ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
Τμήμα Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων και Γεωργικής Μηχανικής

Τομέας
Διαχείρισης
Υδατικών
Πόρων

Εφαρμογή του SPI στον Ελλαδικό χώρο για την ολοκληρωμένη διαχείριση των λειψυδριών

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ
ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ ΤΣΕΣΜΕΛΗ

ΑΘΗΝΑ 2010

<u>Τριμελής Επιτροπή:</u>

Επιβλέπων: Χρίστος Καραβίτης, Λέκτορας Γ.Π.Α.

Μέλος: Σταύρος Αλεξανδρής, Λέκτορας Γ.Π.Α.

Μέλος: Κωνσταντίνος Κοσμάς, Καθηγητής Γ.Π.Α.

Πρόλογος

Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία με τίτλο «Εφαρμογή του SPI στον Ελλαδικό χώρο για την ολοκληρωμένη διαχείριση των λειψυδριών» μου ανατέθηκε από τον κ. Χρίστο Καραβίτη Λέκτορα του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών του τμήματος Αξιοποίησης Φυσικών Πόρων και Γεωργικής Μηχανικής και πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο Γεωργικής Υδραυλικής του τομέα Διαχείρισης Υδατικών Πόρων. Η μεταπτυχιακή εργασία περιλαμβάνει τη μελέτη των σημαντικών λειψυδριών τα τελευταία είκοσι χρόνια στον Ελλαδικό χώρο. Η εκτεταμένη αναφορά του τύπου για τα προβλήματα που δημιουργούσε η λειψυδρία όλα αυτά τα χρόνια έδωσε το έναυσμα για περαιτέρω μελέτη και ανάλυση των αποτελεσμάτων. Προηγούμενη προσπάθεια στο συγκεκριμένο θέμα έχει πραγματοποιηθεί από την Χριστίνα Χορταριά το 2008 για τα έτη 1989-1993.

Το κλίμα τις Ελλάδος είναι ευαίσθητο σε συχνά φαινόμενα λειψυδρίας, αυτό οφείλεται στην χωροχρονική κατανομή των κατακριμνησμάτων δηλαδή στις υγρές περιόδους (Οκτώβριος-Μάρτιος) και στις ξηρές περιόδους (Απρίλιος-Σεπτέμβριος). Αντιλαμβάνεται κανείς ότι αν δεν σημειωθούν βροχοπτώσεις στην περίοδο Οκτώβριος-Μάρτιος τότε θα δημιουργηθούν προβλήματα στη διαθεσιμότητα των υδατικών πόρων. Για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος χρειάζεται τακτική παρατήρηση και επεξεργασία των μετεωρολογικών δεδομένων αλλά και την ταυτόχρονη εφαρμογή προληπτικού σχεδιασμού. Ένας τρόπος πρόληψης είναι ο υπολογισμός δεικτών λειψυδρίας μιας περιοχής ή μιας χώρας για την έγκαιρη αναγνώριση του προβλήματος.

Ο δείκτης λειψυδρίας SPI είναι ένας αξιόπιστος και διαδεδομένος δείκτης, αναγνωρίζει έγκαιρα την εμφάνιση του φαινομένου αλλά και την ένταση του. Τα δεδομένα που χρησιμοποιεί είναι η βροχόπτωση σε ημερήσια ή μηνιαία κλίμακα.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον Επιβλέποντα Καθηγητή κ. Χρίστο Καραβίτη Λέκτορα του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών του τμήματος Αξιοποίηση Φυσικών Πόρων και Γεωργικής Μηχανικής για την πολύτιμη συμβολή, υποστήριξη και συμπαράστασή του με τα οποία κατέστη δυνατή η εκπόνηση αυτής της εργασίας. Παράλληλα θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής, τον κ. Σταύρο Αλεξανδρή Λέκτορα του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών του τμήματος Αξιοποίηση Φυσικών Πόρων και Γεωργικής Μηχανικής για την πολύτιμη βοήθεια του σε σημαντικά προβλήματα όπου έδωσε λύσεις και συντέλεσε στην ολοκλήρωση της μελέτης και τον κ. Κωνσταντίνο Κοσμά, Καθηγητή του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών του τμήματος Αξιοποίηση Φυσικών Πόρων και Γεωργικής Μηχανικής, που συντέλεσε στην κατανόηση βασικών εννοιών και άριστη διεξαγωγή της παρούσας μελέτης.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου και τους φίλους μου που με στήριξαν και με βοήθησαν τόσο ηθικά όσο και υλικά, ώστε να μπορέσω να ανταπεξέλθω στις απαιτήσεις για την πραγματοποίηση αυτής της εργασίας.

Στην αγαπημένη μου γιαγιά

Κουζινή Τσεσμελή.

Περιεχόμενα

Περίληψη 3

Κεφάλαιο 1ο Εισαγωγή 4

Κεφάλαιο 2ο Βιβλιογραφική Ανασκόπηση 5

2.1 Υδρολογικός Κύκλος 8

2.2 Η Κατανομή των Κατακρημνισμάτων 9

2.3 Κατακρημνίσματα 11

2.3.1 Βροχόπτωση 11

2.3.2 Χιόνι 14

2.3.3 Χαλάζι 16

2.3.4 Επίδραση υψομέτρου της βροχόπτωσης 17

2.3.5 Βροχόμετρα – Βροχογράφοι 19

2.4 Λειψυδρία 21

2.4.1 Ορισμός της Λειψυδρίας 21

2.5 Αίτια της λειψυδρίας 25

2.5.1 Φαινόμενο El Niño 25

2.5.2 Φαινόμενο La Nina 29

2.5.3 Αστρονομικοί Παράγοντες 32

2.5.4 Αεροχείμαρροι 33

2.5.5 Ανθρωπογενείς Παράγοντες 34

2.6 Δείκτες Λειψυδρίας 39

2.7 Επιπτώσεις –Αποτελέσματα του Φαινομένου 41

2.8 Ιστορικό Λειψυδριών στην Ελλάδα (1990 – 2009) 43

Κεφάλαιο 3ο Μεθοδολογία της Μελέτης 45

Κεφάλαιο 4ο Ανάπτυξη του SPI & Γεωστατιστική 49

4.1 Δείκτης λειψυδρίας (SPI) 49

4.2 Γεωστατιστική Μέθοδος (Kriging) 53

Κεφάλαιο 5ο Εφαρμογή του δείκτη SPI 59
5.1 Περιοχή Μελέτης 59
5.2 Επεξεργασία Δεδομένων 62
5.3 Δημιουργία Χαρτών με την Βοήθεια Λογισμικού 71
Κεφάλαιο 6ο Αποτελέσματα-Αξιολόγηση 76
Κεφάλαιο 7ο Συμπεράσματα 94
Παράρτημα Ι Βροχοπτώσεις 100
Παράρτημα ΙΙ SPI 1, SPI 3, SPI 6, SPI 12 & SPI 24 119
Παράρτημα ΙΙΙ Γεωστατιστικοί Χάρτες κατανομής SPI 205
Παράρτημα IV 326
Βιβλιογραφία 332

Περίληψη

Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία έχει ως τομέα μελέτης την λειψυδρία στον Ελλαδικό χώρο για τα τελευταία είκοσι χρόνια (1990-2009). Αυτό πραγματοποιήθηκε με την βοήθεια του δείκτη λειψυδρίας SPI με τη χρήση του οποίου παρουσιάστηκαν τα έτη με τις ακραίες λειψυδρίες στους σαράντα έξι (46) μετεωρολογικούς σταθμούς. Επίσης δημιουργήθηκαν δώδεκα (12) υποθετικοί μετεωρολογικοί σταθμοί σε μεγάλα υψόμετρα. Έπειτα δημιουργήθηκαν οι χάρτες τις λειψυδρίας για τα έτη 1990, 1993, 2000, 2007 και 2009 με την γεωστατιστική μέθοδο kriging για τους πραγματικούς σταθμούς και για τους υποθετικούς μαζί με τους πραγματικούς μετεωρολογικούς σταθμούς. Το χρονικό βήμα που χαρτογραφήθηκε ήταν για έξι μήνες (SPI6) και για δώδεκα μήνες (SPI12). Τέλος αναλύθηκαν τα αποτελέσματα από τους χάρτες και προτάθηκαν διαχειριστικά μέτρα για την αντιμετώπιση του φαινομένου.

Abstract

This thesis studies the drought in Greece for the last twenty years (1990-2009). This was accomplished with the help of drought index SPI with the use of which were presented the years with the extreme drought for the forty six (46) meteorological stations. Also twelve (12) hypothetical meteorological stations were created at high altitudes. Then, the drought maps presenting SPI were created for years 1990, 1993, 2000, 2007 and 2009 with the geostatistical method of kriging for the actual stations and for the hypothetical meteorological stations combined with real meteorological stations. The SPI was mapped for six months time scale (SPI6) and for twelve months time scale (SPI12). Finally, the results of the maps were analyzed and management measures were proposed to response the phenomenon.

Κεφάλαιο 1ο
Εισαγωγή

Σκοπός του πρώτου κεφαλαίου είναι να περιγράψει περιληπτικά το αντικείμενο που πραγματεύεται κάθε ενότητα. Συνολικά υπάρχουν επτά κεφαλαία και τέσσερα παραρτήματα. Στο δεύτερο κεφάλαιο δίνονται γενικές πληροφορίες σχετικά με τη βιβλιογραφική ανάλυση, όπως γενικά για το φαινόμενο της λειψυδρίας, επίσης διάφορες αιτίες που την προκαλούν και ένα ιστορικό των λειψυδριών που εμφανίζονται στην Ελλάδα. Στο τρίτο κεφάλαιο περιγράφεται η διαδικασία σχεδιασμού της παρούσας μελέτης, δηλαδή η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε, καθώς επίσης και τα στάδια εκπόνησης της.

Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται μια λεπτομερείς ανάλυση του δείκτη λειψυδρίας (SPI). Επίσης αναλύεται η γεωστατιστική μέθοδο kriging που χρησιμοποιήθηκε για την δημιουργία των χαρτών της λειψυδρίας για τα επιλεγόμενα έτη. Στο πέμπτο κεφάλαιο δίνονται γενικές πληροφορίες σχετικά με την περιοχή μελέτης, όπως η γεωγραφική θέση, η θέση των μετεωρολογικών σταθμών που μελετήθηκαν, καθώς επίσης και για το κλίμα της Ελλάδος. Επιπρόσθετα αναλύονται οι διαδικασίες υπολογισμού του δείκτη αλλά και δημιουργίας των χαρτών. Στο έκτο κεφάλαιο υπάρχουν τα αποτελέσματα και η αξιολόγηση τους που προέκυψαν κατόπιν επεξεργασίας των μετεωρολογικών δεδομένων.

Τέλος, στο έβδομο κεφάλαιο αναφέρονται τα συμπεράσματα που προκύπτουν από το σύνολο της εργασίας.

Κεφάλαιο 2ο
Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

Η λειψυδρία είναι ένα ακραίο μετεωρολογικό κλιματικό φαινόμενο, που μπορεί να εμφανιστεί σε ανύποπτο χρόνο, σε οποιαδήποτε περιοχή και με απροσδιόριστη διάρκεια. Από τη μέχρι σήμερα μετεωρολογική έρευνα, φαίνεται ότι είναι ένα φαινόμενο, που τα τελευταία χρόνια παρουσιάζει σημαντική αύξηση στη συχνότητα εμφάνισης του σε πολλές χώρες του κόσμου, γεγονός που έχει ως αποτέλεσμα σημαντικές οικονομικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Η λειψυδρία θεωρείται από τις πιο πολύπλοκες και λιγότερο κατανοητές φυσικές καταστροφές.

Η λειψυδρία είναι μια σχετική κατάσταση, εφόσον η εμφάνιση της είναι συνάρτηση πολλών παραμέτρων και διαφέρει από τις άλλες ακραίες μετεωρολογικές καταστάσεις σε πολλά σημεία. Πρώτον, είναι δύσκολο να οριστεί η έναρξη και η λήξη ενός επεισοδίου λειψυδρίας και αυτό γιατί παρουσιάζει υστέρηση στην εμφάνιση από τη στιγμή που θα παρατηρηθεί απουσία βροχοπτώσεων, ενώ τα καταστροφικά της αποτελέσματα μπορούν να συνεχιστούν και μετά την εμφάνιση κάποιων βροχοπτώσεων - για το λόγο αυτό θεωρείται ως «έρπον φαινόμενο» (Tannehill, 1947). Δεύτερον, δεν μπορεί να υπάρξει ένας κοινός παγκόσμιος επιστημονικός ορισμός για την λειψυδρία - κάθε περιοχή πρέπει να έχει το δικό της ορισμό ανάλογα με την κλιματολογία και την τοπογραφία που τη χαρακτηρίζει. Αυτό εξηγεί και το πλήθος των ορισμών που έχουν καταγραφεί στη διάρκεια των τελευταίων χρόνων (WMO, 1975, Meteorological Office, 1991, Wilhite and Glantz, 1985).

Επιπρόσθετα, ο ορισμός της λειψυδρίας αλλάζει ανάλογα με το αντικείμενο της κάθε επιστήμης. Για την Μετεωρολογία, λειψυδρία είναι η ελάττωση της βροχόπτωσης σε σχέση με την «κανονική» τιμή της για μεγάλο χρονικό διάστημα. Για τη γεωργία σημαίνει μη παραγωγική σοδειά, που είναι αποτέλεσμα της έλλειψης του νερού στα κρίσιμα στάδια ανάπτυξης της καλλιέργειας. Για την υδρολογία και την υδρογεωλογία σημαίνει πτώση της στάθμης των λιμνών, ποταμών και του υδροφόρου ορίζοντα κάτω από κάποιο

όριο για μία ορισμένη χρονική περίοδο, ενώ για την οικονομία ή την πολιτική, η λειψυδρία εμφανίζεται μόνο όταν υπάρχουν οικονομικές και κοινωνικές επιπτώσεις.

Η φύση με σταθερότητα και διάρκεια, μπορεί να εισάγει ακραίες μεταβολές στις μεταβλητές και τους παράγοντες των ανθρωπίνων συστημάτων. Τέτοιες ακραίες μεταβολές ή ακραία γεγονότα σαν τους σεισμούς, τις πλημμύρες και τις λειψυδρίες, που συχνά ονομάζονται και φυσικοί κίνδυνοι, μπορεί να παρουσιάσουν ανυπέρβλητα εμπόδια και δυσκολίες στον τρόπο αντιμετώπισης τους από τις ανθρώπινες κοινωνίες. Σε αυτό το πλαίσιο μπορεί να λεχθεί ότι οι λειψυδρίες είναι ένας από τους πολλούς φυσικούς κινδύνους που είναι δυνατόν να πλήξουν την ύδρευση και την άρδευση - με άλλα λόγια τον υδάτινο εφοδιασμό μιας περιοχής. Η υπάρχουσα τάση ανάμεσα στους ευρείς τεχνικούς και επαγγελματικούς κύκλους, στους διαχειριστές, τους πολιτικούς και λήπτες των αποφάσεων και γενικά ανάμεσα στους κοινούς πολίτες, είναι να θεωρούν την λειψυδρία σαν κάτι το παροδικό, έναν τυχαίο και απομακρυσμένο κίνδυνο που απαιτεί μόνο μια έκτακτη κινητοποίηση (Grigg, N.S. and Vlachos, E.C.,1990; Karavitis, C.A., 1999α). Όμως, η συσσωρευόμενη εμπειρία από τις επιστημονικές έρευνες και παρατηρήσεις των τελευταίων δεκαετιών δείχνει ότι οι λειψυδρίες είναι αναπόφευκτες, καθώς τα φαινόμενα αυτά φαίνονται να είναι αναπόδραστα και μόνιμα στοιχεία του παγκόσμιου κλίματος, ειδικότερα μετά τις τελευταίες ενδείξεις για δυνατόν αυξανόμενη αστάθεια του περιβάλλοντος (φαινόμενο του θερμοκηπίου, μείωση του στρώματος όζοντος κλπ.). Αλλά επίσης είναι σημαντικό να επισημανθεί, ότι πιθανό ένας πολύ πιο σοβαρός και εξαπλωμένος κίνδυνος για τον υδάτινο εφοδιασμό, από τους φυσικούς ή και τους τεχνολογικούς κινδύνους μπορεί να δημιουργηθεί από την λανθασμένη διαχείριση που συνοδεύεται από ανεπιτυχείς πρακτικές σχεδιασμού και συντήρησης των υδατικών συστημάτων. (Karavitis, C.A., 1999α).

Τα ζητήματα λειψυδρίας γίνονται ζητήματα έκτακτης ανάγκης και πρόκειται να διαδραματίσουν έναν βασικό ρόλο στο άμεσο μέλλον για τον καθορισμό και των περιβαλλοντικών και αναπτυξιακών πολιτικών σε παγκόσμια κλίμακα. Όσον αφορά στην Ευρώπη, οι λειψυδρίες που σημειώθηκαν στην Ελλάδα το 1989-1993, στην Ισπανία και τη Γαλλία, το

2003 και το 2005, και πάλι στην Ελλάδα το 2007 επιβεβαιώνουν αυτή την τάση, καθώς επίσης και την άμεση ανάγκη της εφαρμογής κοινών στρατηγικών που θα αντιμετωπίσουν το πρόβλημα σε ολόκληρη την Ευρώπη και όχι μόνο στις Μεσογειακές χώρες.

Η λειψυδρία που σημειώθηκε Ελλάδα το 1989-1993, το 2005 στην Ισπανία, την Πορτογαλία και σε κάποια μέρη της Γαλλίας, προκλήθηκαν από χαμηλά ποσοστά βροχοπτώσεων. Στην Ισπανία η μέση ετήσια βροχόπτωση ήταν χαμηλότερη από την ελάχιστη που έχει καταμετρηθεί στη χρονοσειρά από 1974 έως 2003. Αυτή η ιδιαίτερη μείωση των βροχοπτώσεων (από 650 mm σε 400 mm) είχε μεγάλες επιπτώσεις στις αποθηκευμένες ποσότητες νερού στους ταμιευτήρες, στη διαθεσιμότητα πόσιμου νερού, στην παραγωγή ενέργειας, στην ποιότητα νερού, στην περιβαλλοντική πίεση και στον κίνδυνο πυρκαγιάς. Αυτή η κατάσταση επέφερε την εκτέλεση ειδικών σχεδίων για καταστάσεις επαγρύπνησης και ενδεχόμενης λειψυδρίας, με την εφαρμογή αντίστοιχων μέτρων διαχείρισης όπως οι περιορισμοί άρδευσης, και η εφαρμογή μέτρων έκτακτης ανάγκης.

Η λειψυδρία του 1990 στην Ελλάδα θεωρήθηκε αρχικά ότι είχε περίοδο επαναφοράς χιλιετίας με βροχόπτωση που πλησίασε μόλις το 40% της μέση ετήσιας, αν και οι συνεχείς μετέπειτα λειψυδρίες μείωσαν κάπως αυτήν την θεώρηση. Όσον αφορά τη Γαλλία, από τον Σεπτέμβριο του 2004 μέχρι τον Σεπτέμβριο του 2005, η λειψυδρία επηρέασε ένα μεγάλο τμήμα της εθνικής περιφέρειας και ήταν ακόμα εμφανής στην αρχή τον Οκτωβρίου του 2005 στα τμήματα Poitou - Charente και Loire. Η ετήσια βροχόπτωση του 2005 ήταν μικρότερη από τη μέση ετήσια βροχόπτωση των τελευταίων 50 ετών. Από το 1997 και κάθε χρόνο, τουλάχιστον είκοσι τμήματα υποχρεώνονταν σε περιορισμούς στη χρήση νερού. Το Σχέδιο Δράσης για την Λειψυδρία που προσαρμόστηκε το 2004 μετά την κρίση λειψυδρίας του 2003, εκσυγχρονίστηκε και εφαρμόστηκε ξανά το 2005 για να αντιμετωπίσει αυτό το νέο γεγονός. Στα μέσα του Οκτώβρη του 2005, ήταν απαραίτητο να γίνουν ενέργειες για την εξισορρόπηση της ζήτησης και της παροχής νερού και η ανάγκη ύπαρξης αποθεμάτων αποτέλεσε προτεραιότητα για τις στρατηγικές της Γαλλικής Κυβέρνησης.

Εντούτοις, οι λειψυδρίες δεν μπορούν να θεωρηθούν ως τοπικά φαινόμενα. Σύμφωνα με πρόσφατες έρευνες τα επεισόδια λειψυδρίας παρουσιάζουν μεγαλύτερη συχνότητα τις τελευταίες δεκαετίες σε παγκόσμια κλίμακα. Συγκεκριμένα, το ποσοστό της έκτασης της γης που έχει προσβληθεί από σοβαρή λειψυδρία από τη δεκαετία του ’70 έως το 2000 έχει διπλασιαστεί.

2.1 Υδρολογικός Κύκλος

Ο Υδρολογικός κύκλος αποτελεί την σχηματική περιγραφή μιας σειράς διαδικασιών με τις οποίες το νερό κυκλοφορεί στη φύση μεταξύ θάλασσας, ατμόσφαιρας, ξηράς και θάλασσας (Χρ. Καραβίτης, 2008). Εδώ παρουσιάζεται το νερό με όλες τις πιθανές καταστάσεις: υγρό, αέριο (υδρατμός) και στερεό (χαλάζι). Πρέπει να αναφερθεί ότι η Γη εξαρτάται από αυτόν και χωρίς τον υδρολογικό κύκλο θα ήταν πολύ αφιλόξενο μέρος.

Μπορεί να αναφερόμαστε σε κύκλο αλλά πρέπει να παρατηρηθεί ότι δεν υπάρχει αρχή ούτε και τέλος. Θα ήταν λοιπόν βολικό να ξεκινήσει κανείς από τη θάλασσα. Ο ήλιος κινεί τον κύκλο του νερού και θερμαίνει την θάλασσα. Κάποιο μέρος του νερού αυτού εξατμίζεται και ανέρχεται στον αέρα με την μορφή ατμού. Αυτό συμβαίνει επίσης και από τις λίμνες και από τα ποτάμια ή ακόμη και από το έδαφος. Έχουμε υδρατμούς στην ατμόσφαιρα και μέσω της διαπνοής των φύλλων ή και από εξάχνωση από τα χιόνια. Ανοδικά ρεύματα ανεβάζουν τους υδρατμούς στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας, όπου οι μικρότερες πιέσεις που επικρατούν έχουν ως αποτέλεσμα την μείωση της θερμοκρασίας.

Ο σχηματισμός των σύννεφων προκύπτει καθώς ο αέρας δεν μπορεί να συγκρατήσει όλη τη μάζα των υδρατμών. Με την κίνηση του αέρα, παρασύρονται μαζί και τα σύννεφα, όπου συχνά συγκρούονται μεταξύ τους. Η σύγκρουση αυτή προκαλεί πτώση από τον ουρανό με τη μορφή κατακρημνισμάτων. Η πιο συχνή μορφή, είναι αυτή της βροχόπτωσης. Με αυτό τον τρόπο καταλαβαίνουμε ότι ένα μέρος πέφτει απ’ ευθείας στη θάλασσα, ενώ ένα άλλο πέφτει στη στεριά. Μεγάλη ποσότητα από αυτή που

πέφτει στην στεριά, καταλήγει και πάλι στους ωκεανούς υπό την επίδραση της βαρύτητας, ως επιφανειακή απορροή.

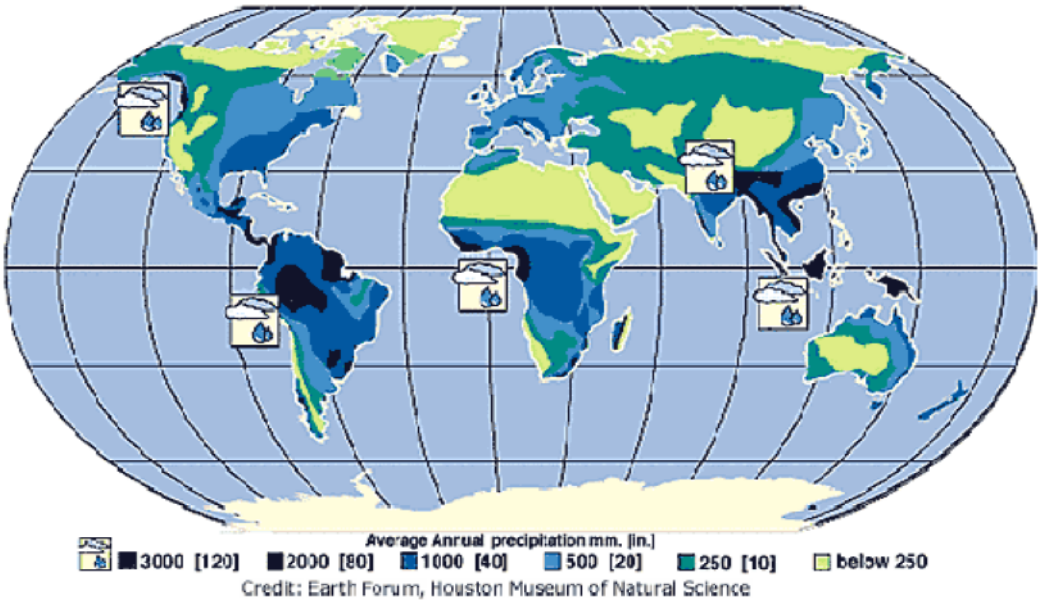
Πρέπει να σημειωθεί επίσης, ότι το νερό των κατακρημνισμάτων δεν ρέει αποκλειστικά μέσα στους ποταμούς. Τις περισσότερες φορές, αρκετά μεγάλες ποσότητες διαπερνούν το έδαφος με τη λειτουργία της διήθησης και σχηματίζουν το υπόγειο νερό. Από αυτό το σημείο το νερό είτε ξαναβρίσκει το δρόμο του προς τα επιφανειακά υδάτινα σώματα, είτε πηγαίνει βαθύτερα και εμπλουτίζει τους υπόγειους υδροφορείς οι οποίοι μπορούν να αποθηκεύσουν νερό για μεγάλο χρονικό διάστημα. Έτσι, ο κύκλος του νερού «τελειώνει» και «ξαναρχίζει».

Εικόνα 2.1. *Ο υδρολογικός κύκλος (USGS, 2008)*

2.2 Η Κατανομή των Κατακρημνισμάτων

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχει το γεγονός ότι δεν πέφτουν οι ίδιες ποσότητες κατακρημνισμάτων παντού στον κόσμο, ούτε καν μέσα στην ίδια πόλη (Χρ. Καραβίτης, 2008). Στην Αθήνα για παράδειγμα, οι καλοκαιρινές καταιγίδες μπορούν να προκαλέσουν περισσότερο από 50 χιλιοστά βροχής σε

κάποιες περιοχές και να αφήσουν εντελώς ξερές κάποιες άλλες λίγο πιο μακριά. Μπορεί να παρατηρήσουμε το φαινόμενο της βροχόπτωσης σε μια περιοχή για ένα μήνα και την ίδια ποσότητα βροχόπτωσης σε άλλη περιοχή για όλο τον χρόνο. Το μεγαλύτερο ποσοστό μέσης ετήσιας βροχόπτωσης ανήκει στο όρος Waialeale της Χαβάης, όπου πέφτουν 11.400 mm βροχής κατά μέσο όρο το χρόνο, τη στιγμή που στο Arica της Χιλής είχε να βρέξει 14 χρόνια. Στον χάρτη έχουμε μια απεικόνιση των μέσων ετησίων κατακρημνισμάτων παγκοσμίως (σε χιλιοστά).



Εικόνα 2.2. *Παγκόσμια κατανομή κατακρημνισμάτων (USGS, 2009)*

Πίνακας 2.1. *Εκτίμηση της παγκόσμιας κατανομής νερού*

Μορφή Νερού	Όγκος Νερού Km^3	Γλυκό Νερό %	Συνολικό Νερό
Ωκεανοί, Θάλασσες & Κόλποι	1.338.000.000	-	96,5
Παγόβουνα, Παγετώνες & Μόνιμο χιόνι	24.064.000	68,7	1,74
Υπόγειο Νερό	23.400.000	-	1,7
Γλυκό	10.530.000	30,1	0,76
Αλμυρό	12.870.000	-	0,94
Εδαφική Υγρασία	16.500	0,05	0,001
Εδαφικός πάγος & Μόνιμα παγωμένο έδαφος	300.000	0,86	0,022
Λίμνες	176.400	-	0,013
Γλυκές	91.000	0,26	0,007
Αλμυρές	85.400	-	0,006
Ατμόσφαιρα	12.900	0,04	0,001
Έλη	11.470	0,03	0,0008
Ποταμοί	2.120	0,006	0,0002
Βιολογικό Νερό	1.120	0,003	0,0001
Σύνολο	**1.386.000.000**	-	**100**

2.3 Κατακρημνίσματα

2.3.1 Βροχόπτωση

Είναι γνωστό ότι οι υδροσταγόνες, που δημιουργούνται μέσα στα νέφη, είναι το αποτέλεσμα της συνένωσης πολλών υδροσταγονιδίων ή και παγοκρυσταλλίων (Α. Φλόκα, 1997). Αν οι σταγόνες αυτές ή οι παγοκρύσταλλοι, στην κάθοδο τους (εξαιτίας του βάρους τους), περνούν από ατμοσφαιρικά στρώματα, που τις διατηρούν στην υγρή φάση ή τις τήκουν, και

φθάνουν στο έδαφος προτού εξατμισθούν, τότε δημιουργείται το φαινόμενο της βροχής. Η ανάλυση ενός νέφους σε βροχή εξαρτάται, κυρίως, από τους παρακάτω τέσσερεις παράγοντες, οι οποίοι είναι:

1. Η ύπαρξη διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ των γειτονικών στοιχείων του νέφους,

2. η συνύπαρξη των τριών φάσεων του νερού στο νέφος,

3. η ύπαρξη σχετικών αναταρακτικών κινήσεων και

4. η ύπαρξη ανομοιόμορφου ηλεκτρικού φορτίου στα στοιχεία του νέφους.

Οι συνθήκες αυτές συντελούν, σε μεγάλο βαθμό, στο σχηματισμό των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων. Οι βροχές, ανάλογα με τον τρόπο που ψύχονται οι αέριες μάζες για να γίνει συμπύκνωση των υδρατμών και στη συνέχεια σχηματισμός των νεφών, διαιρούνται σε τρεις κατηγορίες:

1. Βροχές μεταφοράς. Αυτές σχηματίζονται από ισχυρές ανοδικές κινήσεις (κατακόρυφης μεταφοράς) ή από μεταφορά θερμών και υγρών αερίων μαζών, πάνω σε ψυχρότερες περιοχές (οριζόντια μεταφορά).

2. Υφεσιακές ή κυκλωνικές βροχές. Οι βροχές αυτές αποδίδονται στην ανάμιξη ή εκτόνωση αερίων μαζών που σημειώνεται κατά τις ανοδικές κινήσεις που δημιουργούνται κοντά στα θερμά και ψυχρά μέτωπα.

3. Ορογραφικές (ή ανάγλυφου) βροχές. Αυτές οφείλονται στην εκτόνωση της αέριας μάζας κατά τη διάρκεια των ανοδικών κινήσεων στις προσήνεμες πλευρές των βουνών. Τα βουνά δεν προκαλούν άμεσα βροχόπτωση σε κάθε αέριο ρεύμα που αναρριχάται σ' αυτά. Η δράση της ορογραφίας καθορίζεται από τη διάταξη και το μέγεθος των οροσειρών και μπορεί, συνήθως, να ενεργοποιήσει ένα είδος ατμοσφαιρικής αστάθειας (κατά συνθήκη ή δυναμική), γιατί εξαναγκάζει τον αέρα σε μια ανοδική κίνηση.

Οι βροχές της κατηγορίας αυτής πέφτουν στην προσήνεμη πλευρά της οροσειράς (ομβροπλευρά) και η βροχόπτωση αυξάνει με το ύψος μέχρι τα 2.5

Km περίπου. Πάνω από το ύψος αυτό ελαττώνεται, λόγω ελάττωσης της αέριας μάζας σε υδρατμούς. Στην υπήνεμη πλευρά (ομβροσκιά) ο ουρανός γίνεται αίθριος, εξαιτίας της επικράτησης καθοδικών κινήσεων.

Είναι αυτονόητο ότι τα ποσά βροχής είναι μεγαλύτερα στην περίπτωση που ο κύριος άξονας μιας οροσειράς είναι κάθετος προς την κίνηση των υγρών αερίων μαζών. Χαρακτηριστικό παράδειγμα, για τον ελλαδικό χώρο, αποτελεί η οροσειρά της Πίνδου, που στις δυτικές κλιτύς δέχεται μεγάλα ύψη βροχής, γιατί παρεμβάλλεται εγκάρσια στην κίνηση των υγρών δυτικών και ΝΔ ανέμων. Στις ανατολικές κλιτύς της Πίνδου τα ποσά βροχής ελαττώνονται σημαντικά, δηλαδή έχουμε ένα κλασικό παράδειγμα ομβροσκιάς.

Η βροχή αποτελεί μια από τις σπουδαιότερες μετεωρολογικές παραμέτρους. Η μελέτη της παρουσιάζει όχι μόνο θεωρητικό, αλλά και πρακτικό ενδιαφέρον. Στη βροχή, εκείνο που ενδιαφέρει περισσότερο, είναι η ποσότητα νερού που πέφτει σε μια επιφάνεια. Αυτή εκφράζεται με το ύψος βροχής που ορίζεται σαν εκείνο, στο οποίο θα έφτανε η στάθμη του νερού της βροχής, αν έπεφτε πάνω σε μια οριζόντια επιφάνεια (αποκλείοντας τους παράγοντες: διαρροή, απορρόφηση και εξάτμιση). Το ύψος βροχής προσδιορίζεται με τα βροχόμετρα και τους βροχογράφους. Μια άλλη χρήσιμη, κυρίως, στην Κλιματολογία βροχομετρική παράμετρος είναι η ένταση ή ραγδαιότητα της βροχής, που εκφράζεται με το ποσό της βροχής ανά μονάδα χρόνου.

Διεθνώς, μονάδα μέτρησης του ύψους βροχής είναι το mm ή cm. Στην πράξη, λέγοντας βροχή ύψους 1 mm, νοείται η βροχόπτωση εκείνη που αποδίδει ποσότητα νερού ίση με 1 Kgr πάνω σε επιφάνεια 1 m^2. Επίσης, βροχή ύψους 10 mm, σημαίνει ποσότητα νερού ίση με 10 Kgr, σε επιφάνεια 1 m^2.

Ανάλογα με το μέγεθος των σταγόνων και τον τρόπο πτώσης τους, η βροχή φέρει διάφορες ονομασίες, όπως όμβρος (shower), που προκαλείται από νέφη ανοδικών κινήσεων και χαρακτηρίζεται από απότομη έναρξη και λήξη, καθώς και από απότομες μεταβολές στην ένταση της, ψιχάλα (drizzle) χαρακτηρίζεται από πολύ μικρές και πολυάριθμες υδροσταγόνες, που αιωρούνται και ακολουθούν τα αέρια ρεύματα, κ.ά.

2.3.2 Χιόνι

Αυτό είναι ένα από τα στερεά ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα. Αν συμβεί οι παγοκρύσταλλοι, που δημιουργούνται μέσα σ' ένα νέφος, να μεγεθυνθούν, τότε αυτοί πέφτουν με μεγαλύτερη ταχύτητα και τελικά εγκαταλείπουν το νέφος. Στην περίπτωση που αυτοί προλάβουν να φθάσουν στην επιφάνεια του εδάφους, προτού λιώσουν, τότε δημιουργείται το φαινόμενο του χιονιού. Για το σκοπό αυτό. απαραίτητη προϋπόθεση είναι το στρώμα του αέρα, που ορίζεται από τη 6άση του νέφους μέχρι το έδαφος, να έχει θερμοκρασία μικρότερη από του 0°C. Όταν η θερμοκρασία του αέρα (θερμοκρασία του περιβάλλοντος) είναι πολύ χαμηλή (από -8°C έως -10°C), τότε το χιόνι πέφτει με τη μορφή μικρών λευκών διαφανών ή αδιαφανών παγοκρυστάλλων (μακροσκοπικές ωραίες κρυσταλλικές μορφές, συνήθως εξαγωνικές), με διάμετρο που φθάνει και τα 3 mm. Απεναντίας, αν η θερμοκρασία του αέρα είναι μεγαλύτερη και μάλιστα αυτή ανήκει στην πρώτη αρνητική δεκάδα (0°C μέχρι -10°C), τότε οι παγοκρύσταλλοι του χιονιού παρουσιάζουν υγρή επιφάνεια και με τη σύγκρουση μεταξύ τους, κατά την πτώση, ενώνονται και σχηματίζουν τις γνωστές νιφάδες χιονιού. Η διάμετρος των νιφάδων, που αποτελούνται από σμήνος κρυστάλλων ή κρυσταλλικών θραυσμάτων, μπορεί να φθάσει τα 5-10 cm. Κάτω από συνθήκες άκρας νηνεμίας, παρατηρήθηκαν νιφάδες με διάμετρο μέχρι και 25 cm.

Το χιόνι μετριέται με το ύψος του χιονοστρώματος (μέγιστο ημερήσιο ύψος, ίσο με 1930.4 mm, σημειώθηκε στο Silver Lake Colorado. 14-15/4/1921) ή με το ισοδύναμο του σε βροχή (παίρνεται από το λιώσιμο της ποσότητας του χιονιού που έχει συλλέγει μέσα στο βροχόμετρο). Όταν το χιόνι λιώνει, κατά τη διέλευση του από ατμοσφαιρικό στρώμα με T > 0°C, τότε αυτό φτάνει στο έδαφος με τη μορφή λεπτής και ψυχρής βροχής, γνωστής με την ονομασία «χιονόλυτος» ή «χιονόβροχος».

Αν συμβεί η θερμοκρασία του αέρα να είναι χαμηλότερη από τους -10°C περίπου (βόρεια πλάτη ή υψηλά βουνά), τότε δε σχηματίζονται νιφάδες με συγκόλληση και οι μικροί και ξηροί παγοκρύσταλλοι του χιονιού παρασύρονται και μεταφέρονται από τον άνεμο σε υπήνεμες περιοχές ή χαράδρες (παρασυρόμενο χιόνι).

Στην περίπτωση που το χιόνι, σε μια περιοχή, δε λιώνει στο σύνολο του ακόμη και στη διάρκεια των θερινών μηνών, τότε λέμε ότι στην περιοχή αυτή παρουσιάζεται το φαινόμενο των αιωνίων χιόνων. Από κλιματικής πλευράς, η γραμμή των αιωνίων χιόνων (σε ορεινές ή πολικές περιοχές), δηλαδή η γραμμή που χωρίζει τις περιοχές με αιώνια χιόνια απ' εκείνες, στις οποίες δεν παρατηρείται το φαινόμενο αυτό, έχει μεγάλη σημασία, γιατί η μετακίνηση της σημαίνει αξιόλογη κλιματική μεταβολή.

Επίσης, μεγάλη κλιματική σημασία παρουσιάζει, για έναν τόπο, το μέγεθος της χιονοκάλυψης (μεγάλη λευκάγεια, δημιουργία θερμοκρασιακών αναστροφών, προστασία σπόρων και φύτρων από ισχυρούς παγετούς, κλπ.), η διάρκεια της χιονοκάλυψης, καθώς και η ημερομηνία της πρώτης και τελευταίας χιονόπτωσης. Εξάλλου, το έδαφος απορροφά από το χιονόστρωμα περισσότερη ποσότητα νερού απ' ότι συμβαίνει με τις βροχές.

Τόσο η ημερήσια όσο και η ετήσια πορεία του φαινομένου, εξαρτάται από τις αντίστοιχες πορείες της θερμοκρασίας του αέρα, σε συνδυασμό, πάντοτε, με τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα.

Το χιόνι παρατηρείται σ' όλα τα γεωγραφικά πλάτη, από τον Ισημερινό μέχρι τους πόλους. Όμως, στις Ισημερινές και Τροπικές περιοχές πέφτει μόνο στα υψηλά βουνά, ενώ στις εύκρατες περιοχές, στη διάρκεια της ψυχρής εποχής, φθάνει μέχρι τη θάλασσα. Από το πλάτος των 40°C μέχρι τους πόλους, το χιόνι, ιδιαίτερα κατά τους ψυχρούς μήνες, είναι πυκνό σ’ όλα τα υψόμετρα. Στις πολικές περιοχές σχηματίζει πυκνό στρώμα που σκεπάζει μεγάλες εκτάσεις. Γενικότερα, το πιο χαρακτηριστικό γνώρισμα της γεωγραφικής διανομής του χιονιού είναι ότι το φαινόμενο είναι συνηθέστερο, η χιονοκάλυψη διαρκέστερη και το ύψος του χιονοστρώματος (εξαρτάται από την πυκνότητα του χιονιού κάθε φορά) μεγαλύτερο, όσο απομακρυνόμαστε από τον Ισημερινό προς τους πόλους και από την επιφάνεια της θάλασσας προς τα ενδότερα και καθ' ύψος. Στις ορεινές περιοχές του πλανήτη, και ιδιαίτερα των μέσων πλατών, το χιόνι αποτελεί σημαντικά υπερυψωμένες αποθήκες νερού. Έτσι, με την έναρξη της θερμής περιόδου, αποδίδεται εκμεταλλεύσιμο νερό κατά πολλούς τρόπους. Γι’ αυτό χρειάζεται μελέτη εκμετάλλευσης της υδατικής απορροής, εξαιτίας της τήξης του χιονιού.

Στην ελληνική περιοχή, η κύρια περίοδος, κατά την οποία σημειώνεται χιόνι, είναι η χειμερινή (Δεκέμβριος-Φεβρουάριος). Κατά το θέρος δε σημειώνεται χιονόπτωση, ούτε ακόμη και σ" αυτούς τους ορεινούς όγκους, εκτός ολίγων περιπτώσεων (στην κορυφή Αγίου Αντωνίου του Ολύμπου, υψόμετρο 2817 m, σημειώθηκαν χιονοπτώσεις κατά τον Αύγουστο).

Στον ελληνικό χώρο δεν υπάρχουν περιοχές με αιώνια χιόνια. Αυτά που γράφονται για αιώνια χιόνια στην ελληνική περιοχή μπορεί να θεωρηθούν πληροφορίες που προέρχονται από το χώρο ανεύθυνων ερασιτεχνών ορειβατών. Το συμπέρασμα αυτό προκύπτει από ειδικές παρατηρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στο Επιστημονικό Κέντρο Ολύμπου (υψόμετρο 2817 m) από το έτος 1962 για μια δεκαπενταετία.

Οι μεγαλύτερες τιμές του μέσου ετήσιου αριθμού ημερών χιονιού σημειώνονται στη δυτική Μακεδονία, όπως στη Φλώρινα (25.2 ημέρες), στην Κοζάνη (17.8 ημέρες) και στην Πτολεμαΐδα 11.3 ημέρες). Στο σταθμό της Ρόδου δεν σημειώθηκε ούτε μια μέρα χιονιού κατά την περίοδο των τελευταίων 30 ετών.

2.3.3 Χαλάζι

Το φαινόμενο του χαλάζιου δημιουργείται πάντοτε σε νέφη κατακόρυφης ανάπτυξης και κατά κανόνα, σε Cb. Σαν πιθανότερη άπονη σχηματισμού των χαλαζοκόκκων ή χαλαζολίθων, θα μπορούσε να δοθεί η παρακάτω:

Στις ανώτερες περιοχές των νεφών τύπου Cb. η θερμοκρασία είναι πολύ κάτω από τους 0 °C, με αποτέλεσμα να συμβαίνει αυτόματη πήξη των υδροσταγονιδίων του νέφους που βρίσκονται σε υπέρτηξη. Εξαιτίας των έντονων ανοδικών και καθοδικών κινήσεων, που επικρατούν μέσα στα νέφη αυτού του τύπου, οι αρχικοί παγοκρύσταλλοι (χαλαζόκοκκοι) συγκρούονται μ' άλλα υδροσταγονίδια ή μεταξύ τοις και αυξάνουν, έτσι, το μέγεθος τους. Στην περίπτωση που οι χαλαζόκοκκοι αυτοί αποκτήσουν τέτοιο μέγεθος που τα ανοδικά ρεύματα να αδυνατούν τη συγκράτηση τους, τότε αυτοί εγκαταλείπουν το νέφος και πέφτουν στην επιφάνεια του εδάφους, προτού

λιώσουν, δίνοντας, έτσι. το φαινόμενο του χαλάζιου. κατά την Άνοιξη. Ιδιαίτερα παρατηρήθηκε ότι οι μέσες τιμές του αριθμού ημερών χαλάζιου κατά το χειμώνα είναι μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες της Άνοιξης στους σταθμούς της Ν. Ελλάδας και γενικά σ' όλους τους νησιωτικούς σταθμούς, ενώ το αντίθετο συμβαίνει στη Β. Ελλάδα και στα ορεινά.

Κατά τους τρεις καλοκαιρινούς μήνες, καθώς και κατά το Μάιο και Σεπτέμβριο, οι μεγαλύτερες τιμές της συχνότητας εμφάνισης του χαλάζιου σημειώνονται, κυρίως, στην ηπειρωτική Ελλάδα, ενώ κατά τους υπόλοιπους μήνες οι μεγαλύτερες τιμές της συχνότητας του εμφανίζονται, κυρίως, στα νησιωτικά και παραλιακά τμήματα της χώρας. Εξάλλου, σ' όλη σχεδόν τη χώρα, ο μέσος αριθμός ημερών χαλαζιού του χειμώνα υπερέχει του αντίστοιχου Φθινοπώρου. Το χαλάζι εμφανίζει ετήσιο μέγιστο συχνότητας στη Β. Ελλάδα και ελάχιστο στις Κι κλάδες. Οι μεγαλύτερες τιμές του μέσου ετήσιου αριθμού χαλαζιού. σημειώνονται στην Κέρκυρα (8.2 ημέρες), στον Πλάτανο Ν.(7.7 ημέρες) και στη Μεθώνη (5.9 ημέρες).

Στη χώρα μας είναι γνωστές οι τεράστιες καταστροφές στις καλλιέργειες από τις χαλαζοπτώσεις γι' αυτό τελευταία άρχισε να εφαρμόζονται από τον Ο.Γ.Α. μακρόπνοα προγράμματα χαλαζικής προστασίας.

2.3.4 Επίδραση υψομέτρου της βροχόπτωσης

Στις παραπάνω μεθόδους επιφανειακής ολοκλήρωσης η επίδραση του υψομέτρου στο ύψος βροχής, αν και δεν έχει ρητώς θεωρηθεί, έχει ληφθεί υπόψη με έμμεσο τρόπο μέσω των υψομέτρων των σταθμών, με την προϋπόθεση ότι η υψομετρική κατανομή των σταθμών είναι αντιπροσωπευτική, οπότε και το μέσο υψόμετρο των σταθμών περίπου ταυτίζεται με το μέσο υψόμετρο της λεκάνης (Δ. Κουτσογιάννη & Θ. Ξανθόπουλος, 1999). Ωστόσο, σε πολλές περιπτώσεις η προϋπόθεση αυτή δεν ισχύει, αφού οι υδρολογικές και μετεωρολογικές υπηρεσίες προτιμούν να τοποθετούν τους σταθμούς στις πιο εύκολα προσπελάσιμες πεδινές περιοχές, αφήνοντας ακάλυπτες τις δυσπρόσιτες ορεινές περιοχές. Αυτό έχει συνέπεια

την υπεκτίμηση του επιφανειακού ύψους βροχής. Το σφάλμα εκτίμησης μπορεί να αρθεί με χρήση διορθωτικών τεχνικών, όπως αυτή που ακολουθεί.

Έστω ότι το επιφανειακά μέσο ύψος βροχής εκτιμάται με κάποια από τις μεθόδους άμεσης ολοκλήρωσης με βάση τη σχέση (2.1), χρησιμοποιώντας δεδομένους συντελεστές βάρους w_i. Υπολογίζουμε το μέσο (σταθμισμένο) υψόμετρο των σταθμών z_σ χρησιμοποιώντας τους ίδιους συντελεστές βάρους, ήτοι

$$z_\sigma = \sum_{i=1}^{k} w_i z_i \tag{2.1}$$

όπου z_i, το υψόμετρο του i σταθμού. Παράλληλα, από τον τοπογραφικό χάρτη της περιοχής, υπολογίζουμε, με τις κλασικές τοπογραφικές μεθόδους, το μέσο υψόμετρο της λεκάνης z_s.

Αν ισχύει $z_\sigma = z_s$ αυτό σημαίνει ότι η υψομετρική κατανομή των σταθμών είναι αντιπροσωπευτική της λεκάνης και καμιά διόρθωση δεν χρειάζεται στο επιφανειακό ύψος βροχής. Σε αντίθετη περίπτωση θα πρέπει να προστεθεί στο τελευταίο διόρθωση ίση με:

$$\Delta h_s = \beta(z_s - z_\sigma) \tag{2.2}$$

Όπου β η βροχομετρική βαθμίδα. Η τελική διορθωμένη τιμή του επιφανειακού ύψους είναι:

$$h_s^{'} = h_s + \Delta h_s = h_s + \beta(z_s - z_\sigma) \tag{2.3}$$

Η σχέση (2.3) γράφεται ισοδύναμα με την ακόλουθη, πιο διαδεδομένη έκφραση:

$$h_s^{'} = \lambda h_s \tag{2.4}$$

όπου λ είναι ο λεγόμενος συντελεστής υψομετρικής αναγωγής που δίνεται από την σχέση:

$$\lambda = 1 + \beta \frac{z_s - z_\sigma}{h_s} \tag{2.5}$$

Κανονικά η βροχομετρική βαθμίδα β και, κατά συνέπεια, ο παράγωγος της συντελεστής υψομετρικής αναγωγής, πρέπει να υπολογίζεται για την χρονική κλίμακα εκείνη στην οποία αφορούν και τα ύψη βροχής που εξετάζονται. Στην πράξη έχει υιοθετηθεί η εκτίμηση του β να γίνεται με βάση μέσες ετήσιες τιμές της βροχής και ο ίδιος συντελεστής λ να εφαρμόζεται και για τις επιμέρους ετήσιες, αλλά και για μηνιαίες τιμές. Βεβαίως, η ακρίβεια της μεθόδου στην περίπτωση των μηνιαίων τιμών είναι μειωμένη, αλλά θεωρείται αποδεκτή η τακτική αυτή βέβαια δεν πρέπει να επεκτείνεται και σε ακόμη λεπτότερες χρονικές κλίμακες π.χ. ημερήσια.

2.3.5 Βροχόμετρα – Βροχογράφοι

Τα όργανα σημειακής μέτρησης της βροχής είναι κυλινδρικά δοχεία, εγκατεστημένα σε κατάλληλες θέσεις , που συλλέγουν κυρίως τη βροχόπτωση, και βοηθητικά τη χιονόπτωση, δίνοντας την αντίστοιχη σημειακή μέτρηση (Δ. Κουτσογιάννη & Θ. Ξανθόπουλος, 1999). Διακρίνονται σε:

- βροχόμετρα, που δίνουν την ολική σημειακή βροχόπτωση και το ισοδύναμο νερό μιας χιονόπτωσης ανά ορισμένα χρονικά διαστήματα (συνήθως 12ωρο ή 24ωρο), με την ανάγνωση της ένδειξης από έναν παρατηρητή
- βροχογράφους, που καταγράφουν με απλό ωρολογιακό μηχανισμό την μεταβολή του ύψους βροχής στο χρόνο, περιγράφοντας έτσι τη χρονική κατανομή της σημειακής βροχόπτωσης.

Τα βροχόμετρα αποτελούνται από δύο κύρια τμήματα, το στόμιο υποδοχής και το μετρητικό σύστημα. Το στόμιο υποδοχής της βροχής μοιάζει με κοινό χωνί περιλαμβάνει στο πάνω μέρος του ένα ανοιχτό ορειχάλκινο δακτύλιο με αιχμηρά χείλη και συνεχίζει προς τα κάτω με κολουροκωνική επιφάνεια, που καταλήγει σε σωλήνα μικρής διαμέτρου. Το εμβαδό του δακτυλίου υποδοχής κατ αρχήν δεν σχετίζεται με το ύψος βροχής, αλλά στην πράξη φαίνεται ότι επηρεάζει το τελικά συλλεγόμενο ύψος βροχής γι αυτό και τυποποιείται στο διάστημα 200 - 500 cm. Το μετρητικό σύστημα είναι ένας κύλινδρος συλλογής της βροχής, με χιλιοστομετρική κλίμακα και επιφάνεια

διατομής συνήθως υποπολλαπλάσια της διαμέτρου του στομίου υποδοχής, για να πολλαπλασιάζεται η ευαισθησία της μέτρησης (π.χ. δεκαπλασιαστικό βροχόμετρο).

Οι μετρήσεις σε απομακρυσμένες και δυσπρόσιτες περιοχές (συνήθως ορεινές), γίνονται ανά μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα, π.χ. μηνιαία. Χρησιμοποιούνται για το σκοπό αυτό αθροιστικά βροχόμετρα με δακτυλίους υποδοχής συνήθως μικρότερους (π.χ. 200 cm), ενώ ο κύλινδρος συλλογής έχει μεγαλύτερη διάμετρο και περιέχει διάλυμα χλωριούχου ασβεστίου, για να εμποδίζεται η εξάτμιση από την επιφάνεια. Αντίστοιχες προφυλάξεις για παγετό, χιόνι και εξάτμιση λαμβάνονται και στα βροχόμετρα με εύκολη πρόσβαση και συχνή μέτρηση, όταν οι επικρατούσες κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής το επιβάλλουν.

Οι βροχογράφοι είναι σε γενικές γραμμές βροχόμετρα, στα οποία μεταξύ των δύο κυρίων τμημάτων τους προστίθενται μηχανισμοί αυτοματισμού της μέτρησης και καταγραφής του ύψους βροχής. Ο τύπος του μηχανισμού αυτοματισμού χαρακτηρίζει και τον τύπο του βροχογράφου. Στις χώρες της Ευρώπης χρησιμοποιείται κυρίως ο τύπος των αιωρουμένων σκαφιδίων (tipping bucket), ο οποίος στηρίζεται σε σύστημα δύο στερεά συνδεδεμένων μεταξύ τους σκαφιδίων που αιωρούνται γύρω από οριζόντιο άξονα, σχηματίζοντας ένα είδος ζυγού. Κάτω από το σωλήνα του στομίου υποδοχής της βροχής βρίσκεται πάντοτε ένα σκαφίδιο, το οποίο όταν συλλέξει ορισμένη ποσότητα νερού (που αντιστοιχεί σε ύψος βροχής από 0.2 μέχρι 1 mm, ανάλογα με τον τύπο του οργάνου) υπερνικά την αντίσταση του ζυγού και κλίνει απότομα προς τα πλάγια, παρασύροντας το άλλο κενό σκαφίδιο κάτω από τον σωλήνα.

Στην Ελλάδα χρησιμοποιείται περισσότερο ο τύπος του βροχογράφου με πλωτήρα (τύπος Hellmann-Fuess, γνωστός στο εμπόριο και ως βροχογράφος Αναγνώστου από το όνομα του κατασκευαστή του). Από το σωλήνα του στομίου υποδοχής το νερό διαβιβάζεται σε άλλο δοχείο, μικρότερης διαμέτρου. Σ' αυτό υπάρχει πλωτήρας, συνδεδεμένος με στέλεχος που κινείται κατακόρυφα και συνδέεται με καταγραφικό μηχανισμό. Για ορισμένο ύψος βροχής (τυπικώς 10 mm), το δοχείο έχει γεμίσει και ο

πλωτήρας έχει φτάσει στην ανώτατη στάθμη του. Τότε ενεργοποιείται αυτόματα ο σίφωνας, με τον οποίο είναι εφοδιασμένο το δοχείο, οπότε το δοχείο αδειάζει σε λίγα δευτερόλεπτα και παρασύρονται ο πλωτήρας και η γραφίδα στην κατώτατη θέση τους.

Ένας τρίτος τύπος αυτοματισμού της μέτρησης στηρίζεται στη ζύγιση του περιεχομένου του δοχείου, μέσω ενός μηχανισμού με ελατήριο και αντίβαρα. Έχουν αναπτυχθεί ακόμη και πιο πολύπλοκοι μηχανισμοί αυτοματισμού που δεν είναι ευρέως διαδεδομένοι.

2.4 Λειψυδρία

2.4.1 Ορισμός της Λειψυδρίας

Από τα παραπάνω γίνεται φανερό ότι δεν μπορεί να δοθεί ένας περιεκτικός και ευρέως αποδεκτός ορισμός της λειψυδρίας. Η λειψυδρία ορίζεται διαφορετικά από περιοχή σε περιοχή, αλλά και σύμφωνα με το στόχο του κάθε ερευνητή. Ο καταστροφικός χαρακτήρας της εξαρτάται και από άλλους παράγοντες, όπως είναι οι υψηλές θερμοκρασίες, οι ισχυροί άνεμοι και η χαμηλή σχετική υγρασία (Oladipo, 1985). Επίσης, η λειψυδρία σχετίζεται με το χρόνο εμφάνισης της (καθυστέρηση στην έναρξης της υγρής περιόδου, απουσία βροχόπτωσης κατά τα στάδια ανάπτυξης των φυτών), αλλά και την αποτελεσματικότητα των βροχοπτώσεων (π.χ. ένταση βροχόπτωσης, αριθμός επεισόδιο βροχής). Έτσι, κάθε επεισόδιο λειψυδρίας μπορεί να θεωρηθεί μοναδικό με δικά του κλιματικά χαρακτηριστικά και επιπτώσεις.

Οι λειψυδρίες και οι συνέπειες τους, πρέπει να αναγνωρίζονται και να λαμβάνονται υπ' όψιν, από τα αρχικά ακόμα στάδια, των προσπαθειών σχεδιασμού και διαχείρισης των υδατικών πόρων. Κάτω από αυτό το πρίσμα, τα μέτρα και οι προσπάθειες αντιμετώπισης των λειψυδριών πρέπει να ξεκινήσουν αρχικά από τη μελέτη των διαστάσεων του φαινομένου. Οι διαστάσεις περιλαμβάνουν θεωρητικά τον ορισμό, τα αίτια και τις επιπτώσεις των λειψυδριών. Ο ακριβής ορισμός των λειψυδριών παρουσιάζει πολλές δυσκολίες για μία αντικειμενική παραδοχή του (Yevjenich V. et al 1983;

Vlachos, E.C. and Grigg, N.S. 1990; Karavitis, C.A., 1999α). Γενικότερα υπάρχουν πολλοί αντιφατικοί και αμφιλεγόμενοι ορισμοί που συντείνουν στο να δημιουργείται μία σχετικά ασαφής κατάσταση. Κατ' αυτό τον τρόπο η λειψυδρία μπορεί να σημαίνει διαφορετικά πράγματα, τόσο στο ευρύ κοινό, όσο και στις διάφορες επιστημονικές ειδικότητες. Οι λειτουργικοί ορισμοί επιτρέπουν τον προσδιορισμό της αρχής και του τέλους καθώς επίσης και του βαθμού δριμύτητας μιας λειψυδρίας. Αυτοί οι ορισμοί κατηγοριοποιούνται από την άποψη τεσσάρων βασικών προσεγγίσεων για να προσδιορίσουν και να περιγράψουν τα γεγονότα λειψυδρίας: μετεωρολογική, υδρολογική, γεωργική, και κοινωνικοοικονομική λειψυδρία. Οι τρεις πρώτες προσεγγίσεις θεωρούν τη λειψυδρία ως ένα φυσικό φαινόμενο. Η τελευταία εξετάζει ένα γεγονός λειψυδρίας σε σχέση με την ανθρωποκεντρική ζήτηση και εφοδιασμό, ακολουθώντας τα αποτελέσματα της έλλειψης νερού μέσω του κοινωνικοοικονομικού συστήματος.

Συγκεκριμένα, για ένα μετεωρολόγο μπορεί να είναι μία περίοδος ανώμαλα ξηρού καιρού ή η έλλειψη κατακρημνισμάτων, για έναν υδρολόγο μπορεί να λεχθεί ότι είναι μία έντονη έλλειψη υδάτων που προκαλεί σημαντική υδρολογική αστάθεια σε μία περιοχή (συμπεριλαμβανομένων των κατακρημνισμάτων και των απορροών). Σε έναν μηχανικό υδατικών πόρων μπορεί να σηματοδοτεί ένα πρόβλημα ζήτησης και προσφοράς νερού, δηλαδή δεν υπάρχει λειψυδρία χωρίς μία συγκεκριμένη ζήτηση ανεξάρτητα από τις υδρολογικές αστάθειες. Με άλλα λόγια σε έναν ωκεανό π.χ. δεν έχουμε λειψυδρία όχι γιατί υπάρχει υπερπροσφορά νερού, αλλά γιατί δεν υπάρχει συγκεκριμένη ζήτηση. Για έναν γεωπόνο η λειψυδρία είναι δυνατό να εκφρασθεί σαν την έλλειψη επαρκούς υγρασίας σε σχέση με συγκεκριμένη καλλιέργεια. Για έναν οικονομολόγο η λειψυδρία μπορεί να σημαίνει σημαντικές οικονομικές επιπτώσεις, και τέλος σε ένα κοινωνιολόγο μπορεί να υπονοεί πιέσεις και παραμορφώσεις σε ένα δεδομένο κοινωνικό οικοδόμημα. Μία άλλη πηγή δυσκολιών στον ορισμό των λειψυδριών ξεκινά από τον συνδυασμό τους με τις υπάρχουσες γεωγραφικές, υδρολογικές, γεωλογικές, ιστορικές και πολιτιστικές συνθήκες ενός τόπου. Τελικά μία τρίτη πηγή δυσκολιών ξεπηδά από την ανάμειξη των συνεπειών και του φυσικού φαινομένου αυτού καθ' αυτού, στους διάφορους ορισμούς. Τελικά πάντως,

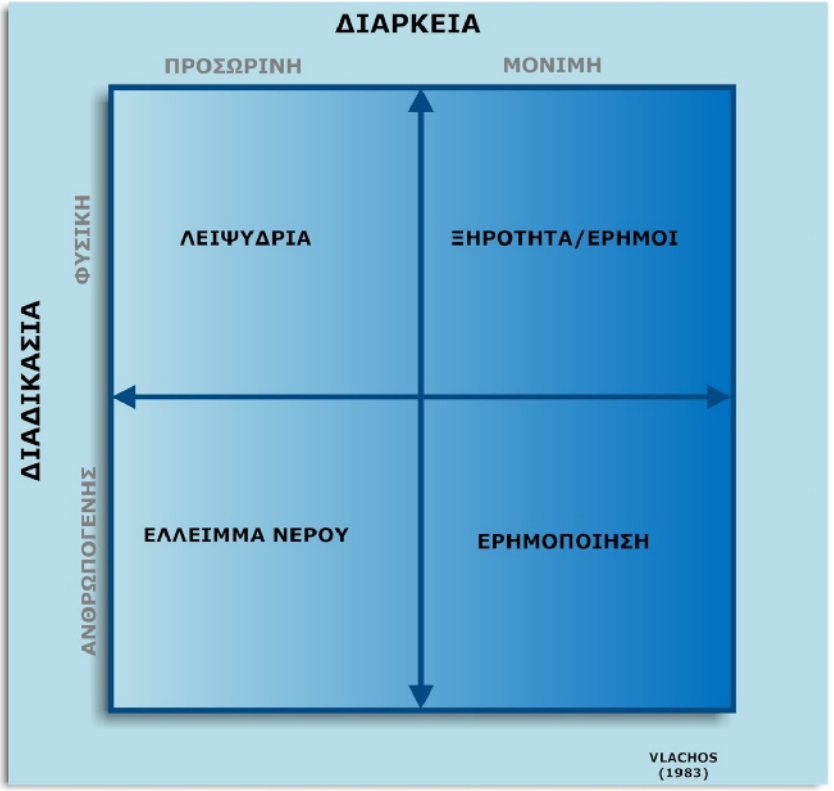
ένα κεντρικό πρόβλημα σε όλες τις έρευνες και τους ορισμούς φαίνεται να είναι ο καθορισμός της αρχής και του τέλους μίας λειψυδρίας.

Οι λειψυδρίες προκύπτουν από το συνδυασμό πολλών φυσικών παραγόντων, που ενισχύονται από ανθρωπογενείς επιρροές. Η πρωταρχική αιτία κάθε λειψυδρίας είναι η ανεπάρκεια των βροχοπτώσεων και συγκεκριμένα η χρονική στιγμή, η κατανομή και η ένταση αυτής της ανεπάρκειας σε σχέση με την υπάρχουσα αποθηκευμένη ποσότητα νερού, την παροχή και τη ζήτηση. Η ανεπάρκεια αυτή έχει ως αποτέλεσμα την έλλειψη του απαραίτητου νερού για τη λειτουργία του φυσικού οικοσυστήματος και/ή για τις απαραίτητες ανθρώπινες δραστηριότητες.

Υψηλές τιμές θερμοκρασιών αέρα και υψηλά ποσοστά εξατμισοδιαπνοής συνδράμουν στην έλλειψη της βροχόπτωσης επιδεινώνοντας την δριμύτητα και τη διάρκεια της περιόδου λειψυδρίας. Οι υψηλές θερμοκρασίες αέρα το καλοκαίρι, όταν συνδέονται με τον καθαρό ουρανό και την ηλιοφάνεια, αυξάνουν την εξατμισοδιαπνοή στο σημείο που είναι ελάχιστη ή μηδαμινή η διαθέσιμη βροχόπτωση και για την επαναφόρτιση των υπόγειων νερών ή των υδατορευμάτων των ποταμών. Λειψυδρίες μπορούν να εμφανιστούν και το χειμώνα όταν οι κατακρημνίσεις αποθηκεύονται στη λεκάνη απορροής με τη μορφή πάγου και χιονιού, εμποδίζοντας την επαναφόρτιση των ποταμών και των υδροφόρων οριζόντων, μέχρι να ανέβει η θερμοκρασία του αέρα και να αρχίσει το λιώσιμο του χιονιού. Οι κατακρημνίσεις και η θερμοκρασία του αέρα εξαρτώνται από τα πρότυπα κυκλοφορίας της ατμόσφαιρας (atmospheric circulation patterns). Κατά συνέπεια κάθε αλλαγή στη θέση, στη διάρκεια και στην ένταση των αντικυκλώνων οδηγεί σε αλλαγές της επικρατούσας ατμοσφαιρικής κυκλοφορίας και προκαλεί ανωμαλίες στις κατακρημνίσεις και τις θερμοκρασίες. Η λειψυδρία σχετίζεται επίσης με τη χρονική στιγμή (πχ εποχή του περιστατικού, καθυστερήσεις στην έναρξη της περιόδου βροχών, περιστατικό των βροχών σε σχέση με τα κύρια στάδια ανάπτυξης των καλλιεργειών) και την αποτελεσματικότητα (πχ ένταση βροχοπτώσεων, αριθμός βροχοπτώσεων)των κατακρημνίσεων. Άλλοι κλιματικοί παράγοντες που συνδέονται με τα περιστατικά λειψυδριών και επιδεινώνουν την

δριμύτητά τους σε πολλές περιοχές του κόσμου, είναι η μεγάλη ταχύτητα του ανέμου και τα χαμηλά ποσοστά της υγρασίας της ατμόσφαιρας.

Είναι σημαντικό να διαφοροποιείται η λειψυδρία, που περιορίζεται σε περιοχές με χαμηλές βροχοπτώσεις, ως μακροπρόθεσμο χαρακτηριστικό γνώρισμα από τη λειψυδρία που δείχνει μια απόκλιση από τη μέση κατάσταση, αλλά βρίσκεται ακόμα μέσα στη φυσική μεταβλητότητα του οικοσυστήματος. Επίσης πρέπει να διακρίνεται μεταξύ των παροδικών περιόδων ανεπάρκειας ύδατος, η αιτία των εξαιρετικών λειψυδριών και των μακροπρόθεσμων δυσαναλογιών των διαθέσιμων υδατικών πόρων και της ζήτησης, όπως απεικονίζεται στο σχήμα 2.1.



Σχήμα 2.1. *Τυπολογία των καταστάσεων έλλειψης νερού (Vlachos, 1983)*

Για να καθοριστεί η αρχή ενός γεγονότος λειψυδρίας, οι λειτουργικοί ορισμοί συνήθως διευκρινίζουν το βαθμό απόκλισης από το μέσο όρο της υπό εξέταση κλιματολογικής μεταβλητής κατά τη διάρκεια κάποιου χρονικού διαστήματος. Αυτό γίνεται συγκρίνοντας την τρέχουσα κατάσταση με τον ιστορικό μέσο όρο που προκύπτει από μετρήσεις των τελευταίων 30 ετών. Το κατώτερο όριο που προσδιορίζεται ως αρχή της λειψυδρίας (π.χ. 75% της

μέσης πτώσης κατά τη διάρκεια ενός καθορισμένου χρονικού διαστήματος) ορίζεται συνήθως αυθαίρετα και όχι βάσει της ακριβούς σχέσης του με συγκεκριμένες επιπτώσεις.

Οι λειτουργικοί ορισμοί μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για να αναλύσουν τη συχνότητα, τη δριμύτητα και τη διάρκεια λειψυδρίας σε μια δεδομένη ιστορική περίοδο. Τέτοιοι ορισμοί απαιτούν λεπτομερή μετεωρολογικά δεδομένα και δεδομένα που ανταποκρίνονται στις επιπτώσεις, που εξαρτώνται από τη φύση του ορισμού που εφαρμόστηκε. Η ανάπτυξη της κλιματολογίας σε μία περιοχή παρέχει μεγαλύτερη κατανόηση των χαρακτηριστικών της και της πιθανότητας επανάληψης της λειψυδρίας στα διάφορα επίπεδα δριμύτητας. Πληροφορίες τέτοιου τύπου είναι εξαιρετικά ευεργετικές στην ανάπτυξη των στρατηγικών αντιμετώπισης και μετριασμού της λειψυδρίας και στην προετοιμασία του σχεδίου διαχείρισής της.

2.5 Αίτια της λειψυδρίας

Τα αίτια εμφάνισης της λειψυδρίας σε μια περιοχή και η διατήρηση της για ορισμένο χρονικό διάστημα δεν είναι δυνατόν να καθοριστούν με βεβαιότητα, αλλά σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία διατυπώθηκαν διάφορες υποθέσεις (Bryant, 1991). Είναι πιθανό η εμφάνιση της λειψυδρίας να είναι αποτέλεσμα της συνδυασμένης δράσης ορισμένων παραμέτρων ή να μην ευθύνεται καμία από αυτές και να πρόκειται για ένα τυχαίο γεγονός. Οι κύριες θεωρίες που ερμηνεύουν την εμφάνιση κάποιων επεισοδίων λειψυδρίας είναι:

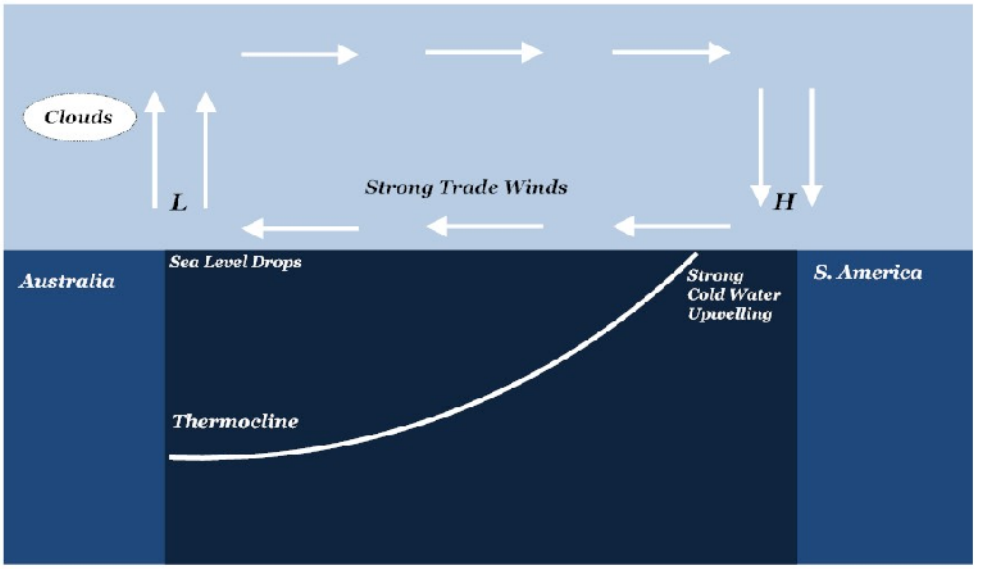
2.5.1 Φαινόμενο El Niño

Η μεγάλη θερμοχωρητικότητα που εμφανίζουν οι ωκεανοί, σε συνδυασμό με την ανταλλαγή ποσών ενέργειας μεταξύ ατμόσφαιρας και ωκεανών, αποτελεί κύριο παράγοντα καθορισμού των κλιμάτων στην επιφάνεια της γης (César N. 2001 & Philander, S. George, 1990). Η ελάττωση της θερμοκρασίας της επιφάνειας της θάλασσας, η οποία είναι αποτέλεσμα

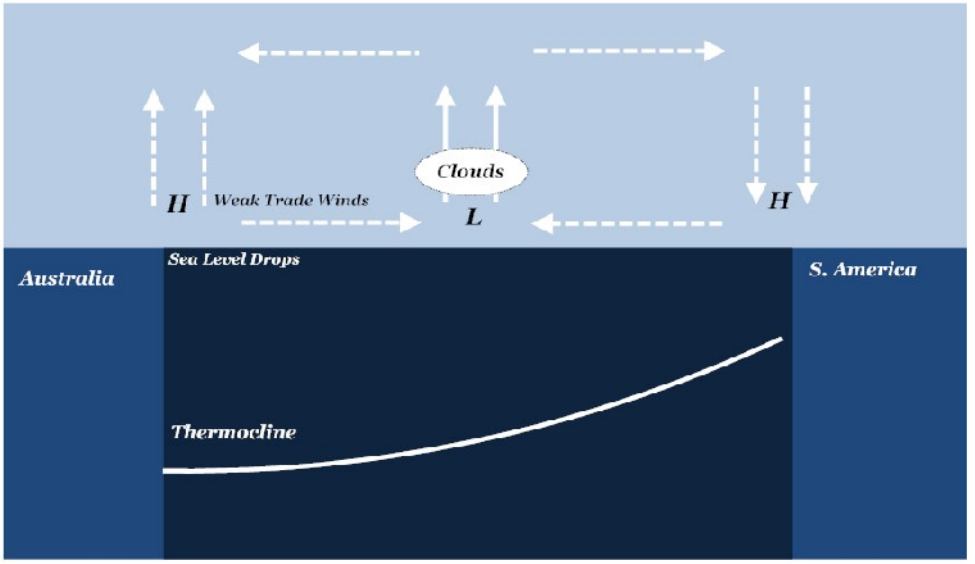
κυρίως της μεταβολής της τροχιάς των θαλάσσιων ρευμάτων, μπορεί να προκαλέσει μεταβολή στη συνηθισμένη εμφάνιση των καιρικών φαινομένων σε μια μεγάλη ή μικρή περιοχή στην επιφάνεια του πλανήτη, με αποτέλεσμα να εμφανιστεί ως ένα επιπλέον αίτιο εμφάνισης λειψυδρίας.

Το φαινόμενο El Niño ή θερμό επεισόδιο παρατηρείται στην περιοχή του Ειρηνικού Ωκεανού. Στο τέλος κάθε έτους εμφανίζεται κατά μήκος των ακτών του Ισημερινού και του Περού, ένα ασθενές, θερμό ωκεάνιο ρεύμα, το οποίο ορισμένα έτη ενισχύεται σημαντικά από απόψεως θέρμανσης και εκτείνεται μέχρι και το κέντρο του Ειρηνικού ωκεανού. Οι συνέπειες αυτού του φαινομένου είναι η μείωση της συνηθισμένης ανόδου ψυχρού, πλούσιου σε θρεπτικά, νερού. Το φαινόμενο El Niño συνήθως παρατηρείται τα Χριστούγεννα και διαρκεί από μερικές βδομάδες ως μερικούς μήνες. Μερικές φορές ένα εξαιρετικά θερμό επεισόδιο είναι δυνατό να αναπτυχθεί, το οποίο διαρκεί πολύ περισσότερο. Στη δεκαετία του 1990, το φαινόμενο El Niño αναπτύχθηκε το 1991 και διήρκησε μέχρι το 1995, καθώς και από το φθινόπωρο του 1997 ως την άνοιξη του 1998. Επαναλαμβάνεται κατά ακανόνιστα χρονικά διαστήματα 2-7 ετών, με μέσο όρο μία φορά κάθε 3-4 έτη. Η τυπική διάρκεια του είναι 12-18 μήνες.

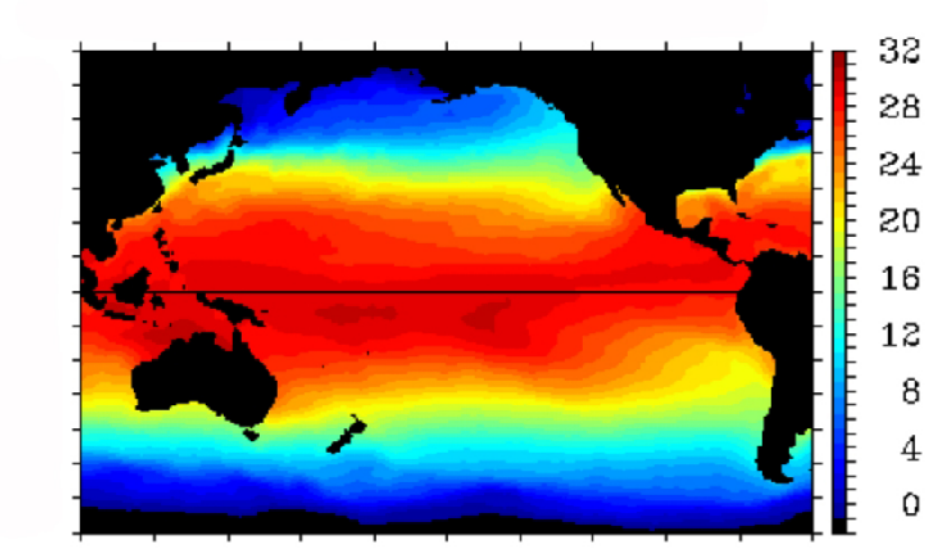
Κάτω από κανονικές συνθήκες, στο ανατολικό τμήμα του Ειρηνικού σημειώνονται υψηλές πιέσεις, ενώ στο δυτικό τμήμα (Ινδονησία, Αυστραλία) χαμηλές πιέσεις (Σχήμα 2.2), με αποτέλεσμα την ανάπτυξη ισχυρών ανέμων (αληγείς ή trade winds) από τα ανατολικά προς τα δυτικά, πάνω από τον Ειρηνικό.



Σχήμα 2.2. *Η τομή αυτή του Ειρηνικού ωκεανού, κατά μήκος του ισημερινού, απεικονίζει την τυπική ατμοσφαιρική κυκλοφορία.*



Σχήμα 2.3. *Ατμοσφαιρική κυκλοφορία που προκαλεί το σχηματισμό του φαινομένου El Niño.*



Σχήμα 2.4. *Συνθήκες El Niño (Δεκέμβριος 1997)*

Κατά τη διάρκεια, όμως, του φαινομένου El Niño (Σχήμα 2.3), η βαρομετρική πίεση του ανατολικού Ειρηνικού εμφανίζει ελάττωση, ενώ ταυτόχρονα, η πίεση στο δυτικό τμήμα του Ειρηνικού αυξάνει. Οι επιφανειακοί αληγείς άνεμοι εξασθενούν επιτρέποντας έτσι στα θερμά επιφανειακά νερά να επεκταθούν ανατολικά. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη συσσώρευση θερμού νερού στον ανατολικό Ειρηνικό, ενώ τα ψυχρά και πλούσια σε τροφή νερά από τα βαθύτερα στρώματα δε μπορούν να αναδυθούν στις παράκτιες περιοχές της Αμερικής και έτσι τα θαλάσσια είδη της περιοχής υποφέρουν από έλλειψη τροφής και οξυγόνου. Αυτό το μοντέλο παλινδρόμησης της ατμοσφαιρικής πίεσης ανάμεσα στο δυτικό και το ανατολικό τμήμα του Ειρηνικού, είναι σήμερα γνωστό με τον όρο «Ταλάντωση Νότιας Κύμανσης» (El Niño Southern Oscillation, ENSO, 2005).

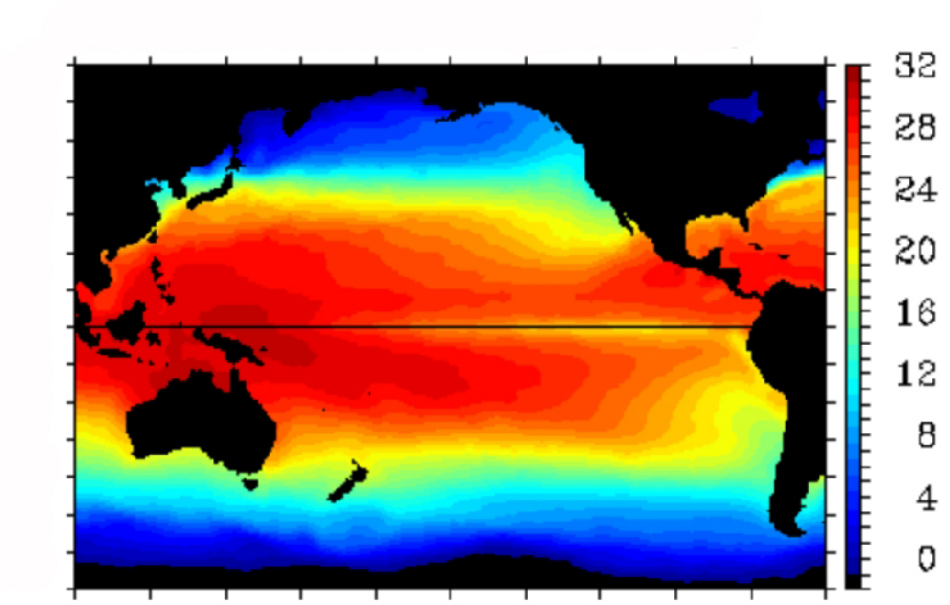
Το Σχήμα 2.4 απεικονίζει τις συνθήκες El Niño κατά την διάρκεια του Δεκεμβρίου 1997. Φαίνεται ότι το θερμό νερό καταλαμβάνει όλη την έκταση του ισημερινού. Στο Σχήμα 2.5 απεικονίζονται οι παγκόσμιες κλιματικές επιδράσεις του φαινομένου.

Σχήμα 2.5. *Παγκόσμιες επιδράσεις του φαινόμενου El Niño*

2.5.2 Φαινόμενο La Nina

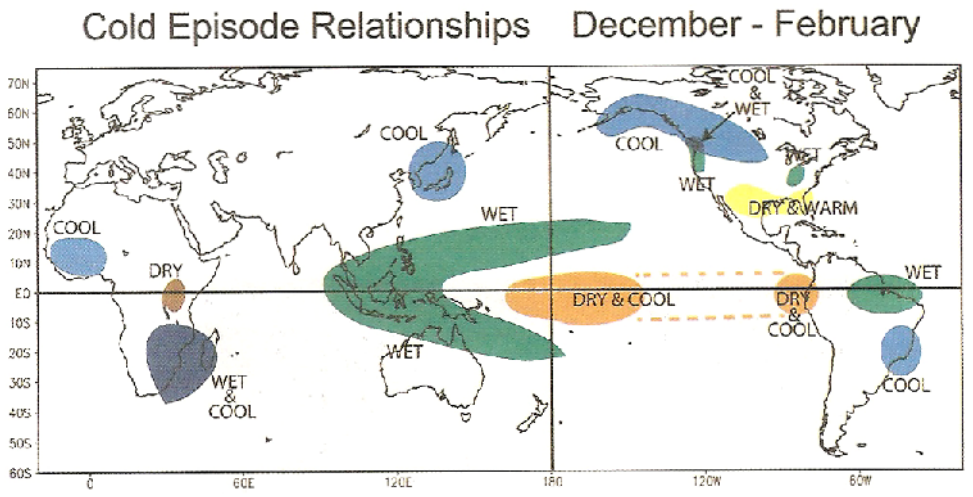
Τα φαινόμενα El Niño και La Niña αποτελούν αντίθετες όψεις του κύκλου «Ταλάντωση Νότιας Κύμανσης» (El Niño Southern Oscillation, ENSO, 2005). Το φαινόμενο La Nina χαρακτηρίζεται από ασυνήθιστα ψυχρές επιφανειακές ωκεάνιες μάζες, στο πλάτος του Ισημερινού και στον Ειρηνικό ωκεανό. Αυτά τα ψυχρά επεισόδια ή επεισόδια La Nina χαρακτηρίζονται από χαμηλότερη από το φυσιολογικό βαρομετρική πίεση πάνω από την Ινδονησία και τη βόρειο Αυστραλία και υψηλότερη από το φυσιολογικό πίεση στον ανατολικό Ειρηνικό. Αυτή η κατανομή πιέσεων συνδέεται με ενισχυμένους, κοντά στην επιφάνεια ισημερινούς ανατολικούς ανέμους στο ανατολικό και κεντρικό τμήμα του Ειρηνικού. Η κανονική κατανομή των τροπικών καταιγίδων και η ατμοσφαιρική κυκλοφορία διαταράσσονται κατά τη διάρκεια ενός ψυχρού επεισοδίου. Ενισχύεται η φυσιολογική κυκλοφορία με ανοδικές αέριες μάζες, συννεφιά και βροχόπτωση στο δυτικό τμήμα του Ειρηνικού (Ινδονησία, Μαλαισία και βόρειο Αυστραλία) και καθοδικές αέριες μάζες στο ανατολικό τμήμα.

Στο Σχήμα 2.6 φαίνεται ότι ο ανατολικός Ειρηνικός ωκεανός είναι ψυχρότερος από το συνηθισμένο και το ψυχρό νερό εκτείνεται προς τα δυτικά.



Σχήμα 2.6. *Συνθήκες La Niña (Δεκέμβριος 1998)*

Οι ψυχρότερες από το φυσιολογικό επιφανειακές ωκεάνιες μάζες στην κεντρική περιοχή του Ειρηνικού εμποδίζουν το σχηματισμό καταιγιδοφόρων νεφών πάνω από αυτή την περιοχή. Κατά τη διάρκεια του χειμώνα του βόρειου ημισφαιρίου, υγρότερες από το φυσιολογικό συνθήκες αναπτύσσονται πάνω από τη βόρεια Αυστραλία, την Ινδονησία και τη Μαλαισία, καθώς και πάνω από την νοτιοανατολική Αφρική και τη βόρεια Βραζιλία (Σχήμα 2.7). Κατά τη διάρκεια του θέρους του βόρειου ημισφαιρίου, οι βροχοπτώσεις από τους μουσώνες στην Ινδία ενισχύονται, ειδικά στη βορειοδυτική Ινδία, ενώ υγρότερες από το φυσιολογικό είναι και οι συνθήκες πάνω από τις Φιλιππίνες. Ξηρότερες από το φυσιολογικό συνθήκες παρατηρούνται κατά μήκος της δυτικής ακτής της τροπικής Νότιας Αμερικής και στα υποτροπικά πλάτη της βόρειας Αμερικής (Κόλπος Μεξικού) και της νότιας Αμερικής (νότιο Βραζιλία ως κεντρική Αργεντινή) κατά τη διάρκεια των αντίστοιχων χειμερινών περιόδων.



Σχήμα 2.7. *Κλιματικές επιδράσεις φαινομένου La Nina κατά την διάρκεια της χειμερινής περιόδου του βόρειου ημισφαιρίου*

Στα μεσαία πλάτη, τα συστήματα χαμηλών πιέσεων τείνουν να είναι ασθενέστερα από το φυσιολογικό στον Κόλπο της Αλάσκα, κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Αυτό ευνοεί την ανάπτυξη ψυχρότερων από το φυσιολογικό αερίων μαζών πάνω από την Αλάσκα και το δυτικό Καναδά, που συχνά κατευθύνονται στο δυτικό τμήμα των Ηνωμένων Πολιτειών, καθώς και ανατολικότερα από τα Βραχώδη Όρη. Αντιθέτως, οι νοτιοανατολικές Ηνωμένες Πολιτείες θερμαίνονται περισσότερο και επικρατούν ξηρότερες συνθήκες από το φυσιολογικό.

Οι περιοχές που επηρεάζονται από την ENSO κυκλοφορία, σύμφωνα με τους Bnalme et al. (1983), θεωρούνται περιοχές λειψυδριών και πλημμύρων. Τα φαινόμενα παίζουν σημαντικό ρόλο στη δημιουργία και την ένταση της λειψυδρίας και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την πρόγνωση της εμφάνισης του φαινομένου της λειψυδρίας. Ο Δείκτης Ταλάντωσης Νότιας Κύμανσης (Southern Oscillation Index), που ορίζεται ως η διαφορά πίεσης ανάμεσα στην Ταϊτή, Γαλλική Πολυνησία και στην περιοχή Δαρβίνος, στην Αυστραλία, αποτελεί ένα μέτρο της έντασης των αληγών ανέμων, που πνέουν από περιοχές υψηλών προς περιοχές χαμηλών πιέσεων. Υψηλή τιμή του δείκτη (μεγάλη διαφορά πιέσεων) συνδέεται με ισχυρότερους από το κανονικό αληγείς ανέμους και συνθήκες La Nina, ενώ μικρή τιμή του δείκτη (μικρότερη διαφορά πιέσεων) συνδέεται με ασθενέστερους από το κανονικό αληγείς ανέμους και συνθήκες EI Nino.

2.5.3 Αστρονομικοί Παράγοντες

Υποστηρίζεται ότι οι ηλιακές κηλίδες και οι σεληνιακοί κύκλοι των 18.6 ετών αποτελούν παράγοντες ρύθμισης της εμφάνισης λειψυδρίας ή βροχόπτωσης στον πλανήτη. Η περιοδική εμφάνιση τους αποτελεί μέσο πρόγνωσης της λειψυδρίας.

Έχει διαπιστωθεί σχέση ανάμεσα στους κύκλους των ηλιακών κηλίδων με την κυκλοφορία στην ανώτερη ατμόσφαιρα (Currie, 1981, 1984 και Karavitis,C., A., 2007). Από την διακύμανση της πολικότητας των ηλιακών κηλίδων στο χρόνο παρατηρείται κύκλος 22 ετών (περιοδικότητα), ο οποίος αποτελείται από δύο 11-ετών κύκλους αντίθετης πολικότητας. Ο κύκλος του Milankovitch είναι ένας κύκλος σημαντικών ταλαντώσεων στη γήινη τροχιά, που λαμβάνει χώρα συχνά εδώ και χιλιάδες χρόνια και είναι γνωστός από την επιρροή που ασκεί στη κατανομή της ηλιακής ακτινοβολίας και επομένως στην ύπαρξη παγκόσμιων καιρικών φαινομένων (Milutin, 1998). Τα ελάχιστα της πολικότητας στη διακύμανση των ηλιακών κηλίδων, αντιστοιχούν σε επεισόδια λειψυδρίας, μικρής ή μεγάλης έντασης.

Οι σεληνιακοί κύκλοι των 18.6 ετών αντιπροσωπεύουν τη διακύμανση της τροχιάς της σελήνης, σε σχέση με τον ισημερινό του ηλίου. Η τροχιά της σελήνης δημιουργεί, σε κανονικές συνθήκες, γωνία 5° από τον ισημερινό του ηλίου. Στο τέλος μιας πλήρους περιστροφής, η σελήνη δεν επιστρέφει στην αρχική της θέση, αλλά έχει μετατοπιστεί λίγο μακρύτερα στο εσωτερικό της τροχιάς της. Κάθε 9.3 έτη, η τροχιά της σελήνης φτάνει στο υψηλότερο σημείο και τότε η σελήνη βρίσκεται πιο κοντά στον Ισημερινό της Γης, δηλαδή βρίσκεται στη θέση του ελαχίστου. Με την έλευση των επόμενων 9.3 ετών, η σελήνη επιστρέφει στην αρχική της θέση, κ.ο.κ. Ο Currie (1981; 1984) απέδειξε ότι τα μέγιστα των 18.6 ετών, σεληνιακού κύκλου, συνδέονται με την εμφάνιση πλημμύρων ή λειψυδριών σε διάφορες περιοχές.

Από τα παραπάνω γίνεται φανερό ότι το φαινόμενο της Νότιας Κύμανσης και οι διάφοροι αστρονομικοί παράγοντες μπορούν να επηρεάσουν την εμφάνιση λειψυδρίας σε ορισμένες περιοχές. Τα φαινόμενα αυτά όμως εκφράζουν μόλις το 15-30% της ολικής διακύμανσης της βροχόπτωσης, οπότε

το 70% περίπου της πιθανότητας εμφάνισης λειψυδρίας σε κάποια περιοχή οφείλεται σε άλλους κλιματικούς παράγοντες που τελούν ακόμα υπό έρευνα (Bryant, 1991).

2.5.4 Αεροχείμαρροι

Κατά τη διάρκεια του Β΄ Παγκοσμίου Πολέμου, διαπιστώθηκε για πρώτη φορά ότι στο επίπεδο της τροπόπαυσης υπάρχει σε όλη τη διάρκεια του έτους, ένα λεπτό αλλά πολύ ισχυρό ρεύμα αέρα, γνωστό ως αεροχείμαρρος (www.aviamet.gr). Έχει μήκος μερικές χιλιάδες χιλιόμετρα, οριζόντιο άξονα τομής μήκους μερικές εκατοντάδες χιλιόμετρα και κατακόρυφο άξονα τομής μερικές χιλιάδες μέτρα. Σαν κατώτερο όριο ταχύτητας κατά μήκος του άξονα του αεροχείμαρρου καθιερώθηκε αυθαίρετα η τιμή των 30 m/s (60knots). Στην περιοχή της Νότιας Ιαπωνίας μετρήθηκαν μέγιστες ταχύτητες, στον πυρήνα του αεροχειμάρρου της τάξης των 140m/s (280 knots). Αν ληφθεί υπόψη ότι η μέση ταχύτητα των δυτικών ανέμων είναι της τάξης των 10 m/s, τότε φαίνεται ότι οι ταχύτητες που παρατηρούνται στους αεροχειμάρρους είναι κάτι το εξαιρετικό.

Από τους μέσους χάρτες της ανώτερης Τροπόσφαιρας (200 hPa) έχει διαπιστωθεί ότι σε κάθε ημισφαίριο υπάρχουν δύο αεροχείμαρροι. Ο πρώτος ονομάζεται αεροχείμαρρος του πολικού μετώπου (polar front jet stream – PFJ) και ο δεύτερος υποτροπικός αεροχείμαρρος (subtropical jet stream – STJ).

Ο αεροχείμαρρος του πολικού μετώπου μετατοπίζεται μέσα στη ζώνη 500 - 600 πλάτους. Εκτός από τη μετατόπιση κατά γεωγραφικό πλάτος, ο αεροχείμαρρος παρουσιάζει μετατόπιση καθ' ύψος και σημαντικές αλλαγές της ταχύτητάς του ακόμη και από μέρα σε μέρα. Το χειμώνα μετακινείται προς μικρότερα γεωγραφικά πλάτη ενώ το καλοκαίρι προς μεγαλύτερα με ταυτόχρονη ελάττωση του ύψους του. Η παρουσία του αεροχείμαρρου αυτού καθώς και οι μεταβολές του συνδέονται άμεσα με τον καιρό των μεγάλων γεωγραφικών πλατών.

Οι χάρτες που συντάσσονται για τον υποτροπικό αεροχείμαρρο δείχνουν ότι κατά τη διάρκεια του χειμώνα ο πυρήνας του παρουσιάζει τρεις ευδιάκριτες περιοχές με μέγιστη ταχύτητα. Η πρώτη περιοχή βρίσκεται πάνω από τις ανατολικές ακτές της Βορείου Αμερικής, η δεύτερη πάνω από τη Βόρεια Αφρική και η τρίτη πάνω από τις ανατολικές ακτές της Ασίας. Το καλοκαίρι ο ίδιος αεροχείμαρρος διαφοροποιείται. Οι ταχύτητές του ελαττώνονται σημαντικά και η μέση θέση του μετατοπίζεται αρκετά βορειότερα.

Αξιοσημείωτη και ενδιαφέρουσα για την περιοχή μας και γενικότερα για την περιοχή της Μεσογείου είναι η καλοκαιρινή, προς βορρά, μετατόπιση του τμήματος του υποτροπικού αεροχειμάρρου που το χειμώνα βρίσκεται πάνω από τη βόρεια Αφρική. Η μέση θέση του το καλοκαίρι είναι βόρεια από τον Ελλαδικό χώρο. Το γεγονός αυτό παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για την περιοχή μας από πλευράς καιρού. Ο υποτροπικός αεροχείμαρρος στη θέση αυτή αποτελεί φραγμό στην προς νότο κάθοδο των ψυχρών αερίων μαζών που προέρχονται από τα μεγάλα γεωγραφικά πλάτη. Επίσης φραγμό αποτελεί και για τα κέντρα χαμηλών πιέσεων που κινούνται από τα μεγαλύτερα γεωγραφικά πλάτη προς την περιοχή της κεντρικής και ανατολικής Μεσογείου. Αποτέλεσμα αυτού είναι οι βροχοπτώσεις που οφείλονται στις κινούμενες υφέσεις, την καλοκαιρινή περίοδο, να μειώνονται σημαντικά.

2.5.5 Ανθρωπογενείς Παράγοντες

Οι αιτίες της λειψυδρίας είναι πολλαπλές, και οι ανθρώπινες δραστηριότητες συμβάλλουν στην ανάπτυξη των συνθηκών που την προκαλούν. Η γενική υπάρχουσα άποψη και συζήτηση θεωρεί τις αιτίες κατά ένα μεγάλο μέρος ως αιτιοκρατικές, δεδομένου ότι η έλλειψη είναι ένα αποτέλεσμα της ευπροσδιόριστης και συνήθως εφαρμοζόμενης προσέγγισης «αιτίου και αιτιατού». Εντούτοις, αν η λειψυδρία είναι το σημείο που υπάρχει έλλειψη νερού και υποβάθμιση της ποιότητας του, τότε οι κοινωνικές και πολιτικές αιτίες προσδιορίζονται πιο δύσκολα. Πολλές από τις αιτίες είναι αλληλένδετες και δεν είναι εύκολο να διακριθούν. Μερικές από τις κύριες

αιτίες παρατίθενται παρακάτω. Ο κατάλογος δεν είναι κατά σειρά προτεραιότητας αν και μερικές αιτίες ασκούν μεγαλύτερη επίδραση από άλλες.

1. ***Αύξηση πληθυσμού:*** Η κύρια αιτία αύξησης της έλλειψης νερού είναι η αύξηση της ζήτησης που είναι αποτέλεσμα της αύξησης του πληθυσμού. Ο παγκόσμιος πληθυσμός αυξάνεται ραγδαία : το 2020 εκτιμάται ότι θα είναι 7,9 δις, 50% δηλαδή μεγαλύτερος από το 1990 (Dyson, 1996). Το μεγαλύτερο μέρος αυτού του πληθυσμού θα βρίσκεται σε χώρες στις οποίες το ποσοστό διαθέσιμης ποσότητας νερού για αστική χρήση είναι πολύ χαμηλό, και στις οποίες η αυξάνει η χρήση συσκευών που χρησιμοποιούν πολύ νερό κατά τη λειτουργία τους. Επίσης, πολλές από αυτές τις χώρες αστικοποιούνται με γρήγορο ρυθμό και ο στόχος της απόκτησης επαρκούς νερού και της κατανομής του στα νέα αστικοποιημένα κέντρα θα είναι μια σημαντική οικονομική και περιβαλλοντική πρόκληση. Η σημαντικότερη αύξηση της ζήτηση οφείλεται στις αναπτυξιακές ανάγκες του αυξανόμενου πληθυσμού και κυρίως στην ανάγκη να αυξηθούν τα τρόφιμα που θα ικανοποιήσουν τις ανάγκες του αυξανόμενου πληθυσμού.
2. ***Χρήση γης:*** Η υποβάθμιση και η μετατροπή των χρήσεων γης στις λεκάνες απορροής μπορούν να μειώσουν το ποσό του διαθέσιμου προς χρήση νερού. Ενώ η μείωση της φυτικής κάλυψης οδηγεί σε μεγαλύτερες απορροές, ταυτόχρονα μειώνει τη διήθηση προς τα υπόγεια νερά και την ικανότητα αποθήκευσης των ταμιευτήρων και των λιμνών λόγω αυξανόμενης καθίζησης από τον αυξανόμενο όγκο φερτών. Η στράγγιση των υγροτόπων ή της αποψίλωσης δασών σε μεγάλη κλίμακα, μπορεί να αλλάξει το μικροκλίμα μιας περιοχής. Οι συνέπειες των ανεπαρκών μεθόδων διαχείρισης και καλλιέργειας των εδαφών εντείνουν τον κίνδυνο και κάνουν τις κοινότητες πιο τρωτές, έτσι ώστε ακόμα και μία μικρή αλλαγή στις συνθήκες να μπορεί να αποβεί μοιραία. Άλλο ένα ζήτημα

σχετικό με τη χρήση της γης είναι η καλλιέργεια υδροβόρων καλλιεργειών και μάλιστα σε ευαίσθητες περιοχές όπως είναι οι ορεινές υδρολογικές λεκάνες, περιοχές περιφερειακά των υγροτόπων, ή ακόμα και περιοχές στις οποίες ήδη παρατηρείται έλλειψη νερού και υποβάθμιση της ποιότητάς του. Όσον αφορά την Ευρώπη, εκτιμάται ότι περίπου το 42% της συνολικής εδαφικής έκτασης είναι καλλιεργήσιμο (περιλαμβάνοντας 24% αρόσιμο έδαφος, 16 % μόνιμες καλλιέργειες, και 2 % βοσκοτόπια-λιβάδια), το 33 % είναι δάση και περίπου το 1 % έχει αστικοποιηθεί (EEA, 1995). Η Ευρωπαϊκή Ένωση, με τη μεταρρύθμισή της Κοινής Αγροτικής Πολιτικής, είναι δεσμευμένη σε μια πολιτική που προάγει την αναδάσωση. Συνολικά στην Ευρώπη, οι δασικές εκτάσεις έχουν αυξηθεί τα τελευταία 30 χρόνια περίπου κατά 10% και υπολογίζεται ότι κάθε δεκαετία θα χάνεται το 2% της γεωργικής γης, λόγω αστικοποίησης. Και οι δύο αυτές αλλαγές θα έχουν σημαντική επιρροή στην υδρολογία της περιοχής. Είναι γενικώς αποδεκτό ότι η αναδάσωση μίας περιοχής / λεκάνης απορροής, μειώνει τη μέση απορροή μέσω της αύξησης της κατακράτησης και της εξατμισοδιαπνοής, είναι όμως απαραίτητο να τονιστεί ότι αυτή η επίδραση πρέπει να εξισορροπηθεί με τις οικολογικές διεργασίες που διαδραματίζονται σε μία δασική λεκάνη σε επίπεδο προστασίας από την εδαφική διάβρωση και γενικά προστασίας του περιβάλλοντος. Η ακριβής επίπτωση στα επιφανειακά νερά, συνεπώς, θα ποικίλει ανάλογα με τον τύπο του δάσους, την ένταση της φύτευσης και των πρακτικών διαχείρισης των εδαφών. Η αστικοποίηση φαίνεται να επιφέρει αύξηση της επιφανειακής απορροής, μειωμένη διηθητική ικανότητα και μειωμένες τοπικά απορροές. Στις μεσογειακές περιοχές, το ημίξηρο κλίμα, σε συνδυασμό με τη φτωχή διαχείριση του εδάφους και των καλλιεργειών οδηγεί στην εδαφική υποβάθμιση. Εκτιμάται ότι περίπου το 44% της Ισπανίας έχει προσβληθεί από κάποιο είδος εδαφικής διάβρωσης. Η εδαφική διάβρωση μειώνει τη διηθητική

ικανότητα του εδάφους και αυξάνει την τρωτότητα μιας περιοχής στη λειψυδρία.

3. ***Ποιότητα νερού:*** Η ρύπανση των πόρων εφοδιασμού σε νερό μειώνει τη διαθεσιμότητα του καθαρού προς χρήση νερού. Αυτό γίνεται πιο έντονο κατά τη διάρκεια περιόδων έλλειψης. Σε κανονικές συνθήκες η ικανότητα ενός ποταμού να δεχθεί ένα δεδομένο φορτίο ρύπανσης καθορίζεται από τον παράγοντα μέσης διάλυσης. Δεδομένου ότι η ποσότητα του νερού μειώνεται, οι ποταμοί και τα υδατορεύματα γίνονται όλο και πιο ευαίσθητα στη ρύπανση, όπως επίσης οι άνθρωποι και οι υπόλοιποι ζωντανοί οργανισμοί που εξαρτώνται από το νερό. Κάτι τέτοιο μπορεί να συμβεί στα επιφανειακά νερά (π.χ. ένα ποτάμι ή μια λίμνη των οποίων το νερό χρησιμοποιείται για αστική χρήση) ή τα υπόγεια και η ρύπανση μπορεί να έχει προέλευση από βιομηχανικά απόβλητα, γεωργικά απόβλητα (λόγω χρήσης χημικών λιπασμάτων και παρασιτοκτόνων, που καταλήγουν στους υδάτινους αποδέκτες μέσω απορροής), παράνομη διάθεση των αστικών αποβλήτων, ή απόρριψη των ανεπαρκώς επεξεργασμένων λυμάτων. Από την άλλη πλευρά, η μείωση της ρύπανσης του νερού μπορεί να αυξήσει την διαθέσιμη παροχή για τις διάφορες χρήσεις.
4. ***Ζήτηση νερού:*** Η αυξανόμενη ζήτηση νερού και μάλιστα όταν δε γίνεται σωστή χρήση της θα επιταχύνει την άφιξη των συνθηκών έλλειψης νερού. Η διαδεδομένη παρερμηνεία ότι υπάρχει αφθονία νερού και ότι το μόνο πρόβλημα είναι το να φτάσει στη σωστή θέση και στο σωστό χρόνο, παραμένει ακόμα, με αποτέλεσμα τον προσανατολισμό της διαχείρισης των υδατικών πόρων προς τον ανεφοδιασμό. Η μείωση και η διαχείριση της ζήτησης του νερού, η επιβολή της αποδοτικότητας της χρήσης και η θέσπιση μέτρων εξοικονόμησης του νερού απαιτούν πλέον άμεσες πολιτικές και νομοθετικές επεμβάσεις.
5. ***Νομοθεσία και Διαχείριση Υδατικών Πόρων:*** Η φτωχή ή ανεπαρκής νομοθεσία μπορεί να επιδεινώσει τα αποτελέσματα

της έλλειψης νερού. Οι πράξεις νομοθεσίας που δίνουν τα αποκλειστικά δικαιώματα σε μερικούς χρήστες είναι απαραίτητες για να παρέχουν ασφάλεια για τις επενδύσεις (συνήθως στο γεωργικό τομέα), αλλά μπορούν να οδηγήσουν σε σοβαρό κίνδυνο κατά τη διάρκεια των περιόδων της έλλειψης. Η διαχείριση των υδατικών πόρων και οι πολιτικές ανάπτυξης έχουν άμεση επίδραση στην ικανότητα μερικών τομέων να επιβιώσουν σε περιόδους έλλειψης. Αν είναι ανεπαρκείς, αναποτελεσματικές, ή αν δεν παρέχουν τουλάχιστον την ικανοποίηση των βασικών αναγκών όλων των πολιτών, τότε ένα ιδιαίτερο περιστατικό έλλειψης ύδατος θα οδηγήσει στη λειψυδρία.

6. ***Διεθνή ύδατα:*** Η χρήση του νερού στους διεθνείς ποταμούς των διασυνοριακών λεκανών απορροής από τις ανάντη χώρες, μπορεί να οδηγήσει σε συνθήκες λειψυδρίας στις κατάντη χώρες. Αυτό είναι ένα πρόβλημα που επιδεινώνεται προφανώς κατά τη διάρκεια των περιόδων έλλειψης. Είναι σημαντικό να διατηρείται η επικοινωνία μεταξύ των παρακείμενων χωρών μέσω διαφόρων μηχανισμών συμπεριλαμβανομένων των ειδικών πρωτοκόλλων, των κοινών επιτροπών, των υπομνημάτων της συμφωνίας, των συνθηκών κ.λπ. Είναι σημαντικό να συνάπτονται αυτές οι συμφωνίες κατά τη διάρκεια των περιόδων αφθονίας νερού παρά σε περιόδους κρίσης.
7. ***Πολιτικές πραγματικότητες:*** Οι πολιτικοί και οι λήπτες αποφάσεων είναι τα πρόσωπα που έχουν τη μέγιστη επιρροή στην κατανομή των μειωμένων οικονομικών προϋπολογισμών και την υιοθέτηση των πολιτικών για την αντιμετώπιση των λειψυδριών. Δυστυχώς, η χρονική προοπτική πολλών πολιτικών δεν συμπίπτει με τη χρονική διάσταση μιας συνετής διαχείρισης των υδατικών πόρων, με συνέπεια οι αποφάσεις να λαμβάνονται συνήθως βάσει των βραχυπρόθεσμων πολιτικών οφελών.
8. ***Κοινωνιολογικά ζητήματα:*** Υπάρχουν διάφορα κοινωνιολογικά και πολιτιστικά ζητήματα που επιδεινώνουν την κατάσταση έλλειψης νερού. Αυτά τα ζητήματα είναι συχνά ένα

αποτέλεσμα πρακτικών που δεν παρουσίασαν αρχικά καμία απειλή στο περιβάλλον, αλλά έχουν γίνει απειλή με τις διάφορες πιέσεις του πληθυσμού και με την αύξηση της κατανάλωσης νερού. Οι προκύπτουσες πιέσεις στο περιβάλλον, παραδείγματος χάριν από υπερβόσκηση, έχουν μια άμεση και καταστρεπτική επίδραση στους υδατικούς πόρους. Οι μακροπρόθεσμες οικονομικές και κοινωνικές επιδράσεις αυτών των ζητημάτων, προκαθορίζουν συχνά το γενικό πολιτικό και οικονομικό πλαίσιο από το οποίο πηγάζουν πολλές από τις άλλες αιτίες έλλειψης νερού.

2.6 Δείκτες Λειψυδρίας

Το μεγάλο πλήθος ορισμών της λειψυδρίας, τα διαφορετικά χαρακτηριστικά που εμφανίζει σε σχέση με την τοπογραφία και το κλίμα της κάθε περιοχής και οι πολύπλοκες φυσικές διεργασίες που συνδέονται με την εμφάνιση της επέβαλλαν τη δημιουργία δεικτών λειψυδρίας, έτσι ώστε να είναι εφικτή η αναγνώριση, η καταγραφή της έντασης και έκτασης των επεισοδίων λειψυδρίας, καθώς επίσης και η δυνατότητα αξιολόγησης της λειψυδρίας, όχι μόνο σε τοπικό επίπεδο, αλλά και σε μία ευρύτερη περιοχή.

Οι διάφοροι δείκτες λειψυδρίας χρησιμοποιούν για τον υπολογισμό τους διάφορες παραμέτρους, όπως το ύψος βροχής, το πάχος του στρώματος του χιονιού, τα αποθέματα του υπόγειου νερού, κλπ. Η τιμή του δείκτη λειψυδρίας είναι ένας καθαρός αριθμός, που μπορεί να φανεί περισσότερο χρήσιμος σε σχέση με την ανάλυση της κάθε παραμέτρου χωριστά. Η ορθή χρήση και ερμηνεία των δεικτών μπορεί να δώσει τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του κάθε ξεχωριστού επεισοδίου λειψυδρίας, ενώ η μελέτη των τιμών του δείκτη στη διάρκεια του χρόνου μπορεί να δώσει την πιθανότητα επανεμφάνισης των επεισοδίων λειψυδρίας. Πρέπει να τονιστεί ωστόσο ότι η κακή χρήση των δεικτών, με τη μη σωστή εφαρμογή των περιορισμών του κάθε δείκτη, μπορεί να οδηγήσει σε παρερμηνεία των αποτελεσμάτων.

Παρά το γεγονός ότι κανένας δείκτης δεν είναι ο βέλτιστος για όλες τις περιοχές και για όλες τις περιπτώσεις, ορισμένοι δείκτες παρουσιάζουν καλύτερα αποτελέσματα σε σχέση με άλλους, για συγκεκριμένες καταστάσεις. Για παράδειγμα, ο δείκτης Palmer (Palmer Drought Severity Index) δημιουργήθηκε και εφαρμόστηκε σε μία περιοχή με ομαλό ανάγλυφο στις ΗΠΑ, με σκοπό τον καθορισμό της εμφάνισης λειψυδρίας. Σε περιοχές, όμως, όπου το ανάγλυφο είναι έντονο και υπάρχει σύνθετο τοποκλίμα, θεωρείται προτιμότερος ο συνδυασμός του δείκτη Palmer με άλλους δείκτες, όπως είναι ο δείκτης SWS1 (Surface Water Supply Index), οι οποίοι χρησιμοποιούν παραμέτρους που λαμβάνουν υπόψη τη διαφορετική τοπογραφία της κάθε περιοχής. Αναφορικά δείκτες λειψυδρίας οι οποίοι έχουν προταθεί και χρησιμοποιηθεί είναι :

- Palmer Drought Severity Index (PDSI- Palmer, 1965)
- Crop Moisture Index (CMI- Palmer, 1968)
- Deciles (Gibbs and Maher, 1967)
- FAO water satisfaction index (Frere and Popov, 1979), Agro-Hydro Potential (AHP- Petrasovits, 1990)
- Surface Water Supply Index (SWSI- Shafer and Dezman, 1982)
- Reclamation Drought Index (RDI- Bureau of Reclamation, 1988)
- Standardized Precipitation Index (SPI- McKee et al., 1993)
- Index of Moisture adequacy (IMA- Sastri, 1993)

Ο υπολογισμός περισσότεροι του ενός δείκτη λειψυδρίας είναι απαραίτητος πριν τη λήψη των τελικών αποφάσεων για τη διαχείριση των υδατικών πόρων μιας περιοχής. Βέβαια, με τον όρο διαχείριση υδατικών πόρων εννοούμε το σύνολο των μέτρων με τα οποία επιδιώκεται η κάλυψη των αναγκών σε νερό στην επιθυμητή ποσότητα και ποιότητα στον χώρο και στον χρόνο που απαιτείται (Χ. Καραβίτης, 2008).

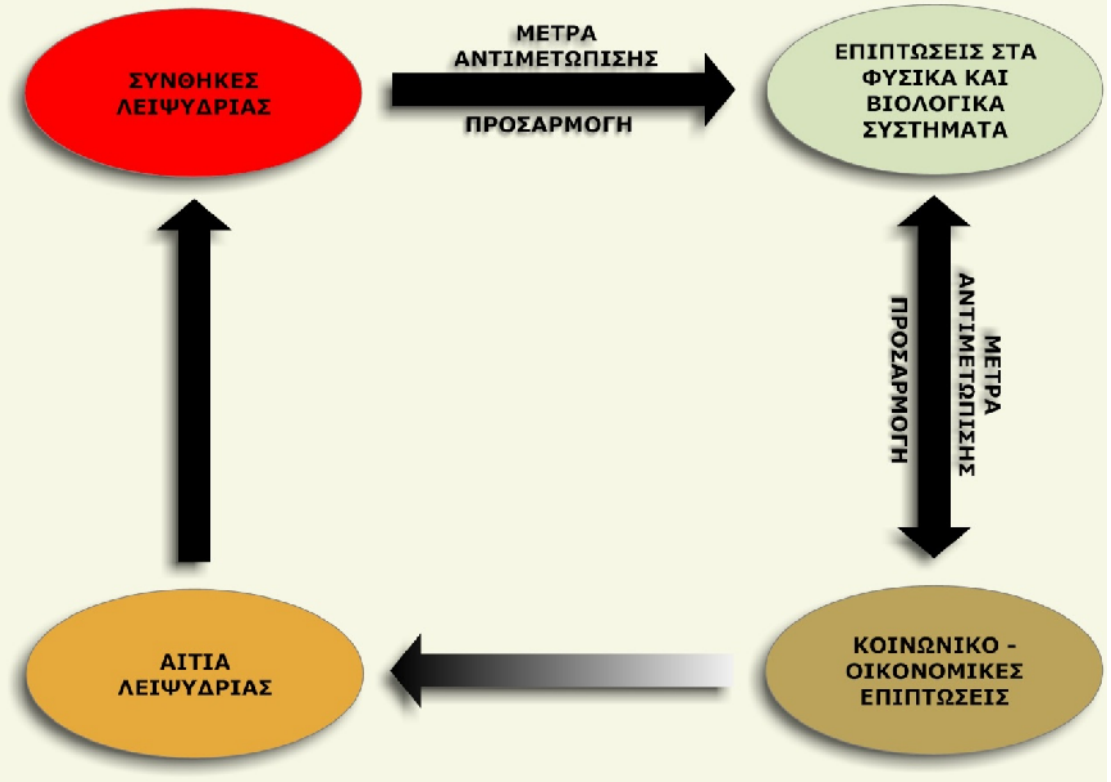
2.7 Επιπτώσεις –Αποτελέσματα του Φαινομένου

Τα αποτελέσματα του φαινομένου έχουν αθροιστική δράση σε όλες τις δραστηριότητες και σχετίζονται με την οικονομία του νερού και την κοινωνία. Οι Wilhite et al., (1987) περιέγραψαν δύο μεθόδους προσέγγισης των αποτελεσμάτων. Σαν πρώτη είναι η προσέγγιση του αιτίου- αιτιατού : η λειψυδρία είναι ένα κλιματικό φαινόμενο που λειτουργεί μοναδικά και έχει κάποιο αποτέλεσμα. Η δεύτερη είναι η προσέγγιση της αλληλεπίδρασης και υποστηρίζει πως ποικίλες διαδικασίες (φυσικές, οικονομικές, κοινωνικές) ίσως επηρεάζουν την μοναδική δράση του φαινομένου και επηρεάσουν και το αποτέλεσμα. Με άλλα λόγια εάν κοινωνικοπολιτικοί και περιβαλλοντικοί λόγοι συνδυαστούν αρνητικά με μια μοναδική λειτουργία ίσως να προκληθεί κρίση. Η δεύτερη προσέγγιση της αλληλεπίδρασης θεωρήθηκε πιο ρεαλιστική, παρουσιάζοντας τα αποτελέσματα του φαινομένου της λειψυδρίας σαν «βαθμούς αλληλεπίδρασης» (Wilhite, D.A. et al., 1987). Από αυτή την άποψη μια πρώτη κατηγοριοποίηση θα ήταν σε πρώτου, δευτέρου και τρίτου βαθμού αποτελέσματα (Changnon, S.A. and Easterling, W.E., 1989).

Τα αποτελέσματα πρώτου βαθμού σχετίζονται με αλλαγές στον υδρολογικό κύκλο (βροχόπτωση, απορροή, υπεδάφιο νερό, παροχή ποταμών). Τα αποτελέσματα δευτέρου βαθμού επηρεάζουν τις ανθρώπινες δραστηριότητες (γεωργία, βιομηχανία, μεταφορά, αστική χρήση). Τα αποτελέσματα τρίτου βαθμού μπορούν να θεωρηθούν οι ενέργειες για προσαρμογή απέναντι στα πρώτου και δευτέρου βαθμού αποτελέσματα (έλλειμμα εισοδήματος, ρυθμίσεις στον τρόπο ζωής, ορθολογική οργάνωση). Την ίδια στιγμή τα αποτελέσματα τη λειψυδρίας θα πρέπει να κατηγοριοποιηθούν σε ένα ενιαίο πλαίσιο εργασίας, λιτό και περιεκτικό, έτσι ώστε να οδηγηθούμε σε δυναμικές αντιδράσεις απέναντι στο φαινόμενο (Yevjevich, V. Et al., 1983; Karavitis, C., A., 1999).

Οι Wheaton, E., et al., 2005 υποστηρίζουν πως η λειψυδρία επηρεάζει την κοινωνία έμμεσα ή άμεσα. Χρησιμοποίησαν για τη μελέτη τους ένα ενιαίο πλαίσιο εργασίας, αιτίου αιτιατού, στο οποίο οι παράγοντες που προκαλούν λειψυδρία οδηγούν σε λειψυδρίες διαφόρων χαρακτηριστικών. Οι λειψυδρίες

αυτές έχουν βιολογικές και οργανικές επιπτώσεις, οι οποίες στη συνέχεια οδηγούν σε κοινωνικοοικονομικές επιπτώσεις. Οι προσαρμοσμένες αντιδράσεις στη λειψυδρία λαμβάνουν χώρα σε δύο χρονικές κλίμακες : μια βραχυπρόθεσμη χρονική κλίμακα που λαμβάνει χώρα νωρίς, στην αρχή της λειψυδρίας και μια μακροπρόθεσμη στρατηγική που λαμβάνει χώρα πριν ή μετά το φαινόμενο της λειψυδρίας με σκοπό την αντιμετώπιση αντίστοιχων μελλοντικών φαινομένων. Στην παρακάτω εικόνα δίνεται σχηματικά ο σχεδιασμός. Η προσαρμοστικότητα (adaptation) ορίζεται ως η ρύθμιση-προσαρμογή στα φυσικά ή ανθρώπινα συστήματα, και προκύπτει σαν απάντηση στα πραγματικά ή αναμενόμενα κλιματικά ερεθίσματα (αίτια) ή στα αποτελέσματα τους. Η επιτυχία της προσαρμοστικότητας είναι να μετριάσει τη βλαβερή επίδραση ή να εκμεταλλευτεί τις ευκαιρίες που μπορούν να προκύψουν από ένα φαινόμενο λειψυδρίας (Watson et al., 2001).



Σχήμα 2.8. *Ένα πλαίσιο αιτίου-αιτιατού ανάμεσα στη γένεση, τα χαρακτηριστικά, τις επιπτώσεις και τα μέτρα αντιμετώπισης της λειψυδρίας. (Wheaton, E. et al., 2005)*

Ο Yevjevich ήταν από τους πρώτους που προσπάθησε να δώσει μια πρόβλεψη των ιδιοτήτων της λειψυδρίας, χρησιμοποιώντας την γεωμετρική πιθανολογική κατανομή, ορίζοντας μια λειψυδρία k χρόνων σαν k συνεχόμενα

χρόνια κατά τα οποία δεν υπάρχουν επαρκείς υδατικοί πόροι (Yevjevich V., 1967). Χωρίς αμφιβολία ένας ακριβής και ξεκάθαρος ορισμός της λειψυδρίας παραμένει απατηλός (Yevjevich, et al 1983; and Grigg, N.S. 1996; Karavitis, C. A., 1992; 1999).

2.8 Ιστορικό Λειψυδριών στην Ελλάδα (1990 – 2009)

Η ευρύτερη μητροπολιτική περιοχή Αθηνών στην Ελλάδα, καθώς και το σύνολο της χώρας, υπέστη σοβαρές χτύπησε το 1990, 1993, 2000 και 2007 από την λειψυδρία. Το 1990 καταγράφηκε, μείωση κατά 43% στην μέση ετήσια βροχόπτωση της Ελλάδος. Ως αποτέλεσμα της μείωσης των βροχοπτώσεων, οι εισροές σε λίμνες, ποτάμια, δεξαμενές και υπόγειων υδροφορέων ήταν μειωμένες αντίστοιχα, σε όλη την Ελλάδα. Καλλιέργειες, κτηνοτροφία και η άγρια πανίδα επηρεάστηκαν σοβαρά κατά τη διάρκεια της λειψυδρίας. Η βιομηχανία και οι οικονομικές δραστηριότητες που αντιμετωπίζουν μια ύφεση. Οι απώλειες από την λειψυδρία κλιμακώθηκαν περίπου σε 1,5 δισ. USD το 1990. Οι επιπτώσεις της λειψυδρίας στο σύστημα υδροδότησης της Αθήνας ήταν επίσης μεγάλη. Το 1990, η εισροή στην παροχή των ταμιευτήρων είχε φτάσει στα χαμηλότερα επίπεδα και για την περιοχή της Αθήνας τον Οκτώβριο είχε αποθέματα νερού μόνο για 56 ημέρες. Το 1993, η λειψυδρία άρχισε να εκδηλώνει την παρουσία του τον Δεκέμβριο του 1992, όταν οι εισροές σε ταμιευτήρα του Μόρνου ήταν περίπου $30x10^6 m^3$, ενώ ο μέσος όρος $80x10^6 m^3$. Ξανά στις Αύγουστο του 1993 ανακοινώθηκε ότι η περιοχή της Αθήνας είχε αποθέματα νερού μέχρι την 3η Οκτωβρίου, του ιδίου έτους. Στο πλαίσιο αυτό, η μητροπολιτική Αθήνα παρέχει μια μοναδική ευκαιρία για τη μελέτη της λειψυδρίας και των τρόπων αντιμετώπισης της διαχείρισης της λειψυδρίας σε δυσμενείς φυσικές και κοινωνικο-οικονομικές συνθήκες και σε διαφορετικά πολιτιστικά περιβάλλοντα. Στη συνέχεια το έτος 2000 ήταν έτος λειψυδρίας για την Ελλάδα αλλά το φαινόμενο δεν επέφερε μεγάλα προβλήματα στην Ηπειρωτική Ελλάδα αντιθέτως με τα νησιά του κεντρικού Αιγαίου και την Κρήτη. Τέλος το 2007 επανήλθε το φαινόμενο της λειψυδρίας και η ένταση του θα μπορούσε να συγκριθεί με τη λειψυδρία του 1990. Σχεδόν όλη η Ελλάδα πλήχθηκε από την λειψυδρία αλλά κυριών η Θεσσαλία και οι Κυκλάδες. Το σημαντικότερο πρόβλημα στην περίπτωση της

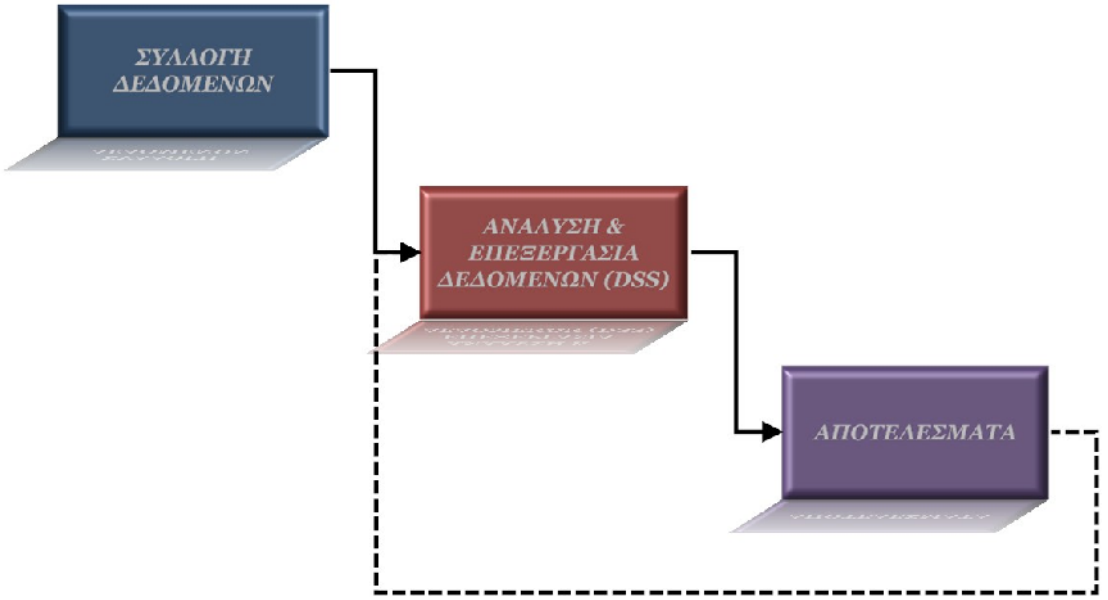
Αθήνας και γενικά της Ελλάδος δεν ήταν η έλλειψη των ειδικών τεχνικών για το σχεδιασμό και τη διαχείριση της λειψυδρίας, αλλά περισσότερο η έλλειψη ολιστικών στρατηγικών, μέσω των οποίων η λειψυδρία λήψης αποφάσεων και των τρόπων αντιμετώπισης θα μπορούσε να είναι πιο αποτελεσματική και κοινωνικά δίκαιη. Τον Σεπτέμβριο του 2007 παραδόθηκε από το Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών το εθνικό σχέδιο αντιμετώπισης των λειψυδριών. Οι σημαντικότερες λειψυδρίες παρουσιάζονται στον πίνακα 1 του παραρτήματος IV.

Κεφάλαιο 3ο
Μεθοδολογία της Μελέτης

Το αρχικό στάδιο της παρούσας εργασίας ήταν η μελέτη των σημαντικών λειψυδριών τα τελευταία είκοσι χρόνια στον Ελλαδικό χώρο. Η εκτεταμένη αναφορά του τύπου για τα προβλήματα που δημιουργούσε η λειψυδρία όλα αυτά τα χρόνια έδωσε το έναυσμα για περαιτέρω μελέτη και ανάλυση των αποτελεσμάτων. Εν συντομία τα βήματα που ακολουθήθηκαν ήταν τα εξής:

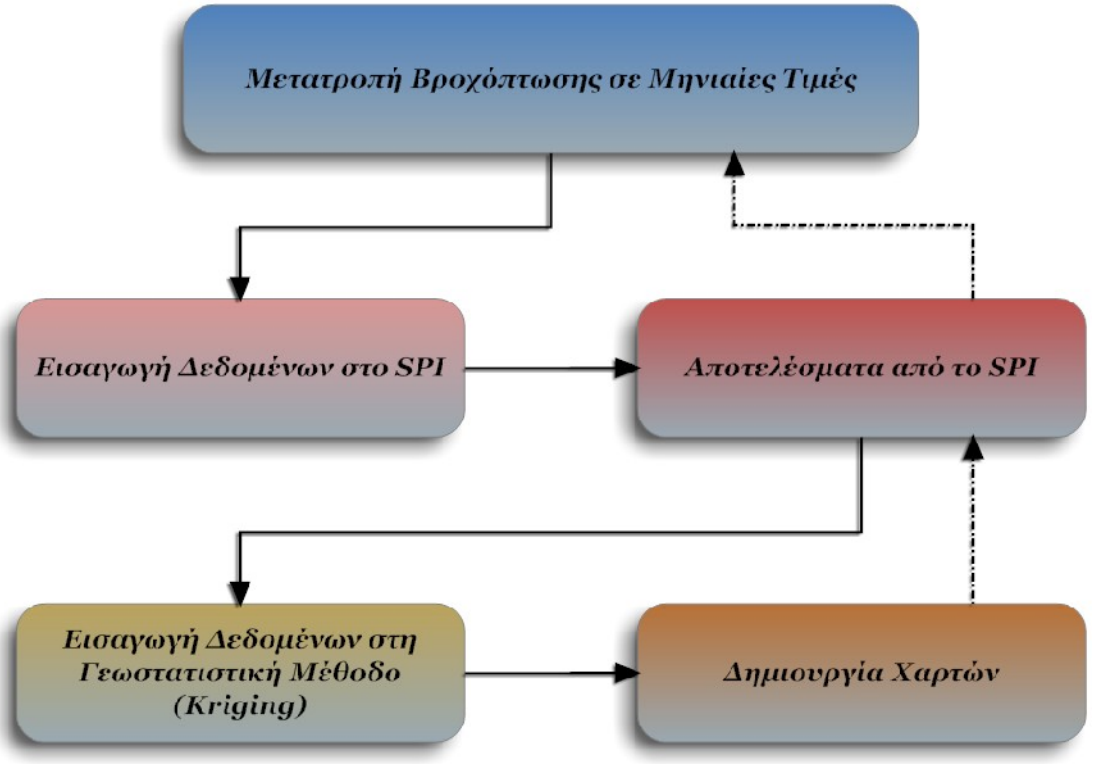
1. Πραγματοποιήθηκε η συλλογή και καταχώρηση μετεωρολογικών δεδομένων και συγκεκριμένα της βροχόπτωσης για σαράντα έξι (46) μετεωρολογικούς σταθμούς στην Ελλάδα. Στη συνέχεια επεξεργάστηκαν για να είναι εφικτή η εισαγωγή τους στο «μαύρο κουτί» (DSS). Συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκαν μηνιαίες τιμές της βροχόπτωσης για τον δείκτη. Επιπλέον δημιουργήθηκαν δώδεκα (12) υποθετικοί μετεωρολογικοί σταθμοί σε μεγάλο υψόμετρο και με βάση τους πεδινούς σταθμούς.
2. Έπειτα πραγματοποιήθηκε η εισαγωγή τους στη γλώσσα προγραμματισμού όπου υπολογίσθηκε ο δείκτης SPI (Standard Precipitation Index) των μετεωρολογικών σταθμών (πραγματικών και υποθετικών μετεωρολογικών σταθμών) που ήταν το σημαντικότερο κομμάτι της μελέτης.
3. Για να αποδοθούν με τον βέλτιστο τρόπο τα αποτελέσματα του δείκτη και να κατανεμηθεί ομοιόμορφα η κατάσταση των φαινομένων λειψυδρίας για τα έτη 1990, 1993, 2000 και 2007 καθώς και του υγρού έτους 2009 όπου προέκυψαν προβλήματα σε τοπικό επίπεδο έγινε η χαρτογράφηση με τη βοήθεια της γεωστατιστικής μεθόδου kriging.
4. Τέλος, ακολουθεί ο σχολιασμός των αποτελεσμάτων όπως αυτά προέκυψαν μετά την ανάλυση και επεξεργασία των δεδομένων αλλά και οι διαφορές που προέκυψαν ανάμεσα στους χάρτες με τους πραγματικούς σταθμούς και στους χάρτες με τις υποθέσεις. Στο σχήμα

3.1 αναπαρίσταται η διαδικασία σχεδιασμού της παρούσας μελέτης με τα βήματα που ακολουθήθηκαν ώστε να ολοκληρωθεί.



Σχήμα 3.1. *Διαδικασία σχεδιασμού της παρούσας μελέτης.*

Το βήμα της ανάλυσης και επεξεργασίας των μετεωρολογικών δεδομένων και συγκεκριμένα της βροχόπτωσης αναλύεται εκτενέστερα στο σχήμα 3.2. Μετά τη συλλογή όλων των μετεωρολογικών δεδομένων από όλους τους μετεωρολογικούς σταθμούς άρχισε η επεξεργασία τους. Αρχικά τα δεδομένα έπρεπε να αναχθούν σε μηνιαία λόγω ότι η Ε.Μ.Υ. (Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία) διέθετε τα στοιχεία μετά το έτος 2000 σε τρίωρες τιμές. Έγινε η μετατροπή σε ημερήσιες τιμές και στη συνέχεια σε μηνιαίες. Επιλέχθηκε να μην πραγματοποιηθεί συμπλήρωση των εκλιπουσών τιμών λόγω ότι μελετούνται ακραία φαινόμενα. Στη συνέχεια οι κενές τιμές συμπληρώθηκαν με την τιμή -99 ώστε να λειτουργήσει το πρόγραμμα. Επιπλέον έγινε ένας ποιοτικός έλεγχος των δεδομένων με τη δημιουργία των γραφημάτων της βροχόπτωσης όλων των μετεωρολογικών σταθμών (πραγματικών και υποθετικών). Για να εισαχθεί η βροχόπτωση στο πρόγραμμα έπρεπε να μετατραπούν τα δεδομένα σε συγκεκριμένο τύπο αρχείου και συγκεκριμένη μορφή (εικόνα 5.3 του κεφαλαίου 5).



Σχήμα 3.2. *Διαδικασία ανάλυσης και επεξεργασίας των δεδομένων.*

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του δείκτη δημιουργήθηκαν όλα τα διαγράμματα του SPI για όλες τις περιπτώσεις, δηλαδή όλων των χρονικών βημάτων ενός, τριών, έξι, δώδεκα και είκοσι τεσσάρων μηνών (SPI1, SPI3, SPI6, SPI12 και SPI24). Με αυτόν τον τρόπο πραγματοποιείται και δεύτερος ποιοτικός έλεγχος των δεδομένων εισαγωγής. Στην περίπτωση αναγνώρισης λάθους δηλαδή εσφαλμένης τιμής βροχόπτωσης ο δείκτης δεν θα ανταποκριθεί με την πραγματικότητα όπως για παράδειγμα συνέβη στην περίπτωση του έτους 1990 του μήνα Νοέμβριου στη Σκύρο όπου είχε πληκτρολογηθεί η τιμή 156 mm βροχής και ο δείκτης έδειχνε ότι η περιοχή αυτή ήταν πολύ υγρή σε αντίθεση με την υπόλοιπη Ελλάδα. Κατόπιν όμως επικοινωνίας με την Ε.Μ.Υ. έγινε η διόρθωση της σε 15,6 mm βροχής.

Αφού έγινε η διασταύρωση και οι κατάλληλες διορθώσεις άρχισε η διαδικασία της γεωστατιστικής μεθόδου (Kriging) για τη δημιουργία των χαρτών. Στη συνέχεια δημιουργήθηκαν τέσσερα αρχεία για κάθε έτος με το όνομα των σταθμών, τις συντεταγμένες σε ΕΓΣΑ87 και τα αποτελέσματα του SPI6 και του SPI12 (τα δύο αρχεία είναι για τους πραγματικούς και τα άλλα

δύο για τους πραγματικούς και τους υποθετικούς). Έπειτα δημιουργήθηκαν τα ακριβές όρια όπου θα λάμβανε χώρα η γεωστατιστική μέθοδος αλλά και η απόχρωση που θα εμφανίζεται σύμφωνα με τα αποτελέσματα. Συγκεκριμένα με κόκκινο χρώμα εμφανίζονται οι ακραίες λειψυδρίες και με μπλε οι εξαιρετικά υγρές περιόδους. Η διαβάθμιση έγινε σύμφωνα με τον πίνακα 4.1 όπου παρουσιάζεται στο επόμενο κεφάλαιο. Η παραπάνω διαδικασία αποτυπώνεται στο σχήμα 3.3.

Σχήμα 3.3. *Διαδικασία δημιουργία χαρτών με την γεωστατιστική μέθοδο (Kriging).*

Η μεθοδολογία στηρίχθηκε στα βήματα του σχεδιασμού όπου έγινε η αναγνώριση του προβλήματος, ένας πρωταρχικός σχεδιασμός που βασίστηκε η μελέτη για να προχωρήσει στα επόμενα βήματα. Έπειτα έγινε η συλλογή των στοιχείων και η επεξεργασία τους που αναλύονται στο κεφάλαιο πέντε και στη συνέχεια τα αποτελέσματα βοήθησαν ώστε να βγουν κάποια συμπεράσματα όπως η ένταση του φαινομένου, η διάρκεια του αλλά και η επαναφορά της κατάσταση σε κανονικές συνθήκες. Τέλος, βάση όλων αυτών προτείνονται κάποιες λύσεις οι οποίες σαφώς χρειάζονται περαιτέρω έρευνα.

Κεφάλαιο 4ο
Ανάπτυξη του SPI & Γεωστατιστική

4.1 Δείκτης λειψυδρίας (SPI)

Ο δείκτης λειψυδρίας SPI (Standard Precipitation Index) είναι ιδιαίτερα διαδεδομένος. Σχεδιάστηκε για την ανίχνευση της έναρξης και για την παρακολούθηση των επεισοδίων λειψυδρίας (McKee et al, 1993) και διαφέρει από τους υπολοίπους δείκτες, διότι αναγνωρίζει έγκαιρα τα διάφορα επεισόδια λειψυδρίας. Είναι απλούστερος σε σχέση με τον δείκτη PDSI (Palmer Drought Severity Index) και βασίζεται στην πιθανότητα κατακρήμνισης κατά τη διάρκεια συγκεκριμένης χρονικής περιόδου. Χαρακτηριστικό του δείκτη SPI είναι η ευελιξία του στον προσδιορισμό της λειψυδρίας σε διαφορετικές χρονικές κλίμακες, κάτι πολύ σημαντικό, αφού η διάρκεια των επεισοδίων λειψυδρίας παρουσιάζει πολύ μεγάλες διακυμάνσεις. Τα επεισόδια μικρής διάρκειας μετρώνται από μετεωρολογικά όργανα και ορίζονται σύμφωνα με τους τοπικούς κλιματολογικούς όρους. Επεισόδια διάρκειας τριών ως έξι μηνών έχουν σημαντικές επιπτώσεις στην αγροτική παραγωγή, διότι οδηγούν σε μεγάλη μείωση της εδαφικής υγρασίας. Επεισόδια μεγαλύτερης διάρκειας (μήνες ως χρόνια) έχουν σοβαρή επίδραση στους επιφανειακούς και υπόγειους υδατικούς πόρους.

Οι τιμές του δείκτη υπολογίζονται συγκρίνοντας το συνολικό ύψος των κατακρημνίσεων μιας περιοχής κατά τη διάρκεια ορισμένης χρονικής περιόδου, με το μέσο ύψος κατακρημνίσεων της ίδιας χρονικής διάρκειας. Για παράδειγμα, το συνολικό ύψος κατακρημνίσεων κατά τη διάρκεια οποιουδήποτε μήνα, συγκρίνεται με το μέσο ύψος κατακρημνίσεων του ίδιου μήνα, που προκύπτει από τις διαθέσιμες ιστορικές καταγραφές προηγούμενων ετών. Η ένταση ενός επεισοδίου λειψυδρίας στη συγκεκριμένη περιοχή μπορεί να συγκριθεί με τις μέσες συνθήκες. Οι τιμές του δείκτη κυμαίνονται από 2.00 και πάνω (εξαιρετικά υγρή περίοδος) ως και λιγότερο από -2.00 (εξαιρετική λειψυδρία), ενώ η περιοχή τιμών από 0.99 ως -0.99

υποδεικνύει περίπου φυσιολογικές συνθήκες (Πίνακας 4.1). Ένα επεισόδιο λειψυδρίας ορίζεται από τις συνεχώς αρνητικές τιμές του δείκτη, μικρότερες ή ίσες του -1, και το επεισόδιο συνεχίζεται μέχρι ο δείκτης να λάβει θετικές τιμές. Η διάρκεια του επεισοδίου ορίζεται από το χρονικό διάστημα μεταξύ της έναρξης και λήξης αυτής της περιόδου. Το μέγεθος του επεισοδίου λειψυδρίας μετριέται από το άθροισμα των τιμών του δείκτη για τους μήνες της λειψυδρίας.

Πίνακας 4.1. *Κατηγοριοποίηση λειψυδρίας με τις αντίστοιχες τιμές του δείκτη SPI.*

Τιμές SPI	Κατηγοριοποίηση
2.00 ή περισότερο	Εξαιρετικά υγρή
1.50 μέχρι 1.99	Πολύ υγρή
1.00 μέχρι 1.49	Μετρίως υγρή
0 μέχρι 0.99	Ήπια υγρή
0 μέχρι -0.99	Ήπια Λειψυδρία
-1 μέχρι -1.49	Μέτρια Λειψυδρία
-1.50 μέχρι -1.99	Μεγάλη Λειψυδρία
-2.00 ή λιγότερο	Ακραία Λειψυδρία

Το SPI υπολογίζεται με την προσαρμογή μιας συνάρτησης πυκνότητας πιθανότητας στην κατανομή συχνότητας της βροχόπτωσης αθροισμένη πέρα από το χρονικό διάστημα ενδιαφέροντος. Αυτό εκτελείται χωριστά για κάθε μήνα (ή οποιοσδήποτε είναι η χρονική βάση από τη χρονοσειρά βροχόπτωσης) και για κάθε θέση στο διάστημα. Κάθε συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας μετασχηματίζεται έπειτα μέσα στην τυποποιημένη κανονική κατανομή.

Η γάμμα κατανομή καθορίζεται από τη συχνότητά της ή η συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας ορίζεται ως:

$$t = \sqrt{\ln\left[\frac{1}{1-\left(H(x)\right)^2}\right]} \quad g(x) = \frac{1}{\beta^{\alpha}\Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta}, \text{ για x>0} \quad (4.1)$$

όπου α>0 είναι ο παράγοντας μορφής, β>0 είναι ο παράγοντας κλίμακας και x>0 είναι τη τιμή της βροχόπτωσης. Γ(α) είναι η συνάρτηση γάμμα που ορίζεται ως εξής:

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^{\infty} y^{\alpha-1} e^{-y} dy \quad (4.2)$$

Η προσαρμογή της κατανομής στα δεδομένα απαιτεί τα α και β να εκτιμηθούν. Οι Edwards και McKee (1997) πρότειναν την εκτίμηση αυτών των παραμέτρων χρησιμοποιώντας την προσέγγιση του Thom (1958) για τη μέγιστο πιθανότητα ως εξής:

$$\hat{a} = \frac{1}{4A}\left(1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}}\right) \quad (4.3)$$

$$\hat{\beta} = \frac{\overline{x}}{\hat{\alpha}} \quad (4.4)$$

όπου για ν παρατηρήσεις: $A = \ln(\overline{x}) - \frac{\sum \ln(x)}{n}$ (4.5)

Οι προκύπτουσες παράμετροι χρησιμοποιούνται έπειτα για να βρουν τη συσσωρευτική πιθανότητα ενός παρατηρηθέντος γεγονότος βροχόπτωσης για το δοθέν μήνα και χρονική κλίμακα:

$$G(x) = \int_0^x g(x)dx = \frac{1}{\hat{\beta}^{\hat{\alpha}}\Gamma(\hat{\alpha})} = \int_0^x x^{\hat{\alpha}-1} e^{-\frac{x}{\hat{\beta}}} dx \quad (4.6)$$

Η αντικατάσταση του t με $x/\hat{\beta}$ μειώνει την εξίσωση στην ελλιπή κατανομή γάμμα. Ο McKee και λοιποί (1993) χρησιμοποίησαν μια αναλυτική μέθοδο μαζί με τον προτεινόμενο κώδικα λογισμικού από τον τύπο (1986). Δεδομένου ότι η κατανομή γάμμα είναι απροσδιόριστη για x=0 και μια κατανομή βροχόπτωσης μπορεί να περιέχει μηδενικά, η αθροιστική πιθανότητα γίνεται

$$H(x) = q + (1-q)G(x) \tag{4.7}$$

όπου q είναι η πιθανότητα της μηδενικής βροχόπτωσης.

Η αθροιστική πιθανότητα, Η (x), μετασχηματίζεται έπειτα στην τυποποιημένη κανονική τυχαία μεταβλητή Z με το μέσο όρο μηδέν και τη διακύμανση ένα, η οποία είναι η τιμή του SPI. Μετά από τους Edwards και McKee (1997),οι Hughes και Saunders (2002), υιοθετούν την κατά προσέγγιση μετατροπή που παρέχεται από τους Abramowitz και Stegun (1965) ως εναλλακτική λύση:

$$Z = SPI = -\left(t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right) \text{, για } 0<H(x)\ 0.5 \tag{4.8}$$

$$Z=SPI=+\left(t-\frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right) \text{, για } 0.5<H(x)<1 \tag{4.9}$$

όπου

$$t = \sqrt{\ln\left[\frac{1}{\left(H(x)\right)^2} \right]} \text{ , για για } 0<H(x)\ 0.5 \tag{4.10}$$

$$t = \sqrt{\ln\left[\frac{1}{1-\left(H(x)\right)^2} \right]} \text{ , για } 0.5<H(x)<1 \tag{4.11}$$

και c_0=2.515517, c_1=0.802853, c_2=0.010308, d_1=1.432788, d_2=0.189269, d3=0.001308.

4.2 Γεωστατιστική Μέθοδος (Kriging)

Η μέθοδος kriging αναπτύχθηκε στις αρχές της δεκαετίας του 50 από το μηχανικό ορυχείων Krige (1951) με σκοπό την πρόγνωση της περιεκτικότητας σε μετάλλευμα μιας περιοχής εξόρυξης αξιοποιώντας μεμονωμένες μετρήσεις περιεκτικότητας σε συγκεκριμένα σημεία. Η περιεκτικότητα αυτή μοντελοποιείται ως μια στοχαστική συνάρτηση στις τρεις διαστάσεις, δηλαδή ως ένα τυχαίο πεδίο (random field) σύμφωνα με τη πιο σύγχρονη ορολογία. Ο γενικότερος χαρακτήρας του kriging ως μεθόδου πρόγνωσης ενός τυχαίου πεδίου αναγνωρίστηκε από τον Matheron (1962) ο οποίος μελέτησε τα λεπτά μαθηματικά προβλήματα που σχετίζονται με τον απειροδιάστατο χαρακτήρα του άγνωστου τυχαίου πεδίου. Έτσι αργότερα η μέθοδος βρήκε εφαρμογή και σε άλλα προβλήματα πρόγνωσης όπως αυτά της υδρολογίας. Όμως παρόμοια προβλήματα πρόγνωσης τυχαίων πεδίων ή στοχαστικών συναρτήσεων (stochastic processes), όρος που επεκράτησε για συναρτήσεις του χρόνου, είχε ήδη μελετηθεί ανεξάρτητα τόσο από τον Kolmogorov (1941) όσο και από τον Wiener (1949), ώστε να μπορούμε να μιλούμε για μία συγκροτημένη θεωρία πρόγνωσης τυχαίων πεδίων των Wiener - Kolmogorov.

Στην γεωδαισία μια παρόμοια μέθοδος εισήχθηκε από τον Moritz (Heiskanen & Moritz, 1967) για την πρόγνωση του πεδίου βαρύτητας αλλά αναλύθηκε διεξοδικά από τον Krarup (1969), ο οποίος επιπλέον κατέδειξε τη σχέση με το ντετερμινιστικό πρόβλημα παρεμβολής μιας αρμονικής συνάρτησης δυναμικού έλξης η οποία ανήκει σε ένα χώρο συναρτήσεων Hilbert με αναπαραγωγό πυρήνα (reproducing kernel). Η σχετική μεθοδολογία ονομάστηκε σημειακή προσαρμογή (collocation).

Παρά την παρουσία ενός απειροδιάστατου πεδίου σε κάθε εφαρμογή, το πρόβλημα μπορεί να αναχθεί σε ένα κλασσικό πρόβλημα στατιστικής πρόγνωσης, με πεπερασμένες διαστάσεις, στα πλαίσια του λεγομένου μοντέλου τυχαίων επιδράσεων (random effects model), επειδή ο αριθμός των δεδομένων είναι πεπερασμένος αλλά και η ίδια η πρόγνωση του άγνωστου τυχαίου πεδίου μπορεί να αντιμετωπισθεί ως πρόβλημα πρόγνωσης μίας τιμής του σε οποιοδήποτε σημείο του πεδίου ορισμού του.

Παρ' όλες τις ομοιότητες με τη γενικότερη θεωρία πρόγνωσης των Wiener - Kolmogorov η μέθοδος kriging έχει μια σημαντική διαφορά, στο ότι χρησιμοποιεί τη συνάρτηση του μεταβολογράμματος (variogram) στη θέση της συνάρτησης συμμεταβλητότητας (covariance function) του σχετικού τυχαίου πεδίου. Από θεωρητική σκοπιά η επιλογή αυτή επεκτείνει την εφαρμοσιμότητα του kriging και σε τυχαία πεδία τα οποία διαθέτουν μεταβολόγραμμα αλλά όχι συνάρτηση συμμεταβλητότητας. Η ευρύτητα αυτή του πεδίου εφαρμογής είναι όμως ασήμαντη από πρακτική σκοπιά, όπου πλέον σημαντική είναι η δυνατότητα πρόγνωσης όταν το τυχαίο πεδίο έχει σταθερή μεν αλλά άγνωστη συνάρτηση μέσης τιμής, ενώ οι άλλες μέθοδοι προϋποθέτουν γνώση της σταθερής μέσης τιμής.

Περιοριζόμαστε εδώ λόγω του περιορισμένου χώρου στο λεγόμενο κοινό kriging (ordinary kriging) με άγνωστη σταθερή μέση τιμή. Το πρόβλημα του «παγκόσμιου» kriging (universal kriging) όπου η άγνωστη μέση συνάρτηση είναι γραμμικός συνδυασμός γνωστών συναρτήσεων με άγνωστους συντελεστές, αντιμετωπίζεται και αυτό στα πλαίσια της κλασσικής πεπερασμένων διαστάσεων στατιστικής μεθοδολογίας εκτίμησης-πρόγνωσης στα πλαίσια του λεγομένου μοντέλου μικτών επιδράσεων (mixed effects model). Η ουσία όμως των εδώ συγκρίσεων και συμπερασμάτων δεν χρειάζεται τη γενίκευση του «παγκόσμιου» kriging (universal kriging), το οποίο απλά οδηγεί σε κάπως πολυπλοκότερους αλγορίθμους, οι οποίοι όμως (συνήθως) χρησιμοποιούν τη συνάρτηση συμμεταβλητότητας αντί του μεταβολογράμματος. Περισσότερο δραστική είναι η γενικευση του intrinsic kriging, το οποίο οδηγεί σε λύσεις ανεξάρτητες της άγνωστης συνάρτησης μέσης τιμής αξιοποιώντας τη λεγόμενη γενικευμένη συνάρτηση συμμεταβλητότητας. Τέλος μια πρόσφατη γενίκευση είναι το γενικευμένο kriging (generalized kriging) των Reguzzoni et al. (2005), το οποίο επιτρέπει τη χρήση οποιωνδήποτε σχεδόν πραγματικών τιμών που σχετίζονται με το άγνωστο πεδίο, τόσο ως παρατηρήσεων όσο και ως ποσοτήτων προς πρόγνωση, αρκεί αυτές να μπορούν να εκφραστούν ως γραμμικά συναρτησιακά του σχετικού πεδίου (γραμμικές απεικονίσεις συναρτήσεων σε πραγματικές τιμές). Από την εδώ σύγκριση στα πλαίσια του στατιστικού μοντέλου τυχαίων επιδράσεων, προκύπτει μια ακόμη γενίκευση, το

«επηρεασμένο kriging» (biased kriging) η οποία έχει ήδη προταθεί από τους Dermanis & Sansò (2007).

Σημειακό kriging: είναι η απλούστερη από τις μεθόδους kriging. Αυτό χρησιμοποιεί αδιάστατα σημεία που εκτιμά άλλα αδιάστατα σημεία, π.χ. ισοϋψείς (Gallier, J., 2000). Στο σημειακό kriging οι περιφερειακές μεταβλητές είναι θεωρούνται στατικές, η μεταβολή δεν υφίσταται. Αυτή η υπόθεση επιτρέπει για μια εκτίμηση σε μια άγνωστη τιμή του σημείου p, $Y_{E,P}$, που υπολογίστηκε χρησιμοποιώντας σταθμισμένο μέσο όρο από τις γνωστές τιμές ή από τα σημεία ελέγχου:

$$Y_{E,P} = \sum W_i Y_i \tag{4.12}$$

Αυτή η εκτιμώμενη τιμή μπορεί να είναι διαφορετική από την πραγματική τιμή του σημείου p, $Y_{A,P}$, και αυτή η διαφορά καλείται λάθος εκτίμησης:

$$\mathrm{E}_p = (Y_{E,p} - Y_{A,p}) \tag{4.13}$$

Αν δεν υφίσταται η μεταβολή και ο σταθμισμένος μέσος όρος χρησιμοποιείται στην εκτίμηση του αθροίσματος του ενός, τότε η εκτιμώμενη τιμή αναμένεται να είναι ανεπηρέαστη. Η διασπορά των εκτιμήσεων για τις πραγματικές τιμές ονομάζεται σφάλμα ή εκτιμώμενη τυπική απόκλιση,

$$s_z^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n} (Y_{E,p} - Y_{A,p})_i^2}{n} \tag{4.14}$$

ή ως τετραγωνική ρίζα του, γνωστή ως τυπικό σφάλμα της εκτίμησης

$$s_z = \sqrt{s_z^2} \tag{4.15}$$

Η εκτίμηση και το εκτιμώμενο σφάλμα εξαρτάται από οι επιλεγόμενοι σταθμισμένοι μέσοι όροι. Θεωρητικά, η μέθοδος kriging προσπαθεί να επιλέξει τους μικρότερους σταθμισμένους μέσους όρους αυτό παράγει το ελάχιστο σφάλμα εκτίμησης. Μικροί σταθμισμένοι μέσοι όροι, παράγουν ανεπηρέαστες εκτιμήσεις και έχουν ελάχιστη διακύμανση εκτίμησης, αυτά λαμβάνονται με την επίλυση μιας σειράς ταυτόχρονων εξισώσεων. Για απλότητα και για να τονίσει τη μεθοδολογία του kriging, τρεις άγνωστες τιμές Y_1, Y_2 και Y_3, θα χρησιμοποιηθούν για να εκτιμηθεί μια άγνωστη τιμή του σημείου p, $Y_{E,P}$. Τρεις σταθμισμένοι μέσοι όροι πρέπει να καθοριστούν W_1, W_2 καιW_3, δημιουργούν μια εκτίμηση. Η διαδικασία kriging ξεκινά μαζί με τις ακόλουθες τρεις ταυτόχρονες εξισώσεις:

$$\begin{aligned} W_1\gamma(h_{11}) + W_2\gamma(h_{12}) + W_3\gamma(h_{13}) &= \gamma(h_{1p}) \\ W_1\gamma(h_{21}) + W_2\gamma(h_{22}) + W_3\gamma(h_{23}) &= \gamma(h_{2p}) \\ W_1\gamma(h_{31}) + W_2\gamma(h_{32}) + W_3\gamma(h_{33}) &= \gamma(h_{3p}) \end{aligned} \qquad (4.16)$$

Όπου $\gamma(h_{ij})$ είναι η μέση διακύμανση ανάμεσα στο σημείο ελέγχου i και j ανάλογα με την απόσταση ανάμεσα της, h. Αφού $h_{ij} = h_{ji}$, η αριστερή πλευρά του πίνακα είναι συμμετρική, με μηδενικά κατά μήκους της διαγωνίου καθώς η απόσταση από το καθεαυτό σημείο είναι μηδέν. Οι τιμές της μέσης διακύμανσης παίρνονται από γνωστές ή εκτιμώμενες μέσες διακυμάνσεις.

$$W_1 + W_2 + W_3 = 1 \qquad (4.17)$$

Επιπλέον, μια τέταρτη μεταβλητή είναι εισαγωγική και καλείται πολλαπλασιαστής **Lagrange, λ**, ώστε να διασφαλίσει ότι το ελάχιστο δυνατό σφάλμα εκτίμησης επιτυγχάνεται. Ως εκ τούτου, το πλήρες σύνολο των ταυτόχρονων εξισώσεων είναι:

$$
\begin{aligned}
&W_1\gamma(h_{11}) + W_2\gamma(h_{12}) + W_3\gamma(h_{13}) + \lambda = \gamma(h_{1p}) \\
&W_1\gamma(h_{21}) + W_2\gamma(h_{22}) + W_3\gamma(h_{23}) + \lambda = \gamma(h_{2p}) \\
&W_1\gamma(h_{31}) + W_2\gamma(h_{32}) + W_3\gamma(h_{33}) + \lambda = \gamma(h_{3p}) \\
&W_1 + W_2 + W_3 + 0 = 1
\end{aligned}
\tag{4.18}
$$

Ο διαχωρισμός των εξισώσεων αυτών σε πίνακα αποδόσεων έχει τη μορφή:

$$
\begin{bmatrix}
\gamma(h_{11}) & \gamma(h_{12}) & \gamma(h_{13}) & 1 \\
\gamma(h_{21}) & \gamma(h_{22}) & \gamma(h_{23}) & 1 \\
\gamma(h_{31}) & \gamma(h_{32}) & \gamma(h_{33}) & 1 \\
1 & 1 & 1 & 0
\end{bmatrix}
*
\begin{bmatrix} W_1 \\ W_2 \\ W_3 \\ \lambda \end{bmatrix}
=
\begin{bmatrix} \gamma(h_{1p}) \\ \gamma(h_{2p}) \\ \gamma(h_{3p}) \\ 1 \end{bmatrix}
\tag{4.19}
$$

ή με γενική σχέση,

$$
[\mathrm{A}]*[W] = [B] \tag{4.20}
$$

Αυτή η εξίσωση του πίνακα επιλύεται για τους άγνωστους συντελεστές [W]. Οι τιμές του πίνακα Α και Β λαμβάνονται από τη μέση διακύμανση ή από μαθηματικές εκφράσεις που περιγράφουν τη μορφή τους. Όταν τα μεμονωμένα βάρη είναι γνωστά, μια εκτίμηση μπορεί να γίνει από

$$
Y_{E,p} = W_1Y_1 + W_2Y_2 + W_3Y_3 \tag{4.21}
$$

και μια εκτίμηση της διακύμανσης μπορεί να υπολογιστεί από:

$$
s_z^2 = W_1\gamma(h_{1p}) + W_2\gamma(h_{2p}) + W_3\gamma(h_{3p}) + \lambda \tag{4.22}
$$

Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται στο kriging του επιτρέπουν να έχει ένα πλεονέκτημα από άλλες διαδικασίες εκτίμησης στο ότι οι εκτιμώμενες τιμές έχουν ελάχιστο σφάλμα που σχετίζεται με αυτές και το σφάλμα αυτό είναι μετρήσιμο.

Κεφάλαιο 5ο
Εφαρμογή του δείκτη SPI

5.1 Περιοχή Μελέτης

Η Ελλάδα βρίσκεται στο νοτιοανατολικό τμήμα της Ευρώπης και ειδικότερα στη νοτιότερη απόληξη της Βαλκανικής χερσονήσου (ή χερσονήσου του Αίμου), στο μεταίχμιο μεταξύ της ευρωπαϊκής, ασιατικής και αφρικανικής ηπείρου. Συνορεύει βόρεια με την Πρώην Γιουγκοσλαβική Δημοκρατία της Μακεδονίας (Π.Γ.Δ.Μ.) και την Βουλγαρία, βορειοδυτικά με την Αλβανία και ανατολικά με την Τουρκία. Ανατολικά βρέχεται από το Αιγαίο Πέλαγος, δυτικά από το Ιόνιο και νότια από την Μεσόγειο Θάλασσα. Στον πίνακα 5.1 αναφέρονται τα σύνορα της Ελλάδος και στην εικόνα 5.1 εμφανίζεται ο χάρτης της Ελλάδος.

Πίνακας 5.1. *Γεωγραφικά όρια της Ελλάδος*

Διεύθυνση	Γεωγραικό Πλάτος	Γεωγραφικό Μήκος	Περιοχή
Βορειότερο	41° 44′ 53,74″ N	26° 10′ 22,93″ E	Ορμένιο
Νοτιότερο	34° 48′ 7,32″ N	24° 7′ 23,31″ E	Γάβδος
Δυτικότερο	39° 51′ 7,1″ N	19° 22′ 25,02″ E	Οθωνοί
Ανατολικότερο	36° 7′ 3,69″ N	29° 38′ 34,96″ E	Στρογγυλή

Η συνολική της έκταση είναι 131.957 Km^2, και κατανέμεται σε τρεις «κύριες» γεωγραφικές ενότητες:

- το ηπειρωτικό τμήμα (από την περιοχή της Στερεάς Ελλάδας στο νότο ως την περιοχή της Θράκης στο βορειοανατολικό άκρο), που αποτελεί και το μεγαλύτερο της χώρας,
- την Πελοπόννησο η οποία ενώνεται με το ηπειρωτικό τμήμα μέσω του Ισθμού της Κορίνθου, και
- τα περίπου 6.000 μεγαλύτερα και μικρότερα νησιά και νησίδες, που βρίσκονται διάσπαρτα σε ολόκληρη τη θαλάσσια περιοχή της χώρας, είτε μόνα τους, είτε ενταγμένα σε νησιωτικά συμπλέγματα, συγκροτώντας έτσι το μοναδικό στην ευρωπαϊκή ήπειρο ελληνικό Αρχιπέλαγος. Μερικά από τα γνωστότερα και δημοφιλέστερα ελληνικά νησιά ή συμπλέγματα είναι η Κρήτη, η Ρόδος, η Κέρκυρα, τα Δωδεκάνησα και οι Κυκλάδες.

Το 80% του εδάφους της Ελλάδας είναι ορεινό ή ημιορεινό, γεγονός που την καθιστά ως μία από τις ορεινότερες χώρες στην Ευρώπη, ενώ ταυτόχρονα το συνολικό μήκος της ακτογραμμής της είναι περίπου 16.000 Km., εκ των οποίων τα 7.500 Km. βρίσκονται στα νησιά του ελληνικού αρχιπελάγους, κάτι που προσδίδει ένα σπάνιο γεωμορφολογικό χαρακτηριστικό για ολόκληρη την ευρωπαϊκή ήπειρο.

Το κλίμα της Ελλάδας είναι τυπικά μεσογειακό: ήπιοι και υγροί χειμώνες, σχετικά θερμά και ξηρά καλοκαίρια και, γενικά, μακρές περίοδοι ηλιοφάνειας κατά την μεγαλύτερη διάρκεια του έτους (www.hnms.gr). Η Ελλάδα βρίσκεται μεταξύ των παραλλήλων 340 και 420 του Βορείου ημισφαιρίου και βρέχεται από την Ανατολική Μεσόγειο. Το κλίμα της έχει σε γενικές γραμμές τα χαρακτηριστικά του Μεσογειακού κλίματος, δηλαδή ήπιους και βροχερούς χειμώνες, σχετικώς θερμά και ξηρά καλοκαίρια και μεγάλη ηλιοφάνεια όλο σχεδόν το χρόνο. Λεπτομερέστερα στις διάφορες περιοχές της Ελλάδας παρουσιάζεται μια μεγάλη ποικιλία κλιματικών τύπων, πάντα βέβαια μέσα στα πλαίσια του Μεσογειακού κλίματος. Αυτό οφείλεται στην τοπογραφική διαμόρφωση της χώρας που έχει μεγάλες διαφορές υψομέτρου (υπάρχουν μεγάλες οροσειρές κατά μήκος της κεντρικής χώρας

και άλλοι ορεινοί όγκοι) και εναλλαγή ξηράς και θάλασσας. Έτσι από το ξηρό κλίμα της Αττικής και γενικά της Ανατολικής Ελλάδας μεταπίπτουμε στο υγρό της Βόρειας και Δυτικής Ελλάδας. Τέτοιες κλιματικές διαφορές συναντώνται ακόμη και σε τόπους που βρίσκονται σε μικρή απόσταση μεταξύ τους , πράγμα που παρουσιάζεται σε λίγες μόνο χώρες σε όλο τον κόσμο. Από κλιματολογικής πλευράς το έτος μπορεί να χωριστεί κυρίως σε δύο εποχές: Την ψυχρή και βροχερή χειμερινή περίοδο που διαρκεί από τα μέσα του Οκτωβρίου και μέχρι το τέλος Μαρτίου και τη θερμή και άνομβρη εποχή που διαρκεί από τον Απρίλιο έως τον Οκτώβριο.

Κατά την πρώτη περίοδο οι ψυχρότεροι μήνες είναι ο Ιανουάριος και ο Φεβρουάριος, όπου κατά μέσον όρο η μέση ελάχιστη θερμοκρασία κυμαίνεται από 5-10 ^{o}C στις παραθαλάσσιες περιοχές, από 0 - 5 ^{o}C στις ηπειρωτικές περιοχές και με χαμηλότερες τιμές κάτω από το μηδέν στις βόρειες περιοχές. Οι βροχές στη χώρα μας ακόμη και τη χειμερινή περίοδο δεν διαρκούν για πολλές ημέρες και ο ουρανός της Ελλάδας δεν μένει συννεφιασμένος για αρκετές συνεχόμενες ημέρες, όπως συμβαίνει σε άλλες περιοχές της γης. Οι χειμερινές κακοκαιρίες διακόπτονται συχνά κατά τον Ιανουάριο και το πρώτο δεκαπενθήμερο του Φεβρουαρίου από ηλιόλουστες ημέρες, τις γνωστές από την αρχαιότητα " Αλκυονίδες ημέρες". Η χειμερινή εποχή είναι γλυκύτερη στα νησιά του Αιγαίου και του Ιουνίου από ότι στη Βόρεια και Ανατολική Ελλάδα. Κατά τη θερμή και άνομβρη εποχή ο καιρός είναι σταθερός , ο ουρανός σχεδόν αίθριος, ο ήλιος λαμπερός και δεν βρέχει εκτός από σπάνια διαλείμματα με ραγδαίες βροχές ή καταιγίδες μικρής όμως διάρκειας. Η θερμότερη περίοδος είναι το τελευταίο δεκαήμερο του Ιουλίου και το πρώτο του Αυγούστου οπότε η μέση μεγίστη θερμοκρασία κυμαίνεται από 29 ^{o}C μέχρι 35 ^{o}C. Κατά τη θερμή εποχή οι υψηλές θερμοκρασίες μετριάζονται από τη δροσερή θαλάσσια αύρα στις παράκτιες περιοχές της χώρας και από τους βόρειους ανέμους (ετήσιες) που φυσούν κυρίως στο Αιγαίο. Η Άνοιξη έχει μικρή διάρκεια , διότι ο μεν Χειμώνας είναι όψιμος, το δε καλοκαίρι αρχίζει πρώιμα. Το Φθινόπωρο είναι μακρύ και θερμό και πολλές φορές παρατείνεται στη Νότια Ελλάδα και μέχρι τα μισά του Δεκεμβρίου.

Εικόνα 5.1. *Χάρτης της Ελλάδος*

5.2 Επεξεργασία Δεδομένων

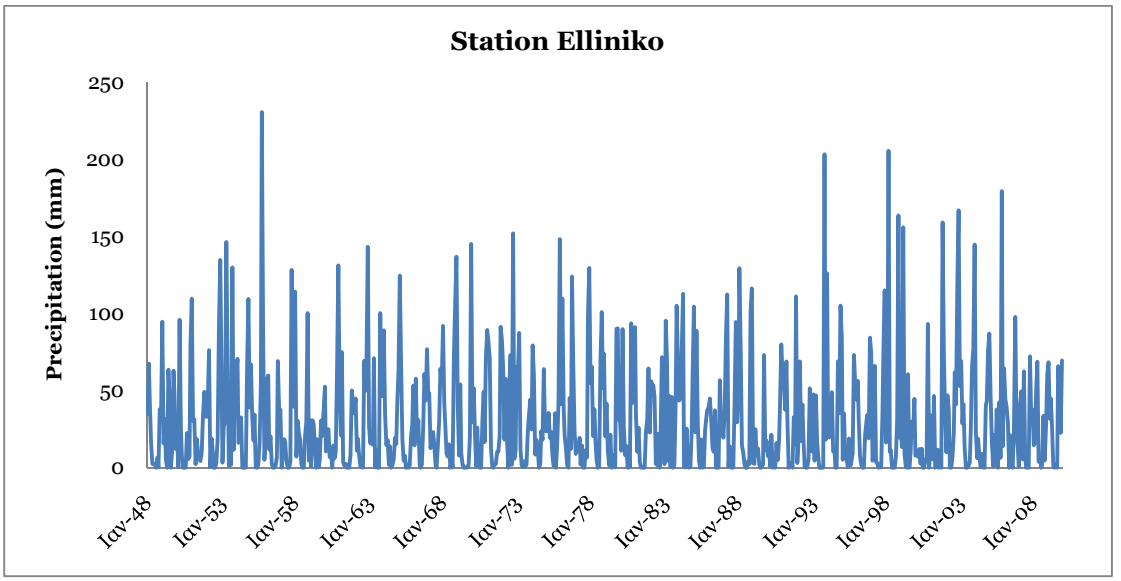
Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα μελέτη είναι από 46 μετεωρολογικούς σταθμούς στην πλειοψηφία τους από την ΕΜΥ (Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία) και από την Δ.Ε.Η. (Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού). Ως επί τω πλείστων στους μετεωρολογικούς σταθμούς δεν υπάρχουν μεγάλα προβλήματα στις χρονοσειρές. Κενές τιμές εμφανίζουν οι σταθμοί των οποίων τα δεδομένα προέρχονται από τη Δ.Ε.Η. και ελάχιστοι από αυτούς εκ των οποίων προέρχονται από την Ε.Μ.Υ. Το λογισμικό μπορεί και υπολογίζει τον δείκτη SPI όταν υπάρχουν κενές τιμές θέτοντάς την τιμή -99. Γι αυτόν τον λόγο επιλέχθηκε να μην γίνει επέμβαση στις χρονοσειρές και υπολογίστηκε ο δείκτης με τις κενές τιμές.

Ο πίνακας 5.1 εμφανίζει τους σταθμούς, την θέση τους, την χρονοσειρά τους και το υψόμετρό τους και στην εικόνα 5.2 παρουσιάζεται η θέση τους στον Ελλαδικό χώρο. Ενδεικτικά στο διάγραμμα 5.1 εμφανίζεται η χρονοσειρά της βροχόπτωσης για τον σταθμό του Ελληνικού (1948-2009). Τα διαγράμματα της βροχόπτωσης όλων των σταθμών βρίσκονται στο παράρτημα Ι της παρούσας μελέτης.

Πίνακας 5.2. *Λίστα μετεωρολογικών σταθμών.*

ID	Station	Altitude (m)	Timeseries	X	Y
1	Alexandroupoli	3	1947-2009	662821.24	4523618.93
2	Heraklion	39	1947-2009	607395.45	3910363.07
3	Pyrgos	12	1948-2007	273464.99	4171636.48
4	Elliniko	15	1948-2009	476989.70	4193354.66
5	Araxos	12	1949-2007	279911.59	4225147.38
6	Kerkyra	4	1949-2009	147783.91	4391112.67
7	Larissa	74	1949-2009	366008.76	4389788.05
8	Ioannina	484	1950-2007	227392.02	4398141.29
9	Milos	165	1950-2009	538541.95	4065090.13
10	Trikala	110	1952-2007	308723.25	4380419.84
11	Kozani	626	1955-2007	311408.64	4461260.03
12	Lesvos	5	1955-2009	725179.25	4325645.06
13	Naxos	10	1955-2009	622879.70	4106184.40
14	Rodos	12	1955-2009	866517.69	4035914.60
15	Agchialos	15	1956-2008	396082.70	4342228.76
16	Lamia	17	1956-2009	360383.21	4300968.99
17	Serres	34.5	1957-2008	463452.85	4547812.89
18	Tympaki	7	1959-2008	570227.09	3880381.63
19	Chania	152	1959-2009	512901.68	3932269.85
20	Monastiraki	390.2	1960-2007	327850.86	4328853.22
21	Tanagra	140	1960-2007	461951.48	4243016.32
22	A.Fragista	725.3	1960-2008	292569.43	4314776.76
23	Ardanovo	357	1960-2008	278052.56	4336273.11
24	Thessaloniki	5	1960-2009	412412.02	4485367.97
25	Plastira	801.2	1961-2007	307017.61	4353851.56
26	Santorini	34	1961-2007	632478.91	4029392.55
27	Tavropos	793.8	1963-2008	335686.29	4356201.41
28	Kastraki	74.8	1964-2007	273283.51	4293922.69
29	Kremasta	801.2	1964-2007	289229.69	4304259.11
30	Pertouli	801.8	1964-2007	286307.18	4376127.18
31	Ierapetra	10	1964-2008	658162.62	3875193.64
32	Kythira	321	1964-2009	411309.62	4014666.13
33	Andravida	10	1967-2009	261465.38	4199167.76

34	Methoni	34	1967-2009	295151.20	4077583.50
35	Tripoli	652	1967-2009	358423.25	4154541.74
36	Limnos	5	1968-2009	605166.73	4419248.05
37	Skyros	28	1970-2009	541787.38	4312174.03
38	kalamata	11	1971-2008	324360.97	4102811.24
39	Aktion	4	1973-2009	219283.86	4312709.01
40	Chios	4	1974-2006	687028.85	4245693.86
41	Arta	10.5	1976-2008	240224.50	4338878.73
42	Samos	7	1978-2009	756986.43	4175249.62
43	Argos	11	1981-2008	388373.27	4164292.45
44	Kastoria	604	1981-2009	269220.67	4480918.49
45	Kos	129	1982-2006	775821.87	4076770.28
46	Chrysoupoli	5	1985-2008	552539.07	4530084.08



Διάγραμμα 5.1. *Βροχόπτωση για τον σταθμό του Ελληνικού*

Εικόνα 5.2. *Θέση των μετεωρολογικών σταθμών*

Παρατηρώντας τον πίνακα 5.2 φαίνεται ότι η πλειοψηφία των σταθμών που είναι διαθέσιμοι βρίσκονται σε χαμηλό υψόμετρο, για τον λόγο αυτό δημιουργήθηκαν δώδεκα (12) υποθετικοί σταθμοί με μεγάλο υψόμετρο σύμφωνα με τη βροχομετρική βαθμίδα. Τα δεδομένα των χρονοσειρών που δημιουργήθηκαν προέκυψαν από τις χρονοσειρές γειτονικών σταθμών με την βοήθεια των σχέσεων

$$h_s^{'} = \lambda h_s \quad (2.4) \text{ και } \lambda = 1 + \beta \frac{z_s - z_\sigma}{h_s} \qquad (2.5)$$

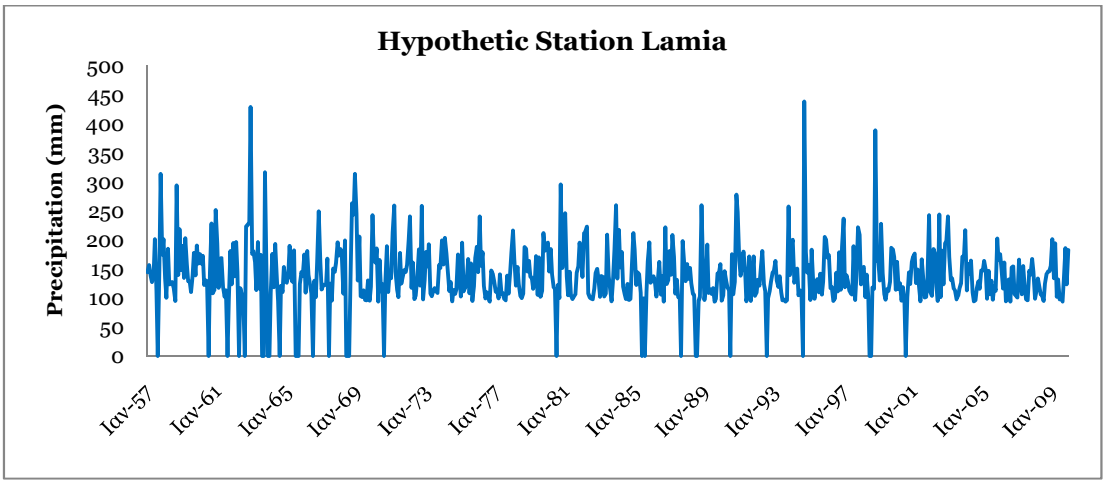
όπου h'_s είναι η εκτιμώμενη βροχόπτωση, h_s είναι η βροχόπτωση του σταθμού που χρησιμοποιήθηκε ως βάση z_s είναι το υψόμετρο του υποθετικού σταθμού z_σ το υψόμετρο του σταθμού βάσης λ είναι ο συντελεστής υψομετρικής αναγωγής και β είναι η βροχομετρική βαθμίδα.

Για να υπολογιστεί η εκτιμώμενη βροχόπτωση έπρεπε να τεθεί μια τιμή για την βροχομετρική βαθμίδα όπου για τον Ελλαδικό χώρο κυμαίνεται από 0.5 mm/m έως 2 mm/m (Δ.Κουτσογιάννη & Θ.Ξανθόπουλος, 1999). Έτσι για την περιοχή των Ιωαννίνων που βρίσκεται δυτικά η τιμή που επιλέχθηκε ήταν 1 mm/m και για τις υπόλοιπες ήταν 0.5 mm/m. Στον πίνακα 5.3 εμφανίζονται τα χαρακτηριστικά τους (υψόμετρο, θέση και χρονοσειρά) και στην εικόνα 5.3 αποτυπώνονται στον Ελλαδικό χώρο. Επίσης στο διάγραμμα 5.2 φαίνεται η υποθετική χρονοσειρά της βροχόπτωσης στην περιοχή της Λαμίας. Στο διάγραμμα 5.3 παρατηρείται η σχέση του μετεωρολογικού σταθμού της Λαμίας με την υποθετικό σταθμό της Λαμίας σε υψόμετρο 1890 m (με κόκκινο χρώμα είναι η πραγματική χρονοσειρά της βροχόπτωσης ενώ με γαλάζιο είναι η χρονοσειρά του υποθετικού σταθμού).

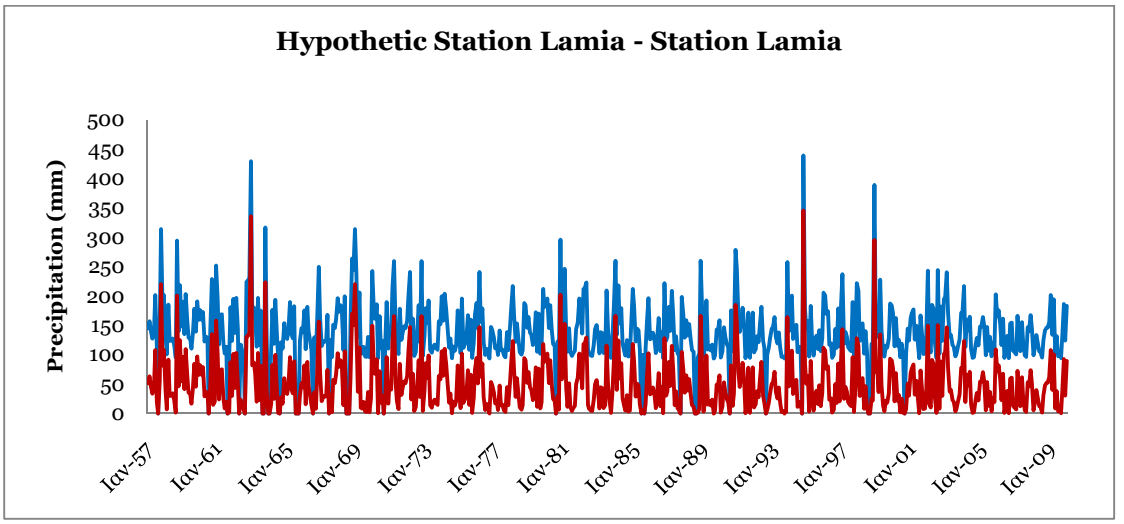
Πίνακας 5.3. *Λίστα υποθετικών μετεωρολογικών σταθμών*

ID	Station	Altitude (m)	Timeseries	X	Y
1	Anchialos Hyp	940	1956-2008	386691.24	4327775.45
2	Ioannina Hyp	1245	1950-2007	237411.48	4424715.49
3	kalamata Hyp	1220	1971-2008	341092.88	4114481.59
4	Kastoria Hyp	1174	1981-2009	287690.51	4481943.17
5	Lamia hyp	1890	1956-2009	351717.24	4298300.17
6	Larissa Hyp	1590	1949-2009	386901.43	4405261.11
7	Serres Hyp	1665	1957-2008	476411.14	4560479.64
8	Tanagra Hyp	620	1960-2007	453165.40	4255257.06
9	Thessaloniki Hyp	670	1960-2009	425608.75	4535080.42
10	Tripoli Hyp	1385	1967-2009	351576.21	4161442.39
11	Chrysoupoli Hyp	711	1985-2009	534298.85	4584524.10
12	Alexandroupoli Hyp	597	1947-2009	663939.56	4557617.63

Εικόνα 5.3. *Θέση υποθετικών μετεωρολογικών σταθμών*

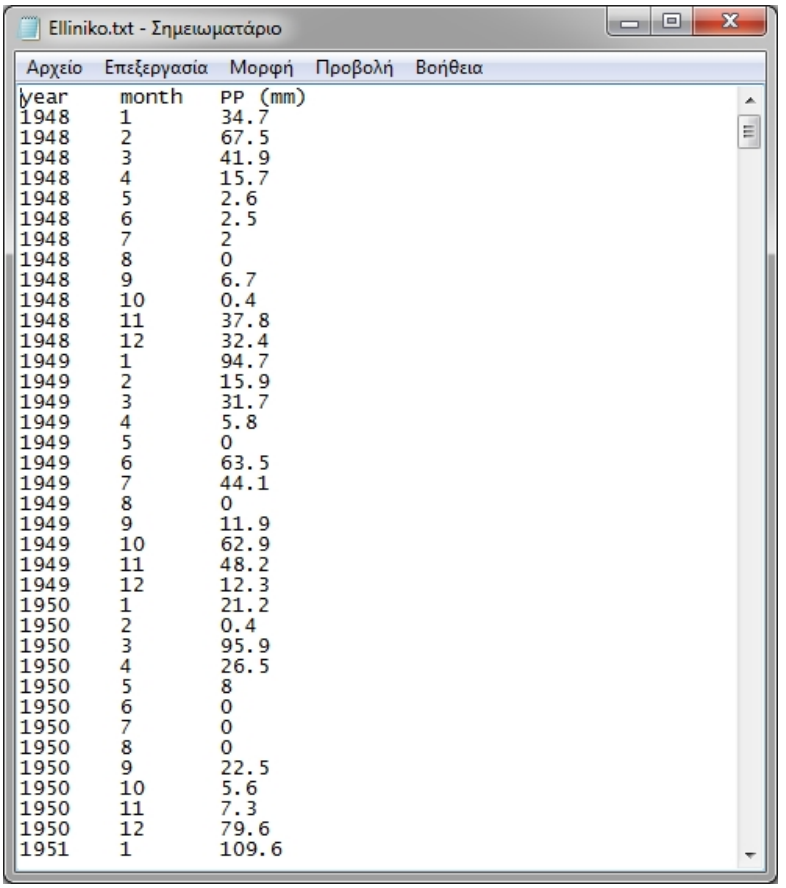


Διάγραμμα 5.2. *Βροχόπτωση για τον υποθετικό σταθμό της Λαμίας*



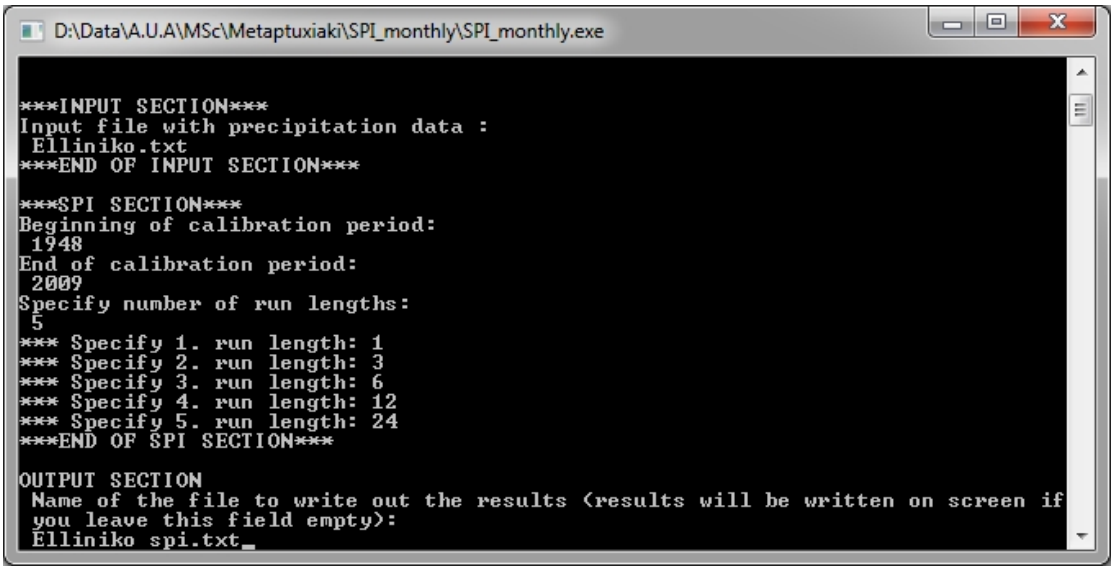
Διάγραμμα 5.3. *Βροχόπτωση για τον υποθετικό σταθμό της Λαμίας και τον σταθμό της Λαμίας*

Για να υπολογιστεί ο μηνιαίος δείκτης SPI των μετεωρολογικών σταθμών αρχικά έγινε λήψη του προγράμματος από το Κέντρο Διαχείρισης της Λειψυδρίας για την Νότιο Ανατολική Ευρώπη (Drought Management Center for Southeastern Europe–DMCSEE, 2009) και πραγματοποιήθηκε εκπαίδευση από σεμιναρίο που πραγματοποιήθηκαν στην Λιουμπλιάνα της Σλοβενίας τον Σεπτέμβριο του 2009. Έχοντας τα δεδομένα της βροχόπτωσης θα πρέπει να δημιουργηθεί ένα αρχείο (txt) για τον κάθε ένα σταθμό ξεχωριστά όπου θα έχει στην πρώτη στήλη το έτος, στην δεύτερη το μήνα και στην τρίτη τη βροχόπτωση σε χιλιοστά (mm). Στην παρακάτω εικόνα 5,3 απεικονίζεται το αρχείο εισαγωγής (input).



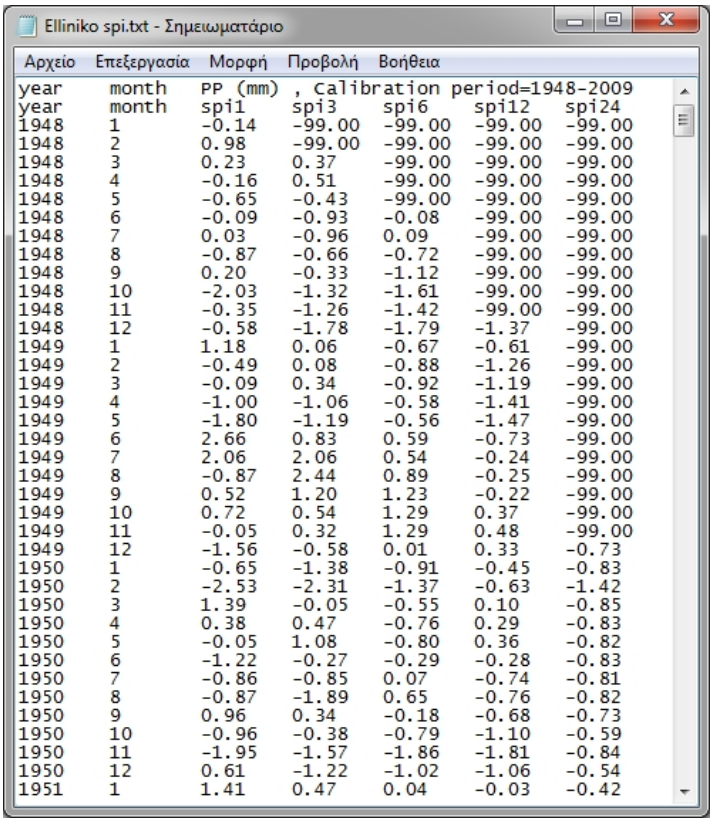
Εικόνα 5.3. *Αρχείο εισαγωγής για τον υπολογισμό του δείκτη SPI.*

Στην συνέχεια δημιουργήθηκε ένα δεύτερο αρχείο (txt) όπου θα έχει τα μηνιαία αποτελέσματα του δείκτη SPI. Τρέχοντας το πρόγραμμα που είναι σε περιβάλλον Fortran ζητείτε το αρχείο εισαγωγής όπου προέρχεται από το σταθμό του Ελληνικού (από τους σταθμούς με την μεγαλύτερη χρονοσειρά), η ημερομηνία εκκίνησης της χρονοσειράς (1948), η ημερομηνία λήξης της (2009), η διάρκεια του SPI (SPI 1, SPI 3, SPI 6, SPI 12 και SPI 24) και τέλος το αρχείο όπου θα περιέχει τα αποτελέσματα. Στην εικόνα 5.4 φαίνεται το πρόγραμμα το οποίο θα ολοκληρωθεί πατώντας οποιοδήποτε πλήκτρο.



Εικόνα 5.4. *Υπολογισμός δείκτη SPI*

Έπειτα ανοίγοντας το αρχείο output.txt εμφανίζονται τα αποτελέσματα των τιμών του SPI 1, SPI 3, SPI 6, SPI 12 και SPI 24. Στην εικόνα 5.5 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα.



year	month	PP (mm)	, Calibration period=1948-2009			
year	month	spi1	spi3	spi6	spi12	spi24
1948	1	-0.14	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00
1948	2	0.98	-99.00	-99.00	-99.00	-99.00
1948	3	0.23	0.37	-99.00	-99.00	-99.00
1948	4	-0.16	0.51	-99.00	-99.00	-99.00
1948	5	-0.65	-0.43	-99.00	-99.00	-99.00
1948	6	-0.09	-0.93	-0.08	-99.00	-99.00
1948	7	0.03	-0.96	0.09	-99.00	-99.00
1948	8	-0.87	-0.66	-0.72	-99.00	-99.00
1948	9	0.20	-0.33	-1.12	-99.00	-99.00
1948	10	-2.03	-1.32	-1.61	-99.00	-99.00
1948	11	-0.35	-1.26	-1.42	-99.00	-99.00
1948	12	-0.58	-1.78	-1.79	-1.37	-99.00
1949	1	1.18	0.06	-0.67	-0.61	-99.00
1949	2	-0.49	0.08	-0.88	-1.26	-99.00
1949	3	-0.09	0.34	-0.92	-1.19	-99.00
1949	4	-1.00	-1.06	-0.58	-1.41	-99.00
1949	5	-1.80	-1.19	-0.56	-1.47	-99.00
1949	6	2.66	0.83	0.59	-0.73	-99.00
1949	7	2.06	2.06	0.54	-0.24	-99.00
1949	8	-0.87	2.44	0.89	-0.25	-99.00
1949	9	0.52	1.20	1.23	-0.22	-99.00
1949	10	0.72	0.54	1.29	0.37	-99.00
1949	11	-0.05	0.32	1.29	0.48	-99.00
1949	12	-1.56	-0.58	0.01	0.33	-0.73
1950	1	-0.65	-1.38	-0.91	-0.45	-0.83
1950	2	-2.53	-2.31	-1.37	-0.63	-1.42
1950	3	1.39	-0.05	-0.55	0.10	-0.85
1950	4	0.38	0.47	-0.76	0.29	-0.83
1950	5	-0.05	1.08	-0.80	0.36	-0.82
1950	6	-1.22	-0.27	-0.29	-0.28	-0.83
1950	7	-0.86	-0.85	0.07	-0.74	-0.81
1950	8	-0.87	-1.89	0.65	-0.76	-0.82
1950	9	0.96	0.34	-0.18	-0.68	-0.73
1950	10	-0.96	-0.38	-0.79	-1.10	-0.59
1950	11	-1.95	-1.57	-1.86	-1.81	-0.84
1950	12	0.61	-1.22	-1.02	-1.06	-0.54
1951	1	1.41	0.47	0.04	-0.03	-0.42

Εικόνα 5.5. *Αρχείο αποτελεσμάτων του δείκτη SPI.*

5.3 Δημιουργία Χαρτών με την Βοήθεια Λογισμικού

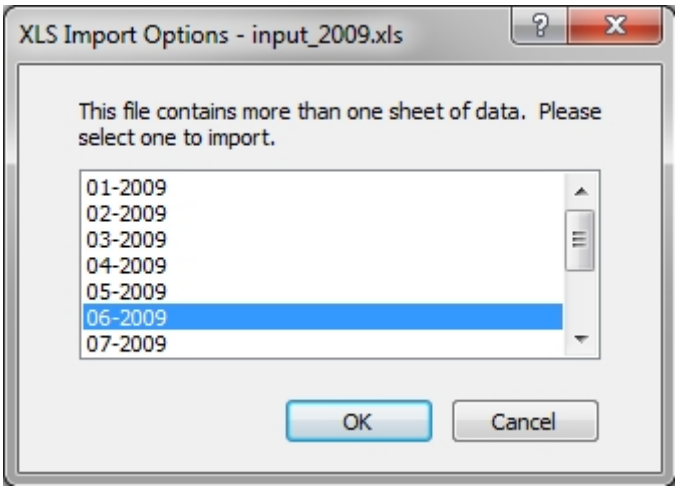
Για να απεικονιστούν οι τιμές των SPI6 και SPI12 πρέπει να δημιουργηθούν αρχικά δύο αρχεία excel (ένα για τις πραγματικές τιμές και άλλο ένα για τις πραγματικές μαζί με τις υποθετικές τιμές) όπου θα εμπεριέχουν δώδεκα φύλλα επεξεργασίας όσοι και οι μήνες ενός έτους. Τα αρχεία αυτά θα περιέχουν τα ζητούμενα του λογισμικού ώστε να δημιουργηθούν οι χάρτες. Το ειδικό λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε είναι το Surfer 9.3 της Golden. Στην πρώτη στήλη υπάρχει το όνομα του μετεωρολογικού σταθμού, στην δεύτερη και τρίτη στήλη βρίσκονται οι συντεταγμένες τους σε ΕΓΣΑ87 (X), (Y), στην τέταρτη ο SPI6 και στην πέμπτη ο SPI12. Στην εικόνα 5.6 εμφανίζεται η δομή ενός υπολογιστικού φύλλου excel και συγκεκριμένα για τον μήνα Δεκέμβριο του 1990.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Station	X	Y	SPI 6	SPI 12					
2	A.Fragista	292569.43	4314776.76	1.55	0.63					
3	Aktion	219283.86	4312709.01	0.27	-1.26					
4	Alexandroupoli	662821.24	4523618.93	0.59	-0.77					
5	Anchialos	396082.70	4342228.76	0.3	-0.57					
6	Andravida	261465.18	4199167.76	2.57	1.47					
7	Araxos	279911.59	4225147.38	1.02	-0.89					
8	Ardanovo	278052.56	4336273.11	0.24	0.08					
9	Argos	388373.27	4164292.45	0.78	-1.17					
10	Arta	240224.50	4338878.73	1.18	-0.2					
11	Chania	512901.68	3932260.85	-0.72	-2.51					
12	Chios	687028.85	4245693.86	1.79	0.73					
13	Chrysoupoli	552539.07	4530084.08	0.36	0.12					
14	Elliniko	476989.70	4193354.66	-0.27	-1.95					
15	Heraklion	607395.45	3910363.07	-0.16	-1.72					
16	Ierapetra	658162.62	3875193.64	-0.17	-1.75					
17	Ioannina	227392.02	4398141.29	0.26	-1.39					
18	kalamata	324360.97	4102811.24	1.62	0.64					
19	Kastoria	269220.67	4480918.49	0.28	-0.88					
20	Kastraki	274283.51	4293922.69	0.85	-0.01					
21	Kerkyra	147783.91	4391112.67	-0.19	-1.48					
22	Kos	775821.87	4076770.28	-0.26	-1.82					
23	Kozani	311408.64	4461260.03	0.18	-0.7					
24	Kremasta	289229.69	4304259.11	0.84	-0.05					
25	Kythira	411309.62	4014666.13	0.51	-0.41					
26	Lamia	360383.21	4300968.99	1.37	0.3					
27	Larissa	366008.76	4389788.05	0.82	0.33					
28	Lesvos	725179.25	4325645.06	0.37	-1.09					
29	Lymnos	605166.73	4419248.05	1.79	0.73					
30	Methoni	295151.20	4077583.50	1.97	0.83					
31	Milos	538541.95	4065090.13	0.71	-0.58					
32	Monastiraki	327850.86	4328853.22	0.78	0.31					
33	Naxos	622879.70	4106184.40	0.23	-1.65					
34	Pertouli	286307.18	4376127.18	0.69	-0.1					
35	Plastira	307017.61	4353851.56	0.18	-0.11					
36	Pyrgos	273464.99	4171636.48	1.23	-0.03					
37	Rodos	866517.69	4035914.60	-0.57	-2.46					

01-1990 | 02-1990 | 03-1990 | 04-1990 | 05-1990 | 06-1990 | 07-1990 | 08-1990 | 09-1990 | 10-1990 | 11-1990 | 12-1990

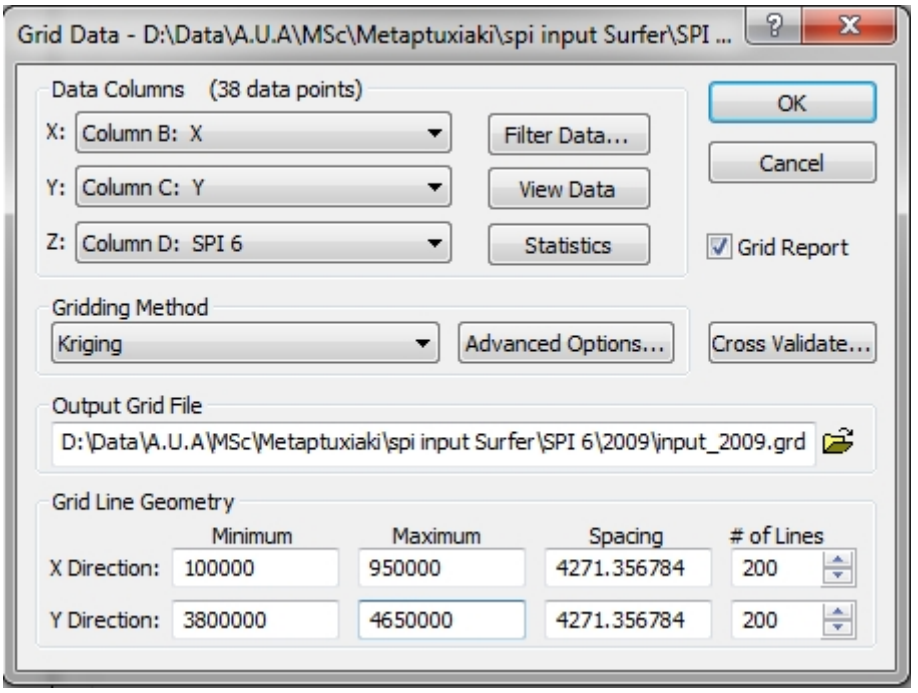
Εικόνα 5.6. *Υπολογιστικό φύλλο excel με για την εισαγωγή στο λογισμικό.*

Μετά την ολοκλήρωση των αρχείων έγινε επεξεργασία στον χάρτη της Ελλάδος ώστε να μπορεί να εισαχθεί το ειδικό λογισμικό. Επίσης δημιουργήθηκαν τα όριο στα οποία θα γίνει η μέθοδος Kriging. Συγκεντρώνοντας όλα τα παραπάνω άρχισε η εισαγωγή των δεδομένα, αρχικά εισήχθησαν τα δεδομένα των δεικτών αλλά και οι συντεταγμένες των μετεωρολογικών σταθμών για κάθε μήνα και κάθε δείκτη ξεχωριστά, όπως φαίνεται στην εικόνα 5.7.



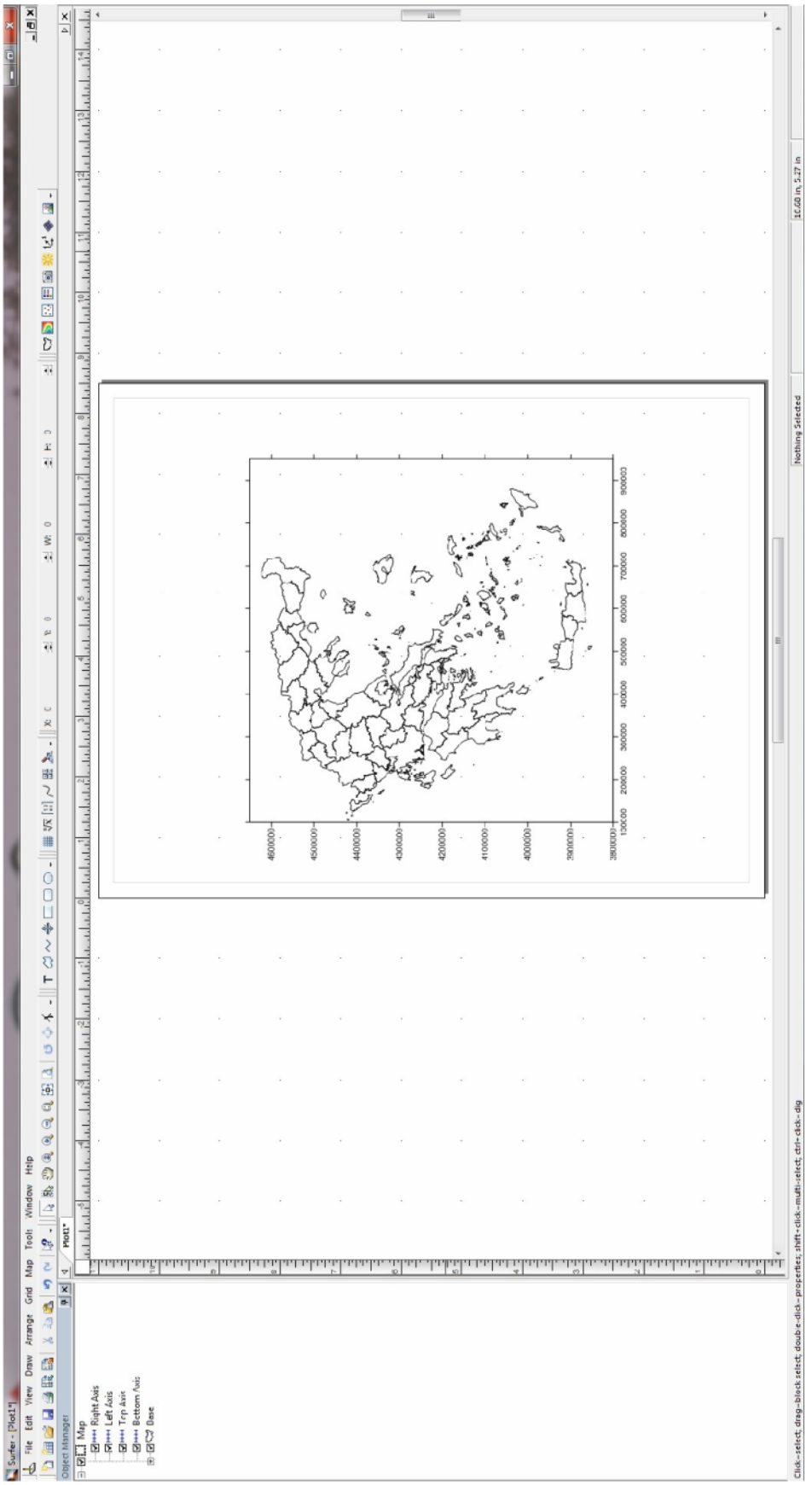
Εικόνα 5.7. *Εισαγωγή στο λογισμικό .*

Στην εικόνα 5.8 γίνεται το σημαντικότερο βήμα για την δημιουργία των χαρτών. Γίνεται η δημιουργία αρχείου όπου θα περιέχει για το συγκεκριμένο μήνα του έτους που στην περίπτωση αυτή είναι ο Ιούνιος του 2009. Η διαδικασία αυτή θα υπολογίσει τις υπόλοιπες τιμές του δείκτη ώστε να δημιουργηθεί ο χάρτης του μήνα αυτού. Επίσης ρυθμίζονται τα ακριβές όρια μέσα στα οποία θα γίνει ο υπολογισμός. Η παραπάνω διαδικασία πραγματοποιήθηκε για όλους τους μήνες και των πέντε ετών.

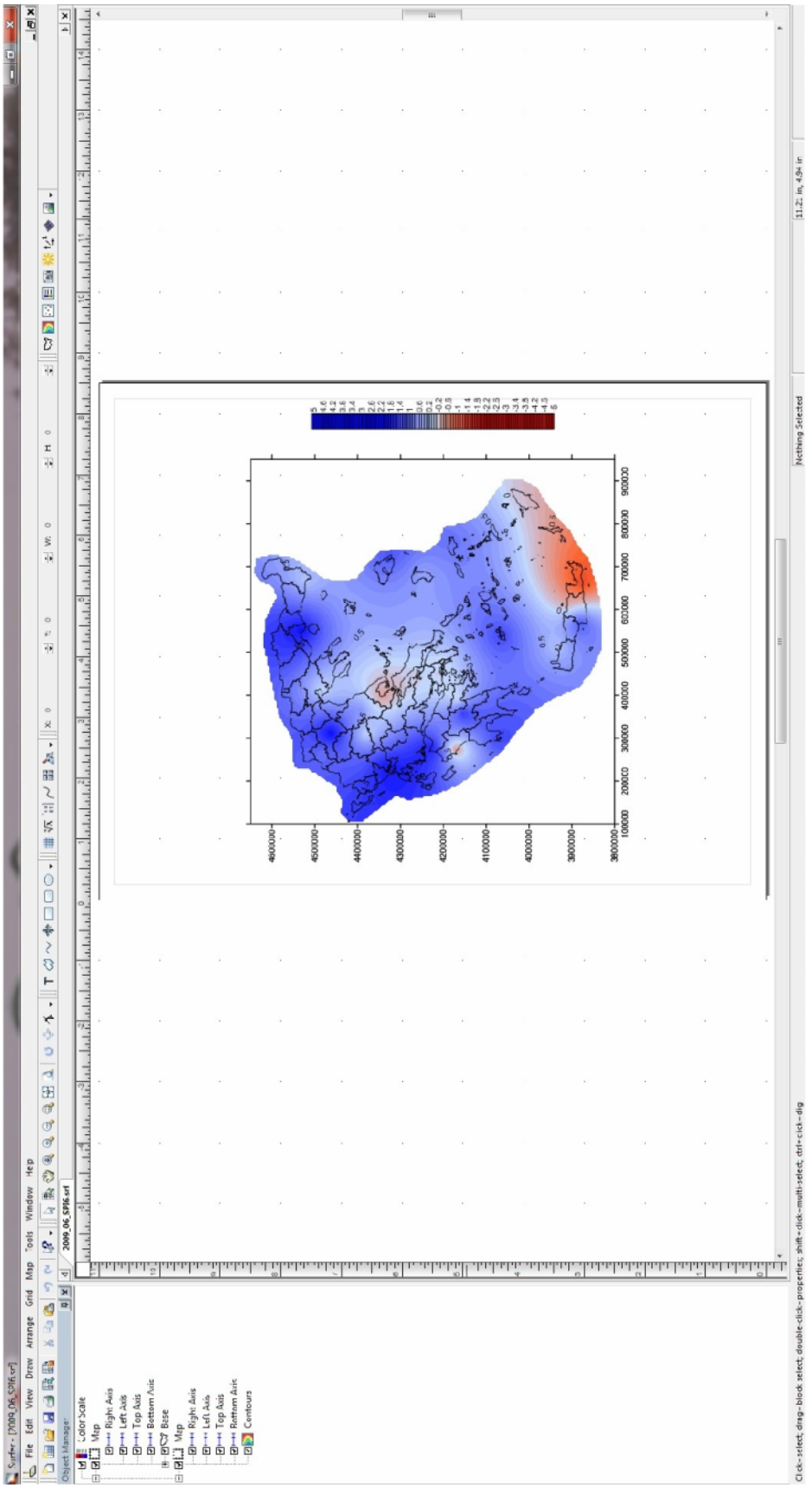


Εικόνα 5.8. *Δημιουργία αρχείου με τα δεδομένα με την μέθοδο Kriging με τα όρια που τέθηκαν.*

Το επόμενο βήμα είναι η εισαγωγή του χάρτη της περιοχής μελέτης δηλαδή της Ελλάδος (εικόνα 5.9). Επιπλέον εισάγεται το αρχείο όπου δημιουργήσαμε με τις παραμέτρους και έτσι εμφανίζεται ο χάρτης (εικόνα 5.10). Η διαδικασία αυτή πραγματοποιήθηκε για όλους τους μήνες των πέντε ετών, έτσι δημιουργήθηκαν εξήντα (60) χάρτες για τον πραγματικό SPI6, εξήντα (60) χάρτες για τον SPI6 με τις υποθέσεις, εξήντα (60) χάρτες για τον πραγματικό SPI12 και εξήντα (60) χάρτες για τον SPI12 με τις υποθέσεις. Δηλαδή δημιουργήθηκαν διακόσιοι σαράντα (240) χάρτες που υπάρχουν στο παράρτημα ΙΙΙ.



Εικόνα 5.9. *Εισαγωγή του χάρτη της Ελλάδος.*



Εικόνα 5.10. *Δημιουργία του χάρτη με την αποτύπωση του δείκτη με την μέθοδο Kriging.*

Κεφάλαιο 6ο
Αποτελέσματα-Αξιολόγηση

Μελετώντας τα διαγράμματα από το SPI που προέκυψαν παρατηρούμε ότι ακόμα και στις δεκαετίες 50'-60' όπου το περιβάλλον δεν έχει υποστεί σημαντικές αλλοιώσεις από τον άνθρωπο εμφανίζονται λειψυδρίες. Συμπεριλαμβάνοντας τους περισσότερους παράγοντες, όπου πιθανώς να επηρεάζουν το φαινόμενο της λειψυδρίας στο χρονικό διάστημα που εμφανίζεται και να δημιουργούν άλλοτε μικρά και άλλοτε σοβαρά προβλήματα στο σύστημα (ΑΝΘΡΩΠΟΣ-ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ-ΑΝΘΡΩΠΟΣ) μπορούμε να οδηγηθούμε ότι το φαινόμενο αυτό δεν είναι μία ανωμαλία του κλίματος ή μια μεγάλη κλιματική αλλαγή ή κάτι το τόσο αφύσικο, αντιθέτως πρέπει να αντιμετωπίζεται σαν ένα φαινόμενο όπου υπήρχε, υπάρχει και θα υπάρχει. Περαιτέρω έρευνα ίσως χρειάζεται για την συχνότητα και στη διάρκειά του φαινομένου.

Ο άνθρωπος από τη φύση του όταν εμφανίζεται μία διαφοροποίηση έστω και παροδική στο περιβάλλον στο οποίο βιώνει, τότε ανατρέχει στα αίτια που το δημιούργησαν, στη λύση και στη συνέχεια στην επιστημονική λύση του προβλήματος. Το πρόβλημα της λειψυδρίας δεν θα πάψει να υφίσταται εάν γίνουμε «φιλικοί» στο περιβάλλον ή μειώνοντας την ανθρωπογενή παρέμβαση σε αυτό ή να γυρίσουμε στην πρωτόγονη εποχή, αντιθέτως υπάρχουν πολύ παράγοντες όπου μπορούν να εντείνουν ή να μειώσουν το φαινόμενο όπου δεν μπορεί ο άνθρωπος να επέμβει σε αυτούς (αστρονομικοί και μετεωρολογικοί). Για να οχυρωθούμε σε αυτό το μεγάλο πρόβλημα πρέπει να εφαρμοστούν τρόποι πρόγνωσης και τρόποι αντιμετώπισης του που εμπεριέχονται στη διαχείριση της λειψυδρίας σε εθνικό και τοπικό επίπεδο. Οι πολιτικές που θα εφαρμόζονται δεν θα πρέπει να είναι πολιτικές της στιγμής ή πολιτικές υπό πίεση αλλά να στηρίζονται στην ΓΝΩΣΗ και σύμφωνα με την επιστημονική τεκμηρίωση. Ο φορέας διαχείρισης πρέπει ανάλογα με την κατάσταση που υπάρχει να δίνει προτάσεις – συμβουλές - διαταγές στην τρωτή περιοχή.

Το μεγάλο πρόβλημα του φαινομένου αυτού είναι η ποσοτικοποίηση του, δηλαδή δεν υπάρχει μονάδα μέτρησης. Για να επιλυθεί το πρόβλημα αυτό δημιουργήθηκαν οι διάφοροι δείκτης για την λειψυδρία (αναφέρονται στο κεφάλαιο 2) Οι δείκτες παίζουν μεγάλο ρόλο στη διαχείριση λειψυδρίας σε μια περιοχή, όμως έχουν ένα σοβαρό διαχειριστικό μειονέκτημα το οποίο είναι ότι δεν λαμβάνουν υπόψη τη ζήτηση του νερού (ύδρευση, άρδευση, τουρισμός και βιομηχανίες).

Στην παρούσα μελέτη με την βοήθεια της γεωστατιστικής μεθόδου που εφαρμόστηκε για την αποτύπωση των αποτελεσμάτων του SPI 6 και SPI 12, δηλαδή με χρονικό βήμα έξι και δώδεκα μηνών αντίστοιχα. Έγινε αυτή η επιλογή για τον απλό λόγο ότι στην ελληνική επικράτεια οι βροχοπτώσεις σημειώνονται στο χρονικό διάστημα Οκτώβριο – Μάρτιο και το αντιπροσωπεύει ο SPI 6, υπάρχουν βέβαια και οι εξαιρέσεις που βρέχει περισσότερο (Κέρκυρα, Ιωάννινα, Άρτα) έτσι επιλέχθηκε και ο SPI 12. Στα έτη που εφαρμόστηκε η γεωστατιστική μέθοδο ήταν τα έτη με τις σημαντικότερες λειψυδρίες αυτά είναι το 1990, το 1993, το 2000 και το 2007. Επίσης η μέθοδος αυτή εφαρμόστηκε και για το έτος 2009 όπου αρχικά επιλέχθηκε για να εμφανιστούν οι διαφορές με τα άλλα έτη όμως παρατηρήθηκαν φαινόμενα λειψυδρίας.

Με τον υπολογισμό του SPI με χρονικό βήμα ενός μηνός, τριών μηνών, έξι μηνών, δώδεκα μηνών και είκοσι τεσσάρων μηνών προκύπτουν πέντε διαγράμματα για κάθε σταθμό όπου εμφανίζονται παρακάτω (SPI1-6.1, SPI3-6.2, SPI6-6.3, SPI12-6.4 και SPI24-6.5) τα υπόλοιπα παρουσιάζονται στο παράρτημα ΙΙ. Λόγω ότι η επεξήγηση των διακοσίων ενενήντα (290) διαγραμμάτων από όλους τους μετεωρολογικούς σταθμούς συνυπολογίζοντας και τους υποθετικούς είναι ανέφικτη δημιουργήθηκαν χάρτες με την γεωστατιστική μέθοδο Kriging. Τα έτη που χρησιμοποιήθηκαν για να δημιουργηθούν οι χάρτες ήταν τα έτη με τις σημαντικότερες λειψυδρίες, τα τελευταία είκοσι χρόνια και συγκεκριμένα το 1990, το 1993, το 2000, το 2007 και επίσης το 2009 σαν υγρό έτος. Οι χάρτες που προέκυψαν ήταν σαράντα οχτώ για κάθε έτος για χρονικό βήμα έξι μηνών και δώδεκα μηνών αλλά και των υποθετικών σταθμών. Παρακάτω εμφανίζονται οι χάρτες όπου το φαινόμενο της λειψυδρίας είναι εντονότερο. Έτσι για το έτος 1990 επιλέχθηκε

ο Ιούνιος, για το 1993 ο Ιανουάριος, για το 2000 ο Αύγουστος, το 2007 ο Απρίλιος και για το υγρό έτος 2009 ο Δεκέμβριος ήταν ο υγρότερος μήνας. Τα χρώματα τα οποία επιλέχθηκαν στις τιμές του SPI είναι για την τιμή από 2 και πάνω βαθύ μπλε όπου στις τιμές του μηδέν γίνεται πολύ ανοιχτό μπλε, για τις αρνητικές τιμές του δείκτη επιλέχθηκε το κόκκινο χρώμα όπου γίνεται εντονότερο από τις τιμές κάτω από -2 και τα χρώματα συμφωνούν με τον πίνακα 4.1 του τέταρτου κεφαλαίου.

Η λειψυδρία του 1990 σύμφωνα με το SPI6 ξεκίνησε από το προηγούμενο έτος και συγκεκριμένα τον Δεκέμβριο του 1989 όπου η ένταση του κορυφώθηκε τον Ιούνιο του επόμενου έτος. Συνέχισε μέχρι και τον Αύγουστο με σχεδόν την ίδια ένταση όπου έπειτα λόγω μικρών βροχοπτώσεων που σημειώθηκαν από τον Αύγουστο μέχρι και το Δεκέμβριο το φαινόμενο έλαβε τέλος τον Δεκέμβριο του 1990 (παράρτημα ΙΙΙ εικόνα ΙΙΙ.12). Όμως με το SPI12 το φαινόμενο ξεκινάει από το Νοέμβριο του 1989 και τελειώνει τον Ιανουάριο του 1991. Παρατηρείται μια αναμενόμενη καθυστέρηση στο πέρας του φαινομένου για το λόγο ότι ο δείκτης με δωδεκάμηνο βήμα λαμβάνει υπόψη περισσότερες τιμές βροχόπτωσης. Οι υποθέσεις που έγιναν μας επιβεβαίωσαν ότι στα υψηλότερα σημεία το φαινόμενο της λειψυδρίας συνήθως γίνεται λίγο ηπιότερο. Αντιλαμβανόμαστε ότι όταν εμφανίζεται το φαινόμενο αυτό δεν γίνεται να μείνει ανεπηρέαστο κάποιο μέρος από την περιοχή που πλήττεται. Συγκεκριμένα για το 1990 το υποθετικό SPI6 παρουσιάζει ότι το φαινόμενο είναι ηπιότερο και γίνεται εμφανής με τη γεωστατιστική μέθοδο. Φαίνεται η διαφορά στον Ιανουάριο του 1990 όπου στις υποθέσεις παρατηρείται λίγο πιο ανοιχτό το χρώμα του χάρτη, το ίδιο συμβαίνει για τους περισσότερους μήνες. Ο πραγματικός χάρτης φαίνεται στην εικόνα ΙΙΙ.1 του παραρτήματος ΙΙΙ, ενώ ο χάρτης με τις υποθέσεις στην εικόνα ΙΙΙ.121 του παραρτήματος ΙΙΙ. Σε αντίθεση για τον μήνα Ιούνιο όπου το φαινόμενο της λειψυδρίας είναι εντονότερο για το έτος 1990 ο χάρτης με τις υποθέσεις μας φανερώνει πιο ακραία φαινόμενα λειψυδρίας, εικόνα 6.2 και εικόνα 6.1. Για το υποθετικό SPI12 παρατηρούμε ότι σε όλους τους μήνες το φαινόμενο της λειψυδρίας είναι ηπιότερο από το πραγματικό με εξαίρεση τους μήνες Ιούλιο και Σεπτέμβριο όπου εμφανίζεται εντονότερο το φαινόμενο στην περιοχή της Θεσσαλονίκης και έτσι

αποτυπώνει την Βόρεια Ελλάδα να έχει περισσότερο πρόβλημα. Αυτό συμβαίνει γιατί ο υποθετικός σταθμός στο σημείο εκείνο έχει δημιουργηθεί από τον σταθμό της Θεσσαλονίκης. Οι υποθετικοί χάρτες βρίσκονται στις εικόνες ΙΙΙ.187 και ΙΙΙ.189 ενώ οι πραγματικοί στις εικόνες ΙΙΙ.67 και ΙΙΙ.69 του παραρτήματος ΙΙΙ.

Η λειψυδρία του 1993 σύμφωνα με τον SPI6 ξεκίνησε το Δεκέμβριο του 1992 με αποκορύφωση τον Ιανουάριο του 1993. Αν και αυτή η λειψυδρία δεν ήταν μεγάλη όπως το έτος (1993) ταλαιπώρησε τον Ελλαδικό χώρο. Το φαινόμενο έλαβε τέλος το Δεκέμβριο του ίδιου έτους. Έπληξε όλη την Ελλάδα και συγκεκριμένα από τον Ιανουάριο έως και το Μάρτιο (εικόνα ΙΙΙ.13- εικόνα ΙΙΙ.15 του παραρτήματος ΙΙΙ). Στη συνέχεια από τον Απρίλιο μέχρι και τον Ιούλιο (εικόνα ΙΙΙ.16- εικόνα ΙΙΙ.19 του παραρτήματος ΙΙΙ) οι περιοχές οι οποίες δεν αντιμετώπισαν προβλήματα ήταν η περιοχή της Πίνδου, οι Κυκλάδες και συγκεκριμένα η Σαντορίνη αρχικά και έπειτα και οι υπόλοιπες, η Σάμος και τέλος η Νότιο-Δυτική Κρήτη. Στη συνέχεια φαίνεται από τους χάρτες ότι το φαινόμενο εξασθενεί στην περιοχή των Κυκλάδων, Δωδεκανήσων και Δυτικής Ελλάδος. Όμως ξαναεμφανίζεται στην Δυτική Πελοπόννησο και στα Κύθηρα. Τέλος η ένταση του φαινόμενου μειώνεται σημαντικά αλλά χωρίς να εξαλειφθεί πλήρως (εικόνα ΙΙΙ.24 του παραρτήματος ΙΙΙ). Για τον SPI12 η λειψυδρία ξεκινάει το Δεκέμβρη του προηγούμενου έτους (1992) και τελειώνει τον Ιανουάριου του επομένου έτους (1994). Όλο το έτος 1993 σύμφωνα με τον συγκεκριμένο δείκτη δεν υπάρχουν μεγάλες αυξομειώσεις αντιθέτως υπάρχει μια σταθερή κατάσταση μέχρι και τον Οκτώβριο (εικόνα ΙΙΙ.202 του παραρτήματος ΙΙΙ). Ο Νοέμβριος δείχνει ότι το φαινόμενο υποχωρεί σταδιακά (εικόνα ΙΙΙ.203 του παραρτήματος ΙΙΙ) αλλά ο Δεκέμβριος έρχεται για να διαψεύσει αυτή την τάση και γίνεται λίγο εντονότερο στη Μακεδονία, τη Θράκη, τη Λέσβο, τη Χίο και τα Κύθηρα (εικόνα ΙΙΙ.204 του παραρτήματος ΙΙΙ) όμως είναι παροδικό και τελειώνει τον Ιανουάριο του 1994. Οι υποθέσεις για τον SPI6 και για τον SPI12 δείχνουν ότι η λειψυδρία του 1993 είναι ηπιότερη από την πραγματική αλλά ακολουθούν τις τάσεις των πραγματικών χαρτών.

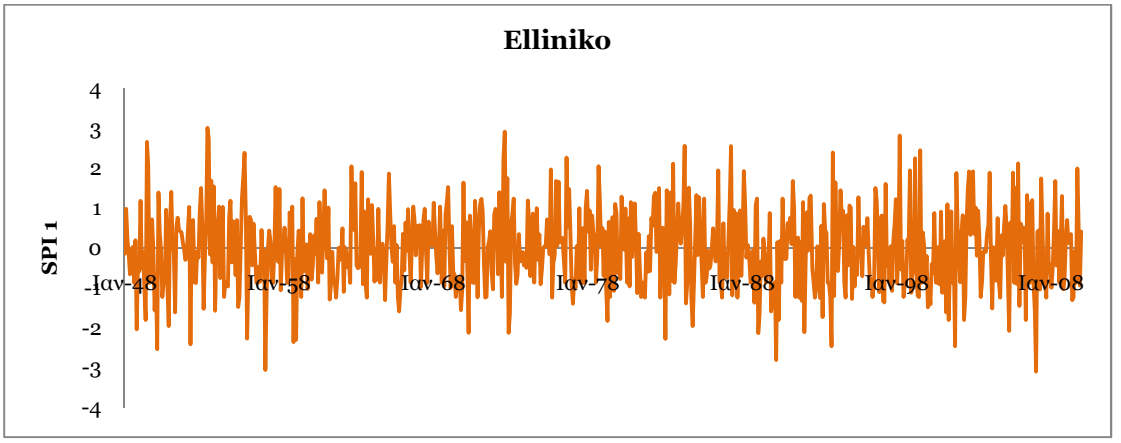
Η λειψυδρία του 2000 με βάση τον SPI6 εμφανίστηκε τον Ιανουάριο του έτους σε ακραία μορφή στην Σάμο, τα Δωδεκάνησα, το Τυμπάκι της

Κρήτης και στην Πίνδο (εικόνα ΙΙΙ.25). Τον Ιούνιο του ίδιου έτους το φαινόμενο έχει εξαλειφθεί από τη Ρόδο, την Κάρπαθο, τη Σαντορίνη και την Πίνδο (εικόνα ΙΙΙ.30). Όμως πλήττει την υπόλοιπη Ελλάδα, γεγονός που συμβαίνει μέχρι τον Οκτώβριο. Έπειτα η λειψυδρία εμφανίζεται εντονότερα στη Στερεά Ελλάδα, τα Δωδεκάνησα, την Κρήτη, τα Ιωάννινα, την Άρτα και ηπιότερα στη Θράκη. Οι υπόλοιπες περιοχές υπολογίζονται σαν μετρίως υγρές και συγκεκριμένα η Λέσβος, η Χίος, οι Κυκλάδες, η Μακεδονία και τα νησιά του Ιονίου (εικόνα ΙΙΙ.34). Το μήνα Νοέμβριο είναι παρόμοια η κατάσταση με του Οκτωβρίου (εικόνα ΙΙΙ.35). Το Δεκέμβριο το φαινόμενο γίνεται εντονότερο μέχρι που εξασθενεί εντελώς το Μάρτιο του 2001 (εικόνα ΙΙΙ.36). Σύμφωνα με τον SPI12 εμφανίζεται το Μάρτιο του 2000 και γενικά εμφανίζεται εντονότερο το φαινόμενο σε σχέση με τον SPI6. Η λειψυδρία λαμβάνει χώρα τον Απρίλιο του 2001. Η διαφορά αυτή μεταξύ του SPI6 και του SPI12 εξηγείται από το ότι ο SPI12 λαμβάνει υπόψη του περισσότερους μήνες έτσι δεν είναι τόσο ευαίσθητος στις γρήγορες μεταβολές. Οι υποθέσεις και σε αυτή την περίπτωση επιβεβαιώνουν ότι η λειψυδρία σε μεγαλύτερα υψόμετρα πιθανώς να είναι ηπιότερη. Όμως η γενική τάση των υποθέσεων συμβαδίζει με τα αποτελέσματα των κανονικών σταθμών και για τον SPI6 και για τον SPI12.

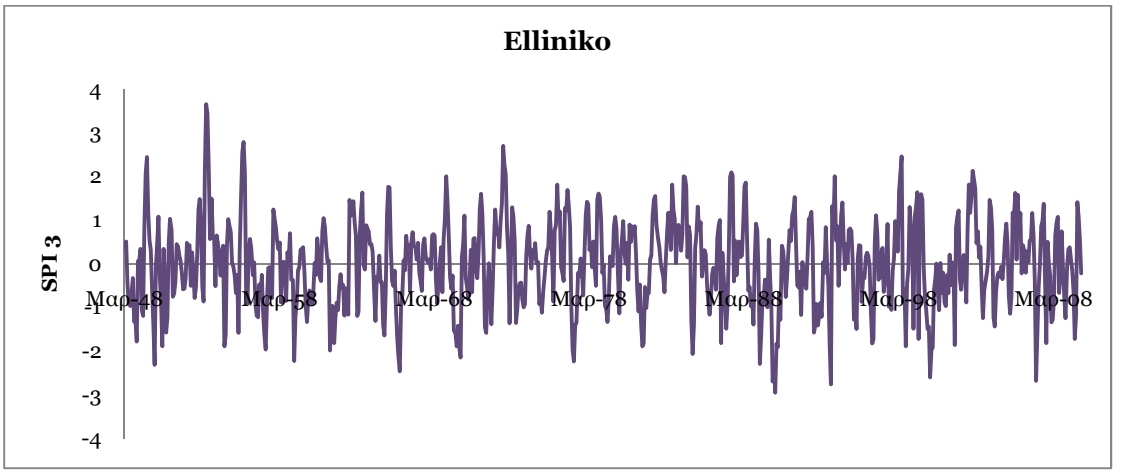
Το 2007 καταγράφηκε άλλη μία έντονη λειψυδρία στον Ελλαδικό χώρο. Ήταν μεγαλύτερης έντασης από αυτή του 2000 και του 1993 αλλά μικρότερη από του 1990. Ο SPI6 έδειξε ότι η λειψυδρία ξεκίνησε από το Δεκέμβριο του προηγουμένου έτους (2006). Τον Ιανουάριο του 2007 όπως εμφανίζεται στην εικόνα ΙΙΙ.37 του παραρτήματος ΙΙΙ, σχεδόν σε όλη την επικράτεια παρατηρείται μεγάλη ακραία λειψυδρία πλην της Χίου, της Λήμνου, των Ανατολικών Κυκλάδων, των Χανίων, της Πίνδου και της Δυτικής Θράκης. Έτσι συνεχίζεται η κατάσταση μέχρι το Μάρτιο (εικόνα ΙΙΙ.39 του παραρτήματος ΙΙΙ). Τον Απρίλιο το φαινόμενο έχει επηρεάσει όλη την Ελλάδα εκτός από την περιοχή της Πίνδου (εικόνα ΙΙΙ.40 του παραρτήματος ΙΙΙ) και εμφανίζεται ως ο μήνας με την εντονότερη λειψυδρία. Στη συνέχεια το φαινόμενο εξασθενεί και φτάνουμε στον Οκτώβριο όπου έχει αποκατασταθεί το πρόβλημα (εικόνα ΙΙΙ.46 του παραρτήματος ΙΙΙ). Παρόμοια είναι η κατάσταση και για τον SPI12 όπου μας δείχνει τον Απρίλιο ως το μήνα που

εμφανίζει να πλήττει σχεδόν όλη την Ελλάδα. Βέβαια ο μήνας που αποκαθίσταται το πρόβλημα για τον SPI12 είναι ο Ιανουάριος του 2008. Για τη λειψυδρία αυτή οι υποθέσεις έδωσαν παρόμοια αποτελέσματα και για τους δυο δείκτες (SPI6 και SPI12).

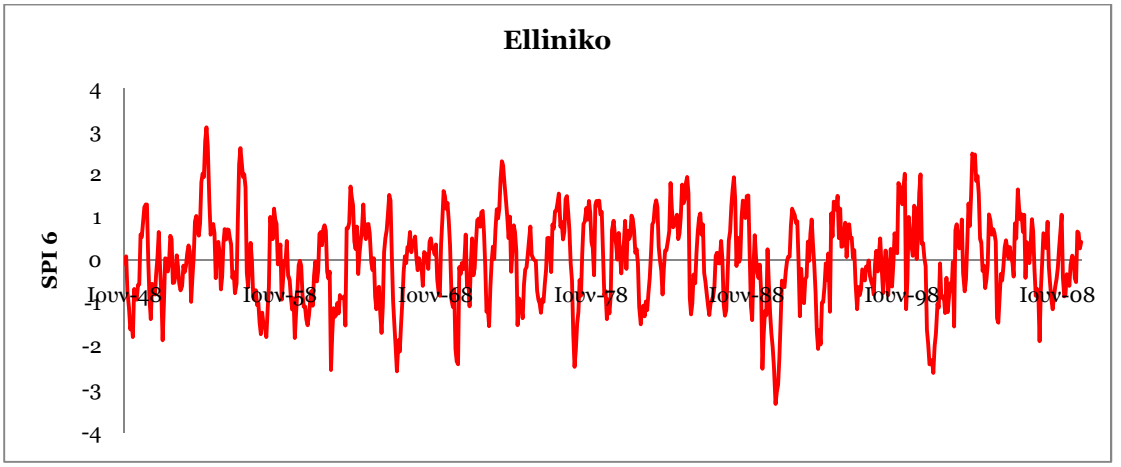
Τέλος το έτος 2009 επιλέχθηκε για τον λόγο ότι είχαν σημειωθεί σημαντικές βροχοπτώσεις σχεδόν σε όλη την επικράτεια. Ο SPI6 έδειξε σημαντική λειψυδρία για το μήνα Ιανουάριο (εικόνα ΙΙΙ.49 του παραρτήματος ΙΙΙ) που πιθανώς να οφειλόταν στην προηγούμενη χρόνια όπου δεν ήταν και από τις υγρότερες. Στη συνέχεια από τον Φεβρουάριο έως και τον Αύγουστο ο δείκτης έδειξε ότι υπήρχε σημαντικό πρόβλημα στην Κρήτη και την Δυτική Πελοπόννησο και συγκεκριμένα στην περιοχή του Πύργου. Στη συνέχεια ο δείκτης δεν έδωσε σημαντικά προβλήματα, δηλαδή μεγάλα και ακραία φαινόμενα λειψυδρίας. Παρόμοια είναι τα αποτελέσματα του SPI12 που επιβεβαίωσαν την παρατήρηση για την Κρήτη αλλά και για την περιοχή του Πύργου. Το πρόβλημα αυτό επιβεβαιώθηκε με σχετικά άρθρα που γράφτηκαν από τοπικές εφημερίδες αλλά και από εφημερίδες ευρείας κυκλοφορίας που ανέφεραν ότι τα αποθέματα νερού τελειώνουν σύντομα. Τα άρθρα αυτά εμφανίζονται στο παράρτημα IV στον πίνακα IV.1. Οι υποθέσεις του 2009 δεν έδωσαν μεγάλες αυξομειώσεις σε σχέση με τις πραγματικές τιμές. Αυτό μπορεί να ερμηνευτεί ότι το έτος αυτό δεν έχει μεγάλες αποκλίσεις στις τιμές του δείκτη.



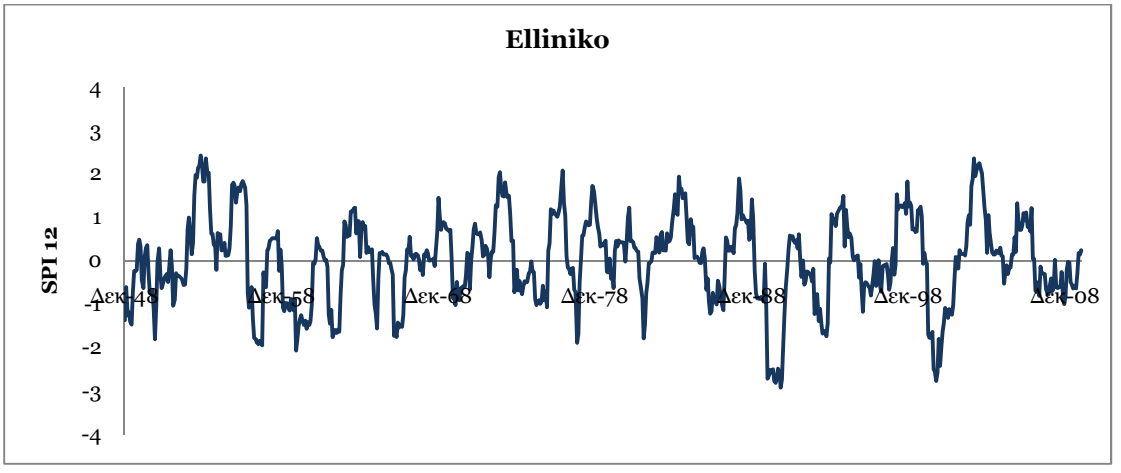
Διάγραμμα 6.1. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα ενός μήνα για τον σταθμό του Ελληνικού.*



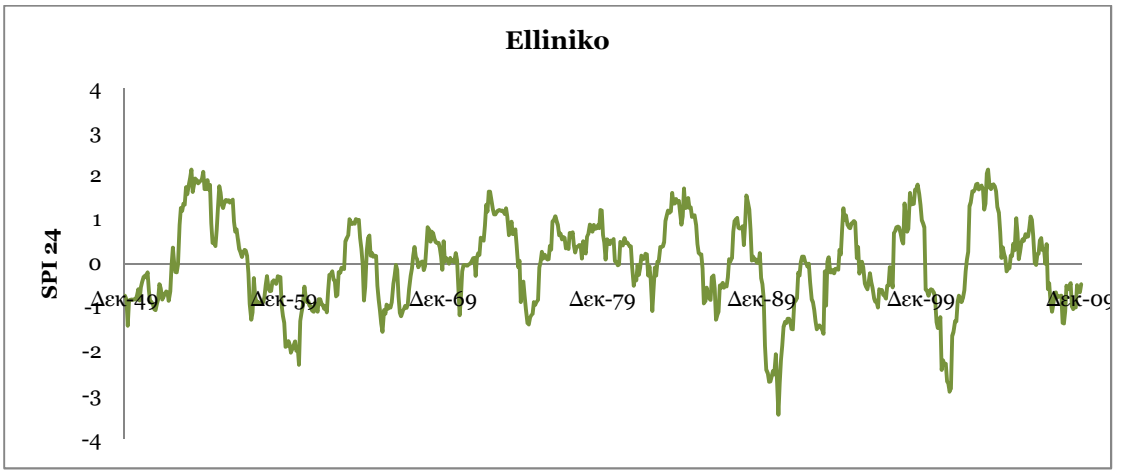
Διάγραμμα 6.2. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα τριών μηνών για τον σταθμό του Ελληνικού.*



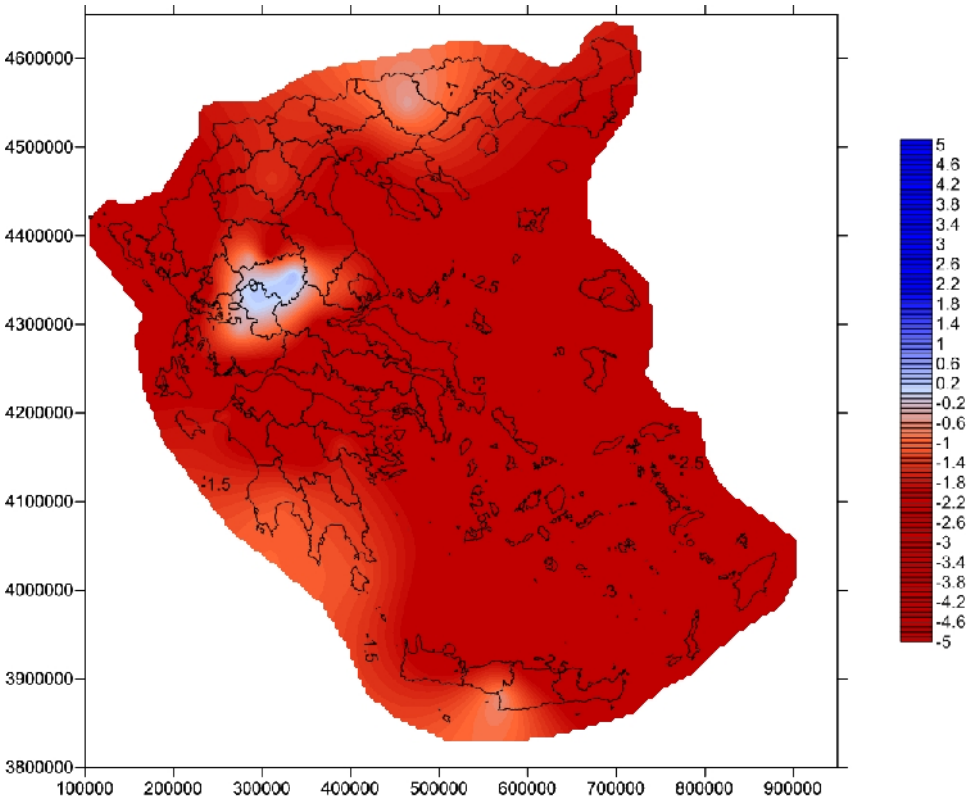
Διάγραμμα 6.3. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα έξι μηνών για τον σταθμό του Ελληνικού.*



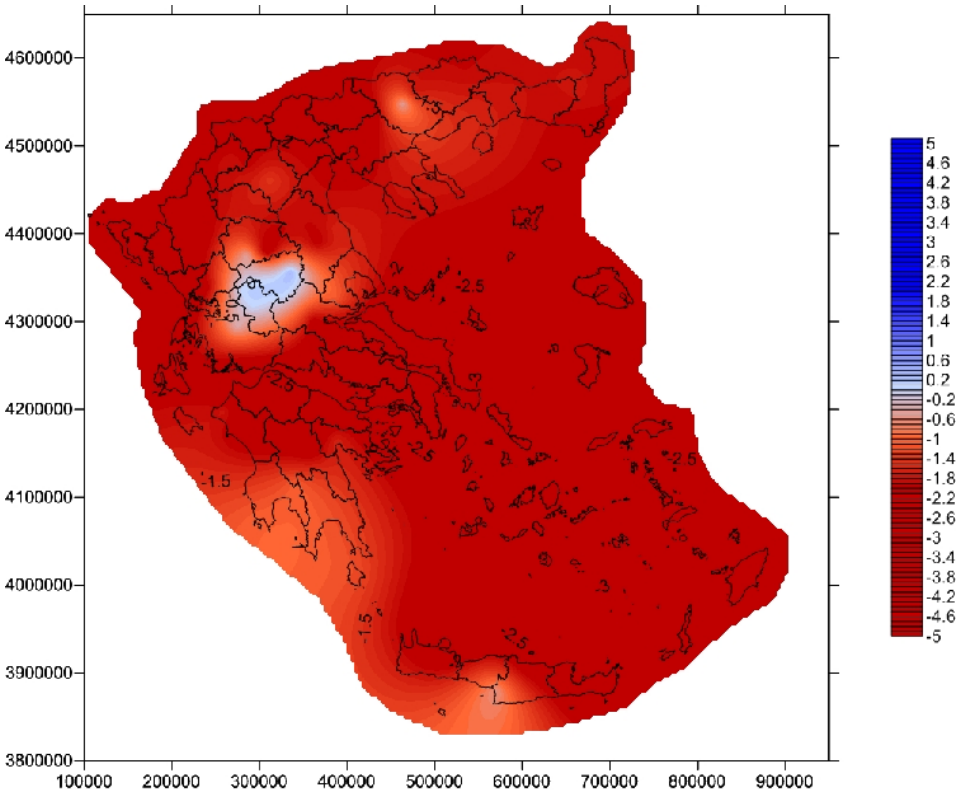
Διάγραμμα 6.4. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα δώδεκα μηνών για τον σταθμό του Ελληνικού.*



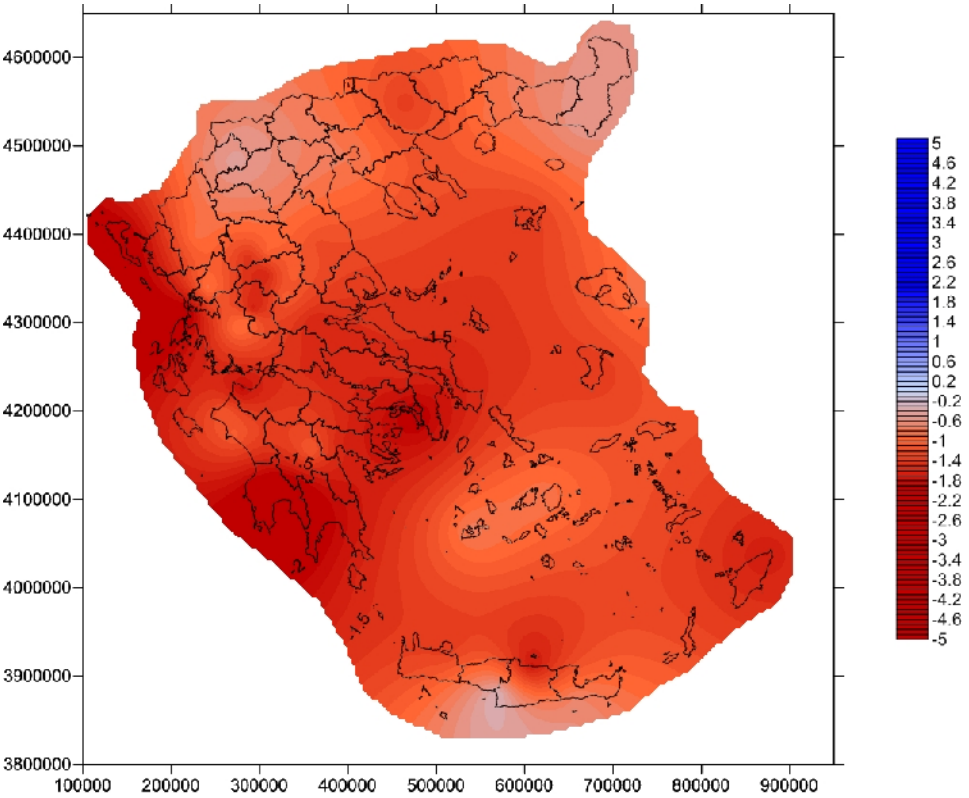
Διάγραμμα 6.5. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα είκοσι τεσσάρων μηνών για τον σταθμό του Ελληνικού.*



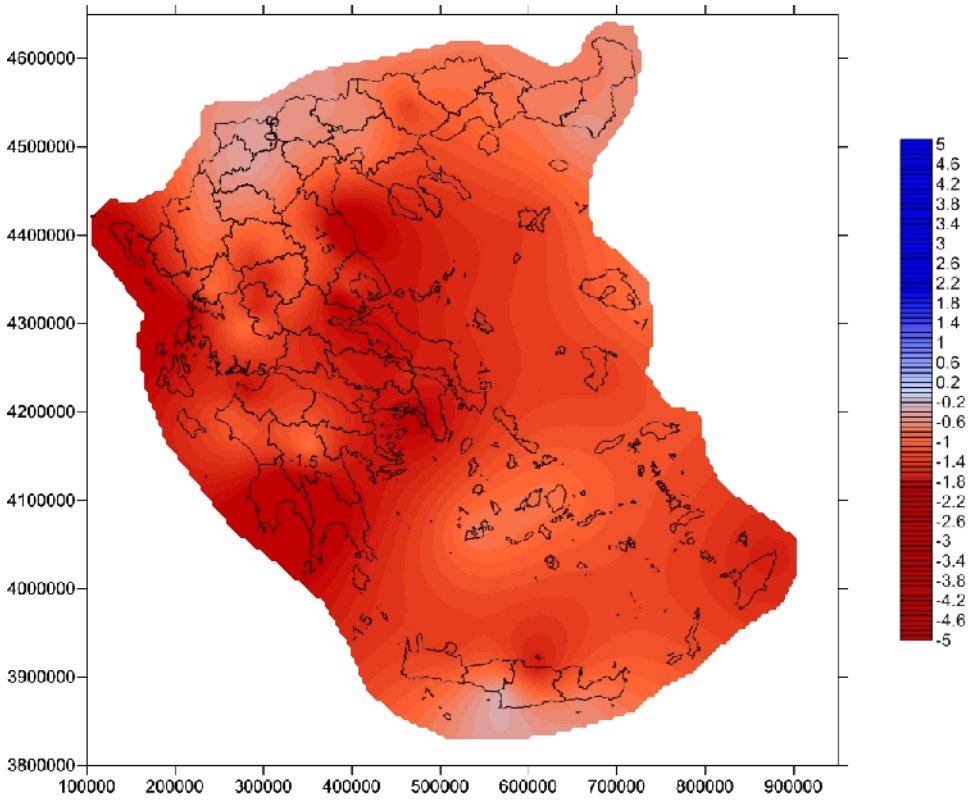
Εικόνα 6.1. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Ιούνιο του 1990 (kriging)*



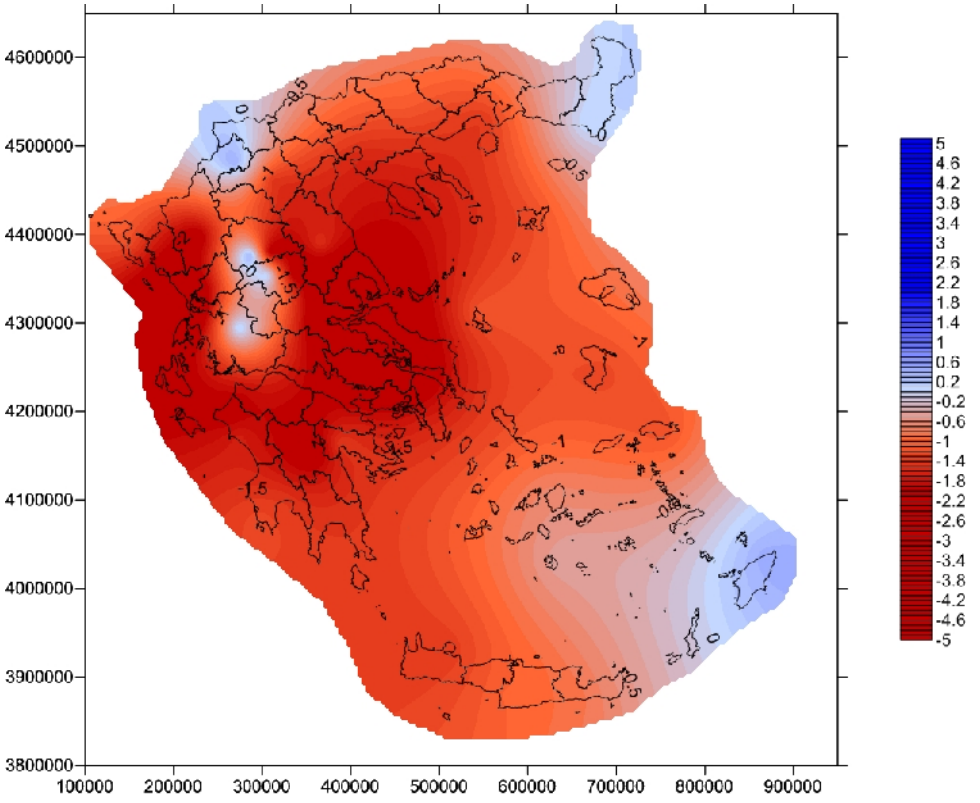
Εικόνα 6.2. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Ιούνιο του 1990 με τις υποθέσεις (kriging)*



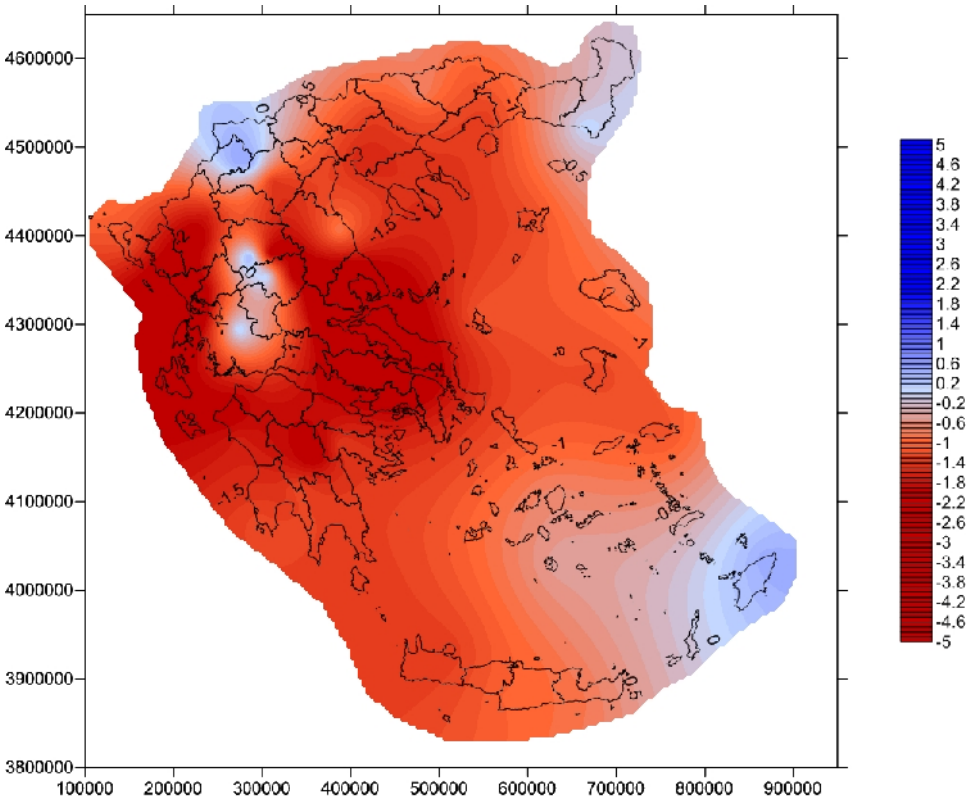
Εικόνα 6.3. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Ιανουάριο του 1993 (kriging)*



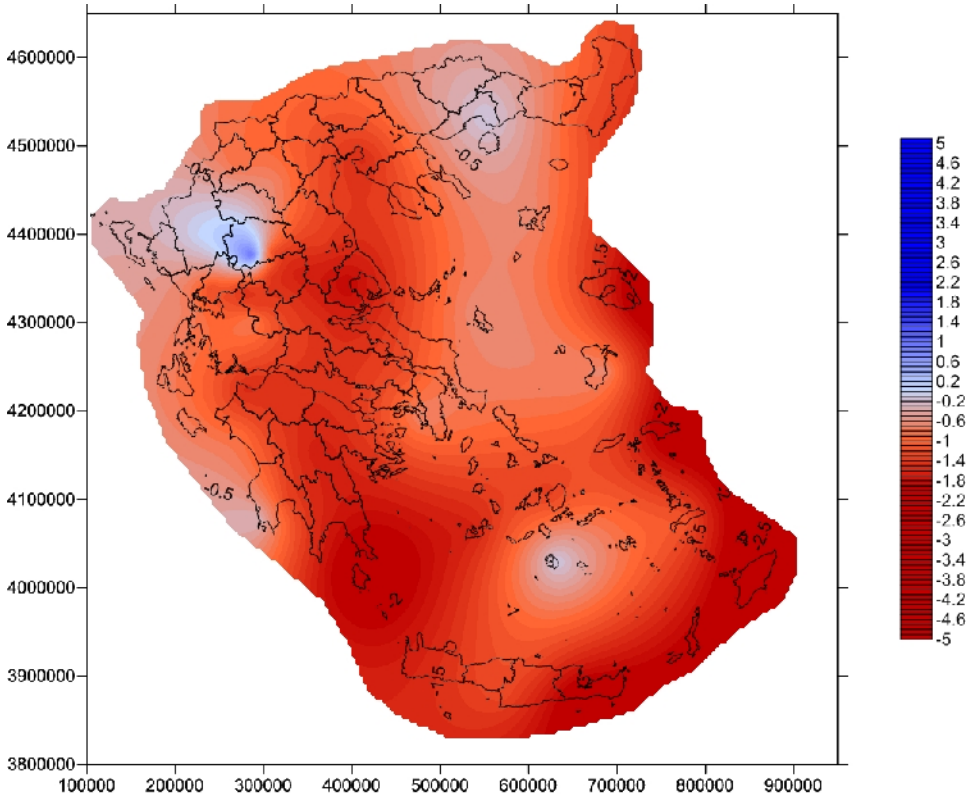
Εικόνα 6.4. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Ιανουάριο του 1993 με τις υποθέσεις (kriging)*



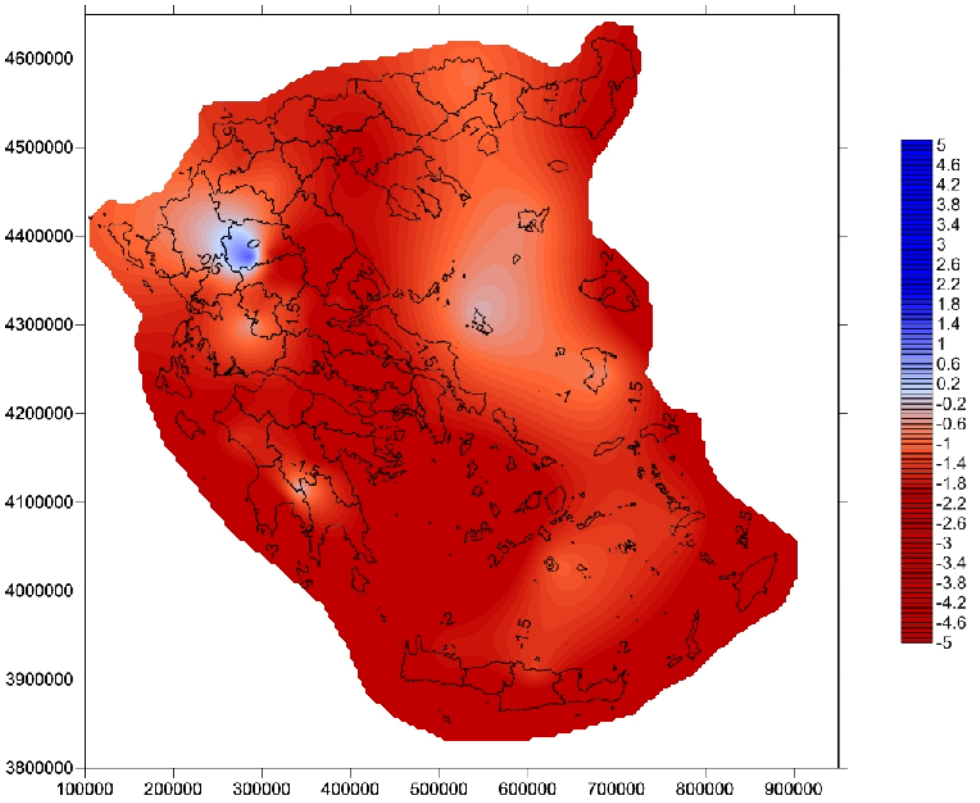
Εικόνα 6.5. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Αύγουστο του 2000 (kriging)*



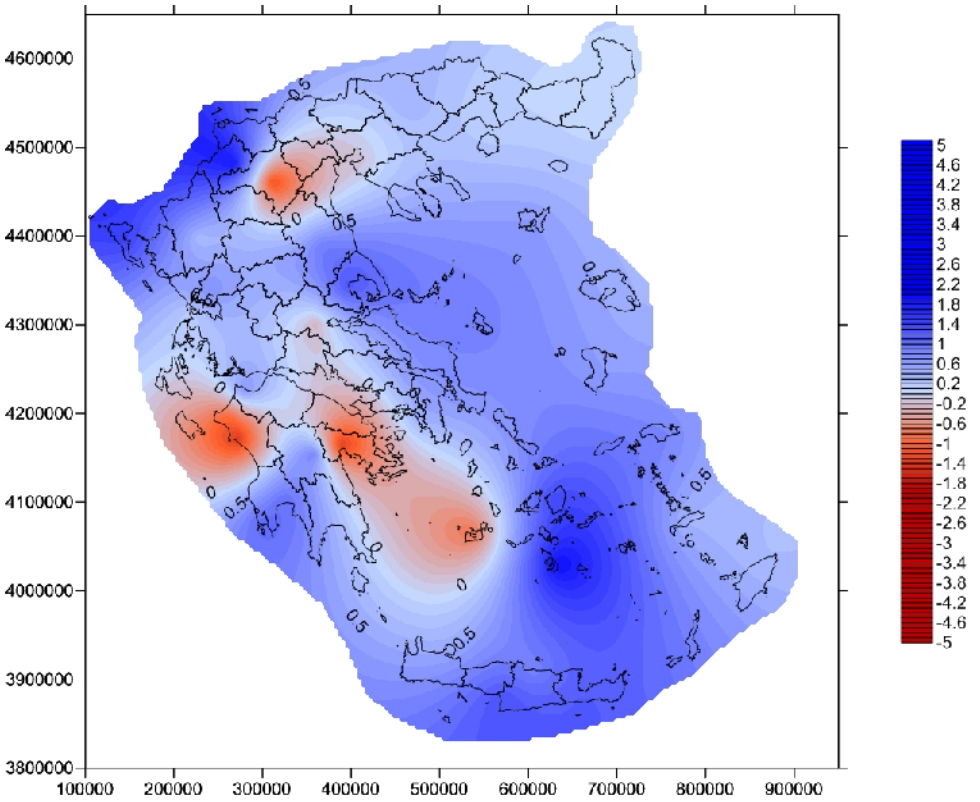
Εικόνα 6.6. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Αύγουστο του 2000 με τις υποθέσεις (kriging)*



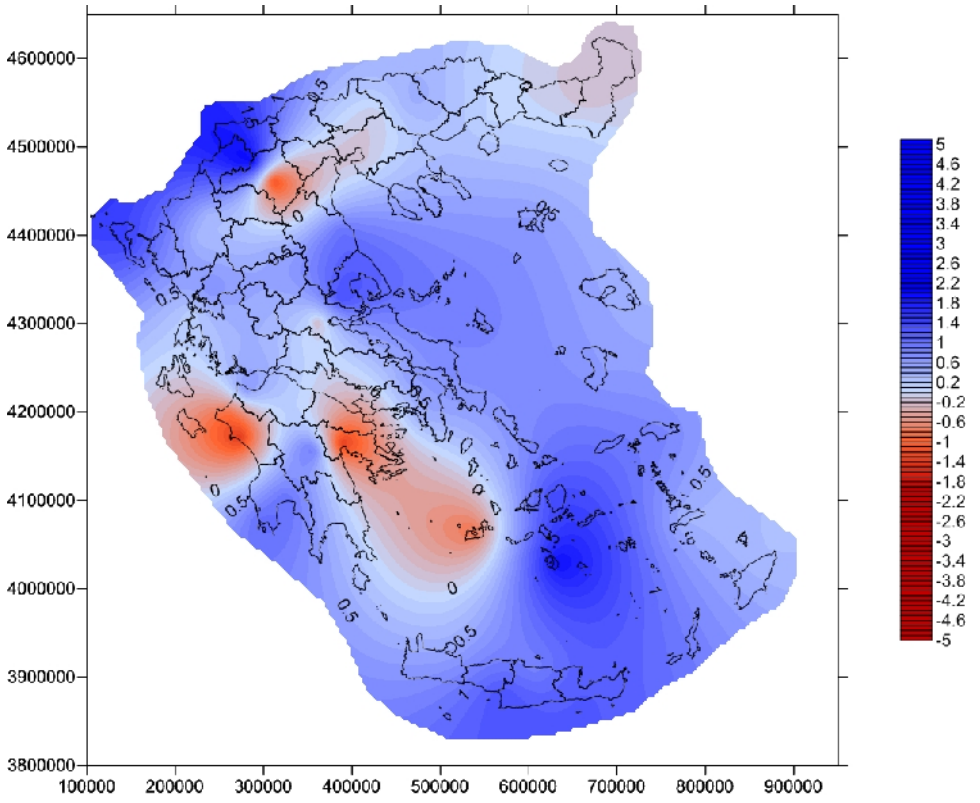
Εικόνα 6.7. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Απρίλιο του 2007 (kriging)*



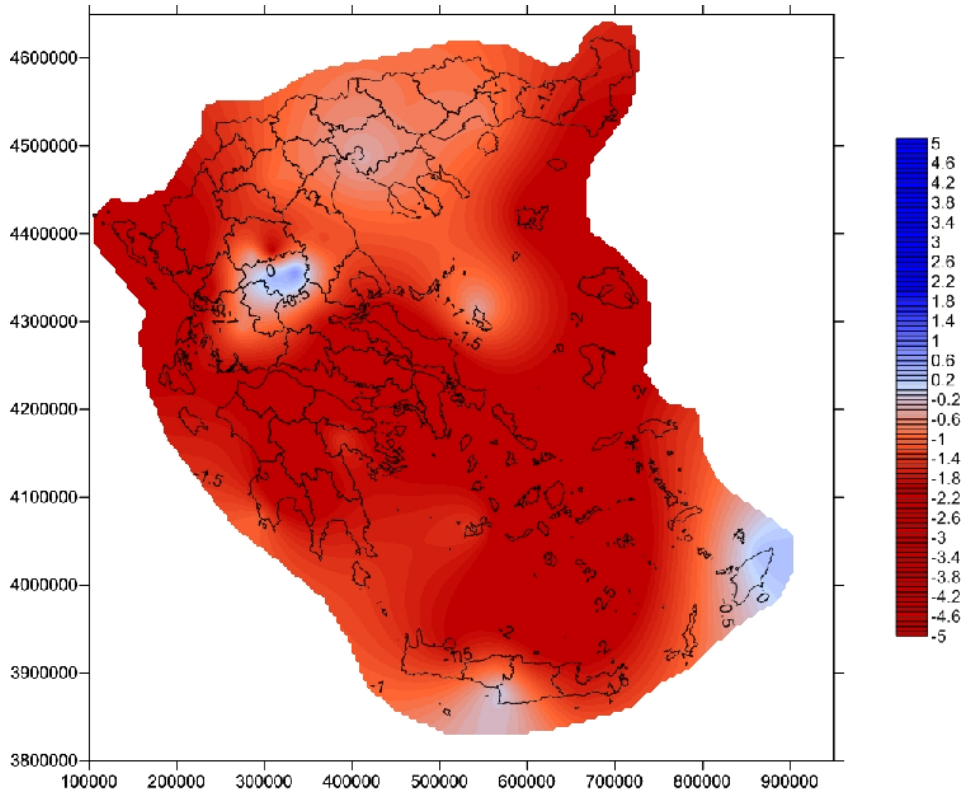
Εικόνα 6.8. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Απρίλιο του 2007 με τις υποθέσεις (kriging)*



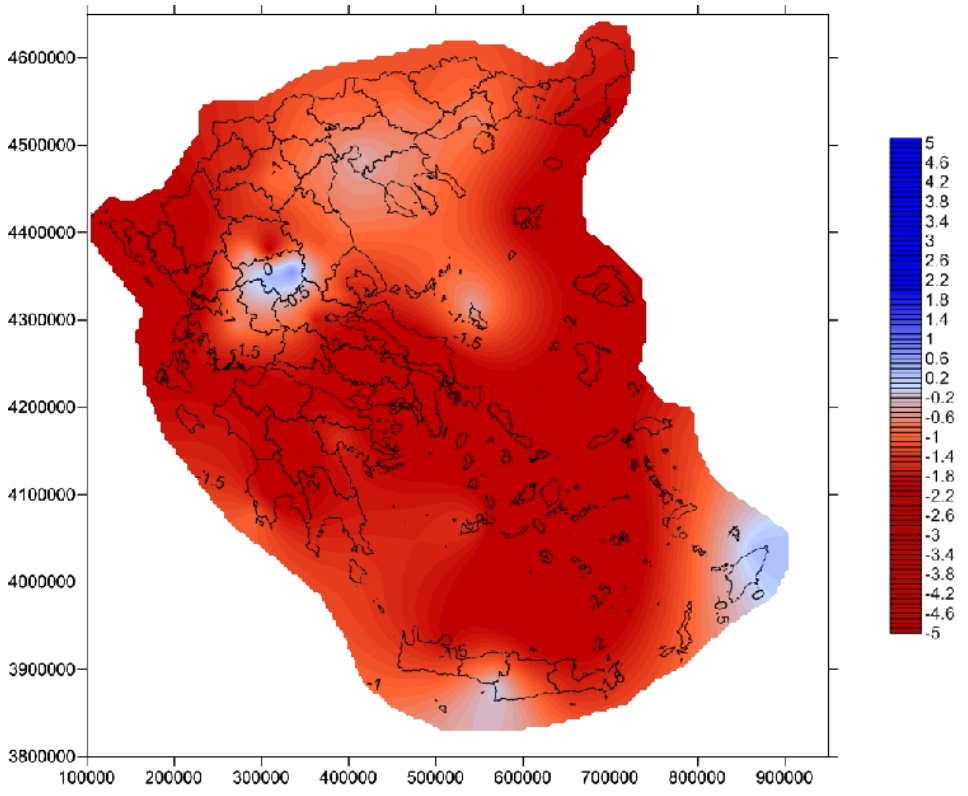
Εικόνα 6.9. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Δεκέμβριο του 2009 (kriging)*



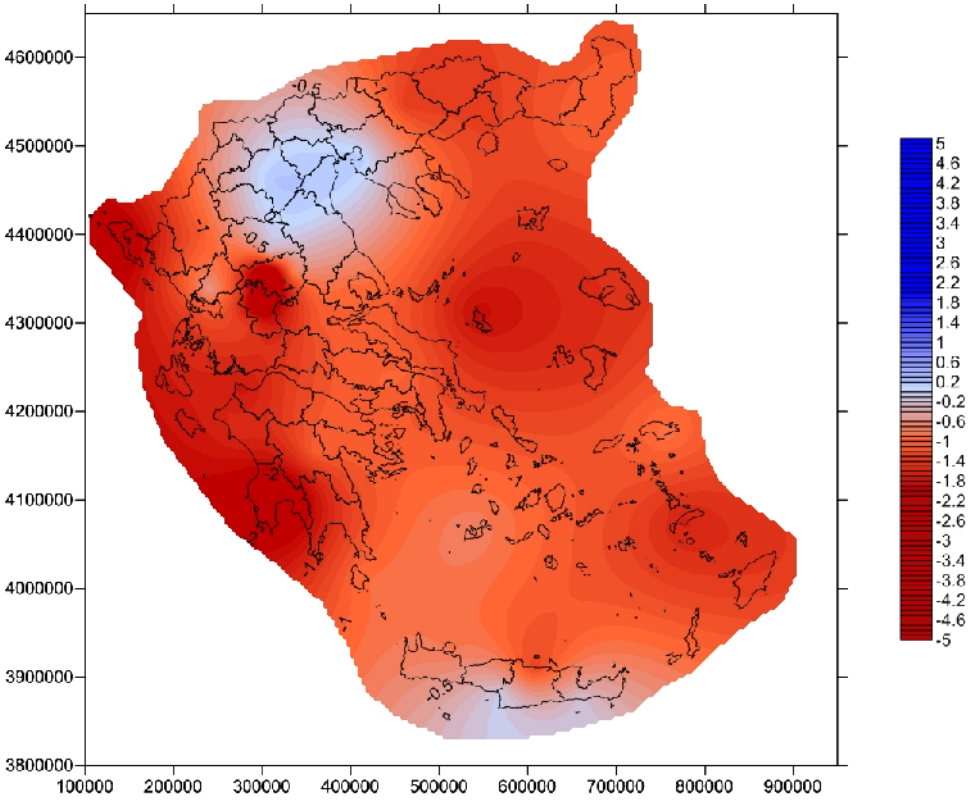
Εικόνα 6.10. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Δεκέμβριο του 2009 με τις υποθέσεις (kriging)*



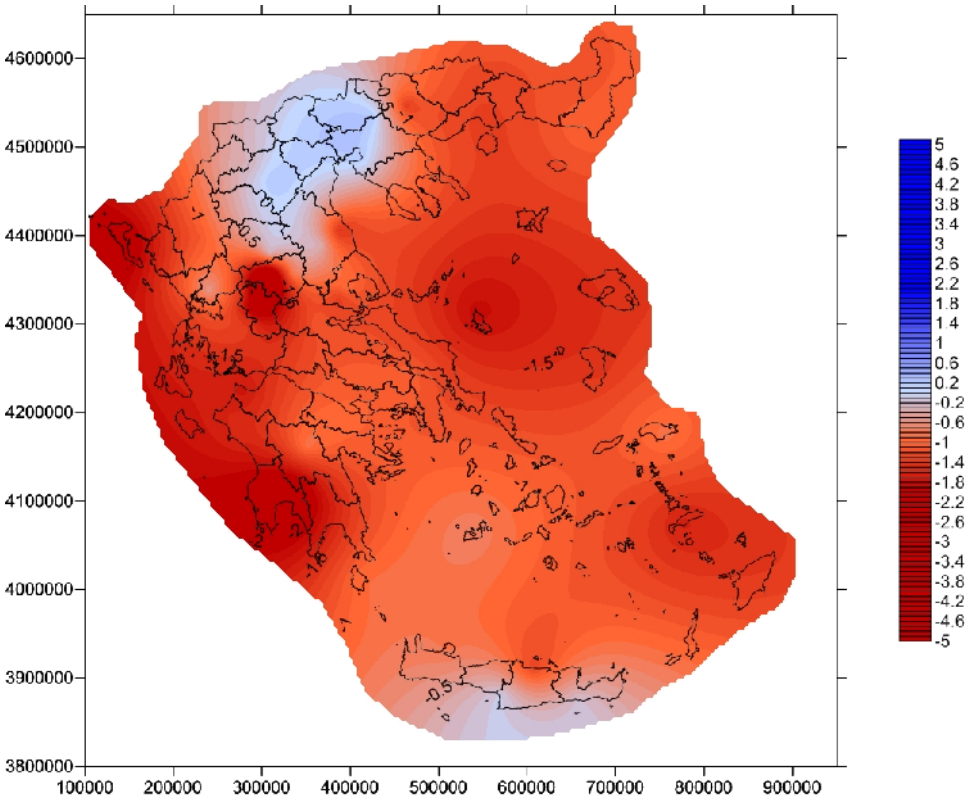
Εικόνα 6.11. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Απρίλιο του 1990 (kriging)*



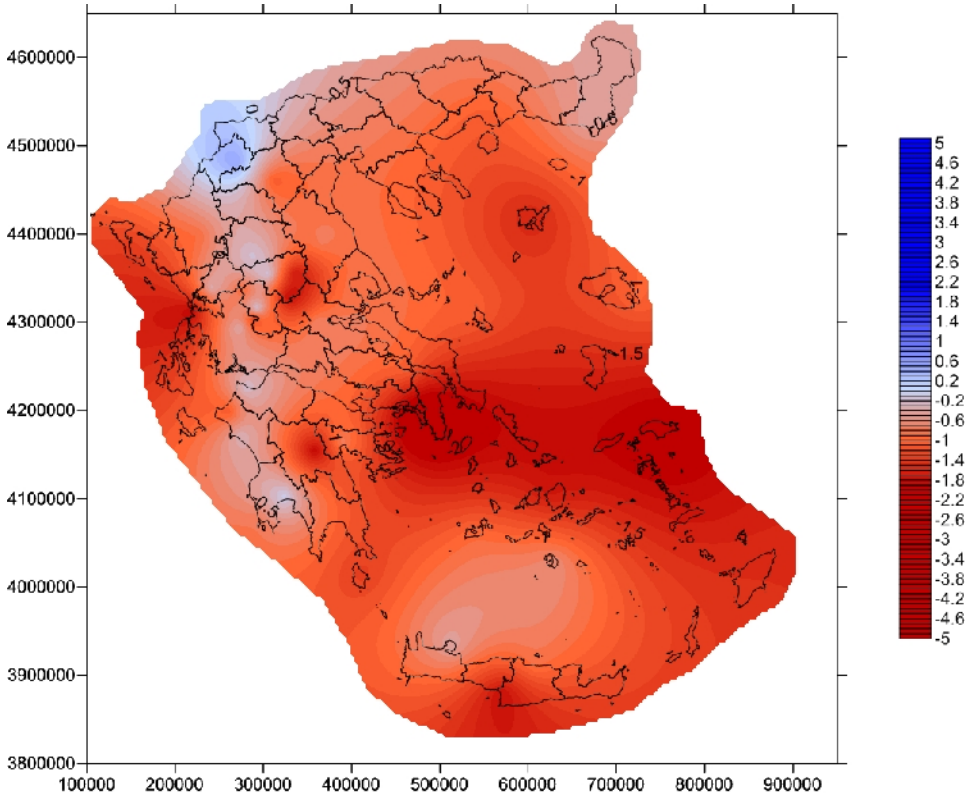
Εικόνα 6.12. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Απρίλιο του 1990 με τις υποθέσεις (kriging)*



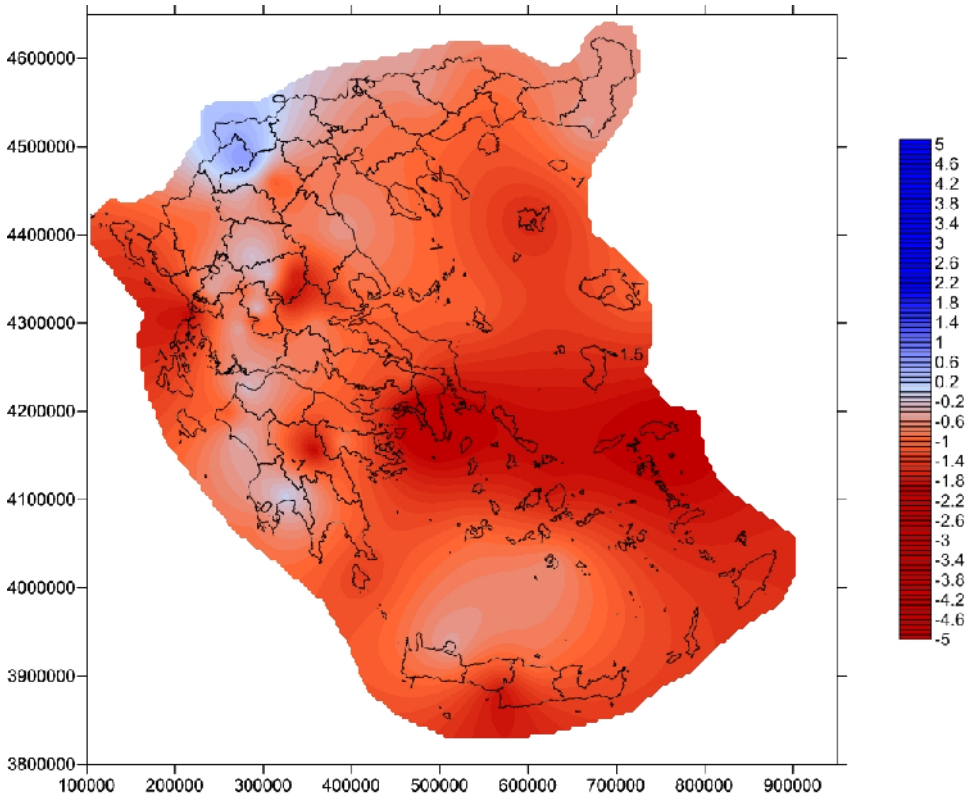
Εικόνα 6.13. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Ιανουάριο του 1993 (kriging)*



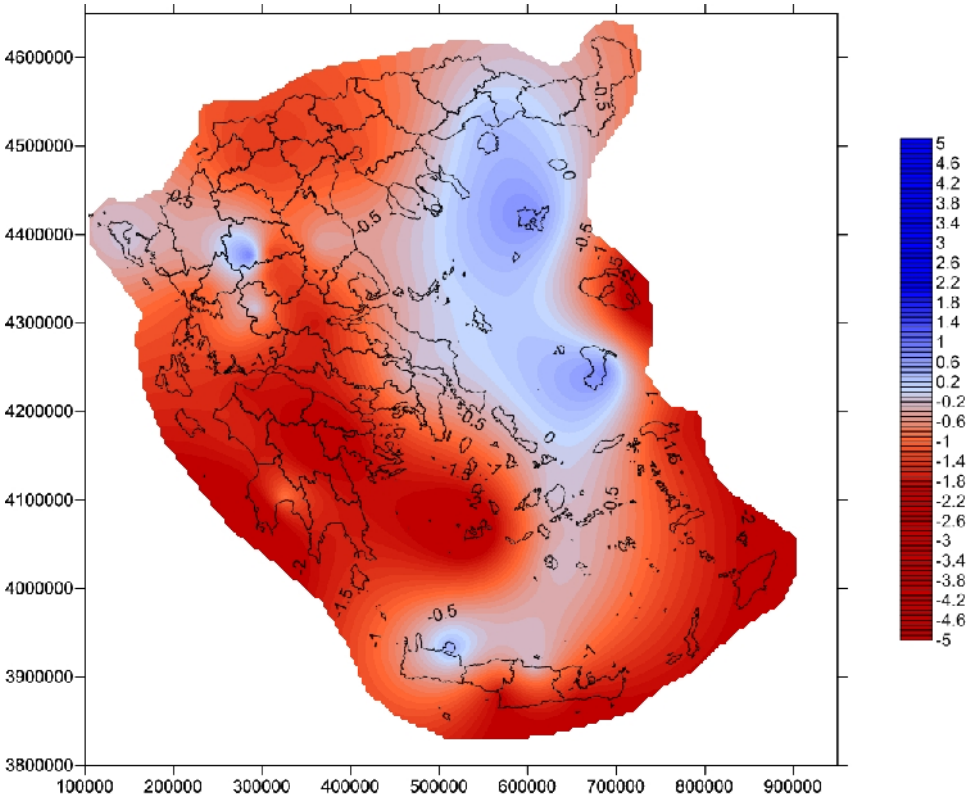
Εικόνα 6.14. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Ιανουάριο του 1993 με τις υποθέσεις (kriging)*



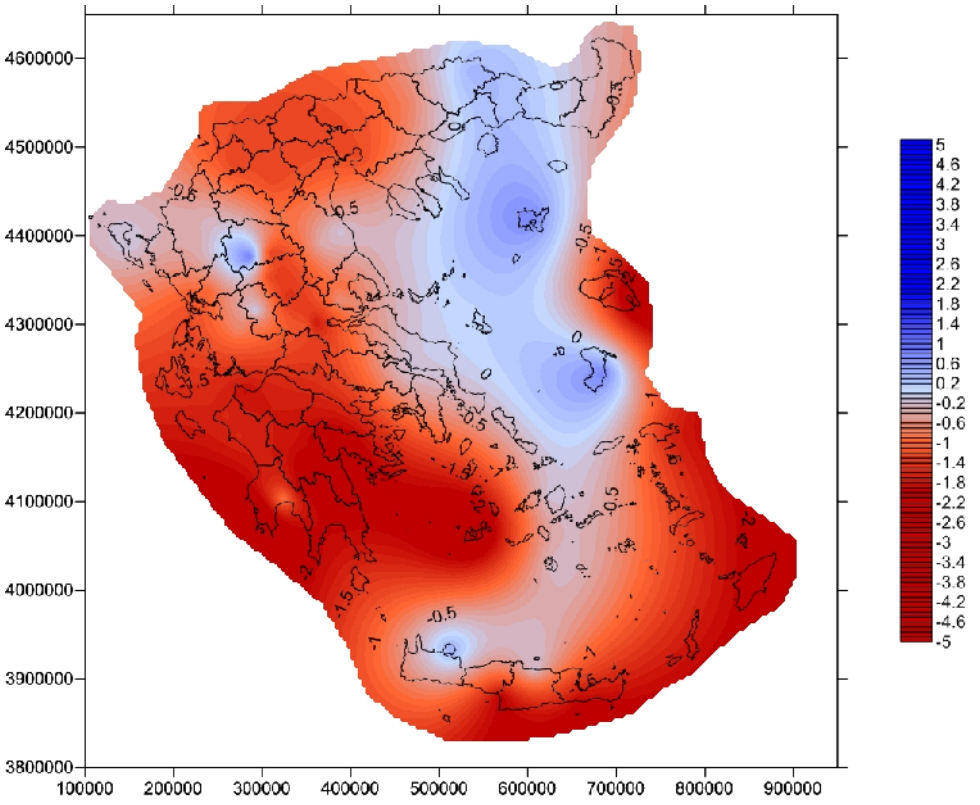
Εικόνα 6.15. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Αύγουστο του 2000 (kriging)*



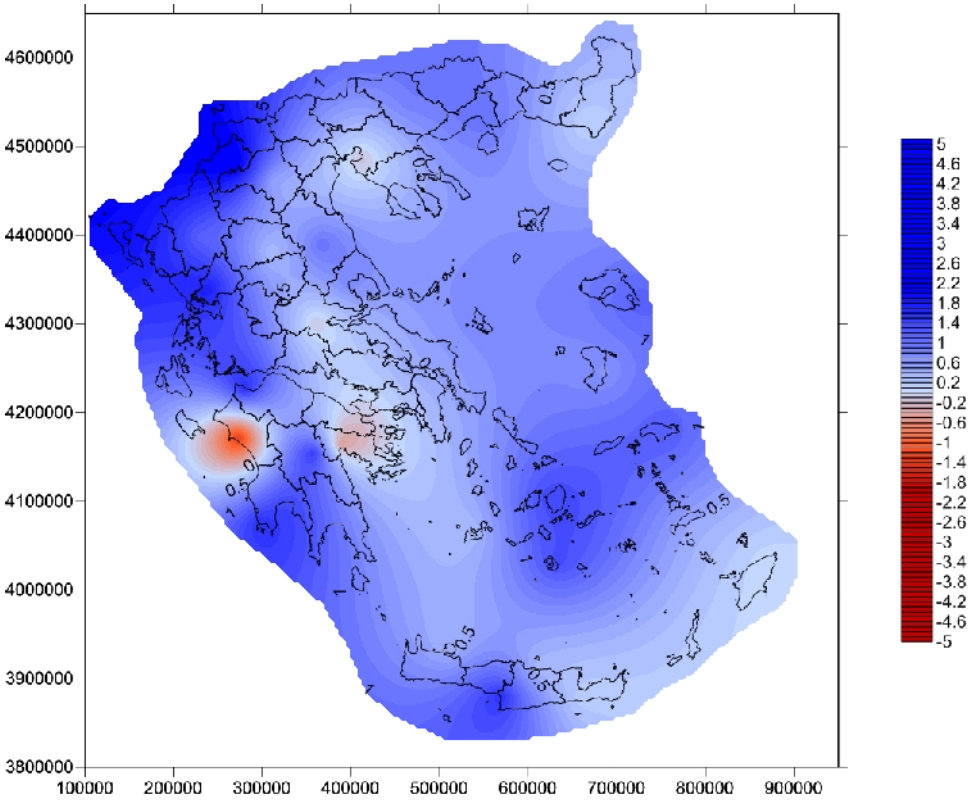
Εικόνα 6.16. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Αύγουστο του 2000 με τις υποθέσεις (kriging)*



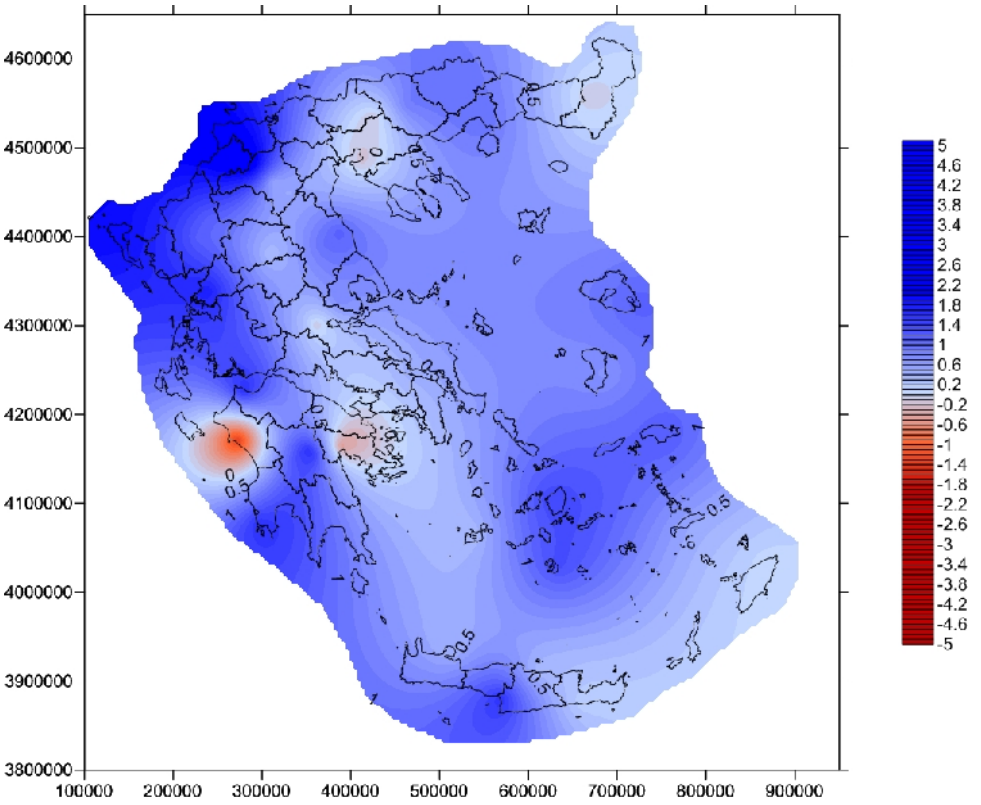
Εικόνα 6.17. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Απρίλιο του 2007 (kriging)*



Εικόνα 6.18. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Απρίλιο του 2007 με τις υποθέσεις (kriging)*



Εικόνα 6.19. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Δεκέμβριο του 2009 (kriging)*



Εικόνα 6.20. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Δεκέμβριο του 2009 με τις υποθέσεις (kriging)*

Κεφάλαιο 7ο
Συμπεράσματα

Στην παρούσας μεταπτυχιακής μελέτης εξετάστηκαν οι σημαντικότερες λειψυδρίες τα τελευταία είκοσι χρόνια στην Ελλάδα. Όπως έχει αναφερθεί και στα προηγούμενα κεφάλαια τα έτη που έπληξαν την Ελλάδα ήταν το 1990, 1993, 2000, 2007. Η μεγαλύτερη λειψυδρία ήταν αυτή του 1990 και σε διάρκεια και σε ένταση. Αρχικά δημιούργησε σοβαρά προβλήματα στην άρδευση των καλλιεργειών και την παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας στην αρχή του έτους και συγκεκριμένα το μήνα Μάρτιο, που στην ουσία ξεκινά η άρδευση των καλλιεργειών. Μετά από ένα μόνο μήνα οι επιστήμονες προέβλεπαν ότι μόνο το 10% από τις καλλιέργειες θα επιβιώσει πράγμα όπου θα δημιουργούσε σοβαρό οικονομικό πρόβλημα στους αγρότες αλλά και στους εθνικούς πόρους. Η σοβαρότητα της κατάστασης ήταν εμφανής, τον Απρίλιο. Οι New York Times είχαν άρθρο για την λειψυδρία που βίωνε η Κρήτη. Το Γεωτεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας πρότεινε λύσεις ώστε να μειωθούν οι επιπτώσεις του φαινομένου στην περιοχή της Μακεδονίας. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του SPI6 ο χειρότερος μήνας για την Ελλάδα ήταν ο Ιούνιος. Η Αττική είχε σοβαρότατο πρόβλημα στους διαθέσιμους υδατικούς πόρους που δημιουργούσαν προβλήματα στην ύδρευση, έτσι πραγματοποιήθηκε μεταφορά νερού με πλοίο από τον Αχελώο προς το Μόρνο που προτάθηκε ώστε να μειωθεί το πρόβλημα. Το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο πρότεινε εκ νέου για το μήνα Ιούλιο τη μεταφορά νερού με πλοίο. Πάρθηκαν γρήγορα μέτρα από τον τότε Πρωθυπουργό για τη διάνοιξη γεωτρήσεων, για τη μεταφορά νερού με υδροφόρα πλοία (με πολύ μεγάλο κόστος) και τη δημιουργία φράγματος στον ποταμό Εύηνο. Η αποκορύφωση του προβλήματος για την Αθήνα ήταν το μήνα Οκτώβριο όπου στην Αθήνα τα αποθέματα σε νερό αρκούσαν μόνο για λίγες μέρες και δεν υπήρχαν πολλές εναλλακτικές λύσεις. Η βροχή όμως του Οκτωβρίου έλυσε το πρόβλημα της ύδρευσης.

Τα επόμενα χρόνια σημειώθηκαν άλλες τρεις λειψυδρίες αλλά αυτή του 2000 ήταν εντονότερη από τις υπόλοιπες, στη συνέχεια έρχονται αυτή του 1993 και του 2007. Αυτές οι τρεις λειψυδρίες δε μπορούν να συγκριθούν με αυτή του 1990, όμως και αυτές δημιούργησαν σημαντικά προβλήματα κυρίως στον αγροτικό τομέα. Η λειψυδρία του 1993 έπληξε κυρίως τη Βόρεια Ελλάδα, τη Θράκη, τα νησιά του Βόρειο - Ανατολικού Αιγαίου και λιγότερο τα Δωδεκάνησα. Στα νησιά το πρόβλημα έγινε εντονότερο τους καλοκαιρινούς μήνες λόγω τουρισμού. Το έτος 2000 το φαινόμενο της λειψυδρίας ήταν εντονότερο στην περιοχή της Στερεάς Ελλάδας και στα νησιά του Βόρειο Ανατολικού Αιγαίου. Τον Αύγουστο του 2000 το φαινόμενο αυτό εντάθηκε σε ολόκληρη την Ελλάδα, τον Οκτώβριο του ίδιου έτους εξασθένησε αρκετά και στο τέλος του έτους επανήλθαν οι φυσιολογικές συνθήκες. Η λειψυδρία του 2000 ήταν η μεγαλύτερη ύστερα από αυτή του 1990, δημιούργησε προβλήματα στις καλλιέργειες της Βόρειας Ελλάδας αλλά δεν συναντήθηκαν προβλήματα στην ύδρευση των μεγάλων αστικών κέντρων.

Σημαντικά προβλήματα δημιούργησε η λειψυδρία του 2007 όπου το φαινόμενο εντάθηκε τον Απρίλιο και το Μάιο και δημιούργησε προβλήματα στην γεωργία. Αυτό οδήγησε τους πολιτικούς να πάρουν γρήγορα μέτρα ώστε να μη συμβούν ανάλογα προβλήματα με αυτά του 1990. Χαρακτηριστικό είναι ότι το ΥΠΕΧΩΔΕ μόλις το Μάρτιο έδωσε μέτρα προς τις Νομαρχίες που επρόκειτο να πληγούν από το φαινόμενο. Στη συνέχεια έγιναν κάποια μικρά έργα υδροληψίας στα νησιά, ακόμα ανακοινώθηκαν και μικρά εγγειοβελτιωτικά έργα κυρίως από την περιοχή της Θεσσαλίας, αυτό έγινε λόγω των αγροτών που καθιστά την περιοχή ιδιαίτερα τρωτή στη λειψυδρία. Τους καλοκαιρινούς μήνες ευτυχώς το φαινόμενο δεν έγινε εντονότερο, όμως τα νησιά λόγω της βιομηχανίας του τουρισμού έκανε την κατάσταση χειρότερη. Το φαινόμενο εξασθένησε σημαντικά μετά το τέλος του καλοκαιριού. Στο τέλος του έτους ανατέθηκε στο Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών η δημιουργία του σχεδίου δράσης για την αντιμετώπιση των λειψυδριών.

Για το έτος 2009 πραγματοποιήθηκε η ίδια διαδικασία ώστε να εμφανιστούν οι διαφορές ανάμεσα σε ένα υγρό έτος με ένα έτος ακραίων λειψυδριών. Η διαφορά ήταν εμφανής όπου σχεδόν όλη η Ελλάδα ήταν υγρή

σε αντίθεση με τα έτη λειψυδρίας. Τα αποτελέσματα για το 2009 έδειχναν ότι οι περιοχές της Κρήτης και του Πύργου πλήττονται από λειψυδρία, ελέγχθηκε περαιτέρω για τυχόν λάθη αλλά δεν προέκυψε κάτι ανάλογο. Δημοσιεύματα του τύπου το Μάιο του 2010 ανέφεραν ότι τελειώνουν τα αποθέματα διαθέσιμου νερού στην περιοχή της Κρήτης. Η Ιθάκη που γεωγραφικά βρίσκεται απέναντι από τον Πύργο, ανακοινώθηκε ότι κατά την διάρκεια των καλοκαιρινών μηνών όπου η ζήτηση του νερού θα ήταν αυξημένη λόγω τουρισμού θα πραγματοποιούνταν διακοπές στην υδροδότηση. Αυτή η λύση δεν συμπεριλαμβάνεται στα διαχειριστικά μέτρα αντιμετώπισης της λειψυδρίας. Ο τύπος και οι συνθήκες στις δυο περιοχές επιβεβαίωσαν ότι τα αποτελέσματα των δεικτών ήταν ορθά και απέδειξαν ότι μπορεί κανείς να βασιστεί στις ενδείξεις.

Η χρήση των δεικτών της λειψυδρίας είναι ένα σημαντικό κομμάτι για την ολοκληρωμένη διαχείριση των υδατικών πόρων σε μια περιοχή ή σε εθνικό επίπεδο. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι τα αποτελέσματα που έδινε ο SPI6 για το έτος 2009 για επικείμενη μεγάλη και ακραία λειψυδρία στην Κρήτη αλλά και στον Πύργο, που έπειτα αποδείχθηκε ότι τα αποθέματα νερού στην περιοχή των Χανίων τέλειωναν, όπως και στην Ιθάκη που βρίσκεται απέναντι από τον Πύργο λόγω έλλειψης αποθεμάτων νερού θα προβούν σε ακραία μέτρα (μη επιστημονικά). Για μεγαλύτερη ασφάλεια και για καλύτερα αποτελέσματα χρειάζεται η χρησιμοποίηση περισσοτέρων από ένα δείκτη. Ένα άλλο μέρος της διαχείρισης είναι η πρόγνωση για το φαινόμενο της λειψυδρίας, όμως είναι εξαιρετικά δύσκολο και επικίνδυνο ειδικά για μεγάλες χρονικές περιόδους, αλλά σε συνδυασμό δεικτών-πρόγνωσης τα αποτελέσματα για τη λήψη των αποφάσεων θα είναι σαφώς ικανοποιητικότερα. Επίσης σημαντικό κομμάτι είναι η ποιότητα των μετεωρολογικών δεδομένων που χρησιμοποιούνται. Στην εν λόγω μελέτη το πλήθος των μετεωρολογικών σταθμών που χρησιμοποιήθηκαν ήταν αρκετά ικανοποιητικό, όμως υπήρχαν περιοχές που πιθανών να έπρεπε να υπάρχουν και άλλοι σταθμοί όπως είναι οι περιοχές της Βόρειας Ελλάδας, της Θράκης και της Νότιο Ανατολικής Πελοποννήσου.

Η δημιουργία των δώδεκα υποθετικών σταθμών σε μεγαλύτερα υψόμετρα (μεγαλύτερη βροχόπτωση από τα πεδινά) επιβεβαίωσε την

πλειοψηφία των περιπτώσεων ότι η λειψυδρία είναι ηπιότερη από ότι στα πεδινά. Οι υποθέσεις έδιναν τα αναμενόμενα αποτελέσματα κυρίως στις ακραίες λειψυδρίες, ενώ σε ήπια φαινόμενα λειψυδρίας μερικές φορές έδιναν ότι η κατάσταση είναι ελάχιστα εντονότερη αλλά δεν υπήρχε μεγάλη διαφορά. Μπορεί κανείς να το παρατηρήσει από τις εικόνες 6.19 και 6.20. Για να βγει ένα τέτοιο συμπέρασμα όμως πρέπει να μελετηθεί περαιτέρω και να διασταυρωθούν τα αποτελέσματα με πραγματικούς σταθμούς σε μεγαλύτερα υψόμετρα.

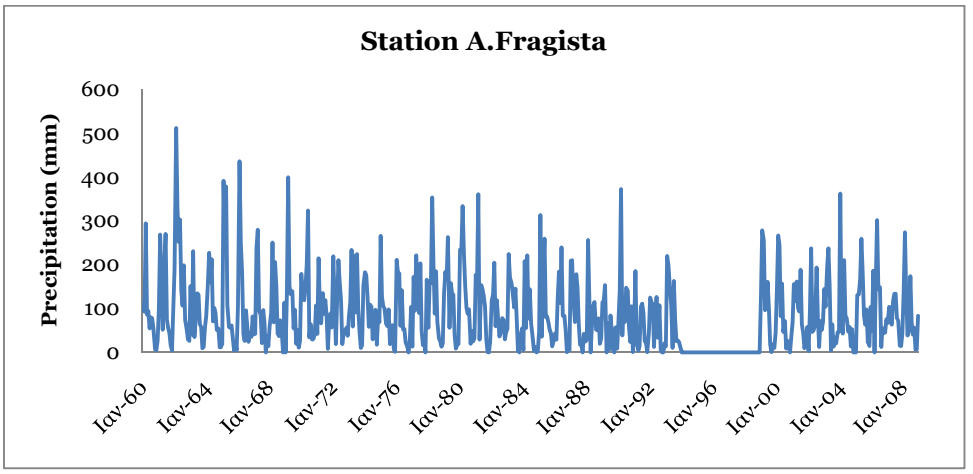
Για να προφυλαχθεί η Ελλάδα αλλά και άλλες χώρες από ακραία φαινόμενα λειψυδρίας πρέπει να οχυρωθεί με ένα σχέδιο δράσης ικανό να θέσει τους σκοπούς και τους στόχους με στρατηγική διορατικότητα για τη διαχείριση των υδατικών πόρων. Όμως συνήθως στην Ελλάδα οι πολιτικοί και οι λήπτες των αποφάσεων δεν λειτουργούν με διορατικότητα και βάση του σχεδίου που υπάρχει για την αντιμετώπιση και τον μετριασμό του φαινομένου, ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι το σχήμα 7.1 όπου αποτυπώνει την παρούσα κατάσταση με τον υδρο(παρά)λογο κύκλο. Η ανησυχία και ο πανικός κατά τη διάρκεια μιας λειψυδρίας αντικαθίστανται γρήγορα από την απάθεια μόλις επιστρέψουν οι βροχές και οι συνθήκες λειψυδρίας βελτιωθούν. Εάν οι πολιτικοί επιθυμούν να διασπάσουν αυτόν τον κύκλο στο επόμενο επεισόδιο της λειψυδρίας ή έστω να μειώσουν την τρωτότητα του συστήματος πρέπει να αντικατασταθεί η αδιαφορία με τον προληπτικό σχεδιασμό στο σχήμα 7.2.

Σχήμα 7.1. *Ο Υδρο(παρα)λογικός Κύκλος*

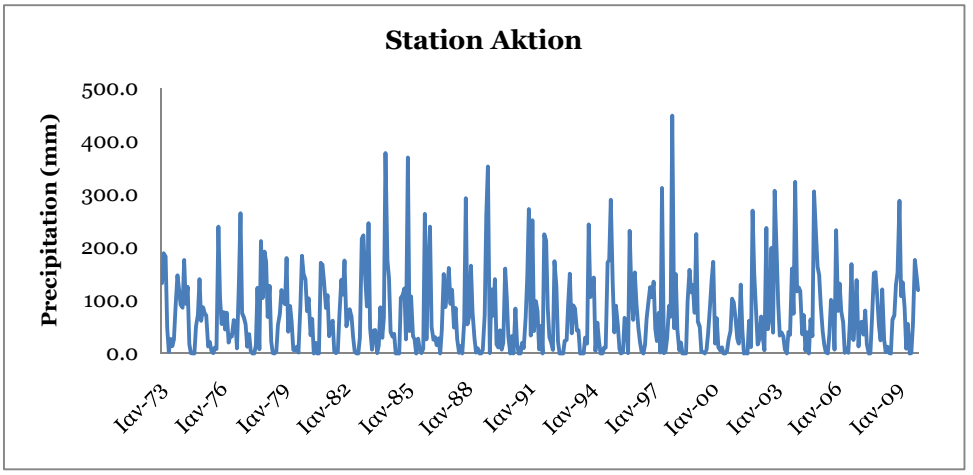
Σχήμα 7.1. *Ο Υδρο(φυσιο)λογικός Κύκλος*

Σύμφωνα με το σχέδιο δράσης που έχει δημιουργηθεί από το Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών (επιστημονικός υπεύθυνος Χρίστος Καραβίτης) το 2007 με τίτλο «Τεχνική Υποστήριξη της Κεντρικής Υπηρεσίας Υδάτων για την κατάρτιση των στρατηγικών διαχείρισης λειψυδριών και ενός βραχυπρόθεσμου σχεδίου αντιμετώπισης κινδύνου λειψυδρίας» αναπτύσσει και δίνει λύσεις πως πρέπει η χώρα να προφυλαχθεί και να αντιμετωπίσει την επερχόμενη λειψυδρία. Επιπλέον αναλύει τις ευθύνες και τα καθήκοντα των ειδικών ομάδων δράσης αλλά και των ληπτών των αποφάσεων. Οι λειψυδρίες των τελευταίων είκοσι ετών όπως εμφανίστηκαν στην παρούσα μελέτη έδειξαν ότι η πολιτεία πρέπει να οργανωθεί με το ισχυρό όπλο του προληπτικού σχεδιασμού ώστε οι λήπτες των αποφάσεων να μην προβούν σε λύσεις βεβιασμένες και αποφάσεις κάτω από μεγάλη πίεση που τελικά δεν επιφέρουν τα αναμενόμενα αποτελέσματα. Αντίθετα με τη σωστή προετοιμασία μειώνεται η τρωτότητα του συστήματος-περιοχής στα της λειψυδρίας.

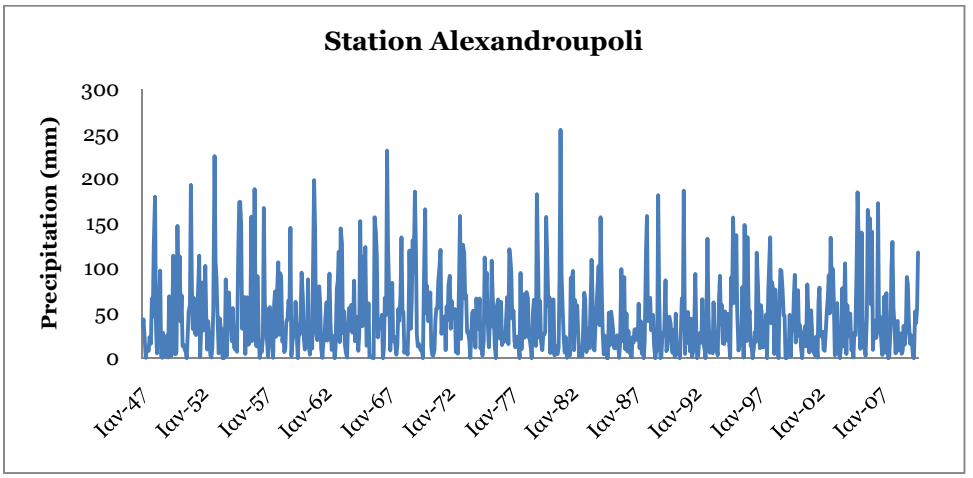
Παράρτημα Ι
Βροχοπτώσεις



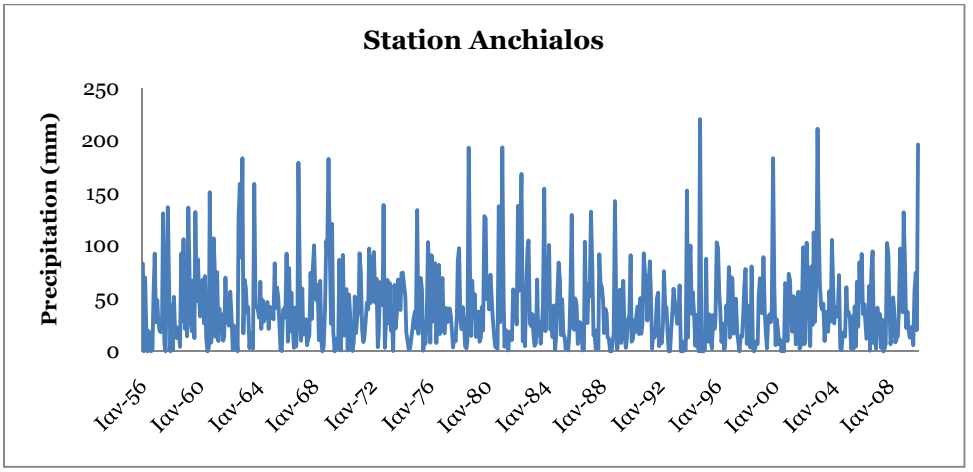
Διάγραμμα Ι.1. *Βροχόπτωση για τον σταθμό της Α.Φραγκίστα*



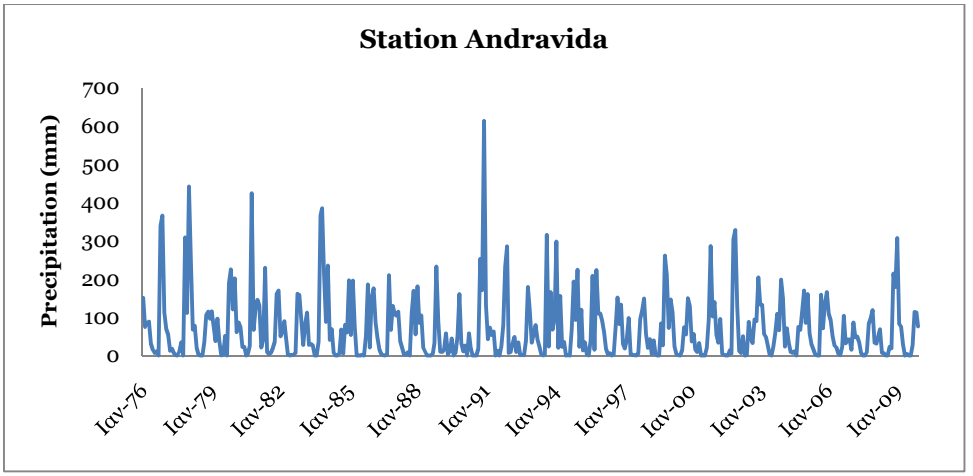
Διάγραμμα Ι.2. *Βροχόπτωση για τον σταθμό του Ακτίου*



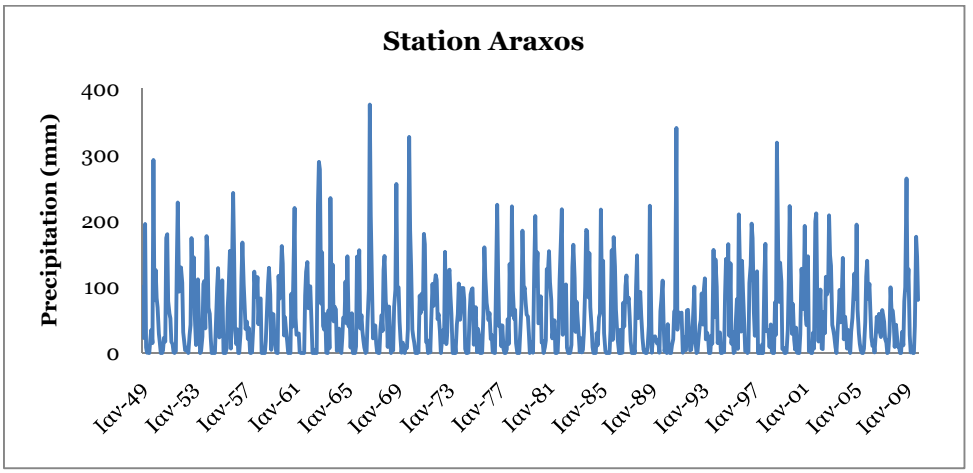
Διάγραμμα Ι.3. *Βροχόπτωση για τον σταθμό της Αλεξανδρούπολης*



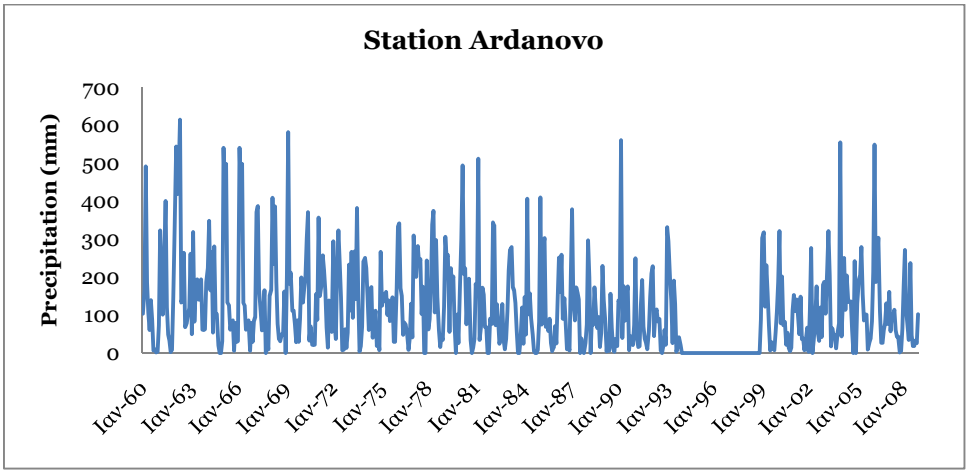
Διάγραμμα Ι.4. *Βροχόπτωση για τον σταθμό της Αγχιάλου*



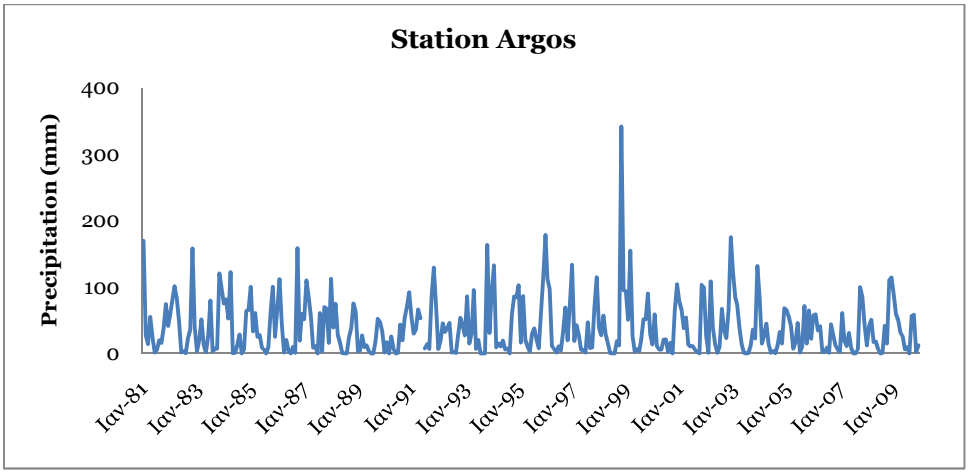
Διάγραμμα Ι.4. *Βροχόπτωση για τον σταθμό της Ανδραβίδας*



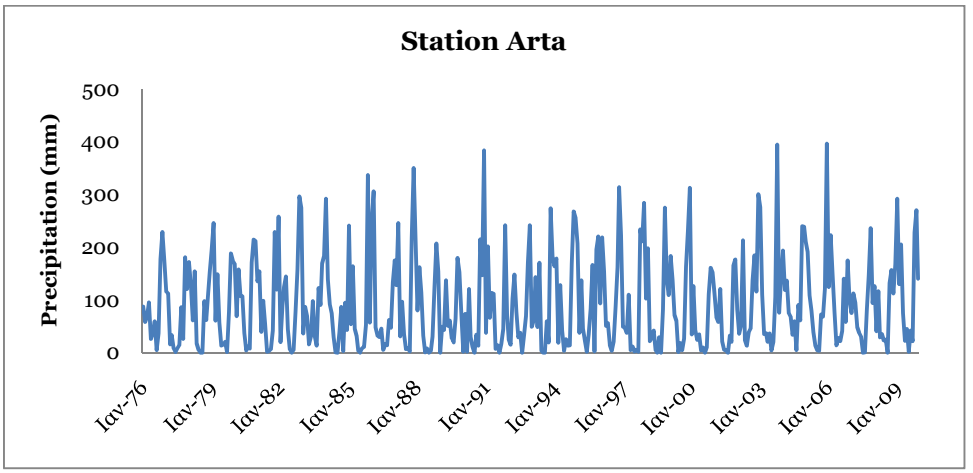
Διάγραμμα Ι.5. *Βροχόπτωση για τον σταθμό του Άραξου*



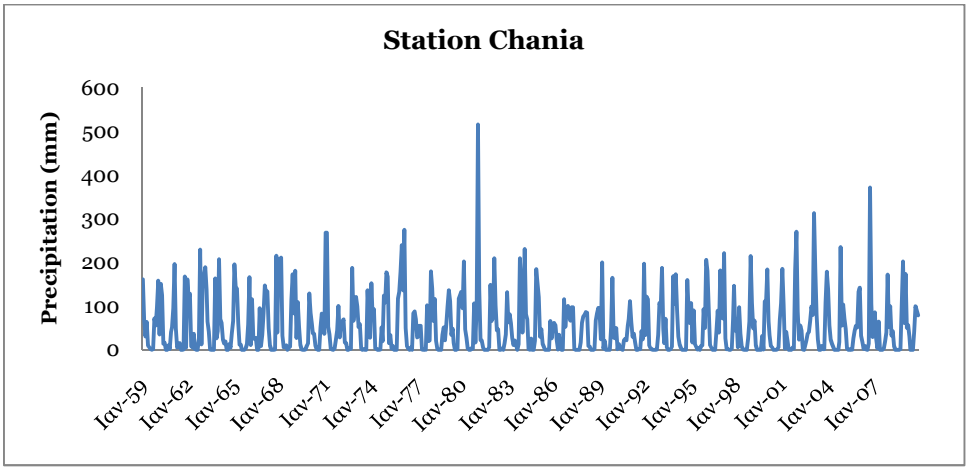
Διάγραμμα Ι.6. *Βροχόπτωση για τον σταθμό του Αρδάναβου*



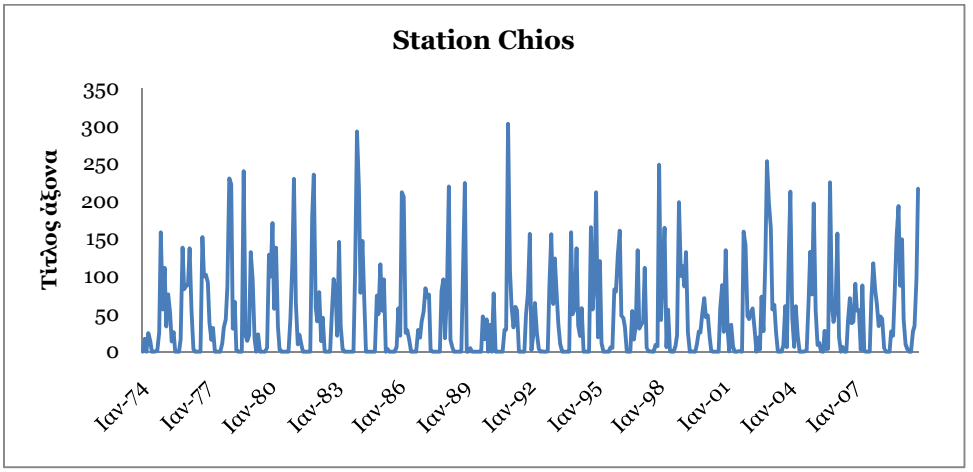
Διάγραμμα Ι.7. *Βροχόπτωση για τον σταθμό του Άργους*



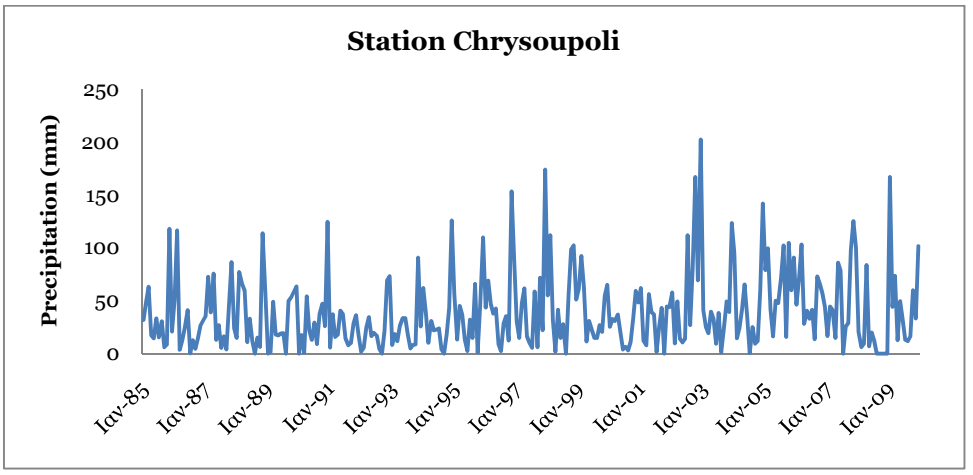
Διάγραμμα Ι.8. *Βροχόπτωση για τον σταθμό της Άρτας*



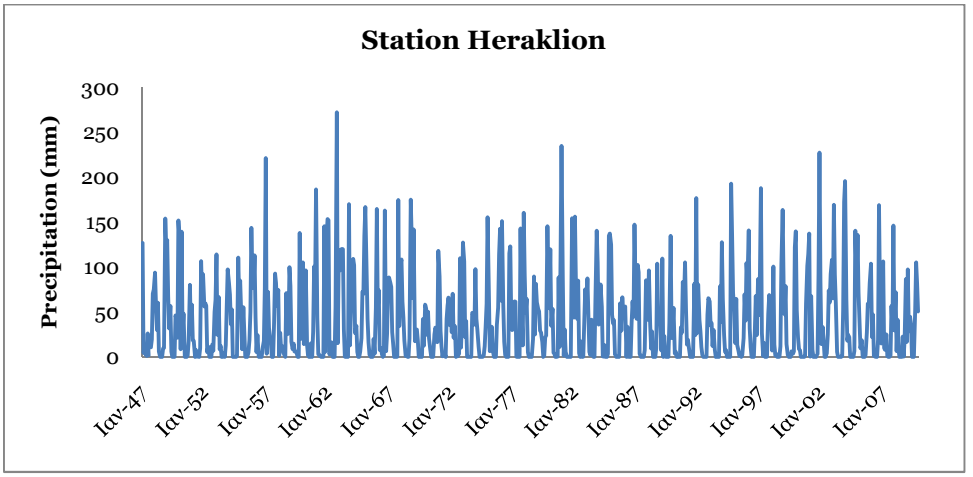
Διάγραμμα Ι.9. *Βροχόπτωση για τον σταθμό των Χανίων*



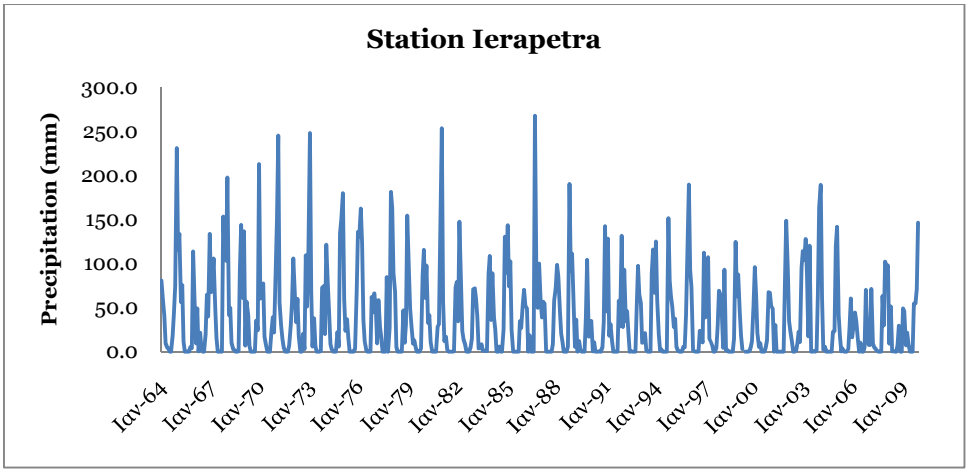
Διάγραμμα Ι.10. *Βροχόπτωση για τον σταθμό της Χίου*



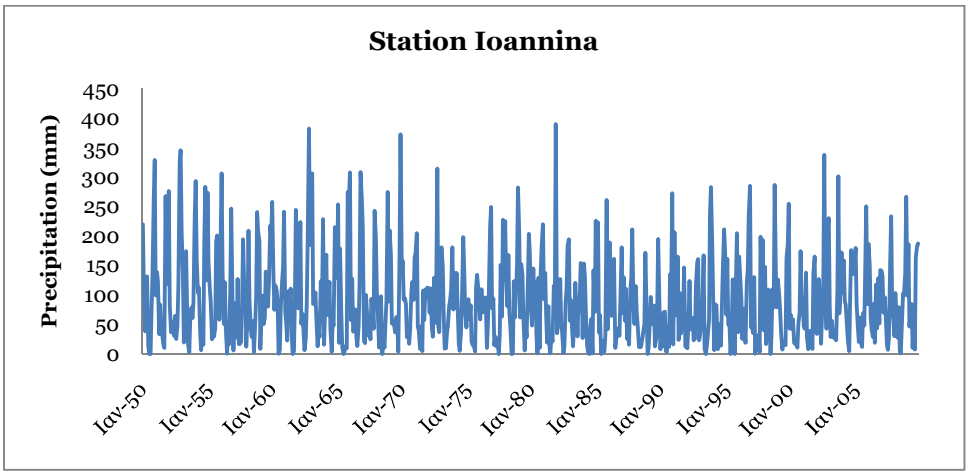
Διάγραμμα Ι.11. *Βροχόπτωση για τον σταθμό της Χρυσούπολης*



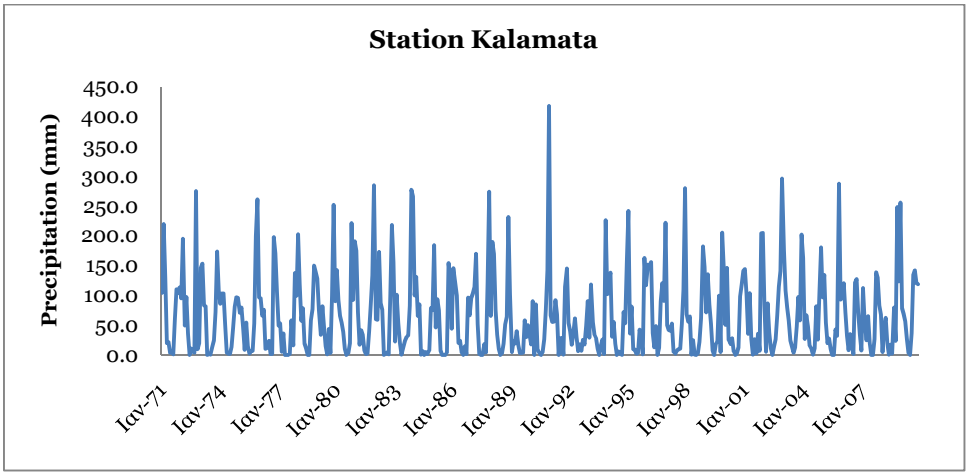
Διάγραμμα Ι.12. *Βροχόπτωση για τον σταθμό του Ηρακλείου*



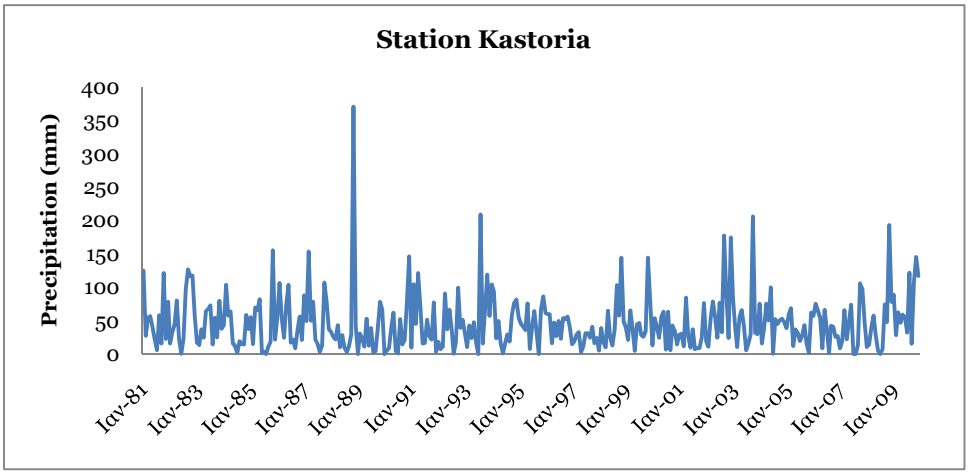
Διάγραμμα Ι.13. *Βροχόπτωση για τον σταθμό της Ιεράπετρας*



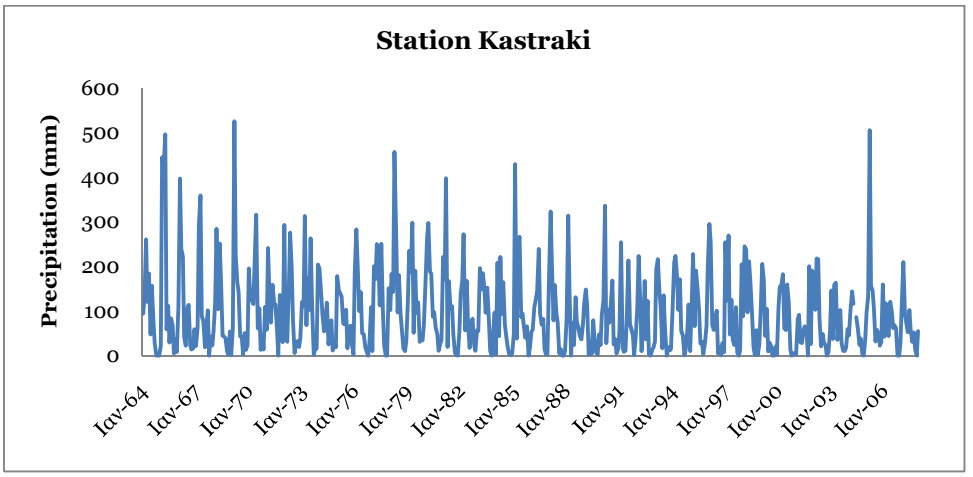
Διάγραμμα Ι.14. *Βροχόπτωση για τον σταθμό των Ιωαννίνων*



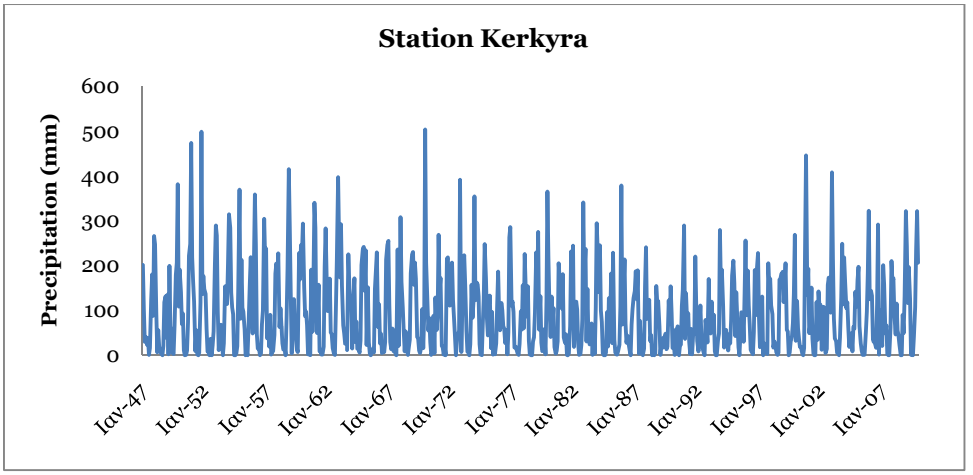
Διάγραμμα Ι.15. *Βροχόπτωση για τον σταθμό της Καλαμάτας*



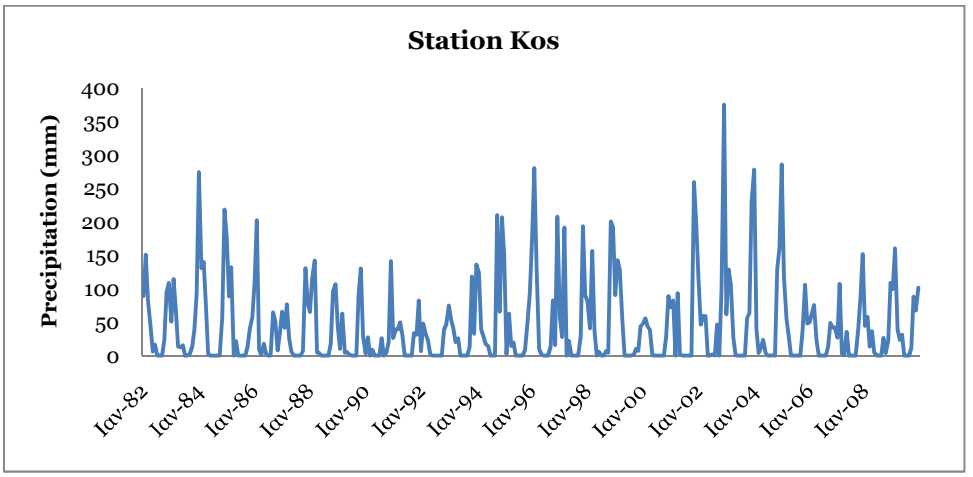
Διάγραμμα Ι.16. *Βροχόπτωση για τον σταθμό της Καστοριάς*



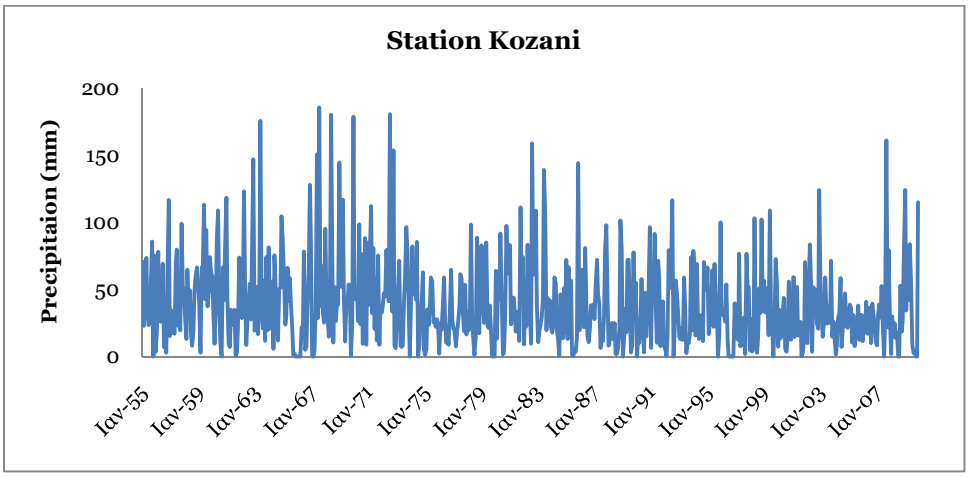
Διάγραμμα Ι.17. *Βροχόπτωση για τον σταθμό του Καστρακίου*



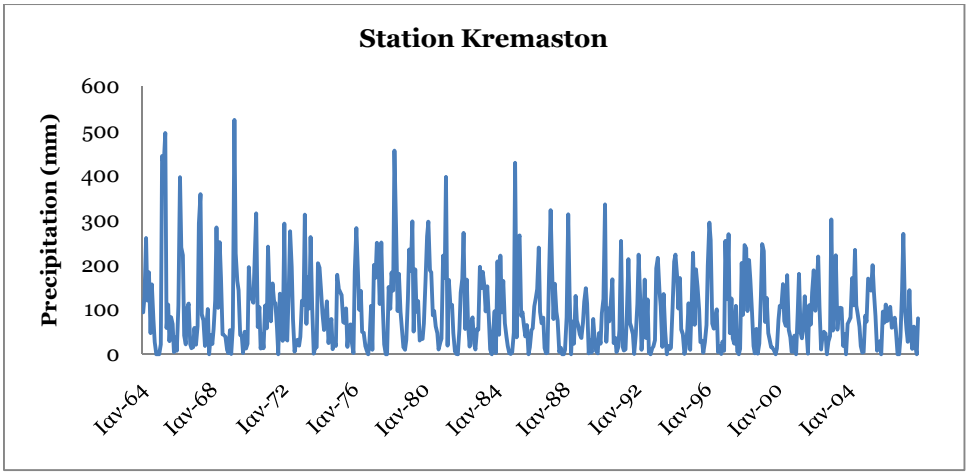
Διάγραμμα Ι.18. *Βροχόπτωση για τον σταθμό της Κέρκυρας*



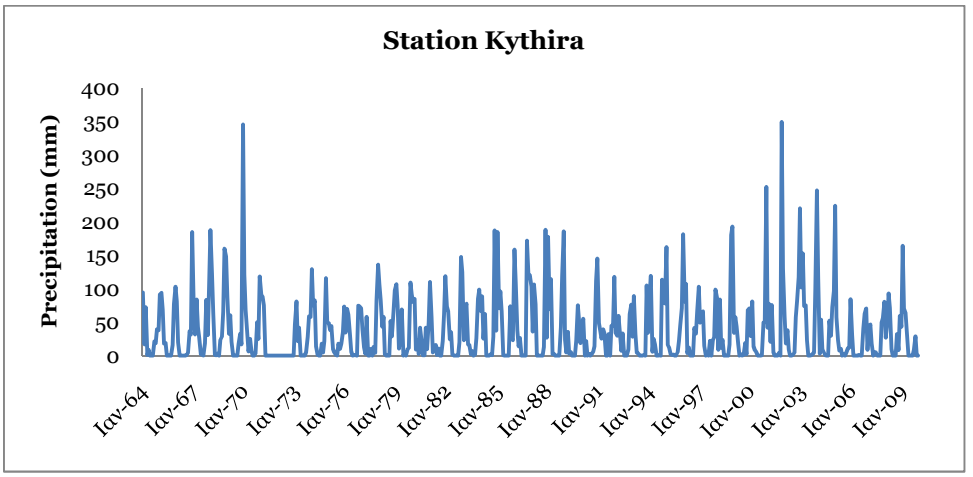
Διάγραμμα Ι.19. *Βροχόπτωση για τον σταθμό της Κω*



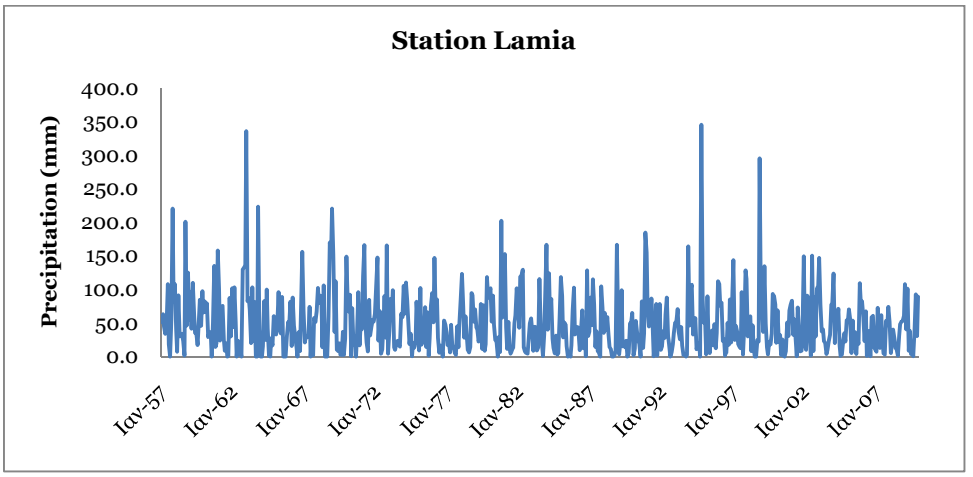
Διάγραμμα Ι.20. *Βροχόπτωση για τον σταθμό της Κοζάνης*



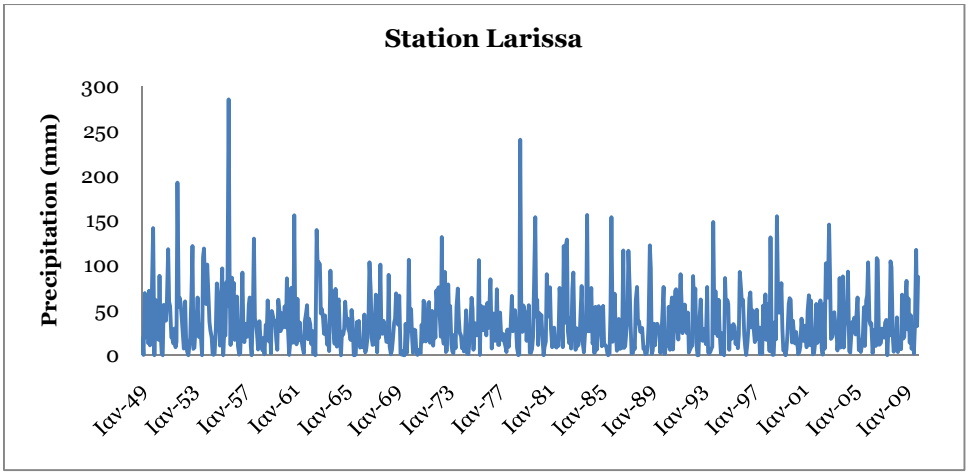
Διάγραμμα Ι.21. *Βροχόπτωση για τον σταθμό των Κρεμαστών*



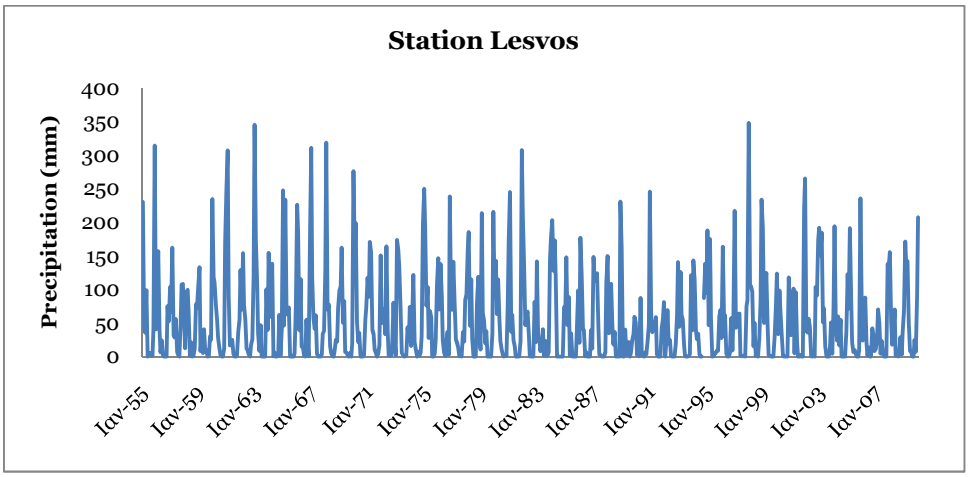
Διάγραμμα Ι.22. *Βροχόπτωση για τον σταθμό των Κυθήρων*



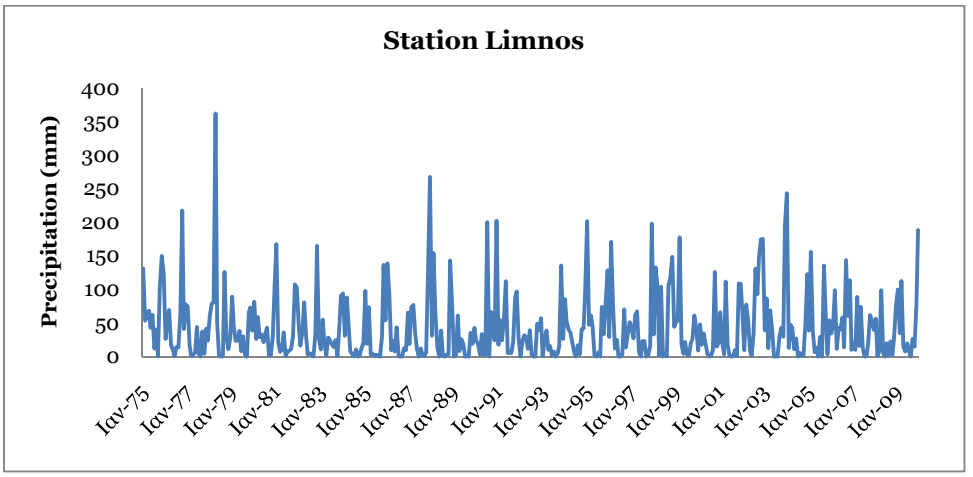
Διάγραμμα Ι.23. *Βροχόπτωση για τον σταθμό της Λαμίας*



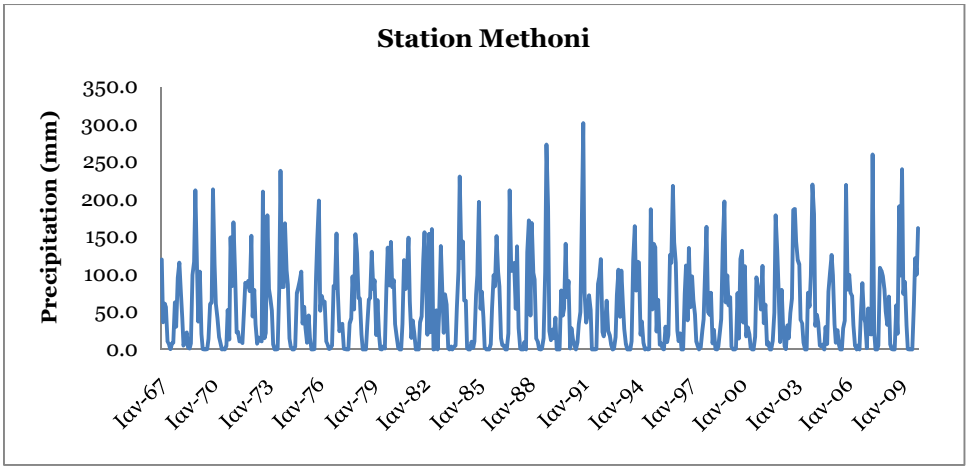
Διάγραμμα Ι.24. *Βροχόπτωση για τον σταθμό της Λάρισας*



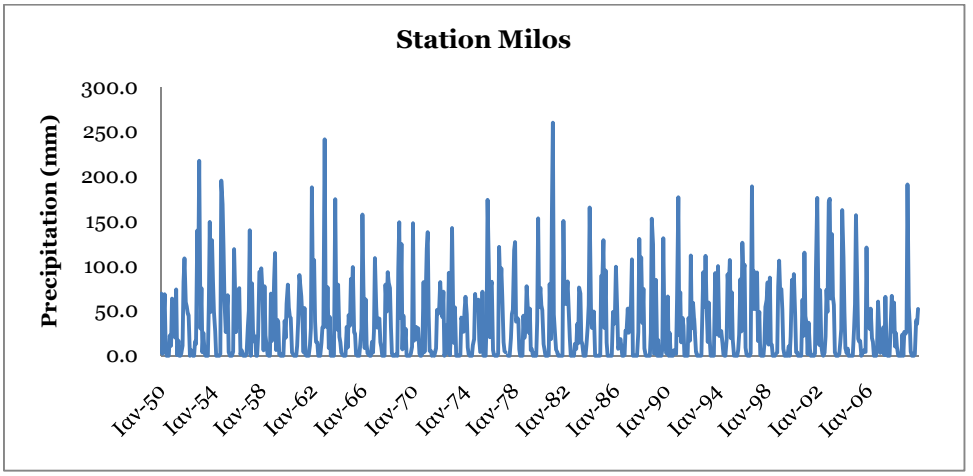
Διάγραμμα Ι.25. *Βροχόπτωση για τον σταθμό της Λέσβου*



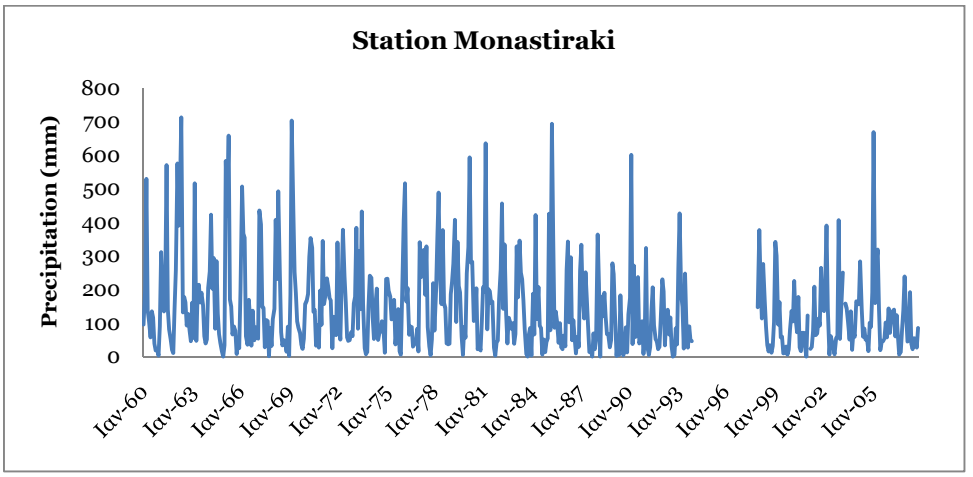
Διάγραμμα Ι.26. *Βροχόπτωση για τον σταθμό της Λήμνου*



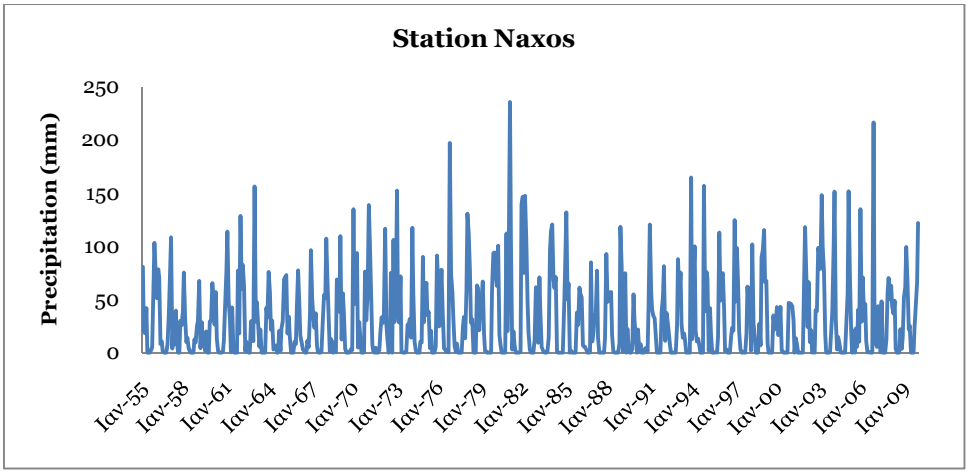
Διάγραμμα Ι.27. *Βροχόπτωση για τον σταθμό της Μεθώνης*



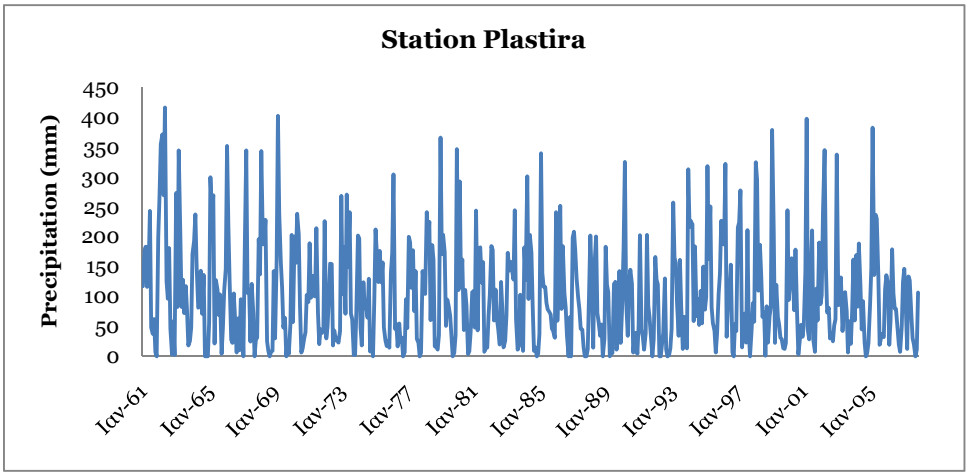
Διάγραμμα Ι.28. *Βροχόπτωση για τον σταθμό της Μήλου*



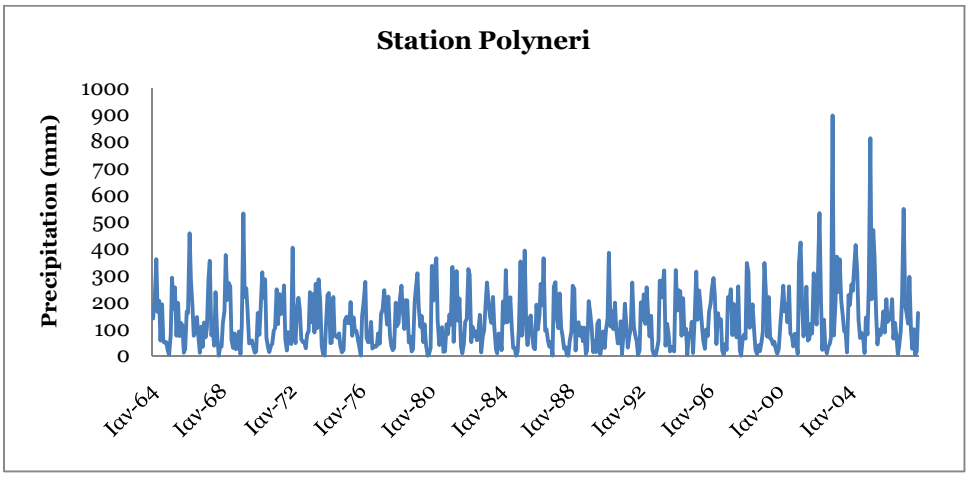
Διάγραμμα Ι.29. *Βροχόπτωση για τον σταθμό του Μοναστηρακίου*



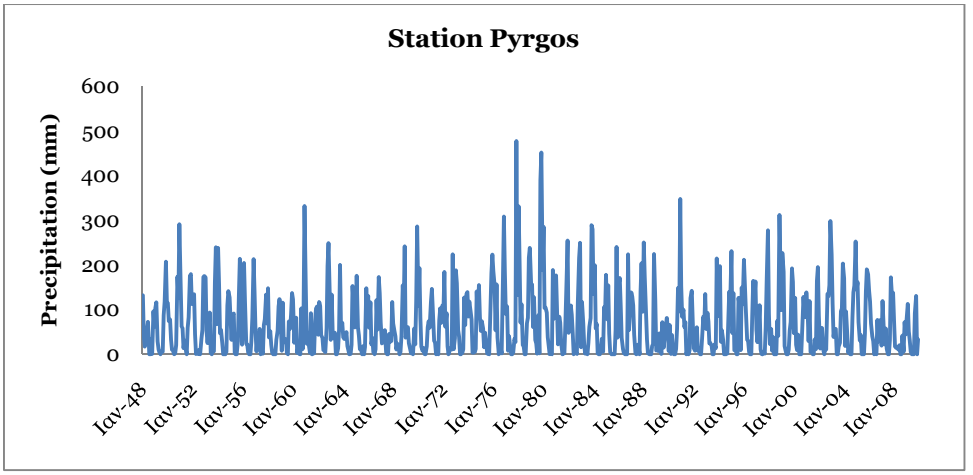
Διάγραμμα Ι.30. *Βροχόπτωση για τον σταθμό της Νάξου*



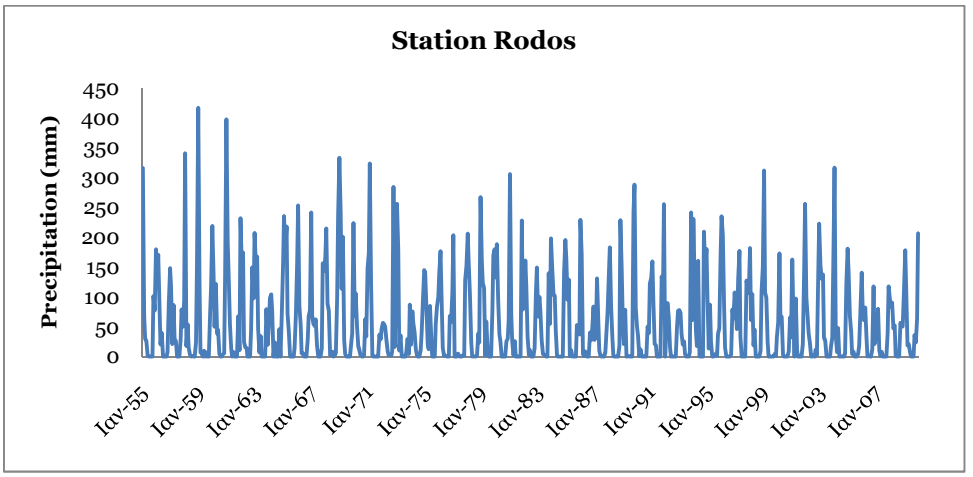
Διάγραμμα Ι.31. *Βροχόπτωση για τον σταθμό του Πλαστήρα*



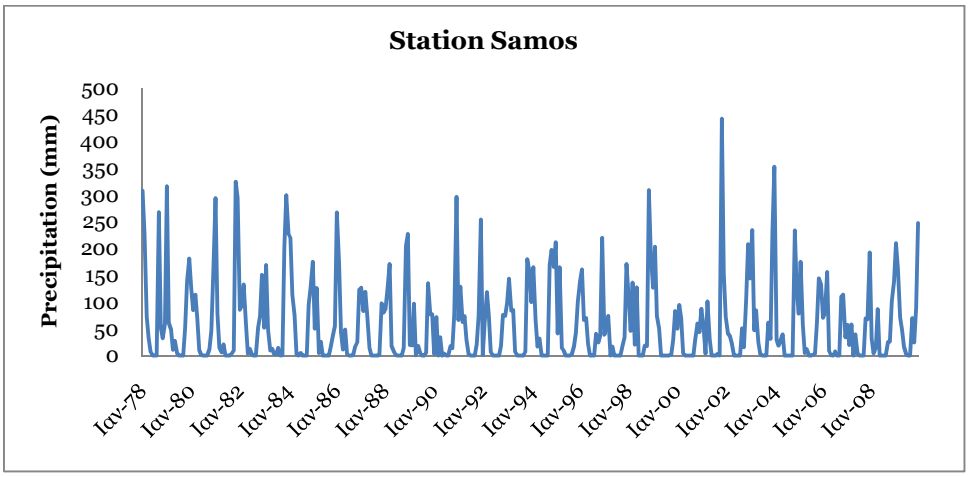
Διάγραμμα Ι.32. *Βροχόπτωση για τον σταθμό του Πολυνερίου*



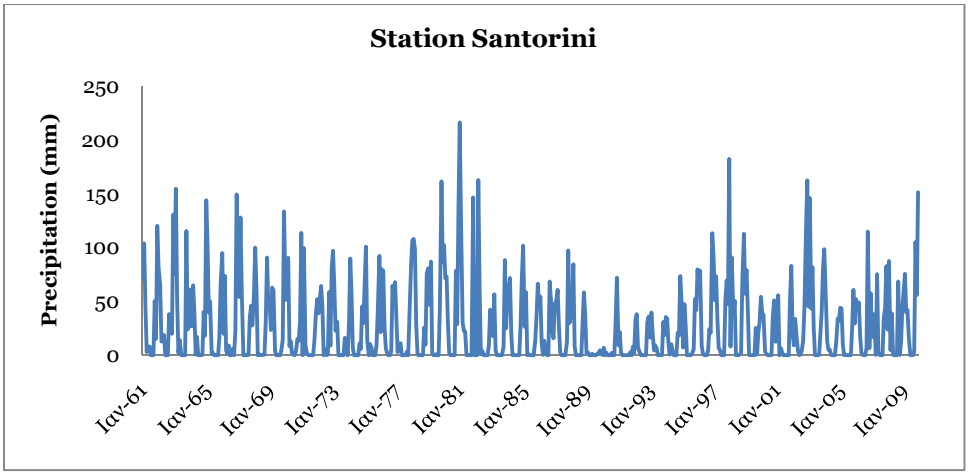
Διάγραμμα Ι.33. *Βροχόπτωση για τον σταθμό του Πύργου*



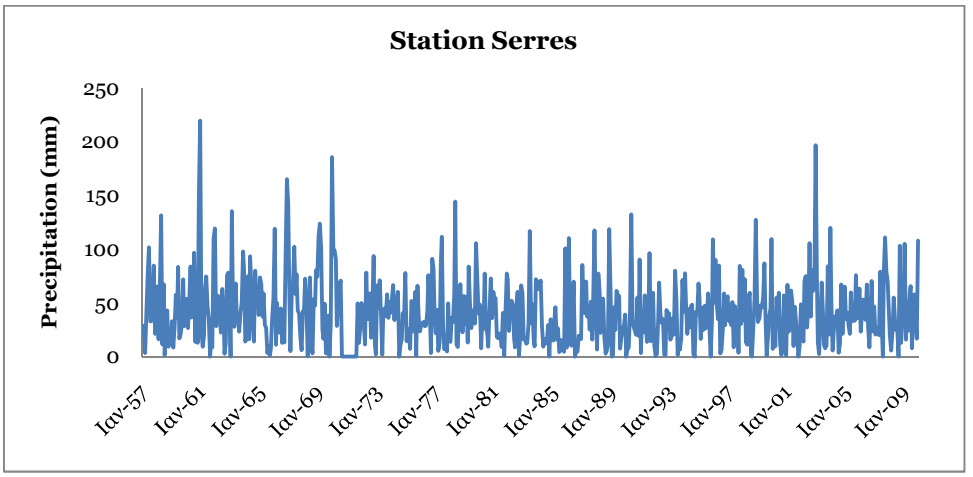
Διάγραμμα Ι.34. *Βροχόπτωση για τον σταθμό της Ρόδου*



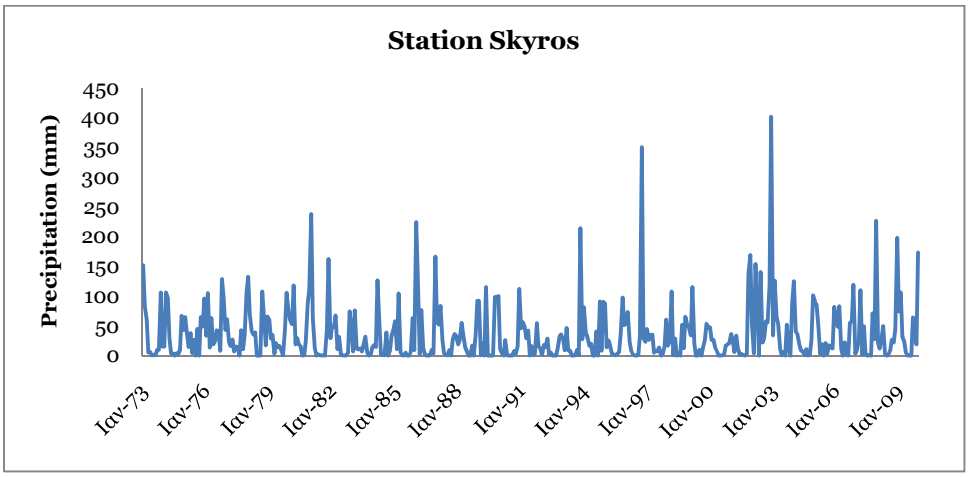
Διάγραμμα Ι.35. *Βροχόπτωση για τον σταθμό της Σάμου*



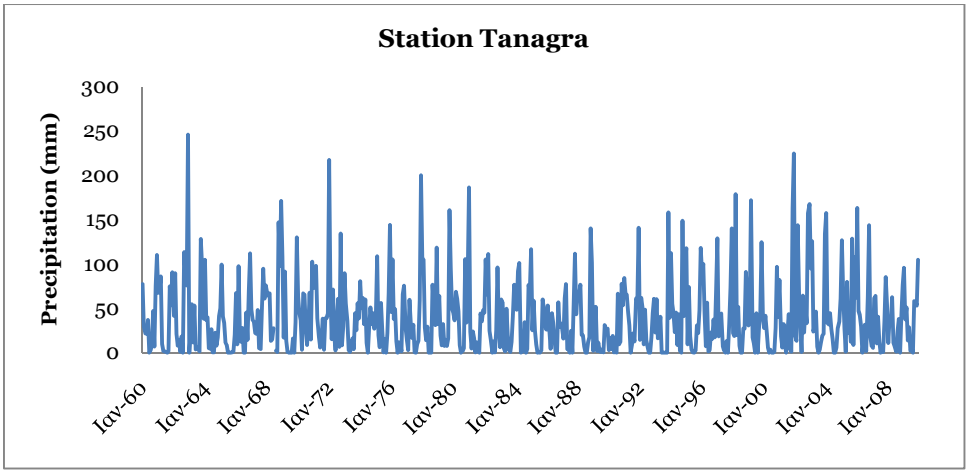
Διάγραμμα Ι.36. *Βροχόπτωση για τον σταθμό της Σαντορίνης*



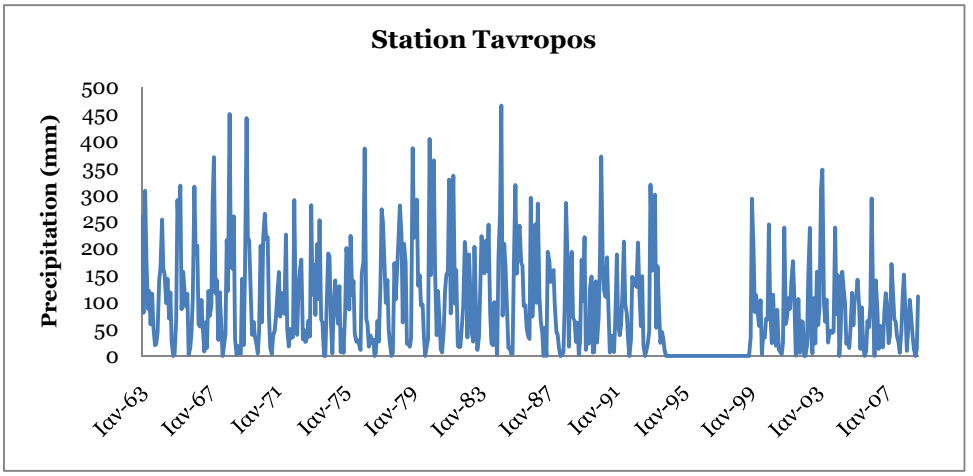
Διάγραμμα Ι.37. *Βροχόπτωση για τον σταθμό των Σερρών*



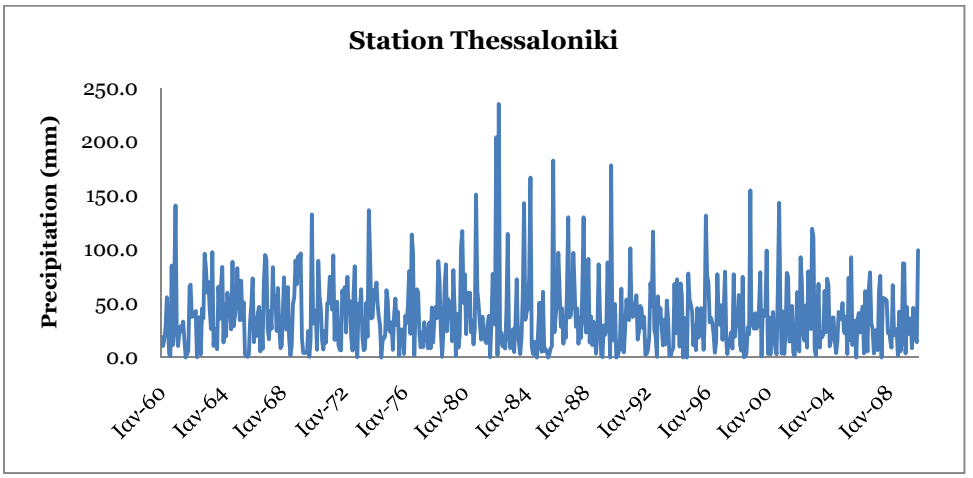
Διάγραμμα Ι.38. *Βροχόπτωση για τον σταθμό της Σκύρου*



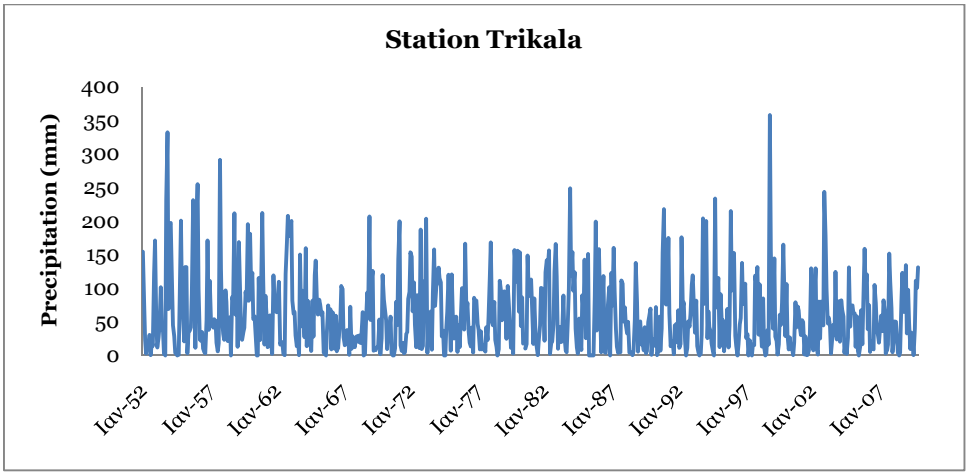
Διάγραμμα Ι.39. *Βροχόπτωση για τον σταθμό της Τανάγρας*



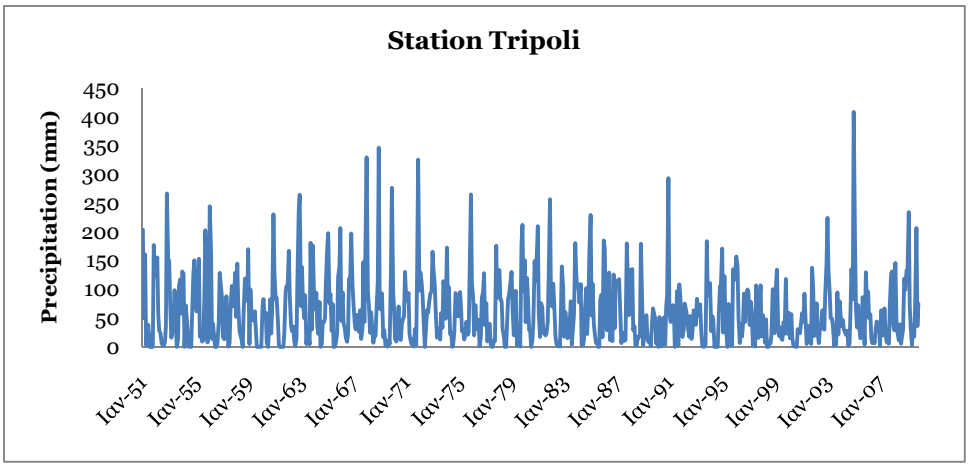
Διάγραμμα Ι.40. *Βροχόπτωση για τον σταθμό του Ταβρωπού*



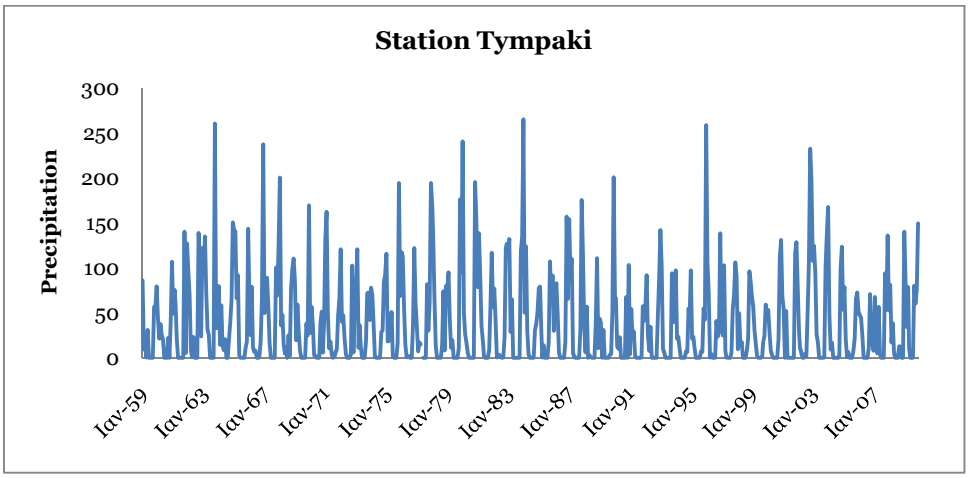
Διάγραμμα Ι.41. *Βροχόπτωση για τον σταθμό της Θεσσαλονίκης*



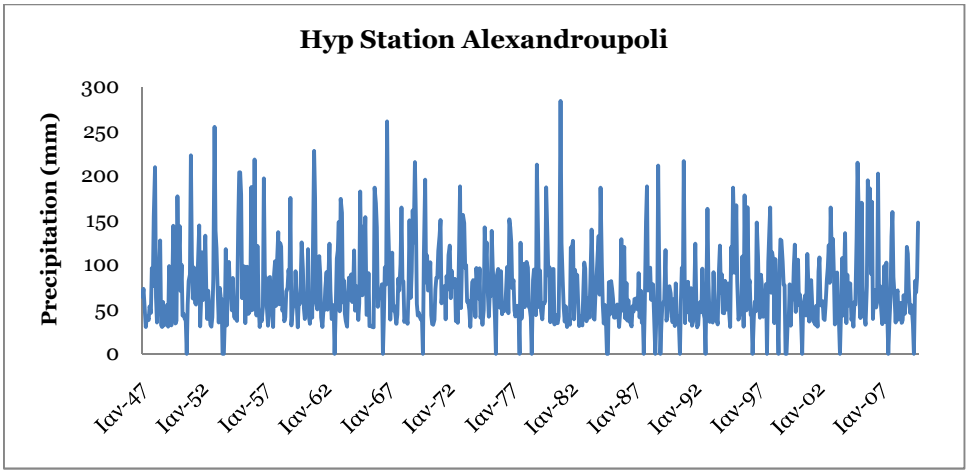
Διάγραμμα Ι.42. *Βροχόπτωση για τον σταθμό των Τρικάλων*



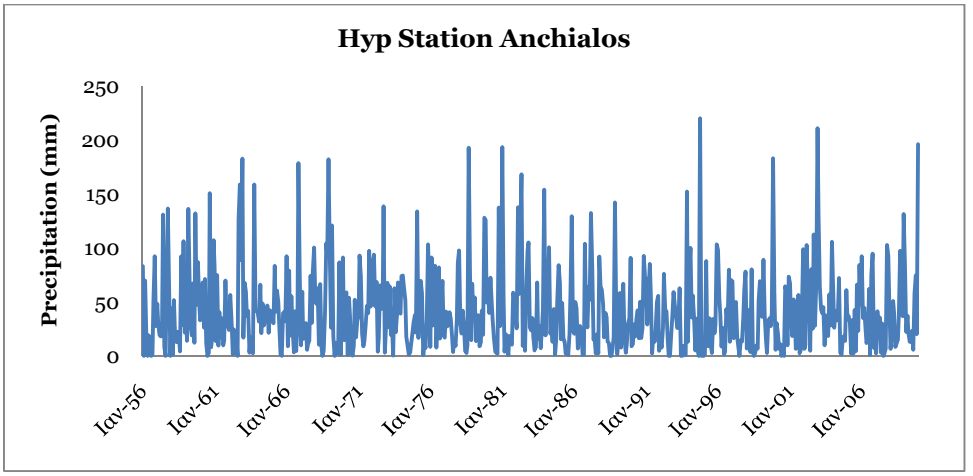
Διάγραμμα Ι.43. *Βροχόπτωση για τον σταθμό της Τρίπολης*



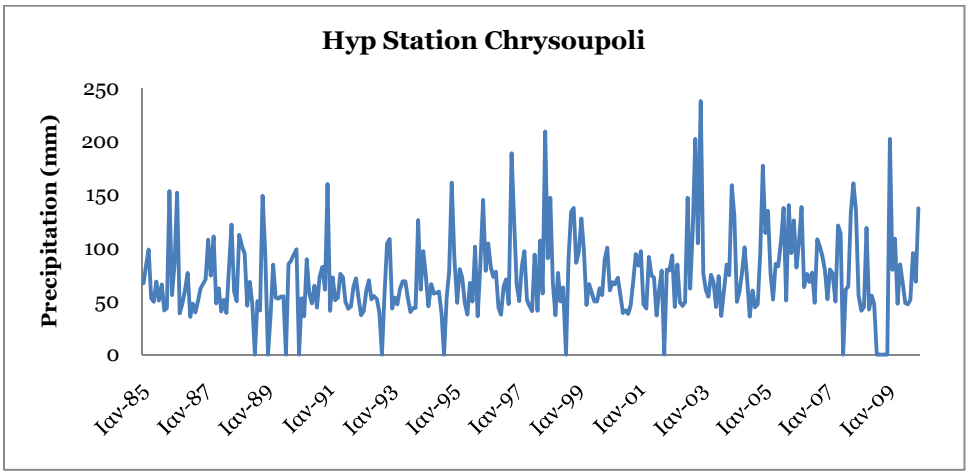
Διάγραμμα Ι.44. *Βροχόπτωση για τον σταθμό του Τυμπάκιου*



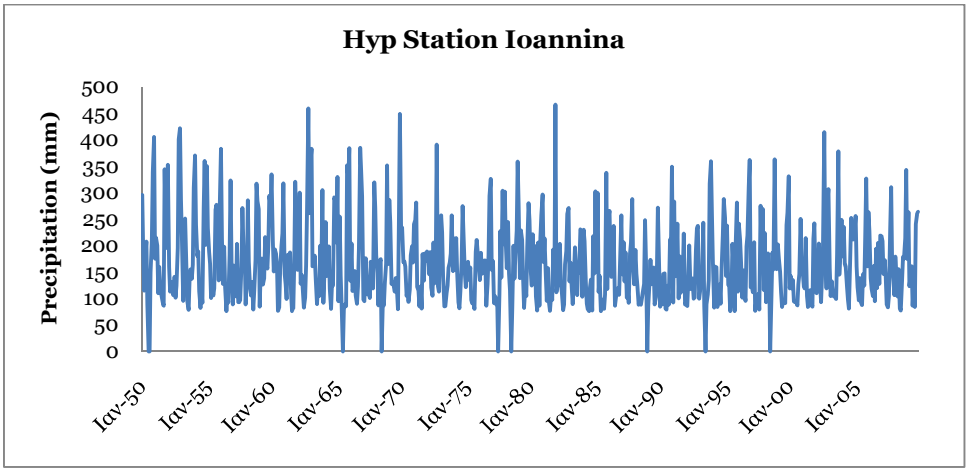
Διάγραμμα Ι.45. *Βροχόπτωση για τον υποθετικό σταθμό της Αλεξανδρούπολης*



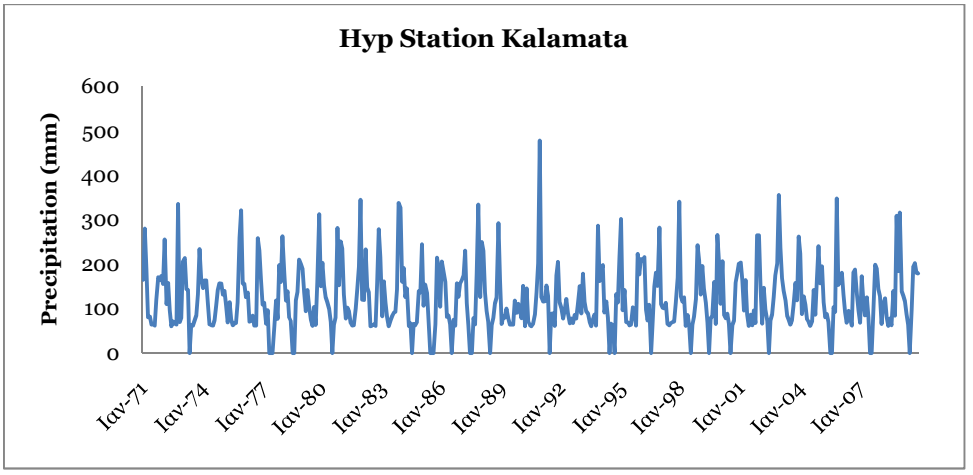
Διάγραμμα Ι.46. *Βροχόπτωση για τον υποθετικό σταθμό της Αγχιάλου*



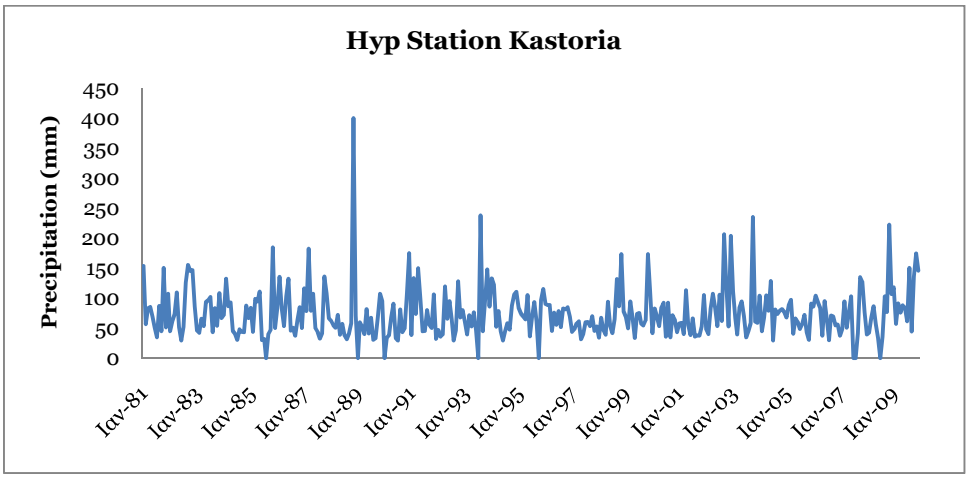
Διάγραμμα Ι.47. *Βροχόπτωση για τον υποθετικό σταθμό της Χρυσούπολης*



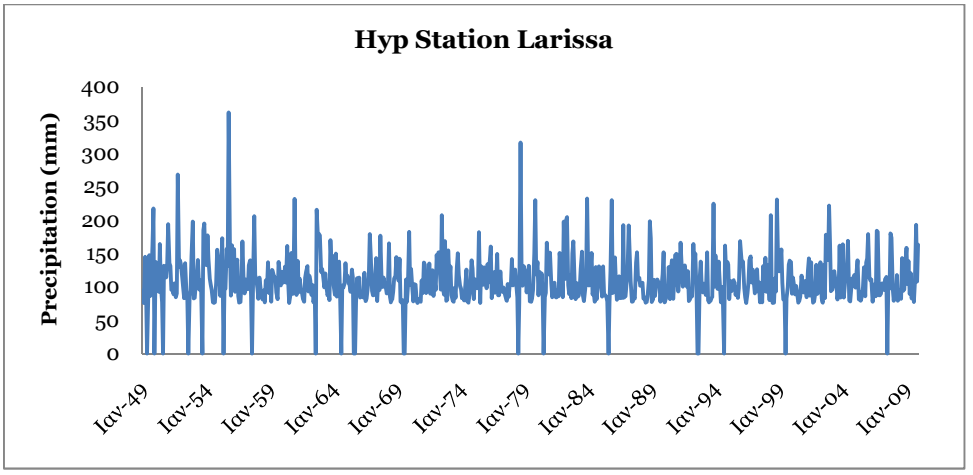
Διάγραμμα Ι.48. *Βροχόπτωση για τον υποθετικό σταθμό των Ιωαννίνων*



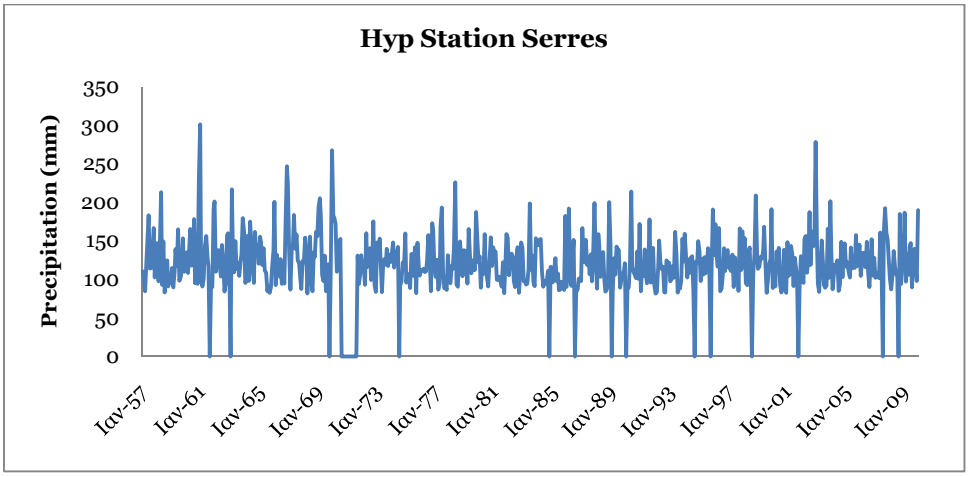
Διάγραμμα Ι.49. *Βροχόπτωση για τον υποθετικό σταθμό των Ιωαννίνων*



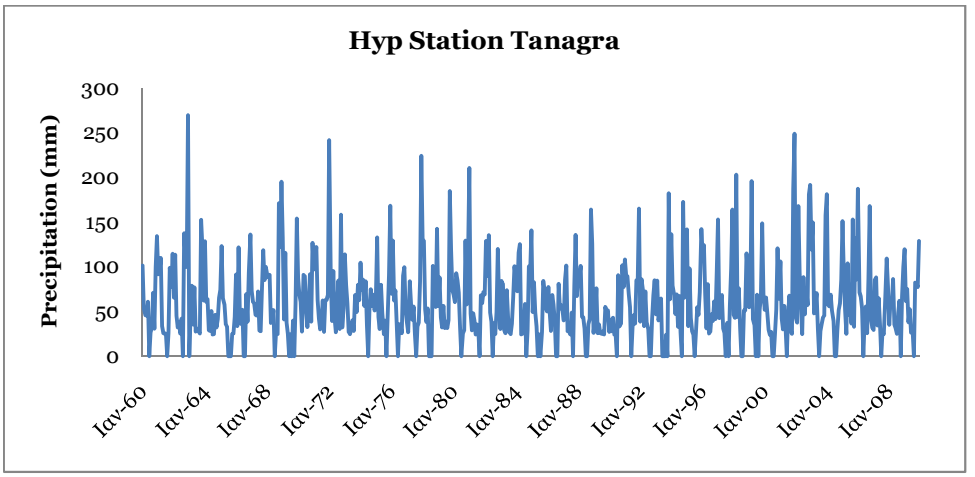
Διάγραμμα Ι.50. *Βροχόπτωση για τον υποθετικό σταθμό της Καστοριάς*



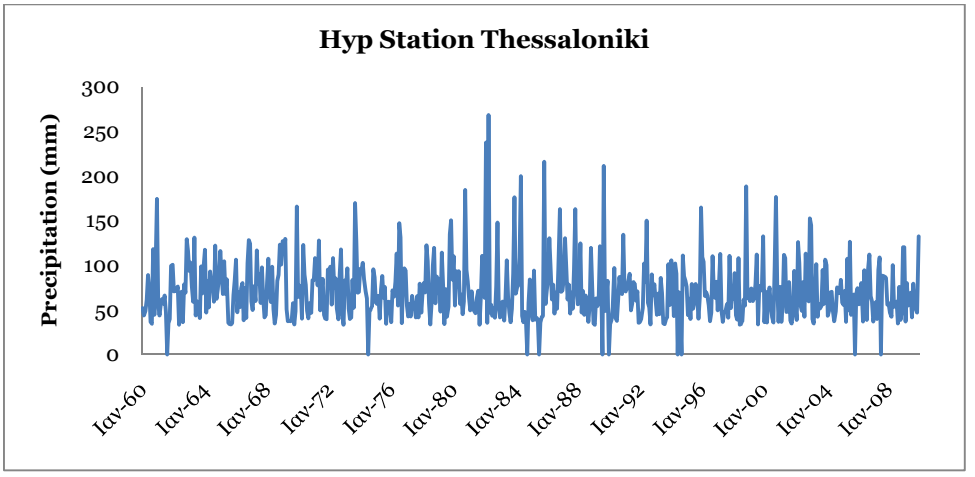
Διάγραμμα Ι.51. *Βροχόπτωση για τον υποθετικό σταθμό της Λάρισας*



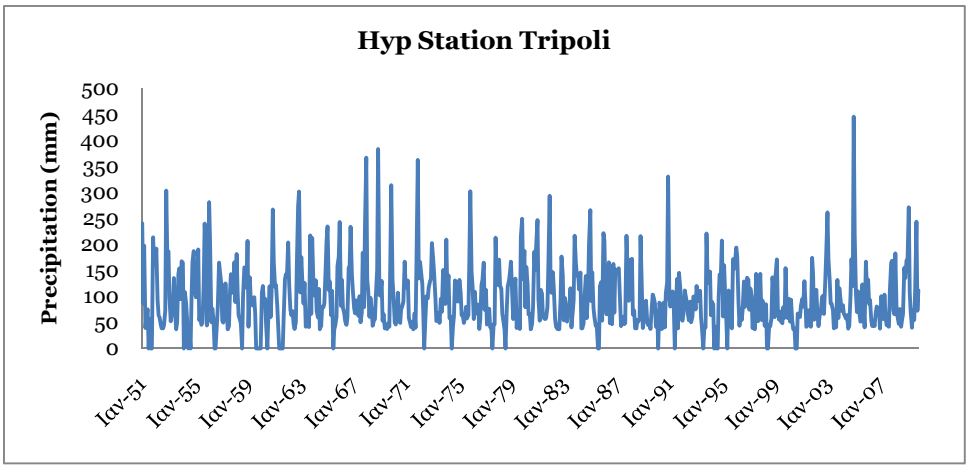
Διάγραμμα Ι.52. *Βροχόπτωση για τον υποθετικό σταθμό των Σερρών*



Διάγραμμα Ι.53. *Βροχόπτωση για τον υποθετικό σταθμό της Τανάγρας*



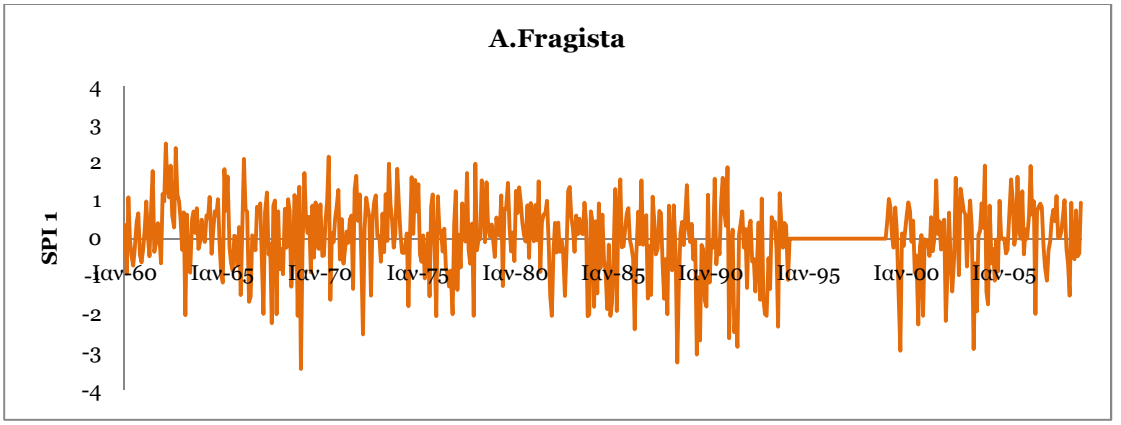
Διάγραμμα Ι.54. *Βροχόπτωση για τον υποθετικό σταθμό της Θεσσαλονίκης*



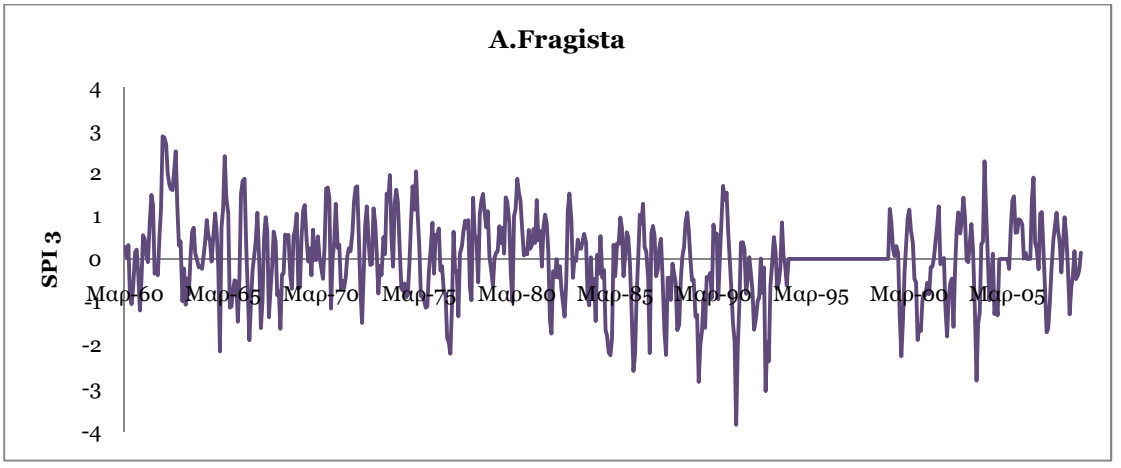
Διάγραμμα Ι.55. *Βροχόπτωση για τον υποθετικό σταθμό της Τριπόλεως*

Παράρτημα ΙΙ

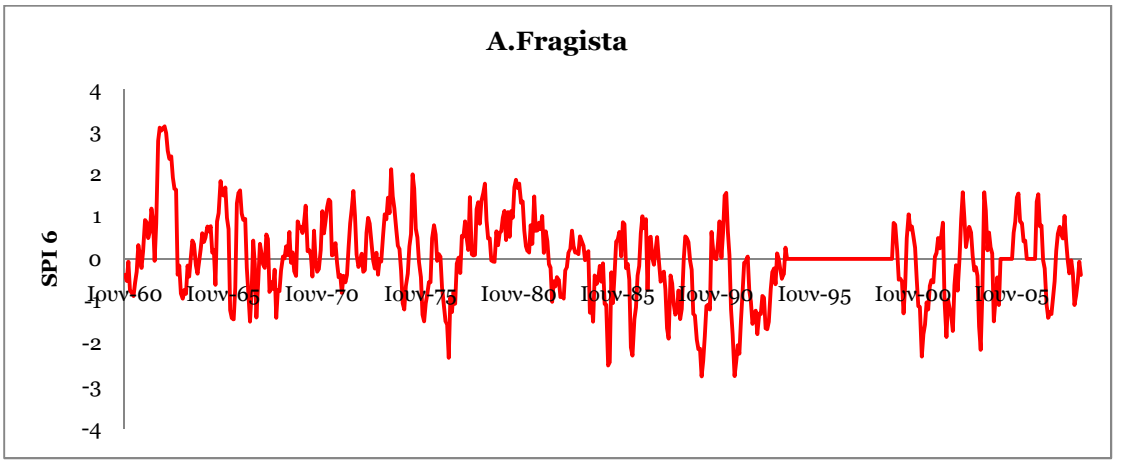
SPI 1, SPI 3, SPI 6, SPI 12 & SPI 24



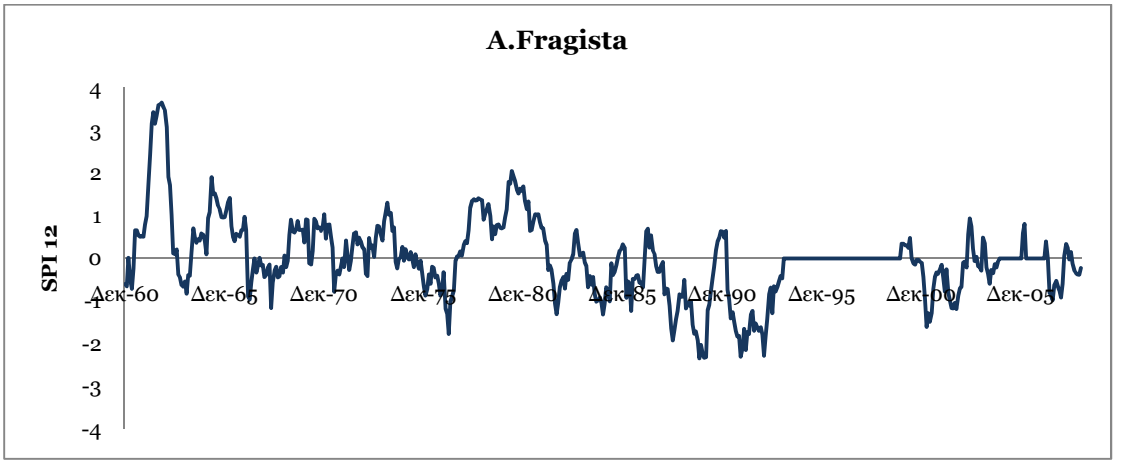
Διάγραμμα ΙΙ.1. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα ενός μήνα για τον σταθμό του Α.Φραγκίστα.*



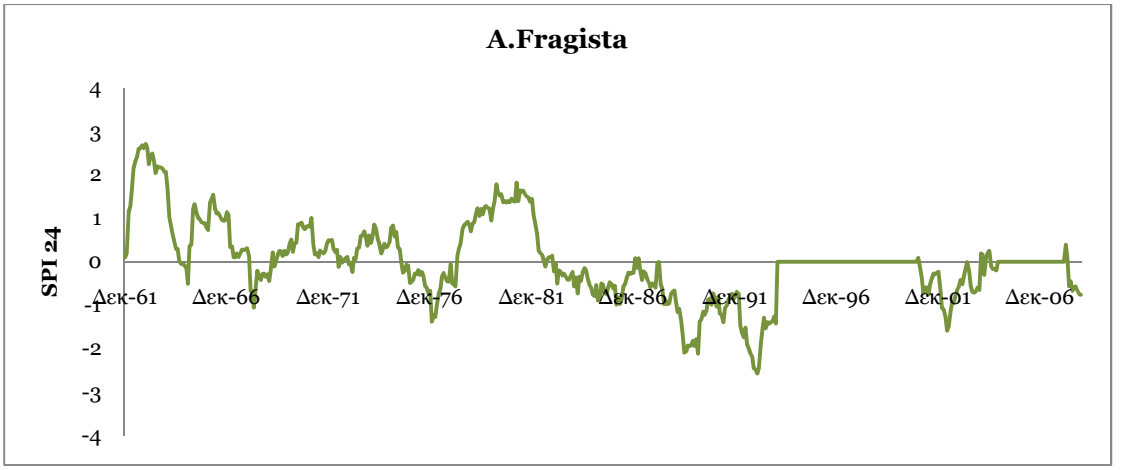
Διάγραμμα ΙΙ.2. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα τριών μηνών για τον σταθμό του Α.Φραγκίστα.*



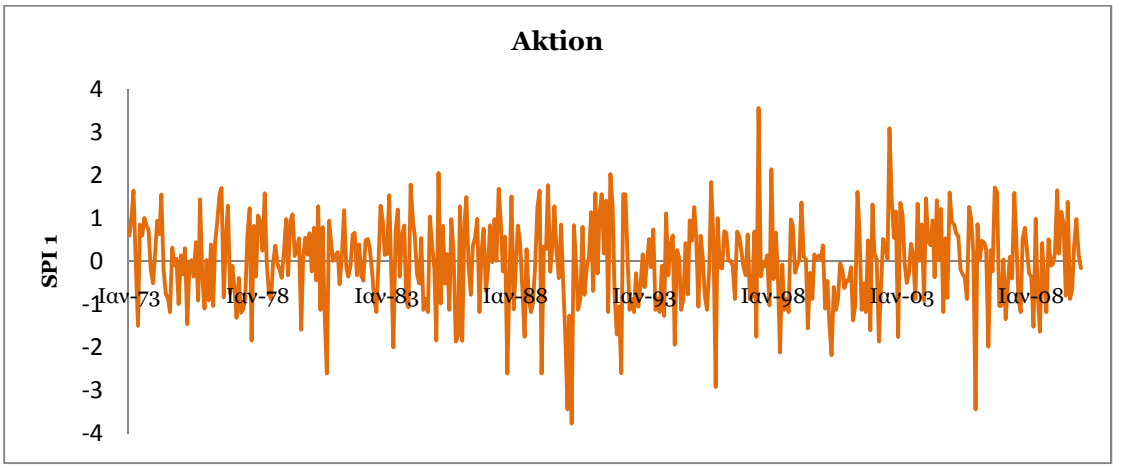
Διάγραμμα ΙΙ.3. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα έξι μηνών για τον σταθμό του Α. Φραγκίστα.*



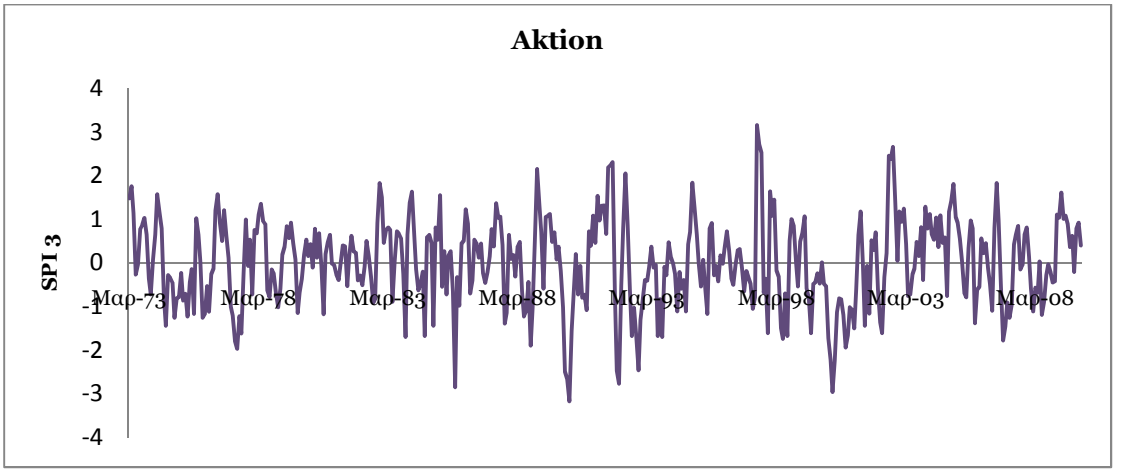
Διάγραμμα ΙΙ.4. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα δώδεκα μηνών για τον σταθμό του Α. Φραγκίστα.*



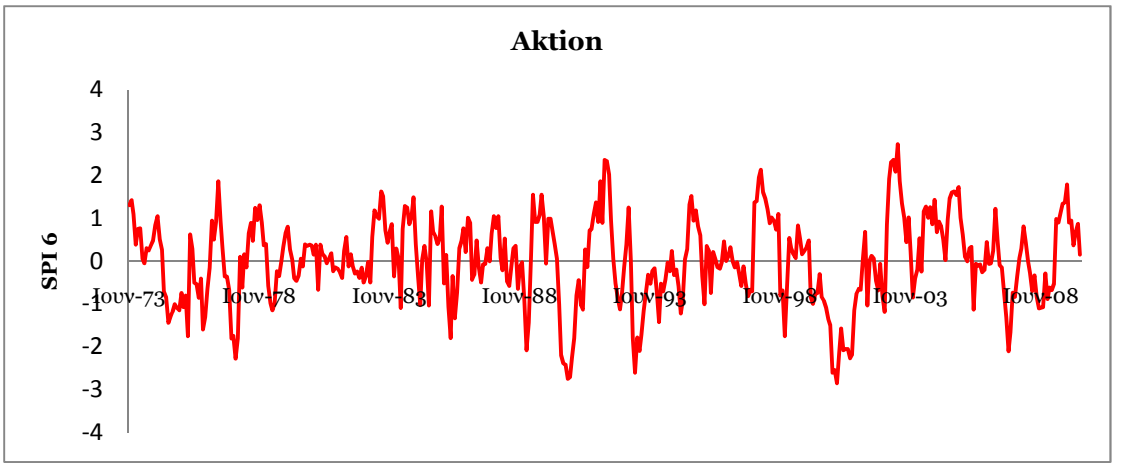
Διάγραμμα ΙΙ.5. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα είκοσι τεσσάρων μηνών για τον σταθμό του Α. Φραγκίστα.*



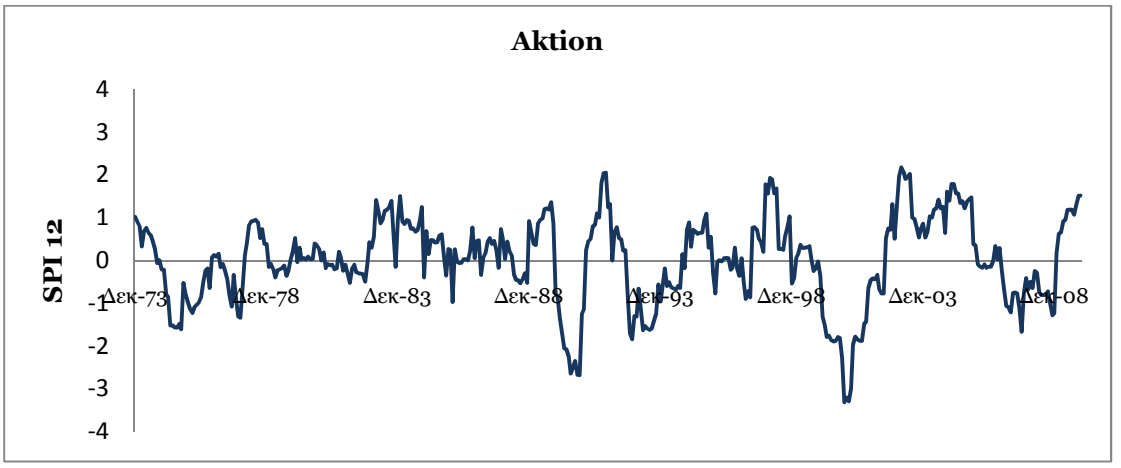
Διάγραμμα ΙΙ.6. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα ενός μήνα για τον σταθμό του Ακτίου.*



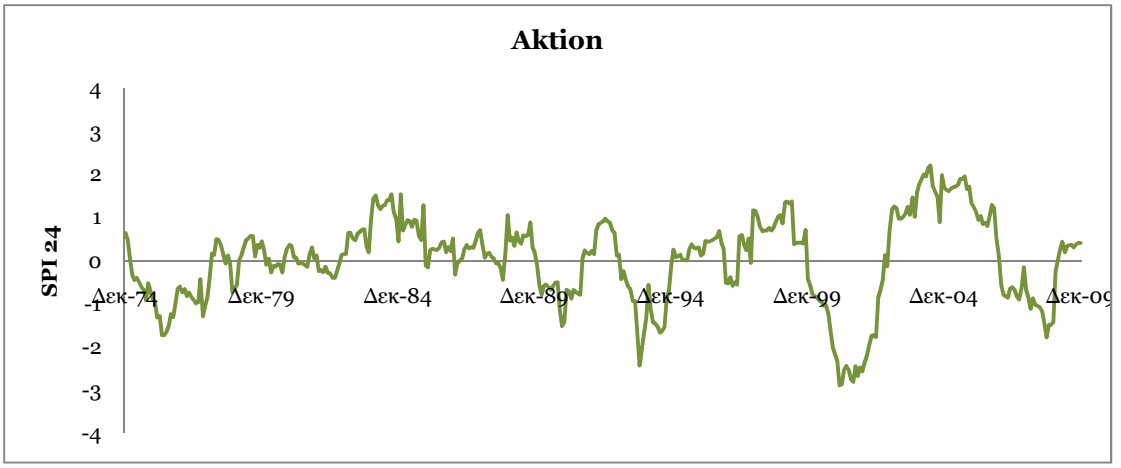
Διάγραμμα ΙΙ.7. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα τριών μηνών για τον σταθμό του Ακτίου.*



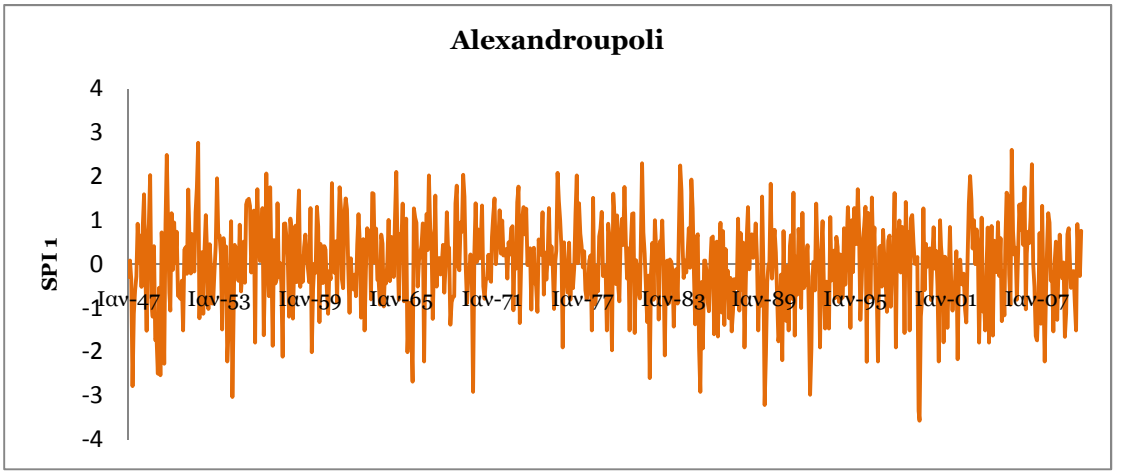
Διάγραμμα ΙΙ.8. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα έξι μηνών για τον σταθμό του Ακτίου.*



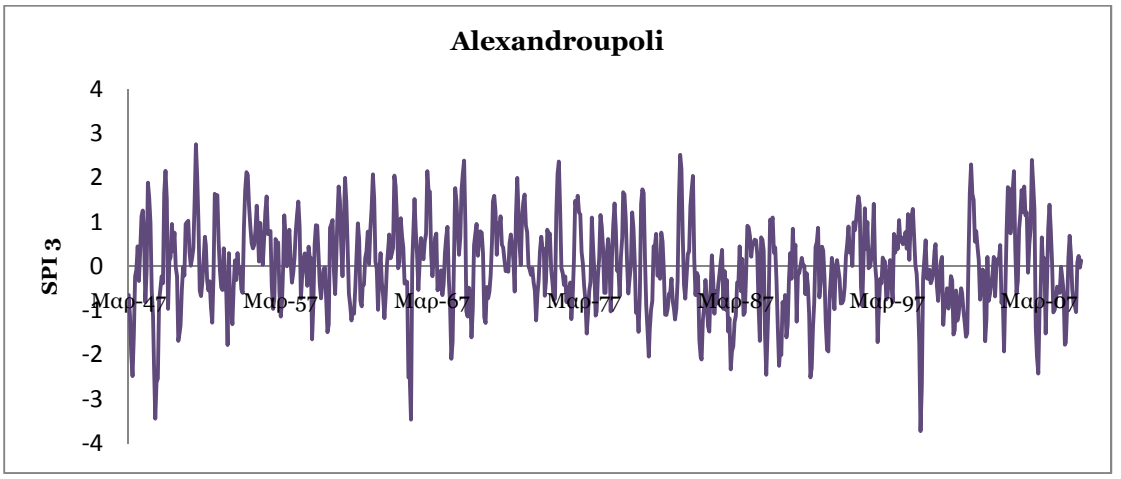
Διάγραμμα ΙΙ.9. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα δώδεκα μηνών για τον σταθμό του Ακτίου.*



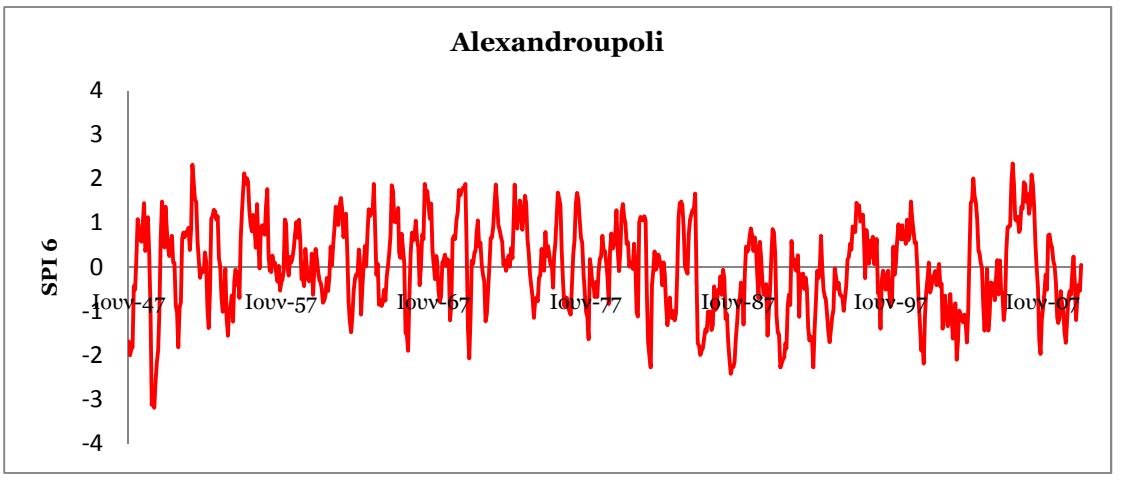
Διάγραμμα ΙΙ.10. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα είκοσι τεσσάρων μηνών για τον σταθμό του Ακτίου.*



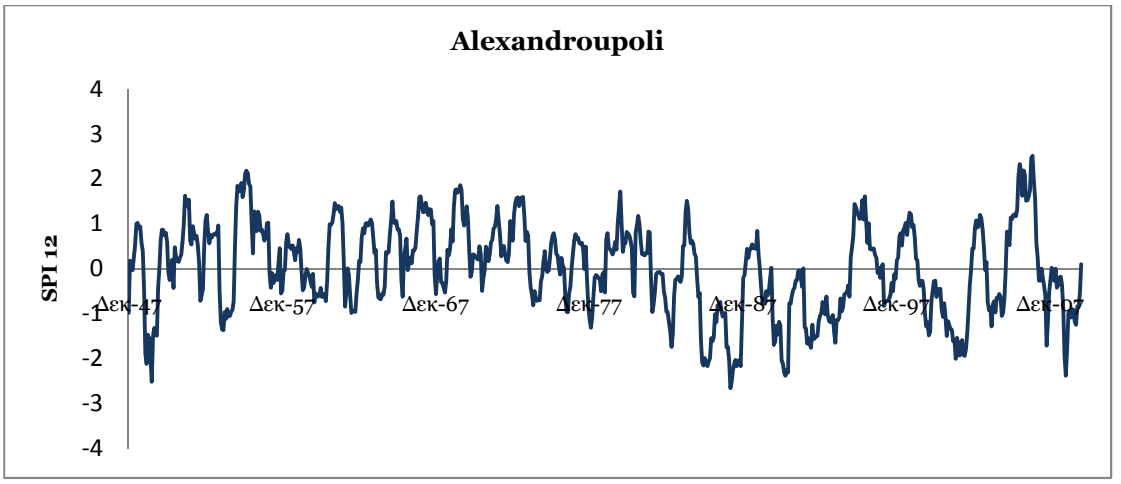
Διάγραμμα ΙΙ.11. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα ενός μήνα για τον σταθμό της Αλεξανδρούπολης.*



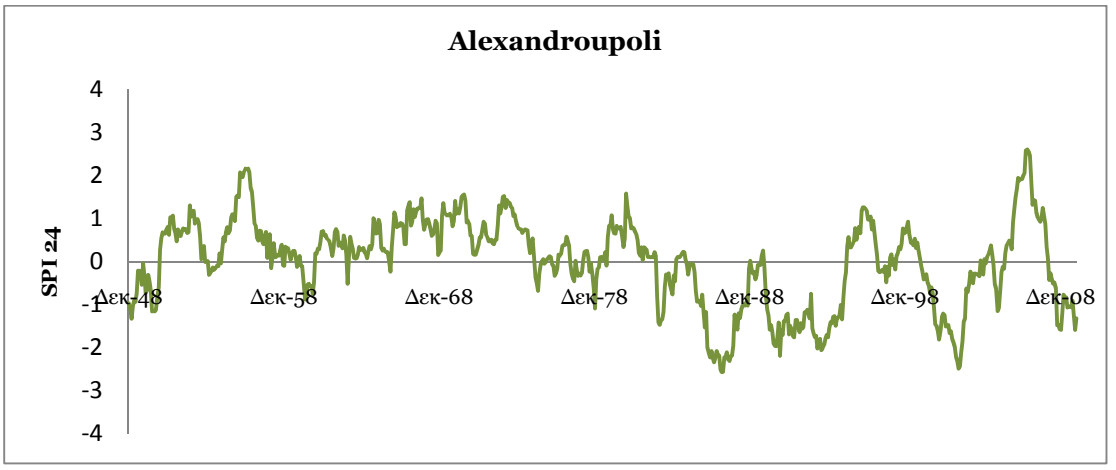
Διάγραμμα Π.12. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα τριών μηνών για τον σταθμό της Αλεξανδρούπολης.*



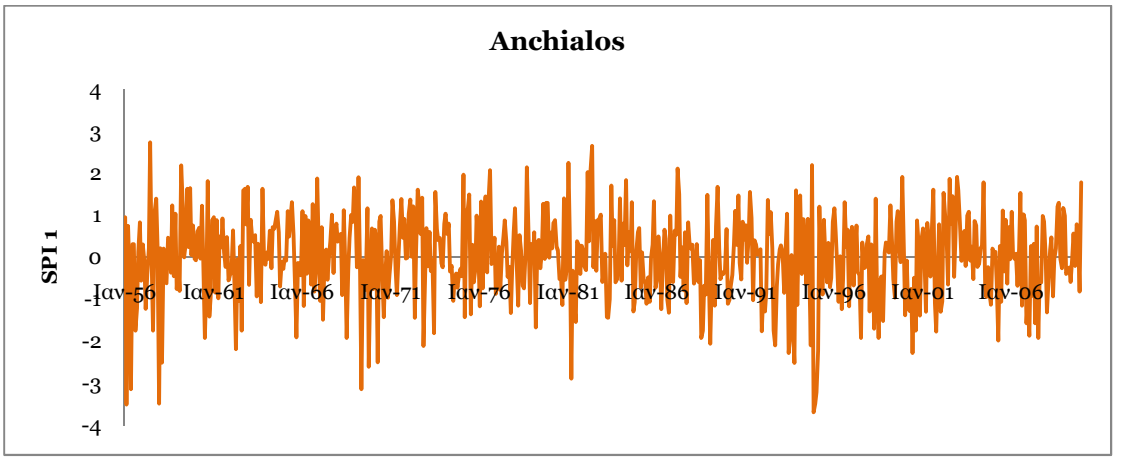
Διάγραμμα Π.13. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα έξι μηνών για τον σταθμό της Αλεξανδρούπολης.*



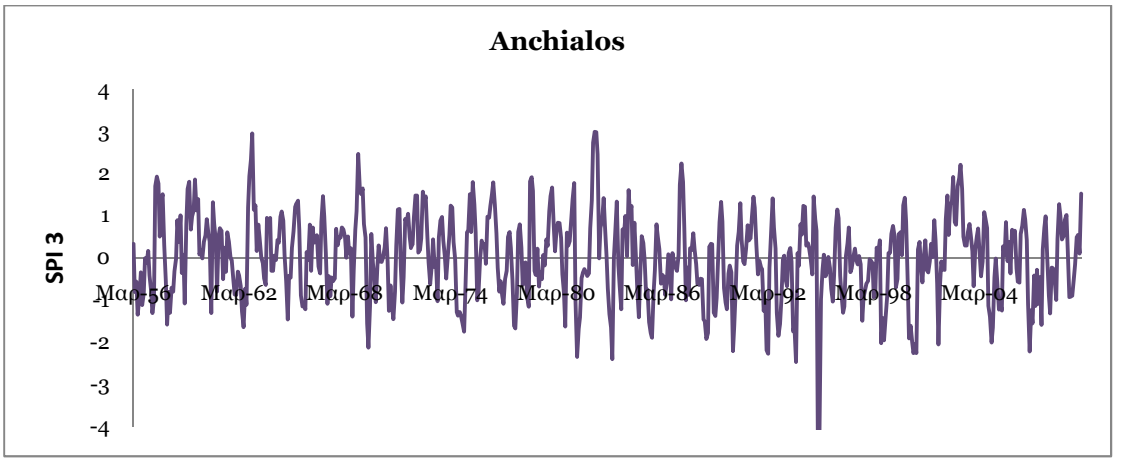
Διάγραμμα Π.14. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα δώδεκα μηνών για τον σταθμό της Αλεξανδρούπολης.*



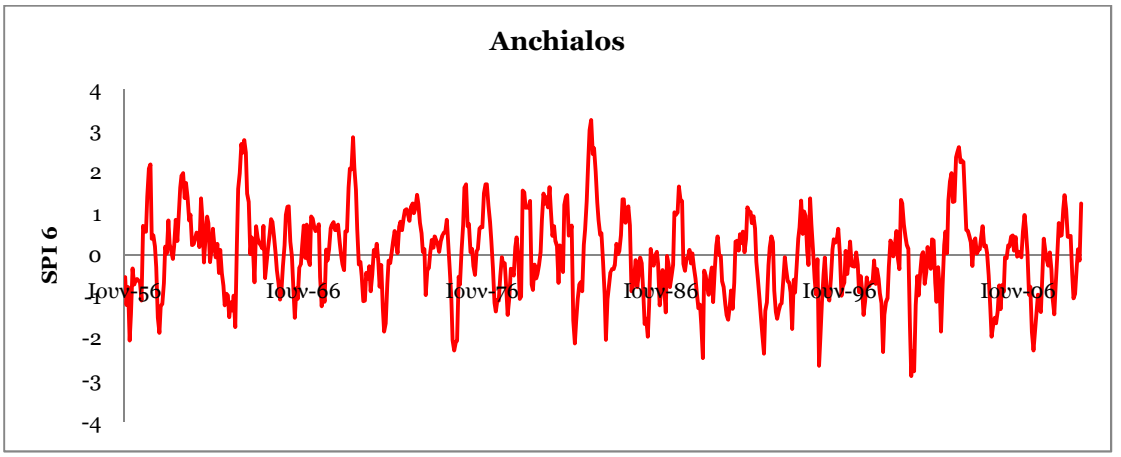
Διάγραμμα ΙΙ.15. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα είκοσι τεσσάρων μηνών για τον σταθμό της Αλεξανδρούπολης.*



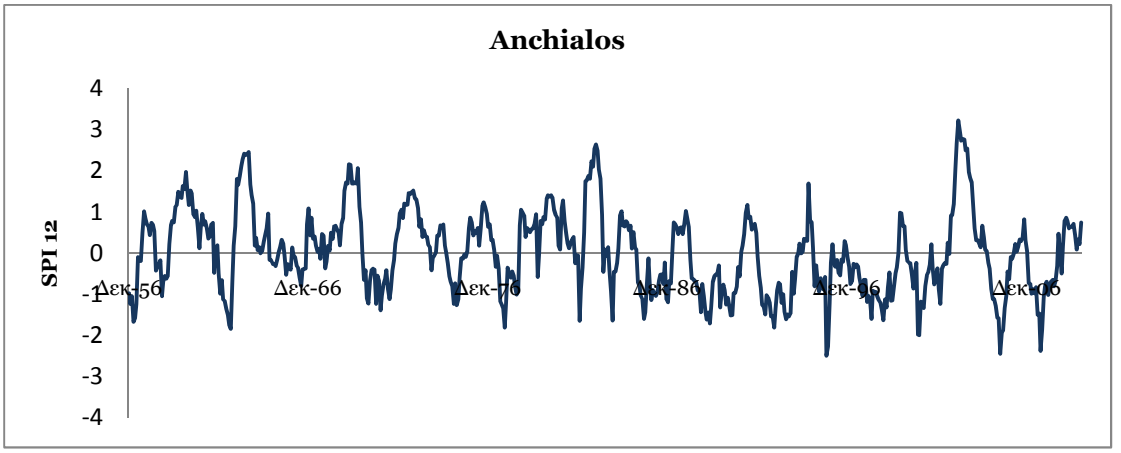
Διάγραμμα ΙΙ.16. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα ενός μήνα για τον σταθμό της Αγχιάλου.*



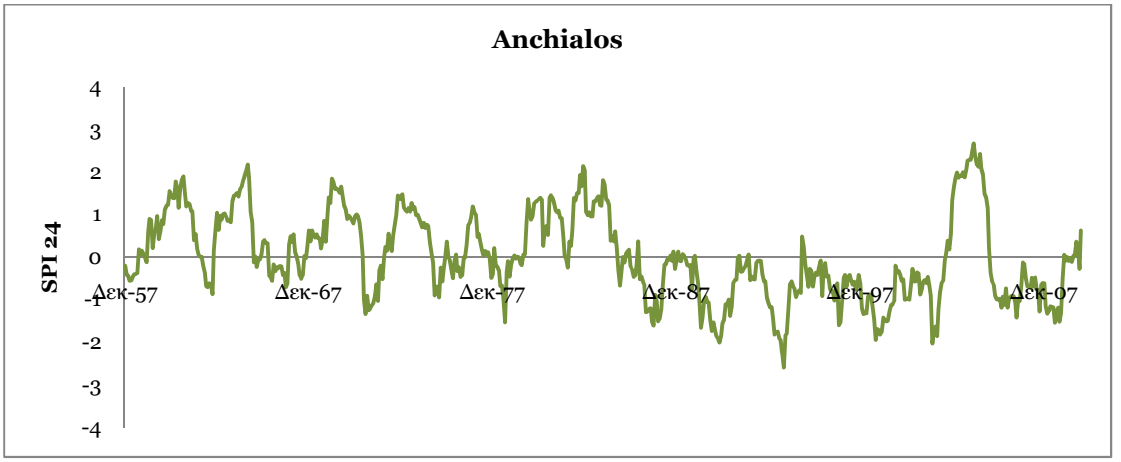
Διάγραμμα ΙΙ.17. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα τριών μηνών για τον σταθμό της Αγχιάλου.*



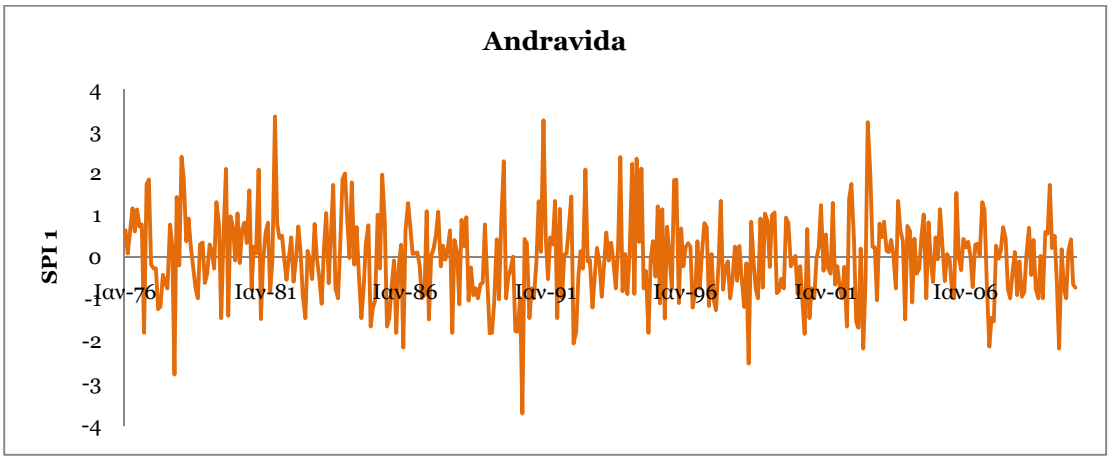
Διάγραμμα ΙΙ.18. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα έξι μηνών για τον σταθμό της Αγχιάλου.*



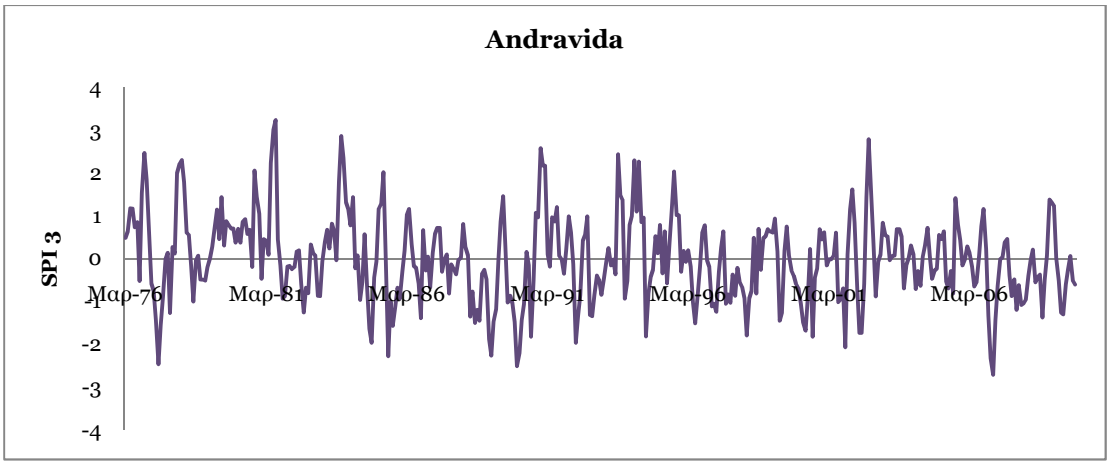
Διάγραμμα ΙΙ.19. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα δώδεκα μηνών για τον σταθμό της Αγχιάλου.*



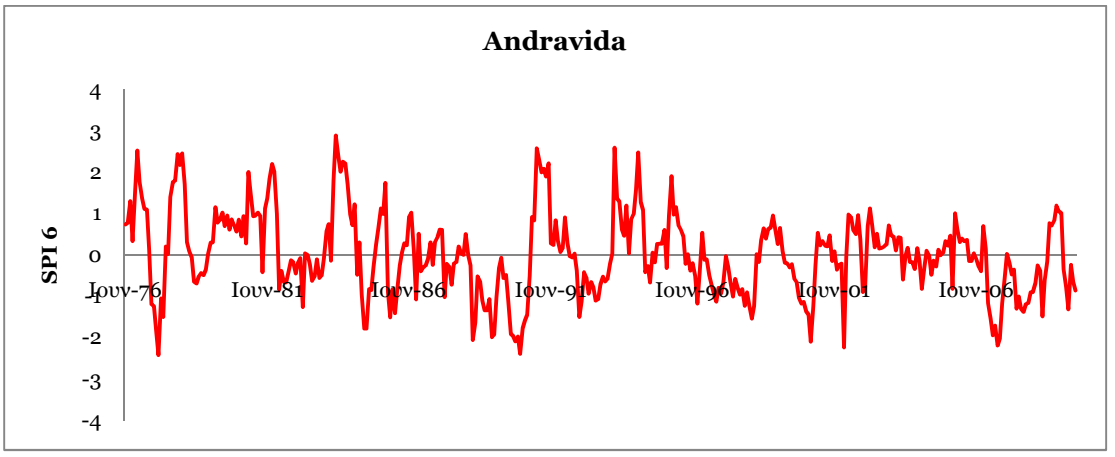
Διάγραμμα ΙΙ.20. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα είκοσι τεσσάρων μηνών για τον σταθμό της Αγχιάλου.*



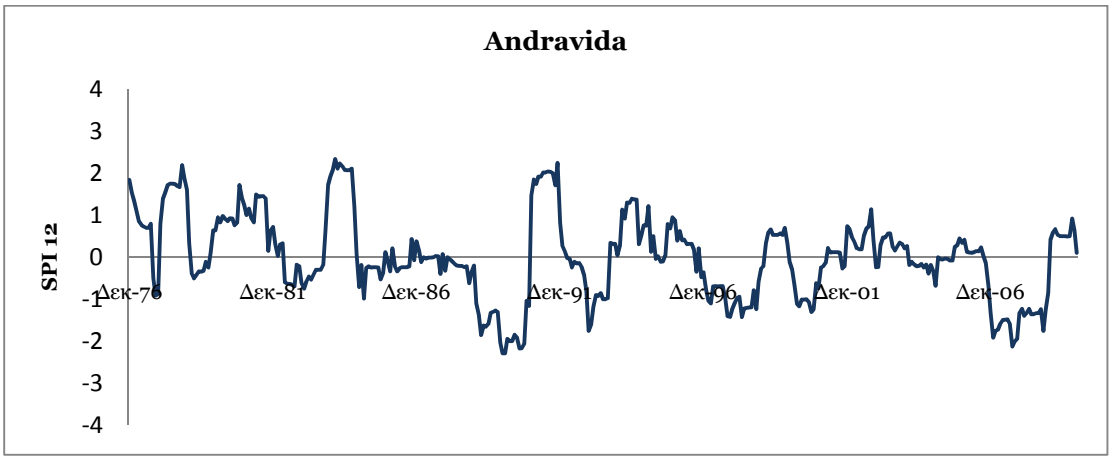
Διάγραμμα ΙΙ.21. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα ενός μήνα για τον σταθμό της Ανδραβίδας.*



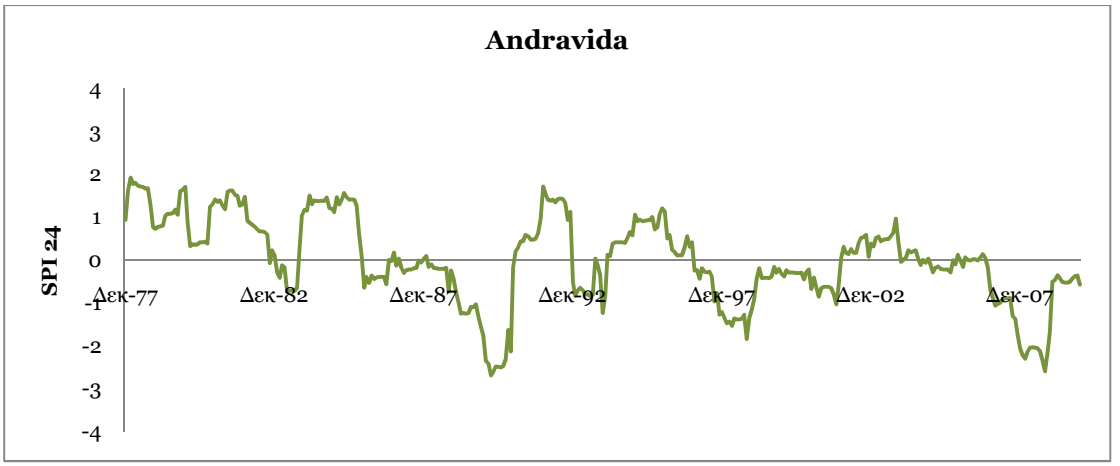
Διάγραμμα ΙΙ.22. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα τριών μηνών για τον σταθμό της Αγχιάλου.*



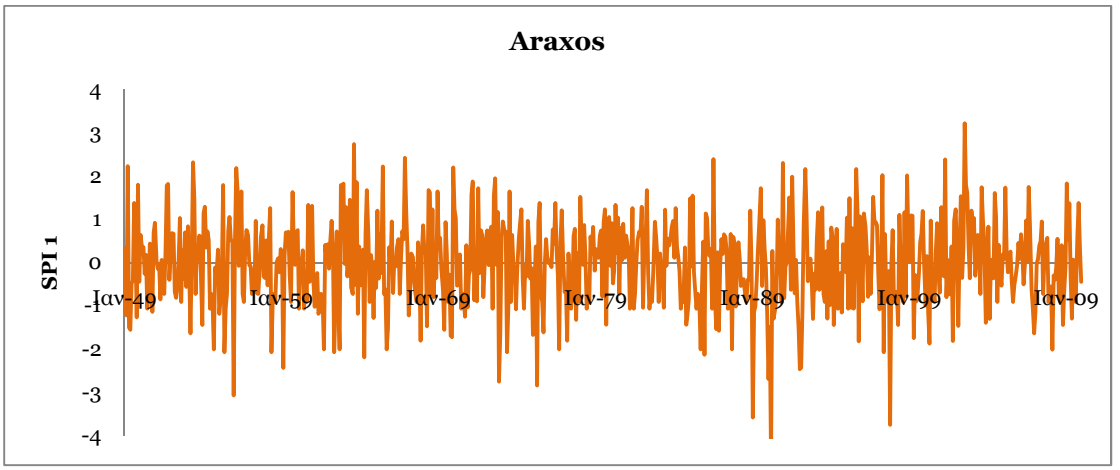
Διάγραμμα ΙΙ.23. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα έξι μηνών για τον σταθμό της Αγχιάλου.*



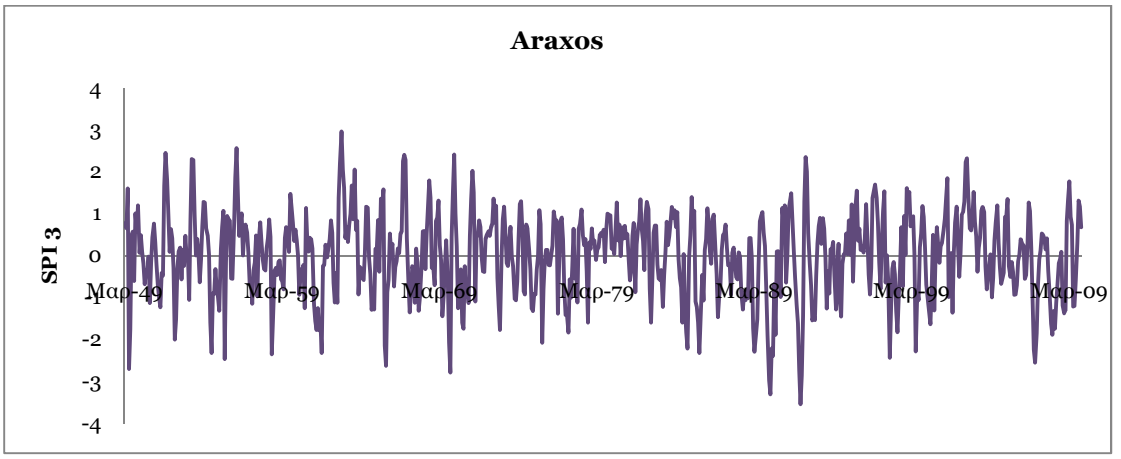
Διάγραμμα ΙΙ.24. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα δώδεκα μηνών για τον σταθμό της Αγχιάλου.*



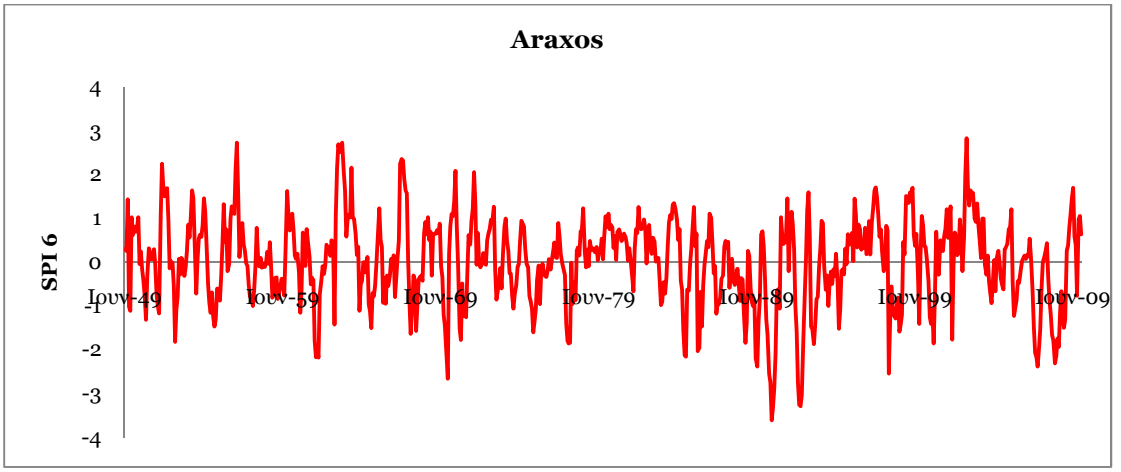
Διάγραμμα ΙΙ.25. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα είκοσι τεσσάρων μηνών για τον σταθμό της Αγχιάλου.*



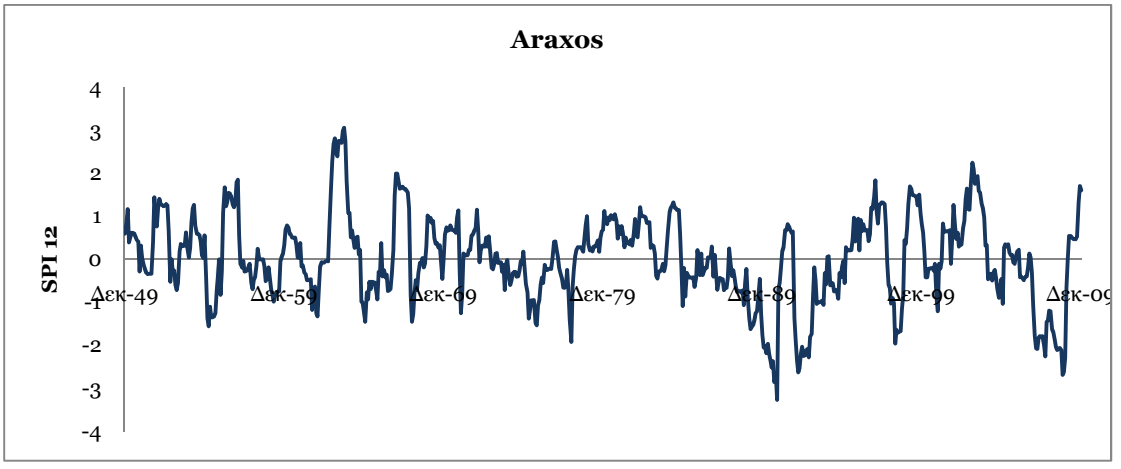
Διάγραμμα ΙΙ.26. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα ενός μήνα για τον σταθμό του Άραξου.*



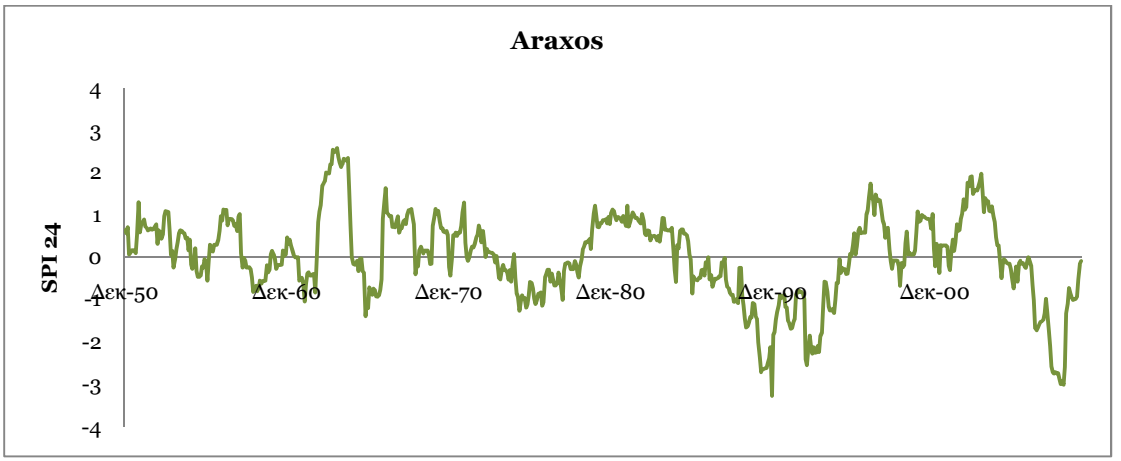
Διάγραμμα ΙΙ.27. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα τριών μηνών για τον σταθμό του Άραξου.*



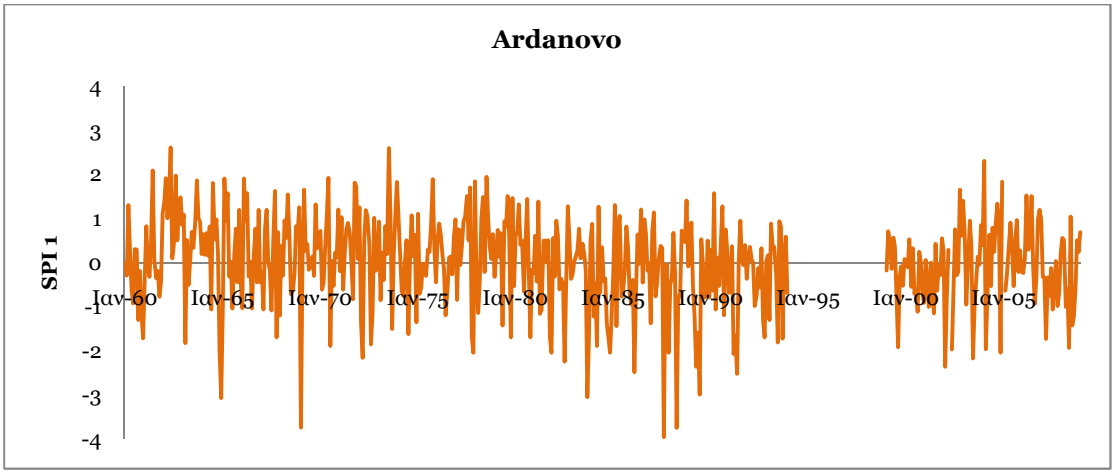
Διάγραμμα ΙΙ.28. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα έξι μηνών για τον σταθμό του Άραξου.*



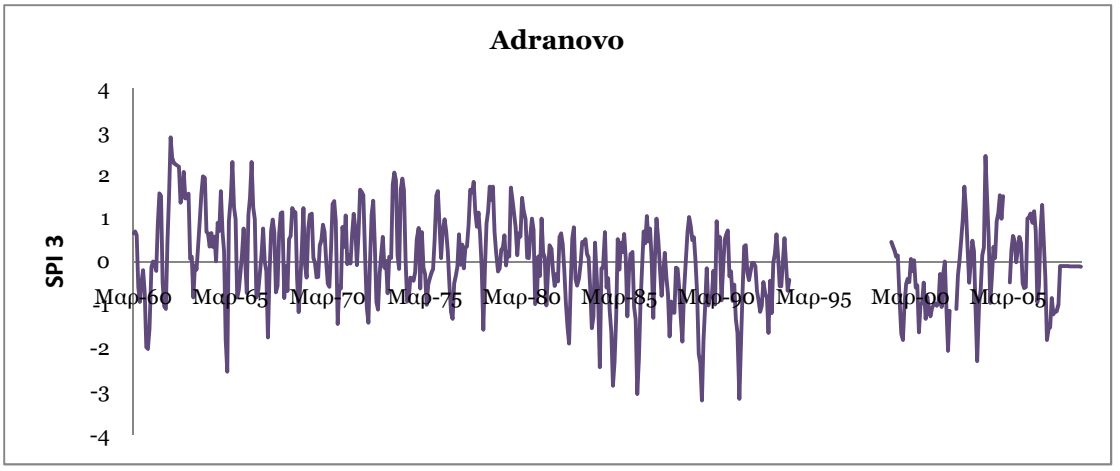
Διάγραμμα ΙΙ.29. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα δώδεκα μηνών για τον σταθμό του Άραξου.*



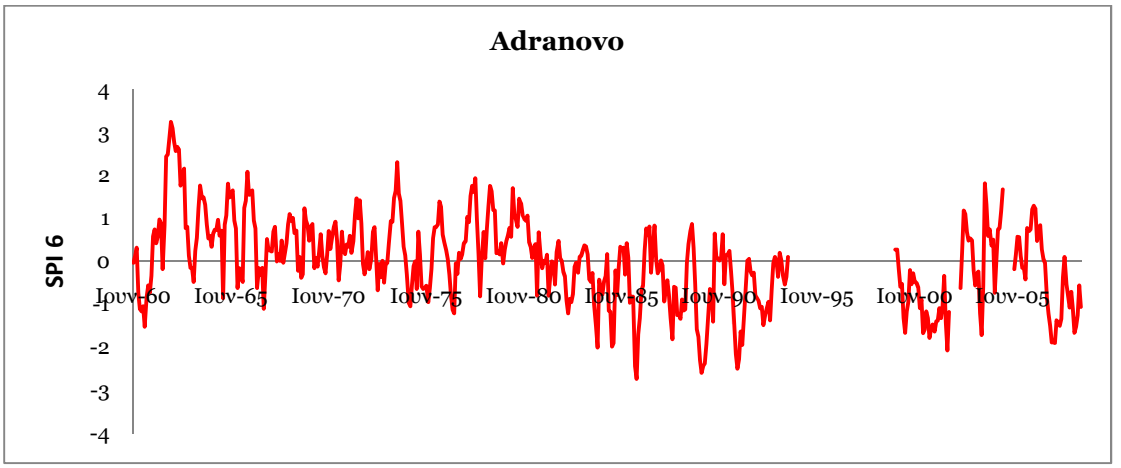
Διάγραμμα ΙΙ.30. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα είκοσι τεσσάρων μηνών για τον σταθμό του Άραξου.*



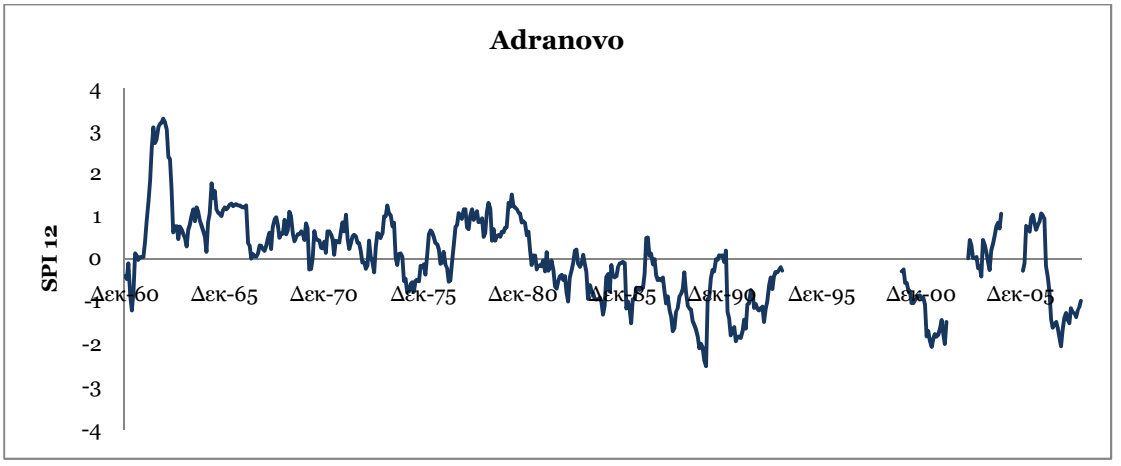
Διάγραμμα ΙΙ.31. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα ενός μηνός για τον σταθμό του Αρδάνοβου.*



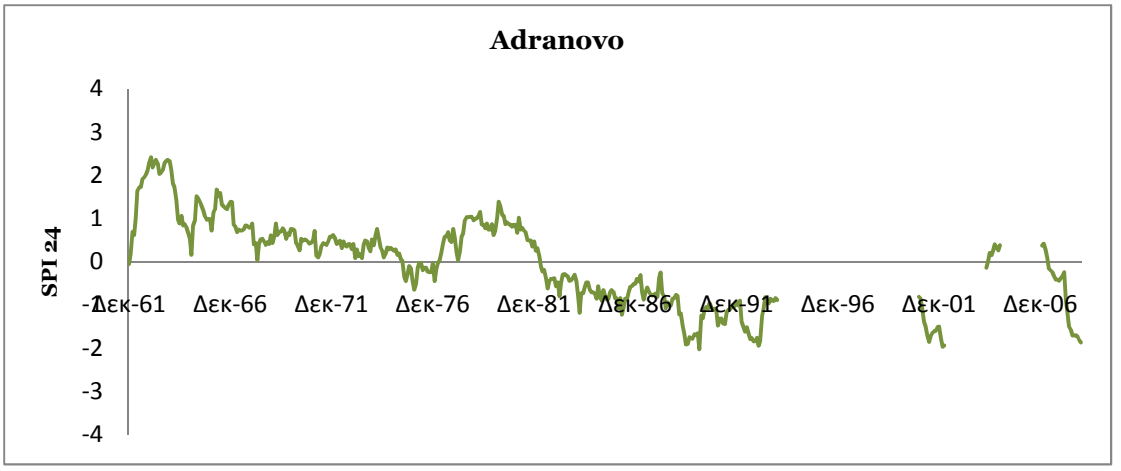
Διάγραμμα ΙΙ.32. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα τριών μηνών για τον σταθμό του Αρδάνοβου.*



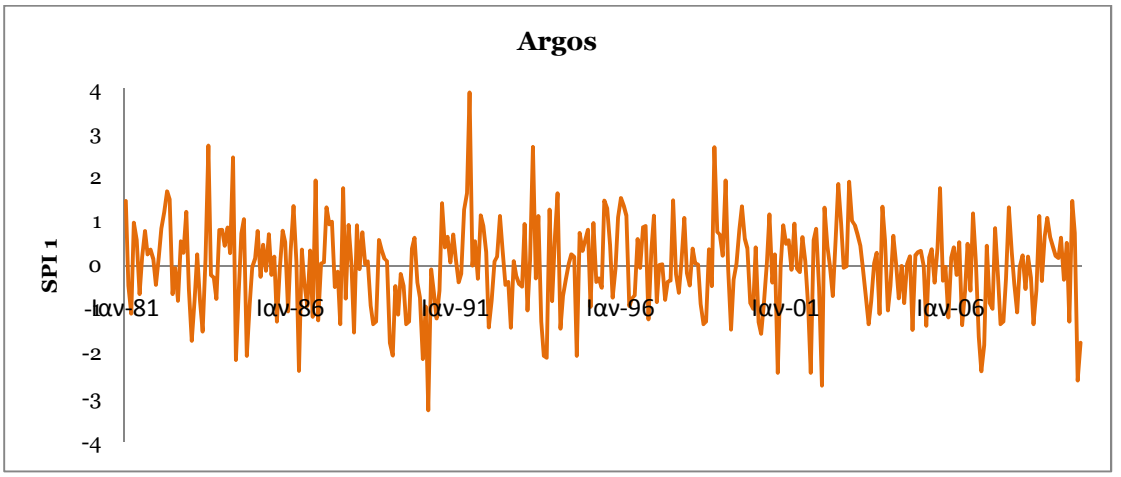
Διάγραμμα ΙΙ.33. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα έξι μηνών για τον σταθμό του Αρδάνοβου.*



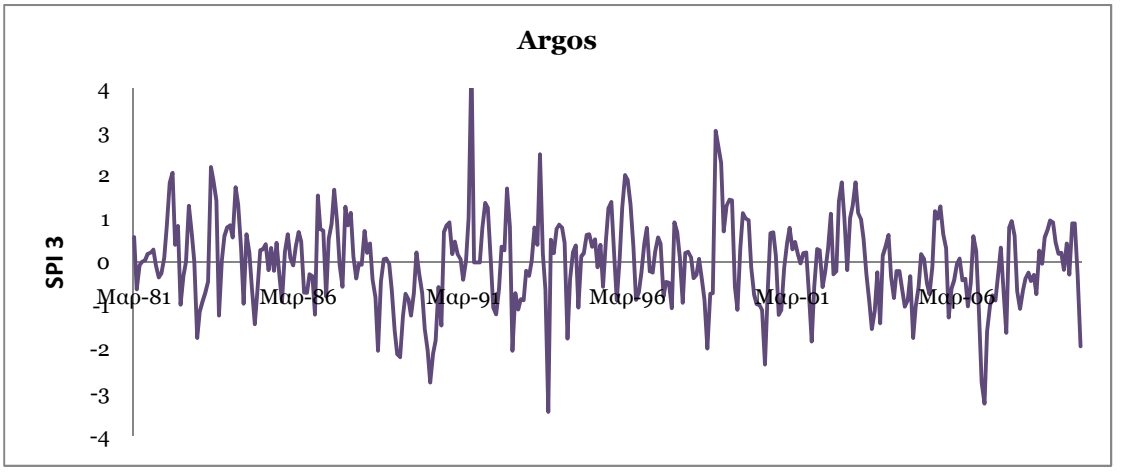
Διάγραμμα ΙΙ.34. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα δώδεκα μηνών για τον σταθμό του Αρδάνοβου.*



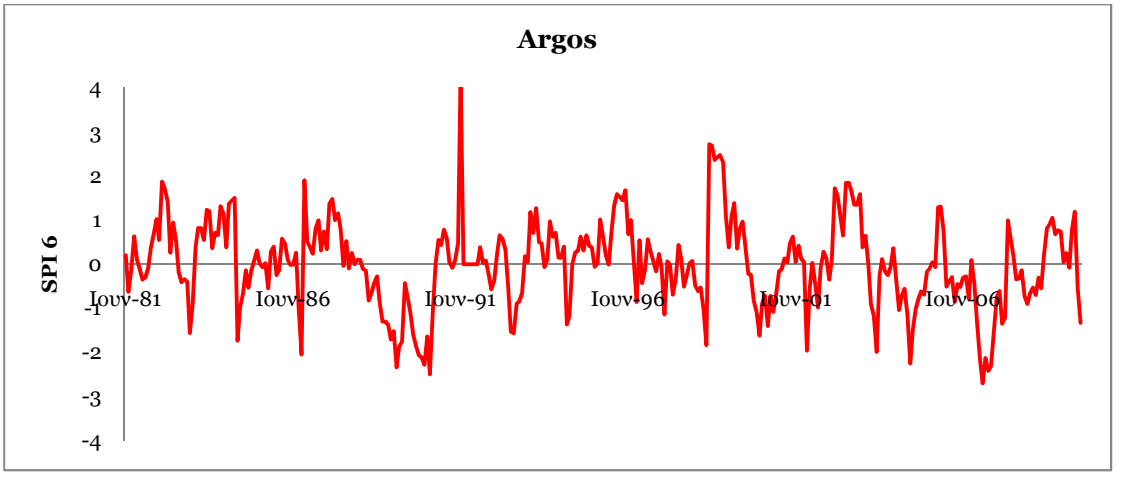
Διάγραμμα ΙΙ.35. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα είκοσι τεσσάρων μηνών για τον σταθμό του Αρδάνοβου.*



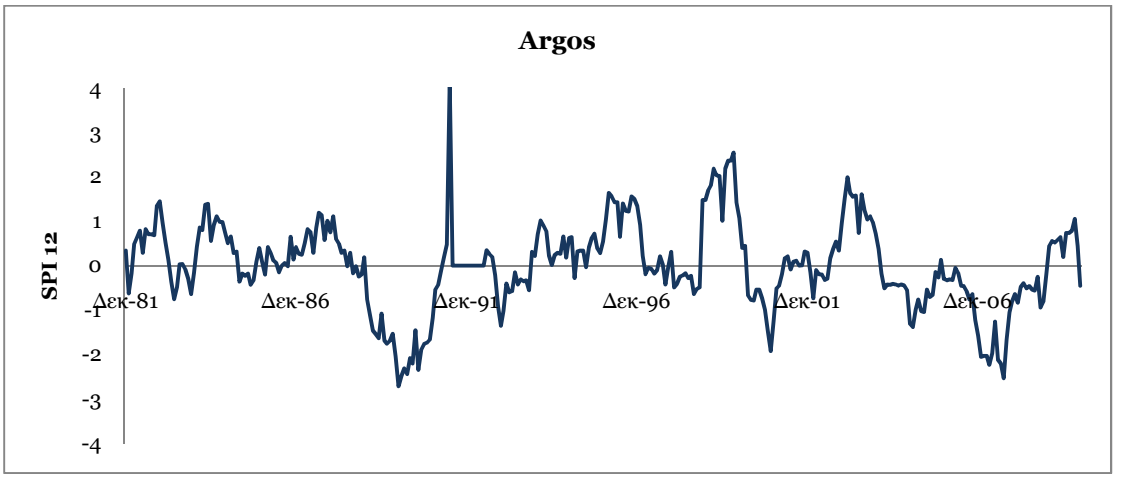
Διάγραμμα Π.36. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα ενός μήνα για τον σταθμό του Άργος.*



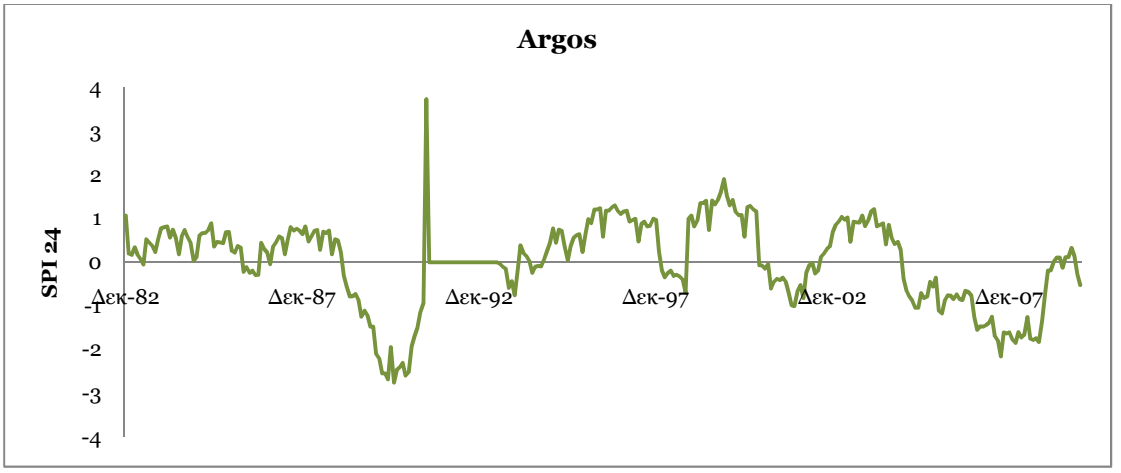
Διάγραμμα Π.37. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα τριών μηνών για τον σταθμό του Άργος.*



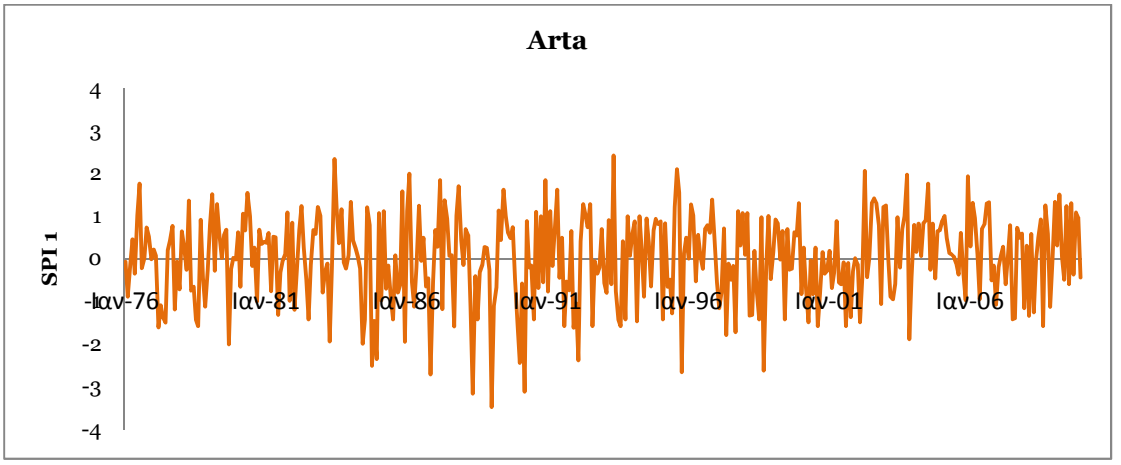
Διάγραμμα Π.38. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα έξι μηνών για τον σταθμό του Άργος.*



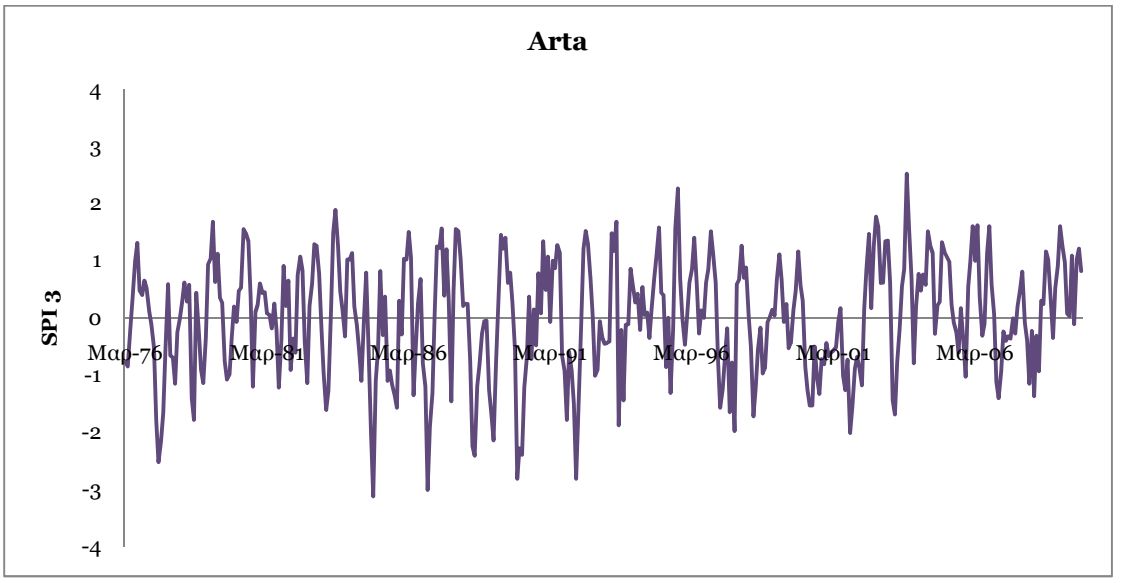
Διάγραμμα ΙΙ.39. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα δώδεκα μηνών για τον σταθμό του Άργος.*



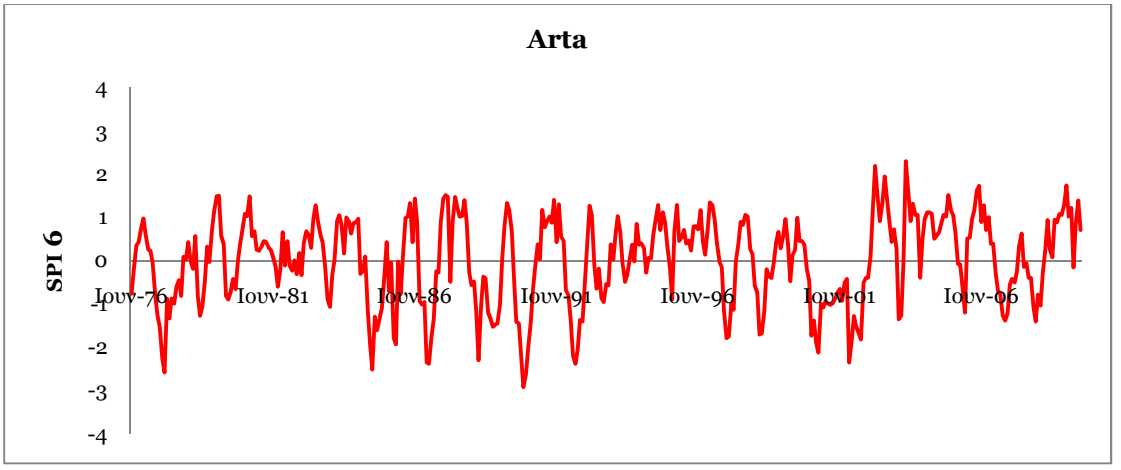
Διάγραμμα ΙΙ.40. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα είκοσι τεσσάρων μηνών για τον σταθμό του Άργος.*



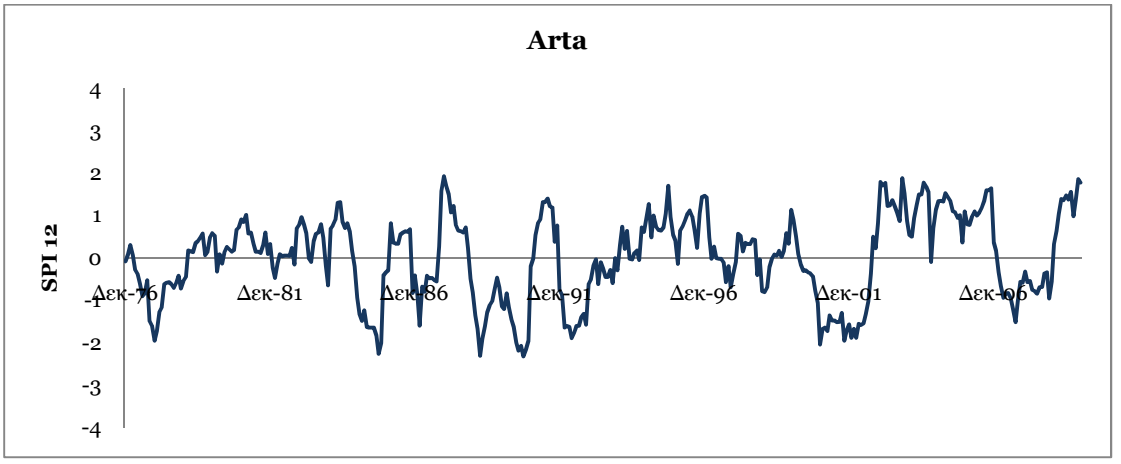
Διάγραμμα ΙΙ.41. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα ενός μήνα για τον σταθμό της Άρτας.*



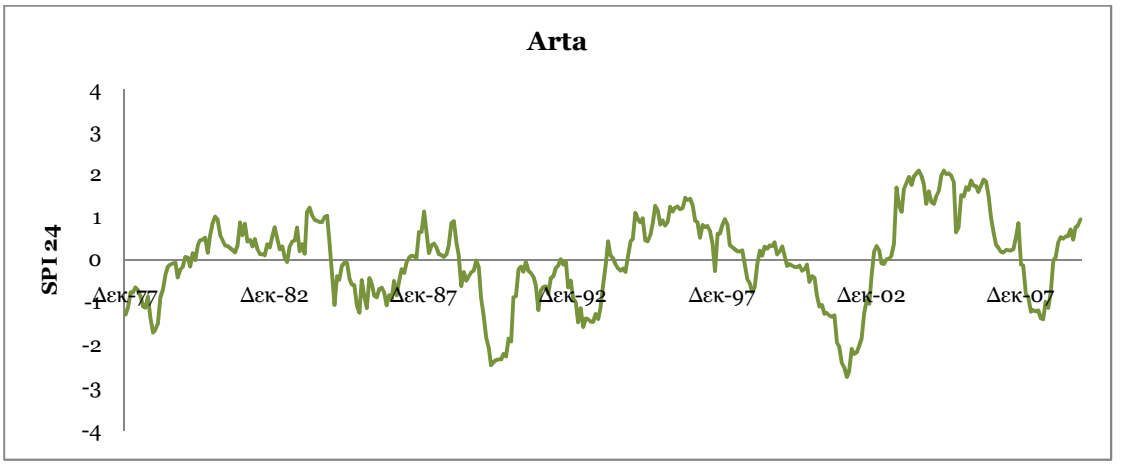
Διάγραμμα ΙΙ.42. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα τριών μηνών για τον σταθμό της Άρτας.*



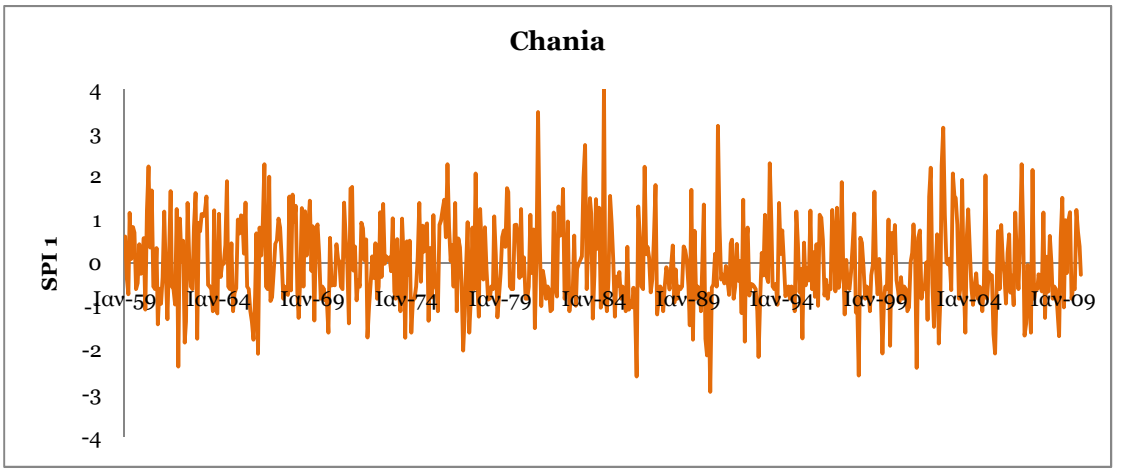
Διάγραμμα ΙΙ.43. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα έξι μηνών για τον σταθμό της Άρτας.*



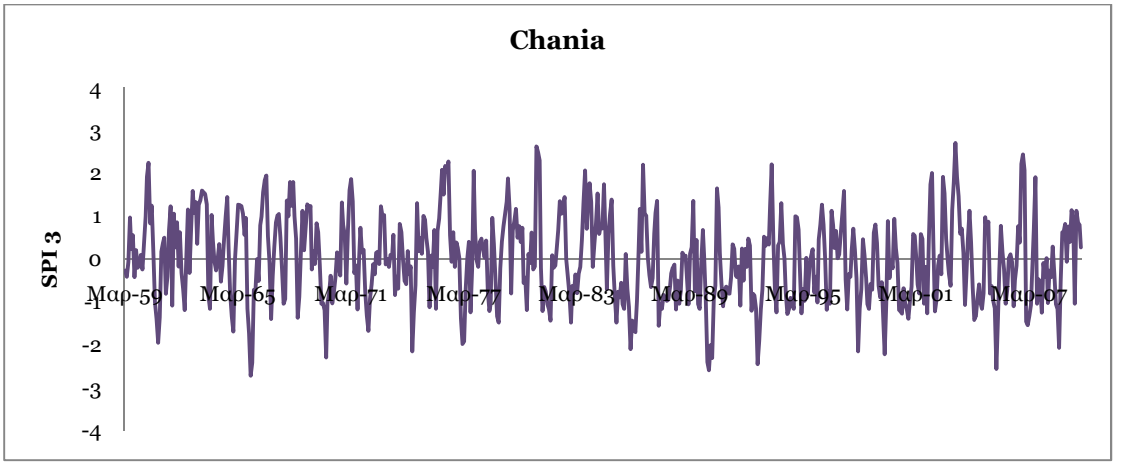
Διάγραμμα ΙΙ.44. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα δώδεκα μηνών για τον σταθμό της Άρτας.*



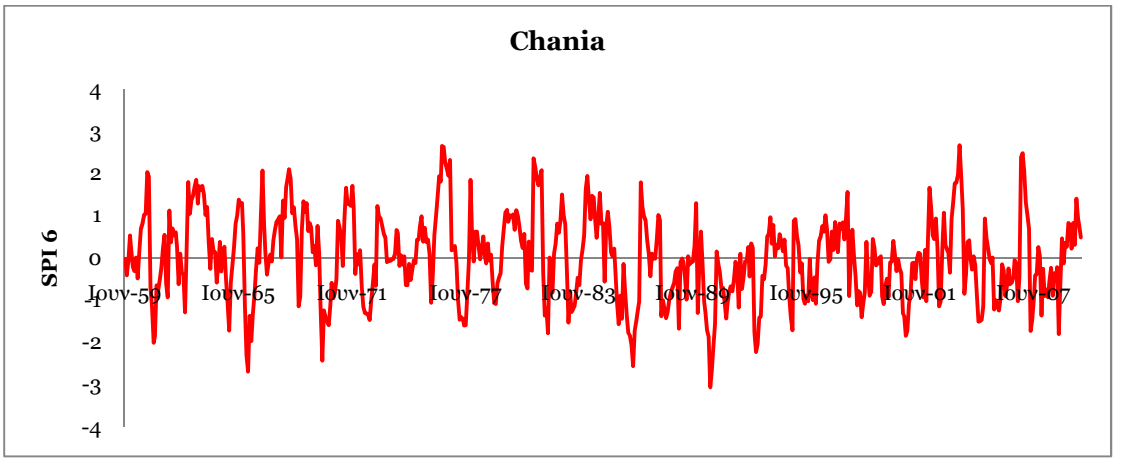
Διάγραμμα ΙΙ.45. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα είκοσι τεσσάρων μηνών για τον σταθμό της Άρτας.*



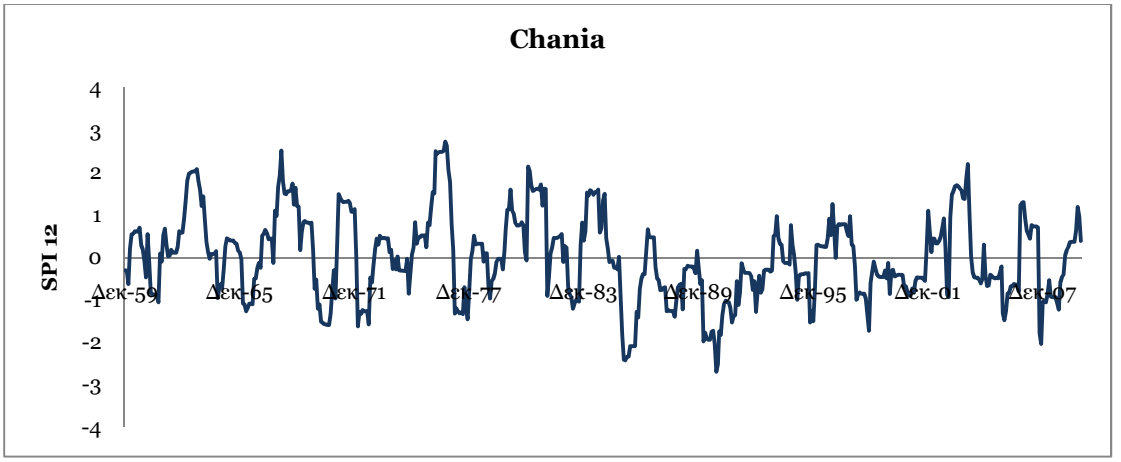
Διάγραμμα ΙΙ.46. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα ενός μήνα για τον σταθμό των Χανίων.*



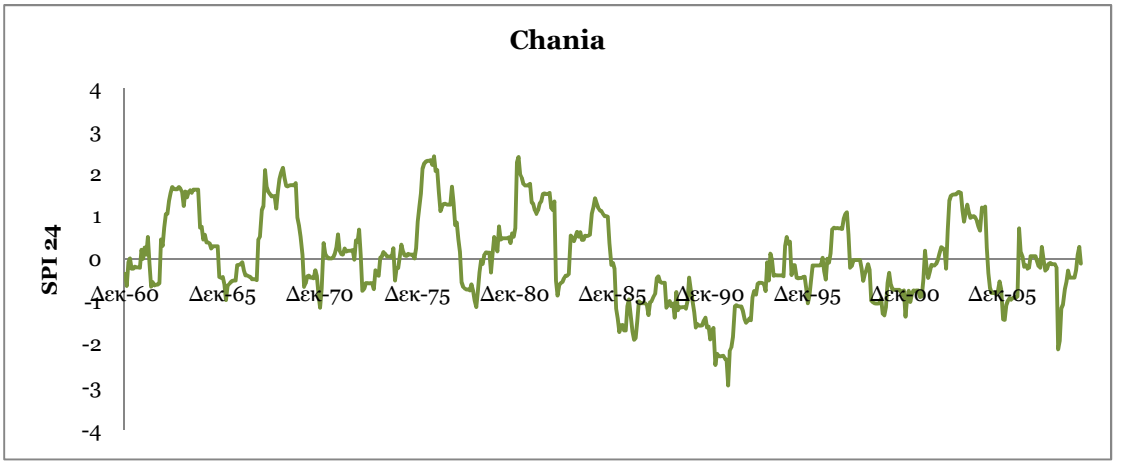
Διάγραμμα ΙΙ.47. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα τριών μηνών για τον σταθμό των Χανίων.*



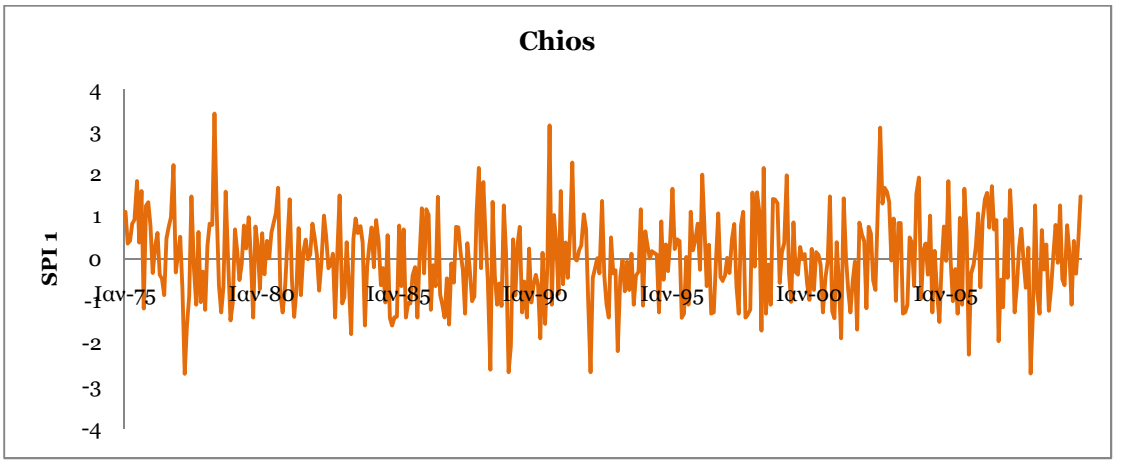
Διάγραμμα ΙΙ.48. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα έξι μηνών για τον σταθμό των Χανίων.*



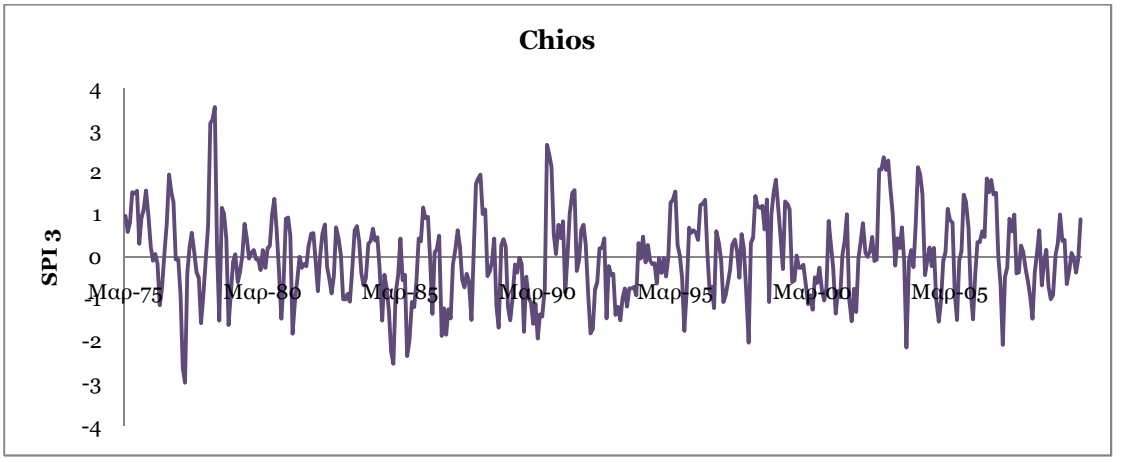
Διάγραμμα ΙΙ.49. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα δώδεκα μηνών για τον σταθμό των Χανίων.*



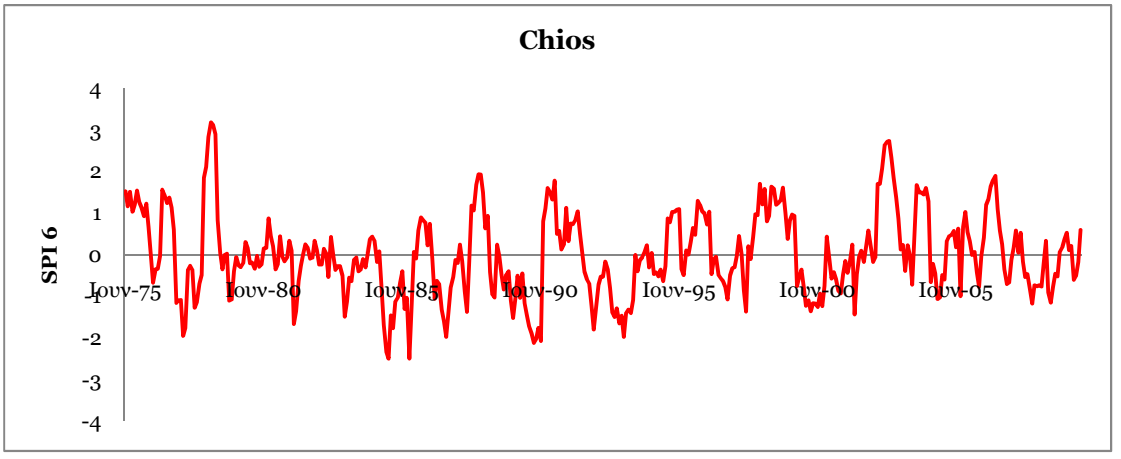
Διάγραμμα ΙΙ.50. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα είκοσι τεσσάρων μηνών για τον σταθμό των Χανίων.*



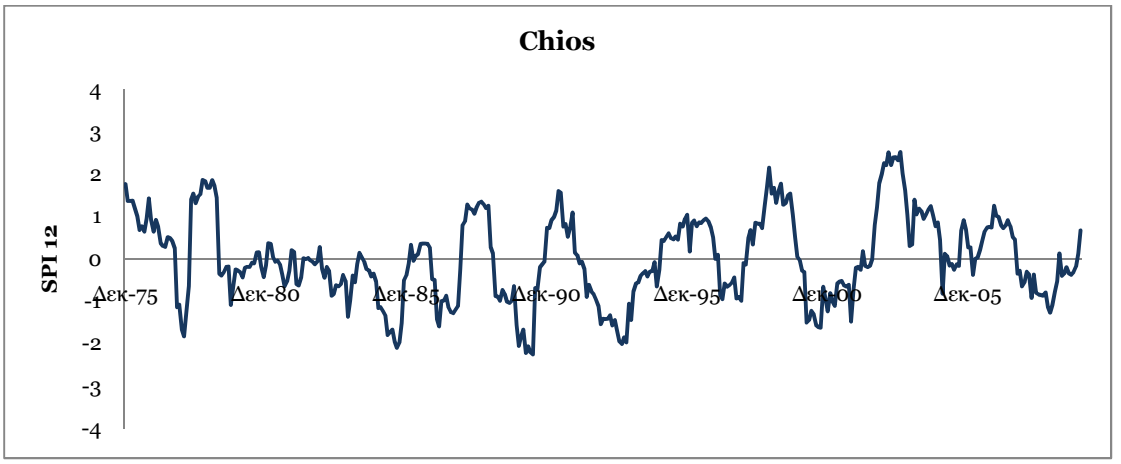
Διάγραμμα Π.51. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα ενός μήνα για τον σταθμό της Χίου.*



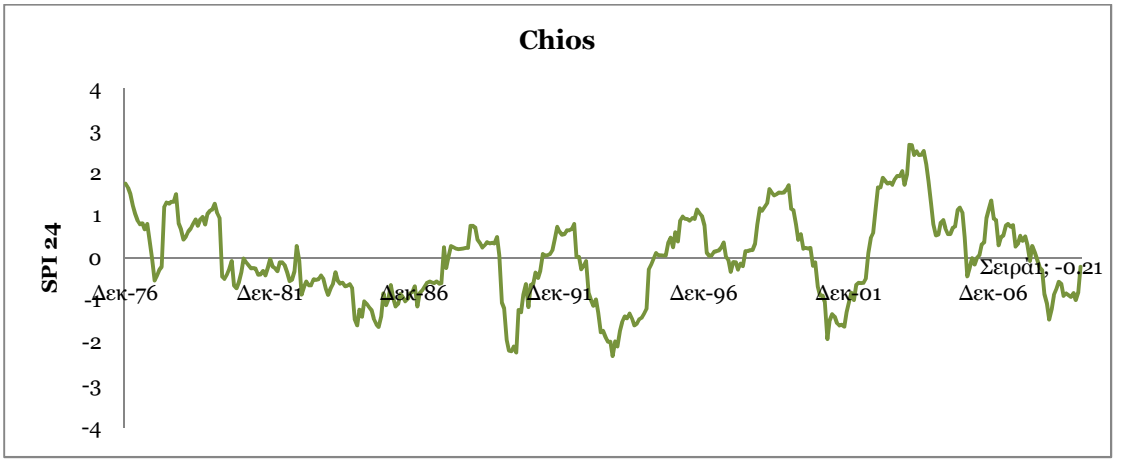
Διάγραμμα Π.52. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα τριών μηνών για τον σταθμό της Χίου.*



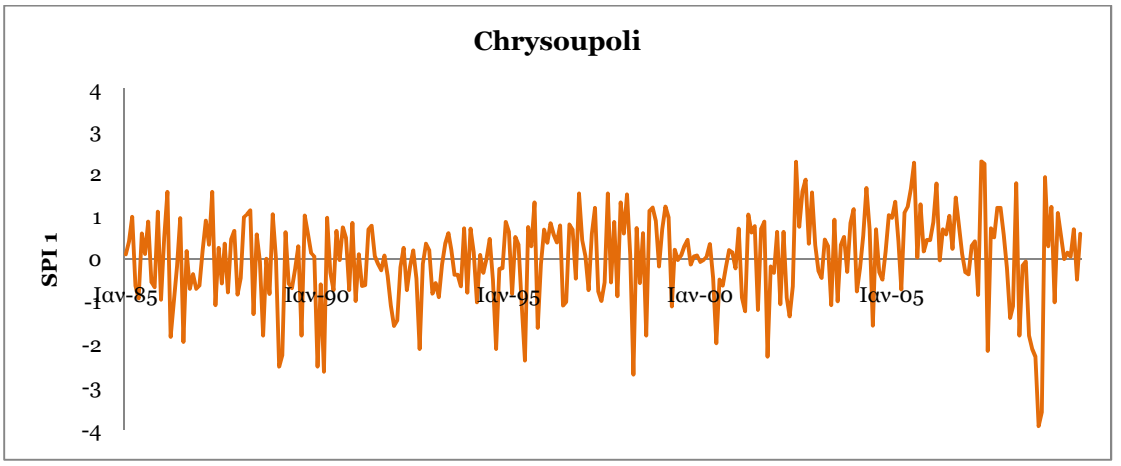
Διάγραμμα Π.53. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα έξι μηνών για τον σταθμό της Χίου.*



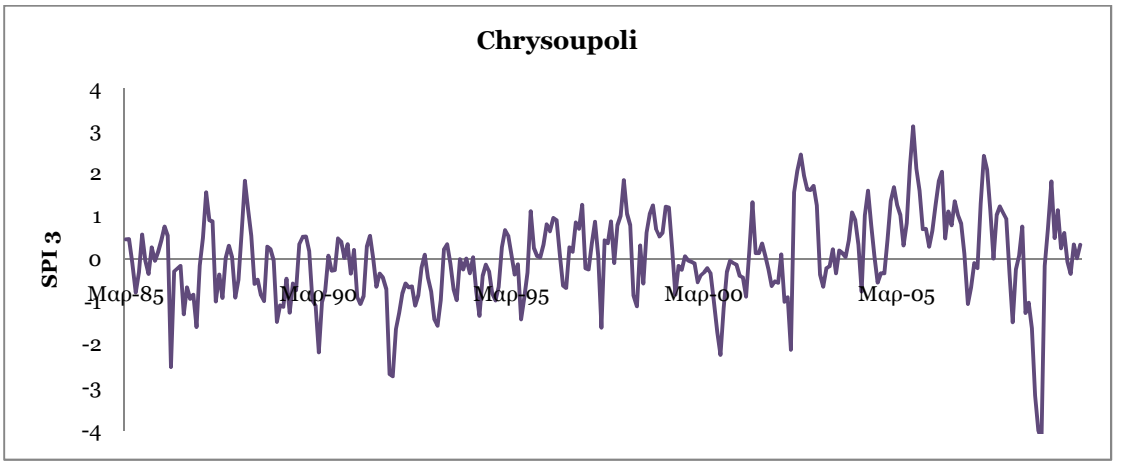
Διάγραμμα Π.54. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα δώδεκα μηνών για τον σταθμό της Χίου.*



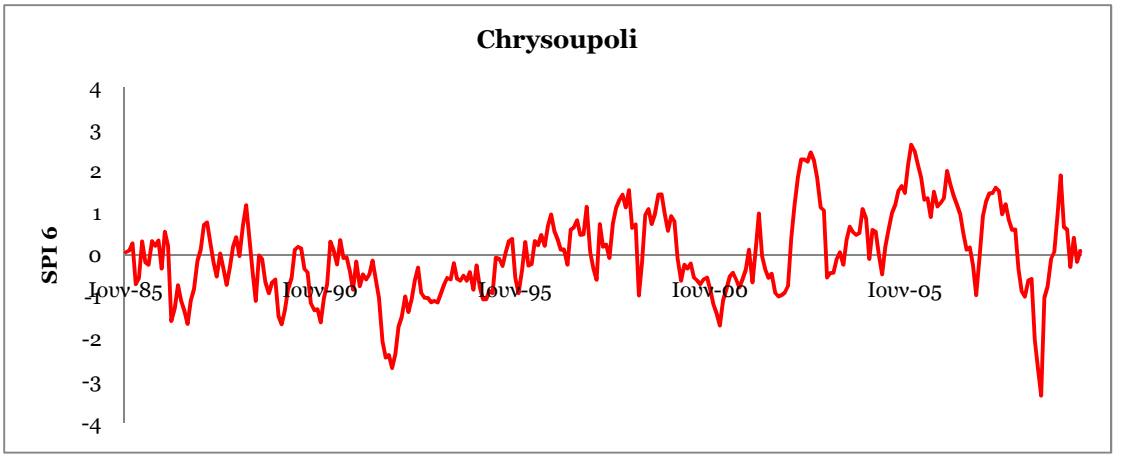
Διάγραμμα Π.55. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα είκοσι τεσσάρων μηνών για τον σταθμό της Χίου.*



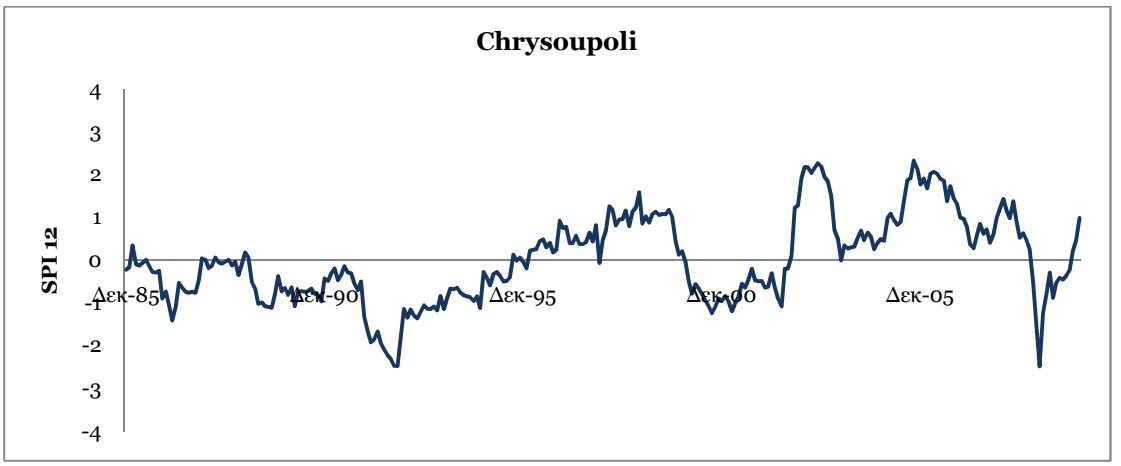
Διάγραμμα Π.56. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα ενός μήνα για τον σταθμό της Χρυσούπολης.*



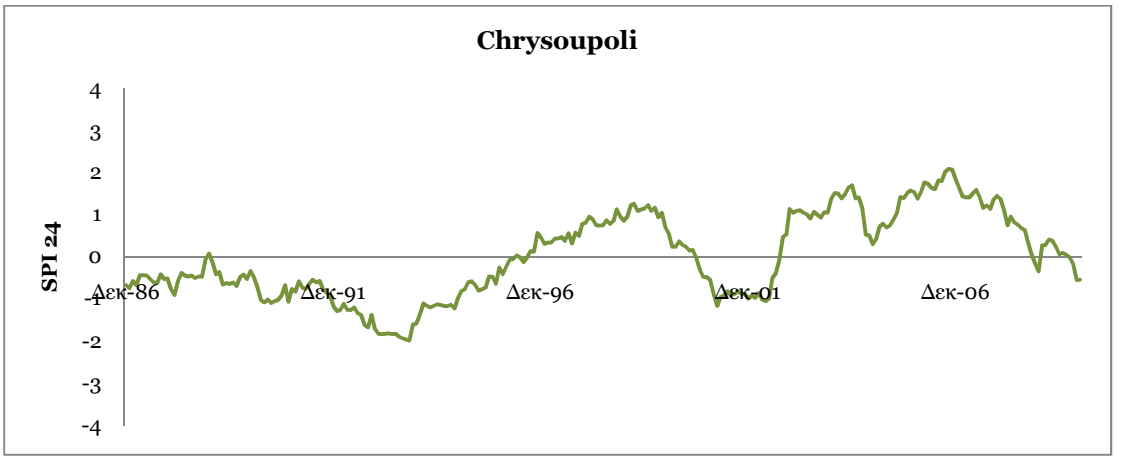
Διάγραμμα ΙΙ.57. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα τριών μηνών για τον σταθμό της Χρυσούπολης.*



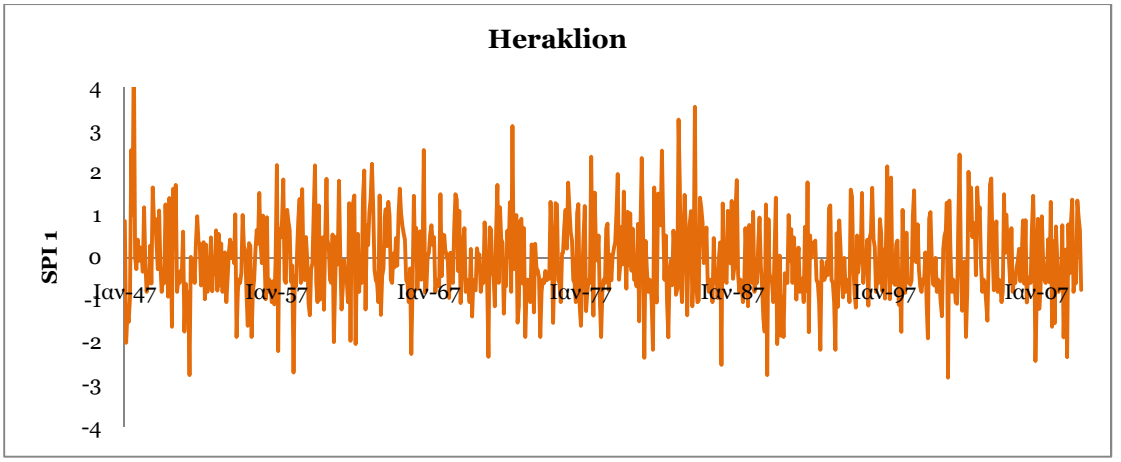
Διάγραμμα ΙΙ.58. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα έξι μηνών για τον σταθμό της Χρυσούπολης.*



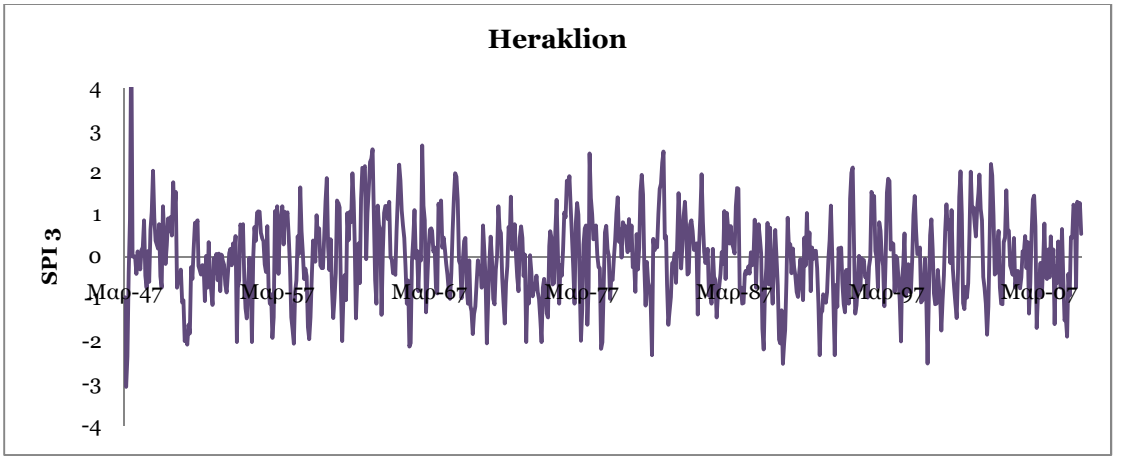
Διάγραμμα ΙΙ.59. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα δώδεκα μηνών για τον σταθμό της Χρυσούπολης.*



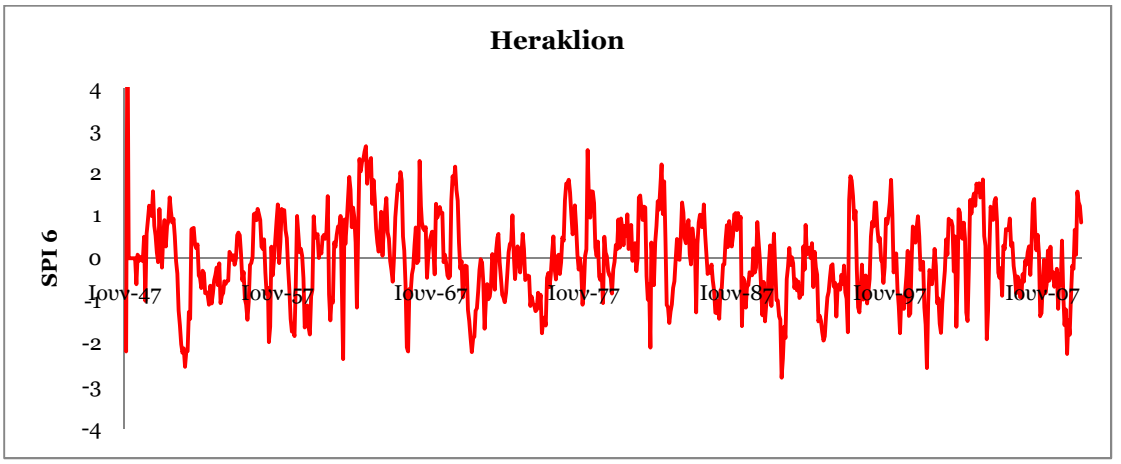
Διάγραμμα ΙΙ.60. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα είκοσι τεσσάρων μηνών για τον σταθμό της Χρυσούπολης.*



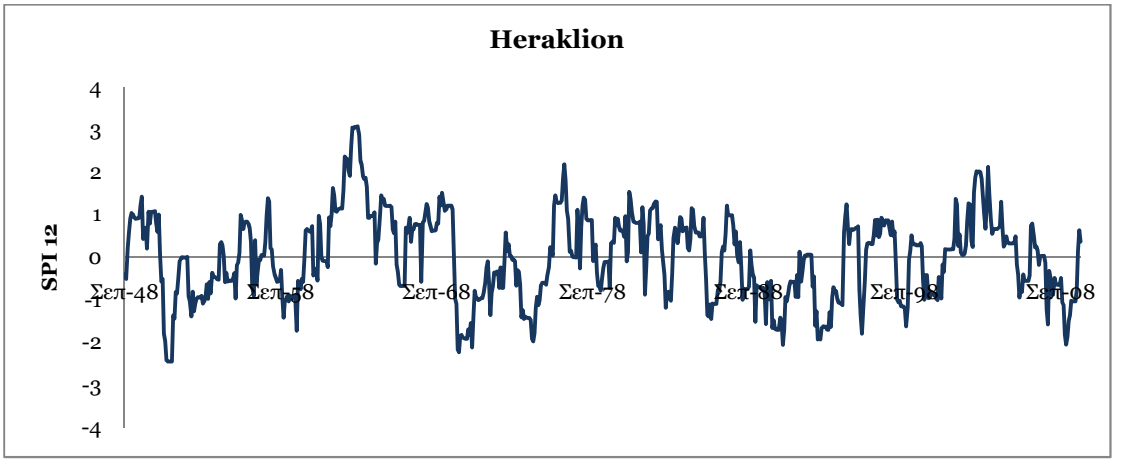
Διάγραμμα ΙΙ.61. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα ενός μήνα για τον σταθμό του Ηρακλείου.*



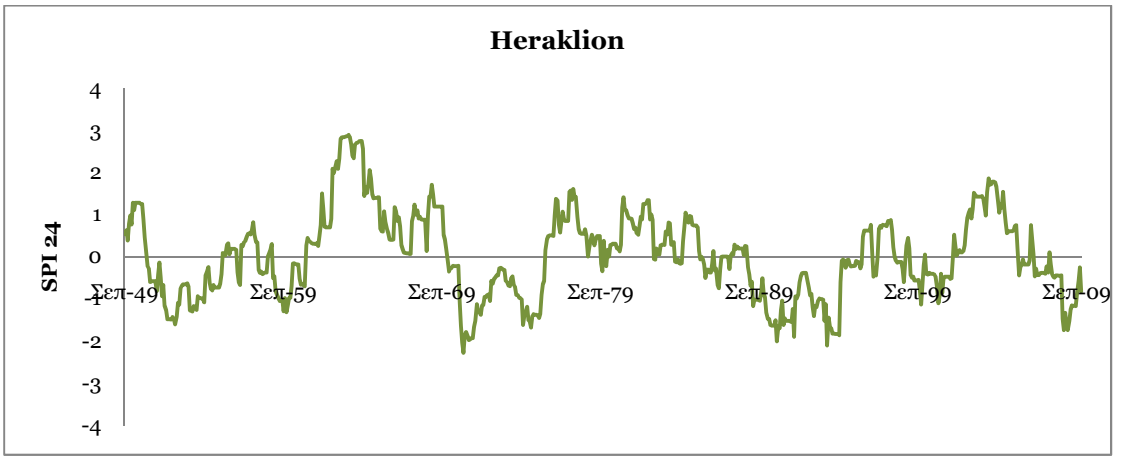
Διάγραμμα ΙΙ.62. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα τριών μηνών για τον σταθμό του Ηρακλείου.*



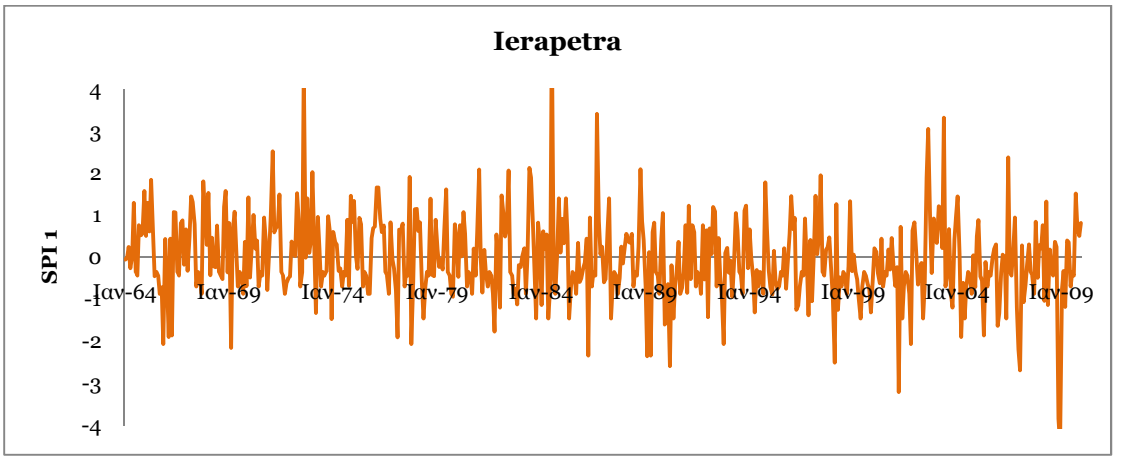
Διάγραμμα ΙΙ.63. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα έξι μηνών για τον σταθμό του Ηρακλείου.*



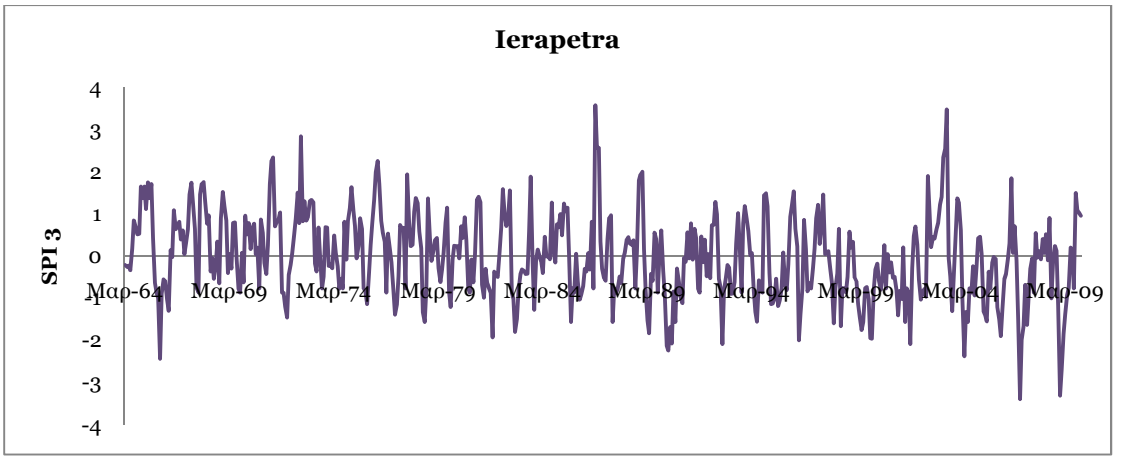
Διάγραμμα ΙΙ.64. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα δώδεκα μηνών για τον σταθμό του Ηρακλείου.*



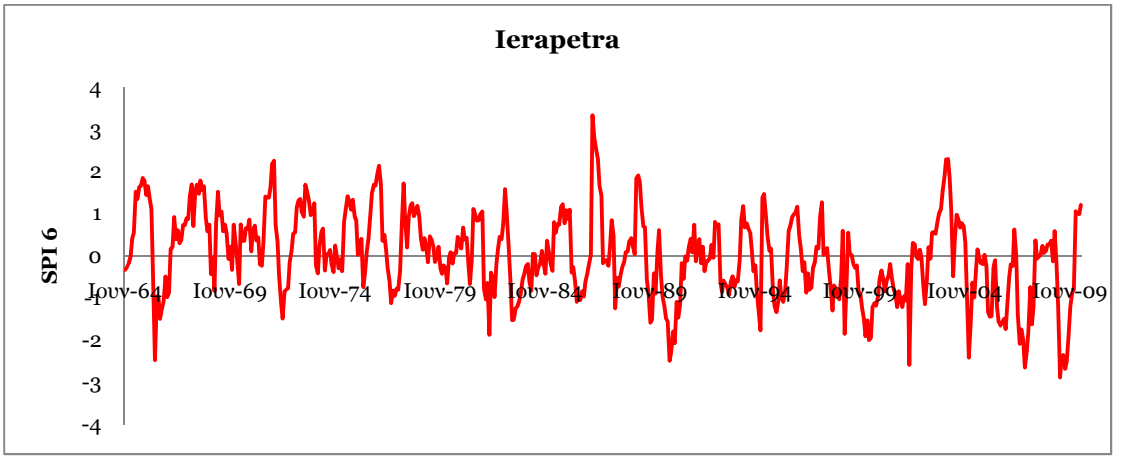
Διάγραμμα ΙΙ.65. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα είκοσι τεσσάρων μηνών για τον σταθμό του Ηρακλείου.*



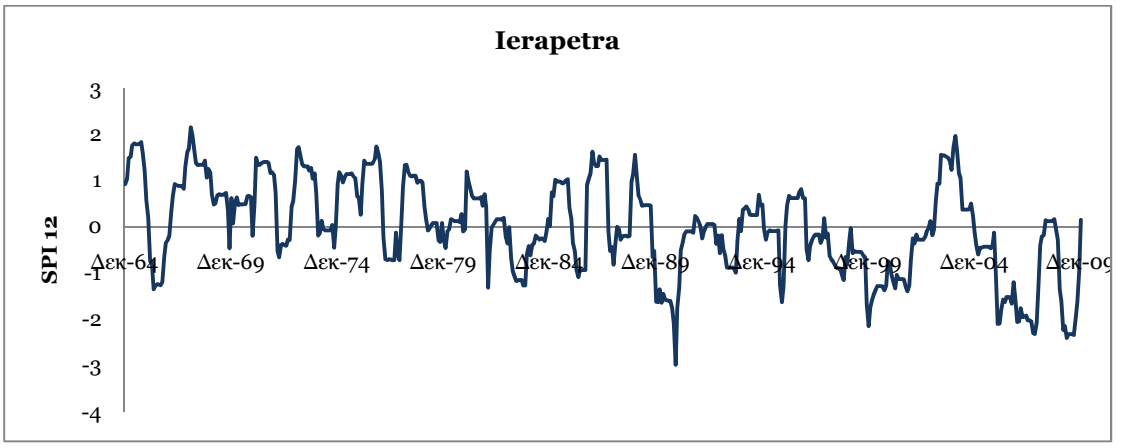
Διάγραμμα ΙΙ.66. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα ενός μήνα για τον σταθμό της Ιεράπετρας.*



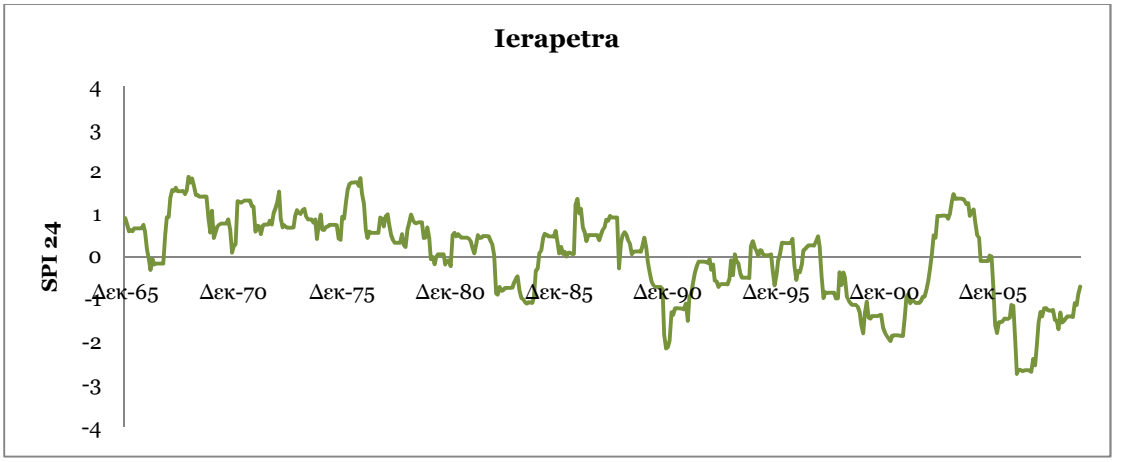
Διάγραμμα ΙΙ.67. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα τριών μηνών για τον σταθμό της Ιεράπετρας.*



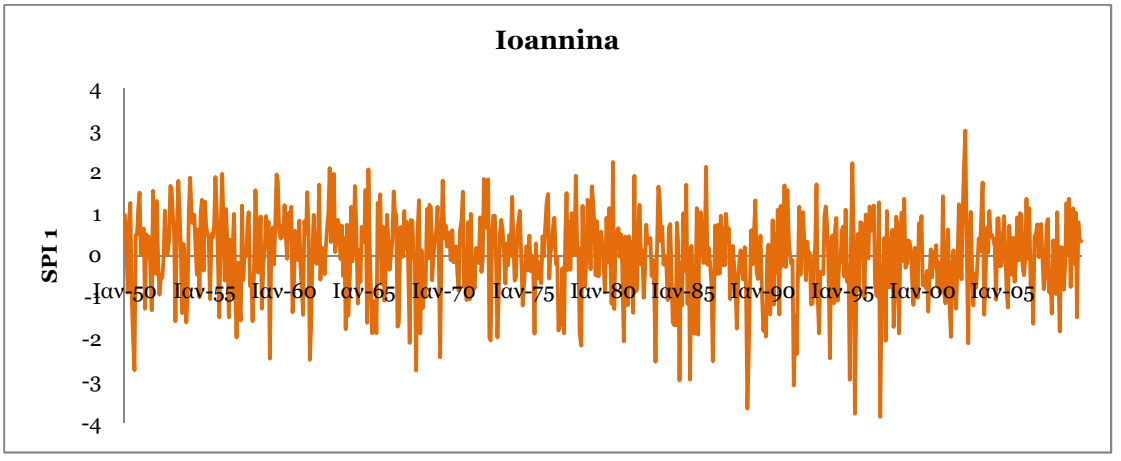
Διάγραμμα ΙΙ.68. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα έξι μηνών για τον σταθμό της Ιεράπετρας.*



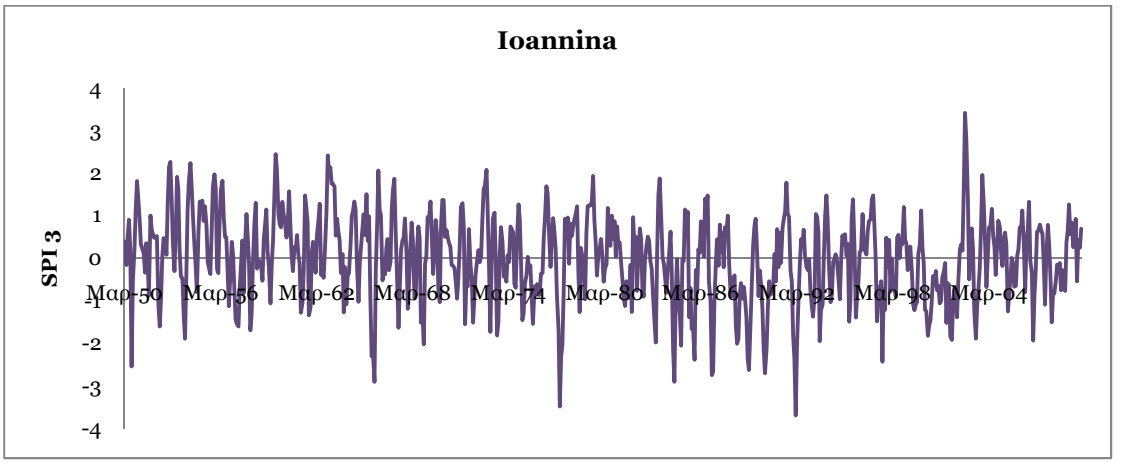
Διάγραμμα Π.69. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα δώδεκα μηνών για τον σταθμό της Ιεράπετρας.*



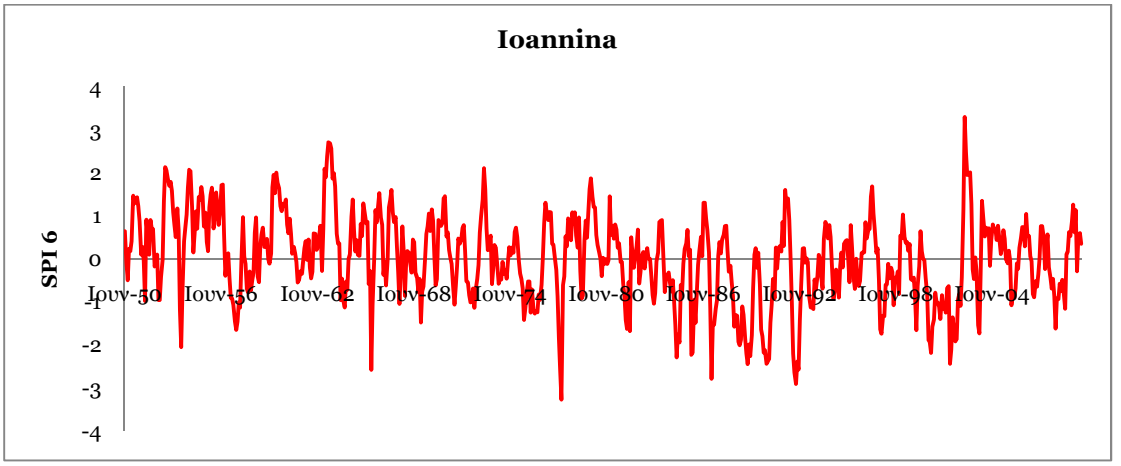
Διάγραμμα Π.70. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα είκοσι τεσσάρων μηνών για τον σταθμό της Ιεράπετρας.*



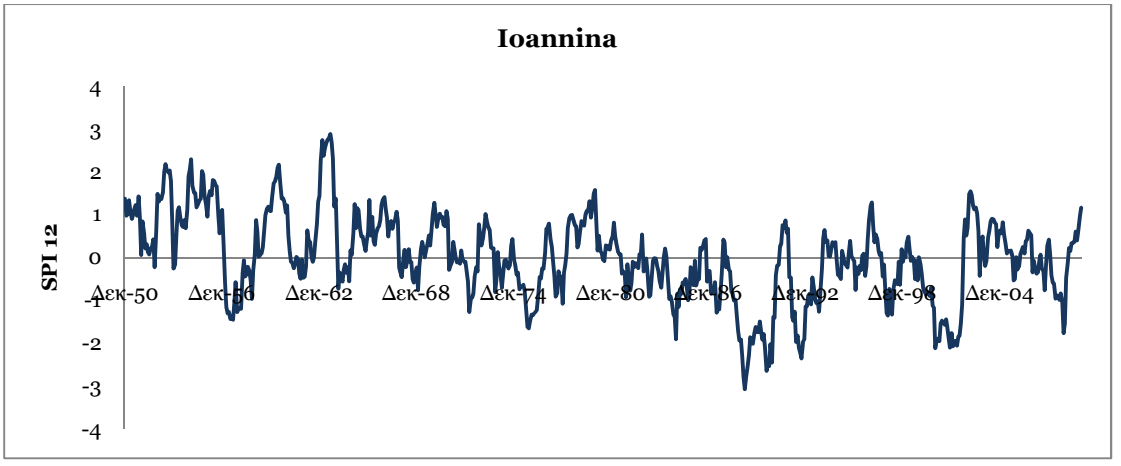
Διάγραμμα Π.71. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα ενός μήνα για τον σταθμό των Ιωαννίνων.*



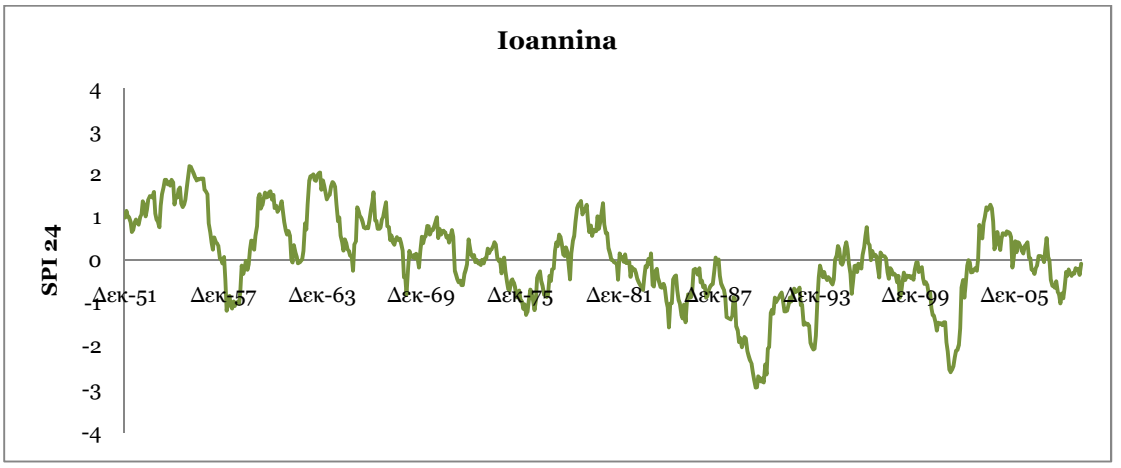
Διάγραμμα Π.72. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα τριών μηνών για τον σταθμό των Ιωαννίνων.*



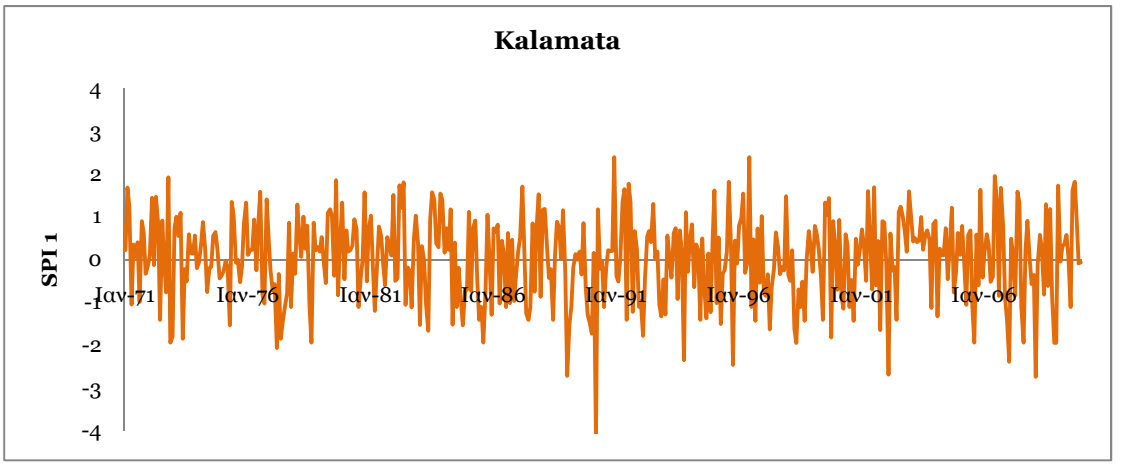
Διάγραμμα Π.73. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα έξι μηνών για τον σταθμό των Ιωαννίνων.*



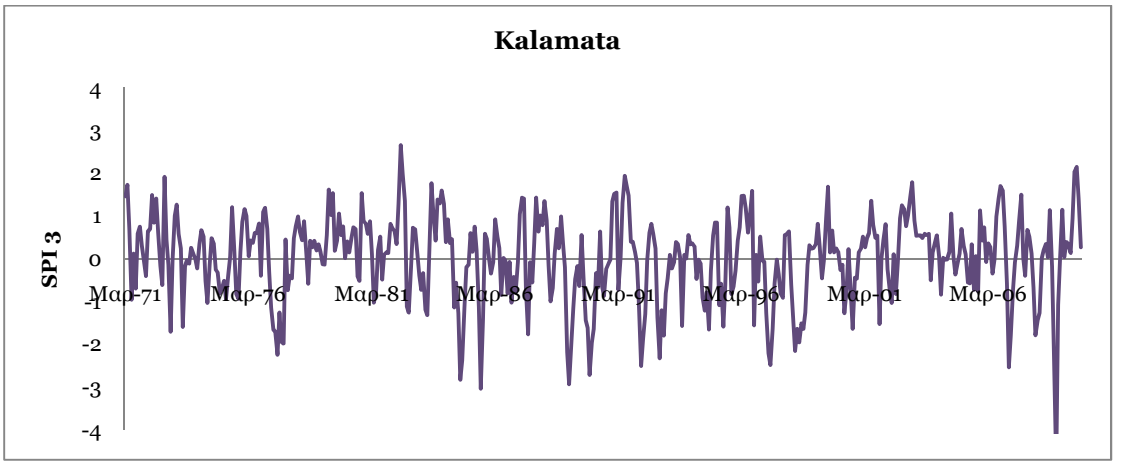
Διάγραμμα Π.74. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα δώδεκα μηνών για τον σταθμό των Ιωαννίνων.*



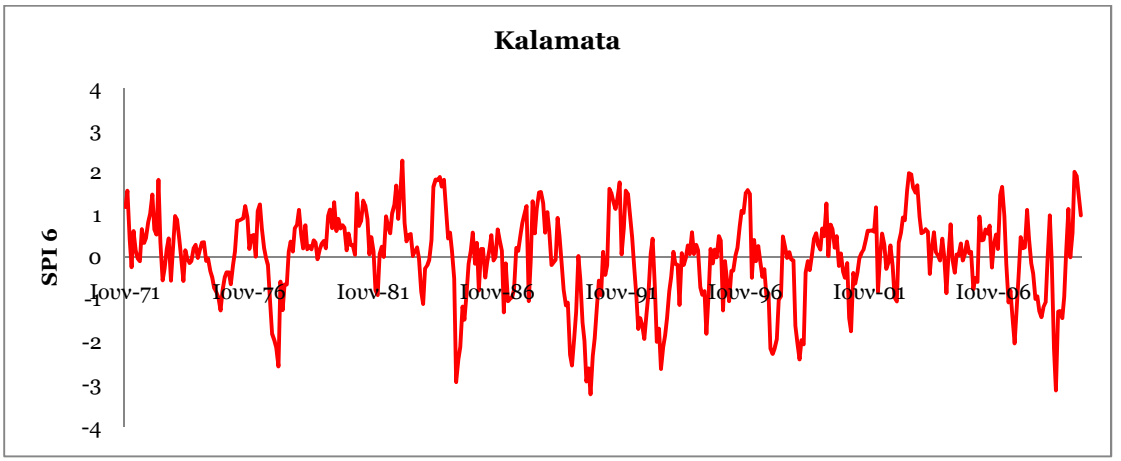
Διάγραμμα ΙΙ.75. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα είκοσι τεσσάρων μηνών για τον σταθμό των Ιωαννίνων.*



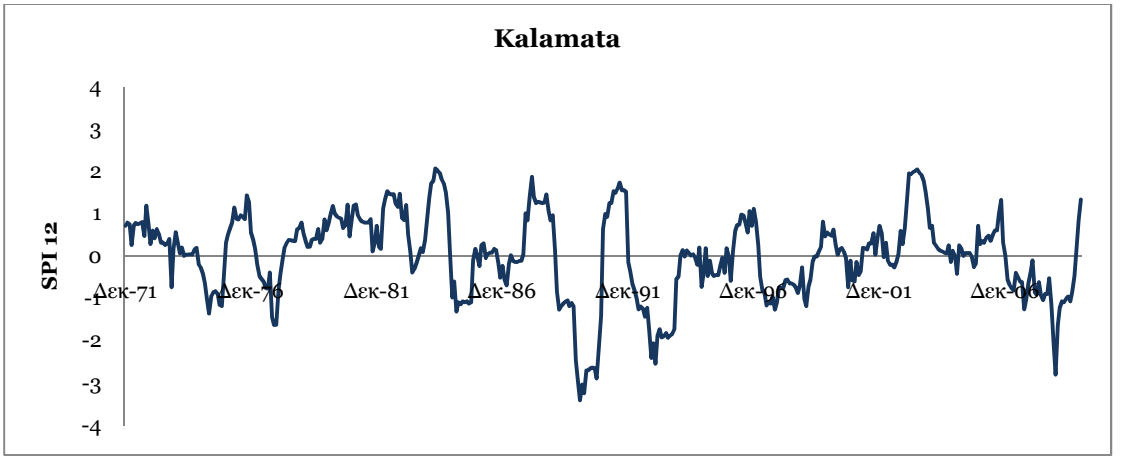
Διάγραμμα ΙΙ.76. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα ενός μήνα για τον σταθμό της Καλαμάτας.*



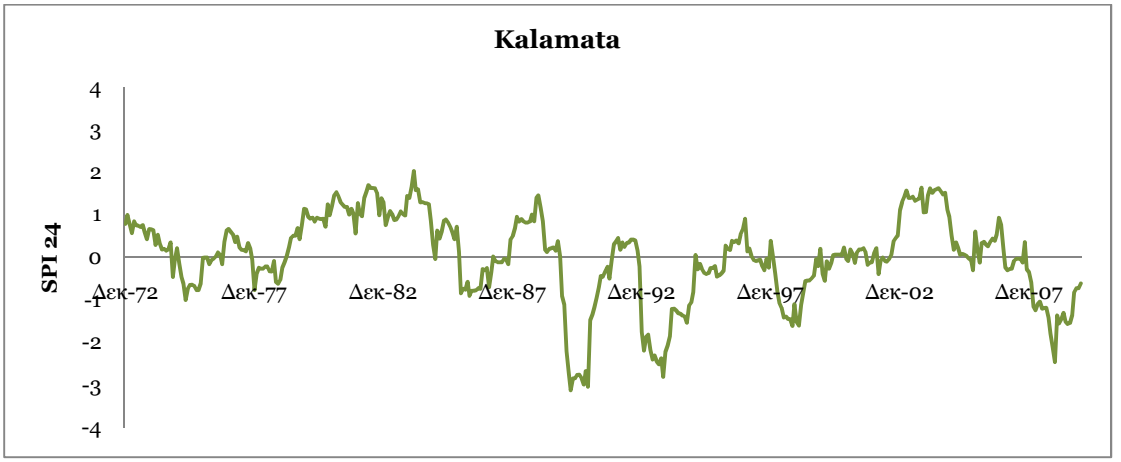
Διάγραμμα ΙΙ.77. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα τριών μηνών για τον σταθμό της Καλαμάτας.*



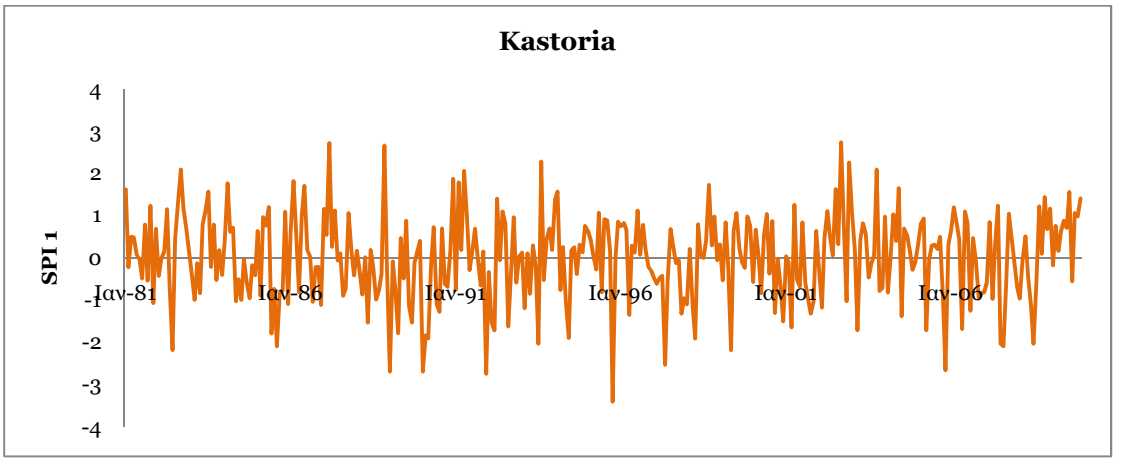
Διάγραμμα ΙΙ.78. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα έξι μηνών για τον σταθμό της Καλαμάτας.*



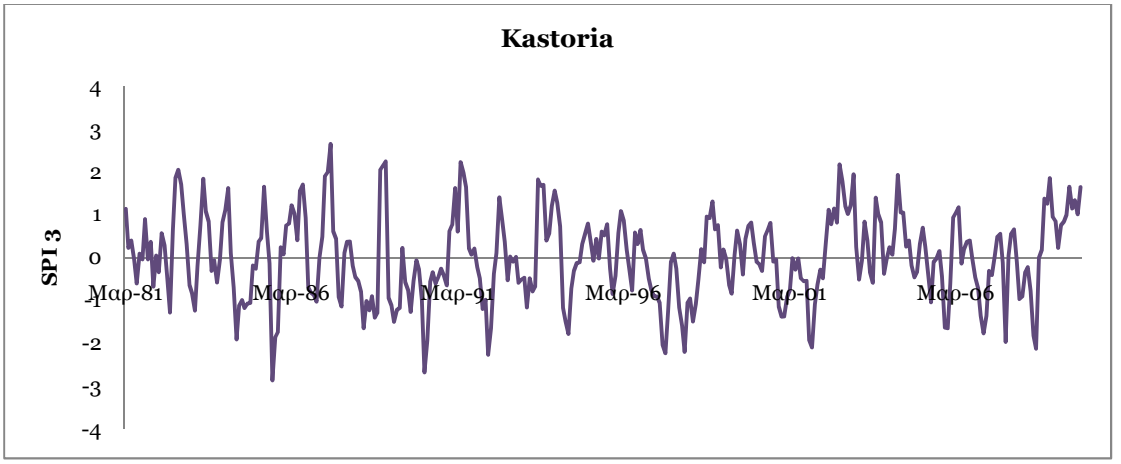
Διάγραμμα ΙΙ.79. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα δώδεκα μηνών για τον σταθμό της Καλαμάτας.*



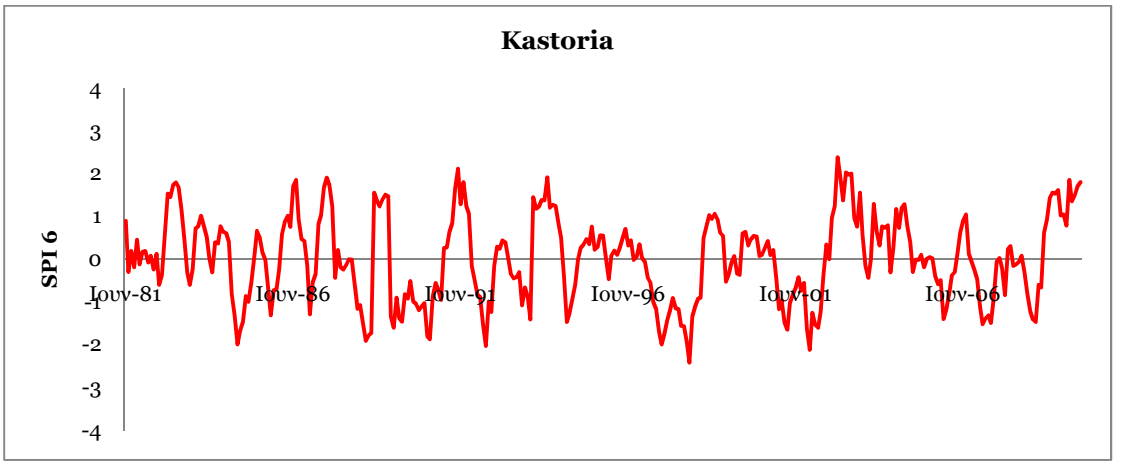
Διάγραμμα ΙΙ.80. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα είκοσι τεσσάρων μηνών για τον σταθμό της Καλαμάτας.*



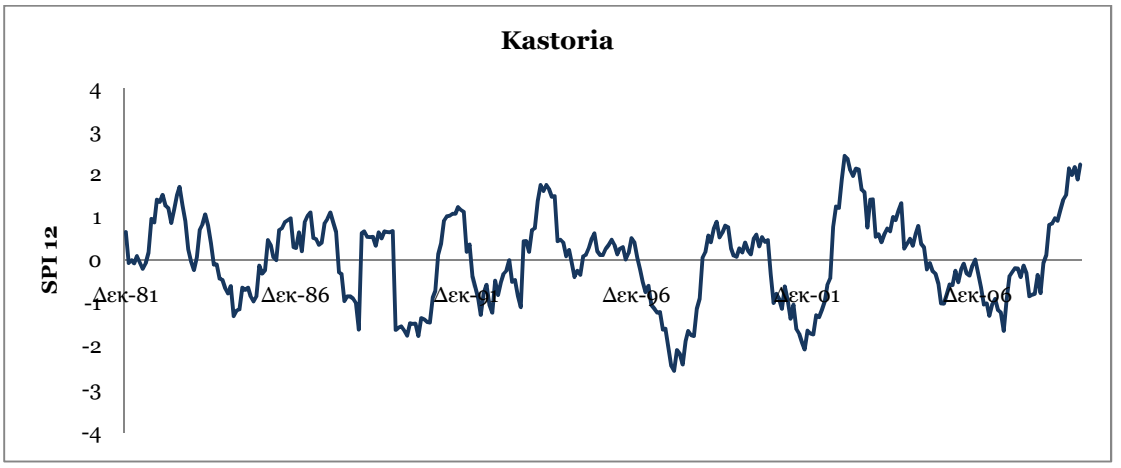
Διάγραμμα ΙΙ.81. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα ενός μήνα για τον σταθμό της Καστοριάς.*



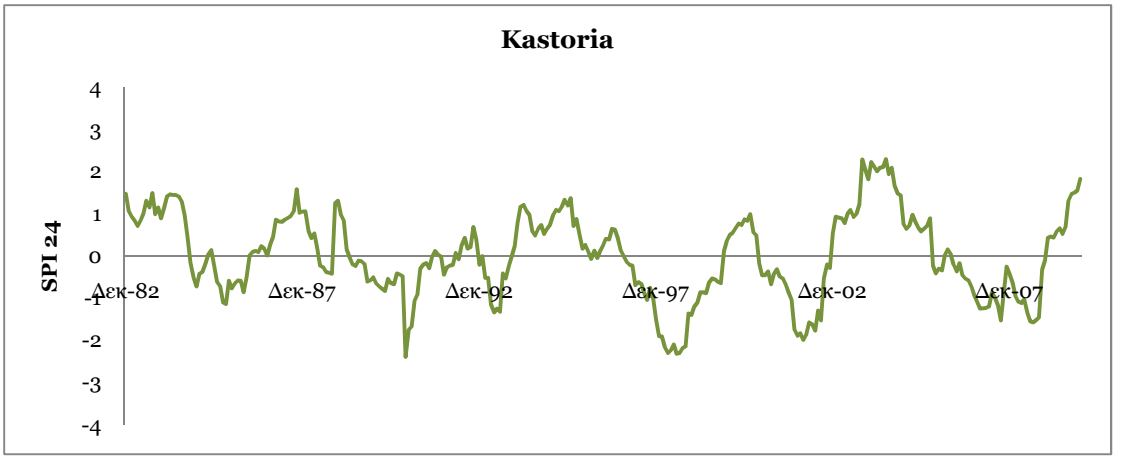
Διάγραμμα ΙΙ.82. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα τριών μηνών για τον σταθμό της Καστοριάς.*



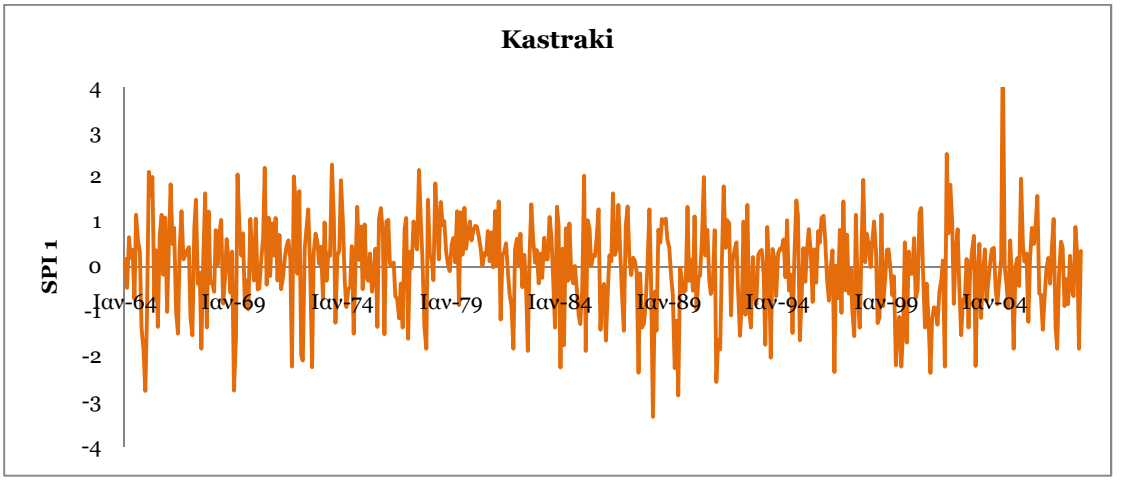
Διάγραμμα ΙΙ.83. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα έξι μηνών για τον σταθμό της Καστοριάς.*



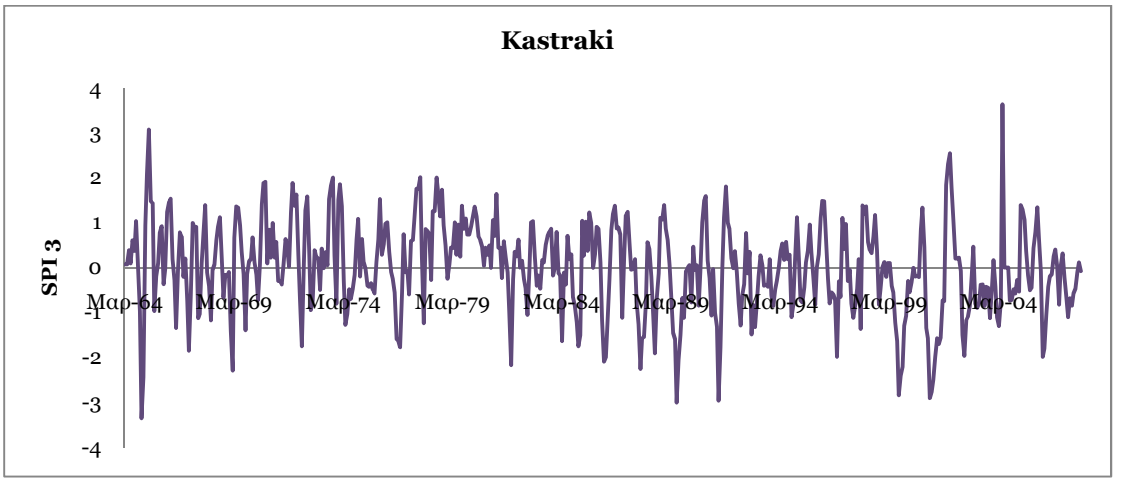
Διάγραμμα ΙΙ.84. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα δώδεκα μηνών για τον σταθμό της Καστοριάς.*



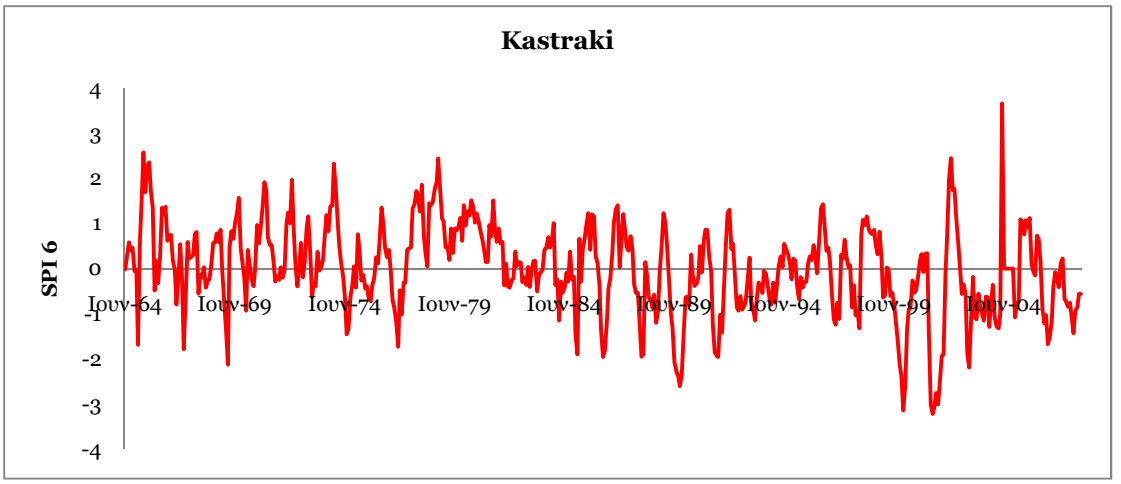
Διάγραμμα ΙΙ.85. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα είκοσι τεσσάρων μηνών για τον σταθμό της Καστοριάς.*



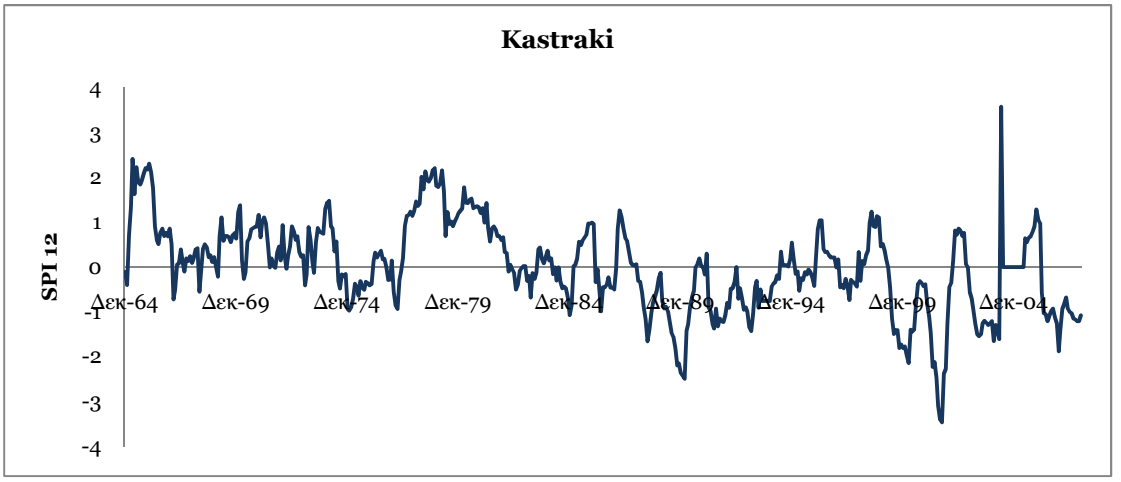
Διάγραμμα ΙΙ.86. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα ενός μήνα για τον σταθμό του Καστρακίου.*



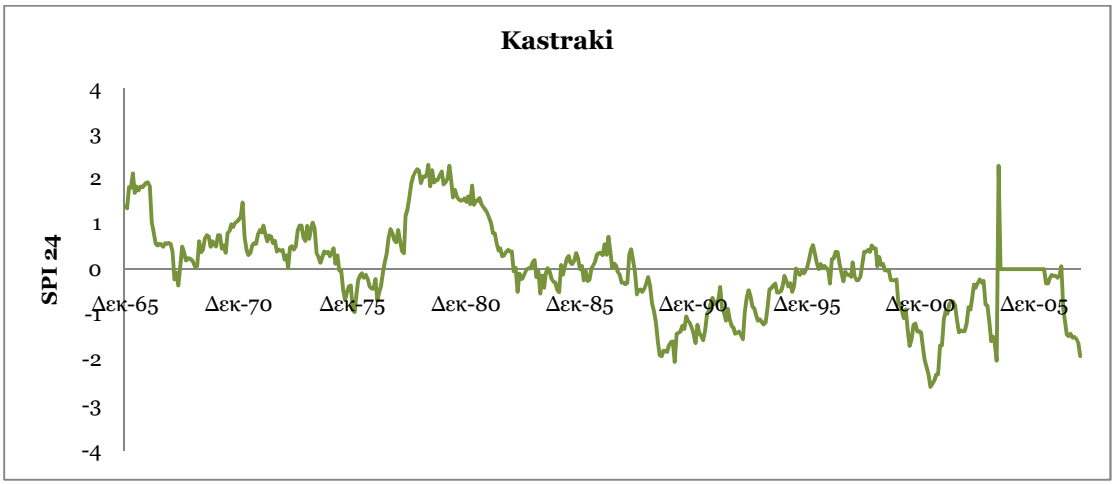
Διάγραμμα ΙΙ.87. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα τριών μηνών για τον σταθμό του Καστρακίου.*



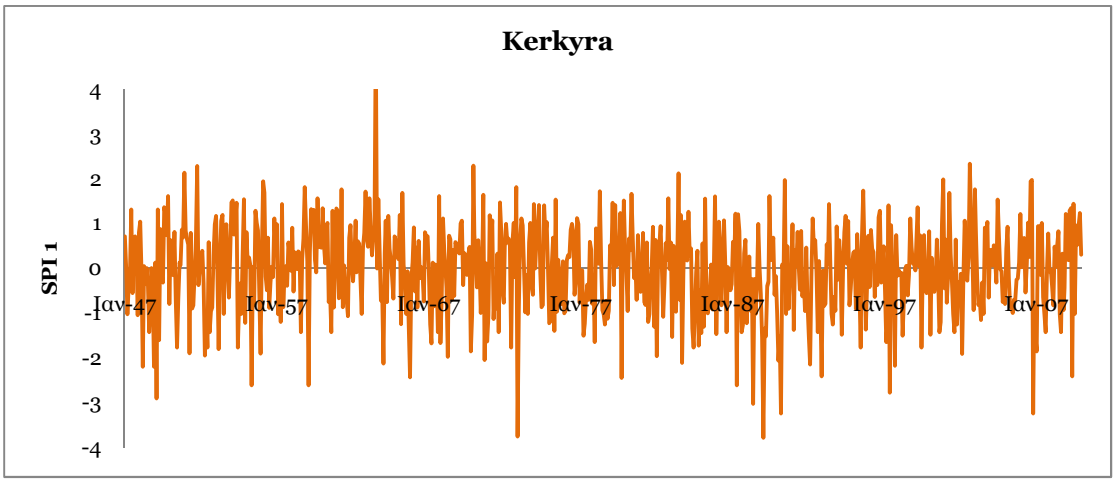
Διάγραμμα ΙΙ.88. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα έξι μηνών για τον σταθμό του Καστρακίου.*



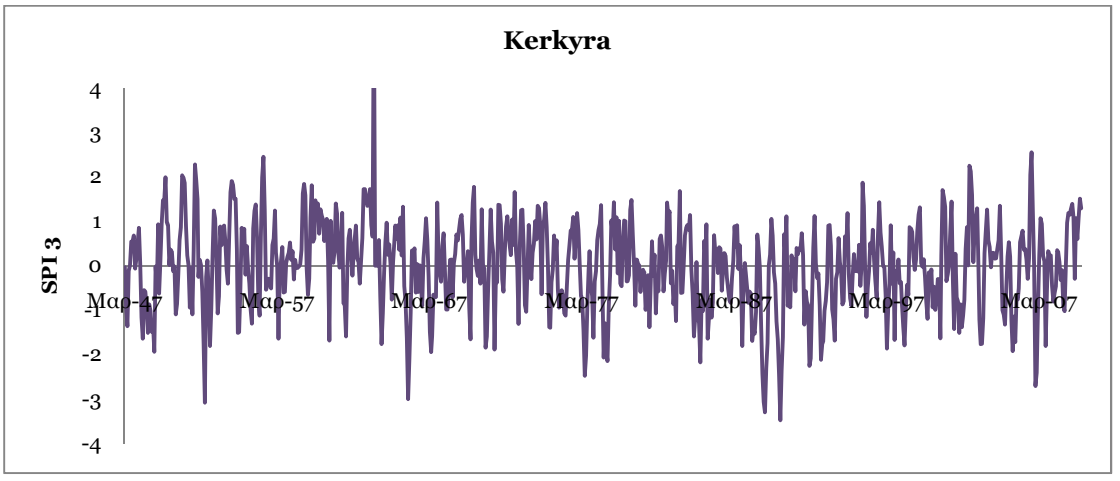
Διάγραμμα ΙΙ.89. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα δώδεκα μηνών για τον σταθμό του Καστρακίου.*



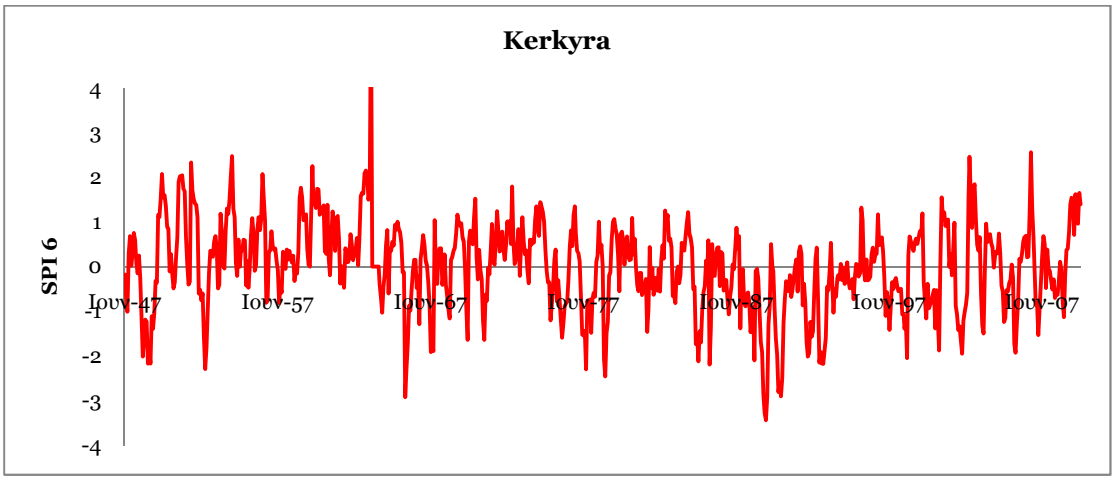
Διάγραμμα ΙΙ.90. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα είκοσι τεσσάρων μηνών για τον σταθμό του Καστρακίου.*



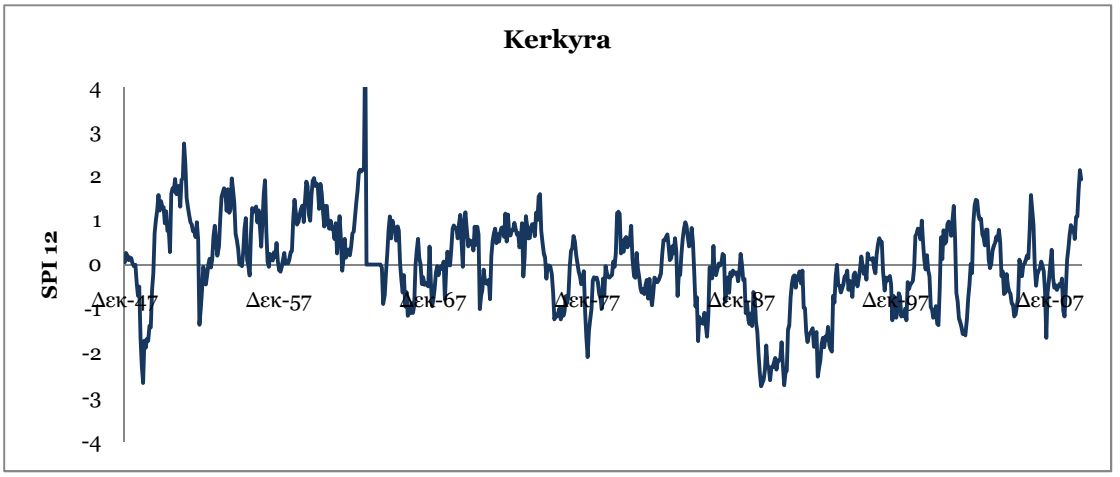
Διάγραμμα ΙΙ.91. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα ενός μήνα για τον σταθμό της Κέρκυρας.*



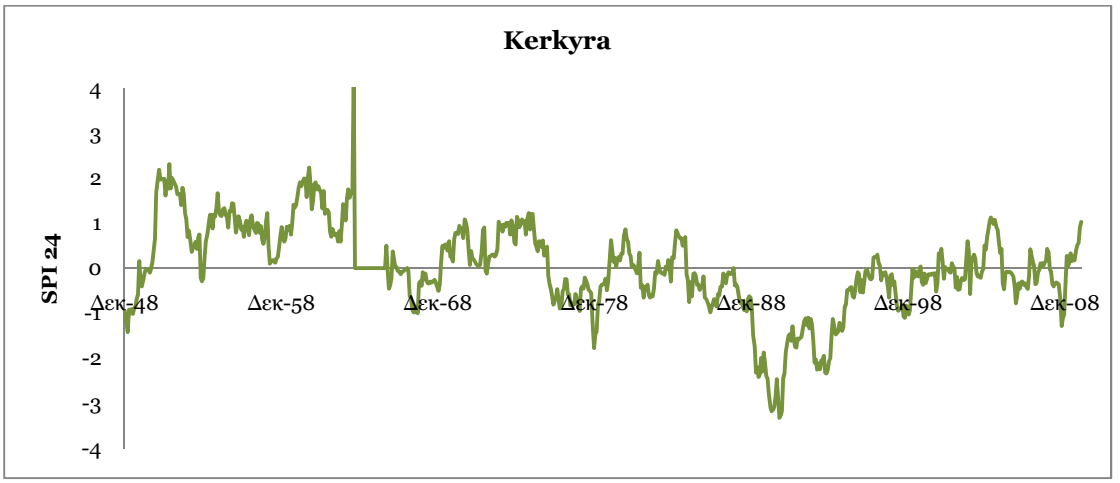
Διάγραμμα ΙΙ.92. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα τριών μηνών για τον σταθμό της Κέρκυρας.*



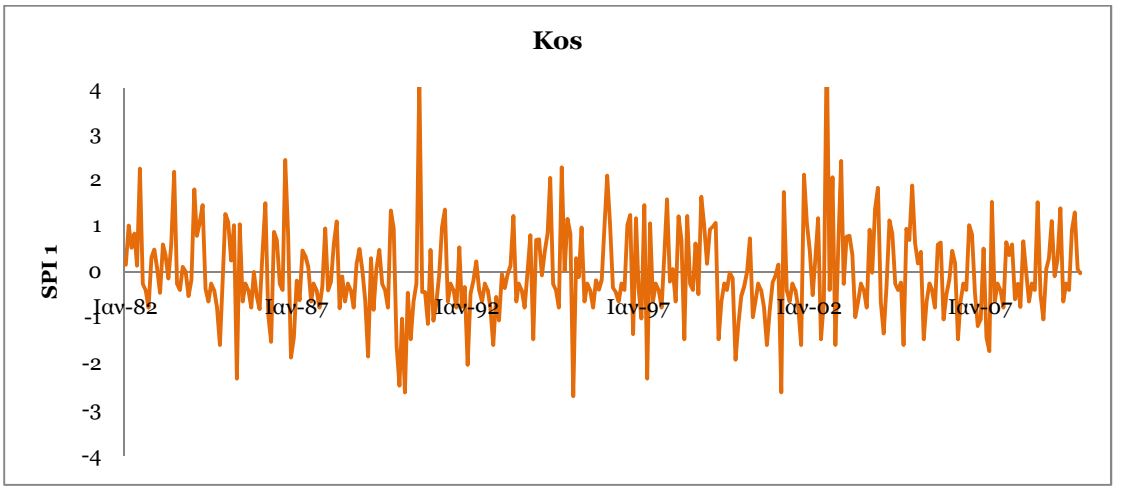
Διάγραμμα Π.93. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα έξι μηνών για τον σταθμό της Κέρκυρας.*



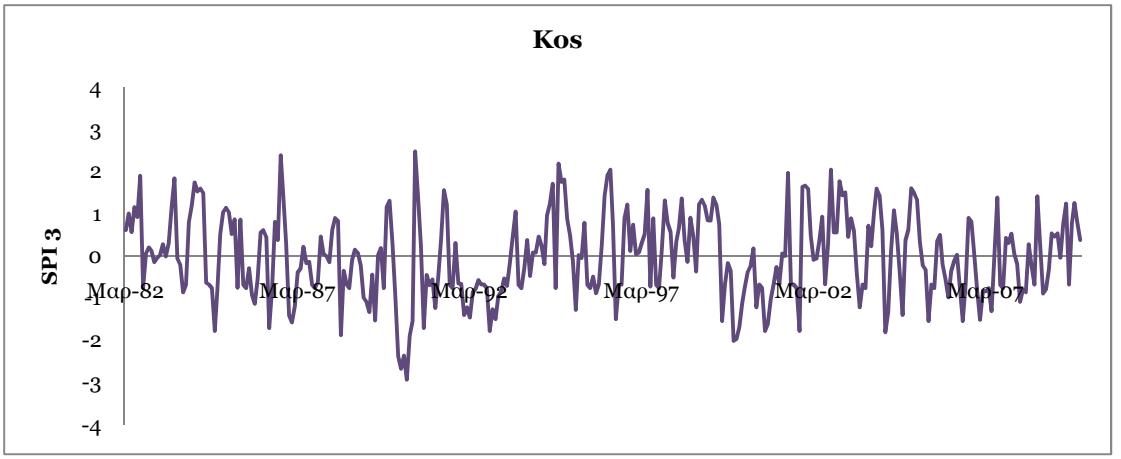
Διάγραμμα Π.94. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα δώδεκα μηνών για τον σταθμό της Κέρκυρας.*



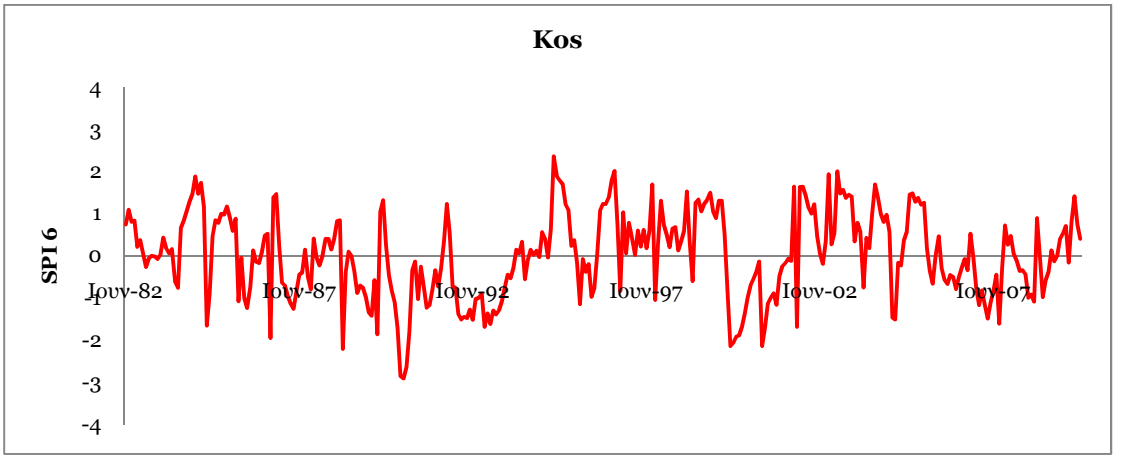
Διάγραμμα Π.95. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα είκοσι τεσσάρων μηνών για τον σταθμό της Κέρκυρας.*



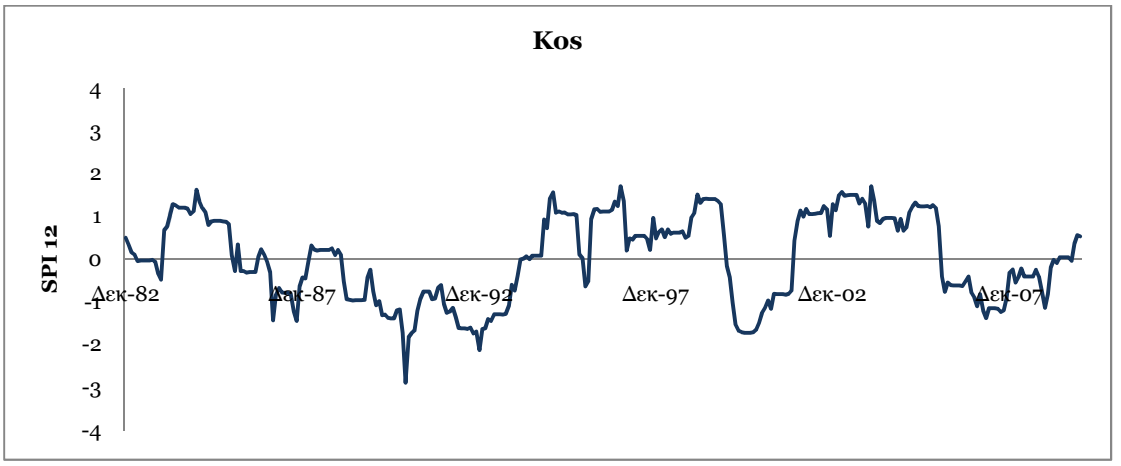
Διάγραμμα Π.96. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα ενός μήνα για τον σταθμό της Κω.*



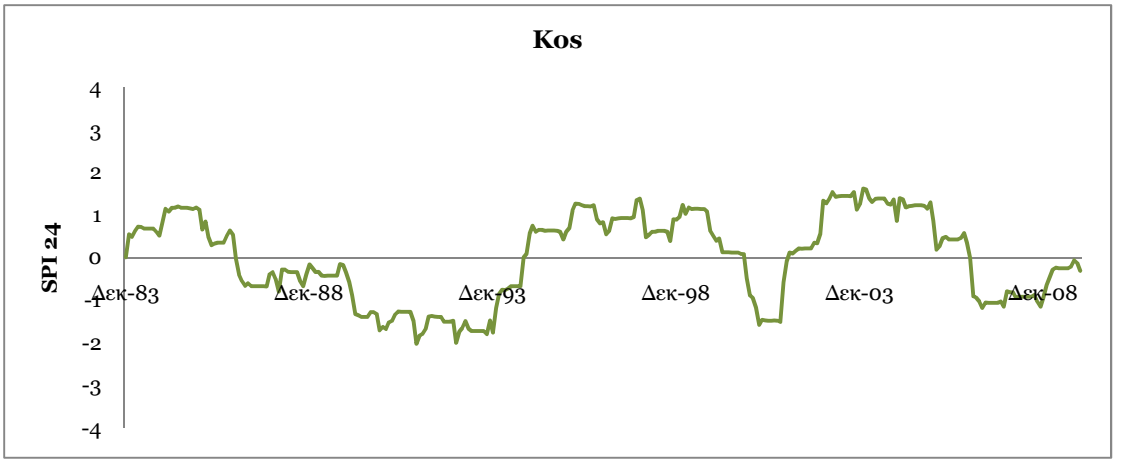
Διάγραμμα Π.97. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα τριών μηνών για τον σταθμό της Κω.*



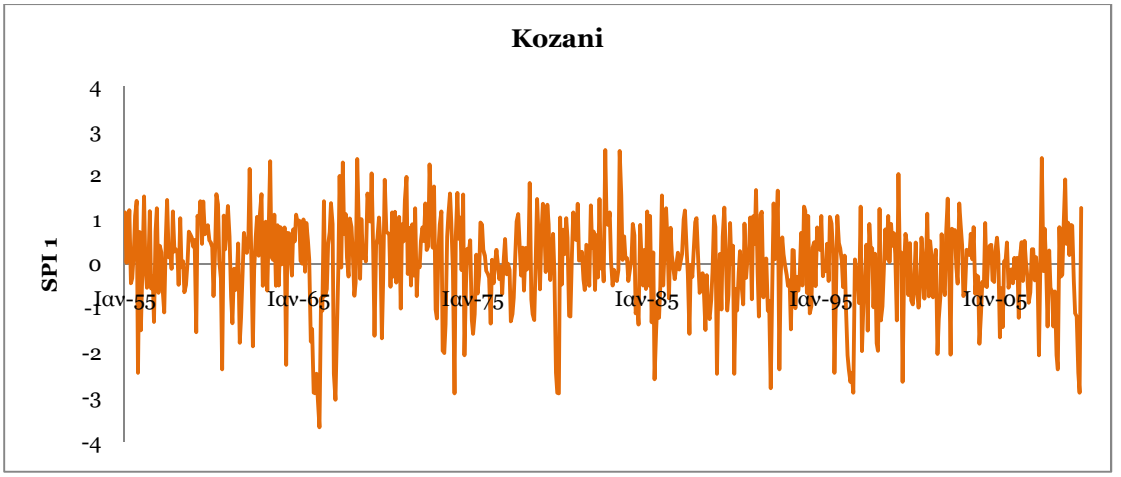
Διάγραμμα Π.98. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα έξι μηνών για τον σταθμό της Κω.*



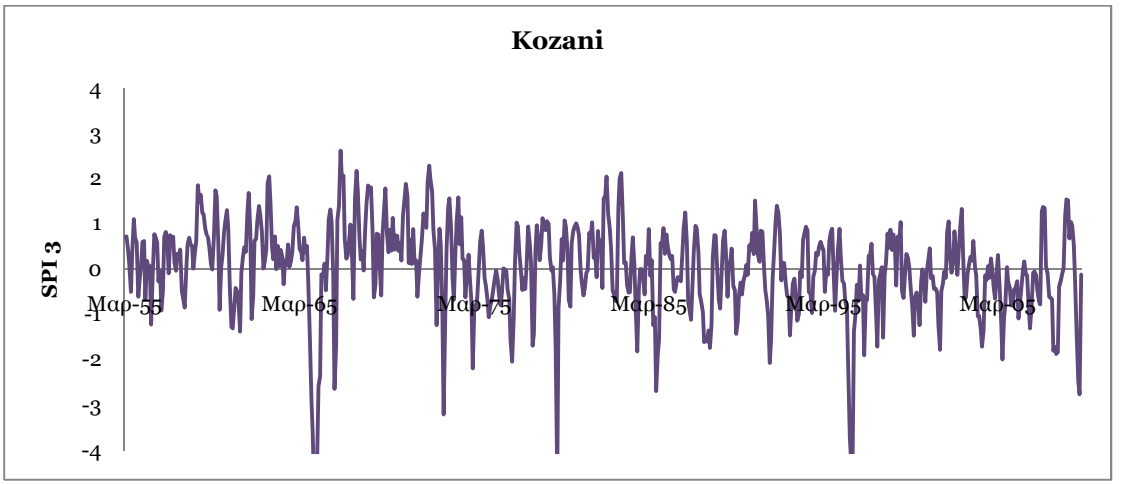
Διάγραμμα Π.99. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα δώδεκα μηνών για τον σταθμό της Κω.*



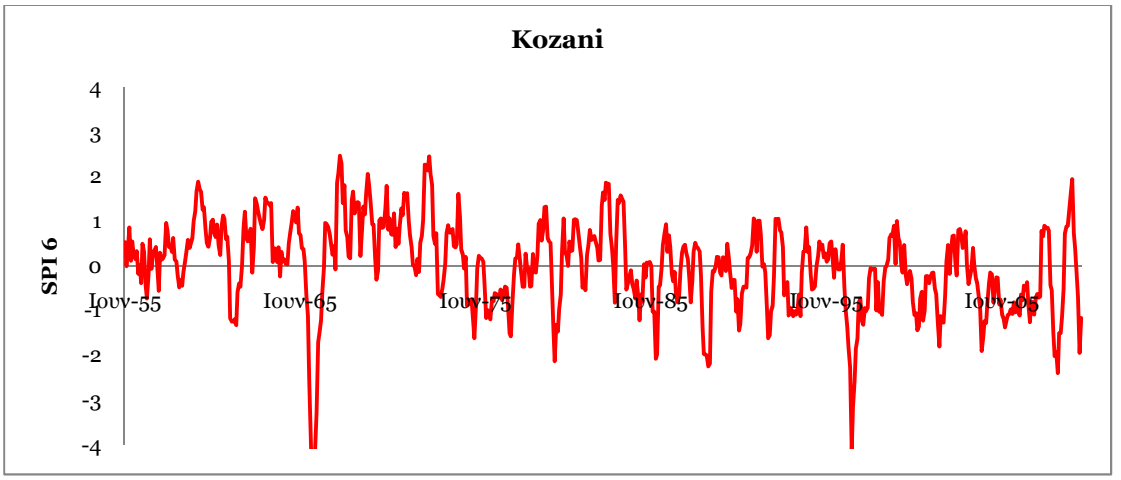
Διάγραμμα Π.100. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα είκοσι τεσσάρων μηνών για τον σταθμό της Κω.*



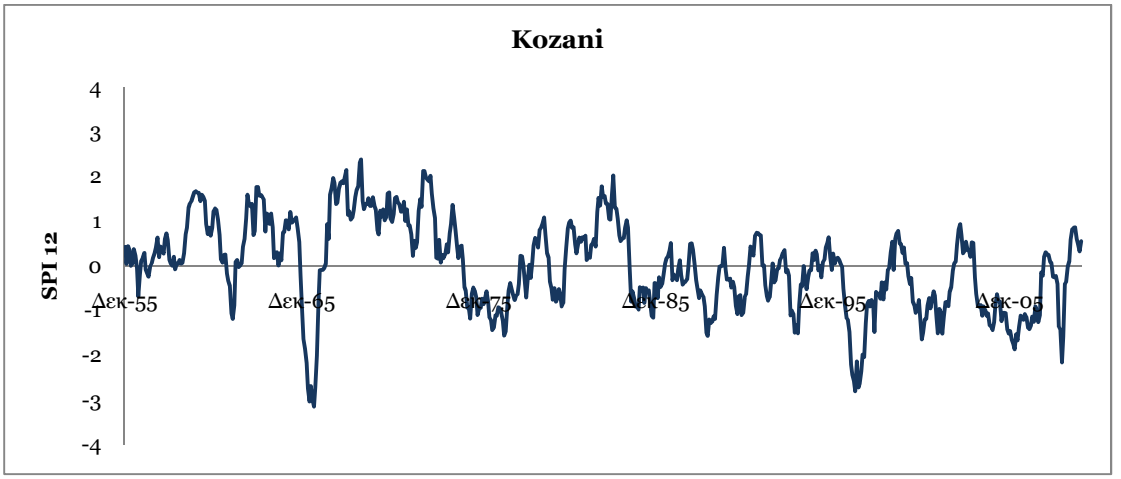
Διάγραμμα Π.101. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα ενός μήνα για τον σταθμό της Κοζάνης.*



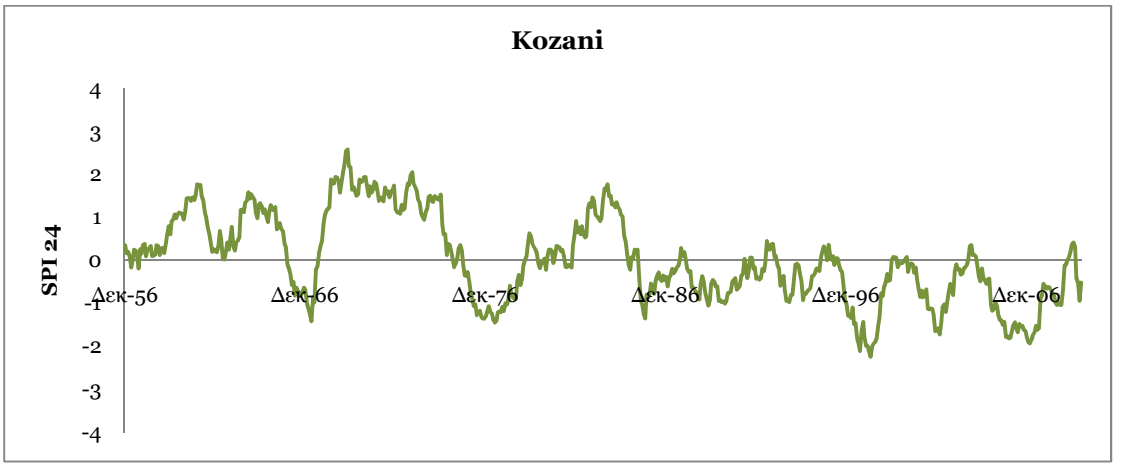
Διάγραμμα Π.102. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα τριών μηνών για τον σταθμό της Κοζάνης.*



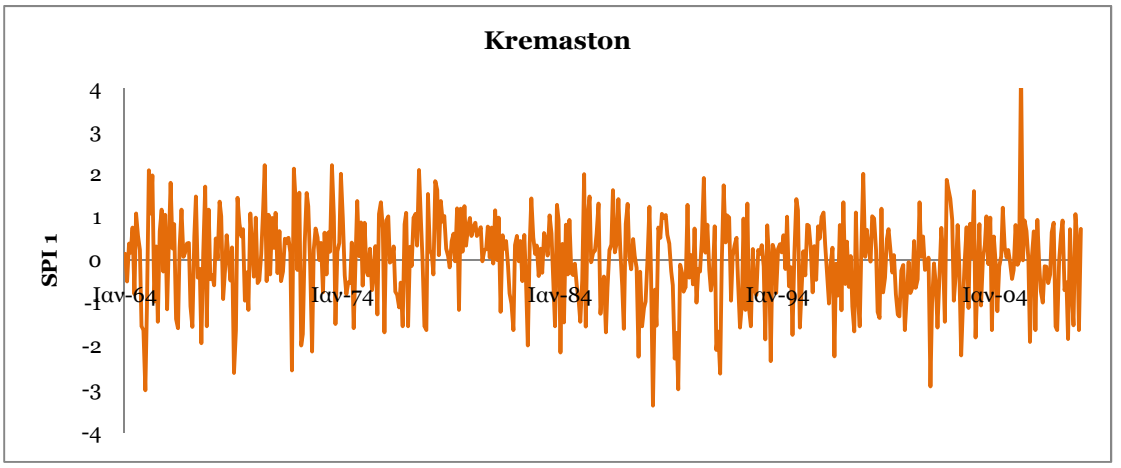
Διάγραμμα Π.103. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα έξι μηνών για τον σταθμό της Κοζάνης.*



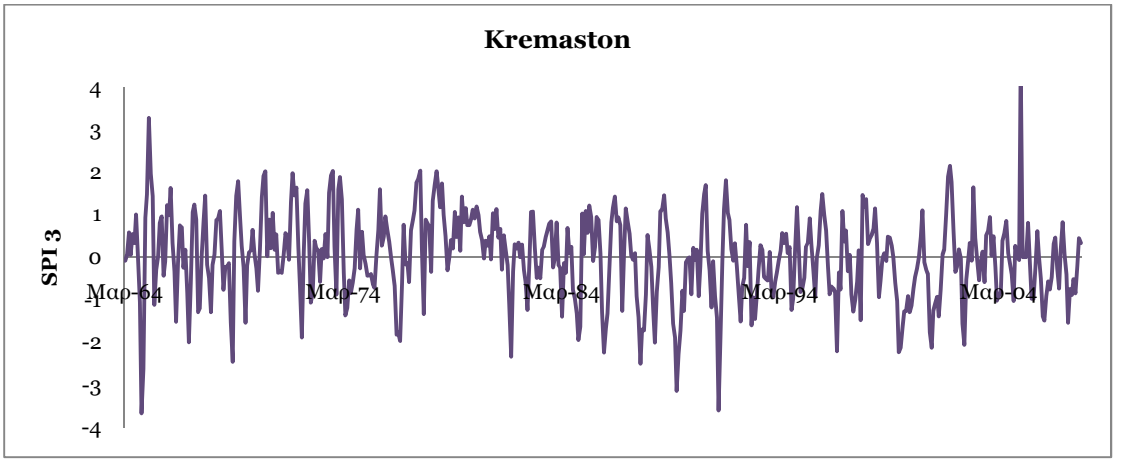
Διάγραμμα Π.104. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα δώδεκα μηνών για τον σταθμό της Κοζάνης.*



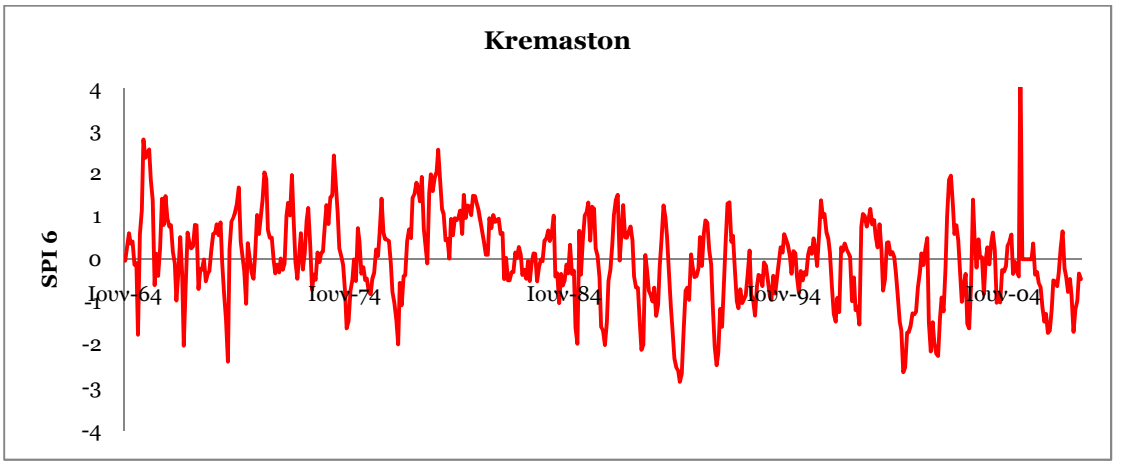
Διάγραμμα ΙΙ.105. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα είκοσι τεσσάρων μηνών για τον σταθμό της Κοζάνης.*



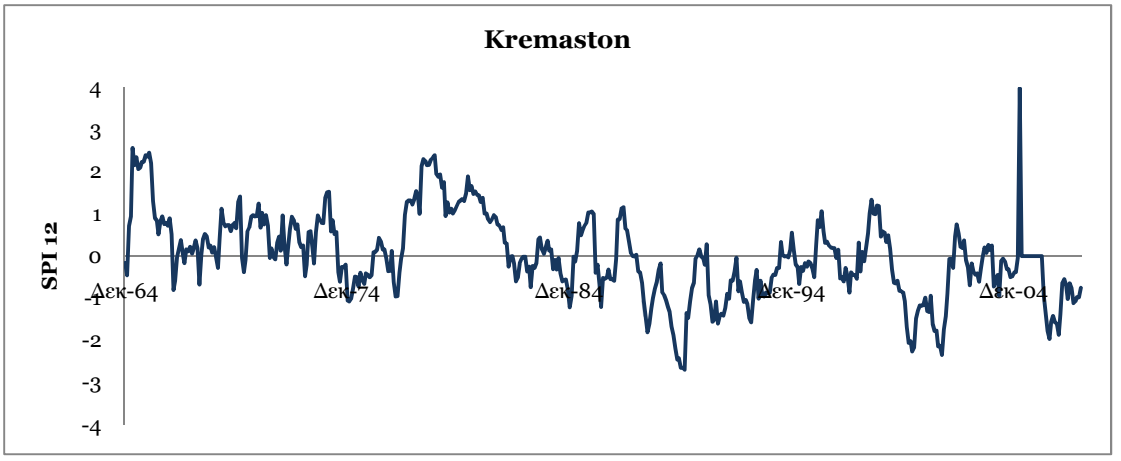
Διάγραμμα ΙΙ.106. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα ενός μήνα για τον σταθμό των Κρεμαστών.*



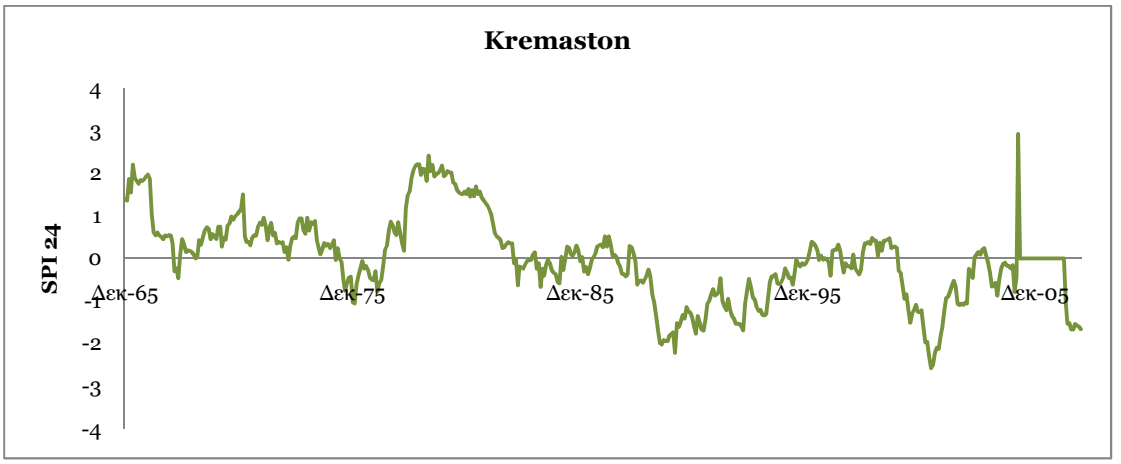
Διάγραμμα ΙΙ.107. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα τριών μηνών για τον σταθμό των Κρεμαστών.*



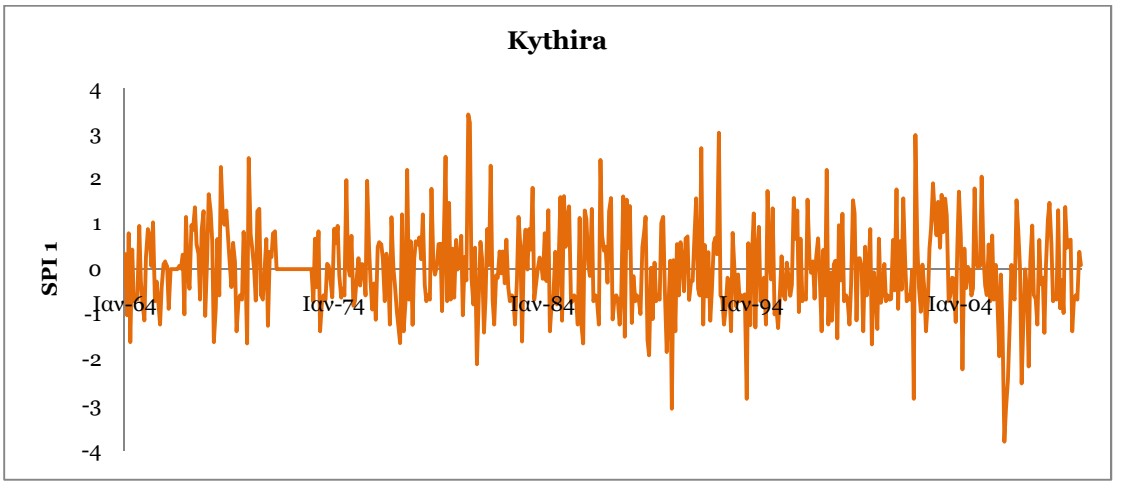
Διάγραμμα ΙΙ.108. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα έξι μηνών για τον σταθμό των Κρεμαστών.*



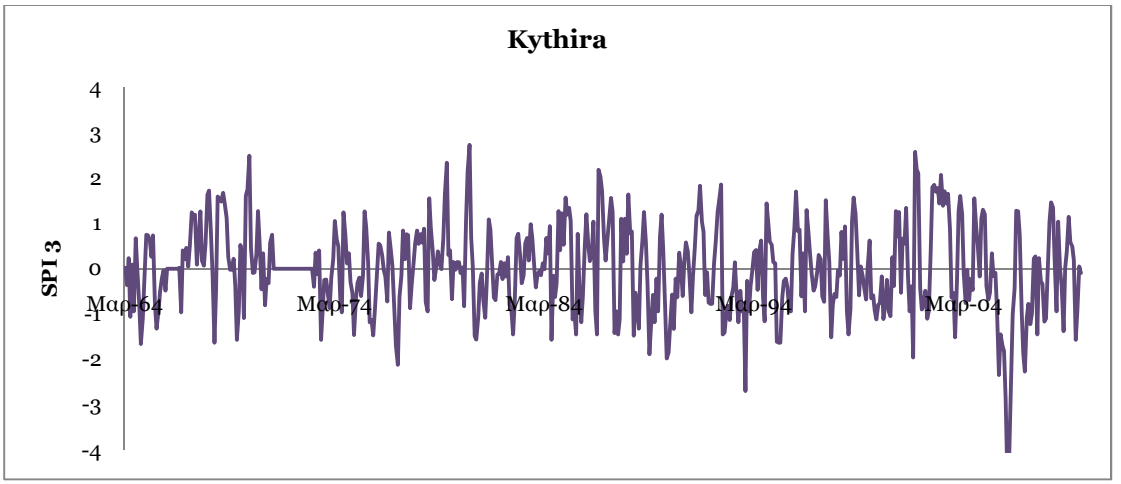
Διάγραμμα ΙΙ.109. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα δώδεκα μηνών για τον σταθμό των Κρεμαστών.*



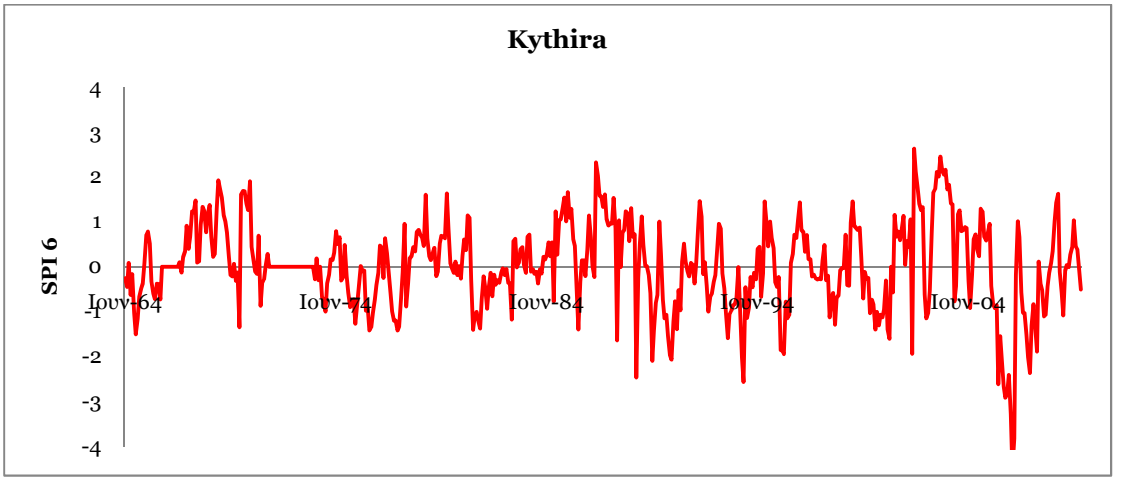
Διάγραμμα ΙΙ.110. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα είκοσι τεσσάρων μηνών για τον σταθμό των Κρεμαστών.*



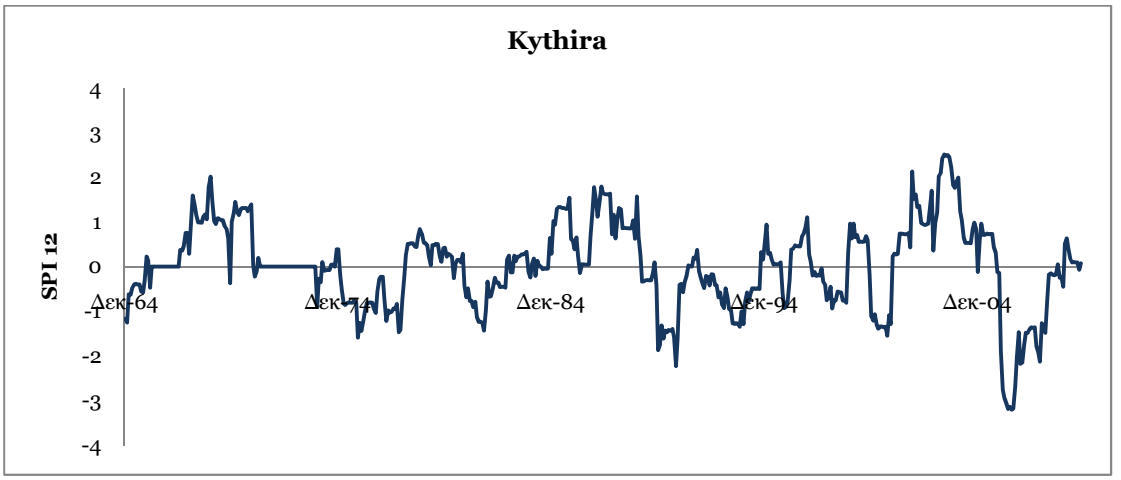
Διάγραμμα ΙΙ.111. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα ενός μήνα για τον σταθμό των Κυθήρων.*



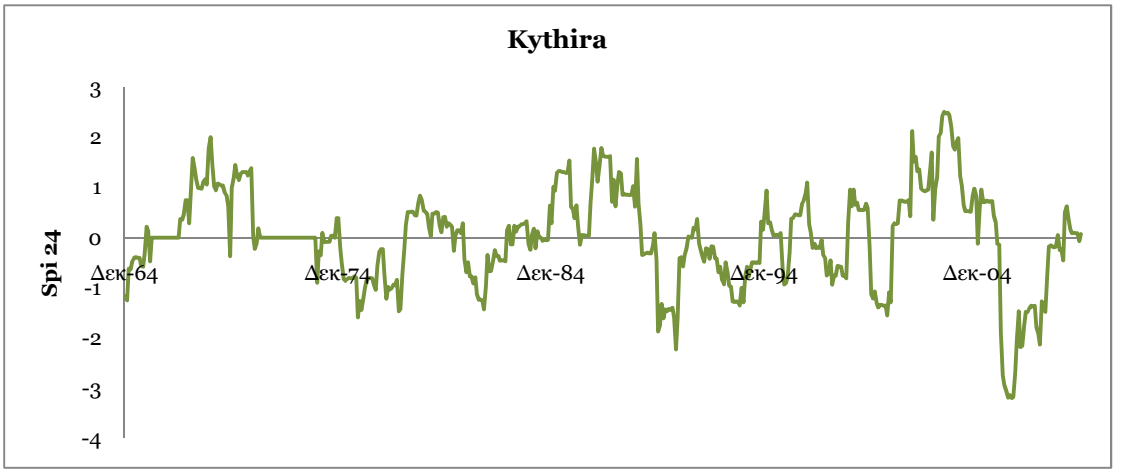
Διάγραμμα ΙΙ.112. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα τριών μηνών για τον σταθμό των Κυθήρων.*



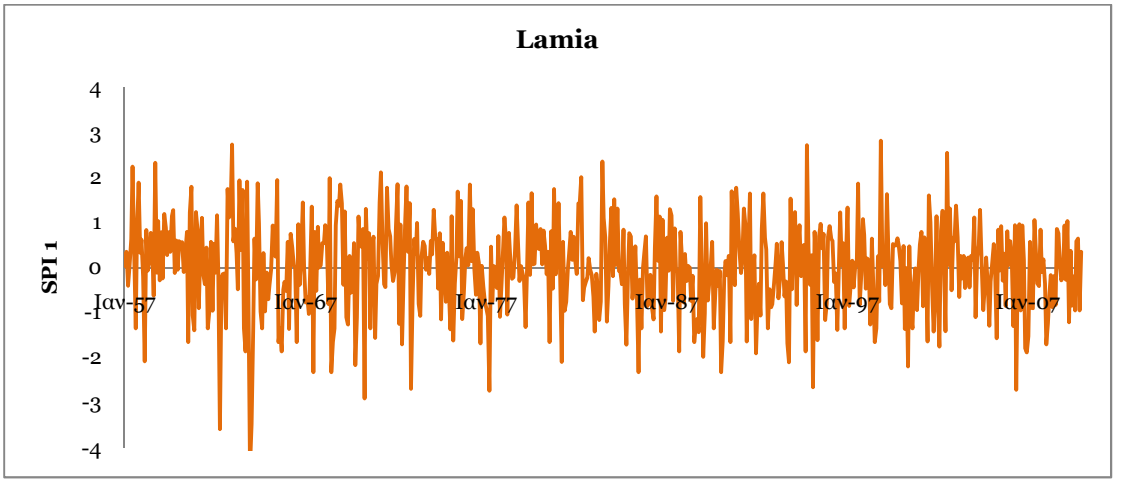
Διάγραμμα ΙΙ.113. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα έξι μηνών για τον σταθμό των Κυθήρων.*



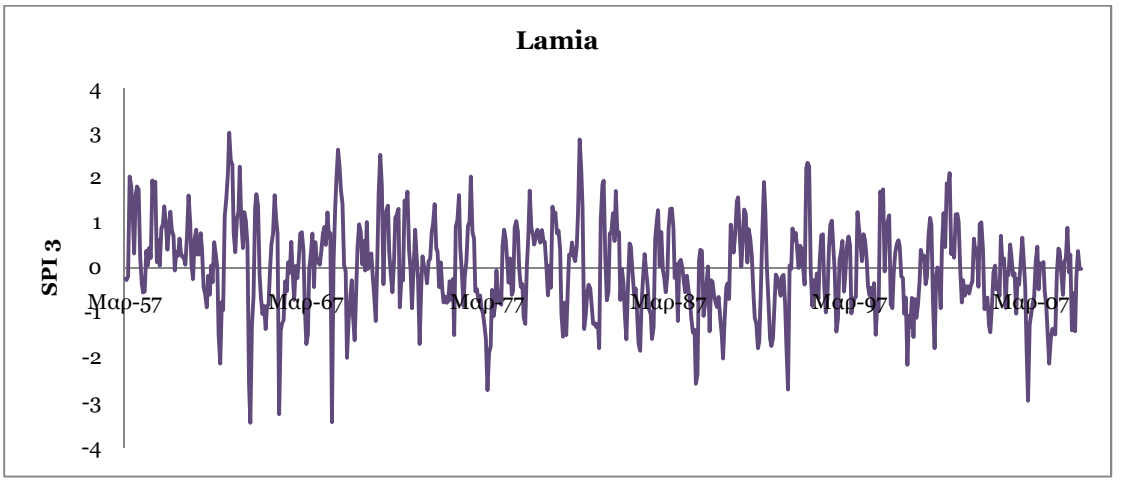
Διάγραμμα ΙΙ.114. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα δώδεκα μηνών για τον σταθμό των Κυθήρων.*



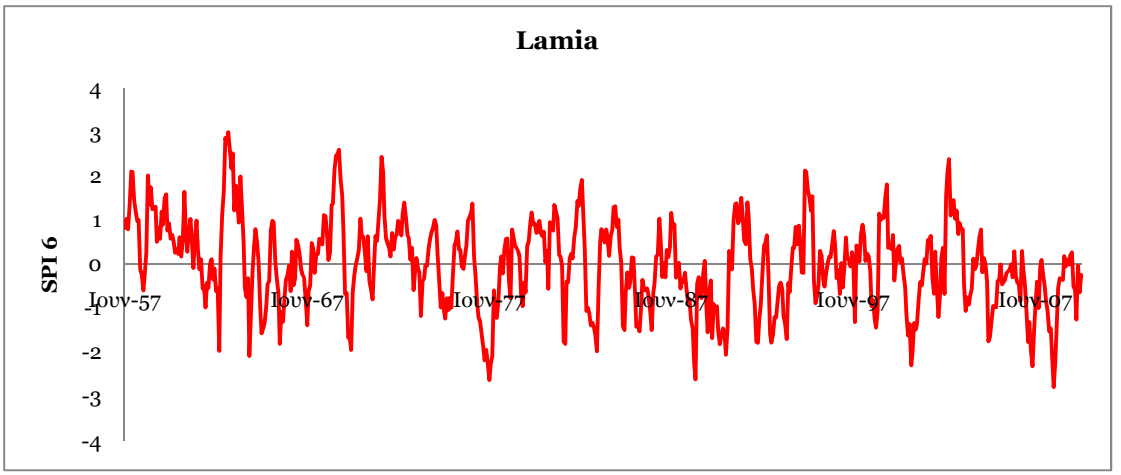
Διάγραμμα ΙΙ.115. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα είκοσι τεσσάρων μηνών για τον σταθμό των Κυθήρων.*



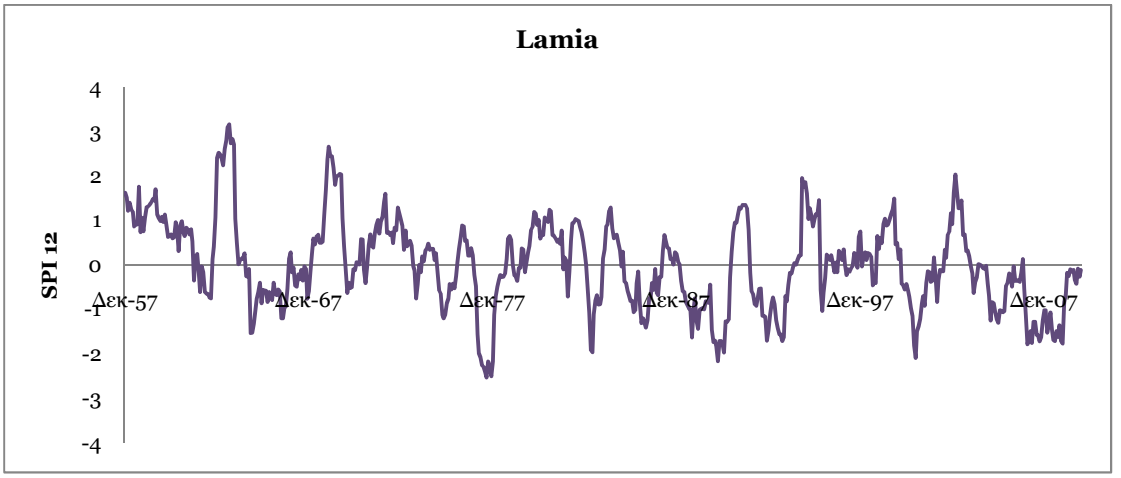
Διάγραμμα ΙΙ.116. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα ενός μήνα για τον σταθμό της Λαμίας.*



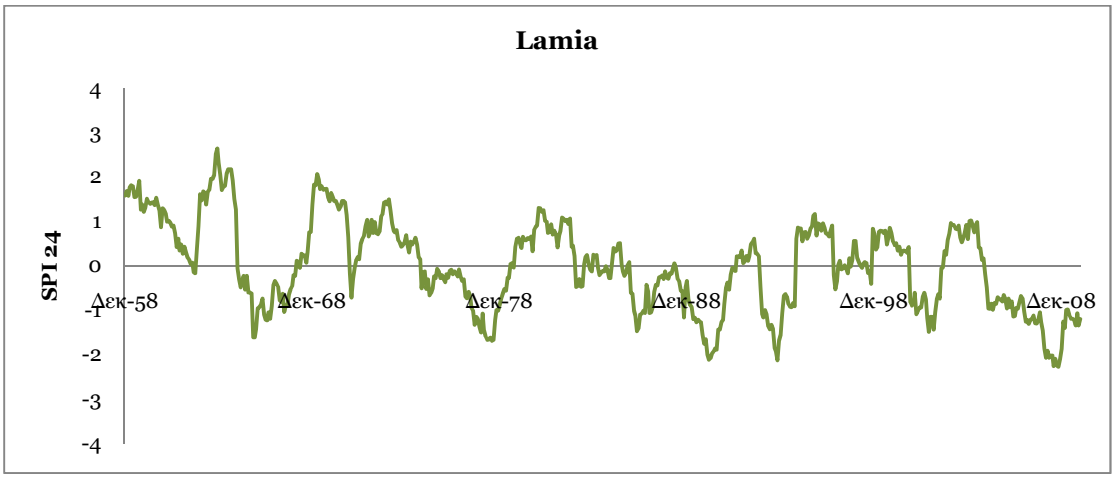
Διάγραμμα ΙΙ.117. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα τριών μηνών για τον σταθμό της Λαμίας.*



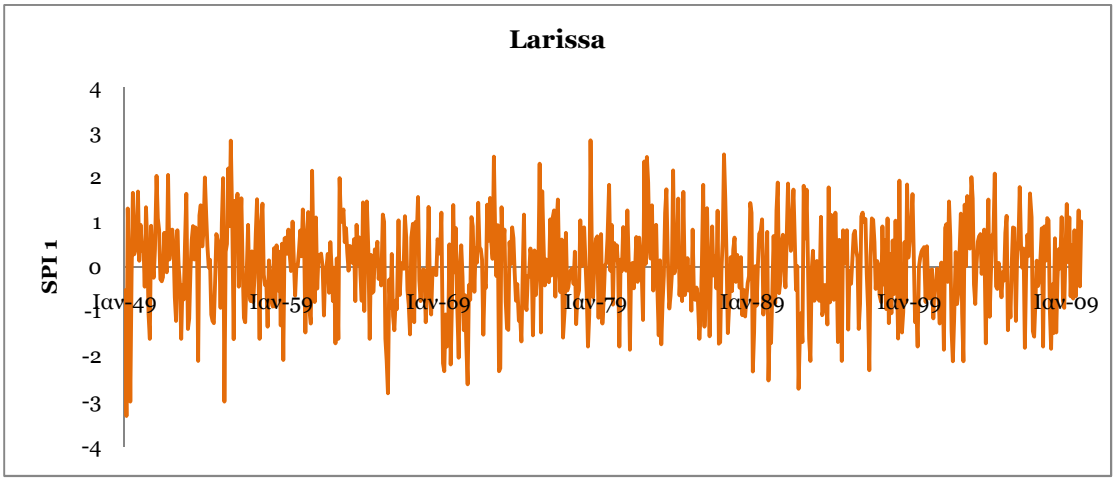
Διάγραμμα ΙΙ.118. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα έξι μηνών για τον σταθμό της Λαμίας.*



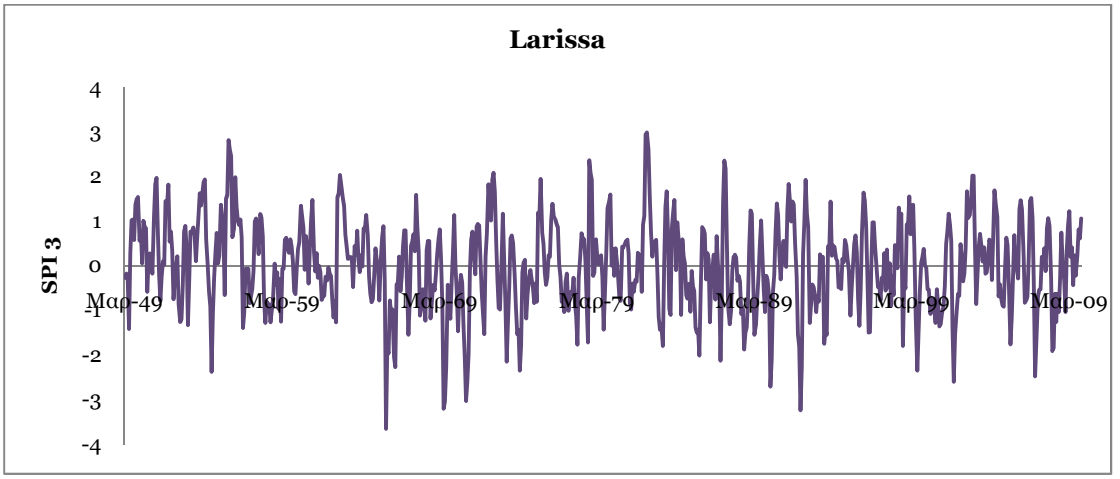
Διάγραμμα ΙΙ.119. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα δώδεκα μηνών για τον σταθμό της Λαμίας.*



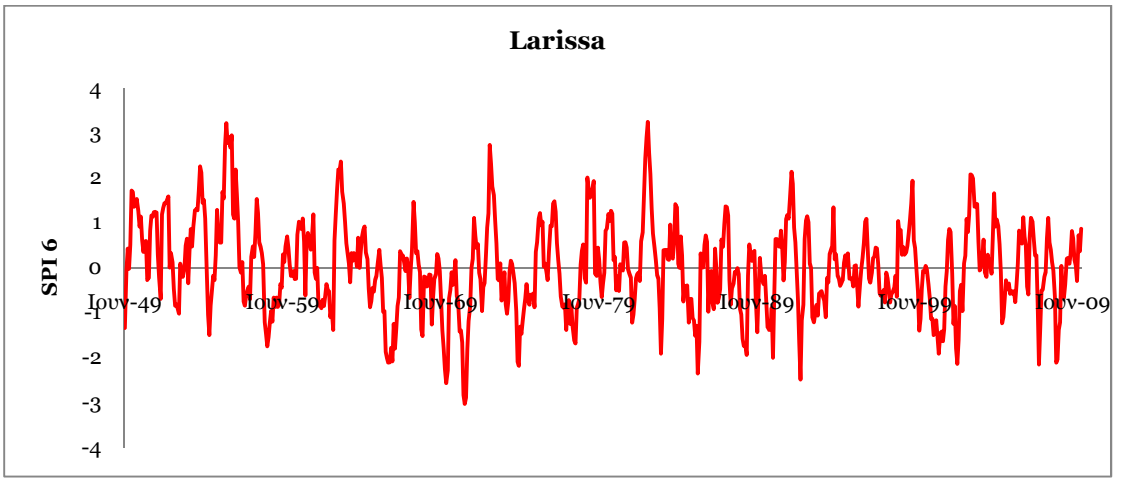
Διάγραμμα ΙΙ.120. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα είκοσι τεσσάρων μηνών για τον σταθμό της Λαμίας.*



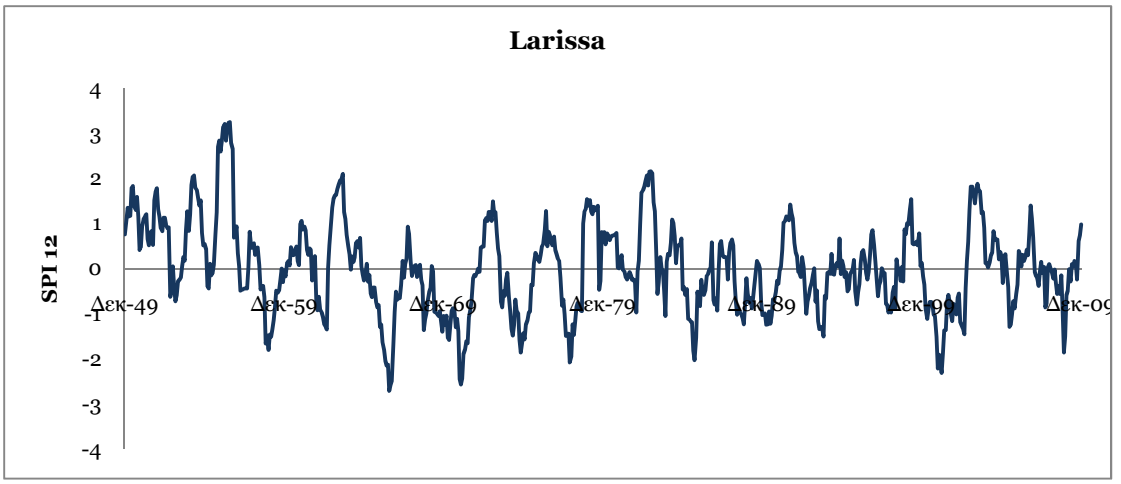
Διάγραμμα ΙΙ.121. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα ενός μήνα για τον σταθμό της Λάρισας.*



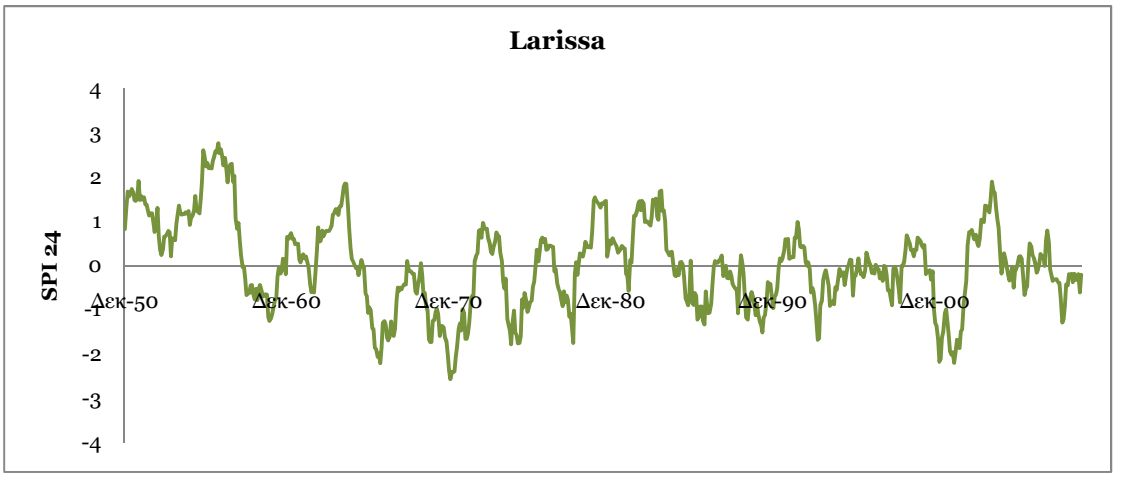
Διάγραμμα ΙΙ.122. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα τριών μηνών για τον σταθμό της Λάρισας.*



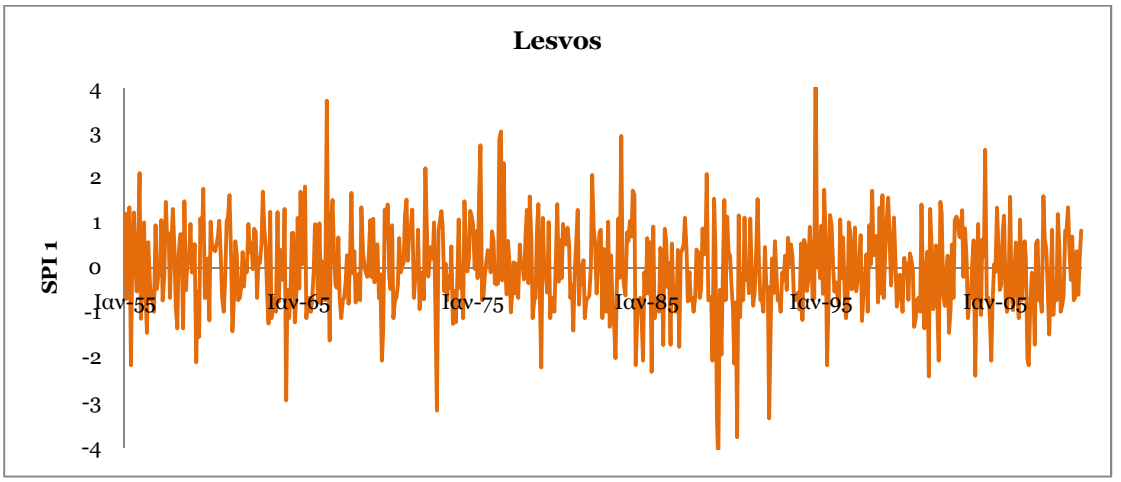
Διάγραμμα Π.123. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα έξι μηνών για τον σταθμό της Λάρισας.*



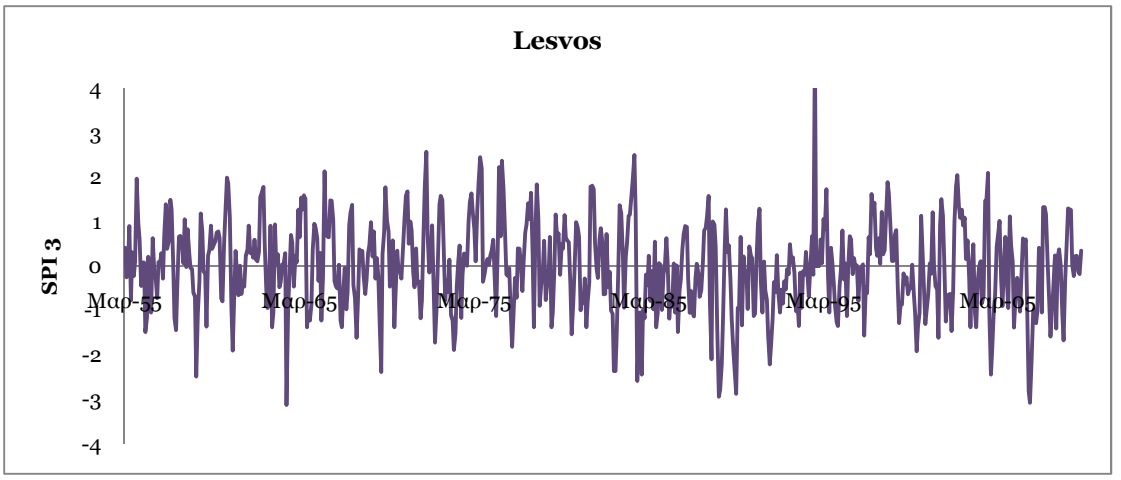
Διάγραμμα Π.124. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα δώδεκα μηνών για τον σταθμό της Λάρισας.*



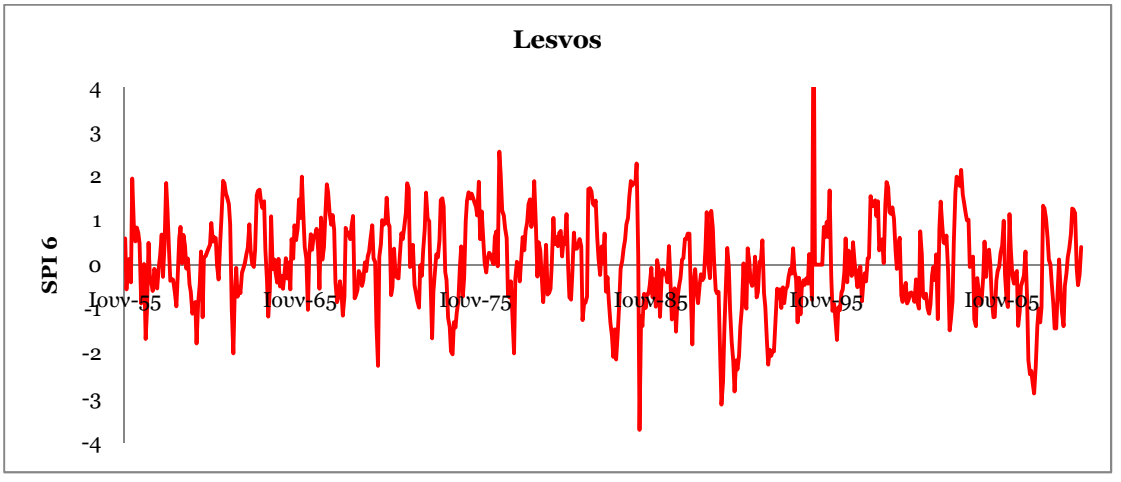
Διάγραμμα Π.125. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα είκοσι τεσσάρων μηνών για τον σταθμό της Λάρισας.*



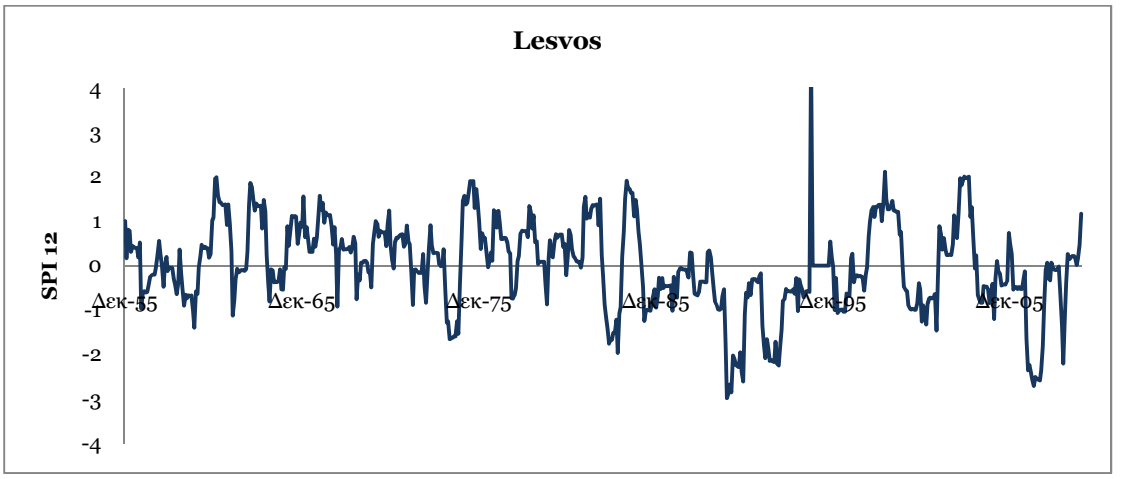
Διάγραμμα ΙΙ.126. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα ενός μήνα για τον σταθμό της Λέσβου.*



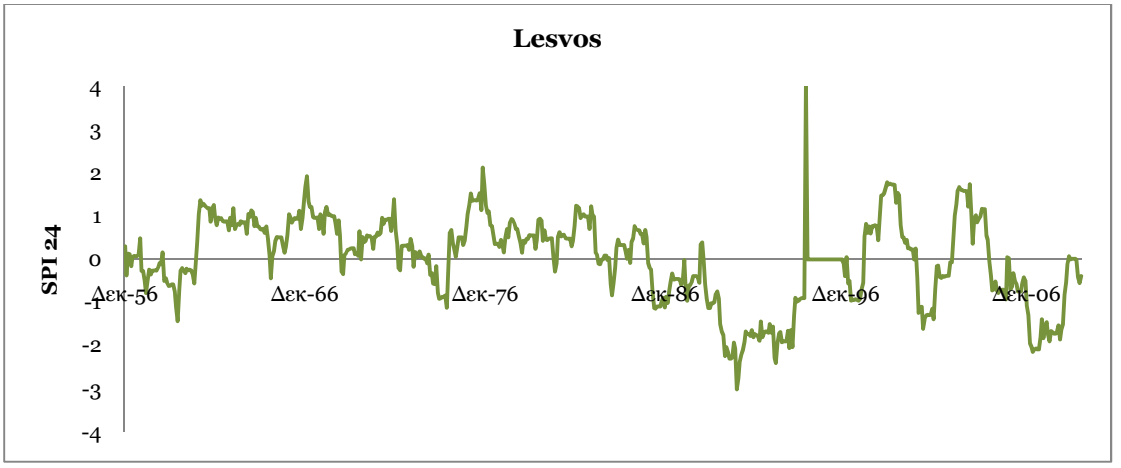
Διάγραμμα ΙΙ.127. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα τριών μηνών για τον σταθμό της Λέσβου.*



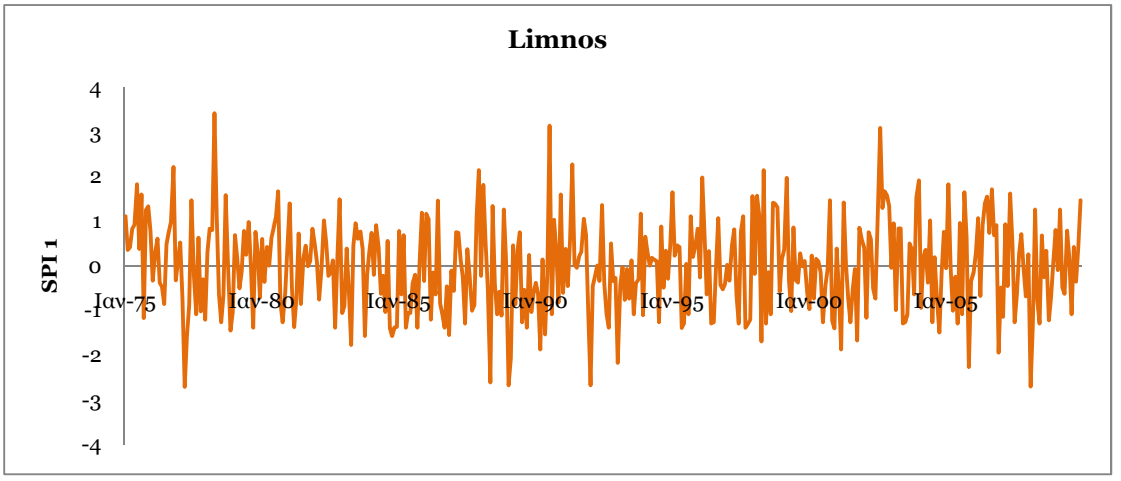
Διάγραμμα ΙΙ.128. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα έξι μηνών για τον σταθμό της Λέσβου.*



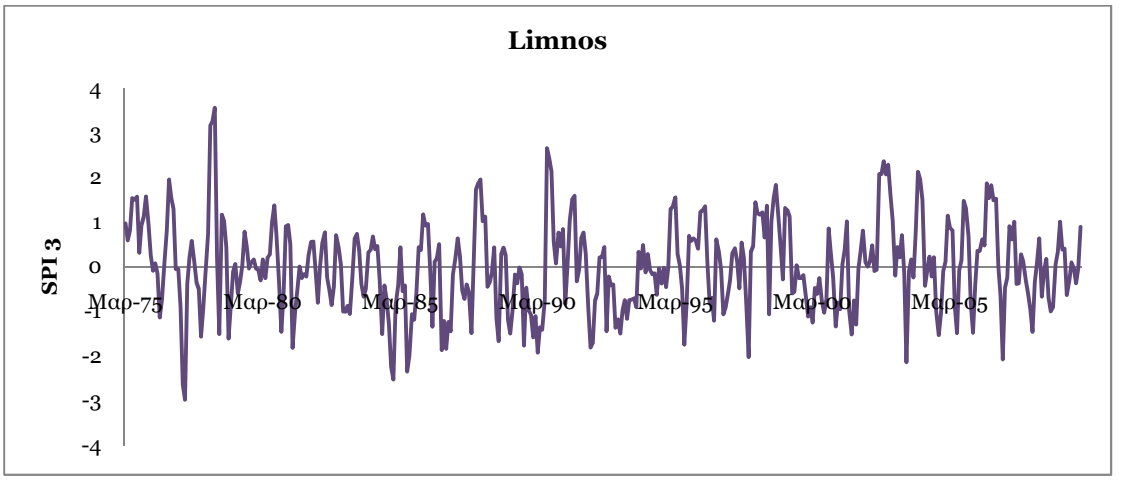
Διάγραμμα ΙΙ.129. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα δώδεκα μηνών για τον σταθμό της Λέσβου.*



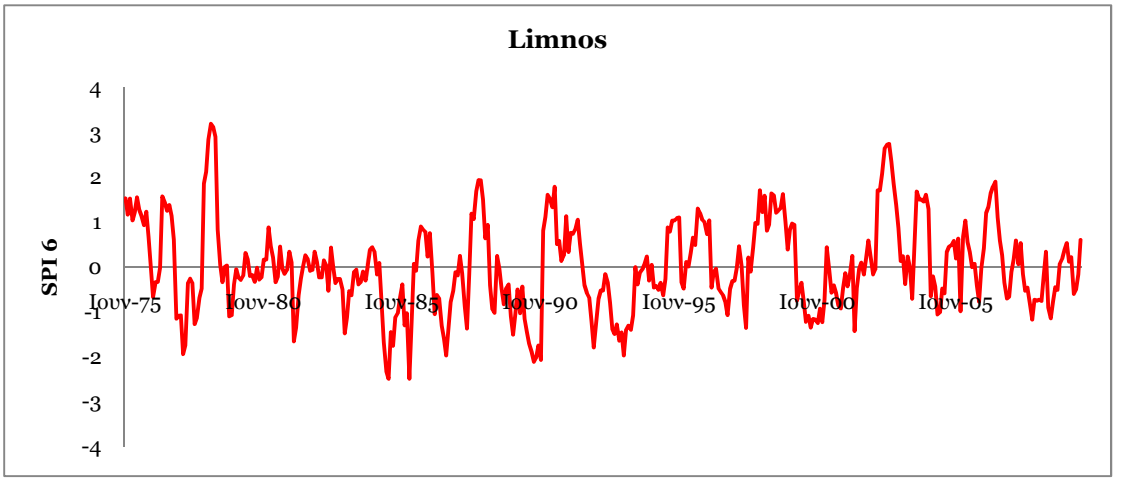
Διάγραμμα ΙΙ.130. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα είκοσι τεσσάρων μηνών για τον σταθμό της Λέσβου.*



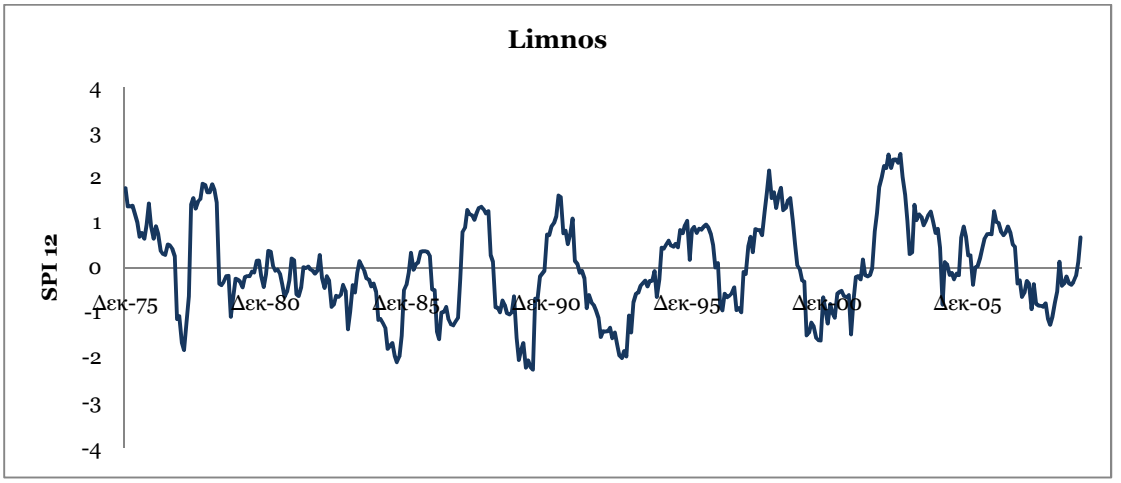
Διάγραμμα ΙΙ.131. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα ενός μήνα για τον σταθμό της Λήμνου.*



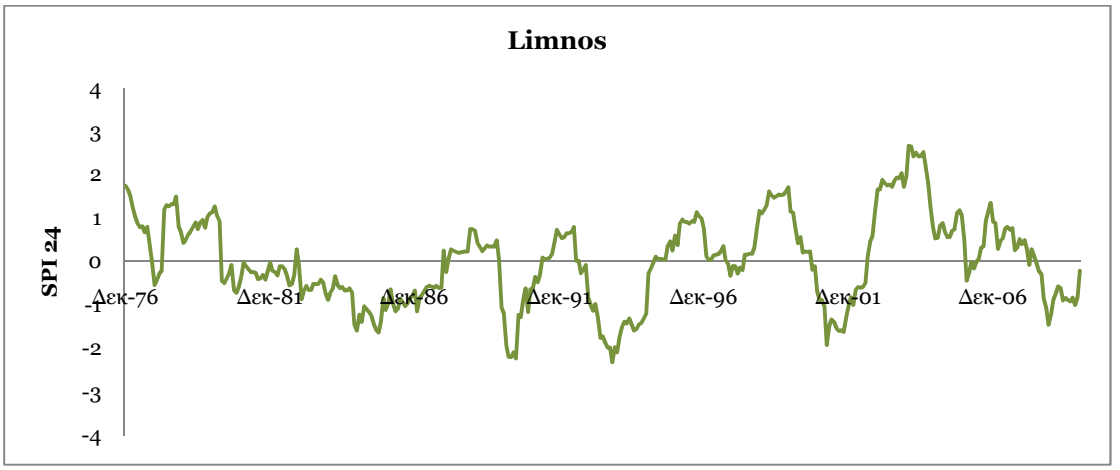
Διάγραμμα ΙΙ.132. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα τριών μηνών για τον σταθμό της Λήμνου.*



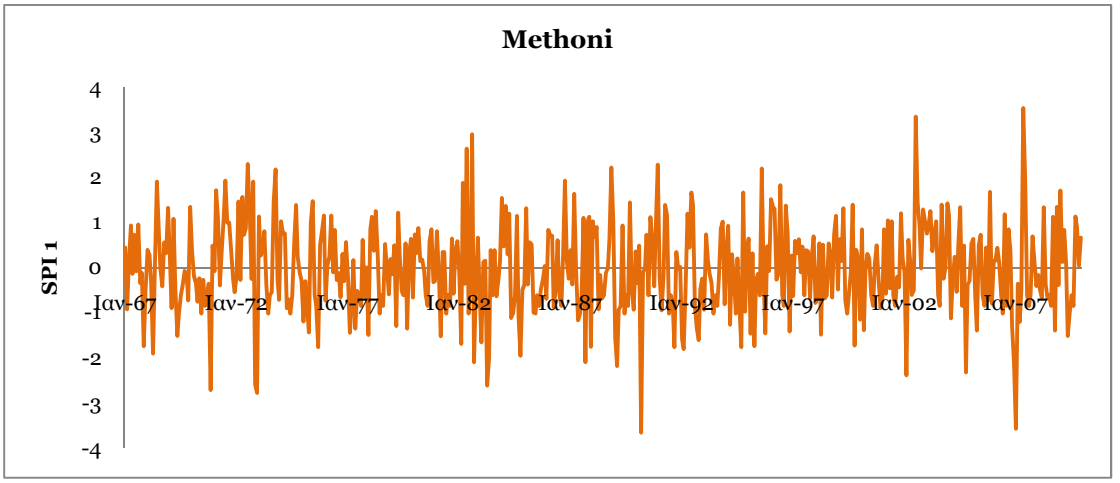
Διάγραμμα ΙΙ.133. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα έξι μηνών για τον σταθμό της Λήμνου.*



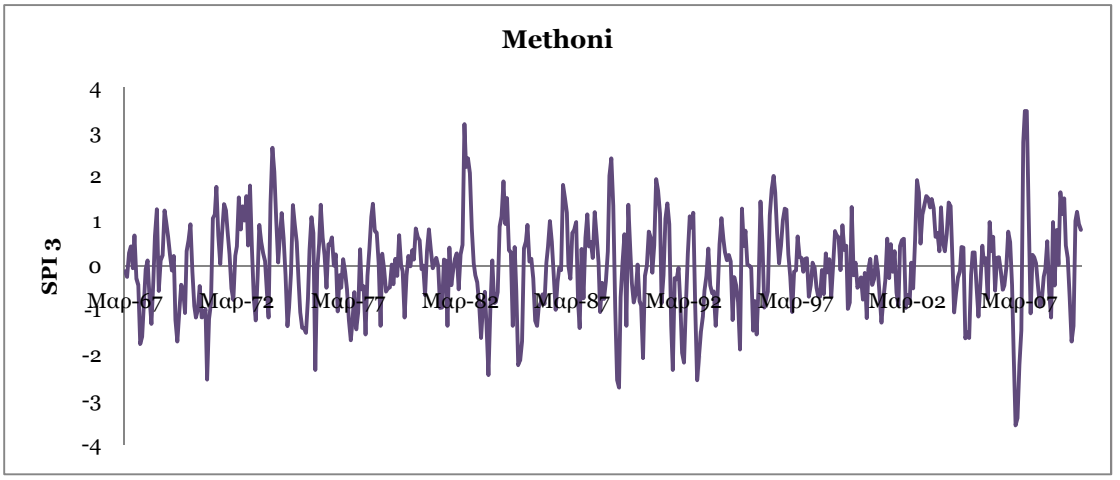
Διάγραμμα ΙΙ.134. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα δώδεκα μηνών για τον σταθμό της Λήμνου.*



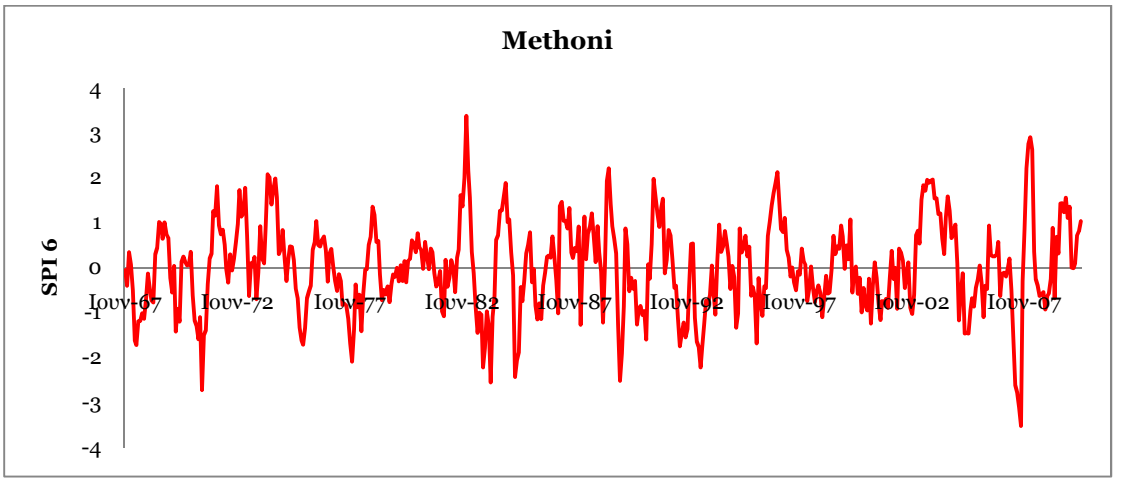
Διάγραμμα ΙΙ.135. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα είκοσι τεσσάρων μηνών για τον σταθμό της Λήμνου.*



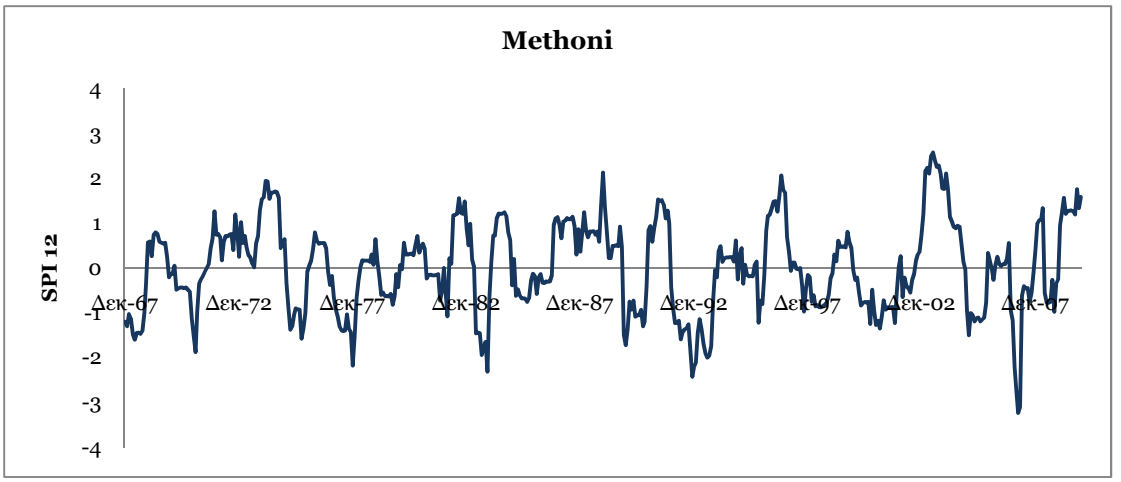
Διάγραμμα ΙΙ.136. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα ενός μήνα για τον σταθμό της Μεθώνης.*



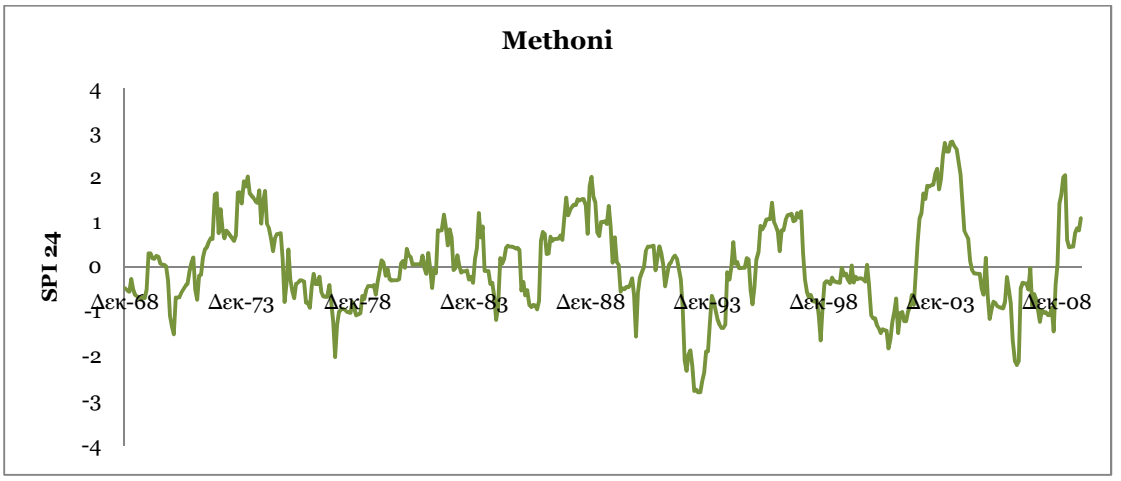
Διάγραμμα ΙΙ.137. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα τριών μηνών για τον σταθμό της Μεθώνης.*



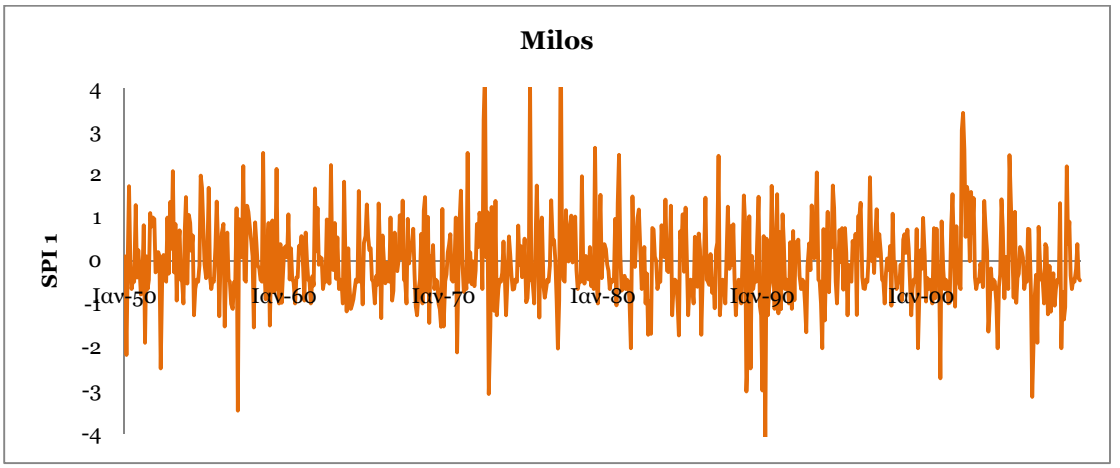
Διάγραμμα ΙΙ.138. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα έξι μηνών για τον σταθμό της Μεθώνης.*



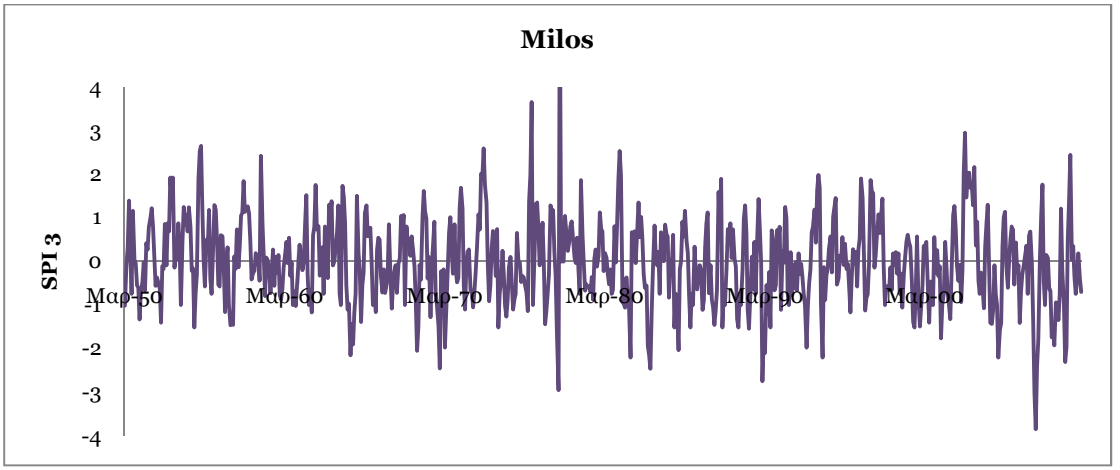
Διάγραμμα ΙΙ.139. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα δώδεκα μηνών για τον σταθμό της Μεθώνης.*



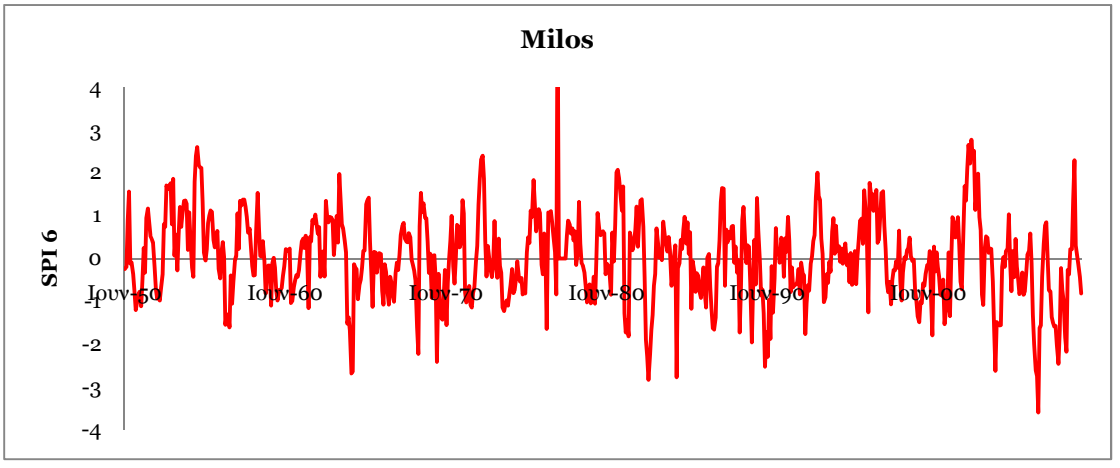
Διάγραμμα ΙΙ.140. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα είκοσι τεσσάρων μηνών για τον σταθμό της Μεθώνης.*



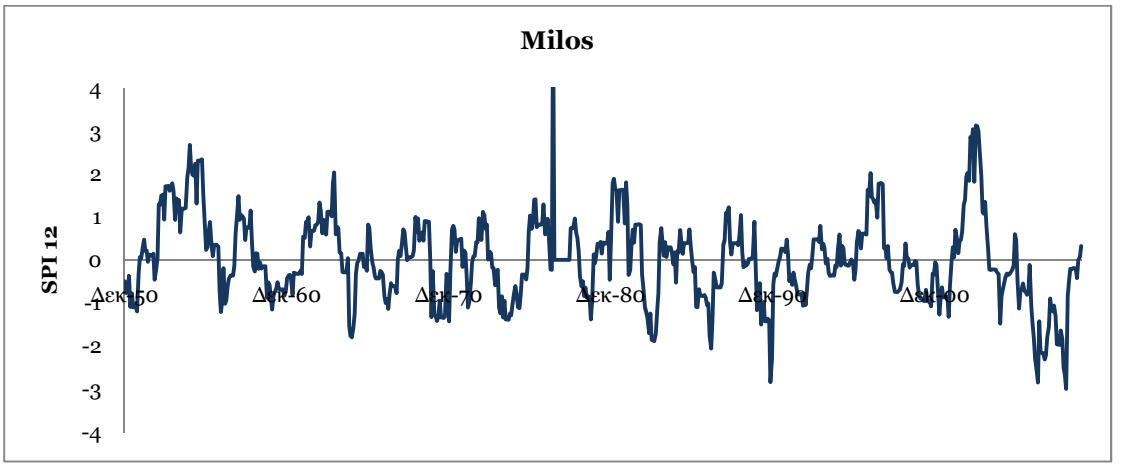
Διάγραμμα ΙΙ.141. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα ενός μήνα για τον σταθμό της Μήλου.*



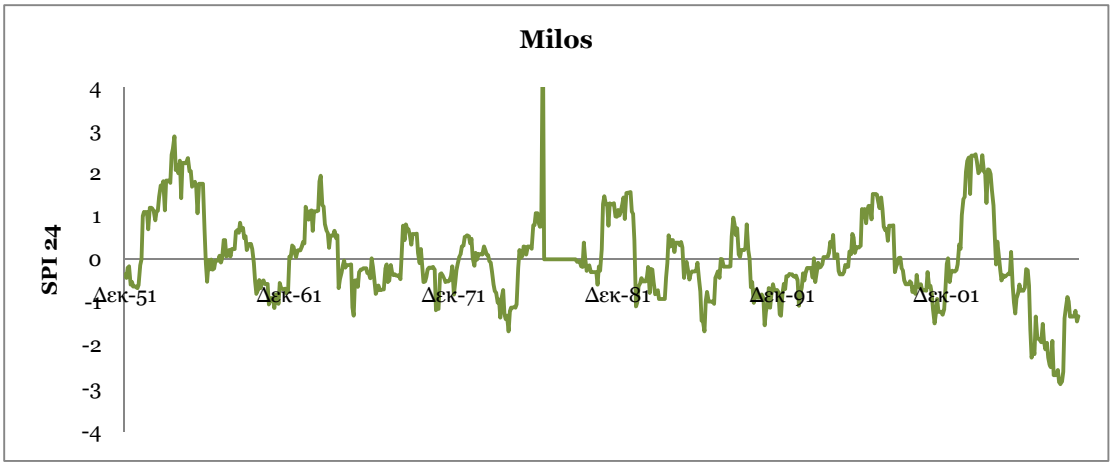
Διάγραμμα ΙΙ.142. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα τριών μηνών για τον σταθμό της Μήλου.*



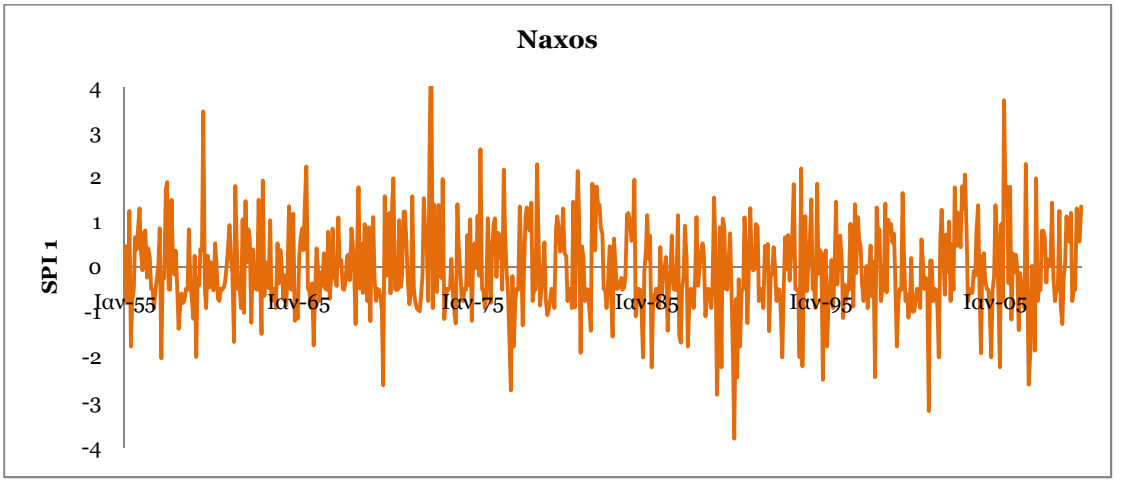
Διάγραμμα ΙΙ.143. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα έξι μηνών για τον σταθμό της Μήλου.*



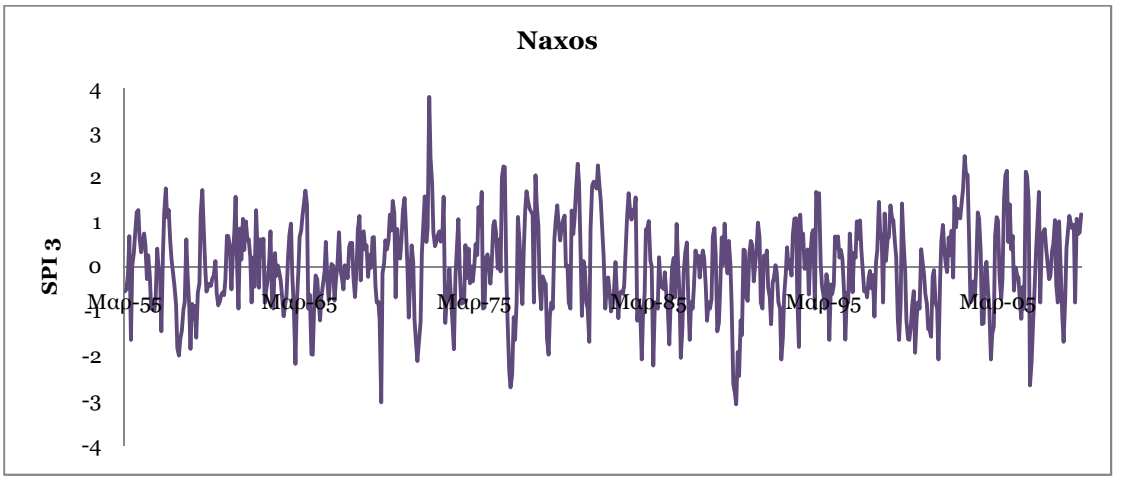
Διάγραμμα ΙΙ.144. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα δώδεκα μηνών για τον σταθμό της Μήλου.*



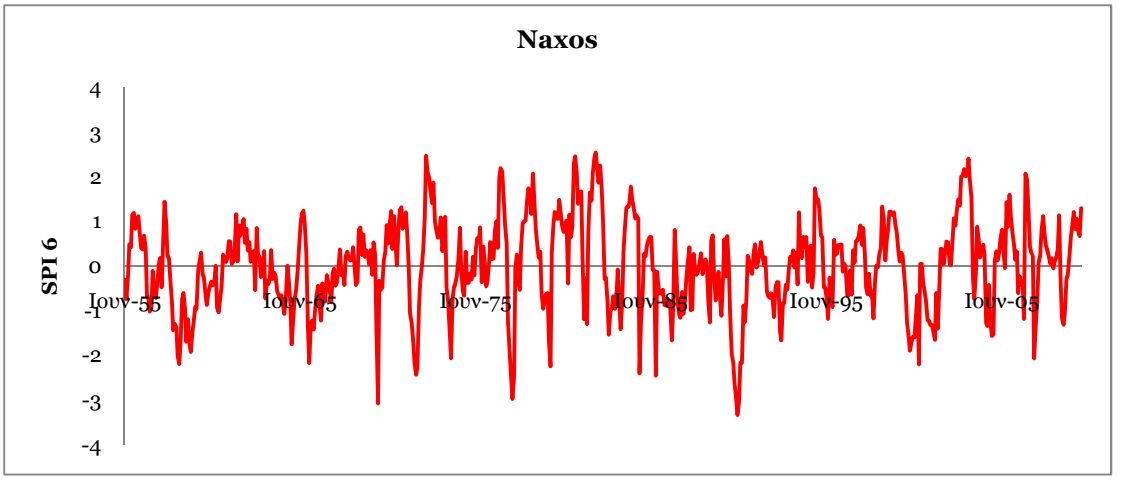
Διάγραμμα ΙΙ.145. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα είκοσι τεσσάρων μηνών για τον σταθμό της Μήλου.*



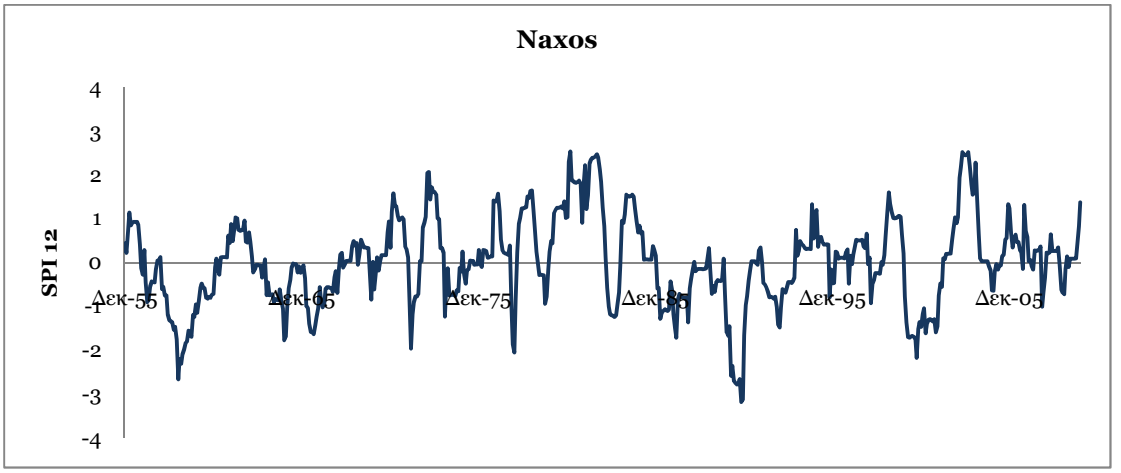
Διάγραμμα ΙΙ.146. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα ενός μήνα για τον σταθμό της Νάξου.*



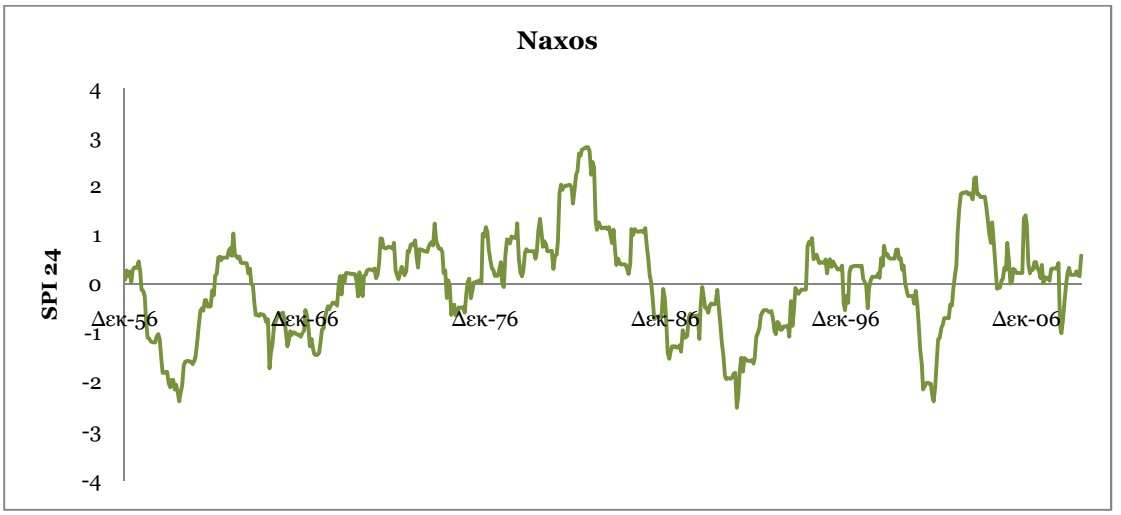
Διάγραμμα ΙΙ.147. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα τριών μηνών για τον σταθμό της Νάξου.*



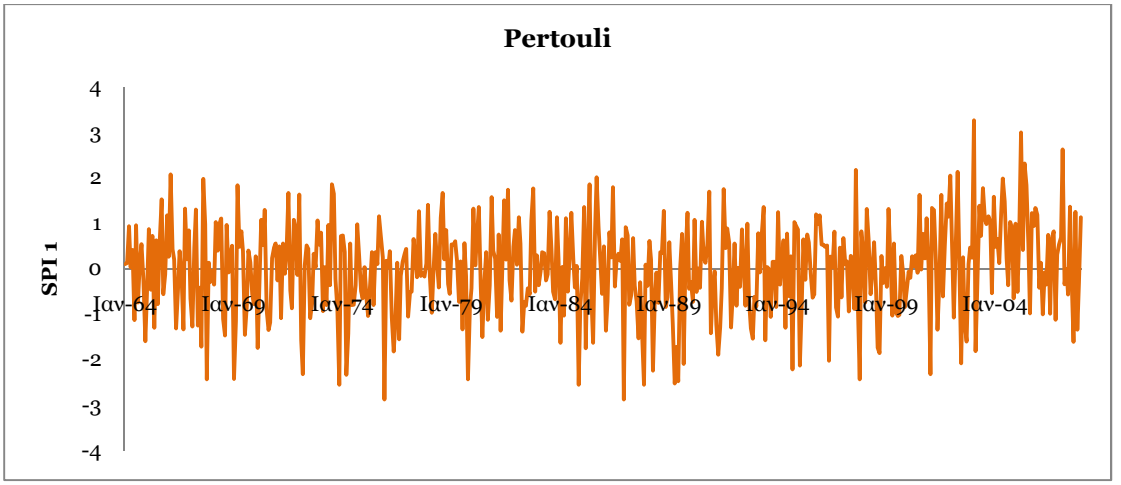
Διάγραμμα ΙΙ.148. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα έξι μηνών για τον σταθμό της Νάξου.*



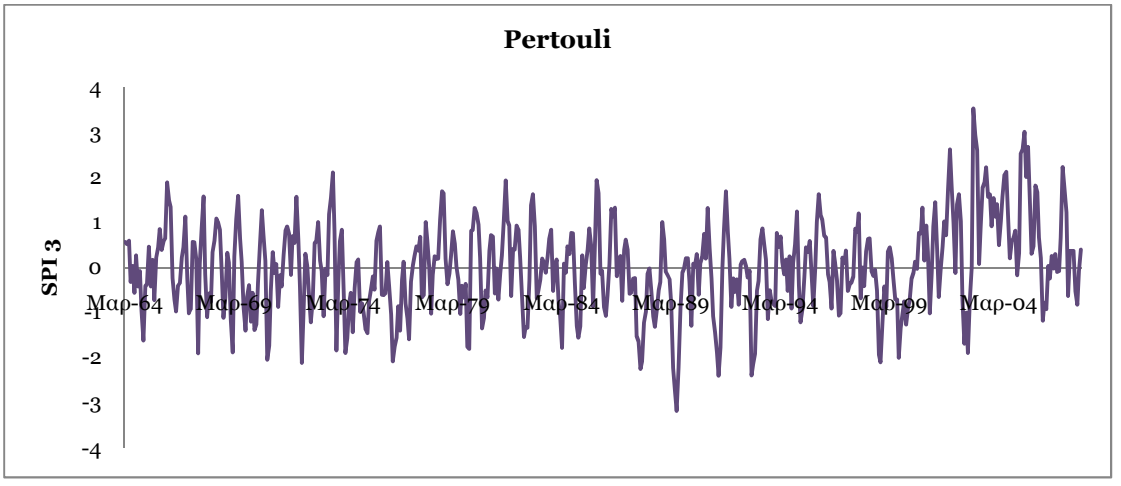
Διάγραμμα ΙΙ.149. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα δώδεκα μηνών για τον σταθμό της Νάξου.*



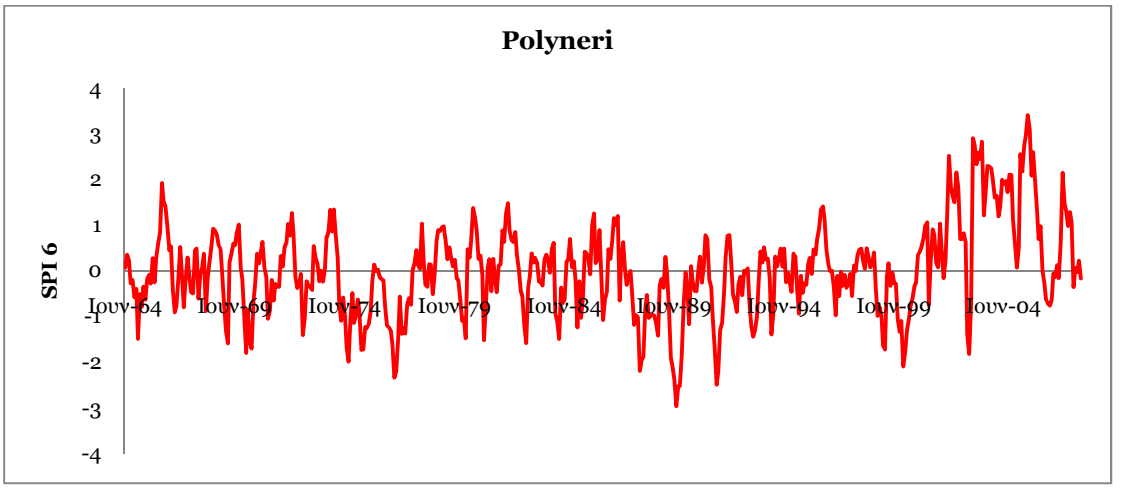
Διάγραμμα ΙΙ.150. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα είκοσι τεσσάρων μηνών για τον σταθμό της Νάξου.*



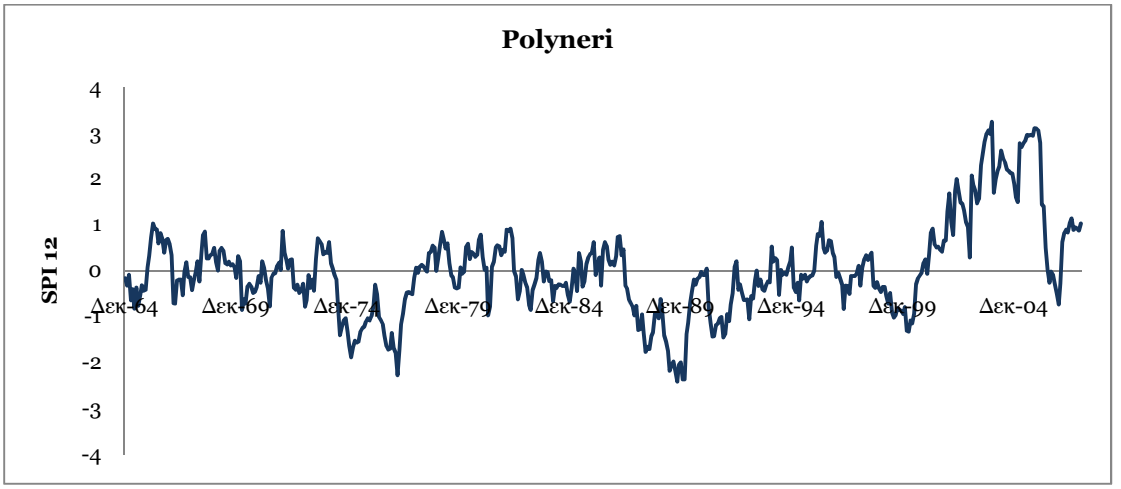
Διάγραμμα ΙΙ.151. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα ενός μήνα για τον σταθμό του Περτουλίου.*



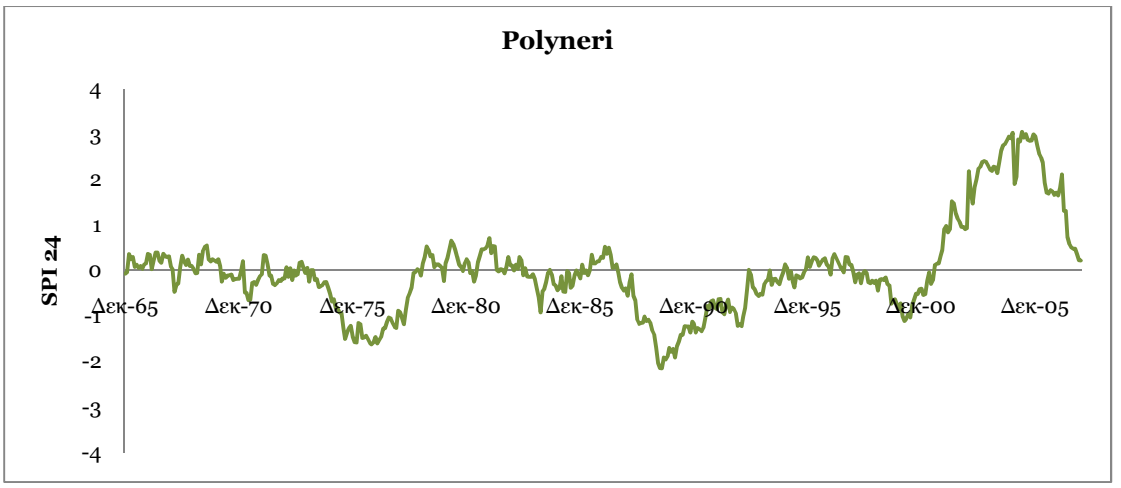
Διάγραμμα ΙΙ.152. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα τριών μηνών για τον σταθμό του Περτουλίου.*



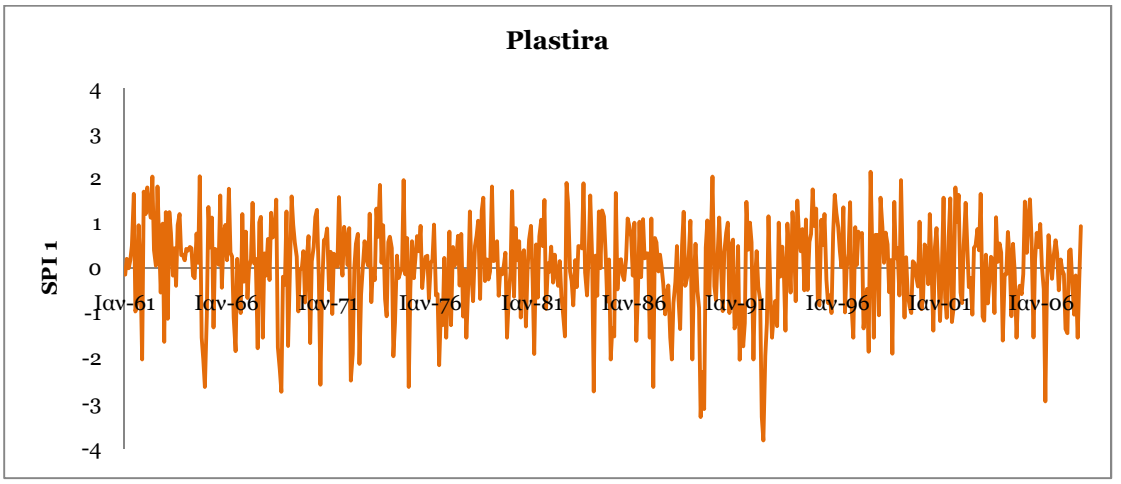
Διάγραμμα Π.153. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα έξι μηνών για τον σταθμό του Περτουλίου.*



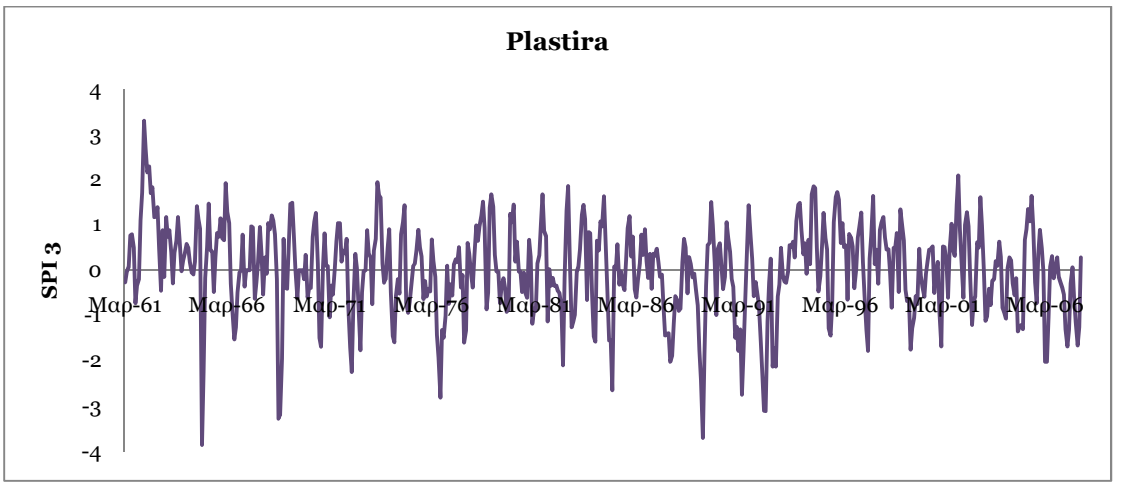
Διάγραμμα Π.154. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα δώδεκα μηνών για τον σταθμό του Περτουλίου.*



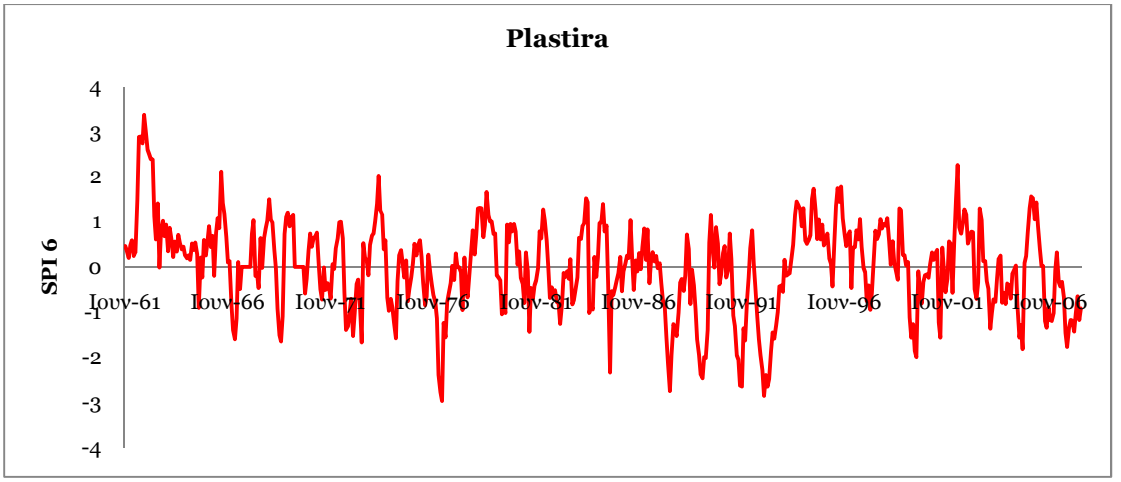
Διάγραμμα Π.155. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα είκοσι τεσσάρων μηνών για τον σταθμό του Περτουλίου.*



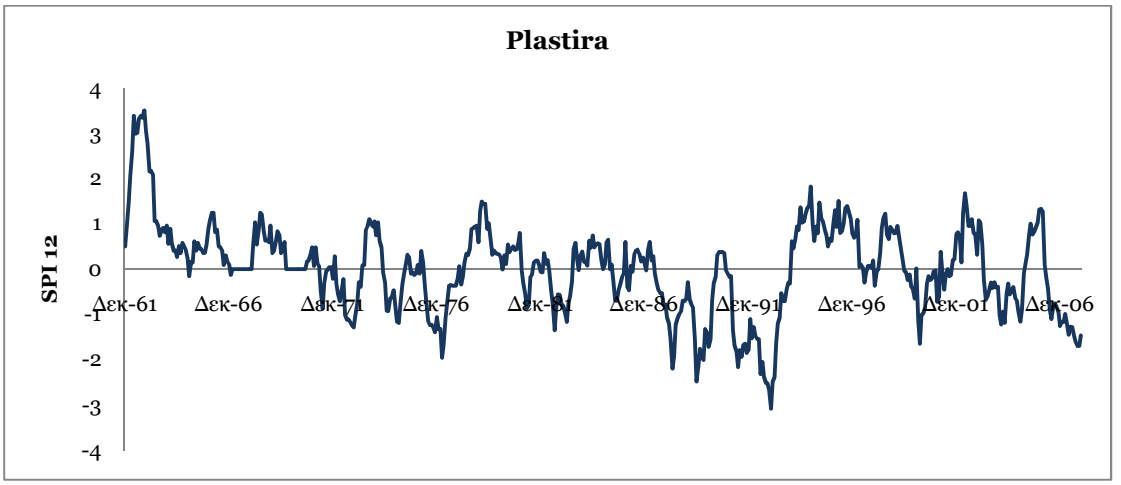
Διάγραμμα Π.156. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα ενός μήνα για τον σταθμό της Πλαστήρα.*



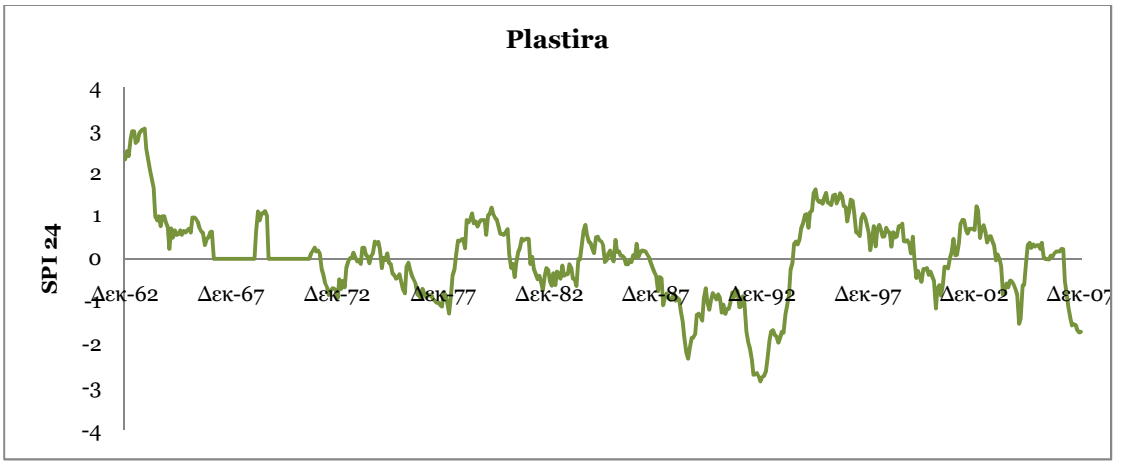
Διάγραμμα Π.157. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα τριών μηνών για τον σταθμό της Πλαστήρα.*



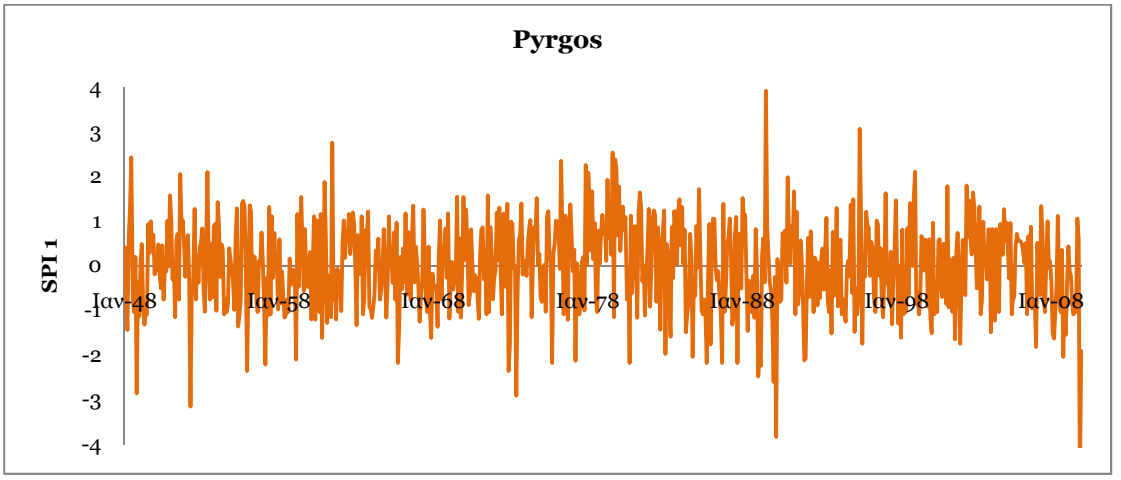
Διάγραμμα Π.158. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα έξι μηνών για τον σταθμό της Πλαστήρα.*



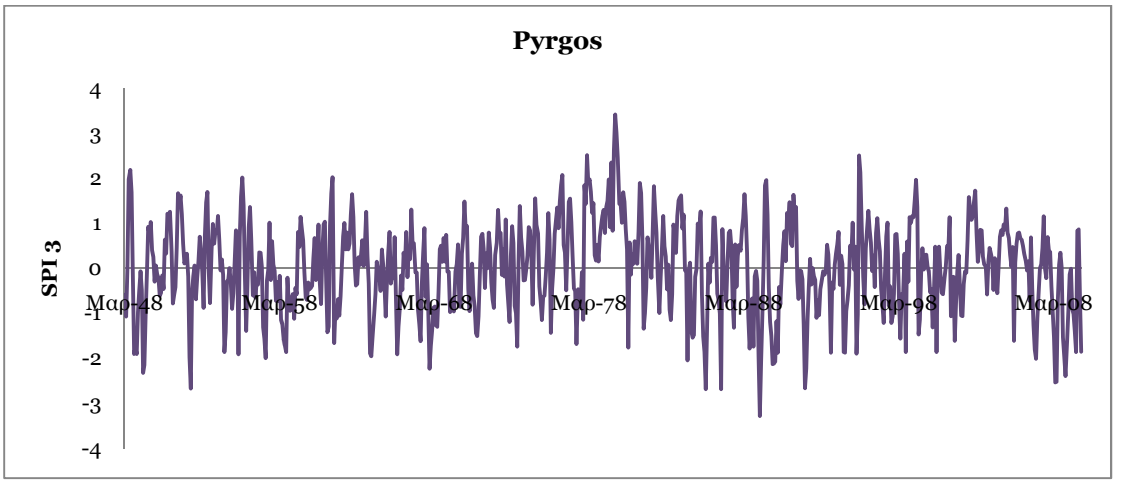
Διάγραμμα ΙΙ.159. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα δώδεκα μηνών για τον σταθμό της Πλαστήρα.*



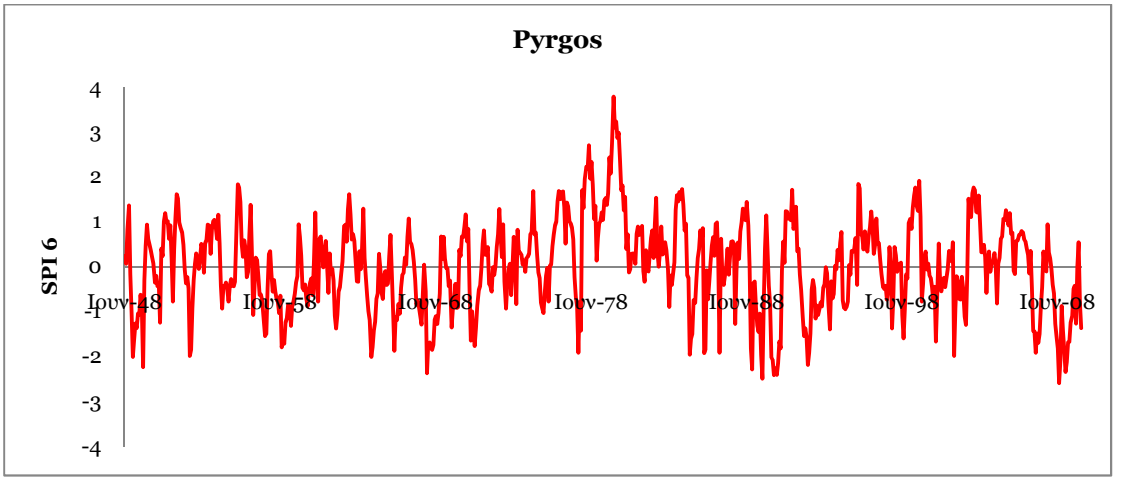
Διάγραμμα ΙΙ.160. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα είκοσι τεσσάρων μηνών για τον σταθμό της Πλαστήρα.*



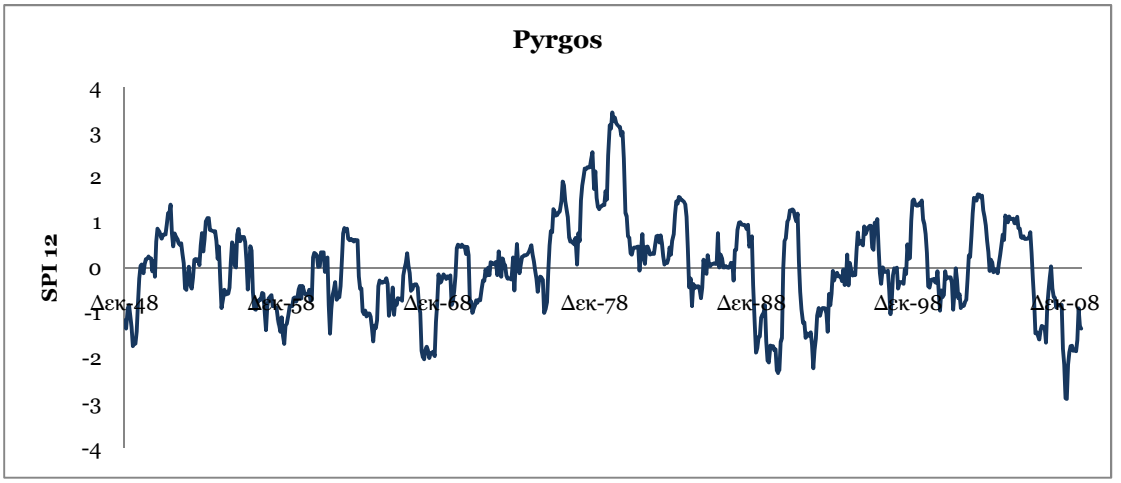
Διάγραμμα ΙΙ.161. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα ενός μήνα για τον σταθμό του Πύργου.*



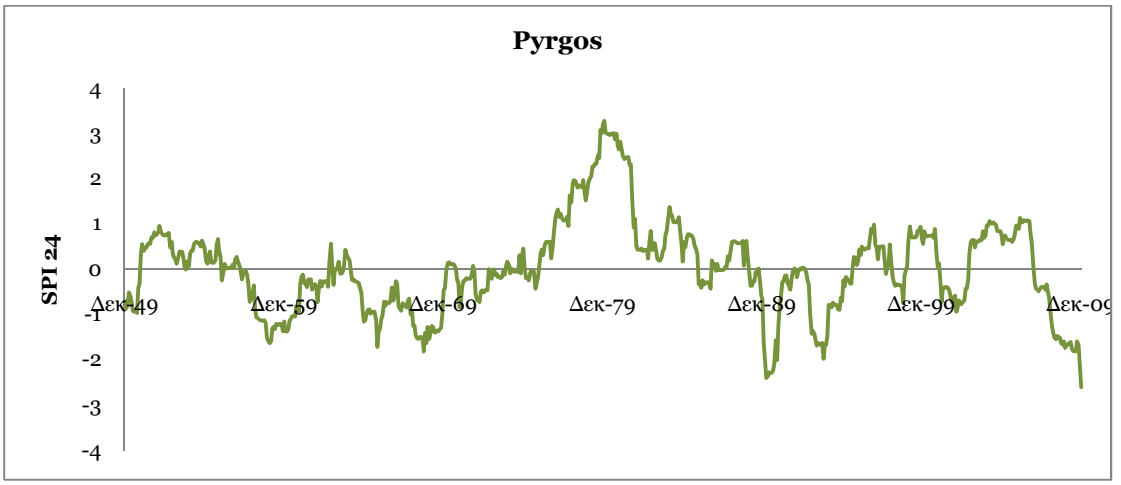
Διάγραμμα Π.162. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα τριών μηνών για τον σταθμό του Πύργου.*



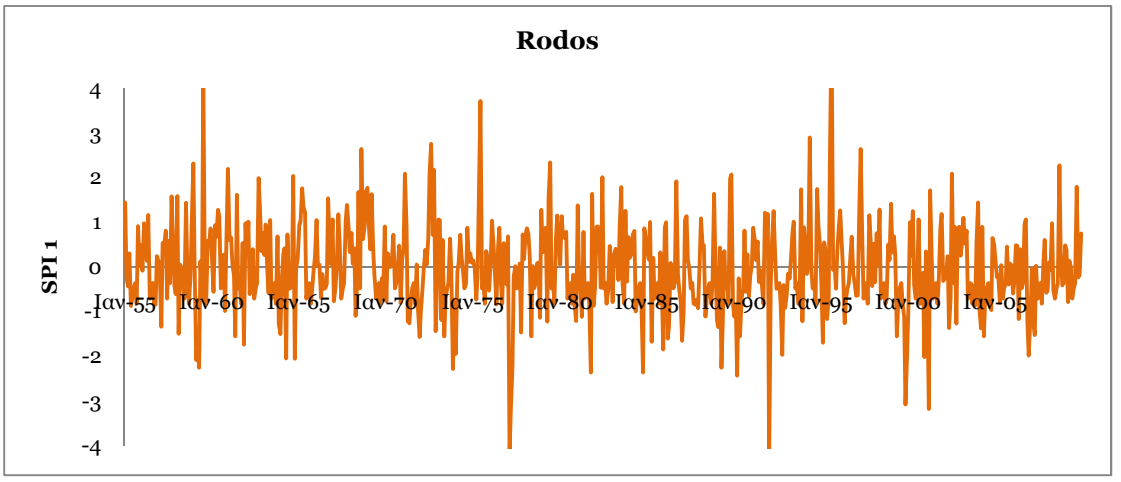
Διάγραμμα Π.163. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα έξι μηνών για τον σταθμό του Πύργου.*



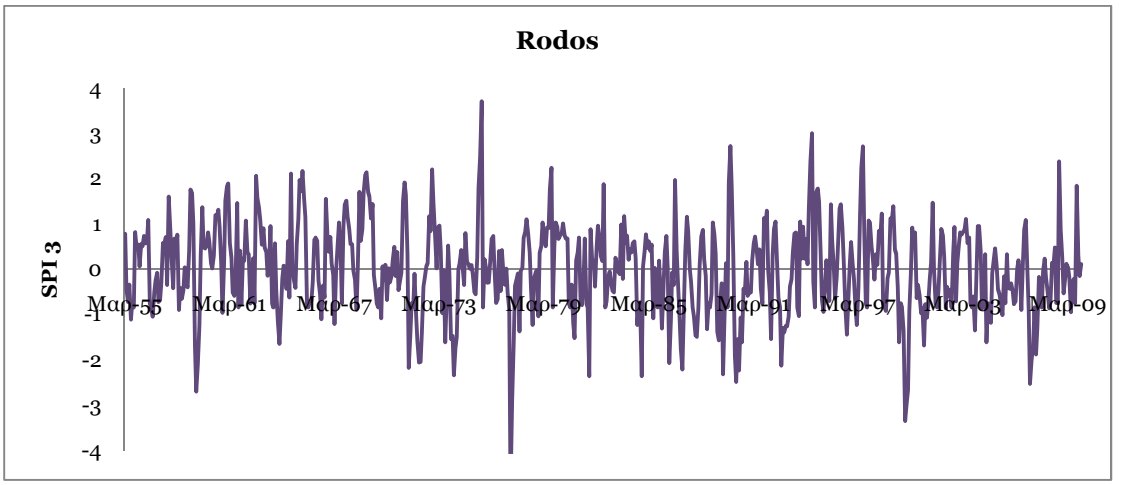
Διάγραμμα Π.164. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα δώδεκα μηνών για τον σταθμό του Πύργου.*



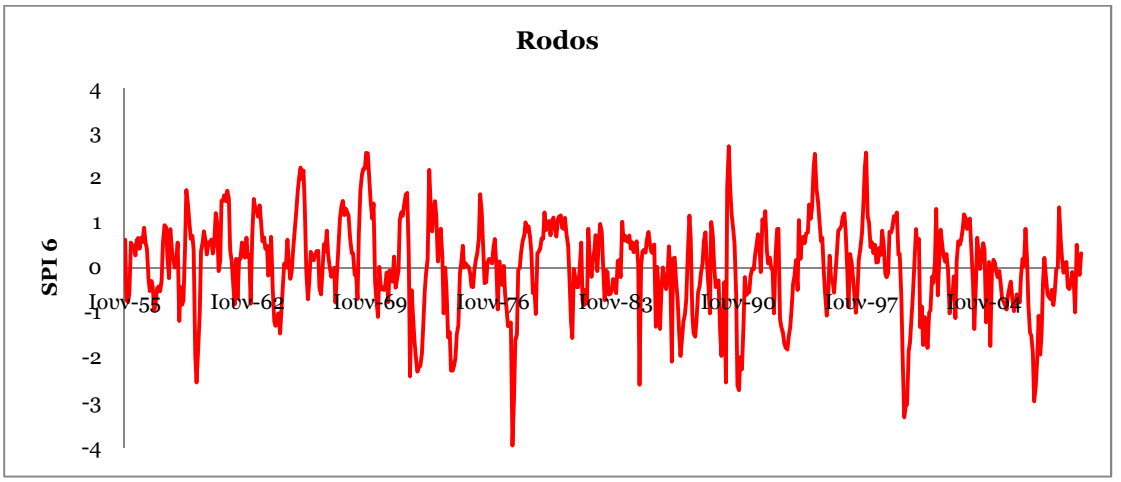
Διάγραμμα ΙΙ.165. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα είκοσι τεσσάρων μηνών για τον σταθμό του Πύργου.*



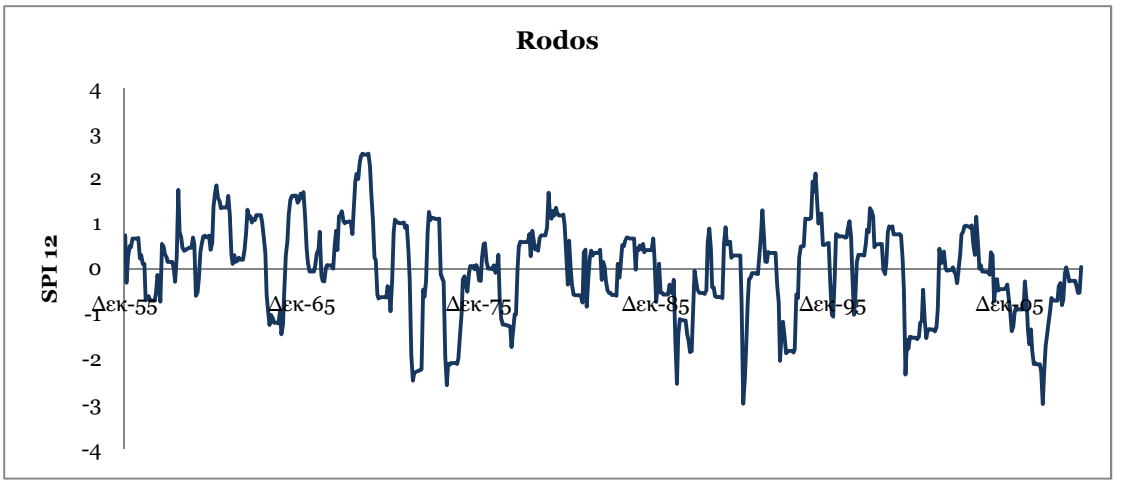
Διάγραμμα ΙΙ.166. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα ενός μήνα για τον σταθμό της Ρόδου.*



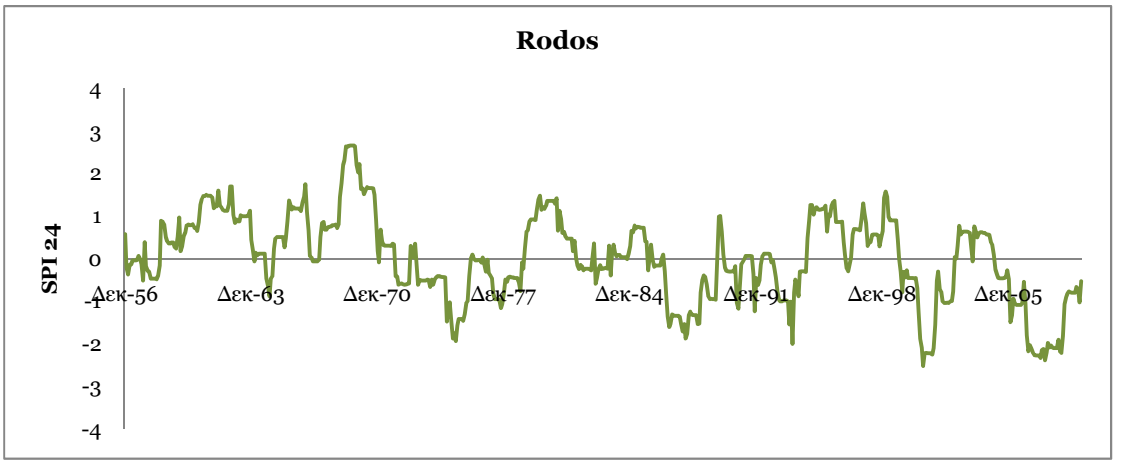
Διάγραμμα ΙΙ.167. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα τριών μηνών για τον σταθμό της Ρόδου.*



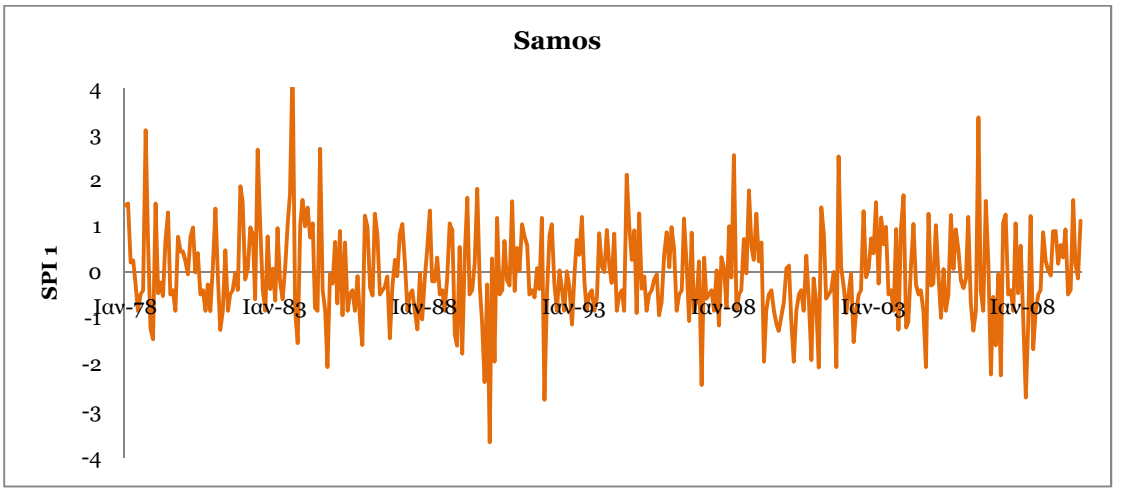
Διάγραμμα ΙΙ.168. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα έξι μηνών για τον σταθμό της Ρόδου.*



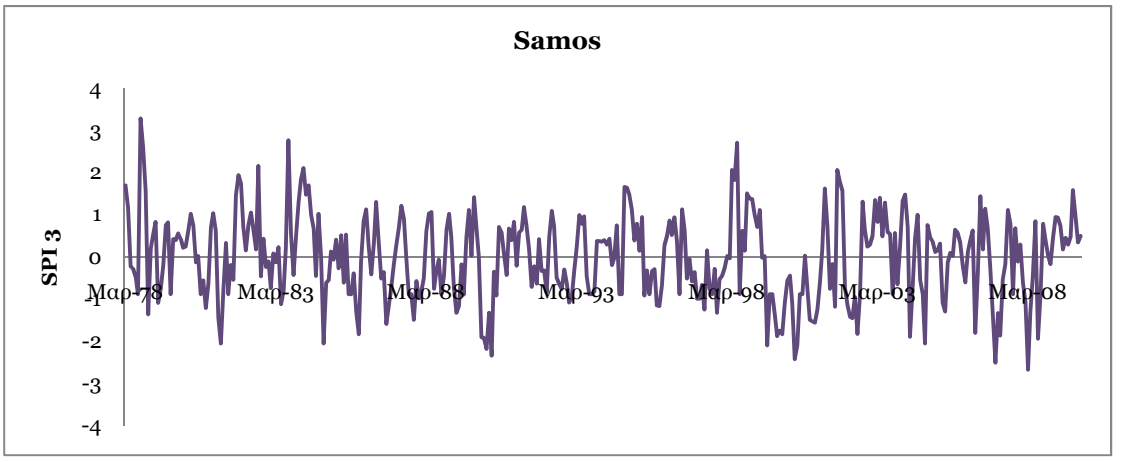
Διάγραμμα ΙΙ.169. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα δώδεκα μηνών για τον σταθμό της Ρόδου.*



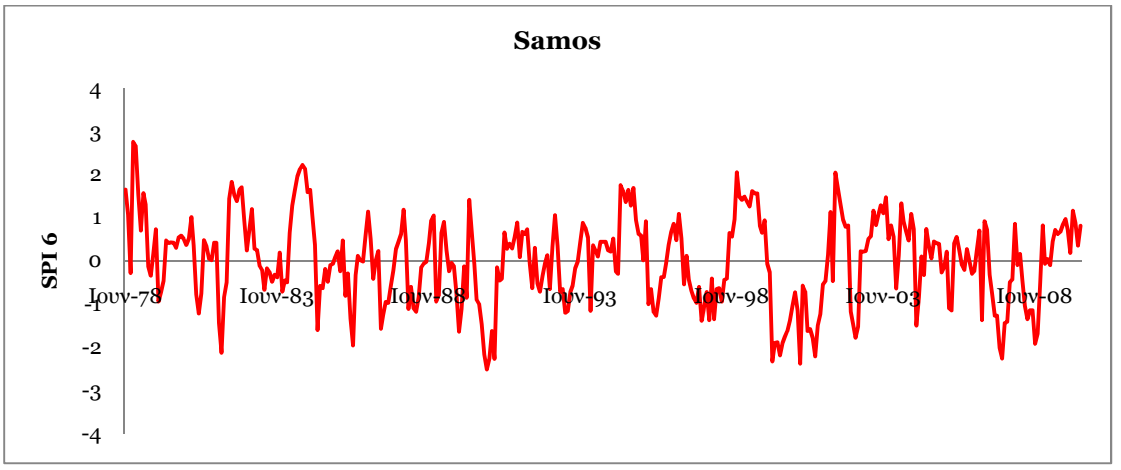
Διάγραμμα ΙΙ.170. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα είκοσι τεσσάρων μηνών για τον σταθμό της Ρόδου.*



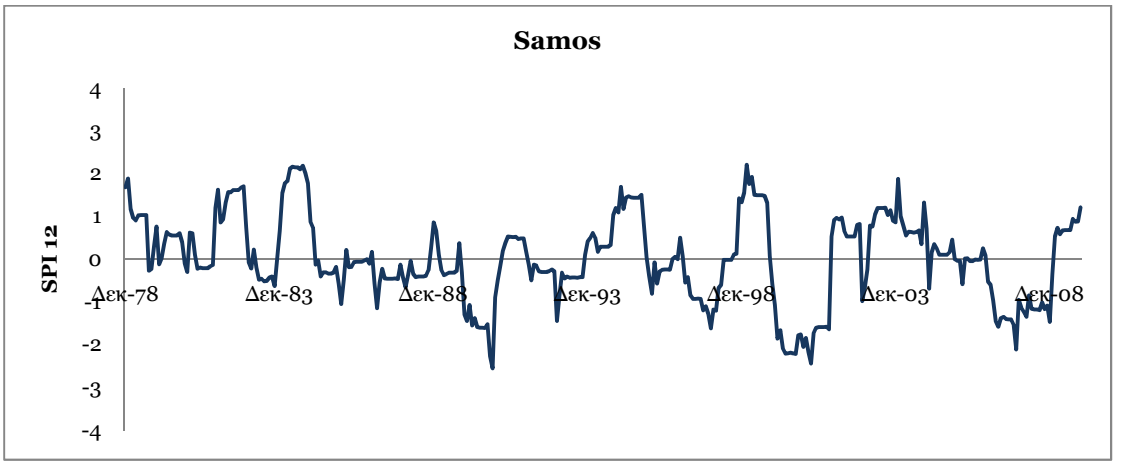
Διάγραμμα ΙΙ.171. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα ενός μήνα για τον σταθμό της Σάμου.*



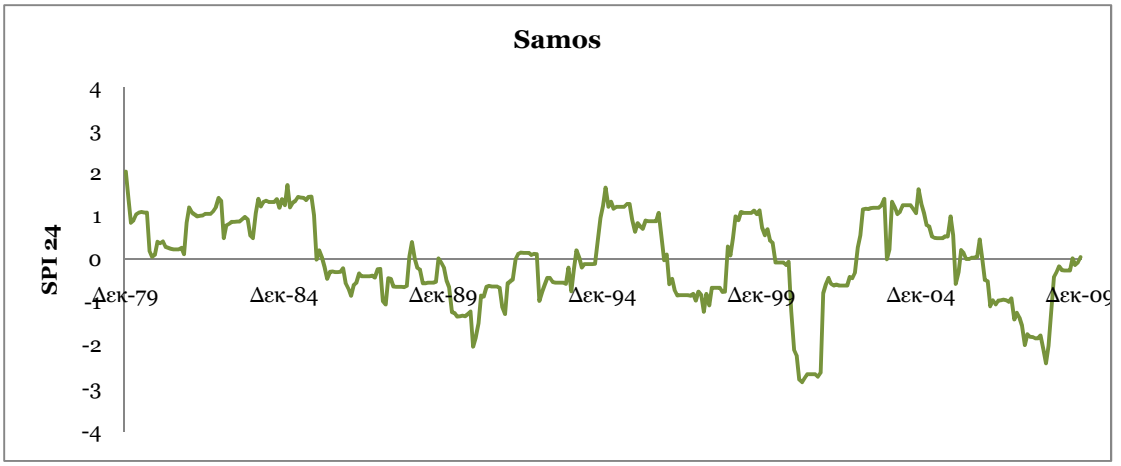
Διάγραμμα ΙΙ.172. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα τριών μηνών για τον σταθμό της Σάμου.*



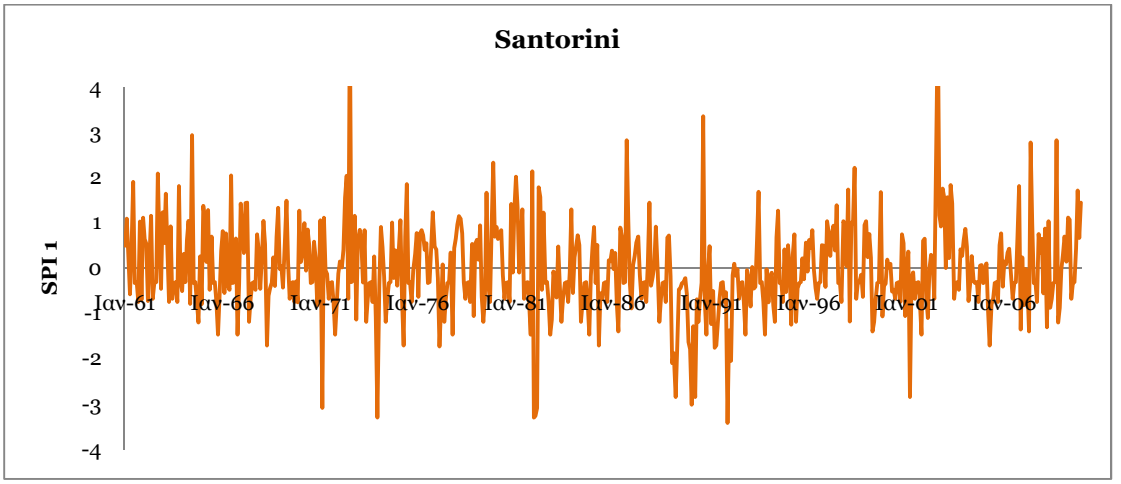
Διάγραμμα ΙΙ.173. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα έξι μηνών για τον σταθμό της Σάμου.*



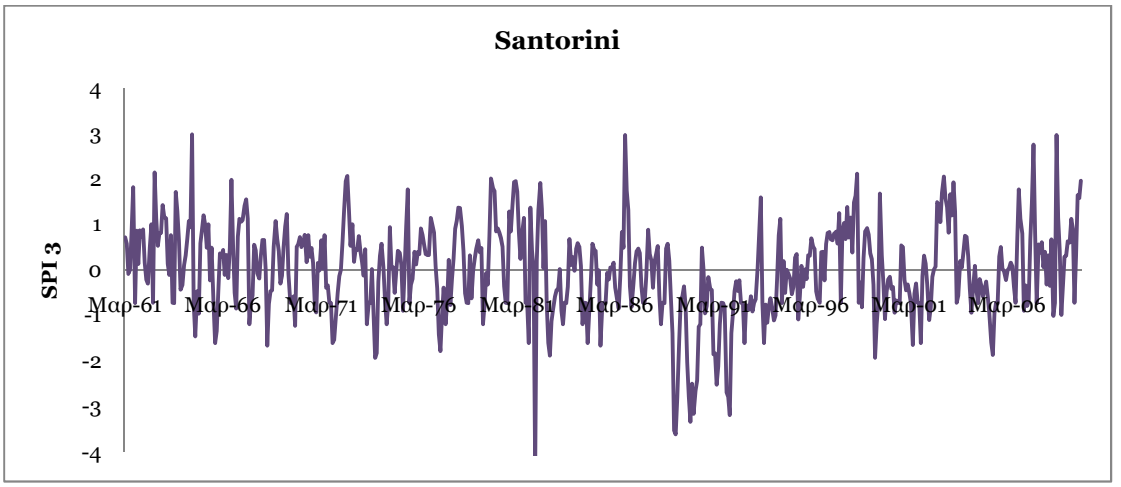
Διάγραμμα ΙΙ.174. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα δώδεκα μηνών για τον σταθμό της Σάμου.*



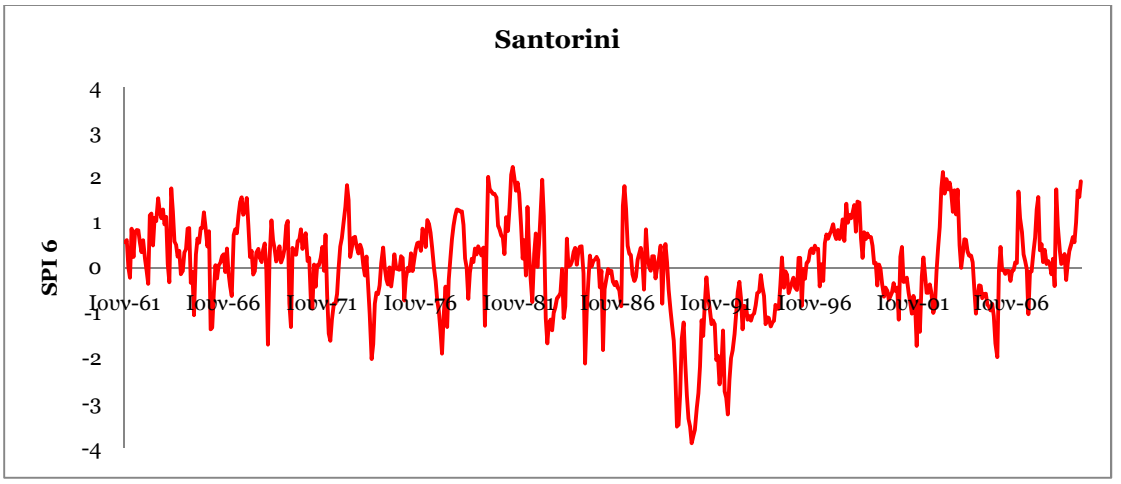
Διάγραμμα ΙΙ.175. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα είκοσι τεσσάρων μηνών για τον σταθμό της Σάμου.*



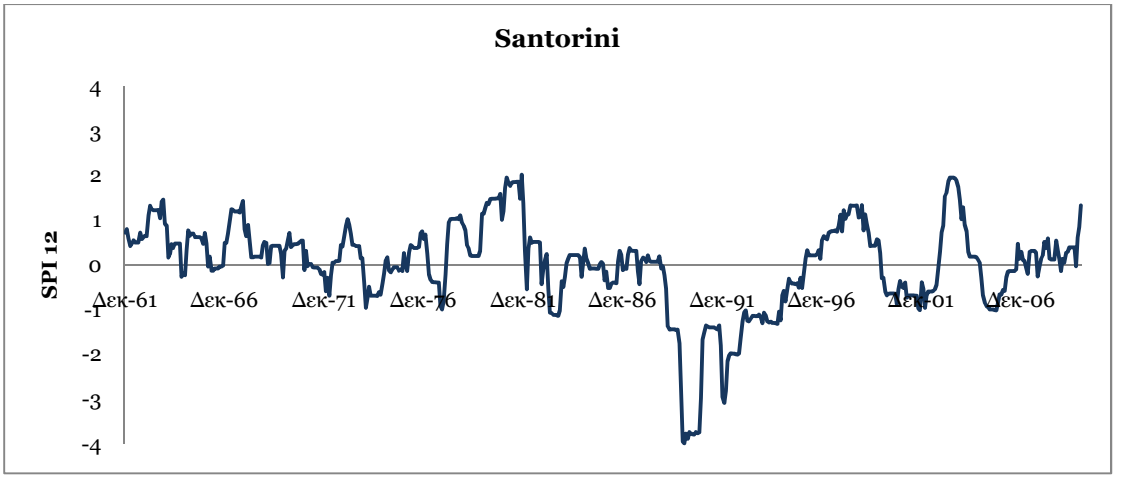
Διάγραμμα ΙΙ.176. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα ενός μήνα για τον σταθμό της Σαντορίνη.*



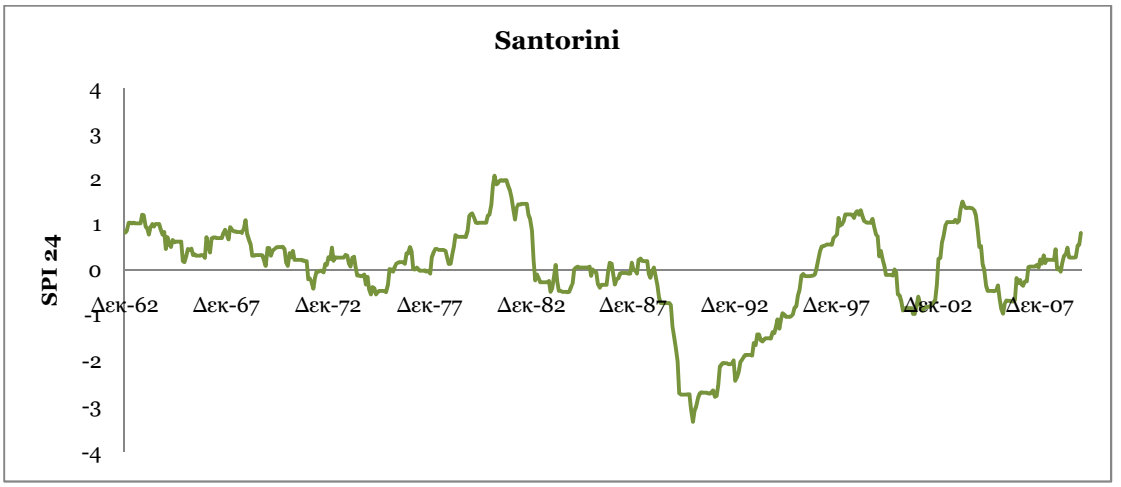
Διάγραμμα ΙΙ.177. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα τριών μηνών για τον σταθμό της Σαντορίνη.*



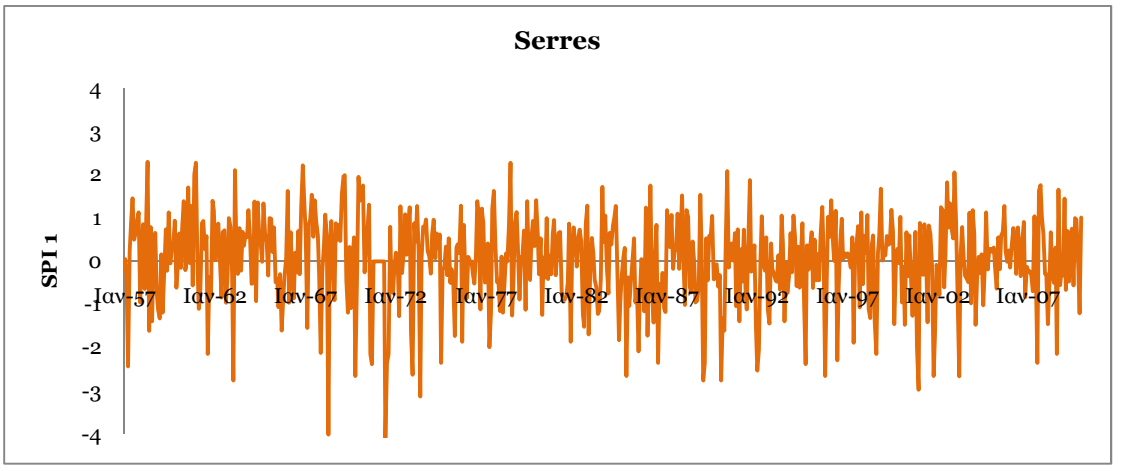
Διάγραμμα ΙΙ.178. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα έξι μηνών για τον σταθμό της Σαντορίνη.*



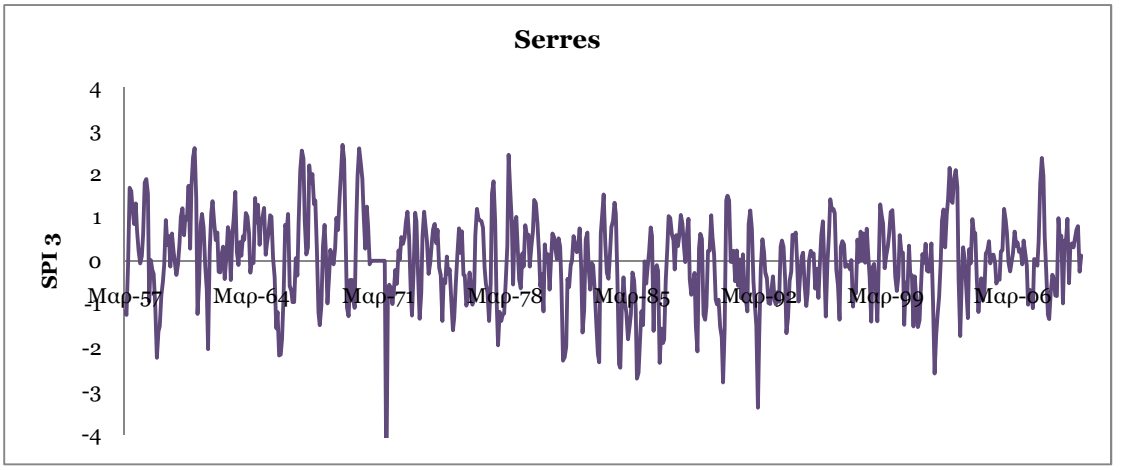
Διάγραμμα ΙΙ.179. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα δώδεκα μηνών για τον σταθμό της Σαντορίνη.*



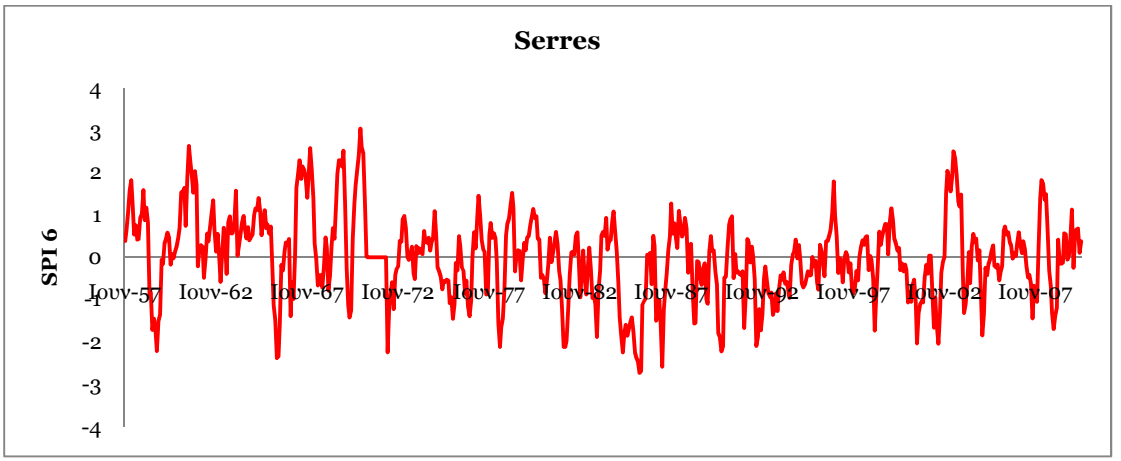
Διάγραμμα ΙΙ.180. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα είκοσι τεσσάρων μηνών για τον σταθμό της Σαντορίνη.*



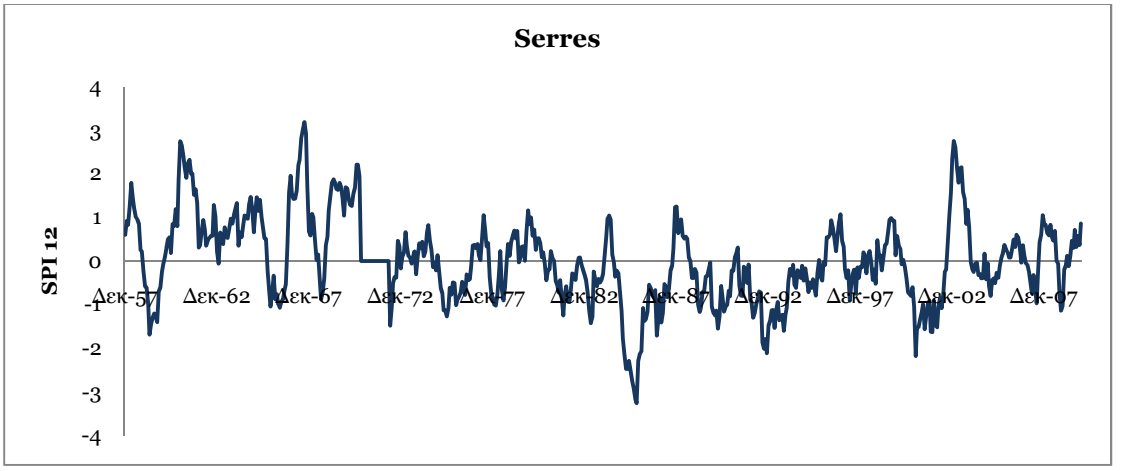
Διάγραμμα ΙΙ.181. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα ενός μήνα για τον σταθμό των Σερρών.*



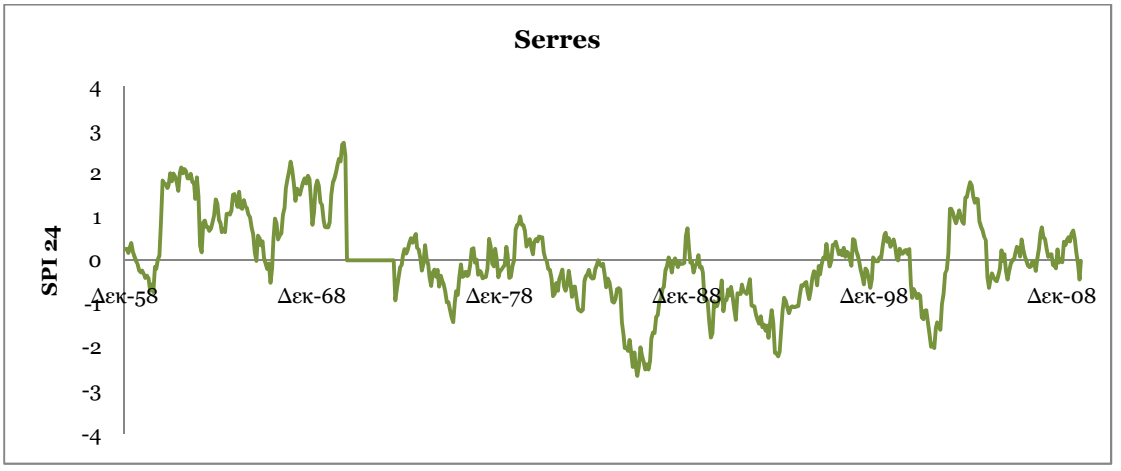
Διάγραμμα ΙΙ.182. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα τριών μηνών για τον σταθμό των Σερρών.*



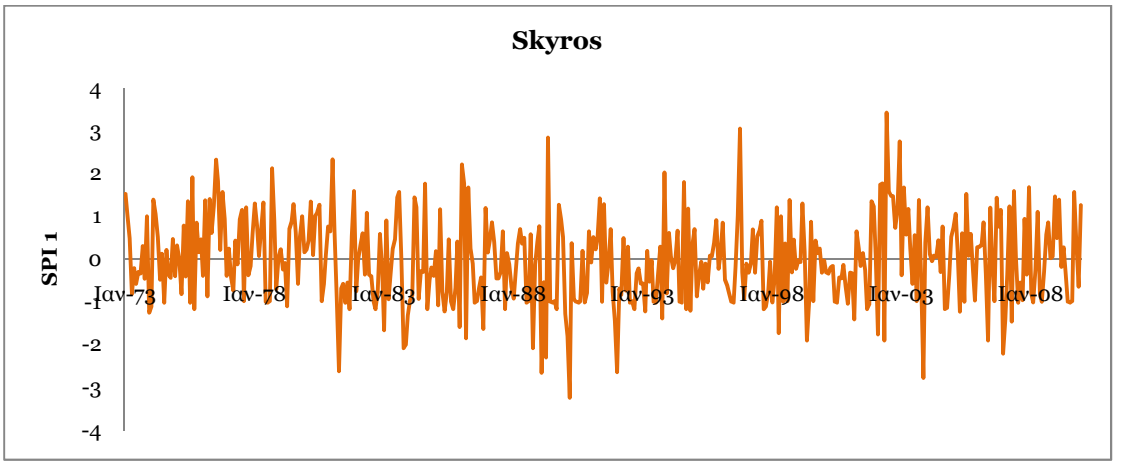
Διάγραμμα ΙΙ.183. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα έξι μηνών για τον σταθμό των Σερρών.*



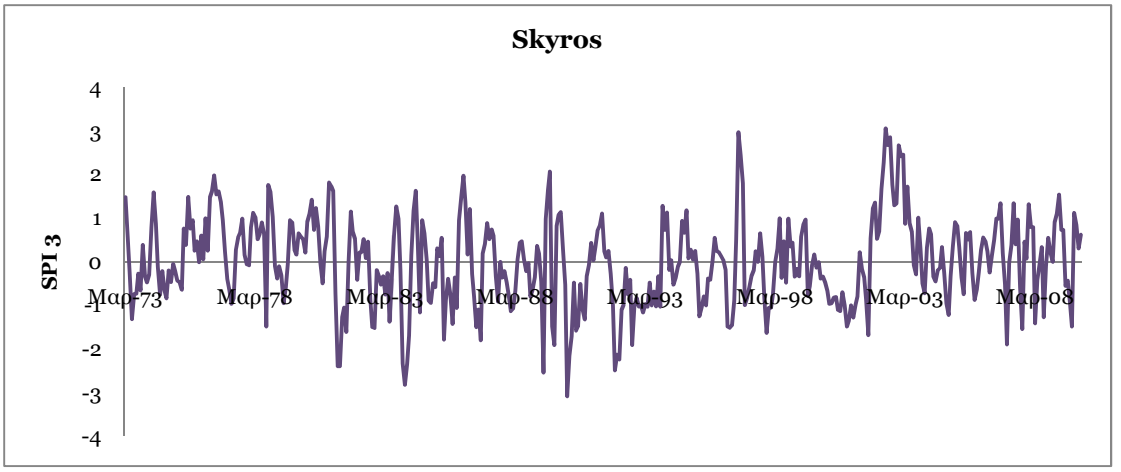
Διάγραμμα ΙΙ.184. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα δώδεκα μηνών για τον σταθμό των Σερρών.*



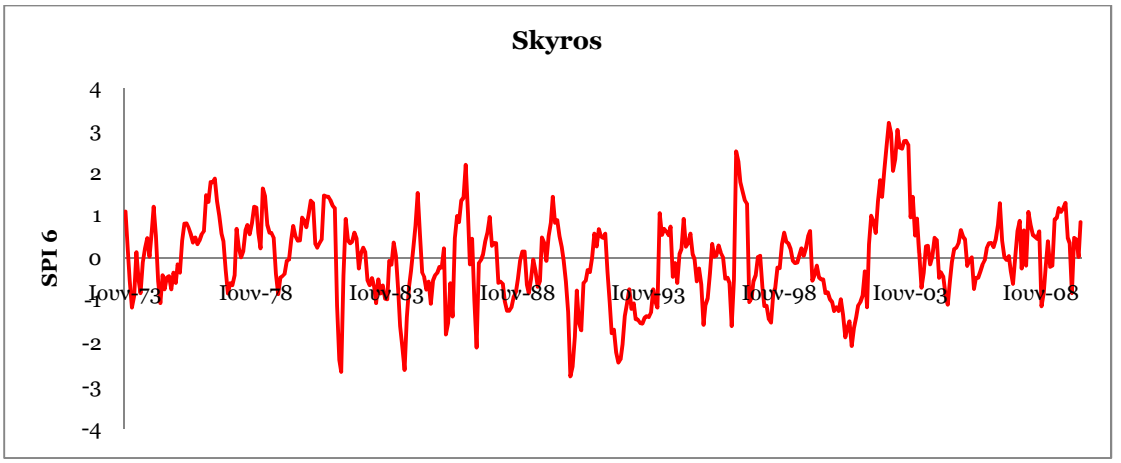
Διάγραμμα ΙΙ.185. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα είκοσι τεσσάρων μηνών για τον σταθμό των Σερρών.*



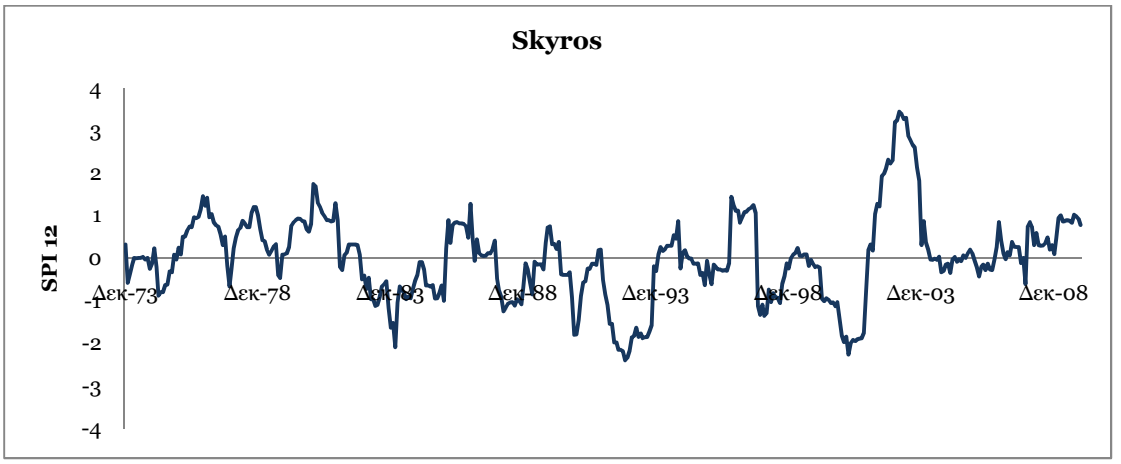
Διάγραμμα ΙΙ.186. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα ενός μήνα για τον σταθμό της Σκύρου.*



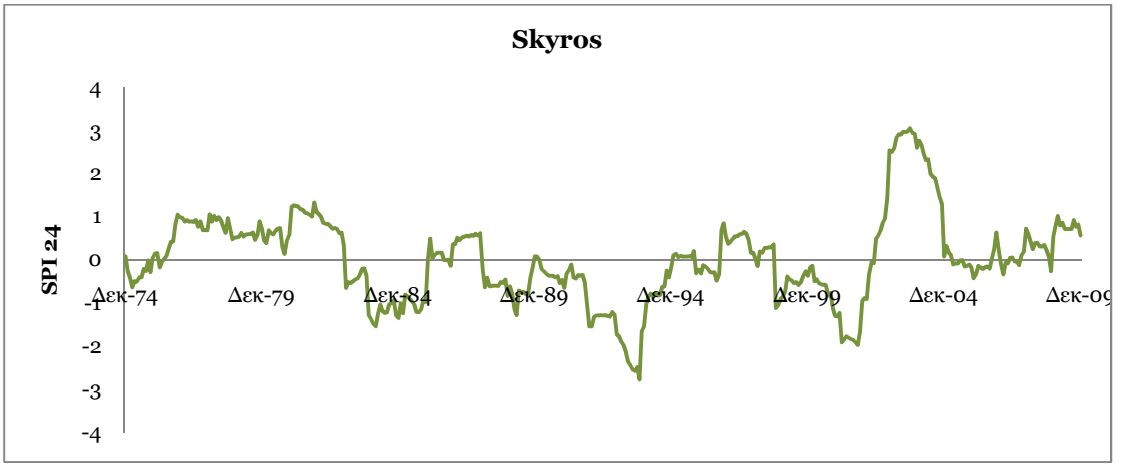
Διάγραμμα ΙΙ.187. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα τριών μηνών για τον σταθμό της Σκύρου.*



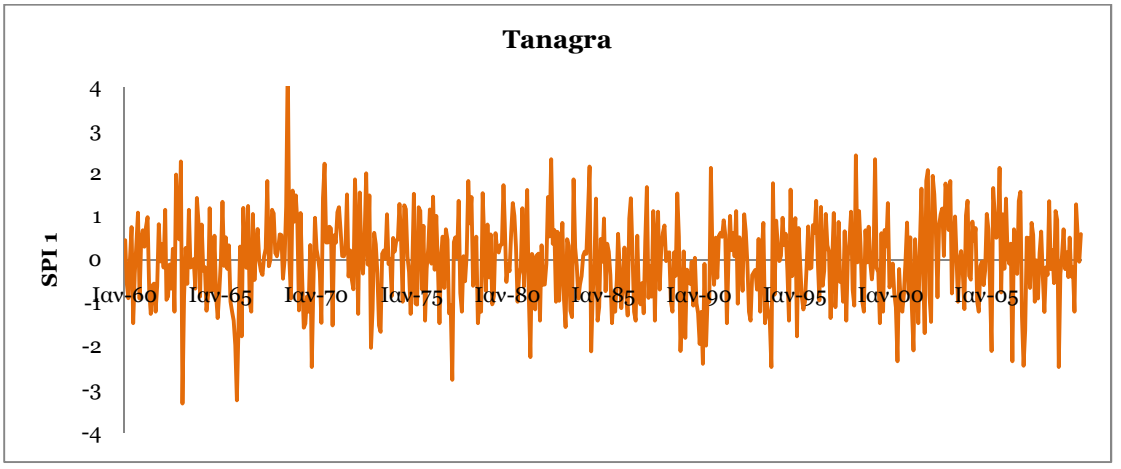
Διάγραμμα ΙΙ.188. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα έξι μηνών για τον σταθμό της Σκύρου.*



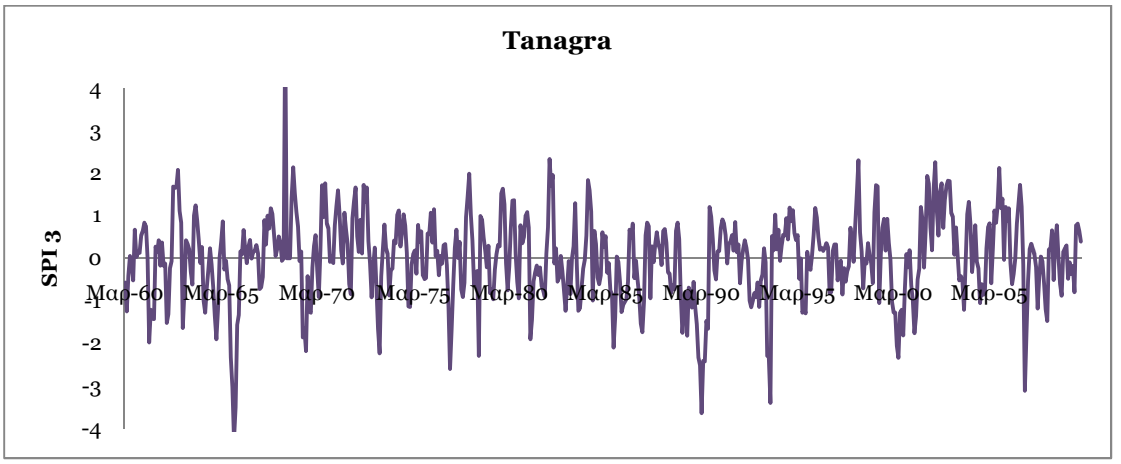
Διάγραμμα ΙΙ.189. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα δώδεκα μηνών για τον σταθμό της Σκύρου.*



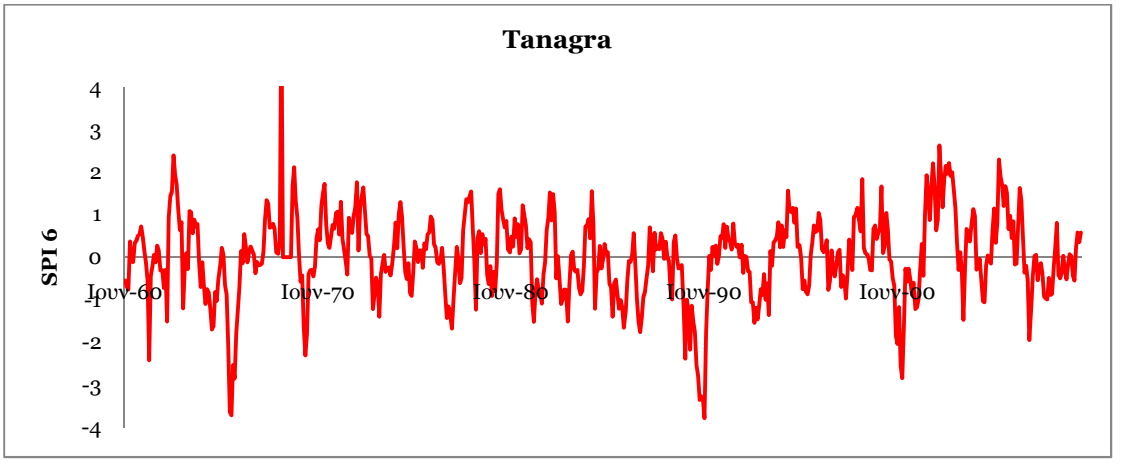
Διάγραμμα ΙΙ.190. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα είκοσι τεσσάρων μηνών για τον σταθμό της Σκύρου.*



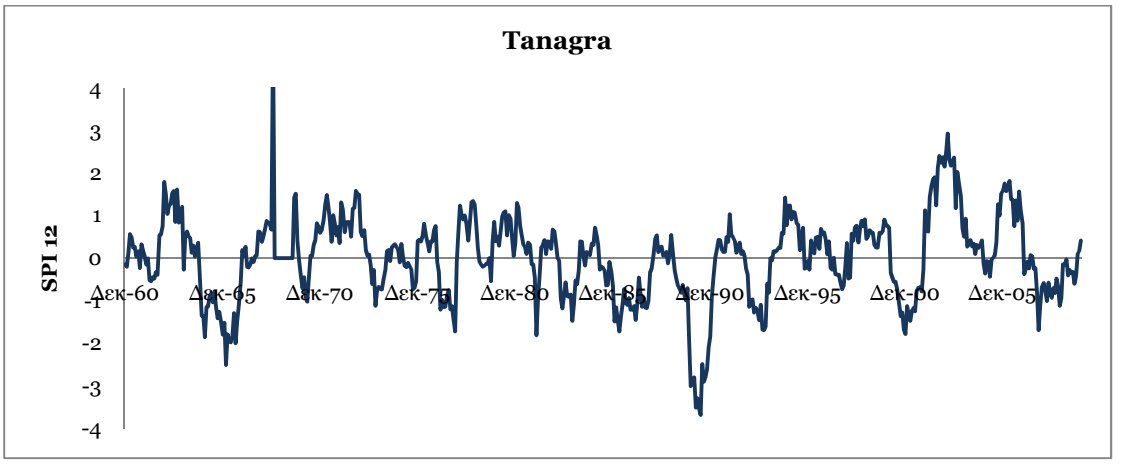
Διάγραμμα ΙΙ.191. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα ενός μήνα για τον σταθμό της Τανάγρας.*



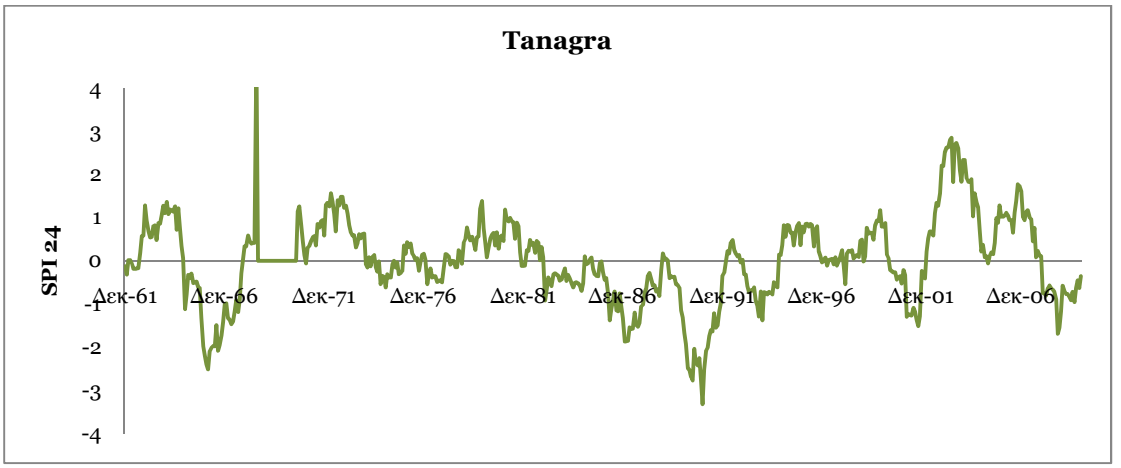
Διάγραμμα Π.192. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα τριών μηνών για τον σταθμό της Τανάγρας.*



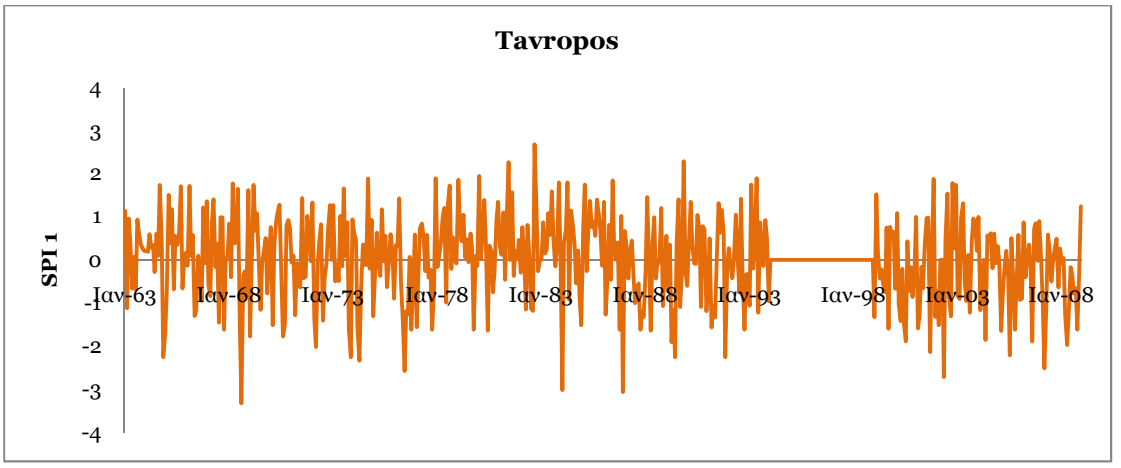
Διάγραμμα Π.193. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα έξι μηνών για τον σταθμό της Τανάγρας.*



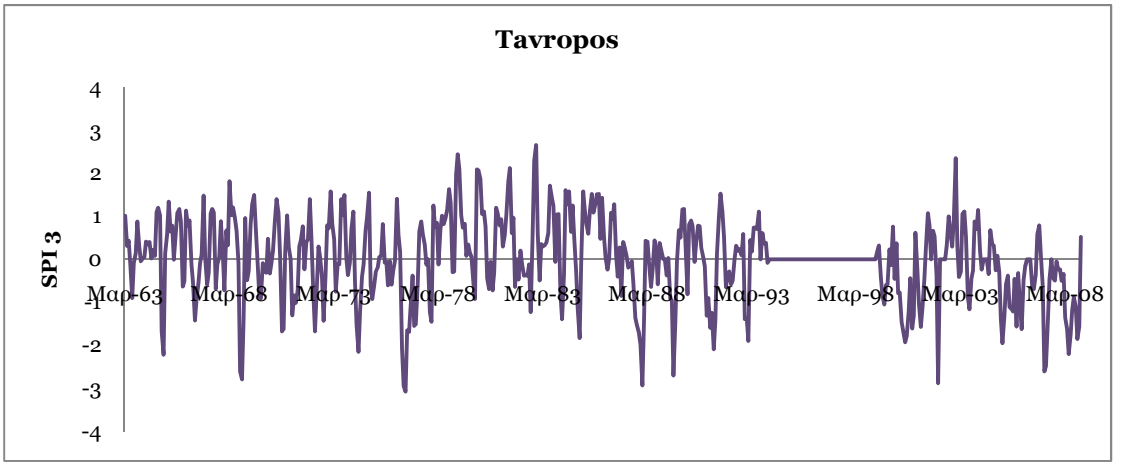
Διάγραμμα Π.194. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα δώδεκα μηνών για τον σταθμό της Τανάγρας.*



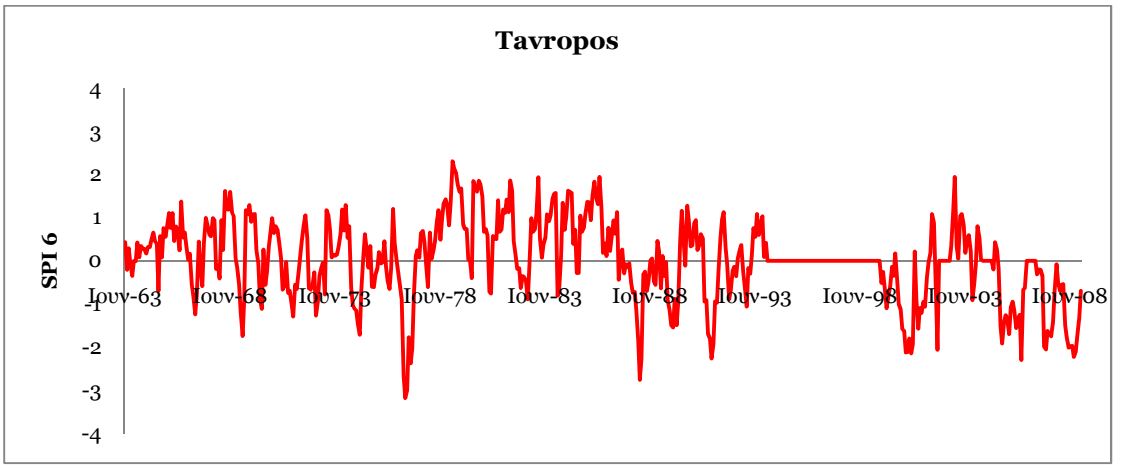
Διάγραμμα ΙΙ.195. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα είκοσι τεσσάρων μηνών για τον σταθμό της Τανάγρας.*



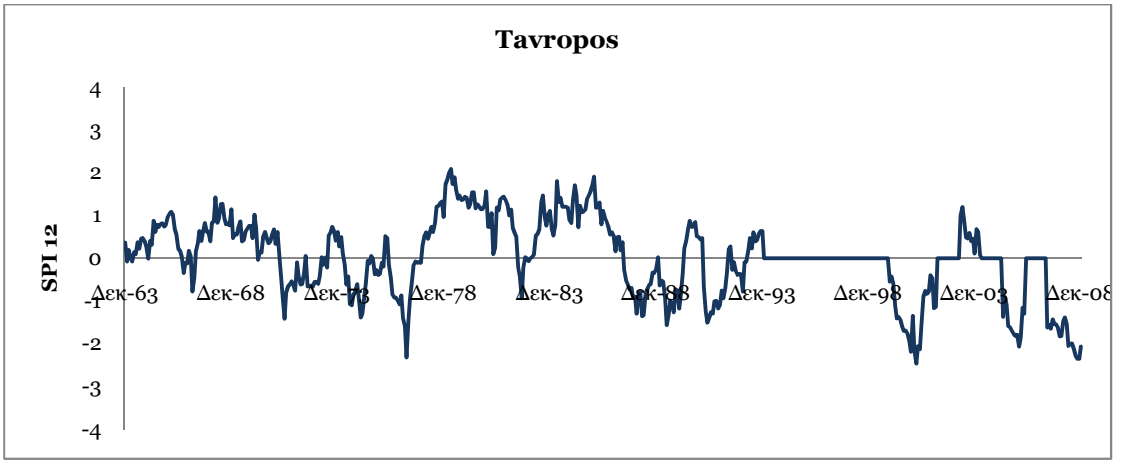
Διάγραμμα ΙΙ.196. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα ενός μήνα για τον σταθμό του Ταυρωπού.*



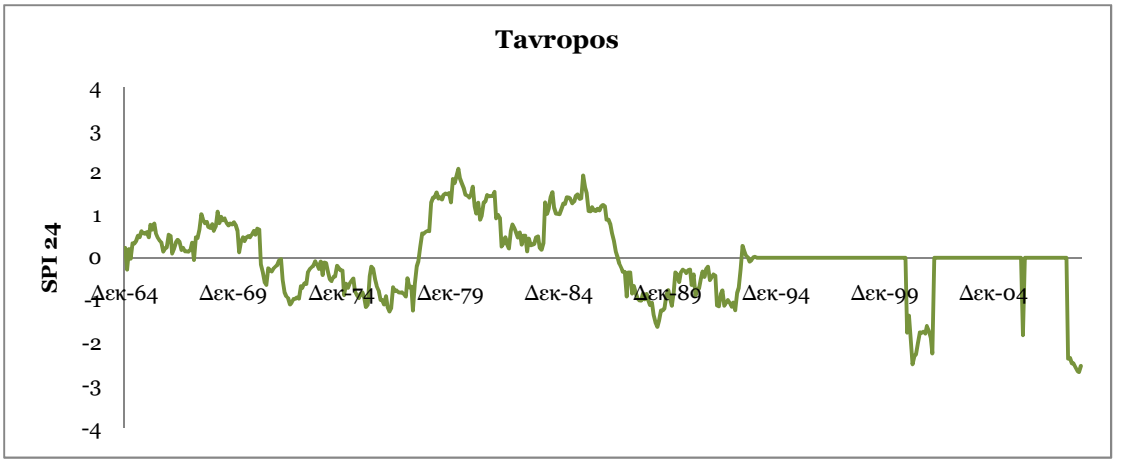
Διάγραμμα ΙΙ.197. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα τριών μηνών για τον σταθμό του Ταυρωπού.*



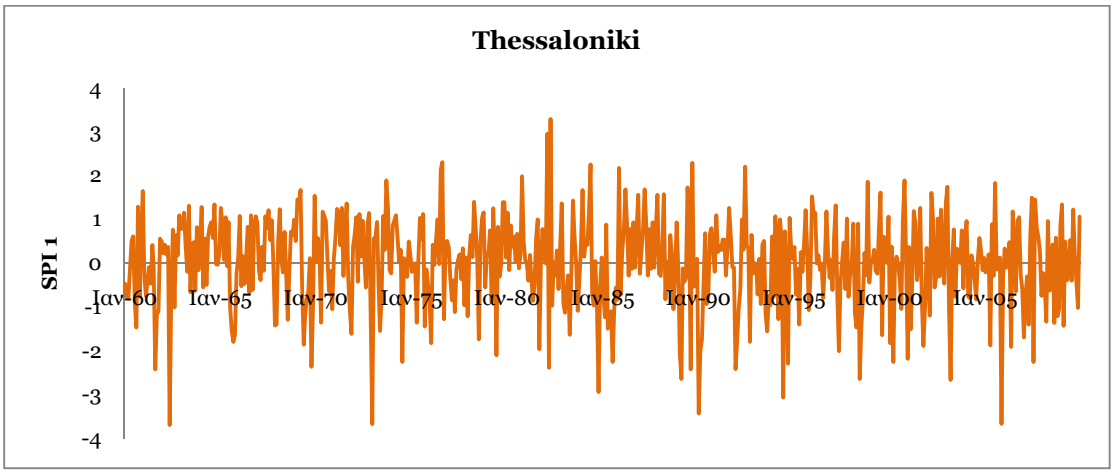
Διάγραμμα Π.198. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα έξι μηνών για τον σταθμό του Ταυρωπού.*



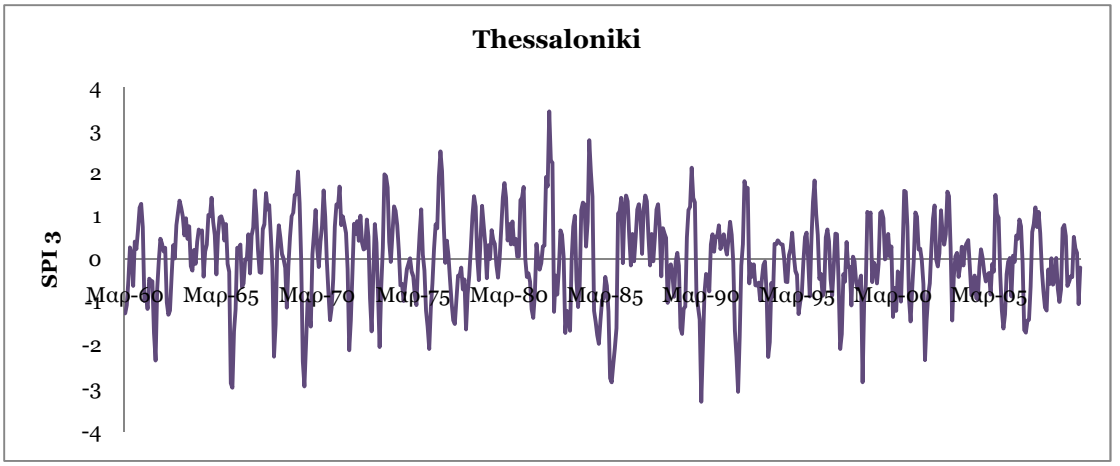
Διάγραμμα Π.199. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα δώδεκα μηνών για τον σταθμό του Ταυρωπού.*



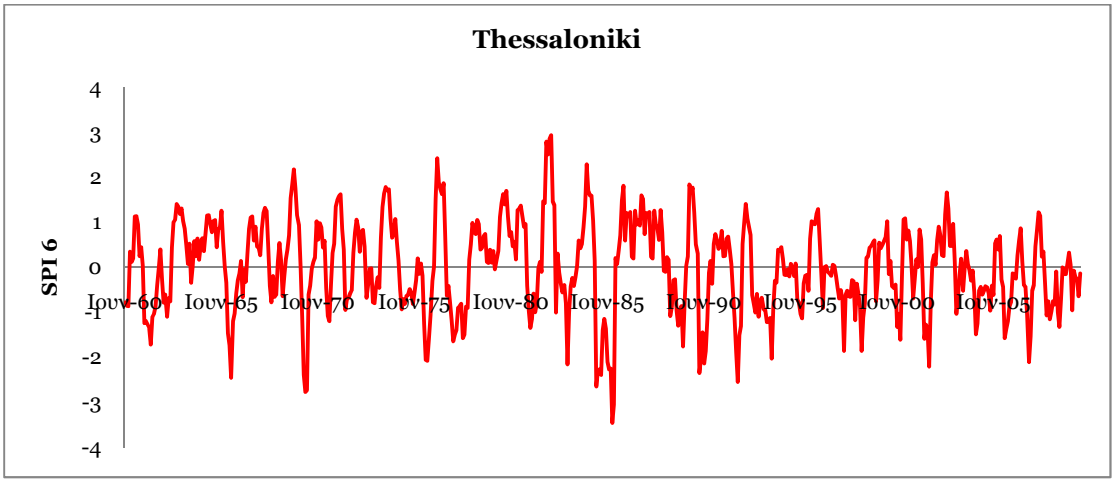
Διάγραμμα Π.200. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα είκοσι τεσσάρων μηνών για τον σταθμό του Ταυρωπού.*



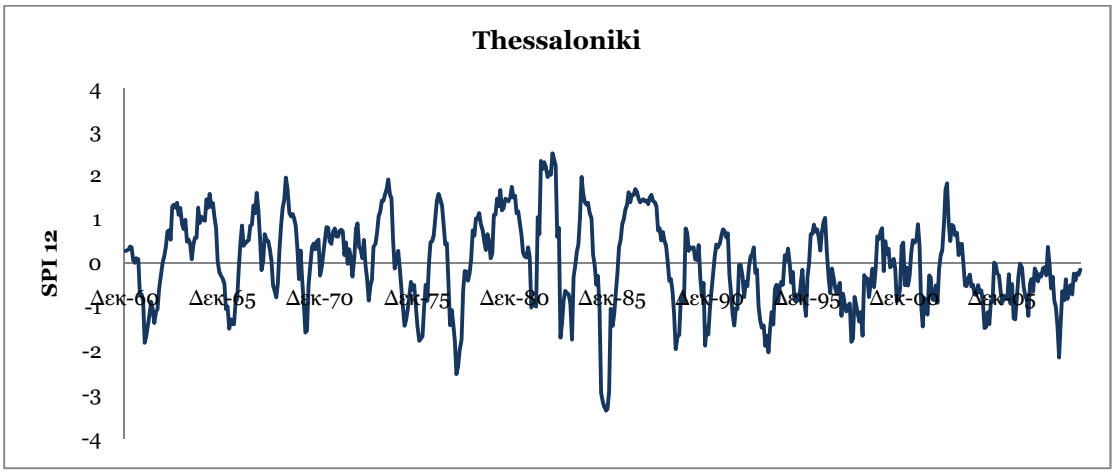
Διάγραμμα ΙΙ.201. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα ενός μήνα για τον σταθμό της Θεσσαλονίκης.*



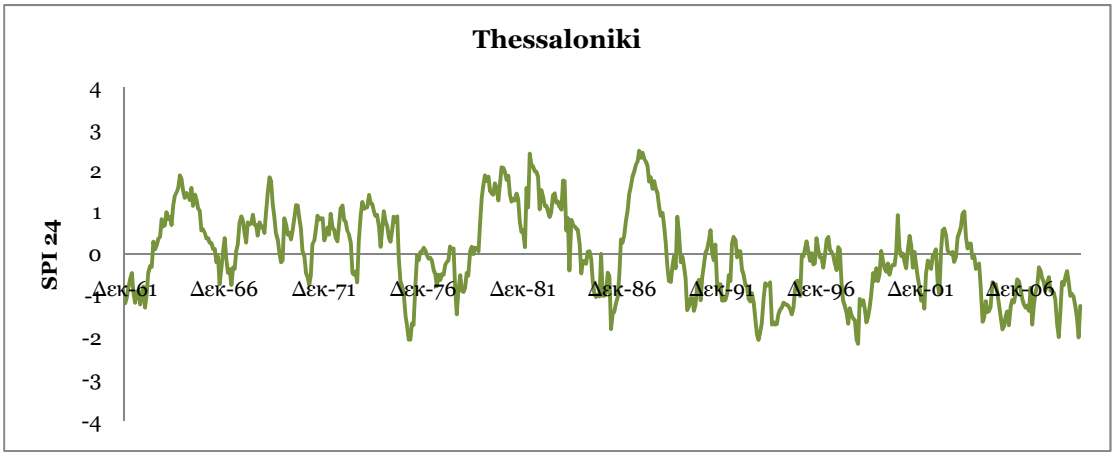
Διάγραμμα ΙΙ.202. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα τριών μηνών για τον σταθμό της Θεσσαλονίκης.*



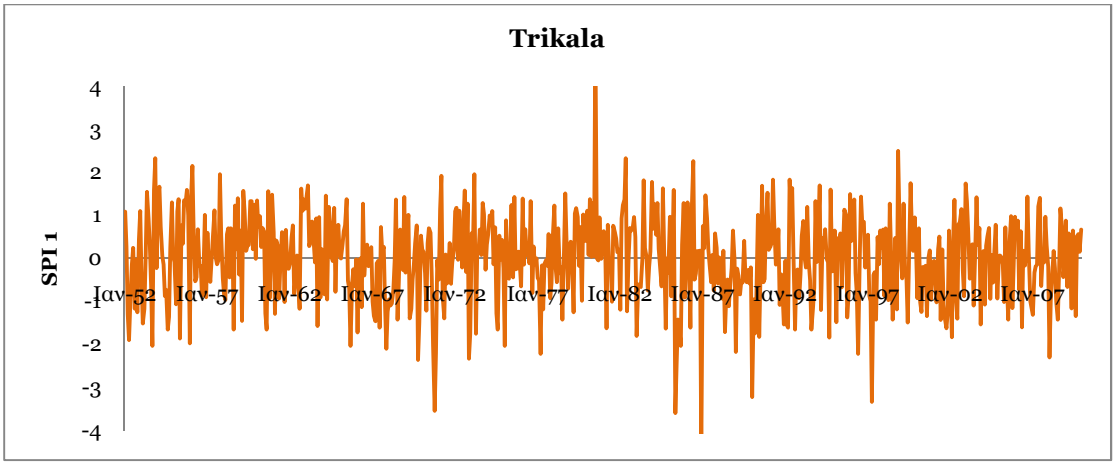
Διάγραμμα ΙΙ.203. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα έξι μηνών για τον σταθμό της Θεσσαλονίκης.*



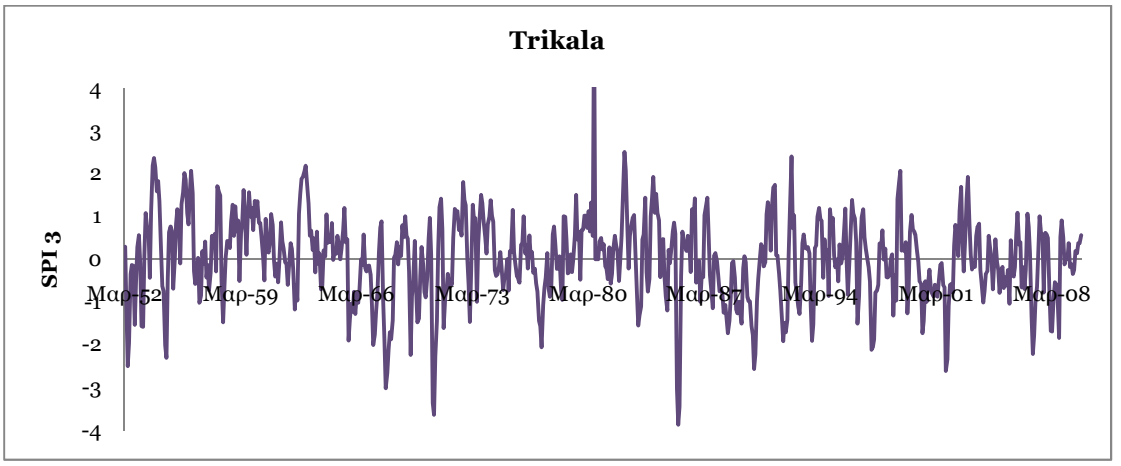
Διάγραμμα ΙΙ.204. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα δώδεκα μηνών για τον σταθμό της Θεσσαλονίκης.*



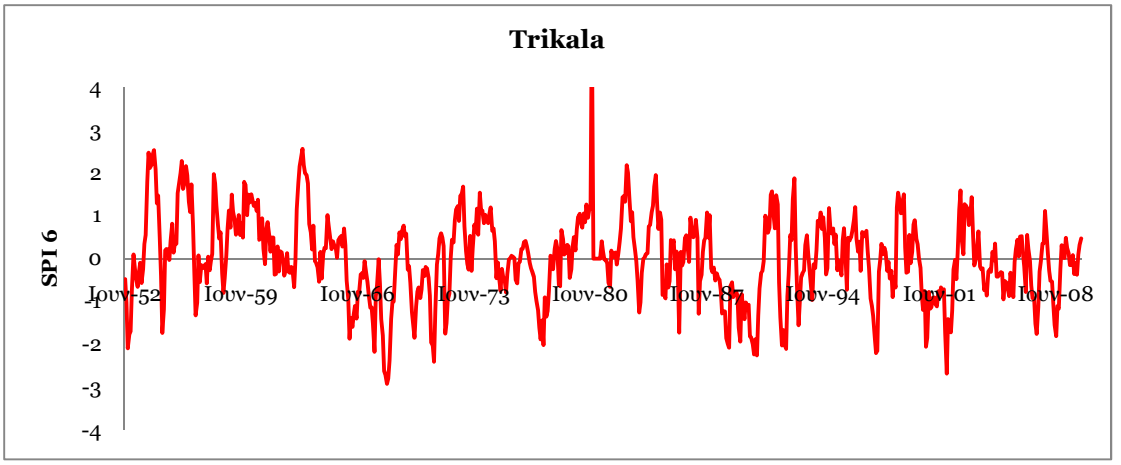
Διάγραμμα ΙΙ.205. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα είκοσι τεσσάρων μηνών για τον σταθμό της Θεσσαλονίκης.*



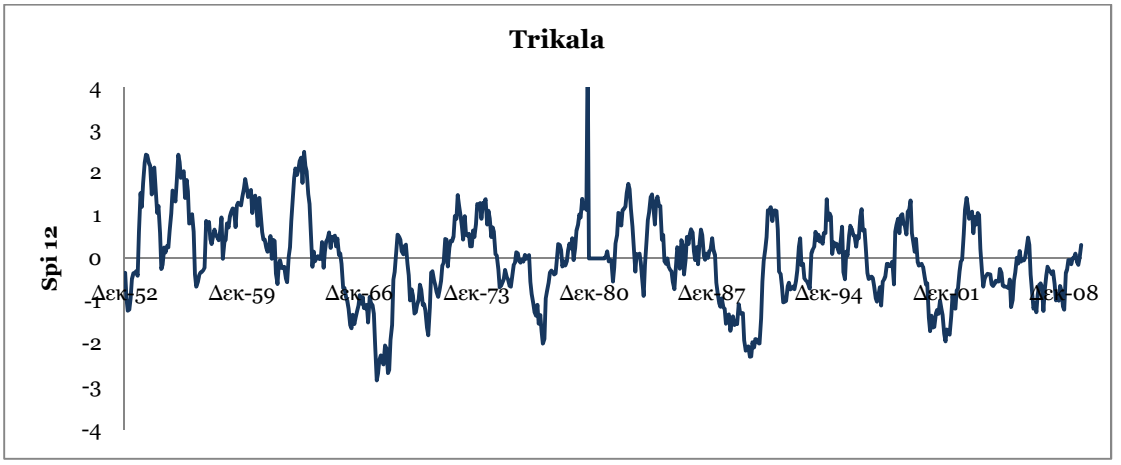
Διάγραμμα ΙΙ.206. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα ενός μήνα για τον σταθμό των Τρικάλων.*



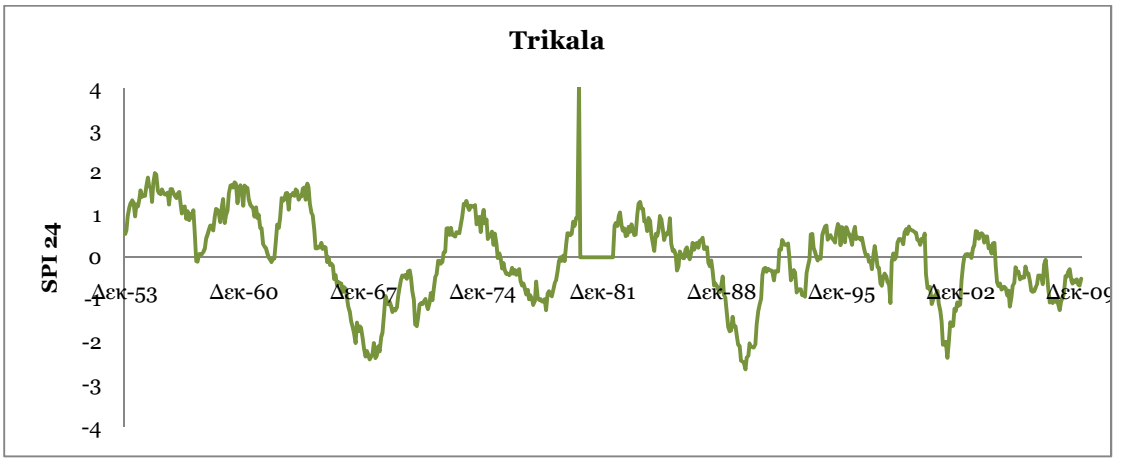
Διάγραμμα ΙΙ.207. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα τριών μηνών για τον σταθμό των Τρικάλων.*



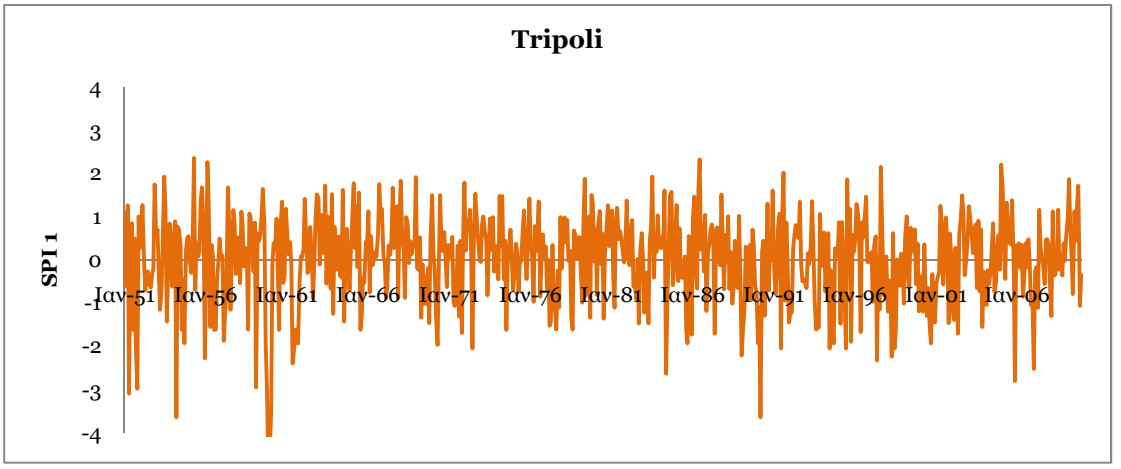
Διάγραμμα ΙΙ.208. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα έξι μηνών για τον σταθμό των Τρικάλων.*



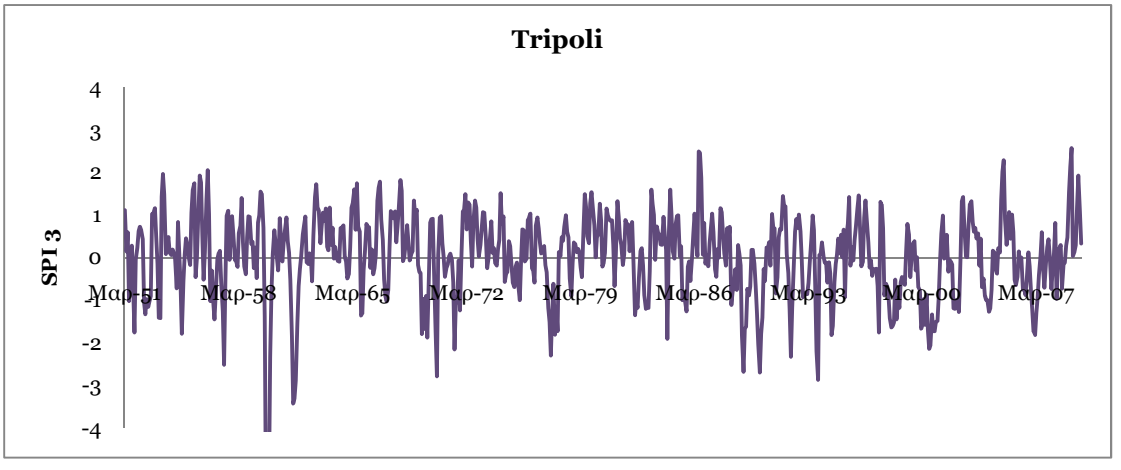
Διάγραμμα ΙΙ.209. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα δώδεκα μηνών για τον σταθμό των Τρικάλων.*



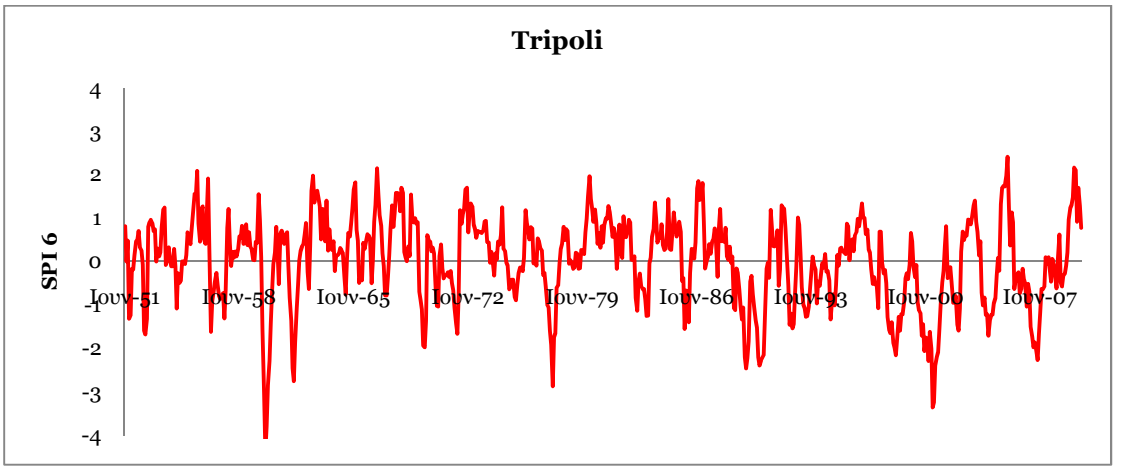
Διάγραμμα ΙΙ.210. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα είκοσι τεσσάρων μηνών για τον σταθμό των Τρικάλων.*



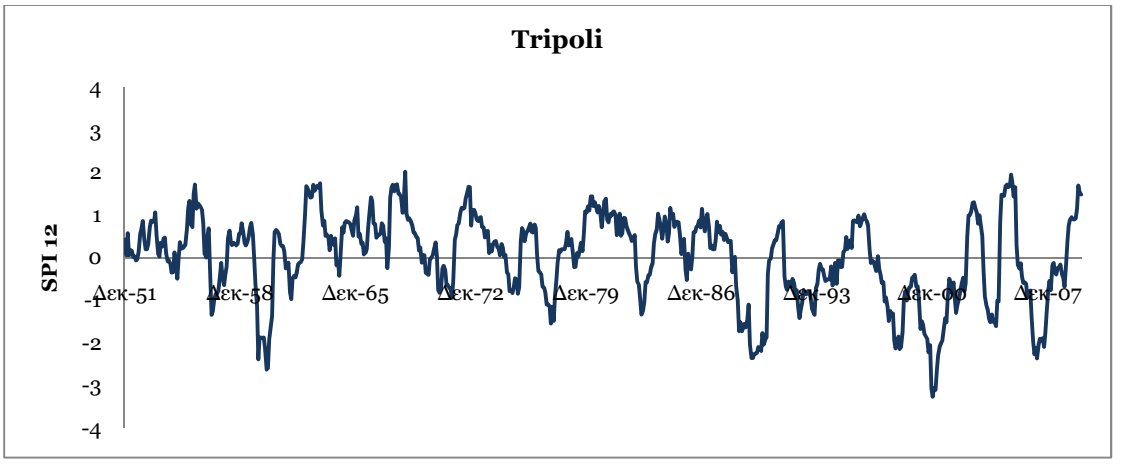
Διάγραμμα ΙΙ.211. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα ενός μήνα για τον σταθμό της Τρίπολης.*



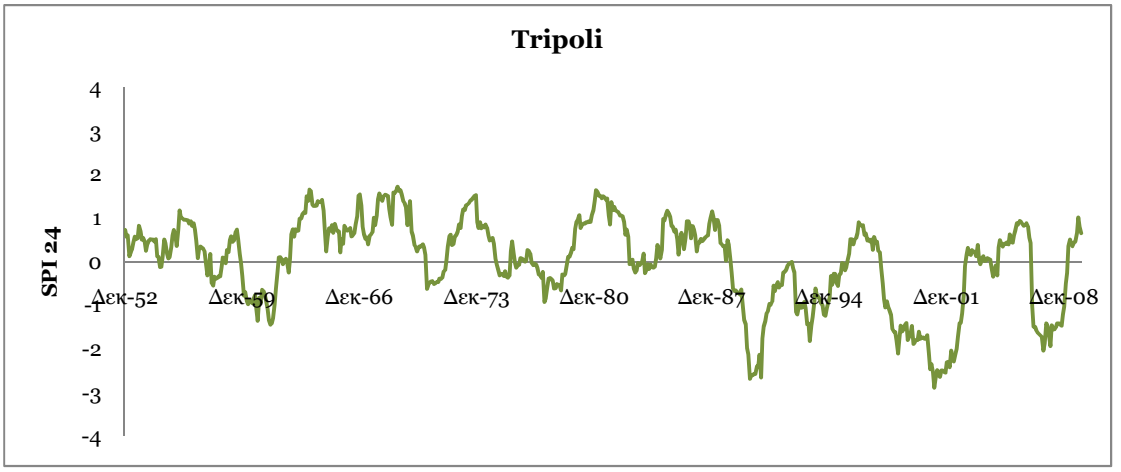
Διάγραμμα ΙΙ.212. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα τριών μηνών για τον σταθμό της Τρίπολης.*



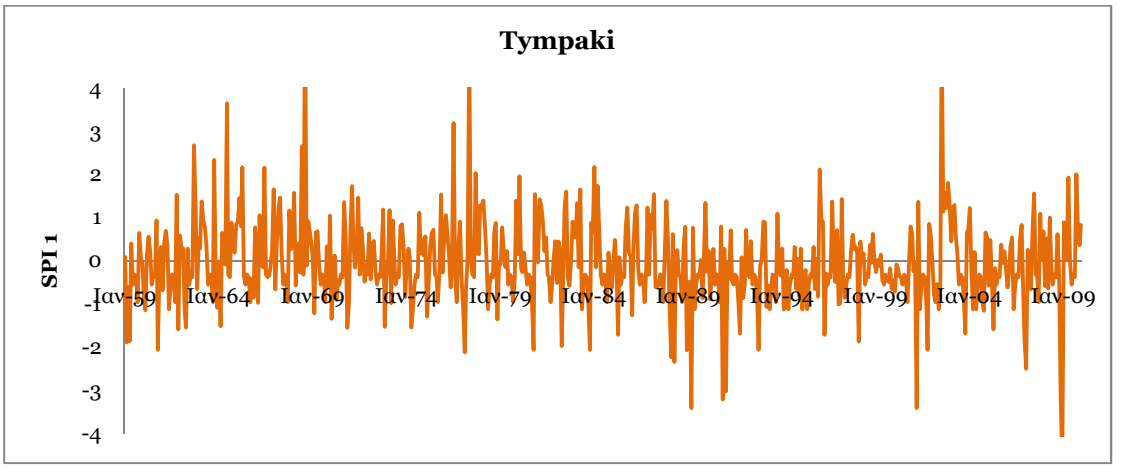
Διάγραμμα ΙΙ.213. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα έξι μηνών για τον σταθμό της Τρίπολης.*



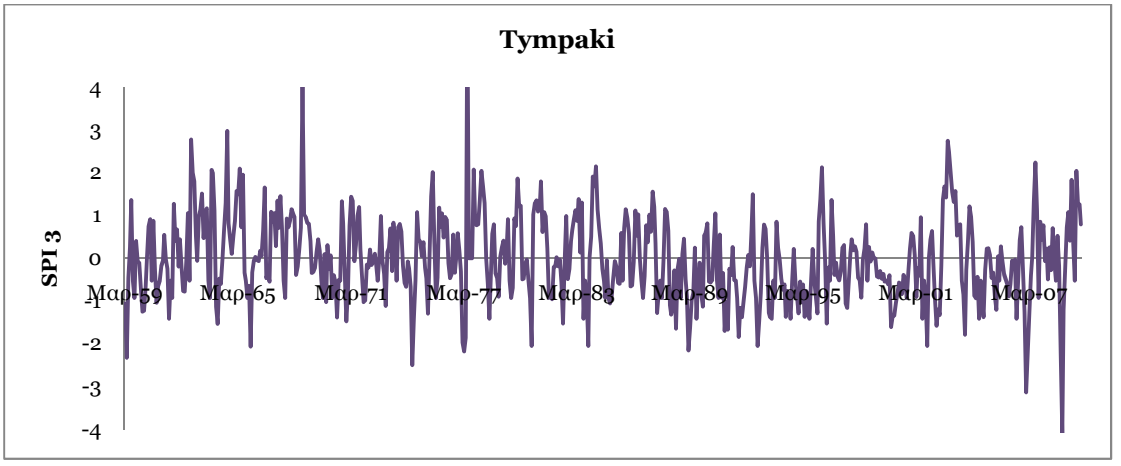
Διάγραμμα ΙΙ.214. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα δώδεκα μηνών για τον σταθμό της Τρίπολης.*



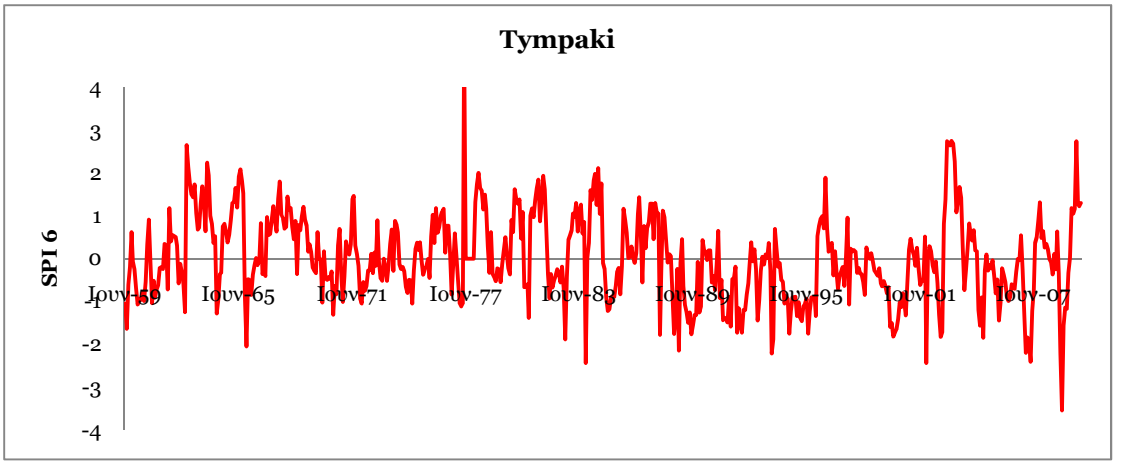
Διάγραμμα ΙΙ.215. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα είκοσι τεσσάρων μηνών για τον σταθμό της Τρίπολης.*



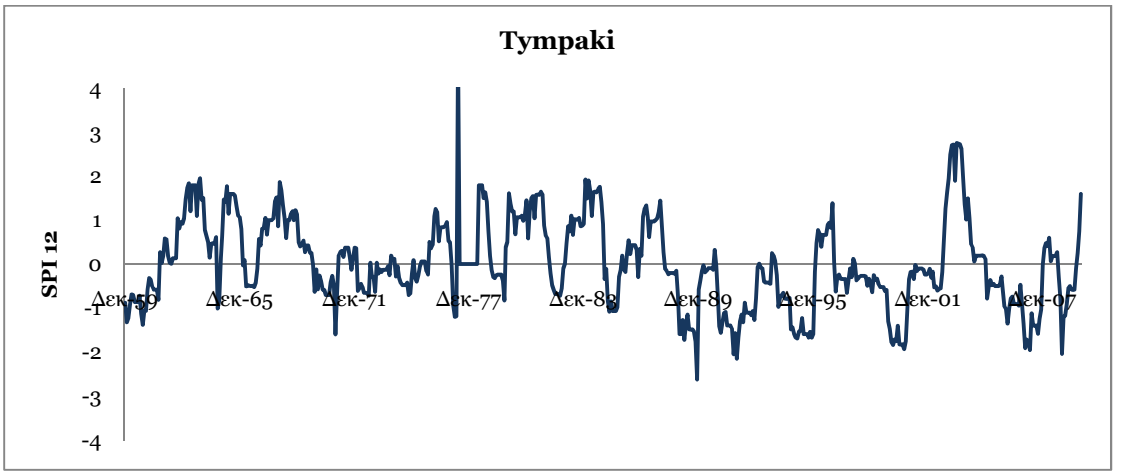
Διάγραμμα ΙΙ.216. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα ενός μήνα για τον σταθμό του Τυμπακίου.*



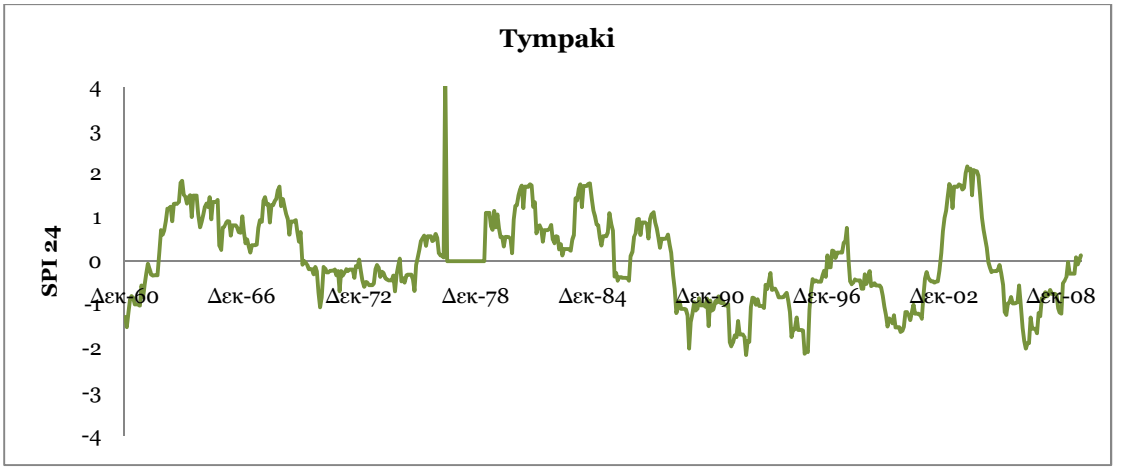
Διάγραμμα ΙΙ.217. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα τριών μηνών για τον σταθμό του Τυμπακίου.*



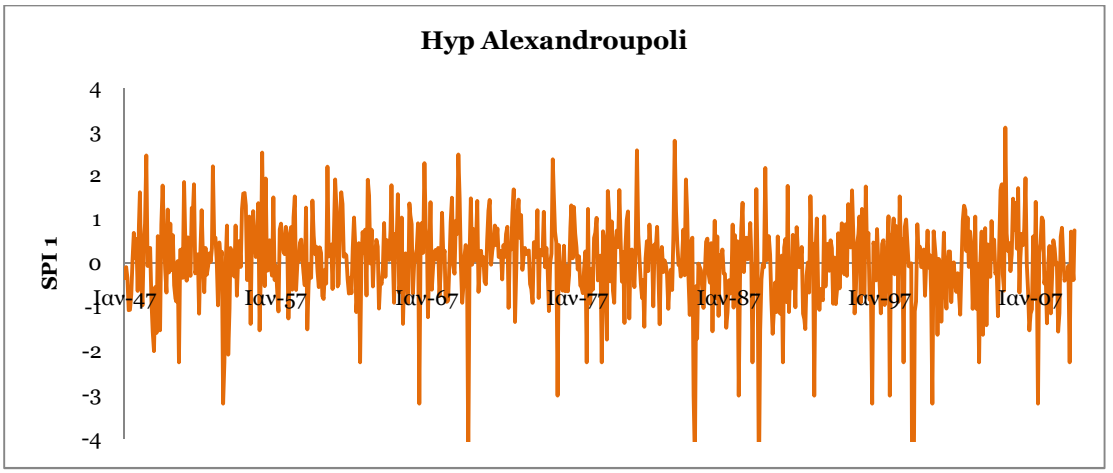
Διάγραμμα ΙΙ.218. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα έξι μηνών για τον σταθμό του Τυμπακίου.*



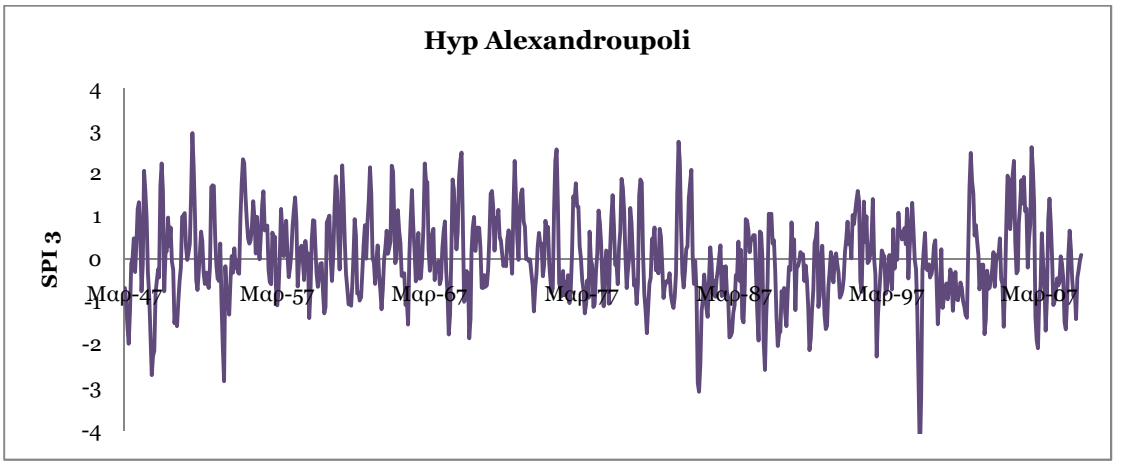
Διάγραμμα ΙΙ.219. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα δώδεκα μηνών για τον σταθμό του Τυμπακίου.*



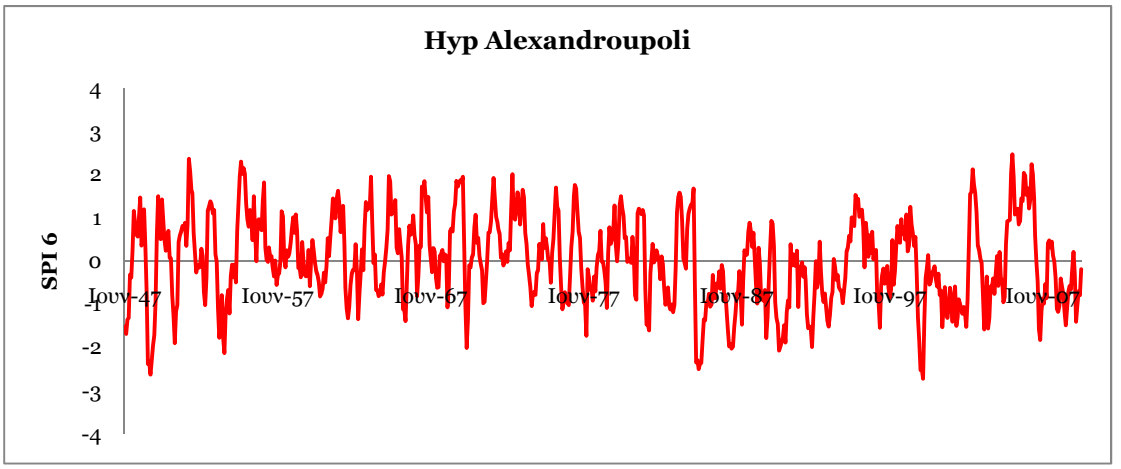
Διάγραμμα ΙΙ.220. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα είκοσι τεσσάρων μηνών για τον σταθμό του Τυμπακίου.*



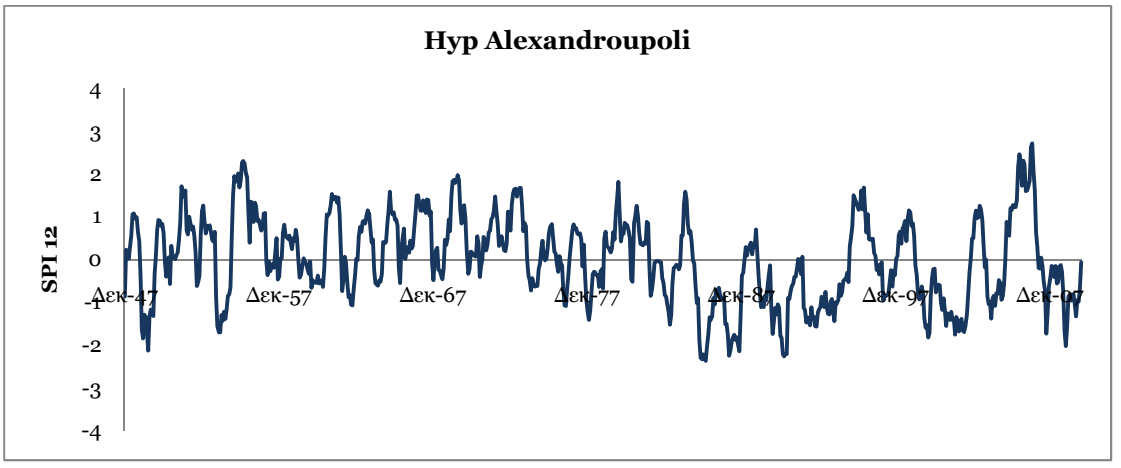
Διάγραμμα ΙΙ.221. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα ενός μήνα για τον υποθετικό σταθμό της Αλεξανδρούπολης.*



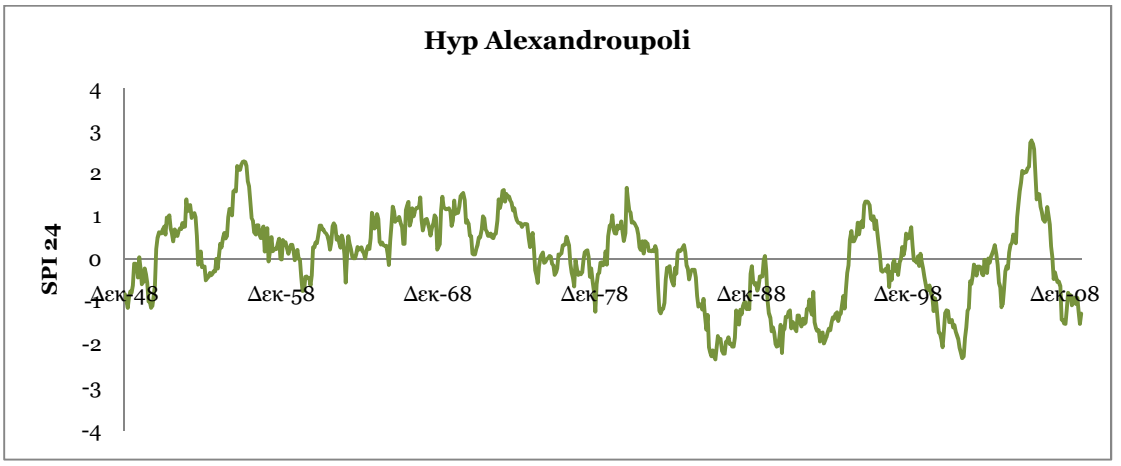
Διάγραμμα Π.222. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα τριών μηνών για τον υποθετικό σταθμό της Αλεξανδρούπολης.*



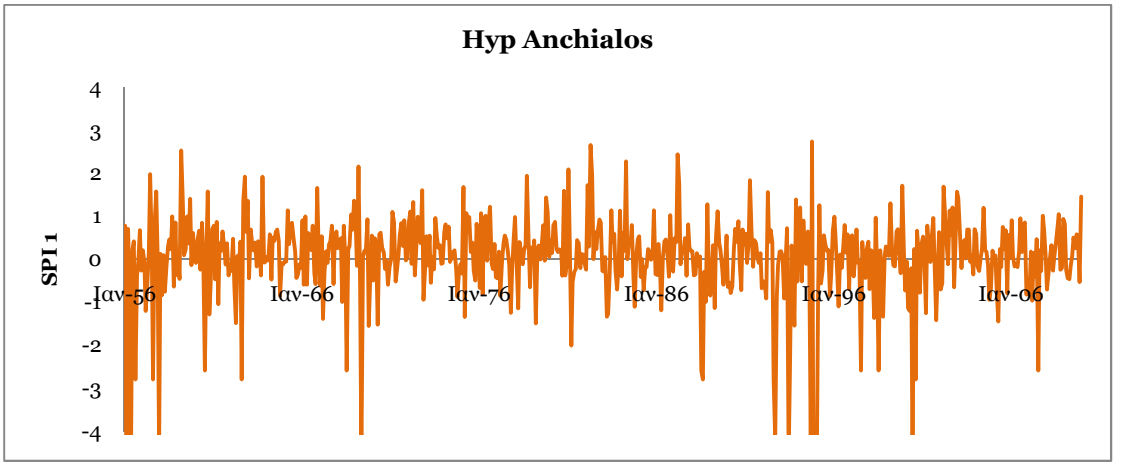
Διάγραμμα Π.223. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα έξι μηνών για τον υποθετικό σταθμό της Αλεξανδρούπολης.*



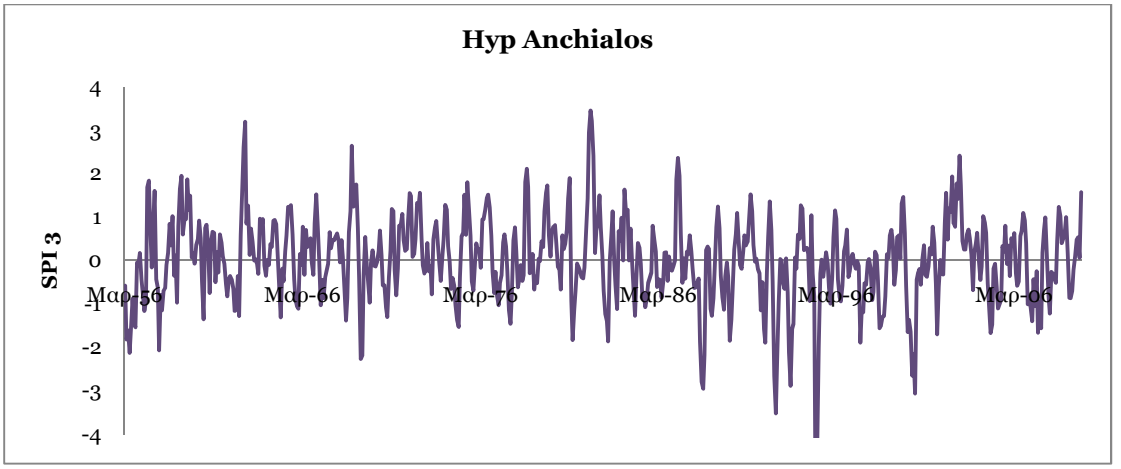
Διάγραμμα Π.224. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα δώδεκα μηνών για τον υποθετικό σταθμό της Αλεξανδρούπολης.*



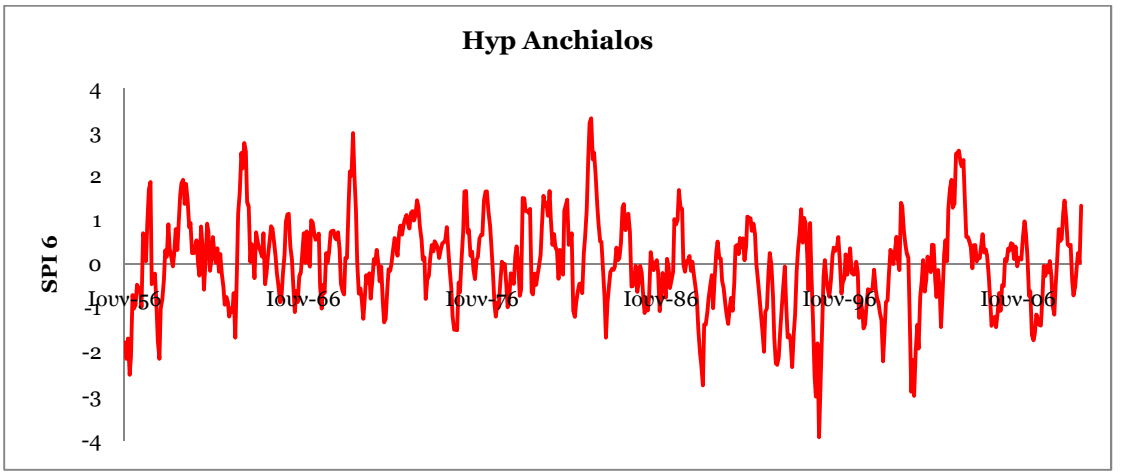
Διάγραμμα Π.225. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα είκοσι τεσσάρων μηνών για τον υποθετικό σταθμό της Αλεξανδρούπολης.*



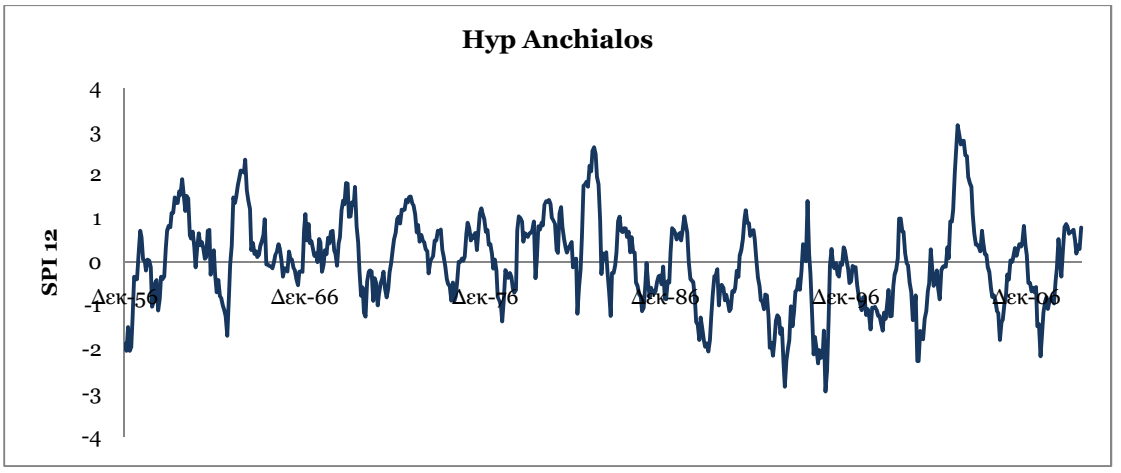
Διάγραμμα Π.226. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα ενός μήνα για τον υποθετικό σταθμό της Αγχιάλου.*



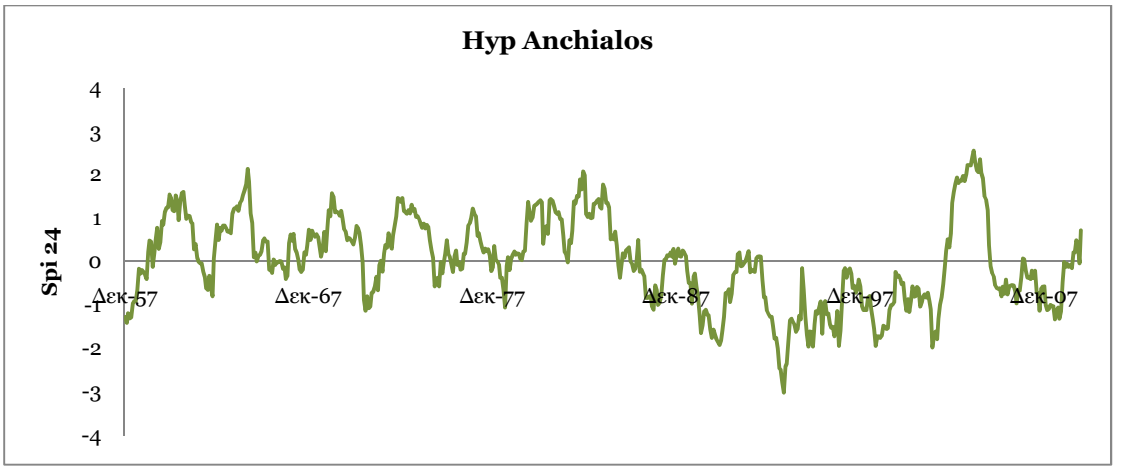
Διάγραμμα Π.227. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα τριών μηνών για τον υποθετικό σταθμό της Αγχιάλου ς.*



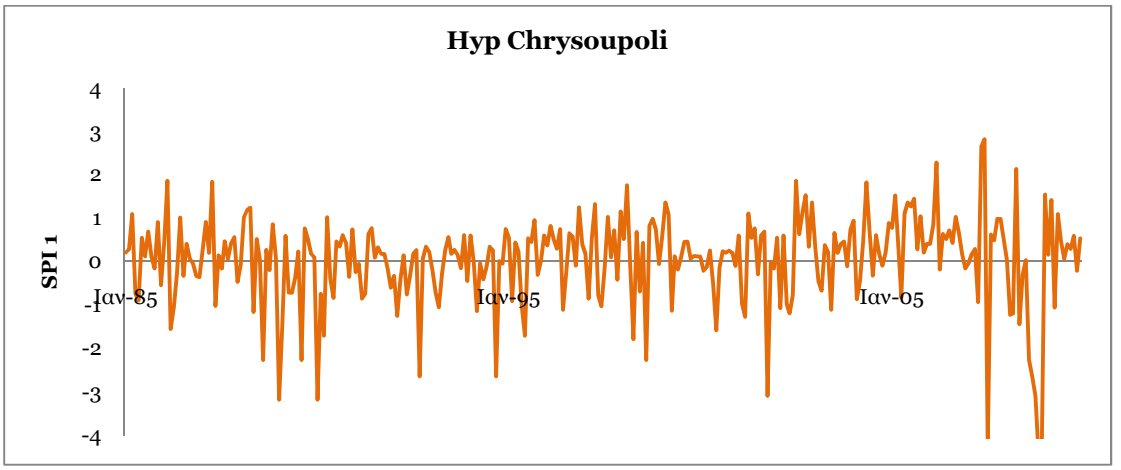
Διάγραμμα Π.228. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα έξι μηνών για τον υποθετικό σταθμό της Αγχιάλου.*



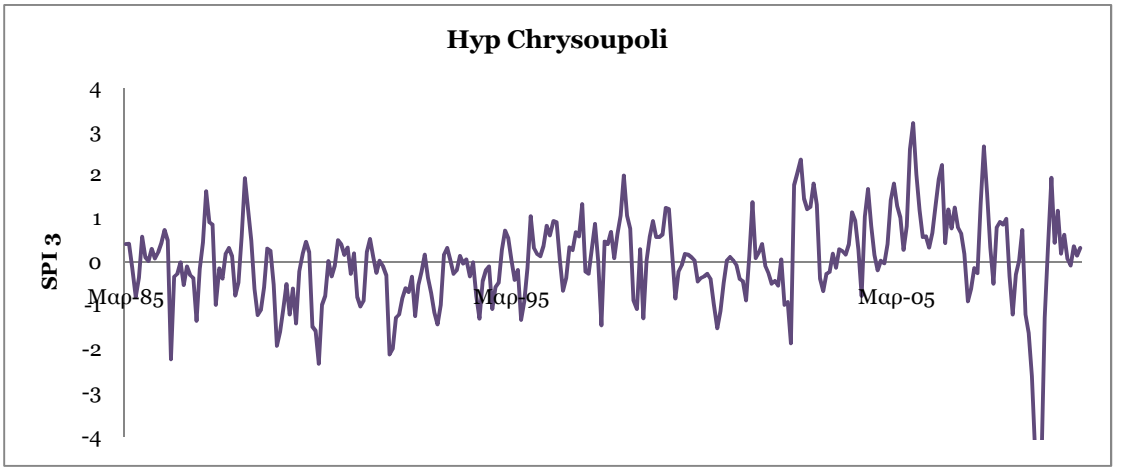
Διάγραμμα Π.229. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα δώδεκα μηνών για τον υποθετικό σταθμό της Αγχιάλου.*



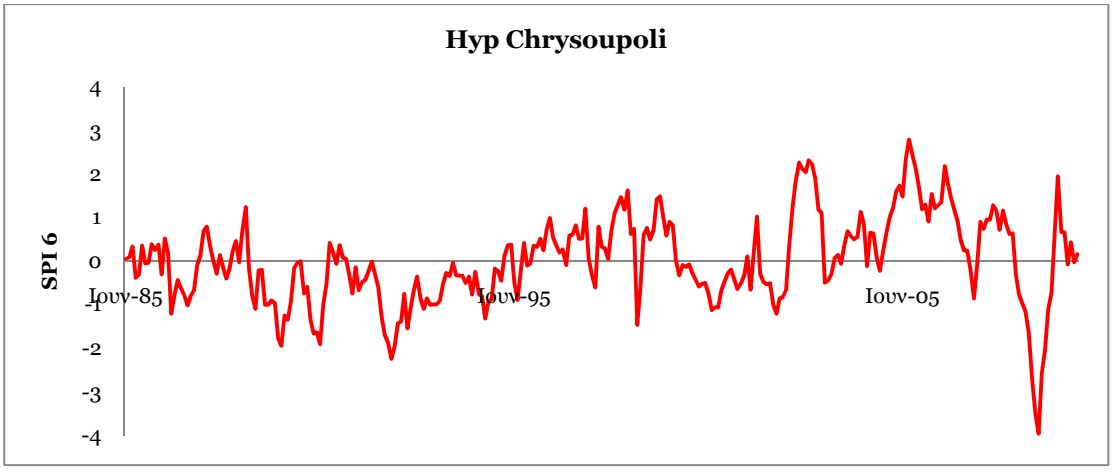
Διάγραμμα Π.230. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα είκοσι τεσσάρων μηνών για τον υποθετικό σταθμό της Αγχιάλου.*



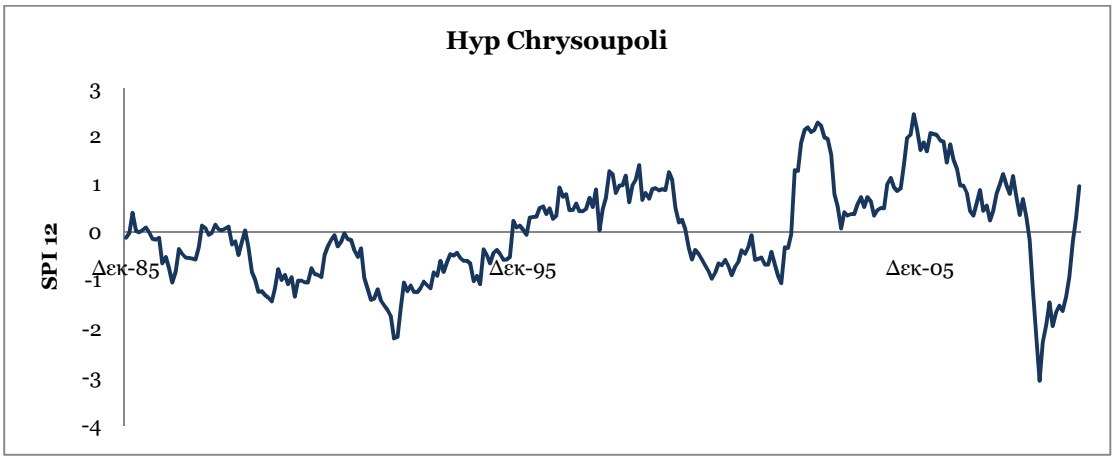
Διάγραμμα ΙΙ.231. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα ενός μήνα για τον υποθετικό σταθμό της Χρυσούπολης.*



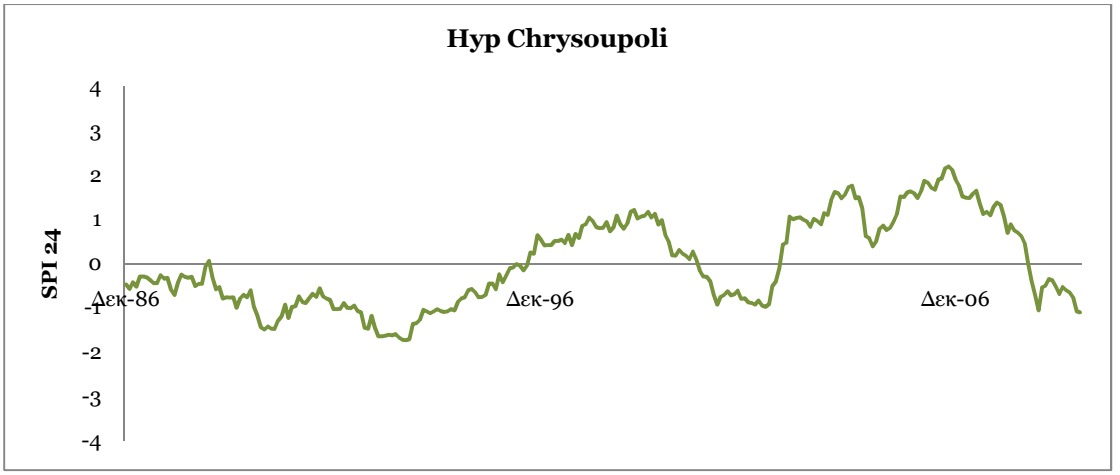
Διάγραμμα ΙΙ.232. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα τριών μηνών για τον υποθετικό σταθμό της Χρυσούπολης.*



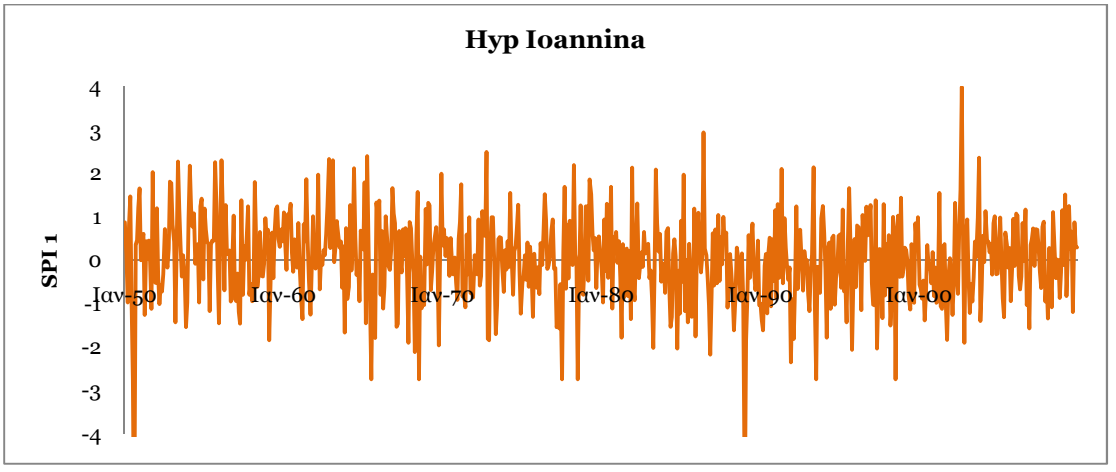
Διάγραμμα ΙΙ.233. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα έξι μηνών για τον υποθετικό σταθμό της Χρυσούπολης.*



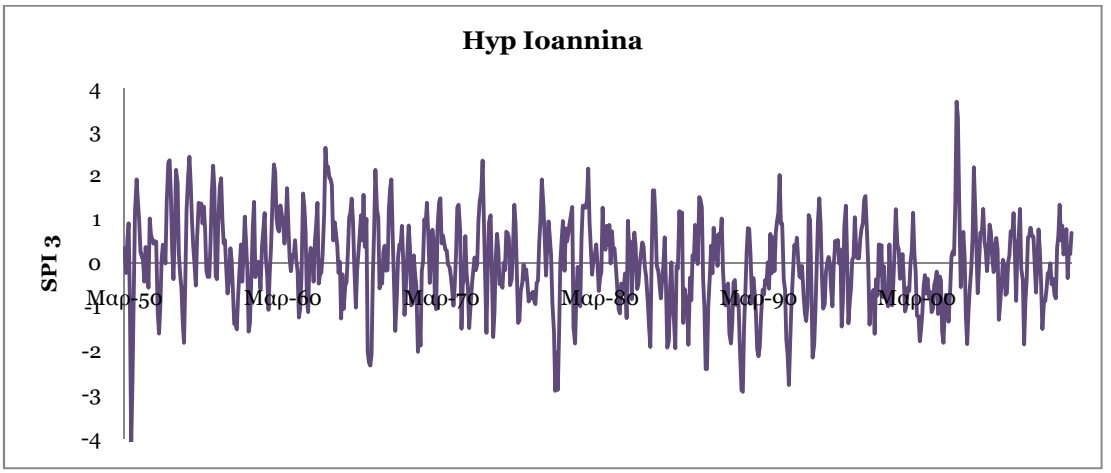
Διάγραμμα ΙΙ.234. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα δώδεκα μηνών για τον υποθετικό σταθμό της Χρυσούπολης.*



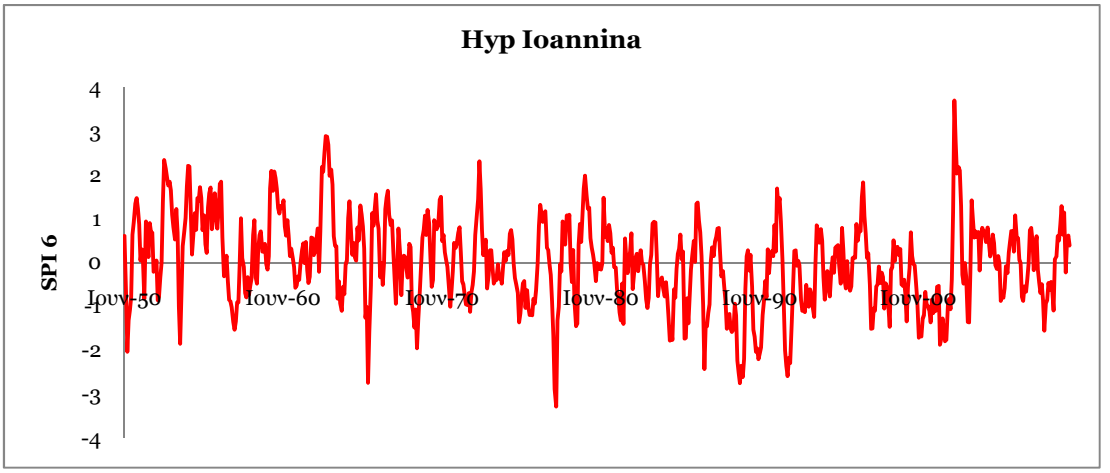
Διάγραμμα ΙΙ.235. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα είκοσι τεσσάρων μηνών για τον υποθετικό σταθμό της Χρυσούπολης.*



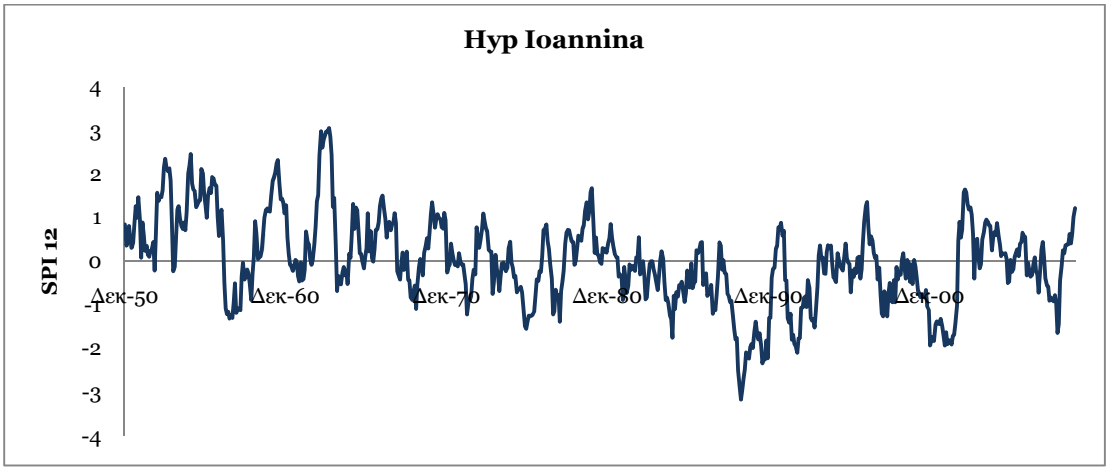
Διάγραμμα ΙΙ.236. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα ενός μήνα για τον υποθετικό σταθμό των Ιωαννίνων.*



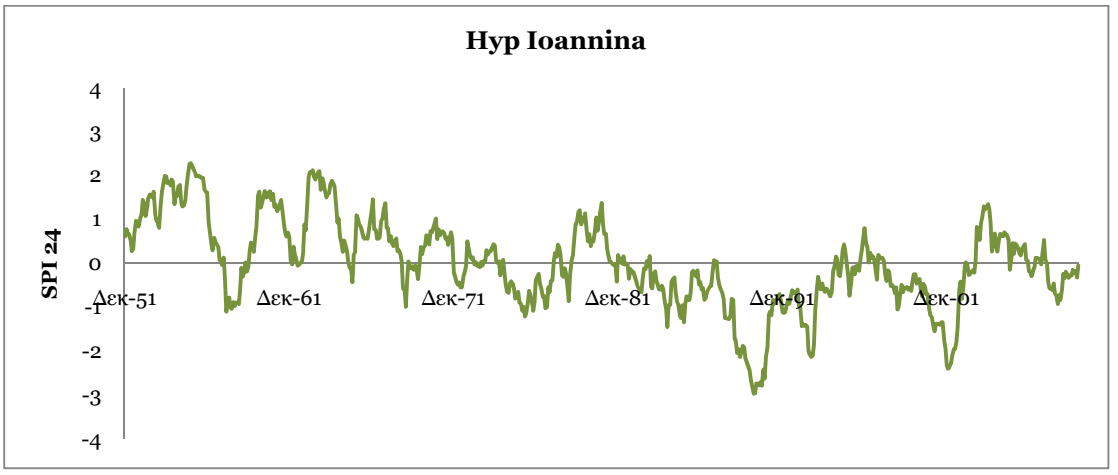
Διάγραμμα ΙΙ.237. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα τριών μηνών για τον υποθετικό σταθμό των Ιωαννίνων.*



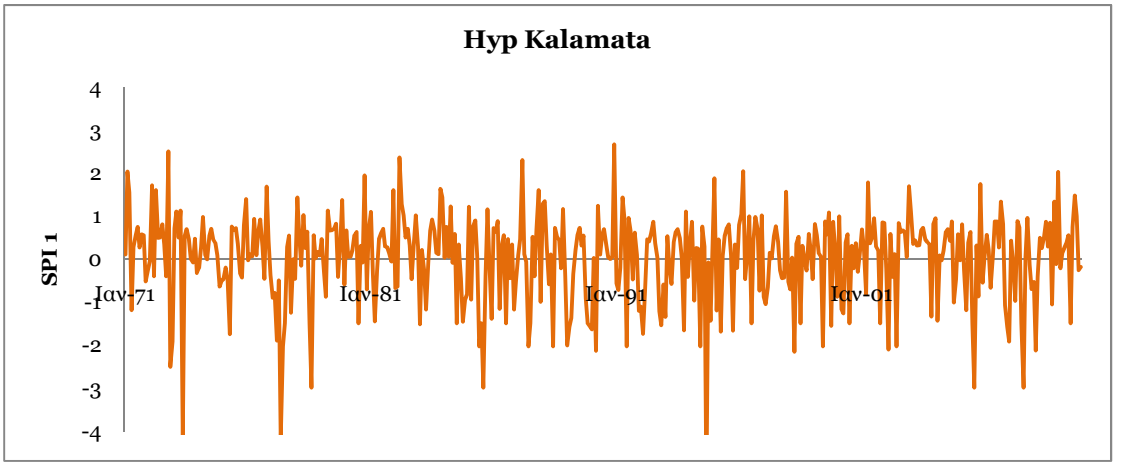
Διάγραμμα ΙΙ.238. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα έξι μηνών για τον υποθετικό σταθμό των Ιωαννίνων.*



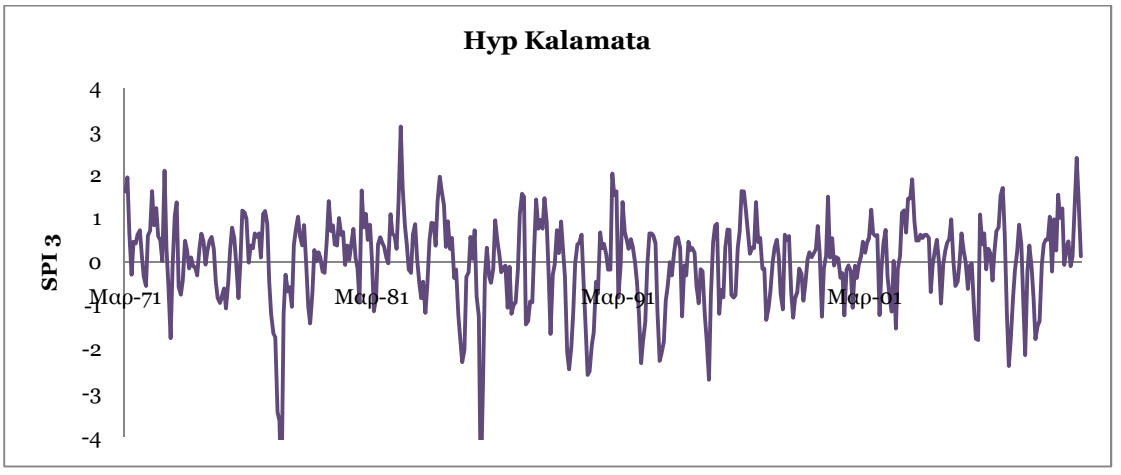
Διάγραμμα ΙΙ.239. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα δώδεκα μηνών για τον υποθετικό σταθμό των Ιωαννίνων.*



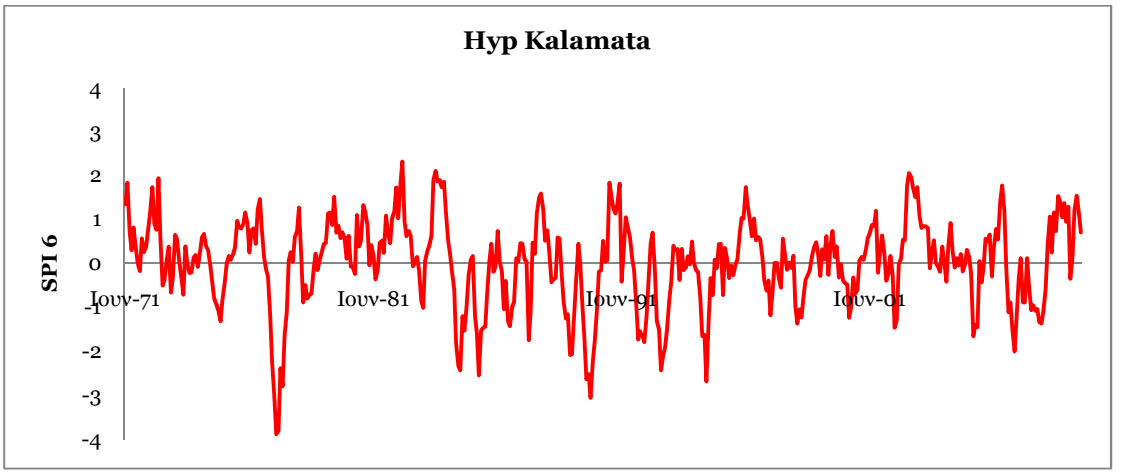
Διάγραμμα ΙΙ.240. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα είκοσι τεσσάρων μηνών για τον υποθετικό σταθμό των Ιωαννίνων.*



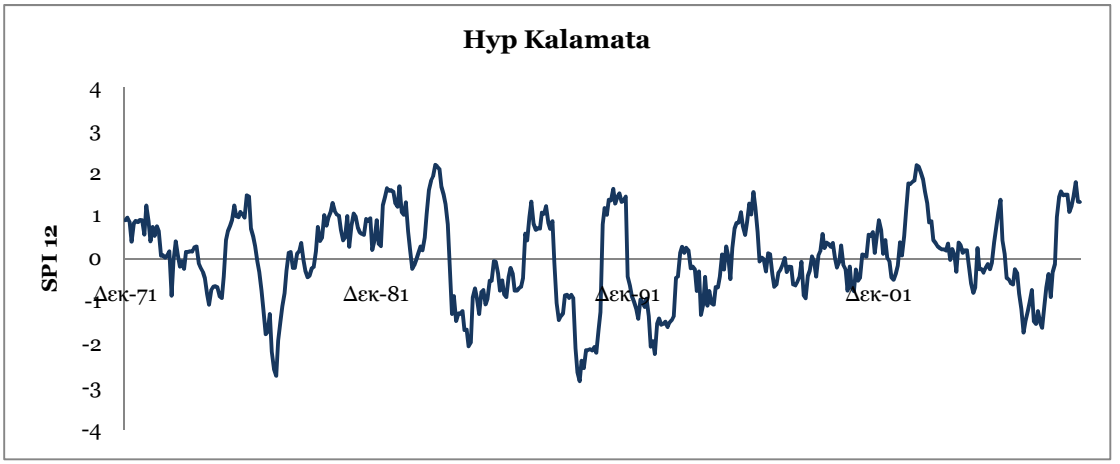
Διάγραμμα ΙΙ.241. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα ενός μήνα για τον υποθετικό σταθμό της Καλαμάτας.*



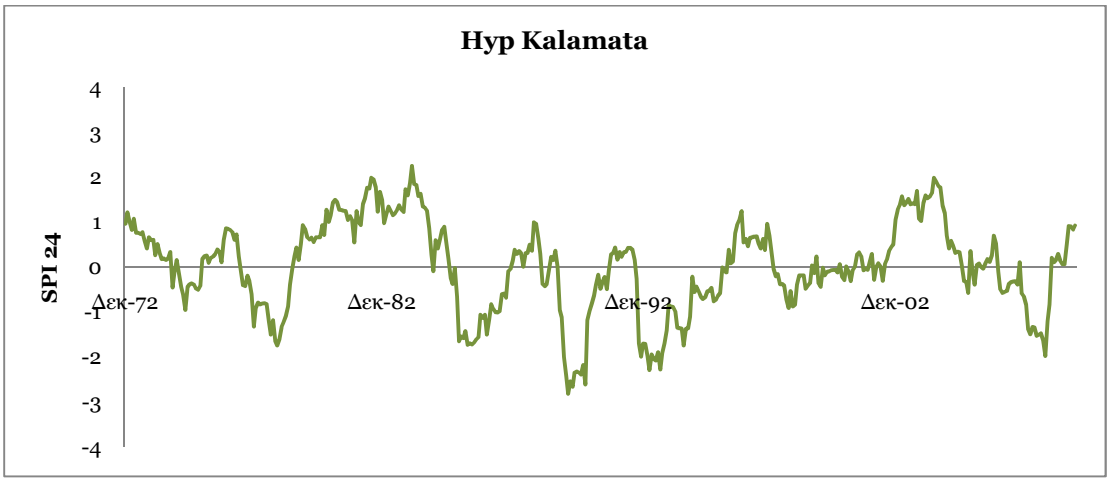
Διάγραμμα ΙΙ.242. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα τριών μηνών για τον υποθετικό σταθμό της Καλαμάτας.*



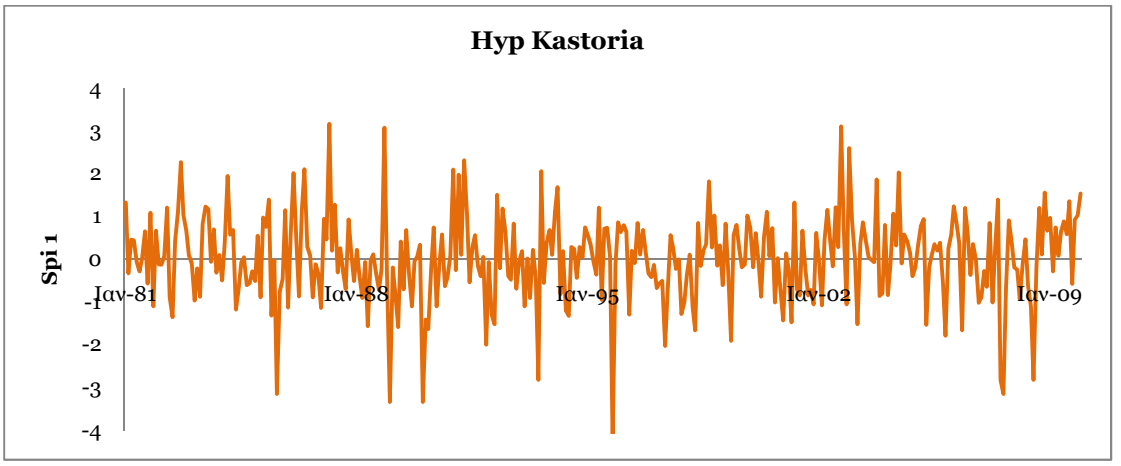
Διάγραμμα Π.243. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα έξι μηνών για τον υποθετικό σταθμό της Καλαμάτας.*



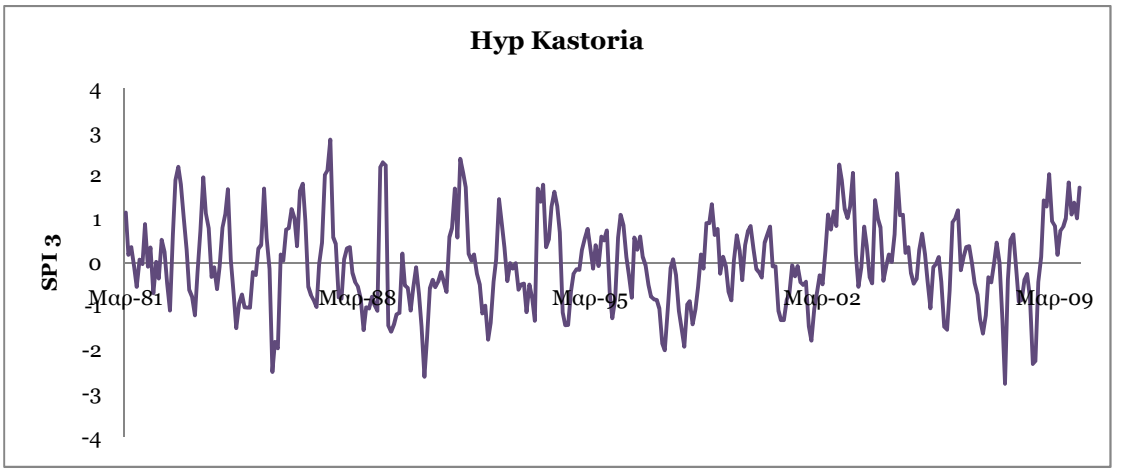
Διάγραμμα Π.244. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα δώδεκα μηνών για τον υποθετικό σταθμό της Καλαμάτας.*



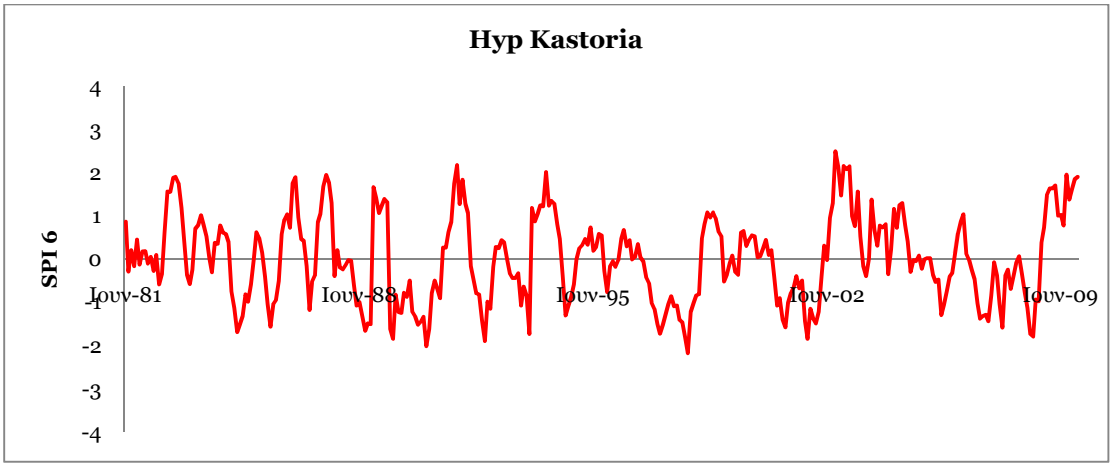
Διάγραμμα Π.245. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα είκοσι τεσσάρων μηνών για τον υποθετικό σταθμό της Καλαμάτας.*



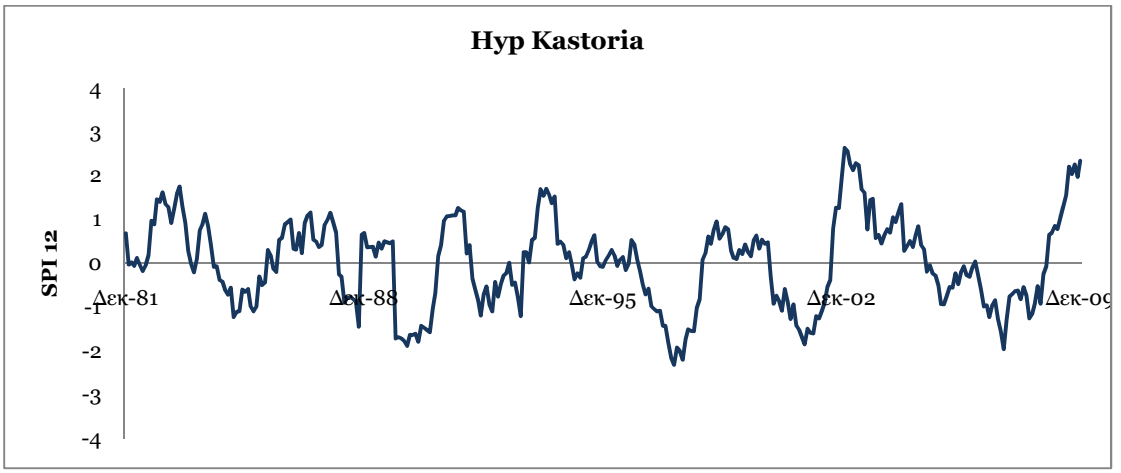
Διάγραμμα Π.246. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα ενός μήνα για τον υποθετικό σταθμό της Καστοριάς.*



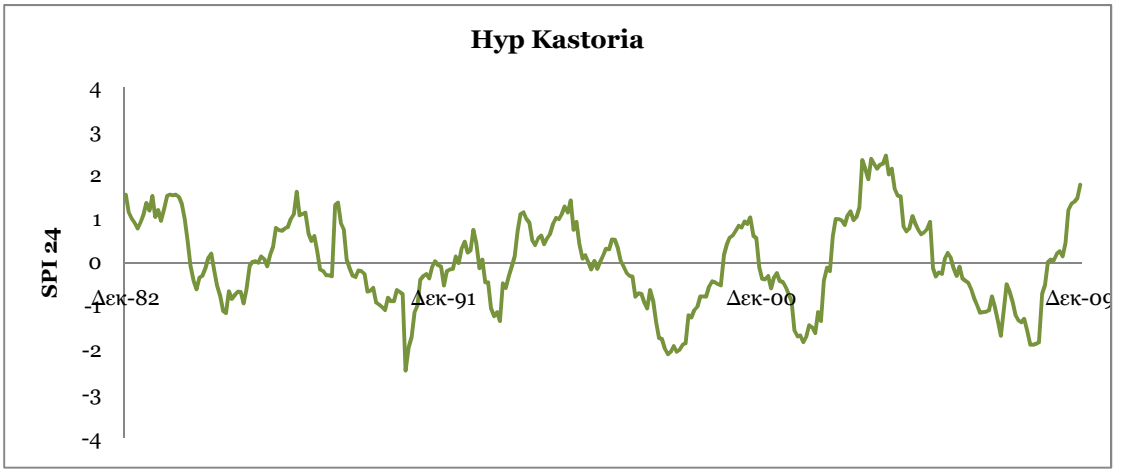
Διάγραμμα Π.247. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα τριών μηνών για τον υποθετικό σταθμό της Καστοριάς.*



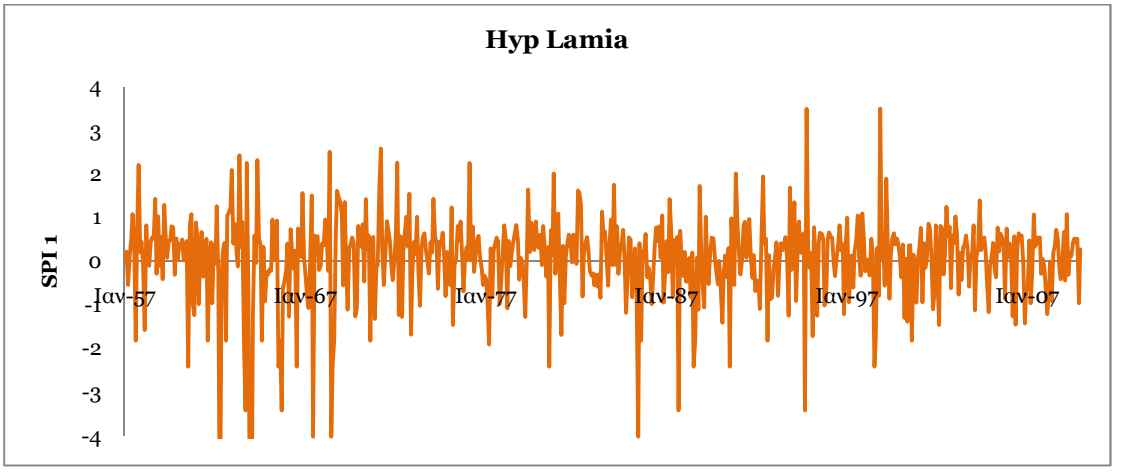
Διάγραμμα Π.248. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα έξι μηνών για τον υποθετικό σταθμό της Καστοριάς.*



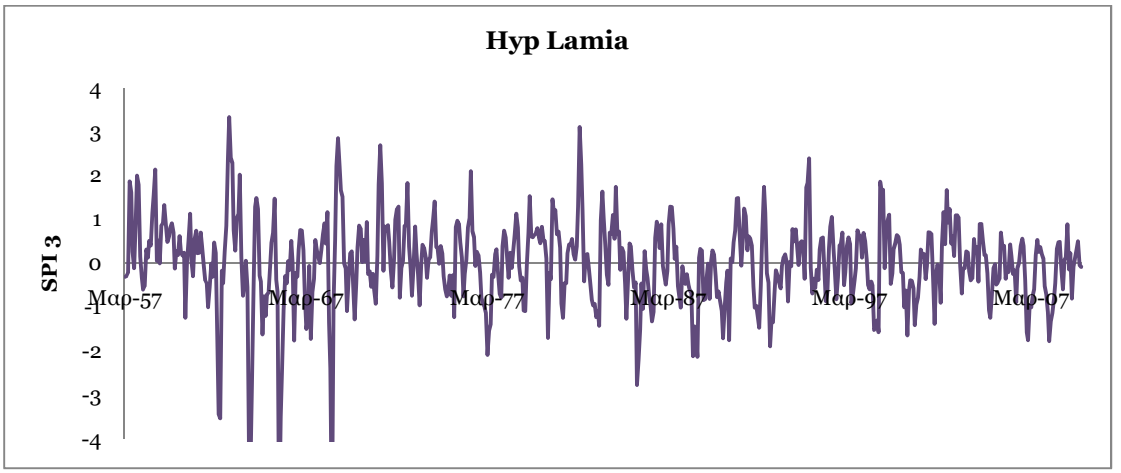
Διάγραμμα ΙΙ.249. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα δώδεκα μηνών για τον υποθετικό σταθμό της Καστοριάς.*



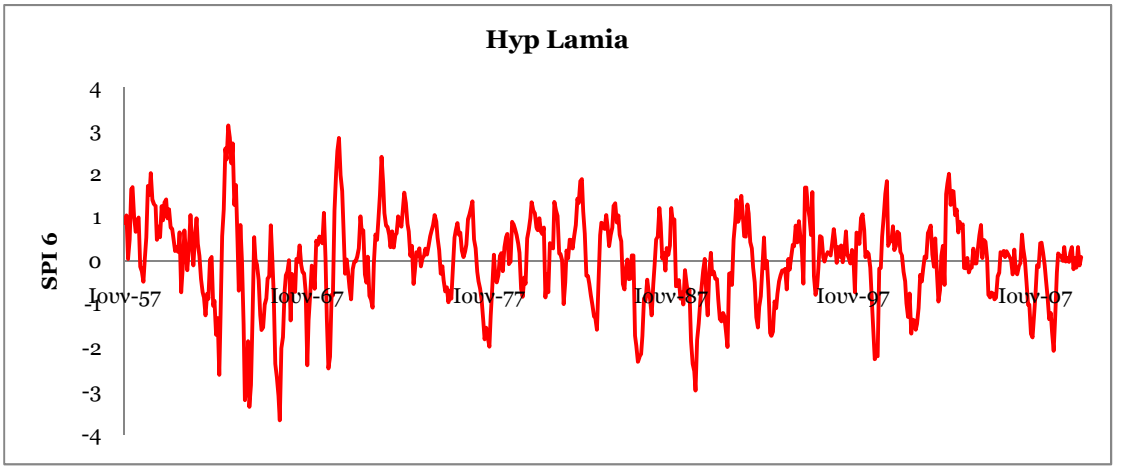
Διάγραμμα ΙΙ.250. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα είκοσι τεσσάρων μηνών για τον υποθετικό σταθμό της Καστοριάς.*



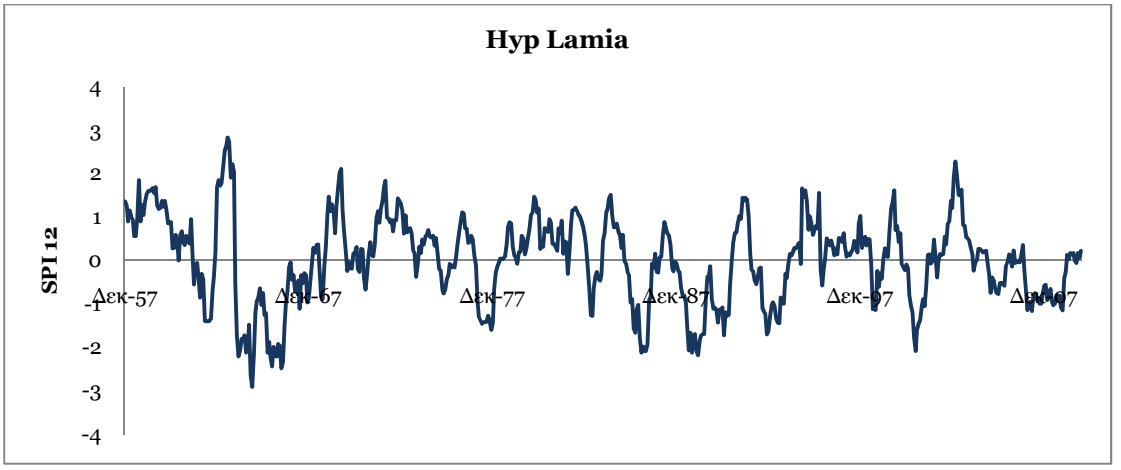
Διάγραμμα ΙΙ.251. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα ενός μήνα για τον υποθετικό σταθμό της Λαμίας.*



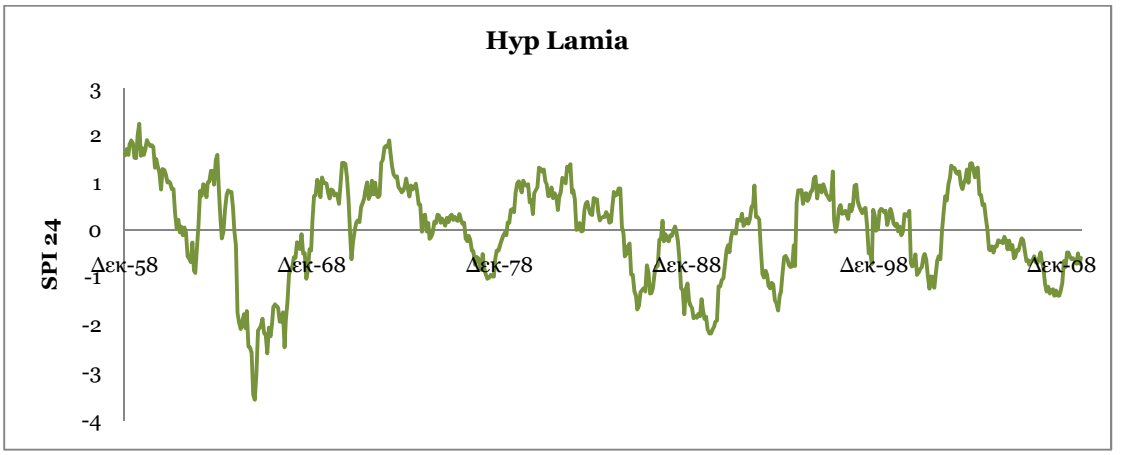
Διάγραμμα ΙΙ.252. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα τριών μηνών για τον υποθετικό σταθμό της Λαμίας.*



Διάγραμμα ΙΙ.253. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα έξι μηνών για τον υποθετικό σταθμό της Λαμίας.*



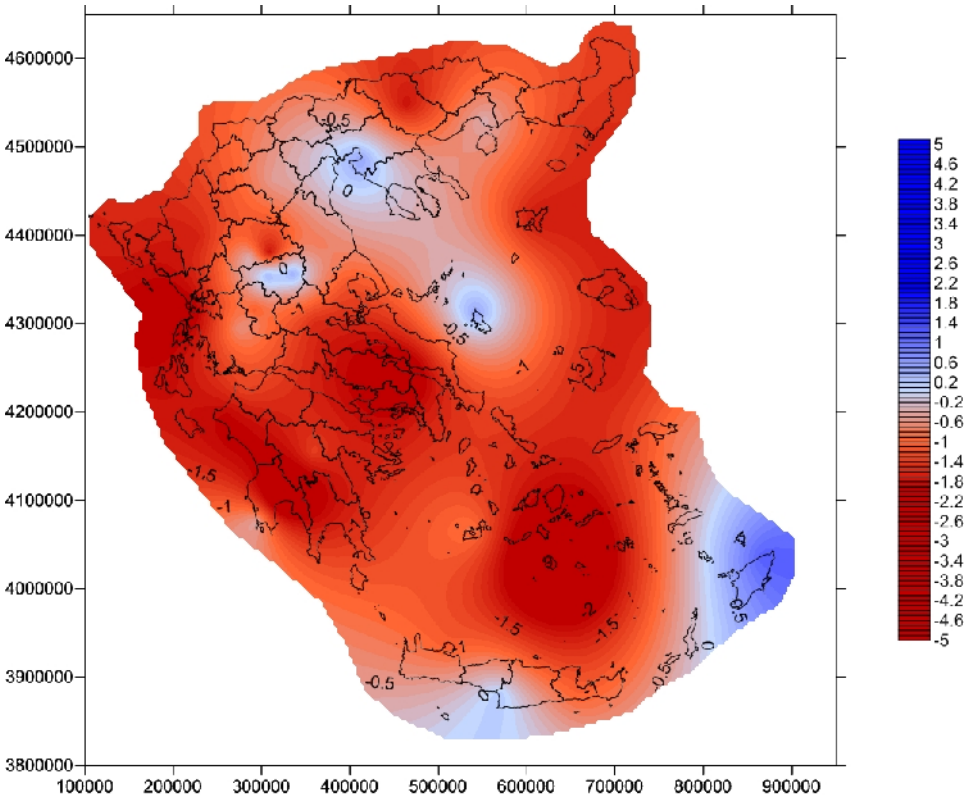
Διάγραμμα ΙΙ.254. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα δώδεκα μηνών για τον υποθετικό σταθμό της Λαμίας.*



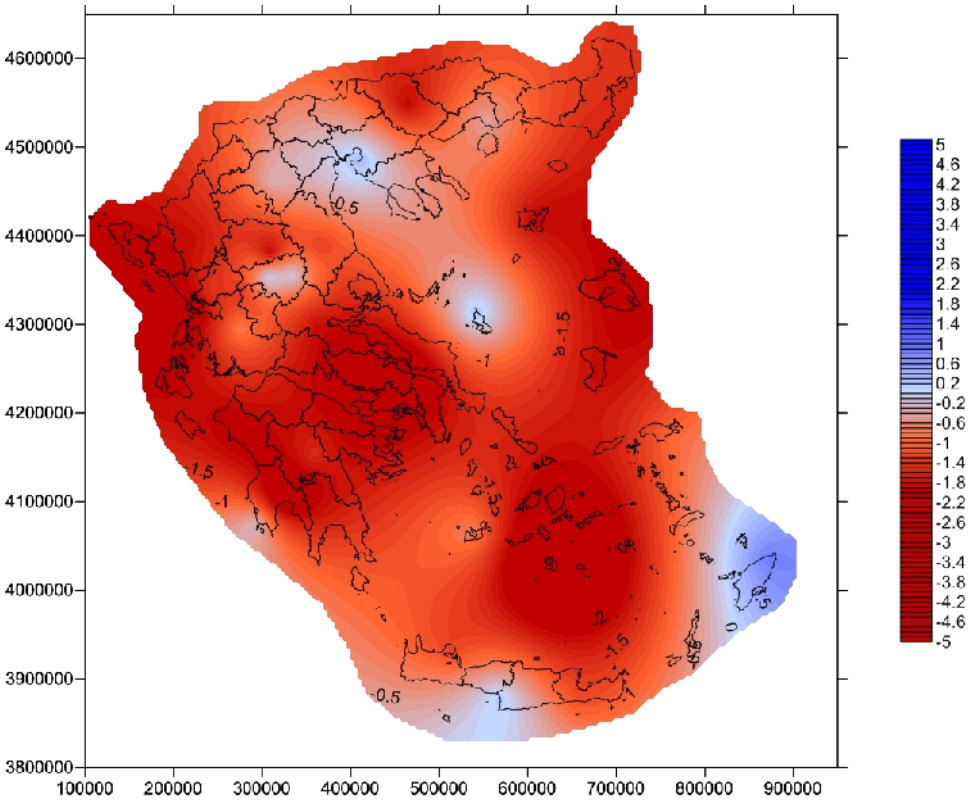
Διάγραμμα Π.255. *Ο δείκτης SPI με χρονική κλίμακα είκοσι τεσσάρων μηνών για τον υποθετικό σταθμό της Λαμίας.*

Παράρτημα ΙΙΙ

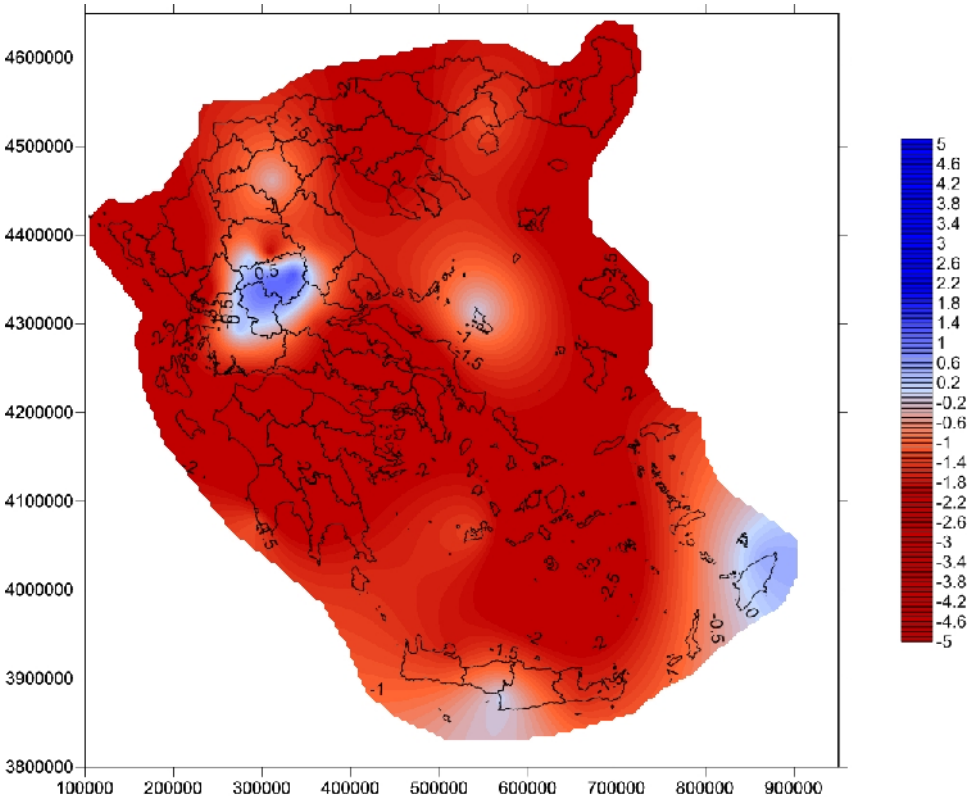
Γεωστατιστικοί Χάρτες κατανομής SPI



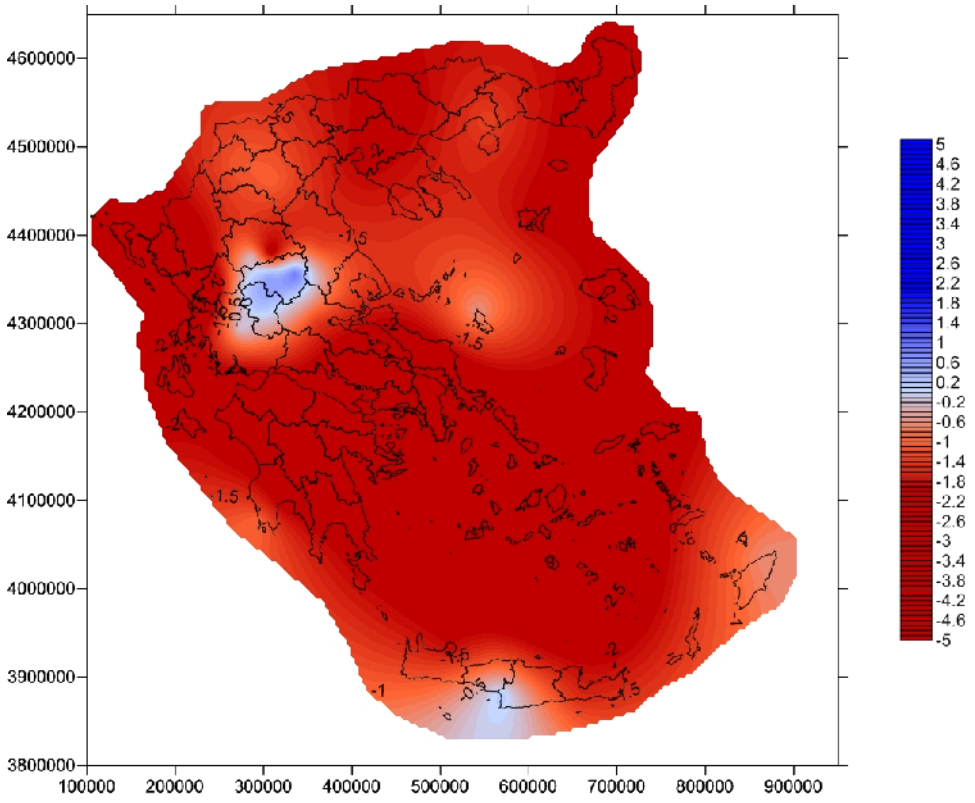
Εικόνα ΙΙΙ.1. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Ιανουάριο του 1990 (kriging)*



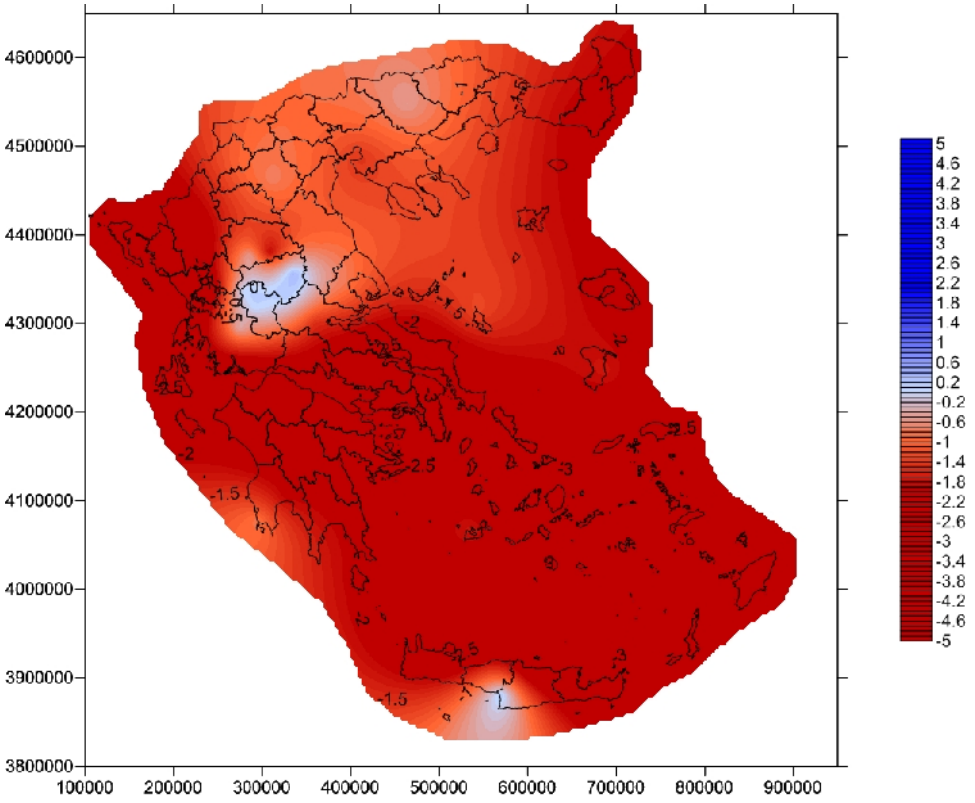
Εικόνα ΙΙΙ.2. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Φεβρουάριο του 1990 (kriging)*



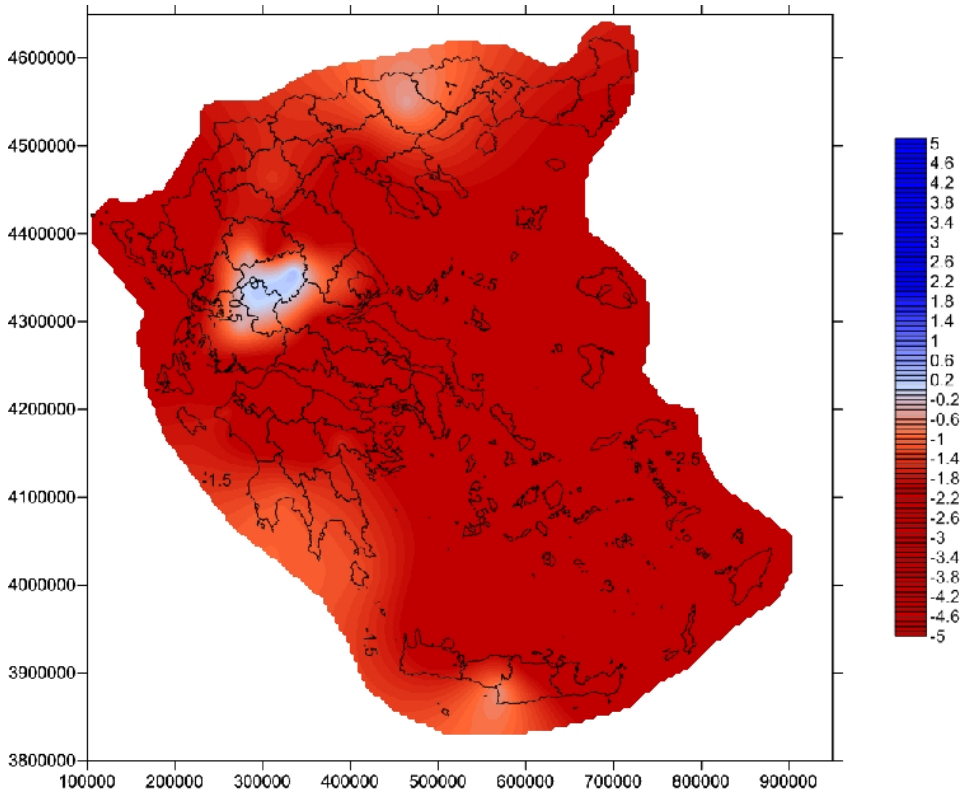
Εικόνα ΙΙΙ.3. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Μάρτιο του 1990 (kriging)*



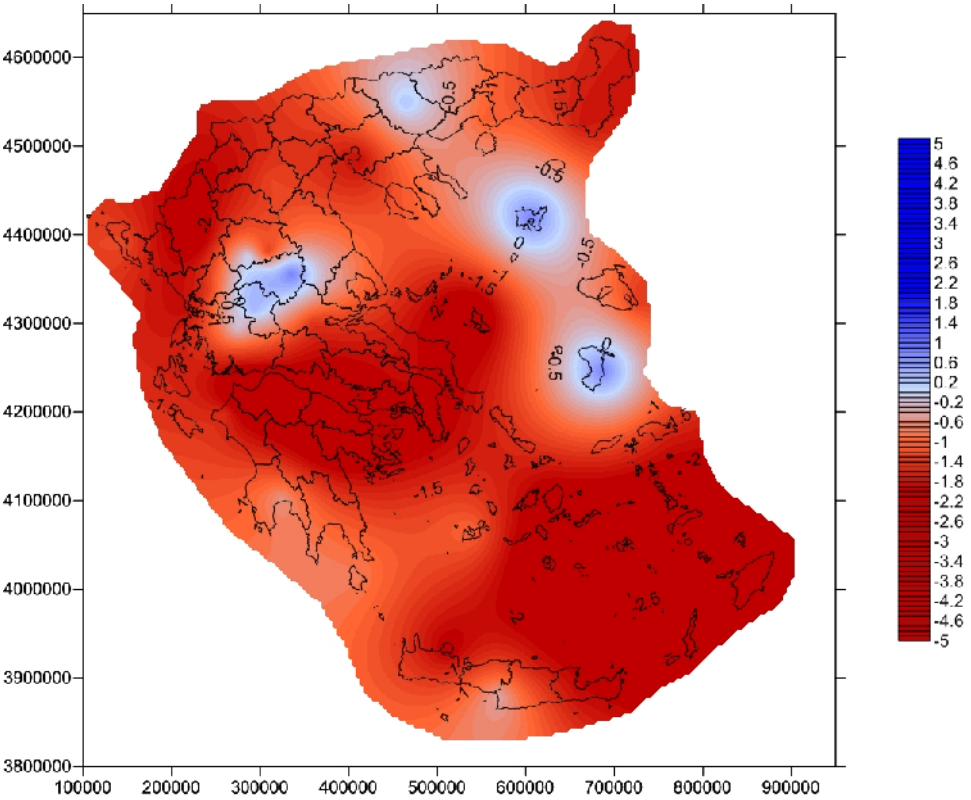
Εικόνα ΙΙΙ.4. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Απρίλιο του 1990 (kriging)*



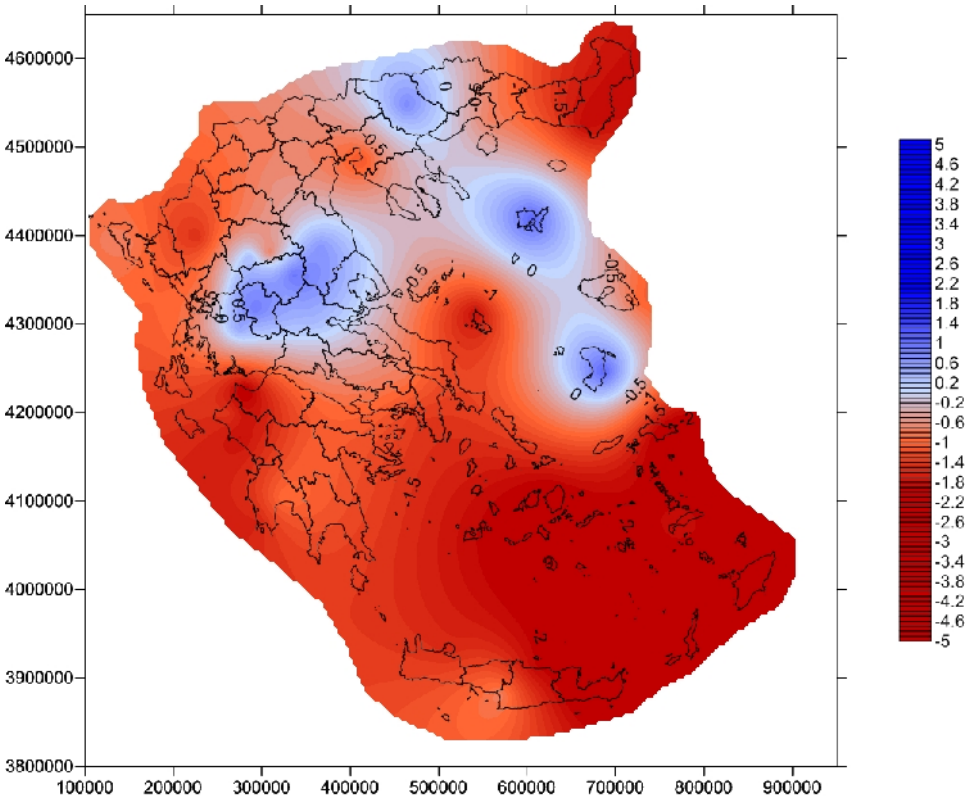
Εικόνα ΙΙΙ.5. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Μάιο του 1990 (kriging)*



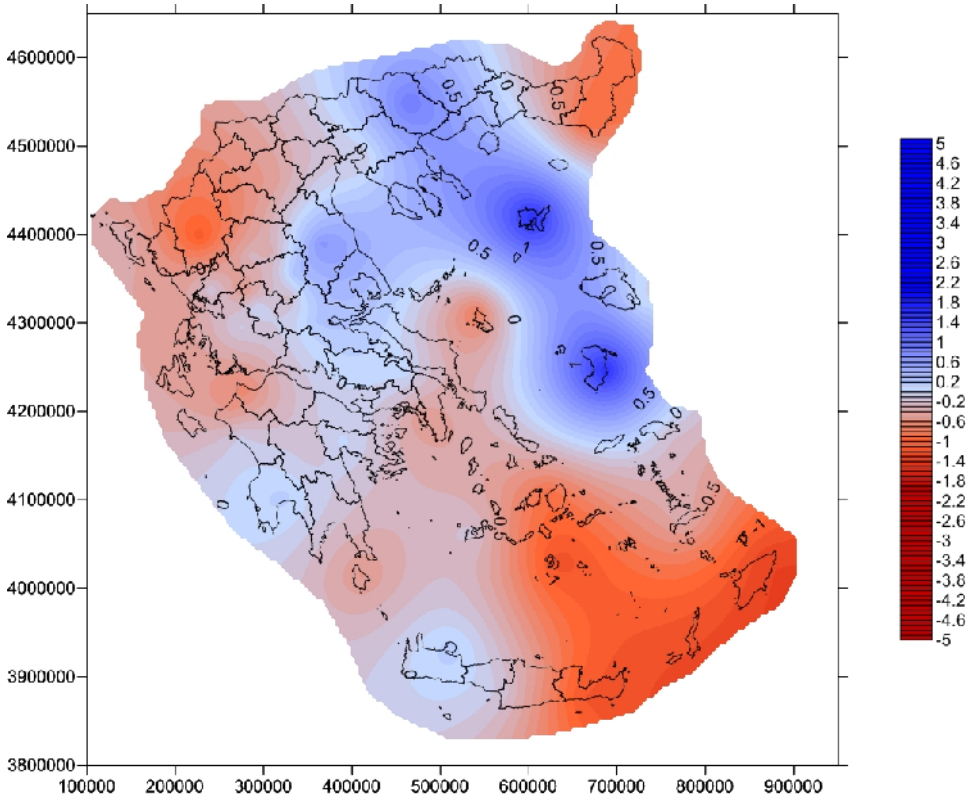
Εικόνα ΙΙΙ.6. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Ιούνιο του 1990 (kriging)*



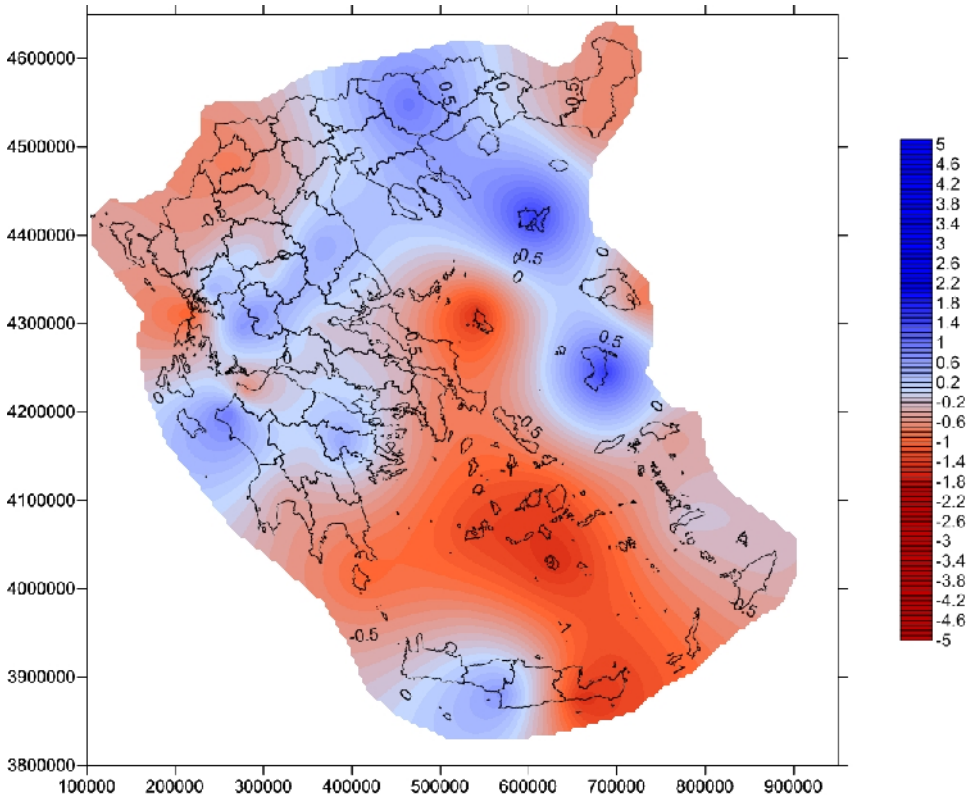
Εικόνα ΙΙΙ.7. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Ιούλιο του 1990 (kriging)*



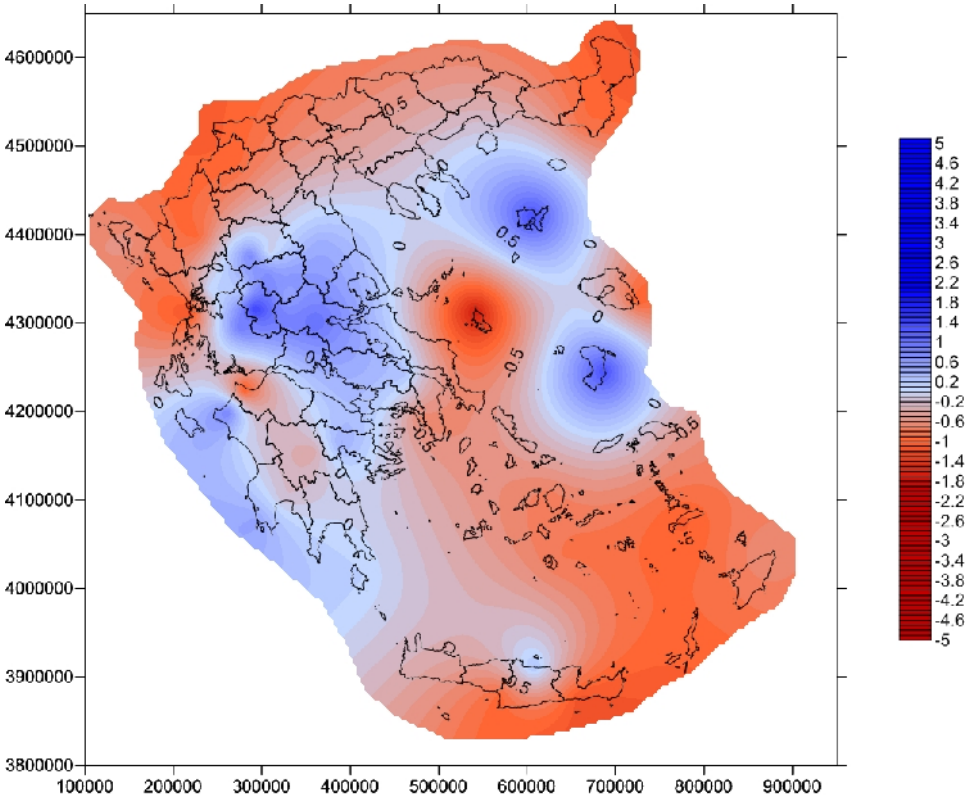
Εικόνα ΙΙΙ.8. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Αύγουστο του 1990 (kriging)*



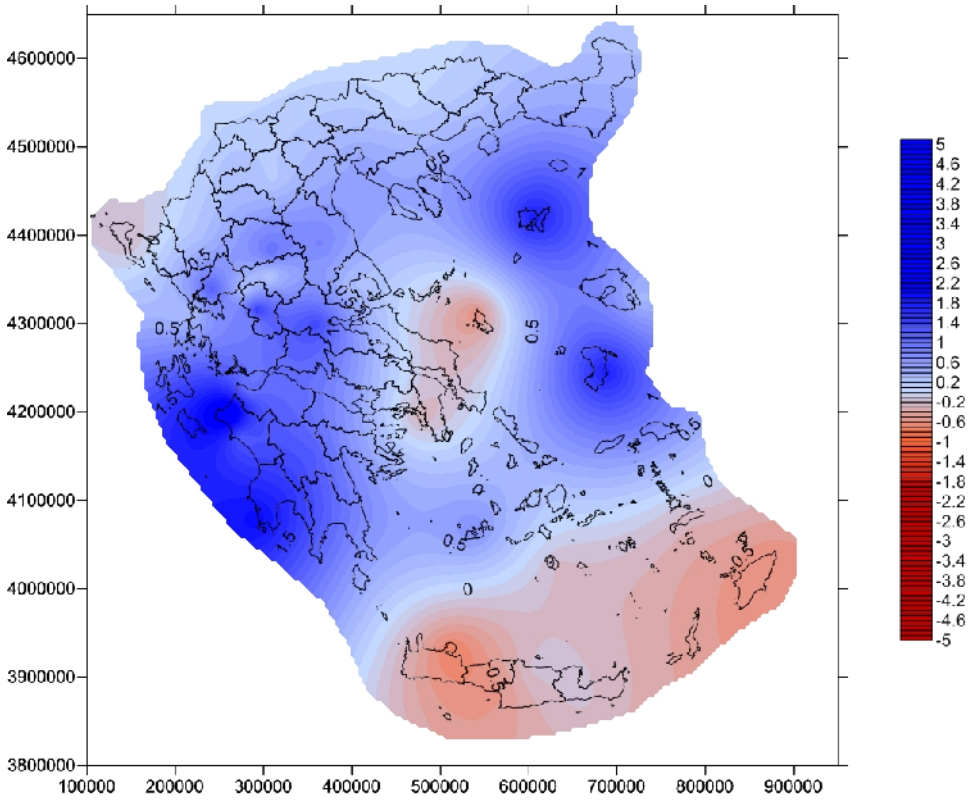
Εικόνα ΙΙΙ.9. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Σεπτέμβριο του 1990 (kriging)*



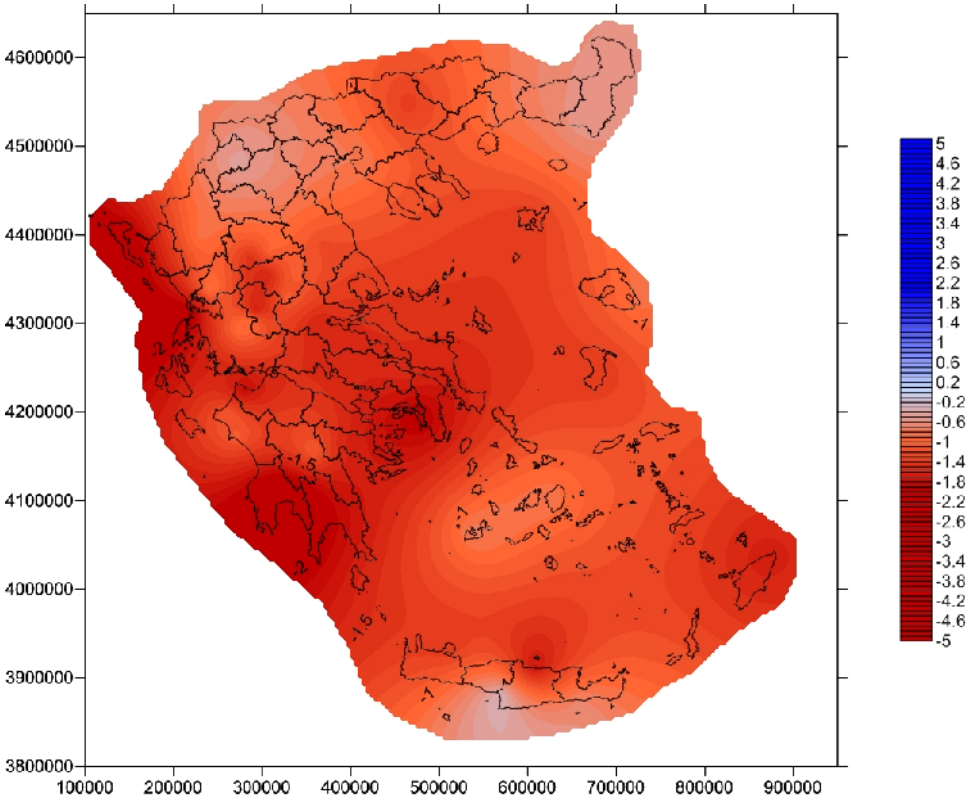
Εικόνα ΙΙΙ.10. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Οκτώβριο του 1990 (kriging)*



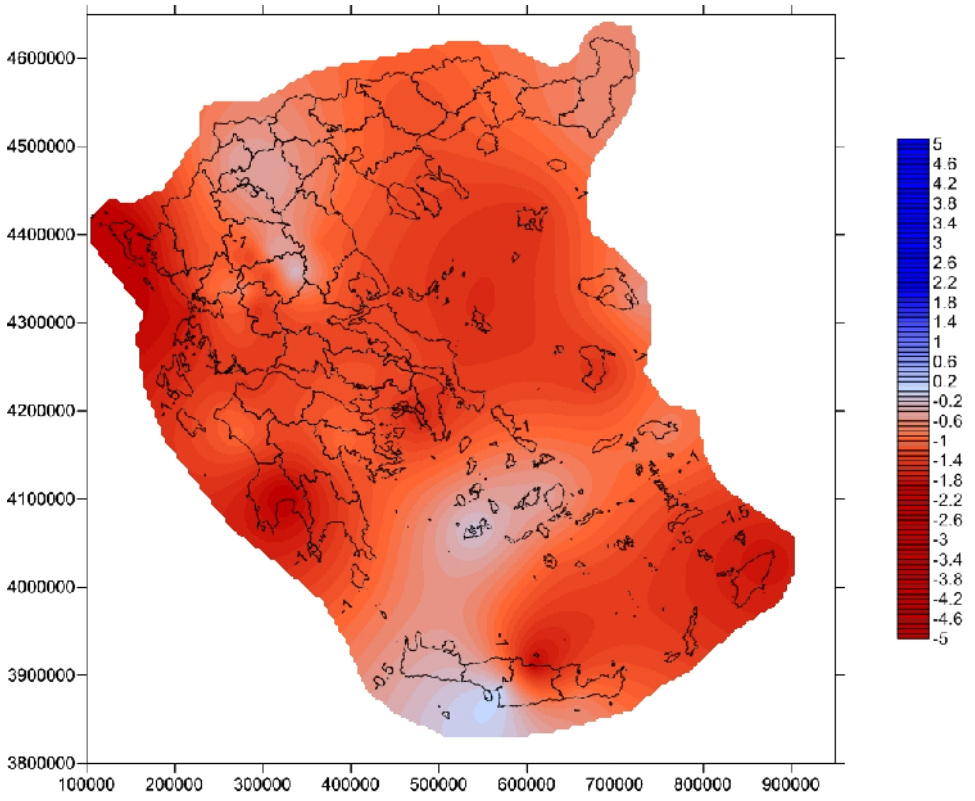
Εικόνα ΙΙΙ.11. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Νοέμβριο του 1990 (kriging)*



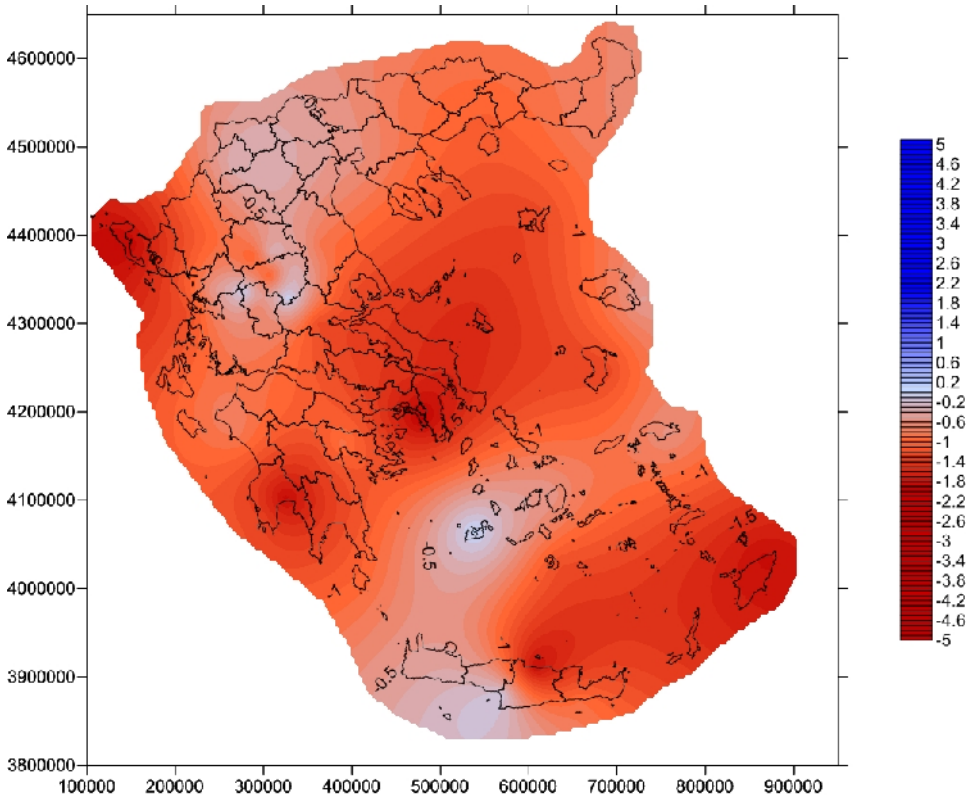
Εικόνα ΙΙΙ.12. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Δεκέμβριο του 1990 (kriging)*



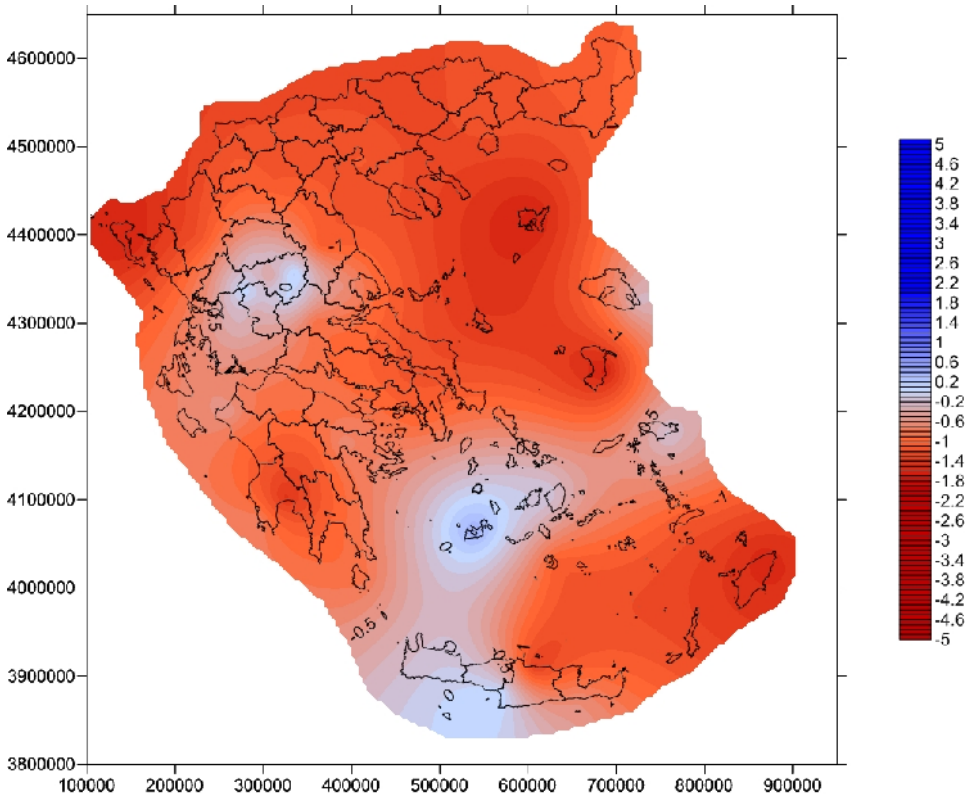
Εικόνα ΙΙΙ.13. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Ιανουάριο του 1993 (kriging)*



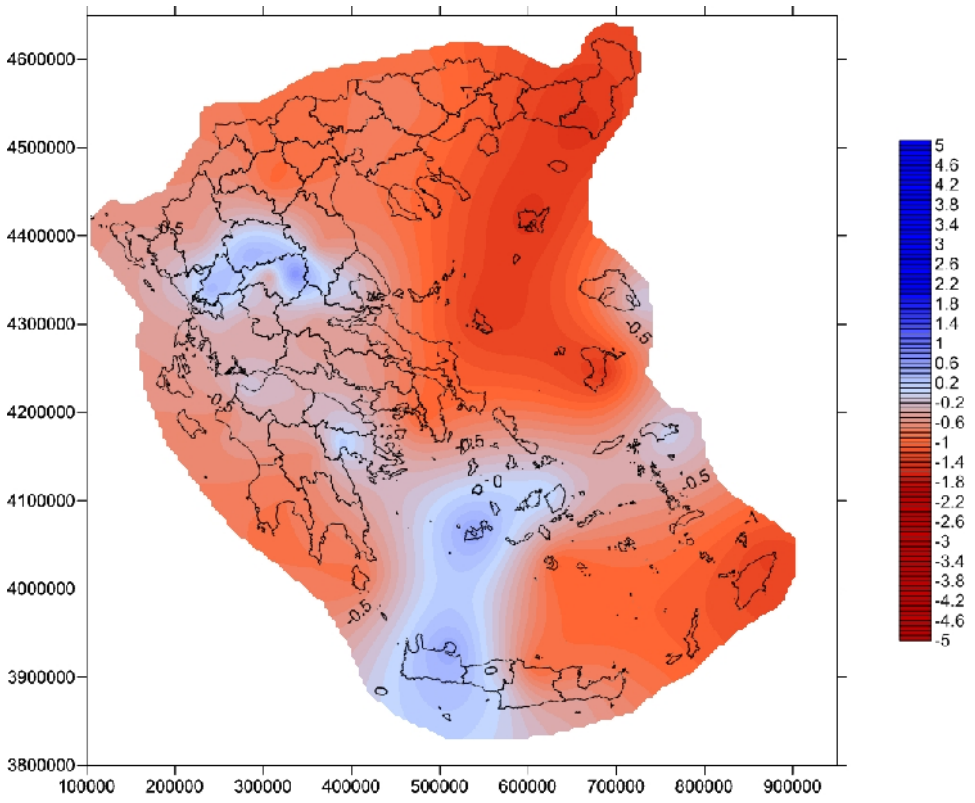
Εικόνα ΙΙΙ.14. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Φεβρουάριο του 1993 (kriging)*



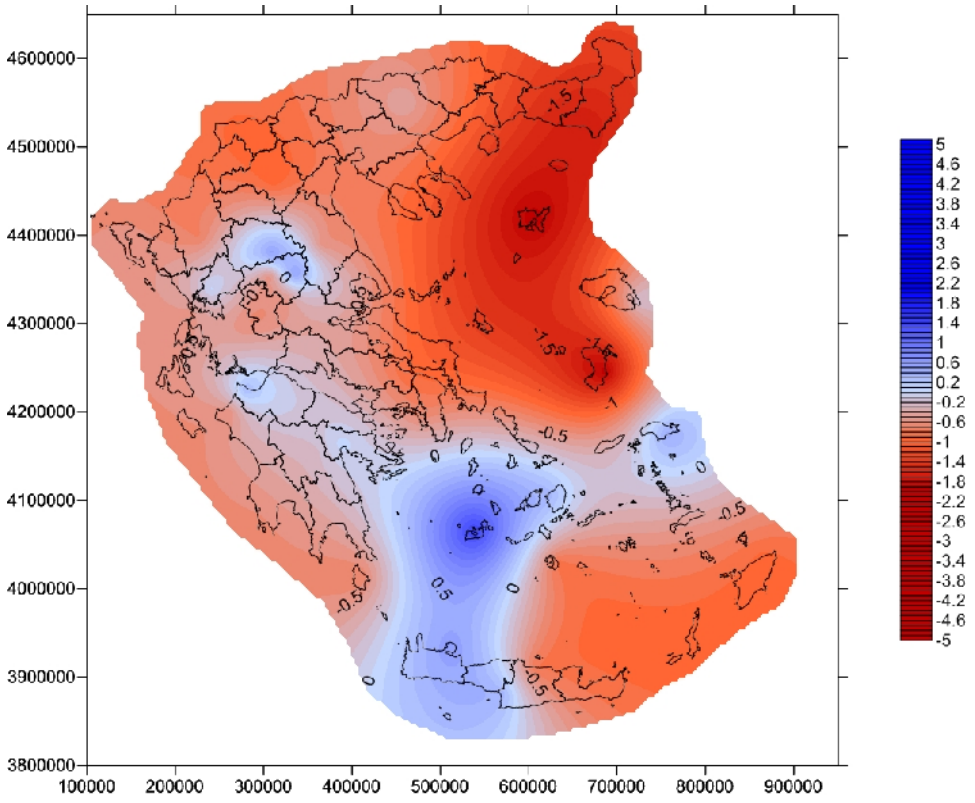
Εικόνα ΙΙΙ.15. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Μάρτιο του 1993 (kriging)*



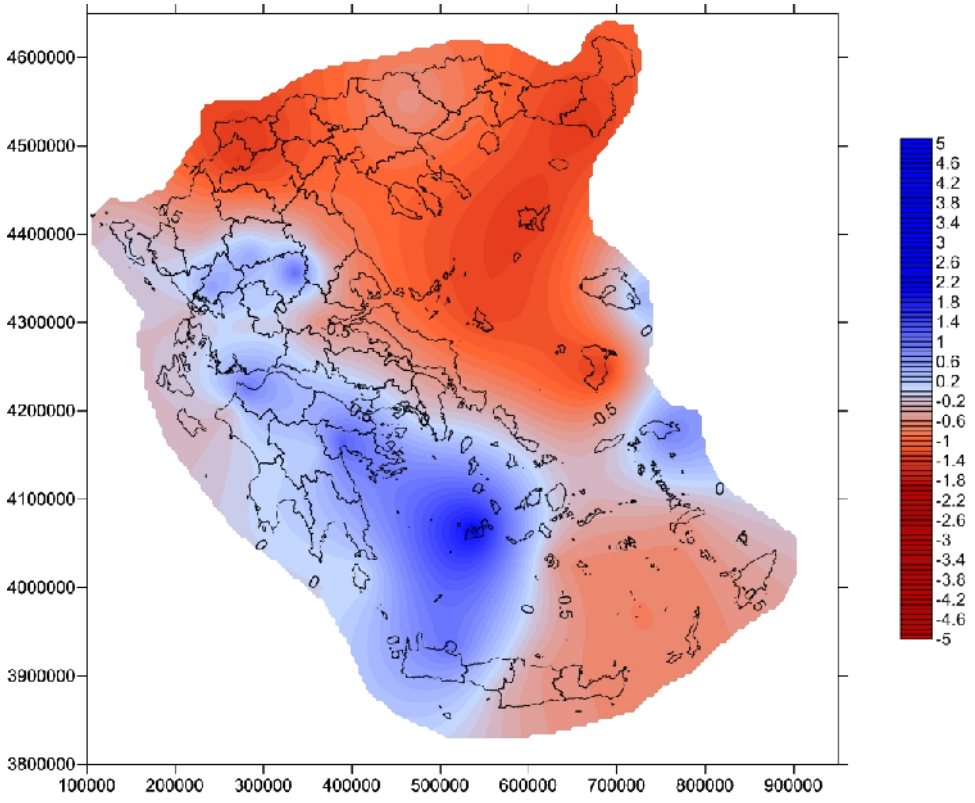
Εικόνα ΙΙΙ.16. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Απρίλιο του 1993 (kriging)*



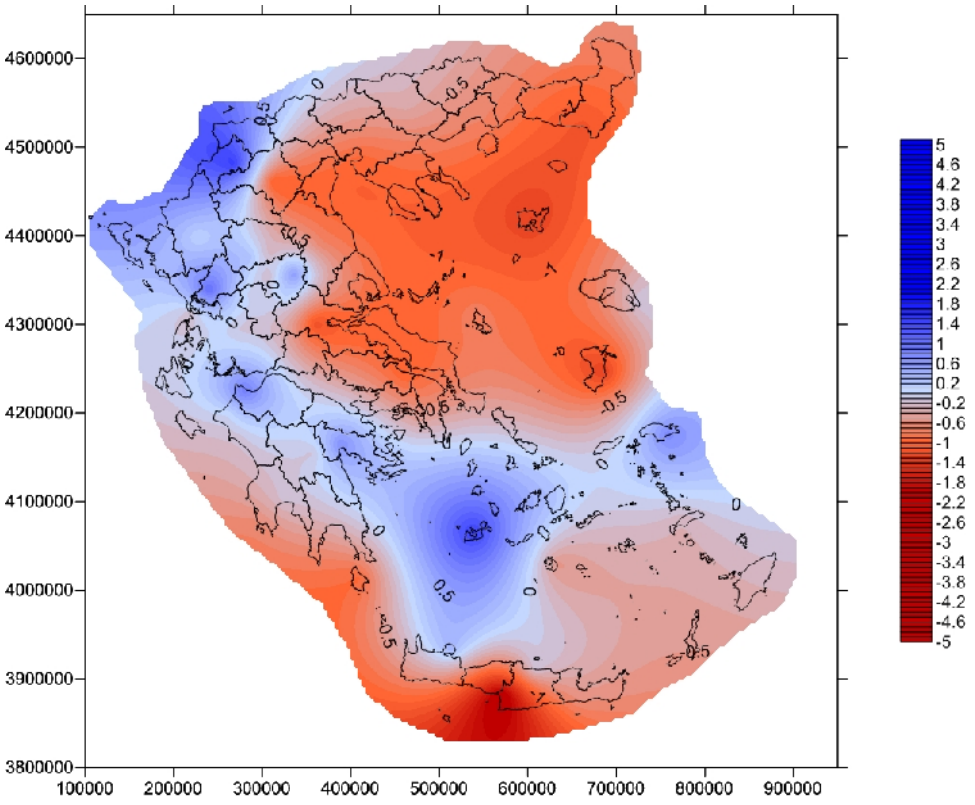
Εικόνα ΙΙΙ.17. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Μάιο του 1993 (kriging)*



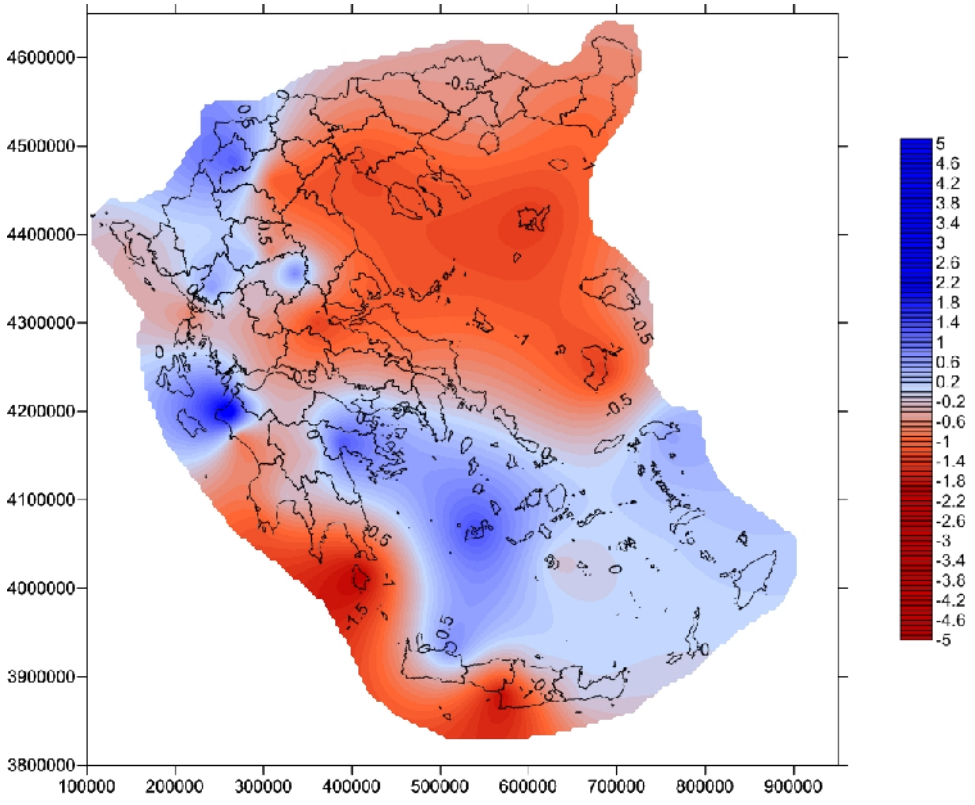
Εικόνα ΙΙΙ.18. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Ιούνιο του 1993 (kriging)*



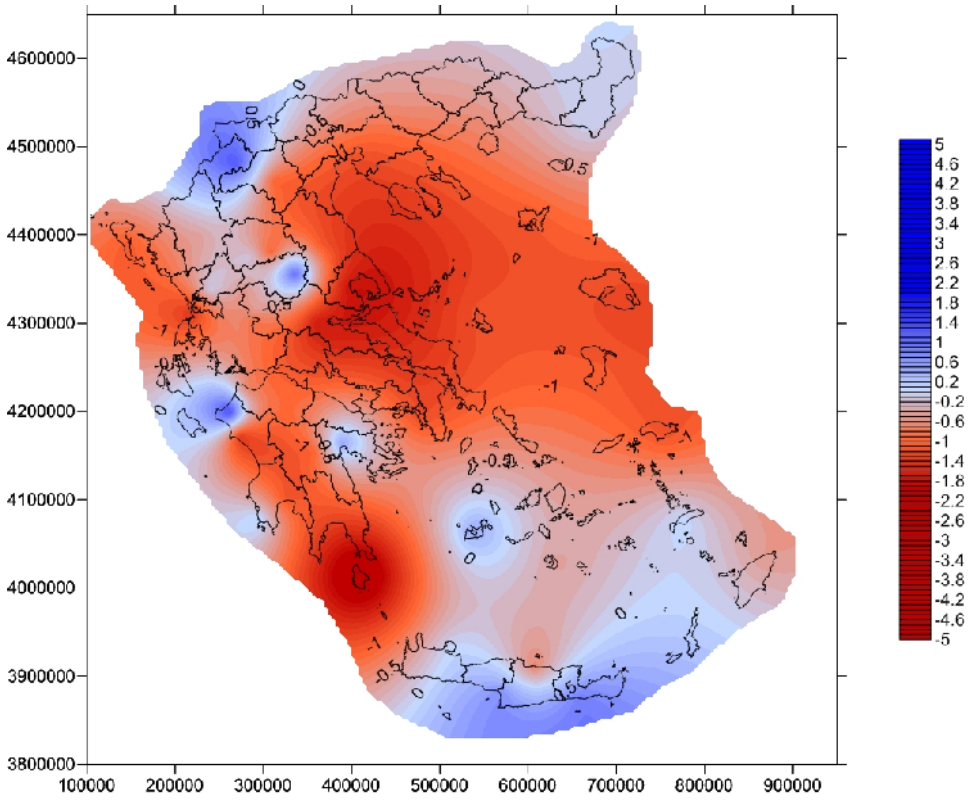
Εικόνα ΙΙΙ.19. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Ιούλιο του 1993 (kriging)*



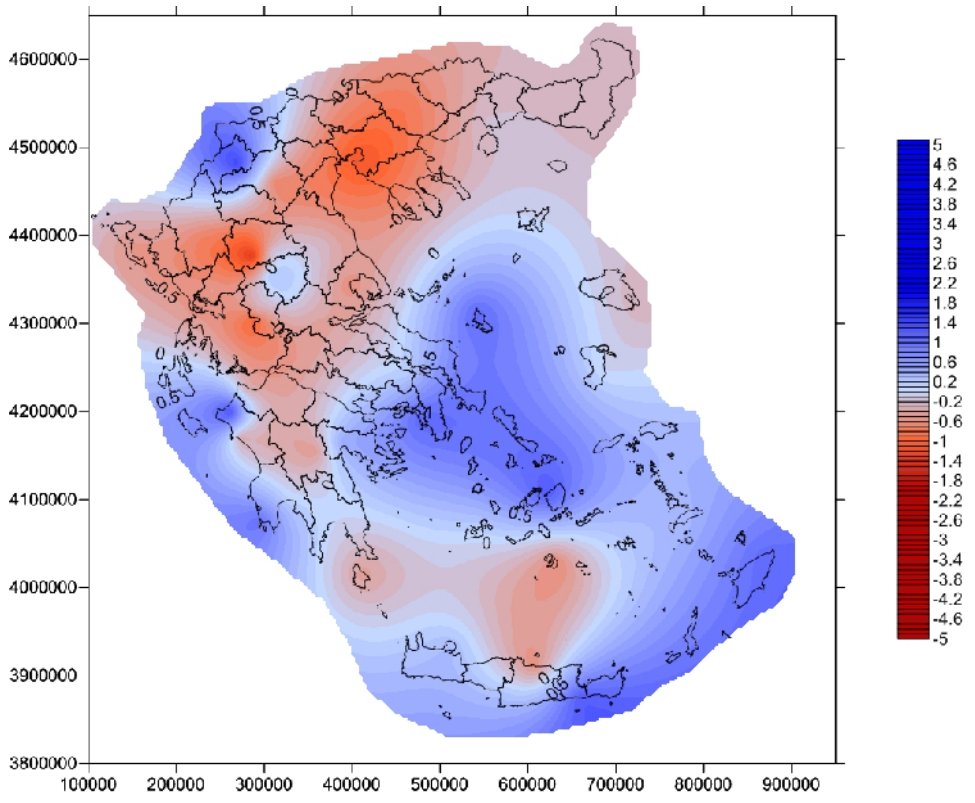
Εικόνα ΙΙΙ.20. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Αύγουστο του 1993 (kriging)*



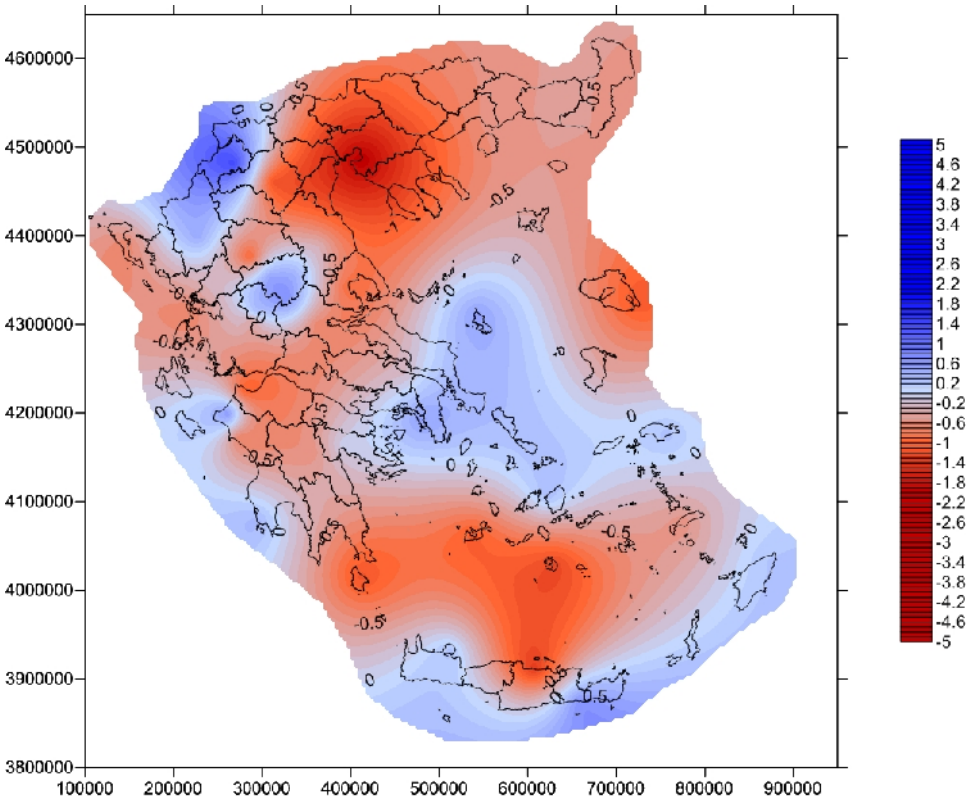
Εικόνα ΙΙΙ.21. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Σεπτέμβριο του 1993 (kriging)*



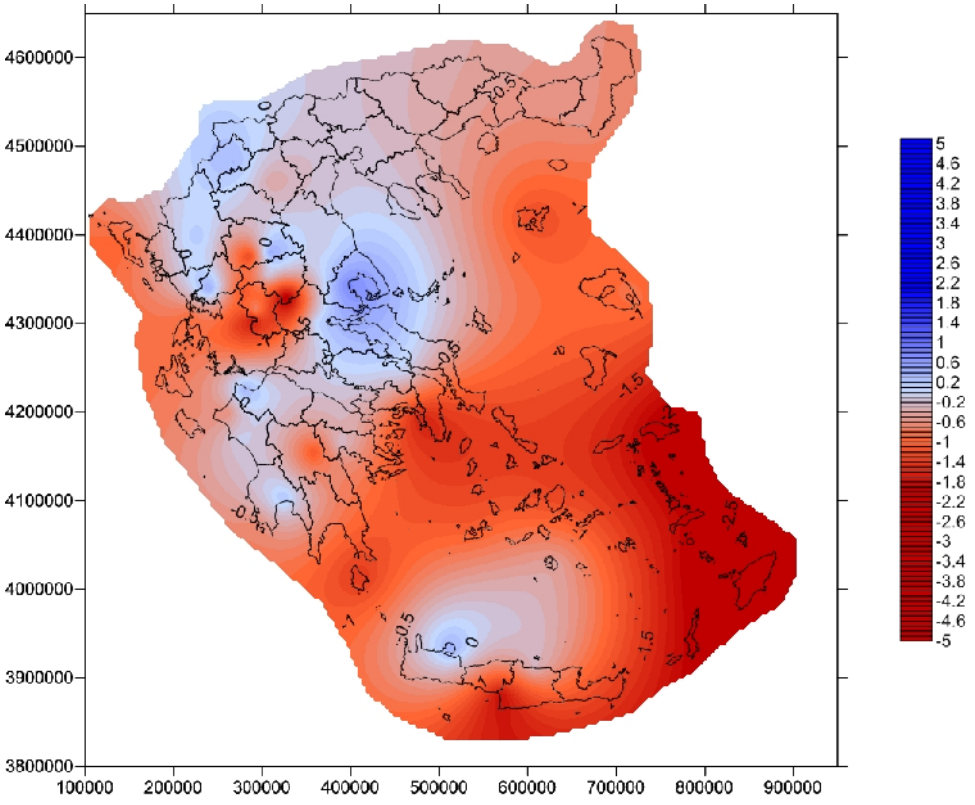
Εικόνα ΙΙΙ.22. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Οκτώβριο του 1993 (kriging)*



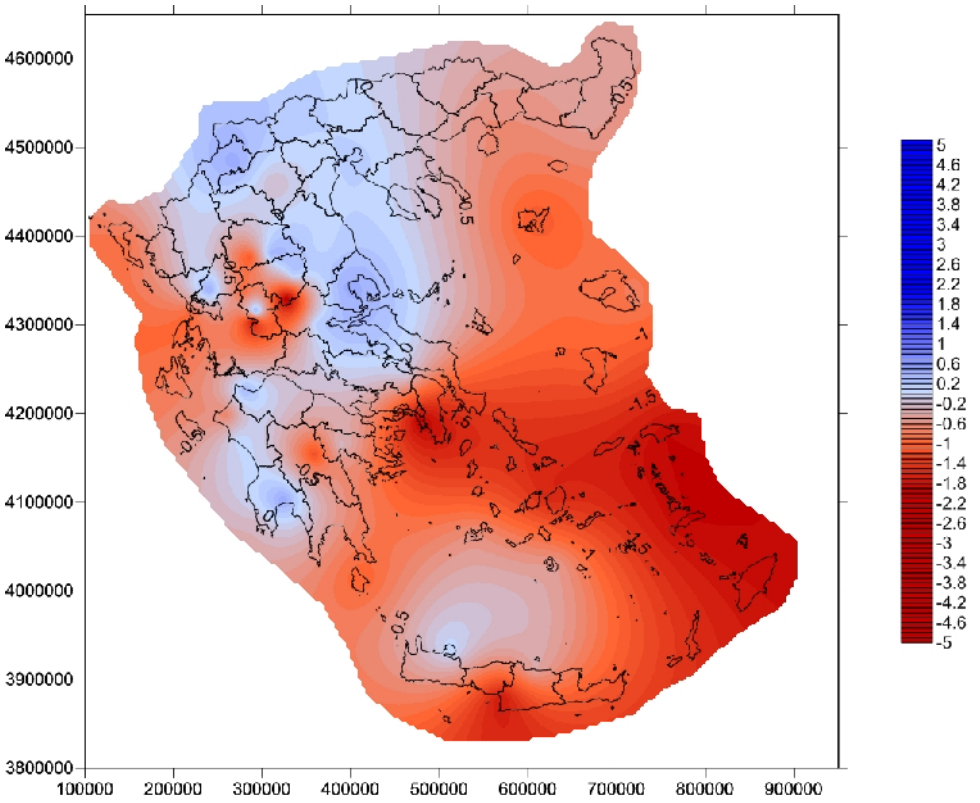
Εικόνα ΙΙΙ.23. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Νοέμβριο του 1993 (kriging)*



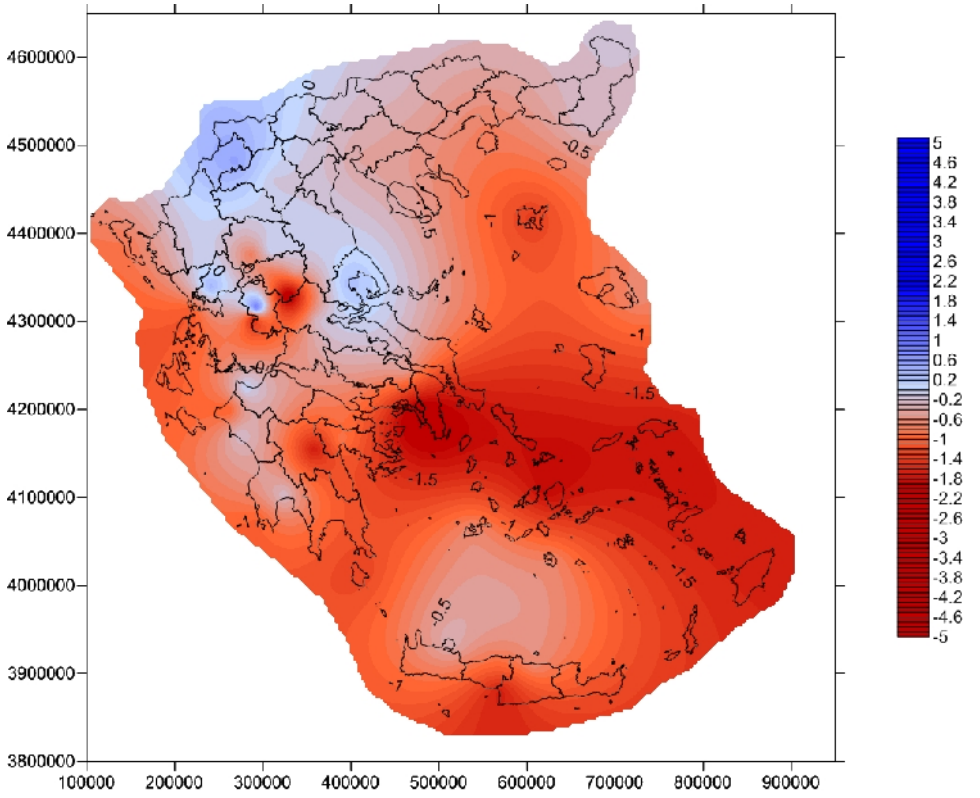
Εικόνα ΙΙΙ.24. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Δεκέμβριο του 1993 (kriging)*



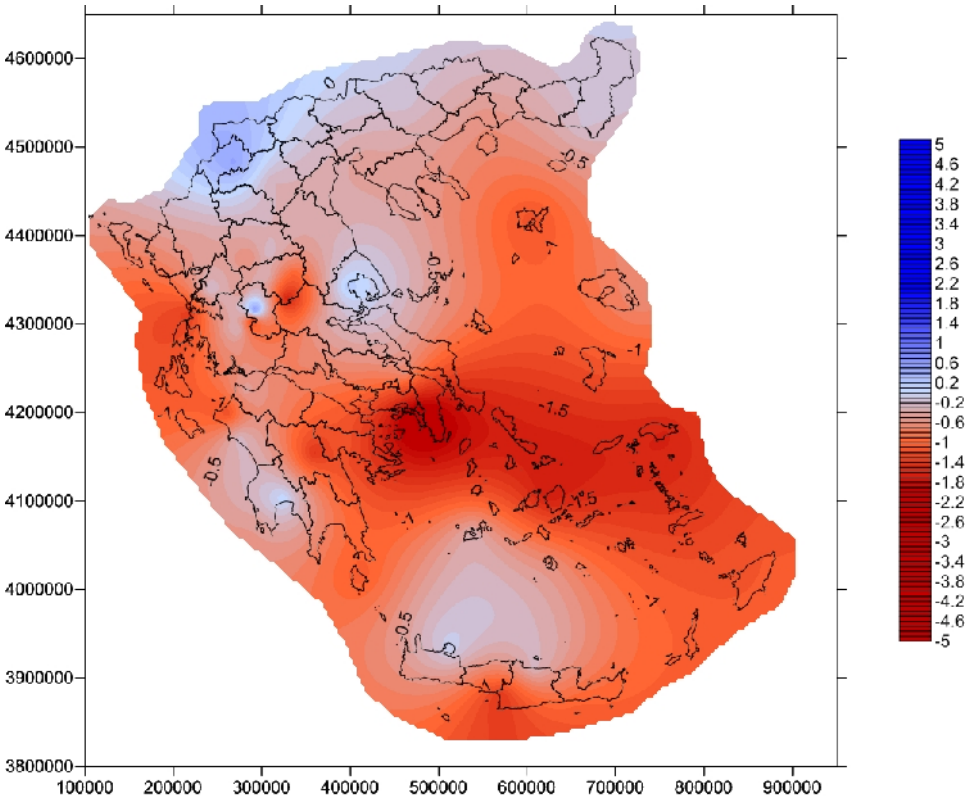
Εικόνα ΙΙΙ.25. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Ιανουάριο του 2000 (kriging)*



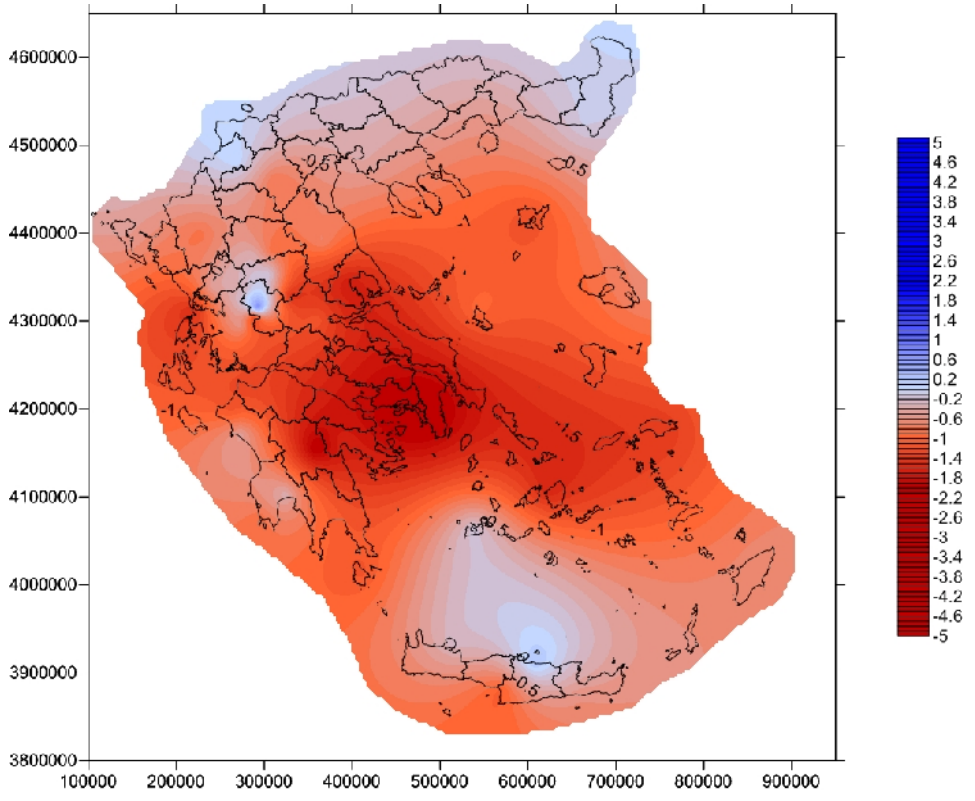
Εικόνα ΙΙΙ.26. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Φεβρουάριο του 2000 (kriging)*



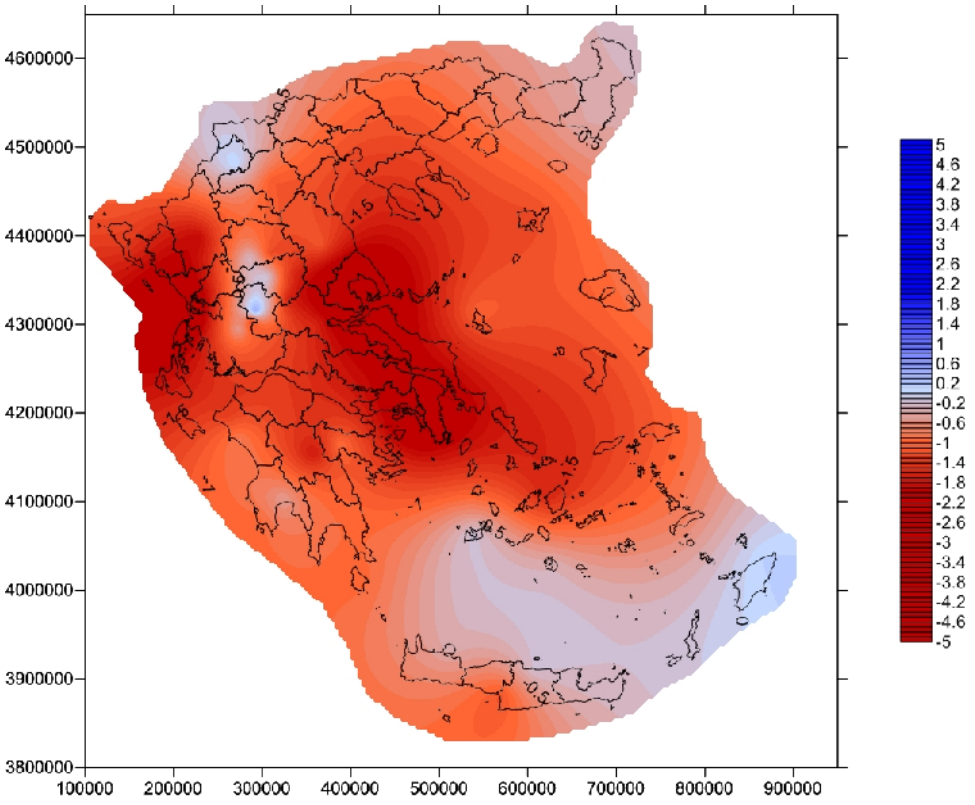
Εικόνα ΙΙΙ.27. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Μάρτιο του 2000 (kriging)*



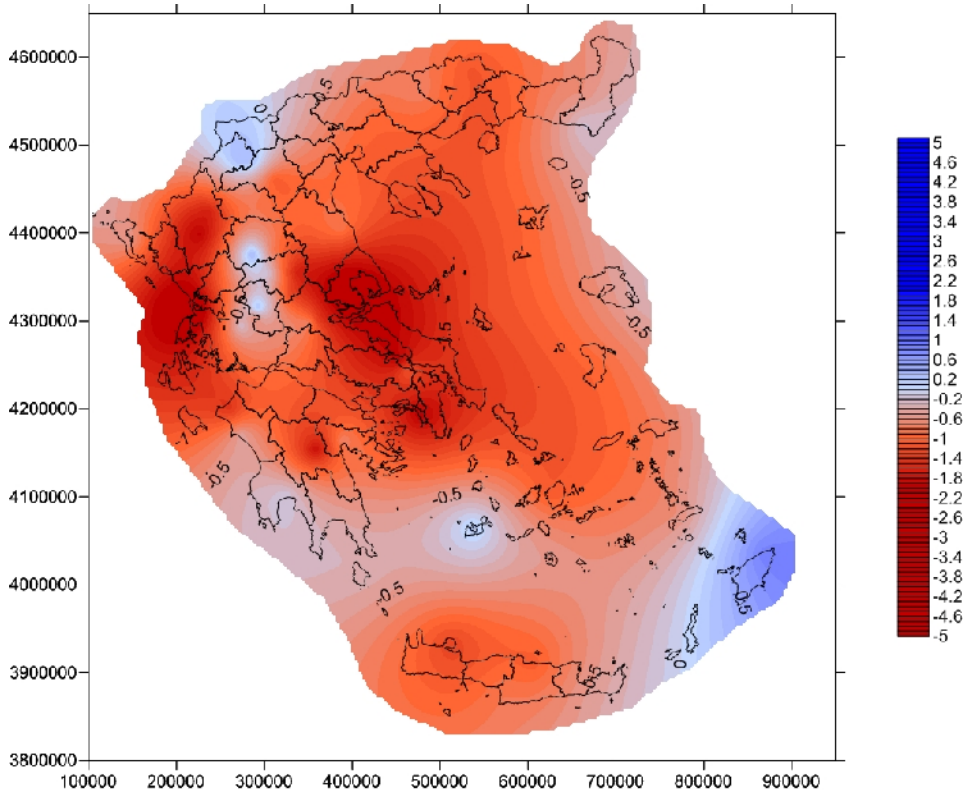
Εικόνα ΙΙΙ.28. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Απρίλιο του 2000 (kriging)*



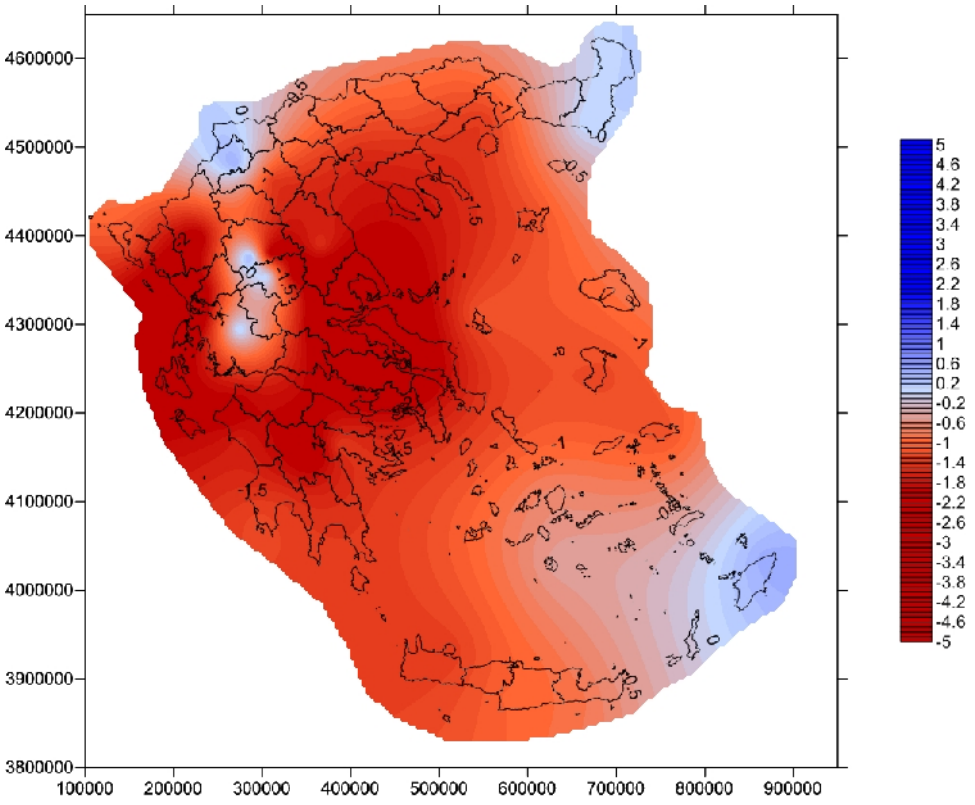
Εικόνα ΙΙΙ.29. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Μάιο του 2000 (kriging)*



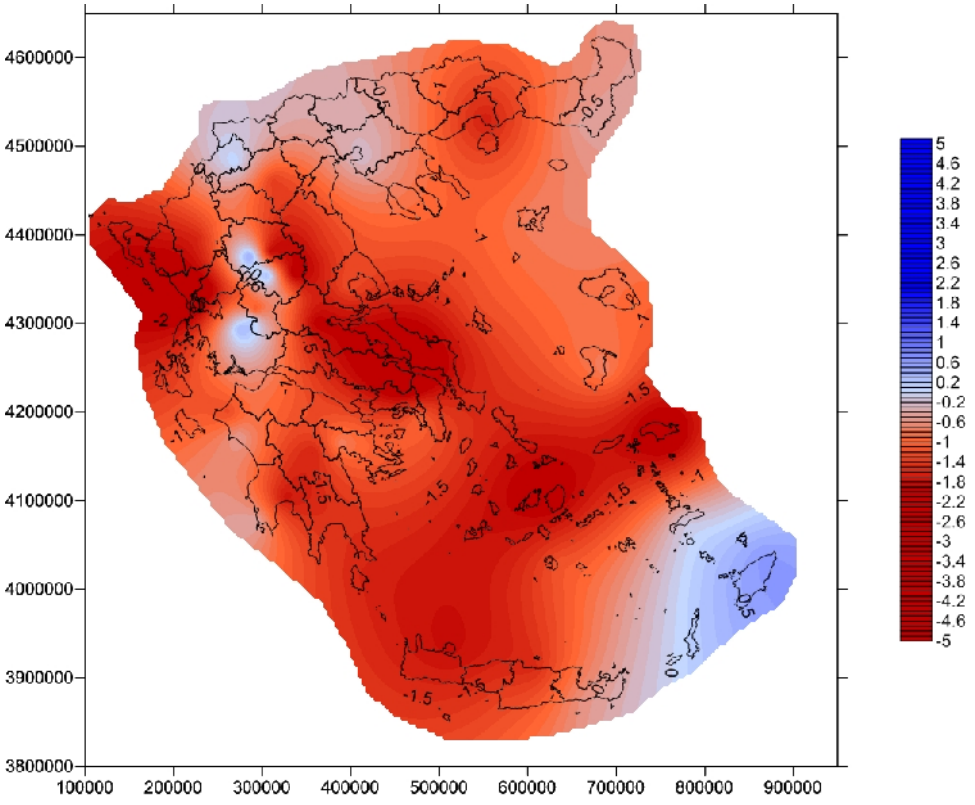
Εικόνα ΙΙΙ.30. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Ιούνιο του 2000 (kriging)*



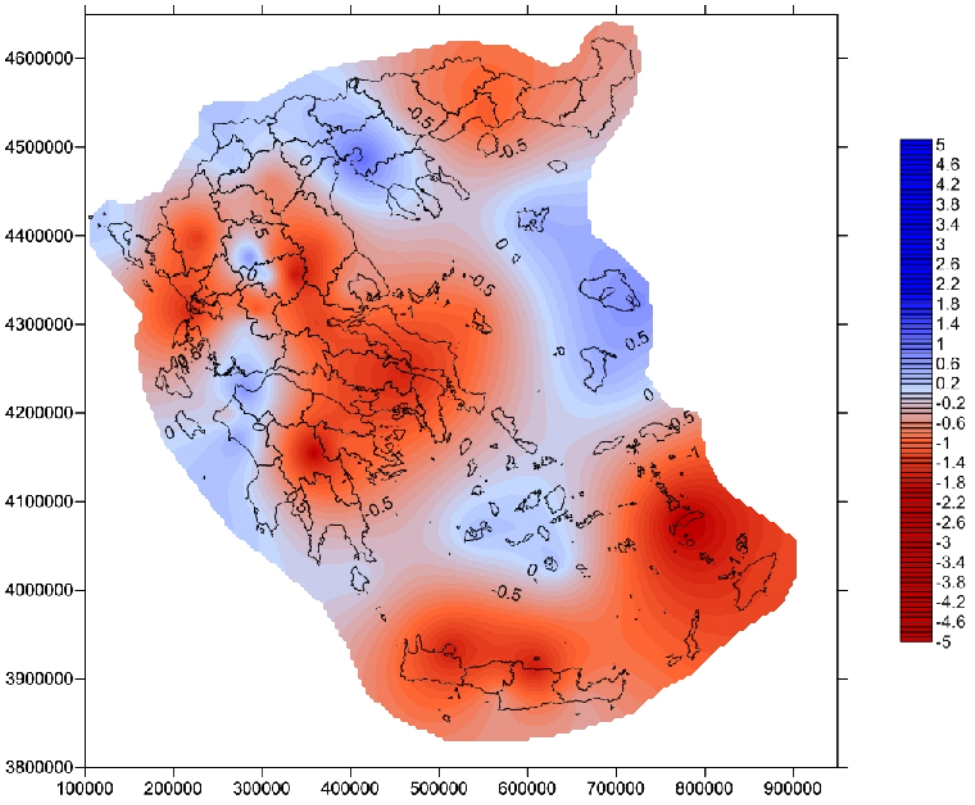
Εικόνα ΙΙΙ.31. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Ιούλιο του 2000 (kriging)*



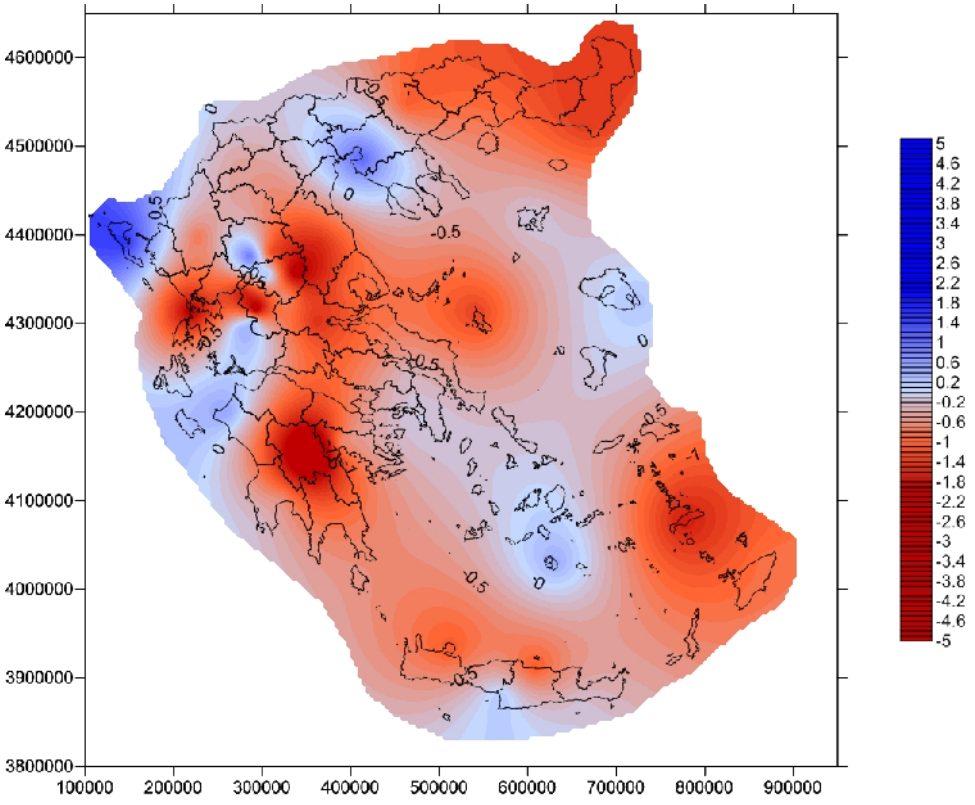
Εικόνα ΙΙΙ.32. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Αύγουστο του 2000 (kriging)*



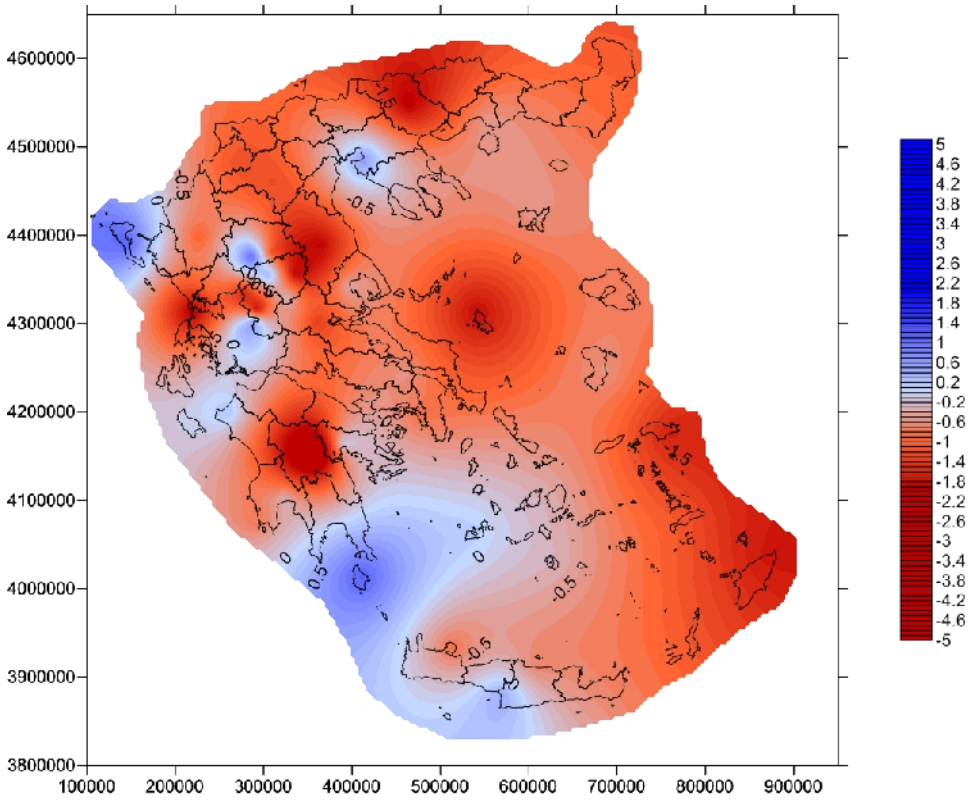
Εικόνα ΙΙΙ.33. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Σεπτέμβριο του 2000 (kriging)*



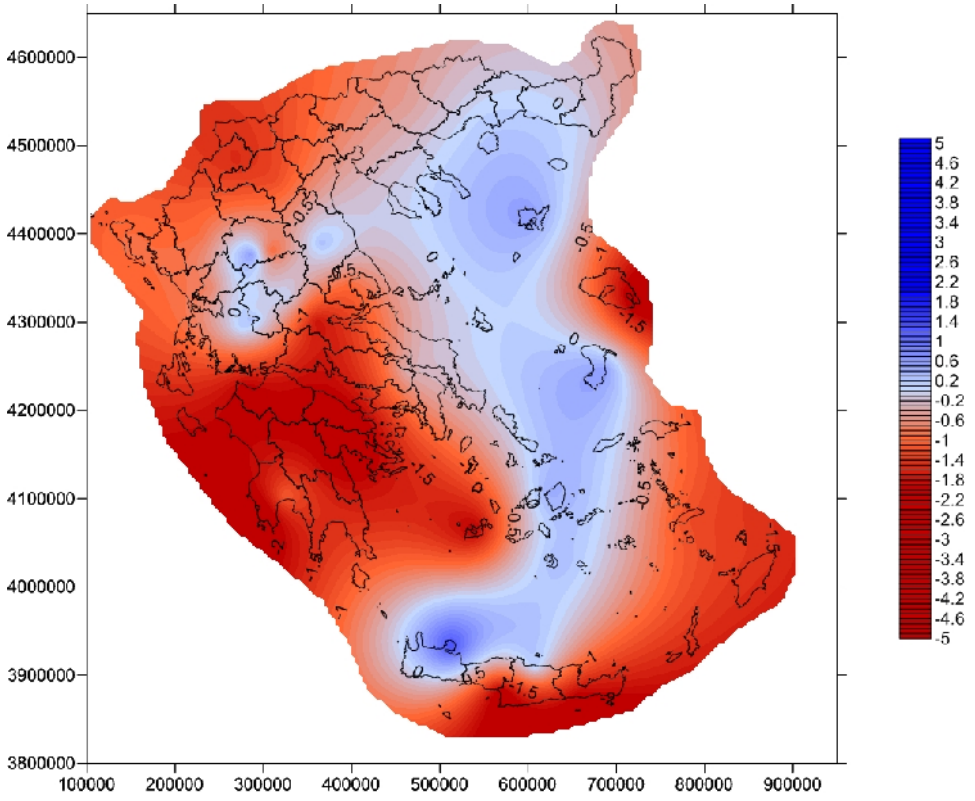
Εικόνα ΙΙΙ.34. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Οκτώβριο του 2000 (kriging)*



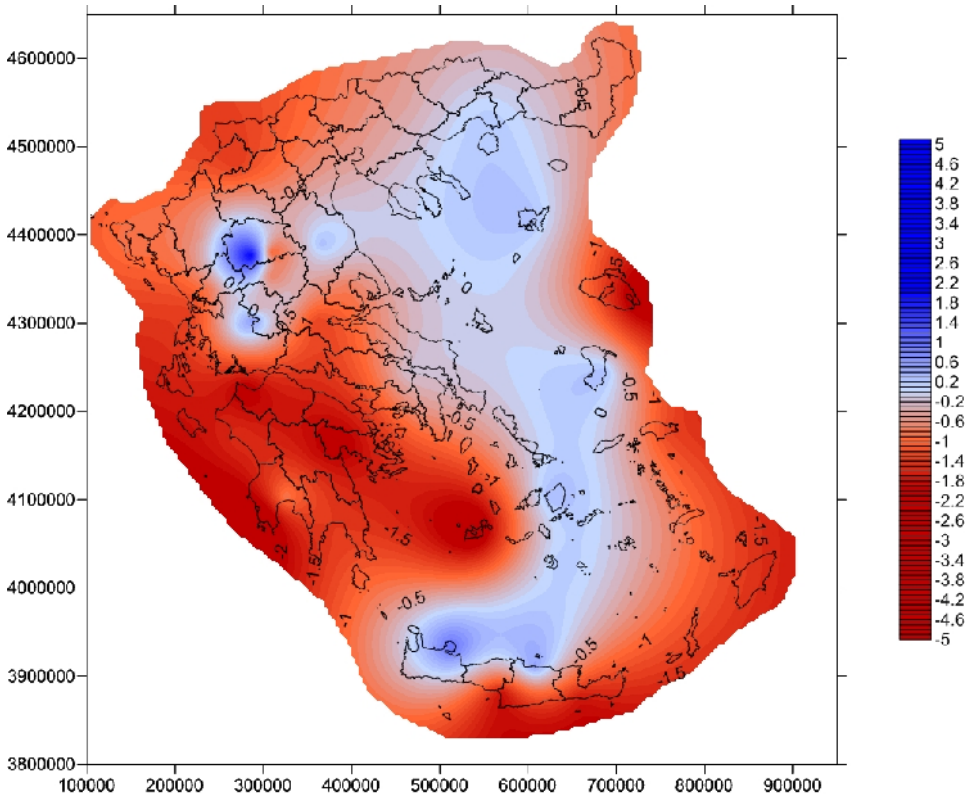
Εικόνα ΙΙΙ.35. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Νοέμβριο του 2000 (kriging)*



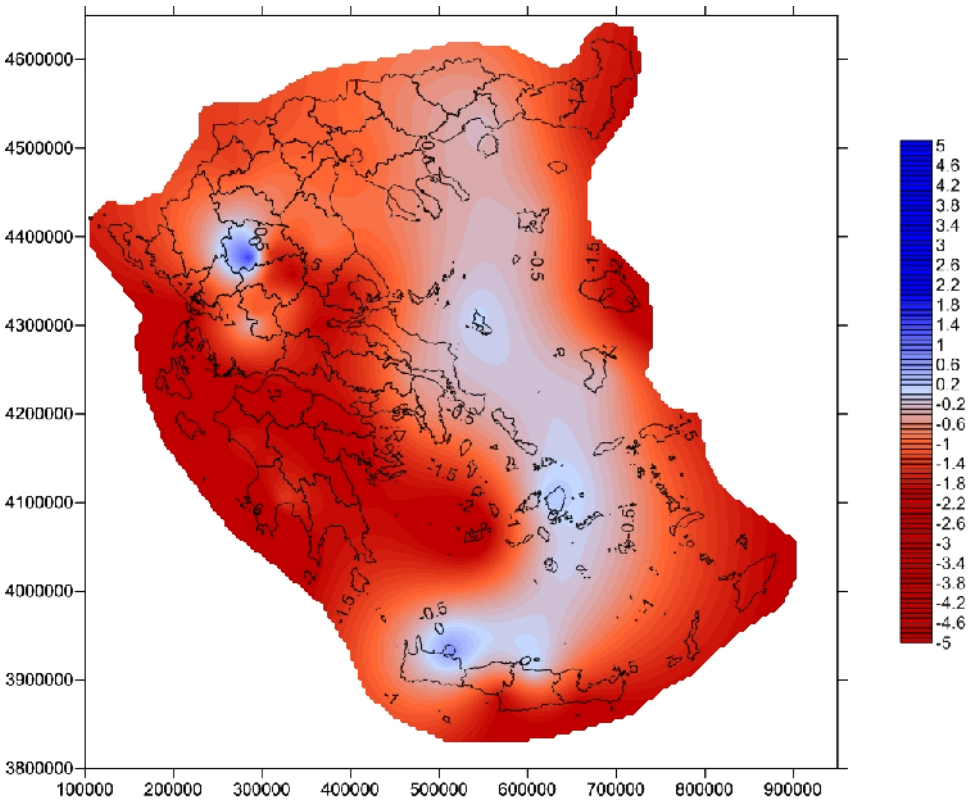
Εικόνα ΙΙΙ.36. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Δεκέμβριο του 2000 (kriging)*



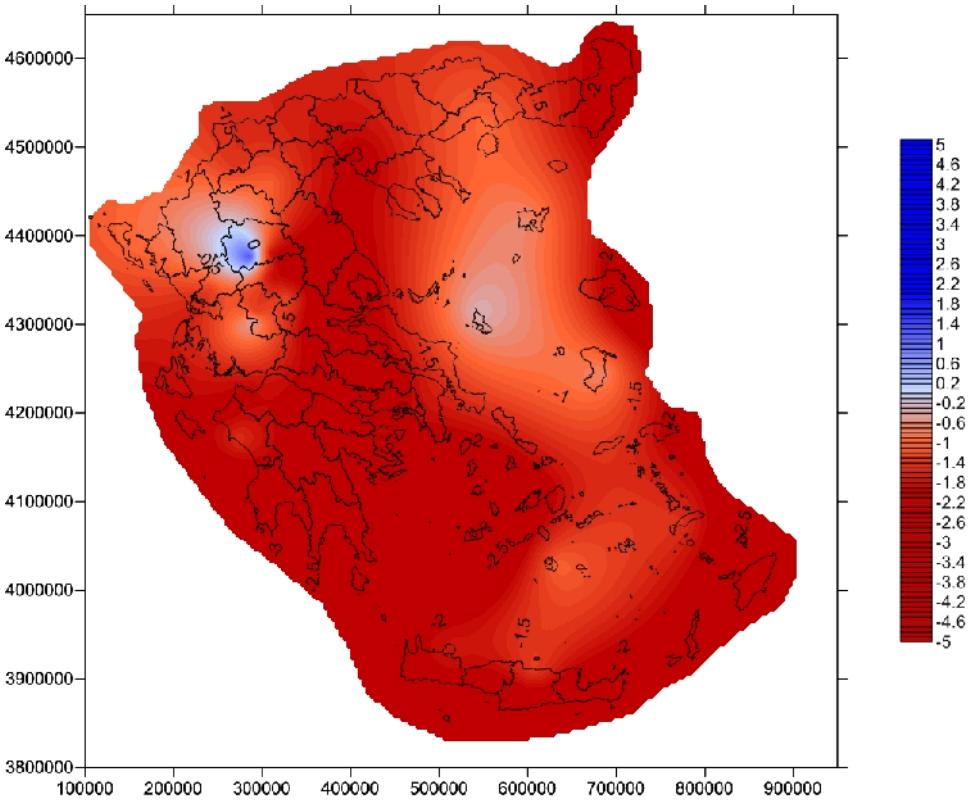
Εικόνα ΙΙΙ.37. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Ιανουάριο του 2007 (kriging)*



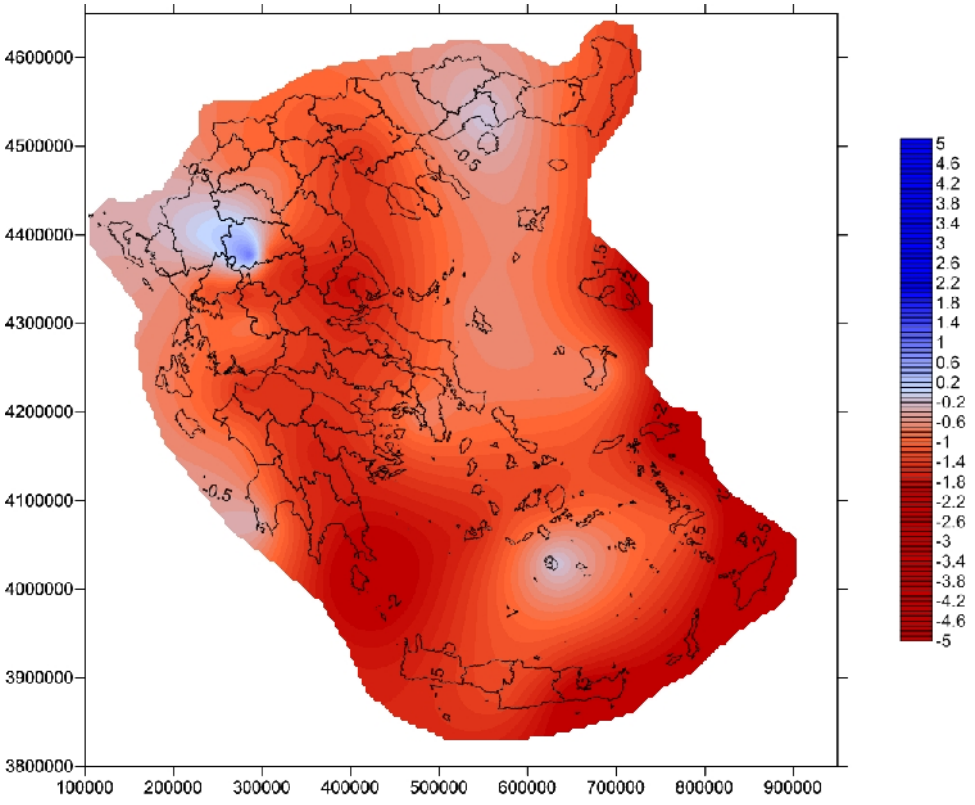
Εικόνα ΙΙΙ.38. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Φεβρουάριο του 2007 (kriging)*



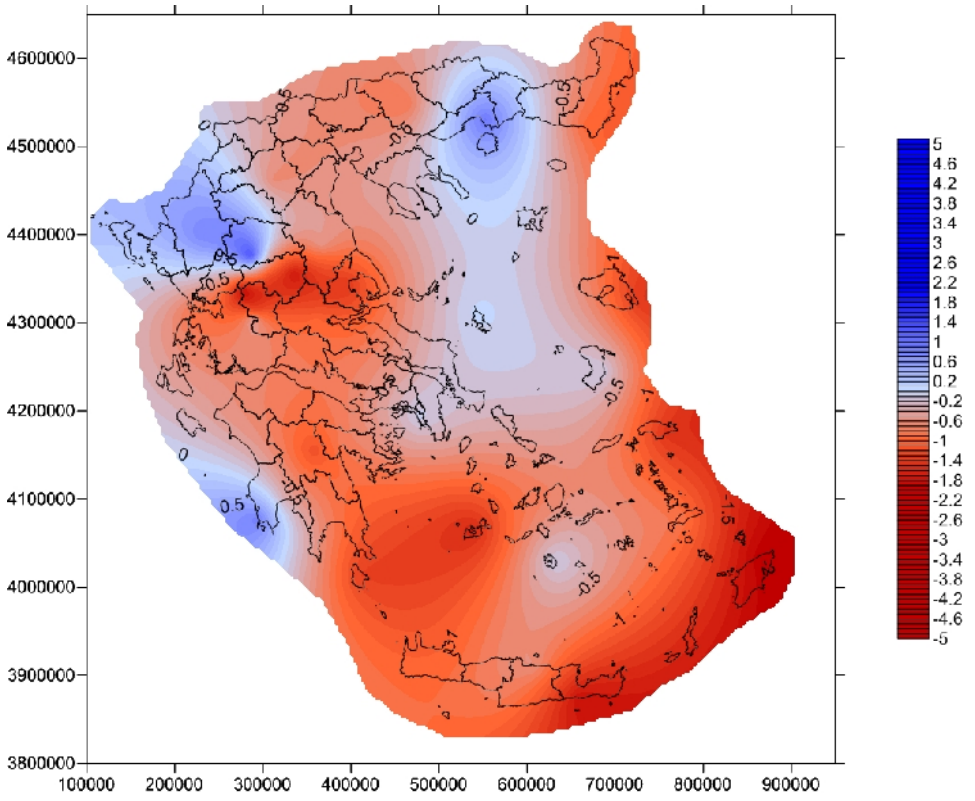
Εικόνα ΙΙΙ.39. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Μάρτιο του 2007 (kriging)*



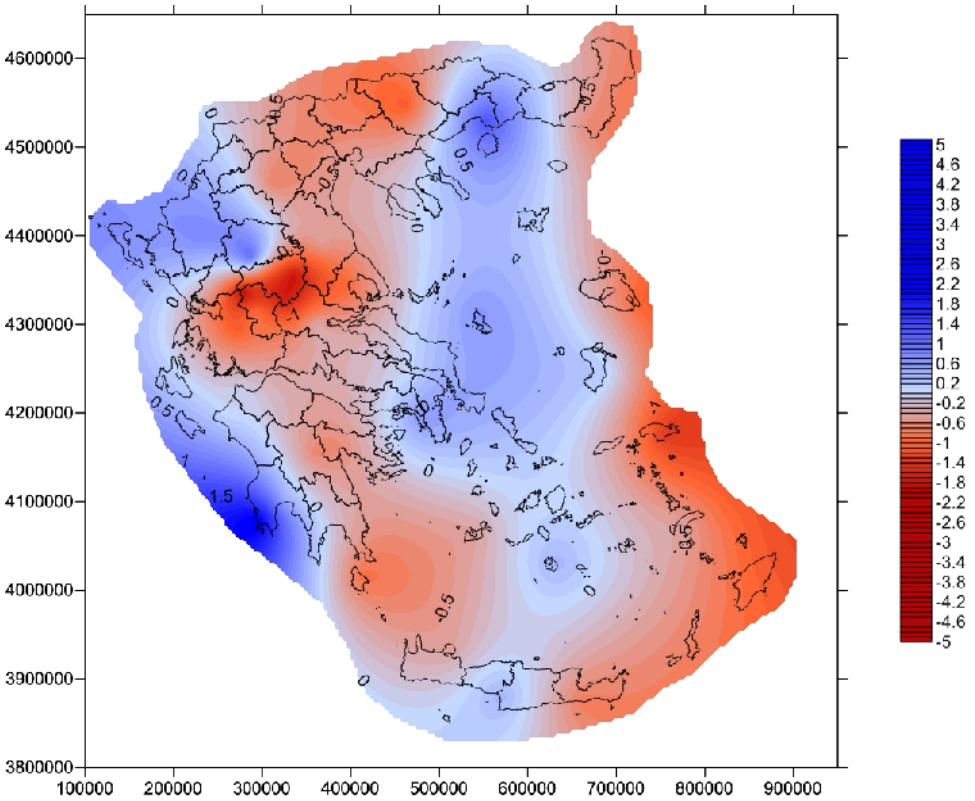
Εικόνα ΙΙΙ.40. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Απρίλιο του 2007 (kriging)*



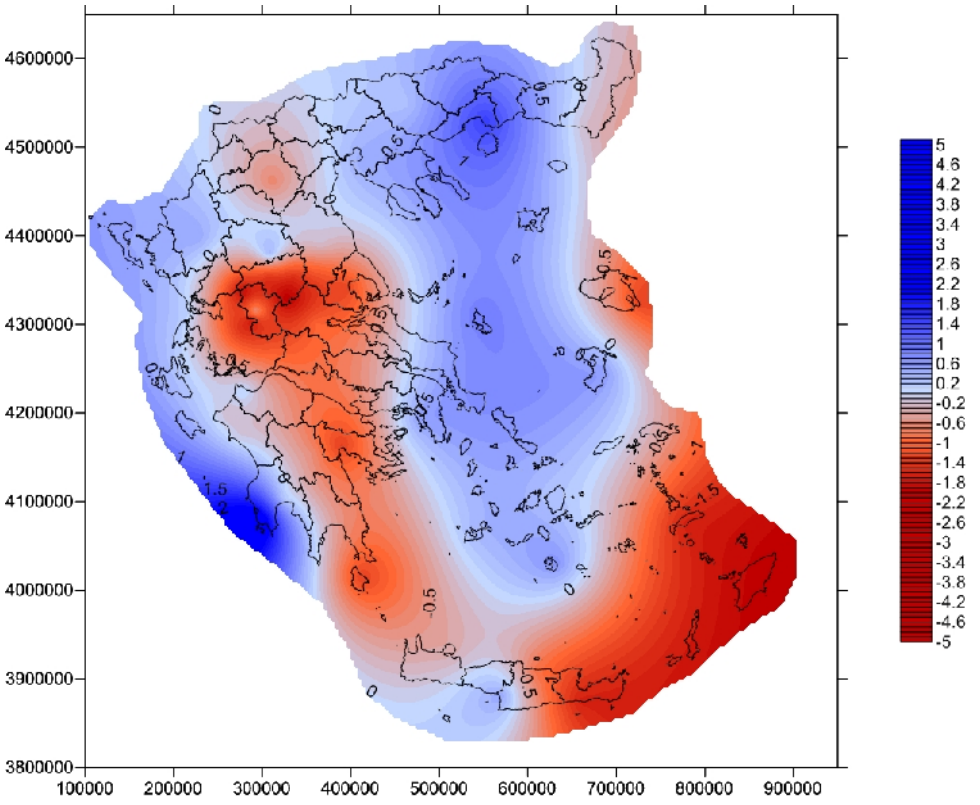
Εικόνα ΙΙΙ.41. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Μάιο του 2007 (kriging)*



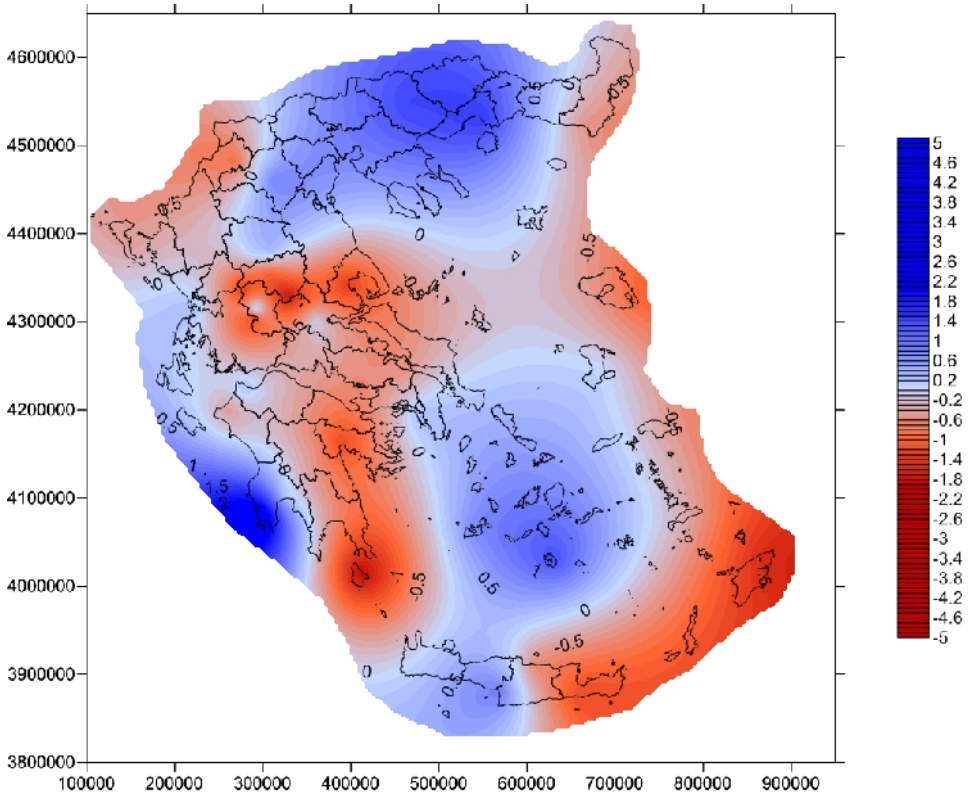
Εικόνα ΙΙΙ.42. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Ιούνιο του 2007 (kriging)*



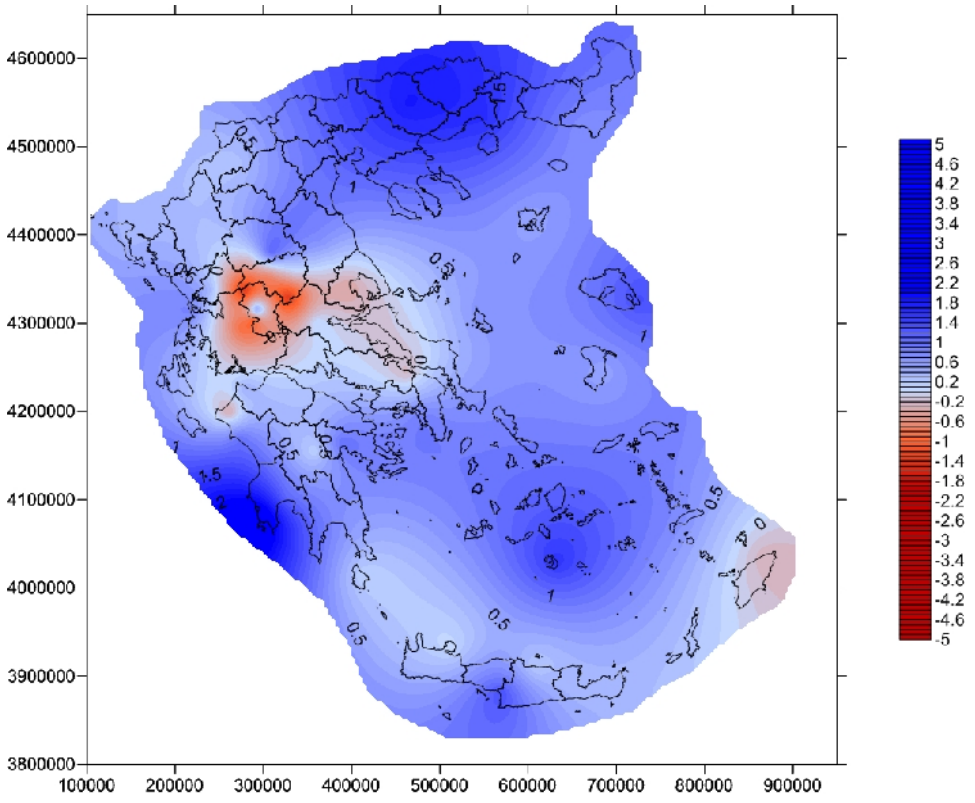
Εικόνα ΙΙΙ.43. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Ιούλιο του 2007 (kriging)*



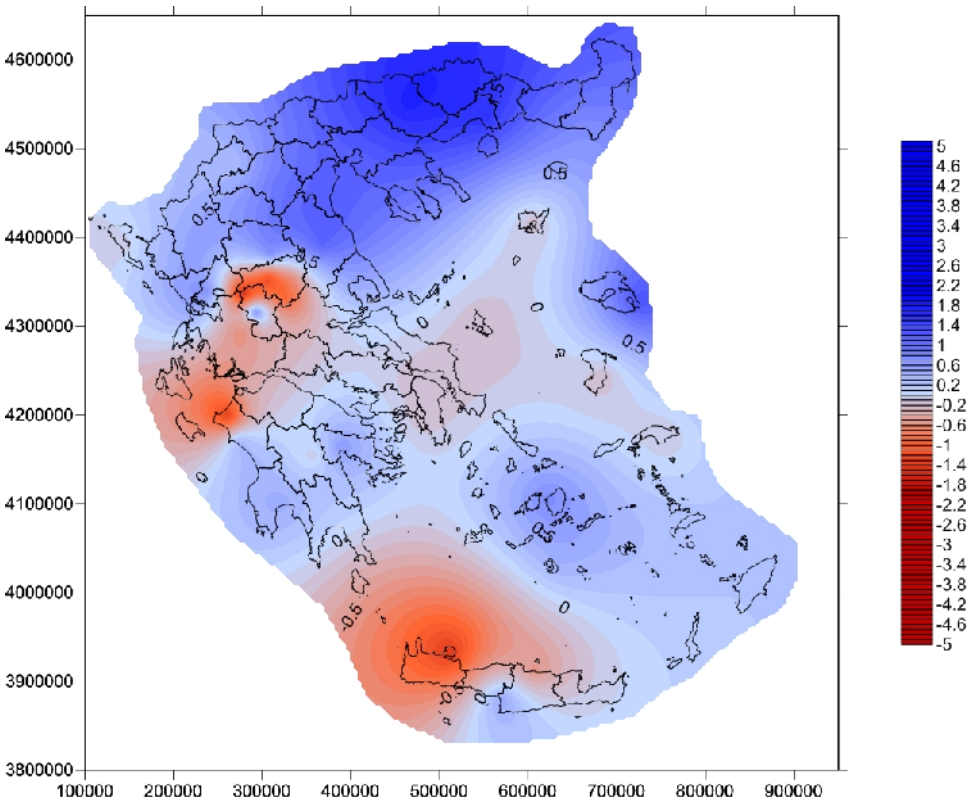
Εικόνα ΙΙΙ.44. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Αύγουστο του 2007 (kriging)*



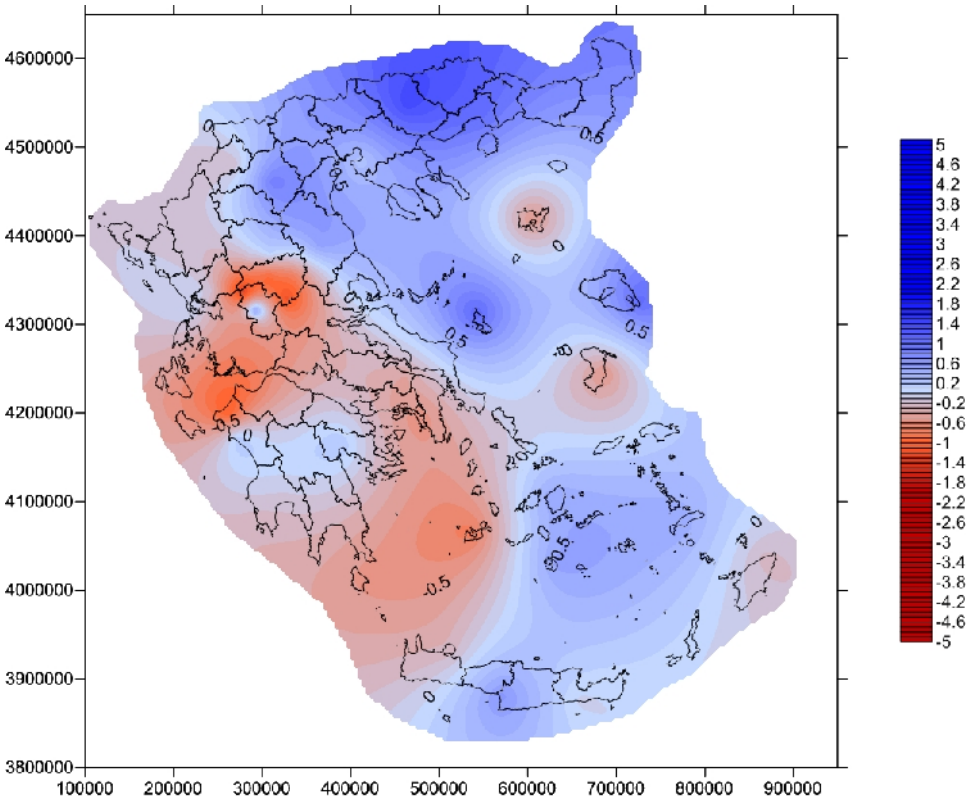
Εικόνα ΙΙΙ.45. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Σεπτέμβρη του 2007 (kriging)*



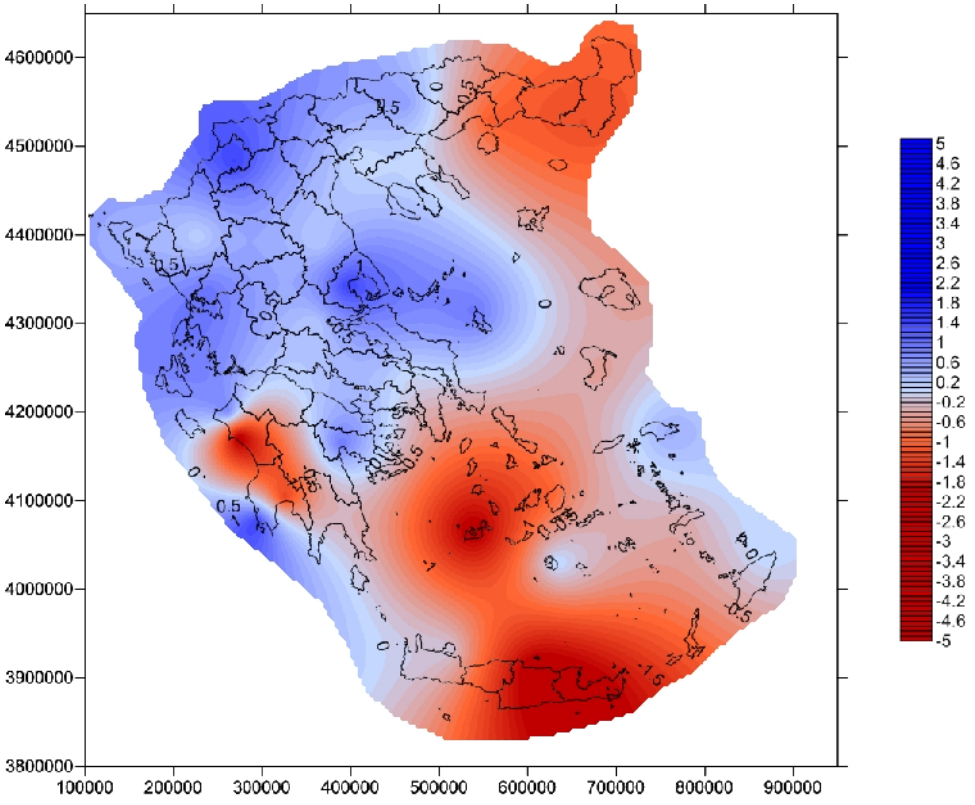
Εικόνα ΙΙΙ.46. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Οκτώβρη του 2007 (kriging)*



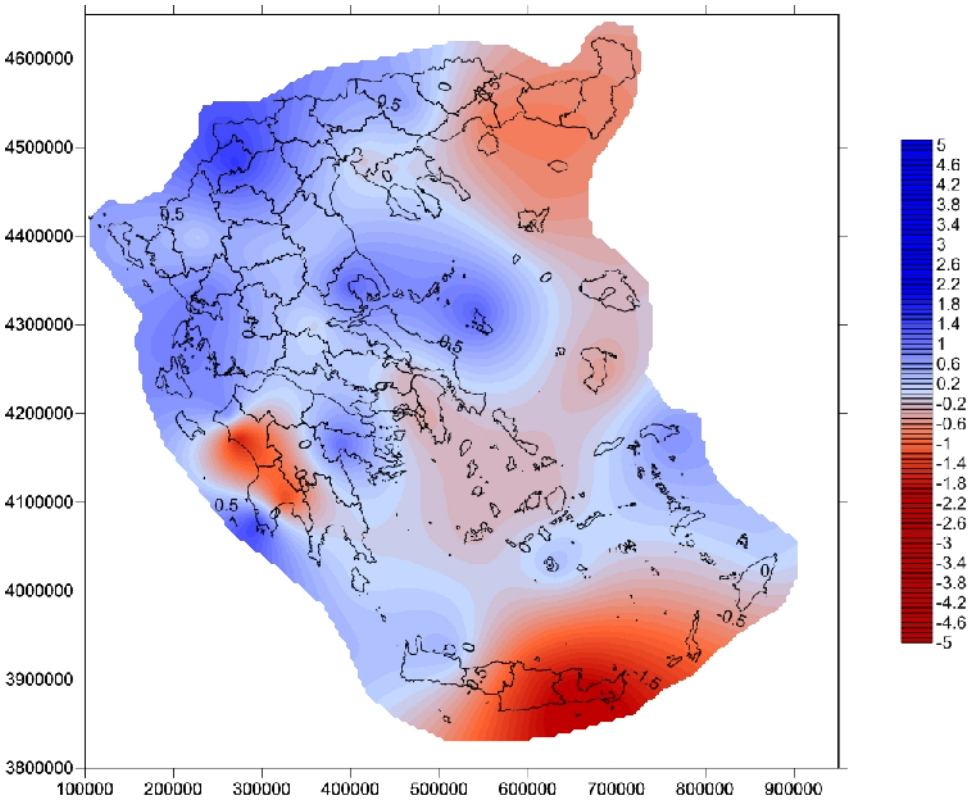
Εικόνα ΙΙΙ.47. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Νοέμβριο του 2007 (kriging)*



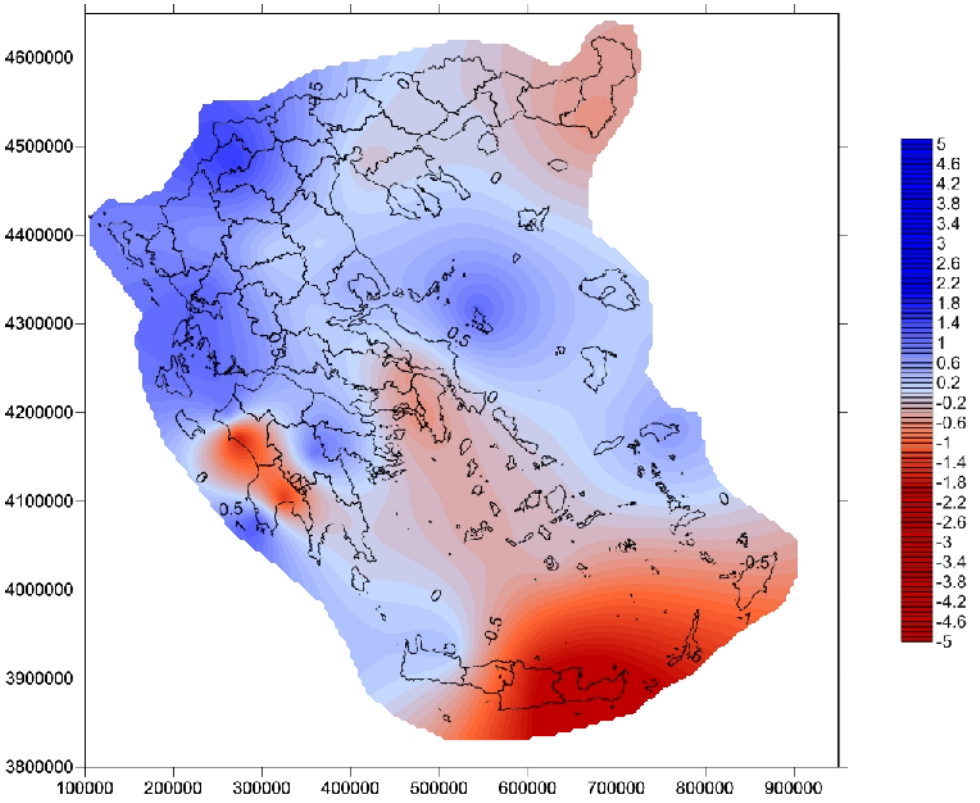
Εικόνα ΙΙΙ.48. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Δεκέμβριου του 2007 (kriging)*



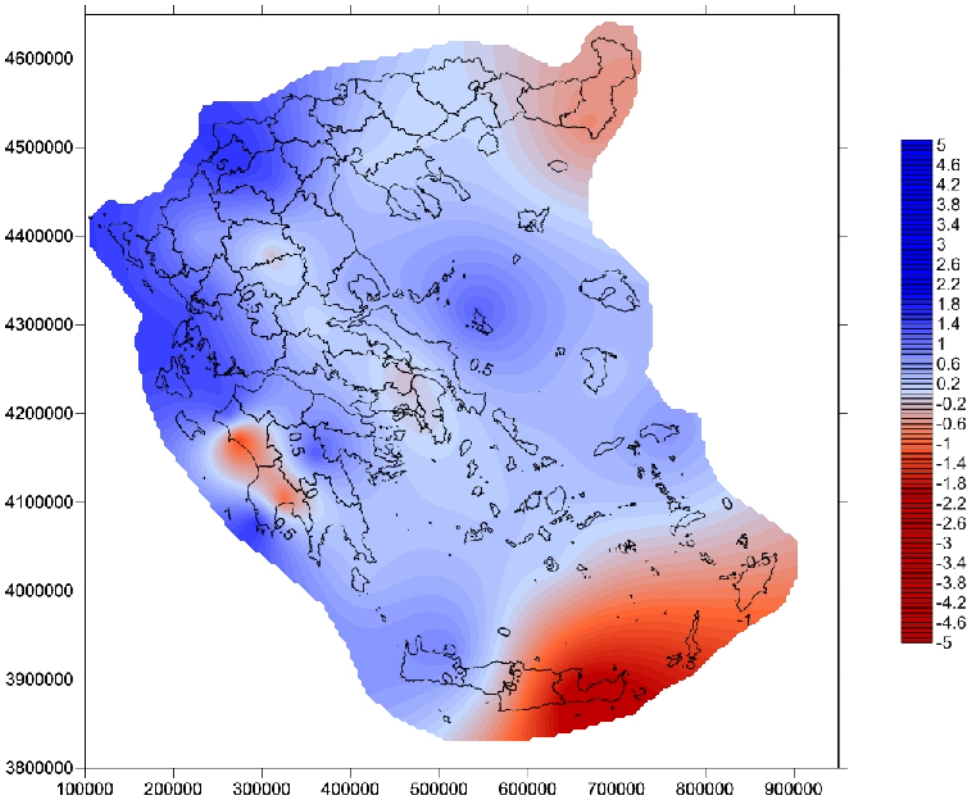
Εικόνα ΙΙΙ.49. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Ιανουάριο του 2009 (kriging)*



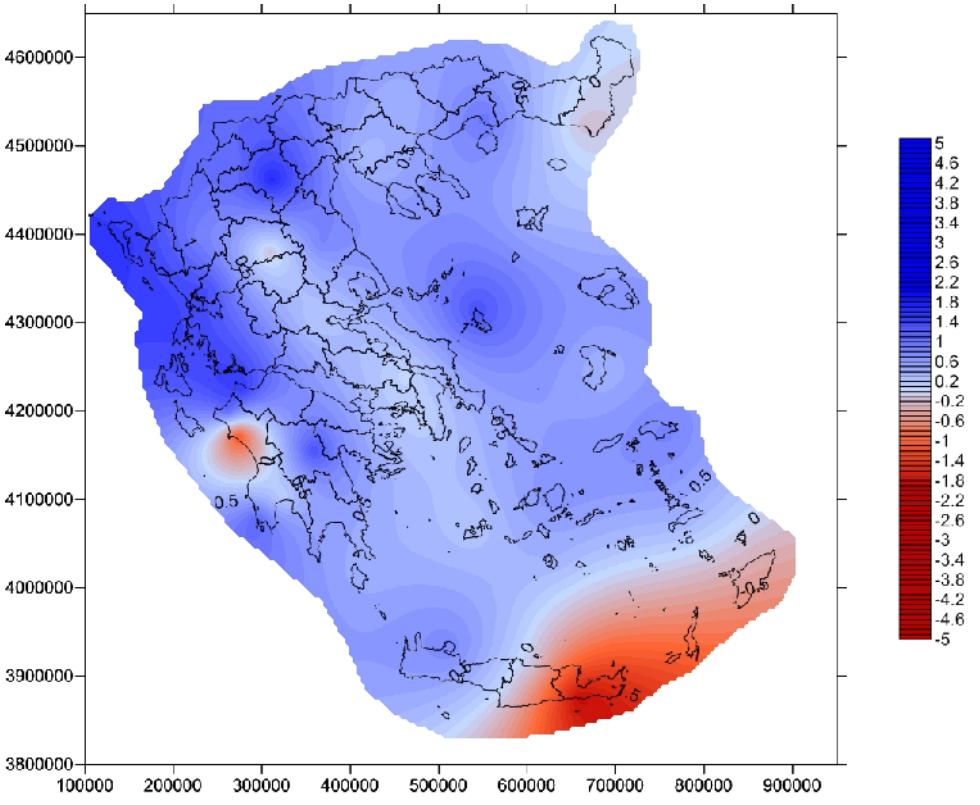
Εικόνα ΙΙΙ.50. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Φεβρουάριο του 2009 (kriging)*



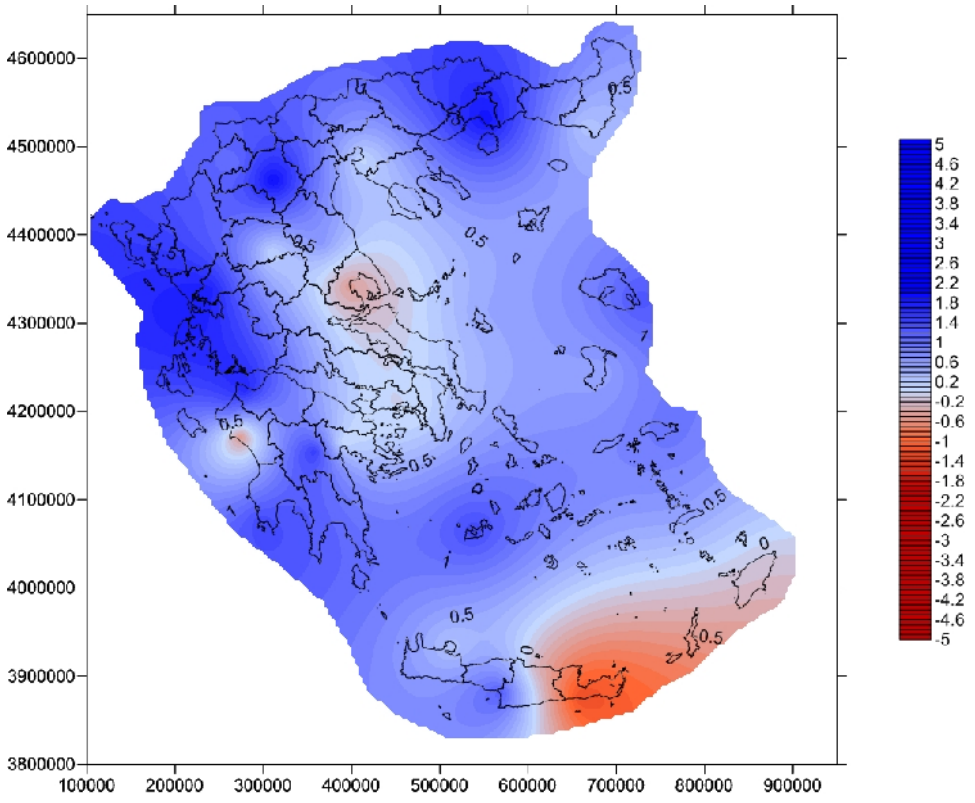
Εικόνα ΙΙΙ.51. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Μάρτιο του 2009 (kriging)*



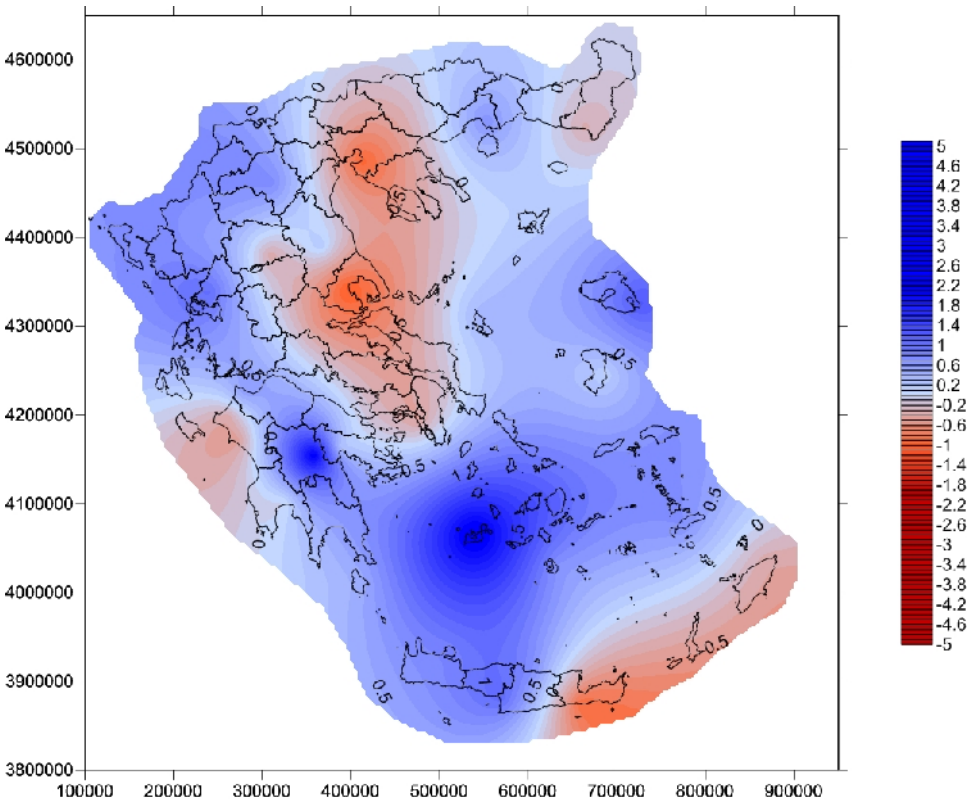
Εικόνα ΙΙΙ.52. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Απρίλιο του 2009 (kriging)*



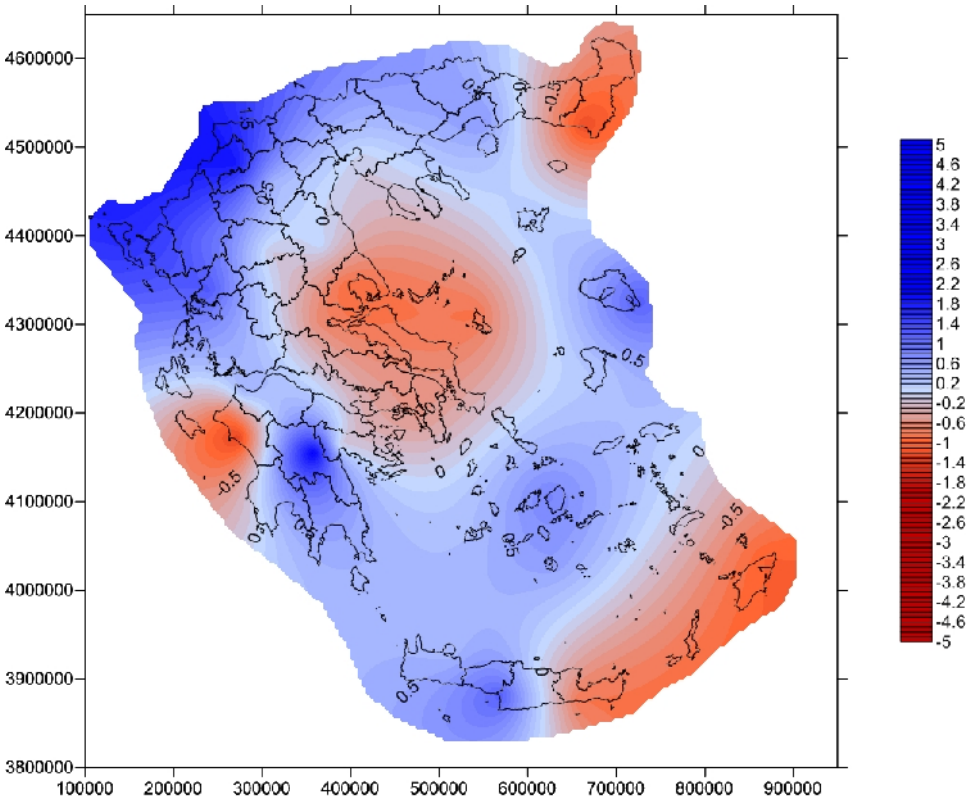
Εικόνα ΙΙΙ.53. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Μάιο του 2009 (kriging)*



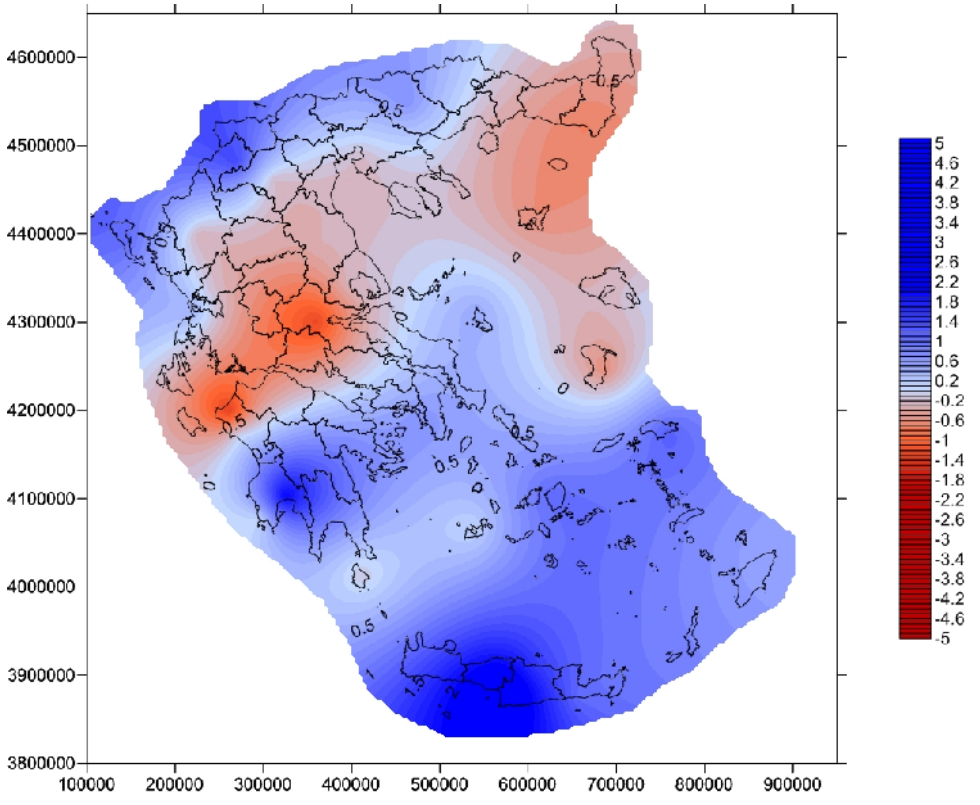
Εικόνα ΙΙΙ.54. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Ιούνιο του 2009 (kriging)*



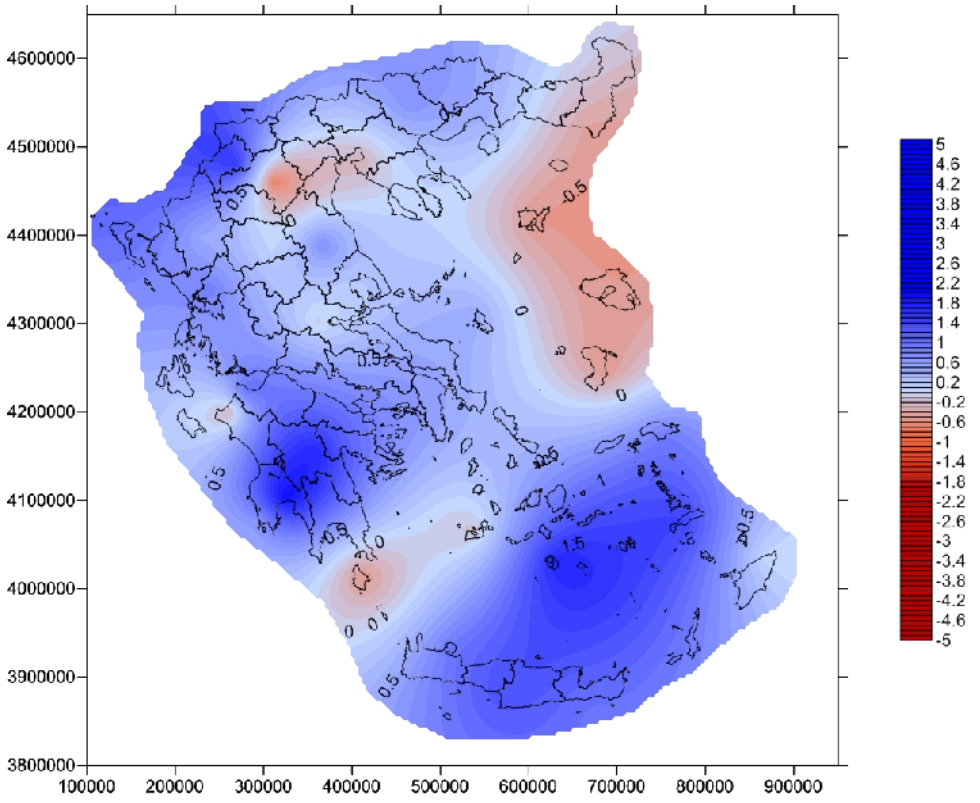
Εικόνα ΙΙΙ.55. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Ιούλιο του 2009 (kriging)*



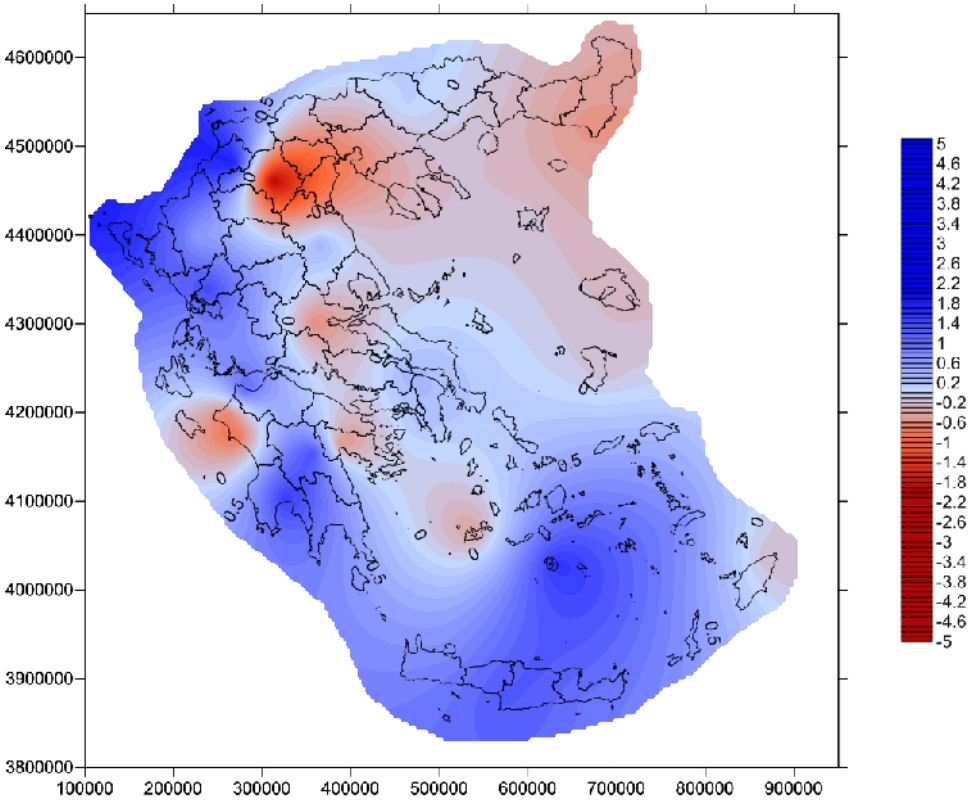
Εικόνα ΙΙΙ.56. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Αύγουστο του 2009 (kriging)*



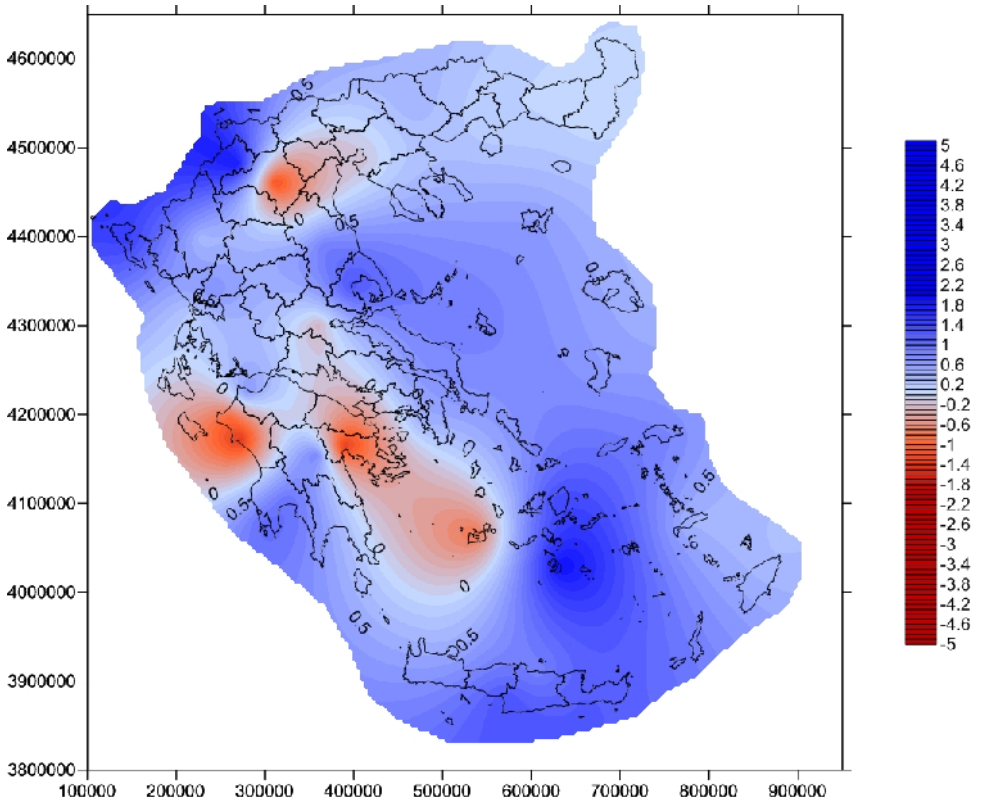
Εικόνα ΙΙΙ.57. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Σεπτέμβρη του 2009 (kriging)*



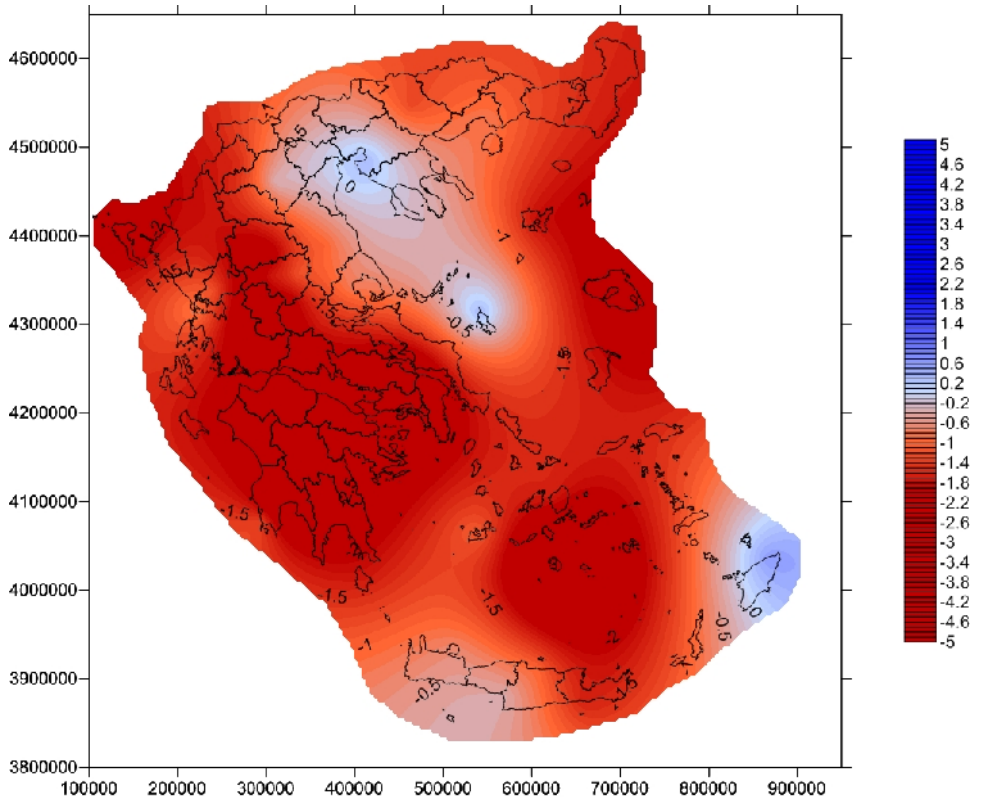
Εικόνα ΙΙΙ.58. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Οκτώβρη του 2009 (kriging)*



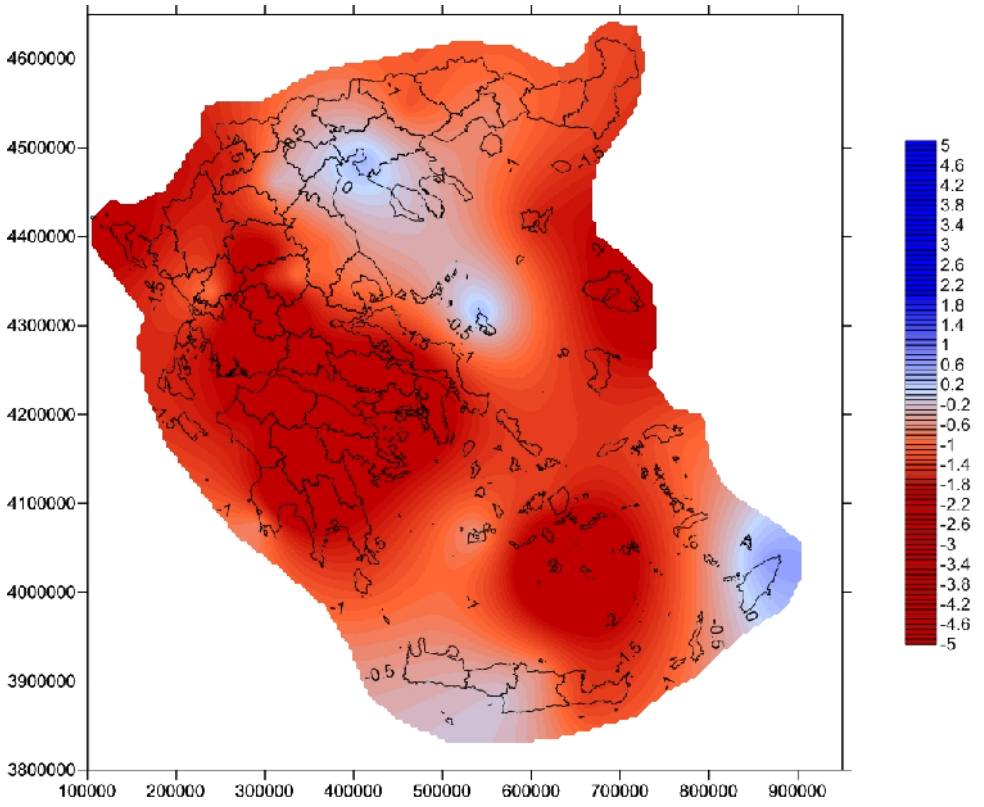
Εικόνα ΙΙΙ.59. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Νοέμβρη του 2009 (kriging)*



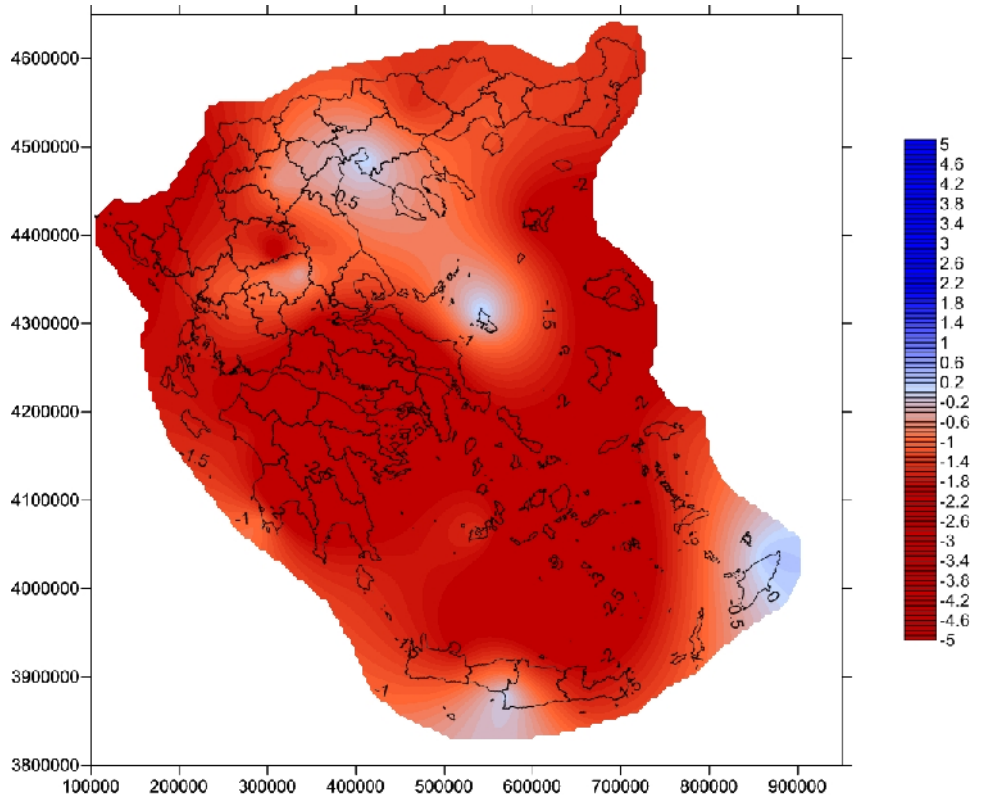
Εικόνα ΙΙΙ.60. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Δεκέμβρη του 2009 (kriging)*



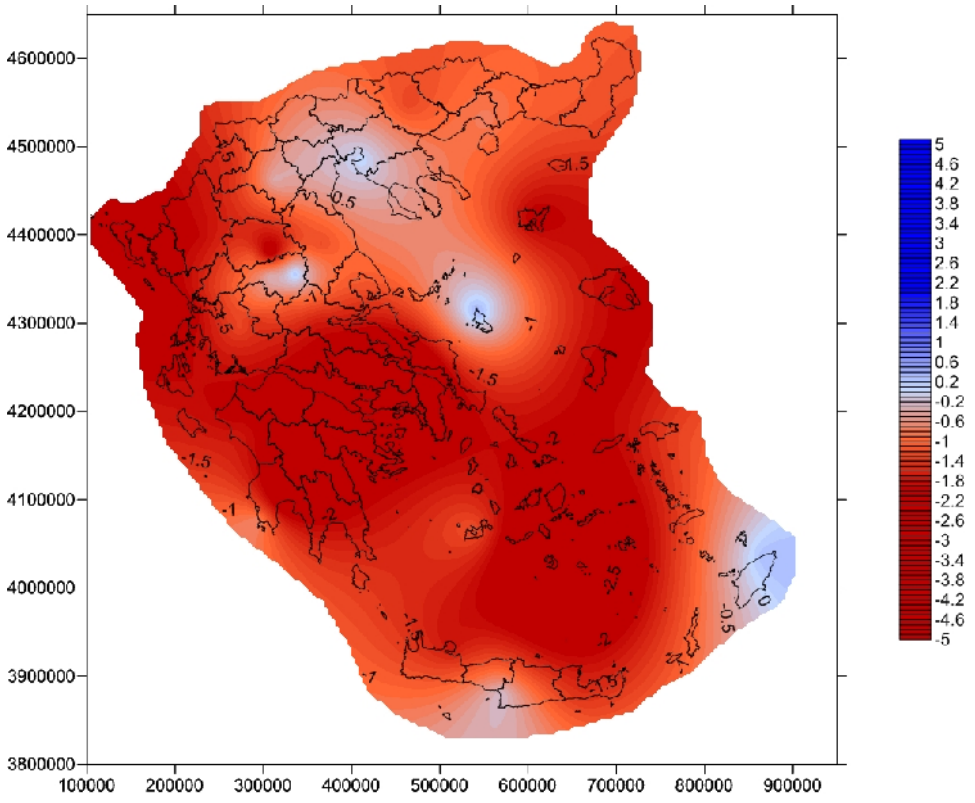
Εικόνα ΙΙΙ.61. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Ιανουάριο του 1990 (kriging)*



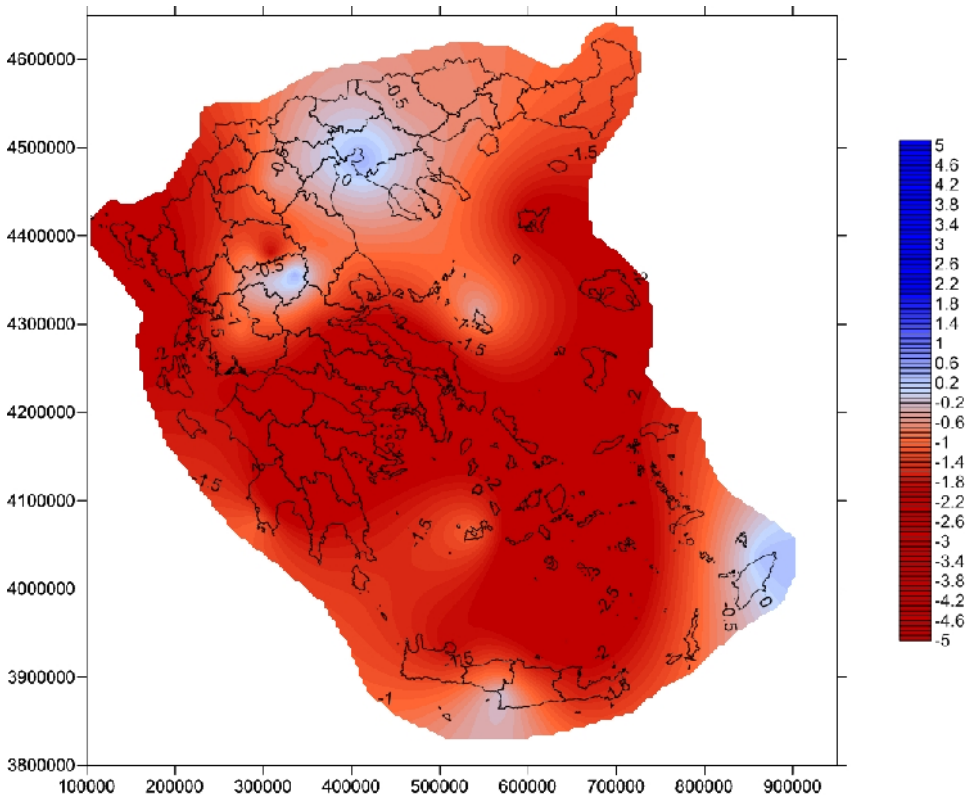
Εικόνα ΙΙΙ.62. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Φεβρουάριο του 1990 (kriging)*



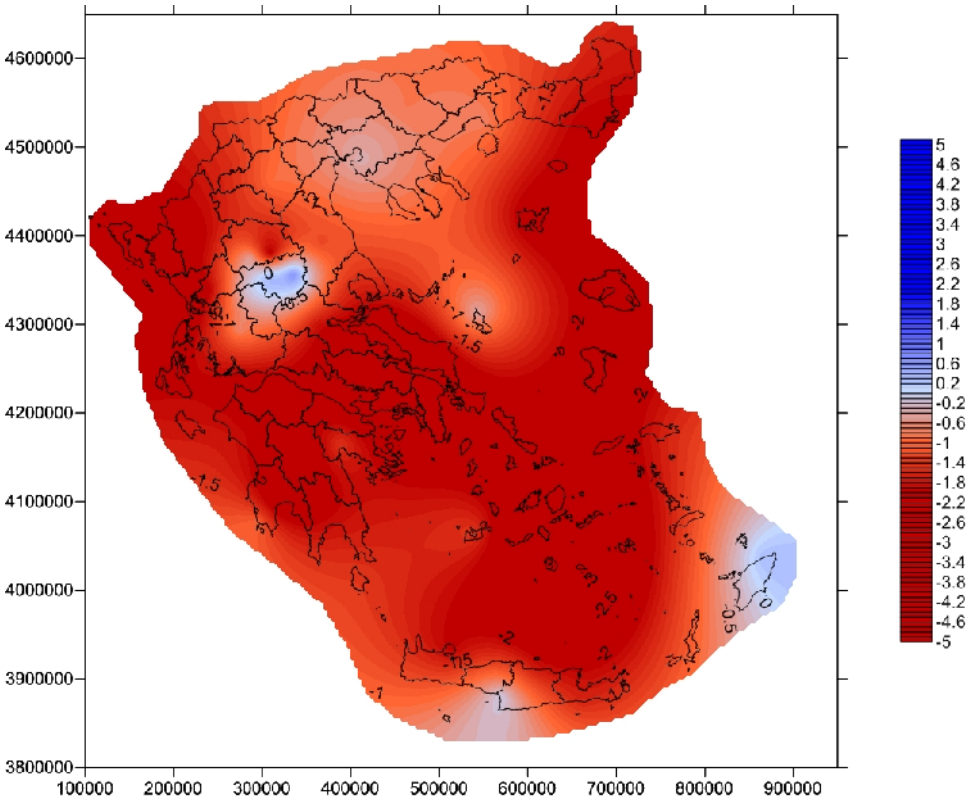
Εικόνα ΙΙΙ.63. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Μάρτιο του 1990 (kriging)*



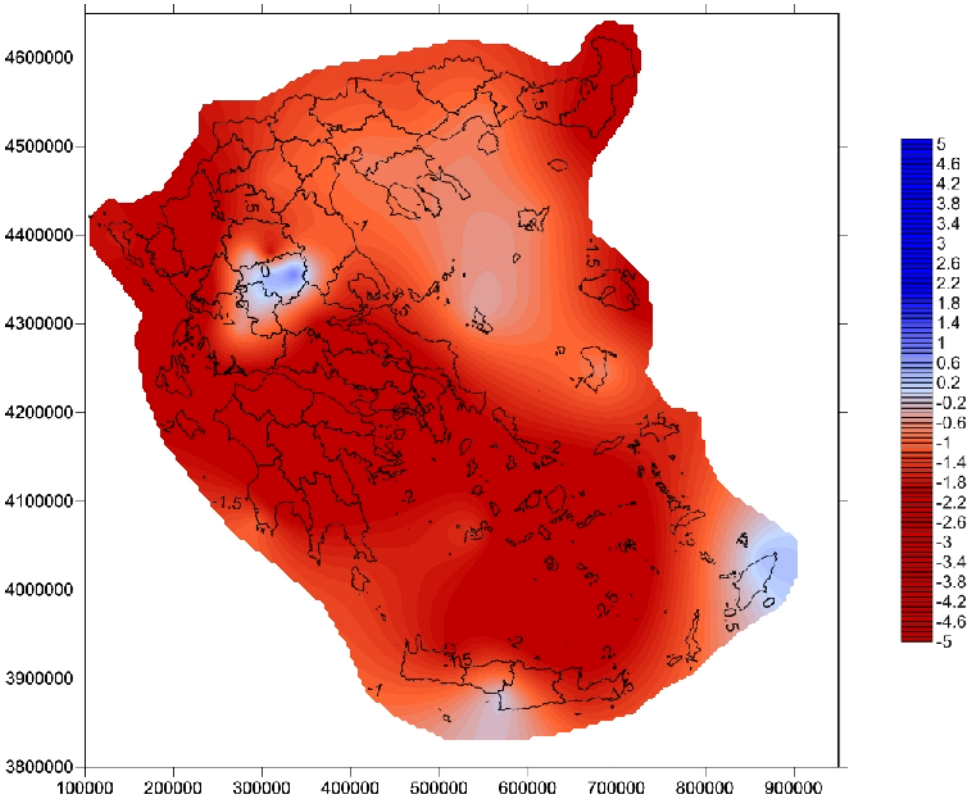
Εικόνα ΙΙΙ.64. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Απρίλιο του 1990 (kriging)*



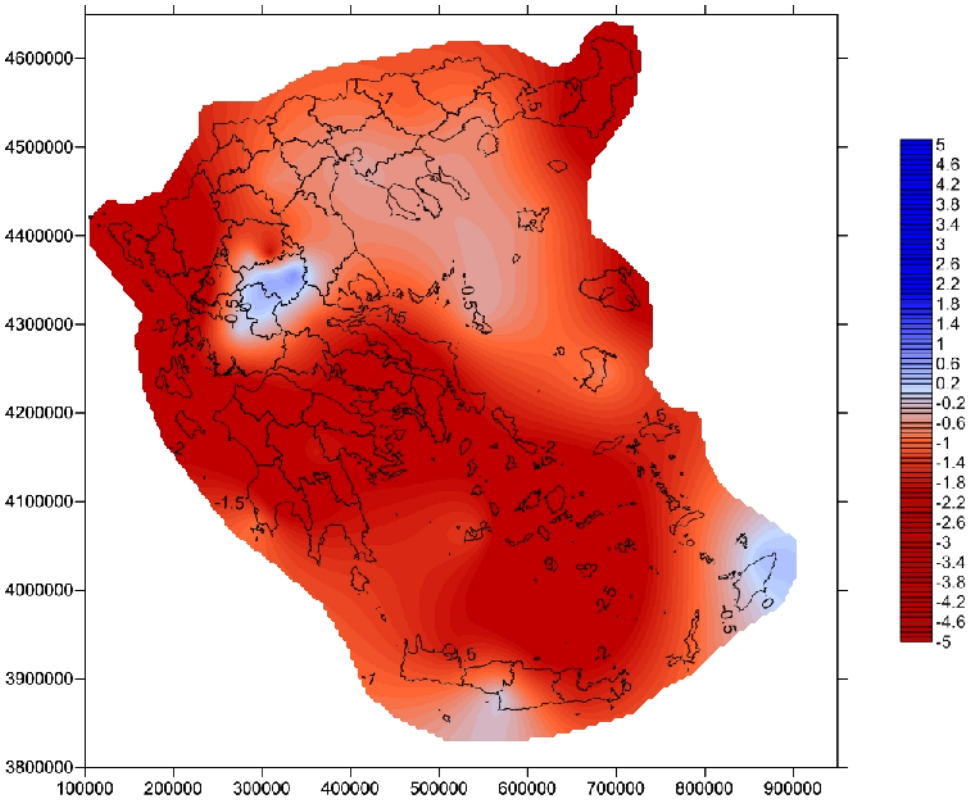
Εικόνα ΙΙΙ.65. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Μάιο του 1990 (kriging)*



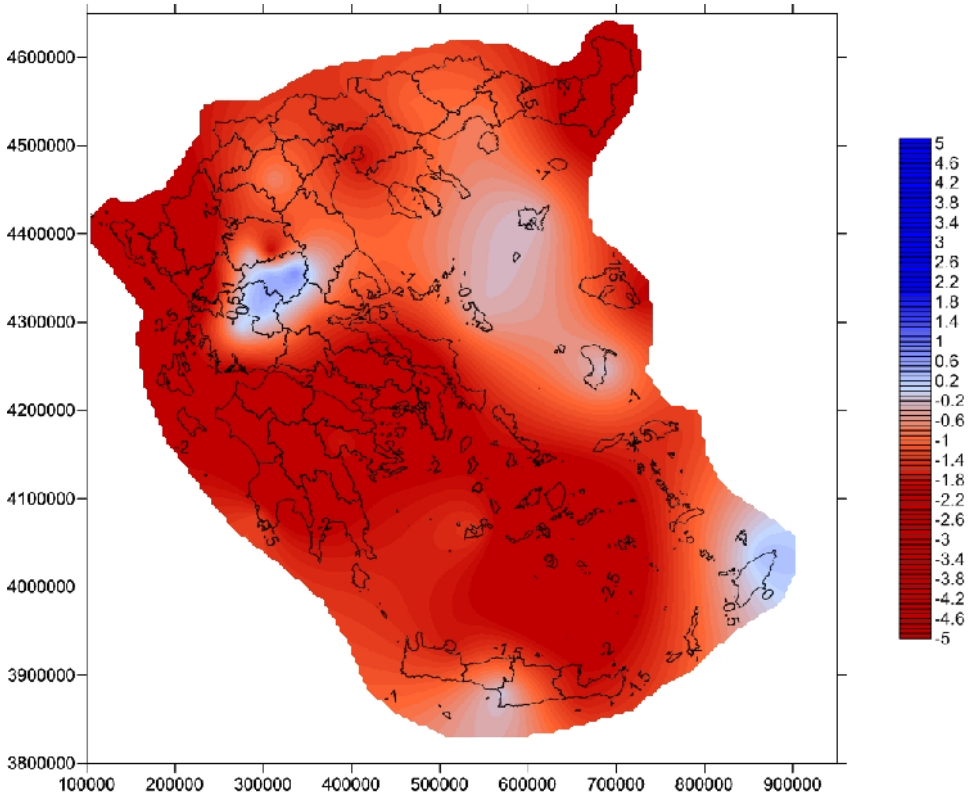
Εικόνα ΙΙΙ.66. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Ιούνιο του 1990 (kriging)*



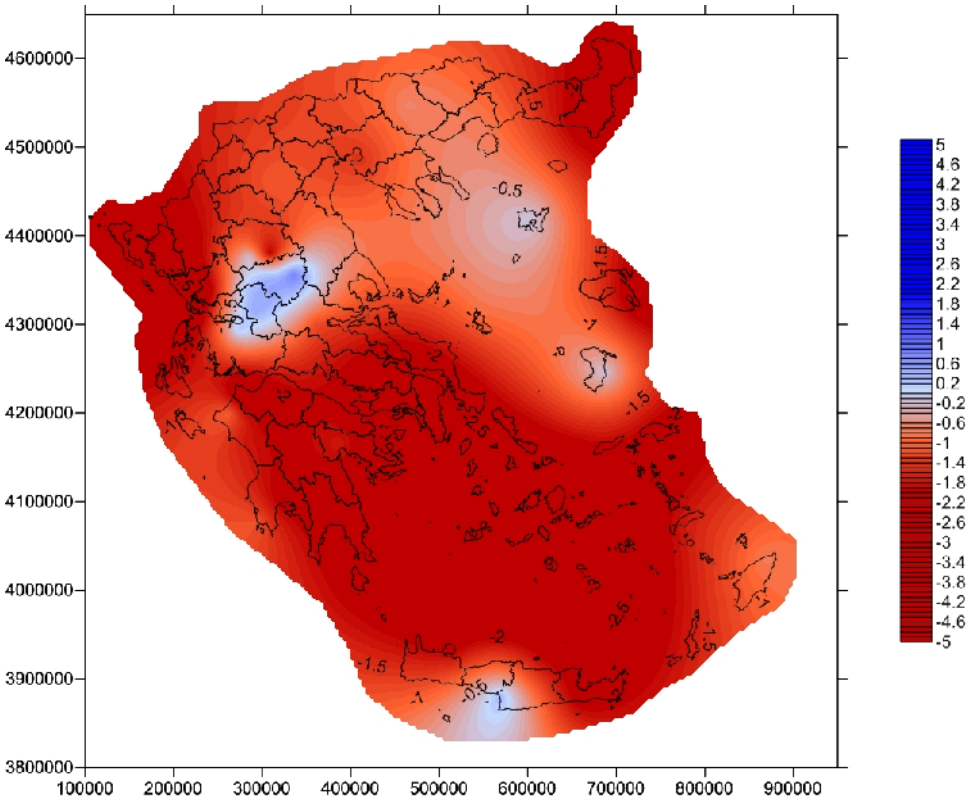
Εικόνα ΙΙΙ.67. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Ιούλιο του 1990 (kriging)*



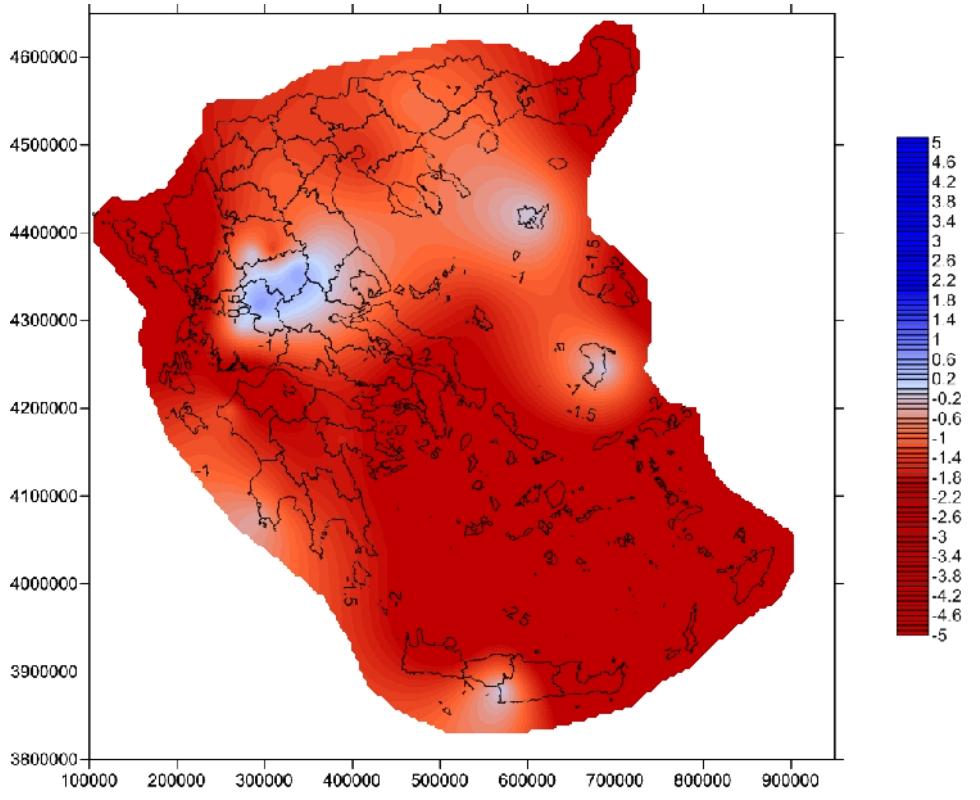
Εικόνα ΙΙΙ.68. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Αύγουστο του 1990 (kriging)*



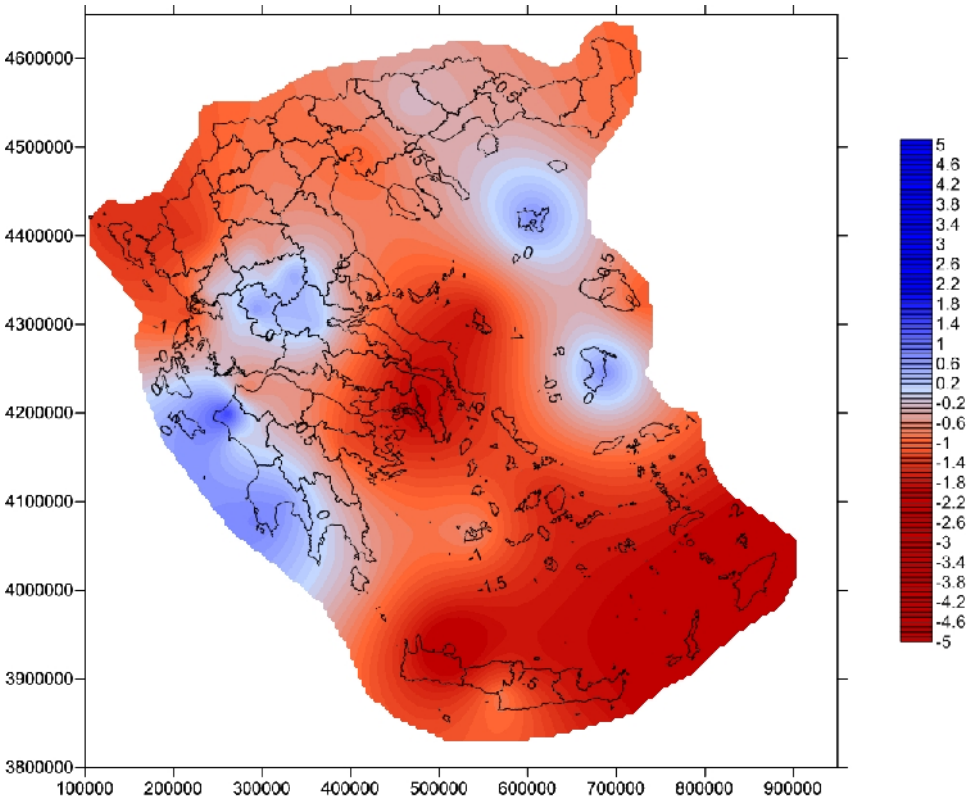
Εικόνα ΙΙΙ.69. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Σεπτέμβριο του 1990 (kriging)*



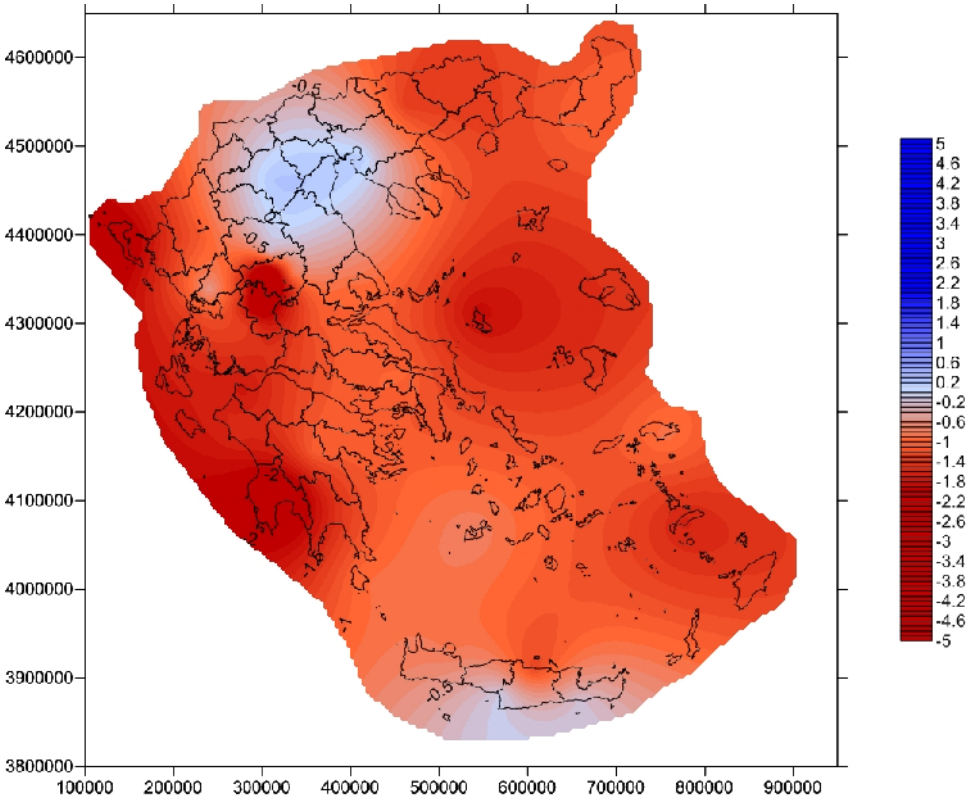
Εικόνα ΙΙΙ.70. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Οκτώβρη του 1990 (kriging)*



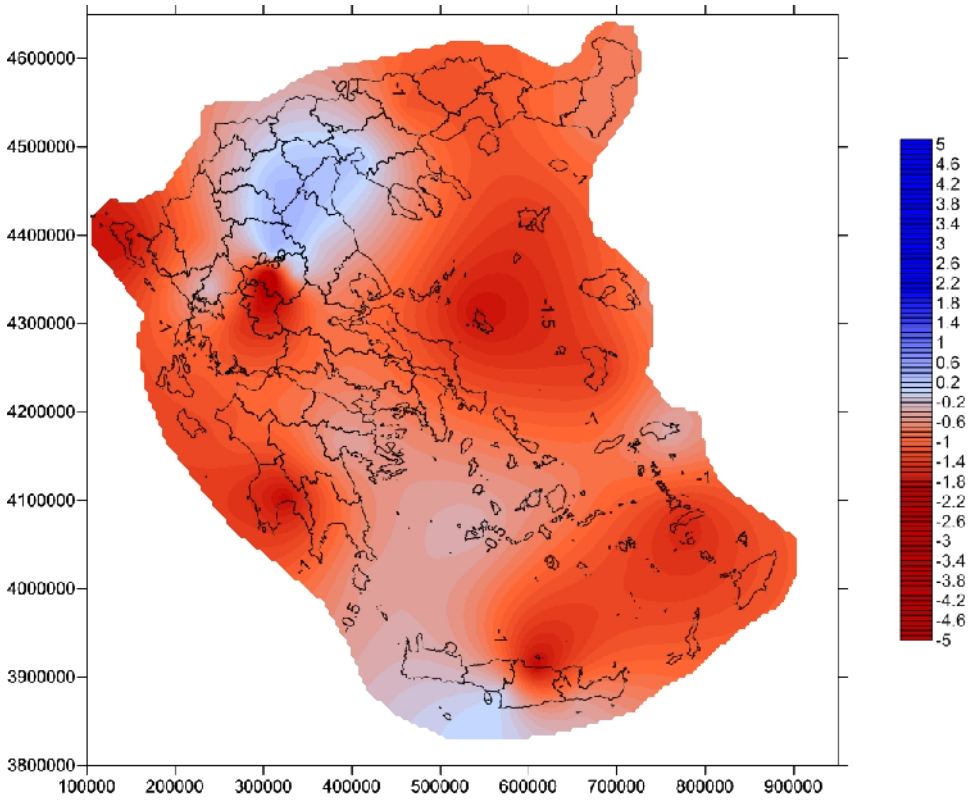
Εικόνα ΙΙΙ.71. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Νοέμβρη του 1990 (kriging)*



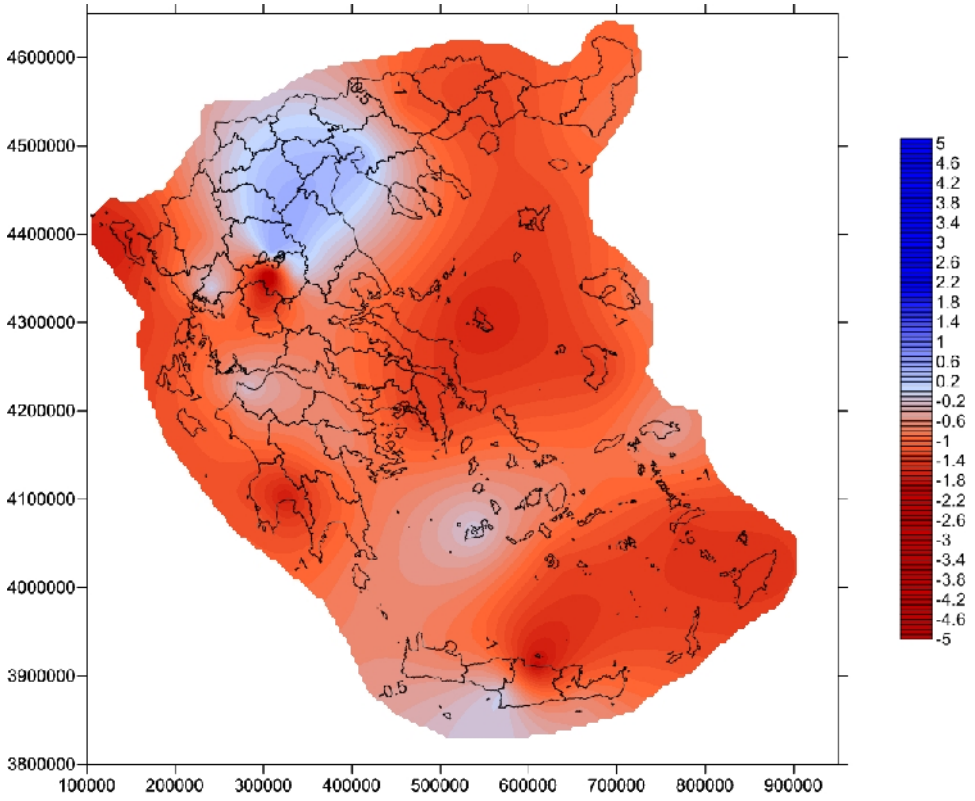
Εικόνα ΙΙΙ.72. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Δεκέμβρη του 1990 (kriging)*



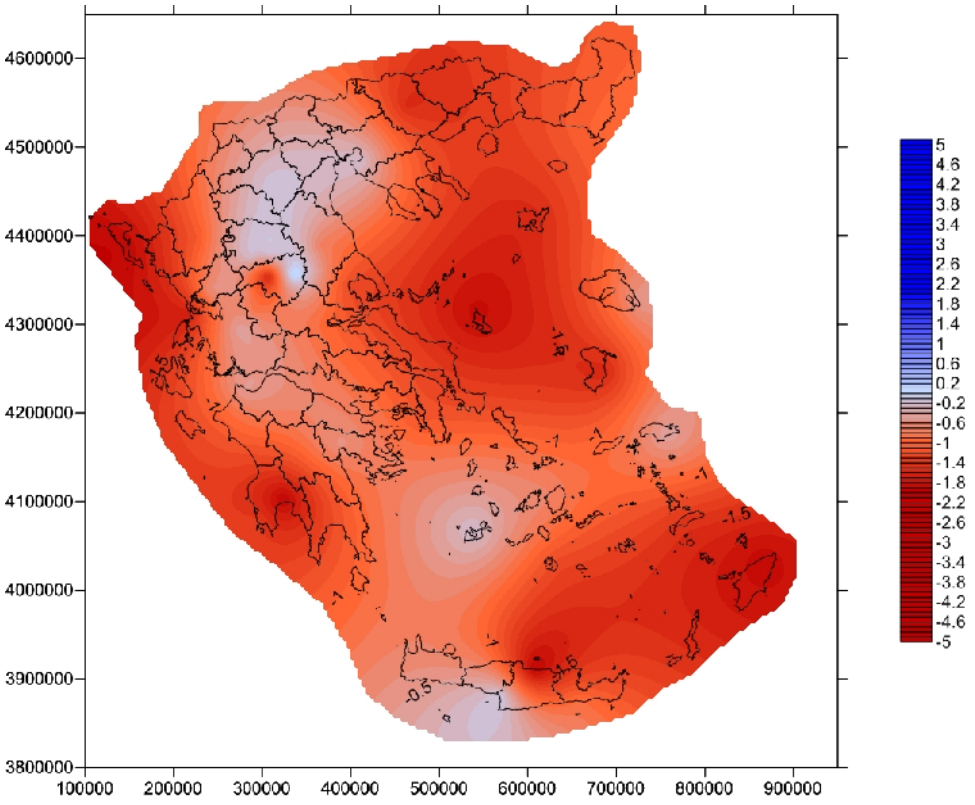
Εικόνα ΙΙΙ.73. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Ιανουάριο του 1993 (kriging)*



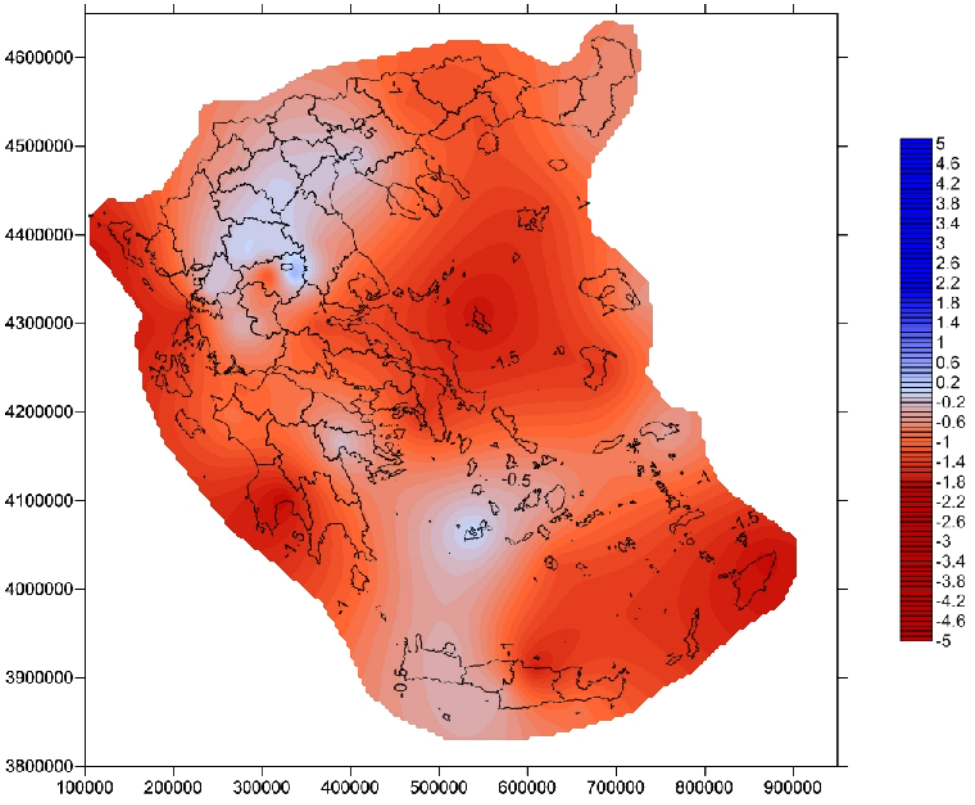
Εικόνα ΙΙΙ.74. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Φεβρουάριο του 1993 (kriging)*



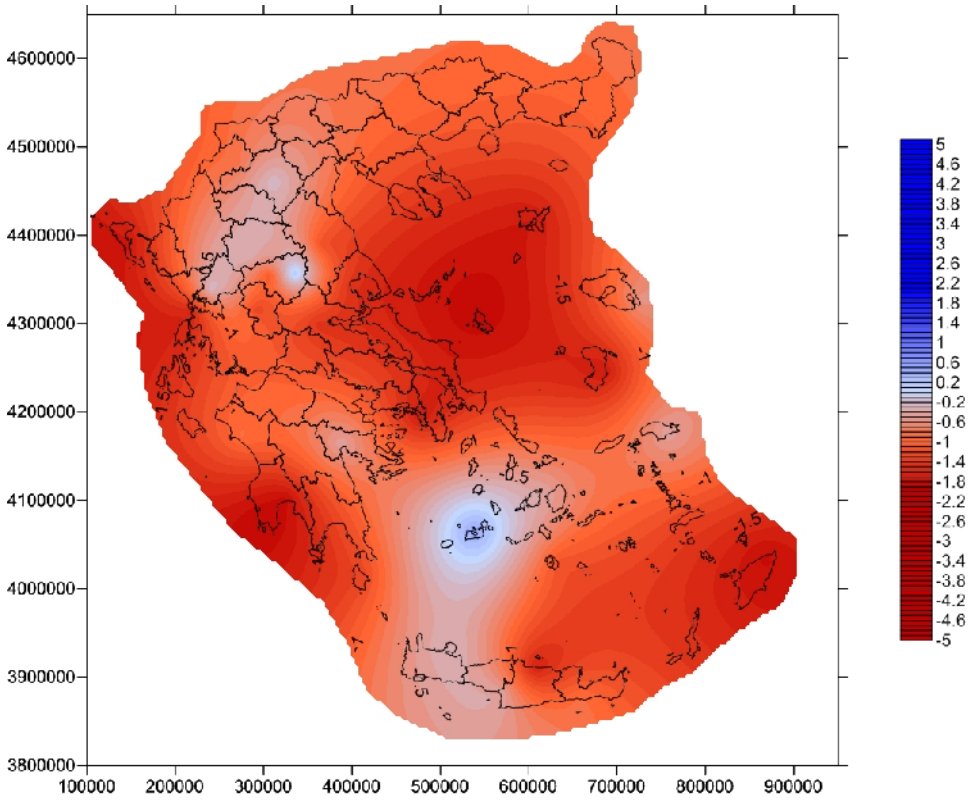
Εικόνα ΙΙΙ.75. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Μάρτιο του 1993 (kriging)*



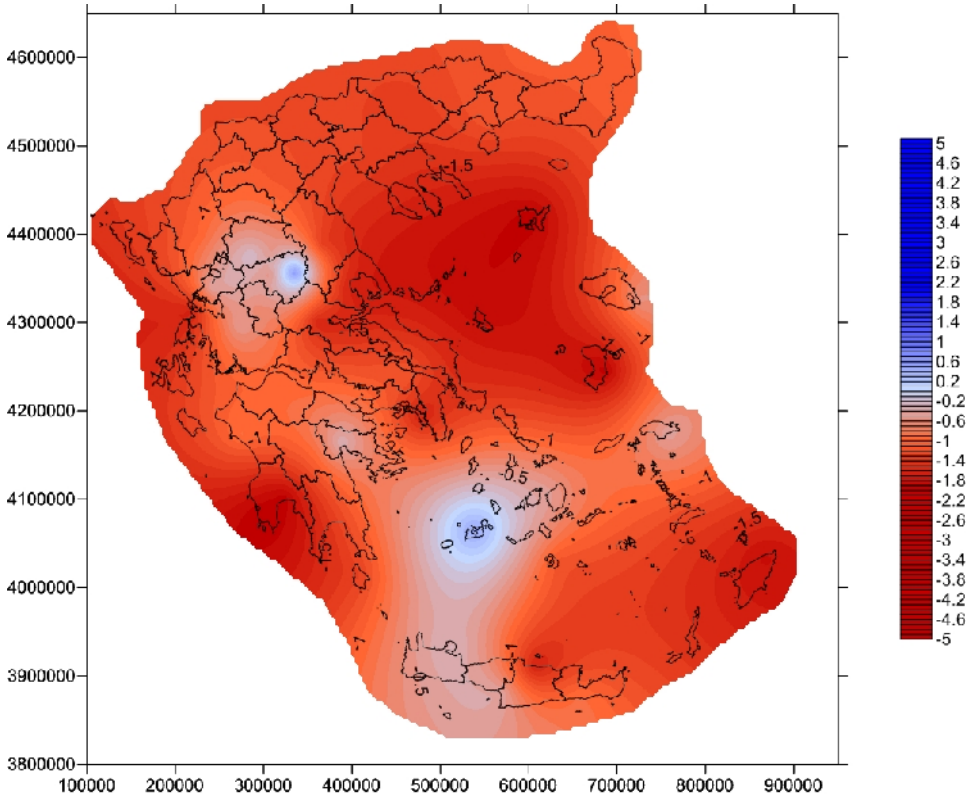
Εικόνα ΙΙΙ.76. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Απρίλιο του 1993 (kriging)*



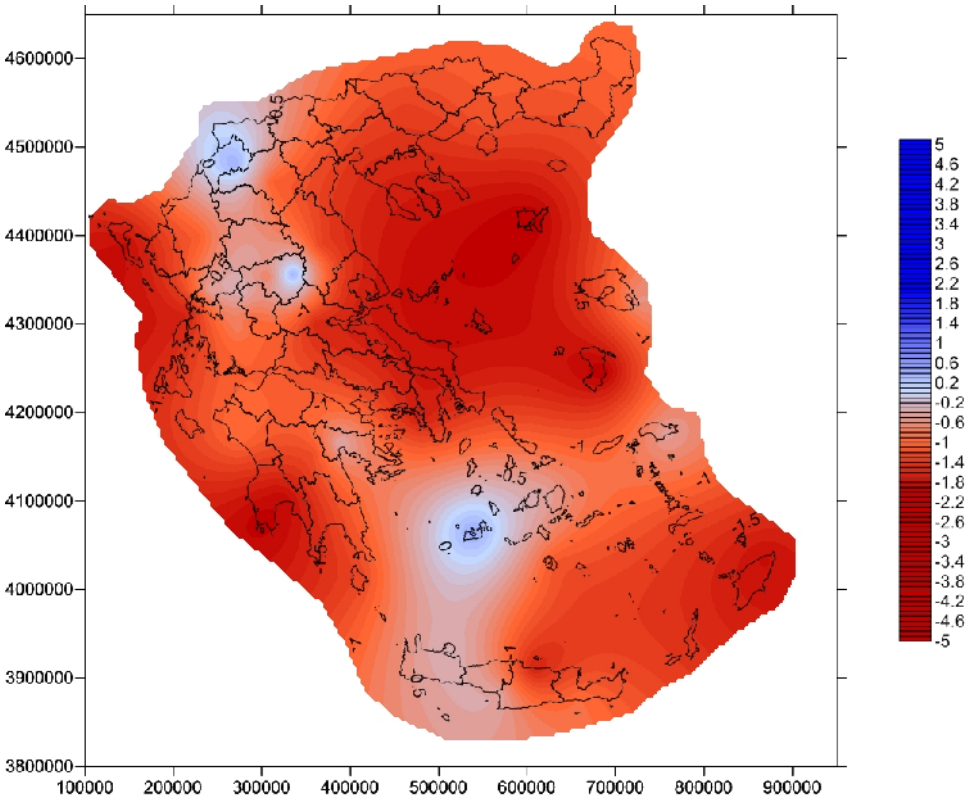
Εικόνα ΙΙΙ.77. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Μάιο του 1993 (kriging)*



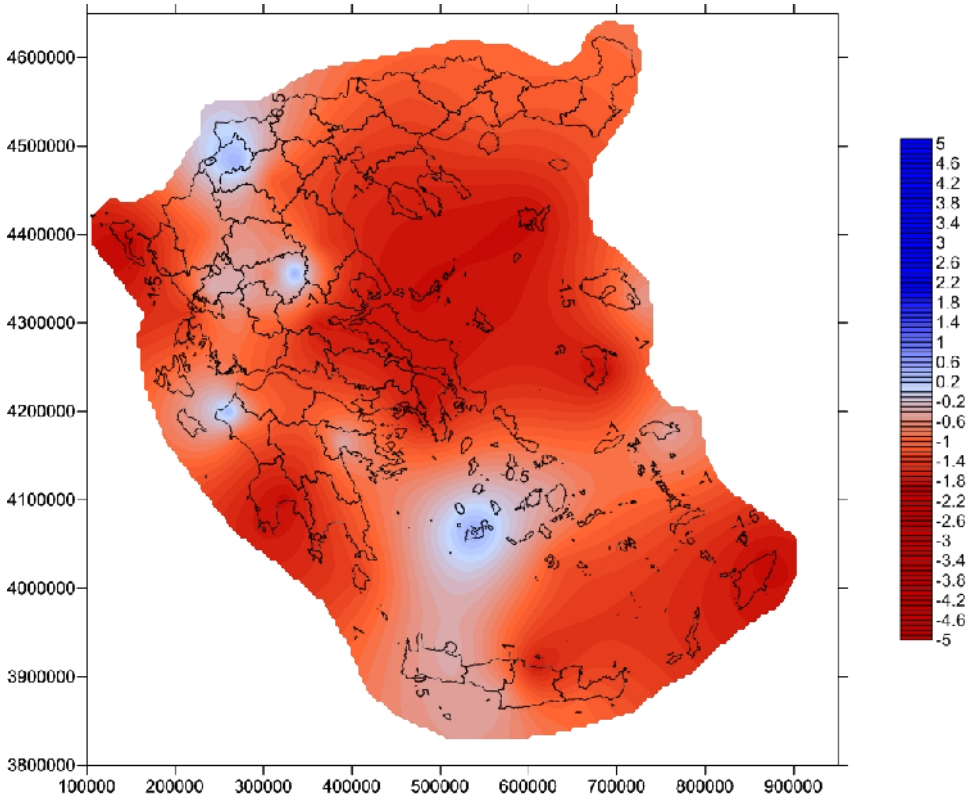
Εικόνα ΙΙΙ.78. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Ιούνιο του 1993 (kriging)*



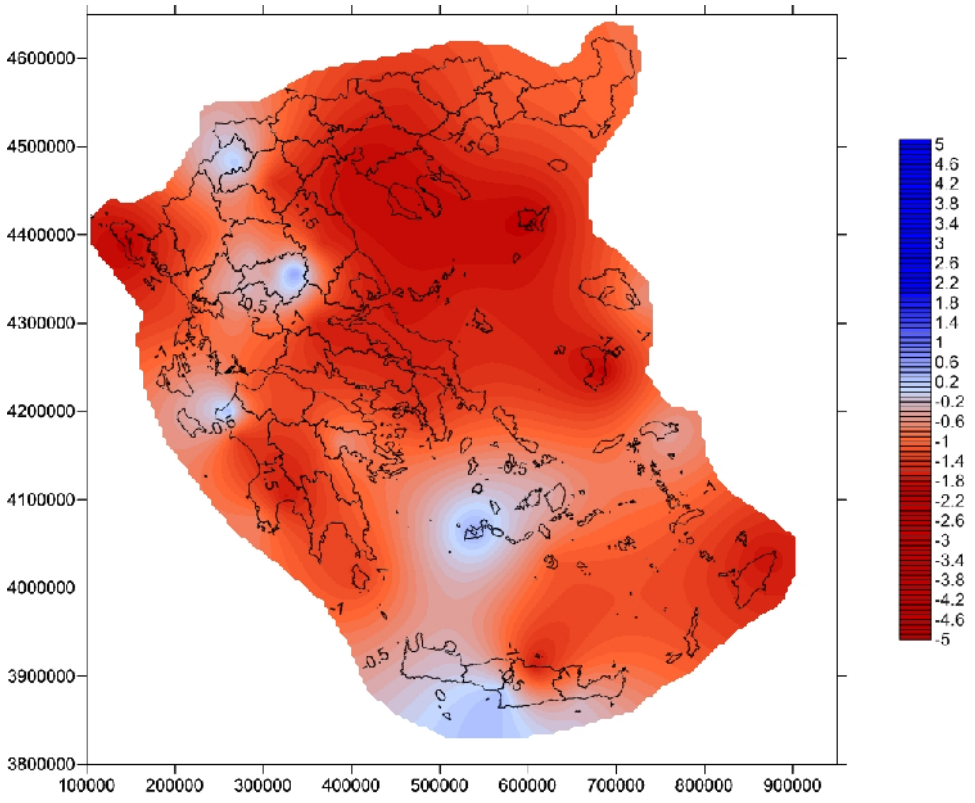
Εικόνα ΙΙΙ.79. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Ιούλιο του 1993 (kriging)*



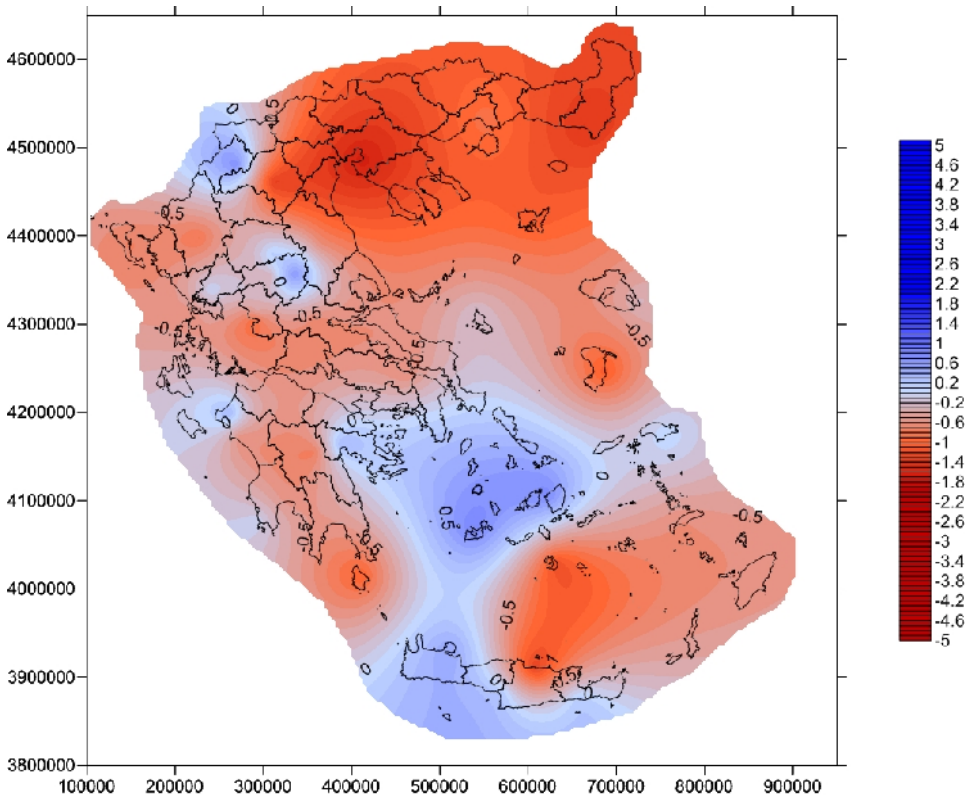
Εικόνα ΙΙΙ.80. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Αύγουστο του 1993 (kriging)*



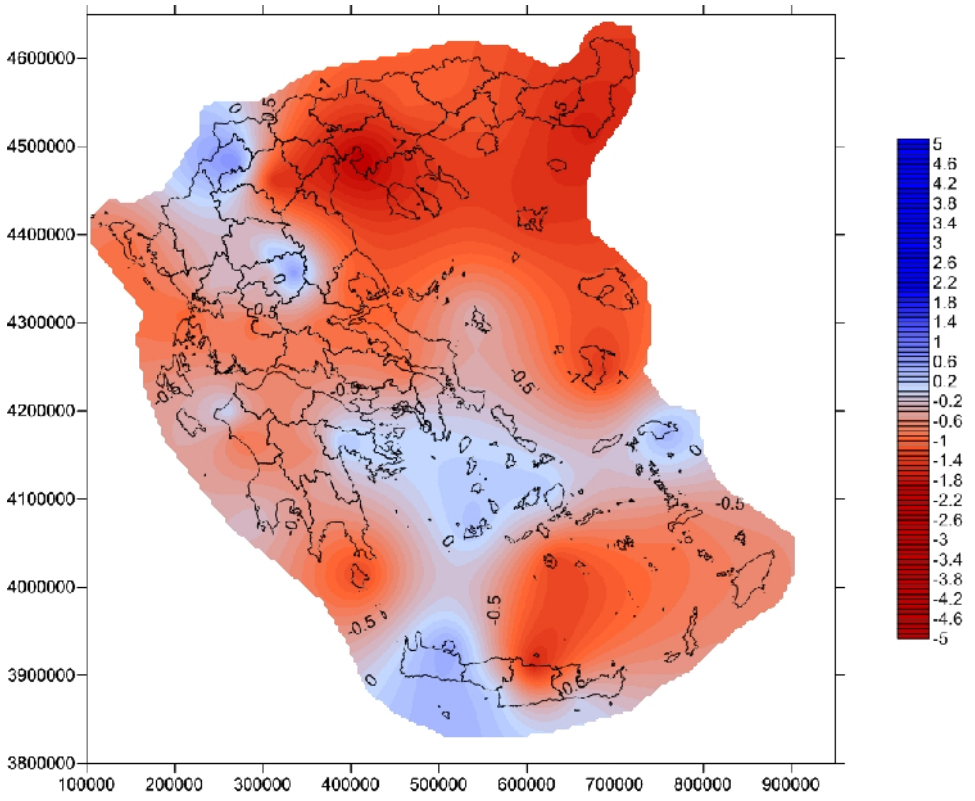
Εικόνα ΙΙΙ.81. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Σεπτέμβριο του 1993 (kriging)*



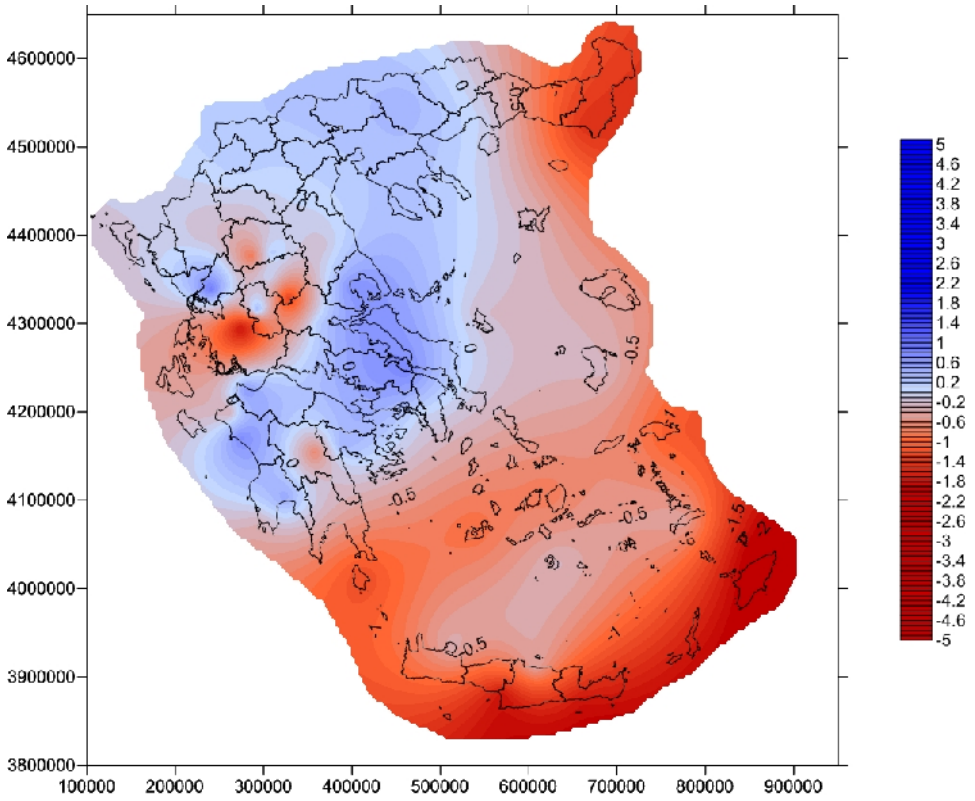
Εικόνα ΙΙΙ.82. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Οκτώβριο του 1993 (kriging)*



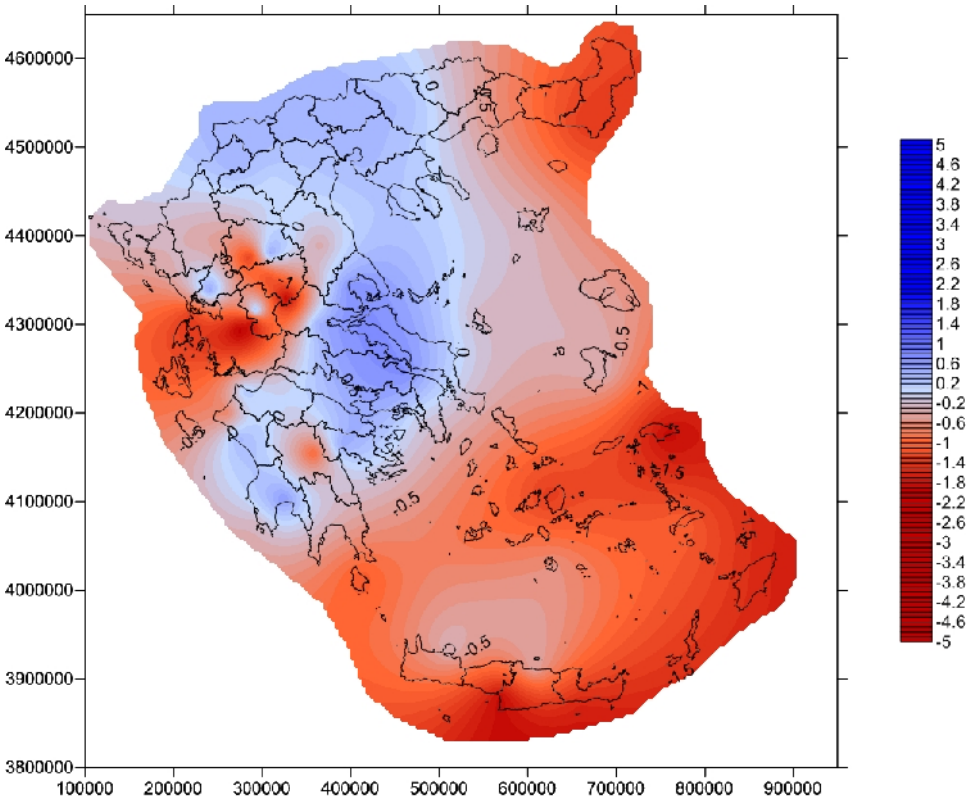
Εικόνα ΙΙΙ.83. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Νοέμβριο του 1993 (kriging)*



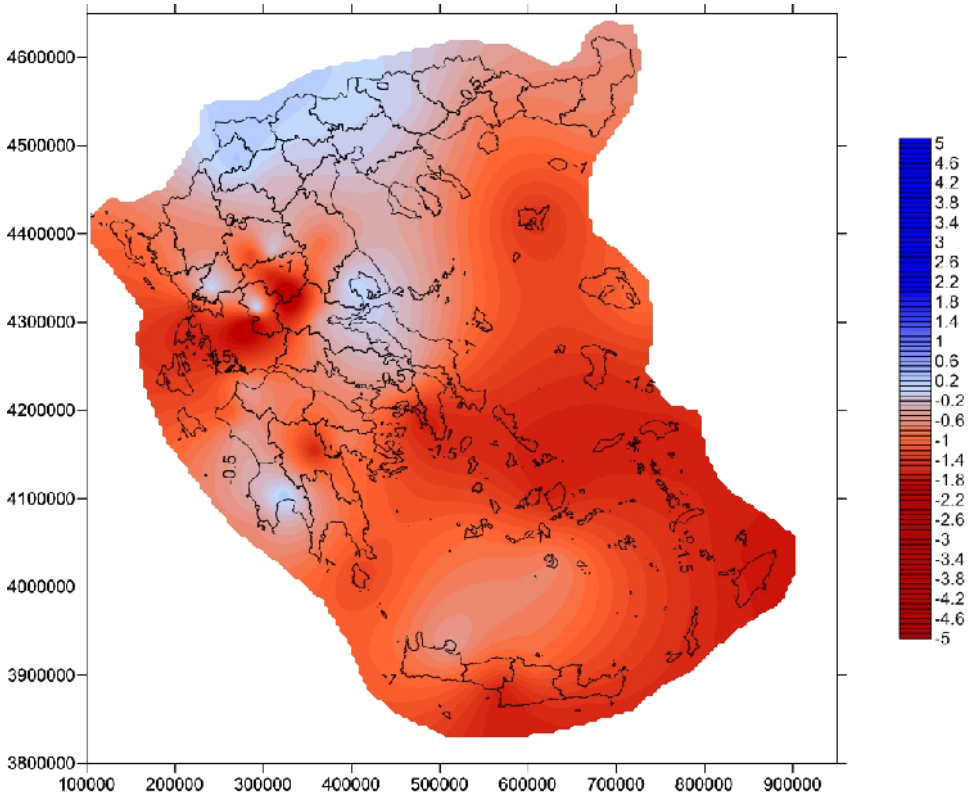
Εικόνα ΙΙΙ.84. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Δεκέμβριο του 1993 (kriging)*



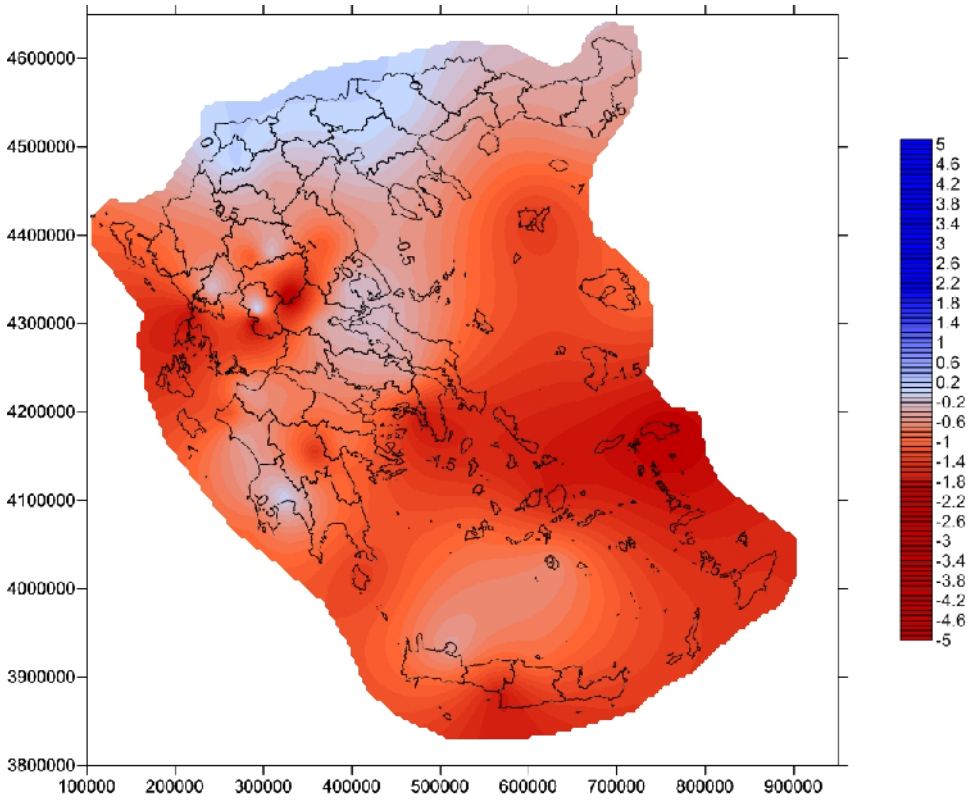
Εικόνα ΙΙΙ.85. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Ιανουάριο του 2000 (kriging)*



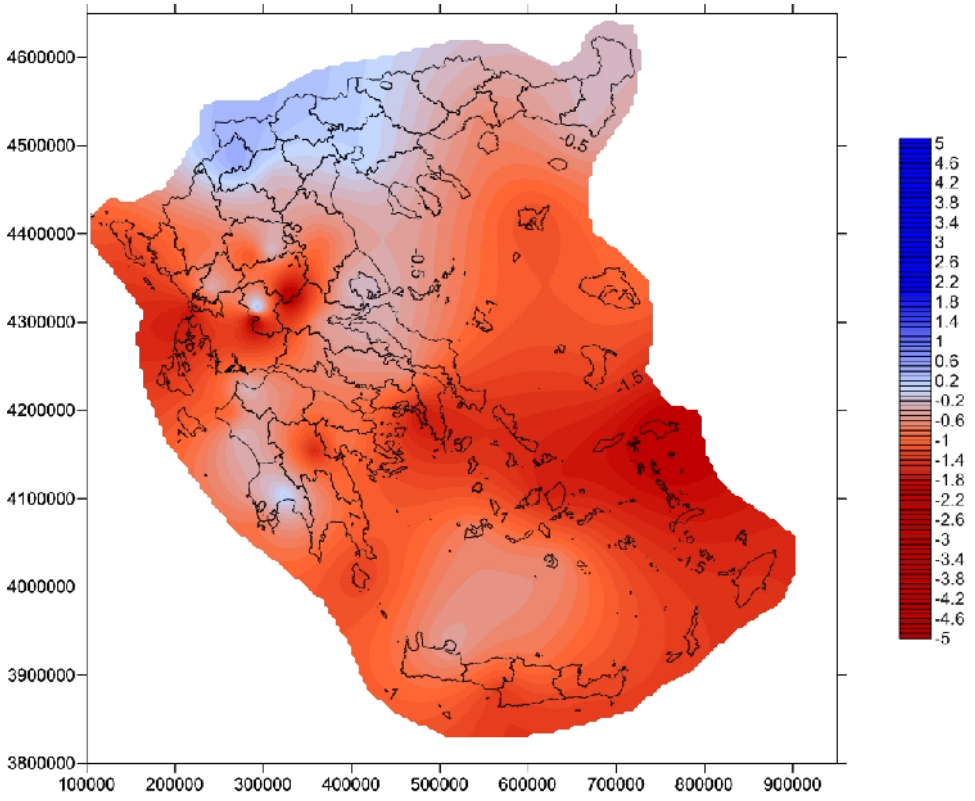
Εικόνα ΙΙΙ.86. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Φεβρουάριο του 2000 (kriging)*



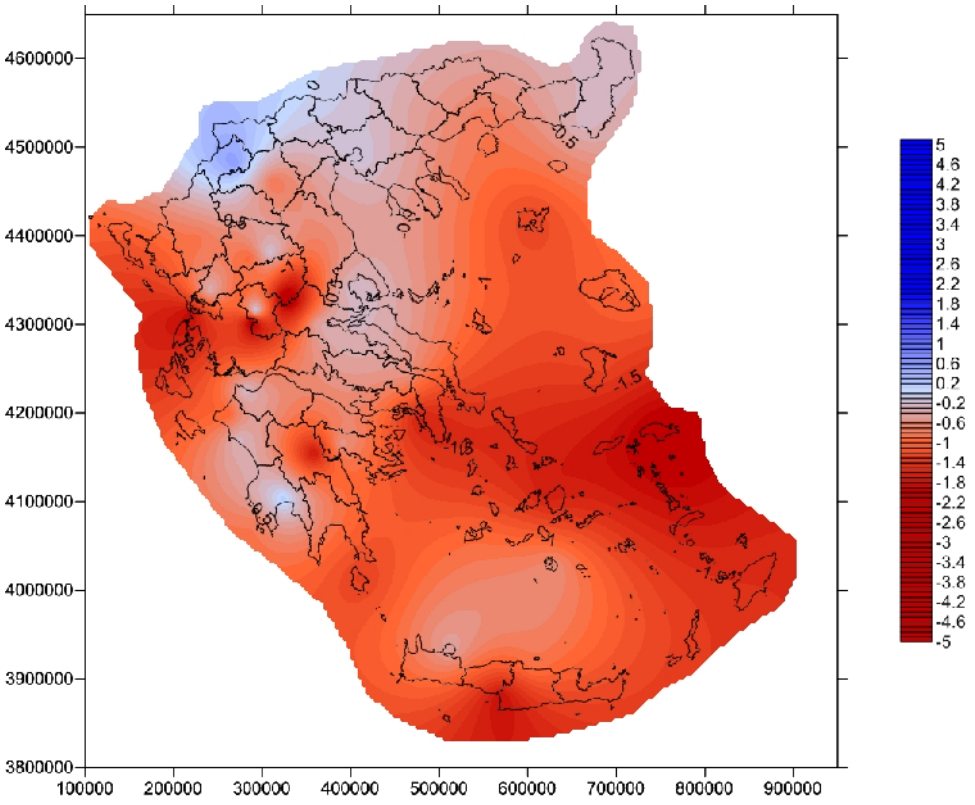
Εικόνα ΙΙΙ.87. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Μάρτιο του 2000 (kriging)*



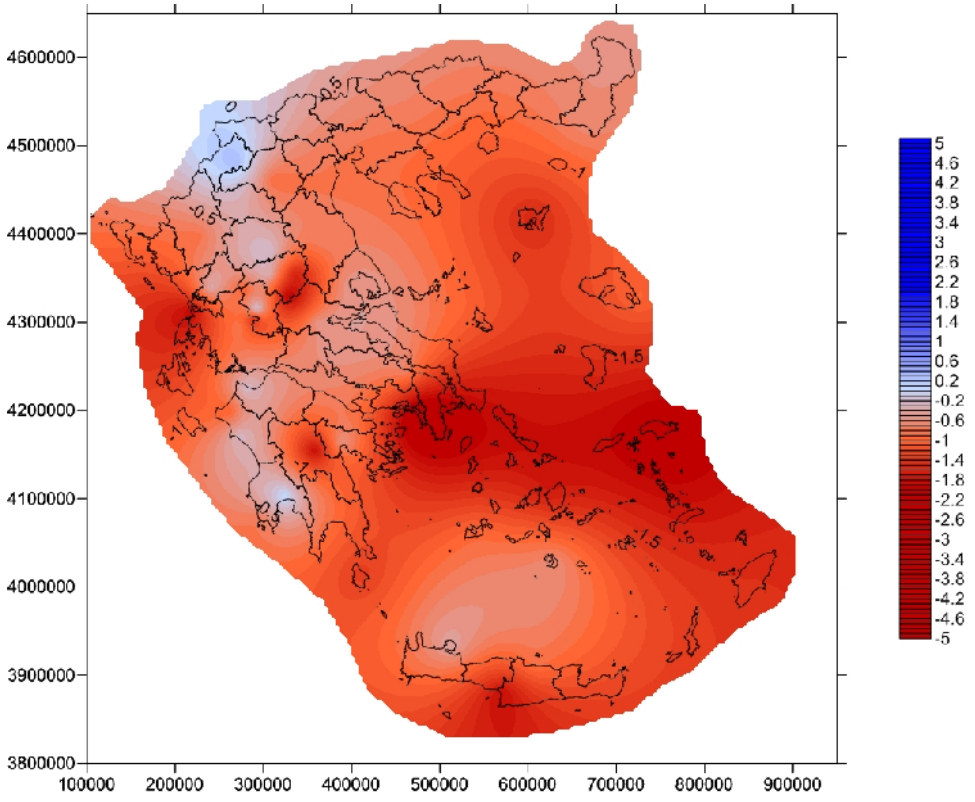
Εικόνα ΙΙΙ.88. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Απρίλιο του 2000 (kriging)*



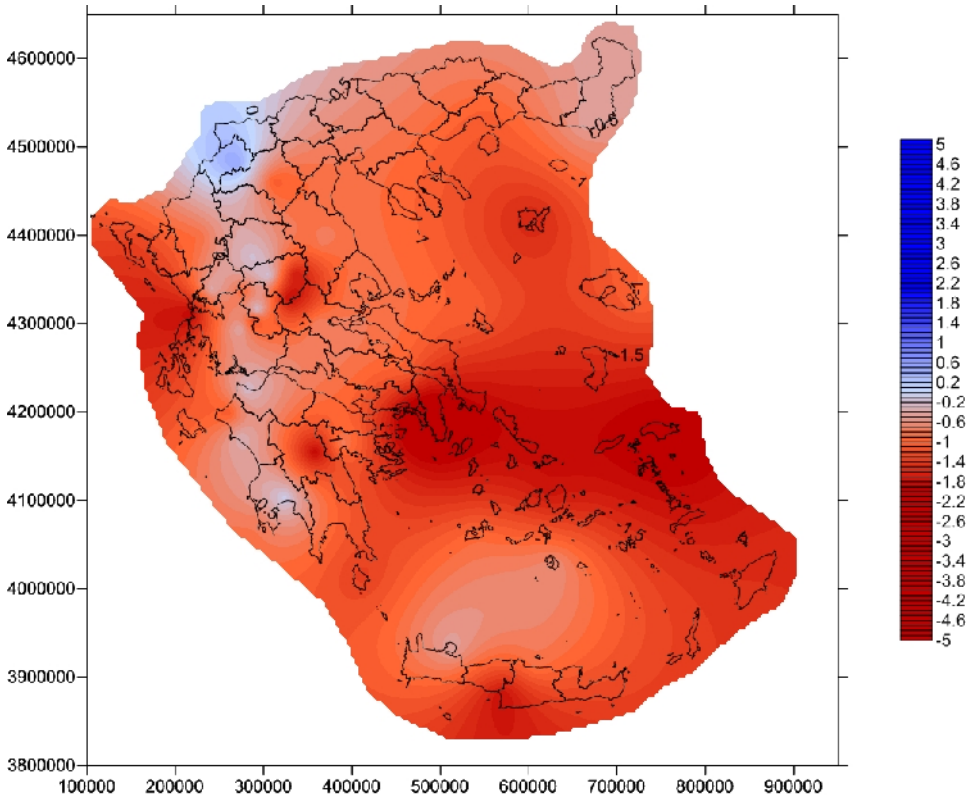
Εικόνα ΙΙΙ.89. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Μάιο του 2000 (kriging)*



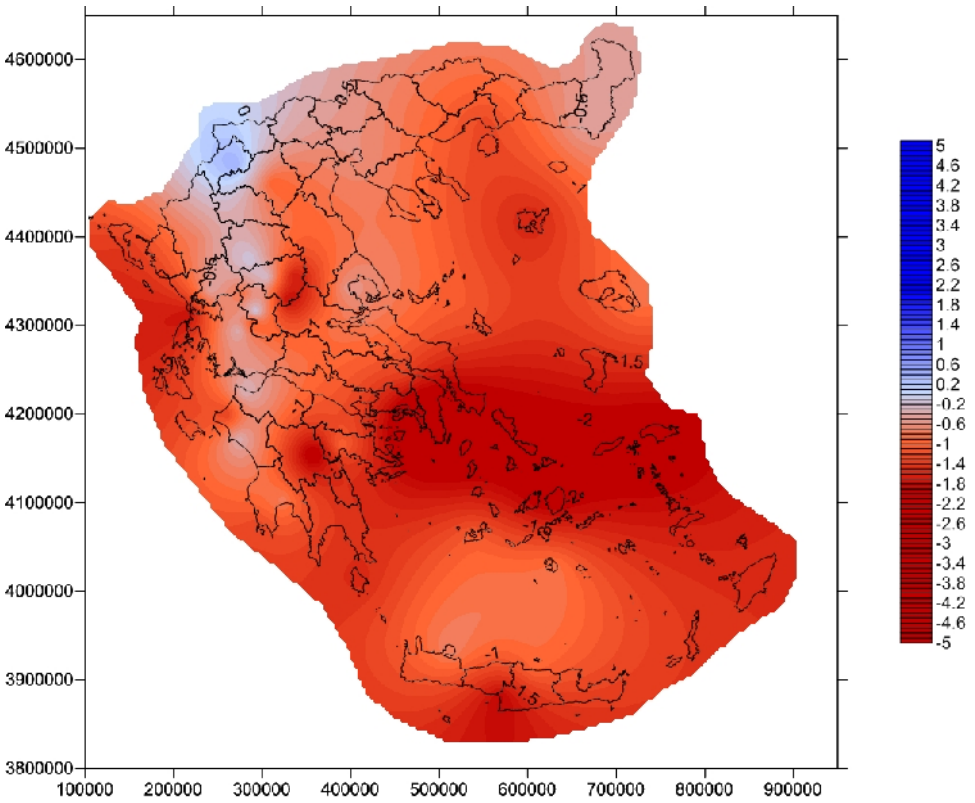
Εικόνα ΙΙΙ.90. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Ιούνιο του 2000 (kriging)*



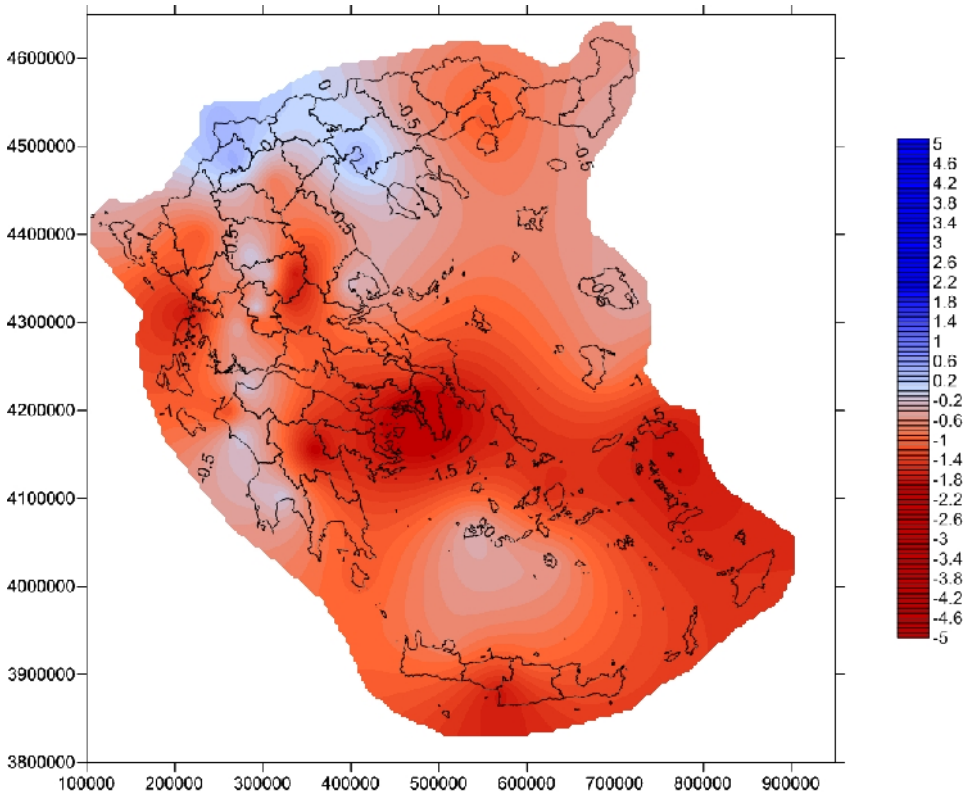
Εικόνα ΙΙΙ.91. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Ιούλιο του 2000 (kriging)*



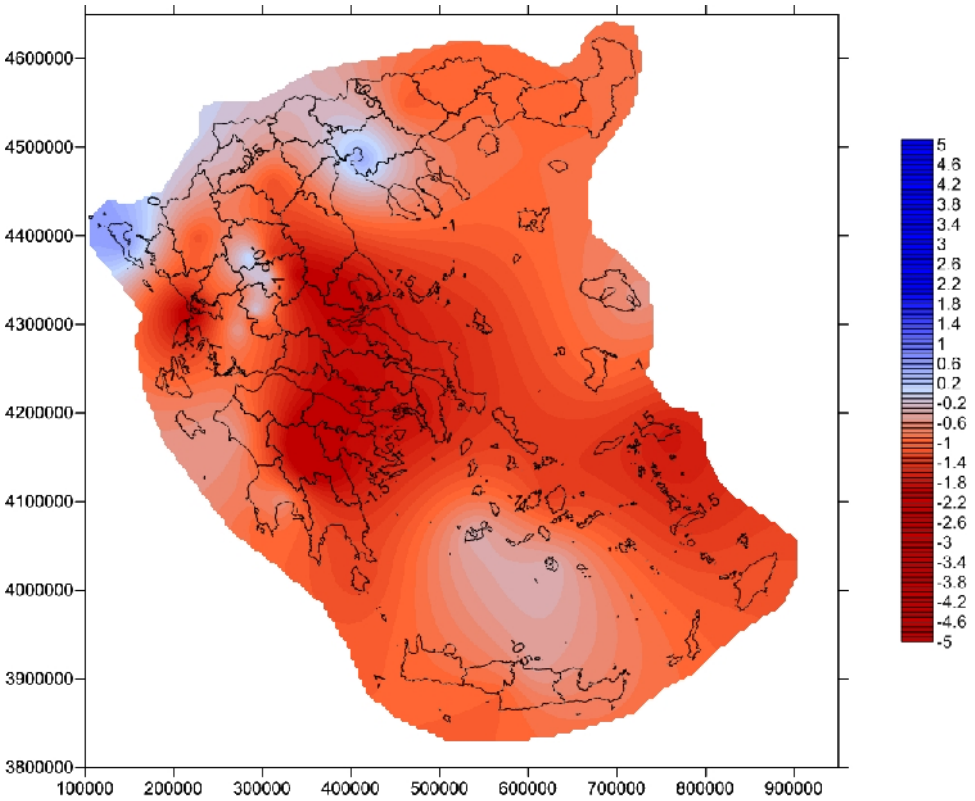
Εικόνα ΙΙΙ.92. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Αύγουστο του 2000 (kriging)*



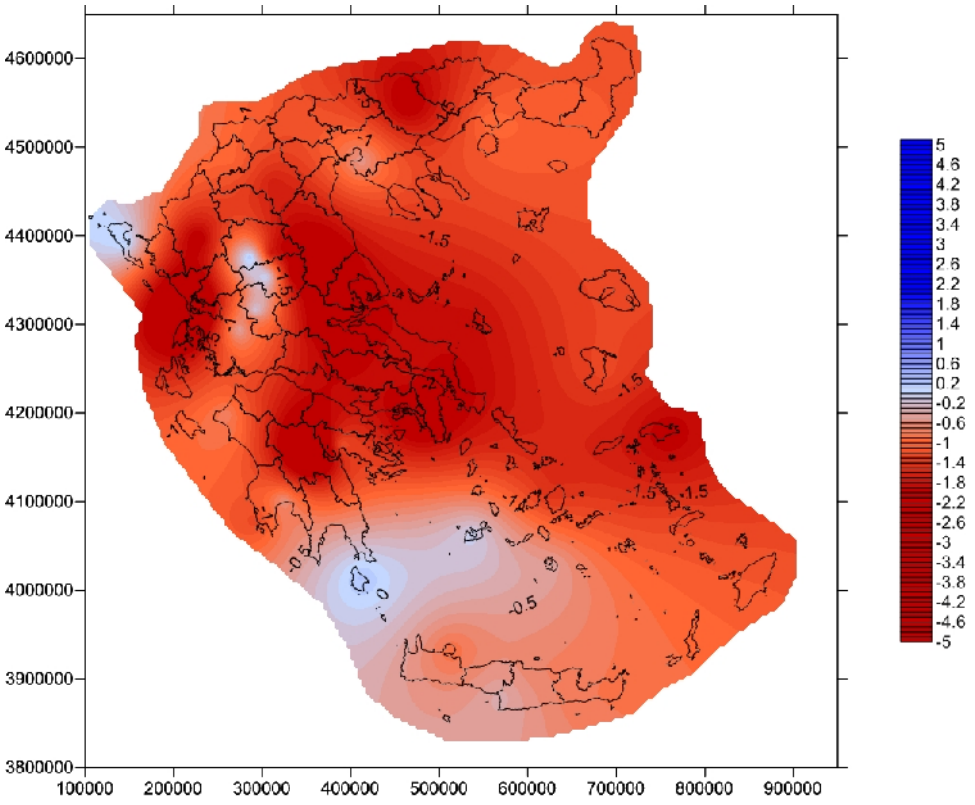
Εικόνα ΙΙΙ.93. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Σεπτέμβριο του 2000 (kriging)*



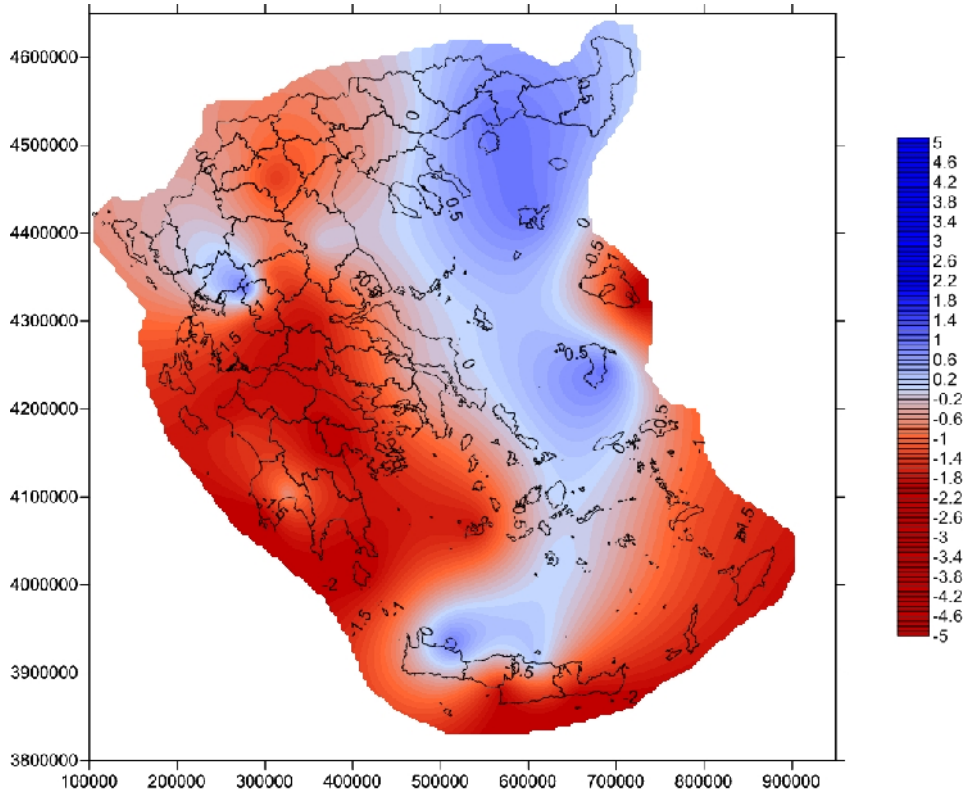
Εικόνα ΙΙΙ.94. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Οκτώβριο του 2000 (kriging)*



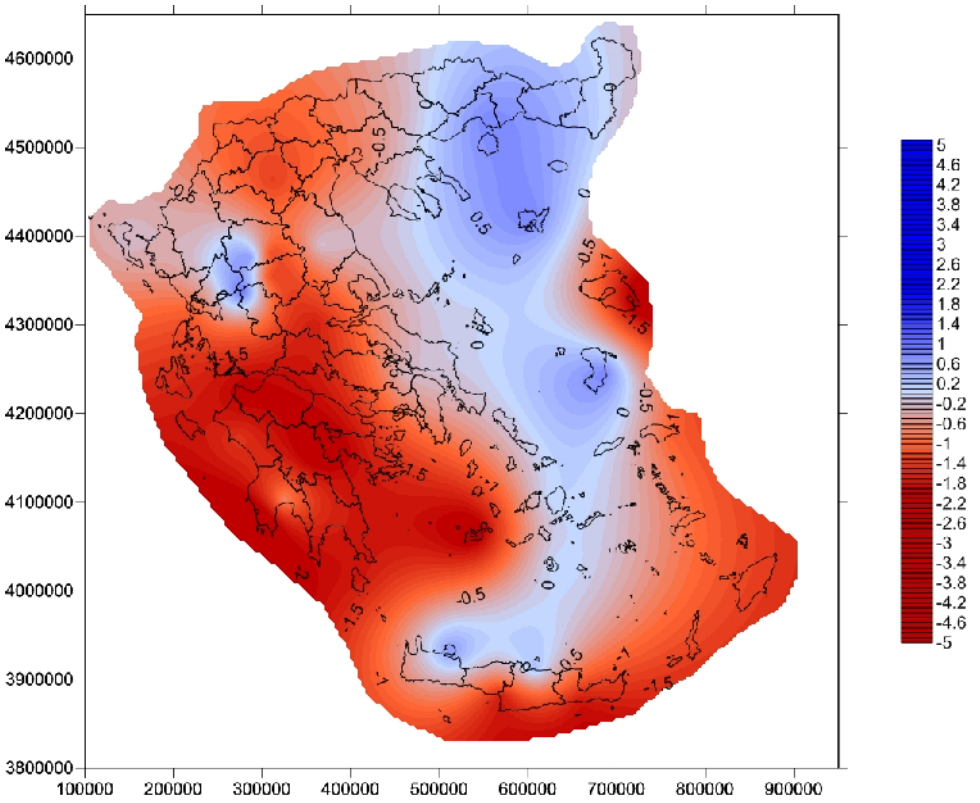
Εικόνα ΙΙΙ.95. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Νοέμβριο του 2000 (kriging)*



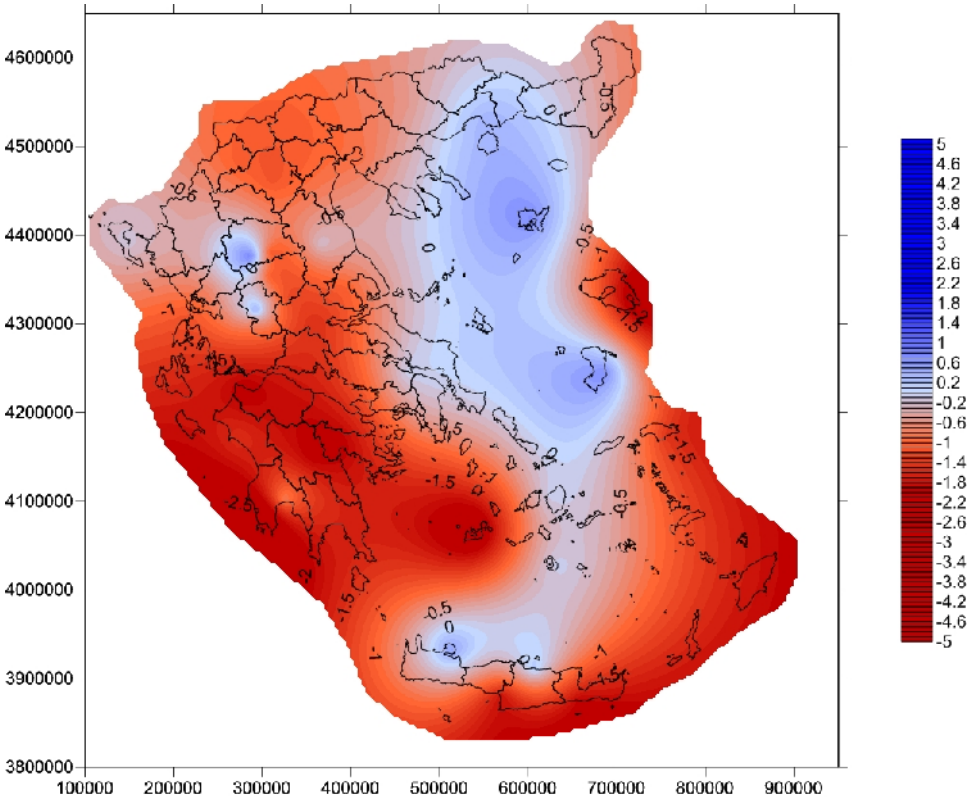
Εικόνα ΙΙΙ.96. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Δεκέμβριο του 2000 (kriging)*



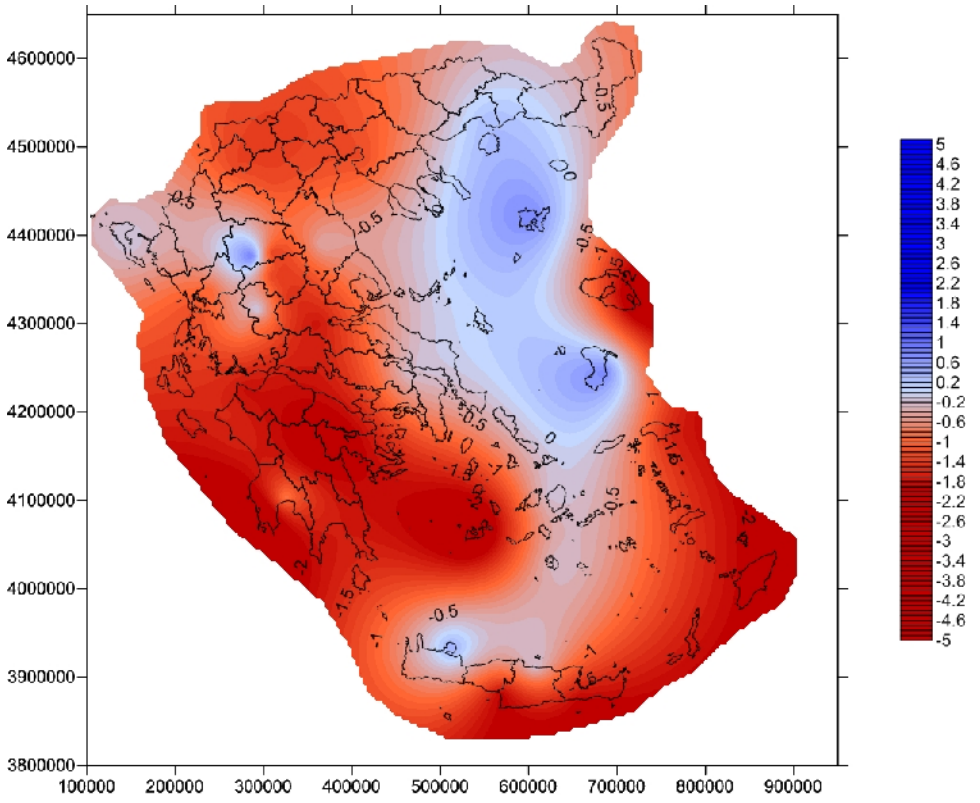
Εικόνα ΙΙΙ.97. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Ιανουάριο του 2007 (kriging)*



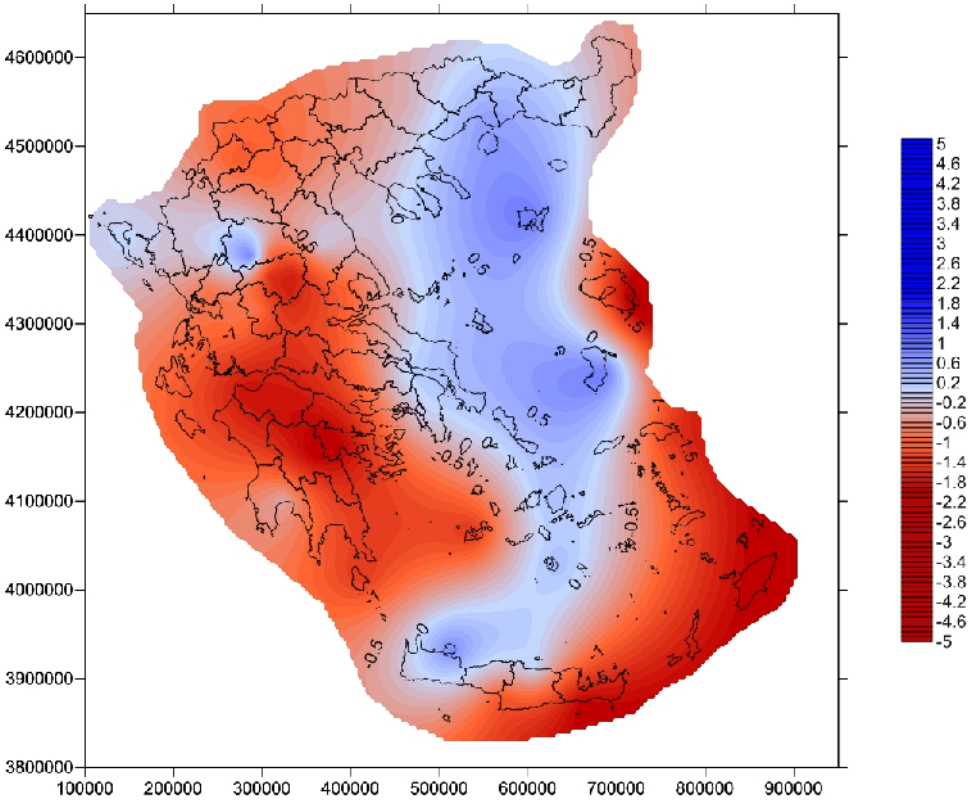
Εικόνα ΙΙΙ.98. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Φεβρουάριο του 2007 (kriging)*



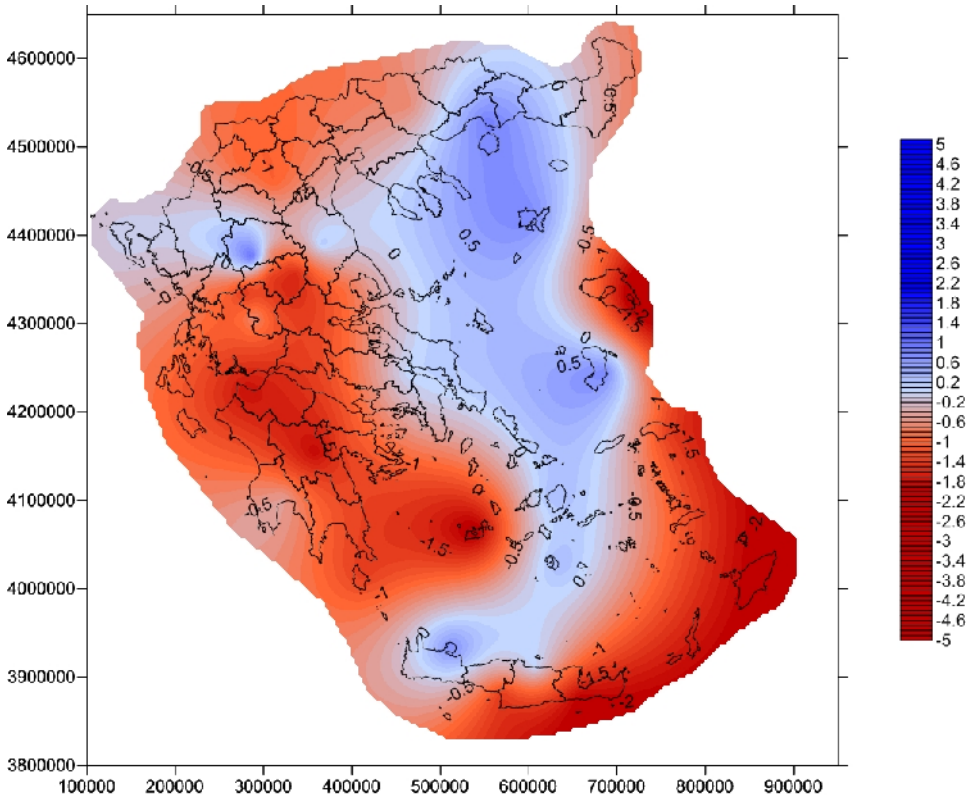
Εικόνα ΙΙΙ.99. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Μάρτιο του 2007 (kriging)*



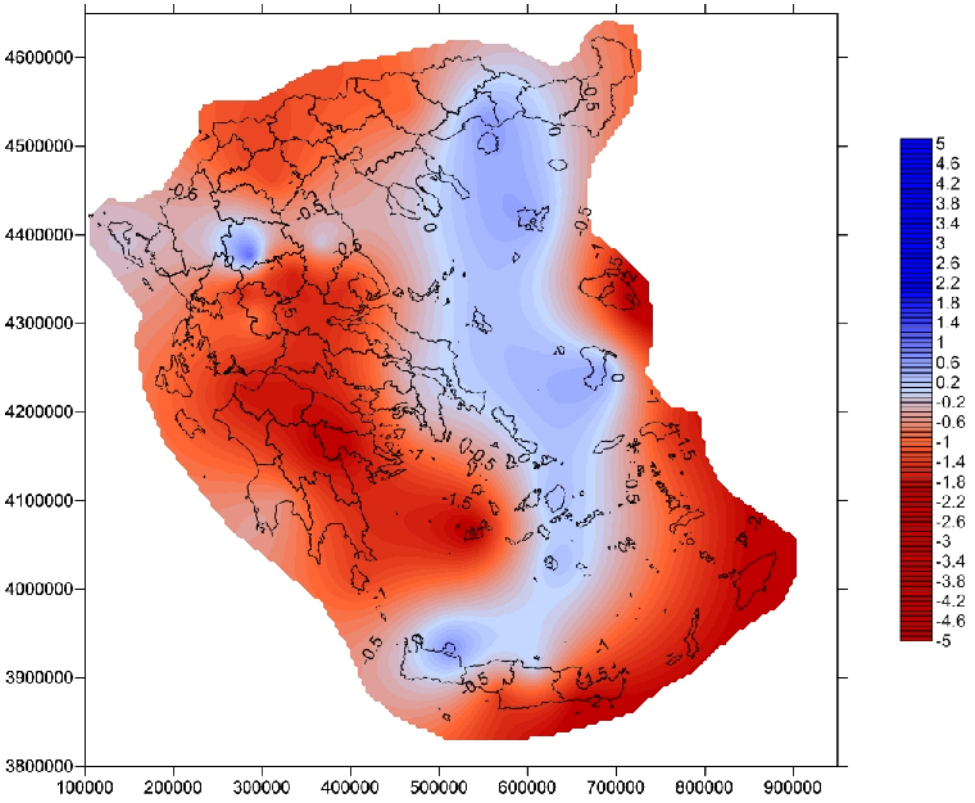
Εικόνα ΙΙΙ.100. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Απρίλιο του 2007 (kriging)*



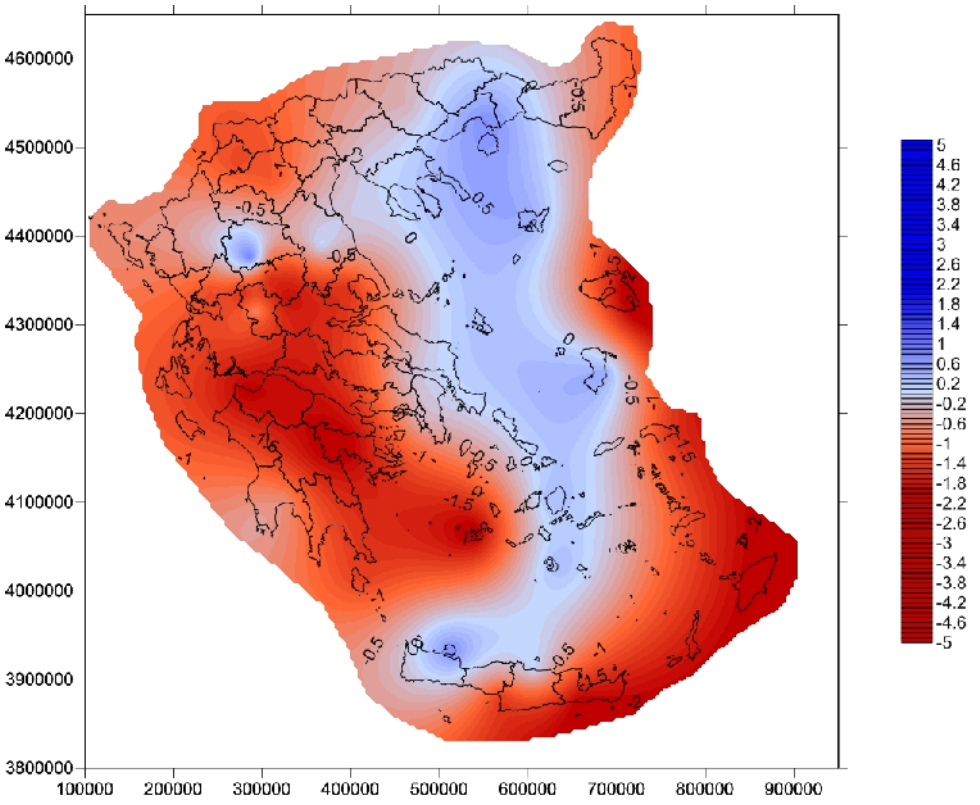
Εικόνα ΙΙΙ.101. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Μάιο του 2007 (kriging)*



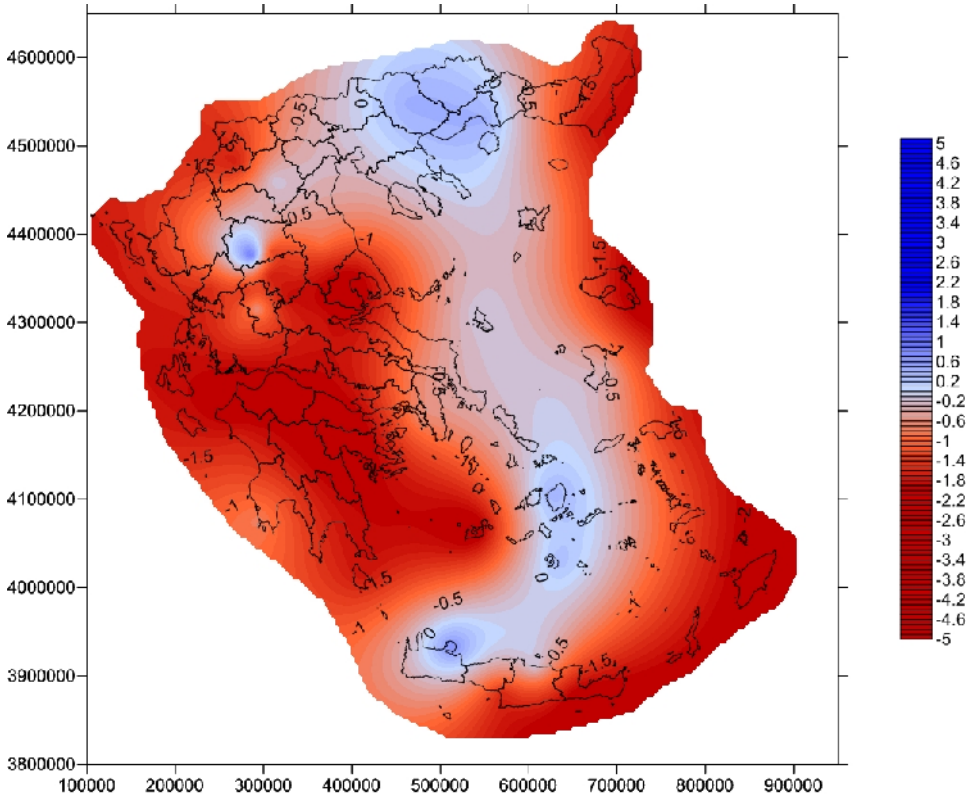
Εικόνα ΙΙΙ.102. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Ιούνιο του 2007 (kriging)*



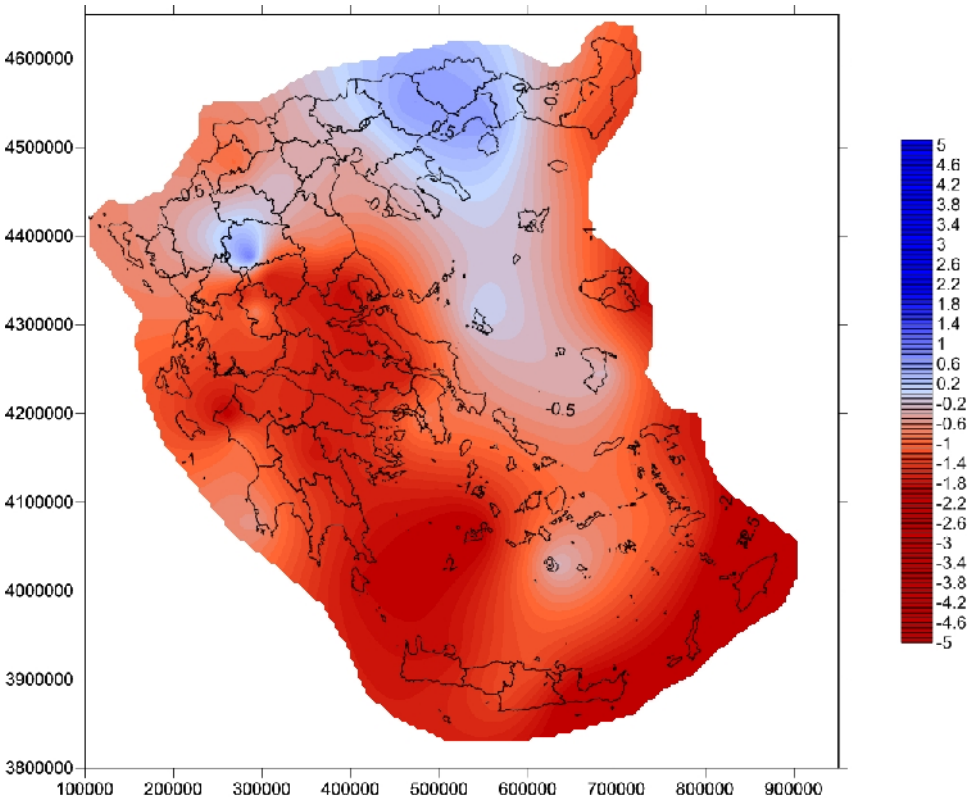
Εικόνα ΙΙΙ.103. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Ιούλιο του 2007 (kriging)*



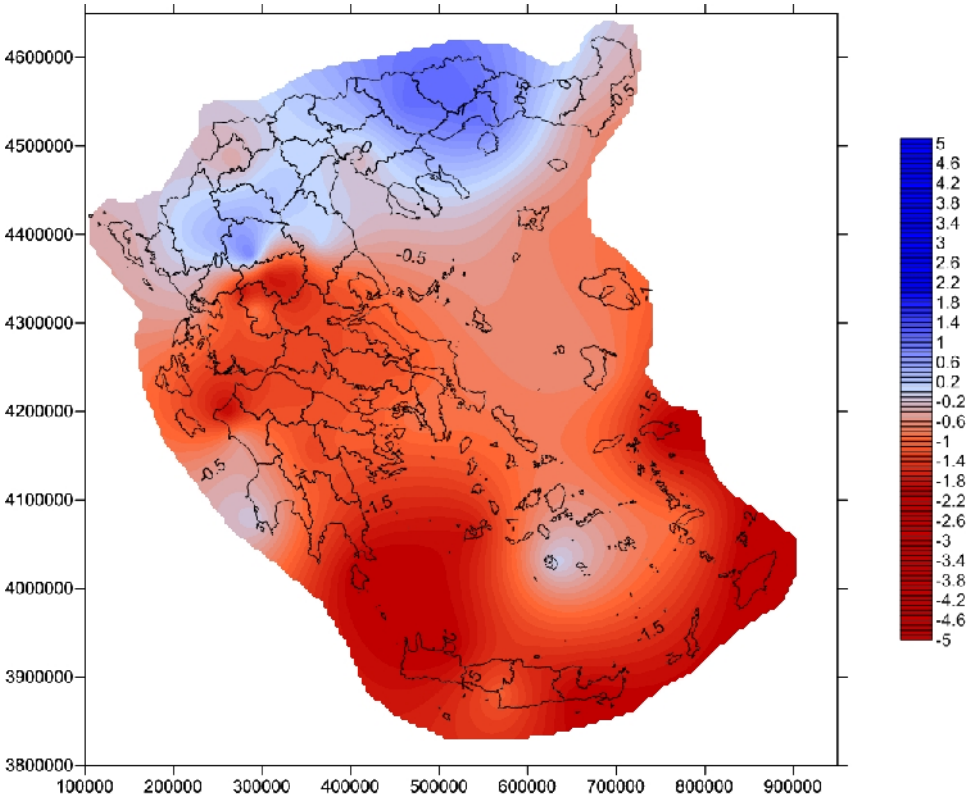
Εικόνα ΙΙΙ.104. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Αύγουστο του 2007 (kriging)*



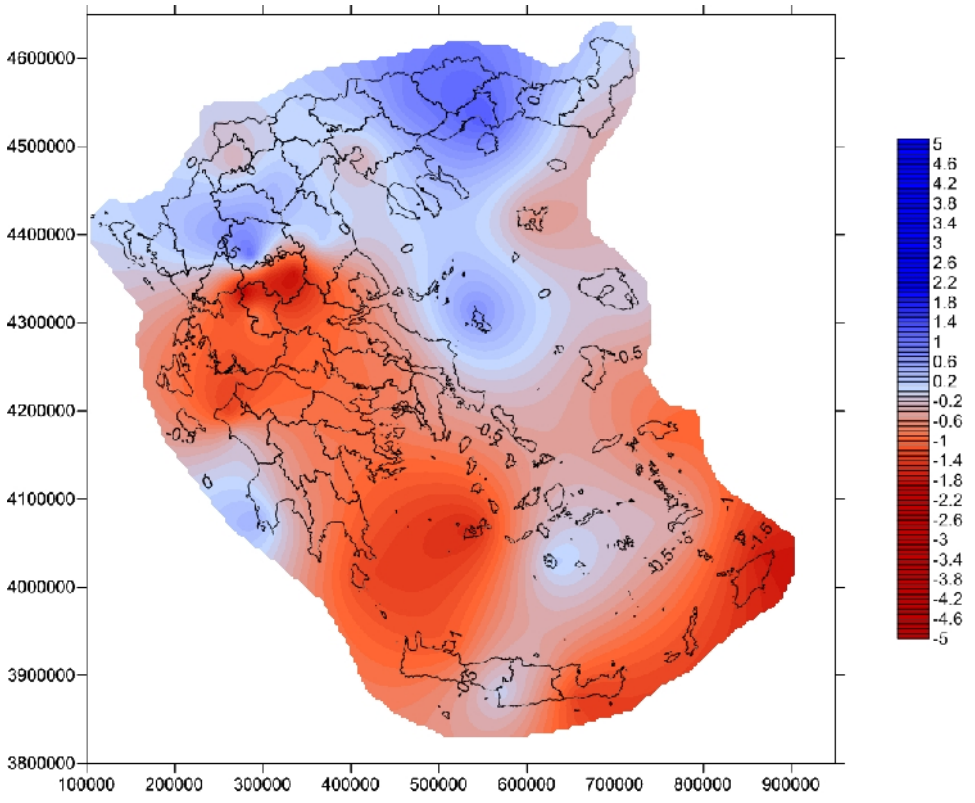
Εικόνα ΙΙΙ.105. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Σεπτέμβριο του 2007 (kriging)*



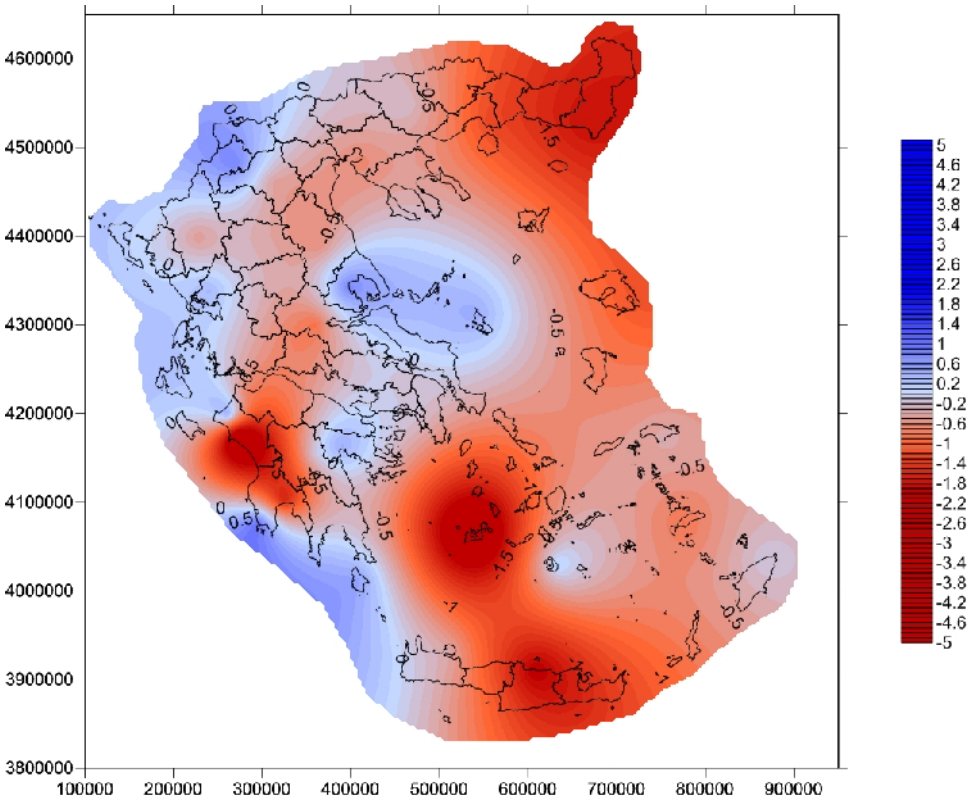
Εικόνα ΙΙΙ.106. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Οκτώβριο του 2007 (kriging)*



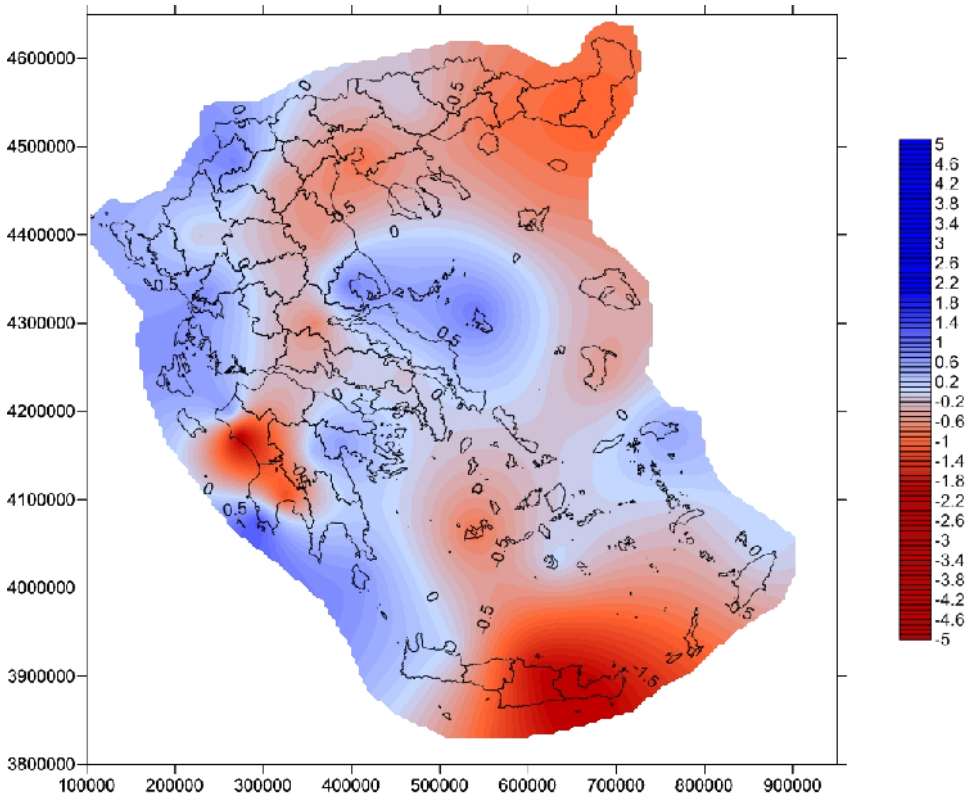
Εικόνα ΙΙΙ.107. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Νοέμβριο του 2007 (kriging)*



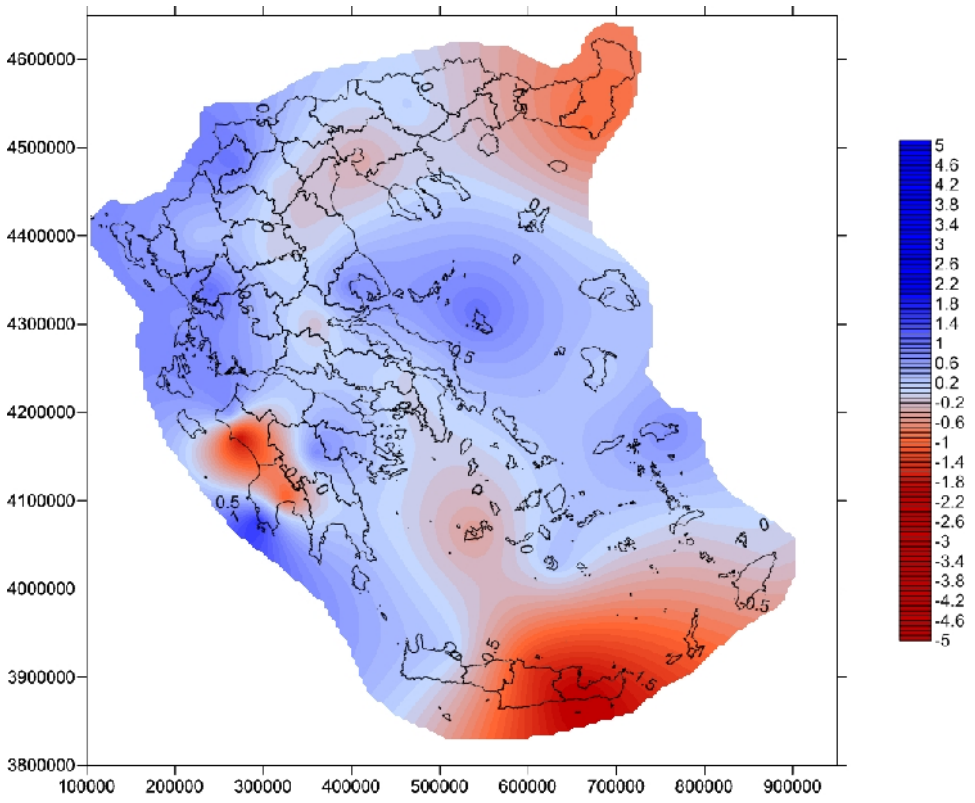
Εικόνα ΙΙΙ.108. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Δεκέμβριο του 2007 (kriging)*



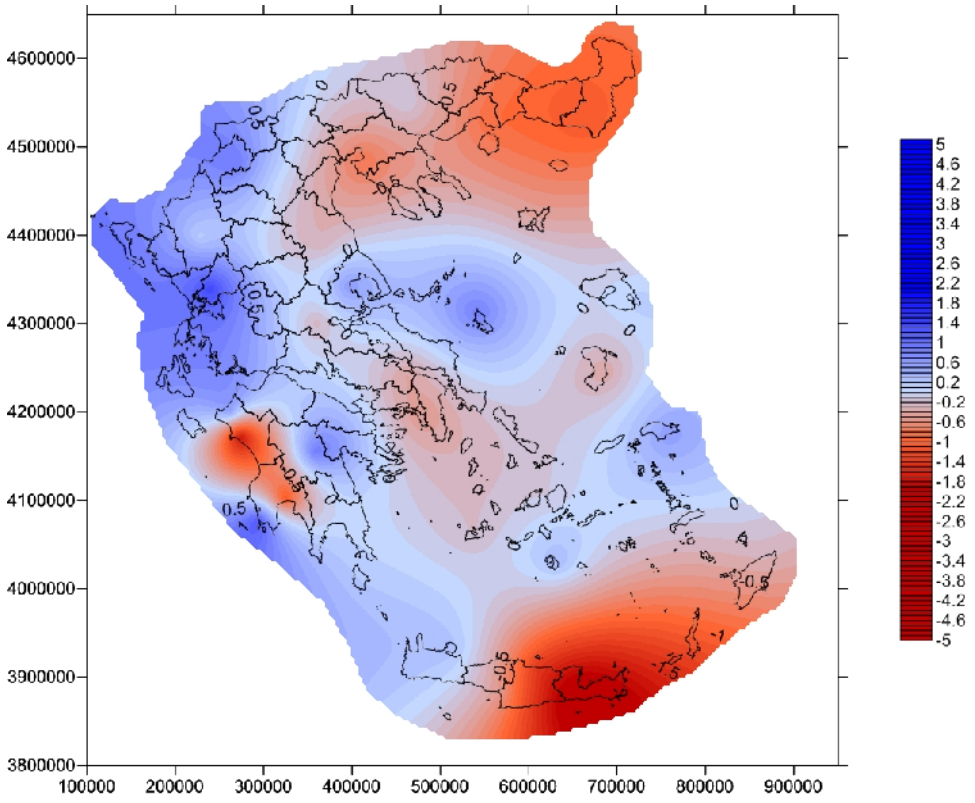
Εικόνα ΙΙΙ.109. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Ιανουάριο του 2009 (kriging)*



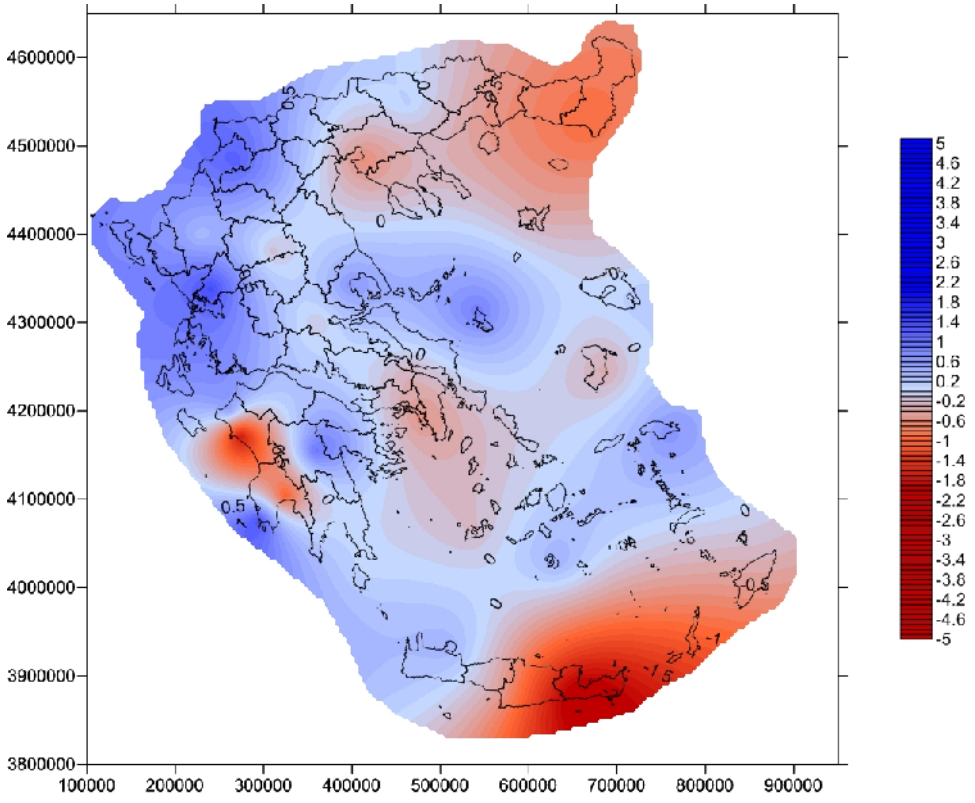
Εικόνα ΙΙΙ.110. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Φεβρουάριο του 2009 (kriging)*



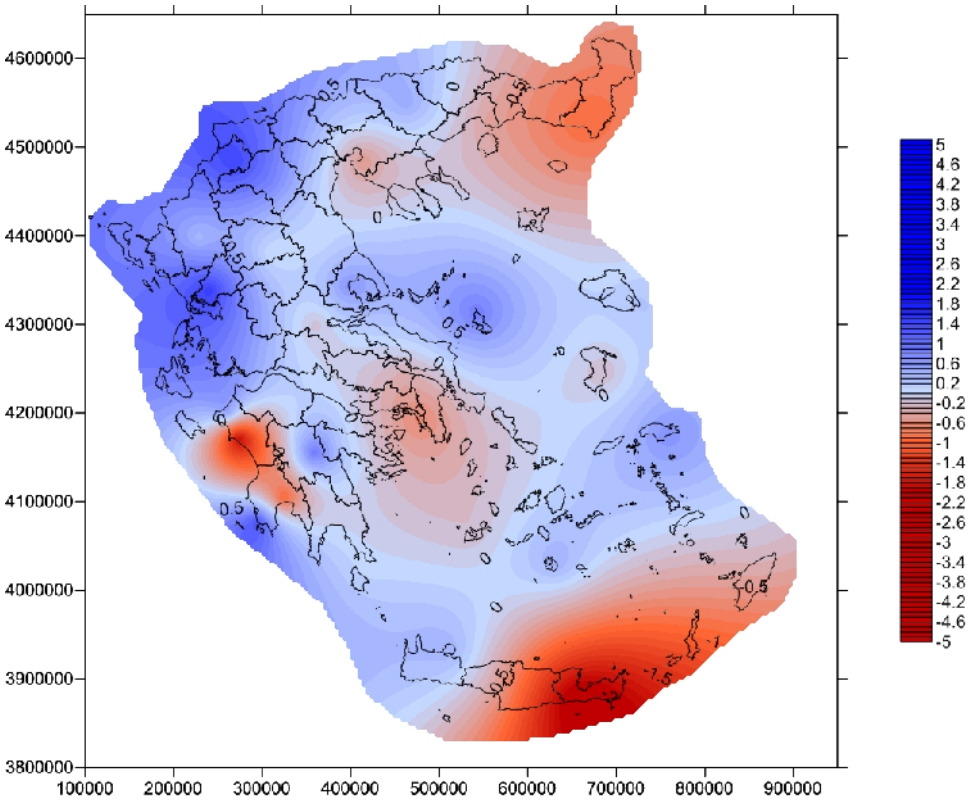
Εικόνα ΙΙΙ.111. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Μάρτιο του 2009 (kriging)*



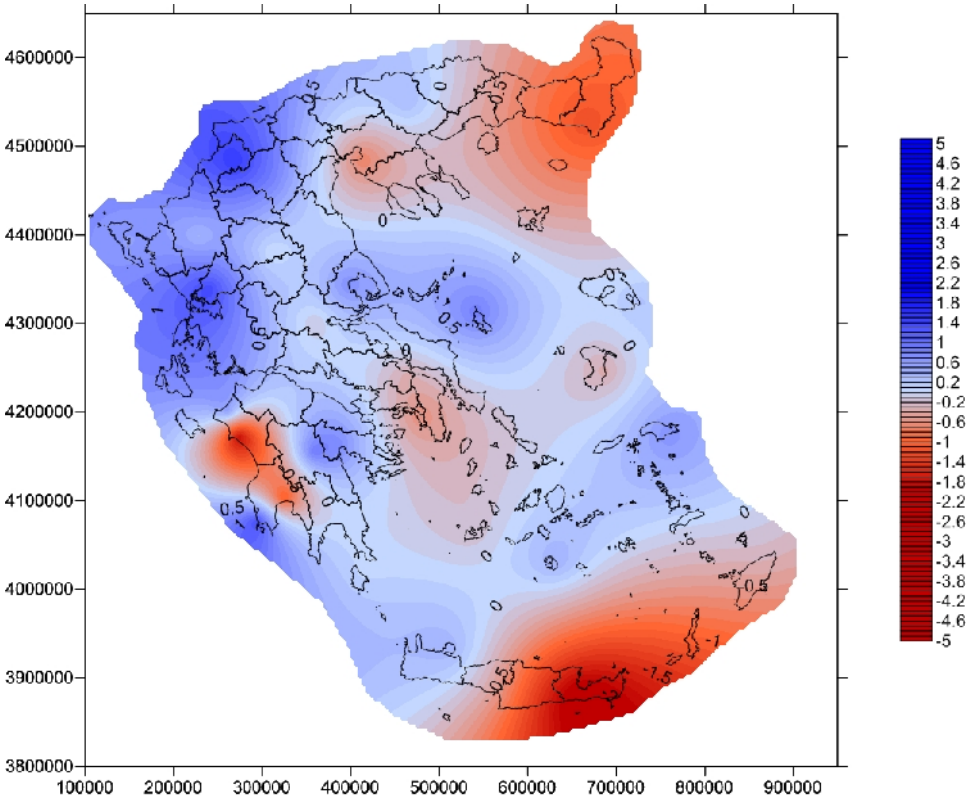
Εικόνα ΙΙΙ.112. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Απρίλιο του 2009 (kriging)*



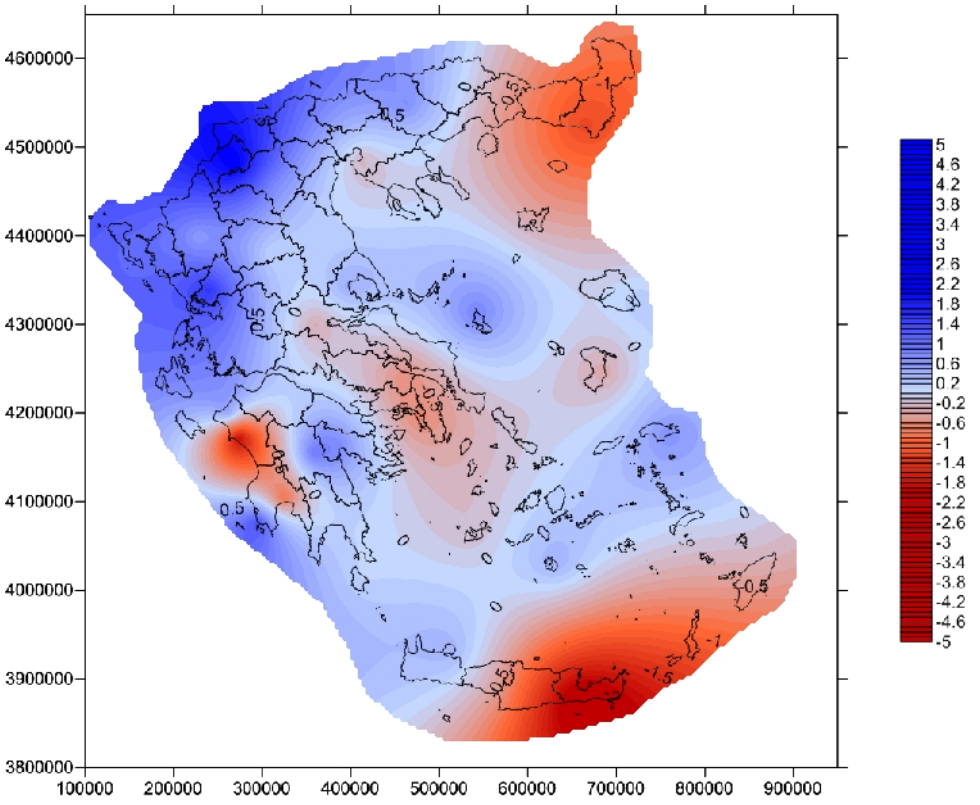
Εικόνα ΙΙΙ.113. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Μάιο του 2009 (kriging)*



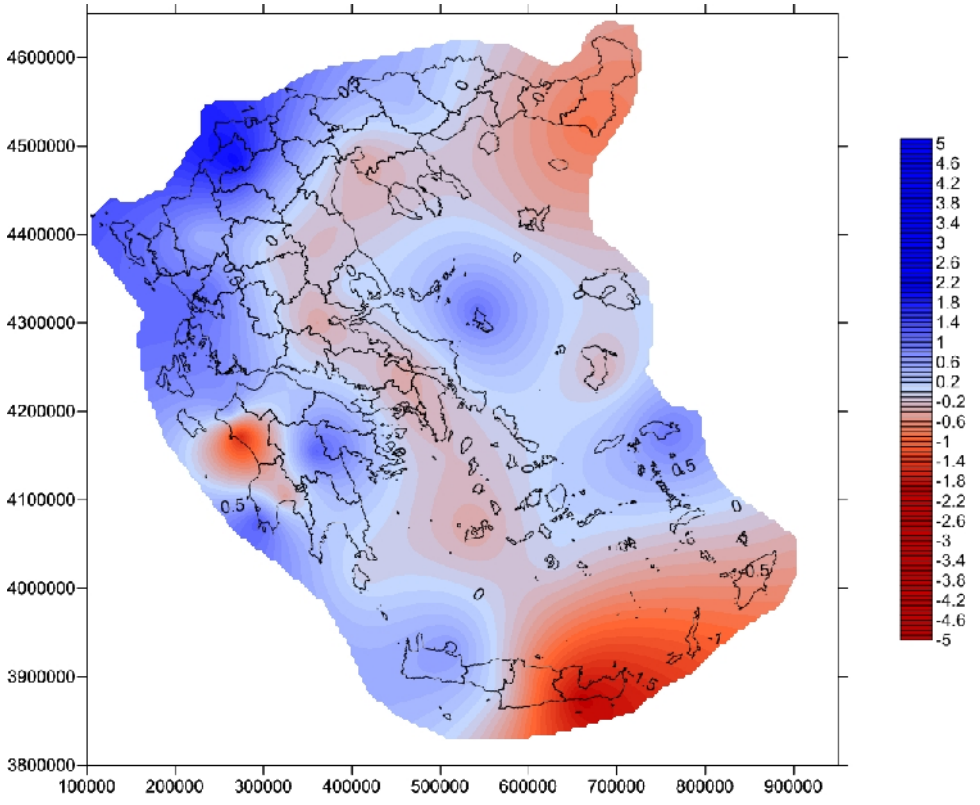
Εικόνα ΙΙΙ.114. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Ιούνιο του 2009 (kriging)*



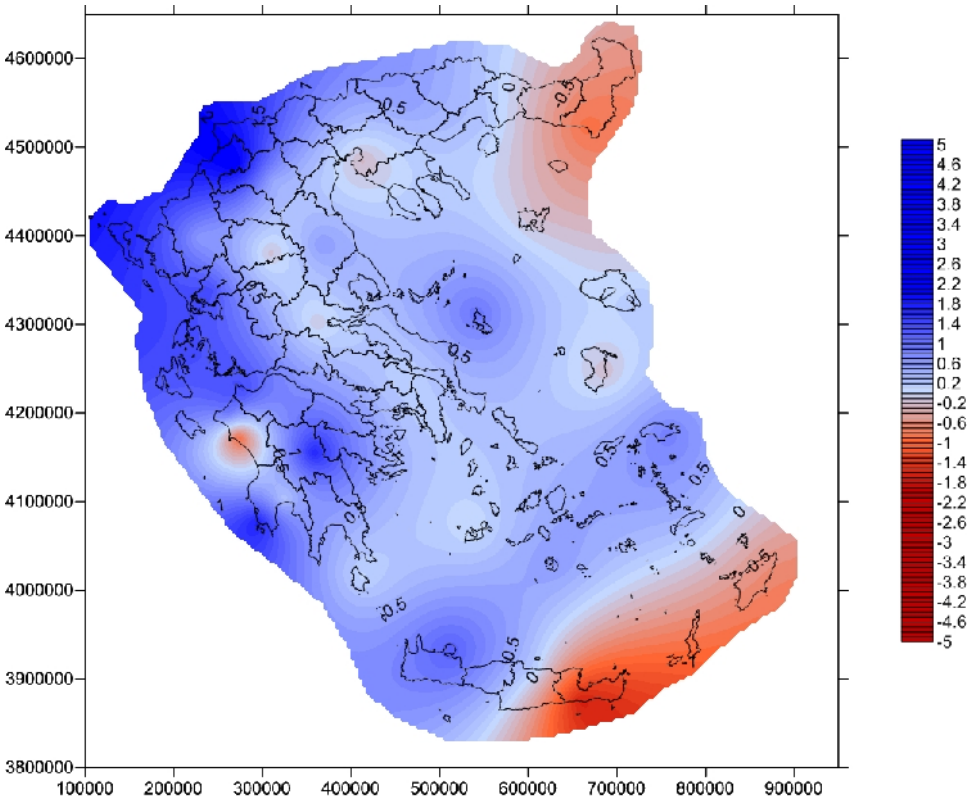
Εικόνα ΙΙΙ.115. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Ιούλιο του 2009 (kriging)*



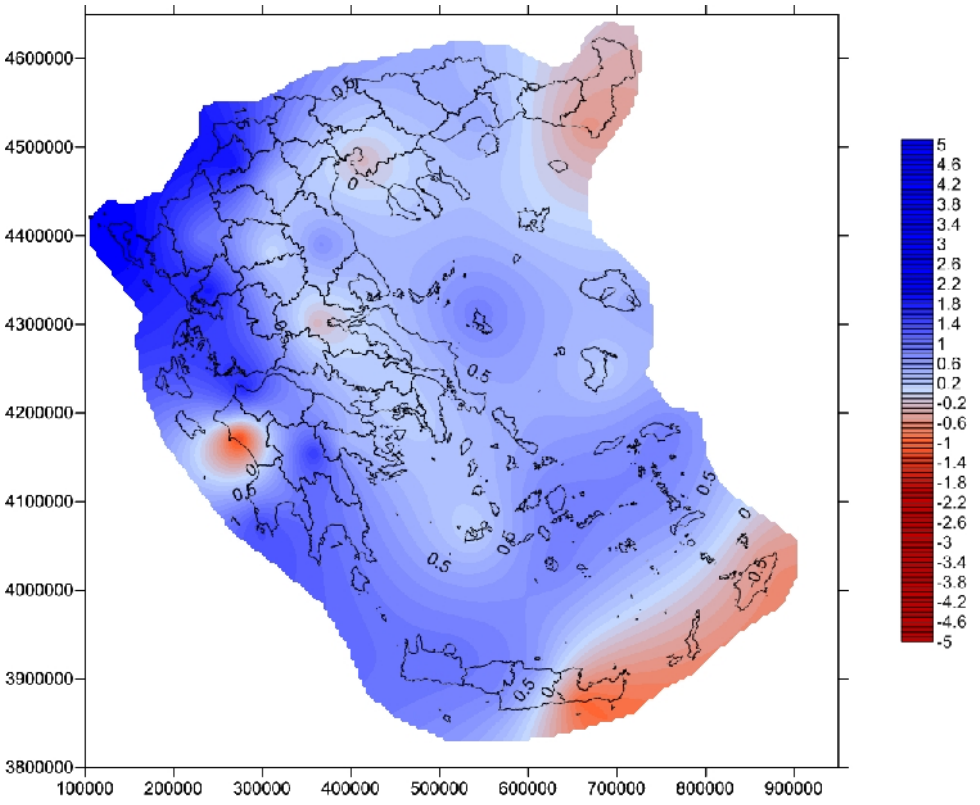
Εικόνα ΙΙΙ.116. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Αύγουστο του 2009 (kriging)*



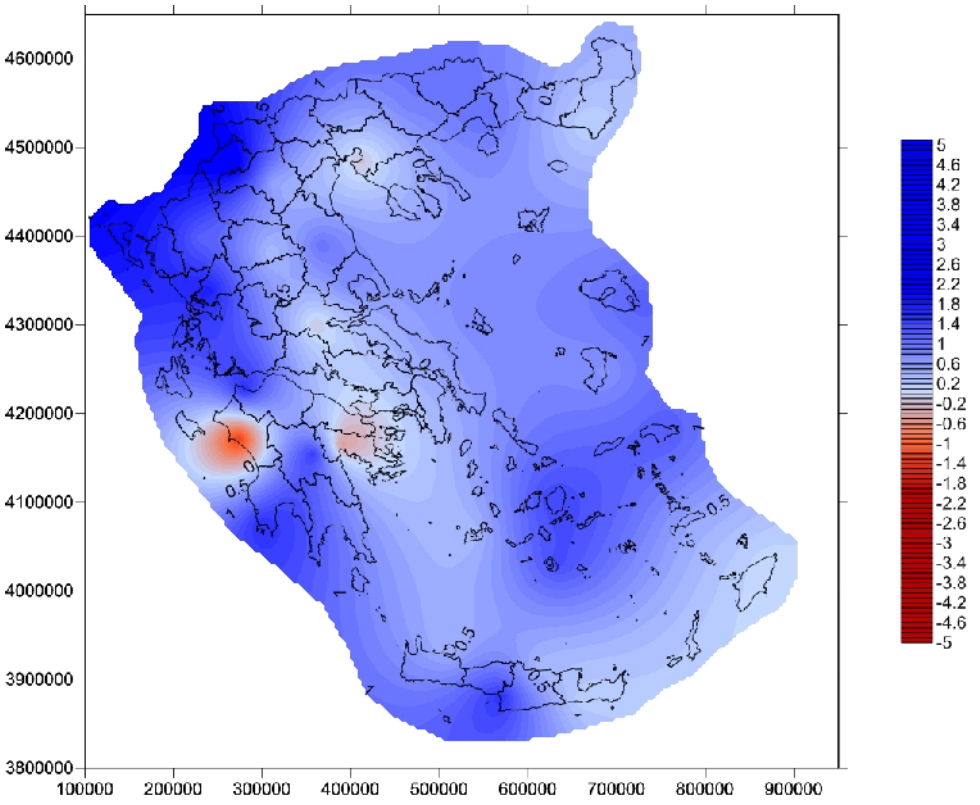
Εικόνα ΙΙΙ.117. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Σεπτέμβριο του 2009 (kriging)*



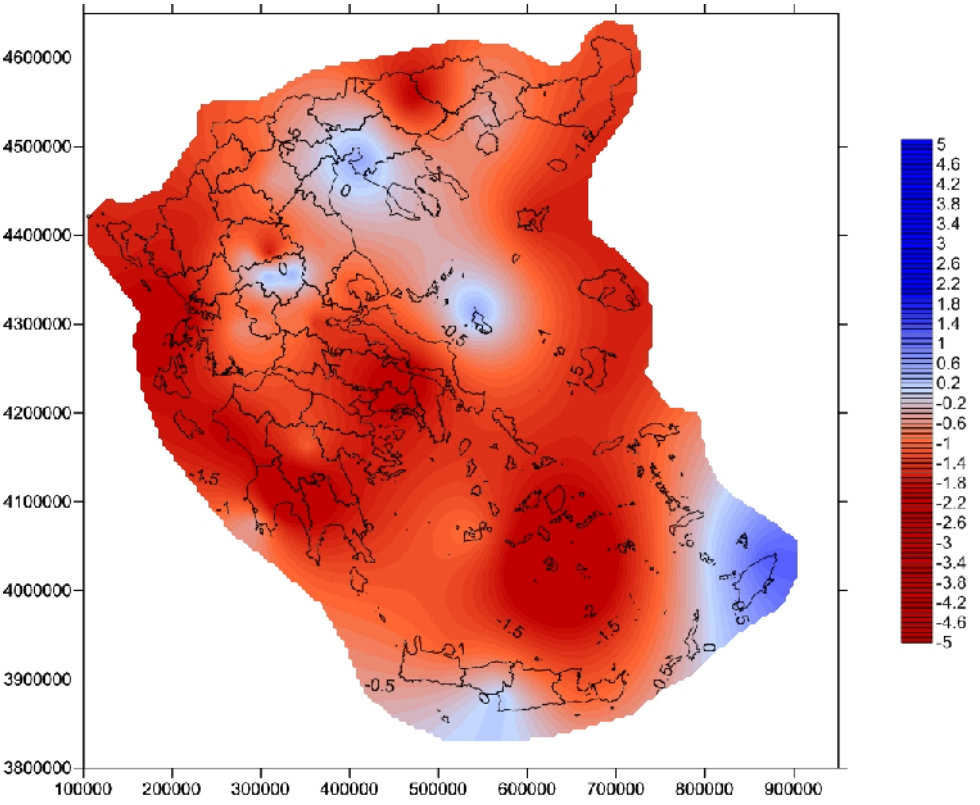
Εικόνα ΙΙΙ.118. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Οκτώβριο του 2009 (kriging)*



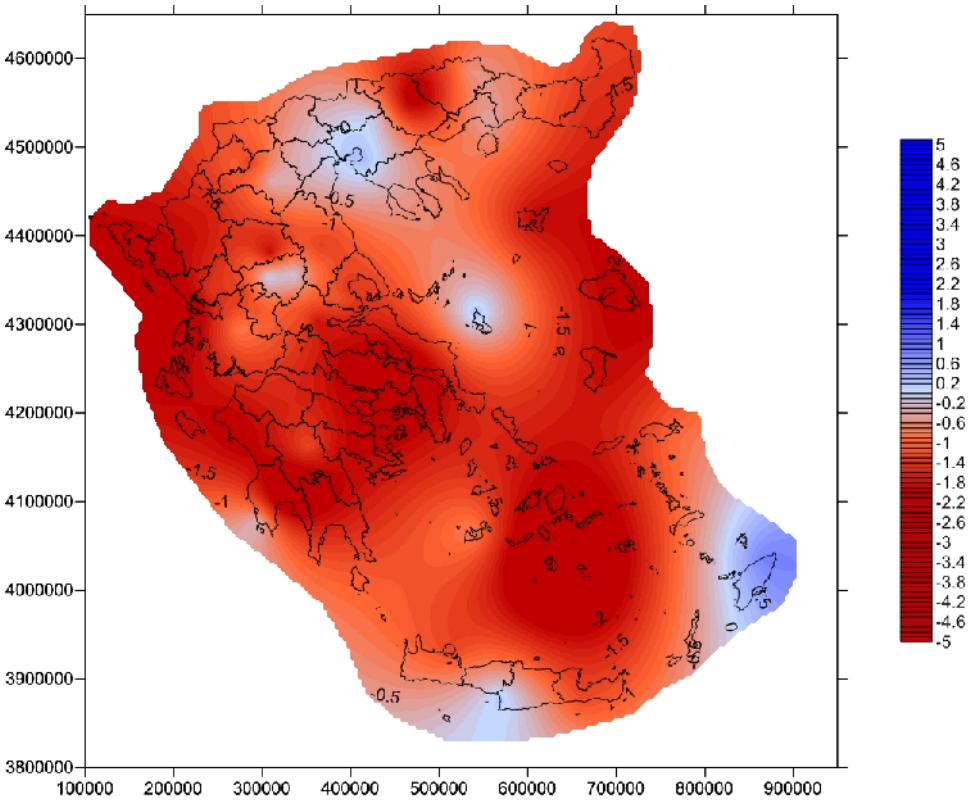
Εικόνα ΙΙΙ.119. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Νοέμβριο του 2009 (kriging)*



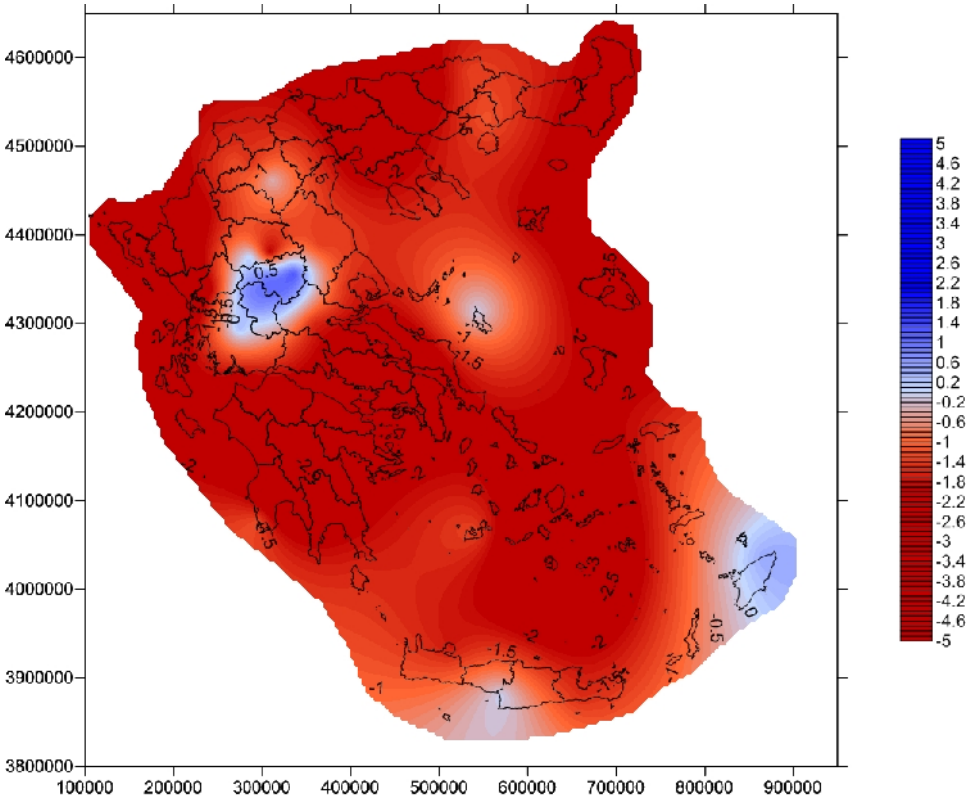
Εικόνα ΙΙΙ.120. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Δεκέμβριο του 2009 (kriging)*



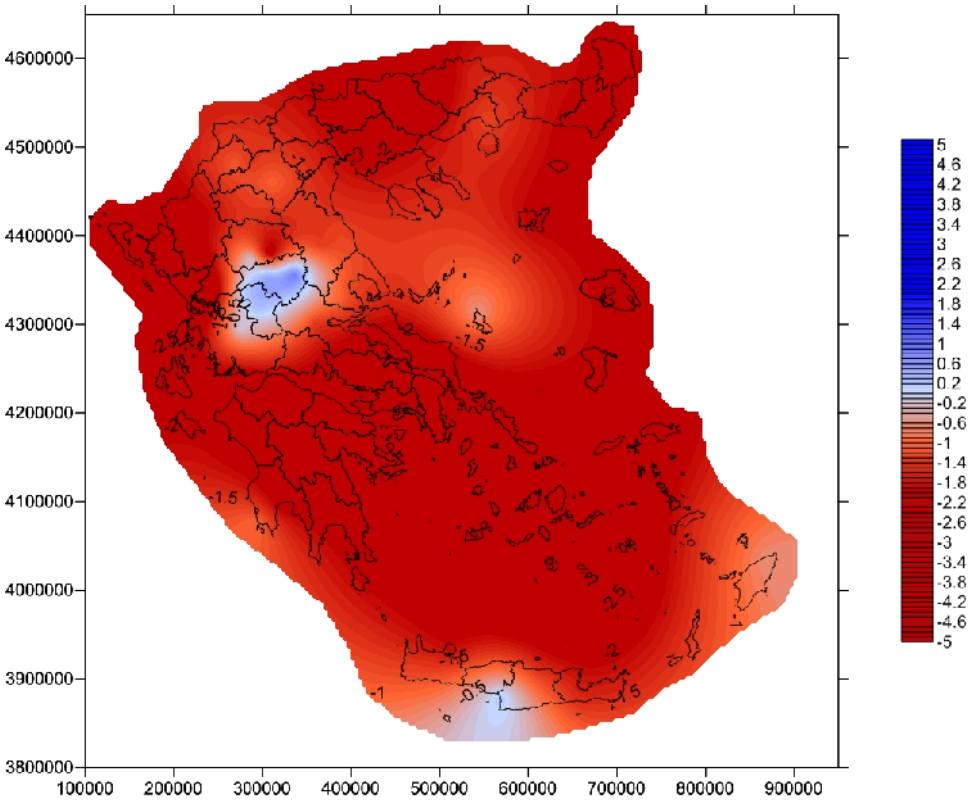
Εικόνα ΙΙΙ.121. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Ιανουάριο του 1990 με τις υποθέσεις (kriging)*



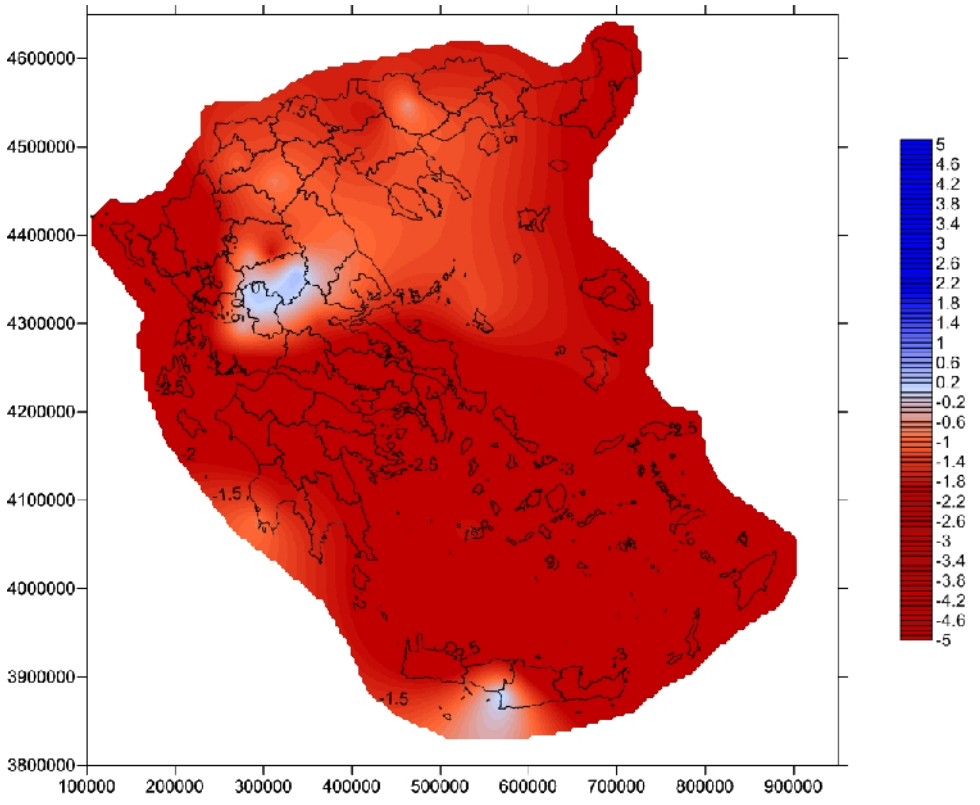
Εικόνα ΙΙΙ.122. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Φεβρουάριο του 1990 με τις υποθέσεις (kriging)*



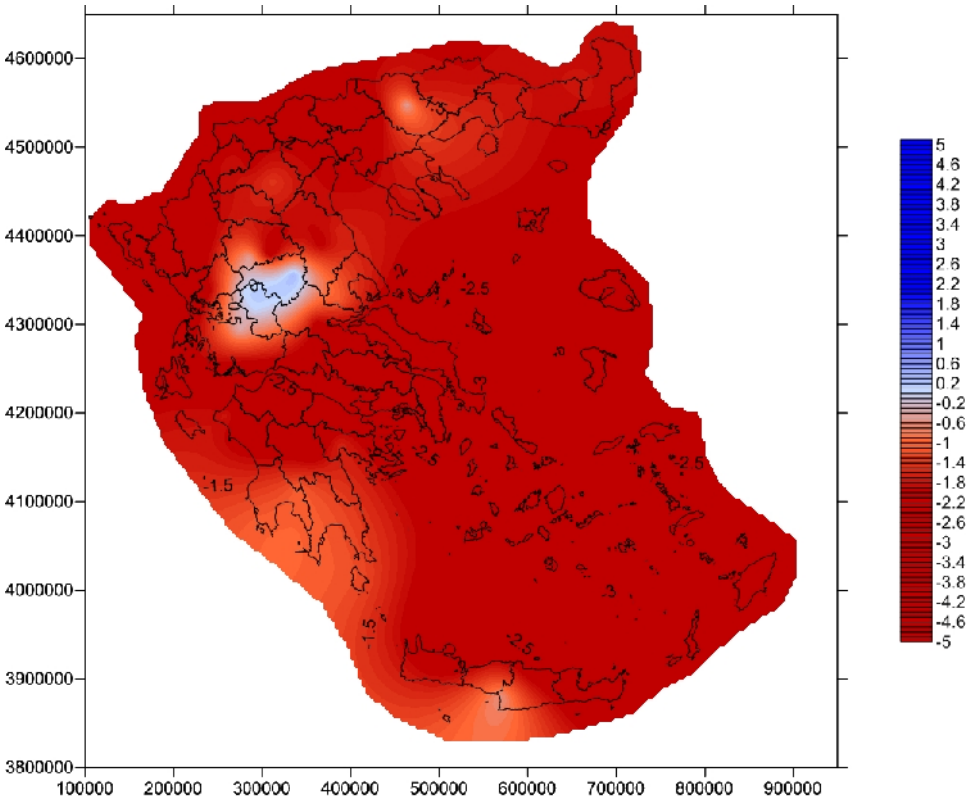
Εικόνα ΙΙΙ.123. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Μάρτιο του 1990 με τις υποθέσεις (kriging)*



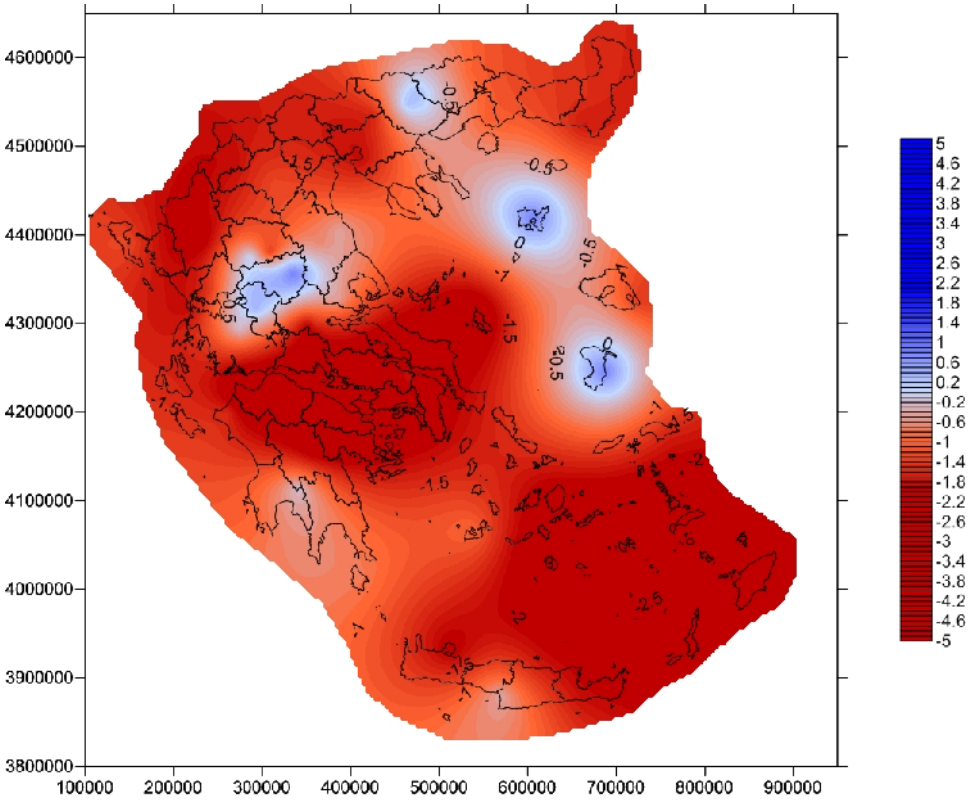
Εικόνα ΙΙΙ.124. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Απρίλιο του 1990 με τις υποθέσεις (kriging)*



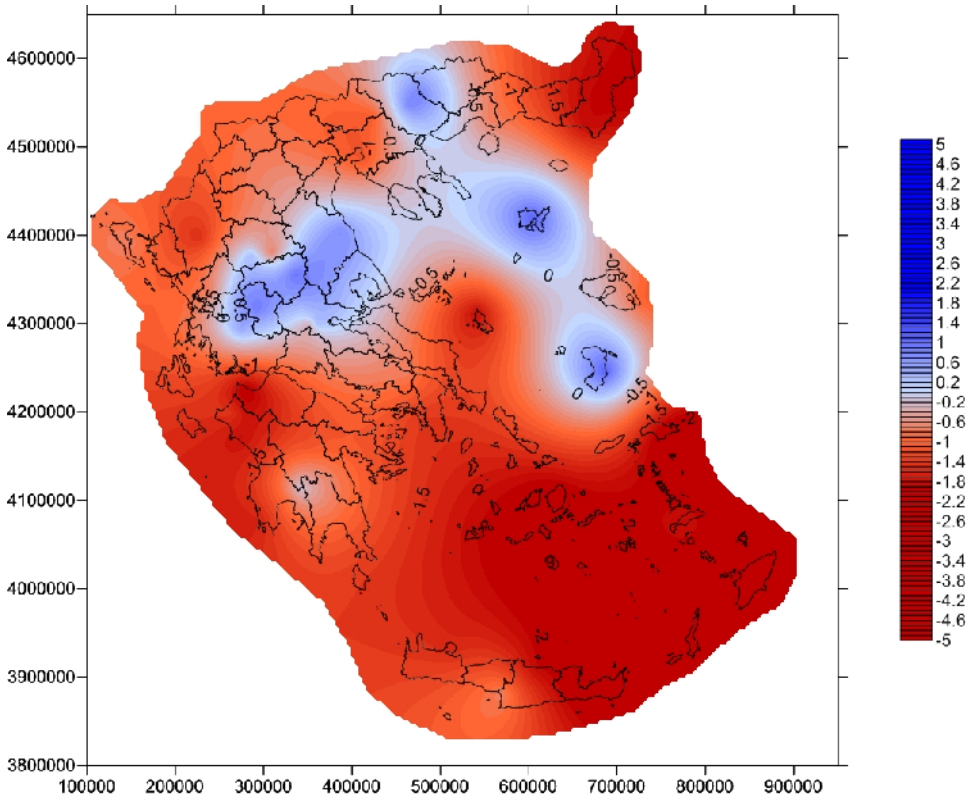
Εικόνα ΙΙΙ.125. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Μάιο του 1990 με τις υποθέσεις (kriging)*



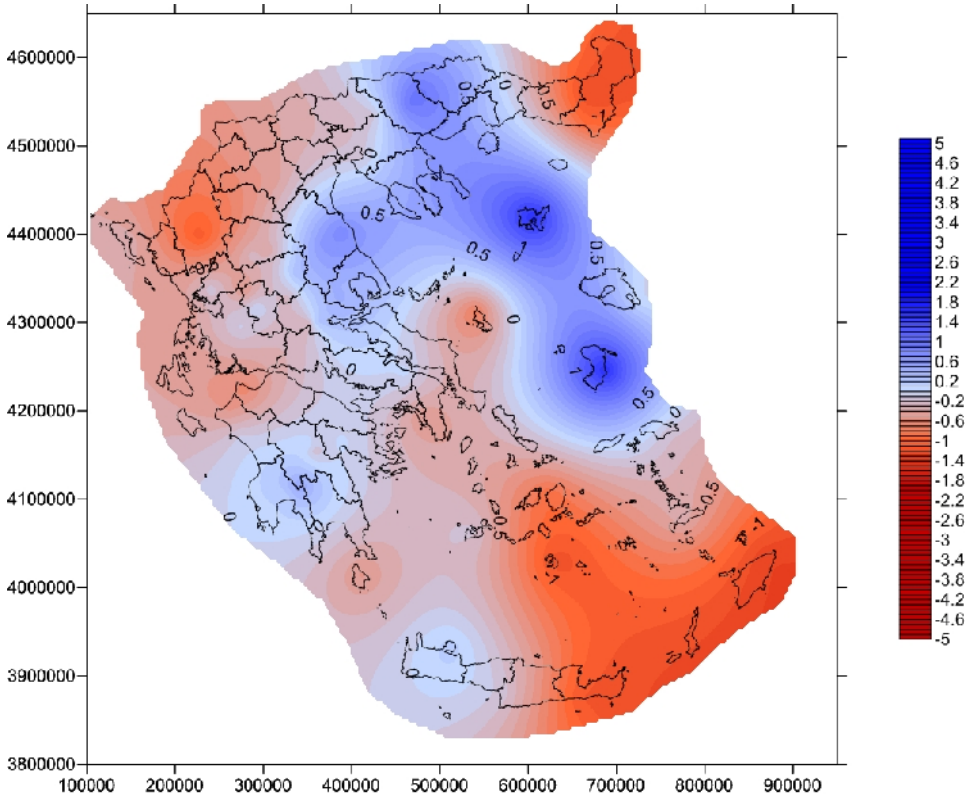
Εικόνα ΙΙΙ.126. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Ιούνιο του 1990 με τις υποθέσεις (kriging)*



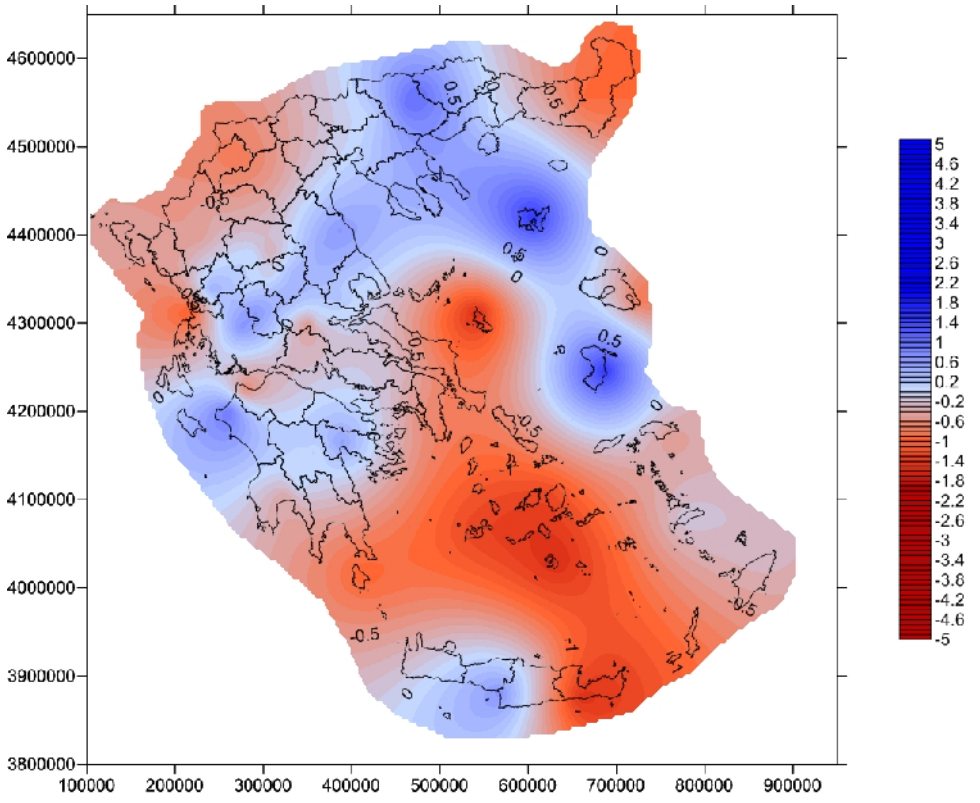
Εικόνα ΙΙΙ.127. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Ιούλιο του 1990 με τις υποθέσεις (kriging)*



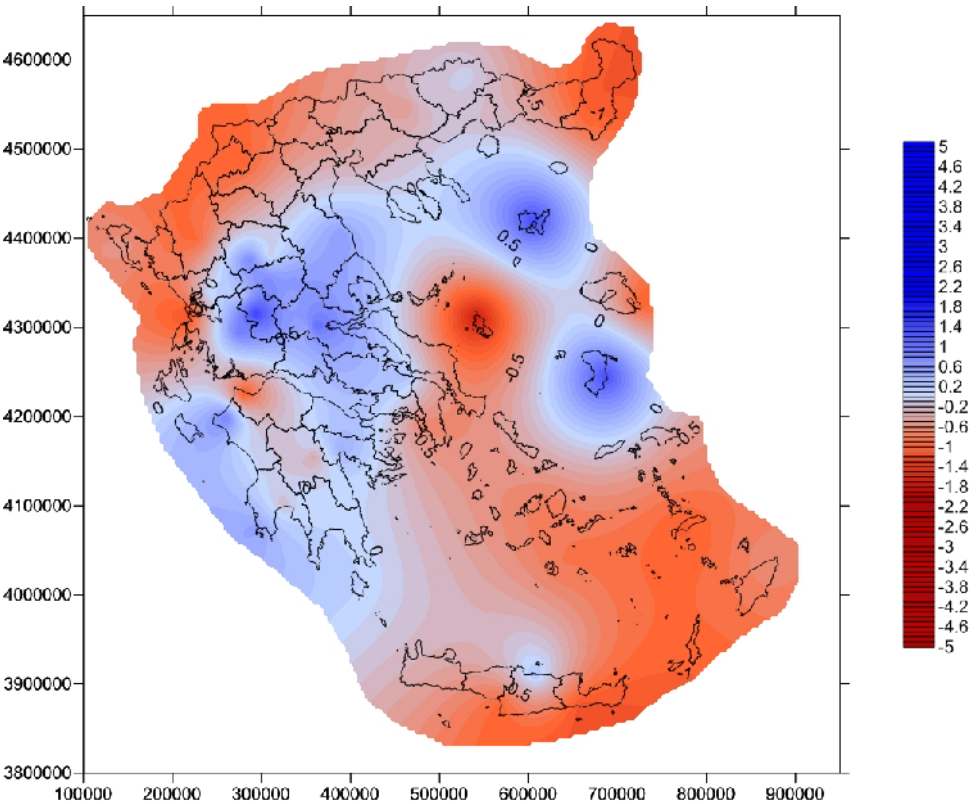
Εικόνα ΙΙΙ.128. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Αύγουστο του 1990 με τις υποθέσεις (kriging)*



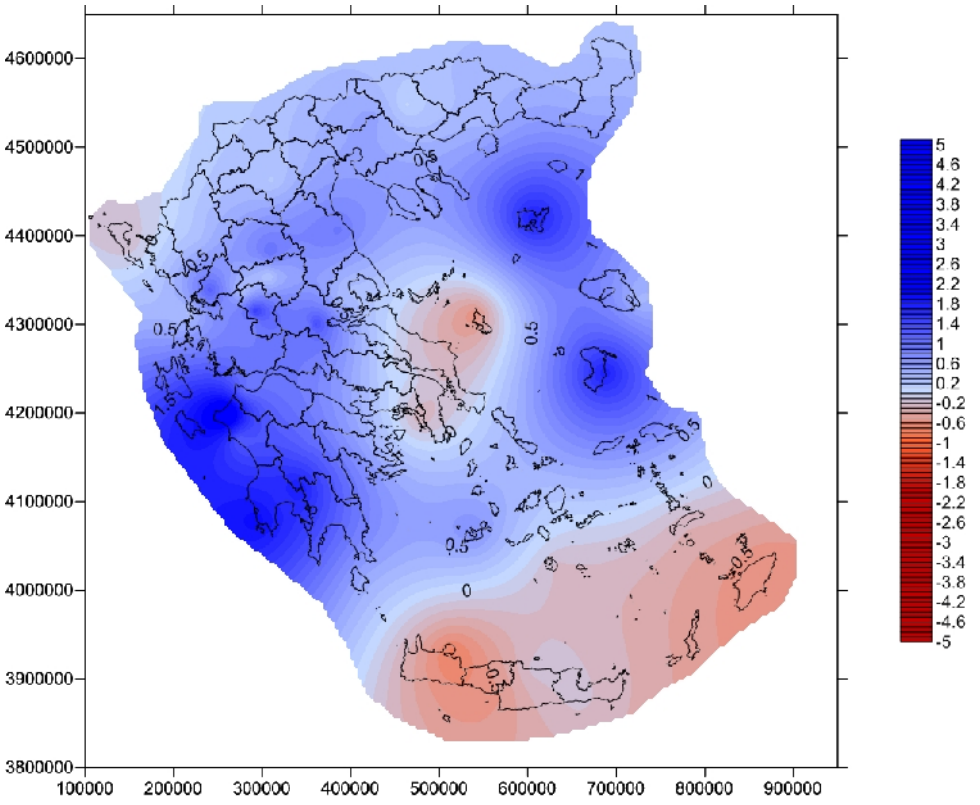
Εικόνα ΙΙΙ.129. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Σεπτέμβριο του 1990 με τις υποθέσεις (kriging)*



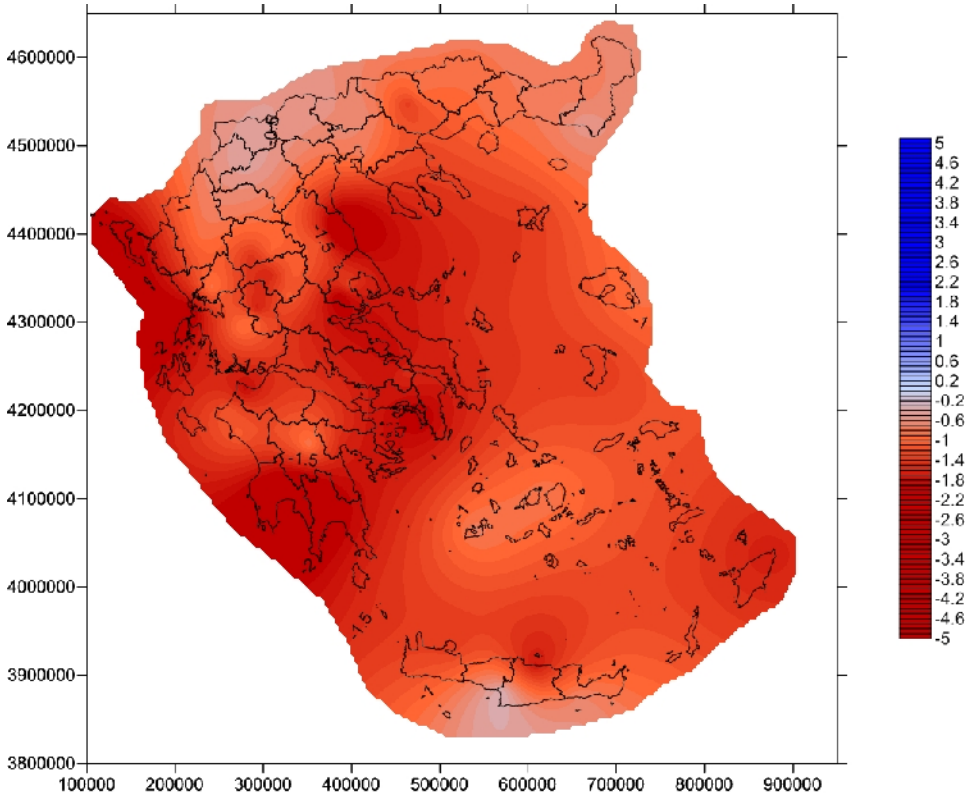
Εικόνα ΙΙΙ.130. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Οκτώβριο του 1990 με τις υποθέσεις (kriging)*



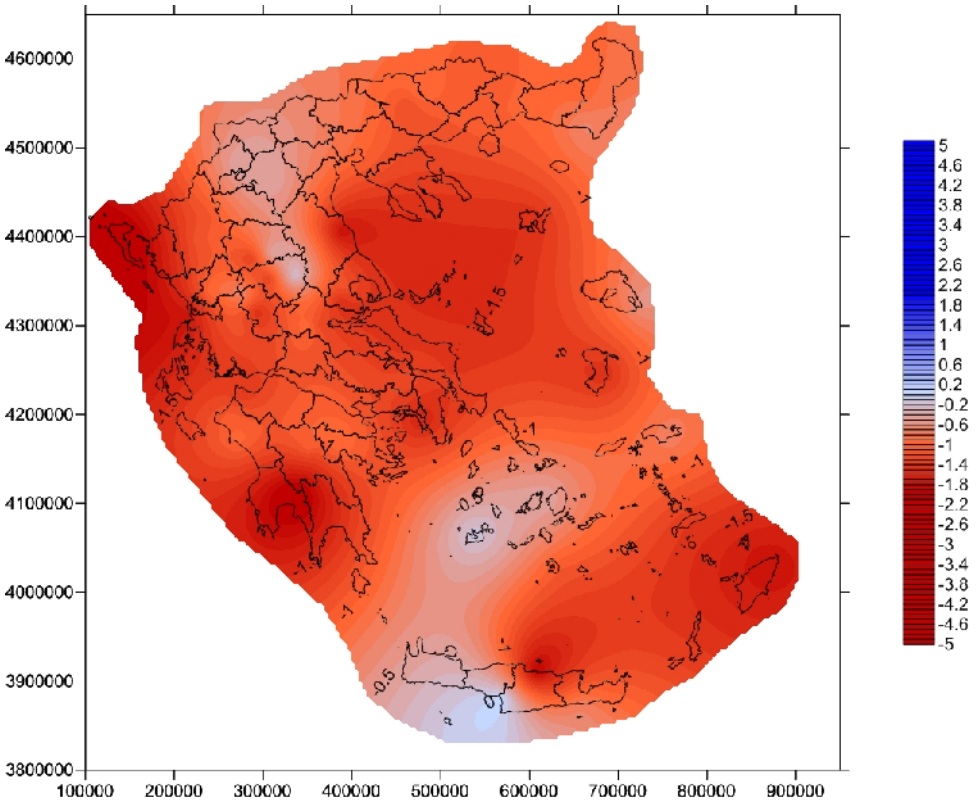
Εικόνα ΙΙΙ.131. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Νοέμβριο του 1990 με τις υποθέσεις (kriging)*



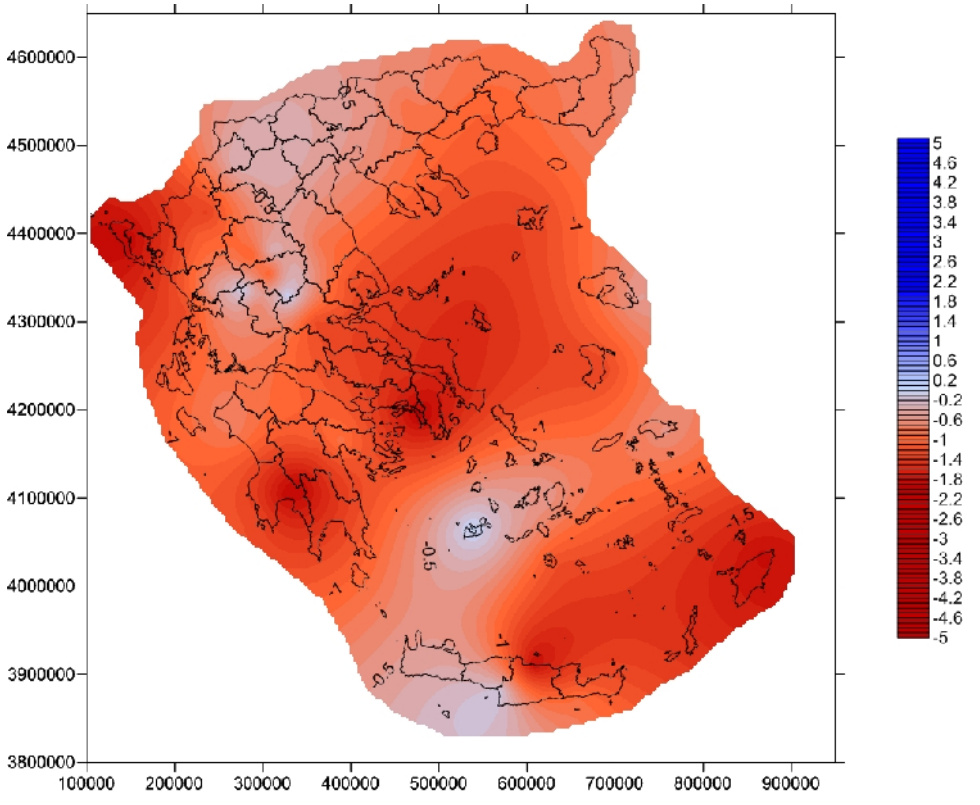
Εικόνα ΙΙΙ.132. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Δεκέμβριο του 1990 με τις υποθέσεις (kriging)*



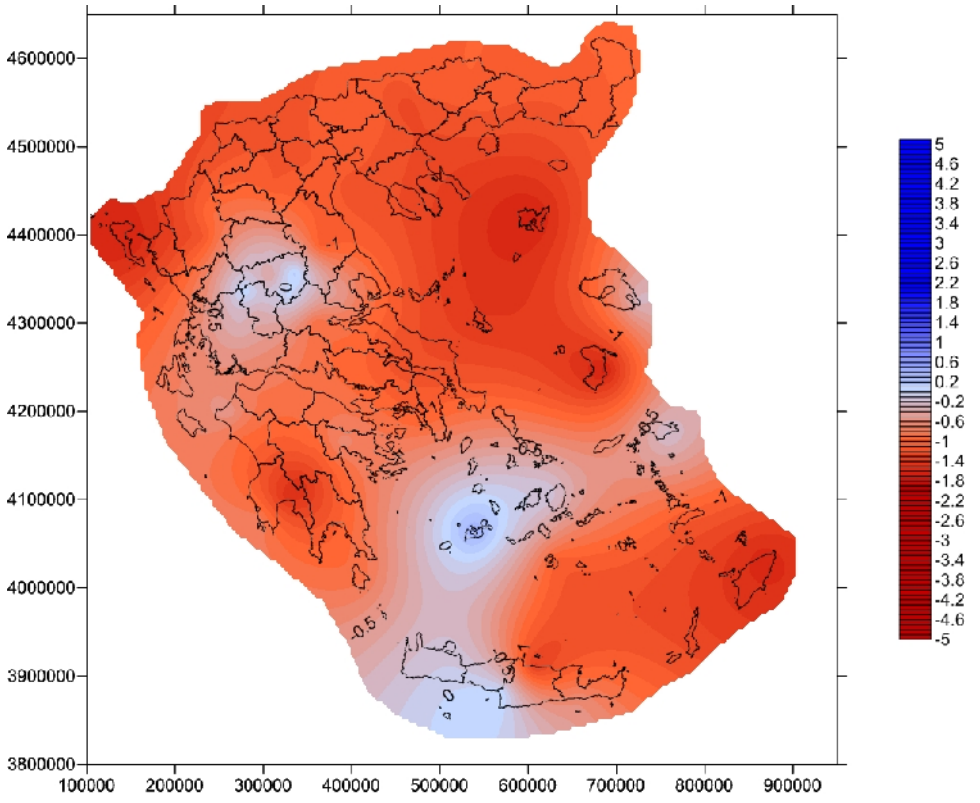
Εικόνα ΙΙΙ.133. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Ιανουάριο του 1993 με τις υποθέσεις (kriging)*



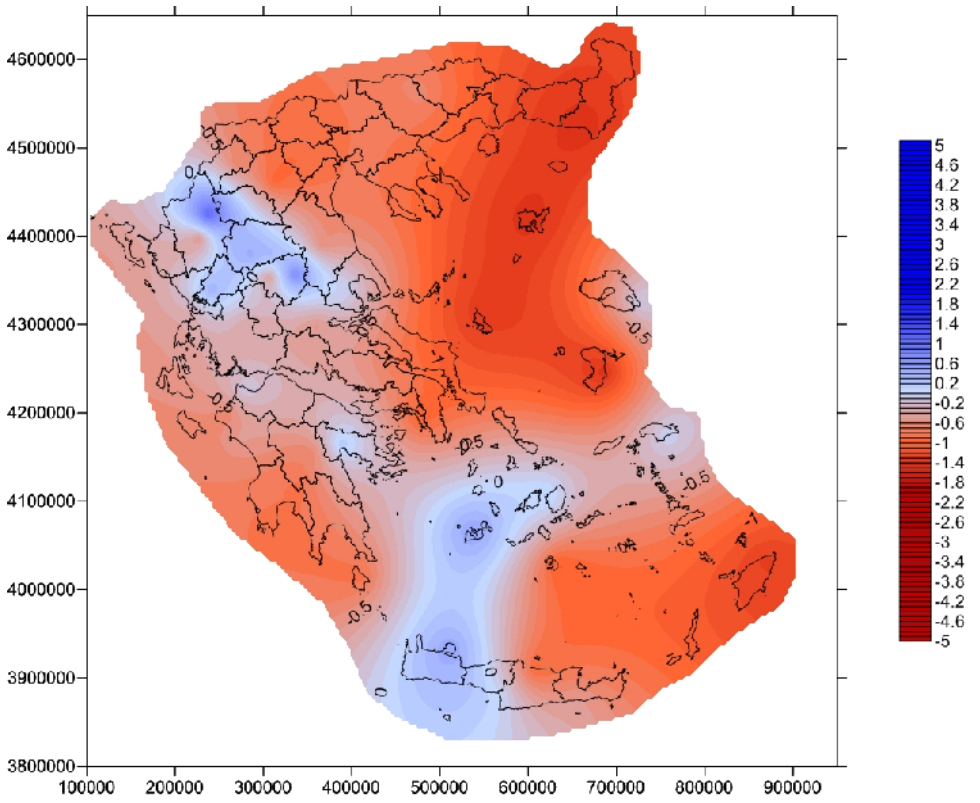
Εικόνα ΙΙΙ.134. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Φεβρουάριο του 1993 με τις υποθέσεις (kriging)*



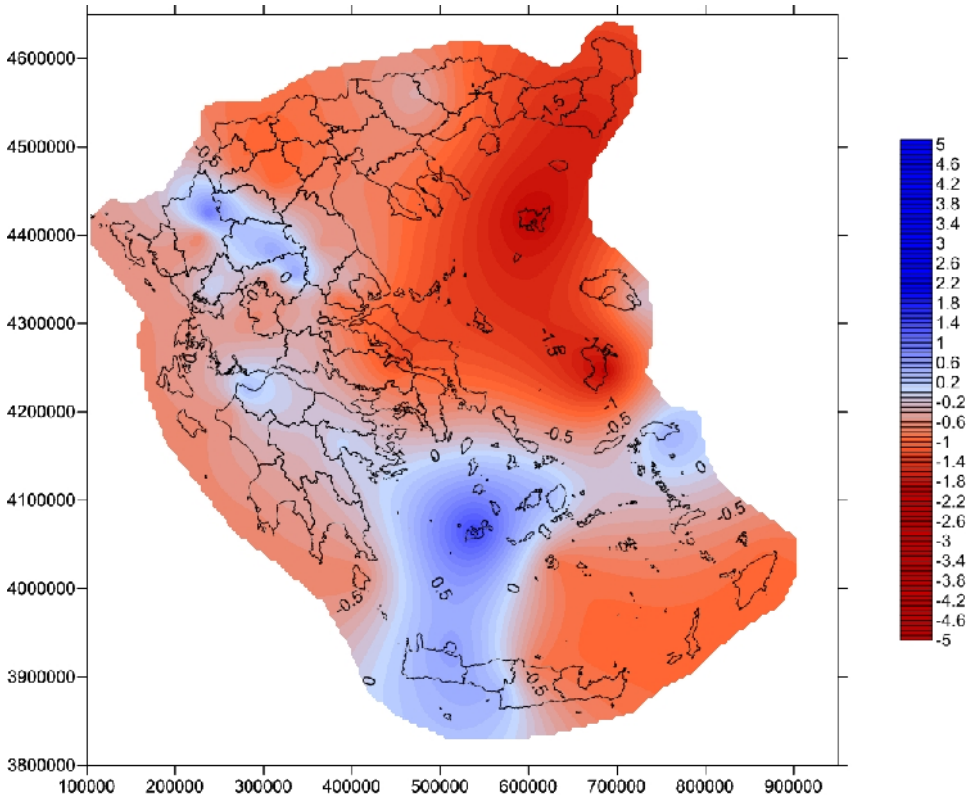
Εικόνα ΙΙΙ.135. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Μάρτιο του 1993 με τις υποθέσεις (kriging)*



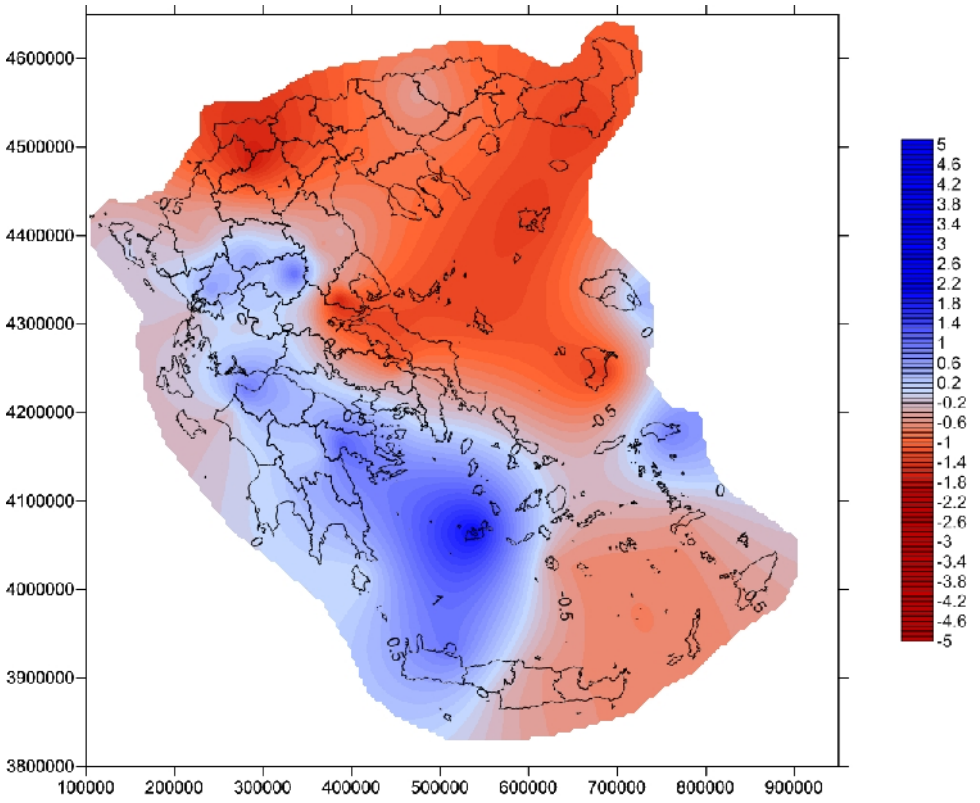
Εικόνα ΙΙΙ.136. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Απρίλιο του 1993 με τις υποθέσεις (kriging)*



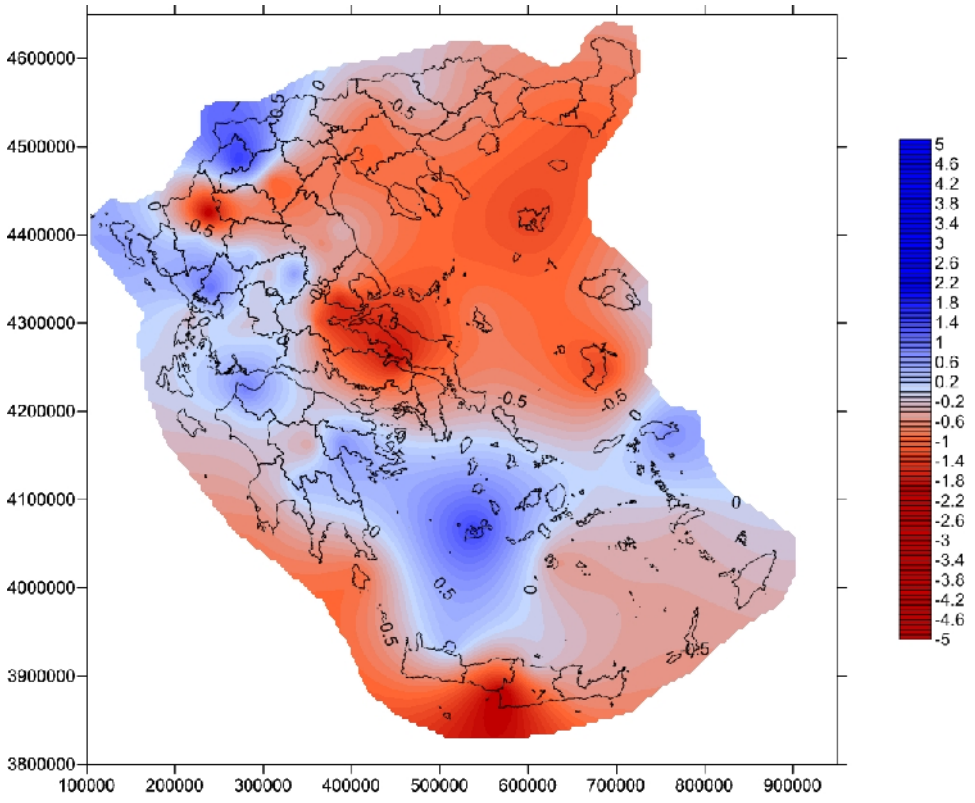
Εικόνα ΙΙΙ.137. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Μάιο του 1993 με τις υποθέσεις (kriging)*



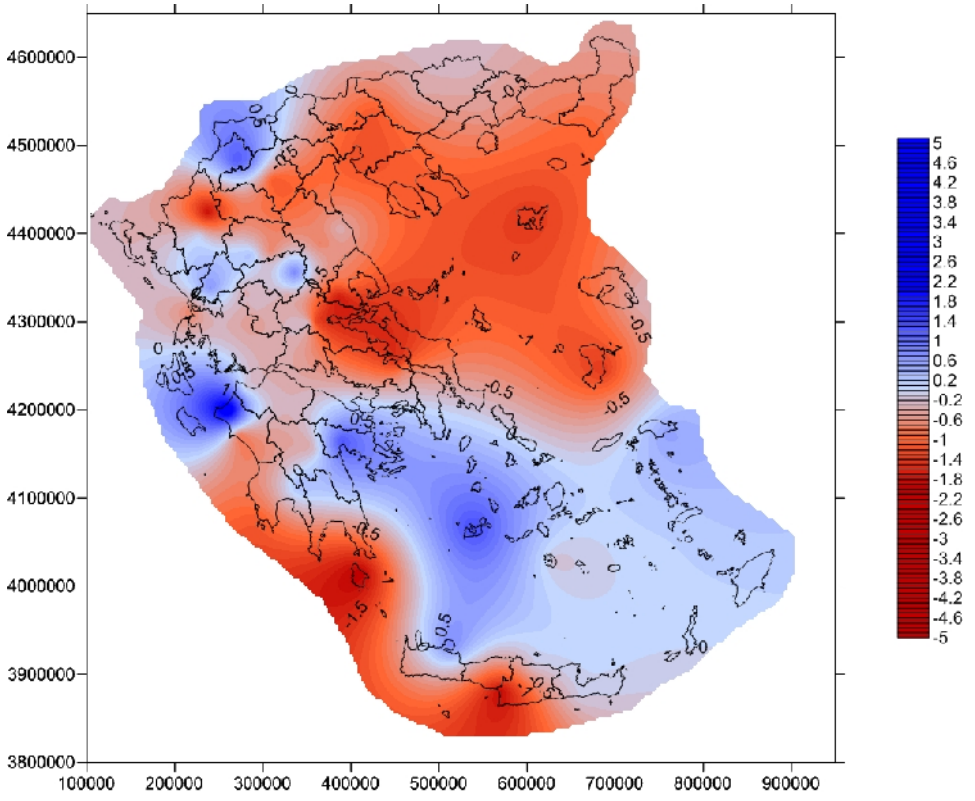
Εικόνα ΙΙΙ.138. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Ιούνιο του 1993 με τις υποθέσεις (kriging)*



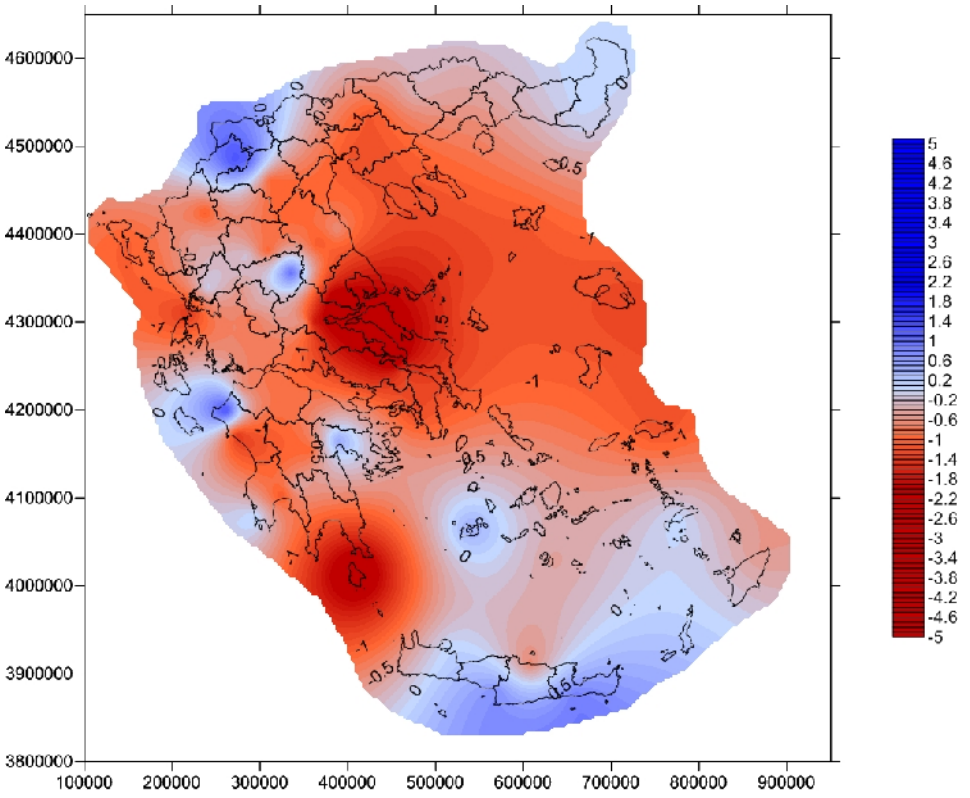
Εικόνα ΙΙΙ.139. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Ιούλιο του 1993 με τις υποθέσεις (kriging)*



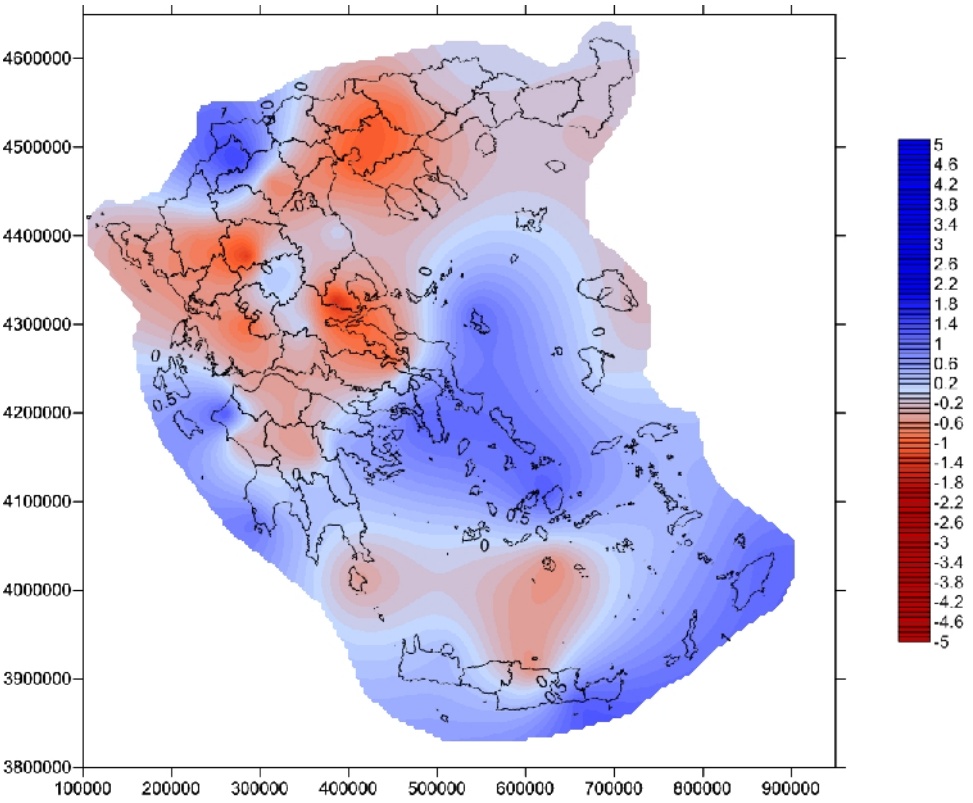
Εικόνα ΙΙΙ.140. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Αύγουστο του 1993 με τις υποθέσεις (kriging)*



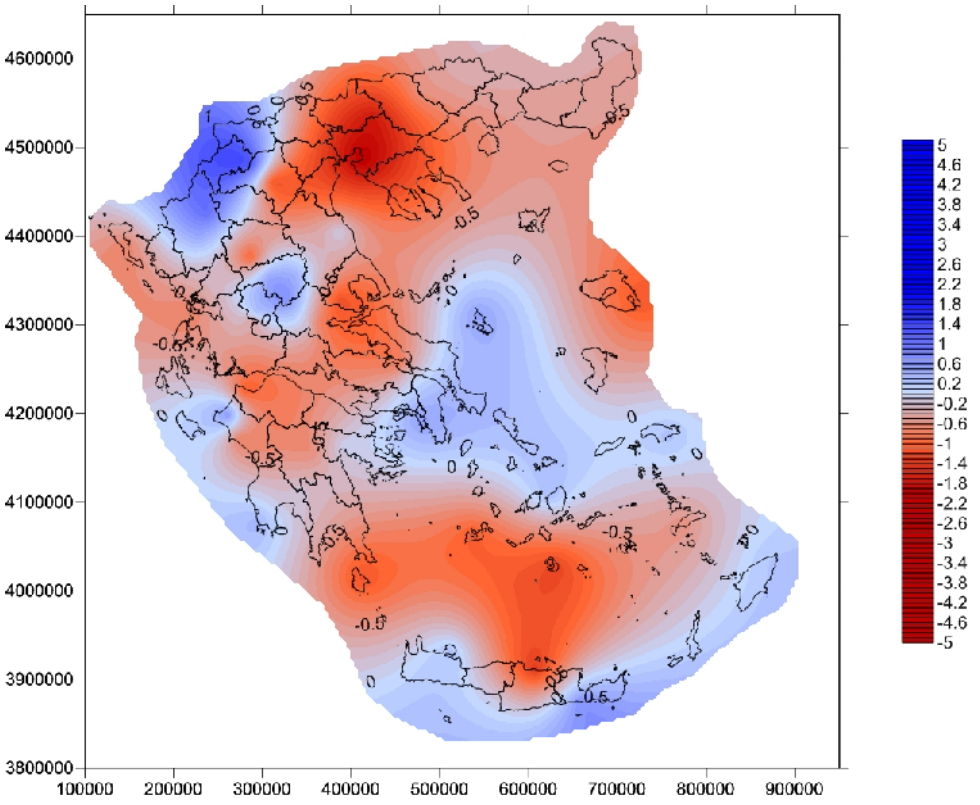
Εικόνα ΙΙΙ.141. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Σεπτέμβριος του 1993 με τις υποθέσεις (kriging)*



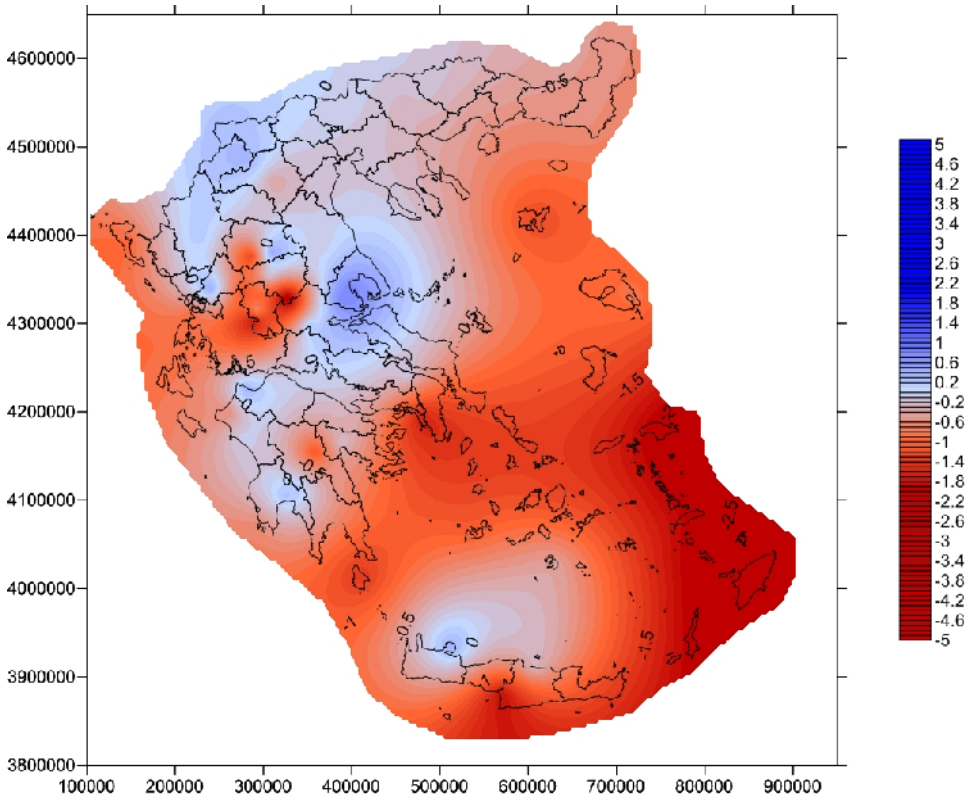
Εικόνα ΙΙΙ.142. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Οκτώβριο του 1993 με τις υποθέσεις (kriging)*



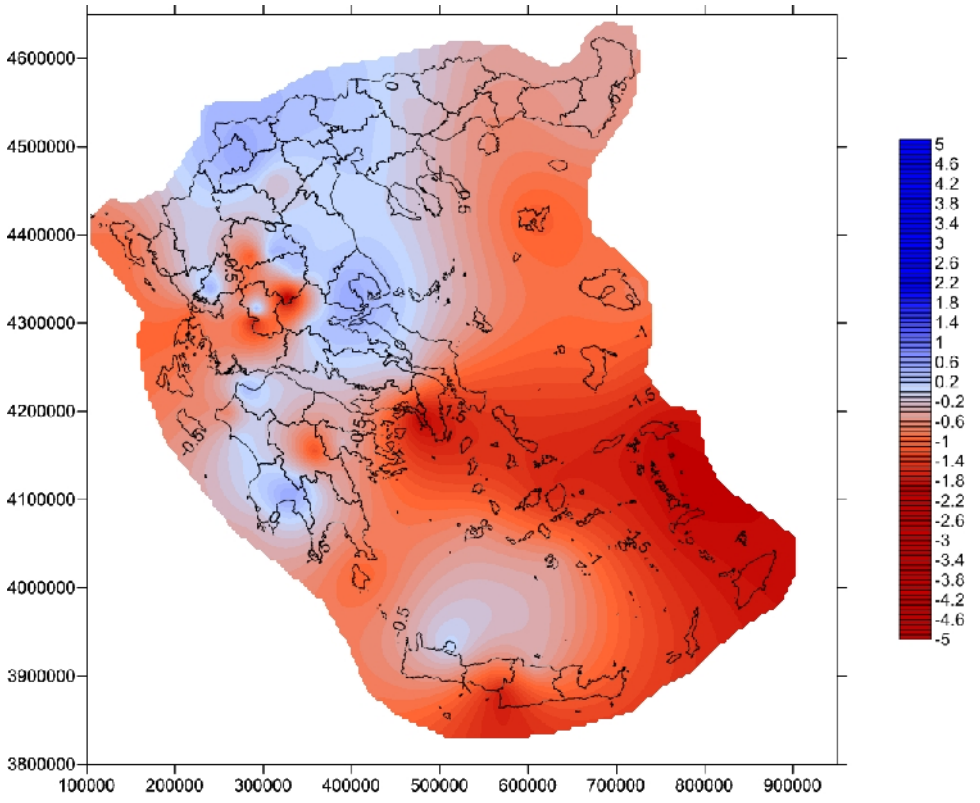
Εικόνα ΙΙΙ.143. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Νοέμβριο του 1993 με τις υποθέσεις (kriging)*



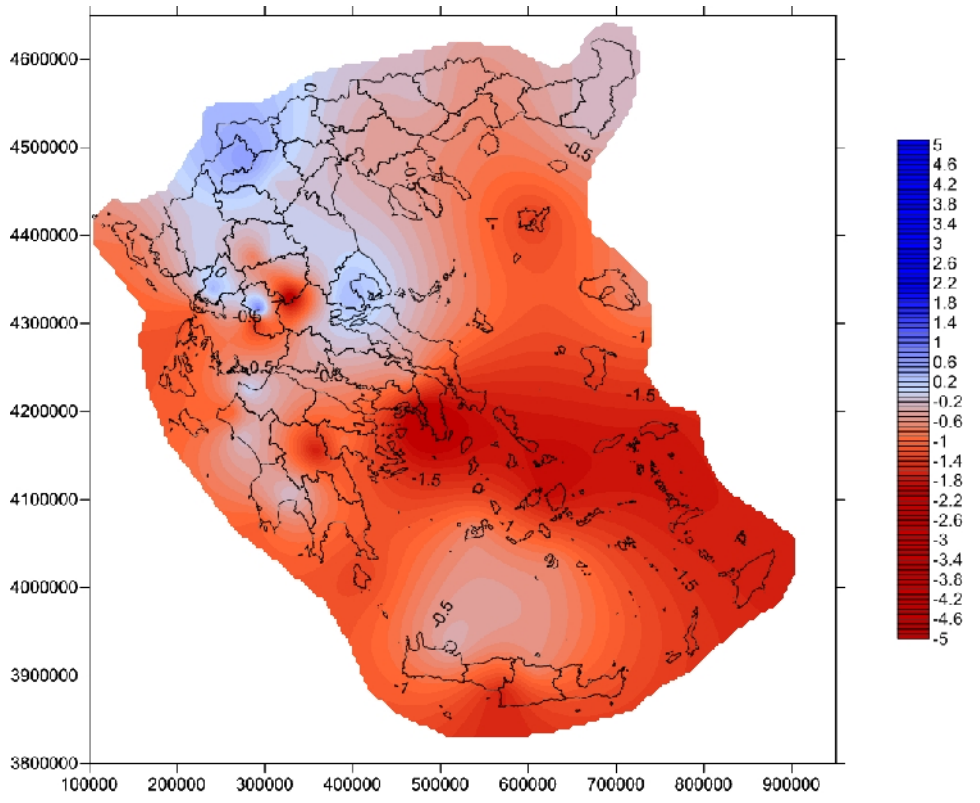
Εικόνα ΙΙΙ.144. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Δεκέμβριο του 1993 με τις υποθέσεις (kriging)*



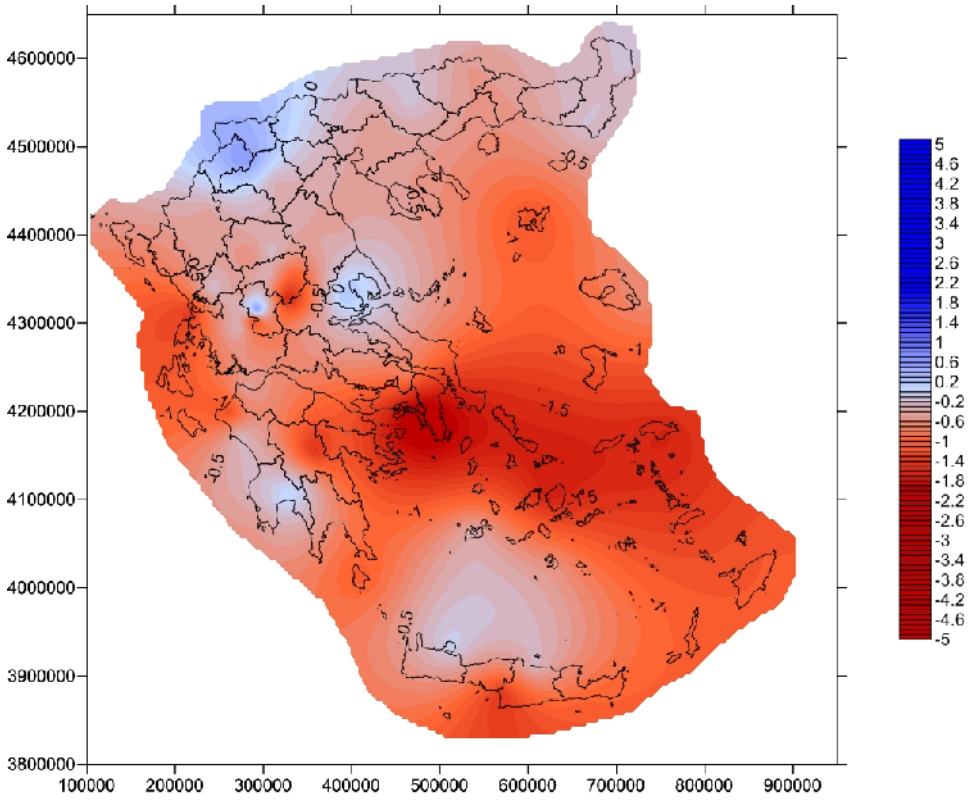
Εικόνα ΙΙΙ.145. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Ιανουάριο του 2000 με τις υποθέσεις (kriging)*



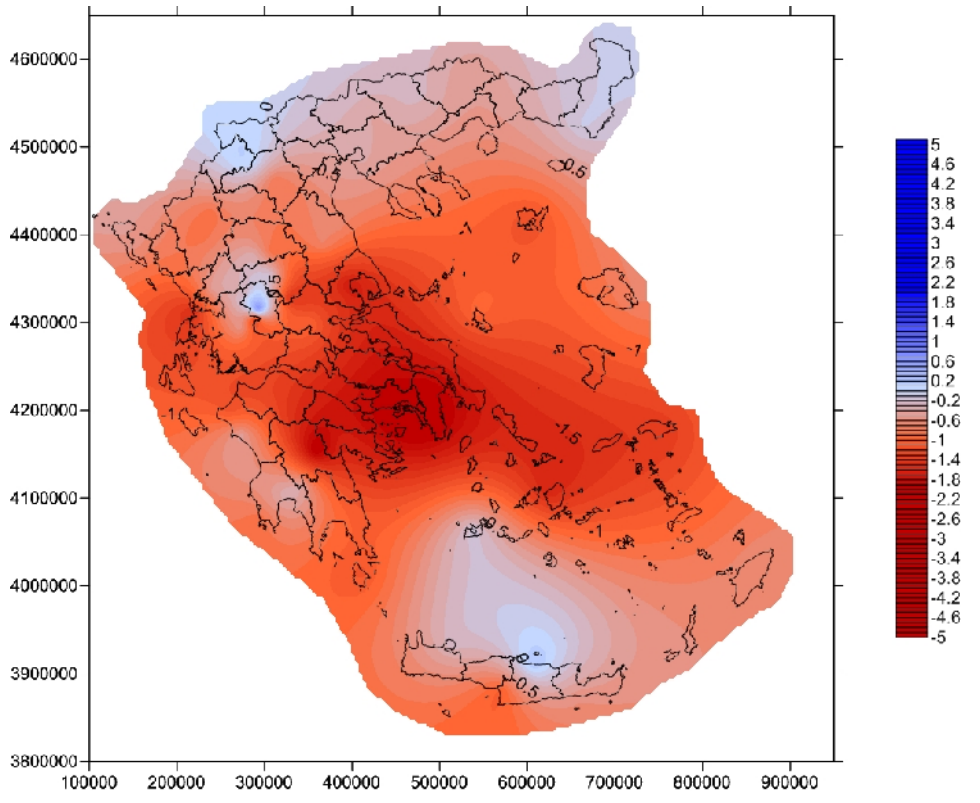
Εικόνα ΙΙΙ.146. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Φεβρουάριο του 2000 με τις υποθέσεις (kriging)*



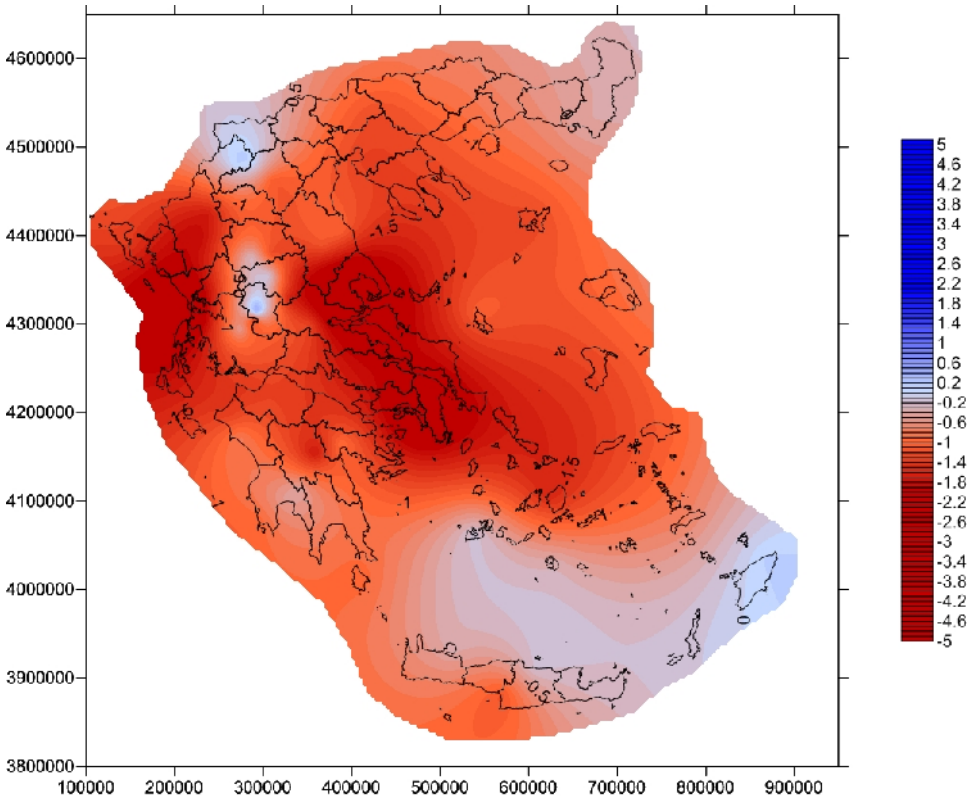
Εικόνα ΙΙΙ.147. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Μάρτιο του 2000 με τις υποθέσεις (kriging)*



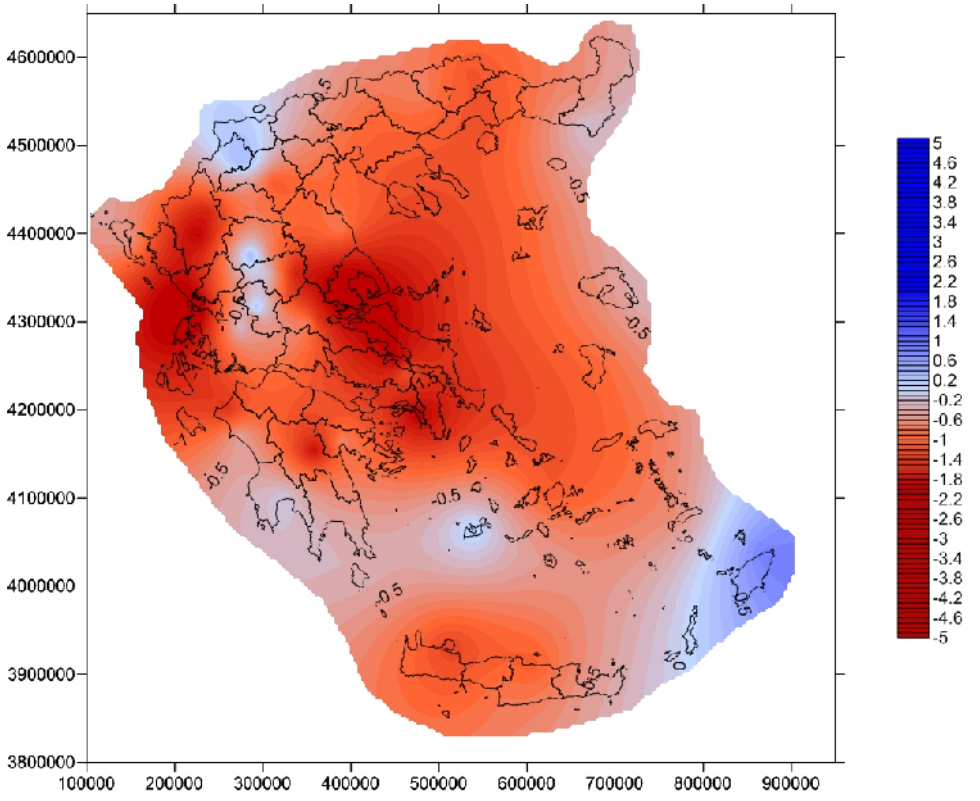
Εικόνα ΙΙΙ.148. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Απρίλιο του 2000 με τις υποθέσεις (kriging)*



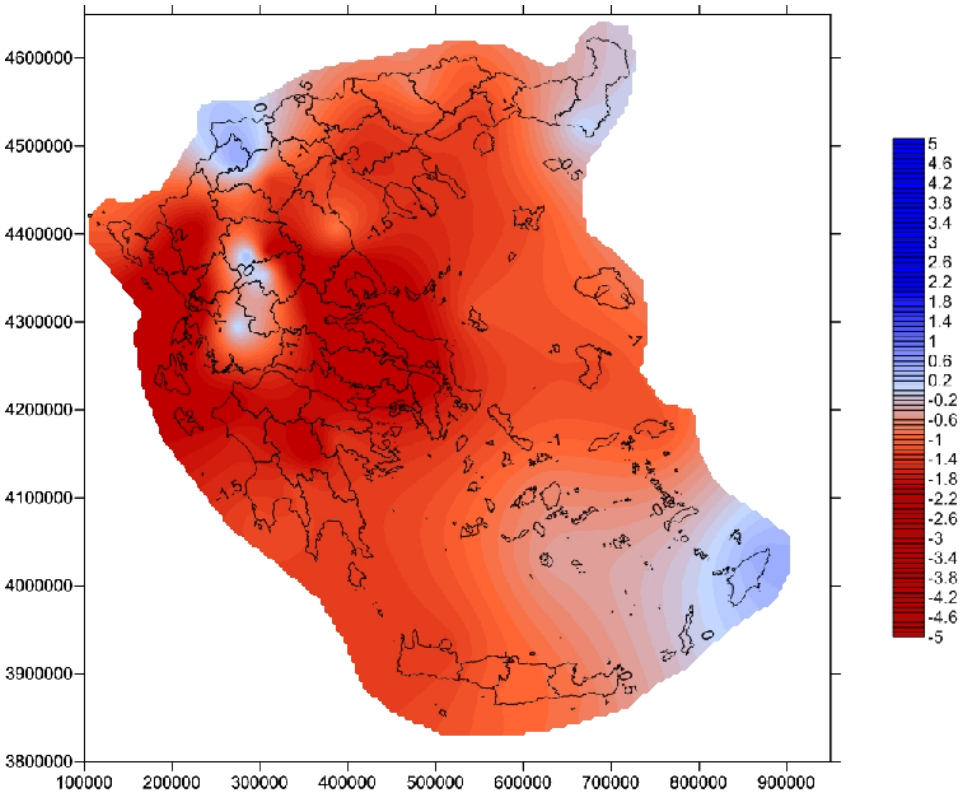
Εικόνα ΙΙΙ.149. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Μάιο του 2000 με τις υποθέσεις (kriging)*



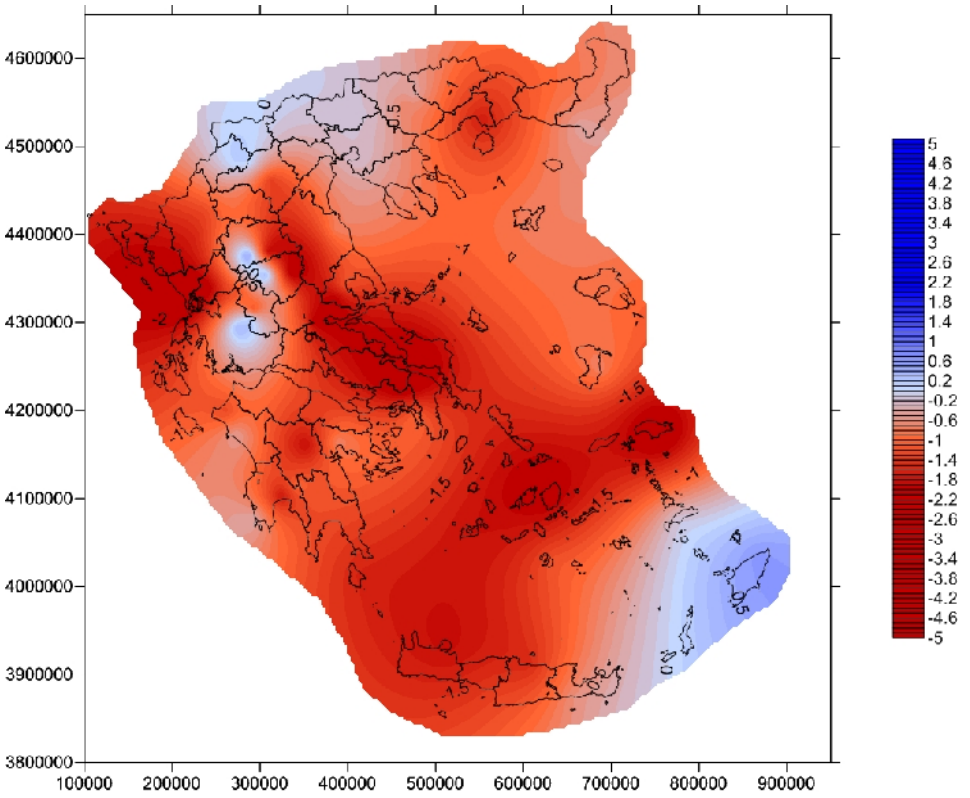
Εικόνα ΙΙΙ.150. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Ιούνιο του 2000 με τις υποθέσεις (kriging)*



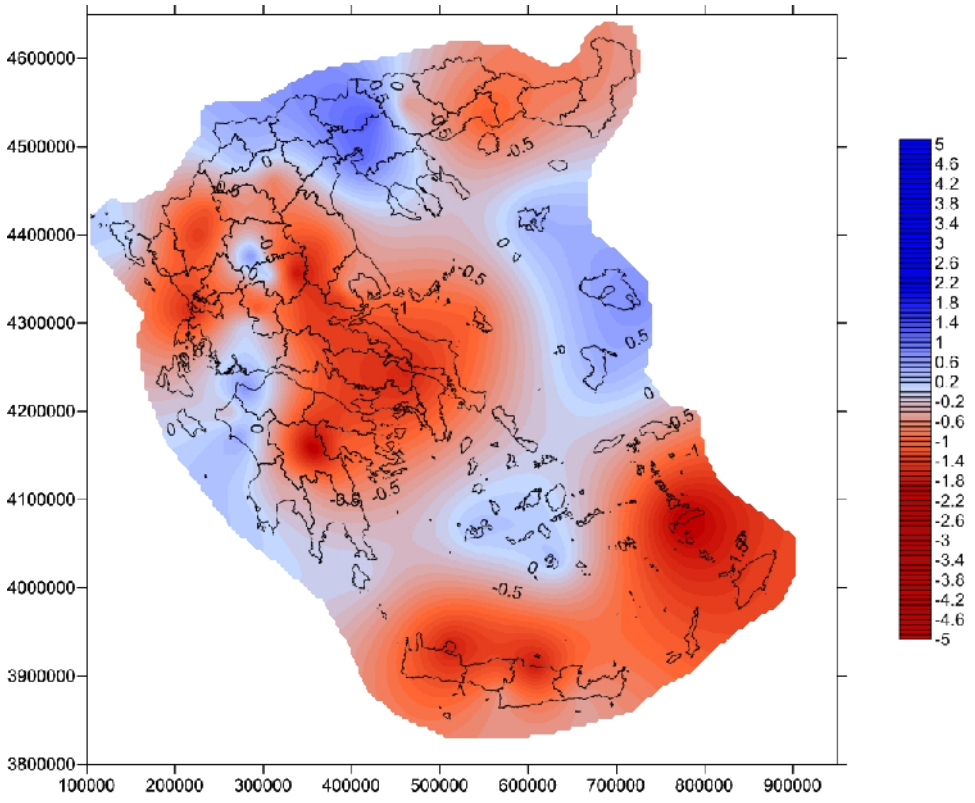
Εικόνα ΙΙΙ.151. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Ιούλιο του 2000 με τις υποθέσεις (kriging)*



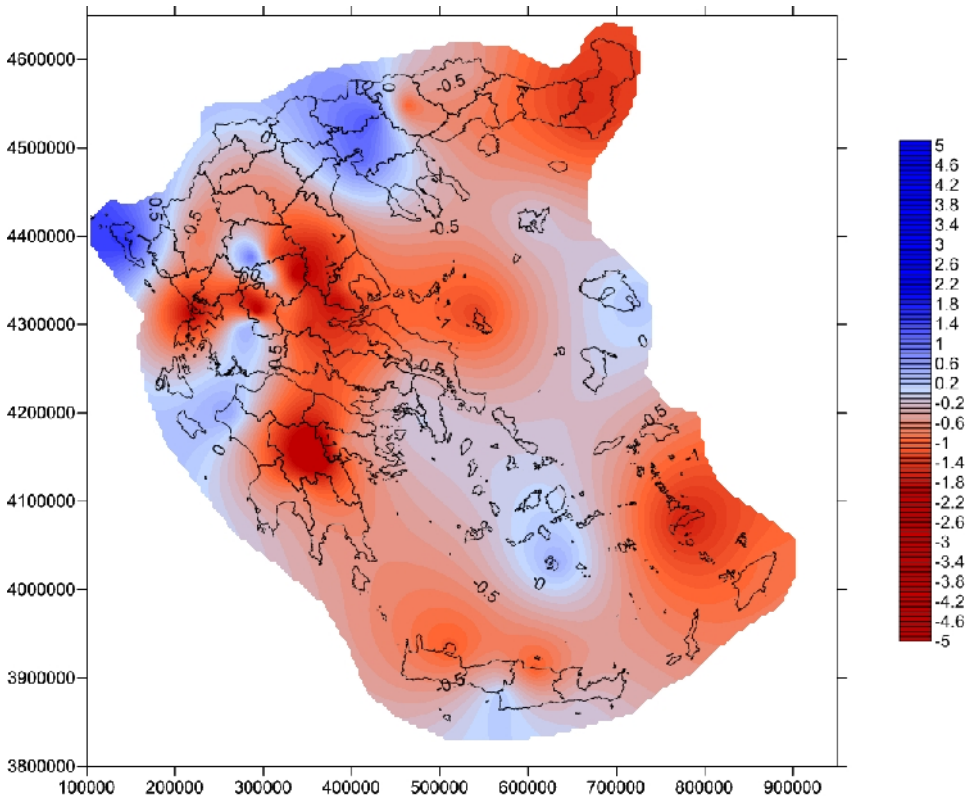
Εικόνα ΙΙΙ.152. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Αύγουστο του 2000 με τις υποθέσεις (kriging)*



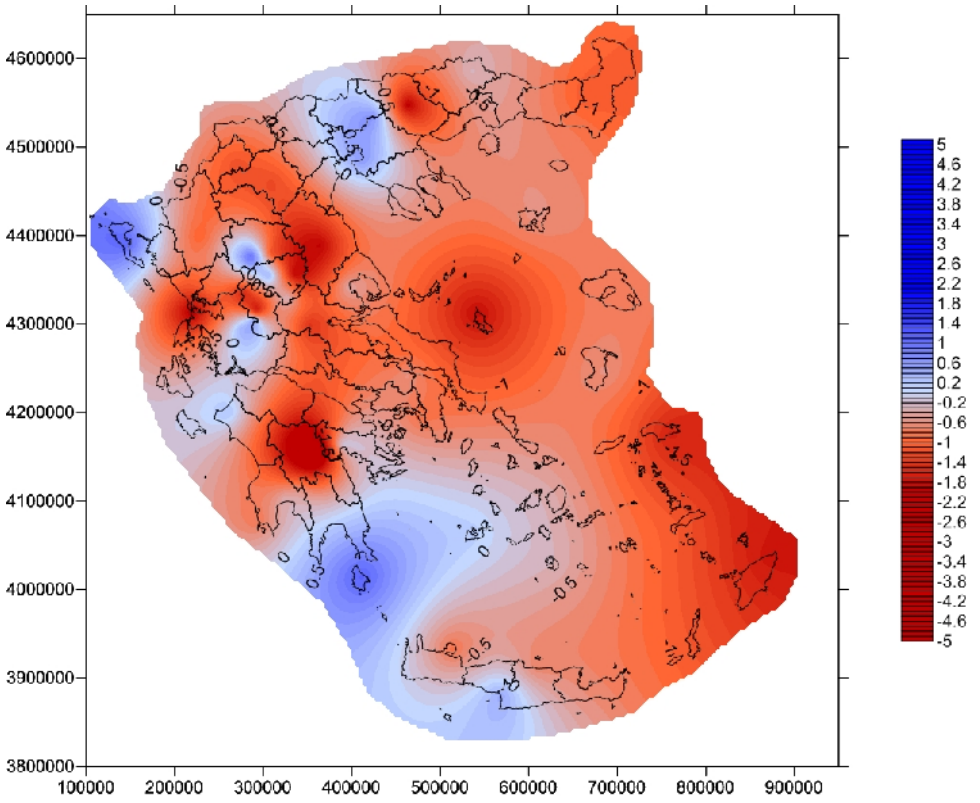
Εικόνα ΙΙΙ.153. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Σεπτέμβριο του 2000 με τις υποθέσεις (kriging)*



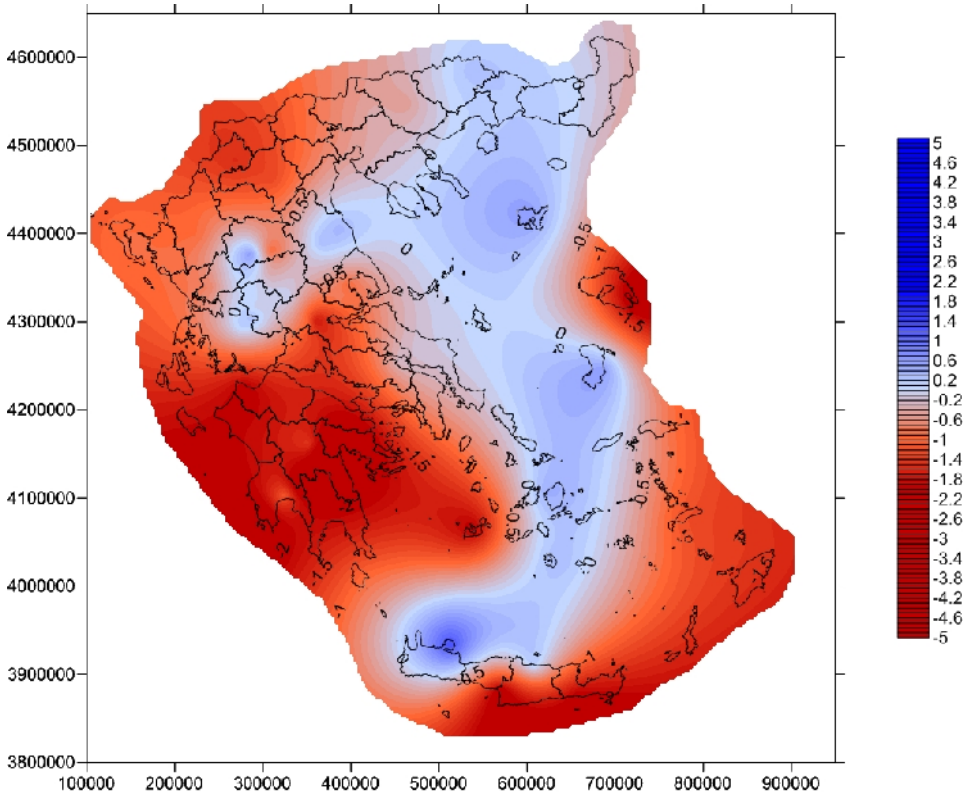
Εικόνα ΙΙΙ.154. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Οκτώβριο του 2000 με τις υποθέσεις (kriging)*



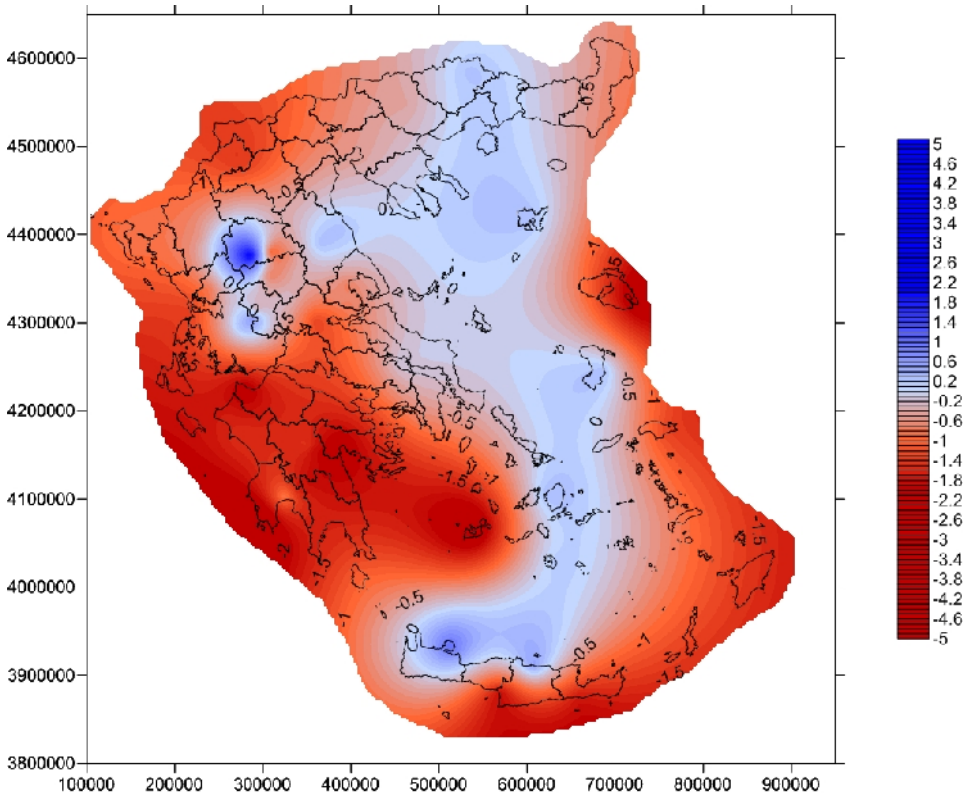
Εικόνα ΙΙΙ.155. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Νοέμβριο του 2000 με τις υποθέσεις (kriging)*



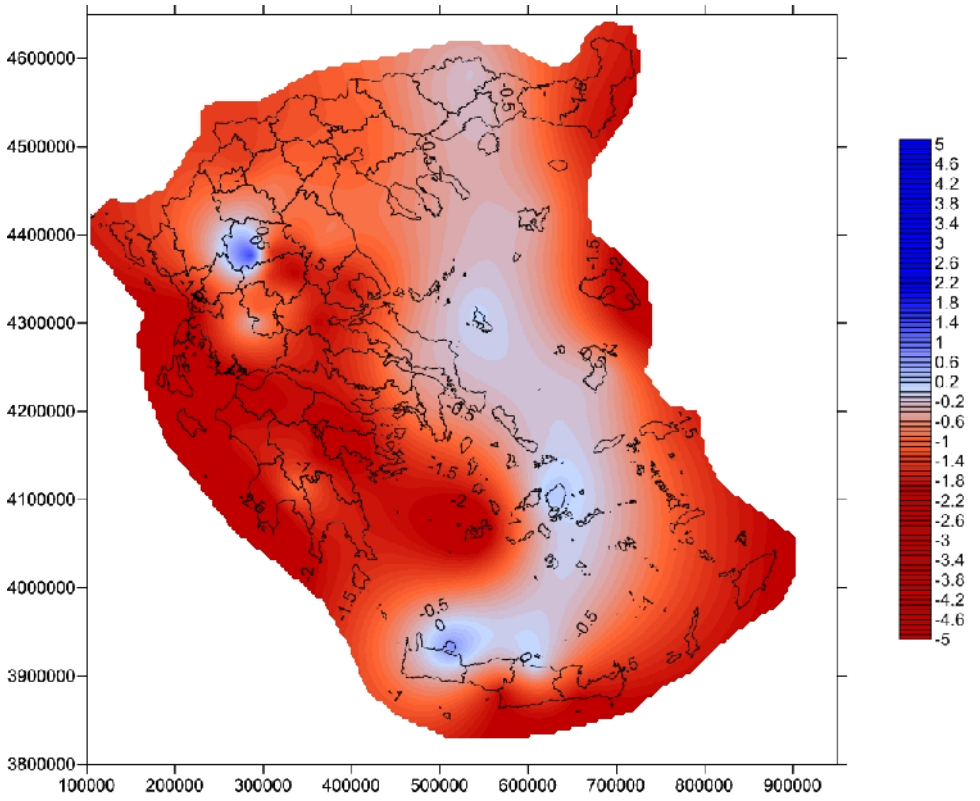
Εικόνα ΙΙΙ.156. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Δεκέμβριο του 2000 με τις υποθέσεις (kriging)*



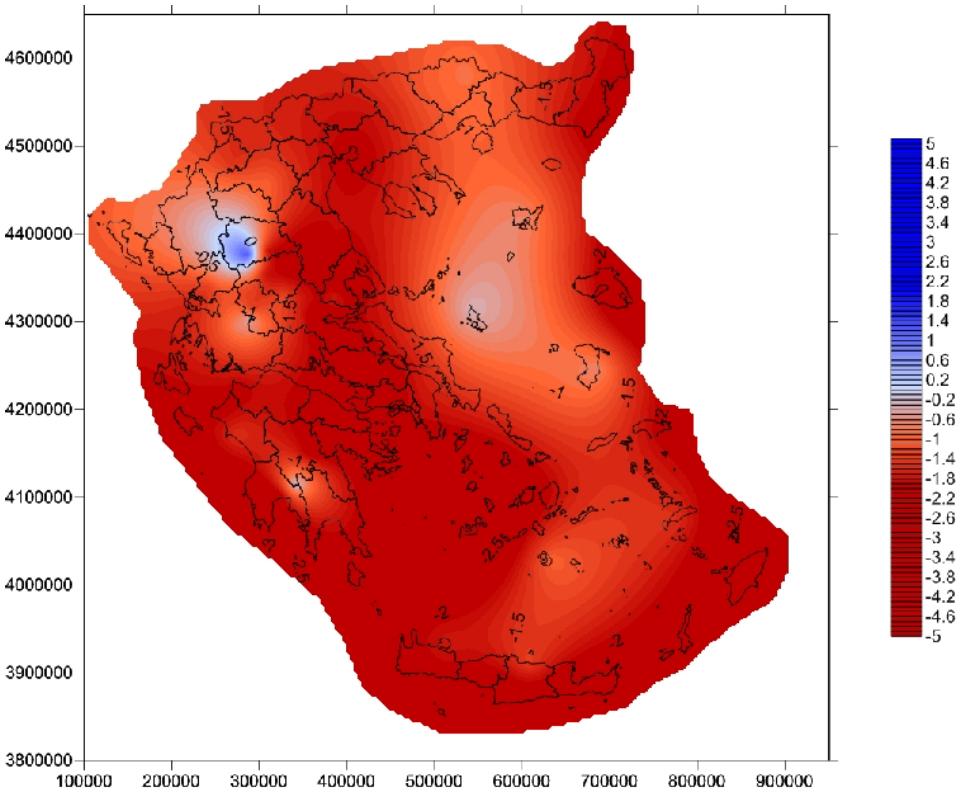
Εικόνα ΙΙΙ.157. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Ιανουάριο του 2007 με τις υποθέσεις (kriging)*



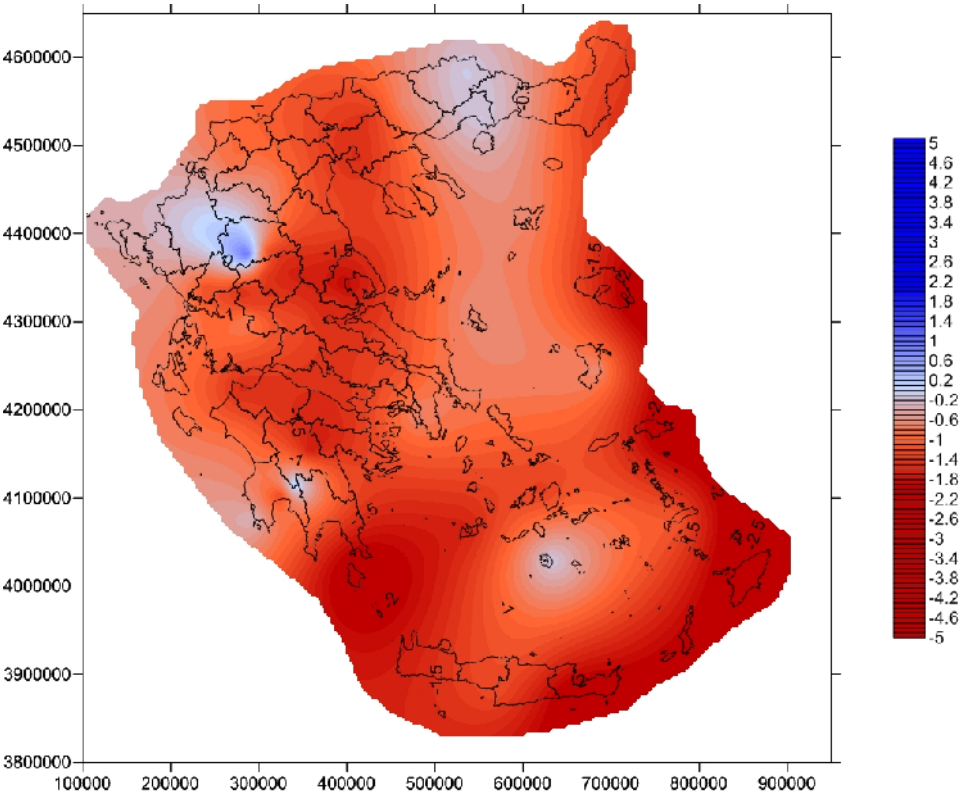
Εικόνα ΙΙΙ.158. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Φεβρουάριο του 2007 με τις υποθέσεις (kriging)*



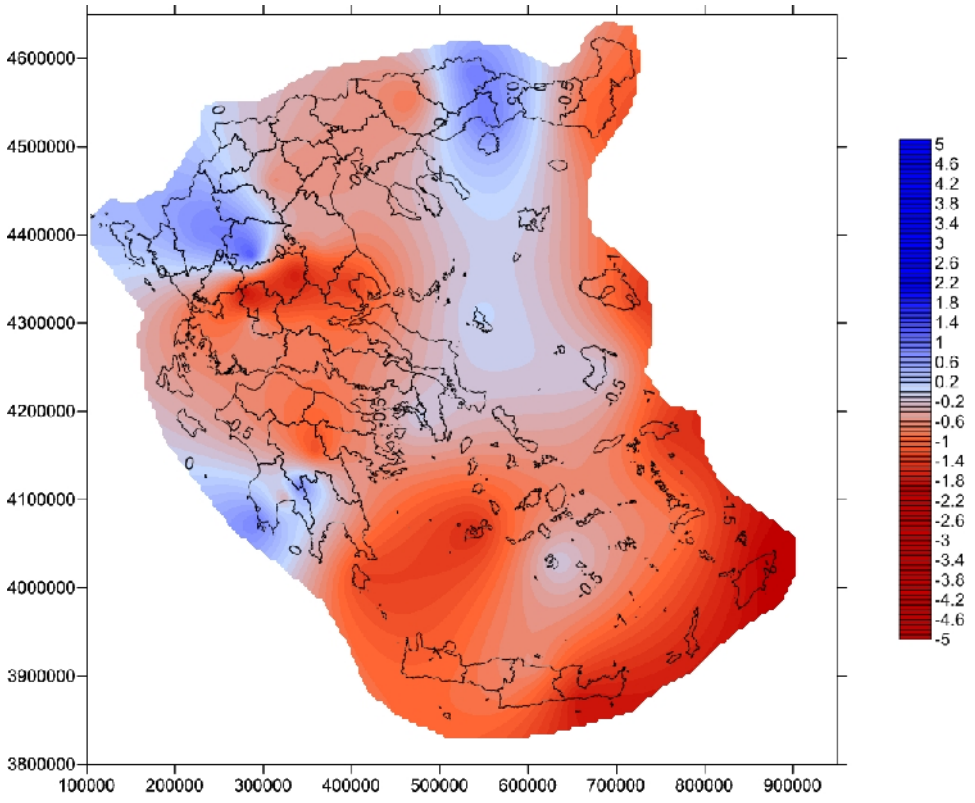
Εικόνα ΙΙΙ.159. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Μάρτιο του 2007 με τις υποθέσεις (kriging)*



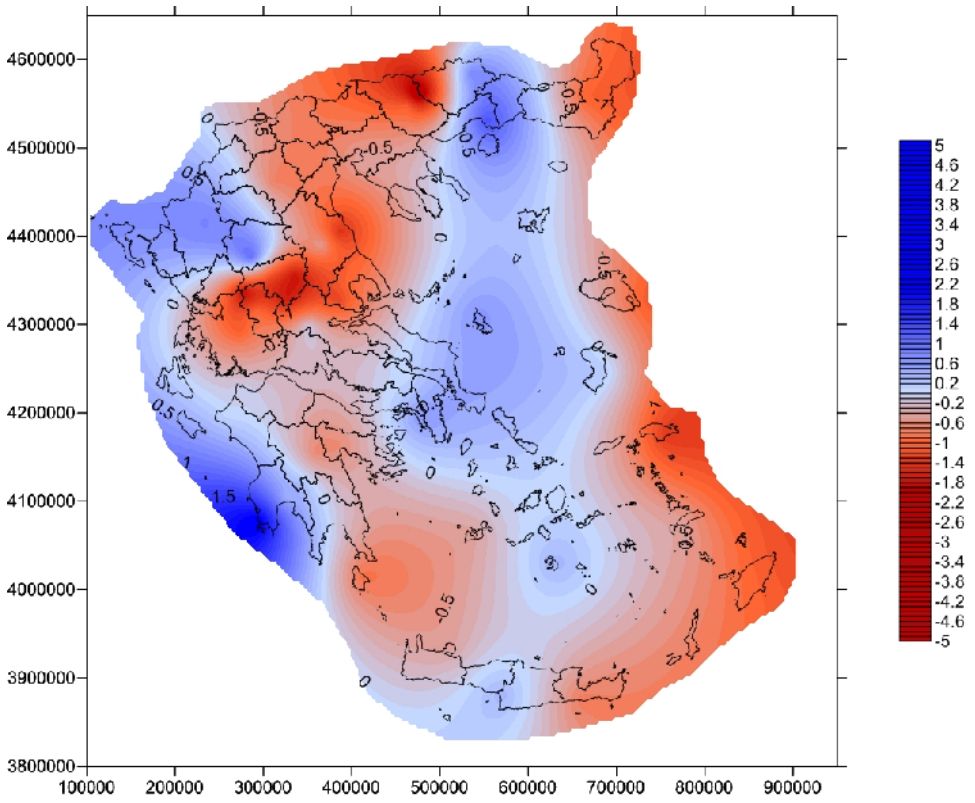
Εικόνα ΙΙΙ.160. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Απρίλιο του 2007 με τις υποθέσεις (kriging)*



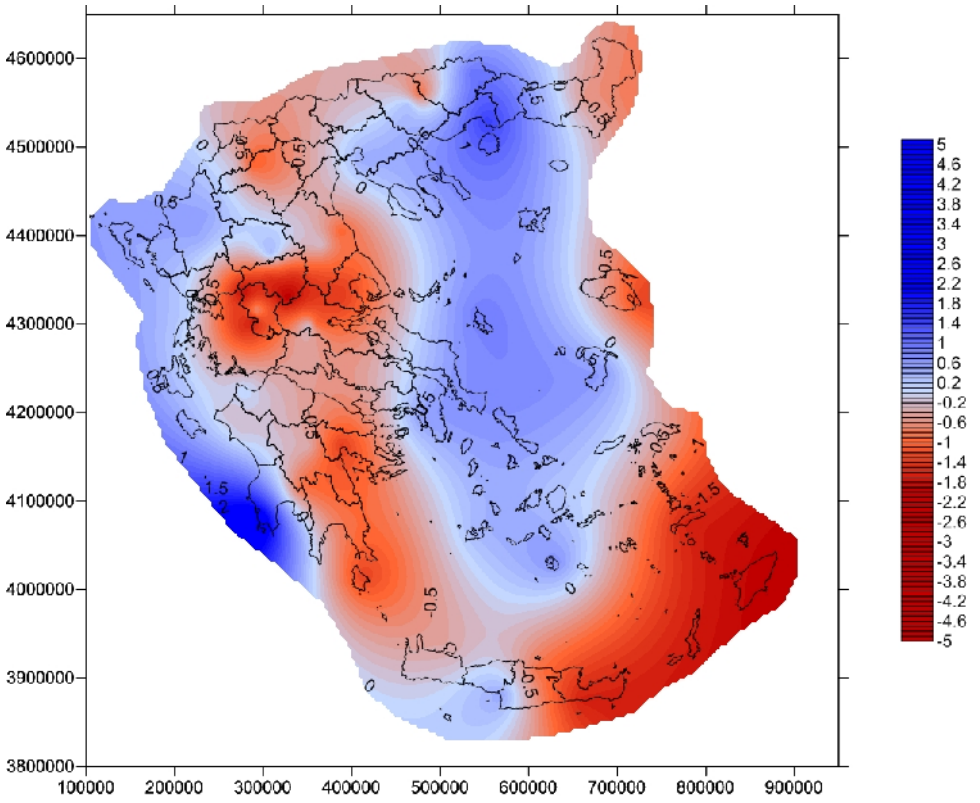
Εικόνα ΙΙΙ.161. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Μάιο του 2007 με τις υποθέσεις (kriging)*



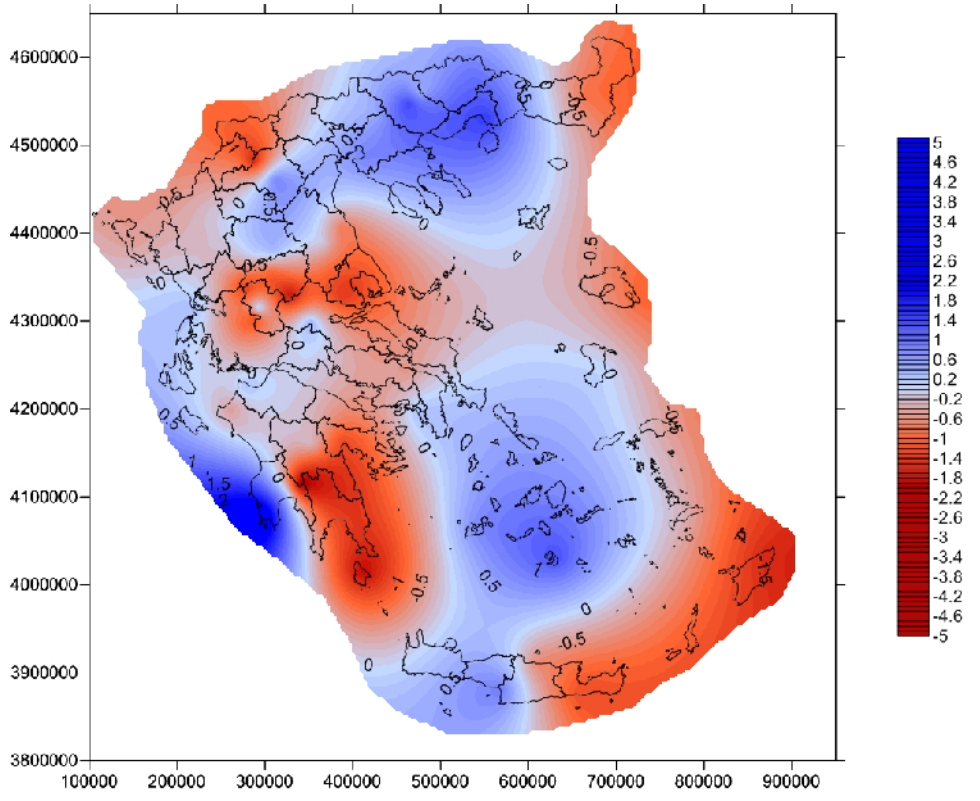
Εικόνα ΙΙΙ.162. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Ιούνιο του 2007 με τις υποθέσεις (kriging)*



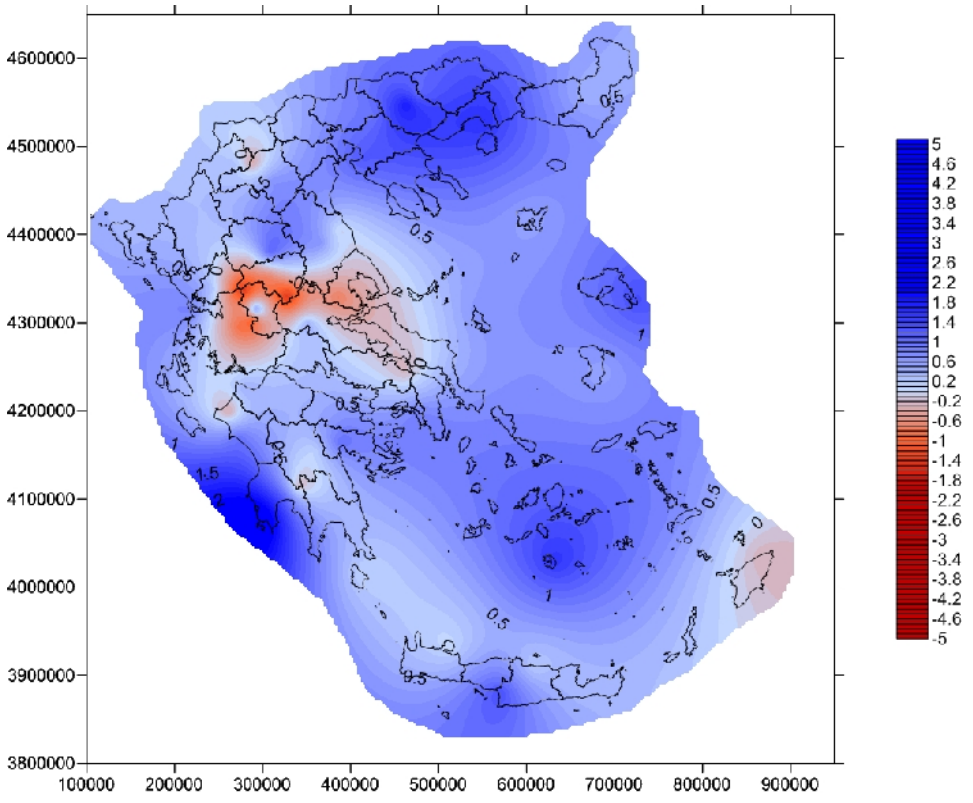
Εικόνα ΙΙΙ.163. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Ιούλιο του 2007 με τις υποθέσεις (kriging)*



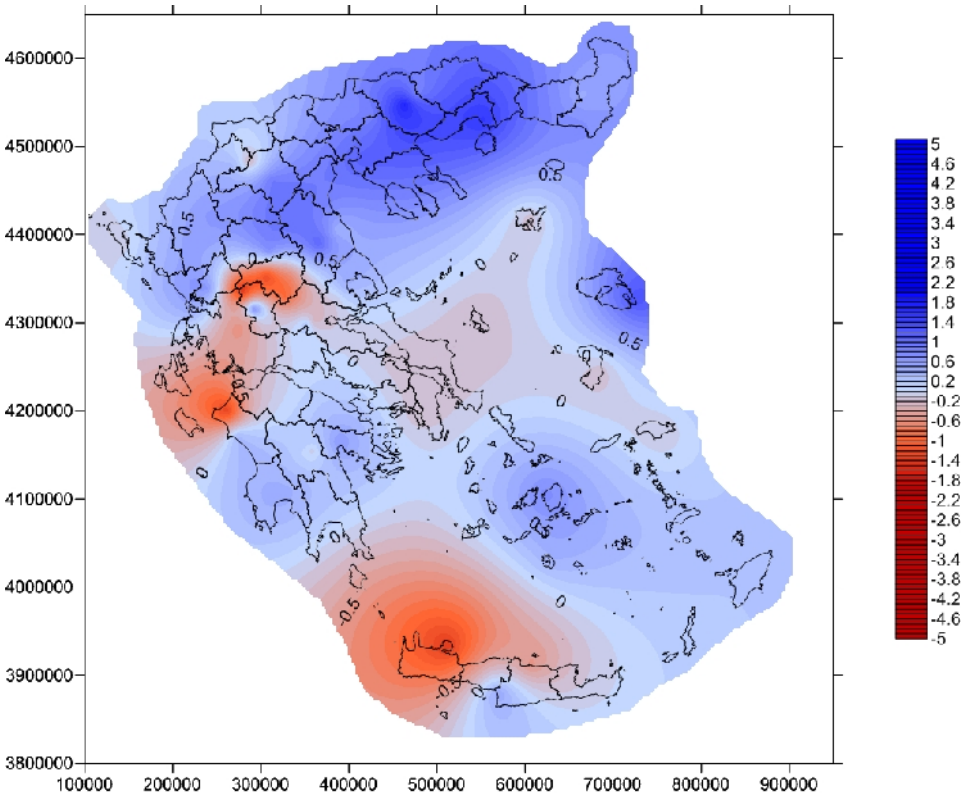
Εικόνα ΙΙΙ.164. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Αύγουστο του 2007 με τις υποθέσεις (kriging)*



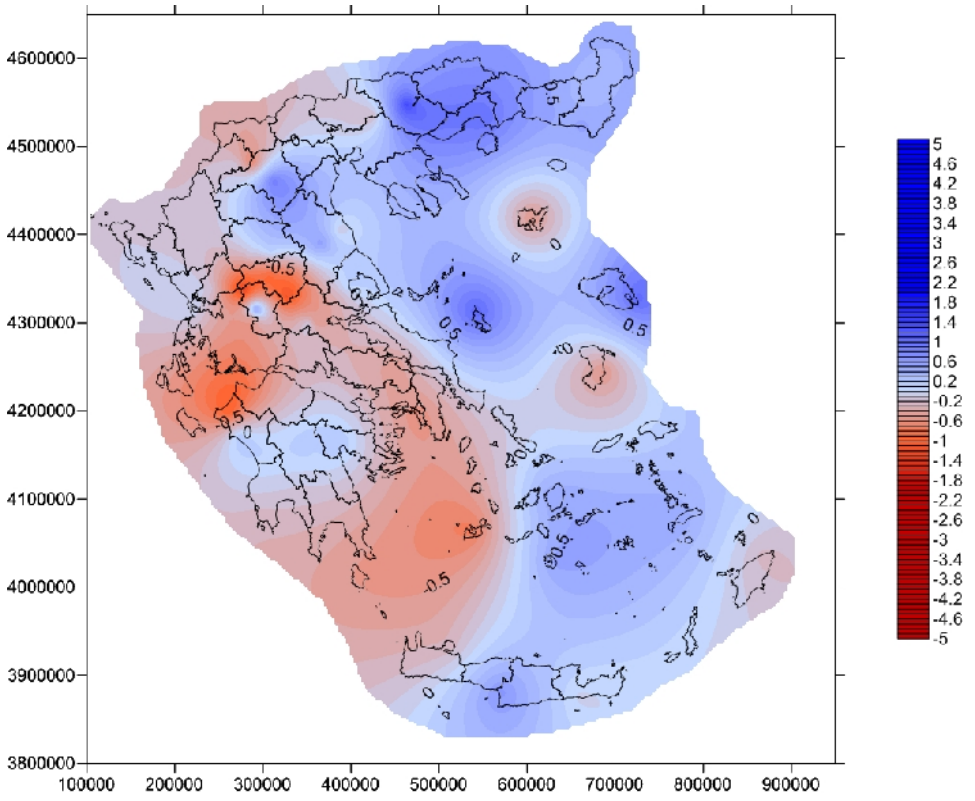
Εικόνα ΙΙΙ.165. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Σεπτέμβρη του 2007 με τις υποθέσεις (kriging)*



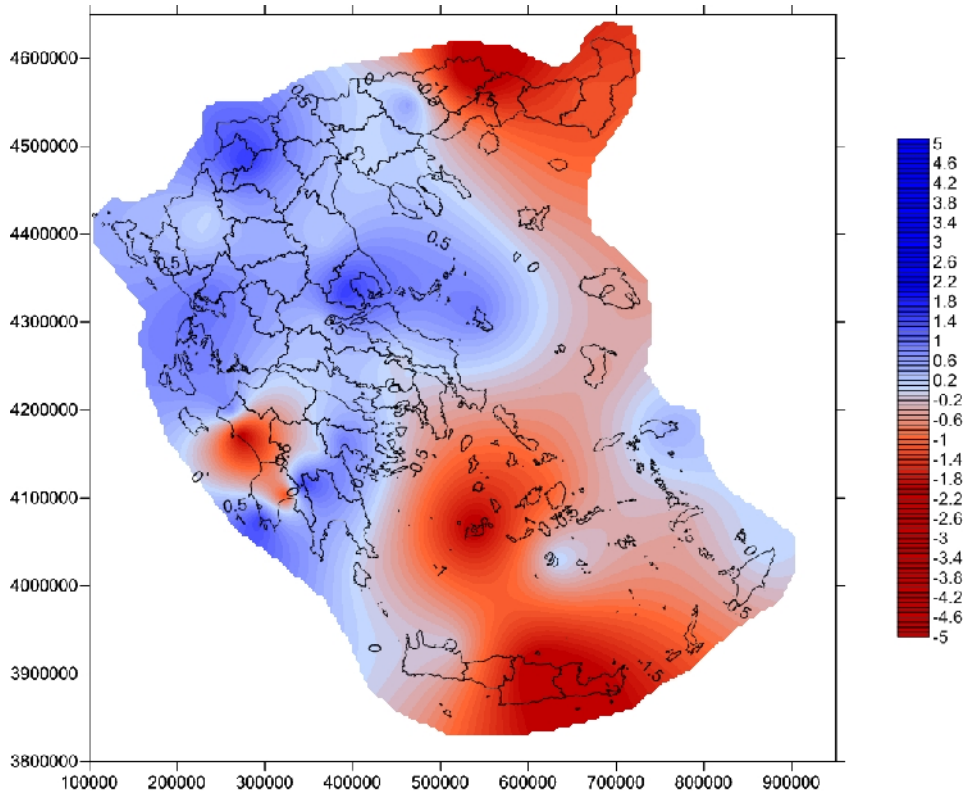
Εικόνα ΙΙΙ.166. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Οκτώβρη του 2007 με τις υποθέσεις (kriging)*



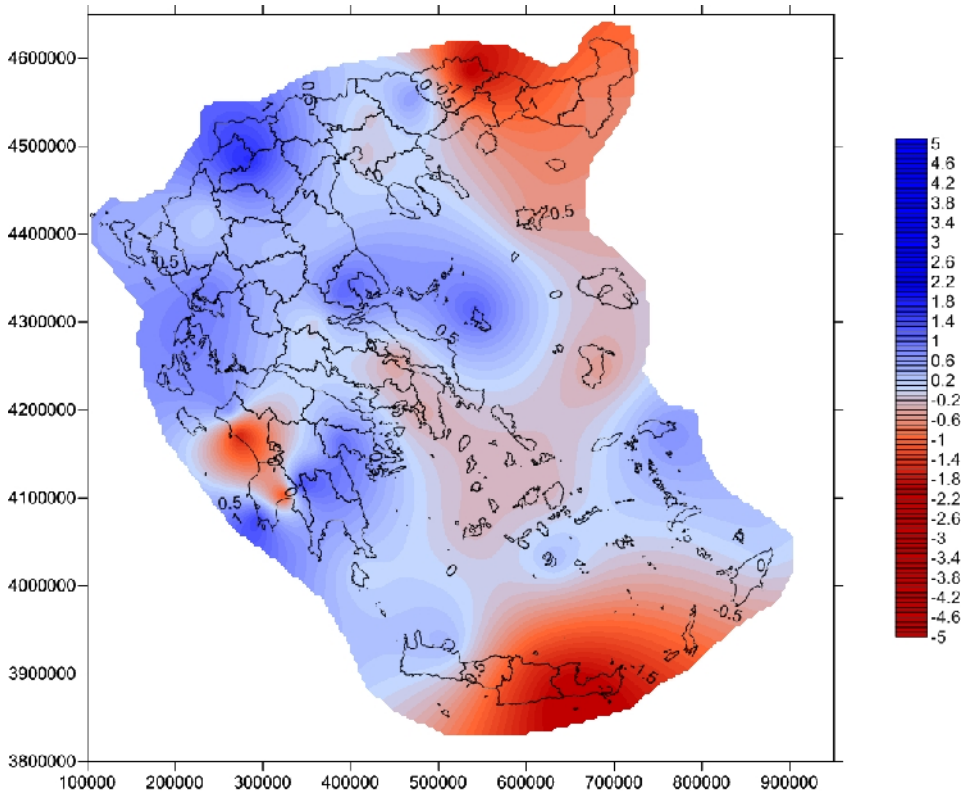
Εικόνα ΙΙΙ.167. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Νοέμβριο του 2007 με τις υποθέσεις (kriging)*



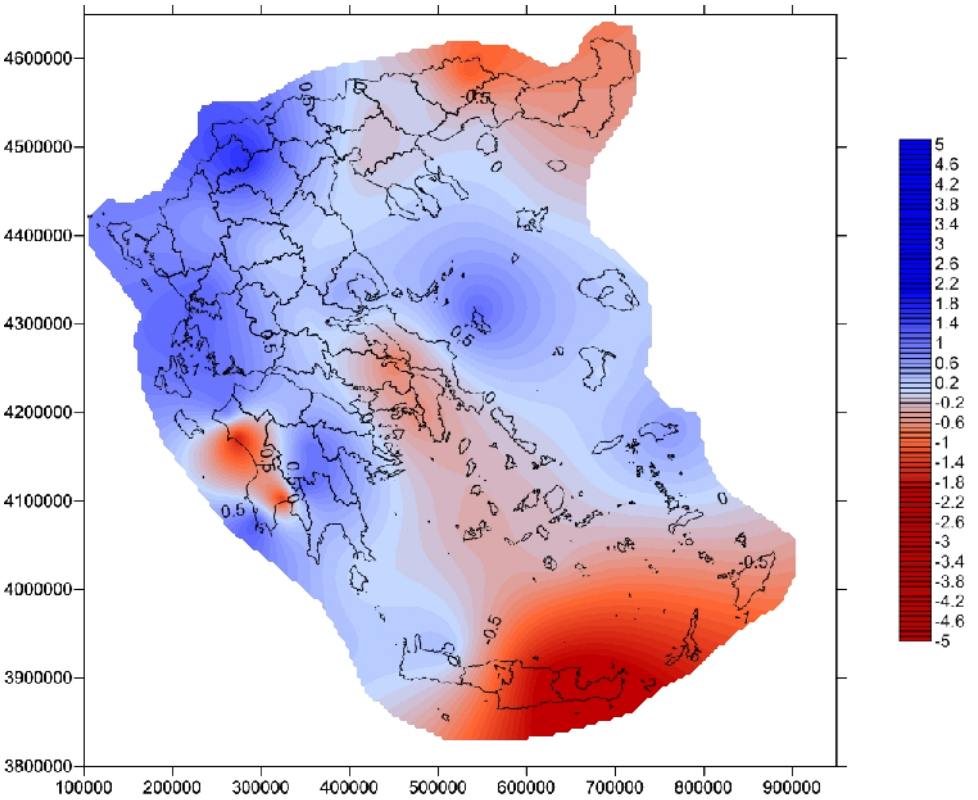
Εικόνα ΙΙΙ.168. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Δεκέμβριο του 2007 με τις υποθέσεις (kriging)*



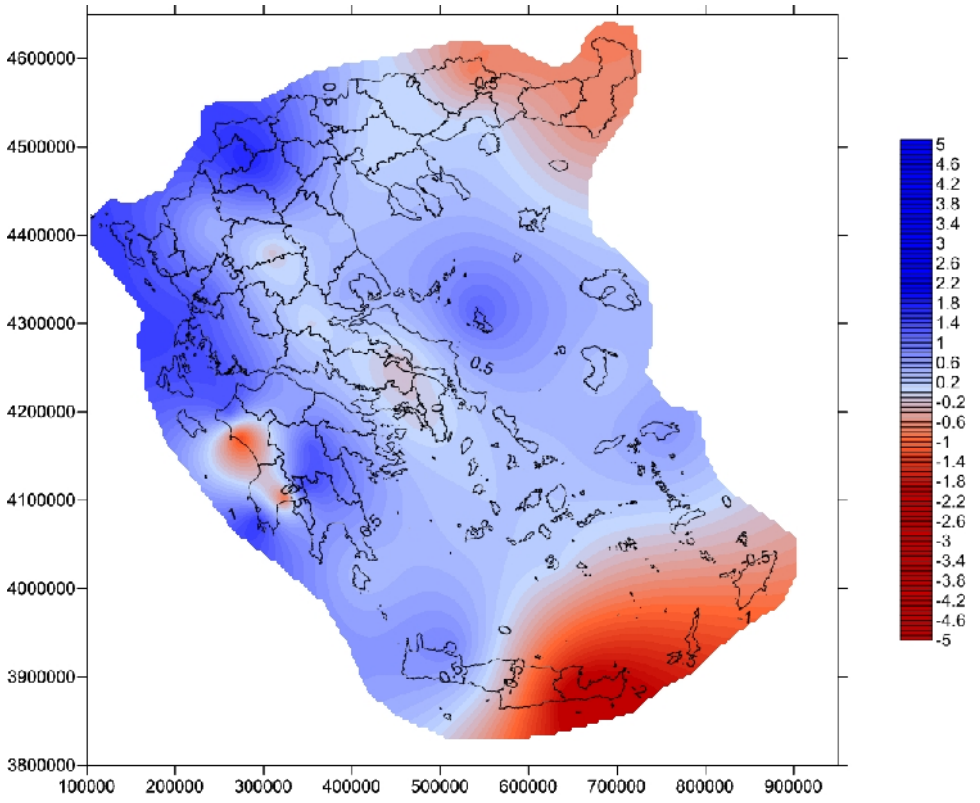
Εικόνα ΙΙΙ.169. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Ιανουάριο του 2009 με τις υποθέσεις (kriging)*



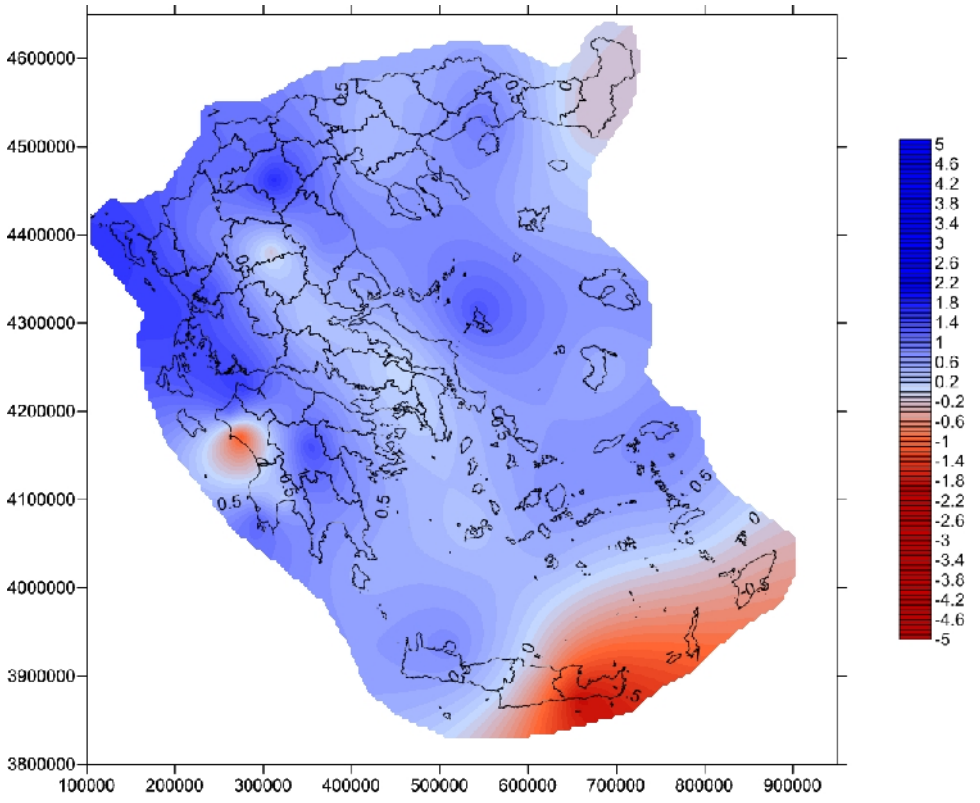
Εικόνα ΙΙΙ.170. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Φεβρουάριο του 2009 με τις υποθέσεις (kriging)*



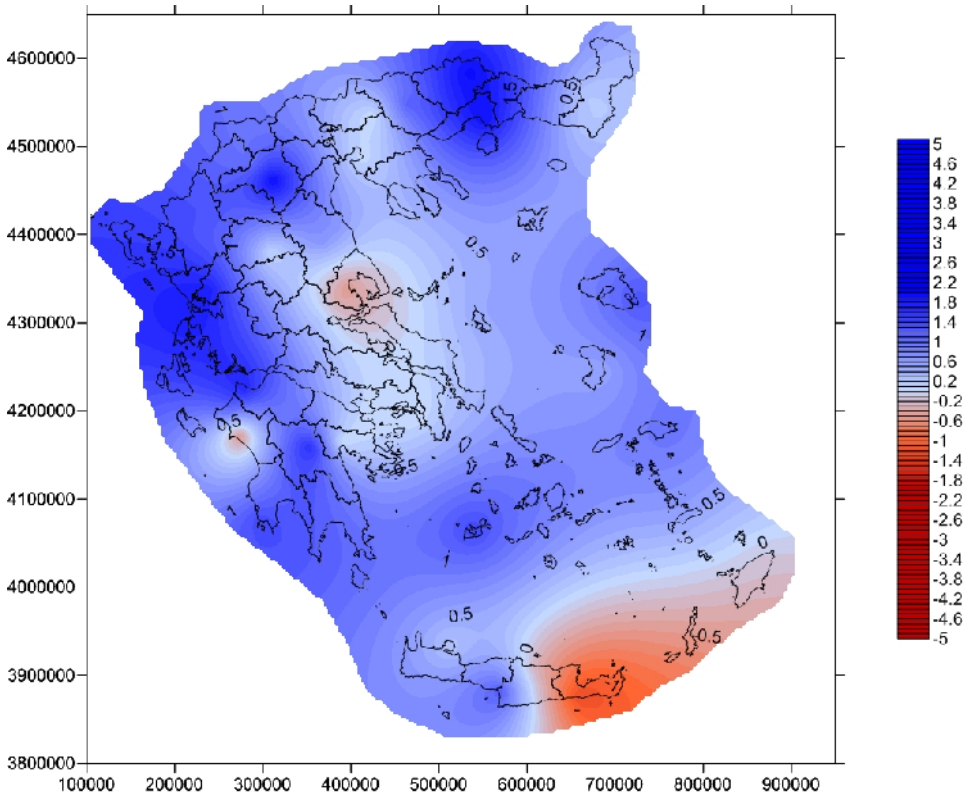
Εικόνα ΙΙΙ.171. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Μάρτιο του 2009 με τις υποθέσεις (kriging)*



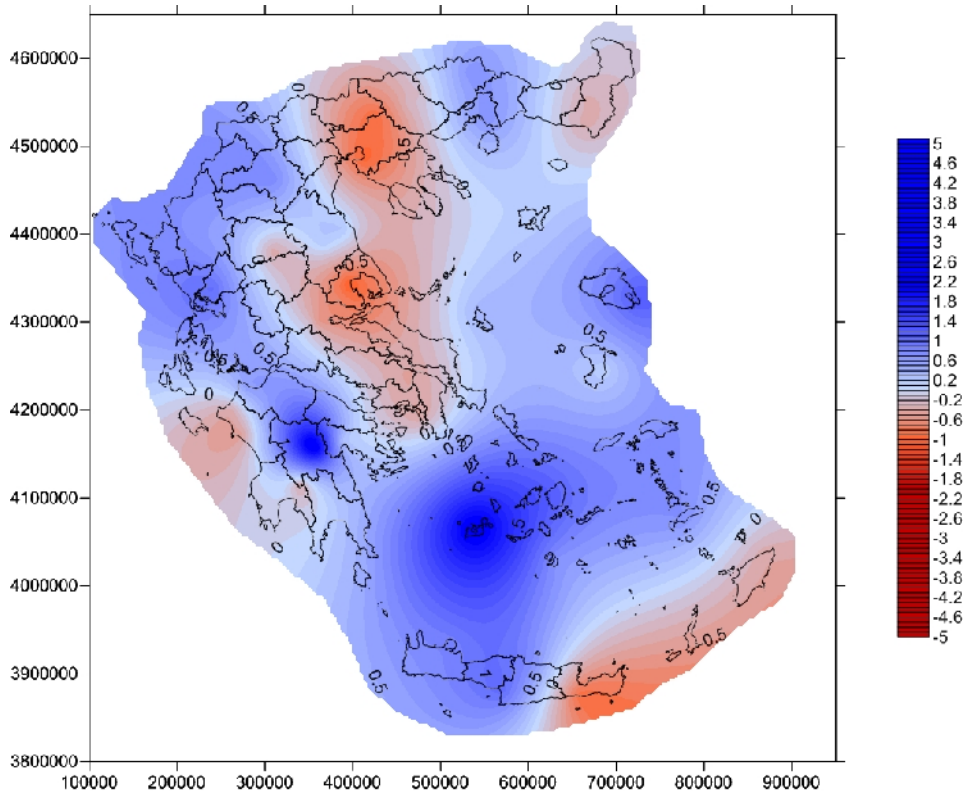
Εικόνα ΙΙΙ.172. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Απρίλιο του 2009 με τις υποθέσεις (kriging)*



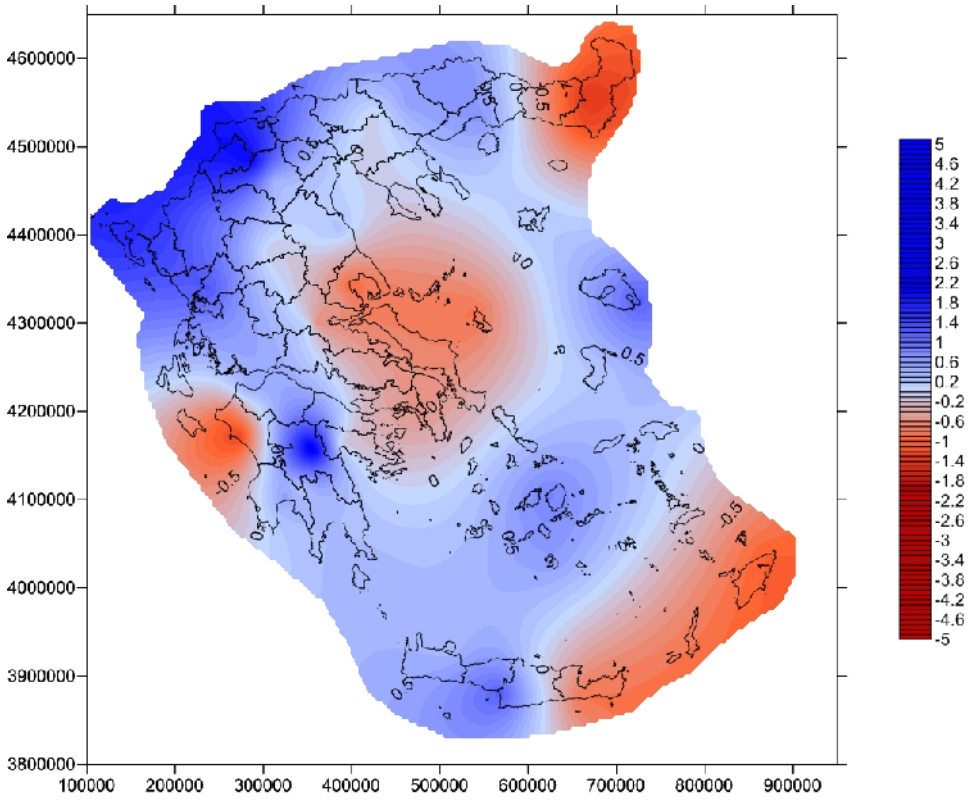
Εικόνα ΙΙΙ.173. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Μάιο του 2009 με τις υποθέσεις (kriging)*



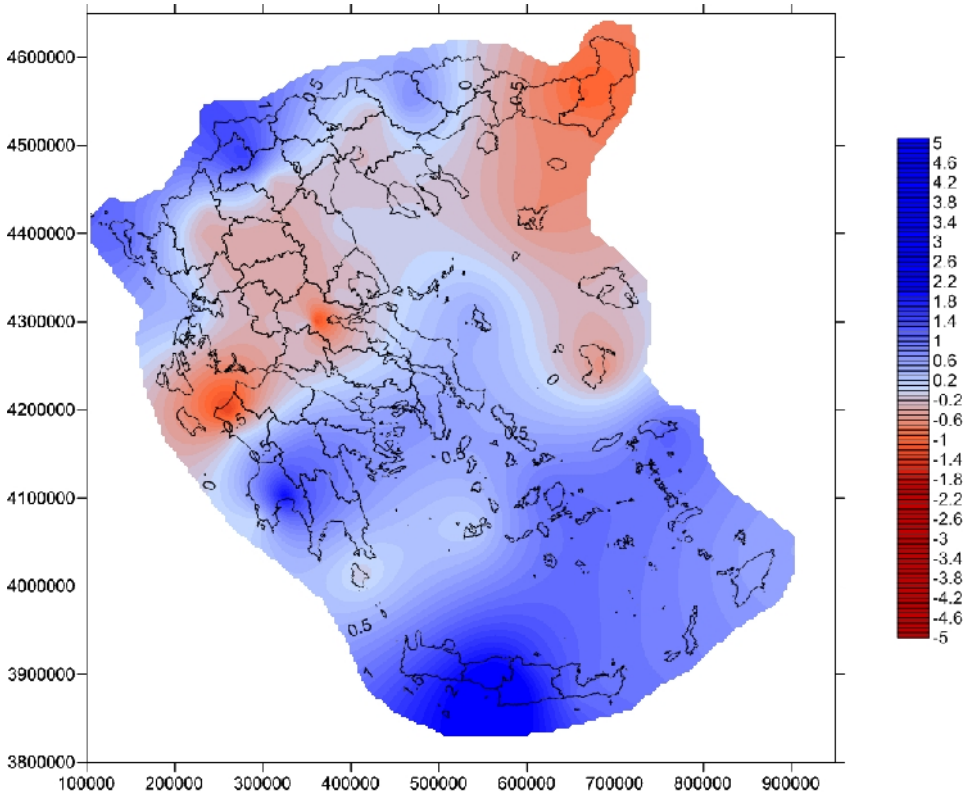
Εικόνα ΙΙΙ.174. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Ιούνιο του 2009 με τις υποθέσεις (kriging)*



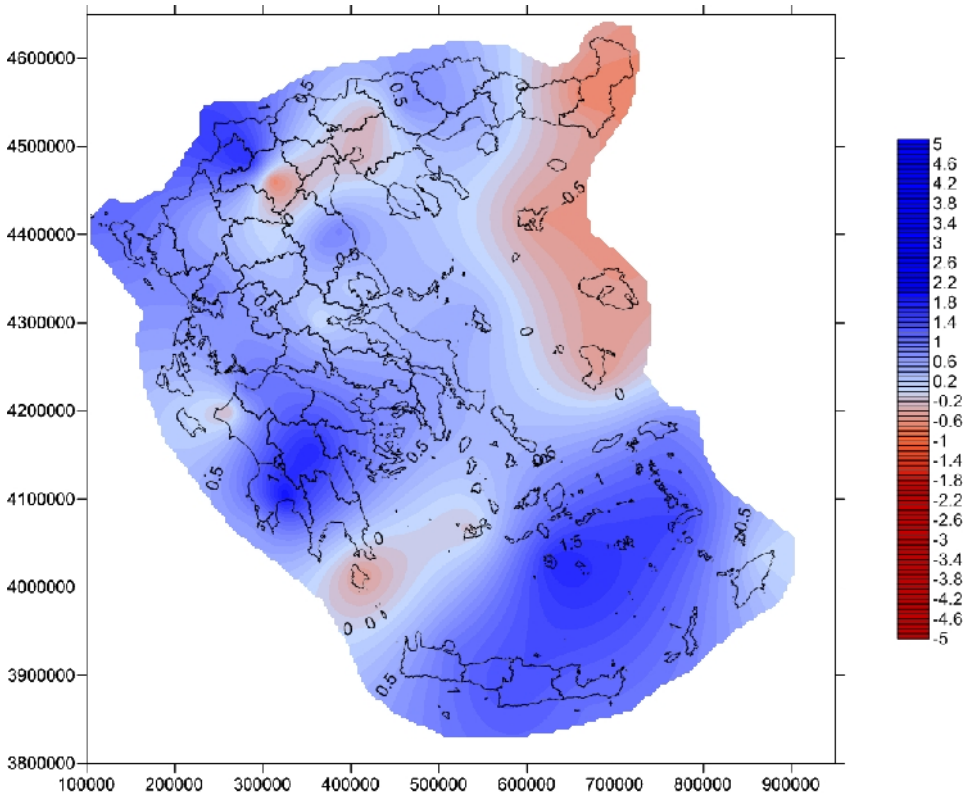
Εικόνα ΙΙΙ.175. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Ιούλιο του 2009 με τις υποθέσεις (kriging)*



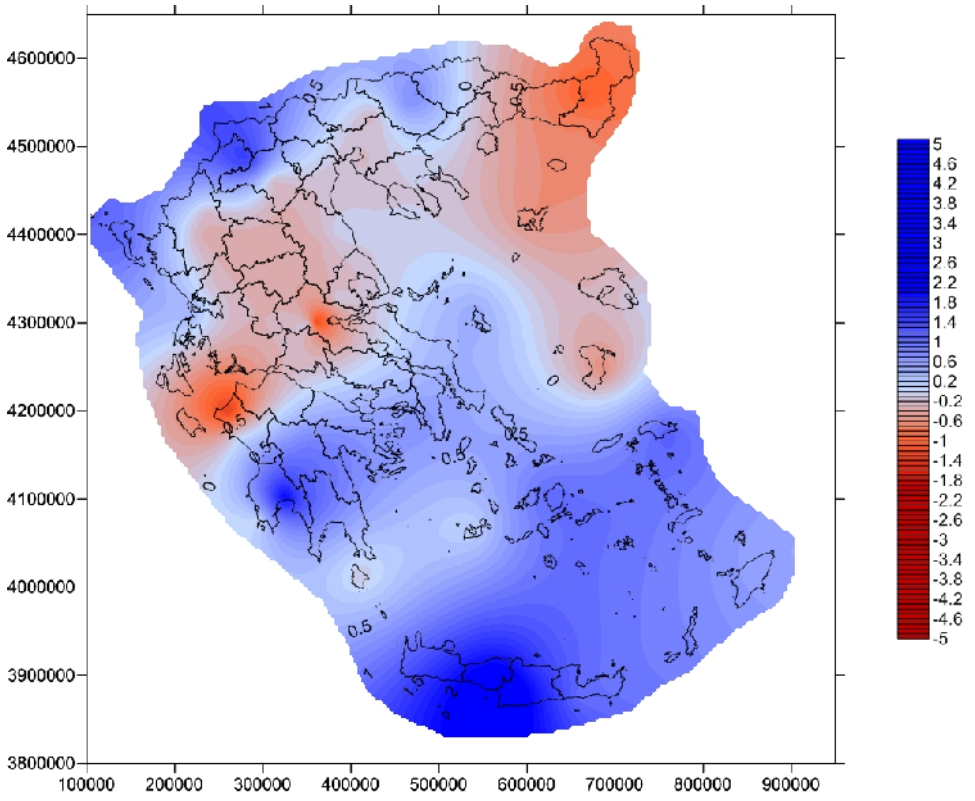
Εικόνα ΙΙΙ.176. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Αύγουστο του 2009 με τις υποθέσεις (kriging)*



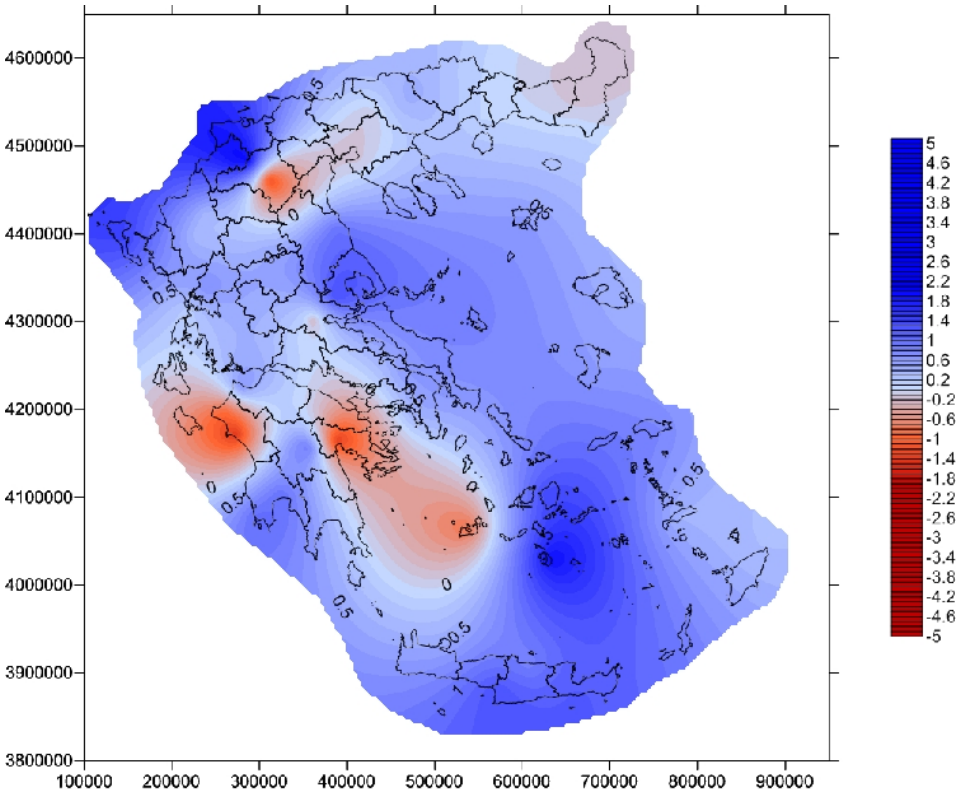
Εικόνα ΙΙΙ.177. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Σεπτέμβριο του 2009 με τις υποθέσεις (kriging)*



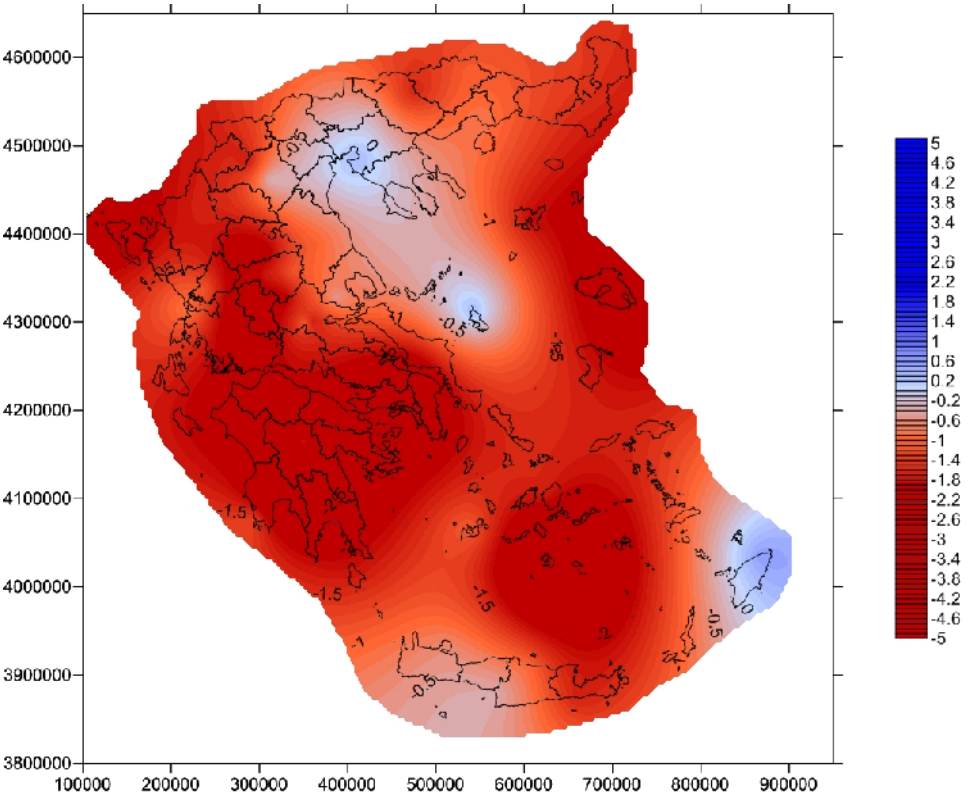
Εικόνα ΙΙΙ.178. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Οκτώβριο του 2009 με τις υποθέσεις (kriging)*



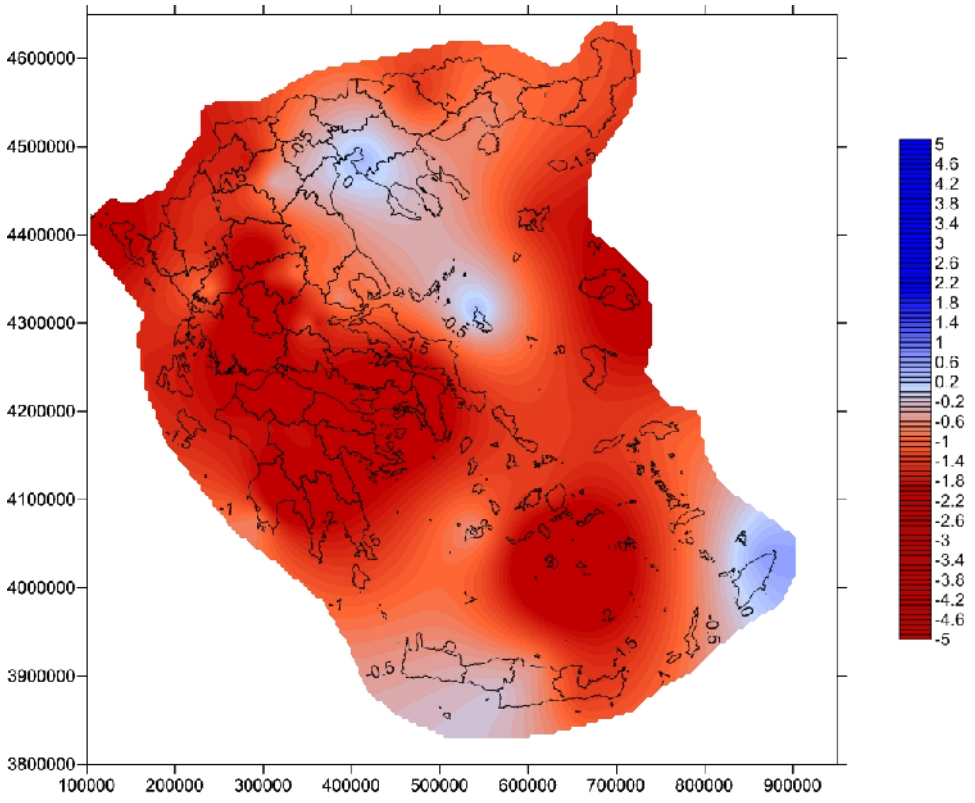
Εικόνα ΙΙΙ.179. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Νοέμβριο του 2009 με τις υποθέσεις (kriging)*



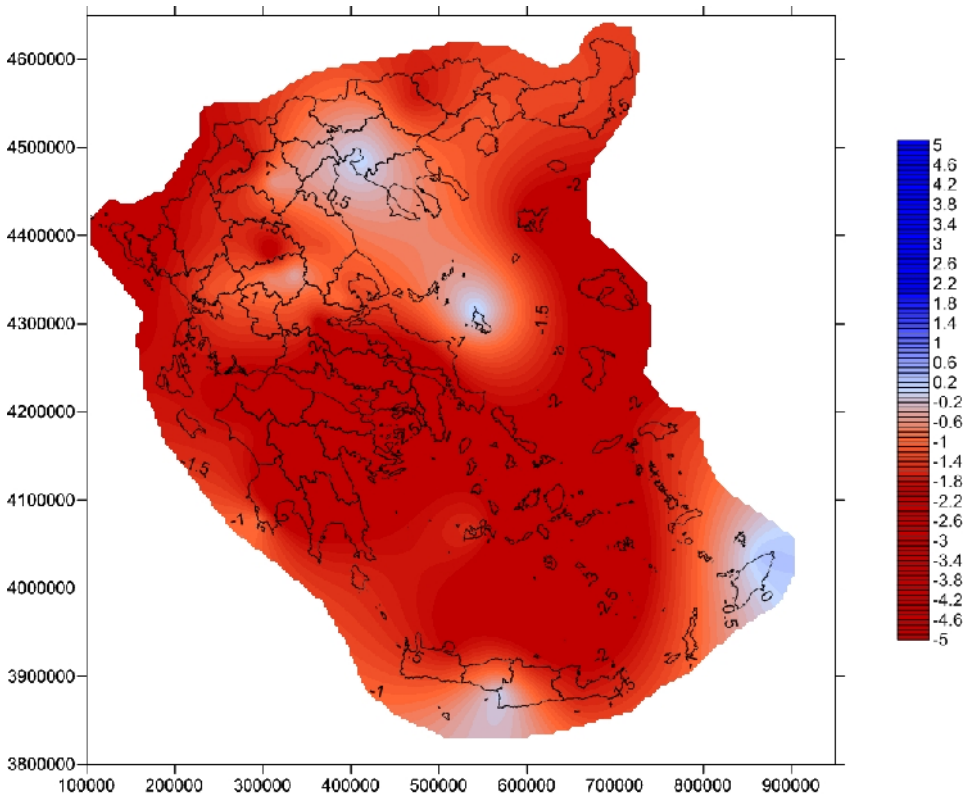
Εικόνα ΙΙΙ.180. *Χάρτης SPI 6 για τον μήνα Δεκέμβριο του 2009 με τις υποθέσεις (kriging)*



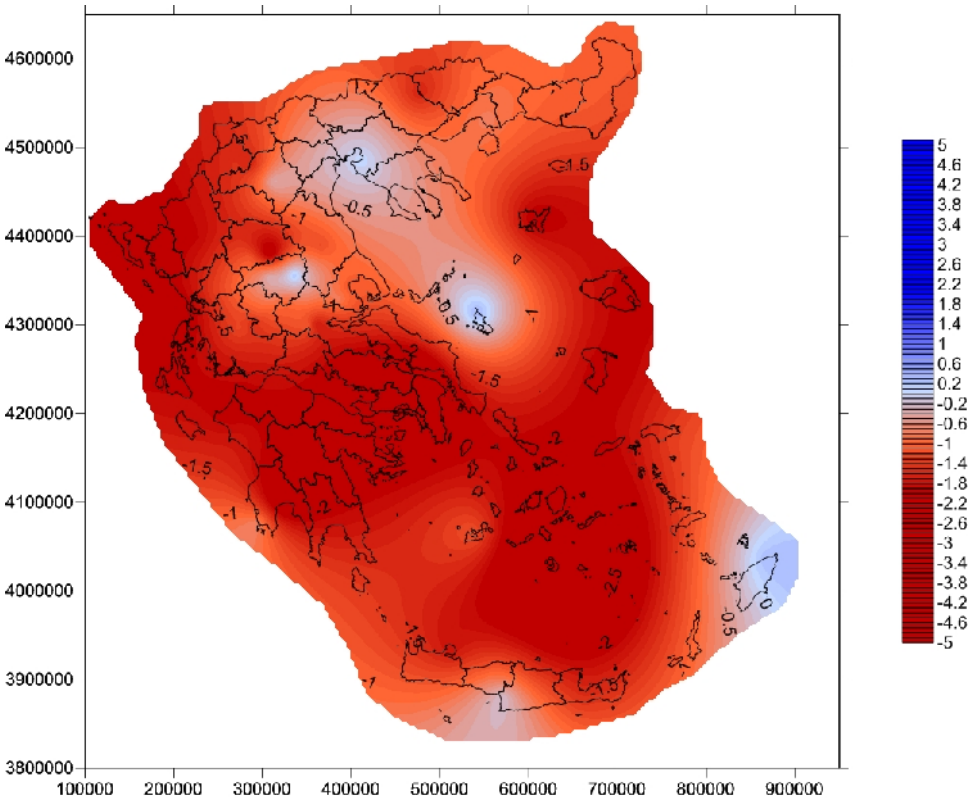
Εικόνα ΙΙΙ.181. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Ιανουάριο του 1990 με τις υποθέσεις (kriging)*



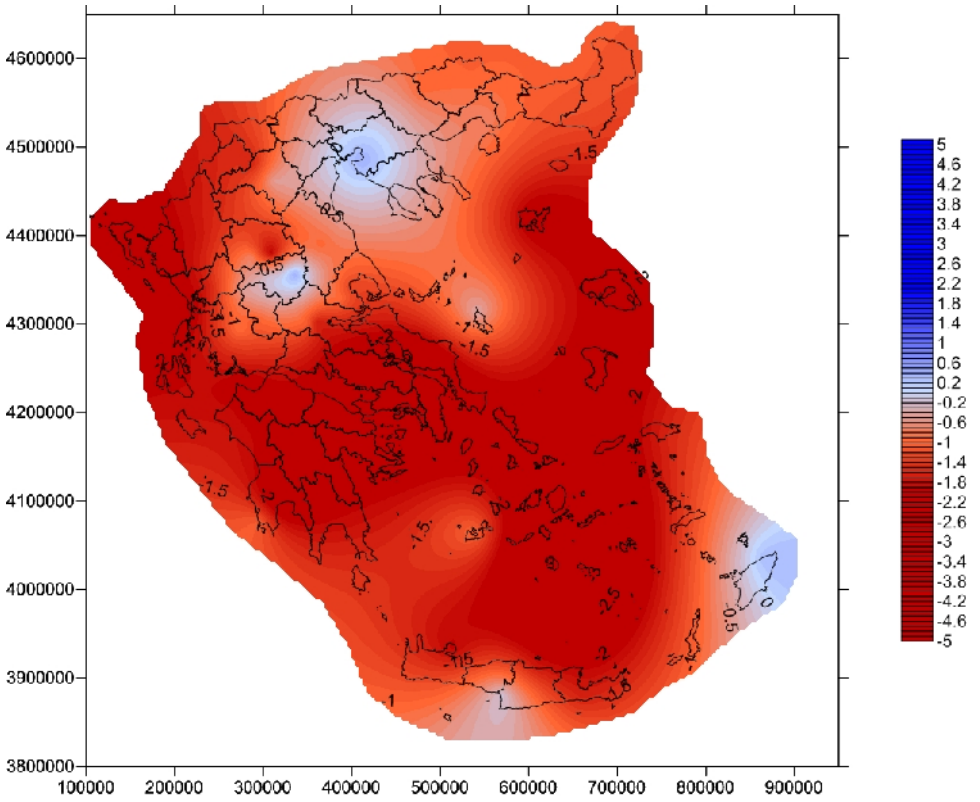
Εικόνα ΙΙΙ.182. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Φεβρουάριο του 1990 με τις υποθέσεις (kriging)*



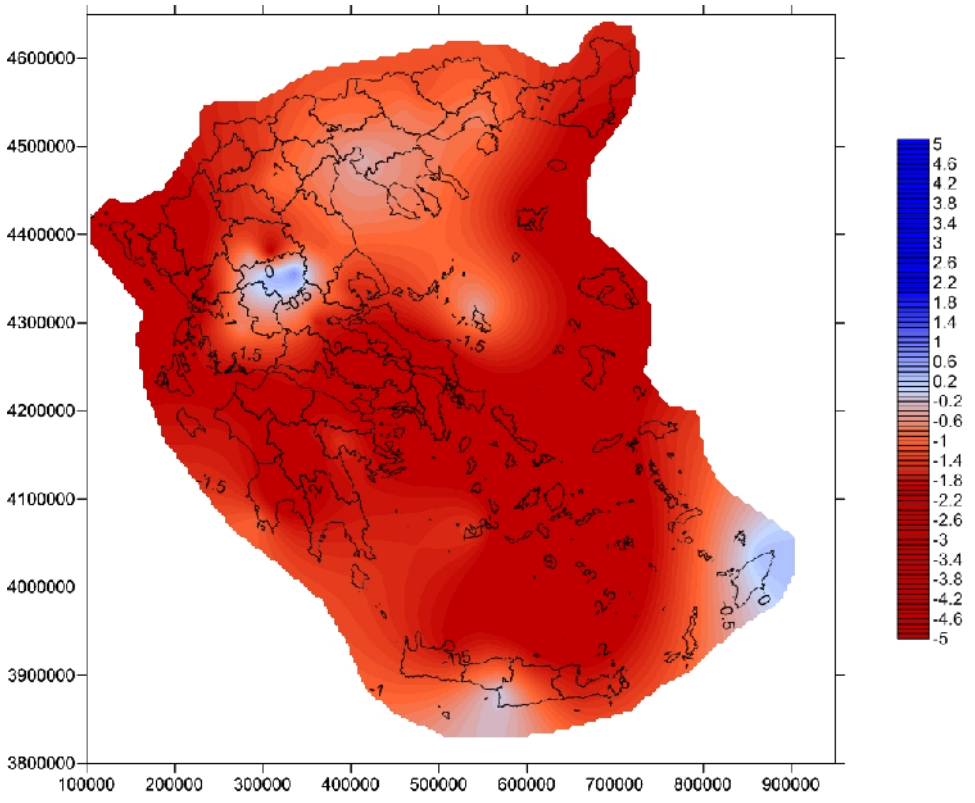
Εικόνα ΙΙΙ.183. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Μάρτιο του 1990 με τις υποθέσεις (kriging)*



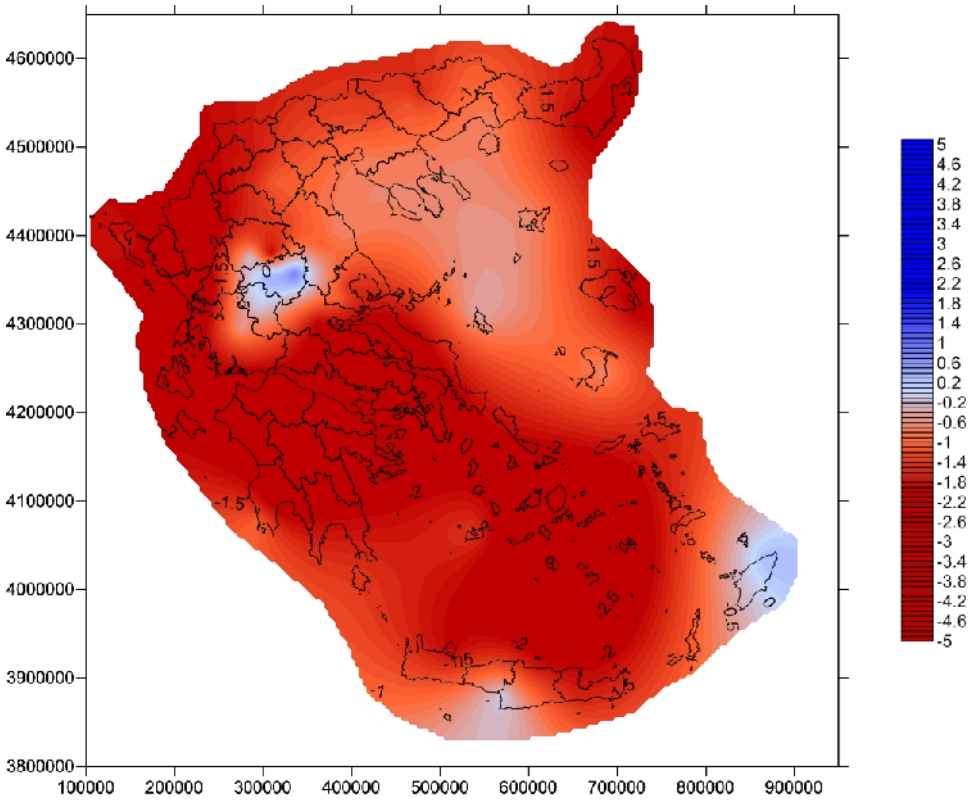
Εικόνα ΙΙΙ.184. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Απρίλιο του 1990 με τις υποθέσεις (kriging)*



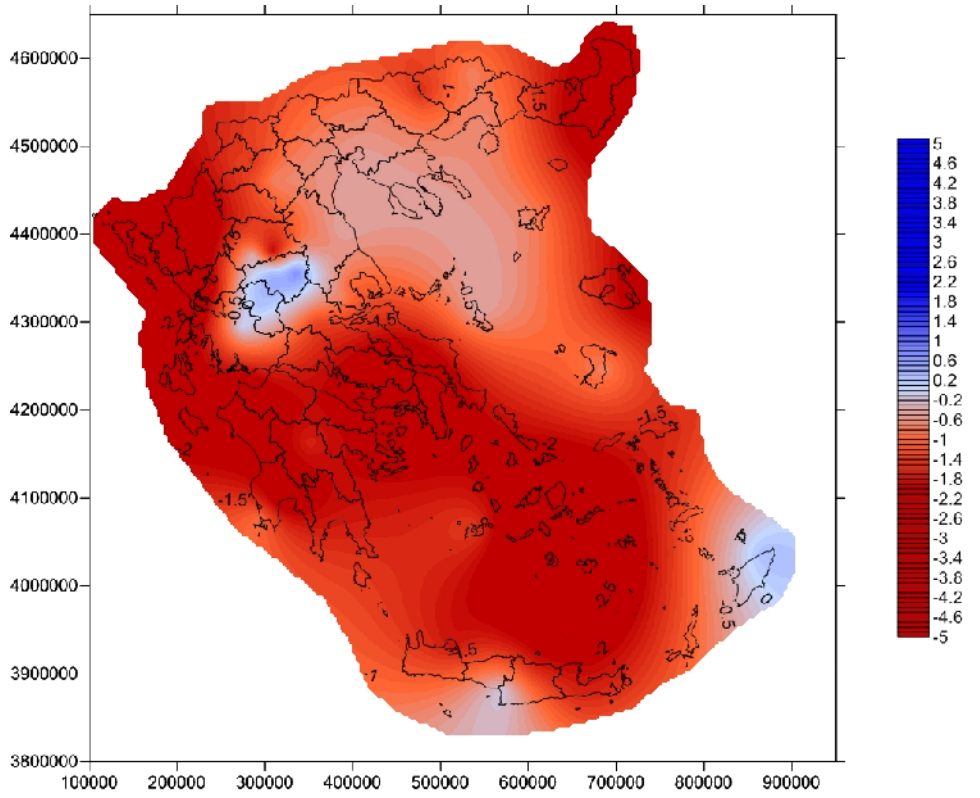
Εικόνα ΙΙΙ.185. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Μάιο του 1990 με τις υποθέσεις (kriging)*



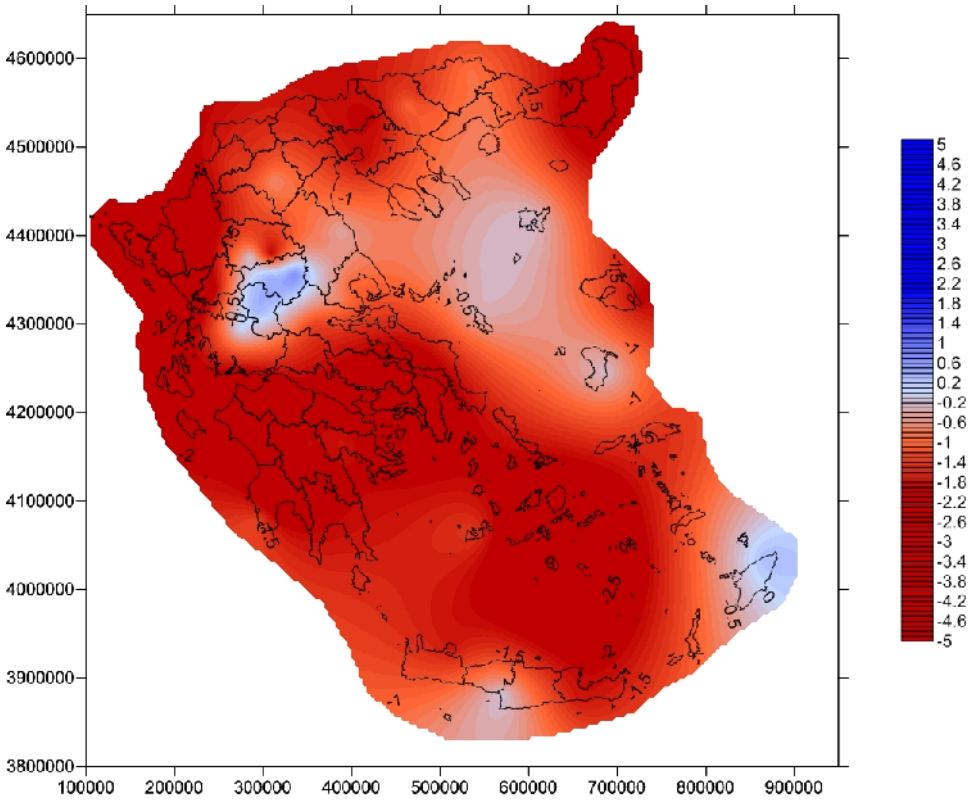
Εικόνα ΙΙΙ.186. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Ιούνιο του 1990 με τις υποθέσεις (kriging)*



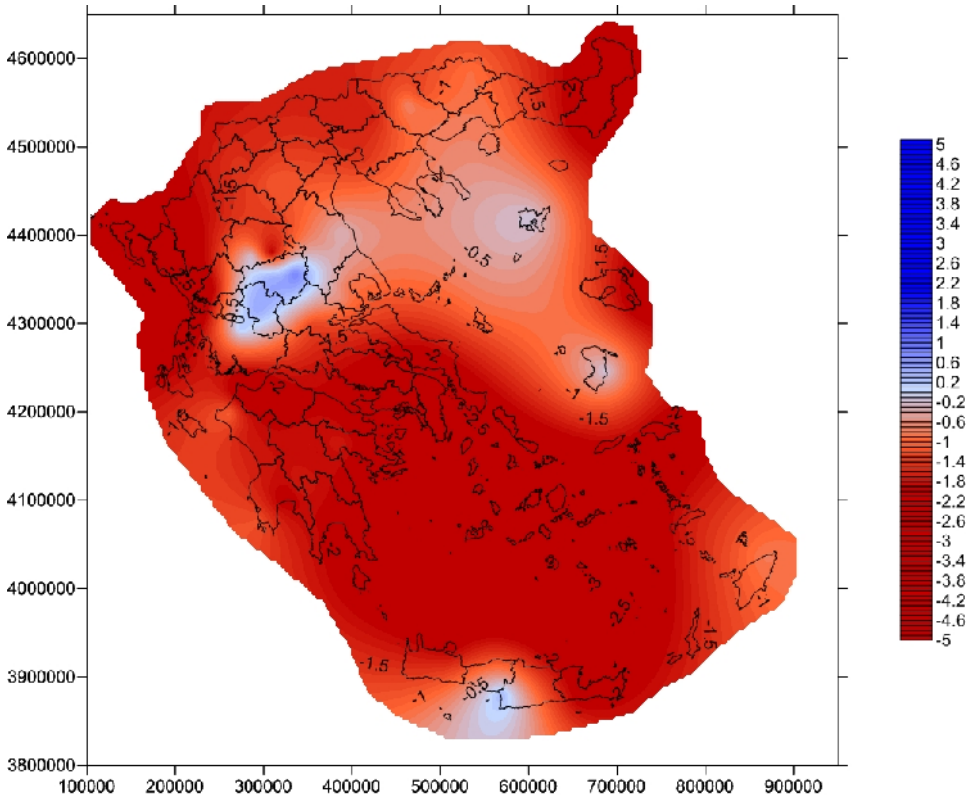
Εικόνα ΙΙΙ.187. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Ιούλιο του 1990 με τις υποθέσεις (kriging)*



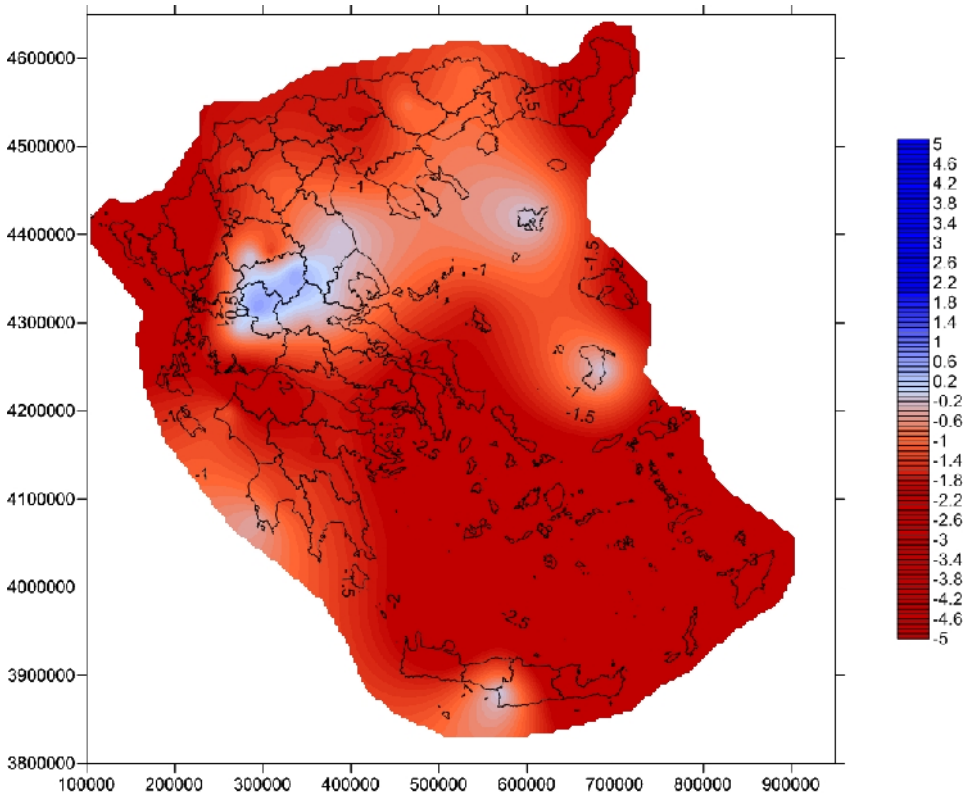
Εικόνα ΙΙΙ.188. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Αύγουστο του 1990 με τις υποθέσεις (kriging)*



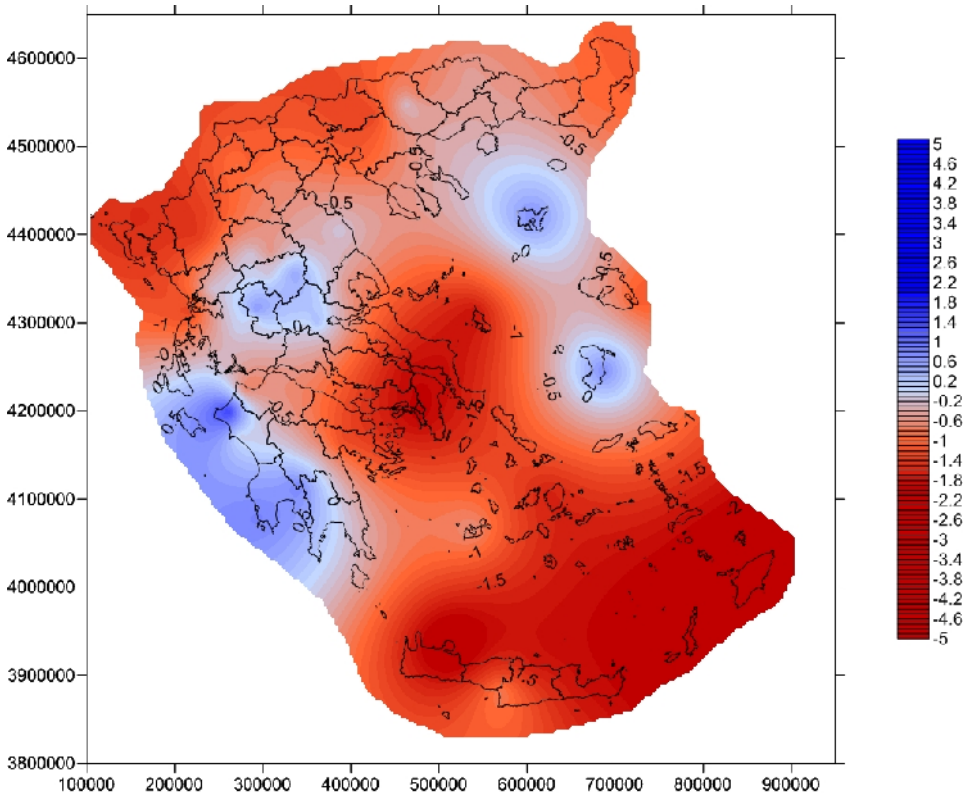
Εικόνα ΙΙΙ.189. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Σεπτέμβριο του 1990 με τις υποθέσεις (kriging)*



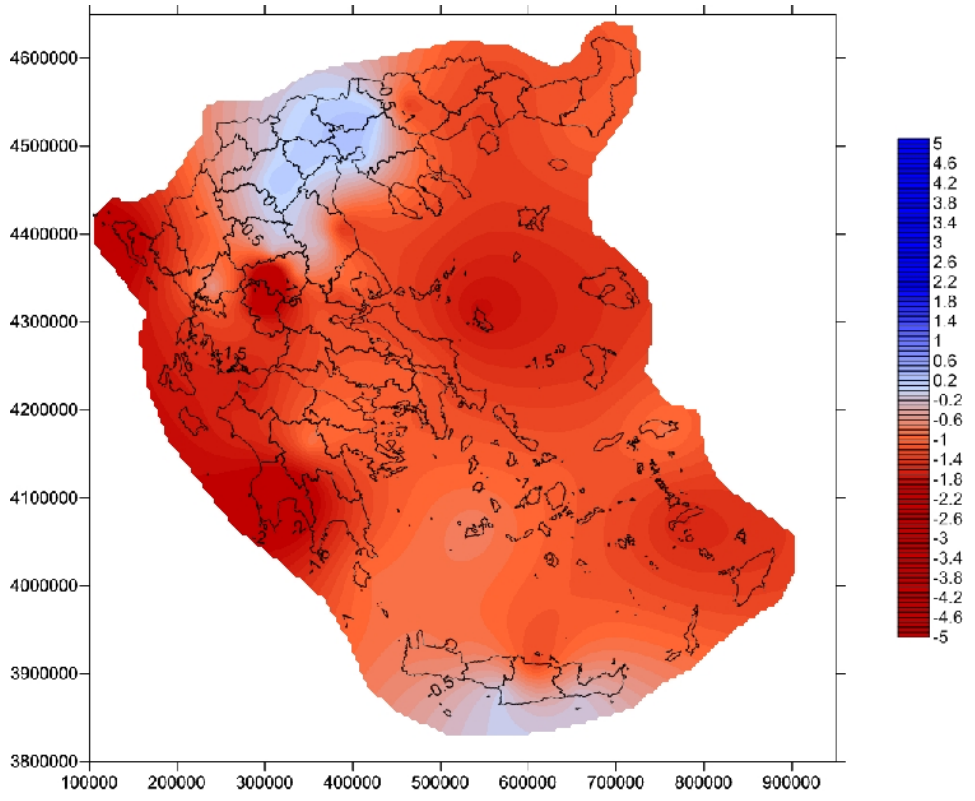
Εικόνα ΙΙΙ.190. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Οκτώβριο του 1990 με τις υποθέσεις (kriging)*



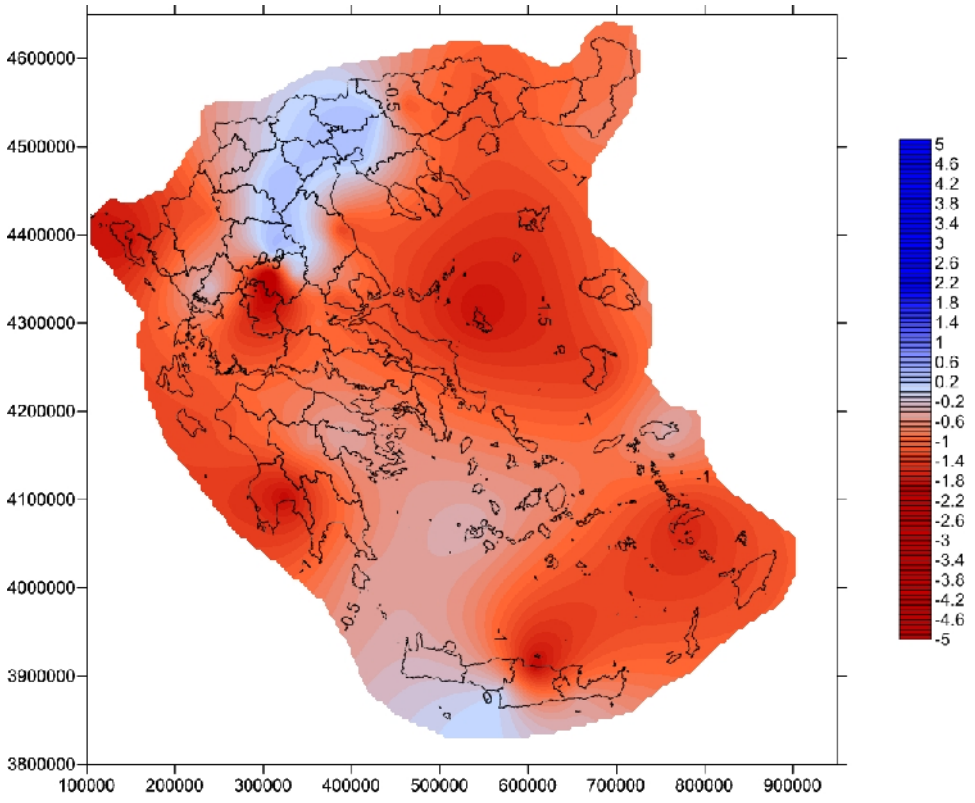
Εικόνα ΙΙΙ.191. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Νοέμβριο του 1990 με τις υποθέσεις (kriging)*



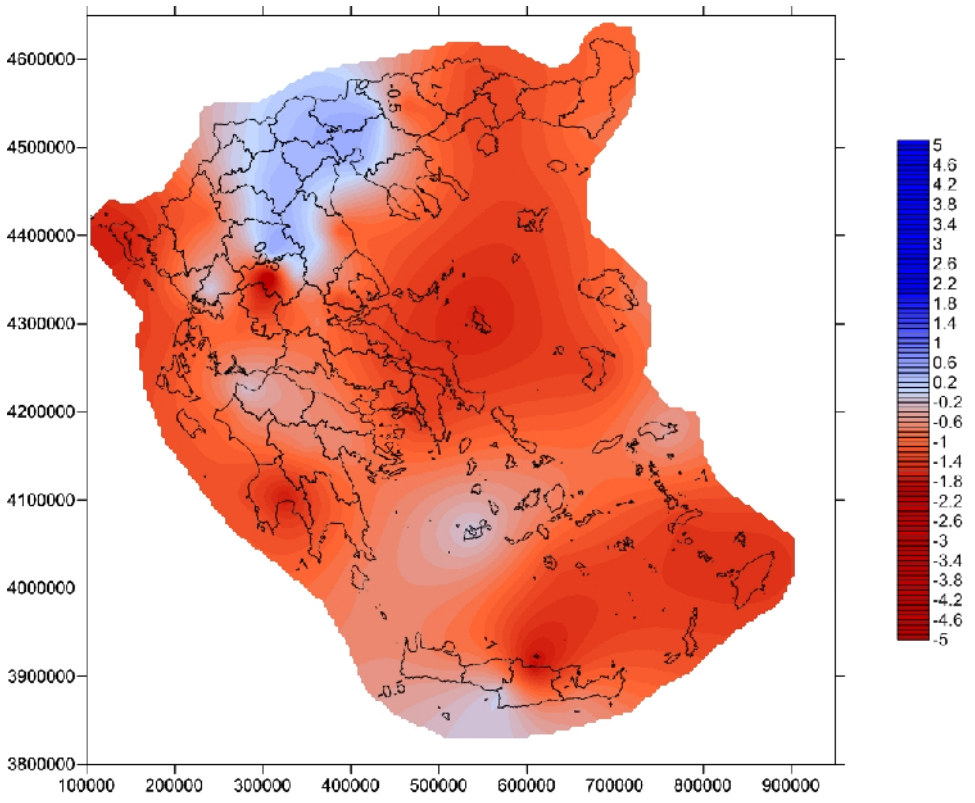
Εικόνα ΙΙΙ.192. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Δεκέμβριο του 1990 με τις υποθέσεις (kriging)*



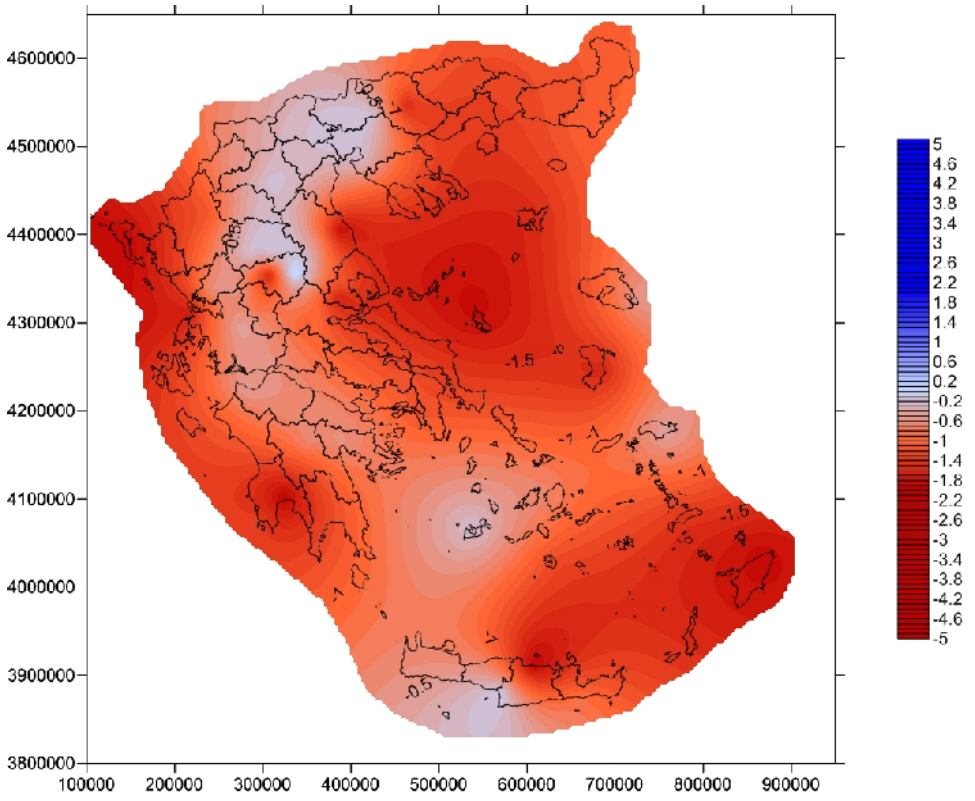
Εικόνα ΙΙΙ.193. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Ιανουάριο του 1993 με τις υποθέσεις (kriging)*



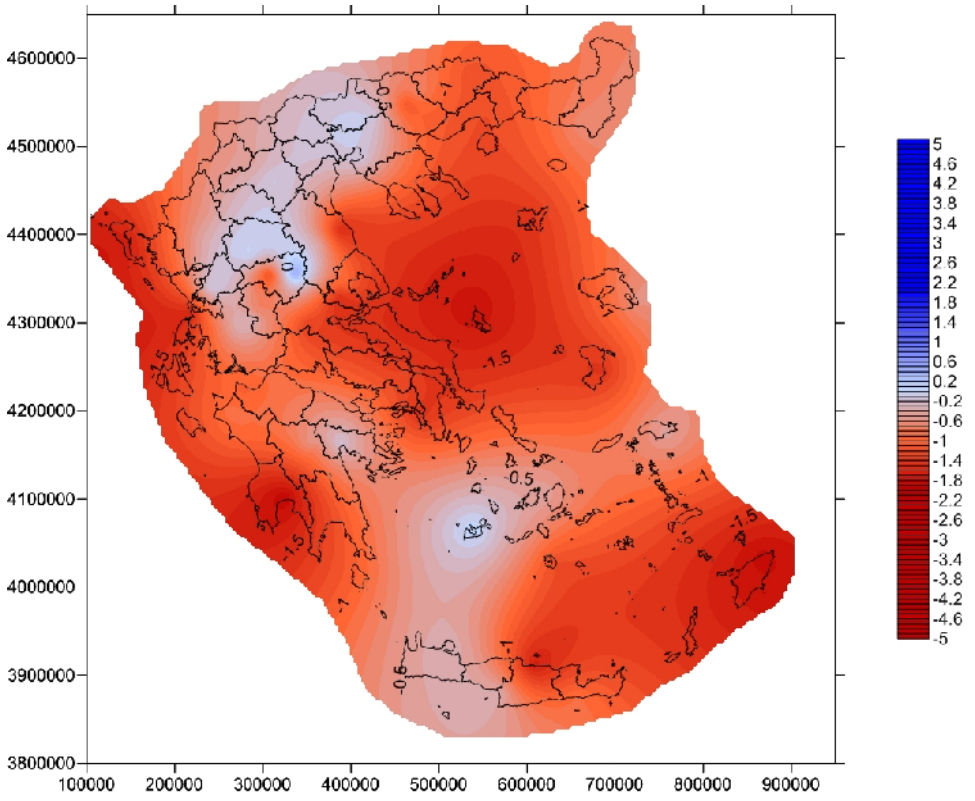
Εικόνα ΙΙΙ.194. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Φεβρουάριο του 1993 με τις υποθέσεις (kriging)*



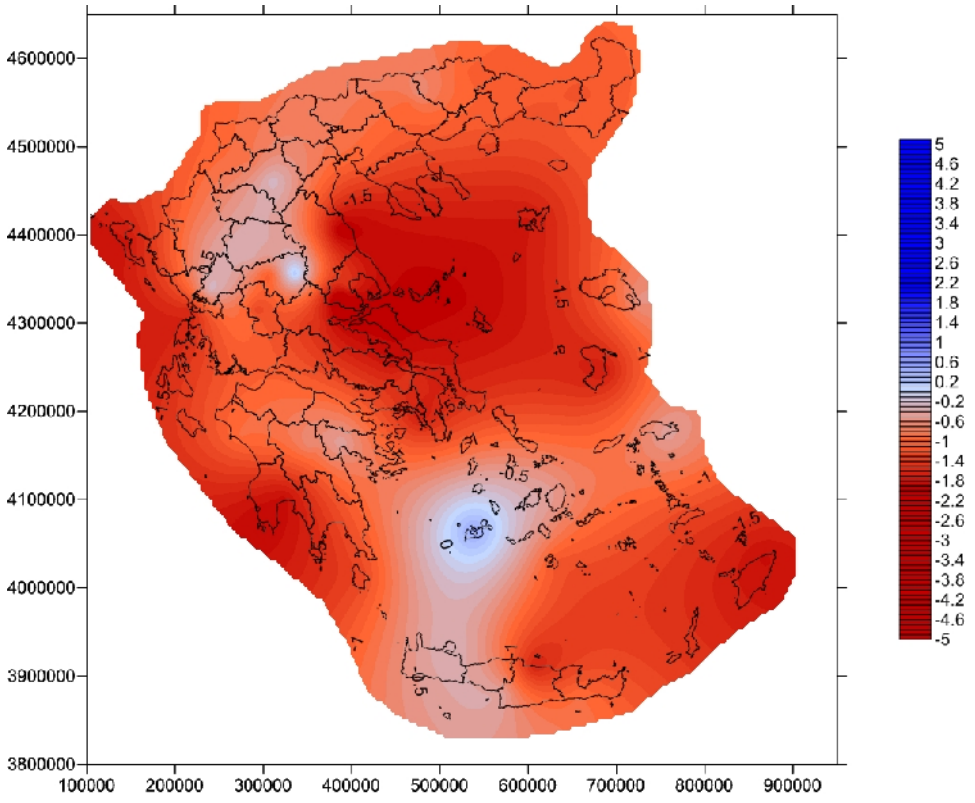
Εικόνα ΙΙΙ.195. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Μάρτιο του 1993 με τις υποθέσεις (kriging)*



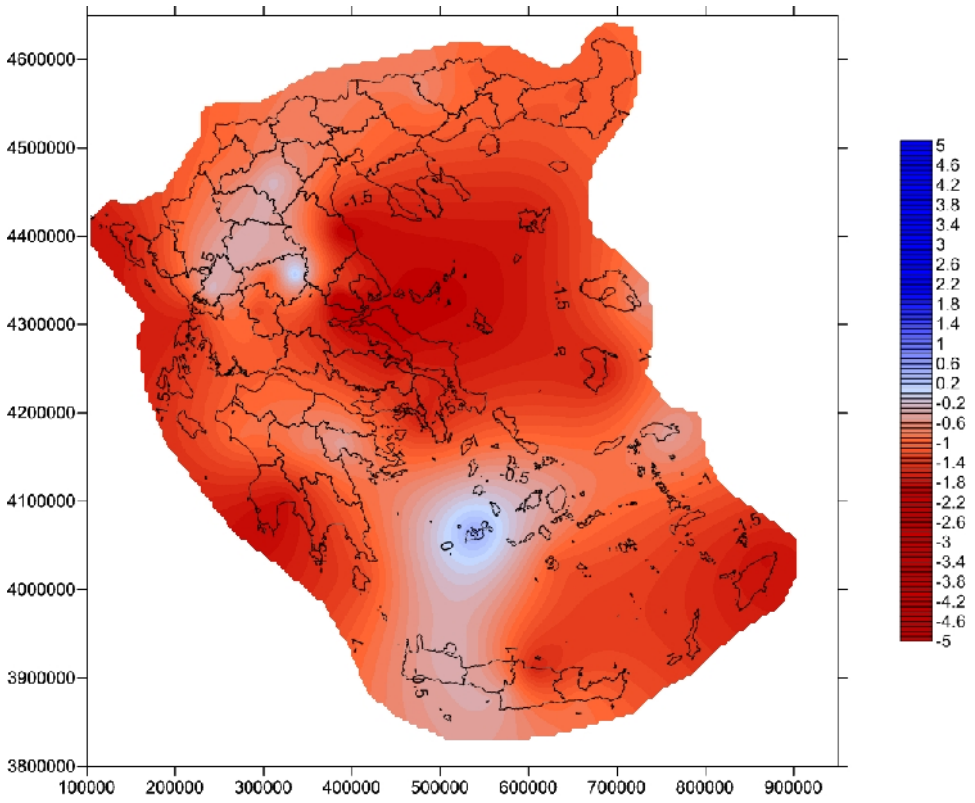
Εικόνα ΙΙΙ.196. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Απρίλιο του 1993 με τις υποθέσεις (kriging)*



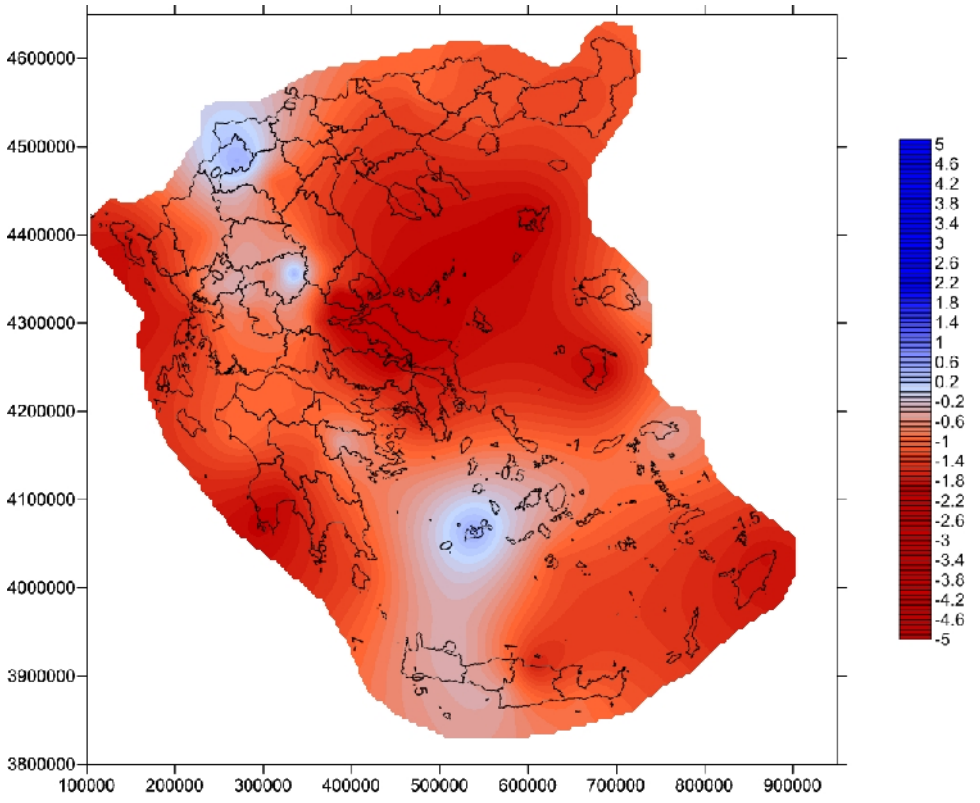
Εικόνα ΙΙΙ.197. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Μάιο του 1993 με τις υποθέσεις (kriging)*



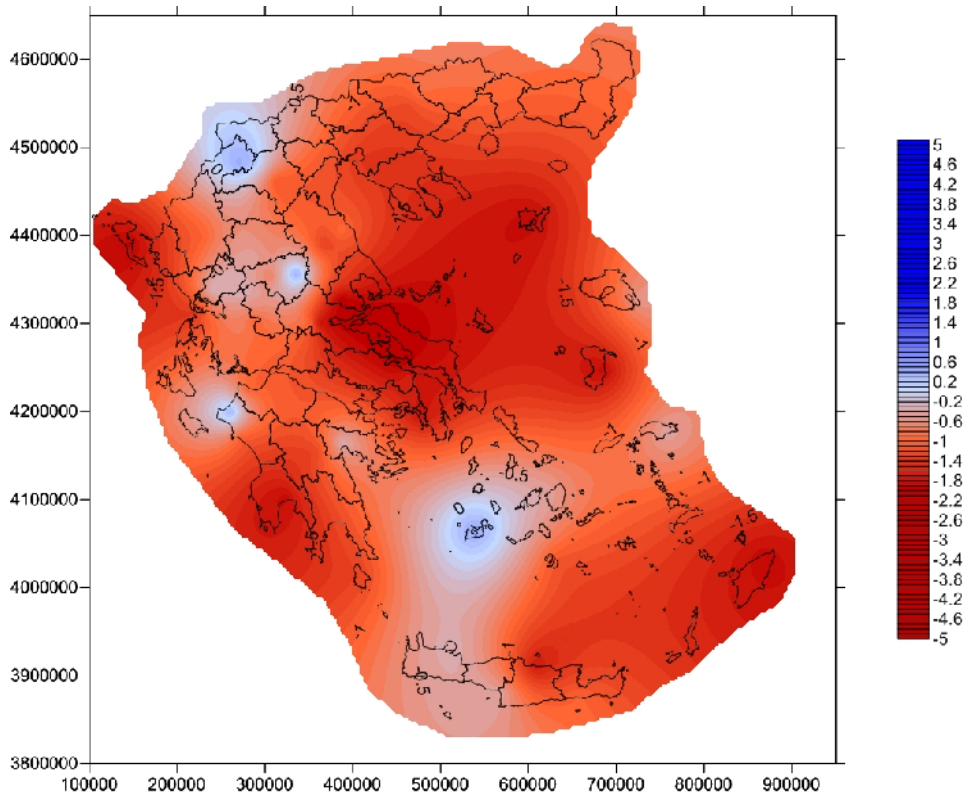
Εικόνα ΙΙΙ.198. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Ιούνιο του 1993 με τις υποθέσεις (kriging)*



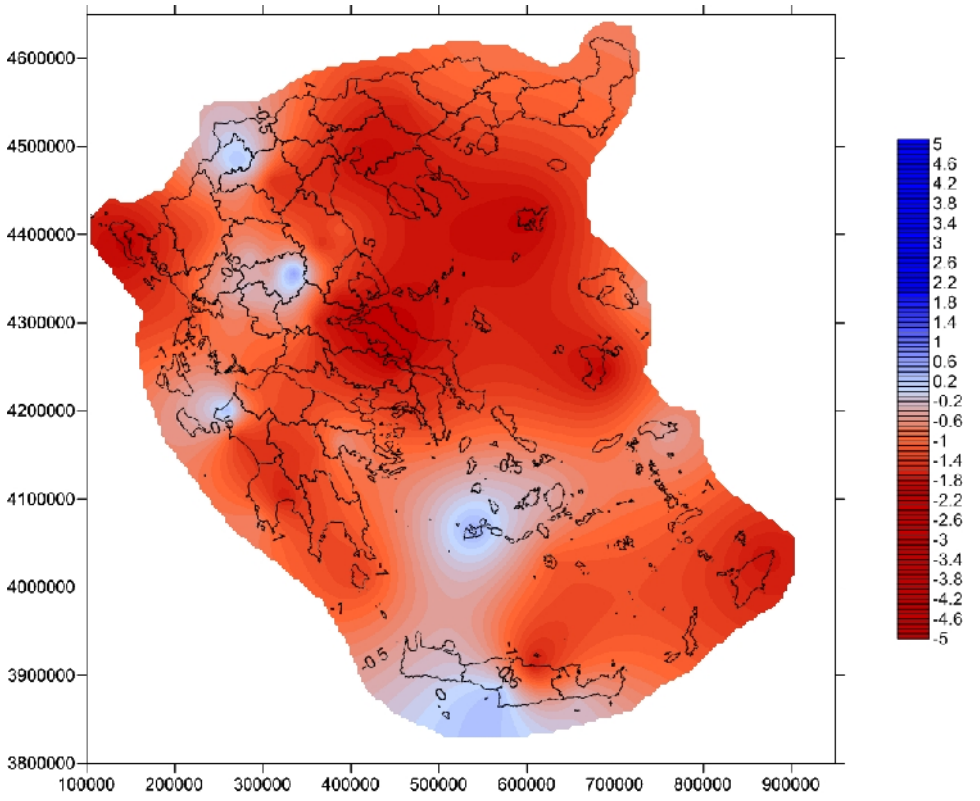
Εικόνα ΙΙΙ.199. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Ιούλιο του 1993 με τις υποθέσεις (kriging)*



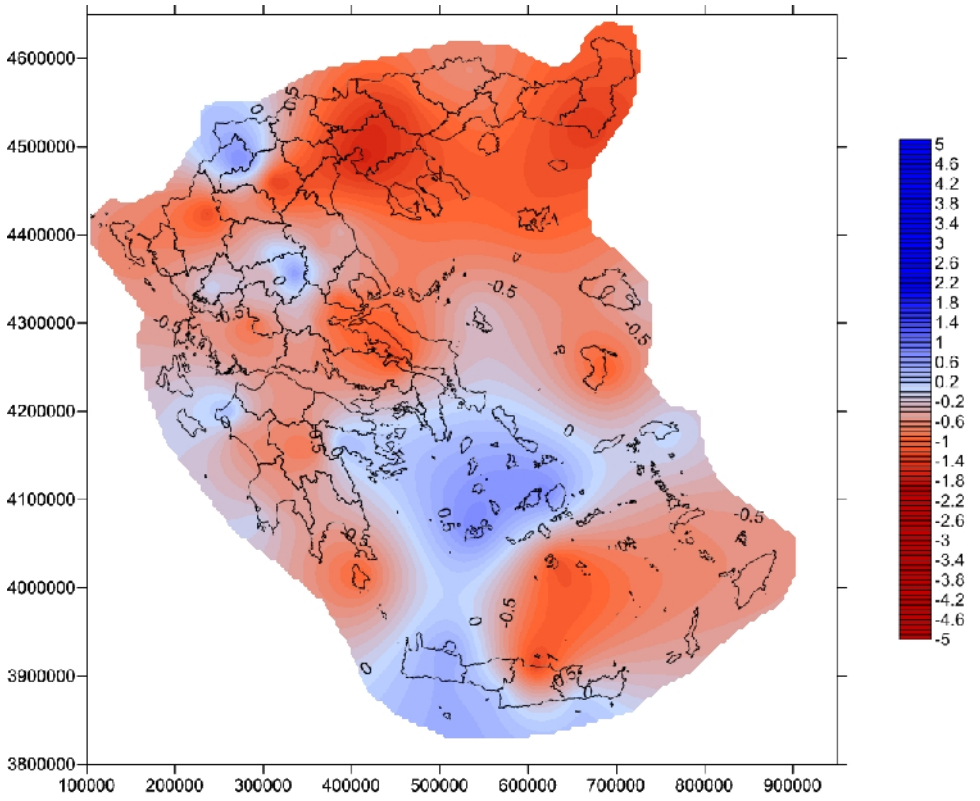
Εικόνα ΙΙΙ.200. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Αύγουστο του 1993 με τις υποθέσεις (kriging)*



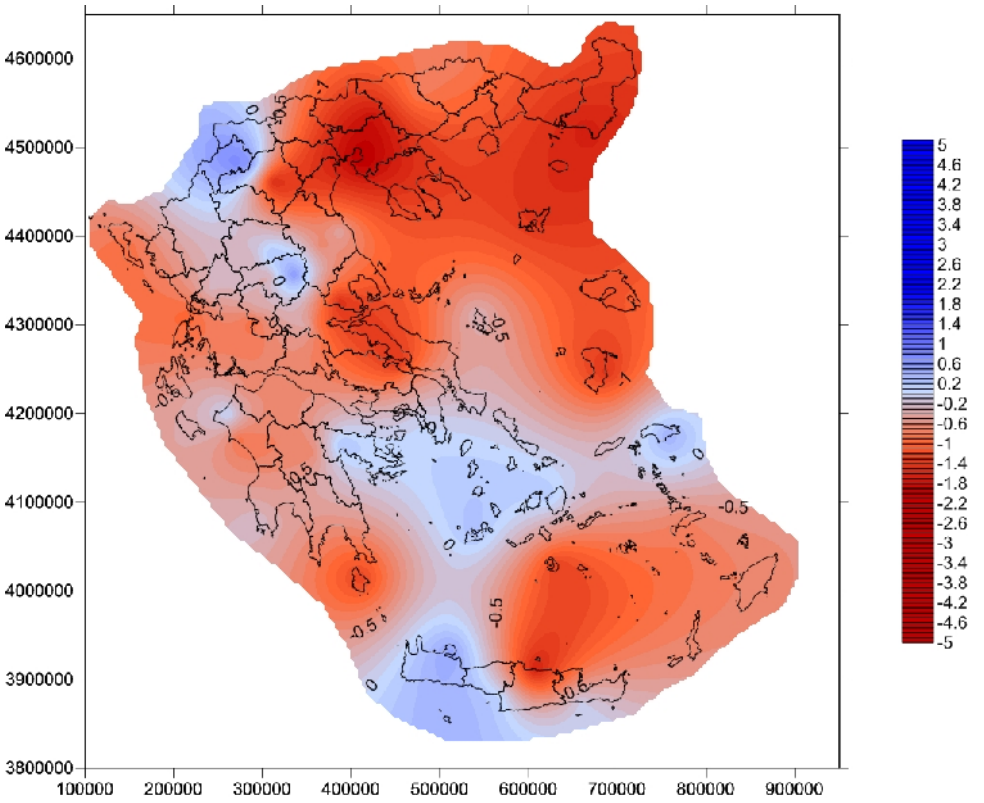
Εικόνα ΙΙΙ.201. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Σεπτέμβριο του 1993 με τις υποθέσεις (kriging)*



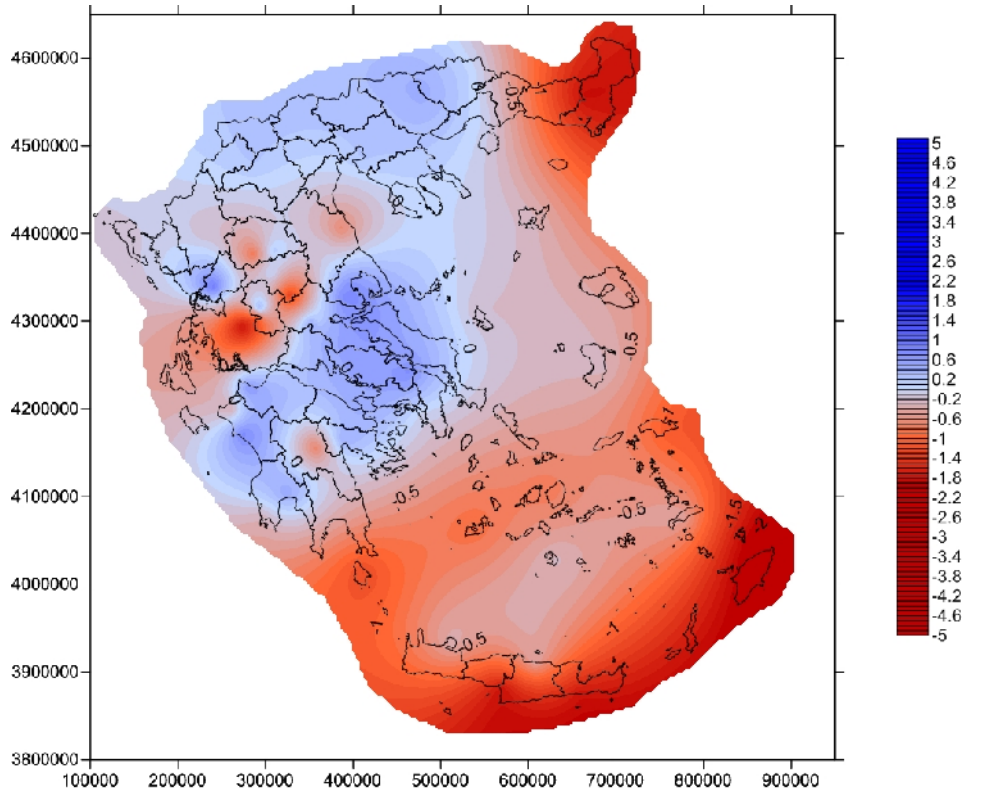
Εικόνα ΙΙΙ.202. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Οκτώβριο του 1993 με τις υποθέσεις (kriging)*



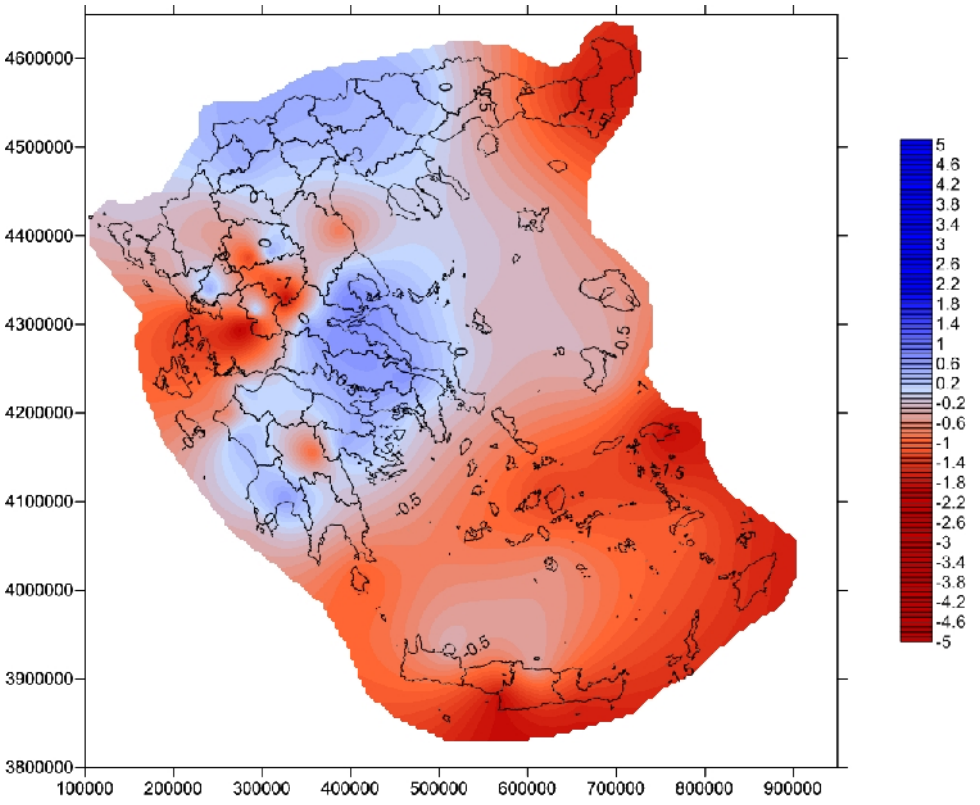
Εικόνα ΙΙΙ.203. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Νοέμβριο του 1993 με τις υποθέσεις (kriging)*



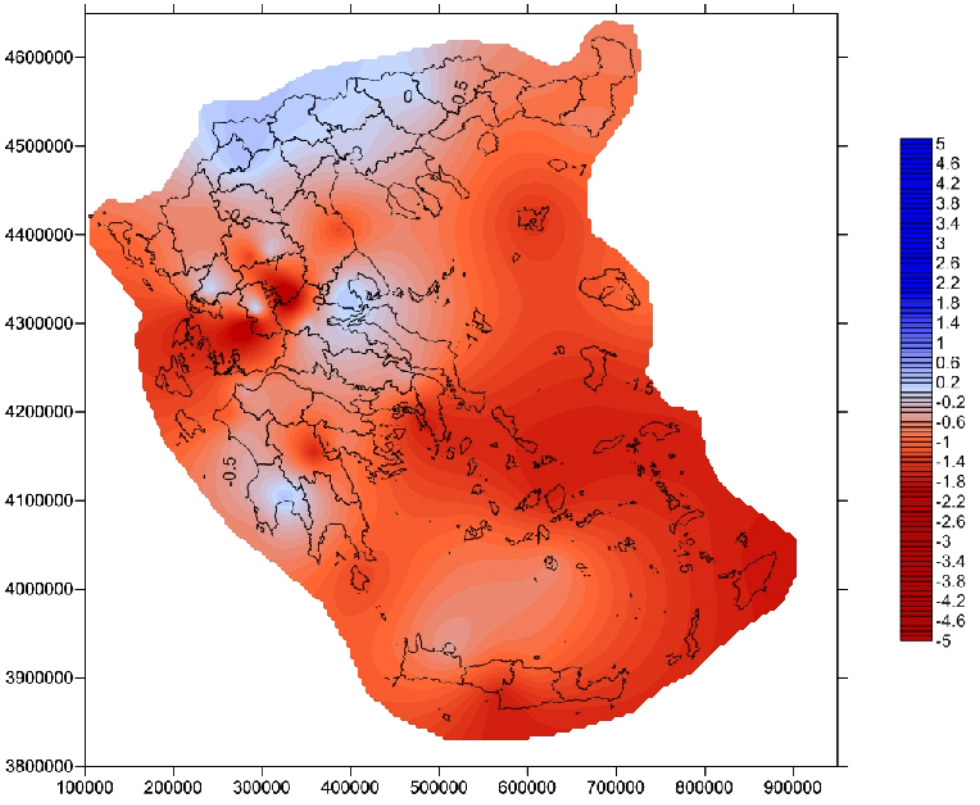
Εικόνα ΙΙΙ.204. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Δεκέμβριο του 1993 με τις υποθέσεις (kriging)*



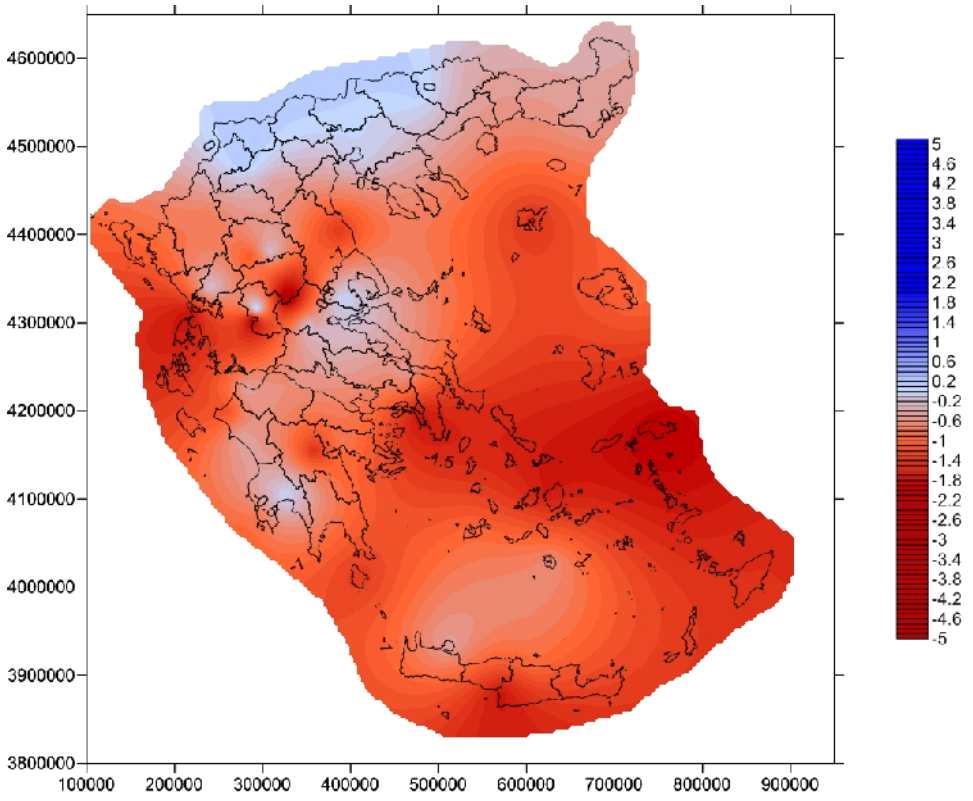
Εικόνα ΙΙΙ.205. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Ιανουάριο του 2000 με τις υποθέσεις (kriging)*



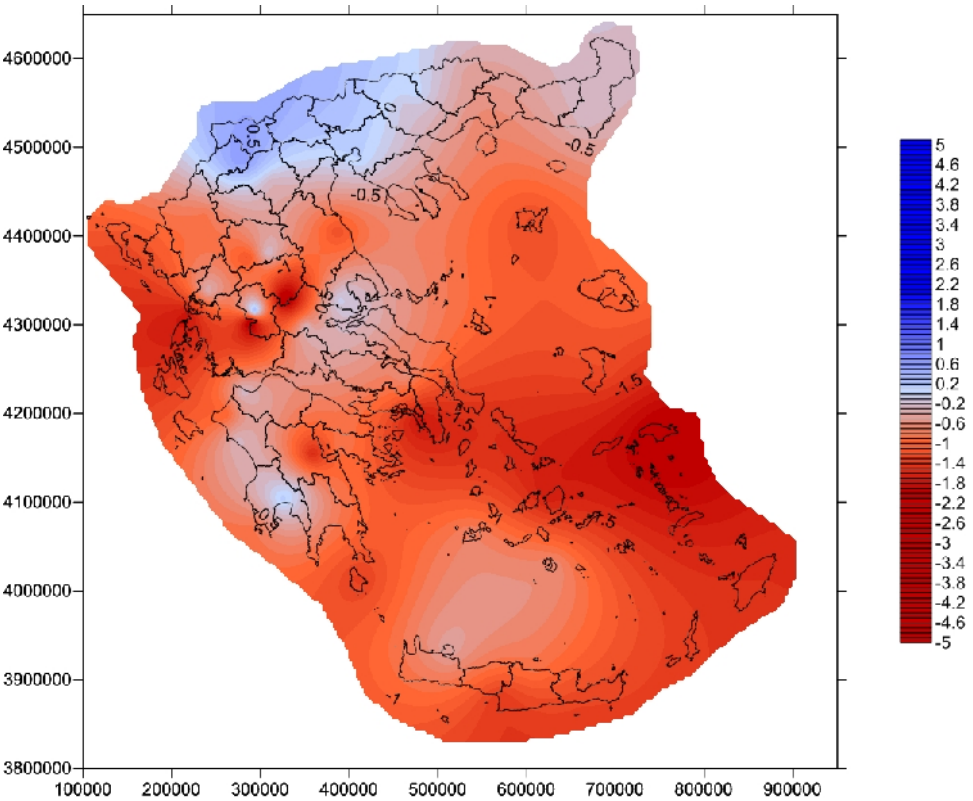
Εικόνα ΙΙΙ.206. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Φεβρουάριο του 2000 με τις υποθέσεις (kriging)*



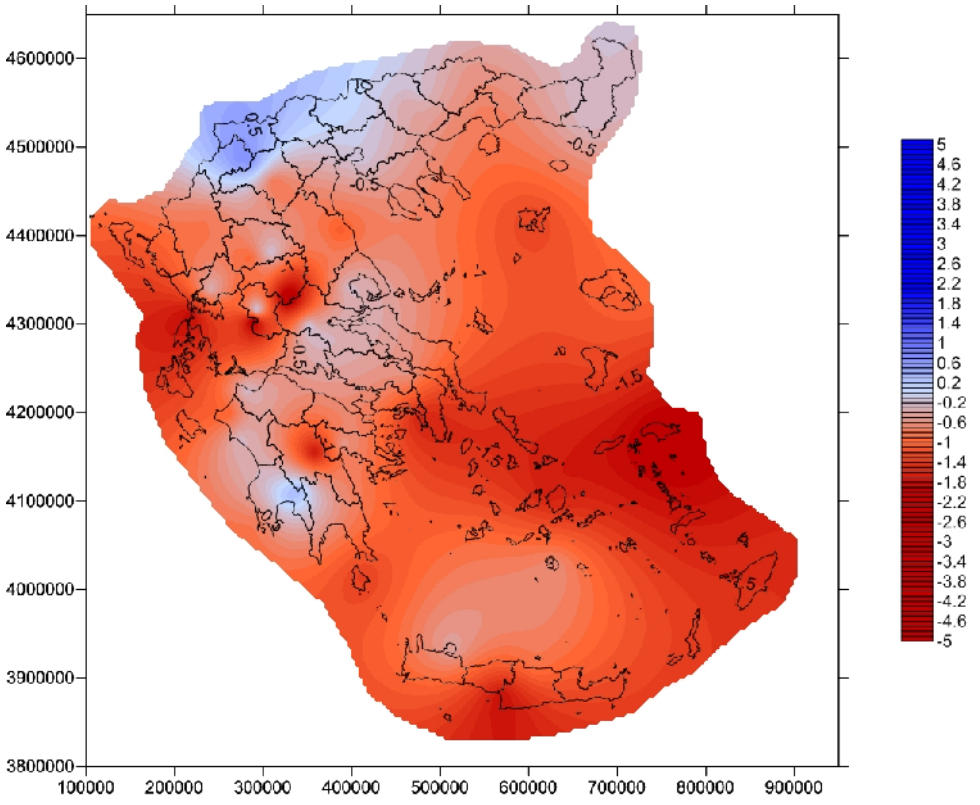
Εικόνα ΙΙΙ.207. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Μάρτιο του 2000 με τις υποθέσεις (kriging)*



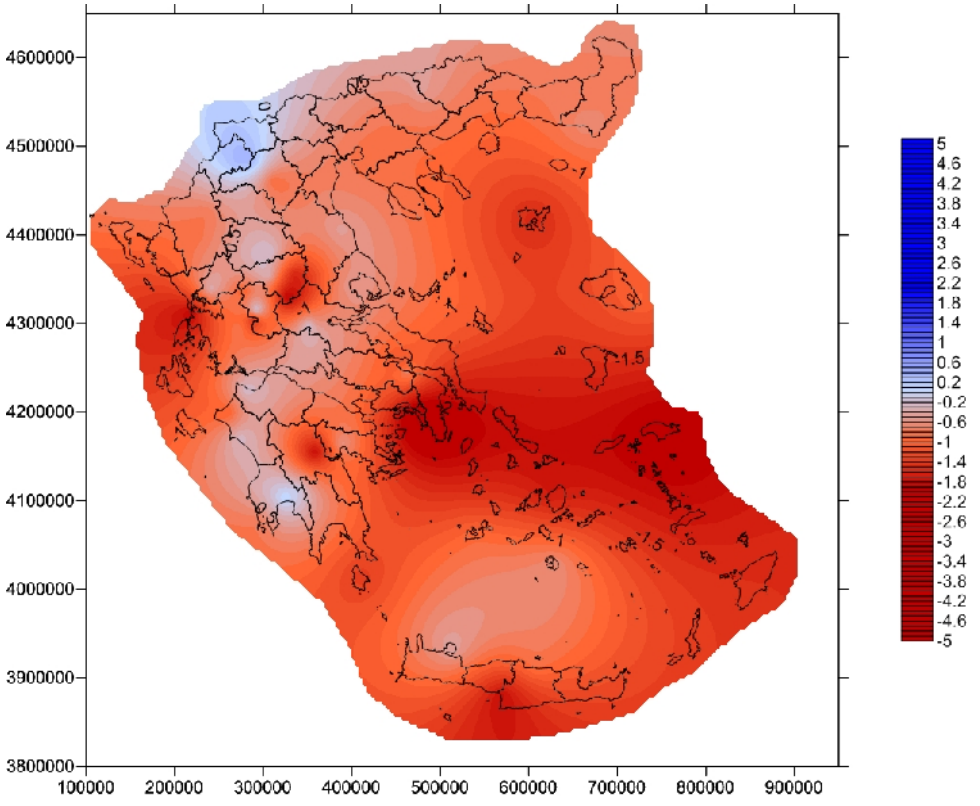
Εικόνα ΙΙΙ.208. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Απρίλιο του 2000 με τις υποθέσεις (kriging)*



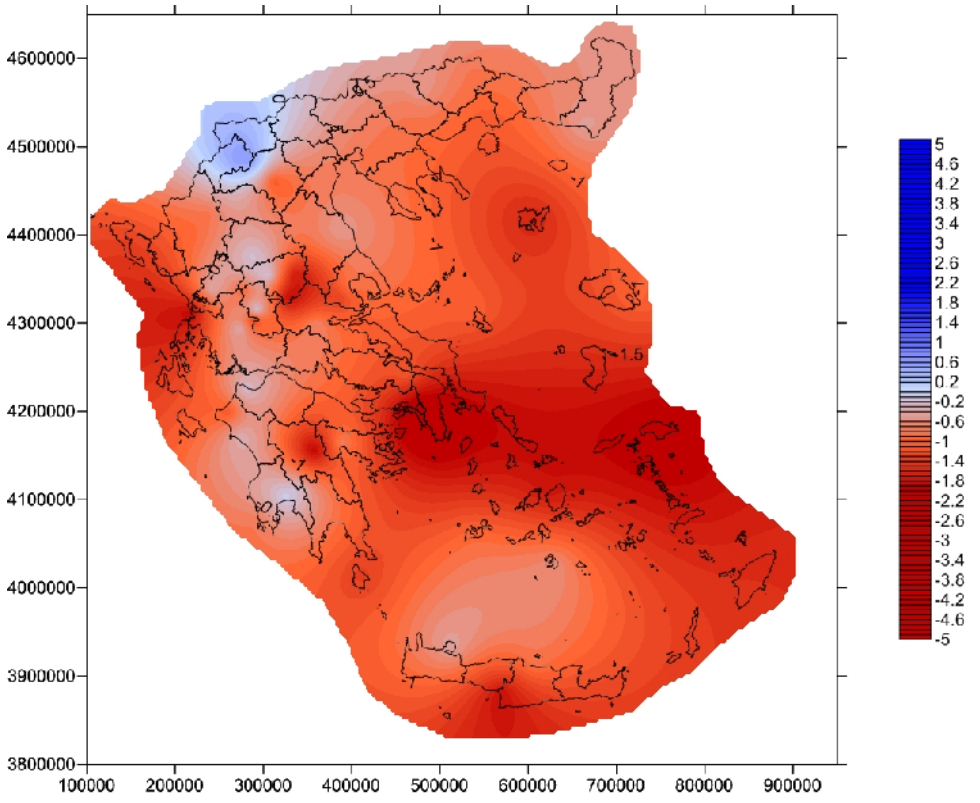
Εικόνα ΙΙΙ.209. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Μάιο του 2000 με τις υποθέσεις (kriging)*



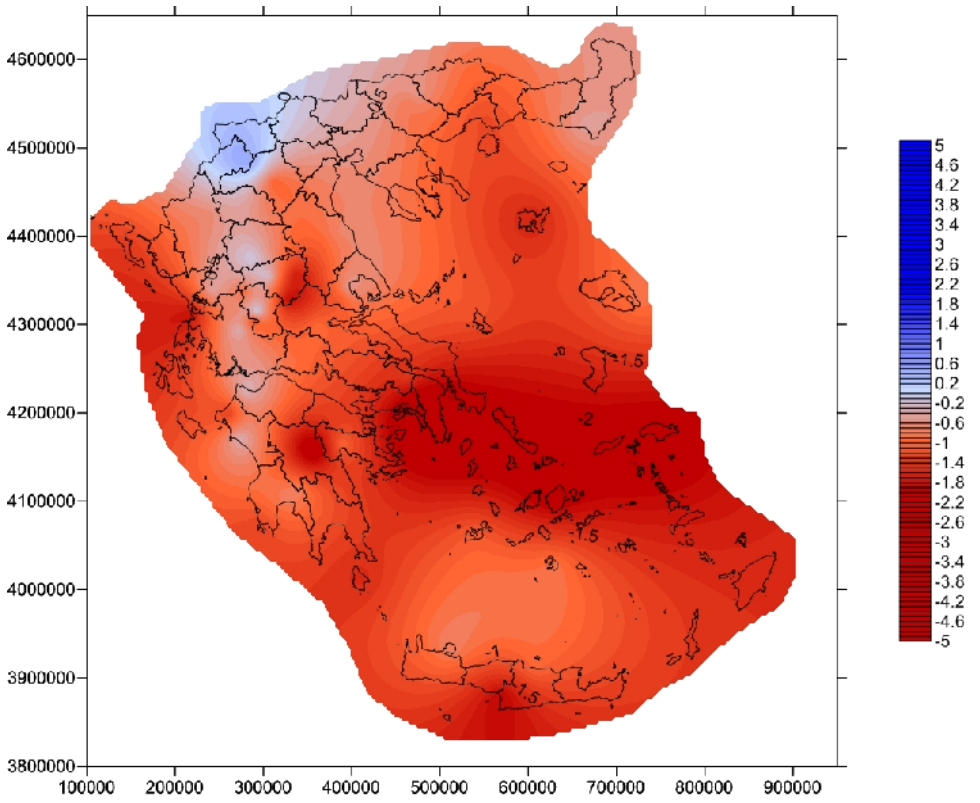
Εικόνα ΙΙΙ.210. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Ιούνιο του 2000 με τις υποθέσεις (kriging)*



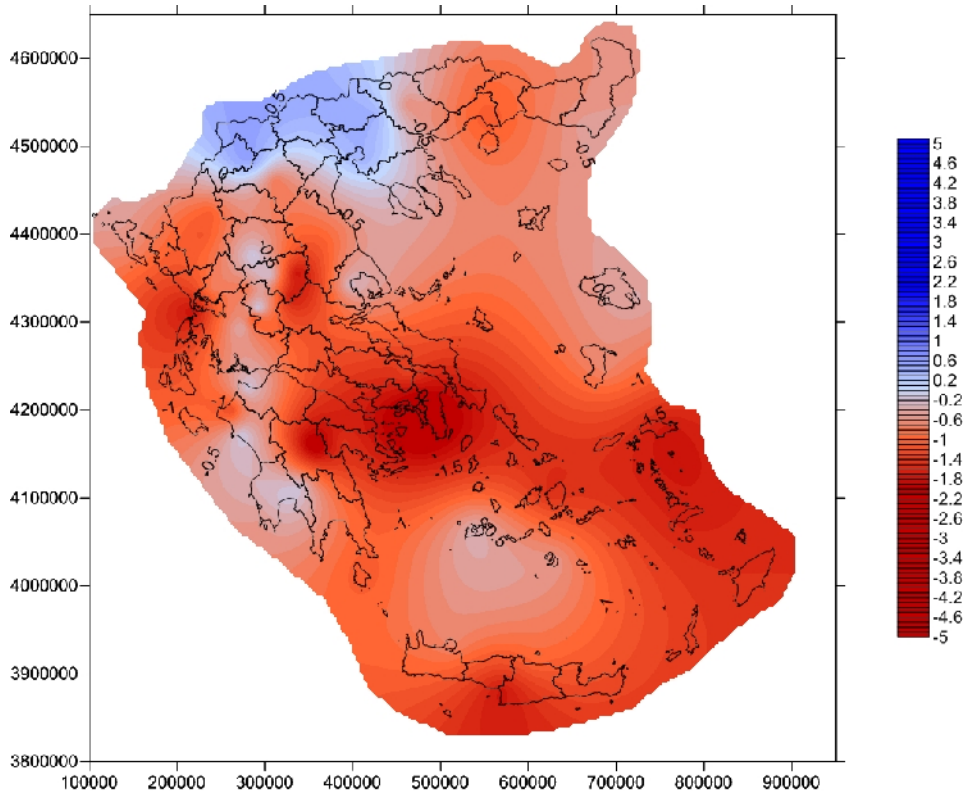
Εικόνα ΙΙΙ.211. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Ιούλιο του 2000 με τις υποθέσεις (kriging)*



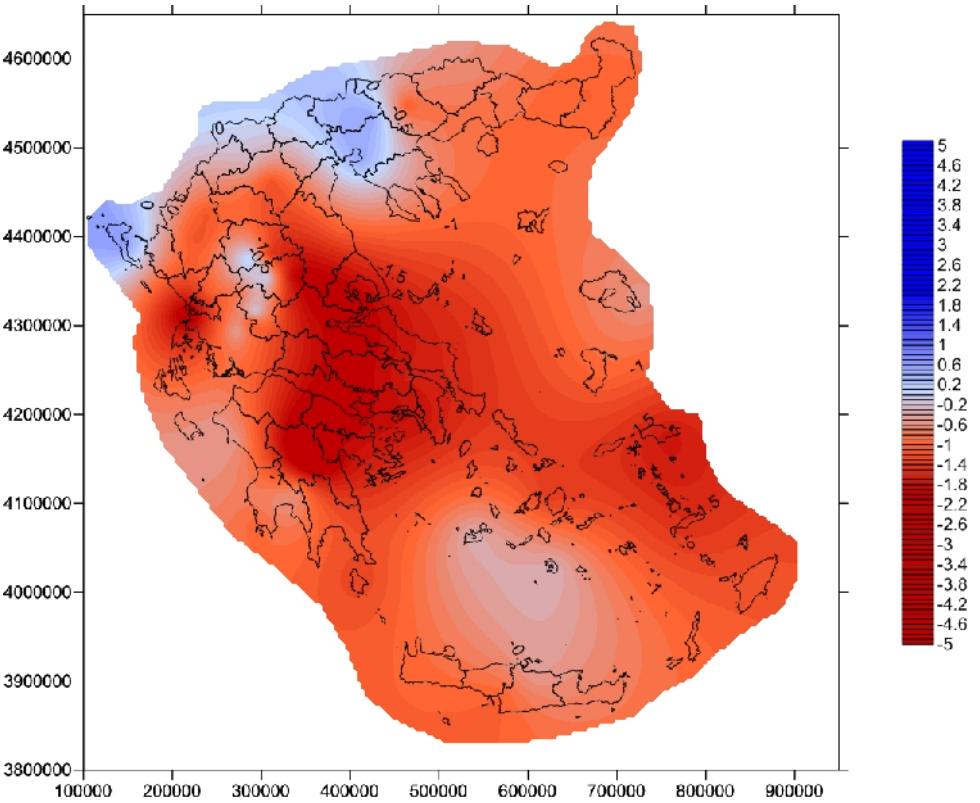
Εικόνα ΙΙΙ.212. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Αύγουστο του 2000 με τις υποθέσεις (kriging)*



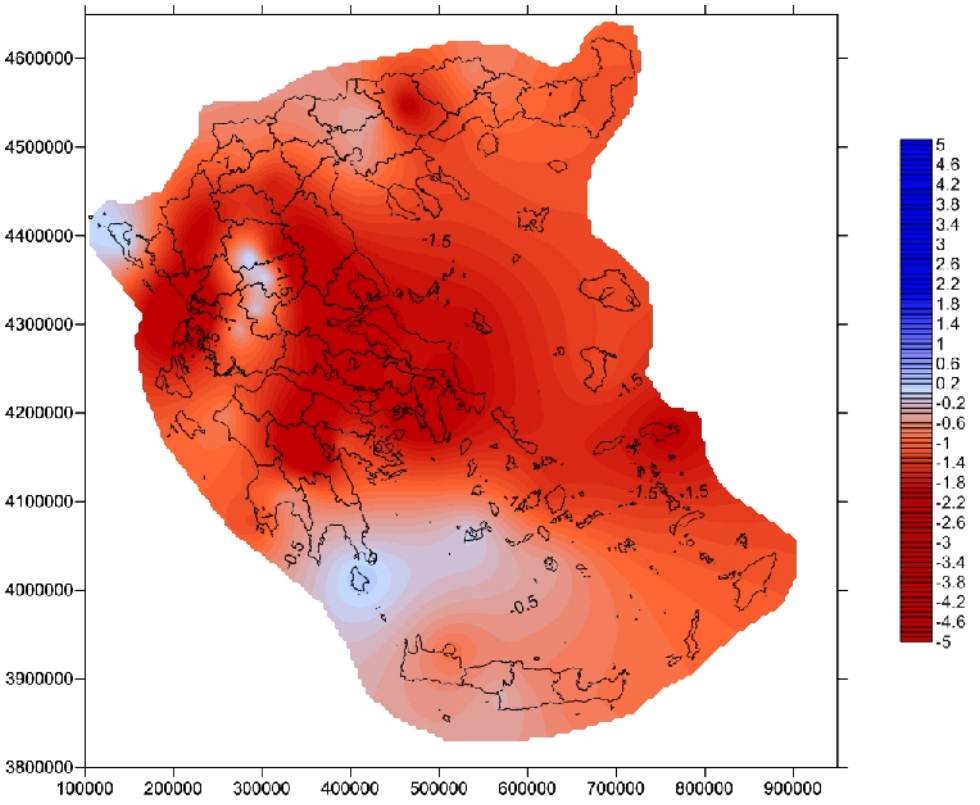
Εικόνα ΙΙΙ.213. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Σεπτέμβριο του 2000 με τις υποθέσεις (kriging)*



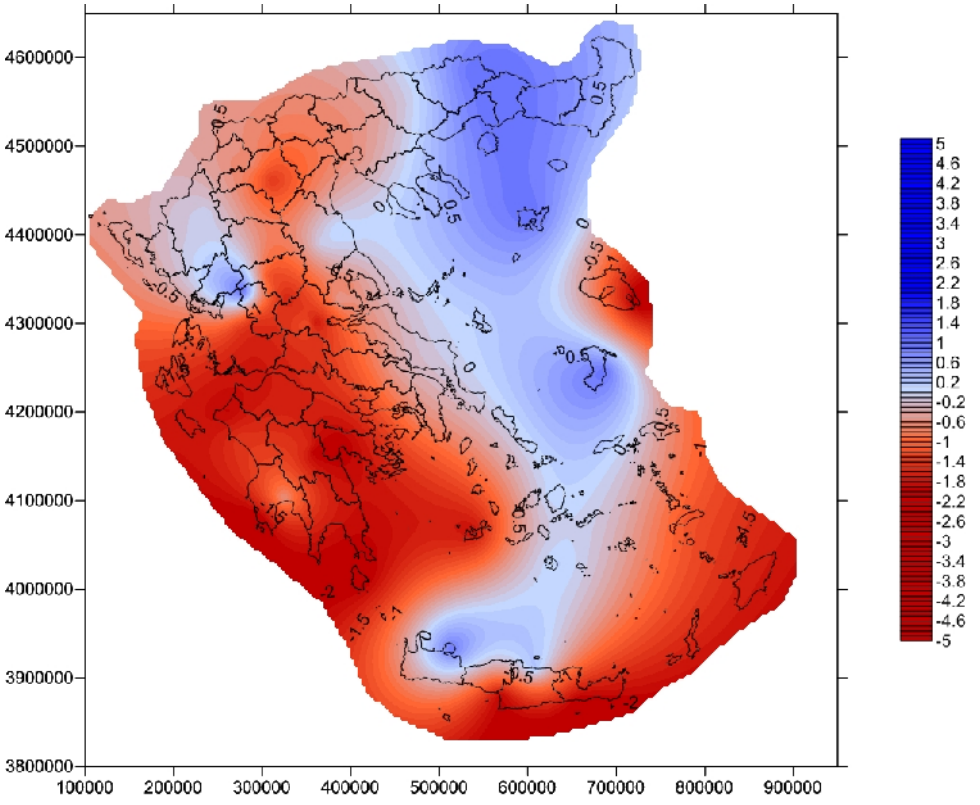
Εικόνα ΙΙΙ.214. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Οκτώβριο του 2000 με τις υποθέσεις (kriging)*



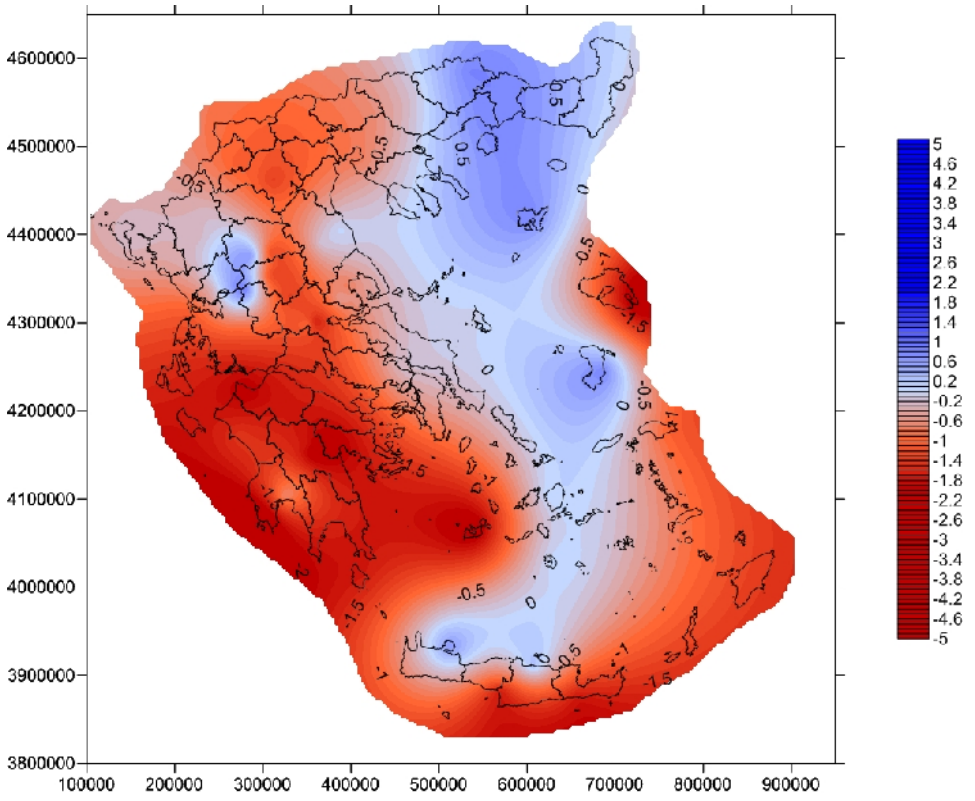
Εικόνα ΙΙΙ.215. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Νοέμβριο του 2000 με τις υποθέσεις (kriging)*



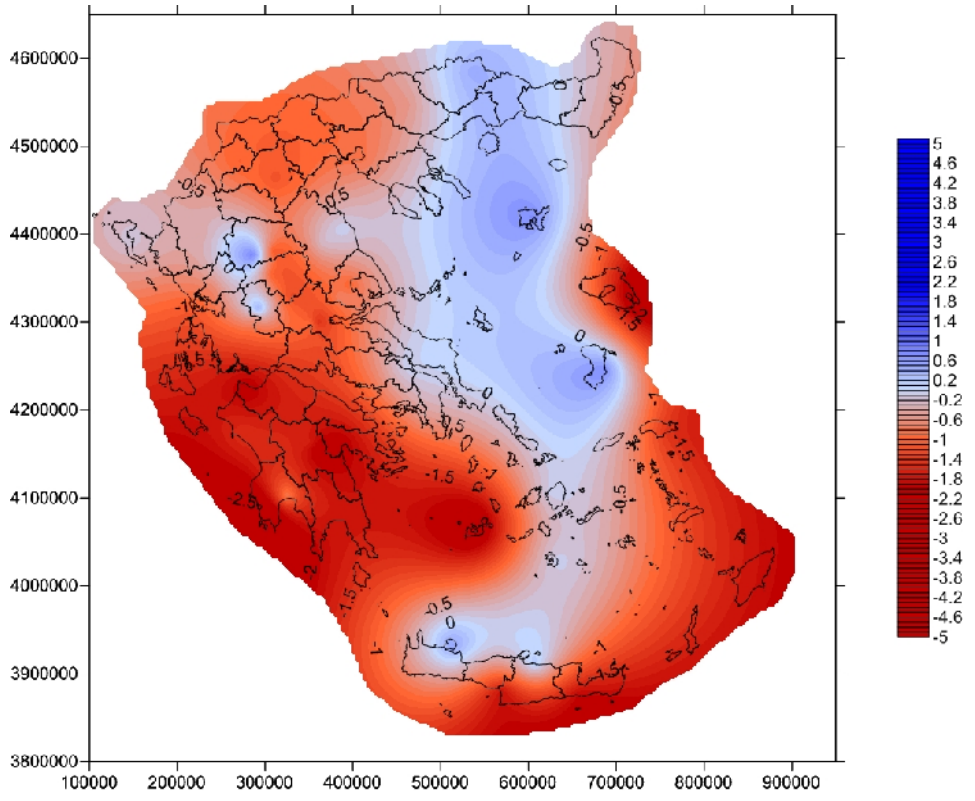
Εικόνα ΙΙΙ.216. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Δεκέμβριο του 2000 με τις υποθέσεις (kriging)*



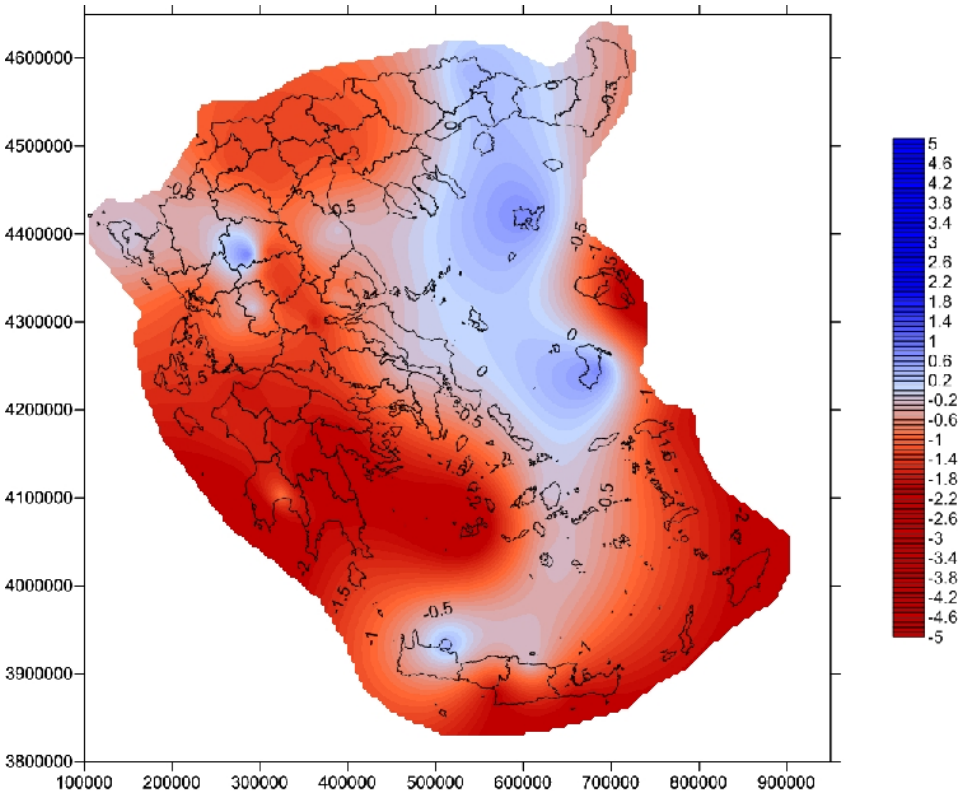
Εικόνα ΙΙΙ.217. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Ιανουάριο του 2007 με τις υποθέσεις (kriging)*



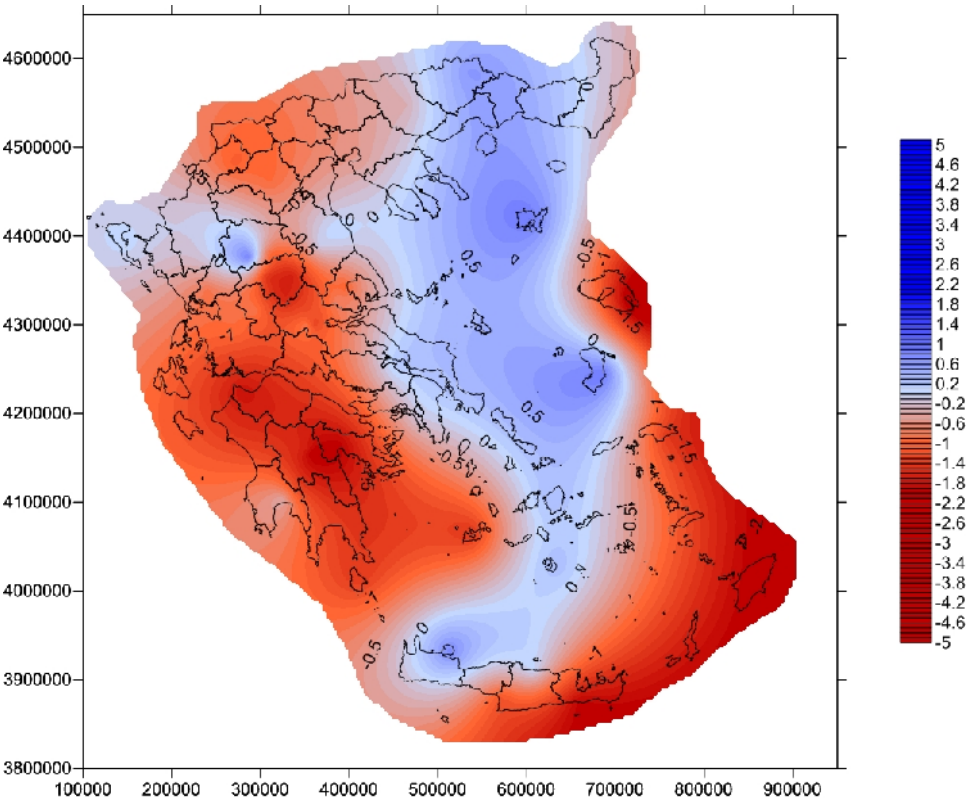
Εικόνα ΙΙΙ.218. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Φεβρουάριο του 2007 με τις υποθέσεις (kriging)*



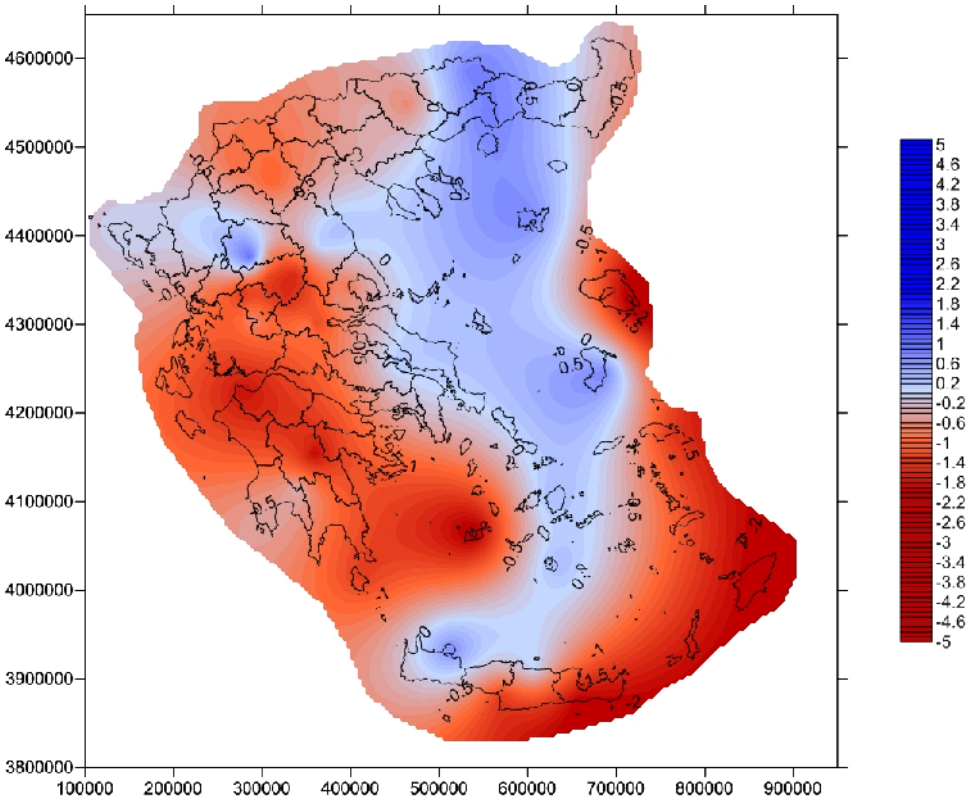
Εικόνα ΙΙΙ.219. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Μάρτιο του 2007 με τις υποθέσεις (kriging)*



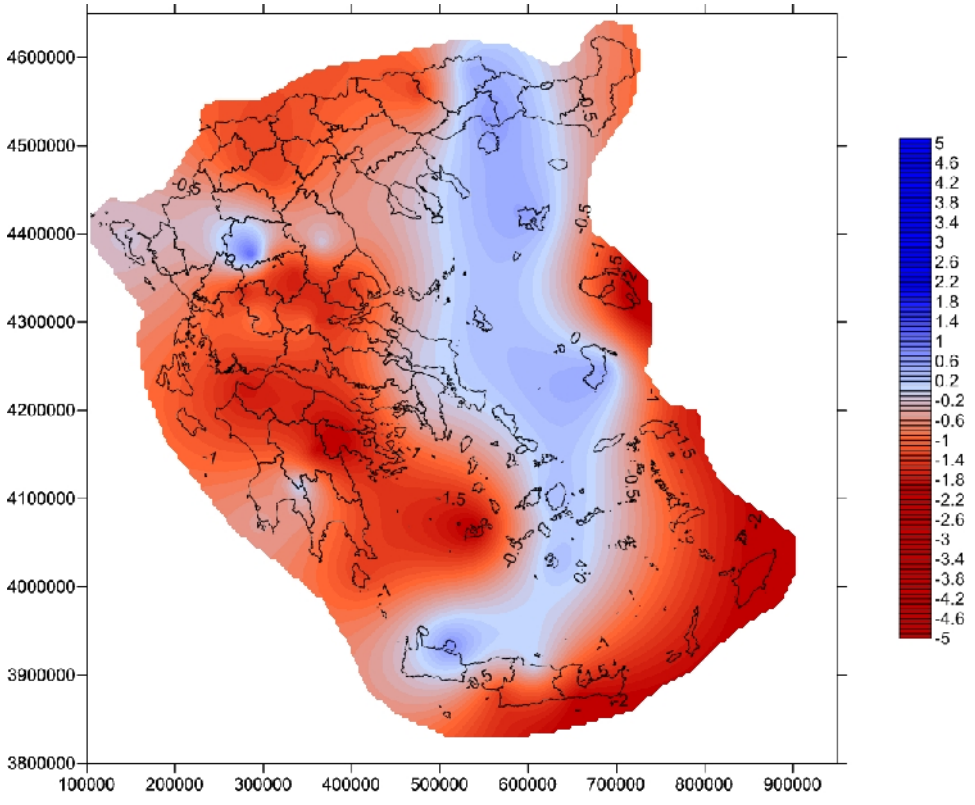
Εικόνα ΙΙΙ.220. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Απρίλιο του 2007 με τις υποθέσεις (kriging)*



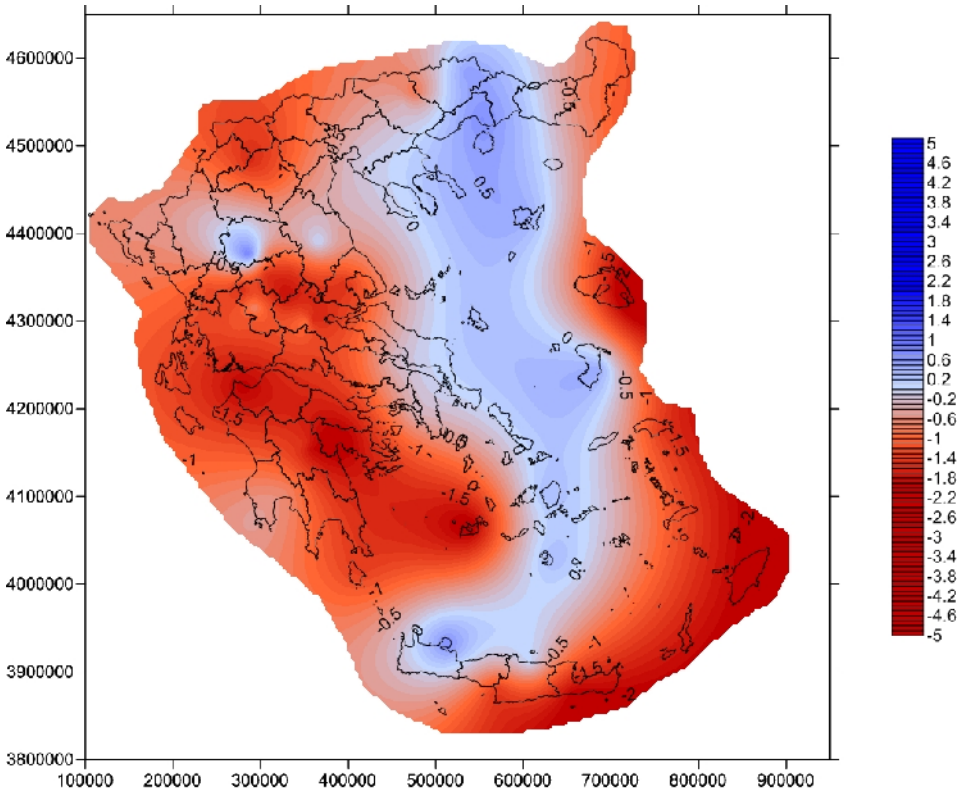
Εικόνα ΙΙΙ.221. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Μάιο του 2007 με τις υποθέσεις (kriging)*



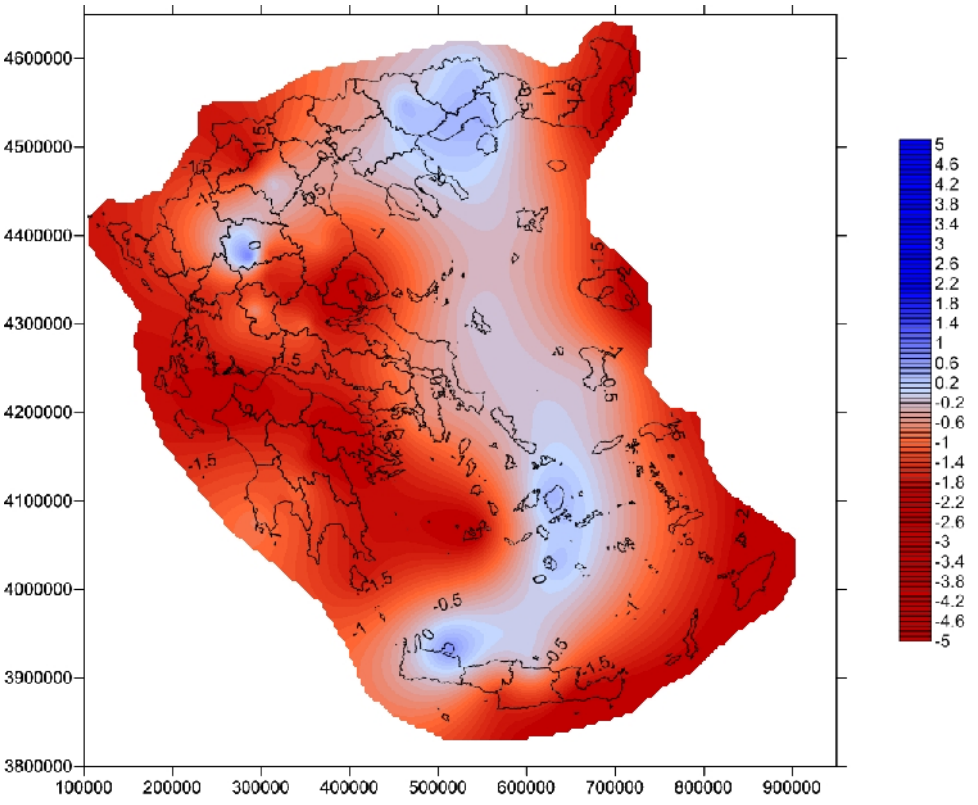
Εικόνα ΙΙΙ.222. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Ιούνιο του 2007 με τις υποθέσεις (kriging)*



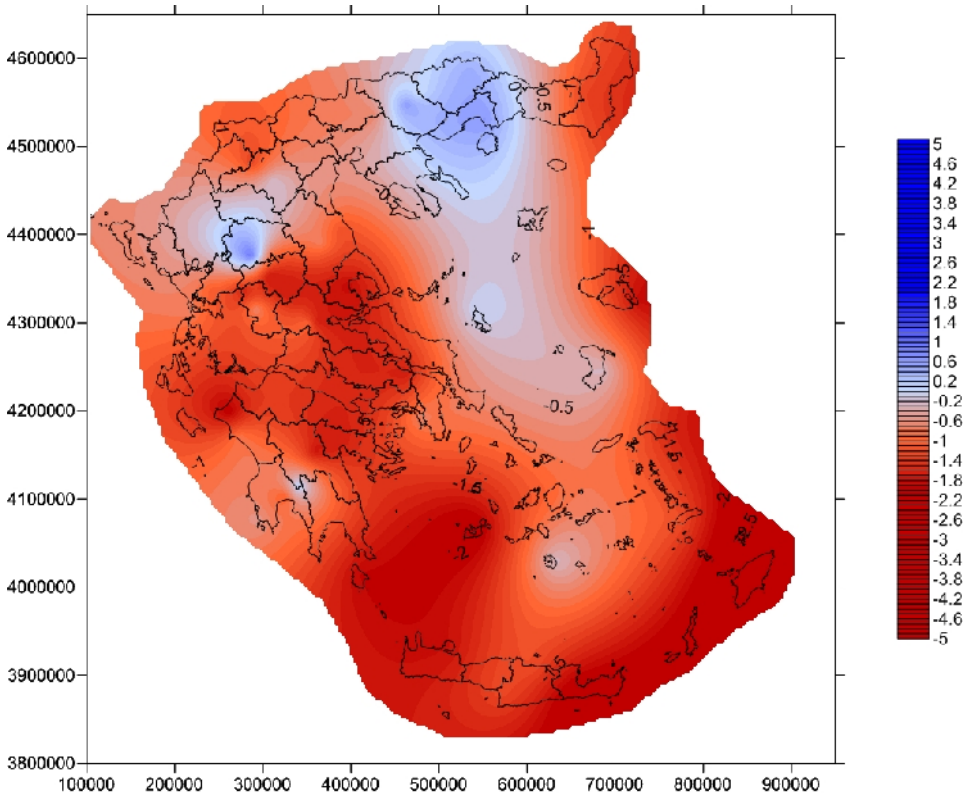
Εικόνα ΙΙΙ.223. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Ιούλιο του 2007 με τις υποθέσεις (kriging)*



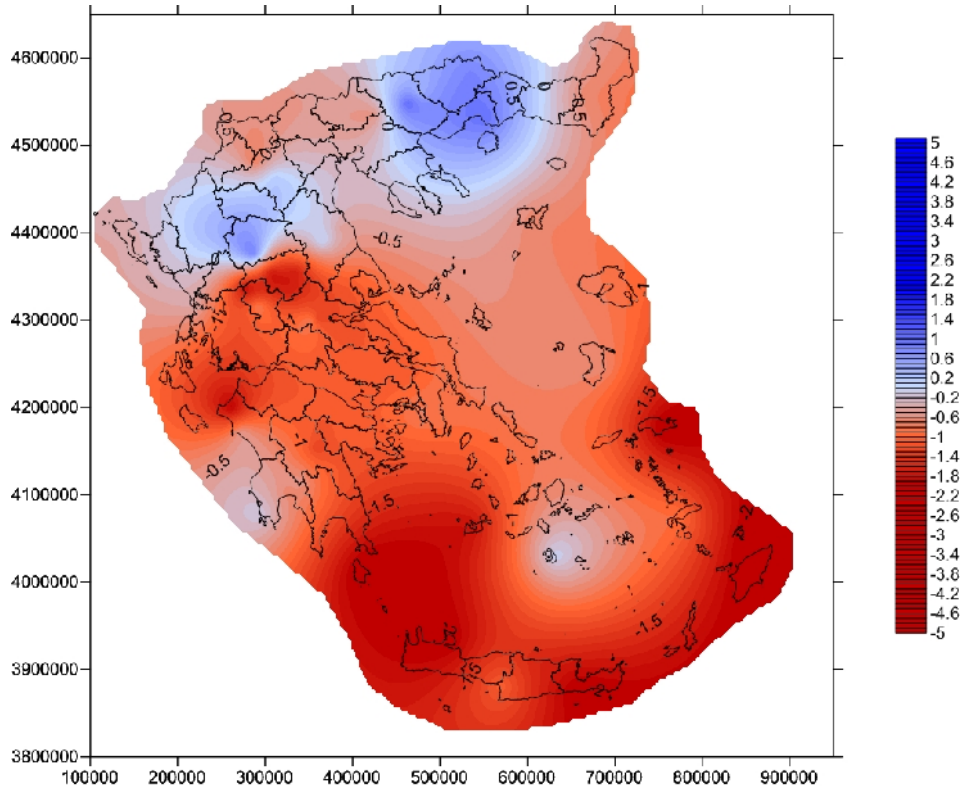
Εικόνα ΙΙΙ.224. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Αύγουστο του 2007 με τις υποθέσεις (kriging)*



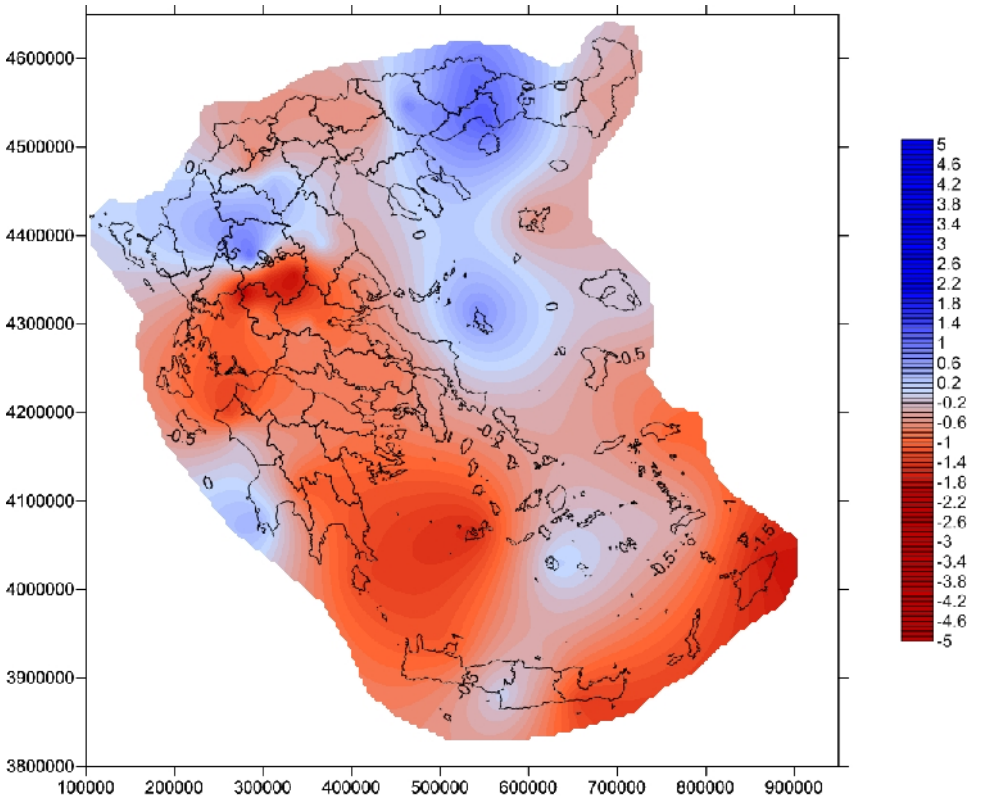
Εικόνα ΙΙΙ.225. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Σεπτέμβριο του 2007 με τις υποθέσεις (kriging)*



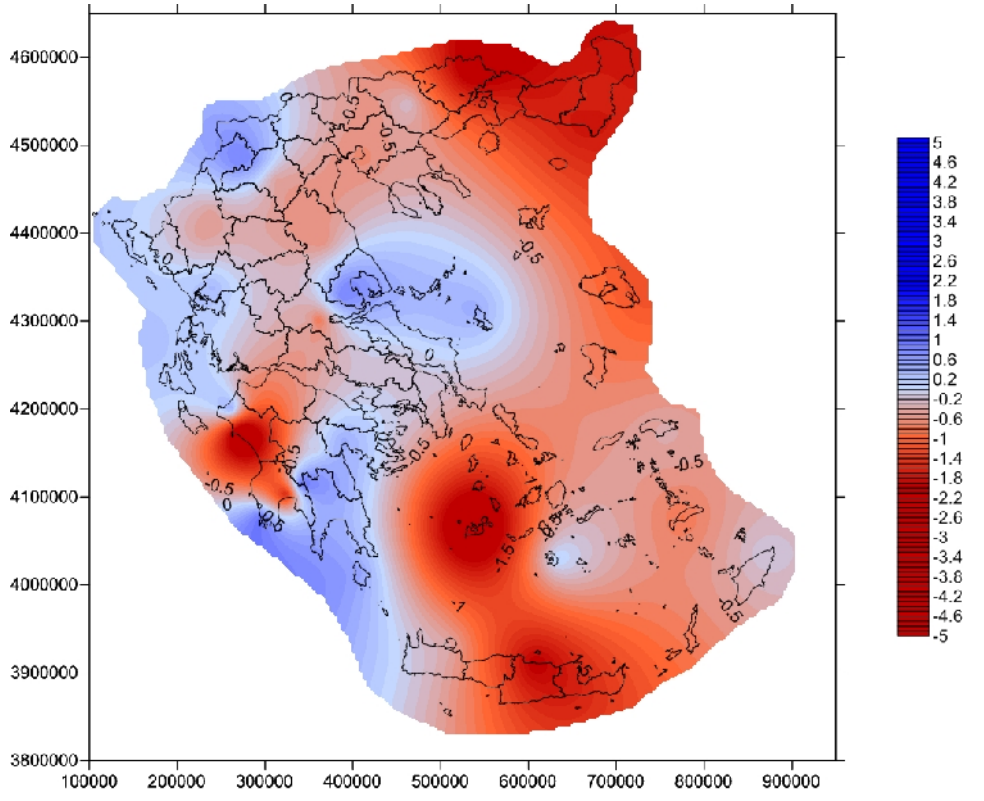
Εικόνα ΙΙΙ.226. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Οκτώβριο του 2007 με τις υποθέσεις (kriging)*



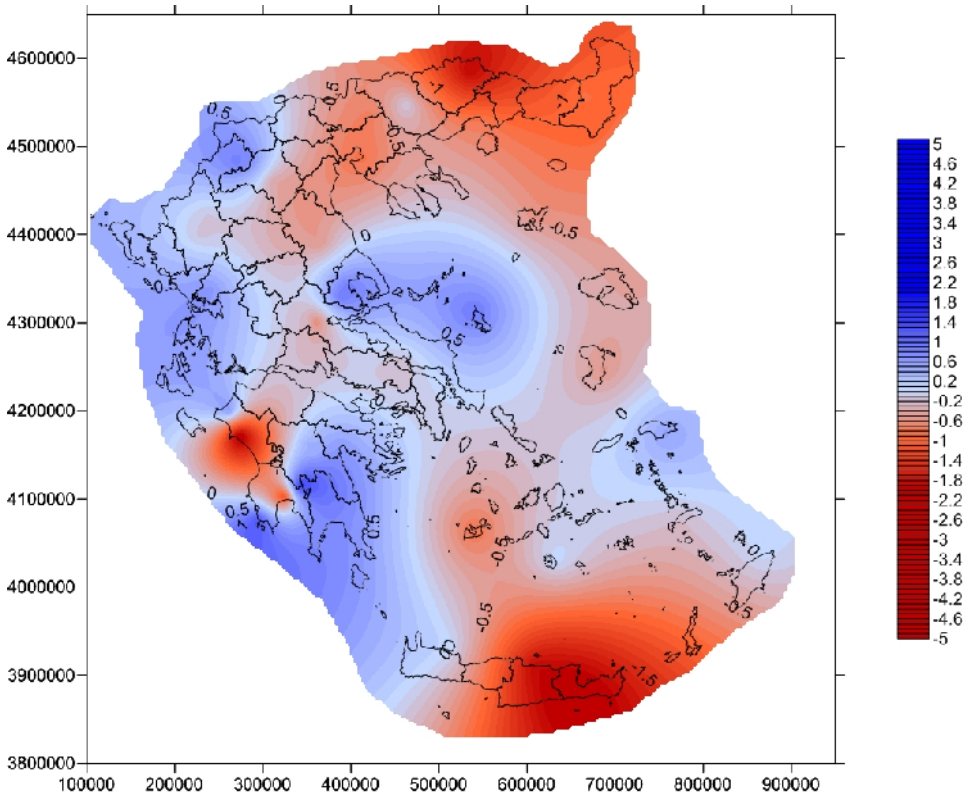
Εικόνα ΙΙΙ.227. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Νοέμβριο του 2007 με τις υποθέσεις (kriging)*



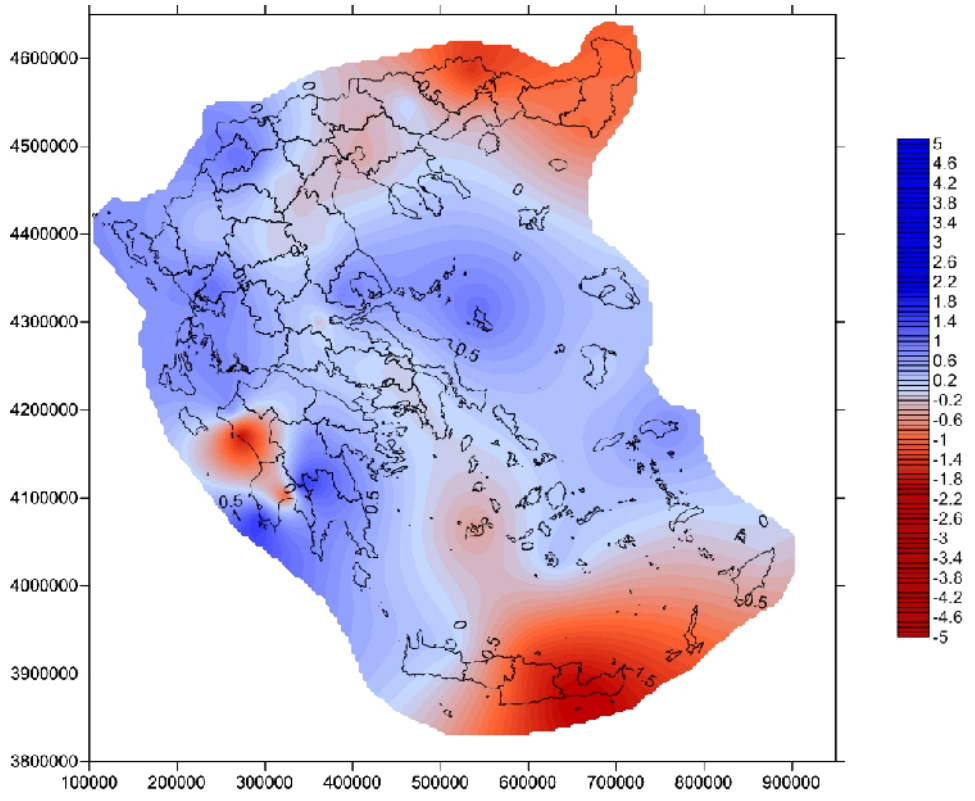
Εικόνα ΙΙΙ.228. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Δεκέμβριο του 2007 με τις υποθέσεις (kriging)*



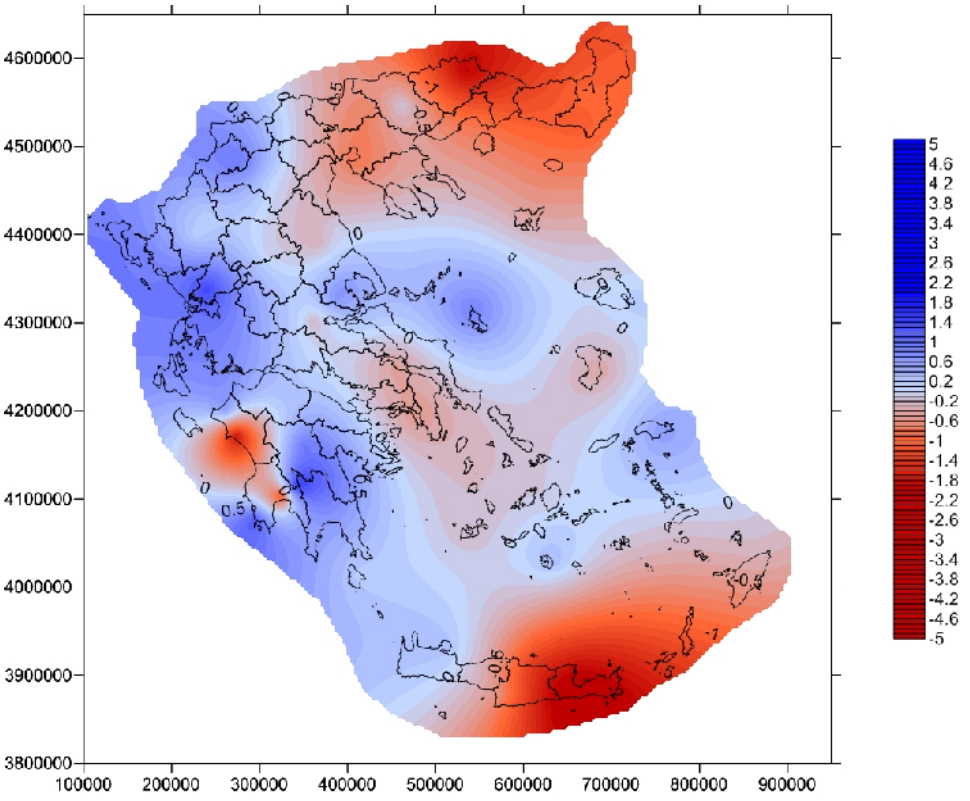
Εικόνα ΙΙΙ.229. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Ιανουάριο του 2009 με τις υποθέσεις (kriging)*



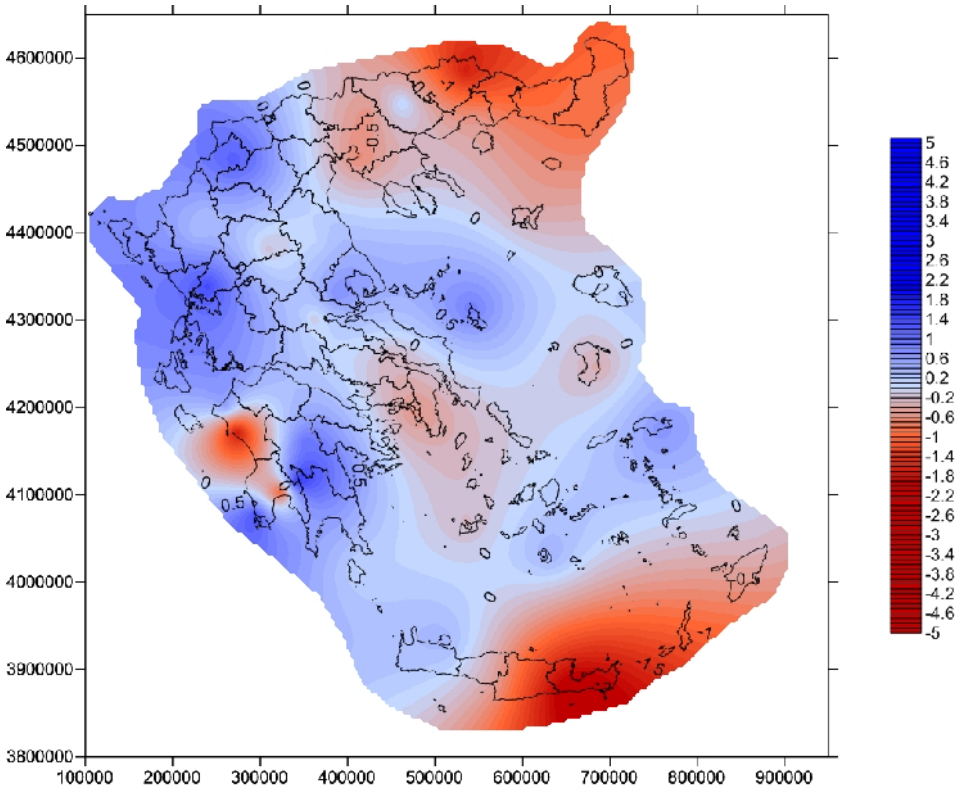
Εικόνα ΙΙΙ.230. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Φεβρουάριο του 2009 με τις υποθέσεις (kriging)*



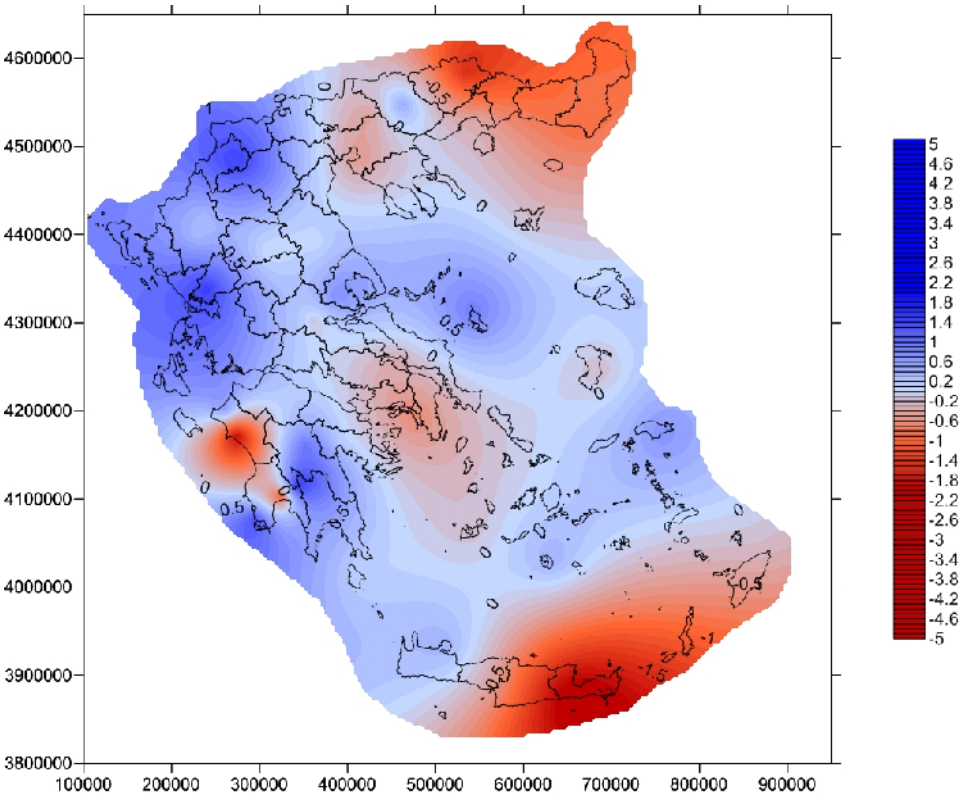
Εικόνα ΙΙΙ.231. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Μάρτιο του 2009 με τις υποθέσεις (kriging)*



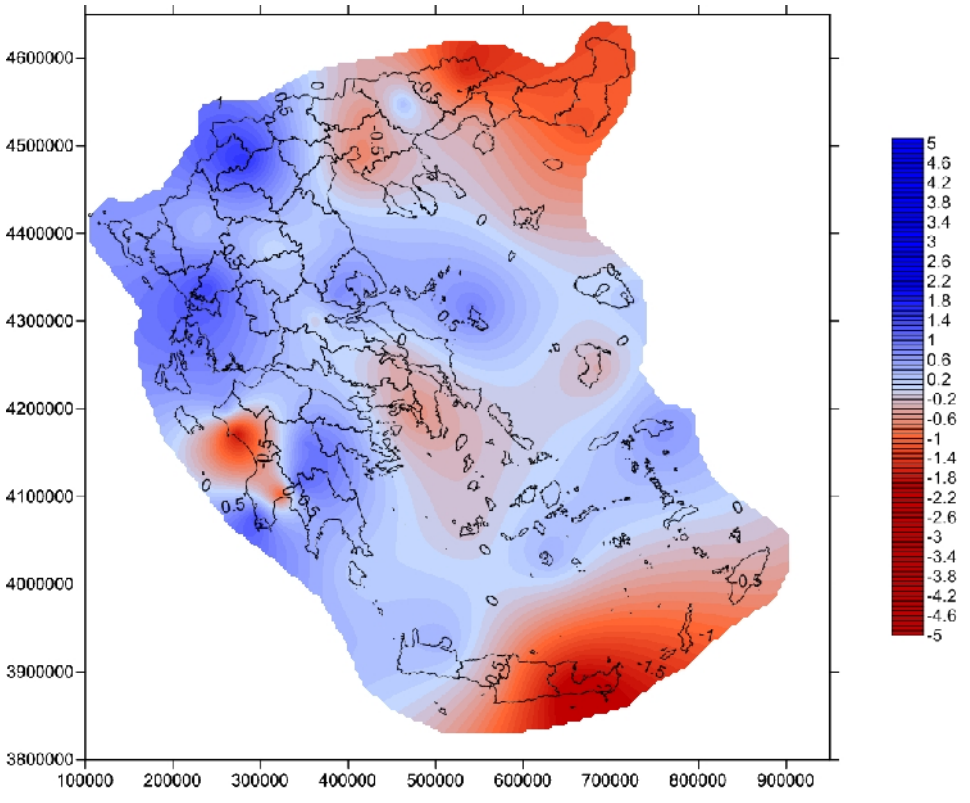
Εικόνα ΙΙΙ.232. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Απρίλιο του 2009 με τις υποθέσεις (kriging)*



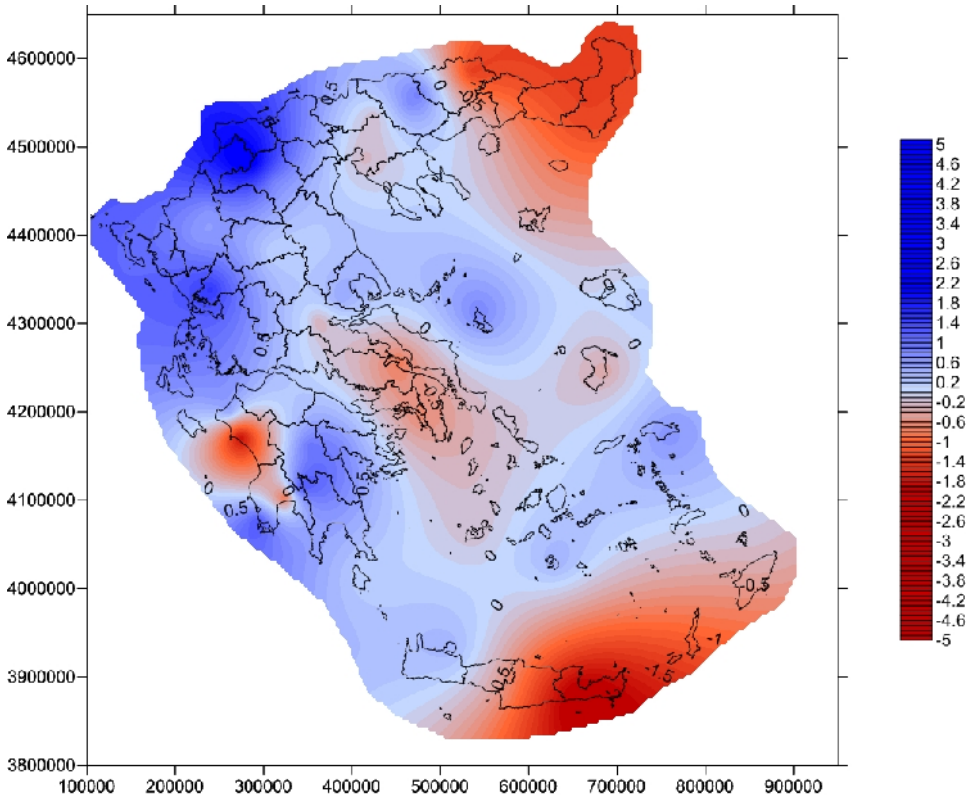
Εικόνα ΙΙΙ.233. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Μάιο του 2009 με τις υποθέσεις (kriging)*



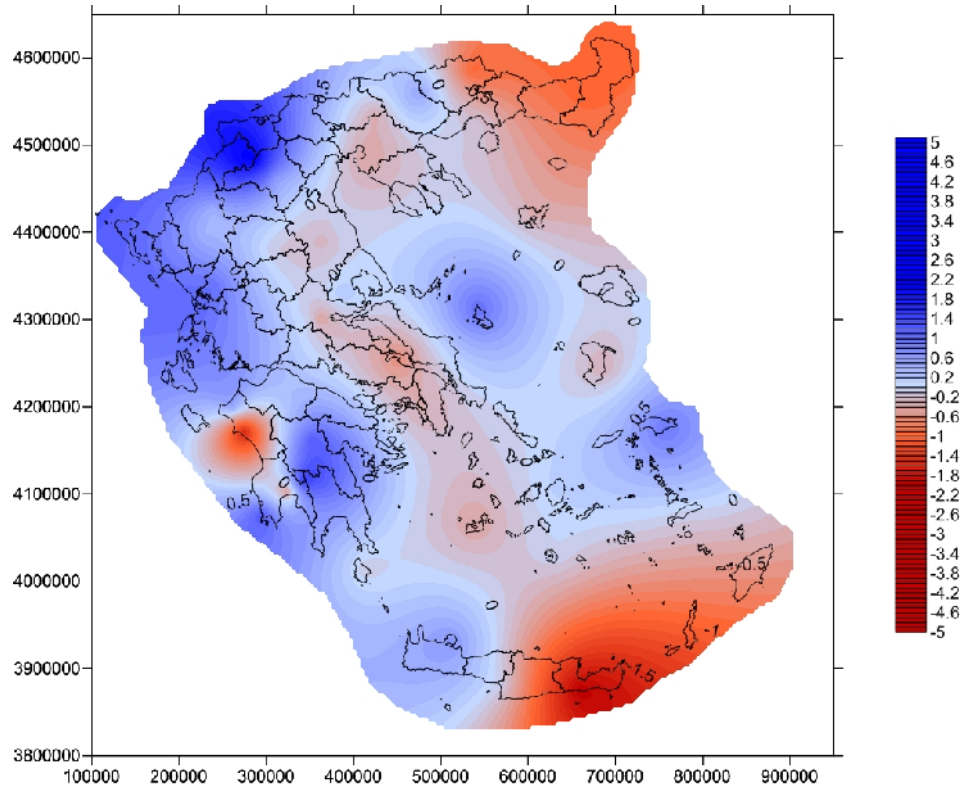
Εικόνα ΙΙΙ.234. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Ιούνιο του 2009 με τις υποθέσεις (kriging)*



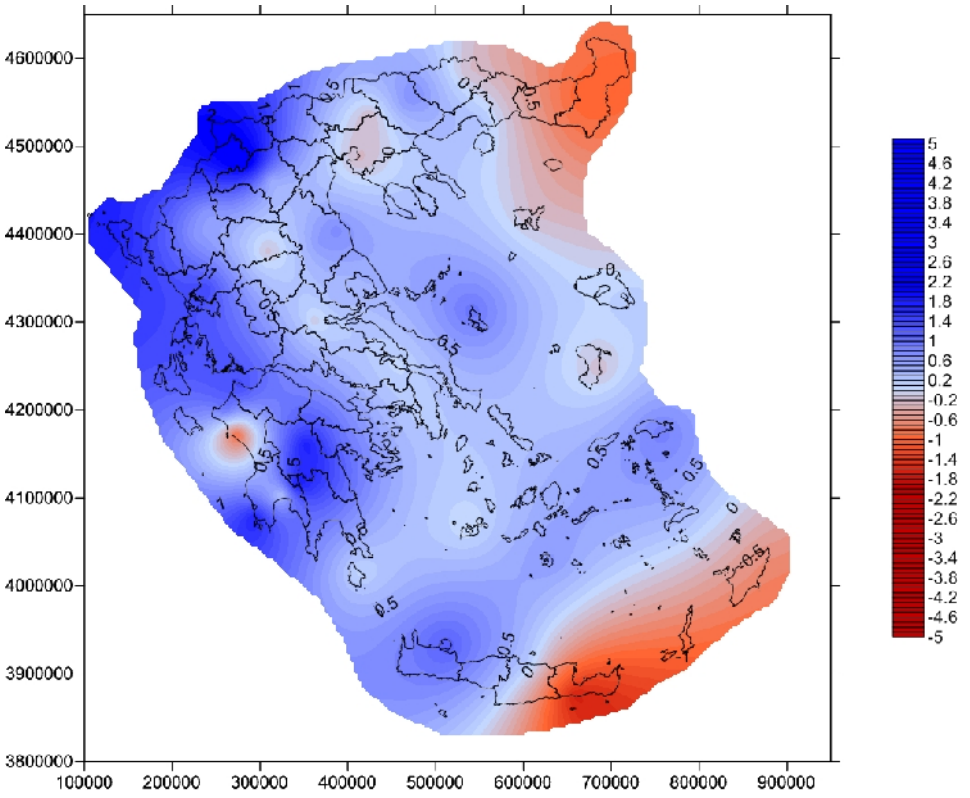
Εικόνα ΙΙΙ.235. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Ιούλιο του 2009 με τις υποθέσεις (kriging)*



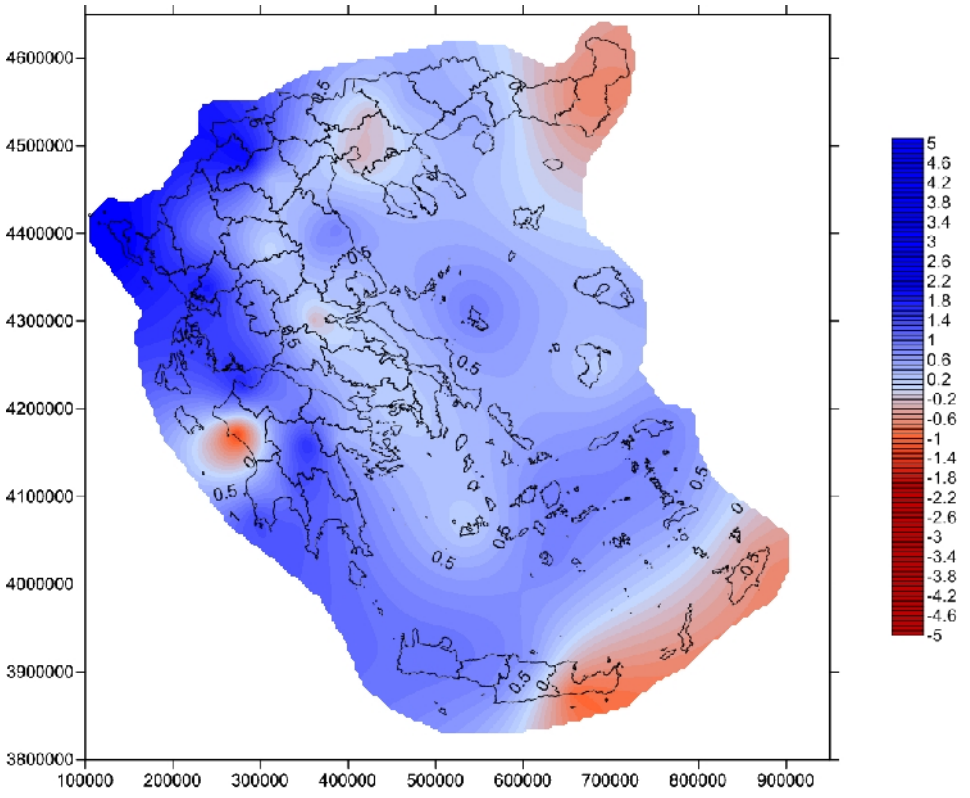
Εικόνα ΙΙΙ.236. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Αύγουστο του 2009 με τις υποθέσεις (kriging)*



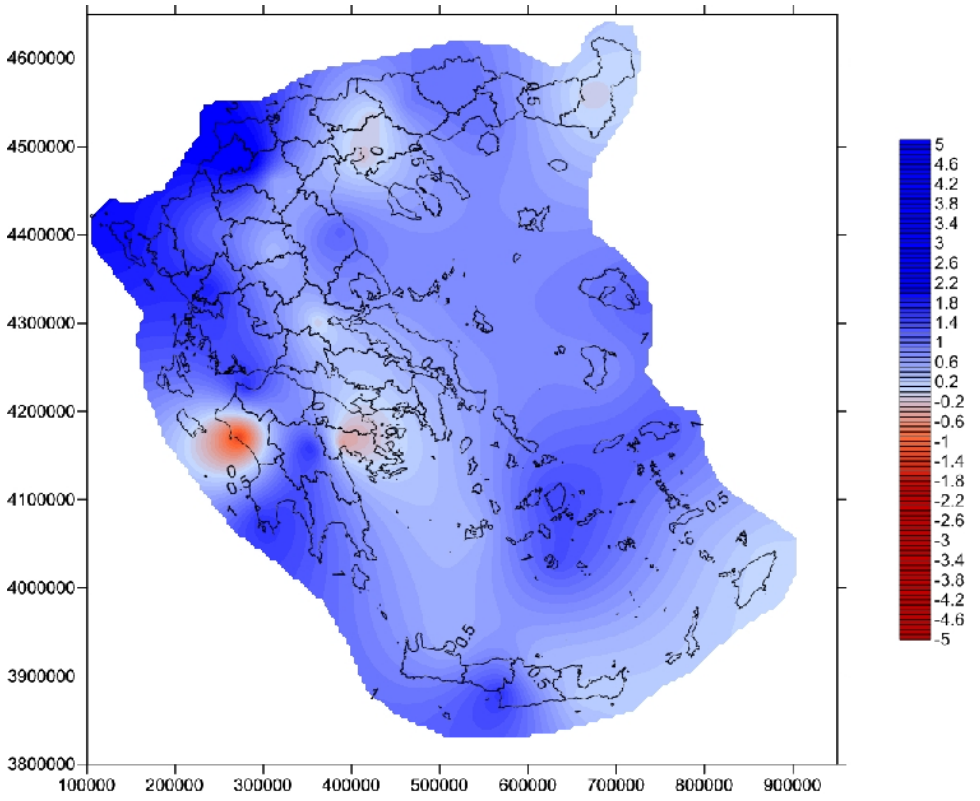
Εικόνα ΙΙΙ.237. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Σεπτέμβριο του 2009 με τις υποθέσεις (kriging)*



Εικόνα ΙΙΙ.238. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Οκτώβριο του 2009 με τις υποθέσεις (kriging)*



Εικόνα ΙΙΙ.239. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Νοέμβριο του 2009 με τις υποθέσεις (kriging)*



Εικόνα ΙΙΙ.240. *Χάρτης SPI 12 για τον μήνα Δεκέμβριο του 2009 με τις υποθέσεις (kriging)*

Παράρτημα IV

Πίνακας IV.1. *Ιστορικό λειψυδριών από το έτος 1990 έως 2009.*

Τοποθεσία	**Πηγή**	**Ημερ/νια**	**Άρθρο**
Αθήνα	Το Βήμα	11/1/1990	Επικείμενη λειψυδρία
Αθήνα	Το Βήμα	11/2/1990	Η Αθήνα αντιμετωπίζει την έλλειψη νερού
Ελλάδα	Τα Νέα	8/3/1990	Η λειψυδρία απειλεί τη άρδευση, την υδροηλεκτρική ενέργεια και την ύδρευση
Ελλάδα	Το Βήμα	11/3/1990	Οι επιστήμονες θέτουν το ερώτημα αν η λειψυδρία προμηνύει το φαινόμενο του θερμοκηπίου
Ελλάδα	Ε. Ταχυδρόμος	22/3/1990	Προτείνεται μακροπρόθεσμο σχέδιο αντιμετώπισης λειψυδρίας
Ολυμπία	Ελ. Τύπος	28/3/1990	Η αστική διάθεση του νερού στις πόλεις της κεντρικής Ελλάδος
Αθήνα	Έθνος	29/3/1990	Η γεωργική παραγωγή θα υποστεί σοβαρές ζημιές, μόνο το 10% αναμένεται να επιβιώσουν
Ελλάδα	Ελεύθερος	30/3/1990	Η λειψυδρία είχε προβλεφθεί από το 1987, ωστόσο, δεν εφαρμόστηκαν κάποια μέτρα
Θεσσαλονίκη	Μακεδονία	31/3/1990	Κηρύχτηκε δελτίο άμεσης ανάγκης για το νερό στη πόλη της Θεσσαλονίκης
Ελλάδα	Κέρδος	1/4/1990	Οι ζημιές στην γεωργία αναμένονται πάνω από 1 εκ. USD
Κρήτη	New York Times	5/4/1990	Η Κρήτη βιώνει την λειψυδρία
Ελλάδα	Ελεύθερος	3/4/1990	Η βροχόπτωση μειώθηκε κατά 40% από το μέσο όρο
Αθήνα	Ε. Ταχυδρόμος	5/4/1990	Παρά τη γνώση των ορίων του ισχύοντος συστήματος διάθεσης νερού για την Αθήνα από τα τέλη του '70, όχι σε νέο σχέδιο που άρχισε ακόμη και με πόρους της ΕΟΚ

Αθήνα	Ελευθεροτυπία	4/5/1990	Ανακοινώθηκε λεπτομερές πρόγραμμα συντήρησης για το μεγαλύτερο σύστημα διανομής νερού Αθήνα
Μακεδονία	Express	5/5/1990	Το Γεωτεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδα προτείνει λύσεις για την λειψυδρία στην Μακεδονία
Θεσσαλία	Απογευματινή	11/5/1990	Σοβαρά βιομηχανικά και οικιακά απόβλητα, ρυπαίνουν τους ποταμούς της Θεσσαλίας
Ελλάδα	Ε. Ταχυδρόμος	17/5/1990	Η έλλειψη μακροπρόθεσμου σχεδιασμού διαχείρισης και συντήρησης των προηγούμενων ετών εντείνει την λειψυδρία
Ελλάδα	Ελευθεροτυπία	17/5/1990	Δέκα τοις εκατό μείωση στην κατανάλωση νερού σε σύγκριση με το 1989
Αθήνα	Καθυμερινή	13/6/1990	Μεταφορά νερού με πλοίο από τον Αχελώο προς τον Μόρνο που προτείνεται για την ευκολία Αθηναϊκή λειψυδρίας
Ελλάδα	Ε. Ταχυδρόμος	14/6/1990	Απουσιάζει η διαχείριση υδατικών πόρων από τις πολιτικές
Αθήνα	Τα Νέα	15/6/1990	Αυστηρές κυρώσεις πρέπει να υποβληθούν για την υπερβολική χρήση του νερού
Θεσσαλονίκη	Μακεδονία	23/6/1990	Οι πολιτικές για την διάθεση νερού θα έπρεπε να είχα γίνει πριν δέκα χρόνια στην περιοχή της Θεσσαλονίκης
Αθήνα	Πρώτη	4/7/1990	Κύμα καύσωνα και λειψυδρίας σύνθετων τα προβλήματα της Αθήνας
Ελλάδα	Καθημερινή	5/7/1990	Η μεταφορά νερού με πλοίο προτείνεται και πάλι από το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Ελλάδα	Ελευθεροτυπία	10/7/1990	Πρωθυπουργός δηλώνει έκτακτης ανάγκης λειψυδρίας και ανακοινώνει τα μέτρα αντιμετώπισης
Ελλάδα	Ναυτεμπορική	10/7/1990	Μέτρα που να επικεντρώνεται σε ενδεχόμενες κυρώσεις για υπερβολική χρήση του νερού, οι πρωτοβουλίες διατήρησης, γεώτρηση, το νερό μεταφοράς από τα πλοία, και την ανακοίνωση της νέας διάσκεψης με τη συμμετοχή της τοπικής αυτοδιοίκησης και

			εκπροσώπων του δημοσίου συμφερόντων
Αθήνα	Ελευθεροτυπία	11/7/1990	Για να ενισχυθεί η υδροδότηση της Αθήνας με τη μεταφορά νερού με πλοίο και την άντληση νερού από τις γεωτρήσεις χρειάζονται κατ' εκτίμηση 270 εκατομμύρια δολάρια
Αθήνα	Κέρδος	14/7/1990	Τα μακροπρόθεσμα μέτρα συμπεριλαμβάνουν τη δημιουργία νέου φράγματος στον ποταμό Εύηνο
Ελλάδα	Έθνος	15/7/1990	Τα κράτη της Ε.Ε αναφέρουν ότι η Ελλάδα έχει παραπάνω από τους επαρκείς υδατικούς πόρους, αλλά τα έργα πόροι δεν για τους υδατικούς πόρους δεν έχουν υλοποιηθεί
Ελλάδα	Ελευθεροτυπία	16/7/1990	Το σύστημα διανομής του νερού είναι παλιό και συντήρηση σχεδόν δεν υφίστανται
Ελλάδα	Ημερησία	18/7/1990	Είκοσι επτά εκατομμύρια δολάρια διατίθενται για έργα διανομής νερού
Ελλάδα	Πελοπόνηση	18/7/1990	Οι επιπτώσεις της Λειψυδρίας είναι πιο έντονες, λόγω της έλλειψης σχεδιασμού υδατικών πόρων και διαχείρισης από την έλλειψη νερού
Αθήνα	Νίκη	21/7/1990	Διαμάχη από τα πολιτικά κόμματα στο κοινοβούλιο για την αύξηση της τιμής του νερού
Αθήνα	Δημοσιογράφος	22/7/1990	Διαρθρωτικές ελλείψεις, λόγω έλλειψης συντήρησης, σχεδιασμού και διαχείρισης των υδατικών πόρων του Μόρνου / Υλίκη με το σύστημα διάθεση του νερού με το πρόβλημα της λειψυδρίας στην Αθήνα
Ελλάδα	Ναυτεμπορική	26/7/1990	Ανακοινώθηκαν εξακόσια εκατομμύρια δολάρια USD για τα έργα ύδρευσης και αποχέτευσης

Θεσσαλονίκη	Μακεδονία	7/8/1990	Ο Υπουργός Εσωτερικών ανακοινώνει λυμάτων βελτίωση του συστήματος, νέες ΧΥΤΑ και τα μέτρα αντιμετώπισης της λειψυδρίας για την πόλη της Θεσσαλονίκης
Ελλάδα	Έθνος	8/8/1990	Διαφωνίες και συγκρούσεις μεταξύ των αγροτών για τον νερό άρδευσης
Αθήνα	Απογευματινή	14/8/1990	Διαρροή στον κύριο αγωγό που προκλήθηκε από ατύχημα στην Αθήνα
Αθήνα	Μεσημβρινή	17/8/1990	Αν η λειψυδρία συνεχιστεί, η Αθήνα θα αντιμετωπίσει σοβαρή έλλειψη νερού, την άνοιξη του 1991
Ελλάδα	Καθημερινή	17/8/1990	Το ΥΠΕΧΩΔΕ προτείνει μέτρα διατήρησης με υψηλές ποινές για τους παραβάτες
Αθήνα	Επικαιρότητα	20/8/1990	Η Αθήνα έχει νερό για μόλις 85 ημέρες
Αθήνα	Πρώτη	27/8/1990	Το σύστημα υδροδότησης της Αθήνας από τα υπόγεια ύδατα έχει υψηλότερο κόστος από ότι το σύστημα μεταφοράς του Μόρνου
Ελλάδα	Απογευματινή	23/9/1990	Παράνομη η σύνδεση των όμβριων υδάτων
Αθήνα & Θεσσαλονίκη	El. Typos	1/10/1990	Η λειψυδρία συνεχίζεται καθώς και η μείωση της στάθμης των υδάτων σε μεγάλα ποτάμια. Τα νερά των Βιομηχανιών θα πρέπει να ανακυκλώνονται σε Αθήνα και Θεσσαλονίκη
Αθήνα	Ελ. Τύπος	7/10/1990	Είκοσι πέντε έως τριάντα τοις εκατό μείωση στην κατανάλωση νερού όπου οφείλεται κυρίως στην αύξηση της τιμής του
Αθήνα	Το Βήμα	7/10/1990	Δύο με τρία χρόνια για την αποκατάσταση του συστήματος διανομής του νερού
Αθήνα	Κέρδος	1/11/1990	Τα έργα περιλαμβάνουν: τη σφράγιση λίμνης Υλίκης, η συντήρηση του συστήματος Μόρνου, γεώτρηση και την επέκταση των εγκαταστάσεων επεξεργασίας του νερού

Αθήνα	Ελεύθερος	7/11/1990	Η διαρροή του νερού και η καθυστερημένη συντήρηση αναστατώσει τους καταναλωτές
Ελλάδα	Καθημερινή	4/12/1990	Ανακοινώθηκε η κατασκευή του φράγματος στον Εύηνο. Μελέτη δείχνει συνεχιζόμενη μείωση της βροχόπτωσης για την Ελλάδα τα τελευταία 30 χρόνια
Ελλάδα	Έθνος	9/12/1990	Λειψυδρία ακόμη σε κίνδυνο
Ελλάδα	Τα Νέα	18/12/1990	Ο Πρωθυπουργός ανακοινώνει πολιτικά σχέδια για τους υδατικούς πόρους
Ελλάδα	Ε.Ταχυδρόμος	24/1/1991	Η έλλειψη πολιτικής για τους υδατικούς πόρους ο μεγαλύτερος κίνδυνος
Ελλάδα	Ε.Ταχυδρόμος	4/7/1991	Οι εκθέσεις αναφέρουν ότι αύξηση της προσφοράς δεν αποτελεί λύση για το μέλλον της λειψυδρίας
Ελλάδα	www.in.gr	13/3/2007	Η κυβέρνηση ανακοίνωσε μέτρα κατά της λειψυδρίας, των πυρκαγιών και των διακοπών ρεύματος
Θεσσαλία & Κυκλαδες	Καθημερινή	18/3/2007	Η λειψυδρία χτυπά τις Κυκλάδες και την Θεσσαλία
Χίος	Η Αλήθεια	12/4/2007	Επιδοτήσεις για την λειψυδρία
Χίος	Η Αλήθεια	24/4/2007	Η λειψυδρία και το προγραμματισμένο μοντέλο ανάπτυξης για την χώρα μας
Ικαρία	www.nikaria.gr	14/5/2007	Λειψυδρία στην Ικαρία
Κυκλάδες	www.kykladesnews.gr	25/5/2007	ΚΙΝΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΛΕΙΨΥΔΡΙΑ ΣΤΙΣ ΚΥΚΛΑΔΕΣ: έργα υδροληψίας σε όλα τα νησιά
Θεσσαλία	Έθνος	17/7/2007	Η Θεσσαλία στο χείλος του εμφυλίου πολέμου για την λειψυδρία
Θεσσαλία	Ελευθεροτυπία	23/7/2007	Η λειψυδρία "καίει" τον κάμπο της Θεσσαλίας
Κυκλάδες	Καθημερινή	1/8/2007	Εδώ και τώρα έργα ενάντια της λειψυδρίας. Σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης, Κυκλάδες
Κυκλάδες	Καθημερινή	1/8/2007	Εντάθηκε η λειψυδρία στις Κυκλάδες

Ελλάδα	Ελευθεροτυπία	9/8/2007	Τι κάνουμε για την λειψυδρία σε όριο σε επάρκειας σε όλη τη χώρα
Σάμος	www.samos.gr	29/8/2007	Μέτρα για την λειψυδρία
Ελλάδα	Ημερησία	5/3/2008	Εθνικό θέμα της νέας δεκαετίας, η λειψυδρία
Σάμος	www.samos.gr	23/5/2008	Τρόποι εξοικονόμησης νερού από την λειψυδρία
Καρδίτσα	Μακεδονία	7/7/2008	Η λειψυδρία απειλεί τη μισή Ελλάδα
Ελλάδα	Τα Νέα	17/4/2009	100.000 πισίνες για την λειψυδρία της Ελλάδος
Τρίκαλα	www.trikalanews.gr	10/7/2009	Υπογράφηκαν συμβόλαια στο νομό Τρικάλων για τα σχέδια που ασχολούνται με την λειψυδρία
Καρδίτσα	www.karditsa.gr	19/11/2009	Κρατικής οικονομικής ενίσχυσης για την αντιστάθμιση της απώλειας της παραγωγής από την λειψυδρία του 2007
Τρίκαλα	www.trikalacity.gr	12/12/2009	Η λειψυδρία απειλεί περιοχές του νομού
Κρήτη	Ελευθεροτυπία	20/5/2010	Η λειψυδρία απειλεί τη Δυτική Κρήτη
Κρήτη	www.zougla.gr	20/7/2010	Τελειώνουν τα αποθέματα νερού

Βιβλιογραφία

1. **Barraque, B., Karavitis, C., A. and P. Katsiardi, 2008.** Water resources management strategies in WSM case studies, in: Coping with Water Deficiencies: from research to Policy making, pp. 45- 112, Springer-Verlag Gmbh, Heidelberg,Germany.
2. **Bryant, 1991.** Integrated Responses of Plants to Stress.
3. **Cesar N., 2001.** El Nino in History: Storming Through the Ages.
4. **Changnon, S.A. and Easterling, W.E., 1989.** Measuring drought impacts: The Illinois case. Water Resources Bulletin, 25 (1), pp. 27-42.
5. **Currie, 1981, 1984.** On bistable phasing of 18,6 years nodal-induced flood in India, Geophysical Research Letters, 11: 50-53
6. **Dermanis, A. and Sansò, F., 2007.** On the Feasibility of Biased Kriging. Presented at the XXIV IUGG Congress, Perugia X-X July 2007.
7. **Gallier, J., 2000.** Curves and Surfaces in Geometric Modeling. Morgan Kaufmann, San Fancisco, CA USA.
8. **Hayes M., 2004.** Drought Indices. NE: National Drought Mitigation Center University of Nebrask- Lincoln.
9. **Karavitis, C., A., 1992**. Drought Management Strategies for Urban Water Supplies: The Case of Metropolitan Athens. Ph.D. Dissertation, Department of Civil Engineering, Colorado State University, Fort Collins, Colorado.
10. **Karavitis, C., A., 1999**. Drought and Urban Water Supplies: the Case of Metropolitan Athens, Water Policy, Vol. 1, Iss. 5, pp. 505- 524, Elsevier Science.

11. **Karavitis, C., A., 1999.** Decision Support Systems for Drought Management Strategies in Metropolitan Athens, Water International, Vol. 24, No. 1, pp. 10- 21.

12. **McKee et al., 1993.** Developed the Standardized Precipitation Index (SPI) for the purpose of defining and monitoring drought.

13. **Milankovitch, Milutin (1998) [1941].** Canon of Insolation and the Ice Age Problem. Belgrade: Zavod za Udz˘benike i Nastavna Sredstva. ISBN 8617066199. ; see also "Astronomical Theory of Climate Change".

14. **Oladipo, 1985.** A comparative performance analysis of three meteorological drought indices. indices. International Journal of Climatology, 5: 655–664.

15. **Philander & S. George, 1990.** El Niño, La Niña and the Southern Oscillation. San Diego: Academic Press.

16. **Tannehill, I.R. 1947.** Drought and Its Causes and Effects. Princeton University Press.

17. **Watson, R.T. and the Core Writing Team, 2001.** Climate Change 2001: Synthesis Report. Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK. Pp. 397.

18. **Werrick, W.J. and W. Whipple, 1994.** National Study of Water Management During Drought: Managing Water for Drought. IWR Report 94-NDS-8. U.S. Army Corps of Engineers. Water Resources Support Center. Institute for Water Resources. Alexandria, VA.

19. **Wheaton, E., Wittrock V., Kulshreshtha, S., Koshida, G., Grant, C., Chipanshi, A., Bonsal, B., with the rest of the Canadian drought Study Steering Committee, Adkins, P., Bell, G., Brown, G., Howard, A., MacGregor, R., 2005.** Lessons Learned From the Canadian Drought Years of 2001 and 2002, SRC Publication No. 11602-46E03, Canada

20. **Wilhite, D.A. and M.H. Glantz. 1985.** Understanding the Drought Phenomenon: The Role of Definitions. Water International 10.

21. **Yevjevich, V., da Cuncha, L., and Vlachos, E.C., 1983.** Coping with Droughts, editors, Water Resources Publications, Littleton, CO.

22. **Yevjevich, V., 1967.** An objective approach to definitions and investigations of continental hydrologic droughts. Hydrol Papers Colorado State University, Fort Collins, Colorado.

23. **Καραβίτης Χρ., Αλεξανδρής Σ., Οικονόμου Π., Τσεσμελής Δ., Φασούλη Β. και Χορταριά Χ., 2007.** Τεχνική Υποστήριξη της Κεντρικής Υπηρεσίας Υδάτων για την κατάρτιση των στρατηγικών διαχείρισης λειψυδριών και ενός βραχυπρόθεσμου σχεδίου αντιμετώπισης κινδύνου λειψυδρίας.

24. **Καραβίτης Χρ., 2008.** Σημειώσεις Διαχείρισης Υδατικών Πόρων.

25. **Κουτσογιάννη Δ. & Ξανθόπουλος Θ., 1999.** Στατιστική Υδρολογία 3η έκδοση.

26. **Κουτσογιάννη Δ. & Ξανθόπουλος Θ., 1999.** Τεχνική Υδρολογία 3η έκδοση.

27. **Φλόκας Α., 1997.** Μαθήματα Μετεωρολογίας Κλιματολογίας.

28. **Αεροπορική Μετεωρολογία,** http://www.aviamet.gr

29. **Drought Management Center for Southeastern Europe** (DMCSEE), http://www.dmcsee.eu/

30. **Hellenic National Meteorological Service** (HNMS) http://www.hnms.gr/hnms/greek/climatology/climatology_html

31. **National Mitigation Drought Center** http://www.drought.unl.edu/

32. **Serving Meteorologist & the Geosciences** http://www.meted.ucar.edu/

33. **U.S. Geological Survey** (USGS) http://www.usgs.gov/

34. **World Meteorological Organization** (WMO), http://www.wmo.int/pages/index_en.html