

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΑΙΤΙΟΤΗΤΑΣ ΚΑΤΑ GRANGER ΣΕ
ΥΔΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ: ΑΓΑΠΗ ΝΤΑΓΚΟΥΝΑΚΗ

ΕΠΙΒΛΕΨΗ: ΠΑΝΤΕΛΗΜΩΝ ΣΟΥΠΙΟΣ

ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2015

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

- 1.1 Ανασκόπηση της Βιβλιογραφίας
- 1.2 Στόχοι και καινοτομίες της παρούσας εργασίας

2 Η ΑΙΤΙΟΤΗΤΑ ΚΑΤΑ GRANGER

- 2.1 Το θεωρητικό υπόβαθρο
- 2.2 Η εφαρμογή της Αιτιότητας κατά Granger στα κλιματικά δεδομένα

3 Η ΓΛΩΣΣΑ R

- 3.1 Το θεωρητικό υπόβαθρο
- 3.2 Ενδεικτικό παράδειγμα του αλγορίθμου

4 ΠΕΔΙΟ ΕΡΕΥΝΑΣ

- 4.1 Γιατί επιλέγουμε την Κρήτη
- 4.2 Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν

5 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

- 5.1 Εφαρμογή στα κλιματικά δεδομένα
 - 5.1.1 Δεδομένα από Ασκύφου και Καλύβες
 - 5.1.2 Δεδομένα από Αγία Γαλήνη και Μελαμπές
 - 5.1.3 Δεδομένα από Ανώγεια και Σπήλι
 - 5.1.4 Δεδομένα από Άγιο Γεώργιο και Έξω Ποτάμους
 - 5.1.5 Δεδομένα από Παλαιόκαστρο και Σητεία
- 5.2 Συζήτηση

6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

7 ΠΑΡΑΠΟΜΠΕΣ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑ GRANGER ΑΙΤΙΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΑΛΛΕΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΙΣ ΧΡΟΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΣΕΙΡΩΝ ΜΕ ΑΞΟΝΑ ΤΑ ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΚΡΗΤΗΣ

Η παρούσα μελέτη εκπονήθηκε στα πλαίσια της συνεργασίας με τη Rosaida Dolce, φοιτήτρια ERASMUS από το Πανεπιστήμιο της Basilicata της Ιταλίας. Συνεργάστηκα στενά με την εν λόγω φοιτήτρια και τη βοήθησα να αποκωδικοποιήσει όλη την πληροφορία που βρισκόταν στα ελληνικά μετεωρολογικά στοιχεία. Η εν λόγω μελέτη αποκαλύπτει έναν άγνωστο συσχετισμό μεταξύ των κλιματικών δεδομένων. Ο καινοτόμος της χαρακτήρας έγκειται στη σύνδεση του Τεστ της Αιτιότητας κατά Granger και του λογισμικού ανοιχτού κώδικα R-Project με τα κλιματικά δεδομένα που περισυλλέχθηκαν στην Κρήτη. Για την πραγματοποίηση αυτής της εργασίας συνεργάστηκαν αρκετοί επαγγελματίες από διάφορα μέρη της Ευρώπης. Στόχος της είναι να διαπιστώσει εάν οι χρονοσειρές των κλιματικών δεδομένων X εξαρτώνται από τις Y , και το αντίθετο. Για την υλοποίηση αυτού του σκοπού αξιοποιήθηκε το Τεστ της Αιτιότητας κατά Granger, το οποίο δημιουργήθηκε και, μέχρι στιγμής, εφαρμόστηκε αποκλειστικά στο πεδίο της οικονομίας. Το προαναφερθέν τεστ επαναλαμβάνεται στο πρόγραμμα R για τα στατιστικά στοιχεία και αποτελεί ένα λογισμικό ανοικτού κώδικα. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν προέρχονται από το ΤΕΙ Κρήτης και αφορούν τις βροχοπτώσεις των τελευταίων σαράντα ετών στην Κρήτη. Η ανάλυση, που διενεργήθηκε σε δέκα διαφορετικούς σταθμούς, οδήγησε στο συμπέρασμα ότι μέσω αυτής της μεθόδου καθίσταται δυνατή η δημιουργία μιας σχέσης εξάρτησης ανάμεσα σε ποικίλες σειρές κλιματικών στοιχείων. Αυτή η νέα γνώση στο πεδίο της κλιματικής έρευνας ανοίγει έναν νέο δρόμο στη μελέτη της πρόβλεψης ορισμένων κλιματικών και ατμοσφαιρικών παραγόντων, ιδιαιτέρως εκείνων που θα μπορούσαν να θεωρηθούν επικίνδυνοι για τον πλανήτη.

ABSTRACT

This study was conducted in cooperation with the Rosaida Dolce, ERASMUS student from the University of Basilicata, Italy. I worked closely with that student and helped to decode all the information was in the Greek meteorological data. This study reveals an unknown correlation between the climate data. The innovative character lies in connecting the test of Granger causality and software open R-Project Code with climatic data were collected in Crete. To perform this task collaborated several professionals from different parts of Europe. Its aim is to determine whether the time series of climate data X depends on Y, and vice versa. To implement this goal utilized the Test of Causality in Granger, created and, so far, applied solely to the economy. The above test is repeated in R program for statistics and is an open source software. The data used come from the TEI of Crete and related rainfall of the last forty years in Crete.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Ανασκόπηση της Βιβλιογραφίας

Η Μετεωρολογία μελετά διαφορετικά και σύνθετα φυσικά φαινόμενα της ατμόσφαιρας. Ασχολείται με τη μέτρηση και τον συντονισμό της πίεσης, της θερμοκρασίας, της πυκνότητας και της υγρασίας του αέρα, με την κίνηση του αέρα σε σχέση με τη γη, καθώς και με άλλα δεδομένα που υπολογίζονται με πειραματικό τρόπο. Επιδιώκει να εξηγήσει τις κινήσεις που παρατηρούνται σε σχέση με τις αλλαγές της πίεσης, της θερμοκρασίας και της υγρασίας που προκαλούνται άμεσα ή έμμεσα λόγω της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας (Brunt,2011). Σχεδόν όλες οι κοινωνικές, βιομηχανικές, γεωργικές, εμπορικές, συγκοινωνιακές κ.α. δραστηριότητες επηρεάζονται άμεσα ή έμμεσα από τις καιρικές συνθήκες και το κλίμα. Η Μετεωρολογία είναι σημαντική επειδή μέσω αυτής μαθαίνουμε για την ατμόσφαιρα, τον καιρό και για όσα πράγματα διαμορφώνουν τον κόσμο μας. Μας βοηθά να μάθουμε για την κλιματική υπερθέρμανση του πλανήτη (Bilancia and Vitale,2011), για άλλα περιβαλλοντικά ζητήματα, καθώς και για το πώς να προβλέπουμε τις θεομηνίες και να προλαμβάνουμε τις καταστροφές. Η μεγαλύτερη απειλή για τον άνθρωπο (και για τα άλλα στοιχεία που συναποτελούν τα χερσαία οικοσυστήματα) θα εκδηλωθεί τοπικά μέσω χωρικά προσδιορισμένων ακραίων καιρικών και κλιματικών φαινομένων. Όπως έχει παρατηρηθεί τα τελευταία χρόνια (Weart, 2008), η Ευρώπη, για να αναφέρουμε ένα μόνο παράδειγμα, είναι εξαιρετικά ευάλωτη στις αλλαγές που παρατηρούνται στη συχνότητα και στην ένταση των ακραίων καιρικών φαινομένων όπως είναι οι καύσωνες, οι υψηλές βροχοπτώσεις, οι ξηρασίες και οι ανεμοθύελλες. Η πρόβλεψη των εν λόγω φαινομένων απαιτεί μια προσεκτική χρονοσειριακή ανάλυση. Η χρονοσειρά ορίζεται ως μια ακολουθία παρατηρήσεων οργανωμένη στη βάση του χρόνου, αν και σε ορισμένες περιπτώσεις ενδέχεται να στηρίζεται σε κάποια άλλη διάσταση. Τα χαρακτηριστικά εκείνα που ξεχωρίζουν την χρονοσειριακή ανάλυση από τις υπόλοιπες στατιστικές αναλύσεις, οφείλονται στην ρητή αναγνώριση του ρόλου που διαδραματίζει η σειρά με βάση την οποία γίνονται οι παρατηρήσεις. Ενώ σε πολλά προβλήματα οι παρατηρήσεις είναι στατιστικές ανεξάρτητες, στις χρονοσειρές οι διαδοχικές παρατηρήσεις μπορεί να είναι εξαρτώμενες και μάλιστα να εξαρτώνται από τις θέσεις εντός της ακολουθίας. Σχεδόν σε κάθε πεδίο υπάρχουν φαινόμενα των οποίων η εξέλιξη και η διακύμανση εν χρόνω μπορεί να είναι ενδιαφέρουσες και σημαντικές (Anderson, 2011). Οι περιπτωσιολογικές μελέτες είναι απαραίτητες για την περιγραφή της καιρικής εξέλιξης κατά τη διάρκεια ενός ορισμένου

(καιρικού) γεγονός, και, επιπλέον, μπορούν να θεωρηθούν καθοριστικής σημασίας για βελτίωση των καιρικών προβλέψεων και την αποκάλυψη φαινομένων που μέχρι εκείνη τη στιγμή αγνοούσαμε (Schultz, 2010).

Είναι σημαντικό για τη μελέτη των μετεωρολογικών φαινομένων να προσπαθήσουμε να βρούμε νέους τρόπους χειρισμού των δεδομένων που έχουμε στην κατοχή μας, χρησιμοποιώντας διεπιστημονικές μεθόδους οι οποίες θα μας οδηγήσουν στην κατανόηση της συμπεριφοράς πολύπλοκων συστημάτων. Οι στατιστικές μέθοδοι μπορούν να μας προσφέρουν γνώσεις γύρω από ιδιότητες όπως η αιτιότητα ή η συνολική συμπεριφορά μιας ομάδας άλλως ασύνδετων γεγονότων.

Από την περιοχή της Κρήτης διαθέτουμε ένα σύνολο δεδομένων που περισυλλέχθηκαν από 65 μετεωρολογικούς σταθμούς της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας και του Τμήματος Υδρολογίας του Υπουργείου Γεωργίας (Sourios κ.α., 2006). Η εν λόγω δέσμη δεδομένων αφορά τις μέσες μηνιαίες τιμές βροχόπτωσης (σε mm), εξάτμισης (σε mm), ροής ποταμών (ως προς τον όγκο), ροής πηγών (σε L/sec), ηλιοφάνειας (σε ώρες) και τις ελάχιστες και μέγιστες μέσες θερμοκρασιακές μετρήσεις (σε βαθμούς Celsius), για μια μέση περίοδο σαράντα περίπου χρόνων (Xystrakis - Matzarakis, 2010, Koutroulis κ.α., 2010).

Αφού προηγουμένως προβήκαμε σε μια προσεκτική μελέτη και θεώρηση των μεθόδων της μετεωρολογικής ανάλυσης, επιλέξαμε να εφαρμόσουμε τα Τεστ της Κατά Grainger Αιτιότητας σε μια ανοικτή πλατφόρμα και να τα χρησιμοποιήσουμε προκειμένου να καταγράψουμε τις τοπικής και ευρείας κλίμακας βροχοπτώσεις και τα αποτελέσματά τους (Triacca, 2005). Κατά την προηγούμενη δεκαετία παρατηρήθηκε μια σημαντική αύξηση της στατιστικής βιβλιογραφίας σχετικά με τη μετεωρολογική ανάλυση, η οποία συνοδεύτηκε από την εφαρμογή μιας ευρείας γκάμας στατιστικών μεθοδολογιών. Ελάχιστοι επέλεξαν να εφαρμόσουν την Κατά Grainger Αιτιότητα στο πεδίο της κλιματολογικής ανάλυσης. Η μέθοδος αυτή έχει χρησιμοποιηθεί για τη διεξαγωγή ερευνών συνδεόμενων με την υγρασία του εδάφους σε συνάρτηση με τις βροχοπτώσεις (Salvucci κ.α., 2002), με τους μηχανισμούς κλιματικής τηλεσύνδεσης με τη μη γραμμική Κατά Grainger Αιτιότητα (Chu κ.α., 2005), με τη μακροχρόνια αιτιότητα (Smirnov και Mokhov, 2009), και για την ανάλυση διμεταβλητών κλιματικών σειρών σε συνάρτηση με τις εκπομπές CO² και τον ρόλο του στην παγκόσμια κλιματική υπερθέρμανση. Η Κατά Grainger αιτιότητα μας επιτρέπει να καθορίσουμε την αιτιώδη συνάφεια μεταξύ δύο μεταβλητών που δεν χρειάζεται να περιγράφουν τα ίδια αντικείμενα, και είναι ιδεώδης για τον σκοπό αυτό αφού μπορεί να μας παράσχει πληροφόρηση σχετικά με την εξάρτηση άλλως ασυσχέτιστων μεταβλητών. Η μέθοδος αυτή

έχει τη δυνατότητα να προβλέπει έναν συντελεστή πιθανότητας των γεγονότων σε δύο χρονοσειρές, την X και την Y, οι οποίες εμφανίζουν μια σχέση αμοιβαίας εξάρτησης.

Για τη διαχείριση των δεδομένων πρέπει να χρησιμοποιήσουμε ένα λογισμικό που θα μας επιτρέψει να διεξαγάγουμε μια αποτελεσματική μεταφορά της στατιστικής ανάλυσης. Με άξονα αυτή την ανάγκη, χρησιμοποιούνται διάφορα λογισμικά, όπως το SPSS (SPSS Inc. 2006) και το SAS (SAS Institute Inc. 2003), τα οποία είναι λειτουργικά στις περιπτώσεις των χρονοσειρών. Επιπλέον, το λογισμικό S-PLUS (Insightful Corp. 2003) και το MATLAB (The MathWorks, Inc. 2007) μας επιτρέπουν να επεξεργαστούμε τις χρονοσειρές με πιο προηγμένα εργαλεία. Το MATLAB είναι το πλέον χρησιμοποιούμενο λογισμικό σε αυτό το πεδίο, όμως δεν κυκλοφορεί δωρεάν. Δεν είναι απαραίτητο να αγοράσει κανείς ένα λογισμικό για να προχωρήσει σε μια ανάλυση του τύπου που μας ενδιαφέρει· μπορεί, αντιθέτως, να επενδύσει στην αγορά αλγορίθμων. Ένα πρόγραμμα ανοικτού κώδικα “R” μας επιτρέπει να εκτελέσουμε στατιστικούς υπολογισμούς χρησιμοποιώντας το δωρεάν πακέτο και έχει πρόσβαση σ’ ένα ευρύ σύνολο ολοκληρωμένων εργαλείων στατιστικής ανάλυσης. Το εν λόγω λογισμικό είναι πολυπλατφορμικό και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πολλά λειτουργικά συστήματα: Unix, Linux, Windows, MacOS. Είναι εύκολο να δούμε και να κατεβάσουμε από το διαδίκτυο μια σειρά από δωρεάν εγχειρίδια (<http://cran.r-project.org/manuals.html>). Μας επιτρέπει να εκτελέσουμε υπολογισμούς με τρόπο που δεν επιβαρύνεται από το ιδιόκτητο λογισμικό, και με έναν αλγόριθμο ικανό να επεκταθεί σε παράλληλη επεξεργασία με περισσότερους από έναν τρόπους. Αυτό το λογισμικό είναι απλό στη διαχείριση και ευέλικτο, επειδή επιτρέπει τη δημιουργία προσωπικών εργαλείων στατιστικής ανάλυσης και διαυκολύνει τις αλλαγές στα δεδομένα. Επίσης, έχει πολλές δυνατότητες στις γραφικές παραστάσεις και, καθώς χρησιμοποιεί τη γλώσσα προγραμματισμού “S”, επιτρέπει τη χρήση όχι μόνο υποθετικών δομών, αλλά και εκείνων που είναι υπό μορφή κυκλώματος. Με αυτό το πρόγραμμα έχουμε τη δυνατότητα ταυτόχρονης επεξεργασίας πολλών δεδομένων σε διαφορετικούς υπολογιστές. Επιπλέον, το πρόγραμμα “R” έχει τη δυνατότητα να χρησιμοποιεί δεδομένα ή στοιχεία από διάφορες βάσεις δεδομένων με εύκολο τρόπο διαχείρισης και υπολογισμού· συνδέεται με τις βάσεις δεδομένων MySQL, Microsoft Access, Oracle, PostgreSQL, Spatialite (Bivand, 2010).

1.2 Στόχοι και καινοτομίες της παρούσας εργασίας

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι ο εντοπισμός ενός ανεξερεύνητου συσχετισμού μεταξύ των κλιματικών δεδομένων. Είναι σημαντική η ανεύρεση νέων τρόπων χειρισμού των στοιχείων που διαθέτουμε μέσω διεπιστημονικών μεθόδων, που θα μας οδηγήσουν στην κατανόηση της πολυπλοκότητας του συστήματός μας. Για τον σκοπό αυτό, αποφασίσαμε να χρησιμοποιήσουμε την Αιτιότητα κατά Grainger και το πρόγραμμα “R”. Η επιλογή αυτού του λογισμικού συνιστά ένα από τα καινοτόμα σημεία αυτής της εργασίας, κι αυτό γιατί η Αιτιότητα κατά Grainger δημιουργήθηκε για την ερμηνεία οικονομικών δεδομένων (Granger, 1969, Granger και Lee, 1989, Paul και Bhattacharya, 2004), ενώ εμείς την εφαρμόζουμε σε κλιματικά δεδομένα. Είναι η πρώτη φορά που η συγκεκριμένη μέθοδος χρησιμοποιείται σε αυτό το πεδίο.

Η ιδέα του Grainger, ο οποίος τιμήθηκε με το Βραβείο Νόμπελ Οικονομικών Επιστημών το 2003, είναι εν πολλοίς η συγκρότηση ενός συστήματος σύμφωνα με το οποίο μπορούμε πάντα να οικοδομήσουμε ένα μοντέλο πρόβλεψης μιας μεταβλητής σε μέλλοντα χρόνο βάσει των παρελθοντικών της δεδομένων. Η Αιτιότητα κατά Grainger στηρίζεται στην αρχή αιτίου-αιτιατού και διερευνά τη σχέση ανάμεσα σε δύο σύνολα τιμών δύο εξαρτημένων μεταβλητών, χρησιμοποιώντας και μια τρίτη (συνήθως τον χρόνο). Ο Grainger υποστηρίζει ότι η μεταβλητή X οφείλεται στην Y , καθώς η συμπερίληψη των παρελθοντικών δεδομένων της X οδηγεί σε μια σημαντικά βελτιωμένη πρόβλεψη του σημείου Y , σε σχέση με ό,τι θα προέκυπτε μέσω της αποκλειστικής χρήσης των τιμών της Y . Αποδεικνύεται, συνεπώς, ότι εξίσου πολύπλοκα και φαινομενικά διαφορετικά συστήματα, όπως αυτά της οικονομίας και της μετεωρολογίας, μπορούν να αναλυθούν βάσει καθολικών μαθηματικών τεχνικών.

Η υποθετική αιτιώδης σχέση που διέπει τη βροχόπτωση δεν μπορεί να επαληθευτεί εύκολα στην πράξη, επειδή είναι δύσκολο να προσδιοριστεί ένας πιθανός ορισμός της αιτιότητας σε ένα μη-πειραματικό περιβάλλον. Οι δοκιμές που στηρίζονται στην τυχαιότητα που χαρακτηρίζει τη συμπεριφορά των χρονοσειρών, βασίζονται στην υπόθεση ότι η χρονική διάταξη των γεγονότων μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην εμπειρική διάκριση μεταξύ αγωγών και βραδυνουσών μεταβλητών, μια διάκριση που συνιστά το θεμέλιο της γνωστής έννοιας της αιτιότητας που εισήγαγε ο Grainger (Bilancia και Vitale, 2011).

Στις μέρες μας υπάρχουν πολλά εξειδικευμένα λογισμικά στατιστικής ανάλυσης δεδομένων, όπως το SAS, το SPSS, το STATA, το Statgraphics Plus, το SHAZAM, το S PLUS, το Minitab, το Gauss κ.α., για να αναφέρουμε μόνο ορισμένα απ’ όσα κυκλοφορούν στην αγορά. Τα προϊόντα αυτά αποτελούν πράγματι σημαντικά και αναντικατάστατα βοηθήματα

για τον στατιστικολόγο, εντούτοις, πολλά απ' αυτά τα προγράμματα είναι εξαιρετικά ακριβά και η χρήση τους επιτρέπεται μόνο με άδεια του κατασκευαστή. Για τον λόγο αυτό έχει αρχίσει να διαδίδεται στο χώρο του Πανεπιστημίου (και όχι μόνο) ένα νέο πρόγραμμα που σίγουρα αξίζει την προσοχή των στατιστικολόγων και όσων πραγματοποιούν ανάλυση δεδομένων, και το οποίο συνιστά μια βιώσιμη εναλλακτική πρόταση για τα προαναφερθέντα λογισμικά: το R-project.

Ενδεχομένως η χρήση του R αντί του MATLAB να θεωρείται ασυνήθιστη στο πεδίο των στατιστικών υπολογισμών. Οι ομοιότητες ανάμεσα σ' αυτές τις δύο γλώσσες είναι πολλές. Μια διαφορά είναι ότι η R είναι ανοικτού κώδικα, ενώ η MATLAB όχι. Μια άλλη διαφορά είναι ότι η R διαθέτει μια μεγαλύτερη "βιβλιοθήκη" ανάλυσης δεδομένων που δημιουργείται από ένα ζωντανό δίκτυο χρηστών, ενώ επιπλέον καθιστά ευκολότερη και γρηγορότερη την παράλληλη επεξεργασία.

Η R αποτελεί ένα αντικειμενοστραφές πακέτο. Αυτό σημαίνει ότι μπορούμε να δημιουργήσουμε συγκεκριμένα αντικείμενα στην R με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά. Μπορούμε να δημιουργήσουμε ένα αντικείμενο «γραμμικής αναγωγής» (με την εντολή `lm`), και ένα αντικείμενο «χρονοσειρά» (με την εντολή `ts`) κ.α. Η ομορφιά αυτής της δυνατότητας είναι ότι ορισμένες βασικές εντολές έχουν διαφορετική απόδοση, ανάλογα με το αντικείμενο για το οποίο εκτελείται η εντολή.

Με αυτές τις μεθοδολογικές επιλογές (Αιτιότητα κατά Grainger) και το συγκεκριμένο πρόγραμμα (R-project), μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε καιρικά φαινόμενα του παρελθόντος για να βελτιώσουμε την πληροφόρησή μας για το μέλλον. Επομένως, ο στόχος είναι να αυξηθεί η γνώση γύρω από την τρέχουσα μετεωρολογική κατάσταση της προς μελέτη περιοχής.

Ένα ακόμα καινοτόμο στοιχείο αυτής της δουλειάς είναι ότι υποστηρίζεται από μια σειρά ανθρώπων προερχόμενων από διάφορα μέρη της Ευρώπης, οι οποίοι δούλεψαν για την υλοποίηση του τελευταίου.

2. Η ΑΙΤΙΟΤΗΤΑ ΚΑΤΑ GRAINGER

2.1 Το θεωρητικό υπόβαθρο

Η Αιτιότητα κατά Grainger είναι μια μαθηματική μέθοδος που χρησιμοποιείται σε διάφορα πεδία, την οποία ο Grainger εισήγαγε πριν από σαράντα χρόνια (1969), στο άρθρο του με τίτλο «Investigating causal relations by econometric models and cross-spectral methods». Σε γενικές γραμμές χρησιμοποιείται στην εικονομετρία για τη δημιουργία συσχετισμών ανάμεσα σε δύο σειρές δεδομένων, και είναι ιδιαίτερα χρήσιμη όταν υπάρχουν πολλές οικονομικές μεταβλητές που δεν είναι κανονικά κατανοημένες. Στηρίζεται στην αρχή ότι το παρελθόν μπορεί να προκαλέσει το μέλλον, ενώ το μέλλον δεν μπορεί να προκαλέσει το παρελθόν. Το σημαντικό πρόβλημα της πιθανής στιγμιαίας αιτιότητας τίθεται προς συζήτηση και αυτό που προτείνεται είναι ότι το εν λόγω πρόβλημα συχνά ανακύπτει επειδή δεν χρησιμοποιείται μια αρκετά ευρεία κατηγορία πιθανών αιτιακών μεταβλητών. Αυτή η έννοια της αιτιότητας δεν στηρίζεται στη βάση ενός επιστημονικού προτύπου, και, επομένως, είναι ιδιαίτερα κατάλληλη για την εμπειρική διερεύνηση σχέσεων αιτίου-αιτιατού. Από την άλλη, είναι ευρέως γνωστό ότι η Αιτιότητα κατά Grainger αποτελεί ουσιαστικά ένα μέτρο συσχετισμού ανάμεσα στις μεταβλητές, και άρα μπορεί να οδηγήσει στις λεγόμενες ψευδείς αιτιότητες, υπό την προϋπόθεση ότι στην ανάλυση δεν περιλαμβάνονται σημαντικές συναφείς μεταβλητές (Eichler, 2007).

Επιλέξαμε να εφαρμόσουμε αυτή, και όχι κάποια άλλη, μέθοδο αιτιακού ελέγχου στη μελέτη του κλίματος, επειδή μας παρέχει έναν χρήσιμο ορισμό της αιτιότητας, ο οποίος μπορεί να δοκιμαστεί σε τυπικές χρονοσειριακές μεθόδους. Ο προαναφερθείς ορισμός της αιτιότητας βασίζεται εξολοκλήρου στην προβλεψιμότητα ορισμένων σειρών, που θα τις αποκαλέσουμε X . Εάν κάποιες άλλες σειρές, οι Y , περιέχουν πληροφορίες για τους παρελθοντικούς όρους που βοηθούν στην πρόβλεψη των X , και εάν αυτές οι πληροφορίες δεν υπάρχουν σε καμία άλλη σειρά του προγνωστικού δείκτη, τότε η Y_1 λέγεται ότι προκαλεί την X . Εάν το παρελθόν X περιέχει χρήσιμες πληροφορίες για την πρόβλεψη του μέλλοντος Y , λέμε ότι η X «προκαλεί σύμφωνα με τον Grainger» την Y .

Η πιο συχνή, αλλά όχι και η μοναδική, εφαρμογή της έννοιας της Αιτιότητας κατά Grainger, χρησιμοποιώντας διμεταβλητά πρότυπα, μπορεί να εκφραστεί ως εξής:

$$X_1(t) = \sum_{j=1}^p A_{11j} X_1(t-j) + \sum_{j=1}^p A_{12j} X_2(t-j) + E_1(t) \quad (1)$$

$$X_2(t) = \sum_{j=1}^p A_{21j} X_1(t-j) + \sum_{j=1}^p A_{22j} X_2(t-j) + E_2(t) \quad (2)$$

όπου το p ορίζεται ως ο μέγιστος αριθμός της βραδύνουσας παρατήρησης που περιλαμβάνεται στο πρότυπο· το A ορίζεται ως η μήτρα που περιέχει τους συντελεστές του προτύπου· η συνεισφορά κάθε βραδύνουσας παρατήρησης προς τις προβλεπόμενες τιμές του $X_1(t)$ και του $X_2(t)$ · το E_1 και το E_2 είναι τα κατάλοιπα κάθε χρονοσειράς. Ο παραπάνω ορισμός της αιτιότητας συνεπάγεται ότι το X_2 προκαλεί το X_1 , δεδομένου ότι το A_{12} δεν είναι μηδενικό. Αντίστοιχα, το X_1 προκαλεί το X_2 , εάν το A_{21} δεν είναι μηδενικό. Σε περίπτωση που εμφανιστούν και τα δύο αυτά γεγονότα, θεωρείται ότι είναι μια σχέση ανατροφοδότησης ανάμεσα στο X_1 και το X_2 . Αν οι μεταβλητές είναι τέτοιες ώστε να χρειάζεται αυτό το είδος της παράστασης, τότε λαμβάνει χώρα η στιγμιαία αιτιότητα και η γνώση του X_2 θα βελτιώσει την “πρόβλεψη” ή την καταλληλότητα της πρώτης εξίσωσης για το X_1 . Θα πρέπει να διαθέτουμε στατικές μεταβλητές, ή να τις μετατρέψουμε σε στατικές πριν δοκιμάσουμε την Αιτιότητα κατά Grainger. Μια στατική σειρά θα πρέπει να τείνει προς μια σταθερή μέση τιμή, θα πρέπει να έχει σταθερή διακύμανση και η αναμενόμενη τιμή να παραμένει αναλλοίωτη στο πέρασμα του χρόνου. Μια μη-στατική σειρά έχει μια μη-σταθερή διακύμανση (η οποία τείνει προς το άπειρο).

Ορισμένες φορές ένα απλό πρότυπο αιτιώδους συνάφειας δεν επαρκεί για να εξηγήσει τις σχέσεις μεταξύ των μεταβλητών, ενώ, στην περίπτωσή μας, το μόνο που χρειάζεται για τα μηνιαία δεδομένα είναι ένα απλό αιτιώδες πρότυπο. Σε άλλα συμφραζόμενα έχει αποδειχθεί ότι ένας απλός αιτιώδης μηχανισμός μπορεί να λειτουργήσει ως μηχανισμός ανατροφοδότησης, υπό την προϋπόθεση ότι η περίοδος δειγματοληψίας των στοιχείων είναι τόσο μακρά, ώστε οι λεπτομέρειες της αιτιότητας να μην ξεχωρίζουν. Οι διαφασματικές μέθοδοι παρέχουν έναν χρήσιμο τρόπο περιγραφής της σχέσης ανάμεσα σε δύο μεταβλητές όταν η μία προκαλεί την άλλη. Είναι σημαντικό να γνωρίζουμε ότι η Αιτιότητα κατά Grainger μπορεί εύκολα να επεκταθεί στην μεταβλητή υπόθεση n . Αν η n

είναι μεγαλύτερη από το 2 μπορούμε να υπολογίσουμε ένα n μεταβλητό αυτοπαλίνδρομο μοντέλο. Σε αυτήν την περίπτωση, αν υποθέσουμε ότι η X_1 και η X_2 αποτελούν στατικές χρονοσειρές, και επιτρέψουμε στις πληροφορίες να ορίσουν το Z , μπορούμε να πούμε ότι το X_2 προκαλεί σύμφωνα με τον Granger το X_1 σε σχέση με το Z . Αυτό είναι πολύ χρήσιμο γιατί μπορεί να επαναληφθεί η ανά ζεύγη ανάλυση μεταξύ πολλών μεταβλητών. Η μελέτη αυτή έχει επικεντρωθεί στη μορφή που θα πρέπει να λάβουν οι παράμετροι της εξίσωσης, ούτως ώστε να διακρίνουμε τις σαφείς αιτιώδεις σχέσεις. Τα τυχαία στοιχεία και η κατά τον φυσικό χρόνο διάταξη των μεταβλητών παίζουν έναν σχετικά μικρό ρόλο στη θεωρία. Στην εναλλακτική θεωρία, η τυχαία φύση των μεταβλητών και η κατεύθυνση της ροής του χρόνου αποτελούν κεντρικά γνωρίσματα. Στην πραγματικότητα, η θεωρία δεν σχετίζεται με μη τυχαίες μεταβλητές και θα βασιστεί εξολοκλήρου στην υπόθεση ότι το μέλλον δεν μπορεί να προκαλέσει το παρελθόν.

2.2 Η εφαρμογή της Αιτιότητας κατά Granger στα κλιματικά δεδομένα

Στην παρούσα εργασία θα χειριστούμε τα δεδομένα στη βάση μιας μονοδιάστατης διμεταβλητής χρονοσειράς. Η χρονοσειρά συνιστά μια ακολουθία στοιχειακών σημείων, η οποία συνήθως μετράται σε διαδοχικά χρονικά σημεία τοποθετημένα σε ομοιόμορφα διαστήματα χρόνου. Οι χρονοσειρές πολύ συχνά απεικονίζονται με γραμμικά γραφήματα και χρησιμοποιούνται στην στατιστική, στην επεξεργασία σήματος, στην αναγνώριση προτύπων, στην εικονομετρία, στα οικονομικά μαθηματικά, στην πρόγνωση του καιρού, στην πρόβλεψη σεισμών, στο ηλεκτροεγκεφαλογράφημα, στον μηχανικό έλεγχο, στην αστρονομία και στην μηχανική των επικοινωνιών. Η ανάλυση της χρονοσειράς περιλαμβάνει μεθόδους για την ανάλυση χρονοσειριακών δεδομένων αποσκοπώντας στην εξαγωγή χρήσιμων στατιστικών στοιχείων και στην ανάδειξη άλλων χαρακτηριστικών αυτών των δεδομένων. Η χρονοσειριακή πρόγνωση ορίζεται ως η χρήση ενός προτύπου για την πρόβλεψη μελλοντικών τιμών βασισμένων σε τιμές που είχαν παρατηρηθεί σε προηγούμενες φάσεις. Τα χρονοσειριακά δεδομένα διαθέτουν μια φυσική χρονική διάταξη. Αυτό το χαρακτηριστικό καθιστά τη χρονοσειριακή ανάλυση διαφορετική απ' τα υπόλοιπα προβλήματα κοινής στοιχειακής ανάλυσης, στα οποία δεν υφίσταται η έννοια της φυσικής διάταξης των παρατηρήσεων. Επιπλέον, τα χρονοσειριακά πρότυπα κάνουν συχνά χρήση της φυσικής (μονοκατευθυντήριας) διάταξης του χρόνου, με αποτέλεσμα οι τιμές μιας συγκεκριμένης χρονικής περιόδου να εκφράζονται ως προερχόμενες κατά κάποιον τρόπο από τις τιμές του παρελθόντος, και όχι από εκείνες του μέλλοντος (βλ. χρονική αναστροφή). Η χρονοσειριακή ανάλυση μπορεί να εφαρμοστεί σε πραγματικές τιμές, συνεχή δεδομένα, σε διακριτά αριθμητικά δεδομένα, ή σε διακριτά συμβολικά δεδομένα.

Οι μέθοδοι χρονοσειριακής ανάλυσης μπορούν να διαιρεθούν σε δύο κατηγορίες: στις μεθόδους πεδίου-συχνότητας και στις μεθόδους πεδίου-χρόνου. Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει την φασματική και την πρόσφατη κυματιδιακή ανάλυση· η δεύτερη την ανάλυση αυτοσυσχετισμού και την ανάλυση διασταυρούμενου συσχετισμού. Στους συσχετισμούς πεδίου-χρόνου οι αναλύσεις μπορούν να πραγματοποιηθούν με έναν τρόπο που ομοιάζει με φιλτράρισμα, χρησιμοποιώντας τον κλιμακούμενο συσχετισμό, μετρίζοντας έτσι την ανάγκη λειτουργίας στο πεδίο της συχνότητας.

Επιπροσθέτως, οι τεχνικές χρονοσειριακής ανάλυσης μπορούν να διαιρεθούν σε παραμετρικές και μη-παραμετρικές μεθόδους. Οι παραμετρικές προσεγγίσεις προϋποθέτουν ότι η υποκείμενη, στατική, πιθανολογική διαδικασία έχει μια ορισμένη δομή, η οποία μπορεί να περιγραφεί με τη χρήση ενός μικρού αριθμού παραμέτρων (για

παράδειγμα, ενός αυτοπαλίνδρομου ή κινητού μέσου προτύπου). Σε αυτές τις προσεγγίσεις ο στόχος είναι να υπολογιστούν οι παράμετροι του προτύπου που περιγράφουν την πιθανολογική διαδικασία. Αντιθέτως, οι μη-παραμετρικές προσεγγίσεις υπολογίζουν σαφώς τη συνδιακύμανση ή το φάσμα της διαδικασίας, χωρίς την παραδοχή ότι η διαδικασία έχει κάποια συγκεκριμένη δομή. Οι μέθοδοι χρονοσειριακής ανάλυσης μπορούν επίσης να διαιρεθούν σε γραμμικές και μη-γραμμικές, σε μονομεταβλητές και σε άλλες πολλαπλών μεταβλητών.

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα μελέτη προέρχονται από την Κρήτη. Η παρακολούθηση και η μελέτη των υδάτινων πόρων της Κρήτης ξεκίνησε το 1965 από την Υπηρεσία Εγγείων Βελτιώσεων του Υπουργείου Γεωργίας, και συνεχίζεται μέχρι και σήμερα από ένα ειδικά εκπαιδευμένο τεχνικό προσωπικό. Στα στοιχεία αυτά περιέχονται: δεδομένα βροχοπτώσεων από 56 σταθμούς, εξατμισμετρικά στοιχεία από 18 σταθμούς, δεδομένα θερμοκρασίας από 16 σταθμούς, στοιχεία ηλιοφάνειας από 4 σταθμούς, 48 υδρομετρικά στοιχεία από συγκροτήματα πηγών και υδρομετρικά στοιχεία ρυακιών από 26 σταθμούς. Σε αυτούς τους σταθμούς χρησιμοποιήθηκαν τέσσερις τύποι εξατμισιόμετρων: το ένα ήταν τοποθετημένο στο έδαφος και διέθετε ένα κυλινδρικό ενιαίο τοίχωμα με διάμετρο 0.60 εκ. και βάθος 0.61 εκ.· το άλλο με κυλινδρική επιφάνεια και διπλό τοίχωμα με διάμετρο 1.12 εκ. και βάθος 0.38 εκ., το οποίο ήταν εγκατεστημένο πάνω σε τρία σιδερένια στηρίγματα για να κυκλοφορεί ο αέρας κάτω από τη βάση· το τρίτο είχε κυλινδρική επιφάνεια, μονό τοίχωμα με διάμετρο 0.90 εκ. και βάθος 0.30 εκ. και ήταν τοποθετημένο σε μια ξύλινη βάση ύψους 0.10 εκ.· και το τελευταίο διέθετε κυλινδρική επιφάνεια, μονό τοίχωμα με διάμετρο 1.20 εκ και βάθος 0.26 εκ. και ήταν τοποθετημένο σε ξύλινη βάση ύψους 10 εκ.

Η μέτρηση γίνεται καθημερινά στις 08:00 π.μ. και η καθημερινή εξάτμιση σηματοδοτεί τη διαφορά στη στάθμη του νερού του εξατμισιόμετρου για 24 ώρες. Για τον υπολογισμό της λεκάνης απορροής των βασικών ρυακιών του νησιού οι Υδρομετρικοί σταθμοί ήταν εξοπλισμένοι με μετρητές για τη στάθμη του νερού.

Τα όργανα παρακολούθησης τα χειρίζονται ειδικευμένοι παρατηρητές, ενώ η εποπτεία και η μέτρηση του νερού γίνεται με ηλεκτρικούς μετρητές που χειρίζεται το καταρτισμένο προσωπικό του ερευνητικού σχεδίου. Το σύνολο των δεδομένων που πρόκειται να αναλύσουμε ελήφθη από συνολικά 65 διαφορετικούς σταθμούς και καλύπτει μια περίοδο σαράντα περίπου ετών. Στην παρούσα ανάλυση θα χρησιμοποιήσουμε ορισμένα απ' αυτά τα στοιχεία, και ιδίως εκείνα που αφορούν στις βροχοπτώσεις που σημειώθηκαν στην περιοχή των Χανίων.

3. Η ΓΛΩΣΣΑ R

3.1 Το θεωρητικό υπόβαθρο

Η γλώσσα R είναι ένα σύστημα προορισμένο για στατιστικούς υπολογισμούς και γραφικά. Ορίζεται ως περιβάλλον, το οποίο αποτελείται από ποικίλα εργαλεία, την προσανατολισμένη διαχείριση, την ανάλυση δεδομένων και την παραγωγή γραφικών. Η R μπορεί να μεταφορτωθεί δωρεάν από την ιστοσελίδα «The R project for Statistical Computing»: <http://www.r-project.org>. Συνιστά συλλογικό έργο μιας ομάδας και συντίθεται από τα πεδία της έρευνας, της στατιστικής και της πληροφορικής σε παγκόσμιο επίπεδο. Είναι βασισμένη στη γλώσσα S, η οποία δημιουργήθηκε από την AT&T Bell Laboratories· από αυτό το περιβάλλον γεννήθηκε ένα άλλο εμπορικό λογισμικό το S-PLUS, που προηγήθηκε του MathSoft και της πρόσφατα μετονομασμένης του μορφής, του Insightful. Η R σε αντίθεση με το Insightful αποτελεί ένα GNU-Software, που σημαίνει ότι μπορεί κανείς να το κατεβάσει δωρεάν πειθαρχώντας βέβαια στους περιορισμούς που επιβάλλει η GPL (General Public License): όλοι μπορούν να έχουν πρόσβαση στον πηγαίο κώδικα και να τον αλλάξουν, να τον βελτιώσουν, να τον ενσωματώσουν και να θέσουν στη διάθεση της επιστημονικής κοινότητας το έργο τους στη λογική και τη φιλοσοφία του ανοικτού κώδικα. Η αρχική εκδοχή της R δημιουργήθηκε το 1996 για το λειτουργικό σύστημα MacOS από τους Ross Ihaka και Robert Gentleman του Statistical Department of University of Auckland της Νέας Ζηλανδίας. Στη συνέχεια άλλοι ερευνητές άρχισαν να βελτιώνουν αυτήν την εφαρμογή και να την εξελίσσουν για ένα άλλο λειτουργικό σύστημα.

Η R είναι, ταυτόχρονα, μια γλώσσα και ένα λογισμικό. Η «R Development Core Team» (μια ομάδα στατιστικολόγων απ' όλο τον κόσμο που εργάζονται για τη βελτίωση αυτού του προγράμματος), προτιμούν να ορίζουν την R ως ενσωματωμένο περιβάλλον, και όχι ως ένα σύνολο μιας σειράς από ανελαστικών εργαλείων. Τα κύρια γνωρίσματά της είναι ο αποτελεσματικός χειρισμός και η αποθήκευση δεδομένων, η ακολουθία τελεστών για υπολογισμούς σε συστοιχίες, ειδικότερα σε μήτρες, η μεγάλη, συνεκτική, ενσωματωμένη συλλογή ενδιάμεσων εργαλείων για την ανάλυση των δεδομένων, οι διευκολύνσεις στο πεδίο των γραφικών για τη στοιχειακή ανάλυση και την απεικόνιση είτε απευθείας στον υπολογιστή είτε σε έντυπη μορφή, και μια καλά αναπτυγμένη, απλή και αποτελεσματική γλώσσα προγραμματισμού, που αποκαλείται «S», η οποία περιλαμβάνει εξαρτημένες,

βρόχους, οριζόμενες από τον χρήστη αναδρομικές λειτουργίες και εγκαταστάσεις εισόδου και εξόδου.

Εξετάζοντας τα πλεονεκτήματα αυτού του προγράμματος, μπορούμε να πούμε ότι η R:

- είναι ανοικτού κώδικα και χωρίς οικονομική επιβάρυνση για τον τελικό χρήστη
- προσφέρει εύκολη πρόσβαση στον πηγαίο κώδικα, καθώς και τη δυνατότητα αλλαγής του
- διαθέτει εκτενή εγχειρίδια οδηγιών
- μπορεί κανείς να υπολογίζει στην υποστήριξη και τη βοήθεια της «R Development Core Team»
- είναι εξαιρετικά ευέλικτο και ευπροσάρμοστο
- διαθέτει πολλά εργαλεία στατιστικής ανάλυσης
- δίνει τη δυνατότητα δημιουργίας προσωπικών εργαλείων
- έχει υψηλού επιπέδου γραφικά
- παρέχει τη δυνατότητα δημιουργίας λειτουργιών
- διαθέτει λειτουργία βοήθειας
- διαθέτει λογισμικό ταχείας ανάπτυξης
- έχει πολυπλατφορμικό λογισμικό
- μπορεί να ενσωματωθεί με άλλα προγράμματα όπως το Microsoft Excel
- κάνει διεπαφή με τα MySQL, Microsoft Access, Oracle, PostSQL, Spatialite για την εισαγωγή δεδομένων
- επιτρέπει τη δωρεάν εισαγωγή αρχείων, με την κατάλληλη βιβλιοθήκη (library), από στατιστικά λογισμικά όπως τα Minitab, S, SAS, SPSS, Sata
- επιτρέπει τον χειρισμό διανυσμάτων και μητρών

Οι αδυναμίες και οι ελλείψεις της R στην πράξη είναι:

- ότι ενδέχεται να χάσει τις στατιστικές συναρτήσεις
- ότι ενίοτε η σύνταξη της γλώσσας είναι κάπως αντιφατική

Ωστόσο, για την έλλειψη στατιστικών λειτουργιών γνωρίζουμε ότι μπορούμε να δημιουργήσουμε ορισμένους κώδικες, ώστε το πρόβλημα να πάψει να υφίσταται.

Το περιβάλλον «R» βασίζεται στην έννοια του «πακέτου» («package»)· πρόκειται για ένα σύνολο εργαλείων που εκτελούν συγκεκριμένες λειτουργίες, αλλά μπορούν επίσης να περιέχουν μόνο δεδομένα ή μόνο αρχεία.

Στην πραγματικότητα υπάρχει μεγάλη ποικιλία πακέτων δωρεάν μεταφόρτωσης, τα οποία χρησιμοποιούνται για την επίλυση συγκεκριμένων προβλημάτων ή για κάποια πολύ συγκεκριμένη στατιστική ανάλυση. Η R διαθέτει ένα εξαιρετικά δυναμικό και διαρκώς εξελισσόμενο περιβάλλον. Είναι ένα ολοκληρωμένο εργαλείο που προσαρμόζεται επιτυχώς σε πολλαπλές απαιτήσεις και αποτελεί το λογισμικό που χρησιμοποιείται πιο συχνά σε όλο τον κόσμο από τους ερευνητές στον τομέα των στατιστικών.

3.2 Ενδεικτικό παράδειγμα του αλγορίθμου

Το πρώτο που πρέπει να κάνουμε είναι να εισαγάγουμε τα δεδομένα στο R· πρέπει πρώτα απ' όλα να μετατρέψουμε τα αρχεία του Excel σε αρχεία με τη μορφή .csv (comma separated values) και έπειτα μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τις ακόλουθες εντολές:

```
> table1<-read.table(file.choose(),header=TRUE,sep=";")
```

```
> table2<-read.table(file.choose(),header=TRUE,sep=";")
```

Για να δούμε τους πίνακες γράφουμε αυτές τις εντολές:

```
>table1
```

```
>table2
```

Αφού εισαγάγαμε το σύνολο των δεδομένων μας, μπορούμε να προχωρήσουμε στο Τέστ της Αιτιότητας κατά Grainger. Ο κωδικός αυτός βρίσκεται μέσα στο MSBVAR Package· για να το εγκαταστήσουμε επιλέγουμε Packages/InstallPackages, έπειτα τον κοντινότερο “καθρέπτη” (mirror)· επιλέγουμε το «πακέτο» από τη λίστα και κάνουμε αποδοχή. Μπορούμε να ανοίξουμε το «πακέτο» με την παρακάτω εντολή:

```
> library(lmtest)
```

Έπειτα εισάγουμε τον κωδικό για το Τέστ της Αιτιότητας κατά Grainger ως εξής:

```
# default S3 methods:
```

```
> grangertest(table1, table2, order=1, na.action = na.omit...)
```

```
# S3 method for class 'formula'
```

```
>grangertest(formula,data=list(), ...)
```

όπου:

το **table1** είναι είτε μια διμεταβλητή σειρά (σε αυτή την περίπτωση το table1 θα πρέπει να λείπει) είτε μια μονομεταβλητή σειρά παρατηρήσεων·

το **table2** είναι μια μονοπαραγοντική σειρά παρατηρήσεων (αν το table2 είναι επίσης μονοπαραγοντικό).

το **order** είναι ένας ακέραιος αριθμός που προσδιορίζει τη σειρά των βραδύνσεων (lags) για να συμπεριλάβει τη βοηθητική παλινδρόμηση.

το **na.action** είναι μια λειτουργία εξάλειψης του NAS μετά την ευθυγράμμιση των σειρών table1 table2.

το ... είναι τα περαιτέρω επιχειρήματα που διοχετεύονται στο Wald test.

το **formula** είναι ο προσδιορισμός ενός τύπου διμεταβλητών σειρών όπως $y \sim x$

το **data** είναι ένα προαιρετικό πλαίσιο δεδομένων που περιέχει τις μεταβλητές του προτύπου. εξ ορισμού οι μεταβλητές λαμβάνονται από ίδιο περιβάλλον όπου εφαρμόζουμε το Granger Test.

Με αυτούς τους αλγορίθμους μπορούμε να εκτελέσουμε το Τεστ της Αιτιότητας κατά Grainger στο R.

Οι μέθοδοι της γενετικής λειτουργίας του Granger Test συνίστανται μόνο από τεστ της κατά Granger αιτιότητας για διμεταβλητές σειρές. Το τεστ είναι απλώς ένα Wald test που συνήθως χρησιμοποιείται για να προσδιορίσει αν υπάρχει ή όχι ένα αποτέλεσμα. Η μέθοδος αυτή εξετάζει αν μια ανεξάρτητη μεταβλητή έχει μια στατιστικά σημαντική σχέση με μια εξαρτημένη μεταβλητή. Το Wald test μπορεί να εφαρμοστεί σε μια μεγάλη ποικιλία διαφορετικών προτύπων, συμπεριλαμβανομένων των προτύπων για διχοτομικές μεταβλητές και των προτύπων για συνεχείς μεταβλητές. Σε αυτή την περίπτωση το Wald test συγκρίνει το πρότυπο χωρίς περιορισμούς (στο οποίο το y ερμηνεύεται από τις βραδύνσεις του y και του x) και το πρότυπο με περιορισμούς (στο οποίο το y ερμηνεύεται μόνο βάσει των βραδύνσεων του y). Και οι δύο μέθοδοι έχουν μια εύκολη διεπαφή με το Wald test.

Το τυπικό παράδειγμα που χρησιμοποιείται σε αρχάριους για να κατανοήσουν το Τεστ της Αιτιότητας είναι το αυγό της κότας. Μπορούμε να βρούμε μια εξήγηση στην ιστοσελίδα:

<http://www.r-bloggers.com/chicken-or-the-egg-granger-causality-for-the-masses/>

Λαμβάνοντας υπόψη δύο σύνολα χρονοσειριακών δεδομένων, το x και το y , η Αιτιότητα κατά Granger συνιστά μια μέθοδο που επιχειρεί να προσδιορίσει εάν η μια σειρά είναι πιθανόν να προκαλέσει αλλαγή στην άλλη. Αυτό επιτυγχάνεται με τη λήψη διαφορετικών βραδύνσεων από τη μια σειρά, τις οποίες χρησιμοποιούμε για να προβάλλουμε την αλλαγή στη δεύτερη σειρά. Διαμορφώνουμε δύο πρότυπα που προβλέπουν το y , το ένα μόνο με παρελθοντικές τιμές του y (Ω), και το άλλο με παρελθοντικές τιμές του y και του x (π). Τα πρότυπα δίνονται αμέσως παρακάτω, και το k αντιστοιχεί στον αριθμό των βραδύνσεων της χρονοσειράς:

$$\Omega = y_t = \beta_0 + \beta_1 y_{t-1} + \dots + \beta_k y_{t-k} + e$$

$$\pi = y_t = \beta_0 + \beta_1 y_{t-1} + \dots + \beta_k y_{t-k} + \alpha_1 x_{t-1} + \dots + \alpha_k x_{t-k} + e$$

Τα υπόλοιπα αθροίσματα των λαθών στο τετράγωνο συγκρίνονται στη συνέχεια και το Τεστ χρησιμοποιείται για να καθορίσει εάν το ένθετο πρότυπο (Ω) επαρκεί για να εξηγήσει τις μελλοντικές τιμές του y ή εάν το πλήρες πρότυπο (π) είναι καλύτερο. Τα F-test, t-test ή Wald test (που χρησιμοποιούνται στο R) έχουν υπολογιστεί να εξετάσουν τις ακόλουθες άκυρες και αναπληρωματικές υποθέσεις:

$$H_0: \alpha_i = 0 \text{ για κάθε } i \text{ του στοιχείου } [1, k]$$

$$H_1: \alpha_i \neq 0 \text{ για τουλάχιστον } 1 \text{ } i \text{ του στοιχείου } [1, k]$$

Ουσιαστικά, προσπαθούμε να διαπιστώσουμε αν μπορούμε να πούμε ότι στατιστικά το x μας παρέχει περισσότερες πληροφορίες για τις μελλοντικές τιμές του y απ' ό,τι οι παρελθοντικές τιμές του y από μόνο του. Σύμφωνα με αυτόν τον ορισμό είναι σαφές ότι δεν προσπαθούμε να αποδείξουμε την πραγματική αιτιώδη συνάφεια, αλλά μόνο ότι οι δύο τιμές συνδέονται από κάποιο φαινόμενο. Παράλληλα, θα πρέπει να εκτελέσουμε αυτό το πρότυπο και αντίστροφα για να εξακριβώσουμε ότι το y δεν μας παρέχει πληροφορίες για τις μελλοντικές τιμές του x . Αν διαπιστώσουμε ότι πρόκειται περί αυτού, τότε είναι πιθανό να υπάρχει κάποια εξωγενής μεταβλητή, z , η οποία χρειάζεται να ελεγχθεί και η οποία θα

μπορούσε ενδεχομένως να συνιστά καλύτερη υποψήφια για την αιτιώδη συνάφεια κατά Granger.

Το πακέτο R "Imttest" ενσωματώνει την αιτιακή διαδικασία, περιλαμβάνοντας ένα σύνολο δεδομένων για να απαντήσει στο παλαιότατο ερώτημα του τι ήρθε πρώτο: η κότα ή το αυγό. Τα δεδομένα παρουσιάστηκαν από τον Walter Thurman και τον Mark Fisher στο Αμερικανικό Περιοδικό της Αγροτικής Οικονομίας, τον Μάιο του 1988, σε άρθρο με τον τίτλο "Chickens, Eggs, and Causality, or Which Came First?". Περιλαμβάνει δύο χρονοσειρές από το 1930 έως το 1983, η μία εξ αυτών είναι η αβγοπαραγωγή και η άλλη ο κατά εκτίμηση αριθμός των κοτόπουλων στις Η.Π.Α.

Ας προχωρήσουμε όμως στον κώδικα, φορτώνοντας αρχικά τα στοιχεία από ένα σωσμένο αρχείο .csv.

```
> chickegg <- read.csv(file.choose())  
> head (chickegg)
```

Έτος κοτόπουλα αυγά

1	1930	468491	3581
2	1931	449743	3532
3	1932	436815	3327
4	1933	444523	3255
5	1934	433937	3156
6	1935	389958	3081

```
> attach(chickegg)  
> # plot the time series  
> par(mfrow=c(2,1))  
> plot.ts(chicken)  
> plot.ts(egg)
```

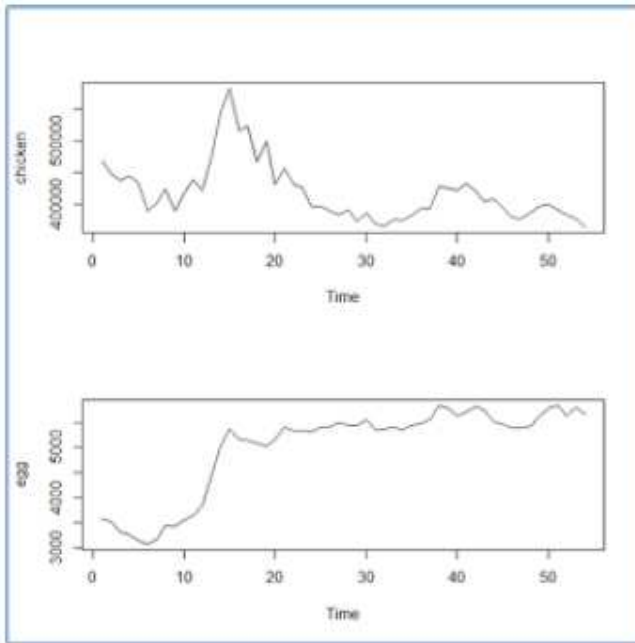


Figure 1plot chicken, egg

Τα γραφήματα παρέχουν ελάχιστη πληροφόρηση, πέραν του ότι τα στοιχεία πιθανόν δεν είναι σταθερά. Μόλις ξεκίνησα να χρησιμοποιώ το πακέτο της κλιματικής πρόβλεψης, επομένως ας το φορτώσουμε και ας το ελέγξουμε ως προς το τι θα επιτύχει την σταθερότητα.

```

> library(forecast)

> # test for unit root and number of differences required, you can also test for seasonality
with nsdiffs

> ndiffs(chicken, alpha=0.05, test=c("kpss"))
[1] 1

> ndiffs(egg, alpha=0.05, test=c("kpss"))

> # differenced time series

> dchick <- diff(chicken)

> degg <- diff(egg)

> plot.ts(dchick)

> plot.ts(degg)

```

Το παρακάτω είναι πολύ βελτιωμένο.

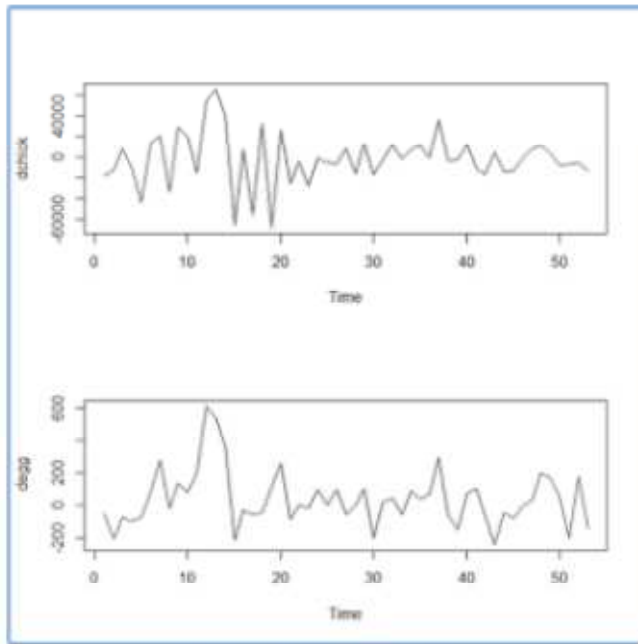


Figure 2. plot dchick, degg

Υπάρχουν αρκετοί τρόποι για να βρει κανείς την καλύτερη επιβράδυνση, την οποία θα προσπεράσω για να προχωρήσουμε ταχύτερα, αλλά ας πούμε ότι το 4 είναι ο μαγικός αριθμός.

```
> # do eggs granger cause chickens?  
> grangertest(dchick ~ degg, order=4)
```

Τεστ Αιτιότητας Granger

Model 1: $dchick \sim Lags(dchick, 1:4) + Lags(degg, 1:4)$

Model 2: $dchick \sim Lags(dchick, 1:4)$

Res.Df Df F Pr(>F)

1 40

2 44 -4 4.1762 0.006414**

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Εξαιρετικά σημαντική p-value, αλλά τι γίνεται ως προς την άλλη κατεύθυνση;

```
> # do chickens granger cause eggs, at lag 4?  
> grangertest(degg ~ dchick, order=4)
```

Τεστ Αιτιότητας Granger

Model 1: $\text{degg} \sim \text{Lags}(\text{degg}, 1:4) + \text{Lags}(\text{dchick}, 1:4)$

Model 2: $\text{degg} \sim \text{Lags}(\text{degg}, 1:4)$

	Res.Df	Df	F	Pr(>F)
1	40			
2	44	-4	0.2817	0.8881

Δεν είναι σημαντική, ώστε μπορούμε να πούμε ότι τα αυγά Προκαλούν-Κατά Granger τα κοτόπουλα.

4. ΠΕΔΙΟ ΕΡΕΥΝΑΣ

4.1. Γιατί επιλέγουμε την Κρήτη

Η Ελλάδα βρίσκεται στο νοτιότερο σημείο της Βαλκανικής χερσονήσου και εκτείνεται αρκετά στην Μεσόγειο Θάλασσα. Η θάλασσα είναι μια τάφρος ανάμεσα στις ηπείρους της Ευρώπης, της Ασίας και της Αφρικής. Αποτελεί το μοναδικό φυσικό άνοιγμα στο Στενό του Γιβλαρτάρ, εμποδίζει το κρύο νερό να περάσει από τα βάθη του Ατλαντικού Ωκεανού στην Μεσόγειο, κάτι που την καθιστά εξαιρετικά θερμή θάλασσα.

Στις αρχές της Καινοζωικής Περιόδου, ολόκληρη η ελληνική έκταση ήταν καλυμμένη από το νερό. Σταδιακά άρχισε να αναδύεται, και κατέληξε στη δράση των Αλπικών Πτυχώσεων. Η γη ονομάζονταν Αιγαία. Εκτείνεται από την θάλασσα του Ιονίου στην Μικρά Ασία και από την ακτή της Θράκης στην Κρήτη. Την ανάδυση ακολούθησε ένα στάδιο αποκατάστασης της ισορροπίας που κατέληξε στη δημιουργία θραύσεων και την καθίζηση μεγάλων τμημάτων. Αυτή η καθίζηση αρχικά έδωσε σχήμα στην Κρήτη, που ήταν διαφορετική από την σημερινή της μορφή, καθώς ήταν μεγαλύτερη σε μήκος και πλάτος. Η Κρήτη σήμερα είναι το δεύτερο

μεγαλύτερο νησί στην Ανατολική Μεσόγειο, μετά την Κύπρο, και το πέμπτο μεγαλύτερο ολόκληρης της Μεσογείου. Η έκτασή της φτάνει τα 8160 km, 250km μήκος, ενώ το πλάτος της κυμαίνεται από 12 μέχρι 17 km.

Η θέση της Κρήτης έπαιξε σημαντικό ρόλο στην ιστορία, καθώς όταν ο κόσμος στο σύνολό του ήταν περιορισμένος γύρω από την Μεσόγειο αποτέλεσε μια θαυμάσια βάση. Κατά την διάρκεια της δύσκολης ναυσιπλοΐας των χρόνων εκείνων η Κρήτη υπήρξε σπουδαία και αυτάρκης, προσέφερε άνεση και προστασία στους κατοίκους της. Αναπτύχθηκε στον Μινωικό πολιτισμό, του οποίου η τελειότητα έμεινε στην ιστορία. Οι Έλληνες επηρεάστηκαν από την κρητική κοιτίδα, τους νόμους, την θρησκεία και τους νόμους της. Οι νόμοι του Λυκούργου στο μεγαλύτερο ποσοστό τους έχουν κρητική καταγωγή. Οι μεγαλύτερες θεότητες των αρχαίων Ελλήνων ήρθαν από την Κρήτη (Δίας, Δήμητρα, Άρτεμη, Απόλλων).

Κοιτώντας το από γεωλογική πλευρά το νησί είναι το υπόλοιπο/ό,τι απέμεινε από μια έκταση που χάθηκε και η οποία συνέδεε την Ελλάδα με την Μικρά Ασία. Το μεγαλύτερο βουνό εκτείνεται από την δύση στην ανατολή και τα Λευκά Όρη (υψόμετρο 2482m), το βουνό Ίδης ή Ψηλορείτης (υψόμετρο 2185m), και τα βουνά της Σητείας που είναι συγκριτικά μικρότερα. Στην Κρήτη υπάρχουν πεδιάδες, πέρα από τους ελάχιστους κάμπους στις λοφώδεις περιοχές που εκτείνονται κατά μήκος της ακτής. Ιδιαίτερο χαρακτηριστικό της κρητικής γης είναι οι αναρίθμητες χαράδρες με τους ψηλούς κρημνώδεις βράχους, όπως το Φαράγγι της Σαμαριάς, στην δυτική Κρήτη. Υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός σπηλαίων, τα οποία διαδραμάτισαν σημαντικό ρόλο για τον προϊστορικό άνθρωπο, χρησιμεύοντας ως τόποι λατρείας και ως καταφύγια, και είναι στενά συνδεδεμένα με τον μύθο και την ιστορία. Από υδρογεωλογική σκοπιά στην Κρήτη δεν υπάρχουν ποταμοί, επειδή το κρημνώδες έδαφος σχημάτισε μόνο χειμάρρους που κατηύθυναν απευθείας τα επιφανειακά νερά των βουνών στην θάλασσα.

Από όλα τα μέρη της Ελλάδας, η Κρήτη έχει την πιο ενδιαφέρουσα χλωρίδα και πανίδα. Ο πλούτος των ειδών των φυτών, εξαιτίας των κλιματικών συνθηκών, είναι εκπληκτικός. Και ως προς την πανίδα, στην Κρήτη εντοπίζεται μια αξιοσημείωτη παρουσία ζώων που ζουν αποκλειστικά στο έδαφός της, όπως το κρητικό αγριοκάτσικο. Η αρχαία Κρήτη ήταν διάσημη για τα πυκνά της δάση από κυπαρίσσια, τα οποία κάλυπταν ολόκληρο το νησί. Η συνεχόμενη ερημοποίηση επέδρασε τόσο στις ζωές των ανθρώπων όσο και στη βλάστηση έχοντας δυσάρεστα αποτελέσματα, καθώς μετέτρεψε τα πυκνά δάση σε γυμνά βουνά και λόφους.

Επιλέγουμε την Κρήτη, επειδή έχουμε στην διάθεσή μας έναν μεγάλο αριθμό διαφορετικών μετεωρολογικών δεδομένων. Εξαιτίας των ευνοϊκών κλιματικών συνθηκών, η Κρήτη έχει εξαιρετικά ανεπτυγμένη αγροτική δραστηριότητα. Θεμελιώδες χαρακτηριστικό της είναι ο ανεπτυγμένος τουρισμός ενός σημαντικού της τμήματος, καθώς η οικονομία εξαρτάται από αυτόν.

Συμπερασματικά, η θέση της Κρήτης είναι εν πολλοίς εκείνη μιας αυτάρκους μονάδας. Λαμβάνοντας υπόψη το εκτιμώμενο κλίμα διαπιστώνεται διαφορετικό από αυτό της υπόλοιπης Ελλάδας. Οι μεγάλες λίμνες της και η υδρολογική δυναμική εξαρτάται από την μορφή των ατμοσφαιρικών Υδατωδών Κατακρημνισμάτων (ατμοσφαιρική υδροποίηση)

κατά την διάρκεια του έτους. Από τις ποσότητες αυτές και από τις υψηλές ή χαμηλές θερμοκρασίες εξαρτάται η αγροτική ζωή και γενικότερα η οικονομία του νησιού. Η καθημερινή καιρική πρόβλεψη, η μακροπρόθεσμη πρόγνωση βοηθάει την θαλασσοπορία και την αεροπλοΐα ώστε να εξυπηρετούν την κοινωνία. Επομένως, γίνεται φανερό το πόσο απαραίτητη είναι μια σύγχρονη, λεπτομερής και ακριβής μελέτη για την εκτίμηση του κλίματος στην Κρήτη.

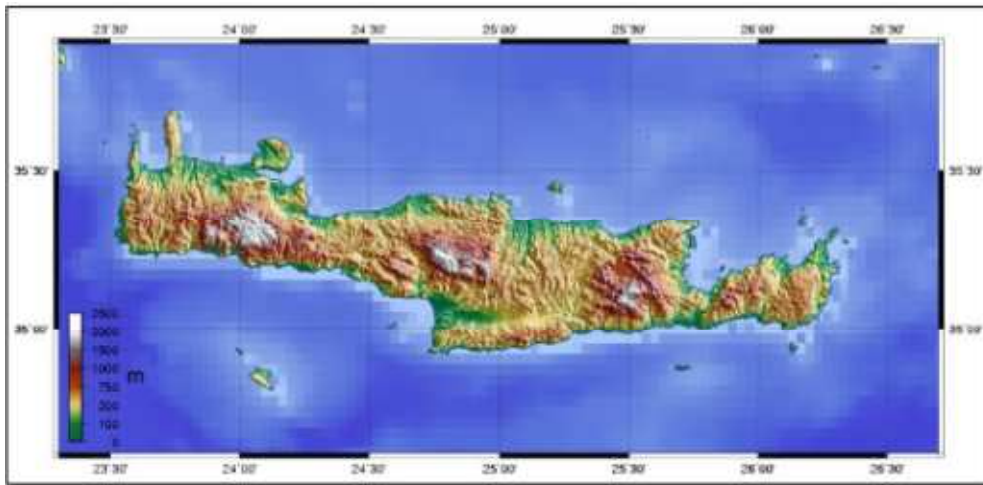


Figure 3. Crete island

4.2. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν

Για τη μελέτη της σχέσης ανάμεσα σε δύο χρονοσειρές, όλες οι χρονοσειρές αντλούνται από την περιοχή της Κρήτης, από το τμήμα της περιβαλλοντικής βελτίωσης, με βροχόμετρο, την υδρολογική λεκάνη Αποσελέμη και λειτουργούν επομένως με βάση διαφορετικά δεδομένα. Στους πίνακες εξηγούνται οι RN (αριθμός εγγραφής), ο αριθμός του χάρτη, οι συντεταγμένες του πλάτους, του μήκους και του υψόμετρου.

Οι ακόλουθοι πίνακες δείχνουν την βροχόπτωση στην Κρήτη και στην Ελλάδα και θα τους χρησιμοποιήσουμε:

- Σταθμός Ασκύφου

ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΚΡΗΤΗΣ ΤΜΗΜΑ ΕΓΓ. ΒΕΛΤΙΩΣΕΩΝ ΣΤΑΘΜΟΣ: ΑΣΚΥΦΟΥ ΧΑΝΙΩΝ ΟΡΓΑΝΟ: ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΟ ΥΔΟΛΟΓΙΚΗ ΛΕΚΑΝΗ: ΑΣΚΥΦΟΥ ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙ ΑΠΟ: 1960													Α.Μ. 63 ΑΡΙΘΜ. ΣΤΟ ΧΑΡΤΗ: 63 ΠΛΑΤ. 35ο 18' ΣΥΝΤ{ ΜΗΚ. 23ο 11' ΥΨΟΜ. 740Μ	
ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΙΣ ΣΕ ΜΜ														
ΥΔΡ.ΕΤΟΣ	ΣΕΠ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕ.	ΔΕΚ.	ΙΑΝ.	ΦΕΒ.	ΜΑΡ.	ΑΠΡ.	ΜΑΙ.	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ	ΣΥΝ.	
1960-61	153,0	0,0	169,1	420,4	357,4	835,6	259,3	28,3	17,0	0,7	0,0	0,0	2240,8	
1961-62	3,4	118,0	117,3	578,7	615,1	383,5	65,5	27,3	81,0	3,0	3,7	0,0	1996,5	
1962-63	129,5	513,5	165,5	491,6	341,4	282,2	372,4	124,3	68,3	27,0	0,0	0,0	2515,7	
1963-64	6,3	497,4	127,7	338,4	607,9	252,8	222,5	88,0	16,0	112,4	0,0	0,0	2269,4	
1964-65	18,7	46,3	154,5	880,0	502,6	373,9	383,0	222,0	26,0	30,0	0,0	0,0	2637,0	
1965-66	0,0	104,5	41,0	296,5	387,0	66,0	239,0	22,5	54,0	36,0	0,0	14,0	1260,5	
1966-67	188,5	48,5	116,0	549,0	176,0	257,0	466,0	90,0	51,5	45,0	0,0	0,0	1987,5	
1967-68	84,0	284,0	160,5	312,5	645,5	138,0	314,0	100,0	77,0	0,0	0,0	0,0	2115,5	
1968-69	21,5	489,5	577,0	378,5	565,5	41,0	307,0	151,0	35,0	6,0	5,5	0,0	2577,5	
1969-70	21,0	139,0	60,5	562,5	214,0	146,6	116,7	58,5	19,3	0,0	0,0	0,0	1338,1	
1970-71	29,5	277,6	227,4	275,2	599,5	610,5	192,5	74,2	6,7	0,0	7,5	44,9	2345,5	
1971-72	48,0	107,6	127,8	167,0	287,2	258,7	423,8	76,6	65,5	0,0	40,2	0,0	1602,4	
1972-73	3,7	482,9	136,2	328,7	725,3	342,4	77,0	101,5	15,0	0,0	0,0	12,3	2225,0	
1973-74	15,0	233,8	260,9	80,5	429,3	240,7	239,1	32,4	10,0	5,2	0,0	0,0	1546,9	
1974-75	30,9	48,3	110,6	241,0	572,5	462,5	155,0	16,3	29,5	0,0	0,0	0,0	1666,6	
1975-76	5,0	64,5	308,5	433,1	440,4	666,5	500,3	72,0	0,0	0,0	0,7	3,5	2494,5	

1976-77	4,5	351,4	200,0	334,3	141,8	60,4	116,0	105,0	9,5	5,9	0,0	0,0	1328,8
1977-78	224,5	52,2	234,0	813,4	683,8	290,2	385,6	46,5	0,0	0,0	0,0	0,0	2730,2
1978-79	78,0	241,0	159,5	443,5	300,0	635,5	328,0	93,3	36,0	128,0	10,5	0,5	2453,8
1979-80	25,0	143,0	513,5	410,5	344,5	645,0	209,0	77,5	39,0	0,0	0,0	14,5	2421,5
1980-81	83,0	152,5	37,0	381,5	764,0	375,6	42,0	69,0	111,0	0,0	0,0	0,0	2015,6
1981-82	0,0	15,0	337,5	395,5	423,0	763,0	567,5	106,0	74,0	3,0	0,0	1,0	2685,5
1982-83	1,0	28,0	249,0	361,0	617,5	411,0	367,5	19,0	7,5	94,0	44,0	31,5	2231,0
1983-84	80,0	183,0	381,0	468,5	365,5	437,5	186,0	203,5	5,0	0,0	45,0	0,0	2355,0
1984-85	0,0	50,5	856,0	412,5	616,5	407,0	184,0	92,0	10,0	0,0	0,0	0,0	2628,5
1985-86	49,5	172,0	88,0	314,5	263,0	292,0	106,5	0,0	84,0	3,0	0,0	0,0	1372,5
1986-87	329,0	200,0	237,5	271,0	335,0	301,7	381,0	493,0	43,0	0,0	3,0	0,0	2594,2
1987-88	0,0	56,0	276,0	366,0	419,5	427,5	154,5	43,0	47,0	0,0	0,0	0,0	1789,5
1988-89	1,5	401,5	276,5	355,4	296,0	78,5	338,0	0,0	21,5	0,0	0,0	0,0	1768,9
1989-90	0,0	166,5	305,5	93,0	267,0	307,0	18,0	58,0	29,0	34,0	0,0	34,0	1312,0
1990-91	32,5	48,0	155,5	401,5	488,0	271,8	97,0	73,0	49,5	3,0	0,0	3,5	1623,3
1991-92	25,5	159,0	237,0	387,5	265,0	258,0	151,0	108,0	94,0	26,0	0,0	0,0	1711,0
1992-93	1,5	0,0	99,5	498,5	302,5	520,0	92,5	50,0	85,0	46,0	1,5	0,0	1697,0
1993-94	3,0	113,5	675,0	117,5	534,0	360,0	166,0	104,0	24,0	10,0	0,0	0,0	2107,0
1994-95	0,0	349,0	549,0	408,0	417,0	68,0	170,0	29,0	9,0	0,0	19,0	4,0	2022,0
1995-96	57,0	72,5	205,5	430,0	731,0	549,0	393,5	29,0	37,5	0,0	0,0	0,0	2505,0
1996-97	89,0	283,5	188,0	441,0	420,5	336,0	821,8	106,0	56,0	1,5	0,0	0,0	2743,3
1997-98	6,5	370,0	365,0	326,0	277,0	95,0	731,0	62,0	100,0	0,0	0,0	0,0	2332,5
1998-99	0,0	110,0	347,0	816,0	653,0							0,0	
Μεγ.ύψος	329,0	513,5	856,0	880,0	764,0	835,6	821,8	493,0	111,0	128,0	45,0	44,9	2743,3
Ελ. Ύψος	0,0	0,0	37,0	80,5	141,8	41,0	18,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1260,5
Μ.Ο	47,4	183,9	252,1	399,5	445,9	348,6	272,1	85,6	40,6	16,3	4,8	4,2	2085,5

Table 1. Station of Askyfou

Ο πίνακας αυτός εξηγεί δεδομένα σχετικά με την μηνιαία βροχόπτωσης, από το 1960 έως το 1999. Η τελευταία στήλη είναι η πιο σημαντική επειδή εξηγεί εν περιλήψει όλη την βροχόπτωση, χρησιμοποιείται λοιπόν για το Τεστ Αιτιότητας Granger.

- Σταθμός Καλύβες

ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΙΣ ΣΕ ΜΜ													
ΥΔΡ.ΕΤΟΣ	ΣΕΠ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕ.	ΔΕΚ.	ΙΑΝ.	ΦΕΒ.	ΜΑΡ.	ΑΠΡ.	ΜΑΙ.	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΥΝ.
1974-75	32,0	15,0	150,0	59,0	126,0	209,0	6,0	22,0	2,0	0,0	0,0	0,0	621,0
1975-76	0,0	106,0	71,0	148,0	168,2	52,0	207,0	83,0	0,0	7,0	0,0	0,0	842,2
1976-77	0,0	85,9	120,7	158,0	42,0	42,0	115,0	26,6	0,0	0,0	1,3	0,0	591,5
1977-78	42,0	54,3	20,9	191,7	159,4	67,6	123,0	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	660,4
1978-79	20,6	58,8	24,2	54,6	97,6	254,9	134,6	22,1	0,0	52,9	0,0	0,0	720,3
1979-80	10,4	184,8	145,0	132,8	127,0	254,9	134,6	35,4	7,2	0,0	0,0	0,0	1032,1
1980-81	0,0	95,6	0,0	115,1	487,0	122,9	27,4	25,0	0,0	0,0	0,0	0,0	873,0
1981-82	0,0	0,4	131,4	77,6	100,2	247,9	122,0	56,4	50,6	0,0	0,0	0,0	786,5
1982-83	0,0	0,6	73,6	131,2	104,4	87,0	58,4	8,4	5,0	50,4	0,0	13,2	532,2
1983-84	31,5	195,6	161,6	122,5	88,0	217,8	78,4	47,9	0,0	0,0	0,0	0,0	943,3
1984-85	0,0	50,4	256,4	241,8	190,5	58,6	53,4	23,0	3,2	0,0	0,0	0,0	877,3
1985-86	0,0	83,5	27,0	160,2	56,7	88,9	46,0	0,0	46,2	0,0	0,0	0,0	508,5
1986-87	131,0	70,4	98,8	169,9	94,0	59,4	110,0	186,3	2,2	0,0	0,0	0,0	922,0
1987-88	0,0	15,5	92,9	81,4	84,0	106,7	66,0	12,6	15,0	0,0	0,0	0,0	474,1
1988-89	0,0	102,4	105,6	114,2	115,2	16,7	218,4	0,0	18,8	0,0	0,0	0,0	691,3
1989-90	0,0	108,4	249,4	22,8	58,6	42,0	7,6	15,8	0,0	0,0	0,0	14,2	518,8
1990-91	20,4	24,9	68,4	70,4	119,5	78,2	44,9	45,7	17,0	0,0	0,0	8,5	497,9
1991-92	0,0	72,0	104,6	197,6	42,5	126,1	128,7	20,0	7,2	6,4	0,0	0,0	705,1
1992-93	0,0	0,0	46,7	142,3	149,9	133,4	39,8	14,7	48,2	12,0	0,0	0,0	587,0
1993-94	0,0	13,2	184,4	27,2	218,5	83,0	23,6	17,8	5,0	0,0	0,0	0,0	572,7
1994-95	0,0	146,8	150,8	74,0	67,6	28,2	68,0	18,0	3,6	0,0	3,4	0,0	560,4
1995-96	6,3	12,1	56,3	29,4	161,4	182,3	180,3	13,5	0,0	0,0	0,0	0,0	641,6
1996-97	73,2	114,7	73,5	279,0	112,0	66,0	262,1	25,8	0,0	14,4	0,0	0,0	1020,7
1997-98	4,8	84,3	162,4	64,2	82,0	24,0	124,3	17,5	35,6	0,0	0,0	0,0	599,1
1998-99	0,0	44,8	88,1	260,2								0,0	
Μεγ. ύψος	131,0	195,6	256,4	279,0	487,0	254,9	262,1	186,3	50,6	52,9	3,4	14,2	1032,1
Ελ. Ύψος	0,0	0,0	0,0	22,8	42,0	16,7	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	474,1
Μ.Ο	14,9	69,6	106,5	125,0	129,4	108,7	101,4	29,6	10,7	5,7	0,2	1,4	699,1

Table 2. Station of Kalybes

- Σταθμός Αγίας Γαλήνης

ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΚΡΗΤΗΣ													A.M. 370
ΤΜΗΜΑ ΕΓΓ. ΒΕΛΤΙΩΣΕΩΝ													ΑΡΙΘΜ. ΣΤΟ ΧΑΡΤΗ: 50
ΣΤΑΘΜΟΣ: ΑΓΙΑ ΓΑΛΗΝΗ ΡΕΘΥΜΝΗΣ													ΠΛΑΤ. 35ο 06'
ΟΡΓΑΝΟ: ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΟ													ΣΥΝΤ{
ΥΔΟΛΟΓΙΚΗ ΛΕΚΑΝΗ: ΠΛΑΤΥ													ΜΗΚ. 24ο 41'
ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙ ΑΠΟ: 1969													ΥΨΟΜ. 20Μ
ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΙΣ Σ Ε Μ Μ													
ΥΔΡ.ΕΤΟΣ	ΣΕΠ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕ.	ΔΕΚ.	ΙΑΝ.	ΦΕΒ.	ΜΑΡ.	ΑΠΡ.	ΜΑΙ.	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΥΝ.
1969-70	0,0	32,0	24,1	189,5	40,2	64,0	45,3	9,8	5,0	0,0	0,0	0,0	409,9
1970-71	8,6	84,7	8,1	44,7	129,0	166,0	61,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	512,1
1971-72	2,5	5,0	53,0	70,5	113,5	50,0	66,0	38,0	9,5	0,0	0,0	0,0	408,0
1972-73	5,0	132,0	50,0	73,2	110,5	153,0	5,0	47,0	0,0	0,0	0,0	0,0	575,7
1973-74	20,0	55,0	68,0	47,0	105,0	76,0	71,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	442,0
1974-75	39,0	9,9	104,8	103,3	209,0	36,4	34,0	21,5	38,3	0,0	0,0	0,0	596,2
1975-76	0,0	8,4	215,4	115,2	128,5	147,8	71,2	27,9	1,0	0,0	3,1	0,0	718,5
1976-77	0,0	54,6	150,1	157,4	79,1	20,2	57,0	29,1	0,0	0,0	0,0	0,0	547,5
1977-78	85,6	8,8	45,3	188,5	184,5	217,8	113,8	15,0	0,0	0,0	0,0	0,0	859,3
1978-79	26,3	75,1	0,0	179,2	85,6	91,6	49,5	11,7	33,1	2,3	0,0	0,0	554,4
1979-80	0,0	7,5	232,4	147,7	116,5	92,0	41,4	24,1	15,0	0,0	0,0	0,0	676,6
1980-81	0,0	50,4	22,3	332,8	348,5	90,7	15,3	25,0	6,0	0,0	0,0	0,0	891,0
1981-82	0,0	0,0	271,8	169,0	90,2	135,0	116,2	34,2	20,5	0,0	0,0	0,0	836,9
1982-83	0,0	15,5	93,9	149,0	67,2	121,4	45,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	492,3
1983-84	0,0	0,0	128,3	139,8	115,6	92,4	22,5	80,7	0,0	0,0	3,2	0,0	582,5
1984-85	0,0	0,0	113,0	92,4	232,8	68,1	91,0	49,5	0,0	0,0	0,0	0,0	646,8
1985-86	0,0	22,2	59,3	59,0	100,4	59,4	10,5	62,0	25,2	0,0	0,0	0,0	398,0
1986-87	26,5	178,5	51,5	96,9	89,6	95,1	76,8	59,8	29,7	0,0	0,0	0,0	704,4
1987-88	0,0	0,0	156,3	96,7	155,0	128,2	145,2	5,0	5,0	0,0	0,0	0,0	691,4
1988-89	0,0	44,1	211,7	130,8	38,8	2,1	59,8	0,0	4,0	0,0	0,0	0,0	491,3
1989-90	0,0	50,2	149,4	5,6	50,6	69,3	12,1	28,2	0,0	0,0	0,0	0,0	365,4
1990-91	0,0	0,0	50,2	209,1	75,3	100,1	23,1	2,0	18,2	0,0	0,0	0,0	478,0
1991-92	0,0	50,2	149,4	5,6	50,5	69,3	12,1	28,2	0,0	0,0	0,0	0,0	365,3
1992-93	0,0	0,0	50,2	209,1	75,3	100,1	23,1	2,0	18,2	0,0	0,0	0,0	478,0
1993-94	0,0	0,0	137,0	47,5	183,9	145,1	12,2	19,5	7,2	0,0	0,0	0,0	552,4
1994-95	0,0	69,2	58,0	130,8	136,1	53,7	51,1	11,0	0,0	0,0	0,0	0,0	509,9
1995-96	31,3	2,5	70,2	79,3	256,6	112,7	165,9	6,2	8,0	0,0	0,0	0,0	732,7
1996-97	40,0	25,3	23,0	183,5	99,7	37,5	122,1	11,3	26,0	0,0	0,0	0,0	568,4
1997-98	2,0	77,1	94,8	141,0	100,2	15,0	110,8	21,0	10,0				571,9
1998-99	6,0	57,0	162,0	162,5	162,5					0,0	0,0	0,0	
Μεγ.ύψος	85,6	178,5	271,8	332,8	348,5	217,8	165,9	80,7	38,3	2,3	3,2	0,0	891,0
Ελ. Ύψος	0,0	0,0	0,0	5,6	38,8	2,1	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	365,3
Μ.Ο	9,8	37,2	100,1	125,2	124,3	90,0	59,7	23,4	9,7	0,1	0,2	0,0	574,4

Table 3. Station of Agia Galini

- Σταθμός Μελαμπές

ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΙΣ ΣΕ ΜΜ													
ΥΔΡ.ΕΤΟΣ	ΣΕΠ	ΟΚΤ.	ΝΟΕ.	ΔΕΚ.	ΙΑΝ.	ΦΕΒ.	ΜΑΡ.	ΑΠΡ.	ΜΑΙ.	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΥΝ.
1993-94	0,0	326,0	49,0	104,5			81,0	10,0	11,0	31,0	0,0	0,0	
1964-65	24,0	14,0	117,0	208,0	159,0	195,0	105,0	176,0	18,0	0,0	0,0	0,0	1016,0
1965-66	0,0	11,0	43,0	174,2	159,0	17,0	119,2	21,0	5,5	15,0	0,0	0,0	564,9
1966-67	15,0	26,6	110,4	321,1	122,5	112,0	108,0	44,4	42,0	0,0	0,0	0,0	902,0
1967-68	0,0	98,0	94,2	220,0	329,0	60,5	80,5	10,0	6,5	3,7	0,0	103,0	1005,4
1968-69	0,0	178,0	309,0	152,0	186,0	21,0	101,0	50,0	9,0	0,0	0,0	0,0	1006,0
1969-70	0,0	9,0	49,0	288,0	55,0	86,0	73,0	24,0	15,0	0,0	0,0	0,0	599,0
1970-71	18,0	148,0	34,0	140,0	210,0	248,0	87,0	21,0	0,0	3,0	0,0	0,0	909,0
1971-72	0,0	15,8	93,0	91,8	14,0	97,0	70,5	87,0	16,2	0,0	0,0	0,0	485,3
1972-73	7,0	141,2	51,6	91,6	113,4	189,2	16,9	57,6	0,0	0,0	0,0	0,0	668,5
1973-74	20,0	92,0	88,0	97,2	161,6	81,8	60,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	601,1
1974-75	38,2	26,9	142,1	138,5	226,3	70,5	39,9	34,0	43,2	5,0	0,0	0,0	764,6
1975-76	0,0	7,5	225,4	166,6	135,6	180,4	85,0	41,2	0,0	0,0	0,0	0,0	841,7
1976-77	0,0	94,4	198,0	182,4	64,0	53,5	46,8	34,5	0,0	0,0	0,0	0,0	673,6
1977-78	93,0	14,5	84,9	269,5	369,6	287,0	124,3	23,6	0,0	0,0	0,0	0,0	1266,4
1978-79	37,4	103,2	0,0	215,0	113,0	171,0	80,5	16,2	36,5	10,5	0,0	0,0	783,3
1979-80	0,0	0,0	258,0	196,0	101,2	131,6	57,5	52,4	14,0	0,0	0,0	0,0	810,7
1980-81	0,0	116,0	47,6	340,0	407,7	182,5	10,0	29,0	8,5	0,0	0,0	0,0	1141,3
1981-82	0,0	0,0	224,0	256,5	124,0	196,7	172,0	46,8	24,0	0,0	0,0	0,0	1044,0
1982-83	0,0	0,0	161,0	194,0	71,0	204,4	93,0	0,0	8,0	0,0	0,0	5,0	736,4
1983-84	0,0	0,0	175,2	194,9	157,6	184,0	28,0	77,5	0,0	0,0	0,0	0,0	817,2
1984-85	0,0	9,5	175,2	157,6	273,4	111,8	90,8	48,0	0,0	0,0	0,0	0,0	866,3
1985-86	0,0	49,0	94,4	68,2	161,6	114,4	24,0	0,0	50,0	8,0	0,0	0,0	569,6
1986-87	21,0	164,7	62,0	119,3	149,5	136,8	125,1	96,5	2,1	0,0	0,0	0,0	877,0
1987-88	0,0	17,0	245,8	143,9	190,0	205,8	161,0	6,5	6,8	0,0	0,0	0,0	976,8
1988-89	0,0	61,0	247,5	126,1	63,3	7,2	97,2	0,0	9,8	0,0	0,0	0,0	612,1
1989-90	0,0	84,0	218,6	11,0	67,8	99,4	0,0	60,0	0,0	0,0	0,0	0,0	540,8
1990-91	0,0	6,0	51,4	213,7	91,6	114,3	33,8	21,2	27,0	0,0	0,0	0,0	559,0
1991-92	0,0	87,0	25,0	247,0	13,0	81,5	67,2	65,5	0,0	0,0	0,0	0,0	586,2
1992-93	0,0	0,0	91,6	94,4	90,5	142,0	50,4	19,5	52,3	0,0	0,0	0,0	540,7
1993-94	0,0	0,0	226,8	59,1	205,5	155,5	24,0	20,9	22,9	0,0	0,0	0,0	714,7
1994-95	0,0	67,8	72,7	166,8	156,5	58,5	55,6	9,6	0,0	0,0	0,0	0,0	587,5
1995-96	10,6	8,8	73,6	112,7	321,8	172,0	142,5	2,6	11,0	0,0	0,0	0,0	855,6
1996-97	44,5	60,3	48,6	268,9	68,5	46,5	108,0	37,6	2,6	1,0	0,0	0,0	686,5
1997-98	2,6	99,9	124,1	138,4	146,2	18,0	137,0	34,4	17,4	0,0	0,0	0,0	718,0
1998-99	4,7	46,5	147,8	167,9	172,6	128,0	90,0	47,2	0,0	0,0	0,0	0,0	804,7

Μεγ.Ύψος	93,0	326,0	309,0	340,0	407,7	287,0	172,0	176,0	52,3	31,0	0,0	103,0	1266,4
Ελ. Ύψος	0,0	0,0	0,0	11,0	13,0	7,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	485,3
Μ.Ο	9,3	60,7	123,9	170,5	155,8	124,6	79,1	36,8	12,8	2,1	0,0	3,0	775,2

Table 4. Station of Melampes

- Σταθμός Σπηλίου

ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΚΡΗΤΗΣ
 ΤΜΗΜΑ ΕΓΓ. ΒΕΛΤΙΩΣΕΩΝ
 ΣΤΑΘΜΟΣ: ΣΠΗΛΙ ΡΕΘΥΜΝΗΣ
 ΟΡΓΑΝΟ: ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΟ
 ΥΔΟΛΟΓΙΚΗ ΛΕΚΑΝΗ: ΣΠΗΛΙΟΥ
 ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙ ΑΠΟ: 1965

Α.Μ. 205
 ΑΡΙΘΜ. ΣΤΟ ΧΑΡΤΗ: 58
 ΠΛΑΤ. 35ο 14'
 ΣΥΝΤ{
 ΜΗΚ. 24ο 32'
 ΥΨΟΜ. 390Μ

ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΙΣ ΣΕ ΜΜ

ΥΔΡ.ΕΤΟΣ	ΣΕΠ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕ.	ΔΕΚ.	ΙΑΝ.	ΦΕΒ.	ΜΑΡ.	ΑΠΡ.	ΜΑΙ.	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΥΝ.
1964-65					208,6	252,1	175,9	103,5	28,2	10,8	0,0	0,0	
1965-66	0,0	79,2	58,5	174,2	244,9	85,5	220,5	28,6	10,0	14,0	0,0	0,1	915,5
1966-67	60,0	7,0	113,0	184,0	88,0	81,8	236,0	64,7	43,0	17,0	7,5	0,0	902,0
1967-68	6,5	164,0	167,0	167,0	372,7	182,3	83,5	55,0	10,0	11,5	0,0	53,0	1272,5
1968-69	8,3	151,1	546,5	180,5	337,0	18,0	134,5	64,7	42,0	0,0	1,5	0,0	1484,1
1969-70	0,0	68,0	16,0	384,0	103,0	115,2	84,0	84,0	19,0	0,0	0,0	0,0	873,2
1970-71	37,0	194,0	176,5	133,0	268,5	338,0	121,5	44,0	1,0	2,0	0,0	2,0	1317,5
1971-72	13,0	30,0	118,0	126,0	231,0	122,0	203,0	122,0	69,0	2,0	13,0	10,0	1059,0
1972-73	6,0	319,0	101,0	147,0	206,0	182,0	32,0	101,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1094,0
1973-74	17,0	82,0	79,0	101,0	223,0	175,0	85,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	766,0
1974-75	9,0	52,0	31,0	129,0	409,0	208,0	49,0	59,0	23,0	0,0	0,0	0,0	969,0
1975-76	0,0	50,0	301,0	309,0	169,0	258,0	6,0	28,0	9,0	0,0	0,0	0,0	1130,0
1976-77	0,0	232,0	210,5	153,0	93,0	76,0	168,4	57,0	0,0	0,0	0,0	0,0	989,9
1977-78	178,3	33,0	123,0	392,0	691,5	207,0	215,0	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1845,8
1978-79	71,0	155,0	88,0	264,0	70,0	203,0	140,0	28,0	0,0	68,0	0,0	0,0	1087,0
1979-80	0,0	93,0	293,0	278,0	151,0	246,0	98,0	57,5	11,0	0,0	0,0	0,0	1227,5
1980-81	7,0	119,0	59,0	270,0	788,0	179,3	18,5	0,0	13,0	0,0	0,0	0,0	1453,8
1981-82	0,0	4,0	283,0	271,0	128,0	358,0	191,0	55,0	76,0	7,0	0,0	0,0	1373,0
1982-83	0,0	5,5	114,0	210,0	168,0	182,6	168,0	0,0	0,0	18,0	13,0	9,0	888,1
1983-84	0,0	35,0	188,0	251,0	130,0	213,5	101,0	114,0	0,0	0,0	31,0	0,0	1063,5
1984-85	0,0	14,0	274,0	281,0	254,0	184,2	110,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1117,2
1985-86										0,0	0,0	0,0	
1986-87	153,0	106,7	127,3	226,9	169,1	183,2	266,9	327,7	36,7	0,0	2,0	0,0	1599,5
1987-88	0,0	24,2	168,4	184,8	235,2	380,7	168,2	7,8	55,0	0,0	0,0	0,0	1224,3
1988-89	14,0	237,0	245,6	207,3	143,5	26,0	195,1	0,0	14,0	0,0	0,0	0,0	1082,5
1989-90	0,0	124,0	251,3	29,6	82,5	230,1	4,2	53,7	0,0	11,5	0,0	19,7	806,6
1990-91	13,5	41,6	61,5	307,9	298,3	195,5	43,5	69,2	22,4	0,3	0,0	0,0	1053,7

1991-92	2,0	127,5	99,2	582,0	82,6	163,5	55,0	81,5	21,0	3,7	0,0	0,0	1218,0
1992-93	0,0	1,0	203,8	209,0	144,0	237,5	76,7	18,3	110,6	15,5	0,0	0,0	1016,4
1993-94	0,0	19,0	338,9	58,6	333,9	267,7	54,1	28,9	18,5	0,0	0,0	0,0	1119,6
1994-95	0,0	80,5	350,5	188,2	249,7	83,2	129,7	23,0	3,5	0,0	5,6	0,0	1113,9
1995-96	19,7	36,4	105,8	157,3	331,9	234,9	319,6	22,3	24,8	0,0	0,0	0,0	1252,7
1996-97	55,7	111,4	54,8	374,2	143,2	166,3	285,1	42,0	27,2	0,2	0,0	0,0	1260,1
1997-98	5,0	186,4	240,4	171,8	191,4	43,0	322,2	44,4	56,5	0,0	0,0	0,0	1261,1
1998-99	3,5	56,8	165,5	689,5							0,0	0,0	
Μεγ.ύψος	178,3	319,0	546,5	689,5	788,0	380,7	322,2	327,7	110,6	68,0	31,0	53,0	1845,8
Ελ. Ύψος	0,0	1,0	16,0	29,6	70,0	18,0	4,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	766,0
Μ.Ο	20,6	92,1	174,3	236,1	234,5	184,2	138,2	54,4	22,6	5,3	2,1	2,7	1151,2

Table 5. Station of Spili

- Σταθμός Ανωγείων

ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΚΡΗΤΗΣ													A.M. 752
ΤΜΗΜΑ ΕΓΓ. ΒΕΛΤΙΩΣΕΩΝ													ΑΡΙΘΜ. ΣΤΟ ΧΑΡΤΗ: 49
ΣΤΑΘΜΟΣ: ΑΝΩΓΕΙΑ ΡΕΘΥΜΝΗΣ													ΠΛΑΤ. 35ο 17'
ΟΡΓΑΝΟ: ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΟ													ΣΥΝΤ{
ΥΔΟΛΟΓΙΚΗ ΛΕΚΑΝΗ: ΓΕΡΟΠΟΤΑΜΟΥ													ΜΗΚ. 24ο 53'
ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙ ΑΠΟ: 1919													ΥΨΟΜ. 740Μ
ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΙΣ ΣΕ ΜΜ													
ΥΔΡ.ΕΤΟΣ	ΣΕΠ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕ.	ΔΕΚ.	ΙΑΝ.	ΦΕΒ.	ΜΑΡ.	ΑΠΡ.	ΜΑΙ.	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΥΝ.
1918-19					179,0	86,0	70,0	74,0	65,0	1,0	0,0	3,0	
1919-20	9,0	93,0	158,0	335,0	279,0	231,0	267,0	15,0	258,0	0,0	2,0	0,0	1647,0
1920-21	2,0	155,0	139,0	207,0	110,0	228,0	257,0	114,0	16,0	24,0	0,0	0,0	1252,0
1921-22	7,0	42,0	352,0	194,0	198,0	105,0	32,0	9,0	59,0	0,0	0,0	0,0	998,0
1922-23	4,0	9,0	171,0	202,0	161,0	154,0	117,0	69,0	33,0	36,0	1,0	0,0	957,0
1923-24	0,0	42,0	38,0	138,0	530,0	80,0	82,0	2,0	1,0	7,0	0,0	19,0	939,0
1924-25	21,0	147,0	310,0	686,0	328,0	66,0	55,0	97,0	42,0	21,0	0,0	0,0	1773,0
1925-26	3,0	97,0	69,0	131,0	269,0	125,0	337,0	37,0	12,0	0,0	0,0	20,0	1100,0
1926-27	0,0	4,0	23,0	273,0	110,0	268,0	69,0	87,0	2,0	0,0	0,0	1,0	837,0
1927-28	12,0	109,0	154,0	160,0	246,0	156,0	208,0	8,0	12,0	1,0	0,0	0,0	1066,0
1928-29	0,0	32,0	279,0	352,0	332,0	207,0	179,0	75,0	4,0	1,0	0,0	2,0	1463,0
1929-30	180,0	376,0	114,0	296,0	376,0	264,0	98,0	82,0	8,0	11,0	0,0	0,0	1805,0
1930-31	12,0	110,0	74,0	164,0	178,0	226,0	68,0	72,0	72,0	0,0	0,0	0,0	976,0
1931-32	27,0	66,0	30,0	162,0	344,0	146,0	80,0	11,0	39,0	0,0	0,0	0,0	905,0
1932-33	6,0	58,0	522,0	198,0	121,0	92,0	54,0	16,0	5,0	9,0	0,0	13,0	1094,0
1933-34	20,0	0,0	31,0	253,0	214,0	163,0	19,0	78,0	26,0	1,0	1,0	0,0	806,0
1934-35	0,0	181,0	37,0	185,0	291,0	145,0	173,0	3,0	3,0	2,0	0,0	0,0	1020,0
1935-36	27,0	61,0	181,0	64,0	71,0	143,0	72,0	39,0	32,0	43,0	32,0	3,0	768,0
1936-37	2,0	86,0	162,0	283,0	248,0	136,0	10,0	33,0	19,0	0,0	0,0	0,0	979,0
1397-38	16,0	270,0	231,0	113,0	245,0	398,0	139,0	183,0	3,0	0,0	0,0	0,0	1598,0
1938-39	67,0	33,0	41,0	176,0	81,0	159,0	186,0	2,0	37,0	100,0	1,0	3,0	886,0
1939-40	15,0	10,0	197,0	89,0	377,0	251,0	98,0	80,0	78,0	24,0	4,0	10,0	1233,0

1940-41	2,0	85,0	123,0		130,0	160,0		8,0	1,0	0,0	0,0	0,0	
1941-42	126,0	102,0	121,0	165,0	189,0	214,0	104,0	36,0	5,0	26,0	52,0	12,0	1152,0
1942-43	1,0	148,0	136,0	186,0	196,0	106,0	241,0	121,0	95,0	2,0	0,0	0,0	1232,0
1943-44	26,0	219,0	131,0	80,0									
1949-50					218,0	23,0	217,0	68,0	164,0	1,0	0,0	0,0	
1950-51	32,8	43,3	184,5	64,7	157,4	74,1	36,4	0,0	17,0	0,0	7,0	0,0	617,2
1951-52	95,4	279,9	249,4	266,9	101,4	112,9	100,2	18,7	54,7	4,2	2,9	0,0	1286,6
1952-53	25,6	36,6	123,4	309,6	259,3	54,1	172,9	8,5	54,2	6,0	0,0	1,0	1051,2
1953-54	1,6	53,4	238,3	215,0	155,7	116,0	158,4	96,2	1,2	0,0	0,0	1,0	1036,8
1954-55	25,3	321,5	125,6	214,4	88,8	17,0	67,4	79,2	0,5	0,0	0,0	16,2	955,9
1955-56	28,2	22,8	181,5	320,7	172,2	228,1	199,2	6,0	65,0	0,0	0,0	0,0	1223,7
1956-57	2,1	50,9	32,9	148,6	512,9	30,1	282,8	46,9	26,1	14,9	2,0	0,0	1150,2
1957-58	46,5	175,7	129,8	93,9	192,5	4,5	59,1	25,1	22,1	92,7	6,7	0,0	848,6
1958-59	101,7	18,2	101,9	190,7	263,2	137,9	39,1	60,2	7,3	9,6	2,7	0,0	932,5
1959-60	12,5	321,5	59,9	200,9	245,9	80,7	244,5	175,7	29,6	4,2	0,0	4,0	1379,4
1960-61	64,3	0,3	98,8	206,8	206,7	510,1	157,1	26,2	6,1	10,8	0,0	0,0	1287,2
1961-62	0,4	467,9	32,8	238,1	288,9	226,2	15,6	14,5	101,1	0,0	0,0	0,0	1385,5
1962-63	70,9	498,4	25,4	308,6	164,1	174,6	148,7	89,4	65,8	1,2	0,0	0,0	1547,1
1993-94	0,1	171,6	71,1	65,4	265,2	167,7	191,5	70,5	20,3	25,8	0,0	0,0	1049,2
1964-65	4,4	116,3	115,7	369,2	290,9	242,6	223,3	94,0	24,3	32,3	0,0	1,9	1514,9
1965-66	0,0	93,1	15,0	128,0	224,0	37,6	173,7	19,2	31,7	7,1	0,0	8,9	738,3
1966-67	163,5	19,8	135,0	262,0	171,7	154,3	245,9	35,7	7,1	12,4	0,0	0,0	1207,4
1967-68	3,6	203,8	101,9	179,1	256,4	141,5	117,9	76,7	3,0	25,0	0,0	5,5	1114,4
1968-69	21,8	317,4	46,7	223,1	448,5	35,2	141,6	99,2	65,4	0,1	4,8	0,0	1403,8
1969-70	0,2	105,2	61,3	174,2	112,9	49,8	173,4	47,1	17,5	6,6	0,0	0,0	748,2
1970-71	30,8	123,5	176,5	95,6	281,5	235,7	63,5	74,7	1,1	3,2	1,1	0,0	1087,2
1971-72	75,2	76,9	112,5	123,2	138,7	107,7	178,8	85,3	158,3	2,0	25,4	5,8	1089,8
1972-73	3,8	285,7	66,3	245,6	384,5	121,0	46,1	50,2	6,4	0,0	10,2	2,4	1222,2
1973-74	2,5	195,2	154,2	21,1	241,8	166,3	122,1	12,7	0,0	0,4	0,0	2,0	918,3
1974-75	33,6	14,5	92,7	147,8	337,8	340,7	15,2	51,6	31,6	0,3	0,0	0,2	1066,0
1975-76	15,6	70,5	107,2	273,7	299,6	284,0	335,9	83,0	10,4	8,4	0,0	1,4	1489,7
1976-77	0,0	252,4	183,0	130,2	69,6	98,2	164,3	103,3	0,0	0,0	0,0	0,0	1001,0
1977-78	215,0	97,3	35,4	395,1	469,7	89,8	196,7	26,8	0,4	0,0	0,8	0,0	1527,0
1978-79	28,0	180,5	189,9	230,9	107,5	173,1	81,7	64,3	19,8	128,4	12,8	3,0	1219,9
1979-80	5,1	58,7	219,6	204,6	112,3	385,5	85,3	78,5	18,7	0,6	0,0	0,0	1168,9
1980-81	25,0	149,9	16,6	157,8	434,7	188,2	15,3	36,2	10,6	0,0	0,0	0,0	1034,3
1981-82	0,0	0,2	187,7	116,3	108,2	380,3	243,6	56,0	99,9	13,0	0,0	4,0	1209,2
1982-83	0,0	3,0	177,5	98,3	146,9	181,3	188,3	15,8	0,2	90,0	29,4	5,4	936,1
1983-84	2,4	34,2	206,4	164,1	109,5	173,8	106,7	80,4	0,8	0,2	91,4	1,0	970,9
1984-85	0,0	33,2	315,4	236,5	310,8	95,4	87,8	13,4	6,1	0,0	0,0	0,0	1098,6
1985-86	0,8	159,0	38,1	245,1	63,7	129,4	79,4	5,0	166,9	0,7	0,0	0,0	888,1
1986-87	403,0	49,6	95,4	213,4	130,1	131,3	171,9	164,8	8,8	0,0	0,0	0,0	1368,3
1987-88	0,0	9,7	147,6	152,3	99,1	283,7	84,2	21,9	21,1	0,0	0,0	0,0	819,6
1988-89	24,4	216,5	100,9	143,9	121,6	26,7	151,9	0,0	20,4	0,0	0,0	0,0	806,3
1989-90	0,0	141,5	173,3	23,8	90,5	136,2	6,5	7,4	1,4	30,2	0,0	18,2	629,0
1990-91	53,5	46,7	98,8	102,8	271,2	144,3	35,2	77,0	17,0	2,0	0,0	0,5	849,0
1991-92	0,0	139,3	118,0	450,7	97,9	139,2	89,1	30,4	28,4	3,0	0,0	0,0	1096,0
1992-93	0,0	0,0	70,0	155,7	100,9	128,8	49,8	10,6	55,3	18,0	0,0	0,0	589,1
1993-94	0,0	91,0	286,6	56,8	254,0	111,2	91,8	28,0	5,0	4,0	0,0	0,0	928,4
1994-95	0,0	241,8	242,0	191,4	130,3	34,5	104,9	24,0	2,0	1,6	3,2	0,0	975,7
1995-96	13,4	34,9	100,3	74,3	263,9	170,0	151,9	49,1	13,0	0,0	0,0	0,0	870,8

1996-97	73,8	118,2	51,8	136,2	137,1	159,4	314,7	16,0	4,0	0,0	0,0	0,0	1011,2
1997-98	2,0	245,4	136,5	168,8	143,4	101,8	323,1	55,8	78,2	1,0	0,0	0,0	1256,0
1998-99	0,0	20,7	169,2	405,6	265,6	58,0	129,0	47,6	0,0	0,0	0,0	0,0	1095,7
Μεγ. ύψος	403,0	498,4	522,0	686,0	530,0	510,1	337,0	183,0	258,0	128,4	91,4	20,0	1805,0
Ελ. Ύψος	0,0	0,0	15,0	21,1	63,7	4,5	6,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	589,1
Μ.Ο	31,0	120,8	135,5	197,7	217,6	156,0	133,7	51,7	33,3	11,6	3,9	2,2	1099,8

Table 6. Station of Anozzia

- Σταθμός Αγίου Γεωργίου

ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΚΡΗΤΗΣ													Α.Μ.	
ΤΜΗΜΑ ΕΠ. ΒΕΛΤΙΩΣΕΩΝ													ΑΡΙΘΜ. ΣΤΟ ΧΑΡΤΗ: 1	
ΣΤΑΘΜΟΣ: ΑΓΙΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΛΑΣΙΘΙΟΥ													ΠΛΑΤ. 35ο 10'	
ΟΡΓΑΝΟ: ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΟ													ΣΥΝΤ{	
ΥΔΟΛΟΓΙΚΗ ΛΕΚΑΝΗ: ΟΡΟΠ. ΛΑΣΙΘΙΟΥ													ΜΗΚ. 25ο 29'	
ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙ ΑΠΟ: 1965													ΥΨΟΜ. 850Μ	
ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΙΣ ΣΕ ΜΜ														
ΥΔΡ.ΕΤΟΣ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ.	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΥΝ.	
1965-66				92,6	220,9	48,4	141,8	9,3	22,8	32,8	0,0	0,0		
1966-67	102,0	33,9	153,5	266,0	65,5	62,5	180,1	39,3	4,5	19,0	0,0	0,0	926,3	
1967-68	7,3	271,9	81,9	134,9	269,9	118,5	183,7	147,0	3,2	12,3	0,0	2,0	1232,6	
1968-69	27,8	246,3	417,6	134,0	420,6	15,0	116,2	65,5	43,8	0,0	0,8	0,0	1487,6	
1969-70	0,0	48,7	10,4	371,4	87,9	109,2	320,6	58,1	11,8	0,3	0,0	0,0	1018,4	
1970-71	16,3	143,0	212,3	108,1	268,0	255,9	104,0	104,1	0,0	24,2	0,0	0,8	1236,7	
1971-72	11,0	37,0	77,7	67,8	179,6	130,5	132,5	152,8	229,0	13,2	14,3	17,0	1062,4	
1972-73	4,9	184,4	100,3	152,6	252,0	121,0	54,8	67,0	17,2	1,3	4,0	0,0	959,5	
1973-74	5,0	153,3	150,2	29,6	214,6	242,0		28,3	1,0	7,6	0,0	0,0		
1974-75	46,2	16,0	110,2	186,2	397,9	204,2	60,1	21,6	77,5	0,0	0,0	0,0	1119,9	
1975-76	5,4	7,1	56,5	384,8	124,4	224,5	211,8	55,7	42,7	0,0	2,5	0,0	1115,4	
1976-77	0,0	268,3	165,2	68,1	63,4	143,7	106,6	65,3	9,1	1,3	0,0	0,0	891,0	
1977-78	219,0	51,2	57,2	446,9	374,0	144,2	164,0	10,6	0,0	0,0	0,0	0,0	1467,1	
1978-79	32,0	134,3	96,5	296,8	149,1	62,8	122,0	28,6	35,2	92,1	8,3	0,6	1058,3	
1979-80	3,0	16,9	218,3	323,7	108,1	254,8	230,7	76,9	21,5	0,0	0,0	1,2	1255,1	
1980-81	20,7	28,1	26,1	247,0	540,4	155,9	28,3	28,5	8,3	0,0	0,0	0,0	1083,3	
1981-82	0,0	1,0	82,0	88,9	122,0	230,9	211,8	4,1	90,2	63,3	0,0	15,7	909,9	
1982-83	0,0	15,5	101,2	67,2	63,0	84,0	29,5	45,2	4,9	29,2	11,0	1,8	452,5	
1983-84	9,0	22,9	173,6	277,5	155,2	190,0	136,5	156,6	0,0	0,8	51,0	0,0	1173,1	
1984-85	0,0	10,0	294,7	58,3	355,1	37,9	48,9	67,2	3,5	0,0	0,0		875,6	
1985-86	0,0	154,0	62,0	54,0	132,0	127,3	59,5	9,5	45,0	3,0	0,0	0,0	646,3	
1986-87	150,5	30,5	74,5	238,0	110,5	130,6	199,0	330,5	7,0	0,0	0,0	0,0	1271,1	
1987-88	0,0	14,0	124,0	235,5	109,5	338,1	160,7	8,5	50,0	0,0	0,0	0,0	1040,3	
1988-89	0,0	327,6	104,0	195,9	111,5	15,0	225,0	0,0	39,5	3,0	0,0	0,0	1021,5	
1989-90	0,0	189,0	195,5	42,5	87,0	119,0	0,7	31,0	6,5	4,5	0,0	24,5	700,2	
1990-91	11,5	26,0	99,0		274,0	186,5	22,0	35,5	15,0	1,0	0,0	1,0	671,5	
1991-92	0,0	137,0	113,0	383,5	59,5	123,5	93,0	0,0	27,5	12,0	0,0	0,0	949,0	
1992-93	0,0	0,0	67,0	198,7	165,7	171,5	75,5	16,0	66,0	4,0	0,0	0,0	764,4	
1993-94	0,0	32,8	212,5	98,0	276,0	213,5	102,5	9,0	12,0	0,0	0,0	0,0	956,3	
1994-95	0,0	235,5	481,0	186,0	234,5	65,0	104,0	17,0	7,5	0,0	278,0	0,0	1608,5	
1995-96	16,0	59,0	76,9	150,0	330,0	325,0	162,0	54,5	31,0	0,0	1,5	0,0	1205,9	
1996-97	38,0	103,0	37,0	300,0	243,5	164,0	291,0	58,0	25,0	10,0	0,0	0,0	1269,5	
1997-98	18,0	187,0	192,0	242,0	121,0	57,0	374,0	92,0	25,5	0,0	0,0	0,0	1308,5	
1998-99	0,0	43,0	110,0	431,0	240,0	65,0	170,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1059,0	
Μεγ. Ύψος	219,0	327,6	481,0	446,9	540,4	338,1	374,0	330,5	229,0	92,1	278,0	24,5	1608,5	
Ελ. Ύψος	0,0	0,0	10,4	29,6	59,5	15,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	452,5	
Μ.Ο	22,5	97,8	137,4	198,7	203,7	145,2	140,1	55,7	28,9	9,9	10,9	2,0	1056,1	

Table 7. Station of Agio Georgios

- Σταθμός Έξω Ποταμών

ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΚΡΗΤΗΣ													A.M. 42
ΤΜΗΜΑ ΕΓΓ. ΒΕΛΤΙΩΣΕΩΝ													ΑΡΙΘΜ. ΣΤΟ ΧΑΡΤΗ: 2
ΣΤΑΘΜΟΣ: ΕΞΩ ΠΟΤΑΜΟΙ ΛΑΣΙΘΙΟΥ													ΠΛΑΤ. 32ο 12'
ΟΡΓΑΝΟ: ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΟ													ΣΥΝΤ{
ΥΔΟΛΟΓΙΚΗ ΔΕΚΑΝΗ: ΑΔΜΥΡΟΣ ΑΓ. ΝΙΚΟΛΑΟΥ													ΜΗΚ. 25ο 32'
ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙ ΑΠΟ: 1931													ΥΨΟΜ. 800Μ
ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΙΣ ΣΕ ΜΜ													
ΥΔΡ.ΕΤΟΣ	ΣΕΠ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕ.	ΔΕΚ.	ΙΑΝ.	ΦΕΒ.	ΜΑΡ.	ΑΠΡ.	ΜΑΙ.	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΥΝ.
1930-31					85,1	317,5	55,0	111,3	71,5	5,2	0,0	0,0	
1931-32	4,9	42,0	54,1	129,0	503,2	354,8	78,4	11,2	85,4	0,0	0,0	0,0	1263,0
1932-33	0,0	29,3	814,5	166,1	96,2	105,3	59,2	53,3	15,5	0,0	0,0	0,0	1339,4
1933-34	22,1	0,0	13,5	327,6	313,4	288,6	29,3	174,0	13,1	0,0	0,0	0,0	1181,6
1934-35	0,0	276,3	52,0	191,1	331,0	190,1	323,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1363,5
1935-36	24,7	117,1	152,5	81,9	128,6	116,1	56,4	14,8	49,3	5,8	48,3	0,0	795,5
1936-37	0,8	26,7	132,4	391,0	224,1	225,6	16,3	46,7	26,1	0,0	0,0	0,0	1089,7
1937-38	0,0	213,3	243,1	38,7	323,4	548,0	185,5	223,6	30,5	0,0	0,0	0,0	1806,1
1938-39	4,6	32,6	83,4	244,6	85,6	205,4	295,8	0,0	23,6	186,8	0,0	11,5	1173,9
1939-40	3,7	0,0	244,1	113,3	488,9	198,9	153,4	56,1	97,3	4,1	0,0	0,0	1359,8
1940-41	0,0	32,9	147,2	279,3	132,3	323,1							
1946-47					343,2	42,6	74,5	43,7	31,2	0,0	0,0	0,0	
1947-48	0,0	65,0	174,5	74,4	385,4	281,0	235,0	86,0	15,0	0,0	0,0	0,0	1316,3
1948-49					568,8	270,3	204,4	72,4	11,1	2,0	0,0	0,0	
1949-50	7,6	35,2	35,9	627,1	287,5	55,0	353,1	56,3	151,4	0,0	1,2	0,0	1610,3
1950-51	10,5	39,6	96,1	42,2	214,3	90,6	41,6	4,8	10,8	0,0	13,9	3,0	567,4
1951-52	38,3	219,0	273,8	454,9	124,8	118,3	182,1	14,7	14,2	3,4	0,0	0,0	1443,5
1952-53	18,3	34,7	119,8	428,2	379,6	123,0	286,3	5,0	90,1	55,6	0,0	0,0	1540,6
1953-54	10,5	18,5	351,2	299,8	191,3	113,4	124,7	130,5	5,2	0,0	0,0	27,8	1272,9
1954-55	29,7	361,5	122,6	226,5	123,4	61,6	114,5	80,3	0,0	0,0	0,0	11,6	1131,7
1955-56	60,0	32,1	281,3	411,7	177,3	238,6	249,3	9,7	61,3	0,0	0,0	0,0	1521,3
1956-57	0,0	30,6	42,2	142,2	578,2	17,3	367,4	49,0	36,5	4,0	0,0	0,0	1267,4
1957-58	16,5	221,0	107,8	118,4	419,9	9,7	165,8	43,0	30,7	92,6	0,0	0,0	1225,4

1958-59	98,0	13,0	76,0	318,4	284,6	189,1	28,3	16,9	20,0	0,0	4,0	0,0	1048,3
1959-60	15,0	377,5	41,0	268,9	339,7	144,0	465,0	166,0	63,5	12,9	0,0	0,0	1893,5
1960-61	55,0	2,0	32,0	289,0	312,0	465,0	124,0	26,0	11,0	14,0	0,0	0,0	1330,0
1961-62	0,0	465,0	179,0	386,0	355,0	363,0	7,0	20,0	141,0	0,0	0,0	0,0	1916,0
1962-63	106,0	313,0	38,0	375,0	391,0	327,0	226,0	213,0	50,0	0,0	0,0	0,0	2039,0
1963-64	0,0	199,0	77,0	160,0	349,0	288,0	338,0	66,0	39,0	40,0	0,0	0,0	1556,0
1964-65	12,0	0,0	208,0	481,0	434,0	395,0	221,0	137,0	48,0	20,0	0,0	0,0	1956,0
1965-66	0,0	26,0	23,0	180,0	215,0	76,0	180,0	2,0	34,0	36,0	0,0	60,0	832,0
1966-67	150,0	16,0	174,0	240,0	170,0	151,0	298,0	75,0	6,0	37,0	0,0	0,0	1317,0
1967-68	21,0	348,0	178,0	166,0	320,0	184,0	192,0	226,0	3,0	19,0	0,0	8,0	1665,0
1968-69	70,0	258,0	724,0	214,0	606,0	18,0	160,0	132,0	46,0	0,0	4,0	0,0	2232,0
1969-70	0,0	49,0	68,5	263,7	139,9	82,8	371,1	92,9	7,6	4,2	0,0	0,0	1079,7
1970-71	14,5	205,8	324,7	138,5	281,5	362,0	138,3	133,8	0,8	20,0	4,2	3,2	1627,3
1971-72	43,2	34,0	72,7	164,3	169,5	129,3	184,5	188,0	154,7	27,8	30,5	12,0	1210,5
1972-73	7,8	267,9	107,2	398,7	437,1	102,2	73,3	90,3	18,0	0,0	10,0	0,0	1512,5
1973-74	7,5	118,3	200,0	176,0	274,0	292,0	111,0	46,0	0,0	8,0	0,0	0,0	1232,8
1974-75	26,0	14,0	120,0	247,0	377,0	264,0	53,0	48,0	43,0	0,0	0,0	0,0	1192,0
1975-76	0,0	13,0	59,0	558,0	247,0	284,0	364,0	123,0	37,0	0,0	0,0	0,0	1685,0
1976-77	0,0	653,0	252,0	98,0	87,0	180,0	150,0	115,0	11,0	9,0	0,0	0,0	1555,0
1977-78	188,0	126,0	43,0	549,0	556,0	154,0	217,0	32,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1865,0
1978-79	56,0	170,0	134,0	532,0	172,0	159,0	210,0	28,0	55,0	70,0	0,0	6,0	1592,0
1979-80	0,0	48,0	360,0	427,0	180,0	324,0	148,0	103,0	25,0	0,0	0,0	0,0	1615,0
1980-81	35,0	122,0	22,0	188,0	463,0	264,0	39,0	45,0	14,0	0,0	0,0	0,0	1192,0
1981-82	0,0	0,0	145,0	53,0	135,0	236,0	310,0	53,0	88,0	0,0	0,0	9,0	1029,0
1982-83	0,0	2,0	148,0	113,0	262,0	231,0	277,0	25,0	5,0	85,0	0,0	0,0	1148,0
1983-84	3,0	26,0	307,0	319,0	181,0	146,0	151,0	144,0	0,0	0,0	69,0	0,0	1346,0
1984-85	0,0	15,0	327,0	272,0	320,0	198,0	146,0	76,0	21,0	0,0	0,0	0,0	1375,0
1985-86	0,0	209,0	62,0	169,0		7,0	92,5	5,0	58,0	4,0	0,0	0,0	606,5
1986-87	225,5	39,0	130,0	222,3	127,5	149,5	175,0	327,0	84,0	0,0	0,0	0,0	1479,8
1987-88	0,0	18,0	69,0	310,5	116,5	372,5	132,5	9,5	66,0	0,0	0,0	0,0	1094,5
1988-89	1,5	355,0	96,5	157,0	141,5	40,0	244,5	0,0	44,4	4,5	0,0	0,0	1084,9
1989-90	0,0	193,0	195,5	53,0	102,0	109,5	16,5	18,5	0,5	28,0	0,0	14,5	731,0
1990-91	13,5	45,5	124,0	150,0	419,0	153,0	34,0	47,0	26,0	0,0	0,0	3,0	1015,0
1991-92	0,0	205,0	141,0	437,0	77,0	173,0	112,0	40,0	59,0	39,0	0,0	0,0	1283,0
1992-93	0,0	0,0	95,0	307,0	233,0	202,0	70,0	26,0	120,0	14,0	0,0	0,0	1067,0
1993-94	0,0	82,0	268,5	154,5	350,0	298,0	84,5	70,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1307,5
1994-95	0,0	403,0	495,5	349,0	207,0	82,0	135,0	70,0	13,0	0,0	25,0	0,0	1779,5
1995-96	0,0	33,0	99,0	147,0	253,0	225,0	320,0	71,0	35,0	0,0	0,0	0,0	1183,0
1996-97	64,0	171,0	36,0	365,0	300,0	375,0	590,0	116,0	26,0	16,0	0,0	0,0	2059,0
1997-98	0,0	218,0	275,0	247,0	107,0	126,0	530,0	154,0	38,0	0,0	0,0	0,0	1695,0
1998-99	0,0	96,0	136,0	539,0							0,0	0,0	
Μεγ. ύψος	225,5	653,0	814,5	627,1	606,0	548,0	590,0	327,0	154,7	186,8	69,0	60,0	2232,0
Ελ. Ύψος	0,0	0,0	13,5	38,7	77,0	7,0	7,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	567,4
M.O	24,0	127,5	167,3	261,8	274,2	200,2	183,4	75,2	38,4	14,0	3,3	2,7	1367,7

Table 8. Station of Exo Potamoi

- Σταθμός Παλαιοκάστρου

ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΕΓΓ. ΒΕΛΤΙΩΣΕΩΝ

Α.Μ. 207
ΑΡΙΘΜ. ΣΤΟ ΧΑΡΤΗ: 10

ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΙΣ ΣΕ ΜΜ													
ΥΔΡ.ΕΤΟΣ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΥΝ.
1964-65						98,3	89,6	22,3	4,5	0,0	0,0	6,7	
1965-66	0,0	5,0	12,0	90,0	69,0	45,0	93,0	3,2	11,3	15,4	0,0	0,0	343,9
1966-67	132,0	2,0	36,0	100,0	89,0	66,0	128,0	19,0	18,0	0,6	0,0	0,0	590,6
1967-68	0,0	119,2	120,0	46,0	119,0	48,0	55,0	12,0	2,0	3,2	0,0	0,0	524,4
1968-69	14,0	218,7	74,6	146,1	134,0	16,4	45,7	25,7	0,0	0,0	0,0	0,0	675,2
1969-70	0,0	63,2	10,8	120,8	84,7	27,9	60,9	24,8	1,0	0,0	0,0	0,0	394,1
1970-71	5,1	20,9	29,9	55,3	122,5	162,0	56,5	29,6	0,0	5,8	1,8	0,0	489,4
1971-72	0,0	17,5	55,0	50,2	51,9	39,6	30,5	28,2	31,2	0,0	3,0	32,0	339,1
1972-73	1,0	116,2	14,0	72,4	152,2	57,6	46,9	49,5	8,0	0,0	0,0	0,0	517,8
1973-74	0,0	64,2	57,3	18,9	148,0	76,3	46,0	8,0	3,9	0,0	0,0	0,0	422,6
1974-75	43,9	16,5	72,7	70,3	119,2	40,7	15,7	43,7	53,5	14,0	0,0	0,0	490,2
1975-76	0,0	25,9	22,7	114,5	94,6	66,1	134,9	36,4	6,8	12,4	0,0	0,0	514,3
1976-77	0,0	73,5	74,6	43,0	37,4	22,1	32,2	16,6	7,8	13,5	0,0	0,0	320,7
1977-78	101,9	55,8	33,1	162,0	91,8	50,5	70,4	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	569,5
1978-79	7,9	45,3	6,4	144,1	70,9	35,9	45,1	17,9	57,9	124,6	0,0	0,0	556,0
1979-80	0,0	12,6	94,8	111,9	70,8	187,8	72,7	54,4	15,3	0,0	0,0	0,0	620,3
1980-81	0,0	28,7	7,0	60,3	216,7	79,9	19,8	17,4	18,0	0,0	0,0	0,0	447,8
1981-82	0,0	0,0	105,1	25,7	42,9	137,2	133,8	33,9	2,9	9,2	0,0	9,7	500,4
1982-83	0,0	10,9	24,2	38,1	61,0	60,7	55,0	4,7	1,1	6,4	0,0	5,1	267,2
1983-84	0,0	55,3	143,9	257,0	44,2	105,3	98,7	29,8	1,5	0,0	1,4	0,0	737,1
1984-85	0,0	0,0	114,3	61,8	169,7	49,1	78,2	7,6	1,4	0,0	0,0	0,0	482,1
1985-86	0,0	26,7	17,3	128,6	42,0	51,7	23,7	2,6	19,2	2,5	0,0	0,0	314,3
1986-87	43,2	91,6	71,0	213,9	41,2	25,1	94,1	175,3	7,7	0,0	0,0	0,0	763,1
1987-88	0,0	0,5	272,4	101,4	66,1	109,1	141,0	21,5	24,0	0,0	0,0	0,0	736,0
1988-89	0,0	238,0	61,2	93,8	36,6	11,8	63,6	0,0	38,7	5,2	0,0	0,0	548,9
1989-90	0,0	34,7	125,0	36,0	37,1	47,1	3,8	6,0	0,0	0,6	0,0	0,0	290,3
1990-91	24,5	44,4	86,2	172,9	118,6	107,3	15,2	16,5	16,0	1,5	0,0	0,0	603,1
1991-92	0,0	106,5	27,9	208,1	28,5	100,3	33,4	20,3	31,0	0,0	0,0	0,0	556,0
1992-93	0,0	0,0	36,1	153,5	82,6	41,5	26,0	32,6	16,6	1,0	0,0	0,0	389,9
1993-94	0,0	15,5	139,4	27,2	177,2	78,7	46,9	0,0	3,0	1,2	0,0	0,0	489,1
1994-95	0,0	350,3	114,8	146,0	41,6	29,1	43,8	11,6	0,0	0,0	0,0	0,0	737,2
1995-96	1,5	28,9	51,7	123,4	176,6	194,0	158,4	10,8	3,2	0,0	0,0	0,0	748,5
1996-97	24,8	24,6	39,4	75,5	72,6	41,1	89,7	25,2	10,5	18,0	0,0	0,0	421,4
1997-98	7,5	46,6	136,4	42,3	172,9	5,6	247,9	30,9	3,7	0,0	0,0	0,0	693,8
1998-99	1,5	23,5	184,0	153,5	105,5	50,0	73,0	51,0	2,0	0,0	0,0	0,0	644,0
Μεγ. ύψος	132,0	350,3	272,4	257,0	216,7	194,0	247,9	175,3	57,9	124,6	3,0	32,0	763,1
Ελ. Ύψος	0,0	0,0	6,4	18,9	28,5	5,6	3,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	267,2
Μ.Ο	12,0	58,3	72,7	101,9	93,8	67,6	70,5	25,5	12,0	6,7	0,2	1,5	521,7

Table 9. Station of Palaiokastro

- Σταθμός Σητείας

ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΙΣ ΣΕ ΜΜ													
ΥΔΡ.ΕΤΟ Σ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥ Γ	ΣΥΝ.
1919-20	5,0	19,0	74,0	59,0	41,0	69,0	34,0	5,0	4,0	0,0	0,0	0,0	310,0
1920-21	0,0	88,0	54,0	70,0	40,0	9,0	59,0	15,0	0,0	8,0	0,0	0,0	343,0
1921-22	0,0	28,0	85,0	140,0	207,0	40,0	26,0	0,0	25,0	0,0	0,0	0,0	551,0
1922-23	0,0	21,0	208,0	102,0	189,0	100,0	71,0	101,0	0,0	6,0	0,0	0,0	798,0
1923-24	0,0	0,0	0,0	116,0	231,0	123,0	32,0	0,0	32,0	1,0	0,0	0,0	535,0
1924-25	0,0	90,0	85,0	177,0	124,0	40,0	50,0	0,0	20,0	0,0	0,0	0,0	586,0
1925-26	0,0	90,0	106,0	106,0	220,0	145,0	240,0	10,0	25,0	0,0	0,0	0,0	942,0
1926-27	0,0	0,0	15,0	60,0									
1927-28					180,0	185,0	95,0	25,0	10,0	0,0	0,0	0,0	
1928-29	0,0	10,0	110,0	120,0									
1929-30					170,0	65,0	30,0	10,0	10,0	20,0	0,0	0,0	
1930-31	118,0	124,0	66,0	135,0	130,0	185,0	40,0	40,0	0,0	0,0	0,0	0,0	838,0
1931-32	0,0	4,0	21,0	61,0	119,0	46,0	24,0	0,0	13,0	0,0	0,0	0,0	288,0
1932-33	0,0	16,0	28,0	13,0	78,0	43,0	6,0	20,0	5,0	1,0	0,0	0,0	210,0
1933-34	0,0	0,0	15,0	201,0	105,0	94,0	37,0	67,0	4,0	0,0	0,0	0,0	523,0
1934-35	0,0	116,0	13,0	111,0	170,0	76,0	59,0	8,0	0,0	0,0	0,0	0,0	553,0
1935-36	0,0	15,0	69,0	50,0	118,0	42,0	22,0	13,0	11,0	19,0	1,0	0,0	360,0
1936-37	0,0	40,0	134,0	130,0	111,0	102,0	0,0	7,0	16,0	0,0	0,0	0,0	540,0
1937-38	0,0	156,0	144,0	74,0	90,0	68,0	47,0	54,0	0,0	0,0	0,0	0,0	633,0
1938-39	3,0	5,0	71,0	181,0	60,0	31,0	82,0	0,0	9,0	57,0	0,0	0,0	499,0
1939-40	0,0	0,0	154,0	38,0	62,0	83,0	50,0	31,0	18,0	10,0	0,0	0,0	446,0
1940-41	0,0	54,0	68,0	177,0	56,0	41,0	67,0	4,0	1,0	0,0	0,0	0,0	468,0
1941-42	0,0	46,0	17,0	76,0	77,0	51,0	14,0	10,0	4,0	0,0	3,0	0,0	298,0
1942-43	0,0	109,0	98,0	78,0	104,0	52,0	71,0	69,0	6,0	1,0	0,0	0,0	588,0
1943-44	36,0	138,0	35,0	14,0									
1946-47	0,0	21,0	30,0	158,0	131,0	12,0	8,0	0,0	0,0	5,0	0,0	0,0	365,0
1947-48	20,0	28,0	111,0	18,0	94,0	53,0	13,0	38,0	10,0	8,0	0,0	0,0	393,0
1948-49	0,0	86,0	83,0	80,0	113,0	49,0	52,0	29,0	3,0	0,0	0,0	0,0	495,0
1949-50	10,0	10,0	12,0	181,0	76,0	9,0	82,0	22,0	48,0	0,0	0,0	0,0	450,0
1950-51	1,0	14,0	11,0	33,0	103,0	16,0	32,0	5,0	4,0	0,0	0,0	1,0	220,0
1951-52	0,0	54,0	65,0	85,0	25,0	24,0	64,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	319,0
1952-53	14,0	12,0	102,0	54,0	178,0	56,0	143,0	34,0	2,0	0,0	0,0	0,0	595,0
1953-54	4,0	24,0	67,0	125,0	210,0	131,0	108,0	84,0	10,0	0,0	0,0	0,0	763,0

1954-55	0,0	324,0	178,0	171,0	96,0	24,0	76,0	24,0	0,0	0,0	0,0	0,0	893,0
1955-56	0,0	98,0	96,0	98,0	83,0	115,0	36,0	2,0	9,0	0,0	0,0	0,0	537,0
1960-61	16,0	0,0	50,0	116,0	53,0	126,0	42,0	5,0	1,0	1,0	0,0	0,0	410,0
1961-62	0,0	154,0	10,0	126,0	183,0	116,0	4,0	16,0	13,0	0,0	0,0	0,0	622,0
1962-63	56,0	110,0	10,0	90,0	63,0	86,0	70,0	28,0	30,0	0,0	0,0	0,0	543,0
1963-64	0,0	137,0	15,0	49,0	91,0	65,0	79,0	4,0	10,0	4,0	0,0	0,0	454,0
1964-65	38,0	0,0	73,0	121,0	134,0	126,0	96,0	56,0	21,0	2,0	0,0	2,0	669,0
1965-66	0,0	12,0	15,0	72,0	96,0	54,0	69,0	2,0	13,0	11,0	0,0	0,0	344,0
1966-67	60,0	1,0	57,0	93,0	68,0	68,0	80,0	25,0	4,0	1,0	0,0	0,0	457,0
1967-68	0,0	81,0	112,0	58,0	101,0	37,0	34,0	13,0	1,0	2,0	0,0	0,0	439,0
1968-69	22,0	119,0	110,0	83,0	144,0	19,0	48,0	27,0	9,0	0,0	0,0	0,0	581,0
1969-70	0,0	15,0	27,0	93,0	101,0	34,0	60,0	17,0	1,0	0,0	0,0	0,0	348,0
1970-71	5,0	32,0	43,0	36,0	121,0	133,0	41,0	84,0	2,0	6,0	1,0	0,0	504,0
1971-72	0,0	6,2	31,5	27,3	43,7	31,3	55,3	33,1	49,3	0,0	1,2	12,3	291,2
1972-73	2,8	154,0	16,8	66,3	127,1	68,3	40,2	41,3	2,8	0,0	0,0	0,0	519,6
1973-74	6,7	58,3	68,7	13,5	154,2	79,6	21,1	7,5	2,4	0,0	0,0	0,0	412,0
1974-75	53,5	12,3	121,3	81,6	115,0	46,2	12,2	33,8	23,1	3,1	0,0	0,0	502,1
1975-76	0,0	63,3	24,9	135,7	130,5	32,2	166,0	26,1	11,8	2,3	0,0	0,0	592,8
1976-77	0,0	78,2	51,1	22,2	25,4	21,2	42,7	25,8	11,0	0,3	0,0	0,0	277,9
1977-78	86,8	67,0	22,2	176,6	85,8	69,8	67,6	7,9	0,0	0,0	0,0	0,0	583,7
1978-79	5,5	40,5	10,2	157,3	58,5	50,1	30,0	32,6	52,4	2,9	0,0	0,0	440,0
1979-80	0,0	24,5	86,9	170,5	59,2	182,8	34,4	75,6	10,3	0,0	0,0	0,0	644,2
1980-81	0,3	38,5	10,9	73,0	304,3	88,4	18,8	19,6	8,4	0,0	0,0	0,0	562,2
1981-82	0,0	0,8	94,6	24,3	50,7	157,9	113,7	47,3	3,9	3,6	0,0	7,4	504,2
1982-83	0,0	2,7	45,9	73,4	60,2	77,0	64,2	2,2	0,3	15,9	0,3	3,3	345,4
1983-84	0,0	27,4	119,7	103,5	38,1	141,7	129,9	55,1	1,6	0,0	7,5	0,0	624,5
1984-85	0,0	0,6	207,9	90,6	137,0	27,7	86,4	8,2	2,7	0,0	0,0	0,0	561,1
1985-86	0,0	32,5	11,0	216,4	51,0	73,9	29,5	2,8	36,0	7,2	0,0	0,0	460,3
1986-87	266,0	112,7	57,8	124,5	45,8	60,9	67,6	133,7	7,5	0,0	0,0	0,0	876,5
1987-88	0,0	3,8	117,8	112,7	48,2	83,4	71,2	5,8	19,1	0,0	0,0	0,0	462,0
1988-89	0,0	155,2	51,3	64,6	44,1	28,4	58,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	401,9
1989-90	0,0	29,9	155,3	19,4	26,1	34,3	2,9	4,0	0,0	9,8	0,0	1,0	282,7
1990-91	35,0	65,2	28,5	73,0	89,4	85,4	4,4	17,2	9,7	0,6	0,0	0,0	408,4
1991-92	0,0	131,6	18,8	173,8	29,0	72,0	50,1	19,2	40,0	0,0	0,0	0,0	534,5
1992-93	0,0	0,0	25,3	95,4	73,9	28,4	34,5	18,7	29,0	8,4	0,0	0,0	313,6
1993-94	0,0	7,8	83,2	58,7	127,9	43,9	25,2	1,0	4,9	0,5	0,0	0,0	353,1
1994-95	0,0	147,6	147,3	97,9	37,5	14,7	37,7	16,7	2,9	0,0	0,0	0,0	502,3
1995-96	0,0	12,6	26,7	64,0	139,8	82,5	94,2	9,3	0,0	0,0	0,0	0,0	429,1
1996-97	24,7	55,3	51,0	48,0	81,2	42,0	90,4	28,7	4,8	20,9	0,0	0,0	447,0
1997-98	8,5	29,9	161,6	32,1	53,9	6,9	145,9	14,2	0,4	0,0	0,0	0,0	453,4
1998-99	15,6	23,7	96,4	127,5	128,6	24,3	27,6	28,8	0,0	0,0	0,0	0,0	472,5
Μεγ. ύψος	266,0	324,0	208,0	216,4	304,3	185,0	240,0	133,7	59,0	57,0	7,5	12,3	942,0
Ελ. Ύψος	0,0	0,0	0,0	13,0	25,0	6,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	210,0
M.O	12,2	53,0	67,0	95,1	102,2	67,1	54,9	23,3	11,2	3,4	0,2	0,4	489,6

Table 10. Station of Sireia

Είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν διαφορετικά στοιχεία από την Κρήτη, όπως για παράδειγμα, η εξάτμιση των υδάτων, οι ποταμοί, οι πηγές, η ηλιοφάνεια, η θερμοκρασία. Αν θελήσουμε να συγκρίνουμε διαφορετικούς τύπους δεδομένων, μπορούμε να προσθέσουμε αρκετές μεταβλητές στην Αιτιότητα Granger.

5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

5.1. Εφαρμογή στα κλιματικά δεδομένα

5.1.1. Δεδομένα από Ασκύφου και Καλύβες

Το πρώτο πράγμα που πρέπει να κάνουμε είναι να διαβάσουμε τα δεδομένα στοιχεία στο R ώστε να προβούμε στην ανάλυση. Αν τα στοιχεία βρίσκονται σε απλό κείμενο, η ανάγνωσή τους είναι σχετικά εύκολη, αρκεί να χρησιμοποιήσουμε τις εντολές `read.table`, `read.csv`, ή `scan`. Αν έχουμε αρχείο τύπου Excel, μπορούμε να αποθηκεύσουμε το αρχείο σε μορφή `.csv file`, και εν συνεχεία να το διαβάσουμε με την εντολή `read.csv`. Στην περίπτωση μας, φτιάχνουμε τον ακόλουθο φάκελο για `AskyfouRainfall.xls` και `KalybesRainfall.xls` με σύνοψη και των δύο αυτών φακέλων: `rainfall.ask.kaly.csv`

RAINFALL		
year	Askyfou	Kalybes
1974-75	1666,6	621
1975-76	2494,5	842,2
1976-77	1328,8	591,5
1977-78	2730,2	660,4
1978-79	2453,8	720,3
1979-80	2421,5	1032,1
1980-81	2015,6	873
1981-82	2685,5	786,5
1982-83	2231	532,2
1983-84	2355	943,3
1984-85	2628,5	877,3
1985-86	1372,5	508,5
1986-87	2594,2	922
1987-88	1789,5	474,1
1988-89	1768,9	691,3
1989-90	1312	518,8
1990-91	1623,3	497,9
1991-92	1711	705,1
1992-93	1697	587
1993-94	2107	572,7
1994-95	2022	560,4
1995-96	2505	641,6

1996-97	2743,3	1020,7
1997-98	2332,5	599,1

Table 11. rainfall ask.kaly



Figure 4. Crete, Askifou-Kalybes

- Για να χρησιμοποιήσουμε το Τεστ Αιτιότητας Granger () χρειαζόμαστε το πακέτο "lmtest", και για να κατεβάσουμε το πακέτο αυτό, δίνουμε στο R τον αλγόριθμο:

```
> install.packages("lmtest")
```

Κατεβάζοντας το αρχείο σε 'C:/Users/Pari/Documents/R/win-library/3.1'

(καθώς το 'lib' δεν διευκρινίζεται)

--- Επιλέξτε ένα CRAN mirror για το τμήμα αυτό ---

δοκιμάζουμε

URL http://cran.mirror.garr.it/mirrors/CRAN/bin/windows/contrib/3.1/lmtest_0.9-33.zip'

Content type 'application/zip' length 280413 bytes (273 Kb)

opened URL

downloaded 273 Kb

Το πακέτο 'lmtest' κατέβηκε επιτυχώς και το MD5 sums ελέγχθηκε.

Τα διπλά πακέτα που έχουν κατεβεί βρίσκονται στο:

C:\Users\Pari\AppData\Local\Temp\RtmpU1AL0o\downloaded_packages

Ανοίγουμε την βιβλιοθήκη στο πρόγραμμα

```
> library(lmtest)
```

Loading required package: zoo

Attaching package: 'zoo'

Τα ακόλουθα αντικείμενα έχουν αλλάξει μορφή από 'package:base':

```
as.Date, as.Date.numeric
```

- Τώρα πρέπει να διαβάσουμε τον πίνακα που δημιουργήθηκε (rainfall.ask.kaly)

```
> data<-read.csv(file.choose())
```

- Διαλέγουμε και ορίζουμε rainfall.ask.kaly, διευκρινίζοντας ότι header=TRUE, που σημαίνει ότι στον πίνακα υπάρχει το όνομα της στήλης:

```
rainfall.ask.kaly<-read.csv(file.choose(),header=TRUE)
```

- Μπορούμε να δούμε τον πίνακα που έχει εισέλθει:

```
> rainfall.ask.kaly
```

Έτος Ασκούφου Καλύβες

```
1 1974-75 1666.6 621.0
```

```
2 1975-76 2494.5 842.2
```

```
3 1976-77 1328.8 591.5
```

```
4 1977-78 2730.2 660.4
```

5	1978-79	2453.8	720.3
6	1979-80	2421.5	1032.1
7	1980-81	2015.6	873.0
8	1981-82	2685.5	786.5
9	1982-83	2231.0	532.2
10	1983-84	2355.0	943.3
11	1984-85	2628.5	877.3
12	1985-86	1372.5	508.5
13	1986-87	2594.2	922.0
14	1987-88	1789.5	474.1
15	1988-89	1768.9	691.3
16	1989-90	1312.0	518.8
17	1990-91	1623.3	497.9
18	1991-92	1711.0	705.1
19	1992-93	1697.0	587.0
20	1993-94	2107.0	572.7
21	1994-95	2022.0	560.4
22	1995-96	2505.0	641.6
23	1996-97	2743.3	1020.7
24	1997-98	2332.5	599.1

- Στην συνέχεια μπορούμε να κάνουμε το Τεστ Αιτιότητας Granger με τον αλγόριθμο `order=2` (η σειρά που εξειδικεύει την σειρά των βραδύνσεων, ώστε να συμπεριλάβει την βοηθητική επαναφορά, και τα δεδομένα είναι μια επιλογή από το πλαίσιο δεδομένων που περιλαμβάνει τις μεταβλητές στο μοντέλο):

```
> grangertest(Askyfou~Kalybes,order=2,data=rainfall.ask.kaly)
```

Τεστ Αιτιότητας Granger

Model 1: Askyfou ~ Lags(Askyfou, 1:2) + Lags(Kalybes, 1:2)

Model 2: Askyfou ~ Lags(Askyfou, 1:2)

Res.Df Df F Pr(>F)

1 17

2 19 -2 0.3867 0.6851

- Το αποτέλεσμα αυτό σημαίνει ότι τα Ασκύφου κατά Granger είναι η αιτία για τις Καλύβες, επειδή $Pr > F$, $0.6851 > 0.3867$. Μπορούμε να προσπαθήσουμε το αντίστροφο, αν οι Καλύβες είναι αιτία για τα Ασκύφου.

```
>grangertest(Kalybes~Askyfou,order=2,data=rainfall.ask.kaly)
```

Τεστ Αιτιότητας Granger

Model 1: Kalybes ~ Lags(Kalybes, 1:2) + Lags(Askyfou, 1:2)

Model 2: Kalybes ~ Lags(Kalybes, 1:2)

Res.Df Df F Pr(>F)

1 17

2 19 -2 6.7305 0.007031 **

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

- Μπορούμε να δούμε ότι οι Καλύβες δεν αποτελούν αιτία για τα Ασκύφου, επειδή $Pr < F$. Θέλουμε να δούμε αν η αλλαγή στην σειρά θα αλλάξει το αποτέλεσμα. Έτσι, τοποθετούμε μέσα τον αλγόριθμο $order = 4$:

```
> grangertest(Askyfou~Kalybes,order=4,data=rainfall.ask.kaly)
```

Τεστ Αιτιότητας Granger

Model 1: Askyfou ~ Lags(Askyfou, 1:4) + Lags(Kalybes, 1:4)

Model 2: Askyfou ~ Lags(Askyfou, 1:4)

Res.Df Df F Pr(>F)

1 11

2 15 -4 0.3653 0.8283

- Με αυτό το αποτέλεσμα αντιλαμβανόμαστε ότι τα Ασκύφου προκαλούν κατά Granger τις Καλύβες. Δοκιμάζοντας το αντίστροφο:

```
> grangertest(Kalybes~Askyfou,order=4,data=rainfall.ask.kaly)
```

```

Τεστ Αιτιότητας Granger

Model 1: Kalybes ~ Lags(Kalybes, 1:4) + Lags(Askyfou, 1:4)
Model 2: Kalybes ~ Lags(Kalybes, 1:4)

Res.Df Df F Pr(>F)
1 11
2 15 -4 2.7961 0.07963 .
---
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```

- Οι Καλύβες δεν αποτελούν κατά Granger αιτία για το Ασκύφου. Έτσι, αν αλλάξουμε την σειρά, το αποτέλεσμα δεν μεταβάλλεται, αλλά για να είμαστε περισσότερο βέβαια, θα θέλαμε να δοκιμάσουμε και μια άλλη σειρά: order = 5:

```
> grangertest(Askyfou~Kalybes,order=5,data=rainfall.ask.kaly)
```

```

Τεστ Αιτιότητας Granger

Model 1: Askyfou ~ Lags(Askyfou, 1:5) + Lags(Kalybes, 1:5)
Model 2: Askyfou ~ Lags(Askyfou, 1:5)

Res.Df Df F Pr(>F)
1 8
2 13 -5 0.4772 0.7845

```

- Τα Ασκύφου αποτελούν κατά Granger αιτία για τις Καλύβες, και το αντίθετο:

```
> grangertest(Kalybes~Askyfou,order=5,data=rainfall.ask.kaly)
```

```

Τεστ Αιτιότητας Granger

```


Model 1: $Kalybes \sim Lags(Kalybes, 1:5) + Lags(Askyfou, 1:5)$

Model 2: $Kalybes \sim Lags(Kalybes, 1:5)$

Res.Df Df F Pr(>F)

1 8

2 13 -5 1.6702 0.247

- Οι Καλύβες δεν αποτελούν κατά Granger αιτία για τα Ασκύφου. Έχουμε δείξει ότι ασχέτως της σειράς που επιλέγεται, το αποτέλεσμα δεν αλλάζει.
- Τώρα μπορούμε να κάνουμε το διάγραμμα των χρονοσειρών:

`> plot(Askyfou)`

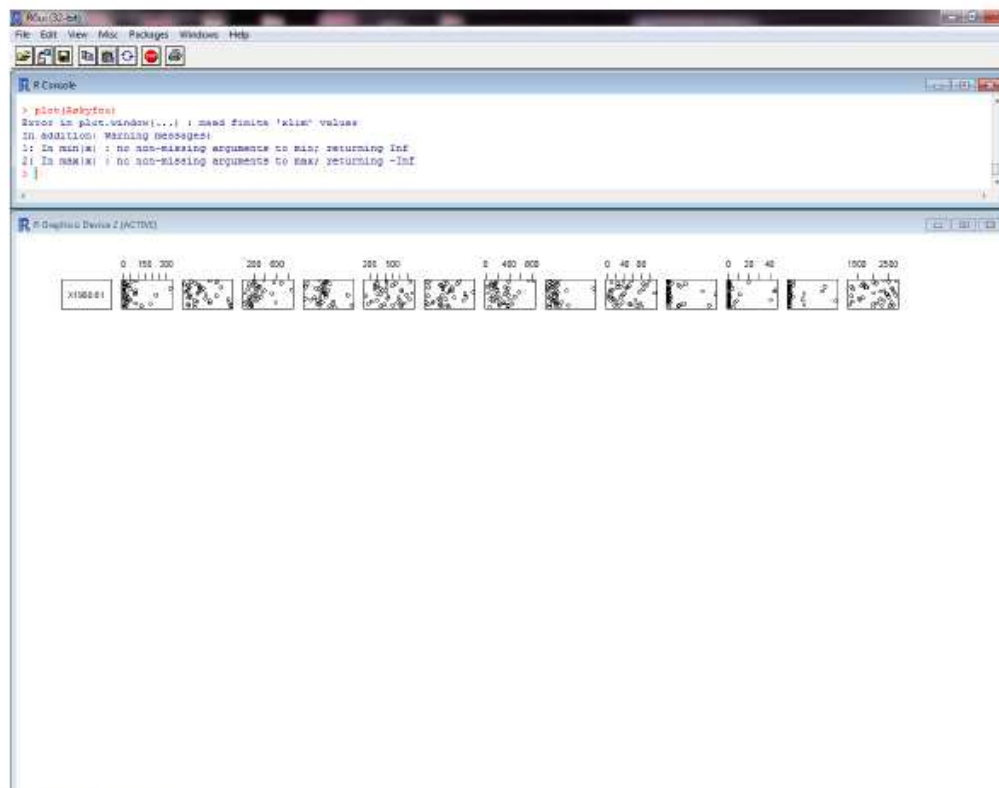


Figure 5. plot Askyfou

```
> plot(Kalybes)
```

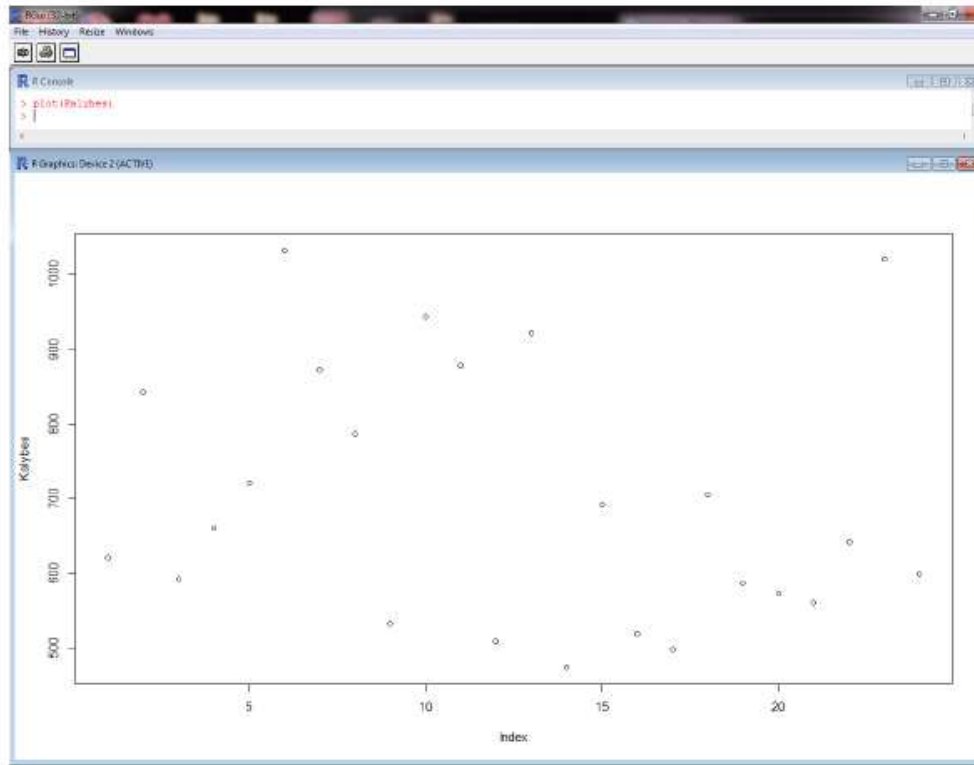


Figure 6. plot Kalybes

```
>plot.ts(Kalybes)
```

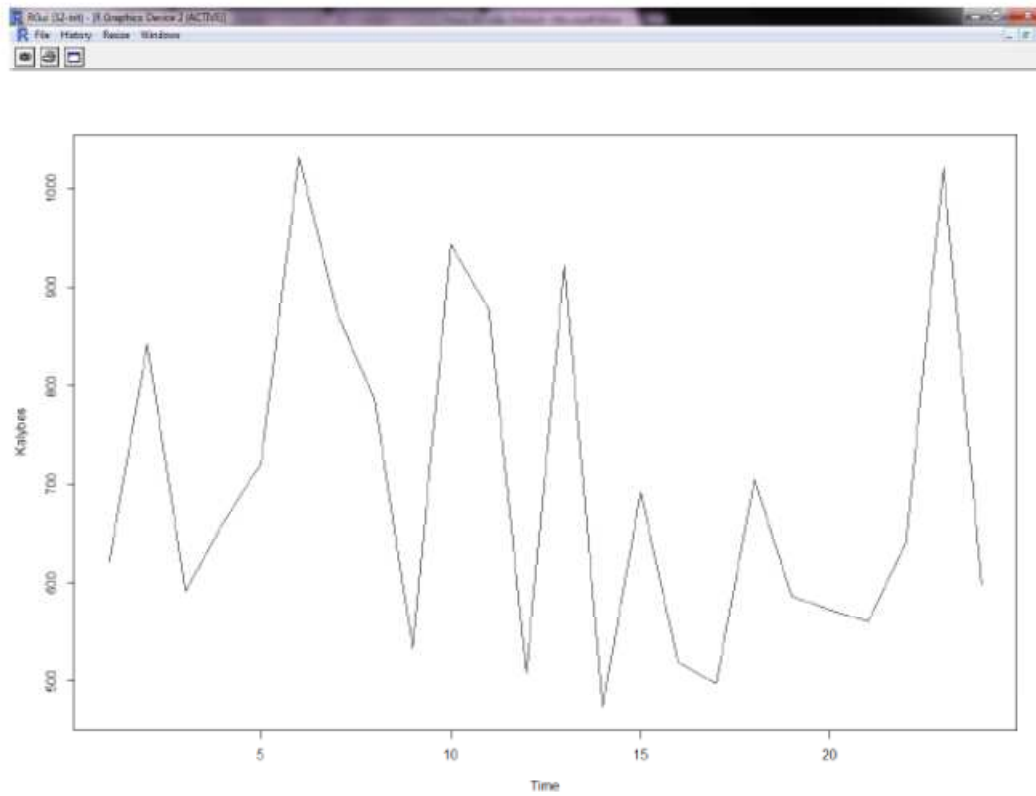


Figure 7. `plot.ts` Kalybes

> plot(Askyfou,Kalybes)

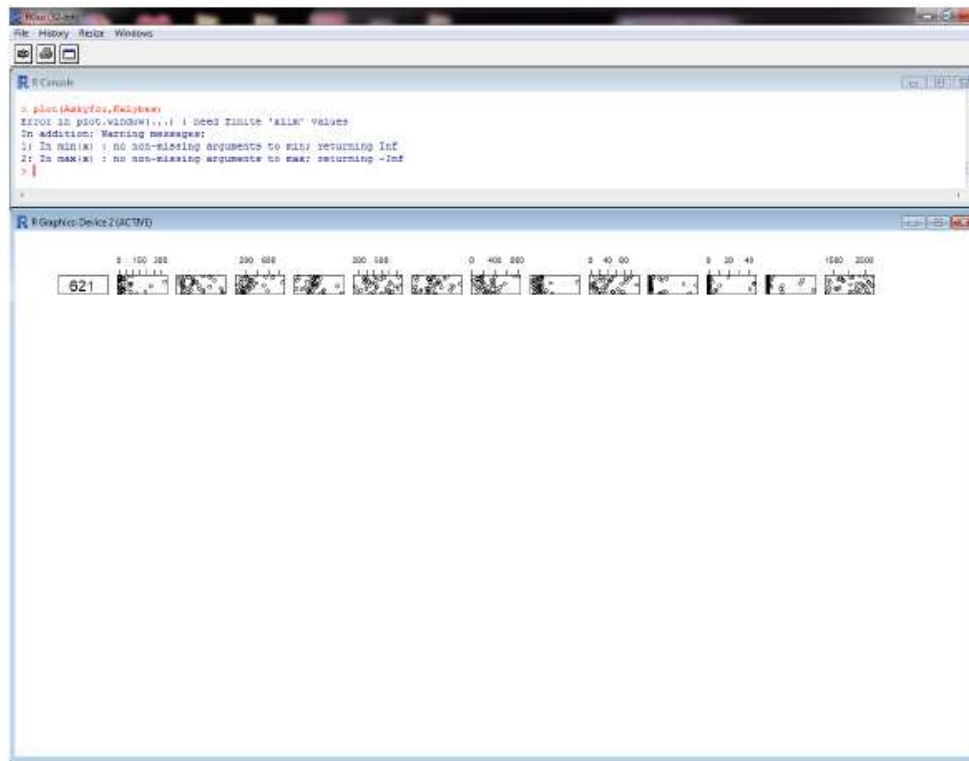


Figure 8. plot Askyfou,Kalybes

> plot(year,Kalybes)

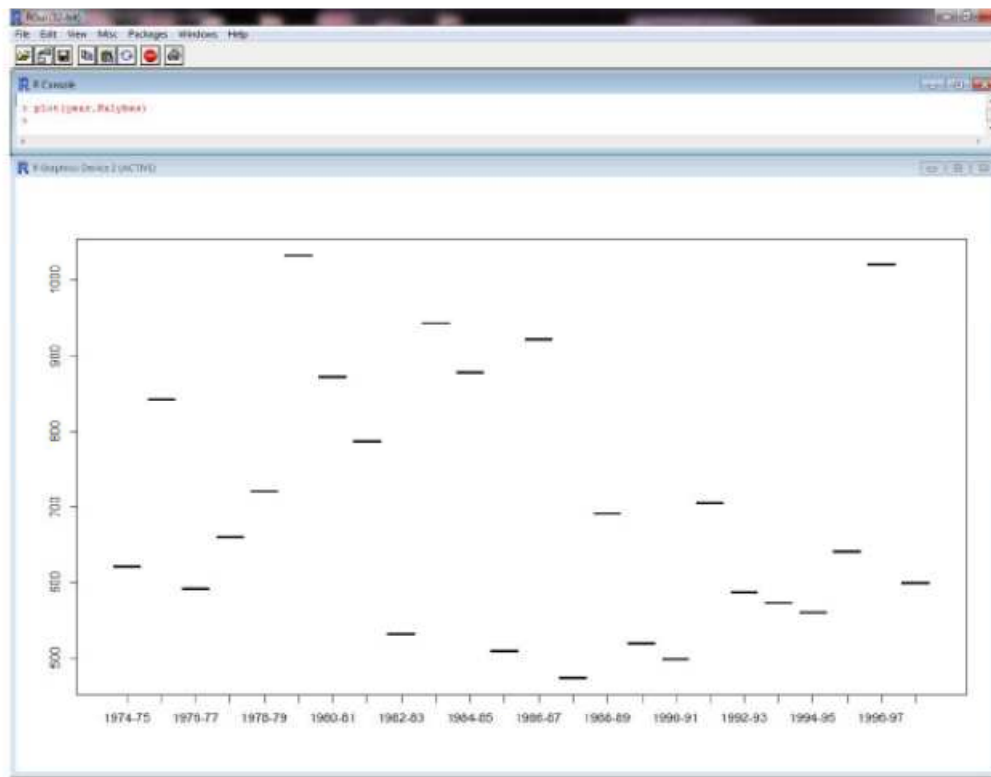


Figure 9. plot year,Kalybes

```
>plot.ts(year,Kalybes)
```

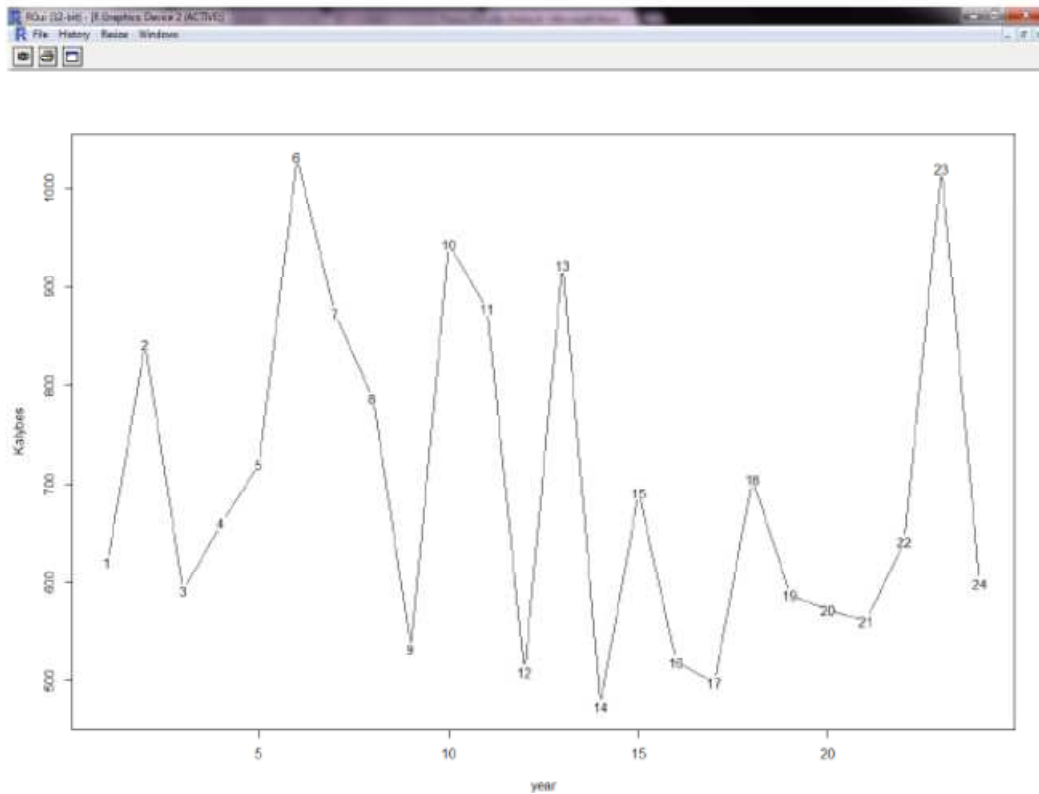


Figure 10. `plot.ts year, Kalybes`

Στο τέλος καταλαβαίνουμε ότι η βροχόπτωση στα Ασκύφου προκαλεί κατά Granger την βροχόπτωση στις Καλύβες, αλλά η βροχόπτωση στις Καλύβες δεν προκαλεί κατά Granger την βροχόπτωση στα Ασκύφου.

5.1.2 Δεδομένα από Αγία Γαλήνη και Μελαμπές

Θα χρησιμοποιήσουμε την ίδια διαδικασία για την Αγία Γαλήνη και τα Ανώγεια. Πρέπει να φτιάξουμε ένα αρχείο .csv και να προχωρήσουμε στο R.

Year	Agia Galini	Melampes
1969-70	409,9	599
1970-71	512,1	909
1971-72	408	485,3
1972-73	575,7	668,45
1973-74	442	601,1
1974-75	596,2	764,6
1975-76	718,5	841,7
1976-77	547,5	673,6
1977-78	859,3	1266,4
1978-79	554,4	783,3
1979-80	676,6	810,7
1980-81	891	1141,3
1981-82	836,9	1044
1982-83	492,3	736,4
1983-84	582,5	817,2
1984-85	646,8	866,3
1985-86	398	569,6
1986-87	704,4	877
1987-88	691,4	976,8
1988-89	491,3	612,1
1989-90	365,4	540,8
1990-91	478	559
1991-92	365,3	586,2
1992-93	478	540,7
1993-94	552,4	714,7
1994-95	509,9	587,5
1995-96	732,7	855,6
1996-97	568,4	686,5
1997-98	571,9	718,03

Table 12. agia.mela



Figure 11. Crete, Agia Galini-Melampes

Ο αλγόριθμος είναι ο ακόλουθος:

```
> install.packages("lmtest")
```

```
Κατεβάζοντας το πακέτο σε 'C:/Users/Papi/Documents/R/win-library/3.1'
```

```
(καθώς το 'lib' δεν διευκρινίζεται)
```

```
--- Επιλέξτε ένα CRAN mirror για το τμήμα αυτό ---
```

```
δοκιμάζοντας          URL
```

```
'http://cran.mirror.garr.it/mirrors/CRAN/bin/windows/contrib/3.1/lmtest_0.9-33.zip'
```

```
Content type 'application/zip' length 280413 bytes (273 Kb)
```

```
opened URL
```

```
downloaded 273 Kb
```

```
Το πακέτο 'lmtest' κατέβηκε επιτυχώς και το MD5 sums ελέγχθηκε
```

```
Τα αποθηκευμένα διπλά πακέτα βρίσκονται στο
```

```
C:\Users\Papi\AppData\Local\Temp\Rtmp0Gya4M\downloaded_packages
```

```
> library(lmtest)
```

```
Loading required package: zoo
```

```
Attaching package: 'zoo'
```

```
Τα ακόλουθα αντικείμενα έχουν αλλάξει από 'package:base':
```

```
as.Date, as.Date.numeric
```

```
> data<-read.csv(file.choose())
```

```
> agia.mela<-read.csv(file.choose(),head=TRUE)
```

```
> agia.mela
```

Έτος Αγία Γαλήνη Μελαμπές

1	1969-70	409.9	599.00
2	1970-71	512.1	909.00
3	1971-72	408.0	485.30
4	1972-73	575.7	668.45
5	1973-74	442.0	601.10
6	1974-75	596.2	764.60
7	1975-76	718.5	841.70
8	1976-77	547.5	673.60
9	1977-78	859.3	1266.40
10	1978-79	554.4	783.30
11	1979-80	676.6	810.70
12	1980-81	891.0	1141.30
13	1981-82	836.9	1044.00
14	1982-83	492.3	736.40
15	1983-84	582.5	817.20
16	1984-85	646.8	866.30
17	1985-86	398.0	569.60
18	1986-87	704.4	877.00
19	1987-88	691.4	976.80
20	1988-89	491.3	612.10
21	1989-90	365.4	540.80
22	1990-91	478.0	559.00
23	1991-92	365.3	586.20
24	1992-93	478.0	540.70
25	1993-94	552.4	714.70
26	1994-95	509.9	587.50
27	1995-96	732.7	855.60
28	1996-97	568.4	686.50
29	1997-98	571.9	718.03

> *grangertest(Agia.Galini~Melampes,order=2,data=agia.mela)*

Τεστ Αιτιότητας Granger

Granger causality test

```
Model 1: Agia.Galini ~ Lags(Agia.Galini, 1:2) + Lags(Melampes, 1:2)
```

```
Model 2: Agia.Galini ~ Lags(Agia.Galini, 1:2)
```

```
Res.Df Df F Pr(>F)
```

```
1 22
```

```
2 24 -2 0.5564 0.5811
```

Αυτό σημαίνει ότι η Αγία Γαλήνη αποτελεί κατά Granger αιτία για τους Μελαμπές, και ελέγχουμε τώρα για το αντίστροφο:

```
> grangertest(Melampes~Agia.Galini,order=2,data=agia.mela)
```

Τεστ Αιτιότητας Granger

```
Model 1: Melampes ~ Lags(Melampes, 1:2) + Lags(Agia.Galini, 1:2)
```

```
Model 2: Melampes ~ Lags(Melampes, 1:2)
```

```
Res.Df Df F Pr(>F)
```

```
1 22
```

```
2 24 -2 1.5265 0.2394
```

Το αντίθετο δεν επαληθεύεται.

Τώρα μπορούμε να δείξουμε τα γραφήματα με τον ακόλουθο αλγόριθμο:

```
> head(data)
```

Έτος Αγία Γαλήνη Μελαμπές

```
1 1969-70 409.9 599.00
```

```
2 1970-71 512.1 909.00
```

```
3 1971-72 408.0 485.30
```

```
4 1972-73 575.7 668.45
```

5 1973-74 442.0 601.10
6 1974-75 596.2 764.60

```
>attach(data)
```

```
>plot.ts(Agia.Galini)
```

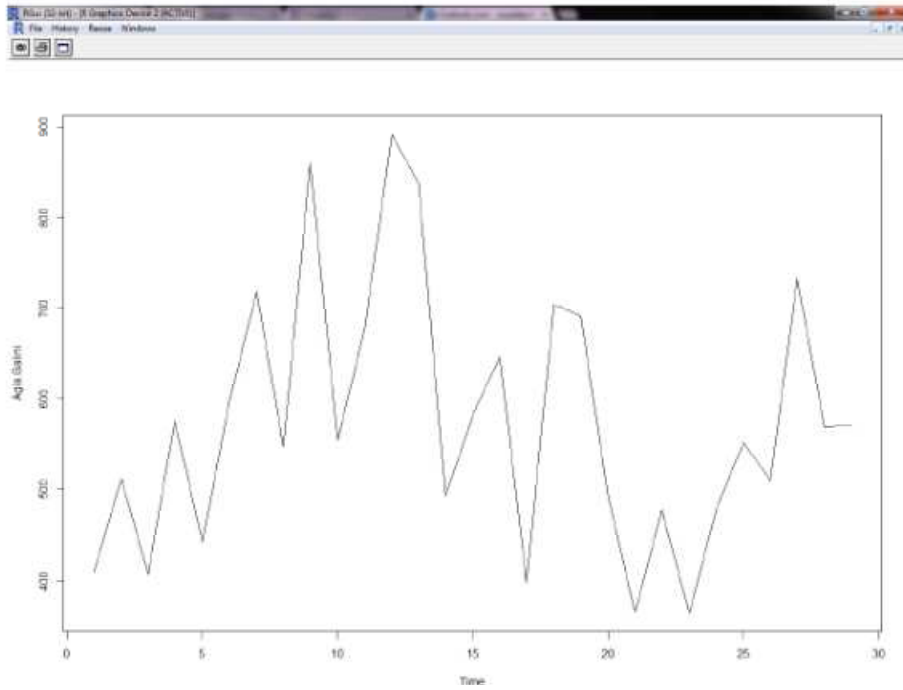


Figure 12, plot.ts Agia Galini

```
> plot.ts(Melampes)
```

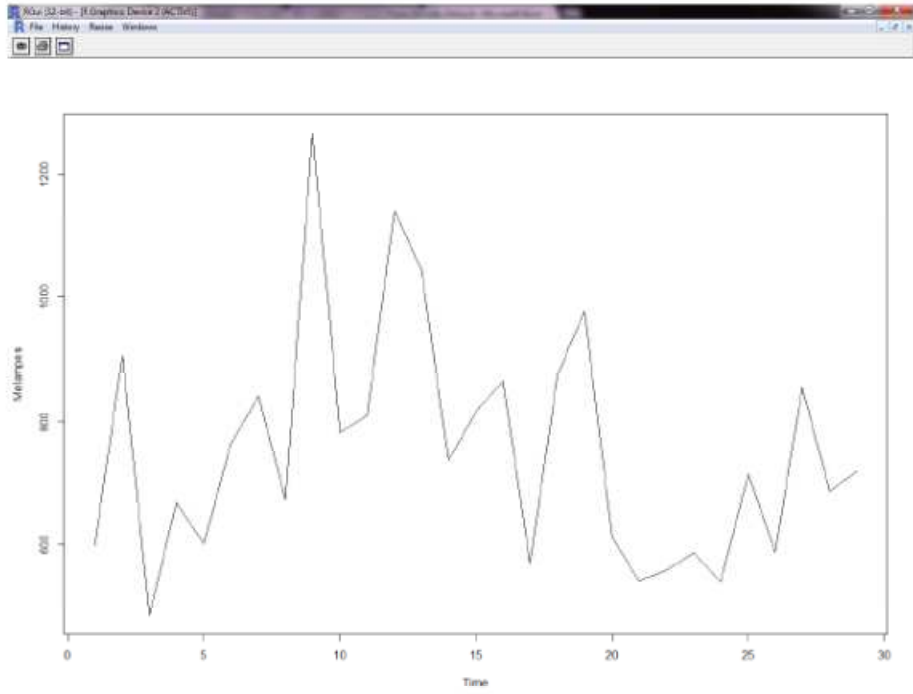


Figure 13. plot.ts Melampes

```
> plot(Agia.Galini,Melampes)
```

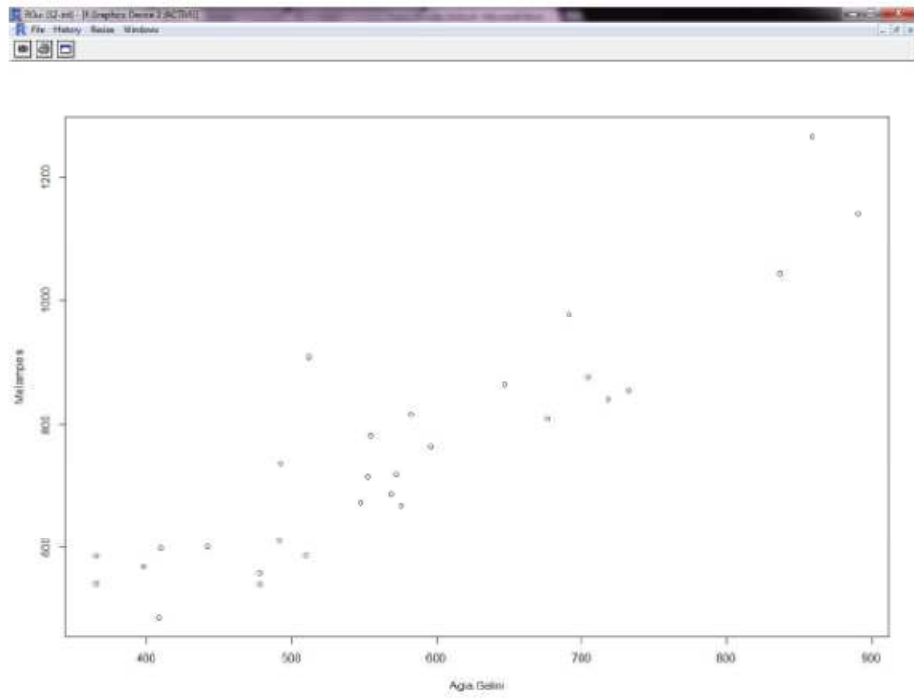


Figure 14. plot agia,melampes

```
> plot.ts(Year,Agia.Galini)
```

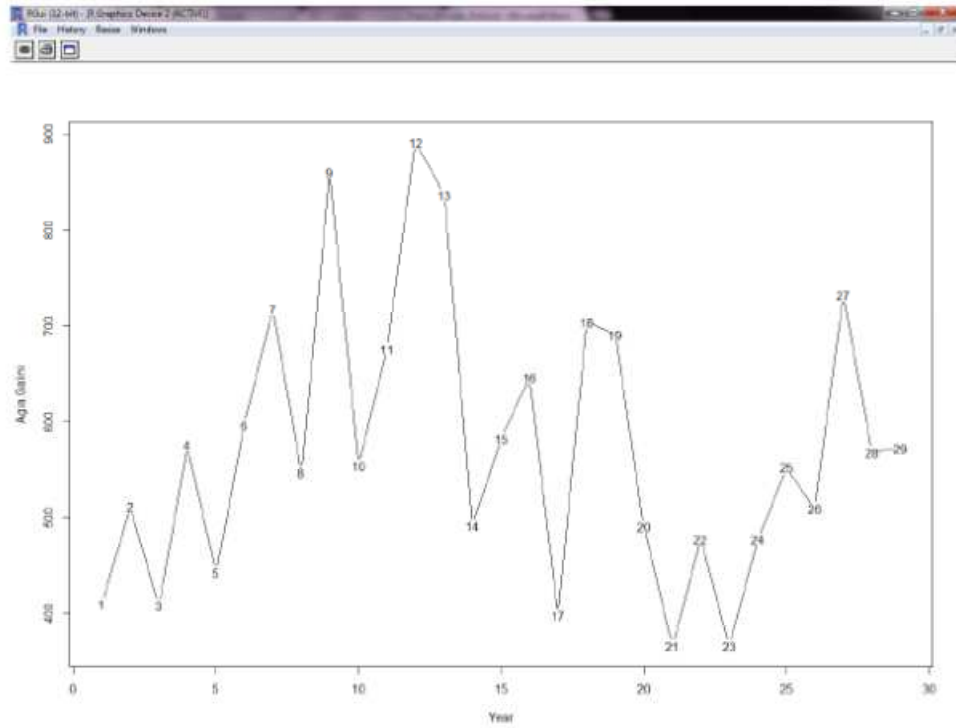


Figure 15. plot.ts year,agia

```
>plot.ts(Year,Melampes)
```

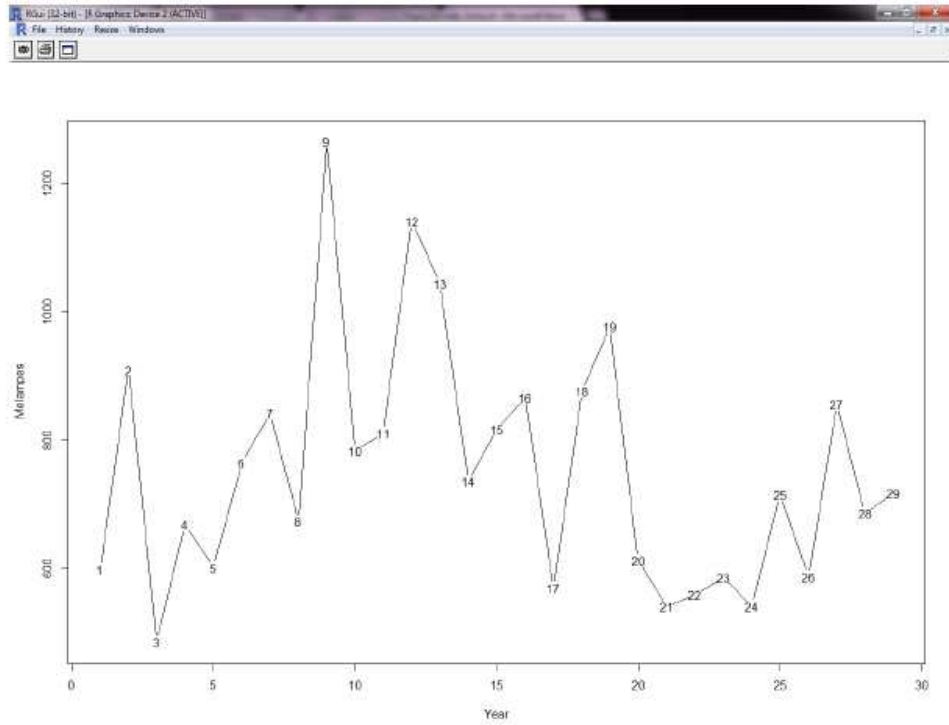


Figure 16. plot.ts year,melampes

5.1.3 Δεδομένα από Ανώγεια και Σπήλι

Ο πίνακας Anogeia-Spli.csv είναι ο ακόλουθος:

Year	Anogeia	Spili
1965-66	738,3	915,5
1966-67	1207,4	902
1967-68	1114,4	1272,5
1968-69	1403,8	1484,1
1969-70	748,2	873,2
1970-71	1087,2	1317,5
1971-72	1089,8	1059
1972-73	1222,2	1094
1973-74	918,3	766
1974-75	1066	969
1975-76	1489,7	1130
1976-77	1001	989,9
1977-78	1527	1845,8
1978-79	1219,9	1087
1979-80	1168,9	1227,5
1980-81	1034,3	1453,8
1981-82	1209,2	1373
1982-83	936,1	888,1222
1983-84	970,9	1063,5
1984-85	1098,6	1117,176
1986-87	1368,3	1599,5
1987-88	819,6	1224,3
1988-89	806,3	1082,5
1989-90	629	806,6
1990-91	849	1053,7
1991-92	1096	1218
1992-93	589,1	1016,4
1993-94	928,4	1119,6
1994-95	975,7	1113,9
1995-96	870,8	1252,7
1996-97	1011,2	1260,1
1997-98	1256	1261,1

Table 13.Anog.spili



Figure 17. Crete, Spili-Anogeia

Αλγόριθμος

```
> install.packages("lmtest")
```

```
Κατεβάζοντας το πακέτο σε 'C:/Users/Pari/Documents/R/win-library/3.1'
```

```
(καθώς το 'lib' δεν διευκρινίζεται)
```

```
--- Επιλέξτε ένα CRAN mirror για το τμήμα αυτό ---
```

```
δοκιμάζοντας
```

```
URL      'http://cran.mirror.garr.it/mirrors/CRAN/bin/windows/contrib/3.1/lmtest_0.9-33.zip'
```

```
Content type 'application/zip' length 280413 bytes (273 Kb)
```

```
opened URL
```

```
downloaded 273 Kb
```

```
Το πακέτο 'lmtest' κατέβηκε επιτυχώς και το MD5 sums ελέγχθηκε
```

```
Τα αποθηκευμένα διπλά πακέτα βρίσκονται στο:
```

```
C:\Users\Pari\AppData\Local\Temp\RtmpygyWcq\downloaded_packages
```

```
> library(lmtest)
```

```
Loading required package: zoo
```

```
Attaching package: 'zoo'
```

```
Τα ακόλουθα αντικείμενα έχουν αλλάξει από 'package:base':
```

```
as.Date, as.Date.numeric
```

```
> data<-read.csv(file.choose())
```

```
> anog.spi<-read.csv(file.choose(),head=TRUE)
> anog.spi
```

Έτος Ανώγεια Σπήλι

1	1965-66	738.3	915.5000
2	1966-67	1207.4	902.0000
3	1967-68	1114.4	1272.5000
4	1968-69	1403.8	1484.1000
5	1969-70	748.2	873.2000
6	1970-71	1087.2	1317.5000
7	1971-72	1089.8	1059.0000
8	1972-73	1222.2	1094.0000
9	1973-74	918.3	766.0000
10	1974-75	1066.0	969.0000
11	1975-76	1489.7	1130.0000
12	1976-77	1001.0	989.9000
13	1977-78	1527.0	1845.8000
14	1978-79	1219.9	1087.0000
15	1979-80	1168.9	1227.5000
16	1980-81	1034.3	1453.8000
17	1981-82	1209.2	1373.0000
18	1982-83	936.1	888.1222
19	1983-84	970.9	1063.5000
20	1984-85	1098.6	1117.1761
21	1986-87	1368.3	1599.5000
22	1987-88	819.6	1224.3000
23	1988-89	806.3	1082.5000
24	1989-90	629.0	806.6000

```

25 1990-91 849.0 1053.7000
26 1991-92 1096.0 1218.0000
27 1992-93 589.1 1016.4000
28 1993-94 928.4 1119.6000
29 1994-95 975.7 1113.9000
30 1995-96 870.8 1252.7000
31 1996-97 1011.2 1260.1000
32 1997-98 1256.0 1261.1000

```

```
> grangertest(Anogeia~Spili,order=2,data=anog.spi)
```

Τεστ Αιτιότητας Granger

Model 1: Anogeia ~ Lags(Anogeia, 1:2) + Lags(Spili, 1:2)

Model 2: Anogeia ~ Lags(Anogeia, 1:2)

Res.Df Df F Pr(>F)

1 25

2 27 -2 3.7714 0.03703 *

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

```
> grangertest(Spili~Anogeia,order=2,data=anog.spi)
```

Τεστ Αιτιότητας Granger

Model 1: Spili ~ Lags(Spili, 1:2) + Lags(Anogeia, 1:2)

Model 2: Spili ~ Lags(Spili, 1:2)

Res.Df Df F Pr(>F)

1 25

2 27 -2 4.4308 0.02254 *

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Στην περίπτωση αυτή οι βροχοπτώσεις στα Ανώγεια και το Σπήλι δεν εξαρτώνται η μία από την άλλη, επειδή και στις δύο περιπτώσεις $P < F$. Αυτό συμβαίνει επειδή οι δύο περιοχές είναι πολύ απομακρυσμένες. Το Τεστ Granger μας δίνει και μια ακόμη επαλήθευση της εγκυρότητας του αποτελέσματος.

```
> par(mfrow=c(2,2))
```

Warning message:

```
In par(mfrow = c(2, 2)) : "mfrow" is not a graphical parameter
```

```
> attach(data)
```

```
> plot.ts(Anogeia)
```

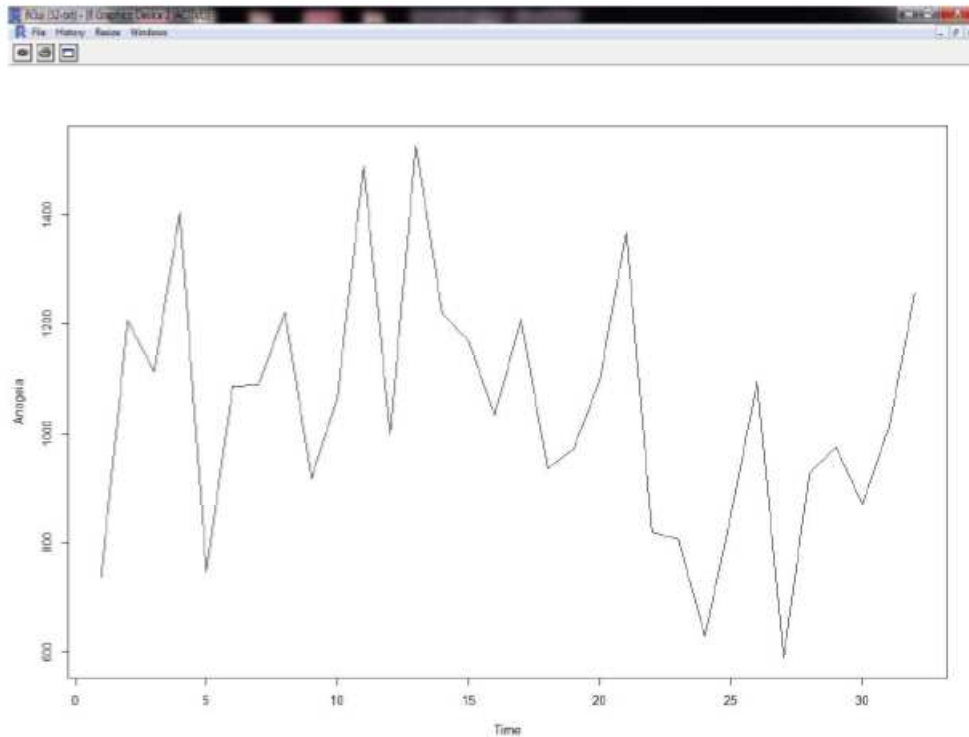


Figure 18. plot.ts anogeia

```
>plot.ts(Spili)
```

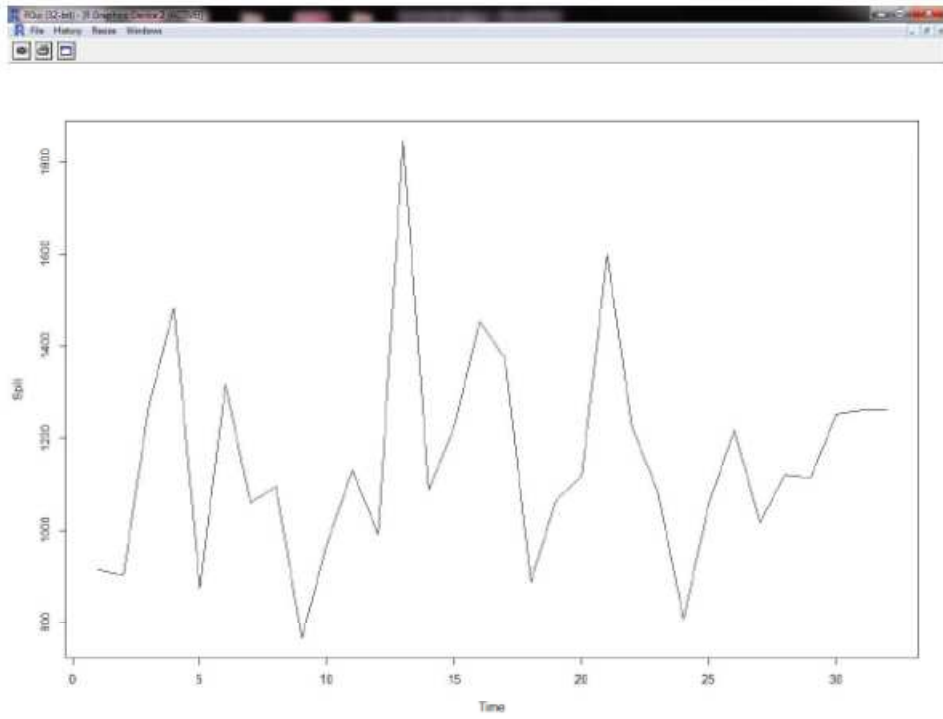


Figure 19. plot.ts spili

`>plot.ts(Anogeia,Spili)`

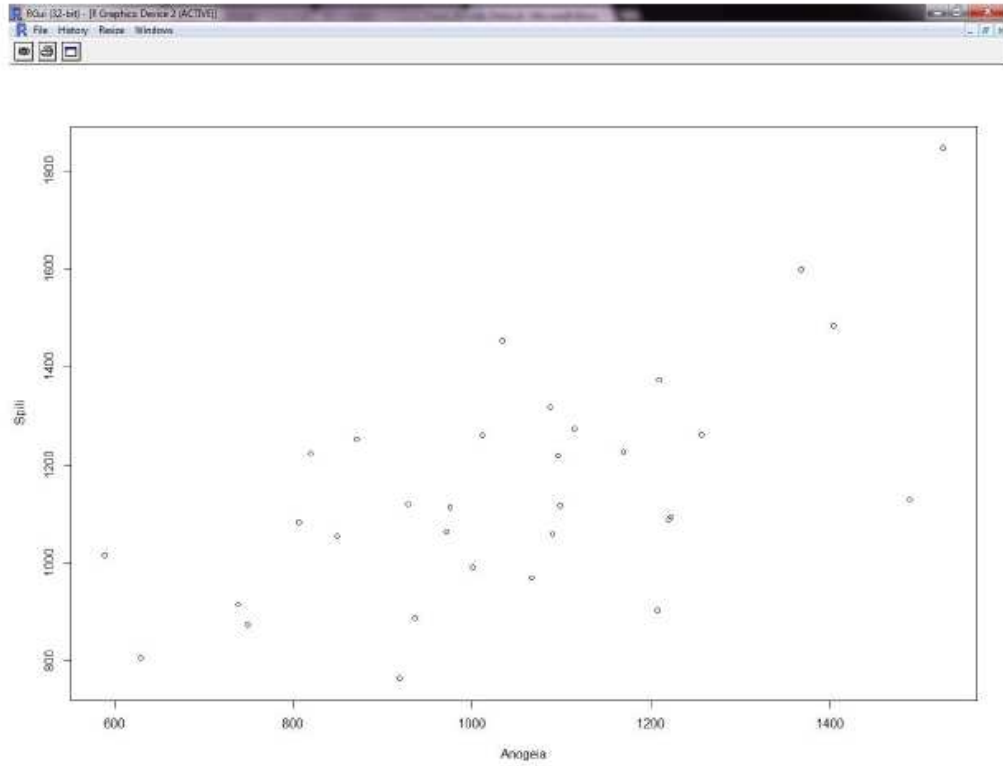


Figure 20.plot.ts anogeia spili

```
>plot.ts(Year,Anogeia)
```

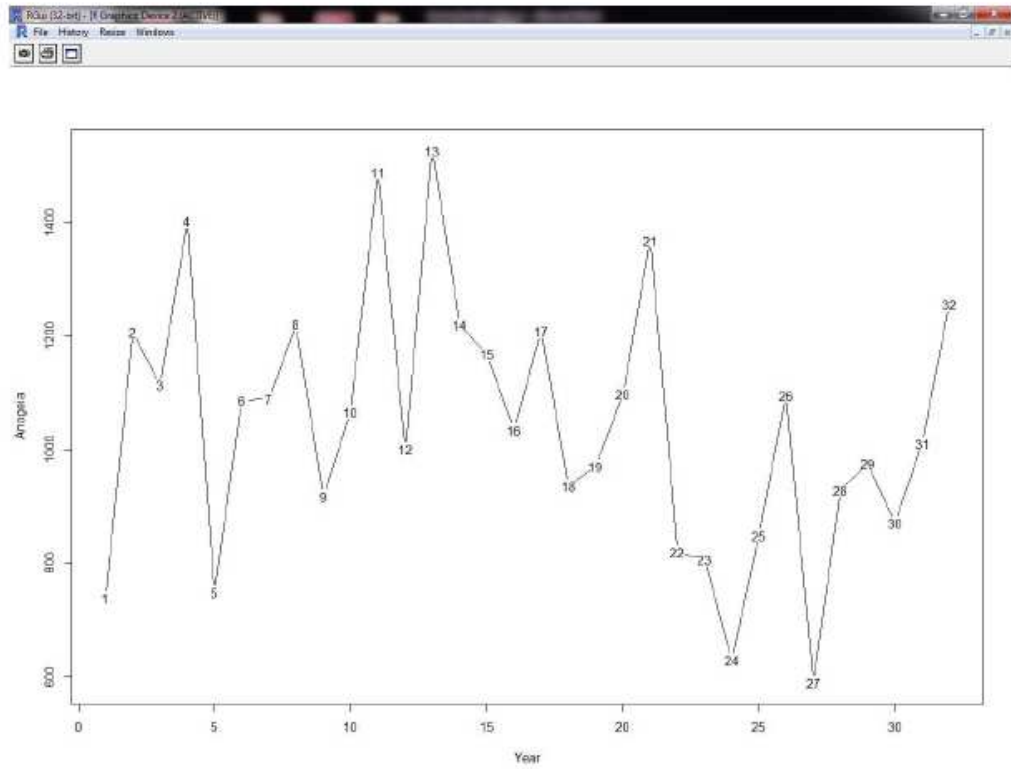


Figure 21. plot year, anogeia

```
>plot.ts(Year,Spili)
```

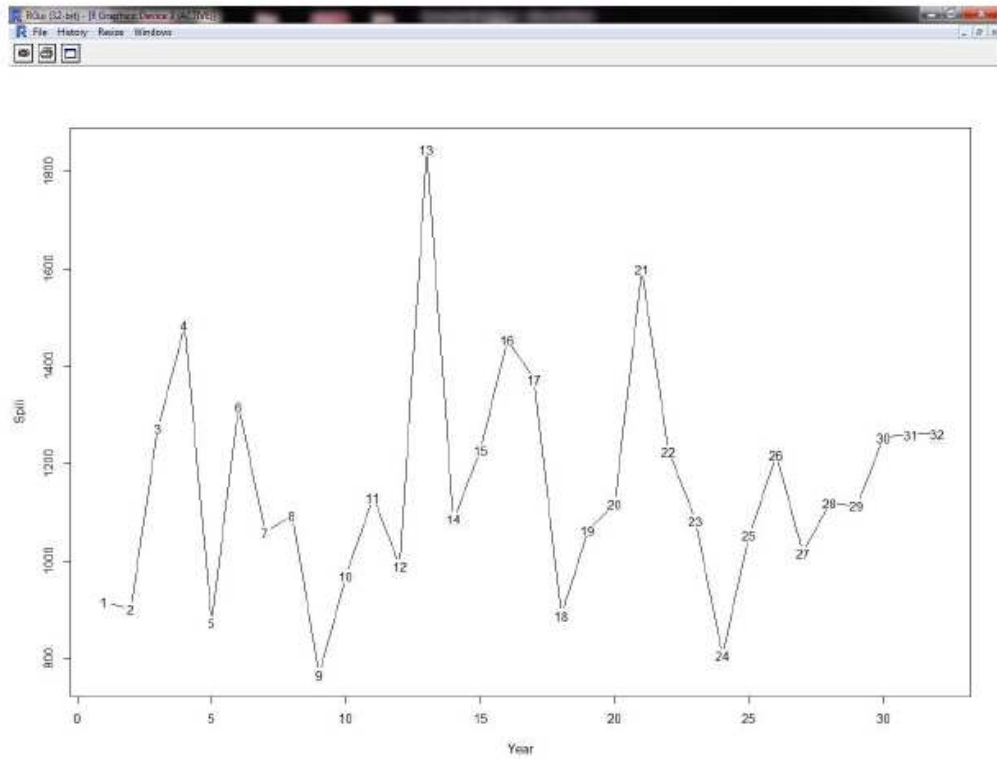


Figure 22plot.ts year spili

5.1.4. Δεδομένα από Άγιο Γεώργιο και Έξω Ποταμούς

Για την περίπτωση αυτή ισχύει το ίδιο:

Year	Agios	Exo
1966-67	926,3	1317
1967-68	1232,6	1665
1968-69	1487,6	2232
1969-70	1018,4	1079,7
1970-71	1236,7	1627,3
1971-72	1062,4	1210,5
1972-73	959,5	1512,5
1974-75	1119,9	1192
1975-76	1115,4	1685
1976-77	891	1555
1977-78	1467,1	1865
1978-79	1058,3	1592
1979-80	1255,1	1615
1980-81	1083,3	1192
1981-82	909,9	1029
1982-83	452,5	1148
1983-84	1173,1	1346
1984-85	875,6	1375
1985-86	646,3	606,5
1986-87	1271,1	1479,8
1987-88	1040,3	1094,5
1988-89	1021,5	1084,9
1989-90	700,2	731
1990-91	671,5	1015
1991-92	949	1283
1992-93	764,4	1067
1993-94	956,3	1307,5
1994-95	1608,5	1779,5
1995-96	1205,9	1183
1996-97	1269,5	2059
1997-98	1308,5	1695

Table 14. agio.exo



Figure 23. Crete, Agio Georgios-Exo Potamoi

Αλγόριθμος:

```
> install.packages("lmtest")
```

```
Κατεβάζοντας το πακέτο σε 'C:/Users/Papi/Documents/R/win-library/3.1'
(καθώς το 'lib' δεν διευκρινίζεται)
--- Επιλέξτε ένα CRAN mirror για το τμήμα αυτό ---
δοκιμάζοντας URL
'http://cran.mirror.garr.it/mirrors/CRAN/bin/windows/contrib/3.1/lmtest_0.9-33.zip'
Content type 'application/zip' length 280413 bytes (273 Kb)
opened URL
downloaded 273 Kb
Το πακέτο 'lmtest' κατέβηκε επιτυχώς και το MD5 sums ελέγχθηκε.
Τα αποθηκευμένα διπλά πακέτα βρίσκονται στο
C:\Users\Papi\AppData\Local\Temp\RtmpEP07Ec\downloaded_packages
> library(lmtest)
Loading required package: zoo
Attaching package: 'zoo'
Τα ακόλουθα αντικείμενα έχουν αλλάξει από 'package:base':
as.Date, as.Date.numeric
> data<-read.csv(file.choose())
> agio.exo<-read.csv(file.choose(),head=TRUE)
> agio.exo
```

Έτος Άγιος Έξω

1 1966-67 926.3 1317.0
2 1967-68 1232.6 1665.0
3 1968-69 1487.6 2232.0
4 1969-70 1018.4 1079.7
5 1970-71 1236.7 1627.3
6 1971-72 1062.4 1210.5
7 1972-73 959.5 1512.5
8 1974-75 1119.9 1192.0
9 1975-76 1115.4 1685.0
10 1976-77 891.0 1555.0
11 1977-78 1467.1 1865.0
12 1978-79 1058.3 1592.0
13 1979-80 1255.1 1615.0
14 1980-81 1083.3 1192.0
15 1981-82 909.9 1029.0
16 1982-83 452.5 1148.0
17 1983-84 1173.1 1346.0
18 1984-85 875.6 1375.0
19 1985-86 646.3 606.5
20 1986-87 1271.1 1479.8
21 1987-88 1040.3 1094.5
22 1988-89 1021.5 1084.9
23 1989-90 700.2 731.0
24 1990-91 671.5 1015.0
25 1991-92 949.0 1283.0

26 1992-93 764.4 1067.0
27 1993-94 956.3 1307.5
28 1994-95 1608.5 1779.5
29 1995-96 1205.9 1183.0
30 1996-97 1269.5 2059.0
31 1997-98 1308.5 1695.0

```
> grangertest(Agios~Exo,order=2,data=agio.exo)
```

Τεστ Αιτιότητας Granger

Model 1: $\text{Exo} \sim \text{Lags}(\text{Exo}, 1:2) + \text{Lags}(\text{Agios}, 1:2)$

Model 2: $\text{Exo} \sim \text{Lags}(\text{Exo}, 1:2)$

Res.Df Df F Pr(>F)

1 24

2 26 -2 0.4471 0.6447

Διαπιστώνουμε ότι οι Έξω Ποταμοί αποτελούν κατά Granger αιτία για τον Άγιο Γεώργιο, ωστόσο ο Άγιος Γεώργιος δεν αποτελεί κατά Granger αιτία για τους Έξω Ποταμούς.

Αν κάνουμε το εξής γράφημα:

```
> par(mfrow=c(2,2))
```

Warning message:

Στο `par(mfrow = c(2, 2))` : το "mfrow" δεν αποτελεί μια γραφηματική παράμετρο.

```
> attach(data)
```

```
> plot.ts(Agios)
```

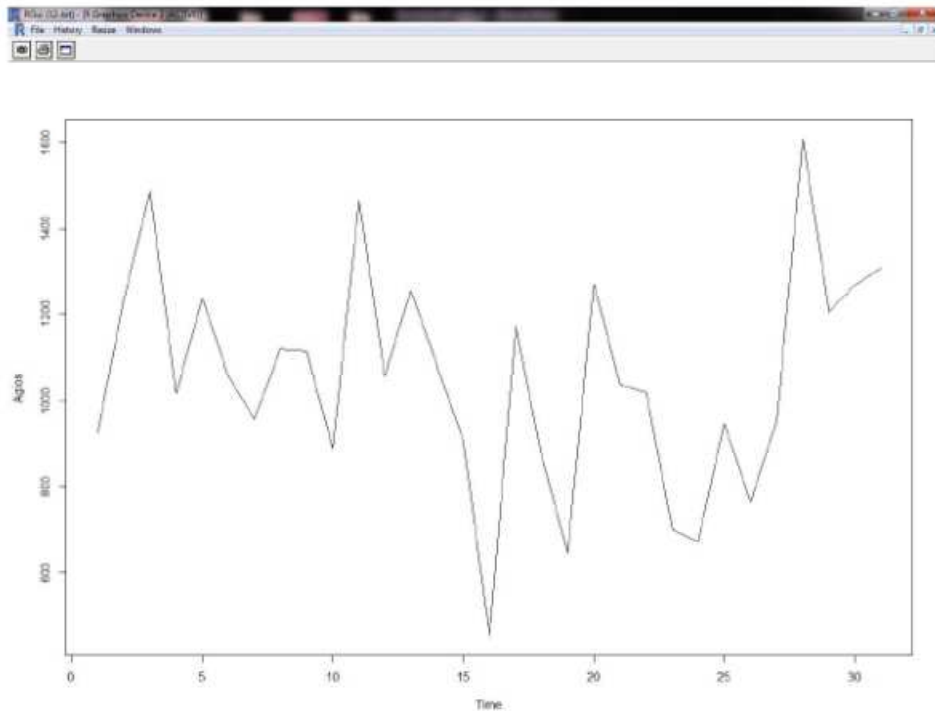


Figure 24. `plot.ts agios`

```
>plot.ts(Exo)
```

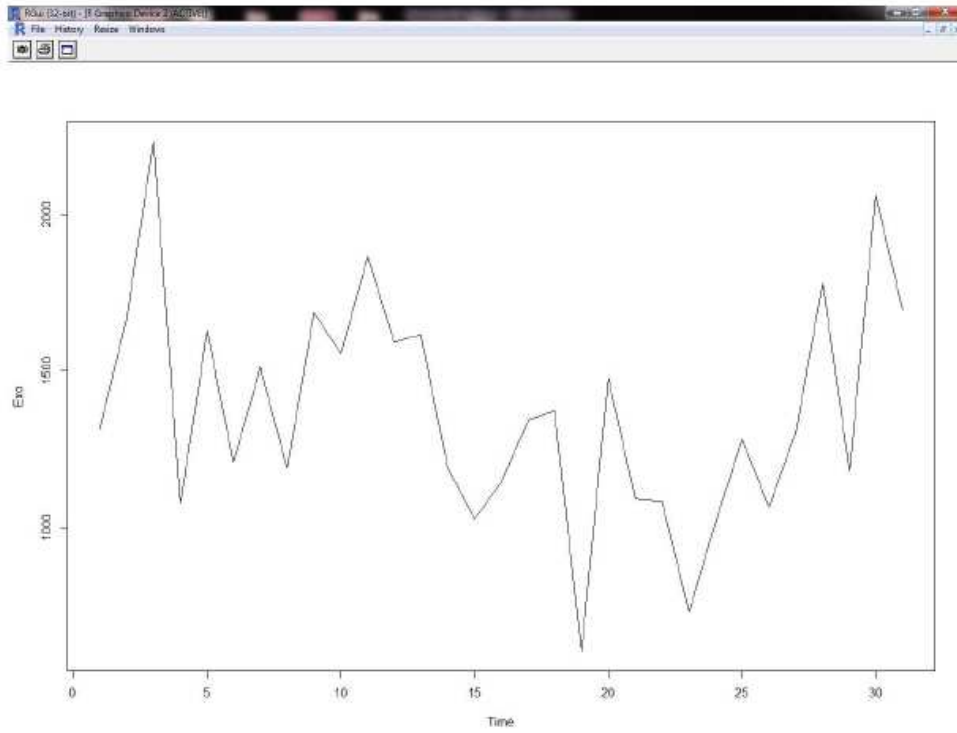


Figure 25.plot.ts exo

```
>plot(Agios,Exo)
```

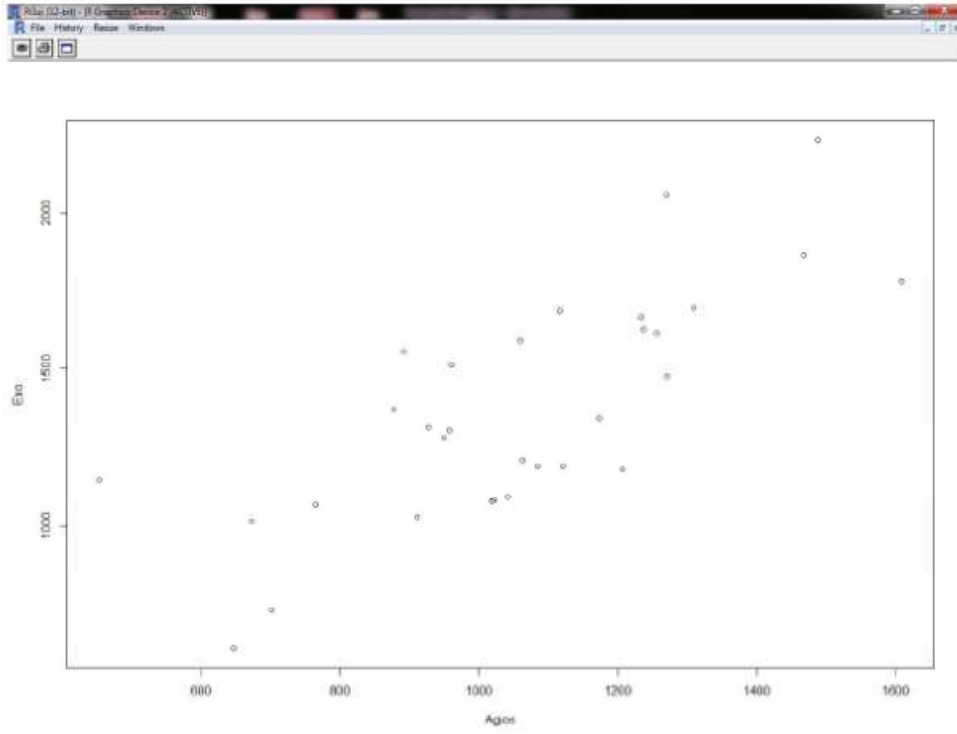


Figure 26.plot agio exo

```
>plot.ts(Year,Agios)
```

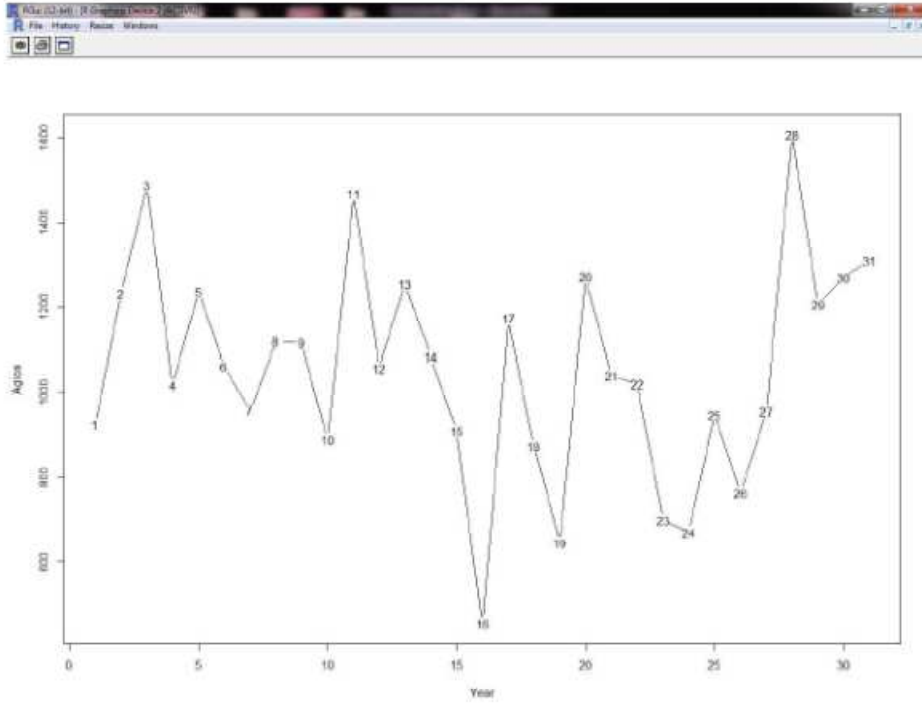


Figure 27.plot ts year agio

`>plot.ts(Year,Exo)`

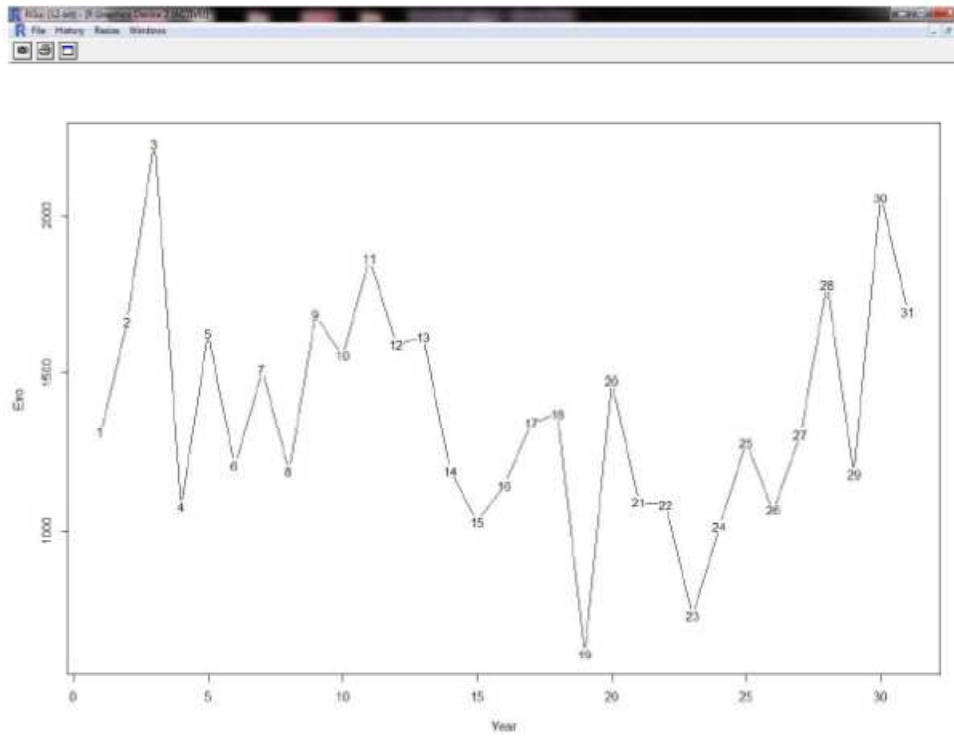


Figure 28. `plot.ts year exo`

5.1.5. Δεδομένα από Παλαιόκαστρο και Σητεία

Πίνακας:

Year	Palaiokastro	Siteia
1965-66	343,9	344
1966-67	590,6	457
1967-68	524,4	439
1968-69	675,2	581
1969-70	394,1	348
1970-71	489,4	504
1971-72	339,1	291,2
1972-73	517,8	519,6
1973-74	422,6	412
1974-75	490,2	502,1
1975-76	514,3	592,8
1976-77	320,7	277,9
1977-78	569,5	583,7
1978-79	556	440
1979-80	620,3	644,2
1980-81	447,8	562,2
1981-82	500,4	504,2
1982-83	267,2	345,4
1983-84	737,1	624,5
1984-85	482,1	561,1
1985-86	314,3	460,3
1986-87	763,1	876,5
1987-88	736	462
1988-89	548,9	401,9
1989-90	290,3	282,7
1990-91	603,1	408,4
1991-92	556	534,5
1992-93	389,9	313,6
1993-94	489,1	353,1
1994-95	737,2	502,3
1995-96	748,5	429,1
1996-97	421,4	447
1997-98	693,8	453,4
1998-99	644	472,5

Table 15. pala.site



Figure 29. Crete, Palaiokastro, Siteia

Αλγόριθμος:

```
> install.packages("lmtest")
```

Κατεβάζοντας το πακέτο σε:

```
'C:/Users/Pari/Documents/R/win-library/3.1'
```

(καθώς το 'lib' δεν διευκρινίζεται)

--- Επιλέξτε ένα CRAN mirror για το τμήμα αυτό ---

δοκιμάζοντας

URL

```
'http://cran.mirror.garr.it/mirrors/CRAN/bin/windows/contrib/3.1/lmtest_0.9-33.zip'
```

Content type 'application/zip' length 280413 bytes (273 Kb)

opened URL

downloaded 273 Kb

Το πακέτο 'lmtest' κατέβηκε επιτυχώς και το MD5 sums ελέγχθηκε.

Τα αποθηκευμένα διπλά πακέτα βρίσκονται σε:

```
C:\Users\Pari\AppData\Local\Temp\Rtmpcrz3aq\downloaded_packages
```

```
> library(lmtest)
```

Loading required package: zoo

Attaching package: 'zoo'

Τα ακόλουθα αντικείμενα έχουν αλλάξει από 'package:base':

```
as.Date, as.Date.numeric
```

```
> data<-read.csv(file.choose())  
> pala.site<-read.csv(file.choose(),head=TRUE)  
> pala.site
```

Έτος Παλαιόκαστρο Σητεία

1	1965-66	343.9	344.0
2	1966-67	590.6	457.0
3	1967-68	524.4	439.0
4	1968-69	675.2	581.0
5	1969-70	394.1	348.0
6	1970-71	489.4	504.0
7	1971-72	339.1	291.2
8	1972-73	517.8	519.6
9	1973-74	422.6	412.0
10	1974-75	490.2	502.1
11	1975-76	514.3	592.8
12	1976-77	320.7	277.9
13	1977-78	569.5	583.7
14	1978-79	556.0	440.0
15	1979-80	620.3	644.2
16	1980-81	447.8	562.2
17	1981-82	500.4	504.2
18	1982-83	267.2	345.4
19	1983-84	737.1	624.5
20	1984-85	482.1	561.1
21	1985-86	314.3	460.3

22	1986-87	763.1	876.5
23	1987-88	736.0	462.0
24	1988-89	548.9	401.9
25	1989-90	290.3	282.7
26	1990-91	603.1	408.4
27	1991-92	556.0	534.5
28	1992-93	389.9	313.6
29	1993-94	489.1	353.1
30	1994-95	737.2	502.3
31	1995-96	748.5	429.1
32	1996-97	421.4	447.0
33	1997-98	693.8	453.4
34	1998-99	644.0	472.5

```
> grangertest(Palaiokastro~Siteia,order=2,data=pala.site)
```

Τεστ Αιτιότητας Granger

Model 1: Palaiokastro ~ Lags(Palaiokastro, 1:2) + Lags(Siteia, 1:2)

Model 2: Palaiokastro ~ Lags(Palaiokastro, 1:2)

Res.Df Df F Pr(>F)

1 27

2 29 -2 0.3828 0.6856

```
> grangertest(Siteia~Palaiokastro,order=2,data=pala.site)
```

Τεστ Αιτιότητας Granger

Model 1: Siteia ~ Lags(Siteia, 1:2) + Lags(Palaiokastro, 1:2)

Model 2: Siteia ~ Lags(Siteia, 1:2)

Res.Df Df F Pr(>F)

1 27

2 29 -2 2.3651 0.1131

Αντιλαμβανόμαστε ότι το Παλαιόκαστρο προκαλεί κατά Granger την Σητεία, αλλά δεν συμβαίνει το αντίστροφο.

```
> par(mfow=c(2,2))
```

Warning message:

```
In par(mfow = c(2, 2)) : "mfow" is not a graphical parameter
```

```
> attach(data)
```

```
> plot.ts(Palaiokastro)
```

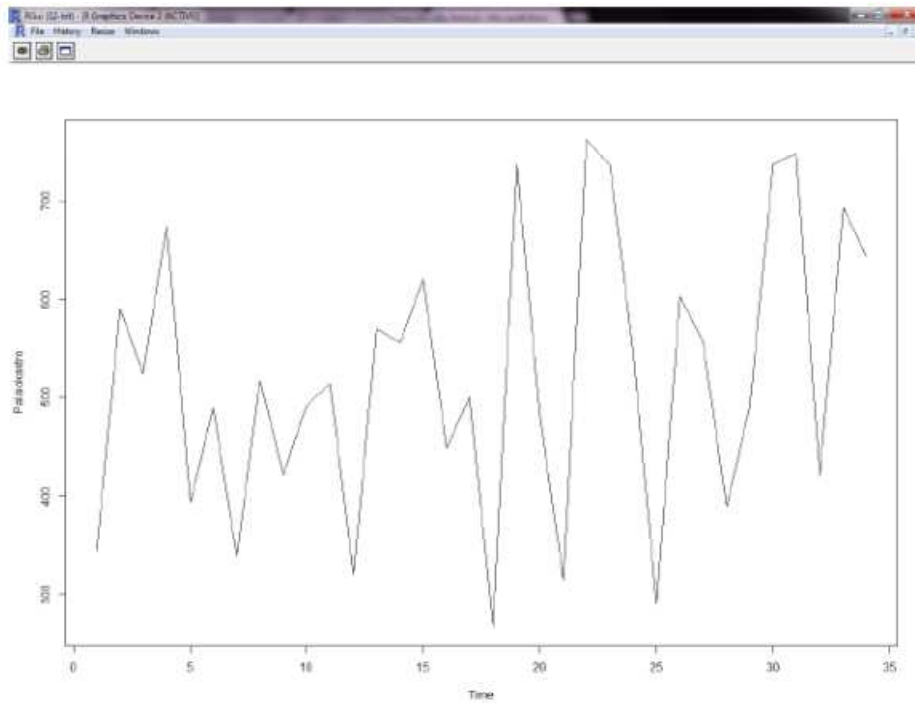


Figure 30.plot palaiokastro

`>plot.ts(Siteia)`

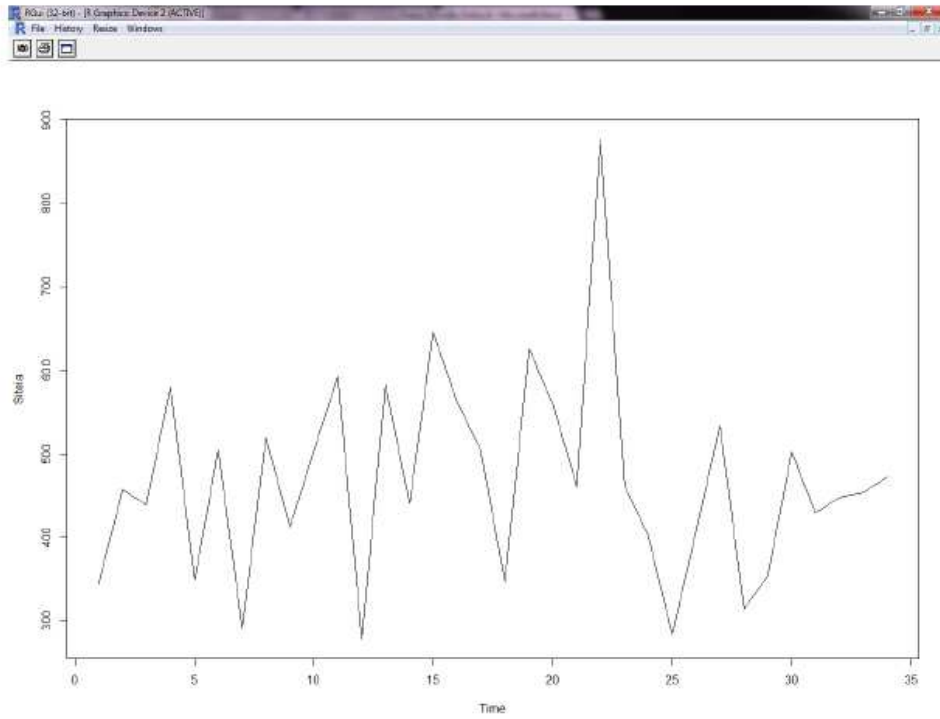


Figure 31. `plot.ts siteia`

`>plot(Palaiokastro,Siteia)`

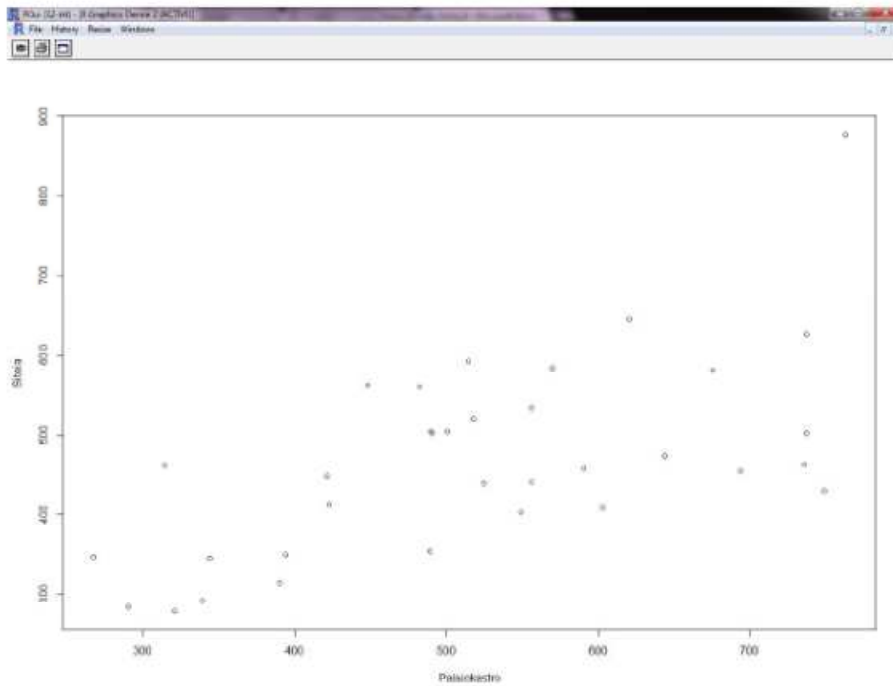


Figure 32. `plot, palaiokastro siteia`

`>plot.ts(Year,Palaiokastro)`

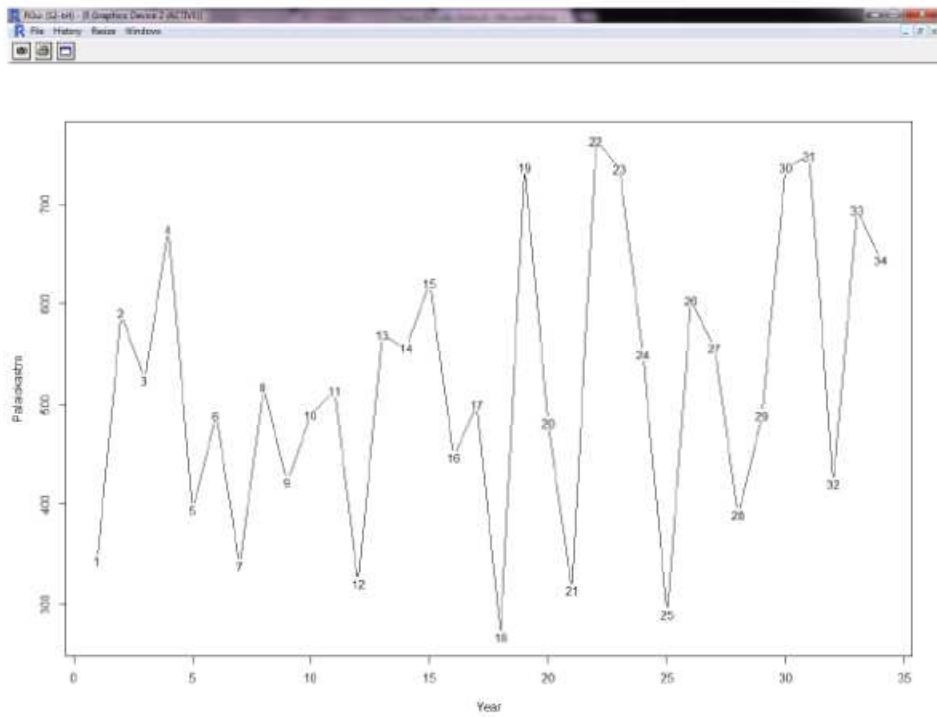


Figure 33. `plot.ts year, palaiokastro`

`>plot.ts(Year, Siteia)`

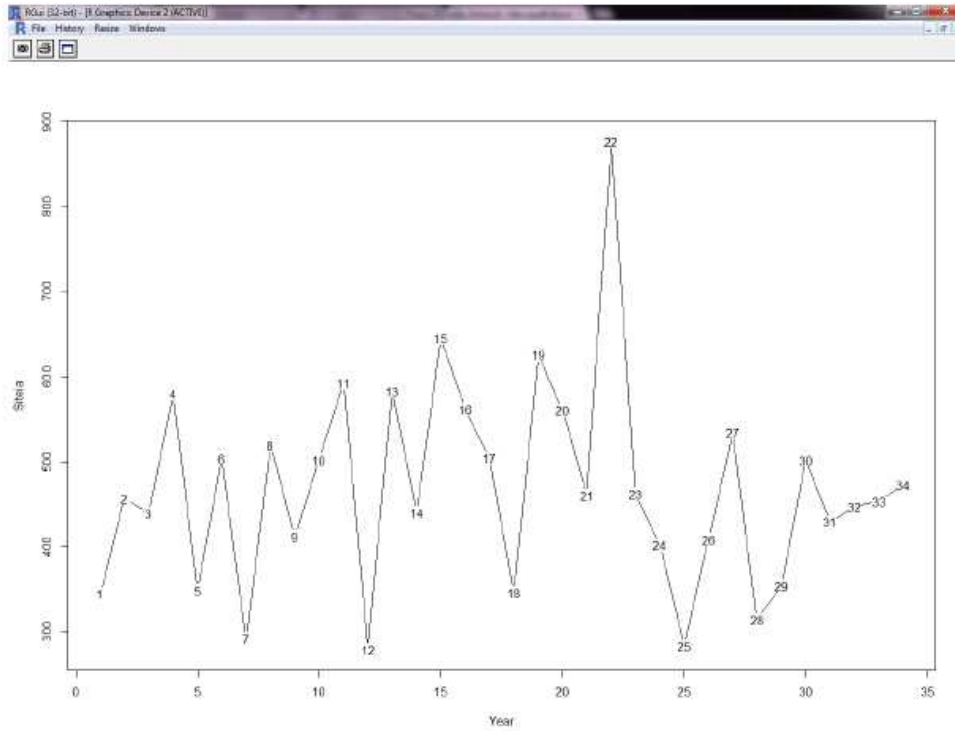


Figure 34. `plot.ts year siteia`

5.2. Συζήτηση

Ο στόχος της παρούσας εργασίας είναι να διαπιστώσει έναν μη διερευνηθέντα συσχετισμό μεταξύ των κλιματικών δεδομένων. Είναι σημαντικό να βρούμε νέους τρόπους χειρισμού των στοιχείων που συγκεντρώνονται, χρησιμοποιώντας διεπιστημονικές μεθόδους για να κατανοούμε την πολυπλοκότητα των συστημάτων που έχουμε στην διάθεσή μας. Αποφασίσαμε να χρησιμοποιήσουμε το Τεστ Αιτιότητας Granger με την μέθοδο-R και τα δεδομένα των βροχοπτώσεων στην περιοχή της Κρήτης. Με το R μπορούμε να ανοίξουμε το πακέτο “lmtest”, το οποίο εμπεριέχει το “grangertest”. Το εν λόγω τεστ μας επιτρέπει να επαναλάβουμε σε σύντομο χρονικό διάστημα και να δούμε με εύκολο τρόπο τα στοιχεία μας τα σχετικά με τις βροχοπτώσεις στην Κρήτη. Τα δεδομένα αυτά είναι παρουσιάζονται σποραδικά σε όλη την Κρήτη σε ένα χρονικό διάστημα 40 ετών [1964-1998]

Στην πρώτη περίπτωση μπορούμε να διαπιστώσουμε ότι τα Ασκύφου αποτελούν κατά Granger αιτία για τις Καλύβες, δεν συμβαίνει όμως το αντίθετο, επειδή στην πρώτη επανάληψη $Pr > F$, ενώ στην δεύτερη $Pr < F$.

Στον δεύτερο συσχετισμό, ανάμεσα στην Αγία Γαλήνη και τους Μελαμπές, έχουμε το ίδιο αποτέλεσμα: η Αγία Γαλήνη αποτελεί κατά Granger αιτία για τους Μελαμπές, αλλά οι Μελαμπές δεν προκαλούν κατά Granger την Αγία Γαλήνη.

Η τρίτη περίπτωση είναι πράγματι ενδιαφέρουσα επειδή τα Ανώγεια δεν αποτελούν κατά Granger αιτία για το Σπήλι, και το Σπήλι δεν αποτελεί κατά Granger αιτία για τα Ανώγεια. Η απάντηση που έχουμε για το συγκεκριμένο αποτέλεσμα είναι το ότι οι δύο περιοχές δεν βρίσκονται σε κοντινή απόσταση μεταξύ τους ώστε να επηρεάζει η μία την άλλη. Έτσι, όταν επιλέγουμε περιοχές θα πρέπει να λαμβάνουμε υπόψη την μεταξύ τους απόσταση.

Στην τέταρτη περίπτωση, του Αγίου Γεωργίου και των Έξω Ποταμών, διαπιστώνουμε ότι οι Έξω Ποταμοί αποτελούν κατά Granger αιτία για τον Άγιο Γεώργιο, ωστόσο ο Άγιος Γεώργιος δεν αποτελεί κατά Granger αιτία για τους Έξω Ποταμούς.

Στην πέμπτη περίπτωση, όπως και στην πρώτη και στην δεύτερη, το Παλαιόκαστρο αποτελεί κατά Granger αιτία για την Σητεία.

Η υποθετική αιτιακή σχέση ανάμεσα στις βροχοπτώσεις δεν είναι εύκολο να επαληθευτεί στην πράξη, επειδή είναι δύσκολο να εδραιωθεί ένας εφικτός ορισμός αιτιότητας σε ένα μη-πειραματικό περιβάλλον. Με την συγκεκριμένη μέθοδο όμως δημιουργούμε σχέση στατιστικής φύσης.

Η παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε στη βάση 10 διαφορετικών περιοχών, με αποτέλεσμα να είναι δυνατόν στον μελετητή να δημιουργήσει μια σχέση εξάρτησης ανάμεσα στις ποικίλες σειρές των κλιματικών δεδομένων.

Είναι ουσιαστικό το να κατανοήσουμε ότι η συγκεκριμένη έρευνα είναι η αρχή μιας σημαντικής έρευνας πάνω στα κλιματικά δεδομένα. Μπορούμε να δημιουργήσουμε σχέσεις και ανάμεσα σε άλλους τύπους στοιχείων. Αν τα συγκρινόμενα δεδομένα είναι ίδια, όπως βροχόπτωση με βροχόπτωση, θερμοκρασία με θερμοκρασία, πρέπει να χρησιμοποιήσουμε το Granger Test, όπως δείχνει η παρούσα εργασία. Αν συγκρίνουμε διαφορετικούς τύπους χρονοσειρών, όπως για παράδειγμα βροχόπτωση με εξάτμιση νερού από το έδαφος και παρεμφερή, θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε ένα πολυμεταβλητό Granger Test.

Η μελέτη αυτή μας καλεί να διερευνήσουμε το Granger Test και την μέθοδο-R για την ανάλυση κλιματικών δεδομένων, ώστε να δημιουργήσουμε μια σχέση που να μας επιτρέπει να προστατεύουμε τον πληθυσμό αποτρέποντας τις καταστροφές που απρόσμενα καιρικά γεγονότα θα μπορούσαν να επιφέρουν.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η συγκεκριμένη εργασία ανακαλύπτει έναν μη διερευνηθέντα συσχετισμό ανάμεσα στα κλιματικά δεδομένα. Πριν την μελέτη αυτή δεν γνωρίζαμε το αποτέλεσμα, επειδή η Αιτιότητα Granger, το R και τα κλιματικά δεδομένα δεν είχαν ποτέ παραλληλιστεί. Πρόκειται πράγματι για μια καινοτόμα δουλειά. Στις προηγούμενες σελίδες δημιουργήσαμε ένα μοντέλο καιρικής πρόβλεψης και παρουσιάσαμε τον αλγόριθμο που είναι απαραίτητος ώστε να δημιουργηθεί σχέση ανάμεσα στις βροχοπτώσεις, μέσα από διαφορετικές παραδειγματικές περιπτώσεις δεδομένων από βροχοπτώσεις στην περιοχή της Κρήτης, στην Ελλάδα. Μπορούμε να προσδιορίσουμε αν η βροχόπτωση της περιοχής X αποτελεί αιτία για την βροχόπτωση στην περιοχή Y. Ο καθένας με αυτή την έκθεση μπορεί να διερευνήσει και να κατανοήσει το Τεστ Αιτιότητας Granger και την γλώσσα-R (το R είναι ένα λογισμικό ανοιχτού κώδικα). Το εν λόγω τεστ μας επιτρέπει να επαναλάβουμε σε μικρό χρονικό διάστημα και να έχουμε μια εύκολη εποπτεία των δεδομένων που έχουμε στην διάθεσή μας σχετικά με τις βροχοπτώσεις στην Κρήτη. Τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης δείχνουν ότι σε τέσσερις περιπτώσεις διαπιστώνεται πως η X περιοχή προκαλεί κατά Granger την Y, το αντίστροφο ωστόσο δεν συμβαίνει· στην τρίτη περίπτωση όμως (Ανώγεια – Σπήλι) ανακαλύπτουμε ότι αν οι περιοχές είναι απομακρυσμένες η μία από την άλλη, δεν υπάρχει μεταξύ τους εξάρτηση. Όλα τα αποτελέσματα μας δείχνουν ότι είναι δυνατόν να εφαρμόσουμε το Granger Test σε κλιματικά δεδομένα ώστε να διερευνήσουμε διαφορετικούς τύπους σχέσης ανάμεσα σε χρονοσειρές. Έτσι, με αυτήν την εργασία έχουμε αποδείξει τον στόχο που τέθηκε στην αρχή της.

Η συγκεκριμένη έρευνα αποτελεί την αρχή για μια προηγουμένως άγνωστη προσέγγιση στο πλαίσιο της μελέτης του κλίματος. Μπορούμε να πραγματοποιήσουμε μελέτες διαφορετικών ειδών, που μας επιτρέπουν να αναλύσουμε τα δεδομένα με διαφορετικούς και ποικίλους τρόπους, οι οποίοι δεν είχαν εφαρμοστεί στο παρελθόν και να δημιουργήσουμε σχέσεις που θα μας βοηθήσουν να επεξεργαστούμε με λεπτομέρειες και να κατανοήσουμε τα ατμοσφαιρικά φαινόμενα.

Εξαιτίας αυτού του τύπου προσέγγισης των ατμοσφαιρικών δεδομένων, μπορούμε να δημιουργήσουμε σχέσεις που μας επιτρέπουν να προστατεύουμε τον πληθυσμό αποτρέποντας καταστροφές που οι καιρικές συνθήκες θα επέφεραν. Αν χρησιμοποιήσουμε διαφορετικά δεδομένα με πολυμεταβλητό Τεστ Αιτιότητας και R, μπορούμε να

διαπιστώσουμε το πόσο ο καιρός βλάπτει τον πλανήτη μας. Είναι ουσιαστικό να κατανοήσουμε το ότι αυτή η εργασία αποτελεί την αρχή μιας σημαντικής έρευνας πάνω στα κλιματικά δεδομένα. Η σχέση ανάμεσα σε Granger, R και κλιματικά στοιχεία είναι πράγματι σημαντική για τη μελέτη του καιρού.

7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- (1) Brunt David (2011). *Physical and Dynamical Meteorology*, Cambridge.
- (2) Schultz D. M., (2010) *How to research and write effective case studies in meteorology*. *Electronic J. Severe. Storms Meteor.*, 5 (2), 1–18.
- (3) Beniston M., Stephenson D. B., Christensen O.B. , Ferro C.A.T., Frei C., Goyette S., Halsnaes K., Holt T., Jylha K., Koffi B., Palutikof J., Scholl R., Semmler T., Woth K. (2007). *Future extreme events in European climate: an exploration of regional climate model projections*, Springer Science.
- (4) Bilancia Massimo, Vitale Domenico (2011). *Granger causality analysis of bivariate climatic time series: a note on the role of CO2 emission in global climate warming*.
- (5) Anderson T. W., (2011). *The Statistical Analysis of Time Series*, Jhon Wiley & Sons.
- (6) Smirnov Dmitry A., Mokhov Igor I. (2009). *From Granger causality to long-term causality: Application to climatic data*, The American Physical Society.
- (7) Chu Tianjiao, Danks David, Glymour Clark (2005). *Data Driven Methods for Nonlinear Granger Causality: Climate Teleconnection Mechanisms*, Technical Report No. CMU-PHIL-171.
- (8) Triacca Umberto (2005). *Is Granger causality analysis appropriate to investigate the relationship between atmospheric concentration of carbon dioxide and global surface air temperature?*, *Theoretical and Applied Climatology*, 81, 133-135.
- (9) Salvucci Guido D., Saleem Jennifer A., Kaufmann Robert (2002). *Investigating soil moisture feedbacks on precipitation with tests of Granger causality*, Elsevier Science, *Advance in Water Resource*, 1305-1312.
- (10) Weart Spencer R. (2005). *The Discovery of Global Warming*, Harvard University.
- (11) Granger CWJ (1969). *Investigating casual relation by econometric models and cross-spectral methods*, *Econometrica*, 37, 424-438.
- (12) Granger CWJ, Lee TH (1989). *Investigation of production, sales and inventory relationship using multicointegration and non-symmetric error correction models*, *Journal of Applied Econometrics*, 4, 145-159.
- (13) Granger CWJ, Huang Bwo-Nung, Yang Chin-Wei (2000). *A bivariate causality between stock prices and exchange rates: evidence from recent Asian flu*, *The Quarterly Review of Economics and Finance* 40, 337–354.
- (14) Soupios Pantelis, Sarris Apostolos, Papadakis Giorgos, Papazoglou Michalis, Vallianatos Filippos, Makris Jhon P. (2011). *Compilation of Relational Digital Database for Monitoring and Management of Geo-Environmental Data in Crete Region*,
- (15) Xystrakis Fotios, Matzarakis Andreas (2010). *The importance of meteorological variables in the bias of Potential evapotranspiration estimates in Crete, southern Greece*, *Ber. Meteorol. Inst. Univ. Freiburg* No. 20, 96-100.

- (16)Koutroulis Aristeidis G., Tsanis Ioannis K., Daliakopoulos Ioannis N. (2010). *Seasonality of floods and their hydrometeorologic characteristics in the island of Crete*, Journal of Hydrology 394,90-100.
- (17)Insightful Corp (2003). *S-PLUS Version 6.2*. Seattle, WA. URL <http://www.insightful.com/>
- (18)SAS Insitute Inc (2003). *The SAS System, Version 9.1*. Cary, NC. Url <http://www.sas.com/> .
- (19)SPSS Inc. (2006). *SPSS for Windows, Release 15*. SPSS Inc., Chicago, IL. URL <http://www.spss.com/> .
- (20)The MathWorks, Inc (2007). *MATLAB – The Language of Thecnical Computing, Verison 7.5*. The MathWorks, Inc., Natick, Massachusetts. URL <http://www.mathworks.com/products/matlab/> .
- (21)Bivand Roger (2010). *Exploiting Parallelization in Spatial Statistics: an Applied Survey using R*, Norwegian School of Economics and Business Administration.
- (22)Paul shyamal, Bhattacharya Rabindra N. (2004). *Causality between energy consumption and economic growth in India: a note on conflicting results*, Elsevier, Energy Economics 26, 977-983.