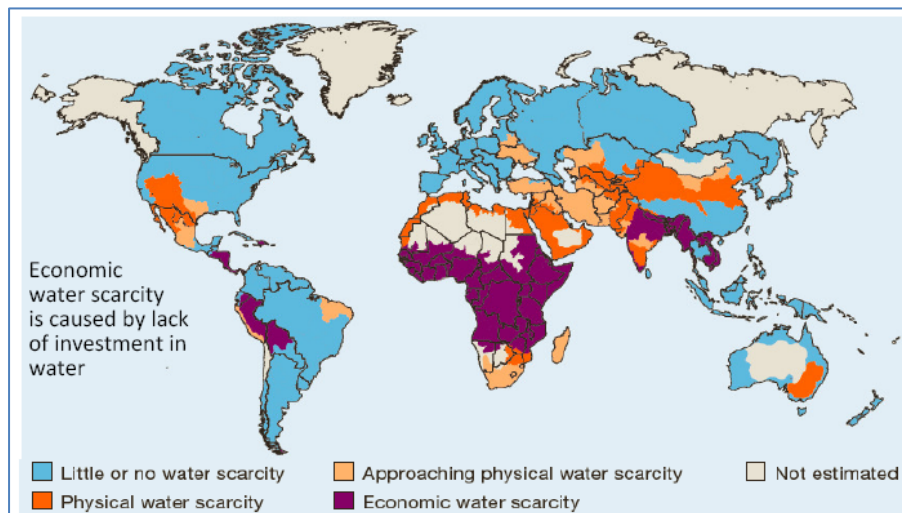
Δείκτης ξηρασίας του Bureau of Reclamation, Reclamation Drought Index – RDI, υπολογίζεται σε επίπεδο λεκάνης απορροής, ενσωματώνοντας τη βροχόπτωση, τη χιονόπτωση, την παροχή και τη στάθμη των ταμειυτήρων. Ο δείκτης έχει κλίμακα από -4 έως +4. Ο δείκτης αυτός χρησιμοποιείται ευρέως από το USBR στις ΗΠΑ προκειμένου να λαμβάνονται αποφάσεις για τη διάθεση ενισχυτικών αποθεματικών σε περιπτώσεις έντονης ξηρασίας.

Τα «δέκατα» Deciles είναι ένας αρκετά απλός δείκτης ο οποίος κατατάσσει το υπό εξέταση ύψος βροχόπτωσης σε μία από τις δέκα υποδιαίρεσεις (από 0%-10% έως 90%-100%) της διαθέσιμης ιστορικής χρονοσειράς βροχοπτώσεων (Gibbs and Maher, 1967). Ο δείκτης αυτός εφαρμόζεται στην Αυστραλία από το Σύστημα Παρακολούθησης Ξηρασίας.

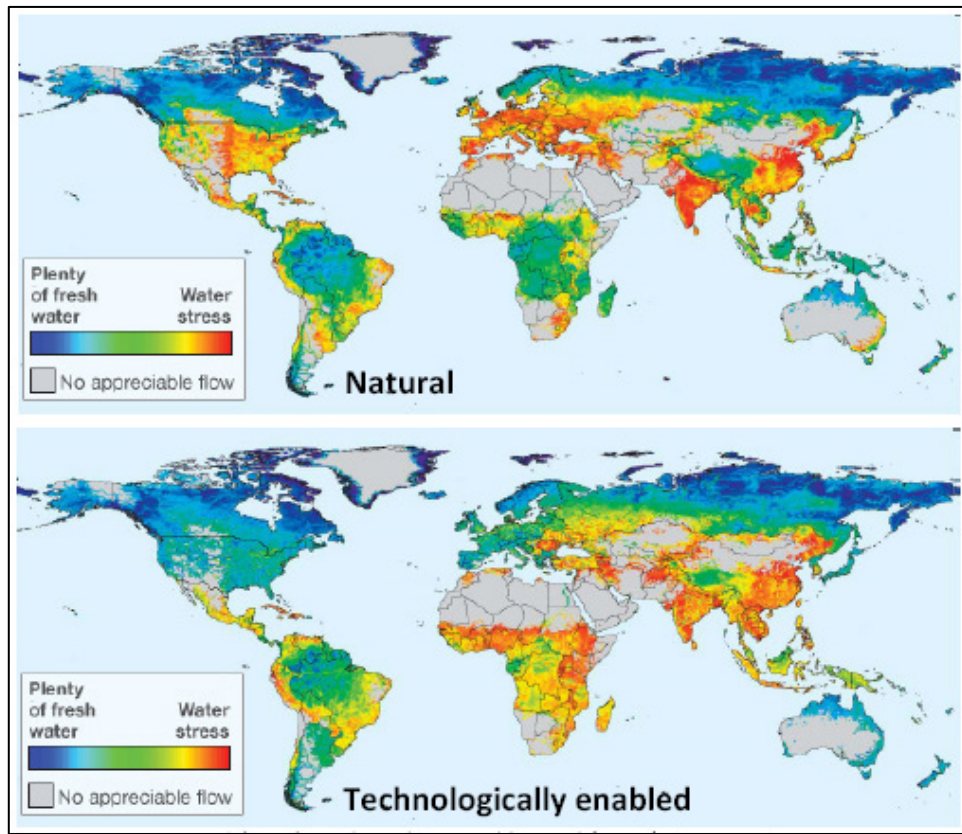
1.3 Χαρακτηριστικά και Δείκτες της Λειψυδρίας

1.3.1 Χαρακτηριστικά Λειψυδρίας

Το φαινόμενο της λειψυδρίας προκαλείται από ανθρωπογενή αίτια. Ειδικότερα, με την εξαίρεση των άνυδρων περιοχών (έρημοι), προκαλείται από την έλλειψη υποδομής για τη διαχείριση των υδάτινων πόρων (ταμιευτήρες, συστήματα μεταφοράς και διανομής νερού κτλ). Ο Δ. Κουτσογιάννης, Καθηγητής στη Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, ΕΜΠ, θίγει το ζήτημα αυτό στη δημοσιευμένη εργασία “Small is beautiful, large is great” και συγκεκριμένα αναφέρεται στα παρακάτω γραφήματα τα οποία απεικονίζουν σε παγκόσμιο επίπεδο την χωρική κατανομή της λειψυδρίας που οφείλεται σε έλλειψη σχετικής υποδομής (βλέπε Εικόνα 1). Στην Εικόνα 2, εάν συγκρίνει κανείς την Κεντρική και Νότια Αφρική με την Κεντρική και Δυτική Ευρώπη, είναι φανερή η αλλαγή στη χωρική κατανομή του ελλείμματος νερού ανάλογα με το εάν πρόκειται για φαινόμενο ξηρασίας (φυσικό φαινόμενο) ή λειψυδρίας (ανθρωπογενές φαινόμενο).



Εικόνα 1. Πηγή: Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture (2007)



Εικόνα 2. Πηγή: Vörösmarty et al. (2010) as adapted in www.bbc.co.uk/news/science-environment-11435522.

1.3.2 Δείκτης WEI (Water Exploitation Index)

Ο δείκτης Water Exploitation Index (WEI) υπολογίζεται για περίοδο 20ετίας σε επίπεδο λεκάνης απορροής ποταμού ως ο λόγος της συνολικής ετήσιας απόληψης νερού Total Water Abstraction (TWA) προς τη μέση υπερετησία διαθεσιμότητα της 20ετίας WA (LTAA Water Resources Availability):

$$WEI = \frac{TWA}{WA(LTAA)}$$

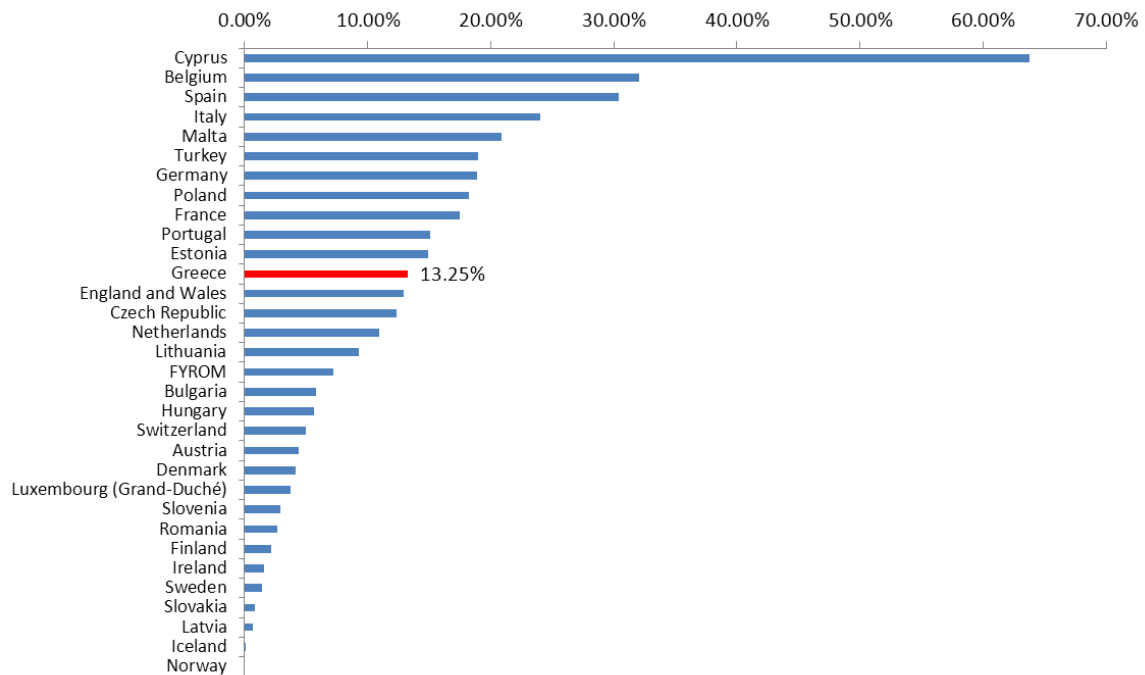
Ο δείκτης WEI ουσιαστικά δείχνει το βαθμό που η συνολική ζήτηση νερού ασκεί πίεση στους διαθέσιμους υδάτινους πόρους μιας χώρας. Με άλλα λόγια αναδεικνύει εκείνες τις χώρες στις οποίες η ζήτηση νερού χαρακτηρίζεται υψηλή σε σχέση με την διαθεσιμότητα. Με βάση τον δείκτη αυτό καθορίστηκαν επίπεδα εγρήγορσης ως εξής:

για τιμές του WEI κάτω από 20%: υπάρχει επάρκεια στην προσφορά νερού (no water stress)

για τιμές του WEI μεταξύ 20% και 40%: υπάρχει ανεπάρκεια στην προσφορά νερού (water stress)

για τιμές του WEI άνω του 40% : υπάρχει σοβαρή ανεπάρκεια στην προσφορά νερού (severe water stress)

Ο υπολογισμός του δείκτη βασίζεται σε στοιχεία που παρέχει η Eurostat στα κράτη μέλη της ΕΕ. Στο ακόλουθο γράφημα απεικονίζεται ο υπολογισμός του δείκτη για το έτος 2007 κατάταξη των χωρών σε φθίνουσα σειρά. Η Ελλάδα βρίσκεται περίπου στη μέση της κατάταξης με τιμή του δείκτη WEI ίση με 13,25% και σε επίπεδο εγγήγορσης για το οποίο υπάρχει επάρκεια στην προσφορά νερού (No Water Stress).



Σχήμα 2. Υπολογισμός του δείκτη WEI για το έτος 2007 (Πηγή: Eurostat)

Ο δείκτης αυτός λειψυδρίας έχει χρησιμοποιηθεί για πολλά χρόνια, είναι όμως προφανές ότι δεν μπορεί να αναδείξει ενδεχόμενες υψηλές πιέσεις στη ζήτηση νερού που αναπτύσσονται τοπικά όπως για παράδειγμα σε χωρικό επίπεδο λεκάνης απορροής ποταμού. Επίσης, δεν λαμβάνει υπόψη τις ροές που απαιτούνται για την διατήρηση του περιβάλλοντος, ούτε και τις επιστροφές νερού από χρήσεις του. Επομένως, δεν είναι δυνατόν να εφαρμοστεί στο παρόν Σχέδιο για τον εντοπισμό ενδεχόμενων περιοχών που υποφέρουν από λειψυδρία.

1.3.3 Δείκτης WEI⁺

Σήμερα, σε ερευνητικό επίπεδο διαμορφώνονται δείκτες λειψυδρίας που βασίζονται σε παραλλαγές του δείκτη WEI. Ο πιο διαδεδομένος από αυτούς είναι ο δείκτης WEI⁺, ο οποίος βρίσκεται υπό διαδικασία ενσωμάτωσης στο σχέδιο της σχετικής Οδηγίας της Ε.Ε. που θα καλύπτει την ευρωπαϊκή πολιτική σε θέματα αντιμετώπισης ξηρασιών. Ειδικότερα ο δείκτης WEI⁺ έχει εφαρμοστεί σε διάφορες πιλοτικές λεκάνες απορροής και τα αποτελέσματα της άσκησης οδήγησαν την Ομάδα των Εμπειρογνομώνων για την Ανάπτυξη Δεικτών Ξηρασίας και Λειψυδρίας (Expert Group on Water Scarcity and Drought Indicator) στην απόφαση να συμπεριληφθεί ο δείκτης στο προτεινόμενο σύστημα δεικτών. Η απόφαση αυτή λήφθηκε κατά την πιο πρόσφατη συνάντηση της Ομάδας Εργασίας το Μάιο 2012. Η τρέχουσα μορφή του δείκτη WEI⁺ είναι ο λόγος της συνολικής απώλησης νερού προς τους συνολικά διαθέσιμους πόρους σε συγκεκριμένο χρονικό βήμα (π.χ. ετήσιο):

$$WEI = \frac{TWA}{RWA}$$

Όπου (σε hm^3):

TWA (Total Water Abstraction): Συνολική ποσότητα απόληψης νερού από όλους τους καταναλωτές νερού (ύδρευση, βιομηχανία, κτηνοτροφία, γεωργία κ.λ.π.) και από όλα τα υδατικά συστήματα (υπόγεια και επιφανειακά) στην περιοχή αναφοράς (π.χ. λεκάνη απορροής, περιοχή λεκάνης απορροής)

RWA (Renewable Water Availability): Συνολική ανανεώσιμη ποσότητα νερού που είναι διαθέσιμη που εκφράζεται ως $RWA = D + I - WR + R$, όπου:

D (internal flow): Συνολική επιφανειακή και υπόγεια απορροή στην λεκάνη απορροής που εκφράζεται ως η διαφορά των κατακρημνίσεων με τη πραγματική εξατμισοδιαπνοή της λεκάνης απορροής.

I (external inflow): Συνολική απορροή που εισέρχεται από γειτονικές λεκάνες (επιφανειακά ή υπόγεια) ή και αφαλάτωση, που συνεισφέρουν στο υδατικό δυναμικό (αρνητική για εκροές προς γειτονικές λεκάνες).

WR (water requirements): Απαιτούμενος όγκος νερού για διατήρηση της καλής κατάστασης των υδάτινων σωμάτων σύμφωνα με την Οδηγία 2000/60/ΕΚ, την ναυσιπλοΐα, καθώς και για την εκπλήρωση διεθνών συνθηκών.

R (returned water): Όγκος επιστροφών νερού που επιστρέφουν στο συνολικό σύστημα (π.χ. νερό που χρησιμοποιείται για ψύξη στη βιομηχανία – cooling water, νερό για παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας, νερό από επεξεργασμένα λύματα κ.λ.π.)

Ο δείκτης αυτός αποτελεί μια βελτίωση του WEI με στόχο να ληφθεί υπόψη η απαιτούμενη ποσότητα νερού για την προστασία του περιβάλλοντος καθώς και οι επιστροφές νερού. Βρίσκεται υπό συζήτηση στην σχετική ομάδα εργασίας εάν θα πρέπει να στις απολήψεις να λαμβάνεται υπόψη και η κατανάλωση νερού για παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας. Στην παρούσα εφαρμογή, δεν λαμβάνεται υπόψη, εφ' όσον η παραγωγή ενέργειας δεν αποτελεί καταναλωτική χρήση. Επίσης, έχει νόημα να ληφθεί η υπόψη η επιστροφή νερού όταν είναι δυνατόν να είναι αξιοποιήσιμη, για παράδειγμα όταν η επιστροφή νερού δεν βρίσκεται κοντά σε εκβολές του ποταμού.

Τέλος, το χρονικό βήμα υπολογισμού του δείκτη αποτελεί ένα επιπλέον σημείο που απαιτεί προσοχή. Στην περίπτωση που θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η ταμίευση του νερού σε υπόγεια νερά, ταμιευτήρες και χιόνι, το χρονικό βήμα θα πρέπει να είναι μεγαλύτερο του έτους. Σε κάθε περίπτωση εάν ληφθεί υπόψη ως χρονικό βήμα υπολογισμού το έτος, αυτό θα πρέπει να είναι το υδρολογικό και όχι το ημερολογιακό έτος.

1.3.4 Δείκτης WEI^{GR}

Η Υπηρεσία μέσω του Τεχνικού Συμβούλου του παρόντος έργου και λαμβάνοντας υπόψη ότι στην Ελλάδα οι επιστροφές νερού στις λεκάνες απορροής είναι μάλλον περιορισμένες, προτείνει την εφαρμογή ενός μικτού δείκτη που βασίζεται στον WEI λαμβάνοντας όμως υπόψη την περιβαλλοντική παροχή:

$$WEI^{GR} = \frac{TWA}{D + I - WR}$$

όπου: όλες οι ποσότητες είναι σε hm^3 και έχουν οριστεί στα προηγούμενα.

Ο δείκτης αυτός θα εφαρμοστεί με τα μέσα υπερετήσια υδρολογικά στοιχεία προσφοράς νερού ανά διαχειριστική λεκάνη απορροής. Η απόληψη νερού θα βασισθεί στις εκτιμήσεις που έγιναν στο πλαίσιο του παρόντος έργου και αφορούν στο έτος 2007 για την άρδευση (Απογραφή Γεωργίας 2007) και στο έτος 2010 για όλες τις λοιπές χρήσεις (ύδρευση, τουρισμός, βιομηχανία, κλπ.) βάσει εκτιμήσεων και καταγραφών στο πλαίσιο κατάρτισης του Σχεδίου Διαχείρισης των Υ.Δ. Ηπείρου. Να σημειωθεί ότι στις περιπτώσεις όπου υπήρχαν διαθέσιμα στοιχεία μετρήσεων κατανάλωσης λήφθηκαν υπόψη. Διαθέσιμα υδρολογικά δεδομένα για το σκέλος της προσφοράς νερού, υπάρχουν στη μελέτη «Ανάπτυξη συστημάτων και εργαλείων διαχείρισης υδατικών πόρων υδατικών διαμερισμάτων Δυτικής Στερεάς Ελλάδας, Ηπείρου, Αττικής, Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας και Θεσσαλίας» / ΥΠΑΝ 2005.

Ο δείκτης αυτός, εφαρμοζόμενος σε επίπεδο λεκάνης απορροής σε όλα τα Υ.Δ., θα επιτρέψει την σύγκριση του βαθμού πίεσης μεταξύ τους. Σε λεκάνες απορροής όπου οι τιμές του δείκτη είναι υψηλές (προφανώς εκεί και το ισοζύγιο θα είναι επισφαλές, τουλάχιστον κατά τις ξηρές περιόδους), θα πρέπει να προταθούν κατάλληλα μέτρα. Για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητάς τους θα πρέπει να εκτιμηθούν οι τιμές του δείκτη WEI^{GR} και μετά την εφαρμογή των προτεινόμενων μέτρων.

Να σημειωθεί ότι ο συγκεκριμένος δείκτης λαμβάνει υπόψη τη συνολική ανανεώσιμη ποσότητα νερού από υπόγεια σώματα (βροχόπτωση μείον την πραγματική εξατμισοδιαπνοή) και όχι την απολήψιμη ποσότητα που είναι δυνατόν να αξιοποιηθεί. Επομένως, η εφαρμογή του δείκτη σε λεκάνες απορροής στις οποίες τα υπόγεια ανανεώσιμα αποθέματα δεν είναι πλήρως εκμεταλλεύσιμα οδηγεί σε υποτίμηση των συνθηκών λειψυδρίας, όπως για παράδειγμα συμβαίνει με την εφαρμογή του δείκτη στη στην κλειστή λεκάνη Ιωαννίνων που ανήκει στη διαχειριστική λεκάνη του Καλαμά.

Σε ότι αφορά τον προσδιορισμό των απαιτήσεων σε περιβαλλοντική παροχή, για τους σκοπούς του παρόντος, η ελάχιστη περιβαλλοντική παροχή υπολογίστηκε ανά λεκάνη απορροής με βάση την ακόλουθη ιεραρχία βημάτων:

Όταν έχει καθορισθεί ελάχιστη περιβαλλοντική παροχή για μια λεκάνη απορροής με έγκριση περιβαλλοντικών όρων, η προτεινόμενη παροχή υιοθετείται (ως ετήσια ποσότητα). Αυτό είναι απαραίτητο και για την συνέπεια σε σχέση με άλλους τομείς των Σχεδίων Διαχείρισης της Ο.Π.Υ. όπου οι θεσμοθετημένες περιβαλλοντικές παροχές λαμβάνονται υπ' όψη σε διάφορες διαδικασίες.

Το ίδιο ισχύει και στην περίπτωση που υπάρχει προτεινόμενη περιβαλλοντική παροχή μέσω τεκμηριωμένης μελέτης, η οποία βρίσκεται ακόμα στο στάδιο της περιβαλλοντικής αδειοδότησης.

Τέλος, όπου τα παραπάνω δεν εφαρμόζονται διότι δεν έχει προσδιορισθεί ή προταθεί περιβαλλοντική παροχή για την λεκάνη ή τμήμα αυτής, για την εκτίμηση της περιβαλλοντικής παροχής αξιοποιείται η μεθοδολογία που αναπτύχθηκε στο Σχέδιο Διαχείρισης για την αξιολόγηση της έντασης της πίεσης απόληψης από ποτάμια υδάτινα σώματα. Συγκεκριμένα θεωρούμε ως ανώτερη αποδεκτή τιμή απόληψης για να ικανοποιούνται οι περιβαλλοντικές απαιτήσεις το 50% του λόγου της θερινής απόληψης προς τη μέση τιμή του θερινού όγκου απορροής υπό φυσικές συνθήκες. Ως θερινή απορροή διευκρινίζεται ότι λαμβάνεται η μέση τιμή της απορροής του τριμήνου Ιουλίου –

Σεπτεμβρίου που για τη χώρα μας συνιστά το υδρολογικό θέρος (με την έννοια των χαμηλότερων ροών).

1.3.5 Εφαρμογή του Δείκτη WEI^{GR} στο Υδατικό Διαμέρισμα της Ηπείρου

Ο δείκτης εφαρμόστηκε σε επίπεδο Διαχειριστικής Λεκάνης Απορροής. Τα αποτελέσματα της εφαρμογής φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 1. Εφαρμογή του Δείκτη WEI^{GR} στο ΥΔ Ηπείρου

	Διαχειριστική Λεκάνη Αώου (GR11)	Διαχειριστική Λεκάνη Καλαμά (GR12)	Διαχειριστική Λεκάνη Αχέροντα (GR13)	Διαχειριστική Λεκάνη Αράχθου (GR14)	Διαχειριστική Λεκάνη Λούρου (GR46)	Διαχειριστική Λεκάνη Κέρκυρας (GR34)
D (hm³)	1836	2032	700	2026	905	430
I (hm³)	-	-	-	-	-	-
Water Requirements (hm³)	300	285	105	846	300	3
Total Water Abstraction (hm³)	26	84	68	74	88	30
WEI^{GR}	0,02	0,05	0,11	0,06	0,15	0,07

Εάν θεωρήσουμε ότι ο δείκτης WEI^{GR} έχει τα ίδια επίπεδα εγρήγορσης με αυτά που έχουν καθοριστεί για το δείκτη WEI, δηλαδή:

για τιμές κάτω από 20%: υπάρχει επάρκεια στην προσφορά νερού (no water stress)

για τιμές μεταξύ 20% και 40%: υπάρχει ανεπάρκεια στην προσφορά νερού (water stress)

για τιμές άνω του 40% : υπάρχει σοβαρή ανεπάρκεια στην προσφορά νερού (severe water stress)

τότε, με την εφαρμογή του δείκτη προκύπτει ότι σε όλες τις διαχειριστικές λεκάνες της Ηπείρου υπάρχει επάρκεια στην προσφορά νερού με πιο πιεσμένες στη διαθεσιμότητα νερού να εμφανίζονται η λεκάνη του Λούρου και του Αχέροντα. Να σημειωθεί εδώ ότι η κλειστή λεκάνη των Ιωαννίνων, στην οποία υπάρχουν πιέσεις ως προς την κάλυψη των χρήσεων νερού, ανήκει στη διαχειριστική λεκάνη του Καλαμά. Ωστόσο, η εφαρμογή του δείκτη μόνο στην κλειστή λεκάνη των Ιωαννίνων δίνει τιμή δείκτη ίση μόνο με 7%. Η υπερτίμηση αυτή στις συνθήκες προσφοράς νερού οφείλεται στο γεγονός ότι ο δείκτης λαμβάνει υπόψη του μόνο τα ανανεώσιμα υπόγεια αποθέματα χωρίς να μπορεί να συνηγορήσει τις υπόγειες διαφυγές που στη συγκεκριμένη περίπτωση προσεγγίζουν ποσοστά του 50% προς τις γειτονικές λεκάνες του Λούρου, Αχέροντα και Καλαμά.

1.4 Αρχές Σχεδίου Αντιμετώπισης Ξηρασίας και Λειψυδρίας με βάση τον Προληπτικό Σχεδιασμό

Ο κύριος στόχος ενός Σχεδίου Αντιμετώπισης Φαινομένων Ξηρασίας και Λειψυδρίας είναι να ελαχιστοποιήσει τις αρνητικές επιπτώσεις για την οικονομική και κοινωνική ζωή και το περιβάλλον που απορρέουν από ένα επεισόδιο ξηρασίας ή μια κατάσταση λειψυδρίας στην πληγείσα περιοχή. Εφόσον αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι του Σχεδίου Διαχείρισης Υδατικών Πόρων, βασικός στόχος του Σχεδίου Ξηρασίας παραμένει η διαχείριση της ξηρασίας με τέτοιο τρόπο ώστε να επιτυγχάνεται η επίτευξη των στόχων της Οδηγίας για την προστασία των υδάτινων σωμάτων.

Σύμφωνα με το “Drought Management Report Plan” (European Commission 2008), ο κύριος στόχος ενός Σχεδίου Αντιμετώπισης Φαινομένων Ξηρασίας και Λειψυδρίας επιμερίζεται στους ακόλουθους στόχους κατά σειρά προτεραιότητας:

Εξασφάλιση της διαθεσιμότητας νερού σε επαρκείς ποσότητες για την κάλυψη της υδρευτικής ανάγκης

Αποφυγή ή Ελαχιστοποίηση των αρνητικών επιπτώσεων της ξηρασίας στην κατάσταση των υδάτινων σωμάτων, ειδικά στην περίπτωση της παρατεταμένης ξηρασίας για τις οικολογικές παροχές και την ποσοτική κατάσταση των υπόγειων σωμάτων

Ελαχιστοποίηση των αρνητικών επιπτώσεων της ξηρασίας στην οικονομική δραστηριότητα, σύμφωνα με την προτεραιότητα που δίνεται σε καθιερωμένες χρήσεις στο Σχέδιο Διαχείρισης Υδατικών Πόρων, όπως είναι για παράδειγμα ο σχεδιασμός χρήσεων γης

Επιπλέον, ένα Σχέδιο Ξηρασίας θα πρέπει να ακολουθεί μια προληπτική προσέγγιση για τη διαχείριση της ξηρασίας η οποία περιλαμβάνει τον έγκαιρο σχεδιασμό των μέτρων, με τα κατάλληλα εργαλεία σχεδιασμού και τη συμμετοχή των άμεσα ενδιαφερομένων. Η προσέγγιση αυτή βασίζεται τόσο στα βραχυπρόθεσμα όσο και στα μακροπρόθεσμα μέτρα περιορισμού των επιπτώσεων ενός επεισοδίου ξηρασίας. Περιλαμβάνει τη συνεχή παρακολούθηση και καταγραφή των υδρολογικών μεταβλητών και της κατάστασης των υδατικών αποθεμάτων, ώστε να αναγνωριστούν πιθανές καταστάσεις κρίσης και να εφαρμοστούν τα απαραίτητα μέτρα πριν εμφανιστεί πραγματική ανάγκη σε νερό. Είναι προφανές ότι αυτή η προσέγγιση, ακόμα κι αν είναι πιο περίπλοκη, είναι πιο αποτελεσματική από τη διορθωτική (και πιο συνηθισμένη) προσέγγιση, καθώς επιτρέπει τον προσδιορισμό εκ των προτέρων μέτρων περιορισμού, βελτιώνοντας την ποιότητα των παρεμβάσεων.

Ωστόσο, η αναποτελεσματική συνεργασία και συντονισμός μεταξύ φορέων και η έλλειψη στρατηγικής υποστήριξης και ανασκόπησης του προληπτικού σχεδίου ξηρασίας μπορεί να οδηγήσει σε ανεπαρκή σχεδιασμό. Οι περισσότερες Ευρωπαϊκές χώρες δεν έχουν εκδώσει ένα νομικό πλαίσιο για την αντιμετώπιση της επικινδυνότητας της ξηρασίας και οι δράσεις έκτακτης ανάγκης διαχειρίζονται από Αντιπροσωπείες Πολιτικής Προστασίας ή κάποιες νομικές πράξεις που αναφέρονται σε ανάκαμψη από φυσικές καταστροφές.

Η Ισπανία είναι ένα παράδειγμα θεσμικής υποστήριξης για τις πρωτοβουλίες αυτές, η επιτυχία των περισσότερων περιπτώσεων οφείλεται στην υδατική διαχείριση σε επίπεδο λεκάνης, επιτρέποντας το συντονισμό των στρατηγικών, των φυσικών και των τεχνικών θεμάτων. Για παράδειγμα, στην Ισπανία υπάρχει ξεκάθαρη ανταλλαγή γνώσεων μεταξύ των εμπλεκόμενων σωμάτων, όπως επίσης και ξεκάθαρος ορισμός των περιεχομένων των σχεδίων διαχείρισης της ξηρασίας. Ο Νόμος 10/2001 εφαρμόζει μια προληπτική

προσέγγιση για την αντιμετώπιση της επικινδυνότητας: προσδιορίζει τη βάση ανάπτυξης ενός συστήματος υδρολογικών δεικτών για τη συνεχή καταγραφή και πρόγνωση γεγονότων ξηρασίας, δίνει την ευθύνη στις Αρχές Διαχείρισης της Λεκάνης (Confederaciones Hidrográficas) για την προετοιμασία των σχεδίων διαχείρισης της ξηρασίας και στις δημοτικές αντιπροσωπείες υδάτων για την προετοιμασία των σχεδίων εκτάκτου ανάγκης για διαχείριση ξηρασίας και αναθέτει ευθύνες για την ανακήρυξη της ξηρασίας (MEDROPLAN 2006).

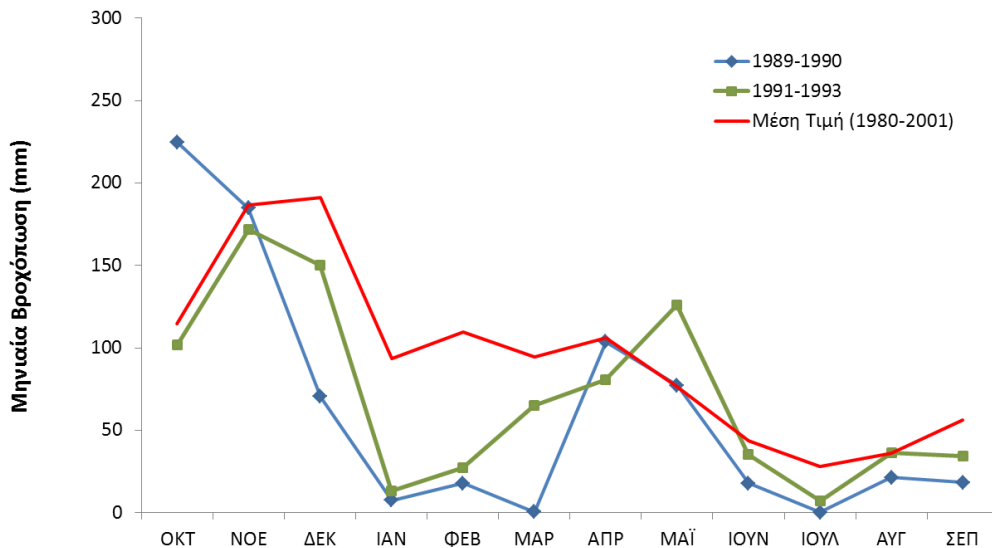
2 Καταγραφή Ιστορικών Επεισοδίων Ξηρασίας στην Ήπειρο

2.1 Επεισόδια Ξηρασίας

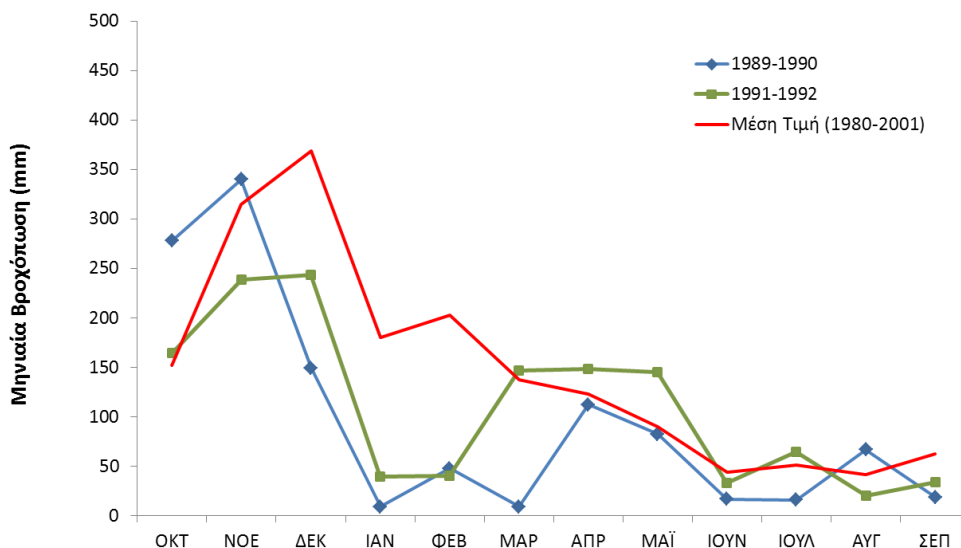
Το Υδατικό Διαμέρισμα της Ηπείρου αντιμετώπισε επεισόδια ξηρασίας κατά τη διάρκεια της περιόδου από τα τέλη της δεκαετίας του 1980 ως τις αρχές της επόμενης δεκαετίας. Η σημαντική μείωση της μηνιαίας και της ετήσιας βροχόπτωσης είχε αξιοσημείωτη επίδραση στους υδατινούς πόρους της περιοχής. Συνήθως, οι ξηρές περίοδοι συνοδεύονται από υψηλές θερμοκρασίες, κάτι που οδηγεί σε υψηλότερους ρυθμούς εξατμισοδιαπνοής και σε άνυδρα εδάφη. Αυτές οι συνθήκες επιδρούν αρνητικά τόσο στη φυσική βλάστηση και όσο στις αρδεύσιμες εκτάσεις του ΥΔ της Ηπείρου, καθώς επίσης και στα διαθέσιμα αποθέματα των ταμιευτήρων. Εξαιρετικά ξηρές συνθήκες, έχουν ως αποτέλεσμα την αύξηση των μη αρδευόμενων εκτάσεων, την υπερεκμετάλλευση του υπόγειου υδροφορέα και την μείωση της απόδοσης στο αγροτεμάχιο.

Στο Σχήμα 3, Σχήμα 4 και Σχήμα 5 απεικονίζονται οι μηνιαίες τιμές βροχόπτωσης των ξηρών ετών 1989-1990 και 1991-1992 καθώς επίσης η μέση τιμή βροχόπτωσης της περιόδου 1981-2001 για τους βροχομετρικούς σταθμούς «Πάπιγκο», «Πλατανούσσα» και «Φράγμα Λούρου» για λόγους σύγκρισης. Στην ευρύτερη περιοχή αυτών των βροχομετρικών σταθμών υπάρχουν διαθέσιμες υδρομετρήσεις για τα αντίστοιχα ξηρά έτη και παρουσιάζονται στο Σχήμα 6, Σχήμα 7 και Σχήμα 8.

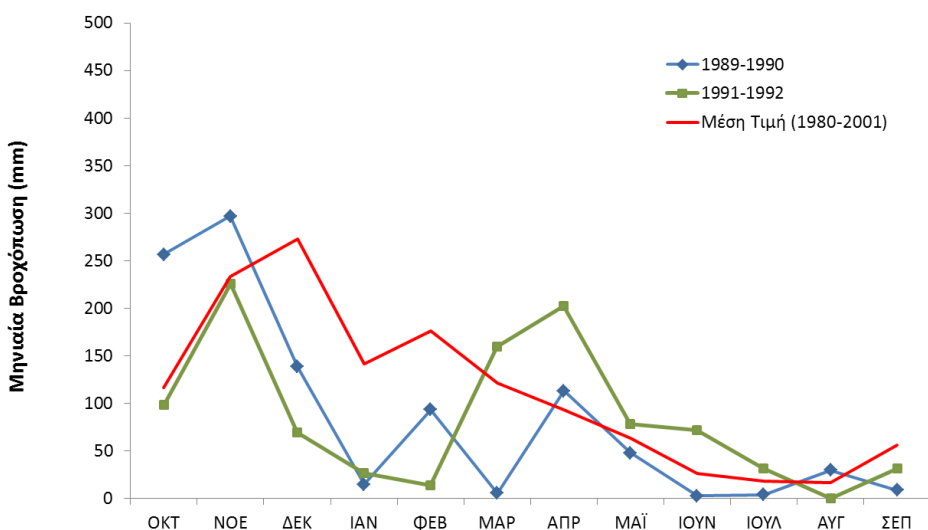
Παρατηρούμε ότι με εξαίρεση το υδρολογικό έτος 1990-1991, η χρονική κατανομή της βροχόπτωσης κατά τη διάρκεια του υδρολογικού έτους, είναι αισθητά διαφοροποιημένη στα συγκεκριμένα ξηρά έτη σε σχέση με τη μέση τιμή της.



Σχήμα 3. Σύγκριση μηνιαίων βροχοπτώσεων περιόδου 1989-1993 με τη μέση τιμή της περιόδου 1980-2001 στο βροχομετρικό σταθμό «Πάπιγκο» στη λεκάνη απορροής Αώου



Σχήμα 4. Σύγκριση μηνιαίων βροχοπτώσεων περιόδου 1989-1993 με τη μέση τιμή της περιόδου 1980-2001 στο βροχομετρικό σταθμό «Πλατανούσσα» στη λεκάνη απορροής Αράχθου



Σχήμα 5. Σύγκριση μηνιαίων βροχοπτώσεων περιόδου 1989-1993 με τη μέση τιμή της περιόδου 1980-2001 στο βροχομετρικό σταθμό «Φράγμα Λούρου» στη λεκάνη απορροής Λούρου

Γενικά παρατηρείται ότι :

Το μήνα Ιανουάριο και τον μήνα Μάρτιο η βροχόπτωση παρουσιάζεται ιδιαίτερα μειωμένη και αισθητά κάτω από τη μέση τιμή

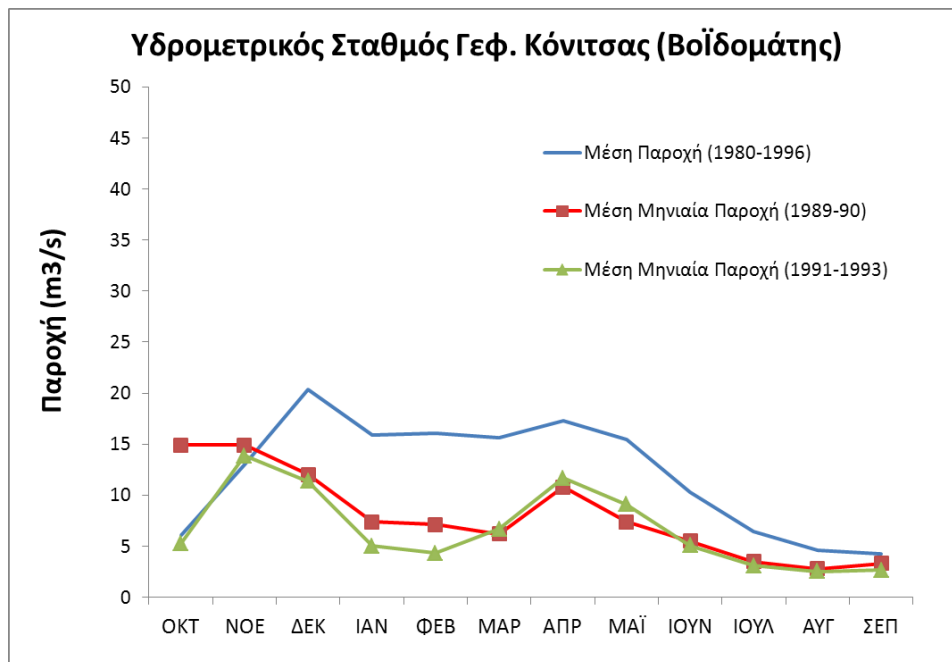
Το μήνα Φεβρουάριο οι βροχοπτώσεις είναι αρκετά μικρότερες από τις αναμενόμενες

Το ξηρότερο από πλευράς απορροής υδρολογικό έτος 1989-90 χαρακτηρίζεται από ελάχιστη βροχόπτωση τους μήνες Ιανουάριο και Μάρτιο και ισχυρότατες βροχοπτώσεις τον Απρίλιο και Μαΐο. Τα ίδια περίπου χαρακτηριστικά έχει και το έτος 1991-92 με τη διαφορά ότι οι ισχυρές βροχοπτώσεις πραγματοποιούνται τον Μάρτιο.

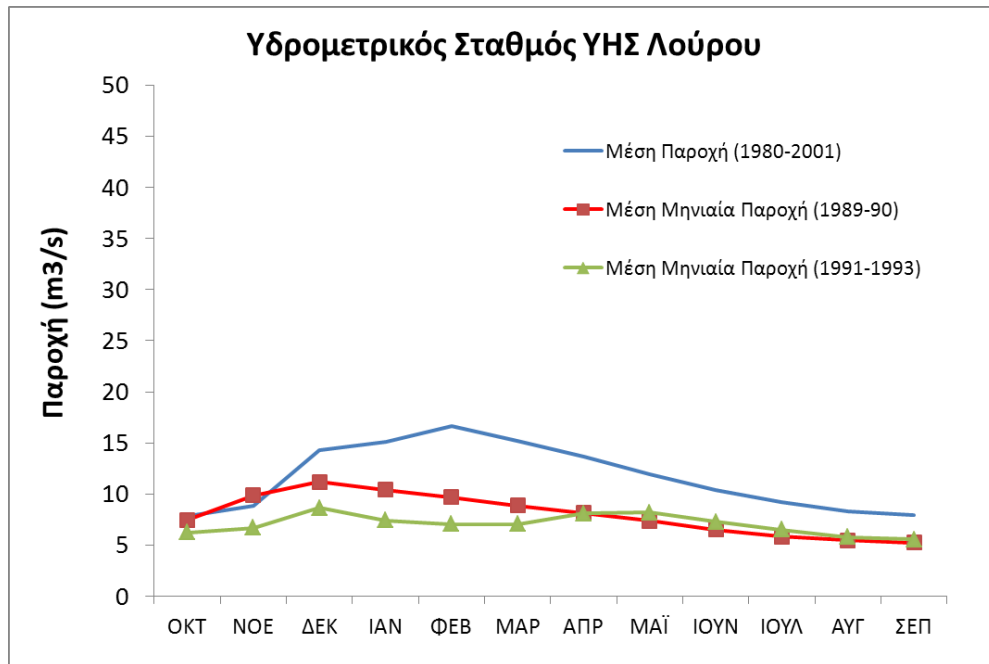
Η συγκεκριμένη χρονική κατανομή της βροχής στο έτος (όπου διακόπτεται η ομαλή εξέλιξη των χειμερινών βροχοπτώσεων) έχει συνέπεια τη σημαντική μείωση της απορροής όχι μόνο τον Ιανουάριο και Φεβρουάριο, αλλά και τους επόμενους μήνες, όπως παρουσιάζεται στην επόμενη παράγραφο. Το γεγονός αυτό αποδίδεται στους ιδιαίτερα πολύπλοκους και ευαίσθητους ως προς την κατανομή της βροχής μηχανισμούς μετατροπής της βροχόπτωσης σε επιφανειακή απορροή.

2.1.1 Παρατηρήσεις Απορροής κατά την περίοδο ξηρασίας

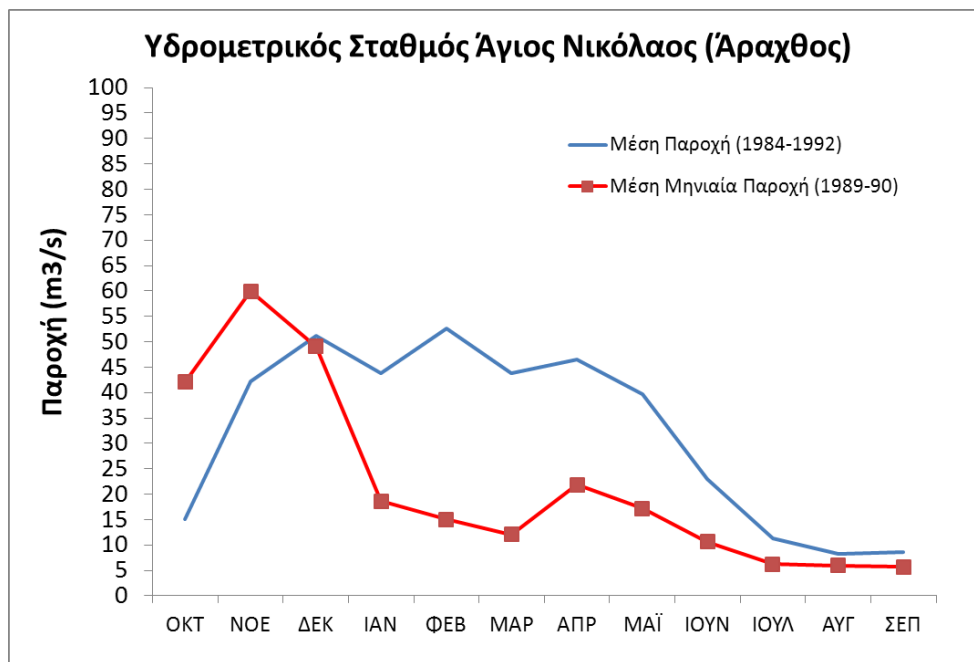
Στα ακόλουθα γραφήματα παρουσιάζονται η μέση τιμή των μηνιαίων υδρομετρήσεων σε θέσεις υδρομετρικών σταθμών όπου υπήρχαν διαθέσιμες μετρήσεις παροχής για την περίοδο ξηρασίας και γενικά γίνεται σύγκριση μεταξύ της μέσης τιμής παροχής για τη συνολική περίοδο μετρήσεων και της μέσης τιμής για τα ιδιαίτερα ξηρά έτη/περίοδοι 1989-1990 και 1991-1993. Πράγματι παρατηρείται ότι η απορροή ποταμιών όπως ο Βοϊδομάτης, ο Άραχθος και ο Λούρος τουλάχιστον υποδιπλασιάζεται κατά την υγρή περίοδο Ιανουάριος-Μαΐος των ξηρών ετών 1989-1990 και 1991-1992.



Σχήμα 6. Υδρομετρήσεις στη θέση «Γέφυρα Κόνιτσας» στον π. Βοϊδομάτη (παραπόταμος Αώου)



Σχήμα 7. Υδρομετρήσεις στη θέση ΥΗΣ Λούρου



Σχήμα 8. Υδρομετρήσεις στη θέση Άγιος Νικόλαος (Άραχθος)

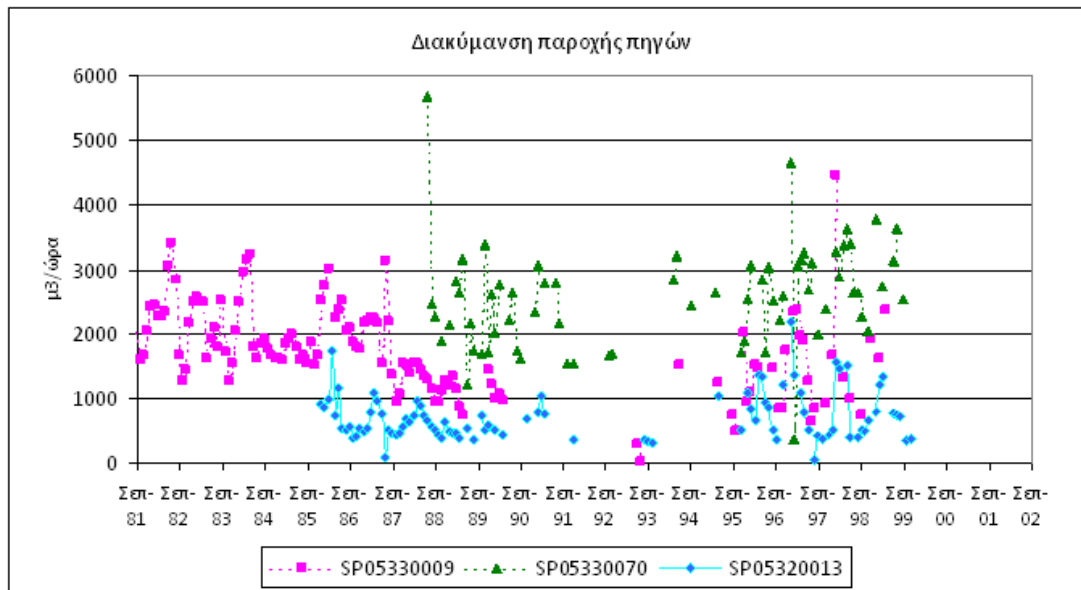
2.1.2 Παρατηρήσεις Πτώσης Στάθμης και μετρήσεων παροχής πηγών σε Υπόγεια Υδατικά Συστήματα κατά τη διάρκεια περιόδων ξηρασίας

Στην περιοχή του Υδατικού Διαμερίσματος της Ηπείρου δεν υπάρχουν χρονοσειρές μετρήσεων στάθμης σε πιεζόμετρα, ώστε να συγκριθούν με τις περιόδους ξηρασίας.

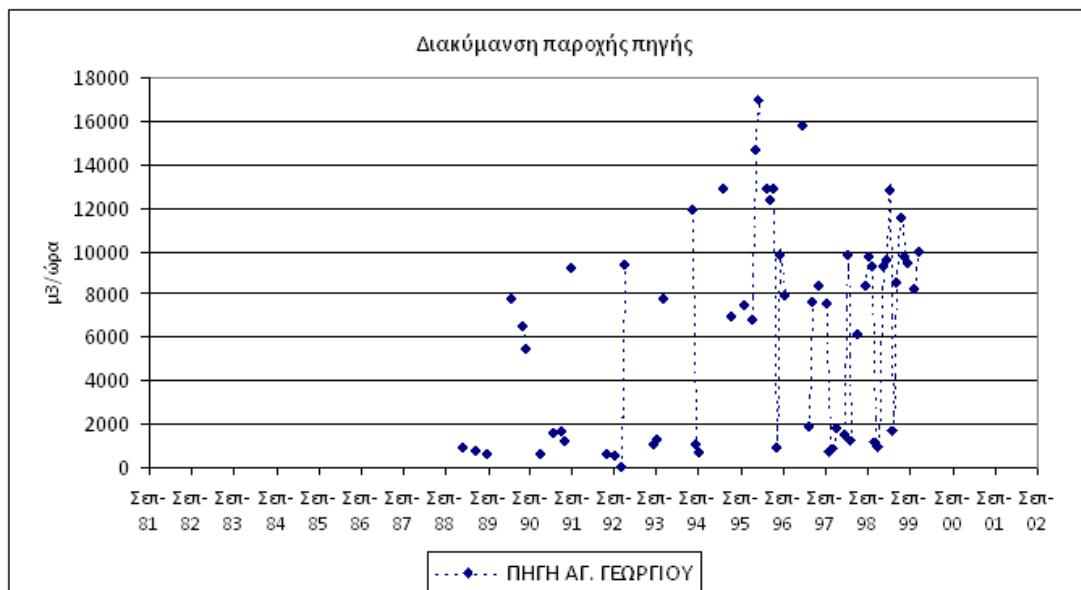
Στο Υδατικό Διαμέρισμα της Ηπείρου υπάρχουν χρονοσειρές μετρήσεων παροχών πηγών (ΙΓΜΕ) χωρίς όμως αυτές να είναι συνεχείς και πλήρεις.

Από τα δεδομένα μετρήσεων παροχών δίδονται στη συνέχεια χαρακτηριστικά διαγράμματα σε πηγές του Υδατικού Διαμερίσματος που συνδέονται με τα καρστικά συστήματα Λούρου (GR0500150), Τύμφης (GR0500100), Μιτσικελίου-Βελλά (GR0500180) και Σουλίου-Παραμυθιάς (GR0500090).

Κατά τις περιόδους της ξηρασίας δεν υπάρχουν πλήρη δεδομένα για να συναξιολογηθεί η συμπεριφορά των καρστικών συστημάτων σε αυτή. Παρατηρείται σαφώς, με βάση τα δεδομένα, μια μείωση των εκφορτίσεων στην περίοδο της ξηρασίας αλλά και η γρήγορη επάνοδο σε φυσιολογικές τιμές για τις επόμενες υγρές περιόδους, χαρακτηριστικό των μεγάλων καρστικών συστημάτων.



Σχήμα 9. Διακύμανση παροχής των πηγών SP05330070 Αετόπετρας (σύστημα Τύμφης), SP05330090 Περίβλεπτο (καρστικού συστήματος Μιτσικελίου) και SP05320013 Κρυσταλλοπηγής Αχεροντα (καρστικό σύστημα Σουλίου – Παραμυθιάς).



Σχήμα 10. Διάγραμμα διακύμανσης παροχής της πηγής Αγ. Γεωργίου συστήματος Λούρου

2.2 Κοινωνικές-Οικονομικές και Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις – Μέτρα Αντιμετώπισης

2.2.1 Κοινωνικές-Οικονομικές και Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις

Οι κοινωνικές επιδράσεις της ξηρασίας και της λειψυδρίας είναι λιγότερο ορατές και εκτείνονται σε πολύ μεγαλύτερες γεωγραφικές περιοχές από ότι οι άλλες φυσικές καταστροφές (πλημμύρες, σεισμοί). Δεδομένου ότι η ξηρασία σπάνια καταλήγει σε καταστροφή των υποδομών, είναι πολύ πιο δύσκολη η ποσοτικοποίηση των επιδράσεών της και η πρόβλεψη αρωγής στους πληγέντες.

Στις ακόλουθες παραγράφους παρουσιάζονται ορισμένες πληροφορίες που συγκεντρώθηκαν σχετικά με τις κοινωνικές και οικονομικές επιπτώσεις που προκάλεσαν οι περίοδοι ξηρασίας που καταγράφηκαν στο Υδατικό Διαμέρισμα της Ηπείρου. Επίσης καταγράφηκαν (όπου ήταν δυνατό) τα έκτακτα μέτρα αντιμετώπισης για τη διαχείριση της ξηρασίας που λήφθηκαν από τις αρμόδιες υπηρεσίες παροχής νερού για ύδρευση και για άρδευση αντίστοιχα.

Σε ότι αφορά τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των ιστορικών επεισοδίων ξηρασίας σε οικοσυστήματα που αναπτύσσονται σε ποτάμια, λιμναία, μεταβατικά και παράκτια ύδατα, δεν υπήρξε διαθέσιμη σχετική πληροφορία κυρίως λόγω του ανεπαρκέστατου δικτύου μετρήσεων βιολογικών ποιοτικών στοιχείων και άλλης σχετικής πληροφορίας.

2.2.2 Υδρευση

ΔΕΥΑ ΠΡΕΒΕΖΑΣ

Σημειώθηκαν δυσκολίες στην κάλυψη της θερινής ζήτησης νερού ύδρευσης. Δεδομένου ότι η παροχή των πηγών Αγ. Γεωργίου μειώθηκε μεν αλλά πάντως ήταν υπεραρκετή για την κάλυψη των αναγκών εικάζεται ότι το πρόβλημα οφειλόταν σε ανεπάρκεια των έργων ύδρευσης ή/και σε παράνομες απολήψεις για άρδευση. Πάντως έγιναν αυξήσεις στα τιμολόγια με ιδιαίτερη επιβάρυνση των μεγάλων καταναλώσεων.

ΔΕΥΑ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ:

Για την καλύτερη διαχείριση της ζήτησης έγιναν αυξήσεις στα τιμολόγια.

2.2.3 Άρδευση

ΛΙΜΝΗ ΠΑΜΒΩΤΙΔΑΣ

Σημειώθηκε σοβαρή έλλειψη αρδευτικού νερού στην ευρύτερη περιοχή. Αγρότες προσπάθησαν να πάρουν για άρδευση μεγαλύτερη ποσότητα από την διαθέσιμη επιτρεπόμενη της λίμνης με αποτέλεσμα να δημιουργηθεί σοβαρή ένταση που κατέληξε σε δικαστική διένεξη.

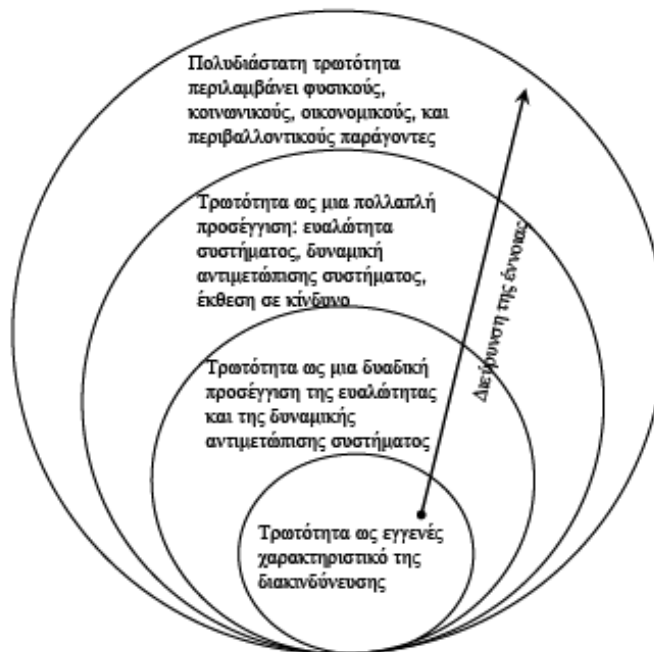
3 Ζώνες Τρωτότητας έναντι Ξηρασίας

3.1 Εισαγωγικές Έννοιες

Ένας από τους ευρύτερα γνωστούς και αποδεκτούς από την επιστημονική κοινότητα ορισμούς της τρωτότητας προτάθηκε από τον οργανισμό «Διεθνής Στρατηγική για τη Μείωση των Καταστροφών» [ISDR 2004] και σύμφωνα με αυτόν η τρωτότητα ορίζεται ως «ένα σύνολο συνθηκών και διαδικασιών που προέρχονται από φυσικούς, κοινωνικούς, περιβαλλοντικούς και οικονομικούς παράγοντες, οι οποίοι αυξάνουν την ευαλότητα (susceptibility) μιας κοινότητας στην επίδραση των φυσικών κινδύνων».

Γενικά, η επικρατέστερη αντίληψη περί τρωτότητας που κερδίζει συνεχώς έδαφος στην επιστημονική κοινότητα συνδυάζει (α) την έκθεση του συστήματος σε φυσικούς κινδύνους με (β) τη δυναμική μιας κοινότητας / συστήματος στην αντιμετώπιση φυσικών κινδύνων (coping capacity), δηλαδή με την κοινωνική της ανθεκτικότητα (resilience) και αντίσταση (resistance). Η βασική συναίνεση που έχει γενικά επιτευχθεί, αφορά στη διπλή υπόσταση της έννοιας της τρωτότητας, η οποία αποτελείται από την «εξωτερική» πλευρά (έκθεση σε φυσικό κίνδυνο) και από την «εσωτερική» πλευρά (δυναμική αντιμετώπισης του συστήματος) [Bohle 2001].

Η μέτρηση της τρωτότητας ενός συστήματος προϋποθέτει τον ακριβή ορισμό της έννοιας ανάλογα με το σκοπό της ανάλυσης. Σύμφωνα με τον Brinkmann (2006), η έννοια της τρωτότητας μπορεί να περιοριστεί σε ένα πολύ συγκεκριμένο πλαίσιο περιγράφοντας ένα μόνο εγγενές χαρακτηριστικό του συστήματος ή να διευρυνθεί στο πολύ πιο ανοιχτό πλαίσιο της πολυδιάστατης τρωτότητας, η οποία πέρα από τον φυσικό κίνδυνο εξαρτάται και από την κοινωνική, περιβαλλοντική και διοικητική δομή του συστήματος (Σχήμα 11).



Σχήμα 11. Στάδια Διεύρυνσης Ορισμού της έννοιας Τρωτότητας κατά Brinkmann (2006)

Ένα σύστημα υπό την απειλή να πάθει ζημιά είναι τόσο πιο τρωτό, όσο πιο εκτεθειμένο βρίσκεται σε έναν φυσικό κίνδυνο και όσο πιο ευάλωτο είναι στην επίδραση του κινδύνου

αυτού. Ανάλογα με το βαθμό διεύρυνσης της έννοιας της τρωτότητας, η ποσοτικοποίηση της μπορεί να επιτευχθεί

(α) με διαμόρφωση ποιοτικών κλάσεων τρωτότητας (διαβάθμιση τρωτότητας)

(β) με ανάπτυξη απλών δεικτών (indicators)

(γ) με την παραγωγή σύνθετων δεικτών (composite indices) που προκύπτουν από άθροισμα ζυγισμένων δεικτών

Στο παρόν Σχέδιο Αντιμετώπισης Ξηρασίας και Λειψυδρίας, για τον προσδιορισμό του μεγέθους τρωτότητας υιοθετήθηκε η προσέγγιση της διαβάθμισης του μεγέθους της τρωτότητας σε τρεις (3) τάξεις: χαμηλή, μέση και υψηλή. Για τον χωρικό προσδιορισμό ζωνών τρωτότητας υιοθετήθηκε το σκεπτικό οι βασικές χρήσεις νερού να αποτελούν κάθε φορά το σύστημα υπό εξέταση έναντι απειλής ξηρασίας. Ανάλογα με την χρήση νερού, το χωρικό επίπεδο αναφοράς για τον προσδιορισμό της διαβάθμισης τρωτότητας μεταβάλλεται, για παράδειγμα στην ύδρευση είναι ο Καλλικρατικός Δήμος, στην άρδευση τα όρια των συλλογικών αρδευτικών δικτύων και στην κοινωνική διάσταση του νερού η Περιφερειακή Ενότητα (Νομός).

3.2 Ζώνες Τρωτότητας ανά Χρήση Νερού: Εφαρμογή στο ΥΔ Ηπείρου

3.2.1 Υδρευση / Τουρισμός / Βιομηχανία – Τρωτότητα έναντι Ξηρασίας

Υδρευση - Τουρισμός

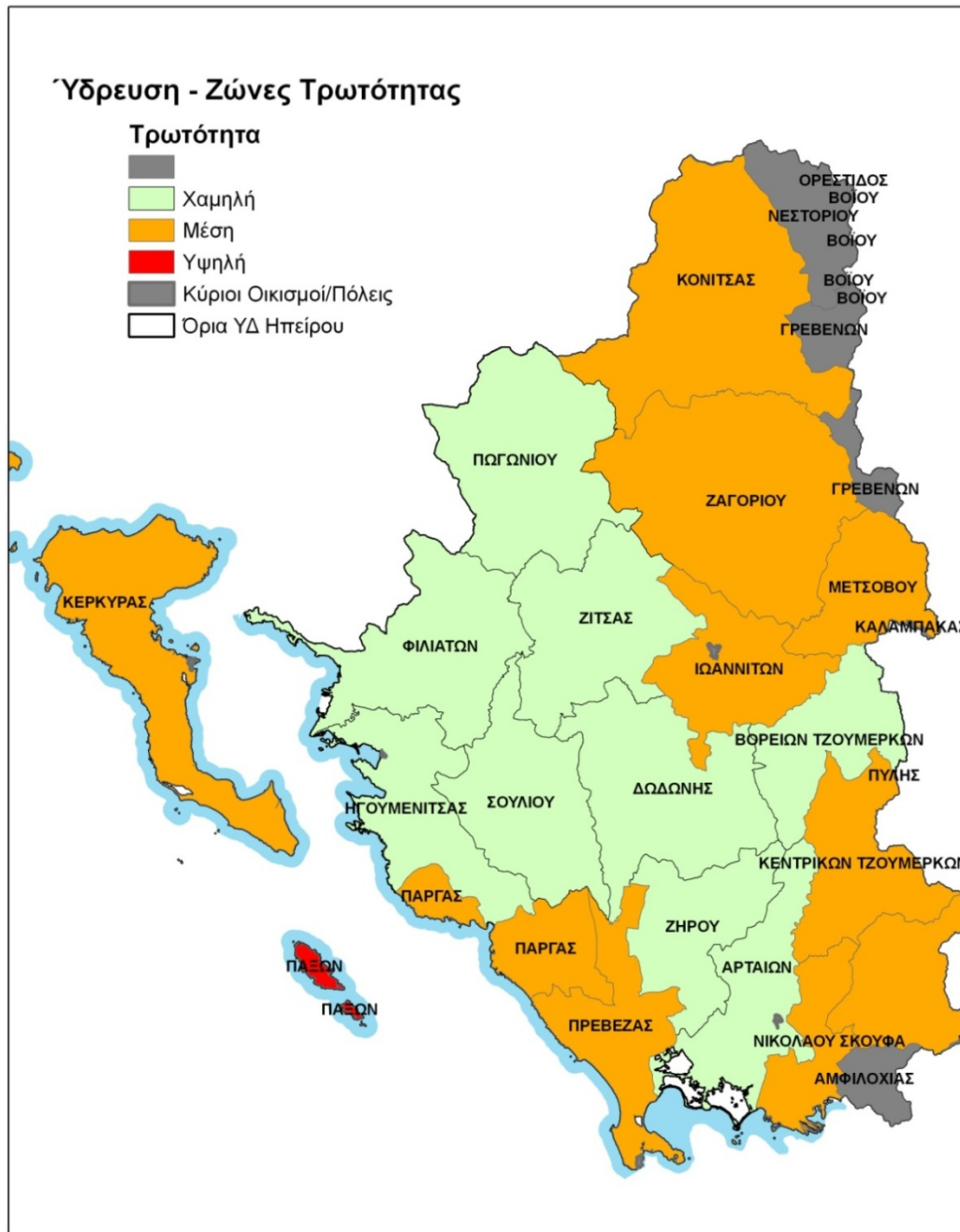
Γενικά, η τρωτότητα έναντι ξηρασίας θεωρείται χαμηλή όταν η πηγή υδροληψίας για την κάλυψη της ύδρευσης είναι είτε υπόγεια υδατικά συστήματα σε καλή ποσοτική κατάσταση είτε τεχνητοί ταμειυτήρες δεδομένου ότι η απόληψη από αυτούς είναι ρυθμισμένη και οι ανάγκες ύδρευσης καλύπτονται κατά προτεραιότητα. Σημαντικό ρόλο στον προσδιορισμό της τρωτότητας έναντι ξηρασίας παίζει το γεγονός ότι η κάλυψη των υδρευτικών αναγκών θεωρείται πρώτης προτεραιότητας χρήση σε σύγκριση με τις υπόλοιπες χρήσεις νερού στο πλαίσιο της Οδηγίας 2000/60. Τέλος, στον προσδιορισμό της τρωτότητας για την κάλυψη της ύδρευσης λαμβάνεται υπόψη εάν η κύρια πόλη του Δήμου,, που στην προκειμένη περίπτωση είναι το σύστημα υπό απειλή ξηρασίας, βρίσκεται σε πληθυσμιακή ανάπτυξη ή αποτελεί πόλο τουριστικού ενδιαφέροντος.

Σε ότι αφορά τους οικισμούς των πλεον ορεινών Δήμων, των οποίων η ύδρευση εξαρτάται κυρίως από μικρές διάσπαρτες πηγές και δευτερευόντως από γεωτρήσεις, κατά τη διάρκεια της ξηρασίας η τρωτότητα τους θεωρείται από μέση έως χαμηλή εξαιτίας της άμεσης σύνδεσης της παροχής των πηγών με τις βροχοπτώσεις. Στις περιπτώσεις αντίθετα των Δήμων η ύδρευση των οποίων, γίνεται από μεγάλες καρστικές πηγές με δυνατότητα αναρρύθμισης των εκφορτίσεων στις περιόδους ξηρασίας, η τρωτότητα θεωρείται χαμηλή.

Στον πίνακα που ακολουθεί φαίνεται η διαβάθμιση της τρωτότητας για την κάλυψη της ύδρευσης ανά Δήμο ενώ στον χάρτη που ακολουθεί, παρουσιάζεται η χωρική διάσταση της τρωτότητας της ύδρευσης σε επίπεδο Καλλικρατικού Δήμου θεωρώντας ότι η διαβάθμιση της τρωτότητας στην ύδρευση καθορίζεται από την κύρια πόλη/οικισμό, που είναι και ο μεγαλύτερος καταναλωτής σε επίπεδο Καλλικρατικού Δήμου.

Πίνακας 2. Τρωτότητα έναντι ξηρασίας για την κάλυψη της ύδρευσης ανά Δήμο στο ΥΔ Ηπείρου

Δήμος	Πηγή Υδροληψίας	Ειδικά Χαρακτηριστικά (πληθυσμιακή τάση, πόλος τουρισμού, κατάσταση δικτύου ύδρευσης)	Μέγεθος Τρωτότητας έναντι Ξηρασίας
Αρταίων	Υπόγεια Υδ. Συστήματα Πηγή		Χαμηλή
Ηγουμενίσσας	Υπόγεια Υδ. Συστήματα		Χαμηλή
Κέρκυρας	Υπόγεια Υδ. Συστήματα	Πόλος Τουρισμού Υφαλμύριση στα ΥΥΣ	Μέση
Ιωαννιτών	Υπόγεια Υδ. Συστήματα	Ανοδική Πληθυσμιακή Τάση Αλληλοεξάρτηση με ανάγκες άρδευσης και βιομηχανίας	Μέση
Πρέβεζας	Υπόγεια Υδ. Συστήματα Πηγή	Κακή κατάσταση ΥΥΣ (κύρια κάλυψη υδρευτικών αναγκών από σύστημα Λούρου)	Μέση
Πάργας	Υπόγεια Υδ. Συστήματα		Μέση
Παξών	Υπόγεια Υδ. Συστήματα	Πόλος Τουρισμού	Υψηλή
Σουλίου	Υπόγεια Υδ. Συστήματα		Χαμηλή
Φιλιατών	Υπόγεια Υδ. Συστήματα		Χαμηλή
Πωγωνίου	Υπόγεια Υδ. Συστήματα		Χαμηλή
Κόνιτσας	Υπόγεια Υδ. Συστήματα		Μέση
Ζαγορίου	Υπόγεια Υδ. Συστήματα		Μέση
Ζίτσας	Υπόγεια Υδ. Συστήματα		Χαμηλή
Μετσόβου	Υπόγεια Υδ. Συστήματα		Μέση
Δωδώνης	Υπόγεια Υδ. Συστήματα		Χαμηλή
Βόρειων Τζουμέρκων	Υπόγεια Υδ. Συστήματα		Χαμηλή
Κεντρικών Τζουμέρκων	Υπόγεια Υδ. Συστήματα		Μέση
Ζηρού	Υπόγεια Υδ. Συστήματα		Χαμηλή
Νικολάου Σκουφά	Υπόγεια Υδ. Συστήματα		Μέση
Γεωργίου Καραϊσκάκη	Υπόγεια Υδ. Συστήματα		Μέση



Σχήμα 12. Ύδρευση – Ζώνες Τρωτότητας στο ΥΔ Ηπείρου

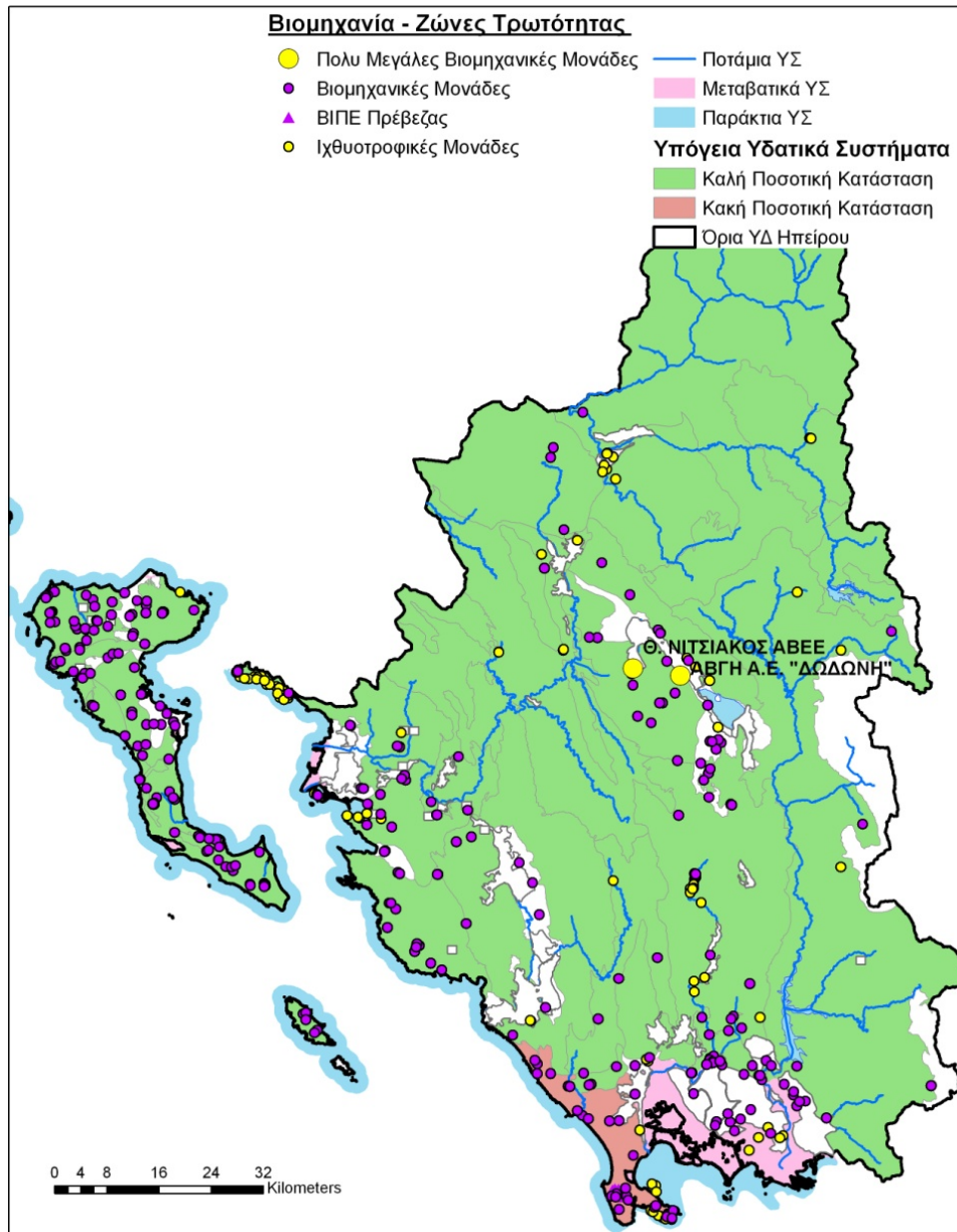
Βιομηχανία

Στο πλαίσιο του Σχεδίου Διαχείρισης, οι επιχειρήσεις που ασκούν βιομηχανική δραστηριότητα καταχωρήθηκαν σε αρχείο GIS. Από την εξέταση του αρχείου αυτού προέκυψε ότι οι βιομηχανίες του διαμερίσματος έχουν κατανάλωση που σπάνια υπερβαίνει τα 300.000 m³ / έτος και υδρεύονται στην πλειοψηφία τους από υπόγεια υδατικά συστήματα. Σημειώνεται ότι ορισμένες μονάδες ιχθυοκαλλιέργειας πραγματοποιούν κατ' αρχήν σημαντικές απολήψεις από επιφανειακά υδάτινα σώματα αλλά επιστρέφουν αμέσως το νερό μετά την χρήση του οπότε η πίεση που ασκούν περιορίζεται στην ρύπανση και όχι στις απολήψεις.

Γενικά, οι βιομηχανικές μονάδες και μονάδες ιχθυοτροφείου θεωρείται ότι αποτελούν συστήματα με μεγάλη ανθεκτικότητα (resilience) έναντι της ξηρασίας, καθώς οι απαιτήσεις σε απόληψη για τις βιομηχανικές μονάδες είναι από υπόγεια υδατικά συστήματα και σχετικά μικρές. Η τοπική συγκέντρωση των μονάδων βιομηχανίας θεωρείται από πλευράς απόληψης από υπόγεια διαχειρίσιμη και επομένως η τρωτότητα της βιομηχανικής χρήσης στην Ήπειρο έναντι της ξηρασίας ταξινομείται γενικά ως χαμηλή. Ωστόσο, ειδικά στο λεκανοπέδιο Ιωαννίνων, εντοπίζονται τοπικές βιομηχανίες εμφιάλωσης («ΗΒΕ» Α.Ε., «Καλπάκι») και άλλων χρήσεων (Νιτσιάκος ΑΒΕΕ, Δωδώνη Α.Ε. κτλ) με σημαντικές απολήψεις από το υπόγειο υδατικό σύστημα του Μιτσικελίου (έως και 400.000 m³/έτος), με αποτέλεσμα να θεωρούμε ότι το μέγεθος της τρωτότητας έναντι ξηρασίας αυξάνει τοπικά στη μεσαία τάξη.

Αντίθετα, η συγκέντρωση ιχθυοτροφείων που εντοπίζεται για παράδειγμα κατά μήκος του Λούρου δεν θεωρείται ότι αυξάνει την τρωτότητα έναντι ξηρασίας διότι η παρέμβαση αυτή προκαλεί υδρομορφολογική αλλοίωση και δεν επηρεάζει το ποσοτικό ισοζύγιο.

Στον ακόλουθο χάρτη φαίνεται η χωρική κατανομή των μονάδων βιομηχανίας και ιχθυοκαλλιέργειας στο ΥΔ Ηπείρου σε παράθεση με την ποσοτική ταξινόμηση των υπόγειων υδατικών συστημάτων.



Σχήμα 13. Βιομηχανία – Ζώνες Τρωτότητας στο ΥΔ Ηπείρου

3.2.2 Άρδευση – Τρωτότητα έναντι Ξηρασίας

Συλλογικά Αρδευτικά Δίκτυα

Τα συλλογικά αρδευτικά δίκτυα, υδροδοτούνται από επιφανειακά και υπόγεια νερά και διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες, στα **δίκτυα ελεύθερης ροής ή βαρύτητας**, όπου το νερό μεταφέρεται και διανέμεται στον αγρό με ένα σύστημα ανοικτών αγωγών (*διώρυγες και κανάλια*) και σε **δίκτυα υπό πίεση**, όπου το νερό μεταφέρεται και διανέμεται με ένα σύστημα κλειστών υπόγειων αγωγών. Υπεύθυνος για την υδροδότηση κάθε συλλογικού αρδευτικού δικτύου είναι ο εκάστοτε Τοπικός Οργανισμός Εγγείων Βελτιώσεων (ΤΟΕΒ).

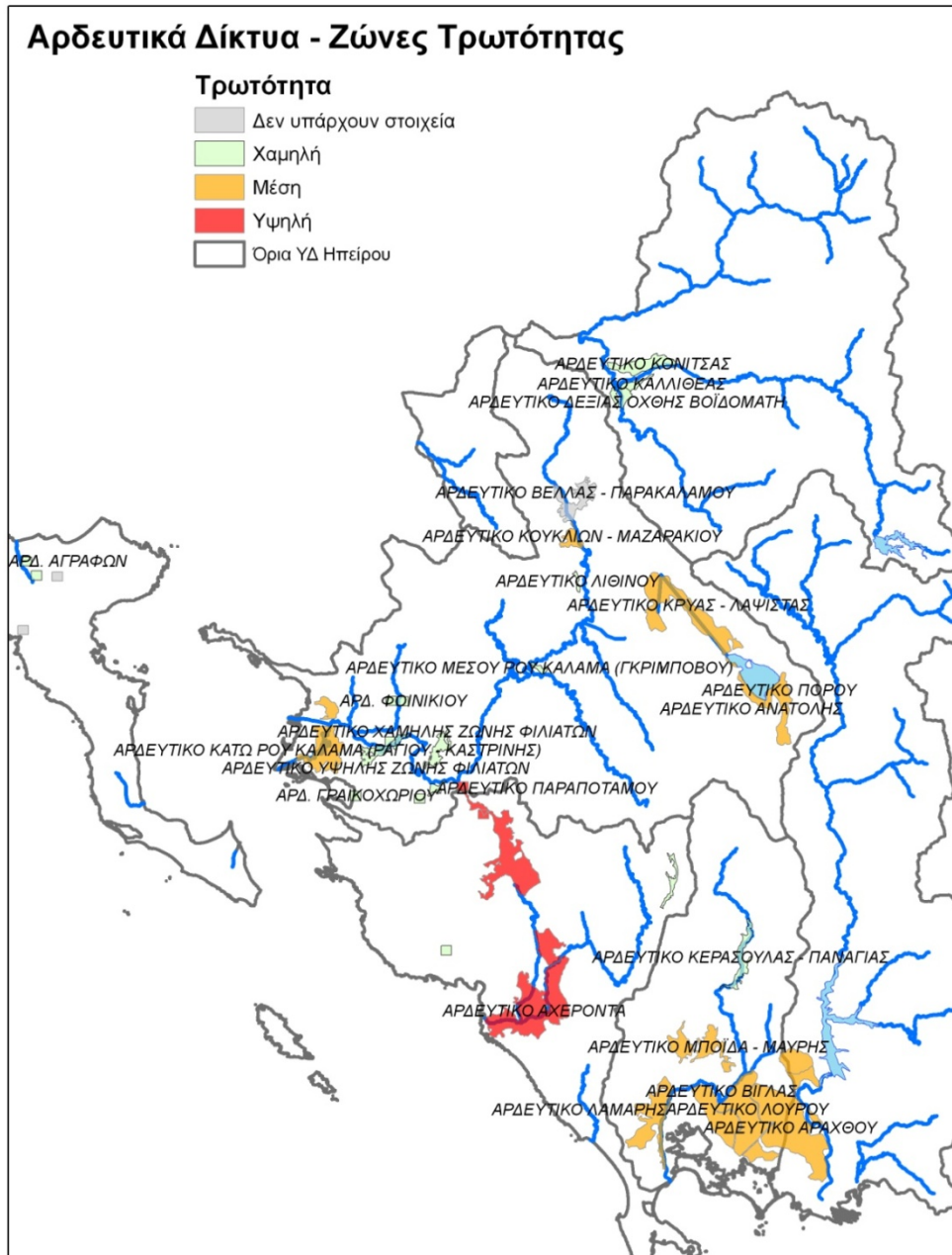
Είναι προφανές, ότι η τρωτότητα των συλλογικών αρδευτικών δικτύων έναντι ξηρασίας εξαρτάται από την ανθεκτικότητα σε ξηρασία της πηγής υδροληψίας τους. Γενικά, η τρωτότητα θεωρείται χαμηλή, όταν το δίκτυο υδροδοτείται από υπόγεια υδατικά συστήματα σε καλή ποσοτική κατάσταση, μέση όταν υδροδοτείται από υπόγεια συστήματα σε κακή ποσοτική κατάσταση και υψηλή όταν τα υπόγεια υδατικά συστήματα βρίσκονται σε μακροχρόνιο καθεστώς υπερεκμετάλλευσης. Η τρωτότητα θεωρείται μέση όταν η υδροληψία ενός δικτύου προέρχεται από τεχνητούς ταμιευτήρες διότι, παρότι πρόκειται για ρυθμισμένη παροχή νερού, η άρδευση αποτελεί δεύτερης προτεραιότητας χρήση και επομένως σε συνθήκες ξηρασίας θα πρέπει πρώτα να καλυφθούν οι υδρευτικές ανάγκες. Τέλος, η τρωτότητα θεωρείται υψηλή όταν η υδροληψία ενός δικτύου προέρχεται από ποτάμια σώματα, των οποίων η απορροή κατά τη διάρκεια ενός επεισοδίου ξηρασίας αναμένεται να μειωθεί σημαντικά.

Στον Πίνακα 2 παρουσιάζεται η πηγή υδροληψίας των συλλογικών αρδευτικών δικτύων, που ανήκουν στο υπό εξέταση ΥΔ, και η αντίστοιχη διαβάθμιση της τρωτότητας τους σε ξηρασία, ενώ στο Σχήμα 14 απεικονίζεται και η χωρική διάσταση της τρωτότητας των συλλογικών αρδευτικών δικτύων έναντι ξηρασίας.

Πίνακας 3. Συλλογικά αρδευτικά δίκτυα στο Υδατικό Διαμέρισμα Ηπείρου

Νομός	Ονομασία ΤΟΕΒ	Κύρια Πηγή υδροληψίας	Μέγεθος Τρωτότητας
Ν. Άρτας	Ζ. Λούρου	π. Λούρος	Μέση
	Σ.Υ. Γραμμενίσσας Βλαχέρνας	Π. Άραχθος	Μέση
	Ζ. Αράχθου	π. Άραχθος	Μέση
	Βουργαρελίου	π. Σαραντόπορος	Χαμηλή
	Γλυκορρίζου	π. Άραχθος	Μέση
	Γραμμενίσσας-Βλαχέρνας	π. Άραχθος	Μέση
	Κομποτίου-Πέτα	Δε λειτούργησε ποτέ	
	Βίγλας	Πρόκειται για αποστραγγιστικό δίκτυο	Μέση
Ν. Θεσπρωτίας	Ραγίου-Κεστρίνης	π. Καλαμάς	Μέση
	Σαγιάδας-Ασπροκλησιού	π. Καλαμάς (τεχνητή εκβολή)	Μέση
	Παραποτάμου	π. Καλαμάς	Χαμηλή
	Βρυσέλλας	π. Καλαμάς	Χαμηλή
	Αχέροντα-Γλυκής	π. Αχέροντας	Υψηλή
	Πεδιάδας Παραμυθιάς	π. Αχέροντας	Υψηλή
	Χαμηλής Ζώνης Σκάλας Φιλιατών	π. Καλαμάς	Χαμηλή
	Υψηλής Ζώνης Σκάλας Φιλιατών	π. Καλαμάς	Χαμηλή
	Ρίζιανης-Κορύτιανης	π. Καλαμάς	Χαμηλή
	Ελευθερίου	Υπόγειο Σύστημα	Χαμηλή
	Φοινικίου	π. Καλαμάς	Χαμηλή
	Γραικοχωρίου (Δ. Ηγουμενίσσης)	Υπόγειο Σύστημα	Χαμηλή
	Νεράιδας (Δ. Παραμυθιάς)	π. Αχέροντας	Υψηλή
Φανερωμένης (Δ. Φιλιατών)	π. Καλαμάς	Χαμηλή	
Κρυσταλλοπηγής (Δ. Παραμυθιάς)	π. Αχέροντας	Υψηλή	
Ν. Ιωαννίνων	Κρύας-Λαψίστας	Παμβώτιδα	Μέση
	Πόρου	Παμβώτιδα	Μέση

Νομός	Ονομασία ΤΟΕΒ	Κύρια Πηγή υδροληψίας	Μέγεθος Τρωτότητας
	Βέλας-Παρακαλάμου	Δεν υπάρχουν στοιχεία	
	Κόνιτσας	π. Αώος	Χαμηλή
	Κουκλιών-Μαζαρακίου	π. Καλαμάς	Μέση
	Βασιλικού	π. Βοιδοματης	Χαμηλή
	Κλειδωνίας	π. Βοιδοματης	Χαμηλή
	Λίθινου	π. Καλαμάς	Χαμηλή
	Άνω Ρου Αχέροντα	π. Αχέροντας	Χαμηλή
	Γκρίμποβου	π. Καλαμάς	Χαμηλή
	Καλλιθέας	π. Αώος	Χαμηλή
	Χρυσοβίτσας	Δεν υπάρχουν στοιχεία	
	Ρόγγοζι-Πωγωνίου	Δεν υπάρχουν στοιχεία	
	Μελισσόπετρα	Δεν υπάρχουν στοιχεία	
	Άνω Ρου Καλαμά	π. Καλαμάς	Μέση
Ν. Πρεβέζης	Ανατολής	Παμβώτιδα	Μέση
	Αχέροντα	π. Αχέροντας	Υψηλή
	Μπόιδα-Μαυρής	π. Λούρος	Μέση
	Κερασώνας Παναγιάς	π. Λούρος	Χαμηλή
Ν. Κερκύρας	Λάμαρης	π. Λούρος	Μέση
	Αγράφων	π. Φόνισσα	Χαμηλή
	Νυμφών	Δεν υπάρχουν στοιχεία	
	Αγίων Δούλων-Καμαρέλας	π. Φόνισσα	Χαμηλή
	Δουκάδων	Δεν υπάρχουν στοιχεία	

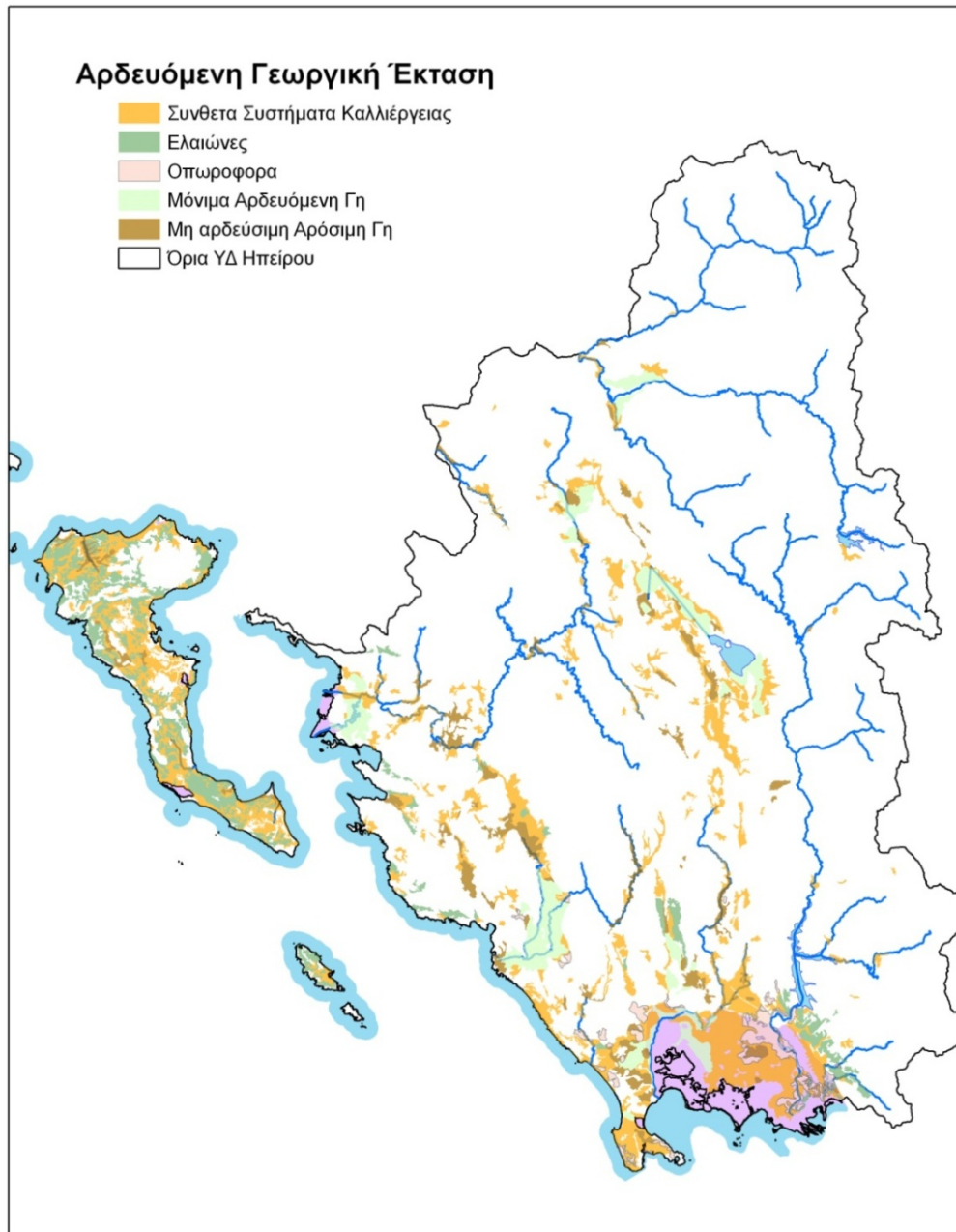


Σχήμα 14. Συλλογικά Αρδευτικά Δίκτυα – Ζώνες Τρωτότητας στο ΥΔ Ηπείρου

Αρδευόμενες Γεωργικές Εκτάσεις

Οι εκτός των συλλογικών αρδευτικών δικτύων αρδευόμενες γεωργικές εκτάσεις καλύπτουν υπολογίσιμη έκταση και επομένως θα πρέπει να διερευνηθεί η τρωτότητα τους χωριστά.

Στον χάρτη που ακολουθεί, απεικονίζονται οι χρήσεις γης που αφορούν σε γεωργία, όπως αυτές έχουν αποτυπωθεί στο CORINE 2000, και είναι προφανές ότι η έκταση των χρήσεων αυτών είναι σαφώς μεγαλύτερη από την αντίστοιχη έκταση των συλλογικών αρδευτικών δικτύων.



Σχήμα 15. Αρδευόμενη Γεωργική Έκταση στο ΥΔ Ηπείρου

Για τον προσδιορισμό της τρωτότητας της αρδευόμενης γεωργικής γης ορίζεται ως χωρικό επίπεδο αναφοράς τα χωρικά όρια εκείνων των υπογείων υδατικών συστημάτων που υδροδοτούν σε συντριπτική πλειοψηφία την εκτός των συλλογικών αρδευτικών δικτύων αρδευόμενη γεωργική έκταση. Στον κατωτέρω πίνακα δίδονται τα ΥΥΣ, τα οποία παρέχουν νερό άρδευσης και η τρωτότητα ως προς την ξηρασία.

Πίνακας 4. Κατάσταση ΥΥΣ που καλύπτουν ανάγκες άρδευσης ως προς την τρωτότητα τους στη ξηρασία

Κωδικός	Όνομασία	Τρωτότητα
Κέρκυρας-Παξών (GR34)		
GR0500010	Σύστημα ασβεστολίθων Ν.Κέρκυρας	Μέση
GR0500020	Σύστημα Τριαδικών λατυποπαγών Ν. Κέρκυρας	Μέση
GR0500030	Σύστημα κοκκωδών υδροφοριών Ν. Κέρκυρας	Μέση
GR0500040	Σύστημα Ν.Παξών	Υψηλή
GR0500050	Σύστημα Ν.Οθωνών	Υψηλή
Καλαμά (GR12)		
GR050A060	Σύστημα Μουργκάνας	Χαμηλή
GR050A070	Σύστημα Φιλιατών-Ηγουμενίσσας	Χαμηλή
GR0500080	Σύστημα Μέσου Ρου Καλαμά	Χαμηλή
GR0500110	Σύστημα Κληματιάς	Χαμηλή
GR0500120	Σύστημα Κασιδιάρη	Χαμηλή
GR0500180	Σύστημα Μιτσικελίου-Βελλά	Μέση
GR050A190	Σύστημα Πωγωνίανης	Χαμηλή
GR0500200	Σύστημα υδροφοριών π.Καλαμά	Μέση
GR0500210	Σύστημα Κουρέντων	Χαμηλή
Αχέροντος (GR13)		
GR0500090	Σύστημα Σουλίου-Παραμυθιάς	Χαμηλή
GR0500130	Σύστημα Κορώνης	Χαμηλή
GR0500140	Σύστημα Χερσονήσου Πρέβεζας	Υψηλή
GR0500170	Σύστημα Πάργας	Μέση
GR0500260	Σύστημα υδροφοριών άνω ρου Αχέροντος-ρέματος Αρέθουα	Μέση
Αώου (GR11)		
GR0500100	Σύστημα Τύμφης	Χαμηλή
GR0500220	Σύστημα υδροφοριών Σαραντάπορου-Αώου	Μέση
GR0500230	Σύστημα υδροφοριών Σμόλικα-Μαυροβουνίου	Μέση
Αραχθου (GR14)		
GR0500240	Σύστημα υδροφοριών π.Αραχθου	Μέση
Λούρου (GR46)		
GR0500150	Σύστημα Λούρου	Χαμηλή
GR0500160	Σύστημα Άρτας	Μέση
GR0500250	Σύστημα Ζαλόγγου	Μέση

3.2.3 Κτηνοτροφία – Τρωτότητα έναντι Ξηρασίας

Η ποσοστιαία συμμετοχή της κτηνοτροφίας στη θεωρητική ζήτηση νερού για το ΥΔ Ηπείρου εκτιμάται περίπου ίση με 1%. Πράγματι, οι μονάδες κτηνοτροφικές δραστηριότητας που έχουν καταγραφεί στο πλαίσιο του Σχεδίου Διαχείρισης, έχουν μια πολύ χαμηλή μέση ετήσια κατανάλωση νερού, της τάξης των 5000 m³/ έτος, με κύρια πηγή υδροληψίας υπόγεια υδατικά συστήματα, με αποτέλεσμα οι μονάδες να μην απειλούνται από ανεπάρκεια νερού σε περίπτωση επεισοδίου ξηρασίας.

Ωστόσο, η ανθεκτικότητα της κτηνοτροφίας έναντι της ξηρασίας δεν εξαρτάται μόνο από μέγεθος της κατανάλωσης νερού, διότι εξ' ορισμού η κτηνοτροφία είναι άμεσα εξαρτώμενη με την παραγωγή ζωοτροφών για την επαρκή εκτροφή του ζωικού πληθυσμού. Επομένως, η τρωτότητα της κτηνοτροφίας έναντι ξηρασίας συνδέεται άμεσα με το βαθμό επάρκειας της προμήθειας των κατάλληλων ζωοτροφών.

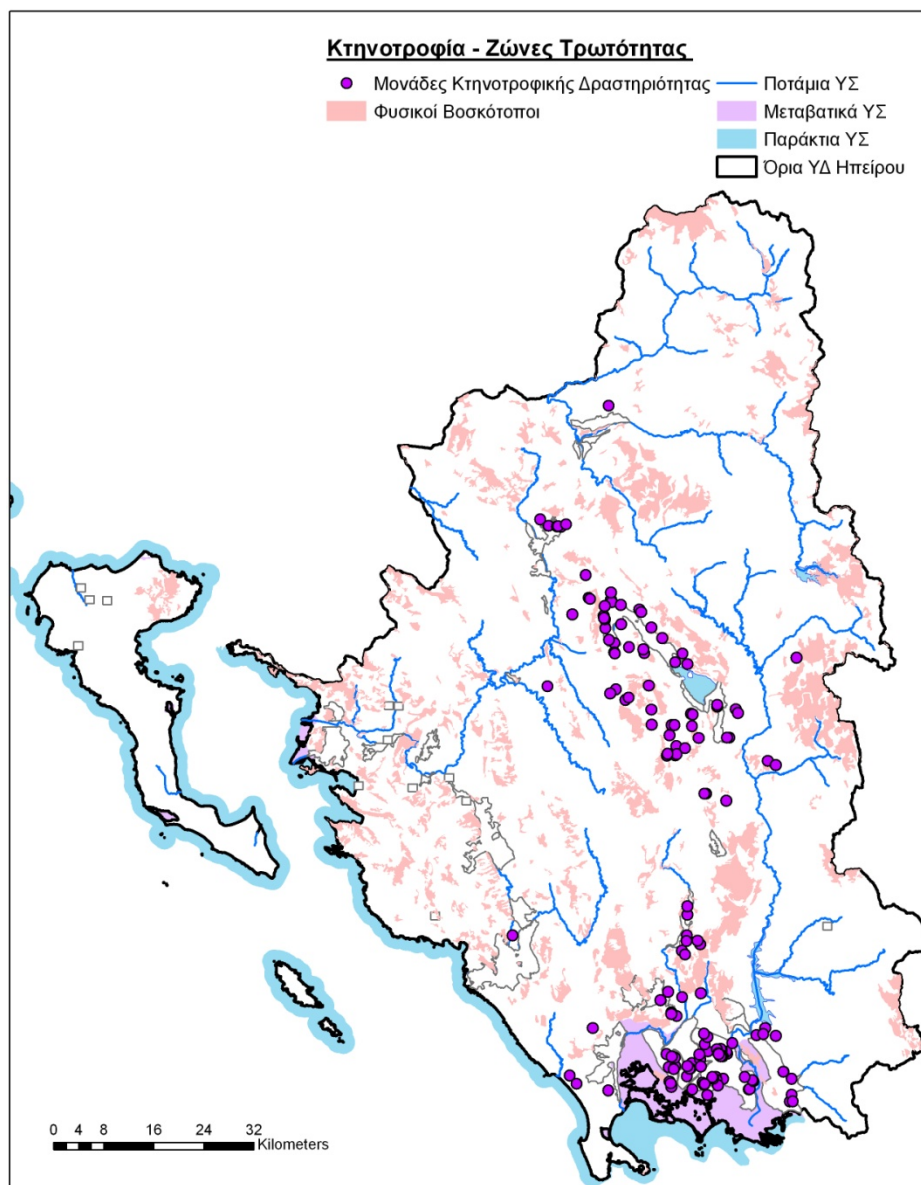
Η κτηνοτροφία αφορά συνήθως σε σταβλισμένες μονάδες κτηνοτροφικής δραστηριότητας (βοειδή, πουλικά, χοιρομητέρες, και αγελάδες γαλακτοπαραγωγής και κρεατοπαραγωγής) και σε ζωικό πληθυσμό ελευθέρως βοσκής, όπως είναι τα αιγοπρόβατα.

Η ποσοστιαία συμμετοχή της κτηνοτροφίας στη θεωρητική ζήτηση νερού για το ΥΔ Ηπείρου εκτιμάται περίπου ίση με 2,7%. Πράγματι, οι μονάδες κτηνοτροφικές δραστηριότητας που έχουν καταγραφεί στο πλαίσιο του Σχεδίου Διαχείρισης, έχουν μια πολύ χαμηλή μέση ετήσια κατανάλωση νερού, της τάξης των 5000 m³/έτος, με κύρια πηγή υδροληψίας υπόγεια υδατικά συστήματα, με αποτέλεσμα οι μονάδες να μην απειλούνται από ανεπάρκεια νερού σε περίπτωση επεισοδίου ξηρασίας.

Ωστόσο, η ανθεκτικότητα της κτηνοτροφίας έναντι της ξηρασίας δεν εξαρτάται μόνο από μέγεθος της κατανάλωσης νερού, διότι εξ' ορισμού η κτηνοτροφία είναι άμεσα εξαρτώμενη με την παραγωγή ζωοτροφών για την επαρκή εκτροφή του ζωικού πληθυσμού. Επομένως, η τρωτότητα της κτηνοτροφίας έναντι ξηρασίας συνδέεται άμεσα με το βαθμό επάρκειας της προμήθειας των κατάλληλων ζωοτροφών.

Η κτηνοτροφία αφορά συνήθως σε σταβλισμένες μονάδες κτηνοτροφικής δραστηριότητας (βοειδή, πουλικά, χοιρομητέρες, και αγελάδες γαλακτοπαραγωγής και κρεατοπαραγωγής) και σε ζωικό πληθυσμό ελευθέρως βοσκής, όπως είναι τα αιγοπρόβατα.

Στον χάρτη που ακολουθεί φαίνεται η θέση των καταγεγραμμένων μονάδων κτηνοτροφικής δραστηριότητας και οι φυσικοί βοσκότοποι (όπως αποτυπώθηκαν στο CORINE 2000) στο ΥΔ Ηπείρου.



Σχήμα 16. Φυσικοί Βοσκότοποι και Μονάδες κτηνοτροφίας στο ΥΔ Ηπείρου

Στο ΥΔ Ηπείρου, η διάρθρωση της κτηνοτροφίας έχει ως εξής:

Βοοειδή	53.270
Αιγοπρόβατα	1.131.456
Πουλερικά	7.965.930
Χοίροι	92.008
Κουνέλια	22.737

Με εξαίρεση τα αιγοπρόβατα, τα οποία 5 μήνες τουλάχιστον διατρέφονται στους βοσκοτόπους, όλα τα άλλα παραγωγικά ζώα εκτρέφονται σε στάβλους και διατρέφονται αποκλειστικά με απλές ή σύνθετες (μίγματα) ζωτροφές. Για τις βοοτροφικές, χοιροτροφικές και πτηνοτροφικές εκμεταλλεύσεις, και ανάλογα με το μέγεθός τους όσον αφορά τον εκτρέφόμενο συνολικά πληθυσμό, έχουν περιορισμένη δυνατότητα

αποθήκευσης των Α' υλών (σανοί, Καρποί δημητριακών, Σόγια κλπ.) που συμμετέχουν στη σύνθεση των μιγμάτων ζωοτροφών, που δεν ξεπερνά τις 30-40 ημέρες και επομένως οι εκμεταλλεύσεις αυτές, θεωρούνται ιδιαίτερα ευάλωτες σε ένα επεισόδιο συνηθισμένης έντασης ξηρασίας.

Σε ότι αφορά τα ζώα ελευθέρως βοσκής (αιγοπρόβατα), παρατηρούμε από τον χάρτη (Σχήμα 16) ότι οι φυσικοί βοσκότοποι εντοπίζονται σε ημιορεινές και ορεινές περιοχές όπου η μετεωρολογική μεταβολή θερμοκρασίας και βροχόπτωσης λόγω ξηρασίας είναι κατά τι πιο μικρή, της αντίστοιχης μικρής των πεδινών περιοχών και γι αυτόν ακριβώς τον λόγο θεωρείται ότι ένα επεισόδιο ξηρασίας δεν θα μειώσει καθοριστικά τη χόρτο-λιβαδική βλάστηση ώστε να επηρεάσει την εκτροφή των ζώων. Ωστόσο, επειδή τα ζώα ελευθέρως βοσκής παραμένουν στους φυσικούς βοσκότοπους 5 μήνες και τον υπόλοιπο χρόνο χονδροειδείς ζωοτροφές (άχυρα, αποξηραμένοι σανοί σιτηρών, ψυχανθών και λειμώνιων φυτών, αποξηραμένης μηδικής και διάφορα ενσιρώματα) θεωρείται ότι και οι εκτροφές αυτές, ετεροχρονισμένα ίσως, επηρεάζονται αλλά σε μικρότερο βαθμό από ένα ενδεχόμενο επεισόδιο ξηρασίας.

Συμπερασματικά, προκύπτει ότι στο ΥΔ Ηπείρου, εκτιμάται συνολικά, ότι η κτηνοτροφία είναι λιγότερο ευάλωτη έναντι της ξηρασίας, και επομένως η τρωτότητα της κτηνοτροφίας κρίνεται **χαμηλή**.

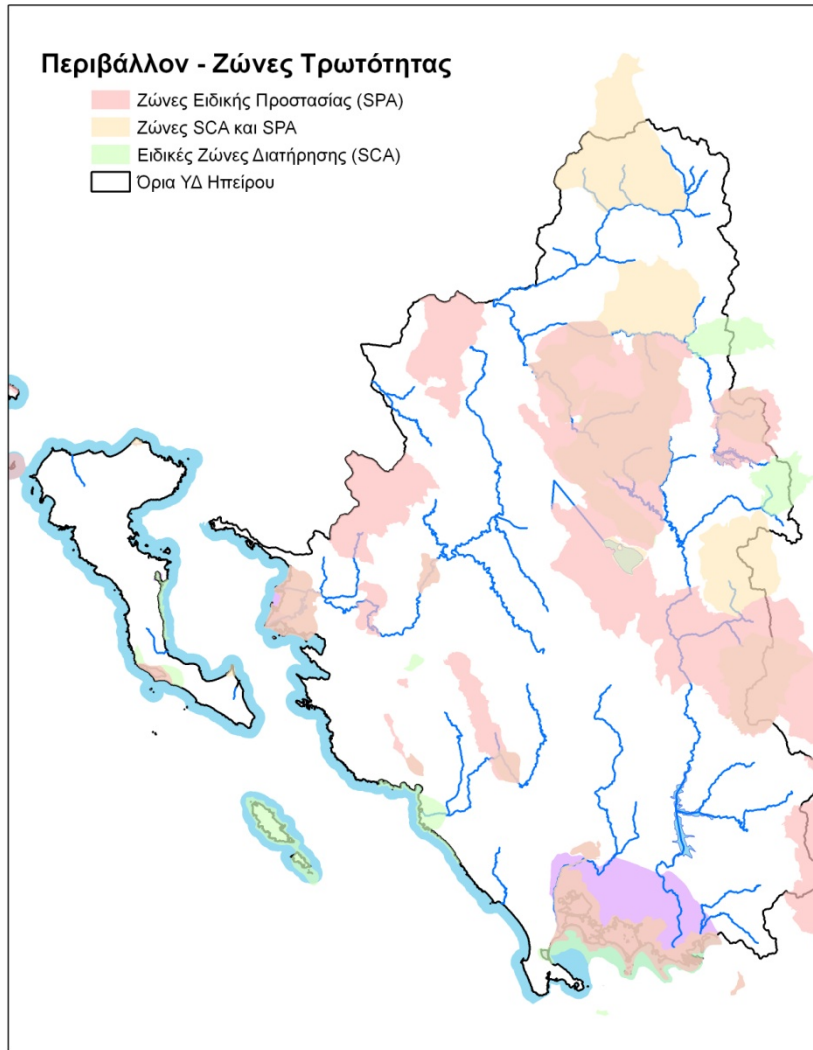
3.2.4 Περιβάλλον - Τρωτότητα έναντι Ξηρασίας

Στον χάρτη που ακολουθεί (Σχήμα 17) απεικονίζεται χωρικά η ταξινόμηση της οικολογικής κατάστασης / δυναμικού των ποτάμιων ΥΣ με ταυτόχρονη παράθεση των προστατευόμενων περιοχών Natura 2000, οι οποίες διακρίνονται:

σε Περιοχές που χαρακτηρίζονται ως Ειδικές Ζώνες Διατήρησης (Special Areas of Conservation – SAC) επειδή περιλαμβάνουν σημαντικούς τύπους οικοτόπων βάσει της Οδηγίας 92/43/ΕΟΚ

σε Περιοχές που ταξινομούνται ως Ζώνες Ειδικής Προστασίας (ΖΕΠ ή Special Protection Areas – SPA) οι οποίες φιλοξενούν είδη ορνιθοπανίδας

Οι προστατευόμενες περιοχές του Δικτύου Natura 2000 αποτελούν περιοχές με ιδιαίτερη οικολογική σημασία με αποτέλεσμα εντός των περιοχών αυτών η χλωρίδα και η πανίδα να τελούν υπό καθεστώς ειδικής προστασίας. Επομένως, επιφανειακά σώματα (ποτάμια ή λιμναία) που ανήκουν σε περιοχές Natura 2000, είναι αναμενόμενο να θεωρούνται ιδιαίτερα ευάλωτα έναντι της ξηρασίας.



Σχήμα 17. Περιβάλλον – Ζώνες Τρωτότητας έναντι ξηρασίας

3.2.5 Κοινωνική Διάσταση - Τρωτότητα έναντι Ξηρασίας

Ο πληθυσμός της Περιφέρειας Ηπείρου ανέρχεται σε 353.820 κατοίκους και αντιστοιχεί στο 3,54% του συνολικού πληθυσμού της χώρας (απογραφή 2001). Η Περιφέρεια Ηπείρου είναι από τις πλέον αραιοκατοικημένες, με πυκνότητα πληθυσμού 40,5 κατοίκους ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο, έναντι 79,7 της χώρας. Ο αστικός πληθυσμός ανέρχεται σε 31% του συνολικού (1991) και παρουσιάζει αυξητικές τάσεις. Ο αγροτικός πληθυσμός είναι μειούμενος σε σχέση με το 1981 και ανέρχεται σε 59% του συνολικού, ενώ ο ημιαστικός πληθυσμός παρουσιάζει μικρή άνοδο και ανέρχεται σε 10%. Στον ακόλουθο πίνακα δίνονται με βάση την απογραφή του 2001, οι πληθυσμοί ανά Περιφερειακή Ενότητα που ανήκουν στο ΥΔ Ηπείρου.

Πίνακας 5. Δημογραφικά Χαρακτηριστικά Π.Ε. (Νομών) Ηπείρου (Πηγή: ΕΣΥΕ 2001)

Γεωγραφική Ενότητα	Πληθυσμός	Ποσοστό συμμετοχής στο πληθυσμό της Ηπείρου
Περιφέρεια Ηπείρου	353.820	-
Π.Ε. (Νομός) Ιωαννίνων	170.239	48
Π.Ε. (Νομός) Άρτας	78.134	22
Π.Ε. (Νομός) Θεσπρωτίας	46.091	13
Π.Ε. (Νομός) Πρέβεζας	59.356	17
Π.Ε. (Νομός) Κέρκυρας	111.975	-

Το ΥΔ Ηπείρου δεν συμπίπτει με τα γεωγραφικά όρια της περιφέρειας Ηπείρου καθώς περιλαμβάνει και την περιφερειακή ενότητα (πρώην Νομός) Κέρκυρας. Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις των εμπειρογνομόνων της ομάδας μελέτης του Σχεδίου Διαχείρισης, ο πληθυσμός που αντιστοιχεί στο ΥΔ Ηπείρου για έτος βάσης το 2010 εκτιμήθηκε ίσος με 477.000 μόνιμους κατοίκους, ενώ η πρόβλεψη για το 2021 δίνει περίπου 520.000 κατοίκους. Δεν προκύπτουν λόγοι σημαντικής αύξησης του πληθυσμού της χωρικής ενότητας Ηπείρου έως το έτος 2015, ενώ οι συνθήκες οικονομικής ύφεσης και κρίσης είναι αβέβαιο πώς θα επιδράσουν σε αξιοσημείωτες μετακινήσεις πληθυσμού, μεταξύ αστικών κέντρων και αγροτικών περιοχών, τόσο ενδοπεριφερειακά όσο και στο σύνολο της χώρας. Στη βάση αυτών των παραδοχών, δεν εκτιμάται αξιοσημείωτη αύξηση του μόνιμου πληθυσμού της χωρικής ενότητας Ηπείρου.

Για να γίνει εφικτή η συσχέτιση της τρωτότητας έναντι ξηρασίας με τα δημογραφικά χαρακτηριστικά της τοπικής κοινωνίας και κατά επέκταση να προσδιοριστούν οι αντίστοιχες ζώνες τρωτότητας, ορίστηκε ως χωρικό επίπεδο αναφοράς η περιφερειακή ενότητα (πρώην Νομός). Λαμβάνοντας υπόψη ότι ο κύριος χρήστης νερού στη Ήπειρο σε ποσοστό πάνω από 80% είναι η άρδευση, η σημαντική παράμετρος που καθορίζει το μέγεθος της τρωτότητας της κοινωνίας έναντι ξηρασίας θεωρείται το ποσοστό του αγροτικού πληθυσμού. Για τον προσδιορισμό, όμως, της τρωτότητας θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ο βαθμός κάλυψης των αναγκών άρδευσης ανά περιφερειακή ενότητα και κυρίως η ανθεκτικότητα των πηγών υδροληψίας έναντι ξηρασίας δηλαδή με άλλα λόγια η ποσοτική κατάσταση των υπογείων συστημάτων. Με βάση τα στοιχεία που παρουσιάστηκαν και στην παράγραφο 3.2.2, στον ακόλουθο πίνακα φαίνεται η διαβάθμιση τρωτότητας της τοπικής κοινωνίας ανά περιφερειακή ενότητα, ενώ στον ακόλουθο χάρτη απεικονίζεται η χωρική διάσταση της τρωτότητας.

Πίνακας 6. Τρωτότητα έναντι ξηρασίας σε παράθεση με την κοινωνική διάσταση στο ΥΔ Ηπείρου

Περιφερειακή Ενότητα	Ανεπάρκεια Υδάτινων Πόρων για κάλυψη Άρδευσης	Ανθεκτικότητα Υδάτινων Πόρων έναντι Ξηρασίας	Μέγεθος Τρωτότητας της τοπική κοινωνίας έναντι Ξηρασίας
Άρτας	Όχι	Υψηλή	Χαμηλή
Θεσπρωτίας	Ναι	Μέση	Μέση
Ιωαννίνων	Ναι	Μέση	Μέση
Πρέβεζας	Όχι	Μέση	Μέση
Κέρκυρας	Ναι	Μέση	Μέση

4 Ανάλυση Ξηρασίας με χρήση του Δείκτη SPI

4.1 Δείκτης Ξηρασίας SPI (Standardized Precipitation Index)

4.1.1 Εισαγωγή – Μαθηματικός ορισμός δείκτη SPI

Οι McKee et al. (1993) δημιούργησαν τον δείκτη SPI με σκοπό να οριστεί και να καταγραφεί το φαινόμενο της ξηρασίας. Πολλά ερευνητικά κέντρα (National Drought Mitigation Center –NDMC, U.S. Colorado Climate Center, U.S. Western Regional Climate Center) χρησιμοποιούν σήμερα το δείκτη SPI για να καταγράψουν και να παρακολουθήσουν τα επεισόδια ξηρασίας στις ΗΠΑ. Ο δείκτης SPI επιτρέπει τον προσδιορισμό της σπανιότητας μιας περιόδου ξηρασίας για μια δεδομένη χρονική κλίμακα για οποιαδήποτε θέση δεδομένης μιας ικανοποιητικής χρονοσειράς βροχοπτώσεων. Όσο μεγαλύτερο είναι το μήκος της χρονοσειράς τόσο πιο αξιόπιστα είναι τα αποτελέσματα του SPI (Wu et al., 2005; Cancelliere and Bonaccorso, 2009). Σύμφωνα με τους McKee et al. (1993) για τον υπολογισμό του SPI ιδανικά απαιτείται μια συνεχής χρονική περίοδος διάρκειας τουλάχιστον 30 ετών.

Ο υπολογισμός του SPI βασίζεται σε δεδομένα μηνιαίων βροχοπτώσεων. Τα δεδομένα αυτά προσαρμόζονται σε μια συνάρτηση κατανομής (αθροιστική μορφή συνάρτησης πυκνότητας πιθανότητας), και στη συνέχεια αυτή μετατρέπεται σε ίσης πιθανότητας τιμή της τυποποιημένης κανονικής κατανομής, δηλαδή με μέσο όρο 0 και τυπική απόκλιση 1 (Edwards and McKee, 1997). Ο δείκτης SPI είναι αδιάστατος δείκτης, όπου οι θετικές τιμές υποδεικνύουν βροχοπτώσεις υψηλότερες από το 50% των παρατηρήσεων και αντίστοιχα, οι αρνητικές τιμές υποδεικνύουν βροχοπτώσεις χαμηλότερες από το 50% των παρατηρήσεων. Η κανονικοποίηση του δείκτη SPI αποτελεί πλεονέκτημα, έτσι ώστε τα υγρότερα και ξηρότερα επεισόδια να μπορούν να αναπαρασταθούν με τον ίδιο τρόπο.

Υπάρχουν διάφορες συναρτήσεις κατανομής πιθανότητας που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό του δείκτη SPI. Οι McKee et al. (1993) αρχικά εφάρμοσαν τη Γάμμα κατανομή. Εντούτοις, πολλά ερευνητικά κέντρα (π.χ. National Drought Mitigation Center) έχουν υιοθετήσει την 2 παραμετρική Γάμμα κατανομή και επιπλέον με βάση αυτή την κατανομή έχει παραχθεί υπολογιστικό πακέτο για τον υπολογισμό του δείκτη το οποίο έχει διανεμηθεί σε πάνω από 60 χώρες (Wu et al., 2007). Αυτό το υπολογιστικό πακέτο χρησιμοποιήθηκε και στην παρούσα έκθεση για τον υπολογισμό του δείκτη SPI.

4.1.2 Χρονικές κλίμακες δείκτη SPI

Οι McKee et al. (1993) υπολόγισαν τον SPI σε 3-, 6-, 12-, 24- και 48- μήνες έτσι ώστε να υπολογίζει την έλλειψη βροχόπτωσης σε διάφορες χρονικές κλίμακες και κατ' επέκταση να αντικατοπτρίζονται οι συνέπειες της ξηρασίας σε διαφορετικούς τομείς υδάτινων πόρων. Με την εφαρμογή του δείκτη, αποδείχθηκε ότι ο SPI 3- ή 6-μηνών σχετίζεται με την εδαφική υγρασία (Sims et al., 2002; Ji and Peters, 2003), δεδομένου ότι οι συνθήκες της εδαφικής υγρασίας ανταποκρίνονται στις διακυμάνσεις της βροχόπτωσης σε σχετικά μικρό χρονικό διάστημα και αυτή η χρονική κλίμακα επιτρέπει στον δείκτη SPI να εμφανίζει συχνές διακυμάνσεις θετικών και αρνητικών τιμών στο αντίστοιχο χρονικό διάστημα. Επομένως ο SPI 3- ή 6-μηνών δίνει τη δυνατότητα καταγραφής της γεωργικής και της μετεωρολογικής ξηρασίας (Hayes et al., 1999). Επίσης, αποδείχθηκε ότι ο SPI 12 ή 24 μηνών σχετίζεται με τη διακύμανση των υδάτινων πόρων (ταμειυτήρες, ποτάμια, υπόγεια νερά) και συνεπώς, ελέγχει την υδρολογική ξηρασία (Hayes et al., 1999), δεδομένου ότι οι ποσοτικές συνθήκες σε υπόγεια και επιφανειακά νερά ανταποκρίνονται σε πιο μακροχρόνιες καταστάσεις.

Ο δείκτης SPI στο παρόν Σχέδιο Ξηρασίας που κυρίως επικεντρώνεται στο υδατικό ισοζύγιο υπολογίζεται σε κυλιόμενη μηνιαία βάση για χρονικές περιόδους 12 και 24 μηνών με μεταβλητή την επιφανειακή βροχόπτωση στο Υδατικό Διαμέρισμα της Ηπείρου κατά τη χρονική περίοδο αναφοράς 1981-2001.

4.1.3 Κλίμακα ταξινόμησης επεισοδίων ξηρασίας με βάση το δείκτη SPI

Οι χαρακτηρισμοί των επεισοδίων ξηρασίας, βασιζόμενοι στην κλίμακα ταξινόμησης του δείκτη SPI κατά McKee et al. (1993), δίνονται στον Πίνακα 6. Αυτή η ταξινόμηση περιλαμβάνει τις τροποποιήσεις από το National Drought Mitigation Center (2009) και θεωρείται η πιο συνήθης. Ο Πίνακας 6 δείχνει επίσης τις πιθανότητες εμφάνισης κάθε κατηγορίας ξηρασίας. Η Ελληνική μετάφραση των όρων είναι ίδια με αυτή που χρησιμοποιήθηκε στο «Σχέδιο Αντιμετώπισης Φαινομένων Ξηρασίας και Λειψυδρίας» για την Κύπρο το 2010.

Πίνακας 7. Κλίμακα ταξινόμησης επεισοδίων ξηρασίας με βάση το δείκτη SPI (McKee et al, 1993; National Drought Mitigation Center, 2009)

SPI	Κατηγορία Ξηρασίας	Συχνότητα εμφάνισης επεισοδίου
0 έως -0,99	Ήπια ξηρασία (Near Normal)	1 στα 3 έτη
-1,00 έως -1,49	Μέτρια ξηρασία (Moderate Drought)	1 στα 10 έτη
-1,50 έως -1,99	Σοβαρή ξηρασία (Severe Drought)	1 στα 20 έτη
< -2,00	Εξαιρετική ξηρασία (Extreme Drought)	1 στα 50 έτη

Οι παραπάνω διαβαθμίσεις στις τιμές του δείκτη SPI αποτελούν τις τιμές κατωφλίου για τον προσδιορισμό της έλευσης φαινομένων ξηρασίας και τον χαρακτηρισμό αυτών.

4.1.4 Κριτήρια προσδιορισμού έναρξης και λήξης ενός επεισοδίου ξηρασίας

Σαν χρόνος έναρξης ενός επεισοδίου ξηρασίας ορίζεται ο χρόνος κατά τον οποίο ο δείκτης γίνεται αρνητικός εφόσον στη συνέχεια φθάνει την τιμή του -1 τουλάχιστον, χωρίς ενδιάμεσα να λάβει θετικές τιμές. Σαν χρόνος λήξης του επεισοδίου ορίζεται ο χρόνος κατά τον οποίο ο δείκτης λαμβάνει για πρώτη φορά και πάλι θετική τιμή. Κατά συνέπεια, οι περίοδοι ήπιας ξηρασίας (τιμή δείκτη SPI μεταξύ 0 και -1) θεωρούνται ως μέρος επεισοδίου ξηρασίας μόνον εάν κατά τη διάρκεια του επεισοδίου, ο δείκτης λάβει τιμές μικρότερες του -1. Στην περίπτωση αυτή, ο χρόνος ήπιας ξηρασίας προσμετράται στη συνολική διάρκεια και στο συνολικό μέγεθος του φαινομένου ξηρασίας. Εάν η περίοδος λήξει χωρίς ο δείκτης να λάβει τιμή μικρότερη του -1, τότε δεν χαρακτηρίζεται σαν επεισόδιο ξηρασίας, αλλά απλώς σαν μία περίοδος ξηρότερη από τη μέση. Έτσι κάθε επεισόδιο ξηρασίας έχει τη διάρκειά του, η οποία καθορίζεται από μία αρχή, ένα τέλος και μια ένταση για κάθε μήνα που το επεισόδιο συνεχίζεται. Η φυσική σημασία των παραπάνω είναι ότι οι ξηρότερες του μέσου όρου χρονικές περίοδοι προφανώς δεν αποτελούν επεισόδιο ξηρασίας εάν δεν πάρουν τιμές δείκτη μικρότερες από την τιμή -1. Σε αυτή την περίπτωση η χρονική περίοδος με χαρακτηρισμό «ήπιας ξηρασίας» προσμετράται στο συνολικό μέγεθος του επεισοδίου το οποίο δεν σχετίζεται μόνο με την ένταση αλλά και με τη διάρκεια.

4.1.5 Μέγεθος Ξηρασίας DM (Drought Magnitude or Severity)

Το συνολικό συσσωρευτικό «μέγεθος» ενός επεισοδίου ξηρασίας DM ορίζεται ως η απόλυτη τιμή του αθροίσματος όλων των δεικτών SPI_i, όπου i ο αντίστοιχος μήνας κατά την διάρκεια του επεισοδίου ξηρασίας (Hayes, 1999):

$$DM = - \sum_{j=1}^x SPI_{ij}$$

όπου για j ξεκινά η τιμή του SPI του 1ου μήνα της ξηρασίας και συνεχίζει να αυξάνει ως τον τελευταίο μήνα (x) της ξηρασίας, για οποιαδήποτε χρονική κλίμακα. Εάν ο SPI κάθε μήνα ήταν ίσος με -1, το μέγεθος DM θα ήταν ίσο με τη διάρκεια της ξηρασίας. Συνεπώς, μέσω του δείκτη SPI μπορούν να καθοριστούν η ένταση, η διάρκεια και το μέγεθος της ξηρασίας, καθώς επίσης και η πιθανότητα υπέρβασης του εκάστοτε επεισοδίου ξηρασίας.

4.1.6 Παραδείγματα χρήσης του δείκτη SPI για ανάλυση ξηρασίας

Μετά την εμφάνιση του δείκτη SPI, όλο και περισσότεροι ερευνητές πείθονται για την χρησιμότητά του. Αρκετοί θεωρούν πως ο δείκτης SPI αποτελεί μια βελτίωση των προηγούμενων δεικτών ξηρασίας, αφού χαρακτηρίζεται από εύκολη χρήση και χρονική και χωρική ευελιξία. Τα U.S. National Drought Mitigation Center και the U.S. Western Regional Climate Center συνηγορούν υπέρ του SPI σε σχέση με τον παραδοσιακό PDSI (Redmond, 2000). Οι Hayes et al. (1999) μελετώντας τους SPI και PDSI στις νοτιοδυτικές πολιτείες των ΗΠΑ, συμφώνησαν πως ο SPI είναι πιο αξιόπιστος δείκτης και ειδικότερα, ανιχνεύει τα επεισόδια ξηρασίας πιο γρήγορα από τον PDSI. Ο Guttman (1998), συγκρίνοντας το δείκτη SPI με το δείκτη PDSI απέδειξε την υπεροχή του πρώτου. Οι Cancelliere, Mauro, Bonaccorso and Rossi (2006) απέδειξαν τις προγνωστικές ικανότητες του δείκτη στη Σικελία και οι Tsakiris and Vangelis (2004) τον εφάρμοσαν στην Κρήτη. Οι Loukas et al. (2003) σύγκριναν τον SPI με άλλους 4 δείκτες σε περιοχές της Ελλάδας. Αναλυτική βιβλιογραφία σε παραδείγματα χρήσης του δείκτη παγκοσμίως αναφέρεται στην Διπλωματική Εργασία του Καλπία Αποστολου (2010), Τομέας Υδατικών Πόρων, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, ΕΜΠ.

4.2 Υπολογισμός Δείκτη SPI στο Υδατικό Διαμέρισμα της Ηπείρου

Ο δείκτης SPI στο παρόν Σχέδιο Ξηρασίας υπολογίζεται σε κυλιόμενη μηνιαία βάση για χρονικές περιόδους 12 και 24 μηνών με μεταβλητή την επιφανειακή βροχόπτωση στο Υδατικό Διαμέρισμα της Ηπείρου κατά τη χρονική περίοδο αναφοράς 1981-2001.

4.2.1 Συλλογή και Ανάλυση Βροχομετρικών Δεδομένων

Για τον υπολογισμό του δείκτη SPI χρησιμοποιήθηκαν μηνιαία στοιχεία βροχοπτώσεων από τις υπηρεσίες του Υπουργείου Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής- ΥΠΕΚΑ (πρώην ΥΠΕΧΩΔΕ). Οι έλεγχοι ομογένειας των βροχομετρικών δεδομένων, και η συμπλήρωση ελλείψεων και επέκταση δειγμάτων αποτελέσαν ένα από τα κύρια αντικείμενα της Φάσης Α της μελέτης «Ανάπτυξη Συστημάτων και Εργαλείων Διαχείρισης Υδατικών Πόρων των Υδατικών Διαμερισμάτων Δυτικής Στερεάς Ελλάδας, Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας, Ηπείρου, Ηπείρου και Αττικής,» που ολοκληρώθηκε το 2005 από την Κ/Ξ Διαχείρισης Υδάτων Κεντρικής & Δυτικής Ελλάδος.

Για την ανάλυση της ξηρασίας στο παρόν Σχέδιο Ξηρασίας συνολικά επιλέχθηκαν μόνο οι 21 σταθμοί που ανήκουν στο ΥΠΕΚΑ. Η επιλογή αυτή εξυπηρετεί τη βιωσιμότητα της επιχειρησιακής λειτουργίας ενός Σχεδίου Ξηρασίας δεδομένου ότι ο αρμόδιος φορέας λειτουργίας των βροχομετρικών σταθμών ταυτίζεται με την αρμόδια αρχή για την εφαρμογή και επικαιροποίηση του Σχεδίου. Οι σταθμοί αυτοί αντιπροσωπεύουν όσο το δυνατόν μεγαλύτερη έκταση του Υδατικού Διαμερισματος, διαφορετικά υψόμετρα (57–1392 m) και έχουν πλήρη χρονοσειρά βροχόπτωσης για την περίοδο 1980-2001. Για την περίοδο 2001-2010 δεν υπάρχουν διαθέσιμα ψηφιοποιημένα βροχομετρικά δεδομένα για το ΥΔ Ηπείρου. Η επιφανειακή ολοκλήρωση των βροχοπτώσεων από τους 21 σταθμούς ΥΠΕΚΑ έγινε με την εφαρμογή των πολυγώνων Thiessen και στη συνέχεια έγινε υψομετρική αναγωγή των βροχοπτώσεων. Ακολουθεί ο Πίνακας 7 με τους σταθμούς που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα ανάλυση, ενώ η θέση τους φαίνεται στο Σχήμα 18.



Σχήμα 18. Οι βροχομετρικοί σταθμοί που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάλυση ξηρασίας στο ΥΔ Ηπείρου

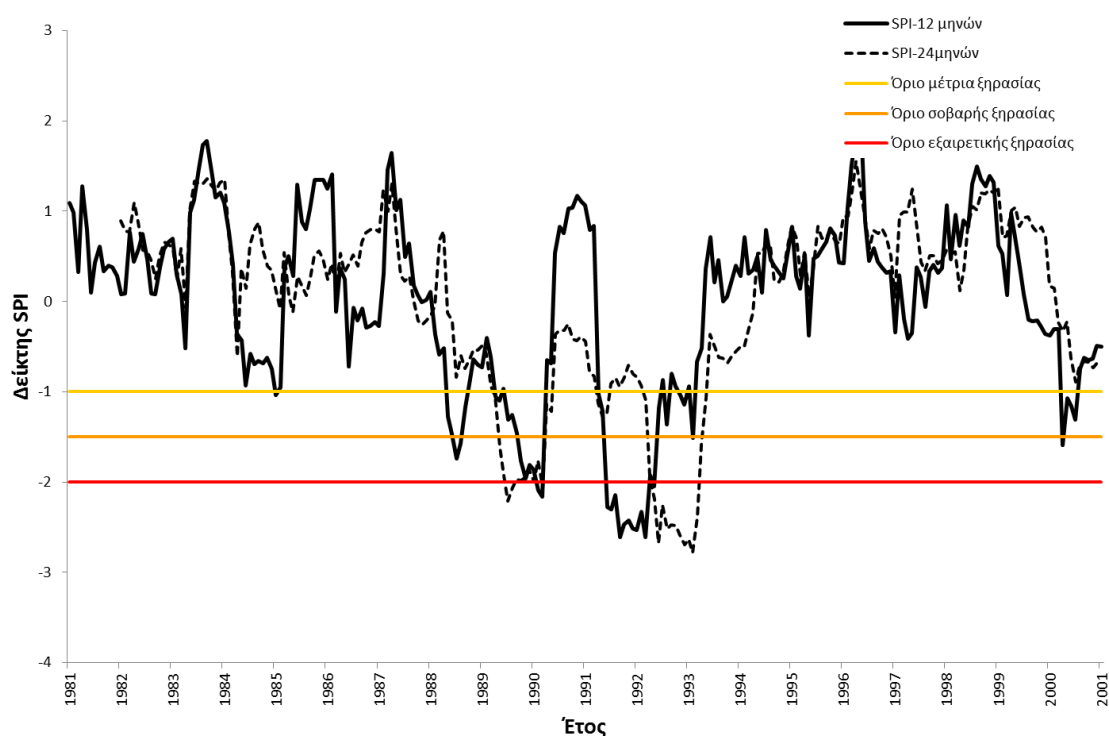
Πίνακας 8: Οι βροχομετρικοί Σταθμοί ΥΠΕΚΑ που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάλυση της ξηρασίας στο ΥΔ Ηπείρου

Σταθμός	Υψόμετρο Σταθμού (m)	Μεση Ετήσια Σημειακή Βροχόπτωση (mm)	Συντελεστής Υψομετρικής Αναγωγής λ	Συντελεστής Βαρύτητας Πολύγωνου Thiessen
ΑΓΙΟΙ ΘΕΟΔΩΡΟΙ	250	1576	1.13	0.017
ΑΓΝΑΝΤΑ	660	1423	1.07	0.023
ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ	880	1291	1.01	0.045
ΑΝΕΖΑ	10	907	1.05	0.035
ΑΝΩ ΣΚΑΦΙΔΩΤΗ	650	1325	0.94	0.022
ΒΑΣΙΛΙΚΟ	769	1120	1.09	0.177
ΓΡΕΒΕΝΙΤΙΟ	976	1445	1.06	0.081
ΔΙΚΟΡΦΟ	974	1367	0.99	0.058
ΗΓΟΥΜΕΝΙΤΣΑ	21	907	1.06	0.066
ΚΑΝΑΛΛΑΚΙ	24	1044	1.07	0.027
ΚΑΤΩ ΚΑΛΕΝΤΙΝΗ	110	1300	1.08	0.053
ΚΥΨΕΛΗ	500	1627	1.02	0.033
ΛΟΥΡΟΣ	25	1173	1.05	0.028
ΜΕΤΣΟΒΟ	1157	1213	1.07	0.021
Ν. ΚΕΡΑΣΟΥΝΤΑ	26	1435	1.01	0.018
ΝΙΚΟΛΙΤΣΙ	250	1466	1.08	0.021
ΠΑΡΑΜΥΘΙΑ	290	1446	1.06	0.062
ΠΕΝΤΟΛΑΚΚΟΣ	880	1541	0.94	0.045
ΠΛΑΤΑΝΟΥΣΑ	450	1769	1.07	0.015
ΣΟΥΛΟΠΟΥΛΟ	169	1129	1.12	0.076
ΦΙΛΙΑΤΕΣ	180	1166	1.05	0.075

Τα αποτελέσματα εφαρμογής του δείκτη SPI με βάση την χρονοσειρά επιφανειακής βροχόπτωσης στη Ήπειρο για την περίοδο 1981-2001 παρουσιάζονται στο επόμενο υποκεφάλαιο όπου συγκρίνονται με τα αποτελέσματα εφαρμογής του SPI με βάση όλους τους διαθέσιμους βροχομετρικούς σταθμούς (ΥΠΕΚΑ, ΔΕΗ, ΥΠΑΑΤ) στη Ήπειρο για την ίδια χρονική περίοδο αναφοράς 1981-2001.

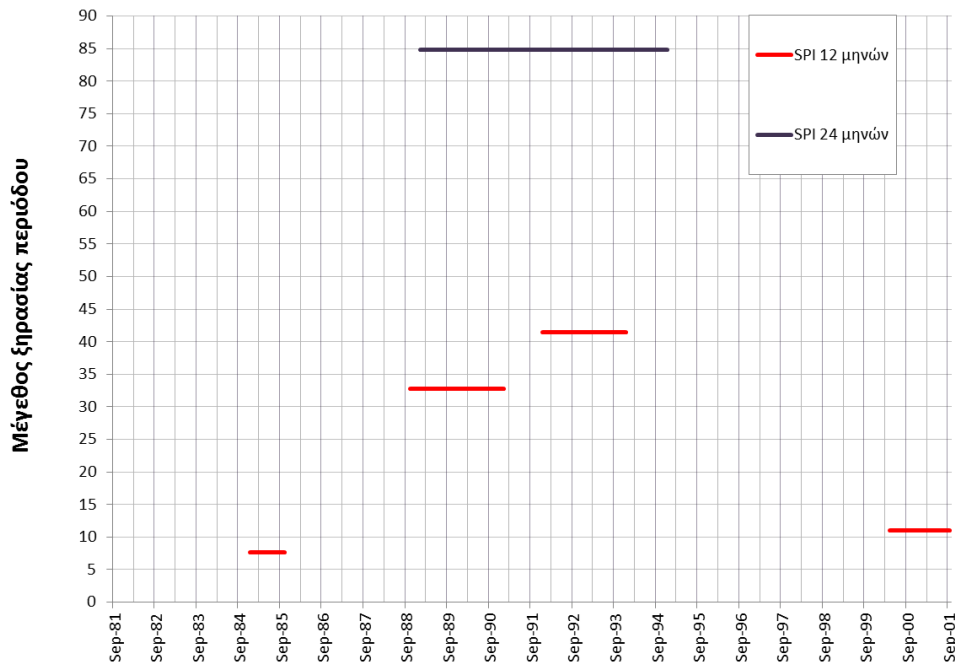
4.2.2 Αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα της παρούσας ανάλυσης για την εφαρμογή του δείκτη SPI με βάση την χρονοσειρά επιφανειακής βροχόπτωσης στο χωρικό επίπεδο του ΥΔ Ηπείρου για την περίοδο 1981-2001 λαμβάνοντας υπόψη μόνο τους βροχομετρικούς σταθμούς του ΥΠΕΚΑ φαίνονται στο Σχήμα 19. Ο δείκτης υπολογίστηκε για τις χρονικές κλίμακες 12 και 24 μηνών αντίστοιχα. Συνολικά, η εφαρμογή του δείκτη SPI για τις χρονικές κλίμακες 12, 24, 36, 48 και 60 μηνών καθώς και τα αντίστοιχα εκτιμώμενα μεγέθη ξηρασίας παρατίθενται στο Παράρτημα Α- Δείκτες SPI.



Σχήμα 19. Ο δείκτης SPI 12 και 24 μηνών στο ΥΔ Ηπείρου για περίοδο αναφοράς 1981-2001

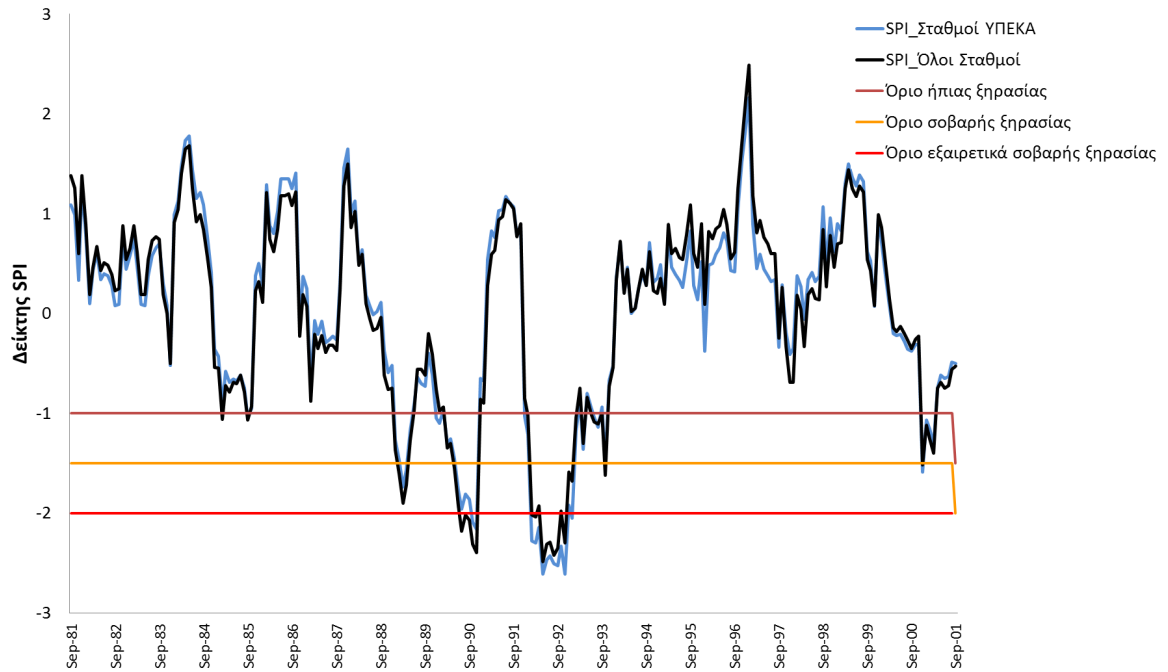
Είναι φανερό από το Σχήμα 19, ότι όταν η χρονική κλίμακα του δείκτη SPI αυξάνει από 12 σε 24 μήνες, η απόκριση του δείκτη στη διακύμανση της βροχόπτωσης επιβραδύνεται αισθητά. Επίσης, με βάση το δείκτη SPI 12 μηνών διακρίνονται δύο επεισόδια ξηρασίας ένα κατά τη διάρκεια της χρονικής περιόδου 1988-1990 και ένα της περιόδου 1991-1993. Το τελευταίο επεισόδιο αγγίζει το όριο της εξαιρετικής ξηρασίας και επίσης παρατηρήθηκε ιστορικά. Με βάση τον ορισμό του μεγέθους ξηρασίας (Drought Magnitude) που περιγράφηκε στην παράγραφο 4.1, και την χρονοσειρά του δείκτη SPI 12 και 24 μηνών αντίστοιχα, εκτιμήθηκε το μέγεθος και η διάρκεια για όλα τα επεισόδια ξηρασίας κατά την περίοδο 1981-2001, τα οποία απεικονίζονται στο Σχήμα 20 .



Σχήμα 20. Μέγεθος και Διάρκεια Επεισοδίων Ξηρασίας με βάση τον δείκτη SPI 12 και 24 μηνών για την περίοδο 1981-2001

Παρατηρούμε στο Σχήμα 20, ότι με βάση το SPI των 24 μηνών τα επεισόδια ξηρασίας των περιόδων 1988-1990 και 1991-1993 ενοποιούνται σε ένα επεισόδιο ξηρασίας με διάρκεια σχεδόν 4 έτη και ένταση που προσεγγίζει την τιμή 85, χαρακτηριστικά τα οποία παραπέμπουν σε επεισόδιο παρατεταμένης ξηρασίας, όπως θα περιγραφθεί στο κεφάλαιο 5.

Στη συνέχεια, τα αποτελέσματα της παρούσας ανάλυσης του δείκτη SPI 12 μηνών για την περίοδο 1981-2001 συγκρίνονται με τα αποτελέσματα ανάλυσης του αντίστοιχου SPI με βάση όλους τους διαθέσιμους βροχομετρικούς σταθμούς (ΥΠΕΚΑ, ΔΕΗ, ΥΠΑΑΤ) στη Ήπειρο για την ίδια χρονική περίοδο αναφοράς 1981-2001. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 21, η διαφορά στη διακύμανση της τιμής του δείκτη SPI είναι μικρή και εντοπίζεται κυρίως στις υγρές περιόδους. Δεδομένου ότι ο καθορισμός του δείκτη ξηρασίας SPI στο παρόν Σχέδιο Αντιμετώπισης Ξηρασίας και Λειψυδρίας αποτελεί τιμή κατωφλίου για τον χαρακτηρισμό των φαινομένων ξηρασίας, θεωρείται ότι είναι επαρκώς αξιόπιστος ο υπολογισμός του δείκτη που βασίζεται μόνο στους βροχομετρικούς σταθμούς του ΥΠΕΚΑ.



Σχήμα 21. Σύγκριση Δεικτών SPI 12 μηνών από διαφορετικό πλήθος βροχομετρικών σταθμών

5 Διερεύνηση μη επίτευξης περιβαλλοντικών στόχων σύμφωνα με το Άρθρο 4.6 της Οδηγίας λόγω Παρατεταμένης Ξηρασίας

5.1 Εισαγωγή

Το Άρθρο 4 παράγραφος 6 της Οδηγίας 2000/60 αναφέρει ότι «Προσωρινή υποβάθμιση της κατάστασης 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 οι ακραίες πλημμύρες και παρατεταμένες ξηρασίες ... εφόσον πληρούνται οι ακόλουθες προϋποθέσεις:

Λαμβάνονται όλα τα πρακτικώς εφικτά μέτρα για να προβλεφθεί η περαιτέρω υποβάθμιση της κατάστασης (Άρθρο 4.6 (α))

Μέτρα που θα ληφθούν κατά τη διάρκεια ενός επεισοδίου παρατεταμένης ξηρασίας δεν θα υπονομεύσουν την αποκατάσταση της ποιότητας του υδατικού συστήματος μετά τη λήξη του επεισοδίου και θα περιληφθούν στο Πρόγραμμα Μέτρων (Άρθρο 4.6 (γ))

Όλα τα πρακτικώς εφικτά μέτρα για την ευλόγως ταχύτερη δυνατή αποκατάσταση του υδατικού συστήματος λαμβάνονται και θα συμπεριληφθούν στην επόμενη επικαιροποίηση του ΣΔΛΑΠ (Άρθρο 4.6 (δ) και 4.6 (ε)) »

Είναι σημαντικό, να τονιστεί ότι η παρατεταμένη ξηρασία προκαλείται από φυσικά αίτια και επομένως μια πιθανή εφαρμογή του Άρθρου 4.6 της Οδηγίας θα πρέπει να αντιμετωπιστεί με έκτακτα μέτρα προστασίας των ΥΣ που στοχεύουν στο μετριασμό των επιπτώσεων που προέρχονται από το φυσικό φαινόμενο και όχι από μη ορθολογική χρήση των υδάτινων πόρων.

Στο κεφάλαιο αυτό, αφού προσδιοριστεί αρχικά το φαινόμενο της παρατεταμένης ξηρασίας και τα χαρακτηριστικά του, εξετάζεται εάν έχει εκδηλωθεί κάποιο επεισόδιο παρατεταμένης ξηρασίας στο πρόσφατο παρελθόν στο Υδατικό Διαμέρισμα Ηπείρου και στη συνέχεια γίνεται προσπάθεια εκτίμησης της πιθανής επίδρασης ενός παρόμοιου φαινομένου στα επιφανειακά και υπόγεια ΥΣ μέσω της καταγραφής εκείνων των ΥΣ τα οποία λόγω του φαινομένου της παρατεταμένης ξηρασίας ενδεχομένως να μην επιτύχουν τους περιβαλλοντικούς στόχους της Οδηγίας.

5.2 Παρατεταμένη Ξηρασία

5.2.1 Ορισμός

Στο παρόν Σχέδιο, ο όρος «παρατεταμένη ξηρασία» αντιστοιχεί σε ένα γεγονός ξηρασίας τόσο σπάνιο και με τέτοιο μέγεθος, ώστε να μην είναι δυνατή η διατήρηση όλων των μέτρων προστασίας των ΥΣ που προβλέπονται στο Σχέδιο Διαχείρισης και να μην εξασφαλίζεται η αποφυγή προσωρινής υποβάθμισης της οικολογικής κατάστασης σωμάτων. Ο ορισμός αυτός είναι ο λειτουργικά αντιστοιχος με αυτόν της Οδηγίας.

Με δεδομένο ότι φυσικές συνθήκες οδηγούν στον χαρακτηρισμό ενός επεισοδίου ξηρασίας ως «παρατεταμένη ξηρασία», οι δείκτες που προσδιορίζουν την παρατεταμένη ξηρασία σχετίζονται με φυσικές παραμέτρους (βλέπε Άρθρο 4.6 (β)). Παρόλο που μπορεί να υπάρχει μια χρονική υστέρηση μεταξύ έλλειψης βροχόπτωσης και καταβίβασης της στάθμης του υπόγειου υδροφορέα λόγω (α) της κατακράτησης νερού από τη φυσική βλάστηση και το έδαφος και (β) των αδρανειακών ροών σε πορώδες μέσο, η κύρια παράμετρος που προσδιορίζει την παρατεταμένη ξηρασία σχετίζεται με την μείωση της βροχόπτωσης σε σύγκριση με τον μέσο κατά τη διάρκεια μιας ορισμένης περιόδου και θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη μεγέθη όπως η ένταση και η διάρκεια του φυσικού φαινομένου. Είναι σημαντικό να υπάρχει διάκριση μεταξύ του φυσικού φαινομένου της ξηρασίας και της επίδρασης της ανθρωπογενούς παρέμβασης όπως είναι η κατανομή της ζήτησης νερού στις διάφορες χρήσεις και οι πρακτικές διαχείρισης νερού.

Ο όρος «παρατεταμένη ξηρασία» δείχνει εμφανώς ότι το φαινόμενο εμπεριέχει τη διάσταση του χρόνου, και θα πρέπει να ληφθεί υπόψη στο προσδιορισμό του φαινομένου και η περίοδος επαναφοράς, η οποία συνδέεται με την σοβαρότητα των επιπτώσεων του φαινομένου. Ωστόσο, ο όρος «παρατεταμένη ξηρασία» είναι σχετικός δεδομένου ότι οποιοδήποτε χρονικό όριο για την εφαρμογή του θα είναι ουσιαστικά αυθαίρετο. Σύμφωνα με έκθεση «Drought Management Plan Report» (European Commission 2008), οι αρμόδιες αρχές του ΥΔ θα πρέπει να εφαρμόσουν ένα κατάλληλο σύστημα δεικτών το οποίο θα επιτρέπει την αναγνώριση των διαφορετικών φάσεων ενός επεισοδίου ξηρασίας, και κατ'επέκταση θα προβλέπει τις πιθανές επιδράσεις στην οικολογική κατάσταση των ΥΣ και θα εφαρμόζει τα κατάλληλα μέτρα αντιμετώπισης της ενδεχόμενης υποβάθμισης της κατάστασης των θιγόμενων ΥΣ.

Η έκθεση «Drought Management Plan Report» συνιστά τρεις (3) τύπους δεικτών για την αναγνώριση της παρατεταμένης ξηρασίας. Αυτοί είναι δείκτες βασισμένοι στη μετεωρολογία, δείκτες για τη διαπίστωση υποβάθμισης της κατάστασης των σωμάτων και δείκτες για τη διαπίστωση οικονομικών και κοινωνικών επιπτώσεων. Στο υποκεφάλαιο 5.2.2 προτείνεται ο βασικός δείκτης διάγνωσης της παρατεταμένης ξηρασίας που βασίζεται στη βροχόπτωση, στο υποκεφάλαιο 5.2.3 προτείνεται δείκτης για τη διάγνωση υποβάθμισης των ΥΣ και στο υποκεφάλαιο 5.2.4 προτείνεται η υιοθέτηση ενός απλού δείκτη οικονομικών και κοινωνικών επιπτώσεων βασισμένου στις αρδεύσεις από τα οργανωμένα αρδευτικά δίκτυα.

5.2.2 Δείκτης Παρατεταμένης Ξηρασίας

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι στις μη Μεσογειακές χώρες της ΕΕ η υπερετήσια ταμίευση νερού είναι η εξαίρεση και, κατά συνέπεια, η σοβαρότητα της επίδρασης της ξηρασίας εξαρτάται κυρίως από τη χρονική της διάρκεια. Στην Ελλάδα όμως, όπου η ταμίευση παίζει κυρίαρχο ρόλο στη διαχείριση των υδάτινων πόρων, κρίσιμο είναι το συνδυασμένο μέγεθος της ξηρασίας που λαμβάνει υπόψη τόσο τη διάρκεια όσο και την ένταση, δηλαδή το βαθμό

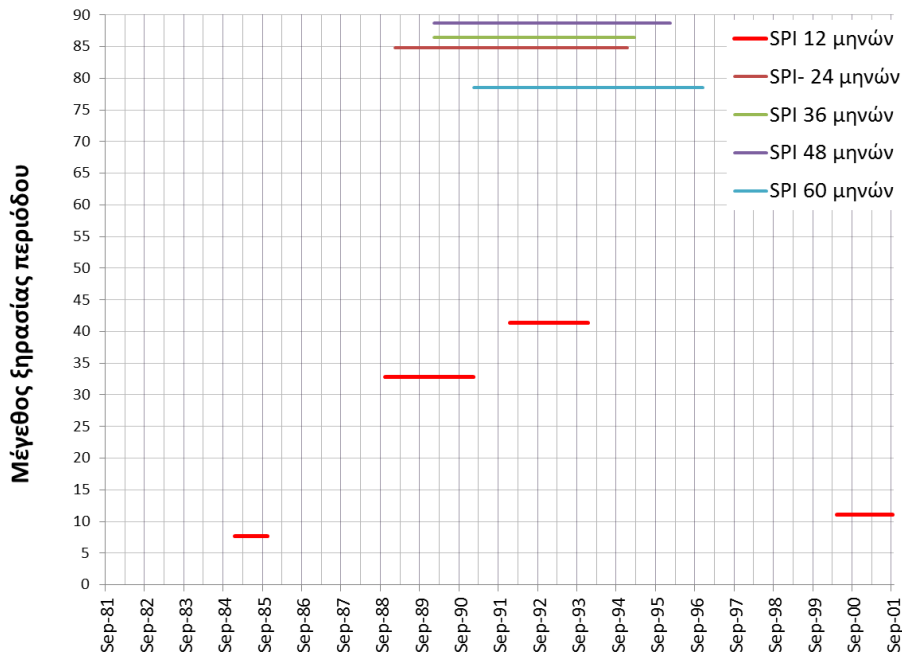
μείωσης της βροχόπτωσης ή των απορροών. Το «μέγεθος ξηρασίας» (DM) του δείκτη SPI αποτελεί ένα τέτοιο μέτρο της συνδυασμένης διάρκειας και έντασης.

Από την ανάλυση των Μεγεθών Ξηρασίας (Drought Magnitude - DM) που προκύπτουν από τους δείκτες SPI για διαφορετικές χρονικές κλίμακες των ιστορικών βροχοπτώσεων (βλ. Σχήμα 22) προτείνονται τα ακόλουθα όρια Μεγέθους Ξηρασίας για την κατάταξη του γεγονότος στην κατηγορία της «παρατεταμένης ξηρασίας»:

Πίνακας 9: Όρια Παρατεταμένης Ξηρασίας με βάση το μέγεθος ξηρασίας

Δείκτης SPI	Όριο Μεγέθους Ξηρασίας DM
12 μηνών	30
24 μηνών	40
36 μηνών	50
48 μηνών	60
60 μηνών	70

Τα παραπάνω όρια έχουν το πλεονέκτημα της σαφήνειας. Ωστόσο χρησιμεύουν κυρίως ως διαπίστωση. Μία αρκετά καλή ένδειξη (όπως προκύπτει από την ανάλυση των χρονοσειρών) ότι ένα γεγονός εξελίσσεται σε παρατεταμένη ξηρασία είναι εάν ο δείκτης SPI είναι μικρότερος του -1,5 όταν ο δείκτης μεγέθους DM είναι ίσος με το ήμισυ του ορίου του. Από το γράφημα του Σχήμα 22 προκύπτει ότι στη Ήπειρο καταγράφεται γεγονός παρατεταμένης ξηρασίας του οποίου η έναρξη, η λήξη και η διάρκεια μεταβάλλεται ανάλογα με την χρονική κλίμακα υπολογισμού του δείκτη SPI. Για παράδειγμα με βάση τον SPI των 12 μηνών προκύπτουν 2 επεισόδια παρατεταμένης ξηρασίας διάρκειας περίπου 2 χρόνων, με βάση τον SPI των 24 μηνών προκύπτει ένα επεισόδιο παρατεταμένης ξηρασίας διάρκειας περίπου 4 ετών (1989-1993).



Σχήμα 22. Μέγεθος Ξηρασίας για διαφορετικές κλίμακες του Δείκτη SPI για τη Ήπειρο

5.2.3 Δείκτες Διάγνωσης Ταξινόμησης των ΥΣ

Οι δείκτες αυτοί προτείνεται να είναι ταυτόσημοι με τα βιολογικά ποιοτικά στοιχεία τα οποία χρησιμοποιούνται για την ταξινόμηση της οικολογικής κατάστασης σε ποτάμια ΥΣ.

Σύμφωνα με την ΟΠΥ, τα βιολογικά ποιοτικά στοιχεία είναι: η σύσταση και αφθονία της υδατικής χλωρίδας, η σύνθεση και αφθονία της πανίδας βενθικών ασπονδύλων (βενθικά μακροασπόνδυλα), καθώς και η σύνθεση και αφθονία και κατανομή κατά ηλικίες της ιχθυοπανίδας. Για τα περισσότερα από αυτά τα βιολογικά ποιοτικά στοιχεία, δεν έχουν αναπτυχθεί εθνικές μέθοδοι αξιολόγησης της οικολογικής κατάστασης, καθώς είτε τα διαθέσιμα δεδομένα δεν επαρκούν για την περιγραφή συνθηκών αναφοράς, είτε δεν έχουν ακόμη κατασκευαστεί δείκτες εκτίμησης των παραμέτρων για κάθε βιολογικό ποιοτικό στοιχείο, είτε τέλος η γνώση και εμπειρία πάνω στην βιολογία των συγκεκριμένων βιολογικών ποιοτικών στοιχείων δεν επαρκεί για την σύνδεση της κατάστασης των βιοκοινωνιών με την κατάσταση των ΥΣ.

Στο πλαίσιο εφαρμογής του προγράμματος παρακολούθησης και ταξινόμησης των σωμάτων με βάση το προτεινόμενο δίκτυο παρακολούθησης «Επικαιροποιημένα Προγράμματα Παρακολούθησης της Ποιοτικής και Ποσοτικής Κατάστασης των Επιφανειακών και Υπογείων Υδατικών Συστημάτων» έχει προταθεί ως συμπληρωματικό μέτρο στο Πρόγραμμα Μέτρων του Σχεδίου Διαχείρισης της Ηπείρου να υπάρξει στοχευμένη εξέταση της δυνατότητας επίτευξης της καλής οικολογικής κατάστασης (ιδιαίτερα βάσει μετρήσεων των βιολογικών ποιοτικών στοιχείων)

Σε περίοδο ξηρασίας θα πρέπει να καταβάλλεται προσπάθεια για την έγκαιρη αξιολόγηση των μετρήσεων.

5.2.4 Δείκτης Βασισμένος στη μη Ικανοποίηση Αρδευτικής Ζήτησης

Βασική αρχή της Οδηγίας 2000/60 είναι ότι στη διαχείριση των υδάτινων πόρων η κάλυψη των υδρευτικών αναγκών αποτελεί πρώτη προτεραιότητα ανεξάρτητα μετεωρολογικών συνθηκών. Ο σχετικός δείκτης, συνεπώς, εστιάζει στη μη ικανοποίηση της αρδευτικής ζήτησης. Προκειμένου να είναι απλή η εκτίμηση του δείκτη, αυτός περιορίζεται στα συλλογικά αρδευτικά δίκτυα (ΤΟΕΒ). Προτείνεται να είναι ενδεικτική των επιπτώσεων παρατεταμένης ξηρασίας η μη κάλυψη τουλάχιστον του 50% της αρδευτικής ζήτησης από τα οργανωμένα αρδευτικά δίκτυα, σε σύγκριση με τη ζήτηση περιόδων όπου δεν παρατηρείται επεισόδιο ξηρασίας.

5.3 Διερεύνηση Επίδρασης Παρατεταμένης Ξηρασίας σε ΥΣ

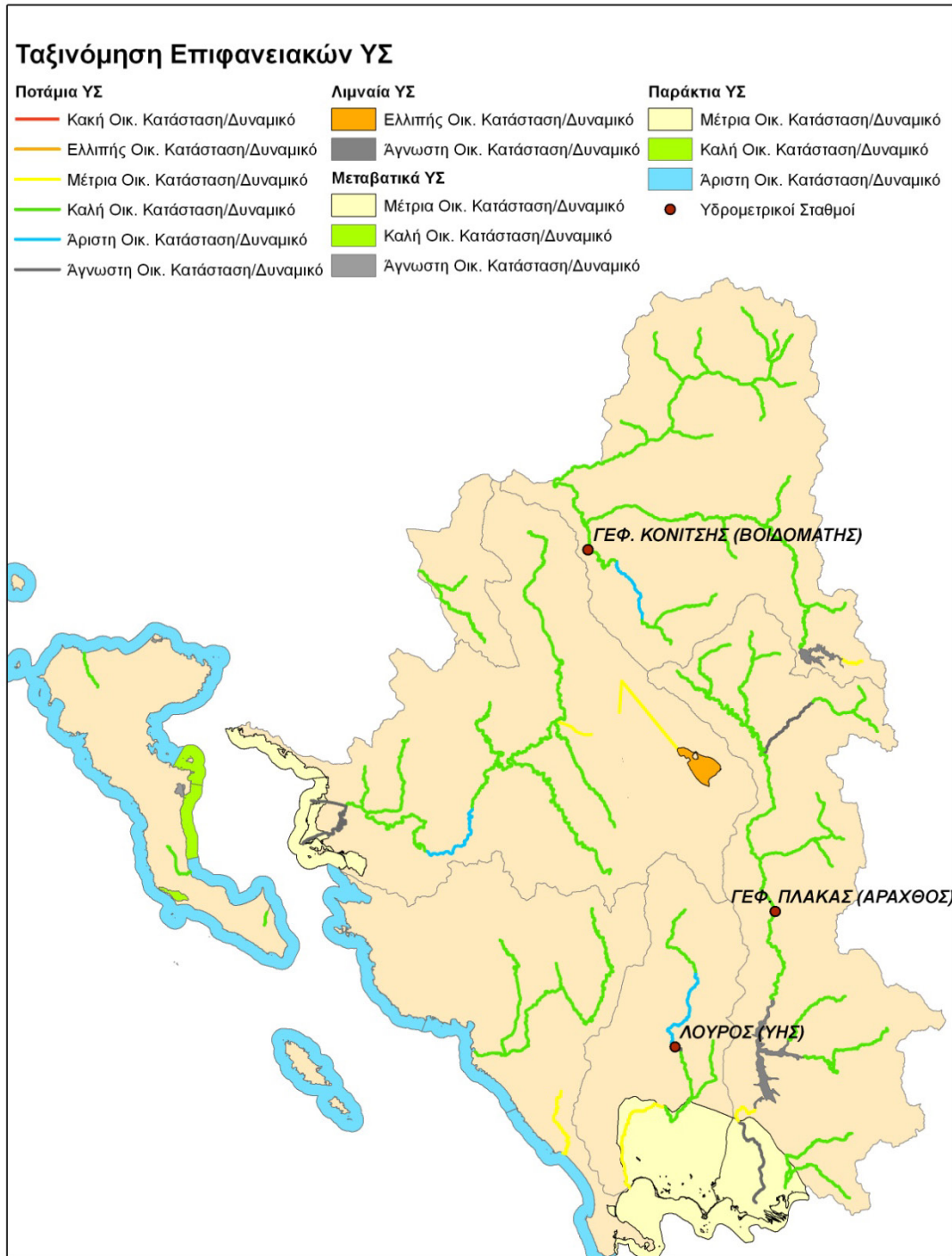
5.3.1 Εισαγωγή

Ένα επεισόδιο παρατεταμένης ξηρασίας «επιτρέπει» την προσωρινή υποβάθμιση της οικολογικής κατάστασης/δυναμικό ορισμένων ΥΣ λόγω πρόσθετων δυσκολιών που μπορεί να επιφέρει στη διατήρηση ή βελτίωση της οικολογικής κατάστασης/δυναμικό αυτών των ΥΣ. Επομένως, όταν η παρατεταμένη ξηρασία συμβεί, αυτή η πιθανή εξαίρεση των ΥΣ απαιτείται να εφαρμοστεί. Παράλληλα όμως είναι σημαντικό να αποτιμηθούν οι επιπτώσεις της παρατεταμένης ξηρασίας στις περιβαλλοντικές και κοινωνικοοικονομικές συνθήκες διότι αυτή η αποτίμηση θα συμβάλλει στον χρονικό προσδιορισμό της λήξης της προσωρινής υποβάθμισης της οικολογικής κατάστασης των σωμάτων παρά τη λήψη έκτακτων μέτρων για την αντιμετώπιση της παρατεταμένης ξηρασίας.

Στις παραγράφους που ακολουθούν, περιγράφεται η επίδραση του επεισοδίου παρατεταμένης ξηρασίας κατά την εξαετία 1988-1994 στις παρατηρημένες απορροές των επιφανειακών σωμάτων και στις μετρημένες πιεζομετρικές στάθμες των υπόγειων σωμάτων αντίστοιχα.

5.3.2 Επίδραση Παρατεταμένης Ξηρασίας σε Επιφανειακά Σώματα

Το Κείμενο Τεκμηρίωσης «Αξιολόγηση και ταξινόμηση της ποιοτικής κατάστασης των επιφανειακών υδατικών συστημάτων», στο οποίο βασίζεται η κατάρτιση του Σχεδίου Διαχείρισης Υδατικών Πόρων για το ΥΔ Ηπείρου, καταλήγει ότι σήμερα σε ένα σύνολο 106 επιφανειακών υδάτινων σωμάτων, μόλις τα 15 ταξινομούνται σε οικολογική κατάσταση/δυναμικό κατώτερη της καλής και 38 σε άγνωστη οικολογική ή χημική κατάσταση. Από αυτά, 1 βρίσκεται σε ελλιπή οικολογική κατάσταση/δυναμικό, και 14 σε μέτρια κατάσταση/δυναμικό. Ο χάρτης που ακολουθεί δίνει την χωρική εικόνα της ταξινόμησης της οικολογικής κατάστασης/δυναμικό των επιφανειακών υδάτινων σωμάτων στην Ήπειρο.



Σχήμα 23. Ταξινόμηση της οικολογικής κατάστασης/δυναμικό των επιφανειακών σωμάτων στην Ήπειρο

Στον χάρτη του Σχήμα 23 φαίνεται, επίσης, η θέση υδρομετρικών σταθμών για τους οποίους υπάρχουν διαθέσιμες μετρήσεις παροχής για την περίοδο 1989-1993 που διήρκησε το επεισόδιο παρατεταμένης ξηρασίας με βάση τον SPI των 24 μηνών. Παρατηρείται ότι τα ποτάμια σώματα επί των οποίων βρίσκονται οι υδρομετρικοί σταθμοί ταξινομήθηκαν σε καλή οικολογική κατάσταση.

Όπως αναφέρθηκε στην παράγραφο 2.1.1, η μέση τιμή των μηνιαίων υδρομετρήσεων στις θέσεις ΥΗΣ Λούρου, Αγ. Νικόλαος (Αραχθος) και Γεφ. Κόνιτσας (Βοϊδομάτης) είναι

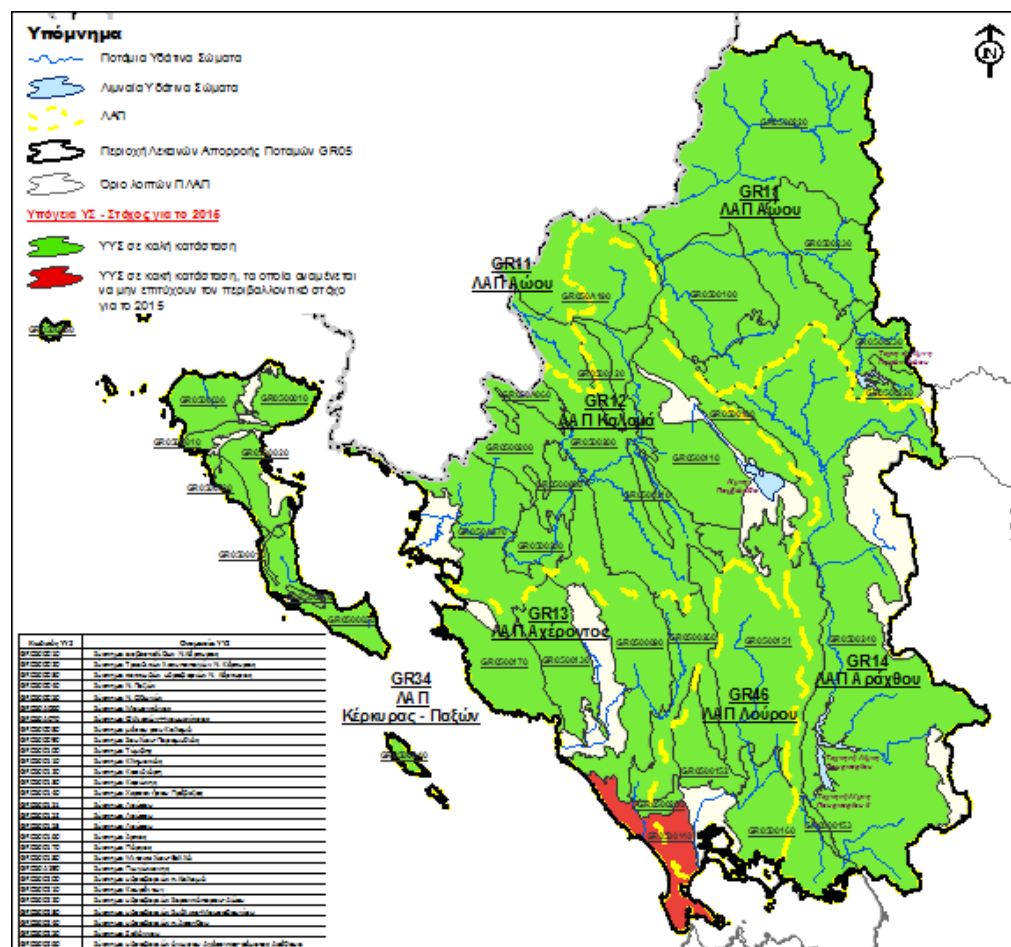
πολλαπλάσια μεγαλύτερη από τις μηνιαίες υδρομετρήσεις κατά τη διάρκεια του επεισοδίου παρατεταμένης ξηρασίας 1989-1993.

Ο σαφής προσδιορισμός της επίδρασης ενός επεισοδίου παρατεταμένης ξηρασίας στην οικολογική κατάσταση των επιφανειακών ποτάμιων σώματων θα επιτευχθεί μόνο όταν αποσαφηνιστεί η σχέση μεταξύ της μεταβολής της απορροής με τη μεταβολή σε βιολογικά ποιοτικά στοιχεία. Η αποσαφήνιση αυτή αναμένεται να πραγματοποιηθεί με την υλοποίηση του συνεχούς προγράμματος παρακολούθησης και ταξινόμησης των σωμάτων με βάση το προτεινόμενο δίκτυο παρακολούθησης «Επικαιροποιημένα Προγράμματα Παρακολούθησης της Ποιοτικής και Ποσοτικής Κατάστασης των Επιφανειακών και Υπογείων Υδατικών Συστημάτων».

5.3.3 Επίδραση Παρατεταμένης Ξηρασίας σε Υπόγεια Σώματα

Στο κείμενο Τεκμηρίωσης «Αξιολόγηση και ταξινόμηση της ποιοτικής (χημικής) και ποσοτικής κατάστασης των υπογείων υδατικών συστημάτων στο οποίο βασίζεται η κατάρτιση του Σχεδίου Διαχείρισης Υδατικών Πόρων στο ΥΔ της Ηπείρου, παρουσιάζεται η ποιοτική και ποσοτική κατάσταση των υπογείων υδατικών συστημάτων. Στο ΥΔ Ηπείρου εκ των 26 υπογείων συστημάτων το ένα βρίσκονται σε κακή ποσοτική και χημική κατάσταση.

Ο χάρτης που ακολουθεί παρουσιάζει την ανάπτυξη και τον χαρακτηρισμό των υπογείων υδατικών συστημάτων της Ηπείρου.



Σχήμα 24. Ταξινόμηση Ποιοτικής Κατάστασης Υπόγειων Υδατικών Συστημάτων ΥΔ Ηπείρου

Κατά τη διάρκεια της ξηρασίας – λειψυδρίας η φυσική επανατροφοδότηση των υπογείων υδατικών συστημάτων υπολείπεται της μέσης ετήσιας τροφοδοσίας με αποτέλεσμα την ποσοτική υποβάθμιση του συστήματος.

Στις περιπτώσεις που έχουμε χρονοσειρά μετρήσεων της υπόγειας στάθμης παρατηρείται άμεση συσχέτιση καμπύλης SPI με την υπόγεια διακύμανση του νερού. Κατά τη διάρκεια εμφάνισης μετεωρολογικής ξηρασίας, για να καλυφθούν οι αυξημένες ανάγκες των καλλιεργειών, αυξάνονται οι αντλήσεις από τους υπόγειους υδροφορείς. Η πρακτική αυτή της αύξησης των αντλήσεων, πολλές φορές παραμένει και τις επόμενες χρονιές με αποτέλεσμα να υπάρχει υστέρηση στην επαναφορά της στάθμης που συνδέεται φυσικά με τις συνθήκες επαναπλήρωσης των αντλούμενων ποσοτήτων.

Στην περίπτωση ελεύθερης επιφάνειας (φρεάτιας) υπόγειας υδροφορίας, η επαναπλήρωση γίνεται με σχετική ευκολία τις επόμενες πλέον υγρές περιόδους. Στην περίπτωση, αντιθέτως, ανάπτυξης υπό πίεση υδροφοριών η επαναπλήρωση είναι πλέον χρονοβόρα και επέρχεται με καθυστέρηση. Να τονιστεί επίσης, ότι η διακύμανση της υπόγειας εκφόρτισης δεν σχετίζεται μόνο με συνθήκες φυσικής υπόγειας εκφόρτισης των υπογείων συστημάτων αλλά και με τις ποσότητες και τους ρυθμούς αντλήσεων.

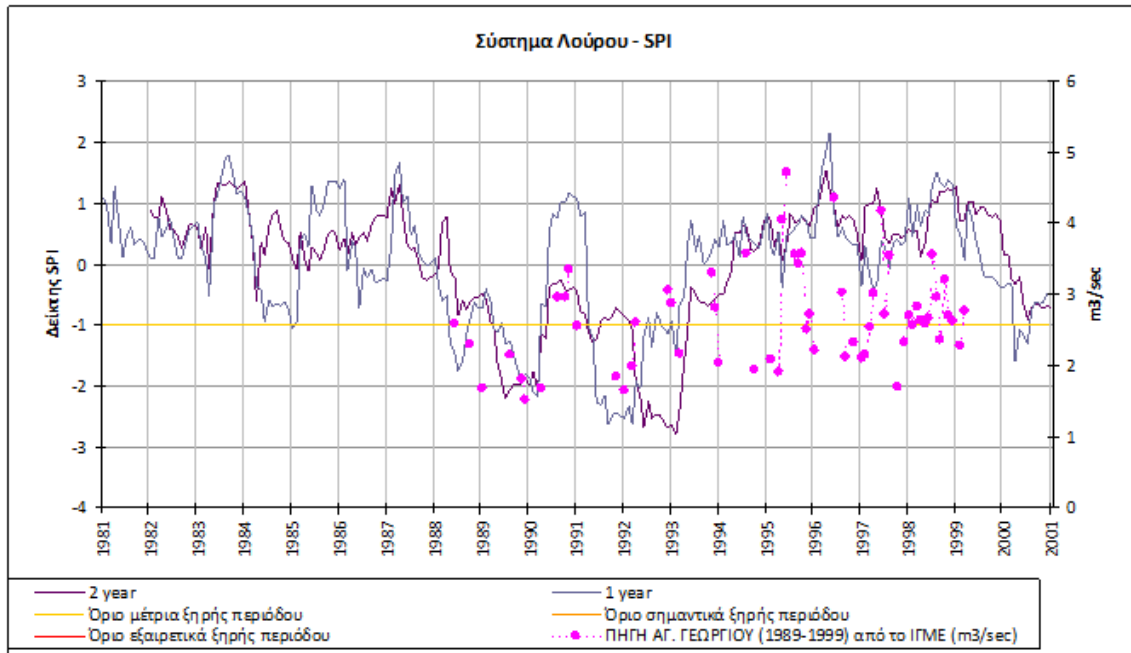
Στο υδατικό διαμέρισμα της Ηπείρου η μείωση αυτή της τροφοδοσίας στο μέλλον κατά τις περιόδους ξηρασίας επιδεινώνει περαιτέρω την κακή ποσοτική κατάσταση των κύριων κοκκωδών υδατικών συστημάτων τα οποία βρίσκονται σε κακή κατάσταση (Χερσονήσου – Πρέβεζας).

Τα ελλιπή δεδομένα μετρήσεων παροχών δεν μας επιτρέπουν πάντα τη σύγκρισή τους με την μετεωρολογική ξηρασία και την εξαγωγή συμπερασμάτων που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν διαχειριστικά στο μέλλον.

Στις μεγάλες πηγές με εκτεταμένη λεκάνη τροφοδοσίας όπως οι πηγές Αγ. Γεωργίου Λούρου, δεν παρατηρείται, άμεσα, για διάστημα 1-2 ετών ουσιαστική διαφοροποίηση των εκφορτίσεων. Η μείωση των πηγαίων εκφορτίσεων μετατοπίζεται 1-2 χρόνια μετά εξαιτίας της ταχύτητας υπόγειας διακίνησης των νερών. Στις μικρότερες πηγές που εκφορτίζουν μικρότερες υδρογεωλογικές λεκάνες, καρστικό σύστημα Πίνδου, η συσχέτιση των συνθηκών τροφοδοσίας (βροχοπτώσεις) και των πηγαίων εκφορτίσεων είναι πλέον άμεση με κάποια υστέρηση κάποιων μηνών στην εμφάνιση των ελάχιστων τιμών. Η μη ύπαρξη όμως χρονοσειρών δεν επιτρέπει την διατύπωση ασφαλών συμπερασμάτων.

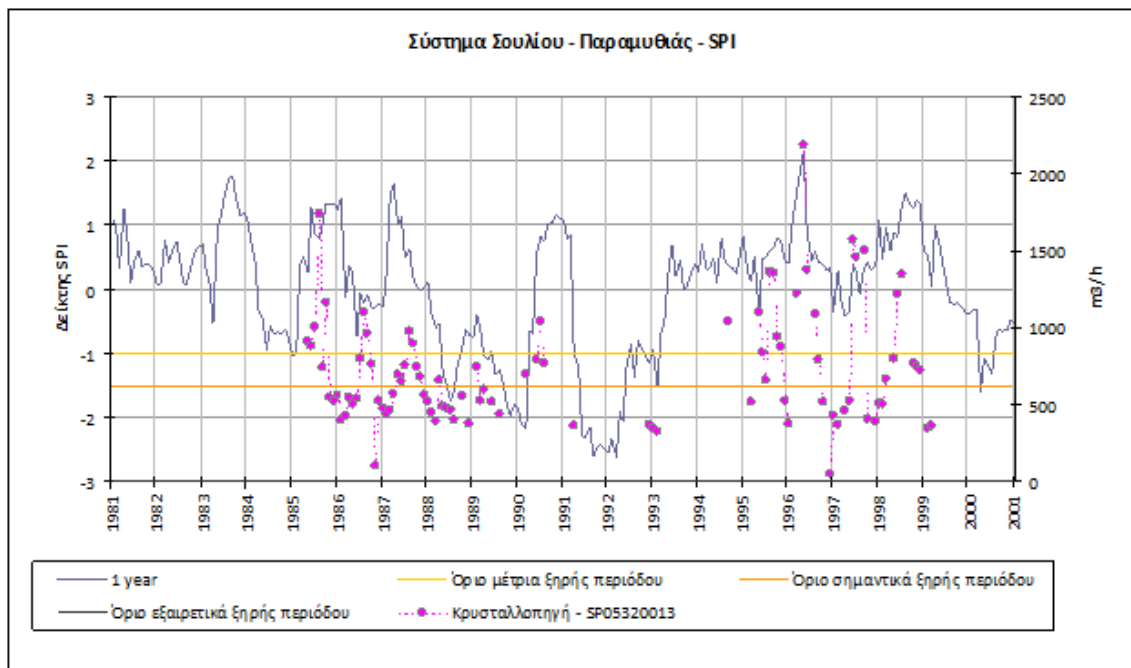
Σε κάποιες πηγές που χρησιμοποιούνται για κάλυψη αναγκών άρδευσης και ύδρευσης μέσω αντλήσεων από γεωτρήσεις η συσχέτιση αυτή είναι δυσκολότερη γιατί στις περιόδους ξηρασίας αυξάνονται οι αντλήσεις και πλασματικώς μειώνονται οι εκφορτίσεις λόγω αναρρύθμισης. Είναι σκόπιμο εδώ, να λαμβάνονται υπόψη και οι απολήψεις μέσω γεωτρήσεων για τον υπολογισμό των εκφορτίσεων.

Δίνονται στη συνέχεια τα συγκριτικά διαγράμματα δείκτη ξηρασίας SPI και παροχής των πηγών Αγ. Γεωργίου (του καρστικού συστήματος Λούρου), Αώου – Αετόπετρας (σύστημα Τύμφης), Περίβλεπτος (καρστικού συστήματος Μιτσικελίου) και Κρυσταλλοπηγή Αχέροντα (καρστικό σύστημα Σουλίου – Παραμυθιάς).

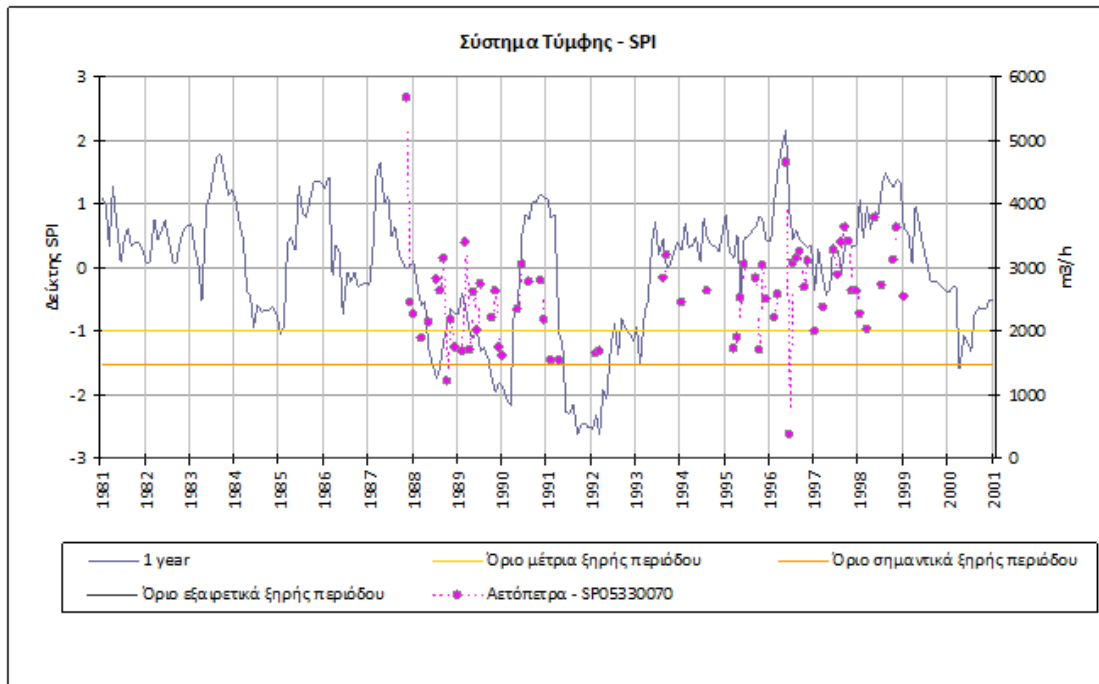


Σχήμα 25. Συσχέτιση του δείκτη SPI 1 έτους με την διακύμανση της παροχής της πηγής Αγ. Γεωργίου συστήματος Λούρου

Συγκρίνοντας τις εκφορτίσεις της πηγής Αγ. Γεωργίου με το δείκτη ξηρασίας SPI παρατηρούμε ότι υπάρχει συσχέτιση ιδιαίτερα μεταξύ μέγιστων και ελάχιστων τιμών. Η συσχέτιση αυτή συνδέεται και με την αλληλοσύνδεση της παροχής της πηγής με τις παροχές του Λούρου (διηθήσεις ανάντη των παροχών του ποταμού). Η έλλειψη πλήρους χρονοσειράς δεν επιτρέπει τη λεπτομερή συσχέτιση και την εξαγωγή συμπερασμάτων επί της συμπεριφοράς της πηγής.



Σχήμα 26. Συσχέτιση του δείκτη SPI 1 έτους με την διακύμανση της παροχής πηγής του συστήματος Σουλίου



Σχήμα 27. Συσχέτιση του δείκτη SPI 1 έτους με την διακύμανση της παροχής πηγής του συστήματος Τύμφης

Και για τις υπόλοιπες πηγές παρατηρείται άμεση συσχέτιση μεταξύ της αυξομείωσης του δείκτη ξηρασίας και των εκφορτίσεων της πηγής. Το γεγονός και εδώ της έλλειψης συνεχών μετρήσεων κατά την ξηρή περίοδο δεν μας επιτρέπει λεπτομερή σύγκριση της χρονοσειράς εκφορτίσεων και του δείκτη ξηρασίας.

Στο καρστικό σύστημα Μιτσικελίου μετά το 1987 παρατηρείται μια μείωση των εκφορτίσεων μη συσχετιζόμενη άμεσα με το δείκτη SPI η οποία συνδέεται με αντλήσεις μέσω γεωτρήσεων (ΔΕΥΑ Ιωαννίνων) υπόγειου νερού που σε διαφορετική περίπτωση θα κατέληγε στις πηγές.

Το χαρακτηριστικό ως προς τα ζητήματα διαχείρισης είναι το γεγονός της άμεσης απόκρισης και αύξησης των εκφορτίσεων στις αμέσως επόμενες υγρές περιόδους εξαιτίας της εύκολης τροφοδοσίας του καρστικού συστήματος. Η άμεση αυτή απόκριση των μεγάλων καρστικών συστημάτων δίνει τη δυνατότητα σε περιόδους ξηρασίας της αύξησης των αντλήσεων για την κάλυψη των άμεσων αναγκών άρδευσης και ύδρευσης μέσω γεωτρήσεων με δεδομένη την επαναπλήρωση κατά τις επόμενες χρονιές των αντλούμενων ποσοτήτων.

6 Βραχυπρόθεσμα Μέτρα (Re-Active Measures) Αντιμετώπισης των Επιπτώσεων Ξηρασίας

6.1 Εισαγωγή

Υπενθυμίζεται ότι η ξηρασία – σε αντίθεση με την λειψυδρία – είναι ένα φυσικό και απρόβλεπτο φαινόμενο, το οποίο δεν προκαλείται από ανθρώπινη παρέμβαση. Ωστόσο, οι επιπτώσεις ενός επεισοδίου ξηρασίας εξαρτώνται από το βαθμό εκμετάλλευσης ενός υδάτινου πόρου σε μια λεκάνη απορροής και μπορεί να είναι ιδιαίτερα αρνητικές σε περιπτώσεις μη ορθολογικής χρήσης νερού (για παράδειγμα μη βιώσιμες πρακτικές διαχείρισης υδάτινων πόρων). Ορισμένα στοχευμένα μέτρα αντιμετώπισης και πρόληψης ξηρασίας μπορεί να ληφθούν με στόχο τη σταδιακή μείωση των επιπτώσεων ενός επεισοδίου ξηρασίας αλλά δεν υπάρχουν μέτρα που θα αποτρέψουν την εμφάνιση της ξηρασίας.

Όλες οι κατηγορίες ξηρασίας (βλέπε Πίνακας 9) εκτός της παρατεταμένης ξηρασίας θα πρέπει να είναι διαχειρίσιμες και αντιμετωπίσιμες χωρίς την εφαρμογή του Άρθρου 4.6, με άλλα λόγια οι περιβαλλοντικοί στόχοι των υδάτινων σωμάτων δεν θα πρέπει να παραβιάζονται με περαιτέρω υποβάθμιση των σωμάτων. Επομένως σε συνθήκες ξηρασίας ή λειψυδρίας, οι καταναλώσεις νερού θα πρέπει να περιορίζονται ώστε να έρχονται σε ισορροπία με το μειωμένο διαθέσιμο υδατικό δυναμικό. Οι επιπτώσεις της παρατεταμένης ξηρασίας αποτελούν ειδική περίπτωση και θα πρέπει να αντιμετωπιστούν με ειδικά μέτρα στο Σχέδιο Ξηρασίας. Η προβλεπόμενη επαναληπτική διαδικασία των κύκλων διαχειριστικής περιόδου της Οδηγίας περιλαμβάνει τον περιοδικό έλεγχο των στόχων και των συσχετιζόμενων μέτρων έτσι ώστε να λαμβάνεται υπόψη η χρονική εξέλιξη των επιπτώσεων των επεισοδίων ξηρασίας σε βάθος χρόνου.

Τα μέτρα για την αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών, οικονομικών και κοινωνικών επιπτώσεων από ξηρασία και λειψυδρία διακρίνονται σε βραχυπρόθεσμα (re-active) και σε μακροπρόθεσμα (pro-active). Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφονται τα βραχυπρόθεσμα μέτρα, τα οποία εφαρμόζονται επιτόπου με την έλευση ενός επεισοδίου ξηρασίας. Τα μακροπρόθεσμα που στοχεύουν στην ορθή χρήση των υδάτινων πόρων υπό συνθήκες ξηρασίας περιγράφονται στο επόμενο κεφάλαιο.

6.2 Διάγνωση Ξηρασίας – Επίπεδα Επιφυλακής

Ένας από τους κύριους στόχους του Σχεδίου Ξηρασίας είναι να προτείνει τη διαμόρφωση ενός αξιόπιστου συστήματος έγκαιρης προειδοποίησης που βασίζεται σε υδρολογικούς δείκτες, οι οποίοι είναι εύκολο να εκτιμηθούν και θεωρούνται αντιπροσωπευτικοί της χωρικής και χρονικής διάστασης ενός επεισοδίου ξηρασίας, έτσι ώστε να είναι δυνατή η άμεση αναγνώριση του επεισοδίου και η διάγνωση της έντασής του. Είναι προτιμότερο οι δείκτες αυτοί να είναι υδρολογικοί ώστε να αποτυπώνουν την υδρολογική ξηρασία διότι ένα Σχέδιο Ξηρασίας συνδέεται άμεσα με την λήψη πολιτικών αποφάσεων για τη διαχείριση των υδάτινων πόρων υπό συνθήκες ξηρασίας ή λειψυδρίας.

Οι δείκτες αυτοί μπορεί να σχετίζονται με τον ωφέλιμο όγκο των ταμιευτήρων, την πιεζομετρία των υπόγειων υδατικών συστημάτων, τις απορροές των ποταμιών, την βροχόπτωση ή με ποιοτικά βιολογικά στοιχεία. Ωστόσο, όπως έχει ήδη αναλυθεί εκτενώς στο κεφάλαιο 4, η διάγνωση ενός επεισοδίου ξηρασίας για το ΥΔ Ηπείρου επιλέχθηκε να βασίζεται στον δείκτη SPI, ο οποίος εκτιμάται με βάση την βροχόπτωση και χρονική κλίμακα μεγαλύτερη ή ίση των 12 μηνών, ώστε να αποτυπώνει την υδρολογική ξηρασία.

Σε συμφωνία με την έκθεση «Drought Management Plan Report» (European Commission, Technical Report 2008-23), οι συνθήκες που επικρατούν από πλευράς ξηρασίας χαρακτηρίζονται ότι εμπίπτουν είτε σε κατάσταση επιφυλακής είτε σε κατάσταση εκτός επιφυλακής. Επίσης, ορίζονται τέσσερα επίπεδα για την κατάσταση επιφυλακής που είναι «ήπια», «μέτρια», «υψηλή» και «εξαιρετικά υψηλή» και προτείνεται η ακόλουθη χρωματική διαφοροποίηση των επιπέδων επιφυλακής: «εκτός επιφυλακής» και «ήπιο» με πράσινο χρώμα, «μέτριο» με κίτρινο χρώμα, «υψηλό» με πορτοκαλί χρώμα και «εξαιρετικά υψηλό» με κόκκινο χρώμα.

Ο δείκτης SPI 12 μηνών είναι εκείνος με βάση τον οποίο επιλέγεται το επίπεδο επιφυλακής διότι θεωρείται ότι αποτυπώνει ορθότερα την υδρολογική ξηρασία. Η αντιστοίχιση δείκτη και επιπέδων παρουσιάζεται στον Πίνακας 9.

Πίνακας 10. Αντιστοίχιση Δείκτη SPI-12 μηνών με Επίπεδο Επιφυλακής Ξηρασίας

SPI-12μηνών	Κατηγορία Ξηρασίας	Επίπεδο Επιφυλακής
> -0,5		Εκτός επιφυλακής (Normal status)
< -0,5	Ήπια ξηρασία (Near Normal)	Ήπιο (Near normal status)
< -1,0	Μέτρια ξηρασία (Moderate Drought)	Μέτριο (Pre- Alert status)
< -1,5	Σοβαρή ξηρασία (Severe Drought)	Υψηλό (Alert status)
< -2,0	Εξαιρετική ξηρασία (Extreme Drought)	Εξαιρετικά υψηλό (Emergency or extreme status)

Οι παραπάνω διαβαθμίσεις στις τιμές του δείκτη SPI αποτελούν τις τιμές κατωφλίου για τον προσδιορισμό της έλευσης φαινομένων ξηρασίας και τον χαρακτηρισμό του επιπέδου επιφυλακής αυτών.

Γενικά, η αντιστοίχιση των βραχυπρόθεσμων και μακροπρόθεσμων μέτρων αντιμετώπισης των επιπτώσεων της ξηρασίας με τα προαναφερθέντα επίπεδα επιφυλακής έχει ως εξής:

Εκτός Επιφυλακής ή σε Ήπιο Επίπεδο Επιφυλακής:

Πρόκειται για την χρονική φάση του στρατηγικού προληπτικού σχεδιασμού όπου εφαρμόζονται τα μακροπρόθεσμα μέτρα με έμφαση στη διαχείριση της ζήτησης και στην επαναχρησιμοποίηση. Αναλυτικά για τα μέτρα αυτά θα αναφερθούμε στο επόμενο κεφάλαιο.

Μέτριο Επίπεδο Επιφυλακής:

Ο κύριος στόχος αυτής της χρονικής φάσης είναι να αποτραπεί η υποβάθμιση των υδάτινων σωμάτων με τη λήψη στοχευμένων μέτρων που είναι είτε εκπαιδευτικά μέτρα πληροφοριακού χαρακτήρα είτε εθελοντικά μέτρα εξοικονόμησης νερού.

Υψηλό Επίπεδο Επιφυλακής:

Πρόκειται για την εντατικοποίηση του μέτριου επιπέδου επιφυλακής με την έννοια ότι το επεισόδιο ξηρασίας εμμένει, εξελίσσεται και κατά συνέπεια τα αντίστοιχα μέτρα διαχείρισής του πρέπει να ενταθούν. Εξακολουθεί να αποτελεί προτεραιότητα η αποτροπή της υποβάθμισης των υδάτινων σωμάτων και επομένως η εφαρμογή των μέτρων εξοικονόμησης νερού γίνεται επιτακτική. Ανάλογα με τις κοινωνικο-οικονομικές επιπτώσεις, μέτρα προσωρινού περιορισμού της αρδευτικής ζήτησης θα πρέπει σε αυτό το επίπεδο επιφυλακής να εφαρμοστούν με την συμφωνη γνώμη των κοινωνικών εταίρων. Τέλος, περιοχές Natura με υψηλή οικολογική αξία θα πρέπει να παρακολουθούνται πιο στενά από το σχετικό δίκτυο παρακολούθησης, ώστε να αποφευχθεί η επιδείνωσή τους.

Εξαιρετικά Υψηλό Επίπεδο Επιφυλακής:

Όταν όλα τα μέτρα των προηγούμενων επιπέδων επιφυλακής έχουν εφαρμοστεί και δεν αποδίδουν διότι η ξηρασία εμμένει, και επομένως οι υδάτινοι πόροι δεν είναι επαρκείς για την κάλυψη των ζητήσεων, θα πρέπει να ληφθούν πρόσθετα μέτρα με στόχο την ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων της ξηρασίας στα ΥΣ.

Είναι σημαντικό εδώ να τονιστεί ότι η κάλυψη των υδρευτικών αναγκών αποτελεί πρώτη προτεραιότητα σε σύγκριση με τις υπόλοιπες χρήσεις νερού στο πλαίσιο της Οδηγίας 2000/60. Ειδικά, για τους οικισμούς των πλέον ορεινών Δήμων, των οποίων η ύδρευση εξαρτάται κυρίως από μικρές διάσπαρτες πηγές και δευτερευόντως από γεωτρήσεις, κατά τη διάρκεια ενός επεισοδίου ξηρασίας η τρωτότητα τους θεωρείται μέση προς χαμηλή εξαιτίας της άμεσης σύνδεσης της παροχής των πηγών με τις βροχοπτώσεις. Αντίθετα στις περιπτώσεις των Δήμων, των οποίων η ύδρευση γίνεται από μεγάλες καρστικές πηγές με δυνατότητα αναρρύθμισης των εκφορτίσεων στις περιόδους ξηρασίας, η τρωτότητα τους είναι χαμηλή.

6.3 Έκτακτα Μέτρα Διαχείρισης της Ζήτησης Νερού

Πρόκειται για τα βραχυπρόθεσμα μέτρα επιχειρησιακού χαρακτήρα, τα οποία επιβάλλεται να εφαρμόζονται από τη στιγμή που η ξηρασία διαγνωστεί τουλάχιστον ως σοβαρή ξηρασία και επομένως το επίπεδο επιφυλακής είναι υψηλό.

6.3.1 Έκτακτα Μέτρα Περιορισμού Κατανάλωσης Πόσιμου Νερού

Η επιβολή χρηματικών προστίμων ή πρόσθετης επιβάρυνσης των τιμολογίων σε μεγάλες καταναλώσεις από τις αρμόδιες αρχές (συνήθως ΔΕΥΑ) αποτελεί ένα αποτελεσματικό μέτρο αποθάρρυνσης της αλόγιστης χρήσης πόσιμου νερού, το οποίο έχει επιβληθεί πολλές φορές στο παρελθόν αποτελεσματικά. Η αποδοτικότητα του μέτρου εντοπίζεται κυρίως στον εκπαιδευτικό του χαρακτήρα για τη διαμόρφωση νοοτροπίας εξοικονόμησης νερού και όχι τόσο στην επίτευξη υπολογίσιμης μείωσης στην κατανάλωση.

6.3.2 Έκτακτα Μέτρα Ελέγχου Απολήψεων από Επιφανειακά Σώματα και από Υπόγεια Υδατικά Συστήματα

Η κάλυψη της ύδρευσης αποτελεί πρώτη προτεραιότητα σύμφωνα με την ΟΠΥ τόσο για τα επιφανειακά σώματα όσο και για τα υπόγεια υδατικά συστήματα.

Επιφανειακά Σώματα

Σε ότι αφορά τους τεχνητούς ταμιευτήρες/ λίμνες, τα έκτακτα μέτρα σε περιόδους ξηρασίας αφορούν τον δραστικό περιορισμό των αρδευτικών απολήψεων αφού πρώτα εξασφαλιστεί η κάλυψη των υδρευτικών αναγκών. Για παράδειγμα, κατά τη διάρκεια του επεισοδίου ξηρασίας κατά την περίοδο 1989-1993 στην Ήπειρο, είχε εφαρμοστεί δραστικός περιορισμός της αρδευτικής απόληψης από τη λίμνη Παμβώτιδα παρά τις οξύτερες κοινωνικές αντιδράσεις.

Υπόγεια Υδατικά Συστήματα

Στις περιπτώσεις που υδροληψία για κάλυψη αναγκών, κυρίως ύδρευσης, γίνεται από τις εκφορτίσεις μεγάλων πηγών, και οι πηγές αυτές είναι πηγές υπερπλήρωσης, είναι σκόπιμη η κατασκευή γεωτρήσεων στον ανάντη χώρο, οι οποίες θα ενεργοποιηθούν στις περιόδους ξηρασίας και παροδικής στείρευσης των πηγών.

Με τον τρόπο αυτό θα εξασφαλιστεί η κάλυψη των άμεσων αναγκών και θα πραγματοποιηθεί αναρρύθμιση των εκφορτίσεων των πηγών. Τις επόμενες υγρές περιόδους θα επέλθει επαναπλήρωση των αντλούμενων ποσοτήτων και σταδιακή επανεμφάνιση των πηγαίων εκφορτίσεων.

6.3.3 Έκτακτα Μέτρα για την Αντιμετώπιση Παρατεταμένης Ξηρασίας

Ενεργοποιούνται τα στρατηγικά αποθέματα νερού, τα οποία αποτελούν βασικό μέρος του προληπτικού σχεδιασμού για την αντιμετώπιση της λειψυδρίας και γι αυτό αναφέρονται στο ακόλουθο κεφάλαιο.

7 Μακροπρόθεσμα Μέτρα Προληπτικού Σχεδιασμού (Pro-Active Measures) για την Αντιμετώπιση της Λειψυδρίας

Στην Ελλάδα, ο προληπτικός σχεδιασμός για τη διαχείριση της ξηρασίας και την αντιμετώπιση της λειψυδρίας εντός των ορίων του ΥΔ υπό εξέταση στηρίζεται στο διαθέσιμο δυναμικό των υπόγειων υδατικών συστημάτων. Επομένως, η δυναμική της αντιμετώπισης ξηρασίας ενός συστήματος υπό απειλή είναι άμεσα εξαρτημένη από την ταξινόμηση της ποσοτικής κατάστασης των υπόγειων συστημάτων, όπως ήδη αναλύθηκε εκτενώς στο κεφάλαιο περί τρωτότητας (κεφάλαιο 3).

Τα μέτρα που αναφέρονται στο κεφάλαιο αυτό, είναι τα μακροπρόθεσμα μέτρα στρατηγικού χαρακτήρα που αφορούν στον προληπτικό σχεδιασμό και επομένως εφαρμόζονται είτε εκτός επιπέδου επιφυλακής για την έλευση ενός φαινομένου ξηρασίας είτε σε ήπιο επίπεδο επιφυλακής. Τα μέτρα αυτά αποσκοπούν δε κατά κύριο λόγο στην αντιμετώπιση λειψυδρίας.

7.1 Καταγραφή μέτρων που περιλαμβάνονται στο Πρόγραμμα Μέτρων του ΥΔ και συμβάλλουν στην αντιμετώπιση της ξηρασίας και λειψυδρίας

Στο υποκεφάλαιο αυτό αναφέρονται τα βασικά και συμπληρωματικά μέτρα που περιλαμβάνονται ήδη στο Πρόγραμμα Μέτρων του Σχεδίου Διαχείρισης των Υδάτινων Πόρων του ΥΔ Ηπείρου και σχετίζονται με το ζήτημα της αντιμετώπισης της ξηρασίας και λειψυδρίας. Τα μέτρα αναφέρονται με τους κωδικούς και την ονομασία τους στους πίνακες: Πίνακας 10 για τα βασικά μέτρα και Πίνακας 11 για τα συμπληρωματικά μέτρα. Η αναλυτική περιγραφή και κοστολόγησή τους περιλαμβάνεται στο Πρόγραμμα Μέτρων του Σχεδίου Διαχείρισης (Παράρτημα 5, Μέρος Α – Παραδοτέο 13) και δεν επαναλαμβάνεται εδώ.

Από τις κατηγορίες των βασικών μέτρων, ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στα μέτρα για την προώθηση αποδοτικής και αειφόρου χρήσης νερού, για τον έλεγχο απόληψης επιφανειακού και υπόγειου νερού και για την εφαρμογή του Άρθρου 7 της Οδηγίας (πόσιμο νερό).

Πίνακας 11. Βασικά μέτρα που σχετίζονται με την αντιμετώπιση της ξηρασίας και της λειψυδρίας

Κωδικός Μέτρου	Ονομασία Μέτρου	Κατηγορία Μέτρου
WD05B010	Προσαρμογή τιμολογιακής πολιτικής ώστε με ευέλικτο και αποτελεσματικό τρόπο να υπηρετεί ως κύρια στόχευση την περιβαλλοντική αειφορία και την αποφυγή σπατάλης νερού.	Μέτρα για εφαρμογή αρχής ανάκτησης κόστους
WD05B020	Υλοποίηση Σχεδίων Ασφάλειας Νερού σε Μεγάλες ΔΕΥΑ όπως οι ΔΕΥΑ Ιωαννίνων, Άρτας, Πρέβεζας, Ηγουμενίσσας και Κέρκυρας.	Μέτρα για προώθηση αποδοτικής και αειφόρου χρήσης νερού
WD05B030	Προώθηση τεχνολογιών αποτελεσματικής διαχείρισης του νερού στη βιομηχανία.	Μέτρα για προώθηση αποδοτικής και αειφόρου χρήσης νερού
WD05B040	Κατάρτιση θεσμικού πλαισίου και προγράμματος μέτρων για την κατ' οίκον εξοικονόμηση νερού.	Μέτρα για προώθηση αποδοτικής και αειφόρου χρήσης νερού
WD05B060	Ενίσχυση δράσεων περιορισμού των απωλειών στα συλλογικά δίκτυα άρδευσης.	Μέτρα για προώθηση αποδοτικής και αειφόρου χρήσης νερού
WD05B090	Έργα Αποκατάστασης / Ενίσχυσης υφιστάμενου δικτύου ύδρευσης.	Μέτρα για Άρθρο 7 της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ (πόσιμο νερό)
WD05B100	Δράσεις εκσυγχρονισμού της λειτουργίας των δικτύων ύδρευσης των μεγάλων πολεοδομικών συγκροτημάτων του ΥΔ. Έλεγχος Διαρροών.	Μέτρα για Άρθρο 7 της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ (πόσιμο νερό)
WD05B130	Τοποθέτηση συστημάτων καταγραφής απολήψεων σε γεωτρήσεις.	Μέτρα ελέγχου απόληψης επιφανειακού και υπόγειου νερού
WD05B140	Καταγραφή απολήψεων επιφανειακού νερού για ύδρευση, άρδευση και λοιπές χρήσεις από μεγάλους καταναλωτές.	Μέτρα ελέγχου απόληψης επιφανειακού και υπόγειου νερού
WD05B150	Επικαιροποίηση της απόφασης Φ16/6631/1989 που καθορίζει τα κατώτατα και ανώτατα όρια των αναγκαίων ποσοτήτων αρδευτικού νερού.	Μέτρα ελέγχου απόληψης επιφανειακού και υπόγειου νερού
WD05B160	Δημιουργία ενιαίου μητρώου αδειοδοτημένων απολήψεων νερού μέσα από τη διαδικασία έκδοσης αδειών χρήσης νερού.	Μέτρα ελέγχου απόληψης επιφανειακού και υπόγειου νερού

Κωδικός Μέτρου	Ονομασία Μέτρου	Κατηγορία Μέτρου
WD05B170	Καθορισμός κριτηρίων για τον προσδιορισμό ορίων συνολικών απολήψεων ανά ΥΣ.	Μέτρα ελέγχου απόληψης επιφανειακού και υπόγειου νερού

Από τις κατηγορίες των συμπληρωματικών μέτρων ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στα μέτρα ελέγχου απολήψεων και στα μέτρα δομικών κατασκευών. Επίσης, σημαντική θεωρείται η συμβολή των εκπαιδευτικών μέτρων και των μέτρων που αφορούν σε έργα έρευνας, ανάπτυξης και επίδειξης.

Πίνακας 12. Συμπληρωματικά μέτρα που σχετίζονται με την αντιμετώπιση της ξηρασίας και της λειψυδρίας

Κωδικός Μέτρου	Ονομασία Μέτρου	Κατηγορία Μέτρου
WD05S050	Πρώθηση εθελοντικών συμφωνιών με μεγάλους καταναλωτές (ΔΕΥΑ, συλλογικά αρδευτικά δίκτυα) που καταναλώνουν πολύ νερό ή προκαλούν ρύπανση στα υδατικά συστήματα για υιοθέτηση πρωτοβουλιών και κωδίκων ορθής συμπεριφοράς.	Περιβαλλοντικές συμφωνίες μετά από διαπραγμάτευση
WD05S130	Απαγόρευση εκτέλεσης νέων γεωτρήσεων στο Λεκανοπέδιο Ιωαννίνων πέραν των ειδικών περιπτώσεων (ύδρευση, κ.λπ.) που θα εξετάζονται από τη Διεύθυνση Υδάτων με την υποβολή τεκμηριωμένης υδρογεωλογικής έκθεσης.	Έλεγχος Απολήψεων
WD05S140	Επί τόπου επιθεωρήσεις σε αδειοδοτημένες απολήψεις (μεγάλοι καταναλωτές) τουλάχιστον 2 φορές το χρόνο.	Έλεγχος Απολήψεων
WD05S150	Τοποθέτηση λειτουργικής βάνας στις αρτεσιανές γεωτρήσεις.	Έλεγχος Απολήψεων
WD05S190	Φράγμα Καλαμιώτισσας & Φράγμα Μελισσοúδι Ι και ΙΙ - Ύδρευση Νομού Κέρκυρας συμπεριλαμβανομένων των έργων ύδρευσης Νήσου Παξών	Έργα δομικών κατασκευών
WD05S200	Έργο Ύδρευσης Ν. Θεσπρωτίας: Υδαταγωγός Ραβένης – Ηγουμενίστας: Τμήμα Πέντε Εκκλησιών – Γέφυρας Νεράιδας	Έργα δομικών κατασκευών
WD05S210	Εγγειοβελτιωτικά Έργα πεδιάδας Άρτας (Φάση Β')	Έργα δομικών κατασκευών
WD05S220	Έργα Μεταφοράς Νερού και Αρδευτικά Δίκτυα Ζώνης 8 περιοχής Πέτα – Κομποτίου, Ν. Άρτας.	Έργα δομικών κατασκευών
WD05S240	Φράγμα Κομποτίου, Ν. Άρτας	Έργα δομικών κατασκευών
WD05S260	Έργα Ενίσχυσης Ύδρευσης Πρέβεζας, Άρτας και Λευκάδας από τις πηγές Αγ. Γεωργίου Λούρου	Έργα αποκατάστασης υφιστάμενων υποδομών
WD05S270	Ενημέρωση και ευαισθητοποίηση του κοινού σε θέματα χρήσης και διαχείρισης νερού στην Κέρκυρα.	Εκπαιδευτικά μέτρα
WD05S280	Οργάνωση ενημερωτικών ημερίδων, για θέματα νέων τεχνολογιών, σύγχρονων καλλιεργητικών τεχνικών, θεμάτων προστασίας περιβάλλοντος, ευφορίας των γεωργικών εδαφών κ.λπ.	Εκπαιδευτικά μέτρα
WD05S320	Εφαρμογή ειδικού διερευνητικού προγράμματος σε: Α) ορισμένα ποτάμια ΥΣ για την εξασφάλιση της επάρκειας της παροχής για την επιτευξη ή διατήρηση της καλής οικολογικής κατάστασης κατάντη υφιστάμενων έργων και Β) ορισμένα ποτάμια ΙΤΥΣ των οποίων η υδρομορφολογική αλλοίωση δεν αφορά σε μεταβολή υδρομορφολογικών χαρακτηριστικών αλλά κύρια σε ρύθμιση παροχής.	Έργα έρευνας, ανάπτυξης και επίδειξης

7.2 Προσδιορισμός Εναλλακτικών Πηγών για Στρατηγικά Υδατικά Αποθέματα

Πρόκειται για μακροπρόθεσμα μέτρα που συμβάλλουν καθοριστικά στον προληπτικό σχεδιασμό για την αντιμετώπιση της ξηρασίας και τη διαχείριση της λειψυδρίας.

Κατά τη διάρκεια της ξηρασίας, σε κάποια από τα υπόγεια υδατικά συστήματα, θα μπορούσαν να γίνουν υπεραντλήσεις με ταυτόχρονη υποβάθμιση της καλής ποσοτικής κατάστασης αυτών για την κάλυψη των αυξημένων αναγκών. Εκτιμάται, ότι στις επόμενες χρονιές θα υπάρξει σταδιακή επαναπλήρωση των αφαιρεθέντων από τα μόνιμα αποθέματα ποσοτήτων και τα συστήματα θα καλύψουν την καλή ποσοτική τους κατάσταση.

Η πρακτική αυτή μπορεί να εφαρμοστεί τοπικά στα περισσότερα κύρια υπόγεια συστήματα (καρστικά ή κοκκώδη) με εξαίρεση αυτά που βρίσκονται σε κακή ποσοτική κατάσταση και αυτά που είναι ανοιχτά στη θάλασσα, η αύξηση των αντλήσεων στα οποία θα προκαλέσει είσοδο της θάλασσας και υφαλμυρίσεις.

Στα εκτεταμένα καρστικά συστήματα η επαναπλήρωση θα είναι πλέον άμεση σε σχέση με τα κοκκώδη και ιδιαίτερα σε εκείνα που αναπτύσσονται μερικώς υπό πίεση ή υπό πίεση υπόγειες υδροφορίες. Στα συστήματα αυτά (με ανάπτυξη υποπίεση οριζόντων) η ανάπτυξη των μικρής διαπερατότητας οριζόντων (άργιλοι, μάργες) δυσκολεύει την άμεση επαναπλήρωση η οποία θα επέλθει σταδιακά σε βάθος χρόνου ανάλογα και με τις συνθήκες τροφοδοσίας των και το καθεστώς των αντλήσεων.

Στον ακόλουθο πίνακα παρατίθενται τα υπόγεια υδατικά συστήματα για τα οποία θεωρείται ότι υπάρχει δυνατότητα περαιτέρω εκμετάλλευσης.

Πίνακας 13. Υπόγεια Υδατικά Συστήματα που μπορεί να λειτουργήσουν ως Στρατηγικά Υδατικά Αποθέματα σε συνθήκες ξηρασίας και λειψυδρίας

Κωδικός	Όνομασία	Δυνατότητα περαιτέρω εκμετάλλευσης	Δυνατότητα απόληψης από μόνιμα αποθέματα	Προβλήματα υφαλμύρισης
Κέρκυρας-Παξών (GR34)				
GR0500010	Σύστημα ασβεστολίθων Ν.Κέρκυρας	Τοπικά		Τοπικά (Φυσική)
GR0500020	Σύστημα Τριαδικών λατυποπαγών Ν. Κέρκυρας	Τοπικά		Τοπικά (Φυσική)/SO4
GR0500030	Σύστημα κοκκωδών υδροφοριών Ν. Κέρκυρας	Τοπικά		Τοπικά (Φυσική)
GR0500040	Σύστημα Ν.Παξών	Όχι		Ναι
GR0500050	Σύστημα Ν.Οθωνών	Όχι		Ναι
Καλαμά (GR12)				
GR050A060	Σύστημα Μουργκάνας	Ναι		Όχι
GR050A070	Σύστημα Φιλιατών-Ηγουμενίτσας	Τοπικά		Τοπικά
GR0500080	Σύστημα Μέσου Ρου Καλαμά	Ναι		Όχι
GR0500110	Σύστημα Κληματιάς	Ναι		Όχι
GR0500120	Σύστημα Κασιδιάρη	Ναι		Όχι
GR0500180	Σύστημα Μιτσικελίου-Βελλά	Τοπικά	Ναι	Όχι
GR050A190	Σύστημα Πωγωνιανής	Ναι	Ναι	Όχι
GR0500200	Σύστημα υδροφοριών π.Καλαμά	Ναι - Συνδιαχείριση επιφανειακού & υπόγειου νερού *		Όχι
GR0500210	Σύστημα Κουρέντων	Ναι		Όχι
Αχέροντος (GR13)				
GR0500090	Σύστημα Σουλίου-Παραμυθιάς	Ναι	Ναι	Όχι
GR0500130	Σύστημα Κορώνης	Ναι	Ναι	Τοπικά (Φυσική)
GR0500140	Σύστημα Χερσονήσου Πρέβεζας	Όχι		Ναι
GR0500170	Σύστημα Πάργας	Τοπικά		Ναι. Τοπικά (Φυσική)
GR0500260	Σύστημα υδροφοριών άνω ρου Αχέροντος-ρέματος Αρέθουα	Ναι - Συνδιαχείριση επιφανειακού & υπόγειου νερού *		Όχι
Αώου (GR11)				

ΣΧΕΔΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΥΔΑΤΩΝ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΟΣ ΗΠΕΙΡΟΥ
 - Σχέδιο Αντιμετώπισης Φαινομένων Λειψυδρίας και Ξηρασίας -

Κωδικός	Ονομασία	Δυνατότητα περαιτέρω εκμετάλλευσης	Δυνατότητα απόληψης από μόνιμα αποθέματα	Προβλήματα υφαλμύρισης
GR0500100	Σύστημα Τύμφης	Ναι		Όχι
GR0500220	Σύστημα υδροφοριών Σαραντάπορου-Αώου	Ναι - Συνδιαχείριση επιφανειακού & υπόγειου νερού *		Όχι
GR0500230	Σύστημα υδροφοριών Σμόλικα-Μαυροβουνίου	Ναι - Συνδιαχείριση επιφανειακού & υπόγειου νερού *		Όχι
Αραχθου (GR14)				
GR0500240	Σύστημα υδροφοριών π.Αραχθου	Ναι - Συνδιαχείριση επιφανειακού & υπόγειου νερού *		Όχι
Λούρου (GR46)				
GR0500150	Σύστημα Λούρου	Ναι	Ναι	Τοπικά (Φυσική)
GR0500160	Σύστημα Άρτας	Τοπικά	Ναι	Τοπικά
GR0500250	Σύστημα Ζαλόγγου	Τοπικά		Όχι

* Εξαιτίας της ανάπτυξης επιμέρους υδρογεωλογικών λεκανών που εκφορτίζονται μέσω πηγών που τροφοδοτούν την απορροή των ρεμάτων - ποταμών

8 Σχετικά Θέματα: Κλιματική Αλλαγή

Η κλιματική αλλαγή έχει αναγνωριστεί πλέον στην Ευρώπη ως μία από τις πιο σοβαρές περιβαλλοντικές προκλήσεις που αντιμετωπίζει ο κόσμος σήμερα. Γενικά, η επιστημονική κοινότητα συγκλίνει στο γεγονός ότι η κλιματική αλλαγή αναμένεται να οξύνει την εμφάνιση ακραίων φυσικών φαινομένων τόσο ως προς την ένταση όσο και ως προς τη συχνότητα, με περισσότερα επεισόδια ακραίας πλημμύρας και παρατεταμένης ξηρασίας. Οι αλλαγές στα ύψη βροχόπτωσης που έχουν παρατηρηθεί σε ευρωπαϊκό επίπεδο κατά τη διάρκεια του 20^{ου} αιώνα ακολουθούν τη γενική τάση αύξησης των υψών βροχόπτωσης στα Μέση και υψηλά γεωγραφικά πλάτη και μείωσής τους στις υποτροπικές περιοχές. Επίσης, αναλύσεις δείχνουν ότι η ανθρωπογενής επίδραση στις μεταβολές θερμοκρασίας είναι πιο σημαντική από την ανθρωπογενή επίδραση στις μεταβολές βροχόπτωσης. Σύμφωνα με το Κείμενο Κατευθυντήριων Γραμμών για την επίδραση της κλιματικής αλλαγής στην επίτευξη των στόχων της Οδηγίας (Guidance Document No 24: River Basin Management in a Changing Climate) καθώς και την Ανακοίνωση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής της 18^{ης} Ιουλίου 2007 για την αντιμετώπιση του προβλήματος της ξηρασίας και της λειψυδρίας, η κλιματική αλλαγή θα πρέπει να ληφθεί υπόψη στην κατάρτιση του Σχεδίου Αντιμετώπισης Ξηρασίας και Λειψυδρίας.

Στο παρόν Σχέδιο Ξηρασίας περιλαμβάνονται σε Παραρτήματα δύο (2) μελέτες που εκπονήθηκαν ειδικά για το θέμα της επίδρασης της κλιματικής αλλαγής και για τα τρία (3) ΥΔ Ηπείρου, Ηπείρου και Δ. Στερεάς Ελλάδας. Η μία μελέτη ασχολείται με την συνιστώσα της κλιματικής αλλαγής για την εκτίμηση των επιπτώσεων αυτής στις μετεωρολογικές μεταβλητές βροχόπτωση, θερμοκρασία και εξατμισοδιαπνοή και εκπονήθηκε από το Εργαστήριο «Υδρολογίας και Ανάλυσης Υδατικών Συστημάτων» με επιστημονικούς υπεύθυνους τον κ. Αθ. Λουκά Καθηγητή Υδρολογίας και Υδατικών Πόρων και τον κ. Νικ. Μυλόπουλο Αναπληρωτή Καθηγητή Διαχείρισης Υδατικών Πόρων του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Στη μελέτη αυτή χρησιμοποιώντας μια μεθοδολογία καταβιβασμού κλίμακας δημιουργήθηκαν μελλοντικά σενάρια για την εκτίμηση επιφανειακών τιμών της βροχόπτωσης, της θερμοκρασίας και της εξατμισοδιαπνοής για δύο μελλοντικές περιόδους και τρία σενάρια κλιματικής αλλαγής (ευμενές, Μέσης έντασης και δυσμενές). Ενδεικτικά, αναφέρεται ότι για το ΥΔ Ηπείρου τα αποτελέσματα της μελέτης υποδεικνύουν ότι για την μεσοπρόθεσμη μελλοντική περίοδο 2030-2050, η μέση ετήσια βροχόπτωση για το ακραίο σενάριο παρουσιάζει μείωση 1,53% από 1425,37 mm στα 1403,63 mm. Για την μακροπρόθεσμη περίοδο 2070-2100 προβάλλεται μια σαφής μείωση της βροχόπτωσης και για τρία κλιματικά σενάρια και ειδικότερα για το ακραίο σενάριο μείωση 2,98% στα 1392,92 mm. Όσον αφορά την θερμοκρασία στην περίοδο 2030-2050 τα αποτελέσματα για το ακραίο σενάριο παρουσιάζουν αύξηση 1,09% από 12,78 °C στους 12,92 °C ενώ για την μακροπρόθεσμη περίοδο 2070-2100 τα αποτελέσματα για το ακραίο σενάριο παρουσιάζουν αύξηση 3,14% στους 13,18 °C. Τα αποτελέσματα για την θερμοκρασία παρουσιάζουν μικρότερες ποσοστιαίες μεταβολές κάτω του 1% και για τις δύο επιλεγμένες περιόδους.

Η δεύτερη μελέτη υπό τον τίτλο «Μελέτη επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στις καλλιέργειες και στις ανάγκες αρδευτικού νερού για τις καλλιέργειες αυτές σε Ήπειρο, Ήπειρο και Δυτική Στερεά Ελλάδα» ασχολείται με την επίδραση της κλιματικής αλλαγής στις καλλιέργειες και εκπονήθηκε από το εργαστήριο «Γεωργικών Κατασκευών και Ελέγχου Περιβάλλοντος» με επιστημονικό υπεύθυνο τον Κωνσταντίνο Κίττα, Καθηγητή στη Σχολή Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Ηπείρου.

Στη μελέτη αυτή γίνονται εκτιμήσεις της αύξησης της ζήτησης και επίσης εκτιμήσεις της τροποποίησης της σύνθεσης του τυπικού στρέμματος για το Υδατικό Διαμέρισμα Ηπείρου, της Ηπείρου και της Δ. Στερεάς Ελλάδας. Τέλος προτείνονται κάποια μέτρα για την αύξηση της απόδοσης του αρδευτικού νερού. Στους υπολογισμούς χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα θερμοκρασίας και υετού που έχουν συλλεχθεί από σταθμούς της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (ΕΜΥ), καθώς και εκτιμήσεις κλιματικών μοντέλων για την μεταβολή των δύο αυτών μεγεθών στο μέλλον. Εξετάστηκαν τρεις περίοδοι: 1958 – 2010, 2040 – 2059 και 2080 – 2099. Από τα αποτελέσματα προέκυψε ότι αναμένεται αύξηση 8,8% – 16,0% και 14,3% – 24,8% στις ανάγκες για άρδευση το μήνα Ιούλιο τις περιόδους 2040 – 2059 και 2080 – 2099, αντίστοιχα, σε σχέση με τις ανάγκες για άρδευση της περιόδου 1958 – 2010, με τις ακραίες τιμές να αναμένονται στους Νομούς της Ηπείρου και στο Νομό Αιτωλοακαρνανίας. Με βάση τα αποτελέσματα των αναγκών για άρδευση ανά καλλιέργεια, προτείνονται διάφορα διαχειριστικά μέτρα ώστε αφενός να μειωθούν οι ανάγκες για άρδευση και αφετέρου να εξοικονομηθούν φυσικοί πόροι.

Συγκρίνοντας τις δύο παραπάνω μελέτες, διαπιστώνεται ότι για τον μήνα Ιούλιο η διαφορά στη μείωση του μέσου μηνιαίου ύψους βροχόπτωσης στο μετεωρολογικό σταθμό Ιωαννίνων για την μακροπρόθεσμη μελλοντική περίοδο 2080-2100 είναι περίπου 8mm. Οι διαφοροποιήσεις των αποτελεσμάτων οφείλονται στις διαφορετικές υποθέσεις των σεναρίων της κλιματικής αλλαγής. Η πρώτη μελέτη βασίστηκε στις πρωτογενείς προγνώσεις ενός παγκόσμιου κλιματικού μοντέλου του Καναδά και πραγματοποιήθηκε στατιστικός καταβιβασμός στη εξεταζόμενη περιοχή ανά λεκάνη απορροής ενώ η δεύτερη μελέτη βασίστηκε στα αποτελέσματα της Επιτροπής Μελέτης των Επιπτώσεων της Κλιματικής Αλλαγής (ΕΜΕΚΑ) που έγινε για την Τράπεζα της Ελλάδας για 13 κλιματικές περιοχές της Ελλάδας (www.bankofgreece.gr).

9 Βιβλιογραφικές Αναφορές

Bohle H.G.,2001. Vulnerability and Criticality: Perspectives from Social Geography (2001). In IHDP Update2/2001. Newsletter of the international human dimensions programme on global environmental change, pp. 1-7.

Cancelliere A., Mauro G., Bonaccorso B. and Rossi G. (2005). Stochastic Forecasting of Standardized Precipitation Index. Proc. XXXI IAHR Congress, September 11-16, 2005, Seoul, Korea, pp. 3252-3260.

Cancelliere A. and Bonaccorso B. (2009). Uncertainty analysis of the Standardized Precipitation Index in the presence of trend. Hydrology Days 14-26.

Edwards, D.C.; and T. B. McKee (1997). Characteristics of 20th century drought in the United States at multiple time scales. Climatology Report Number 97–2, Colorado State University, Fort Collins, Colorado.

European Commission (2008). Drought Management Plan Report. Technical Report 2008-023.

Guidance Document No.24 (2009). River Basin Management in a Changing Climate. Technical Report 40.

Guttman N. B. (1998). Comparing the Palmer Drought Index and the Standardized Precipitation Index. Journal of the American Water Resources Association, Vol. 34, No. 1: 113-121.

Hayes, M. J., Svoboda, M. D., Wilhite, D. A., and Vanyarkho, O. V. (1999). Monitoring the 1996 drought using the standardized precipitation index. Bull. Am. Meteorol. Soc., 80, 2, 429–438, 1999.

ISDR (2004). Living with Risk. A Global Review of Disaster Reduction Initiatives. www.unisdr.org. International Strategy for Disaster Reduction.

Ji L. and Peters A. (2003). Assessing vegetation response to drought in the northern Great Plains using vegetation and drought indices. Remote Sensing of Environment, 87: pp. 85–89.

McKee T. B., Doesken N. J. and Kleist J. (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales. Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology, Anaheim, California, 17-23 January.

National Drought Mitigation Center (2009). Applying the Standardized Precipitation Index as a Drought Indicator. National Drought Mitigation Center, Mali Drought Monitoring Workshop, Bamako September 14-17, 2009.

Loukas, A., Vasiliades, L., and Dalezios, N. R. (2003). Intercomparison of meteorological drought indices for drought assessment and monitoring in Greece. Proceedings of the 8th International Conference on Environmental Science and Technology, 8–10 September 2003, Lemnos, Greece, 484–491, 2003.

Loukas A. and Vasiliades L. (2004). Probabilistic analysis of drought spatiotemporal characteristics in Thessaly region, Greece. Natural Hazards and Earth System Sciences, 4: 719–731.

Palmer, W.C. (1968). Keeping track of crop moisture conditions, nationwide: The new Crop Moisture Index. Weatherwise 21:156–161.

Palmer, W.C. (1965). Meteorological drought. Research Paper No. 45, U.S. Department of Commerce Weather Bureau, Washington

Redmond, K. T. (2000). Integrated climate monitoring for drought detection, in Drought: A Global Assessment, edited by Wilhite, D. A., Routledge, 145–158.

Shafer, B.A. and L.E. Dezman (1982). Development of a Surface Water Supply Index (SWSI) to assess the severity of drought conditions in snowpack runoff areas. In Proceedings of the Western Snow Conference, pp. 164–175. Colorado State University, Fort Collins, Colorado.

Sims, A. P., Niyogi, D. S., and Raman, S. (2002). Adopting drought indices for estimating soil moisture: A North Carolina case study, Geophys. Res. Lett., 29, 8, 1183, doi: 10.1029/2001GL013343.

Tsakiris, G. and Vangelis, H. (2004). Towards a drought watch system based on spatial SPI, Water Resour. Manag., 18, 1–12.

Wilhite, D. A. (2000). Drought as a natural hazard: Concepts and definitions, in Drought: A Global Assessment, edited by Wilhite, D. A., Routledge, 3–18.

Willeke, G.; J.R.M. Hosking; J.R. Wallis; and N.B. Guttman (1994). The National Drought Atlas. Institute for Water Resources Report 94–NDS–4, U.S. Army Corps of Engineers.

Wu H., Hayes M. J., Wilhite D. A. and Svoboda M. D. (2005). The effect of data length on the standardized precipitation index calculation. International Journal of Climatology 25: 505–520.

Wu H., Svoboda M. D., Hayes M. J., Wilhite D. A. and Wen F. (2007). Appropriate application of the Standardized Precipitation Index in arid locations and dry seasons. International Journal of Climatology, 27: 65–79.

Ανακοίνωση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (2007). «Η αντιμετώπιση του προβλήματος της λειψυδρίας και της ξηρασίας στην Ευρωπαϊκή Ένωση». Βρυξέλλες 18.7.2007.

Γκούμας, Κ. (2006). «Οι αρδεύσεις στη Θεσσαλική Πεδιάδα: Επιπτώσεις στα υπόγεια και επιφανειακά νερά», Πρακτικά ημερίδας «Υδατικοί Πόροι και Γεωργία», σ. 39–5 Ελληνική Υδροτεχνική Ένωση, Θεσσαλονίκη, Ιανουάριος

Ευρωπαϊκή Ένωση - Γραφείο Συνεργασίας Ευρωπαϊκής Βοήθειας (2006). «Ευρω-Μεσογειακό Περιφερειακό Πρόγραμμα για Τοπική Διαχείριση Υδάτων (MEDAWater), Μεσογειακή Ετοιμότητα και Σχεδιασμός Περιορισμού της Ξηρασίας (MEDROPLAN). Οδηγίες Διαχείρισης της Ξηρασίας. <http://www.iamz.ciheam.org/medroplan/guidelines/downloads.html>

Κάλπιας Α. (2010). «Χρήση δεικτών για την εκτίμηση και πρόβλεψη της ξηρασίας στο υδατικό διαμέρισμα της Ηπείρου». Διπλωματική Εργασία. Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, ΕΜΠ.

Κ/Ξ Διαχείρισης Υδάτων Κεντρικής & Δυτικής Ελλάδος, (2005). «Ανάπτυξη Συστημάτων και Εργαλείων Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Υδατικών Διαμερισμάτων Δυτικής Στερεάς Ελλάδας, Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας, Ηπείρου, Ηπείρου και Αττικής, Φάση Α, Υδατικό Διαμέρισμα Ηπείρου (08)», Έκθεση Επιφανειακής Υδρολογίας, Τεύχος 08-A-II- 1, Αθήνα, 2005.

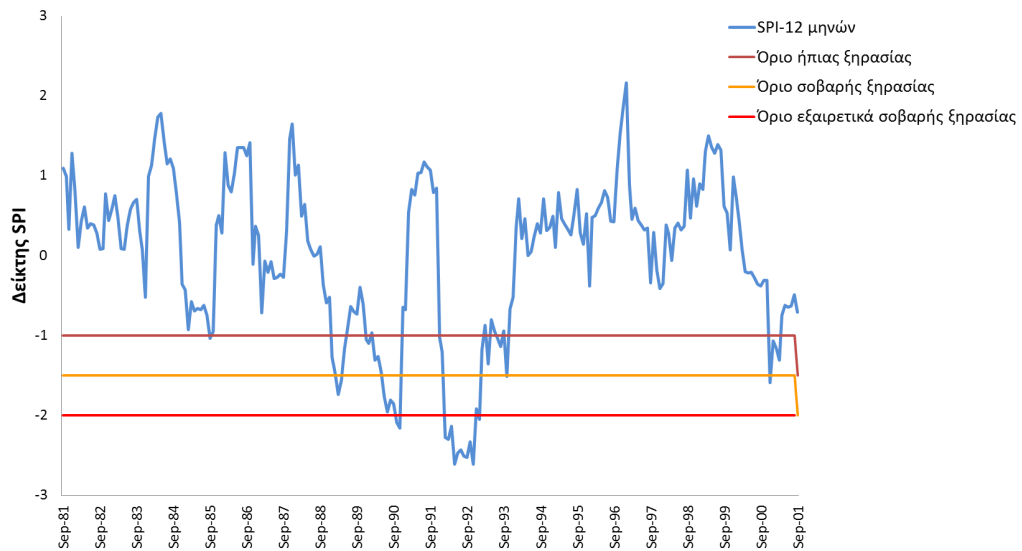
Κ/Ξ Διαχείρισης Υδάτων Κύπρου (2010). «Παροχή Συμβουλευτικών Υπηρεσιών για την Εφαρμογή των Άρθρων 11,13 Και 15 Της Οδηγίας Πλαίσιο Περί Υδάτων (2000/60/ΕΚ) στην Κύπρο- Σύμβαση 97/2007»

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

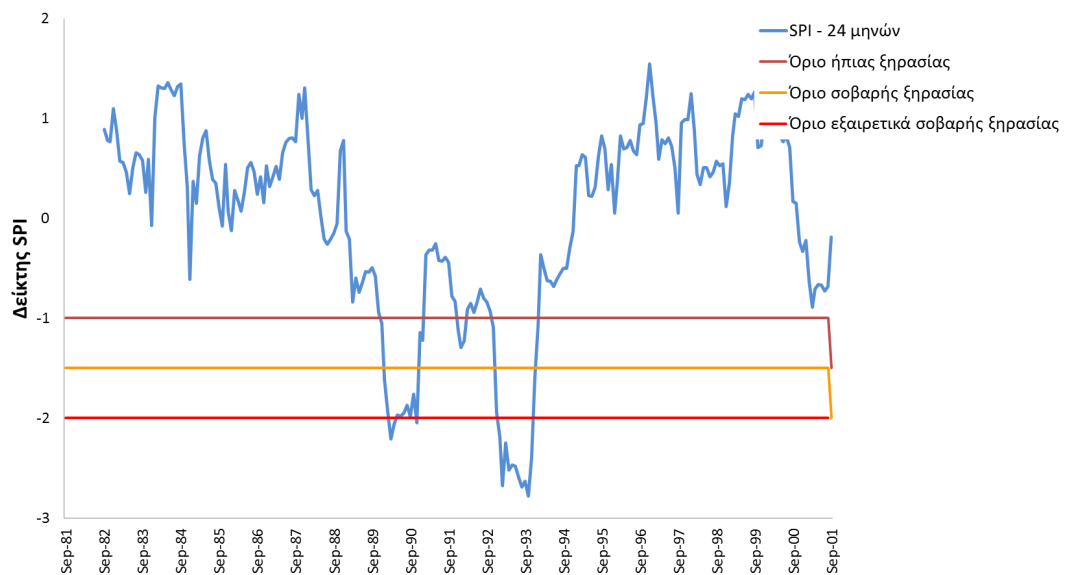
ΔΕΙΚΤΕΣ SPI – ΥΔΑΤΙΚΟ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ ΗΠΕΙΡΟΥ

ΔΕΙΚΤΕΣ SPI

ΥΔ Ηπείρου - SPI 12 μηνών



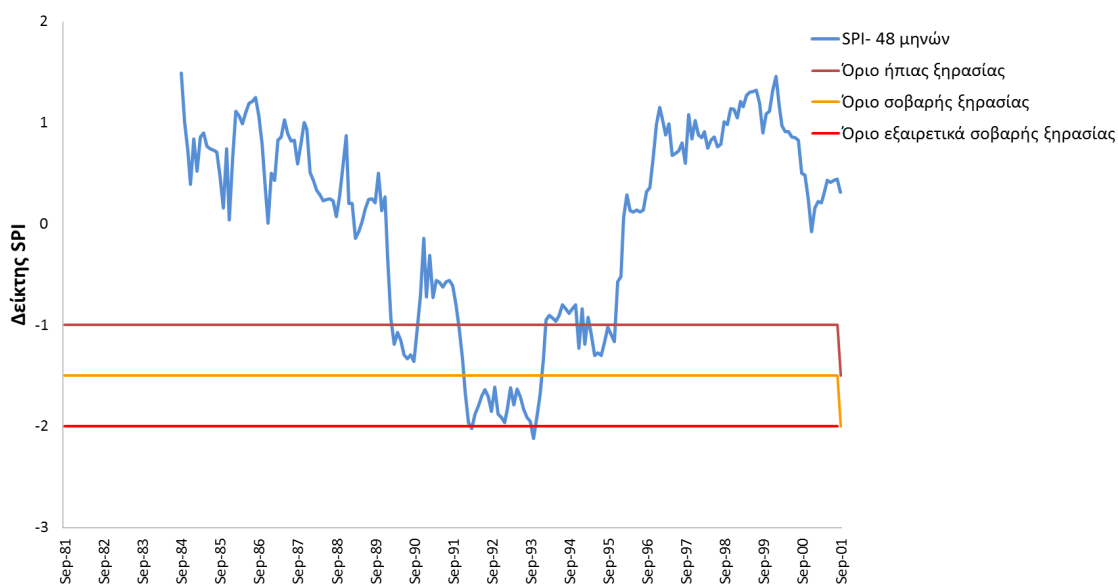
ΥΔ Ηπείρου - SPI 24 μηνών



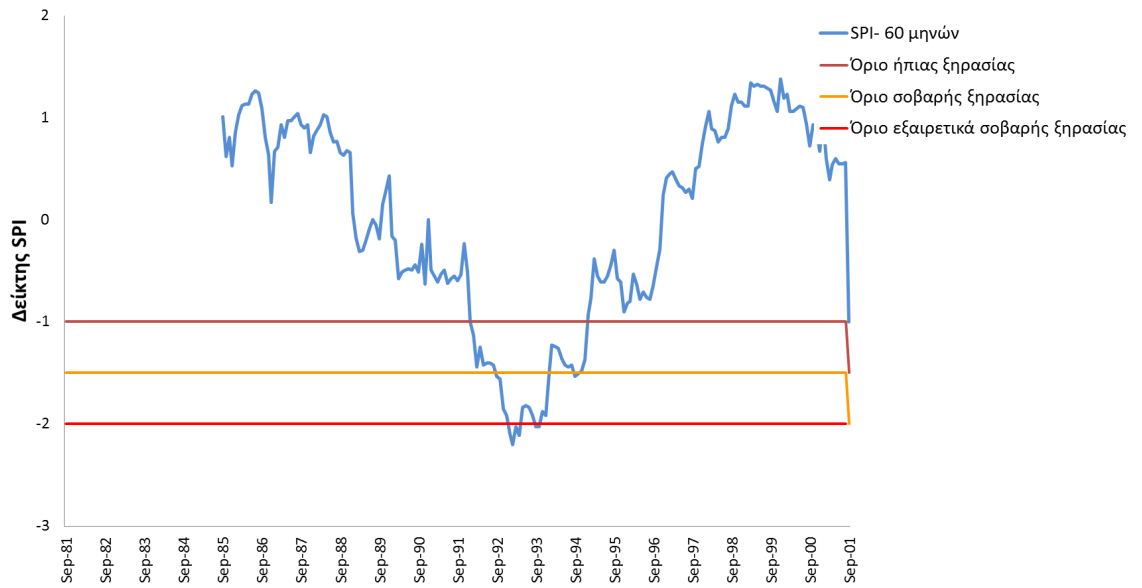
ΥΔ Ηπείρου - SPI 36 μηνών



ΥΔ Ηπείρου - SPI 48 μηνών

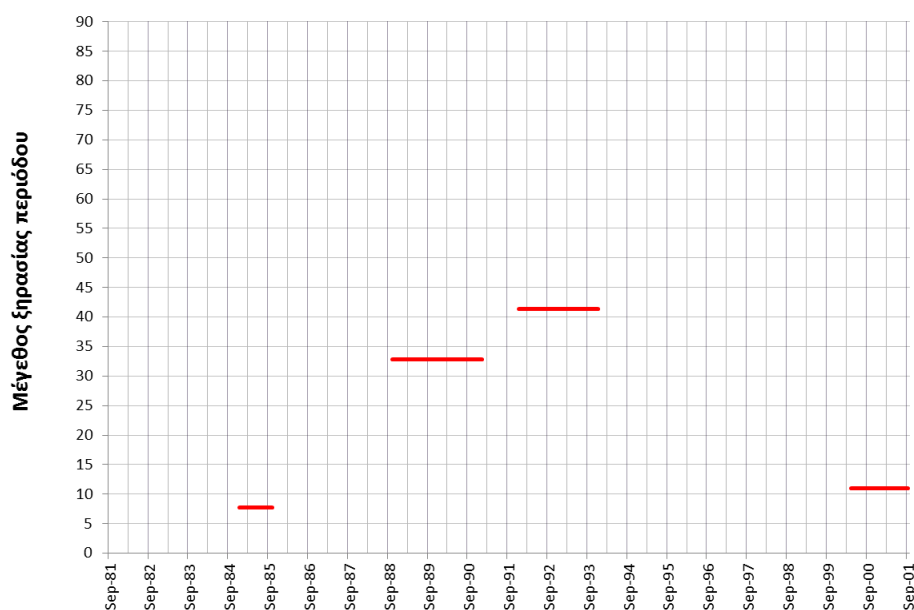


ΥΔ Ηπείρου - SPI 60 μηνών

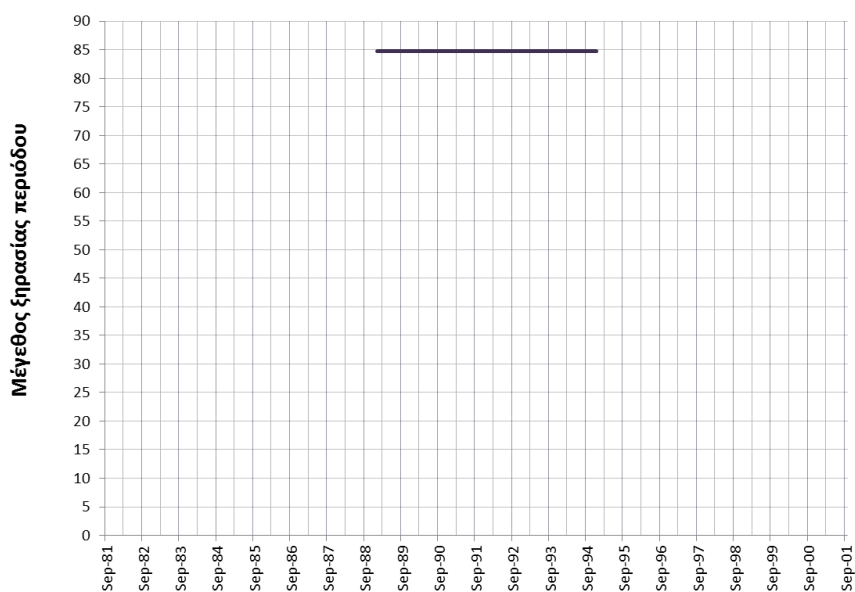


ΜΕΓΕΘΗ ΞΗΡΑΣΙΑΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΔΕΙΚΤΕΣ SPI

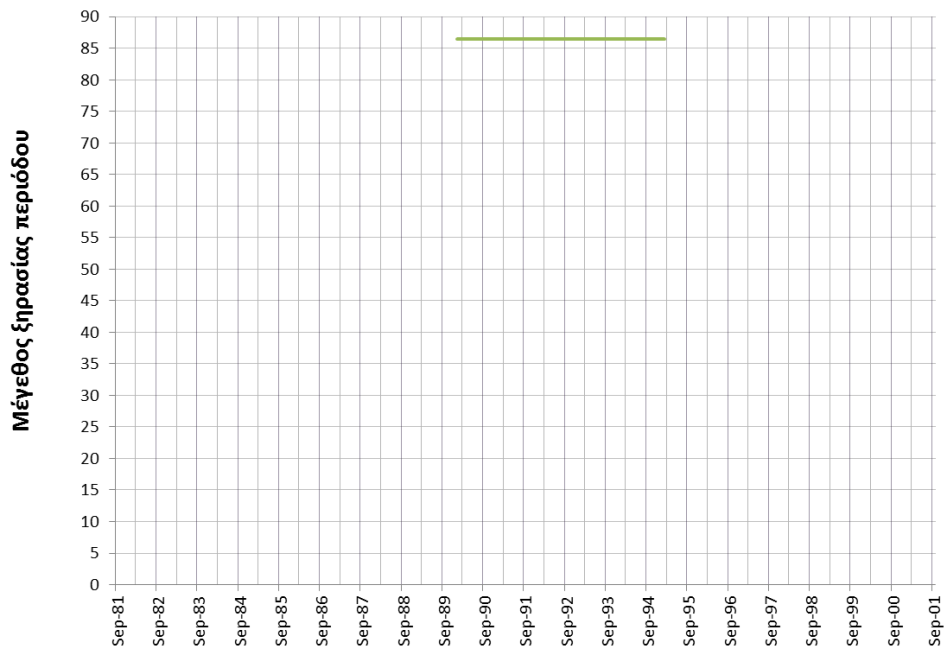
ΜΕΓΕΘΟΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ - ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟΝ SPI 12 ΜΗΝΩΝ



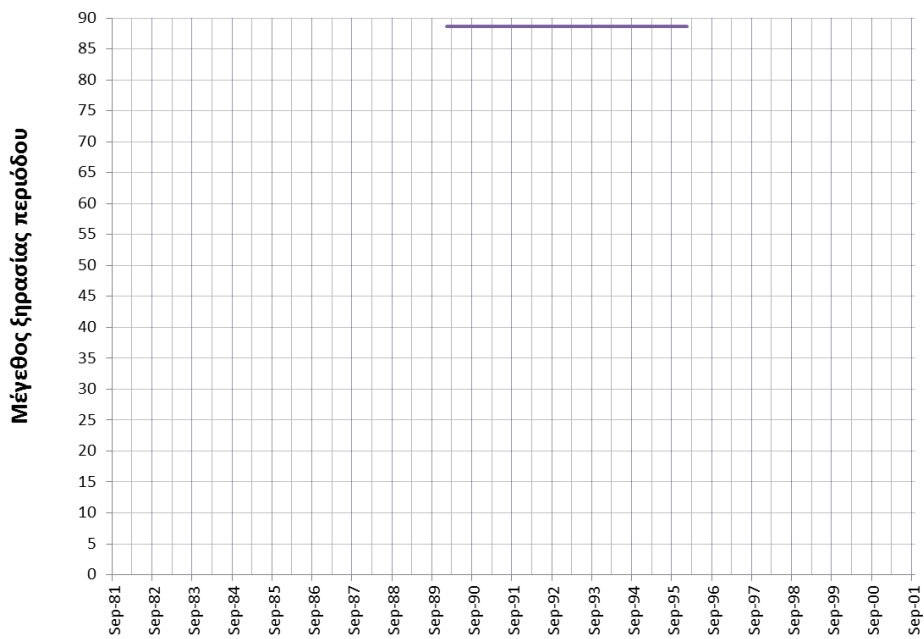
ΜΕΓΕΘΟΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ - ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟΝ SPI 24 ΜΗΝΩΝ



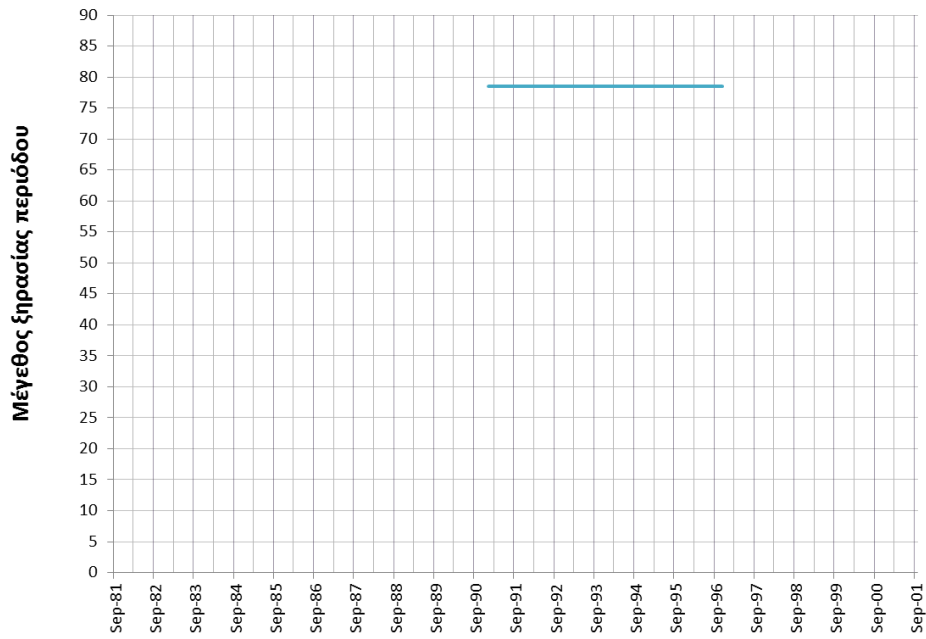
ΜΕΓΕΘΟΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ - ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟΝ SPI 36 ΜΗΝΩΝ



ΜΕΓΕΘΟΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ - ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟΝ SPI 48 ΜΗΝΩΝ



ΜΕΓΕΘΟΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ - ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟΝ SPI 60 ΜΗΝΩΝ



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2

Εκτίμηση συνεπειών της κλιματικής αλλαγής στην
κατάρτιση των σχεδίων διαχείρισης των υδατικών
διαμερισμάτων Ηπείρου, Θεσσαλίας και Δυτικής Στερεάς
Ελλάδας



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

ΤΕΛΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ

**«Εκτίμηση συνεπειών της κλιματικής αλλαγής στην
κατάρτιση των σχεδίων διαχείρισης των υδατικών
διαμερισμάτων Θεσσαλίας, Ηπείρου και Δυτικής
Στερεάς Ελλάδας»**

Επιστημονικός Υπεύθυνος :Αν. Καθ.ΝικήταςΜυλόπουλος

Ομάδα Μελέτης :

Καθ. Αθανάσιος Λουκά
Δρ. Λάμπρος Βασιλειάδης
Γεώργιος Παπαϊωάννου
Παντελής Σιδηρόπουλος
Ιωάννης Τζαμπύρας

Γεωργία Λυσίτσα
Πόπη Μιχαηλίδου - Νοταρά

Εργαστήριο Υδρολογίας και Ανάλυσης Υδατικών Συστημάτων,

Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Πεδίον Άρεως, 38334 Βόλος

Τηλ : +302421074153,

Fax : +302421074169

Email : nikitass@uth.gr

1	ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ, ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΚΑΙ ΚΑΤΑΒΙΒΑΣΜΟΣ ΚΛΙΜΑΚΑΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ	6
1.1	ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ.....	6
1.2	ΤΟ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΟ ΚΛΙΜΑ ΤΗΣ ΓΗΣ (ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΣΕΝΑΡΙΑ).....	7
1.3	ΟΙ ΠΡΟΒΟΛΕΣ ΤΟΥ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΟΥ ΚΛΙΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΓΗΣ.....	11
1.4	ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΑΛΛΑΓΕΣ ΣΤΗ ΜΕΣΟΓΕΙΟ.....	16
1.5	ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΤΑΒΙΒΑΣΜΟΥ ΚΛΙΜΑΚΑΣ.....	19
1.5.1	Τα παγκόσμια μοντέλα κυκλοφορίας GCMs.....	20
1.5.2	Μέθοδοι καταβιβασμού κλίμακας.....	21
	i) Μέθοδοι στατιστικού καταβιβασμού κλίμακας.....	22
	ii) Προϋποθέσεις στατιστικού καταβιβασμού κλίμακας.....	23
	iii) Καταστάσεις που απαιτούν στατιστικό καταβιβασμό κλίμακας.....	24
	iv) Καταστάσεις που δεν απαιτούν στατιστικό καταβιβασμό κλίμακας.....	24
	v) Εναλλακτικές λύσεις σε για δημιουργία κλιματικών σεναρίων.....	25
1.5.3	Βασικά στάδια στατιστικού καταβιβασμού κλίμακας.....	26
2	ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ – ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΙΣΤΟΡΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΤΟ ΧΩΡΟ ΚΑΙ ΤΟ ΧΡΟΝΟ	34
2.1	ΥΔΑΤΙΚΟ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ.....	34
2.2	ΥΔΑΤΙΚΟ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ ΗΠΕΙΡΟΥ.....	36
2.3	ΥΔΑΤΙΚΟ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ ΣΤΕΡΕΑΣ ΕΛΛΑΔΑΣ.....	38
2.4	ΘΕΣΕΙΣ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ.....	39
2.5	ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΙΣΤΟΡΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΤΟ ΧΩΡΟ ΚΑΙ ΤΟ ΧΡΟΝΟ.....	48
2.5.1	Διάρθρωση των υδατικών διαμερισμάτων σε επιμέρους λεκάνες απορροής.....	48
2.5.2	Εκτίμηση επιφανειακών τιμών κλιματικών μεταβλητών.....	50
	i) Εκτίμηση επιφανειακής βροχόπτωσης.....	52
	ii) Εκτίμηση επιφανειακής θερμοκρασίας.....	58
3	ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ	65
3.1	ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΑΓΚΟΣΜΙΑΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ (GENERAL CIRCULATION MODEL, GCM) CGCM2 ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΕΝΑΡΙΑ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΟΥ.....	65
3.2	ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΣ ΚΑΤΑΒΙΒΑΣΜΟΣ ΚΛΙΜΑΚΑΣ.....	67
3.2.1	Στατιστικός καταβιβασμός κλίμακας τιμών μηνιαίας νετόπτωσης.....	68
3.2.2	Στατιστικός καταβιβασμός κλίμακας τιμών μηνιαίας θερμοκρασίας.....	78
3.2.3	Στοχαστική προσομοίωση υπολοίπων βροχόπτωσης και θερμοκρασίας.....	87
	i) Στοχαστικά μοντέλα στα κλιματικά δεδομένα.....	90
	ii) Εφαρμογή και αποτελέσματα.....	103
3.2.4	Δημιουργία μελλοντικών σεναρίων βροχόπτωσης-θερμοκρασίας-εξατμισοδιαπνοής.....	138
4	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	140
4.1	ΕΤΗΣΙΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΕ ΕΠΙΠΕΔΟ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ.....	140
4.1.1	Λεκάνη απορροής Αλή Εφέντη.....	140
4.1.2	Λεκάνη απορροής Καλαμάς.....	143
4.1.3	Λεκάνη απορροής Αχελώος.....	145
4.2	ΕΤΗΣΙΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΕ ΕΠΙΠΕΔΟ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΟΣ.....	148
4.2.1	Υδατικό Διαμέρισμα Θεσσαλίας.....	149
4.2.2	Υδατικό Διαμέρισμα Ηπείρου.....	156
4.2.3	Υδατικό Διαμέρισμα Δυτικής Στερεάς Ελλάδας.....	162
4.3	ΜΗΝΙΑΙΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΕ ΕΠΙΠΕΔΟ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΟΣ.....	168
4.3.1	Υδατικό διαμέρισμα Θεσσαλίας.....	168
4.3.2	Υδατικό διαμέρισμα Ηπείρου.....	177
4.3.3	Υδατικό διαμέρισμα Δυτικής Στερεάς Ελλάδας.....	186
5	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	195
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	198

ΠΕΡΙΛΗΨΗ-ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η μελέτη αυτή πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια της ευρύτερης μελέτης «Κατάρτιση σχεδίων διαχείρισης λεκανών απορροής των ποταμών των υδατικών διαμερισμάτων Θεσσαλίας, Ηπείρου και Δυτικής Στερεάς Ελλάδας σύμφωνα με τις προδιαγραφές της οδηγίας 2000/60/ΕΚ κατ'εφαρμογή του νόμου 3199/2003 και του ΠΔ 51/2007» η οποία ανατέθηκε με σύναψη δημόσιας σύμβασης στην «Κ/ΞΙΑ Γ. ΚΑΡΑΒΟΚΥΡΗΣ & ΣΥΝ/ΤΕΣ ΣΥΜΒΟΥΛΟΙ ΜΗΧ/ΚΟΙ Ανώνυμη Εταιρία - ΒΑΣΙΛΗΣ ΠΕΡΛΕΡΟΣ - ENVECO Ανώνυμη Εταιρεία Προστασίας και Διαχείρισης Περιβάλλοντος - ΑΝΤΖΟΥΛΑΤΟΣ ΓΕΡΑΣΙΜΟΣ - ΕΠΕΜ Εταιρία Περιβαλλοντικών Μελετών Α.Ε. - ΟΜΙΚΡΟΝ Οικονομικές & Αναπτυξιακές Μελέτες Ε.Π.Ε. - ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΙΔΗΣ ΗΛΙΑΣ - ΤΣΕΚΟΥΡΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ - ΚΟΤΖΑΓΕΩΡΓΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ - ΓΚΑΡΓΚΟΥΛΑΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ».

Το τμήμα της μελέτης το οποίο ασχολείται με την συνιστώσα της κλιματικής αλλαγής ανέλαβε να φέρει εις πέρας το εργαστήριο «Υδρολογίας και υδατικών συστημάτων» με επιστημονικούς υπεύθυνους τον κ. Αθ.Λουκά Καθηγητή Υδρολογίας και τον κ. Νικ.Μυλόπουλο Επίκουρο Καθηγητή Υπόγειας Υδρολογίας του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Η παρούσα μελέτη χρησιμοποιεί μια μεθοδολογία καταβιβασμού κλίμακας για την εκτίμηση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στις μετεωρολογικές μεταβλητές βροχόπτωση, θερμοκρασία και εξατμισοδιαπνοή στα υδατικά διαμερίσματα Θεσσαλίας, Ηπείρου και Δυτικής Στερεάς Ελλάδας

Πιο συγκεκριμένα η μελέτη διαρθρώνεται σε τέσσερα κεφάλαια. Στο 1^ο κεφάλαιο γίνεται μια συνοπτική αναφορά στις προβολές του μελλοντικού κλίματος της γης σύμφωνα με τις εκτιμήσεις του IPCC (Intergoverental Panel on Climate Change και αναλύονται τα τέσσερα βασικότερα σενάρια εκπομπής. Επιπλέον γίνεται μια περιληπτική αναφορά για τις προβολές του μελλοντικού κλίματος της ευρύτερης περιοχής της Μεσογείου. Επίσης αναλύεται το θεωρητικό υπόβαθρο της μεθοδολογίας στατιστικού καταβιβασμού κλίμακας που χρησιμοποιείται στην παρούσα μελέτη. Στο 2^ο κεφάλαιο περιγράφεται η περιοχή για την οποία αναπτύχθηκε η παρούσα μελέτη η οποία αποτελείται από τα τρία υδατικά διαμερίσματα της Θεσσαλίας της Ηπείρου και της Δυτικής Στερεάς Ελλάδας. Ακόμη παρουσιάζεται η βάση δεδομένων πάνω στην οποία στηρίχθηκε η όλη διαδικασία. Τελικά περιγράφεται η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την εκτίμηση επιφανειακών τιμών τριών κλιματικών μεταβλητών,

της βροχόπτωσης, της θερμοκρασίας και της εξατμισοδιαπνοής. Στο 3ο κεφάλαιο παρουσιάζεται αναλυτικά η μεθοδολογία στατιστικού καταβιβασμού κλίμακας που εφαρμόστηκε στα πλαίσια της παρούσας μελέτης. Τα βασικά στάδια της διαδικασίας ήταν η ανάλυση συσχέτισης μεταξύ των υποψήφιων μεταβλητών πρόγνωσης (predictors), η βηματική πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση (stepwise multiple linear regression), η στοχαστική προσομοίωση των υπολοίπων βροχόπτωσης και θερμοκρασίας και η δημιουργία μελλοντικών σεναρίων βροχόπτωσης και θερμοκρασίας για δύο μελλοντικές περιόδους και τρία σενάρια κλιματικής αλλαγής. Στο 4^ο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της μελέτης.

Είναι χαρακτηριστικό ότι το υδατικό διαμέρισμα της Θεσσαλίας παρουσιάζει μέση ετήσια βροχόπτωση 639,79 mm και μέση ετήσια θερμοκρασία 14,55 °C. Τα αποτελέσματα της μελέτης υποδεικνύουν ότι για την μεσοπρόθεσμη μελλοντική περίοδο 2030-2050 η μέση ετησία βροχόπτωση για το συντηρητικό σενάριο SRES B1 παρουσιάζει αύξηση 0,46% στα 642,71 mm ενώ για το σενάριο SRES A1B που είναι το μεσαίας έντασης σενάριο παρουσιάζει μείωση 1,22% στα 631,9 mm και για το πιο ακραίο σενάριο SRES A2 μείωση 2,48% στα 624,22 mm. Η μακροπρόθεσμη περίοδος [2070-2080-2100](#) επιλέχθηκε διότι είναι γνωστό ότι οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής θα γίνουν περισσότερο εμφανείς μετά το δεύτερο μισό του αιώνα που διανύουμε. Έτσι λοιπόν προβάλλεται μια σαφής μείωση της βροχόπτωσης και για τρία κλιματικά σενάρια και ειδικότερα για το SRES B1 μείωση 1,39% στα 630,8 mm για το SRES A1B μείωση 4,54% στα 610,75 mm και για το SRES A2 μείωση 5,31% στα 605,8 mm. Τα αποτελέσματα για την θερμοκρασία παρουσιάζουν μικρότερες ποσοστιαίες μεταβολές κάτω του 1% και για τις δύο επιλεγμένες περιόδους. Έτσι στην περίοδο 2030-2050 για το σενάριο SRES B1 προβάλλεται μικρή αύξηση της θερμοκρασίας στους 14,56 °C για το SRES A1B 14,58 °C και για το SRES A2 14,57 °C. Από την άλλη για την περίοδο 2070-2100 τα αποτελέσματα της μελέτης δείχνουν αύξηση της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας και για τρία σενάρια κλιματικής αλλαγής και ειδικότερα για το SRES B1 στους 14,6 °C, για το SRES A1B στους 14,63 °C και για το SRES A2 14,66 °C.

Το υδατικό διαμέρισμα Ηπείρου παρουσιάζει μέση ετήσια βροχόπτωση 1425,37 mm και μέση ετήσια θερμοκρασία 12,78 °C καθώς πρόκειται για μια περιοχή με μεγάλο μέσο υψόμετρο. Τα αποτελέσματα της μελέτης δείχνουν ότι για την μελλοντική περίοδο 2030-2050 η μέση ετησία βροχόπτωση για το σενάριο SRES B1 παρουσιάζει αύξηση 0,2% στα 1428,27 mm ενώ για το σενάριο SRES A1B παρουσιάζει μείωση 0,5% στα

1418,27 mm και για το σενάριο SRES A2 μείωση 1,53% στα 1403,63 mm. Για την περίοδο 2070-2100 προβάλλεται μια σαφής μείωση της βροχόπτωσης και για τρία κλιματικά σενάρια και ειδικότερα για το SRES B1 μείωση 0,43% στα 1419,29 mm για το SRES A1B μείωση 2,27% στα 1393,07 mm και για το SRES A2 μείωση 2,98% στα 1392,92 mm. Όσον αφορά την θερμοκρασία στην περίοδο 2030-2050 για το σενάριο SRES B1 προβάλλεται μικρή αύξηση 0,78% στους 12,88 °C για το SRES A1B αύξηση 0,25% στους 12,81 °C και για το SRES A2 αύξηση 1,09% στους 12,92 °C. Από την άλλη για την περίοδο 2070-2100 τα αποτελέσματα της μελέτης δείχνουν αύξηση της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας και για τρία σενάρια κλιματικής αλλαγής και ειδικότερα για το SRES B1 1,47% στους 12,96 °C, για το SRES A1B αύξηση 2,31% στους 13,07 °C και για το SRES A2 αύξηση 3,14% στους 13,18 °C.

Το υδατικό διαμέρισμα Δυτικής Στερεάς Ελλάδας παρουσιάζει μέση ετήσια βροχόπτωση 1320,44 mm και μέση ετήσια θερμοκρασία 12,34 °C. Τα αποτελέσματα της μελέτης δείχνουν ότι για την μελλοντική περίοδο 2030-2050 η μέση ετήσια βροχόπτωση για το σενάριο SRES B1 παρουσιάζει αύξηση 0,45% στα 1320,45 mm ενώ για το σενάριο SRES A1B παρουσιάζει μείωση 0,11% στα 1319 mm και για το σενάριο SRES A2 μείωση 1,63% στα 1298,88 mm. Για την περίοδο 2070-2100 για το SRES B1 προβάλλεται αύξηση 0,04% στα 1320,91 mm για το SRES A1B μείωση 2,06% στα 1293,24 mm και για το SRES A2 μείωση 1,79% στα 1296,79 mm. Όσον αφορά την θερμοκρασία στην περίοδο 2030-2050 για το σενάριο SRES B1 προβάλλεται μικρή αύξηση 1,15% στους 12,48 °C για το SRES A1B αύξηση 1,61% στους 12,54 °C και για το SRES A2 αύξηση 1,59% στους 12,54 °C. Από την άλλη για την περίοδο 2070-2100 τα αποτελέσματα της μελέτης δείχνουν αύξηση της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας και για τρία σενάρια κλιματικής αλλαγής και ειδικότερα για το SRES B1 2,09% στους 12,6 °C, για το SRES A1B αύξηση 3,3% στους 12,75 °C και για το SRES A2 αύξηση 4,48% στους 12,89 °C.

1 ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ, ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΚΑΙ ΚΑΤΑΒΙΒΑΣΜΟΣ ΚΛΙΜΑΚΑΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται μια συνοπτική αναφορά στις προβολές του μελλοντικού κλίματος της γης σύμφωνα με τις εκτιμήσεις της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change) και αναλύονται τα τέσσερα βασικότερα σενάρια εκπομπής των αερίων του θερμοκηπίου. Επιπλέον γίνεται μια περιληπτική αναφορά για τις προβολές του μελλοντικού κλίματος της ευρύτερης περιοχής της Μεσογείου. Επίσης αναλύεται το θεωρητικό υπόβαθρο της μεθοδολογίας στατιστικού καταβιβασμού κλίμακας (ή στατιστικής υποκλιμάκωσης) που χρησιμοποιείται στην παρούσα μελέτη.

1.1 ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ

Τα τελευταία 420.000 χρόνια η γη πέρασε πάνω από τέσσερις κλιματικούς κύκλους. Η τελευταία περίοδος παγετώνων άρχισε πριν από 120.000 χρόνια και τελείωσε ακριβώς πριν από 16.000 χρόνια ακολουθούμενη από μια θερμή περίοδο μέχρι το παρόν. Η ισχυρή σχέση μεταξύ των αερίων του θερμοκηπίου φυσικής προέλευσης, του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) και του μεθανίου (CH₄), και του κλίματος της Ανταρκτικής τεκμηριωμένα στον τελευταίο κλιματικό κύκλο έχει επιβεβαιωθεί και με τους τέσσερις κλιματικούς κύκλους καλύπτοντας χρονικά 420.000 χρόνια. Με την βιομηχανική επανάσταση του 18^{ου} αιώνα, ο άνθρωπος προκάλεσε μια ραγδαία αύξηση αυτών των δύο αερίων του θερμοκηπίου, στα πρωτοφανή επίπεδα των ημερών μας. Η αύξηση συνοδεύτηκε από μια αντίστοιχη αύξηση των παγκόσμιων επιφανειακών θερμοκρασιών, που εκτείνεται από 0,4° C και 0,8° C από το 1860.

Από το τέλος του 19^{ου} αιώνα αρχίζει η άνοδος της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας, η οποία με διακυμάνσεις συνεχίζεται μέχρι τις ημέρες μας. Ο μέσος ρυθμός θέρμανσης της ατμόσφαιρας του πλανήτη κατά τον 20ό αιώνα ήταν 0,7 °C ανά 100 χρόνια (IPCC, 2007). Ένα σημαντικό μέρος αυτής της θέρμανσης, όπως είναι γνωστό, έχει αποδοθεί στην αλλαγή της σύστασης της ατμόσφαιρας λόγω της ανθρώπινης δραστηριότητας και έχει επικρατήσει να λέγεται “ανθρωπογενής συνιστώσα της κλιματικής αλλαγής” ή απλά “ανθρωπογενής υπερθέρμανση του πλανήτη”. Θα πρέπει να σημειωθεί εδώ ότι η αύξηση αυτή δεν ήταν σταθερή καθ’

όλη τη διάρκεια του 20ού αιώνα, αλλά εμφανίστηκε κυρίως στις περιόδους 1920-1945 και από το 1975 μέχρι σήμερα, ενώ από το 1945 μέχρι το 1975 πολλές εργασίες προσπάθησαν να ερμηνεύσουν την παρατηρηθείσα τότε ψύξη εξαιτίας της σκίασης του ηλίου από τα ανθρωπογενή ατμοσφαιρικά αιωρήματα. Πάντως, η τελευταία ανοδική τάση της θερμοκρασίας είναι στατιστικά σημαντική στο επίπεδο εμπιστοσύνης 95% σχεδόν σε όλες τις κατοικημένες περιοχές του πλανήτη και, κατά τον Παγκόσμιο Μετεωρολογικό Οργανισμό, η δεκαετία 1995-2005 ήταν η θερμότερη των τελευταίων 500 ετών (WMO, 2006).

Οι προβλέψεις της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC, 2007) δείχνουν ότι η ανοδική τάση της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας θα συνεχιστεί στις περισσότερες περιοχές του πλανήτη και κατά τον 21^ο αιώνα. Ειδικότερα, βάσει του μέσου όρου ενός συνόλου κλιματικών προσομοιώσεων, η μέση θερμοκρασία της ατμόσφαιρας αναμένεται να αυξηθεί, ανάλογα με την εξέλιξη των συγκεντρώσεων των αερίων του θερμοκηπίου, κατά 1,8-4 °C κατά τον τρέχοντα αιώνα (Σχήμα 1.1). Η άνοδος της θερμοκρασίας εκτιμάται ότι θα είναι σημαντικότερη στα μεγαλύτερα γεωγραφικά πλάτη και εντονότερη στις ηπειρωτικές περιοχές σε σύγκριση με τους ωκεανούς (IPCC, 2007). Η θέρμανση του πλανήτη θα έχει ως συνέπεια τη μείωση των θαλάσσιων και των χερσαίων εκτάσεων που καλύπτονται από πάγο, καθώς και την αύξηση της μέσης στάθμης της θάλασσας (αύξηση του επιπέδου της θαλάσσιας στάθμης από 22 ως 75 cm). Οι εκτιμήσεις σχετικά με το ύψος του νετού είναι περισσότερο περίπλοκες λόγω και των τοπικών παραγόντων αλλά και του γεωγραφικού αναγλύφου, το οποίο επηρεάζει το ύψος της βροχής. Στον 20ό αιώνα το ύψος της βροχής στις ηπειρωτικές περιοχές εμφάνισε κατά μέσον όρο αυξητικές τάσεις σε ένα μεγάλο τμήμα των μέσων και μεγαλύτερων γεωγραφικών πλατών, ενώ, αντίθετα, στις τροπικές περιοχές επικράτησαν πτωτικές τάσεις. Παρόμοια εικόνα αναμένεται ότι θα παρουσιάσει το ύψος της βροχής και κατά τον 21ο αιώνα, σύμφωνα με τα αποτελέσματα των κλιματικών προσομοιώσεων, ενώ τα χρονικά και χωρικά χαρακτηριστικά της βροχόπτωσης θα μεταβληθούν (IPCC, 2007).

1.2 ΤΟ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΟ ΚΛΙΜΑ ΤΗΣ ΓΗΣ (ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΣΕΝΑΡΙΑ)

Το 1996 το IPCC ξεκίνησε την ανάπτυξη ενός καινούργιου σετ σεναρίων εκπομπής, για να αντικαταστήσει αποτελεσματικά τα γνωστά σενάρια IS92. Το εγκεκριμένο

καινούργιο σενάριο περιγράφεται στην ειδική αναφορά του IPCC (IPCC, 2001) για τα σενάρια εκπομπής Special Report on Emission Scenario, SRES, (Nakićenović et al., 2000). Τέσσερα διαφορετικά αφηγηματικά πλάνα εργασίας αναπτύχθηκαν για να περιγράψουν με συνέπεια τις σχέσεις μεταξύ των δυνάμεων που κατευθύνουν τις εκπομπές και την εξέλιξή τους και να προσθέσουν περιεχόμενο για την ποσοτικοποίηση των σεναρίων. Το τελικό σενάριο των 40 σεναρίων (35 από τα οποία περιέχουν δεδομένα για όλο το εύρος των αερίων που απαιτούνται για την εκκίνηση των κλιματικών μοντέλων) καλύπτουν ένα μεγάλο εύρος των κυριότερων δημογραφικών, οικονομικών και τεχνολογικών δυνάμεων κατεύθυνσης των αερίων του θερμοκηπίου και των εκπομπών θείου. Κάθε σενάριο αντιπροσωπεύει μια συγκεκριμένη ποσοτικοποίηση ενός από τα τέσσερα πλάνα εργασίας. Όλα τα σενάρια που βασίζονται στο ίδιο πλάνο εργασίας απαρτίζουν ένα οικογενειακό σενάριο. Τα σενάρια (SRES, 2000) δεν περιλαμβάνουν επιπρόσθετες κλιματικές πρωτοβουλίες γεγονός που σημαίνει ότι κανένα από τα σενάρια που περιλαμβάνονται υποθέτει ρητά την υλοποίηση του πλαισίου εργασίας του Ο.Η.Ε. στο συνέδριο για την κλιματική αλλαγή ή τους στόχους εκπομπής του Πρωτοκόλλου του Κιότο. Ωστόσο, οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου επηρεάζονται άμεσα από πολιτικές που δεν αφορούν την κλιματική αλλαγή και σχεδιάστηκαν για ένα μεγάλο εύρος άλλων σκοπών (π.χ. ποιότητα του αέρα). Επιπλέον, οι κυβερνητικές πολιτικές μπορούν να επηρεάσουν τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου με διάφορους τρόπους, όπως η δημογραφική αλλαγή, κοινωνική και οικονομική ανάπτυξη, τεχνολογική αλλαγή, χρήση των πόρων και διαχείριση της μόλυνσης. Η επιρροή ανακλάται ευρέως στα πλάνα εργασίας και τα τελικά σενάρια.

Δεδομένου ότι τα σενάρια (SRES) εγκρίθηκαν μόλις στις 15 Μαρτίου του 2000, ήταν πολύ αργά για την κοινότητα των μοντέλων να ενσωματώσει τα τελικά εγκεκριμένα σενάρια στα μοντέλα της και να έχει τα αποτελέσματα διαθέσιμα για την Τρίτη Αναφορά Εκτίμησης σε συνδυασμό με μια απόφαση του IPCC το 1998. Εκείνη τη χρονική στιγμή, ένα σενάριο επιλέχθηκε από καθένα από τα τέσσερα γκρουπ σεναρίων που βασίζονται άμεσα στα πλάνα εργασίας (A1B, A2, B1, και B2). Η επιλογή των επιλεγμένων σεναρίων βασίστηκε στο ποια από τις αρχικές ποσοτικοποιήσεις ανακλούσε καλύτερα το πλάνο εργασίας και τα χαρακτηριστικά συγκεκριμένων μοντέλων. Τα επιλεγμένα σενάρια είναι πάνω κάτω παρόμοια με οποιοδήποτε άλλο σενάριο, αλλά θεωρούνται ενδεικτικά ενός συγκεκριμένου πλάνου εργασίας. Κάποια σενάρια επιλέχθηκαν επίσης τελευταία για να εμφανίσουν τα άλλα

δύο γκρουπ (A1F1 και A1T) μέσα στην οικογένεια A1, η οποία εξετάζει ειδικά εναλλακτικές δράσεις τεχνολογικής ανάπτυξης, κρατώντας τις άλλες δυνάμεις κατεύθυνσης σταθερές. Έτσι, υπάρχει ένα ενδεικτικό σενάριο για καθένα από τα έξι γκρουπ σεναρίων και όλα είναι το ίδιο αληθοφανή. Δεδομένου ότι τα δύο τελευταία ενδεικτικά σενάρια επιλέχθηκαν σε ένα τελευταίο στάδιο της διαδικασίας, τα αποτελέσματα του AOGCM, που παρουσιάζονται εδώ χρησιμοποιούν μόνο δύο από τα σημειωμένα σενάρια. Προς το παρόν, μόνο τα σενάρια A2 και B2 αναμιγνύονται σταδιακά από περισσότερα από ένα AOGCM. Τα αποτελέσματα του AOGCM αυξήθηκαν με αποτελέσματα από απλά κλιματικά μοντέλα που καλύπτουν και τα έξι ενδεικτικά σενάρια.

Τα τελικά τέσσερα σημειωμένα σενάρια που περιέχονται στο SRES διαφέρουν με πολλούς τρόπους από τα αρχικά σενάρια που χρησιμοποιούνται για τα πειράματα του AOGCM που περιγράφονται στην αναφορά. Για να εξακριβωθεί η πιθανή επίδραση των διαφορών στα αρχικά και τελικά σενάρια SRES, καθένα από τα τέσσερα αρχικά και επιλεγμένα τελικά σενάρια μελετήθηκαν χρησιμοποιώντας ένα απλό κλιματικό μοντέλο. Για τα τρία από τα τέσσερα επιλεγμένα σενάρια (A1B, A2, και B2) η θερμοκρασιακή μεταβολή από τα αρχικά επιλεγμένα είναι παρόμοια. Η κύρια διαφορά είναι μια μεταβολή στις κανονικοποιημένες τιμές από το 1990 ως το 2000, η οποία είναι κοινή σε όλα αυτά τα σενάρια. Αυτό καταλήγει σε μια μεγαλύτερη αλλαγή αρκετά νωρίς στην περίοδο. Υπάρχουν κάποιες ακόμη διαφορές στο δίκτυο δυνάμεων, αλλά αυτές μειώνονται μέχρι το 2100, διαφορές στην θερμοκρασιακή μεταβολή στις δύο εκδοχές αυτών των σεναρίων βρίσκονται στο επίπεδο του 1% ή 2%. Για το σενάριο B1 ωστόσο, η θερμοκρασιακή μεταβολή είναι πολύ μικρή στην τελική εκδοχή, οδηγώντας σε μια διαφορά στη θερμοκρασιακή μεταβολή το 2100 της τάξης του 20%, ως αποτέλεσμα των γενικά χαμηλότερων εκπομπών σε όλο το πεδίο των αερίων του θερμοκηπίου.

Είναι γνωστό ότι τα σενάρια αυτά περικλείουν ένα μεγάλο εύρος των εκπομπών. Για σύγκριση οι εκπομπές φαίνονται και για το IS92a. Ιδιαίτερης αναφοράς χρίζουν οι πολύ χαμηλότερες εκπομπές διοξειδίου του θείου για τα έξι σενάρια SRES, σε σύγκριση με τα σενάρια IS92a, λόγω των δομικών αλλαγών στο ενεργειακό σύστημα και ενδιαφέροντος για την τοπική και χωρική ρύπανση του αέρα. Παρακάτω περιγράφονται τα τέσσερα επιλεγμένα σενάρια εκπομπής.

A1. Το πλάνο εργασίας A1 και οικογενειακό σενάριο περιγράφει έναν μελλοντικό κόσμο, ραγδαίας οικονομικής ανάπτυξης, παγκόσμιο πληθυσμό που φτάνει το μέγιστο στα μέσα του αιώνα, και από εκεί και πέρα μειώνεται, και η ραγδαία εισαγωγή καινούργιων και πιο αποτελεσματικών τεχνολογιών. Κύρια θέματα είναι η σύγκλιση των περιοχών, η κατασκευαστική ικανότητα, και οι αυξημένες κοινωνικές και πολιτισμικές αλληλεπιδράσεις, με μια σαφή μείωση στις χωρικές διαφορές στο εισόδημα. Η ομάδα σεναρίων A1 αναπτύσσεται σε τρία γκρουπ που περιγράφουν εναλλακτικές διευθύνσεις της τεχνολογικής αλλαγής στο ενεργειακό σύστημα. Τα τρία γκρουπ του A1 διακρίνονται από την τεχνολογική τους έμφαση: εντατικό βασισμένο σε ορυκτά καύσιμα (fossil intensive) (A1F1), ενεργειακές πηγές από μη-ορυκτά καύσιμα (non-fossil energy sources) (A1T), ή ισόρροπη χρήση όλων των πηγών ενέργειας (balance across all sources) (A1B).

A2. Το πλάνο εργασίας A2 και η ομάδα σεναρίων περιγράφει έναν πολύ ετερογενή κόσμο. Το βασικό θέμα είναι η αυτάρκεια και η διατήρηση των τοπικών ταυτοτήτων. Τα πλάνα του ρυθμού αύξησης του πληθυσμού κατά μήκος των περιοχών συγκλίνουν πολύ αργά, γεγονός που καταλήγει συνεχώς σε αύξηση του πληθυσμού. Η οικονομική ανάπτυξη είναι κυρίως οριοθετημένη χωρικά και ο ρυθμός οικονομικής ανάπτυξης και τεχνολογικής αλλαγής είναι πιο διαφοροποιημένος.

B1. Το πλάνο εργασίας και η ομάδα σεναρίων B1 περιγράφει έναν συγκλινόμενο κόσμο με τον ίδιο παγκόσμιο πληθυσμό, που παίρνει τη μέγιστη τιμή του στα μέσα του αιώνα και στη συνέχεια μειώνεται, όπως και στο πλάνο εργασίας A1, με ραγδαία όμως μεταβολή στις οικονομικές δομές προς μια οικονομία εξυπηρέτησης και πληροφοριών, με μειώσεις στην παραγωγή υλικών αγαθών και την εισαγωγή καθαρών και με επάρκεια πόρων τεχνολογιών. Η έμφαση δίνεται σε παγκόσμιες λύσεις στην οικονομική, κοινωνική και περιβαλλοντική αυτάρκεια, περιλαμβάνοντας βελτιωμένη ισότητα, χωρίς όμως επιπλέον κλιματικές πρωτοβουλίες.

B2. Το πλάνο εργασίας και η ομάδα σεναρίων B2 περιγράφει έναν κόσμο στον οποίο η έμφαση δίνεται σε τοπικές λύσεις στην οικονομική, κοινωνική, και περιβαλλοντική αυτάρκεια. Είναι ένας κόσμος με συνεχή αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού, με ρυθμό χαμηλότερο από το A2, μέτρια επίπεδα οικονομικής ανάπτυξης, και λιγότερο ραγδαία και περισσότερο διαφοροποιημένη τεχνολογική αλλαγή από τα πλάνα εργασίας A1 και B1. Καθώς το σενάριο χωροθετείται προς την προστασία του περιβάλλοντος και την κοινωνική ισότητα, επικεντρώνεται σε τοπικά και χωρικά επίπεδα. Στον Πίνακα 1.1 αναφέρονται συνοπτικά τα χαρακτηριστικά των

συγκεκριμένων σεναρίων, τα οποία αναπτύχθηκαν στο πλαίσιο της τρίτης έκθεσης του Ο.Η.Ε για την κλιματική αλλαγή, IPCC (Nakićenović et al., 2000).

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.1. Σενάριο εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα μελέτη (IPCC, 2007)

Σενάριο A2	Μέτρια αύξηση του μέσου παγκόσμιου κατά κεφαλήν εισοδήματος. Ιδιαίτερα έντονη κατανάλωση ενέργειας. Ραγδαία αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού. Αργή και τμηματική τεχνολογική ανάπτυξη και μέτριες έως μεγάλες αλλαγές στη χρήση γης. Ραγδαία αύξηση της συγκέντρωσης του CO ₂ στην ατμόσφαιρα, η οποία θα φθάσει τα 850 ppm το 2100.
Σενάριο A1B	Ραγδαία οικονομική ανάπτυξη. Ιδιαίτερα έντονη κατανάλωση ενέργειας, αλλά παράλληλα διάδοση νέων και αποδοτικών τεχνολογιών. Χρήση τόσο ορυκτών καυσίμων όσο και εναλλακτικών πηγών ενέργειας. Μικρές αλλαγές στη χρήση γης. Ραγδαία αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού μέχρι το έτος 2050 και σταδιακή μείωσή του στη συνέχεια. Έντονη αύξηση της συγκέντρωσης του CO ₂ στην ατμόσφαιρα, η οποία θα φθάσει τα 720 ppm το 2100.
Σενάριο B2	Ανάπτυξη της παγκόσμιας οικονομίας με μέτριους ρυθμούς. Ηπιότερες τεχνολογικές αλλαγές σε σύγκριση με τα Σενάριο Εκπομπών A1 και B1. Ραγδαία αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού. Αύξηση της συγκέντρωσης του CO ₂ στην ατμόσφαιρα με μέτριους αλλά σταθερούς ρυθμούς , η οποία θα φθάσει το 2100 τα 620 ppm .
Σενάριο B1	Μεγάλη αύξηση του παγκόσμιου κατά κεφαλήν εισοδήματος. Χαμηλή κατανάλωση ενέργειας. Μείωση της χρήσης των συμβατικών πηγών ενέργειας και στροφή στη χρήση τεχνολογιών που χρησιμοποιούν ανανεώσιμες ενεργειακές πηγές. Ραγδαία αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού μέχρι το έτος 2050 και σταδιακή μείωσή του στη συνέχεια. Αύξηση της συγκέντρωσης του CO ₂ στην ατμόσφαιρα με σχετικά ήπιους ρυθμούς , ιδίως από το 2050 και μετά, η οποία θα φθάσει το 2100 τα 550 ppm .

1.3 ΟΙ ΠΡΟΒΟΛΕΣ ΤΟΥ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΟΥ ΚΛΙΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΓΗΣ

Είναι γεγονός ότι το σύνολο των μελετών που ασχολούνται με τις κλιματικές μεταβολές δείχνουν μια σημαντική τάση αύξησης της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη. Σαφέστατα κύριος υπεύθυνος για την κατάσταση αυτή θεωρείται ο άνθρωπος του οποίου η εξέλιξη συνδυάζεται μέχρι τώρα με υποβάθμιση του περιβάλλοντος από την αλόγιστη χρήση των φυσικών πόρων αλλά και μεταβολή του κλίματος εξαιτίας της ραγδαίας τεχνολογικής και οικονομικής ανάπτυξης. Η

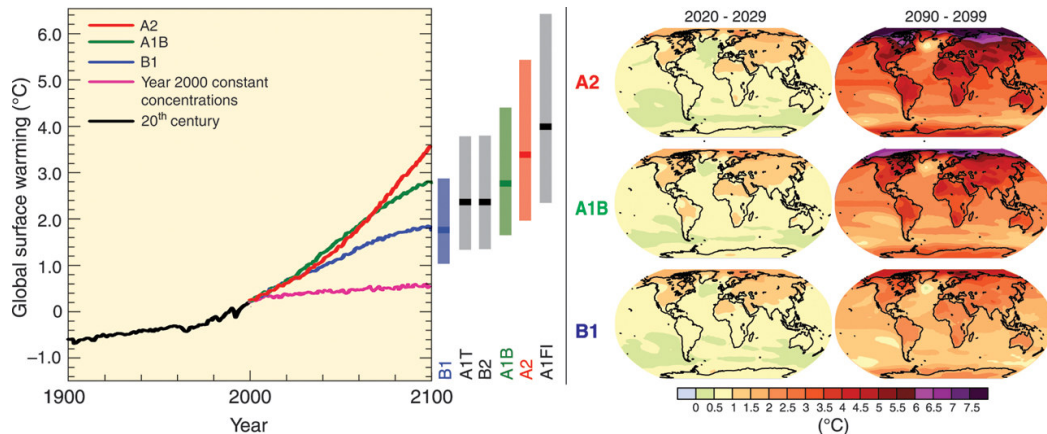
ανάπτυξη αυτή έχει προκαλέσει την αύξηση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου και των αεροζόλ, ιδιαίτερα των θειούχων.

Οι εκπομπές αυτές προβάλλονται να αυξηθούν ακόμη περισσότερο στο άμεσο μέλλον. Είναι χαρακτηριστικό ότι οι υπολογισμοί των μοντέλων για την πληθώρα των αερίων του θερμοκηπίου εκτός του CO₂ μέχρι το έτος 2100 διαφέρουν σημαντικά στα έξι ενδεικτικά σενάρια SRES, σε όλα όμως υπάρχει η γενική συμφωνία της αύξησης των εκπομπών. Για τα έξι ενδεικτικά σενάρια εκπομπής SRES, οι προβαλλόμενες εκπομπές των έμμεσων αερίων θερμοκηπίου (NO_x, CO, VOC), μαζί με τις μεταβολές στο CH₄, προβάλλονται να μεταβάλλουν την παγκόσμια μέση πληθώρα της τροποσφαιρικής ρίζας υδροξυλίου (OH), από -20% ως +6% τον επόμενο αιώνα. Εξαιτίας της σημασίας του (OH) στην τροποσφαιρική χημεία, συγκρινόμενες αλλά αντίθετες αλλαγές λαμβάνουν χώρα στους ατμοσφαιρικούς χρόνους ζωής των αερίων θερμοκηπίου CH₄ και HFCs. Ακόμη, ο υψηλός ρυθμός αύξησης των εκπομπών των αερίων θερμοκηπίου και άλλων συστατικών μόλυνσης όπως προβάλλεται σε μερικά από τα έξι ενδεικτικά σενάρια SRES για τον 21^ο αιώνα θα υποβαθμίσει το παγκόσμιο περιβάλλον με τρόπους πέραν της κλιματικής αλλαγής. Γενικά τα έξι ενδεικτικά σενάρια καλύπτουν σχεδόν όλο το εύρος των μεταβολών που προκύπτουν από την ομάδα σεναρίων SRES. Οι αυξημένες όμως αυτές εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου είναι πολύ πιθανό να προκαλέσουν μεταβολές σε επιμέρους χαρακτηριστικά του κλίματος της γης όπως είναι η βροχόπτωση και η θερμοκρασία.

Η μέση παγκόσμια επιφανειακή θερμοκρασία προβλέπεται να αυξηθεί από 1,4 ως 5,8° C (Σχήμα 1.1) για την περίοδο 1990 ως το 2100. Είναι πολύ πιθανό ότι σχεδόν όλες οι γήινες περιοχές θα θερμανθούν πιο γρήγορα σε σχέση με τον παγκόσμιο μέσο, ειδικά εκείνες στα βορειότερα μεγάλα γεωγραφικά πλάτη κατά την ψυχρή περίοδο.

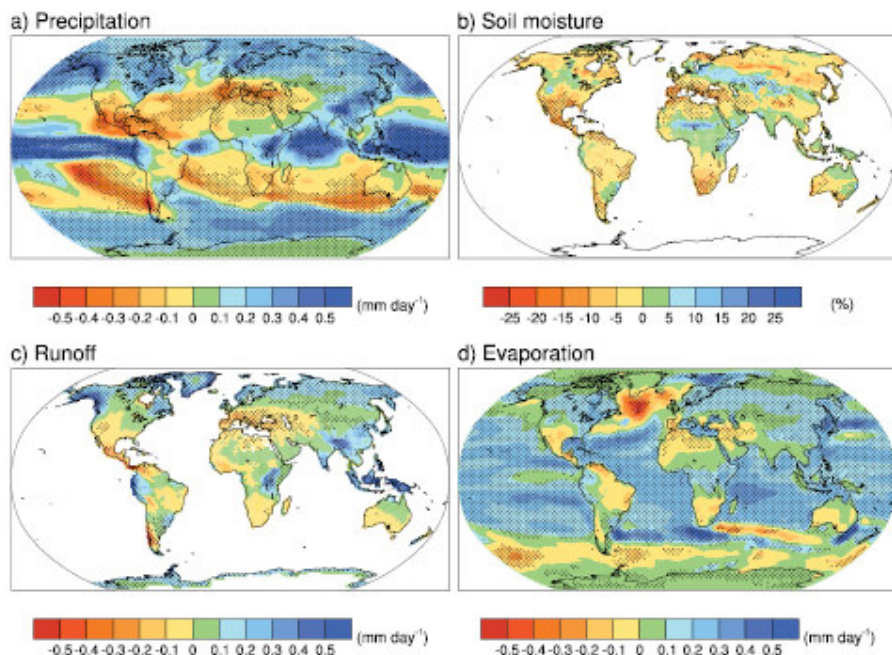
Όσον αφορά τη βροχόπτωση υπάρχει και εδώ μια σαφής τάση για μεταβολή των υδρατμών, της εξάτμισης αλλά και της βροχόπτωσης. Είναι χαρακτηριστικό ότι πρόσφατες προσομοιώσεις του AOGCM μαζί με τα σενάρια εκπομπών SRES A2 και B2 δείχνουν ότι είναι πιθανό για τη βροχόπτωση να αυξηθεί και το καλοκαίρι και το χειμώνα πάνω από μεγάλο γεωγραφικό πλάτος περιοχές. Το χειμώνα, η αύξηση είναι ορατή και στα βορειότερα μεσαία γεωγραφικά πλάτη, την τροπική Αφρική και την Ανταρκτική και το καλοκαίρι στη νοτιότερη και ανατολικότερη Ασία. Η Αυστραλία, η κεντρική Αμερική και η νοτιότερη Αφρική παρουσιάζουν συνεχή μείωση στη χειμερινή βροχόπτωση ((Σχήμα 1.2). Με βάση πλάνα εργασίας που

προκύπτουν από ένα περιορισμένο αριθμό μελετών με τρέχοντα AOGCMs, παλιότερα GCMs και μελέτες χωρικής διακριτοποίησης, υπάρχει μια ισχυρή συσχέτιση ανάμεσα στη βροχόπτωση και την ενδοετήσια μεταβλητότητα και την μέση βροχόπτωση.



ΣΧΗΜΑ 1.1. Αριστερά: Οι γραμμές είναι παγκόσμιοι μέσοι μοντέλων αύξησης της επιφανειακής θερμοκρασίας (σε σχέση με την περίοδο 1980-1999) για τα σενάρια SRES A2, A1b και B1 και παρουσιάζονται ως συνέχεια των προσομοιώσεων του 20^{ου} αιώνα. Οι μπάρες στη μέση του σχήματος είναι αντιπροσωπευουν την καλύτερη εκτίμηση και το πιθανό εύρος της για τα έξι βασικά σενάρια εκπομπής. Δεξιά: Προβαλλόμενες θερμοκρασιακές μεταβολές για την αρχή και το τέλος του 21^{ου} αιώνα σε σχέση με την περίοδο 1980-2000.(IPCC, 2007)

Επίσης προβάλλεται να υπάρξουν στο μέλλον σοβαρές μεταβολές στα ακραία μετεωρολογικά φαινόμενα. Ειδικότερα, περισσότερες θερμές ημέρες και θερμικά κύματα είναι πολύ πιθανά κοντά σε όλες τις γήινες περιοχές ενώ παγωμένες ημέρες και ψυχρά κύματα είναι πολύ πιθανό να γίνουν πολύ λιγότερα. Οι ακραίες βροχοπτώσεις προβλέπονται να αυξηθούν περισσότερο από το μέσο και η δριμύτητα των γεγονότων βροχόπτωσης αναμένεται να αυξηθεί. Η συχνότητα των ακραίων γεγονότων βροχόπτωσης προβλέπεται να αυξηθεί σχεδόν παντού. Επίσης προβλέπεται να υπάρχει μια ξήρανση των μεσοηπειρωτικών περιοχών κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού.

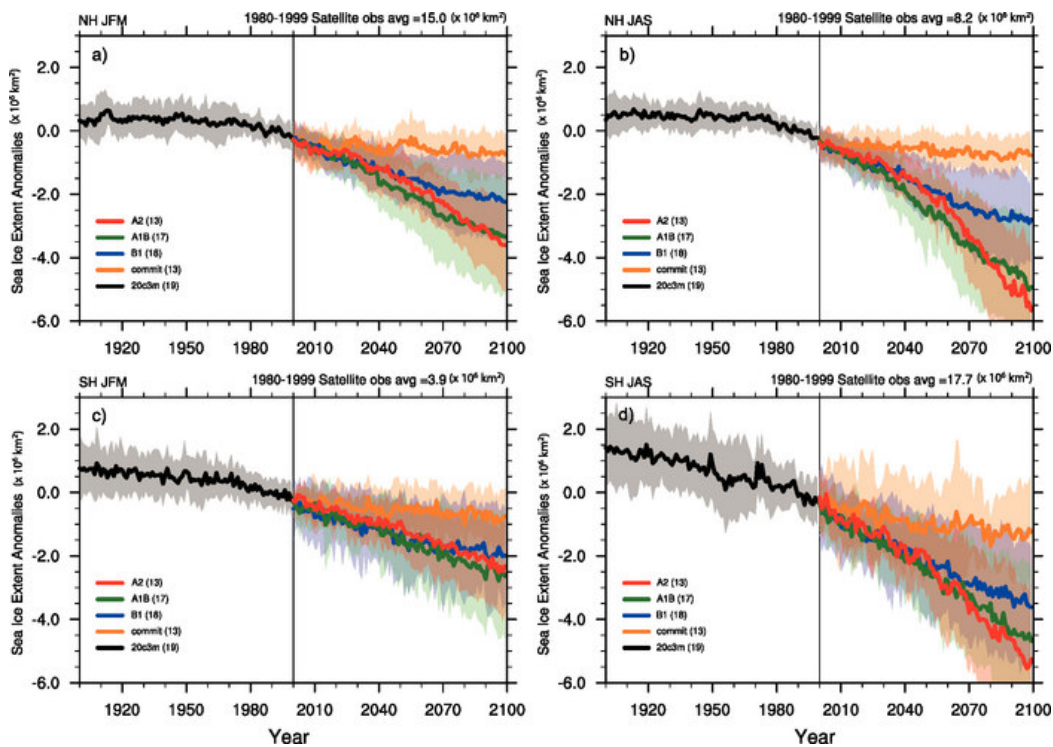


ΣΧΗΜΑ 1.2. Μέσες μεταβολές (α) βροχόπτωσης (mm day^{-1}), (β) περιεχόμενης εδαφικής υγρασίας (%), (γ) απορροής (mm day^{-1}) και (δ) εξάτμισης (mm day^{-1}). (IPCC, 2007)

Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι τα περισσότερα μοντέλα δείχνουν ότι η κυκλοφορία στο Βόρειο Ημισφαίριο γίνεται αδύναμη, γεγονός που συνεισφέρει σε μια μείωση της επιφανειακής θέρμανσης στον βορειότερο Βόρειο Ατλαντικό. Ακόμη και σε μοντέλα όπου η THC (Thermohiline Circulation) εξασθενεί, συνεχίζει να υπάρχει αύξηση της θερμοκρασίας πάνω από την Ευρώπη που οφείλεται στα αυξημένα αέρια του θερμοκηπίου. Ακόμη άλλα μοντέλα δείχνουν μια παρόμοια με το el Nino αντίδραση στον τροπικό Ειρηνικό, με τις κεντρικές και ανατολικές θερμοκρασίες επιφάνειας της θάλασσας, του ισημερινού Ειρηνικού να θερμανθούν περισσότερο από αυτές του δυτικότερου ισημερινού Ειρηνικού και με μια αντίστοιχη μέση μετατόπιση της βροχόπτωσης προς τα ανατολικά.

Χαρακτηριστικό της επικείμενης κλιματικής μεταβολής είναι οι αλλαγές του γήινου πάγου (παγετώνες, παγοκύστες), του θαλάσσιου πάγου και της χιονοκάλυψης. Οι παγετώνες και οι παγοκύστες θα συνεχίσουν την ευρεία υποχώρησή τους κατά τη διάρκεια του 21^{ου} αιώνα και η χιονοκάλυψη και ο θαλάσσιος πάγος του Βορειότερου Ημισφαιρίου προβάλλονται να μειωθούν περισσότερο. Φυσική συνέπεια αποτελεί λοιπόν και μια άνοδος του μέσου επιπέδου της θάλασσας στάθμης. Οι προβολές στο

μέλλον της παγκόσμιας μέσης ανόδου του επιπέδου της θαλάσσιας στάθμης από το 1990 ως το 2100, χρησιμοποιώντας ένα εύρος AOGCMs που ακολουθούν τα σενάρια IS92 (περιλαμβάνοντας την άμεση επίδραση των εκπομπών θειούχων αεροζόλ), εκτείνεται στο εύρος από 0,11 ως 0,77 m (IPCC, 2001). Για ολόκληρο το σενάριο των σεναρίων SRES, προβάλλεται μια άνοδος του επιπέδου της θαλάσσιας στάθμης από 0,09 ως 0,88 m, από το 1990 ως το 2100 (Σχήμα 1.3.), κυρίως από τη θερμική διαστολή και την απώλεια μάζας από παγετώνες και παγοκύστες (IPCC, 2001). Θα πρέπει να αναμένεται ότι ως το 2100, πολλές περιοχές που τώρα έχουν πτώση του επιπέδου της θαλάσσιας στάθμης θα έχουν στο μέλλον μια ανοδική θαλάσσια στάθμη.



ΣΧΗΜΑ 1.3. Προσομοιωμένες ανωμαλίες στο επίπεδο θαλασσιου πάγου για τον 20^ο και 21^ο αιώνα χρησιμοποιώντας τα σενάρια SRES A2, A1B και B1 (IPCC, 2007)

1.4 ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΑΛΛΑΓΕΣ ΣΤΗ ΜΕΣΟΓΕΙΟ

Κρίνεται απαραίτητο μετά από μια γενική περιγραφή της κλιματικής μεταβολής να γίνει αναφορά των μελλοντικών χαρακτηριστικών της κλιματικής αλλαγής σε μια περιοχή που παρουσιάζει παρόμοιο κλίμα με αυτό της παρούσας εργασίας. Δηλαδή στο σημείο αυτό περιγράφεται η κλιματική αλλαγή της Νοτιότερης Ευρώπης αλλά γίνονται και σαφείς αναφορές στις μεταβολές του κλίματος διαφόρων περιοχών της Ελλάδας εντός της οποίας βρίσκεται και η περιοχή ενδιαφέροντος που δεν είναι άλλη από τη Θεσσαλία και τη Δυτική Ελλάδα.

Όλες οι προσομοιώσεις με μοντέλα για την Ευρώπη συγκλίνουν ότι κατά μέσο όρο το εύρος της θερμοκρασιακής ανόδου αναμένεται να είναι υψηλότερο στη Βόρεια Ευρώπη σε σύγκριση με τις περιοχές της Μεσογείου. Παρά το ότι η πρόβλεψη αυτή της θερμοκρασιακής μεταβολής διαφέρει, τα περισσότερα μοντέλα προτείνουν ότι η χειμερινή θερμοκρασία θα αυξηθεί περισσότερο πάνω από τη Βόρεια Ευρώπη ενώ το καλοκαίρι η αύξηση θα είναι μεγαλύτερη στη Νότια Ευρώπη. Επιπλέον, η χειμερινή θερμοκρασιακή άνοδος στη Βόρεια Ευρώπη θα είναι υψηλότερη από την αύξηση του καλοκαιριού, ενώ η καλοκαιρινή θερμοκρασιακή αύξηση στη Νότια Ευρώπη θα είναι ελαφρώς υψηλότερη από αυτή του χειμώνα.

Όσον αφορά τη βροχόπτωση, τα περισσότερα μοντέλα συμφωνούν σε χειμερινή αύξηση στη Βόρεια Ευρώπη και δίνουν κάποιες ενδείξεις για αύξηση στην καλοκαιρινή βροχόπτωση. Αυτά τα αποτελέσματα μπορούν να είναι συνδεδεμένα με την παρατηρημένη γενική αύξηση στη Βόρεια Ευρώπη κατά τον 20^ο αιώνα. Αντιθέτως, όλα τα μοντέλα προτείνουν ότι η καλοκαιρινή θερμοκρασία στη Νότια Ευρώπη θα μειωθεί ενώ υπάρχουν μόνο ενδείξεις για μια αύξηση στην καλοκαιρινή βροχόπτωση.

Τα μοντέλα δίνουν αντικρουόμενα στοιχεία για το πως το κλίμα μπορεί να μεταβληθεί κατά μέσο όρο πάνω από την περιοχή της Μεσογείου και ειδικότερα στην Ελλάδα. Έτσι είναι πολύ δύσκολο να διακρίνουμε πιθανές κλιματικές αλλαγές σε αυτή την κλίμακα. Όλες οι προσομοιώσεις με μοντέλα, ωστόσο έχουν ένα κοινό χαρακτηριστικό: η θερμοκρασία θα αυξηθεί αισθητά τις επόμενες δεκαετίες.

Θερμοκρασία

A. Μεσόγειος: Οι θερμοκρασίες στη Μεσόγειο μπορεί να αυξηθούν μέχρι και 3,5 °C μέχρι το 2050 υποθέτοντας ένα διπλασιασμό της συγκέντρωσης του CO₂. Η εκτίμηση του εύρους της αύξησης της θερμοκρασίας παρουσιάζει μια σημαντική διακύμανση (2 °C ως 6 °C μέχρι το 2100) (Πίνακας 1.2). Μια μικρότερη θερμοκρασιακή αύξηση αναμένεται στη θάλασσα και τις παράκτιες περιοχές σε σχέση με τις ηπειρωτικές περιοχές της Μεσογείου. Οι περιοχές που παρουσιάζουν τη μέγιστη θερμοκρασιακή άνοδο και ευαισθησία βρίσκονται στο νοτιότερο κομμάτι της Μεσογείου. Η καλοκαιρινή θερμοκρασιακή αύξηση στη Μεσόγειο είναι αισθητά μεγαλύτερη από εκείνη στη Βόρεια Ευρώπη. Όσον αφορά τις περιοδικές διαφορές, η αύξηση στη Μεσόγειο κατά το χειμώνα είναι της ίδιας τάξης (ή ελαφρώς χαμηλότερη) με την αντίστοιχη θέρμανση του καλοκαιριού.

B. Ελλάδα: Η μέση θερμοκρασιακή αύξηση στην Ελλάδα, υπολογισμένη με εκτίμηση των αποτελεσμάτων πρόσφατων μελετών και αναφορών, εκτείνεται μεταξύ των 0,9°C και 2°C, ανάλογα με το σενάριο της μείωσης των αερίων του θερμοκηπίου και αναμένεται να είναι ελαφρώς υψηλότερη το καλοκαίρι από ότι θα είναι το χειμώνα (Climatic Changes in Mediterranean). Οι θερμοκρασιακές αυξήσεις τον 20^ο αιώνα, όπως έχουν εντοπιστεί σε αρκετές μελέτες και αναφορές συνοψίζονται παρακάτω.

Βροχόπτωση

A. Μεσόγειος: Οι περισσότερες προβολές δείχνουν σημαντικά χαμηλότερη βροχόπτωση το καλοκαίρι γενικά για όλη την περιοχή. Απεναντίας, αρκετά μοντέλα προτείνουν μια γενική αύξηση της χειμερινής βροχόπτωσης κυρίως στο Βόρειο κομμάτι της περιοχής της Μεσογείου. Αυτή η αύξηση, ωστόσο είναι πολύ χαμηλότερη από αυτή της Βόρειας Ευρώπης. Γενικά οι προοπτικές της βροχόπτωσης στην περιοχή της Μεσογείου για ένα θερμότερο κόσμο είναι ακόμη αρκετά αβέβαιες λόγω της γενικής αδυναμίας των GCMs να προβλέψουν περιοχική βροχόπτωση. Τα περισσότερα μοντέλα προσφέρουν στοιχεία που διαφέρουν για το πως η βροχόπτωση θα μεταβληθεί κατά μέσο όρο στην περιοχή της Μεσογείου. Ένα κοινό χαρακτηριστικό, ωστόσο, πολλών προβολών είναι ότι η αύξηση της ετήσιας βροχόπτωσης στην περιοχή της Μεσογείου που βρίσκεται 40° ή 45° N είναι πολύ πιθανή, ενώ για το Νότιο αυτές οι προβολές δείχνουν λιγότερη βροχόπτωση (IPCC, 2007).

Β.Ελλάδα: Λίγες μόνο μελέτες που αφορούν το καθεστώς της βροχόπτωσης στην Ελλάδα έχουν βρεθεί και οι περισσότερες δίνουν στοιχεία που αποκλίνουν για το πως η βροχόπτωση μπορεί να μεταβληθεί στην περιοχή. Ωστόσο, υπάρχουν σοβαρές ενδείξεις για μια σημαντική μείωση της καλοκαιρινής βροχόπτωσης, η οποία είναι σύμφωνη με τις προβολές για τη συνολική περιοχή της Μεσογείου. Θα πρέπει να αναφερθεί ότι σύμφωνα με τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων μιας μελέτης, η ανατολική και νότια Ελλάδα και πιο συγκεκριμένα η Αττική, η Θεσσαλία, η Θεσσαλονίκη και η ανατολική Πελοπόννησος είναι πιθανό να δεχτούν μια σημαντική μείωση στη μέση ετήσια βροχόπτωση στο βορειότερο κομμάτι της περιοχής της Μεσογείου. Ωστόσο, η τεχνική αναφορά της Greenpeace για την κλιματική αλλαγή στην Κρήτη δείχνει ότι η μέση ετήσια βροχόπτωση θα ανέλθει από τα 14,3 στα 23,8 mm μέχρι το 2030. Οι εκτιμημένες μεταβολές της βροχόπτωσης κατά τον 21^ο αιώνα, όπως έχουν υπολογιστεί από πολλές μελέτες, συνοψίζονται στον Πίνακα 1.3.

Ακραία καιρικά φαινόμενα

Παρά τις αμφιβολίες για το πως ακριβώς η κλιματική μεταβλητότητα και τα ακραία γεγονότα θα μεταβληθούν στην περιοχή της Μεσογείου, η γενική εικόνα δείχνει μια αύξηση στη συχνότητα των ακραίων γεγονότων και ειδικά στις ξηρασίες στη δυτική Μεσόγειο. Γενικά οι θερμότερες συνθήκες στην περιοχή της Μεσογείου θα πρέπει να οδηγήσουν σε μια αύξηση της ύπαρξης εξαιρετικά υψηλών θερμοκρασιών και σε μια μείωση των εξαιρετικά χαμηλών θερμοκρασιών. Σε περιοχές που πέρασαν μια γενική μείωση βροχόπτωσης, οι ξηρασίες είναι πιθανό να γίνουν πιο συχνές καθώς η πιθανότητα ξηρών ημερών και η διάρκεια των ξηρών περιόδων αυξάνει.

Επίπεδο θαλάσσιας στάθμης

Το μέσο επίπεδο της θαλάσσιας στάθμης αναμένεται να ανέρχεται σε ρυθμό 5 cm / δεκαετία. Ειδικότερα το θαλάσσιο επίπεδο θα ανέλθει κατά 50 cm περίπου μέχρι το 2100 (με ένα εύρος αβεβαιότητας από 20 ως 86 cm) (Climatic Changes in Mediterranean). Το δέλτα του Νείλου, η Βενετία και η Θεσσαλονίκη εμφανίζονται ως οι πιο ευαίσθητες περιοχές στη Μεσόγειο.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.2. Εκτιμημένες θερμοκρασιακές μεταβολές κατά τον 21^ο αιώνα
(Climatic Changes in Mediterranean)

	In general	2030			2050			2100		
		Winter	Summer	Annually	Winter	Summer	Annually	Winter	Summer	Annually
North Europe	Winter temperature increase is greater than the respective increase in summer	increase 2.5 to 4°C	increase 1 to 3°C					increase 4 to 7°C	increase 2 to 5°C	
South Europe	Summer temperature increase is slightly greater than the respective increase in winter	increase 1.5 to 3.5°C	increase 2 to 4.5°C							
Mediterranean	Summer temperature increase is slightly greater than the respective increase in winter						increase 3.5 °C	increase 4 to 5°C	increase 4 to 7 °C	increase 4 to 6 °C or 2.5 to 5 °C
Greece	Summer temperature increase is slightly greater than the respective increase in winter			increase 0.9 to 2°C						increase 2 to 2.5 °C

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.3. Εκτιμημένες μεταβολές της βροχόπτωσης κατά τον 21^ο αιώνα
(Climatic Changes in Mediterranean)

	In general	2030			2050			2100		
		Winter	Summer	Annually	Winter	Summer	Annually	Winter	Summer	Annually
North Europe	Increase in winter and some indications for increase in summer	increase 0 to +20%	increase	increase	increase 0 to +20%	Increase 0 to +20%	increase	increase 0 to +30%	change -20% to +10%	increase
South Europe	Decrease in summer and indications for a slightly increase in winter		decrease		increase 0 to +10%	decrease -5% to -15%		increase	decrease	
Mediterranean	Great decrease in summer and increase in winter to the north	decrease		decrease -10%				increase 0 to +20% in particular to the north	decrease 0 to -40%	increase to the north, decrease -10 to -40% to the south
Greece	Decrease of the summer precipitation. Indications for increase in northern Greece only.	Only few studies concerning the future precipitation regime in Greece have been found and most of them offer conflicting evidence over how precipitation may change								

1.5 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΤΑΒΙΒΑΣΜΟΥ ΚΛΙΜΑΚΑΣ

Στο σημείο αυτό παρέχονται γενικές πληροφορίες για τις τεχνικές καταβιβασμού κλίμακας οι οποίες χρησιμοποιούνται για την παρούσα εργασία. Ειδικότερα, γίνεται αποτίμηση χωρικών κλιματικών πληροφοριών από Ατμοσφαιρικά-Ωκεάνια μοντέλα γενικής πληροφορίας (AOGCMs) και τεχνικές που χρησιμοποιούνται για να ενισχύσουν την χωρική λεπτομέρεια. Αυτές οι τεχνικές έχουν βελτιωθεί ουσιαστικά από το IPCC, WGI Second assessment report (IPCC,1996) και έχουν αρχίσει να

χρησιμοποιούνται ευρύτερα. Διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες: Υψηλής και μεταβλητής ανάλυσης γενικά μοντέλα κυκλοφορίας (AGCMs), χωρικά (η ένθετα περιορισμένης περιοχής) κλιματικά μοντέλα, και εμπειρικές/στατιστικές και στατιστικές/δυναμικές μέθοδοι. Οι τεχνικές εμφανίζουν διαφορετικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα και η χρήση τους εξαρτάται από τις ανάγκες της κάθε εφαρμογής.

1.5.1 Τα παγκόσμια μοντέλα κυκλοφορίας GCMs

Στο στάδιο αυτό γίνεται εκτίμηση μελλοντικών σεναρίων βροχόπτωσης, θερμοκρασίας και εξατμισοδιαπνοής επομένως όπως σε κάθε μελέτη επίδρασης της κλιματικής αλλαγής χρησιμοποιούνται κλιματικές πληροφορίες από παγκόσμια μοντέλα κυκλοφορίας GCMs (Global Circulation Models). Τα μοντέλα αυτά είναι σαφές ότι έχουν μεγάλα πεδία ορισμού και παρέχουν κλιματικές πληροφορίες μεγάλης (πλανητικής) κλίμακας. Πρόκειται για μοντέλα χρησιμοποιούνται από τα μεγαλύτερα εργαστήρια και βοηθούν στην αποθήκευση πληροφοριών κλιματικής αλλαγής οι οποίες έχουν υπολογιστεί από τα GCMs. Πιο συγκεκριμένα πρόκειται για εκτιμήσεις μελλοντικών ατμοσφαιρικών ή ωκεάνιων παραμέτρων σε συμφωνία πάντοτε με κάποιο από τα επιλεγμένα σενάρια SRES. Από θεωρητική άποψη το κύριο πλεονέκτημα της απόκτησης πληροφοριών από τα μοντέλα αυτά είναι ότι η ανάδραση προκύπτει από την κλιματική αλλαγή σε μια συγκεκριμένη περιοχή σε πλανητική κλιματική κλίμακα και το κλίμα άλλων περιοχών επιτρέπεται για διαφυσικές και δυναμικές διαδικασίες μέσα στο μοντέλο.

Βέβαια αρκετά σημαντικοί είναι και οι περιορισμοί υπεισέρχονται κατά τη χρήση κλιματικών πληροφοριών που προκύπτουν από τα GCMs. Τα μοντέλα αυτά δεν μπορούν να παρέχουν άμεσες πληροφορίες σε κλίμακες μικρότερες της ανάλυσης τους (εκατοντάδες χιλιόμετρα) και επομένως δεν μπορούν να εκτιμήσουν την κλιματική επίδραση σε κλίμακες μικρότερες του φατνίου. Χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα ότι ένα στενό πεδίο βουνού (κλίμακας μικρότερης του φατνίου) μπορεί να είναι η αιτία για την επίδραση της βροχής σε μεγαλύτερη κλίμακα. Ακόμη μελέτες που έχουν διεξαχθεί κατά το παρελθόν έδειξαν ότι τα GCMs στη μικρότερη δυνατή κλίμακα που εντάσσεται στο πεδίο ανάλυσης τους έχουν ουσιαστικό πρόβλημα στο να παράγουν κλιματικά χαρακτηριστικά του παρόντος. Παρόλα αυτά, ακόμα και αν κάποιος περιορισμός υπεισέρχεται κατά την διαδικασία της ανάλυσης και η χρήση

των χωρικών πληροφοριών είναι δύσκολο να επιτευχθεί το GCM αποτελεί το σημείο αφετηρίας για οποιαδήποτε τεχνική χωρικής διακριτοποίησης που αποβλέπει σε εκτίμηση των επιδράσεων

1.5.2 Μέθοδοι καταβιβασμού κλίμακας

Το σήμα της κλιματικής αλλαγής που απαιτείται σε πολλές μελέτες επιδράσεων απαιτεί πολύ μικρότερη χωρική κλίμακα σε σχέση με αυτή που παρέχουν τα GCMs ή τα RCMs (Regional Climate Models). Είναι γεγονός ότι τα GCMs παρέχουν αναλύσεις εκατοντάδων χιλιομέτρων ενώ τα RCMs δεκάδων χιλιομέτρων (Giorgi and Mearns, 1991; Giorgi and Mearns, 2003; IPCC, 2007).

Τα πιο ακριβή μέσα για την απόκτηση σεναρίων υψηλότερης χωρικής ανάλυσης είναι να εφαρμόσουμε τραχιές κλίμακας μελλοντικές προβολές για την κλιματική αλλαγή σε μια παρατηρημένη βάση υψηλής ανάλυσης (μέθοδος αλλαγής του παράγοντα). Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται συχνά όταν τα αποτελέσματα του RCM δεν είναι διαθέσιμα, για μελέτες ευαισθησίας ή όταν απαιτούνται ραγδαίες αποτιμήσεις πολλαπλών σεναρίων κλιματικής αλλαγής (και/ή πειράματα με GCM). Η πληροφορία κλιματικής αλλαγής, υψηλής ανάλυσης για χρήση σε μελέτες επιδράσεων μπορεί ακόμη να αποκτηθεί διαμέσου πιο σύνθετων μεθόδων στατιστικού καταβιβασμού κλίμακας, αλλά τέτοιες μελέτες πρέπει να περιοριστούν στη χρήση ενός απλού κατευθυνόμενου GCM. Ο σκοπός εδώ είναι να παρέχουμε υπόβαθρο πληροφοριών και καθοδήγηση στην εφαρμογή των στατιστικών μεθόδων καταβιβασμού κλίμακας για την ανάπτυξη κλιματικών σεναρίων. Το υλικό καθοδήγησης της χρήσης της περιοχικής μοντελοποίησης για την ανάπτυξη κλιματικών σεναρίων δίνεται από ένα συγγενές έγγραφο (Giorgi and Mearns, 1999; Mearns et al., 2003).

Ο στατιστικός καταβιβασμός κλίμακας βασίζεται στην άποψη ότι το κλίμα μιας περιοχής επηρεάζεται από δύο παράγοντες: την μεγάλη κλίμακας κλιματική κατάσταση, και τα περιοχικά/τοπικά φυσιογραφικά χαρακτηριστικά (π.χ. τοπογραφία, κατανομή θάλασσας-γης, και χρήση γης) (von Storch 1995, 1999). Από αυτή την πλευρά, οι περιοχικές ή τοπικές κλιματικές πληροφορίες εξάγονται πρώτα καθορίζοντας ένα στατιστικό μοντέλο που συνδέει τις μεγάλης κλίμακας εξαρτημένες μεταβλητές πρόγνωσης με τις τοπικές κλίμακας ανεξάρτητες μεταβλητές πρόγνωσης.

Στη συνέχεια η μεγάλης κλίμακας εκροή μιας προσομοίωσης GCM τροφοδοτείται μέσα σε αυτό το στατιστικό μοντέλο για να εκτιμήσει τα αντίστοιχα περιοχικά και τοπικά χαρακτηριστικά. Ένα από τα κυρίαρχα πλεονεκτήματα αυτών των τεχνικών είναι ότι είναι υπολογιστικά οικονομικές, και έτσι μπορούν εύκολα να εφαρμοστούν στην έξοδο διαφορετικών πειραμάτων με GCM. Ένα άλλο πλεονέκτημα είναι ότι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να παρέχουν πληροφορίες ειδικής τοποθεσίας, οι οποίες μπορεί να είναι πολύ σημαντικές για αρκετές μελέτες επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής. Η κύρια θεωρητική αδυναμία των μεθόδων στατιστικού καταβιβασμού κλίμακας είναι ότι η βασική τους παραδοχή δεν είναι επαληθεύσιμη, δηλαδή, το γεγονός ότι οι στατιστικές σχέσεις που αναπτύσσονται για το κλίμα του παρόντος διέπονται επίσης και από διαφορετικές συνθήκες πιθανού μελλοντικού κλίματος-ένας περιορισμός που ισχύει και στην φυσική παραμετροποίηση των δυναμικών μοντέλων (Wilby et al., 2000).

i) Μέθοδοι στατιστικού καταβιβασμού κλίμακας

Ο στατιστικός καταβιβασμός κλίμακας περιλαμβάνει την ανάπτυξη ποσοτικών σχέσεων ανάμεσα σε μεγάλης κλίμακας ατμοσφαιρικές εξαρτημένες μεταβλητές πρόγνωσης (predictors) και τοπικές επιφανειακές ανεξάρτητες μεταβλητές πρόγνωσης (predictands) (Varis et al., 2004; Xu et al., 2005; Fowler et al., 2007). Οι πιο κοινές μέθοδοι παρουσιάζονται παρακάτω :

- Από τις πιο κοινές μεθόδους είναι αυτές της **ταξινόμησης του καιρού** που ομαδοποιούν τις ημέρες σε ένα μετρήσιμο αριθμό διακριτών τύπων καιρού ή καταστάσεις σύμφωνα με την ομοιότητα τους.
- Τα **μοντέλα συμμεταβολής-συσχέτισης** που αποτελούνται από απλά μέσα που παρουσιάζουν γραμμικές και μη γραμμικές σχέσεις ανάμεσα στις ανεξάρτητες μεταβλητές predictand και την μεγάλης κλίμακας ατμοσφαιρική ισχύ. Οι συνήθως εφαρμοζόμενες μέθοδοι περιλαμβάνουν πολλαπλή συμμεταβολή (Murphy, 1999), κανονική ανάλυση συσχέτισης (CCA) (von Storch et al., 1993), και τεχνητά νευρωνικά δίκτυα τα οποία είναι παρόμοια με τη μη γραμμική συμμεταβολή (Wilby and Wigley, 1997; Crane and Hewitson, 1998).
- **Οι δημιουργοί καιρού (weather generators)** είναι μοντέλα που αντιγράφουν πιστά τα στατιστικά χαρακτηριστικά μιας τοπικής κλιματικής μεταβλητής (τέτοια όπως ο

μέσος και η διακύμανση) αλλά όχι παρατηρημένες ακολουθίες γεγονότων (Wilks and Wilby, 1999). Τα μοντέλα αυτά βασίζονται σε παρουσιάσεις των επεισοδίων βροχόπτωσης διαμέσου διαδικασιών Markov για υγρή/ξηρή ημέρα ή μεταδόσεις φατνίων. Είναι σημαντικό να γνωρίζουμε ορισμένες βασικές παραδοχές όταν κάνουμε καταβιβασμό κλίμακας σε εξόδους κλιματικών μοντέλων για τρέχοντα και προβαλλόμενα κλίματα (Hewitson and Crane, 1996; Giorgi et al., 2001):

1. Οι εξαρτημένες μεταβλητές predictors που είναι σχετικές με την τοπική ανεξάρτητη μεταβλητή πρόγνωσης (predictand) θα πρέπει να αναπαράγονται επαρκώς από το κεντρικό κλιματικό μοντέλο σε χωρικές κλίμακες που χρησιμοποιούνται για να προσαρμοστεί η καταβιβασμένη αντίδραση.
2. Η σχέση μεταξύ των εξαρτημένων μεταβλητών πρόγνωσης (predictors) και των ανεξάρτητων μεταβλητών πρόγνωσης (predictands) παραμένει έγκυρη για περιόδους έξω από την περίοδο προσαρμογής (χρονική σταθερότητα).
3. Το σετ των εξαρτημένων μεταβλητών πρόγνωσης (predictors) ενσωματώνει ικανοποιητικά το μελλοντικό σήμα της κλιματικής αλλαγής.
4. Οι εξαρτημένες μεταβλητές πρόγνωσης (predictors) που χρησιμοποιούνται για τον καθορισμό του μελλοντικού τοπικού κλίματος δεν πρέπει να εκτείνονται έξω από τα όρια της κλιματολογίας που χρησιμοποιείται για τη βαθμονόμηση του στατιστικού μοντέλου καταβιβασμού κλίμακας.

ii) Προϋποθέσεις στατιστικού καταβιβασμού κλίμακας

Η πιο κοινά χρησιμοποιούμενη λογική για καταβιβασμό κλίμακας είναι ότι τα GCMs παρέχουν μόνο μια γενική άποψη για το πως οι κλιματικές μεταβλητές, όπως η παγκόσμια θερμοκρασία και βροχόπτωση, μπορεί να μεταβληθούν στο μέλλον ως αποτέλεσμα των αυξανόμενων συγκεντρώσεων ανθρωπογενών αερίων του θερμοκηπίου. Γι' αυτό ο καταβιβασμός κλίμακας συχνά δικαιολογείται από το γεγονός ότι η κλιματική πληροφορία απαιτείται σε υψηλότερες χρονικές και / ή χωρικές αναλύσεις σε σχέση με το πως δίνεται από την έξοδο του GCM. Παρακάτω περιγράφεται πότε είναι κατάλληλος ή όχι ο στατιστικός καταβιβασμός της κλίμακας ή όχι.

iii) Καταστάσεις που απαιτούν στατιστικό καταβιβασμό κλίμακας

Οι μέθοδοι στατιστικού καταβιβασμού κλίμακας είναι ιδιαίτερα χρήσιμες σε ετερογενή περιβάλλοντα με πολύπλοκη φυσιογραφία ή με απότομες κλίσεις (όπως νησιά ή βουνώδη ηπειρωτικά ή θαλάσσια συμπλέγματα) όπου υπάρχουν ισχυρές σχέσεις με τη συνοπτική κλίμακα μεταβολής. Πράγματι, ο στατιστικός καταβιβασμός κλίμακας μπορεί να είναι το μόνο πρακτικό μέσο δημιουργίας κλιματικών σεναρίων για σημειακής κλίμακας διαδικασίες όπως η διάβρωση του εδάφους (Favis-Mortlock and Boardman, 1995). Μια περαιτέρω δικαιολόγηση για τον στατιστικό καταβιβασμό κλίμακας είναι η ανάγκη για καλύτερες πληροφορίες sub-GCM grid scale για ακραία γεγονότα όπως τα θερμικά κύματα (Schubert and Henderson-Sellers, 1997), έντονες βροχοπτώσεις (Olsson et al., 2001) ή τοπική πλημμύρα (Pilling and Jones, 2002).

Το κύριο πλεονέκτημα των στατιστικών μεθόδων καταβιβασμού κλίμακας σε σχέση με τα RCMs η χαμηλή υπολογιστική τους απαίτηση. Τα πλάνα στατιστικού καταβιβασμού κλίμακας είναι επίσης εύκαμπτα με την έννοια ότι για οποιαδήποτε τοπική μεταβλητή με προβλεψιμότητα, μια μετατρεπόμενης-κλίμακας σχέση μπορεί να βρεθεί.

iv) Καταστάσεις που δεν απαιτούν στατιστικό καταβιβασμό κλίμακας

Μέχρι σήμερα η πλειοψηφία των μεθόδων στατιστικού καταβιβασμού κλίμακας εφαρμόζονται σε εύκρατες μέσου γεωγραφικού πλάτους περιοχές του βόρειου ημισφαιρίου. Λίγες σχετικά έχουν εξετάσει ημίξηρες ή τροπικές τοποθεσίες. Με άλλα λόγια, η εφαρμογή των μεθόδων στατιστικού καταβιβασμού κλίμακας είναι περιορισμένη σε πλούσιες σε δεδομένα περιοχές. Σε αντίθεση με τα RCMs οι περισσότερες στατιστικές μέθοδοι καταβιβασμού κλίμακας δεν μπορούν να εφαρμοστούν εκτός και αν τα δεδομένα του σταθμού είναι διαθέσιμα για βαθμονόμηση μοντέλων. Η πλειοψηφία των στατιστικών μεθόδων καταβιβασμού κλίμακας είναι ανίκανες να ενσωματώσουν την επίδραση του εδάφους-η περιοχική κλιματική αντίδραση κατευθύνεται ολοκληρωτικά από τις εξαρτημένες μεταβλητές πρόγνωσης της ελεύθερης ατμόσφαιρας (predictors) που παρέχονται από το GCM. Αυτό σημαίνει ότι τα σενάρια κλιματικής αλλαγής που παράγονται από τις συμβατικές μεθόδους στατιστικού καταβιβασμού κλίμακας θα έχουν χαμηλή ευαισθησία σε αλλαγές των αναδράσεων του εδάφους. Από τα παραπάνω, είναι

ευρέως αποδεκτό ότι οι τεχνικές αυτές δεν πρέπει να εφαρμόζονται όποτε στατιστικοί παράγοντες μεταφοράς είναι προσωρινά ασταθείς. Αυτό μπορεί να αποτελέσει μια βασική θεώρηση όταν συνδυαστεί με αλλαγές σε καθεστώτα ατμοσφαιρικής κυκλοφορίας ή αιφνίδιες κλιματικές μεταβολές όπως η κατάπτωση του Ατλαντικού θερμικού ορίου κυκλοφορίας (Vellinga and Wood, 2002). Η στήριξη μόνο σε εξαρτημένες μεταβλητές πρόγνωσης (predictors) κυκλοφορίας θα συλλάβει μόνο αυτό το συστατικό του σήματος της κλιματικής αλλαγής και ακόμη και για δεδομένα παρατήρησης μπορεί να αποτύχει να συλλάβει όλες τις όψεις της πολυετούς μεταβλητότητας (Wilby, 1997).

ν) Εναλλακτικές λύσεις σε για δημιουργία κλιματικών σεναρίων

Λαμβάνοντας υπόψη τους παραπάνω παράγοντες, είναι αποδεκτό ότι υπάρχουν πολλές εναλλακτικές τεχνικές για τη δημιουργία υψηλής ανάλυσης σεναρίων κλιματικής αλλαγής, εκτός από την εφαρμογή των RCMs και των μεθόδων στατιστικού καταβιβασμού κλίμακας. Αυτές οι προσεγγίσεις περιλαμβάνουν τη χωρική παρεμβολή των δεδομένων φατνίου σημείου (grid-point) στην απαιτούμενη τοπική κλίμακα (μερικές φορές καλείται απλοϊκός (naïve) καταβιβασμός κλίμακας), την ανάλυση κλιματικής ευαισθησίας των μοντέλων επίδρασης (γνωστή και ως bottom-up προσέγγιση), την κατασκευή χωρικών/χρονικών αναλογιών χρησιμοποιώντας ιστορικά κλιματικά δεδομένα, και τη χρήση απλών ποσοστιαίων μεταβολών των φατνίων του GCM στις ιστορικές παρατηρημένες κλιματικού παράγοντα (μέθοδος Delta).

Μια από τις πιο σύγχρονες και γνωστές διαδικασίες για την καταγραφή επίδρασης εμπλέκει τη χρήση των "παραγόντων μεταβολής" (Arnell, 2003a;b; Arnell and Reynard, 1996; Diaz-Nieto and Wilby, 2004; Eckhardt and Ulbrich, 2003; Pilling and Jones, 1999; Jones, 2000; Prudhomme et al., 2002). Αρχικά, η κλιματολογία αναφοράς επιβεβαιώνεται για το πεδίο ή την περιοχή του ενδιαφέροντος. Με βάση αυτή τη διαπίστωση αυτό μπορεί να είναι ένας αντιπροσωπευτικός μακροπρόθεσμος μέσος όπως η περίοδος 1961-1990, ή μια χρονοσειρά μετεωρολογικών δεδομένων όπως οι ημερήσιες ελάχιστες θερμοκρασίες. Στη συνέχεια, υπολογίζονται οι μεταβολές στην μεταβλητή της ισοδύναμης θερμοκρασίας για το φατνίο του GCM που είναι κοντινότερο στο πεδίο στόχου. Για παράδειγμα, μια διαφορά 2,5° C μπορεί να πραγματοποιηθεί με αφαίρεση των μέσων θερμοκρασιών του GCM για την

περίοδο 1961-1990 από τον μέσο της δεκαετίας του 2050. Τέλος, η θερμοκρασιακή μεταβολή του φατνίου του GCM ($2,5^{\circ}\text{C}$ σε αυτή την περίπτωση) απλά εφαρμόζεται σε κάθε ημέρα στην κλιματολογία αναφοράς.

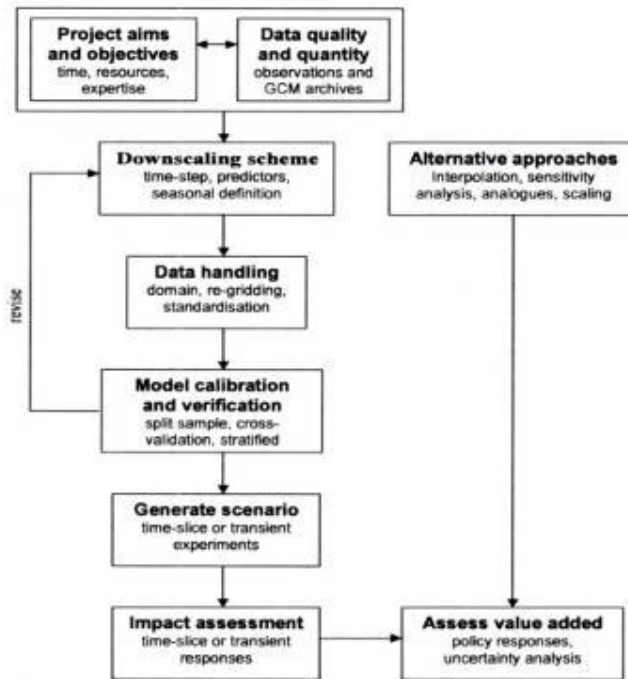
Ωστόσο η μέθοδος αυτή παρουσιάζει σημαντικά μειονεκτήματα όπως το ότι το επιλεγμένο μελλοντικό σενάριο και το σενάριο βάσης διαφέρουν μόνο στους αντιπροσωπευτικούς μέσους τους, μέγιστο και ελάχιστο. Όλες οι άλλες ιδιότητες των δεδομένων, όπως το εύρος και η μεταβλητότητα παραμένουν ανεπηρέαστα. Η διαδικασία υποθέτει επίσης ότι το χωρικό πλάνο του παρόντος κλίματος παραμένει ανεπηρέαστο στο μέλλον. Επιπλέον, η μέθοδος δεν εφαρμόζεται εύκολα σε αρχεία βροχόπτωσης επειδή η πρόσθεση (ή ο πολλαπλασιασμός) της βροχόπτωσης παρατήρησης από τις αλλαγές βροχόπτωσης του GCM μπορεί να επηρεάσει τον αριθμό των υγρών ημερών, το μέγεθος των ακραίων γεγονότων, και να καταλήξει ακόμη και σε αρνητικές ποσότητες βροχόπτωσης! Όταν εφαρμόζεται απευθείας κλίμακα στις βασικές χρονοσειρές βροχόπτωσης, η χρονική ακολουθία είναι ανεπηρέαστη και έτσι η μέθοδος μπορεί να μην είναι χρήσιμη σε συνθήκες όπου αλλαγές σε μήκη φατνίου υγρή/ξηρή ημέρας είναι σημαντικές στην ανάλυση της επίδρασης, όπως στην ημίξηρη και άνυδρη υδρολογία όπου η επίδραση της βροχόπτωσης στην απορροή και στη διάρκειά της είναι μη γραμμική. Ακόμη, αυτή η προσέγγιση δεν μπορεί να αναγνωρίσει ότι οι τιμές απλών φατνίων (grid-cells) δεν είναι αντιπροσωπευτικές της κλίμακας του GCM (Visser et al., 2000). Επομένως, αυτή είναι μια προβληματική διαδικασία.

1.5.3 Βασικά στάδια στατιστικού καταβιβασμού κλίμακας

Στο σημείο αυτό γίνεται μια συνοπτική περιγραφή των διαδικασιών που περιλαμβάνει μια ορθή εφαρμογή μιας μεθόδου στατιστικού καταβιβασμού κλίμακας, επισημαίνονται δηλαδή τα βασικότερα στάδια στα οποία βέβαια βασίστηκε και η παρούσα μελέτη. Θα πρέπει να αναφερθεί ότι οι κατευθυντήριες γραμμές για στατιστικό καταβιβασμό κλίμακας δίνονται από τους Wilby et al., (2004).

Η χρήση του στατιστικού καταβιβασμού κλίμακας για την ανάπτυξη σεναρίων κλιματικής αλλαγής γενικά απαιτεί φυσική λογική απ' ότι μια προσομοίωση ενός ένθετου RCM (αλλά και στις δύο περιπτώσεις οι κρυμμένοι παράμετροι επηρεάζουν το αποτέλεσμα του μοντέλου). Ωστόσο, η αξιοπιστία των σεναρίων καταβιβασμού

κλίμακας ενισχύεται με την εφαρμογή κατευθυντήριων γραμμών καλής-πρακτικής. Παρακάτω παρουσιάζονται μερικά από τα πιο σημαντικά βήματα της διαδικασίας (Σχήμα 1.4.)



ΣΧΗΜΑ 1.4. Βασικά στάδια στον στατιστικό καταβιβασμό κλίμακας (Guidelines for Use of Climate Scenarios from Statistical Downscaling Methods, Wilby et al., (2004).

i) Καθορισμός των σκοπών της μελέτης

Είναι σαφές ότι καθοριστικό ρόλο στον στατιστικό καταβιβασμό κλίμακας διαδραματίζει η ποσότητα και η ποιότητα των δεδομένων, ο διαθέσιμος χρόνος, οι πόροι και οι μετεωρολογικές πληροφορίες που απαιτούνται. Ένα χρήσιμο αρχικό σημείο για κάθε μελέτη στατιστικού καταβιβασμού κλίμακας είναι μια ανάλυση από κάτω (bottom up) των βασικών κλιματικών ευαισθησιών του συστήματος που μας ενδιαφέρει (Beersma et al., 2000).

ii) Αποτίμηση της διαθεσιμότητας και της ποιότητας των δεδομένων του αρχείου

Η μεταβλητότητα όλων των τεχνικών καταβιβασμού κλίμακας έγκειται στην πρόσβαση σε υψηλής ποιότητας ανεξάρτητες μεταβλητές πρόγνωσης (predictands)

και εξαρτημένες μεταβλητές πρόγνωσης (predictors) στο χώρο και σε χρονικές κλίμακες μελλοντικής χρήσης. Θα πρέπει επίσης να αναγνωριστεί στο τέλος ότι λίγοι μετεωρολογικοί σταθμοί έχουν ομάδες δεδομένων που είναι 100% πλήρη και / ή εντελώς ακριβή. Γι' αυτό η διαχείριση των ελλιπών δεδομένων είναι απαραίτητη για τις περισσότερες πρακτικές καταστάσεις. Ευτυχώς η επιστημονική κοινότητα καταβιβασμού κλίμακας τώρα ασχολείται με τα κέντρα κλιματικών μοντέλων που αναφέρονται στις επιθυμητές λίστες των εξαρτημένων μεταβλητών πρόγνωσης (predictors). Χαρακτηριστικό είναι το CCCMa (Canadian Center for Climate Analysis and Modeling) το οποίο προμηθεύει εξαρτημένες μεταβλητές πρόγνωσης στο διαδίκτυο και το οποίο αποτελεί μια από τις πηγές δεδομένων για την παρούσα εργασία. Ακόμη η επικύρωση των εξόδων των κλιματικών μοντέλων σε χωρικές και χρονικές κλίμακες είναι ένας απαραίτητος προκέρσορας σε όλες τις ασκήσεις καταβιβασμού κλίμακας διότι οι τεχνικές αυτές πολλαπλασιάζουν την αβεβαιότητα στα πεδία κατεύθυνσης του GCM, και δεν βελτιώνουν βασική ικανότητα του GCM (Hewitson and Crane, 2003).

iii) Καθορισμός του τύπου και της δομής του μοντέλου.

Το εύρος των τεχνικών και των εφαρμογών στατιστικού καταβιβασμού κλίμακας έχουν αυξηθεί σημαντικά από το IPCC TAR. Σημαντικό βήμα είναι αρχικά η επιλογή της μεθόδου που θα χρησιμοποιηθεί. Συγκριτικές μελέτες έχουν δείξει ότι η ικανότητα αυτών των τεχνικών εξαρτάται από την επιλεγόμενη εφαρμογή και την περιοχή ενδιαφέροντος. Πρακτικά η επιλογή του τύπου του μοντέλου απεικονίζει τη διαθεσιμότητα των δεδομένων, την ευκολία πρόσβασης σε υπάρχοντα μοντέλα (και τα παρελκόμενα έγγραφα), και τη φύση του προβλήματος. Πολλές μελέτες λαμβάνουν υπόψη την περιοδική διαστρωμάτωση των δεδομένων που προηγούνται της βαθμονόμησης του μοντέλου. Οι κύριες θεωρήσεις περιλαμβάνουν το χρονικό βήμα του στατιστικού μοντέλου (ωριαίοι, ημερήσιοι, μηνιαίοι μέσοι) και μετεωρολογικά στατιστικά μοντέλα καταβιβασμού κλίμακας θα πρέπει να αναπτυχθούν ειδικά για κάθε μήνα ατομικά, για κάθε περίοδο και κάθε έτος (όπως υγρά και ξηρά επεισόδια). Σε κάποιες περιπτώσεις, οι συμβατικές κλιματολογικές περίοδοι (DIF, MAM, κ.ο.κ) μπορεί να μην απεικονίζουν φυσικές περιόδους που περιέχονται στα δεδομένα και έτσι μπορεί να χρειαστούν εναλλακτικές οροθετήσεις. Ακόμη, αυστηρές ταξινομήσεις των δεδομένων χρησιμοποιώντας περιοδικούς ορισμούς που βασίζονται στην παρούσα κλιματική συμπεριφορά μπορεί να μην είναι

έγκυρες κάτω από διαφοροποιημένες κλιματικές συνθήκες. Με βάση αυτές τις συνθήκες οι παράμετροι του μοντέλου επιτρέπεται να μεταβάλλονται σε υπό-περιοδική χρονική κλίμακα. Ωστόσο, σε μερικές περιπτώσεις (π.χ. καταβιβασμένης κλίμακας ποσότητες βροχόπτωσης σε ημίξηρες περιοχές) θα είναι απαραίτητο να ομαδοποιηθούν τα δεδομένα σε περιόδους απλά για να εξασφαλιστούν επαρκείς περιπτώσεις (υγρής-ημέρας) για τη βαθμονόμηση του μοντέλου.

iv) *Επιλογή των κατάλληλων εξαρτημένων μεταβλητών πρόγνωσης (predictors)*

Η επιλογή των μεταβλητών predictors είναι ένα από τα πιο κρίσιμα βήματα στην ανάπτυξη ενός πλάνου στατιστικού καταβιβασμού κλίμακας επειδή η απόφαση καθορίζει σε μεγάλο βαθμό το χαρακτήρα του καταβιβασμένου σεναρίου. Η διαδικασία επιλογής είναι πολύπλοκη από το γεγονός ότι η ισχύς της συσχέτισης των ατομικών εξαρτημένων μεταβλητών πρόγνωσης (predictors) μπορεί να είναι χαμηλή (ειδικά για ημερήσια βροχόπτωση), ή η ισχύς να μεταβάλλεται χωρικά και χρονικά. Δυστυχώς, έχουν γίνει λίγες σχετικά συστηματικές προσεγγίσεις διαφορετικών εξαρτημένων μεταβλητών πρόγνωσης (Charles et al., 1999b; Huth, 1999; Wilby and Wigley, 2000; Winkler et al., 1997). Είναι ακόμη πιθανό σε μερικές περιπτώσεις να παραβλεφθούν χρήσιμες μεταβλητές λόγω χαμηλής συσχέτισης με τις παρούσες κλιματικές συνθήκες. Για καταβιβασμό κλίμακας της βροχόπτωσης που λαμβάνει χώρα και στην τρέχουσα εργασία είναι γνωστό ότι ο συνυπολογισμός των μεταβλητών της υγρασίας μπορεί να ασκήσει σημαντική επίδραση στο αποτέλεσμα, όχι μόνο αλλάζοντας το μέγεθος των μελλοντικών μεταβολών αλλά και την ταυτότητα των μεταβολών (Hewitson, 1999; Charlew et al., 1999b).

Σε τελική ανάλυση, η επιλογή των μεταβλητών predictors για καταβιβασμό κλίμακας παρεμποδίζεται από τα δεδομένα αρχείου των πειραμάτων με GCMs διότι το εύρος των προϊόντων της επανάλυσης γενικά υπερβαίνει αυτό που επανορθώνεται για ατομικά τρεξίματα του GCM. Λαμβάνοντας αυτό υπόψη, απλές διαδικασίες όπως η μερική ανάλυση συσχέτισης, η βηματική συμμεταβολή (stepwise regression), ή το κριτήριο πληροφορίας μπορεί να χρησιμοποιηθούν για την καταγραφή των πιο υποσχόμενων μεταβλητών predictors από μια υποψήφια ακολουθία (Charles et al., 1999a; Wilby et al., 2003). Η ιδανική εξαρτημένη μεταβλητή πρόγνωσης (predictor) για στατιστικό καταβιβασμό κλίμακας είναι ισχυρά συνδεδεμένη με την μεταβλητή στόχο, έχει φυσική έννοια, παρουσιάζεται αξιόπιστα από το GCM, και συλλαμβάνει

πολυετή μεταβλητότητα. Ακόμη, οι εξαρτημένες μεταβλητές πρόγνωσης (predictors) πρέπει να αντανακλούν αθροιστικά το σήμα της κλιματικής αλλαγής συμπληρώνοντας όλα τα άλλα κριτήρια, γιατί αν λείπει αυτό θα προκύψει ένα πολύ αναξιόπιστο σενάριο κλιματικής αλλαγής.

v) *Ορισμός του πεδίου καταβιβασμού κλίμακας*

Είναι αναγκαίο να οριστεί η τοποθεσία και οι διαστάσεις του πεδίου των μεγάλης κλίμακας εξαρτημένων μεταβλητών πρόγνωσης (predictors) για καταβιβασμό κλίμακας τοπικών μετεωρολογικών μεταβλητών (ανάλογα με την επιλογή των πλευρικών μετεωρολογικών οριακών συνθηκών που χρησιμοποιούνται στην κατεύθυνση προσομοιώσεων RCM υψηλής ανάλυσης). Όσο μικρότερο το πεδίο των εξαρτημένων μεταβλητών πρόγνωσης (predictor), τόσο πιο άμεση η επιρροή του αρχικού GCM στο καταβιβασμένο σενάριο. Η τοποθεσία του καταβιβασμένου πεδίου είναι σημαντική επειδή η ικανότητα των GCMs στην αναπαραγωγή της κλιματολογίας παρατήρησης διαφέρει μεταξύ των μοντέλων και δεν είναι ομοιόμορφη κατά μήκος του χώρου ή του χρόνου (Lambert and Boer, 2001). Η θέση του πεδίου δείχνει επίσης τις επικρατούσες διαδικασίες που επηρεάζουν την περιοχή μελέτης (όπως τροχιά των μεσαίου γεωγραφικού πλάτους κυκλώνων, επιρροή των υδάτινων σωμάτων, ορογραφία, κ.τ.λ.). Η βέλτιστη περιοχή του πεδίου εξαρτάται σε κάποιο επίπεδο από το θεωρητικό επίπεδο του συνόλου στο οποίο το αρχικό GCM είναι ικανό-γενικά υποτίθεται ότι είναι τουλάχιστον αρκετά σημειακά φατνία (grid points) (Widmann and Bretherton, 2000). Τέλος, είναι αποδεκτό ότι η βέλτιστη τοποθεσία και διαστάσεις του πεδίου των μεταβλητών predictors μπορεί να διαφέρει από περιοχή σε περιοχή και πρέπει να αναγνωριστεί επίσης ότι το χωρικό πλάνο των σχέσεων των μεταβλητών predictor-predictand μπορεί να αλλάξει κάτω από μεταβλημένες κλιματικές συνθήκες.

vi) *Μεταβολή της διάστασης των φατνίων και βελτιστοποίηση των δεδομένων.*

Η κατασκευή ενός υποψήφιου συνόλου εξαρτημένων μεταβλητών πρόγνωσης μεταβλητών (predictors) μπορεί να αποτελέσει μια πολύπλοκη διαδικασία που προϋποθέτει την εξαγωγή δεδομένων, και τεχνικές μεταβολής της διάστασης των φατνίων και βελτιστοποίησης. Η μεταβολή της διάστασης των φατνίων συχνά

απαιτείται επειδή η χωρική διακριτοποίηση των φατνίων (grid-spacing) και / ή τα ισοδύναμα συστήματα παρατήρησης και τα σύνολα δεδομένων επανάλυσης (που χρησιμοποιούνται για βαθμονόμηση μοντέλων στατιστικού καταβιβασμού κλίμακας), δεν ανταποκρίνονται πάντα στην χωροθέτηση των φατνίων και τα ισοδύναμα συστήματα τής εξόδου του GCM (που χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη περιοχικών σεναρίων κλιματικής αλλαγής). Η βελτιστοποίηση είναι ευρέως χρησιμοποιούμενη πριν από την εφαρμογή του στατιστικού καταβιβασμού κλίμακας για την μείωση των συστηματικών διαφορών στις τιμές του μέσου και της διακύμανσης των εξαρτημένων μεταβλητών πρόγνωσης (predictors) του GCM των σχετικών με τις παρατηρήσεις. Η διαδικασία ουσιαστικά περιλαμβάνει την αφαίρεση από του μέσου και τη διαίρεση με την τυπική απόκλιση της μεταβλητής predictor για μια προκαθορισμένη περίοδο βάσης. Τα κύρια ζητήματα, σχετίζονται με την επιλογή της περιόδου βάσης και μέσο εύρος (μηνιαίο, περιοδικό, ή ετήσιο). Η περίοδος 1961-1990 είναι ευρέως χρησιμοποιούμενη σαν βάση διότι είναι επαρκούς διάρκειας ώστε να εγκαθιδρύσει μια αξιόπιστη κλιματολογία, όχι πολύ μακριά, ούτε υπερβολικά σύγχρονη να περιλάβει ένα ισχυρό παγκόσμιο σήμα μεταβολής.

vii) Επαλήθευση του μοντέλου χρησιμοποιώντας ανεξάρτητα δεδομένα

Θα πρέπει να τονιστεί ότι οι μέθοδοι στατιστικού καταβιβασμού κλίμακας δεν πρέπει να εφαρμόζονται αυθαίρετα ειδικά όταν γίνεται χρήση γραμμικής ή μη παλινδρόμησης που έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία στατιστικών μοντέλων, κάτι που εφαρμόζεται και σε αυτή την εργασία. Για το λόγο αυτό, η καλύτερη πρακτική απαιτεί ακριβή εκτίμηση των μεθόδων στατιστικού καταβιβασμού κλίμακας (και αντίστοιχα των RCMs) χρησιμοποιώντας ανεξάρτητα δεδομένα. Μια βασική προσέγγιση στην πιστοποίηση του μοντέλου περιλαμβάνει τη χρήση διακριτών αρχείων: ένα μέρος για βαθμονόμηση του μοντέλου και το υπόλοιπο για δοκιμή. Αυτή η μέθοδος είναι κατάλληλη όταν μεγάλα (>30-έτη) αρχεία παρατήρησης είναι διαθέσιμα. Ωστόσο, οι τεχνικές πιστοποίησης μπορεί να είναι μια πιο αποτελεσματική χρήση των μικρότερων αρχείων, ή υποκατάστατα των δεδομένων (όπως παράξενα / ομαλά έτη) όταν υπάρχει η υποψία τάσεων. Εναλλακτικά, το μοντέλο μπορεί να αναπτυχθεί χρησιμοποιώντας δεδομένα από ξηρά έτη και δοκιμαζόμενα με δεδομένα από υγρά έτη, ή vice versa (Wilks, 1999). Μια επιπλέον στρατηγική η “πολυλειτουργική υπόθεση” περιλαμβάνει την ενδοσύγκριση διαφορετικών

στατιστικών πλάνων μεταβολής (Zorita and von Storch, 1999), ή δοκιμή των επιδόσεων του μοντέλου σχετικά με τα RCMs (Murphy, 2000).

viii) *Δημιουργία σεναρίων καταβιβασμού κλίμακας*

Μετά την πιστοποίηση και βαθμονόμηση του μοντέλου είναι απαραίτητο να δημιουργηθούν συνθετικές μετεωρολογικές σειρές, δεδομένου ότι οι ατμοσφαιρικές εξαρτημένες μεταβλητές πρόγνωσης (predictors) που παρέχονται από το GCM (αντιπροσωπεύουν είτε παρών είτε μελλοντικό κλίμα). Οι εξαρτημένες μεταβλητές πρόγνωσης (predictors) μπορεί να προέρχονται είτε από χρονικά κομμάτια ή από πειράματα με μοντέλα μετάδοσης. Μερικές μεθοδολογίες είναι ικανές να παραδίδουν ταυτόχρονα πολλαπλές εξόδους όπως βροχόπτωση, μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία, ηλιακή ακτινοβολία, σχετική υγρασία και ταχύτητα του ανέμου (Parlange και Katz, 2000). Πράγματι, αυτή είναι μια συνηθισμένη ανάγκη για πολλές μελέτες επίδρασης. Ωστόσο, όπου οι μεταβλητές predictor είναι ανεξάρτητες είναι απαραίτητο αν επιβεβαιωθεί ότι οι ενδο-μεταβλητές σχέσεις διατηρούνται αξιόπιστα (για παράδειγμα, ότι η μέγιστη ημερήσια θερμοκρασία είναι πάντοτε μεγαλύτερη από την ελάχιστη). Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό όποτε αναλύονται οι πιθανότητες ένωσης των γεγονότων όπως η εξάρτηση μεταξύ θαλάσσιων ρευμάτων, ποτάμιας ροής και βροχόπτωσης (Svensson and Jones, 2002). Για καλύτερα αποτελέσματα ο καταβιβασμός κλίμακας πρέπει να εφαρμόζεται χρησιμοποιώντας εξόδους από ένα μεγάλο φάσμα πειραμάτων με κλιματικά μοντέλα έτσι ώστε να παρουσιάζονται οι αβεβαιότητες που αποδίδονται σε διαφορετικά σενάρια εκπομπής, δομές μοντέλων, πλάνα παραμετροποίησης και κλιματικές ευαισθησίες (Mearns et al., 2001). Δεδομένου ότι οι εξαρτημένες μεταβλητές πρόγνωσης (predictor) διαφορετικών κλιματικών μοντέλων έχουν βελτιστοποιηθεί με τον ίδιο τρόπο και αντιπροσωπεύουν πανομοιότυπα ατμοσφαιρικά φαινόμενα (ένας ακόμη καλός λόγος για υψηλής ποιότητας μετεωρολογικά δεδομένα), η επανάληψη των πειραμάτων καταβιβασμού κλίμακας μπορεί να διασφαλιστεί χρησιμοποιώντας τους ίδιους παράγοντες δομής / μεταφοράς του μοντέλου αλλά διαφορετικές πηγές κατεύθυνσης των μεταβλητών. Αυτό είναι εφαρμόσιμο για τις περισσότερες μεθόδους στατιστικού καταβιβασμού κλίμακας αλλά σπάνια εγγυημένο.

viii) *Εκτίμηση της προστιθέμενης αξίας του καταβιβασμού κλίμακας*

Κατά τη δημιουργία μιας ομάδας σεναρίων είναι σημαντικό να εκτιμηθεί το επίπεδο μέχρι το οποίο ο καταβιβασμός κλίμακας έχει προστιθέμενη αξία στην εκτίμηση της επίδρασης πάνω και πέρα από τη χρήση της σειράς εξόδου του GCM. Η πιο σύγχρονη τεχνική είναι να εκτιμηθεί η αξιοπιστία του GCM και των μεταβλητών καταβιβασμού κλίμακας των σχετικών με την κλιματολογία παρατήρησης κάτω από παρούσες κλιματικές συνθήκες, σε χρονική και χωρική κλίμακα της μελετούμενης επίδρασης (Hay et al., 2000). Ένα περαιτέρω βήμα περιλαμβάνει τη σύγκριση των αντλούμενων μεταβλητών που δημιουργήθηκαν για παράδειγμα από την υδάτινη ισορροπία (Wilby et al., 2000), τη συχνότητα των πλημμύρων (Reynard et al., 2004) ή γεωργικά (Mearns et al., 1999) μοντέλα επίδρασης κατευθυνόμενα από καταβιβασμό κλίμακας ή από τη χρονοσειρά εξόδου του GCM. Τέλος, είναι αποδεκτό ότι η περιοδική πρόβλεψη μπορεί να αποτελέσει ένα χρήσιμο πλαίσιο εργασίας για δοκιμή του καταβιβασμού κλίμακας διότι οι προβλέψεις είναι μέχρι τώρα υποθετικές, αλλά τα μοντέλα μπορούν να επαληθευθούν στο διαδίκτυο καθώς καινούρια δεδομένα γίνονται διαθέσιμα. (Leung et al., 2003).

2 ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ – ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΙΣΤΟΡΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΤΟ ΧΩΡΟ ΚΑΙ ΤΟ ΧΡΟΝΟ

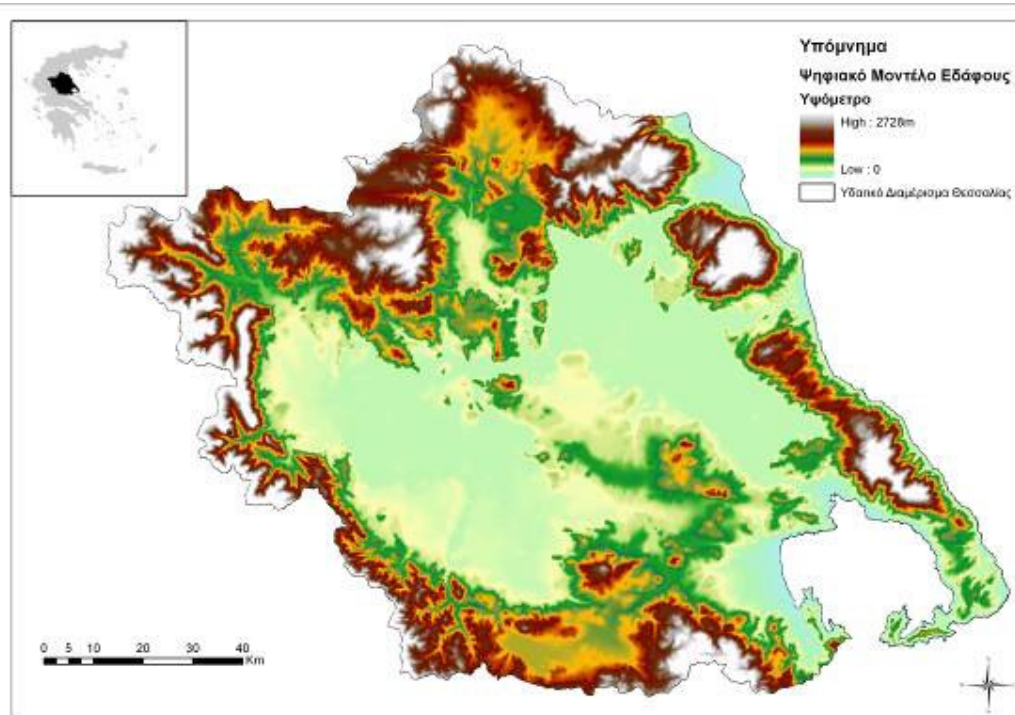
Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφεται η περιοχή για την οποία αναπτύχθηκε η παρούσα η οποία αποτελείται από τα τρία υδατικά διαμερίσματα της Θεσσαλίας, της Ηπείρου και της Δυτικής Στερεάς Ελλάδας. Ακόμη παρουσιάζεται η βάση δεδομένων πάνω στην οποία στηρίχθηκε η όλη διαδικασία. Τελικά περιγράφεται η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την εκτίμηση επιφανειακών τιμών τριών κλιματικών μεταβλητών, της βροχόπτωσης, της θερμοκρασίας και της εξατμισοδιαπνοής.

2.1 ΥΔΑΤΙΚΟ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

Η Θεσσαλία βρίσκεται στο βορειοανατολικό τμήμα της κεντρικής Ελλάδας. Ανατολικά βρέχεται από το Αιγαίο Πέλαγος, από τη δυτική και την κεντρική Μακεδονία χωρίζεται από τους ορεινούς όγκους του άνω Ολύμπου και του Τιτάρου. Από την Ήπειρο, η Θεσσαλία χωρίζεται από τα δυτικότερα όρη της Ν. Πίνδου. Νοτιότερα, τα διοικητικά της όρια με τη Στερεά Ελλάδα ταυτίζονται με μικρό τμήμα του Αχελώου. Η ορεινή Θεσσαλία έχει έκταση 9550 km², με ποσοστό επί του συνόλου 66,5%, ενώ η πεδινή (με υψόμετρο κάτω των 200 m) έχει έκταση 4520 km² με ποσοστό επί του συνόλου 33,5%. Το μέσο υψόμετρο του διαμερίσματος είναι 285 m (Σχήμα 2.1).

Η γενικότερη γεωμορφολογία και φυσιολογία της περιοχής μπορεί να περιγραφεί ως εξής: Η πεδινή περιοχή της Θεσσαλίας χωρίζεται από τα χαμηλά Χαλκοδόνια όρη σε δύο μεγάλα τμήματα ίσης περίπου έκτασης, το ανατολικό και το δυτικό, ενώ περιφερειακά των πεδινών αυτών εκτάσεων βρίσκονται οι ορεινοί όγκοι. Το ανατολικό τμήμα της θεσσαλικής πεδιάδας έχει τα εξής γεωγραφικά όρια: βόρεια τον Κάτω Όλυμπο και την Όσσα, ανατολικά το Μαυροβούνι και το βόρειο Πήλιο, νότια και νοτιοδυτικά τα Χαλκοδόνια και βορειοδυτικά το Ζάρκο. Το νότιο και νοτιοανατολικό μέρος αποτελεί μια κλειστή λεκάνη, την αποξηραθείσα λίμνη Κάρλα (Βοιβηίς), όμως στο χαμηλότερο τμήμα της οποίας και προς το Βόλο γίνονται έργα για να επανέλθει στη φυσική του κατάσταση. Στην Ανατολική Θεσσαλία εντάσσονται και οι ορεινές, αλλά με αξιόλογη έκταση, καλλιεργούμενες εκτάσεις της Ελασσόνας και του Δαμασίου.

Το δυτικό τμήμα της θεσσαλικής πεδιάδας ορίζεται γεωγραφικά ως εξής: ανατολικά από τα Χαλκοδόνια όρη, βορειοανατολικά από το Ζάρκο, βόρεια από τα Χάσια και τα Αντιχάσια όρη, δυτικά από το Κερκέτιον όρος (Κόζιακας) και νότια από το Ναθράκιο, τους πρόποδες του όρους Τιμφρηστός και την αποξηρανθείσα λίμνη Ξυνιά. Προς τα βόρεια, οι καλλιέργειες σταματάνε στο όριο της πεδιάδας με τους πρόποδες των βουνών. Αντιθέτως, στα νότια παρατηρούνται καλλιέργειες ακόμα και στους πρόποδες των βουνών. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον είναι το γεγονός ότι στην κεντρική – ανατολική πλευρά της δυτικής πεδιάδας (από Φυλλήιο μέχρι Χαλκηδόνιο), οι καλλιέργειες φθάνουν σε μεγάλο σχετικά υψόμετρο, έως και 500 μέτρα, λόγω των εξαιρετικά ομαλών κλίσεων των βουνών.



ΣΧΗΜΑ 2.1. Ψηφιακό μοντέλο εδάφους (DEM) της Θεσσαλίας.

Η περιοχή της Θεσσαλίας διαιρείται σε τρεις κλιματικές περιοχές:

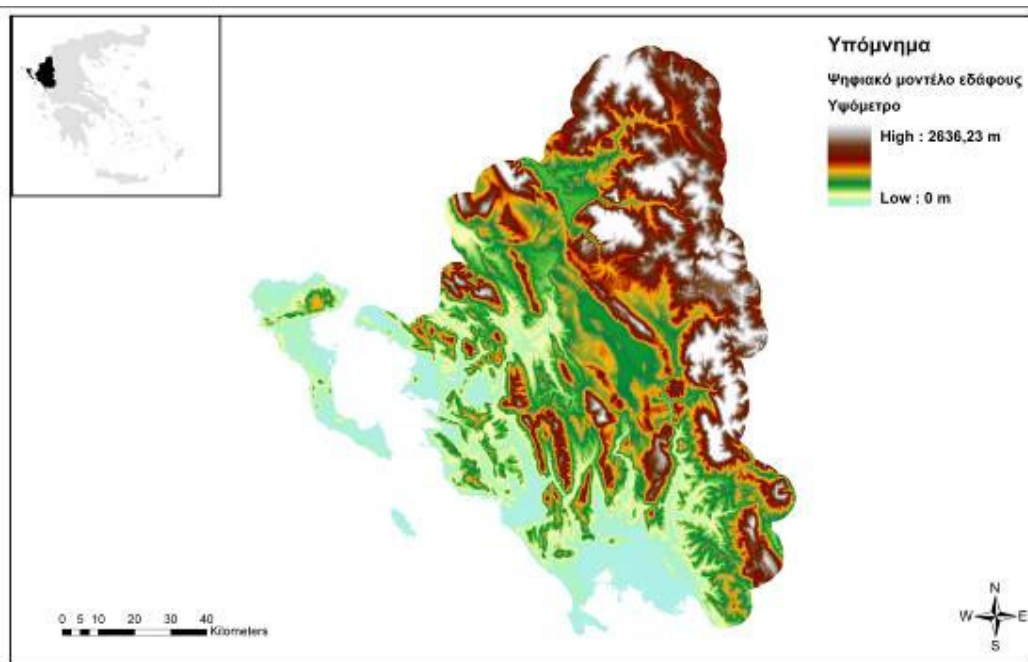
1. Την ανατολική παράκτια και ορεινή, με μεσογειακό κλίμα.
2. Την κεντρική πεδινή, με ηπειρωτικό κλίμα.
3. Την δυτική- νότια ορεινή, με ορεινό κλίμα.

Οι πιο βροχεροί μήνες είναι από τον Οκτώβριο ως τον Ιανουάριο, ενώ οι πιο ξηροί μήνες ο Ιούλιος και ο Αύγουστος. Οι χιονοπτώσεις είναι συνηθισμένες, ιδιαίτερα στα ορεινά της περιοχής και γίνονται πιο έντονες από τα νότια προς τα βόρεια και από τα ανατολικά προς τα δυτικά. Οι περισσότερες χιονοπτώσεις παρατηρούνται κατά τους μήνες Ιανουάριο και Φεβρουάριο. Στα δυτικά και ορεινά τμήματα της περιοχής αρχίζουν το Σεπτέμβριο και διαρκούν μέχρι και τις αρχές Ιουλίου. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι ο μέσος αριθμός ημερών χιονιού στη Λάρισα είναι 4,0 και στα Τρίκαλα 6,2. Οι χαλαζοπτώσεις είναι επίσης συχνές, κυρίως κατά τους μήνες Μάιο και Ιούνιο στα βόρεια της περιοχής και κατά τους μήνες από Φεβρουάριο ως Απρίλιο στο νοτιοανατολικό τμήμα.

2.2 ΥΔΑΤΙΚΟ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ ΗΠΕΙΡΟΥ

Η περιοχή της Ηπείρου αποτελεί το ΒΔ τμήμα της Ελλάδας και συνορεύει Βόρεια με την Αλβανία, Ανατολικά με την οροσειρά της Πίνδου, στα Νότια βρέχεται από τον Αμβρακικό κόλπο και Δυτικά από το Ιόνιο πέλαγος. Έχει έκταση 9.200 km² (Σχήμα 2.2) και είναι το μικρότερο σε έκταση διαμέρισμα της χώρας. Η Ήπειρος είναι το ορεινότερο διαμέρισμα της Ελλάδας. Η πιο σημαντική είναι η οροσειρά της Πίνδου, που κατέχει την ανατολική πλευρά της και η οποία αποκλείει την Ήπειρο από την υπόλοιπη Ελλάδα. Η Πίνδος είναι συνέχεια των Δειναρικών Άλπεων και διασχίζει ακόμα τη Θεσσαλία και την Αιτωλοακαρνανία. Τα ψηλότερα βουνά της μεγάλης οροσειράς είναι ο Γράμμος (2520 μ.), ο Σμόλικας (2636 μ.), η Τύμφη ή Γκαμήλα (2497 μ.), τα Αθαμανικά ή Τζουμέρκα (2392 μ.), ο Λάκμος ή Περιστέρι (2294 μ.), ο Ολύτσικας ή Τόμαρος (1974 μ.), το Μιτσικέλι (1810 μ.), η Μουργκάνα (1806 μ.) και τα όρη του Σουλίου, που είναι χαμηλότερα απ' όλα. Υπάρχουν και άλλα μικρότερα βουνά, ανάμεσα στα οποία σχηματίζονται οι μικρές κοιλάδες του διαμερίσματος, που αρδεύονται από τους ποταμούς της. Από τις πλαγιές και τις χαράδρες της Ηπείρου ξεκινούν μικροί και μεγάλοι ποταμοί, οι σπουδαιότεροι από τους οποίους είναι ο Άραχθος (143 χλμ. μήκος), που δέχεται τα νερά των Αθαμανικών, της Τύμφης και άλλων βουνών, διασχίζει την πεδιάδα της Άρτας και χύνεται στον Αμβρακικό κόλπο. Ο Λούρος (75 χλμ.) πηγάζει από το Μιτσικέλι και τον Τόμαρο και εκβάλλει και αυτός στον Αμβρακικό. Ο μυθικός Αχέροντας εκβάλλει στο Ιόνιο πέλαγος, απέναντι από τους Παξούς. Ο Θύαμης ή Καλαμάς (90 χλμ.) πηγάζει από το Μιτσικέλι, διαρρέει

την κοιλάδα των Φιλιατών και χύνεται στο στενό της Κέρκυρας. Ο Αώος πηγάζει από την περιοχή του Μετσόβου και περνώντας τα ελληνοαλβανικά σύνορα εκβάλλει στο Αδριατικό πέλαγος (260 χλμ. μήκος). Η Ήπειρος προς το δυτικό της τμήμα είναι μάλλον πεδινή, με την πεδιάδα της Αλυκής - Άρτας - Φιλιπιάδας - Πρέβεζας, την πεδιάδα της Ηγουμενίτσας δυτικότερα, την κοιλάδα του Καλαμά και το οροπέδιο των Ιωαννίνων στο κέντρο. Η Ήπειρος βρέχεται στα Δυτικά από το Ιόνιο πέλαγος. Οι ακτές της σχηματίζουν αρκετούς κόλπους και ακρωτήρια. Από τα βόρεια προς τα νότια συναντάμε: το μικρό κόλπο Φτελιά, στη μέση του οποίου αρχίζουν τα ελληνικά σύνορα, ο κόλπος του Κάτω Αετού, το ακρωτήριο της Νενούδα, ο κόλπος της Παγανιάς, της Σαγιάδας, το ακρωτήριο Βατάτση και το λιμάνι της Ηγουμενίτσας. Ανάμεσα στα δύο τελευταία βρίσκονται τα μικρά νησιά Μπούκα και Πρασούδα. Κατεβαίνοντας νοτιότερα υπάρχει το ακρωτήριο Κοντραμούτρο, ο κόλπος της Πλαταριάς, το ακρωτήριο Γουρούνη και ο κόλπος του Μούρτου.



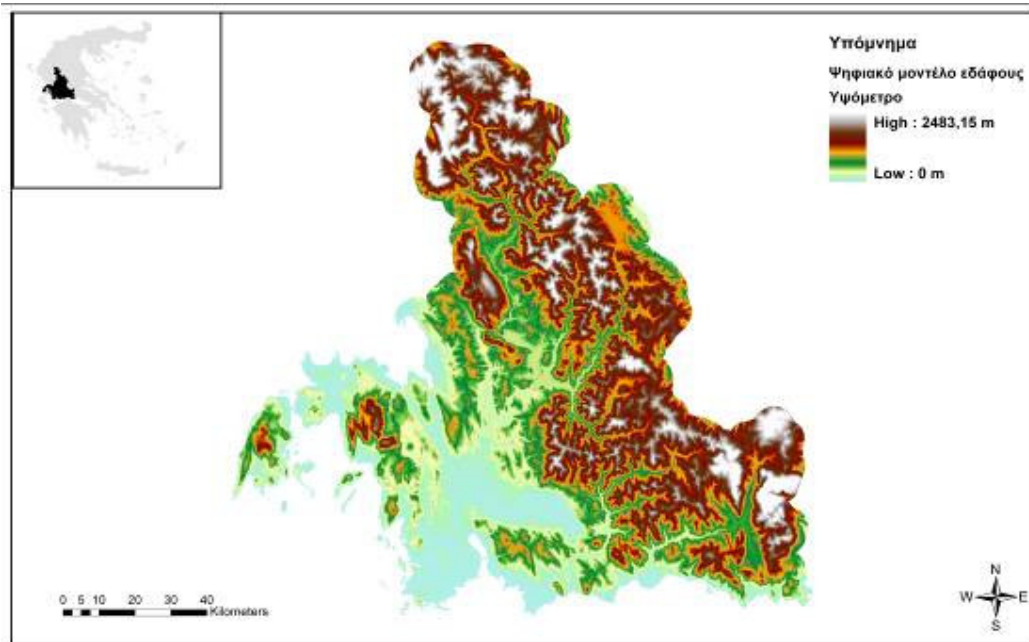
ΣΧΗΜΑ 2.2. Ψηφιακό μοντέλο εδάφους (DEM) του υδατικού διαμερίσματος της Ηπείρου

Στα παράλια το κλίμα της Ηπείρου είναι ήπιο, ενώ στο εσωτερικό είναι ψυχρό. Το δυτικό τμήμα της περιοχής δέχεται τις πιο πολλές βροχές από κάθε άλλο διαμέρισμα της χώρας. Οι κλιματολογικές συνθήκες στην Ήπειρο διαφέρουν από περιοχή σε περιοχή καθώς καταλαμβάνει μεγάλη έκταση γεωγραφικά, από τους ορεινούς όγκους της Πίνδου ως τις παραθαλάσσιες περιοχές της Άρτας και της

Πρέβεζας. Οι ορεινές περιοχές της Ηπείρου χαρακτηρίζονται από τους ιδιαίτερα βαρείς χειμώνες με αρκετές χιονοπτώσεις και πολύ συχνές βροχοπτώσεις, αλλά και χαμηλές θερμοκρασίες (που μπορεί να φτάσουν ως και -11°C σε αρκετές περιοχές του νομού Ιωαννίνων). Τα καλοκαίρια στα ορεινά είναι δροσερά, ενώ πολύ συνηθισμένες είναι οι καλοκαιρινές μπόρες. Οι πεδινές και παραθαλάσσιες περιοχές της Ηπείρου έχουν πιο ήπιους χειμώνες και θερμοκρασίες που σπάνια κατεβαίνουν κάτω από το μηδέν. Τα καλοκαίρια είναι ζεστά στις περιοχές αυτές και το κλίμα γενικά μεσογειακό, με σπάνιες βροχοπτώσεις και τον ήλιο να λάμπει τις περισσότερες ημέρες του καλοκαιριού.

2.3 ΥΔΑΤΙΚΟ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ ΣΤΕΡΕΑΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

Το διαμέρισμα αυτό είναι κυρίως ορεινό, τα νοτιοδυτικά παράλια χαρακτηρίζονται απ' την παρουσία λιμνοθαλασσών, με γνωστότερες αυτές του Μεσολογίου και του Αιτωλικού (Σχήμα 2.3). Ο επιμηκέστερος και κύριος ποταμός είναι ο Αχελώος ο οποίος καταλήγει σε δέλτα στα νοτιοδυτικά, ενώ η μεγαλύτερη λίμνη η Τριχωνίδα, η οποία είναι και η μεγαλύτερη λίμνη της Ελλάδας (97 τ.χ.). Στην περιοχή υπάρχουν και οι λίμνες: Αμβρακία, Λυσιμαχία, Οζερός και οι τεχνητές λίμνες του Καστρακίου, των Κρεμαστών και Στράτου. Εκτός του Αχελώου, την περιοχή διαρρέουν και οι ποταμοί: Εύηνος, Ίναχος και Μόρνος. Τα βουνά της Αιτωλοακαρνανίας περιλαμβάνουν το Παναιτωλικό στα βορειοανατολικά, Ακαρνανικά όρη στα δυτικά, Βορειοδυτικά τα Όρη Βάλτου, στα νότια το όρος Αράκυνθος, Νοτιοανατολικά τα Όρη Ναυπακτίας γνωστά και ως Κράβαρα και τέλος ανάμεσα στα Ναυπάκτια Όρη και το Παναιτωλικό Όρος και χωρίς να διακόπτεται ο ορεινός όγκος βρίσκονται τα Όρη Λιδωρικίου. Το κλίμα της ποικίλει από θερμά καλοκαίρια με πολλή υγρασία σε ήπιους χειμώνες στις χαμηλού υψομέτρου περιοχές. Κρύοι χειμώνες κυριαρχούν στις ορεινές περιοχές, ενώ σε ακόμα μεγαλύτερα υψόμετρα, τα καλοκαίρια είναι δροσερά ενώ χιόνια χαρακτηρίζουν τους χειμερινούς μήνες.



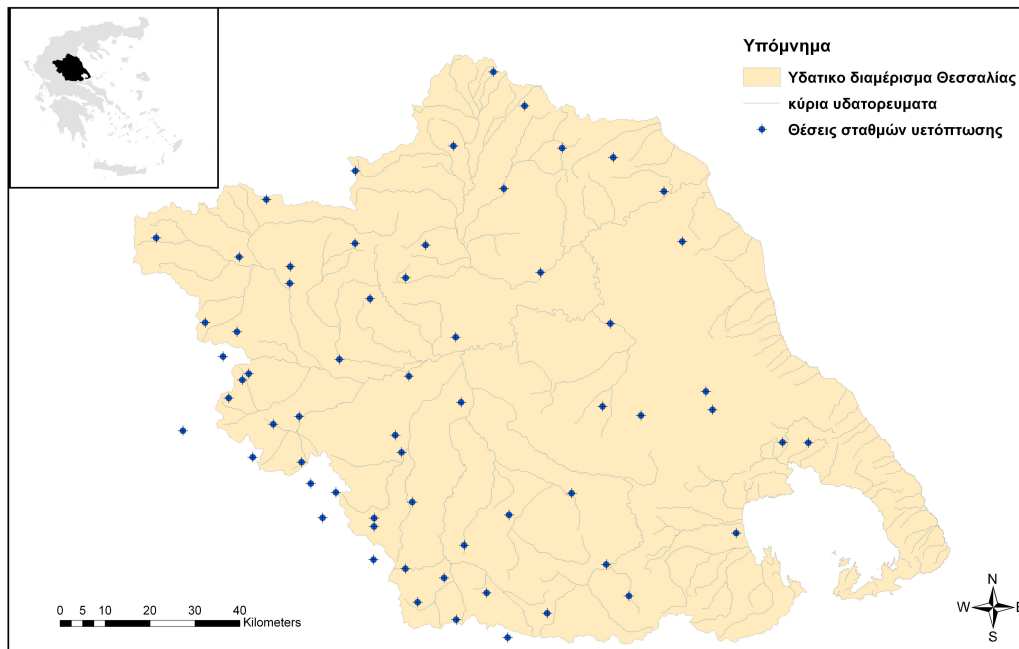
ΣΧΗΜΑ 2.3. Ψηφιακό μοντέλο εδάφους (DEM) του Υδατικού διαμερίσματος της Δυτικής Στερεάς Ελλάδας

2.4 ΘΕΣΕΙΣ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ

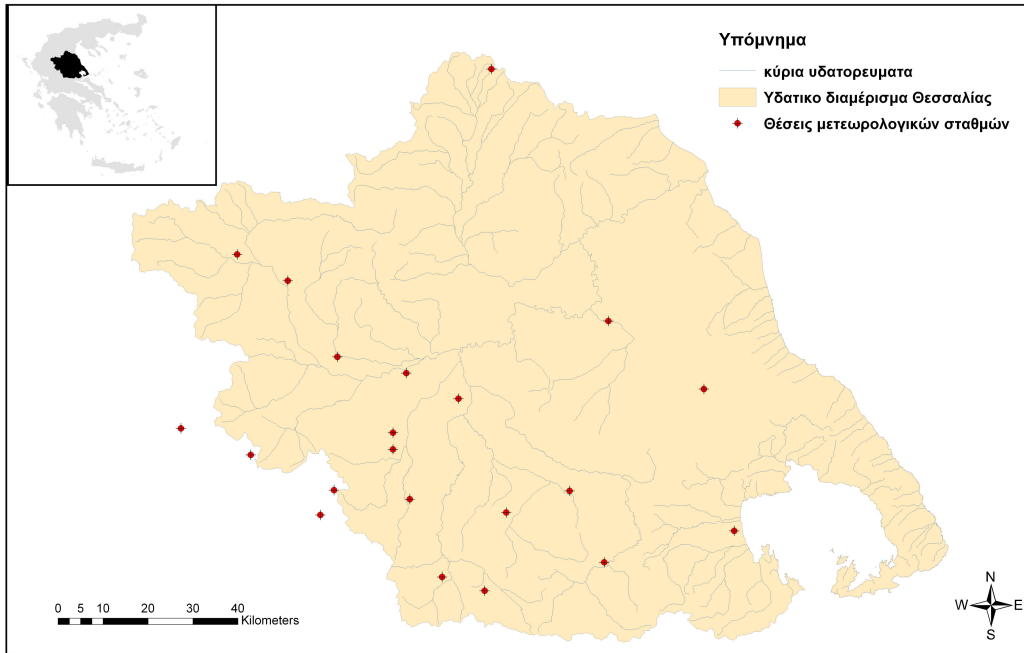
Χρησιμοποιήθηκαν μηνιαία δεδομένα βροχόπτωσης από βροχομετρικούς σταθμούς κατανεμημένους στην περιοχή μελέτης και ήταν διαθέσιμα για την περίοδο από τον Οκτώβριο του 1980 ως το Σεπτέμβριο του 2000. Ειδικότερα χρησιμοποιήθηκαν για το υδατικό διαμέρισμα Θεσσαλίας 19 μετεωρολογικοί σταθμοί (Πίνακας 2.1) και 64 σταθμοί υετόπτωσης (Πίνακας 2.2) ενώ για το υδατικό διαμέρισμα Ηπείρου χρησιμοποιήθηκαν 97 σταθμοί υετόπτωσης (Πίνακας 2.3) και 18 μετεωρολογικοί σταθμοί (Πίνακας 2.4). Για το υδατικό διαμέρισμα Δυτικής Στερεάς Ελλάδας χρησιμοποιήθηκαν 19 μετεωρολογικοί σταθμοί (Πίνακας 2.5) και 87 σταθμοί υετόπτωσης (Πίνακας 2.6). Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι σταθμοί εντοπίζονται σε διάφορα σημεία κατά μήκος της έκτασης των υδατικών διαμερισμάτων και σε διάφορα υψόμετρα. Είναι χαρακτηριστικό ότι στο υδατικό διαμέρισμα Θεσσαλίας υπάρχουν σταθμοί σε υψόμετρα από 0-1183 m (Σχήματα 2.4-2.5) ενώ στο υδατικό διαμέρισμα Ηπείρου υπάρχουν δεδομένα σταθμών σε υψόμετρα μεταξύ 2-1450 m (Σχήματα 2.6-2.7). Για το υδατικό διαμέρισμα Δυτικής Στερεάς Ελλάδας υπάρχουν σταθμοί σε υψόμετρα από 1 m ως 1160 m (Σχήματα 2.8-2.9).

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.1. Σταθμοί θερμοκρασίας υδατικού διαμερίσματος Θεσσαλίας

A/A	ΟΝΟΜΑ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΥΨΟΜΕΤΡΟ (m)	ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)
1	ΚΑΛΑΜΠΑΚΑ	222	13,80
2	ΛΙΒΑΔΙ	1183	11,10
3	ΣΩΤΗΡΙΟ	51	15,10
4	ΦΑΡΣΑΛΑ	150	15,94
5	ΑΡΓΙΘΕΑ	992	12,40
6	ΠΟΛΥΝΕΡΙ	802	12,80
7	ΛΑΡΙΣΑ	72	15,80
8	ΤΡΙΚΑΛΑ	116	16,50
9	ΑΓΧΙΑΛΟΣ	15	16,40
10	ΜΕΓΑΛΗ ΚΕΡΑΣΙΑ	500	14,30
11	ΣΚΟΠΙΑ	450	15,00
12	ΜΑΚΡΥΡΑΧΗ	600	14,70
13	ΛΟΥΤΡΟΠΗΓΗ	730	14,40
14	ΥΗΣ ΠΛΑΣΤΗΡΑ (ΦΡΑΓΜΑ)	801	11,30
15	ΥΗΣ ΠΛΑΣΤΗΡΑ (ΥΔΡΟΛΗΨΙΑ)	0	11,46
16	ΚΑΡΔΙΤΣΑ	100	16,00
17	ΠΑΛΑΜΑΣ	95	15,20
18	ΚΑΛΛΙΦΩΝΙ	95	15,10
19	ΓΡΑΜΜΑΤΙΚΟ	95	15,70
20	ΠΕΔΙΝΟ	95	15,90
21	ΚΑΡΔΙΤΣΟΜΑΓΟΥΛΑ	100	15,90



ΣΧΗΜΑ 2.4. Τοποθεσία των σταθμών υετόπτωσης υδατικού διαμερίσματος Θεσσαλίας στην παρούσα μελέτη



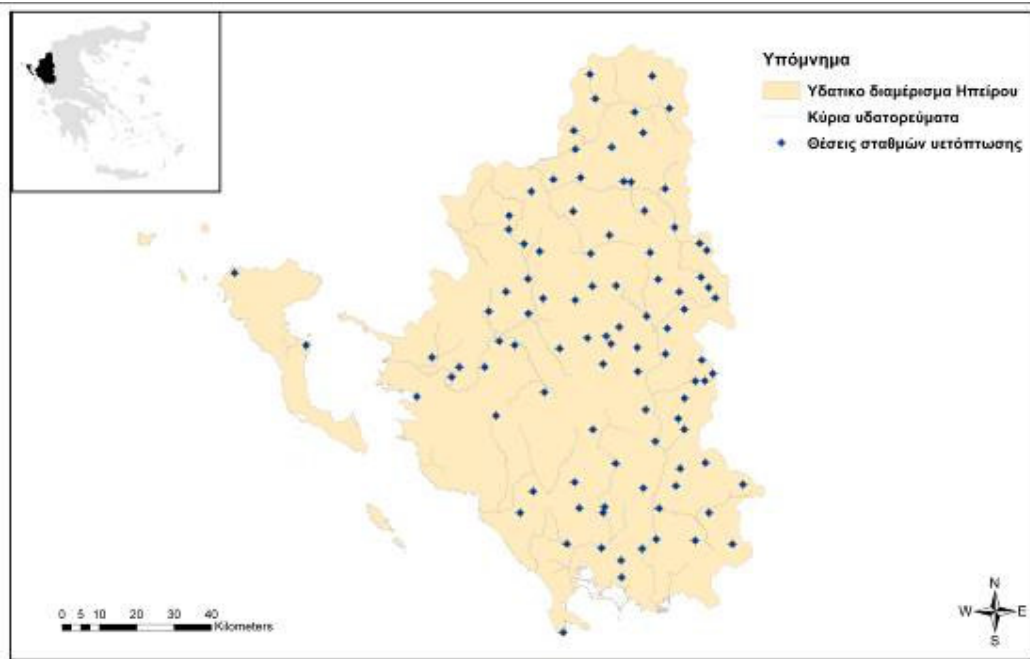
ΣΧΗΜΑ 2.5. Τοποθεσία των σταθμών θερμοκρασίας υδατικού διαμερίσματος Θεσσαλίας στην παρούσα μελέτη

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.2. Σταθμοί υετόπτωσης υδατικού διαμερίσματος Θεσσαλίας

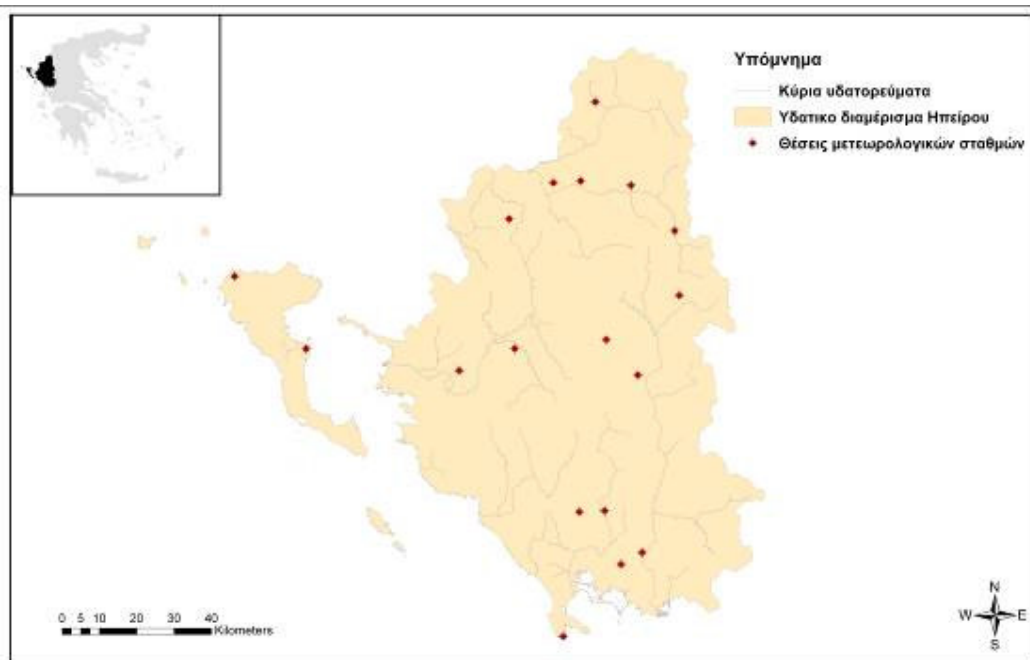
<u>Α/Α</u>	<u>ΟΝΟΜΑ ΣΤΑΘΜΟΥ</u>	<u>ΥΨΟΜΕΤΡΟ (m)</u>	<u>ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ (mm)</u>	<u>Α/Α</u>	<u>ΟΝΟΜΑ ΣΤΑΘΜΟΥ</u>	<u>ΥΨΟΜΕΤΡΟ (m)</u>	<u>ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ (mm)</u>
1	ΑΜΑΡΑΝΤΟΣ	800	1172,0	33	ΛΟΥΤΡΟΠΗΓΗ	730	841,2
2	ΑΝΑΒΡΑ	780	678,9	34	ΜΟΥΖΑΚΙ	226	679,1
3	ΜΥΡΑ	320	532,5	35	ΡΕΝΤΙΝΑ	903	1112,0
4	ΧΑΛΚΙΑΔΕΣ	250	434,4	36	ΖΑΠΠΕΙΟ	170	490,3
5	ΚΟΝΙΣΚΟΣ	860	716,2	37	ΠΥΡΓΕΤΟΣ	31	770,2
6	ΠΑΛΑΙΑ ΠΑΝΝΙΤΣΟΥ	960	655,1	38	ΑΓΙΟΦΥΛΛΟ	581	823,3
7	ΚΡΥΟΒΡΥΣΗ	1030	659,5	39	ΕΛΑΤΗ	900	1633,0
8	ΠΥΘΙΟ	750	625,7	40	ΜΑΛΑΚΑΣΙΟ	842	1044,0
9	ΑΓΡΕΛΙΑ	700	508,9	41	ΜΕΓΑΛΗ ΚΕΡΑΣΙΑ	500	864,3
10	ΕΥΝΙΑΔΑ-ΟΜΒΡΙΑΚΗ	456	466,4	42	ΜΕΤΕΩΡΑ	596	745,8
11	ΛΙΟΠΡΑΣΟ	688	726,2	43	ΦΑΡΚΑΔΩΝΑ	87	540,0
12	ΣΤΕΦΑΝΟΒΙΚΕΙΟ	84	490,5	44	ΧΡΥΣΟΜΗΛΙΑ	940	1294,0
13	ΦΑΡΣΑΛΑ	138	643,6	45	ΒΕΡΔΙΚΟΥΣΣΑ	863	699,5
14	ΒΑΘΥΔΑΚΟΣ	800	1118,0	46	ΠΑΝΝΩΓΙΑ	578	558,7
15	ΔΡΑΚΟΤΡΥΠΑ	680	1381,0	47	ΕΛΑΣΣΟΝΑ	314	455,4
16	ΡΑΧΟΥΛΑ	330	1065,0	48	ΛΙΒΑΔΙ	1179	799,9
17	ΠΑΛΑΙΟΧΩΡΙ	1050	1278,0	49	ΤΥΡΝΑΒΟΣ	92	471,5
18	ΣΤΟΥΡΝΑΡΑΙΚΑ	860	1646,0	50	ΣΚΟΠΙΑ	450	596,5
19	ΚΑΛΛΙΠΕΥΚΗ	1050	936,6	51	ΣΩΤΗΡΙΟ	54	392,3
20	ΑΡΓΙΘΕΑ	992	1594,0	52	ΣΠΗΛΙΑ	813	824,1
21	ΠΟΛΥΝΕΡΙ	802	2154,0	53	ΜΑΚΡΥΝΙΤΣΑ	690	793,2
22	ΒΡΟΝΤΕΡΟ	853	1475,0	54	ΜΠΕΖΟΥΛΑ	901	1445,0
23	ΚΕΡΑΣΙΑ	1000	1385,0	55	ΜΑΚΡΥΡΑΧΗ	600	602,9
24	ΥΗΣ ΠΛΑΣΤΗΡΑ (ΦΡΑΓΜΑ)	801	1172,0	56	ΠΕΡΤΟΥΛΙ	1160	1505,0
25	ΜΟΛΟΧΑ	790	1348,0	57	ΤΡΙΑΟΦΟ	0	623,7
26	ΔΕΣΚΑΤΗ	830	672,4	58	ΙΣΤΙΑΙΑ	0	700,3
27	ΛΑΡΙΣΑ	72	416,3	59	ΠΕΔΙΝΟ	90	640,6
28	ΚΑΛΑΜΠΑΚΑ	217	867,4	60	ΚΑΛΛΙΦΩΝΙ	100	740,7
29	ΤΡΙΚΑΛΑ	116	707,1	61	ΚΑΡΔΙΤΣΟΜΑΓΟΥΛΑ	95	693,9
30	ΑΓΧΙΑΛΟΣ	15	464,6	62	ΠΑΛΑΜΑΣ	95	523,0
31	ΑΝΑΒΡΑ	208	737,6	63	ΓΡΑΜΜΑΤΙΚΟ	95	611,1
32	ΚΑΡΔΙΤΣΑ	103	573,5	64	ΥΗΣ ΠΛΑΣΤΗΡΑ (ΥΔΡΟΛΗΨΙΑ)	800	987,2

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.3. Σταθμοί υετόπτωσης υδατικού διαμερίσματος Ηπείρου

Α/Α	ΟΝΟΜΑ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΥΨΟΜΕΤΡΟ (m)	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΗ Χ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΗ Υ	Α/Α	ΟΝΟΜΑ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΥΨΟΜΕΤΡΟ (m)	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΗ Χ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΗ Υ
1	ΑΜΑΡΑΝΤΟΣ	925	221601	4450975	50	ΔΙΜΝΗ	600	203483	4423864
2	ΒΟΥΡΜΠΙΑΝΗ	950	226195	4460072	51	ΜΑΖΑΡΑΚΙ	420	210187	4412488
3	ΔΡΟΣΟΠΗΓΗ	985	256072	4361347	52	ΠΟΛΥΔΩΡΟ	280	205125	4392296
4	ΠΛΗΚΑΠΙ	1250	224980	4465675	53	ΠΟΛΥΛΟΦΟ	710	216571	4391867
5	ΠΟΥΡΝΙΑ	950	231407	4446915	54	ΣΟΥΛΟΠΟΥΛΟ	169	208338	4401439
6	ΦΟΥΡΚΑ	1350	238636	4450367	55	ΑΝΕΖΑ	10	233461	4330599
7	ΕΠΤΑΧΩΡΙ	860	247339	4455629	56	ΚΑΛΟΒΑΤΟΣ	10	233274	4335699
8	ΒΑΣΙΛΙΚΟ	769	209606	4434747	57	ΦΡΑΓΜΑ ΛΟΥΡΟΥ	100	229180	4349423
9	ΒΟΒΟΥΣΑ	1000	247962	4424426	58	ΠΕΝΤΟΛΑΚΚΟΣ	880	225964	4373927
10	ΔΙΣΤΡΑΤΟ	950	245237	4435322	59	ΑΓΙΟΙ ΘΕΟΔΩΡΟΙ (ΚΛΕΙΣΟΥΡΑ)	250	232231	4361359
11	ΚΟΝΙΤΣΑ	542	222546	4437970	60	ΔΙΜΝΗ ΖΗΡΟΣ	110	228767	4347894
12	ΛΑΙΣΤΑ	1100	239294	4428114	61	ΛΟΥΡΟΣ	25	218980	4339440
13	ΜΑΖΙ	475	215367	4436382	62	Ν. ΚΕΡΑΣΟΥΝΤΑ	26	228327	4338647
14	ΠΑΔΕΣ	1170	236767	4437463	63	ΝΙΚΟΛΙΤΣΙ	250	220781	4356203
15	ΠΗΓΗ ΓΕΩΡΓΙΤΣΗ (Ο)	1350	255020	4411077	64	ΠΑΡΑΜΥΘΙΑ	290	200116	4373958
16	ΚΗΠΟΙ	790	225369	4417486	65	ΑΝΩ ΣΚΑΦΙΔΩΤΗ	650	209396	4353223
17	ΠΑΠΠΙΚΟ	900	220785	4428770	66	ΚΑΝΑΛΛΑΚΙ	24	206311	4347779
18	ΣΚΑΜΝΕΛΛΙ	1180	230523	4421935	67	ΙΩΑΝΝΙΝΑ	483	227548	4398418
19	ΑΓΝΑΝΤΑ	660	248907	4373150	68	ΑΥΛΙΩΤΕΣ	132	130090	4412230
20	ΑΝΕΜΟΡΡΑΧΗ	400	248324	4355111	69	ΚΕΡΚΥΡΑ	2	149236	4392784
21	ΑΡΤΑ	42	238785	4338755	70	ΠΡΕΒΕΖΑ (ΑΚΤΙΟ)	3	218136	4315850
22	ΠΟΥΡΝΑΡΙ	47	243057	4340774	71	ΟΜΑΛΗ	985	170141	4364516
23	ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ	880	245533	4390548	72	ΘΕΣΠΡΩΠΙΚΟΝ	60	222471	4349191
24	ΓΡΕΒΕΝΤΙΚΟ	976	243575	4410525	73	ΚΑΛΕΝΤΖΙ	620	240240	4375516
25	ΔΙΚΟΡΦΟ	974	226124	4408659	74	ΚΑΤΑΡΡΑΚΤΗΣ	800	250572	4370273
26	ΕΛΑΤΟΧΩΡΙ	1014	241906	4417528	75	ΠΙΣΤΙΑΝΑ	720	239629	4354537
27	ΠΛΑΤΑΝΟΥΣΑ	450	242598	4366874	76	ΧΑΡΟΚΟΠΙ	400	238152	4385795
28	ΑΝΩ ΚΑΛΕΝΤΙΝΗ	560	257211	4347885	77	ΠΟΤΑΜΙΑ	400	240480	4400666
29	ΚΑΤΩ ΚΑΛΕΝΤΙΝΗ	110	243810	4349084	78	ΔΙΠΟΤΑΜΟ	500	232286	4408799
30	ΚΟΚΚΙΝΟΠΗΛΙΑ	600	253497	4340439	79	ΚΗΠΙΝΑ	650	253533	4383188
31	ΣΚΟΥΔΙΚΑΡΙΑ	827	263437	4339515	80	ΚΥΨΕΛΗ	500	249448	4359818
32	ΦΡΑΞΟΝ	700	266317	4355477	81	ΚΑΤΩ ΛΑΨΙΣΤΑ	480	221378	4404951
33	ΚΡΙΘΑΡΙΑ ΜΑΤΣ. (Ο)	2000	258255	4385200	82	ΔΙΓΚΙΔΔΕΣ	940	233151	4397727
34	ΜΑΤΣΟΥΚΙ	1079	256044	4383263	83	ΒΑΣΙΛΙΚΗ	540	237958	4392210
35	ΚΑΛΑΡΙΤΣΕΣ (ΝΙΚΟΥΛΙΤΣΑ) (Ο)	2000	255266	4388844	84	ΠΕΔΙΝΗ	480	228803	4387803
36	ΠΡΑΜΑΝΤΑ	817	250431	4379583	85	ΒΡΟΣΙΝΑ	110	200980	4393929
37	ΜΕΤΣΩΒΟ	1157	258893	4405552	86	ΔΙΜΝΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ	480	230943	4393204
38	ΜΙΚΡΗ ΓΟΠΙΤΑ	850	245995	4397324	87	ΚΡΕΜΑΣΤΗ	520	221396	4445424
39	ΜΙΚΡΟ ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ	1040	250682	4402110	88	ΠΕΥΚΟΦΥΤΟ	980	241982	4465073
40	ΧΡΥΣΟΒΙΤΣΑ	820	251065	4406574	89	ΚΑΛΠΑΚΙ	430	207616	4419998
41	ΛΕΤΟΣ	150	190594	4387306	90	ΒΗΣΣΑΝΗ	750	203627	4427565
42	ΗΓΟΥΜΕΝΙΤΣΑ	21	178755	4378521	91	ΛΕΤΟΠΕΤΡΑ	800	202836	4407210
43	ΚΑΛΛΙΘΕΑ	300	184943	4389388	92	ΠΗΓΑΔΟΥΛΙΑ	150	188263	4384338
44	ΠΑΛΑΚΩΤΗ	360	196322	4387078	93	ΠΑΛΑΙΟΣΕΛΙΟΝ	1150	234279	4436811
45	ΦΙΛΙΑΤΕΣ	180	182079	4389506	94	ΜΑΡΜΑΡΑ (Ο)	740	224603	4394756
46	ΑΝΘΟΧΩΡΙ	450	213229	4379020	95	ΚΑΤΩ ΜΕΡΟΠΗ (Ο)	1450	256591	4418301
47	ΒΕΛΛΑ ΜΟΝΗ	560	211823	4417985	96	ΠΡΟΦΗΤΗΣ ΗΛΙΑΣ (Ο)	1400	257081	4408309
48	ΒΕΛΛΑ ΜΟΝΗ	560	208900	4416243	97	ΒΑΛΙΑ ΚΑΛΑΝΤΑ (Ο)	1430	254718	4420193
49	ΖΙΤΣΑ	700	212763	4404979					



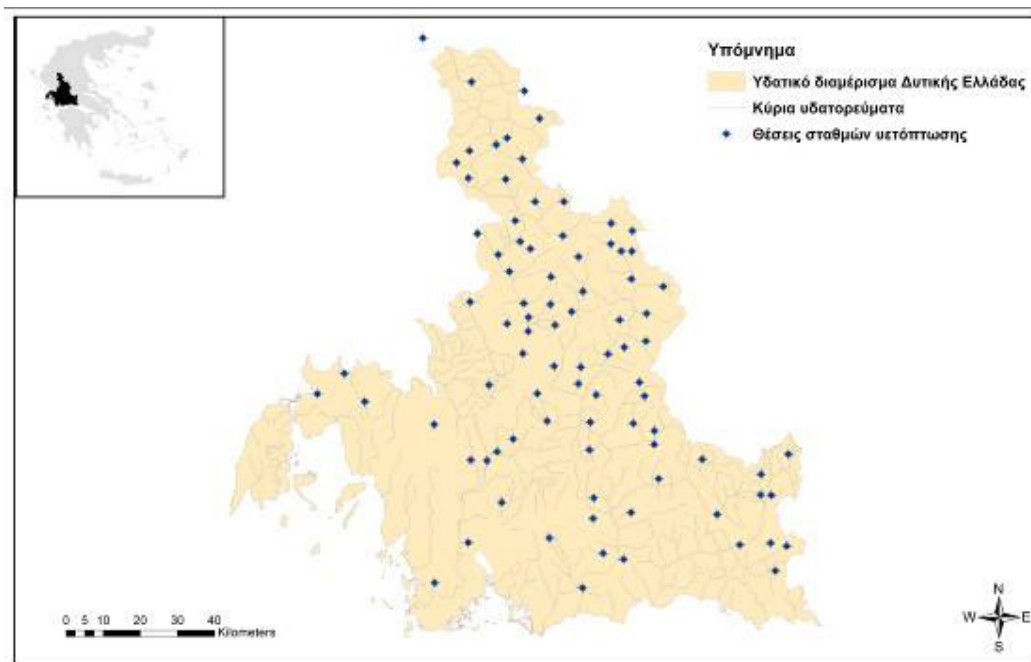
ΣΧΗΜΑ 2.6. Τοποθεσία των σταθμών υετόπτωσης υδατικού διαμερίσματος Ηπείρου στην παρούσα μελέτη



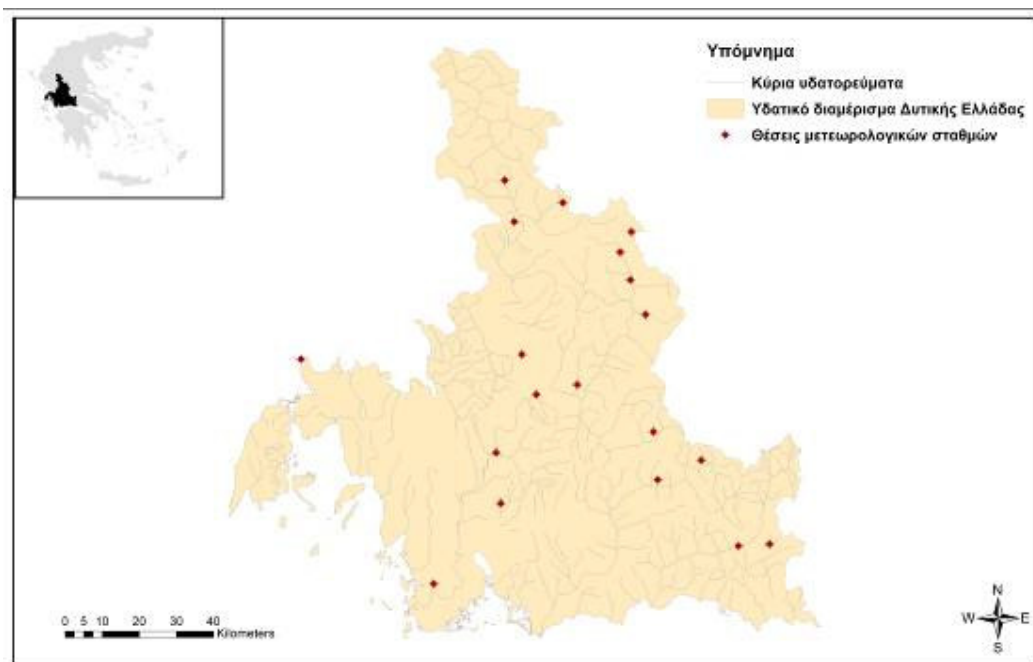
ΣΧΗΜΑ 2.7. Τοποθεσία των σταθμών θερμοκρασίας υδατικού διαμερίσματος Ηπείρου στην παρούσα μελέτη

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.4. Σταθμοί θερμοκρασίας υδατικού διαμερίσματος Ηπείρου

Α/Α	ΟΝΟΜΑ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΥΨΟΜΕΤΡΟ	ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (οC)
1	ΒΟΥΡΜΠΙΑΝΗ	950	12
2	ΒΟΒΟΥΣΑ	1000	11,6
3	ΚΟΝΙΤΣΑ	542	14,2
4	ΜΑΖΙ	475	14,1
5	ΠΑΔΕΣ	1170	10,5
6	ΑΡΤΑ	42	16,7
7	ΧΡΥΣΟΒΙΤΣΑ	820	12,9
8	ΑΕΤΟΣ	150	16,8
9	ΠΟΛΥΔΩΡΟ	280	14
10	ΚΑΛΟΒΑΤΟΣ	10	15,9
11	ΦΡΑΓΜΑ ΛΟΥΡΟΥ	100	16,9
12	ΙΩΑΝΝΙΝΑ	483	14,2
13	ΑΥΛΙΩΤΕΣ	132	17,9
14	ΚΕΡΚΥΡΑ	2	17,7
15	ΠΡΕΒΕΖΑ (ΑΚΤΙΟ)	3	17,3
16	ΘΕΣΠΡΩΤΙΚΟΝ	60	15,8
17	ΧΑΡΟΚΟΠΙ	400	12,6
18	ΒΗΣΣΑΝΗ	750	12,4



ΣΧΗΜΑ 2.8. Τοποθεσία των σταθμών υετόπτωσης υδατικού διαμερίσματος Δυτικής Ελλάδας στην παρούσα μελέτη



ΣΧΗΜΑ 2.9. Τοποθεσία των σταθμών θερμοκρασίας υδατικού διαμερίσματος Δυτικής Ελλάδας στην παρούσα μελέτη

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.5. Σταθμοί θερμοκρασίας υδατικού διαμερίσματος Δυτικής Ελλάδας

Α/Α	ΟΝΟΜΑ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΥΨΟΜΕΤΡΟ (m)	ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ(°C)
1	ΑΓΡΙΝΙΟ	47	17,1
2	ΥΗΣ ΚΡΕΜΑΣΤΩΝ	390	15,6
3	ΤΡΙΚΛΙΝΟ	620	15,4
4	ΓΡΕΒΙΑ	800	13,7
5	ΑΡΠΙΘΕΑ	980	12,2
6	ΠΟΛΥΝΕΡΙ	730	12,7
7	ΓΕΦΥΡΑ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣ	277	15,8
8	ΚΑΡΟΠΛΕΣΙ	910	13,7
9	ΚΛΕΙΣΤΟ	780	12,6
10	ΥΗΣ ΠΛΑΣΤΗΡΑ (ΥΔΡΟΛ.)	800	11,6
11	ΥΗΣ ΠΛΑΣΤΗΡΑ (ΦΡΑΓΜΑ)	850	11,5
12	ΚΡΙΚΕΛΛΟ	1120	12,1
13	ΑΡΑΧΩΒΑ	960	13,8
14	ΓΡΑΜΜΕΝΗ ΟΕΥΑ	1160	11,1
15	ΛΙΔΩΡΙΚΙ	537	14,3
16	ΦΡΑΓΜΑ ΜΟΡΝΟΥ	447	14,7
17	ΛΕΣΙΝΙ	1	16,6
18	ΥΗΣ ΚΑΣΤΡΑΚΙΟΥ	75	17,5
19	ΠΡΕΒΕΖΑ (ΑΚΤΙΟ)	3	17,3

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.6. Σταθμοί υετόπτωσης υδατικού διαμερίσματος Δυτικής Ελλάδας

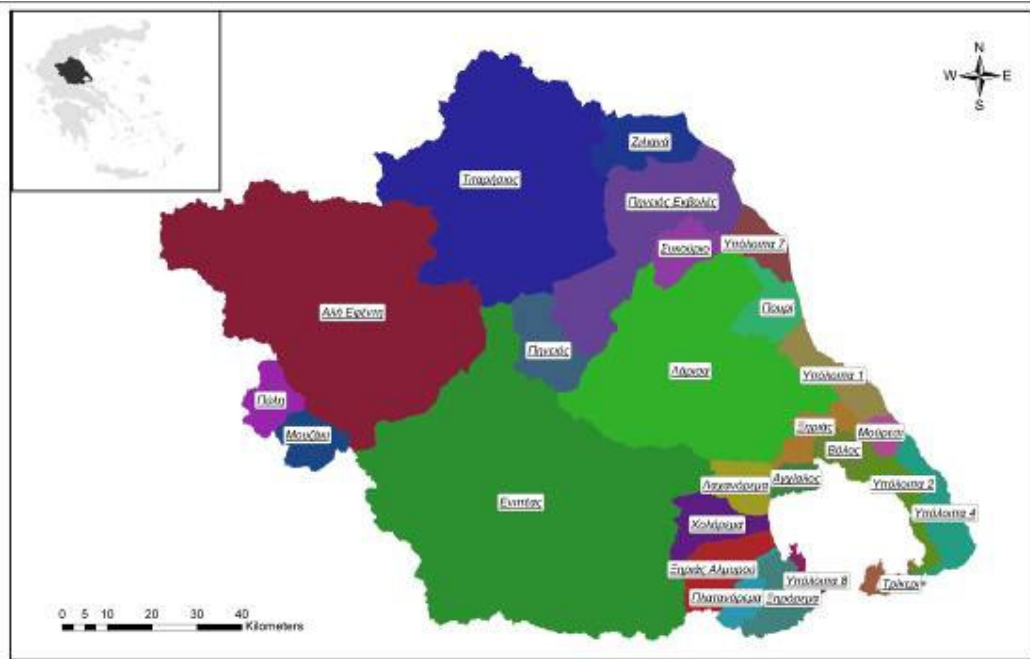
Α/Α	ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΥΨΟΜΕΤΡΟ (m)	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΗ Χ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΗ Υ	Α/Α	ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΥΨΟΜΕΤΡΟ (m)	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΗ Χ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΗ Υ
1	ΑΓΙΟΣ ΒΛΑΣΙΟΣ	850	284187	4298959	45	ΥΗΣ ΠΛΑΣΤΗΡΑ (ΦΡΑΓΜΑ)	801	304154	4344717
2	ΑΓΡΙΝΙΟ	24	271975	4277083	46	ΑΝΙΑΔΑ	1060	307343	4298363
3	ΥΗΣ ΚΡΕΜΑΣΤΩΝ	390	281497	4306438	47	ΔΟΜΝΙΣΤΑ	1016	313002	4292675
4	ΛΕΠΕΝΟΥ	190	263595	4288436	48	ΚΑΡΠΕΝΗΣΙ	960	309058	4309427
5	ΜΑΤΣΟΥΚΙ	50	267944	4288308	49	ΚΡΙΚΕΛΛΟ	1120	313089	4296375
6	ΠΕΡΔΙΚΑΚΙ	680	273353	4325181	50	ΜΥΡΙΝΗ	1100	310415	4305693
7	ΣΤΑΜΝΑ	142	262938	4266237	51	ΠΡΟΥΣΟΣ	920	295575	4291253
8	ΤΡΙΚΛΙΝΟ	620	277668	4317204	52	ΧΕΛΙΔΟΝΑ	630	295765	4298653
9	ΘΕΟΔΩΡΙΑΝΑ	950	259767	4368485	53	ΓΑΒΑΛΟΥ	50	284788	4267472
10	ΑΣΤΡΟΧΩΡΙ	560	265418	4349486	54	ΘΕΡΜΟ	360	296553	4272718
11	ΚΑΨΑΛΑ	840	262992	4364374	55	ΜΑΛΕΣΙΑΔΑ	380	268537	4308657
12	ΜΕΣΟΠΥΡΓΟΣ	420	271008	4343765	56	ΠΑΤΙΟΠΟΥΛΟ	525	263422	4331029
13	ΓΡΕΒΙΑ	800	275591	4352890	57	ΕΠΙΝΙΑΝΑ	1050	293791	4333876
14	ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΦΡΑΓΚΙΣΤΑ	680	293258	4313526	58	ΜΟΝΑΣΤΗΡΑΚΙ	660	290762	4328402
15	ΒΕΛΑΟΡΑ	560	279071	4323167	59	ΤΡΙΠΟΤΑΜΟΣ	650	286035	4313719
16	ΒΟΥΛΠΗ	660	286336	4324818	60	ΤΡΟΒΑΤΟ	1060	292595	4343163
17	ΓΡΑΝΙΤΣΑ	850	285045	4330407	61	ΑΝΑΛΗΨΗ	620	299225	4263396
18	ΤΟΠΟΛΙΑΝΑ	408	279175	4326867	62	ΑΡΑΧΩΒΑ	960	314234	4283393
19	ΦΟΥΣΙΑΝΑ	950	285247	4337807	63	ΓΡΑΜΜΕΝΗ ΟΞΥΑ	1160	325954	4288680
20	ΑΡΓΙΘΕΑ	992	288679	4358079	64	ΔΡΥΜΩΝΑΣ	900	296694	4278267
21	ΒΡΑΓΚΙΑΝΑ ΜΙΚΡΑ	580	279695	4345367	65	ΠΛΑΤΑΝΟΣ	900	306761	4274316
22	ΚΑΤΑΦΥΛΛΙΟ	980	276870	4347299	66	ΠΟΡΟΣ ΡΗΓΑΝΙΟΥ	150	304737	4261753
23	ΛΕΟΝΤΙΟ	950	288428	4348829	67	ΑΘ.ΔΙΑΚΟΣ	1050	341818	4284649
24	ΒΑΘΥΡΡΕΜΜΑ	920	277505	4369499	68	ΚΟΝΙΑΚΟΣ	850	341708	4279100
25	ΒΑΚΑΡΙΟ	1150	273365	4375174	69	ΛΙΔΩΡΙΚΙ	537	344358	4266095
26	ΚΑΤΑΦΥΤΟ	1000	263784	4390276	70	ΜΑΛΑΝΔΡΙΝΟ	600	345669	4258669
27	ΜΕΣΟΧΩΡΑ	850	270443	4373409	71	ΠΕΝΤΑΓΙΟΙ	950	329986	4273789
28	ΠΑΧΤΟΥΡΙ	950	263218	4371774	72	ΠΥΡΑ	1140	349171	4290057
29	ΠΕΡΤΟΥΛΙ	1160	282121	4380478	73	ΣΥΚΕΑ	780	344609	4279043
30	ΠΟΛΥΝΕΡΙ	802	273040	4364074	74	ΦΡΑΓΜΑ ΜΟΡΝΟΥ	447	336103	4265633
31	ΓΕΦΥΡΑ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣ	277	292600	4309021	75	ΣΤΑΝΟΣ	150	253736	4297993
32	ΤΡΙΚΟΡΦΟ	100	293706	4254053	76	ΒΟΝΙΤΣΑ	15	229567	4311745
33	ΒΙΝΙΑΝΗ	620	300574	4317041	77	ΛΕΣΙΝΙ	1	253878	4255400
34	ΚΑΡΙΤΣΑ ΔΟΛΟΠΩΝ	1130	301324	4346639	78	ΜΟΝΑΣΤΗΡΑΚΙ	300	235101	4304149
35	ΚΑΡΟΠΛΕΣΙ	910	306849	4337245	79	ΥΗΣ ΚΑΣΤΡΑΚΙΟΥ	75	270681	4290760
36	ΚΛΕΙΣΤΟ	780	310947	4327891	80	ΤΕΜΠΛΑ	306	277843	4330678
37	ΜΑΥΡΟΜΑΤΑ	900	303692	4326218	81	ΑΓΙΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ	10	222268	4306286
38	ΜΟΛΟΧΑ	790	315446	4335188	82	ΑΡΑΔΑΝΟΒΟ	315	273991	4339222
39	ΠΑΠΠΑΡΟΥΖΙ	660	297402	4306015	83	ΑΝΘΗΡΟ	360	280901	4358082
40	ΠΑΥΛΟΠΟΥΛΟ	880	304951	4318782	84	ΣΑΡΓΙΑΔΑ	433	275024	4294138
41	ΠΕΤΡΑΔΩΝΑ	880	310769	4320491	85	ΚΑΡΟΥΤΕΣ	1040	348736	4265330
42	ΜΟΥΧΑ	870	307032	4344645	86	ΜΙΚΡΟ ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ	1040	250731	4402123
43	ΜΠΕΖΟΥΛΑ	901	301465	4352189	87	ΠΑΛΛΙΟΧΩΡΙ	581	278029	4387797
44	ΥΗΣ ΠΛΑΣΤΗΡΑ (ΥΔΡΟΛ.)	800	307169	4350195					

2.5 ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΙΣΤΟΡΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΤΟ ΧΩΡΟ ΚΑΙ ΤΟ ΧΡΟΝΟ

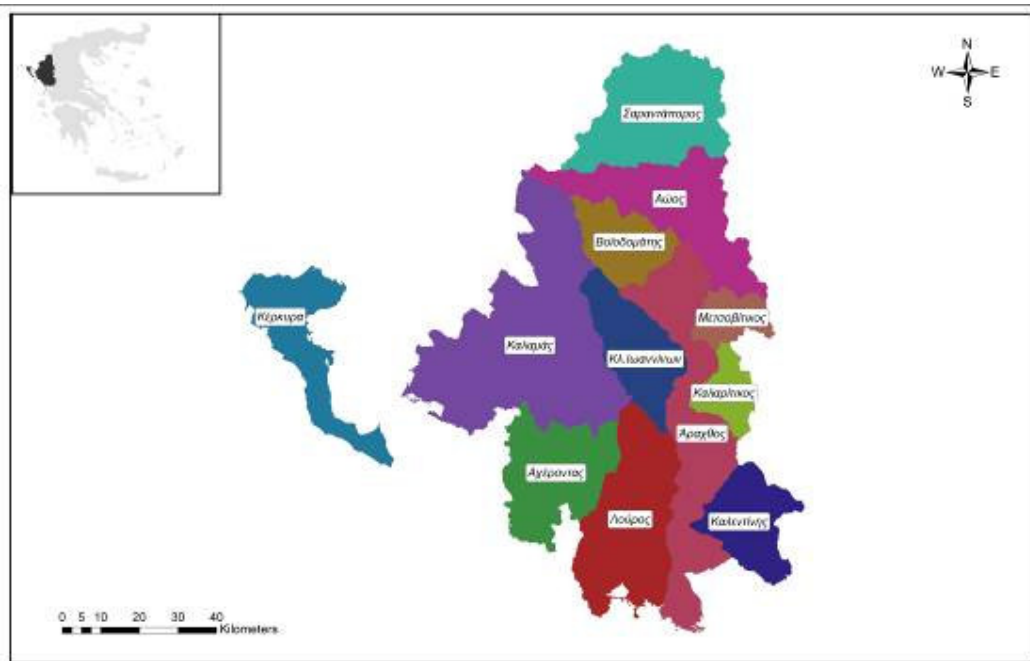
Στο σημείο αυτό περιγράφονται τα βασικά στάδια της μεθόδου που ακολουθήθηκε για την εκτίμηση επιφανειακών τιμών κλιματικών μεταβλητών στα υδατικά διαμερίσματα Θεσσαλίας, Ηπείρου και Δυτικής Στερεάς Ελλάδας. Ειδικότερα σε πρώτη φάση παρουσιάζεται η διαδικασία που ακολουθήθηκε για την εκτίμηση της επιφανειακής βροχόπτωσης. Γίνεται αναλυτική περιγραφή των βημάτων που έλαβαν χώρα. Πιο συγκεκριμένα γίνεται παρουσίαση της τεχνικής που βασίστηκε σε ένα γεωγραφικό σύστημα πληροφοριών, καθώς και δύο μεθόδων που χρησιμοποιήθηκαν για την εκτίμηση της μέσης επιφανειακής βροχόπτωσης. Στο τέλος του κεφαλαίου γίνεται ένας σύντομος σχολιασμός της χωρικής κατανομής της βροχόπτωσης κατά την περίοδο βάσης 1980-2000. Για να επιτευχθούν όλα τα παραπάνω ενσωματώθηκαν τα υδατικά διαμερίσματα Θεσσαλίας, Ηπείρου και Δυτικής Ελλάδας καθώς και οι βροχομετρικοί και μετεωρολογικοί σταθμοί που προαναφέρθηκαν. Η βάση δεδομένων των σταθμών περιείχε τις συντεταγμένες της θέσης τους και τα αντίστοιχα υψόμετά τους. Τα κυριότερα στάδια της μεθοδολογίας περιγράφονται παρακάτω.

2.5.1 Διαίρεση των υδατικών διαμερισμάτων σε επιμέρους λεκάνες απορροής

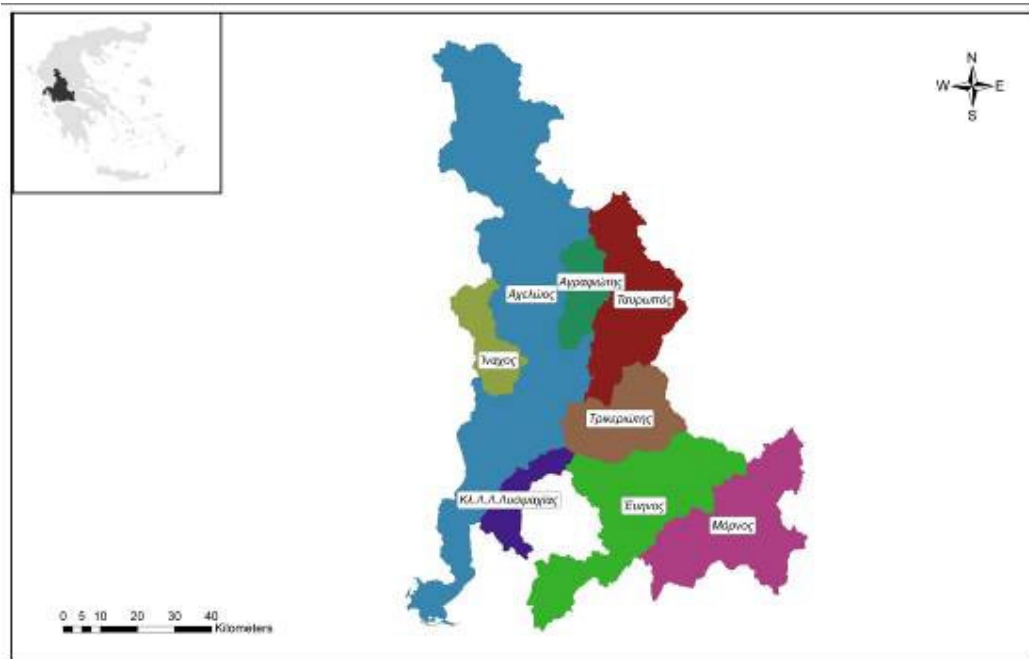
Στο σημείο αυτό βασικό κομμάτι της διαδικασίας είναι το γεωγραφικό σύστημα πληροφοριών. Χρησιμοποιώντας τις δυνατότητες του συστήματος το υδατικό διαμέρισμα Θεσσαλίας χωρίστηκε σε 26 επιμέρους λεκάνες σύμφωνα πάντοτε με το ανάγλυφο και τη γεωμορφολογία της περιοχής. Αντίστοιχα το υδατικό διαμέρισμα της Ηπείρου χωρίστηκε σε 12 επιμέρους λεκάνες απορροής ενώ το υδατικό διαμέρισμα της Δυτικής Ελλάδας χωρίστηκε σε 8 επιμέρους λεκάνες απορροής. Για ορισμένες λεκάνες απαιτήθηκε περαιτέρω επεξεργασία στο γεωγραφικό σύστημα πληροφοριών προκειμένου να καθοριστούν τα όρια τους. Η επεξεργασία αυτή περιελάμβανε διαδικασίες ψηφιοποίησης ώστε να υπάρχει μεγαλύτερη ακρίβεια στο διαχωρισμό τους. Ουσιαστικά δημιουργήθηκαν shape files των επιμέρους λεκανών τα οποία παρουσιάζονται σχηματικά στους παρακάτω χάρτες (Σχήματα 2.10, 2.11, 2.12).



ΣΧΗΜΑ 2.10. Υπολεκάνες του υδατικού διαμερίσματος της Θεσσαλίας.



ΣΧΗΜΑ 2.11. Υπολεκάνες του υδατικού διαμερίσματος της Ηπείρου



ΣΧΗΜΑ 2.12. Υπολεκάνες του υδατικού διαμερίσματος της Δυτικής Ελλάδας

2.5.2 Εκτίμηση επιφανειακών τιμών κλιματικών μεταβλητών

Το αμέσως επόμενο βήμα ήταν ο προσδιορισμός του μέσου υψομέτρου των λεκανών. Χρησιμοποιήθηκε το γεωγραφικό σύστημα πληροφοριών για να δημιουργηθούν τα ψηφιακά μοντέλα εδάφους (DEM) της κάθε επιμέρους λεκάνης αλλά και συνολικά των υδατικών διαμερισμάτων από τα οποία θα προέκυπταν τα μέσα υψόμετρα που ήταν απαραίτητα. Το ψηφιακό μοντέλο εδάφους είναι η προσομοίωση του υψομέτρου μιας ορισμένης περιοχής. Αρχικά δημιουργήθηκε το (TIN) της κάθε λεκάνης, δηλαδή η ένωση τριγωνομετρικών σημείων, το οποίο είναι αναγκαίο για την κατασκευή του ψηφιακού μοντέλου εδάφους (DEM) και στη συνέχεια δεδομένου ότι τα DEM είχαν δημιουργηθεί, εξήχθησαν τα κατάλληλα μέσα υψόμετρα από τις στατιστικές πληροφορίες που παρέχει το DEM. Παρακάτω στους Πίνακες 2.7, 2.8 και 2.9 παρουσιάζονται οι επιμέρους λεκάνες του κάθε υδατικού διαμερίσματος με τα αντίστοιχα μέσα υψόμετρά τους.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.7. Οι λεκάνες απορροής του υδατικού διαμερίσματος Θεσσαλίας και τα αντίστοιχα μέσα υψόμετρα

A/A	ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΛΕΚΑΝΗΣ	ΜΕΣΟ ΥΨΟΜΕΤΡΟ (m)	ΕΚΤΑΣΗ (km ²)
1	Αγχίαλος	159,5	67
2	Αλή Εφέντη	514,5	2509,4
3	Βόλος	488,2	91,25
4	Ενπιέας	339,8	3298
5	Ζιλιάνα	898,37	236,62
6	Λάρισα	201,63	1662,72
7	Λαχανόρεμα	207,83	138,95
8	Μουζάκι	816,89	143,91
9	Μούρεσι	735,5	64,37
10	Ξηριάς	454,36	119,12
11	Ξηρίας Αλμυρού	533,4	217,41
12	Ξηρόρεμα	305,97	173,12
13	Πηνειός	191,5	236,36
14	Πηνειός Εκβολές	287,25	775,94
15	Πλατανόρεμα	670,4	94,82
16	Πουρί	400,55	162,34
17	Πύλη	938,5	137,6
18	Συκούριο	486,2	147,95
19	Τιπαρήσιος	611,44	1913,28
20	Τρίκερι	158,44	48,24
21	Υπόλοιπα 1	556,9	182,05
22	Υπόλοιπα 2	313,9	150,44
23	Υπόλοιπα 4	272,4	204,4
24	Υπόλοιπα 7	625,08	136,09
25	Υπόλοιπα 8	152,17	32,29
26	Χολόρεμα	235,14	191,73

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.8. Οι λεκάνες απορροής του υδατικού διαμερίσματος Ηπείρου και τα αντίστοιχα μέσα υψόμετρα

A/A	ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΛΕΚΑΝΗΣ	ΜΕΣΟ ΥΨΟΜΕΤΡΟ (m)	ΕΚΤΑΣΗ (km ²)
1	Αραχθος	664,52	1097,77
2	Αχέροντας	438,4	719,44
3	Αώος	1279,09	829,6
4	Βοϊδομάτης	1184,42	389,04
5	Καλαμάς	494,74	1899,25
6	Καλαρίπκος	1253,59	221,74
7	Καλεντίνης	632,05	470,94
8	Κέρκυρα	134,28	592
9	Κλ.Ιωαννίνων	668,15	528,79
10	Λούρος	358,76	963,4
11	Μετσοβίτικος	1197,62	214,52
12	Σαραντάπορος	1185,83	922,01

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.9. Οι λεκάνες απορροής του υδατικού διαμερίσματος Δυτικής Ελλάδας και τα μέσα υψόμετρα που προέκυψαν από τα ψηφιακά μοντέλα εδάφους.

A/A	ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΛΕΚΑΝΗΣ	ΜΕΣΟ ΥΨΟΜΕΤΡΟ (m)	ΕΚΤΑΣΗ (km ²)
1	Αγραφιιώτης	289,44	289,44
2	Αχελώος	2988,93	2988,93
3	Έυηνος	1164,3	1164,3
4	Ίναχος	302,81	302,81
5	Κλ.Λ.Λ.Λυσιμαχίας	254,32	254,32
6	Μόρνος	974,47	974,47
7	Ταυρωπός	830,59	830,59
8	Τρικεριιώτης	558,96	558,96

i) Εκτίμηση επιφανειακής βροχόπτωσης

Μετά τον έλεγχο, την ομογενοποίηση και τη συμπλήρωση των βροχομετρικών δεδομένων των σταθμών της κάθε λεκάνης απορροής, η μέση επιφανειακή βροχόπτωση μπορεί να υπολογιστεί με πολύγωνα Thiessen. Η μέθοδος χρησιμοποιεί τον παράγοντα βάρους που αντιστοιχεί στα εμβαδά των πολυγώνων (περιοχών) επηρεασμού κάθε σταθμού όπως προκύπτει με τη χάραξη των μεσοκαθέτων επί των αποστάσεων των σταθμών μεταξύ τους. Το μέσο βροχομετρικό ύψος της λεκάνης P_o προκύπτει ως το άθροισμα των επιμέρους παρατηρήσεων P_i των σταθμών πολλαπλασιασμένες επί τις αντίστοιχες εκτάσεις επηρεασμού δια της συνολικής έκτασης της λεκάνης. Σύμφωνα με αυτά προκύπτει η σχέση:

$$P_o = \sum \frac{(A_i \times P_i)}{A} = \sum \left(\frac{A_i \times P_i}{A} \right) \quad (2.1)$$

Προκειμένου να καταστεί δυνατή η εφαρμογή της μεθόδου Thiessen στην καθεμία από τις επιμέρους λεκάνες απορροής ήταν απαραίτητο να εφαρμοστεί η μέθοδος στην συνολική υπό μελέτη έκταση του κάθε υδατικού διαμερίσματος. Αυτό έγινε για να εντοπιστούν οι σταθμοί που επηρεάζουν την καθεμία από τις επιμέρους λεκάνες απορροής. Έτσι χρησιμοποιώντας το λογισμικό των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών παράχθηκε ένας χάρτης με την αντίστοιχη βάση δεδομένων του, που παρουσίαζε τη μέθοδο αυτή για κάθε ένα από τα τρία υδατικά διαμερίσματα. Εντοπίστηκαν λοιπόν κατά προσέγγιση ποιοι είναι οι σταθμοί που επηρεάζουν την κάθε μια από τις επιμέρους λεκάνες, και στη συνέχεια εφαρμόστηκε

ή μέθοδος για όλες τις λεκάνες των υδατικών διαμερισμάτων σύμφωνα πάντοτε με τους πιθανούς σταθμούς που τις επηρεάζουν. Στο σημείο αυτό τα πολύγωνα έγιναν πιο ακριβή δείχνοντάς όχι μόνο τους σταθμούς της κάθε λεκάνης αλλά και το αντίστοιχο εμβαδόν επηρεασμού του κάθε σταθμού που ήταν απαραίτητο για την εκτίμηση της μέσης επιφανειακής βροχόπτωσης της κάθε λεκάνης σε συμφωνία με την εξίσωση 2.1. Βέβαια η μέθοδος για να είναι περισσότερη αντιπροσωπευτική αποφασιστικέ να τροποποιηθεί με την χρήση της βροχοβαθμίδας για να καταστεί δυνατή αναγωγή στο μέσο υψόμετρο της λεκάνης.

Η υψομετρική μέθοδος ή μέθοδος της βροχοβαθμίδας βασίζεται στην παρατήρηση ότι το ύψος βροχής αυξάνει με την αύξηση του υψομέτρου και χρησιμοποιεί την βροχοβαθμίδα που είναι όρος που περιγράφει την αύξηση του ετήσιου βροχομετρικού ύψους ανά 100 m αύξηση του υψομέτρου. Η μέθοδος χρησιμοποιεί μια απλή γραμμική σχέση που συσχετίζει τα υψόμετρα των σταθμών με το μέσο ετήσιο ύψος βροχής κάθε σταθμού και εφόσον υπάρχει ικανοποιητική συσχέτιση (συντελεστής συσχέτισης $r > 0,70$), η σχέση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση του ύψους βροχής σε οποιοδήποτε υψόμετρο.

Η μέθοδος της βροχοβαθμίδας μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για τη συμπλήρωση παρατηρήσεων όσο και για την εύρεση της μέσης βροχόπτωσης μιας λεκάνης, με αναγωγή στο μέσο υψόμετρο της λεκάνης όπως αναφέρθηκε. Η διαδικασία της βροχοβαθμίδας πρέπει να χρησιμοποιείται με μεγάλη προσοχή και τα μεγέθη να αναφέρονται σε μεγάλο χρονικό βήμα (π.χ. έτος) και στη συνέχεια με μεθόδους επιμερισμού να γίνεται εκτίμηση μεγεθών μικρότερων χρονικών βημάτων (π.χ. μήνας).

Αρχικά επιλέχθηκε για τους σταθμούς της κάθε λεκάνης που είχε διαμορφωθεί σε ένα από τα παραπάνω βήματα, η αντίστοιχη βροχόπτωση τους για την περίοδο 1980-2000. Τα βροχομετρικά αυτά δεδομένα περιλαμβάνονταν στα πρωτογενή δεδομένα για 63 σταθμούς στο υδατικό διαμέρισμα Θεσσαλίας, 97 σταθμούς για το υδατικό διαμέρισμα της Ηπείρου και 87 για το υδατικό διαμέρισμα Δυτικής Ελλάδας τα οποία περιείχαν το μέσο μηνιαίο και την τυπική απόκλιση του κάθε μήνα. Ακόμη χρησιμοποιήθηκαν τα εμβαδά επηρεασμού των σταθμών για την κάθε επιμέρους λεκάνη. Η διαδικασία που ακολουθήθηκε περιελάμβανε τα ακόλουθα βήματα:

1. Εκτίμηση της μέσης βροχόπτωσης της κάθε επιμέρους λεκάνης με τη χρήση των σταθμών που επηρεάζουν την κάθε λεκάνη με τα πρωτογενή δεδομένα βροχόπτωσής τους για την περίοδο 1980-2000 καθώς και τις εκτάσεις επηρεασμού.
2. Στη συνέχεια έγινε εφαρμογή του τύπου 2.1.:

$$P_o = \sum \frac{(A_i \times P_i)}{A} = \sum \left(\frac{A_i \times P_i}{A} \right) \quad (2.2)$$

Όπου P_o η μέση μηνιαία βροχόπτωση της λεκάνης απορροής.

Όπου P_i η μηνιαία βροχόπτωση του κάθε σταθμού που επηρεάζει τη υπό μελέτη λεκάνη απορροής και

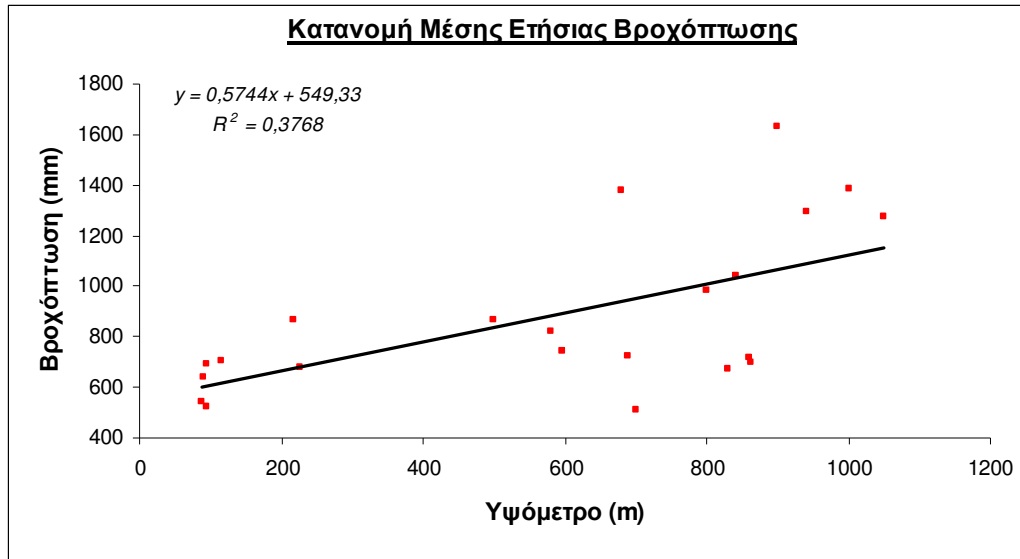
όπου A_i το εμβαδόν επηρεασμού του κάθε σταθμού.

Με τον τρόπο αυτό υπολογίστηκε η μηνιαία βροχόπτωση της λεκάνης για τα 20 χρόνια. Ακόμη εκτιμήθηκε η μέση αθροιστική βροχόπτωση του κάθε έτους καθώς και η μέση μηνιαία δηλαδή η μέση βροχόπτωση του κάθε μήνα για τα 20 χρόνια μαζί με τις αντίστοιχες τυπικές αποκλίσεις. Ο μέσος των αθροιστικών βροχοπτώσεων, έδωσε την μέση ετήσια βροχόπτωση της κάθε λεκάνης απορροής. Η διαδικασία αυτή ακολουθήθηκε και για όλες τις επιμέρους λεκάνες απορροής και στα τρία υδατικά διαμερίσματα. Αρχικά χρησιμοποιήθηκαν ως σταθμοί επηρεασμού αυτοί που προκύπτουν από τα πολύγωνα THIESSEN της κάθε λεκάνης, καθώς και τα αντίστοιχα υψόμετρα των σταθμών και τα εμβαδά επηρεασμού.

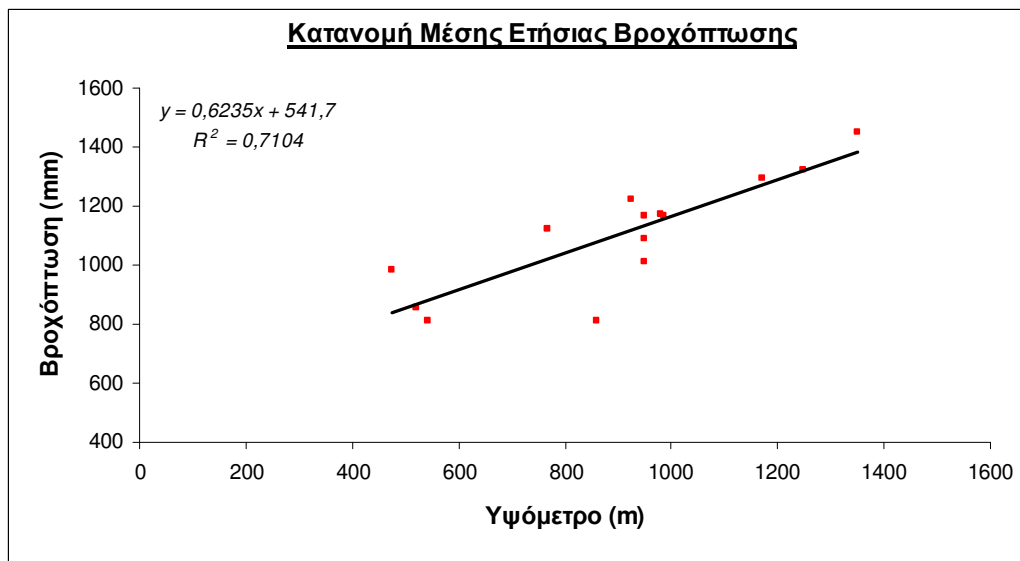
3. Στη συνέχεια ελήφθησαν οι μέσες βροχοπτώσεις για τα 20 χρόνια, των επιλεγμένων σταθμών από τα πρωτογενή δεδομένα.
4. Για αυτούς τους σταθμούς με τα αντίστοιχα δεδομένα εφαρμόστηκε η μέθοδος της βροχοβαθμίδας και έγινε προσπάθεια να βρεθεί η γραμμική σχέση που συσχετίζει το υψόμετρο του σταθμού με την μέση βροχόπτωση του σταθμού για την περίοδο βάσης .

Βέβαια η γραμμική σχέση δεν έβγαινε πάντοτε ικανοποιητική με τα δεδομένα που δίνονταν αρχικά αφού ο συντελεστής προσδιορισμού, R^2 , έπαιρνε ακατάλληλες τιμές,

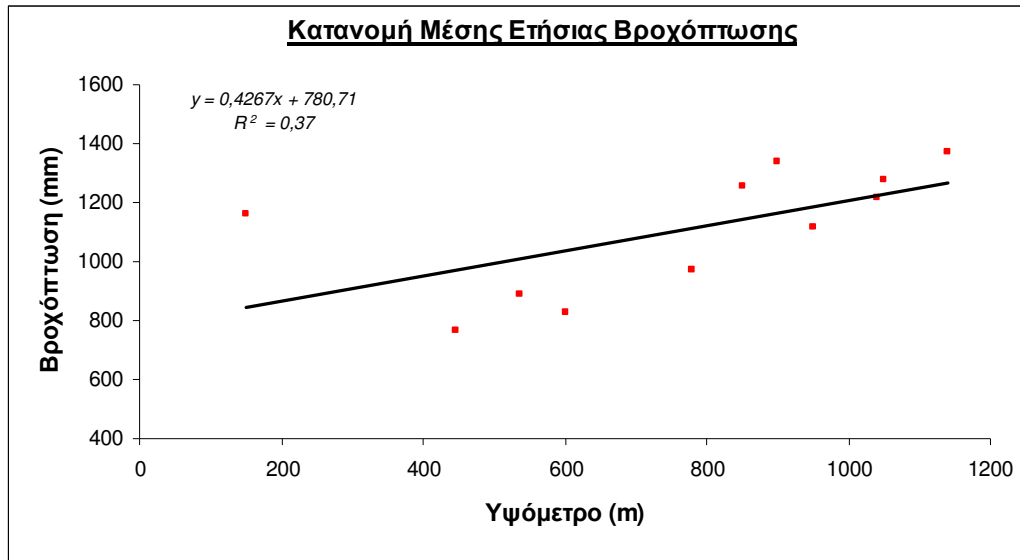
οδηγώντας στην προσθήκη ή αφαίρεση των σταθμών οι οποίοι θεωρούνταν υπεύθυνοι λόγω του υψομέτρου ή της βροχόπτωσής τους για την ανεπαρκή συσχέτιση. Ύστερα λοιπόν από αρκετές δοκιμές προέκυψε το επιθυμητό αποτέλεσμα έχοντας τη βέλτιστη δυνατή συσχέτιση και την ικανοποιητικότερη γραμμική σχέση. Παρακάτω παρουσιάζονται ενδεικτικά τα αποτελέσματα της διαδικασίας για τις 3 λεκάνες μία για το κάθε υδατικό διαμέρισμα (Σχήματα 2.13-2.15). Τα διαγράμματα δείχνουν το βαθμό συσχέτισης και περιλαμβάνουν και τη γραμμική σχέση.



ΣΧΗΜΑ 2.13. Η βροχοβαθμίδα για την λεκάνη απορροής Αλή Εφέντη στο υδατικό διαμέρισμα Θεσσαλίας.



ΣΧΗΜΑ 2.14. Η βροχοβαθμίδα για την λεκάνη απορροής Σαραντάπορος στο υδατικό διαμέρισμα Ηπείρου.



ΣΧΗΜΑ 2.15. Η βροχοβαθμίδα για την λεκάνη απορροής Μόρνος στο υδατικό διαμέρισμα Δυτικής Ελλάδας.

Στο σημείο αυτό έγινε εκτίμηση της μηνιαίας επιφανειακής βροχόπτωσης με αναγωγή στο μέσο υψόμετρο της κάθε λεκάνης απορροής. Η εκτίμηση των μηνιαίων υψών βροχής που αντιστοιχούν στα μέσα υψόμετρα των επιμέρους λεκανών για κάθε υδρολογικό έτος γίνεται με τη σχέση :

$$P_i^k = \frac{P_k \times P_i(i)}{P_i(k)} \quad (2.3)$$

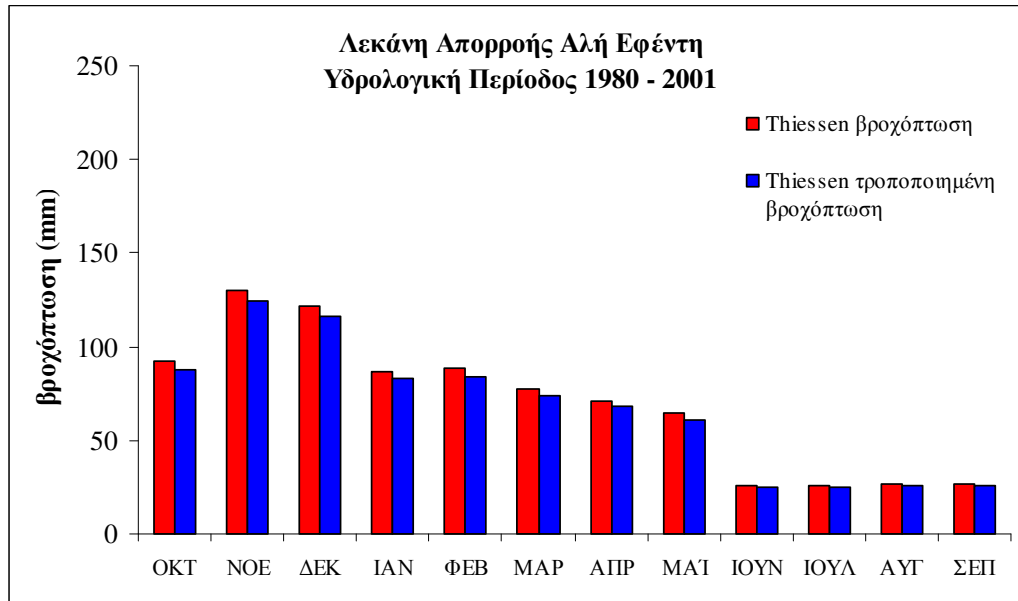
Όπου : $P_i(k)$ = ετήσιο ύψος βροχής το έτος k σε mm σύμφωνα με τα πολύγωνα Thiessen, P_k = ετήσιο ύψος βροχής στη συγκεκριμένη λεκάνη το έτος k , σε mm, P_i^k = μηνιαίο ύψος βροχής το μήνα i και το έτος k στη συγκεκριμένη λεκάνη σε mm, $P_i^k(i)$ = μηνιαίο ύψος βροχής το μήνα i και το έτος k από τη μέθοδο Thiessen.

Θα πρέπει επίσης να τονιστεί ότι το P_k προκύπτει από τη σχέση:

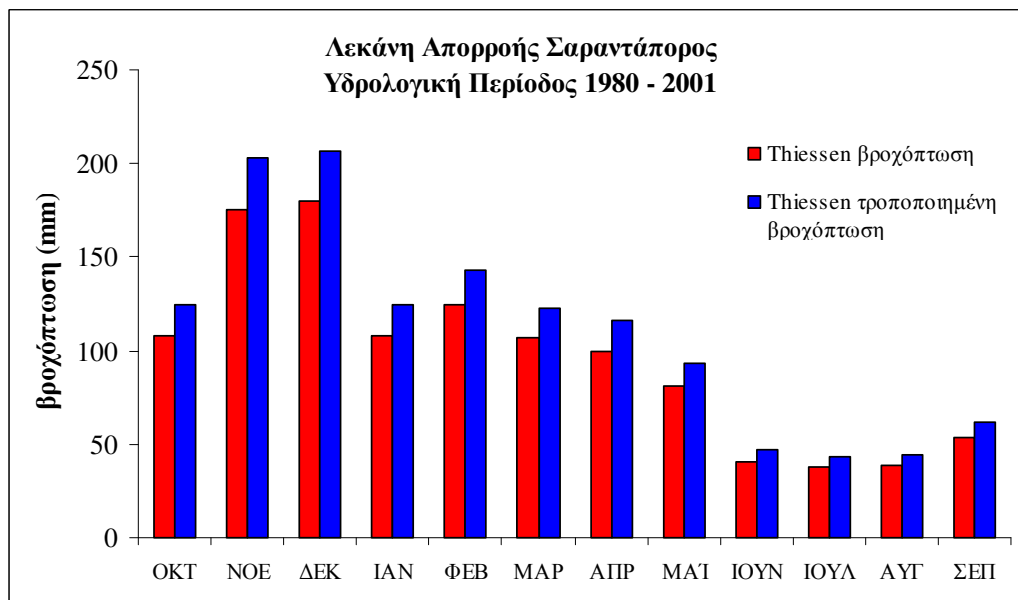
$$P_k = \frac{P_k \times P_i^k(i)}{P_i(k)} \quad (2.4)$$

Με τον τρόπο αυτό υπολογίστηκε η μέση μηνιαία επιφανειακή βροχόπτωση της κάθε επιμέρους λεκάνης απορροής με αναγωγή στο μέσο υψόμετρο της. Παρακάτω

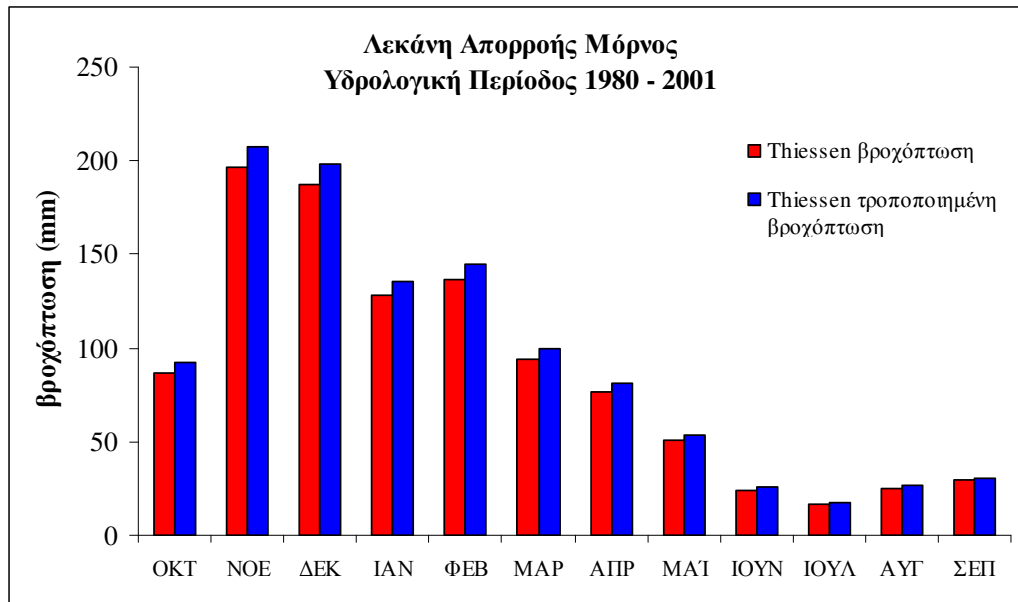
παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της μεθόδου και γίνεται μια σύγκριση της βροχόπτωσης που προκύπτει από τη μέθοδο Thiessen και της τροποποιημένης μεθόδου Thiessen και για τις 3 παραπάνω λεκάνες απορροής (Σχήματα 2.16-2.18).



ΣΧΗΜΑ 2.16. Σύγκριση της μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης που προκύπτει από τη μέθοδο Thiessen με εκείνη που προκύπτει από την τροποποιημένη μέθοδο για την υδρολογική περίοδο 1980-2001 και την λεκάνη απορροής Αλή Εφέντη.



ΣΧΗΜΑ 2.17. Σύγκριση της μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης που προκύπτει από τη μέθοδο Thiessen με εκείνη που προκύπτει από την τροποποιημένη μέθοδο για την υδρολογική περίοδο 1980-2001 και την λεκάνη απορροής Σαραντάπορος.



ΣΧΗΜΑ 2.18. Σύγκριση της μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης που προκύπτει από τη μέθοδο Thiessen με εκείνη που προκύπτει από την τροποποιημένη μέθοδο για την υδρολογική περίοδο 1960-93 και την λεκάνη απορροής της Μόρνος.

ii) Εκτίμηση επιφανειακής θερμοκρασίας

Για την αναγωγή μηνιαίων τιμών θερμοκρασίας των σταθμών που ήταν διαθέσιμοι στις επιμέρους λεκάνες απορροής των υδατικών διαμερισμάτων Θεσσαλίας, Ηπείρου και Δυτικής Ελλάδας χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της θερμοβαθμίδας.

Η μέθοδος στηρίζεται στην παρατήρηση ότι η θερμοκρασία μειώνεται με την αύξηση του υψομέτρου και χρησιμοποιεί την ετήσια θερμοβαθμίδα που περιγράφει τη μείωση της ετήσιας θερμοκρασίας ανά 100m αύξηση υψομέτρου. Για την εκτίμηση της μέσης θερμοκρασίας της κάθε επιμέρους λεκάνης απορροής χρησιμοποιούνται δεδομένα ενός επιλεγμένου σταθμού βάσης ανά περίπτωση. Η εκτίμηση των μηνιαίων τιμών θερμοκρασίας που αντιστοιχούν στα μέσα υψόμετρα των επιμέρους λεκανών απορροής για κάθε υδρολογικό έτος γίνεται με τις σχέσεις :

$$T_k = T_{T(k)} - \frac{(Y_{στ.β\acute{\alpha}σης} - Y_{λεκ\acute{\alpha}νης})b}{100} \quad (2.5)$$

και

$$T_i^k = \frac{T_k T_{T(i)}^k}{T_{T(k)}} \quad (2.6)$$

Όπου :

$T_{T(k)}$ = μέση ετήσια θερμοκρασία στο σταθμό βάσης κατά το έτος k, σε C°

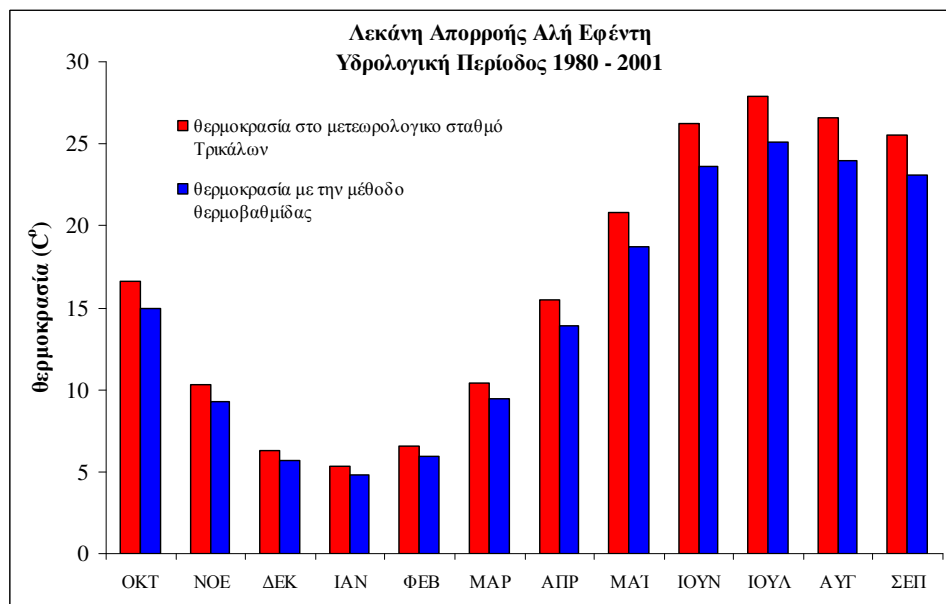
T_k = μέση ετήσια θερμοκρασία στην εξεταζόμενη λεκάνη κατά το έτος k, σε C°

T_i^k = μέση μηνιαία θερμοκρασία κατά το μήνα i και κατά το έτος k, στην εξεταζόμενη λεκάνη απορροής σε C°

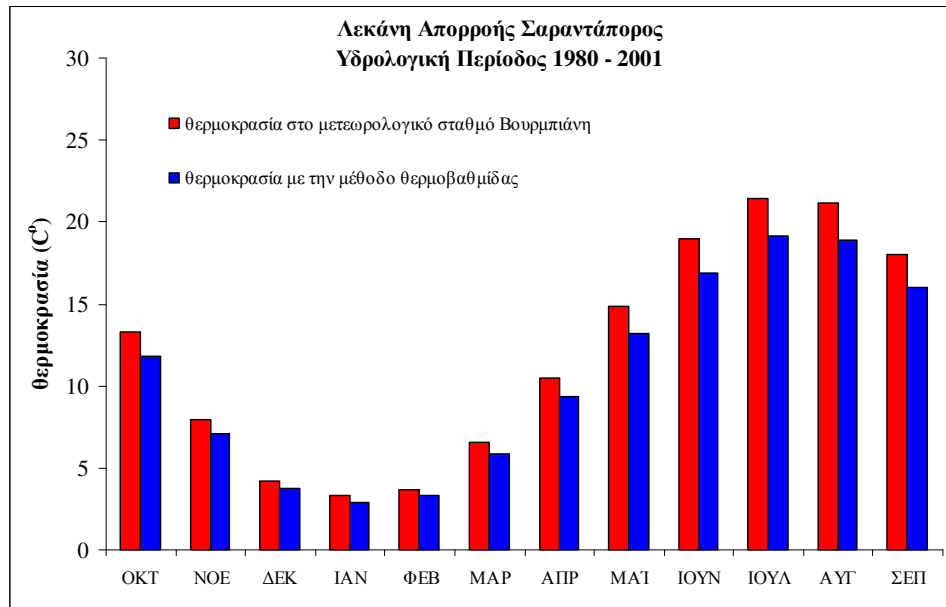
$T_{T(i)}^k$ = μέση μηνιαία θερμοκρασία, κατά το μήνα I και κατά το έτος k, στο σταθμό βάσης, σε C°

b = κλίση γραμμικής σχέσης υψομέτρου-θερμοκρασίας

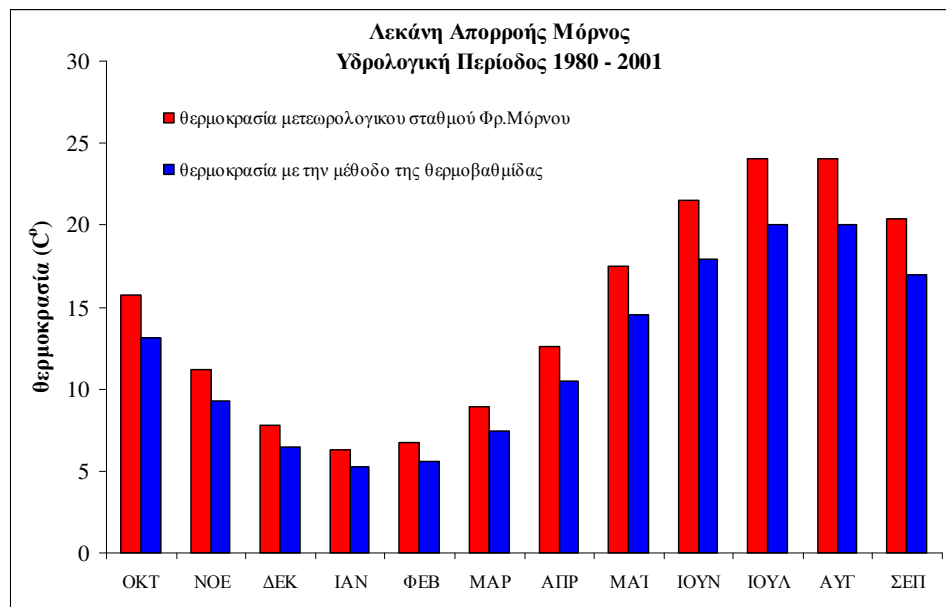
Με την εφαρμογή των παραπάνω σχέσεων υπολογίζονται οι μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες που αντιστοιχούν στο μέσο υψόμετρο της κάθε επιμέρους λεκάνης απορροής των τριών υδατικών διαμερισμάτων (Σχήματα 2.19-2.21).



ΣΧΗΜΑ 2.19. Σύγκριση της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας που προκύπτει από το σταθμό βάσης με εκείνη που προκύπτει από την μέθοδο της θερμοβαθμίδας για την λεκάνη απορροής Αλή Εφέντη



ΣΧΗΜΑ 2.20. Σύγκριση της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας που προκύπτει από το σταθμό βάσης με εκείνη που προκύπτει από την μέθοδο της θερμοβαθμίδας για την λεκάνη απορροής Σαραντάπορος



ΣΧΗΜΑ 2.21. Σύγκριση της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας που προκύπτει από το σταθμό βάσης με εκείνη που προκύπτει από την μέθοδο της θερμοβαθμίδας για την λεκάνη απορροής Μόρνος

Τα αποτελέσματα της μεθόδου, που παρουσιάζονται ανωτέρω, γίνεται μια σύγκριση της θερμοκρασίας που προκύπτει από το σταθμό βάσης και της μεθόδου

της θερμοβαθμίδας και για τις 3 παραπάνω λεκάνες απορροής ενώ στους Πίνακες 2.10-2.12 παρουσιάζονται οι σταθμοί βάσης που χρησιμοποιήθηκαν για κάθε επιμέρους λεκάνη απορροής και στα τρία υδατικά διαμερίσματα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.10. Σταθμοί βάσης για την εφαρμογή μεθόδου θερμοβαθμίδας στο υδατικό διαμέρισμα Δυτικής Ελλάδας

A/A	ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΛΕΚΑΝΗΣ	ΜΕΣΟ ΥΨΟΜΕΤΡΟ (m)	ΣΤΑΘΜΟΣ ΒΑΣΗΣ	ΥΨΟΜΕΤΡΟ (m)
1	Αγραφιώτης	289,44	Υης Πλαστήρα (φράγμα)	801
2	Αχελώος	2988,93	Γρεβια	800
3	Έυηνος	1164,3	Γραμμένη οξυά	1160
4	Ίναχος	302,81	Υης Κρεμαστών	390
5	Κλ.Λ.Λ.Λυσιμαχίας	254,32	Αγρίνιο	24
6	Μόρνος	974,47	Φράγμα Μόρνου	447
7	Ταυρωπός	830,59	Υης Πλαστήρα (φράγμα)	801
8	Τρικεριώτης	558,96	Κλειστό	780

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.11. Σταθμοί βάσης για την εφαρμογή μεθόδου θερμοβαθμίδας στο υδατικό διαμέρισμα Θεσσαλίας

A/A	ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΛΕΚΑΝΗΣ	ΜΕΣΟ ΥΨΟΜΕΤΡΟ (m)	ΣΤΑΘΜΟΣ ΒΑΣΗΣ	ΥΨΟΜΕΤΡΟ (m)
1	Αγχίαλος	159,5	Αγχίαλος	15
2	Αλή Εφέντη	514,5	Τρίκαλα	110
3	Βόλος	488,2	Αγχίαλος	15
4	Ενιπέας	339,8	Γραμματικό	95
5	Ζιλιάνα	898,37	Λάρισα	74
6	Λάρισα	201,63	Λάρισα	74
7	Λαχανόρεμα	207,83	Αγχίαλος	15
8	Μουζάκι	816,89	Πολυνέρι	802
9	Μούρεσι	735,5	Αγχίαλος	15
10	Ξηριάς	454,36	Αγχίαλος	15
11	Ξηρίας Αλμυρού	533,4	Αγχίαλος	15
12	Ξηρόρεμα	305,97	Αγχίαλος	15
13	Πηνειός	191,5	Παλαμάς	95
14	Πηνειός Εκβολές	287,25	Λάρισα	74
15	Πλατανόρεμα	670,4	Αγχίαλος	15
16	Πουρί	400,55	Λάρισα	74
17	Πύλη	938,5	Πολυνέρι	802
18	Συκούριο	486,2	Λάρισα	74
19	Τπαρήσιος	611,44	Λάρισα	74
20	Τρίκερι	158,44	Αγχίαλος	15
21	Υπόλοιπα 1	556,9	Λάρισα	74
22	Υπόλοιπα 2	313,9	Αγχίαλος	15
23	Υπόλοιπα 4	272,4	Αγχίαλος	15
24	Υπόλοιπα 7	625,08	Λάρισα	74
25	Υπόλοιπα 8	152,17	Αγχίαλος	15
26	Χολόρεμα	235,14	Λάρισα	74

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.12. Σταθμοί βάσης για την εφαρμογή μεθόδου θερμοβαθμίδας στο υδατικό διαμέρισμα Ηπείρου

A/A	ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΛΕΚΑΝΗΣ	ΜΕΣΟ ΥΨΟΜΕΤΡΟ (m)	ΣΤΑΘΜΟΣ ΒΑΣΗΣ	ΥΨΟΜΕΤΡΟ (m)
1	Άραχθος	664,52	Χαροκόπι	400
2	Αχέροντας	438,4	Θεσπρωτικο	60
3	Αώος	1279,09	Κόνιτσα	542
4	Βοϊδομάτης	1184,42	Μάζι	475
5	Καλαμάς	494,74	Πολύδωρο	280
6	Καλαρήκος	1253,59	Χρυσοβίτσα	820
7	Καλεντίνης	632,05	Άρτα	42
8	Κέρκυρα	134,28	Κέρκυρα	2
9	Κλ.Ιωαννίνων	668,15	Ιωάννινα	483
10	Λούρος	358,76	Φραγμα Λούρου	100
11	Μετσοβίτικος	1197,62	Χρυσοβίτσα	820
12	Σαραντάπορος	1185,83	Βουρμπιάνη	950

iii) Εκτίμηση δυνητικής εξατμισοδιαπνοής

Ο Thornthwaite (1948) περιέγραψε τη βιολογική και φυσική σημασία της εξατμισοδιαπνοής στην κλιματική ταξινόμηση και ανέπτυξε μια εξίσωση για την εκτίμηση της δυνατής εξατμισοδιαπνοής:

$$E_p = 16L_d(10T_a/I)^a \quad (2.7)$$

Όπου, T_a η μέση μηνιαία θερμοκρασία της λεκάνης απορροής σε °C, I ο δείκτης θερμότητας που δίνεται από τη σχέση :

$$I = \sum_{n=1}^{12} \left(\frac{T_n}{5} \right)^{1.514} \quad (2.8)$$

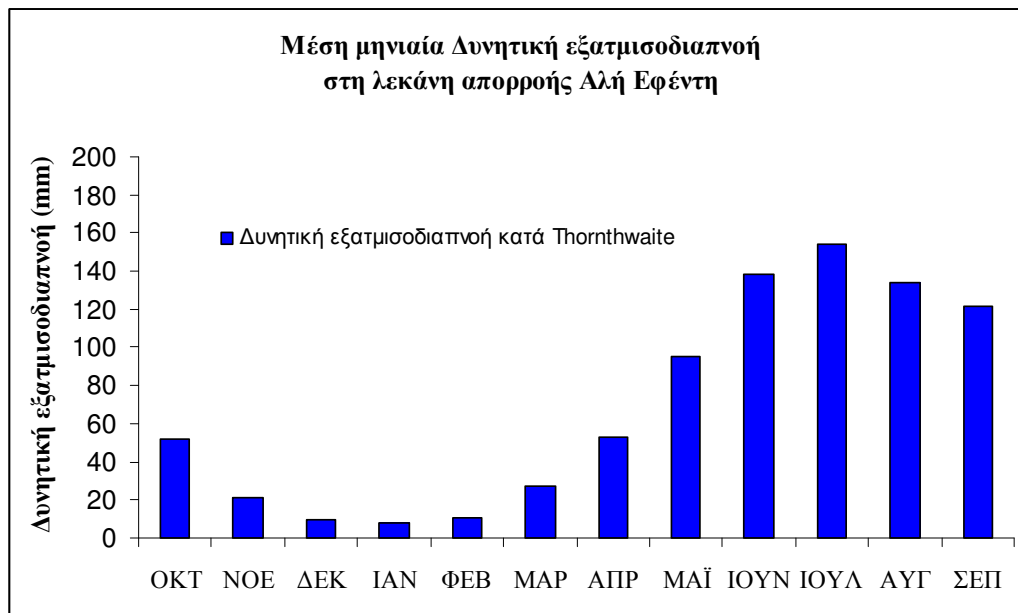
Όπου, T_n η κανονική θερμοκρασία κάθε μήνα, L_d ένας διορθωτικός συντελεστής που υπολογίζεται από μετεωρολογικούς Πίνακες ως συνάρτηση του μήνα και του γεωγραφικού πλάτους και a ένας συντελεστής που υπολογίζεται από τη σχέση:

$$a = 0.00000675I^3 - 0.000077I^2 + 0.01792I + 0.49239 \quad (2.9)$$

Η μέθοδος Thornthwaite παρουσιάζει κάποια μειονεκτήματα αφού η υπολογιζόμενη εξατμισοδιαπνοή υποεκτιμάται, όταν η ακτινοβολία που προσλαμβάνει η γη έχει τη

μέγιστη τιμή της, δηλαδή στη διάρκεια του καλοκαιριού, και κατά συνέπεια είναι εκτός φάσης το φθινόπωρο. Αυτό αποδίδεται στην χρονική υστέρηση που παρουσιάζει η ετήσια πορεία της θερμοκρασίας ως προς την ακτινοβολία. Μεγάλη υποεκτίμηση της εξατμισοδιαπνοής διαφαίνεται στα ξηρά και ημίξηρα κλίματα. Επίσης η χρησιμοποίηση της μεθόδου για μικρά χρονικά διαστήματα δεν είναι κατάλληλη επειδή η μέση θερμοκρασία μικρών χρονικών περιόδων δεν αποτελεί κατάλληλο μέτρο για την ενέργεια που διατίθεται στο φαινόμενο της εξατμισοδιαπνοής. Είναι περισσότερο επιτυχής η μέθοδος για μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα όπως μηνιαία και αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τόσο η θερμοκρασία όσο και η εξατμισοδιαπνοή είναι όμοιες συναρτήσεις της καθαρής ακτινοβολίας ως εκ τούτου αυτοσυσχετίζονται όταν οι θεωρούμενες χρονικές περίοδοι είναι μεγάλες.

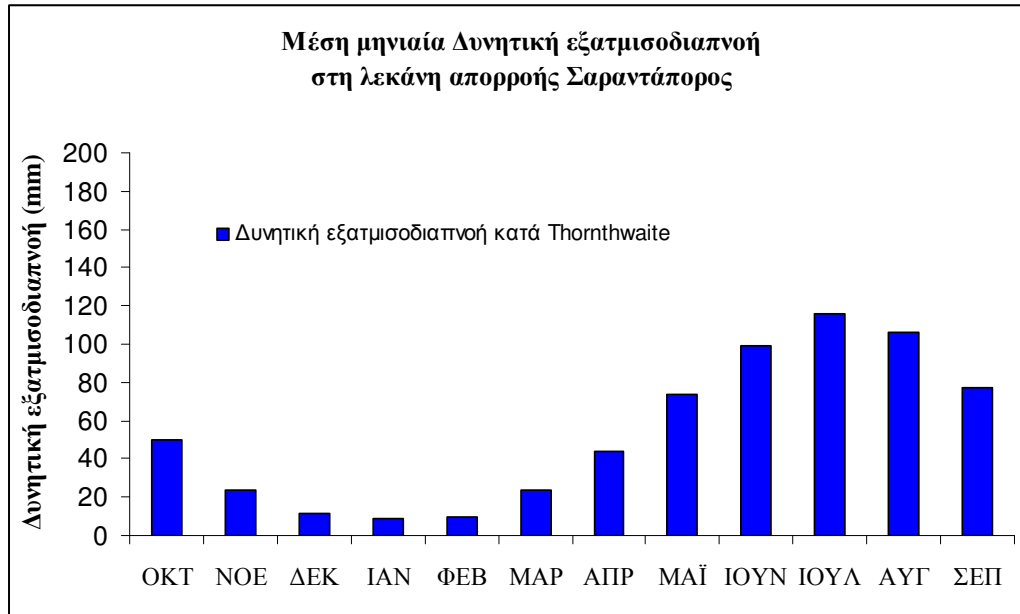
Με την εφαρμογή των παραπάνω σχέσεων υπολογίστηκε η μέση μηνιαία δυνητική εξατμισοδιαπνοή της κάθε επιμέρους λεκάνης απορροής των τριών υδατικών διαμερισμάτων. Παρακάτω στα Σχήματα 2.22-2.24 παρουσιάζεται η μέση μηνιαία δυνητική εξατμισοδιαπνοή για τις τρεις λεκάνες που έχουν αναφερθεί.



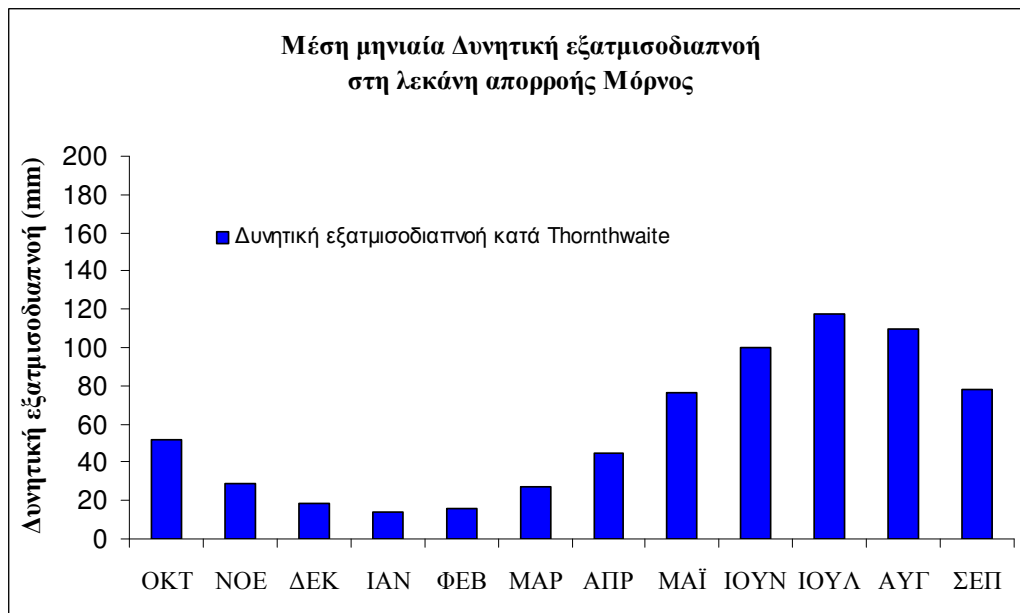
ΣΧΗΜΑ 2.22. Μέση μηνιαία Δυνητική εξατμισοδιαπνοή που προκύπτει από τη μέθοδο Thornthwaite για την λεκάνη απορροής Αλή Εφέντη

Είναι προφανής η σχέση θερμοκρασίας και δυνητικής εξατμισοδιαπνοής δεδομένου ότι σε λεκάνες με μεγαλύτερη μέση ετήσια θερμοκρασία η δυνητική εξατμισοδιαπνοή είναι μεγαλύτερη όπως συμβαίνει στην λεκάνη απορροής Αλή

εφέντη σε αντίθεση με τις λεκάνες Μόρνος και Σαραντάπορος όπου η μέση ετήσια θερμοκρασία είναι μικρότερη και κατά συνέπεια είναι μικρότερη και η δυνητική εξατμισοδιαπνοή.



ΣΧΗΜΑ 2.23. Μέση μηνιαία Δυνητική εξατμισοδιαπνοή που προκύπτει από τη μέθοδο Thornthwaite για την λεκάνη απορροής Σαραντάπορος



ΣΧΗΜΑ 2.24. Μέση μηνιαία Δυνητική εξατμισοδιαπνοή που προκύπτει από τη μέθοδο Thornthwaite για την λεκάνη απορροής Μόρνος

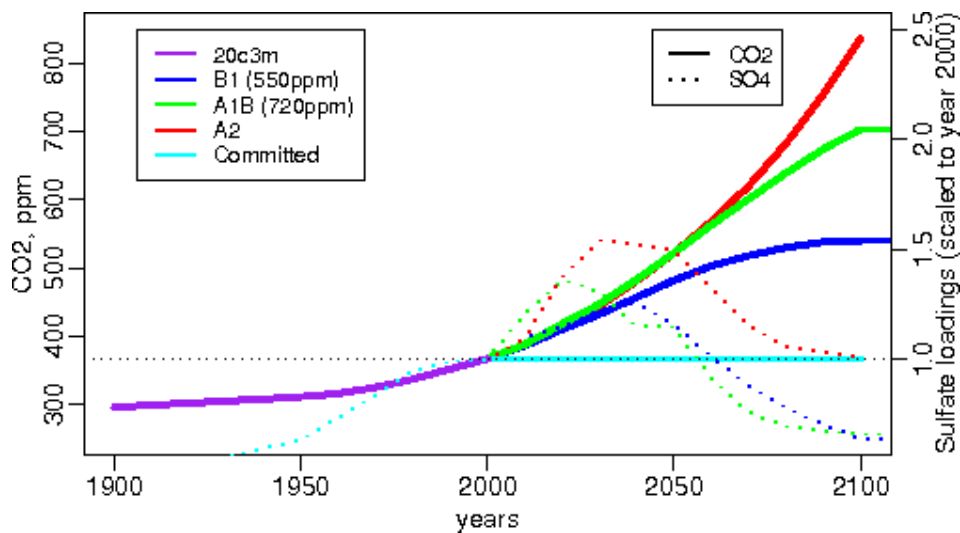
Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται αναλυτικά η μεθοδολογία στατιστικού καταβιβασμού κλίμακας που εφαρμόστηκε στα πλαίσια της παρούσας μελέτης. Τα βασικά στάδια της διαδικασίας ήταν η ανάλυση συσχέτισης μεταξύ των υποψήφιων μεταβλητών πρόγνωσης (predictors), η βηματική πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση (stepwise multiple linear regression) και η στοχαστική προσομοίωση των υπολοίπων βροχόπτωσης και θερμοκρασίας

3.1 ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΑΓΚΟΣΜΙΑΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ (GENERAL CIRCULATION MODEL, GCM) CGCM2 ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΕΝΑΡΙΑ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

Η τρίτη έκδοση (CGCM3) του παγκόσμιου του Καναδικού Κέντρου (Canadian Center for Climate Modelling and Analysis) για Κλιματικά Μοντέλα και Ανάλυση (CCCma) χρησιμοποιεί τα ίδια συστατικά όσον αφορά τους ωκεανούς σε σχέση με την δεύτερη έκδοση του μοντέλου αλλά υιοθετεί νέες πλήρως αναβαθμισμένες πληροφορίες για την ατμόσφαιρα. Η αρχική έκδοση του μοντέλου αναπτύχθηκε και εφαρμόστηκε σε ένα NEC SX/6 υπερυπολογιστή. Η τρέχουσα έκδοση του μοντέλου (CGCM3.1) περιλαμβάνει τροποποιήσεις ώστε το μοντέλο να μπορεί να εφαρμοστεί σε έναν απλούστερο υπολογιστή. Η χωρική ανάλυση του CGCM3.1 που χρησιμοποιείται για την παρούσα μελέτη είναι αυτή της έκδοσης T47 η οποία έχει επιφανειακό φατνίο χωρικής διακριτοποίησης $3,75^\circ$ Lat/Lon και 31 κάθετα επίπεδα. Το φατνίο που αντιστοιχεί στον ωκεανό έχει την ίδια ηπειρωτική μάσκα με αυτό της ατμόσφαιρας αλλά έχει τέσσερα κελιά στον ωκεανό. Η διακριτοποίηση στον ωκεανό σε αυτή την περίπτωση είναι $1,85^\circ$ με 29 κάθετα επίπεδα. Η ανάπτυξη του CGCM3 ήταν μια ομαδική προσπάθεια που περιελάμβανε τους G. Flato, G. Boer, D.Y. Robitaille, W.G. Lee, W. Merryfield, και O. Saenko, με πολύ σημαντική βοήθεια από την ομάδα ανάπτυξης AGCM.

Τα ζευγάρια παγκόσμιων κλιματικών μοντέλων του CCCma, CGCM1 και CGCM2, CGCM3 αντιπροσωπεύουν την συνδυασμένη ραδιενεργό επίδραση όλων των αερίων του θερμοκηπίου σε όρους μιας ισοδύναμης συγκέντρωσης CO₂. Η συγκέντρωση αυτή είναι απαραίτητα υψηλότερη από την παρατηρούμενη αφού

αντιστοιχεί σε κλίμα που καταπιέζεται λόγω του CO₂ καθώς και των υπολοίπων αερίων του θερμοκηπίου. Σε μεταδιδόμενες προσομοιώσεις κλιματικής αλλαγής, η μεταβολή στην επιδείνωση λόγω των αερίων του θερμοκηπίου παριστάνεται στο μοντέλο σαν διαταραχή σχετική με την ισοδύναμη συγκέντρωση CO₂ 330 ppm που χρησιμοποιείται στην προσομοίωση ελέγχου. Δηλαδή η τα 330 ppm θεωρούνται σαν τιμή αναφοράς, και οι προσομοιώσεις κλιματικής μεταβολής περιλαμβάνουν αλλαγές σχετικές με αυτή την τιμή (Σχήμα 3.1). Ισοδύναμες τιμές CO₂ από το 1850 ως το 1990 βασίζονται σε ιστορικές μεταβολές στην επίδραση των αερίων του θερμοκηπίου παρέχονται από το κέντρο του Hadley.



ΣΧΗΜΑ 3.1. Η χρονική εξέλιξη των συγκεντρώσεων διοξειδίου του άνθρακα και μέσα παγκόσμια φορτία θειούχων αεροζόλ σε κλίμακα μέχρι το 2000 όπως περιγράφονται στα πειράματα του 20^{ου} αιώνα του IPCC (20CM3M, μωβ), SRES B1 (μπλε), SRES A1B (πράσινο) και SRES A2 (κόκκινο)

20CM3. Το πείραμα του IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) με το μοντέλο CGCM3.1/T47 για τα έτη 1850-2000

SRES A1B. Το πείραμα σταθεροποίησης στα 720 ppm του IPCC με το μοντέλο CGCM3.1/T47 για τα έτη 2001-2100 με αρχή το τέλος του πειράματος 20CM3

SRES B1. Το πείραμα σταθεροποίησης στα 550 ppm του IPCC με το μοντέλο CGCM3.1/T47 για τα έτη 2001-2100 με αρχή το τέλος του πειράματος 20CM3

SRES A2. Το πείραμα του IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) με το μοντέλο CGCM3.1/T47 για τα έτη 2001-2100 με αρχή το τέλος του πειράματος 20CM3

Είναι σαφές ότι το A2 είναι το σενάριο το οποίο προβάλλει τη μεγαλύτερη αύξηση στις συγκεντρώσεις των αερίων του θερμοκηπίου μέχρι το 2100 δεδομένου ότι στηρίζεται στην ραγδαία αύξηση του πληθυσμού και σε υψηλούς ρυθμούς ανάπτυξης. Από την άλλη το σενάριο B1 είναι σαφώς ένα περισσότερο συντηρητικό σενάριο αφού προβάλλει μικρότερες αυξήσεις συγκεντρώσεων αερίων του θερμοκηπίου, αύξηση του πληθυσμού η οποία πέφτει μετά το πρώτο μισό του αιώνα και χαμηλότερους ρυθμούς ανάπτυξης. Τέλος το σενάριο A1B είναι παρόμοιο σενάριο με το A1 με τη διαφορά όμως ότι υπάρχει ισοροπία στη χρήση ορυκτών και ανανεώσιμων ενεργειακών πόρων.

3.2 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΣ ΚΑΤΑΒΙΒΑΣΜΟΥ ΚΛΙΜΑΚΑΣ

Η σωστή επιλογή των μεταβλητών predictor για καταβιβασμό κλίμακας καθορίζεται από τρεις σημαντικούς παράγοντες. Οι μεταβλητές πρέπει να (1) προσομοιώνονται αξιόπιστα από το GCM που χρησιμοποιείται, (2) είναι διαθέσιμες από το αρχείο αποτελεσμάτων του GCM και (3) έχουν ισχυρή συσχέτιση με την επιφανειακή μεταβλητή ενδιαφέροντος (βροχόπτωση στην προκειμένη περίπτωση). Χρησιμοποιώντας αυτά τα κριτήρια μηνιαία δεδομένα 46 συνολικά μεταβλητών εξήχθησαν από το μοντέλο CGCM3 (Πίνακας 3.1). Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι μεταβλητές αυτές εξήχθησαν από τα αρχεία του CGCM3 για το πείραμα 20CM3 και για την περίοδο 1850-2000. Στον παρακάτω Πίνακα φαίνονται οι υποψήφιες ανεξάρτητες μεταβλητές πρόγνωσης (predictor) με τους αντίστοιχους συμβολισμούς τους.

Το στάδιο επιλογής των κατάλληλων μεταβλητών είναι ίσως το σημαντικότερο σε μια μεθοδολογία στατιστικού καταβιβασμού κλίμακα γιατί η επιλογή καθορίζει σε μεγάλο βαθμό το χαρακτήρα του καταβιβασμένου σεναρίου. Η διαδικασία είναι ιδιαίτερα περίπλοκη και στηρίζεται στην στατιστική ανάλυση των ανεξάρτητων μεταβλητών και της εξαρτημένης μεταβλητής που στην παρούσα μελέτη είναι η βροχόπτωση και η θερμοκρασία.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1. Υποψήφιες ανεξάρτητες μεταβλητές πρόγνωσης για την ανάπτυξη των μοντέλων καταβιβασμού κλίμακας

A/A	ΔΙΕΘΝΗΣ ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΜΕΤΑΒΛΗΤΗΣ	ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΜΕΤΑΦΡΑΣΗ	ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΣ	ΜΟΝΑΔΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ
1	Air pressure at sea level	Πίεση αέρα στο επίπεδο της θάλασσας	Ps1	Pa
2	Precipitation flux	Ροή βροχόπτωσης	Pr	kg/m ² s
3	Near-surface daily-mean air temperature	Μέση ημερήσια θερμοκρασία αέρα κοντά στην επιφάνεια του εδάφους	Tas	K
4	Moisture content of soil layer	Περιεκτικότητα υγρασίας στο στρώμα του εδάφους	Mrsos	kg/m ² s
5	Soil moisture content	Περιεκτικότητα υγρασίας στο έδαφος	Mrso	kg/m ² s
6	Surface downward eastward stress	Επιφανειακή ανατολική πίεση προς τα κάτω	Tauu	Pa
7	Surface downward northward stress	Επιφανειακή βόρεια πίεση προς τα κάτω	Tauv	Pa
8	Surface snow thickness	Πυκνότητα επιφανειακού χιονιού	Snd	m
9	Surface upward latent heat flux	Επιφανειακή ροή λαβάνουσας θερμότητας προς τα πάνω	H1s	w/m ²
10	Surface upward sensible heat flux	Επιφανειακή ροή κανονικής θερμότητας προς τα πάνω	H1ss	w/m ²
11	Surface downwelling longwave flux in air	Επιφανειακή ροή πύκνωσης μεγάλου μήκους κύματος στον αέρα	Rlds	w/m ²
12	Surface upwelling longwave flux in air	Επιφανειακή ροή αραιώσης μεγάλου μήκους κύματος στον αέρα	Rlus	w/m ²
13	Surface downwelling shortwave flux in air	Επιφανειακή ροή πύκνωσης μικρού μήκους κύματος στον αέρα	Rlds	w/m ²
14	Surface upwelling shortwave flux in air	Επιφανειακή ροή αραιώσης μικρού μήκους κύματος στον αέρα	Rsus	w/m ²
15	Surface temperature	Επιφανειακή θερμοκρασία	Ts	K
16	Surface air pressure	Επιφανειακή πίεση αέρα	Ps	Pa
17	Snowfall flux	Ροή χιονόπτωσης	Prsn	kg/m ² s
18	Convective precipitation flux	Εκ μεταφοράς ροή βροχόπτωσης	Prc	kg/m ² s
19	Atmosphere water vapor content	Περιεκτικότητα ατμοσφαιρικών υδρατμών	Prw	kg/m ²
20	Soil frozen water content	Περιεκτικότητα παγωμένου νερού στο έδαφος	Mrfso	kg/m ²
21	Surface runoff flux	Επιφανειακή ροή απορροής	Mrrso	kg/m ² s
22	Runoff flux	Ροή απορροής	Mrra	kg/m ² s
23	Surface snow amount where land	Επιφανειακή ποσότητα χιονιού στην ξηρά	Snw	kg/m ² s
24	Surface snow area fraction where land	Επιφανειακό κλάσμα χιονιού στην ξηρά	Snf	(%)
25	Surface snow melt flux where land	Επιφανειακή ροή τήξης χιονιού στην ξηρά	Snm	kg/m ² s
26	Near-surface eastward wind	Ανατολικός άνεμος κοντά στην επιφάνεια	Uas	m/s
27	Near-surface northward wind	Βόρειος άνεμος κοντά στην επιφάνεια	Vas	m/s
28	Toa incoming shortwave flux	Εισερχόμενη μικρού μήκους κύματος ροή στην κορυφή της ατμόσφαιρας	Rsd	w/m ²
29	Toa outgoing shortwave flux	Εξερχόμενη μικρού μήκους κύματος ροή από την κορυφή της ατμόσφαιρας	Rsdut	w/m ²
30	Toa outgoing longwave flux	Εξερχόμενη μεγάλου μήκους κύματος ροή από την κορυφή της ατμόσφαιρας	Rlud	w/m ²
31	Net downward radiative flux at top of atmosphere	Δίκτυο ραδιενέργειας προς τα κάτω ροής στην κορυφή της ατμόσφαιρας	Rludm	w/m ²
32	Surface downwelling shortwave flux in assuming clear sky	Επιφανειακή ροή πύκνωσης του αέρα μικρού μήκους κύματος σε καθαρό ουρανό	Rsdscs	w/m ²
33	Surface upwelling shortwave flux in assuming clear sky	Επιφανειακή ροή αραιώσης του αέρα μικρού μήκους κύματος σε καθαρό ουρανό	Rsuscs	w/m ²
34	Surface downwelling longwave flux in assuming clear sky	Επιφανειακή ροή πύκνωσης του αέρα μεγάλου μήκους κύματος σε καθαρό ουρανό	Rldscs	w/m ²
35	Toa outgoing longwave flux assuming clear sky	Εξερχόμενη μεγάλου μήκους κύματος ροή από την κορυφή της ατμόσφαιρας με καθαρό ουρ	Rludcs	w/m ²
36	Toa outgoing shortwave flux assuming clear sky	Εξερχόμενη μικρού μήκους κύματος ροή από την κορυφή της ατμόσφαιρας με καθαρό ουρ	Rsdutcs	w/m ²
37	Atmosphere cloud condensed water content	Περιεκτικότητα ατμοσφαιρικών συννεφών σε συμπυκνωμένο νερό	Cllwv	kg/m ²
38	Atmosphere cloud ice content	Περιεκτικότητα ατμοσφαιρικών συννεφών σε πάγο	c1vi	kg/m ²
39	Sea ice thickness	Πυκνότητα θαλάσσιου πάγου	Sit	m
40	Sea ice eastward velocity	Ανατολική διανυσματική ταχύτητα θαλάσσιου πάγου	Usi	m/s
41	Sea ice northward velocity	Βόρεια διανυσματική ταχύτητα θαλάσσιου πάγου	Vsi	m/s
42	Air temperature	Θερμοκρασία αέρα	Ta	K
43	Eastward wind	Ανατολικός άνεμος	Ua	m/s
44	Northward wind	Βόρειος άνεμος	Va	m/s
45	Lagrangian tendency of air pressure	Τάση Lagrange της πίεσης του αέρα	Wap	Pa/s
46	Geopotential height (10 m -1000 m)	Γεωδυναμικό ύψος (10 m -1000 m)	Zg	m

Ένας βασικός κανόνας είναι ότι οι ανεξάρτητες μεταβλητές εκτίμησης θα πρέπει να έχουν ισχυρή συσχέτιση με την εξαρτημένη μεταβλητή για να αναπτυχθεί μια αξιόπιστη μεθοδολογία καταβιβασμού κλίμακας. Βέβαια στην παρούσα μελέτη εξαρτημένες μεταβλητές είναι η βροχόπτωση και η θερμοκρασία των επιμέρους λεκανών απορροής των υδατικών διαμερισμάτων Θεσσαλίας, Ηπείρου και Δυτικής Ελλάδας.

3.2.1 Στατιστικός καταβιβασμός κλίμακας τιμών μηνιαίας υετόπτωσης

Το πρώτο βήμα όπως προαναφέρθηκε ήταν η ανάλυση συσχέτισης των υποψήφιων ανεξάρτητων μεταβλητών με τις βροχοπτώσεις των επιμέρους λεκανών απορροής και των τριών υδατικών διαμερισμάτων. Στους Πίνακες 3.2-3.4 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης συσχέτισης και για τα τρία υδατικά διαμερίσματα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.2. Ανάλυση συσχέτισης υποψήφίων μεταβλητών εκτίμησης και βροχόπτωσης για την περίοδο 1980-2000 των επιμέρους λεκανών απορροής του υδατικού διαμερίσματος Θεσσαλίας

	ΑΛΗ ΕΦΕΝΤΗ	ΑΓΧΙΑΛΟΣ	ΕΝΙΠΕΑΣ	ΧΑΛΟΡΕΜΑ	ΞΗΡΙΑΣ	ΞΗΡΙΑΣ ΑΛΜΥΡΟΥ	ΞΗΡΟΡΕΜΑ	ΛΑΧΑΝΟΡΕΜΑ	ΛΑΡΙΣΙΑ	ΜΟΥΡΕΣΙ	ΜΟΥΖΑΚΙ	ΠΥΛΗ	ΠΗΝΕΙΟΣ	ΠΗΝΕΙΟΣ-ΕΚΒΟΛΣ	ΠΛΑΤΑΝΟΡΕΜΑ	ΠΟΥΡΙ	ΣΥΚΟΥΡΙΟ	ΤΙΤΑΡΗΣΙΟΣ	ΤΡΙΚΕΡΙ	ΒΟΛΟΣ	ΥΠΟΛΟΙΠΑ 1	ΥΠΟΛΟΙΠΑ 2	ΥΠΟΛΟΙΠΑ 4	ΥΠΟΛΟΙΠΑ 7	ΥΠΟΛΟΙΠΑ 8	ΖΙΛΙΑΝΑ	
CLIV	0,38	0,28	0,37	0,29	0,34	0,32	0,25	0,26	0,29	0,32	0,38	0,43	0,29	0,31	0,29	0,30	0,33	0,26	0,27	0,32	0,33	0,26	0,26	0,33	0,24	0,35	
CLWV	0,44	0,32	0,39	0,33	0,36	0,34	0,31	0,32	0,34	0,33	0,47	0,51	0,34	0,33	0,34	0,33	0,33	0,29	0,30	0,33	0,35	0,30	0,30	0,32	0,30	0,33	
HFLS	-0,15	-0,13	-0,09	-0,11	-0,12	-0,08	-0,10	-0,10	-0,05	-0,09	-0,17	-0,16	-0,08	-0,07	-0,09	-0,02	-0,02	-0,02	-0,13	-0,09	-0,09	-0,13	-0,13	-0,02	-0,10	-0,03	
HFSS	-0,54	-0,40	-0,50	-0,42	-0,42	-0,44	-0,40	-0,41	-0,41	-0,39	-0,60	-0,64	-0,41	-0,40	-0,43	-0,41	-0,40	-0,34	-0,36	-0,38	-0,41	-0,36	-0,36	-0,40	-0,40	-0,42	
MRFS	0,19	0,16	0,15	0,13	0,13	0,13	0,13	0,14	0,14	0,09	0,23	0,20	0,14	0,15	0,13	0,14	0,13	0,12	0,15	0,09	0,11	0,15	0,15	0,13	0,13	0,15	
MRRO	0,01	0,00	0,00	0,00	-0,02	0,03	0,01	0,01	0,02	-0,03	-0,01	-0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,04	-0,01	-0,03	-0,02	0,00	0,00	0,02	0,01	0,03	
MRSO	0,26	0,20	0,29	0,23	0,28	0,28	0,19	0,19	0,21	0,28	0,30	0,33	0,21	0,23	0,22	0,26	0,31	0,18	0,18	0,28	0,27	0,18	0,18	0,32	0,19	0,31	
MRSOS	0,50	0,37	0,45	0,37	0,42	0,40	0,34	0,34	0,36	0,39	0,54	0,58	0,36	0,34	0,37	0,36	0,38	0,30	0,34	0,38	0,40	0,34	0,34	0,38	0,33	0,39	
PR	0,34	0,22	0,32	0,25	0,29	0,28	0,23	0,24	0,28	0,28	0,33	0,37	0,27	0,28	0,28	0,28	0,29	0,25	0,20	0,29	0,29	0,20	0,20	0,28	0,22	0,29	
PRC	-0,01	-0,05	0,02	-0,04	-0,04	-0,01	-0,05	-0,04	0,00	-0,04	-0,03	-0,01	0,02	0,00	-0,03	-0,01	-0,02	0,00	-0,04	-0,04	-0,03	-0,04	-0,04	-0,02	-0,05	-0,01	
PRSN	0,17	0,08	0,14	0,09	0,14	0,12	0,08	0,08	0,09	0,17	0,15	0,18	0,11	0,13	0,10	0,11	0,13	0,12	0,08	0,16	0,15	0,08	0,08	0,14	0,08	0,17	
PRW	-0,42	-0,31	-0,38	-0,33	-0,35	-0,34	-0,30	-0,30	-0,29	-0,33	-0,48	-0,50	-0,31	-0,34	-0,31	-0,32	-0,36	-0,26	-0,28	-0,32	-0,33	-0,28	-0,28	-0,36	-0,30	-0,37	
PS	0,27	0,23	0,22	0,22	0,21	0,19	0,21	0,22	0,21	0,18	0,35	0,33	0,20	0,20	0,21	0,22	0,18	0,14	0,21	0,17	0,20	0,21	0,21	0,18	0,21	0,17	
PSL	0,33	0,27	0,27	0,26	0,26	0,24	0,25	0,26	0,25	0,22	0,41	0,40	0,24	0,24	0,25	0,26	0,23	0,17	0,25	0,22	0,25	0,24	0,24	0,23	0,25	0,22	
RIDS	-0,53	-0,40	-0,48	-0,42	-0,44	-0,44	-0,39	-0,40	-0,39	-0,40	-0,60	-0,63	-0,39	-0,40	-0,41	-0,40	-0,43	-0,33	-0,37	-0,40	-0,42	-0,37	-0,37	-0,43	-0,39	-0,44	
RLUS	-0,55	-0,42	-0,50	-0,44	-0,45	-0,46	-0,41	-0,42	-0,42	-0,41	-0,62	-0,65	-0,41	-0,42	-0,44	-0,42	-0,43	-0,35	-0,38	-0,41	-0,43	-0,38	-0,38	-0,43	-0,40	-0,45	
RLUT	-0,54	-0,41	-0,51	-0,44	-0,45	-0,46	-0,40	-0,41	-0,42	-0,41	-0,59	-0,63	-0,41	-0,42	-0,43	-0,42	-0,43	-0,35	-0,38	-0,41	-0,43	-0,38	-0,38	-0,43	-0,39	-0,45	
RLUTCS	-0,55	-0,41	-0,50	-0,44	-0,45	-0,46	-0,40	-0,41	-0,41	-0,41	-0,61	-0,65	-0,41	-0,41	-0,43	-0,42	-0,43	-0,34	-0,38	-0,41	-0,43	-0,37	-0,38	-0,43	-0,40	-0,45	
RSDS	-0,57	-0,44	-0,50	-0,45	-0,45	-0,45	-0,42	-0,43	-0,41	-0,40	-0,64	-0,67	-0,42	-0,41	-0,44	-0,40	-0,39	-0,33	-0,40	-0,40	-0,43	-0,40	-0,40	-0,38	-0,41	-0,40	
RSDCS	-0,54	-0,42	-0,46	-0,42	-0,42	-0,41	-0,39	-0,40	-0,37	-0,37	-0,61	-0,63	-0,39	-0,37	-0,41	-0,35	-0,34	-0,29	-0,38	-0,37	-0,39	-0,38	-0,38	-0,33	-0,39	-0,35	
RSOT	-0,54	-0,42	-0,46	-0,42	-0,42	-0,41	-0,39	-0,40	-0,37	-0,37	-0,61	-0,63	-0,39	-0,37	-0,41	-0,35	-0,34	-0,29	-0,38	-0,36	-0,39	-0,38	-0,38	-0,33	-0,39	-0,35	
RSUS	-0,57	-0,44	-0,51	-0,45	-0,46	-0,45	-0,41	-0,43	-0,42	-0,41	-0,64	-0,67	-0,43	-0,41	-0,44	-0,40	-0,39	-0,33	-0,40	-0,40	-0,43	-0,40	-0,40	-0,39	-0,41	-0,41	
RSUSCS	-0,56	-0,43	-0,48	-0,43	-0,44	-0,42	-0,40	-0,41	-0,39	-0,39	-0,63	-0,65	-0,41	-0,38	-0,42	-0,37	-0,36	-0,30	-0,39	-0,38	-0,41	-0,39	-0,39	-0,35	-0,40	-0,37	
RSUT	-0,20	-0,16	-0,11	-0,13	-0,13	-0,10	-0,13	-0,14	-0,09	-0,10	-0,25	-0,23	-0,11	-0,08	-0,12	-0,06	-0,04	-0,05	-0,15	-0,10	-0,11	-0,15	-0,15	-0,03	-0,14	-0,05	
RSUTCS	-0,55	-0,42	-0,46	-0,42	-0,43	-0,41	-0,39	-0,40	-0,38	-0,37	-0,62	-0,64	-0,40	-0,37	-0,41	-0,36	-0,34	-0,29	-0,39	-0,37	-0,40	-0,38	-0,39	-0,33	-0,39	-0,36	
RTMT	-0,53	-0,40	-0,44	-0,40	-0,41	-0,39	-0,38	-0,39	-0,36	-0,35	-0,59	-0,62	-0,38	-0,36	-0,40	-0,34	-0,32	-0,28	-0,37	-0,35	-0,38	-0,37	-0,37	-0,31	-0,38	-0,33	
SNC	0,14	0,06	0,11	0,06	0,09	0,09	0,06	0,06	0,08	0,11	0,11	0,13	0,09	0,11	0,07	0,09	0,11	0,10	0,05	0,11	0,10	0,05	0,05	0,11	0,06	0,14	
SND	0,14	0,06	0,11	0,06	0,10	0,09	0,06	0,06	0,08	0,11	0,12	0,14	0,09	0,11	0,07	0,09	0,10	0,10	0,05	0,11	0,10	0,05	0,05	0,11	0,06	0,14	
SNM	0,13	0,05	0,10	0,05	0,08	0,09	0,05	0,04	0,07	0,09	0,10	0,14	0,09	0,09	0,07	0,09	0,11	0,10	0,05	0,09	0,09	0,05	0,05	0,12	0,04	0,13	
SNW	0,13	0,05	0,10	0,05	0,08	0,09	0,05	0,05	0,07	0,09	0,11	0,13	0,08	0,10	0,07	0,08	0,10	0,10	0,05	0,09	0,09	0,05	0,05	0,10	0,05	0,13	
TAS	-0,55	-0,42	-0,50	-0,44	-0,45	-0,45	-0,40	-0,41	-0,41	-0,41	-0,62	-0,65	-0,41	-0,41	-0,43	-0,42	-0,43	-0,35	-0,38	-0,41	-0,43	-0,38	-0,38	-0,43	-0,40	-0,45	
TALUU	-0,37	-0,33	-0,33	-0,33	-0,32	-0,31	-0,33	-0,34	-0,32	-0,28	-0,38	-0,37	-0,32	-0,31	-0,32	-0,33	-0,30	-0,27	-0,30	-0,27	-0,30	-0,30	-0,30	-0,30	-0,30	-0,33	-0,28
TALUV	-0,10	-0,11	-0,07	-0,12	-0,10	-0,09	-0,13	-0,13	-0,09	-0,09	-0,09	-0,06	-0,09	-0,09	-0,10	-0,10	-0,08	-0,08	-0,09	-0,09	-0,10	-0,09	-0,09	-0,08	-0,13	-0,06	
TS	-0,55	-0,42	-0,50	-0,43	-0,45	-0,45	-0,40	-0,41	-0,41	-0,41	-0,62	-0,65	-0,41	-0,41	-0,43	-0,42	-0,43	-0,35	-0,38	-0,41	-0,43	-0,38	-0,38	-0,43	-0,40	-0,45	
UAS	-0,48	-0,41	-0,43	-0,40	-0,41	-0,39	-0,38	-0,40	-0,40	-0,36	-0,51	-0,53	-0,40	-0,39	-0,39	-0,41	-0,38	-0,32	-0,38	-0,35	-0,39	-0,38	-0,38	-0,38	-0,38	-0,36	
USI	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
VAS	0,16	0,09	0,17	0,10	0,11	0,13	0,08	0,08	0,11	0,09	0,20	0,24	0,11	0,11	0,11	0,10	0,11	0,09	0,09	0,09	0,10	0,09	0,09	0,11	0,07	0,13	
VSI	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
TA_1000	-0,52	-0,40	-0,48	-0,41	-0,43	-0,44	-0,38	-0,39	-0,39	-0,40	-0,59	-0,62	-0,38	-0,44	-0,39	-0,40	-0,42	-0,33	-0,36	-0,39	-0,41	-0,36	-0,36	-0,42	-0,37	-0,43	
UA_30	0,54	0,39	0,46	0,39	0,42	0,40	0,37	0,38	0,38	0,38	0,61	0,65	0,39	0,37	0,39	0,38	0,37	0,31	0,36	0,37	0,40	0,36	0,36	0,37	0,36	0,38	
VA_20	0,40	0,30	0,34	0,30	0,34	0,31	0,28	0,29	0,30	0,34	0,45	0,45	0,28	0,27	0,30	0,31	0,30	0,26	0,27	0,33	0,35	0,27	0,27	0,31	0,28	0,29	
WAP_70	-0,54	-0,40	-0,48	-0,44	-0,42	-0,45	-0,42	-0,43	-0,42	-0,38	-0,60	-0,63	-0,42	-0,41	-0,44	-0,42	-0,39	-0,34	-0,35	-0,38	-0,41	-0,35	-0,35	-0,39	-0,41	-0,41	
ZG_50	-0,54	-0,40	-0,49	-0,42	-0,43	-0,44	-0,38	-0,39	-0,39	-0,40	-0,61	-0,65	-0,39	-0,39	-0,41	-0,40	-0,42	-0,33	-0,36	-0,40	-0,42	-0,36	-0,36	-0,43	-0,38	-0,44	

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.3. Ανάλυση συσχέτισης υποψήφιων μεταβλητών εκτίμησης και βροχόπτωσης για την περίοδο 1980-2000 των επιμέρους λεκανών απορροής του υδατικού διαμερίσματος Ηπείρου

	ΑΧΕΡΟΝΤΑΣ	ΣΑΡΑΝΤΑΠΟΡΟΣ	ΑΓΟΣ	ΒΟΙΔΟΜΑΤΗΣ	ΑΡΑΧΘΟΣ	ΜΕΤΣΟΒΙΤΙΚΟΣ	ΚΑΛΑΡΗΤΙΚΟΣ	ΚΑΛΕΝΤΙΝΗΣ	ΚΑΛΑΜΑΣ	ΚΑΙΘΑΝΝΙΝΩΝ	ΛΟΥΡΟΣ	ΚΕΡΚΥΡΑ
CLIV	0.30	0.29	0.28	0.28	0.29	0.29	0.28	0.30	0.31	0.27	0.30	0.30
CLWV	0.44	0.40	0.39	0.40	0.42	0.39	0.40	0.44	0.43	0.39	0.44	0.43
HFLS	-0.25	-0.15	-0.17	-0.19	-0.22	-0.17	-0.19	-0.20	-0.25	-0.22	-0.25	-0.28
HFSS	-0.58	-0.53	-0.53	-0.54	-0.56	-0.53	-0.54	-0.57	-0.57	-0.53	-0.58	-0.55
MRFS	0.23	0.18	0.19	0.21	0.20	0.18	0.21	0.20	0.20	0.20	0.23	0.22
MRR0	0.02	0.00	0.00	0.01	0.01	-0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.03	0.03
MRS0	0.19	0.23	0.18	0.18	0.19	0.16	0.18	0.21	0.18	0.16	0.17	0.16
MRSOS	0.52	0.49	0.47	0.48	0.50	0.46	0.49	0.51	0.51	0.47	0.51	0.50
PR	0.25	0.25	0.24	0.24	0.25	0.25	0.24	0.27	0.25	0.22	0.25	0.24
PRC	-0.06	-0.02	-0.03	-0.03	-0.05	-0.02	-0.04	-0.03	-0.06	-0.05	-0.06	-0.07
PRSN	0.16	0.12	0.13	0.15	0.15	0.10	0.13	0.15	0.16	0.12	0.16	0.20
PRW	-0.46	-0.44	-0.44	-0.44	-0.44	-0.43	-0.44	-0.44	-0.46	-0.43	-0.45	-0.44
PS	0.43	0.33	0.36	0.38	0.39	0.38	0.37	0.38	0.42	0.40	0.43	0.44
PSL	0.48	0.38	0.41	0.43	0.44	0.42	0.42	0.44	0.47	0.44	0.48	0.49
RLDS	-0.58	-0.54	-0.54	-0.54	-0.55	-0.53	-0.55	-0.56	-0.57	-0.53	-0.57	-0.55
RLUS	-0.60	-0.55	-0.56	-0.56	-0.58	-0.56	-0.57	-0.59	-0.59	-0.55	-0.60	-0.58
RLUT	-0.54	-0.50	-0.51	-0.51	-0.53	-0.50	-0.51	-0.54	-0.54	-0.50	-0.54	-0.52
RLUTCS	-0.59	-0.54	-0.54	-0.55	-0.56	-0.54	-0.55	-0.57	-0.58	-0.54	-0.58	-0.56
RSDS	-0.66	-0.57	-0.58	-0.59	-0.62	-0.58	-0.59	-0.63	-0.65	-0.59	-0.66	-0.65
RSDSCS	-0.67	-0.55	-0.57	-0.59	-0.62	-0.57	-0.59	-0.62	-0.66	-0.60	-0.67	-0.66
RSDT	-0.67	-0.55	-0.57	-0.59	-0.62	-0.57	-0.59	-0.62	-0.66	-0.60	-0.67	-0.67
RSUS	-0.65	-0.56	-0.58	-0.58	-0.61	-0.57	-0.59	-0.62	-0.64	-0.59	-0.65	-0.64
RSUSCS	-0.67	-0.56	-0.58	-0.59	-0.63	-0.58	-0.60	-0.63	-0.66	-0.60	-0.67	-0.67
RSUT	-0.37	-0.24	-0.27	-0.30	-0.33	-0.28	-0.30	-0.30	-0.36	-0.33	-0.37	-0.39
RSUTCS	-0.67	-0.55	-0.57	-0.59	-0.63	-0.58	-0.60	-0.63	-0.66	-0.60	-0.67	-0.67
RTMT	-0.66	-0.54	-0.56	-0.58	-0.61	-0.56	-0.58	-0.61	-0.65	-0.59	-0.65	-0.65
SNC	0.12	0.10	0.10	0.13	0.12	0.07	0.09	0.11	0.13	0.10	0.13	0.15
SND	0.12	0.10	0.10	0.13	0.11	0.07	0.09	0.11	0.12	0.09	0.13	0.15
SNM	0.17	0.13	0.14	0.18	0.14	0.09	0.12	0.13	0.16	0.13	0.16	0.17
SNW	0.12	0.09	0.10	0.12	0.11	0.06	0.08	0.11	0.12	0.09	0.13	0.14
TAS	-0.60	-0.55	-0.56	-0.56	-0.58	-0.55	-0.57	-0.59	-0.59	-0.55	-0.60	-0.58
TAUV	-0.40	-0.33	-0.37	-0.38	-0.39	-0.38	-0.37	-0.39	-0.40	-0.39	-0.41	-0.41
TAUV	-0.14	-0.09	-0.12	-0.13	-0.13	-0.13	-0.12	-0.12	-0.14	-0.14	-0.15	-0.15
TS	-0.60	-0.55	-0.56	-0.56	-0.58	-0.55	-0.57	-0.59	-0.59	-0.55	-0.60	-0.57
UAS	-0.53	-0.44	-0.48	-0.49	-0.51	-0.49	-0.49	-0.52	-0.53	-0.51	-0.54	-0.53
USI	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
VAS	0.15	0.17	0.15	0.14	0.15	0.15	0.15	0.16	0.15	0.14	0.15	0.13
VSI	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TA_1000	-0.56	-0.53	-0.53	-0.53	-0.54	-0.52	-0.53	-0.55	-0.55	-0.51	-0.55	-0.54
UA_30	0.67	0.59	0.60	0.62	0.64	0.61	0.62	0.64	0.66	0.62	0.67	0.64
VA_10	0.48	0.40	0.40	0.42	0.45	0.44	0.44	0.45	0.46	0.44	0.48	0.44
WAP_10	-0.46	-0.39	-0.42	-0.44	-0.45	-0.44	-0.42	-0.46	-0.47	-0.44	-0.47	-0.49
ZC_50	-0.60	-0.55	-0.54	-0.55	-0.57	-0.54	-0.56	-0.58	-0.58	-0.54	-0.59	-0.56

Θα πρέπει να τονιστεί ότι η διαδικασία ανάλυσης συσχέτισης μπορεί να δώσει μόνο κάποιες ενδείξεις για το ποιες μεταβλητές θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν στην ανάπτυξη της μεθοδολογίας καταβιβασμού κλίμακας της βροχόπτωσης. Επειδή οι μεταβλητές που τελικά θα επιλεγούν θα πρέπει να είναι και μεταξύ τους ασυσχέτιστες και βέβαια να εξηγούν όσον το δυνατόν περισσότερη από την διακύμανση της εκάστοτε εξαρτημένης μεταβλητής κρίθηκε σκόπιμο να εφαρμοστεί η διαδικασία της βηματικής πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης (stepwise multiple regression).

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.4. Ανάλυση συσχέτισης υποψήφιων μεταβλητών εκτίμησης και βροχόπτωσης για την περίοδο 1980-2001 των επιμέρους λεκανών απορροής του υδατικού διαμερίσματος Δυτικής Ελλάδας

	ΙΝΑΧΟΣ	ΑΓΡΑΦΙΩΤΗΣ	ΤΡΙΚΕΡΙΩΤΗΣ	ΚΛ.Λ.Λ.ΛΥΣΙΜΑΧΙΑΣ	ΑΧΕΛΩΟΣ	ΤΑΥΡΩΠΟΣ	ΜΟΡΝΟΣ	ΕΥΗΝΟΣ
CLIV	0,31	0,29	0,33	0,32	0,33	0,37	0,33	0,32
CLWV	0,44	0,43	0,44	0,44	0,45	0,47	0,46	0,45
HFLS	-0,20	-0,22	-0,21	-0,23	-0,22	-0,19	-0,24	-0,23
HFSS	-0,58	-0,57	-0,59	-0,56	-0,60	-0,61	-0,60	-0,59
MRFS	0,25	0,25	0,25	0,23	0,24	0,23	0,29	0,25
MRRO	0,02	0,01	0,03	0,05	0,01	0,00	0,04	0,02
MRSO	0,23	0,25	0,27	0,20	0,24	0,30	0,26	0,25
MRSOS	0,52	0,54	0,56	0,51	0,55	0,56	0,59	0,57
PR	0,27	0,25	0,27	0,27	0,28	0,31	0,28	0,27
PRC	-0,06	-0,08	-0,09	-0,08	-0,06	-0,05	-0,07	-0,07
PRSN	0,18	0,18	0,21	0,20	0,19	0,19	0,17	0,18
PRW	-0,47	-0,49	-0,53	-0,46	-0,50	-0,53	-0,53	-0,51
PS	0,39	0,39	0,40	0,38	0,41	0,37	0,41	0,41
PSL	0,45	0,44	0,46	0,44	0,46	0,44	0,47	0,47
RLDS	-0,59	-0,59	-0,62	-0,57	-0,61	-0,63	-0,63	-0,61
RLUS	-0,61	-0,61	-0,63	-0,59	-0,63	-0,65	-0,64	-0,63
RLUT	-0,55	-0,55	-0,57	-0,54	-0,57	-0,61	-0,59	-0,57
RLUTCS	-0,60	-0,59	-0,62	-0,57	-0,62	-0,64	-0,63	-0,62
RSDS	-0,64	-0,63	-0,65	-0,63	-0,66	-0,66	-0,67	-0,66
RSDSCS	-0,63	-0,63	-0,64	-0,63	-0,66	-0,64	-0,67	-0,66
RSDT	-0,63	-0,63	-0,64	-0,63	-0,66	-0,64	-0,67	-0,66
RSUS	-0,63	-0,63	-0,64	-0,62	-0,65	-0,66	-0,67	-0,65
RSUSCS	-0,64	-0,64	-0,65	-0,63	-0,66	-0,65	-0,68	-0,67
RSUT	-0,31	-0,32	-0,32	-0,32	-0,33	-0,28	-0,34	-0,34
RSUTCS	-0,63	-0,64	-0,64	-0,63	-0,66	-0,65	-0,68	-0,66
RTMT	-0,62	-0,62	-0,62	-0,62	-0,64	-0,62	-0,65	-0,64
SNC	0,15	0,14	0,17	0,17	0,15	0,14	0,13	0,13
SND	0,15	0,14	0,16	0,17	0,15	0,14	0,13	0,13
SNM	0,15	0,14	0,16	0,16	0,15	0,13	0,15	0,16
SNW	0,15	0,13	0,15	0,16	0,14	0,13	0,13	0,13
TAS	-0,61	-0,61	-0,64	-0,59	-0,63	-0,65	-0,65	-0,63
TAUU	-0,40	-0,39	-0,41	-0,39	-0,41	-0,41	-0,41	-0,40
TAUV	-0,13	-0,13	-0,15	-0,14	-0,14	-0,11	-0,16	-0,14
TS	-0,61	-0,61	-0,63	-0,59	-0,63	-0,65	-0,65	-0,63
UAS	-0,54	-0,52	-0,53	-0,51	-0,54	-0,54	-0,53	-0,53
USI	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
VAS	0,16	0,16	0,15	0,15	0,17	0,19	0,16	0,16
VSI	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TA_1000	-0,58	-0,58	-0,61	-0,56	-0,60	-0,62	-0,62	-0,61
UA_30	0,65	0,65	0,66	0,61	0,67	0,67	0,67	0,66
VA_70	-0,45	-0,44	-0,46	-0,41	-0,47	-0,46	-0,46	-0,45
WAP_70	-0,57	-0,58	-0,60	-0,55	-0,61	-0,62	-0,62	-0,60
ZG_50	-0,59	-0,61	-0,63	-0,58	-0,62	-0,65	-0,65	-0,63

Στη συνέχεια εφαρμόστηκε η μέθοδος της βηματικής πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης η οποία αν και έχει τρεις τρόπους εφαρμογής στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκε η εμπρόσθια επιλογή μεταβλητών στην οποία επιλέγεται η ανεξάρτητη μεταβλητή η οποία εξηγεί την περισσότερη διακύμανση στην εξαρτημένη μεταβλητή ενώ στη συνέχεια προστίθεται η μεταβλητή που εξηγεί την περισσότερη από την υπόλοιπη διακύμανση και υπολογίζονται ξανά οι συντελεστές της παλινδρόμησης. Η διαδικασία συνεχίζεται μέχρι να μην υπάρχουν μεταβλητές οι οποίες να εξηγούν στατιστικά σημαντική διακύμανση στην εξαρτημένη μεταβλητή. Η μέθοδος εφαρμόστηκε ξεχωριστά για τη βροχόπτωση της κάθε επιμέρους λεκάνης απορροής και επίσης επιχειρήθηκαν βελτιώσεις των μοντέλων που προέκυπταν με τυποποίηση των δεδομένων και κανονικοποίηση τους (Loukas et al., 2007; 2008).

Η μέθοδος κατέληξε στο ότι οι μεταβλητές που έχουν την μεγαλύτερη βαρύτητα για την βροχόπτωση ήταν η εξερχόμενη μεγάλου μήκους κύματος ροή από την κορυφή της ατμόσφαιρας (Toa outgoing longwave flux) $Rlut$ (w/m^2) και η επιφανειακή ανατολική πίεση προς τα κάτω (Surface downward eastward stress) $Tauu$ (Pa) ενώ προστέθηκαν δώδεκα ψευδομεταβλητές (dummies) για να δοθεί έμφαση στον κάθε μήνα και η εξαρτημένη μεταβλητή (βροχόπτωση) κρίθηκε σκόπιμο να μετατραπεί λογαριθμικά αφού αυτό ενίσχυε σημαντικά την αξιοπιστία του μοντέλου. Θα πρέπει να τονιστεί ότι οι μεταβλητές που επιλεχθήκαν είναι σαφώς αυτές που εξηγούν την περισσότερη διακύμανση της βροχόπτωσης της κάθε επιμέρους λεκάνης και είναι αυτές που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανάπτυξη ενός γενικού μοντέλου πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης που υιοθετεί κοινές ανεξάρτητες μεταβλητές εκτίμησης για όλες τις λεκάνες και στα τρία υδατικά διαμερίσματα. Βέβαια σε κάθε λεκάνη υπάρχουν και άλλες μεταβλητές οι οποίες εξηγούν σημαντική μεταβολή του r^2 ωστόσο αυτές δεν εμφανίζονται σε όλες τις λεκάνες.

$$i) y = \alpha(Rlut) + \beta(Tauu) + \gamma \quad (3.1)$$

Χρησιμοποιώντας τις τιμές των 2 μεταβλητών με την μορφή που εξέρχονται από το GCM γίνεται πρωταρχικά εφαρμογή της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης. Επιχειρείται η δημιουργία 46 εμπειρικών σχέσεων, μια για κάθε επιμέρους λεκάνης απορροής, οι οποίες να υπολογίζουν μελλοντικές χρονοσειρές βροχόπτωσης. Η διαδικασία στηρίζεται στον καθορισμό των παραμέτρων των μεταβλητών.

Χρησιμοποιείται η βροχόπτωση της κάθε λεκάνης απορροής για την περίοδο 1980-2000 που προέκυψε από την μέθοδο adjusted Thiessen και οι δύο ανεξάρτητες μεταβλητές πρόγνωσης (predictors). Με την εφαρμογή της τεχνικής αυτής δημιουργείται μια σχέση ανάμεσα στην βροχόπτωση της ιστορικής περιόδου και στις μεταβλητές μεγάλης κλίμακας, για κάθε επιμέρους λεκάνη απορροής που έχει τη μορφή της Εξ. 3.1. Πρέπει να τονιστεί ότι γίνεται έλεγχος της εγκυρότητας των σχέσεων με την τιμή του συντελεστή R^2 . Είναι σαφές ότι όσο πιο πολύ πλησιάζει την τιμή 1 η τιμή της ρίζας του R^2 τόσο πιο έγκυρη είναι η σχέση που δημιουργείται. Μέχρι αυτό το σημείο εφαρμόστηκε κάθε δυνατός τρόπος γραμμικής παλινδρόμησης και με κάθε δυνατή μετατροπή των τιμών των μεταβλητών predictor (Πίνακες 3.5-3.7). Διαπιστώθηκε ότι η μοναδική περίπτωση που ευνοεί τις εμπειρικές σχέσεις είναι η χρήση των μηνιαίων ψευδομεταβλητών. Κρίθηκε σκόπιμο να εξεταστεί και η κατανομή της βροχόπτωσης για να εξακριβωθεί αν απαιτείται μια τεχνική πολλαπλής μη γραμμικής παλινδρόμησης. Πράγματι, εξετάστηκαν δύο περιπτώσεις, η ρίζα και ο νεπέριος λογάριθμος της βροχόπτωσης. Και στην πρώτη και στη δεύτερη περίπτωση οι τιμές του συντελεστή είχαν σημαντικές αυξήσεις σε σχέση με την περίπτωση της γραμμικής παλινδρόμησης με μηνιαίες ψευδομεταβλητές (παίρνουν τις τιμές 1 και 0, όταν η εξίσωση αναφέρεται στο συγκεκριμένο μήνα ή όχι), τις πρωτογενείς τιμές των εξαρτημένων μεταβλητών πρόγνωσης αλλά και τις πραγματικές τιμές της βροχόπτωσης. Το μεγαλύτερο ποσοστό αύξησης του συντελεστή r^2 επέφερε η χρησιμοποίηση του νεπέριου λογαρίθμου της βροχόπτωσης. Οι μεταβολές του συντελεστή παρουσιάζονται παρακάτω Το τελικό μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε ήταν της μορφής :

$$e^y - 1 = \sum_{i=1}^{12} a_i b_i + a_{13} (Rlut) + a_{14} (Tauu) + \gamma \quad (3.2)$$

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.5. Μεταβολές του συντελεστή r^2 των εξεταζόμενων μοντέλων στατιστικού καταβιβασμού κλίμακας της βροχόπτωσης για το υδατικό διαμέρισμα Δυτικής Ελλάδας

A/A	ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΛΕΚΑΝΗΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ R2 ΜΕ ΠΡΩΤΟΓΕΝΗ ΤΙΜΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΗΣ PREDICTAND (Βροχόπτωση)	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ R2 ΜΕ Ln(Predictand)	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ R2 ΜΕ Ln(Predictand) και ψευδομεταβλητές	ΜΕΣΟ ΥΨΟΜΕΤΡΟ (m)
1	Αγραφιώτης	0,352	0,396	0,484	289,44
2	Αχελώος	0,391	0,449	0,550	2988,93
3	Έυηνος	0,385	0,437	0,526	1164,3
4	Ίναχος	0,367	0,411	0,508	302,81
5	Κλ.Λ.Λ.Λυσιμαχίας	0,341	0,369	0,486	254,32
6	Μόρνος	0,401	0,482	0,574	974,47
7	Ταυρωπός	0,421	0,464	0,543	830,59
8	Τρικεριώτης	0,39	0,429	0,515	558,96

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.6. Μεταβολές του συντελεστή r^2 των εξεταζόμενων μοντέλων στατιστικού καταβιβασμού κλίμακας της βροχόπτωσης για το υδατικό διαμέρισμα Θεσσαλίας

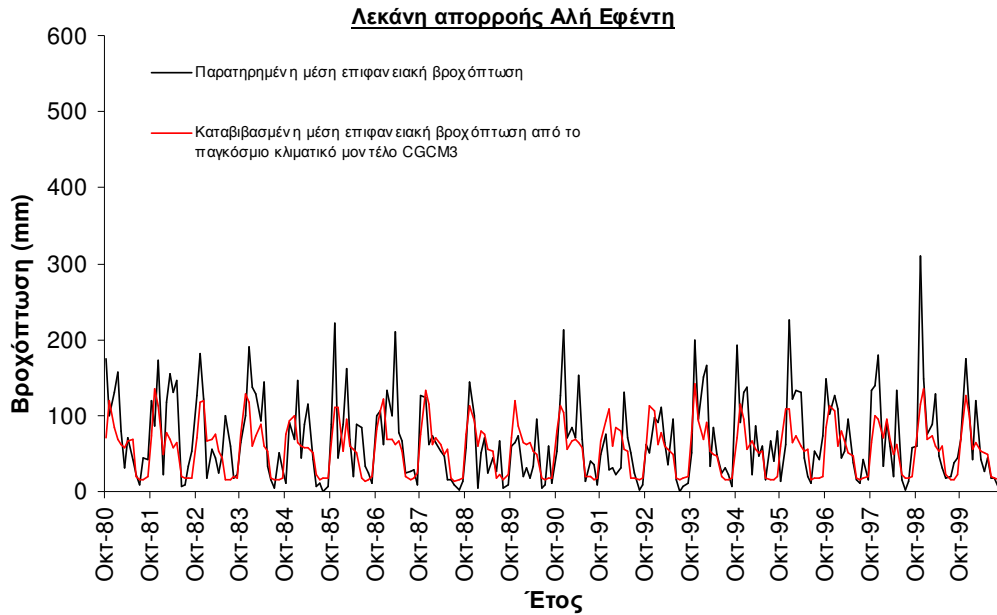
A/A	ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΛΕΚΑΝΗΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ R2 ΜΕ ΠΡΩΤΟΓΕΝΗ ΤΙΜΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΗΣ PREDICTAND (Βροχόπτωση)	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ R2 ΜΕ Ln(Predictand)	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ R2 ΜΕ Ln(Predictand) και ψευδομεταβλητές	ΜΕΣΟ ΥΨΟΜΕΤΡΟ (m)
1	Αγχίαλος	0,218	0,243	0,334	159,5
2	Αλή Εφέντη	0,34	0,4	0,474	514,5
3	Βόλος	0,189	0,302	0,381	488,2
4	Ενιπέας	0,295	0,383	0,448	339,8
5	Ζιλιάνα	0,225	0,298	0,337	898,37
6	Λάρισα	0,217	0,274	0,372	201,63
7	Λαχανόρεμα	0,218	0,259	0,339	207,83
8	Μουζάκι	0,391	0,464	0,556	816,89
9	Μούρσει	0,195	0,296	0,371	735,5
10	Ξηριάς	0,239	0,287	0,388	454,36
11	Ξηριάς Αλμυρού	0,243	0,311	0,370	533,4
12	Ξηρόρεμα	0,207	0,256	0,318	305,97
13	Πηγιάς	0,21	0,261	0,352	191,5
14	Πηγιάς Εκβολές	0,212	0,319	0,381	287,25
15	Πλατανόρεμα	0,225	0,291	0,352	670,4
16	Πουρί	0,222	0,266	0,337	400,55
17	Πύλη	0,432	0,52	0,602	938,5
18	Συκούριο	0,218	0,281	0,335	486,2
19	Τιταρήσιος	0,151	0,162	0,262	611,44
20	Τρίκερι	0,179	0,211	0,324	158,44
21	Υπόλοιπα 1	0,218	0,312	0,391	556,9
22	Υπόλοιπα 2	0,177	0,21	0,323	313,9
23	Υπόλοιπα 4	0,178	0,211	0,323	272,4
24	Υπόλοιπα 7	0,217	0,274	0,321	625,08
25	Υπόλοιπα 8	0,204	0,249	0,313	152,17
26	Χολόρεμα	0,233	0,286	0,340	235,14

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.7. Μεταβολές του συντελεστή r^2 των εξεταζόμενων μοντέλων στατιστικού καταβιβασμού κλίμακας της βροχόπτωσης για το υδατικό διαμέρισμα Ηπείρου

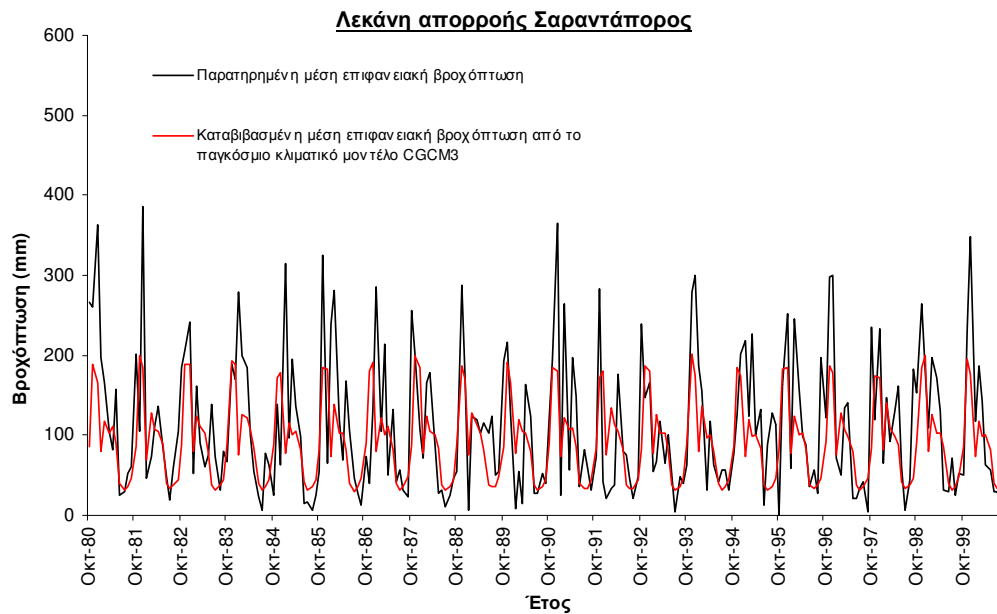
A/A	ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΛΕΚΑΝΗΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ R2 ΜΕ ΠΡΩΤΟΓΕΝΗ ΤΙΜΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΗΣ PREDICTAND (Βροχόπτωση)	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ R2 ΜΕ Ln(Predictand)	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ R2 ΜΕ Ln(Predictand) και ψευδομεταβλητές	ΜΕΣΟ ΥΨΟΜΕΤΡΟ (m)
1	Αραχθος	0,354	0,343	0,445	664,52
2	Αχέροντας	0,333	0,402	0,518	438,4
3	Αώος	0,303	0,306	0,394	1279,09
4	Βοϊδομάτης	0,31	0,327	0,410	1184,42
5	Καλαμάς	0,347	0,399	0,512	494,74
6	Καλαρίκος	0,311	0,317	0,400	1253,59
7	Καλεντίνης	0,349	0,375	0,473	632,05
8	Κέρκυρα	0,336	0,406	0,560	134,28
9	Κλ.Ιωαννίνων	0,308	0,311	0,398	668,15
10	Λούρος	0,359	0,402	0,510	358,76
11	Μετσοβίτικος	0,307	0,315	0,378	1197,62
12	Σαρανιάπορος	0,284	0,291	0,373	1185,83

Είναι εμφανής μια τάση για καλύτερες σχέσεις στις ορεινότερες λεκάνες όπου η βροχόπτωση παίρνει μεγαλύτερες τιμές. Για το λόγο αυτό σε περιοχές όπου η μέση ετήσια βροχόπτωση είναι μεγαλύτερη όπως είναι τα υδατικά διαμερίσματα Ηπείρου

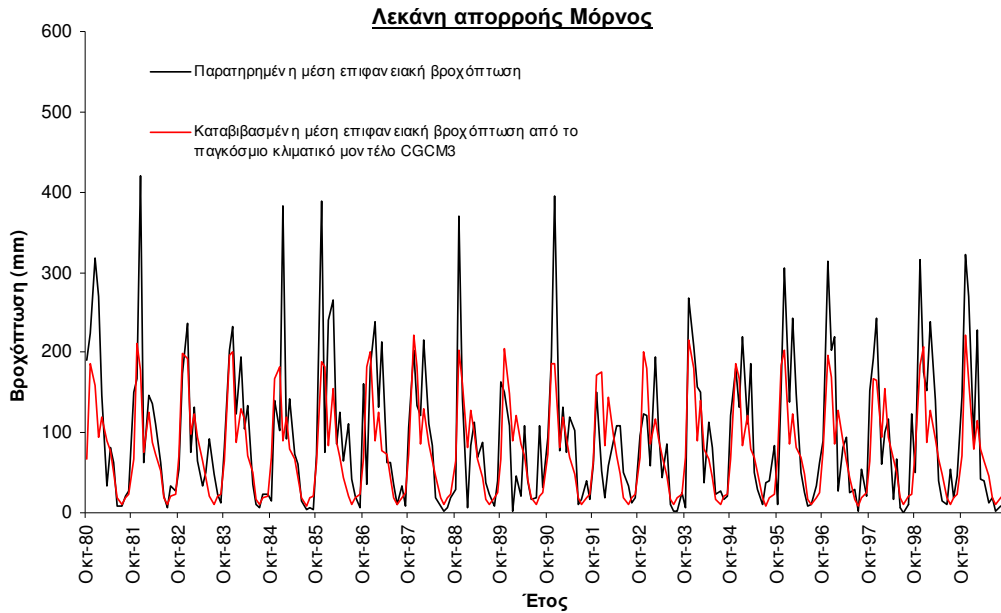
και Δυτικής Ελλάδας τα μοντέλα καταβίβασμού αποδίδουν καλύτερα. Αυτό διαπιστώνεται εύκολα από τα Σχήματα 3.2-3.4.



ΣΧΗΜΑ 3.2. Σύγκριση παρατηρημένης και καταβιβασμένης βροχόπτωσης από το CGCM3 για την λεκάνη απορροής Αλή Εφέντη



ΣΧΗΜΑ 3.3. Σύγκριση παρατηρημένης και καταβιβασμένης βροχόπτωσης από το CGCM3 για την λεκάνη απορροής Σαραντάπορος



ΣΧΗΜΑ 3.4. Σύγκριση παρατηρημένης και καταβιβασμένης βροχόπτωσης από το CGCM3 για την λεκάνη απορροής Μόρνος

Είναι σαφές ότι το μοντέλο προσομοιώνει αρκετά καλά την παρατηρημένη μέση επιφανειακή βροχόπτωση σε όλες τις επιμέρους λεκάνες απορροής. Βέβαια δεν το κάνει αυτό με την μέγιστη ακρίβεια, υπάρχουν δηλαδή διαφορές ανάμεσα στην παρατηρημένη και καταβιβασμένη βροχόπτωση. Οι διαφορές αυτές καλούνται υπόλοιπα βροχόπτωσης και προσομοιώνονται με μια στοχαστική μεθοδολογία η οποία περιγράφεται σε επόμενο κεφάλαιο. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι έγινε προσπάθεια να δημιουργηθεί ένα μοναδικό μοντέλο γενικευμένης πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης, δηλαδή διατηρώντας σταθερές τιμές παραμέτρων να μπορεί να εφαρμόζεται με επιτυχία σε όλες τις λεκάνες και των τριών υδατικών διαμερισμάτων. Ωστόσο αυτό δεν κατέστη δυνατό διότι οι μεταβολές των συντελεστών συσχέτισης δεν το επέτρεψαν. Έτσι εφαρμόστηκε το μοντέλο της Εξίσωσης 3.2 με διαφορετικές παραμέτρους σε κάθε λεκάνη και οι τιμές των παραμέτρων αυτών παρουσιάζονται στους Πίνακες 3.8-3.10.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.8. Τιμές των παραμέτρων των μοντέλων πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης της βροχόπτωσης στο υδατικό διαμέρισμα Θεσσαλίας

A/A	ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΛΕΚΑΝΗΣ	Tauu	Rlut	b1	b2	b3	b4	b5	b6	b7	b8	b9	b10	b11	b12	γ
1	Αγχάλιος	-0,631	-0,009	0,746	0,906	0,810	-0,163	0,213	-0,047	-0,127	0,550	-0,002	0,681	0,600	0,000	4,987
2	Αλή Ερέντη	-0,503	-0,008	0,557	0,633	0,436	-0,596	-0,511	-0,487	-0,591	0,241	0,100	0,137	0,238	0,000	5,933
3	Βόλος	-0,905	-0,011	0,629	0,569	0,529	-0,987	-0,296	-0,779	-0,776	0,151	-0,577	0,615	0,327	0,000	6,284
4	Ζητσία	-0,594	-0,010	0,523	0,608	0,547	-0,446	-0,239	-0,270	-0,318	0,409	0,245	0,442	0,243	0,000	5,958
5	Ζήρια	-0,633	-0,009	0,250	0,339	0,184	-0,466	-0,189	-0,389	0,175	0,357	0,100	0,241	0,227	0,000	6,152
6	Λάρισα	-0,730	-0,009	0,685	0,792	0,763	-0,489	0,021	0,058	0,139	0,609	0,314	0,485	0,224	0,000	5,291
7	Λαγκαράς	-0,621	-0,002	0,478	0,657	0,376	-0,796	-0,795	-0,706	-0,791	0,099	-0,060	0,349	0,012	0,000	3,800
8	Μουζιά	-0,505	-0,004	0,704	0,638	0,319	-0,878	-1,269	-1,310	-1,263	0,109	0,110	0,197	0,331	0,000	5,448
9	Μούρσει	-0,982	-0,010	0,614	0,548	0,429	-1,288	-0,580	-1,187	-1,025	0,001	-0,707	0,602	0,314	0,000	6,239
10	Ξηριάς	-0,808	-0,013	0,779	0,749	0,842	-0,409	0,354	-0,091	-0,222	0,554	-0,258	0,737	0,533	0,000	6,273
11	Ξηριάς Αλιμουρού	-0,585	-0,008	0,411	0,525	0,352	-0,720	-0,439	-0,369	-0,496	0,202	0,026	0,469	0,080	0,000	5,627
12	Ξηρόρεμα	-0,636	-0,001	0,393	0,576	0,206	-0,865	-0,968	-0,969	-0,952	-0,042	-0,099	0,290	-0,015	0,000	3,596
13	Πηνειός	-0,504	-0,004	0,634	0,851	0,479	-0,841	-0,424	-0,500	-0,288	0,416	0,227	0,394	0,284	0,000	4,415
14	Πηνειός Εκβολές	-0,709	-0,008	0,198	0,409	0,406	-0,667	-0,336	-0,603	-0,146	0,258	-0,008	0,166	0,025	0,000	5,606
15	Πλατανόρεμα	-0,556	-0,005	0,405	0,543	0,345	-0,777	-0,661	-0,609	-0,662	0,081	-0,041	0,391	0,037	0,000	4,948
16	Πουρί	-0,997	-0,009	0,704	0,771	0,754	-0,487	-0,154	-0,034	0,115	0,699	0,263	0,538	0,397	0,000	5,447
17	Πύλη	-0,460	-0,008	0,654	0,596	0,347	-0,586	-1,005	-1,220	-1,116	0,178	0,167	0,128	0,367	0,000	6,588
18	Σκουόριο	-0,851	-0,011	0,752	0,646	0,732	-0,488	-0,271	-0,366	-0,126	0,614	0,193	0,628	0,468	0,000	6,125
19	Τπαρήσιος	-0,556	-0,007	0,657	0,840	0,464	-0,284	0,358	0,090	0,347	0,730	0,305	0,420	0,296	0,000	4,928
20	Τρίκερι	-0,835	-0,013	0,961	1,115	1,171	-0,021	0,859	0,297	0,201	1,002	0,103	0,964	0,968	0,000	5,704
21	Υπόλοιπα 1	-0,935	-0,011	0,646	0,635	0,603	-0,863	-0,198	-0,450	-0,485	0,352	-0,282	0,589	0,354	0,000	6,481
22	Υπόλοιπα 2	-0,841	-0,013	0,956	1,108	1,164	-0,016	0,859	0,304	0,205	0,996	0,105	0,959	0,964	0,000	5,634
23	Υπόλοιπα 4	-0,840	-0,013	0,957	1,110	1,166	-0,017	0,859	0,302	0,204	0,998	0,105	0,960	0,965	0,000	5,654
24	Υπόλοιπα 7	-0,912	-0,011	0,756	0,822	0,685	-0,531	-0,372	-0,380	-0,145	0,565	0,141	0,640	0,483	0,000	6,171
25	Υπόλοιπα 8	-0,671	0,000	0,392	0,582	0,191	-0,901	-1,042	-1,067	-1,056	-0,056	-0,105	0,280	-0,020	0,000	3,412
26	Χολόρεμα	-0,591	-0,007	0,371	0,553	0,282	-0,575	-0,400	-0,428	-0,579	0,085	-0,064	0,362	-0,019	0,000	5,273

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.9. Τιμές των παραμέτρων των μοντέλων πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης της βροχόπτωσης στο υδατικό διαμέρισμα Ηπείρου

A/A	ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΛΕΚΑΝΗΣ	Tauu	Rlut	b1	b2	b3	b4	b5	b6	b7	b8	b9	b10	b11	b12	γ
1	Αραχθός	-0,471	-0,004	1,056	1,092	0,425	-0,195	-0,431	-0,720	-0,489	0,124	0,393	0,250	0,609	0,000	5,206
2	Αχρονάτος	-0,300	-0,002	0,965	0,940	0,255	-0,452	-1,178	-1,748	-1,283	-0,545	0,013	0,044	0,468	0,000	4,829
3	Αϊώς	-0,330	-0,003	0,947	1,025	0,353	-0,284	-0,477	-0,802	-0,414	0,250	0,515	0,319	0,590	0,000	5,028
4	Βοϊδομάτης	-0,388	-0,003	0,880	0,930	0,281	-0,430	-0,656	-1,137	-0,618	0,067	0,360	0,191	0,506	0,000	5,099
5	Καλαμάς	-0,348	-0,003	0,933	0,945	0,314	-0,238	-0,880	-1,404	-0,967	-0,334	0,135	0,093	0,427	0,000	5,109
6	Καλαρικόπος	-0,482	-0,006	1,077	1,120	0,514	-0,046	-0,105	-0,202	-0,260	0,335	0,537	0,350	0,688	0,000	5,903
7	Καλενίνης	-0,683	-0,005	1,170	1,197	0,591	-0,212	-0,548	-0,713	-0,380	0,201	0,610	0,368	0,698	0,000	5,322
8	Κέρκυρα	-0,353	-0,005	0,930	0,959	0,495	-0,155	-1,391	-2,630	-1,907	-0,948	-0,130	-0,092	0,325	0,000	5,802
9	Κλ.Λ.Λ.Ιουανίνων	-0,452	-0,003	0,974	1,027	0,357	-0,136	-0,370	-0,783	-0,506	0,100	0,348	0,253	0,512	0,000	4,930
10	Λούρος	-0,487	-0,005	1,111	1,150	0,451	-0,298	-0,910	-1,293	-1,063	-0,206	0,196	0,138	0,616	0,000	5,355
11	Μετασβήτικος	-0,570	-0,007	1,072	1,056	0,631	-0,029	-0,136	-0,381	-0,144	0,512	0,653	0,308	0,632	0,000	5,511
12	Σαραντάπορος	-0,210	-0,003	0,852	0,880	0,217	-0,345	-0,498	-0,597	-0,473	0,212	0,372	0,344	0,510	0,000	4,911

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.10. Τιμές των παραμέτρων των μοντέλων πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης της βροχόπτωσης στο υδατικό διαμέρισμα Δυτικής Ελλάδας

A/A	ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΛΕΚΑΝΗΣ	Tauu	Rlut	b1	b2	b3	b4	b5	b6	b7	b8	b9	b10	b11	b12	γ
1	Αγραφιώτης	-0,616	-0,004	0,908	0,874	0,058	-0,652	-0,559	-1,227	-0,904	0,031	0,224	0,206	0,604	0,000	5,627
2	Αχελιώς	-0,542	-0,002	0,885	0,911	0,270	-0,619	-0,913	-1,239	-0,962	-0,025	0,247	0,167	0,530	0,000	5,031
3	Έυηνος	-0,458	-0,005	0,932	0,997	0,112	-0,715	-0,832	-1,271	-1,038	-0,105	0,149	0,223	0,560	0,000	5,276
4	Ίναχος	-0,582	0,000	1,054	1,083	0,304	-0,607	-1,384	-1,786	-1,126	-0,182	0,486	0,280	0,635	0,000	4,357
5	Κλ.Λ.Λ.Λυσιμαχίας	-0,357	0,000	0,880	1,040	0,188	-0,928	-0,988	-1,283	-1,270	-0,379	0,164	0,122	0,498	0,000	3,985
6	Μόρνος	-0,374	0,000	0,711	0,764	-0,202	-1,250	-1,386	-1,966	-1,396	-0,512	-0,157	0,049	0,413	0,000	4,484
7	Ταυρωπάς	-0,583	-0,004	0,688	0,675	0,168	-0,954	-1,006	-1,495	-1,036	0,024	0,141	0,183	0,406	0,000	5,458
8	Τρικεριώτης	-0,608	-0,002	0,901	0,883	0,148	-1,063	-0,936	-1,277	-0,899	-0,076	0,187	0,337	0,566	0,000	4,981

3.2.2 Στατιστικός καταβιβασμός κλίμακας τιμών μηνιαίας θερμοκρασίας

Η μέθοδος που ακολουθήθηκε ήταν ακριβώς ίδια με αυτή της βροχόπτωσης. Το πρώτο βήμα όπως και την περίπτωση της βροχόπτωσης ήταν η ανάλυση συσχέτισης των υποψήφιων ανεξάρτητων μεταβλητών με τις θερμοκρασίες των επιμέρους λεκανών απορροής και των τριών υδατικών διαμερισμάτων. Στους Πίνακες 3.11, 3.12 και 3.13 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης συσχέτισης και για τα τρία υδατικά διαμερίσματα. Στη συνέχεια εφαρμόστηκε η μέθοδος της βηματικής πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης για την τελική επιλογή των μεταβλητών πρόγνωσης. Βέβαια θα πρέπει να αναφερθεί ότι η θερμοκρασία είναι μια τελείως διαφορετική μεταβλητή από την βροχόπτωση. Η γραμμική της παλινδρόμηση είναι πολύ πιο εύκολη από αυτή της βροχόπτωσης αφού σπάνια παρουσιάζονται εξαιρετικά ακραία γεγονότα και η τυπική απόκλιση είναι σαφώς μικρότερη έως ελάχιστη. Έτσι λοιπόν ένα μοντέλο στατιστικού καταβιβασμού κλίμακας που βασίζεται στην γραμμική παλινδρόμηση μπορεί με αρκετή αξιοπιστία να αναπαράγει χρονοσειρές παρατηρημένης θερμοκρασίας. Οι συσχετίσεις των ανεξάρτητων μεταβλητών εκτίμησης με την θερμοκρασία είναι αρκετά υψηλές γεγονός που επιτρέπει την δημιουργία καλά βαθμονομημένων μοντέλων και σχετικά απλών που αποτελούνται δηλαδή από μικρό αριθμό μεταβλητών. Στην προκειμένη περίπτωση από τους παρακάτω Πίνακες μπορεί κάποιος να οδηγηθεί στην επιλογή αρκετών ανεξάρτητων μεταβλητών για τη δημιουργία ενός μοντέλου καταβιβασμού κλίμακας, το ζητούμενο όμως είναι να αναπτυχθεί το βέλτιστο μοντέλο το οποίο θα συνδυάζει την υψηλή αξιοπιστία με την μικρή πολυπλοκότητα για λόγους οικονομίας υπολογισμών και χρόνου.

Πράγματι γίνεται σαφές ότι το γεωδυναμικό ύψος Zg_{50hPa} είναι μια μεταβλητή η οποία χρήζει περαιτέρω διερεύνησης αφού έχει υψηλή συσχέτιση με τις θερμοκρασίες όλων των επιμέρους λεκανών απορροής και των τριών υδατικών διαμερισμάτων. Ακόμη η $Rlut$ όπως και στην περίπτωση της βροχόπτωσης αλλά και πολλές άλλες όπως η $Rlus$, η $Rlutcs$ κ.α. Βέβαια η μέθοδος της βηματικής πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης με εμπρόσθια επιλογή μεταβλητών όπως ακριβώς και στην περίπτωση της βροχόπτωσης είναι το στάδιο το οποίο καθορίζει την τελική επιλογή μεταβλητών δεδομένου ότι η στατιστική ανάλυση είναι περισσότερο διεξοδική και δεν στηρίζεται μόνο στη συσχέτιση των μεταβλητών.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.11. Ανάλυση συσχέτισης υποψήφιων μεταβλητών εκτίμησης και θερμοκρασίας για την περίοδο 1980-2000 των επιμέρους λεκανών απορροής του υδατικού διαμερίσματος Θεσσαλίας

	ΑΛΗ ΕΒΕΝΤΗ	ΑΚΑΛΩΣ	ΕΝΙΠΕΑΣ	ΧΟΛΟΡΕΜΑ	ΞΗΡΙΑΣ	ΞΗΡΙΑΣ ΑΛΜΥΡΟΥ	ΞΗΡΟΡΕΜΑ	ΛΑΧΑΝΟΡΕΜΑ	ΛΑΡΙΣΑ	ΜΟΥΡΕΣΙ	ΜΟΥΖΑΚΙ	ΠΥΛΗ	ΠΗΝΕΙΟΣ	ΠΗΝΕΙΟΣ-ΕΚΒΟΛΕΣ	ΠΛΑΤΑΝΟΡΕΜΑ	ΠΟΥΡΙ	ΣΥΚΟΥΡΙΟ	ΤΙΤΑΡΗΣΙΟΣ	ΤΡΙΚΕΡΙ	ΒΟΛΟΣ	ΥΠΟΛΟΙΠΑ 1	ΥΠΟΛΟΙΠΑ 2	ΥΠΟΛΟΙΠΑ 4	ΥΠΟΛΟΙΠΑ 7	ΥΠΟΛΟΙΠΑ 8	ΖΙΛΙΑΝΑ
CLIV	-0.57	-0.66	-0.64	-0.66	-0.66	-0.66	-0.66	-0.64	-0.66	-0.66	-0.66	-0.63	-0.64	-0.66	-0.64	-0.64	-0.64	-0.66	-0.66	-0.66	-0.64	-0.66	-0.64	-0.66	-0.66	-0.64
CLWV	-0.68	-0.75	-0.75	-0.75	-0.75	-0.75	-0.75	-0.75	-0.75	-0.75	-0.75	-0.75	-0.75	-0.75	-0.75	-0.75	-0.75	-0.75	-0.75	-0.75	-0.75	-0.75	-0.75	-0.75	-0.75	-0.75
HFLS	0.19	0.15	0.20	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.20	0.15	0.11	0.11	0.22	0.20	0.15	0.20	0.20	0.20	0.15	0.15	0.20	0.15	0.20	0.15	0.20	0.15
HFSS	0.79	0.90	0.88	0.90	0.90	0.89	0.90	0.90	0.89	0.89	0.90	0.90	0.88	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.90	0.89	0.89	0.90	0.90	0.89	0.90	0.89
MRFSS	-0.32	-0.34	-0.35	-0.34	-0.34	-0.34	-0.34	-0.34	-0.34	-0.34	-0.35	-0.35	-0.35	-0.34	-0.34	-0.34	-0.34	-0.34	-0.34	-0.34	-0.34	-0.34	-0.34	-0.34	-0.34	-0.34
MRR0	-0.07	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08	-0.08
MRS0S	-0.57	-0.67	-0.64	-0.67	-0.67	-0.67	-0.67	-0.67	-0.65	-0.67	-0.68	-0.68	-0.63	-0.65	-0.67	-0.65	-0.65	-0.65	-0.67	-0.67	-0.65	-0.67	-0.67	-0.65	-0.67	-0.65
MRSOS	-0.81	-0.89	-0.88	-0.89	-0.89	-0.89	-0.89	-0.89	-0.89	-0.89	-0.88	-0.88	-0.89	-0.89	-0.89	-0.89	-0.89	-0.89	-0.89	-0.89	-0.89	-0.89	-0.89	-0.89	-0.89	-0.89
PR	-0.46	-0.53	-0.52	-0.53	-0.53	-0.53	-0.53	-0.52	-0.53	-0.54	-0.54	-0.52	-0.52	-0.53	-0.52	-0.52	-0.52	-0.53	-0.53	-0.52	-0.53	-0.53	-0.53	-0.52	-0.53	-0.52
PRC	0.07	0.05	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.05	0.02	0.02	0.07	0.06	0.05	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.06	0.05	0.05	0.06	0.05	0.06	0.05
PRSN	-0.32	-0.35	-0.35	-0.35	-0.35	-0.35	-0.35	-0.35	-0.35	-0.35	-0.36	-0.36	-0.35	-0.35	-0.35	-0.35	-0.35	-0.35	-0.35	-0.35	-0.35	-0.35	-0.35	-0.35	-0.35	-0.35
PRW	0.73	0.83	0.82	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.82	0.83	0.82	0.82	0.82	0.83	0.82	0.82	0.82	0.83	0.83	0.83	0.82	0.83	0.82	0.83	0.82	0.83
PS	-0.37	-0.38	-0.41	-0.38	-0.38	-0.38	-0.38	-0.38	-0.41	-0.38	-0.37	-0.37	-0.41	-0.41	-0.38	-0.41	-0.41	-0.41	-0.38	-0.38	-0.41	-0.38	-0.38	-0.41	-0.38	-0.41
PSL	-0.46	-0.49	-0.51	-0.49	-0.49	-0.49	-0.49	-0.49	-0.51	-0.49	-0.48	-0.48	-0.51	-0.51	-0.49	-0.51	-0.51	-0.51	-0.49	-0.49	-0.51	-0.49	-0.49	-0.51	-0.49	-0.51
RLDS	0.83	0.94	0.93	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94
RLUS	0.84	0.95	0.94	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.94	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
RLUT	0.80	0.91	0.90	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.89	0.90	0.91	0.90	0.90	0.91	0.91	0.90	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.90
RLUTCS	0.84	0.95	0.94	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.94	0.95	0.95	0.95	0.93	0.94	0.95	0.94	0.94	0.94	0.95	0.95	0.94	0.95	0.95	0.94	0.95	0.94
RSDS	0.83	0.91	0.92	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.92	0.91	0.89	0.89	0.92	0.92	0.91	0.92	0.92	0.92	0.91	0.91	0.92	0.91	0.92	0.91	0.92	0.92
RSOSCS	0.77	0.83	0.85	0.83	0.82	0.82	0.82	0.83	0.85	0.82	0.80	0.80	0.86	0.85	0.82	0.85	0.85	0.85	0.83	0.82	0.85	0.82	0.83	0.85	0.83	0.85
RSOT	0.77	0.83	0.85	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.85	0.82	0.80	0.80	0.86	0.85	0.83	0.85	0.85	0.85	0.83	0.83	0.85	0.83	0.83	0.85	0.83	0.85
RSUS	0.84	0.91	0.92	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.93	0.91	0.90	0.90	0.92	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.91	0.91	0.93	0.91	0.91	0.93	0.91	0.93
RSUSCS	0.80	0.86	0.88	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.88	0.85	0.83	0.83	0.88	0.88	0.86	0.88	0.88	0.88	0.86	0.86	0.88	0.86	0.86	0.88	0.86	0.88
RSUT	0.24	0.21	0.26	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.25	0.21	0.17	0.27	0.25	0.21	0.25	0.25	0.25	0.21	0.21	0.25	0.21	0.21	0.25	0.21	0.25
RSUTCS	0.78	0.83	0.86	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.86	0.83	0.81	0.81	0.86	0.86	0.83	0.86	0.86	0.86	0.83	0.83	0.86	0.83	0.83	0.86	0.83	0.86
RTMT	0.75	0.80	0.83	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.83	0.80	0.77	0.77	0.83	0.83	0.80	0.83	0.83	0.83	0.80	0.80	0.83	0.80	0.80	0.83	0.80	0.83
SNC	-0.27	-0.28	-0.29	-0.28	-0.28	-0.28	-0.28	-0.28	-0.29	-0.28	-0.30	-0.30	-0.29	-0.29	-0.28	-0.29	-0.29	-0.29	-0.28	-0.28	-0.29	-0.28	-0.28	-0.29	-0.28	-0.29
SND	-0.26	-0.28	-0.29	-0.28	-0.28	-0.28	-0.28	-0.28	-0.28	-0.28	-0.30	-0.30	-0.29	-0.28	-0.28	-0.28	-0.28	-0.28	-0.28	-0.28	-0.28	-0.28	-0.28	-0.28	-0.28	-0.28
SNM	-0.28	-0.30	-0.30	-0.30	-0.30	-0.30	-0.30	-0.30	-0.30	-0.30	-0.29	-0.31	-0.30	-0.30	-0.29	-0.30	-0.30	-0.30	-0.30	-0.30	-0.30	-0.30	-0.30	-0.30	-0.30	-0.30
SNW	-0.25	-0.27	-0.27	-0.27	-0.27	-0.27	-0.27	-0.27	-0.27	-0.27	-0.26	-0.28	-0.27	-0.27	-0.26	-0.27	-0.27	-0.27	-0.27	-0.27	-0.27	-0.27	-0.27	-0.27	-0.27	-0.27
TAS	0.84	0.95	0.94	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.94	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
TAUU	0.34	0.40	0.41	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.42	0.40	0.40	0.41	0.42	0.40	0.42	0.42	0.42	0.40	0.40	0.42	0.40	0.40	0.42	0.40	0.42	0.40
TAUV	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00
TS	0.85	0.95	0.94	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.94	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
UAS	0.58	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.67	0.66	0.66	0.66	0.66	0.67	0.66	0.68	0.68	0.68	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66
USI	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
VAS	-0.34	-0.39	-0.37	-0.39	-0.39	-0.38	-0.39	-0.39	-0.37	-0.38	-0.39	-0.39	-0.36	-0.37	-0.38	-0.37	-0.37	-0.37	-0.39	-0.38	-0.37	-0.39	-0.39	-0.39	-0.39	-0.37
VSI	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TA_1000	0.84	0.95	0.93	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.94	0.95	0.94	0.94	0.93	0.94	0.95	0.94	0.94	0.94	0.95	0.95	0.94	0.95	0.95	0.95	0.94	0.95
UA_30	-0.79	-0.88	-0.88	-0.88	-0.88	-0.87	-0.88	-0.88	-0.88	-0.87	-0.86	-0.86	-0.88	-0.88	-0.87	-0.88	-0.88	-0.88	-0.88	-0.88	-0.88	-0.88	-0.88	-0.88	-0.88	-0.88
VA_20	0.61	0.73	0.71	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.72	0.73	0.73	0.73	0.70	0.72	0.73	0.72	0.72	0.72	0.73	0.73	0.72	0.73	0.73	0.73	0.73	0.72
WAP_70	0.75	0.82	0.81	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.81	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
ZG_50	0.87	0.97	0.96	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.96	0.97	0.96	0.96	0.95	0.96	0.97	0.96	0.96	0.96	0.96	0.97	0.96	0.97	0.96	0.97	0.96	0.96

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.12. Ανάλυση συσχέτισης υποψήφιων μεταβλητών εκτίμησης και θερμοκρασίας για την περίοδο 1980-2000 των επιμέρους λεκανών απορροής του υδατικού διαμερίσματος Ηπείρου

	ΑΚΕΡΟΝΤΑΣ	ΣΑΡΑΝΤΑΠΟΡΟΣ	ΑΙΩΣ	ΒΟΪΔΟΜΑΤΗΣ	ΑΡΑΧΘΟΣ	ΜΕΤΣΟΒΙΤΙΚΟΣ	ΚΑΛΑΡΙΤΙΚΟΣ	ΚΑΛΕΝΤΙΝΗΣ	ΚΑΛΑΜΑΣ	ΚΛ.ΙΔΑΝΝΙΝΩΝ	ΛΟΥΡΟΣ	ΚΕΡΚΥΡΑ
CLIV	-0,64	-0,64	-0,47	-0,66	-0,63	-0,67	-0,67	-0,65	-0,65	-0,65	-0,65	-0,67
CLWV	-0,74	-0,74	-0,62	-0,75	-0,73	-0,75	-0,75	-0,75	-0,74	-0,76	-0,73	-0,75
HFLS	0,12	0,14	0,23	0,11	0,11	0,09	0,09	0,15	0,12	0,16	0,09	0,10
HFSS	0,88	0,89	0,73	0,89	0,86	0,90	0,90	0,89	0,88	0,90	0,90	0,90
MRFS	-0,32	-0,35	-0,35	-0,32	-0,34	-0,33	-0,33	-0,35	-0,34	-0,35	-0,33	-0,33
MRRO	-0,07	-0,07	-0,08	-0,07	-0,08	-0,08	-0,08	-0,08	-0,08	-0,08	-0,07	-0,08
MRSO	-0,68	-0,67	-0,47	-0,68	-0,66	-0,69	-0,69	-0,68	-0,68	-0,66	-0,70	-0,71
MRSOS	-0,88	-0,90	-0,72	-0,89	-0,85	-0,89	-0,89	-0,89	-0,89	-0,89	-0,88	-0,90
PR	-0,53	-0,53	-0,40	-0,55	-0,52	-0,55	-0,55	-0,53	-0,53	-0,53	-0,53	-0,55
PRC	0,03	0,04	0,12	0,01	0,03	0,01	0,01	0,05	0,04	0,04	0,03	0,02
PRSN	-0,30	-0,34	-0,31	-0,33	-0,33	-0,32	-0,32	-0,35	-0,34	-0,35	-0,34	-0,34
PRW	0,80	0,82	0,70	0,80	0,78	0,81	0,81	0,82	0,81	0,82	0,82	0,82
PS	-0,36	-0,39	-0,45	-0,37	-0,36	-0,36	-0,36	-0,39	-0,36	-0,40	-0,36	-0,36
PSL	-0,47	-0,50	-0,53	-0,47	-0,46	-0,47	-0,47	-0,50	-0,47	-0,51	-0,47	-0,47
RLDS	0,92	0,94	0,79	0,93	0,90	0,93	0,93	0,94	0,92	0,94	0,93	0,94
RLUS	0,93	0,95	0,79	0,94	0,91	0,94	0,94	0,95	0,93	0,95	0,94	0,95
RLUT	0,89	0,91	0,72	0,91	0,87	0,92	0,92	0,91	0,90	0,91	0,91	0,92
RLUTCS	0,93	0,95	0,78	0,94	0,91	0,95	0,95	0,95	0,93	0,95	0,95	0,95
RSDS	0,88	0,90	0,79	0,89	0,86	0,88	0,88	0,91	0,88	0,92	0,88	0,89
RSDESCS	0,80	0,82	0,76	0,80	0,78	0,79	0,79	0,83	0,80	0,84	0,79	0,79
RSOT	0,80	0,82	0,77	0,80	0,78	0,79	0,79	0,83	0,80	0,84	0,79	0,79
RSUS	0,89	0,91	0,78	0,90	0,86	0,89	0,89	0,91	0,89	0,92	0,89	0,90
RSUSCS	0,83	0,85	0,78	0,84	0,81	0,82	0,82	0,86	0,83	0,87	0,82	0,83
RSUT	0,19	0,21	0,34	0,19	0,19	0,16	0,16	0,21	0,18	0,23	0,16	0,15
RSUTCS	0,81	0,83	0,77	0,81	0,79	0,80	0,80	0,83	0,81	0,85	0,80	0,80
RTMT	0,77	0,79	0,74	0,78	0,75	0,76	0,76	0,80	0,77	0,81	0,76	0,76
SNC	-0,24	-0,28	-0,27	-0,26	-0,28	-0,27	-0,27	-0,29	-0,28	-0,29	-0,27	-0,28
SND	-0,23	-0,27	-0,27	-0,26	-0,27	-0,26	-0,26	-0,28	-0,28	-0,28	-0,27	-0,28
SNM	-0,28	-0,29	-0,29	-0,28	-0,29	-0,28	-0,28	-0,30	-0,30	-0,30	-0,29	-0,29
SNW	-0,22	-0,26	-0,26	-0,25	-0,26	-0,25	-0,25	-0,27	-0,27	-0,27	-0,26	-0,26
TAS	0,93	0,95	0,79	0,94	0,91	0,94	0,94	0,95	0,93	0,95	0,94	0,95
TAUU	0,36	0,40	0,40	0,38	0,37	0,39	0,39	0,40	0,37	0,41	0,38	0,38
TAUV	-0,04	-0,01	0,09	-0,03	-0,02	-0,02	-0,02	-0,01	-0,03	-0,01	-0,03	-0,04
TS	0,93	0,95	0,79	0,94	0,91	0,95	0,95	0,95	0,94	0,95	0,95	0,95
UAS	0,63	0,65	0,60	0,64	0,62	0,65	0,65	0,66	0,63	0,67	0,65	0,65
USI	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
VAS	-0,40	-0,39	-0,24	-0,41	-0,38	-0,40	-0,40	-0,39	-0,40	-0,39	-0,41	-0,42
VSI	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TA_1000	0,92	0,94	0,78	0,93	0,90	0,94	0,94	0,94	0,93	0,94	0,94	0,95
UA_10	-0,86	-0,88	-0,75	-0,87	-0,83	-0,86	-0,86	-0,88	-0,86	-0,88	-0,87	-0,87
VA_100	0,72	0,72	0,59	0,72	0,71	0,74	0,74	0,72	0,72	0,72	0,74	0,74
WAP_100	0,81	0,82	0,68	0,82	0,80	0,83	0,83	0,82	0,81	0,83	0,83	0,83
ZG_50	0,95	0,97	0,79	0,96	0,92	0,96	0,96	0,97	0,96	0,97	0,96	0,97

Η μέθοδος της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης εφαρμόστηκε ξεχωριστά για τη θερμοκρασία της κάθε επιμέρους λεκάνης απορροής και επιχειρήθηκαν βελτιώσεις των μοντέλων οι οποίες κατέληξαν στο ότι οι μεταβλητές που έχουν την μεγαλύτερη βαρύτητα για την θερμοκρασία ήταν η επιφανειακή ροή πυκνώσης μικρού μήκους κύματος στον αέρα (Surface downwelling shortwave flux in air) R_{sds} (w/m^2) και το γεωδυναμικό ύψος 50hPa (Geopotential height 50hPa) Z_{g_50} (m) ενώ προστέθηκαν όπως και στην περίπτωση της βροχόπτωσης δώδεκα ψευδομεταβλητές (dummies) για να δοθεί έμφαση στον κάθε μήνα χωρίς όμως οποιαδήποτε μετατροπή της εξαρτημένης μεταβλητής. Θα πρέπει να τονιστεί ότι οι μεταβλητές που επιλεχθήκαν είναι σαφώς αυτές που εξηγούν την περισσότερη διακύμανση της βροχόπτωσης της κάθε επιμέρους λεκάνης και είναι αυτές που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανάπτυξη ενός γενικού μοντέλου πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης που υιοθετεί

κοινές ανεξάρτητες μεταβλητές εκτίμησης για όλες τις λεκάνες και στα τρία υδατικά διαμερίσματα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.13. Ανάλυση συσχέτισης υποψήφιων μεταβλητών εκτίμησης και θερμοκρασιών για την περίοδο 1980-2000 των επιμέρους λεκανών απορροής του υδατικού διαμερίσματος Δυτικής Ελλάδας.

	ΙΝΑΧΟΣ	ΑΓΡΑΦΙΩΤΗΣ	ΤΡΙΚΕΡΙΩΤΗΣ	ΚΛ.Λ.Λ.ΛΥΣΙΜΑΧΙΑΣ	ΑΧΕΛΩΣ	ΤΑΥΡΩΠΟΣ	ΜΟΡΝΟΣ	ΕΥΗΝΟΣ
CLIV	-0,665	-0,648	-0,651	-0,650	-0,663	-0,648	-0,650	-0,659
CLWV	-0,747	-0,741	-0,739	-0,752	-0,743	-0,742	-0,735	-0,735
HFLS	0,093	0,151	0,119	0,165	0,070	0,151	0,111	0,092
HFSS	0,898	0,879	0,881	0,893	0,895	0,880	0,884	0,880
MRFS	-0,347	-0,334	-0,346	-0,344	-0,346	-0,334	-0,344	-0,342
MRRO	-0,078	-0,074	-0,068	-0,080	-0,078	-0,074	-0,083	-0,078
MRSO	-0,703	-0,677	-0,688	-0,670	-0,710	-0,677	-0,686	-0,718
MRSOS	-0,899	-0,887	-0,890	-0,893	-0,896	-0,888	-0,877	-0,891
PR	-0,547	-0,532	-0,535	-0,527	-0,548	-0,532	-0,538	-0,545
PRC	0,024	0,046	0,033	0,054	0,019	0,046	0,031	0,027
PRSN	-0,349	-0,350	-0,336	-0,349	-0,350	-0,351	-0,345	-0,350
PRW	0,826	0,818	0,818	0,827	0,822	0,819	0,795	0,822
PS	-0,357	-0,374	-0,356	-0,392	-0,354	-0,374	-0,345	-0,337
PSL	-0,467	-0,481	-0,465	-0,499	-0,463	-0,481	-0,452	-0,447
RLDS	0,944	0,932	0,934	0,944	0,938	0,933	0,918	0,932
RLUS	0,950	0,935	0,937	0,948	0,944	0,936	0,928	0,934
RLUT	0,918	0,899	0,904	0,908	0,917	0,900	0,900	0,905
RLUTCS	0,951	0,935	0,938	0,946	0,948	0,936	0,932	0,937
RSDS	0,884	0,892	0,879	0,911	0,870	0,893	0,878	0,866
RSDSCS	0,790	0,812	0,791	0,832	0,776	0,812	0,789	0,772
RSDT	0,791	0,812	0,792	0,833	0,776	0,813	0,790	0,772
RSUS	0,894	0,899	0,888	0,917	0,881	0,900	0,887	0,877
RSUSCS	0,824	0,842	0,824	0,862	0,810	0,843	0,822	0,807
RSUT	0,160	0,205	0,175	0,220	0,151	0,206	0,173	0,149
RSUTCS	0,800	0,820	0,801	0,841	0,786	0,821	0,800	0,782
RTMT	0,760	0,785	0,763	0,808	0,743	0,786	0,762	0,742
SNC	-0,286	-0,287	-0,271	-0,286	-0,288	-0,287	-0,289	-0,289
SND	-0,284	-0,284	-0,268	-0,283	-0,285	-0,285	-0,287	-0,286
SNM	-0,302	-0,295	-0,290	-0,299	-0,306	-0,296	-0,310	-0,302
SNW	-0,270	-0,270	-0,254	-0,269	-0,272	-0,271	-0,274	-0,273
TAS	0,951	0,938	0,940	0,950	0,946	0,938	0,928	0,936
TAUU	0,383	0,397	0,393	0,406	0,374	0,397	0,359	0,376
TAUV	-0,024	0,000	-0,004	0,000	-0,025	-0,001	-0,043	-0,022
TS	0,955	0,940	0,942	0,951	0,951	0,941	0,932	0,939
UAS	0,644	0,651	0,645	0,666	0,635	0,652	0,629	0,629
USI	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
VAS	-0,405	-0,377	-0,380	-0,384	-0,401	-0,378	-0,415	-0,396
VSI	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
TA_1000	0,949	0,935	0,938	0,945	0,945	0,936	0,923	0,935
UA_10	-0,867	-0,861	-0,853	-0,878	-0,858	-0,862	-0,848	-0,850
VA_100	0,737	0,704	0,707	0,717	0,746	0,704	0,720	0,724
WAP_100	0,828	0,800	0,803	0,819	0,823	0,801	0,817	0,808
ZG_50	0,970	0,956	0,957	0,965	0,970	0,956	0,948	0,957

$$i) y = \alpha(Rsds) + \beta(Zg_50) + \gamma \quad (3.3)$$

Χρησιμοποιώντας τις τιμές των 2 μεταβλητών με την μορφή που εξέρχονται από το GCM γίνεται πρωταρχικά εφαρμογή της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης. Δημιουργήθηκαν 46 εμπειρικά μοντέλα, ένα για κάθε επιμέρους λεκάνη απορροής, τα οποία υπολογίζουν μελλοντικές χρονοσειρές θερμοκρασίας. Χρησιμοποιείται η θερμοκρασία της κάθε λεκάνης απορροής για την περίοδο 1980-2000 που προέκυψε από την μέθοδο της θερμοβαθμίδας και οι δύο ανεξάρτητες μεταβλητές πρόγνωσης (predictors). Με την εφαρμογή της τεχνικής αυτής δημιουργείται μια σχέση ανάμεσα στην θερμοκρασία της περιόδου 1980-2000 και στις μεταβλητές μεγάλης κλίμακας που προέρχονται από το παγκόσμιο κλιματικό μοντέλο, για κάθε επιμέρους λεκάνη απορροής που έχει τη μορφή της Εξίσωσης 3.4. Ο έλεγχος της εγκυρότητας των σχέσεων γίνεται με την τιμή του συντελεστή R^2 (Πίνακες 3.14-3.16). Μέχρι αυτό το σημείο εφαρμόστηκε κάθε δυνατός τρόπος γραμμικής παλινδρόμησης και με κάθε δυνατή μετατροπή των τιμών των μεταβλητών predictor. Διαπιστώθηκε ότι η μοναδική περίπτωση που ευνοεί τις εμπειρικές σχέσεις είναι η χρήση των μηνιαίων ψευδομεταβλητών όπως και στην περίπτωση της βροχόπτωσης. Οι μεταβολές του συντελεστή παρουσιάζονται παρακάτω ενώ και σε αυτή την περίπτωση χρησιμοποιούνται οι πρωτογενείς τιμές των δύο μεταβλητών όπως διαπιστώθηκε σε προηγούμενο στάδιο της διαδικασίας. Το τελικό μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε ήταν της μορφής :

$$T = \sum_{i=1}^{12} a_i b_i + a_{13} (Rsds) + a_{14} (Zg_50) + \gamma \quad (3.4)$$

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.14. Μεταβολές του συντελεστή r^2 των εξεταζόμενων μοντέλων στατιστικού καταβιβασμού κλίμακας της θερμοκρασίας για το υδατικό διαμέρισμα Δυτικής Ελλάδας

A/A	ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΛΕΚΑΝΗΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ R2 ΜΕ ΠΡΩΤΟΓΕΝΗ ΤΙΜΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΗΣ PREDICTAND (θερμοκρασία)	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ R2 ΜΕ ΠΡΩΤΟΓΕΝΗ ΤΙΜΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΗΣ PREDICTAND (θερμοκρασία) και ψευδομεταβλητές	ΜΕΣΟ ΥΨΟΜΕΤΡΟ (m)
1	Αγραφιώτης	0,922	0,943	289,44
2	Αχελώος	0,941	0,964	2988,93
3	Έυηνος	0,918	0,944	1164,3
4	Ίναχος	0,943	0,963	302,81
5	Κλ.Λ.Λ.Λυσιμαχίας	0,946	0,966	254,32
6	Μόρνος	0,905	0,927	974,47
7	Ταυρωπός	0,924	0,945	830,59
8	Τρικεριώτης	0,919	0,935	558,96

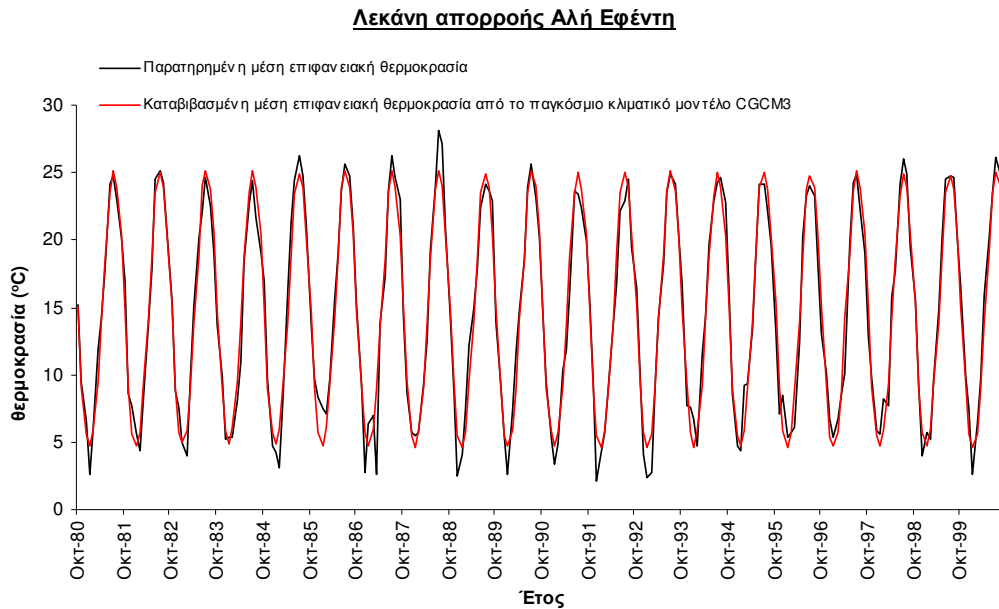
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.15. Μεταβολές του συντελεστή r^2 των εξεταζόμενων μοντέλων στατιστικού καταβιβασμού κλίμακας της θερμοκρασίας για το υδατικό διαμέρισμα Θεσσαλίας

A/A	ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΛΕΚΑΝΗΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ R2 ΜΕ ΠΡΩΤΟΓΕΝΗ ΤΙΜΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΗΣ PREDICTAND (θερμοκρασία)	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ R2 ΜΕ ΠΡΩΤΟΓΕΝΗ ΤΙΜΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΗΣ PREDICTAND (θερμοκρασία) και ψευδομεταβλητές	ΜΕΣΟ ΥΨΟΜΕΤΡΟ (m)
1	Αγχιάλος	0,945	0,967	159,5
2	Αλή Εφέντη	0,943	0,963	514,5
3	Βόλος	0,945	0,966	488,2
4	Ενπέας	0,937	0,957	339,8
5	Ζιλιανά	0,947	0,965	898,37
6	Λάρισα	0,949	0,968	201,63
7	Λαχανόρεμα	0,945	0,967	207,83
8	Μουζάκι	0,924	0,950	816,89
9	Μούρτσι	0,944	0,965	735,5
10	Ξηριάς	0,945	0,966	454,36
11	Ξηριάς Αλμυρού	0,944	0,966	533,4
12	Ξηρόρεμα	0,945	0,967	305,97
13	Πηνεϊός	0,938	0,956	191,5
14	Πηνεϊός Εκβολές	0,949	0,968	287,25
15	Πλατανόρεμα	0,944	0,965	670,4
16	Πουρί	0,949	0,967	400,55
17	Πύλη	0,924	0,949	938,5
18	Συκούριο	0,949	0,967	486,2
19	Τιταρήσις	0,948	0,967	611,44
20	Τρίκερι	0,945	0,967	158,44
21	Υπόλοιπα 1	0,948	0,967	556,9
22	Υπόλοιπα 2	0,945	0,967	313,9
23	Υπόλοιπα 4	0,945	0,967	272,4
24	Υπόλοιπα 7	0,948	0,966	625,08
25	Υπόλοιπα 8	0,945	0,967	152,17
26	Χολόρεμα	0,945	0,967	235,14

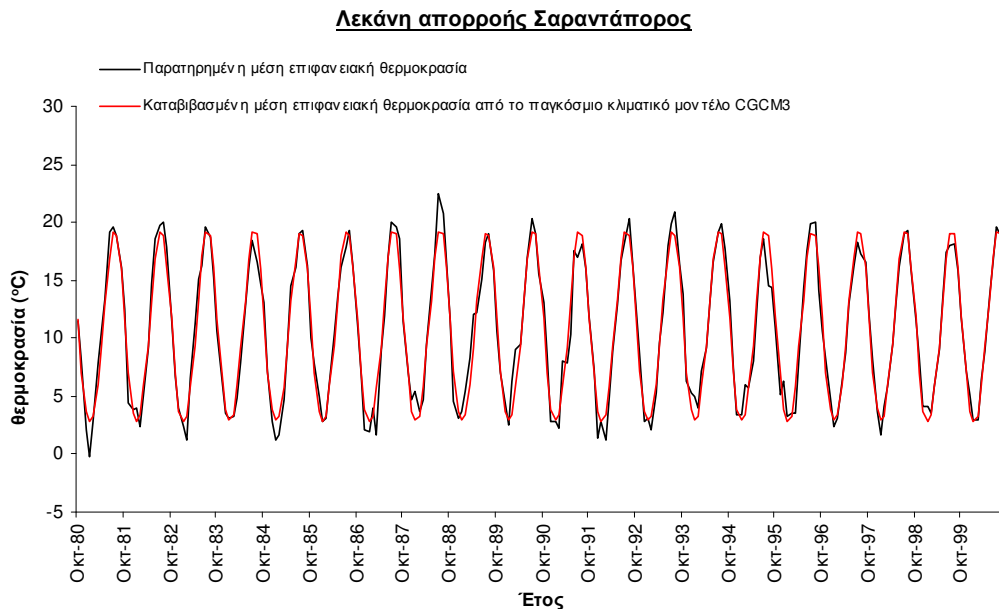
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.16. Μεταβολές του συντελεστή r^2 των εξεταζόμενων μοντέλων στατιστικού καταβιβασμού κλίμακας της θερμοκρασίας για το υδατικό διαμέρισμα Ηπείρου

A/A	ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΛΕΚΑΝΗΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ R2 ΜΕ ΠΡΩΤΟΓΕΝΗ ΤΙΜΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΗΣ PREDICTAND (θερμοκρασία)	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ R2 ΜΕ ΠΡΩΤΟΓΕΝΗ ΤΙΜΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΗΣ PREDICTAND (θερμοκρασία) και ψευδομεταβλητές	ΜΕΣΟ ΥΨΟΜΕΤΡΟ (m)
1	Άραχθος	0,856	0,883	664,520
2	Αχέροντας	0,908	0,932	438,400
3	Αώος	0,662	0,701	1279,090
4	Βοϊδομάτης	0,922	0,941	1184,420
5	Καλαμάς	0,918	0,936	494,740
6	Καλαρίτικος	0,925	0,940	1253,590
7	Καλεντίνης	0,948	0,964	632,050
8	Κέρκυρα	0,941	0,967	134,280
9	Κλ.Ιωαννίνων	0,949	0,964	668,150
10	Λούρος	0,932	0,951	358,760
11	Μετσοβίτικος	0,926	0,941	1197,620
12	Σαραντάπορος	0,942	0,959	1185,830

Στα Σχήματα 3.5-3.7 μπορεί κανείς να διαπιστώσει πόσο καλά λειτουργούν τα μοντέλα καταβιβασμού κλίμακας της θερμοκρασίας. Πράγματι τα μοντέλα αποδίδουν εξαιρετικά σε όλες τις λεκάνες απορροής των υδατικών διαμερισμάτων Θεσσαλίας, Ηπείρου και Δυτικής Ελλάδας.

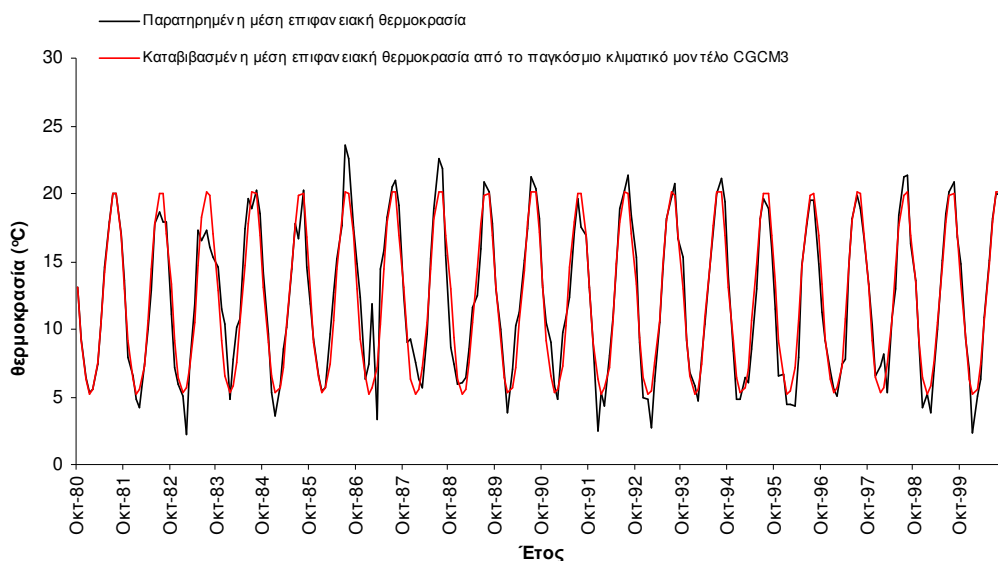


ΣΧΗΜΑ 3.5. Σύγκριση παρατηρημένης και καταβιβασμένης θερμοκρασίας από το CGCM3 για την λεκάνη απορροής Αλή Εφέντη



ΣΧΗΜΑ 3.6. Σύγκριση παρατηρημένης και καταβιβασμένης θερμοκρασίας από το CGCM3 για την λεκάνη απορροής Σαραντάπορος

Λεκάνη απορροής Μόρνος



ΣΧΗΜΑ 3.7. Σύγκριση παρατηρημένης και καταβιβασμένης θερμοκρασίας από το CGCM3 για την λεκάνη απορροής Μόρνος

Είναι σαφές ότι το μοντέλο προσομοιώνει εξαιρετικά την παρατηρημένη μέση επιφανειακή θερμοκρασία σε όλες τις επιμέρους λεκάνες απορροής. Ωστόσο δεν αναπαράγει σε ικανοποιητικό βαθμό τις πολύ ακραίες τιμές θερμοκρασίας, υπάρχουν δηλαδή διαφορές ανάμεσα στην παρατηρημένη και καταβιβασμένη θερμοκρασία όπως και στην περίπτωση της βροχόπτωσης. Οι διαφορές αυτές καλούνται υπόλοιπα θερμοκρασίας και προσομοιώνονται μαζί με τα υπόλοιπα βροχόπτωσης που προαναφέρθηκαν με μια στοχαστική μεθοδολογία η οποία περιγράφεται σε επόμενο κεφάλαιο. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι έγινε προσπάθεια να δημιουργηθεί ένα μοναδικό μοντέλο γενικευμένης πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης, δηλαδή διατηρώντας σταθερές τιμές παραμέτρων να μπορεί να εφαρμόζεται με επιτυχία σε όλες τις λεκάνες και των τριών υδατικών διαμερισμάτων. Ωστόσο αυτό δεν κατέστη δυνατό διότι οι μεταβολές των συντελεστών συσχέτισης δεν το επέτρεψαν. Έτσι εφαρμόστηκε το μοντέλο της Εξίσωσης 3.4 με διαφορετικές παραμέτρους σε κάθε λεκάνη και οι τιμές των παραμέτρων αυτών παρουσιάζονται στους Πίνακες 3.17, 3.18 και 3.19.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.17. Τιμές των παραμέτρων των μοντέλων πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης της θερμοκρασίας στο υδατικό διαμέρισμα Θεσσαλίας

A/A	ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΛΕΚΑΝΗΣ	Rads	Zg_50	b1	b2	b3	b4	b5	b6	b7	b8	b9	b10	b11	b12	γ
1	Αιχμάλιος	0.006	0.002	1,200	4,333	9,110	13,370	16,330	16,765	15,151	10,382	6,024	2,094	0,320	0,000	-24,630
2	Αιη Ερένη	0.009	-0.001	0,978	4,453	9,754	14,429	17,319	18,157	16,932	12,371	8,081	3,680	0,791	0,000	15,492
3	Βόλος	0.006	0.002	1,095	3,941	8,281	12,151	14,840	15,237	13,779	9,436	5,470	1,892	0,284	0,000	-25,883
4	Ενπίδας	0.006	-0.002	1,276	4,896	10,686	15,706	18,719	18,994	17,530	12,773	8,367	3,653	1,271	0,000	54,309
5	Ζλιανά	0.007	0.002	0,872	3,597	7,748	11,186	13,679	14,348	13,389	9,348	5,659	2,335	0,587	0,000	-35,802
6	Λάρσα	0.009	0.002	1,080	4,506	9,708	14,031	17,159	17,987	16,747	11,707	7,097	2,949	0,755	0,000	-33,915
7	Λαγονόρμα	0.006	0.002	1,185	4,276	8,988	13,191	16,111	16,541	14,949	10,243	5,942	2,065	0,315	0,000	-24,985
8	Μουζάκι	0.002	-0.002	0,738	4,172	9,297	14,608	18,102	18,489	15,024	10,750	6,352	1,946	0,080	0,000	48,352
9	Μουρακι	0.006	0.002	1,008	3,612	7,587	11,130	13,593	13,956	12,629	8,643	5,006	1,724	0,253	0,000	-26,765
10	Ξηρός	0.006	0.002	1,106	3,981	8,367	12,276	14,994	15,394	13,920	9,533	5,527	1,913	0,288	0,000	-25,775
11	Ξηρας Αιμυρού	0.006	0.002	1,081	3,887	8,167	11,983	14,636	15,027	13,590	9,306	5,394	1,865	0,279	0,000	-26,028
12	Ξηροίμα	0.006	0.002	1,153	4,158	8,741	12,827	15,666	16,084	14,539	9,960	5,777	2,004	0,304	0,000	-25,299
13	Πηγάδες	0.010	0.001	0,986	4,584	9,982	14,031	16,761	17,236	16,324	11,847	7,529	3,323	0,927	0,000	-9,146
14	Πηγάδες Εξβολές	0.009	0.002	1,055	4,394	9,467	13,681	16,731	17,539	16,334	11,417	6,921	2,874	0,734	0,000	-34,147
15	Πλατανόρμα	0.006	0.002	1,037	3,723	7,822	11,475	14,015	14,389	13,018	8,911	5,163	1,781	0,264	0,000	-26,467
16	Πουρί	0.008	0.002	1,021	4,246	9,149	13,218	16,165	16,948	15,788	11,033	6,687	2,774	0,707	0,000	-34,454
17	Πύλη	0.002	-0.002	0,712	4,031	8,980	14,108	17,482	17,836	14,511	10,386	6,141	1,891	0,085	0,000	48,889
18	Σκοκίριο	0.008	0.002	0,995	4,135	8,908	12,869	15,738	16,500	15,375	10,743	6,510	2,698	0,686	0,000	-34,685
19	Ταπράσιος	0.008	0.002	0,957	3,971	8,555	12,357	15,112	15,846	14,772	10,319	6,251	2,588	0,656	0,000	-35,025
20	Τρικερι	0.006	0.002	1,200	4,335	9,112	13,374	16,335	16,770	15,155	10,385	6,026	2,095	0,320	0,000	-24,827
21	Υπόλοισ 1	0.008	0.002	0,974	4,043	8,709	12,580	15,385	16,131	15,035	10,504	6,364	2,636	0,669	0,000	-34,877
22	Υπόλοισ 2	0.006	0.002	1,151	4,149	8,721	12,797	15,630	16,047	14,506	9,938	5,764	1,999	0,303	0,000	-25,325
23	Υπόλοισ 4	0.006	0.002	1,164	4,198	8,825	12,951	15,818	16,240	14,680	10,057	5,833	2,025	0,308	0,000	-25,192
24	Υπόλοισ 7	0.008	0.002	0,953	3,954	8,517	12,302	15,044	15,775	14,706	10,273	6,223	2,576	0,653	0,000	-35,062
25	Υπόλοισ 8	0.007	0.002	1,202	4,342	9,128	13,397	16,363	16,800	15,182	10,403	6,036	2,099	0,321	0,000	-24,807
26	Χλόρμα	0.006	0.002	1,176	4,243	8,919	13,089	15,987	16,414	14,835	10,164	5,896	2,048	0,312	0,000	-25,073

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.18. Τιμές των παραμέτρων των μοντέλων πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης της θερμοκρασίας στο υδατικό διαμέρισμα Ηπείρου

A/A	ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΛΕΚΑΝΗΣ	Rads	Zg_50	b1	b2	b3	b4	b5	b6	b7	b8	b9	b10	b11	b12	γ
1	Αραβός	-0.001	-0.006	0,332	4,264	9,830	14,521	18,379	18,283	15,571	11,073	6,567	2,899	0,292	0,000	116,650
2	Αιχμάλιος	0.002	-0.003	1,140	4,146	8,696	12,396	15,331	15,219	12,807	9,475	5,540	2,685	0,678	0,000	67,742
3	Αιός	-0.030	-0.002	-0,467	2,779	8,391	14,155	19,311	21,017	18,518	14,447	9,873	6,717	2,442	0,000	56,714
4	Βαδομάτος	0.003	0.000	0,567	3,096	6,843	9,833	12,367	12,355	10,444	7,331	4,164	2,089	0,341	0,000	4,027
5	Καλαμάς	0.005	0.001	0,797	4,045	8,389	11,606	14,339	14,165	11,861	8,716	4,983	2,224	0,397	0,000	-11,253
6	Καλαμπόκος	0.008	0.007	0,375	2,308	5,110	7,490	9,627	9,297	7,896	5,170	2,195	0,533	-0,180	0,000	-130,019
7	Καλεπίνης	0.004	0.003	0,830	3,144	6,706	9,597	11,986	11,902	10,586	7,825	4,388	1,955	0,394	0,000	-46,992
8	Κίερα	0.005	0.001	1,210	4,095	8,137	11,467	14,591	14,494	12,203	8,503	4,362	1,541	0,221	0,000	-10,832
9	Κλιωνίνικων	0.005	0.001	0,822	4,123	8,945	12,259	16,568	16,903	14,627	10,630	6,332	3,032	0,810	0,000	-19,732
10	Λαός	0.003	0.003	0,866	3,311	6,788	9,363	11,990	11,811	9,820	7,060	3,897	1,460	0,159	0,000	-53,626
11	Μεταβίβλος	0.008	0.007	0,388	2,405	5,326	7,811	10,035	9,689	8,235	5,402	2,312	0,576	-0,153	0,000	-130,572
12	Σαραντάπορος	0.003	0.002	0,815	3,872	8,115	11,912	14,385	14,487	12,539	9,150	5,600	2,504	0,232	0,000	-28,536

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.19. Τιμές των παραμέτρων των μοντέλων πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης της θερμοκρασίας στο υδατικό διαμέρισμα Δυτικής Ελλάδας

A/A	ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΛΕΚΑΝΗΣ	Rads	Zg_50	b1	b2	b3	b4	b5	b6	b7	b8	b9	b10	b11	b12	γ
1	Αγραπώνης	0.007	0.002	1,038	3,717	8,077	11,283	13,394	13,607	12,203	8,483	5,310	1,697	0,086	0,000	-30,992
2	Αιχμάλιος	-0.001	0.001	0,867	4,147	9,300	13,210	16,105	15,875	12,838	9,305	5,783	2,198	0,175	0,000	-14,608
3	Εύηνος	0.005	0.002	1,128	4,947	10,650	14,852	18,127	18,053	15,317	10,775	5,666	1,293	-0,631	0,000	-44,682
4	Ινάσιος	0.003	0.004	0,752	3,682	8,229	11,896	14,725	14,500	12,242	8,414	4,658	1,588	-0,159	0,000	-69,018
5	Κι.Λι.Λι.Λυσαμαχίας	0.005	0.001	1,042	3,931	8,230	11,937	14,794	15,091	13,521	9,852	5,528	2,202	0,427	0,000	-16,384
6	Μόρνος	0.007	0.001	1,196	3,732	7,022	10,080	12,570	12,329	10,541	7,603	4,146	1,327	0,054	0,000	-13,559
7	Ταυρωτός	0.007	0.002	1,187	4,295	9,345	13,082	15,425	15,801	14,250	9,856	6,175	1,994	0,099	0,000	-31,786
8	Τρικερώνης	0.008	0.006	0,682	2,527	5,448	7,457	9,035	8,937	7,759	5,238	2,871	0,715	-0,727	0,000	-120,796

3.2.3 Στοχαστική προσομοίωση υπολοίπων βροχόπτωσης και θερμοκρασίας

Η υδρολογική αβεβαιότητα αποτελεί ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά των συστημάτων υδατικών πόρων, η οποία καθιστά τη διαχείρισή τους ιδιαίτερα δύσκολη. Η αδυναμία περιγραφής των υδρολογικών διεργασιών με χρήση συμβατικών μεθόδων προσδιοριστικής υδρολογικής ανάλυσης έχει οδηγήσει στην εναλλακτική θεώρησή τους ως τυχαίων μεταβλητών και την αντιμετώπισή τους με τη θεωρία πιθανοτήτων. Η πιθανοτική-στοχαστική θεώρηση δίνει απαντήσεις ως προς τη χρονική πρόγνωση των φαινομένων, ποσοτικοποιώντας την αβεβαιότητα γύρω από την εξέλιξή τους. Τα στοχαστικά μοντέλα προσομοιώνουν τη χωρική και χρονική αλληλεξάρτηση των υδρολογικών μεταβλητών. Η χωρική εξάρτηση οφείλεται στην κοινή υδρολογική διαίτα γειτονικών θέσεων ή λεκανών, ενώ η χρονική εξάρτηση οφείλεται στην αυτοσυσχέτιση όλων των υδρολογικών (και γενικότερα των γεωφυσικών) διεργασιών. Τα μοντέλα αυτά περιγράφονται από παραμέτρους, οι οποίες εκτιμώνται με βάση τα στατιστικά χαρακτηριστικά των ιστορικών υδρολογικών χρονοσειρών. Τα στοχαστικά μοντέλα χρησιμοποιούνται για τη γέννηση μεγάλου μήκους συνθετικών χρονοσειρών, οι οποίες αναπαράγουν τη στατιστική δομή και τα χαρακτηριστικά των ιστορικών δεδομένων. Η χρήση συνθετικών χρονοσειρών σε προγράμματα διαχείρισης υδατικών συστημάτων επιτρέπει τη διερεύνηση της λειτουργίας τους για μεγάλο πλήθος υδροκλιματικών καταστάσεων. Με τον τρόπο αυτό ποσοτικοποιείται η αβεβαιότητα ως προς την εξέλιξη της φυσικής διαθεσιμότητας του νερού και παρέχεται η δυνατότητα εξαγωγής ασφαλών συμπερασμάτων ως προς την επίδοση και αξιοπιστία του υπό εξέταση υδροσυστήματος.

Στοχαστικές μετεωρολογικές προσομοιώσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως δεδομένα εισόδου σε υδρολογικές και οικολογικές εφαρμογές για την ποσοτικοποίηση της αβεβαιότητας σε περιβαλλοντικά συστήματα που συνδέονται με την κλιματική μεταβλητότητα (Salas, 1993). Εν ολίγοις, οι στοχαστικές προσομοιώσεις του κλίματος είναι τυχαίοι αριθμοί που έχουν τροποποιηθεί ώστε να έχουν τα ίδια χαρακτηριστικά (όσον αφορά τη μέση τιμή, διασπορά, ασυμμετρία, κύρτωση, μακράς διάρκειας ανθεκτικότητας ή εμμονής, κλπ.), όπως τα ιστορικά στοιχεία από τα οποία βασίζονται. Κάθε στοχαστική σειρά (replicate or sequence) είναι διαφορετική και έχει διαφορετικά χαρακτηριστικά σε σύγκριση με τα ιστορικά στοιχεία, αλλά ο μέσος όρος του κάθε χαρακτηριστικού από όλες τις στοχαστικές σειρές (επαναλήψεις) είναι το ίδιο με τα ιστορικά δεδομένα (Box et al., 2008).

Χρησιμοποιώντας ιστορικά δεδομένα του κλίματος ως εισροές σε υδρολογικά μοντέλα, σημαίνει ότι τα αποτελέσματα βασίζονται σε μία μόνο υλοποίηση του παρελθόντος κλίματος. Χρονοσειρές που έχουν προκύψει από στοχαστική προσομοίωση των ιστορικών δεδομένων προβλέπουν εναλλακτικές υλοποιήσεις που είναι εξίσου πιθανό να συμβούν, και συνεπώς μπορούν να αξιοποιηθούν σε υδρολογικές και οικολογικές εφαρμογές για την ποσοτικοποίηση της αβεβαιότητας σε περιβαλλοντικά συστήματα που συνδέονται με την κλιματική μεταβλητότητα. Τα δεδομένα στοχαστικών προσομοιώσεων χρησιμοποιούνται παραδοσιακά στην ανάλυση της απόδοσης ταμιευτήρων για δεδομένες απολήψεις και επιθυμητές ζήτησεις, ή για να εκτιμηθεί η αξιοπιστία του συστήματος για ένα συγκεκριμένο όγκο αποθήκευσης και τα χαρακτηριστικά της ζήτησης. Στοχαστικά δεδομένα του υφιστάμενου (ιστορικού) κλίματος μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν ως εισροές σε όλα τα μοντέλα διαχείρισης υδατικών πόρων για την εκτίμηση της αξιοπιστίας του συστήματος (π.χ., τα ποσά κατανομής των υδάτινων πόρων για τις διάφορες χρήσεις νερού, για τα εναλλακτικά σενάρια κατανομής της προσφοράς και ζήτησης και για διάφορες διαχειριστικές πρακτικές).

Ο σκοπός της παρούσας μελέτης είναι να εφαρμόσει στοχαστικά μοντέλα στα υπόλοιπα της βροχόπτωσης και της θερμοκρασίας που προέκυψαν από τον στατιστικό καταβιβασμό ώστε να είναι κατάλληλα για τη στοχαστική σύνθεση και αναπαραγωγή των ετήσιων και μηνιαίων μετεωρολογικών δεδομένων (βροχόπτωση, θερμοκρασία και δυνητική εξατμισοδιαπνοή). Οι στόχοι της μελέτης είναι με την έρευνα της βιβλιογραφίας να προσδιορίσει τις τελευταίες εξελίξεις στη στοχαστική παραγωγή μετεωρολογικών δεδομένων και να συστήσει μοντέλα ή και πρότυπα που εκτελούν με ικανοποιητικό τρόπο την προσομοίωση και σύνθεση στοχαστικών χρονοσειρών των μετεωρολογικών μεταβλητών.

Μέχρι σήμερα υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός στοχαστικών μοντέλων διαθέσιμα στη βιβλιογραφία για στοχαστική προσομοίωση χρονοσειρών, όμως τα περισσότερα στοχαστικά μοντέλα δεν έχουν δοκιμαστεί επαρκώς όσον αφορά τα χαρακτηριστικά σε διαφορετικές κλίμακες χρόνου ή σε διάφορες χωρικές θέσεις με διαφορετικά κλιματικά χαρακτηριστικά. Για παράδειγμα, ένα σωστό ημερήσιο στοχαστικό μοντέλο πρέπει να εξασφαλίζει και την ακρίβεια των μηνιαίων και ετήσιων στατιστικών χαρακτηριστικών εκτός από την ακριβή προσομοίωση των ημερήσιων στατιστικών χαρακτηριστικών. Στο παρελθόν, όλα τα μοντέλα αναπαραγωγής χρονοσειρών μετεωρολογικών δεδομένων

βασίζονταν στη μη διακύμανση των παραμέτρων μεταξύ των ετών. Μόνο οι εποχιακές ή μηνιαίες παραλλαγές μέσα σε ένα έτος λαμβάνονταν υπόψη και οι ίδιες τιμές παραμέτρων χρησιμοποιούνταν για όλα τα έτη. Υπάρχει μια αυξανόμενη συνειδητοποίηση της μακροπρόθεσμης εμμονής στα κλιματολογικά στοιχεία υπό μορφή υγρών και ξηρών ετών και για να ληφθούν αυτές οι πληροφορίες υπόψη, πρέπει οι παράμετροι των μοντέλων να μεταβάλλονται λαμβάνοντας υπόψη τη μακροπρόθεσμη εμμονή. Μια άλλη σημαντική πτυχή που δεν έλαβε πολλή προσοχή στο παρελθόν είναι η ποσοτικοποίηση της αβεβαιότητας στις παραμέτρους των στοχαστικών μοντέλων. Οι πρόσφατες εξελίξεις στη Bayesian ανάλυση όπως η μέθοδος Μόντε Κάρλο Ανελίζεις Markov (Markov Chain Monte Carlo method) που χρησιμοποιούνται μαζί με τα στοχαστικά μοντέλα σύνθεσης χρονοσειρών (Thyer and Kuczera, 2000; Wang and Nathan, 2007) πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στη στοχαστική προσομοίωση χρονοσειρών.

Ο γενικός στόχος της έρευνας είναι η ανάπτυξη κατάλληλων στοχαστικών μοντέλων για την προσομοίωση μετεωρολογικών δεδομένων (βροχόπτωση, θερμοκρασία) για μεσογειακά κλίματα όπου ταξινομείται και το κλίμα της Ελλάδας, για διαφορετικές κλίμακες χρόνου και να ποσοτικοποιήσει τις αβεβαιότητες των προτεινόμενων μοντέλων. Η παρούσα έκθεση καλύπτει μόνο την συνθετική παραγωγή βροχόπτωσης και άλλων μετεωρολογικών μεταβλητών από ετήσιο μέχρι το μηνιαίο χρονικό βήμα για μεμονωμένα πεδία εφαρμογής (single site analysis) όπως είναι οι επιφανειακές τιμές βροχόπτωσης και θερμοκρασίας μιας λεκάνης απορροής. Η χωρική συσχέτιση γειτονικών σημειακών κλιματικών δεδομένων δεν λήφθηκε υπόψη στη μελέτη αυτή.

Η συνθετική παραγωγή χρονοσειρών των βροχοπτώσεων και άλλων μεταβλητών του κλίματος (π.χ. θερμοκρασία, σχετική υγρασία, ηλιοφάνεια) χρειάζεται ποικίλα μοντέλα, ανάλογα με τη χρονική και χωρική κλίμακα που εμπλέκονται. Οι Cox and Isham (1994) παρουσίασαν τρεις γενικούς τύπους μοντέλων βροχής, τα εμπειρικά-στατιστικά μοντέλα, μοντέλα της δυναμικής μετεωρολογίας και ενδιάμεσα στοχαστικά μοντέλα. Η ιδέα πίσω από την ταξινόμηση σχετίζεται με το ποσό των φυσικών διεργασιών που έχει ενσωματωθεί στη δομή των μοντέλων. Στα εμπειρικά-στατιστικά μοντέλα, εμπειρικά στοχαστικά μοντέλα προσαρμόζονται στα διαθέσιμα μετεωρολογικά δεδομένα. Τα μοντέλα για την παραγωγή ετήσιων, μηνιαίων και ημερήσιων τιμών βροχόπτωσης και μετεωρολογικών μεταβλητών είναι αυτού του τύπου. Στα μοντέλα της δυναμικής μετεωρολογίας, μεγάλα συστήματα μη γραμμικών μερικών διαφορικών εξισώσεων, που

αντιπροσωπεύουν αρκετά ρεαλιστικά τις φυσικές διεργασίες, επιλύονται αριθμητικά. Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούνται γενικά για την πρόγνωση του καιρού όχι για αναπαραγωγή συνθετικών δεδομένων. Στα ενδιάμεσα στοχαστικά μοντέλα, ένας αριθμός των παραμέτρων χρησιμοποιούνται για να αντιπροσωπεύουν τη διαδικασία της βροχόπτωσης, με σκοπό οι παράμετροι να σχετίζονται με τις φυσικές διεργασίες. Οι τύποι των ενδιάμεσων στοχαστικών μοντέλων χρησιμοποιούνται για την ανάλυση των μετεωρολογικών δεδομένων σε λεπτότερη χρονική κλίμακα π.χ. ωριαία. Τα μοντέλα που εξετάζονται σε αυτή την μελέτη είναι τα εμπειρικά-στατιστικά μοντέλα και εφαρμόστηκαν για τη συνθετική προσομοίωση και αναπαραγωγή μηνιαίων τιμών υπολοίπων βροχόπτωσης και θερμοκρασίας όπως προέκυψαν από τα αποτελέσματα του στατιστικού καταβιβασμού του υφιστάμενου κλίματος για τις εξεταζόμενες λεκάνες απορροής. Για την εκτίμηση της αβεβαιότητας των χρονοσειρών των υπολοίπων και η δυνητική εξατμισοδιαπνοή υπολογισμένη κατά Thornthwaite προστέθηκε για την στοχαστική αναπαραγωγή του υφιστάμενου κλίματος.

i) Στοχαστικά μοντέλα στα κλιματικά δεδομένα

Η βασική χρήση των κλιματικών (ή μετεωρολογικών) δεδομένων σε συνδυασμό με τα δεδομένα βροχόπτωσης είναι ότι αποτελούν τα δεδομένα εισόδου για την προσομοίωση του φαινομένου βροχής-απορροής, της ανάπτυξης των καλλιεργειών και των συστημάτων διαχείρισης υδατικών πόρων. Τα περισσότερα υδρολογικά μοντέλα για να περιγράψουν τις διαδικασίες του υδρολογικού κύκλου χρειάζονται ως δεδομένα εισόδου εκτός από βροχόπτωση και δυνητική εξατμισοδιαπνοή ή εξάτμιση. Επίσης πολλά από τα υδρολογικά μοντέλα χρειάζονται και δεδομένα θερμοκρασίας για να προσομοιώσουν τις διαδικασίες συσσώρευσης και τήξης του χιονιού. Τα μοντέλα ανάπτυξης και προσομοίωσης των καλλιεργειών χρειάζονται μαζί με δεδομένα βροχοπτώσεων καθαρή ακτινοβολία ή εξάτμιση για τον υπολογισμό εισροών ενέργειας στο ενεργειακό ισοζύγιο. Στην προσομοίωση των αρδευτικών αναγκών και γενικά σε έργα διαχείρισης υδατικών πόρων δεδομένα εξάτμισης ή δυνητικής εξατμισοδιαπνοής είναι και πάλι απαραίτητα.

Η περίοδος των ιστορικών κλιματικών δεδομένων είναι συνήθως αρκετά μικρή για να περιγράψει την μεταβλητότητα που μπορεί να παρουσιάσει κατά τη διάρκεια της

ζωής του ένα υδροτεχνικό έργο ή ένα εγχειοβελτιωτικό σχέδιο. Ένα φράγμα π.χ. σχεδιάζεται ώστε ο εκχειλιστής να αντέχει πλημμυρικές παροχές που έχουν περίοδο επαναφοράς μεγαλύτερη των 100 ετών. Με τη χρήση των στατιστικών χαρακτηριστικών των ιστορικών δεδομένων, είναι δυνατόν να δημιουργηθούν πολλές χρονοσειρές των δεδομένων που αντιπροσωπεύουν καλύτερα τη μεταβλητότητα του κλίματος. Τα στοχαστικά παραγόμενα δεδομένα έχουν γίνει ένα σημαντικό εργαλείο στο σχεδιασμό και τη διαχείριση των υδατικών και των εδαφικών πόρων. Τα διαχειριστικά σενάρια στους υδατικούς πόρους αξιολογούνται πιο εύκολα με τη χρήση στοχαστικών δεδομένων και είναι πιο εύκολη η εκτίμηση της αβεβαιότητας του σεναρίου. Η χρήση των συνθετικών δεδομένων που προέκυψαν από στοχαστική προσομοίωση γενιά δεν προσθέτει πληροφορίες στην ιστορική περίοδο. Όμως, λαμβάνοντας υπόψη τη στοχαστική φύση των ιστορικών κλιματικών δεδομένων μπορούμε να έχουμε μια εκτίμηση της αβεβαιότητας που υπεισέρχονται στις προσομοιώσεις των υδατικών συστημάτων.

Ένα ουσιαστικό χαρακτηριστικό γνώρισμα των μοντέλων για την παραγωγή περισσότερες από μια κλιματική μεταβλητή είναι ότι οι συσχετίσεις μεταξύ των μεταβλητών πρέπει να διατηρούνται για όλη την περίοδο μελέτης. Μέχρι σήμερα, διάφορα μοντέλα αναπαραγωγής κλιματικών δεδομένων έχουν αναπτυχθεί (Srikanthan and McMahon, 2001). Αυτή η μελέτη ασχολείται ουσιαστικά με τη δοκιμή και/την ανάπτυξη των μοντέλων που προτείνονται στη βιβλιογραφία για μεσογειακά κλίματα για τις τρεις βασικές μεταβλητές που αποτελούν δεδομένα εισόδου σε υδρολογικές, υδραυλικές και εγχειοβελτιωτικές μελέτες: βροχόπτωση, θερμοκρασία και εξάτμιση (ή εξατμισοδιαπνοή) για ετήσιες και μηνιαίες χρονικές κλίμακες. Τα μοντέλα εφαρμόζονται για τα υπόλοιπα της βροχόπτωσης και της θερμοκρασίας όπως προέκυψαν από τον στατιστικό καταβιβασμό και για για όλες τις λεκάνες απορροής της Θεσσαλίας, Ηπείρου και Δυτικής Στερεάς Ελλάδας για 20 υδρολογικά έτη (1981-2000) για υπόλοιπα βροχόπτωσης, υπόλοιπα μέσης θερμοκρασίας και τιμές δυνητικής εξατμισοδιαπνοής υπολογισμένες με τον τύπο του Thornthwaite.

Αναπαραγωγή Ετήσιων Κλιματικών Δεδομένων. Παραδόξως, πολύ λίγη δουλειά έχει γίνει από το 1985 και μετά σε στοχαστική σύνθεση και παραγωγή συνθετικών ετήσιων και μηνιαίων χρονοσειρών βροχοπτώσεων που βασίζονται σε ιστορικά δεδομένα βροχόπτωσης (Srikanthan and McMahon, 2001). Ωστόσο, η παραγωγή των ετήσιων και

μηνιαίων χρονοσειρών απορροής είναι κατάλληλες για προσομοίωση λεκανών απορροής και σε μελέτες διαχείρισης υδατικών πόρων και ως εκ τούτου περιλαμβάνονται στη μελέτη (Salas et al., 1980). Ακόμα κι αν τα παραγμένα ετήσια στοιχεία βροχοπτώσεων έχουν μικρή άμεση εφαρμογή, η μοντελοποίηση των ετήσιων στοιχείων βροχοπτώσεων εξυπηρετεί δύο σκοπούς. Πρώτον, επιτρέπει τη κατανόηση της στοχαστικής φύσης των ετήσιων δεδομένων βροχόπτωσης και τις επιπτώσεις τους για μεγάλες περιόδους ξηρών και υγρών περιόδων βροχοπτώσεων. Αυτή η κατανόηση είναι απαραίτητη για τη διαχείριση των υδατικών συστημάτων κατά τη διάρκεια των ξηρών περιόδων βροχοπτώσης. Δεύτερον, τα στοχαστικά μοντέλα θα πρέπει να διατηρούν τις στατιστικές παράμετροι τους σε διάφορες χρονικές κλίμακες. Ένα καλό και αξιόπιστο μοντέλο αναπαραγωγής ετήσιας βροχόπτωσης επιτρέπει τον επιμερισμό (disaggregation) των ετήσιων τιμών σε μηνιαίες τιμές βροχόπτωσης. Σε αυτή την περίπτωση, τα ετήσια δεδομένα αποτελούν δεδομένα εισόδου σε διάφορα συστήματα καταμερισμού μικρότερης χρονικής κλίμακας (π.χ. μηνιαίας).

Μέχρι σήμερα, η στοχαστική αναπαραγωγή ετήσιων τιμών βροχόπτωσης βασίζεται σε τρεις μεθοδολογίες που περιγράφονται παρακάτω:

- AR(1) Model without parameter uncertainty. Οι Srikanthan and McMahon (1985) πρότειναν ένα μοντέλο Markov πρώτης τάξης ενσωματώνοντας τον μετασχηματισμό Wilson-Hilferty για αναπαραγωγή ετήσιων τιμών βροχόπτωσης.
- AR(1) Model with parameter uncertainty. Βασίζεται στην προηγούμενη μεθοδολογία αλλά χρησιμοποιεί τον μετασχηματισμό Box-Cox.
- Hidden State Markov (HSM) model: Οι Thyer and Kuczera (2000) ανέπτυξαν ένα μοντέλο Markov κρυμμένης κατάστασης (hidden state) με τεχνικές Bayesian inference για αναπαραγωγή συνθετικών ετήσιων τιμών βροχόπτωσης. Το μοντέλο υποθέτει ότι το κλίμα αποτελείται από δύο καταστάσεις (ακολουθίες) το ξηρό κλίμα (έτος χαμηλής βροχόπτωσης) ή υγρό κλίμα (βροχερό έτος). Κάθε κατάσταση έχει διαφορετικές κανονικές κατανομές βροχόπτωσης. Η μετάβαση από τη μία κατάσταση στην άλλη γίνεται με πιθανότητες μετάβασης (transition probabilities). Αν οι πιθανότητες μετάβασης είναι αρκετά χαμηλές τότε το κλίμα μπορεί να παραμείνει σε μια κατάσταση για πολλά έτη. Έτσι το μοντέλο HSM μπορεί να προσομοιώνει σχεδόν περιοδικά (quasi-periodic) φαινόμενα όπως το El-Nino.

Στην παρούσα μελέτη εφαρμόστηκε το μοντέλο AR(1) χωρίς αβεβαιότητα παραμέτρων για προσομοίωση και αναπαραγωγή συνθετικών ετήσιων χρονοσειρών βροχόπτωσης (Srikanthan and McMahon, 1985). Εφαρμογή του μοντέλου αυτού σε επιλεγμένους σταθμούς βροχόπτωσης στη Θεσσαλία έδειξε ότι αποτελεί μια αξιόπιστη λύση για στοχαστική αναπαραγωγή ετήσιας βροχόπτωσης και θερμοκρασίας για διάφορα μεσογειακά και ηπειρωτικά κλίματα και για ικανοποιητική προσομοίωση ξηρών και υγρών ετών και διατήρηση της μακροχρόνιας εμμονής (Βασιλειάδης, 2010). Το μοντέλο AR(1) Model είναι ένα αυτοπαλίνδρομο υπόδειγμα (autoregressive) 1^{ης} τάξης και χρησιμοποιείται για τη δημιουργία ετήσιων βροχομετρικών δεδομένων. Το μοντέλο AR(1) αντιλαμβάνεται την ετήσια βροχόπτωση ως εξαρτώμενη από το προηγούμενο χρονικό βήμα μόνο, με ένα προστιθέμενο τυχαίο Gaussian κομμάτι (component). Οι ετήσιες τιμές των υπολοίπων της βροχόπτωσης αλλά και οι ετήσιες τιμές της θερμοκρασίας παρουσιάζουν μικρή διακύμανση και προσομοιώνουν τις περισσότερες φορές την κανονική κατανομή. Η χρονική εξάρτηση του μοντέλου AR(1) μπορεί να γραφεί ως:

$$X_t = r_1(X_{t-1}) + (1 - r^2) - \eta_t \quad (3.5)$$

όπου X_t είναι τα μετασχηματισμένα κανονικοποιημένα υπόλοιπα βροχόπτωσης στο χρονικό βήμα t , r ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης 1^{ης} τάξης, και η_t μία κανονική (Gaussian) τυχαία μεταβλητή με μέσο όρο μηδέν και διασπορά ίση με 1. Τα ετήσια υπόλοιπα βροχόπτωσης υπολογίζονται ως:

$$x_t = \bar{X} + sX_t \quad (3.6)$$

όπου x_t τα υπόλοιπα βροχόπτωσης στο χρόνο t , \bar{X} τα μέσα ετήσια υπόλοιπα βροχόπτωσης και s η τυπική απόκλιση των ετησίων υπολοίπων βροχόπτωσης. Αν τα ετήσια υπόλοιπα δεν ακολουθούν την κανονική κατανομή, η ασυμετρία στα δεδομένα προσομοιώνεται με τον μετασχηματισμό Wilson-Hilferty:

$$\varepsilon_t = \frac{2}{g_\varepsilon} \left[\left(1 + \frac{g_\varepsilon \eta_t}{6} - \frac{g_\varepsilon^2}{36} \right)^3 - 1 \right] \quad (3.7)$$

όπου g_ε η ασυμετρία της ε_t που συσχετίζεται με την ασυμμετρία των ετησίων υπολοίπων βροχόπτωσης μέσω της σχέσης:

$$g_\varepsilon = \frac{(1-r^3)}{(1-r^2)^{3/2}} g \quad (3.8)$$

Επειδή ο συντελεστής μεταβλητότητας (C_v), ο συντελεστής ασυμμετρίας (C_s), και ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης (r_1) 1^{ης} τάξης των ετησίων κλιματικών δεδομένων (ετήσια υπόλοιπα βροχόπτωσης, ετήσια υπόλοιπα θερμοκρασίας και ετήσιες τιμές δυνητικής εξατμισοδιαπνοής) είναι αρκετά μικροί ($C_v < 0.5$, $C_s < 1$ and $r_1 < 0.5$) ένα πρώτης τάξης αυτοπαλίνδρομο μοντέλο πολλών μεταβλητών είναι ικανοποιητικό για την προσομοίωση και αναπαραγωγή των κλιματικών δεδομένων. Βασική προϋπόθεση είναι τα δεδομένα να προσομοιώνουν την κανονική κατανομή και γι' αυτό γίνεται η χρήση του μετασχηματισμού Wilson-Hilferty (1931). Επειδή τα κλιματικά δεδομένα συσχετίζονται μεταξύ τους (cross correlation) ένα 1^{ης} τάξης αυτοπαλίνδρομο μοντέλο πολλών μεταβλητών (first order autoregressive multivariate model) πρέπει να χρησιμοποιηθεί που να διατηρεί τις αυτοσυσχετίσεις και τις συσχετίσεις μεταξύ των μεταβλητών. Ένα τέτοιο μοντέλο πολλών μεταβλητών έχει την ακόλουθη μορφή:

$$X_t = AX_{t-1} + B\varepsilon_t \quad (3.9)$$

όπου X_t ένας (3x1) Πίνακας των κανονικοποιημένων κλιματικών δεδομένων για το έτος t , A και B οι (3x3) Πίνακες συντελεστών για τη διατήρηση των συσχετίσεων, και ε_t το τυχαίο τμήμα με μέσο 0 και διασπορά ίση με 1 (γνωστό και ως λευκός θόρυβος)

Οι Πίνακες A και B προσδιορίζονται με τις ακόλουθες σχέσεις (Matalas, 1967):

$$A = M_1 M_0^{-1} \quad (3.10)$$

$$BB^T = M_0 - M_1 M_0^{-1} M_1^T \quad (3.11)$$

όπου, M_0 και M_1 είναι οι Πίνακες της μηδενικής υστέρησης (lag zero) και η υστέρηση 1^{ης} τάξης συσχέτισης των μεταβλητών αντίστοιχα. Τα στοιχεία των M_0 και M_1 αντιστοιχούν στις μεταβλητές i και j και δίνονται από:

$$m_0^{ij} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i X_j \quad (3.12)$$

$$m_1^{ij} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{n-1} X_i X_{j-1} \quad (3.13)$$

Ο Πίνακας A μπορεί να υπολογιστεί από την Εξίσωση 3.10. Ο Πίνακας BB^T είναι συμμετρικός και πρέπει να είναι θετικός εν μέρει ορισμένος (positive semi-definite) για την επίλυση του B . Ο Πίνακας B μπορεί να υπολογιστεί με την Cholesky αποδόμηση (decomposition) όπου ο Πίνακας B θεωρείται τριγωνικός προς τα κάτω. Τα στοιχεία b_{ij} του B υπολογίζονται από τις επαναληπτικές σχέσεις:

$$b_{ij} = 0, \quad j > i \quad (3.14)$$

$$b_{11} = \sqrt{c_{11}} \quad (3.15)$$

όπου c_{ij} είναι το στοιχείο του Πίνακα $B = BB^T$. Τα υπόλοιπα στοιχεία στην πρώτη στήλη του B δίνονται από:

$$b_{1j} = c_{1j} / b_{11} \quad (3.16)$$

Για $j > 1$, το j^{th} διαγώνιο στοιχείο υπολογίζεται ως:

$$b_{jj} = c_{jj} - \sum_{k=1}^{j-1} b_{jk}^2, \quad j = 2, 3 \quad (3.17)$$

Η συνθήκη επιλύεται όταν $j=3$. Διαφορετικά, τα άλλα στοιχεία της στήλης j του B υπολογίζονται από:

$$b_{jj} = \frac{c_{jj} - \sum_{k=1}^{j-1} b_{ik} b_{jk}}{b_{jj}} \quad j=2 \quad (3.18)$$

Μόλις οι Πίνακες A και B υπολογιστούν, οι κανονικοποιημένες τιμές παράγονται με τη χρήση της Εξίσωσης 3.9. Η ασυμμετρία τότε εισάγεται στις παραγόμενες τιμές με τη χρήση του μετασχηματισμού Wilson-Hilferty (1931), και οι τιμές επανέρχονται στις πραγματικές τιμές με τη χρήση της τυπικής απόκλισης και την προσθήκη του μέσου ώστε να δώσουν τις τελικές παραγόμενες συνθετικές ετήσιες χρονοσειρές. Οι παράμετροι που υπολογίστηκαν για την εκτίμηση των συνθετικών ετήσιων χρονοσειρών υπολοίπων βροχόπτωσης είναι ο μέσος όρος (\bar{x}), η τυπική απόκλιση (s), ο συντελεστής ασυμμετρίας (g), ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης 1^{ης} τάξης (acf_1), το μέγιστο (max), το ελάχιστο (min), και ο συντελεστής συσχέτισης των εξεταζόμενων κλιματικών μεταβλητών (cross correlation between climatic variables, r). Οι παράμετροι αυτοί υπολογίστηκαν από 100 στοχαστικά παραγόμενες ετήσιες χρονοσειρές κλιματικών μεταβλητών με μήκος ίσο με αυτό της ιστορικής περιόδου (20 χρόνια). Οι παράμετροι αυτοί υπολογίστηκαν για κάθε σειρά (replicate) και από αυτές τις τιμές οι τιμές για τα 0, 25, 50, 75, 100 εκατοστημόρια και για τη μέση τιμή υπολογίστηκαν.

Αναπαράγωγή Μηνιαίων Κλιματικών Δεδομένων. Μηνιαίες τιμές βροχόπτωσης απαιτούνται γενικά στην προσομοίωση συστημάτων υδατικών πόρων για την εκτίμηση της μηνιαίας απορροής στην εκτίμηση του υδατικού δυναμικού σε λεκάνες απορροής.

Τα μηνιαία μοντέλα βροχόπτωσης όμως δεν είναι κατάλληλα για περιοχές όπου υπάρχει σημαντικός αριθμός μηνών με μηδενικές τιμές βροχόπτωσης. Σε παλαιότερες μελέτες (Srikanthan and McMahon, 1985; Hipel and McLeod, 1994) συνιστάται η μέθοδος του μηνιαίου καταμερισμού (ή επιμερισμού) (method of fragments) των ετήσιων τιμών βροχόπτωσης που προέκυψαν από ένα αυτοπαλίνδρομο υπόδειγμα (autoregressive) 1^{ης} τάξης. Το κύριο μειονέκτημα αυτής της μεθοδολογίας είναι η αδυναμία να διαφυλαχθεί η μηνιαία συσχέτιση μεταξύ του πρώτου μήνα ενός έτους και του τελευταίου μήνα του προηγούμενου έτους καθώς και η εμφάνιση παρόμοιων προτύπων από μία μικρή χρονική περίοδο των ιστορικών δεδομένων (Salas, 1993). Οι Maheepala and Perera (1996) πρότειναν μία τροποποίηση των τμημάτων επιμερισμού (fragments) ώστε να διατηρείται η συσχέτιση για την αντιμετώπιση του πρώτου μειονεκτήματος. Οι Porter and Pink (1991) χρησιμοποίησαν συνθετικά τμήματα επιμερισμού από ένα μηνιαίο μοντέλο Thomas-Fiering ώστε να υπερκεράσουν το δεύτερο μειονέκτημα. Για σταθμούς με σημαντικό αριθμό μηδενικών τιμών βροχόπτωσης παρουσιάζεται πρόβλημα στην εφαρμογή του Thomas-Fiering μοντέλου. Επειδή η βροχόπτωση εμφανίζει λιγότερη ασυμμετρία από την απορροή η μέθοδος των Mejia and Rousselle (1976) μπορεί να εφαρμοστεί για να επιμερίσει την ετήσια βροχόπτωση σε μηνιαίες τιμές. Επειδή αυτή η μεθοδολογία εμπεριέχει τον υπολογισμό πολλών παραμέτρων (συνολικά 168 παράμετροι), ο Lane (1979) πρότεινε το μηδενισμό πολλών παραμέτρων που δεν είναι σημαντικοί (απαιτείται υπολογισμός 36 συνολικά παραμέτρων).

Στην παρούσα μελέτη για την παραγωγή συνθετικών χρονοσειρών κλιματικών δεδομένων μηνιαίας χρονικής κλίμακας επιλέχτηκε η τροποποιημένη μέθοδος τμημάτων επιμερισμού (modified method of fragments). Εφαρμογή της μεθόδου σε επιλεγμένους μετεωρολογικούς σταθμούς στη Θεσσαλία έδειξε ότι αποτελεί μια αξιόπιστη λύση για στοχαστική αναπαραγωγή μηνιαίων τιμών βροχόπτωσης και θερμοκρασίας για μεσογειακά και ηπειρωτικά κλίματα (Βασιλειάδης, 2010). Οι ετήσιες τιμές των κλιματικών δεδομένων παρήχθησαν με το πολυμεταβλητό αυτοπαλίνδρομο υπόδειγμα 1^{ης} τάξης (multivariate autoregressive AR1 model, παράγραφος 2.1). Στην τροποποιημένη μέθοδο τμημάτων επιμερισμού, οι παρατηρηθείσες μηνιαίες τιμές των κλιματικών μεταβλητών κανονικοποιούνται χρόνο με το χρόνο έτσι ώστε το άθροισμα των μηνιαίων τιμών σε οποιοδήποτε έτος είναι ίσο με ένα (1). Αυτό πραγματοποιείται με τη διαίρεση των μηνιαίων τιμών σε ένα έτος με τα αντίστοιχα ετήσια κλιματικά

δεδομένα. Στην περίπτωση που η εξεταζόμενη μεταβλητή είναι η θερμοκρασία τότε η μέση ετήσια θερμοκρασία πολλαπλασιάζεται πρώτα με 12. Με αυτόν τον τρόπο, από μία περίοδο των n ετών, κάποιος θα έχει τα n τμήματα μηνιαίων τιμών κλιματικών μεταβλητών. Τα παραγόμενα ετήσια κλιματικά δεδομένα επιμερίζονται επιλέγοντας ένα τμήμα όπου τα ετήσια ιστορικά δεδομένα είναι όμοια με τα παραγόμενα στοχαστικά ετήσια με βάση τις ακόλουθους δείκτες:

$$\alpha_i = \sum_{j=1}^3 \left(\frac{x_k^j - x_i^j}{s_x^j} \right)^2 \quad (3.19)$$

$$\beta_i = \sum_{j=1}^3 \left(\frac{y_{k-1}^j - y_{i-1}^j}{s_y^j} \right)^2 \quad (3.20)$$

όπου x_k^j οι παραγόμενες ετήσιες κλιματικές τιμές για τη μεταβλητή j και το έτος k , x_i^j τα ιστορικά ετήσια κλιματικά δεδομένα για τη μεταβλητή j και το έτος i , s_x^j η τυπική απόκλιση της ιστορικής (παρατηρημένης) ετήσιας κλιματικής μεταβλητής (π.χ. βροχόπτωση) για τη μεταβλητή j , y_{k-1}^j τα επιμερισμένα μηνιαία κλιματικά δεδομένα για τη μεταβλητή j του τελευταίου μήνα του έτους $k-1$, y_{i-1}^j τα επιμερισμένα μηνιαία κλιματικά δεδομένα για τη μεταβλητή j του τελευταίου μήνα του έτους $i-1$, και s_y^j η τυπική απόκλιση της ιστορικής μηνιαίας μεταβλητής (π.χ. βροχόπτωση) του τελευταίου μήνα του έτους για τη μεταβλητή j .

Ένα σετ τμημάτων επιλέγονται για το οποίο το άθροισμα των δεικτών ($\alpha_i + \beta_i$) είναι το ελάχιστο και πολλαπλασιάζοντας τα παραγόμενα συνθετικά ετήσια κλιματικά δεδομένα με κάθε ένα σετ των 12 τμημάτων παίρνουμε τα συνθετικά μηνιαία κλιματικά δεδομένα.

Για την εκτίμηση του πολυμεταβλητού μηνιαίου στοχαστικού μοντέλου, εκτός από τις ετήσιες παραμέτρους που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο, διάφοροι μηνιαίοι παράμετροι υπολογίστηκαν για κάθε στοχαστική σειρά από τις 100 συνθετικά παραγόμενες μηνιαίες χρονοσειρές. Οι παράμετροι αυτοί είναι ο μέσος όρος,

η τυπική απόκλιση, ο συντελεστής ασυμμετρίας, ο συντελεστής συσχέτισης μεταξύ δύο συνεχόμενων μηνών, το μέγιστο, το ελάχιστο, και η μηνιαία συσχέτιση των κλιματικών μεταβλητών μεταξύ τους.

Τέλος, τα αποτελέσματα του στατιστικού καταβιβασμού της βροχόπτωσης και της θερμοκρασίας προστέθηκαν σε κάθε λεκάνη απορροής με τις στοχαστικές σειρές υπολοίπων βροχόπτωσης και θερμοκρασίας ώστε να δώσουν 100 συνθετικές απεικονίσεις της ιστορικής βροχόπτωσης και θερμοκρασίας. Όλα τα στατιστικά κριτήρια που αναφέρθηκαν παραπάνω υπολογίστηκαν και για τις συνθετικές χρονοσειρές βροχόπτωσης και θερμοκρασίας της ιστορικής περιόδου. Επειδή το πλήθος των παραγόμενων στατιστικών κριτηρίων είναι αρκετά μεγάλο παρουσιάζονται μόνο τα αποτελέσματα από τις τελικές συνθετικές χρονοσειρές βροχόπτωσης και θερμοκρασίας. Τα αποτελέσματα της δυναμικής εξατμισοδιαπνοής αφού στηρίζονται στον υπολογισμό της θερμοκρασίας αναφέρονται περιληπτικά.

Στατιστικά Κριτήρια Εκτίμησης Συνθετικών Δεδομένων. Τα στοχαστικά μοντέλα χρησιμοποιούνται για τη γέννηση μεγάλου μήκους συνθετικών χρονοσειρών, οι οποίες αναπαράγουν τη στατιστική δομή και τα χαρακτηριστικά των ιστορικών δεδομένων. Οι συνθετικές χρονοσειρές του κλίματος είναι τυχαίοι αριθμοί που έχουν τροποποιηθεί ώστε να έχουν τα ίδια χαρακτηριστικά (όσον αφορά τη μέση τιμή, διασπορά, ασυμμετρία, κύρτωση, μακράς διάρκειας ανθεκτικότητα ή εμμονής, κλπ.), όπως τα ιστορικά στοιχεία από τα οποία βασίζονται. Κάθε στοχαστική σειρά (replicate or sequence) είναι διαφορετική και έχει διαφορετικά χαρακτηριστικά σε σύγκριση με τα ιστορικά στοιχεία, αλλά ο μέσος όρος του κάθε χαρακτηριστικού από όλες τις στοχαστικές σειρές (επαναλήψεις) είναι το ίδιο με τα ιστορικά δεδομένα.

Η παράγραφος αυτή περιγράφει τα στατιστικά κριτήρια που χρησιμοποιούνται σε αυτή τη μελέτη για την αποτίμηση των στοχαστικά παραγόμενων χρονοσειρών με βάση την ιστορική περίοδο των δεδομένων. Τα στατιστικά κριτήρια εκτιμούν την απόκλιση των στατιστικών χαρακτηριστικών των συνθετικών χρονοσειρών σε σχέση με τα αντίστοιχα χαρακτηριστικά της ιστορικής περιόδου με βάση μία τιμή κατωφλιού ή ανοχής (tolerance). Εάν η διαφορά είναι μέσα στο τιμή του ορίου ανοχής όπως απεικονίζονται στους παρακάτω Πίνακες (Πίνακες 3.20-3.21) το στοχαστικό μοντέλο θεωρείται ότι προσομοιώνει ικανοποιητικά το εξεταζόμενο στατιστικό χαρακτηριστικό.

Ο συνολικός αριθμός των στατιστικών χαρακτηριστικών που εκτιμούνται παρουσιάζεται στον Πίνακα 3.22. Πρέπει να επισημανθεί ότι η εκτίμηση των συνθετικών χρονοσειρών με χρήση στατιστικών κριτηρίων διαφέρει αναλόγως τη χρήση των στοχαστικά παραγόμενων συνθετικών χρονοσειρών. Διαφορετικά στατιστικά χαρακτηριστικά απαιτούνται για την εκτίμηση των πλημμυρών, των χαμηλών απορροών και των ξηρασιών. Τα στοχαστικά μοντέλα που αναπτύχθηκαν στην παρούσα μελέτη μπορούν να αναπαράγουν ποικίλες συνθετικές χρονοσειρές και για οποιαδήποτε χρονική περίοδο. Όμως για την εκτίμηση της παραγωγής των συνθετικών χρονοσειρών οι ακόλουθοι κανόνες πρέπει να ακολουθούνται:

- Το μήκος (χρονική περίοδος) της συνθετικής χρονοσειράς πρέπει να ακριβώς το ίδιο με το μήκος της ιστορικών δεδομένων
- Πρέπει να υπάρχει ένα ικανοποιητικός αριθμός συνθετικών χρονοσειρών (τουλάχιστον 100)
- Η ιστορική περίοδος των δεδομένων να είναι αρκετά μεγάλη (τουλάχιστον 20 έτη)

Στην παρούσα εργασία, τα στοχαστικά μοντέλα εφαρμόζονται για τα υδατικά διαμερίσματα της Θεσσαλίας, Ηπείρου και Δυτικής Στερεάς Ελλάδας για όλες τις λεκάνες απορροής που βασίστηκε το υδατικό ισοζύγιο για 20 υδρολογικά έτη (1981-2000) και για τις τρεις μεταβλητές (μηνιαίες τιμές βροχόπτωσης, θερμοκρασίας και δυναμικής εξατμισοδιαπνοής). Επειδή όγκος των ιστορικών δεδομένων και των παραγόμενων χρονοσειρών είναι πολύ μεγάλος και τα στατιστικά κριτήρια που μελετήθηκαν είναι πάρα πολλά (Πίνακας 3.22) τα κριτήρια ομαδοποιήθηκαν ώστε να υπάρχει μία ποιοτική εκτίμηση των αποτελεσμάτων και να διευκολυνθεί ο σχολιασμός των αποτελεσμάτων. Έτσι, η κατηγοριοποίηση έγινε για τρεις κατηγορίες στοχαστικών μοντέλων προσομοίωσης ιστορικών δεδομένων και αναπαραγωγής συνθετικών δεδομένων:

- ικανοποιητικό μοντέλο
- καλό μοντέλο
- μέτριο (αβέβαιο) μοντέλο

Πίνακας 3.20. Ετήσια στατιστικά κριτήρια και παράμετροι για όλα τα στοχαστικά μοντέλα

Στατιστικό Κριτήριο	Ανώτατο όριο ανοχής
Μέση τιμή (%)	5
Τυπική απόκλιση (%)	5
Συντελεστής ασυμμετρίας	0.5
Συντελεστής αυτοσυσχέτισης 1 ^{ης} τάξης	0.15
Μέγιστη τιμή (%)	10
Ελάχιστη τιμή (%)	10
Συσχέτιση (cross correlation) μεταξύ των μεταβλητών	0.2

Πίνακας 3.21. Μηνιαία στατιστικά κριτήρια και παράμετροι για όλα τα στοχαστικά μοντέλα

Στατιστικό Κριτήριο	Ανώτατο όριο ανοχής
Μέση τιμή (%)	7.5
Τυπική απόκλιση (%)	7.5
Συντελεστής ασυμμετρίας	0.75
Συντελεστής συσχέτισης δύο συνεχόμενων μηνών	0.2
Μέγιστη τιμή (%)	10
Ελάχιστη τιμή (%)	10
Συσχέτιση (cross correlation) μεταξύ των μεταβλητών	0.2

Αυτές οι κατηγορίες είναι υποκειμενικές και η ταξινόμηση της απόδοσης των στοχαστικών μοντέλων πρέπει να χρησιμοποιείται μόνο ως οδηγίες εφαρμογής των μοντέλων. Λεπτομερέστατη εξέταση όλων των στατιστικών παραμέτρων απαιτούνται για το σκοπό της εφαρμογής, την αξιοπιστία των μοντέλων καθώς επίσης και εξέταση των μηνιαίων και ετήσιων κατανομών των συνθετικών χρονοσειρών για όλες τις

εξεταζόμενες μεταβλητές (π.χ. μέση θερμοκρασία και βροχόπτωση). Η προτεινόμενη ταξινόμηση των στοχαστικών μοντέλων βασίστηκε στον Πίνακα 3.22, και παρατίθεται στη συνέχεια για τις τρεις κλιματικές μεταβλητές (βροχόπτωση, μέση θερμοκρασία και δυνητική εξατμισοδιαπνοή).

Πίνακας 3.22. Αριθμός στατιστικών παραμέτρων που εκτιμήθηκαν για όλα τα στοχαστικά μοντέλα

Μοντέλο	Αριθμός ετήσιων στατιστικών παραμέτρων	Αριθμός μηνιαίων στατιστικών παραμέτρων	Αριθμός ημερήσιων στατιστικών παραμέτρων
Ετήσια κλιματικά δεδομένα*	21 (6x3 + 3)		
Μηνιαία κλιματικά δεδομένα*	21 (6x3 + 3)	252 (6x3x12 + 3x12)	

* με βάση των υπολογισμό βροχόπτωσης θερμοκρασίας και δυνητικής εξατμισοδιαπνοής

- *Ετήσιο Μοντέλο Κλιματικών Μεταβλητών*

Ένα μοντέλο θεωρείται ικανοποιητικό όταν ο αριθμός των ετήσιων στατιστικών παραμέτρων πληρεί 18 από τα 21 εξεταζόμενα ετήσια κριτήρια του Πίνακα 3.22. Όταν ικανοποιεί το ελάχιστο 12 ετήσια κριτήρια το μοντέλο θεωρείται καλό. Για όλες τις άλλες περιπτώσεις, η εφαρμογή του «μέτριου» μοντέλου χρειάζεται επιπλέον διερεύνηση και σύγκριση με άλλες μεθοδολογίες αναπαραγωγής συνθετικών δεδομένων.

- *Μηνιαίο Μοντέλο Κλιματικών Μεταβλητών*

Ένα μοντέλο θεωρείται ικανοποιητικό όταν οι στατιστικές παράμετροι ικανοποιούν το ελάχιστο 18 ετήσια και 200 μηνιαία εξεταζόμενα κριτήρια. Όταν ικανοποιεί το ελάχιστο 12 ετήσια και 150 μηνιαία κριτήρια, το μοντέλο θεωρείται καλό. Διαφορετικά, το μοντέλο πρέπει να εφαρμόζεται με τη δέουσα προσοχή και λαμβάνοντας υπόψη την αβεβαιότητα των αποτελεσμάτων.

ii) Εφαρμογή και αποτελέσματα

Τα στοχαστικά μοντέλα αναπτύχθηκαν και εφαρμόστηκαν για όλες τις εξεταζόμενες λεκάνες απορροής των υδατικών διαμερισμάτων. Επιφανειακές μηνιαίες τιμές των κλιματικών μεταβλητών (επιφανειακή βροχόπτωση, θερμοκρασία και δυνητική εξατμισοδιαπνοή) των λεκανών απορροής για 20 έτη (Οκτ 1980 – Σεπ 2000) χρησιμοποιήθηκαν για την ανάλυση των ετήσιων και μηνιαίων στοχαστικών χρονοσειρών. Πρέπει να επισημανθεί ότι σε υδρολογικές και υδραυλικές μελέτες καθώς επίσης και σε μελέτες υδροτεχνικών έργων τα επιφανειακά δεδομένα είναι απαραίτητα γιατί εκφράζουν τις κλιματικές μεταβλητές (βροχόπτωση, θερμοκρασία και δυνητική εξατμισοδιαπνοή) ανηγμένες στη λεκάνη απορροής. Οι τρόποι υπολογισμού των επιφανειακών δεδομένων περιγράφονται σε προηγούμενες παραγράφους. Στην παρούσα μελέτη τα στοχαστικά μοντέλα εφαρμόστηκαν για την αναπαραγωγή 100 συνθετικών χρονοσειρών όπου το μήκος της συνθετικής χρονοσειράς είναι ακριβώς ίδιο για την ιστορική περίοδο. Οι στατιστικοί παράμετροι [μέσος όρος (\bar{x}) = **Average**, η τυπική απόκλιση (s) = **SD**, ο συντελεστής ασυμμετρίας (g) = **Skew**, ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης 1^{ης} τάξης = **ACF_1**, το μέγιστο = **Max**, το ελάχιστο = **Min**, και ο συντελεστής συσχέτισης των εξεταζόμενων κλιματικών μεταβλητών (cross correlation between climatic variables) = r] υπολογίστηκαν για κάθε μία συνθετική χρονοσειρά και από τις τιμές των παραμέτρων οι τιμές των 0, 25, 50, 75, 100 εκατοστημορίων, και η μέση τιμή υπολογίστηκαν. Η παρουσίαση των αποτελεσμάτων γίνεται πρώτα για τα ετήσια και μετά για τα μηνιαία δεδομένα των κλιματικών μεταβλητών (βροχόπτωση, μέση θερμοκρασία και δυνητική εξατμισοδιαπνοή).

Υδατικό Διαμέρισμα Θεσσαλίας

- **Ετήσια Κλιματικά Δεδομένα**

Η προσομοίωση των ετήσιων κλιματικών μεταβλητών και η παραγωγή των 100 συνθετικών χρονοσειρών έγινε τη χρήση του ετήσιου αυτοπαλίνδρομου μοντέλου 1^{ης} τάξης μοντέλο πολλών μεταβλητών (first order autoregressive multivariate model). Ενδεικτικά, για τη λεκάνη απορροής της Λάρισας δίνονται τα μητρώα των Πινάκων (Πίνακες A , B , M_0 και M_1) όπως υπολογίστηκαν από το ετήσιο στοχαστικό μοντέλο για τη βροχόπτωση, δυνητική εξατμισοδιαπνοή και μέση θερμοκρασία:

$$M_0 = \begin{bmatrix} 1.000 & -0.338 & -0.237 \\ -0.338 & 1.000 & 0.964 \\ -0.237 & 0.964 & 1.000 \end{bmatrix} \quad M_1 = \begin{bmatrix} -0.018 & 0.344 & 0.420 \\ -0.131 & 0.209 & 0.087 \\ -0.193 & 0.244 & 0.125 \end{bmatrix}$$

$$A = \begin{bmatrix} -0.015 & -0.876 & 1.260 \\ 0.106 & 1.920 & -1.738 \\ 0.034 & 1.782 & -1.584 \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} 0.879 & 0.000 & 0.000 \\ -0.303 & 0.820 & 0.000 \\ -0.209 & 0.817 & 0.241 \end{bmatrix}$$

Τα αποτελέσματα των στατιστικών παραμέτρων των 100 συνθετικών χρονοσειρών και τα στατιστικά κριτήρια παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.23 για τη λεκάνη της Λάρισας. Όπως φαίνεται από τον παρακάτω Πίνακα το ετήσιο στοχαστικό μοντέλο κρίνεται ικανοποιητικό αφού πληρεί 20 από τα 21 εξεταζόμενα ετήσια στατιστικά κριτήρια. Για τη λεκάνη της Λάρισας, η διαφορά των στατιστικών παραμέτρων είναι στατιστικά σημαντική μόνο για την τυπική απόκλιση της ετήσιας βροχόπτωσης για όριο σφάλματος (ή ανοχής) 5%. Το σφάλμα υποεκτίμησης της τυπικής απόκλισης της ετήσιας βροχόπτωσης ανέρχεται στο 8.64% (<10% όριο ανοχής). Παραπλήσια είναι τα αποτελέσματα και για τις υπόλοιπες λεκάνες απορροής της Θεσσαλίας όπως προέκυψαν από τις 100 συνθετικές χρονοσειρές για κάθε λεκάνη απορροής και που παρουσιάζονται αναλυτικά στο Παράρτημα. Γενικά η στοχαστική μεθοδολογία στατιστικού καταβιβασμού για την ετήσια βροχόπτωση και μέση θερμοκρασία κρίνεται πολύ ικανοποιητική αφού τουλάχιστον 19 από τα 21 στατιστικά κριτήρια ικανοποιούνται (βλ. Παράρτημα). Σε κάποιες λεκάνες, η διαφορά των στατιστικών παραμέτρων είναι

στατιστικά σημαντική μόνο για την τυπική απόκλιση της θερμοκρασίας και της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής. Αυτό είναι αναμενόμενο αφού η δυνητική εξατμισοδιαπνοή υπολογίστηκε με τη μέθοδο του Thornthwaite που βασίζεται στη μέση μηνιαία θερμοκρασία.

Τα αποτελέσματα για κάθε μία λεκάνη απορροής σταθμίστηκαν με βάση την έκταση της κάθε λεκάνης ώστε να δώσουν τα τελικά αποτελέσματα για το Υδατικό Διαμέρισμα Θεσσαλίας. Η στοχαστική μεθοδολογία καταβιβασμού κλιματικών μεταβλητών του Υδατικού Διαμερίσματος Θεσσαλίας παρουσιάζονται στο ακόλουθο Πίνακα. Συγκεντρωτικά, φαίνεται ότι η στοχαστική μεθοδολογία στατιστικού καταβιβασμού προσομοιώνει πολύ ικανοποιητικά την ιστορική παρατηρούμενη περίοδο αφού ικανοποιεί 20 από τα 21 στατιστικά κριτήρια (μέση τιμή, τυπική απόκλιση, συντελεστής ασυμμετρίας, συντελεστής αυτοσυσχέτισης 1^{ης} τάξης, ελάχιστη και μέγιστη τιμή των ετήσιων κλιματικών μεταβλητών, Πίνακας 3.24). Για το Υδατικό Διαμέρισμα Θεσσαλίας, η διαφορά των στατιστικών παραμέτρων είναι στατιστικά σημαντική μόνο για την τυπική απόκλιση της ετήσιας βροχόπτωσης για όριο σφάλματος (ή ανοχής) 5%. Το σφάλμα υποεκτίμησης της τυπικής απόκλισης της ετήσιας βροχόπτωσης ανέρχεται στο 8.98% (<10% όριο ανοχής) αλλά βρίσκεται μέσα στο διάστημα εμπιστοσύνης 25%-75%. Συνολικά η στοχαστική μέθοδος στατιστικού καταβιβασμού ικανοποιεί όλα τα στατιστικά κριτήρια των κλιματικών μεταβλητών (βροχόπτωση, θερμοκρασία και δυνητική εξατμισοδιαπνοή) για όριο ανοχής 10% και επομένως θεωρείται κατάλληλη για στοχαστική προσομοίωση των ιστορικών κλιματικών μεταβλητών.

- **Μηνιαία Κλιματικά Δεδομένα**

Η προσομοίωση των μηνιαίων κλιματικών μεταβλητών βροχόπτωσης, μέσης θερμοκρασίας και δυνητικής εξατμισοδιαπνοής και η παραγωγή των 100 συνθετικών χρονοσειρών έγινε τη χρήση του ετήσιου αυτοπαλίνδρομου μοντέλου 1^{ης} τάξης μοντέλο πολλών μεταβλητών (first order autoregressive multivariate model) και την τροποποιημένη μέθοδο των τμημάτων (modified method of fragments). Τα αποτελέσματα των στατιστικών παραμέτρων των 100 συνθετικών χρονοσειρών και τα στατιστικά κριτήρια παρουσιάζονται στους Πίνακες 3.25-3.28 για την υδρολογική λεκάνη της Λάρισας. Όπως φαίνεται από αυτούς τους Πίνακες, το μηνιαίο στοχαστικό

μοντέλο στατιστικού καταβιβασμού θεωρείται πολύ ικανοποιητικό αφού ικανοποιεί 20 από τα 21 ετήσια και 203 από τα 252 μηνιαία εξεταζόμενα στατιστικά κριτήρια για τη λεκάνη απορροής Λάρισα. Παραπλήσια αποτελέσματα παρουσιάζονται και για τις άλλες λεκάνες απορροής του υδατικού διαμερίσματος που παρουσιάζονται στο Παράρτημα για την ιστορική περίοδο. Π.χ. η εφαρμογή του μοντέλου στη λεκάνη απορροής Αλή Εφέντι κρίνεται πολύ ικανοποιητική αφού ικανοποιεί 19 από 21 ετήσια και 219 από 252 μηνιαία στατιστικά κριτήρια. Τα αποτελέσματα του στοχαστικού μοντέλου καταβιβασμού κλίμακας για κάθε μία λεκάνη απορροής σταθμίστηκαν με βάση την έκταση της κάθε λεκάνης ώστε να δώσουν τα τελικά αποτελέσματα για το Υδατικό Διαμέρισμα Θεσσαλίας. Τα αποτελέσματα της στοχαστικής μεθοδολογίας καταβιβασμού κλιματικών μεταβλητών του Υδατικού Διαμερίσματος Θεσσαλίας παρουσιάζονται στους Πίνακες 3.29-3.32. Για την προσομοίωση των κλιματικών μεταβλητών στο Υδατικό Διαμέρισμα Θεσσαλίας η εφαρμογή του στοχαστικού μοντέλου καταβιβασμού κλίμακας και η αναπαραγωγή 100 συνθετικών μηνιαίων χρονοσειρών κρίνεται πολύ ικανοποιητική αφού το μοντέλο ικανοποιεί 20 από τα 21 ετήσια και 222 από τα 252 μηνιαία εξεταζόμενα στατιστικά κριτήρια (Πίνακες 3.29-3.82) και επομένως θεωρείται κατάλληλη για στοχαστική προσομοίωση των μηνιαίων ιστορικών κλιματικών μεταβλητών.

Πίνακας 3.23. Αποτελέσματα στατιστικών παραμέτρων και κριτηρίων των συνθετικών ετήσιων χρονοσειρών κλιματικών δεδομένων – Λεκάνη απορροής Λάρισας

Στατιστικό Κριτήριο	Ιστορική	Μέσο	Min	25%	50%	75%	Max	Ανοχή	Y/N
Ετήσια Βροχόπτωση									
Average	447.73	451.13	416.30	435.34	452.62	463.69	493.63	5%	Y
SD	112.19	102.50	45.73	88.15	100.31	111.90	168.20	5%	N
Skew	1.01	0.79	-0.35	0.43	0.69	1.09	2.58	+/-0.5	Y
Min	297.05	309.40	259.11	293.78	308.52	323.33	366.23	10%	Y
Max	763.01	694.44	487.72	628.50	681.48	731.89	1060.70	10%	Y
ACF_1	-0.07	-0.06	-0.46	-0.18	-0.07	0.04	0.46	+/-0.15	Y
Ετήσια Θερμοκρασία									
Average	15.19	15.20	14.83	15.07	15.19	15.30	15.62	5%	Y
SD	0.58	0.55	0.30	0.47	0.54	0.61	1.01	5%	Y
Skew	0.44	0.41	-0.92	0.07	0.40	0.78	2.06	+/-0.5	Y
Min	14.49	14.30	13.76	14.19	14.32	14.45	14.90	10%	Y
Max	16.45	16.38	15.48	16.12	16.30	16.63	18.87	10%	Y
ACF_1	0.14	0.05	-0.38	-0.09	0.04	0.20	0.48	+/-0.15	Y
Ετήσια Δυνητική Εξατμισοδιαπνοή									
Average	832.33	833.20	811.68	822.23	832.52	841.81	860.91	5%	Y
SD	45.46	43.78	30.17	39.03	42.69	48.71	56.35	5%	Y
Skew	0.32	0.27	-0.72	0.01	0.27	0.57	1.16	+/-0.5	Y
Min	764.08	758.21	717.38	749.88	760.71	769.87	783.20	10%	Y
Max	914.73	923.18	885.69	907.35	919.85	936.51	970.67	10%	Y
ACF_1	0.21	0.11	-0.30	-0.04	0.11	0.25	0.51	+/-0.15	Y
Συντελεστής Συσχέτισης, r, μεταξύ δύο κλιματικών μεταβλητών									
Rain-Temp	-0.29	-0.25	-0.68	-0.40	-0.24	-0.11	0.23	+/-0.2	Y
Rain-PET	-0.34	-0.37	-0.63	-0.52	-0.38	-0.25	0.06	+/-0.2	Y
Temp-PET	0.96	0.96	0.93	0.96	0.97	0.97	0.98	+/-0.2	Y

Πίνακας 3.24. Συγκεντρωτικά αποτελέσματα στατιστικών παραμέτρων και κριτηρίων των συνθετικών ετήσιων χρονοσειρών κλιματικών δεδομένων – Υδατικό Διαμέρισμα Θεσσαλίας

Στατιστικό Κριτήριο	Ιστορική	Μέσο	Min	25%	50%	75%	Max	Ανοχή	Y/N
Ετήσια Βροχόπτωση									
Average	639.78	645.28	582.48	626.80	647.81	662.55	704.60	5%	Y
SD	140.99	128.32	66.95	111.64	125.93	142.53	197.69	5%	N
Skew	0.13	0.22	-1.04	-0.11	0.20	0.49	1.69	+/-0.5	Y
Min	414.13	421.90	292.00	383.52	425.52	461.29	542.21	10%	Y
Max	889.09	901.05	714.49	846.96	891.62	940.08	1163.29	10%	Y
ACF_1	-0.08	-0.07	-0.44	-0.19	-0.07	0.05	0.45	+/-0.15	Y
Ετήσια Θερμοκρασία									
Average	14.49	14.50	14.13	14.39	14.49	14.60	14.88	5%	Y
SD	0.55	0.53	0.31	0.46	0.52	0.59	0.96	5%	Y
Skew	0.25	0.23	-1.01	-0.15	0.21	0.54	2.09	+/-0.5	Y
Min	13.70	13.58	12.88	13.43	13.59	13.76	14.14	10%	Y
Max	15.61	15.58	14.83	15.34	15.52	15.77	17.95	10%	Y
ACF_1	0.13	0.04	-0.41	-0.09	0.04	0.17	0.49	+/-0.15	Y
Ετήσια Δυνητική Εξατμισοδιαπνοή									
Average	788.97	790.02	770.72	780.49	789.73	798.12	813.91	5%	Y
SD	40.74	39.04	27.31	33.86	38.70	43.46	51.38	5%	Y
Skew	0.16	0.14	-0.90	-0.17	0.14	0.45	1.14	+/-0.5	Y
Min	724.37	719.71	681.81	708.60	722.61	732.92	745.91	10%	Y
Max	862.46	866.84	836.70	852.05	863.59	878.68	906.68	10%	Y
ACF_1	0.19	0.10	-0.27	-0.04	0.10	0.22	0.47	+/-0.15	Y
Συντελεστής Συσχέτισης, r, μεταξύ δύο κλιματικών μεταβλητών									
Rain-Temp	-0.15	-0.14	-0.66	-0.29	-0.14	0.02	0.36	+/-0.2	Y
Rain-PET	-0.20	-0.25	-0.60	-0.39	-0.26	-0.11	0.16	+/-0.2	Y
Temp-PET	0.97	0.96	0.93	0.96	0.97	0.97	0.98	+/-0.2	Y

Πίνακας 3.25. Αποτελέσματα στατιστικών παραμέτρων και κριτηρίων των συνθετικών μηνιαίων χρονοσειρών βροχόπτωσης – Λεκάνη απορροής Λάρισα

Στατιστικό Κριτήριο	Ιστορική	Μέσο	Min	25%	50%	75%	Max	Ανοχή	Y/N
Μέση τιμή (Average, mm)									
Οκτ	52.92	51.32	40.36	47.27	51.38	55.08	63.67	7.50%	Y
Νοε	68.25	72.32	48.67	65.08	73.64	78.24	94.97	7.50%	Y
Δεκ	59.54	58.24	38.29	51.20	57.47	65.34	82.13	7.50%	Y
Ιαν	38.19	34.33	22.80	31.24	33.83	37.26	47.95	7.50%	N
Φεβ	37.84	37.89	28.90	35.37	37.49	40.95	49.75	7.50%	Y
Μαρ	45.87	47.62	34.30	42.28	46.80	52.07	75.02	7.50%	Y
Απρ	39.34	37.72	25.56	33.81	37.88	41.23	50.75	7.50%	Y
Μαί	40.66	40.58	27.25	36.27	41.21	44.88	57.11	7.50%	Y
Ιουν	20.28	22.71	13.93	19.33	22.39	25.52	34.40	7.50%	N
Ιουλ	14.33	15.97	10.71	14.43	15.62	17.62	20.62	7.50%	N
Αυγ	16.64	18.70	11.09	16.41	18.39	20.80	27.71	7.50%	N
Σεπ	13.88	13.74	6.08	10.93	13.26	16.91	25.19	7.50%	Y
Τυπική Απόκλιση (SD) (mm)									
Οκτ	36.57	33.79	18.18	29.72	33.30	37.61	54.11	7.50%	N
Νοε	41.25	42.94	23.46	38.08	43.36	48.83	57.46	7.50%	Y
Δεκ	34.41	34.44	19.23	30.75	34.48	39.48	50.15	7.50%	Y
Ιαν	31.37	21.77	13.35	19.50	22.10	24.00	28.82	7.50%	N
Φεβ	23.63	21.26	12.93	19.09	21.03	23.88	30.33	7.50%	N
Μαρ	29.42	30.38	13.39	24.29	31.49	37.45	47.25	7.50%	Y
Απρ	34.44	31.20	17.54	28.46	31.38	34.51	43.55	7.50%	N
Μαί	35.96	28.88	14.83	23.77	29.41	33.75	43.32	7.50%	N
Ιουν	16.69	19.27	12.61	16.50	18.91	22.27	26.66	7.50%	N
Ιουλ	10.75	11.24	6.76	10.09	11.11	12.59	15.25	7.50%	Y
Αυγ	15.13	16.15	5.29	14.71	16.62	18.05	21.99	7.50%	Y
Σεπ	14.85	13.86	4.41	11.47	13.59	16.43	23.49	7.50%	Y
Συντελεστής Ασυμμετρίας (Skew)									
Οκτ	0.89	0.92	-0.37	0.52	0.88	1.34	2.47	+/-0.75	Y
Νοε	1.23	0.98	0.29	0.71	0.97	1.21	2.36	+/-0.75	Y
Δεκ	1.46	0.60	-0.33	0.27	0.57	0.88	1.64	+/-0.75	N
Ιαν	1.64	0.15	-1.03	-0.10	0.14	0.41	0.90	+/-0.75	N
Φεβ	0.87	0.60	-0.90	0.16	0.62	0.98	2.15	+/-0.75	Y
Μαρ	1.43	1.36	-0.54	0.92	1.39	1.88	3.04	+/-0.75	Y
Απρ	1.18	1.09	0.34	0.75	1.05	1.38	2.86	+/-0.75	Y
Μαί	1.76	1.16	-0.52	0.80	1.18	1.50	3.27	+/-0.75	Y
Ιουν	1.66	1.25	0.45	0.86	1.27	1.55	2.30	+/-0.75	Y
Ιουλ	0.66	0.62	-0.61	0.38	0.61	0.87	1.54	+/-0.75	Y
Αυγ	0.99	1.04	-0.06	0.64	0.93	1.41	2.51	+/-0.75	Y
Σεπ	1.16	1.49	-0.08	1.11	1.44	2.02	3.42	+/-0.75	Y
Ελάχιστη τιμή (Min, mm)									
Οκτ	5.85	4.44	0.00	0.00	3.21	7.14	21.77	10.00%	N
Νοε	23.34	20.92	7.36	17.38	20.50	24.86	38.16	10.00%	N
Δεκ	14.88	7.63	0.00	2.55	5.34	10.73	34.43	10.00%	N
Ιαν	1.06	0.95	0.00	0.00	0.00	1.00	11.42	10.00%	N
Φεβ	5.76	4.88	0.00	0.00	3.36	8.47	16.75	10.00%	N
Μαρ	9.34	11.06	0.00	8.05	11.40	15.50	25.36	10.00%	N
Απρ	3.23	5.01	0.00	3.00	4.72	6.46	14.44	10.00%	N
Μαί	9.40	5.87	0.00	2.89	5.47	9.04	13.43	10.00%	N
Ιουν	0.15	1.43	0.00	0.00	0.04	2.27	8.69	10.00%	N
Ιουλ	1.52	0.71	0.00	0.00	0.00	0.83	7.04	10.00%	N
Αυγ	0.89	0.49	0.00	0.00	0.00	0.48	4.12	10.00%	N
Σεπ	0.54	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	3.44	10.00%	N
Μέγιστη τιμή (Max, mm)									
Οκτ	139.15	136.45	73.55	120.59	134.52	151.57	219.19	10.00%	Y
Νοε	171.96	168.14	101.89	158.14	170.04	183.54	220.19	10.00%	Y
Δεκ	163.12	135.30	77.72	113.79	139.45	154.55	189.64	10.00%	N
Ιαν	136.47	75.26	47.58	67.21	74.48	81.72	106.87	10.00%	N
Φεβ	102.25	87.65	53.07	72.60	88.91	101.35	137.26	10.00%	N
Μαρ	128.95	127.99	62.72	107.21	138.06	150.38	179.96	10.00%	Y
Απρ	125.71	108.41	68.86	91.59	108.02	120.24	179.54	10.00%	N
Μαί	132.42	114.01	56.79	95.85	118.94	132.64	172.08	10.00%	N
Ιουν	68.88	69.55	47.20	62.29	70.18	77.28	98.66	10.00%	Y
Ιουλ	39.56	40.83	25.01	36.87	41.09	45.03	60.96	10.00%	Y
Αυγ	54.43	55.86	20.93	51.19	57.96	62.15	69.96	10.00%	Y
Σεπ	43.51	47.93	16.08	45.00	48.90	52.26	65.41	10.00%	N
Συντελεστής Συσχέτισης, r, μεταξύ δύο συνεχόμενων μηνών βροχόπτωσης									
Οκτ	-0.29	-0.06	-0.61	-0.25	-0.08	0.11	0.47	+/-0.2	N
Νοε	-0.28	-0.40	-0.77	-0.53	-0.42	-0.29	0.52	+/-0.2	Y
Δεκ	-0.14	-0.13	-0.60	-0.26	-0.12	0.04	0.45	+/-0.2	Y
Ιαν	-0.01	0.17	-0.51	0.05	0.17	0.30	0.63	+/-0.2	Y
Φεβ	0.22	0.28	-0.51	0.21	0.28	0.36	0.74	+/-0.2	Y
Μαρ	0.40	0.32	-0.41	0.15	0.40	0.51	0.94	+/-0.2	Y
Απρ	0.32	0.18	-0.46	-0.10	0.25	0.43	0.74	+/-0.2	Y
Μαί	-0.13	-0.12	-0.52	-0.21	-0.12	-0.02	0.33	+/-0.2	Y
Ιουν	0.64	0.67	-0.04	0.62	0.70	0.78	0.89	+/-0.2	Y
Ιουλ	0.19	0.24	-0.35	0.10	0.29	0.39	0.64	+/-0.2	Y
Αυγ	0.21	0.28	-0.05	0.19	0.27	0.34	0.72	+/-0.2	Y
Σεπ	-0.13	-0.14	-0.53	-0.27	-0.15	-0.04	0.72	+/-0.2	Y

Πίνακας 3.26. Αποτελέσματα στατιστικών παραμέτρων και κριτηρίων των συνθετικών μηνιαίων χρονοσειρών θερμοκρασίας – Λεκάνη απορροής Λάρισα

Στατιστικό Κριτήριο	Ιστορική	Μέσο	Min	25%	50%	75%	Max	Ανοχή	Y/N
Μέση τιμή (Average, mm)									
Οκτ	15.98	15.81	15.07	15.56	15.80	16.10	16.49	7.50%	Y
Νοε	9.87	9.80	8.83	9.58	9.82	10.04	10.80	7.50%	Y
Δεκ	6.04	6.15	4.41	5.81	6.18	6.46	7.00	7.50%	Y
Ιαν	4.96	5.23	4.54	5.01	5.26	5.43	5.93	7.50%	Y
Φεβ	6.13	6.20	5.39	6.00	6.22	6.43	6.90	7.50%	Y
Μαρ	8.90	8.82	8.03	8.60	8.83	9.04	9.69	7.50%	Y
Απρ	13.66	13.70	12.92	13.46	13.68	13.93	14.56	7.50%	Y
Μαι	19.04	19.20	18.48	18.99	19.19	19.42	19.92	7.50%	Y
Ιουν	24.67	24.56	23.65	24.36	24.59	24.74	25.35	7.50%	Y
Ιουλ	26.38	26.36	25.79	26.16	26.33	26.54	27.06	7.50%	Y
Αυγ	25.26	25.20	24.60	25.02	25.25	25.39	25.81	7.50%	Y
Σεπ	21.35	21.33	20.69	21.16	21.34	21.53	21.98	7.50%	Y
Τυπική Απόκλιση (SD) (mm)									
Οκτ	1.61	1.71	0.98	1.57	1.73	1.87	2.33	7.50%	Y
Νοε	1.48	1.43	1.01	1.28	1.41	1.56	2.02	7.50%	Y
Δεκ	1.80	1.70	1.14	1.56	1.73	1.88	2.17	7.50%	Y
Ιαν	1.52	1.32	0.95	1.20	1.33	1.42	1.89	7.50%	N
Φεβ	1.46	1.48	0.93	1.40	1.49	1.58	1.90	7.50%	Y
Μαρ	1.64	1.66	1.08	1.45	1.65	1.85	2.44	7.50%	Y
Απρ	1.70	1.67	0.95	1.52	1.67	1.84	2.13	7.50%	Y
Μαι	1.50	1.31	0.95	1.19	1.30	1.45	1.68	7.50%	N
Ιουν	1.01	1.05	0.57	0.93	1.10	1.21	1.42	7.50%	Y
Ιουλ	1.25	1.04	0.59	0.92	1.02	1.15	1.51	7.50%	N
Αυγ	1.12	1.07	0.72	0.98	1.08	1.15	1.42	7.50%	Y
Σεπ	1.01	1.11	0.57	0.99	1.11	1.23	2.00	7.50%	N
Συντελεστής Ασυμμετρίας (Skew)									
Οκτ	0.21	0.53	-0.14	0.28	0.52	0.82	1.38	+/-0.75	Y
Νοε	-0.72	-0.38	-1.27	-0.59	-0.37	-0.12	0.45	+/-0.75	Y
Δεκ	-0.51	-0.22	-1.13	-0.46	-0.20	0.04	1.05	+/-0.75	Y
Ιαν	-0.44	-0.28	-1.40	-0.58	-0.24	0.03	1.11	+/-0.75	Y
Φεβ	-0.24	-0.27	-1.56	-0.54	-0.30	0.04	1.02	+/-0.75	Y
Μαρ	-0.96	-0.56	-1.55	-0.97	-0.63	-0.21	0.70	+/-0.75	Y
Απρ	-0.47	-0.58	-1.54	-0.82	-0.56	-0.31	0.41	+/-0.75	Y
Μαι	-0.33	-0.32	-1.34	-0.67	-0.32	-0.02	0.88	+/-0.75	Y
Ιουν	-1.14	-0.98	-2.40	-1.50	-1.00	-0.53	0.53	+/-0.75	Y
Ιουλ	0.68	0.55	-0.66	0.16	0.50	0.89	2.22	+/-0.75	Y
Αυγ	-0.13	-0.11	-0.75	-0.33	-0.12	0.09	0.71	+/-0.75	Y
Σεπ	1.12	0.96	-0.65	0.59	1.02	1.34	2.73	+/-0.75	Y
Ελάχιστη τιμή (Min, mm)									
Οκτ	13.94	13.70	13.12	13.59	13.72	13.85	14.14	10.00%	Y
Νοε	6.47	6.89	5.97	6.16	6.48	7.73	8.64	10.00%	Y
Δεκ	2.41	3.07	2.28	2.65	2.89	3.08	5.00	10.00%	N
Ιαν	2.03	2.88	2.07	2.42	3.05	3.24	3.57	10.00%	N
Φεβ	3.48	3.70	3.35	3.57	3.67	3.74	4.94	10.00%	Y
Μαρ	4.44	5.15	4.26	4.44	4.72	6.23	7.33	10.00%	N
Απρ	10.25	10.40	9.74	10.01	10.20	10.78	12.48	10.00%	Y
Μαι	16.13	16.55	15.60	16.15	16.40	17.00	18.35	10.00%	Y
Ιουν	22.12	22.03	21.31	21.53	21.69	22.07	24.25	10.00%	Y
Ιουλ	24.43	24.72	23.88	24.47	24.77	24.98	25.72	10.00%	Y
Αυγ	23.17	23.36	22.67	23.05	23.22	23.75	24.18	10.00%	Y
Σεπ	19.72	19.70	19.03	19.47	19.67	19.88	20.48	10.00%	Y
Μέγιστη τιμή (Max, mm)									
Οκτ	18.52	18.99	17.90	18.66	18.96	19.26	21.73	10.00%	Y
Νοε	11.88	12.04	11.01	11.67	11.94	12.48	13.22	10.00%	Y
Δεκ	9.08	8.95	7.77	8.59	9.02	9.33	10.98	10.00%	Y
Ιαν	7.37	7.37	6.51	6.96	7.30	7.68	10.47	10.00%	Y
Φεβ	8.90	8.78	7.45	8.16	8.57	9.22	11.74	10.00%	Y
Μαρ	11.32	11.52	10.25	11.25	11.52	11.80	13.87	10.00%	Y
Απρ	15.79	15.95	15.27	15.76	15.90	16.17	16.77	10.00%	Y
Μαι	21.29	21.35	20.16	21.13	21.31	21.60	22.16	10.00%	Y
Ιουν	25.84	26.12	25.29	25.80	26.14	26.34	27.66	10.00%	Y
Ιουλ	29.33	28.70	26.92	28.15	28.75	29.12	31.12	10.00%	Y
Αυγ	27.01	26.91	26.05	26.62	26.86	27.16	28.56	10.00%	Y
Σεπ	24.24	24.07	21.83	23.73	24.05	24.46	27.51	10.00%	Y
Συντελεστής Συσχέτισης, r, μεταξύ δύο συνεχόμενων μηνών θερμοκρασίας									
Οκτ	0.04	-0.03	-0.50	-0.15	-0.03	0.09	0.39	+/-0.2	Y
Νοε	0.07	0.09	-0.46	-0.13	0.10	0.34	0.62	+/-0.2	Y
Δεκ	0.29	0.42	-0.13	0.30	0.41	0.54	0.78	+/-0.2	Y
Ιαν	0.17	0.17	-0.23	0.07	0.19	0.29	0.60	+/-0.2	Y
Φεβ	-0.04	0.00	-0.64	-0.14	-0.01	0.12	0.61	+/-0.2	Y
Μαρ	0.38	0.47	0.04	0.39	0.48	0.56	0.79	+/-0.2	Y
Απρ	0.27	0.22	-0.52	0.04	0.21	0.38	0.85	+/-0.2	Y
Μαι	0.20	0.19	-0.38	0.00	0.17	0.38	0.76	+/-0.2	Y
Ιουν	0.49	0.50	0.15	0.41	0.49	0.58	0.80	+/-0.2	Y
Ιουλ	0.38	0.26	-0.24	0.12	0.28	0.42	0.70	+/-0.2	Y
Αυγ	0.26	0.31	-0.14	0.21	0.30	0.43	0.63	+/-0.2	Y
Σεπ	0.19	0.05	-0.65	-0.12	0.07	0.24	0.58	+/-0.2	Y

Πίνακας 3.27. Αποτελέσματα στατιστικών παραμέτρων και κριτηρίων των συνθετικών μηνιαίων χρονοσειρών δυνητικής εξατμισοδιαπνοής – Λεκάνη απορροής Λάρισα

Στατιστικό Κριτήριο	Ιστορική	Μέσο	Min	25%	50%	75%	Max	Ανοχή	Y/N
Μέση τιμή (Average, mm)									
Οκτ	55.97	54.967	50.867	53.333	55	56.498	58.925	7.50%	Y
Νοε	22.43	22.16	19.429	21.526	22.234	23.042	24.368	7.50%	Y
Δεκ	10.143	10.462	8.199	9.616	10.555	11.287	12.506	7.50%	Y
Ιαν	7.607	8.191	6.828	7.713	8.215	8.739	9.532	7.50%	N
Φεβ	10.505	10.764	8.746	10.108	10.834	11.368	12.39	7.50%	Y
Μαρ	23.379	23.069	20.704	22.097	22.971	23.927	25.911	7.50%	Y
Απρ	50.075	50.425	46.944	49.017	50.354	51.803	54.037	7.50%	Y
Μαι	96.078	97.655	92.259	95.692	97.716	99.835	103.081	7.50%	Y
Ιουν	147.312	146.874	141.116	144.681	146.901	148.784	153.176	7.50%	Y
Ιουλ	166.882	167.021	162.835	165.029	166.434	168.749	173.575	7.50%	Y
Αυγ	145.13	144.776	140.058	142.994	145.2	146.681	149.15	7.50%	Y
Σεπ	96.816	96.831	92.655	95.574	97.073	98.375	100.177	7.50%	Y
Τυπική Απόκλιση (SD) (mm)									
Οκτ	9.186	9.547	7.283	8.918	9.597	10.365	11.371	7.50%	Y
Νοε	5.238	4.919	3.852	4.559	4.926	5.244	5.982	7.50%	Y
Δεκ	4.491	4.354	3.359	4.024	4.388	4.686	5.27	7.50%	Y
Ιαν	3.48	3.069	2.499	2.84	3.069	3.282	3.653	7.50%	N
Φεβ	3.88	3.989	3.178	3.733	3.984	4.254	4.899	7.50%	Y
Μαρ	6.55	6.597	4.534	5.866	6.632	7.23	8.487	7.50%	Y
Απρ	9.875	9.629	7.23	8.892	9.727	10.368	11.656	7.50%	Y
Μαι	12.164	11.07	8.062	10.104	11.162	12.027	13.393	7.50%	N
Ιουν	9.669	9.554	6.577	8.512	9.742	10.714	12.464	7.50%	Y
Ιουλ	12.919	10.469	6.59	9.068	10.262	11.772	14.611	7.50%	N
Αυγ	10.458	10.159	7.722	9.245	10.026	11.003	13.497	7.50%	Y
Σεπ	7.579	7.862	4.668	6.888	7.896	8.776	11.14	7.50%	Y
Συντελεστής Ασυμμετρίας (Skew)									
Οκτ	0.272	0.548	-0.141	0.216	0.532	0.819	1.447	+/-0.75	Y
Νοε	-0.543	-0.303	-1.007	-0.515	-0.274	-0.05	0.209	+/-0.75	Y
Δεκ	-0.077	0.036	-0.603	-0.163	0.015	0.229	0.721	+/-0.75	Y
Ιαν	-0.096	-0.147	-0.963	-0.369	-0.17	0.113	0.643	+/-0.75	Y
Φεβ	0.084	-0.13	-0.863	-0.414	-0.088	0.162	0.52	+/-0.75	Y
Μαρ	-0.522	-0.353	-1.12	-0.649	-0.437	-0.105	0.552	+/-0.75	Y
Απρ	-0.372	-0.507	-1.166	-0.759	-0.488	-0.239	0.158	+/-0.75	Y
Μαι	-0.258	-0.26	-1.065	-0.51	-0.283	-0.032	0.446	+/-0.75	Y
Ιουν	-1.087	-0.684	-1.945	-1.028	-0.696	-0.358	0.855	+/-0.75	Y
Ιουλ	0.752	0.582	-0.71	0.149	0.568	1.023	1.837	+/-0.75	Y
Αυγ	-0.1	-0.004	-0.703	-0.319	-0.037	0.235	0.713	+/-0.75	Y
Σεπ	1.243	1.014	-0.336	0.539	1.043	1.464	2.054	+/-0.75	Y
*Ελάχιστη τιμή (Min, mm)									
Οκτ	0.797	0.798	0.739	0.779	0.799	0.819	0.87	10%	Y
Νοε	0.497	0.575	0.475	0.503	0.549	0.649	0.715	10%	N
Δεκ	0.215	0.308	0.191	0.231	0.268	0.323	0.594	10%	N
Ιαν	0.223	0.376	0.214	0.25	0.415	0.462	0.554	10%	N
Φεβ	0.388	0.399	0.331	0.363	0.389	0.422	0.554	10%	Y
Μαρ	0.318	0.393	0.291	0.316	0.333	0.522	0.598	10%	N
Απρ	0.622	0.648	0.577	0.618	0.635	0.675	0.765	10%	Y
Μαι	0.762	0.779	0.726	0.75	0.777	0.804	0.841	10%	Y
Ιουν	0.837	0.854	0.81	0.839	0.848	0.866	0.921	10%	Y
Ιουλ	0.882	0.896	0.844	0.881	0.898	0.913	0.941	10%	Y
Αυγ	0.869	0.881	0.828	0.865	0.884	0.898	0.918	10%	Y
Σεπ	0.878	0.878	0.82	0.859	0.878	0.896	0.929	10%	Y
*Μέγιστη τιμή (Max, mm)									
Οκτ	1.265	1.309	1.236	1.274	1.306	1.337	1.409	10%	Y
Νοε	1.336	1.355	1.24	1.304	1.348	1.401	1.484	10%	Y
Δεκ	1.858	1.762	1.432	1.631	1.733	1.892	2.189	10%	Y
Ιαν	1.817	1.659	1.415	1.546	1.673	1.746	1.961	10%	Y
Φεβ	1.787	1.694	1.436	1.591	1.697	1.79	1.988	10%	Y
Μαρ	1.454	1.473	1.323	1.417	1.474	1.529	1.61	10%	Y
Απρ	1.256	1.24	1.151	1.197	1.233	1.283	1.372	10%	Y
Μαι	1.196	1.187	1.121	1.162	1.187	1.208	1.275	10%	Y
Ιουν	1.077	1.11	1.063	1.086	1.11	1.125	1.18	10%	Y
Ιουλ	1.187	1.145	1.066	1.114	1.138	1.173	1.236	10%	Y
Αυγ	1.114	1.119	1.074	1.1	1.113	1.131	1.202	10%	Y
Σεπ	1.228	1.213	1.093	1.174	1.219	1.251	1.321	10%	Y
Συντελεστής Συσχέτισης, r, μεταξύ δύο συνεχόμενων μηνών δυνητικής εξατμισοδιαπνοής									
Οκτ	0.167	0.06	-0.448	-0.099	0.09	0.234	0.451	+/-0.2	Y
Νοε	0.035	-0.009	-0.339	-0.121	-0.017	0.102	0.312	+/-0.2	Y
Δεκ	0.008	0.048	-0.481	-0.233	0.082	0.258	0.546	+/-0.2	Y
Ιαν	0.31	0.449	0.034	0.342	0.46	0.568	0.706	+/-0.2	Y
Φεβ	0.174	0.161	-0.141	0.073	0.16	0.284	0.48	+/-0.2	Y
Μαρ	-0.014	0.074	-0.252	-0.043	0.067	0.19	0.421	+/-0.2	Y
Απρ	0.371	0.482	0.183	0.395	0.503	0.566	0.711	+/-0.2	Y
Μαι	0.265	0.217	-0.314	0.051	0.21	0.365	0.715	+/-0.2	Y
Ιουν	0.191	0.229	-0.155	0.075	0.21	0.4	0.633	+/-0.2	Y
Ιουλ	0.47	0.475	0.226	0.381	0.473	0.575	0.666	+/-0.2	Y
Αυγ	0.364	0.263	-0.157	0.135	0.278	0.4	0.615	+/-0.2	Y
Σεπ	0.249	0.346	-0.063	0.267	0.355	0.457	0.631	+/-0.2	Y

* Η μέγιστη και ελάχιστη μηνιαία δυνητική εξατμισοδιαπνοή έχουν διαιρεθεί με τη μέση παρατηρούμενη τιμή της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής

Πίνακας 3.28. Συντελεστές συσχέτισης των μηνιαίων κλιματικών μεταβλητών –
Λεκάνη απορροής Λάρισα

Στατιστικό Κριτήριο	Ιστορική	Μέσο	Min	25%	50%	75%	Max	Ανοχή	Y/N
Συντελεστής Συσχέτισης, r, μεταξύ των κλιματικών μεταβλητών Βροχόπτωση – Μέση Θερμοκρασία									
Οκτ	0.04	-0.03	-0.50	-0.15	-0.03	0.09	0.39	+/-0.2	Y
Νοε	0.07	0.09	-0.46	-0.13	0.10	0.34	0.62	+/-0.2	Y
Δεκ	0.29	0.42	-0.13	0.30	0.41	0.54	0.78	+/-0.2	Y
Ιαν	0.17	0.17	-0.23	0.07	0.19	0.29	0.60	+/-0.2	Y
Φεβ	-0.04	0.00	-0.64	-0.14	-0.01	0.12	0.61	+/-0.2	Y
Μαρ	0.38	0.47	0.04	0.39	0.48	0.56	0.79	+/-0.2	Y
Απρ	0.27	0.22	-0.52	0.04	0.21	0.38	0.85	+/-0.2	Y
Μαί	0.20	0.19	-0.38	0.00	0.17	0.38	0.76	+/-0.2	Y
Ιουν	0.49	0.50	0.15	0.41	0.49	0.58	0.80	+/-0.2	Y
Ιουλ	0.38	0.26	-0.24	0.12	0.28	0.42	0.70	+/-0.2	Y
Αυγ	0.26	0.31	-0.14	0.21	0.30	0.43	0.63	+/-0.2	Y
Σεπ	0.19	0.05	-0.65	-0.12	0.07	0.24	0.58	+/-0.2	Y
Συντελεστής Συσχέτισης, r, μεταξύ των κλιματικών μεταβλητών Βροχόπτωση – Δυνητική Εξατμισοδιαπονή									
Οκτ	0.032	-0.102	-0.485	-0.229	-0.093	0.042	0.187	+/-0.2	Y
Νοε	0.055	0.229	-0.272	0.089	0.255	0.396	0.61	+/-0.2	Y
Δεκ	0.168	0.015	-0.37	-0.124	-0.023	0.134	0.499	+/-0.2	Y
Ιαν	0.029	0.497	0.244	0.426	0.498	0.584	0.703	+/-0.2	N
Φεβ	-0.288	-0.288	-0.583	-0.413	-0.287	-0.179	0.06	+/-0.2	Y
Μαρ	-0.536	-0.551	-0.839	-0.719	-0.586	-0.398	-0.152	+/-0.2	Y
Απρ	-0.65	-0.676	-0.851	-0.759	-0.69	-0.615	-0.423	+/-0.2	Y
Μαί	-0.464	-0.507	-0.773	-0.635	-0.531	-0.406	-0.135	+/-0.2	Y
Ιουν	-0.575	-0.416	-0.751	-0.581	-0.455	-0.303	0.18	+/-0.2	Y
Ιουλ	-0.551	-0.389	-0.729	-0.542	-0.399	-0.256	-0.022	+/-0.2	Y
Αυγ	-0.627	-0.492	-0.768	-0.609	-0.515	-0.4	-0.128	+/-0.2	Y
Σεπ	-0.377	-0.409	-0.626	-0.494	-0.43	-0.352	-0.096	+/-0.2	Y
Συντελεστής Συσχέτισης, r, μεταξύ των κλιματικών μεταβλητών Μέση Θερμοκρασία – Δυνητική Εξατμισοδιαπονή									
Οκτ	0.991	0.988	0.975	0.986	0.988	0.992	0.995	+/-0.2	Y
Νοε	0.994	0.988	0.978	0.985	0.988	0.991	0.994	+/-0.2	Y
Δεκ	0.99	0.981	0.96	0.977	0.984	0.988	0.993	+/-0.2	Y
Ιαν	0.995	0.972	0.946	0.965	0.974	0.979	0.986	+/-0.2	Y
Φεβ	0.994	0.977	0.944	0.972	0.981	0.987	0.991	+/-0.2	Y
Μαρ	0.989	0.984	0.968	0.981	0.986	0.989	0.994	+/-0.2	Y
Απρ	0.993	0.985	0.97	0.982	0.986	0.989	0.994	+/-0.2	Y
Μαί	0.992	0.983	0.966	0.98	0.985	0.988	0.993	+/-0.2	Y
Ιουν	0.979	0.932	0.841	0.921	0.942	0.956	0.971	+/-0.2	Y
Ιουλ	0.995	0.947	0.889	0.935	0.951	0.967	0.979	+/-0.2	Y
Αυγ	0.997	0.961	0.928	0.952	0.963	0.972	0.983	+/-0.2	Y
Σεπ	0.995	0.968	0.926	0.958	0.971	0.979	0.989	+/-0.2	Y

Πίνακας 3.29. Συγκεντρωτικά αποτελέσματα στατιστικών παραμέτρων και κριτηρίων των συνθετικών μηνιαίων χρονοσειρών βροχόπτωσης – Υδατικό Διαμέρισμα Θεσσαλίας

Στατιστικό Κριτήριο	Ιστορική	Μέσο	Min	25%	50%	75%	Max	Ανοχή	Y/N
Μέση τιμή (Average, mm)									
Οκτ	70.55	67.35	49.56	61.94	67.02	72.16	89.75	7.50%	Y
Νοε	94.82	97.32	71.45	88.58	97.15	105.01	126.27	7.50%	Y
Δεκ	85.54	84.68	57.70	77.59	85.35	91.97	111.67	7.50%	Y
Ιαν	61.88	57.78	37.17	51.78	57.84	63.59	78.92	7.50%	Y
Φεβ	62.94	63.04	46.25	58.05	62.80	67.89	80.06	7.50%	Y
Μαρ	66.66	70.49	49.20	64.00	70.00	76.42	95.20	7.50%	Y
Απρ	54.22	53.81	36.21	48.42	53.35	58.80	73.55	7.50%	Y
Μαι	53.59	56.59	40.47	51.07	56.38	61.76	75.12	7.50%	Y
Ιουν	24.68	26.45	14.37	22.79	26.46	30.15	40.29	7.50%	Y
Ιουλ	19.96	21.93	13.61	19.61	21.91	24.14	30.31	7.50%	N
Αυγ	23.84	24.78	14.35	21.99	24.55	27.56	36.49	7.50%	Y
Σεπ	21.10	21.06	11.16	17.70	20.62	24.10	33.62	7.50%	Y
Τυπική Απόκλιση (SD) (mm)									
Οκτ	50.06	42.44	25.86	36.62	42.21	47.97	62.35	7.50%	N
Νοε	52.17	49.50	29.38	42.74	49.11	55.89	74.32	7.50%	Y
Δεκ	43.26	44.35	27.23	39.47	44.45	49.05	62.81	7.50%	Y
Ιαν	46.36	35.22	24.22	32.36	35.29	38.15	46.28	7.50%	N
Φεβ	35.43	32.24	20.43	28.81	32.33	35.52	44.63	7.50%	N
Μαρ	41.53	42.49	21.14	36.09	43.04	49.44	62.92	7.50%	Y
Απρ	41.55	38.81	22.19	34.94	39.37	42.98	52.35	7.50%	Y
Μαι	37.99	33.41	18.39	28.89	33.52	37.90	48.97	7.50%	N
Ιουν	22.57	24.57	10.26	21.53	24.84	28.36	36.30	7.50%	N
Ιουλ	16.90	17.28	10.24	15.44	17.26	19.12	23.96	7.50%	Y
Αυγ	19.96	20.42	10.55	17.83	20.27	23.24	29.69	7.50%	Y
Σεπ	19.68	18.35	8.07	15.23	18.66	21.66	27.86	7.50%	Y
Συντελεστής Ασυμμετρίας (Skew)									
Οκτ	1.00	0.77	-0.59	0.33	0.77	1.17	2.32	+/-0.75	Y
Νοε	1.35	0.86	-0.19	0.54	0.84	1.18	2.28	+/-0.75	Y
Δεκ	0.75	0.43	-0.61	0.16	0.42	0.69	1.62	+/-0.75	Y
Ιαν	0.77	0.10	-0.96	-0.17	0.08	0.34	1.36	+/-0.75	Y
Φεβ	0.67	0.44	-0.76	0.13	0.43	0.75	1.87	+/-0.75	Y
Μαρ	1.45	1.27	-0.27	0.89	1.27	1.64	2.86	+/-0.75	Y
Απρ	0.95	0.94	0.00	0.64	0.90	1.20	2.19	+/-0.75	Y
Μαι	1.37	0.73	-0.67	0.37	0.73	1.09	2.18	+/-0.75	Y
Ιουν	1.83	1.53	0.11	1.11	1.46	1.89	3.17	+/-0.75	Y
Ιουλ	0.85	0.71	-0.17	0.45	0.69	0.96	1.86	+/-0.75	Y
Αυγ	0.77	0.96	-0.12	0.57	0.91	1.33	2.55	+/-0.75	Y
Σεπ	1.34	1.14	-0.28	0.75	1.12	1.53	2.91	+/-0.75	Y
Ελάχιστη τιμή (Min, mm)									
Οκτ	8.23	8.45	0.15	2.21	6.19	12.36	34.58	10.00%	Y
Νοε	33.84	32.71	16.78	26.94	32.63	38.46	57.41	10.00%	Y
Δεκ	22.11	16.69	2.83	9.58	15.54	22.04	55.00	10.00%	N
Ιαν	3.20	4.10	0.00	0.51	2.51	6.00	28.93	10.00%	N
Φεβ	12.50	12.57	0.65	6.52	11.67	17.92	35.55	10.00%	Y
Μαρ	14.89	18.29	4.31	12.74	18.17	23.69	36.63	10.00%	N
Απρ	9.27	10.39	3.82	7.86	10.17	12.20	20.46	10.00%	Y
Μαι	11.77	12.13	2.65	8.68	11.61	15.10	27.28	10.00%	N
Ιουν	3.70	1.75	0.00	0.26	1.09	2.55	9.10	10.00%	N
Ιουλ	0.75	0.44	0.00	0.00	0.00	0.20	6.02	10.00%	N
Αυγ	0.58	0.92	0.00	0.00	0.06	1.09	8.30	10.00%	N
Σεπ	2.09	0.76	0.00	0.00	0.25	0.80	6.42	10.00%	N
Μέγιστη τιμή (Max, mm)									
Οκτ	190.25	165.14	99.68	138.18	167.11	188.74	242.92	10.00%	N
Νοε	235.98	209.81	133.93	187.10	206.71	235.07	286.04	10.00%	N
Δεκ	182.21	173.36	108.49	160.32	175.14	187.54	219.69	10.00%	Y
Ιαν	174.46	121.56	88.04	112.88	122.03	130.22	156.50	10.00%	N
Φεβ	141.36	128.51	86.75	115.44	129.83	140.41	174.93	10.00%	Y
Μαρ	185.01	178.92	96.60	160.55	187.44	202.44	240.21	10.00%	Y
Απρ	142.79	137.90	88.70	126.26	139.33	150.56	185.82	10.00%	Y
Μαι	154.56	132.06	80.21	115.47	133.28	148.59	183.48	10.00%	N
Ιουν	88.94	91.00	38.27	82.14	94.02	103.60	126.45	10.00%	Y
Ιουλ	57.25	59.59	38.27	54.26	59.41	65.16	86.69	10.00%	Y
Αυγ	67.14	71.95	37.82	62.86	71.91	82.03	97.91	10.00%	Y
Σεπ	69.00	64.06	32.53	56.15	65.81	73.21	92.92	10.00%	Y
Συντελεστής Συσχέτισης, r, μεταξύ δύο συνεχόμενων μηνών βροχόπτωσης									
Οκτ	-0.16	-0.11	-0.60	-0.26	-0.12	0.03	0.49	+/-0.2	Y
Νοε	-0.11	-0.17	-0.64	-0.31	-0.17	-0.04	0.39	+/-0.2	Y
Δεκ	-0.05	-0.06	-0.56	-0.20	-0.06	0.08	0.47	+/-0.2	Y
Ιαν	0.05	0.13	-0.38	0.00	0.14	0.28	0.66	+/-0.2	Y
Φεβ	0.16	0.21	-0.31	0.09	0.21	0.32	0.65	+/-0.2	Y
Μαρ	0.26	0.16	-0.46	0.01	0.17	0.33	0.70	+/-0.2	Y
Απρ	0.14	0.11	-0.45	-0.05	0.13	0.28	0.64	+/-0.2	Y
Μαι	-0.04	0.04	-0.46	-0.12	0.04	0.19	0.64	+/-0.2	Y
Ιουν	0.44	0.52	0.03	0.43	0.54	0.64	0.88	+/-0.2	Y
Ιουλ	0.03	0.17	-0.33	0.04	0.18	0.30	0.61	+/-0.2	Y
Αυγ	0.22	0.32	-0.11	0.19	0.31	0.43	0.78	+/-0.2	Y
Σεπ	-0.13	-0.13	-0.60	-0.28	-0.15	0.01	0.45	+/-0.2	Y

Πίνακας 3.30. Αποτελέσματα στατιστικών παραμέτρων και κριτηρίων των συνθετικών μηνιαίων χρονοσειρών θερμοκρασίας – Υδατικό Διαμέρισμα Θεσσαλίας

Στατιστικό Κριτήριο	Ιστορική	Μέσο	Min	25%	50%	75%	Max	Ανοχή	Y/N
Μέση τιμή (Average, °C)									
Οκτ	15.21	15.24	14.28	14.99	15.24	15.49	16.14	7.50%	Y
Νοε	9.52	9.55	8.66	9.34	9.56	9.79	10.45	7.50%	Y
Δεκ	6.04	5.95	4.72	5.66	5.98	6.26	7.07	7.50%	Y
Ιαν	4.99	5.17	4.39	4.95	5.17	5.40	5.95	7.50%	Y
Φεβ	6.09	6.13	5.30	5.92	6.13	6.38	6.92	7.50%	Y
Μαρ	8.73	8.60	7.75	8.35	8.62	8.85	9.48	7.50%	Y
Απρ	13.30	13.35	12.41	13.13	13.37	13.57	14.17	7.50%	Y
Μαι	18.09	18.11	17.35	17.90	18.12	18.34	18.84	7.50%	Y
Ιουν	23.08	23.05	22.46	22.89	23.06	23.19	23.60	7.50%	Y
Ιουλ	24.66	24.65	24.08	24.48	24.64	24.81	25.30	7.50%	Y
Αυγ	23.80	23.82	23.22	23.66	23.83	23.98	24.39	7.50%	Y
Σεπ	20.33	20.39	19.76	20.22	20.39	20.56	21.04	7.50%	Y
Τυπική Απόκλιση (SD) (°C)									
Οκτ	1.56	1.57	0.99	1.42	1.57	1.71	2.18	7.50%	Y
Νοε	1.39	1.40	0.92	1.26	1.39	1.56	1.96	7.50%	Y
Δεκ	1.80	1.76	1.22	1.63	1.77	1.90	2.25	7.50%	Y
Ιαν	1.50	1.34	0.87	1.21	1.34	1.46	1.86	7.50%	N
Φεβ	1.44	1.47	0.96	1.35	1.47	1.59	1.94	7.50%	Y
Μαρ	1.80	1.78	1.00	1.55	1.78	2.04	2.54	7.50%	Y
Απρ	1.61	1.50	0.96	1.35	1.49	1.65	2.08	7.50%	Y
Μαι	1.32	1.24	0.84	1.12	1.24	1.35	1.63	7.50%	Y
Ιουν	0.90	0.93	0.56	0.82	0.93	1.06	1.34	7.50%	Y
Ιουλ	1.06	0.99	0.57	0.88	0.99	1.10	1.42	7.50%	Y
Αυγ	1.11	1.06	0.74	0.97	1.05	1.15	1.43	7.50%	Y
Σεπ	1.10	1.15	0.64	1.01	1.14	1.27	1.85	7.50%	Y
Συντελεστής Ασυμμετρίας (Skew)									
Οκτ	0.13	0.24	-0.67	-0.01	0.23	0.50	1.28	+/-0.75	Y
Νοε	-0.58	-0.37	-1.43	-0.62	-0.37	-0.10	0.64	+/-0.75	Y
Δεκ	-0.46	-0.23	-1.26	-0.50	-0.23	0.01	0.97	+/-0.75	Y
Ιαν	-0.37	-0.03	-1.21	-0.35	-0.04	0.26	1.53	+/-0.75	Y
Φεβ	-0.13	-0.15	-1.28	-0.43	-0.17	0.14	1.06	+/-0.75	Y
Μαρ	-1.00	-0.86	-2.24	-1.24	-0.94	-0.59	1.07	+/-0.75	Y
Απρ	-0.60	-0.43	-1.51	-0.72	-0.42	-0.13	0.60	+/-0.75	Y
Μαι	-0.33	-0.25	-1.30	-0.53	-0.25	0.04	0.88	+/-0.75	Y
Ιουν	-0.82	-0.64	-2.09	-0.99	-0.68	-0.27	0.84	+/-0.75	Y
Ιουλ	0.64	0.45	-0.76	0.10	0.42	0.77	1.99	+/-0.75	Y
Αυγ	0.00	-0.05	-0.95	-0.34	-0.07	0.22	1.14	+/-0.75	Y
Σεπ	0.83	0.87	-0.80	0.52	0.90	1.25	2.43	+/-0.75	Y
Ελάχιστη τιμή (Min, °C)									
Οκτ	12.97	12.99	12.42	12.79	12.97	13.18	13.89	10.00%	Y
Νοε	6.53	6.84	6.00	6.35	6.56	7.41	8.51	10.00%	Y
Δεκ	2.39	2.75	2.11	2.44	2.66	2.92	4.57	10.00%	N
Ιαν	1.96	2.89	2.25	2.56	2.82	3.16	4.06	10.00%	N
Φεβ	3.32	3.59	3.12	3.36	3.50	3.65	5.05	10.00%	Y
Μαρ	3.77	4.36	3.55	3.70	3.94	4.59	7.47	10.00%	N
Απρ	9.72	10.36	9.16	9.55	10.30	10.85	12.22	10.00%	Y
Μαι	15.51	15.75	14.99	15.40	15.63	16.01	17.15	10.00%	Y
Ιουν	21.10	21.00	20.23	20.61	20.88	21.27	22.41	10.00%	Y
Ιουλ	22.92	23.06	22.30	22.81	23.05	23.31	23.90	10.00%	Y
Αυγ	21.76	22.00	21.29	21.74	21.94	22.29	22.74	10.00%	Y
Σεπ	18.36	18.65	17.73	18.30	18.67	18.94	19.66	10.00%	Y
Μέγιστη τιμή (Max, °C)									
Οκτ	17.70	18.00	16.85	17.72	17.96	18.25	20.65	10.00%	Y
Νοε	11.77	11.80	10.75	11.51	11.78	12.09	12.84	10.00%	Y
Δεκ	8.89	8.77	7.25	8.40	8.76	9.12	10.93	10.00%	Y
Ιαν	7.57	7.55	6.37	7.23	7.54	7.81	9.94	10.00%	Y
Φεβ	8.92	8.71	7.46	8.19	8.58	9.13	10.95	10.00%	Y
Μαρ	11.39	11.34	9.95	11.05	11.35	11.66	13.79	10.00%	Y
Απρ	15.44	15.58	14.72	15.34	15.55	15.83	16.96	10.00%	Y
Μαι	20.11	20.16	19.19	19.84	20.16	20.45	21.60	10.00%	Y
Ιουν	24.26	24.50	23.68	24.24	24.50	24.72	25.84	10.00%	Y
Ιουλ	27.19	26.75	25.30	26.27	26.76	27.19	28.62	10.00%	Y
Αυγ	25.81	25.67	24.63	25.26	25.60	26.05	27.62	10.00%	Y
Σεπ	23.06	23.08	21.18	22.74	23.12	23.43	25.94	10.00%	Y
Συντελεστής Συσχέτισης, r, μεταξύ δύο συνεχόμενων μηνών θερμοκρασίας									
Οκτ	0.03	0.02	-0.48	-0.14	0.01	0.18	0.50	+/-0.2	Y
Νοε	0.02	0.09	-0.52	-0.09	0.10	0.29	0.64	+/-0.2	Y
Δεκ	0.20	0.21	-0.39	0.03	0.20	0.38	0.79	+/-0.2	Y
Ιαν	0.19	0.23	-0.29	0.10	0.24	0.35	0.70	+/-0.2	Y
Φεβ	-0.07	-0.12	-0.57	-0.25	-0.13	0.00	0.51	+/-0.2	Y
Μαρ	0.35	0.32	-0.06	0.24	0.32	0.42	0.69	+/-0.2	Y
Απρ	0.23	0.28	-0.37	0.10	0.28	0.46	0.85	+/-0.2	Y
Μαι	0.14	0.16	-0.42	-0.01	0.17	0.35	0.69	+/-0.2	Y
Ιουν	0.44	0.49	0.04	0.40	0.50	0.59	0.78	+/-0.2	Y
Ιουλ	0.40	0.38	-0.21	0.27	0.40	0.51	0.75	+/-0.2	Y
Αυγ	0.38	0.38	-0.07	0.28	0.39	0.49	0.75	+/-0.2	Y
Σεπ	0.16	-0.02	-0.62	-0.19	-0.02	0.15	0.54	+/-0.2	Y

Πίνακας 3.31. Αποτελέσματα στατιστικών παραμέτρων και κριτηρίων των συνθετικών μηνιαίων χρονοσειρών δυνητικής εξατμισοδιαπνοής – Υδατικό Διαμέρισμα Θεσσαλίας

Στατιστικό Κριτήριο	Ιστορική	Μέσο	Min	25%	50%	75%	Max	Ανοχή	Y/N
Μέση τιμή (Average, mm)									
Οκτ	54.42	54.49	50.67	53.11	54.48	55.88	58.29	7.50%	Y
Νοε	23.20	23.36	20.89	22.62	23.36	24.19	25.61	7.50%	Y
Δεκ	11.54	11.38	8.92	10.59	11.44	12.24	13.46	7.50%	Y
Ιαν	8.90	9.30	7.65	8.73	9.31	9.92	10.94	7.50%	Y
Φεβ	11.86	12.00	10.12	11.35	12.04	12.68	13.65	7.50%	Y
Μαρ	25.15	24.65	21.90	23.50	24.69	25.71	27.56	7.50%	Y
Απρ	51.06	51.28	47.62	49.95	51.37	52.58	54.74	7.50%	Y
Μαι	91.78	92.09	87.14	90.30	92.15	93.90	96.82	7.50%	Y
Ιουν	134.43	134.35	130.38	132.80	134.46	135.80	138.41	7.50%	Y
Ιουλ	151.17	151.11	146.69	149.39	151.04	152.71	156.15	7.50%	Y
Αυγ	133.56	133.68	129.62	132.14	133.74	135.25	137.71	7.50%	Y
Σεπ	91.91	92.32	88.88	91.15	92.30	93.53	95.70	7.50%	Y
Τυπική Απόκλιση (SD) (mm)									
Οκτ	8.59	8.43	6.39	7.79	8.48	9.15	10.11	7.50%	Y
Νοε	5.09	5.03	3.70	4.57	5.01	5.47	6.37	7.50%	Y
Δεκ	4.87	4.82	3.77	4.46	4.82	5.16	5.88	7.50%	Y
Ιαν	3.82	3.48	2.53	3.18	3.49	3.79	4.43	7.50%	N
Φεβ	4.16	4.33	3.32	4.00	4.34	4.68	5.34	7.50%	Y
Μαρ	7.39	7.17	4.79	6.39	7.14	8.07	9.36	7.50%	Y
Απρ	9.29	8.67	6.59	7.96	8.65	9.36	10.76	7.50%	Y
Μαι	10.22	9.79	7.42	8.98	9.84	10.59	11.98	7.50%	Y
Ιουν	8.00	7.90	5.44	7.03	7.87	8.81	10.26	7.50%	Y
Ιουλ	10.07	9.19	6.16	8.00	9.14	10.31	12.47	7.50%	N
Αυγ	9.55	9.05	6.77	8.15	8.93	9.96	11.76	7.50%	Y
Σεπ	7.75	7.53	4.74	6.63	7.54	8.45	10.29	7.50%	Y
Συντελεστής Ασυμμετρίας (Skew)									
Οκτ	0.19	0.26	-0.48	-0.04	0.24	0.51	1.06	+/-0.75	Y
Νοε	-0.41	-0.26	-1.08	-0.51	-0.23	0.00	0.52	+/-0.75	Y
Δεκ	-0.12	0.00	-0.70	-0.24	0.00	0.22	0.73	+/-0.75	Y
Ιαν	-0.01	0.03	-0.88	-0.26	0.03	0.33	0.90	+/-0.75	Y
Φεβ	0.18	0.03	-0.78	-0.24	0.04	0.30	0.77	+/-0.75	Y
Μαρ	-0.54	-0.60	-1.50	-0.94	-0.67	-0.34	0.72	+/-0.75	Y
Απρ	-0.48	-0.32	-1.09	-0.58	-0.30	-0.07	0.43	+/-0.75	Y
Μαι	-0.27	-0.21	-0.96	-0.48	-0.23	0.04	0.58	+/-0.75	Y
Ιουν	-0.78	-0.43	-1.36	-0.76	-0.44	-0.13	0.69	+/-0.75	Y
Ιουλ	0.69	0.43	-0.62	0.06	0.41	0.78	1.57	+/-0.75	Y
Αυγ	0.05	0.01	-0.84	-0.32	-0.01	0.32	0.86	+/-0.75	Y
Σεπ	0.94	0.89	-0.33	0.48	0.92	1.34	1.99	+/-0.75	Y
*Ελάχιστη τιμή (Min, mm)									
Οκτ	0.78	0.79	0.73	0.77	0.79	0.81	0.85	10.00%	Y
Νοε	0.56	0.61	0.52	0.56	0.60	0.66	0.75	10.00%	Y
Δεκ	0.23	0.29	0.21	0.24	0.27	0.32	0.48	10.00%	N
Ιαν	0.24	0.39	0.28	0.32	0.37	0.45	0.58	10.00%	N
Φεβ	0.39	0.41	0.34	0.37	0.40	0.42	0.60	10.00%	Y
Μαρ	0.28	0.35	0.25	0.28	0.30	0.37	0.70	10.00%	N
Απρ	0.62	0.69	0.59	0.63	0.69	0.73	0.80	10.00%	N
Μαι	0.79	0.80	0.74	0.78	0.80	0.83	0.87	10.00%	Y
Ιουν	0.87	0.88	0.83	0.86	0.88	0.89	0.93	10.00%	Y
Ιουλ	0.89	0.90	0.84	0.88	0.90	0.91	0.94	10.00%	Y
Αυγ	0.87	0.88	0.83	0.86	0.88	0.90	0.92	10.00%	Y
Σεπ	0.85	0.87	0.81	0.85	0.88	0.90	0.93	10.00%	Y
*Μέγιστη τιμή (Max, mm)									
Οκτ	1.26	1.26	1.18	1.23	1.26	1.29	1.35	10.00%	Y
Νοε	1.37	1.36	1.22	1.30	1.35	1.41	1.51	10.00%	Y
Δεκ	1.75	1.75	1.42	1.61	1.72	1.85	2.20	10.00%	Y
Ιαν	1.84	1.69	1.42	1.58	1.68	1.79	2.02	10.00%	Y
Φεβ	1.76	1.68	1.41	1.57	1.67	1.78	1.99	10.00%	Y
Μαρ	1.48	1.48	1.30	1.41	1.48	1.55	1.66	10.00%	Y
Απρ	1.25	1.24	1.15	1.21	1.24	1.27	1.35	10.00%	Y
Μαι	1.17	1.17	1.11	1.15	1.17	1.19	1.25	10.00%	Y
Ιουν	1.08	1.10	1.06	1.08	1.10	1.11	1.16	10.00%	Y
Ιουλ	1.16	1.13	1.07	1.10	1.13	1.15	1.22	10.00%	Y
Αυγ	1.13	1.12	1.07	1.10	1.12	1.14	1.19	10.00%	Y
Σεπ	1.21	1.19	1.10	1.16	1.20	1.23	1.27	10.00%	Y
Συντελεστής Συσχέτισης, r, μεταξύ δύο συνεχόμενων μηνών δυνητικής εξατμισοδιαπνοής									
Οκτ	0.14	-0.01	-0.46	-0.17	0.01	0.16	0.42	+/-0.2	Y
Νοε	0.02	0.01	-0.36	-0.11	0.02	0.15	0.41	+/-0.2	Y
Δεκ	-0.01	0.09	-0.39	-0.11	0.09	0.29	0.56	+/-0.2	Y
Ιαν	0.23	0.27	-0.17	0.11	0.27	0.45	0.67	+/-0.2	Y
Φεβ	0.18	0.21	-0.12	0.10	0.21	0.33	0.53	+/-0.2	Y
Μαρ	-0.05	-0.06	-0.37	-0.18	-0.07	0.05	0.29	+/-0.2	Y
Απρ	0.34	0.36	0.09	0.29	0.38	0.46	0.59	+/-0.2	Y
Μαι	0.23	0.27	-0.21	0.10	0.28	0.44	0.72	+/-0.2	Y
Ιουν	0.13	0.18	-0.27	0.00	0.18	0.35	0.59	+/-0.2	Y
Ιουλ	0.42	0.43	0.12	0.33	0.43	0.55	0.70	+/-0.2	Y
Αυγ	0.39	0.36	-0.03	0.24	0.37	0.48	0.66	+/-0.2	Y
Σεπ	0.36	0.36	0.02	0.26	0.38	0.48	0.65	+/-0.2	Y

* Η μέγιστη και ελάχιστη μηνιαία δυνητική εξατμισοδιαπνοή έχουν διαιρεθεί με τη μέση παρατηρούμενη τιμή της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής

Πίνακας 3.32. Συντελεστές συσχέτισης των μηνιαίων κλιματικών μεταβλητών – Υδατικό Διαμέρισμα Θεσσαλίας

Στατιστικό Κριτήριο	Ιστορική	Μέσο	Min	25%	50%	75%	Max	Ανοχή	Y/N
Συντελεστής Συσχέτισης, r, μεταξύ των κλιματικών μεταβλητών Βροχόπτωση – Μέση Θερμοκρασία									
Οκτ	-0.07	-0.16	-0.65	-0.32	-0.15	-0.02	0.31	+/-0.2	Y
Νοε	-0.02	0.12	-0.49	-0.05	0.12	0.29	0.68	+/-0.2	Y
Δεκ	0.15	0.12	-0.42	-0.03	0.12	0.26	0.66	+/-0.2	Y
Ιαν	0.06	0.36	-0.07	0.26	0.37	0.47	0.74	+/-0.2	N
Φεβ	-0.21	-0.22	-0.62	-0.36	-0.24	-0.09	0.30	+/-0.2	Y
Μαρ	-0.63	-0.58	-0.90	-0.74	-0.63	-0.47	0.10	+/-0.2	Y
Απρ	-0.56	-0.56	-0.86	-0.67	-0.58	-0.45	-0.09	+/-0.2	Y
Μαι	-0.46	-0.44	-0.77	-0.55	-0.45	-0.35	0.05	+/-0.2	Y
Ιουν	-0.57	-0.63	-0.90	-0.74	-0.65	-0.55	-0.07	+/-0.2	Y
Ιουλ	-0.49	-0.41	-0.74	-0.52	-0.42	-0.30	0.04	+/-0.2	Y
Αυγ	-0.59	-0.53	-0.84	-0.64	-0.54	-0.45	-0.07	+/-0.2	Y
Σεπ	-0.36	-0.37	-0.67	-0.47	-0.39	-0.29	0.10	+/-0.2	Y
Συντελεστής Συσχέτισης, r, μεταξύ των κλιματικών μεταβλητών Βροχόπτωση – Δυνητική Εξατμισοδιαπνοή									
Οκτ	-0.08	-0.17	-0.56	-0.32	-0.17	-0.01	0.20	+/-0.2	Y
Νοε	0.05	0.13	-0.33	-0.02	0.13	0.30	0.58	+/-0.2	Y
Δεκ	0.13	0.10	-0.33	-0.05	0.10	0.25	0.50	+/-0.2	Y
Ιαν	0.08	0.36	0.05	0.25	0.36	0.47	0.64	+/-0.2	N
Φεβ	-0.27	-0.26	-0.57	-0.39	-0.28	-0.14	0.12	+/-0.2	Y
Μαρ	-0.57	-0.59	-0.87	-0.75	-0.63	-0.46	-0.13	+/-0.2	Y
Απρ	-0.56	-0.59	-0.83	-0.70	-0.61	-0.49	-0.28	+/-0.2	Y
Μαι	-0.40	-0.45	-0.71	-0.56	-0.46	-0.35	-0.13	+/-0.2	Y
Ιουν	-0.58	-0.53	-0.79	-0.66	-0.55	-0.42	-0.12	+/-0.2	Y
Ιουλ	-0.46	-0.39	-0.68	-0.51	-0.40	-0.28	-0.03	+/-0.2	Y
Αυγ	-0.58	-0.50	-0.77	-0.61	-0.51	-0.42	-0.18	+/-0.2	Y
Σεπ	-0.39	-0.40	-0.64	-0.50	-0.42	-0.32	-0.06	+/-0.2	Y
Συντελεστής Συσχέτισης, r, μεταξύ των κλιματικών μεταβλητών Μέση Θερμοκρασία – Δυνητική Εξατμισοδιαπνοή									
Οκτ	0.99	0.99	0.97	0.98	0.99	0.99	1.00	+/-0.2	Y
Νοε	0.99	0.98	0.96	0.98	0.98	0.99	0.99	+/-0.2	Y
Δεκ	0.99	0.98	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99	+/-0.2	Y
Ιαν	0.99	0.98	0.95	0.97	0.98	0.98	0.99	+/-0.2	Y
Φεβ	0.99	0.98	0.95	0.97	0.98	0.99	0.99	+/-0.2	Y
Μαρ	0.99	0.99	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99	+/-0.2	Y
Απρ	0.99	0.98	0.96	0.98	0.98	0.99	0.99	+/-0.2	Y
Μαι	0.99	0.98	0.96	0.98	0.98	0.99	0.99	+/-0.2	Y
Ιουν	0.98	0.93	0.84	0.92	0.94	0.95	0.97	+/-0.2	Y
Ιουλ	1.00	0.95	0.90	0.94	0.96	0.97	0.98	+/-0.2	Y
Αυγ	1.00	0.96	0.93	0.96	0.97	0.98	0.98	+/-0.2	Y
Σεπ	1.00	0.97	0.94	0.97	0.98	0.98	0.99	+/-0.2	Y

Υδατικό Διαμέρισμα Ηπείρου

- **Ετήσια Κλιματικά Δεδομένα**

Η προσομοίωση των ετήσιων κλιματικών μεταβλητών και η παραγωγή των 100 συνθετικών χρονοσειρών έγινε τη χρήση του ετήσιου αυτοπαλίνδρομου μοντέλου 1^{ης} τάξης μοντέλο πολλών μεταβλητών (first order autoregressive multivariate model). Ενδεικτικά, για τη λεκάνη απορροής του Μετσοβίτικου δίνονται τα μητρώα των Πινάκων (Πίνακες A , B , M_0 και M_1) όπως υπολογίστηκαν από το ετήσιο στοχαστικό μοντέλο για τη βροχόπτωση, δυνητική εξατμισοδιαπνοή και μέση θερμοκρασία:

$$M_0 = \begin{bmatrix} 1.000 & -0.048 & 0.020 \\ -0.048 & 1.000 & 0.981 \\ 0.020 & 0.981 & 1.000 \end{bmatrix} \quad M_1 = \begin{bmatrix} 0.244 & 0.035 & 0.039 \\ -0.540 & 0.033 & -0.052 \\ -0.547 & 0.009 & -0.076 \end{bmatrix}$$

$$A = \begin{bmatrix} 0.270 & 0.395 & -0.354 \\ -0.041 & 1.434 & -1.450 \\ -0.448 & 1.432 & -1.472 \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} 0.967 & 0.000 & 0.000 \\ 0.068 & 0.797 & 0.000 \\ 0.142 & 0.761 & 0.175 \end{bmatrix}$$

Τα αποτελέσματα των στατιστικών παραμέτρων των 100 συνθετικών χρονοσειρών και τα στατιστικά κριτήρια παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.33 για τη λεκάνη του Μετσοβίτικου ποταμού. Όπως φαίνεται από τον παρακάτω Πίνακα το ετήσιο στοχαστικό μοντέλο κρίνεται ικανοποιητικό αφού πληρεί 18 από τα 21 εξεταζόμενα ετήσια στατιστικά κριτήρια. Για τη λεκάνη του Μετσοβίτικου, η διαφορά των στατιστικών παραμέτρων είναι στατιστικά σημαντική για την τυπική απόκλιση της ετήσιας βροχόπτωσης και της θερμοκρασίας και για την ελάχιστη τιμή της ετήσιας βροχόπτωσης για όριο σφάλματος (ή ανοχής) 5%. Το σφάλμα υποεκτίμησης της τυπικής απόκλισης ανέρχεται στο 11.93% και στο 8.27% για την ετήσια βροχόπτωση και θερμοκρασία, αντίστοιχα. Αντίθετα η στοχαστική μέθοδος στατιστικού καταβιβασμού υπερεκτιμά την ελάχιστη τιμή της ετήσιας βροχόπτωσης κατά 22.15%. Σημειώνεται όμως ότι τα αποτελέσματα της στοχαστικής μεθόδου για αυτές τις στατιστικές παραμέτρους βρίσκονται μέσα στα όρια της εκτίμησης των κριτηρίων αυτών (Πίνακας 3.33) Παραπλήσια είναι τα αποτελέσματα και για τις υπόλοιπες λεκάνες απορροής της Ηπείρου όπως προέκυψαν από τις 100 συνθετικές χρονοσειρές για κάθε λεκάνη απορροής και που παρουσιάζονται αναλυτικά στο Παράρτημα. Γενικά η στοχαστική μεθοδολογία στατιστικού καταβιβασμού για την ετήσια βροχόπτωση και μέση θερμοκρασία κρίνεται πολύ ικανοποιητική αφού τουλάχιστον 18 από τα 21 στατιστικά κριτήρια ικανοποιούνται (βλ. Παράρτημα) σε όλες τις εξεταζόμενες λεκάνες απορροής.

Τα αποτελέσματα για κάθε μία λεκάνη απορροής σταθμίστηκαν με βάση την έκταση της κάθε λεκάνης ώστε να δώσουν τα τελικά αποτελέσματα για το Υδατικό Διαμέρισμα Ηπείρου. Η στοχαστική μεθοδολογία καταβιβασμού κλιματικών μεταβλητών του Υδατικού Διαμερίσματος Ηπείρου παρουσιάζονται στο ακόλουθο Πίνακα. Συγκεντρωτικά, φαίνεται ότι η στοχαστική μεθοδολογία στατιστικού καταβιβασμού προσομοιώνει ικανοποιητικά την ιστορική παρατηρούμενη περίοδο αφού ικανοποιεί 17 από τα 21 στατιστικά κριτήρια (μέση τιμή, τυπική απόκλιση, συντελεστής ασυμμετρίας, συντελεστής αυτοσυσχέτισης 1^{ης} τάξης, ελάχιστη και μέγιστη τιμή των ετήσιων κλιματικών μεταβλητών, Πίνακας 3.34). Για το Υδατικό Διαμέρισμα Ηπείρου, η διαφορά των στατιστικών παραμέτρων είναι στατιστικά σημαντική μόνο για την τυπική

απόκλιση όλων των κλιματικών μεταβλητών (βροχόπτωση, θερμοκρασία και δυνητική εξατμισοδιαπνοή) και της ελάχιστης τιμής της ετήσιας βροχόπτωσης για όριο σφάλματος (ή ανοχής) 5%. Για όριο ανοχής 10%, η στοχαστική μέθοδος στατιστικού καταβιβασμού ικανοποιεί όλα τα στατιστικά κριτήρια των κλιματικών μεταβλητών (βροχόπτωση, θερμοκρασία και δυνητική εξατμισοδιαπνοή) και επομένως θεωρείται κατάλληλη για στοχαστική προσομοίωση των ετήσιων ιστορικών κλιματικών μεταβλητών.

- **Μηνιαία Κλιματικά Δεδομένα**

Η προσομοίωση των μηνιαίων κλιματικών μεταβλητών βροχόπτωσης, μέσης θερμοκρασίας και δυνητικής εξατμισοδιαπνοής και η παραγωγή των 100 συνθετικών χρονοσειρών έγινε τη χρήση του ετήσιου αυτοπαλίνδρομου μοντέλου 1^{ης} τάξης μοντέλο πολλών μεταβλητών και την τροποποιημένη μέθοδο των τμημάτων επιμερισμού. Τα αποτελέσματα των στατιστικών παραμέτρων των 100 συνθετικών χρονοσειρών και τα στατιστικά κριτήρια παρουσιάζονται στους Πίνακες 3.35-3.38 για την υδρολογική λεκάνη του Μετσοβίτικου. Όπως φαίνεται από αυτούς τους Πίνακες, το μηνιαίο στοχαστικό μοντέλο στατιστικού καταβιβασμού θεωρείται πολύ ικανοποιητικό αφού ικανοποιεί 18 από τα 21 ετήσια και 212 από τα 252 μηνιαία εξεταζόμενα στατιστικά κριτήρια για τη λεκάνη απορροής Μετσοβίτικος. Παραπλήσια αποτελέσματα παρουσιάζονται και για τις άλλες λεκάνες απορροής του υδατικού διαμερίσματος που παρουσιάζονται στο Παράρτημα για την ιστορική περίοδο. Π.χ. η εφαρμογή του μοντέλου στη λεκάνη απορροής Αραχθος κρίνεται πολύ ικανοποιητική αφού ικανοποιεί 19 από 21 ετήσια και 220 από 252 μηνιαία στατιστικά κριτήρια. Τα αποτελέσματα του στοχαστικού μοντέλου καταβιβασμού κλίμακας για κάθε μία λεκάνη απορροής σταθμίστηκαν με βάση την έκταση της κάθε λεκάνης ώστε να δώσουν τα τελικά αποτελέσματα για το Υδατικό Διαμέρισμα Ηπείρου. Τα αποτελέσματα της στοχαστικής μεθοδολογίας καταβιβασμού κλιματικών μεταβλητών του Υδατικού Διαμερίσματος Ηπείρου παρουσιάζονται στους Πίνακες 3.39-3.42. Για την προσομοίωση των κλιματικών μεταβλητών στο Υδατικό Διαμέρισμα Ηπείρου η εφαρμογή του στοχαστικού μοντέλου καταβιβασμού κλίμακας και η αναπαραγωγή 100 συνθετικών μηνιαίων χρονοσειρών κρίνεται πολύ ικανοποιητική αφού το μοντέλο ικανοποιεί 17 από τα 21 ετήσια και 219 από τα 252 μηνιαία εξεταζόμενα στατιστικά κριτήρια (Πίνακες 3.39-3.42) και επομένως το μοντέλο θεωρείται κατάλληλο για στοχαστική προσομοίωση των μηνιαίων ιστορικών κλιματικών μεταβλητών.

Πίνακας 3.33. Αποτελέσματα στατιστικών παραμέτρων και κριτηρίων των συνθετικών ετήσιων χρονοσειρών κλιματικών δεδομένων – Λεκάνη απορροής Μετσοβίτικος

Στατιστικό Κριτήριο	Ιστορική	Μέσο	Min	25%	50%	75%	Max	Ανοχή	Y/N
Ετήσια Βροχόπτωση									
Average	1171.02	1180.96	1188.09	1271.96	1044.44	1147.09	1211.36	5%	Y
SD	203.07	178.85	175.21	303.13	117.28	152.64	202.90	5%	N
Skew	-0.96	-0.53	-0.46	1.02	-2.11	-0.80	-0.26	+/-0.5	Y
Min	647.38	790.74	803.62	1030.87	500.22	700.37	898.21	10%	N
Max	1458.70	1462.55	1464.37	1599.62	1350.03	1426.83	1500.28	10%	Y
ACF_1	0.25	0.12	0.14	0.71	-0.28	-0.03	0.25	+/-0.15	Y
Ετήσια Θερμοκρασία									
Average	10.71	10.72	10.71	11.06	10.37	10.60	10.84	5%	Y
SD	0.79	0.73	0.71	1.21	0.39	0.65	0.81	5%	N
Skew	-0.43	-0.43	-0.40	0.58	-1.92	-0.70	-0.05	+/-0.5	Y
Min	8.89	9.16	9.19	10.17	7.56	8.87	9.55	10%	Y
Max	11.91	11.91	11.89	12.59	11.35	11.73	12.06	10%	Y
ACF_1	-0.01	-0.10	-0.09	0.43	-0.55	-0.22	0.02	+/-0.15	Y
Ετήσια Δυνητική Εξατμισοδιαπνοή									
Average	638.56	638.94	615.28	628.83	638.56	649.32	666.02	5%	Y
SD	54.11	52.53	36.95	47.21	51.83	58.65	68.87	5%	Y
Skew	-0.30	-0.21	-1.30	-0.49	-0.22	0.12	0.74	+/-0.5	Y
Min	518.51	532.56	475.09	514.04	535.75	554.27	580.45	10%	Y
Max	720.30	729.88	701.14	714.55	727.32	738.82	769.47	10%	Y
ACF_1	0.03	-0.02	-0.41	-0.18	-0.03	0.11	0.37	+/-0.15	Y
Συντελεστής Συσχέτισης, r, μεταξύ δύο κλιματικών μεταβλητών									
Rain-Temp	-0.08	0.03	0.05	0.59	-0.56	-0.15	0.17	+/-0.2	Y
Rain-PET	-0.05	-0.02	-0.50	-0.16	-0.02	0.14	0.44	+/-0.2	Y
Temp-PET	0.98	0.98	0.95	0.98	0.98	0.99	0.99	+/-0.2	Y

Πίνακας 3.34. Συγκεντρωτικά αποτελέσματα στατιστικών παραμέτρων και κριτηρίων των συνθετικών ετήσιων χρονοσειρών κλιματικών δεδομένων – Υδατικό Διαμέρισμα Ηπείρου

Στατιστικό Κριτήριο	Ιστορική	Μέσο	Min	25%	50%	75%	Max	Ανοχή	Y/N
Ετήσια Βροχόπτωση									
Average	1415.84	1425.37	1309.46	1396.30	1430.68	1453.66	1518.29	5%	Y
SD	230.65	214.01	135.34	185.04	210.32	237.82	330.59	5%	N
Skew	-0.56	-0.15	-1.59	-0.46	-0.13	0.14	1.32	+/-0.5	Y
Min	904.80	1008.58	658.70	929.76	1015.82	1096.39	1246.74	10%	N
Max	1752.73	1805.85	1598.73	1746.24	1798.31	1861.41	2073.98	10%	Y
ACF_1	-0.07	-0.10	-0.51	-0.22	-0.10	0.01	0.44	+/-0.15	Y
Ετήσια Θερμοκρασία									
Average	12.76	12.78	12.41	12.67	12.78	12.88	13.08	5%	Y
SD	0.59	0.56	0.32	0.47	0.54	0.63	1.07	5%	N
Skew	-0.28	-0.18	-1.58	-0.56	-0.18	0.19	1.42	+/-0.5	Y
Min	11.38	11.62	10.04	11.41	11.66	11.92	12.44	10%	Y
Max	13.82	13.71	13.23	13.56	13.69	13.83	14.96	10%	Y
ACF_1	0.01	-0.04	-0.46	-0.16	-0.05	0.08	0.38	+/-0.15	Y
Ετήσια Δυνητική Εξατμισοδιαπνοή									
Average	705.46	706.55	688.11	698.10	706.43	714.70	726.83	5%	Y
SD	43.36	41.12	27.36	35.04	40.35	46.18	58.15	5%	N
Skew	-0.30	-0.18	-1.33	-0.55	-0.17	0.22	0.88	+/-0.5	Y
Min	605.25	620.65	556.15	605.29	624.11	641.28	660.65	10%	Y
Max	780.35	774.10	748.21	761.38	771.27	784.19	808.86	10%	Y
ACF_1	0.05	-0.02	-0.35	-0.14	-0.02	0.10	0.33	+/-0.15	Y
Συντελεστής Συσχέτισης, r, μεταξύ δύο κλιματικών μεταβλητών									
Rain-Temp	0.11	0.08	-0.48	-0.07	0.10	0.23	0.54	+/-0.2	Y
Rain-PET	0.04	0.00	-0.41	-0.14	0.01	0.16	0.37	0.04	Y
Temp-PET	0.98	0.98	0.95	0.97	0.98	0.98	0.99	0.98	Y

Πίνακας 3.35. Αποτελέσματα στατιστικών παραμέτρων και κριτηρίων των συνθετικών μηνιαίων χρονοσειρών βροχόπτωσης – Λεκάνη απορροής Μετσοβίτικος

Στατιστικό Κριτήριο	Ιστορική	Μέσο	Min	25%	50%	75%	Max	Ανοχή	Y/N
Μέση τιμή (Average, mm)									
Οκτ	118.28	115.88	86.36	107.14	114.62	124.35	148.40	7.50%	Y
Νοε	189.87	203.34	159.77	188.31	203.85	217.07	248.55	7.50%	Y
Δεκ	203.40	199.65	114.96	187.94	202.24	211.50	261.71	7.50%	Y
Ιαν	105.41	98.31	44.30	79.88	95.32	117.89	183.07	7.50%	Y
Φεβ	121.61	124.38	99.99	116.13	123.68	131.77	155.56	7.50%	Y
Μαρ	93.25	95.44	65.58	87.63	95.59	102.56	116.96	7.50%	Y
Απρ	98.61	96.28	84.33	92.73	95.82	99.26	109.96	7.50%	Y
Μαι	82.41	81.54	62.33	74.97	81.83	87.76	103.03	7.50%	Y
Ιουν	37.81	44.12	21.22	38.83	44.37	50.10	63.71	7.50%	N
Ιουλ	30.23	32.93	16.32	30.39	33.17	36.22	44.08	7.50%	N
Αυγ	35.88	34.64	18.89	31.78	34.39	37.25	43.40	7.50%	Y
Σεπ	54.25	54.46	33.40	49.33	54.75	60.11	73.83	7.50%	Y
Τυπική Απόκλιση (SD) (mm)									
Οκτ	69.41	68.85	46.40	61.37	69.53	75.19	94.67	7.50%	Y
Νοε	79.69	89.66	46.43	80.81	89.37	100.52	121.37	7.50%	N
Δεκ	104.64	106.57	61.59	92.90	104.00	120.89	146.76	7.50%	Y
Ιαν	94.88	86.53	48.65	75.79	86.76	96.81	120.12	7.50%	N
Φεβ	59.14	54.19	35.15	49.48	54.88	58.30	70.33	7.50%	N
Μαρ	48.88	44.86	30.91	40.08	44.21	49.35	61.55	7.50%	N
Απρ	34.21	31.79	21.29	28.54	32.08	35.07	42.65	7.50%	Y
Μαι	40.74	40.04	27.34	37.23	40.10	43.03	50.43	7.50%	Y
Ιουν	27.39	30.38	18.33	27.73	31.12	33.21	38.43	7.50%	N
Ιουλ	21.90	24.03	14.99	21.47	24.34	26.20	31.85	7.50%	N
Αυγ	22.06	21.77	12.73	20.19	21.64	23.80	28.71	7.50%	Y
Σεπ	41.96	39.58	19.09	32.44	41.13	45.48	59.97	7.50%	Y
Συντελεστής Ασυμμετρίας (Skew)									
Οκτ	0.37	0.61	-0.66	0.26	0.62	0.91	1.73	+/-0.75	Y
Νοε	0.47	0.34	-0.84	-0.08	0.35	0.78	1.49	+/-0.75	Y
Δεκ	0.31	0.50	-0.36	0.23	0.55	0.76	1.73	+/-0.75	Y
Ιαν	0.82	0.98	-0.56	0.64	0.95	1.25	2.53	+/-0.75	Y
Φεβ	0.39	0.32	-0.69	-0.02	0.33	0.59	1.22	+/-0.75	Y
Μαρ	-0.04	0.07	-0.87	-0.18	0.04	0.33	1.33	+/-0.75	Y
Απρ	0.32	0.08	-0.85	-0.25	0.06	0.38	1.79	+/-0.75	Y
Μαι	-0.02	0.08	-0.81	-0.14	0.09	0.29	1.15	+/-0.75	Y
Ιουν	1.39	0.70	-0.44	0.36	0.69	1.01	2.09	+/-0.75	Y
Ιουλ	0.52	0.44	-0.46	0.19	0.37	0.66	1.45	+/-0.75	Y
Αυγ	0.17	0.42	-1.00	0.19	0.43	0.62	1.47	+/-0.75	Y
Σεπ	1.28	0.82	-0.37	0.40	0.85	1.17	2.19	+/-0.75	Y
Ελάχιστη τιμή (Min, mm)									
Οκτ	0.89	17.73	0.00	9.87	15.88	26.03	58.42	10.00%	N
Νοε	30.76	48.35	8.28	26.33	43.04	52.98	140.66	10.00%	N
Δεκ	23.31	31.98	0.00	8.83	26.38	45.24	113.18	10.00%	N
Ιαν	0.69	3.41	0.00	0.00	0.00	3.68	30.57	10.00%	N
Φεβ	16.87	34.26	0.00	22.94	35.59	48.39	72.94	10.00%	N
Μαρ	6.05	16.22	0.00	1.53	13.24	24.96	71.04	10.00%	N
Απρ	44.49	42.08	17.39	36.02	42.87	48.04	67.35	10.00%	Y
Μαι	7.62	13.56	0.00	8.03	12.45	18.23	61.77	10.00%	N
Ιουν	8.63	4.13	0.00	0.00	3.04	7.08	19.21	10.00%	N
Ιουλ	0.13	0.79	0.00	0.00	0.00	0.00	12.37	10.00%	N
Αυγ	0.14	2.29	0.00	0.00	0.10	3.81	14.06	10.00%	N
Σεπ	0.00	3.34	0.00	0.00	0.00	5.87	24.06	10.00%	Y
Μέγιστη τιμή (Max, mm)									
Οκτ	270.19	268.34	177.18	256.43	277.64	293.97	321.08	10.00%	Y
Νοε	384.13	384.79	249.62	368.98	391.20	411.60	461.45	10.00%	Y
Δεκ	432.16	423.22	285.45	398.15	436.76	458.69	498.49	10.00%	Y
Ιαν	281.95	278.58	160.18	267.73	288.91	302.99	328.08	10.00%	Y
Φεβ	258.96	229.73	195.33	212.84	227.74	246.76	277.36	10.00%	N
Μαρ	175.64	181.90	136.17	163.71	183.80	199.46	243.56	10.00%	Y
Απρ	161.82	157.77	122.36	140.95	155.74	170.93	211.33	10.00%	Y
Μαι	150.64	152.60	109.08	145.32	153.32	159.51	191.91	10.00%	Y
Ιουν	107.21	106.18	66.28	96.08	104.68	116.93	136.83	10.00%	Y
Ιουλ	76.76	80.90	41.38	75.53	82.94	88.40	102.04	10.00%	Y
Αυγ	74.76	78.42	53.16	72.42	78.83	83.85	96.68	10.00%	Y
Σεπ	173.06	147.17	91.39	111.21	153.17	178.34	205.50	10.00%	N
Συντελεστής Συσχέτισης, r, μεταξύ δύο συνεχόμενων μηνών βροχόπτωσης									
Οκτ	0.01	-0.10	-0.50	-0.25	-0.12	0.06	0.38	+/-0.2	Y
Νοε	-0.15	-0.36	-0.85	-0.54	-0.39	-0.22	0.33	+/-0.2	N
Δεκ	-0.28	-0.36	-0.68	-0.52	-0.36	-0.26	0.35	+/-0.2	Y
Ιαν	0.29	0.32	-0.17	0.17	0.33	0.47	0.76	+/-0.2	Y
Φεβ	0.26	0.20	-0.50	0.07	0.21	0.30	0.70	+/-0.2	Y
Μαρ	-0.03	0.07	-0.58	-0.14	0.04	0.32	0.89	+/-0.2	Y
Απρ	-0.01	-0.04	-0.45	-0.19	-0.01	0.07	0.44	+/-0.2	Y
Μαι	-0.08	-0.03	-0.47	-0.17	-0.04	0.13	0.52	+/-0.2	Y
Ιουν	0.74	0.82	0.56	0.77	0.83	0.88	0.97	+/-0.2	Y
Ιουλ	-0.06	0.09	-0.49	-0.04	0.10	0.22	0.57	+/-0.2	Y
Αυγ	0.33	0.45	-0.15	0.35	0.43	0.59	0.88	+/-0.2	Y
Σεπ	-0.31	-0.23	-0.64	-0.34	-0.25	-0.11	0.23	+/-0.2	Y

Πίνακας 3.36. Αποτελέσματα στατιστικών παραμέτρων και κριτηρίων των συνθετικών μηνιαίων χρονοσειρών θερμοκρασίας – Λεκάνη απορροής Μετσοβίτικος

Στατιστικό Κριτήριο	Ιστορική	Μέσο	Min	25%	50%	75%	Max	Ανοχή	Y/N
Μέση τιμή (Average, mm)									
Οκτ	11.73	11.56	10.90	11.32	11.54	11.79	12.63	7.50%	Y
Νοε	7.18	6.99	6.26	6.75	6.99	7.17	7.85	7.50%	Y
Δεκ	4.11	4.17	3.68	4.02	4.16	4.31	4.89	7.50%	Y
Ιαν	3.60	3.63	3.09	3.48	3.63	3.76	4.30	7.50%	Y
Φεβ	4.02	4.04	3.41	3.88	4.04	4.23	4.67	7.50%	Y
Μαρ	5.62	5.74	4.93	5.51	5.69	5.97	6.60	7.50%	Y
Απρ	8.43	8.66	7.87	8.43	8.65	8.90	9.50	7.50%	Y
Μαι	12.80	12.85	12.10	12.63	12.85	13.09	13.50	7.50%	Y
Ιουν	16.76	16.72	15.88	16.38	16.74	17.04	17.49	7.50%	Y
Ιουλ	19.17	19.19	18.32	18.92	19.18	19.45	20.17	7.50%	Y
Αυγ	19.27	19.31	18.57	19.05	19.30	19.60	20.17	7.50%	Y
Σεπ	15.88	15.80	15.21	15.59	15.80	16.00	16.71	7.50%	Y
Τυπική Απόκλιση (SD) (°C)									
Οκτ	1.52	1.32	0.82	1.11	1.23	1.55	2.13	7.50%	N
Νοε	1.50	1.60	0.81	1.46	1.60	1.75	2.04	7.50%	Y
Δεκ	1.16	1.15	0.69	1.01	1.13	1.29	1.76	7.50%	Y
Ιαν	0.94	0.97	0.68	0.88	0.98	1.06	1.25	7.50%	Y
Φεβ	0.88	1.09	0.61	1.00	1.10	1.18	1.40	7.50%	N
Μαρ	1.53	1.50	1.03	1.31	1.49	1.64	2.11	7.50%	Y
Απρ	1.48	1.51	0.89	1.38	1.50	1.65	2.19	7.50%	Y
Μαι	1.75	1.63	0.79	1.27	1.67	1.89	2.41	7.50%	Y
Ιουν	1.65	1.68	1.05	1.51	1.69	1.83	2.23	7.50%	Y
Ιουλ	1.88	1.60	0.97	1.38	1.60	1.75	2.63	7.50%	N
Αυγ	1.70	1.69	1.15	1.53	1.69	1.85	2.32	7.50%	Y
Σεπ	1.57	1.35	0.75	1.15	1.29	1.54	2.08	7.50%	N
Συντελεστής Ασυμμετρίας (Skew)									
Οκτ	0.85	0.47	-0.81	0.06	0.42	0.87	2.57	+/-0.75	Y
Νοε	-0.03	-0.33	-1.48	-0.64	-0.32	-0.07	0.79	+/-0.75	Y
Δεκ	-0.11	0.05	-1.20	-0.24	0.06	0.33	1.34	+/-0.75	Y
Ιαν	0.11	0.04	-0.71	-0.21	0.03	0.30	0.86	+/-0.75	Y
Φεβ	-0.03	-0.12	-0.96	-0.38	-0.08	0.10	0.82	+/-0.75	Y
Μαρ	-0.43	-0.09	-1.28	-0.43	-0.11	0.28	1.41	+/-0.75	Y
Απρ	0.11	0.15	-0.99	-0.05	0.15	0.37	1.04	+/-0.75	Y
Μαι	-1.70	-0.89	-2.55	-1.56	-1.03	-0.24	0.73	+/-0.75	Y
Ιουν	-0.38	-0.07	-1.14	-0.28	-0.05	0.14	0.90	+/-0.75	Y
Ιουλ	1.15	0.80	-0.22	0.36	0.79	1.08	2.20	+/-0.75	Y
Αυγ	0.43	0.20	-0.71	-0.04	0.18	0.44	1.27	+/-0.75	Y
Σεπ	0.65	0.31	-1.21	0.03	0.23	0.64	1.78	+/-0.75	Y
Ελάχιστη τιμή (Min, °C)									
Οκτ	9.54	9.50	8.15	9.21	9.53	9.83	10.68	10.00%	Y
Νοε	4.26	4.00	3.39	3.77	3.91	4.08	6.20	10.00%	Y
Δεκ	1.86	1.99	0.02	1.49	2.06	2.54	3.21	10.00%	Y
Ιαν	2.08	2.00	1.04	1.85	1.99	2.18	2.56	10.00%	Y
Φεβ	2.60	2.17	1.33	2.01	2.19	2.38	2.91	10.00%	N
Μαρ	1.88	2.78	0.89	2.16	2.62	3.40	4.66	10.00%	N
Απρ	5.69	5.99	4.76	5.67	5.96	6.43	7.26	10.00%	Y
Μαι	7.27	8.91	6.68	7.19	7.63	10.84	11.85	10.00%	N
Ιουν	13.71	13.73	12.58	13.33	13.66	14.08	14.94	10.00%	Y
Ιουλ	17.01	17.00	15.67	16.65	17.00	17.38	17.96	10.00%	Y
Αυγ	16.53	16.64	15.72	16.32	16.59	17.03	17.49	10.00%	Y
Σεπ	13.15	13.40	12.32	12.98	13.31	13.74	14.79	10.00%	Y
Μέγιστη τιμή (Max, °C)									
Οκτ	15.76	14.38	12.45	13.41	13.87	15.54	17.06	10.00%	Y
Νοε	10.43	9.66	8.08	9.00	9.40	10.43	11.60	10.00%	Y
Δεκ	6.06	6.27	5.28	5.96	6.23	6.52	7.54	10.00%	Y
Ιαν	5.36	5.40	4.27	5.15	5.40	5.67	6.29	10.00%	Y
Φεβ	5.59	5.89	4.81	5.68	5.93	6.08	6.61	10.00%	Y
Μαρ	8.32	8.61	6.87	8.35	8.64	8.99	9.77	10.00%	Y
Απρ	11.20	11.56	9.43	11.18	11.67	11.99	12.69	10.00%	Y
Μαι	14.91	15.06	14.03	14.81	15.02	15.26	16.28	10.00%	Y
Ιουν	19.47	19.56	17.83	19.33	19.55	19.78	20.83	10.00%	Y
Ιουλ	24.28	22.81	20.18	21.83	22.48	23.82	25.47	10.00%	Y
Αυγ	22.48	22.39	20.68	22.14	22.47	22.74	23.53	10.00%	Y
Σεπ	19.43	18.51	16.67	17.79	18.45	19.22	20.36	10.00%	Y
Συντελεστής Συσχέτισης, r, μεταξύ δύο συνεχόμενων μηνών θερμοκρασίας									
Οκτ	0.56	0.34	-0.17	0.19	0.35	0.48	0.77	+/-0.2	N
Νοε	0.08	0.18	-0.34	0.06	0.17	0.34	0.60	+/-0.2	Y
Δεκ	0.26	0.26	-0.42	0.11	0.27	0.44	0.65	+/-0.2	Y
Ιαν	-0.05	-0.02	-0.47	-0.19	-0.04	0.15	0.54	+/-0.2	Y
Φεβ	0.21	0.26	-0.21	0.14	0.25	0.41	0.70	+/-0.2	Y
Μαρ	0.58	0.65	0.21	0.56	0.66	0.77	0.96	+/-0.2	Y
Απρ	0.40	0.24	-0.60	0.07	0.29	0.49	0.88	+/-0.2	Y
Μαι	0.64	0.62	0.04	0.54	0.64	0.72	0.87	+/-0.2	Y
Ιουν	0.58	0.70	0.41	0.63	0.71	0.77	0.89	+/-0.2	Y
Ιουλ	0.77	0.69	0.19	0.60	0.71	0.77	0.90	+/-0.2	Y
Αυγ	0.52	0.41	0.09	0.33	0.42	0.50	0.73	+/-0.2	Y
Σεπ	0.71	0.45	-0.35	0.30	0.48	0.63	0.89	+/-0.2	N

Πίνακας 3.37. Αποτελέσματα στατιστικών παραμέτρων και κριτηρίων των συνθετικών μηνιαίων χρονοσειρών δυνητικής εξατμισοδιαπνοής – Λεκάνη απορροής Μετσοβίτικος

Στατιστικό Κριτήριο	Ιστορική	Μέσο	Min	25%	50%	75%	Max	Ανοχή	Y/N
Μέση τιμή (Average, mm)									
Οκτ	49.161	48.373	45.488	46.804	48.152	49.645	52.151	7.50%	Y
Νοε	24.2	23.549	21.233	22.534	23.411	24.334	26.69	7.50%	Y
Δεκ	12.307	12.439	10.891	11.996	12.511	12.847	13.778	7.50%	Y
Ιαν	10.847	10.99	9.589	10.572	11.008	11.484	12.524	7.50%	Y
Φεβ	12.315	12.492	11.107	11.915	12.563	13.111	13.776	7.50%	Y
Μαρ	22.413	22.886	19.578	21.607	22.702	23.982	26.512	7.50%	Y
Απρ	38.597	39.933	36.077	38.589	39.833	41.186	43.679	7.50%	Y
Μαι	70.61	71.078	67.404	69.641	71.065	72.774	74.614	7.50%	Y
Ιουν	97.511	97.118	92.601	95.085	97.409	99.218	101.656	7.50%	Y
Ιουλ	115.895	115.673	110.502	113.766	115.777	117.398	120.867	7.50%	Y
Αυγ	108.724	108.858	103.561	107.218	108.908	110.852	113.771	7.50%	Y
Σεπ	75.982	75.555	72.4	74.232	75.394	76.618	80.042	7.50%	Y
Τυπική Απόκλιση (SD) (mm)									
Οκτ	7.474	7.006	4.513	5.649	6.571	8.223	11.053	7.50%	Y
Νοε	5.853	6.202	4.638	5.543	6.122	7.011	7.771	7.50%	Y
Δεκ	3.988	3.591	2.568	3.267	3.607	3.929	4.527	7.50%	N
Ιαν	3.28	3.033	2.222	2.691	2.938	3.362	3.936	7.50%	N
Φεβ	3.115	3.307	2.526	3.069	3.306	3.569	3.991	7.50%	Y
Μαρ	6.95	6.961	5.047	6.261	6.939	7.728	8.946	7.50%	Y
Απρ	7.922	8.256	5.9	7.717	8.286	9.139	9.74	7.50%	Y
Μαι	11.028	10.274	6.433	8.393	10.432	12.089	14.705	7.50%	Y
Ιουν	11.193	10.989	8.368	10.119	10.936	12.141	14.065	7.50%	Y
Ιουλ	13.377	11.421	7.604	9.94	11.18	12.679	16.048	7.50%	N
Αυγ	11.256	11.316	8.383	10.248	11.205	12.39	14.145	7.50%	Y
Σεπ	8.796	8.169	5.311	6.852	7.882	9.184	12.244	7.50%	Y
Συντελεστής Ασυμμετρίας (Skew)									
Οκτ	0.911	0.597	-0.496	0.11	0.517	1.015	2.277	+/-0.75	Y
Νοε	0.083	-0.04	-0.96	-0.316	-0.035	0.235	1.024	+/-0.75	Y
Δεκ	0.017	0.315	-0.396	-0.045	0.29	0.577	1.42	+/-0.75	Y
Ιαν	0.206	0.086	-0.661	-0.133	0.095	0.296	0.84	+/-0.75	Y
Φεβ	0.043	-0.038	-0.589	-0.282	-0.056	0.167	0.596	+/-0.75	Y
Μαρ	-0.245	0.091	-1.041	-0.267	0.107	0.454	1.004	+/-0.75	Y
Απρ	0.18	0.126	-0.603	-0.058	0.151	0.352	0.814	+/-0.75	Y
Μαι	-1.596	-0.905	-2.049	-1.457	-0.968	-0.318	0.376	+/-0.75	Y
Ιουν	-0.354	-0.153	-1.078	-0.428	-0.175	0.113	0.738	+/-0.75	Y
Ιουλ	1.188	0.761	-0.19	0.309	0.715	1.141	1.99	+/-0.75	Y
Αυγ	0.448	0.074	-0.697	-0.213	0.034	0.298	0.831	+/-0.75	Y
Σεπ	0.694	0.308	-0.714	-0.041	0.321	0.645	1.36	+/-0.75	Y
*Ελάχιστη τιμή (Min, mm)									
Οκτ	0.785	0.794	0.675	0.767	0.802	0.836	0.86	10%	Y
Νοε	0.541	0.565	0.502	0.541	0.563	0.585	0.618	10%	Y
Δεκ	0.393	0.509	0.352	0.417	0.452	0.631	0.708	10%	N
Ιαν	0.525	0.538	0.469	0.507	0.528	0.558	0.677	10%	Y
Φεβ	0.597	0.586	0.522	0.561	0.585	0.606	0.663	10%	Y
Μαρ	0.276	0.418	0.242	0.278	0.31	0.572	0.71	10%	N
Απρ	0.63	0.638	0.553	0.601	0.639	0.679	0.718	10%	Y
Μαι	0.516	0.647	0.47	0.518	0.563	0.797	0.85	10%	N
Ιουν	0.79	0.797	0.726	0.775	0.801	0.822	0.854	10%	Y
Ιουλ	0.868	0.857	0.797	0.838	0.861	0.882	0.923	10%	Y
Αυγ	0.835	0.819	0.741	0.798	0.821	0.846	0.871	10%	Y
Σεπ	0.801	0.807	0.734	0.783	0.808	0.836	0.877	10%	Y
*Μέγιστη τιμή (Max, mm)									
Οκτ	1.411	1.315	1.16	1.213	1.253	1.428	1.58	10%	Y
Νοε	1.54	1.484	1.258	1.4	1.456	1.555	1.769	10%	Y
Δεκ	1.559	1.547	1.348	1.476	1.533	1.603	1.744	10%	Y
Ιαν	1.584	1.535	1.345	1.461	1.522	1.597	1.781	10%	Y
Φεβ	1.462	1.441	1.295	1.377	1.427	1.519	1.613	10%	Y
Μαρ	1.57	1.593	1.365	1.522	1.6	1.671	1.792	10%	Y
Απρ	1.389	1.38	1.264	1.331	1.38	1.422	1.499	10%	Y
Μαι	1.193	1.202	1.131	1.169	1.197	1.231	1.278	10%	Y
Ιουν	1.19	1.195	1.121	1.167	1.191	1.22	1.288	10%	Y
Ιουλ	1.317	1.224	1.127	1.172	1.218	1.27	1.382	10%	Y
Αυγ	1.196	1.19	1.127	1.158	1.189	1.215	1.272	10%	Y
Σεπ	1.265	1.224	1.135	1.168	1.221	1.262	1.348	10%	Y
Συντελεστής Συσχέτισης, r, μεταξύ δύο συνεχόμενων μηνών δυνητικής εξατμισοδιαπνοής									
Οκτ	0.677	0.378	-0.183	0.204	0.401	0.567	0.767	+/-0.2	N
Νοε	0.548	0.461	0.15	0.316	0.441	0.607	0.771	+/-0.2	Y
Δεκ	0.078	0.296	-0.086	0.166	0.275	0.446	0.615	+/-0.2	N
Ιαν	0.259	0.192	-0.196	0.06	0.188	0.351	0.561	+/-0.2	Y
Φεβ	-0.041	-0.024	-0.366	-0.159	-0.038	0.126	0.382	+/-0.2	Y
Μαρ	0.196	0.289	0.002	0.185	0.299	0.397	0.559	+/-0.2	Y
Απρ	0.54	0.649	0.336	0.527	0.662	0.767	0.864	+/-0.2	Y
Μαι	0.367	0.262	-0.404	0.098	0.319	0.496	0.684	+/-0.2	Y
Ιουν	0.611	0.63	0.337	0.567	0.65	0.708	0.829	+/-0.2	Y
Ιουλ	0.551	0.645	0.435	0.566	0.645	0.735	0.828	+/-0.2	Y
Αυγ	0.731	0.717	0.514	0.658	0.738	0.779	0.841	+/-0.2	Y
Σεπ	0.491	0.484	0.228	0.392	0.49	0.56	0.717	+/-0.2	Y

* Η μέγιστη και ελάχιστη μηνιαία δυνητική εξατμισοδιαπνοή έχουν διαιρεθεί με τη μέση παρατηρούμενη τιμή της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής

Πίνακας 3.38. Συντελεστές συσχέτισης των μηνιαίων κλιματικών μεταβλητών – Λεκάνη απορροής Μετσοβίτικος

Στατιστικό Κριτήριο	Ιστορική	Μέσο	Min	25%	50%	75%	Max	Ανοχή	Y/N
Συντελεστής Συσχέτισης, r, μεταξύ των κλιματικών μεταβλητών Βροχόπτωση – Μέση Θερμοκρασία									
Οκτ	-0.02	0.03	-0.47	-0.11	0.01	0.15	0.63	+/-0.2	Y
Νοε	-0.02	0.03	-0.53	-0.11	0.05	0.20	0.54	+/-0.2	Y
Δεκ	0.47	0.34	-0.22	0.24	0.34	0.47	0.73	+/-0.2	Y
Ιαν	-0.32	-0.21	-0.81	-0.41	-0.23	-0.05	0.45	+/-0.2	Y
Φεβ	0.05	0.01	-0.73	-0.10	0.02	0.18	0.41	+/-0.2	Y
Μαρ	-0.60	-0.37	-0.87	-0.53	-0.40	-0.22	0.18	+/-0.2	N
Απρ	-0.22	-0.21	-0.78	-0.38	-0.20	-0.09	0.59	+/-0.2	Y
Μαι	-0.41	-0.29	-0.62	-0.44	-0.30	-0.16	0.34	+/-0.2	Y
Ιουν	-0.37	-0.41	-0.71	-0.52	-0.45	-0.32	0.32	+/-0.2	Y
Ιουλ	-0.42	-0.32	-0.71	-0.45	-0.34	-0.23	0.14	+/-0.2	Y
Αυγ	-0.13	-0.09	-0.63	-0.26	-0.09	0.04	0.47	+/-0.2	Y
Σεπ	-0.51	-0.37	-0.74	-0.54	-0.44	-0.21	0.20	+/-0.2	Y
Συντελεστής Συσχέτισης, r, μεταξύ των κλιματικών μεταβλητών Βροχόπτωση – Διηθητική Εξατμισοδιαπνοή									
Οκτ	-0.037	0.024	-0.336	-0.127	-0.001	0.154	0.469	+/-0.2	Y
Νοε	0.038	0.011	-0.444	-0.173	0.054	0.193	0.396	+/-0.2	Y
Δεκ	0.466	0.342	0.012	0.238	0.345	0.448	0.636	+/-0.2	Y
Ιαν	-0.318	-0.306	-0.65	-0.482	-0.319	-0.174	0.289	+/-0.2	Y
Φεβ	0.02	-0.054	-0.48	-0.202	-0.017	0.115	0.263	+/-0.2	Y
Μαρ	-0.589	-0.501	-0.779	-0.628	-0.521	-0.39	-0.093	+/-0.2	Y
Απρ	-0.139	-0.224	-0.687	-0.363	-0.218	-0.103	0.312	+/-0.2	Y
Μαι	-0.36	-0.28	-0.583	-0.422	-0.299	-0.158	0.15	+/-0.2	Y
Ιουν	-0.371	-0.368	-0.625	-0.475	-0.385	-0.279	0.039	+/-0.2	Y
Ιουλ	-0.408	-0.324	-0.64	-0.446	-0.334	-0.208	0.112	+/-0.2	Y
Αυγ	-0.126	-0.097	-0.447	-0.245	-0.095	0.042	0.334	+/-0.2	Y
Σεπ	-0.486	-0.371	-0.682	-0.543	-0.404	-0.201	0.069	+/-0.2	Y
Συντελεστής Συσχέτισης, r, μεταξύ των κλιματικών μεταβλητών Μέση Θερμοκρασία – Διηθητική Εξατμισοδιαπνοή									
Οκτ	0.983	0.975	0.938	0.967	0.98	0.987	0.995	+/-0.2	Y
Νοε	0.99	0.982	0.967	0.979	0.982	0.987	0.991	+/-0.2	Y
Δεκ	0.958	0.92	0.838	0.903	0.929	0.943	0.962	+/-0.2	Y
Ιαν	0.977	0.929	0.868	0.909	0.936	0.949	0.974	+/-0.2	Y
Φεβ	0.973	0.946	0.87	0.936	0.953	0.963	0.984	+/-0.2	Y
Μαρ	0.973	0.965	0.929	0.955	0.968	0.978	0.987	+/-0.2	Y
Απρ	0.987	0.987	0.973	0.985	0.988	0.991	0.994	+/-0.2	Y
Μαι	0.988	0.986	0.967	0.982	0.988	0.992	0.995	+/-0.2	Y
Ιουν	0.987	0.971	0.949	0.965	0.972	0.98	0.987	+/-0.2	Y
Ιουλ	0.996	0.964	0.932	0.955	0.965	0.976	0.987	+/-0.2	Y
Αυγ	0.996	0.97	0.94	0.964	0.973	0.978	0.988	+/-0.2	Y
Σεπ	0.994	0.978	0.944	0.974	0.981	0.986	0.992	+/-0.2	Y

Πίνακας 3.39. Συγκεντρωτικά αποτελέσματα στατιστικών παραμέτρων και κριτηρίων των συνθετικών μηνιαίων χρονοσειρών βροχοπτώσης – Υδατικό Διαμέρισμα Ηπείρου

Στατιστικό Κριτήριο	Ιστορική	Μέσο	Min	25%	50%	75%	Max	Ανοχή	Y/N
Μέση τιμή (Average, mm)									
Οκτ	142.71	141.46	92.60	129.56	141.82	153.18	183.95	7.50%	Y
Νοε	249.56	243.81	195.71	230.48	243.74	256.89	292.15	7.50%	Y
Δεκ	255.26	260.01	179.17	239.88	260.21	281.32	340.71	7.50%	Y
Ιαν	133.68	137.79	69.41	118.34	136.20	156.97	224.77	7.50%	Y
Φεβ	161.23	161.70	121.09	151.17	161.39	172.68	205.60	7.50%	Y
Μαρ	120.38	122.06	74.41	110.67	120.64	133.01	173.01	7.50%	Y
Απρ	104.23	101.34	80.05	94.85	101.04	107.31	126.69	7.50%	Y
Μαι	77.73	79.13	56.83	72.37	78.98	85.66	105.48	7.50%	Y
Ιουν	37.57	41.97	22.97	37.07	41.86	47.06	59.72	7.50%	N
Ιουλ	29.77	32.75	19.74	29.13	32.46	36.18	47.11	7.50%	N
Αυγ	36.01	36.00	24.00	32.17	35.71	39.36	49.55	7.50%	Y
Σεπ	67.70	67.35	42.75	60.69	67.08	74.39	96.37	7.50%	Y
Τυπική Απόκλιση (SD) (mm)									
Οκτ	85.85	83.04	51.39	76.44	82.98	90.42	109.03	7.50%	Y
Νοε	91.07	94.30	55.17	84.94	94.08	104.34	133.54	7.50%	Y
Δεκ	125.15	125.90	86.08	116.18	126.75	135.57	163.37	7.50%	Y
Ιαν	110.67	108.44	57.77	99.26	110.84	120.18	140.91	7.50%	Y
Φεβ	88.04	79.99	48.77	72.45	79.93	87.77	109.65	7.50%	N
Μαρ	70.47	72.99	42.27	65.57	72.84	81.10	100.99	7.50%	Y
Απρ	41.67	42.85	28.24	38.07	42.83	47.17	59.42	7.50%	Y
Μαι	45.87	45.46	25.12	40.28	45.34	51.17	65.96	7.50%	Y
Ιουν	29.82	33.67	17.20	30.22	34.08	37.52	45.18	7.50%	N
Ιουλ	25.18	25.79	16.15	23.11	25.72	28.48	35.06	7.50%	Y
Αυγ	26.10	25.99	13.56	22.07	25.99	29.68	40.68	7.50%	Y
Σεπ	54.59	51.22	24.93	42.86	51.11	58.99	80.72	7.50%	Y
Συντελεστής Ασυμμετρίας (Skew)									
Οκτ	0.26	0.33	-0.85	0.07	0.33	0.60	1.31	+/-0.75	Y
Νοε	-0.21	-0.10	-1.14	-0.39	-0.11	0.18	1.07	+/-0.75	Y
Δεκ	0.03	0.09	-0.92	-0.17	0.09	0.33	1.21	+/-0.75	Y
Ιαν	0.72	0.73	-0.66	0.39	0.73	1.02	2.43	+/-0.75	Y
Φεβ	0.36	0.39	-0.62	0.14	0.39	0.63	1.35	+/-0.75	Y
Μαρ	0.43	0.51	-0.51	0.22	0.49	0.78	1.60	+/-0.75	Y
Απρ	0.35	0.30	-0.95	0.01	0.28	0.57	1.61	+/-0.75	Y
Μαι	0.54	0.52	-0.62	0.15	0.47	0.86	2.04	+/-0.75	Y
Ιουν	1.42	1.00	0.04	0.70	0.97	1.28	2.19	+/-0.75	Y
Ιουλ	0.77	0.54	-0.57	0.26	0.52	0.80	1.86	+/-0.75	Y
Αυγ	1.55	1.00	-0.35	0.61	1.01	1.40	2.57	+/-0.75	Y
Σεπ	1.43	1.09	-0.20	0.73	1.08	1.42	2.81	+/-0.75	Y
Ελάχιστη τιμή (Min, mm)									
Οκτ	4.09	17.59	0.32	4.72	14.45	25.36	68.81	10.00%	N
Νοε	48.55	67.41	27.45	49.73	61.78	77.12	175.56	10.00%	N
Δεκ	49.37	59.08	18.06	42.00	56.29	71.85	160.89	10.00%	N
Ιαν	1.74	10.62	0.00	0.95	6.02	15.60	54.51	10.00%	N
Φεβ	20.43	35.99	1.69	17.50	37.57	51.29	90.25	10.00%	N
Μαρ	9.24	16.65	1.00	5.59	14.65	25.14	55.40	10.00%	N
Απρ	35.81	34.44	16.52	27.90	33.13	39.09	65.22	10.00%	Y
Μαι	7.27	10.72	0.76	4.06	8.14	14.99	41.39	10.00%	N
Ιουν	6.80	3.18	0.00	0.24	1.89	4.76	15.61	10.00%	N
Ιουλ	1.24	0.70	0.00	0.00	0.13	0.70	6.74	10.00%	Y
Αυγ	5.58	2.92	0.00	0.00	1.58	4.54	14.36	10.00%	N
Σεπ	4.64	6.76	0.00	0.06	4.36	11.54	28.69	10.00%	N
Μέγιστη τιμή (Max, mm)									
Οκτ	309.80	299.04	206.30	277.58	304.89	322.21	366.39	10.00%	Y
Νοε	421.70	416.61	319.02	388.66	423.52	446.25	492.01	10.00%	Y
Δεκ	473.18	476.69	365.23	456.33	482.65	500.88	549.22	10.00%	Y
Ιαν	345.51	342.36	205.26	327.35	347.49	364.60	403.21	10.00%	Y
Φεβ	348.09	318.75	230.32	300.60	322.17	339.55	384.38	10.00%	Y
Μαρ	273.74	273.42	156.35	250.66	276.25	301.74	343.53	10.00%	Y
Απρ	190.96	188.51	133.90	170.22	185.00	207.08	253.08	10.00%	Y
Μαι	179.08	174.98	105.82	158.32	169.18	197.40	238.99	10.00%	Y
Ιουν	115.01	116.80	66.02	108.17	117.64	126.29	149.91	10.00%	Y
Ιουλ	85.76	85.07	52.04	74.33	86.53	94.59	114.38	10.00%	Y
Αυγ	113.72	100.58	54.07	87.35	102.95	114.11	151.32	10.00%	N
Σεπ	206.57	187.46	99.35	169.31	194.10	211.58	245.86	10.00%	Y
Συντελεστής Συσχέτισης, r, μεταξύ δύο συνεχόμενων μηνών βροχοπτώσης									
Οκτ	0.00	-0.13	-0.65	-0.26	-0.12	0.01	0.35	+/-0.2	Y
Νοε	-0.13	-0.22	-0.74	-0.39	-0.23	-0.05	0.46	+/-0.2	Y
Δεκ	-0.32	-0.46	-0.80	-0.60	-0.49	-0.35	0.23	+/-0.2	Y
Ιαν	0.30	0.27	-0.30	0.13	0.28	0.42	0.71	+/-0.2	Y
Φεβ	0.08	0.05	-0.43	-0.08	0.05	0.19	0.53	+/-0.2	Y
Μαρ	-0.33	-0.25	-0.74	-0.42	-0.26	-0.10	0.43	+/-0.2	Y
Απρ	-0.09	-0.02	-0.58	-0.15	-0.01	0.13	0.47	+/-0.2	Y
Μαι	0.11	0.22	-0.32	0.10	0.22	0.34	0.70	+/-0.2	Y
Ιουν	0.38	0.49	0.03	0.38	0.50	0.61	0.85	+/-0.2	Y
Ιουλ	0.10	0.28	-0.25	0.14	0.28	0.42	0.72	+/-0.2	Y
Αυγ	0.37	0.35	-0.18	0.21	0.35	0.48	0.78	+/-0.2	Y
Σεπ	-0.21	-0.18	-0.60	-0.31	-0.19	-0.07	0.31	+/-0.2	Y

Πίνακας 3.40. Αποτελέσματα στατιστικών παραμέτρων και κριτηρίων των συνθετικών μηνιαίων χρονοσειρών θερμοκρασίας – Υδατικό Διαμέρισμα Ηπείρου

Στατιστικό Κριτήριο	Ιστορική	Μέσο	Min	25%	50%	75%	Max	Ανοχή	Y/N
Μέση τιμή (Average, °C)									
Οκτ	13.83	13.84	13.14	13.67	13.84	14.02	14.49	7.50%	Y
Νοε	9.23	9.10	8.45	8.92	9.09	9.27	9.70	7.50%	Y
Δεκ	6.12	6.19	5.48	6.00	6.21	6.38	6.88	7.50%	Y
Ιαν	5.28	5.43	4.83	5.26	5.43	5.60	6.13	7.50%	Y
Φεβ	5.92	5.88	5.24	5.68	5.87	6.07	6.62	7.50%	Y
Μαρ	8.01	7.91	6.92	7.69	7.91	8.14	8.79	7.50%	Y
Απρ	11.08	11.09	10.36	10.90	11.10	11.27	11.73	7.50%	Y
Μαι	15.16	15.17	14.31	14.97	15.18	15.39	15.84	7.50%	Y
Ιουν	18.78	18.70	17.92	18.51	18.70	18.89	19.44	7.50%	Y
Ιουλ	21.09	21.16	20.37	20.94	21.16	21.36	21.94	7.50%	Y
Αυγ	20.95	20.98	20.28	20.78	20.99	21.21	21.69	7.50%	Y
Σεπ	17.70	17.87	17.08	17.68	17.88	18.06	18.59	7.50%	Y
Τυπική Απόκλιση (SD) (°C)									
Οκτ	1.07	1.06	0.71	0.95	1.05	1.16	1.52	7.50%	Y
Νοε	1.21	1.20	0.69	1.08	1.19	1.33	1.67	7.50%	Y
Δεκ	1.31	1.19	0.68	1.06	1.19	1.33	1.75	7.50%	N
Ιαν	1.16	1.02	0.57	0.89	1.01	1.13	1.55	7.50%	N
Φεβ	1.19	1.19	0.75	1.06	1.20	1.31	1.70	7.50%	Y
Μαρ	1.47	1.45	0.88	1.27	1.45	1.61	2.03	7.50%	Y
Απρ	1.19	1.11	0.60	0.95	1.12	1.26	1.66	7.50%	Y
Μαι	1.26	1.21	0.70	1.06	1.22	1.35	1.74	7.50%	Y
Ιουν	1.32	1.21	0.62	1.01	1.21	1.40	1.86	7.50%	N
Ιουλ	1.38	1.22	0.69	1.01	1.20	1.41	1.93	7.50%	N
Αυγ	1.52	1.38	0.73	1.20	1.39	1.55	2.03	7.50%	N
Σεπ	1.42	1.35	0.71	1.14	1.34	1.54	2.08	7.50%	Y
Συντελεστής Ασυμμετρίας (Skew)									
Οκτ	0.07	0.11	-1.05	-0.13	0.11	0.36	1.26	+/-0.75	Y
Νοε	-0.83	-0.58	-1.88	-0.83	-0.57	-0.31	0.62	+/-0.75	Y
Δεκ	-0.44	-0.54	-1.82	-0.85	-0.53	-0.25	0.92	+/-0.75	Y
Ιαν	-0.24	-0.09	-1.58	-0.39	-0.08	0.24	1.23	+/-0.75	Y
Φεβ	0.18	0.21	-0.89	-0.06	0.20	0.48	1.36	+/-0.75	Y
Μαρ	-0.28	-0.18	-1.58	-0.54	-0.19	0.18	1.05	+/-0.75	Y
Απρ	-0.45	-0.24	-1.88	-0.76	-0.33	0.28	1.62	+/-0.75	Y
Μαι	-0.63	-0.61	-1.92	-0.92	-0.64	-0.32	0.79	+/-0.75	Y
Ιουν	-0.98	-0.50	-2.01	-1.00	-0.38	-0.02	1.05	+/-0.75	Y
Ιουλ	-0.08	0.04	-1.48	-0.51	0.06	0.62	1.71	+/-0.75	Y
Αυγ	-0.54	-0.38	-1.65	-0.76	-0.47	-0.05	1.24	+/-0.75	Y
Σεπ	-0.34	0.04	-1.65	-0.44	0.01	0.54	1.83	+/-0.75	Y
Ελάχιστη τιμή (Min, °C)									
Οκτ	12.07	12.06	10.84	11.75	12.01	12.34	13.09	10.00%	Y
Νοε	6.64	6.69	5.78	6.42	6.62	6.88	8.40	10.00%	Y
Δεκ	3.17	3.69	2.33	3.31	3.69	4.02	5.30	10.00%	N
Ιαν	2.93	3.49	1.97	3.04	3.52	3.83	4.95	10.00%	N
Φεβ	3.99	3.95	2.68	3.75	3.95	4.15	4.93	10.00%	Y
Μαρ	4.61	5.07	3.99	4.58	4.86	5.47	6.80	10.00%	Y
Απρ	8.15	8.76	7.48	7.99	8.44	9.68	10.44	10.00%	Y
Μαι	12.14	12.59	11.19	12.11	12.27	13.07	14.55	10.00%	Y
Ιουν	15.25	16.07	14.92	15.19	16.42	16.84	18.01	10.00%	Y
Ιουλ	17.95	18.82	17.58	17.97	19.22	19.62	20.34	10.00%	Y
Αυγ	17.67	18.14	17.12	17.64	17.79	18.67	20.08	10.00%	Y
Σεπ	14.12	15.12	13.86	14.09	15.41	16.00	17.08	10.00%	Y
Μέγιστη τιμή (Max, °C)									
Οκτ	15.70	15.70	14.90	15.46	15.66	15.93	17.25	10.00%	Y
Νοε	10.95	10.94	9.96	10.67	10.92	11.20	12.25	10.00%	Y
Δεκ	8.42	7.98	7.13	7.63	7.87	8.22	9.82	10.00%	Y
Ιαν	7.18	7.24	6.23	7.00	7.24	7.50	8.76	10.00%	Y
Φεβ	8.17	8.10	6.83	7.86	8.11	8.32	9.42	10.00%	Y
Μαρ	10.55	10.50	8.81	10.12	10.59	10.94	12.05	10.00%	Y
Απρ	13.30	13.09	11.88	12.80	13.13	13.40	14.47	10.00%	Y
Μαι	17.11	17.01	16.18	16.76	17.01	17.24	18.23	10.00%	Y
Ιουν	20.83	20.60	19.39	20.35	20.63	20.86	21.76	10.00%	Y
Ιουλ	24.10	23.53	21.96	22.91	23.55	24.12	25.35	10.00%	Y
Αυγ	23.30	23.22	21.95	23.02	23.27	23.46	24.40	10.00%	Y
Σεπ	20.37	20.42	18.91	19.98	20.54	20.86	22.06	10.00%	Y
Συντελεστής Συσχέτισης, r, μεταξύ δύο συνεχόμενων μηνών θερμοκρασίας									
Οκτ	0.22	0.11	-0.46	-0.05	0.11	0.26	0.61	+/-0.2	Y
Νοε	-0.03	0.03	-0.48	-0.12	0.03	0.18	0.63	+/-0.2	Y
Δεκ	0.33	0.31	-0.27	0.18	0.32	0.45	0.76	+/-0.2	Y
Ιαν	0.18	0.23	-0.29	0.10	0.24	0.37	0.68	+/-0.2	Y
Φεβ	0.08	0.04	-0.51	-0.14	0.02	0.21	0.67	+/-0.2	Y
Μαρ	0.31	0.28	-0.26	0.16	0.28	0.40	0.69	+/-0.2	Y
Απρ	0.17	0.31	-0.37	0.14	0.32	0.51	0.83	+/-0.2	Y
Μαι	0.38	0.27	-0.34	0.14	0.28	0.42	0.71	+/-0.2	Y
Ιουν	0.51	0.48	-0.04	0.35	0.51	0.61	0.83	+/-0.2	Y
Ιουλ	0.57	0.59	0.19	0.50	0.60	0.68	0.85	+/-0.2	Y
Αυγ	0.48	0.45	-0.05	0.32	0.47	0.58	0.82	+/-0.2	Y
Σεπ	0.19	0.01	-0.59	-0.20	0.01	0.21	0.60	+/-0.2	Y

Πίνακας 3.41. Αποτελέσματα στατιστικών παραμέτρων και κριτηρίων των συνθετικών μηνιαίων χρονοσειρών δυνητικής εξατμισοδιαπνοής – Υδατικό Διαμέρισμα Ηπείρου

Στατιστικό Κριτήριο	Ιστορική	Μέσο	Min	25%	50%	75%	Max	Ανοχή	Y/N
Μέση τιμή (Average, mm)									
Οκτ	53.72	53.74	51.03	52.81	53.70	54.67	56.35	7.50%	Y
Νοε	27.15	26.64	24.72	25.97	26.57	27.32	28.61	7.50%	Y
Δεκ	15.18	15.44	13.67	14.80	15.47	16.05	17.05	7.50%	Y
Ιαν	12.79	13.29	11.74	12.75	13.29	13.82	14.90	7.50%	Y
Φεβ	14.90	14.83	13.05	14.16	14.78	15.47	16.74	7.50%	Y
Μαρ	27.53	27.12	23.98	26.10	27.12	28.15	30.42	7.50%	Y
Απρ	45.85	45.89	42.92	44.94	45.95	46.92	48.64	7.50%	Y
Μαι	78.70	78.79	74.70	77.39	78.88	80.37	82.61	7.50%	Y
Ιουν	105.92	105.35	101.17	103.84	105.36	106.87	109.63	7.50%	Y
Ιουλ	125.95	126.47	121.77	124.65	126.51	128.18	131.29	7.50%	Y
Αυγ	116.49	116.67	112.33	114.92	116.68	118.40	121.11	7.50%	Y
Σεπ	81.27	82.32	78.87	80.93	82.39	83.56	85.72	7.50%	Y
Τυπική Απόκλιση (SD) (mm)									
Οκτ	5.60	5.57	4.18	5.01	5.53	6.09	7.07	7.50%	Y
Νοε	4.75	4.60	3.29	4.18	4.59	5.08	5.85	7.50%	Y
Δεκ	4.34	3.84	2.68	3.45	3.84	4.25	5.03	7.50%	N
Ιαν	3.74	3.26	2.29	2.91	3.24	3.62	4.26	7.50%	N
Φεβ	4.08	4.03	2.94	3.64	4.05	4.42	5.01	7.50%	Y
Μαρ	6.76	6.62	4.57	5.82	6.62	7.39	8.59	7.50%	Y
Απρ	6.57	6.12	4.06	5.28	6.17	6.87	8.13	7.50%	Y
Μαι	8.76	8.45	5.65	7.48	8.52	9.39	11.13	7.50%	Y
Ιουν	9.83	8.80	5.71	7.53	8.71	10.02	12.26	7.50%	N
Ιουλ	10.98	9.83	6.32	8.32	9.60	11.17	14.05	7.50%	N
Αυγ	11.21	10.28	6.71	9.00	10.31	11.67	13.62	7.50%	N
Σεπ	8.72	8.30	5.37	7.18	8.18	9.35	11.51	7.50%	Y
Συντελεστής Ασυμμετρίας (Skew)									
Οκτ	0.11	0.21	-0.55	-0.05	0.20	0.46	1.02	+/-0.75	Y
Νοε	-0.74	-0.53	-1.30	-0.77	-0.53	-0.28	0.23	+/-0.75	Y
Δεκ	-0.21	-0.51	-1.47	-0.81	-0.51	-0.24	0.45	+/-0.75	Y
Ιαν	-0.05	0.07	-0.83	-0.23	0.07	0.40	0.96	+/-0.75	Y
Φεβ	0.32	0.27	-0.50	0.01	0.27	0.54	1.10	+/-0.75	Y
Μαρ	-0.11	-0.07	-0.93	-0.41	-0.08	0.25	0.87	+/-0.75	Y
Απρ	-0.30	-0.16	-1.31	-0.60	-0.21	0.27	1.05	+/-0.75	Y
Μαι	-0.55	-0.63	-1.49	-0.92	-0.65	-0.35	0.35	+/-0.75	Y
Ιουν	-0.89	-0.48	-1.56	-0.91	-0.47	-0.08	0.67	+/-0.75	Y
Ιουλ	0.02	0.12	-1.10	-0.34	0.12	0.59	1.34	+/-0.75	Y
Αυγ	-0.49	-0.41	-1.36	-0.73	-0.45	-0.11	0.69	+/-0.75	Y
Σεπ	-0.23	0.00	-1.16	-0.45	-0.01	0.41	1.25	+/-0.75	Y
*Ελάχιστη τιμή (Min, mm)									
Οκτ	0.83	0.83	0.76	0.81	0.83	0.85	0.89	10.00%	Y
Νοε	0.63	0.66	0.59	0.63	0.65	0.68	0.78	10.00%	Y
Δεκ	0.37	0.47	0.33	0.39	0.47	0.53	0.70	10.00%	N
Ιαν	0.40	0.54	0.39	0.42	0.54	0.61	0.74	10.00%	N
Φεβ	0.55	0.57	0.49	0.53	0.56	0.59	0.67	10.00%	Y
Μαρ	0.45	0.52	0.41	0.45	0.49	0.58	0.75	10.00%	N
Απρ	0.66	0.73	0.61	0.65	0.71	0.82	0.87	10.00%	N
Μαι	0.74	0.77	0.69	0.73	0.76	0.80	0.88	10.00%	Y
Ιουν	0.76	0.81	0.71	0.77	0.83	0.86	0.90	10.00%	Y
Ιουλ	0.81	0.85	0.75	0.81	0.86	0.89	0.93	10.00%	Y
Αυγ	0.80	0.81	0.73	0.78	0.81	0.84	0.90	10.00%	Y
Σεπ	0.74	0.79	0.68	0.74	0.80	0.85	0.90	10.00%	Y
*Μέγιστη τιμή (Max, mm)									
Οκτ	1.19	1.19	1.13	1.16	1.19	1.21	1.26	10.00%	Y
Νοε	1.26	1.27	1.17	1.23	1.27	1.31	1.38	10.00%	Y
Δεκ	1.55	1.39	1.22	1.31	1.37	1.45	1.63	10.00%	N
Ιαν	1.56	1.47	1.29	1.40	1.47	1.54	1.68	10.00%	Y
Φεβ	1.57	1.56	1.35	1.48	1.56	1.64	1.80	10.00%	Y
Μαρ	1.45	1.45	1.28	1.39	1.46	1.51	1.64	10.00%	Y
Απρ	1.28	1.24	1.15	1.20	1.24	1.28	1.35	10.00%	Y
Μαι	1.18	1.16	1.11	1.14	1.16	1.19	1.24	10.00%	Y
Ιουν	1.15	1.14	1.08	1.11	1.13	1.15	1.20	10.00%	Y
Ιουλ	1.19	1.15	1.08	1.12	1.15	1.18	1.24	10.00%	Y
Αυγ	1.15	1.14	1.09	1.13	1.14	1.16	1.20	10.00%	Y
Σεπ	1.21	1.18	1.11	1.16	1.19	1.21	1.26	10.00%	Y
Συντελεστής Συσχέτισης, r, μεταξύ δύο συνεχόμενων μηνών δυνητικής εξατμισοδιαπνοής									
Οκτ	0.18	-0.01	-0.45	-0.19	-0.01	0.17	0.44	+/-0.2	Y
Νοε	0.22	0.15	-0.24	0.02	0.16	0.29	0.52	+/-0.2	Y
Δεκ	-0.03	0.05	-0.35	-0.09	0.05	0.21	0.45	+/-0.2	Y
Ιαν	0.32	0.31	-0.08	0.19	0.32	0.44	0.64	+/-0.2	Y
Φεβ	0.17	0.21	-0.12	0.09	0.21	0.33	0.54	+/-0.2	Y
Μαρ	0.08	0.06	-0.35	-0.09	0.05	0.21	0.48	+/-0.2	Y
Απρ	0.30	0.29	-0.07	0.18	0.29	0.40	0.60	+/-0.2	Y
Μαι	0.17	0.31	-0.19	0.15	0.32	0.50	0.74	+/-0.2	Y
Ιουν	0.37	0.28	-0.14	0.16	0.30	0.43	0.63	+/-0.2	Y
Ιουλ	0.48	0.45	0.09	0.34	0.47	0.58	0.72	+/-0.2	Y
Αυγ	0.55	0.56	0.29	0.48	0.57	0.65	0.76	+/-0.2	Y
Σεπ	0.45	0.44	0.09	0.34	0.45	0.56	0.72	+/-0.2	Y

* Η μέγιστη και ελάχιστη μηνιαία δυνητική εξατμισοδιαπνοή έχουν διαιρεθεί με τη μέση παρατηρούμενη τιμή της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής

Πίνακας 3.42. Συντελεστές συσχέτισης των μηνιαίων κλιματικών μεταβλητών –
Υδατικό Διαμέρισμα Ηπείρου

Στατιστικό Κριτήριο	Ιστορική	Μέσο	Min	25%	50%	75%	Max	Ανοχή	Y/N
Συντελεστής Συσχέτισης, r, μεταξύ των κλιματικών μεταβλητών Βροχόπτωση – Μέση Θερμοκρασία									
Οκτ	-0.13	-0.17	-0.67	-0.33	-0.18	-0.01	0.41	+/-0.2	Y
Νοε	0.17	0.27	-0.42	0.11	0.28	0.43	0.77	+/-0.2	Y
Δεκ	0.36	0.35	-0.17	0.24	0.37	0.48	0.72	+/-0.2	Y
Ιαν	0.22	0.25	-0.42	0.13	0.26	0.38	0.73	+/-0.2	Y
Φεβ	0.01	-0.04	-0.58	-0.17	-0.03	0.09	0.48	+/-0.2	Y
Μαρ	-0.61	-0.56	-0.88	-0.71	-0.60	-0.45	0.10	+/-0.2	Y
Απρ	-0.35	-0.32	-0.75	-0.46	-0.33	-0.18	0.15	+/-0.2	Y
Μαι	-0.56	-0.48	-0.85	-0.61	-0.50	-0.38	0.07	+/-0.2	Y
Ιουν	-0.49	-0.50	-0.81	-0.61	-0.53	-0.42	0.19	+/-0.2	Y
Ιουλ	-0.32	-0.32	-0.73	-0.46	-0.33	-0.19	0.17	+/-0.2	Y
Αυγ	-0.46	-0.27	-0.73	-0.44	-0.30	-0.12	0.40	+/-0.2	Y
Σεπ	-0.44	-0.35	-0.80	-0.52	-0.37	-0.21	0.32	+/-0.2	Y
Συντελεστής Συσχέτισης, r, μεταξύ των κλιματικών μεταβλητών Βροχόπτωση – Δυνητική Εξατμισοδιαπνοή									
Οκτ	-0.14	-0.17	-0.56	-0.33	-0.18	-0.03	0.23	+/-0.2	Y
Νοε	0.22	0.28	-0.21	0.14	0.30	0.44	0.65	+/-0.2	Y
Δεκ	0.35	0.35	-0.02	0.24	0.36	0.47	0.65	+/-0.2	Y
Ιαν	0.22	0.25	-0.16	0.14	0.26	0.37	0.60	+/-0.2	Y
Φεβ	-0.02	-0.05	-0.45	-0.18	-0.04	0.09	0.32	+/-0.2	Y
Μαρ	-0.60	-0.61	-0.86	-0.73	-0.64	-0.51	-0.18	+/-0.2	Y
Απρ	-0.34	-0.30	-0.63	-0.45	-0.30	-0.16	0.06	+/-0.2	Y
Μαι	-0.53	-0.49	-0.77	-0.61	-0.50	-0.38	-0.14	+/-0.2	Y
Ιουν	-0.49	-0.48	-0.73	-0.59	-0.50	-0.38	-0.11	+/-0.2	Y
Ιουλ	-0.31	-0.32	-0.65	-0.45	-0.32	-0.19	0.07	+/-0.2	Y
Αυγ	-0.46	-0.23	-0.63	-0.41	-0.26	-0.09	0.26	+/-0.2	N
Σεπ	-0.45	-0.37	-0.73	-0.53	-0.39	-0.22	0.11	+/-0.2	Y
Συντελεστής Συσχέτισης, r, μεταξύ των κλιματικών μεταβλητών Μέση Θερμοκρασία – Δυνητική Εξατμισοδιαπνοή									
Οκτ	0.99	0.99	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99	+/-0.2	Y
Νοε	1.00	0.99	0.97	0.99	0.99	0.99	1.00	+/-0.2	Y
Δεκ	0.99	0.98	0.95	0.97	0.98	0.99	0.99	+/-0.2	Y
Ιαν	1.00	0.97	0.92	0.96	0.97	0.98	0.99	+/-0.2	Y
Φεβ	1.00	0.98	0.95	0.97	0.98	0.99	0.99	+/-0.2	Y
Μαρ	0.99	0.99	0.97	0.98	0.99	0.99	1.00	+/-0.2	Y
Απρ	1.00	0.98	0.95	0.98	0.99	0.99	0.99	+/-0.2	Y
Μαι	1.00	0.99	0.97	0.98	0.99	0.99	1.00	+/-0.2	Y
Ιουν	1.00	0.97	0.94	0.97	0.98	0.98	0.99	+/-0.2	Y
Ιουλ	1.00	0.97	0.93	0.96	0.97	0.98	0.99	+/-0.2	Y
Αυγ	1.00	0.98	0.95	0.97	0.98	0.98	0.99	+/-0.2	Y
Σεπ	1.00	0.98	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99	+/-0.2	Y

Υδατικό Διαμέρισμα Δυτικής Στερεάς Ελλάδας

- **Ετήσια Κλιματικά Δεδομένα**

Η προσομοίωση των ετήσιων κλιματικών μεταβλητών και η παραγωγή των 100 συνθετικών χρονοσειρών έγινε τη χρήση του ετήσιου αυτοπαλίνδρομου μοντέλου 1^{ης} τάξης μοντέλο πολλών μεταβλητών (first order autoregressive multivariate model). Ενδεικτικά, για τη λεκάνη απορροής του Μόρνου δίνονται τα μητρώα των Πινάκων (Πίνακες A , B , M_0 και M_1) όπως υπολογίστηκαν από το ετήσιο στοχαστικό μοντέλο για τη βροχόπτωση, δυνητική εξατμισοδιαπνοή και μέση θερμοκρασία:

$$M_0 = \begin{bmatrix} 1.000 & 0.008 & 0.056 \\ 0.008 & 1.000 & 0.983 \\ 0.056 & 0.983 & 1.000 \end{bmatrix} \quad M_1 = \begin{bmatrix} 0.124 & -0.034 & -0.045 \\ -0.089 & 0.025 & 0.001 \\ -0.094 & 0.077 & 0.047 \end{bmatrix}$$

$$A = \begin{bmatrix} 0.152 & 0.517 & -0.562 \\ -0.059 & 0.623 & -0.608 \\ -0.058 & 0.813 & -0.749 \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} 0.987 & 0.000 & 0.000 \\ 0.009 & 0.990 & 0.000 \\ 0.058 & 0.968 & 0.166 \end{bmatrix}$$

Τα αποτελέσματα των στατιστικών παραμέτρων των 100 συνθετικών χρονοσειρών και τα στατιστικά κριτήρια παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.43 για τη λεκάνη του Μόρνου ποταμού. Όπως φαίνεται από τον παρακάτω Πίνακα το ετήσιο στοχαστικό μοντέλο κρίνεται πολύ ικανοποιητικό αφού πληρεί 20 από τα 21 εξεταζόμενα ετήσια στατιστικά κριτήρια. Για τη λεκάνη του Μόρνου, η διαφορά των στατιστικών παραμέτρων είναι στατιστικά σημαντική μόνο για την τυπική απόκλιση της ετήσιας βροχόπτωσης για όριο σφάλματος (ή ανοχής) 5%. Το σφάλμα υποεκτίμησης της τυπικής απόκλισης ανέρχεται στο 5.46% και είναι οριακά στατιστικά σημαντικό για το εξεταζόμενο όριο ανοχής. Σημειώνεται όμως ότι τα αποτελέσματα της στοχαστικής μεθόδου για την τυπική απόκλιση βρίσκονται μέσα στα όρια της εκτίμησης των κριτηρίων αυτών (Πίνακας 3.43) Παραπλήσια είναι τα αποτελέσματα και για τις υπόλοιπες λεκάνες απορροής της Δυτικής Στερεάς Ελλάδας όπως προέκυψαν από τις 100 συνθετικές χρονοσειρές για κάθε λεκάνη απορροής και που παρουσιάζονται αναλυτικά στο Παράρτημα. Γενικά η στοχαστική μεθοδολογία στατιστικού καταβιβασμού για την ετήσια βροχόπτωση και μέση θερμοκρασία κρίνεται πολύ ικανοποιητική αφού τουλάχιστον 18 από τα 21 στατιστικά κριτήρια ικανοποιούνται (βλ. Παράρτημα) σε όλες τις εξεταζόμενες λεκάνες απορροής. Τα αποτελέσματα για κάθε μία λεκάνη απορροής σταθμίστηκαν με βάση την έκταση της κάθε λεκάνης ώστε να δώσουν τα τελικά αποτελέσματα για το Υδατικό Διαμέρισμα Δυτικής Στερεάς Ελλάδας. Η στοχαστική μεθοδολογία καταβιβασμού κλιματικών μεταβλητών του Υδατικού Διαμερίσματος Δυτικής Στερεάς Ελλάδας παρουσιάζονται στο ακόλουθο Πίνακα. Συγκεντρωτικά, φαίνεται ότι η στοχαστική μεθοδολογία στατιστικού καταβιβασμού προσομοιώνει ικανοποιητικά την ιστορική παρατηρούμενη περίοδο αφού ικανοποιεί 20 από τα 21 στατιστικά κριτήρια (μέση τιμή, τυπική απόκλιση, συντελεστής ασυμμετρίας, συντελεστής αυτοσυσχέτισης 1^{ης} τάξης, ελάχιστη και μέγιστη τιμή των ετήσιων κλιματικών μεταβλητών, συντελεστής συσχέτισης δύο κλιματικών μεταβλητών, Πίνακας 3.44). Για το Υδατικό Διαμέρισμα Δυτικής Στερεάς Ελλάδας, η διαφορά των στατιστικών παραμέτρων είναι στατιστικά σημαντική μόνο για την τυπική απόκλιση της ετήσιας βροχόπτωσης. Το σφάλμα υποεκτίμησης της τυπικής απόκλισης ανέρχεται στο 6.63% σε σχέση με την αντίστοιχη παρατηρούμενη τιμή της ιστορικής περιόδου. Επομένως η στοχαστική μέθοδος στατιστικού καταβιβασμού κρίνεται πολύ αντιπροσωπευτική της ιστορικής περιόδου για στοχαστική προσομοίωση και αναπαραγωγή των ετήσιων ιστορικών κλιματικών μεταβλητών.

Πίνακας 3.43. Αποτελέσματα στατιστικών παραμέτρων και κριτηρίων των συνθετικών ετήσιων χρονοσειρών κλιματικών δεδομένων – Λεκάνη απορροής Μόρνος

Στατιστικό Κριτήριο	Ιστορική	Μέσο	Min	25%	50%	75%	Max	Ανοχή	Y/N
Ετήσια Βροχόπτωση									
Average	1127.58	1134.76	1026.15	1107.06	1141.65	1165.72	1225.86	5%	Y
SD	186.76	176.66	106.35	158.50	170.24	196.00	260.43	5%	N
Skew	-0.15	0.05	-1.25	-0.22	0.01	0.38	2.13	+/-0.5	Y
Min	762.76	802.30	614.49	743.29	804.13	873.17	972.91	10%	Y
Max	1499.21	1478.92	1255.13	1410.07	1472.57	1541.63	1693.84	10%	Y
ACF_1	0.08	0.03	-0.43	-0.13	0.05	0.16	0.68	+/-0.15	Y
Ετήσια Θερμοκρασία									
Average	12.25	12.27	11.77	12.14	12.27	12.41	12.71	5%	Y
SD	0.75	0.73	0.46	0.63	0.72	0.83	1.07	5%	Y
Skew	0.47	0.41	-0.58	0.00	0.36	0.70	2.06	+/-0.5	Y
Min	11.01	11.06	10.19	10.89	11.08	11.25	11.75	10%	Y
Max	13.76	13.82	12.93	13.52	13.77	14.03	15.22	10%	Y
ACF_1	0.03	-0.01	-0.42	-0.15	-0.03	0.12	0.38	+/-0.15	Y
Ετήσια Δυνητική Εξατμισοδιαπνοή									
Average	681.04	682.05	661.52	672.77	681.88	690.63	702.74	5%	Y
SD	47.52	46.12	33.20	40.15	45.47	52.45	58.23	5%	Y
Skew	0.40	0.35	-0.54	0.01	0.30	0.68	1.39	+/-0.5	Y
Min	608.85	603.40	563.22	592.51	604.77	615.66	632.01	10%	Y
Max	772.30	777.07	740.29	760.04	772.30	792.73	826.79	10%	Y
ACF_1	0.03	-0.04	-0.34	-0.18	-0.03	0.09	0.31	+/-0.15	Y
Συντελεστής Συσχέτισης, r, μεταξύ δύο κλιματικών μεταβλητών									
Rain-Temp	0.08	0.03	-0.57	-0.12	0.05	0.18	0.49	+/-0.2	Y
Rain-PET	0.01	-0.02	-0.53	-0.14	0.01	0.13	0.36	+/-0.2	Y
Temp-PET	0.98	0.98	0.96	0.98	0.98	0.99	0.99	+/-0.2	Y

Πίνακας 3.44. Συγκεντρωτικά αποτελέσματα στατιστικών παραμέτρων και κριτηρίων των συνθετικών ετήσιων χρονοσειρών κλιματικών δεδομένων – Υδατικό Διαμέρισμα Δυτικής Στερεάς Ελλάδας

Στατιστικό Κριτήριο	Ιστορική	Μέσο	Min	25%	50%	75%	Max	Ανοχή	Y/N
Ετήσια Βροχόπτωση									
Average	1344.17	1354.80	1217.45	1317.23	1362.48	1393.13	1467.42	5%	Y
SD	226.32	211.32	135.64	185.06	207.86	233.07	323.03	5%	N
Skew	-0.41	0.01	-1.46	-0.29	0.01	0.33	1.58	+/-0.5	Y
Min	890.23	965.30	690.59	894.16	966.77	1041.05	1196.83	10%	Y
Max	1722.47	1755.10	1497.80	1677.61	1736.64	1825.28	2107.57	10%	Y
ACF_1	0.13	0.07	-0.42	-0.06	0.07	0.19	0.57	+/-0.15	Y
Ετήσια Θερμοκρασία									
Average	12.33	12.34	12.00	12.24	12.34	12.44	12.64	5%	Y
SD	0.56	0.54	0.32	0.46	0.53	0.61	0.81	5%	Y
Skew	-0.10	-0.05	-1.42	-0.37	-0.06	0.29	1.34	+/-0.5	Y
Min	11.20	11.31	10.21	11.12	11.36	11.54	12.03	10%	Y
Max	13.43	13.33	12.84	13.16	13.31	13.47	14.22	10%	Y
ACF_1	-0.02	-0.07	-0.47	-0.20	-0.08	0.06	0.33	+/-0.15	Y
Ετήσια Δυνητική Εξατμισοδιαπνοή									
Average	692.82	693.62	677.43	686.55	693.65	700.46	711.12	5%	Y
SD	37.30	35.94	24.97	31.15	35.65	40.40	47.90	5%	Y
Skew	-0.05	-0.01	-1.09	-0.34	-0.02	0.32	0.98	+/-0.5	Y
Min	620.00	624.53	582.97	615.46	628.66	639.27	627.53	10%	Y
Max	765.73	758.55	735.68	748.48	758.61	771.43	761.74	10%	Y
ACF_1	0.00	-0.07	-0.41	-0.21	-0.07	0.05	0.29	+/-0.15	Y
Συντελεστής Συσχέτισης, r, μεταξύ δύο κλιματικών μεταβλητών									
Rain-Temp	-0.04	-0.04	-0.59	-0.19	-0.03	0.10	0.46	+/-0.2	Y
Rain-PET	-0.05	-0.09	-0.51	-0.23	-0.09	0.06	0.32	0.04	Y
Temp-PET	0.98	0.97	0.94	0.97	0.98	0.98	0.99	0.98	Y

- **Μηνιαία Κλιματικά Δεδομένα**

Η προσομοίωση των μηνιαίων κλιματικών μεταβλητών βροχόπτωσης, μέσης θερμοκρασίας και δυνητικής εξατμισοδιαπνοής και η παραγωγή των 100 συνθετικών χρονοσειρών έγινε τη χρήση του ετήσιου αυτοπαλίνδρομου μοντέλου 1^{ης} τάξης μοντέλο πολλών μεταβλητών (first order autoregressive multivariate model) και την τροποποιημένη μέθοδο των τμημάτων (modified method of fragments). Τα αποτελέσματα των στατιστικών παραμέτρων των 100 συνθετικών χρονοσειρών και τα στατιστικά κριτήρια παρουσιάζονται στους Πίνακες 3.45-3.48 για την υδρολογική λεκάνη του Μόρνου. Όπως φαίνεται από αυτούς τους Πίνακες, το μηνιαίο στοχαστικό μοντέλο στατιστικού καταβιβασμού θεωρείται πολύ ικανοποιητικό αφού ικανοποιεί 20 από τα 21 ετήσια και 212 από τα 252 μηνιαία εξεταζόμενα στατιστικά κριτήρια για τη λεκάνη απορροής Μόρνου. Παραπλήσια αποτελέσματα παρουσιάζονται και για τις άλλες λεκάνες απορροής του υδατικού διαμερίσματος που παρουσιάζονται στο Παράρτημα για την ιστορική περίοδο. Π.χ. η εφαρμογή του στοχαστικού μοντέλου στατιστικού καταβιβασμού και η αναπαραγωγή 100 συνθετικών χρονοσειρών μηνιαίων κλιματικών μεταβλητών κρίνεται πολύ ικανοποιητική αφού ικανοποιεί 19 από 21 ετήσια και 220 από 252 μηνιαία στατιστικά κριτήρια στη λεκάνη απορροής Αχελώος. Τα αποτελέσματα του στοχαστικού μοντέλου καταβιβασμού κλίμακας για κάθε μία λεκάνη απορροής σταθμίστηκαν με βάση την έκταση της κάθε λεκάνης ώστε να δώσουν τα τελικά αποτελέσματα για το Υδατικό Διαμέρισμα Δυτικής Στερεάς Ελλάδας. Τα αποτελέσματα της στοχαστικής μεθοδολογίας καταβιβασμού κλιματικών μεταβλητών του Υδατικού Διαμερίσματος Δυτικής Στερεάς Ελλάδας παρουσιάζονται στους Πίνακες 3.49-3.52. Για την προσομοίωση των κλιματικών μεταβλητών στο Υδατικό Διαμέρισμα Δυτικής Στερεάς Ελλάδας η εφαρμογή του στοχαστικού μοντέλου καταβιβασμού κλίμακας και η αναπαραγωγή 100 συνθετικών μηνιαίων χρονοσειρών κρίνεται πολύ ικανοποιητική αφού το μοντέλο ικανοποιεί 20 από τα 21 ετήσια και 212 από τα 252 μηνιαία εξεταζόμενα στατιστικά κριτήρια (Πίνακες 3.49-3.52) και επομένως το μοντέλο θεωρείται κατάλληλο για στοχαστική προσομοίωση των μηνιαίων ιστορικών κλιματικών μεταβλητών.

Πίνακας 3.45. Αποτελέσματα στατιστικών παραμέτρων και κριτηρίων των συνθετικών μηνιαίων χρονοσειρών βροχόπτωσης – Λεκάνη απορροής Μόρνος

Στατιστικό Κριτήριο	Ιστορική	Μέσο	Min	25%	50%	75%	Max	Ανοχή	Y/N
Μέση τιμή (Average, mm)									
Οκτ	92.29	87.11	62.04	81.12	87.77	95.40	109.13	7.50%	Y
Νοε	213.52	222.03	182.14	208.75	219.93	233.71	267.43	7.50%	Y
Δεκ	202.78	214.09	152.07	193.15	213.37	234.64	274.34	7.50%	Y
Ιαν	135.55	118.31	63.71	102.76	116.30	134.47	167.79	7.50%	N
Φεβ	146.79	143.64	115.71	135.42	144.21	151.34	179.70	7.50%	Y
Μαρ	102.32	105.56	84.57	97.46	105.55	112.13	135.04	7.50%	Y
Απρ	77.71	79.70	60.39	75.02	79.78	83.93	98.23	7.50%	Y
Μαι	54.69	60.64	38.52	55.71	60.29	64.72	77.89	7.50%	N
Ιουν	26.47	25.82	10.66	21.72	25.56	30.21	41.63	7.50%	Y
Ιουλ	17.66	19.38	10.13	17.55	19.30	21.57	27.88	7.50%	N
Αυγ	26.30	25.68	15.40	21.83	25.41	28.16	50.72	7.50%	Y
Σεπ	31.48	32.80	21.23	29.33	32.74	36.36	51.40	7.50%	Y
Τυπική Απόκλιση (SD) (mm)									
Οκτ	55.57	54.13	43.33	50.43	54.01	57.36	71.75	55.57	Y
Νοε	89.55	88.22	47.55	79.12	90.89	97.33	115.35	89.55	Y
Δεκ	101.43	101.41	48.31	91.57	103.26	114.01	138.17	101.43	Y
Ιαν	99.98	90.61	39.56	76.02	89.46	108.16	149.63	99.98	N
Φεβ	69.20	63.35	42.01	57.77	63.52	67.98	86.16	69.20	N
Μαρ	50.30	49.60	30.01	43.91	49.26	55.81	67.45	50.30	Y
Απρ	35.00	35.46	26.82	33.32	35.36	38.01	49.93	35.00	Y
Μαι	29.01	32.94	24.61	30.22	33.01	35.27	43.12	29.01	N
Ιουν	28.17	22.77	10.99	18.06	23.14	28.20	37.77	28.17	N
Ιουλ	16.97	17.07	10.12	15.41	17.11	18.95	23.52	16.97	Y
Αυγ	23.88	23.23	10.52	16.37	24.20	28.21	52.11	23.88	Y
Σεπ	29.16	29.55	12.66	25.83	30.62	34.78	44.27	29.16	Y
Συντελεστής Ασυμμετρίας (Skew)									
Οκτ	0.02	0.10	-0.64	-0.11	0.05	0.32	1.01	+/-0.75	Y
Νοε	0.41	0.37	-0.52	0.04	0.35	0.63	1.35	+/-0.75	Y
Δεκ	0.66	0.79	-0.36	0.52	0.79	1.07	1.82	+/-0.75	Y
Ιαν	0.76	1.03	-0.13	0.51	1.04	1.39	2.88	+/-0.75	Y
Φεβ	0.07	0.21	-0.37	-0.02	0.18	0.45	1.07	+/-0.75	Y
Μαρ	0.35	0.62	-0.69	0.31	0.63	0.90	1.97	+/-0.75	Y
Απρ	-0.03	-0.04	-1.38	-0.24	-0.02	0.17	0.85	+/-0.75	Y
Μαι	0.21	-0.07	-1.06	-0.32	-0.06	0.21	0.75	+/-0.75	Y
Ιουν	2.14	1.34	0.18	0.99	1.33	1.79	2.54	+/-0.75	N
Ιουλ	0.88	0.84	-0.33	0.51	0.82	1.07	2.81	+/-0.75	Y
Αυγ	2.38	1.47	-0.12	0.50	1.44	2.23	3.60	+/-0.75	N
Σεπ	2.10	1.61	-0.29	1.25	1.68	2.10	3.46	+/-0.75	Y
Ελάχιστη τιμή (Min, mm)									
Οκτ	6.79	7.00	0.00	0.96	5.08	9.72	37.18	10.00%	Y
Νοε	36.49	70.91	21.41	38.99	54.61	113.79	156.64	10.00%	N
Δεκ	51.34	76.19	24.75	55.12	72.83	99.74	134.04	10.00%	N
Ιαν	1.76	6.25	0.00	0.00	3.21	8.28	52.93	10.00%	N
Φεβ	26.67	37.99	9.87	22.05	36.34	50.70	87.28	10.00%	N
Μαρ	19.96	32.13	11.11	24.11	32.14	38.95	63.02	10.00%	N
Απρ	15.92	21.92	5.35	14.54	19.52	29.34	46.17	10.00%	N
Μαι	13.29	6.07	0.00	0.00	5.94	10.13	23.97	10.00%	N
Ιουν	6.29	0.77	0.00	0.00	0.00	0.00	8.11	10.00%	N
Ιουλ	0.04	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	3.21	10.00%	Y
Αυγ	2.82	0.79	0.00	0.00	0.00	0.57	8.26	10.00%	N
Σεπ	4.81	1.48	0.00	0.00	0.00	2.39	9.47	10.00%	N
Μέγιστη τιμή (Max, mm)									
Οκτ	189.45	176.55	147.22	166.52	176.73	187.31	212.42	10.00%	Y
Νοε	387.97	387.18	304.23	374.13	389.29	407.19	452.83	10.00%	Y
Δεκ	420.94	421.29	233.68	407.78	430.45	447.42	495.26	10.00%	Y
Ιαν	382.78	335.46	153.38	256.67	375.29	386.77	423.23	10.00%	N
Φεβ	265.22	256.69	218.09	243.97	255.15	271.96	308.07	10.00%	Y
Μαρ	213.50	216.49	136.51	192.85	221.69	238.67	290.81	10.00%	Y
Απρ	133.52	136.06	117.73	126.90	135.12	143.31	162.86	10.00%	Y
Μαι	107.99	115.80	89.30	108.41	116.36	122.81	138.88	10.00%	Y
Ιουν	110.13	85.96	32.73	62.57	92.86	105.09	129.12	10.00%	N
Ιουλ	54.41	58.44	34.28	48.39	56.96	67.00	96.72	10.00%	Y
Αυγ	109.31	91.50	37.75	57.88	103.12	123.05	148.63	10.00%	N
Σεπ	123.52	116.39	40.78	102.56	124.27	137.95	162.16	10.00%	Y
Συντελεστής Συσχέτισης, r, μεταξύ δύο συνεχόμενων μηνών βροχόπτωσης									
Οκτ	-0.25	-0.33	-0.67	-0.45	-0.35	-0.22	0.23	+/-0.2	Y
Νοε	-0.06	-0.08	-0.53	-0.22	-0.07	0.03	0.36	+/-0.2	Y
Δεκ	-0.11	-0.27	-0.68	-0.40	-0.27	-0.17	0.24	+/-0.2	Y
Ιαν	0.11	0.17	-0.35	0.01	0.14	0.28	0.85	+/-0.2	Y
Φεβ	0.09	0.05	-0.52	-0.09	0.06	0.20	0.53	+/-0.2	Y
Μαρ	-0.30	-0.25	-0.70	-0.38	-0.28	-0.11	0.36	+/-0.2	Y
Απρ	0.29	0.38	-0.37	0.25	0.38	0.52	0.78	+/-0.2	Y
Μαι	0.21	0.34	-0.05	0.20	0.33	0.46	0.79	+/-0.2	Y
Ιουν	0.56	0.57	-0.02	0.43	0.59	0.74	0.94	+/-0.2	Y
Ιουλ	0.06	0.29	-0.07	0.19	0.29	0.41	0.65	+/-0.2	N
Αυγ	0.04	0.15	-0.31	0.03	0.14	0.29	0.64	+/-0.2	Y
Σεπ	-0.25	-0.16	-0.72	-0.34	-0.17	-0.03	0.56	+/-0.2	Y

Πίνακας 3.46. Αποτελέσματα στατιστικών παραμέτρων και κριτηρίων των συνθετικών μηνιαίων χρονοσειρών θερμοκρασίας – Λεκάνη απορροής Μόρνος

Στατιστικό Κριτήριο	Ιστορική	Μέσο	Min	25%	50%	75%	Max	Ανοχή	Y/N
Μέση τιμή (Average, mm)									
Οκτ	13.13	13.05	11.97	12.79	13.05	13.28	14.08	7.50%	Y
Νοε	9.20	9.21	8.37	8.98	9.21	9.38	9.93	7.50%	Y
Δεκ	6.43	6.62	5.78	6.37	6.64	6.88	7.73	7.50%	Y
Ιαν	5.25	5.38	4.64	5.14	5.31	5.61	6.42	7.50%	Y
Φεβ	5.61	5.68	4.67	5.44	5.70	5.95	6.77	7.50%	Y
Μαρ	7.31	7.47	6.46	7.17	7.50	7.72	8.52	7.50%	Y
Απρ	10.57	10.74	9.48	10.58	10.76	10.95	11.34	7.50%	Y
Μαι	14.58	14.28	13.65	14.04	14.26	14.47	14.92	7.50%	Y
Ιουν	17.92	17.79	17.17	17.61	17.81	17.98	18.41	7.50%	Y
Ιουλ	20.02	20.02	19.11	19.79	20.02	20.27	20.87	7.50%	Y
Αυγ	20.02	19.90	18.78	19.64	19.94	20.16	20.83	7.50%	Y
Σεπ	16.95	17.07	16.52	16.94	17.08	17.22	17.47	7.50%	Y
Τυπική Απόκλιση (SD) (°C)									
Οκτ	1.66	1.96	1.18	1.75	1.94	2.20	2.69	7.50%	N
Νοε	1.37	1.42	1.00	1.31	1.41	1.54	1.99	7.50%	Y
Δεκ	1.74	1.64	1.06	1.47	1.62	1.82	2.32	7.50%	Y
Ιαν	1.26	1.34	0.91	1.21	1.33	1.49	1.83	7.50%	Y
Φεβ	2.09	1.94	0.92	1.60	1.90	2.24	3.26	7.50%	Y
Μαρ	1.87	1.76	1.01	1.58	1.78	1.95	2.41	7.50%	Y
Απρ	1.52	1.35	0.59	1.06	1.32	1.63	2.19	7.50%	N
Μαι	1.37	1.49	0.93	1.34	1.47	1.64	2.06	7.50%	N
Ιουν	0.83	1.01	0.67	0.92	1.00	1.09	1.42	7.50%	N
Ιουλ	1.55	1.45	0.72	1.25	1.48	1.66	2.08	7.50%	Y
Αυγ	1.56	1.52	0.96	1.35	1.49	1.70	2.03	7.50%	Y
Σεπ	1.39	1.40	1.01	1.29	1.40	1.52	1.78	7.50%	Y
Συντελεστής Ασυμμετρίας (Skew)									
Οκτ	-0.98	-0.82	-1.91	-1.11	-0.83	-0.54	0.47	+/-0.75	Y
Νοε	0.24	0.25	-0.77	-0.05	0.17	0.48	1.43	+/-0.75	Y
Δεκ	0.17	0.35	-1.00	0.03	0.32	0.63	1.85	+/-0.75	Y
Ιαν	-0.09	-0.21	-0.99	-0.54	-0.25	0.02	1.18	+/-0.75	Y
Φεβ	1.22	0.90	-1.23	0.20	1.01	1.43	2.88	+/-0.75	Y
Μαρ	-0.28	-0.25	-1.56	-0.49	-0.21	0.01	0.87	+/-0.75	Y
Απρ	0.42	0.66	-1.30	0.12	0.61	1.30	2.90	+/-0.75	Y
Μαι	0.22	0.27	-0.74	0.04	0.24	0.50	1.02	+/-0.75	Y
Ιουν	-0.41	-0.22	-1.29	-0.56	-0.26	0.07	1.05	+/-0.75	Y
Ιουλ	0.06	-0.22	-1.72	-0.54	-0.24	0.09	1.41	+/-0.75	Y
Αυγ	-0.88	-0.61	-2.16	-0.89	-0.58	-0.30	0.34	+/-0.75	Y
Σεπ	0.03	0.18	-0.54	-0.04	0.16	0.40	0.97	+/-0.75	Y
Ελάχιστη τιμή (Min, °C)									
Οκτ	8.64	8.95	8.61	8.64	8.73	8.89	11.91	10.00%	Y
Νοε	6.48	6.89	6.16	6.70	6.90	7.10	8.24	10.00%	Y
Δεκ	2.44	3.65	2.39	2.53	3.93	4.52	5.69	10.00%	N
Ιαν	2.29	2.72	2.10	2.33	2.41	3.18	4.99	10.00%	N
Φεβ	2.27	2.66	1.83	2.24	2.38	2.92	4.79	10.00%	N
Μαρ	3.31	3.93	3.20	3.29	3.59	4.70	6.45	10.00%	N
Απρ	7.82	8.42	7.17	7.73	8.05	9.39	10.09	10.00%	Y
Μαι	12.38	12.22	11.72	12.09	12.25	12.35	12.70	10.00%	Y
Ιουν	15.91	15.84	14.89	15.63	15.79	15.99	17.30	10.00%	Y
Ιουλ	16.67	17.12	16.53	16.74	16.88	17.26	19.37	10.00%	Y
Αυγ	16.10	16.82	15.95	16.18	16.27	17.54	18.79	10.00%	Y
Σεπ	14.61	14.85	14.43	14.61	14.78	15.00	15.51	10.00%	Y
Μέγιστη τιμή (Max, °C)									
Οκτ	15.36	15.76	14.76	15.43	15.77	16.04	16.77	10.00%	Y
Νοε	12.37	12.12	10.36	11.63	12.09	12.62	14.14	10.00%	Y
Δεκ	10.33	9.92	8.41	9.50	9.88	10.32	12.08	10.00%	Y
Ιαν	7.55	7.77	6.51	7.33	7.67	8.12	9.01	10.00%	Y
Φεβ	11.80	10.62	7.18	8.08	11.29	12.06	14.26	10.00%	Y
Μαρ	10.19	10.48	9.09	10.04	10.42	10.86	11.95	10.00%	Y
Απρ	14.49	14.06	11.29	12.76	14.39	15.05	16.89	10.00%	Y
Μαι	17.39	17.18	15.28	16.74	17.17	17.80	18.57	10.00%	Y
Ιουν	19.67	19.63	18.51	19.24	19.57	20.02	21.17	10.00%	Y
Ιουλ	23.59	22.74	21.15	22.09	22.64	23.36	24.38	10.00%	Y
Αυγ	22.59	22.27	20.94	21.86	22.28	22.73	23.49	10.00%	Y
Σεπ	19.35	19.68	18.56	19.32	19.71	20.01	20.88	10.00%	Y
Συντελεστής Συσχέτισης, r, μεταξύ δύο συνεχόμενων μηνών θερμοκρασίας									
Οκτ	0.54	0.50	-0.16	0.40	0.53	0.61	0.84	+/-0.2	Y
Νοε	0.30	0.27	-0.25	0.14	0.29	0.40	0.74	+/-0.2	Y
Δεκ	0.17	0.22	-0.25	0.11	0.19	0.37	0.64	+/-0.2	Y
Ιαν	0.42	0.40	-0.13	0.30	0.41	0.52	0.81	+/-0.2	Y
Φεβ	-0.22	-0.25	-0.80	-0.49	-0.32	-0.06	0.51	+/-0.2	Y
Μαρ	0.08	0.06	-0.63	-0.20	-0.04	0.38	0.76	+/-0.2	Y
Απρ	0.25	0.18	-0.62	0.04	0.23	0.33	0.60	+/-0.2	Y
Μαι	0.33	0.48	-0.09	0.35	0.50	0.64	0.88	+/-0.2	Y
Ιουν	0.11	0.12	-0.36	-0.04	0.13	0.29	0.72	+/-0.2	Y
Ιουλ	0.68	0.62	0.12	0.50	0.64	0.74	0.91	+/-0.2	Y
Αυγ	0.28	0.23	-0.28	0.12	0.22	0.33	0.64	+/-0.2	Y
Σεπ	0.38	0.37	-0.33	0.25	0.39	0.51	0.80	+/-0.2	Y

Πίνακας 3.47. Αποτελέσματα στατιστικών παραμέτρων και κριτηρίων των συνθετικών μηνιαίων χρονοσειρών δυνητικής εξατμισοδιαπνοής – Λεκάνη απορροής Μόρνος

Στατιστικό Κριτήριο	Ιστορική	Μέσο	Min	25%	50%	75%	Max	Ανοχή	Y/N
Μέση τιμή (Average, mm)									
Οκτ	52.047	51.742	47.701	50.43	51.745	52.8	56.099	7.50%	Y
Νοε	28.908	29.056	26.919	28.16	29.097	29.968	31.457	7.50%	Y
Δεκ	17.947	18.655	16.145	17.782	18.53	19.718	21.306	7.50%	Y
Ιαν	14.205	14.644	12.787	13.911	14.471	15.365	16.777	7.50%	Y
Φεβ	15.59	15.838	13.405	14.955	15.786	16.722	18.46	7.50%	Y
Μαρ	26.431	27.298	23.235	25.919	27.535	28.603	31.231	7.50%	Y
Απρ	45.121	46.028	42.257	45.142	46.189	47.099	48.883	7.50%	Y
Μαι	76.237	74.395	71.367	72.957	74.421	75.662	78.3	7.50%	Y
Ιουν	99.937	99.09	95.365	98.022	98.918	100.306	102.129	7.50%	Y
Ιουλ	117.174	117.402	112.354	115.688	117.333	119.116	122.999	7.50%	Y
Αυγ	109.589	109.133	103.554	107.315	109.57	110.672	115.136	7.50%	Y
Σεπ	77.858	78.766	75.968	77.794	78.867	79.739	80.869	7.50%	Y
Τυπική Απόκλιση (SD) (mm)									
Οκτ	8.258	9.719	6.055	8.684	9.838	11.098	12.683	7.50%	N
Νοε	5.505	5.544	4.219	5.06	5.454	6.109	6.787	7.50%	Y
Δεκ	6.149	5.984	4.252	5.329	6.063	6.568	7.894	7.50%	Y
Ιαν	4.311	4.403	3.213	3.996	4.403	4.866	5.428	7.50%	Y
Φεβ	7.597	7.155	4.069	5.514	7.181	8.619	10.224	7.50%	Y
Μαρ	8.441	8.127	5.798	7.448	8.206	8.984	10.096	7.50%	Y
Απρ	8.362	7.041	3.72	5.714	6.925	8.613	10.497	7.50%	N
Μαι	9.169	9.839	7.288	8.561	9.835	11.058	13.059	7.50%	Y
Ιουν	5.945	7.126	5.176	6.404	7.053	7.741	9.492	7.50%	N
Ιουλ	11.635	10.92	7.318	9.428	11.194	12.231	13.953	7.50%	Y
Αυγ	10.824	10.461	7.114	9.273	10.405	11.668	13.763	7.50%	Y
Σεπ	8.164	8.417	6.567	7.83	8.348	9.006	10.469	7.50%	Y
Συντελεστής Ασυμμετρίας (Skew)									
Οκτ	-0.859	-0.942	-1.81	-1.187	-0.961	-0.644	-0.207	+/-0.75	Y
Νοε	0.396	0.405	-0.392	0.117	0.35	0.662	1.286	+/-0.75	Y
Δεκ	0.511	0.596	-0.15	0.298	0.593	0.849	1.529	+/-0.75	Y
Ιαν	0.176	-0.099	-0.973	-0.416	-0.127	0.184	0.947	+/-0.75	Y
Φεβ	1.624	1.189	-0.401	0.428	1.357	1.749	2.485	+/-0.75	Y
Μαρ	-0.106	-0.16	-1.067	-0.411	-0.16	0.106	0.466	+/-0.75	Y
Απρ	0.599	0.665	-1.15	0.011	0.693	1.36	2.139	+/-0.75	Y
Μαι	0.295	0.286	-0.655	0.018	0.336	0.591	0.905	+/-0.75	Y
Ιουν	-0.352	-0.297	-1.445	-0.712	-0.364	0.145	0.705	+/-0.75	Y
Ιουλ	0.159	-0.188	-1.418	-0.524	-0.231	0.122	0.988	+/-0.75	Y
Αυγ	-0.819	-0.567	-1.734	-0.828	-0.517	-0.241	0.282	+/-0.75	Y
Σεπ	0.07	0.091	-0.532	-0.156	0.082	0.325	0.868	+/-0.75	Y
*Ελάχιστη τιμή (Min, mm)									
Οκτ	0.583	0.592	0.524	0.563	0.58	0.604	0.76	10%	Y
Νοε	0.635	0.699	0.593	0.662	0.709	0.738	0.777	10%	N
Δεκ	0.285	0.455	0.253	0.287	0.513	0.585	0.68	10%	N
Ιαν	0.342	0.41	0.302	0.33	0.348	0.527	0.727	10%	N
Φεβ	0.305	0.367	0.266	0.31	0.334	0.373	0.632	10%	N
Μαρ	0.358	0.424	0.312	0.343	0.372	0.531	0.635	10%	N
Απρ	0.678	0.739	0.619	0.681	0.715	0.818	0.859	10%	Y
Μαι	0.81	0.81	0.755	0.794	0.812	0.829	0.852	10%	Y
Ιουν	0.858	0.85	0.775	0.83	0.852	0.871	0.912	10%	Y
Ιουλ	0.79	0.814	0.756	0.789	0.807	0.831	0.902	10%	Y
Αυγ	0.755	0.8	0.709	0.77	0.794	0.841	0.879	10%	Y
Σεπ	0.825	0.827	0.778	0.81	0.827	0.845	0.866	10%	Y
*Μέγιστη τιμή (Max, mm)									
Οκτ	1.219	1.249	1.155	1.222	1.246	1.274	1.354	10%	Y
Νοε	1.455	1.407	1.26	1.343	1.413	1.473	1.594	10%	Y
Δεκ	1.815	1.662	1.453	1.568	1.644	1.73	1.954	10%	Y
Ιαν	1.578	1.531	1.338	1.457	1.533	1.611	1.72	10%	Y
Φεβ	2.536	2.184	1.557	1.743	2.301	2.497	2.77	10%	N
Μαρ	1.514	1.486	1.32	1.4	1.477	1.562	1.744	10%	Y
Απρ	1.494	1.375	1.129	1.225	1.411	1.486	1.617	10%	Y
Μαι	1.252	1.262	1.136	1.231	1.274	1.307	1.342	10%	Y
Ιουν	1.127	1.131	1.081	1.106	1.132	1.148	1.194	10%	Y
Ιουλ	1.233	1.173	1.094	1.138	1.173	1.206	1.256	10%	Y
Αυγ	1.166	1.151	1.098	1.125	1.152	1.173	1.221	10%	Y
Σεπ	1.184	1.191	1.129	1.167	1.193	1.212	1.253	10%	Y
Συντελεστής Συσχέτισης, r, μεταξύ δύο συνεχόμενων μηνών δυνητικής εξατμισοδιαπνοής									
Οκτ	0.357	0.368	-0.038	0.255	0.382	0.491	0.653	+/-0.2	Y
Νοε	0.508	0.548	0.318	0.489	0.563	0.613	0.731	+/-0.2	Y
Δεκ	0.307	0.395	0.05	0.279	0.423	0.499	0.675	+/-0.2	Y
Ιαν	0.175	0.224	-0.055	0.119	0.208	0.314	0.545	+/-0.2	Y
Φεβ	0.433	0.422	-0.003	0.338	0.441	0.526	0.715	+/-0.2	Y
Μαρ	-0.211	-0.217	-0.611	-0.458	-0.286	-0.041	0.451	+/-0.2	Y
Απρ	0.079	0.052	-0.43	-0.157	-0.035	0.348	0.602	+/-0.2	Y
Μαι	0.25	0.131	-0.383	0.028	0.152	0.276	0.462	+/-0.2	Y
Ιουν	0.309	0.48	0.074	0.382	0.502	0.611	0.744	+/-0.2	Y
Ιουλ	0.103	0.122	-0.307	-0.023	0.122	0.271	0.586	+/-0.2	Y
Αυγ	0.652	0.574	0.194	0.458	0.618	0.713	0.836	+/-0.2	Y
Σεπ	0.269	0.214	-0.134	0.109	0.209	0.328	0.578	+/-0.2	Y

* Η μέγιστη και ελάχιστη μηνιαία δυνητική εξατμισοδιαπνοή έχουν διαιρεθεί με τη μέση παρατηρούμενη τιμή της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής

Πίνακας 3.48. Συντελεστές συσχέτισης των μηνιαίων κλιματικών μεταβλητών – Λεκάνη απορροής Μόρνος

Στατιστικό Κριτήριο	Ιστορική	Μέσο	Min	25%	50%	75%	Max	Ανοχή	Y/N
Συντελεστής Συσχέτισης, r, μεταξύ των κλιματικών μεταβλητών Βροχόπτωση – Μέση Θερμοκρασία									
Οκτ	0.264	0.265	-0.274	0.152	0.265	0.409	0.826	+/-0.2	Y
Νοε	-0.288	-0.391	-0.814	-0.556	-0.416	-0.296	0.305	+/-0.2	Y
Δεκ	0.438	0.466	-0.016	0.320	0.479	0.631	0.906	+/-0.2	Y
Ιαν	-0.036	-0.102	-0.691	-0.297	-0.124	0.124	0.510	+/-0.2	Y
Φεβ	-0.188	-0.271	-0.659	-0.360	-0.278	-0.173	0.123	+/-0.2	Y
Μαρ	-0.561	-0.503	-0.864	-0.649	-0.546	-0.393	0.478	+/-0.2	Y
Απρ	0.075	-0.057	-0.451	-0.185	-0.057	0.069	0.601	+/-0.2	Y
Μαί	-0.407	-0.506	-0.841	-0.602	-0.527	-0.430	-0.037	+/-0.2	Y
Ιουν	-0.333	-0.418	-0.794	-0.536	-0.430	-0.297	0.112	+/-0.2	Y
Ιουλ	0.057	0.091	-0.552	-0.099	0.103	0.263	0.570	+/-0.2	Y
Αυγ	-0.248	-0.322	-0.800	-0.440	-0.343	-0.162	0.190	+/-0.2	Y
Σεπ	-0.214	-0.072	-0.560	-0.252	-0.109	0.069	0.642	+/-0.2	Y
Συντελεστής Συσχέτισης, r, μεταξύ των κλιματικών μεταβλητών Βροχόπτωση – Διηθητική Εξατμισοδιαπνοή									
Οκτ	0.255	0.249	-0.265	0.127	0.242	0.391	0.684	+/-0.2	Y
Νοε	-0.268	-0.417	-0.764	-0.574	-0.451	-0.295	0.164	+/-0.2	Y
Δεκ	0.405	0.481	0.089	0.347	0.484	0.623	0.804	+/-0.2	Y
Ιαν	-0.051	-0.119	-0.587	-0.289	-0.158	0.064	0.334	+/-0.2	Y
Φεβ	-0.205	-0.287	-0.604	-0.384	-0.278	-0.197	0.029	+/-0.2	Y
Μαρ	-0.602	-0.534	-0.783	-0.68	-0.597	-0.448	-0.046	+/-0.2	Y
Απρ	0.046	-0.051	-0.405	-0.17	-0.039	0.046	0.289	+/-0.2	Y
Μαί	-0.364	-0.494	-0.712	-0.579	-0.521	-0.425	-0.171	+/-0.2	Y
Ιουν	-0.335	-0.426	-0.707	-0.564	-0.422	-0.321	-0.026	+/-0.2	Y
Ιουλ	0.059	0.052	-0.295	-0.129	0.039	0.232	0.456	+/-0.2	Y
Αυγ	-0.248	-0.292	-0.674	-0.438	-0.308	-0.148	0.101	+/-0.2	Y
Σεπ	-0.222	-0.083	-0.511	-0.242	-0.117	0.047	0.49	+/-0.2	Y
Συντελεστής Συσχέτισης, r, μεταξύ των κλιματικών μεταβλητών Μέση Θερμοκρασία – Διηθητική Εξατμισοδιαπνοή									
Οκτ	0.995	0.993	0.982	0.991	0.994	0.996	0.997	+/-0.2	Y
Νοε	0.996	0.987	0.974	0.983	0.988	0.991	0.996	+/-0.2	Y
Δεκ	0.996	0.983	0.97	0.979	0.985	0.989	0.993	+/-0.2	Y
Ιαν	0.997	0.97	0.918	0.964	0.974	0.983	0.989	+/-0.2	Y
Φεβ	0.997	0.986	0.968	0.983	0.988	0.991	0.996	+/-0.2	Y
Μαρ	0.996	0.983	0.957	0.979	0.985	0.988	0.993	+/-0.2	Y
Απρ	0.996	0.983	0.958	0.979	0.986	0.99	0.996	+/-0.2	Y
Μαί	0.993	0.989	0.976	0.986	0.99	0.992	0.995	+/-0.2	Y
Ιουν	0.98	0.963	0.926	0.956	0.966	0.974	0.986	+/-0.2	Y
Ιουλ	0.998	0.977	0.937	0.97	0.981	0.987	0.993	+/-0.2	Y
Αυγ	0.999	0.979	0.953	0.973	0.983	0.986	0.992	+/-0.2	Y
Σεπ	0.998	0.987	0.977	0.984	0.988	0.991	0.995	+/-0.2	Y

Πίνακας 3.49. Αποτελέσματα στατιστικών παραμέτρων και κριτηρίων των συνθετικών μηνιαίων χρονοσειρών βροχόπτωσης – Υδατικό Διαμέρισμα Δυτικής Στερεάς Ελλάδας

Στατιστικό Κριτήριο	Ιστορική	Μέσο	Min	25%	50%	75%	Max	Ανοχή	Y/N
Μέση τιμή (Average, mm)									
Οκτ	123.69	116.83	85.41	108.87	117.03	126.23	145.00	7.50%	Y
Νοε	238.98	236.06	192.23	223.24	233.58	249.49	282.82	7.50%	Y
Δεκ	244.73	257.36	177.79	235.42	258.00	277.61	330.79	7.50%	Y
Ιαν	141.29	133.52	67.02	117.08	132.49	150.15	199.34	7.50%	Y
Φεβ	162.39	169.33	124.27	159.25	170.06	178.92	204.10	7.50%	Y
Μαρ	121.16	119.57	88.00	109.74	119.19	128.43	160.94	7.50%	Y
Απρ	102.30	104.19	80.31	98.60	103.29	109.50	126.67	7.50%	Y
Μαι	75.08	80.10	60.17	74.06	79.72	85.55	102.03	7.50%	Y
Ιουν	30.79	35.71	19.81	30.78	35.44	40.38	52.96	7.50%	N
Ιουλ	25.55	29.50	17.80	26.25	29.48	32.78	41.60	7.50%	N
Αυγ	32.72	31.82	19.11	28.01	31.67	35.42	50.39	7.50%	Y
Σεπ	45.52	40.80	22.30	34.38	39.83	46.89	63.63	7.50%	N
Τυπική Απόκλιση (SD) (mm)									
Οκτ	73.95	62.80	38.90	55.97	63.45	69.80	85.54	7.50%	N
Νοε	86.38	88.89	53.92	78.01	88.46	98.71	121.20	7.50%	Y
Δεκ	122.79	133.65	90.82	121.73	133.57	146.70	176.82	7.50%	N
Ιαν	108.72	100.78	48.27	90.63	101.42	112.20	139.62	7.50%	Y
Φεβ	74.47	68.60	41.28	61.36	68.57	76.05	93.21	7.50%	N
Μαρ	61.16	61.18	30.02	54.53	61.60	68.56	86.61	7.50%	Y
Απρ	43.41	42.90	28.10	38.66	43.09	46.80	59.99	7.50%	Y
Μαι	36.53	40.02	26.96	36.16	39.74	43.86	52.91	7.50%	N
Ιουν	26.03	28.41	15.58	24.30	28.45	32.31	43.29	7.50%	N
Ιουλ	21.97	23.90	15.49	21.56	23.66	26.33	32.88	7.50%	N
Αυγ	25.18	24.47	13.15	20.98	24.72	27.98	37.11	7.50%	Y
Σεπ	39.77	33.36	13.50	26.14	33.52	40.45	54.03	7.50%	N
Συντελεστής Ασυμμετρίας (Skew)									
Οκτ	0.19	0.13	-0.81	-0.14	0.11	0.39	1.38	+/-0.75	Y
Νοε	0.10	0.29	-0.99	0.00	0.29	0.57	1.66	+/-0.75	Y
Δεκ	0.32	0.34	-0.67	0.09	0.34	0.61	1.46	+/-0.75	Y
Ιαν	0.61	0.85	-0.20	0.51	0.81	1.11	2.35	+/-0.75	Y
Φεβ	0.17	-0.13	-1.29	-0.43	-0.10	0.20	1.11	+/-0.75	Y
Μαρ	0.26	0.73	-0.35	0.40	0.71	1.06	2.21	+/-0.75	Y
Απρ	0.44	0.34	-0.99	0.03	0.37	0.66	1.50	+/-0.75	Y
Μαι	0.21	0.13	-1.00	-0.12	0.12	0.37	1.09	+/-0.75	Y
Ιουν	1.65	1.10	-0.23	0.74	1.08	1.46	2.61	+/-0.75	Y
Ιουλ	0.65	0.65	-0.43	0.34	0.63	0.92	1.99	+/-0.75	Y
Αυγ	1.27	0.96	-0.11	0.55	0.95	1.29	2.53	+/-0.75	Y
Σεπ	1.64	1.28	-0.48	0.81	1.27	1.72	3.07	+/-0.75	Y
Ελάχιστη τιμή (Min, mm)									
Οκτ	9.68	12.13	0.00	1.89	6.72	14.34	64.36	10.00%	N
Νοε	55.66	80.81	30.52	61.13	73.04	103.38	169.27	10.00%	N
Δεκ	45.31	50.12	7.27	30.34	45.97	65.63	139.88	10.00%	N
Ιαν	2.97	10.40	0.00	0.07	5.62	14.55	61.62	10.00%	N
Φεβ	31.70	36.00	2.40	7.20	23.23	61.19	112.92	10.00%	N
Μαρ	11.37	28.97	1.47	13.22	28.82	43.65	73.33	10.00%	N
Απρ	31.87	38.46	16.72	31.62	38.10	44.91	62.06	10.00%	N
Μαι	17.49	14.15	0.73	8.23	13.81	19.23	37.65	10.00%	N
Ιουν	6.74	1.75	0.00	0.00	0.00	2.02	18.64	10.00%	N
Ιουλ	0.80	0.43	0.00	0.00	0.00	0.00	9.17	10.00%	Y
Αυγ	4.45	1.43	0.00	0.00	0.15	2.00	13.20	10.00%	N
Σεπ	6.18	2.93	0.00	0.00	1.60	4.78	14.78	10.00%	N
Μέγιστη τιμή (Max, mm)									
Οκτ	269.69	234.82	159.63	213.96	233.27	256.77	305.31	10.00%	N
Νοε	408.64	413.28	311.34	380.32	419.05	445.77	500.07	10.00%	Y
Δεκ	492.68	504.27	354.25	488.42	508.74	532.27	591.70	10.00%	Y
Ιαν	373.90	348.26	192.11	315.71	358.31	379.92	433.29	10.00%	Y
Φεβ	315.72	294.59	221.65	277.57	294.63	314.21	366.07	10.00%	Y
Μαρ	252.59	255.20	148.78	231.92	259.08	280.25	338.71	10.00%	Y
Απρ	198.01	190.29	134.00	169.55	193.03	209.04	239.61	10.00%	Y
Μαι	150.39	154.87	111.42	146.32	155.53	166.76	189.92	10.00%	Y
Ιουν	103.98	106.62	54.44	92.05	110.89	123.31	144.37	10.00%	Y
Ιουλ	71.93	79.22	50.76	71.49	79.15	87.00	107.79	10.00%	N
Αυγ	98.90	89.38	47.57	74.67	91.50	103.67	133.95	10.00%	Y
Σεπ	148.84	125.57	50.00	102.23	132.87	149.56	195.15	10.00%	N
Συντελεστής Συσχέτισης, r, μεταξύ δύο συνεχόμενων μηνών βροχόπτωσης									
Οκτ	-0.06	-0.18	-0.68	-0.32	-0.18	-0.05	0.38	+/-0.2	Y
Νοε	-0.12	-0.24	-0.72	-0.42	-0.26	-0.08	0.41	+/-0.2	Y
Δεκ	-0.23	-0.42	-0.81	-0.57	-0.45	-0.31	0.26	+/-0.2	Y
Ιαν	0.22	0.23	-0.38	0.08	0.23	0.39	0.80	+/-0.2	Y
Φεβ	0.08	0.10	-0.42	-0.03	0.11	0.23	0.52	+/-0.2	Y
Μαρ	-0.20	-0.24	-0.68	-0.37	-0.25	-0.12	0.29	+/-0.2	Y
Απρ	0.13	0.32	-0.33	0.20	0.33	0.45	0.73	+/-0.2	Y
Μαι	0.00	0.13	-0.36	0.00	0.13	0.26	0.56	+/-0.2	Y
Ιουν	0.48	0.57	-0.12	0.47	0.58	0.70	0.89	+/-0.2	Y
Ιουλ	0.07	0.31	-0.09	0.20	0.32	0.43	0.71	+/-0.2	N
Αυγ	0.35	0.28	-0.44	0.09	0.29	0.48	0.77	+/-0.2	Y
Σεπ	-0.23	-0.23	-0.72	-0.41	-0.25	-0.07	0.39	+/-0.2	Y

Πίνακας 3.50. Αποτελέσματα στατιστικών παραμέτρων και κριτηρίων των συνθετικών μηνιαίων χρονοσειρών θερμοκρασίας – Υδατικό Διαμέρισμα Δυτικής Στερεάς Ελλάδας

Στατιστικό Κριτήριο	Ιστορική	Μέσο	Min	25%	50%	75%	Max	Ανοχή	Y/N
Μέση τιμή (Average, °C)									
Οκτ	13.99	14.11	13.34	13.91	14.13	14.32	14.87	7.50%	Y
Νοε	8.75	8.74	7.83	8.49	8.75	8.95	9.53	7.50%	Y
Δεκ	5.37	5.48	4.54	5.28	5.47	5.69	6.31	7.50%	Y
Ιαν	4.35	4.37	3.66	4.19	4.36	4.56	5.10	7.50%	Y
Φεβ	4.49	4.41	3.62	4.20	4.41	4.61	5.23	7.50%	Y
Μαρ	6.60	6.57	5.34	6.31	6.58	6.85	7.61	7.50%	Y
Απρ	10.48	10.64	9.55	10.37	10.65	10.92	11.60	7.50%	Y
Μαι	14.60	14.51	13.72	14.29	14.52	14.74	15.17	7.50%	Y
Ιουν	18.61	18.56	18.01	18.40	18.57	18.72	19.12	7.50%	Y
Ιουλ	21.27	21.21	20.59	21.02	21.19	21.40	21.92	7.50%	Y
Αυγ	21.26	21.21	20.37	21.00	21.23	21.43	21.90	7.50%	Y
Σεπ	18.17	18.29	17.52	18.08	18.29	18.51	18.98	7.50%	Y
Τυπική Απόκλιση (SD) (°C)									
Οκτ	1.43	1.42	0.96	1.30	1.41	1.55	1.88	7.50%	Y
Νοε	1.37	1.34	0.88	1.20	1.34	1.48	1.88	7.50%	Y
Δεκ	1.40	1.32	0.80	1.18	1.32	1.47	1.86	7.50%	N
Ιαν	1.21	1.07	0.58	0.94	1.07	1.20	1.49	7.50%	N
Φεβ	1.39	1.32	0.78	1.17	1.30	1.47	1.94	7.50%	Y
Μαρ	2.00	1.77	0.98	1.55	1.79	1.97	2.49	7.50%	Y
Απρ	1.76	1.59	0.95	1.36	1.58	1.79	2.29	7.50%	Y
Μαι	1.45	1.41	0.84	1.24	1.39	1.57	1.95	7.50%	Y
Ιουν	0.96	0.95	0.56	0.85	0.94	1.04	1.36	7.50%	N
Ιουλ	1.09	1.04	0.56	0.89	1.05	1.17	1.54	7.50%	N
Αυγ	1.34	1.30	0.76	1.11	1.30	1.47	1.84	7.50%	N
Σεπ	1.38	1.32	0.68	1.14	1.33	1.51	1.98	7.50%	Y
Συντελεστής Ασυμμετρίας (Skew)									
Οκτ	0.00	-0.14	-1.17	-0.44	-0.18	0.17	1.15	+/-0.75	Y
Νοε	-0.28	-0.21	-1.31	-0.51	-0.25	0.04	0.95	+/-0.75	Y
Δεκ	-0.63	-0.34	-1.51	-0.64	-0.35	-0.04	0.93	+/-0.75	Y
Ιαν	-1.00	-0.29	-1.53	-0.65	-0.33	0.09	0.92	+/-0.75	Y
Φεβ	0.36	0.30	-1.21	-0.08	0.32	0.68	2.15	+/-0.75	Y
Μαρ	-0.14	-0.20	-1.81	-0.58	-0.25	0.26	1.22	+/-0.75	Y
Απρ	-0.49	-0.08	-1.64	-0.47	-0.09	0.33	1.39	+/-0.75	Y
Μαι	-0.76	-0.48	-1.95	-0.75	-0.48	-0.18	0.61	+/-0.75	Y
Ιουν	-0.77	-0.52	-2.08	-0.80	-0.53	-0.21	0.65	+/-0.75	Y
Ιουλ	0.95	0.60	-0.71	0.20	0.60	0.97	2.25	+/-0.75	Y
Αυγ	-0.62	-0.52	-1.90	-0.90	-0.56	-0.20	1.05	+/-0.75	Y
Σεπ	0.28	0.36	-1.14	-0.05	0.27	0.81	1.85	+/-0.75	Y
Ελάχιστη τιμή (Min, °C)									
Οκτ	11.23	11.59	10.88	11.21	11.60	11.89	12.92	10.00%	Y
Νοε	5.96	6.25	5.47	5.84	5.98	6.66	7.82	10.00%	Y
Δεκ	1.97	2.81	1.72	2.03	2.74	3.34	4.67	10.00%	N
Ιαν	1.33	2.22	1.56	1.86	2.00	2.61	3.89	10.00%	N
Φεβ	1.99	2.15	1.43	1.89	2.02	2.26	3.64	10.00%	Y
Μαρ	2.33	3.01	2.06	2.33	2.47	4.10	5.55	10.00%	N
Απρ	6.37	7.52	6.02	6.54	7.43	8.54	9.57	10.00%	N
Μαι	11.12	11.75	10.74	11.04	11.98	12.19	13.49	10.00%	Y
Ιουν	16.38	16.58	15.60	16.20	16.60	16.79	17.93	10.00%	Y
Ιουλ	19.69	19.65	18.91	19.47	19.61	19.81	20.53	10.00%	Y
Αυγ	18.13	18.53	17.65	18.04	18.23	18.99	20.34	10.00%	Y
Σεπ	15.32	15.84	15.00	15.25	15.43	16.74	17.51	10.00%	Y
Μέγιστη τιμή (Max, °C)									
Οκτ	16.56	16.42	15.37	16.15	16.45	16.66	17.40	10.00%	Y
Νοε	11.09	10.93	9.88	10.70	10.95	11.18	11.80	10.00%	Y
Δεκ	7.56	7.61	6.69	7.35	7.60	7.86	8.81	10.00%	Y
Ιαν	6.19	6.19	5.32	5.98	6.22	6.42	7.09	10.00%	Y
Φεβ	7.63	7.20	5.42	6.49	7.27	7.77	8.91	10.00%	Y
Μαρ	9.90	9.73	7.48	9.41	9.82	10.15	10.90	10.00%	Y
Απρ	13.77	13.45	11.64	12.96	13.54	13.92	14.73	10.00%	Y
Μαι	16.79	16.69	15.76	16.40	16.69	17.00	17.69	10.00%	Y
Ιουν	20.29	20.09	19.28	19.85	20.11	20.31	21.11	10.00%	Y
Ιουλ	24.16	23.45	21.87	22.71	23.56	24.05	25.11	10.00%	Y
Αυγ	23.28	23.19	22.13	22.91	23.19	23.49	24.23	10.00%	Y
Σεπ	21.05	20.96	19.46	20.63	21.08	21.36	22.12	10.00%	Y
Συντελεστής Συσχέτισης, r, μεταξύ δύο συνεχόμενων μηνών θερμοκρασίας									
Οκτ	0.15	0.14	-0.50	-0.01	0.14	0.31	0.65	+/-0.2	Y
Νοε	0.02	0.09	-0.41	-0.04	0.10	0.22	0.55	+/-0.2	Y
Δεκ	0.12	0.08	-0.46	-0.07	0.08	0.20	0.63	+/-0.2	Y
Ιαν	0.06	0.05	-0.45	-0.10	0.04	0.19	0.53	+/-0.2	Y
Φεβ	0.13	0.11	-0.50	-0.07	0.11	0.30	0.73	+/-0.2	Y
Μαρ	0.48	0.44	0.00	0.33	0.44	0.58	0.79	+/-0.2	Y
Απρ	0.27	0.35	-0.27	0.19	0.36	0.52	0.80	+/-0.2	Y
Μαι	0.25	0.11	-0.46	-0.09	0.11	0.31	0.73	+/-0.2	Y
Ιουν	0.29	0.29	-0.20	0.17	0.29	0.42	0.71	+/-0.2	Y
Ιουλ	0.42	0.46	-0.07	0.36	0.48	0.57	0.79	+/-0.2	Y
Αυγ	0.37	0.38	-0.09	0.27	0.39	0.50	0.73	+/-0.2	Y
Σεπ	0.16	-0.02	-0.59	-0.19	-0.02	0.16	0.60	+/-0.2	Y

Πίνακας 3.51. Αποτελέσματα στατιστικών παραμέτρων και κριτηρίων των συνθετικών μηνιαίων χρονοσειρών PET – Υδατικό Διαμέρισμα Δυτικής Στερεάς Ελλάδας

Στατιστικό Κριτήριο	Ιστορική	Μέσο	Min	25%	50%	75%	Max	Ανοχή	Y/N
Μέση τιμή (Average, mm)									
Οκτ	55.40	56.07	52.94	54.96	56.13	57.19	58.98	7.50%	Y
Νοε	26.19	26.18	23.76	25.28	26.20	27.06	28.81	7.50%	Y
Δεκ	13.62	14.01	12.03	13.37	13.96	14.69	16.04	7.50%	Y
Ιαν	10.78	10.79	9.21	10.26	10.75	11.33	12.38	7.50%	Y
Φεβ	11.19	10.94	9.34	10.30	10.95	11.60	12.52	7.50%	Y
Μαρ	22.49	22.46	18.79	21.34	22.54	23.66	25.98	7.50%	Y
Απρ	43.63	44.50	40.12	43.00	44.52	45.99	48.71	7.50%	Y
Μαι	75.45	74.92	70.71	73.48	75.06	76.48	78.64	7.50%	Y
Ιουν	104.55	104.18	100.98	102.96	104.20	105.42	107.37	7.50%	Y
Ιουλ	126.68	126.31	122.71	124.87	126.08	127.68	130.62	7.50%	Y
Αυγ	118.34	117.99	113.34	116.52	118.09	119.59	122.01	7.50%	Y
Σεπ	84.50	85.27	81.63	84.06	85.31	86.58	88.73	7.50%	Y
Τυπική Απόκλιση (SD) (mm)									
Οκτ	7.44	7.37	5.67	6.77	7.39	7.99	9.08	7.50%	Y
Νοε	5.31	5.16	3.79	4.61	5.13	5.68	6.49	7.50%	Y
Δεκ	4.34	4.14	2.97	3.75	4.14	4.56	5.32	7.50%	Y
Ιαν	3.39	3.07	2.17	2.76	3.09	3.39	3.87	7.50%	N
Φεβ	4.40	4.15	2.75	3.59	4.12	4.72	5.53	7.50%	Y
Μαρ	8.52	7.60	5.24	6.74	7.62	8.44	9.99	7.50%	N
Απρ	9.37	8.61	6.07	7.63	8.62	9.62	11.40	7.50%	N
Μαι	9.72	9.50	6.47	8.41	9.48	10.61	12.46	7.50%	Y
Ιουν	7.08	6.89	4.96	6.13	6.84	7.51	9.02	7.50%	Y
Ιουλ	8.61	8.10	5.36	6.99	8.13	9.14	11.02	7.50%	Y
Αυγ	9.71	9.36	6.20	8.15	9.40	10.51	12.54	7.50%	Y
Σεπ	8.47	8.03	5.16	6.93	8.10	9.13	11.01	7.50%	Y
Συντελεστής Ασυμμετρίας (Skew)									
Οκτ	0.06	-0.10	-0.94	-0.40	-0.12	0.20	0.73	0.75	Y
Νοε	-0.15	-0.10	-0.91	-0.37	-0.11	0.16	0.79	0.75	Y
Δεκ	-0.32	-0.22	-1.10	-0.50	-0.23	0.05	0.63	0.75	Y
Ιαν	-0.60	-0.15	-1.11	-0.50	-0.18	0.18	0.82	0.75	Y
Φεβ	0.66	0.53	-0.66	0.14	0.56	0.90	1.59	0.75	Y
Μαρ	0.15	0.06	-1.03	-0.28	0.03	0.45	1.05	0.75	Y
Απρ	-0.31	0.01	-1.01	-0.36	0.02	0.39	1.01	0.75	Y
Μαι	-0.67	-0.46	-1.35	-0.72	-0.47	-0.17	0.39	0.75	Y
Ιουν	-0.72	-0.38	-1.36	-0.67	-0.39	-0.06	0.55	0.75	Y
Ιουλ	1.00	0.49	-0.56	0.07	0.45	0.87	1.63	0.75	Y
Αυγ	-0.57	-0.49	-1.60	-0.82	-0.53	-0.11	0.64	0.75	Y
Σεπ	0.37	0.28	-0.79	-0.09	0.20	0.71	1.47	0.75	Y
*Ελάχιστη τιμή (Min, mm)									
Οκτ	0.75	0.77	0.71	0.74	0.77	0.80	0.85	10.00%	Y
Νοε	0.60	0.65	0.56	0.60	0.63	0.69	0.78	10.00%	Y
Δεκ	0.29	0.41	0.26	0.29	0.39	0.49	0.66	10.00%	N
Ιαν	0.28	0.42	0.34	0.35	0.37	0.51	0.66	10.00%	N
Φεβ	0.31	0.35	0.28	0.31	0.33	0.36	0.56	10.00%	N
Μαρ	0.24	0.34	0.22	0.24	0.26	0.51	0.63	10.00%	N
Απρ	0.52	0.63	0.48	0.54	0.63	0.73	0.81	10.00%	N
Μαι	0.70	0.75	0.66	0.70	0.77	0.79	0.86	10.00%	Y
Ιουν	0.84	0.87	0.80	0.85	0.87	0.88	0.92	10.00%	Y
Ιουλ	0.90	0.90	0.85	0.88	0.90	0.91	0.94	10.00%	Y
Αυγ	0.81	0.83	0.76	0.81	0.82	0.86	0.91	10.00%	Y
Σεπ	0.80	0.83	0.76	0.79	0.81	0.88	0.92	10.00%	Y
*Μέγιστη τιμή (Max, mm)									
Οκτ	1.25	1.22	1.14	1.19	1.22	1.24	1.30	10.00%	Y
Νοε	1.37	1.34	1.21	1.29	1.33	1.38	1.49	10.00%	Y
Δεκ	1.56	1.50	1.31	1.42	1.50	1.57	1.76	10.00%	Y
Ιαν	1.61	1.61	1.32	1.48	1.59	1.71	2.00	10.00%	Y
Φεβ	2.02	1.92	1.50	1.71	1.91	2.09	2.41	10.00%	Y
Μαρ	1.70	1.67	1.41	1.57	1.66	1.75	1.98	10.00%	Y
Απρ	1.43	1.36	1.20	1.29	1.36	1.41	1.53	10.00%	Y
Μαι	1.20	1.20	1.12	1.17	1.20	1.23	1.28	10.00%	Y
Ιουν	1.12	1.11	1.07	1.09	1.11	1.13	1.16	10.00%	Y
Ιουλ	1.18	1.14	1.08	1.10	1.13	1.17	1.22	10.00%	Y
Αυγ	1.13	1.13	1.08	1.10	1.12	1.15	1.18	10.00%	Y
Σεπ	1.21	1.18	1.11	1.16	1.18	1.21	1.26	10.00%	Y
Συντελεστής Συσχέτισης, r, μεταξύ δύο συνεχόμενων μηνών δυναμικής εξατμισοδιαπνοής									
Οκτ	0.15	-0.03	-0.47	-0.19	-0.03	0.15	0.41	0.20	Y
Νοε	0.14	0.17	-0.22	0.04	0.19	0.31	0.54	0.20	Y
Δεκ	0.03	0.10	-0.25	-0.04	0.11	0.23	0.47	0.20	Y
Ιαν	0.14	0.08	-0.23	-0.03	0.09	0.19	0.40	0.20	Y
Φεβ	0.06	0.05	-0.24	-0.07	0.04	0.17	0.38	0.20	Y
Μαρ	0.14	0.14	-0.39	-0.03	0.16	0.33	0.61	0.20	Y
Απρ	0.46	0.43	0.12	0.33	0.43	0.55	0.70	0.20	Y
Μαι	0.26	0.33	-0.10	0.19	0.34	0.49	0.69	0.20	Y
Ιουν	0.24	0.10	-0.35	-0.07	0.11	0.28	0.56	0.20	Y
Ιουλ	0.27	0.28	-0.08	0.16	0.28	0.41	0.61	0.20	Y
Αυγ	0.40	0.44	0.06	0.35	0.46	0.56	0.70	0.20	Y
Σεπ	0.35	0.37	-0.02	0.26	0.38	0.49	0.66	0.20	Y

* Η μέγιστη και ελάχιστη μηνιαία δυναμική εξατμισοδιαπνοή έχουν διαιρεθεί με τη μέση παρατηρούμενη τιμή της δυναμικής εξατμισοδιαπνοής

Πίνακας 3.52. Συντελεστές συσχέτισης των μηνιαίων κλιματικών μεταβλητών – Υδατικό Διαμέρισμα Δυτικής Στερεάς Ελλάδας

Στατιστικό Κριτήριο	Ιστορική	Μέσο	Min	25%	50%	75%	Max	Ανοχή	Y/N
Συντελεστής Συσχέτισης, r, μεταξύ των κλιματικών μεταβλητών Βροχόπτωση – Μέση Θερμοκρασία									
Οκτ	-0.12	-0.06	-0.58	-0.23	-0.07	0.11	0.64	+/-0.2	Y
Νοε	0.09	0.08	-0.61	-0.10	0.08	0.27	0.64	+/-0.2	Y
Δεκ	0.22	0.17	-0.45	-0.01	0.17	0.36	0.73	+/-0.2	Y
Ιαν	-0.01	0.09	-0.43	-0.03	0.09	0.20	0.60	+/-0.2	Y
Φεβ	-0.22	-0.26	-0.69	-0.37	-0.27	-0.14	0.21	+/-0.2	Y
Μαρ	-0.65	-0.55	-0.91	-0.69	-0.58	-0.43	0.06	+/-0.2	Y
Απρ	-0.14	-0.17	-0.63	-0.33	-0.17	-0.02	0.41	+/-0.2	Y
Μαι	-0.64	-0.63	-0.88	-0.72	-0.64	-0.55	-0.10	+/-0.2	Y
Ιουν	-0.41	-0.46	-0.81	-0.61	-0.50	-0.33	0.20	+/-0.2	Y
Ιουλ	-0.37	-0.38	-0.75	-0.50	-0.37	-0.27	0.05	+/-0.2	Y
Αυγ	-0.38	-0.36	-0.78	-0.49	-0.36	-0.24	0.15	+/-0.2	Y
Σεπ	-0.41	-0.35	-0.72	-0.46	-0.37	-0.23	0.19	+/-0.2	Y
Συντελεστής Συσχέτισης, r, μεταξύ των κλιματικών μεταβλητών Βροχόπτωση – Δυνητική Εξατμισοδιαπονή									
Οκτ	-0.13	-0.08	-0.50	-0.25	-0.10	0.08	0.43	+/-0.2	Y
Νοε	0.17	0.09	-0.42	-0.08	0.10	0.26	0.57	+/-0.2	Y
Δεκ	0.21	0.14	-0.37	-0.03	0.16	0.33	0.60	+/-0.2	Y
Ιαν	0.02	0.10	-0.24	-0.01	0.10	0.21	0.44	+/-0.2	Y
Φεβ	-0.27	-0.29	-0.61	-0.40	-0.30	-0.19	0.06	+/-0.2	Y
Μαρ	-0.62	-0.59	-0.86	-0.72	-0.63	-0.49	-0.18	+/-0.2	Y
Απρ	-0.13	-0.17	-0.56	-0.32	-0.16	-0.03	0.21	+/-0.2	Y
Μαι	-0.61	-0.63	-0.83	-0.72	-0.64	-0.55	-0.31	+/-0.2	Y
Ιουν	-0.43	-0.44	-0.74	-0.58	-0.48	-0.32	0.00	+/-0.2	Y
Ιουλ	-0.36	-0.38	-0.68	-0.51	-0.40	-0.25	-0.03	+/-0.2	Y
Αυγ	-0.38	-0.34	-0.68	-0.47	-0.35	-0.22	0.01	+/-0.2	Y
Σεπ	-0.41	-0.35	-0.67	-0.46	-0.37	-0.24	0.05	+/-0.2	Y
Συντελεστής Συσχέτισης, r, μεταξύ των κλιματικών μεταβλητών Μέση Θερμοκρασία – Δυνητική Εξατμισοδιαπονή									
Οκτ	1.00	0.99	0.98	0.99	0.99	0.99	1.00	+/-0.2	Y
Νοε	1.00	0.99	0.98	0.99	0.99	0.99	1.00	+/-0.2	Y
Δεκ	0.99	0.98	0.96	0.98	0.98	0.99	0.99	+/-0.2	Y
Ιαν	0.99	0.97	0.93	0.96	0.97	0.98	0.99	+/-0.2	Y
Φεβ	1.00	0.98	0.96	0.98	0.98	0.99	0.99	+/-0.2	Y
Μαρ	0.99	0.99	0.98	0.99	0.99	0.99	1.00	+/-0.2	Y
Απρ	1.00	0.99	0.98	0.99	0.99	0.99	1.00	+/-0.2	Y
Μαι	1.00	0.99	0.98	0.99	0.99	0.99	1.00	+/-0.2	Y
Ιουν	0.99	0.97	0.94	0.96	0.97	0.98	0.99	+/-0.2	Y
Ιουλ	1.00	0.97	0.92	0.96	0.97	0.98	0.99	+/-0.2	Y
Αυγ	1.00	0.98	0.95	0.97	0.98	0.98	0.99	+/-0.2	Y
Σεπ	1.00	0.98	0.96	0.98	0.99	0.99	0.99	+/-0.2	Y

3.2.4 Δημιουργία μελλοντικών σεναρίων βροχόπτωσης-θερμοκρασίας-εξατμισοδιαπνοής

Χρησιμοποιώντας τα μοντέλα πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης υπολογίστηκαν οι τιμές βροχόπτωσης και θερμοκρασίας σε κάθε επιμέρους λεκάνη απορροής και για την χρονοσειρά 1980-2000. Είναι σαφές ότι τα μοντέλα πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης που επιλέχθηκαν για την προσομοίωση της ιστορικής περιόδου 1980-2000 αποδίδουν σε ικανοποιητικό βαθμό για την περίπτωση της βροχόπτωσης και ακόμα καλύτερα για την περίπτωση της θερμοκρασίας. Η μεθοδολογία που ακολουθείται για τη δημιουργία μελλοντικών σεναρίων έχει ήδη χρησιμοποιηθεί για καταβιβασμό κλίμακας δεδομένων από GCM σε ένα φατνίο (Vasiliades et al., 2009). Είναι σαφές ότι τα μοντέλα έχουν προφανώς ένα σφάλμα στην εκτίμηση βροχόπτωσης και θερμοκρασίας για την κάθε επιμέρους λεκάνη απορροής σε σχέση πάντοτε με τις παρατηρημένες τιμές. Η πραγματική τιμή του σφάλματος αυτού ονομάστηκε υπόλοιπο (residual) και ο συμβολισμός που αποδόθηκε ήταν $P_{res,subwatershed}$ για την βροχόπτωση και $T_{res,subwatershed}$ για την θερμοκρασία. Ειδικότερα μπορούμε να περιγράψουμε την διαδικασία ως εξής : Από τα μοντέλα πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης υπολογίστηκε η μέση τιμή της βροχόπτωσης και της θερμοκρασίας στην κάθε επιμέρους λεκάνη απορροής, δηλαδή τα $P_{subwatershed}$ και $T_{subwatershed}$ για όλη την περίοδο 1980-2000. Τα υπόλοιπα βροχόπτωσης και θερμοκρασίας που απομένουν από τα γενικά μοντέλα πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης (General Multiple Linear Regression) προκύπτουν από τις σχέσεις :

$$\begin{aligned} P_{res,subwatershed} &= P_{subwatershed} - P_{MLR,subwatershed} \\ T_{res,subwatershed} &= T_{subwatershed} - T_{MLR,subwatershed} \end{aligned} \quad (3.21)$$

Το ζητούμενο λοιπόν ήταν να βρεθεί ένας τρόπος για την προσομοίωση των τιμών των υπολοίπων $P_{res,subwatershed}$ και $T_{res,subwatershed}$. Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε έχει εφαρμοστεί σε μέση επιφανειακή βροχόπτωση λεκάνης απορροής από τους Vasiliades et al. (2009) και στηρίζεται στην στοχαστική προσομοίωση των υπολοίπων με την χρήση στοχαστικών μοντέλων χρονοσειρών.

Η μέθοδος βασίζεται στον υπολογισμό της βροχόπτωσης και θερμοκρασίας της κάθε επιμέρους λεκάνης απορροής και στην πρόσθεση των στοχαστικά προσομοιωμένων

υπολοίπων στην χρονοσειρά που προέκυψε από την πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση. Θα πρέπει να τονιστεί ότι με την στοχαστική προσομοίωση των υπολοίπων διασφαλίζεται η παρατηρημένη χωρική μεταβλητότητα μεταξύ των τιμών της βροχόπτωσης και της θερμοκρασίας των διαφόρων επιμέρους λεκανών απορροής. Έτσι λοιπόν η διαδικασία που ακολουθήθηκε περιγράφεται καλύτερα από τις παρακάτω σχέσεις :

$$P'_{subwatershed} = P_{MLR} + P'_{res,subwatershed} \quad \text{και} \quad T'_{subwatershed} = T_{MLR} + T'_{res,subwatershed} \quad (3.22)$$

Όπου $P'_{subwatershed}$ και $T'_{subwatershed}$ η βροχόπτωση και η θερμοκρασία στην κάθε συστάδα μετά την πρόσθεση των στοχαστικά προσομοιωμένων υπολοίπων.

Είναι σαφές ότι η πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση εφαρμόστηκε για τα τρία κλιματικά σενάρια του μοντέλου γενικής κυκλοφορίας CGCM3 που έχουν αναφερθεί και είναι A1B, B1 και A2 και για τις χρονικές περιόδους 2030-2050 και 2080-2100. Με τον τρόπο αυτό δημιουργούνται συνθετικές χρονοσειρές βροχόπτωσης και θερμοκρασίας για τα τρία σενάρια και στη συνέχεια προστίθενται τα προσομοιωμένα υπόλοιπα. Έτσι δημιουργούνται τα τελικά συνθετικά σενάρια βροχόπτωσης και θερμοκρασίας για τα τρία κλιματικά σενάρια και τις δύο μελλοντικές χρονικές περιόδους. Τέλος οι συνθετικές χρονοσειρές εξατμισοδιαπνοής δημιουργούνται από την εφαρμογή της μεθόδου Thornthwaite στις συνθετικές χρονοσειρές θερμοκρασίας.

4.1 ΕΤΗΣΙΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΕ ΕΠΙΠΕΔΟ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ

Στο στάδιο αυτό περιγράφονται οι προβολές στο μέλλον για την μέση ετήσια βροχόπτωση και θερμοκρασία για τρεις χαρακτηριστικές επιμέρους λεκάνες απορροής των τριών υδατικών διαμερισμάτων

4.1.1 Λεκάνη απορροής Αλή Εφέντη

Η λεκάνη απορροής Αλή Εφέντη είναι μια από τις μεγαλύτερες επιμέρους λεκάνες απορροής του υδατικού διαμέρισματος Θεσσαλίας και αποτελεί τμήμα της κύριας λεκάνης απορροής Πηνειού. Καταλαμβάνει μια έκταση περίπου 2.509,4 Km² ενώ το μέσο υψόμετρο είναι περίπου 514,5 m. Σύμφωνα με τους Πίνακες 4.1 και 4.2 στην ιστορική περίοδο 1980-2000 η μέση ετήσια βροχόπτωση (με τη χρήση της διάμεσης χρονοσειράς) της λεκάνης είναι 825,71 mm με ένα εύρος από 701,63 mm έως 910,8 mm ενώ η μέση ετήσια θερμοκρασία είναι 14,6 °C με εύρος από 14,21 °C έως 14,95 °C. Από την άλλη τα σενάρια κλιματικής μεταβολής προβάλλουν για την μεσοπρόθεσμη επιλεγμένη περίοδο 2030-2050 μικρές μεταβολές (Πίνακες 4.3-4.4) της βροχόπτωσης και της θερμοκρασίας. Ειδικότερα το ηπιότερο σενάριο SRES B1 προκρίνει μια μικρή αύξηση της τάξης του 0,26% της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης στα 827,5 mm και για την θερμοκρασία προβάλλει μείωση 0,29% στους 14,56 °C. Το σενάριο SRES A1B το οποίο είναι το μεσαίο σενάριο από άποψης κλιματικής μεταβλητότητας δίνει μια μείωση για την μέση ετήσια βροχόπτωση στα 815,41 mm της τάξης του 1,25% ενώ και στην περίπτωση της θερμοκρασίας προκρίνει μικρή μείωση στους 14,57 °C της τάξης του 0,24%. Το τρίτο σενάριο το οποίο είναι το δυσμενέστερο προβάλλει την μεγαλύτερη μείωση για την βροχόπτωση της τάξης του 2,41% στα 805,82 mm και ταυτόχρονη μείωση 0,33% της θερμοκρασίας στους 14,56 °C. Τα αποτελέσματα του μοντέλου στατιστικού καταβιβασμού κλίμακας για την βροχόπτωση στην περίοδο αυτή δίνουν αύξηση 0,52% για το σενάριο SRES A1 και μείωση της τυπικής απόκλισης σε σχέση με την ιστορική περίοδο που ήταν 155,08 mm 1,7% και 1,22% για τα σενάρια SRES B1 και SRES A1B αντίστοιχα. Στην περίπτωση της θερμοκρασίας η τυπική απόκλιση δεν μεταβάλλεται σημαντικά από τους 0,5 °C.

Πίνακας 4.1. Στατιστικά χαρακτηριστικά μέσης ετήσιας βροχόπτωσης της επιμέρους λεκάνης απορροής Αλή Εφέντη

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΥ ΚΑΤΑΒΙΒΑΣΜΟΥ ΚΛΙΜΑΚΑΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ									
	Ιστορική Περίοδος 1980-2000			Μελλοντική Περίοδος 2030-2050			Μελλοντική Περίοδος 2080-2100		
	Μέση	Μέγιστο	Ελάχιστο	Μέση	Μέγιστο	Ελάχιστο	Μέση	Μέγιστο	Ελάχιστο
Μέση ετήσια βροχόπτωση (mm)	825,71	910,80	701,63						
SRES B1				827,85	912,92	703,31	812,52	897,34	689,37
SRES A1B				815,41	900,04	691,49	788,00	872,76	664,64
SRES A2				805,82	890,87	682,19	782,52	867,24	659,62
Τοπική απόκλιση (mm)	155,08	246,48	87,48						
SRES B1				152,44	238,11	91,35	157,29	243,10	101,88
SRES A1B				153,19	247,84	93,98	156,18	243,28	90,81
SRES A2				155,88	237,81	86,37	153,98	239,13	89,09
Μέγιστο (mm)	1077,35	1265,28	909,91						
SRES B1				1075,11	1259,16	896,94	1072,48	1228,35	921,32
SRES A1B				1074,80	1243,94	918,34	1044,31	1218,49	880,37
SRES A2				1055,17	1219,72	909,07	1033,32	1184,71	867,45
Ελάχιστο (mm)	518,19	719,10	303,00						
SRES B1				525,24	750,80	317,82	506,68	696,10	264,07
SRES A1B				499,02	708,55	290,29	468,79	704,08	281,86
SRES A2				500,26	727,89	282,61	469,64	691,97	270,19

Πίνακας 4.2. Στατιστικά χαρακτηριστικά μέσης ετήσιας θερμοκρασίας της επιμέρους λεκάνης απορροής Αλή Εφέντη

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΥ ΚΑΤΑΒΙΒΑΣΜΟΥ ΚΛΙΜΑΚΑΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ									
	Ιστορική Περίοδος 1980-2000			Μελλοντική Περίοδος 2030-2050			Μελλοντική Περίοδος 2080-2100		
	Μέση	Μέγιστο	Ελάχιστο	Μέση	Μέγιστο	Ελάχιστο	Μέση	Μέγιστο	Ελάχιστο
Μέση ετήσια θερμοκρασία (°C)	14,60	14,95	14,21						
SRES B1				14,56	14,91	14,17	14,56	14,91	14,17
SRES A1B				14,57	14,92	14,18	14,54	14,88	14,15
SRES A2				14,56	14,90	14,16	14,51	14,86	14,12
Τοπική απόκλιση (°C)	0,50	0,75	0,34						
SRES B1				0,50	0,74	0,33	0,50	0,74	0,32
SRES A1B				0,50	0,74	0,32	0,50	0,76	0,33
SRES A2				0,49	0,75	0,34	0,50	0,74	0,34
Μέγιστο (°C)	15,50	16,93	14,84						
SRES B1				15,45	16,94	14,87	15,45	16,95	14,87
SRES A1B				15,49	16,99	14,85	15,41	16,87	14,89
SRES A2				15,45	16,84	14,82	15,41	16,92	14,77
Ελάχιστο (°C)	13,61	14,14	12,79						
SRES B1				13,61	14,18	12,74	13,62	14,18	12,66
SRES A1B				13,61	14,16	12,77	13,56	14,11	12,61
SRES A2				13,59	14,15	12,75	13,52	14,05	12,57

Αναφορικά με την μακροπρόθεσμη επιλεγμένη περίοδο 2080-2100 εμφανίζονται μεγαλύτερες μεταβολές της βροχόπτωσης και ηπιότερες για την θερμοκρασία. Πράγματι για το σενάριο SRES B1 μείωση της βροχόπτωσης 1,6% στα 812,52 mm και αντίστοιχη μείωση για τη θερμοκρασία 0,28% στους 14,56 °C. Το σενάριο SRES A1B δίνει ακόμα μεγαλύτερη μείωση της βροχόπτωσης της τάξης του 4,57% στα 788 mm και μείωση 0,46% στους 14,54 °C για την θερμοκρασία. Τέλος το σενάριο SRES A2 δίνει τη μεγαλύτερη μείωση της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης 5,23% στα 782,52 mm και μείωση της θερμοκρασίας στους 14,51 °C. Μικρές είναι οι μεταβολές της τυπικής απόκλισης της βροχόπτωσης μεταξύ -0,7%-1,43% ενώ οι αντίστοιχες της θερμοκρασίας είναι ακόμα μικρότερες από -0,08%-0,76%

Πίνακας 4.3. Ποσοστιαίες μεταβολές στατιστικών χαρακτηριστικών μέσης ετήσιας βροχόπτωσης επιμέρους λεκάνης απορροής Αλή Εφέντη

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΥ ΚΑΤΑΒΙΒΑΣΜΟΥ ΚΛΙΜΑΚΑΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ						
	Μελλοντική Περίοδος 2030-2050			Μελλοντική Περίοδος 2080-2100		
	Μέση	Μέγιστο	Ελάχιστο	Μέση	Μέγιστο	Ελάχιστο
(%) Μεταβολή Μ.ετήσιας βροχόπτωσης						
SRES B1	0,26	0,23	0,24	-1,60	-1,48	-1,75
SRES A1B	-1,25	-1,18	-1,44	-4,57	-4,18	-5,27
SRES A2	-2,41	-2,19	-2,77	-5,23	-4,78	-5,99
(%) Μεταβολή Τυπικής απόκλισης						
SRES B1	-1,70	-3,39	4,43	1,43	-1,37	16,46
SRES A1B	-1,22	0,55	7,44	0,71	-1,30	3,81
SRES A2	0,52	-3,51	-1,27	-0,70	-2,98	1,85
(%) Μεταβολή Μέγιστου						
SRES B1	-0,21	-0,48	-1,43	-0,45	-2,92	1,25
SRES A1B	-0,24	-1,69	0,93	-3,07	-3,70	-3,25
SRES A2	-2,06	-3,60	-0,09	-4,09	-6,37	-4,67
(%) Μεταβολή Ελαχίστου						
SRES B1	1,36	4,41	4,89	-2,22	-3,20	-12,85
SRES A1B	-3,70	-1,47	-4,20	-9,53	-2,09	-6,98
SRES A2	-3,46	1,22	-6,73	-9,37	-3,77	-10,83

Πίνακας 4.4. Ποσοστιαίες μεταβολές στατιστικών χαρακτηριστικών μέσης ετήσιας θερμοκρασίας επιμέρους λεκάνης απορροής Αλή Εφέντη

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΥ ΚΑΤΑΒΙΒΑΣΜΟΥ ΚΛΙΜΑΚΑΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ						
	Μελλοντική Περίοδος 2030-2050			Μελλοντική Περίοδος 2080-2100		
	Μέση	Μέγιστο	Ελάχιστο	Μέση	Μέγιστο	Ελάχιστο
(%) Μεταβολή Μ.ετήσιας θερμοκρασίας						
SRES B1	-0,29	-0,28	-0,29	-0,28	-0,28	-0,29
SRES A1B	-0,24	-0,23	-0,25	-0,46	-0,45	-0,47
SRES A2	-0,33	-0,32	-0,34	-0,66	-0,64	-0,67
(%) Μεταβολή Τυπικής απόκλισης						
SRES B1	1,38	-1,05	-3,29	0,78	-0,57	-5,87
SRES A1B	-0,23	-1,10	-4,23	0,26	1,94	-3,52
SRES A2	-1,23	0,40	-0,78	-0,08	-0,34	-1,06
(%) Μεταβολή Μέγιστου						
SRES B1	-0,31	0,06	0,15	-0,30	0,10	0,20
SRES A1B	-0,09	0,33	0,07	-0,56	-0,33	0,34
SRES A2	-0,34	-0,50	-0,14	-0,57	-0,04	-0,49
(%) Μεταβολή Ελαχίστου						
SRES B1	-0,02	0,29	-0,40	0,05	0,30	-1,02
SRES A1B	0,00	0,13	-0,18	-0,36	-0,23	-1,45
SRES A2	-0,20	0,03	-0,35	-0,72	-0,61	-1,73

4.1.2 Λεκάνη απορροής Καλαμάς

Η λεκάνη απορροής Καλαμάς είναι μια από τις μεγαλύτερες επιμέρους λεκάνες απορροής του υδατικού διαμέρισματος Ηπείρου και αποτελεί τμήμα της κύριας λεκάνης απορροής Καλαμά. Καταλαμβάνει μια έκταση περίπου 1899,25 Km² ενώ το μέσο υψόμετρο είναι περίπου 494,74 m. Από τους Πίνακες 4.5 και 4.6 στην ιστορική περίοδο 1980-2000 η μέση ετήσια βροχόπτωση της λεκάνης είναι 1289,64 mm με ένα εύρος από 1209,69 mm έως 1362,56 mm ενώ η μέση ετήσια θερμοκρασία είναι 12,74 °C με εύρος από 12,19 °C έως 13,11 °C. Τα σενάρια κλιματικής μεταβολής προβάλλουν για την μεσοπρόθεσμη επιλεγμένη περίοδο 2030-2050 μικρές μεταβολές (Πίνακες 4.7-4.8) της βροχόπτωσης και της θερμοκρασίας. Πιο συγκεκριμένα το σενάριο SRES B1 προκρίνει μια μικρή αύξηση της τάξης του 0,09% της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης στα 1290,78 mm και για την θερμοκρασία προβάλλει επίσης αύξηση 0,5% στους 12,81 °C. Το σενάριο SRES A1B δίνει μια μείωση για την μέση ετήσια βροχόπτωση στα 1283,88 mm της τάξης του 0,45% ενώ στην περίπτωση της θερμοκρασίας προκρίνει μικρή αύξηση στους 12,84 °C της τάξης του 0,77%. Το τρίτο σενάριο SRES A2 προβάλλει την μεγαλύτερη μείωση για την βροχόπτωση της τάξης του 1,45% στα 1270,89 mm και ταυτόχρονη αύξηση 0,71% της θερμοκρασίας στους 12,83 °C. Τα αποτελέσματα της μεθόδου για την τυπική απόκλιση της βροχόπτωσης στην περίοδο αυτή δίνουν αύξηση 0,90% για το σενάριο SRES A2 και αυξήσεις 0,9% και 1,15% για τα σενάρια SRES B1 και SRES A1B αντίστοιχα σε σχέση με την ιστορική περίοδο που ήταν 207,24 mm. Στην περίπτωση της θερμοκρασίας η τυπική απόκλιση δεν μεταβάλλεται σημαντικά από τους 0,74 °C.

Για την μακροπρόθεσμη επιλεγμένη περίοδο 2080-2100 εμφανίζονται μεγαλύτερες μεταβολές της βροχόπτωσης της θερμοκρασίας. Πράγματι για το σενάριο SRES B1 εμφανίζεται μείωση της βροχόπτωσης 0,43% στα 1284,04 mm και αντίστοιχη αύξηση για τη θερμοκρασία 0,98% στους 12,87 °C. Το σενάριο SRES A1B δίνει ακόμα μεγαλύτερη μείωση της βροχόπτωσης της τάξης του 1,96% στα 1262,58 mm και αύξηση 1,54% στους 12,94 °C για την θερμοκρασία. Τέλος το σενάριο SRES A2 δίνει τη μεγαλύτερη μείωση της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης 1,98% στα 1262,48 mm και αύξηση 2,14% της θερμοκρασίας στους 13,02 °C.

Πίνακας 4.5. Στατιστικά χαρακτηριστικά μέσης ετήσιας βροχόπτωσης της επιμέρους λεκάνης απορροής Καλαμά

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΥ ΚΑΤΑΒΙΒΑΣΜΟΥ ΚΛΙΜΑΚΑΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ									
	Ιστορική Περίοδος 1980-2000			Μελλοντική Περίοδος 2030-2050			Μελλοντική Περίοδος 2080-2100		
	Μέση	Μέγιστο	Ελάχιστο	Μέση	Μέγιστο	Ελάχιστο	Μέση	Μέγιστο	Ελάχιστο
Μέση ετήσια βροχόπτωση (mm)	1289,64	1362,56	1209,69						
SRES B1				1290,78	1364,33	1210,47	1284,04	1357,38	1203,63
SRES A1B				1283,88	1356,75	1202,84	1262,58	1335,88	1181,48
SRES A2				1270,89	1344,09	1190,79	1262,48	1335,57	1181,87
Τοπική απόκλιση (mm)	207,24	314,47	114,66						
SRES B1				208,37	310,61	131,66	209,03	308,69	136,03
SRES A1B				209,59	308,51	129,91	207,20	319,73	127,90
SRES A2				209,09	309,20	125,44	208,11	308,05	128,55
Μέγιστο (mm)	1671,51	1978,07	1444,87						
SRES B1				1671,30	1988,21	1456,45	1665,30	1954,52	1494,95
SRES A1B				1650,53	1983,36	1467,40	1657,11	1973,52	1441,88
SRES A2				1647,76	1955,22	1433,14	1634,20	1965,17	1434,13
Ελάχιστο (mm)	895,08	1084,78	628,21						
SRES B1				887,64	1100,14	618,30	893,47	1106,81	611,17
SRES A1B				887,35	1075,79	624,99	869,98	1057,76	604,67
SRES A2				877,37	1079,18	590,79	872,40	1047,83	626,18

Πίνακας 4.6. Στατιστικά χαρακτηριστικά μέσης ετήσιας θερμοκρασίας της επιμέρους λεκάνης απορροής Καλαμά

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΥ ΚΑΤΑΒΙΒΑΣΜΟΥ ΚΛΙΜΑΚΑΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ									
	Ιστορική Περίοδος 1980-2000			Μελλοντική Περίοδος 2030-2050			Μελλοντική Περίοδος 2080-2100		
	Μέση	Μέγιστο	Ελάχιστο	Μέση	Μέγιστο	Ελάχιστο	Μέση	Μέγιστο	Ελάχιστο
Μέση ετήσια θερμοκρασία (°C)	12,74	13,11	12,19						
SRES B1				12,81	13,17	12,25	12,87	13,23	12,32
SRES A1B				12,84	13,20	12,29	12,94	13,31	12,39
SRES A2				12,83	13,20	12,28	13,02	13,38	12,46
Τοπική απόκλιση (°C)	0,74	1,66	0,36						
SRES B1				0,73	1,66	0,37	0,74	1,66	0,38
SRES A1B				0,74	1,65	0,37	0,74	1,67	0,36
SRES A2				0,74	1,65	0,36	0,73	1,67	0,36
Μέγιστο (°C)	13,64	13,75	13,40						
SRES B1				13,71	13,86	13,42	13,77	13,91	13,48
SRES A1B				13,74	13,85	13,44	13,85	13,96	13,61
SRES A2				13,74	13,84	13,46	13,92	14,05	13,65
Ελάχιστο (°C)	10,86	12,42	6,99						
SRES B1				10,96	12,53	7,04	10,99	12,59	7,05
SRES A1B				10,98	12,56	7,08	11,05	12,63	7,11
SRES A2				10,97	12,57	7,09	11,14	12,72	7,19

Μικρές είναι οι μεταβολές της τυπικής απόκλισης της βροχόπτωσης μεταξύ -0,02%-0,86% ενώ οι αντίστοιχες της θερμοκρασίας είναι ακόμα μικρότερες από -0,66%-0,44%.

Πίνακας 4.7. Ποσοστιαίες μεταβολές στατιστικών χαρακτηριστικών μέσης ετήσιας βροχόπτωσης επιμέρους λεκάνης απορροής Καλαμά

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΥ ΚΑΤΑΒΙΒΑΣΜΟΥ ΚΛΙΜΑΚΑΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ						
	Μελλοντική Περίοδος 2030-2050			Μελλοντική Περίοδος 2080-2100		
	Μέση	Μέγιστο	Ελάχιστο	Μέση	Μέγιστο	Ελάχιστο
(%) Μεταβολή Μ.ετήσιας βροχόπτωσης						
SRES B1	0,09	0,13	0,06	-0,43	-0,38	-0,50
SRES A1B	-0,45	-0,43	-0,57	-2,10	-1,96	-2,33
SRES A2	-1,45	-1,36	-1,56	-2,11	-1,98	-2,30
(%) Μεταβολή Τυπικής απόκλισης						
SRES B1	0,55	-1,23	14,82	0,86	-1,84	18,64
SRES A1B	1,13	-1,90	13,30	-0,02	1,67	11,55
SRES A2	0,90	-1,68	9,40	0,42	-2,04	12,11
(%) Μεταβολή Μεγίστου						
SRES B1	-0,01	0,51	0,80	-0,37	-1,19	3,47
SRES A1B	-1,26	0,27	1,56	-0,86	-0,23	-0,21
SRES A2	-1,42	-1,15	-0,81	-2,23	-0,65	-0,74
(%) Μεταβολή Ελαχίστου						
SRES B1	-0,83	1,42	-1,58	-0,18	2,03	-2,71
SRES A1B	-0,86	-0,83	-0,51	-2,80	-2,49	-3,75
SRES A2	-1,98	-0,52	-5,96	-2,53	-3,41	-0,32

Πίνακας 4.8. Ποσοστιαίες μεταβολές στατιστικών χαρακτηριστικών μέσης ετήσιας θερμοκρασίας επιμέρους λεκάνης απορροής Καλαμά

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΥ ΚΑΤΑΒΙΒΑΣΜΟΥ ΚΛΙΜΑΚΑΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ						
	Μελλοντική Περίοδος 2030-2050			Μελλοντική Περίοδος 2080-2100		
	Μέση	Μέγιστο	Ελάχιστο	Μέση	Μέγιστο	Ελάχιστο
(%) Μεταβολή Μ.ετήσιας θερμοκρασίας						
SRES B1	0,50	0,48	0,52	1,01	0,98	1,05
SRES A1B	0,77	0,74	0,80	1,58	1,54	1,66
SRES A2	0,71	0,69	0,75	2,14	2,08	2,24
(%) Μεταβολή Τυπικής απόκλισης						
SRES B1	-0,69	-0,04	3,61	0,44	0,13	4,90
SRES A1B	0,16	-0,52	3,11	0,15	0,77	0,51
SRES A2	0,23	-0,51	-0,72	-0,66	0,83	-0,21
(%) Μεταβολή Μεγίστου						
SRES B1	0,51	0,81	0,15	0,95	1,22	0,58
SRES A1B	0,69	0,72	0,32	1,49	1,52	1,56
SRES A2	0,71	0,71	0,42	2,00	2,21	1,86
(%) Μεταβολή Ελαχίστου						
SRES B1	0,84	0,92	0,75	1,19	1,41	0,87
SRES A1B	1,02	1,18	1,31	1,72	1,75	1,83
SRES A2	0,95	1,27	1,49	2,55	2,44	2,94

4.1.3 Λεκάνη απορροής Αχελώος

Η λεκάνη απορροής Αχελώος είναι μια από τις μεγαλύτερες επιμέρους λεκάνες απορροής του υδατικού διαμερίσματος Δυτικής Στερεάς Ελλάδας και αποτελεί τμήμα της κύριας λεκάνης απορροής Αχελώου. Καταλαμβάνει μια έκταση περίπου 2988,93

Km² ενώ το μέσο υψόμετρο είναι περίπου 494,74 m. Στους Πίνακες 4.9 και 4.10 μπορεί κανείς να παρατηρήσει ότι στην ιστορική περίοδο 1980-2000 η μέση ετήσια βροχόπτωση της λεκάνης είναι 1461,97 mm με ένα εύρος από 1302,3 mm έως 1567,61 mm ενώ η μέση ετήσια θερμοκρασία είναι 12,44 °C με εύρος από 12,21 °C έως 12,64 °C. Τα σενάρια κλιματικής μεταβολής προβάλλουν για την μεσοπρόθεσμη επιλεγμένη περίοδο 2030-2050 μικρές μεταβολές (Πίνακες 4.11-4.12) της βροχόπτωσης και της θερμοκρασίας. Πιο συγκεκριμένα το σενάριο SRES B1 προκρίνει μια μικρή αύξηση της τάξης του 0,56% της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης στα 1470,17 mm και για την θερμοκρασία προβάλλει επίσης αύξηση 0,61% στους 12,51 °C. Το σενάριο SRES A1B δίνει μια μείωση για την μέση ετήσια βροχόπτωση στα 1461,71 mm της τάξης του 0,02% ενώ στην περίπτωση της θερμοκρασίας προκρίνει μικρή αύξηση στους 12,53 °C της τάξης του 0,79%. Το τρίτο σενάριο SRES A2 προβάλλει την μεγαλύτερη μείωση για την βροχόπτωση της τάξης του 1,52% στα 1439,75 mm και ταυτόχρονη αύξηση 0,82% της θερμοκρασίας στους 12,54 °C. Τα αποτελέσματα της μεθόδου για την τυπική απόκλιση της βροχόπτωσης στην περίοδο αυτή δίνουν μείωση 0,77% για το σενάριο SRES A2 και μειώσεις 1,08% και 0,49% για τα σενάρια SRES B1 και SRES A1B αντίστοιχα σε σχέση με την ιστορική περίοδο που ήταν 213,89 mm. Στην περίπτωση της θερμοκρασίας η τυπική απόκλιση δεν μεταβάλλεται σημαντικά από τους 0,44 °C.

Για την μακροπρόθεσμη επιλεγμένη περίοδο 2080-2100 εμφανίζονται μεγαλύτερες μεταβολές της βροχόπτωσης της θερμοκρασίας. Πράγματι για το σενάριο SRES B1 εμφανίζεται αύξηση της βροχόπτωσης 0,16% στα 1464,67 mm και αντίστοιχη αύξηση για τη θερμοκρασία 1,02% στους 12,56 °C. Το σενάριο SRES A1B δίνει μείωση της βροχόπτωσης της τάξης του 1,79% στα 1434 mm και αύξηση 1,6% στους 12,64 °C για την θερμοκρασία. Τέλος το σενάριο SRES A2 δίνει τη μικρότερη μείωση από το SRES A1B της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης 1,52% στα 1437,84 mm και αύξηση 2,17% της θερμοκρασίας στους 12,71 °C. Οι μεταβολές της τυπικής απόκλισης της βροχόπτωσης είναι σχετικά μικρές μεταξύ -0,34%-1,88% ενώ οι αντίστοιχες της θερμοκρασίας είναι ακόμα μικρότερες από 0,07%-0,29%.

Πίνακας 4.9. Στατιστικά χαρακτηριστικά μέσης ετήσιας βροχόπτωσης της επιμέρους λεκάνης απορροής Αχελώου

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΥ ΚΑΤΑΒΙΒΑΣΜΟΥ ΚΛΙΜΑΚΑΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ									
	Ιστορική Περίοδος 1980-2000			Μελλοντική Περίοδος 2030-2050			Μελλοντική Περίοδος 2080-2100		
	Μέση	Μέγιστο	Ελάχιστο	Μέση	Μέγιστο	Ελάχιστο	Μέση	Μέγιστο	Ελάχιστο
Μέση ετήσια βροχόπτωση (mm)	1461,97	1567,61	1302,30						
SRES B1				1470,17	1575,37	1308,83	1464,27	1569,55	1304,04
SRES A1B				1461,71	1567,11	1303,35	1434,00	1539,48	1274,35
SRES A2				1439,75	1545,08	1281,09	1437,84	1543,74	1276,86
Τυπική απόκλιση (mm)	213,89	333,39	143,70						
SRES B1				211,58	328,06	153,20	217,91	335,95	150,82
SRES A1B				212,84	314,93	154,42	214,16	350,93	142,11
SRES A2				212,24	333,73	144,60	213,17	322,79	141,81
Μέγιστο (mm)	1831,77	2222,74	1591,84						
SRES B1				1859,56	2249,66	1629,15	1855,55	2215,33	1637,62
SRES A1B				1837,10	2214,93	1652,14	1819,00	2180,97	1587,06
SRES A2				1806,73	2170,20	1607,41	1818,06	2158,70	1607,06
Ελάχιστο (mm)	1048,11	1304,46	749,09						
SRES B1				1067,23	1294,81	739,86	1070,73	1315,92	707,65
SRES A1B				1053,08	1294,72	738,87	1017,30	1266,32	705,97
SRES A2				1043,04	1281,58	689,15	1031,63	1287,34	780,94

Πίνακας 4.10. Στατιστικά χαρακτηριστικά μέσης ετήσιας θερμοκρασίας της επιμέρους λεκάνης απορροής Αχελώου

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΥ ΚΑΤΑΒΙΒΑΣΜΟΥ ΚΛΙΜΑΚΑΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ									
	Ιστορική Περίοδος 1980-2000			Μελλοντική Περίοδος 2030-2050			Μελλοντική Περίοδος 2080-2100		
	Μέση	Μέγιστο	Ελάχιστο	Μέση	Μέγιστο	Ελάχιστο	Μέση	Μέγιστο	Ελάχιστο
Μέση ετήσια θερμοκρασία (°C)	12,44	12,64	12,21						
SRES B1				12,51	12,71	12,28	12,56	12,76	12,33
SRES A1B				12,53	12,73	12,31	12,64	12,84	12,41
SRES A2				12,54	12,74	12,31	12,71	12,91	12,48
Τυπική απόκλιση (°C)	0,44	0,64	0,26						
SRES B1				0,44	0,64	0,26	0,44	0,63	0,26
SRES A1B				0,44	0,64	0,26	0,44	0,63	0,26
SRES A2				0,44	0,64	0,26	0,44	0,63	0,26
Μέγιστο (°C)	13,23	13,82	12,95						
SRES B1				13,31	13,89	13,01	13,36	13,96	13,07
SRES A1B				13,33	13,92	13,06	13,44	14,02	13,16
SRES A2				13,34	13,93	13,04	13,50	14,07	13,22
Ελάχιστο (°C)	11,65	12,15	10,63						
SRES B1				11,72	12,22	10,68	11,79	12,26	10,74
SRES A1B				11,74	12,24	10,75	11,85	12,34	10,84
SRES A2				11,75	12,25	10,72	11,90	12,42	10,93

Πίνακας 4.11. Ποσοστιαίες μεταβολές στατιστικών χαρακτηριστικών μέσης ετήσιας βροχόπτωσης επιμέρους λεκάνης απορροής Αχελώου

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΥ ΚΑΤΑΒΙΒΑΣΜΟΥ ΚΛΙΜΑΚΑΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ						
	Μελλοντική Περίοδος 2030-2050			Μελλοντική Περίοδος 2080-2100		
	Μέση	Μέγιστο	Ελάχιστο	Μέση	Μέγιστο	Ελάχιστο
(%) Μεταβολή Μ.ετήσιας βροχόπτωσης						
SRES B1	0,56	0,50	0,50	0,16	0,12	0,13
SRES A1B	-0,02	-0,03	0,08	-1,91	-1,79	-2,15
SRES A2	-1,52	-1,44	-1,63	-1,65	-1,52	-1,95
(%) Μεταβολή Τυπικής απόκλισης						
SRES B1	-1,08	-1,60	6,61	1,88	0,77	4,96
SRES A1B	-0,49	-5,54	7,46	0,13	5,26	-1,11
SRES A2	-0,77	0,10	0,63	-0,34	-3,18	-1,32
(%) Μεταβολή Μέγιστου						
SRES B1	1,52	1,21	2,34	1,30	-0,33	2,88
SRES A1B	0,29	-0,35	3,79	-0,70	-1,88	-0,30
SRES A2	-1,37	-2,36	0,98	-0,75	-2,88	0,96
(%) Μεταβολή Ελαχίστου						
SRES B1	1,82	-0,74	-1,23	2,16	0,88	-5,53
SRES A1B	0,47	-0,75	-1,36	-2,94	-2,92	-5,76
SRES A2	-0,48	-1,75	-8,00	-1,57	-1,31	4,25

Πίνακας 4.12. Ποσοστιαίες μεταβολές στατιστικών χαρακτηριστικών μέσης ετήσιας θερμοκρασίας επιμέρους λεκάνης απορροής Αχελώου

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΥ ΚΑΤΑΒΙΒΑΣΜΟΥ ΚΛΙΜΑΚΑΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ						
	Μελλοντική Περίοδος 2030-2050			Μελλοντική Περίοδος 2080-2100		
	Μέση	Μέγιστο	Ελάχιστο	Μέση	Μέγιστο	Ελάχιστο
(%) Μεταβολή Μ.ετήσιας θερμοκρασίας						
SRES B1	0,61	0,60	0,62	1,02	1,01	1,04
SRES A1B	0,79	0,78	0,81	1,62	1,60	1,65
SRES A2	0,82	0,81	0,84	2,21	2,17	2,25
(%) Μεταβολή Τυπικής απόκλισης						
SRES B1	0,07	-0,19	-1,33	0,07	-0,47	1,55
SRES A1B	0,40	-0,13	0,32	0,48	-1,42	1,40
SRES A2	0,23	-0,18	0,46	0,29	-0,68	-1,08
(%) Μεταβολή Μέγιστου						
SRES B1	0,63	0,54	0,45	1,02	1,04	0,90
SRES A1B	0,78	0,72	0,90	1,59	1,46	1,64
SRES A2	0,81	0,77	0,70	2,07	1,79	2,11
(%) Μεταβολή Ελαχίστου						
SRES B1	0,59	0,55	0,55	1,20	0,90	1,10
SRES A1B	0,81	0,72	1,20	1,73	1,56	2,00
SRES A2	0,84	0,81	0,85	2,16	2,17	2,84

4.2 ΕΤΗΣΙΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΕ ΕΠΙΠΕΔΟ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΟΣ

Στα πλαίσια της παρούσας μελέτης έχουν υπολογιστεί διάφορα στατιστικά χαρακτηριστικά (τυπική απόκλιση, ασυμμετρία, μέγιστο, ελάχιστο, συντελεστής αυτοσυσχέτισης 1^{ης} τάξης) της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης και θερμοκρασίας σε όλες τις επιμέρους λεκάνες απορροής των υδατικών διαμερισμάτων, Θεσσαλίας, Ηπείρου και Δ.Στερεάς Ελλάδας. Λόγω του του μεγάλου όγκου δεδομένων η παρουσίαση αποτελεσμάτων για όλες τις επιμέρους λεκάνες περιορίζεται μόνο στην μέση ετήσια βροχόπτωση και θερμοκρασία και την αντίστοιχη τυπική απόκλιση. Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφερθεί ότι τα αποτελέσματα σε επίπεδο υδατικού

διαμερίσματος έχουν προκύψει από τα αποτελέσματα σε επίπεδο λεκάνης απορροής με την χρήση του τύπου:

$$X_{\text{Υδ. Διαμερίματος}} = \sum \frac{(A_i \times X_i)}{A} \quad (4.1)$$

όπου $X_{\text{Υδ. Διαμερίματος}}$ το μέσο ετήσιο στατιστικό χαρακτηριστικό (π.χ μέση ετήσια βροχόπτωση, μέση ετήσια θερμοκρασία, τυπική απόκλιση κ.τ.λ) του υδατικού διαμερίσματος, όπου X_i το μέσο ετήσιο στατιστικό χαρακτηριστικό της επιμέρους λεκάνης απορροής, όπου A η συνολική έκταση του υδατικού διαμερίσματος και όπου A_i η έκταση της επιμέρους λεκάνης απορροής.

4.2.1 Υδατικό Διαμέρισμα Θεσσαλίας

Είναι σαφές ότι οι επιμέρους λεκάνες απορροής με την μεγαλύτερη μέση ετήσια βροχόπτωση για την ιστορική περίοδο (χρήση μέσης χρονοσειράς) είναι η Πύλη, το Μουζάκι, το Μούρεσι και τα Υπόλοιπα 1, ενώ αυτές με τη χαμηλότερη είναι η Αγχίαλος, τα Υπόλοιπα 2 και τα Υπόλοιπα 4. Στον Πίνακα 4.13 παρουσιάζεται η μέση ετήσια βροχόπτωση στην κάθε επιμέρους λεκάνη απορροής του υδατικού διαμερίσματος Θεσσαλίας και η αντίστοιχη μέση ετήσια βροχόπτωση που προβάλλει το κάθε σενάριο κλιματικής αλλαγής για τις δύο επιλεγμένες περιόδους 2030-2050 και 2080-2100 ενώ στον Πίνακα 4.14 η αντίστοιχη τυπική απόκλιση.

Επίσης οι επιμέρους λεκάνες απορροής με την μεγαλύτερη μέση ετήσια θερμοκρασία για την ιστορική περίοδο είναι η Αγχίαλος, το Τρίκερι, και η Λάρισα, ενώ αυτές με τη χαμηλότερη είναι η Πύλη, το Μουζάκι και τα Ζιλιανά. Στον Πίνακα 4.15 παρουσιάζεται η μέση ετήσια θερμοκρασία στην κάθε επιμέρους λεκάνη απορροής του υδατικού διαμερίσματος Θεσσαλίας και η αντίστοιχη μέση ετήσια θερμοκρασία που προβάλλει το κάθε σενάριο κλιματικής αλλαγής για τις δύο επιλεγμένες περιόδους 2030-2050 και 2080-2100 ενώ στον Πίνακα 4.16 η αντίστοιχη τυπική απόκλιση. Στις περισσότερες επιμέρους λεκάνες απορροής παρατηρείται σταδιακή μείωση της βροχόπτωσης και σταδιακή αύξηση της θερμοκρασίας ανάλογα με το σενάριο που χρησιμοποιείται και την περίοδο αναφοράς.

Πίνακας 4.13. Αποτελέσματα μέσης ετήσιας βροχόπτωσης του στατιστικού καταβιβασμού κλίμακας για το υδατικό διαμέρισμα Θεσσαλίας

Λεκάνη Απορροής	Ιστορική περίοδος 1980-2000	Μελλοντική περίοδος 2030-2050			Μελλοντική περίοδος 2080-2100		
		SRES B1	SRES A1B	SRES A2	SRES B1	SRES A1B	SRES A2
		Μέση ετήσια βροχόπτωση (mm)					
Αλή Εφέντη	820,87	823,06	810,25	800,98	807,80	783,37	777,85
Αγχιάλος	445,16	447,37	439,53	434,65	440,04	426,58	422,89
Ενυπέας	588,28	589,99	578,58	571,62	576,76	556,00	550,05
Χολόρεμα	533,36	534,91	528,38	521,90	527,40	512,22	508,67
Ξηριάς	556,73	559,54	545,99	537,63	547,34	524,48	517,22
Ξηριάς Αλμυρού	610,37	611,90	603,26	596,02	601,91	583,51	578,49
Ξηρόρεμα	451,87	455,50	454,56	448,04	455,67	447,94	449,17
Λαχανόρεμα	452,21	455,86	453,96	447,66	455,02	446,45	446,90
Λάρισα	451,13	454,54	445,85	439,58	445,50	429,79	425,62
Μούρεσι	1024,75	1029,63	1014,20	993,28	1020,07	981,85	973,88
Μουζάκι	1478,52	1485,26	1474,81	1455,72	1475,97	1444,31	1443,72
Πύλη	1619,23	1622,02	1597,81	1578,73	1594,09	1546,08	1537,59
Πηνειός	538,79	541,69	536,72	531,16	536,43	525,34	523,87
Πηνειός Εκβολές	622,85	627,50	618,12	609,53	616,24	596,37	592,05
Πλατανόρεμα	615,26	617,77	612,18	604,96	611,84	597,22	594,52
Πουρί	546,71	553,73	541,94	531,21	543,52	521,46	517,32
Συκούριο	833,14	839,36	822,66	809,55	824,32	793,45	785,77
Τιταρήσιος	573,20	576,57	567,52	562,67	566,01	551,40	547,51
Τρίκερι	466,01	469,64	457,31	451,32	459,01	440,76	435,22
Βόλος	785,57	788,82	775,18	760,92	778,50	748,75	741,40
Υπόλοιπα 1	1027,83	1035,03	1014,61	994,76	1018,67	976,83	967,23
Υπόλοιπα 2	443,66	447,13	435,54	429,78	437,15	419,85	414,66
Υπόλοιπα 4	449,63	453,15	441,35	435,54	442,99	425,44	420,14
Υπόλοιπα 7	833,75	840,03	823,25	808,85	825,58	793,80	786,32
Υπόλοιπα 8	467,93	472,18	471,78	464,61	473,29	465,64	467,68
Ζιλιανά	870,14	873,89	858,38	848,70	854,07	825,77	818,73

Πίνακας 4.14. Αποτελέσματα τυπικής απόκλισης μέσης ετήσιας βροχόπτωσης του στατιστικού καταβιβασμού κλίμακας για το υδατικό διαμέρισμα Θεσσαλίας

Λεκάνη Απορροής	Ιστορική περίοδος 1980-2000	Μελλοντική περίοδος 2030-2050			Μελλοντική περίοδος 2080-2100		
		SRES B1	SRES A1B	SRES A2	SRES B1	SRES A1B	SRES A2
		Τυπική απόκλιση μέσης ετήσιας βροχόπτωσης (mm)					
Αλή Εφέντη	155,04	153,25	154,67	153,52	154,58	156,73	153,33
Αγχιάλος	113,51	112,34	112,89	112,42	112,96	113,58	112,24
Ενυπέας	116,92	115,89	116,93	115,73	117,27	118,39	115,27
Χολόρεμα	101,99	101,31	101,78	100,75	102,28	102,79	100,81
Ξηριάς	126,89	125,46	125,68	124,31	126,00	127,26	124,13
Ξηριάς Αλμυρού	107,15	106,50	107,03	106,12	107,71	108,39	105,70
Ξηρόρεμα	104,82	104,70	104,72	104,04	105,08	105,33	104,49
Λαχανόρεμα	101,66	101,46	101,49	100,85	101,88	102,21	101,26
Λάρισα	102,50	101,71	102,05	101,34	102,82	103,39	101,41
Μούρεσι	243,31	244,16	242,12	239,12	243,72	244,04	239,11
Μουζάκι	269,32	266,76	268,46	266,65	269,22	270,98	267,39
Πύλη	257,09	254,24	256,68	254,40	256,64	260,81	253,68
Πηνειός	106,20	105,75	106,15	105,94	106,74	107,00	105,80
Πηνειός Εκβολές	125,91	124,95	126,00	124,57	126,37	127,61	124,82
Πλατανόρεμα	124,28	123,76	124,04	123,12	124,71	125,05	123,37
Πουρί	109,63	109,81	108,71	107,32	110,29	111,16	108,25
Συκούριο	161,35	161,66	160,97	159,20	162,45	163,56	159,14
Τιταρήσιος	105,75	104,90	105,44	105,22	105,89	106,48	104,91
Τρίκερι	127,06	125,63	125,79	125,38	126,26	126,97	124,97
Βόλος	214,24	214,00	213,55	211,57	214,35	214,73	211,25
Υπόλοιπα 1	216,42	216,59	214,92	211,95	216,63	218,34	212,12
Υπόλοιπα 2	127,42	126,02	126,19	125,83	126,63	127,28	125,46
Υπόλοιπα 4	127,23	125,82	126,00	125,61	126,42	127,08	125,24
Υπόλοιπα 7	169,68	170,29	169,32	167,40	170,96	171,70	167,33
Υπόλοιπα 8	105,74	105,92	105,68	104,92	106,09	106,41	105,50
Ζιλιανά	158,42	157,68	158,84	157,23	159,15	160,86	156,89

Πίνακας 4.15. Αποτελέσματα μέσης ετήσιας θερμοκρασίας του στατιστικού καταβιβασμού κλίμακας για το υδατικό διαμέρισμα Θεσσαλίας

Δεκάνη Απορροής	Ιστορική περίοδος 1980-2000	Μελλοντική περίοδος 2030-2050			Μελλοντική περίοδος 2080-2100		
		SRES B1	SRES A1B	SRES A2	SRES B1	SRES A1B	SRES A2
	<u>Μέση ετήσια θερμοκρασία (°C)</u>						
Αλή Εφέντη	14,61	14,57	14,57	14,56	14,57	14,54	14,51
Αγχιάλος	15,79	15,91	15,97	15,96	16,03	16,16	16,29
Ενυπέας	14,74	14,55	14,50	14,49	14,43	14,25	14,07
Χολόρεμα	15,48	15,60	15,66	15,65	15,71	15,85	15,98
Ξηριάς	14,59	14,72	14,77	14,76	14,83	14,96	15,10
Ξηριάς Αλμυρού	14,28	14,40	14,46	14,45	14,51	14,65	14,78
Ξηρόρεμα	15,19	15,31	15,37	15,36	15,42	15,56	15,69
Λαχανόρεμα	15,59	15,71	15,77	15,76	15,82	15,95	16,09
Λάρισα	15,20	15,35	15,42	15,40	15,49	15,65	15,82
Μούρεσι	13,34	13,46	13,52	13,51	13,58	13,71	13,85
Μουζάκι	12,66	12,49	12,44	12,44	12,37	12,21	12,04
Πύλη	12,16	11,99	11,94	11,94	11,87	11,70	11,53
Πηνεϊός	14,80	14,86	14,90	14,88	14,93	15,00	15,07
Πηνεϊός Εκβολές	14,86	15,01	15,08	15,06	15,15	15,31	15,48
Πλατανόρεμα	13,72	13,84	13,90	13,89	13,95	14,09	14,22
Πουρί	14,39	14,54	14,61	14,60	14,68	14,85	15,02
Συκούριο	14,05	14,20	14,27	14,26	14,34	14,50	14,67
Τιταρήσιος	13,54	13,69	13,76	13,75	13,83	14,00	14,17
Τρικερι	15,80	15,92	15,98	15,97	16,03	16,16	16,30
Βόλος	14,45	14,58	14,63	14,62	14,69	14,82	14,96
Υπόλοιπα 1	13,75	13,91	13,98	13,96	14,05	14,21	14,38
Υπόλοιπα 2	15,17	15,29	15,35	15,34	15,40	15,53	15,67
Υπόλοιπα 4	15,34	15,46	15,52	15,50	15,57	15,70	15,84
Υπόλοιπα 7	13,48	13,64	13,71	13,69	13,78	13,94	14,11
Υπόλοιπα 8	15,81	15,93	15,99	15,98	16,05	16,18	16,31
Ζιλιανά	12,38	12,54	12,61	12,59	12,68	12,84	13,01

Πίνακας 4.16. Αποτελέσματα τυπικής απόκλισης μέσης ετήσιας θερμοκρασίας του στατιστικού καταβιβασμού κλίμακας για το υδατικό διαμέρισμα Θεσσαλίας

Δεκάνη Απορροής	Ιστορική περίοδος 1980-2000	Μελλοντική περίοδος 2030-2050			Μελλοντική περίοδος 2080-2100		
		SRES B1	SRES A1B	SRES A2	SRES B1	SRES A1B	SRES A2
	<u>Τυπική απόκλιση μέσης ετήσιας θερμοκρασίας (°C)</u>						
Αλή Εφέντη	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Αγχιάλος	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51
Ενυπέας	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52
Χολόρεμα	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51
Ξηριάς	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51
Ξηριάς Αλμυρού	0,50	0,51	0,50	0,50	0,51	0,50	0,50
Ξηρόρεμα	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51
Λαχανόρεμα	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51
Λάρισα	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
Μούρεσι	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51
Μουζάκι	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,54
Πύλη	0,54	0,54	0,54	0,54	0,53	0,54	0,54
Πηνεϊός	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69
Πηνεϊός Εκβολές	0,54	0,55	0,54	0,54	0,55	0,54	0,55
Πλατανόρεμα	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51
Πουρί	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
Συκούριο	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
Τιταρήσιος	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
Τρικερι	0,50	0,50	0,50	0,50	0,51	0,50	0,50
Βόλος	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51
Υπόλοιπα 1	0,55	0,56	0,55	0,55	0,56	0,55	0,56
Υπόλοιπα 2	0,50	0,51	0,50	0,50	0,51	0,50	0,50
Υπόλοιπα 4	0,50	0,51	0,50	0,50	0,51	0,50	0,50
Υπόλοιπα 7	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
Υπόλοιπα 8	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51
Ζιλιανά	0,54	0,55	0,54	0,55	0,55	0,55	0,55

Η μέση ετήσια βροχόπτωση του υδατικού διαμερίσματος Θεσσαλίας για την ιστορική περίοδο 1980-2000 είναι 639,79 με ένα εύρος από 417,07 mm ως 893,97 mm. Η ασυμμετρία της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης είναι 0,21 ενώ ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης 1^{ης} τάξης είναι -0,06.

Τα σενάρια κλιματικής μεταβολής προβάλλουν για την μεσοπρόθεσμη επιλεγμένη περίοδο 2030-2050 μικρές μεταβολές της βροχόπτωσης (Πίνακας 4.17 και Σχήμα 4.1). Ειδικότερα η μέση ετήσια βροχόπτωση για το σενάριο SRES B1 επίκειται να αυξηθεί κατά 0,46% στα ενώ για το σενάριο SRES A1B εμφανίζεται μείωση 1,22% στα mm και για το σενάριο SRES A2 προβάλλεται μεγαλύτερη μείωση της τάξης 2,48%. Η τυπική απόκλιση της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης μειώνεται κατά 0,81% για το SRES B1, 0,23% για το SRES A1B και 1,01% για το SRES A2. Το μέγιστο μειώνεται στα 892,13 mm για το SRES B1 , στα 884,93 mm για το SRES A1B και στα 874,06 mm για το SRES A2. Από την άλλη το ελάχιστο αυξάνεται για το SRES B1 στα 422,12 mm, μειώνεται για το SRES A1B και SRES A2 στα 409,77 mm και 401,74 mm αντίστοιχα. Οι μεταβολές του συντελεστή ασυμμετρίας είναι αρκετά μεγάλες από -14,58%-2,08% γεγονός που επιβεβαιώνει την μεταβολή των τιμών της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης προς το μικρότερο ή το μεγαλύτερο. Ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης 1^{ης} τάξης εμφανίζει μια μικρή τάση μεταβολής σε σχέση με την χρονική υστέρηση σε όλα τα σενάρια.

Όσον αφορά την μακροπρόθεσμη επιλεγμένη περίοδο 2080-2100 οι μεταβολές της βροχόπτωσης είναι μεγαλύτερες. Πιο συγκεκριμένα η μέση ετήσια βροχόπτωση μειώνεται σε όλα τα σενάρια κλιματικής μεταβολής και για το σενάριο SRES B1 επίκειται να μειωθεί κατά 1,39% στα ενώ για το σενάριο SRES A1B εμφανίζεται επίσης μείωση 4,54% και για το σενάριο SRES A2 προβάλλεται μεγαλύτερη μείωση της τάξης 5,31%. Η τυπική απόκλιση της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης αυξάνεται κατά 0,09% για το SRES B1, 0,97% για το SRES A1B και μειώνεται 1,15% για το SRES A2. Το μέγιστο μειώνεται στα 892,13 mm για το SRES B1 , στα 869,52 mm για το SRES A1B και στα 856,71 mm για το SRES A2. Από την άλλη το ελάχιστο αυξάνεται για το SRES B1 στα 409,86 mm, μειώνεται για το SRES A1B και SRES A2 στα 386,31 mm και 387,2 mm αντίστοιχα. Οι μεταβολές του συντελεστή ασυμμετρίας είναι αρκετά μεγάλες από 2,75%-14,84% γεγονός που επιβεβαιώνει την μεταβολή των τιμών της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης προς το μικρότερο ή το μεγαλύτερο και σε αυτή την περίοδο. Ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης

1^{ης} τάξης εμφανίζει μια μικρή τάση μεταβολής σε σχέση με την χρονική υστέρηση σε όλα τα σενάρια όπως ακριβώς και στην μεσοπρόθεσμη περίοδο.

Η μέση ετήσια θερμοκρασία του υδατικού διαμερίσματος Θεσσαλίας για την ιστορική περίοδο 1980-2000 είναι 14,55 °C με ένα εύρος από 13,63 °C ως 15,62 °C. Ο συντελεστής ασυμμετρίας της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας είναι 0,23 ενώ ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης 1^{ης} τάξης είναι 0,04. Τα σενάρια κλιματικής μεταβολής προβάλλουν για την μεσοπρόθεσμη επιλεγμένη περίοδο 2030-2050 μικρές μεταβολές της θερμοκρασίας (Πίνακας 4.18 και Σχήμα 4.2). Ειδικότερα η μέση ετήσια θερμοκρασία για το σενάριο SRES B1 επίκειται να αυξηθεί κατά 0,11% ενώ για το σενάριο SRES A1B εμφανίζεται αύξηση 0,27% και για το σενάριο SRES A2 προβάλλεται αύξηση της τάξης 0,19%. Η τυπική απόκλιση της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας αυξάνεται κατά 0,29% για το SRES B1, 0,30% για το SRES A1B και 0,04% για το SRES A2. Το μέγιστο αυξάνεται στους 15,65 °C για το SRES B1 , 15,66 °C για το SRES A1B και στους 15,65 °C για το SRES A2. Από την άλλη το ελάχιστο αυξάνεται για το SRES B1 13,64 °C, 13,67 °C για το SRES A1B και για SRES A2 στους 13,66 °C. Οι μεταβολές του συντελεστή ασυμμετρίας είναι αρκετά μεγάλες από -0,06%-4,89% γεγονός που επιβεβαιώνει την μεταβολή των τιμών της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης προς το μικρότερο ή το μεγαλύτερο. Ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης 1^{ης} τάξης δεν εμφανίζει τάση μεταβολής σε σχέση με την χρονική υστέρηση σε όλα τα σενάρια.

Για την μακροπρόθεσμη επιλεγμένη περίοδο 2080-2100 οι μεταβολές της θερμοκρασίας είναι μεγαλύτερες. Πιο συγκεκριμένα η μέση ετήσια θερμοκρασία αυξάνεται σε όλα τα σενάρια κλιματικής μεταβολής και για το σενάριο SRES B1 επίκειται να αυξηθεί κατά 0,37% ενώ για το σενάριο SRES A1B εμφανίζεται επίσης αύξηση 0,57% και για το σενάριο SRES A2 προβάλλεται μεγαλύτερη αύξηση της τάξης 0,77%. Η τυπική απόκλιση της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας αυξάνεται κατά 0,37% για το SRES B1, 0,04% για το SRES A1B και 0,51% για το SRES A2. Το μέγιστο αυξάνεται στους 15,65 °C για το SRES B1 , 15,70 °C για το SRES A1B και στους 15,74 °C για το SRES A2. Από την άλλη το ελάχιστο αυξάνεται για το SRES B1 13,68 °C, 13,71 °C για το SRES A1B και για SRES A2 στους 13,73 °C. Οι μεταβολές του συντελεστή ασυμμετρίας είναι αρκετά μεγάλες από -0,89%-3,04% γεγονός που επιβεβαιώνει την μεταβολή των τιμών της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης προς το μικρότερο ή το μεγαλύτερο και σε αυτή την περίοδο. Ο συντελεστής

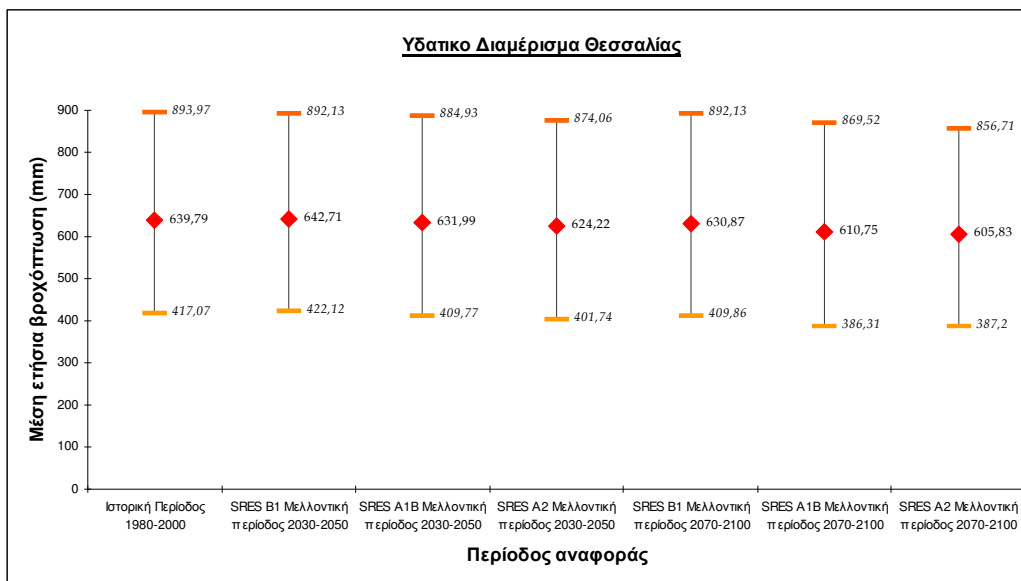
αυτοσυσχέτισης 1^{ης} τάξης εμφανίζει μια μικρή τάση μεταβολής σε σχέση με την χρονική υστέρηση σε όλα τα σενάρια.

Πίνακας 4.17. Ετήσια στατιστικά χαρακτηριστικά βροχόπτωσης για το υδατικό διαμέρισμα Θεσσαλίας

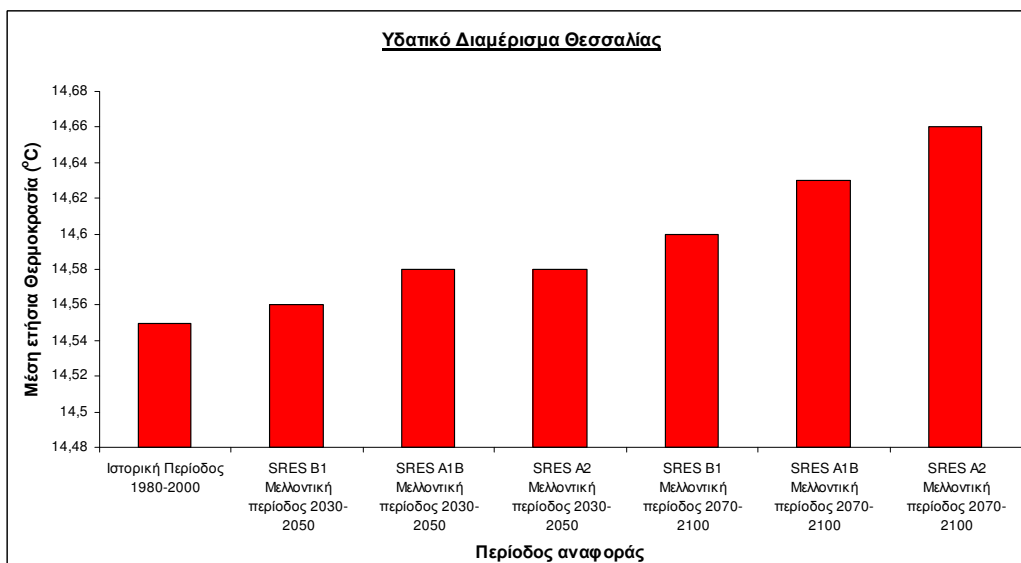
	Ιστορική περίοδος 1980-2000	Μελλοντική Περίοδος 2050	2030	Μελλοντική Περίοδος 2100	2080
			(%) Μεταβολή	(%) Μεταβολή	
Μέση ετήσια βροχόπτωση (mm)	639,79				
<i>SRES B1</i>		642,71	0,46	630,87	-1,39
<i>SRES A1B</i>		631,99	-1,22	610,75	-4,54
<i>SRES A2</i>		624,22	-2,43	605,83	-5,31
Τοπική Απόκλιση (mm)	127,74				
<i>SRES B1</i>		126,70	-0,81	127,86	0,09
<i>SRES A1B</i>		127,45	-0,23	128,99	0,97
<i>SRES A2</i>		126,45	-1,01	126,27	-1,15
Ασυμμετρία	0,21				
<i>SRES B1</i>		0,20	-7,54	0,24	14,84
<i>SRES A1B</i>		0,22	2,08	0,22	4,75
<i>SRES A2</i>		0,18	-14,58	0,22	2,73
Ελάχιστο(mm)	417,07				
<i>SRES B1</i>		422,12	1,21	409,86	-1,73
<i>SRES A1B</i>		409,77	-1,75	386,31	-7,37
<i>SRES A2</i>		401,74	-3,67	387,20	-7,16
Μέγιστο (mm)	893,97				
<i>SRES B1</i>		892,13	-0,21	892,13	-0,21
<i>SRES A1B</i>		884,93	-1,01	869,52	-2,73
<i>SRES A2</i>		874,06	-2,23	856,71	-4,17
Συντελεστής αυτοσυσχέτισης 1ης τάξης	-0,06				
<i>SRES B1</i>		-0,07	13,09	-0,07	12,24
<i>SRES A1B</i>		-0,07	8,01	-0,06	-5,32
<i>SRES A2</i>		-0,06	-10,82	-0,07	16,83

Πίνακας 4.18. Ετήσια στατιστικά χαρακτηριστικά θερμοκρασίας για το υδατικό διαμέρισμα Θεσσαλίας

	Ιστορική περίοδος 1980-2000	Μελλοντική Περίοδος 2030-2050	Μελλοντική Περίοδος 2080-2100		
			(%) Μεταβολή	(%) Μεταβολή	
Μέση ετήσια θερμοκρασία (°C)	14,55				
<i>SRES B1</i>		14,56	0,11	14,60	0,37
<i>SRES A1B</i>		14,58	0,27	14,63	0,57
<i>SRES A2</i>		14,57	0,19	14,66	0,77
Τοπική Απόκλιση (°C)	0,53				
<i>SRES B1</i>		0,53	0,29	0,53	0,37
<i>SRES A1B</i>		0,53	0,30	0,53	0,04
<i>SRES A2</i>		0,53	0,04	0,53	0,51
Ασυμμετρία	0,23				
<i>SRES B1</i>		0,24	4,89	0,23	0,54
<i>SRES A1B</i>		0,23	1,85	0,22	-0,89
<i>SRES A2</i>		0,23	-0,60	0,23	3,04
Ελάχιστο(°C)	13,63				
<i>SRES B1</i>		13,64	0,13	13,68	0,39
<i>SRES A1B</i>		13,67	0,31	13,71	0,60
<i>SRES A2</i>		13,66	0,22	13,73	0,79
Μέγιστο (°C)	15,62				
<i>SRES B1</i>		15,65	0,16	15,65	0,16
<i>SRES A1B</i>		15,66	0,27	15,70	0,53
<i>SRES A2</i>		15,65	0,19	15,74	0,74
Συντελεστής αυτοσυσχέτισης 1ης τάξης	0,04				
<i>SRES B1</i>		0,04	-4,31	0,05	9,23
<i>SRES A1B</i>		0,04	-0,11	0,05	6,71
<i>SRES A2</i>		0,04	1,85	0,05	15,29



Σχήμα 4.1. Αποτελέσματα μέσης ετήσιας βροχόπτωσης για το υδατικό διαμέρισμα Θεσσαλίας



Σχήμα 4.2. Αποτελέσματα μέσης ετήσιας θερμοκρασίας για το υδατικό διαμέρισμα Θεσσαλίας

4.2.2 Υδατικό Διαμέρισμα Ηπείρου

Είναι σαφές ότι οι επιμέρους λεκάνες απορροής με την μεγαλύτερη μέση ετήσια βροχόπτωση για την ιστορική περίοδο είναι ο Καλαρίτικος, η Κέρκυρα, και ο Βοϊδομάτης, ενώ αυτές με τη χαμηλότερη είναι η Κλ.Ιωαννίνων, ο Καλαμάς και η Κέρκυρα. Στον Πίνακα 4.19 παρουσιάζεται η μέση ετήσια βροχόπτωση στην κάθε επιμέρους λεκάνη απορροής του υδατικού διαμερίσματος Ηπείρου και η αντίστοιχη μέση ετήσια βροχόπτωση που προβάλλει το κάθε σενάριο κλιματικής αλλαγής για τις δύο επιλεγμένες περιόδους 2030-2050 και 2080-2100 ενώ στον Πίνακα 4.20 η αντίστοιχη τυπική απόκλιση.

Επίσης οι επιμέρους λεκάνες απορροής με την μεγαλύτερη μέση ετήσια θερμοκρασία για την ιστορική περίοδο είναι η Κέρκυρα, ο Λούρος, και ο Αχέροντας, ενώ αυτές με τη χαμηλότερη είναι ο Βοϊδομάτης, ο Αώος και ο Καλαρίτικος. Στον Πίνακα 4.21 παρουσιάζεται η μέση ετήσια θερμοκρασία στην κάθε επιμέρους λεκάνη απορροής του υδατικού διαμερίσματος Ηπείρου και η αντίστοιχη μέση ετήσια θερμοκρασία που προβάλλει το κάθε σενάριο κλιματικής αλλαγής για τις δύο επιλεγμένες περιόδους 2030-2050 και 2080-2100 ενώ στον Πίνακα 4.22 η αντίστοιχη τυπική απόκλιση.

Στις περισσότερες επιμέρους λεκάνες απορροής παρατηρείται σταδιακή μείωση της βροχόπτωσης και σταδιακή αύξηση της θερμοκρασίας ανάλογα με το σενάριο που χρησιμοποιείται και την περίοδο αναφοράς.

Πίνακας 4.19. Αποτελέσματα μέσης ετήσιας βροχόπτωσης του στατιστικού καταβιβασμού κλίμακας για το υδατικό διαμέρισμα Ηπείρου

Λεκάνη απορροής	Ιστορική περίοδος 1980-2000	Μελλοντική περίοδος 2030-2050			Μελλοντική περίοδος 2080-2100		
		SRES B1	SRES A1B	SRES A2	SRES B1	SRES A1B	SRES A2
		Μέση ετήσια βροχόπτωση (mm)					
Αχέροντας	1369,97	1371,92	1368,03	1356,44	1369,58	1352,78	1355,19
Σαραντάπορος	1340,90	1342,00	1335,15	1329,17	1334,13	1319,59	1317,63
Αώος	1444,17	1447,15	1437,90	1426,72	1437,49	1415,48	1414,61
Βοϊδομάτης	1624,94	1629,87	1621,48	1605,90	1622,08	1596,82	1598,42
Αραχθος	1429,66	1433,96	1421,98	1404,73	1423,21	1392,84	1393,01
Μετσοβίτικος	1180,96	1185,89	1169,47	1154,28	1169,50	1136,75	1133,38
Καλαρίτικος	1930,22	1934,45	1910,35	1888,91	1910,16	1861,74	1856,11
Καλεντίνης	1456,13	1464,15	1448,32	1420,70	1452,01	1409,18	1411,14
Καλαμάς	1286,20	1287,69	1280,13	1268,05	1280,92	1259,24	1259,20
Κλ.Ιωαννίνων	1327,66	1332,24	1323,78	1309,06	1325,13	1300,75	1302,03
Λούρος	1439,85	1442,69	1430,47	1410,64	1433,04	1399,55	1400,23
Κέρκυρα	1844,05	1843,70	1830,52	1812,58	1832,49	1797,37	1794,71

Πίνακας 4.20. Αποτελέσματα τυπικής απόκλισης μέσης ετήσιας βροχόπτωσης του στατιστικού καταβιβασμού κλίμακας για το υδατικό διαμέρισμα Ηπείρου

Λεκάνη απορροής	Ιστορική περίοδος 1980-2000	Μελλοντική περίοδος 2030-2050			Μελλοντική περίοδος 2080-2100		
		SRES B1	SRES A1B	SRES A2	SRES B1	SRES A1B	SRES A2
	Τοπική απόκλιση μέσης ετήσιας βροχόπτωσης (mm)						
Αχέροντας	227,06	226,65	227,13	226,40	227,20	227,25	226,63
Σαραντάπορος	194,03	193,05	194,04	193,61	194,18	194,41	193,49
Αώος	171,40	171,29	171,27	171,38	172,15	172,88	170,84
Βοϊδομάτης	224,75	224,31	224,85	223,98	225,72	226,24	224,03
Άραχθος	208,73	209,05	208,32	208,02	209,60	210,79	207,39
Μετσοβίτικος	178,85	178,64	177,81	177,86	179,04	180,66	177,13
Καλαρίτικος	261,54	261,87	260,79	260,16	262,16	264,10	259,22
Καλεντινής	228,44	231,16	227,49	226,40	230,66	232,49	226,29
Καλαμάς	211,12	210,79	211,36	210,67	211,80	212,30	210,33
Κλ.Ιωαννίνων	209,03	208,87	208,72	208,09	209,64	210,44	208,14
Λούρος	230,99	229,80	230,26	229,44	231,63	232,64	229,57
Κέρκυρα	261,26	259,39	260,43	259,11	261,02	263,05	259,40

Πίνακας 4.21. Αποτελέσματα μέσης ετήσιας θερμοκρασίας του στατιστικού καταβιβασμού κλίμακας για το υδατικό διαμέρισμα Ηπείρου

Λεκάνη απορροής	Ιστορική περίοδος 1980-2000	Μελλοντική περίοδος 2030-2050			Μελλοντική περίοδος 2080-2100		
		SRES B1	SRES A1B	SRES A2	SRES B1	SRES A1B	SRES A2
	Μέση ετήσια θερμοκρασία (°C)						
Αχέροντας	13,73	13,50	13,42	13,41	13,33	13,09	12,86
Σαραντάπορος	10,69	10,81	9,80	10,86	10,91	11,04	11,17
Αώος	10,10	10,18	10,21	10,21	10,25	10,33	10,41
Βοϊδομάτης	10,20	10,20	10,21	10,20	10,21	10,22	10,22
Άραχθος	12,72	12,81	12,86	12,85	12,90	13,00	13,09
Μετσοβίτικος	10,72	11,24	11,44	11,44	11,66	12,20	12,73
Καλαρίτικος	10,41	10,93	11,12	11,12	11,34	11,88	12,41
Καλεντινής	13,40	13,61	13,69	13,69	13,77	13,99	14,20
Καλαμάς	12,74	12,81	12,84	12,83	12,87	12,95	13,02
Κλ.Ιωαννίνων	13,16	13,26	13,30	13,30	13,34	13,45	13,55
Λούρος	15,46	15,70	15,80	15,79	15,89	16,15	16,39
Κέρκυρα	16,92	17,00	17,04	17,03	17,08	17,17	17,25

Πίνακας 4.22. Αποτελέσματα τυπικής απόκλισης μέσης ετήσιας θερμοκρασίας του στατιστικού καταβιβασμού κλίμακας για το υδατικό διαμέρισμα Ηπείρου

Λεκάνη απορροής	Ιστορική περίοδος 1980-2000	Μελλοντική περίοδος 2030-2050			Μελλοντική περίοδος 2080-2100		
		SRES B1	SRES A1B	SRES A2	SRES B1	SRES A1B	SRES A2
	Τοπική απόκλιση μέσης ετήσιας θερμοκρασίας (°C)						
Αχέροντας	0,69	0,69	0,70	0,70	0,69	0,69	0,70
Σαραντάπορος	0,39	0,39	0,42	0,39	0,39	0,39	0,39
Αώος	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43
Βοϊδομάτης	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68
Άραχθος	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43
Μετσοβίτικος	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,75
Καλαρίτικος	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,75
Καλεντινής	0,45	0,46	0,45	0,45	0,46	0,45	0,46
Καλαμάς	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76
Κλ.Ιωαννίνων	0,42	0,43	0,43	0,43	0,43	0,42	0,43
Λούρος	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,55
Κέρκυρα	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44

Η μέση ετήσια βροχόπτωση του υδατικού διαμερίσματος Ηπείρου για την ιστορική περίοδο 1980-2000 είναι 1425,37 mm με ένα εύρος από 1008,58 mm ως 1805,85 mm. Η ασυμμετρία της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης είναι -0,15 ενώ ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης 1^{ης} τάξης είναι -0,1. Τα σενάρια κλιματικής μεταβολής προβάλλουν για την μεσοπρόθεσμη επιλεγμένη περίοδο 2030-2050 μικρές μεταβολές της βροχόπτωσης (Πίνακας 4.23 και Σχήμα 4.3). Ειδικότερα η μέση ετήσια βροχόπτωση για το σενάριο SRES B1 επίκειται να αυξηθεί κατά 0,2% στα ενώ για το σενάριο SRES A1B εμφανίζεται μείωση 0,5% και για το σενάριο SRES A2 προβάλλεται μεγαλύτερη μείωση της τάξης 1,53%. Η τυπική απόκλιση της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης μειώνεται κατά 0,15% για το SRES B1, 0,12% για το SRES A1B και 0,4% για το SRES A2. Το μέγιστο μειώνεται στα 1807,87 mm για το SRES B1, στα 1776,73 mm για το SRES A1B και στα 1780,37 mm για το SRES A2. Από την άλλη το ελάχιστο αυξάνεται για το SRES B1 στα 1013,78 mm, μειώνεται για το SRES A1B και SRES A2 στα 1000,82 mm και 986,27 mm αντίστοιχα. Οι μεταβολές του συντελεστή ασυμμετρίας είναι αρκετά μεγάλες από -3,97%-18,64% γεγονός που επιβεβαιώνει την μεταβολή των τιμών της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης προς το μικρότερο ή το μεγαλύτερο. Ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης 1^{ης} τάξης εμφανίζει μια μικρή τάση μεταβολής σε σχέση με την χρονική υστέρηση στο SRES A2.

Όσον αφορά την μακροπρόθεσμη επιλεγμένη περίοδο 2080-2100 οι μεταβολές της βροχόπτωσης είναι μεγαλύτερες. Πιο συγκεκριμένα η μέση ετήσια βροχόπτωση μειώνεται σε όλα τα σενάρια κλιματικής μεταβολής και για το σενάριο SRES B1 επίκειται να μειωθεί κατά 0,43% ενώ για το σενάριο SRES A1B εμφανίζεται επίσης μείωση 2,27% και για το σενάριο SRES A2 προβάλλεται μεγαλύτερη μείωση της τάξης 2,28%. Η τυπική απόκλιση της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης αυξάνεται κατά 0,29% για το SRES B1, 0,69% για το SRES A1B και μειώνεται 0,5% για το SRES A2. Το μέγιστο μειώνεται στα 1801,35 mm για το SRES B1, στα 1780,68 mm για το SRES A1B και στα 1769,63 mm για το SRES A2. Από την άλλη το ελάχιστο αυξάνεται για το SRES B1 στα 1013,78 mm, μειώνεται για το SRES A1B και SRES A2 στα 975,49 mm και 978,61 mm αντίστοιχα. Οι μεταβολές του συντελεστή ασυμμετρίας είναι αρκετά μεγάλες από -11,39%-5,52% γεγονός που επιβεβαιώνει την μεταβολή των τιμών της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης προς το μικρότερο ή το μεγαλύτερο και σε αυτή την περίοδο. Ο συντελεστής

αυτοσυσχέτισης 1^{ης} τάξης εμφανίζει μια μικρή τάση μεταβολής σε σχέση με την χρονική υστέρηση στο SRES A1B.

Πίνακας 4.23. Ετήσια στατιστικά χαρακτηριστικά βροχόπτωσης για το υδατικό διαμέρισμα Ηπείρου

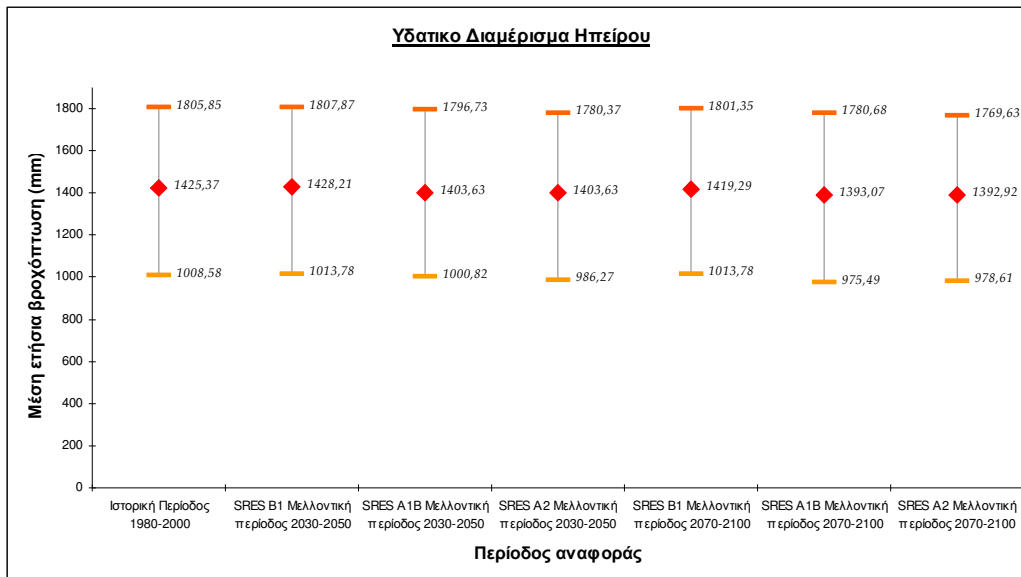
	Ιστορική περίοδος 1980-2000	Μελλοντική Περίοδος 2030-2050		Μελλοντική Περίοδος 2080-2100	
		(<i>%) Μεταβολή</i>)		(<i>%) Μεταβολή</i>)	
Μέση ετήσια βροχόπτωση (mm)	1425,37				
<i>SRES B1</i>		1428,21	0,20	1419,29	-0,43
<i>SRES A1B</i>		1418,27	-0,50	1393,07	-2,27
<i>SRES A2</i>		1403,63	-1,53	1392,92	-2,28
Τυπική Απόκλιση (mm)	214,01				
<i>SRES B1</i>		213,70	-0,15	214,63	0,29
<i>SRES A1B</i>		213,76	-0,12	215,48	0,69
<i>SRES A2</i>		213,16	-0,40	212,95	-0,50
Ασυμμετρία	-0,15				
<i>SRES B1</i>		-0,14	-3,97	-0,13	-11,39
<i>SRES A1B</i>		-0,16	5,83	-0,14	-6,82
<i>SRES A2</i>		-0,18	18,64	-0,16	5,52
Ελάχιστο(mm)	1008,58				
<i>SRES B1</i>		1013,78	0,52	1013,78	0,52
<i>SRES A1B</i>		1000,82	-0,77	975,49	-3,28
<i>SRES A2</i>		986,27	-2,21	978,61	-2,97
Μέγιστο (mm)	1805,85				
<i>SRES B1</i>		1807,87	0,11	1801,35	-0,25
<i>SRES A1B</i>		1796,73	-0,50	1780,68	-1,39
<i>SRES A2</i>		1780,37	-1,41	1769,63	-2,01
Συντελεστής αυτοσυσχέτισης 1ης τάξης	-0,10				
<i>SRES B1</i>		-0,10	3,71	-0,10	2,38
<i>SRES A1B</i>		-0,10	1,20	-0,09	-6,54
<i>SRES A2</i>		-0,09	-6,58	-0,10	3,40

Πίνακας 4.24. Ετήσια στατιστικά χαρακτηριστικά θερμοκρασίας για το υδατικό διαμέρισμα Ηπείρου

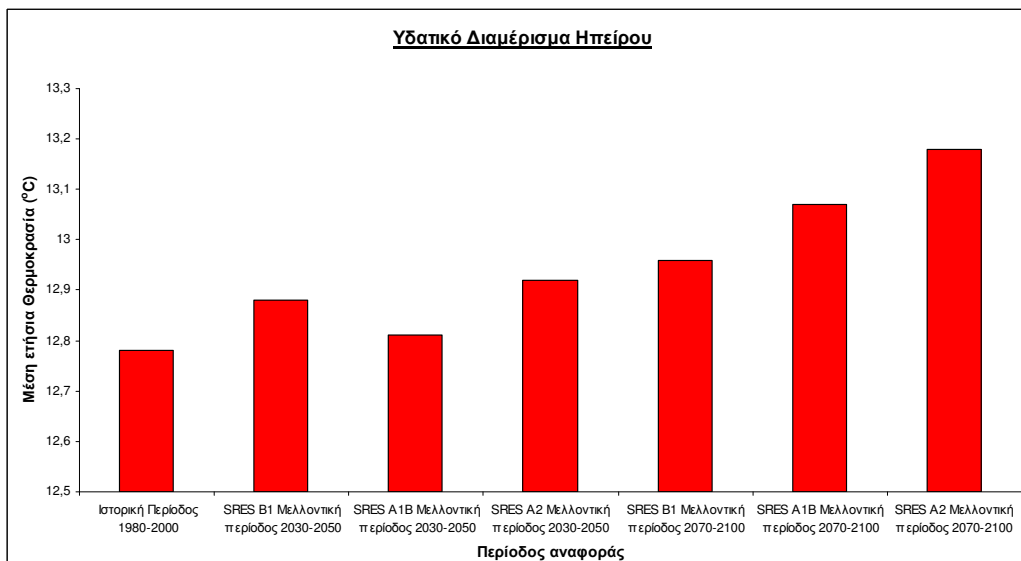
	Ιστορική περίοδος 1980-2000	Μελλοντική Περίοδος 2030-2050		Μελλοντική Περίοδος 2080-2100	
		(<i>%) Μεταβολή</i>)		(<i>%) Μεταβολή</i>)	
Μέση ετήσια θερμοκρασία (°C)	12,78				
<i>SRES B1</i>		12,88	0,78	12,96	1,47
<i>SRES A1B</i>		12,81	0,25	13,07	2,31
<i>SRES A2</i>		12,92	1,09	13,18	3,14
Τυπική Απόκλιση (°C)	0,56				
<i>SRES B1</i>		0,56	0,21	0,56	0,14
<i>SRES A1B</i>		0,56	0,51	0,56	0,03
<i>SRES A2</i>		0,56	0,05	0,56	0,50
Ασυμμετρία	-0,18				
<i>SRES B1</i>		-0,16	-7,99	-0,17	-1,85
<i>SRES A1B</i>		-0,17	-2,60	-0,18	-0,12
<i>SRES A2</i>		-0,17	-3,66	-0,17	-5,87
Ελάχιστο(°C)	11,62				
<i>SRES B1</i>		11,72	0,88	11,72	0,88
<i>SRES A1B</i>		11,65	0,26	11,92	2,55
<i>SRES A2</i>		11,76	1,22	12,02	3,44
Μέγιστο (°C)	13,71				
<i>SRES B1</i>		13,81	0,77	13,89	1,35
<i>SRES A1B</i>		13,75	0,28	14,01	2,16
<i>SRES A2</i>		13,85	1,03	14,12	2,99
Συντελεστής αυτοσυσχέτισης 1ης τάξης	-0,04				
<i>SRES B1</i>		-0,04	6,42	-0,04	-8,98
<i>SRES A1B</i>		-0,04	-5,51	-0,04	-5,74
<i>SRES A2</i>		-0,04	-1,17	-0,03	-14,53

Η μέση ετήσια θερμοκρασία του υδατικού διαμερίσματος Ηπείρου για την ιστορική περίοδο 1980-2000 είναι 12,78 °C με ένα εύρος από 11,62 °C ως 13,71 °C. Ο συντελεστής ασυμμετρίας της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας είναι -0,18 ενώ ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης 1^{ης} τάξης είναι -0,04. Τα σενάρια κλιματικής μεταβολής προβάλλουν για την μεσοπρόθεσμη επιλεγμένη περίοδο 2030-2050 μικρές μεταβολές της θερμοκρασίας (Πίνακας 4.24 και Σχήμα 4.4). Ειδικότερα η μέση ετήσια θερμοκρασία για το σενάριο SRES B1 επίκειται να αυξηθεί κατά 0,78% ενώ για το σενάριο SRES A1B εμφανίζεται αύξηση 0,25% και για το σενάριο SRES A2 προβάλλεται αύξηση της τάξης 1,09%. Η τυπική απόκλιση της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας αυξάνεται κατά 0,21% για το SRES B1 0,51% για το SRES A1B και 0,05% για το SRES A2. Το μέγιστο αυξάνεται στους 13,81 °C για το SRES B1 , 13,85 °C για το SRES A1B και στους 13,75 °C για το SRES A2. Από την άλλη το ελάχιστο αυξάνεται για το SRES B1 11,72 °C, 11,65 °C για το SRES A1B και για SRES A2 στους 11,76 °C. Οι μεταβολές του συντελεστή ασυμμετρίας είναι αρκετά μεγάλες από -3,66% έως -7,99 % γεγονός που επιβεβαιώνει την μεταβολή των τιμών της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης προς το μικρότερο ή το μεγαλύτερο. Ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης 1^{ης} τάξης δεν εμφανίζει τάση μεταβολής σε σχέση με την χρονική υστέρηση σε όλα τα σενάρια.

Αναφορικά με την μακροπρόθεσμη επιλεγμένη περίοδο 2080-2100 οι μεταβολές της θερμοκρασίας είναι μεγαλύτερες. Πιο συγκεκριμένα η μέση ετήσια θερμοκρασία αυξάνεται σε όλα τα σενάρια κλιματικής μεταβολής και για το σενάριο SRES B1 επίκειται να αυξηθεί κατά 1,47% ενώ για το σενάριο SRES A1B εμφανίζεται επίσης αύξηση 2,31% και για το σενάριο SRES A2 προβάλλεται μεγαλύτερη αύξηση της τάξης 3,14%. Η τυπική απόκλιση της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας αυξάνεται κατά 0,14% για το SRES B1, 0,03% για το SRES A1B και 0,5% για το SRES A2. Το μέγιστο αυξάνεται στους 13,89 °C για το SRES B1, 14,01 °C για το SRES A1B και στους 14,12 °C για το SRES A2. Από την άλλη το ελάχιστο αυξάνεται για το SRES B1 11,72 °C, 11,92 °C για το SRES A1B και για SRES A2 στους 12,02 °C. Οι μεταβολές του συντελεστή ασυμμετρίας είναι αρκετά μεγάλες από -5,87% - -0,12% γεγονός που επιβεβαιώνει την μεταβολή των τιμών της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης προς το μικρότερο ή το μεγαλύτερο και σε αυτή την περίοδο. Ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης 1^{ης} τάξης εμφανίζει μια μικρή τάση μεταβολής σε σχέση με την χρονική υστέρηση στο SRES A2.



Σχήμα 4.3. Αποτελέσματα μέσης ετήσιας βροχόπτωσης για το υδατικό διαμέρισμα Ηπείρου



Σχήμα 4.4. Αποτελέσματα μέσης ετήσιας θερμοκρασίας για το υδατικό διαμέρισμα Ηπείρου

4.2.3 Υδατικό Διαμέρισμα Δυτικής Στερεάς Ελλάδας

Είναι σαφές ότι οι επιμέρους λεκάνες απορροής με την μεγαλύτερη μέση ετήσια βροχόπτωση για την ιστορική περίοδο είναι ο Ίναχος, ο Ταυρωπός, και ο Αχελώος, ενώ αυτές με τη χαμηλότερη είναι η Κλ.Λ.Λ.Λυσιμαχίας και ο Τρικεριώτης. Στον Πίνακα 4.25 παρουσιάζεται η μέση ετήσια βροχόπτωση στην κάθε επιμέρους λεκάνη απορροής του υδατικού διαμερίσματος Δυτικής Στερεάς Ελλάδας και η αντίστοιχη μέση ετήσια βροχόπτωση που προβάλλει το κάθε σενάριο κλιματικής αλλαγής για τις δύο επιλεγμένες περιόδους 2030-2050 και 2080-2100 ενώ στον Πίνακα 7.26 η αντίστοιχη τυπική απόκλιση.

Επίσης οι επιμέρους λεκάνες απορροής με την μεγαλύτερη μέση ετήσια θερμοκρασία για την ιστορική περίοδο είναι η Κλ.Λ.Λ.Λυσιμαχίας, ο Ίναχος, και ο Μόρνος, ενώ αυτές με τη χαμηλότερη είναι ο Αγραφιώτης και ο Τρικεριώτης. Στον Πίνακα 4.27 παρουσιάζεται η μέση ετήσια θερμοκρασία στην κάθε επιμέρους λεκάνη απορροής του υδατικού διαμερίσματος Ηπείρου και η αντίστοιχη μέση ετήσια θερμοκρασία που προβάλλει το κάθε σενάριο κλιματικής αλλαγής για τις δύο επιλεγμένες περιόδους 2030-2050 και 2080-2100 ενώ στον Πίνακα 4.28 η αντίστοιχη τυπική απόκλιση. Στις περισσότερες επιμέρους λεκάνες απορροής παρατηρείται σταδιακή μείωση της βροχόπτωσης και σταδιακή αύξηση της θερμοκρασίας ανάλογα με το σενάριο που χρησιμοποιείται και την περίοδο αναφοράς.

Πίνακας 4.25. Αποτελέσματα μέσης ετήσιας βροχόπτωσης του στατιστικού καταβιβασμού κλίμακας για το υδατικό διαμέρισμα Δυτικής Στερεάς Ελλάδας

Λεκάνη απορροής	Μελλοντική περίοδος 2030-2050	Μελλοντική περίοδος 2030-2050			Μελλοντική περίοδος 2080-2100		
		SRES B1	SRES A1B	SRES A2	SRES B1	SRES A1B	SRES A2
	Μέση ετήσια βροχόπτωση (mm)						
Ίναχος	1478,56	1487,06	1485,44	1459,66	1489,12	1463,88	1474,04
Αγραφιώτης	1806,97	1814,64	1798,21	1768,15	1800,48	1754,09	1756,95
Τρικεριώτης	968,69	974,37	967,06	942,07	970,65	940,23	943,97
Κλ.Λ.Λ.Λυσιμαχίας	886,78	890,06	889,80	880,44	890,69	881,53	885,79
Αχελώος	1453,74	1461,45	1453,40	1431,33	1455,78	1425,56	1430,07
Ταυρωπός	1461,13	1468,97	1457,81	1434,45	1459,06	1423,33	1424,69
Μόρνος	1134,76	1138,62	1138,01	1125,15	1139,29	1126,02	1131,09
Εόηνος	1134,81	1136,62	1126,73	1111,77	1127,31	1101,18	1100,73

Πίνακας 4.26. Αποτελέσματα τυπικής απόκλισης μέσης ετήσιας βροχόπτωσης του στατιστικού καταβιβασμού κλίμακας για το υδατικό διαμέρισμα Δυτικής Στερεάς Ελλάδας

Λεκάνη απορροής	Μελλοντική περίοδος 2030-2050	Μελλοντική περίοδος 2030-2050			Μελλοντική περίοδος 2080-2100		
		SRES B1	SRES A1B	SRES A2	SRES B1	SRES A1B	SRES A2
	<u>Τοπική απόκλιση μέσης ετήσιας βροχόπτωσης (mm)</u>						
Ιναχος	225,49	228,08	225,51	223,54	227,17	227,76	224,85
Αγραφιώτης	287,94	287,12	286,41	283,69	287,69	290,55	284,12
Τρικεριώτης	202,04	205,64	202,60	199,68	202,73	202,33	199,52
Κλ.Λ.Λ.Λουσιμαχίας	180,04	179,41	180,09	179,44	180,31	180,64	179,93
Αχελώος	216,97	217,55	216,10	214,24	217,43	218,71	215,42
Ταυρωπός	233,46	233,21	233,04	230,54	234,11	236,26	230,97
Μόρνος	176,66	177,58	176,96	175,80	176,83	176,64	176,29
Εύηνος	191,93	191,22	191,59	190,85	192,14	192,58	190,81

Πίνακας 4.27. Αποτελέσματα μέσης ετήσιας θερμοκρασίας του στατιστικού καταβιβασμού κλίμακας για το υδατικό διαμέρισμα Δυτικής Στερεάς Ελλάδας

Λεκάνη απορροής	Ιστορική περίοδος 1980-2000	Μελλοντική περίοδος 2030-2050			Μελλοντική περίοδος 2080-2100		
		SRES B1	SRES A1B	SRES A2	SRES B1	SRES A1B	SRES A2
	<u>Μέση ετήσια θερμοκρασία (°C)</u>						
Ιναχος	14,57	14,86	14,97	14,97	15,09	15,39	15,69
Αγραφιώτης	9,96	10,09	10,15	10,14	10,21	10,35	10,49
Τρικεριώτης	10,79	11,28	11,46	11,46	11,66	12,17	12,66
Κλ.Λ.Λ.Λουσιμαχίας	15,37	15,47	15,51	15,50	15,55	15,65	15,75
Αχελώος	12,44	12,51	12,54	12,54	12,57	12,64	12,71
Ταυρωπός	11,41	11,55	11,61	11,60	11,67	11,82	11,96
Μόρνος	12,27	12,34	12,38	12,37	12,42	12,50	12,59
Εύηνος	12,91	13,10	13,18	13,17	13,25	13,45	13,64

Πίνακας 4.28. Αποτελέσματα τυπικής απόκλισης μέσης ετήσιας θερμοκρασίας του στατιστικού καταβιβασμού κλίμακας για το υδατικό διαμέρισμα Δυτικής Στερεάς Ελλάδας

Λεκάνη απορροής	Ιστορική περίοδος 1980-2000	Μελλοντική περίοδος 2030-2050			Μελλοντική περίοδος 2080-2100		
		SRES B1	SRES A1B	SRES A2	SRES B1	SRES A1B	SRES A2
	<u>Τοπική απόκλιση μέσης ετήσιας θερμοκρασίας (°C)</u>						
Ιναχος	0,42	0,42	0,42	0,43	0,42	0,42	0,43
Αγραφιώτης	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53
Τρικεριώτης	0,60	0,60	0,60	0,62	0,60	0,60	0,62
Κλ.Λ.Λ.Λουσιμαχίας	0,50	0,51	0,50	0,51	0,51	0,50	0,51
Αχελώος	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44
Ταυρωπός	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53
Μόρνος	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73
Εύηνος	0,64	0,64	0,63	0,64	0,64	0,64	0,64

Η μέση ετήσια βροχόπτωση του υδατικού διαμερίσματος Δυτικής Στερεάς Ελλάδας για την ιστορική περίοδο 1980-2000 είναι 1320,44 mm με ένα εύρος από 934,46 mm ως 1720,55 mm. Ο συντελεστής ασυμμετρίας της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης είναι 0,02 ενώ ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης 1^{ης} τάξης είναι 0,06. Τα σενάρια κλιματικής μεταβολής προβάλλουν για την μεσοπρόθεσμη επιλεγμένη περίοδο 2030-2050 μικρές μεταβολές της βροχόπτωσης (Πίνακας 4.29 και Σχήμα 4.5). Ειδικότερα η μέση ετήσια βροχόπτωση για το σενάριο SRES B1 επίκειται να αυξηθεί κατά 0,45% ενώ για το σενάριο SRES A1B εμφανίζεται μείωση 0,11% και για το σενάριο SRES A2 προβάλλεται μεγαλύτερη μείωση της τάξης 1,63%. Η τυπική απόκλιση της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης αυξάνεται κατά 0,26% για το SRES B1, και μειώνεται 0,2% για το SRES A1B και 0,01% για το SRES A2. Το μέγιστο αυξάνεται στα 1726,5 mm για το SRES B1 , και μειώνεται στα 1714,71 mm για το SRES A1B και στα 1691,36 mm για το SRES A2. Από την άλλη το ελάχιστο αυξάνεται για το SRES B1 στα 942,06 mm και μειώνεται για το SRES A1B και SRES A2 στα 930,24 mm και 912,61 mm αντίστοιχα. Οι μεταβολές του συντελεστή ασυμμετρίας είναι αρκετά μεγάλες από -157,55%-18,68% γεγονός που επιβεβαιώνει την μεταβολή των τιμών της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης προς το μικρότερο ή το μεγαλύτερο. Ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης 1^{ης} τάξης εμφανίζει μια μικρή τάση μεταβολής σε σχέση με την χρονική υστέρηση στο SRES A1B.

Όσον αφορά την μακροπρόθεσμη επιλεγμένη περίοδο 2080-2100 οι μεταβολές της βροχόπτωσης είναι μεγαλύτερες. Πιο συγκεκριμένα η μέση ετήσια βροχόπτωση αυξάνεται για το σενάριο SRES B1 κατά 0,04% ενώ για το σενάριο SRES A1B εμφανίζεται μείωση 2,06% και για το σενάριο SRES A2 προβάλλεται μεγαλύτερη μείωση της τάξης 1,79%. Η τυπική απόκλιση της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης αυξάνεται κατά 0,21% για το SRES B1, 0,65% για το SRES A1B και μειώνεται 0,72% για το SRES A2. Το μέγιστο μειώνεται στα 1719,15 mm για το SRES B1 , στα 1699,43 mm για το SRES A1B και στα 1691,42 mm για το SRES A2. Από την άλλη το ελάχιστο μειώνεται για το SRES B1 στα 934,14 mm και για το SRES A1B και SRES A2 στα 905,68 mm και 910,08 mm αντίστοιχα. Οι μεταβολές του συντελεστή ασυμμετρίας είναι αρκετά μεγάλες από -76,35%-107,65% γεγονός που επιβεβαιώνει την μεταβολή των τιμών της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης προς το μικρότερο ή το μεγαλύτερο και σε αυτή την περίοδο. Ο συντελεστής

αυτοσυσχέτισης 1^{ης} τάξης εμφανίζει μια μικρή τάση μεταβολής σε σχέση με την χρονική υστέρηση στο SRES B1.

Πίνακας 4.29. Ετήσια στατιστικά χαρακτηριστικά βροχόπτωσης για το υδατικό διαμέρισμα Δυτικής Στερεάς Ελλάδας

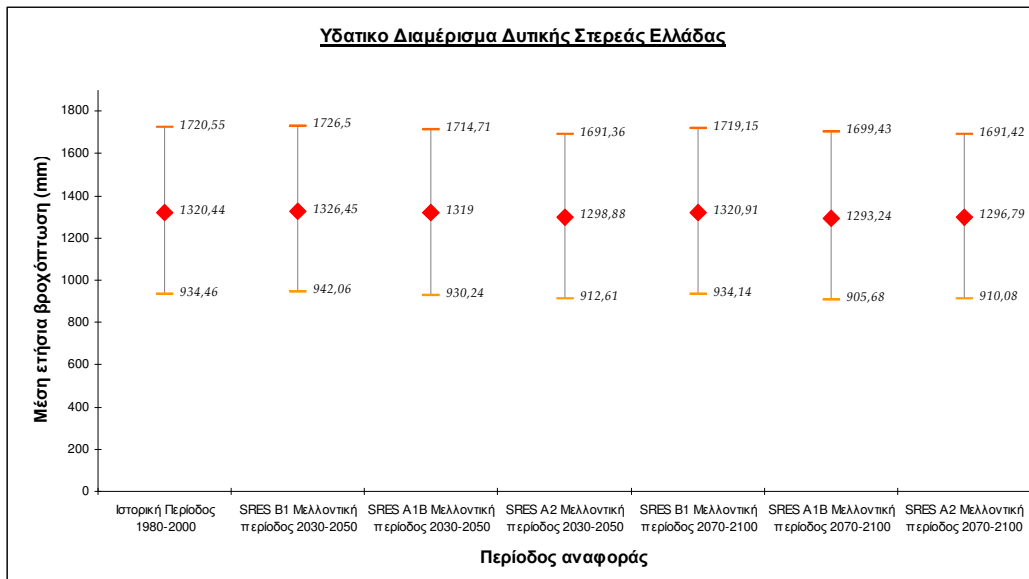
	Ιστορική περίοδος 1980-2000	Μελλοντική Περίοδος 2030-2050		Μελλοντική Περίοδος 2080-2100	
		(% Μεταβολή)		(% Μεταβολή)	
Μέση ετήσια βροχόπτωση (mm)	1320,44				
SRES B1		1326,45	0,45	1320,91	0,04
SRES A1B		1319,00	-0,11	1293,24	-2,06
SRES A2		1298,88	-1,63	1296,79	-1,79
Τυπική Απόκλιση (mm)	210,26				
SRES B1		210,81	0,26	210,70	0,21
SRES A1B		209,84	-0,20	211,63	0,65
SRES A2		208,10	-1,03	208,76	-0,72
Ασομμετρία	0,02				
SRES B1		0,02	18,68	0,04	87,78
SRES A1B		0,01	-49,74	0,04	107,65
SRES A2		-0,01	-157,55	0,00	-76,35
Ελάχιστο (mm)	934,46				
SRES B1		942,06	0,81	934,14	-0,03
SRES A1B		930,24	-0,45	905,68	-3,08
SRES A2		912,61	-2,34	910,08	-2,61
Μέγιστο (mm)	1720,55				
SRES B1		1726,50	0,35	1719,15	-0,08
SRES A1B		1714,71	-0,34	1699,43	-1,23
SRES A2		1691,36	-1,70	1691,42	-1,69
Συντελεστής αυτοσυσχέτισης 1ης τάξης	0,06				
SRES B1		0,06	0,47	0,07	9,06
SRES A1B		0,07	4,82	0,06	2,88
SRES A2		0,08	24,36	0,06	-0,51

Πίνακας 4.30. Ετήσια στατιστικά χαρακτηριστικά θερμοκρασίας για το υδατικό διαμέρισμα Δυτικής Στερεάς Ελλάδας

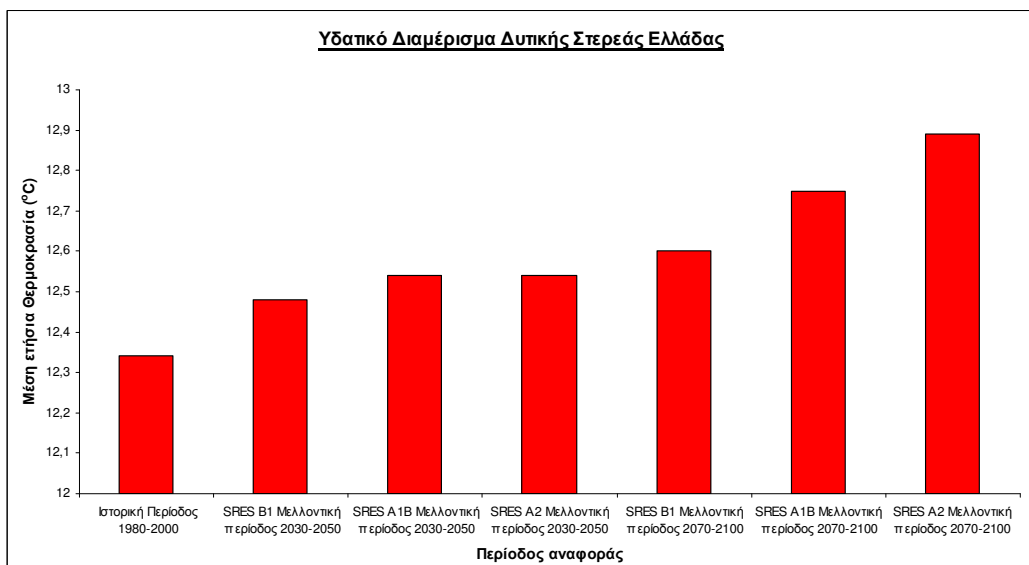
	Ιστορική περίοδος 1980-2000	Μελλοντική Περίοδος 2030-2050		Μελλοντική Περίοδος 2080-2100	
		(% Μεταβολή)		(% Μεταβολή)	
Μέση ετήσια θερμοκρασία (°C)	12,34				
SRES B1		12,48	1,15	12,60	2,09
SRES A1B		12,54	1,61	12,75	3,30
SRES A2		12,54	1,59	12,89	4,48
Τυπική Απόκλιση (°C)	0,54				
SRES B1		0,54	0,23	0,54	0,17
SRES A1B		0,54	-0,01	0,54	0,04
SRES A2		0,54	0,07	0,54	0,50
Ασομμετρία	-0,05				
SRES B1		-0,04	-21,93	-0,04	-6,62
SRES A1B		-0,04	-13,25	-0,05	-0,28
SRES A2		-0,05	-4,24	-0,04	-18,28
Ελάχιστο (°C)	11,31				
SRES B1		11,46	1,28	11,58	2,32
SRES A1B		11,52	1,79	11,72	3,62
SRES A2		11,51	1,75	11,87	4,87
Μέγιστο (°C)	13,33				
SRES B1		13,48	1,13	13,59	1,93
SRES A1B		13,53	1,50	13,74	3,07
SRES A2		13,53	1,49	13,90	4,22
Συντελεστής αυτοσυσχέτισης 1ης τάξης	-0,07				
SRES B1		-0,08	3,21	-0,07	-3,63
SRES A1B		-0,07	0,03	-0,07	-2,97
SRES A2		-0,07	-1,06	-0,07	-7,71

Η μέση ετήσια θερμοκρασία του υδατικού διαμερίσματος Δυτικής Στερεάς Ελλάδας για την ιστορική περίοδο 1980-2000 είναι 12,34 °C με ένα εύρος από 11,31 °C ως 13,33 °C. Ο συντελεστής ασυμμετρίας της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας είναι -0,05 ενώ ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης 1^{ης} τάξης είναι -0,07. Τα σενάρια κλιματικής μεταβολής προβάλλουν για την μεσοπρόθεσμη επιλεγμένη περίοδο 2030-2050 μικρές μεταβολές της θερμοκρασίας (Πίνακας 4.30 και Σχήμα 4.6). Η μέση ετήσια θερμοκρασία για το σενάριο SRES B1 επίκειται να αυξηθεί κατά 1,15% ενώ για το σενάριο SRES A1B εμφανίζεται αύξηση 1,61% και για το σενάριο SRES A2 προβάλλεται αύξηση της τάξης 1,59%. Η τυπική απόκλιση της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας αυξάνεται κατά 0,23% για το SRES B1 μειώνεται 0,01% για το SRES A1B και αυξάνεται 0,07% για το SRES A2. Το μέγιστο αυξάνεται στους 13,48 °C για το SRES B1 , 13,53 °C για το SRES A1B και στους 13,53 °C για το SRES A2. Από την άλλη το ελάχιστο αυξάνεται για το SRES B1 στους 11,46 °C, στους 11,52 °C για το SRES A1B και για SRES A2 στους 11,51 °C. Οι μεταβολές του συντελεστή ασυμμετρίας είναι αρκετά μεγάλες από -21,93% έως -4,24% γεγονός που επιβεβαιώνει την μεταβολή των τιμών της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης προς το μικρότερο ή το μεγαλύτερο. Ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης 1^{ης} τάξης εμφανίζει μια μικρή τάση μεταβολής σε σχέση με την χρονική υστέρηση στο SRES B1.

Για την μακροπρόθεσμη επιλεγμένη περίοδο 2080-2100 οι μεταβολές της θερμοκρασίας είναι μεγαλύτερες. Πιο συγκεκριμένα η μέση ετήσια θερμοκρασία αυξάνεται σε όλα τα σενάρια κλιματικής μεταβολής και για το σενάριο SRES B1 επίκειται να αυξηθεί κατά 2,09% ενώ για το σενάριο SRES A1B εμφανίζεται επίσης αύξηση 3,30% και για το σενάριο SRES A2 προβάλλεται μεγαλύτερη αύξηση της τάξης 4,48%. Η τυπική απόκλιση της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας αυξάνεται κατά 0,23% για το SRES B1, μειώνεται -0,01% για το SRES A1B και αυξάνεται 0,07% για το SRES A2. Το μέγιστο αυξάνεται στους 13,59 °C για το SRES B1 , στους 13,74 °C για το SRES A1B και στους 13,90 °C για το SRES A2. Από την άλλη το ελάχιστο αυξάνεται για το SRES B1 11,58 °C, στους 11,72 °C για το SRES A1B και για το SRES A2 στους 11,87 °C. Οι μεταβολές του συντελεστή ασυμμετρίας είναι αρκετά μεγάλες από -18,28% έως -0,28% γεγονός που επιβεβαιώνει την μεταβολή των τιμών της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης προς το μικρότερο ή το μεγαλύτερο και σε αυτή την περίοδο. Ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης 1^{ης} τάξης δεν εμφανίζει τάση μεταβολής σε σχέση με την χρονική υστέρηση σε όλα τα σενάρια.



Σχήμα 4.5. Αποτελέσματα μέσης ετήσιας βροχόπτωσης για το υδατικό διαμέρισμα Δυτικής Στερεάς Ελλάδας



Σχήμα 4.6. Αποτελέσματα μέσης ετήσιας θερμοκρασίας για το υδατικό διαμέρισμα Δυτικής Στερεάς Ελλάδας

4.3 ΜΗΝΙΑΙΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΕ ΕΠΙΠΕΔΟ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΟΣ

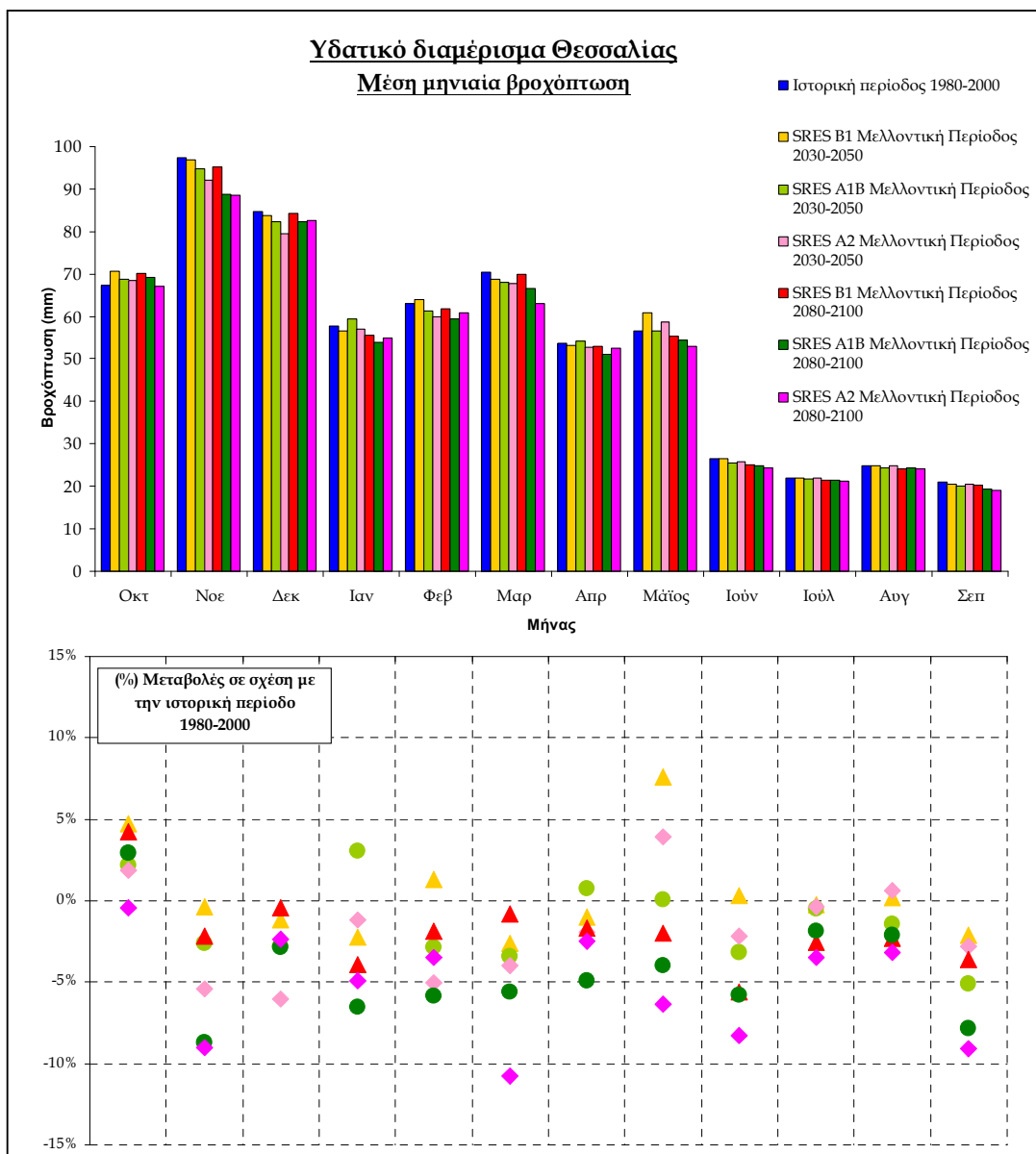
Σε αυτό το στάδιο θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα για την μέση μηνιαία βροχόπτωση και θερμοκρασία σε επίπεδο υδατικού διαμερίσματος και όχι σε επίπεδο λεκάνης απορροής για ο όγκος των αποτελεσμάτων είναι πολύ μεγάλος. Θα παρουσιαστούν όλα τα στατιστικά χαρακτηριστικά (τυπική απόκλιση, ελάχιστο, μέγιστο, συντελεστής ασυμμετρίας, συντελεστής μηνιαίας ετεροσυσχέτισης) τα οποία έχουν υπολογιστεί στα πλαίσια της παρούσας μελέτης.

4.3.1 Υδατικό διαμέρισμα Θεσσαλίας

Τα στατιστικά χαρακτηριστικά της μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης και θερμοκρασίας έχουν υπολογιστεί όπως και στην περίπτωση των ετήσιων στατιστικών χαρακτηριστικών για δύο επιλεγμένες περιόδους 2030-2050 και 2080-2100 και τρία σενάρια εκπομπής τα SRES B1, A1B και A2. Στο Σχήμα 4.7 παρουσιάζονται οι προβολές των σεναρίων κλιματικής μεταβολής για την μέση μηνιαία βροχόπτωση όσον αφορά τις δύο περιόδους ενώ φαίνονται και οι ποσοστιαίες μεταβολές της μηνιαίας βροχόπτωσης σε σχέση με την ιστορική περίοδο 1980-2000.

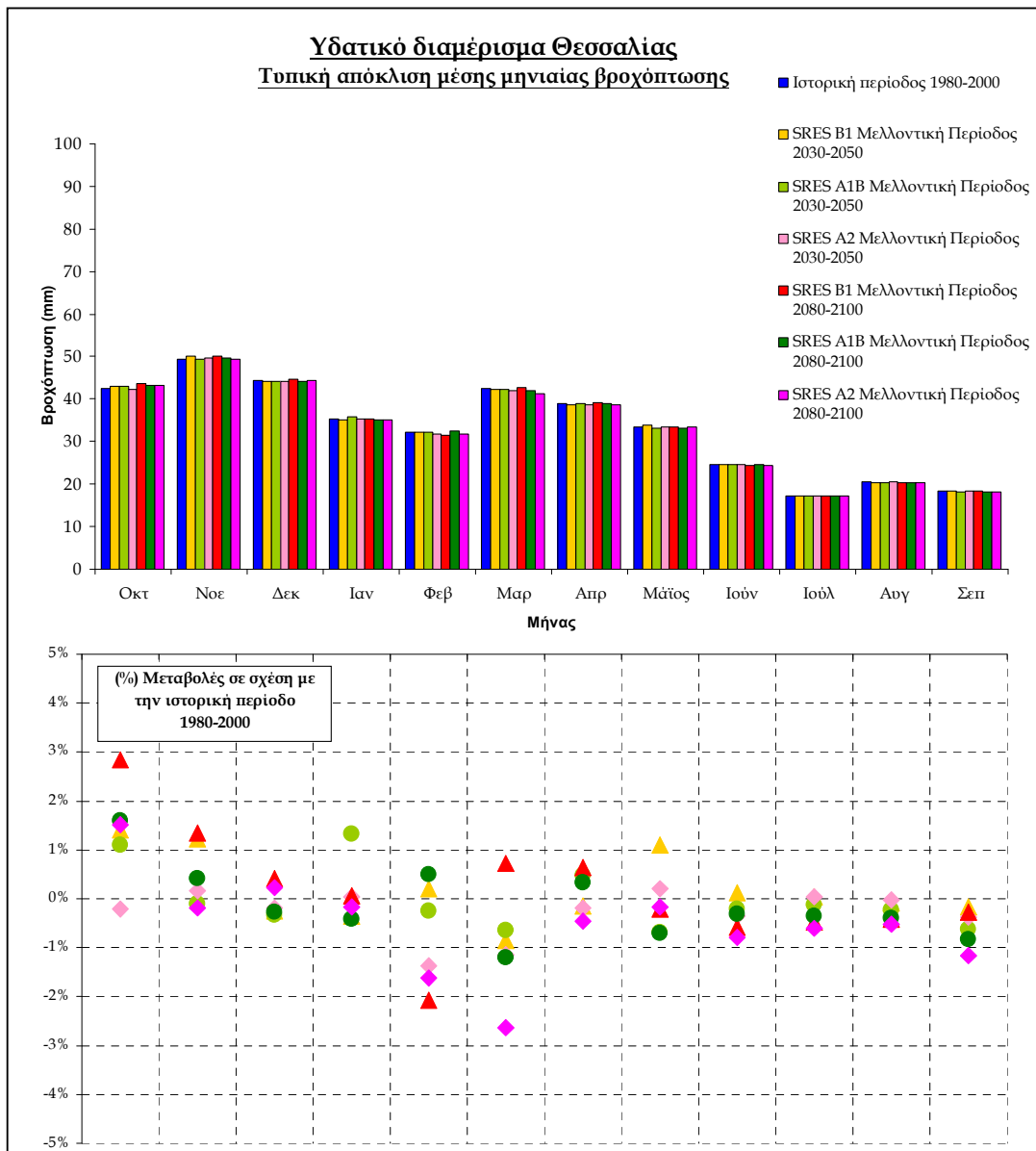
Για την περίοδο 2030-2050 οι μεταβολές της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης κυμαίνονται από -6%-7,6% ενώ για την περίοδο 2080-2100 από -10,78% - 4,21%. Όλα τα σενάρια και για τις δύο επιλεγμένες περιόδους προβάλλουν μείωση της βροχόπτωσης στους περισσότερους μήνες του έτους. Το σενάριο SRES A2 για την περίοδο 2080-2100 προβάλλει την μεγαλύτερη μείωση της βροχόπτωσης στους περισσότερους μήνες του έτους. Το Σχήμα 4.8 δείχνει την τυπική απόκλιση της μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης τόσο για την ιστορική περίοδο όσο και για τις δύο μελλοντικές ανάλογα με το σενάριο κλιματικής μεταβολής που χρησιμοποιείται. Η τυπική απόκλιση για την μεσοπρόθεσμη περίοδο μεταβάλλεται από -1%-1,5% ενώ για την μακροπρόθεσμη περίοδο από -2,6%-2,85%.

Ο Πίνακας 4.31 παρουσιάζει τα αποτελέσματα της μελέτης για τον συντελεστή ασυμμετρίας της μηνιαίας βροχόπτωσης. Είναι προφανές ότι οι μεταβολές του δεν είναι σημαντικές και κυμαίνονται από -9%-5,64% για την περίοδο 2030-2050 και από -6,75%-24,8%.



Μήνας	Ιστορική περίοδος 1980-2000	Μελλοντική περίοδος 2030-2050			Μελλοντική περίοδος 2080-2100		
		SRES B1	SRES A1B	SRES A2	SRES B1	SRES A1B	SRES A2
		Μέση μηνιαία βροχόπτωση (mm)					
Οκτ	67,35	70,54	68,80	68,59	70,18	69,31	67,05
Νοε	97,32	96,94	94,78	92,07	95,22	88,81	88,51
Δεκ	84,68	83,67	82,31	79,57	84,34	82,26	82,66
Ιαν	57,78	56,49	59,53	57,08	55,53	54,01	54,94
Φεβ	63,04	63,87	61,24	59,86	61,85	59,36	60,86
Μαρ	70,49	68,67	68,06	67,69	69,91	66,56	62,90
Απρ	53,81	53,28	54,21	52,77	52,89	51,17	52,48
Μάϊος	56,59	60,89	56,63	58,81	55,45	54,32	52,99
Ιούν	26,45	26,53	25,60	25,87	24,97	24,92	24,25
Ιούλ	21,93	21,88	21,82	21,84	21,36	21,52	21,17
Αυγ	24,78	24,83	24,42	24,93	24,21	24,25	23,99
Σεπ	21,06	20,61	19,99	20,47	20,30	19,41	19,14

Σχήμα 4.7. Αποτελέσματα μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης για το υδατικό διαμέρισμα Θεσσαλίας



Μήνας	Ιστορική περίοδος 1980-2000	Μελλοντική περίοδος 2030-2050			Μελλοντική περίοδος 2080-2100		
		SRES B1	SRES A1B	SRES A2	SRES B1	SRES A1B	SRES A2
		Τυπική απόκλιση μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης (mm)					
Οκτ	42,44	43,03	42,91	42,35	43,64	43,11	43,08
Νοε	49,50	50,10	49,44	49,58	50,16	49,70	49,41
Δεκ	44,35	44,24	44,20	44,27	44,54	44,23	44,45
Ιαν	35,22	35,10	35,69	35,24	35,24	35,08	35,16
Φεβ	32,24	32,31	32,16	31,80	31,57	32,40	31,72
Μαρ	42,49	42,13	42,22	42,00	42,80	41,98	41,37
Απρ	38,81	38,75	38,99	38,73	39,06	38,94	38,63
Μάιος	33,41	33,78	33,19	33,48	33,34	33,17	33,36
Ιούν	24,57	24,60	24,51	24,48	24,42	24,49	24,37
Ιούλ	17,28	17,29	17,26	17,29	17,20	17,22	17,18
Αυγ	20,42	20,41	20,37	20,42	20,34	20,34	20,32
Σεπ	18,35	18,31	18,23	18,28	18,30	18,19	18,13

Σχήμα 4.8. Αποτελέσματα τυπικής απόκλισης μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης για το υδατικό διαμέρισμα Θεσσαλίας

Πίνακας 4.31. Αποτελέσματα για το συντελεστή ασυμμετρίας της μηνιαίας βροχόπτωσης του υδατικού διαμερίσματος Θεσσαλίας

Μήνας	Ιστορική περίοδος 1980-2000	Μελλοντική περίοδος 2030-2050			Μελλοντική περίοδος 2080-2100		
		SRES B1	SRES A1B	SRES A2	SRES B1	SRES A1B	SRES A2
	<u>Συντελεστής ασυμμετρίας μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης</u>						
Οκτ	0,77	0,75	0,74	0,76	0,72	0,76	0,76
Νοε	0,86	0,83	0,87	0,87	0,85	0,87	0,88
Δεκ	0,43	0,44	0,46	0,45	0,47	0,46	0,44
Ιαν	0,10	0,11	0,09	0,10	0,12	0,13	0,12
Φεβ	0,44	0,44	0,45	0,46	0,45	0,46	0,45
Μαρ	1,27	1,26	1,29	1,29	1,22	1,30	1,35
Απρ	0,94	0,93	0,93	0,93	0,92	0,92	0,95
Μάιος	0,73	0,72	0,76	0,74	0,73	0,75	0,73
Ιούν	1,53	1,51	1,53	1,53	1,55	1,54	1,56
Ιούλ	0,71	0,72	0,71	0,72	0,73	0,72	0,73
Αυγ	0,96	0,96	0,97	0,96	0,98	0,98	0,98
Σεπ	1,14	1,14	1,16	1,14	1,15	1,18	1,18

Οι μεταβολές του ελάχιστου (Πίνακας 4.32) και του μέγιστου ((Πίνακας 4.33) της μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης παρουσιάζουν αξιοσημείωτες μεταβολές. Έτσι η μεταβολή του ελάχιστου για την περίοδο 2030-2050 κυμαίνεται από -47%-21,4% και του μέγιστου -3%-4% ενώ για την περίοδο 2080-2100 από -64%-5% και -5%-2,9%. Ο συντελεστής μηνιαίας ετεροσυσχέτισης μεταβάλλεται για την περίοδο 2030-2050 από -15%-19,38% και για την περίοδο 2080-2100 από -24%-13% ανάλογα με το σενάριο που χρησιμοποιείται (Πίνακας 4.34). Η μεταβολή αυτή δείχνει ότι υπάρχει μια μικρή τάση μεταβολής της χρονικής κατανομής της βροχόπτωσης.

Πίνακας 4.32. Αποτελέσματα για το ελάχιστο της μηνιαίας βροχόπτωσης του υδατικού διαμερίσματος Θεσσαλίας

Μήνας	Ιστορική περίοδος 1980-2000	Μελλοντική περίοδος 2030-2050			Μελλοντική περίοδος 2080-2100		
		SRES B1	SRES A1B	SRES A2	SRES B1	SRES A1B	SRES A2
	<u>Ελάχιστο μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης (mm)</u>						
Οκτ	8,45	9,99	8,24	9,41	8,60	8,67	7,30
Νοε	32,71	31,32	31,03	28,54	30,13	25,36	25,69
Δεκ	16,69	17,49	16,19	13,08	17,60	15,70	15,50
Ιαν	4,10	3,46	4,57	3,86	2,76	2,18	2,25
Φεβ	12,57	13,00	11,51	10,68	13,07	9,12	11,80
Μαρ	18,29	16,01	16,65	16,67	17,22	15,67	13,61
Απρ	10,39	9,69	9,60	9,05	7,54	7,13	9,17
Μάιος	12,13	14,73	13,35	14,01	11,35	10,67	8,94
Ιούν	1,75	1,75	1,29	1,54	1,24	1,10	0,96
Ιούλ	0,44	0,45	0,42	0,43	0,33	0,37	0,31
Αυγ	0,92	0,95	0,86	0,98	0,77	0,82	0,74
Σεπ	0,76	0,58	0,40	0,56	0,52	0,30	0,27

Πίνακας 4.33. Αποτελέσματα για το μέγιστο της μηνιαίας βροχόπτωσης του υδατικού διαμερίσματος Θεσσαλίας

Μήνας	Ιστορική περίοδος 1980-2000	Μελλοντική περίοδος 2030-2050			Μελλοντική περίοδος 2080-2100		
		SRES B1	SRES A1B	SRES A2	SRES B1	SRES A1B	SRES A2
Μέγιστο μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης (mm)							
Οκτ	165,14	169,17	167,31	166,18	169,96	168,83	166,64
Νοε	209,81	210,47	206,64	204,71	208,81	202,00	200,97
Δεκ	173,36	172,08	170,73	167,84	174,02	170,50	171,78
Ιαν	121,56	120,20	124,15	121,16	119,92	118,08	118,90
Φεβ	128,51	129,46	126,73	124,09	125,69	125,59	124,87
Μαρ	178,92	175,93	175,96	175,22	178,47	174,02	169,23
Απρ	137,90	136,71	138,83	136,28	137,55	135,14	136,07
Μάιος	132,06	137,44	131,95	134,73	130,93	129,60	128,33
Ιούν	91,00	90,97	89,97	90,13	89,32	89,30	88,58
Ιούλ	59,59	59,52	59,39	59,48	58,91	59,03	58,63
Αυγ	71,95	71,98	71,57	72,03	71,29	71,33	71,05
Σεπ	64,06	63,51	62,86	63,36	63,43	62,33	61,89

Πίνακας 4.34. Αποτελέσματα για συντελεστή μηνιαίας ετεροσυσχέτισης της βροχόπτωσης του υδατικού διαμερίσματος Θεσσαλίας

Μήνας	Ιστορική περίοδος 1980-2000	Μελλοντική περίοδος 2030-2050			Μελλοντική περίοδος 2080-2100		
		SRES B1	SRES A1B	SRES A2	SRES B1	SRES A1B	SRES A2
Συντελεστής μηνιαίας ετεροσυσχέτισης βροχόπτωσης							
Οκτ-Νοε	-0,11	-0,12	-0,12	-0,12	-0,11	-0,08	-0,11
Νοε-Δεκ	-0,17	-0,16	-0,17	-0,15	-0,17	-0,16	-0,18
Δεκ-Ιαν	-0,06	-0,06	-0,06	-0,06	-0,06	-0,05	-0,05
Ιαν-Φεβ	0,13	0,11	0,16	0,13	0,13	0,15	0,14
Φεβ-Μαρ	0,21	0,20	0,20	0,18	0,19	0,19	0,19
Μαρ-Απρ	0,16	0,15	0,16	0,17	0,17	0,16	0,16
Απρ-Μάιος	0,11	0,11	0,11	0,11	0,10	0,11	0,11
Μάιος-Ιούν	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	0,04
Ιούν-Ιούλ	0,52	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53
Ιούλ-Αυγ	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
Αυγ-Σεπ	0,32	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31
Σεπ-Οκτ	-0,13	-0,13	-0,13	-0,14	-0,13	-0,13	-0,12

Τα στατιστικά χαρακτηριστικά της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας έχουν υπολογιστεί όπως και στην περίπτωση της βροχόπτωσης για δύο επιλεγμένες περιόδους 2030-2050 και 2080-2100 και τρία σενάρια εκπομπής τα SRES B1, A1B και A2. Στο Σχήμα 4.9 παρουσιάζονται οι προβολές των σεναρίων κλιματικής μεταβολής για την μέση μηνιαία θερμοκρασία όσον αφορά τις δύο περιόδους ενώ φαίνονται και οι ποσοστιαίες μεταβολές της μηνιαίας θερμοκρασίας σε σχέση με την ιστορική περίοδο 1980-2000.

Για την περίοδο 2030-2050 οι μεταβολές της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας κυμαίνονται από -13%-36% ενώ για την περίοδο 2080-2100 από -0,15% - 1,4%. Όλα τα σενάρια και για τις δύο επιλεγμένες περιόδους προβάλλουν μικρή αύξηση της θερμοκρασίας στους περισσότερους μήνες του έτους. Το σενάριο SRES A2 για την

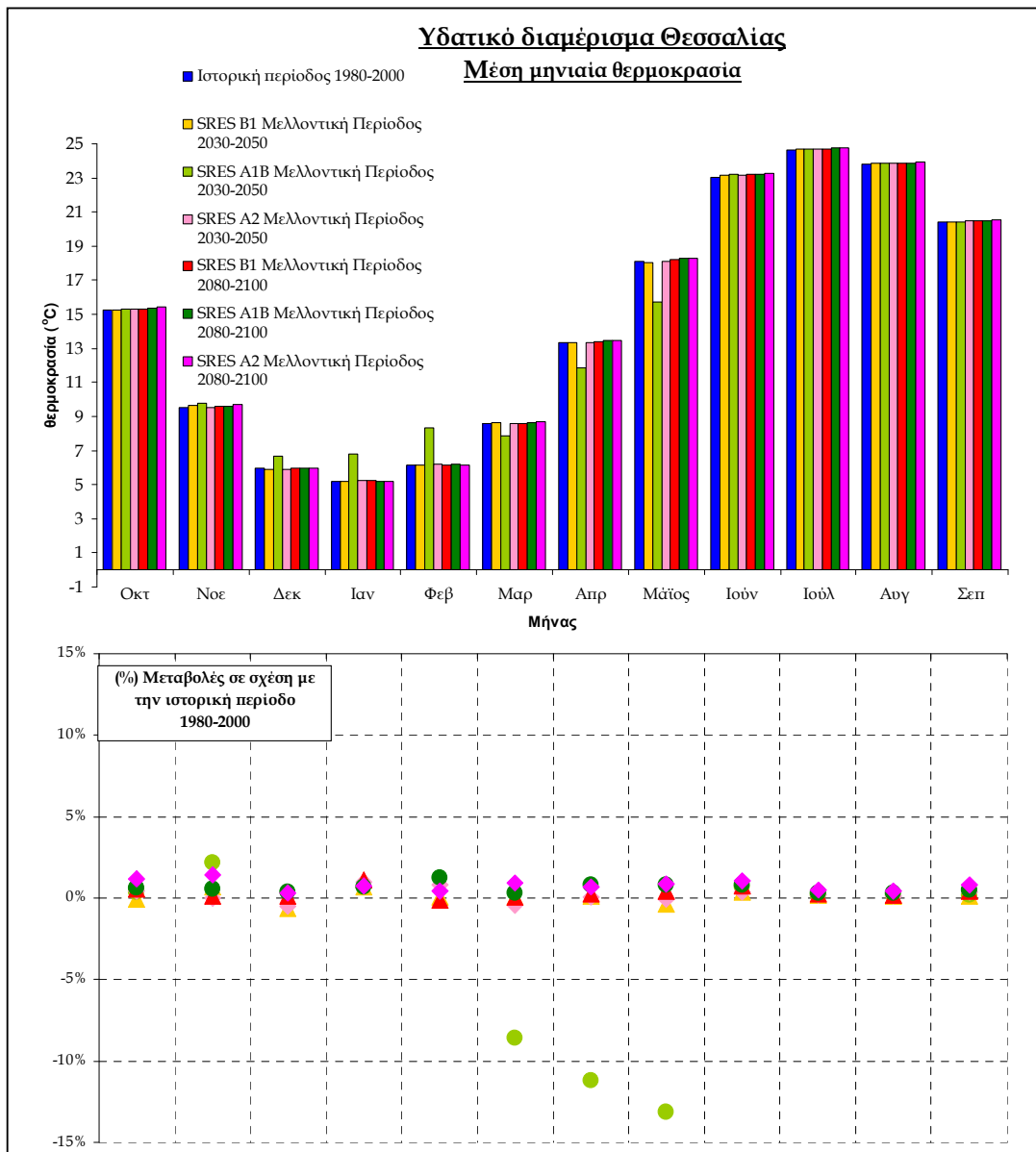
περίοδο 2080-2100 προβάλλει την μεγαλύτερη αύξηση της θερμοκρασίας στους περισσότερους μήνες του έτους.

Το Σχήμα 4.10 δείχνει την τυπική απόκλιση της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας τόσο για την ιστορική περίοδο όσο και για τις δύο μελλοντικές ανάλογα με το σενάριο κλιματικής μεταβολής που χρησιμοποιείται. Η τυπική απόκλιση για την μεσοπρόθεσμη περίοδο μεταβάλλεται από -1%-0,5% ενώ για την μακροπρόθεσμη περίοδο το εύρος μεταβολής της τυπικής απόκλισης είναι το ίδιο.

Ο Πίνακας 4.35 παρουσιάζει τα αποτελέσματα της μελέτης για τον συντελεστή ασυμμετρίας της μηνιαίας βροχόπτωσης. Είναι προφανές ότι οι μεταβολές του δεν είναι σημαντικές και κυμαίνονται από -8%-4,2% για την περίοδο 2030-2050 και από -15%-12,1%. Οι μεταβολές του ελάχιστου (Πίνακας 4.36) και του μέγιστου ((Πίνακας 4.37) της μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης παρουσιάζουν αξιοσημείωτες μεταβολές. Έτσι η μεταβολή του ελάχιστου για την περίοδο 2030-2050 κυμαίνεται από -17%-61% και του μέγιστου -12%-25,4% ενώ για την περίοδο 2080-2100 από -0,4%-2% και -0,1%-1%. Ο συντελεστής μηνιαίας ετεροσυσχέτισης μεταβάλλεται για την περίοδο 2030-2050 από -11%-7,4% και για την περίοδο 2080-2100 από -10,3%-4,3% ανάλογα με το σενάριο που χρησιμοποιείται (Πίνακας 4.38). Η μεταβολή αυτή δείχνει ότι υπάρχει μια μικρή τάση μεταβολής της χρονικής κατανομής της βροχόπτωσης.

Πίνακας 4.35. Αποτελέσματα για το συντελεστή ασυμμετρίας της μηνιαίας θερμοκρασίας του υδατικού διαμερίσματος Θεσσαλίας

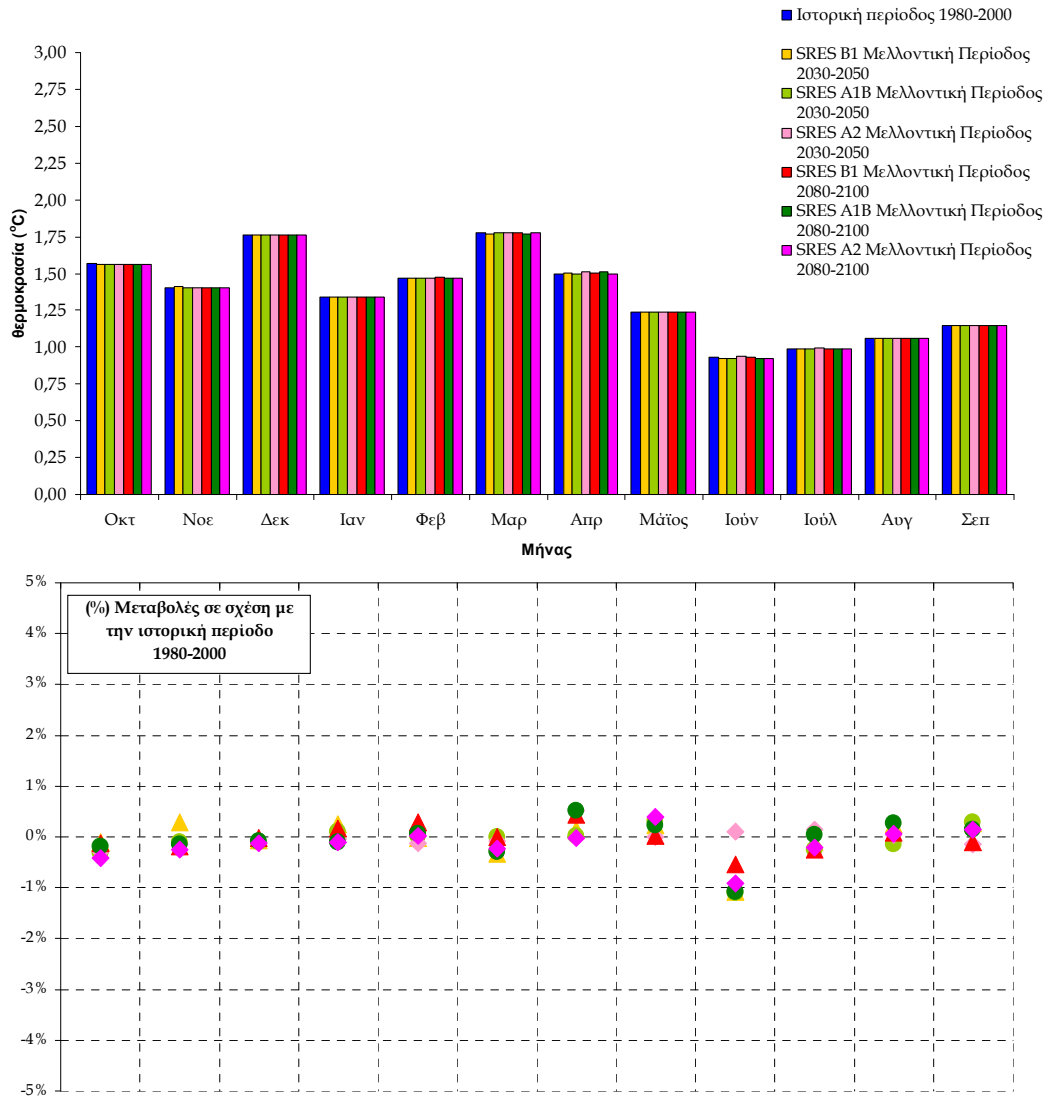
Μήνας	Ιστορική περίοδος 1980-2000	Μελλοντική περίοδος 2030-2050			Μελλοντική περίοδος 2080-2100		
		SRES B1	SRES A1B	SRES A2	SRES B1	SRES A1B	SRES A2
	<u>Συντελεστής ασυμμετρίας μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας (°C)</u>						
Οκτ	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24
Νοε	-0,37	-0,36	-0,37	-0,38	-0,38	-0,38	-0,38
Δεκ	-0,23	-0,23	-0,24	-0,23	-0,24	-0,24	-0,23
Ιαν	-0,03	-0,03	-0,04	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03
Φεβ	-0,15	-0,14	-0,15	-0,15	-0,14	-0,15	-0,15
Μαρ	-0,86	-0,88	-0,88	-0,88	-0,88	-0,88	-0,88
Απρ	-0,43	-0,43	-0,43	-0,43	-0,42	-0,42	-0,43
Μάιος	-0,25	-0,23	-0,23	-0,24	-0,23	-0,24	-0,23
Ιούν	-0,64	-0,66	-0,66	-0,65	-0,65	-0,67	-0,68
Ιούλ	0,45	0,45	0,45	0,45	0,46	0,45	0,45
Αυγ	-0,05	-0,04	-0,05	-0,04	-0,05	-0,05	-0,05
Σεπ	0,87	0,87	0,85	0,87	0,87	0,86	0,86



Μήνας	Ιστορική περίοδος 1980-2000	Μελλοντική περίοδος 2030-2050			Μελλοντική περίοδος 2080-2100		
		SRES B1	SRES A1B	SRES A2	SRES B1	SRES A1B	SRES A2
Μέση μηνιαία θερμοκρασία (°C)							
Οκτ	15,24	15,23	15,30	15,30	15,33	15,33	15,42
Νοε	9,55	9,62	9,76	9,56	9,57	9,61	9,69
Δεκ	5,95	5,91	6,67	5,92	5,96	5,97	5,97
Ιαν	5,17	5,21	6,78	5,22	5,23	5,20	5,21
Φεβ	6,13	6,13	8,35	6,18	6,12	6,20	6,16
Μαρ	8,60	8,61	7,86	8,57	8,61	8,63	8,68
Απρ	13,35	13,36	11,85	13,35	13,38	13,46	13,44
Μάιος	18,11	18,04	15,73	18,10	18,20	18,26	18,27
Ιούν	23,05	23,13	23,20	23,14	23,23	23,24	23,29
Ιούλ	24,65	24,70	24,70	24,70	24,72	24,74	24,77
Αυγ	23,82	23,85	23,86	23,84	23,87	23,90	23,92
Σεπ	20,39	20,42	20,44	20,47	20,48	20,49	20,56

Σχήμα 4.9. Αποτελέσματα μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας για το υδατικό διαμέρισμα Θεσσαλίας

Υδατικό διαμέρισμα Θεσσαλίας
Τυπική απόκλιση μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας



Μήνας	Ιστορική περίοδος 1980-2000	Μελλοντική περίοδος 2030-2050			Μελλοντική περίοδος 2080-2100		
		SRES B1	SRES A1B	SRES A2	SRES B1	SRES A1B	SRES A2
		Τυπική απόκλιση μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας (°C)					
Νοε	1,57	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56	1,56
Δεκ	1,40	1,41	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40
Ιαν	1,76	1,76	1,76	1,76	1,76	1,76	1,76
Φεβ	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34
Μαρ	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47
Απρ	1,78	1,77	1,78	1,78	1,78	1,77	1,77
Μάιος	1,50	1,50	1,50	1,51	1,51	1,51	1,50
Μάιος	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24
Ιούν	0,93	0,92	0,92	0,93	0,93	0,92	0,93
Ιούλ	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
Αυγ	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06
Σεπ	1,15	1,15	1,15	1,14	1,14	1,15	1,15

Σχήμα 4.10. Αποτελέσματα τυπικής απόκλισης μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας για το υδατικό διαμέρισμα Θεσσαλίας

Πίνακας 4.36. Αποτελέσματα για το ελάχιστο της μηνιαίας θερμοκρασίας του υδατικού διαμερίσματος Θεσσαλίας

Μήνας	Ιστορική περίοδος 1980-2000	Μελλοντική περίοδος 2030-2050			Μελλοντική περίοδος 2080-2100		
		SRES B1	SRES A1B	SRES A2	SRES B1	SRES A1B	SRES A2
		<u>Ελάχιστο μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας (°C)</u>					
Οκτ	12,99	12,97	13,07	13,06	13,08	13,07	13,20
Νοε	6,84	6,90	7,06	6,84	6,86	6,89	6,98
Δεκ	2,75	2,73	3,48	2,73	2,77	2,78	2,78
Ιαν	2,89	2,92	4,48	2,93	2,93	2,92	2,92
Φεβ	3,59	3,59	5,81	3,64	3,57	3,65	3,61
Μαρ	4,36	4,39	3,61	4,33	4,36	4,41	4,45
Απρ	10,36	10,37	8,86	10,34	10,39	10,44	10,45
Μάιος	15,75	15,69	13,38	15,75	15,85	15,90	15,91
Ιούν	21,00	21,10	21,17	21,08	21,18	21,20	21,25
Ιούλ	23,06	23,11	23,11	23,11	23,14	23,15	23,19
Αυγ	22,00	22,03	22,05	22,02	22,05	22,07	22,11
Σεπ	18,65	18,67	18,67	18,73	18,74	18,75	18,81

Πίνακας 4.37. Αποτελέσματα για το μέγιστο της μηνιαίας θερμοκρασίας του υδατικού διαμερίσματος Θεσσαλίας

Μήνας	Ιστορική περίοδος 1980-2000	Μελλοντική περίοδος 2030-2050			Μελλοντική περίοδος 2080-2100		
		SRES B1	SRES A1B	SRES A2	SRES B1	SRES A1B	SRES A2
		<u>Μέγιστο μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας (°C)</u>					
Οκτ	18,00	17,97	18,03	18,04	18,06	18,07	18,14
Νοε	11,80	11,87	12,00	11,79	11,80	11,85	11,92
Δεκ	8,77	8,74	9,49	8,74	8,78	8,79	8,78
Ιαν	7,55	7,60	9,16	7,60	7,62	7,59	7,58
Φεβ	8,71	8,73	10,93	8,75	8,71	8,78	8,74
Μαρ	11,34	11,32	10,57	11,29	11,32	11,35	11,39
Απρ	15,58	15,60	14,09	15,61	15,64	15,71	15,66
Μάιος	20,16	20,11	17,79	20,16	20,25	20,32	20,34
Ιούν	24,50	24,57	24,63	24,59	24,68	24,67	24,72
Ιούλ	26,75	26,79	26,79	26,81	26,82	26,84	26,87
Αυγ	25,67	25,69	25,70	25,69	25,71	25,75	25,77
Σεπ	23,08	23,12	23,12	23,16	23,16	23,19	23,25

Πίνακας 4.38. Αποτελέσματα για συντελεστή μηνιαίας ετεροσυσχέτισης της θερμοκρασίας του υδατικού διαμερίσματος Θεσσαλίας

Μήνας	Ιστορική περίοδος 1980-2000	Μελλοντική περίοδος 2030-2050			Μελλοντική περίοδος 2080-2100		
		SRES B1	SRES A1B	SRES A2	SRES B1	SRES A1B	SRES A2
		<u>Συντελεστής μηνιαίας ετεροσυσχέτισης θερμοκρασίας</u>					
Οκτ-Νοε	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02
Νοε-Δεκ	0,09	0,10	0,09	0,09	0,10	0,09	0,10
Δεκ-Ιαν	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
Ιαν-Φεβ	0,23	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
Φεβ-Μαρ	-0,12	-0,12	-0,12	-0,12	-0,11	-0,12	-0,12
Μαρ-Απρ	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
Απρ-Μά	0,28	0,28	0,28	0,27	0,28	0,27	0,28
Μάιος-Ι	0,16	0,16	0,16	0,16	0,17	0,16	0,16
Ιούν-Ιού	0,49	0,49	0,48	0,48	0,48	0,48	0,49
Ιούλ-Αύ	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,39	0,39
Αυγ-Σεπ	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,39
Σεπ-Οκτ	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02

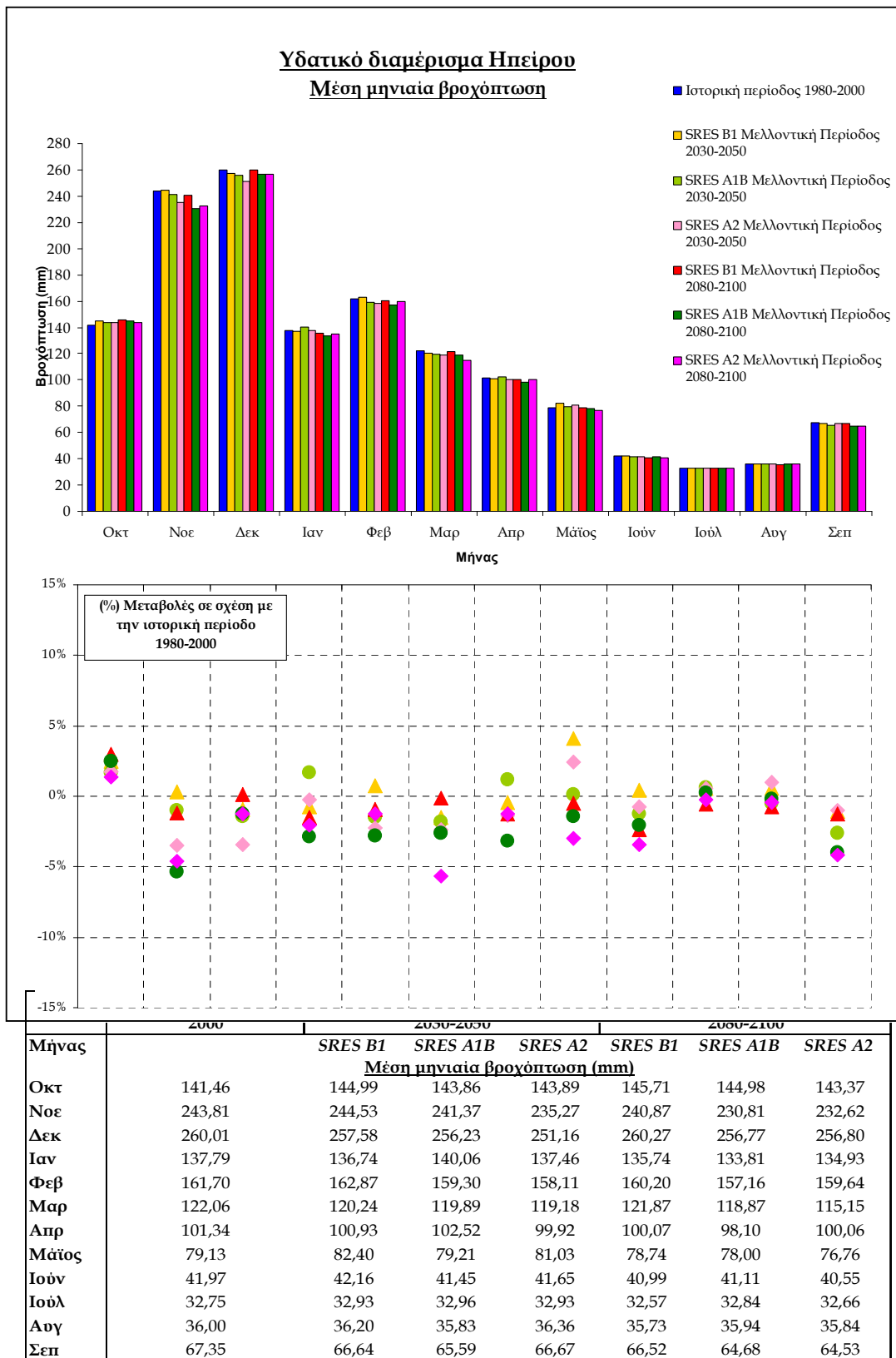
4.3.2 Υδατικό διαμέρισμα Ηπείρου

Τα στατιστικά χαρακτηριστικά της μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης και θερμοκρασίας έχουν υπολογιστεί όπως και στην περίπτωση των ετήσιων στατιστικών χαρακτηριστικών για δύο επιλεγμένες περιόδους 2030-2050 και 2080-2100 και τρία σενάρια εκπομπής τα SRES B1, A1B και A2. Στο Σχήμα 4.11 παρουσιάζονται οι προβολές των σεναρίων κλιματικής μεταβολής για την μέση μηνιαία βροχόπτωση όσον αφορά τις δύο περιόδους ενώ φαίνονται και οι ποσοστιαίες μεταβολές της μηνιαίας βροχόπτωσης σε σχέση με την ιστορική περίοδο 1980-2000.

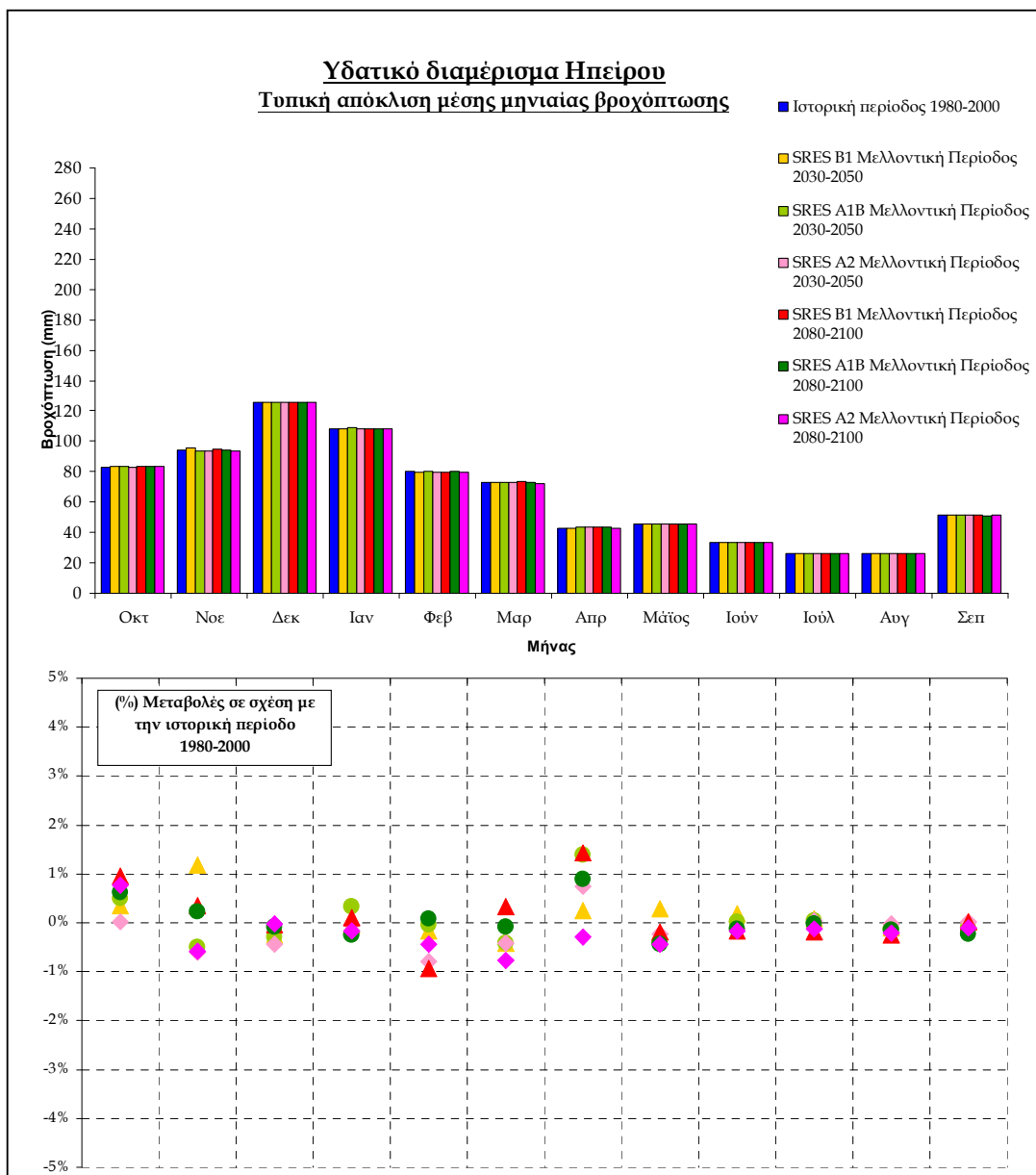
Για την περίοδο 2030-2050 οι μεταβολές της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης κυμαίνονται από -4%-4% ενώ για την περίοδο 2080-2100 από 5% - 3%. Όλα τα σενάρια και για τις δύο επιλεγμένες περιόδους προβάλλουν μείωση της βροχόπτωσης στους περισσότερους μήνες του έτους. Το σενάριο SRES A2 για την περίοδο 2080-2100 προβάλλει την μεγαλύτερη μείωση της βροχόπτωσης στους περισσότερους μήνες του έτους.

Το Σχήμα 4.12 δείχνει την τυπική απόκλιση της μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης τόσο για την ιστορική περίοδο όσο και για τις δύο μελλοντικές ανάλογα με το σενάριο κλιματικής μεταβολής που χρησιμοποιείται. Η τυπική απόκλιση για την μεσοπρόθεσμη περίοδο μεταβάλλεται από -1%-1,3% ενώ για την μακροπρόθεσμη περίοδο από -0,9%-1,4%. Ο Πίνακας 4.39 παρουσιάζει τα αποτελέσματα της μελέτης για τον συντελεστή ασυμμετρίας της μηνιαίας βροχόπτωσης. Είναι προφανές ότι οι μεταβολές του δεν είναι σημαντικές και κυμαίνονται από -4%-10% για την περίοδο 2030-2050 και από -14,7%-18,4%.

Οι μεταβολές του ελάχιστου ((Πίνακας 4.40) και του μέγιστου ((Πίνακας 4.41) της μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης παρουσιάζουν αξιοσημείωτες μεταβολές. Έτσι η μεταβολή του ελάχιστου για την περίοδο 2030-2050 κυμαίνεται από -17%-23,3% και του μέγιστου -3%-2% ενώ για την περίοδο 2080-2100 από -26%-12,3% και -3%-2%. Ο συντελεστής μηνιαίας ετεροσυσχέτισης μεταβάλλεται για την περίοδο 2030-2050 από -15%-19,38% και για την περίοδο 2080-2100 από -22%-12,5% ανάλογα με το σενάριο που χρησιμοποιείται (Πίνακας 4.42). Η μεταβολή αυτή δείχνει ότι υπάρχει μια μικρή τάση μεταβολής της χρονικής κατανομής της βροχόπτωσης.



Σχήμα 4.11. Αποτελέσματα μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης για το υδατικό διαμέρισμα Ηπείρου



Μήνας	Ιστορική περίοδος 1980-2000	Μελλοντική περίοδος 2030-2050			Μελλοντική περίοδος 2080-2100		
		SRES B1	SRES A1B	SRES A2	SRES B1	SRES A1B	SRES A2
		Τυπική απόκλιση μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης (mm)					
Οκτ	83,04	83,33	83,44	83,05	83,83	83,56	83,67
Νοε	94,30	95,42	93,84	93,74	94,64	94,51	93,76
Δεκ	125,90	125,59	125,53	125,34	125,85	125,80	125,86
Ιαν	108,44	108,38	108,81	108,39	108,56	108,18	108,27
Φεβ	79,99	79,85	79,96	79,35	79,24	80,06	79,64
Μαρ	72,99	72,69	72,68	72,69	73,23	72,92	72,42
Απρ	42,85	42,95	43,44	43,17	43,46	43,23	42,72
Μάϊος	45,46	45,59	45,28	45,36	45,38	45,27	45,27
Ιούν	33,67	33,73	33,68	33,63	33,62	33,63	33,61
Ιούλ	25,79	25,81	25,80	25,80	25,74	25,78	25,75
Αυγ	25,99	25,97	25,96	25,99	25,93	25,96	25,94
Σεπ	51,22	51,23	51,16	51,23	51,24	51,11	51,17

Σχήμα 4.12. Αποτελέσματα τυπικής απόκλισης μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης για το υδατικό διαμέρισμα Ηπείρου

Πίνακας 4.39. Αποτελέσματα για συντελεστή ασυμμετρίας της μηνιαίας βροχόπτωσης του υδατικού διαμερίσματος Ηπείρου

Μήνας	Ιστορική περίοδος 1980-2000	Μελλοντική περίοδος 2030-2050			Μελλοντική περίοδος 2080-2100		
		SRES B1	SRES A1B	SRES A2	SRES B1	SRES A1B	SRES A2
		Συντελεστής ασυμμετρίας μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης					
Οκτ	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,32	0,33
Νοε	-0,10	-0,11	-0,11	-0,11	-0,10	-0,09	-0,10
Δεκ	0,09	0,09	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Ιαν	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,74	0,73
Φεβ	0,39	0,40	0,39	0,40	0,41	0,41	0,40
Μαρ	0,51	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,53
Απρ	0,30	0,29	0,30	0,29	0,29	0,29	0,29
Μάϊος	0,52	0,52	0,52	0,52	0,53	0,52	0,53
Ιούν	1,00	1,00	1,00	1,01	1,01	1,00	1,01
Ιούλ	0,54	0,54	0,53	0,54	0,54	0,54	0,54
Αυγ	1,00	1,00	1,01	0,99	1,00	1,00	1,00
Σεπ	1,09	1,09	1,10	1,09	1,09	1,10	1,10

Πίνακας 4.40. Αποτελέσματα για το ελάχιστο της μηνιαίας βροχόπτωσης του υδατικού διαμερίσματος Ηπείρου

Μήνας	Ιστορική περίοδος 1980-2000	Μελλοντική περίοδος 2030-2050			Μελλοντική περίοδος 2080-2100		
		SRES B1	SRES A1B	SRES A2	SRES B1	SRES A1B	SRES A2
		Ελάχιστο μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης (mm)					
Οκτ	17,59	20,12	18,67	19,88	19,75	18,82	18,27
Νοε	67,41	64,97	65,79	60,93	64,19	55,76	58,12
Δεκ	59,08	60,19	58,32	54,00	61,81	59,01	57,92
Ιαν	10,62	10,08	11,52	10,68	9,28	8,47	9,01
Φεβ	35,99	37,56	34,01	34,79	36,44	32,88	35,62
Μαρ	16,65	15,46	15,89	14,75	16,29	14,26	12,50
Απρ	34,44	33,23	33,62	31,91	31,28	29,84	33,01
Μάϊος	10,72	13,22	11,18	12,49	10,52	10,25	9,21
Ιούν	3,18	3,21	2,75	3,01	2,71	2,65	2,35
Ιούλ	0,70	0,75	0,73	0,74	0,65	0,69	0,66
Αυγ	2,92	3,05	2,86	3,00	2,80	2,88	2,84
Σεπ	6,76	6,29	5,61	6,29	6,21	5,24	5,06

Πίνακας 4.41. Αποτελέσματα για το μέγιστο της μηνιαίας βροχόπτωσης του υδατικού διαμερίσματος Ηπείρου

Μήνας	Ιστορική περίοδος 1980-2000	Μελλοντική περίοδος 2030-2050			Μελλοντική περίοδος 2080-2100		
		SRES B1	SRES A1B	SRES A2	SRES B1	SRES A1B	SRES A2
		Μέγιστο μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης (mm)					
Οκτ	299,04	303,56	301,78	301,36	305,18	303,46	302,34
Νοε	416,61	419,06	412,49	405,98	414,16	404,22	403,54
Δεκ	476,69	472,73	470,90	465,63	477,25	472,51	474,20
Ιαν	342,36	341,45	345,38	341,96	340,87	338,14	339,37
Φεβ	318,75	320,91	315,71	313,33	315,97	315,01	315,61
Μαρ	273,42	271,20	270,65	269,95	273,95	270,47	265,36
Απρ	188,51	188,13	190,53	187,46	188,24	185,84	186,51
Μάϊος	174,98	178,44	174,44	176,80	174,41	173,16	172,27
Ιούν	116,80	117,05	116,20	116,31	115,78	115,72	115,36
Ιούλ	85,07	85,27	85,23	85,27	84,78	85,14	84,91
Αυγ	100,58	100,64	100,38	100,80	100,14	100,41	100,33
Σεπ	187,46	186,86	185,59	186,77	186,64	184,65	184,66

Πίνακας 4.42. Αποτελέσματα για συντελεστή μηνιαίας ετεροσυσχέτισης της θερμοκρασίας του υδατικού διαμερίσματος Ηπείρου

Μήνας	Ιστορική περίοδος 1980-2000	Μελλοντική περίοδος 2030-2050			Μελλοντική περίοδος 2080-2100		
		SRES B1	SRES A1B	SRES A2	SRES B1	SRES A1B	SRES A2
		<u>Συντελεστής μηνιαίας ετεροσυσχέτισης βροχόπτωσης</u>					
Οκτ-Νοε	-0,13	-0,12	-0,13	-0,13	-0,12	-0,11	-0,12
Νοε-Δεκ	-0,22	-0,21	-0,21	-0,21	-0,22	-0,22	-0,22
Δεκ-Ιαν	-0,46	-0,46	-0,46	-0,46	-0,46	-0,46	-0,46
Ιαν-Φεβ	0,27	0,26	0,28	0,27	0,27	0,27	0,27
Φεβ-Μαρ	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05	0,04	0,04
Μαρ-Απρ	-0,25	-0,26	-0,25	-0,23	-0,23	-0,24	-0,25
Απρ-Μάϊ	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,03	-0,02	-0,02
Μάϊος-Ιο	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
Ιούν-Ιούλ	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49
Ιούλ-Αύγ	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
Αύγ-Σεπ	0,35	0,35	0,34	0,35	0,35	0,35	0,35
Σεπ-Οκτ	-0,18	-0,18	-0,18	-0,19	-0,18	-0,18	-0,18

Τα στατιστικά χαρακτηριστικά της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας έχουν υπολογιστεί όπως και στην περίπτωση της βροχόπτωσης για δύο επιλεγμένες περιόδους 2030-2050 και 2080-2100 και τρία σενάρια εκπομπής τα SRES B1, A1B και A2. Στο Σχήμα 4.13 παρουσιάζονται οι προβολές των σεναρίων κλιματικής μεταβολής για την μέση μηνιαία θερμοκρασία όσον αφορά τις δύο περιόδους ενώ φαίνονται και οι ποσοστιαίες μεταβολές της μηνιαίας θερμοκρασίας σε σχέση με την ιστορική περίοδο 1980-2000.

Για την περίοδο 2030-2050 οι μεταβολές της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας κυμαίνονται από -1%-5,7% ενώ για την περίοδο 2080-2100 από 1% - 5,9%. Όλα τα σενάρια και για τις δύο επιλεγμένες περιόδους προβάλλουν μικρή αύξηση της θερμοκρασίας στους περισσότερους μήνες του έτους. Το σενάριο SRES A2 για την περίοδο 2080-2100 προβάλλει την μεγαλύτερη αύξηση της θερμοκρασίας στους περισσότερους μήνες του έτους. Το Σχήμα 4.14 δείχνει την τυπική απόκλιση της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας τόσο για την ιστορική περίοδο όσο και για τις δύο μελλοντικές ανάλογα με το σενάριο κλιματικής μεταβολής που χρησιμοποιείται. Η τυπική απόκλιση για την μεσοπρόθεσμη περίοδο μεταβάλλεται από 0%-1% ενώ για την μακροπρόθεσμη περίοδο το εύρος μεταβολής της τυπικής απόκλισης είναι -0,36%-0,71%.

Ο Πίνακας 4.43 παρουσιάζει τα αποτελέσματα της μελέτης για τον συντελεστή ασυμμετρίας της μηνιαίας θερμοκρασίας. Είναι προφανές ότι οι

μεταβολές του είναι σημαντικές και κυμαίνονται από -36%-13,7% για την περίοδο 2030-2050 και από -5,6%-12,42%.

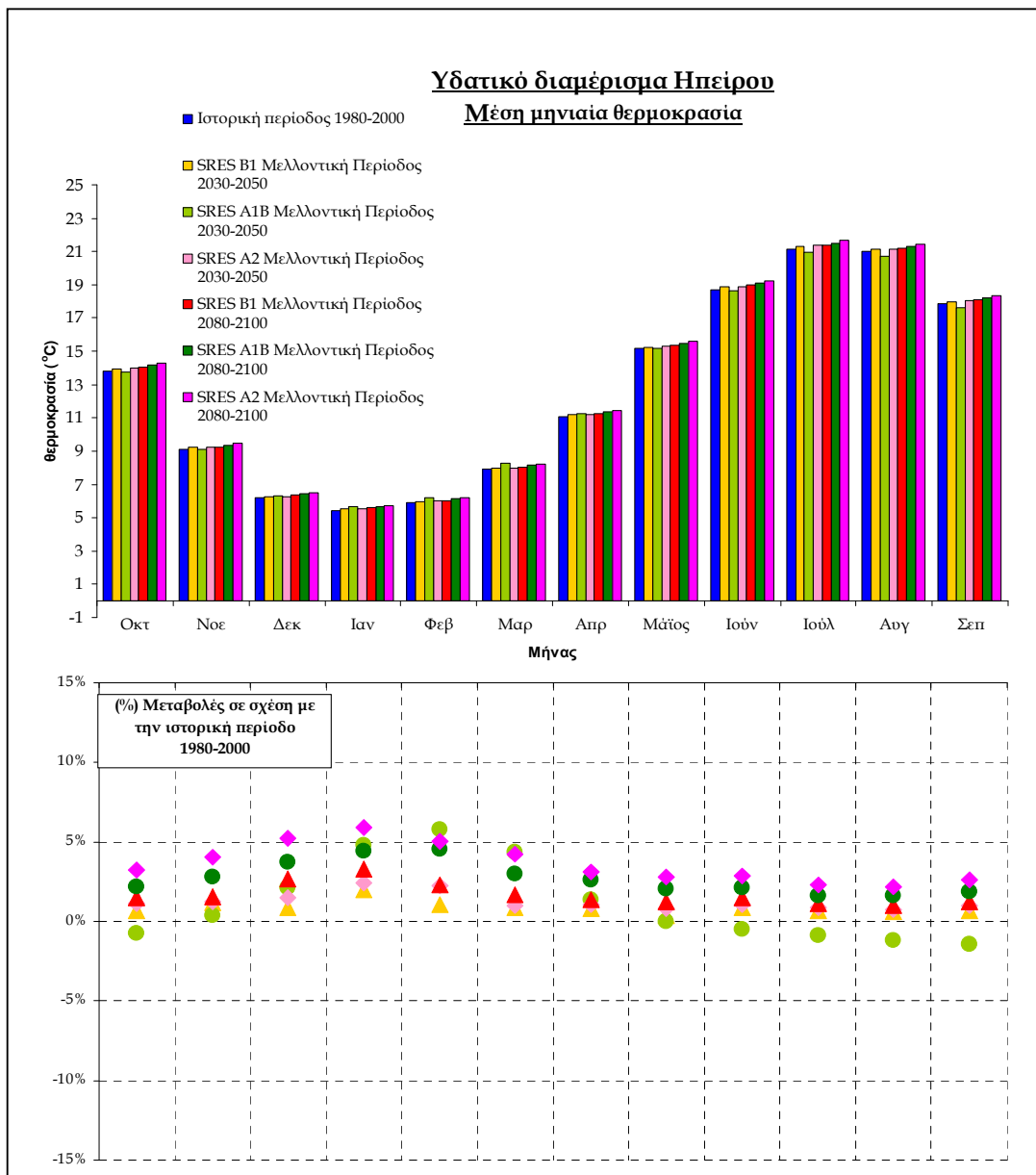
Ο συντελεστής μηνιαίας ετεροσυσχέτισης μεταβάλλεται για την περίοδο 2030-2050 από -42%-34,9% και για την περίοδο 2080-2100 από -6,75%-45,3% ανάλογα με το σενάριο που χρησιμοποιείται (Πίνακας 4.44). Η μεταβολή αυτή δείχνει ότι υπάρχει μια μικρή τάση μεταβολής της χρονικής κατανομής της βροχόπτωσης. Οι μεταβολές του ελάχιστου (Πίνακας 4.45) και του μέγιστου (Πίνακας 4.46) της μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης παρουσιάζουν αξιοσημείωτες μεταβολές. Έτσι η μεταβολή του ελάχιστου για την περίοδο 2030-2050 κυμαίνεται από -2%-7,7% και του μέγιστου -1%-4,3% ενώ για την περίοδο 2080-2100 από 1,2%-8,8% και 0,9%-0,45%.

Πίνακας 4.43. Αποτελέσματα για συντελεστή ασυμμετρίας της μηνιαίας θερμοκρασίας του υδατικού διαμερίσματος Ηπείρου

Μήνας	Ιστορική περίοδος 1980-2000	Μελλοντική περίοδος 2030-2050			Μελλοντική περίοδος 2080-2100		
		SRES B1	SRES A1B	SRES A2	SRES B1	SRES A1B	SRES A2
	<u>Συντελεστής ασυμμετρίας μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας (°C)</u>						
Οκτ	0,11	0,10	0,10	0,10	0,11	0,11	0,11
Νοε	-0,58	-0,58	-0,56	-0,59	-0,58	-0,59	-0,58
Δεκ	-0,54	-0,54	-0,55	-0,55	-0,55	-0,55	-0,55
Ιαν	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09	-0,09
Φεβ	0,21	0,21	0,19	0,20	0,20	0,21	0,20
Μαρ	-0,18	-0,18	-0,17	-0,18	-0,18	-0,18	-0,18
Απρ	-0,24	-0,24	-0,25	-0,24	-0,24	-0,24	-0,23
Μάιος	-0,61	-0,60	-0,61	-0,61	-0,62	-0,61	-0,61
Ιούν	-0,50	-0,50	-0,52	-0,49	-0,50	-0,50	-0,50
Ιούλ	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Αυγ	-0,38	-0,38	-0,38	-0,38	-0,38	-0,38	-0,38
Σεπ	0,04	0,04	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04

Πίνακας 4.44. Αποτελέσματα για συντελεστή μηνιαίας ετεροσυσχέτισης της θερμοκρασίας του υδατικού διαμερίσματος Ηπείρου

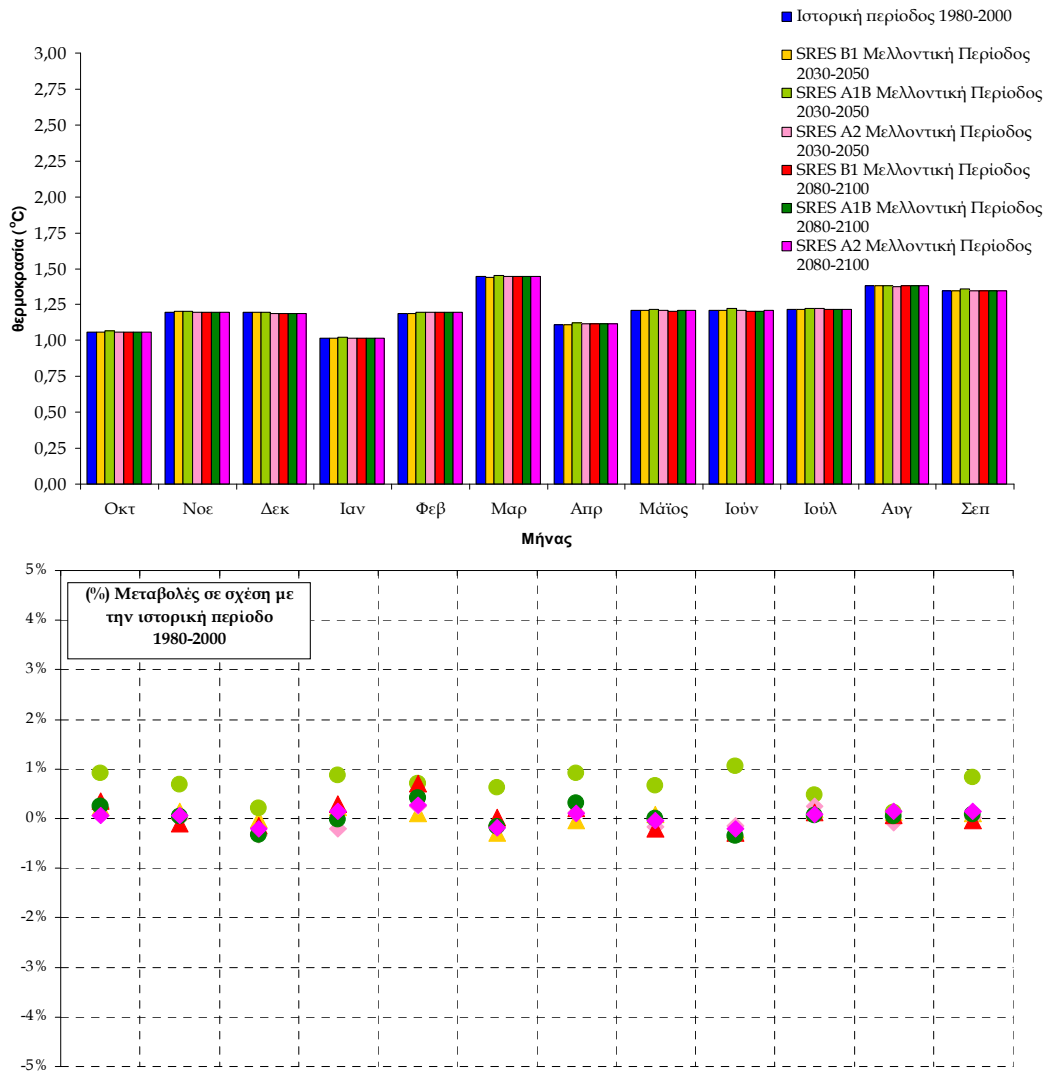
Μήνας	Ιστορική περίοδος 1980-2000	Μελλοντική περίοδος 2030-2050			Μελλοντική περίοδος 2080-2100		
		SRES B1	SRES A1B	SRES A2	SRES B1	SRES A1B	SRES A2
	<u>Συντελεστής μηνιαίας ετεροσυσχέτισης θερμοκρασίας</u>						
Οκτ-Νοε	0,11	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Νοε-Δεκ	0,03	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03
Δεκ-Ιαν	0,31	0,31	0,30	0,31	0,31	0,31	0,31
Ιαν-Φεβ	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23
Φεβ-Μαρ	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Μαρ-Απρ	0,28	0,28	0,28	0,28	0,27	0,27	0,28
Απρ-Μάϊ	0,31	0,31	0,30	0,31	0,31	0,31	0,31
Μάϊος-Ιο	0,27	0,27	0,26	0,27	0,27	0,27	0,27
Ιούν-Ιούλ	0,48	0,48	0,47	0,48	0,48	0,48	0,48
Ιούλ-Αύγ	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59
Αύγ-Σεπ	0,45	0,45	0,44	0,45	0,45	0,45	0,45
Σεπ-Οκτ	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02



Μήνας	Ιστορική περίοδος 1980-2000	Μελλοντική περίοδος 2030-2050			Μελλοντική περίοδος 2080-2100		
		SRES B1	SRES A1B	SRES A2	SRES B1	SRES A1B	SRES A2
Μέση μηνιαία θερμοκρασία (°C)							
Οκτ	13,84	13,93	13,73	13,99	14,04	14,14	14,29
Νοε	9,10	9,21	9,13	9,21	9,24	9,35	9,47
Δεκ	6,19	6,24	6,32	6,28	6,36	6,42	6,51
Ιαν	5,43	5,54	5,69	5,56	5,61	5,67	5,75
Φεβ	5,88	5,94	6,22	6,01	6,01	6,15	6,18
Μαρ	7,91	7,98	8,25	7,99	8,04	8,15	8,25
Απρ	11,09	11,18	11,24	11,20	11,24	11,38	11,44
Μάϊος	15,17	15,22	15,17	15,29	15,36	15,48	15,59
Ιούν	18,70	18,87	18,62	18,90	18,98	19,10	19,23
Ιούλ	21,16	21,30	20,98	21,35	21,39	21,51	21,64
Αυγ	20,98	21,11	20,74	21,14	21,20	21,32	21,45
Σεπ	17,87	18,00	17,62	18,05	18,09	18,20	18,33

Σχήμα 4.13. Αποτελέσματα μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας για το υδατικό διαμέρισμα Ηπείρου

Υδατικό διαμέρισμα Ηπείρου
Τυπική απόκλιση μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας



Μήνας	Ιστορική περίοδος 1980-2000	Μελλοντική περίοδος 2030-2050			Μελλοντική περίοδος 2080-2100		
		SRES B1	SRES A1B	SRES A2	SRES B1	SRES A1B	SRES A2
		Τυπική απόκλιση μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας (°C)					
Οκτ	1,06	1,06	1,07	1,06	1,06	1,06	1,06
Νοε	1,20	1,20	1,21	1,20	1,20	1,20	1,20
Δεκ	1,19	1,19	1,20	1,19	1,19	1,19	1,19
Ιαν	1,02	1,02	1,02	1,01	1,02	1,02	1,02
Φεβ	1,19	1,19	1,20	1,19	1,20	1,19	1,19
Μαρ	1,45	1,44	1,45	1,44	1,45	1,44	1,44
Απρ	1,11	1,11	1,12	1,11	1,11	1,12	1,11
Μάϊος	1,21	1,21	1,22	1,21	1,21	1,21	1,21
Ιούν	1,21	1,21	1,22	1,21	1,21	1,21	1,21
Ιούλ	1,22	1,22	1,22	1,22	1,22	1,22	1,22
Αυγ	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38
Σεπ	1,35	1,35	1,36	1,35	1,35	1,35	1,35

Σχήμα 4.14. Αποτελέσματα τυπικής απόκλισης μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας για το υδατικό διαμέρισμα Ηπείρου

Πίνακας 4.45. Αποτελέσματα για το ελάχιστο της μηνιαίας θερμοκρασίας του υδατικού διαμερίσματος Ηπείρου

Μήνας	Ιστορική περίοδος 1980-2000	Μελλοντική περίοδος 2030-2050			Μελλοντική περίοδος 2080-2100		
		SRES B1	SRES A1B	SRES A2	SRES B1	SRES A1B	SRES A2
		<u>Ελάχιστο μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας (°C)</u>					
Οκτ	12,06	12,14	11,92	12,20	12,25	12,36	12,51
Νοε	6,69	6,80	6,71	6,80	6,84	6,94	7,06
Δεκ	3,69	3,75	3,82	3,80	3,86	3,93	4,02
Ιαν	3,49	3,59	3,73	3,62	3,66	3,72	3,80
Φεβ	3,95	4,01	4,26	4,08	4,06	4,21	4,24
Μαρ	5,07	5,15	5,39	5,15	5,20	5,32	5,41
Απρ	8,76	8,84	8,88	8,87	8,90	9,03	9,11
Μάιος	12,59	12,64	12,57	12,72	12,79	12,90	13,02
Ιούν	16,07	16,25	15,95	16,27	16,36	16,47	16,61
Ιούλ	18,82	18,96	18,62	19,01	19,05	19,17	19,30
Αυγ	18,14	18,27	17,89	18,30	18,36	18,48	18,59
Σεπ	15,12	15,24	14,84	15,30	15,34	15,45	15,58

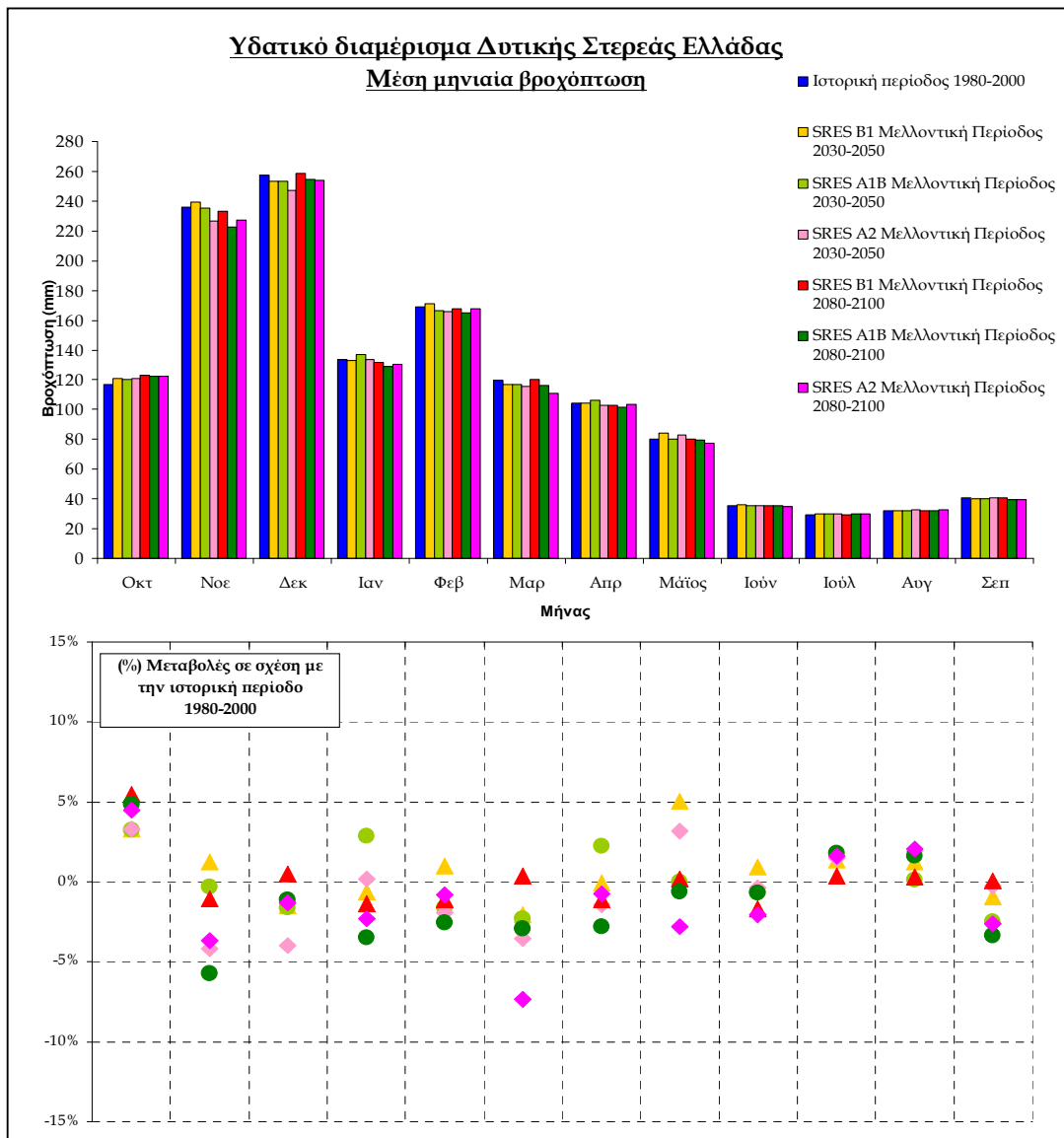
Πίνακας 4.46. Αποτελέσματα για το μέγιστο της μηνιαίας θερμοκρασίας του υδατικού διαμερίσματος Ηπείρου

Μήνας	Ιστορική περίοδος 1980-2000	Μελλοντική περίοδος 2030-2050			Μελλοντική περίοδος 2080-2100		
		SRES B1	SRES A1B	SRES A2	SRES B1	SRES A1B	SRES A2
		<u>Μέγιστο μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας (°C)</u>					
Οκτ	15,70	15,80	15,61	15,85	15,91	16,00	16,15
Νοε	10,94	11,06	11,00	11,05	11,08	11,19	11,31
Δεκ	7,98	8,04	8,11	8,06	8,13	8,20	8,29
Ιαν	7,24	7,35	7,52	7,37	7,42	7,48	7,56
Φεβ	8,10	8,16	8,45	8,23	8,25	8,38	8,40
Μαρ	10,50	10,55	10,86	10,57	10,62	10,73	10,82
Απρ	13,09	13,18	13,27	13,21	13,24	13,38	13,44
Μάιος	17,01	17,07	17,03	17,14	17,20	17,33	17,44
Ιούν	20,60	20,76	20,53	20,80	20,87	20,99	21,13
Ιούλ	23,53	23,68	23,37	23,73	23,77	23,88	24,02
Αυγ	23,22	23,35	22,98	23,38	23,44	23,56	23,69
Σεπ	20,42	20,55	20,19	20,60	20,64	20,75	20,89

4.3.3 Υδατικό διαμέρισμα Δυτικής Στερεάς Ελλάδας

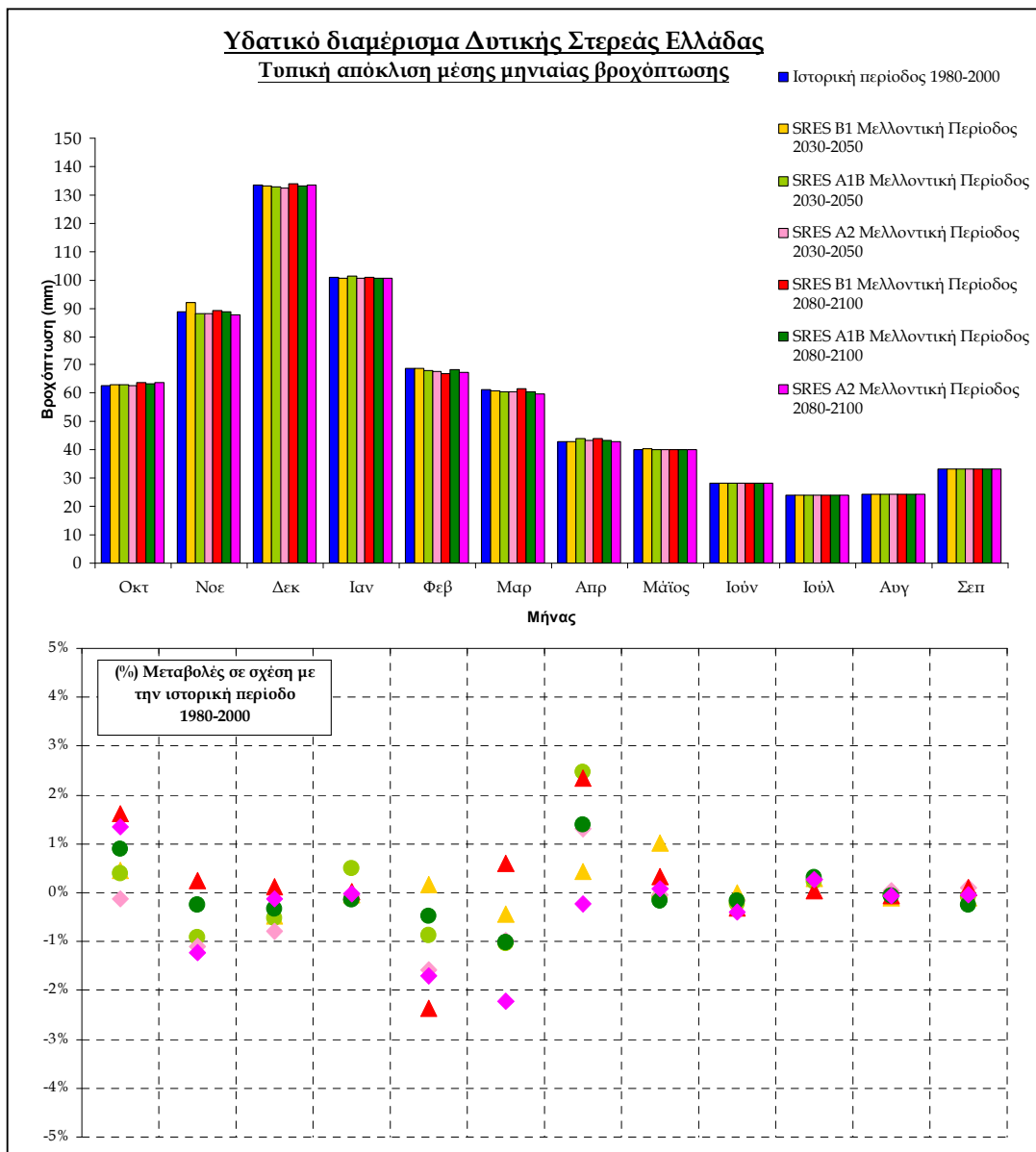
Τα στατιστικά χαρακτηριστικά της μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης και θερμοκρασίας έχουν υπολογιστεί όπως και στην περίπτωση των ετήσιων στατιστικών χαρακτηριστικών για δύο επιλεγμένες περιόδους 2030-2050 και 2080-2100 και τρία σενάρια εκπομπής τα SRES B1, A1B και A2. Στο Σχήμα 4.15 παρουσιάζονται οι προβολές των σεναρίων κλιματικής μεταβολής για την μέση μηνιαία βροχόπτωση όσον αφορά τις δύο περιόδους ενώ φαίνονται και οι ποσοστιαίες μεταβολές της μηνιαίας βροχόπτωσης σε σχέση με την ιστορική περίοδο 1980-2000. Για την περίοδο 2030-2050 οι μεταβολές της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης κυμαίνονται από -4%-5% ενώ για την περίοδο 2080-2100 από 7,3% - 5,4%. Όλα τα σενάρια και για τις δύο επιλεγμένες περιόδους προβάλλουν μείωση της βροχόπτωσης στους περισσότερους μήνες του έτους. Το σενάριο SRES A2 για την περίοδο 2080-2100 προβάλλει την μεγαλύτερη μείωση της βροχόπτωσης στους περισσότερους μήνες του έτους. Το Σχήμα 4.16 δείχνει την τυπική απόκλιση της μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης τόσο για την ιστορική περίοδο όσο και για τις δύο μελλοντικές ανάλογα με το σενάριο κλιματικής μεταβολής που χρησιμοποιείται. Η τυπική απόκλιση για την μεσοπρόθεσμη περίοδο μεταβάλλεται από -2%-3,5% ενώ για την μακροπρόθεσμη περίοδο από -2,4%-2,3%.

Ο Πίνακας 4.47 παρουσιάζει τα αποτελέσματα της μελέτης για τον συντελεστή ασυμμετρίας της μηνιαίας βροχόπτωσης. Είναι προφανές ότι οι μεταβολές του δεν είναι σημαντικές και κυμαίνονται από -31%-12,4% για την περίοδο 2030-2050 και από -13,7%-21,3% για την περίοδο 2080-2100. Οι μεταβολές του ελάχιστου ((Πίνακας 4.48) και του μεγίστου ((Πίνακας 4.49) της μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης παρουσιάζουν αξιοσημείωτες μεταβολές. Έτσι η μεταβολή του ελάχιστου για την περίοδο 2030-2050 κυμαίνεται από -23%-30,7% και του μεγίστου -3%-3% ενώ για την περίοδο 2080-2100 από -28%-31% και -4,3%-3,5%. Ο συντελεστής μηνιαίας ετεροσυσχέτισης μεταβάλλεται για την περίοδο 2030-2050 από -34%-10% και για την περίοδο 2080-2100 από -32,2%-7% ανάλογα με το σενάριο που χρησιμοποιείται ((Πίνακας 4.50). Η μεταβολή αυτή δείχνει ότι υπάρχει μια μικρή τάση μεταβολής της χρονικής κατανομής της βροχόπτωσης.



Μήνας	Ιστορική περίοδος 1980-2000	Μελλοντική περίοδος 2030-2050			Μελλοντική περίοδος 2080-2100		
		SRES B1	SRES A1B	SRES A2	SRES B1	SRES A1B	SRES A2
	Μέση μηνιαία βροχόπτωση (mm)						
Οκτ	116,83	120,72	120,58	120,66	123,22	122,52	122,04
Νοε	236,06	238,98	235,26	226,28	233,52	222,57	227,43
Δεκ	257,36	253,51	253,15	247,17	258,63	254,51	253,99
Ιαν	133,52	132,73	137,32	133,81	131,71	128,83	130,47
Φεβ	169,33	171,04	166,57	166,06	167,46	165,02	168,01
Μαρ	119,57	117,09	116,79	115,33	120,01	116,06	110,78
Απρ	104,19	104,15	106,53	102,69	103,03	101,25	103,40
Μάϊος	80,10	84,16	80,11	82,66	80,28	79,59	77,85
Ιούν	35,71	36,04	35,46	35,59	35,12	35,46	34,99
Ιούλ	29,50	29,91	30,02	29,95	29,62	30,03	29,98
Αυγ	31,82	32,21	31,87	32,44	31,92	32,33	32,47
Σεπ	40,80	40,41	39,79	40,70	40,82	39,42	39,73

Σχήμα 4.15. Αποτελέσματα μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης για το υδατικό διαμέρισμα Δυτικής Στερεάς Ελλάδας



Μήνας	Ιστορική περίοδος 1980-2000	Μελλοντική περίοδος 2030-2050			Μελλοντική περίοδος 2080-2100		
		SRES B1	SRES A1B	SRES A2	SRES B1	SRES A1B	SRES A2
		Τυπική απόκλιση μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης (mm)					
Οκτ	62,80	63,09	63,04	62,72	63,82	63,36	63,64
Νοε	88,89	92,00	88,08	87,90	89,11	88,66	87,80
Δεκ	133,65	133,01	132,95	132,60	133,81	133,21	133,49
Ιαν	100,78	100,74	101,28	100,73	100,80	100,62	100,76
Φεβ	68,60	68,72	68,01	67,52	66,99	68,28	67,44
Μαρ	61,18	60,92	60,54	60,59	61,55	60,56	59,83
Απρ	42,90	43,09	43,96	43,46	43,90	43,49	42,80
Μάϊος	40,02	40,42	39,97	40,00	40,15	39,95	40,05
Ιούν	28,41	28,41	28,35	28,37	28,33	28,37	28,30
Ιούλ	23,90	23,97	23,96	23,97	23,91	23,98	23,97
Αυγ	24,47	24,44	24,45	24,48	24,45	24,45	24,46
Σεπ	33,36	33,33	33,33	33,40	33,40	33,28	33,35

Σχήμα 4.16. Αποτελέσματα τυπικής απόκλισης μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης για το υδατικό διαμέρισμα Δυτικής Στερεάς Ελλάδας

Πίνακας 4.47. Αποτελέσματα για συντελεστή ασυμμετρίας της μηνιαίας βροχόπτωσης του υδατικού διαμερίσματος Δυτικής Στερεάς Ελλάδας

Μήνας	Ιστορική περίοδος 1980-2000	Μελλοντική περίοδος 2030-2050			Μελλοντική περίοδος 2080-2100		
		SRES B1	SRES A1B	SRES A2	SRES B1	SRES A1B	SRES A2
		<u>Συντελεστής ασυμμετρίας μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης</u>					
Οκτ	0,13	0,13	0,14	0,13	0,13	0,12	0,14
Νοε	0,29	0,29	0,29	0,29	0,30	0,30	0,30
Δεκ	0,34	0,33	0,35	0,35	0,34	0,35	0,34
Ιαν	0,85	0,85	0,84	0,86	0,86	0,86	0,86
Φεβ	-0,13	-0,09	-0,12	-0,13	-0,15	-0,11	-0,15
Μαρ	0,73	0,71	0,75	0,73	0,68	0,73	0,77
Απρ	0,34	0,32	0,34	0,32	0,31	0,33	0,33
Μάϊος	0,13	0,14	0,13	0,15	0,14	0,13	0,15
Ιούν	1,02	1,10	1,10	1,11	1,11	1,11	1,11
Ιούλ	0,65	0,64	0,64	0,64	0,65	0,64	0,64
Αυγ	0,96	0,95	0,96	0,95	0,96	0,96	0,95
Σεπ	1,28	1,28	1,29	1,29	1,28	1,29	1,29

Πίνακας 4.48. Αποτελέσματα για το ελάχιστο της μηνιαίας βροχόπτωσης του υδατικού διαμερίσματος Δυτικής Στερεάς Ελλάδας

Μήνας	Ιστορική περίοδος 1980-2000	Μελλοντική περίοδος 2030-2050			Μελλοντική περίοδος 2080-2100		
		SRES B1	SRES A1B	SRES A2	SRES B1	SRES A1B	SRES A2
		<u>Ελάχιστο μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης (mm)</u>					
Οκτ	12,13	14,63	15,25	15,86	15,92	15,09	15,56
Νοε	80,81	79,15	82,32	72,80	78,84	70,50	75,79
Δεκ	50,12	49,23	47,81	43,84	52,18	49,62	48,52
Ιαν	10,40	9,97	12,07	11,02	9,11	7,50	8,41
Φεβ	36,00	38,15	35,19	34,92	37,40	34,18	37,03
Μαρ	28,97	27,18	28,50	25,24	27,54	26,11	23,37
Απρ	38,46	36,93	37,99	34,46	33,75	33,56	37,03
Μάϊος	14,15	16,99	14,54	16,68	14,18	14,21	12,34
Ιούν	1,75	1,90	1,61	1,78	1,57	1,69	1,49
Ιούλ	0,43	0,50	0,54	0,55	0,46	0,54	0,53
Αυγ	1,43	1,63	1,43	1,81	1,51	1,74	1,80
Σεπ	2,93	2,62	2,25	2,87	2,65	2,20	2,24

Πίνακας 4.49. Αποτελέσματα για το μέγιστο της μηνιαίας βροχόπτωσης του υδατικού διαμερίσματος Δυτικής Στερεάς Ελλάδας

Μήνας	Ιστορική περίοδος 1980-2000	Μελλοντική περίοδος 2030-2050			Μελλοντική περίοδος 2080-2100		
		SRES B1	SRES A1B	SRES A2	SRES B1	SRES A1B	SRES A2
		<u>Μέγιστο μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης (mm)</u>					
Οκτ	234,82	239,05	239,95	238,45	243,11	241,59	242,19
Νοε	413,28	422,33	410,58	401,64	412,07	399,84	401,99
Δεκ	504,27	498,23	497,47	490,38	504,79	496,70	499,73
Ιαν	348,26	347,56	352,52	348,55	346,99	343,47	345,44
Φεβ	294,59	297,06	290,41	287,72	287,30	288,25	289,19
Μαρ	255,20	251,63	251,26	250,09	254,83	250,40	244,05
Απρ	190,29	190,74	195,85	189,83	191,15	189,38	189,81
Μάϊος	154,87	159,70	154,46	157,29	155,30	153,75	152,84
Ιούν	106,62	106,97	106,23	106,45	105,93	106,35	105,75
Ιούλ	79,22	79,65	79,70	79,71	79,35	79,79	79,73
Αυγ	89,38	89,62	89,49	89,92	89,50	89,92	89,99
Σεπ	125,57	125,26	124,73	125,76	125,76	124,40	124,72

Πίνακας 4.50. Αποτελέσματα για συντελεστή μηνιαίας ετεροσυσχέτισης της βροχόπτωσης του υδατικού διαμερίσματος Δυτικής Στερεάς Ελλάδας

Μήνας	Ιστορική περίοδος 1980-2000	Μελλοντική περίοδος 2030-2050			Μελλοντική περίοδος 2080-2100		
		SRES B1	SRES A1B	SRES A2	SRES B1	SRES A1B	SRES A2
		<u>Συντελεστής μηνιαίας ετεροσυσχέτισης βροχόπτωσης</u>					
Οκτ-Νοε	-0,18	-0,18	-0,19	-0,19	-0,17	-0,16	-0,18
Νοε-Δεκ	-0,24	-0,23	-0,25	-0,25	-0,25	-0,25	-0,26
Δεκ-Ιαν	-0,42	-0,43	-0,41	-0,43	-0,42	-0,43	-0,42
Ιαν-Φεβ	0,23	0,21	0,24	0,23	0,23	0,24	0,23
Φεβ-Μαρ	0,10	0,09	0,08	0,06	0,07	0,06	0,07
Μαρ-Απρ	-0,24	-0,27	-0,24	-0,22	-0,22	-0,24	-0,25
Απρ-Μάι	0,32	0,31	0,30	0,31	0,29	0,31	0,31
Μάιος-Ιούν	0,12	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
Ιούν-Ιούλ	0,53	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57
Ιούλ-Αύγ	0,31	0,31	0,32	0,32	0,31	0,32	0,32
Αύγ-Σεπ	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
Σεπ-Οκτ	-0,23	-0,23	-0,22	-0,23	-0,23	-0,22	-0,22

Τα στατιστικά χαρακτηριστικά της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας έχουν υπολογιστεί όπως και στην περίπτωση της βροχόπτωσης για δύο επιλεγμένες περιόδους 2030-2050 και 2080-2100 και τρία σενάρια εκπομπής τα SRES B1, A1B και A2. Στο Σχήμα 4.17 παρουσιάζονται οι προβολές των σεναρίων κλιματικής μεταβολής για την μέση μηνιαία θερμοκρασία όσον αφορά τις δύο περιόδους ενώ φαίνονται και οι ποσοστιαίες μεταβολές της μηνιαίας θερμοκρασίας σε σχέση με την ιστορική περίοδο 1980-2000.

Για την περίοδο 2030-2050 οι μεταβολές της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας κυμαίνονται από 1%-4% ενώ για την περίοδο 2080-2100 από 1,4% - 10,7%. Όλα τα σενάρια και για τις δύο επιλεγμένες περιόδους προβάλλουν μικρή αύξηση της θερμοκρασίας στους περισσότερους μήνες του έτους. Το σενάριο SRES A2 για την περίοδο 2080-2100 προβάλλει την μεγαλύτερη αύξηση της θερμοκρασίας στους περισσότερους μήνες του έτους.

Το Σχήμα 4.18 δείχνει την τυπική απόκλιση της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας τόσο για την ιστορική περίοδο όσο και για τις δύο μελλοντικές ανάλογα με το σενάριο κλιματικής μεταβολής που χρησιμοποιείται. Η τυπική απόκλιση για την μεσοπρόθεσμη περίοδο μεταβάλλεται από 0%-0,3% ενώ για την μακροπρόθεσμη περίοδο το εύρος μεταβολής της τυπικής απόκλισης είναι -0,3%-0,4%. Ο Πίνακας 4.51 παρουσιάζει τα αποτελέσματα της μελέτης για τον συντελεστή ασυμμετρίας της μηνιαίας θερμοκρασίας. Είναι προφανές ότι οι μεταβολές του είναι κυμαίνονται από -3%-4% για την περίοδο 2030-2050 και από -0,2%-3,7%.

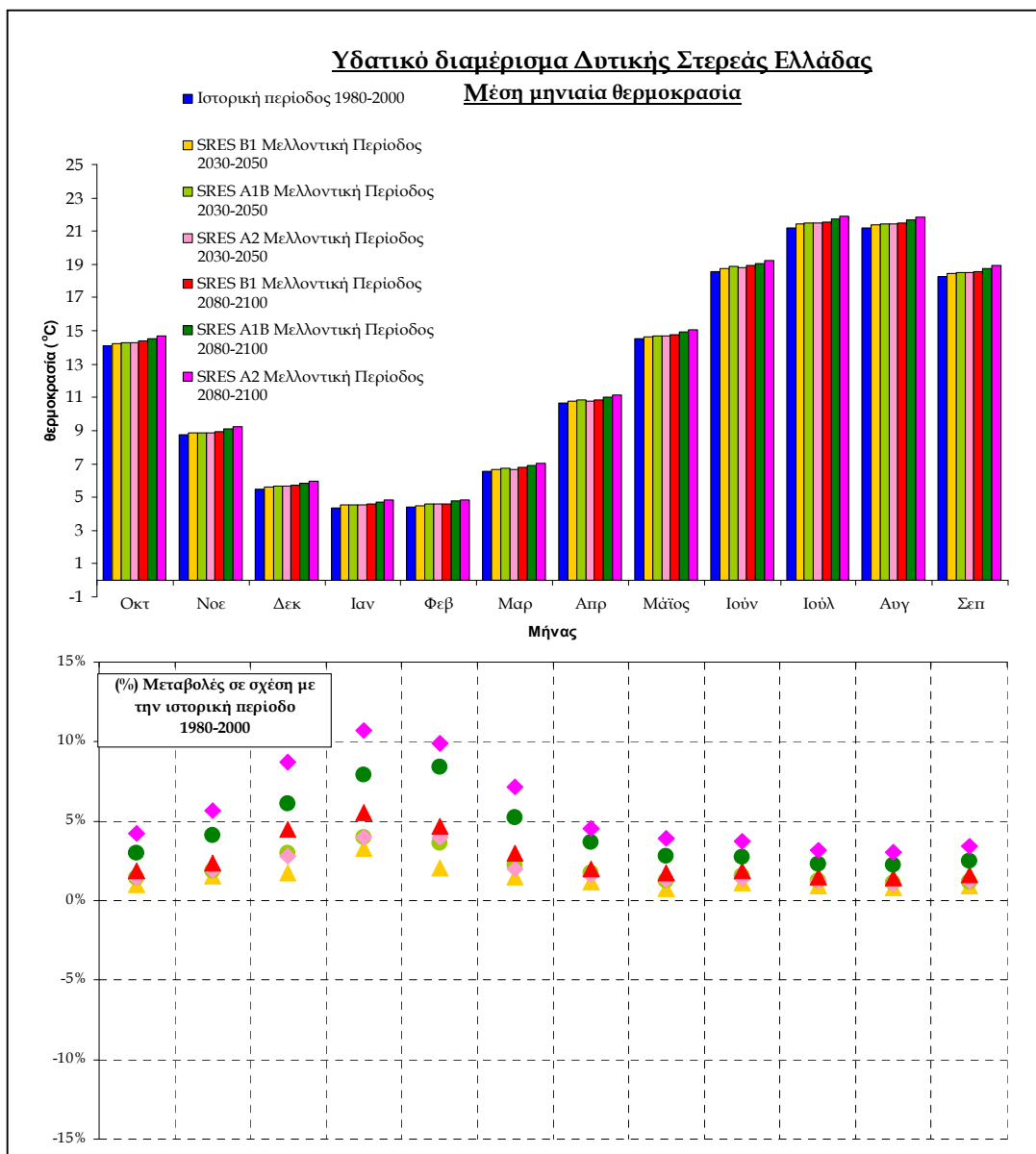
Ο συντελεστής μηνιαίας ετεροσυσχέτισης μεταβάλλεται για την περίοδο 2030-2050 από -16%-9% και για την περίοδο 2080-2100 από -22%-6% ανάλογα με το σενάριο που χρησιμοποιείται (Πίνακας 4.52). Η μεταβολή αυτή δείχνει ότι υπάρχει μια μικρή τάση μεταβολής της χρονικής κατανομής της βροχόπτωσης. Οι μεταβολές του ελάχιστου ((Πίνακας 4.53) και του μέγιστου ((Πίνακας 4.54) της μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης παρουσιάζουν αξιοσημείωτες μεταβολές. Έτσι η μεταβολή του ελάχιστου για την περίοδο 2030-2050 κυμαίνεται από 1%-8% και του μέγιστου 1%-3% ενώ για την περίοδο 2080-2100 από 1,6%-2% και 1%-3%.

Πίνακας 4.51. Αποτελέσματα για συντελεστή ασυμμετρίας της μηνιαίας θερμοκρασίας του υδατικού διαμερίσματος Δυτικής Στερεάς Ελλάδας

Μήνας	Ιστορική περίοδος 1980-2000	Μελλοντική περίοδος 2030-2050			Μελλοντική περίοδος 2080-2100		
		SRES B1	SRES A1B	SRES A2	SRES B1	SRES A1B	SRES A2
	<u>Συντελεστής ασυμμετρίας μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας (°C)</u>						
Οκτ	-0,14	-0,14	-0,14	-0,14	-0,14	-0,14	-0,14
Νοε	-0,21	-0,21	-0,22	-0,21	-0,21	-0,21	-0,21
Δεκ	-0,34	-0,34	-0,35	-0,35	-0,35	-0,35	-0,35
Ιαν	-0,29	-0,29	-0,30	-0,30	-0,29	-0,29	-0,30
Φεβ	0,30	0,30	0,30	0,31	0,30	0,30	0,30
Μαρ	-0,20	-0,20	-0,20	-0,20	-0,20	-0,19	-0,20
Απρ	-0,08	-0,08	-0,08	-0,08	-0,08	-0,08	-0,08
Μάϊος	-0,48	-0,47	-0,47	-0,48	-0,48	-0,48	-0,48
Ιούν	-0,52	-0,53	-0,53	-0,52	-0,53	-0,53	-0,54
Ιούλ	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Αυγ	-0,52	-0,52	-0,52	-0,52	-0,52	-0,52	-0,52
Σεπ	0,36	0,36	0,35	0,36	0,36	0,36	0,36

Πίνακας 4.52. Αποτελέσματα για συντελεστή μηνιαίας ετεροσυσχέτισης θερμοκρασίας του υδατικού διαμερίσματος Δυτικής Στερεάς Ελλάδας

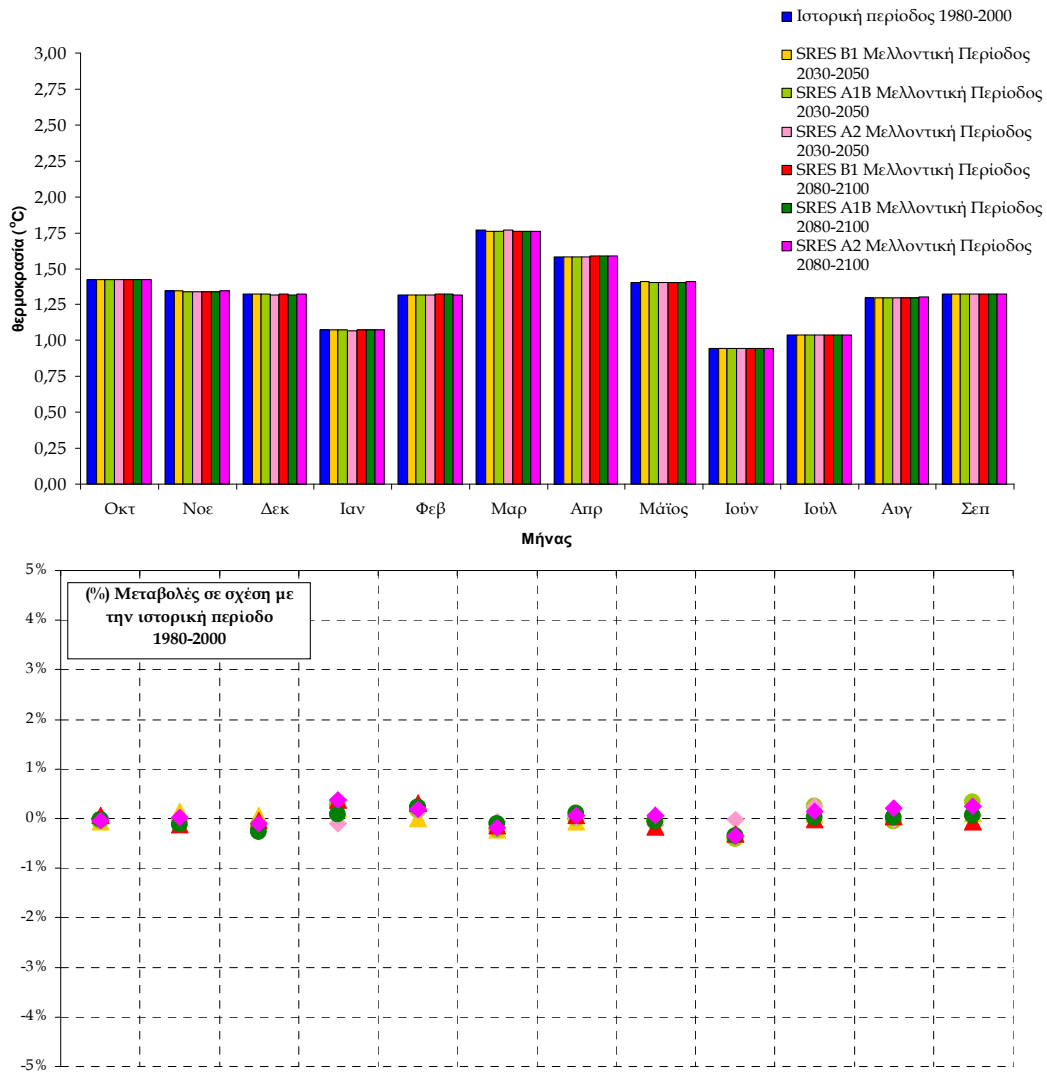
Μήνας	Ιστορική περίοδος 1980-2000	Μελλοντική περίοδος 2030-2050			Μελλοντική περίοδος 2080-2100		
		SRES B1	SRES A1B	SRES A2	SRES B1	SRES A1B	SRES A2
	<u>Συντελεστής μηνιαίας ετεροσυσχέτισης θερμοκρασίας</u>						
Οκτ-Νοε	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
Νοε-Δεκ	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
Δεκ-Ιαν	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Ιαν-Φεβ	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Φεβ-Μαρ	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
Μαρ-Απρ	0,44	0,44	0,44	0,45	0,44	0,45	0,44
Απρ-Μάϊ	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Μάϊος-Ιούν	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
Ιούν-Ιούλ	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29
Ιούλ-Αύγ	0,46	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47
Αύγ-Σεπ	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38
Σεπ-Οκτ	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02



Μήνας	Ιστορική περίοδος 1980-2000	Μελλοντική περίοδος 2030-2050			Μελλοντική περίοδος 2080-2100		
		SRES B1	SRES A1B	SRES A2	SRES B1	SRES A1B	SRES A2
		Μέση μηνιαία θερμοκρασία (°C)					
Οκτ	14,11	14,26	14,31	14,32	14,38	14,53	14,71
Νοε	8,74	8,87	8,90	8,90	8,94	9,09	9,23
Δεκ	5,48	5,58	5,65	5,64	5,73	5,82	5,96
Ιαν	4,37	4,51	4,54	4,54	4,61	4,72	4,84
Φεβ	4,41	4,50	4,56	4,58	4,61	4,78	4,84
Μαρ	6,57	6,67	6,72	6,70	6,77	6,91	7,04
Απρ	10,64	10,77	10,83	10,81	10,85	11,03	11,12
Μάϊος	14,51	14,62	14,69	14,70	14,76	14,92	15,08
Ιούν	18,56	18,78	18,85	18,82	18,91	19,07	19,25
Ιούλ	21,21	21,41	21,48	21,48	21,53	21,70	21,89
Αυγ	21,21	21,38	21,44	21,44	21,51	21,68	21,86
Σεπ	18,29	18,46	18,51	18,52	18,58	18,74	18,91

Σχήμα 4.17. Αποτελέσματα μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας για το υδατικό διαμέρισμα Δυτικής Στερεάς Ελλάδας

Υδατικό διαμέρισμα Δυτικής Στερεάς Ελλάδας
Τυπική απόκλιση μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας



Μήνας	Ιστορική περίοδος 1980-2000	Μελλοντική περίοδος 2030-2050			Μελλοντική περίοδος 2080-2100		
		SRES B1	SRES A1B	SRES A2	SRES B1	SRES A1B	SRES A2
	Τυπική απόκλιση μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας (°C)						
Οκτ	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42	1,42
Νοε	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34	1,34
Δεκ	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32
Ιαν	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07
Φεβ	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32
Μαρ	1,77	1,76	1,76	1,77	1,76	1,76	1,76
Απρ	1,59	1,58	1,59	1,59	1,59	1,59	1,59
Μάιος	1,41	1,41	1,41	1,40	1,40	1,41	1,41
Ιούν	0,95	0,94	0,94	0,95	0,94	0,94	0,94
Ιούλ	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04
Αυγ	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30
Σεπ	1,32	1,32	1,33	1,32	1,32	1,32	1,33

Σχήμα 4.18. Αποτελέσματα τυπικής απόκλισης μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας για το υδατικό διαμέρισμα Δυτικής Στερεάς Ελλάδας

Πίνακας 4.53. Αποτελέσματα για το ελάχιστο της μηνιαίας θερμοκρασίας του υδατικού διαμερίσματος Δυτικής Στερεάς Ελλάδας

Μήνας	Ιστορική περίοδος 1980-2000	Μελλοντική περίοδος 2030-2050			Μελλοντική περίοδος 2080-2100		
		SRES B1	SRES A1B	SRES A2	SRES B1	SRES A1B	SRES A2
		<u>Ελάχιστο μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας (°C)</u>					
Οκτ	11,59	11,74	11,80	11,79	11,86	12,01	12,20
Νοε	6,25	6,38	6,42	6,42	6,47	6,61	6,75
Δεκ	2,81	2,91	2,98	2,97	3,05	3,16	3,29
Ιαν	2,22	2,36	2,38	2,39	2,45	2,56	2,67
Φεβ	2,15	2,24	2,29	2,32	2,34	2,51	2,57
Μαρ	3,01	3,13	3,17	3,15	3,21	3,37	3,49
Απρ	7,52	7,64	7,70	7,69	7,72	7,89	8,00
Μάϊος	11,75	11,87	11,94	11,96	12,03	12,17	12,33
Ιούν	16,58	16,80	16,87	16,83	16,92	17,09	17,27
Ιούλ	19,65	19,85	19,91	19,90	19,97	20,14	20,33
Αυγ	18,53	18,70	18,77	18,76	18,83	19,00	19,16
Σεπ	15,84	16,00	16,04	16,06	16,13	16,28	16,45

Πίνακας 4.54. Αποτελέσματα για το μέγιστο της μηνιαίας θερμοκρασίας του υδατικού διαμερίσματος Δυτικής Στερεάς Ελλάδας

Μήνας	Ιστορική περίοδος 1980-2000	Μελλοντική περίοδος 2030-2050			Μελλοντική περίοδος 2080-2100		
		SRES B1	SRES A1B	SRES A2	SRES B1	SRES A1B	SRES A2
		<u>Μέγιστο μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας (°C)</u>					
Οκτ	16,42	16,56	16,62	16,62	16,69	16,84	17,01
Νοε	10,93	11,07	11,08	11,09	11,13	11,28	11,43
Δεκ	7,61	7,71	7,76	7,74	7,84	7,93	8,07
Ιαν	6,19	6,34	6,37	6,37	6,45	6,54	6,67
Φεβ	7,20	7,28	7,36	7,38	7,42	7,57	7,64
Μαρ	9,73	9,82	9,87	9,86	9,92	10,07	10,19
Απρ	13,45	13,57	13,63	13,62	13,66	13,83	13,93
Μάϊος	16,69	16,81	16,87	16,88	16,94	17,10	17,27
Ιούν	20,09	20,29	20,35	20,34	20,42	20,59	20,76
Ιούλ	23,45	23,66	23,73	23,73	23,77	23,95	24,14
Αυγ	23,19	23,37	23,42	23,42	23,49	23,66	23,85
Σεπ	20,96	21,14	21,19	21,19	21,25	21,41	21,59

5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται συνοπτικά η μεθοδολογία του στατιστικού καταβιβασμού που ακολουθήθηκε και τα σημαντικότερα ευρήματα της μελέτης όπως προέκυψαν για τα υδατικά διαμερίσματα της Θεσσαλίας, Ηπείρου και Δυτικής Στερεάς Ελλάδας. Για την αποτίμηση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής χρησιμοποιήθηκε η τεχνική του στατιστικού καταβιβασμού κλίμακας των δεδομένων ενός γενικού μοντέλου κυκλοφορίας της ατμόσφαιρας (GCM). Η μεθοδολογία του στατιστικού καταβιβασμού (ή υποκλιμάκωσης) βασίστηκε σε τρία στάδια τα οποία αναφέρονται περιληπτικά:

- Στάδιο 1: ανάλυση συσχέτισης μεταξύ των υπονήφιων μεταβλητών πρόγνωσης (predictors) όπως υπολογίστηκαν από την τρίτη έκδοση (CGCM3) του παγκόσμιου Κλιματικού Μοντέλου του Καναδικού Κέντρου (Canadian Center for Climate Modelling and Analysis, CCCma), και των εξαρτημένων μεταβλητών (βροχόπτωση και θερμοκρασία) υπολογισμένες σε επίπεδο υδρολογικής λεκάνης, για την περίοδο 1980-2000.
- Στάδιο 2: βηματική πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση (stepwise multiple linear regression) μεταξύ των εξαρτημένων μεταβλητών πρόγνωσης και των ανεξάρτητων επιλεγμένων μεταβλητών πρόγνωσης του Σταδίου 1 για την ίδια περίοδο σε μηνιαία χρονική κλίμακα.
- Στάδιο 3: διόρθωση της μεροληψίας (bias correction) της εφαρμογής της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης με στοχαστικές μεθόδους, όπου, τα υπόλοιπα βροχόπτωσης και θερμοκρασίας όπως προέκυψαν από το Στάδιο 2 (υπόλοιπο βροχόπτωσης = διαφορά παρατηρημένης επιφανειακής βροχόπτωσης με υπολογισμένης βροχόπτωσης από το Στάδιο 2) προσομοιώθηκαν στοχαστικά με στόχο την ταυτόχρονη αναπαραγωγή 100 συνθετικών χρονοσειρών υπολοίπων βροχόπτωσης και θερμοκρασίας για την ιστορική περίοδο.

Η εφαρμογή του στοχαστικού στατιστικού καταβιβασμού (Στάδιο 2 + Στάδιο 3) στην ιστορική περίοδο και η στοχαστική αναπαραγωγή 100 χρονοσειρών βροχόπτωσης, θερμοκρασίας και δυνητικής εξατμισοδιαπνοής, έδωσε παρόμοια αποτελέσματα για τα στατιστικά χαρακτηριστικά (π.χ. μέση τιμή, τυπική απόκλιση, συντελεστής ασυμμετρίας, συντελεστής αυτοσυσχέτισης 1^{ης} τάξης, μέγιστη τιμή, ελάχιστη τιμή, και ο συντελεστής ετεροσυσχέτισης των εξεταζόμενων κλιματικών

μεταβλητών) των παρατηρημένων χρονοσειρών βροχόπτωσης, θερμοκρασίας και δυνητικής εξατμισοδιαπνοής σε επίπεδο υδρολογικής λεκάνης.

Τέλος, η μεθοδολογία στοχαστικού καταβιβασμού χρησιμοποιήθηκε για την αποτίμηση της κλιματικής αλλαγής στο μέλλον. Η διαδικασία υπολογισμού του μελλοντικού κλίματος βασίστηκε στα μοντέλα πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης που αναπτύχθηκαν σε κάθε επιμέρους λεκάνη απορροής για την χρονοσειρά 1980-2000. Η εκτίμηση των μελλοντικών χρονοσειρών βροχόπτωσης και θερμοκρασίας βασίστηκε στην εφαρμογή της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης βροχόπτωσης και θερμοκρασίας του Σταδίου 2 με δεδομένα εισόδου τις ανεξάρτητες μεταβλητές πρόγνωσης από το CGCM3 για επιλεγμένες μελλοντικές περιόδους. Στις εκτιμημένες χρονοσειρές βροχόπτωσης και θερμοκρασίας προστέθηκαν επίσης οι 100 χρονοσειρές των στοχαστικά προσομοιωμένων υπολοίπων του Σταδίου 3. Τρία κοινωνικοοικονομικά σενάρια (A1B, B1 και A2) κλιματικής αλλαγής μελετήθηκαν για δύο χρονικές περιόδους, μία μεσοπρόθεσμη για την περίοδο 2030-2050 και μία μακροπρόθεσμη την περίοδο 2080-2100. Επισημαίνεται ότι η δυνητική εξατμισοδιαπνοή δεν παρουσιάζεται στην αποτελέσματα για το μελλοντικό κλίμα γιατί στηρίζεται στην επιφανειακή θερμοκρασία. Είναι δηλαδή μία δευτερογενής μεταβλητή που θα ακολουθεί την ίδια συμπεριφορά και αποτελέσματα με την παραχθείσα πρωτογενή μεταβλητή δηλαδή τη μέση μηνιαία θερμοκρασία. Η εφαρμογή όλων των ανωτέρω παρουσιάζεται συνοπτικά ανά μελετούμενο υδατικό διαμέρισμα:

Υδατικό Διαμέρισμα Θεσσαλίας. Το υδατικό διαμέρισμα της Θεσσαλίας παρουσιάζει μέση ετήσια βροχόπτωση 639,79 mm και μέση ετήσια θερμοκρασία 14,55 °C. Τα αποτελέσματα της μελέτης υποδεικνύουν ότι για τη μεσοπρόθεσμη μελλοντική περίοδο 2030-2050 η μέση ετησία βροχόπτωση για το συντηρητικό σενάριο SRES B1 παρουσιάζει αύξηση 0,46% στα 642,71 mm ενώ για το σενάριο SRES A1B που είναι το μεσαίας έντασης σενάριο παρουσιάζει μείωση 1,22% στα 631,9 mm και για το πιο ακραίο σενάριο SRES A2 μείωση 2,48% στα 624,22 mm. Η μακροπρόθεσμη περίοδος 2070-2100 επιλέχθηκε διότι είναι γνωστό ότι οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής θα γίνουν περισσότερο εμφανείς μετά το δεύτερο μισό του αιώνα που διανύουμε. Έτσι λοιπόν προβάλλεται μια σαφής μείωση της βροχόπτωσης και για τρία κλιματικά σενάρια και ειδικότερα για το SRES B1 μείωση 1,39% στα 630,8 mm για το SRES A1B μείωση 4,54% στα

610,75 mm και για το SRES A2 μείωση 5,31% στα 605,8 mm. Τα αποτελέσματα για την θερμοκρασία παρουσιάζουν μικρότερες ποσοστιαίες μεταβολές κάτω του 1% και για τις δύο επιλεγμένες περιόδους. Έτσι στην περίοδο 2030-2050 για το σενάριο SRES B1 προβάλλεται μικρή αύξηση της θερμοκρασίας στους 14,56 °C για το SRES A1B 14,58 °C και για το SRES A2 14,57 °C. Από την άλλη για την περίοδο 2070-2100 τα αποτελέσματα της μελέτης δείχνουν αύξηση της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας και για τρία σενάρια κλιματικής αλλαγής και ειδικότερα για το SRES B1 στους 14,6 °C, για το SRES A1B στους 14,63 °C και για το SRES A2 14,66 °C.

- **Υδατικό Διαμέρισμα Ηπείρου.** Το υδατικό διαμέρισμα Ηπείρου παρουσιάζει μέση ετήσια βροχόπτωση 1425,37 mm και μέση ετήσια θερμοκρασία 12,78 °C καθώς πρόκειται για μια περιοχή με μεγάλο μέσο υψόμετρο. Τα αποτελέσματα της μελέτης δείχνουν ότι για την μελλοντική περίοδο 2030-2050 η μέση ετησία βροχόπτωση για το σενάριο SRES B1 παρουσιάζει αύξηση 0,2% στα 1428,27 mm ενώ για το σενάριο SRES A1B παρουσιάζει μείωση 0,5% στα 1418,27 mm και για το σενάριο SRES A2 μείωση 1,53% στα 1403,63 mm. Για την περίοδο 2070-2100 προβάλλεται μια σαφής μείωση της βροχόπτωσης και για τρία κλιματικά σενάρια και ειδικότερα για το SRES B1 μείωση 0,43% στα 1419,29 mm για το SRES A1B μείωση 2,27% στα 1393,07 mm και για το SRES A2 μείωση 2,98% στα 1392,92 mm. Όσον αφορά την θερμοκρασία στην περίοδο 2030-2050 για το σενάριο SRES B1 προβάλλεται μικρή αύξηση 0,78% στους 12,88 °C για το SRES A1B αύξηση 0,25% στους 12,81 °C και για το SRES A2 αύξηση 1,09% στους 12,92 °C. Από την άλλη για την περίοδο 2070-2100 τα αποτελέσματα της μελέτης δείχνουν αύξηση της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας και για τρία σενάρια κλιματικής αλλαγής και ειδικότερα για το SRES B1 1,47% στους 12,96 °C, για το SRES A1B αύξηση 2,31% στους 13,07 °C και για το SRES A2 αύξηση 3,14% στους 13,18 °C.
- **Υδατικό Διαμέρισμα Δυτικής Στερεάς Ελλάδας.** Το υδατικό διαμέρισμα Δυτικής Στερεάς Ελλάδας παρουσιάζει μέση ετήσια βροχόπτωση 1320,44 mm και μέση ετήσια θερμοκρασία 12,34 °C. Τα αποτελέσματα της μελέτης δείχνουν ότι για την μελλοντική περίοδο 2030-2050 η μέση ετησία βροχόπτωση για το σενάριο SRES B1 παρουσιάζει αύξηση 0,45% στα 1320,45 mm ενώ για το σενάριο SRES A1B παρουσιάζει μείωση 0,11% στα 1319 mm και για το σενάριο SRES A2

μείωση 1,63% στα 1298,88 mm. Για την περίοδο 2070-2100 για το SRES B1 προβάλλεται αύξηση 0,04% στα 1320,91 mm για το SRES A1B μείωση 2,06% στα 1293,24 mm και για το SRES A2 μείωση 1,79% στα 1296,79 mm. Όσον αφορά την θερμοκρασία στην περίοδο 2030-2050 για το σενάριο SRES B1 προβάλλεται μικρή αύξηση 1,15% στους 12,48 °C για το SRES A1B αύξηση 1,61% στους 12,54 °C και για το SRES A2 αύξηση 1,59% στους 12,54 °C. Από την άλλη για την περίοδο 2070-2100 τα αποτελέσματα της μελέτης δείχνουν αύξηση της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας και για τρία σενάρια κλιματικής αλλαγής και ειδικότερα για το SRES B1 2,09% στους 12,6 °C, για το SRES A1B αύξηση 3,3% στους 12,75 °C και για το SRES A2 αύξηση 4,48% στους 12,89 °C.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Arnell, N.W. 2003a. *Effects of climate change on river flows and groundwater recharge using the UKCIP02 scenarios*. Report to UK Water Industry Research Limited. University of Southampton.
- Arnell, N.W., 1996. Global Warming, River Flows and Water Resources, Wiley, Chichester.
- Arnell, N. W. and Reynar N. S. 1996. The effects of climate change due to global warming on river flows in Great Britain. *Journal of Hydrology*, 183, 397-424.
- Beersma, J., Agnew M.D., Viner D., and Hulme M. 2000. Climate Scenarios for Water-Related and Coastal Impacts. Proceedings of the EU Concerted Action Initiative ECLAT-2 Workshop 3. KNMI, Netherlands, May 10-12th 2000, Climatic Research Unit, Norwich 140pp.
- Box, G.E.P., G.M. Jenkins, and G.C. Reinsel, 2008. *Time Series Analysis: Forecasting and Control*, 4th Edition, John Wiley & Sons.
- Charles, S.P., Bates B.C., Whetton P.H. and Hughes J.P. 1999b. Validation of downscaling models for changed climate conditions: case study of southwestern Australia. *Climate Research*, 12, 1-14.
- Charles, S.P., Bates KC. and Hughes J.P. 1999a. A spatio-temporal model for downscaling precipitation occurrence and amounts. *Journal of Geophysical Research*, 104, 31657-31669.
- Cox, D.R. and Isham, V., 1994. Stochastic models of precipitation. In: Barnett, V. Turkman, K.F. (Eds) *Statistics for the Environment 2: Water related issues*,

- Wiley, Chichester, 3-18.
- Crane, R.G and Hewitson, B.C. 1998. Doubled CO₂ precipitation changes for the Susquehanna basin: down-scaling from the GENESIS general circulation model. *International Journal of Climatology*, 18, 65-76.
- Diaz-Nieto, J. and Wilby, R.L. 2004. The impact of climate change on low flows in the River Thames UK: A comparison of statistical downscaling and change factors. *Climatic Change*, in press.
- Eckhardt, K. and Ulbricht, U. 2003. Potential impacts of climate change on groundwater recharge and streamflow in a central European low mountain range. *Journal of Hydrology*, 284, 244-252.
- Favis-Mortlock, D.T. and Boardman, J. 1995. Nonlinear responses of soil erosion to climate change: a modelling study of the UK South Downs. *Catena*, 25, 365-387.
- Fowler, H.J., Blenkinsop, S., and Tebaldi, C. 2007: Linking climate change modelling to impacts studies: recent advances in downscaling techniques for hydrological modeling, *Int. J. Climatol.*, 27(12), 1547-1578.
- Giorgi, F. and L.O. Mearns, 1991: Approaches to the simulation of regional climate change: a review. *Rev. Geophys.*, 29, 191-216.
- Giorgi, F. and L.O. Mearns, 1999: Regional climate modelling revisited. An introduction to the special issue. *J. Geophys. Res.*, 104, 6335-6352.
- Giorgi, F. and L. O. Mearns, 2003: Probability of regional climate change based on the Reliability Ensemble Averaging (REA) method. *Geophys. Res. Lett.* 30 (12), 1629.
- Giorgi, F., Hewitson, B., Christensen, J., Hulme, M., Von Storch, H., Whetton, P., Jones, R., Mearns, L., Fu, C. 2001. Regional climate information – evaluation and projections, in *Climate Change 2001: The Scientific Basis*, Houghton JT, Ding Y, Gíggis DJ, Noguer M, van der Linden PJ, Xiaosu D, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, 583-638 .
- Hay, L.E., Wilby, R.L. and Leavesley, G.H. 2000. A comparison of delta change and downscaled GCM scenarios for three mountainous basins in the United States. *Journal of the American Water Resources Association*, 36, 387-397.
- Hewitson, B.C. 1999. Deriving regional precipitation scenarios from General Circulation Models. Water Research Commission Report 751/1/99, Pretoria, South Africa, 40pp.
- Hewitson, B.C. and Crane R.G. 1996. Climate downscaling: techniques and

- application. *Climate Research*, 7,85-95.
- Hewitson, B.C. and Crane, R.G. 2003. Global climate change: Questions of downscaled climate scenarios for impact assessment. *Bulletin of the American Meteorological Society*, submitted.
- Hipel, K. and McLeod, A.I. 1994. "Time Series Modeling of Water Resources and Environmental Systems", Elsevier, Amsterdam, 1013 pages.
- Hipel, K., and McLeod, A.I., 1994. Time Series Modeling of Water Resources and Environmental Systems, Elsevier, Amsterdam, 1013 pages.
- Huth, R. 1999. Statistical downscaling in central Europe: Evaluation of methods and potential predictors. *Climate Research*, 13, 91-101.
- IPCC, 1996. Climate Change 1995: Impacts, Adaptions and Mitigation of Climate Change: Scientific- Technical Analyses, Cambridge University Press, Cambridge Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
- IPCC, 2001. Climate Change 2001 - The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Houghton, J. T., Ding, Y., Griggs, D.J., Noguer, M., van der Linden, P. J., and D. Xiaosu (Eds.), Cambridge University Press, UK., 881 pp.
- Intergovernmental Panel on Climate Change, (IPCC), 2007. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. In Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., Tignor, M., Miller, H.L. (eds). Cambridge University Press, Cambridge, New York, 996 p.
- Jones, R.N., 2000: Managing uncertainty in climate change projections issues for impact assessment. *Clim. Change*, 45(3/4), 403-419.
- Lambert, S.J. and Boer, G.J. 2001. CMIPI evaluation and intercomparison of coupled climate models. *Climate Dynamics*, 17, 83-106.
- Lane, W. L. 1979. Applied stochastic techniques (LAST computer package), user manual. Division of Planning Technical services, Bureau of Reclamation, Denver, Colorado.
- Leung, L.R., Mearns, L.o., Giorgi, F. and Wilby, R.L. 2003. Regional climate research: needs and opportunities. *Bulletin of the American Meteorological*

- Society*, 84, 89-95.
- Loukas, A., Vasiliades, L., and Tzabiras, J. 2007: Evaluation of climate change on drought impulses in Thessaly, Greece, *European Water Journal*, 17-18(1).
- Loukas, A., Vasiliades, L., and Tzabiras, J. 2008: Climate change effects on drought severity, *Adv. Geosci.*, 17, 23-29.
- Maheepala, S. and Perera, C. J. C. 1996. Monthly hydrologic data data generation by disaggregation. *Journal of Hydrology*, 178: 277-291.
- Matalas, N. C., 1967. Mathematical assessment of synthetic hydrology. *Water Resources Research*, 3(4), 937-945.
- Mearns, L.o., Bogardi, I, Giorgi, F., Matyasovszky, I and Palecki, M. 1999. Comparison of climate change scenarios generated from regional climate model experiments and statistical downscaling. *Journal of Geophysical Research*, 104; 6603-6621.
- Mearns, L.o., Giorgi, F., Whetton, P., Pabon, D., Hulme, M. and Lal, M. 2003. Guidelines for use of climate scenarios developed from Regional Climate Model experiments. Data Distribution Centre of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Mearns, L.o., Hulme, M., Carter, T.R., Lal, M., Leemans, R. and Whetton, P.H. 2001. Climate scenario development. In: *Climate Change 2001: The Scientific Basis*, Chapter 13. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, 881pp.
- Mejia, J. M. and Rouselle, J. 1976. Disaggregation models in hydrology revisited. *Water Resources Research*, Vol. 12(2): 185-186.
- Murphy, J.M. 1999. An evaluation of statistical and dynamical techniques for downscaling local climate. *Journal of Climate*, 12,2256-228.
- Murphy, J.M., 2000: Predictions of climate change over Europe using statistical and dynamical downscaling techniques. *Int. J. Climatology*, 20, 489-501.
- Olsson J., Uvo C.B., and Jinno K. 2001. Statistical atmospheric downscaling of short-term extreme rainfall by neural networks. *Physics and Chemistry of the earth Part B- Hydrology Oceans and Atmosphere*, 26, 695-700.
- Parlange, M.B. and Katz, R.W. 2000. An extended version of the Richardson model for simulating daily weather variables. *Journal of Applied Meteorology*, 39, 6107622.

- Pilling, C. and Jones, J.A.A 1999. High resolution climate change scenarios: implications for British runoff. *Hydrological Processes*, 13, 2877-2895.
- Rabiner, L.R. and Juang, B.H. 1986. An introduction to hidden Markov models. *IEEE ASSP Magazine* 4-16.
- Pilling, C. and Jones, J.A.A 2002. The impact of future climate change on seasonal discharge, hydrological processes and extreme flows in the Upper Wye experimental catchment, mid-Wales. *Hydrological Processes*, 16, 1201-1213.
- Porter, J. W. and Pink, B. J. 1991. A Method of synthetic fragments for disaggregation in stochastic data generation. Hydrology and Water Resources Symposium, Institution of Engineers, Australia: 187-191.
- Prudhomme, C., Reynard, N. and Crooks, S. 2002. Downscaling of global climate models for flood frequency analysis: where are we now? *Hydrological Processes*, 16, 1137-1150.
- Reynard, N.S., Crooks, S.M. and Kay, AL. 2004. *Impact of climate change on flood flows in river catchments*. Defra Environment Agency Flood and Coastal Defence R&D Programme, Report W5B 01-050, Swindon, UK.
- Salas, J.D. 1993. Analysis and Modeling of Hydrologic Time Series, in Handbook of Hydrology, edited by D. R. Maidment, McGraw-Hill, Inc., New York, Chap. 19, pp. 19.1-19.72.
- Salas, J.D., Delleur, J.W., Yevjevich, V., Lane, W.L., 1980. Applied Modeling of Hydrologic Time Series, WWP, Littleton, Colorado.
- Schubert, S. and Henderson-Sellers, A 1997. A statistical model to downscale local daily temperature extremes from synoptic-scale circulation patterns in the Australian region. *Climate Dynamics*, 13, 223-234.
- Srikanthan, R. and McMahon, T.A., 2001. Stochastic generation of annual, monthly and daily climate data: A review. *Hydrological Earth Syst. Sci.*, 5, 653-670.
- Srikanthan, R. and McMahon, T.A. 1985. Stochastic generation of rainfall and evaporation data. AWRC Technical Paper No. 84, 301pp.
- Svensson, C. and Jones, D.A 2002. Dependence between extreme sea surge, river flow and precipitation in Eastern England. *International Journal of Climatology*, 22, 1149-1168.
- Thyer, M. A. and Kuczera, G. A., 2000. Modelling long-term persistence in hydro-climatic time series using a hidden state Markov model. *Water Resources Research*, 36(11): 3301-3310.

- Varis O., Kajander, T., and Lemmela, R. 2004: Climate and water: From climate models to water resources management and vice versa, *Clim. Change*, 66, 321-344.
- Vasiliades L., Loukas A., and Patsonas G. 2009 “Evaluation of a statistical downscaling procedure for the estimation of climate change impacts on droughts” *Nat Hazards Earth Syst Sei*, 9, 879-894, 2009
- Vellinga, M. and Wood, R.A. 2002. Global climate impacts of a collapse of the Atlantic thermohaline circulation. *Climatic Change*, 54, 251-267
- Visser, H., R.J.M. Folkert, J. Hoekstra, and J.J. deWolff, 2000: Identifying key sources of uncertainty in climate change projections. *Clim. Change*, 45(3/4), 421-457.
- Von Storch, H., 1995. Inconsistencies at the interface of climate impact studies and global climate research. *Meteorol. Zeitschrift* 4, 72-80.
- Von Storch, H. 1999. On the use of "inflation" in statistical downscaling. *Journal of Climate*, 12,3505-3506.
- Von Storch, H., Zorita E. and Cubasch, U. 1993. Downscaling of global climate change estimates to regional scales: An application to Iberian rainfall in wintertime. *Journal of Climate*, 6, 1161-1171.
- Wang, Q.J., and R.J. Nathan, 2007. A method for coupling daily and monthly time scales in stochastic generation of rainfall series, *Journal of Hydrology*, 346(3-4), 122-130.
- Widmann, M. and Bretherton, C.S. 2000. Validation of mesoscale precipitation in the NCEP reanalysis using a new gridcell dataset for the northwestern United States. *Journal of Climate*, 13, 1936-1950.
- Wilby, R.L. 1997. Non stationarity in daily precipitation series: implications for GCM downscaling using atmospheric circulation indices. *International Journal of Climatology*, 17, 439--454.
- Wilby, R.L. and Wigley, T.M.L. 1997. Downscaling general circulation model output: a review of methods and limitations *Progress in Physical Geography*, 21, 530-548
- Wilby, R.L. and Wigley, T.M.L. 2000. Precipitation predictors for downscaling: observed and General Circulation Model relationships. *International Journal of Climatology*, 20, 641-661.
- Wilby, R.L., Hay, L.E., Gutowski, W.J., Arritt, R.W., Tackle, E.S., Leavesley, G.H.

- and Clark, M. 2000. Hydrological responses to dynamically and statistically downscaled General Circulation Model output. *Geophysical Research Letters*, 27, 1199-1202.
- Wilby, R.L., Tomlinson, O.J. and Dawson, C.W. 2003. Multi-site simulation of precipitation by conditional resampling. *Climate Research*, 23, 183-194.
- Wilby, R.L., Wigley, T.M.L. Conway D, Jones P.D., Hewitson BC., Main J., and Wilks D.S. 1998. Statistical downscaling of general circulation model output: A comparison of methods. *Water Resources Research*, 34, 2995-3008.
- Wilks, D.S. and Wilby, R.L. 1999. The weather generation game: A review of stochastic weather models. *Progress in Physical Geography*, 23, 329-357.
- Wilson, E. B. and M.M. Hilferty, 1931. Distribution of Chi-square. *Proceedings National Academy of Science*, 17, 684-688.
- Winkler, I.A., Palutikof, J.P., Andresen, I.A. and Goodess, C.M. 1997. The simulation of daily temperature time series from GCM output: Part II: Sensitivity analysis of an empirical transfer function methodology. *Journal of Climate*, 10, 2514-2535.
- Xu C.-Y., Widen E., and Halldin S. 2005: Modelling hydrological consequences of climate change - progress and challenges, *Adv. Atmos. Sci.*, 22(6), 789-797.
- Zorita, E. and von Storch, H. 1999. The analog method as a simple statistical downscaling technique: Comparison with more complicated methods. *Journal of Climate*, 12, 2474-2489.
- Βασιλειάδης, Λ., 2010. *Χωροχρονική ανάλυση, προσομοίωση, και πρόγνωση ξηρασίας στην υδρολογική λεκάνη του Πηνειού ποταμού Θεσσαλίας*. Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, 391 σελ.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3

Μελέτη Επιπτώσεων της Κλιματικής Αλλαγής στις
Καλλιέργειες και στις Ανάγκες Αρδευτικού Νερού για τις
Καλλιέργειες αυτές σε Θεσσαλία, Ήπειρο και Δυτική
Στερεά Ελλάδα (Αιτωλοακαρνανία)



ΚΕΤΕΑΘ

ΚΕΝΤΡΟ ΕΡΕΥΝΑΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ & ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ & ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΓΡΟΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ - (ΙΤΕΔΑ)



**ΜΕΛΕΤΗ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ ΣΤΙΣ
ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΚΑΙ ΣΤΙΣ ΑΝΑΓΚΕΣ ΑΡΔΕΥΤΙΚΟΥ ΝΕΡΟΥ ΓΙΑ ΤΙΣ
ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΑΥΤΕΣ ΣΕ ΘΕΣΣΑΛΙΑ, ΗΠΕΙΡΟ ΚΑΙ ΔΥΤΙΚΗ ΣΤΕΡΕΑ
ΕΛΛΑΔΑ (ΑΙΤΩΛΟΑΚΑΡΝΑΝΙΑ)**



Κωνσταντίνος Κίττας
Καθηγητής Πανεπιστημίου Θεσσαλίας
Διευθυντής ΙΤΕΔΑ

Βόλος 2011

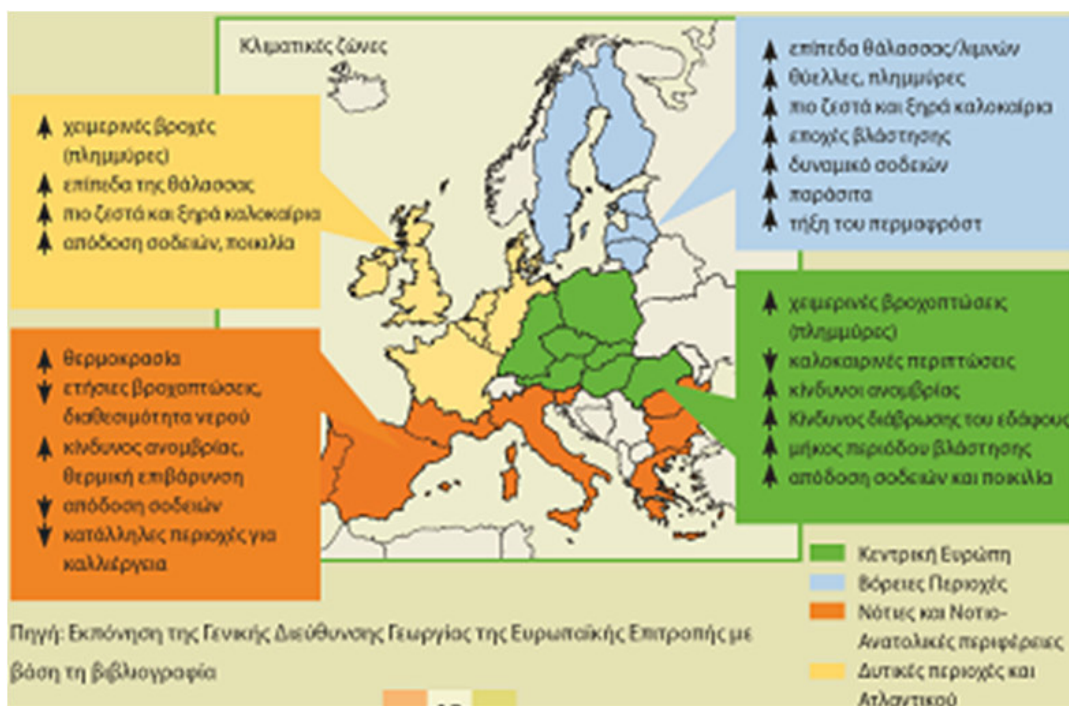
Περιεχόμενα

Περίληψη	3
1.ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	4
1.1 Μετεωρολογικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν	4
1.2 Εκτίμηση για μελλοντικές τιμές θερμοκρασίας και υετού	5
1.3. Υπολογισμός δυναμικής εξατμισοδιαπνοής	5
1.4. Υπολογισμός αναγκών για άρδευση	6
1.5. Παραδοχές	8
2. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	9
2.1. Μεταβολή αναγκών για άρδευση	9
2.2. Διαφοροποίηση των καλλιεργειών ενόψει κλιματικής αλλαγής	12
2.3. Γενικές παρατηρήσεις	14
2.4. Περιφέρεια Θεσσαλίας	16
2.5. Περιφέρεια Ηπείρου	17
2.6. Περιφέρεια Δυτικής Ελλάδας	18
3.3. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	18
3.1. Γεωργία Ακριβείας	21
3.2. Βελτίωση συστήματος άρδευσης	22
3.3. Καλλιεργείες υπό κάλυψη	23

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΝΑΓΚΩΝ ΓΙΑ ΑΡΔΕΥΣΗ ΣΤΙΣ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΕΣ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ, ΗΠΕΙΡΟΥ ΚΑΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ ΕΝΟΨΗ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ

Περίληψη

Η κλιματική αλλαγή έχει αναγνωριστεί πλέον ως μία από τις πιο σοβαρές περιβαλλοντικές, κοινωνικές και οικονομικές προκλήσεις που αντιμετωπίζει ο κόσμος μας και έχει ήδη επηρεάσει σημαντικά πολλά φυσικά και βιολογικά συστήματα (νερό, βιότοποι, υγεία), τα οποία γίνονται όλο και πιο ευπαθή. Η γεωργία ανήκει σε εκείνους τους τομείς που επηρεάζονται περισσότερο εξαιτίας της εξάρτησής της από τις καιρικές συνθήκες με αποτέλεσμα να μην είναι πλέον εφικτή η παραγωγή προϊόντων ποιότητας στην ύπαιθρο. Το παρακάτω σχήμα παρουσιάζει συνοπτικά τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην Ευρώπη.



Η κλιματική αλλαγή αναμένεται να επηρεάσει με διάφορους τρόπους τον αγροτικό τομέα και την αγροτική παραγωγή. Μία από τις σημαντικότερες επιδράσεις είναι η αύξηση στην κατανάλωση του νερού ώστε να καλυφθούν οι ανάγκες για άρδευση. Αυτή αναμένεται να προκληθεί λόγω: (α) της ελάττωσης του υετίσιμου ύδατος και (β) της ανόδου της θερμοκρασίας που θα προκαλέσει αύξηση της εξατμισοδιαπνοής των καλλιεργειών. Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι να εκτιμηθεί η αύξηση στις ανάγκες για άρδευση που θα προκύψει στο μέλλον στις Περιφέρειες της Θεσσαλίας, της Ηπείρου και της Δυτικής Ελλάδας. Στους υπολογισμούς χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα θερμοκρασίας και υετού που έχουν συλλεχθεί από σταθμούς της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (EMY), καθώς και εκτιμήσεις κλιματικών μοντέλων για την μεταβολή των δύο αυτών

μεγεθών στο μέλλον. Εξετάστηκαν τρεις περίοδοι: 1958 – 2010, 2040 – 2059 και 2080 – 2099. Από τα αποτελέσματα προέκυψε ότι αναμένεται αύξηση 8,8% – 16,0% και 14,3% – 24,8% στις ανάγκες για άρδευση το μήνα Ιούλιο τις περιόδους 2040 – 2059 και 2080 – 2099, αντίστοιχα, σε σχέση με τις ανάγκες για άρδευση της περιόδου 1958 – 2010, με τις ακραίες τιμές να αναμένονται στους Νομούς της Ηπείρου και στο Νομό Αιτωλοακαρνανίας. Με βάση τα αποτελέσματα των αναγκών για άρδευση ανά καλλιέργεια, θα μπορούσαν να προταθούν διάφορα διαχειριστικά μέτρα ώστε αφενός να μειωθούν οι ανάγκες για άρδευση και αφετέρου να εξοικονομηθούν φυσικοί πόροι.

1. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

1.1 Μετεωρολογικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν

Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκαν μετεωρολογικά δεδομένα που έχουν καταγραφεί από διάφορους σταθμούς της ΕΜΥ. Πληροφορίες για τους σταθμούς που χρησιμοποιήθηκαν παρουσιάζονται στον πίνακα 1. Τα στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν αφορούν στη μέση τιμή της θερμοκρασίας και στο μέσο ύψος υετού για το μήνα Ιούλιο. Οι μέσες τιμές για όλους τους σταθμούς αναφέρονται στην περίοδο 1958 – 2010, εκτός του σταθμού του Ακτίου (Νομός Πρεβέζης) που αναφέρονται στην περίοδο 1971 – 2011. Για το Νομό Θεσπρωτίας χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα του σταθμού των Ιωαννίνων. Τα μετεωρολογικά αυτά δεδομένα παρουσιάζονται στον πίνακα 2.

Πίνακας 1: Σταθμοί της ΕΜΥ που χρησιμοποιήθηκαν στη μελέτη

Περιφέρεια	Όνομα Σταθμού	Κωδικός Σταθμού	Γεωγρ. Μήκος Σταθμού	Γεωγρ. Πλάτος Σταθμού
Θεσσαλίας	Αγχίαλος	16665	22° 48´	39° 13´
	Καρδίτσα	16647	21° 48´	39° 22´
	Λάρισα	16648	22° 25´	39° 38´
	Τρίκαλα	16645	21° 46´	39° 33´
Ηπείρου	Άκτιο	16643	20° 46´	38° 55´
	Άρτα	16654	21° 00´	39° 10´
	Ιωάννινα	16642	20° 49´	39° 41´
Δυτικής Ελλάδας	Αγρίνιο	16672	21° 21´	38° 36´

Πίνακας 2: Μετεωρολογικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν

Όνομα Σταθμού	Μέση Τιμή Θερμοκρασίας (°C)	Μέσο Ύψος Υετού (mm)
Αγχίαλος	26,96	18,93
Καρδίτσα	26,24	18,63
Λάρισα	27,35	19,65
Τρίκαλα Θεσσαλίας	27,75	16,03
Άκτιο	25,21	9,26
Άρτα	25,79	12,57
Ιωάννινα	24,91	31,13
Αγρίνιο	27,45	13,71

Πίνακας 3: Εκτιμήσεις για τη μεταβολή της θερμοκρασίας και του υετού στο μέλλον

Παράμετρος	Περίοδος	
	2040 – 2059	2080 – 2099
50 ^ο εκατοστημόριο κατανομής θερμοκρασίας (°C)	4	6,5
50 ^ο εκατοστημόριο κατανομής υετού (%)	-25	-35

1.2. Εκτίμηση για μελλοντικές τιμές θερμοκρασίας και υετού

Η εκτίμηση για τις μελλοντικές τιμές της θερμοκρασίας και του υετού αντλήθηκε από τα αποτελέσματα του ερευνητικού προγράμματος ENSEMBLES. Για τις εκτιμήσεις αυτές ως περίοδος αναφοράς θεωρείται η περίοδος 1961 – 1990. Μεταξύ των αποτελεσμάτων περιλαμβάνονται και εκτιμήσεις για τη μεταβολή των τιμών του 50^{ου} εκατοστημορίου της κατανομής των τιμών της θερμοκρασίας κοντά στο έδαφος (συγκεκριμένα σε ύψος 1,5 m) και του υετού για την περίοδο του καλοκαιριού, για τις χρονικές περιόδους 2040 – 2059 και 2080 – 2099. Η μεταβολή στο 50^ο εκατοστημόριο της κατανομής της θερμοκρασίας και του υετού θεωρήθηκε ως η μεταβολή που θα προκληθεί στην μέση τιμή της θερμοκρασίας και στο μέσο ύψος του υετού, αντίστοιχα. Οι εκτιμήσεις αυτές φαίνονται στον πίνακα 3.

1.3. Υπολογισμός δυνητικής εξατμισοδιαπνοής

Η δυνητική εξατμισοδιαπνοή υπολογίστηκε με τη μέθοδο Blaney-Criddle (σχέση 1).

$$ET_{Pi} = K_{Ci} \cdot \frac{(\theta + 18) \cdot p}{2,2} \quad (1)$$

- όπου: ET_{p_i} → η μηνιαία τιμή της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής σε mm για κάθε καλλιέργεια
- K_{c_i} → η τιμή του φυτικού συντελεστή κάθε καλλιέργειας (πίνακας 4)
- θ → η μέση μηνιαία τιμή της θερμοκρασίας του αέρα σε °C
- p → το μηνιαίο ποσοστό (%) ωρών ημέρας επί των ωρών ημέρας του έτους. Από σχετικούς πίνακες προκύπτει ότι για γεωγραφικό πλάτος 39°, για το μήνα Ιούλιο, $p = 10,16\%$.

Πίνακας 4: Τιμή του φυτικού συντελεστή για κάθε καλλιέργεια

Είδος Καλλιέργειας	Φυτικός Συντελεστής
Εσπεριδοειδή, Ελιές, Αμπέλια	0,55
Καπνά ανατολικού τύπου, Σανός	0,60
Οπωροφόρα, Ακρόδρυα, Όσπρια, Βαμβάκι, Φράουλες, Άνθη, Αβοκάντο	0,65
Καπνά δυτικού τύπου, Κηπευτικά, Μποσττανικά, Πατάτες, Ζαχαρότευτλα, Ηλίανθος, Αραχίδα	0,70
Σιτηρά, Αραβόσιτος, Σόργο, Γρασίδια, Λεύκες	0,75
Τριφύλλι, Τεχνητοί λειμώνες, Ακτινίδιο	0,80
Μηδική	0,85
Ρύζι	1,2

1.4. Υπολογισμός αναγκών για άρδευση

Οι ανάγκες για άρδευση των διαφόρων καλλιεργειών υπολογίστηκαν από τη σχέση 2.

$$A_i = ET_{p_i} - R' \quad (2)$$

- όπου: A_i → Οι μηνιαίες ανάγκες για άρδευση κάθε καλλιέργειας σε mm, δηλαδή σε $m^3 / στρέμμα$
- R' → Η μηνιαία τιμή της ωφέλιμης βροχόπτωσης σε mm

Η μηνιαία τιμή της ωφέλιμης βροχόπτωσης υπολογίστηκε από τη σχέση 3.

$$R' = R - \left(c + \frac{R}{8} \right) \quad (3)$$

- όπου: R → Η πραγματική τιμή της μηνιαίας βροχόπτωσης σε χιλιοστά (mm), η οποία που θεωρήθηκε ίση με τη μηνιαία μέση τιμή του υετού.
- c → Συντελεστής που παίρνει τιμές από 10 έως 20 και σχετίζεται με το υψόμετρο και την κλίση της περιοχής. Σε όλες τις περιπτώσεις θεωρήθηκε ίσος με 12.

Στη συνέχεια, υπολογίστηκαν οι πραγματικές μηνιαίες ανάγκες για άρδευση κάθε καλλιέργειας, A'_i , λαμβάνοντας υπόψη την αναλογία της κάθε καλλιέργειας στο τυπικό στρέμμα κάθε Νομού, s (σε %), (σχέση 4). Η ποσοστιαία αναλογία κάθε καλλιέργειας στο στρέμμα για κάθε Νομό φαίνεται στον πίνακα 5. Τέλος, αφού ελήφθησαν υπόψη οι ανάγκες σε νερό στην κεφαλή του δικτύου (επιφανειακή βροχή, τεχνητή βροχή και μικροαρδεύσεις), προέκυψαν οι συνολικές ανάγκες για άρδευση σε κάθε Νομό, A_{total} , σε m^3 / στρέμμα (σχέση 5).

$$A'_i = A_i \cdot \frac{s}{100} \quad (4)$$

$$A_{total} = \sum A'_i \quad (5)$$

Πίνακας 5: Ποσοστιαία αναλογία κάθε καλλιέργειας στο στρέμμα για κάθε Νομό

Είδος Καλλιέργειας	Περίοδος Άρδευσης	Θεσσαλία				Ήπειρος				Δυτική Ελλάδα
		Καρδίτσας	Λάρισας	Μαγνησίας	Τρικάλων	Άρτας	Θεσπρωτίας	Ιωαννίνων	Πρεβέζης	Αιτωλοακαρνανίας
Χειμερινά σιτηρά*	15/4 - 15/5	22,9	48,5	38,7	24,3	9,5	4,7	11,9	10,5	11,2
Αραβόσιτος	01/5 - 31/8	7,6	4,5	2,2	19,6	9,0	14,7	20,7	17,8	15,2
Βαμβάκι	15/5 - 20/8	56,6	28,5	14,5	26,3	0,5	-	-	1,2	5,6
Βρώσιμα όσπρια	15/5 - 31/8	0,2	0,7	-	0,9	-	-	-	-	-

Ζαχαρότευτλα	01/5 - 15/9	0,1	0,6	0,2	-	-	-	-	-	-
Βιομ. Τομάτα	01/5 - 15/8	0,4	1,4	0,6	-	0,0	-	-	-	-
Μηδική	01/5 - 30/9	5,5	1,9	2,0	12,3	16,9	24,2	24,1	15,0	20,3
Κηπευτικά υπαίθρου	01/5 - 30/9	0,9	0,4	1,7	2,7	3,5	2,1	2,7	4,0	2,5
Ρύζι	21/5 - 20/9	-	-	-	-	0,3	1,4	-	-	1,2
Εσπεριδοειδή	1/5 - 30/9	-	-	0,1	-	25,7	10,1	0,0	3,1	3,5
Ελιές	1/6 - 30/9	0,1	3,6	27,6	2,2	18,8	30,0	0,1	35,8	22,3
Αμπέλια	1/5 - 30/9	1,1	1,7	0,7	1,5	0,2	0,1	3,2	0,3	0,7
Καπνός	15/5 - 15/8	-	0,3	-	0,1	-	-	-	0,0	-
Οπωροφόρα	15/5 - 30/9	-	2,1	3,9	0,5	4,1	0,9	0,8	0,1	0,8
Μποστανικά	1/5 - 15/8	0,6	0,4	0,2	2,3	0,1	1,3	0,1	1,0	1,3
Ακρόδρυα	15/5 - 30/9	0,2	2,8	5,0	1,0	-	-	-	-	-
Πατάτες	15/5 - 31/8	0,3	0,3	0,1	0,4	2,3	0,9	3,7	2,2	1,1
Τεχνητοί λειμώνες*	1/4 - 30/6	1,2	0,4	0,4	3,6	6,4	8,5	32,3	5,4	13,1
Λοιπά κτηνοτροφικά*	1/4 - 30/6	2,3	1,9	2,1	2,3	2,8	1,1	0,5	3,5	1,2
Σπαράγγια*	1/5 - 31/5	-	-	-	-	-	-	-	-	-

*Δεν αρδεύονται το μήνα Ιούλιο

1.5. Παραδοχές

Τα ποσοστά των μεταβολών των αναγκών άρδευσης που υπολογίστηκαν θα πρέπει να θεωρηθούν υπερεκτιμημένα, οπότε οι μεταβολές αναμένονται να είναι μικρότερες. Αυτό οφείλεται στο ότι οι εκτιμήσεις για τη μεταβολή της θερμοκρασίας και του υετού στο μέλλον (πίνακας 3) έχουν γίνει, όπως έχει ήδη αναφερθεί, λαμβάνοντας ως χρόνο αναφοράς την περίοδο 1961 – 1990, ενώ οι μεταβολές στην παρούσα μελέτη υπολογίστηκαν σε σχέση με την περίοδο 1958 – 2010. Επομένως αν στην περίοδο αναφοράς είχε προστεθεί επιπλέον και η περίοδος 1991 – 2010, τότε οι εκτιμήσεις για το μέλλον θα ήταν μικρότερες σε μέγεθος. Επιπροσθέτως, δεν ελήφθησαν υπόψη πιθανές αλλαγές στις διάφορες αγροτικές εργασίες, όπως στη σπορά, στο χρόνο συγκομιδής, στην ποσότητα και στη συχνότητα των αρδεύσεων και των λιπάνσεων, κ.λ.π., καθώς και πιθανές επιπτώσεις της ερημοποίησης στην απόδοση των καλλιεργειών.

2. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

2.1. Μεταβολή αναγκών για άρδευση

Τα μετεωρολογικά δεδομένα του πίνακα 2 χρησιμοποιήθηκαν στις σχέσεις 1 και 3 και προσδιορίστηκαν η τιμή της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής για κάθε καλλιέργεια, ET_{pi} , και η τιμή της ωφέλιμης βροχόπτωσης, R' , για το μήνα Ιούλιο. Στη συνέχεια από τη σχέση 2 υπολογίστηκαν οι ανάγκες για άρδευση κάθε καλλιέργειας για το μήνα Ιούλιο, A_i , από τη σχέση 4 εκτιμήθηκαν οι συνολικές ανάγκες για άρδευση κάθε καλλιέργειας για το μήνα Ιούλιο, A'_i , λαμβάνοντας υπόψη την ποσοστιαία αναλογία κάθε καλλιέργειας στο στρέμμα για κάθε Νομό και τέλος, από τη σχέση 5 προσδιορίστηκαν οι συνολικές ανάγκες για άρδευση σε κάθε Νομό για το μήνα Ιούλιο, A_{total} . Η παραπάνω διαδικασία επαναλήφθηκε μεταβάλλοντας τις τιμές της θερμοκρασίας και της βροχόπτωσης στις σχέσεις 1 και 3 αντίστοιχα, σύμφωνα με τις μελλοντικές εκτιμήσεις (πίνακας 3). Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πίνακα 6.

Ο πίνακας 6 δείχνει ότι οι ανάγκες για άρδευση το μήνα Ιούλιο την περίοδο 2040 – 2059 αναμένεται να αυξηθούν από 8,8% έως 16,0% σε σχέση με τις ανάγκες για άρδευση της περιόδου 1958 – 2010. Οι ακραίες τιμές αναμένεται να εμφανιστούν στο Νομό Αιτωλοακαρνανίας και στους Νομούς της Ηπείρου. Πιο συγκεκριμένα, οι μεγαλύτερες αυξήσεις αναμένονται στους Νομούς Θεσπρωτίας και Ιωαννίνων, ίσες με 16,0% και 15,3% αντίστοιχα, ενώ οι μικρότερες στους Νομούς Αιτωλοακαρνανίας, Άρτας και Πρεβέζης, ίσες με 8,8%, 9,1% και 9,3% αντίστοιχα. Στην Περιφέρεια Θεσσαλίας η αύξηση των αναγκών θα κυμανθεί από 10,2% έως 12,6%. Επιπλέον αύξηση των αναγκών από 5,0% έως 7,6% αναμένεται να απαιτηθεί στους Νομούς που εξετάστηκαν την περίοδο 2080 – 2099 σε σχέση με την περίοδο 2040 – 2059. Ακόμη, ο πίνακας 6 φανερώνει ότι οι μεγαλύτερες ανάγκες για άρδευση το μήνα Ιούλιο παρουσιάζονται και θα συνεχίσουν να παρουσιάζονται στο Νομό Αιτωλοακαρνανίας και στους 3 από τους 4 Νομούς της Ηπείρου. Συγκεκριμένα, οι Νομοί Άρτας, Θεσπρωτίας και Πρεβέζης, μαζί με το Νομό Αιτωλοακαρνανίας καταλαμβάνουν τις 4 πρώτες θέσεις σε ανάγκες για άρδευση μεταξύ των 9 Νομών που εξετάστηκαν. Στη συνέχεια ακολουθούν 2 Νομοί της Θεσσαλίας (Τρικάλων και Καρδίτσας) και ο Νομός Ιωαννίνων, ενώ οι μικρότερες ανάγκες για άρδευση παρατηρούνται και θα συνεχίσουν να παρατηρούνται στους άλλους δύο Θεσσαλικούς Νομούς (Μαγνησίας και Λάρισας).

Πίνακας 6: Συνολικές ανάγκες για άρδευση, A_{total} , (m^3 / στρέμμα) για το μήνα Ιούλιο σε κάθε Νομό και μεταβολές αυτών

	Θεσσαλία				Ήπειρος				Δυτική Ελλάδα
	Καρδίτσας	Λάρισας	Μαγνησίας	Τρικάλων	Άρτας	Θεσπρωτίας	Ιωαννίνων	Πρεβέζης	Αιτωλοακαρνανίας
1958 – 2010*									
A_{total}	121,4	76,5	81,1	126,6	128,9	128,7	94,5	130,9	136,9
2040 – 2059									
A_{total}	136,5	86,0	91,3	139,5	140,7	149,4	109,0	143,0	148,9
% μεταβολή στο μέγεθος A_{total} σε σχέση με την περίοδο 1958 – 2010	12,4	12,4	12,6	10,2	9,1	16,0	15,3	9,3	8,8
2080 – 2099									
A_{total}	143,7	90,8	96,3	146,5	148,1	160,7	116,9	150,6	156,4
% μεταβολή στο μέγεθος A_{total} σε σχέση με την περίοδο 1958 – 2010	18,4	18,8	18,7	15,8	14,8	24,8	23,7	15,0	14,3
% μεταβολή στο μέγεθος A_{total} σε σχέση με την περίοδο 2040 – 2059	5,3	5,7	5,4	5,0	5,2	7,6	7,3	5,3	5,1

*Για το Νομό Πρεβέζης η περίοδος είναι 1971 – 2011

Στον πίνακα 7 φαίνονται οι ανάγκες για άρδευση ανά καλλιέργεια και ανά νομό το μήνα Ιούλιο για τις περιόδους 1958 – 2010 και 2040 – 2059 (στήλες Α και Β αντίστοιχα). Από τον πίνακα αυτόν προκύπτει ότι οι ανάγκες για άρδευση είναι πολύ μικρότερες στο Νομό Ιωαννίνων σε σχέση με τις ανάγκες στους άλλους 3 Νομούς της Ηπείρου και του Νομού Αιτωλοακαρνανίας λόγω της απουσίας καλλιεργειών εσπεριδοειδών και ελιάς. Οι δύο αυτές καλλιέργειες απαιτούν περίπου το 40% της ποσότητας του νερού που καταναλώνεται για άρδευση στους Νομούς Άρτας, Θεσπρωτίας και Πρεβέζης. Στο Νομό Τρικάλων το 85% του νερού καταναλώνεται για άρδευση καλλιεργειών αραβόσιτου, βαμβακιού και τριφυλλιού, ενώ στο Νομό Καρδίτσας το 75% του νερού καταναλώνεται για άρδευση καλλιεργειών βαμβακιού.

Πίνακας 7: Ανάγκες για άρδευση (m³ / στρέμμα) ανά καλλιέργεια και ανά νομό το μήνα Ιούλιο την περίοδο 1958 – 2010 (στήλη Α) και 2040 – 2059 (στήλη Β). Στις τιμές του πίνακα δεν περιλαμβάνονται οι ανάγκες σε νερό στην κεφαλή του δικτύου

Είδος Καλλιέργειας	Θεσσαλία								Ηπειρος								Δυτική Ελλάδα	
	Καρδίτσας		Λάρισας		Μαγνησίας		Τρικάλων		Άρτας		Θεσπρωτίας		Ιωαννίνων		Πρεβέζης		Αιτωλοακαρνανίας	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Αραβόσιτος	11,3	12,7	6,8	7,7	3,3	3,7	30,7	33,8	13,7	14,9	19,5	22,6	27,7	31,9	26,7	29,1	23,9	26,0
Βαμβάκι	72,7	81,8	37,3	42,0	18,9	21,2	35,6	39,3	0,6	0,7					1,5	1,7	7,6	8,3
Βρώσιμα Όσπρια	0,3	0,3	1,0	1,1			1,3	1,4										
Ζαχαρότευτλα	0,1	0,2	0,8	1,0	0,3	0,3												
Βιομ. Τομάτα	0,6	0,6	2,0	2,2	0,8	0,9			0,0	0,0								
Μηδική	9,3	10,4	3,3	3,7	3,4	3,8	21,8	24,0	29,1	31,7	37,0	42,5	36,9	42,3	25,5	27,9	36,2	39,4
Κηπευτικά υπαίθρου	1,2	1,4	0,6	0,6	2,4	2,7	3,9	4,3	4,9	5,4	2,6	3,0	3,4	3,9	5,6	6,2	3,7	4,0
Ρύζι									0,6	0,7	3,2	3,6					3,0	3,3
Εσπεριδοειδή					0,1	0,1			28,6	31,2	9,5	11,2	0,0	0,0	3,4	3,7	4,0	4,4
Ελιές	0,1	0,1	4,0	4,5	30,3	34,2	2,5	2,8	20,9	22,8	28,1	33,2	0,1	0,1	39,3	42,9	25,7	28,0
Αμπέλια	1,2	1,3	1,9	2,1	0,8	0,9	1,7	1,9	0,2	0,3	0,1	0,1	3,0	3,5	0,3	0,3	0,8	0,9
Καπνός			0,4	0,4			0,1	0,1							0,0	0,0		
Οπωροφόρα			2,7	3,1	5,1	5,7	0,7	0,7	5,4	5,9	1,0	1,1	0,9	1,0	0,2	0,2	1,1	1,2
Μποστανικά	0,8	0,9	0,6	0,6	0,3	0,3	3,4	3,7	0,2	0,2	1,6	1,9	0,1	0,2	1,4	1,6	1,9	2,1
Ακρόδρυα	0,3	0,3	3,7	4,1	6,5	7,3	1,4	1,5										
Πατάτες	0,4	0,5	0,4	0,5	0,1	0,2	0,6	0,6	3,2	3,5	1,1	1,3	4,5	5,2	3,0	3,3	1,6	1,8

2.2. Διαφοροποίηση των καλλιεργειών ενόψει κλιματικής αλλαγής

Η παγκόσμια εγρήγορση σχετικά με την κλιματική αλλαγή εντείνεται χρόνο με το χρόνο, καθώς οι ενδείξεις για τη σοβαρότητα των επιπτώσεών της γίνονται όλο και πιο ανησυχητικές, ιδιαίτερα για τη γεωργία των αναπτυσσόμενων χωρών (Parry et al., 2001, FAO, 2009). Η αγροτική παραγωγή κινδυνεύει λόγω της απώλειας καλλιεργήσιμης γης, της σμίκρυνσης των καλλιεργητικών περιόδων και της αβεβαιότητας σχετικά με το είδος και το χρόνο εγκατάστασης συγκεκριμένων καλλιεργειών. Εκτιμάται ότι μέχρι το 2100 (UNFCCC, 2007) στην Αφρική τα έσοδα από τη γεωργία μπορεί να μειωθούν έως και 90%, στην Ασία κινδυνεύουν πολλά εκατομμύρια ανθρώπων από αστία, ενώ για την Ευρώπη προκύπτει από ανεξάρτητες έρευνες ότι η μεταβολή του κλίματος θα εντείνει τις οικονομικές ανισότητες στις διάφορες περιφέρειες της Ευρωπαϊκής Ένωσης –ΕΕ (EEA, 2008, Stern, 2007).

Η ανάγκη προσδιορισμού των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής (αύξηση του CO₂, άνοδος της θερμοκρασίας, διαφοροποίηση των κατακρημνισμάτων, αύξηση της έντασης και συχνότητας των ακραίων καιρικών φαινομένων, μεταβολή της διασποράς των εχθρών και ασθενειών των καλλιεργειών, Tubiello et al., 2007) στη γεωργία οφείλεται στο γεγονός ότι η εν λόγω αλλαγή αναμένεται να έχει επιπτώσεις στα αποθέματα ειδών διατροφής σε παγκόσμιο επίπεδο και να προκύψουν ανεξέλεγκτα επισιτιστικά προβλήματα. Επιπλέον, η αύξηση των ακραίων καιρικών φαινομένων μπορεί να οδηγήσει στην αύξηση των τιμών και σε αλλαγές του εμπορικού ισοζυγίου μεταξύ των διαφόρων χωρών (Lobell et al., 2008).

Η Διακυβερνητική Επιτροπή της Κλιματικής Αλλαγής (IPCC, 2007a) αναφέρει ότι μέτρια αύξηση της θερμοκρασίας κατά το πρώτο ήμισυ του αιώνα που διανύουμε πιθανόν θα αυξήσει τις αποδόσεις των καλλιεργειών στην εύκρατη ζώνη, ενώ θα τις μειώσει στην υποτροπική και τροπική ζώνη. Για την Ευρωπαϊκή Ένωση το ερευνητικό πρόγραμμα PESETA προβλέπει, ανάλογα με το σενάριο, για μεν τη Ν. Ευρώπη από μηδενικές μεταβολές έως 27% μείωση της παραγωγής, για δε την Κεντρική και Β. Ευρώπη αύξηση έως και 40%.

Οι Karpetanaki and Rosenzweig (1997) προέβλεψαν για τον αραβόσιτο μείωση των αποδόσεων στη Θεσσαλία έως και 20%, ενώ μελέτη του Υπουργείου Περιβάλλοντος (1997) για την περίοδο 2071-2100 προέβλεψε ότι η παραγωγή αραβοσίτου θα μειωθεί έως και 55% και η παραγωγή σκληρού σίτου θα παρουσιάσει μεγάλη διαφοροποίηση, από -67% έως +15%, ανάλογα με το σενάριο. Η ίδια μελέτη προέβλεψε για μεν το βαμβάκι ότι στις περιοχές της Μακεδονίας και της Θεσσαλίας θα υπάρξει μείωση έως και 29% και για τη Θράκη αύξηση έως και 21%, για δε τα αμπελουργικά προϊόντα ότι θα υπάρξει διαφοροποίηση της παραγωγής από -59% έως +55%, ανάλογα με το σενάριο και την περιοχή.

Για την εκτίμηση της επίδρασης της κλιματικής αλλαγής στην ελληνική γεωργία χρησιμοποιήθηκαν τόσο πρόσφατες ερευνητικές εργασίες και δημοσιεύσεις όσο και πρότυπα τα οποία αποτελούν σημαντικά εργαλεία για την πρόβλεψη της αντίδρασης των καλλιεργειών στη μεταβολή του κλίματος (Geerts and Raes, 2009). Τα πρότυπα ανάπτυξης καλλιεργειών συνδυάζουν κλιματικά, μετεωρολογικά, εδαφολογικά, φαινολογικά και καλλιεργητικά δεδομένα, για περιορισμό του σφάλματος πρόβλεψης (Soussana et al., 2010). Αυτά τα πρότυπα μπορούν να χωριστούν σε δύο μεγάλες ομάδες, τα στατιστικά (Lobell et al., 2008, Paeth et al., 2008) και τα πρότυπα προσομοίωσης καλλιεργειών ή μηχανιστικά πρότυπα (CropSyst, AquaCrop, CERES κ.λπ.).

Για την εκτίμηση των κλιματικών αλλαγών στη γεωργία και πως οι ενδεχόμενη κλιματική αλλαγή μπορεί να επηρεάσει τη σύνθεση των καλλιεργειών στις υπό μελέτη περιοχές της Ελλάδας (Θεσσαλία, Ήπειρος και Αιτωλοακαρνανία) χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία από τη μελέτη που Τράπεζας της Ελλάδας (2011) σχετικά με τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην οικονομία της Ελλάδας.

Πιο συγκεκριμένα η αποτίμηση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στο γεωργικό τομέα έγινε με τη χρήση του προτύπου AquaCrop (version 3.1, 2010), το οποίο προέκυψε από την αναθεωρημένη έκθεση του FAO (Doorenbos and Kassam, 1979), καθώς συνδυάζει την επίδραση του νερού στην ανάπτυξη των φυτών και στην παραγωγικότητα των καλλιεργειών, απαιτεί συγκριτικά με άλλα πρότυπα, μικρότερο αριθμό παραμέτρων, είναι πιο απλό στη χρήση και έχει μεγαλύτερη ακρίβεια και μικρότερες πιθανότητες σφάλματος (Raes et al., 2009). Χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από ερευνητικές εργασίες για το σίτο (Karamanos et al., 2008), το βαμβάκι (Κωτούλας, 2010) και τον αραβόσιτο (Βολουδάκης κ.ά., αδημοσίευτα στοιχεία), ενώ για τη ρύθμιση των παραμέτρων του προτύπου στα διαφορετικά επίπεδα CO₂ αξιοποιήθηκαν δεδομένα των Alexandrov and Hoogenboom (2000), Li et al. (2000), Pleijel et al. (2000), Bindi et al. (2001), Kimball et al. (2002), Kimball et al. (2007) και Taub (2010). Για τις περιπτώσεις όπου δεν εφαρμόστηκε το πρότυπο (κηπευτικά, δενδρώδεις καλλιέργειες κ.λπ.), χρησιμοποιήθηκαν προηγούμενα ερευνητικά αποτελέσματα (Mortensen, 1994, Rosenzweig et al., 1996, Kimball and Idso, 2001, Olesen and Bindi, 2002, Chartzoulakis and Psarras, 2005, Kimball et al., 2007, Garnaut, 2008, Moriondo et al., 2008, Ventrella et al., 2008, Gutierrez et al., 2009, Moretti et al., 2010, Orduna et al., 2010).

Στη μελέτη ελήφθη υπόψη η επίπτωση της ερημοποίησης στην απόδοση των καλλιεργειών. Η εκτίμηση της ερημοποίησης έγινε με βάση τα στοιχεία ειδικής μελέτης (Γιάσογλου και Κοσμάς, 2004). Τόσο η αναμενόμενη μείωση των βροχοπτώσεων όσο και η ένταση των ακραίων φαινομένων θα μπορούσαν να οδηγήσουν στην υπόθεση ότι οι υφιστάμενες προβλέψεις θα επιβαρυνθούν κατά 5-10% επιπλέον

Όσον αφορά την επίδραση εχθρών, ασθενειών και ζιζανίων στη φυτική παραγωγή, σε γενικές γραμμές η εκτίμηση που κυριαρχεί είναι ότι θερμότερες κλιματικές συνθήκες είναι περισσότερο κατάλληλες για την ανάπτυξη εχθρών, αφού τα έντομα-εχθροί μπορούν να συμπληρώσουν μεγαλύτερο αριθμό βιολογικών κύκλων κατά τη διάρκεια του έτους. Επίσης, θερμότεροι χειμώνες επιτρέπουν σε απειλητικά προς τις καλλιέργειες έντομα να διαχειμάσουν σε περιοχές που σήμερα λόγω ψύχους δεν είναι κατάλληλες, με αποτέλεσμα την επίσπευση της προσβολής σε καλλιέργειες κατά την επόμενη καλλιεργητική περίοδο (Gutierrez et al., 2009). Κατ' αντιστοιχία, και στην περίπτωση των ζιζανίων αναμένεται επέκταση της εμφάνισης των θερμοφίλων ζιζανίων (*Cassia*, *Amaranthus*, *Sesbania*, *Crotalaria*, *Rottboellia*, *Imperata*, *Panicum*, *Striga*, κ.ά.) σε ψυχρότερες ζώνες και σε περιοχές με μεγαλύτερο υψόμετρο (Karamanos, 2009).

2.3. Γενικές παρατηρήσεις

Αροτραίες καλλιέργειες

Ορισμένες πτυχές της αλλαγής του κλίματος, όπως η άνοδος της θερμοκρασίας, η αύξηση της φωτοσύνθεσης λόγω της αυξημένης παρουσίας διοξειδίου του άνθρακα στον ατμοσφαιρικό αέρα και οι παρατεταμένες καλλιεργητικές περιόδους, ενδέχεται να έχουν ελαφρώς θετικές επενέργειες στην παραγωγικότητα των αροτραίων καλλιεργειών σε ορισμένες περιοχές, τουλάχιστον έως τα μέσα του αιώνα. Στις βόρειες περιοχές, είναι πιθανό να αυξηθούν οι αποδόσεις και να διευρυνθεί το φάσμα των δυνατών καλλιεργειών, αλλά τα οφέλη αυτά θα προκύψουν μόνο σε περίπτωση χαμηλής αύξησης της θερμοκρασίας και είναι άκρως αβέβαια. Η περαιτέρω θέρμανση θα έχει όλο και πιο βλαβερές επιπτώσεις, επειδή η ανάπτυξη και η απόδοση των φυτών εξαρτώνται από τις οριακές τιμές της θερμοκρασίας που συνδέονται με τα βασικά αναπαραγωγικά στάδια. Η επιτάχυνση του κύκλου καλλιέργειας μπορεί να έχει αρνητικές επενέργειες στο φορτίο και στην ποιότητα των σπόρων. Μπορεί να αναμένεται ότι η αυξημένη ετήσια και εποχική μεταβλητότητα των βροχοπτώσεων θα έχει διάφορες αρνητικές επιπτώσεις, όπως μείωση των θερινών βροχοπτώσεων στο νότιο τμήμα της ΕΕ και αύξηση της έντασης των χειμερινών βροχοπτώσεων στο κεντρικό και το βόρειο τμήμα της ΕΕ. Οι ακραίες καιρικές συνθήκες, όπως οι καύσωνες και η ξηρασία, ενδέχεται να διαταράξουν σοβαρά την παραγωγή, ιδίως κατά τις κρίσιμες φάσεις της ανάπτυξης των καλλιεργειών.

Λαχανικά

Η παραγωγή λαχανικών επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από τη διαθεσιμότητα νερού ή ακόμη και από μικρότερες πιέσεις οφειλόμενες σε θερμοκρασίες εκτός του βέλτιστου πεδίου τιμών, γεγονός που καθιστά αυτό το είδος παραγωγής ιδιαίτερα ευάλωτο στις κλιματικές αλλαγές.

Για τις πολυετείς καλλιέργειες, τα ακραία φαινόμενα αντιπροσωπεύουν σοβαρό κίνδυνο, δεδομένου ότι μπορούν να επηρεάσουν την ικανότητα παραγωγής για διάστημα πολλών ετών. Οι

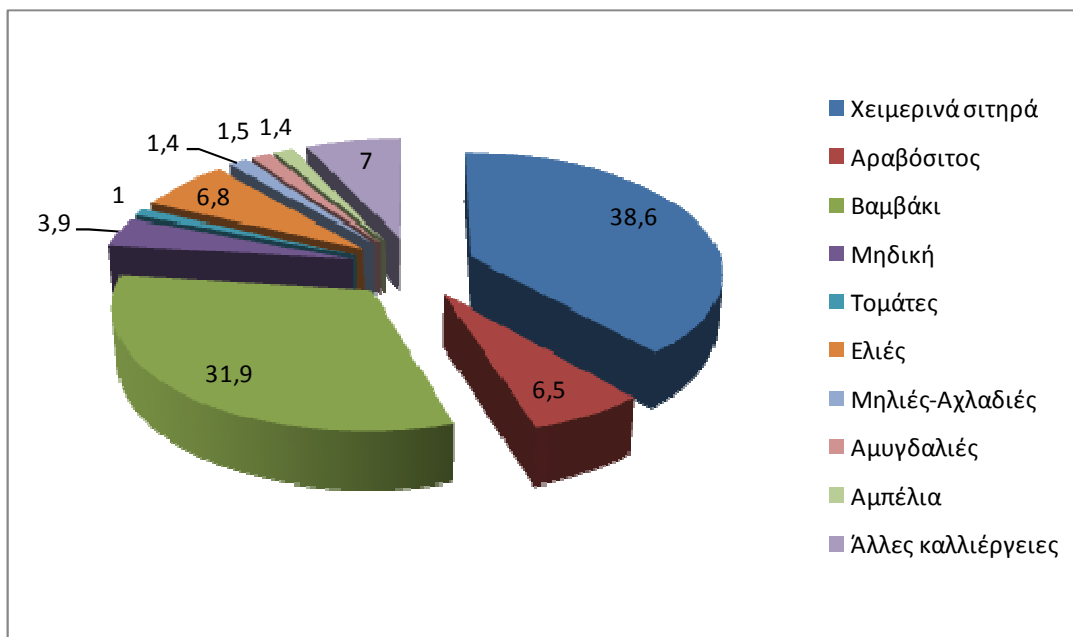
πολυετείς καλλιέργειες επηρεάζονται επίσης από την αυξημένη πρωιμότητα των φαινολογικών σταδίων, ενώ σε σχέση με τις αροτραίες καλλιέργειες οι δυνατότητες προσαρμογής τους μέσω της αλλαγής του χρονοδιαγράμματος των καλλιεργητικών εργασιών είναι λιγότερες.

Πολλά οπωροφόρα δέντρα είναι ευπαθή στους εαρινούς παγετούς κατά την περίοδο ανθοφορίας και οι χειμερινές θερμοκρασίες διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην παραγωγικότητα. Δεδομένου ότι η άνοδος της θερμοκρασίας θα επισπεύσει τόσο την εμφάνιση των τελευταίων εαρινών παγετών όσο και την ανθοφορία, ο κίνδυνος ζημιών είναι πιθανό να παραμείνει σε μεγάλο βαθμό αμετάβλητος. Ο κίνδυνος ζημιών λόγω πρώιμων φθινοπωρινών παγετών είναι πιθανό να μειωθεί, ενώ θα αυξηθούν μάλλον οι ανάγκες σε νερό. Αναμένεται να αυξηθούν οι συνδεόμενες με επιβλαβείς οργανισμούς και ασθένειες δυσκολίες.

Στις επιπτώσεις στον τομέα του οίνου περιλαμβάνονται ο υψηλότερος κίνδυνος παγετού, η συντόμευση της περιόδου ωρίμανσης, η λειψυδρία που μπορεί να είναι ιδιαίτερα επιβλαβής στο στάδιο της ωρίμανσης, και η αλλαγή της τυπολογίας των επιβλαβών οργανισμών και ασθενειών. Η γεωγραφική ζώνη της Ευρώπης που προσφέρεται για την οινοπαραγωγή και την ελαιοπαραγωγή ενδέχεται να επεκταθεί βόρεια και ανατολικά. Στις σημερινές περιοχές παραγωγής, είναι πιθανό να σημειωθεί μεγαλύτερη διακύμανση της παραγωγής φρούτων.

2.4. Περιφέρεια Θεσσαλίας

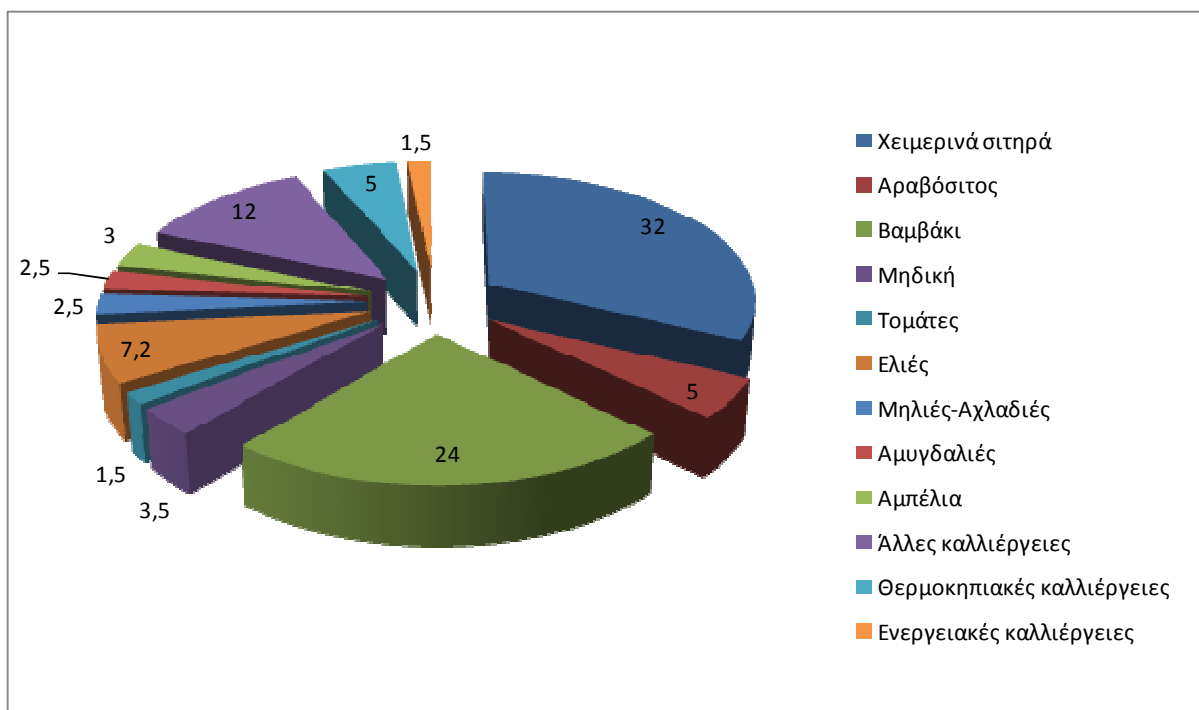
Το σχήμα 1 στη συνέχεια παρουσιάζει την κατανομή ενός αντιπροσωπευτικού στρέμματος για την περιοχή της Θεσσαλίας. Δηλαδή ανάλογα με την ποσοστιαία συμμετοχή κάθε καλλιέργειας στο σύνολο των στρεμμάτων της Θεσσαλίας, αν αυτό αντιστοιχούσε σε ένα στρέμμα τι ποσοστό θα καταλάμβανε η κάθε καλλιέργεια.



Σχήμα 1. Αντιπροσωπευτικό στρέμμα Θεσσαλίας

Όπως ήδη αναφέρθηκε και αναλύθηκε στην προηγούμενη ενότητα οι καλλιέργειες αυτές διαφοροποιούνται ως προς την κατανάλωση νερού. Έτσι υπάρχουν καλλιέργειες που ενώ καταλαμβάνουν λίγα στρέμματα έχουν υψηλές καταναλώσεις νερού ενώ υπάρχουν και καλλιέργειες με λίγα σχετικά στρέμματα οι οποίες όμως δεν είναι τόσο απαιτητικές στην κατανάλωση του νερού και συνεπώς καταναλώνουν μικρότερες ποσότητες νερού.

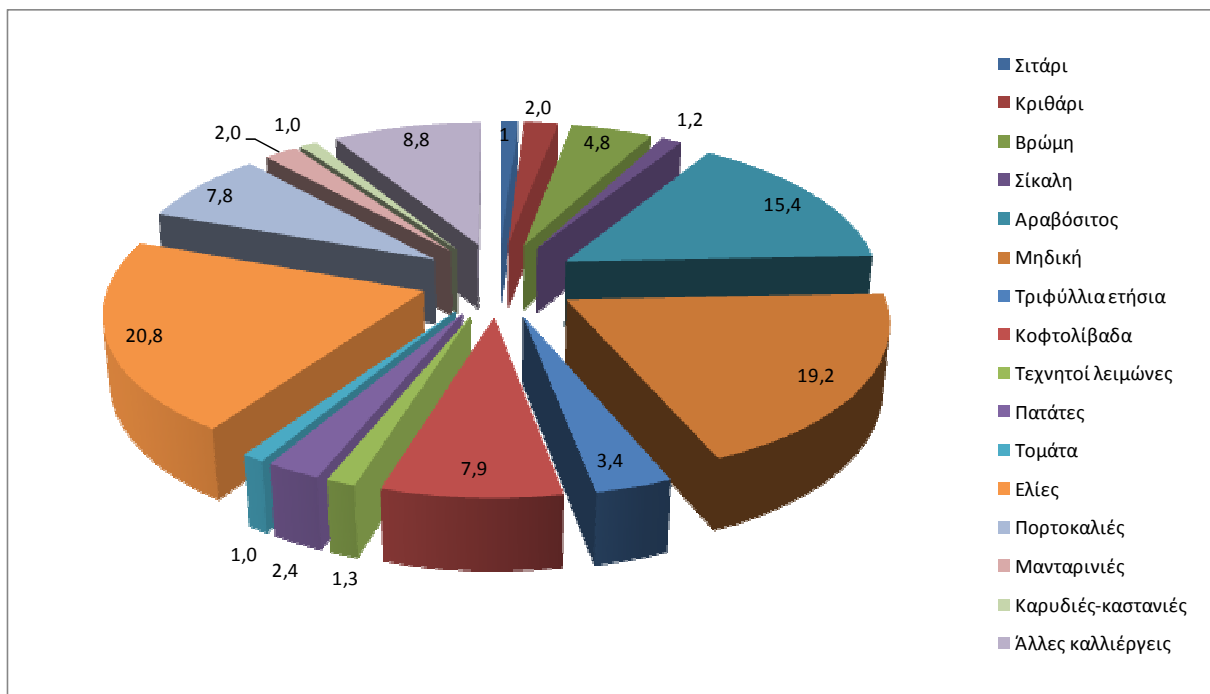
Το σχήμα 2 στη συνέχεια παρουσιάζει πως τροποποιείται στο τυπικό στρέμμα για την περιοχή της Θεσσαλίας ενόψει της κλιματικής αλλαγής. Για τη διαφοροποίηση των καλλιεργειών στο μελλοντικό τυπικό στρέμμα ελήφθησαν υπόψη όλοι οι παράγοντες που αναλύθηκαν στις προηγούμενες παραγράφους (κατανάλωση νερού, αύξηση θερμοκρασίας και CO₂, έξαρση πληθυσμών εχθρών και ασθενειών, νέα φιλο-περιβαλλοντική Κοινή Αγροτική Πολιτική)



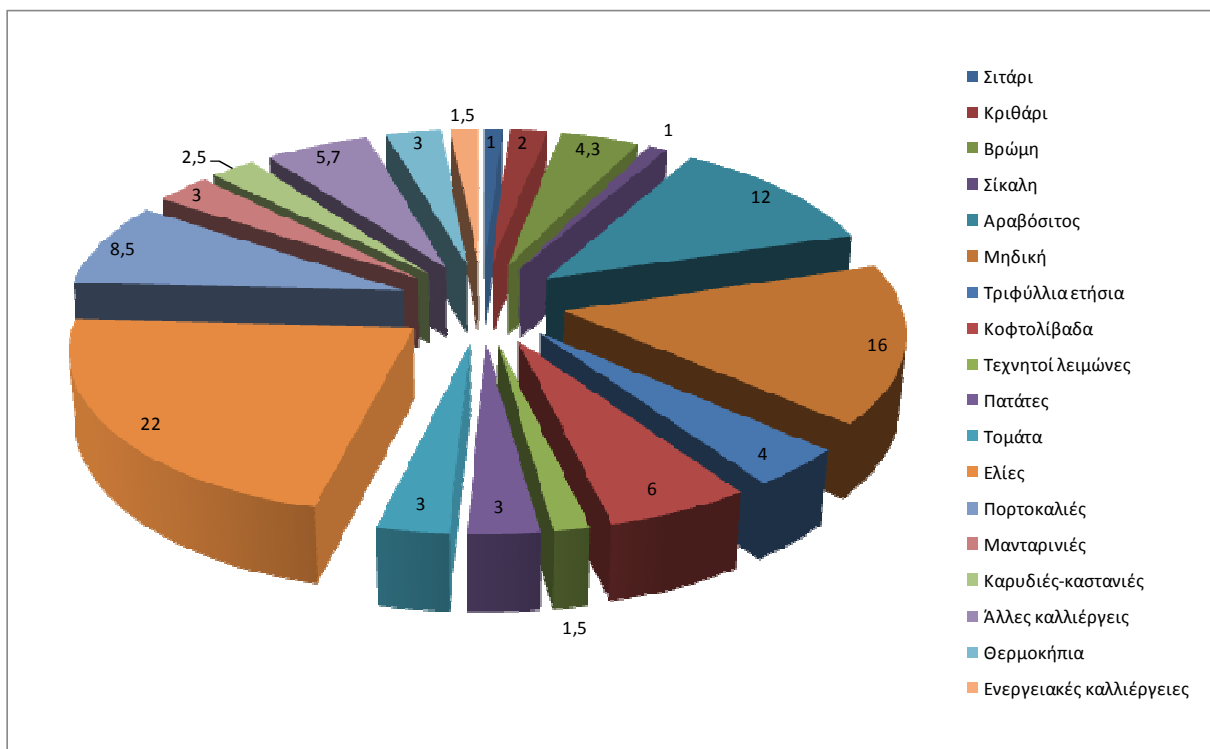
Σχήμα 2. Αντιπροσωπευτικό στρέμμα Θεσσαλίας ενόψει κλιματικής αλλαγής

2.5. Περιφέρεια Ηπείρου

Αντίστοιχα σχήματα παρουσιάζονται και για την Περιφέρεια της Ηπείρου. Το σχήμα 3 δείχνει τη σύνθεση του αντιπροσωπευτικού στρέμματος τώρα, στις παρούσες κλιματικές συνθήκες και το σχήμα 4 παρουσιάζει πως το στρέμμα αυτό δύναται να τροποποιηθεί ενόψει της κλιματικής αλλαγής.



Σχήμα 3. Αντιπροσωπευτικό στρέμμα Ηπείρου

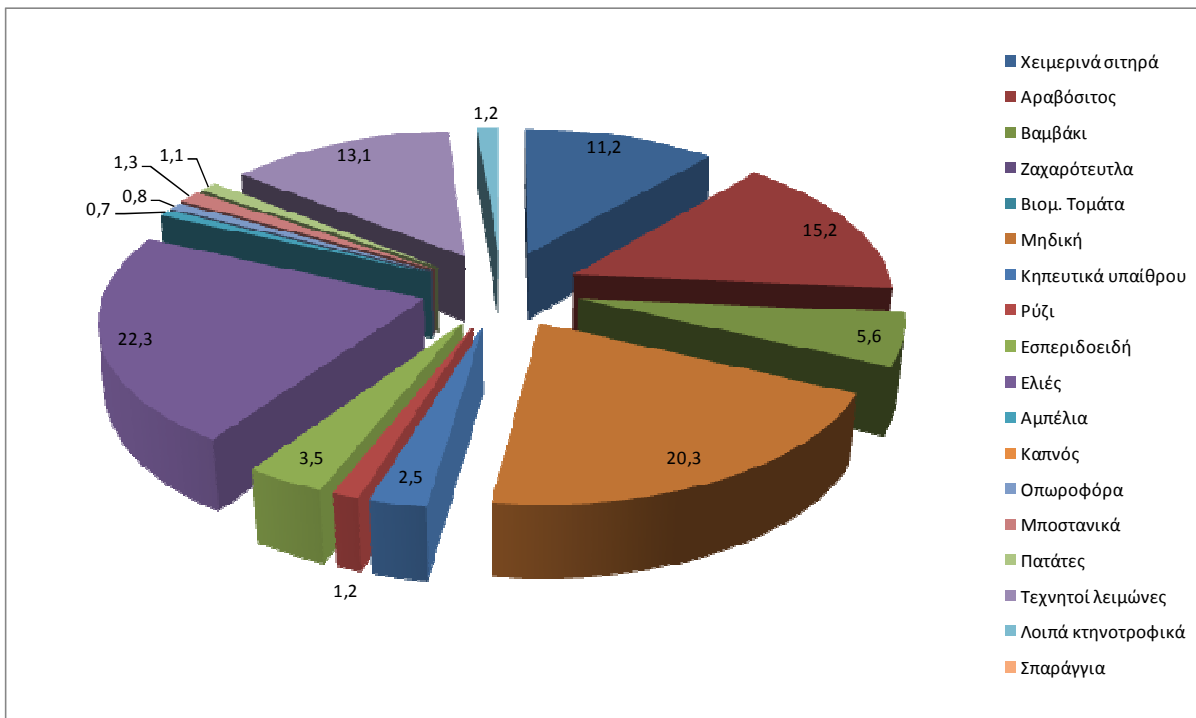


Σχήμα 4. Αντιπροσωπευτικό στρέμμα Ηπείρου ενόψει κλιματικής αλλαγής

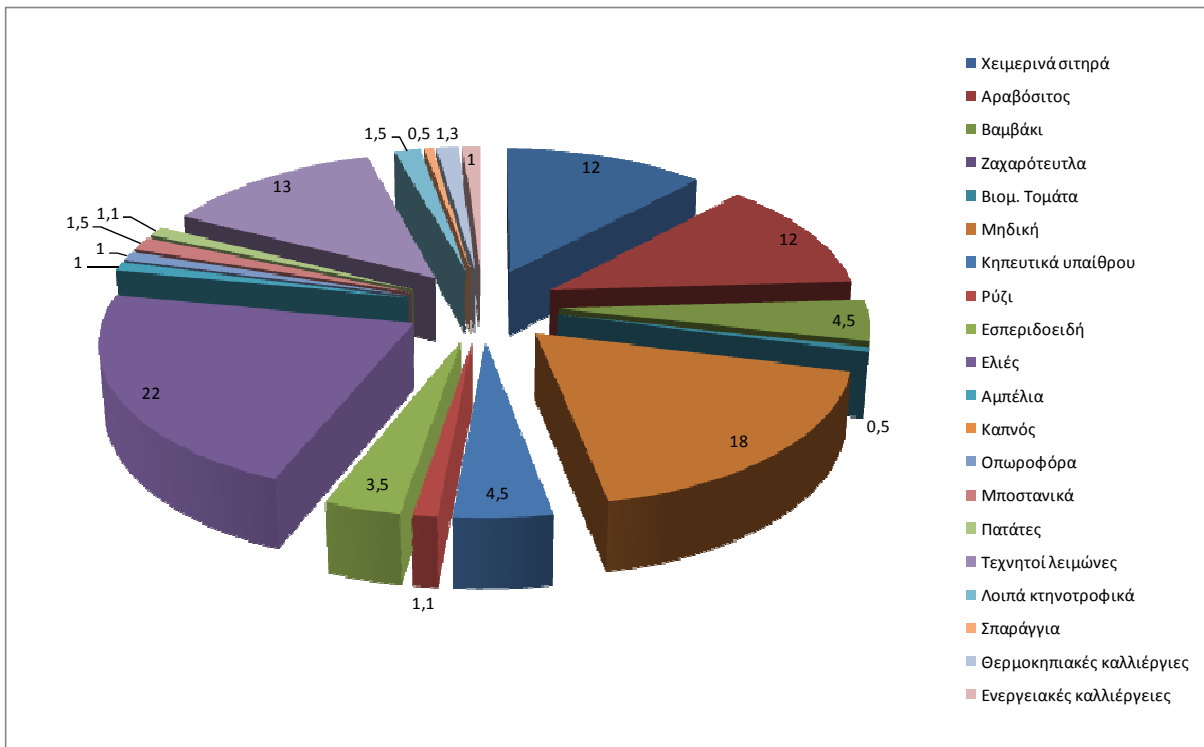
2.6. Περιφέρεια Δυτικής Ελλάδας

Για τη Δυτική Ελλάδα οι υπολογισμοί έγιναν μόνο για το νομό Αιτωλοακαρνανίας για τον οποίο και δόθηκαν τα σχετικά στοιχεία. Σε αντιστοιχία με τις δύο προηγούμενες περιφέρειες το σχήμα 5

δείχνει τη σύνθεση του αντιπροσωπευτικού στρέμματος τώρα, στις παρούσες κλιματικές συνθήκες και το σχήμα 6 παρουσιάζει πως το στρέμμα αυτό δύναται να τροποποιηθεί ενόψει της κλιματικής αλλαγής.



Σχήμα 5. Αντιπροσωπευτικό στρέμμα Νομού Αιτωλοακαρνανίας



Σχήμα 6. Αντιπροσωπευτικό στρέμμα Νομού Αιτωλοακαρνανίας ενόψει κλιματικής αλλαγής

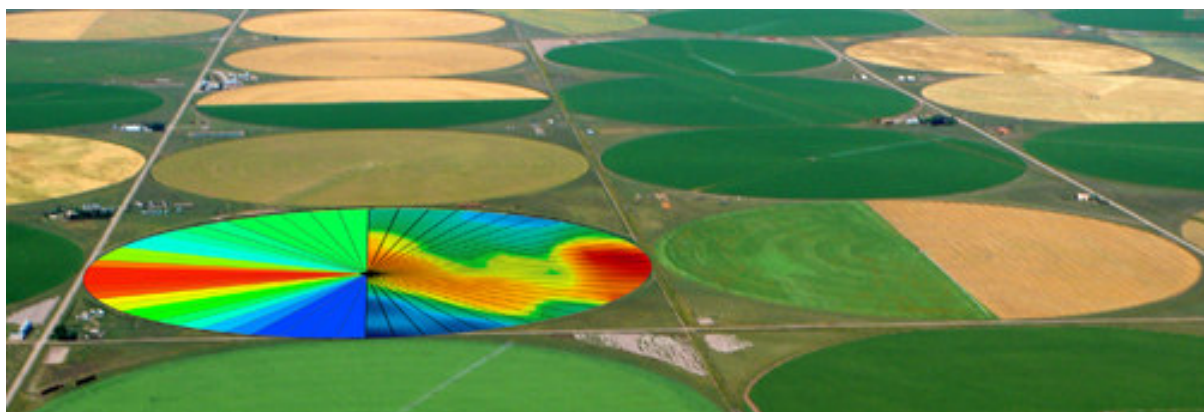
3. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Στην ανάλυση που προηγήθηκε παρουσιάστηκε η ενδεχόμενη επίπτωση της κλιματικής αλλαγής στη γεωργία και πιο συγκεκριμένα στις διαθέσιμες ποσότητες υδάτινων πόρων για άρδευση των καλλιεργειών. Με βάση σενάρια υπολογίστηκαν οι ανάγκες σε νερό των καλλιεργειών για τις Περιφέρειες Ηπείρου, Θεσσαλίας και την Αιτωλοακαρνανία και προτάθηκαν αλλαγές για το αντιπροσωπευτικό καλλιεργητικό στρέμμα αυτών των περιοχών.

Πέρα όμως από την τροποποίηση των καλλιεργειών υπάρχουν και στρατηγικές και τεχνολογίες που αν υιοθετηθούν σωστά μπορούν να οδηγήσουν σε μείωση της κατανάλωσης νερού.

3.1. Γεωργία Ακριβείας

Η Γεωργία Ακριβείας (Precision Agriculture) είναι μια νέα προσέγγιση στη διαχείριση των αγρών και των γεωργικών εκμεταλλεύσεων. Η Γεωργία Ακριβείας είναι μια σύγχρονη μεθοδολογία προσέγγισης της γεωργίας με σύγχρονα μέσα, με σκοπό τη βελτιστοποίηση τόσο της ποιότητας όσο και της απόδοσης των αγροτικών καλλιεργειών. Αναφέρεται στη βέλτιστη χρήση των γεωργικών εισροών και των καλλιεργητικών πρακτικών με απώτερο στόχο την αύξηση της παραγωγικότητας, των εσόδων καθώς και τη μείωση ανεπιθύμητων επιδράσεων στο περιβάλλον. Η δημιουργία ζωνών διαχείρισης των αγροτεμαχίων αποτελεί τη βάση εφαρμογής της Γεωργίας Ακριβείας. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται πληροφορίες που συγκεντρώνονται με διάφορα μέσα. Η δημιουργία ζωνών διαχείρισης των αγροτεμαχίων, μας παρέχει τη δυνατότητα για καλλιεργητικές επεμβάσεις με μεταβαλλόμενες δόσεις (variable rate applications). Αυτή η δυνατότητα είναι και ο απώτερος σκοπός της Γεωργίας Ακριβείας, δηλαδή η εφαρμογή μεταβλητών καλλιεργητικών φροντίδων για κάθε τμήμα του αγρού, ανάλογα με τις πραγματικές του, ανά περιοχή, ανάγκες. Αυτές οι εφαρμογές επιφέρουν εξοικονόμηση πόρων, το οποίο έχει ως αποτέλεσμα την καλύτερη διαχείριση των αγροτικών εκμεταλλεύσεων σε επίπεδο παραγωγού, αλλά και στην προστασία του περιβάλλοντος από την αλόγιστη χρήση των εισροών, που είναι ιδιαίτερα σημαντικό για τη χώρα μας.

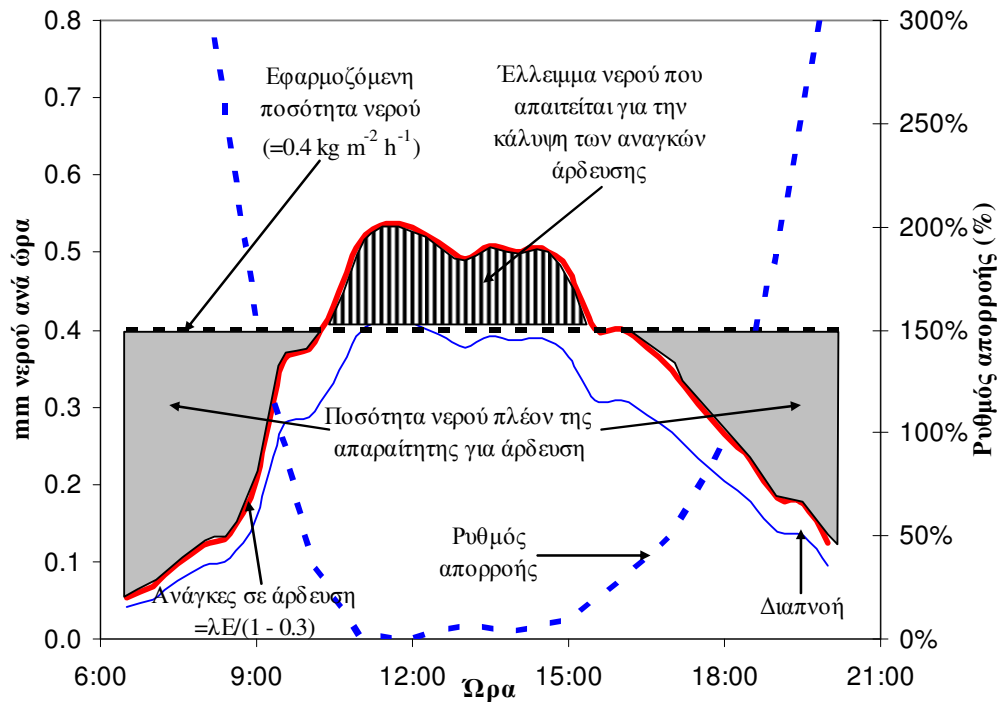


Όλα τα ανωτέρω μπορούν να εφαρμοστούν αποτελεσματικά για τη μείωση της χρήσης νερού σε καλλιέργειες αγρού αφού με τη χρήση τεχνικών γεωργίας ακριβείας δεν θα αρδεύεται με την ίδια δόση άρδευσης όλο το τμήμα ενός αγρού, αλλά σύμφωνα με τις ζώνες διαχείρισης, η άρδευση σε κάθε ζώνη – τμήμα του αγρού θα είναι ανάλογη των πραγματικών απαιτήσεων για νερό. Η εξοικονόμηση χρήσης υδάτινων πόρων με τη χρήση γεωργίας ακριβείας μπορεί να φτάσει και το 20%.

3.2. Βελτίωση συστήματος άρδευσης

Η ορθολογική άρδευση των καλλιεργειών γίνεται συναρτήσει των πραγματικών αναγκών της καλλιέργειας σε νερό, οι οποίες και εκφράζονται με την εξατμισοδιαπνοή της καλλιέργειας. Μέχρι σήμερα έχουν προταθεί αρκετά προσομοιώματα για την εκτίμηση της διαπνοής και κατά συνέπεια των αναγκών σε νερό των καλλιεργειών. Τα πιο απλά και ευρέως χρησιμοποιούμενα από αυτά προβλέπουν τη διαπνοή με βάση την εισερχόμενη στο θερμοκήπιο ηλιακή ακτινοβολία. Η μέθοδος αυτή προϋποθέτει τη γνώση ενός καλλιεργητικού συντελεστή, ο οποίος είναι συνάρτηση του σταδίου ανάπτυξης της καλλιέργειας. Κάποια άλλα προσομοιώματα βασίζονται στο πλήρες ενεργειακό ισοζύγιο (Penman-Monteith), μέθοδος όμως που απαιτεί τη γνώση και χρήση αρκετών σταθερών και παραμέτρων που δεν είναι εύκολα διαθέσιμες. Έτσι, προκειμένου να ξεπεραστεί το παραπάνω πρόβλημα, διάφοροι ερευνητές πρότειναν τη χρήση μιας απλοποιημένης σχέσης των Penman-Monteith που εκφράζει τη διαπνοή ως συνάρτηση της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας και του ελλείμματος κορεσμού του αέρα.

Μετρώντας λοιπόν την ηλιακή ακτινοβολία και προσδιορίζοντας το έλλειμμα κορεσμού της καλλιέργειας (από μετρήσεις θερμοκρασίας και υγρασίας) μπορούμε εύκολα να προσδιορίσουμε τη διαπνοή των φυτών (τουλάχιστον για τις πλέον συνήθεις καλλιέργειες για τις οποίες υπάρχουν καλλιεργητικοί συντελεστές από το FAO). Έτσι μπορούμε να διαμορφώσουμε ένα βέλτιστο πρόγραμμα άρδευσης της καλλιέργειας το οποίο όπως προκύπτει από το σχήμα οδηγεί σε σημαντική εξοικονόμηση νερού όπως φαίνεται από το παρακάτω σχήμα.



Από το παραπάνω σχήμα προκύπτει ότι κατά τα χρονικά διαστήματα από 6:00 έως 10:00 και από 16:00 έως 21:00, η εφαρμοζόμενη ποσότητα νερού ήταν αρκετά μεγαλύτερη από τις υπολογισμένες πραγματικές ανάγκες, με αποτέλεσμα ο ρυθμός απορροής για τα αντίστοιχα χρονικά διαστήματα να είναι πολύ μεγαλύτερος του 30% και κατά συνέπεια η επιβάρυνση του περιβάλλοντος από το απορρέον θρεπτικό διάλυμα να αυξάνει σημαντικά. Παράλληλα, κατά το διάστημα από 11:00 έως 16:00, οι τιμές του ρυθμού απορροής που παρατηρήθηκαν ήταν μικρότερες του 30% με αποτέλεσμα αυξημένο κίνδυνο συγκέντρωσης αλάτων.

Φαίνεται λοιπόν ότι με την εφαρμογή ενός προγράμματος άρδευσης βασισμένου στην εκτίμηση των αναγκών σε νερό με βάση τη διαπνοή της καλλιέργειας, είναι δυνατό να επιτευχθούν υψηλές τιμές αποτελεσματικότητας.

3.3. Καλλιέργειες υπό κάλυψη

Οι καλλιέργειες υπό κάλυψη είναι το κατεξοχήν καλλιεργητικό σύστημα με το οποίο περιορίζονται δραστικά οι καταναλώσεις σε νερό των καλλιεργειών. Η χρησιμοποίηση δε υδροπονικών συστημάτων στα οποία το νερό ανακυκλώνεται και επαναχρησιμοποιείται μπορεί να οδηγήσει σε ακόμα μεγαλύτερη εξοικονόμηση νερού. Το παρακάτω σχήμα μας δείχνει την αποτελεσματικότητα χρήσης νερού (Water Use Efficiency, WUR) για διάφορα καλλιεργητικά συστήματα. Ο συντελεστής αυτός δηλώνει πόσα kg προϊόντος παράγονται ανά m^3 χρήσης νερού. Είναι εύλογο πως μεγαλύτερες τιμές του δείκτη αυτού οδηγούν σε καλύτερη αξιοποίηση των διαθέσιμων υδάτινων πόρων δηλαδή σε πιο ορθολογική χρήση του νερού άρα και σε εξοικονόμηση των υδάτινων πόρων.



Χαρακτηριστικά αναφέρεται πως η τιμή του δείκτη αυτού για τον ανοιχτό αγρό είναι 17 και μπορεί να φτάσει στο 66 (δηλαδή 4 φορές περισσότερο) σε κλειστό υδροπονικό σύστημα σε θερμοκήπιο. Άλλωστε αυτήν την αναλογία (1 προς 4) μεταξύ ανοιχτού αγρού και θερμοκηπίου όσο αφορά την αποτελεσματικότητα χρήσης του νερού την πιστοποιεί και ο FAO

Συνθήκες ανάπτυξης	Χώρα	WUE (kg/m ³)
Ανοιχτός αγρός	Ισραήλ (έδαφος)	17
	Γαλλία (έδαφος)	14
Μη θερμαινόμενο θερμοκήπιο	Ισπανία (έδαφος)	25
	Γαλλία (έδαφος)	24
	Ισραήλ (έδαφος)	33
Πλήρως ελεγχόμενο θερμ. Υδροπονία	Γαλλία (ανοιχτό)	39
	Ολλανδία (ανοιχτό)	45
	Ολλανδία (κλειστό)	66

Κατά τη διάρκεια των τελευταίων ετών η κάλυψη καλλιεργειών με δίχτυα κερδίζει ολοένα και περισσότερο έδαφος για την καλλιέργεια οπωροκηπευτικών καθόλη τη διάρκεια του έτους.

Έτσι σε πολλές περιοχές της μεσογείου εμφανίστηκαν τα λεγόμενα διχτυοκήπια. Τα διχτυοκήπια είναι η κατασκευή θερμοκηπιακού τύπου με κάλυψη από δίχτυ. Το δίχτυ μπορεί να είναι:

α) εντομοστεγές: για καλλιέργεια χωρίς έντομα.

β) σκίασης: για προστασία της καλλιέργειας από τα υψηλά επίπεδα ακτινοβολίας και από έντονα καιρικά φαινόμενα.



Η έντονη και συνεχώς αυξανόμενη ανάγκη για καλλιέργεια σε διχτυοκήπια προέκυψε πρόσφατα ως αποτέλεσμα τόσο της κλιματικής αλλαγής (αύξηση των επιπέδων της ηλιακής ακτινοβολίας, ιδιαίτερα της υπεριώδους, και θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού με συνέπεια την εμφάνιση έντονων προβλημάτων από εγκαύματα στα φύλλα και τους καρπούς της καλλιέργειας), όσο και των διατροφικών σκανδάλων και των έντονων απαιτήσεων των καταναλωτών για «καθαρά» προϊόντα, απαλλαγμένα από χημικά υπολείμματα. Κι αυτό γιατί η καλλιέργεια σε διχτυοκήπια αφενός αμβλύνει τις δυσμενείς επιπτώσεις των έντονων καιρικών φαινομένων που χαρακτηρίζουν την εποχή μας και αφετέρου μειώνει τα προβλήματα από έντομα οδηγώντας, έτσι, σε μειωμένες απαιτήσεις για χρήση χημικών φυτοπροστατευτικών και σε παραγωγή ποιοτικών προϊόντων.



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