

ΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΚΑΤΑΚΡΗΜΝΙΣΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΟΡΕΙΝΗΣ ΧΑΛΚΙΔΙΚΗΣ

Καστρίδης Αριστείδης, Στάθης Δημήτριος

Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Σχολή Δασολογίας και Φυσικού
Περιβάλλοντος,

Εργαστήριο Διευθέτησης Ορεινών Υδάτων, 54124 Θεσσαλονίκη

Email: akastrid@for.auth.gr, dstatis@for.auth.gr

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία αναλύονται οι χρονοσειρές βροχόπτωσης των Μετεωρολογικών Σταθμών Αρναίας και Ταξιάρχη του Νομού Χαλκιδικής, με σκοπό την εξαγωγή συμπερασμάτων για την πιθανή επίδραση της κλιματικής αλλαγής στην ορεινή Χαλκιδική. Επίσης, αναλύονται οι χρονοσειρές μέγιστων βροχοπτώσεων 24ώρου και των ημερών βροχόπτωσης ανά έτος. Καταγράφηκε αύξηση των ετήσιων κατακρημνισμάτων, ενώ παράλληλα ο αριθμός των ημερών βροχόπτωσης παρέμεινε αμετάβλητος. Κατά συνέπεια, περισσότερα χιλιοστά βροχής «έπεσαν» σε ίδιο αριθμό ημερών βροχόπτωσης σε σχέση με το παρελθόν, πράγμα που οδηγεί σε αυξημένη έντασης βροχοπτώσεις και αυξημένη επικινδυνότητα για πλημμυρικά φαινόμενα. Τα παραπάνω συμπεράσματα ενισχύονται και από την ανάλυση των μέγιστων βροχοπτώσεων 24ώρου, οι οποίες έχουν αυξηθεί κατά την περίοδο των παρατηρήσεων. **Λέξεις κλειδιά:** κατακρημνίσματα, κλιματική αλλαγή, πλημμυρικά φαινόμενα, χρονοσειρές, Χαλκιδική

CHARACTERISTICS OF PRECIPITATION IN MOUNTAINOUS AREA OF CHALKIDIKI

Kastridis Aristidis, Stathis Dimitrios

Aristotle University of Thessaloniki, Wood Products Laboratory

Abstract

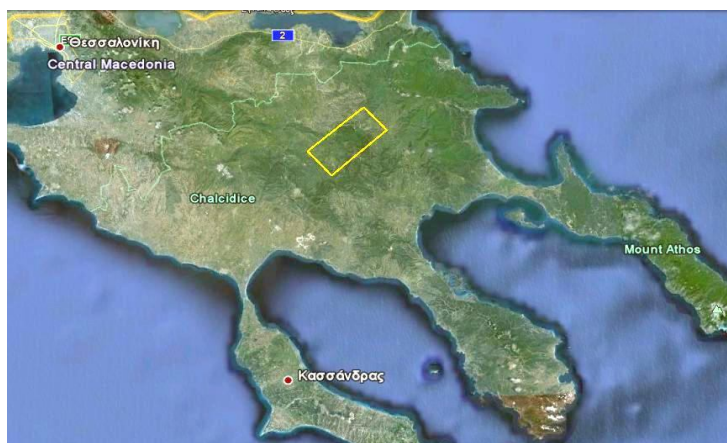
In the present research, long-term precipitation time series of Meteorological Stations of Taxiarchis and Arnaia in Chalkidiki Prefecture are examined. The aim of the study is to determine the probable influence of the climatic change in the region of the mountainous Chalkidiki. Additionally, the long-term precipitation time series of the 24hour maximum rainfall and respective series of the raining days per year were also examined. According to the results, an intense increase of the annual precipitation was recorded, while the annual raining days remained stable. Consequently, much increased annual precipitation, compared to the past, were detected and measured in the same number of days. This fact undoubtedly immerses more intense rainfalls and therefore, generates increased possibility for flood phenomena. To these conclusions also contribute the results of the 24hour maximum rainfall analysis, which presented an intense increase during the recording period.

Key words: precipitation, climatic change, flood phenomena, long-term precipitation time series, Chalkidiki

Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια, διατυπώνεται από διάφορους μελετητές, τόσο στο εξωτερικό, όσο και στη χώρα μας, η άποψη ότι το κλίμα σταδιακά αλλάζει. Όσον αφορά στη χώρα μας, η κυρίαρχη άποψη είναι ότι η ετήσια ποσότητα των κατακρημνισμάτων μειώνεται, ενώ η θερμοκρασία σημειώνει αύξηση (Στάθης και άλλοι 2000, Στάθης 2005, Στάθης 2008, Stathis and Maniatis 2009). Επιπλέον, έχουν εκπονηθεί μελέτες όπου γίνεται προσπάθεια να προβλεφθούν μελλοντικά κλιματικά σενάρια και να προσδιοριστεί το κόστος αυτών των κλιματικών αλλαγών (Παπανικολάου και Διακάκης, 2011). Επίσης, έχει παρατηρηθεί σε ορισμένες περιοχές της Μεσογείου και της χώρας μας, η ετήσια βροχόπτωση να παραμένει σταθερή στη διάρκεια των χρόνων, ενώ καταγράφεται μείωση των ημερών βροχόπτωσης. Το παραπάνω γεγονός έχει ως αποτέλεσμα, τα κατακρημνίσματα να συγκεντρώνονται σε λιγότερο αριθμό ημερών, με συνέπεια να αυξάνονται οι μέγιστες βροχοπτώσεις 24ώρου και κατ' επέκταση να αυξάνεται η επικινδυνότητα εμφάνισης πλημμυρικών γεγονότων (De Luis et al. 2001, Maas and Macklin 2002, Paz and Kutiel 2003, Wittenberg et al. 2007).

Στην παρούσα εργασία αναλύονται οι χρονοσειρές βροχόπτωσης των Μετεωρολογικών Σταθμών Ταξιάρχη και Αρναίας του Νομού Χαλκιδικής, με σκοπό την εξαγωγή συμπερασμάτων σε σχέση με την πιθανή επίδραση της κλιματικής αλλαγής στην περιοχή της ορεινής Χαλκιδικής. Επίσης, αναλύονται οι μέγιστες βροχοπτώσεις 24ώρου και οι μέρες βροχόπτωσης ανά έτος. Η συγκεκριμένη μελέτη έχει ιδιαίτερη σημασία, διότι στην συγκεκριμένη περιοχή (εικόνα 1) αναπτύσσεται το Πανεπιστημιακό Δάσος του Ταξιάρχη, το οποίο αποτελεί αντικείμενο πρότυπης διαχείρισης για την πρακτική άσκηση των φοιτητών της Σχολής Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος του Α.Π.Θ. Επιπλέον, ο ορεινός όγκος του Ταξιάρχη αποτελεί την αρχή δεκάδων χειμαρρικών ρευμάτων, τα οποία διαπερνούν οικισμούς της Βόρειας και Κεντρικής Χαλκιδικής και πολύ συχνά προκαλούν έντονα πλημμυρικά φαινόμενα και καταστροφές.



Εικόνα 1. Περιοχή έρευνας Picture 1. Research area

Υλικά και Μέθοδοι

Τα μετεωρολογικά στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία προέρχονται από τους Μετεωρολογικούς Σταθμούς Ταξιάρχη και Αρναίας. Χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος των ελαχίστων τετραγώνων, με σκοπό την εύρεση των

γραμμών τάσεων, οι οποίες αποτυπώνουν την εξέλιξη των κατακρημνισμάτων, των ημερών βροχόπτωσης και των μέγιστων βροχοπτώσεων 24ώρου στη διάρκεια της περιόδου των παρατηρήσεων. Επίσης, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος στατιστικού ελέγχου Mann-Kendall με σκοπό το προσδιορισμό του επιπέδου σημαντικότητας της πιθανής κλιματικής αλλαγής, που σημειώνεται κατά την περίοδο των παρατηρήσεων. Για τα μετεωρολογικά δεδομένα που προέρχονται από τον Μ.Σ. Ταξιάρχη, η περίοδος παρατηρήσεων είναι κατά το χρονικό διάστημα 1974 – 2007 και για τον Μ.Σ. Αρναίας η περίοδος παρατηρήσεων είναι 1974 – 2007 για τα κατακρημνίσματα, 1987 – 2007 για τις μέρες βροχόπτωσης και για τις μέγιστες βροχοπτώσεις 24ώρου.

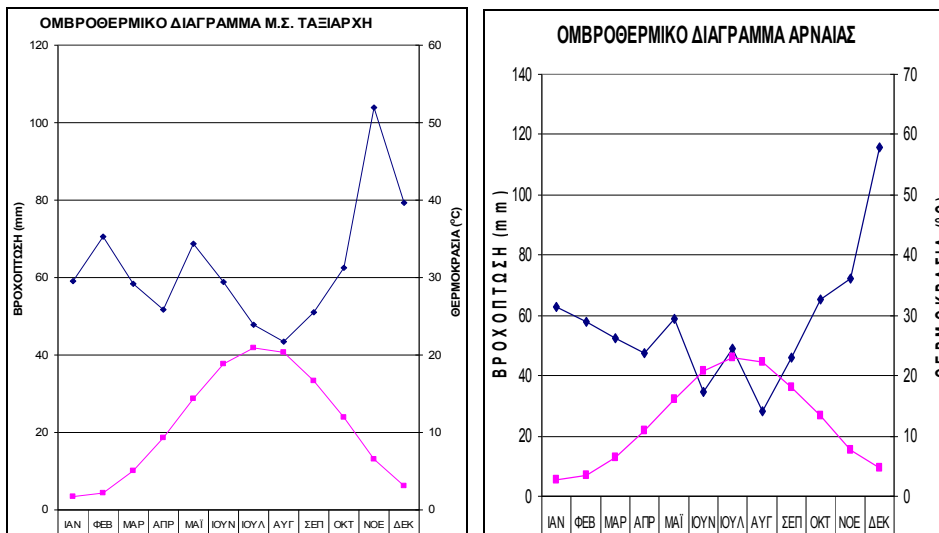
Αποτελέσματα – Συζήτηση

Σύμφωνα, με την κατάταξη Köppen, για τον μετεωρολογικό σταθμό του Ταξιάρχη, το κλίμα της περιοχής κατατάσσεται ως **Cfb**, δηλαδή κλίμα θαλάσσιο με θερμά καλοκαίρια, ήπιους χειμώνες και υγρές όλες τις εποχές του έτους. Όσον αφορά στο ομβροθερμικό διάγραμμα του μετεωρολογικού σταθμού του Ταξιάρχη (σχήμα 1), παρατηρεί κανείς ότι δεν τέμνονται οι δύο καμπύλες σε κανένα μήνα του έτους, πράγμα που σημαίνει ότι δεν υπάρχει ξηροθερμική περίοδος. Το κλίμα της περιοχής, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, είναι υγρό, το ετήσιο ύψος βροχόπτωσης κατανέμεται στους μήνες περίπου ομοιόμορφα, παρουσιάζοντας τρία μέγιστα, τους μήνες Νοέμβριο, Φεβρουάριο και Μάιο. Η μικρότερη τιμή μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης καταγράφεται τον μήνα Αύγουστο.

Όσον αφορά στον μετεωρολογικό σταθμό της Αρναίας, το κλίμα της περιοχής κατατάσσεται ως **Csa**, δηλαδή πρόκειται για κλίμα της ενδοχώρας της Μεσογείου με πολύ θερμά και ξηρά καλοκαίρια και ήπιους χειμώνες. Στο ομβροθερμικό διάγραμμα του μετεωρολογικού σταθμού Αρναίας (σχήμα 2) παρατηρείται μικρής διάρκειας ξηροθερμική περίοδος κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Πιο συγκεκριμένα, η καμπύλη της μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης και η καμπύλη της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας τέμνονται τους μήνες Ιούνιο και Αύγουστο, όπου και παρουσιάζονται οι ελάχιστες τιμές της μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης. Αξίζει να αναφερθεί, ότι ο μήνας Ιούλιος παρουσιάζει ένα μικρό μέγιστο στην βροχόπτωση, διακόπτοντας την ξηροθερμική περίοδο. Η μέγιστη τιμή μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης καταγράφεται τον μήνα Δεκέμβριο.

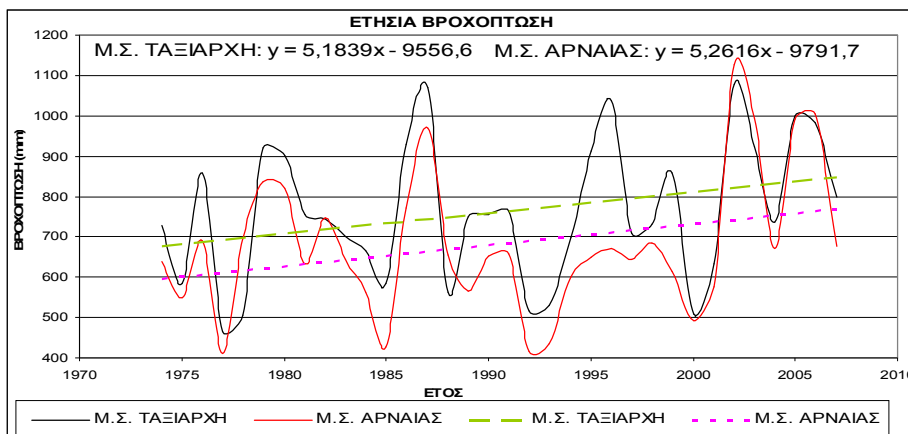
Και για του δύο μετεωρολογικούς σταθμούς η θερμοκρασία ακολουθεί την πορεία που παρουσιάζει γενικά το μεσογειακό κλίμα, με τις χαμηλότερες θερμοκρασίες να καταγράφονται τους χειμερινούς μήνες, με ελάχιστη τιμή μέσης θερμοκρασίας τον Ιανουάριο, ενώ η μέγιστη τιμή καταγράφεται τον μήνα Ιούλιο.

Η περίοδος παρατηρήσεων των ετήσιων βροχοπτώσεων είναι κοινή για τους δύο μετεωρολογικούς σταθμούς από το 1974 – 2007. Όσον αφορά στον Μ.Σ. του Ταξιάρχη, ο μέσος όρος των κατακρημνισμάτων είναι 762 mm, η τυπική απόκλιση 173 mm και ο συντελεστής μεταβλητότητας 22,74%. Για τον Μ.Σ. της Αρναίας ο μέσος όρος των κατακρημνισμάτων είναι 682 mm, η τυπική απόκλιση 176 mm και ο συντελεστής μεταβλητότητας 25,75%.



Σχήμα 1, 2. Ομβροθερμικά διαγράμματα Ταξιάρχη και Αρναίας.
Figure 1, 2. Precipitation – temperature diagrams of Taxiarchis and Arnaia

ΑΝΑΛΥΣΗ ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΩΝ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΚΑΙ ΗΜΕΡΩΝ ΒΡΟΧΗΣ



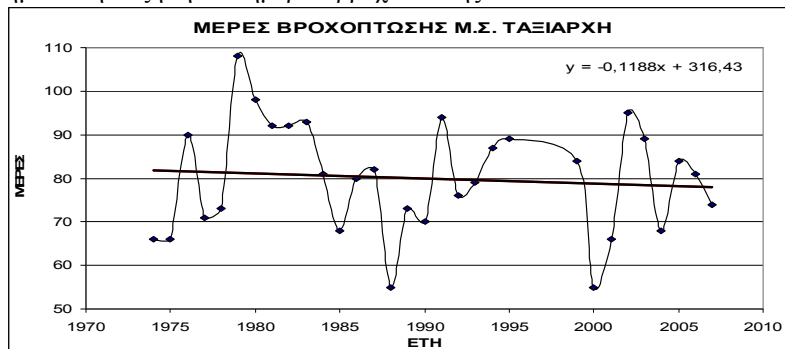
Σχήμα 3. Η τάση των χρονοσειρών των Μ.Σ. του Ταξιάρχη και της Αρναίας
Figure 3. Time series trend of precipitation of M.S. Taxiarchis and Arnaia

Στο σχήμα (3) γίνεται προσπάθεια να αποτυπωθεί η εξέλιξη της ετήσιας βροχόπτωσης με βάση τις καταγραφές που υπάρχουν. Αυτή η εργασία πραγματοποιείται, με σκοπό να προσδιοριστεί η αύξηση ή η μείωση των κατακρημνισμάτων στην περιοχή μελέτης. Τα συμπεράσματα που εξάγονται από το σχήμα σε συνδυασμό με τον ετήσιο αριθμό ημερών βροχόπτωσης, συμβάλουν στον προσδιορισμό πιθανής επικινδυνότητας πλημμυρικών γεγονότων. Μία αύξηση των ετήσιων κατακρημνισμάτων, σε συνδυασμό με μείωση των ημερών βροχόπτωσης, σημαίνει εντονότερα καιρικά φαινόμενα και πιθανότητα πλημμυρικών γεγονότων.

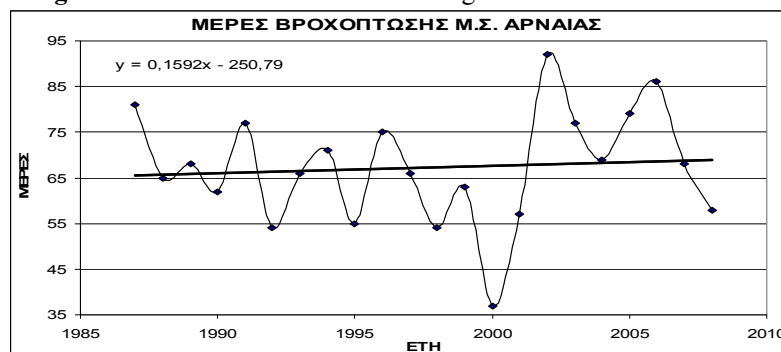
Αντιθέτως, μείωση των κατακρημνισμάτων και των ημερών βροχής σημαίνει μεγαλύτερες περιόδους ξηρασίας.

Σύμφωνα με το σχήμα 3, στον Μ.Σ. του Ταξιάρχη παρατηρείται αύξηση των ετήσιων κατακρημνισμάτων, περίπου 5,1 mm ανά έτος ή 51,8 mm ανά 10ετία. Παράλληλα, ο ετήσιος αριθμός ημερών βροχόπτωσης (σχήμα 4) έχει παραμείνει ουσιαστικά σταθερός, σημειώνοντας μία μικρή μείωση. Από τα παραπάνω συμπεραίνεται ότι η περιοχή έρευνας δέχεται μεγαλύτερες ποσότητες κατακρημνισμάτων σε λιγότερες μέρες σε σχέση με το παρελθόν, πράγμα που οδηγεί σε εντονότερα καιρικά φαινόμενα και αυξημένη πιθανότητα πλημμυρικών γεγονότων.

Μετά από την ανάλυση των χρονοσειρών ετήσιας βροχόπτωσης και ημερών βροχής ανά εποχή για τον Μ.Σ. Ταξιάρχη, συμπεραίνεται ότι κατά τις εποχές Χειμώνα, Άνοιξη και Καλοκαίρι η μεταβολή στην βροχόπτωση είναι ελαφρώς πτωτική, ενώ οι ημέρες βροχής μειώνονται σε μεγαλύτερο βαθμό. Όσον αφορά στο Φθινόπωρο, παρατηρείται σημαντικότερη αύξηση των κατακρημνισμάτων που δεν συνοδεύεται από τόσο σημαντική αύξηση των ημερών βροχόπτωσης.



Σχήμα 4. Η τάση της χρονοσειράς ετήσιων ημερών βροχόπτωσης του Μ.Σ. Ταξιάρχη
Figure 4. Time series trend of the raining number of M.S. Taxiarchis

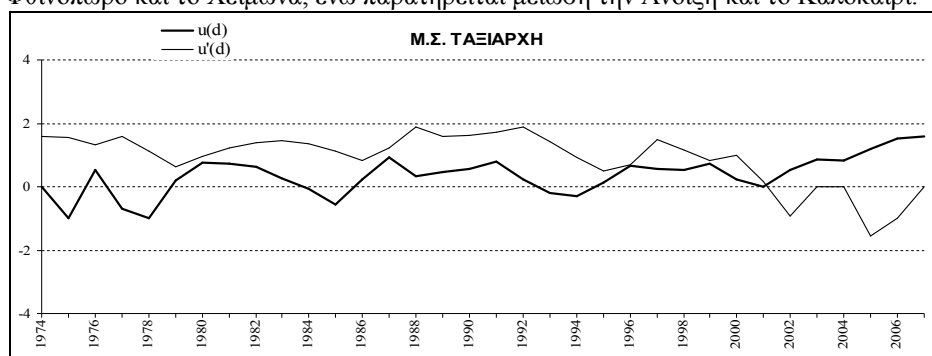


Σχήμα 5. Η τάση της χρονοσειράς ετήσιων ημερών βροχόπτωσης του Μ.Σ. Αρναίας
Figure 5. Time series trend of the raining number of M.S. Arnea

Στο σχήμα 3 παρουσιάζεται η πορεία της ετήσιας βροχόπτωσης από το 1974 έως το 2007. Από το σχήμα συμπεραίνεται ότι και στον Μ.Σ. της Αρναίας υπάρχει αύξηση της

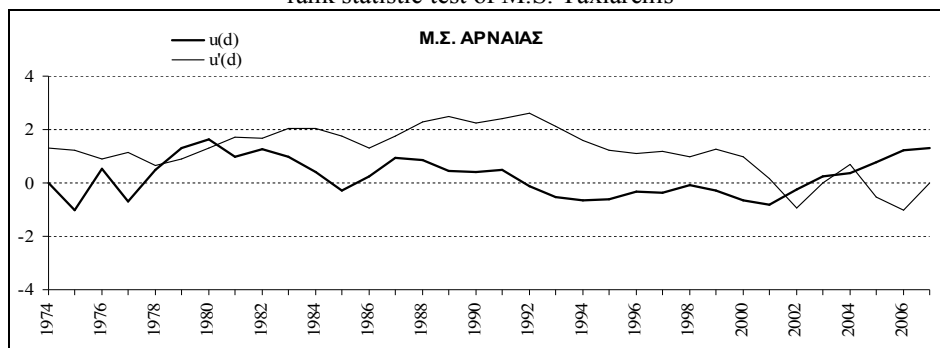
ετήσιας βροχόπτωσης, ανάλογη με αυτή του Μ.Σ. Ταξιάρχη. Η αύξηση είναι περίπου 5,3 mm ανά έτος ή 52,61 mm ανά 10ετία.

Οι ημέρες βροχόπτωσης για τον Μ.Σ. Αρναίας παρουσιάζουν μικρή αύξηση (σχήμα 5). Μετά την ανάλυση των χρονοσειρών της ετήσιας βροχόπτωσης και των ημερών βροχής ανά εποχή για τον μετεωρολογικό σταθμό της Αρναίας, παρατηρείται μεγαλύτερη αύξηση των κατακρημνισμάτων κυρίως το Φθινόπωρο, αλλά και το Χειμώνα. Όσον αφορά στις ημέρες της βροχόπτωσης, σημειώνεται αύξηση το Φθινόπωρο και το Χειμώνα, ενώ παρατηρείται μείωση την Άνοιξη και το Καλοκαίρι.



Σχήμα 6. Απεικόνιση της μεθόδου Mann-Kendall της χρονοσειράς των κατακρημνισμάτων του Μ.Σ. Ταξιάρχη

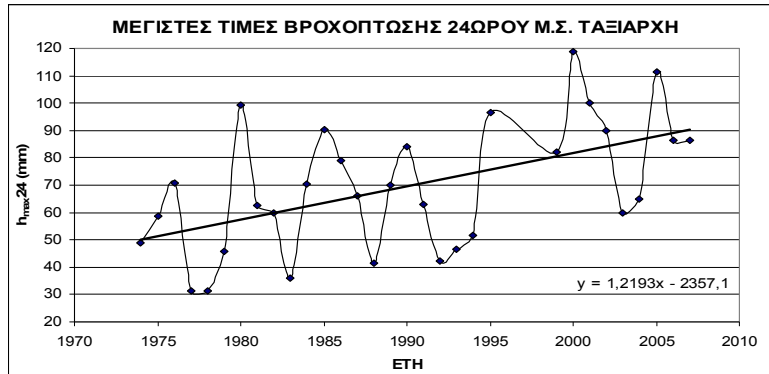
Figure 6. Graphical representation of the series $u(d)$ and $u'(d)$ of the Mann-Kendall rank statistic test of M.S. Taxiarchis



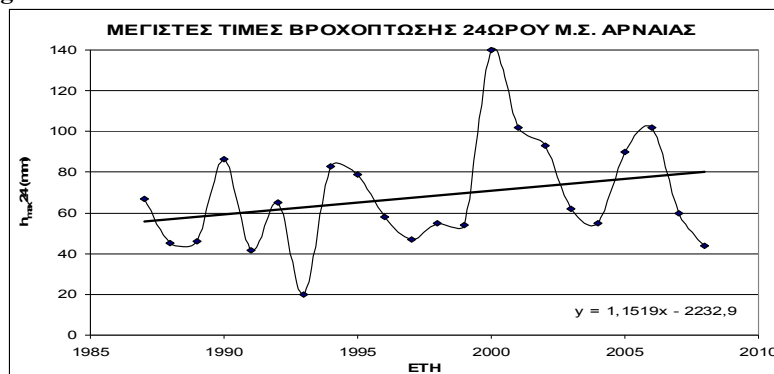
Σχήμα 7. Απεικόνιση της μεθόδου Mann-Kendall της χρονοσειράς των κατακρημνισμάτων του Μ.Σ. Αρναίας

Figure 7. Graphical representation of the series $u(d)$ and $u'(d)$ of the Mann-Kendall rank statistic test of M.S. Arnea

Από το σχήμα 3 συμπεραίνεται η αύξηση των κατακρημνισμάτων στην περιοχή έρευνας. Παρόλα αυτά, κατά την ανάλυση των τάσεων των χρονοσειρών των κατακρημνισμάτων με τη μέθοδο Mann-Kendall (σχήματα 6, 7), παρατηρείται ότι η τάση αύξησης των κατακρημνισμάτων που έχει διαπιστωθεί, δεν είναι στατιστικά σημαντική (επίπεδο σημαντικότητας 95%). Αυτό πιθανώς εξηγείται λόγω της σχετικά μικρής περιόδου παρατηρήσεων που είναι διαθέσιμες για ανάλυση.



Σχήμα 8. Η τάση των ετήσιων μέγιστων βροχοπτώσεων 24ώρου του Μ.Σ. Ταξιάρχη
Figure 8. Time series trend of the 24hour maximum rainfall of M.S. Taxiarchis



Σχήμα 9. Η τάση των ετήσιων μέγιστων βροχοπτώσεων 24ώρου του Μ.Σ. Αρναίας
Figure 9. Time series trend of the 24hour maximum rainfall of M.S. Arnea

Τα σχήματα 8, 9 ενισχύουν την άποψη που υποστηρίζει ότι με την αύξηση των ετήσιων κατακρημνισμάτων και την παράλληλη μείωση των ημερών βροχόπτωσης αυξάνεται η ένταση των καιρικών φαινομένων και πλημμυρικών γεγονότων. Τα σχήματα 8 και 9 προκύπτουν από την καταγραφή των μέγιστων βροχοπτώσεων 24ώρου που έχουν παρατηρηθεί για κάθε έτος, για την περίοδο παρατηρήσεων που είναι διαθέσιμες. Και στα δύο σχήματα καταγράφεται αύξηση των μέγιστων βροχοπτώσεων 24ώρου στους μετεωρολογικούς σταθμούς Ταξιάρχη και Αρναίας, σε σχέση με τα προηγούμενα χρόνια. Η αύξηση της μέγιστης βροχόπτωσης 24ώρου είναι πιο έντονη στο μετεωρολογικό σταθμό Ταξιάρχη και κυμαίνεται στα 12,19 mm ανά 10ετία, ενώ η αύξηση στο σταθμό της Αρναίας είναι περίπου 11,52 mm ανά 10ετία.

Συμπεράσματα

Από την ανάλυση των ομβροθερμικών διαγραμμάτων συμπεραίνεται ότι η ξηροθερμική περίοδος για την περιοχή είναι πολύ μικρή και συγκεκριμένα για την περιοχή του Ταξιάρχη δεν καταγράφεται ξηροθερμική περίοδος. Οι υγρότεροι μήνες είναι ο Νοέμβριος και ο Δεκέμβριος, ενώ ο ξηρότερος μήνας ο Αύγουστος. Η ανάλυση

των χρονοσειρών της ετήσιας βροχόπτωσης, των ημερών βροχόπτωσης και των μέγιστων βροχοπτώσεων 24ώρου των δύο Μετεωρολογικών Σταθμών έδειξαν:

- Αύξηση της ετήσιας βροχόπτωσης κατά 51.51 mm/10ετία για τον Ταξιάρχη και 52.61 mm/10ετία για την Αρναία. Η μεγαλύτερη αύξηση παρατηρείται το Χειμώνα και το Φθινόπωρο.
- Οι μέρες βροχόπτωσης παρουσιάζουν πολύ μικρή μεταβολή και ουσιαστικά παραμένουν στα ίδια επίπεδα για την περιοχή.
- Αύξηση των μέγιστων βροχοπτώσεων 24ώρου κατά 12.19 mm/10ετία για τον Ταξιάρχη και κατά 11.52mm/10ετία για την περιοχή της Αρναίας.

Συμπερασματικά, καταγράφεται αύξηση των ετήσιων κατακρημνισμάτων, ενώ παράλληλα οι μέρες βροχόπτωσης παραμένουν αμετάβλητες. Κατά συνέπεια, περισσότερα χιλιοστά βροχής «πέφτουν» σε ίδιο αριθμό ημερών βροχόπτωσης σε σχέση με το παρελθόν, πράγμα που οδηγεί σε αυξημένη έντασης βροχοπτώσεις και αυξημένη επικινδυνότητα για πλημμυρικά φαινόμενα. Τα παραπάνω συμπεράσματα ενισχύονται και από την ανάλυση των μέγιστων βροχοπτώσεων 24ώρου, οι οποίες έχουν αυξηθεί κατά την περίοδο των παρατηρήσεων. Οι παραπάνω αλλαγές στα κατακρημνίσματα της ορεινής Χαλκιδικής είναι πολύ πιθανό να συνδέονται με τις γενικότερες κλιματικές αλλαγές που προκαλούνται από τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Προτείνεται περαιτέρω ανάλυση των μετεωρολογικών δεδομένων που αφορούν την χρονική περίοδο που δεν έχει ερευνηθεί στην παρούσα εργασία.

Βιβλιογραφία

- De Luis, M., Garcia-Cano, M.F., Cortna, J., Raventos, J., Gonzalez - Hidalgo, J.C., Sanchez, J.R., 2001. Climatic trends, disturbances and short-term vegetation dynamics in a Mediterranean shrubland. *Forest Ecol. and Manag.* 147, 25-37.
- Maas, G.S., Macklin, M.G., 2002. The impact of recent climate change on flooding and sediment supply within a Mediterranean mountain catchment, southwestern Crete, Greece. *Earth Surface Processes and Landforms* 27, 1087–1105.
- Παπανικολάου, Δ., Διακάκης, Μ., 2011. Μεταβολές στην Ένταση και την Κατανομή των Φυσικών Καταστροφών. Επιτροπή Μελέτης Επιπτώσεων Κλιματικής Αλλαγής (Ιούνιος 2011).
- Paz, S., Kutiel, H., 2003. Rainfall Regime Uncertainty (RRU) in a Mediterranean Region. *The Israel Journal of Earth-Sciences* 52 (2), 47–63
- Στάθης, Δ., 2005. Καιρός, Κλίμα και Νερό στον 21^ο Αιώνα. 12^ο Δασολογικό Συνέδριο, 2005 (Δράμα).
- Στάθης, Δ., 2008. Τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα στο Πανεπιστημιακό Δάσος Περτουλίου Τρικάλων. *Δασική Έρευνα* 21:49-62 2008.
- Στάθης, Δ., Στεφανίδης, Π., Γούλας, Κ., 2000. Τα χαρακτηριστικά των κατακρημνισμάτων της ευρύτερης περιοχής της Θεσσαλονίκης. 9ο Πανελλήνιο Δασολογικό Συνέδριο, 2000 (Κοζάνη).
- Stathis, D., Mavromatis, Th., 2009. Characteristics of precipitation in Thessaloniki area, North Greece. *Fresenius Environmental Bulletin*. Vol.18-No.7b 2009.
- Wittenberg, L., Kutiel, H., Greenbaum, N., Inbar, M., 2007. Short-term changes in the magnitude, frequency and temporal distribution of floods in the Eastern Mediterranean region during the last 45 years - Nahal Oren, Mt. Carmel, Israel. *Elsevier, Geomorphology* 84, (2007) p. 181–191.