

Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών

Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος

Μεταπτυχιακή Διατριβή



Διερεύνηση των παραγόντων που έχουν συμβάλει στο φαινόμενο της ξήρανσης της ελάτης στο Ανατολικό Μαίναλο.

Κωνσταντίνα Μπεξή

**Επιβλέπων Καθηγητής
Δημήτριος Σαρρής**

Δεκέμβριος 2016

Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών

Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος

Μεταπτυχιακή Διατριβή

Διερεύνηση των παραγόντων που έχουν συμβάλει στο φαινόμενο της ξήρανσης της ελάτης στο Ανατολικό Μαίναλο.

Κωνσταντίνα Μπεξή

**Επιβλέπων Καθηγητής
Δημήτριος Σαρρής**

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή υποβλήθηκε προς μερική εκπλήρωση των απαιτήσεων για απόκτηση μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών στη Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος, από τη Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών του Ανοικτού Πανεπιστημίου Κύπρου.

Δεκέμβριος 2016

*«Καθολικῶς δὲ λόγῳ παν φυτῶν τεττάρων τινῶν δέεται
σπέρματος διωρισμένου, τόπου αρμοδίου,
ὑδατος συμμετροῦ καὶ αἰέρος ομοίου. Ὄταν οὖν ταῦτα πάντα
συντελεσθῶσι, γεννᾶται φυτὸν καὶ αὐξάνει ὅτε δὲ ταῦτα
υποχωρήσουσιν, ἀσθενεῖ τὴ ἀποχωρήσει καὶ τὸ φυτὸν.»*

Ἀριστοτέλης, (Περὶ Φυτῶν Β, V II)

Περίληψη

Σύμφωνα με την Τέταρτη Έκθεση Αξιολόγησης της Διακυβερνητική Επιτροπή για την Αλλαγή του Κλίματος (IPCC), η κλιματική αλλαγή θα οδηγήσει σε αύξηση της συχνότητας, της διάρκειας και της σοβαρότητας των ξηρασιών και περαιτέρω αύξηση των μέσων θερμοκρασιών στη Μεσόγειο. Αυτά με τη σειρά τους αναμένεται να μεταβάλουν τη σύνθεση, τη δομή και τη βιογεωγραφία των δασών σε πολλές περιοχές. Οι αναφορές για θνησιμότητα των δέντρων που σχετίζεται με την κλιματική αλλαγή –από όλο τον κόσμο- έχουν αυξηθεί τις τελευταίες δεκαετίες και η Ελλάδα προβλέπεται να είναι ανάμεσα στις πιο τρωτές περιοχές. Θνησιμότητα των δασών έχει αναφερθεί σε όλη την Ελλάδα, τις τελευταίες δεκαετίες. Η θνησιμότητα της κεφαλληνιακής ελάτης *Abies cephalonica* έχει αποδοθεί σε πολλές αιτίες όπως η ξηρασία, οι υψηλές θερμοκρασίες, τα παθογόνα και τα έντομα. Ο στόχος αυτής της μεταπτυχιακής διατριβής ήταν: πρώτον, να ποσοτικοποιηθεί η θνησιμότητα της *A. cephalonica* στο Ανατολικό Μαίναλο και δεύτερον, να διερευνηθεί ο ρόλος των τοπογραφικών (υψόμετρο, κλίση, ποιότητα εδάφους), βιοτικών (ηλικία, συγκόμωση) και κλιματικών (θερμοκρασία, ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα) παραγόντων στην εκδήλωση και εξέλιξη του φαινομένου της θνησιμότητας. Αξιοποιήθηκαν γι' αυτό δεδομένα από την Δασοπονική Μελέτη Συμπλέγματος Ελατοδάσους Ανατολικού Μαϊνάλου καλύπτοντας την περίοδο 1983-2010 και πραγματοποιήθηκαν συσχετίσεις δεικτών θνησιμότητας με το κλίμα της περιοχής. Προκύπτει ότι η ξήρανση του δασικού συμπλέγματος Ανατολικού Μαϊνάλου αυξήθηκε σε περιόδους ξηρασίας, με πιο δυσμενή την περίοδο 1985-1989 οδηγώντας σε υποβάθμιση της ποιότητας της παραγόμενης δασικής ξυλείας. Επίσης, διαπιστώθηκε ότι υψηλότερος ρυθμός θνησιμότητας έλαβε χώρα σε τμήματα με κυρίως νότια έκθεση. Επιπλέον, βρέθηκε στατιστικώς σημαντική συσχέτιση με θετικό πρόσημο μεταξύ θνησιμότητας ελάτης και ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων (Α.Κ.), καθώς και μεταξύ θνησιμότητας και μέσης θερμοκρασίας του χειμώνα. Συνεπώς, θερμότεροι και πιο υγροί χειμώνες πιθανώς να βοήθησαν στην αύξηση των πληθυσμών των επιβλαβών για την ελάτη εντόμων. Τέλος διαπιστώθηκε στατιστικώς σημαντική συσχέτιση με αρνητικό πρόσημο μεταξύ θνησιμότητας ελάτης και Α.Κ. της καλοκαιρινής περιόδου. Συνεπώς, αυξημένη υδατική καταπόνηση των δέντρων το καλοκαίρι, επίσης συνδέεται με αυξημένη θνησιμότητα της ελάτης στο Α. Μαίναλο. Το γεγονός αυτό μπορεί να έχει οδηγήσει τόσο σε αυξημένη υδραυλική κατάρρευση δένδρων της ελάτης, όσο και σε μειωμένη ικανότητα άμυνας απέναντι σε επιθέσεις εντόμων. Κατά συνέπεια, αν παρόμοιες κλιματικές συνθήκες επικρατήσουν στο μέλλον, αναμένεται σε πρώτη φάση αυξημένη θνησιμότητα ελάτης στην Νότια Ελλάδα με υποβάθμιση της ποιότητας της παραγόμενης ξυλείας και των οικοσυστημικών υπηρεσιών που προσφέρουν τα δάση της, γεγονός που πρέπει σοβαρά να ληφθεί υπόψη κατά τη διαχείρισή τους.

Summary

According to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), climate change will increase the frequency, duration and severity of drought and further increase average temperatures in the Mediterranean. These conditions in turn are expected to alter the composition, structure and biogeography of forests in many areas. Reports of tree mortality associated with climate change - from around the world - have increased in recent decades and Greece is forecasted to be among the most vulnerable areas. Mortality of forests has been reported across Greece in recent decades. Mortality of Kefalonian fir *Abies cephalonica* has been attributed to many causes such as drought, high temperatures, pathogens and insects. The aim of this Master's Thesis was: first, to quantify mortality of *A. cephalonica* on the mountain of East Menalo and secondly, to explore the role of topographic (elevation, slope, soil quality), biotic (age, canopy cover) and climatic (temperature, atmospheric precipitation) factors in the occurrence and progression of the phenomenon. For this purpose data from the Forestry Study of East Menalon were used covering the period 1983-2010 and tree mortality indicators were developed and correlated with climate of the region. Fir mortality within the East Menalon forest increased during drought periods, with the most unfavourable period 1983-1989 leading to the deterioration in the quality of timber produced. Higher mortality rates were also found to occur mainly in southern exposed sites. Furthermore, a positive statistically significant correlation was found between fir mortality and precipitation, as well as between mortality and mean winter temperature. Therefore, warmer and wetter winters probably assisted in increasing the population of harmful insects. Additionally, a negative statistically significant correlation was found between fir mortality and precipitation of the summer season. Therefore, increased water stress experienced by trees in summer, can also be associated with increased mortality of fir in East Menalo. This fact can both lead to increased hydraulic collapse of fir trees, and to a reduced ability of defence against insect attacks. Consequently, if similar climatic conditions prevail in the future, at a first stage, we can expect increased fir mortality in southern Greece, together with deterioration in timber quality as well in ecosystem services provided by forests. These factors should be seriously taken into account in forest management in the region.

Ευχαριστίες

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του Μεταπτυχιακού προγράμματος σπουδών «Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος» της Σχολής Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών του Ανοικτού Πανεπιστημίου Κύπρου. Κατά την ολοκλήρωσή της αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω θερμά τα άτομα που βοήθησαν ώστε να περαιωθεί το δύσκολο αυτό εγχείρημα.

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κύριο Δημήτριο Σαρρή για την επιστημονική καθοδήγηση, τις συμβουλές και την ενθάρρυνση σε όλα τα στάδια υλοποίησης της παρούσας διατριβής, από τον αρχικό σχεδιασμό έως το τελικό παραδοτέο κείμενο. Για την ολοκλήρωση της, η καθοδήγηση και η υποστήριξή του ήταν ουσιώδης. Οι συμβουλές που μου παρείχε ήταν πολύτιμες όχι μόνο υπό την οπτική της στείρας εκπαίδευσης, αλλά και ως μέσο καλλιέργειας κριτικής σκέψης.

Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την ηθική στήριξη που μου παρείχαν καθώς και τους φίλους μου για την προθυμία τους να ανταποκριθούν σε οποιαδήποτε απορία ή πρόβλημα προέκυπτε.

Τέλος, ένα *ιδιαίτερο και μεγάλο ευχαριστώ*, οφείλω στη Δασάρχη Βυτίνας, Μαρία-Λουίζα Μακαροπούλου που σήμερα δεν είναι πια κοντά μας. Η παρούσα διατριβή δε θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί χωρίς τα στοιχεία που άντλησα από το υφιστάμενο αρχείο του Δασαρχείου Βυτίνας, αλλά και από το προσωπικό της αρχείο. Οι διευκρινίσεις και οι συμβουλές, που τόσο απλόχερα και με τόση υπομονή μου παρείχε αποτέλεσαν καθοριστικούς παράγοντες για την ολοκλήρωση της διατριβής καθώς κάλυψαν τα κενά και τις δυσκολίες που προέκυψαν κατά την επεξεργασία των στοιχείων.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Εισαγωγή.....	1
1.1 Γενική Περιγραφή.....	1
1.2 Κλίμα και Κλιματική Αλλαγή.....	3
1.2.1 Θερμοκρασία.....	3
1.2.2 Ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα	4
1.2.3 Κλιματική αλλαγή	5
1.3 Κλιματική αλλαγή και δασικά οικοσυστήματα	6
1.4 Κλιματική αλλαγή και Δασική Παραγωγή	9
1.5 Στόχοι και σημασία της μελέτης	11
1.6 Το είδος Κεφαλληνιακή Ελάτη (<i>Abies cephalonica</i>).....	12
1.6.1 Συστηματική Κατάταξη	13
1.6.2 Προέλευση-Εξέλιξη.....	14
1.6.3 Γεωγραφική εξάπλωση.....	14
1.6.4 Οικολογία του είδους Κεφαλληνιακή ελάτη.....	16
1.6.5 Μορφολογικά χαρακτηριστικά της Κεφαλληνιακής ελάτης.....	17
1.6.6 Αναπαραγωγή και Αύξηση της Κεφαλληνιακής ελάτης.....	19
1.6.7 Καθεστώς Προστασίας	19
1.6.8 Απειλές	20
Βιβλιογραφική Ανασκόπηση	21
2.1 Εισαγωγή	21
2.2 Η εξέλιξη της Κλιματικής Αλλαγής παρελθόν και μέλλον	21
2.3 Θνησιμότητα των δέντρων.....	25
2.3.1 Η ξηρασία ως αιτία θνησιμότητας	27
2.3.2 Ξηρασία και δασική θνησιμότητα.....	29
2.3.3 Έντομα-ξηρασία και δασική θνησιμότητα	30
2.4 Νεκρώσεις ελατοδασών	31
2.4.1 Συμπτώματα	31
2.4.2 Αιτίες ξηράνσεων	34
2.4.3 Ατμοσφαιρική ρύπανση	34
2.4.4 Ιξός.....	35
2.4.5 Μύκητες.....	35
2.4.6 Έντομα	35
2.4.7 Ξηρασία	37

2.5 Το Δασικό Σύμπλεγμα Ανατολικού Μαινάλου.....	38
2.5.1 Γεωγραφική και πολιτική θέση του δάσους	38
2.5.2 Διαίρεση του δάσους	39
2.5.3 Τοπογραφία.....	44
2.5.4 Γεωμορφολογία –Γεωλογία - Εδαφικές συνθήκες.....	45
2.5.5 Κλιματικές συνθήκες	46
2.5.6 Περιοχές προστασίας της φύσης	46
2.5.7 Δασική βλάστηση	47
2.5.8 Πανίδα	49
2.5.9 Απειλές του δάσους	50
2.5.10 Προστατευτικές επιδράσεις	54
2.5.11 Παροχή υπηρεσιών	54
2.5.12 Παραγόμενα δασικά προϊόντα	55
2.5.13 Διαχειριστική μορφή – Διαχείριση του Δάσους.....	55
Μεθοδολογία	57
3.1 Εισαγωγή	57
3.2 Δεδομένα Διαχειριστικής Μελέτης	57
3.3 Προσδιορισμός παραγόμενου ξυλώδους όγκου λόγω θνησιμότητας	62
3.4 Κατάρτιση δεικτών θνησιμότητας και άλλων βιοτικών και αβιοτικών παραμέτρων.....	69
3.5 Προσδιορισμός των περιόδων θνησιμότητας στο Αν. Μαίναλο	74
3.6 Κλιματικά Δεδομένα και Διαμόρφωση Κλιματικών Δεικτών	80
3.7 Μέθοδος Ανάλυσης Δεδομένων	82
Αποτελέσματα	84
4.1. Εισαγωγή	84
4.2 Αποτελέσματα τοπογραφικών και δασοκομικών στοιχείων	84
4.3 Κλιματικοί παράγοντες και θνησιμότητα.....	91
Συζήτηση.....	106
5.1 Εισαγωγή	106
5.2 Δασική παραγωγή	106
5.3 Επίδραση των τοπογραφικών και βιοτικών παραμέτρων στη δασική θνησιμότητα	108
5.4 Κλιματολογικές συνθήκες και θνησιμότητα	110
5.5 Περιορισμοί μελέτης	112
5.6 Συμπεράσματα	112
5.7 Εισηγήσεις	113

Βιβλιογραφία.....	116
Παραρτήματα.....	132
Παράρτημα 1.....	132
Παράρτημα 2.....	143
Παράρτημα 3.....	150
Παράρτημα 4.....	163

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

1.1 Γενική Περιγραφή

Το είδος Κεφαλληνιακή Ελάτη (*Abies cephalonica*) είναι ενδημικό είδος της χώρας μας και απαντάται στην Κεντρική και Νότια Ελλάδα καθώς και στα νησιά του Ιονίου. Στο όρος Μαίναλο της κεντρικής Πελοποννήσου απαντάται σε αμιγείς συστάδες ή σε μίξη με άλλα κωνοφόρα και πλατύφυλλα στα κατώτερα θερμοόριά της. Ο ρόλος του ελατοδάσους του Μαινάλου είναι πολλαπλός και σημαντικός. Ως δάσος παρέχει όλες τις κατηγορίες οικοσυστημικών υπηρεσιών, υποστηρικτικές, ρυθμιστικές πολιτιστικές και προμηθευτικές. Αυτό όμως που του προσδίδει επιπλέον αξία είναι το γεγονός ότι είναι ένα από τα λίγα ελατοδάση Κεφαλληνιακής ελάτης που διαχειρίζεται και παράγει αξιόλογη ποσότητα ξυλείας.

Τις τελευταίες δεκαετίες έχει παρατηρηθεί μείωση του πληθυσμού της ελάτης εξαιτίας της απονέκρωσης πολλών ατόμων της. Φαινόμενο το οποίο αποδίδεται στις περιόδους ξηρασίας που διανύθηκαν πριν την έξαρση του φαινομένου καθώς και στην δευτερογενή προσβολή των εξασθενημένων δέντρων από φλοιοφάγα, κυρίως, έντομα.

Η ξηρασία είναι ένα φαινόμενο το οποίο ιδιαίτερα τις τελευταίες δεκαετίες, έχει απασχολήσει την επιστημονική κοινότητα. Περίοδοι ξηρασίας καταγράφονται παγκοσμίως και είναι το αποτέλεσμα της μείωσης των βροχοπτώσεων με παράλληλη αύξηση της θερμοκρασίας. Οι οικονομικές, κοινωνικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις που σχετίζονται με την ξηρασία είναι δύσκολο να αποτιμηθούν καθώς δεν υπάρχουν αξιόπιστα ιστορικά στοιχεία ώστε να αποτελέσουν μέτρο σύγκρισης των απωλειών.

Οι βασικές παράμετροι της κλιματικής αλλαγής είναι η θερμοκρασία και οι βροχοπτώσεις (IPCC, 2007). Η αύξηση των μέγιστων θερμοκρασιών κατά τη διάρκεια της μέρας αλλά και της νύχτας, η αύξηση των ελάχιστων θερμοκρασιών με παράλληλη μείωση του αριθμού των

ψυχρών ημερών, η μείωση των βροχοπτώσεων και των χιονοπτώσεων είναι φαινόμενα που ήδη λαμβάνουν χώρα σε διάφορες περιοχές και που αναμένεται να ενταθούν στο μέλλον. Η Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή (Intergovernmental Panel on Climate Change) προβλέπει ότι κατά τη διάρκεια του 21^{ου} αιώνα θα επέλθει περεταίρω αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη. Στη λεκάνη της Μεσογείου και συνεπώς και στην Ελλάδα, η αύξηση της θερμοκρασίας σε συνδυασμό με τη μείωση των βροχοπτώσεων θα αυξήσει τον κίνδυνο ξηρασίας ιδιαίτερα τους καλοκαιρινούς μήνες. Ο βαθμός τρωτότητας του εκάστοτε συστήματος θα εξαρτηθεί από πόσο αυτό είναι εκτεθειμένο στις αλλαγές, την ευαισθησία του αλλά και την προσαρμοστική του ικανότητα.

Η αξιολόγηση των μεταβολών που έχουν ήδη λάβει χώρα στο δασικό οικοσύστημα, η αξιολόγηση των κινητήριων δυνάμεων που έχουν οδηγήσει καθώς και οι προβλέψεις για το πώς θα εξελιχθούν οι αλλαγές αυτές στο μέλλον θα πρέπει να αποτελέσουν τη βάση για τον καθορισμό των απαραίτητων διαχειριστικών μέτρων. Η διατήρηση του ελατοδάσους, τα επερχόμενα χρόνια μέσα στα πλαίσια της κλιματικής αλλαγής, θα είναι εφικτή μόνο αν ληφθούν μέτρα ώστε να υπάρξει όσο το δυνατόν καλύτερη προσαρμογή.

Σκοπός της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής είναι να συμβάλει στη βελτίωση των γνώσεών μας για τους παράγοντες που οδηγούν την ελάτη στη θνησιμότητα. Στόχος μας, α) η ποσοτικοποίηση της δασικής θνησιμότητας στο Ανατολικό Μαίναλο την περίοδο 1983-2010 και β) η διερεύνηση του ρόλου των τοπογραφικών, βιοτικών και κλιματικών παραγόντων στην εξέλιξη του φαινομένου της θνησιμότητας της ελάτης εντός του δασικού συμπλέγματος.

Η μελέτη των ανωτέρω παραμέτρων έχει ιδιαίτερη σημασία για τη διαχείριση και διατήρηση του δάσους. Επιπλέον θα προκύψουν νέα στοιχεία για τη μεταβολή της παραγωγικότητας του δάσους τα οποία μπορούν να ληφθούν υπόψη κατά τη σύνταξη μελλοντικών διαχειριστικών μελετών. Είναι σημαντικό όλα τα δασικά οικοσυστήματα να διατηρηθούν και να προσαρμοστούν στις μελλοντικές αλλαγές με τον καλύτερο δυνατό τρόπο καθώς η συμβολή τους στη διατήρηση της βιοποικιλότητας είναι εξέχουσας σημασίας. Για το δασικό σύμπλεγμα του Μαινάλου υπάρχει ένας επιπλέον λόγος και δεν είναι άλλος από τη διατήρηση των πληθυσμών της Κεφαλληνιακής ελάτης ενός είδους ενδημικού της χώρας μας.

1.2 Κλίμα και Κλιματική Αλλαγή

Το κλίμα έχει βαθιά επίδραση στη ζωή πάνω στη Γη, αποτελεί μέρος της καθημερινής εμπειρίας των ανθρώπων, είναι βασικός παράγοντας για την υγεία, την παραγωγή τροφίμων και την ευημερία καθορίζοντας το πλαίσιο ανάπτυξης του εκάστοτε πολιτισμού.

Ως «κλίμα», με τη στενή έννοια ορίζεται η «μέση καιρική κατάσταση» ή με πιο ακριβή επιστημονικό τρόπο ορίζεται ως «η στατιστική περιγραφή από την άποψη μέσου όρου και μεταβλητότητας των σχετικών ποσοτήτων επί ένα χρονικό διάστημα που κυμαίνεται από μήνες έως και χιλιάδες ή εκατομμύρια χρόνια. Οι σχετικές ποσότητες είναι συχνότερα επιφανειακές μεταβλητές όπως η θερμοκρασία, η βροχόπτωση και ο άνεμος. (IPCC, 2001; NASA, 2016). Τυπικά οι κλιματικές περίοδοι που χρησιμοποιούνται για να προσδιορίσουμε το κλίμα μιας περιοχής εκτείνονται σε τριάντα χρόνια (World Meteorological Organization, 2016).

Το κλίμα της Γης είναι αποτέλεσμα της απορρόφησης και της αναδιανομής της ηλιακής ακτινοβολίας από το σύστημα ατμόσφαιρας-υδρόσφαιρας-γης. Περίπου το ένα τρίτο της ηλιακής ακτινοβολίας ανακλάται πίσω στο διάστημα ενώ το υπόλοιπο απορροφάται από τις διαφορετικές συνιστώσες του κλιματικού συστήματος. Παράλληλα με την ανακλώμενη, μικρού κύματος, ηλιακή ακτινοβολία η γη εκπέμπει και μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία προς το διάστημα, τη γνωστή ως υπέρυθη ακτινοβολία. Η λεπτή ισορροπία ανάμεσα στην εξερχόμενη ακτινοβολία και την εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία προσδιορίζει το παγκόσμιο κλίμα. Οποιαδήποτε αλλαγή στους παράγοντες που επηρεάζουν την εισερχόμενη ή εξερχόμενη ακτινοβολία ή στο μηχανισμό αναδιανομής της ενέργειας οδηγούν σε αλλαγή του κλίματος (IPCC, 1990).

1.2.1 Θερμοκρασία

Η Θερμοκρασία του περιβάλλοντος είναι ένα μέγεθος πολύ σημαντικό για τη μελέτη του κλίματος μιας περιοχής ενώ παράλληλα αποτελεί και ένα πολύ σημαντικό αβιοτικό παράγοντα για την εξέλιξη των οικοσυστημάτων.

Συμβάλλει στη διαμόρφωση του υδατικού ισοζυγίου του πλανήτη καθώς καθορίζει την εξάτμιση του νερού και τη διαπνοή των φυτών. Επιπλέον αποτελεί καθοριστικό παράγοντα

για τη γεωγραφική εξάπλωση των φυτών, την ανθοφορία τους, την καρποφορία τους και γενικότερα την αναγέννησή τους (Γκούβας και Σακελλαρίου, 2011).

Υπάρχει μια ελάχιστη και μία μέγιστη τιμή θερμοκρασίας πέραν της οποίας παρουσιάζεται βλάβη στον ιστό του φυτού. Σύμφωνα με τον Ντάφη (1986) σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες (>54°C) η νέκρωση των φυτών επέρχεται μέσα σε λίγα λεπτά της ώρας. Η θερμοκρασία αυτή μπορεί να θεωρείται υπερβολικά υψηλή, όμως πιστεύεται ότι δύναται να σημειωθεί στα ηλιαζόμενα τμήματα των φυτών κατά τη διάρκεια ημερών με θερμοκρασία άνω των 40°C καθώς έχει παρατηρηθεί ότι σε φύλλα εκτιθέμενα στην άμεση ηλιακή ακτινοβολία παρατηρείται υπερθέρμανση 10°C έως και 15°C, σε σχέση με την ατμοσφαιρική θερμοκρασία.

Οι επιμέρους παράμετροι της θερμοκρασίας είναι η μηνιαία θερμοκρασία η οποία εκφράζει το μέσο όρο των ημερήσιων θερμοκρασιών κάθε μήνα και η μέση μηνιαία θερμοκρασία, η οποία είναι ο μέσος όρος των μηνιαίων θερμοκρασιών του κάθε μήνα για μια μεγάλη χρονική περίοδο.

Η θερμοκρασία μεταβάλλεται ανάλογα με την εποχή του χρόνου, το γεωγραφικό πλάτος και το υψόμετρο.

1.2.2 Ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα

Ο όρος ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα αναφέρεται στο νερό που απελευθερώνεται από τα σύννεφα και φθάνει στην επιφάνεια της γης με τη μορφή βροχής, χαλαζιού ή χιονιού (USGS, 2016). Αποτελούν το τμήμα εκείνο του κύκλου του νερού που διοχετεύει το ατμοσφαιρικό νερό στην επιφάνεια της γης. Η μεγαλύτερη ποσότητα κατακρημνισμάτων φθάνει στην επιφάνεια της γης με τη μορφή βροχής.

Το συνολικό ποσό των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων που φθάνουν στην επιφάνεια της γης μέσα σε μια ορισμένη χρονική περίοδο εκφράζεται από το ύψος που αποκτούν στην υγρή τους φάση, σε μια ορισμένη επιφάνεια εδάφους, αν αποκλειστεί οποιαδήποτε άλλης μορφής απώλεια, όπως απορροή, εξάτμιση ή διείσδυση. Επί το πλείστον μετράται σε χιλιοστά (mm) ύψους βροχής που συγκεντρώνονται πάνω σε μία οριζόντια επιφάνεια. Ως ημερήσια βροχόπτωση ορίζεται η βροχόπτωση που λαμβάνει χώρα κατά τη διάρκεια μίας μέρας συνεχόμενα ή αθροιστικά. Το άθροισμα των ημερήσιων βροχοπτώσεων κατά τη διάρκεια

ενός μήνα αποτελεί τη μηνιαία βροχόπτωση για το μήνα αυτό. Η ετήσια βροχόπτωση είναι το σύνολο της βροχής που πέφτει στην επιφάνεια της γης αθροιστικά κατά τη διάρκεια των δώδεκα μηνών του χρόνου.

1.2.3 Κλιματική αλλαγή

Ο όρος «κλιματική αλλαγή» υποδηλώνει οποιαδήποτε συστηματική μεταβολή της στατιστικής κατανομής των ατμοσφαιρικών παραμέτρων (θερμοκρασία, υγρασία, άνεμος) για εκτεταμένη περίοδο δεκαετιών ή και περισσότερο. Το κλίμα, δια μέσω των αιώνων μεταβάλλεται, καθώς οι παράμετροι που το χαρακτηρίζουν υπόκεινται σε σημαντικές διακυμάνσεις αντιδρώντας στις εξωτερικές μεταβολές που λαμβάνουν χώρα. Η σχέση ανάμεσα στην μεταβλητότητα, τις κινητήριες δυνάμεις και την αντίδραση, αποκαλύπτουν την πολυπλοκότητα της δυναμικής του εν λόγω συστήματος. Ωστόσο, στη σύγχρονη εποχή οι ανθρώπινες δραστηριότητες είναι αυτές που έχουν επηρεάσει τη δυναμική αυτή και έχουν επιφέρει σημαντικές αλλαγές σε μικρό χρονικό διάστημα. (Cubasch, et al., 2013).

Το διοξείδιο του άνθρακα, το μεθάνιο, το οξείδιο του αζώτου, οι υδροφθοράνθρακες (HFC), οι φωσφοροφθοράνθρακες (PFCs) και τα θειο-εξαφθορίδια (SF₆), τα επονομαζόμενα και ως αέρια του θερμοκηπίου, αποτελούν συστατικά της ατμόσφαιρας τα οποία παράγονται σε αυξανόμενους ρυθμούς και μεγάλες ποσότητες από τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Τα αέρια αυτά συμβάλουν στην παγίδευση της υπέρυθρης ακτινοβολίας στην ατμόσφαιρα δημιουργώντας το φαινόμενο του θερμοκηπίου, το οποίο έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας στην επιφάνεια της Γης και την ενίσχυση του φαινομένου της κλιματικής αλλαγής. Η διαταραχή του ενεργειακού ισοζυγίου της ατμόσφαιρας οφείλεται και σε επιπλέον παράγοντες όπως, τα αιωρούμενα σωματίδια, οι μεταβολές στη χρήση γης και οι δασικές πυρκαγιές (Alverson, et al., 2003; EPA, 2016).

Η τεχνολογική εξέλιξη δίνει τη δυνατότητα για την ενδελεχή μελέτη του φαινομένου της κλιματικής αλλαγής. Η στατιστική επεξεργασία των καταγεγραμμένων κλιματικών στοιχείων σε συνδυασμό με τα στοιχεία που προκύπτουν από την επεξεργασία των δορυφορικών εικόνων, τις θεωρητικές μελέτες και τα στοιχεία που προκύπτουν από τα μοντέλα προσομοίωσης παρέχουν σημαντικά στοιχεία ώστε οι επιστημονική κοινότητα να καταλήξει σε όσο το δυνατόν πιο ασφαλή αποτελέσματα (Hegerl, et al., 2007).

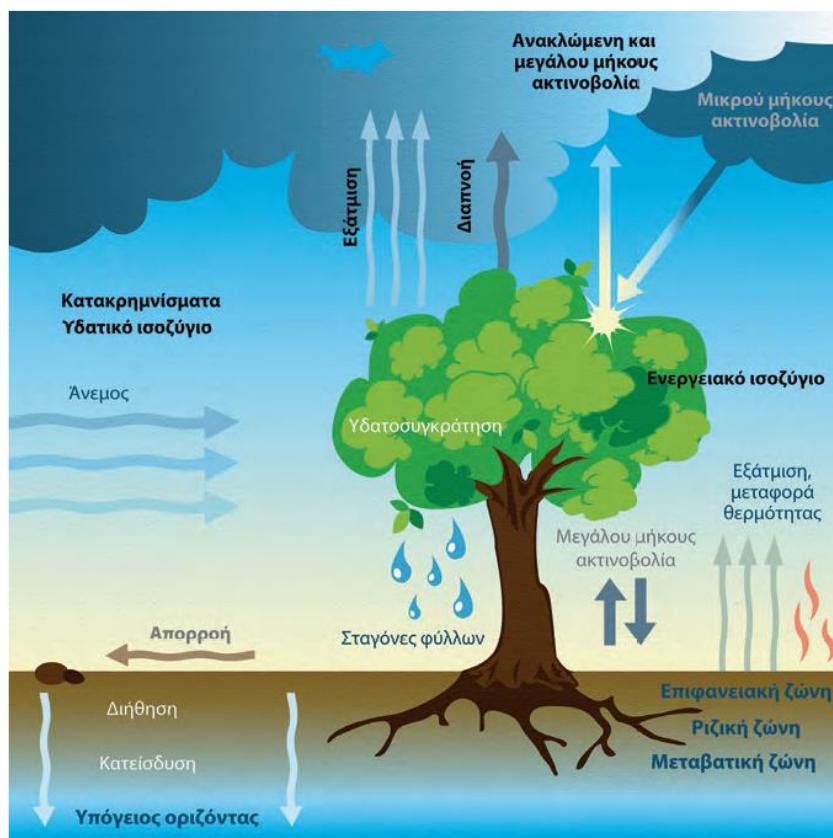
Οι βασικές παράμετροι που μελετώνται και οι οποίες έχουν οδηγήσει στο συμπέρασμα ότι η κλιματική αλλαγή είναι ήδη ένα φαινόμενο σε εξέλιξη, είναι η θερμοκρασία και οι βροχοπτώσεις και λιγότερο οι άνεμοι, για τους οποίους υπάρχουν ανεπαρκείς αποδείξεις (Seneviratne et al., 2012). Η αύξηση των μέγιστων θερμοκρασιών κατά τη διάρκεια της μέρας αλλά και της νύχτας, η αύξηση των ελάχιστων θερμοκρασιών με παράλληλη μείωση του αριθμού των ψυχρών ημερών, η μείωση των βροχοπτώσεων και των χιονοπτώσεων είναι φαινόμενα που ήδη λαμβάνουν χώρα σε διάφορες περιοχές και που αναμένεται να ενταθούν στο μέλλον. Οι αλλαγές στις βασικές παραμέτρους επιφέρουν περαιτέρω επιδράσεις σε φυσικά φαινόμενα που σχετίζονται με τον καιρό, όπως το φαινόμενο El Niño, τους μουσώνες και τους τροπικούς κυκλώνες και συμβάλουν στην εμφάνιση ακραίων καιρικών φαινομένων, όπως οι παρατεταμένοι καύσωνες, οι πλημμύρες και οι ξηρασίες. Τα ανωτέρω φαινόμενα όντας σε αλληλεξάρτηση με τα φυσικά συστήματα, τα οδηγούν σε περαιτέρω επιδράσεις, όπως η ερημοποίηση, η άνοδος της στάθμης της θάλασσας, η οξίνιση των ωκεανών και οι αλλαγές στην κρούσφαιρα οι οποίες με τη σειρά τους αποτελούν δείκτες της εξέλιξης του φαινομένου της κλιματικής αλλαγής (IPCC, 1996; Jones, et al., 2004; Cubasch, et al., 2013; IPCC, 2013).

Σύμφωνα με την Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) κλιματική αλλαγή, κατά την εξέλιξη του 21ου αιώνα αναμένεται να επηρεάσει, την πλειονότητα των φυσικών ή ανθρωπογενών συστημάτων, σε όλα τα μήκη και πλάτη του πλανήτη επιφέροντας φυσικές, κοινωνικές και οικονομικές συνέπειες. Ο βαθμός τρωτότητας του εκάστοτε συστήματος θα εξαρτηθεί από το πόσο αυτό είναι εκτεθειμένο στις αλλαγές, την ευαισθησία του αλλά και την προσαρμοστική του ικανότητα. Τα δασικά όπως και όλα τα άλλα οικοσυστήματα αναμένεται να επηρεαστούν ποικιλοτρόπως (Alcamo, et al., 2007; IPCC, 2007).

1.3 Κλιματική αλλαγή και δασικά οικοσυστήματα

Τα δασικά οικοσυστήματα καλύπτουν σχεδόν το 30% της επιφάνειας της γης. Επηρεάζουν το κλίμα μέσω των φυσικών, χημικών και βιολογικών διαδικασιών οι οποίες επιδρούν στο παγκόσμιο ισοζύγιο ενέργεια, στον υδρολογικό κύκλο και στη σύνθεση της ατμόσφαιρας (Εικόνα 1.1). Ταυτόχρονα το κλίμα αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για τη βιοποικιλότητα ενός οικοσυστήματος, την εξάπλωση και τη σύνθεση των ειδών καθώς και την ανάπτυξη (Gaston, 2000; Ricklefs 2004). Δηλαδή, υπάρχει έντονη αλληλεπίδραση και αλληλεξάρτηση μεταξύ των δασικών οικοσυστημάτων και του κλίματος. Οι αλλαγές στο κλίμα επιφέρουν

αλλαγές στα δασικά οικοσυστήματα και τα δασικά οικοσυστήματα έχουν τη δυνατότητα να επηρεάσουν τις αλλαγές αυτές (Field, et al.; 2005, Kirilenko and Sedjo, 2007; Bonan, 2008).



Εικόνα 1.1: Σχηματική αναπαράσταση της μείωσης των έντονων καιρικών φαινομένων από τα δάση. (Regato και Κορακάκη, 2010).

Δεδομένης αυτής της αλληλεπίδρασης τα δασικά οικοσυστήματα διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής αμβλύνοντας τις επιπτώσεις της ως εξής:

- Δεσμεύουν το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) της ατμόσφαιρας μετατρέποντάς το σε βιομάζα. Κατ' αυτόν τον τρόπο αποθηκεύουν μεγάλες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) περιορίζοντας τη συγκέντρωσή του στην ατμόσφαιρα, συμβάλλοντας στον περιορισμό του φαινομένου του θερμοκηπίου. Παράλληλα, διοχετεύουν στην ατμόσφαιρα σημαντικές ποσότητες οξυγόνου (O_2).
- Περιορίζουν την ορμή των προσπιπτόντων υδάτων, αυξάνοντας την απορρόφηση και τη διήθηση και αποτρέποντας την έκπλυση των εδαφών και την ερημοποίηση.
- Απορροφούν μέρος της υπεριώδους ακτινοβολίας απελευθερώνοντας προς το έδαφος μεγάλου μήκους ακτινοβολία, με αποτέλεσμα να μειώνεται η θερμοκρασία.
- Ανακόπτουν την ταχύτητα του ανέμου και μειώνουν την ένταση των ισχυρών ανέμων.

- Συγκρατούν τα αιωρούμενα μικροσωματίδια με αποτέλεσμα αφ' ενός να απορρυπαίνουν την ατμόσφαιρα και αφ' ετέρου να περιορίζουν την περαιτέρω αύξηση της θερμοκρασίας.
- Τέλος, ως μεγαδιαπλάσεις (biota) διατηρούν σημαντική βιοποικιλότητα επιφέροντας οικολογική ισορροπία στα χερσαία οικοσυστήματα (Regato και Κορακάκη, 2010).

Η κλιματική αλλαγή θα επηρεάσει αρνητικά και θετικά, άμεσα και έμμεσα τα δασικά οικοσυστήματα.

Η αυξανόμενη συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) στην ατμόσφαιρα και η επιμήκυνση της αυξητικής περιόδου αναμένεται να επηρεάσουν άμεσα την ετήσια προσαύξηση των δέντρων και να οδηγήσουν στην αύξηση της πρωτογενούς παραγωγής. Ωστόσο η θετική αυτή επίδραση εκτιμάται ότι θα έχει πρόσκαιρο χαρακτήρα διότι θα αντισταθμιστεί από τις έμμεσες αρνητικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής. Η ξηρασία, η ρύπανση της ατμόσφαιρας, οι διαταραχές στα πρότυπα χωρικής κατανομής, οι αλλαγές στη φυσιολογία των ειδών, ο ανταγωνισμός μεταξύ αυτών και η θνησιμότητα θα οδηγήσουν σε μείωση της παραγωγικότητας των δασικών οικοσυστημάτων στις πιο ευαίσθητες στην ξηρασία περιοχές του πλανήτη (Karnosky, 2003).

Οι δασικές πυρκαγιές θα αποτελέσουν την πιο άμεση και ραγδαία επίπτωση της κλιματικής αλλαγής. Η συχνότητα, η σοβαρότητα και η ένταση των δασικών πυρκαγιών θα αυξηθούν λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας, των παρατεταμένων περιόδων ξηρασίας και γενικότερα λόγω της επιμήκυνσης της ευνοϊκής, για εκδήλωση πυρκαγιών, περιόδων. Παράλληλα, οι πυρκαγιές θα αποτελέσουν σημαντική πηγή εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου και αιωρούμενων σωματιδίων επιτείνοντας περαιτέρω το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής (Flannigan, et al., 2000).

Τα δασικά, είναι ευαίσθητα οικοσυστήματα των οποίων η βιοποικιλότητα αναμένεται να επηρεαστεί ποικιλοτρόπως. Ο βαθμός τρωτότητας τους θα εξαρτηθεί από το εύρος εξάπλωσης τους, τη σύνθεση των ειδών, τις τοπογραφικές συνθήκες και το ρυθμό των κλιματικών μεταβολών. Οι ζώνες βλάστησης αναμένεται να μετατοπιστούν βορειότερα και σε υψηλότερα υψόμετρα. Οι πληθυσμοί των ειδών που απαντώνται στα όρια της γεωγραφικής τους εξάπλωσης είναι ιδιαίτερα ευπαθείς στις κλιματικές αλλαγές διότι συνήθως, καταλαμβάνουν λιγότερο ευνοϊκά ενδιαιτήματα (Macias, et al, 2006). Η απώλειά τους θα επιφέρει σοβαρή μείωση στη βιοποικιλότητα των περιοχών αυτών διότι συνήθως η

γενετική ποικιλότητα είναι μεγαλύτερη στα όρια παρά στο κέντρο εξάπλωσης των ειδών (Hampe and Petit, 2005).

Η μετανάστευση θα έχει ως αποτέλεσμα την εξαφάνιση πολλών ειδών. Η μείωση του διαθέσιμου χώρου και η αύξηση του ανταγωνισμού μεταξύ των ειδών θα έχει αβέβαια αποτελέσματα απόκρισης και προσαρμογής αυτών λόγω και των άλλων εξωτερικών πιέσεων, όπως των ανθρωπογενών. Η απώλεια, ακόμα και μεμονωμένων ειδών μπορεί να έχει σοβαρές επιπτώσεις στην ισορροπία των δασικών οικοσυστημάτων (Bakkenes, et al., 2002).

Η αύξηση της θερμοκρασίας και η μείωση των βροχοπτώσεων, οι παρατεταμένοι περίοδοι ξηρασίας επηρεάζουν τις φυσιολογικές διεργασίες των δέντρων. Έτσι, τα δέντρα καταπονούνται, εξασθενούν και τελικά νεκρώνονται. Οι εκτεταμένες νεκρώσεις επιφέρουν αλλαγή στη σύνθεση των οικοσυστημάτων και απώλεια των κυρίαρχων ενδημικών ειδών. Οι διαταραχές αυτές, με τη σειρά τους επιδρούν άμεσα ή έμμεσα στη ροή της ενέργειας, στην επίδραση της ακτινοβολίας καθώς και τον υδρολογικό κύκλο επανατροφοδοτώντας το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής (Anderegg, et al., 2012a).

Ως απόκριση στην κλιματική αλλαγή αναμένεται η περαιτέρω έξαρση των επιδημιών που οφείλονται σε παθογόνους οργανισμούς, όπως μύκητες και έντομα. Η μεταβολή των κλιματικών συνθηκών δύναται να ευνοήσει τους παθογόνους οργανισμούς με δύο τρόπους: α) Άμεσα, επιδρώντας στη δυναμική των πληθυσμών, λόγω των μεταβολών στην ανάπτυξη, την επιβίωση, την αναπαραγωγή και την εξάπλωση των ίδιων των παθογόνων και β) Έμμεσα, αυξάνοντας την ευπάθεια των δέντρων-ξενιστών και διαταράσσοντας την ισορροπία των οικολογικών σχέσεων (Logan, et al, 2003).

1.4 Κλιματική αλλαγή και Δασική Παραγωγή

Η υγεία, η γονιμότητα και η δυναμική αύξησης των φυτών εξαρτώνται άμεσα από τους περιβαλλοντικούς παράγοντες όπως η θερμοκρασία, τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα. Καθώς και από σταθμολογικούς παράγοντες, όπως η υγρασία και τα θρεπτικά συστατικά του εδάφους, ο ανταγωνισμός μεταξύ των φυτών και οι επιδράσεις της ζωοκοινότητας και των μικροοργανισμών (Johnsen, et al., 2001; Sarris, et al, 2007).

Σύμφωνα με υφιστάμενες μελέτες στην Ευρώπη, στις Η.Π.Α. αλλά και παγκοσμίως η αύξηση της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας κατά 1°C επιφέρει αύξηση της διάρκειας της αυξητικής

περιόδου κατά πέντε (5) τουλάχιστον ημέρες (White, et al., 1999; Chmielewski, et al., 2001; Linderholm, 2006). Επιπλέον, η αύξηση της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα στην (CO₂) ατμόσφαιρα θα επηρεάσει την ετήσια προσαύξηση των δέντρων και κατά συνέπεια θα οδηγήσει στην αύξηση της πρωτογενούς παραγωγής, κυρίως στις βόρειες χώρες αλλά και νοτιότερα στις περιοχές εκείνες που θα υπάρχει επάρκεια νερού (Seppälä, 2009).

Υπό το καθεστώς της κλιματικής αλλαγής και των διαρκώς μεταβαλλόμενων ανθρωπογενών πιέσεων, ο τρόπος αλληλεξάρτησης κι αλληλεπίδρασης των διαφόρων παραμέτρων με τα δασικά οικοσυστήματα χαρακτηρίζεται από μεγάλο βαθμό αβεβαιότητας και χρήζει περαιτέρω μελέτης. Ωστόσο, είναι ευρέως αποδεκτό ότι οι θετικές επιπτώσεις από αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα στην (CO₂) θα έχουν πρόσκαιρο χαρακτήρα διότι τελικά αναμένεται να αντισταθμιστούν από τις άμεσες ή έμμεσες αρνητικές επιπτώσεις, όπως οι μειωμένες ποσότητες διαθέσιμου νερού ή θρεπτικών συστατικών (Ciais, et al.; 2005, Lukas, et al., 2010).

Στις βορειότερες χώρες η μετακίνηση βορειότερα και υψηλότερα των παραγωγικών δασών κωνοφόρων θα έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση των εκτάσεων που καλύπτουν και επομένως μείωση της παραγωγής. Επιπλέον, η αντικατάστασή τους από άλλα θερμοφιλά, ξηρανθεκτικά είδη θα έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή τεχνικής ξυλείας χαμηλότερης ποιότητας (Saxe, et al., 2001, Hanewinkel, et al, 2013).

Οι δασικές πυρκαγιές έχουν άμεσες και έμμεσες επιπτώσεις στην παραγωγή των δασικών οικοσυστημάτων που κυμαίνονται χρονικά από τη στιγμή εμφάνισής τους μέχρι και μερικές δεκαετίες μετέπειτα. Άμεσα, καταστρέφουν το ξυλώδες κεφάλαιο και συνεπώς τη δασική παραγωγή, το οποίο χρειάζεται πολλά χρόνια για να ανασυσταθεί. Σε πολλές περιπτώσεις η σύνθεση της βλάστησης αλλάζει έπειτα από μια μεγάλη πυρκαγιά και παραγωγικά δάση υποκαθίστανται από άλλα πιο υποβαθμισμένα. Έμμεσα, οι πυρκαγιές, ιδιαίτερα όταν αυτές είναι επαναλαμβανόμενες επιδρούν στις ιδιότητες του εδάφους. Η διάβρωση και η μειωμένη γονιμότητα των εδαφών τελικά επηρεάζουν, την παραγωγικότητα των δασών (Birot, 2009).

Οι νεκρώσεις των δασικών ειδών που έχουν διαπιστωθεί τις τελευταίες δεκαετίες και έχουν ήδη αποδοθεί στην κλιματική αλλαγή, επιφέρουν διαταραχές στη σύνθεση των δασικών οικοσυστημάτων. Συμβάλλουν άμεσα στη μείωση της παραγωγής των δασών αλλά και έμμεσα μέσω της περαιτέρω υποβάθμισης των εδαφών αυτών (Allen, et al., 2010).

1.5 Στόχοι και σημασία της μελέτης

Το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής η επίδρασή του στα οικοσυστήματα μελετάται ευρέως σε διεθνές επίπεδο (Keenan, 2015). Οι μέθοδοι και τα μοντέλα που χρησιμοποιούνται παρέχουν στοιχεία για τις αλλαγές που έχουν λάβει χώρα στα οικοσυστήματα έως σήμερα. Επιπλέον αποτελούν τη βάση για τη σύνταξη εκτιμήσεων επί του τρόπου αντίδρασης των οικοσυστημάτων στις επερχόμενες κλιματικές αλλαγές (Bakkens, et al., 2002; Allen, 2003). Η ξηρασία αποτελεί μια εκ των παραμέτρων της κλιματικής αλλαγής ή οποία έχει ως αποτέλεσμα την εκτεταμένη θνησιμότητα δασικών δένδρων. Η θνησιμότητα έχει διαπιστωθεί σε όλες τις ηπείρους και σε πληθώρα δασικών ειδών. Στην Ελλάδα έχουν καταγραφεί περίοδοι αυξημένης ξηρασίας οι οποίες οδήγησαν σε θνησιμότητα κυρίως της ελάτης και της πεύκης.

Οι περισσότερες εκ των υφιστάμενων μελετών εξετάζουν το φαινόμενο σε αδρή κλίμακα. Αν και υπάρχουν πολλές μελέτες που αναφέρονται στις χώρες της Μεσογείου, απουσιάζουν εκτεταμένες μελέτες που να επικεντρώνονται στην ανάλυση δεδομένων –σχετικών με το φαινόμενο- σε τοπική κλίμακα, τόσο για την Ευρώπη όσο και για την Ελληνική πραγματικότητα. Επιπλέον, δεν έχουν γίνει μελέτες που να επικεντρώνονται στην ποσοτικοποίηση των αλλαγών και επιδράσεων, στο χωρικό προσανατολισμό αυτών σε τοπική κλίμακα και για συγκεκριμένα δασικά είδη (Linder, et al., 2010). Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή πραγματοποιείται με στόχο την κάλυψη αυτού του κενού.

Γενικός στόχος της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής είναι η ποσοτικοποίηση των απωλειών που οφείλονται στη θνησιμότητα της ελάτης. Η μελέτη της χωρικής κατανομής του φαινομένου. Καθώς και η διερεύνηση της σχέσης των τοπογραφικών, βιοτικών και κλιματολογικών συνθηκών με το φαινόμενο της θνησιμότητας που έλαβε χώρα στο Δασικό Σύμπλεγμα Ανατολικού Μαινάλου κατά την περίοδο 1983-2010.

Η καινοτομία του υπό εξέταση θέματος αποδίδεται σε δύο στοιχεία:

Στην κάλυψη του κενού της ποσοτικοποίησης του φαινομένου της θνησιμότητας στο Δασικό Σύμπλεγμα Ανατολικού Μαινάλου.

Η μελέτη του φαινομένου της θνησιμότητας σε ένα δασικό σύμπλεγμα όπου η ελάτη αναπτύσσεται κυρίως στα θερμοόριά της.

1.6 Το είδος Κεφαλληνιακή Ελάτη (*Abies cephalonica*)

Στην Ελλάδα απαντώνται τρία είδη ελάτης η Κεφαλληνιακή ελάτη (*Abies cephalonica*) η Λευκή ελάτη (*Abies alba*) και η Υβριδογενής ελάτη (*Abies borisii-regis*). Η Κεφαλληνιακή ελάτη (*Abies cephalonica*) είναι ενδημικό είδος, απαντάται δηλαδή μόνο στον ελλαδικό χώρο.

Το κοινό όνομα που επικράτησε είναι Κεφαλληνιακή ελάτη (Panetsos, 1975) ενώ στη βιβλιογραφία απαντάται και ως Ελληνικό έλατο (*Greek fir*), ή έλατο του βουνού του Αίνου (Κοράκης, 2015).

Η Κεφαλληνιακή ελάτη (*Abies cephalonica*) εντοπίστηκε για πρώτη φορά το 1824, στο όρος Αίνος της Κεφαλονιάς, από τον άγγλο διοικητή και κυβερνήτη του νησιού Charles Napier (Δικτυακός Τόπος για τη Φύση και τη Βιοποικιλότητα, 2016) Τα σπέρματα τα έστειλε ο κυβερνήτης στην πατρίδα του όπου και καλλιεργήθηκαν. Το 1838 ο σκοτσέζος βοτανολόγος J.C Loudon αναγνώρισε και περιέγραψε το είδος και ένεκα της καταγωγής των σπόρων, το ονόμασε *Abies cephalonica*. Στη συνέχεια, αναφέρθηκε στη σχετική βιβλιογραφία και ως *Abies cephalonica Loudon*. Παράλληλα, άλλοι επιστήμονες μελετούσαν αντίστοιχο υλικό από διαφορετικές περιοχές της Ελλάδας δίνοντάς του διαφορετική ονομασία. Ο γερμανός βοτανολόγος H.F. Link το 1838 μελετώντας πληθυσμούς από τον Παρνασσό έδωσε το όνομα *Abies apollinis*, (Έλατο του Απόλλωνα), ενώ ο γερμανός βοτανολόγος T.H.H. Heldreich, το 1861 μελετώντας πληθυσμούς από την Κεντρική Πελοπόννησο ονόμασε το είδος ως *Abies reginae-amalia* (Έλατο της βασίλισσας Αμαλίας).

Η Κεφαλληνιακή ελάτη ήταν γνωστή από την αρχαιότητα. Ο όρος πίτυς των αρχαίων ελλήνων αναφερόταν τόσο στο πεύκο όσο και στην ενδημική ελάτη (*Abies cephalonica*). Η ελάτη είχε αφιερωθεί στο θεό των βοσκών Πάνα. Κατά τη μυθολογία, η Πίτυ ήταν νύμφη την οποία είχε ερωτευτεί τόσο ο Πάνας όσο και ο Βοριάς. Η Πίτυ προτίμησε τον Πάνα, καθώς έκανε λιγότερο θόρυβο, εξοργίζοντας το Βοριά, ο οποίος για να την εκδικηθεί φύσηξε και την έριξε κάτω από ένα βράχο. Εκεί τη βρήκε ο Πάνας ξεψυχισμένη και την μεταμόρφωσε στο ιερό του δέντρο, το έλατο. Έκτοτε, η νύμφη κλαίει όταν φυσάει ο βοριάς και τα δάκρυά της είναι οι σταγόνες του ρετσινιού που στάζουν κάθε φθινόπωρο από τους κώνους της (Μπάουμαν, 1984).

1.6.1 Συστηματική Κατάταξη

Μετά την αρχική αναγνώριση του γένους *Abies* έγιναν πολλές προσπάθειες για κατάταξη των ειδών και υποειδών οι οποίες έδωσαν ποικίλα αποτελέσματα καθώς λάμβαναν υπόψη τους μόνο περιορισμένο αριθμό των μορφολογικών χαρακτηριστικών ή μόνο στη γεωγραφική εξάπλωση. Έτσι από τον Linnaeus (1753) ο οποίος κατέταξε όλα τα είδη ελάτης και πεύκης στο γένος *Pinus* και τον Miller (1754) ο οποίος ξεχώρισε την ελάτη και την κατέταξε στο γένος *Abies*, πραγματοποιήθηκαν ποικίλες κατατάξεις και το 1987 ο Rushforth λαμβάνοντας υπόψη όλες τις προγενέστερες κατατάξεις προχώρησε σε αναθεώρηση του γένους (<http://www.conifers.org>). Το γένος *Abies* έχει 55 είδη, 1 υποείδος και 12 ποικιλίες. Όσον αφορά τη λεκάνη της Μεσογείου, το γένος *Abies* εμφανίζει 7 είδη και 2 υβρίδια και αποτελεί κέντρο εξάπλωσής του (Farjon and Rushforth, 1989).

Η συστηματική κατάταξη της Κεφαλληνιακής ελάτης στο Φυτικό Βασίλειο φαίνεται στον Πίνακα 1.1.

Πίνακας 1.1: Ταξινομική κατάταξη του είδους (*Abies cephalonica*)

ΑΘΡΟΙΣΜΑ	<i>Spermatophyta</i> (Σπερματοφύτα)
ΥΠΟΑΘΡΟΙΣΜΑ	<i>Gymnospermae</i> (Γυμνόσπερμα)
ΚΛΑΣΗ	<i>Coniferae</i> (Κωνοφόρα)
ΤΑΞΗ	<i>Coniferales</i>
ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ	<i>Pinaceae</i> (ή <i>Abietaceae</i>)
ΓΕΝΟΣ	<i>Abies</i>
ΕΙΔΟΣ	<i>Abies cephalonica</i>

Αναλυτικότερα, κατατάσσεται:

Στο άθροισμα *Spermatophyta*, (Σπερματοφύτα) που αποτελούν τη μεγαλύτερη ομάδα του Φυτικού Βασιλείου. Περιλαμβάνει τα τελειότερα από άποψη εξελίξεως κορμόφυτα, τα οποία και χαρακτηρίζονται από την μεγάλη ανάπτυξη, τα άνθη (flowers), τα σπέρματα (seeds) και τους καρπούς (fruits).

Στο υποάθροισμα *Gymnospermae* (Γυμνόσπερμα), στο οποίο ανήκουν τα φυτικά εκείνα είδη που τα σπέρματά τους αναπτύσσονται σε ειδικούς σχηματισμούς, τους κώνους (cones).

Στην κλάση *Coniferae* (Κωνοφόρα), όπου περιλαμβάνονται δενδρώδη ή σπανίως θαμνώδη είδη αειθαλή (*Abies*, *Pinus* κ.ά) ή φυλλοβόλα (*Larix*, *Taxodium*). Οι κορμοί των οποίων είναι συνήθως μονοποδιακοί με πλευρικούς κλάδους που παρουσιάζουν συχνά σπονδυλωτή διάταξη.

Στην τάξη *Coniferales*, την οικογένεια *Pinaceae* (ή *Abietaceae*), που περιλαμβάνει κυρίως δέντρα με πολυετή βελονοειδή φύλλα με σπειροειδή διάταξη.

Στο γένος *Abies*, το οποίο περιλαμβάνει και τα υπόλοιπα είδη ελάτων (Σαρλής, 1999).

1.6.2 Προέλευση-Εξέλιξη

Το γένος *Abies* εμφανίστηκε κατά την Παλαιόκαινο εποχή του σύγχρονου Καινοζωικού αιώνα. Η παρουσία του στη Μεσόγειο ανάγεται στη περίοδο του Μειόκαινου δεδομένης της ανακάλυψης απολιθωμάτων της περιόδου αυτής. Υπάρχουν ενδείξεις ότι υπήρχε ένα μοναδικό προγονικό είδος ελάτης όλων των ειδών της Μεσογείου το οποίο απαντιόταν στην περιοχή του Αιγαίου κατά τη διάρκεια του Μειόκαινου (Fady, et al. 1992; Parducci, 2001)

Οι μακροχρόνιες γεωλογικές αλλαγές στη λεκάνη της Μεσογείου οδήγησαν πολλά φυτικά είδη σε γεωγραφική απομόνωση. Ταυτόχρονα, οι κλιματικές αλλαγές που λάμβαναν χώρα (η κρίση αλμυρότητας της Μεσσήνιου, οι καλοκαιρινές ξηρασίες και οι παγετώδεις περίοδοι του Πλειστοκαίνου) έθεταν τους φυτικούς οργανισμούς υπό επιλεκτική πίεση η οποία συνέτεινε στην τοπική προσαρμογή και τη γενετική διαφοροποίηση των ειδών (Linares, et al., 2010). Κατά τη διάρκεια του Πλειόκαινου το προγονικό είδος ελάτης διαχωρίστηκε σε δύο νέες ομάδες. Η μεν πρώτη εξαπλώθηκε στη Βαλκανική χερσόνησο και είναι αυτή από την οποία προήλθε η *Abies cephalonica*, η δε δεύτερη στην Μικρά Ασία απ' όπου προήλθε η *Abies alba*. Κατά την τελευταία παγετώδη περίοδο (90-12 χιλιάδες χρόνια πριν) η *Abies alba* μετανάστευσε νοτιότερα σε πιο χαμηλά υψόμετρα όπου εξαπλώνονταν η *Abies cephalonica* με αποτέλεσμα τη δημιουργία του υβριδίου *Abies borisii-regis* (Fady, et al., 1992). Ωστόσο, έως και σήμερα δεν είναι σαφές εάν η *Abies borisii-regis* είναι ένα φυσικό υβρίδιο ή υποείδος της *Abies cephalonica* (Bella, et al., 2015).

1.6.3 Γεωγραφική εξάπλωση

Τα περισσότερα είδη του γένους *Abies* απαντώνται στις εύκρατες περιοχές του βόρειου ημισφαιρίου, τόσο στο δυτικό όσο κι στο ανατολικό ημισφαίριο και κυρίως σε εύκρατες υποαρκτικές περιοχές. Δηλαδή, απαντώνται στην Ευρώπη, τη Β. Αμερική, την Β. Αφρική και την Ασία και περιλαμβάνει υβρίδια και άλλα υποείδη (Tutin, et al, 1993).

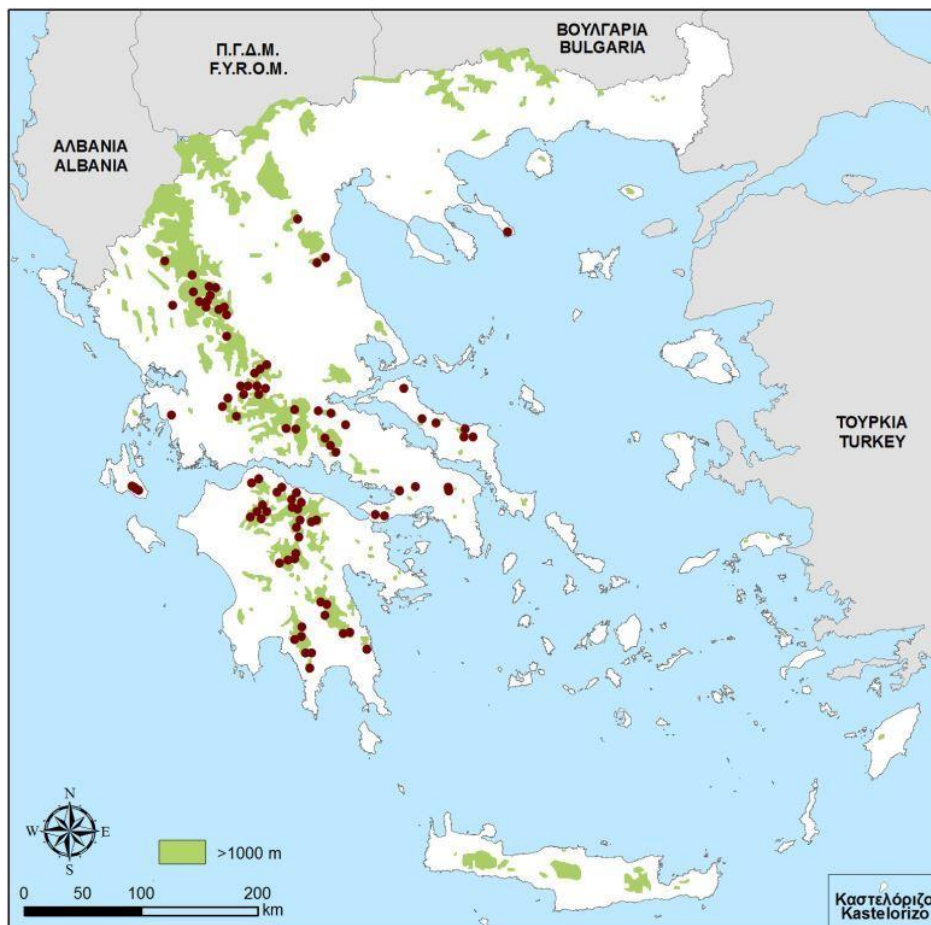
Ειδικότερα στη λεκάνη της Μεσόγειου φύονται τρεις κατηγορίες ελάτης.

Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει αυστηρώς τα Μεσογειακά είδη *Abies cephalonica*, *Abies cilicica*, *Abies marocana*, *Abies nebrodensis*, *Abies numidica* και *Abies pinsapo*.

Η δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνει τα είδη της βόρειας Ανατολίας, *Abies bormulleriana*, *Abies equi trojani* και *Abies nordmanniana*.

Η Τρίτη κατηγορία περιλαμβάνει την *Abies alba* η οποία απαντάται στις βορειότερες περιοχές και την *Abies borisii-regis* η οποία προέρχεται από ανάμιξη του γενετικού υλικού της *Abies alba* και *Abies cephalonica* και απαντάται κυρίως στην κεντρική και βόρεια Ελλάδα (Aussenac, 2002).

Στον Ελλαδικό χώρο η Λευκή ελάτη (*Abies alba*) φύεται στα βόρεια σύνορα της χώρας. Η Κεφαλληνιακή ελάτη (*Abies cephalonica*) στη νότια Ελλάδα και τα νησιά του Ιονίου και τη Εύβοια. Το υβρίδιο *Abies borisii-regis* απαντάται στην κεντρική και βόρεια Ελλάδα (Αραμπατζής, 1998). Λόγω του υβριδισμού τα όρια εξάπλωσης της Κεφαλληνιακής ελάτης δεν είναι σαφή.



Εικόνα 1.2: Η φυσική εξάπλωση της Κεφαλληνιακής Ελάτης στην Ελλάδα, όπως αποτυπώνεται με τις καφέ τελείες. (Φορέας Διαχείρισης Εθνικού Δρυμού Αίνου, 2016)

Σύμφωνα με υφιστάμενες μελέτες στο είδος της Κεφαλληνιακής ελάτης ανήκουν οι πληθυσμοί της Νότιας Ελλάδας και συγκεκριμένα των βουνών της Πελοποννήσου, της κεντρικής Στερεάς Ελλάδας, της Κεφαλονιάς της Λευκάδας και της Εύβοιας όπως απεικονίζονται και στην Εικόνα 1.2 (Μητσόπουλος, 1983; Christensen, 1997).

1.6.4 Οικολογία του είδους Κεφαλληνιακή ελάτη

Η Κεφαλληνιακή ελάτη απαντάται σε υψόμετρο από 400 έως 2300 μέτρα (Aussenac, 2002) και η κύρια ζώνη εξάπλωσής της είναι αυτή των 800 έως 2000 μέτρων (Christensen, 1997). Στο ανώτερο τμήμα της μέσο-μεσογειακής ζώνης (600-900 μέτρα) σχηματίζει δάση, συνήθως σε μίξη με *Pinus nigra*, και στο κατώτερο τμήμα της όρειο-μεσογειακής ζώνης βλάστης (1900-2000 μέτρα) ήτοι, στη ζώνη των ψυχροβίων κωνοφόρων, σχηματίζει αμιγή δάση (Samaras, et al., 2015).

Φύεται σε ποικίλα εδαφικά και γεωλογικά υποστρώματα. Στα μητρικά πετρώματα όπου απαντάται, περιλαμβάνονται, οι γνεύσιοι, ο σερπεντίνες, ο φλίσχης, οι σχιστόλιθοι, οι δολομίτες και οι ασβεστόλιθοι. Όπως αναφέρει ο Samaras, (2012), οι Barbéro και Quézel το 1976, επισημαίνουν ότι η Κεφαλληνιακή ελάτη προτιμά κυρίως συμπαγείς ασβεστόλιθους. Το pH του εδάφους, όπου φύεται, κυμαίνεται από 5-8. Γενικότερα, η Κεφαλληνιακή ελάτη είναι είδος που παρουσιάζει βέλτιστη ανάπτυξη σε ασβεστολιθικά πετρώματα με βαθιά, γόνιμα, χαλαρά και σχετικά υγρά εδάφη αλλά αναπτύσσεται ικανοποιητικά και σε ξηρότερα αβαθή εδάφη. Εξ' άλλου είναι κοινά αποδεκτό ότι η σύσταση του εδάφους και το pH δεν αποτελούν κρίσιμο παράγοντα για την ανάπτυξή της όσο η εδαφική υγρασία που παίζει καθοριστικό ρόλο (Stephenson, 1990).

Στο εύρος εξάπλωσης της Κεφαλληνιακής ελάτης η μέση ετήσια βροχόπτωση κυμαίνεται από 500mm, στα χαμηλότερα υψόμετρα εξάπλωσης της νοτιοανατολικής Ελλάδας έως 2500mm στο νοτιοδυτικό τμήμα τη Πίνδου (Γκούβας και Σακελλαρίου, 2011). Το μεγαλύτερο ποσό κατακρημνισμάτων καταγράφεται αργά το φθινόπωρο και κατά τη διάρκεια του χειμώνα ενώ κατά τη θερινή περίοδο (Ιούνιος-Σεπτέμβριος) η ποσότητα των κατακρημνισμάτων δεν ξεπερνά τα 100mm με αποτέλεσμα οι περιοχές αυτές να αντιμετωπίζουν προβλήματα ξηρασία (Aussenac, 2002, Γκούβας και Σακελλαρίου, 2011). Ιδιαίτερα όπου υπάρχουν αβαθή και επικλινή εδάφη που έχουν περιορισμένη δυνατότητα συγκράτησης του νερού.

Το εύρος των μέσων ετήσιων θερμοκρασιών για την περιοχή εξάπλωσης της ελάτης κυμαίνεται από 3°C έως 15°C, η μέση θερμοκρασία των ψυχρότερων μηνών κυμαίνεται από -4,4°C έως 5,4°C και η μέση θερμοκρασία των θερμότερων μηνών κυμαίνεται από 12,3°C έως 23,1°C (Γκούβας και Σακελλαρίου, 2011). Η Κεφαλληνιακή ελάτη μπορεί να επιβιώσει κάτω από τις ακραίες τιμές των 41°C και των -18°C της θερινής και της χειμερινής περιόδου, αντίστοιχα. Αν και η Κεφαλληνιακή ελάτη θεωρείται είδος ευαίσθητο στον παγετό και οι ημέρες παγετού κατά μέσο όρο είναι εξήντα τρεις (63) σπάνια αντιμετωπίζει προβλήματα λόγω του παγετού. Εξαιρέση αποτελούν οι ανοιξιάτικοι πάγοι οι οποίοι λαμβάνουν χώρα κατά την περίοδο ανάπτυξης των οφθαλμών τους οποίους και καταστρέφουν (Aussenac, 2002).

Τα μεσογειακά είδη ελάτης, μεταξύ των οποίων και η Κεφαλληνιακή ελάτη έχουν αναπτύξει στρατηγικές αντιμετώπισης της ξηρασίας διαθέτοντας μηχανισμούς ρύθμισης της λειτουργίας των στομάτων που βοηθούν στην μείωση της απώλειας νερού (Guehl, et al., 1991). Μεταξύ αυτών, η Κεφαλληνιακή ελάτη αποτελεί το πιο καλά προσαρμοσμένο είδος καθώς ελέγχοντας το υδατικό δυναμικό αντιστέκεται στην ξηρασία, η οποία μπορεί να διαρκέσει έως και πέντε μήνες και το έλλειμμα νερού στο οποίο μπορεί να αντισταθεί κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου είναι 200mm (Γκούβας και Σακελλαρίου, 2011; Papageorgiou, et al., 2015).

1.6.5 Μορφολογικά χαρακτηριστικά της Κεφαλληνιακής ελάτης

Η Κεφαλληνιακή ελάτη είναι δένδρο αειθαλές, ύψους έως και 30 μέτρων και διαμέτρου έως και 1,5 μέτρων, αν και συνήθως το ύψος του δεν ξεπερνά τα 15-25 μέτρα (Αραμπατζής, 1998). Στη νεαρή ηλικία η κόμη του είναι πυραμιδοειδής στη φάση γήρανσης διατηρεί το ίδιο πεπλατυσμένο πια σχήμα και παρουσιάζει ασύμμετρα προεξέχοντα κλαδιά. Οι ετήσιοι κλαδίσκοι είναι λείοι και οι οφθαλμοί είναι κωνικοί ή ωοειδείς με μεγάλη ποσότητα ρητίνης (Κοράκης, 2015).

Ο κορμός είναι αρκετά ανθεκτικός και ευθυτενής. Ο φλοιός αρχικά είναι φαιοκάστανος και στη συνέχεια γίνεται γκριζός παρουσιάζοντας ιδίου σκουρότερου χρώματος σχισμές. Το ξύλο είναι ομοιογενές με απλή δομή.

Τα φύλλα είναι πυκνές βελόνες, μήκους 15-30mm και πλάτους έως 2mm, άκαμπτες με κορυφή έντονα οξεία έως και ακιδωτή. Φύονται σπειροειδώς διατεταγμένες ή κάμπτονται

κατακόρυφα και είναι δίσειρες μόνο στα έντονα σκιαζόμενα κλαδιά. Η άνω επιφάνειά τους είναι γυαλιστερή και σκουροπράσινη και η κάτω είναι ανοιχτοπράσινη με δύο επιμήκης λευκές γραμμές πάνω στις οποίες υπάρχουν 6-8 σειρές στομάτων προς τη βάση είναι περιστρεφμένες και κυκλικές και όταν αποπίπτουν αφήνουν κυκλικές ουλές.

Είναι είδος μόνικο και τα άνθη είναι μονογενή.



Εικόνα 1.3: Κώνοι Κεφαλληνιακής ελάτης (φωτογραφία, Μπεξή Κ., 2015)

Τα αρσενικά άνθη φύονται σε κωνίσκους κόκκινους και τα θηλυκά σε κωνίσκους όρθιους ωχροπράσινους και ανθίζουν κατά το διάστημα Μαΐου – Ιουνίου. Οι κώνοι είναι κοκκινοκάστανοι κυλινδρικοί, μήκους 12-16cm και πλάτους 4-5cm και έχουν σφηνοειδή καλυπτήρια ρητινοφόρα βράκτια που προεξέχουν. Τα σπέρματα είναι γωνιώδη, περιβάλλονται από πτερύγιο και έχουν μήκος έως 2cm. (Κοράκης, 2015; The Gymnosperma database, 2016; The Arnold Arboretum of Harvard University, 2016).

Το ριζικό σύστημα της ελάτης είναι πασσαλώδες και με την πάροδο των ετών μετατρέπεται σε καρδιόσχημο (Ντάφης, 1986). Αν και είναι σχετικά ρηχό έχει την ικανότητα να προσαρμόζεται στις τοπικές συνθήκες με αποτέλεσμα να είναι βαθύ και ισχυρό στα βαθύτερα εδάφη και ρηχό και εκτεταμένο στα ρηχά, βραχώδη εδάφη (Raftoyannis, et al., 2008). Αρχικά το ριζικό σύστημα αποτελείται από την κεντρική ρίζα και τις οριζόντιες ρίζες πρώτης τάξεως. Ακολούθως σχηματίζονται οι ρίζες δεύτερης και τρίτης τάξεως, σε διάταξη ψαροκόκαλου και στη συνέχεια το ριζικό σύστημα επεκτείνεται σύμφωνα με την ηλικία, με τον αριθμό των ριζών να αυξάνεται γραμμικά και τον όγκο αυτών να αυξάνεται γεωμετρικά.

Το ριζικό σύστημα δεν αναπτύσσεται ομοιόμορφα κατανεμημένο γύρω από το πρέμνο αλλά ακολουθεί τις εκάστοτε μορφολογικές συνθήκες του εδάφους. Έτσι η κύρια μάζα του ριζικού συστήματος, ιδιαίτερα κατά τα δέκα πρώτα χρόνια ζωής, συγκεντρώνεται στην κατάντη πλευρά, προσδίδοντας στο είδος μια ιδιαίτερη ικανότητα προσαρμογής στις εκάστοτε περιβαλλοντικές συνθήκες (Spanos, et al., 2008).

1.6.6 Αναπαραγωγή και Αύξηση της Κεφαλληνιακής ελάτης

Η ωρίμανση των κώνων της Κεφαλληνιακής ελάτης ξεκινά το καλοκαίρι και διαρκεί μέχρι και το τέλος Σεπτεμβρίου. Κατά το διάστημα αυτό οι κώνοι απολεπίζονται, τα καρπόφυλλα πέφτουν και παραμένει μόνο ο άξονας. Τα σπέρματα διασπείρονται από τις αρχές Οκτωβρίου έως τις αρχές Νοεμβρίου και στη συνέχεια θάβονται κάτω από το έδαφος ή από το χιόνι σχηματίζοντας μια παροδική εδαφιαία τράπεζα σπερμάτων καθ' όλη τη διάρκεια του χειμώνα. (Politi, et al., 2011).

Τα αρτίβλαστα της ελάτης εμφανίζονται συνήθως στα τέλη της άνοιξης. Από την ποσότητα των σπερμάτων που διασπείρονται στο έδαφος ένα ποσοστό της τάξεως του 40% έως 60% αναμένεται να φυτρώσει. Τα αρτίβλαστα αναπτύσσονται πολύ αργά και χρειάζονται τέσσερα έως πέντε χρόνια για να φτάσουν τα 20cm ενώ τα δέκα πρώτα χρόνια, συνολικά, φτάνουν τα 50-60cm. Αν και στη συνέχεια ο ρυθμός ανάπτυξης αυξάνεται η ελάτη παραμένει ένα βραδυαυξές είδος και τα άτομα με διάμετρο μεγαλύτερη των 45cm υπολογίζεται ότι ηλικιακά ξεπερνούν τα 200 χρόνια (Politi et al., 2011).

Η αύξηση των φυτών επηρεάζεται παράλληλα, από τις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στην εκάστοτε περιοχή. Οι παγετοί που λαμβάνουν χώρα νωρίς την άνοιξη επηρεάζουν αρνητικά τα έλατα των οποίων οι οφθαλμοί είναι σε φάση έκπτυξης. Ωστόσο αυτή η πρώιμη ανάπτυξη αποτελεί και πλεονέκτημα καθώς τα άτομα επωφελούνται από τα χειμερινά αποθέματα νερού κατά την ολοκλήρωση της αναπαραγωγικής διαδικασίας. Η ξηρασία επηρεάζει την ανάπτυξη αυτών και ειδικότερα την ανάπτυξη των αρτιβλάστων τα οποία είναι περισσότερο ευαίσθητα στην έλλειψη νερού σε σχέση με τα μεγαλύτερα άτομα του είδους (Aussenac, 2002).

1.6.7 Καθεστώς Προστασίας

Σύμφωνα με τον Κόκκινο Κατάλογο των Απειλούμενων Ειδών (Red List of Threatened Species) της Διεθνούς Ένωσης για τη διατήρηση της Φύσης (International Union for

Conservation of Nature), η Κεφαλληνιακή ελάτη κατατάσσεται στα είδη «Μειωμένου Ενδιαφέροντος» (LC, Least Concern), (IUNC,2016). Αν και έχει παρατηρηθεί μείωση του πληθυσμού λόγω κυρίως των πυρκαγιών και αναμένεται περαιτέρω μείωση επίσης λόγω των αναμενόμενων θερινών πυρκαγιών το είδος δεν χαρακτηρίστηκε απειλούμενο λόγω της ευρείας εξάπλωσής του στον ελλαδικό χώρο. Έχουν καταγραφεί πλέον των 11 κύριων περιοχών εξάπλωσης οι οποίες είναι ικανοποιητικού εύρους, όπως για παράδειγμα ο Εθνικός Δρυμός Αίνου στην Κεφαλονιά εκτάσεως 28,620 km² (Gardner and Knees, 2011).

1.6.8 Απειλές

Η Κεφαλληνιακή ελάτη είναι ένα είδος γνωστό από την αρχαιότητα το οποίο, δια μέσω των αιώνων, δέχτηκε πιέσεις από τον ανθρώπινο παράγοντα. Σήμερα εξακολουθεί να απειλείται από τον άνθρωπο μέσω της υποβάθμισης, της υπερβόσκησης, των λαθροϋλοτομιών, των αλλαγών χρήσεως γης για τη δημιουργία καλλιεργούμενων εκτάσεων και κυρίως των πυρκαγιών (Alizoti, et al., 2011)

Η φωτιά είναι απόλυτα συνδεδεμένη με τα Μεσογειακά οικοσυστήματα καθώς επί χιλιάδων ετών χρησιμοποιήθηκε ως μέσο διαχείρισης αυτών με αποτέλεσμα οι εκάστοτε φυτοκοινότητες να έχουν αναπτύξει ειδικούς μηχανισμούς για να ανταπεξέλθουν (Archibold, 1995). Στη ζώνη εξάπλωσης της Κεφαλληνιακής ελάτης, λόγω κυρίως των κλιματικών συνθηκών, της υψηλής υγρασίας αέρα και εδάφους η έναρξη και η εξάπλωση των πυρκαγιών δεν είναι εύκολη. Οι πυρκαγιές που εμφανίζονται είναι κυρίως έρπουσες και όχι ιδιαίτερα καταστροφικές. Τα προγενέστερα χρόνια, δεν αποτέλεσαν παράγοντα εξελικτικής πίεσης του είδους και συνεπώς δεν αναπτύχθηκαν ανάλογοι μηχανισμοί για να ανταπεξέλθουν σε αυτές (Agiannoutsou, et al., 2012). Ωστόσο από το 2000 έως και σήμερα καταγράφηκαν ιδιαίτερα καταστροφικές πυρκαγιές που προκάλεσαν μεγάλη απώλεια ελατοδασών, όπως για παράδειγμα το 2007 στον Ταΰγετο (4.500ha) και στον Εθνικό Δρυμό Πάρνηθας (2.080 ha). Η συχνότητα και η δριμύτητα των πυρκαγιών αναμένεται να αυξηθεί καθώς θα αυξηθούν οι περίοδοι ξηρασίας μέσα στα πλαίσια της επερχόμενης κλιματικής αλλαγής (Dimitrakopoulos, et al., 2011) .

Στις απειλές αυτές τις τελευταίες δεκαετίες προστέθηκαν οι προσβολές από έντομα και παθογόνα, οι προσβολές από τον ιξό, οι προσβολές του ριζικού συστήματος, η ατμοσφαιρική ρύπανση και οι παρατεταμένες περίοδοι ξηρασίας έχοντας ήδη οδηγήσει την επιστημονική κοινότητα να επισημαίνει τη θνησιμότητα της ελάτης. (Gardner and Knees, 2011).

Κεφάλαιο 2

Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

2.1 Εισαγωγή

Η κλιματική αλλαγή λαμβάνει, ήδη, χώρα με αυξανόμενο ρυθμό σε όλα τα μήκη και πλάτη της γης και αναμένεται να επιδεινωθεί κατά την εξέλιξη του 21^{ου} αιώνα. Στο παρόν κεφάλαιο γίνεται ανασκόπηση των δεδομένων των σχετικών με την κλιματική αλλαγή τόσο σε παγκόσμιο επίπεδο όσο και σε επίπεδο χώρας.

Υπάρχει μεγάλη αβεβαιότητα ως προς τον τρόπο αλληλεπίδρασης της κλιματικής αλλαγής με τα δασικά οικοσυστήματα καθώς και για το ποιες ακριβώς είναι οι επιπτώσεις της σε αυτά. Ωστόσο είναι ευρέως αποδεκτό ότι η θνησιμότητα των δασών είναι μία από τις επιπτώσεις της.

Οι μηχανισμοί που οδηγούν στη θνησιμότητα των δασικών δεν είναι πλήρως γνωστοί. Όμως, σε μεγάλο αριθμό μελετών αναγνωρίζεται ο ρόλος της ξηρασίας στην εξέλιξη της θνησιμότητας των δέντρων καθώς και οι δευτερογενείς προσβολές που οφείλονται σε έντομα.

Στην Ελλάδα το φαινόμενο της δασικής θνησιμότητας έχει λάβει χώρα, κατά περιόδους, σε όλη την επικράτεια και έχει επηρεάσει διάφορα δασικά είδη. Ένα από αυτά είναι και η ελάτη η οποία και αποτελεί αντικείμενο μελέτης στην παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή.

2.2 Η εξέλιξη της Κλιματικής Αλλαγής παρελθόν και μέλλον

Η δυνατότητα υψηλής ανάλυσης καταγραφών των παραμέτρων του κλίματος, τόσο από ενόργανες παρατηρήσεις των τελευταίων δύο αιώνων όσο, κυρίως, από καταγραφές ιζημάτων αποκαλύπτει ότι το κλίμα της Γης δεν ήταν ποτέ σταθερό. Δια μέσω των αιώνων, οι

παράμετροι που το χαρακτηρίζουν υπόκεινται σε πολλαπλές μεταβολές. Η σύσταση της ατμόσφαιρας του πλανήτη μας άρχισε να πλησιάζει τα σημερινά της χαρακτηριστικά πριν περίπου τρία (3) δισεκατομμύρια χρόνια. Τότε εμφανίστηκαν οι θερμές και οι ψυχρές παγετώδεις και μεσοπαγετώδεις περιόδους της γης. Η εποχή του Ολοκαίνου είναι η τελευταία μεσοπαγετώδης θερμή περίοδος που άρχισε πριν 11.500 χρόνια τα τελευταία στάδια της οποίας διανύουμε σήμερα. Κατά τον 11^ο μ.Χ. αιώνα η θερμοκρασία του αέρα άγγιξε τα σημερινά επίπεδα. Ενώ τον 15^ο μ.Χ. έως τον 19^ο μ.Χ. αιώνα εμφανίστηκε η ονομαζόμενη «Μικρή Παγετώδης Εποχή». Τότε επικράτησαν σημαντικά χαμηλότερες θερμοκρασίες από τις σημερινές, στα μέσα γεωγραφικά πλάτη καθώς και στην Ελλάδα, στην οποία μάλιστα έχει εκτιμηθεί ότι οι θερμοκρασίες ήταν κατά 1,5°C από τις σημερινές (Repapis, et al., 1989, Luterbacher, et al., 2011). Από το τέλος του 19^{ου} αιώνα άρχισε η άνοδος της θερμοκρασίας. Όπως αναφέρεται στη Πέμπτη Έκθεση της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Κλιματική Αλλαγή υπολογίζεται ότι η παγκόσμια θερμοκρασία παρουσίασε αύξηση της τάξεως των 0,85°C (από 0,65 °C έως 1,06°C) κατά την περίοδο 1880-2012. Επιπλέον, οι τελευταίες τρεις δεκαετίες ήταν οι πιο θερμές από το 1850. Ειδικότερα, η περίοδος από το 1983 έως το 2010 ήταν η θερμότερη των τελευταίων τετρακοσίων χρόνων για το βόρειο ημισφαίριο (IPCC, 2014).

Ένας αρκετά μεγάλος αριθμός μελετών δείχνουν ότι στην Ευρώπη ακολουθήθηκε το παγκόσμιο αυτό μοντέλο, η θερμοκρασία αυξήθηκε και συνεχίζει να αυξάνεται παρουσιάζοντας ωστόσο χωρικές και χρονικές διαφοροποιήσεις. Για παράδειγμα, από τη δεκαετία του 1980 η θερμοκρασία αυξήθηκε στη Σκανδιναβία κατά τη χειμερινή περίοδο, ενώ στην Ιβηρική Χερσόνησο κατά τη θερινή περίοδο. Από το 1950 έως σήμερα αυξήθηκαν τα ακραία θερμά επεισόδια (πολύ ζεστές μέρες, τροπικές νύχτες και κύματα καύσωνα) και μειώθηκαν τα ακραία ψυχρά επεισόδια (κύματα ψύχους, ημέρες παγετού). Η βροχόπτωση έχει αυξηθεί στη βόρεια Ευρώπη ενώ παρουσιάζει μείωση στη νότια Ευρώπη (Kovats, et al., 2014). Ο καύσωνας που έλαβε χώρα στην Ευρώπη το 2003 είναι μία ένδειξη της έντασης των φαινομένων που θα αντιμετωπιστούν συχνότερα στο μέλλον (Ciais, et al., 2005).

Η Μεσόγειος είναι μια από τις περιοχές η οποία θα επηρεαστεί περισσότερο από την κλιματική αλλαγή. Η τρωτότητα της οφείλεται στο γεγονός ότι, εκτός από τις κινητήριες δυνάμεις που οδηγούν στην μεταβολή του κλίματος παγκοσμίως, το κλίμα της Μεσογείου επηρεάζεται και από τοπικές διεργασίες που προκαλούνται από το γεωγραφικό πλάτος και μήκος της περιοχής, τη σύνθετη φυσιογραφία της (έντονο ανάγλυφο, πολύμορφες ακτογραμμές, μεσογειακή βλάστηση) καθώς και την ύπαρξη μεγάλης ποσότητας νερού

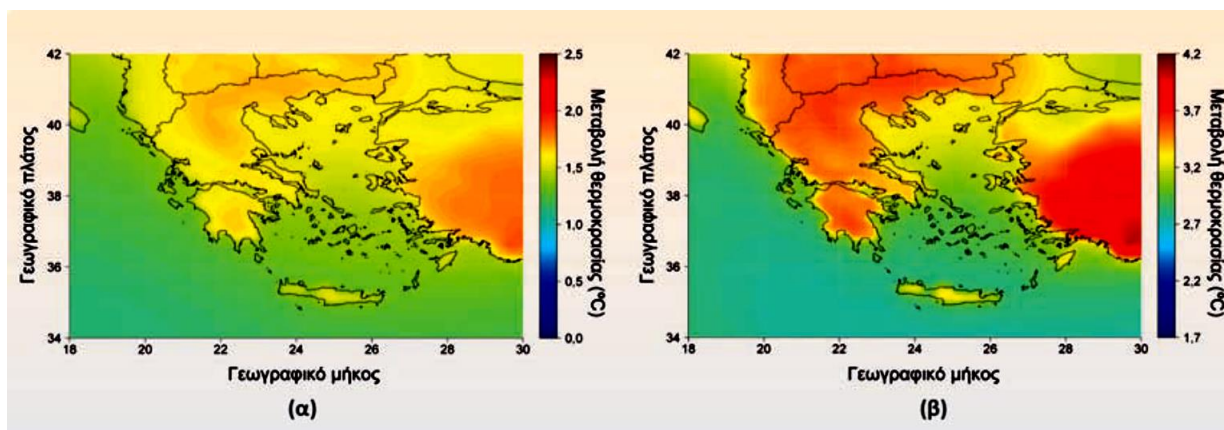
(Μεσόγειος Θάλασσα) (Luterbacher, et al.,2011) Οι διεργασίες αυτές οδηγούν σε επιπλέον διαφοροποίηση του κλίματος στις επιμέρους μικρότερες χωρικές κλίμακες (Giorgi and Lionello, 2008). Τις διακριτές αυτές υποπεριοχές αποτελούν η Ανατολική, η Κεντρική και η Δυτική Μεσόγειος (Luterbacher and Xoplaki, 2003). Η περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου αναμένεται να επηρεαστεί περισσότερο από την κλιματική αλλαγή. Η ετήσια βροχόπτωση καθώς και ο αριθμός των ημερών με βροχόπτωση θα μειωθούν. Παράλληλα η μέση ετήσια θερμοκρασία είναι πιθανόν να αυξηθεί περισσότερο από τη μέση παγκόσμια θερμοκρασία οδηγώντας σε περιόδους ξηρασίας μεγάλης συχνότητας και έντασης (De Dios, et al., 2007; Lelieveld, et al., 2012).

Η Ελλάδα ως περιοχή της νοτιοανατολικής Μεσογείου αναμένεται να είναι μια από τις πιο τρωτές χώρες της, στην κλιματική αλλαγή. Ήδη τις τελευταίες δεκαετίες παρατηρείται μείωση της βροχόπτωσης, κυρίως τους καλοκαιρινούς μήνες με παράλληλη αύξηση της θερμοκρασίας καθώς και των ημερών καύσωνα (Xoplaki, et al., 2004; Feidas, et al., 2007). Η τάση μείωσης των ετήσιων τιμών βροχόπτωσης κατά τη διάρκεια του 20^{ου} αιώνα διαφοροποιείται ανά γεωγραφική περιοχή και κυμαίνεται μεταξύ 20% στη Δ. Ελλάδα και 10% στην Α. Ελλάδα. Σύμφωνα με μετρήσεις που έχουν ληφθεί από το μετεωρολογικό σταθμό του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών, τις τελευταίες δεκαετίες η μέση θερμοκρασία του καλοκαιριού βρίσκεται σε συνεχή άνοδο, με μέση αύξηση που πλησιάζει τον 1°C ανά δεκαετία. Αντίστοιχα αυξάνεται η μέση μέγιστη θερμοκρασία (3,2°C για την περίοδο 1976-2008) καθώς και η μέση ελάχιστη καλοκαιρινή, νυχτερινή θερμοκρασία (3,3°C για την περίοδο 1984-2008). Παρόμοιοι ρυθμοί αύξησης της θερμοκρασίας καταγράφονται και τους καλοκαιρινούς μήνες σε παράκτιους σταθμούς. (Τράπεζα της Ελλάδας, 2011α). Το έτος 2003 ήταν ιδιαίτερα θερμό για όλη την Ευρώπη καθώς και για την Ελλάδα. Το καλοκαίρι δε του έτους 2007 καταγράφηκαν υψηλότερες θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια επαναλαμβανόμενων κυμάτων καύσωνα στα τέλη Ιουνίου, τον Ιούλιο καθώς και τον Αύγουστο. Οι τιμές που καταγράφηκαν το καλοκαίρι του 2007 αντικατοπτρίζουν τις μέγιστες τιμές οι οποίες προβλέπεται να είναι συνήθεις κατά την εξέλιξη 21ου αιώνα αποτελώντας ισχυρή ένδειξη για το τι θα συμβεί στην Ανατολική Μεσόγειο καθώς και στην Ελλάδα τα επερχόμενα καλοκαίρια (Founda and Giannakopoulos, 2009; Navarra and Tubiana, 2003).

Το κλίμα της Ελλάδας παρουσιάζει έντονες διαφοροποιήσεις ανά γεωγραφική περιοχή. Στην έκθεση που συνέταξε ομάδα επιστημόνων για λογαριασμό της Τράπεζας της Ελλάδας (Τράπεζα της Ελλάδας 2011α), προκειμένου να εκτιμηθούν οι κλιματικές αλλαγές του 21^{ου} αιώνα η χώρα διαιρέθηκε σε κλιματικές περιοχές με βάση κλιματικά και γεωγραφικά

κριτήρια. Προέκυψαν οι εξής 13 κλιματικές περιοχές, 1.Δυτική Ελλάδα, 2. Κεντρική και Ανατολική Ελλάδα, 3.Δυτική και Κεντρική Μακεδονία, 4.Ανατολική Μακεδονία-Θράκη, 5. Δυτική Πελοπόννησος, 6. Ανατολική Πελοπόννησος, 7.Αττική, 8. Κρήτη, 9.Δωδεκάνησα, 10.Κυκλάδες, 11.Ανατολικό Αιγαίο, 12.Βόρειο Αιγαίο και 13. Ιόνιο. Για κάθε μία από τις περιοχές αυτές υπολογίστηκαν οι αναμενόμενες μεταβολές των κλιματικών παραμέτρων όπως, μέση θερμοκρασία (°C), βροχόπτωση (χλστ./έτος), σχετική υγρασία (%), με βάση τα σενάρια εκπομπών SRES (Special Report Emission Scenarios) (A2, A1B, B2 και B1) τα οποία πρότεινε η Διακυβερνητική Επιτροπή για την Αλλαγή του Κλίματος (IPCC), στο πλαίσιο ειδικής έκθεσης το 2000. Τα σενάρια αυτά καλύπτουν ένα ευρύ πεδίο των κινητήριων δυνάμεων και των μελλοντικών εκπομπών, από πλευράς δημογραφικής, τεχνολογικής και οικονομικής ανάπτυξης (IPCC, 2000).

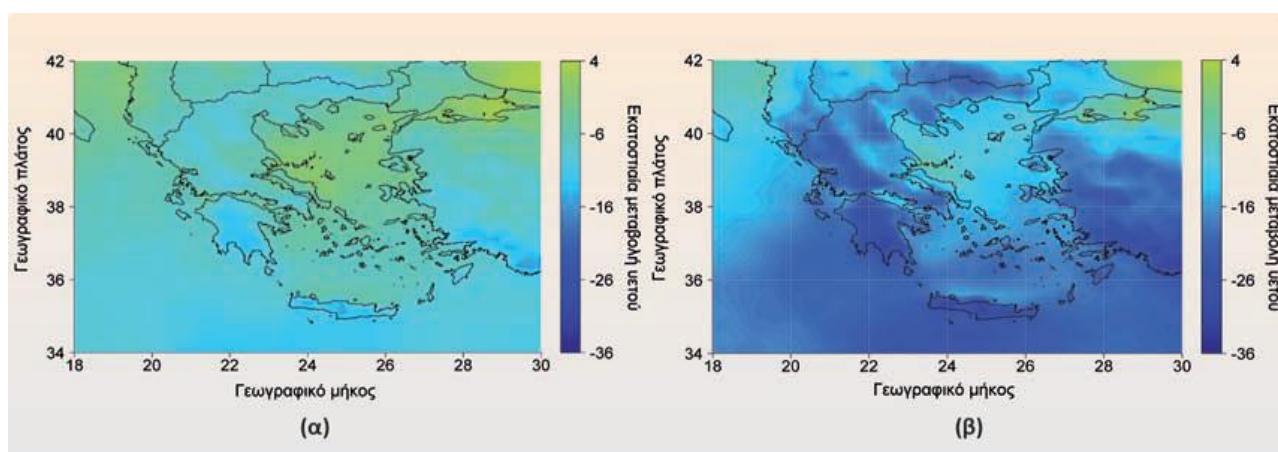
Ως γενικό αποτέλεσμα προέκυψε ότι θα επέλθει αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα για τις προσεχείς δεκαετίες. Η άνοδος της θερμοκρασίας θα είναι μεγαλύτερη στις ηπειρωτικές σε σύγκριση με τις νησιωτικές περιοχές της Ελλάδας. Επιπλέον, θα είναι μεγαλύτερη κατά τη θερινή περίοδο και το φθινόπωρο και μικρότερη κατά το χειμώνα και την άνοιξη. Ακόμα και για το ηπιότερο σενάριο A1B η αύξηση της θερμοκρασίας θα είναι της τάξης του 1,5 °C όπως φαίνεται και στην Εικόνα 2.1.



Εικόνα 2.1: Μεταβολή της μέσης θερμοκρασίας του αέρα μεταξύ των περιόδων (α) 2021-2050 και (β) 2071-2100, συγκρινόμενες με τις θερμοκρασίες περιόδου 1961-1990 (Τράπεζα της Ελλάδας, 2011α)

Για το σύνολο της ελληνικής επικράτειας, θα μειωθούν τα κατακρημνίσματα κατά τη διάρκεια του έτους. Η εκατοστιαία μείωση του μέσου ετήσιου υετού προβλέπεται, για το σύνολο των σεναρίων ότι θα είναι μεγαλύτερη στην Κρήτη και την Πελοπόννησο και θα προσεγγίζει το 20%-25%, μικρότερη στην υπόλοιπη Ελλάδα όπου θα κυμανθεί μεταξύ 15%-

20% με εξαίρεση το Βόρειο Αιγαίο όπου δε θα ξεπεράσει το 10%-15%, όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.2.



Εικόνα 2.2: Μεταβολή του μέσου ετήσιου ύψους του νετού μεταξύ των περιόδων (α) 2021-2050 και (β) 2071-2100, συγκρινόμενου με τον νετό περιόδου 1961-1990 (Τράπεζα της Ελλάδας, 2011α)

Επίσης, η μέση ετήσια τιμή της υγρασίας αναμένεται να μειωθεί σε όλη την Ελλάδα, για το σύνολο των σεναρίων. Η μεγαλύτερη εκατοστιαία μείωση της υγρασίας θα λάβει χώρα κατά το θέρος (Τράπεζα της Ελλάδος, 2011α).

2.3 Θνησιμότητα των δέντρων

Η θνησιμότητα των δένδρων είναι μια φυσιολογική οικολογική διαδικασία που πραγματοποιείται μέσα στα πλαίσια του κύκλου ζωής τους. Είναι πολύπλοκη, βαθμιαία και οφείλεται στην αλληλεπίδραση βιοτικών και αβιοτικών, αλλογενών και αυτογενών, εξωτερικών και εσωτερικών παραγόντων του εκάστοτε οικοσυστήματος. Στους αβιοτικούς παράγοντες που προκαλούν θνησιμότητα περιλαμβάνονται οι πυρκαγιές, οι κεραυνοί, η ρύπανση, οι περιβαλλοντικές συνθήκες (πλημμύρες, καύσωνες, κλπ), ο άνεμος, η ηφαιστειακή δραστηριότητα και η κλιματική αλλαγή. Στους βιοτικούς παράγοντες περιλαμβάνεται η γήρανση, η έλλειψη θρεπτικών συστατικών, η κατανάλωσή τους από άλλα είδη της τροφικής αλυσίδας (έντομα, άνθρωπος) και οι ασθένειες (Franklin, et al., 1987; Bentz, et al., 2010).

Διαταραχές όπως η φωτιά, η ξηρασία, τα έντομα και οι ασθένειες επηρεάζουν τη σύνθεση τη δομή και τη λειτουργία των δασικών οικοσυστημάτων συμβάλλοντας στη διατήρηση της βιοποικιλότητας και την αναγέννησή τους. Ωστόσο η κλιματική αλλαγή, ήδη διαφαίνεται ότι επηρεάζει την ευαισθησία των δασών στις διαταραχές, καθιστώντας τες ως κύριες αιτίες της

δασικής θνησιμότητας. Ενώ ταυτόχρονα, επηρεάζει τη συχνότητα, την ένταση, τη διάρκεια και το χρόνο εμφάνισης των διαταραχών αυτών (Dale, et al., 2001; FAO, 2010). Στις μέρες υπάρχει αυξανόμενο ενδιαφέρον και μελέτες για τον προσδιορισμό του μηχανισμού αλληλεπίδρασης μεταξύ των διαταραχών, της κλιματικής αλλαγής και της εμφανιζόμενης θνησιμότητας. Ωστόσο, λόγω της πολυπλοκότητας των αλληλεπιδράσεων, δεν έχει γίνει σαφής ο μηχανισμός που οδηγεί στην κατά χώρο και χρόνο εμφάνιση του φαινομένου (Hannah, et al., 2002; Dorman, et al., 2015).

Αυτό που σήμερα καθιστά τη θνησιμότητα ως απειλή για τη διατήρηση των δασών είναι το εύρος, η συχνότητα και η μαζικότητα που καταγράφεται σε πολλά είδη παγκοσμίως (Adams, et al., 2010; Monzón, et al., 2011).

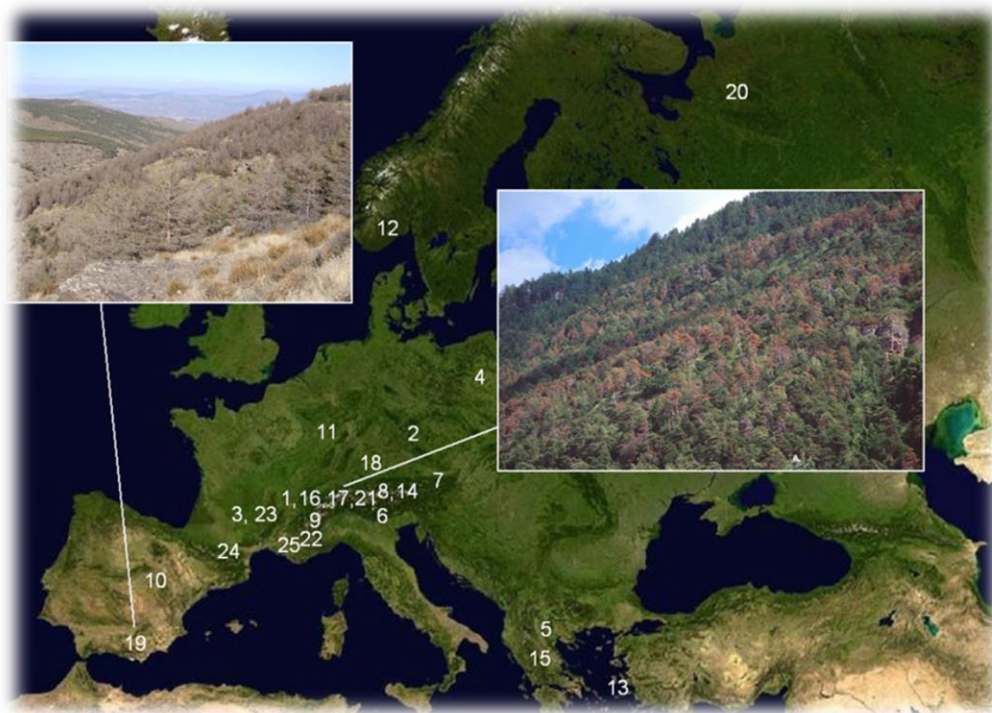
Σύμφωνα με την έκθεση του Οργανισμού Τροφίμων και Γεωργίας των Ηνωμένων Εθνών έτους 2010 και με βάση τις αναφορές των κρατών που συμμετείχαν, οι περιοχές που χαρακτηρίζονταν από διαταραχές οφειλόμενες σε αβιοτικούς και αβιοτικούς παράγοντες το 2010, ανέρχονταν σε 104 εκατομμύρια εκτάρια ή στο 32% των εκτάσεων των κρατών αυτών. Από αυτά 68 εκατομμύρια εκτάρια ανά έτος παρουσίασαν διαταραχές οφειλόμενες σε δευτερογενείς προσβολές από έντομα και ασθένειες (FAO, 2010).

Κατά την περίοδο 1998-2002, 5 εκατομμύρια εκτάρια δάσους (1,7% της συνολικής επιφάνειας των δασών) επηρεάστηκε από τα έντομα στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής και 14 εκατομμύρια εκτάρια (4,5%) στον Καναδά (FAO, 2005; Van Mantgem, 2009).

Στην Ευρώπη αυξανόμενη θνησιμότητα έχει καταγραφεί στη δρυ στην Πολωνία, στην ελάτη στη νότια Νορβηγία και τη νοτιοδυτική Ρωσία. Όσον αφορά τις χώρες της Μεσογείου έχει διαπιστωθεί θνησιμότητα στο Κέδρο του άτλαντα στη βόρεια Αλγερία και το Μαρόκο, σε διάφορα είδη ξυλωδών φυτών στην Ισπανία, αυξανόμενα κρούσματα θνησιμότητας δρυός, ελάτης, οξιάς και πεύκης στη Γαλλία, δασικής πεύκης στην Ιταλία και στα σύνορα με τη νότια Ελβετία, Εικόνα 2.3 (Allen, et al., 2010).

Στην Ελλάδα, όπως αναφέρουν ο Διαμαντής (1989) και οι Καϊλίδης και Μαρκάλας (1989), σύμφωνα με το Μουλόπουλο (1956) υπάρχουν ενδείξεις ότι υπήρχαν εκτεταμένες νεκρώσεις στα ελατοδάση της Πελοποννήσου κατά τη δεκαετία του 1930. Ομοίως, σύμφωνα με τον Καϊλίδη και τον Georgievits (1968) εκτεταμένες νεκρώσεις ελάτης υπήρχαν και τις δεκαετίες του 1950 και του 1960. Το φαινόμενο ήταν σε έξαρση τη διετία 1988-1989, όπου σε όλα τα

ελληνικά ελατοδάση παρουσιάστηκαν εκτεταμένες νεκρώσεις. Επίσης, επιδημίες φλοιοφάγων εντόμων έλαβαν χώρα τα έτη 2000-2002 και 2007-2009 σε αρκετά ελατοδάση της Νότιας και Κεντρικής Ελλάδας (Markalas 1992; Τσόπελας, και λοιποί, 2003). Η ξηρασία που έπληξε τη χώρα το 2000 συνέβαλε στη νέκρωση πολλών δέντρων τραχείας πεύκης (*Pinus halepensis* sub. *brutia*) αλλά και άλλων ξηρανθεκτικών ειδών όπως φοινικικής αρκεύθου (*Juniperus phoenicea*) φιλυκιού (*Phillyrea latifolia*), πρίνου (*Quercus coccifera*) και αγριελιάς (*Olea oleaster*) (Körner, et al., 2005).



Εικόνα 2.3: Δορυφορική εικόνα όπου επισημαίνονται οι περιοχές που έχουν εμφανίσει θνησιμότητα (Allen et al., 2010).

2.3.1 Η ξηρασία ως αιτία θνησιμότητας

Σε μια απλουστευμένη προσέγγιση ως ξηρασία θα μπορούσε να χαρακτηριστεί η απουσία νερού. Στην πραγματικότητα όμως είναι ένα πολύπλοκο φαινόμενο που χαρακτηρίζεται από μειωμένες βροχοπτώσεις οι οποίες συνδυάζονται με άλλους κλιματικούς παράγοντες, όπως η υψηλή θερμοκρασία, οι ισχυροί άνεμοι και η χαμηλή σχετική υγρασία, καθώς και με εδαφολογικούς τοπικούς παράγοντες. Η διάρκεια του φαινομένου μπορεί να είναι από λίγους μήνες έως και χρόνια. Τα αποτελέσματά του εξαρτώνται από την ένταση του και τη χρονική περίοδο που αυτό εμφανίζεται και έχουν φυσικές, οικονομικές και κοινωνικές διαστάσεις τόσο σε τοπικό όσο και σε ευρύτερο χωρικό επίπεδο ιδιαίτερα δε, όταν υπάρχει αλληλεπίδραση κα με άλλες φυσικές καταστροφές (Wilhite, 2000) .

Η ξηρασία είναι ένα φυσικό φαινόμενο το οποίο αν και μελετάται εκτεταμένα, ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια δεν έχει γίνει πλήρως κατανοητό. Ο Wilhite (2000) αναφέρει ότι ο Tannehill (1947) είχε γράψει για την ξηρασία «Δεν υπάρχει καλός ορισμός της ξηρασίας. Θα μπορούσαμε να πούμε, με ειλικρίνεια, ότι σπάνια αναγνωρίζουμε την ξηρασία όταν τη βλέπουμε. Καλωσορίζουμε την πρώτη ηλιόλουστη, μετά από μια βροχερή μέρα. Οι μέρες χωρίς βροχή συνεχίζονται για ένα διάστημα και εμείς είμαστε ευχαριστημένοι που απολαμβάνουμε έναν τόσο καλό καιρό. Αυτός διατηρείται και εμείς είμαστε λίγο ανήσυχοι. Λίγες μέρες ακόμα και είμαστε πραγματικά σε δύσκολη θέση. Η πρώτη άβροχη μέρα του καλού καιρού συμβάλλει στην ξηρασία όσο και η τελευταία, αλλά κανείς δεν ξέρει πόσο σοβαρή θα είναι αυτή, έως την τελευταία μέρα που η ξηρασία φεύγει και οι βροχές επανέρχονται, δεν είμαστε βέβαιοι για αυτό μέχρι που οι καλλιέργειες μαραίνονται και πεθαίνουν». Αν και αυτά γράφτηκαν παραπάνω από μισό αιώνα πριν οι επιστήμονες εξακολουθούν να προσπαθούν να αναγνωρίσουν την επίθεση της ξηρασίας, να προσδιορίσουν το τέλος της και να προσδώσουν σε αυτή ένα σαφή ορισμό.

Η ξηρασία διαφοροποιείται από την ξηρότητα η οποία περιγράφει μια μόνιμη κλιματική κατάσταση με πολύ χαμηλές ετήσιες ή εποχιακές βροχοπτώσεις που καθορίζονται από τις κατευθύνσεις των αερίων μαζών σε ευρεία πλανητική κλίμακα (Xystrakis, 2009).

Η ξηρασία ορίζεται ως ένα ακραίο μετεωρολογικό φαινόμενο κατά το οποίο η βροχόπτωση είναι πολύ χαμηλότερη από το φυσιολογικό, για μια δεδομένη χρονική περίοδο. Για την κατηγορία αυτή η Αμερικανική Μετεωρολογική Εταιρεία (American Meteorological Society) δίνει για την ξηρασία τους εξής ορισμούς «ξηρασία η ανεπάρκεια βροχόπτωσης που έχει σαν αποτέλεσμα την έλλειψη νερού για μια δραστηριότητα ή για μια κάποια ομάδα» ή «μια περίοδος ασυνήθιστα ξηρού καιρού με επαρκώς παρατεταμένη έλλειψη βροχόπτωσης ώστε να προκαλέσει σοβαρή υδρολογική ανισορροπία (AMS, 2016). Αυτού του είδους η ξηρασία παρατηρείται για μικρή χρονική περίοδο και δεν επαναλαμβάνεται ετησίως. Κάτι αντίστοιχο συνέβη στην Ελλάδα το 1988 (Raftoyannis and Radoglou, 2002) και το 2003 (Rebetez, et al., 2006) μια χρονιά με έντονη ξηρασία σε όλη την Ευρώπη. Το 2007, δε, ήταν ιδιαίτερα θερμό για τη Νοτιοανατολική Ευρώπη, τα Βαλκάνια και τα παράλια της Μικράς Ασίας (Founda and Giannakopoulos, 2009) Η ξηρασία αυτής της κατηγορίας προκαλεί την έντονη φυσιολογική αντίδραση των φυτών και είναι αυτή για την οποία γίνεται λόγος στη συνέχεια.

Η ξηρασία ταξινομείται σε τέσσερις βασικούς τύπους την Μετεωρολογική, την Γεωργική, την Υδρολογική και την Κοινωνικοοικονομική ξηρασία (Wilhite and Glantz, 1985).

Η Μετεωρολογική ορίζεται με βάση την απόκλιση των τιμών βροχόπτωσης από τις αναμενόμενες, για μια δεδομένη περιοχή.

Η γεωργική που ορίζεται με βάση τις επιδράσεις που έχει η μετεωρολογική ξηρασία στις καλλιέργειες, ως αποτέλεσμα της ανεπάρκειας της εδαφικής υγρασίας ώστε να καλυφθούν οι ανάγκες του φυτού.

Η υδρολογική σχετίζεται με το αποτέλεσμα της μειωμένης βροχόπτωσης στην επιφανειακή και υπόγεια απορροή του νερού και εκδηλώνεται με την μείωση της εδαφικής υγρασίας, της παροχής των ποταμών, της στάθμης των λιμνών και των αποθεμάτων των υπόγειων νερών.

Η κοινωνικοοικονομική ξηρασία εκφράζει την τρωτότητα της κοινωνίας στην έλλειψη νερού.

Η ξηρασία επιδρά στους φυτικούς οργανισμούς άμεσα, μέσω του υδατικού στρες που δημιουργείται και έμμεσα ευνοώντας δευτερογενείς παράγοντες που συμβάλλουν στη θνησιμότητα των δέντρων (Martínez-Vilata and Pinnol, 2002; Crosby, et al., 2015).

Γενικότερα, δε, τα δάση είναι πιο ευαίσθητα στην κλιματική αλλαγή και την ξηρασία διότι ως πολυετή φυτά δεν έχουν τη δυνατότητα της γρήγορης προσαρμογής (Beniston, 2003; Linder, et al., 2010).

2.3.2 Ξηρασία και δασική θνησιμότητα

Οι φυσιολογικοί μηχανισμοί που αναπτύσσονται και οδηγούν σε θνησιμότητα περιλαμβάνουν την υδατική κατάρρευση, την πενία άνθρακα και τον περιορισμό του μεταβολισμού των κυττάρων. Υπό συνθήκες ξηρασίας το νερό του εδάφους μειώνεται, οι απώλειες και συνεπώς οι ανάγκες του δέντρου αυξάνονται με αποτέλεσμα να δημιουργούνται συνθήκες εμβολής στο ξύλωμα καθώς δημιουργείται σπηλαιώση (φυσαλίδες) μέσα στον ιστό η οποία εμποδίζει την περαιτέρω κίνηση του νερού μέσα σε αυτό. Η παροχή νερού σταδιακά διακόπτεται σε όλους τους ιστούς, τα κύτταρα υφίστανται πλασμόλυση, καταστρέφονται και τελικά το φυτό απονεκρώνεται (Martínez-Vilalta and Pinñol, 2002). Τα δέντρα αναπτύσσουν μηχανισμούς αντίστασης στην ξηρασία κλείνοντας τα στόματα των φύλλων ώστε να μειώσουν την ποσότητα του νερού που χάνεται με τη διαπνοή. Με τον τρόπο όμως αυτό δεν προσλαμβάνουν το απαραίτητο διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) για να υποστηρίξουν τη λειτουργία της φωτοσύνθεσης. Καθώς όμως ο μεταβολισμός συνεχίζει να διατηρείται τα φυτά χρησιμοποιούν από τα αποθέματά τους και σταδιακά οδηγούνται σε απώλεια άνθρακα (C) και εξασθενούν (Anderegg, et al., 2012b). Ένας τρίτος μηχανισμός που προδιαθέτει τα φυτά

στη θνησιμότητα είναι ο περιορισμός του κυτταρικού μεταβολισμού. Το χαμηλό υδατικό δυναμικό των ιστών, κατά την ξηρασία, περιορίζει το μεταβολισμό των κυττάρων αποτρέποντας την παραγωγή και τη μετακίνηση των υδατανθράκων, των ρητινών και άλλων απαραίτητων μεταβολιτών που συμβάλλουν στην άμυνα των φυτών. Έχει παρατηρηθεί ότι δέντρα που είναι ευάλωτα στην επίθεση εντόμων έχουν αδύναμη ροή ρητίνης και είναι αδύνατον να αποβάλλουν τα επιτιθέμενα έντομα. Τα έντομα αυτά αφού κατακλύσουν τον ξενιστή επιτρέπουν, στους συμβιωτικούς με αυτά μύκητες, να αποικίσουν και να αποφράξουν το σομφό ξύλο, εμποδίζοντας τη διαπνοή με αποτέλεσμα την ξήρανση της κόμης και την τελική νέκρωση του δέντρου (McDowell et al., 2008).

2.3.3 Έντομα-ξηρασία και δασική θνησιμότητα

Η αλληλεπίδραση ανάμεσα στα κλιματικά δεδομένα και τα έντομα καθώς και οι μηχανισμοί που αναπτύσσονται και οδηγούν τα δέντρα σε θνησιμότητα χαρακτηρίζονται από πολυπλοκότητα και ασάφεια. Αν και η θνησιμότητα, υπό το πρίσμα της κλιματικής αλλαγής, μελετάται ευρέως δεν έχει γίνουν γίνει ακόμα πλήρως κατανοητές οι διεργασίες και οι αλληλεπιδράσεις που λαμβάνουν χώρα (DeLucia, et al., 2012). Ωστόσο διαφαίνεται η τάση του ρυθμού εμφάνισης θνησιμότητας οφειλόμενης στην άνοδο της θερμοκρασίας και τη δευτερογενή προσβολή των δέντρων από έντομα. Η άποψη αυτή ενισχύεται και από μελέτες απολιθωμάτων από τις οποίες προκύπτει ότι μεγάλες καταστροφές και διαφοροποιήσεις στους πληθυσμούς των εντόμων είχαν λάβει χώρα κατά τη διάρκεια της θερμής περιόδου κατά τη μετάβαση από την Παλαιόκαινο στην Ηώκαινο Εποχή (Battisti, 2004; LaPorta, 2008).

Η ξηρασία και η αύξηση της θερμοκρασίας να έχουν άμεσα αποτελέσματα στην δυναμική των πληθυσμών των εντόμων καθώς επιταχύνουν τους ρυθμούς ανάπτυξης και αυξάνουν τις εστίες των πληθυσμών. Η αυξημένη θερμοκρασία επιταχύνει την ανάπτυξη των αυγών και των προνυμφών. Κατά συνέπεια μειώνεται ο ρυθμός θνησιμότητας στα πρώτα στάδια, στα οποία είναι και πιο ευάλωτα. Αυξάνεται το ποσοστό των ατόμων που επιβιώνουν και έτσι περισσότερα άτομα φτάνουν στην ώριμη ηλικία παρασιτισμού και αναπαραγωγής επιδεινώνοντας την κατάσταση του ξενιστή (Gan, 2004; Anderegg, 2015).

Για τα έντομα που έχουν περισσότερες από μία γενιά μέσα στο χρόνο, η μικρότερη περίοδος ανάπτυξης σημαίνει περισσότερες γενιές μέσα στο ίδιο έτος. Ως εκ τούτου, την ανάπτυξη μεγάλου αριθμού εντόμων, τα οποία με τη σειρά τους αυξάνουν άμεσα την πίεση εισβολής (Rouault, et al., 2006; DeLucia, et al., 2012).

Τα φλοιοφάγα έντομα θεωρούνται κυρίως ως δευτερογενής προσβολή που οδηγεί τα δέντρα σε θνησιμότητα, καθώς εγκαθίστανται σε εξασθενημένα από την ξηρασία δέντρα. Ωστόσο, όταν οι πληθυσμοί αυξηθούν πάρα πολύ έχουν τη δυνατότητα να εγκατασταθούν και να καταστρέψουν και παρακείμενα υγιή δέντρα, με αποτέλεσμα να μετατρέπονται σε πρωτογενείς προσβολές (Markalas, 1992; Edmunds, et al., 2000)

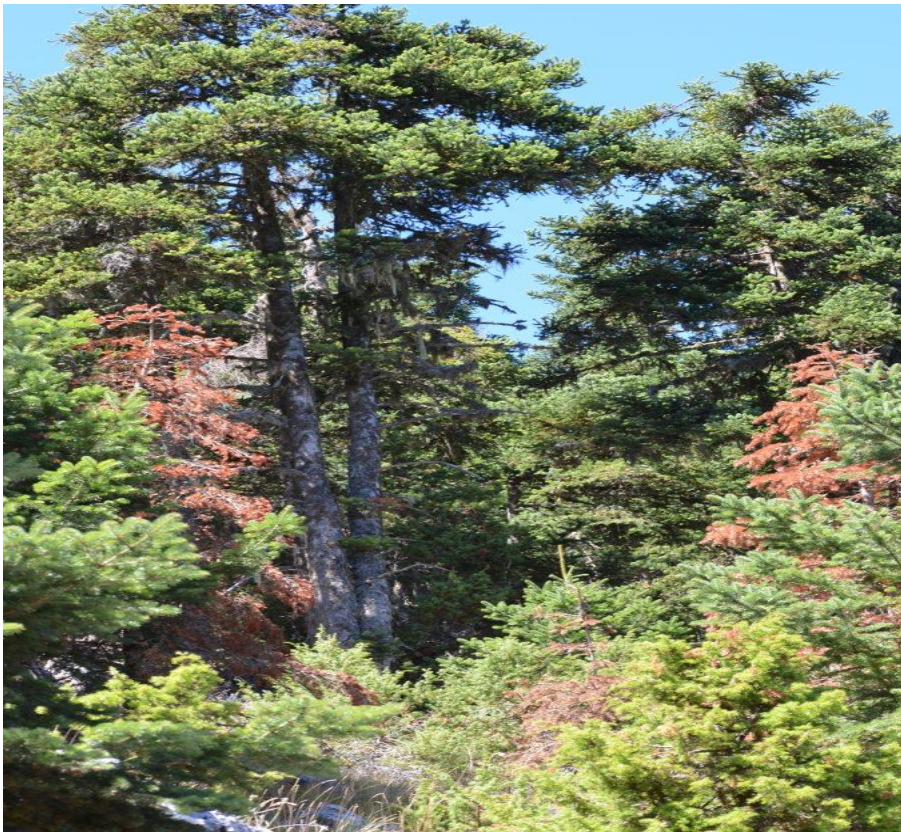
Επίσης η αύξηση της ξηρασίας και της θερμοκρασίας διευκολύνει τη θνησιμότητα των δέντρων που οφείλεται σε μύκητες. Ωστόσο η αντίδραση των μυκήτων είναι ακόμα αρκετά άγνωστη και περίπλοκη καθώς λαμβάνουν χώρα μηχανισμοί αλληλεπίδρασης μεταξύ του δέντρου ξενιστή, των φορέων εντόμων και του ίδιου του μύκητα (Rouault, et al., 2006).

2.4 Νεκρώσεις ελατοδασών

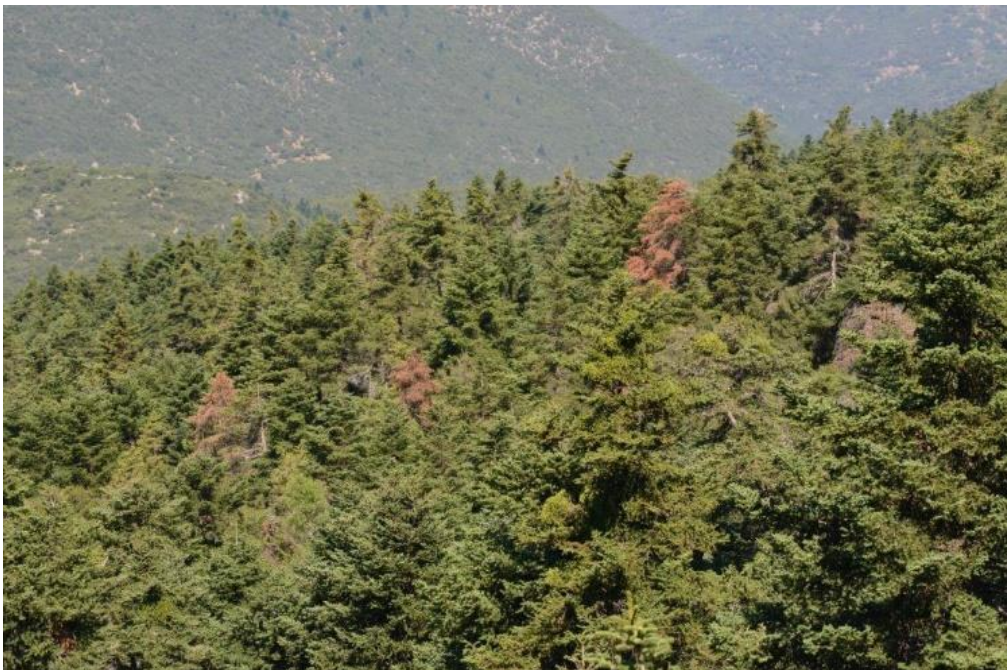
Το φαινόμενο των νεκρώσεων των δένδρων στο ελλαδικό χώρο είναι αρκετά παλιό, αρχικά παρατηρήθηκαν και καταγράφηκαν ξηράνσεις στην ελάτη, το 1930. Κατά την περίοδο 1968-1963 εμφανίστηκε στα δάση της Πάρνηθας, της Βυτίνας, των Φουρνών και της Καβάλας) (Καϊλίδης, 1963; Καϊλίδης και Μαρκάλας, 1989; Μαρκάλας 1989). Το έτος 1977 σημαντικές νεκρώσεις δένδρων ελάτης παρατηρήθηκαν στα δάση της Στερεάς Ελλάδας και την περίοδο 1985-1989 το φαινόμενο έλαβε σημαντικές διαστάσεις στην Πελοπόννησο και ιδιαίτερα στην περιοχή του Μαινάλου. Ειδικότερα, το 1989, η πολιτεία οδηγήθηκε στη λήψη έκτακτων μέτρων καθώς το φαινόμενο έλαβε ανησυχητικές διαστάσεις (Markalas, 1992; Raftoyannis and Radoglou, 2001). Την περίοδο 2000-2001 υπήρχε μια νέα έξαρση του φαινομένου, το οποίο παρατηρείται έως και σήμερα με σποραδικά νεκρά δέντρα, χωρίς να λαμβάνει ανησυχητικές διαστάσεις. Στις Εικόνες 2.4, 2.5 και 2.6 φαίνονται οι ξηράνσεις που παρατηρούνται σήμερα στο Ανατολικό Μαίναλο.

2.4.1 Συμπτώματα

Η ξήρανση της ελάτης εκδηλώνεται με κοκκίνισμα της άκρης των κλάδων το οποίο συνήθως ξεκινά από την κορυφή του δέντρου και επεκτείνεται στο υπόλοιπο. Συνήθως στην αρχή εμφανίζεται ένας νεκρός κλώνος στο μέσο της κόμης ενώ παράλληλα παρατηρείται εκροή ρητίνης από διάφορα σημεία του κορμού ή και αποχρωματισμός και πτώση βελόνων. Στη συνέχεια και σε σύντομο χρονικό διάστημα ακολουθεί η πλήρης ξήρανση του δέντρου, Εικόνα 2.7.



Εικόνα 2.4: Ξηράνσεις νεαρών δενδρυλλίων στο Αν. Μαίναλο (φωτογραφία, Μπεξή Κ., 2016)



Εικόνα 2.5: Ξηράνσεις στο Αν. Μαίναλο (φωτογραφία, Μπεξή Κ., 2016)



Εικόνα 2.6: Ιστάμενα νεκρά δένδρα που δεν έχουν απομακρυνθεί από το δάσος Αν. Μαινάλου (φωτογραφία, Μπεξή Κ., 2016)



Εικόνα 2.7: Έναρξη ξηράνσεως στην κορυφή ελάτης (φωτογραφία, Μπεξή Κ., 2016)

Η εμφάνιση της ξήρανσης λαμβάνει χώρα είτε απότομα είτε βαθμιαία. Η κακή κατάσταση του δέντρου αντικατοπτρίζεται και στην κακή κατάσταση του ριζικού συστήματος το οποίο παρουσιάζει μειωμένη βιομάζα σε σχέση με αυτό ενός υγιούς δέντρου (Raftoyannis, et al., 2008).

2.4.2 Αιτίες ξηράνσεων

Η ξήρανση της ελάτης έχει αποδοθεί σε ποικίλα αίτια όπως στην ατμοσφαιρική ρύπανση, στο παρασιτικό φυτό ιξός, στην προσβολή των ριζών από μύκητες, στις προσβολές από έντομα και μύκητες, στην ξηρασία και τις χαμηλές θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια του χειμώνα (Heliotis, et al., 1988; Markalas, 1992; Tsopelas, et al., 2004; Raftoyannis, et al., 2008). Στην πραγματικότητα τόσο οι αιτίες όσο και οι διεργασίες που λαμβάνουν χώρα είναι πολύπλοκες και αλληλεπιδρούν μεταξύ τους.

2.4.3 Ατμοσφαιρική ρύπανση

Πολλές μελέτες έχουν πραγματοποιηθεί προκειμένου να καθοριστεί η επίδραση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στα δάση της βόρειας Ευρώπης ενώ αυτές υπολείπονται όσον αφορά τις περιοχές της Μεσογείου, όπου και επικρατούν ιδιαίτερες κλιματεδαφικές συνθήκες. Έχει γίνει γνωστό ότι το όζον προκαλεί τραυματισμό στο φύλλωμα διαφόρων ειδών αλλά η επίδραση ρυπαντών όπως το άζωτο, το θείο και τα οξείδια αυτών δεν έχουν επαρκώς μελετηθεί, ιδιαίτερα όταν γίνεται αναφορά σε ευρεία και όχι τοπική κλίμακα. Γενικότερα δε έχει εξαχθεί το συμπέρασμα ότι περισσότερο ευαίσθητα είναι τα κωνοφόρα των δασών της Μεσογείου που αναπτύσσονται στα κατώτερα θερμοόρια της ζώνης εξάπλωσής τους καθώς και ότι όλοι οι ρυπαντές επιδρούν διαφορετικά ανάλογα με τις υφιστάμενες κλιματικές συνθήκες. (Bussotti and Ferretti, 1998; Paoletti, 2006; Paoletti, et al., 2010). Το 1988 οι Heliotis, Karandinos, και Whiton, μελέτησαν την επίδραση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην Κεφαλληνιακή ελάτη, στον εθνικό δρυμό της Πάρνηθας. Διαπίστωσαν γενικότερη μείωση στην παραγωγή ξυλώδους ιστού και αρνητική επίδραση στις βιοχημικές λειτουργίες (φωτοσύνθεση, διαπνοή, σύνθεση πρωτεϊνών κλπ.) χωρίς ωστόσο να μπορέσουν να ταυτοποιήσουν σε τι επίπεδο καθένας από τους ρυπαντές που μελετήθηκαν (όζον, διοξείδιο του θείου, οξείδια του αζώτου, βαρέα μέταλλα) επιδρά στο δένδρο. Καταλήγοντας και αυτοί στο συμπέρασμα ότι η θνησιμότητα που παρατηρείται είναι αποτέλεσμα πολύπλοκων φυσικών, κλιματικών και ανθρωπογενών διεργασιών.

2.4.4 Ιξός

Ο ιξός (*Viscum album*) είναι ένα αειθαλές παρασιτικό φυτό που απαντάται ευρέως στην Ευρώπη και την Ασία. Στην Ελλάδα αναπτύσσεται ως ημιπαράσιτο της Κεφαλληνιακής και της υβριδογενούς ελάτης. Ο ιξός έχει τη δυνατότητα να φωτοσυνθέτει και να παράγει χλωροφύλλη αλλά δεν διαθέτει ριζικό σύστημα. Έτσι προσκολλάται και αναπτύσσεται στον κορμό και τα κλαδιά του ξενιστή. Μια υποτυπώδους μορφής ρίζα που διαθέτει εισέρχεται μέσα στον κορμό του ξενιστή από τον οποίο αντλεί νερό και ανόργανες ουσίες. Με τον τρόπο αυτό μειώνει την ευρωστία του δέντρου και το καθιστά ευάλωτο σε δευτερογενείς επιθέσεις εντόμων, ιδιαίτερα σε περιόδους όπου υπάρχει μειωμένη βροχόπτωση. Ο ιξός αποτελεί τον πιο σημαντικό βιοτικό παράγοντα που επηρεάζει τη θνησιμότητα της ελάτης (Tsopelas, et al., 2004).

2.4.5 Μύκητες

Η ελάτη προσβάλλεται από διάφορα είδη μυκήτων και οι πιο γνωστοί από αυτούς ανήκουν στο είδος *Armillaria*. Στην Ελλάδα έχουν ταυτοποιηθεί πέντε είδη. Τα είδη *Armillaria tabescens*, *Armillaria cepistipes* έχουν καταγραφεί μόνο μια φορά στα είδη της ελάτης. Τα είδη *Armillaria mellea*, *Armillaria gallica* και *Armillaria ostoyae* έχει διαπιστωθεί ότι προκαλούν αξιόλογες απώλειες στα ελατοδάση, νεκρώνοντας δέντρα όλων των ηλικιών, σε ομάδες των 2-3 δέντρων ή και μεμονωμένα. (Tsopelas, 1999). Ειδικότερα το είδος *Armillaria mellea* είναι κυρίαρχο στην Κεφαλληνιακή ελάτη της Νότιας και Κεντρικής Ελλάδας, προσβάλλει το ριζικό σύστημα, ολόκληρο ή τμήμα του, προκαλεί μείωση της ευρωστίας του και αυξητικής του ικανότητας και σε τελικό στάδιο τη νέκρωση του ατόμου (Αθανασίου, 1994; Raftoyannis, et al., 2008). Σύμφωνα με τον Tsopela (1999) το γεγονός ότι η Κεφαλληνιακή ελάτη πολλές φορές αναπτύσσεται σε περιοχές με δυσμενείς εδαφικές συνθήκες και συχνή παρουσία ξηρασίας, έχει ως αποτέλεσμα την επίδραση στην παθογένεια του είδους *Armillaria mellea* καθώς και στην αλληλεπίδραση ξενιστή-παράσιτου. Ο βασιδιομύκητας *Heterobasidion annosum* (*Fomes annosus*) προκαλεί σήψη τόσο στο ριζικό σύστημα της ελάτης η οποία στη συνέχεια επεκτείνεται και στο υπέργειο τμήμα της, έχοντας ως τελικό αποτέλεσμα την εκρίζωση και πτώση του δένδρου υπό την επίδραση του ανέμου (Tsopelas and Korhonen, 1996).

2.4.6 Έντομα

Από το πλήθος των εντόμων που προσβάλλουν τα δασοπονικά είδη, ιδιαίτερη σημασία έχουν τα φλοιοφάγα έντομα. Τα έντομα αυτά έχουν προκαλέσει εκτεταμένες νεκρώσεις σε δάση

κωνοφόρων τόσο στην Ευρώπη όσο και στην Αμερική, ως πρωτογενείς ή δευτερογενείς προσβολές Με τη δραστηριότητά τους καταστρέφουν τον εσωτερικό φλοιό των δέντρων και σταδιακά τα οδηγούν σε νέκρωση (Edmunds, et al., 2000).

Τα έντομα αυτά παρουσιάζουν ιδιαίτερη δασοπονική σημασία σε χώρες με θερμό ή ξηρό κλίμα -όπως η Ελλάδα - διότι αποτελούν και δευτερογενείς προσβολές επηρεάζοντας, αρχικά, δέντρα μειωμένης ζωτικότητας. Η παρουσία τους χαρακτηρίζεται από διαφοροποιήσεις από χρόνο σε χρόνο. Σύμφωνα με τους Καϊλίδη και Μαρκάλα (1988) κατά τη διάρκεια μελετών, κατά τις δεκαετίες του '70, '80 και '90 στην Ελλάδα, διαπιστώθηκε ότι τα έντομα αυτά εμφανίζονται κατά την περίοδο έντονων ξηρών περιόδων ή αμέσως μετά από αυτές.

Σύμφωνα με το Μαρκάλα (1989) τα κυριότερα φλοιοφάγα έντομα που βρέθηκαν να προσβάλουν ιστάμενα δένδρα ελάτης στις επιδημίες του Ανατολικού Μαινάλου και της Πάρνηθας κατά τα έτη 1962-1964 κατά σειρά σπουδαιότητας φαίνονται στον Πίνακα 2.1.

Πίνακας 2.1: Κυριότερα είδη φλοιοφάγων εντόμων ελάτης στην Ελλάδα.

Σειρά σπουδαιότητας	Οικογένεια	Είδος
1	<i>Scolytidae</i>	<i>Pityokteines spinidens</i>
2	<i>Buprestidae</i>	<i>Phaenops knoteki</i>
3	<i>Scolytidae</i>	<i>Cryphalus piceae</i>
4	<i>Scolytidae</i>	<i>Pityokteines curvidens</i>
5	<i>Scolytidae</i>	<i>Pityokteines voronzovi</i>
6	<i>Cerambycidae</i>	<i>Acanthocinus reticulatus</i>

Ενώ στις εκτεταμένες νεκρώσεις της ελάτης το 1989 κυρίαρχα είδη ήταν τα *Phaenops knoteki* Rtt. (*Buprestidae*) και *Acanthocinus reticulatus* Razm. (*Ceramycidae*). Τα έντομα αυτά έχουν μονοετή βιολογικό κύκλο με εποχή πτήσης από τον Ιούνιο έως τον Αύγουστο.

Οι προνύμφες των ειδών *Phaenops knoteki* Rtt. και *Acanthocinus reticulatus* δημιουργούν στοές στη ζώνη του εσωτερικού φλοιού με αποτέλεσμα την εισαγωγή και εγκατάσταση και άλλων ξυλοφάγων εντόμων επιτυγχάνοντας τη νέκρωσή τους (Εικόνα 2.8.α και 2.8.β).



Εικόνα 2.8.α:

Εικόνα 2.8.β

Εικόνα 2.8.α: Προνύμφη του *Phaeenops knoteki* σε στοά μεταξύ φλοιού και ξύλου.

Εικόνα 2.8.β: Προνυμφικές στοές και θάλαμοι νύμφωσης του *Phaeenops knoteki* (Open e-class, 2016)

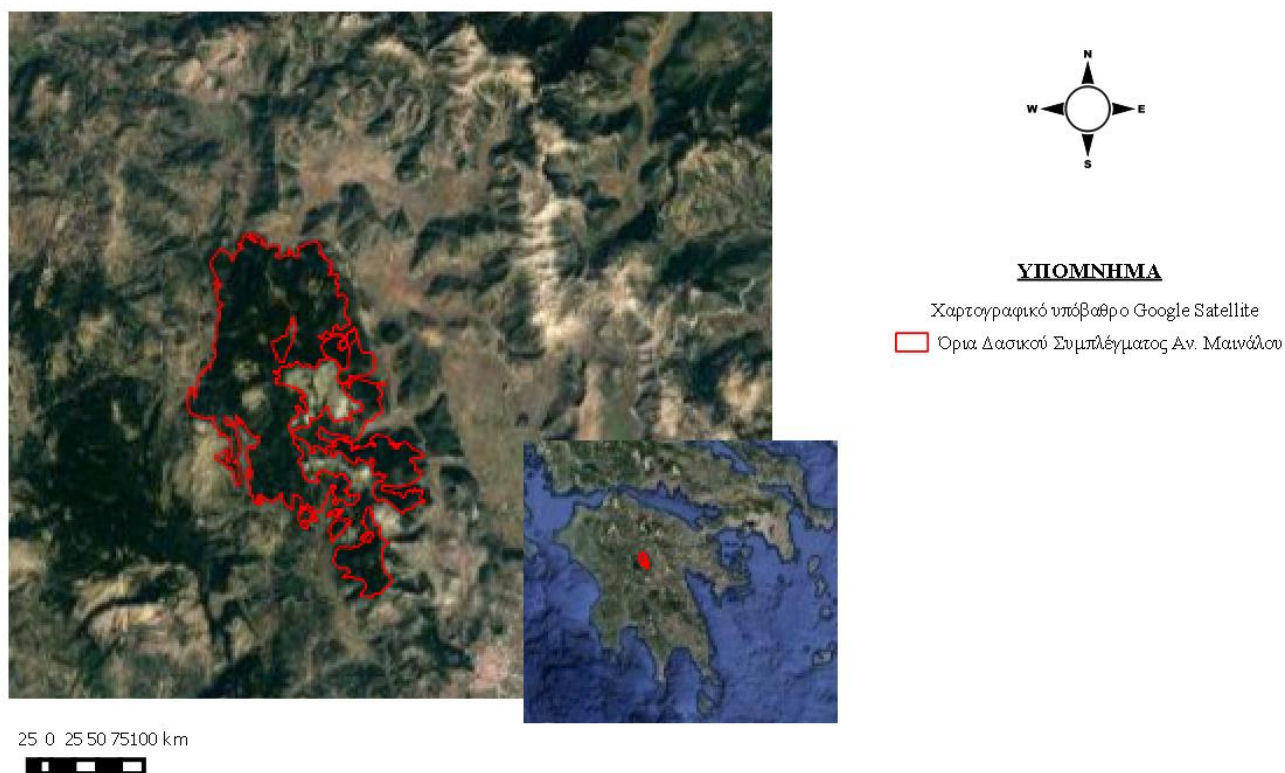
Τα φλοιοφάγα έντομα προσβάλλουν συνήθως δένδρα τα οποία φύονται σε αβαθή εδάφη και έχουν καταπονηθεί από άλλους παράγοντες. Ο βασικός παράγων που προδιαθέτει τα δένδρα σε προσβολές από έντομα είναι η έλλειψη υγρασίας και κατά τη διάρκεια παρατεταμένων περιόδων ξηρασίας ο πληθυσμός τους αυξάνεται σε επίπεδα επιδημίας, νεκρώνοντας πολλά δένδρα σε μικρό χρονικό διάστημα. Το πρόβλημα, ωστόσο, είναι αρκετά σύνθετο και εμπλέκονται και άλλοι αβιοτικοί και βιοτικοί παράγοντες που συντελούν στην καταπόνηση των δένδρων (Markalas, 1992).

2.4.7 Ξηρασία

Είναι κοινά αποδεκτό ότι οι εκτεταμένες νεκρώσεις έχουν καταγραφεί έπειτα από συνεχόμενες χρονιές ξηρασίας, όπως συνέβη το 1963, τις περιόδους 1977-1978, 1988-1989 και 2000-2001 (Raftoyannis, et al., 2008). Η ξηρασία αποτέλεσε τον καθοριστικό εκείνο παράγοντα που προκάλεσε τη θνησιμότητα καθώς δημιούργησε τις κατάλληλες συνθήκες ώστε ευνοηθεί η ανάπτυξη των περαιτέρω δευτερογενών παραγόντων (Adams, et al., 2009).

2.5 Το Δασικό Σύμπλεγμα Ανατολικού Μαινάλου

Η περιοχή μελέτης της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής περιλαμβάνει το ελατοδάσος του Δημόσιου Δασικού Συμπλέγματος Ανατολικού Μαινάλου. Βρίσκεται στον ορεινό όγκο της Κεντρικής Πελοποννήσου και καταλαμβάνει το Ανατολικό τμήμα του όρους Μαίναλο. Περικλείεται μεταξύ των Επαρχιακών οδών Βυτίνας-Λεβιδίου-Τριπόλεως και Βυτίνας-Αλωνίσταινας-Τριπόλεως όπως φαίνεται στο Χάρτη 2.1.



Χάρτης 2.1. Το Δασικό Σύμπλεγμα Ανατολικού Μαινάλου, σε υπέρθεση σε δορυφορική εικόνα

Google earth.

2.5.1 Γεωγραφική και πολιτική θέση του δάσους

Το ανωτέρω Δημόσιο ελατοδάσος υπάγεται:

- Διοικητικώς: στην δημοτική κοινότητα Βυτίνας και τις τοπικές κοινότητες Κάψια, Καρδαρά, Λεβιδίου, Βλαχέρνας, Αλωνίσταινας, Πιάνας, Ροεινού, Δαβιών και Νυμφασίας.
- Δασικώς: Στο Δασαρχείο Βυτίνας.
- Δικαστικώς: Στα Ειρηνοδικεία Βυτίνας και Λεβιδίου, στο Πρωτοδικείο Τριπόλεως και στο Εφετείο Ναυπλίου.

Συνορεύει:

- Ανατολικά: Με χέρσες εκτάσεις και αγρούς κτηματικής περιφέρειας τοπικών κοινοτήτων Κάψια, Καρδαρά και Λεβιδίου.
- Δυτικά με χέρσες εκτάσεις και αγρούς κτηματικής περιφέρειας των τοπικών κοινοτήτων Νυμφασίας, Βυτίνας, Αλωνίσταινας, Ροεινού και Δαβιών.
- Βόρεια: Με χέρσες εκτάσεις και αγρούς κτηματικής περιφέρειας τοπικής κοινότητας Βλαχέρνας.
- Νότια: με χέρσες εκτάσεις και αγρούς τοπικών κοινοτήτων Περιθωρίου και Μαινάλου.

Οι γεωγραφικές συντεταγμένες του μελετώμενου Συμπλέγματος είναι:

- Γεωγραφικό πλάτος 37°30' έως 37°45' και Γεωγραφικό μήκος 22°10' έως 22°20'.

Οι εκτάσεις του συμπλέγματος αυτού διακρίνονται σε τρεις μορφές εδαφοπονικής εκμετάλλευσης όπως φαίνονται στον Πίνακα 2.2:

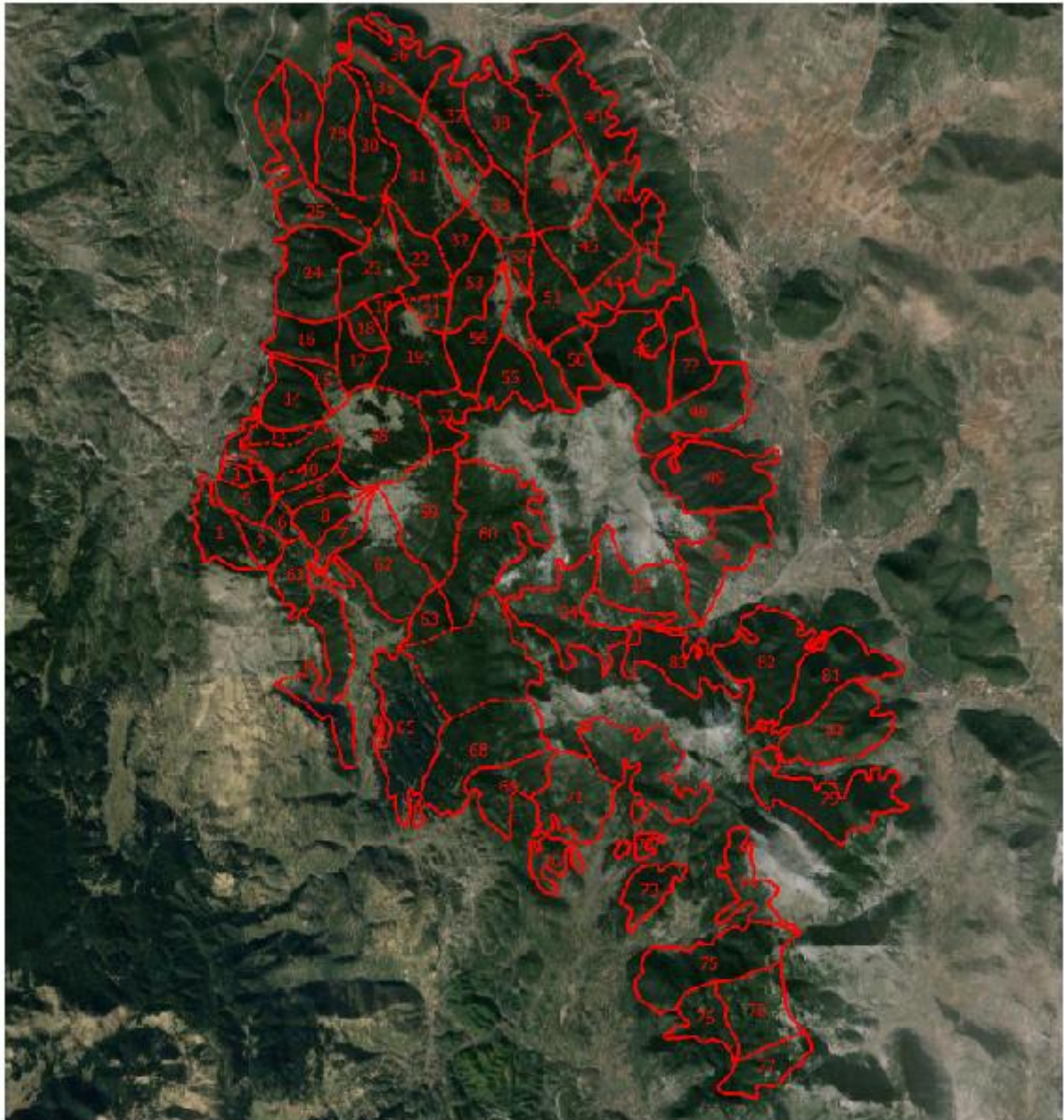
Πίνακας 2.2 Κατηγορίες εδαφοπονικής εκμετάλλευσης

Κατηγορίες εδαφοπονικής εκμετάλλευσης	Έκταση σε ha
α) Δάσος Ελάτης	8.521,3ha
β) Γεωργοδενδροκομικές καλλιέργειες	529,3ha
γ) Γυμνές, λιβαδικές, άγονες βραχώδεις λοιπές εκτάσεις	1.266,7ha
Γενικό σύνολο	10.317,2 ha

2.5.2 Διαίρεση του δάσους

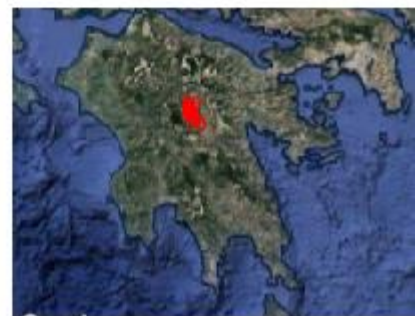
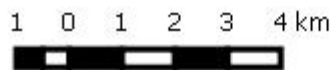
Το Δασικό Σύμπλεγμα Ανατολικού Μαινάλου υπάγεται σε μία διαχειριστική κλάση, την διαχειριστική κλάση ελάτης διότι έχει την ίδια διαχειριστική μορφή, το ίδιο δασοπονικό είδος, τον ίδιο περίτροπο χρόνο και τον ίδιο οικονομικό σκοπό.

Το δάσος διαιρείται σε 86 δασικά τμήματα αριθμημένα από το 1,2,3,...84,85,86 όπως φαίνεται στο Χάρτη 2.2 Η έκταση και η εδαφοκάλυψη κάθε τμήματος παρουσιάζεται αναλυτικά στον Πίνακα 2.3.



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Όρια Δασικού Συμπλέγματος Αν Μαινάλου
- Όρια Τμημάτων Δασ. Συμλ. Αν. Μαινάλου



Χάρτης 2.2: Τα τμήματα του Δασικού Συμπλέγματος Ανατολικού Μαινάλου.

Πίνακας 2.3: Πίνακας επιφανειών Δασικού Συμπλέγματος Ανατολικού Μαινάλου.

Δασικό Τμήμα	Δάσος σε ha	Μερικός δασοσκεπείς εκτάσεις σε ha	Γεωργοκομικές καλλιέργειες σε ha	Γυμνές, λιβαδικές εκτάσεις σε ha	Άγονες εκτάσεις σε ha	Σύνολο σε ha
1	80,40	0	15,60	0	0	96,00
2	38,00	0	8,00	0	0	46,00
3	18,80	0	0	0	0	18,80
4	17,20	0	0	0	0	17,20
5	51,80	0	4,20	0	0	56,00
6	25,20	0	3,60	0	0	28,80
7	34,80	0	0	12,00	0	46,80
8	50,80	0	8,80	6,40	0	66,00
9	47,20	0	1,60	3,60	0	52,40
10	44,40	0	0	0,00	0	44,40
11	72,00	0	0	0,00	0	72,00
12	20,00	0	0	0,00	0	20,00
13	39,60	0	0	0,00	0	39,60
14	111,20	0	0	0,00	0,40	111,60
15	95,60	0	0	2,40	0	98,00
16	45,60	0	0	0,00	0	45,60
17	73,20	0	1,20	5,60	0	80,00
18	22,00	0	2,40	0,00	0	24,40
19	23,60	0	0,80	0,00	0	24,40
20	126,80	0	37,60	6,80	0	171,20
21	35,20	0	0	0,00	0	35,20
22	95,20	0	0,80	0,00	0	96,00
23	135,60	0	10,00	0,00	0	145,60
24	190,40	0	0	0,00	0	190,40
25	98,40	0	0	0,00	0	98,40
26	70,00	0	0	15,00	0	85,00
27	85,60	0	0	18,40	0	104,00
28	122,30	0	3,30	0	0	125,60
29	52,00	0	0	0	0	52,00
30	134,20	0	4,20	0	0	138,40

Δασικό Τμήμα	Δάσος σε ha	Μερικώς δασοσκεπείς εκτάσεις σε ha	Γεωργοκομικές καλλιέργειες σε ha	Γυμνές, λιβαδικές εκτάσεις σε ha	Άγονες εκτάσεις σε ha	Σύνολο σε ha
31	133,20	0	59,60	0	6,40	199,20
32	61,10	0	15,50	0	0	76,60
33	56,20	22,30	14,30	0	0	92,80
34	27,40	0	41,60	0	0	69,00
35	64,00	0	11,60	0	0	75,60
36	135,20	0	0	0	0	135,20
37	93,20	0	4,00	0	0	97,20
38	143,20	0	18,00	3,00	0	164,20
39	140,00	0	0,00	14,00	0	154,00
40	139,00	0	3,00	2,00	0	144,00
41	89,00	0	0	89,00	0	178,00
42	70,20	0	3,20	1,60	0	75,00
43	74,40	0	0	0	0	74,40
44	57,20	0	1,20	0	0	58,40
45	79,20	0	7,60	60,40	0	147,20
46	222,80	0	0,80	0	0	223,60
47	80,00	0	0	0	0	80,00
48	170,40	0	0	0	0	170,40
49	187,40	0	5,60	7,60	0	200,60
50	70,00	0	0	10,40	0	80,40
51	90,40	0	8,00	37,60	0	136,00
52	24,80	0	18,80	22,00	0	65,60
53	104,00	0	36,00	0	0	140,00
54	51,20	0	5,60	20,80	0	77,60
55	92,00	0	5,20	16,00	0	113,20
56	80,80	0	6,40	0	0,80	88,00
57	61,60	0	6,40	8,40	0	76,40
58	104,80	0	16,80	144,80	0	266,40
59	187,70	0	1,50	24,80	0	214,00
60	301,20	0	5,60	0	0	306,80
61	55,60	0	0,00	0	0	55,60
62	186,00	0	0,80	35,60	0	222,40

Δασικό Τμήμα	Δάσος σε ha	Μερικώς δασοσκεπείς εκτάσεις σε ha	Γεωργοκομικές καλλιέργειες σε ha	Γυμνές, λιβαδικές εκτάσεις σε ha	Άγονες εκτάσεις σε ha	Σύνολο σε ha
63	84,40	0	1,60	0	0	86,00
64	0	0	2,40	0	172,00	174,40
65	217,80	0	28,00	0	0	245,80
66	129,60	0	7,20	0	0	136,80
67	164,80	0	0	0	0	164,80
68	216,40	0	48,00	0	0	264,40
69	75,20	0	16,00	0	43,60	134,80
70	45,60	0	0	0	0	45,60
71	143,20	0	15,20	0	1,20	159,60
72	170,40	0	4,80	57,20	0	232,40
73	75,60	0	0	0	0	75,60
74	0	0	0	0	84,80	84,80
75	218,40	0	4,00	19,20	0	241,60
76	72,40	0	5,60	8,80	0	86,80
77	64,80	0	0	32,80	0	97,60
78	106,40	0	7,20	0	42,80	156,40
79	199,20	0	0	0	0	199,20
80	184,40	0	0	11,20	0	195,60
81	142,80	0	0	26,00	0	168,80
82	193,60	0	0	19,20	0	212,80
83	133,20	0	0	6,80	0	140,00
84	106,80	0	0	86,00	0	192,80
85	111,20	0	0	56,80	0	168,00
86	174,80	0	0	0	0	174,80
Σύνολο	8521,30	22,30	539,20	892,20	352,00	10327,00

Όπως προκύπτει από τον Πίνακα 2.3 από τα 10.327 συνολικά εκτάρια (ha), τα 8.521,3 ha ήτοι το 83% της συνολικής εκτάσεως καλύπτεται από δάσος, 539,2 ha, ήτοι το 5% καταλαμβάνουν οι δενδροκομικές καλλιέργειες, 892,2 ήτοι 9% της συνολικής εκτάσεως είναι γυμνές, λιβαδικές εκτάσεις 352 ha ήτοι 3% είναι άγονες εκτάσεις και μόλις 22,3 ha, που

αγγίζουν το 0% είναι οι χαρακτηρισμένες μερικώς δασοσκεπείς εκτάσεις, όπως φαίνεται και στο Διάγραμμα 3.1.



Διάγραμμα 2.1: Ποσοστά καλύψεων γης Συμπλέγματος Αν. Μαινάλου

2.5.3 Τοπογραφία

Το σύμπλεγμα του Δημοσίου Δάσους του Ανατολικού Μαινάλου καταλαμβάνει το ανατολικό τμήμα της οροσειράς με τη γενικότερη ονομασία Μαίναλο και χωρίζεται από το παρακείμενο Δυτικό Μαίναλο με την κοιλάδα του χειμαροπόταμου Ελισσώνα. Η διαμόρφωση του εδάφους είναι γενικά λοφώδης με πολλούς προεξέχοντες βουνώδεις λόφους οι οποίοι ενώνονται μεταξύ τους σχηματίζοντας μια οροσειρά με γενική κατεύθυνση από ΒΔ προς ΝΑ.

Μεταξύ των κύριων βουνοσειρών εκτείνονται επιμήκη, σχεδόν βαθιά - αλλά και ομαλά ρέματα διαφόρων κατευθύνσεων. Το υδρολογικό ενδιαφέρον των χαραδρώσεων αυτών είναι περιορισμένο γιατί έχουν μικρό μήκος, μηδενική σχεδόν παροχή και χαρακτήρα όχι ισχυρά χειμαρρώδης. Σε πολλές θέσεις του ορεινού αυτού συγκροτήματος και μεταξύ των βουνοσειρών σχηματίζονται συνήθως κλειστές κοιλάδες και γούπατα.

Λόγω του λοφώδους χαρακτήρα του εδάφους οι τοπικές ως προς τον ορίζοντα εκθέσεις ποικίλουν, η γενική όμως κατεύθυνση του δάσους είναι από Β-ΒΑ και προς Ν-ΝΑ. Η κλίση

της επιφάνειας του εδάφους είναι διάφορη και κυμαίνεται από μέτρια στα χαμηλότερα υψόμετρα και στις κορυφές των βουνοσειρών. Τα πηγαία ύδατα είναι ανύπαρκτα σχεδόν στο μεγαλύτερο μέρος του δάσους και μόνο στο ΒΔ τμήμα αυτού στην περιφέρεια της Αλωνίσταινας και της Βυτίνας παρουσιάζονται μερικές μικροπηγές με πολύ μικρές παροχές (Κοκκινόβρυση-Περδικόβρυση-Βρύση Λε-Βρύση Αγίας Παρασκευής-Ντουμνά-Πουριά - Αλογόβρυση).

Η έλλειψη αυτή των πηγών στο μεγαλύτερο τμήμα του δάσους οφείλεται κυρίως στην ύπαρξη ασβεστολιθικών πετρωμάτων που κατά κανόνα είναι διαπερατά στα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα. Στις προσβάσεις όμως αυτού, όπου ο ασβεστόλιθος συναντά το σχιστόλιθο και κυρίως στην περιφέρεια του Μεθυδρίου, παρατηρείται ύπαρξη άφθονων πηγαίων υδάτων.

Από τις πηγές αυτές υδρεύονται εκτός από την Βυτίνα και το Λεβίδι, η Τρίπολη και άλλες κοινότητες.

Το υπερθαλάσσιο ύψος του δάσους αυτού αρχίζει από υψόμετρο 800 μέτρων στα χαμηλότερα εδάφη και φθάνει μέχρι 1750 μέτρα (Κορυφή Τζελάτη περιφέρειας Αλωνίσταινα).

2.5.4 Γεωμορφολογία –Γεωλογία - Εδαφικές συνθήκες

Το σύνολο του Μαινάλου, γεωλογικά, ανήκει στη ζώνη Γαβρόβου-Τριπόλεως εξαιρουμένων ορισμένων τμημάτων που ανήκουν στη ζώνη Ωλονού-Πίνδου και εμφανίζονται πιθανώς ως επωθημένα τμήματα επί της προηγούμενης ζώνης (Λέκκας, και λοιποί, 1991).

Το βασικό πέτρωμα πάνω στο οποίο εδράζεται το μελετώμενο Δασικό Σύμπλεγμα είναι ασβεστόλιθος Τριπολίτης της Ηωκαινικής περιόδου, με επικαθήμενο το φλύσχη κατά θέσεις.

Ο φλύσχη του Μαινάλου ανήκει στη ζώνη Γαβρόβου - Τριπόλεως και είναι αδιαίρετος ηλικίας Πριαμπονίου-Ολιγοκαίνου. Στην περιοχή μελέτης εμφανίζεται σε μια σημαντική ζώνη κατά μήκος της νοητής γραμμής Σιλίμνας-Πιάνας-Αλωνίσταινας.

Η αποσάθρωση των βασικών αυτών πετρωμάτων έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ερυθροφαιών πηλωδών εδαφών (TERA ROSA) και καστανοφαιών ή ορφνών πηλοαμμωδών εδαφών, ανάλογα με το βασικό και παραπλήσιο πέτρωμα.

Η ερυθρά αυτή γη απαντάται σχετικά σε μεγάλα πάχη, σε συσσωρεύσεις στις κλυτείες και υπόρειες των ορεινών ασβεστολιθικών όγκων και στις κοιλάδες.

Η χειρότερη ποιότητα δασικού εδάφους απαντάται εκεί που το βασικό πέτρωμα με την αποσάθρωση έχει δημιουργήσει έδαφος αμμώδες ταχείας αποστράγγισης και πολύ ξερό όπου η ελάτη καταφανώς υποφέρει και αναπτύσσεται κακώς.

Η ποιότητα του εδάφους ποικίλει ανάλογα με το ποσοστό της αποσάθρωσης των πετρωμάτων, της επίθεσης, της κλίσης και του βάθους του εδάφους, της φυτογής που υπάρχει και της συνηφείας των συστάδων.

Το βάθος του εδάφους και η υγρασία του εδάφους είναι γενικά μέτρια.

Το εδαφοκάλυμμα (ξηροτάπητας) αποτελείται από προϊόντα σήψεως οργανικών ουσιών και παρουσιάζει ποικίλο πάχος ανάλογα με την κλίση του εδάφους και το βαθμό συνηφείας των συστάδων.

Ο χλωροτάπητας αποτελείται κυρίως από πτέριδες, βρύα και αγροστώδη.

2.5.5 Κλιματικές συνθήκες

Το τοπικό κλίμα της περιοχής μπορεί να χαρακτηριστεί ψυχρό και τραχύ, με δροσερό καλοκαίρι.

Το μεγαλύτερο ύψος βροχής συμπίπτει με το μήνα Νοέμβριο και Δεκέμβριο, για να ελαττωθεί στους επόμενους μήνες μέχρι το Μάιο, οπότε αρχίζει η περίοδος ξηρασίας.

Η πτώση του χιονιού αρχίζει από το μήνα Δεκέμβριο μέχρι το τέλος του Μαρτίου και διατηρείται πολλές φορές μέχρι το β' δεκαπενθήμερο του μήνα Απριλίου.

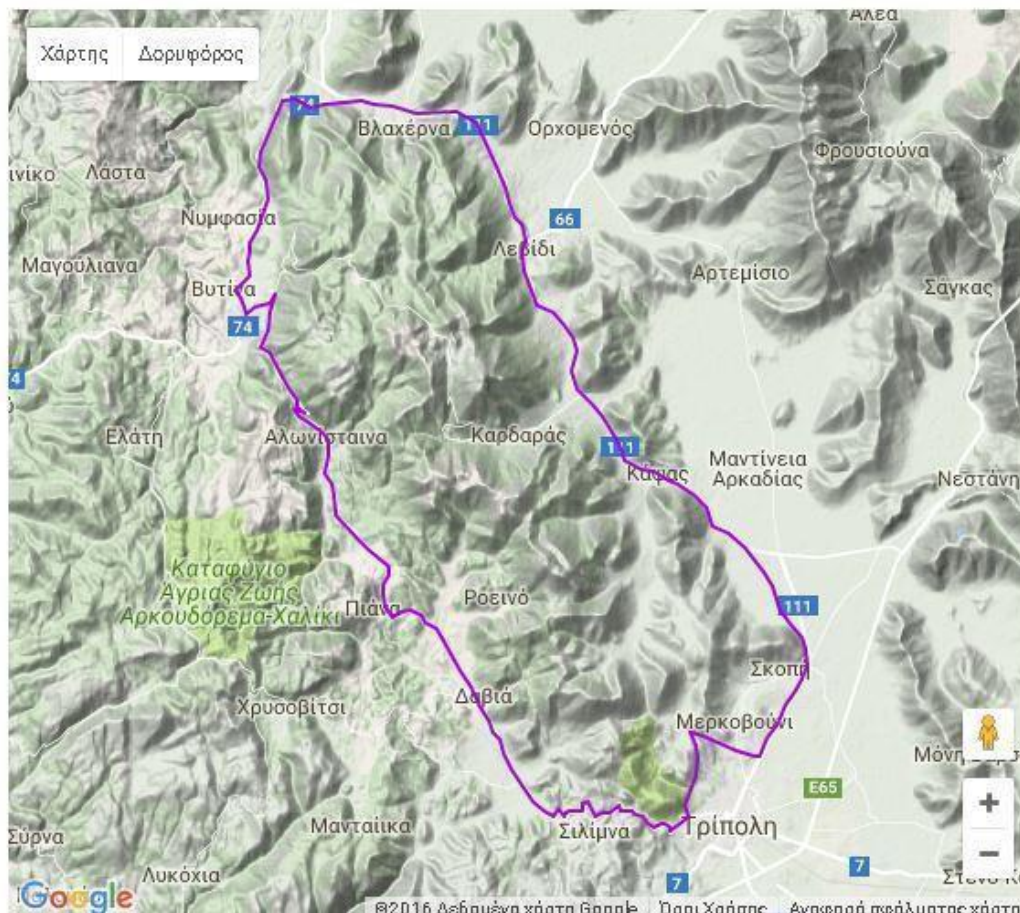
Στη περιοχή επικρατούν άνεμοι κυρίως Νότιοι και Νοτιοδυτικοί (βροχοφόροι). Ακολουθούν οι Δυτικοί, Βορειοδυτικοί, Βορειοανατολικοί και Νοτιοανατολικοί.

Η μέση θερμοκρασία κατά τους μήνες της αυξητικής περιόδου της ελάτης είναι τον Απρίλιο 9°C, τον Μάιο 12°C, τον Ιούνιο 16,6°C και τον Ιούλιο 19°C με μέση τιμή τους 14,15°C. Η διακύμανση των ακραίων θερμοκρασιών φθάνει πολλές φορές τους 15°C.

2.5.6 Περιοχές προστασίας της φύσης

Το Δίκτυο Φύση 2000 (Natura 2000) αποτελεί ένα Ευρωπαϊκό Οικολογικό Δίκτυο περιοχών οι οποίες περιλαμβάνουν φυσικούς τύπους και οικοτόπους ειδών, όπως αυτοί αναφέρονται στα παραρτήματα I & II της Κοινοτικής Οδηγίας 92/43/EΚ. Ο στόχος του είναι η διασφάλιση της μακροπρόθεσμης διατήρησης των πιο πολύτιμων και των πλέον απειλούμενων ειδών και ενδιαιτημάτων της σε ικανοποιητικό επίπεδο.

Η περιοχή μελέτης περιλαμβάνεται σε μια ευρύτερη περιοχή εκτάσεως 22.673,07ha η οποία έχει ενταχθεί στις περιοχές του δικτύου Φύση 2000, με κωδικό τόπου GR2520001 Χάρτης 2.3.



Χάρτης 2.3: Περιοχή Φύση 2000, Όρος Μαίναλο (GR 252001) (Βιοποικιλότητα στην Ελλάδα, 2016)

Η εν λόγω περιοχή παρουσιάζει μεγάλη ποικιλία οικοτόπων προσφέροντας καταφύγιο σε αρκετά ενδημικά φυτικά είδη. Ωστόσο, οι πιο σημαντικοί σχηματισμοί είναι αυτοί των δασικών οικοσυστημάτων με Κεφαλληνιακή ελάτη (*Abies cephalonica*) και Μαύρη πεύκη (*Pinus nigra subsp. pallasiana*) τα οποία είναι τα πιο πυκνά και τα καλύτερα αντιπροσωπευόμενα στην Πελοπόννησο (ΦΙΛΟΤΗΣ, 2016).

2.5.7 Δασική βλάστηση

Ολόκληρη η περιοχή του Συμπλέγματος Ανατολικού Μαινάλου ανήκει στη φυτογεωγραφική διάπλαση των κωνοφόρων, που αντιπροσωπεύεται από την φυτοκοινωνική ένωση των λιγότερων ξηροθερμόβιων παραμεσόγειων κωνοφόρων της Κεφαλληνιακής ελάτης, η οποία

βρίσκεται σε πλήρη ισορροπία με το περιβάλλον και αποτελεί την τελική ένωση “KLIMAX” για την περιοχή του Μαινάλου.

Η ελάτη που συγκροτεί αμιγείς συστάδες από το υψόμετρο των 1.750m μέχρι των 800m έχει τάση να κατέβει χαμηλότερα, μέσα σε ομαδοπαγή αθροίσματα των αείφυλλων-πλατύφυλλων και κέδρων.

Εκτός από την Κεφαλληνιακή ελάτη συναντώνται διάσπαρτα, σε όλη την έκταση του δάσους άτομα από δασικά είδη που αναγράφονται στον Πίνακα 2.4 τα οποία χαρακτηρίζονται ως δευτερεύοντα και δεν αποτελούν διαχειριζόμενα είδη:

Πίνακας 2.4: Δευτερεύοντα δασικά είδη που απαντώνται στο Δασικό Σύμπλεγμα Αν. Μαινάλου.

Ελληνική ονομασία	Λατινική ονομασία
Άρκευθος ή Οξύκεδρος	<i>Juniperus oxycedrus</i>
Άρκευθος	<i>Juniperus communis</i>
Πρίνος	<i>Quercus coccifera</i>
Αριά	<i>Quercus ilex</i>
Δρυς η χνοώδης	<i>Quercus pubescens</i>
Κράταιγος	<i>Crataegus oxycantha</i>
Παλιούρι	<i>Paliurus aculeatus</i>
Τσαπουρνιά	<i>Prunus spinose</i>
Τερεβινθιά	<i>Pistacia terebinthus</i>
Κουφοξυλιά	<i>Sambucus nigra</i>
Βουζιά	<i>Sambucus ebulus</i>
Φράξος	<i>Fraxinus ornus</i>
Γάυρος	<i>Carpinus duinensis</i>
Φιλλύκι	<i>Phillyrea media</i>
Σφενδάμι	<i>Acer monspensulanum</i>
Οστρυά	<i>Ostrya carpinifolia</i>
Λεύκη τρέμουλα (απαντάται σε ένα μόνο σημείο)	<i>Populus tremula</i>
Αγριοκορομηλιά	<i>Prunus pseudoameniaca</i>
Γκορτσιά	<i>Pyrus amygdaliformis</i>

Ελληνική ονομασία	Λατινική ονομασία
Ίταμος	<i>Taxus baccata</i>

Από τα ανωτέρω αναφερόμενα δασικά είδη, ο κέδρος (*Juniperus oxycedrus*) συναντάται συχνότερα εκεί όπου η ελάτη υπάρχει σε αραιά κατάσταση, σε βραχώδη και γυμνά από ελάτη εδάφη τείνει, δε, να αποτελέσει αμιγείς συστάδες.

Εκτός από τα είδη αυτά υπάρχουν κατά θέσεις και τα αναρριχώμενα, παράσιτα, ποώδη κλπ φυτά, που αναγράφονται στον Πίνακα 2.5.

Πίνακας 2.5: Λοιπή χλωρίδα που απαντάται στο Δασικό Σύμπλεγμα Αν. Μαινάλου.

Ελληνική ονομασία	Λατινική ονομασία
Φτέρη	<i>Pteris aquiline</i>
Τσουκνίδα	<i>Urtica urens</i>
Χαμοκερασιά	<i>Fragaria vesca</i>
Κισσός	<i>Hedera helix</i>
Αγράμπελη	<i>Clematis vitalba</i>
Αγιόκλιμα	<i>Lonicera caprifolium</i>
Ασπάραγγος	<i>Asparagus</i>
Ιξός	<i>Viscum album</i>

Η χορτολιβαδική χλωρίδα εμφανίζεται πλούσια σε είδη της οικογένειας των αγρωστωδών και των ψυχανθών.

2.5.8 Πανίδα

Στην περιοχή μελέτης φιλοξενούνται πολλά είδη πανίδας αρκετά εκ των οποίων παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον λόγω ενδημισμού ή σπανιότητας. Στον Πίνακα 2.6 παρουσιάζονται ενδεικτικά μερικά από τα υπάρχοντα είδη.

Πίνακας 2.6: Ενδεικτική πανίδα του Μαινάλου

Κατηγορία	Ελληνική ονομασία	Λατινική ονομασία	Παρατηρήσεις *
Θηλαστικά	Αλεπού	<i>Vulpes vulpes</i>	
	Νυφίτσα	<i>Mustela nivalis galinthias</i>	Ενδημικό της Ελλάδας

Κατηγορία	Ελληνική ονομασία	Λατινική ονομασία	Παρατηρήσεις *
	Ασβός	<i>Meles meles</i>	
	Λαγός	<i>Lepus europeus</i>	
	Αγριογούρουνο	<i>Sus scrofa</i>	
		<i>Rhinolophus ferrumequinnum</i>	Περιλαμβάνονται στο Παράρτημα II της Οδηγίας 92/43/EEC
	Νυχτερίδες	<i>Rhinolophus hipposideros</i>	
	Ονυχοχελώνα ή Μεσογειακή χελώνα	<i>Testudo hermanni</i>	Προστατεύονται από τη συνθήκη της Βέρνης και το Ελληνικό Π.Δ. 67/1981
Ερπετά	Κρασπεδωτή χελώνα	<i>Testudo marginata</i>	
	Σπιτόφιδο	<i>Elaphe situla</i>	Ενδημικά της Ελλάδας
	Γραικόσαυρα	<i>Lacerta graeca</i>	
	Σιλιβούτι	<i>Podarcis erhardii livadiaca</i>	
	Γουστέρα της Πελοποννήσου	<i>Podarcis peloponnesiacus</i>	
		Πηλοβάτης	<i>Pelobates syriacus</i>
Πτηνά	Πετρίτης	<i>Falco peregrinus</i>	
	Ξεφτέρι	<i>Accipiter nisus</i>	
	Γερακίνα	<i>Buteo buteo</i>	
*(The IUCN Red List of Threatened Species, 2016-3, herpetofauna.gr, 2016, ΦΙΛΟΤΗΣ, 2016)			

2.5.9 Απειλές του δάσους

Το Δασικό Σύμπλεγμα Ανατολικού Μαινάλου αντιμετωπίζει κινδύνους που οφείλονται σε αβιοτικούς και βιοτικούς παράγοντες στους οποίου περιλαμβάνονται και αυτοί της ανθρωπογενούς προελεύσεως.

2.5.9.1 Αβιοτικοί παράγοντες

Χιόνι: οι ζημιές που προκαλούνται από το χιόνι συνίστανται στο σπάσιμο κυρίως των καταπιεζόμενων ατόμων ελάτης καθώς και στο σπάσιμο των κορυφών των κυριαρχούντων ατόμων. Περισσότερες χιονοθλασίες παρατηρούνται σε συστάδες βόρειας έκθεσης όπου η συσσώρευση του χιονιού είναι πολύ μεγάλη.

Άνεμοι: αρκετές ζημιές προκαλούνται από τους πνέοντες ισχυρούς βορειοανατολικούς, νότιους και νοτιοδυτικούς ανέμους. Οι ζημιές αυτές συνίστανται στην ανατροπή των δέντρων που πολλές φορές μπορεί να είναι και σημαντικές.

Παρασύρσεις εδάφους. Τέτοιες περιπτώσεις παρατηρούνται κυρίως σε εδάφη από φλύσχη και όπου το δάσος είναι αραιό και δεν έχει κανονική πυκνότητα. Παρατηρούνται κυρίως στην περιοχή της Αλωνίσταινας, Πιάνας και Ροεινού όπου οι διαβρώσεις του εδάφους και οι παρασύρσεις είναι σημαντικές.

Κεραυνοί: Στις κορυφογραμμές μεγάλου υψομέτρου παρατηρούνται ζημιές που έχουν προκληθεί από κεραυνούς.

2.5.9.2 Βιοτικοί παράγοντες

Μύκητες: Καρποσώματα των πρωτογενών παρασίτων μυκήτων *Fomes annosus* (*Heterobasidium annosum*) και (*Armillaria mellea*) έχουν βρεθεί σποραδικά μέσα στο δάσος χωρίς ωστόσο να δημιουργούν ανησυχητικά προβλήματα. Ο μύκητας *Melampsorella caryophyllacearum* που προκαλούσε τα αποκαλούμενα «μαγικά σάρωθρα» έχει πλέον εκλείψει χάρη στην υλοτομία και απομάκρυνση των προσβεβλημένων ατόμων. Μύκητες που προσβάλλουν τις βελόνες της ελάτης όπως ο *Lophodermium nervisequum* και ο *Trichosphaeria parasitica* απαντώνται σε καταπιεσμένα άτομα, σε φτωχά εδάφη και μόνο στα κατώτερα κλαδιά και στο εσωτερικό της κόμης. Ο *Lophodermium nervisequum* συμβάλει σημαντικά στην αποσύνθεση του φυλλώματος. Σημαντικά οικονομική ζημιά προκαλείται από ξυλοσηπτικούς μύκητες κυρίως δε από τον *Fomes pinicola* ο οποίος είναι κοινότατος στο δάσος. Οι μύκητες αυτοί είναι κατ' εξοχή σαπρόφυτοι οργανισμοί οι οποίοι μπαίνουν στους κορμούς των ιστάμενων δένδρων από πληγές οι οποίες δημιουργούνται κατά την υλοτομία, τη μετατόπιση ή την κλαδονομή. Τα ξερά ή ημίξηρα προσβεβλημένα άτομα ελάτης δημιουργούν νέες εστίες προσβολής.

Ημιπαράσιτα: Το ημιπαράσιτο *Viscum album* (ιξός) είναι πολύ κοινό μέσα στο δάσος παρά την ιδιαίτερη προσοχή που δίνεται κατά τις προσημάνσεις ώστε να υλοτομούνται τα προσβεβλημένα

από αυτό άτομα. Το εν λόγω ημιπαράσιτο προσβάλλει άτομα ανεξαρτήτου ηλικίας και σε όλες τις ποιότητες τόπου. Η προσβολή όμως είναι διακριτή στα φτωχά και αβαθή εδάφη των ανατολικών και νότιων εκθέσεων λόγω της ύπαρξης ατόμων πολύ μεγάλης ηλικίας. Όταν το *Viscum album* εγκατασταθεί επί του κυρίως κορμού δημιουργεί καρκινώματα τα οποία οφείλονται στην ανώμαλη λειτουργία του καμβίου, ενώ όταν εγκατασταθεί σε μικρή απόσταση από την κορυφή του κορμού προκαλεί ακόμα και ξήρανση αυτής λόγω κατανάλωσης όλης της ποσότητας του ανερχόμενου νερού και των ανόργανων συστατικών. Η οικονομική ζημιά στο δάσος από το ημιπαράσιτο αυτό είναι αρκετά σημαντική.

Ζιζάνια: Οι ζημιές αυτές συνίστανται στην παρεμπόδιση της φυσικής αναγέννησης από τη δημιουργία ικανού πάχους χλωροτάπητα και κυρίως στις θέσεις όπου η συγκόμωση της συστάδας διασπάται αισθητά. Στις θέσεις αυτές ο χλωροτάπητας που δημιουργείται δεν επιτρέπει στους ελαφρούς σπόρους της ελάτης να φτάσουν στο έδαφος και να ριζοβολήσουν.

Έντομα: Βλάβες από έντομα έχουν παρατηρηθεί κατά περιόδους και κυρίως μετά από παρατεταμένη ξηρασία πολλών μηνών ή ετών, οπότε ορισμένα φλοιοφάγα και ξυλοφάγα έντομα εγκαθίστανται στα ξερά και καχεκτικά άτομα και στη συνέχεια πολλαπλασιάζονται και προσβάλλουν και τα υγιή άτομα. Κατά την περίοδο 1962-1966 το δάσος του Ανατολικού Μαινάλου διέτρεξε μεγάλο κίνδυνο από μια τέτοια προσβολή που είχε πάρει χαρακτήρα επιδημίας και προς στιγμή απειλήθηκε η υπόσταση όλου του δάσους. Προς αποτροπή του κινδύνου το Δασαρχείο Βυτίνας προέβη κατά την περίοδο αυτή στην υλοτομία όλων των προσβεβλημένων ατόμων ελάτης, ξερών και ημίξερων. Αντίστοιχο φαινόμενο παρατηρήθηκε κατά την περίοδο 1988-1991 και σε μικρότερη έκταση μετά τα ιδιαίτερα θερμά έτη 2003 και 2007. Μελέτες που πραγματοποιήθηκαν σχετικά με το φαινόμενο αυτό οδήγησαν στο συμπέρασμα ότι το πρωτογενές αίτιο της ξήρανσης ήταν οι δυσμενείς καιρικές συνθήκες και δευτερογενώς λόγω της μείωσης της ευρωστίας των δέντρων και της προσβολής από έντομα. Τέτοιες προσβολές παρατηρήθηκαν μόνο σε αβαθή, ξερά και άγονα εδάφη σε νότιες και νοτιοδυτικές εκθέσεις. Αντίθετα στα καλά εδάφη και στις βόρειες εκθέσεις οι προσβολές ήταν περιορισμένες έως ανύπαρκτες (Δασαρχείο Βυτίνας, 1995).

Βοσκή: Η επίδραση της βοσκής στη δασική βλάστηση υπήρξε πολύ δυσμενής τα παλαιότερα χρόνια γιατί οι κάτοικοι των παρακείμενων στο δάσος οικισμών ασκούσαν έντονη κτηνοτροφία. Η αρνητική επίδραση της βοσκής παρατηρείται ακόμα και σήμερα και σε αυτή οφείλεται η περιορισμένη ή και παντελής έλλειψη αναγεννήσεως του δάσους, από την υποβάθμιση της λιβαδικής βλάστησης και από την έντονη, σε ορισμένα τμήματα που βόσκονταν, επιφανειακή διάβρωση και παράσυρση του δασικού εδάφους. Αν και η αιγοβοσκή είναι πλήρως απαγορευμένη

και ασκείται σε θαμνώδεις περιοχές περιμετρικά του δάσους η βοσκή προβάτων εξακολουθεί να υφίσταται και ορισμένες περιφέρειες, ακόμα και σήμερα ασκείται αλόγιστα με δυσμενή επίδραση στην αναγέννηση. Το γεγονός δε ότι η βοσκή απαγορεύεται πλήρως στα τμήματα που υλοτομούνται έχει ως αποτέλεσμα τα παρακείμενα τμήματα να δέχονται μεγαλύτερες πιέσεις από την υπερβόσκηση με αποτέλεσμα τη μείωση της αναγέννησης. Τα τελευταία χρόνια ωστόσο, ο αριθμός των αιγοπροβάτων παρουσιάζει μείωση γεγονός που είναι ενθαρρυντικό για την ελαχιστοποίηση της απειλής αυτής.

Κλαδονομία: Κατά το παρελθόν η παράνομη κλαδονομία υπήρξε σοβαρή απειλή για το δάσος. Καθώς κατά την φθινοπωρινή και χειμερινή περίοδο οι κτηνοτρόφοι προέβαιναν στην έντονη αποκλάδωση δένδρων με σκοπό τη χρησιμοποίηση των κλαδιών ως τροφή για τα ποίμνιά τους. Το πρόβλημα αυτό έχει αντιμετωπιστεί τα τελευταία χρόνια με την παροχή άδειας στους κτηνοτρόφους να ικανοποιούν τις ανάγκες τους αποκλαδώνοντας άτομα προσημασμένα από συστάδες που την αμέσως επόμενη περίοδο θα υλοτομηθούν.

Παράνομη υλοτομία: Έχει διαπιστωθεί ότι κατά το παρελθόν πραγματοποιούντο παράνομη υλοτομία σε πολύ μεγάλη έκταση. Οι κάτοικοι των παρακείμενων χωριών διενεργούσαν παράνομες υλοτομίες με σκοπό την απόληψη τεχνικής ξυλείας προς επισκευή των κατοικιών τους -και κυρίως με σκοπό την απόληψη καύσιμου ξύλου προς κάλυψη των ατομικών τους αναγκών. Ο κίνδυνος αυτός έχει περιοριστεί καθώς το Δασαρχείο Βυτίνας, εφαρμόζοντας ορθή κοινωνική πολιτική διαθέτει στους περιοίκους, με πολύ χαμηλό τίμημα, ξυλεία προερχόμενη από τις προγραμματισμένες υλοτομίες. Ωστόσο τα τελευταία χρόνια, μέσα στα πλαίσια της οικονομικής κρίσης που διέρχεται η χώρα το φαινόμενο της παράνομης υλοτομίας βρίσκεται και πάλι στο επίκεντρο.

Εκχερσώσεις: Η απειλή αυτή είναι σχεδόν ανύπαρκτη και δεν επηρεάζει το δάσος. Τα δασικά εδάφη λόγω της ισχυρής κλίσης και του βραχύδου χαρακτήρα τους είναι αβαθή, άγονα και ακατάλληλα για γεωργική καλλιέργεια. Παλαιοί αγροί που βρίσκονται μέσα στο δάσος εγκαταλείπονται και αναδασώνονται φυσικά. Σε ορισμένες περιοχές και σε σπάνιες περιπτώσεις, κυρίως κοντά σε οικισμούς που παρουσιάζουν τουριστικό ενδιαφέρον γίνονται προσπάθειες επεκτάσεων των αγρών μέσα στο δάσος.

Πυρκαγιές: Έως τα τέλη του 20^{ου} αιώνα ο κίνδυνος αυτός δε χαρακτηριζόταν ως σοβαρός διότι αφ' ενός η ελάτη δε θεωρούνταν ευάλωτο είδος και αφ' ετέρου η θερινή και φθινοπωρινή περίοδος χαρακτηριζόταν ως δροσερή με την ύπαρξη ικανοποιητικών βροχοπτώσεων. Μετά την

πυρκαγιά του 2000 που έκαψε εκατοντάδες στρέμματα στο Δυτικό Μαινάλο -και τη σχετική μείωση των βροχοπτώσεων- η έννοια του κινδύνου από πυρκαγιά πήρε άλλες διαστάσεις.

2.5.10 Προστατευτικές επιδράσεις

Το μελετώμενο δασικό Σύμπλεγμα Ανατολικού Μαινάλου καταλαμβάνει ένα μεγάλο τμήμα της λεκάνης απορροής των χειμαροποτάμων Ελισσώνος και Μυλάοντος καθώς επίσης και του ποταμού Λάδωνα.

Αν λάβουμε υπόψη και τη σημαντική έκταση του Συμπλέγματος αυτού που ανέρχεται σε 10.317,2 εκτάρια, δεν είναι υπερβολικό να λεχθεί ότι η υδρονομική ισορροπία των εδαφών του δάσους αυτού έχει πολύ μεγάλη σημασία και για την διαίτα του προαναφερόμενου ποταμού και για την προστασία των υδροηλεκτρικών έργων που έχουν κατασκευαστεί στο παρελθόν.

2.5.11 Παροχή υπηρεσιών

Το δάσος εκτός από τα γνωστά σε όλους υλικά προϊόντα όπως ξυλεία, ίνες, τροφή κλπ. παρέχει και οφέλη που απορρέουν από τη ρύθμιση των οικοσυστημικών υπηρεσιών όπως ρύθμιση του κλίματος, φιλτράρισμα νερού κλπ. Επιπλέον παρέχει πολιτιστικές υπηρεσίες, αναψυχή, πνευματικές οφέλη, εκπαίδευση. Πέραν αυτών, παρέχει υπηρεσίες απαραίτητες για την παραγωγή όλων των υπολοίπων οικοσυστημικών υπηρεσιών όπως πεδογένεση, ανακύκλωση θρεπτικών στοιχείων και πρωτογενής παραγωγή (ΜΕΑ, 2003). Η αξία των υπηρεσιών αυτών, πλην των υλικών προϊόντων, είναι δύσκολο να αποτιμηθεί και μπορούν να την εκτιμήσουν μόνο αυτοί που τις στερούνται.

Η αξία αυτή αυξάνεται όσο βελτιώνεται ο σημερινός τεχνικός πολιτισμός και όσο ανέρχεται το βιοτικό επίπεδο των ανθρώπων. Το δάσος προσφέροντας καθαρό αέρα, μειώνοντας τις ακραίες θερμοκρασίες κατά τους θερινούς μήνες και δημιουργώντας ευχάριστο περιβάλλον, διαύγειας και γαλήνης έχει συμβάλει στο γεγονός ότι η Βυτίνα έχει καταστεί ένα από τα σπουδαιότερα παραθεριστικά κέντρα της χώρας μας. Τις αξίες και τις ωφέλειες που προσφέρει τις απολαμβάνουν οι κάτοικοι των παρακείμενων κοινοτήτων αλλά και οι παραθεριστές που κατακλύζουν την περιοχή και που κυρίως προέρχονται από τα μεγάλα αστικά κέντρα.

2.5.12 Παραγόμενα δασικά προϊόντα

Τα δασικά προϊόντα που παράγονται από το Δασικό Σύμπλεγμα Ανατολικού Μαινάλου διακρίνονται σε τεχνική στρογγύλη ξυλεία κατασκευών, σε ξύλο θρυμματισμού και καυσόξυλα.

Το ποσοστό τεχνικού ξύλου καθώς επίσης και η ποιότητα αυτού υστερούν κατά πολύ έναντι του παραγόμενου από το παρακείμενο Δυτικό Μαίναλο. Αυτό οφείλεται στην κακή ποιότητα των εδαφών στη αλόγιστη χρησιμοποίηση, για σειρά ετών, των συστάδων ως βοσκότοπους και γενικότερα στην μη ορθή διαχείριση. Το δασικό αυτό σύμπλεγμα εξ' άλλου τέθηκε υπό κρατική εκμετάλλευση δι' αυτεπιστασίας από το 1966 και ακόμα υπάρχουν συστάδες που δεν έχει καταστεί δυνατόν να υλοτομηθούν. Όλες οι πραγματοποιούμενες υλοτομίες που πραγματοποιούνται έχουν χαρακτήρα εξυγιαντικό.

Όλη η πρωτογενής δασική παραγωγή απορροφάται από τις ιδιωτικές βιομηχανίες ξύλου που βρίσκονται στην ευρύτερη περιφέρεια της κεντρικής Πελοποννήσου. Πρόβλημα απορρόφησης της ξυλείας δεν υπάρχει και αναμένεται να μην υπάρξει και μελλοντικά καθώς η ποιότητα του βελτιώνεται μέσω της ορθής διαχείρισης. Τα καυσόξυλα επίσης διατίθενται εύκολα καθώς υπάρχει πολύ μεγάλη ζήτηση από τους κατοίκους των παραδασόβιων κοινοτήτων αλλά και των παρακείμενων αστικών κέντρων.

2.5.13 Διαχειριστική μορφή – Διαχείριση του Δάσους

Η διαχειριστική μορφή που επικρατεί σήμερα στο δάσος είναι η ακανόνιστη κηπευτή η ακανόνιστη υποκηπευτή και η ομήλικος. Ως κηπευτή νοείται η μορφή δάσους στην οποία η διαφορά ηλικίας των δένδρων είναι ίση με τον περίτροπο χρόνο και στις οποίες εμφανίζονται σε μικρή σχετικά επιφάνεια δένδρα όλων των ηλικιών και όλων των βαθμίδων διαμέτρου και ύψους. Ως υποκηπευτή χαρακτηρίζεται η μορφή δάσους στην οποία η διαφορά ηλικίας των δένδρων είναι ίση με κλάσμα του περίτροπου χρόνου (30-60 έτη). Ως ομήλικη χαρακτηρίζεται η μορφή του δάσους όταν η ηλικία των δένδρων είναι περίπου η ίδια ή η διαφορά της ηλικίας τους είναι τόσο μικρή, ώστε να μην επηρεάζεται η εξέλιξη του ενός δένδρου από το άλλο (Ντάφης, 1992).

Οι διαφοροποιήσεις αυτές οφείλονται στη μη σωστή διαχείριση του δάσους τα προγενέστερα έτη. Για την περίοδο 1922-1932 υπήρχε διαχειριστικό σχέδιο μόνο για τα δεκαεννέα τμήματα που είχαν παραχωρηθεί στη Μέση Δασοπονική Σχολή Βυτίνας που λειτουργούσε στην

ομώνυμη κοινότητα. Κατά την περίοδο 1940-1947 δεν υπάρχουν στοιχεία για τις ποσότητες ξυλείας που υλοτομήθηκαν αλλά υπάρχουν μαρτυρίες ότι έγιναν πολλές λαθροϋλοτομίες από τους κατοίκους και από λαθρεμπόρους. Την περίοδο 1948-1966 υλοτομήθηκε αλόγιστα άγνωστος αριθμός δένδρων που απέδωσε μεγάλες ποσότητες τεχνικής ξυλείας ενώ παράλληλα σε έξαρση ήταν και οι λαθροϋλοτομίες. Το 1966 συντάχθηκε και εγκρίθηκε διαχειριστική έκθεση για τα έτη 1967-1978 με σκοπό διαχείρισης την αναγωγή του δάσους σε κανονικό κηπευτό και την ανίδρυση του ξυλώδους κεφαλαίου με την υποβοήθηση της φυσικής αναγέννησης. Με τον ίδιο στόχο διαχειρίστηκε το δάσος και την περίοδο 1979-1995 και την περίοδο 1996-2010. Ωστόσο λόγω ελλείψεως χρηματοδότησεως και προσωπικού αλλά και λόγω της εμφάνισης της θνησιμότητας σε πολλά τμήματα δεν πραγματοποιήθηκαν οι απαραίτητες υλοτομίες ενώ σε άλλα πραγματοποιήθηκαν υλοτομίες πλέον των ενδεδειγμένων.

Περίτροπος χρόνος είναι η σε χρόνια μετρούμενη συστηματική διάρκεια παραγωγής ενός δασοπονικού είδους ή μιας συστάδας μέσα στη διαχειριστική κλάση. Αντιστοιχεί δε στο μέσο χρονικό διάστημα από την ίδρυση μέχρι τη συγκομιδή των τελικών καρπώσεων του συγκεκριμένου δασοπονικού είδους, πράγμα απαραίτητο για την εκπλήρωση του σκοπού της εκμετάλλευσης. Για τα κηπευτά δάση δεν έχει πρακτική σημασία. Παρ' όλα αυτά επειδή χρησιμοποιείται ως ρυθμιστής των δασοπονικών δραστηριοτήτων για το εν λόγω Σύμπλεγμα έχει οριστεί περίτροπος χρόνος ο οποίος ανέρχεται στα 120 έτη.

Σημαντικός για την οργάνωση της δασοπονίας είναι ο χρόνος περιφοράς που συνιστά το χρονικό διάστημα μεταξύ δύο επεμβάσεων. Ο καθορισμός του χρόνου αυτού εξαρτάται από λόγους κυρίως δασοκομικούς ώστε η συγκομιδή να μην προκαλεί διάσπαση, για το Δασικό Σύμπλεγμα Ανατολικού Μαινάλου έχουν καθοριστεί τα 10 χρόνια.

Κεφάλαιο 3

Μεθοδολογία

3.1 Εισαγωγή

Το φαινόμενο της δασικής θνησιμότητας που έχει διαπιστωθεί τις τελευταίες δεκαετίες αναμένεται –υπό το πλαίσιο της κλιματικής αλλαγής- να ενταθεί σε όλες τις περιοχές και κυρίως στα δασικά οικοσυστήματα της Νοτιοανατολικής Μεσογείου.

Στην Ελλάδα το φαινόμενο έχει παρατηρηθεί το φαινόμενο της δασικής θνησιμότητας στα δάση ελάτης και πεύκης, κυρίως σε χρονιές που σχετίζονται περιόδους ξηρασίας.

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε στην παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή είχε ως στόχο:

Την ποσοτικοποίηση της δασικής θνησιμότητας και

Τη διερεύνηση του ρόλου των τοπογραφικών, βιοτικών και κλιματικών παραγόντων στην εξέλιξη του φαινομένου της θνησιμότητας.

Η έρευνα επικεντρώθηκε στη συλλογή και επεξεργασία στοιχείων που αφορούσαν το δασικό Σύμπλεγμα Ανατολικού Μαινάλου. Τα στοιχεία προήλθαν από τη διαχειριστική μελέτη καθώς και από τις καταγραφές τις σχετικές με τις υλοτομίες που έλαβαν χώρα την περίοδο μελέτης.

3.2 Δεδομένα Διαχειριστικής Μελέτης

Για την εκπόνηση της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα που αφορούν τα δασικά τμήματα της υπό μελέτης περιοχής τα οποία προέρχονται από το αρχείο του Δασαρχείου Βυτίνας.

Η λεπτομερής περιγραφή των συστάδων θεωρείται ως το σημαντικότερο κεφάλαιο της οργάνωσης της δασοπονίας για το λόγο αυτό κατά τη σύνταξη των Διαχειριστικών Μελετών

(Δασοπονικών Μελετών) συμπληρώνεται το Φύλλο Περιγραφής Συστάδας όπως αυτό παρουσιάζεται στην Εικόνα 3.1

ΦΥΛΛΟΝ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗΣ ΣΥΣΤΑΔΟΣ	
<u>ΔΑΣΟΣ</u> Δημόσιον <u>ΑΛΩΝΙΣΤΑΙΝΑ</u>	<u>Έπιφάνεια</u>
<u>ΔΑΣΙΚΗ ΘΕΣΙΣ</u> <u>Βούρβουλα</u>	<u>Είδος</u>
	<u>Έκταρια</u>
	Δασοσκεπής 61,6
	Μερικώς δασοσκεπής -
	Άγροι και δενδροκομικαί καλλιέργειαι 6,4
	Γυμνή 8,4
	Άγονος κ.λ.π. -
	Σύνολον 76,4
<u>ΑΥΞΩΝ ΑΡΙΘΜΟΣ</u>	Τμήματος <u>57</u>
	Συστάδος
Α' ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΠΟΥ	
1. <u>Ύπερθαλάσσιον ύψος</u>	<u>1580 - 1700</u>
2. <u>Έκθεσις πρὸς ὀρίζοντα</u>	<u>B - B4 - BΑ</u>
3. <u>Κλίσις</u>	<u>30 - 60%</u>
4. <u>Βασικὸν πέτρωμα</u>	<u>Ασβεστολίθος</u>
5. <u>Έδαφος</u>	<u>Αβαθές, ἕπρὸ καλλικῶδες. Στεῖς μισοχάχρες καὶ τὰ χλωροκόπης. Ἄρκετὸς ἀπὸ βρύα καὶ εὐχροσκόπης, φτερές.</u>
<u>Ευροτάπης</u>	<u>Ἰκανὸ πάχος κατὰ βέσας πρὸς τὴν κορυφὴν ῥεῖται</u>
<u>Παραδαφιαία βλάστησις</u>	
6. <u>Ποιότης τόπου</u>	<u>III</u>
Β' ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΥΣΤΑΔΟΣ	
1. <u>Δασοπονικὸν ἢ δασοπονικὰ εἶδη, μίξις κύρια καὶ δευτερεύοντα εἶδη</u>	<u>Κεφαλληνιακὴ Ἐλάτη</u>
2. <u>Διαχειριστικὴ μορφή</u>	<u>Οὐθῆλο - Κηρευτοεῖδης</u>
3. <u>Ἡλικία</u>	<u>1.170 ἐτῶν</u> Μέση ηλικία <u>93</u>
4. <u>Συγκόμωσις</u>	<u>1,26</u>
5. <u>Εὐλοβρίθεια</u>	<u>1,48</u>
6. <u>Ἀναγέννησις</u>	<u>Στα χούπατα καὶ Β. ἐκβέσας ἰκανοποιητικὴ. Στεῖς ὑπόλοιπαι βέσαι ῥεῖται.</u>

7. Ξυλώδες κεφάλαιον εις κ μ άφλοιού δγκου

Α'. Κατά έκτάριον				Β'. Συνολικώς			
Άνωτάτη κλάσις	Μέση κλάσις	Κατωτάτη κλάσις	Σύνολον	Άνωτάτη κλάσις	Μέση κλάσις	Κατωτάτη κλάσις	Σύνολον
178,0	120,6	44,3	342,9	10961,9	7432,5	2731,1	21125,5

8. Τρέχουσα έτησία αύξησης εις κ. μ. άφλοιού δγκου:

Α'. Κατά έκτάριον	Β'. Συνολικώς
3,892 κ.μ.	239,747

9. Ωριμος Ξυλώδης δγκος εις κ. μ. άφλοιού δγκου :

Α' Κατά έκτάριον				Β'. Συνολικώς			
Άνωτάτη κλάσις	Μέση κλάσις	Κατωτάτη κλάσις	Σύνολον	Άνωτάτη κλάσις	Μέση κλάσις	Κατωτάτη κλάσις	Σύνολον
29,22	25,97	1,62	56,81	1.800	1600	100	3500

10. Γενική κατάσταση του Ξυλώδους κεφαλαίου (ποιοτική και υγιεινή ζημία ή φθοράι, άνεμοροίματα χιονοθλασται) Γενικά μέτρια Υπάρχουν άταγα υπέρψηρα, κακόμορφα σκευβιό και Ξερά. Άταγα μέσης κλάσης διαμέτρου αρκετά καλά.

11. Άλλαι λεπτομέρειαι :

Γ'. ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΤΡΑ

Εξυγιαντικές υλοτομίες. Εντανες καλλιέργητικες υλοτομίες σε συστάδες μέσης κλάσης. Δημιουργία κέντρων αναγέννησης σάς υπερωριμες συστάδες. Αραιώσεις σε συστάδες καρμιδιων και κορμιών. Απαχορευση της Βασικής για για ύσταετία.

Εικόνα 3.1: Φύλλο Περιγραφής Συστάδας

Από τα δεδομένα που αυτό περιλαμβάνει επιλέχθηκαν αρχικά, το υψόμετρο, η έκθεση ως προς τον ορίζοντα, η κλίση του εδάφους, η συγκόμωση, η ποιότητα τόπου και η ηλικία των

συστάδων. Ταξινομήθηκαν, με τη χρήση του προγράμματος excel και προέκυψε ο Πίνακας 1.1, του Παραρτήματος 1.

Ένα δένδρο γεννιέται, αναπτύσσεται και πεθαίνει υπό την επίδραση των βιοτικών και αβιοτικών παραγόντων που επικρατούν στην δεδομένη περιοχή διαβίωσής του. Οι παράγοντες που επελέγησαν να μελετηθούν έχουν καθοριστικό ρόλο στη δασική παραγωγή.

Το υψόμετρο είναι ένας από τους παράγοντες που καθορίζει το εύρος εξάπλωσης των φυτών. Φυτά που βρίσκονται στα κατώτερα θερμοόρια εξάπλωσης συνήθως είναι πιο ευαίσθητα από αυτά που φύονται στα ανώτερα όρια (Sarris, et al., 2011).

Η κλίση είναι ένας έμμεσος παράγοντας που επηρεάζει την διαβίωση των δέντρων καθώς συμβάλλει στην ταχεία ή μη απορροή των κατακρημνισμάτων και άρα καθορίζει τα ποσοστά υγρασίας του εδάφους. (Dorman, et al., 2015)

Η έκθεση προς τον ορίζοντα λαμβάνεται υπόψη διότι καθορίζει την ποσότητα ηλιακής ακτινοβολίας και την επίδραση των ψυχρών ή βροχοφόρων ανέμων που δέχονται τα δέντρα. Κατ' αυτόν τον τρόπο συμβάλλει στη βιολογική τους δραστηριότητα και στη διαμόρφωση της θερμοκρασίας και της υγρασίας του εδάφους (Γκούβας και Σακελλαρίου, 2011, Dorman, et al., 2015).

Ο τρόπος με τον οποίο παρατίθενται οι κόμεις των δένδρων μιας συστάδας καθώς και ο βαθμός σκίασης του εδάφους ορίζεται ως συγκόμωση. Ο βαθμός συγκόμωσης αφ' ενός καθορίζει τον ανταγωνισμό των δέντρων που φύονται σε μια καθορισμένη επιφάνεια και εφ' ετέρου τη θερμοκρασία και την υγρασία του εδάφους (Ντάφης, 1992).

Ο φυσικός δασικός τόπος αποτελεί τον υπέργειο και υπόγειο βιοχώρο του δάσους. Η δυνατότητα παραγωγής ξυλείας σε μια δεδομένη έκταση και για ένα συγκεκριμένο δασοπονικό είδος, η ικανότητα δηλαδή απόδοση της συστάδας, ορίζεται ως ποιότητα τόπου. Δηλαδή, η ποιότητα τόπου είναι η ικανότητα μιας έκτασης να υποστηρίξει την αύξηση των δένδρων της. Το Υπουργείο Γεωργίας (1965) για τη διαχείριση των ελληνικών δασών, στις οδηγίες σύνταξης διαχειριστικών εκθέσεων για τα δημόσια και ιδιωτικά, σπερμοφυή κηπευτά-υποκηπευτά δάση ελάτης όριζε τρεις ποιότητες τόπου I, II, III που προσδιορίζονταν βάσει του ύψους και της ώριμης διαμέτρου όπως φαίνεται στον Πίνακα 3.1.

Πίνακας 3.1: Ποιότητα τόπου στα δάση ελάτης.

Δασοπονικό είδος	Ελάτη		
Διάμετρος σε cm	40-45		
Ποιότητα τόπου	I	II	III
Ύψος σε m	≥ 22	16-22	< 16

Αν και στα Φύλλα Περιγραφής Συστάδας του δασικού συμπλέγματος Ανατολικού Μαινάλου η ποιότητα τόπου διαχωρίζεται σε περισσότερες επιμέρους κατηγορίες στην επεξεργασία των στοιχείων της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής διατηρήθηκε η κατηγοριοποίηση σε τρεις ποιότητες τόπου όπως αυτές αναγράφονταν στο θεωρητικό τμήμα της Δασοπονικής Μελέτης.

Με τον όρο λήμμα αναφερόμαστε στο ποσό του ώριμου ξυλώδους όγκου το οποίο έχει αποφασίσει να πάρει ο δασοκτήμονας - στην προκειμένη περίπτωση το ελληνικό δημόσιο- σε ορισμένο χρονικό διάστημα. Ο υπολογισμός του λήμματος πραγματοποιείται μέσα στα πλαίσια σύνταξης της διαχειριστικής μελέτης. Για την περίπτωση του Ανατολικού Μαινάλου, όπως έχει προαναφερθεί, ως χρόνος περιφοράς έχει οριστεί η δεκαετία και οι ποσότητες μέσου ετήσιου λήμματος ανά τμήμα και έτος υλοτομίας είναι αυτές που αναγράφονται στον Πίνακα 1.2 του Παραρτήματος 1.

Κατά την περίοδο όπου εξελίχτηκε το φαινόμενο της θνησιμότητας της ελάτης, (1985-2010) ήταν σε ισχύ δύο διαχειριστικές μελέτες. Η πρώτη αφορούσε τα έτη 1979-1988. Δεδομένου όμως ότι δεν είχε συνταχθεί άμεσα νέα μελέτη και δεν είχαν υλοτομηθεί όλα τα τμήματα όπως προβλεπόταν, οι υλοτομίες των ετών 1989-1995 πραγματοποιούνταν βάσει της μελέτης αυτής. Η δεύτερη αφορούσε τα έτη 1996-2005, η οποία λαμβανόταν υπόψη έως το έτος 2010. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι το λήμμα που είχε υπολογιστεί με τη δεύτερη διαχειριστική μελέτη, κατά την έγκρισή της από το αρμόδιο υπουργείο, μειώθηκε κατά 20%. Η μείωση αυτή θεωρήθηκε αναγκαία γιατί ήδη είχε εμφανιστεί το φαινόμενο της θνησιμότητας και θα έπρεπε να περιοριστούν οι υλοτομίες προκειμένου να εξασφαλιστεί η συνοχή του δασικού συμπλέγματος. Οι ποσότητες αυτές θα αποτελέσουν σημείο αναφοράς για την αξιολόγηση της επίδρασης της θνησιμότητας στη δασική παραγωγή.

3.3 Προσδιορισμός παραγόμενου ξυλώδους όγκου λόγω θνησιμότητας

Με στόχο να προσδιοριστεί η ποσότητα ξυλώδους όγκου που λήφθηκε από το Δασικό Σύμπλεγμα Ανατολικού Μαινάλου και οφείλεται στη θνησιμότητα συγκεντρώθηκαν όλα τα στοιχεία που αφορούσαν τις πραγματοποιηθείσες υλοτομίες την περίοδο αναφοράς.

Στο αρμόδιο τμήμα του Δασαρχείου Βυτίνας τηρούνται καρτέλες και το Δασοπονικό Βιβλίο στα οποία καταγράφονται τα κύρια στοιχεία που προκύπτουν από τη Δασοπονική Μελέτη και τα στοιχεία των καρπώσεων που έχουν λάβει χώρα. Ήτοι, η χρονολογία, το είδος της κάρπωσης (έκτακτη ή κανονική), ο τρόπος απολήψεως καθώς και οι ποσότητες που έχουν παραχθεί. Κατά την επίσκεψή μου στο Δασαρχείο Βυτίνας καταγράφηκαν τα εν λόγω στοιχεία τα οποία στη συνέχεια τέθηκαν σε επεξεργασία προκειμένου να χρησιμοποιηθούν στην μεταπτυχιακή διατριβή.

Από την επεξεργασία αυτή προέκυψε ο Πίνακας 3.2 στον οποίο φαίνονται οι ποσότητες που παρήχθησαν ανά τμήμα και έτος καθώς και ο λόγος για τον οποίο πραγματοποιήθηκε η εκάστοτε υλοτομία. Αν πρόκειται δηλαδή για κανονική υλοτομία, για έκτακτη κάρπωση οφειλομένη σε διάφορα αίτια (πχ. ανεμορρίμματα, οδοποιία) ή για έκτακτη κάρπωση οφειλομένη στην ξήρανση της ελάτης.

Πίνακας 3.2: Παραχθείσα ξυλεία ετών 1985-2010.

Τμήματα	Έτος	Τεχνική στρογγύλη ξύλεια άνω των 2μ (κ.μ.)	Τεχνική στρογγύλη ξύλεια κάτω των 2μ (κ.μ.)	Ξύλο θρυμματισμού & Καυσόξυλα (κ.μ.)	Κατηγορία υλοτομίας*
1		0		0	
2	1985	186,5	13,7	109,8	1
3	1986	219,71	34,58	279,6	1
3	1991	0		64,2	3
3	2009	0		73,8	3
4	2003	0		92,4	3
4	2009	0		108	3
5	1985	244,7	18,04	120	1
5	1986	3		0	2
5	1988	16,6		19,8	2
5	1991	112,3	13	160,8	1
5	2009	0		144	3

Τμήματα	Έτος	Τεχνική στρογγύλη ξύλεια άνω των 2μ (κ.μ.)	Τεχνική στρογγύλη ξύλεια κάτω των 2μ (κ.μ.)	Ξύλο θρυμματισμού & Καυσόξυλα (κ.μ.)	Κατηγορία υλοτομίας*
6	1985	201,8	25,9	218	1
7	1987	222,64	30,46	120	1
7	1988	0		202,2	3
8	1987	171,87	25,16	60	1
8	1988	147,55	23,63	467,4	1
8	1989	0		108	3
9	1987	315,95	41,32	240	1
9	1988	0		236,4	3
9	2003	231,93	49,5	84	1
10	1985	131,7	18,4	212,4	1
10	1989	139,01	29,96	553,2	1
11	1985	104,1	12,5	133,8	1
12	1988	0		48	3
12	1990	0		108	3
12	2009	0		98,4	3
13	1985	433,4	37,9	444,6	1
13	1989	0		210	3
13	2009	0		140,4	3
14	1985	696,2	58,7	911,4	1
14	1989	0		1112,4	3
14	1990	0		442,8	3
14	2009	0		114	3
15	1985	391,9	37	324,6	1
15	1986	2,5	1	6,6	2
15	1987	0		90	3
15	1989	0		639	3
15	2003	25,3		0	2
15	2008	0		246	3
15	2009	0		98,4	3
16	1989	0		487,2	3
16	2003	27,64		0	2
16	2009	0		147,6	3
17	1985	1097,4	181,8	540	1
17	1986	61,5	1,4	423,6	1
17	2003	321,3		0	2
18	1985	524,4	104	346,2	1
18	2003	738,95	190,57	338,4	1
19	1985	36,2		35,4	2
19	2008	504,034	68,96	148,8	1
20	1985	171,7		72,6	2

Τμήματα	Έτος	Τεχνική στρογγύλη ξύλεια άνω των 2μ (κ.μ.)	Τεχνική στρογγύλη ξύλεια κάτω των 2μ (κ.μ.)	Ξύλο θρυμματισμού & Καυσόξυλα (κ.μ.)	Κατηγορία υλοτομίας*
20	1991	4		0	2
20	1997	2037,56	546	949,8	1
20	2002	16,8		0	2
20	2003	95,6		0	2
21	1998	238,78	78,03	198	1
22	1999	1061,7	153,34	718,8	1
22	2009	82,41		109,2	2
23	1985	31,6		0	2
23	2003	594,13	107,81	228	1
23	2004	715,876	141,079	310,8	1
24	1985	1349,1	156,58	1384,8	1
24	1985	0		102	3
24	1986	161,3	5,5	223,8	2
24	1986	0		149,4	3
24	1989	0		1099,2	3
24	2008	0		339	3
24	2009	0		370,8	3
25	1986	52,9	2,1	82,2	2
25	1989	0		728,4	3
25	1991	0		246	3
25	2008	0		453	3
25	2009	0		123	3
26	1986	23,8	1,1	61,2	2
26	1988	61,2	8	39	2
26	1989	0		67,2	3
26	1990	0		210	3
26	2008	0		574,8	3
26	2009	0		90,6	3
27	1988	111,2		69	2
27	1989	0		630	3
27	1990	0		90	3
27	2009	0		496,8	3
28	1986	59	1,6	169,2	2
28	1989	0		1251,6	3
28	1990	0		400,2	3
28	2009	0		346,8	3
29	1989	0		420	3
30	1989	0		502,2	3
30	1990	0		159	3
30	2003	672,32	33,79	315	1

Τμήματα	Έτος	Τεχνική στρογγύλη ξύλεια άνω των 2μ (κ.μ.)	Τεχνική στρογγύλη ξύλεια κάτω των 2μ (κ.μ.)	Ξύλο θρυμματισμού & Καυσόξυλα (κ.μ.)	Κατηγορία υλοτομίας*
30	2010	0		231,6	3
31	1989	0		234	3
31	2003	613,11	121,13	1003,8	1
31	2010	0		98,4	3
32	1997	525,96	273	128,4	1
33	1985	230,8	15,7	304,2	1
34	1989	0		99,6	3
35	1985	155,9	27	109,8	1
35	1989	0		339,6	3
35	2010	0		147,6	3
36	1987	7,8		0	2
37	2010	0		114,6	3
38	1990	0		442,8	3
39	2003	0		90	3
40	2010	0		474	3
41		0	0	0	
42	2010	0	0	72	3
43		0	0	0	
44		0	0	0	
45		0	0	0	
46		0	0	0	
47		0	0	0	
48		0	0	0	
49		0	0	0	
50	1997	6,7	0	0	2
51	1991	14,4	3,2	41,4	2
51	1993	3,5		0	2
51	2005	869,09	96,54	247,8	1
52	1991	80,75	27,4	603,6	2
53	1985	151,11		0	2
54	1991	197,8	56,1	866,4	1
54	2000	390,7	139,4	100,2	1
54	2006	651,163	232,33	100,2	1
55	1998	2025,79	555,62	753	1
56		1544,67	309,13	735,6	1
57	1989	526	94,13	439,8	1
58	1998	1366,9	182,76	594	1
59	1985	8,316		0	2
59	1986	6,83		0	2

Τμήματα	Έτος	Τεχνική στρογγύλη ξύλεια άνω των 2μ (κ.μ.)	Τεχνική στρογγύλη ξύλεια κάτω των 2μ (κ.μ.)	Ξύλο θρυμματισμού & Καυσόξυλα (κ.μ.)	Κατηγορία υλοτομίας*
59	1987	1,6		0	2
59	1989	544,55	85,24	1111,8	1
59	1990	12,4		0	2
59	1991	228,3	44,6	297,6	1
59	1993	20,8	3,4	0	2
60	1985	3,468		0	2
60	1988	838,08	209,78	1307,4	1
60	1989	0		27,6	3
60	1993	42,8	3,2	0	2
61		0	0	0	
62		0	0	0	
63	1987	23,83	1,7	60	2
63	1991	1,25		0	2
64		0		0	
65	1985	3,468		0	2
65	1995	8		0	2
66	1985	15,5	6,2	21,6	2
66	1985	28,676		0	2
66	1993	32,7		7,8	2
67	1986	5,57		0	2
67	1987	16,7		0	2
67	1990	42,3		0	2
67	1993	25,9		7,2	2
67	1995	0		4,2	3
68		0		0	
69		0		0	
70	1985	45,06	11,66	60	2
70	1986	289,3	50,87	595,2	1
70	1990	1,5		76,2	2
70	1991	0		163,8	3
70	1991	0		79,2	3
70	2003	0		273,6	3
70	2009	0		223,8	3
71	1985	67,62	2,44	30,6	2
71	1986	450,79	54,58	646,8	1
71	1987	115,66	17,11	180	2
71	1990	0		181,8	3
71	1988	0		267	3
71	1991	0		88,2	3
71	2003	0		0	

Τμήματα	Έτος	Τεχνική στρογγύλη ξύλεια άνω των 2μ (κ.μ.)	Τεχνική στρογγύλη ξύλεια κάτω των 2μ (κ.μ.)	Ξύλο θρυμματισμού & Καυσόξυλα (κ.μ.)	Κατηγορία υλοτομίας*
71	2008	0		518,4	3
71	2009	0		456	3
72	1989	31,04	4,52	25,2	2
73	2009	11		90	2
74		0	0	0	
75	2009	6	0	344,4	3
76		0	0	0	
77		0	0	0	
78		0	0	0	
79		0	0	0	
80		0	0	0	
81		0	0	0	
82		0	0	0	
83		0	0	0	
84		0	0	0	
85	1985	18,65	3	34,2	2
86	2003	0		270	3
86	2010	0		192	3

Κατηγορία υλοτομίας*

1 : Κανονική υλοτομία

2 : Έκτακτη κάρπωση λόγω τεχνικών έργων η ανεμορριμάτων

3 : Έκτακτη κάρπωση λόγω ξηράνσεων

Όταν σε ένα δένδρο επέλθει νέκρωση η ποιότητα του ξύλου υποβαθμίζεται και έτσι το προϊόντα χρησιμοποιούνται για ξύλο θρυμματισμού και καυσόξυλα. Οι ποσότητες της ξυλείας αυτής θα αποτελέσουν σημείο αναφοράς για την μετέπειτα στατιστική ανάλυση. Για το λόγο αυτό, με βάση τα αναγραφόμενα στο τηρούμενο αρχείο του Δασαρχείου Βυτίνας, επιλέχθηκαν οι ποσότητες ξύλου θρυμματισμού και καυσόξυλων που παρήχθησαν ανά τμήμα και έτος, μόνο λόγω των ξηράνσεων και συντάχθηκε ο Πίνακας 3.3.

Πίνακας 3.3: Παραχθείσα ξυλεία μόνο λόγω ξηράνσεων ανά τμήμα και έτος υλοτομίας

Τμήμα	Έτος Υλοτόμησης	Ξύλο Θρυμματισμού και καυσόξυλα μόνο λόγω ξηράνσεων	Τμήμα	Έτος Υλοτόμησης	Ξύλο Θρυμματισμού και καυσόξυλα μόνο λόγω ξηράνσεων
3	1991	64,20	27	1990	90,00
3	2009	73,80	27	2009	496,80
4	2003	92,40	28	1989	1251,60
4	2009	108,00	28	1990	400,20
5	2009	144,00	28	2009	346,80
7	1988	202,20	29	1989	420,00
8	1989	108,00	30	1989	502,20
9	1988	236,40	30	1990	159,00
12	1988	48,00	30	2010	231,60
12	1990	108,00	31	1989	234,00
12	2009	98,40	31	2010	98,40
13	1989	210,00	34	1989	99,6
13	2009	140,40	35	1989	339,6
14	1989	1112,40	35	2010	147,6
14	1990	442,80	37	2010	114,6
14	2009	114,00	38	1990	442,8
15	1987	90,00	39	2003	90
15	1989	639,00	40	2010	474
15	2008	246,00	42	2010	72
15	2009	98,40	60	1989	27,6
16	1989	487,20	70	1990	76,2
16	2009	147,60	70	1991	163,8
24	1985	102,00	70	1991	79,2
24	1986	149,40	70	2003	273,6
24	1989	1099,20	70	2009	223,8
24	2008	339,00	71	1990	181,8
24	2009	370,80	71	1988	267
25	1989	728,40	71	1991	88,2
25	1991	246,00	71	2008	518,4
25	2008	453,00	71	2009	456
25	2009	123,00	75	2009	344,4
26	1989	67,20	86	2003	270
26	1990	210,00	86	2010	192
26	2008	574,80			
26	2009	90,60			
27	1989	630,00			

3.4 Κατάρτιση δεικτών θνησιμότητας και άλλων βιοτικών και αβιοτικών παραμέτρων

Έχοντας ως στόχο την εξέταση αν η θνησιμότητα που εμφανίστηκε στο δασικό σύμπλεγμα, μπορεί να συνδεθεί με τοπογραφικά και δασοκομικά στοιχεία των συστάδων, ακολουθήθηκε η εξής διαδικασία:

Αρχικά, λαμβάνοντας υπόψη τα τμήματα και τις παραχθείσες ποσότητες λόγω θνησιμότητας του Πίνακα 3.3, υπολογίστηκε ο Δείκτης Θνησιμότητας (ΔΘΠ) για κάθε τμήμα. Ο προσδιορισμός του προέκυψε από τη διαίρεση της συνολικής παραχθείσας ποσότητας του κάθε τμήματος με το Μέσο Όρο της συνολικής παραχθείσας ξυλείας όλων των τμημάτων, Πίνακας 3.4.

Πίνακας 3.4 Δείκτης θνησιμότητας (ΔΘΠ) ανά τμήμα.

Τμήμα	Συνολική παραχθείσα ποσότητα ξύλου λόγω ξηράνσεων	Δείκτης Θνησιμότητας ΔΘΠ	Τμήμα	Συνολική παραχθείσα ποσότητα ξύλου λόγω ξηράνσεων	Δείκτης Θνησιμότητας ΔΘΠ
3	138,00	0,22	29	420,00	0,67
4	200,40	0,32	30	892,80	1,43
5	144,00	0,23	31	332,40	0,53
7	202,20	0,32	34	99,60	0,16
8	108,00	0,17	35	487,20	0,78
9	236,40	0,38	37	114,60	0,18
12	254,40	0,41	38	442,80	0,71
13	350,40	0,56	39	90,00	0,14
14	1669,20	2,67	40	474,00	0,76
15	1073,40	1,72	42	72,00	0,12
16	634,80	1,02	60	27,60	0,04
24	2060,40	3,30	70	816,60	1,31
25	1550,40	2,48	71	1511,40	2,42
26	942,60	1,51	75	344,40	0,55
27	1216,80	1,95	86	462,00	0,74
28	1998,60	3,20			

Αντιστοίχως υπολογίστηκε ο Δείκτης Υψομέτρου, όπως φαίνεται στον Πίνακα 3.5.

Πίνακας 3.5: Δείκτης Υψόμετρου ανά τμήμα.

Τμήμα	Ελάχιστο Υψόμετρο (Min)	Μέγιστο Υψόμετρο (Max)	Μέσο Υψόμετρο	Δείκτης Υψόμετρου
3	1100	1350	1225	0,94
4	1100	1350	1225	0,94
5	1100	1350	1225	0,94
7	1300	1700	1500	1,16
8	1300	1700	1500	1,16
9	1300	1700	1500	1,16
12	1100	1200	1150	0,89
13	1200	1700	1450	1,12
14	1200	1700	1450	1,12
15	1200	1700	1450	1,12
16	1300	1750	1525	1,17
24	1100	1650	1375	1,06
25	1000	1600	1300	1,00
26	1100	1200	1150	0,89
27	1000	1200	1100	0,85
28	950	1300	1125	0,87
29	1200	1600	1400	1,08
30	900	1560	1230	0,95
31	1250	1550	1400	1,08
34	1300	1450	1375	1,06
35	1000	1450	1225	0,94
37	1000	1450	1225	0,94
38	1000	1450	1225	0,94
39	800	1300	1050	0,81
40	900	1300	1100	0,85
42	1250	1470	1360	1,05
60	1300	1700	1500	1,16
70	1000	1100	1050	0,81
71	1000	1500	1250	0,96
75	1000	1500	1250	0,96
86	1100	1600	1350	1,04

Στη συνέχεια και έχοντας ως κριτήριο τους δείκτες αυτούς ταξινομήθηκαν τα τμήματα όπως φαίνεται στον Πίνακα 3.6. Από την ταξινόμηση αυτή προέκυψε ότι τα τμήματα 70, 27, 26, 28, 71, 24, 14, 30, 25, 15 & 16 είναι αυτά που εμφάνισαν τη μεγαλύτερη θνησιμότητα (Δείκτης Θνησιμότητας>1).

Πίνακας 3.6: Προσδιορισμός τμημάτων με υψηλή θνησιμότητα

Τμήμα	Ελάχιστο Υψόμετρο (Min)	Μέγιστο Υψόμετρο (Max)	Μέσο Υψόμετρο	Δείκτης Υψομέτρου	Ποσότητα Ξύλου Θρυμματισμού & Καυσόξυλων λόγω ξηράνσεων	Δείκτης Θνησιμότητας (ΔΘΠ)
70	1000	1100	1050	0,81	816,60	1,31
27	1000	1200	1100	0,85	1216,80	1,95
26	1100	1200	1150	0,89	942,60	1,51
28	950	1300	1125	0,87	1998,60	3,20
71	1000	1500	1250	0,96	1511,40	2,42
24	1100	1650	1375	1,06	2060,40	3,30
14	1200	1700	1450	1,12	1669,20	2,67
30	900	1560	1230	0,95	892,80	1,43
25	1000	1600	1300	1,00	1550,40	2,48
15	1200	1700	1450	1,12	1073,40	1,72
16	1300	1750	1525	1,17	634,80	1,02
9	1300	1700	1500	1,16	236,40	0,38
7	1300	1700	1500	1,16	202,20	0,32
8	1300	1700	1500	1,16	108,00	0,17
60	1300	1700	1500	1,16	27,60	0,04
13	1200	1700	1450	1,12	350,40	0,56
29	1200	1600	1400	1,08	420,00	0,67
31	1250	1550	1400	1,08	332,40	0,53
34	1300	1450	1375	1,06	99,60	0,16
42	1250	1470	1360	1,05	72,00	0,12
86	1100	1600	1350	1,04	462,00	0,74
75	1000	1500	1250	0,96	344,40	0,55
35	1000	1450	1225	0,94	487,20	0,78
38	1000	1450	1225	0,94	442,80	0,71
4	1100	1350	1225	0,94	200,40	0,32
5	1100	1350	1225	0,94	144,00	0,23
3	1100	1350	1225	0,94	138,00	0,22
37	1000	1450	1225	0,94	114,60	0,18
12	1100	1200	1150	0,89	254,40	0,41
40	900	1300	1100	0,85	474,00	0,76
39	800	1300	1050	0,81	90,00	0,14

Στη συνέχεια και διατηρώντας την ανωτέρω ταξινόμηση, καταρτίστηκε ο Πίνακας 3.7 στον οποίο φαίνεται η μέγιστη και ελάχιστη κλίση και ο βαθμός συγκόμωσης κάθε τμήματος.

Πίνακας 3.7: Μέγιστη-Ελάχιστη κλίση και Βαθμός Συγκόμωσης των τμημάτων

Τμήμα	Ελάχιστη Κλίση (Min)	Μέγιστη Κλίση (Max)	Συγκόμωση
70	0,20	0,50	0,75
27	0,30	0,60	0,71
26	0,30	0,50	0,71
28	0,40	0,70	0,71
71	0,40	0,70	0,99
24	0,40	0,70	0,87
14	0,50	0,70	0,88
30	0,40	0,70	1,00
25	0,40	0,70	0,94
15	0,40	0,70	0,82
16	0,40	0,80	0,95
35	0,20	0,70	0,77
40	0,40	0,70	0,95
86	0,50	0,80	0,86
38	0,40	0,70	0,95
29	0,40	0,70	0,95
13	0,30	0,70	0,90
75	0,50	0,60	0,80
31	0,30	0,70	0,95
12	0,30	0,50	0,71
9	0,40	0,70	0,94
7	0,40	0,70	0,73
4	0,50	0,70	0,54
5	0,30	0,60	0,75
3	0,40	0,60	0,52
37	0,40	0,70	0,95
8	0,40	0,70	0,88
34	0,20	0,60	0,95
39	0,30	0,60	0,95
42	0,30	0,70	0,95
60	0,30	0,70	0,73

Τέλος στον Πίνακα 3.8 φαίνεται η ποιότητα τόπου στην οποία ανήκει καθένα από τα τμήματα αυτά.

Πίνακας 3.8: Έκταση τμημάτων ανά ποιότητα τύπου.

Τμήμα	Ποιότητα Τύπου			Σύνολο
	A	B	Γ	
70			45,60	45,60
27			85,60	85,60
26			70,00	70,00
28			122,30	122,30
71			143,20	143,20
24			190,40	190,40
14			111,20	111,20
30		134,20		134,20
25			98,40	98,40
15		95,60		95,60
16		45,60		45,60
35			64,00	64,00
40			139,00	139,00
86			174,80	174,80
38			143,20	143,20
29			52,00	52,00
13		39,60		39,60
75			218,40	218,40
31			133,20	133,20
12		20,00		20,00
9		47,20		47,20
7			34,80	34,80
4		17,20		17,20
5		51,80		51,80
3			18,80	18,80
37			93,20	93,20
8		50,80		50,80
34			27,40	27,40
39			140,00	140,00
42			70,20	70,20
60			301,20	301,20

3.5 Προσδιορισμός των περιόδων θνησιμότητας στο Αν.

Μαίναλο

Παρατηρώντας τα δεδομένα του Πίνακα 3.3 διαπιστώνουμε ότι οι έκτακτες υλοτομίες δεν πραγματοποιήθηκαν κάθε έτος. Για το λόγο αυτό κρίθηκε απαραίτητο να προσδιοριστούν, ανά τμήμα, οι περίοδοι συσσώρευσης του νεκρού ξύλου, Πίνακας 3.9 ώστε στη συνέχεια, να διερευνηθούν οι κλιματικές συνθήκες κατά τις περιόδους αυτές.

Οι υλοτομίες στο Δασικό Σύμπλεγμα Μαινάλου πραγματοποιούνται κατά την περίοδο Μαΐου-Σεπτεμβρίου. Τα δένδρα που πρόκειται να υλοτομηθούν προσημαίνονται κατά τους μήνες Φεβρουάριο έως Μάρτιο, όταν οι καιρικές συνθήκες το επιτρέπουν. Τα ξερά έλατα που προσημαίνονται είναι αυτά που νεκρώθηκαν κατά τη θερινή περίοδο του προηγούμενου έτους ή και ετών. Με βάση τα παραπάνω, έγινε προσπάθεια προσδιορισμού της οικολογικής περιόδου που εμφανίστηκε το φαινόμενο της θνησιμότητας αξιοποιώντας τα στοιχεία της διαχειριστικής έκθεσης. Ως περίοδος συσσώρευσης νεκρού ξύλου θεωρήθηκε το διάστημα από τη θερινή περίοδο που συμπίπτει με το έτος της τελευταίας πραγματοποιηθείσας υλοτομίας έως και τη θερινή περίοδο του προηγούμενου της υλοτόμησης έτους. Δηλαδή, το έτος της υλοτομίας που αναφέρεται στη διαχειριστική έκθεση σηματοδοτεί το πρώτο έτος συσσώρευσης νέου ξύλου λόγω θνησιμότητας. Η απομάκρυνση του νεκρού ξυλώδους όγκου θα έπρεπε να γινόταν ετησίως προκειμένου να αποφευχθούν περαιτέρω δευτερογενείς προσβολές από έντομα. Όμως, η υλοτομία των ξερών δεν γινόταν ανά έτος λόγω έλλειψης διαθέσιμης χρηματοδότησης και ως εκ τούτου γινόταν συσσώρευση νεκρού ξύλου από διαδοχικά έτη εντός των οποίων μπορεί να περιλαμβάνονται περισσότερα του ενός έτη με έντονη θνησιμότητα ελάτης. Στην υλοτομία που ακολούθησε γινόταν λήψη αυτού του ξύλου που συσσωρεύτηκε μέχρι και το προηγούμενο της υλοτομίας έτος. Έτσι, το προηγούμενο της υλοτομίας έτος οριοθετήθηκε και ως το τελευταίο έτος αυτής της οικολογικής περιόδου θνησιμότητας.

Με βάση τα παραπάνω εξετάσαμε περιόδους υλοτομίας της Δασοπονικής Μελέτης και εντοπίσαμε πολυετείς περιόδους θνησιμότητας με βάση τα έτη συσσώρευσης νεκρού ξύλου. Για κάθε μία από τις σχηματιζόμενες περιόδους δημιουργήθηκε ένας Δείκτης Θνησιμότητας (ΔΘΧ) ως εξής: Υπολογίστηκε το άθροισμα της παραχθείσας λόγω θνησιμότητας ξυλείας για μια δεδομένη περίοδο συσσώρευσης. Υπολογίστηκε και το άθροισμα των επιφανειών των τμημάτων στα οποία εμφανίστηκε η θνησιμότητα τη δεδομένη περίοδο συσσώρευσης του νεκρού ξύλου. Διαιρέθηκε η συνολική ποσότητα ξυλείας δια της συνολικής εκτάσεως και

προέκυψε ο Δείκτης (ΔΘΕ) που δείχνει την κατά χώρο εμφάνιση του φαινομένου. Ακολούθως, ο Δείκτης (ΔΘΕ) διαιρέθηκε με τον αριθμό των ετών της περιόδου και προέκυψε ο Δείκτης Θνησιμότητας (ΔΘΧ) ο οποίος παρουσιάζει και την κατά χρόνο εμφάνιση του φαινομένου. Ο υπολογισμός του Δείκτης Θνησιμότητας (ΔΘΧ) φαίνεται στον Πίνακα 3.10.

Ο Δείκτης Θνησιμότητας (ΔΘΧ) είναι πολύ σημαντικός διότι στη συνέχεια θα χρησιμοποιηθεί στη στατιστική ανάλυση με στόχο τον προσδιορισμό πιθανής συσχέτισης της θνησιμότητας με τα κλιματικά δεδομένα.

Οι περίοδοι συσσώρευσης υπολογίστηκαν για τα τμήματα τα οποία παρουσίαζαν υψηλό Δείκτη Θνησιμότητας (ΔΘΧ) σύμφωνα με τον Πίνακα 3.4. Δηλαδή, υπολογίστηκαν για τα τμήματα 14, 15, 16, 24, 25, 26, 27, 28, 30, 70, 71 όπως φαίνονται στον Πίνακα 3.9 Για τα τμήματα 26 και 27 δεν υπολογίστηκε η περίοδος συσσώρευσης νεκρής ξυλείας διότι δεδομένης της υποβάθμισής τους, στις διαχειριστικές μελέτες δεν προτεινόταν καμία υλοτομία. Επομένως δεν υπήρχε έτος αναφοράς για την έναρξη της συσσώρευσης νεκρής ξυλείας.

Πίνακας 3.9: Περίοδοι συσσώρευσης νεκρής ξυλείας

Τμήμα	Έτος τελευταίας πραγματοποιηθείσας υλοτομίας	Έτος υλοτόμησης λόγω θνησιμότητας	Ποσότητας παραχθείσας ξυλείας λόγω θνησιμότητας (σε κ.μ.)	Περίοδος συσσώρευσης νεκρής ξυλείας
14	1985	1989	1112,40	1985-1988
14	1989	1990	442,80	1989
14	1990	2009	114,00	1990-2008
15	1985	1987	90,00	1985-1986
15	1987	1989	639,00	1987-1988
15	1989	2008	246,00	1989-2007
15	2008	2009	98,40	2008
16	1984	1989	487,20	1984-1988
16	1989	2009	147,60	1989-2008
24	1984	1985	102,00	1984
24	1985	1986	149,40	1985
24	1989	1989	1099,20	1986-1988
24	1989	2008	339,00	1989-2007
24	2008	2009	370,80	2008
25	1984	1989	728,40	1984-1988

Τμήμα	Έτος τελευταίας πραγματοποιηθείσας υλοτομίας	Έτος υλοτόμησης λόγω θνησιμότητας	Ποσότητας παραχθείσας ξυλείας λόγω θνησιμότητας (σε κ.μ.)	Περίοδος συσσώρευσης νεκρής ξυλείας
25	1989	1991	246,00	1989-1990
25	1991	2008	453,00	1991-2007
25	2008	2009	123,00	2008
26		1989	67,20	
26		1990	210,00	
26		2008	574,80	
26		2009	90,60	
27		1989	630,00	
27		1990	90,00	
27		2009	496,80	
28	1983	1989	1251,60	1983-1988
28	1989	1990	400,20	1989
28	1990	2009	346,80	1990-2008
30	1983	1989	502,20	1983-1988
30	1989	1990	159,00	1989
30	1990	2010	231,60	1990-2009
70	1986	1990	76,2	1986-1989
70	1990	1991	163,8	1990
70	1991	2003	79,2	1991-2002
70	2003	2009	223,8	2003-2008
71	1986	1988	267	1986-1987
71	1988	1990	181,8	1988-1989
71	1990	1991	88,2	1990
71	1991	2008	518,4	1991-2007
71	2008	2009	456	2008

Πίνακας 3.10: Πίνακας υπολογισμού Δείκτη Θνησιμότητας (ΔΘΧ).

Τμήμα	Περίοδος συσσώρευσης νεκρής ξυλείας	Αριθμός ετών περιόδου	Ποσότητας παραθείσας ξυλείας λόγω θνησ/τητας σε κ.μ.	Ποσότητα ξυλείας προς αριθμό ετών περιόδου	Έκταση επιφάνειας τμήματος σε ha	Περίοδος θνησιμότητας	Συνολική ποσότητα ξυλείας περιόδου συσσώρευσης	Συνολική επιφάνεια τμημάτων ανά περίοδο θνησ/τας	Δείκτης (ΔΘΕ) Ξυλεία / Έκταση	Αριθμός ετών περιόδου θνησ/τας	Δείκτης (ΔΘΧ) = Δείκτης (ΔΘΕ) / Αριθμό ετών περιόδου θνησ/τας	
28	1983-1988	6	1251,60	208,60	122,3	1983-1989	7688,40	1973,8	3,90	7	0,56	
30	1983-1988	6	502,20	83,70	134,2							
24	1984-1984	1	102,00	102,00	190,4							
16	1984-1988	5	487,20	97,44	45,6							
25	1984-1988	5	728,40	145,68	98,4							
24	1985-1985	1	149,40	149,40	190,4							
15	1985-1986	2	90,00	45,00	95,6							
14	1985-1988	4	1112,40	278,10	111,2							
71	1986-1987	2	267,00	133,50	143,2							
24	1986-1988	3	1099,20	366,40	190,4							
70	1986-1989	4	76,20	19,05	45,6							
15	1987-1988	2	639,00	319,50	95,6							
71	1988-1989	2	181,80	90,90	143,2							
14	1989-1989	1	442,80	442,80	111,2							
28	1989-1989	1	400,20	400,20	122,3							
30	1989-1989	1	159,00	159,00	134,2							
25	1989-1990	2	246,00	123,00	98,4		1989-2002	577,20	332,8	1,73	14	0,12
70	1990-1990	1	163,80	163,80	45,6							
71	1990-1990	1	88,20	88,20	143,2							

Τμήμα	Περίοδος συσσώρευσης νεκρής ξυλείας	Αριθμός ετών περιόδου	Ποσότητας παραχθείσας ξυλείας λόγω θνησ/τητας σε κ.μ.	Ποσότητα ξυλείας προς αριθμό ετών περιόδου	Έκταση επιφάνειας τμήματος σε ha	Περίοδος θνησιμότητας	Συνολική ποσότητα ξυλείας περιόδου συσσώρευσης	Συνολική επιφάνεια τμημάτων ανά περίοδο θνησ/τας	Δείκτης (ΔΘΕ) Ξυλεία / Έκταση	Αριθμός ετών περιόδου θνησ/τας	Δείκτης (ΔΘΧ) = Δείκτης (ΔΘΕ) / Αριθμό ετών περιόδου θνησ/τας	
70	1991-2002	12	79,20	6,60	45,6							
14	1985-1988	4	1112,40	278,10	111,2	1985-1989	4377,60	1096,9	3,99	5	0,80	
71	1986-1987	2	267,00	133,50	143,2							
24	1986-1988	3	1099,20	366,40	190,4							
70	1986-1989	4	76,20	19,05	45,6							
15	1987-1988	2	639,00	319,50	95,6							
71	1988-1989	2	181,80	90,90	143,2							
14	1989-1989	1	442,80	442,80	111,2							
28	1989-1989	1	400,20	400,20	122,3							
30	1989-1989	1	159,00	159,00	134,2							
25	1989-1990	2	246,00	123,00	98,4		1989-2008	4440,00	1846,9	2,40	20	0,12
15	1989-2007	18	246,00	13,67	95,6							
24	1989-2007	19	339,00	17,84	190,4							
16	1989-2008	12	147,60	12,30	45,6							
70	1990-1990	1	163,80	163,80	45,6							
71	1990-1990	1	88,20	88,20	143,2							
14	1990-2008	19	114,00	6,00	111,2							
28	1990-2008	19	346,80	18,25	122,3							
30	1990-2009	20	231,60	11,58	134,2							
70	1991-2002	12	273,60	6,60	45,6							
25	1991-2007	7	453,00	64,71	98,4							

Τμήμα	Περίοδος συσσώρευσης νεκρής ξυλείας	Αριθμός ετών περιόδου	Ποσότητας παραχθείσας ξυλείας λόγω θνησ/τητας σε κ.μ.	Ποσότητα ξυλείας προς αριθμό ετών περιόδου	Έκταση επιφάνειας τμήματος σε ha	Περίοδος θνησιμότητας	Συνολική ποσότητα ξυλείας περιόδου συσσώρευσης	Συνολική επιφάνεια τμημάτων ανά περίοδο θνησ/τας	Δείκτης (ΔΘΕ) Ξυλεία / Έκταση	Αριθμός ετών περιόδου θνησ/τας	Δείκτης (ΔΘΧ) = Δείκτης (ΔΘΕ) / Αριθμό ετών περιόδου θνησ/τας
71	1991-2007	17	518,40	30,49	143,2						
70	2003-2008	6	223,80	37,30	45,6						
15	2008-2008	1	98,40	98,40	95,6						
24	2008-2008	1	370,80	370,80	190,4						
25	2008-2008	1	123,00	123,00	98,4						
71	2008-2008	1	456,00	456,00	143,2						
70	1991-2002	12	273,60	6,60	45,6		1991-2008	2517,00	860,4	2,93	18
25	1991-2007	7	453,00	64,71	98,4						
71	1991-2007	17	518,40	30,49	143,2						
70	2003-2008	6	223,80	37,30	45,6						
15	2008-2008	1	98,40	98,40	95,6						
24	2008-2008	1	370,80	370,80	190,4						
25	2008-2008	1	123,00	123,00	98,4						
71	2008-2008	1	456,00	456,00	143,2						

3.6 Κλιματικά Δεδομένα και Διαμόρφωση Κλιματικών

Δεικτών

Οι κλιματικοί παράγοντες που μελετήθηκαν και αξιολογήθηκαν στην παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή είναι η θερμοκρασία και τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα. Όσον αφορά τη θερμοκρασία, η μέση θερμοκρασία είναι αυτή που λήφθηκε υπόψη. Ενώ ο όρος ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα αναφέρεται κυρίως στη βροχόπτωση που αποτελεί και την κύρια κατηγορία ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων.

Τα κλιματικά δεδομένα που παρουσιάζονται στη συνέχεια προέρχονται από το Μετεωρολογικό Σταθμό της Τρίπολης και αφορούν την περίοδο 1984-2010. Ο Σταθμός αυτός ανήκει στην Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (ΕΜΥ), με κωδικός σταθμού 16710, με συντεταγμένες 37° 52' 00" N και 22° 40' 00" W και βρίσκεται σε υψόμετρο 652μ. Ο σταθμός αυτός επιλέχθηκε ως ο κοντινότερος στην περιοχή μελέτης και με τα πιο πλήρη κλιματικά δεδομένα. Κατά το παρελθόν, όπως και σήμερα, λειτουργούσε στην Βυτίνα μετεωρολογικός σταθμός ωστόσο ήταν εκτός λειτουργίας για μεγάλο χρονικό διάστημα κατά τις δύο τελευταίες δεκαετίες και συνεπώς δεν υπήρχε πλήρης σειρά δεδομένων. Στους πίνακες 3.1 και 3.2 του Παραρτήματος 3, παρατίθενται οι τιμές των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων και της μέσης θερμοκρασίας.

Έγινε επεξεργασία των τιμών αυτών προκειμένου να υπολογιστεί το άθροισμα των ποσοτήτων ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων όλων των ετών για τις χρονικές περιόδους Ιανουαρίου-Δεκεμβρίου, Απριλίου-Αυγούστου, Απριλίου-Σεπτεμβρίου, Μαρτίου-Αυγούστου, Μαρτίου-Σεπτεμβρίου, Μαΐου-Αυγούστου, Μαΐου-Σεπτεμβρίου, Σεπτεμβρίου (προηγούμενου έτους) έως και Αυγούστου, Δεκεμβρίου-Φεβρουαρίου, Νοεμβρίου-Μαρτίου καθώς και Ιουλίου-Σεπτεμβρίου όπως φαίνεται στον Πίνακα 3.3 του Παραρτήματος 3. Ακολούθως υπολογίστηκε ο Δείκτης Ατμοσφαιρικών Κατακρημνισμάτων, για κάθε περίοδο θνησιμότητας, όπως αυτές έχουν προσδιοριστεί ανωτέρω, για τις δεδομένες χρονικές περιόδους. Οι Δείκτες αυτοί φαίνονται στον Πίνακα 3.11

Αντιστοίχως, έγινε επεξεργασία των τιμών της θερμοκρασίας προκειμένου να υπολογιστεί ο μέσος όρος των θερμοκρασιών όλων των ετών για τις χρονικές περιόδους Ιανουαρίου-Δεκεμβρίου, Απριλίου-Αυγούστου, Απριλίου-Σεπτεμβρίου, Μαρτίου-Αυγούστου, Μαρτίου-Σεπτεμβρίου, Μαΐου-Αυγούστου, Μαΐου-Σεπτεμβρίου, Σεπτεμβρίου έως και Αυγούστου, Δεκεμβρίου-Φεβρουαρίου, Νοεμβρίου-Μαρτίου καθώς και Ιουλίου Σεπτεμβρίου όπως φαίνεται στον Πίνακα 3.4 του Παραρτήματος 3.

Πίνακας 3.11: Δείκτες Ατμοσφαιρικών Κατακρημισμάτων (Α.Κ.) –Θνησιμότητας (ΔΘΧ)

Περίοδος θνησιμότητας	B1 Δείκτης Α.Κ. Ιανουαρίου-Δεκεμβρίου	B2 Δείκτης Α.Κ. Απριλίου-Αυγούστου	B3 Δείκτης Α.Κ. Απριλίου-Σεπτεμβρίου	B4 Δείκτης Α.Κ. Μαρτίου-Αυγούστου	B5 Δείκτης Α.Κ. Μαρτίου-Σεπτεμβρίου	B6 Δείκτης Α.Κ. Μαΐου-Αυγούστου	B7 Α.Κ. Μαΐου-Σεπτεμβρίου	B8 Δείκτης Α.Κ. Σεπτεμβρίου-Αυγούστου	B9 Δείκτης Α.Κ. Δεκεμβρίου - Φεβρουαρίου	B10 Δείκτης Α.Κ. Νοεμβρίου Μαρτίου	B11 Δείκτης Α.Κ. Ιουλίου - Σεπτεμβρίου	ΔΘΧ Δείκτης Θνησιμότητας
1983-1989	744,50	153,54	170,13	235,23	251,81	102,96	119,54	757,11	315,59	521,93	61,53	0,56
1985-1989	737,06	138,64	154,54	228,50	244,40	93,94	109,84	753,40	328,86	530,20	45,20	0,80
1989-2002	646,26	148,81	178,36	215,47	245,02	99,53	129,08	642,32	238,75	427,94	82,04	0,12
1989-2008	646,22	145,17	173,95	214,17	242,95	99,29	128,07	648,69	245,65	430,20	74,26	0,12
1991-2008	657,88	147,10	176,50	221,39	250,79	102,11	131,51	670,17	260,49	449,71	75,45	0,16

Υπολογίστηκε ο Δείκτης Θερμοκρασιών, για κάθε περίοδο θνησιμότητας, όπως αυτές έχουν προσδιοριστεί ανωτέρω, για τις δεδομένες χρονικές περιόδους. Οι Δείκτες αυτοί φαίνονται στον Πίνακα 3.12.

Οι επιμέρους περίοδοι που καθόρισαν τους κλιματικούς δείκτες επιλέχθηκαν γιατί οι κλιματικές συνθήκες που λαμβάνουν χώρα κατά τη διάρκεια αυτών συμβάλουν στην αναπλήρωση ή απώλεια της εδαφικής υγρασίας, στην παροχή θερμικής ενέργειας για τις βιοχημικές αντιδράσεις, και συνεπώς μπορεί να παίζουν σημαντικό ρόλο στην αύξηση της ελάτης, ή/και στον βιολογικό κύκλο παθογόνων (Mueller, et al., 2005; Sarris, et al., 2011; Anderegg, et al., 2015, Crosby, et al. 2015).

Οι Δείκτες αυτοί θα χρησιμοποιηθούν στη συνέχεια για τη συσχέτιση των κλιματικών δεδομένων με τη θνησιμότητα.

Πίνακας 3.12: Δείκτες θερμοκρασίας (Θ) – Θνησιμότητας (ΔΘΧ).

Περίοδος θνησιμότητας	Θ1 Δείκτης Θερμοκρασιών Ιανουαρίου-Δεκεμβρίου	Θ2 Δείκτης Θερμοκρασιών Απριλίου-Αυγούστου	Θ3 Δείκτης Θερμοκρασιών Απριλίου-Σεπτεμβρίου	Θ4 Δείκτης Θερμοκρασιών Μαρτίου-Αυγούστου	Θ5 Δείκτης Θερμοκρασιών Μαρτίου-Σεπτεμβρίου	Θ6 Δείκτης Θερμοκρασιών Μαΐου-Αυγούστου	Θ7 Δείκτης Θερμοκρασιών Μαΐου-Σεπτεμβρίου	Θ8 Δείκτης Θερμοκρασιών Σεπτεμβρίου – Αυγούστου	Θ9 Δείκτης Θερμοκρασιών Δεκεμβρίου - Φεβρουαρίου	Θ10 Δείκτης Θερμοκρασιών Νοεμβρίου- Μαρτίου	Θ11 Δείκτης Θερμοκρασιών Ιουλίου-Σεπτεμβρίου	ΔΘΧ Δείκτης Θνησιμότητας
1983-1989	14,26	20,27	20,34	18,15	18,51	22,16	21,86	14,28	5,92	6,97	23,29	0,56
1985-1989	14,41	20,59	20,65	18,42	18,78	22,47	22,17	14,46	6,04	7,05	23,77	0,8
1989-2002	13,81	19,92	19,78	17,94	18,10	21,97	21,40	13,83	5,11	6,47	22,51	0,12
1989-2008	14,13	20,24	20,11	18,26	18,43	22,28	21,71	14,10	5,28	6,73	22,89	0,12
1991-2008	14,08	20,22	20,07	18,22	18,37	22,31	21,71	14,08	5,26	6,70	22,84	0,16

3.7 Μέθοδος Ανάλυσης Δεδομένων

Στην παρούσα ενότητα παρουσιάζεται ο τρόπος ανάλυσης των δεδομένων που συλλέχθηκαν και επεξεργάστηκαν προκειμένου να διερευνηθούν τα τιθέμενα ερωτήματα της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής.

Με τη χρήση του λογισμικού SPSS μέσω της δοκιμής Kolmogorov-Smirnov εξετάστηκαν τα δεδομένα που αφορούσαν το τοπογραφικά χαρακτηριστικά των τμημάτων και τις παραχθείσες ποσότητες ξυλείας για το εάν ακολουθούν την κανονική κατανομή. Τα αποτελέσματα της δοκιμής παρουσιάζονται αναλυτικά στους Πίνακες 2.1 έως 2.7 του Παραρτήματος 2. Από τη δοκιμή αυτή προκύπτει ότι η κατανομή των δεδομένων είναι συμβατή με την κανονική κατανομή.

Στη συνέχεια με τη χρήση του προγράμματος Excel πραγματοποιήθηκε ο έλεγχος F-test των διακυμάνσεων των δύο μεταβλητών και ο έλεγχος t-test. Τα αποτελέσματα αυτών παρουσιάζονται στους Πίνακες 2.8 και 2.9 του Παραρτήματος 2.

Η συσχέτιση μεταξύ της θνησιμότητας και του κλίματος έγινε με τη βοήθεια του λογισμικού SPSS. Σε πρώτο στάδιο εξετάστηκε με τη δοκιμή Kolmogorov-Smirnov εάν τα κλιματικά δεδομένα και τα δεδομένα θνησιμότητας ακολουθούσαν την κανονική κατανομή. Τα αποτελέσματα της δοκιμής για τα δεδομένα ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων φαίνονται στον Πίνακα 4.1 του Παραρτήματος 4, από τον οποίο προκύπτει ότι τα δεδομένα ακολουθούν κανονική κατανομή. Αντιστοίχως τα αποτελέσματα της δοκιμής για τα δεδομένα θερμοκρασίας φαίνονται στον Πίνακα 4.2 του Παραρτήματος 4, από τον οποίο προκύπτει ότι τα δεδομένα αυτά επίσης ακολουθούν κανονική κατανομή.

Εφόσον τα δεδομένα ακολουθούσαν την κανονική κατανομή με χρήση του συντελεστή συσχέτισης Pearson's (r) έγινε εκτίμηση του βαθμού γραμμικής συσχέτισης μεταξύ των δεδομένων θνησιμότητας ελάτης και κλίματος με τη βοήθεια του λογισμικού SPSS. Ο συντελεστής γραμμικής συσχέτισης Pearson's (r) παίρνει τιμές $-1 < r < 1$ και το επίπεδο σημαντικότητας για τις συσχετίσεις καθορίστηκε σε $p < 0,01$ (**) και $p < 0,05$. Τέλος έγινε υπολογισμός του συντελεστή προσδιορισμού (R^2) για τον καθορισμό του ποσοστού θνησιμότητας που εξηγείται από τα κλιματικά δεδομένα και έγιναν τα αντίστοιχα διαγράμματα τα αποτελέσματα των οποίων θα παρουσιαστούν στη συνέχεια.

Κεφάλαιο 4

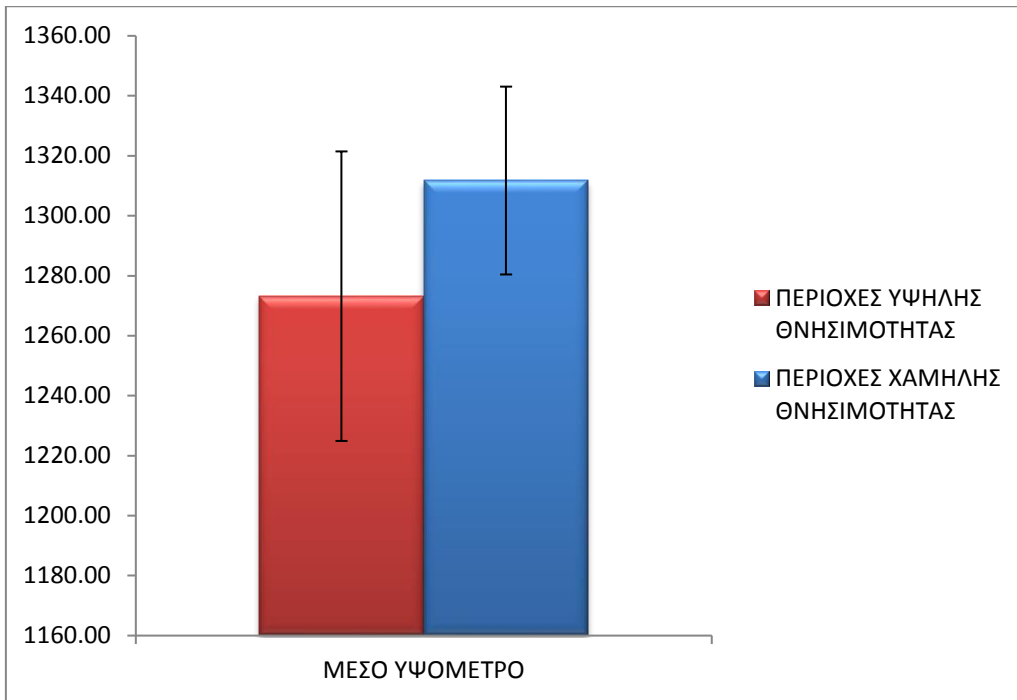
Αποτελέσματα

4.1. Εισαγωγή

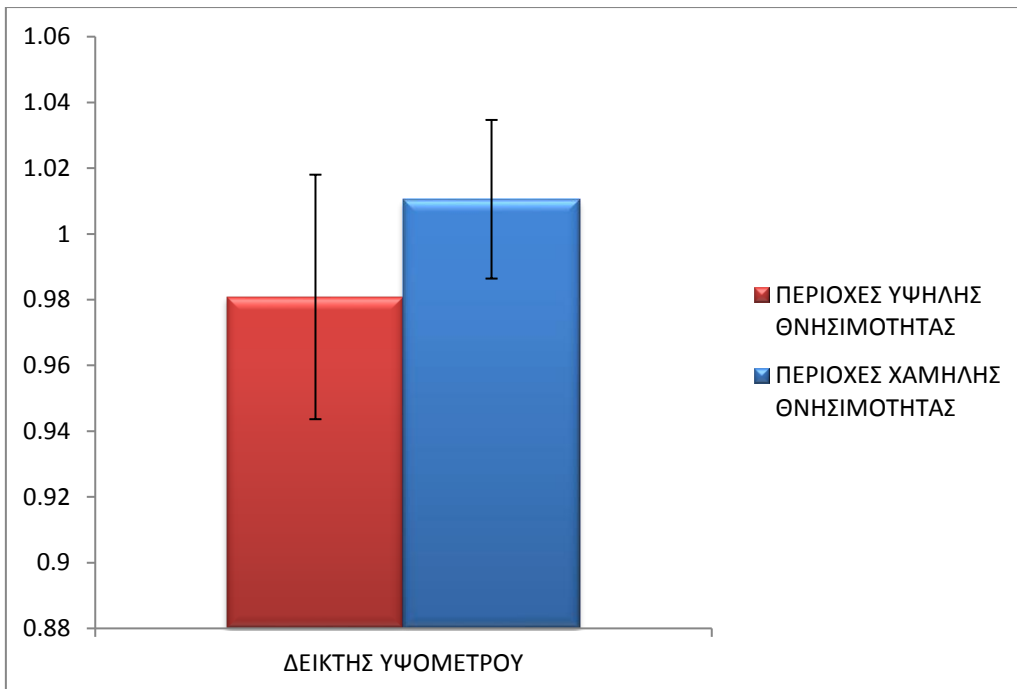
Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα αποτελέσματα έτσι όπως προέκυψαν από την επεξεργασία των δεδομένων. Αρχικά παρατίθενται τα αποτελέσματα που αφορούν τα κύρια τοπογραφικά και δασοκομικά στοιχεία των τμημάτων που εμφάνισαν θνησιμότητα με βάση το Δείκτη $\Delta\Theta\Pi$. Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που αφορούν τα κλιματικά δεδομένα. Στόχος των επεξεργασιών ήταν η αναζήτηση συσχέτισης μεταξύ των τοπογραφικών, δασοκομικών και κλιματικών στοιχείων και του Δείκτη $\Delta\Theta\chi$.

4.2 Αποτελέσματα τοπογραφικών και δασοκομικών στοιχείων

Στη συνέχεια παρατίθενται τα διαγράμματα όπου συγκρίνονται οι Μέσοι Όροι των Μεταβλητών M1 και M2, όπου M1 το σύνολο των τμημάτων που παρουσιάζουν υψηλή θνησιμότητα ($\Delta\Theta\Pi > 1$) και M2 το σύνολο των τμημάτων που παρουσιάζουν χαμηλή θνησιμότητα ($\Delta\Theta\Pi < 1$) όπως αυτά αναγράφονται στον Πίνακα 3.6. Στόχος αυτής της ανάλυσης είναι η διαπίστωση ύπαρξης σημαντικών στατιστικών διαφορών μεταξύ των μεταβλητών.

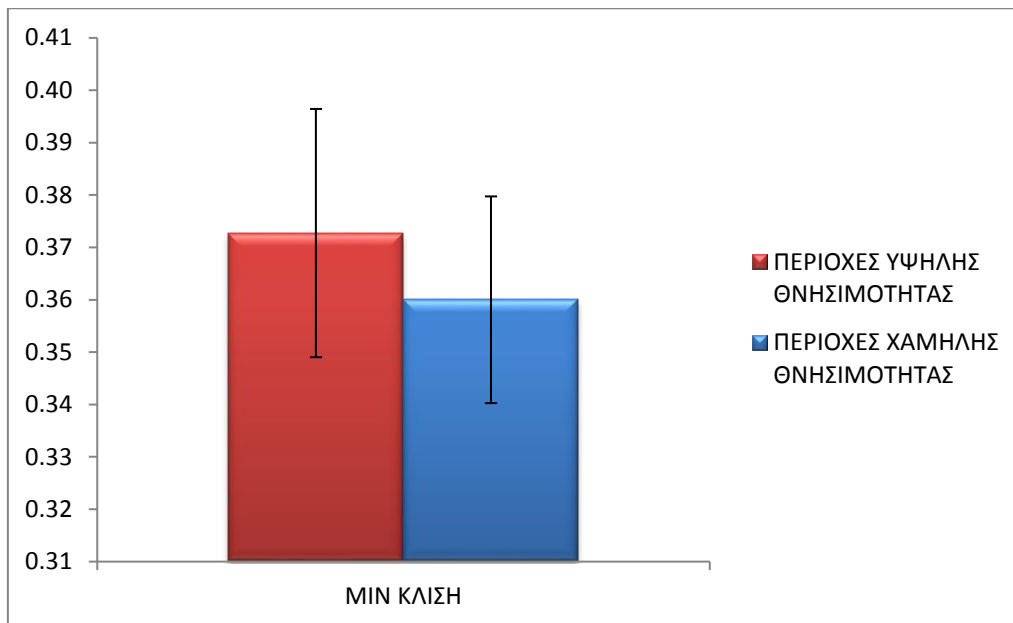


Διάγραμμα 4.1: Ραβδόγραμμα μέσου υψομέτρου σε μέτρα (m) - οι μπάρες δείχνουν το τυπικό σφάλμα

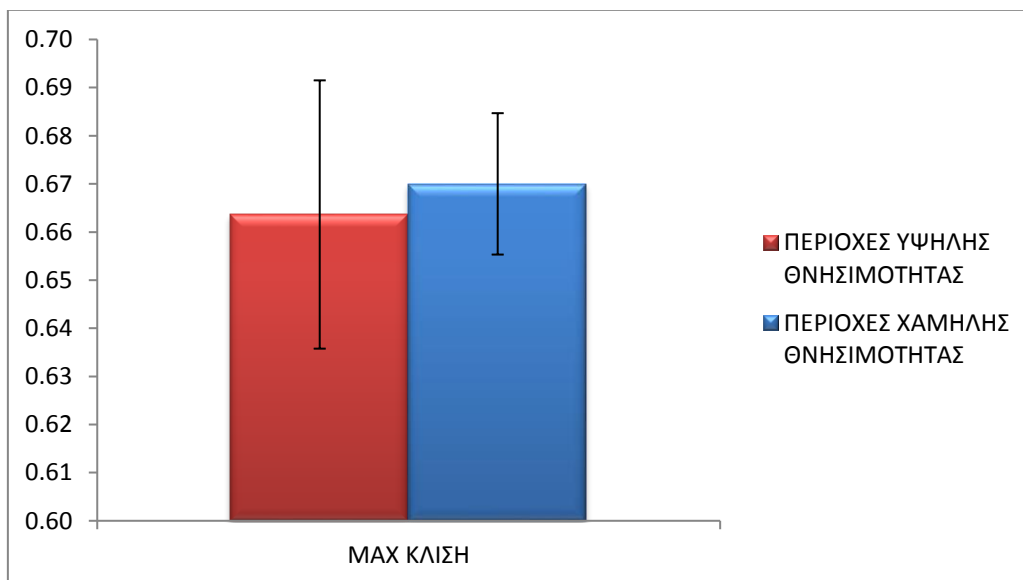


Διάγραμμα 4.2: Ραβδόγραμμα δείκτη υψομέτρου - οι μπάρες δείχνουν το τυπικό σφάλμα.

Στα Διαγράμματα 4.1 και 4.2 διαπιστώνεται η ύπαρξη διαφοροποίησης μεταξύ των μέσων όρων των περιοχών υψηλής και χαμηλής θνησιμότητας ως προς το υψόμετρο. Οι περιοχές με υψηλή θνησιμότητα τείνουν να είναι περιοχές χαμηλότερου υψομέτρου, όμως οι διαφορές δεν είναι στατιστικώς σημαντικές.

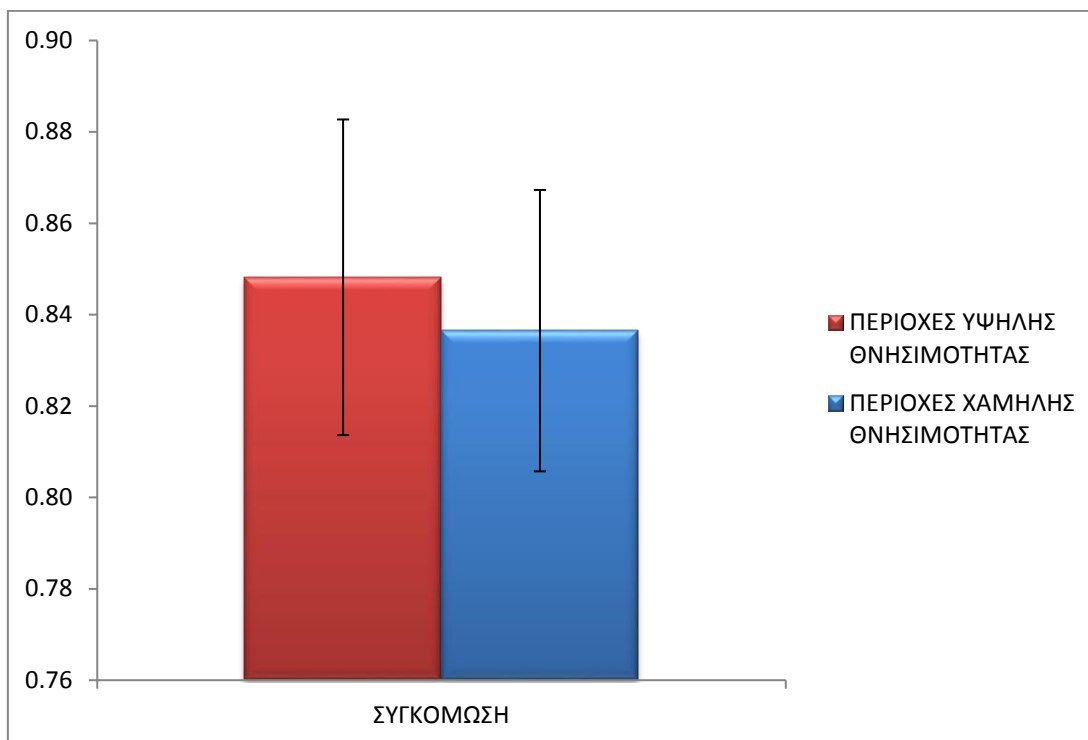


Διάγραμμα 4.3: Ραβδόγραμμα Ελάχιστης (Min) Κλίσης %- Οι μπάρες δείχνουν το τυπικό σφάλμα.



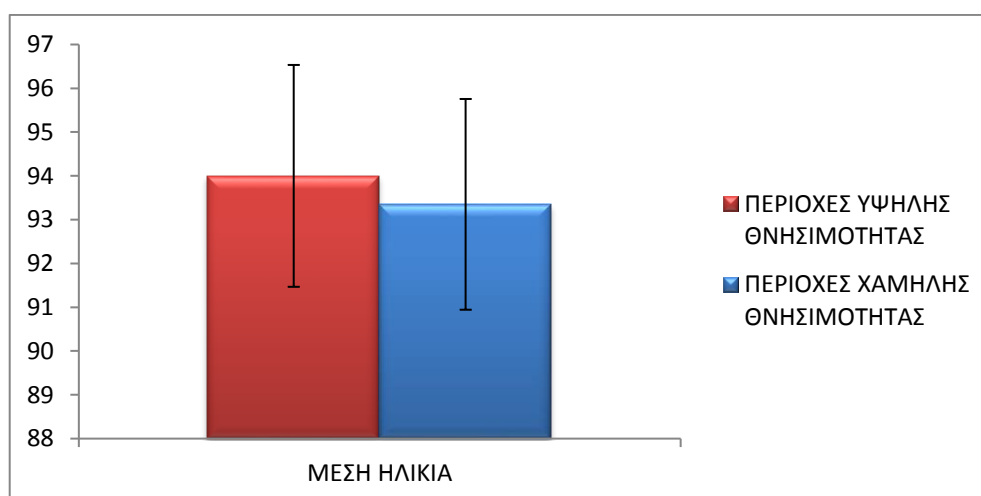
Διάγραμμα 4.4: Ραβδόγραμμα Μέγιστης (Max) Κλίσης % - Οι μπάρες δείχνουν το τυπικό σφάλμα.

Από τα Διαγράμματα 4.3 και 4.4 διαπιστώνεται η ύπαρξη μικρής διαφοροποίησης μεταξύ των Μέσων Όρων των μεταβλητών M1 και M2 όσον αφορά τη μέγιστη και ελάχιστη κλίση.



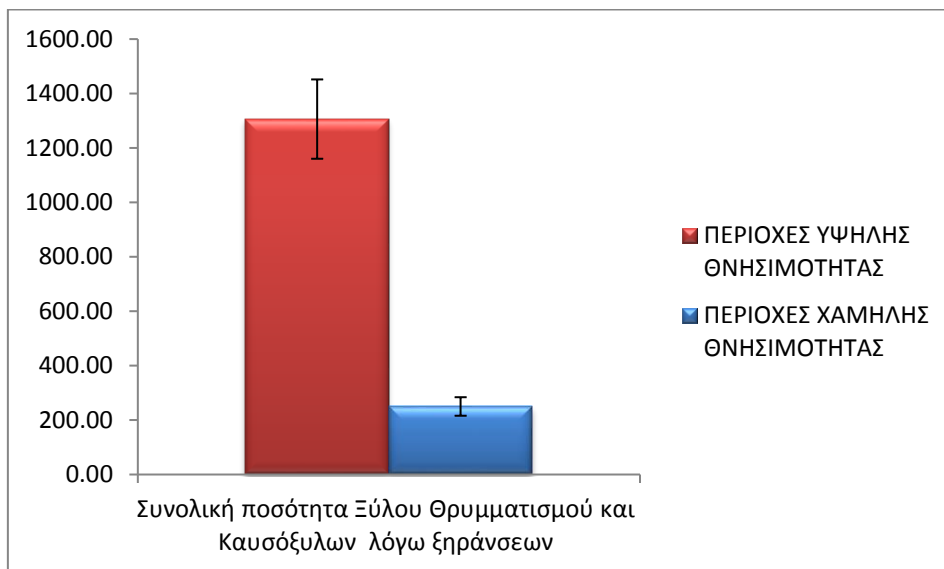
Διάγραμμα 4.5: Ραβδόγραμμα Συγκόμωσης %- Οι μπάρες δείχνουν το τυπικό σφάλμα.

Από το Διαγράμματα 4.5 ότι οι Μέσοι Όροι των μεταβλητών M1 και M2 παρουσιάζουν πολύ μικρή διαφοροποίηση ως προς τη συγκόμωση, γεγονός που οδηγεί στο συμπέρασμα πως η συγκόμωση δεν έπαιξε καθοριστικό ρόλο στην εμφάνιση του φαινομένου της θνησιμότητας.

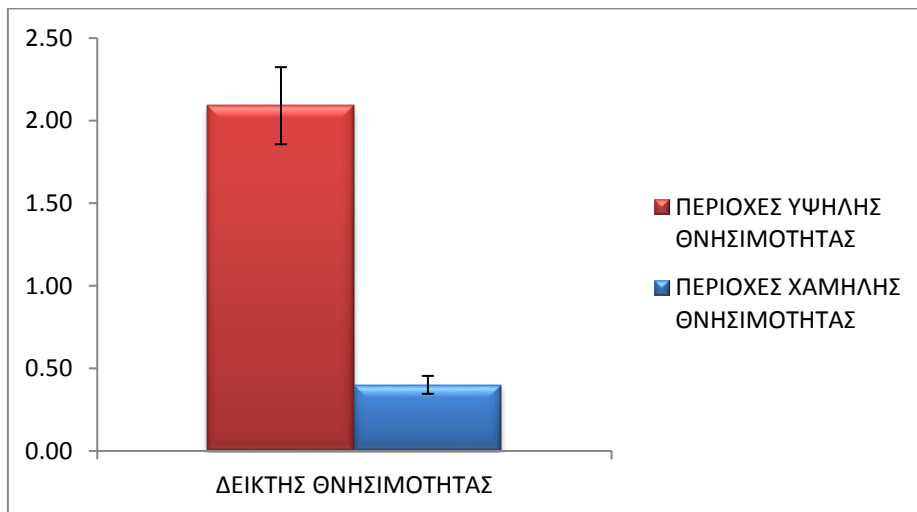


Διάγραμμα 4.6: Ραβδόγραμμα Μέσης Ηλικίας σε έτη - Οι μπάρες δείχνουν το τυπικό σφάλμα.

Από το Διάγραμμα 4.6 προκύπτει ότι οι Μέσοι Όροι των μεταβλητών M1 και M2 – όσον αφορά τη Μέση Ηλικία των τμημάτων δεν παρουσιάζουν διαφοροποίηση. Αυτό είναι εν μέρει αναμενόμενο καθώς το Δασικό Σύμπλεγμα είναι κηπευτό, ομήλικο και ως εκ τούτου σε όλα τα τμήματα υπάρχουν άτομα ανάλογων ηλικιών.



Διάγραμμα 4.7: Ραβδόγραμμα Συνολικής παραχθείσας ποσότητας ξύλου θρυμματισμού και καυσόξυλων λόγω ξηράνσεων σε κυβικά μέτρα.

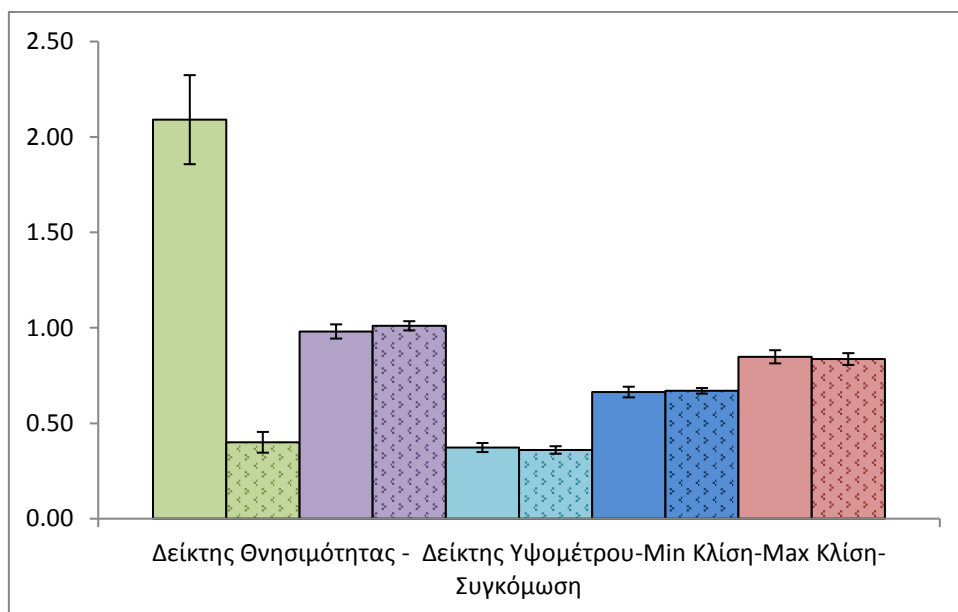


Διάγραμμα 4.8: Ραβδόγραμμα Δείκτη θνησιμότητας

Είναι προφανές ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση μεταξύ των Μέσων Όρων των μεταβλητών M1 και M2 όσον αφορά την ποσότητα της παραχθείσας ξυλείας ξύλου

θρυμματισμού και καυσόξυλων λόγω θνησιμότητας καθώς επίσης και στο δείκτη θνησιμότητας.

Από την ανωτέρω στατιστική ανάλυση των δεδομένων διαπιστώνουμε ότι τα παραπάνω τοπογραφικά και δασοκομικά χαρακτηριστικά των τμημάτων δεν διαφοροποιούνται στατιστικώς σημαντικά μεταξύ των τμημάτων υψηλής θνησιμότητας και αυτών με τη χαμηλότερη θνησιμότητα, αυτό φαίνεται και στο Διάγραμμα 4.9.



Διάγραμμα 4.9: Συγκεντρωτικό Ραβδόγραμμα Δεικτών

Τέλος για την εξέταση της επίδρασης της έκθεσης προς τον ορίζοντα καταρτίστηκε ο Πίνακας 4.1.

Πίνακας 4.1: Έκθεση ως προς τον ορίζοντα των τμημάτων

Τμήμα	Έκθεση ως προς τον ορίζοντα							
	B	BA	A	NA	N	NA	Δ	BA
70				X				
27			X					
26						X	X	
28							X	
71					X	X		

Τμήμα	Έκθεση ως προς τον ορίζοντα							
	B	BA	A	NA	N	NA	Δ	BA
24						X	X	X
14						X	X	X
30							X	X
25							X	
15						X	X	X
16								X
35							X	
40		X	X					
86			X	X				
38	X							X
29							X	X
13							X	X
75							X	X
31	X	X	X					
12							X	
9							X	
7						X	X	
4	X							X
5		X					X	
3							X	
37		X	X					
8							X	
34						X	X	
39	X						X	X
42		X	X					
60						X	X	

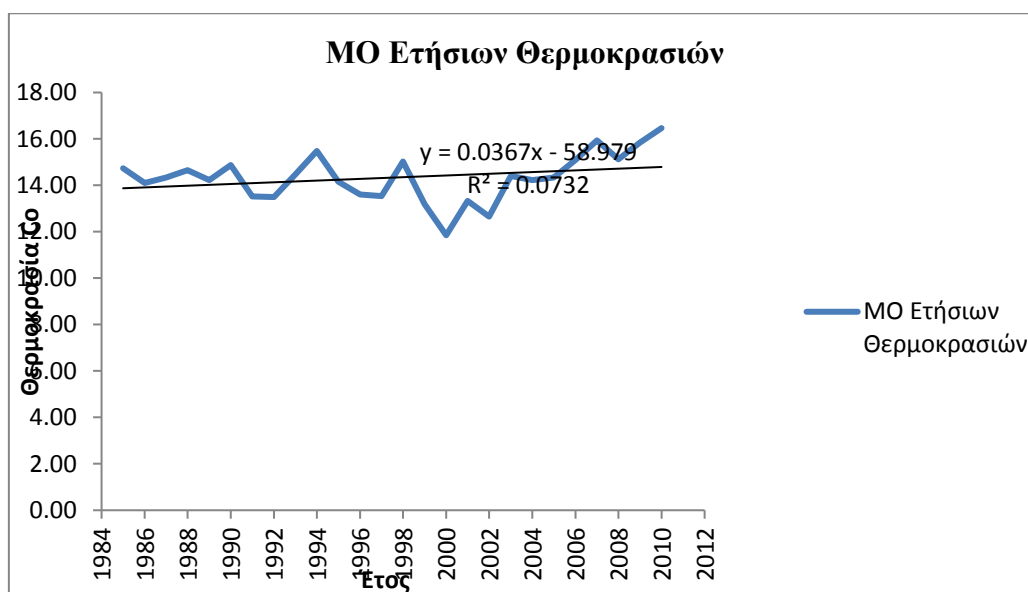
Παρατηρούμε ότι στα τμήματα που παρουσίασαν θνησιμότητα, 7 τμήματα με Νότια έκθεση (NA, N, NA) έχουν $\Delta\Theta\Pi > 1$ ενώ 4 $\Delta\Theta\Pi < 1$, Πίνακας 3.9 Από την άλλη 5 τμήματα με Βόρεια

έκθεση (BA, B, BΔ) έχου $\Delta\Theta\Pi > 1$, ενώ 15 $\Delta\Theta\Pi < 1$. Από τα τμήματα με Ανατολική έκθεση (BA, A, NA) 2 έχουν $\Delta\Theta\Pi > 1$, ενώ 11 $\Delta\Theta\Pi < 1$. Τέλος, από τα τμήματα με Δυτική έκθεση (NΔ, Δ, BΔ) 17 έχουν $\Delta\Theta\Pi > 1$ ενώ 22 $\Delta\Theta\Pi < 1$, Συνεπώς, η εμφάνιση υψηλότερης θνησιμότητας ($\Delta\Theta\Pi > 1$) είναι πιο συχνή στα τμήματα με Νότιες εκθέσεις.

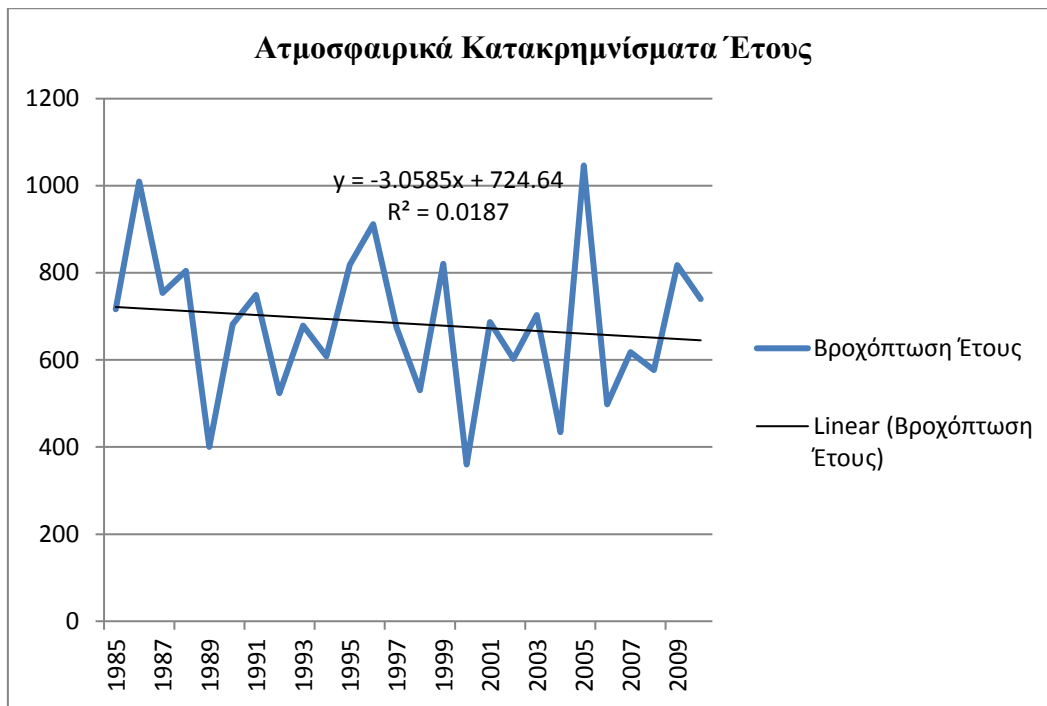
4.3 Κλιματικοί παράγοντες και θνησιμότητα

Το χρονικό διάστημα 1985-2010 υπήρξαν χρονιές όπου η μέση ετήσια θερμοκρασία έφτασε σε υψηλά επίπεδα ενώ άλλες η μέση θερμοκρασία ήταν αρκετά χαμηλή. Ωστόσο, αυτό που έχει ιδιαίτερη σημασία είναι το γεγονός ότι καταγράφεται μια συνεχώς αυξανόμενη τάση ανόδου της θερμοκρασίας όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 4.10.

Τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα κατά την περίοδο 1985-2010 παρουσίασαν γενικότερα πτωτική τάση, ενώ κάποιες χρονιές όπως το 1989 και το 2000 ήταν ιδιαίτερος ξηρές, με τα ετήσια ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα να μην ξεπερνούν τα 400mm όπως φαίνεται και στο Διάγραμμα 4.11.



Διάγραμμα 4.10: Ετήσιες μέσες θερμοκρασίες περιόδου 1985-2010



Διάγραμμα 4.11: Ετήσια ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα περιόδου 1985-2010.

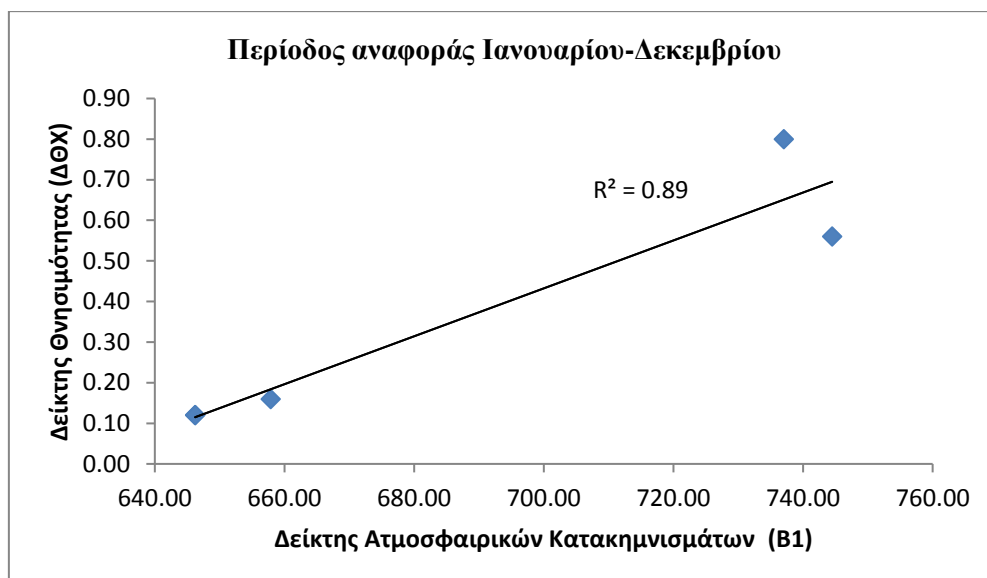
Η συσχέτιση του Δείκτη Θνησιμότητας (ΔΘΧ) και των Δεικτών Ατμοσφαιρικών Κατακρημνισμάτων (B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7, B8, B9, B10 και B11) και θερμοκρασίας (Θ1, Θ2, Θ3, Θ4, Θ5, Θ6, Θ7, Θ8, Θ9, Θ10 και Θ11) έχει ως στόχο να εξακριβωθεί αν οι κλιματικές συνθήκες που επικρατούσαν στην περιοχή κατά τις περιόδους εμφάνισης του φαινομένου της θνησιμότητας της Κεφαλληνιακής ελάτης συνέτειναν στην εξέλιξη του φαινομένου.

Λαμβάνοντας δεδομένα για τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα από τα αποτελέσματα της γραμμικής συσχέτισης, Pearson's όπως αυτά φαίνονται στον Πίνακα 4.3 του Παραρτήματος 4, και τα διαγράμματα συσχέτισης προκύπτει ο Πίνακας 4.2 στον οποίο αναγράφονται οι τιμές που λαμβάνει ο συντελεστής R^2 ο οποίος εκφράζει το ποσοστό από τις διακυμάνσεις του Δείκτη Θνησιμότητας (ΔΘΧ) ερμηνεύεται από το συσχετιζόμενο κλιματικό παράγοντα και ο συντελεστής p που εκφράζει την στατιστική σημαντικότητα των συσχετίσεων.

Πίνακας 4.2: Οι τιμές των Συντελεστών R^2 και p , των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων.

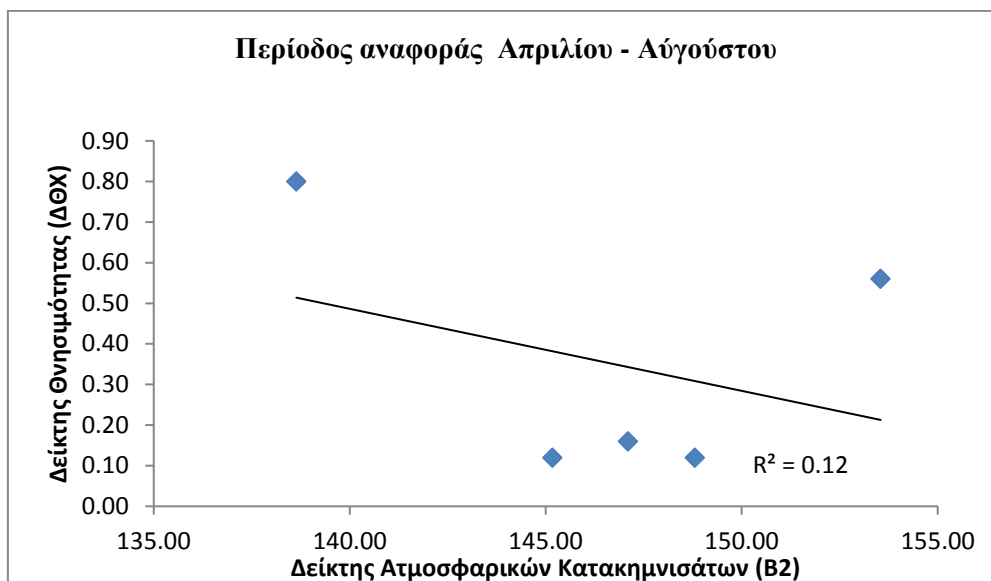
Περίοδος αναφοράς Ατμοσφαιρικών Κατακρημνισμάτων	R^2	p
Ιανουαρίου-Δεκεμβρίου	0,89	0,015
Απριλίου-Αυγούστου	-0,12	0,056
Απριλίου-Σεπτεμβρίου	-0,86	0,024
Μαρτίου-Αυγούστου	0,67	0,088
Μαρτίου-Σεπτεμβρίου	0,01	0,871
Μαΐου-Αυγούστου	-0,26	0,383
Μαΐου-Σεπτεμβρίου	-0,95	0,005
Σεπτεμβρίου- Αυγούστου	0,90	0,014
Δεκεμβρίου -Φεβρουαρίου	0,96	0,004
Νοεμβρίου Μαρτίου	0,94	0,006
Ιουλίου - Σεπτεμβρίου	-0,95	0,006

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα διαγράμματα των συσχετίσεων των Δεικτών Ατμοσφαιρικών Κατακρημνισμάτων με το Δείκτη Θνησιμότητας ($\Delta\Theta X$).

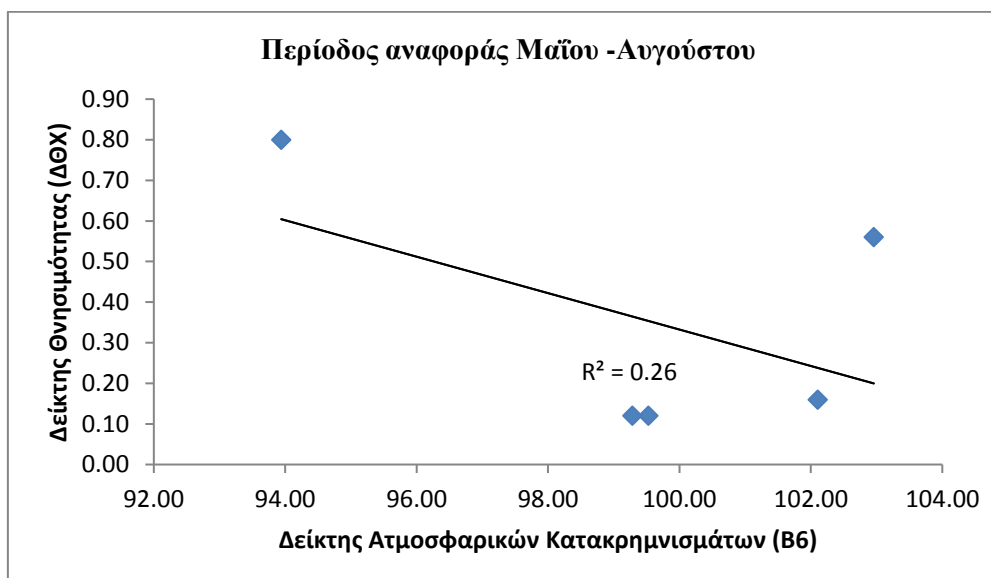


Διάγραμμα 4.12: Συσχέτιση Δείκτη Ατμοσφαιρικών Κατακρημνισμάτων (B1) και Δείκτη Θνησιμότητας ($\Delta\Theta X$) για το διάστημα Ιανουαρίου-Δεκεμβρίου

Στο Διάγραμμα 4.12 παρατηρούμε ότι υπάρχει θετική συσχέτιση μεταξύ των δεικτών αλλά η συσχέτιση δεν είναι στατιστικά σημαντική καθώς $p=0,15$

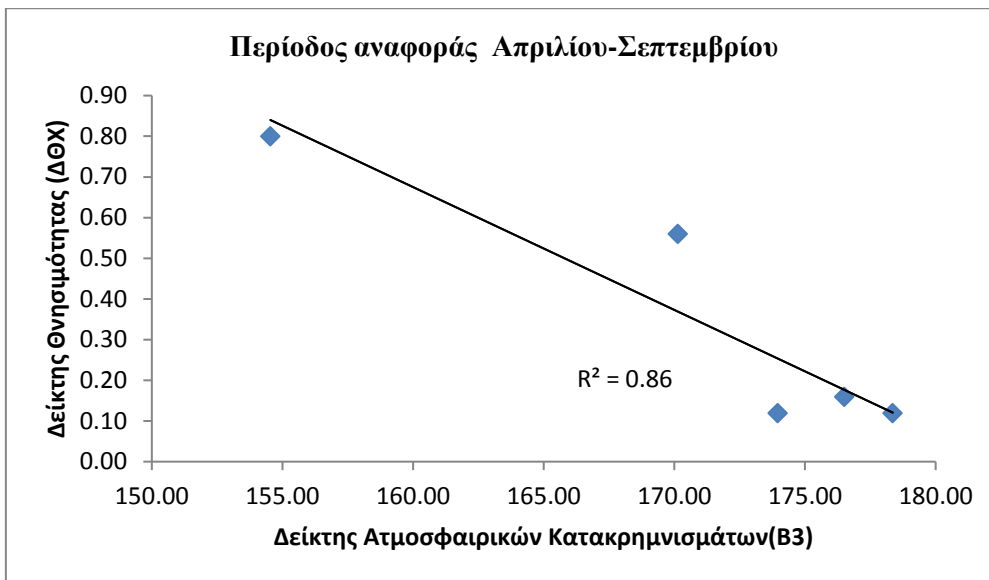


Διάγραμμα 4.13: Συσχέτιση Δείκτη Ατμοσφαιρικών Κατακρημνισμάτων (B2) και Δείκτη Θνησιμότητας (ΔΘΧ) για το χρονική περίοδο Απριλίου – Αυγούστου.

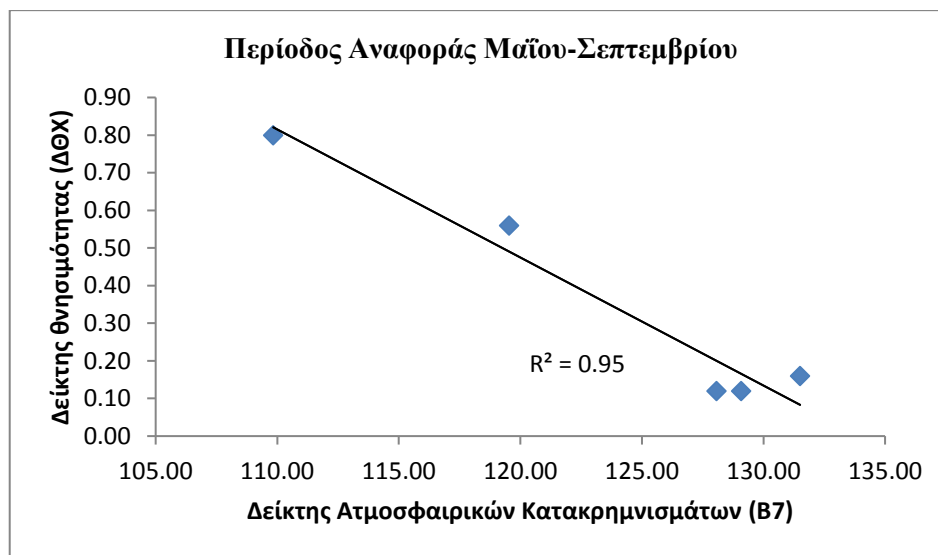


Διάγραμμα 4.14: Συσχέτιση Δείκτη Ατμοσφαιρικών Κατακρημνισμάτων (B6) και Δείκτη Θνησιμότητας (ΔΘΧ) για το χρονική περίοδο Μαΐου – Αυγούστου

Στα Διαγράμματα 4.13 και 4.14 παρατηρούμε ότι ο συντελεστής R^2 μπορεί να ερμηνεύσει ένα πολύ μικρό ποσοστό από τις διακυμάνσεις του Δείκτη θνησιμότητας σε σχέση με την βροχόπτωση. Επίσης η συσχέτιση δεν είναι στατιστικά σημαντική καθώς ο δείκτης p είναι πολύ υψηλός $p=0,56$ και $p=0,383$ αντίστοιχα.

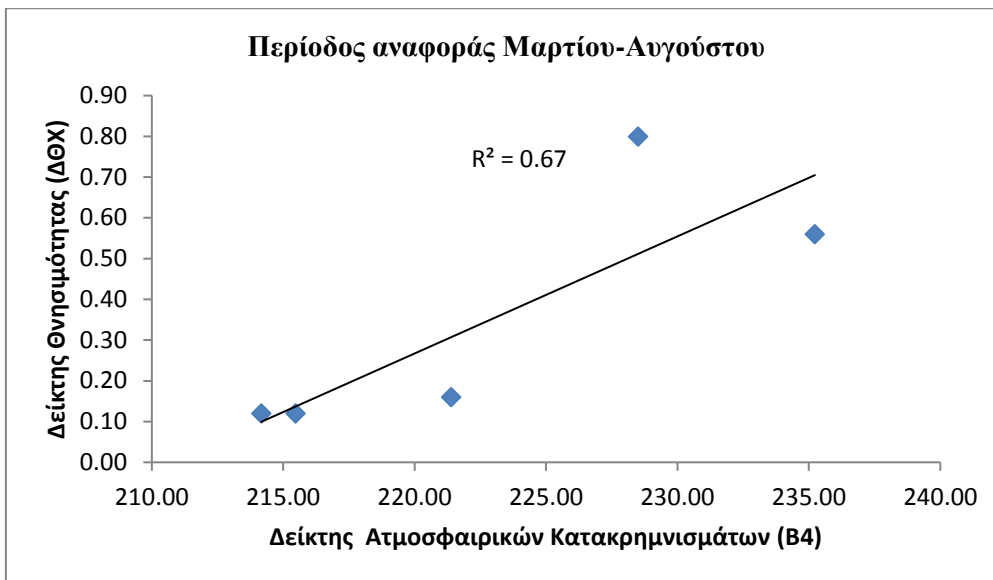


Διάγραμμα 4.15: Συσχέτιση Δείκτη Ατμοσφαιρικών Κατακρημνισμάτων (B3) και Δείκτη Θνησιμότητας (ΔΘΧ) για το χρονική περίοδο Απριλίου – Σεπτεμβρίου.

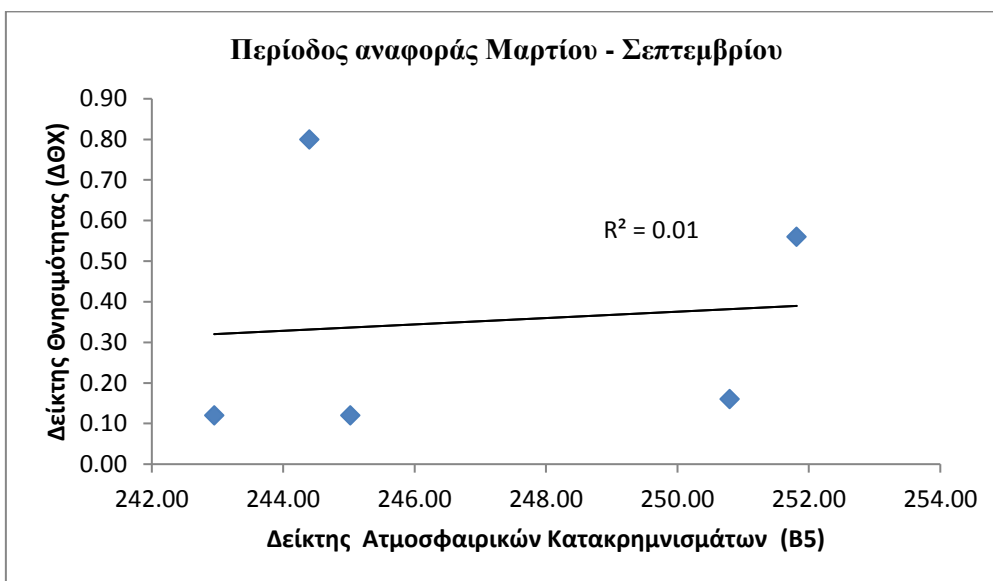


Διάγραμμα 4.16: Συσχέτιση Δείκτη Ατμοσφαιρικών Κατακρημνισμάτων (B7) και Δείκτη Θνησιμότητας (ΔΘΧ) για το χρονική περίοδο Μαΐου – Σεπτεμβρίου.

Στα Διαγράμματα 4.15 και 4.16 παρατηρούμε ότι υπάρχει αρνητική συσχέτιση μεταξύ των δεικτών, σύμφωνα με το συντελεστής R^2 μπορεί να ερμηνευτεί το 86% και το 95% από τις διακυμάνσεις του Δείκτη θνησιμότητας σε σχέση με την βροχόπτωση. Η συσχέτιση δεν είναι στατιστικά σημαντική για την περίοδο Απριλίου-Σεπτεμβρίου καθώς ο δείκτης p είναι 0,024. Η συσχέτιση είναι στατιστικά σημαντική $p = 0,005$ για την περίοδο Μαΐου-Σεπτεμβρίου.

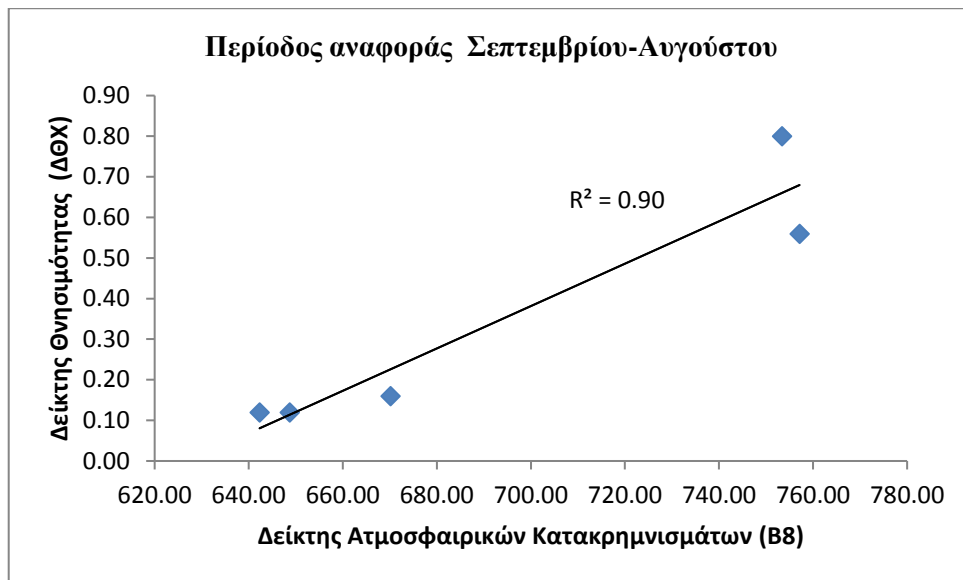


Διάγραμμα 4.17: Συσχέτιση Δείκτη Ατμοσφαιρικών Κατακρημνισμάτων (B4) και Δείκτη Θνησιμότητας (ΔΘΧ) για το χρονική περίοδο Μαρτίου - Αυγούστου.

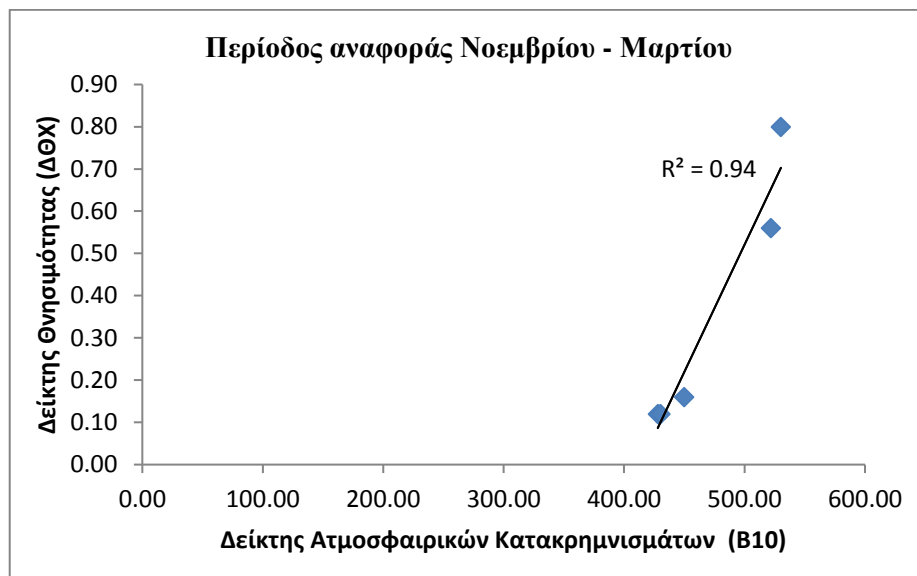


Διάγραμμα 4.18: Συσχέτιση Δείκτη Ατμοσφαιρικών Κατακρημνισμάτων (B5) και Δείκτη Θνησιμότητας (ΔΘΧ) για το χρονική περίοδο Μαρτίου – Σεπτεμβρίου.

Στα Διαγράμματα 4.17 και 4.18 παρατηρούμε ότι υπάρχει θετική συσχέτιση μεταξύ των δεικτών και σύμφωνα με το συντελεστή R^2 μπορεί να ερμηνευτεί ένα μικρό ποσοστό από τις διακυμάνσεις του Δείκτη Θνησιμότητας (ΔΘΧ) σε σχέση με την βροχόπτωση. Επίσης η συσχέτιση δεν είναι στατιστικά σημαντική καθώς ο δείκτης $p=0,088$ και $p=0,871$ αντίστοιχα.



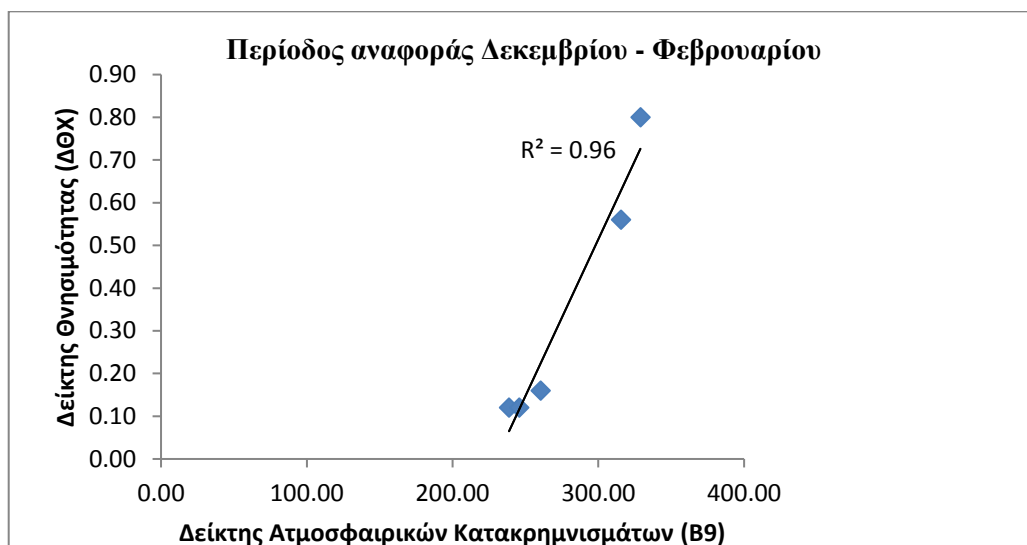
Διάγραμμα 4.19: Συσχέτιση Δείκτη Βροχόπτωσης (B8) και Δείκτη Θνησιμότητας (ΔΘΧ) για το χρονική περίοδο Σεπτεμβρίου-Αυγούστου.



Διάγραμμα 4.20: Συσχέτιση Δείκτη Ατμοσφαιρικών Κατακρημνισμάτων (B10) και Δείκτη Θνησιμότητας (ΔΘΧ) για το χρονική περίοδο Νοεμβρίου-Μαρτίου.

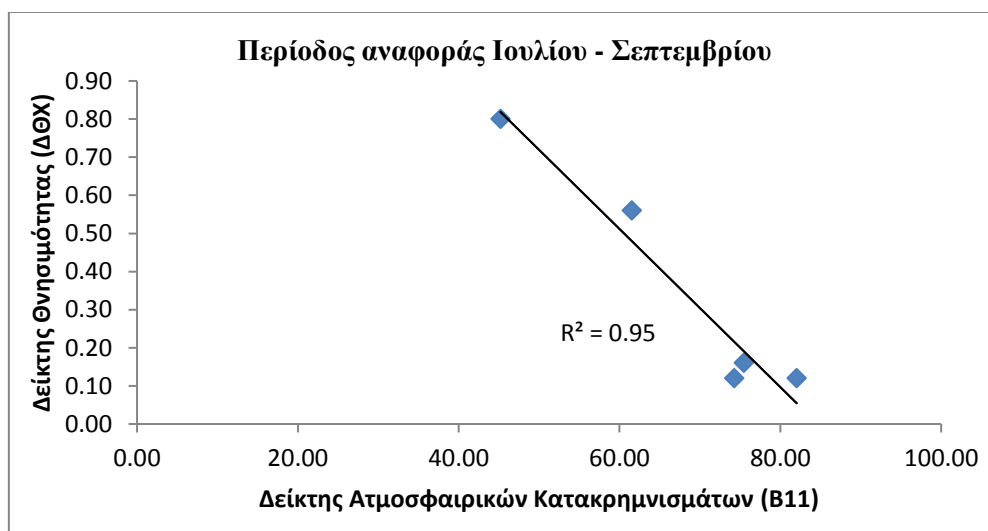
Στα Διαγράμματα 4.19 και 4.20 παρατηρούμε ότι υπάρχει θετική συσχέτιση μεταξύ των δεικτών και σύμφωνα με το συντελεστή R^2 μπορεί να ερμηνευτεί ένα μεγάλο ποσοστό από τις διακυμάνσεις του Δείκτη θνησιμότητας σε σχέση με τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα. Η συσχέτιση όμως δεν είναι στατιστικά σημαντική για την περίοδο Σεπτεμβρίου-Αυγούστου

καθώς ο δείκτης $p=0,14$. Η συσχέτιση είναι στατιστικά σημαντική για την περίοδο Νοεμβρίου-Μαρτίου όπου $p = 0,004$ αντίστοιχα.



Διάγραμμα 4.21: Συσχέτιση Δείκτη Ατμοσφαιρικών Κατακρημνισμάτων (B9) και Δείκτη Θνησιμότητας (ΔΘΧ) για το χρονική περίοδο Δεκεμβρίου-Φεβρουαρίου.

Στο Διάγραμμα 21 παρατηρούμε ότι υπάρχει θετική συσχέτιση μεταξύ των δεικτών, σύμφωνα με το συντελεστή R^2 μπορεί να ερμηνευτεί ένα μεγάλο ποσοστό, της τάξεως του 96%, από τις διακυμάνσεις του Δείκτη Θνησιμότητας (ΔΘΧ) σε σχέση με τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα. Επίσης η συσχέτιση είναι στατιστικά σημαντική καθώς $p=0,004$.



Διάγραμμα 4.22: Συσχέτιση Δείκτη Ατμοσφαιρικών Κατακρημνισμάτων (B11) και Δείκτη Θνησιμότητας (ΔΘΧ) για το χρονική περίοδο Ιουλίου – Σεπτεμβρίου.

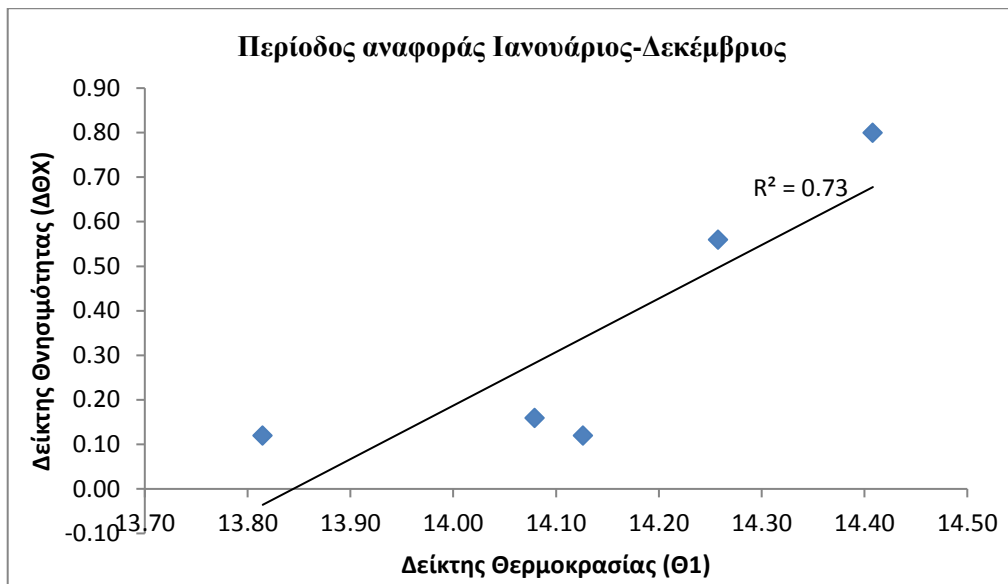
Στο Διάγραμμα 4.22 παρατηρούμε ότι υπάρχει αρνητική συσχέτιση μεταξύ των δεικτών, σύμφωνα με το συντελεστή R^2 μπορεί να ερμηνευτεί ένα μεγάλο ποσοστό, της τάξεως του 95%, από τις διακυμάνσεις του Δείκτη θνησιμότητας σε σχέση με τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα. Επίσης η συσχέτιση είναι στατιστικά σημαντική καθώς $p=0,006$.

Λαμβάνοντας δεδομένα για τη θερμοκρασία από τα αποτελέσματα της γραμμικής συσχέτισης, Pearson's όπως αυτά φαίνονται στον Πίνακα 4.4. του Παραρτήματος 4 και τα διαγράμματα συσχέτισης προκύπτει ο Πίνακας 4.3 στον οποίο αναγράφονται οι τιμές που λαμβάνει ο συντελεστής R^2 ο οποίος εκφράζει τι ποσοστό από τις διακυμάνσεις του Δείκτη Θνησιμότητας ($\Delta\Theta X$) ερμηνεύεται από το συσχετιζόμενο κλιματικό παράγοντα και ο συντελεστής p που εκφράζει την στατιστική σημαντικότητα των συσχετίσεων.

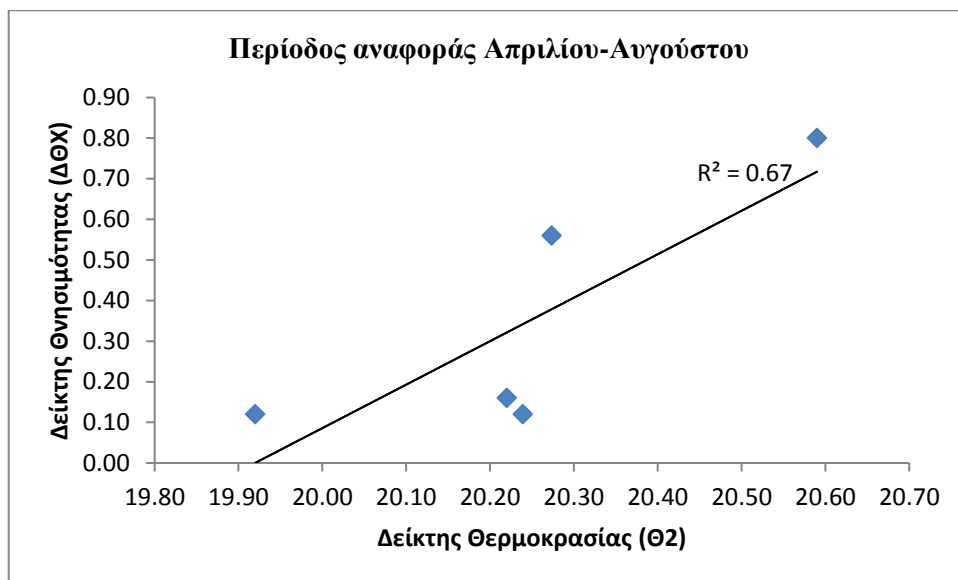
Πίνακας 4.3: Οι τιμές των Συντελεστών R^2 κα p , των θερμοκρασιών.

Περίοδος αναφοράς θερμοκρασιών	R^2	p
Ιανουαρίου-Δεκεμβρίου	0,73	0,069
Απριλίου-Αυγούστου	0,67	0,094
Απριλίου-Σεπτεμβρίου	0,86	0,026
Μαρτίου-Αυγούστου	0,36	0,285
Μαρτίου-Σεπτεμβρίου	0,73	0,065
Μαΐου-Αυγούστου	0,30	0,343
Μαΐου-Σεπτεμβρίου	0,79	0,044
Σεπτεμβρίου-Αυγούστου	0,81	0,037
Δεκεμβρίου -Φεβρουαρίου	0,95	0,005
Νοεμβρίου Μαρτίου	0,81	0,038
Ιουλίου - Σεπτεμβρίου	0,91	0,012

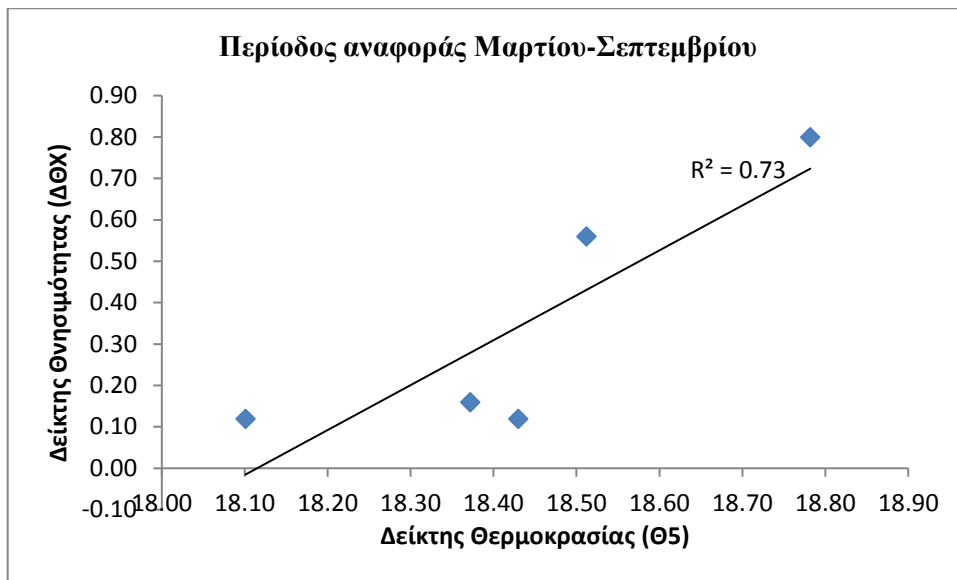
Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα διαγράμματα των συσχετίσεων των Δεικτών βροχόπτωσης με το Δείκτη θνησιμότητας.



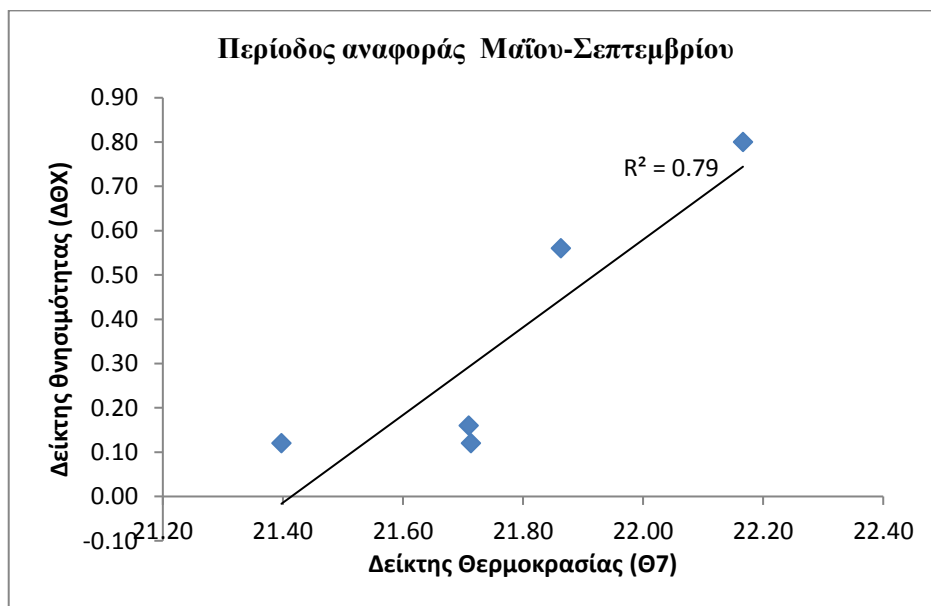
Διάγραμμα 4.23: Συσχέτιση Δείκτη Θερμοκρασίας (Θ1) και Δείκτη Θνησιμότητας (ΔΘΧ) για το σύνολο του έτους



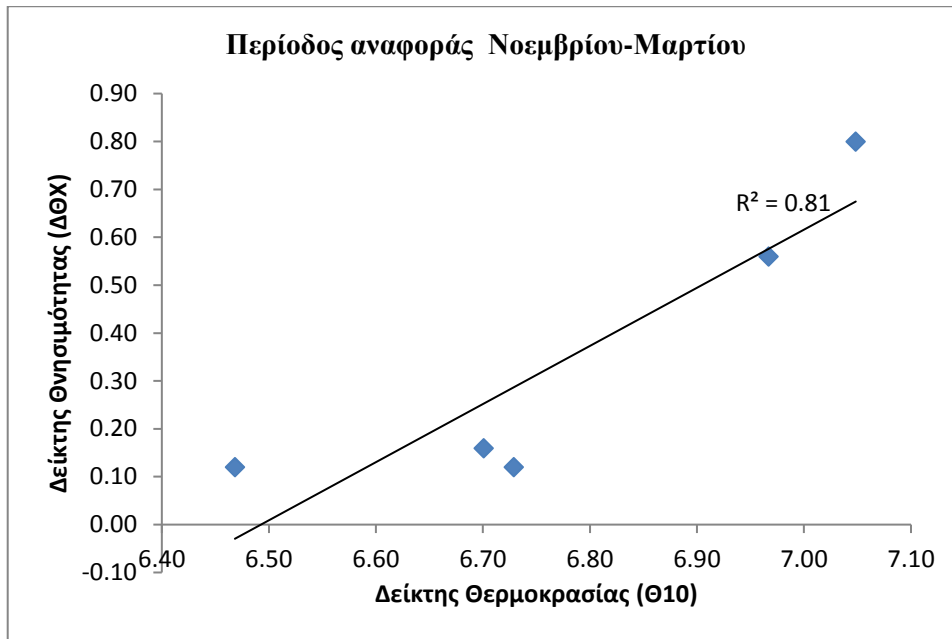
Διάγραμμα 4.24: Συσχέτιση Δείκτη Θερμοκρασίας (Θ2) και Δείκτη Θνησιμότητας (ΔΘΧ) για τη χρονική περίοδο Απριλίου – Αυγούστου



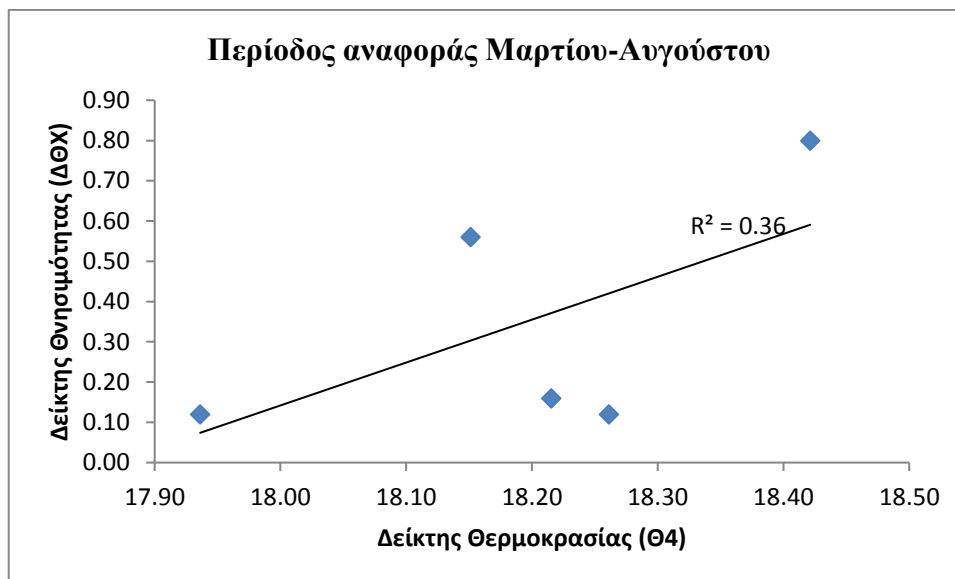
Διάγραμμα 4.25: Συσχέτιση Δείκτη Θερμοκρασίας (Θ5) και Δείκτη Θνησιμότητας (ΔΘΧ) για τη χρονική περίοδο Μαρτίου-Σεπτεμβρίου.



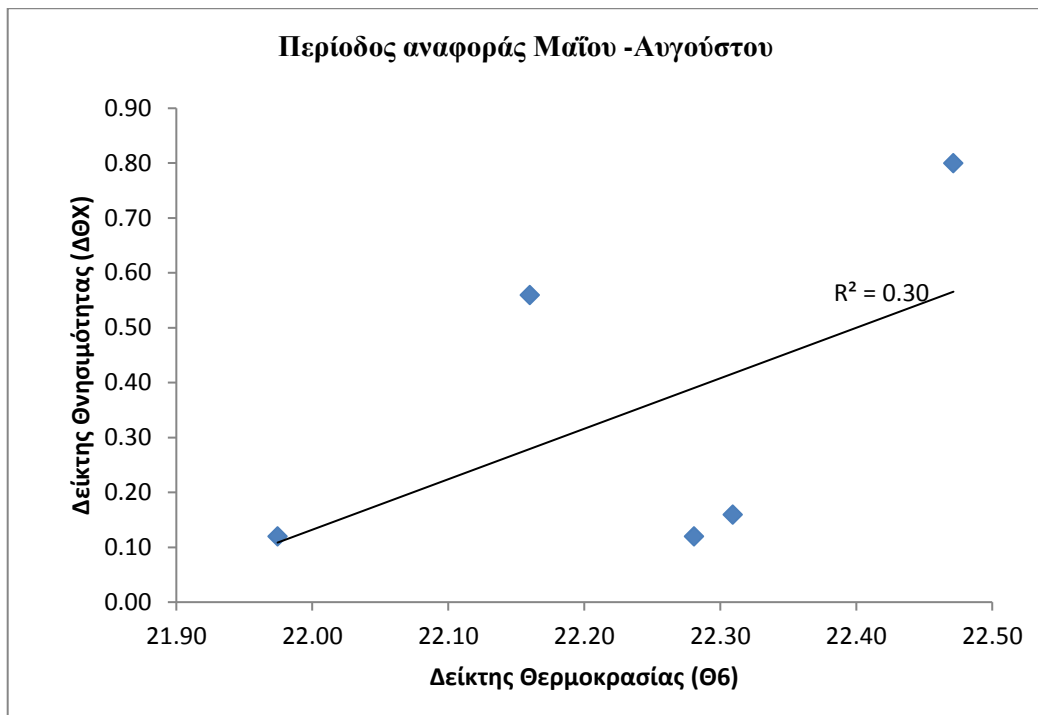
Διάγραμμα 4.26: Συσχέτιση Δείκτη Θερμοκρασίας (Θ7) και Δείκτη Θνησιμότητας (ΔΘΧ) για τη χρονική περίοδο Μαΐου – Σεπτεμβρίου.



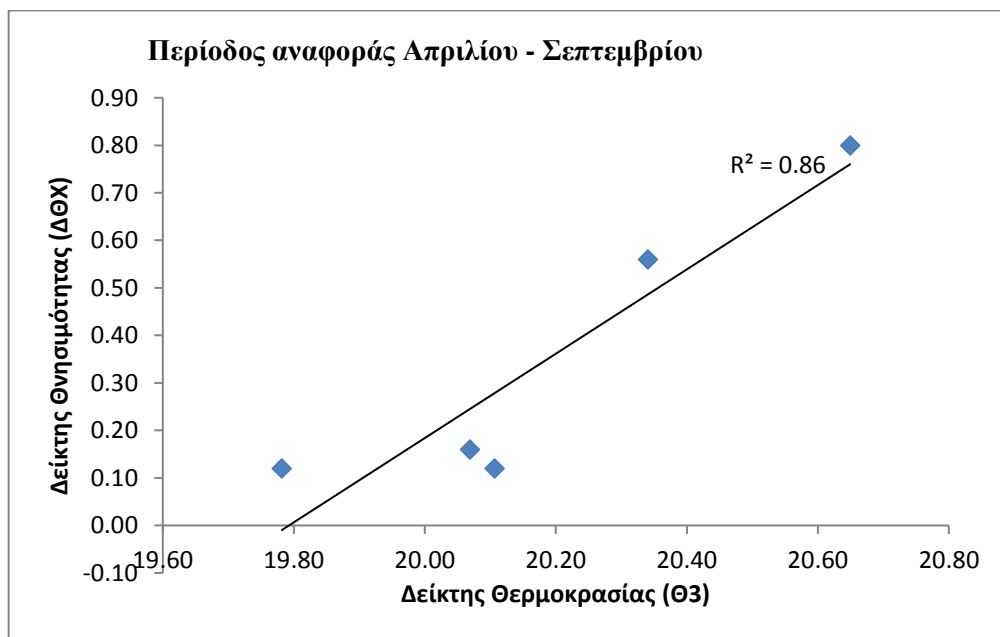
Διάγραμμα 4.27: Συσχέτιση Δείκτη Θερμοκρασίας (Θ10) και Δείκτη Θνησιμότητας (ΔΘΧ) για τη χρονική περίοδο Νοεμβρίου-Μαρτίου.



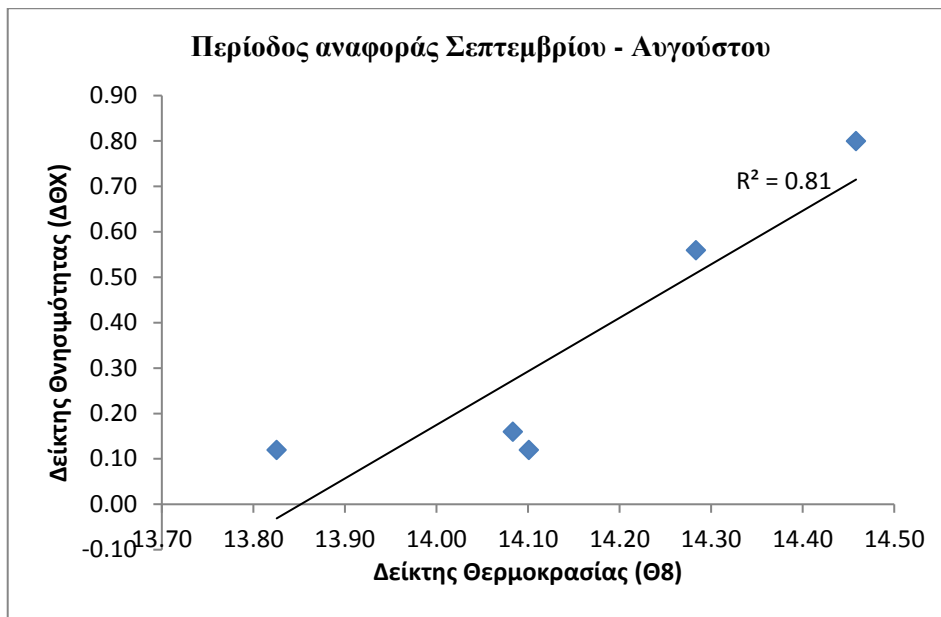
Διάγραμμα 4.28: Συσχέτιση Δείκτη Θερμοκρασίας (Θ4) και Δείκτη Θνησιμότητας (ΔΘΧ) για τη χρονική περίοδο Μαρτίου - Αυγούστου.



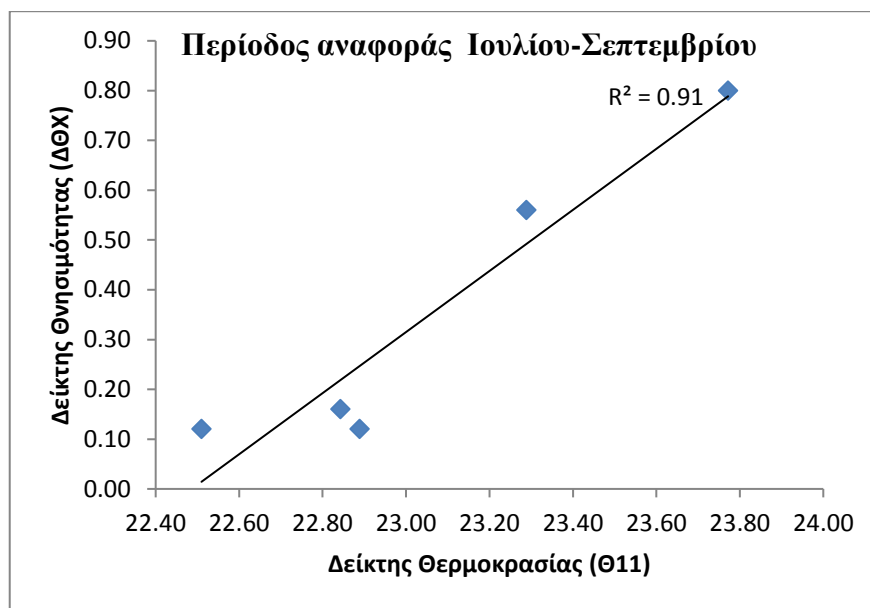
Διάγραμμα 4.29: Συσχέτιση Δείκτη Θερμοκρασίας (6) και Δείκτη Θνησιμότητας (ΔΘΧ) για τη χρονική περίοδο Μαΐου – Αυγούστου.



Διάγραμμα 4.30: Συσχέτιση Δείκτη Θερμοκρασίας (Θ3) και Δείκτη Θνησιμότητας (ΔΘΧ) για τη χρονική περίοδο Απριλίου – Σεπτεμβρίου.

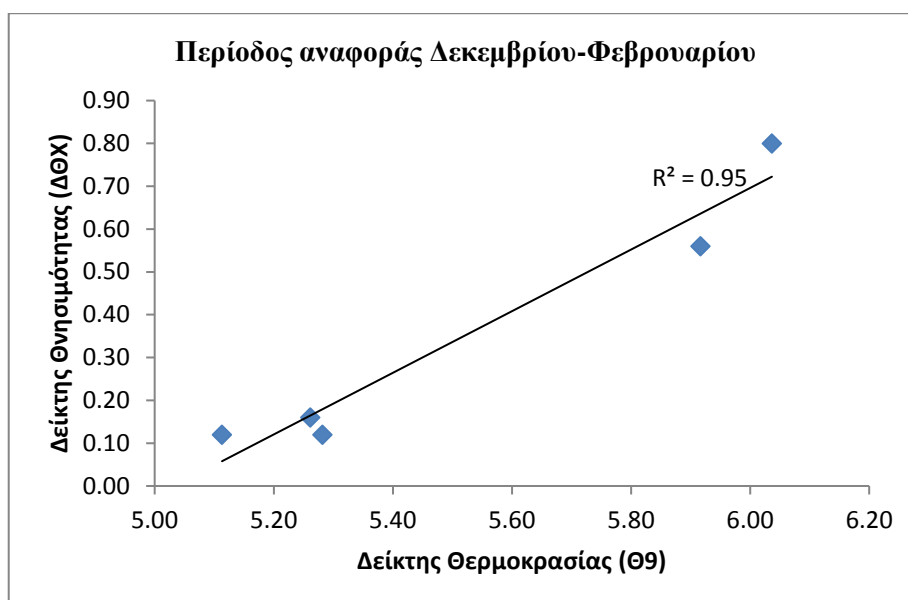


Διάγραμμα 4.31: Συσχέτιση Δείκτη Θερμοκρασίας (Θ8) και Δείκτη Θνησιμότητας (ΔΘΧ) για τη χρονική περίοδο Σεπτεμβρίου-Αυγούστου.



Διάγραμμα 4.32: Συσχέτιση Δείκτη Θερμοκρασίας (Θ11) και Δείκτη Θνησιμότητας (ΔΘΧ) για τη χρονική περίοδο Ιουλίου – Σεπτεμβρίου.

Στα Διαγράμματα 4.23 έως και 4.32 παρατηρούμε ότι υπάρχει θετική συσχέτιση μεταξύ των δεικτών και σύμφωνα με το συντελεστή R2 μπορεί να ερμηνευτεί ένα ποσοστό της τάξης του 30% έως 91%, από τις διακυμάνσεις του Δείκτη θνησιμότητας σε σχέση με την θερμοκρασία. Όμως η συσχέτιση είναι στατιστικά σημαντική καθώς ο δείκτης p έχει τιμές $p=0,12$ έως και $p=0,94$.



Διάγραμμα 4.33: Συσχέτιση Δείκτη Θερμοκρασίας (Θ9) και Δείκτη Θνησιμότητας (ΔΘΧ) για τη χρονική περίοδο Δεκεμβρίου-Φεβρουαρίου.

Στο Διάγραμμα 4.33 παρατηρούμε ότι υπάρχει θετική συσχέτιση μεταξύ των δεικτών και σύμφωνα με το συντελεστή R^2 μπορεί να ερμηνευτεί ένα ποσοστό της τάξης του 95% από τις διακυμάνσεις του Δείκτη Θνησιμότητας σε σχέση με την θερμοκρασία για τη χρονική περίοδο Δεκεμβρίου-Φεβρουαρίου. Επιπλέον η συσχέτιση είναι στατιστικά σημαντική καθώς ο δείκτης p έχει τιμή $p=0,005$.

Κεφάλαιο 5

Συζήτηση

5.1 Εισαγωγή

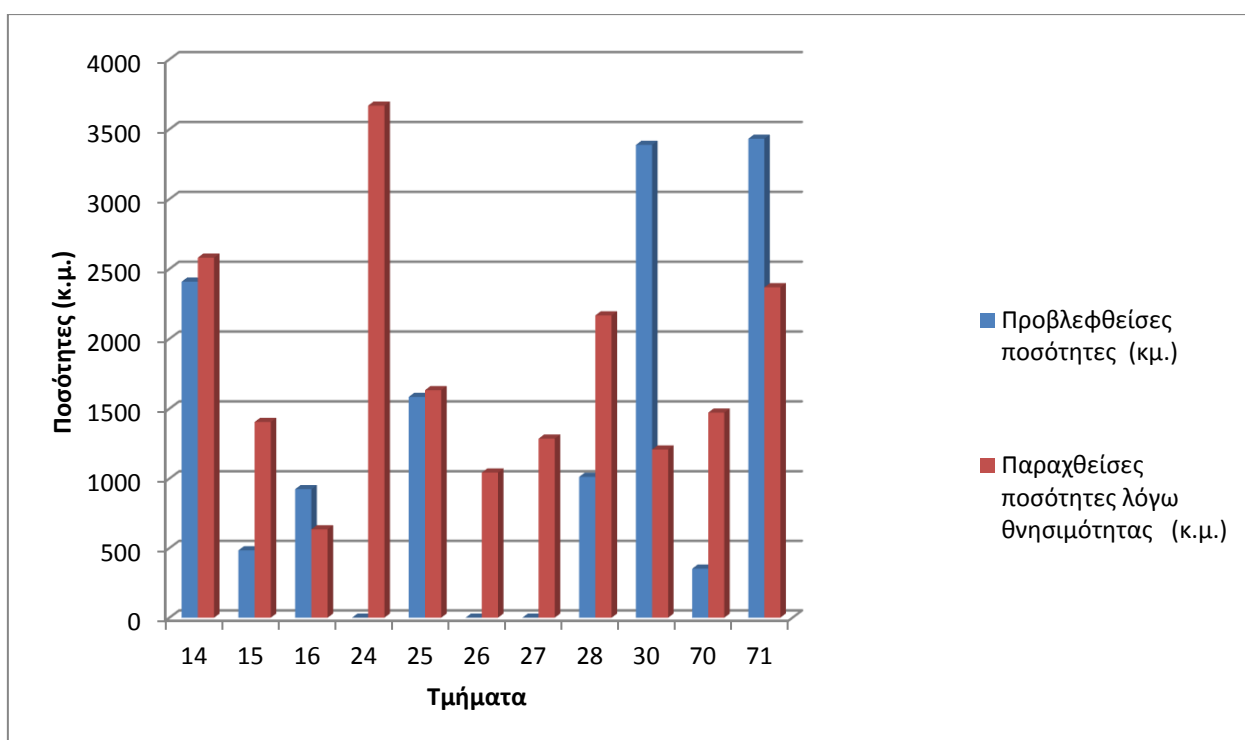
Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται παρουσίαση και σχολιασμός των αποτελεσμάτων έτσι όπως αυτά προέκυψαν από την επεξεργασία των δεδομένων. Αρχικά παρουσιάζεται σχολιάζονται τα αποτελέσματα που αφορούν την ποσοτικοποίηση της θνησιμότητας. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που αφορούν το φαινόμενο της ξήρανσης της ελάτης σε σχέση με τις τοπογραφικές και τις βιολογικές παραμέτρους των τμημάτων. Τέλος παρουσιάζεται ο σχολιασμός των αποτελεσμάτων των σχετικών με τους κλιματικούς παράγοντες.

5.2 Δασική παραγωγή

Το φαινόμενο της ξήρανσης είναι διαδεδομένο στα περισσότερα τμήματα του Δασικού Συμπλέγματος του Ανατολικού Μαινάλου. Από τα ογδόντα τέσσερα (84) διαχειριζόμενα τμήματα, εκτάσεως 8521,30 ha το φαινόμενο της ξήρανσης παρουσιάστηκε σε τριάντα δύο (32) τμήματα εκτάσεως 2978,90 ha, δηλαδή σε ποσοστό 38% επί των τμημάτων και 35% επί της συνολικής εκτάσεως. Στα τμήματα αυτά πραγματοποιήθηκε τουλάχιστον μία φορά -τη μελετώμενη περίοδο- έκτακτη κάρπωση λόγω των ξηράνσεων. Σύμφωνα δε με μαρτυρίες των υπαλλήλων του Δασαρχείου Βυτίνας, και στα περισσότερα από τα υπόλοιπα τμήματα υπάρχουν διάσπαρτα ή και μεμονωμένα ξερά άτομα ελάτης τα οποία είτε έχουν παραμείνει στο δάσος είτε απομακρύνθηκαν μέσα στα πλαίσια των κανονικών υλοτομιών.

Η παραγωγικότητα των δασών –υπό το πρίσμα της κλιματικής αλλαγής- αναμένεται να μειωθεί στις χώρες της Μεσογείου, όπου τα διαθέσιμα ποσά υγρασίας είναι μειωμένα κατά τη θερινή περίοδο. Στον Ελλαδικό χώρο η κλιματική αλλαγή αναμένεται να επηρεάσει άμεσα και έμμεσα την συνολική παραγωγή βιομάζας των δασών και κυρίως του τεχνικού ξύλου. Η παραγωγή θα μειωθεί ενώ ταυτόχρονα η παραχθείσα ξυλεία θα είναι κατώτερης ποιότητας (Τράπεζα της Ελλάδας, 2011β).

Σύμφωνα με τα ευρήματα της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής -για τα τμήματα στα οποία καταγράφηκε υψηλή θνησιμότητα- είχε προϋπολογιστεί ως χαμηλής ποιότητας ξυλεία –ξύλο θρυμματισμού και καυσόξυλα) η ποσότητα των 13.585κ.μ.. Αντί αυτού απολήφθηκαν 19.466,40κ.μ.. ήτοι, 5.881,40 κ.μ. (43,2%) περισσότερα κ.μ.. Η ποσότητα αυτή απολήφθηκε σε βάρος των μελλοντικών ποσοτήτων τεχνικής ξυλείας, αλλά ακόμα και της βιωσιμότητας του δάσους σε ορισμένα τμήματα. Στο Διάγραμμα 5.1 φαίνονται οι ποσότητες ξυλείας που παρήχθησαν λόγω θνησιμότητας και οι προβλεφθείσες ποσότητες από τα τμήματα με υψηλή θνησιμότητα.



Διάγραμμα 5.1: Παραχθείσες και προβλεφθείσες ποσότητες ξυλείας.

Για τα τμήματα 24,26, 27 είχε προταθεί να μη γίνει καμία υλοτομία καθώς ήταν ήδη πολύ υποβαθμισμένα. Γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι η απομάκρυνση τόσο μεγάλων ποσοτήτων ξυλείας συμβάλλει στη διατάραξη του οικοσυστήματος και στην περαιτέρω υποβάθμιση των τμημάτων αυτών.

Αυτού του είδους οι βλάβες έχουν εντοπιστεί τόσο στην Ελλάδα όσο και στην Ευρώπη. Το καλοκαίρι του 1989 στο Πανεπιστημιακό Δάσος Περτουλίου Τρικάλων, για το οποίο υπάρχουν μετρήσεις, ξεράθηκε το 10% του ξυλαποθέματος των δέντρων ελάτης (Τράπεζα της Ελλάδας, 2011β).

Σύμφωνα με του Ciaïis, et al. (2005) η παρατεταμένη ξηρασία και ο καύσωνας που έπληξε την Ευρώπη το 2003 ζημίωσε κατά 30% (σε σχέση με το 2002) την πρωτογενή παραγωγή των δασών πεύκης, δρυός, οξυάς, ελάτης και ερυθρελάτης στην Κεντρική Ευρώπη (Γερμανία, Γαλλία, Δανία, Βέλγιο) αλλά και στη Μεσογειακή ζώνη (Ισπανία, Ιταλία, Ν. Γαλλία).

5.3 Επίδραση των τοπογραφικών και βιοτικών παραμέτρων στη δασική θνησιμότητα

Από τα τριάντα δύο (32) τμήματα που παρουσιάστηκαν ξηράνσεις, έντεκα (11) τμήματα συνολικής εκτάσεως 866,70 ha, ήτοι ποσοστό 29% επί της επιφάνειας ξηράνσεων, παρουσίασαν υψηλή θνησιμότητα, με το δείκτη θνησιμότητας ΔΘΠ να είναι μεγαλύτερος του 1, (ΔΘΠ>1).

Τα τμήματα αυτά, εκτείνονται από το υψόμετρο των 800m έως 1.750m. Δηλαδή, εκτείνονται εντός του εύρους εξάπλωσης της Κεφαλληνιακής ελάτης που κυμαίνεται από 400 m έως 2300 m (Aussenac, 2002). Διαπιστώνεται, ότι υπάρχει μια τάση, το φαινόμενο της θνησιμότητας να είναι πιο έντονο στα τμήματα με χαμηλότερο μέσο υψόμετρο. Αν και η τάση αυτή δεν είναι στατιστικώς σημαντική, συμβαδίζει με την άποψη ότι όσο πιο κοντά είναι ο πληθυσμός την ελάτης στα ξηροθερμικά όρια εξάπλωσής της τόσο πιο ευαίσθητα γίνονται τα άτομα της σε συνθήκες έντονης ξηρασίας (Sarris, et al., 2011). Το φαινόμενο γίνεται πιο έντονο σε εξαπλώσεις νότιας έκθεσης. Όντως η πλειοψηφία των τμημάτων που παρουσίασαν την υψηλότερη θνησιμότητα (ΔΘΠ>1) περιελάμβαναν κλιτύες που είχαν έκθεση Νότια (N), Νοτιοανατολική (NA) και Νοτιοδυτική (ND).

Ο Markalas (1992) αναφέρει ότι κατά τη διάρκεια της επιδημίας του 1989 στη Νότια Ελλάδα τα πιο φτωχά και υποβαθμισμένα δάση που παρουσίασαν θνησιμότητα είχαν έκθεση Νότια (N) και Νοτιοδυτική (ND). Ενώ αντιθέτως, στο δάσος ελάτης Περτουλίου οι νεκρώσεις σημειώθηκαν στις Ανατολικές (A) έως τις Νοτιοδυτικές εκθέσεις και οι υψηλότερες νεκρώσεις σημειώθηκαν στις Δυτικές (Δ) προς Βορειοδυτικές (BΔ) εκθέσεις. Αποδίδοντας την ξήρανση στις Βόρειες (B) και Βορειοδυτικές (BΔ) εκθέσεις στο γεγονός ότι τα δέντρα στις εκθέσεις αυτές είναι λιγότερο προσαρμοσμένα σε συνθήκες ξηρασίας και ακραίων κλιματικών παραμέτρων.

Σε έρευνα που διεξήγαγε το Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης (Α.Π.Θ., 2012) σχετικά με την Ξήρανση της Ελάτης στην περιοχή του Παρνασσού διαπιστώθηκε ότι οι κλιτύες με προσανατολισμό Νότιο (Ν), Νοτιοδυτικό (ΝΔ) και Νοτιοανατολικό (ΝΑ) είναι πιο ευαίσθητες στο φαινόμενο της ξήρανσης και ακολουθούν οι Δυτικές (Δ) εκθέσεις. Αντίθετα οι κλιτύες με Βόρειο (Β) προσανατολισμό παρουσιάζουν μικρότερα προβλήματα.

Γενικότερα, έχει διαπιστωθεί ότι, οι κλιτύες με νότιες εκθέσεις δέχονται υψηλά ποσά ηλιακής ακτινοβολίας με αποτέλεσμα την αυξημένη εξάτμιση του νερού από την κόμη, τον υπόροφο αλλά και το έδαφος. Έτσι τα δέντρα οδηγούνται γρηγορότερα σε κατάσταση υδατικού στρες (Huang and Anderegg, 2012). Το στρες είναι πιο έντονο στα δέντρα εκείνα που υστερούνται βαθύτερου ριζικού συστήματος ώστε να προσλαμβάνουν υγρασία και από τα βαθύτερα στρώματα του εδάφους (Sarris, et al., 2007, 2013).

Τέλος, μελέτες που αφορούν τη θνησιμότητα σε δάση κωνοφόρων καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι αυξανόμενη θνησιμότητα λαμβάνει χώρα στις κυρίως χαμηλού υψομέτρου δυτικές εκθέσεις (Schütt and Cowling, 1985; Ferrell et al., 1994; van Mantgem and Stephenson, 2007; Negrón et al., 2009).

Οι κλίσεις στα τμήματα αυτά κυμαίνονται από 37%-60% και παρουσιάζουν πολύ μικρή διαφοροποίηση σε σχέση με τις κλίσεις των υπόλοιπων τμημάτων. Διαπιστώνεται –συνεπώς– πως δεν έχουν καθοριστικό ρόλο στην εμφάνιση του φαινομένου.

Η ποιότητα του εδάφους θα μπορούσε επίσης να παίζει ρόλο στην αυξημένη ξήρανση της ελάτης. Εξετάζοντας το σύνολο των τμημάτων διαπιστώνουμε ότι το μελετώμενο δασικό σύμπλεγμα εκτείνεται σε εδάφη ποιότητας τύπου III. Η συγκεκριμένη είναι η χειρίστη ποιότητα τύπου για την ελάτη. Τα εδάφη αυτά είναι φτωχά και αβαθή και τα δέντρα αναπτύσσονται σε οριακές συνθήκες. Είναι καταπονημένα λόγω της περιορισμένης διαθέσιμης υγρασίας και της έλλειψης επαρκούς εδάφους, με αποτέλεσμα, οποιαδήποτε μεταβολή, ιδιαίτερα στο υδατικό ισοζύγιο να μειώνει τη ζωτικότητα τους και να τα καθιστά τρωτά σε περαιτέρω δευτερογενείς προσβολές. Ειδικότερα, τα αποθέματα των υδατανθράκων ίσως να εξαντλούνται με αποτέλεσμα να είναι ανεπαρκή τόσο για την αναγέννηση των φυτών όσο και για την ανάπτυξη αμυντικών μηχανισμών (Greenwood and Weisberg, 2008). Όμως δεν φαίνεται ότι αυτός είναι καθοριστικός παράγοντας για την εξέλιξη του φαινομένου της θνησιμότητας καθώς δεν υπάρχουν διαφορές ως προς αυτόν μεταξύ των τμημάτων που

εμφάνισαν θνησιμότητα και αυτών που δεν εμφάνισαν, αλλά ούτε και μεταξύ των τμημάτων υψηλής ($\Delta\Theta\Pi > 1$) και χαμηλής ($\Delta\Theta\Pi, 1$) θνησιμότητας.

Η συγκόμωση, δηλαδή ο παράγοντας που προσδιορίζει την πυκνότητα των συστάδων, θα μπορούσε να επιδράσει στο φαινόμενο της ξήρανσης. Όμως οι διαφορές του μεταξύ των τμημάτων υψηλής ($\Delta\Theta\Pi > 1$) και χαμηλής ($\Delta\Theta\Pi < 1$) θνησιμότητας δεν εμφανίζονται στατιστικώς σημαντικές. Επομένως ο παράγοντας, συγκόμωση δεν επηρέασε καθοριστικά την εξέλιξη του φαινομένου.

Στη βιβλιογραφία γίνεται αναφορά για ύπαρξη συσχέτισης μεταξύ της υψηλής πυκνότητας των δέντρων και της θνησιμότητας. Η συσχέτιση αυτή οφείλεται στον έντονο ανταγωνισμό - για εξασφάλιση νερού- που αναπτύσσεται μεταξύ των δέντρων όταν αυτά φύονται πυκνά και λαμβάνουν χώρα υψηλές θερμοκρασίες και ξηρασία (Linares, et al., 2010). Επίσης και στη δυνατότητα που έχουν τα παθογόνα και τα έντομα να μετακινηθούν μεταξύ των δένδρων (Aukema, et al., 2010). Ωστόσο, αυξημένη θνησιμότητα έχει παρατηρηθεί και σε περιοχές με αραιή συγκόμωση (Ganey and Vojta, 2011; Lines, et al., 2010; Van Mantgem and Stephenson, 2007; Van Gunst, et al., 2016). Γενικότερα, έχει διαπιστωθεί ότι οι παρατεταμένες δυσμενείς κλιματικές συνθήκες οδηγούν σε θνησιμότητα ανεξάρτητα από την πυκνότητα των δέντρων (Floyd, et al., 2009; Ganey and Vojta, 2011).

Η μέση ηλικία των δέντρων θα μπορούσε να παίζει ρόλο στο φαινόμενο της ξήρανσης της ελάτης. Στο ελατοδάσος του Παρνασσού, η θνησιμότητα εμφανίστηκε στα γηραιότερα άτομα (Α.Π.Θ., 2012). Στην υπάρχουσα βιβλιογραφία γίνεται αποδεκτό ότι η ηλικία επηρεάζει θετικά τη θνησιμότητα καθώς τα γηραιότερα άτομα είναι πιο ευάλωτα στους παράγοντες διαταραχής που προκαλούνται από την ξηρασία (Mueller, et al., 2005; Ganey and Vojta, 2011; Dorman, et al. 2015). Ωστόσο, υπάρχουν και αυτοί που υποστηρίζουν ότι πιο ευαίσθητα είναι τα νεαρότερα άτομα καθώς αντιμετωπίζουν άμεση θνησιμότητα λόγω του υδατικού στρες (Ogle, et al., 2000; Suarez, et al., 2004). Στην περίπτωσή μας η ηλικία των τμημάτων που εμφάνισαν τη μεγαλύτερη θνησιμότητα δεν φαίνεται να διαφέρει στατιστικά σε σχέση με αυτή των υπολοίπων τμημάτων.

5.4 Κλιματολογικές συνθήκες και θνησιμότητα

Η Κεφαλληνιακή ελάτη (*Abies cephalonica*) αναπτύσσεται σε μέσες ετήσιες θερμοκρασίες οι οποίες κυμαίνονται από 8 C° – 17 C° (Aussenac, 2002). Για την περίοδο 1985-2010 η μέση

ετήσια θερμοκρασία ήταν 14,33 C° στο μετεωρολογικό σταθμό Τρίπολης, στα 652 μέτρα υψόμετρο, που σημαίνει ότι ήταν χαμηλότερη σε μεγαλύτερα υψόμετρα όπου εξαπλώνεται η ελάτη στο Μαίναλο.

Η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων της θερμοκρασίας οδήγησε στο αποτέλεσμα ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ της μέσης θερμοκρασίας και της θνησιμότητας μόνο για το διάστημα Δεκεμβρίου-Φεβρουαρίου.

Σύμφωνα με την υφιστάμενη βιβλιογραφία, η αυξημένη θνησιμότητα αποδίδεται κυρίως στην έμμεση επίδραση της θερμοκρασίας που ευνοεί την ανάπτυξη δευτερογενών προσβολών από έντομα (Allen, 2010). Η αυξημένη θερμοκρασία έχει άμεση επίδραση στην δυναμική των εντόμων επιταχύνοντας την ανάπτυξη και την αναπαραγωγή τους ενώ παράλληλα αποδυναμώνει τα δέντρα. Όπως έχει προαναφερθεί, η ελάτη στο Δασικό Σύμπλεγμα Ανατολικού Μαϊνάλου πλήγηκε από τα φλοιοφάγα έντομα *Phaenops knoteki* Rtt. (Buprestidae) και *Acanthocinus reticulatus* Razm. (Ceramycidae). Τα έντομα αυτά έχουν ετήσιο κύκλο ζωής. Οι αυξημένες χειμερινές θερμοκρασίες συνέβαλαν στην αύξηση του ποσοστού των εντόμων που επιβίωσαν και τον πολλαπλασιασμό του αριθμού τους (Markalas, 1992; La Porta, et al, 2008).

Η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων της θερμοκρασίας οδήγησε στο αποτέλεσμα ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ της μέσης θερμοκρασίας και της θνησιμότητας μόνο για το διάστημα Δεκεμβρίου-Φεβρουαρίου.

Όσον αφορά τις συνθήκες του καλοκαιριού διαπιστώθηκε ότι υπάρχει αρνητική συσχέτιση μεταξύ βροχόπτωσης και της θνησιμότητας για τις περιόδους Μαΐου-Σεπτεμβρίου και Ιουλίου-Σεπτεμβρίου. Παρά το γεγονός ότι η Κεφαλληνιακή ελάτη (*Abies cephalonica*) είναι ένα είδος που χαρακτηρίζεται από υψηλή ευαισθησία στη ρύθμιση των στομάτων προς αποφυγή του υδατικού στρες (Guehl, 1991; Cohard,1992) οι μειωμένες ποσότητες βροχόπτωσης εντός της θερινής περιόδου μπορεί να έχει οδηγήσει τόσο σε αυξημένη υδραυλική κατάρρευση δένδρων της ελάτης, αλλά και σε μειωμένη ικανότητα άμυνας απέναντι σε επιθέσεις εντόμων ή/και παθογόνους παράγοντες (La Porta, et al., 2008).

Να τονιστεί, ότι σε νότιες εκθέσεις και χαμηλότερα υψόμετρα εντείνονται οι πιο θερμές και υγρές συνθήκες το χειμώνα όσο και με ποιο ξηρές συνθήκες το καλοκαίρι σε σχέση με άλλες

θέσεις. Συνεπώς ο συνδυασμός δυσμενούς κλίματος και τοπογραφίας μπορεί σε μεγάλο βαθμό να ερμηνεύσει την εμφάνιση υψηλής θνησιμότητας ελάτης στο Ανατολικό Μαίναλο.

5.5 Περιορισμοί μελέτης

Αν και είναι γνωστό ότι η θνησιμότητα στο Δασικό Σύμπλεγμα Ανατολικού Μαινάλου υπήρξε έντονη κατά περιόδους η ποσοτικοποίηση της αποδείχτηκε εξαιρετικά δύσκολη διαδικασία.

Η υλοτόμηση των νεκρωμένων δένδρων δεν γινόταν κατά έτος και τμήμα. Ως αποτέλεσμα εμφανίστηκαν διαφορετικές και ανομοιογενείς περίοδοι συσσώρευσης ξυλείας για κάθε τμήμα. Επιπλέον, το γεγονός ότι δεν ήταν καταγεγραμμένη η ακριβής περίοδος τέλεσης των υλοτομιών δημιουργούσε πρόβλημα στον προσδιορισμό της έναρξης της κάθε περιόδου θνησιμότητας. Προκειμένου να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα αυτό υιοθετήθηκε η παραδοχή ότι: Περίοδος συσσώρευσης νεκρού ξύλου θεωρείται το διάστημα από τη θερινή περίοδο που συμπίπτει με το έτος της τελευταίας πραγματοποιηθείσας υλοτομίας έως και τη θερινή περίοδο του προηγούμενου της υλοτόμησης έτους.

Τέλος, δεν υπήρχε καταγραφή του αριθμού των νεκρών ατόμων που υλοτομήθηκαν, καθώς και των μορφολογικών χαρακτηριστικών τους (ύψος, διάμετρος). Η ύπαρξη αυτών των στοιχείων θα έδινε πιο ολοκληρωμένα αποτελέσματα όσον αφορά τις ηλικίες που παρουσιάζουν μεγαλύτερη θνησιμότητα.

5.6 Συμπεράσματα

Η θνησιμότητα των δασών είναι ένα φαινόμενο που έχει παρατηρηθεί ευρέως τις τελευταίες δεκαετίες. Η κλιματική αλλαγή αναμένεται να οδηγήσει σε αυξημένη θνησιμότητα μέσω της αύξησης της θερμοκρασίας και της υγρασίας. Οι συνέπειες της δασικής θνησιμότητας είναι πολλαπλές καθώς επηρεάζεται αρνητικά, η παραγωγικότητα, η βιοποικιλότητα και οι οικοσυστημικές λειτουργίες και υπηρεσίες. Ενώ παράλληλα ανατροφοδοτείται τον φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής μέσω της μείωσης της ικανότητας αποθήκευσης άνθρακα αλλά και της διοχέτευσης περαιτέρω άνθρακα στο οικοσύστημα (Allen, et al., 2010; Anderegg, et al., 2015).

Οι μηχανισμοί που αναπτύσσονται και οδηγούν σε δασική θνησιμότητα είναι πολύπλοκοι. Περιλαμβάνουν την φυσιολογία των φυτών, την αντίδραση αυτών στους κλιματικούς παράγοντες, την τοπογραφική διαμόρφωση των περιοχών, την παρουσία εντόμων και παθογόνων αλλά κυρίως την αλληλεξάρτηση και αλληλεπίδραση όλων αυτών των παραγόντων. Παρά τις πολλές έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί, ο τρόπος λειτουργίας των μηχανισμών αυτών δεν έχει γίνει ακόμα γνωστός (Mueller, et al., 2005; McDowell, et al., 2008).

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή αλλά και αντίστοιχες μελέτες που υπάρχουν στην βιβλιογραφία συσχετίζουν τη θνησιμότητα με την άμεση και έμμεση επίδραση της ξηρασίας στα δέντρα καθώς και την ύπαρξη ευνοϊκών συνθηκών για την εξάπλωση εντόμων.

Τα τμήματα που παρουσίασαν υψηλή θνησιμότητα είχαν κυρίως νότια έκθεση ως προς τον ορίζοντα. Τους καλοκαιρινούς κυρίως μήνες, στις εκθέσεις αυτές αναπτύσσονται πολύ πιο υψηλές θερμοκρασίες, ενώ προσλαμβάνουν μικρές ποσότητες κατακρημνισμάτων, με αποτέλεσμα τα δέντρα να καταπονούνται και να εξασθενούν. Οι χειμερινοί μήνες χαρακτηρίζονταν από αυξημένη θερμοκρασία και επομένως τα κατακρημνίσματα που έπεφταν δεν ήταν χιόνι αλλά βροχή. Δηλαδή, εμφανίστηκαν θερμοί και υγροί χειμώνες. Υπό τέτοιες κλιματικές συνθήκες τα έντομα ευνοούνται, αυξάνοντας τους ρυθμούς διαχείμανσης και επιβίωσης που οδηγούν σε υπέρμετρη αύξηση των πληθυσμών. Ο μεγάλος αριθμός εντόμων εγκαθίστανται στα εξασθενημένα δέντρα και στη συνέχεια προσβάλλει ακόμα και τα υγιή. Ο συνδυασμός όλων των παραπάνω ερμηνεύει στην εμφάνιση του φαινομένου. Κατά συνέπεια, αν παρόμοιες συνθήκες με θερμούς και υγρούς χειμώνες σε συνδυασμό με πιο ξηρά καλοκαίρια επικρατήσουν στο μέλλον, ως συνέπεια της κλιματικής αλλαγής, αναμένεται σε πρώτη φάση αυξημένη θνησιμότητα ελάτης στην Νότια Ελλάδα με υποβάθμιση της ποιότητας της παραγόμενης ξυλείας και των οικοσυστημικών υπηρεσιών που προσφέρουν τα δάση της, γεγονός που πρέπει σοβαρά να ληφθεί υπόψη κατά τη διαχείρισή τους.

5.7 Εισηγήσεις

Η κλιματική αλλαγή είναι μια πραγματικότητα που ήδη λαμβάνει χώρα παγκοσμίως και αποτελεί την άμεση ή/και έμμεση κινητήρια δύναμη για την εμφάνιση και εξέλιξη του φαινομένου της δασικής θνησιμότητας. Όλες οι προβλέψεις οδηγούν στο συμπέρασμα ότι οι κλιματικές συνθήκες θα επιδεινωθούν έως το τέλος του 21^{ου} αιώνα. Πολλές χώρες –μεταξύ

αυτών και η Ελλάδα- θα παρουσιάσουν αξιοσημείωτες κλιματικές μεταβολές που θα τις καταστήσουν πιο τρωτές.

Προκειμένου να αντιμετωπιστεί το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής αλλά και οι αρνητικές του επιπτώσεις έχουν προταθεί δύο κύριοι πυλώνες δράσης α) του μετριασμού (*mitigation*) και β) της προσαρμογής (*adaptation*). Οι δράσεις μετριασμού περιλαμβάνουν μέτρα για τη σταθεροποίηση ή τη μείωση των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα. Τα μέτρα αυτά λαμβάνονται σε κρατικό ή και διακρατικό επίπεδο και αφορούν το σύνολο των οικοσυστημάτων μίας χώρας. Ενώ οι δράσεις προσαρμογής συνίστανται σε αναπροσαρμογές και ρυθμίσεις των ανθρωπογενών ή φυσικών οικοσυστημάτων με σκοπό την ελαχιστοποίηση των κινδύνων αλλά και της τρωτότητας των συστημάτων αυτών. Είναι δράσεις, που πρέπει να πραγματοποιούνται σε κρατικό αλλά και τοπικό επίπεδο ώστε να λαμβάνουν υπόψη τις ιδιαιτερότητες κάθε οικοσυστήματος.

Το μελετώμενο Δασικό Σύμπλεγμα Ανατολικού Μαινάλου ήδη έχει αντιμετωπίσει το φαινόμενο της θνησιμότητας. Προκειμένου να διατηρηθεί, υπό το πρίσμα της περεταίρω αναμενόμενης κλιματικής αλλαγής θα πρέπει να γίνουν οι εξής ενέργειες:

Να γίνει πλήρης καταγραφή της σημερινής κατάστασης του δάσους και να εκτιμηθεί η τρωτότάτά του. Ήδη τα αποτελέσματα της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής προσδιορίζουν τα στοιχεία εκείνα που χαρακτηρίζουν τα τμήματα που εμφάνισαν μεγαλύτερη ευπάθεια στην μέχρι σήμερα αλλαγή των κλιματικών συνθηκών. Όμως ο προσδιορισμός της τρωτότητας πρέπει να περιλαμβάνει και τις οικονομικοκοινωνικές συνθήκες και υποδομές που διέπουν το σύστημα. Ενώ παράλληλα θα πρέπει να προσδιοριστεί και η απόκριση των τμημάτων και η δημιουργία ισορροπιών μετά την παρέλευση των περιόδων έξαρσης της θνησιμότητας. Έχοντας ως γνώμονα τα στοιχεία αυτά θα πρέπει να καθοριστεί ένας νέος τρόπος διαχείρισης.

Ο νέος τρόπος διαχείρισης του δάσους θα πρέπει να καθοριστεί υπό το πρίσμα της κλιματικής αλλαγής. Έως σήμερα οι διαχειριστικές μελέτες βασίζονταν στη σταθερότητα των κλιματικών δεδομένων, αντιθέτως τώρα, πρέπει να καταρτιστεί νέα διαχειριστική μελέτη που να λαμβάνει υπόψη τις κλιματικές μεταβολές που έχουν λάβει χώρα σε συνδυασμό με τα υφιστάμενα κλιματικά σενάρια. Στόχος δε θα πρέπει να είναι μόνο η αύξηση της παραγωγικότητας του δάσους άλλα κυρίως η διατήρησή του ως ενδιαίτημα της ενδημικής Κεφαλληνιακής ελάτης. Στο επίπεδο αυτό θα μπορούσαν να ληφθούν υπόψη και τα αποτελέσματα της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής ώστε να προσδιοριστούν ανά τμήμα οι

ορθότερες καλλιεργητικές επεμβάσεις με στόχο την βελτίωση της σύνθεσης και την αύξηση της προσαρμοστικότητας σε ένα κλίμα πιο ξηρό και με αυξημένες πιθανότητες εμφάνισης ακραίων καιρικών φαινομένων. Επιπλέον, η διαχείριση θα πρέπει να αποσκοπεί στην ενδυνάμωση του δάσους έναντι των επιδημιών παθογόνων οργανισμών (μυκήτων και εντόμων). Ενώ παράλληλα θα πρέπει να ενσωματώνει μια σειρά μέτρων πρόληψης, έγκαιρης διάγνωσης και αξιολόγησης της σοβαρότητας των επιδημιών. Τέλος, θα πρέπει να υιοθετηθούν διαχειριστικά μέτρα που θα αποσκοπούν στην αντιμετώπιση των αυξημένων κινδύνων πυρκαγιάς, που έως σήμερα ελάχιστα λαμβάνονταν υπόψη.

Ο νέος τρόπος διαχείρισης θα πρέπει να είναι ευέλικτος. Να περιλαμβάνει την παρακολούθηση του δάσους και την εκτίμηση τόσο της κατάστασής του όσο και των αποτελεσμάτων των εφαρμοζόμενων μέτρων. Σε περίπτωση αστοχίας των μέτρων ή αντιμετώπισης έκτακτων φαινομένων θα πρέπει να υπάρχει η δυνατότητα επαναξιολόγησης των διαχειριστικών σκοπών και καθορισμού νέων δράσεων και μέτρων.

Όλα τα ανωτέρω δε θα μπορέσουν να επιτευχθούν εάν δεν προηγηθούν τα απαραίτητα διοικητικά μέτρα. Η επαρκής στελέχωση του Δασαρχείου Βυτίνας με επιστημονικά καταρτισμένο προσωπικό αποτελεί επιτακτική ανάγκη καθώς σήμερα υπηρετούν μόνο τρεις υπάλληλοι της κατηγορίας αυτής. Στη συνέχεια θα πρέπει να παραχθούν όλα τα απαιτούμενα μέσα και εξοπλισμός που θα συμβάλουν στην εφαρμογή της ορθής διαχείρισης. Παράλληλα θα πρέπει να ενισχυθούν οι μηχανισμοί ελέγχου ανθρωπογενών πιέσεων στο εν λόγω δασικό οικοσύστημα.

Βιβλιογραφία

Ξενογλώσση Βιβλιογραφία

- Adams, H.D., Guardiola-Claramonte, M., Barron-Gafford, G., Juan Camilo Villegas, J.C., Breshears, D., Zou, C., Troch, P., and Huxman, T. (2009). Temperature sensitivity of drought-induced tree mortality portends increased regional die-off under global-change-type drought. *PNAS* 106:17, pp. 7063–7066.
- Adams, H.D., Maclady, A.K., Breshears, D.D., Allen, C.D., Stephenson, N.L., Saleska, S.R., Huxman, T.E., McDowell, N.G. (2010). *Climate-Induced Tree Mortality: Earth System Consequences*. *EOS*, Vol. 91, No 17, pp. 153-154
- Alcamo, J., Moreno, J.M., Nováky, B., Bindi, M., Corobov, R., Devoy, R.J.N. Giannakopoulos, C., Martin, E., Olesen, J.E., Shvidenko, A. (2007): Europe. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 541-580.
- Alizoti, P.G., B. Fady, M.A. Prada and Vendramin, G.G. (2011). *EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and use of Mediterranean firs (Abies spp.)* Bioversity International, Rome, Italy.
- Allen, C., Macalady, A., Chenchouni, H., McDowell N., Vennetier, M., Kitzberger, T., Rigling, A., Breshears, D., Hogg, E.H., Gonzalez, P., Fensham, R., Zhangm, Z, Castro, J., Demidova, N., Lim, J.H., Allard, G., Running, S., Semerci, A., Cobb, N., (2010). *A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests*. *Forest Ecology and Management* 259, pp. 660–684
- Allen, H. (2003). *Response of past and present Mediterranean ecosystems to environmental change*. *Progress in Physical Geography* 27,3, pp. 359-377.
- Alverson, K.D., Bradley, R.S. and Pedersen, T.F. (2003). *Paleoclimate, Global Change and the Future*. The IGBP Series, Springer-Verlag, New York.

- Anderegg, W., Berry, J., Smith, D., Sperry, J., Leander D., Anderegg, L. and Field, C. (2012a). *The roles of hydraulic and carbon stress in a widespread climate-induced forest die-off*. PNAS 109:1, pp. 233–237.
- Anderegg, W., Kane, J. and Anderegg, D.L., (2012b). *Consequences of widespread tree mortality triggered by drought and temperature stress*. Nature climate change Vol. 3, pp. 30-36
- Anderegg, W., Hicke, J., Fisher, R., Allen, C., Aukema, J., Bentz, B., Hood, S., Lichstein, J., Macalady, A., McDowell, N., Pan, Y., Raffa, K., Sala, A., Shaw, J., Stehenson, N., Tague, C. and Zeppel, M. (2015). *Tree mortality from, drought, insects and their interactions in a change climate*. Research review. New Phytologist, pp 1-10.
- Archibold, O.W. (1995). *Ecology of world vegetation*. London. Chapman Hall.
- Arianoutsou, M., Leone, V. Moya, D., Lovreglio, R., Delipetrou, P., and DeLas Heras, J. (2012). *Management of threatened, high conservation value, forest hotspots under changing fire regimes*. In F. Moreira, M. Arianoutsou, P. Corona & J. Heras (Eds.), *Post-fire management and restoration of southern European forests*. New York. Springer. pp. 257-291
- Aukema, B.H., Zhu, J., Møller, J., Rasmussen, J.G., Raffa, K.F. (2010). *Predisposition to bark beetle attack by root herbivores and associated pathogens: roles in forest decline, gap formation, and persistence of non-epidemic bark beetle populations*. For. Ecol. Manage. 259, 374–382.
- Aussenac, G., (2002). *Ecology and ecophysiology of circum-Mediterranean firs in the context of climate change*. Ann. For. Sci. 59, pp. 823–832.
- Bakkenes, M., Alkemade, J.R.M., Ihle, F., Leemans, R. and Latour, J.B., (2002). *Assessing effects of forecasted climate change on the diversity and distribution of European Higher plants for 2050*. Global Change Biology 8, pp. 390-407
- Battisti, A. (2004). *Forests and climate change-lessons from insects*. Forest 1, pp. 17-24.
- Bella, E., Liepelt, S., Parducci, L., Drouzas, A. (2015). *Genetic insights into the hybrid origin of *Abies borisii-regis* Mattf.* Plant Syst Evol 301, pp. 749–759
- Beniston, M., (2003). *Climatic Change in Mountain Regions: A Review of Possible Impacts*. Climatic change 59, pp. 5-31.
- Bentz, B.J., Régnière, J., Fettig, C.J., Hansen, E.M., Hayes, J.L., Hicke, J.A., Kelsey, R.G., Negrón, J.F. and Seybold, S.J. (2010). *Climate change and bark beetles of the Western United States and Canada: direct and indirect effects*. BioScience 60, pp.

- 602–613. Birot, Y. (2009). *Living with Wildfires: What Science Can Tell us. A Contribution to the Science-Policy dialogue. European Forest Institute, Discussion paper* 15.
http://www.efi.int/files/attachments/publications/efi_discussion_paper_15.pdf
- Birot, Y. (2009). *Living with Wildfires: What Science Can Tell us. A Contribution to the Science-Policy dialogue. European Forest Institute, Discussion paper* 15.
http://www.efi.int/files/attachments/publications/efi_discussion_paper_15.pdf
 - Bonan, G.B., (2008). *Forcing, feedbacks, and the climate benefits of forests*. Science vol. 320, pp. 1444-1449.
 - Bussotti, F. and Ferretti, M. (1998). *Air pollution, forest condition and forest decline in Sothern Europe: An overview*. Environmental pollution, 101:1, pp. 49-65.
 - Chmielewski, F.M. and Rötzer, T., (2001). *Response of tree phenology to climate change across Europe*. Agricultural and Forest Meteorology, 108, pp.101-112.
 - Christensen, K.I., 1997. *Gymnospermae (Pinophyta)*. In A. Strid & K. Tan (Eds.), Flora Hellenica vol. 1, pp. 1-17. Koeltz, Königstein.
 - Ciais, Ph., Reichstein, M., Viovy, N., Granier, A., Ogee, J., Allard, V., Aubinet, M., Buchmann, N., Bernhofer, Chr., Carrara, A., Chevallier, F., De Noblet, N., Friend, A. D., Friedlingstein, P., Grünwald, T., Heinesch, B., Keronen, P., Knohl, A., Krinner, G., Loustau, D., Manca, G., Matteucci, G., Miglietta, F., Ourcival, J. M., Papale, D., Pilegaard, K., Rambal, S., Seufert, G., Soussana, J.F., Sanz, M.J., Schulze, E.D., Vesala, T. and Valentini R. (2005). *Europe-wide reduction in primary productivity caused by the heat and drought in 2003*. Nature 437, pp. 529-533.
 - Cohard, H. (1992). Vulnerability of several conifers to air embolism. Tree Physiology, 11, pp. 73-83.
 - Crosby, M., Zhaofei, F., Spetich, M., Leininger, T. and Xingang, F. (2015). *Early indications of drought impact on forests in the southeastern United States*. The Forestry Chronicle, 91:4, pp. 376-383.
 - Cubasch, U., Wuebbles, D., Chen, D., Facchini, M.C., Frame, D., Mahowald, N., and Winther, J.G. (2013): *Introduction*. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

- Dale, V., Joyce, L., McNulty, S., Neilson, R., Ayres, M., Flannigan, M., Hanson, P., Irland, L., Lugo, A., Peterson, C., Simberloff, D., Swanson, F., Stocks, B. and Wotton, M. (2001). *Climate Change and Forest Disturbances*. *BioScience* 51:9, pp. 723-734.
- De Dios, V.R., Fischer, C., Colinas, C. (2007). *Climate change effects on mediterranean forests and preventive measures*. *New Forests* 33, pp.29–40.
- DeLucia, E., Nabity, P., Zavala, J. and Berenbaum, M. (2012). *Climate change: Resetting Plant-Insect Interactions*. *Plant Physiology* 160:4, pp. 1677-1685.
- Dimitrakopoulos, A., Vlahou, M., Anagnostopoulou G.Ch. and Mitsopoulos, I.D. (2011). *Impact of drought on wildlandfires in Greece: implications of climatic change?* *Climatic Change* 109, pp. 331-347.
- Dorman, M, Svoray, T., Perevolotsky, A., Moshe, Y., and Sarris, D. (2015). *What determines tree mortality in dry environments? a multi-perspective approach*. *Ecological Applications*, 25:4, pp. 1054–1071.
- Edmunds, R.L., Agee, J.K. and Gara, R.I. (2000). *The Forest Health Protection*. McGraw-Hill, Boston.
- Fady, B., Arbez, M. and Marpeau A. (1992). *Geographic variability of terpene composition in Abies cephalonica Loudon and Abies species around the Aegean: hypotheses for their possible phylogeny from the Miocene*. *Trees* 6, pp. 162-171.
- FAO (2005). *Global Forest Resources, Assessment 2005*. Food and Agriculture Organization, Forestry paper 147.
- FAO (2010). *Global Forest Resources, Assessment 2010, Main report*. Food and Agriculture Organization, Forestry paper 163.
- Farjon, A., and Rushforth, K.D. (1989). *A classification of Abies Miller (Pinaceae)*. *Notes RBG Edinb.* 46:1, pp. 59-79
- Feidas, H., Nouloupoulou, Ch., Makrogiannis, T. and Bora-Senta, E. (2007). *Trend analysis of precipitation time series in Greece and their relationship with circulation using surface and satellite data: 1955-2001*. *Theoretical and Applied Climatology*, 87, 155-77,
- Ferrell, G.T., Otrosina, W.J. and Demars, C.J. (1994). *Predicting susceptibility of white fir during a drought associated outbreak of the fir engraver, Scolytus ventralis, inCalifornia*. *Canadian Journal of Forests Research*. 24, pp. 302–305.
- Field, R., O' Brien E.M. and Whittaker, R.J., (2005). *Global models for predicting woody plant richness from climate: development and evaluation*. *Ecology* 86, pp. 2263-2277.

- Flannigan, M.D., Stocks, B.J. and Wotton, B.M., (2000). *Climate change and forest fires*. The Science of the total Environment, 262, pp. 221-229.
- Floyd, M. L., Clifford, M., Cobb, N. S., Hanna, D., Delph, R., Ford, P. and Turner, D. (2009). *Relationship of stand characteristics to drought-induced mortality in three Southwestern pinon–juniper woodlands*. Ecological Applications 19, 1223–230.
- Founda, D., and Giannakopoulos, C. (2009). *The exceptionally hot summer of 2007 in Athens, Greece – A typical summer in the future climate?* Global and anetary Change 67, pp. 227-236.
- Franklin, J.F., Shugart, H.H. and Harmon, M.E. (1987). *Tree death as an ecological process*. Bioscience 37, pp. 550-556
- Gan, J.B. (2004). *Risk and damage of southern pine beetle outbreaks under global climate change*. Forest Ecology and Management 191, pp. 61–71.
- Ganey, J.L., Vojta, S.C. (2011). *Tree mortality in drought-stressed mixed-conifer and ponderosa pine forests, Arizona, USA*. For. Ecol. Manage. 261, 162–168.
- Gardner, M and Knees, S. (2011). *Abies cephalonica*. *The IUNC Red List of Threatened Species*. <http://www.iucnredlist.org/details/38320/0> Πρόσβαση 20-3-2016
- Gaston, K., 2000. *Global patterns in biodiversity*. Nature 405, pp. 220-227.
- Giorgi, F. and Lionello, P. (2008). *Climate change projections for the Mediterranean region*. Global and Planetary Change, 63, pp. 90-104.
- Greenwood, D. and Weisberg, P. (2008). *Density-dependent tree mortality in pinyon-juniper woodlands*. Forest Ecology and Management 255, pp. 2129–2137
- Guehl, J.M., Aussenac, G., Bouachrine, J., Zimmermann, R., Pennes, J.M., Ferhi, A., & Grieu, P. (1991). *Sensitivity of leaf gas exchange to atmospheric drought, soil drought and water use efficiency in some Mediterranean Abies species*. Canadian Journal of Forest Research, 21, 1507–1
- Hampe, A. and Petit, R.J., (2005). *Conserving biodiversity under climate change: the rear edge matters*. Ecol. Lett. 8, pp. 461-467.
- Hanewinkel, M., Cullmann, D, Schelhaas, M.J., Nabuurs, G.J. and Zimmermann, N. (2013). *Climate change may cause severe loss in the economic value of European forest land*. Nature Climate Change 3, pp. 202-207.
- Hannah, L., Midgley, G. F. and Millar, D. (2002). *Climate Change-Integrated Conservation Strategies*. Global Ecology and Biogeography, 11:6, pp. 485-495.
- Hegerl, G.C., Zwiers, F. W., Braconnot, P., Gillett, N.P., Luo, Y., Marengo, Orsini, J.A., Nicholls, N., Penner J.E. and Stott, P.A. (2007). *Understanding and Attributing*

- Climate Change*. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Heliotis, F.D., Karandinos, M.G., and Whiton, J.C. (1988). *Air pollution and the decline of the fir forest in Parnis National Park, near Athens, Greece*. *Environmental Pollution*, 54:1, pp. 9-40.
 - Huang, C.Y. and Anderegg, W.R.L. (2012). *Large drought-induced aboveground live biomass losses in southern Rocky Mountain aspen forests*. *Global Change Biology* 18, pp. 1016-1027.
 - IPCC (1990). *Climate Change : The IPCC Scientific Assessment* [J.T. Houghton, G.J. Jenkins and J.J. Ephraums (eds.)] Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 212.
 - IPCC (1996). *Climate Change 1995: The Science of Climate Change. Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 584 .
 - IPCC, 2001. *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [J. T. Houghton, Y. Ding, D. J. Griggs, M. Noquer, P. J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell and C. A. Johnson (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 881.
 - IPCC (2007). *Summary for Policymakers. In: Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp. 7-22.
 - IPCC (2013): *Summary for Policymakers. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

- IPCC, (2014). *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 151.
- IPCC, 2000. *Emissions Scenarios: A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Johnsen, K., Samuelson, L., Teskey, R., MvNulty, S and Fox, T., (2001). *Process models as tools in forestry research and management*. Forest Science, 47, pp. 2-8.
- Jones, R.G., Noguer, M., Hassell, D.C., Hudson, D., Wilson, S.S., Jenkins, G.J. and Mitchell, J.F.B. (2004). *Generating high resolution climate change scenarios using PRECIS*. Met Office Hadley Centre, Exeter, UK, pp. 40
- Karnosky, D. (2003). *Impacts of elevated atmospheric CO₂ on forest trees and forest ecosystems: knowledge gaps*. Environment International 29, pp. 161 – 169.
- Keenan, R. (2015). *Climate change impacts and adaptation in forest management: a review*. Annals of Forest Science, 72:145, pp. 145-167.
- Khaine, I. and Woo S.Y. (2015). *An overview of interrelationship between climate change and forests*. Forest Science and Technology, 11:1, pp. 11-18.
- Kirilenko, A. and Sedjo, R. (2007). *Climate change impacts on forestry*. PNAS 104:50, pp. 19697–19702.
- Kovats, R.S., R. Valentini, L.M. Bouwer, E. Georgopoulou, D. Jacob, E. Martin, M. Rounsevell, and Soussana J.-F. (2014): *Europe. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Barros, V.R., C.B. Field, D.J. Dokken, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Estrada, Y.O, Genova, R.C. , Girma, B., Kissel, E.S, Levy, A.N. , MacCracken, S. , Mastrandrea, P.R and White L.L. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1267-1326.
- Körner, C., Sarris, D., Christodoulakis D. (2005). *Long-term increase in climatic dryness in the East-Mediterranean as evidenced for the island of Samos*. Regional Environmental Change, 5:1, pp. 27-36.
- La Porta, N., Capretti, P., Thomsen, I. M., Kasanen, R., Hietala, A. M. and Von Weissenberg, K. (2008). *Forest pathogens with higher damage potential due to climate change in Europe*. Canadian Journal of Plant Pathology, 30:2, pp.177-195.

- Lelieveld, J., Hadjinicolaou, P., Kostopoulou, E., Chenoweth, J., El Maayar, M., Giannakopoulos, C., Hannides, C., Lange, M.A., Tanarhte, M., Tyrlis, E. and Xoplaki, E. (2012). *Climate change and impacts in the Eastern Mediterranean and Middle East*. *Climate Change* 114, pp. 667-687.
- Linares, J.C., Camarero, J.J., and Carreira, J.A. (2010). *Competition modulates the adaptation capacity of forests to climatic stress: insights from recent growth decline and death in relict stands of the Mediterranean fir *Abies pinsapo**. *Journal of ecology*, 98, pp.592-603.
- Linder, M., Maroschek, M., Netherer, S., Kremer, A., Barbati, A., Garcia-Gonalo, J., Seidl, R., Delzon, S., Corona, P., Kolström, M., Lexer, M. and Marchetti, M. (2010). *Climate change impacts, adaptive capacity and vulnerability of European forest ecosystems*. *Forest Ecology and Management* 259, pp. 698-709.
- Linderholm, H. (2006). *Growing season changes in the last century*. *Agricultural and Forest Meteorology*, 137, pp. 1-14.
- Lines, E.R., Coomes, D.A., Purves, D.W. (2010). *Influences of forest structure, climate and species composition on tree mortality across the Eastern US*. *PLoS ONE* 5 (10), e13212. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0013212>.
- Logan, J.A., Regniere, J. and Powell, J.A. (2003). *Assessing the impact of global warming on forest pest dynamics*. *Frontiers in Ecology and the Environment* 1:3, pp. 130-137.
- Lukas, M, Calfapietra, C., Lagomarsino, A. and Loreto, F. (2010). *Global climate change and tree nutrition: effects of elevated CO₂ and temperature*. *Tree Physiology* 30, pp. 1209-1220.
- Luterbacher, J. and E. Xoplaki (2003), *500-Year Winter Temperature and Precipitation Variability over the Mediterranean Area and its Connection to the Large-Scale Atmospheric Circulation*. In Bolle, H.-J. (2003), "Mediterranean Climate. Variability and Trends". Springer Verlag, Berlin, Heidelberg.
- Luterbacher, J., García-Herrera, R., Allan, A.R., Alvarez-Castro, M.C. Benito, G. Booth, J., Büntgen, U., Colombaroli, D., Davis, B., Esper, J., Felis, T., Fleitmann, D., Frank, D., Gallego, D., Garcia-Bustamante, E., González-Rouco, J.F, Goosse, H., Kiefer, T., Macklin, M.G, Manning, S., Montagna, P., Newman, L., Power, M.J., Rath, V., Ribera, P., Roberts, N., Silenzi, S., Tinner, W., Valero-Garces, B., van der Schrier, G., Tzedakis, C., Vannièrè, B., Wanner, H., Werner, J.P., Willett, G., Xoplaki, E., Zerefos, C.S. and Zorita, E. (2011) "A review of 2000 years of paleoclimatic

evidence in the Mediterranean”. In Lionello, P. and CMCC (Centro euroMediterraneo per i Cambiamenti Climatici), (2012), *The Mediterranean Climate: from past to future*. Elsevier Amsterdam, The Netherlands.

- Macias, M., Andreu, L., Bosch, o., Camarero, J.J. and Gutiérrez, E. (2006). *Increasing aridity is enhancing silver fir *Abies alba* (Mill.) water stress in its south-western distribution limit*. Climatic Change 79, pp. 289-313.
- Markalas, S. (1992). *Site and stand factors related in mortality rate in a fir forest after a combined incidence of drought and insect attack*. Forest Ecology and Management, 47, 367-374.
- Martínez-Vilalta J., Pinñol J. (2002). *Drought-induced mortality and hydraulic architecture in pine populations of the NE Iberian Peninsula*. Forest Ecology and Management 161, pp. 247–256.
- McDowell, N., Pockman, W., Allen, C., Breshears, D., Cobb, N., Kolb, T., Plaut, J., Sperry, J., West, A., Williams, D. and Yezpe, E. (2008). *Mechanisms of plant survival and mortality during drought: why do some plants survive while others succumb to drought?* New Phytologist 178, pp.719–739.
- Millennium Ecosystem Assessment (MEA), (2003). *Ecosystems and Human Well-Being: A Framework for Assessment*. Island Press
- Monzón, J., Moyer-Horner, L. and Palamar, M., (2011). *Climate Change and Species Range Dynamics in Protected Areas*. BioScience, Vol. 61, No. 10, pp. 752-761. Oxford University Press
- Mueller, R., Scudder, C., Porter, M., Talbot trotter III, R., Gehring, C. and Whitham, T. (2005) *Differential tree mortality in response to severe drought: evidence for long-term vegetation shifts*. Journal of Ecology 93, pp. 1085–1093.
- Navarra, A. and Tubiana, L. (2013). *Regional Assessment of Climate Change in the Mediterranean*. Advances in Global Research, 51. Netherlands, Springer.
- Negrón, J.F., McMillin, J.D., Anhold, J.A., Coulson, D. (2009). *Bark beetle-caused mortality in a drought affected ponderosa pine landscape in Arizona, USA*. Forest Ecology and Management, 257, pp. 1353–1362.
- Ogle, K., Whitham, T. and Cobb N. (2000). *Tree-ring variation in pinyon predicts likelihood of death following severe drought*. Ecology, 81:11, pp. 3237–3243.
- Panetsos, C.P. (1975). *Monograph of *Abies cephalonica* Loudon*. Annales Forestales, Zagreb, 7(1), 1-22.

- Paoletti, E. (2006). *Impact of ozone on Mediterranean forests: A review*. Environmental Pollution, 144, pp. 463-474.
- Paoletti, E., Schaub, M., Matyssek, R., Wieser, G., Augustaitis, A., Bastrup-Birk A.M., Bytnerowicz, A., Günthardt-Goerg, M.S., Müller-Starck, G. and Serengil, Y. (2010). *Advances of air pollution science: From forest decline to multiple-stress effects on forest ecosystem services*. Environmental Pollution 158, pp. 1986–1989.
- Papageorgiou, A.C., Kostoudi, C., Sorotos, I., Varsamis, G., Korakis, G. and Drouzas A.D. (2015). *Diversity in needle morphology and genetic markers in a marginal Abies cephalonica (Pinaceae) population*. Annals of Forest Research, 58:2, pp. 217-234.
- Parducci, L., Szmidt, A.E., Ribeiro, M.M. and Drouza, A.D. (2001). *Taxonomic position and origin of the endemic sicilian fir Abies nebrodensis (lojac.) Matte1 based on allozyme analysis*. Forest Genetics 8:2, pp.119-127
- Park, A., Puettmann, K., Wilson, E., Messier, C, Kames, S., and Dhar A. (2014). *Can Boreal and Temperate Forest Management be Adapted to the Uncertainties of 21st Century Climate Change?* Critical Reviews in Plant Sciences, 33:4, pp.251-285.
- Politi, P.I., Georghiou, K., and Arianoutsou, M. (2011). *Reproductive biology of Abies cephalonica Loudon in Mount Aenos National Park, Cephalonia, Greece*. Trees, 25, pp. 655–668.
- Raftoyannis, Y. and Radoglou, K. (2002) *Physiological responses of beech and sessile oak in a natural mixed stand during a dry summer*. Annals of Botany, 89, pp.723-730.
- Raftoyannis, Y., Spanos, I., and Radoglou, K. (2008). *The decline of Greek fir (Abies cephalonica Loudon): Relationships with root condition*. Plant Biosystems - An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology, 142:2, pp. 386-390.
- Rebetez, M., Mayer, H., Dupont, O., Schindler, D., Gartner, K., Kropp, J., Menzel, A. (2006). *Heat and drought 2003 in Europe: a climate synthesis*. Annales Forest Science 63, pp. 569-577.
- Repapis, C.C., Schuurmans, C.J.E., Zerefos, C.S and Ziomas J. (1989). *A Note on the Frequency of Occurrence of Severe Winters as Evidenced in Monastery and Historical Records from Greece During the Period 1200-1900 A.D*. Theoretical and Applied Climatology 39, pp.93-107.
- Ricklefs, R. (2004). *A comprehensive framework for global patterns in biodiversity*. Ecology Letters, 7, pp.1–15.

- Rouault, G., Candau, J.N., Lieutier, F., Nageleisen, L.M., Martin, J.C., Warzee, N. (2006). *Effects of drought and heat on forest insect populations in relation to the 2003 drought in Western Europe*. *Annals of Forest Science* 63, pp.613–624.
- Samaras, D., (2012). *The vegetation of Greek fir (Abies cephalonica Loudon) forests on the Oxia-North Vardousia mountain system, central Greece, in relation to drought*. Phd Thesis, Albert-Ludwigs Universitat, Freiburg im Breisgau, Germany, pp.199.
- Samaras, D., Gaertner, S., Reif, A. and Theodoropoulos, K., (2015). *Drought effects on the floristic differentiation of Greek fir forests in the mountains of central Greece*. *iForest-Biogeosience and Forestry*, 8, pp. 786-797.
- Sarris, D., Christodoulakis, D., Körner, C. (2007). *Recent decline in precipitation and tree growth in the eastern Mediterranean*. *Global Change Biology*, 13, pp. 1187-1200.
- Sarris, D., Christodoulakis, D., Körner, C. (2011). *Impact of recent climatic change on growth of low elevation eastern Mediterranean forest trees*. *Climate Change* 106, pp. 203-223.
- Sarris, D., Siegwolf, R. and Körner, C. (2013). *Inter- and intra-annual stable carbon and oxygen isotope signals in response to drought in Mediterranean pines*. *Agricultural and Forest Meteorology* 168, pp. 59– 68.
- Saxe, H., Cannell, M.G.R., Johnsen, B., Ryan, M.G., Vourlitis, G. (2001). *Tree and forest Functioning in response to global warming*. *New Phytologist* 149, pp. 369-399.
- Schütt, P., and Cowling, E.B. (1985). *Waldsterben, a general decline of forests in central, Europe: symptoms, development, and possible causes*. *Plant Dis.* 69, 548–558.
- Senevirante, S.I., Nicholls, N., Easterling, D. Goodess, C.M Kanae, S. Kossin, J. Luo, Y. Marengo, J., McInnes, K., Rahimi, M. Reichstein, M., Sorteberg, A. Vera, C. and Zhang, X. (2012): *Changes in climate extremes and their impacts on the natural physical environment*. In: *Intergovernmental Panel on Climate Change Special Report on Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation* [Field, C. B., Barros, V., Stocker, T.F., Qin, D., Dokken, D., Ebi, K.L., Mastrandrea, M. D., Mach, K. J., Plattner, G.-K., Allen, S. K., Tignor, M. and P. M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA
- of Forest Research, 24, pp. 469-472.
- Spanos, I., Ganatsas, P, and Raftoyannis, Y. (2008). *The root system architecture of young Greek fir (Abies cephalonica Loudon) trees*. *Plant Biosystems, An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*, 142:2, pp. 414-419

- Stephenson, L.N. (1990). *Climatic Control of Vegetation Distribution: The Role of the Water Balance*. The American Naturalist, 135:5, pp. 649-670.
- Suarez, M.L., Ghermandi, L., and Kitzberger, T. (2004). *Factors predisposing episodic drought-induced tree mortality in Nothofagus – site, climatic sensitivity and growth trends*. Journal of Ecology 92, pp. 954–966.
- Tsopelas, P. (1999). *Distribution and ecology of Armillaria species in Greece*. European Journal of Forest Pathology, 29, pp. 113-116.
- Tsopelas, P., Angelopoulos, a., Economou, A., Soulioti, N. (2004). *Mistletoe (viscum album) in the fir forest of Mount Parnis, Greece*. Forest Ecology and Management, 202 (1-3), pp. 59-65.
- Tsopelas, P., Korhonen, K. (1996). *Host and distribution of the inrsterility groups of Heterobasidion annosum in the highlands of Greece*. Forest Pathology, 26:1, pp. 4-11.
- Tutin, T.G., Burges, N.A., Chater, A.O., Edmondson, J.R., Heywood, V.H., Moore, D.M., Valentine, D.H., Walters, S.M., & Webb, D.A. (1993). Flora Europaea. Cambridge: Cambridge University Press. Van Gunst, K., Weisberg, P., Yang, J., Fan, Y . (2016). *Do denser forests have greater risk of tree mortality: A remote sensing analysis of density-dependent forest mortality*. Forest Ecology and Management 359, pp. 19–32
- Van Gunst, K., Weisberg, P., Yang, J., Fan, Y . (2016). *Do denser forests have greater risk of tree mortality: A remote sensing analysis of density-dependent forest mortality*. Forest Ecology and Management 359, pp. 19–32
- Van Mantgem, P.J., Stephenson, N.L. (2007). *Apparent climatically induced increase of tree mortality rates in a temperate forest*. Ecol. Lett. 10, pp. 909–916.
- Van Mantgem, P.J., Stephenson, N.L., Byrne, J.C., Daniels, L.D., Franklin, J.F., Fulé, P.Z., Harmon, M.E., Larson, A.J., Smith, J.M., Taylor, A.H. and Veblen, T.T. (2009). *Widespread increase of tree mortality rates in the western United States*. Science 323, pp. 521–524.
- White, M.A., Running, S.W., Thornton, P.E., (1999). *The impact of growing-season length variability on carbon assimilation and evapotranspiration over 88 years in the eastern US deciduous forest*. International Journal of Biometeorology, 4, pp.19-145.
- Wilhite, D. (2000). *Chapter 1 Drought as a Natural Hazard: Concepts and Definitions*. Drought Mitigation Center Faculty Publications Paper 69. <http://digitalcommons.unl.edu/droughtfacpub/69>. Πρόσβαση 20-4-2016

- Wilhite, D. and Glantz M. (1985). *Understanding: the Drought Phenomenon: The Role of Definitions*. Water International, 10:3, pp.111-120.
- Xoplaki, E., Gonzalez-Rouco, J.F., Luterbacherand, J. and Wanner, H. (2004). *Wet season Mediterraneanprecipitationvariability:influenceoflarge-scaledynamics*. ClimateDynamics, 23, pp.63-78.
- Xystrakis, F., (2009). The drought tolerance limit of European beech (*Fagus sylvatica* L.) stands on Mt. Olympus, NC Greece. PhD Thesis, Albert-Ludwigs Universität Freiburg im Breisgau, Germany.

Ελληνική Βιβλιογραφία

- Regato, P., Κορακάκη, Ε. (για το 2ο κεφάλαιο της ελληνικής έκδοσης), (2010). *Τα Μεσογειακά Δάση απέναντι στην Παγκόσμια Κλιματική Αλλαγή*. WWF Ελλάς.http://www.wwf.gr/images/pdfs/gr_adapting.pdf Πρόσβαση 25-6-2016
- Α.Π.Θ. (Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης) (2012). *Ερευνα σχετικά με την ξήρανση της ελάτης στην περιοχή του Παρνασσού*. Θεσσαλονίκη, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Αθανασίου, Ζ. (1994). Σημειώσεις του μαθήματος Δασοπροστασία Ι – Δασική Παθολογία. Τ.Ε.Ι. Λάρισας, Παράρτημα Καρδίτσας, Τμήμα Δασοπονίας, Καρδίτσα
- Αραμπατζής, Θ.Ι. (1998). Θάμνοι και Δέντρα στην Ελλάδα. Τόμος Ι. Δράμα. Οικολογική Κίνηση Δράμας
- Γκούβας, Μ., Σακελλαρίου, Ν. (2011). *Κλίμα και Δασική Βλάστηση της Ελλάδας*. Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, Ινστιτούτο Ερευνών Περιβάλλοντος και Βιώσιμης ανάπτυξης, Τεχνική Βιβλιοθήκη, Δημοσίευμα 1/2011. Αθήνα.
- Δασαρχείο Βυτίνας (1995). *Δασοπονική Μελέτη Συμπλέγματος Ελατοδασών Ανατολικού Μαινάλου*. Βυτίνα.
- Διαμαντής, Σ. (199). *Κλιματικές συνθήκες στη ζώνη της ελάτης κατά την περίοδο 1960-1988*. Διημερίδα «Ξήρανση Ελατοδασών», Τρίπολη, 5 & 6 Δεκεμβρίου 1989.
- Καϊλίδης, Δ.Σ. (1963). *Προσβολή και ξήρανση ελάτης περιοχής Ανατολικού Μαινάλου Πελοποννήσου*. Δασικά Χρονικά 6, σελ. 41-54.
- Καϊλίδης, Δ.Σ. και Μαρκάλας, Σ. (1989). *Ξηρασία και η πλέον Καταστροφική Δευτερογενής Επιδημία Φλοιοφάγων Εντόμων στα Ελατοδάση και Λοιπά Δάση της Ελλάδας το 1989*. Διημερίδα «Ξήρανση Ελατοδασών», Τρίπολη, 5 & 6 Δεκεμβρίου 1989.

- Κοράκης, Γ., 2015. Δασική Βοτανική. Αυτοφυή δέντρα και θάμνοι της Ελλάδας. Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά Συγγράμματα και Βοηθήματα <https://repository.kallipos.gr/handle/11419/742> Πρόσβαση 25-6-2016
- Λέκκας, Σ., Αλεξόπουλος, Α. & Δανάμος, Γ. (1991). Παρατηρήσεις επί της δομής των κατωτέρων οριζόντων της ενότητας της Τρίπολης στην νοτιοανατολική Πελοπόννησο. Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρ. 25(1), 387-398.
- Μαρκάλας, Σ. (1989). Φλοιοφάγα Έντομα Ελάτης και η Σημασία τους στη Νέκρωση των Ελληνικών Ελατοδασών. Δημερίδα «Ξήρανση Ελατοδασών», Τρίπολη, 5 & 6 Δεκεμβρίου 1989.
- Μητσόπουλος, Δ. (1983). Προσδιορισμός Ποικιλότητας της Ελάτης της Ελλάδος με τη χρήση Χημικών και Μορφολογικών Χαρακτηριστικών. Διδακτορική Διατριβή. Επιστημονική Επετηρίδα Τμήματος Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος Α.Π.Θ. Παράρτημα 1 του ΚΣΤ' Τόμου, Θεσσαλονίκη.
- Μπαλούτσος, Γ., Μπουρλέτσικας, Α., Γκούμα, Β. Η Ξηρασία: Ένα επικίνδυνο ακραίο κλιματικό φαινόμενο με ιδιαιτερότητες στη διαχείρισή του. Ινστιτούτο Μεσογειακών Δασικών Οικοσυστημάτων και Τεχνολογίας Δασικών Προϊόντων. <http://www.nagref.gr/journals/ethg/images/24/ethg24p10-13.pdf> Πρόσβαση 6-6-2016.
- Μπάουμαν, Ε., 1984. Η ελληνική χλωρίδα στο μύθο, στην τέχνη, στη λογοτεχνία. Απόδοση στα ελληνικά Μπρούσαλης Π. Β' Έκδοση, Ελληνική εταιρεία προστασίας της Φύσεως, Αθήνα, 1993. <http://www.24grammata.com/wp-content/uploads/2011/01/Elliniki-Xlorida.pdf>. Πρόσβαση 25-6-2016.
- Ντάφης, Σπ. (1986). Δασική Οικολογία. Θεσσαλονίκη. Θεσσαλονίκη, Εκδόσεις Γιαχούδη.
- Ντάφης, Σπ. (1992) Εφηρμοσμένη Δασοκομική. Θεσσαλονίκη, Εκδόσεις Γιαχούδη.
- Σαρλής, Γ. (1999). Συστηματική βοτανική. Εφαρμογές κορμοφύτων. Πειραιάς, Εκδόσεις Αθ. Σταμούλη.
- Τράπεζα της Ελλάδας (2011α). Οι Περιβαλλοντικές, Οικονομικές και Κοινωνικές Επιπτώσεις της Κλιματικής Αλλαγής στην Ελλάδα. Αθήνα, Τράπεζα της Ελλάδας.
- Τράπεζα της Ελλάδας (2011β). Οικονομικές και Φυσικές Επιπτώσεις της Κλιματικής Μεταβολής στα Δάση και τα Δασικά Οικοσυστήματα της Ελλάδας. Αθήνα, Τράπεζα της Ελλάδας.
- Τσόπελας, Π., Μπαλούτσος, Γ., Οικονόμου, Α., Σουλιώτη, Ν. & Αγγελόπουλος, Α. (2003). Νεκρώσεις ελάτης στον Εθνικό Δρυμό της Πάρνηθας. Πρακτικά 11ου

Πανελληνίου Δασολογικού Συνεδρίου, Ολυμπία, Οκτώβριος 2003, Ελληνική Δασολογική Εταιρεία σελ. 50-57.

Δικτυακοί Τόποι

- American Meteorological Society (AMS)
<https://www.ametsoc.org> (Πρόσβαση 5-4-2016)
- EPA United States Environmental Protection Agency, 9-9-2013 “Overview of Greenhouse Gases”.
<http://www.epa.gov/climatechange/ghgemissions/gases.html> .Πρόσβαση 5-4-2016
- NASA, “ What's the Difference Between Weather and Climate?”
http://www.nasa.gov/mission_pages/noaa-n/climate/climate_weather.html
- Naturagraeca
Ένας οδηγός για την άγρια ελληνική φύση
. <http://www.naturagraeca.com>. Πρόσβαση 20-3-2016
- Open e class <https://e-class.teilar.gr/> Πρόσβαση 2-9-2016
- The Arnold Arboretum of Harvard University
<http://arnoldia.arboretum.harvard.edu/pdf/articles/730.pdf> Πρόσβαση 20-3-2016
- The Gymnosperm Database.
<http://www.conifers.org>. Πρόσβαση 20-4-2016
- The IUCN Red List of Threatened Species
<http://www.iucnredlist.org/> Πρόσβαση 22-8-2016
- USGS
<http://water.usgs.gov/edu/watercycleprecipitation.html> Πρόσβαση 2-3-2016
- World Meteorological Organization, “Understanding Climate”
www.wmo.int Πρόσβαση 5-4-2016
- Δικτυακός τόπος για τη Φύση και τη Βιοποικιλότητα.
<http://www.biodiversity-info.gr/index.php/greek-nature-and-biodiversity/species/flora/abies-cephalonica#> Πρόσβαση 25-6-2016
- Ερπετά και αμφίβια της Ελλάδας
<http://www.herpetofauna.gr/> Πρόσβαση 22-8-2016
- Η Βιοποικιλότητα στην Ελλάδα.
<http://www.biodiversity.gr/> Πρόσβαση 22-8-2016

- ΦΙΛΟΤΗΣ. Βάση Δεδομένων για την Ελληνική φύση.
<https://filotis.itia.ntua.gr> Πρόσβαση 20-3-2016
- Φορέας Διαχείρισης Εθνικού Δρυμού Αίνου
<http://www.foreasainou.gr/> Πρόσβαση 20-3-2016

Παραρτήματα

Παράρτημα 1

Πίνακες βασιζόμενοι στα στοιχεία της Δασοπονικής Μελέτης

Πίνακας 1.1: Μορφολογικά χαρακτηριστικά τμημάτων

Α/Α	Υψόμετρο		Έκθεση προς τον Ορίζοντα	Κλίση Εδάφους %		Συγκρόμωση	Ποιότητα Τόπου	Ηλικία		
	Ελάχιστο	Μέγιστο		Ελάχιστη	Μέγιστη			Ελάχιστη	Μέγιστη	Μέση
1	1100	1500	B - ΒΔ	30	70	0,92	II	1	160	89
2	1100	1400	B	40	80	0,83	III	1	160	87
3	1100	1350	Δ	40	60	0,52	III	1	160	89
4	1100	1350	B - ΒΔ	50	70	0,54	II	1	160	101
5	1100	1350	Δ - ΒΑ	30	60	0,75	II	1	160	75
6	1200	1400	B	20	50	0,80	II	1	160	103
7	1300	1700	Δ - ΝΔ	40	70	0,73	III	1	160	116
8	1300	1700	Δ	40	70	0,88	II	1	160	100
9	1300	1700	Δ	40	70	0,94	II	1	160	95
10	1300	1600	Δ - ΝΔ - ΒΔ	30	60	1,23	II	1	160	95
11	1250	1700	Δ - ΒΔ - ΝΔ	50	70	1,08	II	1	160	96
12	1100	1200	Δ	30	50	0,71	II	1	160	84
13	1200	1700	Δ - ΒΔ	30	70	0,90	II	1	160	104

Α/Α	Υψόμετρο		Έκθεση προς τον Ορίζοντα	Κλίση Εδάφους %		Συγκόμιση	Ποιότητα Τόπου	Ηλικία		
	Ελάχιστο	Μέγιστο		Ελάχιστη	Μέγιστη			Ελάχιστη	Μέγιστη	Μέση
14	1200	1700	Δ - ΒΔ - ΝΔ	50	70	0,88	III	1	160	100
15	1200	1700	Δ - ΝΔ - ΒΔ	40	70	0,82	II	1	160	104
16	1300	1750	ΒΔ	40	80	0,95	II	1	160	92
17	1300	1700	Β	30	70	1,11	II	1	160	99
18	1300	1600	Δ - ΝΔ	30	60	1,22	II	1	160	93
19	1300	1600	Δ	30	60	1,00	III	1	160	103
20	1400	1700	Β - ΒΔ - ΒΑ	20	60	1,14	II	1	160	99
21	1400	1700	Ν - ΝΑ	40	60	0,99	III	1	160	97
22	1300	1700	Β - ΒΔ - ΒΑ	20	60	0,92	III	1	160	93
23	1300	1650	Ν - ΝΑ	40	70	0,89	III	1	160	94
24	1100	1650	Δ - ΒΔ - ΝΔ	40	70	0,87	III	1	160	94
25	1000	1600	Δ	40	70	0,94	III	1	160	102
26	1100	1200	Δ - ΝΔ	30	50	0,71	III	1	160	96
27	1000	1200	Α	30	60	0,71	III	1	160	96
28	950	1300	Δ	40	70	0,71	III	1	160	96
29	1200	1600	Δ - ΒΔ	40	70	0,95	III	1	160	87
30	900	1560	Δ - ΒΔ	40	70	1,00	II	1	160	87
31	1250	1550	Β - ΒΑ - Α	30	70	0,95	III	1	160	91
32	1350	1730	Β	40	70	1,09	II	1	160	96
33	1350	1550	Β - ΒΔ - Δ - Ν	40	60	1,25	II	1	160	97
34	1300	1450	Δ - ΝΔ	20	60	0,95	III	1	160	98
35	1000	1450	Δ	20	7	0,77	III	1	160	93
36	800	1400	Β - ΒΑ	40	70	0,95	III	1	90	98

Α/Α	Υψόμετρο		Έκθεση προς τον Ορίζοντα	Κλίση Εδάφους %		Συγκόμιση	Ποιότητα Γόπου	Ηλικία		
	Ελάχιστο	Μέγιστο		Ελάχιστη	Μέγιστη			Ελάχιστη	Μέγιστη	Μέση
37	1000	1450	A - BA	40	70	0,95	III	1	110	98
38	1000	1450	B - ΒΔ	40	70	0,95	III	1	130	98
39	800	1300	B - ΒΔ - Δ	30	60	0,95	III	1	110	98
40	900	1300	A - BA	40	70	0,95	III	1	110	98
41	1250	1500	B - BA	20	40	0,95	III	1	110	98
42	1250	1470	A - BA	30	70	0,95	III	1	110	98
43	1100	1470	A	40	70	0,95	III	1	110	98
44	1200	1500	NA	40	70	0,95	III	1	150	98
45	1200	1500	B - Δ	20	50	0,95	III	1	140	98
46	1000	1600	B - BA	30	70	0,95	III	1	110	98
47	1050	1600	A - BA	40	70	0,95	III	1	110	98
48	900	1600	N - A	40	70	0,95	III	1	110	98
49	900	1600	A	40	80	0,95	III	1	110	98
50	1200	1650	A - BA	50	80	1,25	II	1	160	93
51	1250	1550	A - BA	40	60	0,85	II	1	160	89
52	1400	1550	Δ	40	60	1,16	III	1	140	103
53	1400	1700	A	40	60	1,19	II	1	160	91
54	1440	1650	Δ	40	60	1,40	III	1	150	88
55	1400	1700	B - BA	20	50	1,00	III	1	160	92
56	1400	1600	B - BA	20	40	0,92	III	1	140	94
57	1580	1700	B - ΒΔ - BA	30	60	1,26	II	1	170	93
58	1640	1760	B - Δ	30	60	0,99	II	1	160	93
59	1250	1700	NA	30	70	1,03	II	1	160	97

Α/Α	Υψόμετρο		Έκθεση προς τον Ορίζοντα	Κλίση Εδάφους %		Συγκόμιση	Ποιότητα Τόπου	Ηλικία		
	Ελάχιστο	Μέγιστο		Ελάχιστη	Μέγιστη			Ελάχιστη	Μέγιστη	Μέση
60	1300	1700	Δ - ΝΔ	30	70	0,73	III	1	160	98
61	1200	1600	Δ	40	70	1,80	III	1	160	98
62	1250	1700	N - NA	60	70	0,92	III	1	160	91
63	1250	1450	Δ - ΝΔ	40	70	0,88	II	1	160	90
64*										
65	1100	1200	Δ	20	40	0,81	II	1	140	90
66	1150	1600	Δ	20	70	0,82	III	1	160	86
67	1200	1550	Δ - ΝΔ	40	70	0,96	III	1	160	91
68	1100	1500	Δ	20	60	0,82	II	1	160	99
69	1100	1500	Δ - ΝΔ	20	70	0,80	III	1	160	88
70	1000	1100	NA	20	50	0,75	III	1	160	73
71	1000	1500	ΝΔ - N	40	70	0,99	III	1	160	94
72	1100	1400	N - NA - ΝΔ - BA	30	70	0,97	III	1	160	86
73	1000	1200	Δ	40	60	0,80	II	1	110	86
74*										
75	1000	1500	Δ - ΒΔ	50	60	0,80	III	1	130	73
76	1000	1300	Δ - ΝΔ	40	60	0,80	III	1	110	73
77	1000	1320	Δ	30	60	0,80	III	1	110	73
78	1000	1440	Δ - ΝΔ	30	60	0,80	III	1	100	73
79	900	1460	B - BA	40	60	0,80	III	1	100	73
80	1050	1520	A - N - NA	40	70	0,69	III	1	110	88
81	850	1520	BA - ΒΔ	50	70	0,69	III	1	130	88
82	1000	1500	B - BA	40	60	0,69	III	1	130	88

Α/Α	Υψόμετρο		Έκθεση προς τον Ορίζοντα	Κλίση Εδάφους %		Συγκόμωση	Ποιότητα Τόπου	Ηλικία		
	Ελάχιστο	Μέγιστο		Ελάχιστη	Μέγιστη			Ελάχιστη	Μέγιστη	Μέση
83	1100	1440	B	50	70	0,69	III	1	130	88
84	1300	1600	N	50	80	0,67	II	1	140	89
85	1100	1600	N - ΝΔ	50	80	1,01	II	1	160	96
86	1100	1600	A - ΝΑ	50	80	0,86	III	1	140	73

*Για τα τμήματα 64 και 74 δεν υπήρχαν περιγραφικά στοιχεία καθώς αυτά δε διαχειρίζονται.

Πίνακας 1.2: Προϋπολογισθέν λήμμα ανά δασικό διαχειριστικό έτος

Έτος	Τμήμα	Τεχνική Στρογγύλη Ξυλεία άνω των 2μ. σε κ.μ.	Τεχνική Στρογγύλη Ξυλεία κάτω των 2μ. σε κ.μ.	Εύλο Θρομματισμού σε κ.μ.	Καρσόξυλα σε κ.μ.	Συνολικός Ευλώδης Όγκος
Διαχειριστική ετών 1979-1988						
1979	66	800	100	600	500	2000
	67	920	115	690	575	2300
	68	400	50	300	250	1000
	65	800	100	600	500	2000
	70	400	50	300	250	1000
	71	1000	125	750	625	2500
	ΣΥΝΟΛΟ	4320	540	3240	2700	10800
1980	20	2600	325	1950	1625	6500
	58	2400	300	1800	1500	6000
	ΣΥΝΟΛΟ	5000	625	3750	3125	12500
1981	57	1400	175	1050	875	3500
	53	1000	125	750	625	2500
	55	1200	150	900	750	3000
	56	800	100	600	500	2000
	21	200	25	150	125	500
	ΣΥΝΟΛΟ	4600	575	3450	2875	11500

Έτος	Τμήμα	Τεχνική Στρογγύλη Ξυλεία άνω των 2μ. σε κ.μ.	Τεχνική Στρογγύλη Ξυλεία κάτω των 2μ. σε κ.μ.	Ξύλο Θρυμματισμού σε κ.μ.	Κασοξέυλα σε κ.μ.	Συνολικός Ξυλώδης Όγκος
1982	22	1280	160	960	800	3200
	32	480	60	360	300	1200
	31	1520	190	1140	950	3800
	33	280	35	210	175	700
	34	160	20	120	100	400
	35	320	40	240	200	800
	36	320	40	240	200	800
	37	120	15	90	75	300
	38	280	35	210	175	700
	ΣΥΝΟΛΟ	4760	595	3570	2975	11900
1983	30	1520	190	1140	950	3800
	28	320	40	240	200	800
	29	400	50	300	250	1000
	25	600	75	450	375	1500
	23	1400	175	1050	875	3500
		ΣΥΝΟΛΟ	4240	530	3180	2650
1984	24	1600	200	1200	1000	4000
	17	1000	125	750	625	2500
	18	320	40	240	200	800
	16	440	55	330	275	1100
	15	600	75	450	375	1500
	19	280	35	210	175	700
		ΣΥΝΟΛΟ	4240	530	3180	2650
1985	14	600	75	450	375	1500
	13	320	40	240	200	800
	12	240	30	180	150	600
	11	480	60	360	300	1200
	10	240	30	180	150	600
	9	400	50	300	250	1000
	5	480	60	360	300	1200
	6	200	25	150	125	500
	4	200	25	150	125	500
	3	200	25	150	125	500
	1	640	80	480	400	1600
	2	600	75	450	375	1500
	ΣΥΝΟΛΟ	4600	575	3450	2875	11500
1986	8	400	50	300	250	1000
	7	280	35	210	175	700
	59	1520	190	1140	950	3800

Έτος	Τμήμα	Τεχνική Στρογγύλη Ξυλεία άνω των 2μ. σε κ.μ.	Τεχνική Στρογγύλη Ξυλεία κάτω των 2μ. σε κ.μ.	Ξύλο Θρυμματισμού σε κ.μ.	Καυσόξυλα σε κ.μ.	Συνολικός Ξυλώδης Όγκος
	60	1400	175	1050	875	3500
	54	320	40	240	200	800
	52	200	25	150	125	500
	ΣΥΝΟΛΟ	4120	515	3090	2575	10300
1987	45	1000	125	750	625	2500
	51	1000	125	750	625	2500
	50	1000	125	750	625	2500
	44	400	50	300	250	1000
	86	1200	150	900	750	3000
	ΣΥΝΟΛΟ	4600	575	3450	2875	11500
1988	72	1200	150	900	750	3000
	81	720	90	540	450	1800
	82	720	90	540	450	1800
	83	800	100	600	500	2000
	84	400	50	300	250	1000
	85	480	60	360	300	1200
	ΣΥΝΟΛΟ	4320	540	3240	2700	10800
Διαχειριστική ετών 1996-2005						
1996	32	1080	135	810	675	2700
	50	1520	190	1140	950	3800
	66	1520	190	1140	950	3800
	67	2200	275	1650	1375	5500
	68	2800	350	2100	1750	7000
	ΣΥΝΟΛΟ	9120	1140	6840	5700	22800
1997	20	3600	450	2700	2250	9000
	58	1480	185	1110	925	3700
	71	3120	390	2340	1950	7800
	ΣΥΝΟΛΟ	8200	1025	6150	5125	20500
1998	21	480	60	360	300	1200
	55	1880	235	1410	1175	4700
	56	1400	175	1050	875	3500
	72	2480	310	1860	1550	6200
	84	1080	135	810	675	2700
	86	1200	150	900	750	3000
	ΣΥΝΟΛΟ	8520	1065	6390	5325	21300
1999	22	1140	180	1080	900	3300
	31	2240	280	1680	1400	5600
	53	2600	325	1950	1625	6500

Έτος	Τμήμα	Τεχνική Στρογγύλη Ξυλεία άνω των 2μ. σε κ.μ.	Τεχνική Στρογγύλη Ξυλεία κάτω των 2μ. σε κ.μ.	Ξύλο Θρυμματισμού σε κ.μ.	Κασοξύλα σε κ.μ.	Συνολικός Ξυλώδης Όγκος
	57	1400	175	1050	875	3500
	ΣΥΝΟΛΟ	7380	960	5760	4800	18900
2000	23	1920	240	1440	1200	4800
	25	1440	180	1080	900	3600
	28	920	115	690	575	2300
	29	680	85	510	425	1700
	30	3080	385	2310	1925	7700
	70	320	40	240	200	800
	ΣΥΝΟΛΟ	8360	1045	6270	5225	20900
2001	10	1200	150	900	750	3000
	16	840	105	630	525	2100
	17	1560	195	1170	975	3900
	18	560	70	420	350	1400
	19	320	40	240	200	800
	24					7300
	34					800
	35					1400
ΣΥΝΟΛΟ	4480	560	3360	2800	20700	
2002	1	1720	215	1290	1075	4300
	2	560	70	420	350	1400
	5	400	50	300	250	1000
	6	400	50	300	250	1000
	7	160	20	120	100	400
	8	480	60	360	300	1200
	11	1160	145	870	725	2900
	13	440	55	330	275	1100
	14	1440	180	1080	900	3600
	15	440	55	330	275	1100
	73	1080	135	810	675	2700
ΣΥΝΟΛΟ	8280	1035	6210	5175	20700	
2003	3	40	5	30	25	100
	9	800	100	600	500	2000
	33	1640	205	1230	1025	4100
	52	440	55	330	275	1100
	60	1560	195	1170	975	3900
	83	840	105	630	525	2100
	85	3000	375	2250	1875	7500
ΣΥΝΟΛΟ	8320	1040	6240	5200	20800	
2004	59	4640	580	3480	2900	11600

Έτος	Τμήμα	Τεχνική Στρογγύλη Ξυλεία άνω των 2μ. σε κ.μ.	Τεχνική Στρογγύλη Ξυλεία κάτω των 2μ. σε κ.μ.	Ξύλο Θρυμματισμού σε κ.μ.	Καυσόξυλα σε κ.μ.	Συνολικός Ξυλώδης Όγκος
	65	3640	455	2730	2275	9100
	ΣΥΝΟΛΟ	8280	1035	6210	5175	20700
2005	4	80	10	60	50	200
	12	200	25	150	125	500
	51	1000	125	750	625	2500
	54	1600	200	1200	1000	4000
	61	1840	230	1380	1150	4600
	62	2400	300	1800	1500	6000
	63	1240	155	930	775	3100
	ΣΥΝΟΛΟ	8360	1045	6270	5225	20900

Πίνακας 1.3: Προϋπολογισθέν λήμμα ανά τμήμα για την περίοδο 1985-2010

Τμήμα	Τεχνική Στρογγύλη Ξυλεία άνω των 2μ. σε κ.μ.	Τεχνική Στρογγύλη Ξυλεία κάτω των 2μ. σε κ.μ.	Ξύλο Θρυμματισμού σε κ.μ.	Καυσόξυλα σε κ.μ.	Συνολικός Ξυλώδης Όγκος
1	2016	252	1512	1260	5040
2	1048	131	786	655	2620
3	232	29	174	145	580
4	264	33	198	165	660
5	800	100	600	500	2000
6	520	65	390	325	1300
7	408	51	306	255	1020
8	784	98	588	490	1960
9	1040	130	780	650	2600
10	1200	150	900	750	3000
11	1408	176	1056	880	3520
12	400	50	300	250	1000
13	672	84	504	420	1680
14	1752	219	1314	1095	4380
15	352	44	264	220	880
16	672	84	504	420	1680
17	1248	156	936	780	3120
18	448	56	336	280	1120
19	256	32	192	160	640

Τμήμα	Τεχνική Στρογγύλη Ξυλεία άνω των 2μ. σε κ.μ.	Τεχνική Στρογγύλη Ξυλεία κάτω των 2μ. σε κ.μ.	Ξύλο Θρυμματισμού σε κ.μ.	Καυσόξυλα σε κ.μ.	Συνολικός Ξυλώδης Όγκος
20	2880	360	2160	1800	7200
21	384	48	288	240	960
22	912	144	864	720	2640
23	1536	192	1152	960	3840
24	0	0	0	0	0
25	1152	144	864	720	2880
26	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0
28	736	92	552	460	1840
29	544	68	408	340	1360
30	2464	308	1848	1540	6160
31	1792	224	1344	1120	4480
32	864	108	648	540	2160
33	1312	164	984	820	3280
34	0	0	0	0	0
35	0	0	0	0	0
36	0	0	0	0	0
37	0	0	0	0	0
38	0	0	0	0	0
39	0	0	0	0	0
40	0	0	0	0	0
41	0	0	0	0	0
42	0	0	0	0	0
43	0	0	0	0	0
44	400	50	300	250	1000
45	1000	125	750	625	2500
46	0	0	0	0	0
47	0	0	0	0	0
48	0	0	0	0	0
49	1000	125	750	625	2500
50	2216	277	1662	1385	5540
51	1800	225	1350	1125	4500
52	552	69	414	345	1380
53	2080	260	1560	1300	5200
54	1600	200	1200	1000	4000
55	1504	188	1128	940	3760
56	1120	140	840	700	2800
57	1120	140	840	700	2800
58	1184	148	888	740	2960
59	5232	654	3924	3270	13080
60	2648	331	1986	1655	6620
61	1472	184	1104	920	3680

Τμήμα	Τεχνική Στρογγύλη Ξυλεία άνω των 2μ. σε κ.μ.	Τεχνική Στρογγύλη Ξυλεία κάτω των 2μ. σε κ.μ.	Ξύλο Θρυμματισμού σε κ.μ.	Καυσόξυλα σε κ.μ.	Συνολικός Ξυλώδης Όγκος
62	1920	240	1440	1200	4800
63	992	124	744	620	2480
64	0	0	0	0	0
65	2912	364	2184	1820	7280
66	1216	152	912	760	3040
67	1760	220	1320	1100	4400
68	2240	280	1680	1400	5600
69	0	0	0	0	0
70	256	32	192	160	640
71	2496	312	1872	1560	6240
72	3184	398	2388	1990	7960
73	864	108	648	540	2160
74	0	0	0	0	0
75	0	0	0	0	0
76	0	0	0	0	0
77	0	0	0	0	0
78	0	0	0	0	0
79	0	0	0	0	0
80	0	0	0	0	0
87	720	90	540	450	1800
82	720	90	540	450	1800
83	1472	184	1104	920	3680
84	1264	158	948	790	3160
85	2880	360	2160	1800	7200
86	2160	270	1620	1350	5400

Παράρτημα 2

Στατιστική Ανάλυση

Πίνακας 2.1: Δοκιμή One-Sample Kolmogorov-Smirnov, Μέσου Υψομέτρου

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test <u>Μέσου Υψομέτρου</u>			
		Μταβλητή 1	Μταβλητή 2
N		11	20
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	1273,1818	1311,7500
	Std. Deviation	160,11360	140,05896
Most Extreme Differences	Absolute	,143	,182
	Positive	,143	,182
	Negative	-,138	-,118
Kolmogorov-Smirnov Z		,474	,815
Asymp. Sig. (2-tailed)		,978	,520
a. Test distribution is Normal.			
b. Calculated from data.			

Πίνακας 2.2: One-Sample Kolmogorov-Smirnov, MIN Κλίσης

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test <u>MIN Κλίσης</u>			
		Μεταβλητή 1	Μεταβλητή 2
N		11	20
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	,3727	,3600
	Std. Deviation	,07862	,08826
Most Extreme Differences	Absolute	,363	,225
	Positive	,273	,202
	Negative	-,363	-,225
Kolmogorov-Smirnov Z		1,204	1,005
Asymp. Sig. (2-tailed)		,110	,264
a. Test distribution is Normal.			
b. Calculated from data.			

Πίνακας 2.3: Δοκιμή One-Sample Kolmogorov-Smirnov, MAX Κλίσης

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test <i>MAX Κλίσης</i>			
		Μεταβλητή 1	Μεταβλητή 2
N		11	20
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	,6636	,6700
	Std. Deviation	,09244	,06569
Most Extreme Differences	Absolute	,380	,376
	Positive	,256	,274
	Negative	-,380	-,376
Kolmogorov-Smirnov Z		1,261	1,682
Asymp. Sig. (2-tailed)		,083	,007
a. Test distribution is Normal.			
b. Calculated from data.			

Πίνακας 2.4: Δοκιμή One-Sample Kolmogorov-Smirnov, Συγκόμωση

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test <i>Συγκόμωση</i>			
		Μεταβλητή 1	Μεταβλητή 2
N		11	20
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	,8482	,8365
	Std. Deviation	,11453	,13770
Most Extreme Differences	Absolute	,168	,224
	Positive	,168	,205
	Negative	-,152	-,224
Kolmogorov-Smirnov Z		,557	1,001
Asymp. Sig. (2-tailed)		,915	,269
a. Test distribution is Normal.			
b. Calculated from data.			

Πίνακας 2.5: Δοκιμή One-Sample Kolmogorov-Smirnov, Μέσης Ηλικίας

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test			
Μέση Ηλικία			
		VAR00003	VAR00004
N		11	20
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	94,0000	93,3500
	Std. Deviation	8,40238	10,76190
Most Extreme Differences	Absolute	,227	,217
	Positive	,133	,139
	Negative	-,227	-,217
Kolmogorov-Smirnov Z		,754	0,971
Asymp. Sig. (2-tailed)		,621	,302
a. Test distribution is Normal.			
b. Calculated from data.			

Πίνακας 2.6: Δοκιμή One-Sample Kolmogorov-Smirnov, Max Ηλικίας

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test			
Max Ηλικία			
		Μεταβλητή 1	Μεταβλητή 2
N		11	20
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	160,0000	146,0000
	Std. Deviation	,00000 ^c	20,87557
Most Extreme Differences	Absolute		,399
	Positive		,251
	Negative		-,399
Kolmogorov-Smirnov Z			1,783
Asymp. Sig. (2-tailed)			,003
a. Test distribution is Normal.			
b. Calculated from data.			
c. The distribution has no variance for this variable. One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test cannot be performed.			

Πίνακας 2.7: Δοκιμή One-Sample Kolmogorov-Smirnov, Ξύλο Θρυμματισμού και Καυσόξυλων.

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test Ξύλο Θρυμματισμού και Καυσόξυλα			
		Μεταβλητή 1	Μεταβλητή 2
N		11	20
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	1306,0909	250,0200
	Std. Deviation	483,47945	152,14767
Most Extreme Differences	Absolute	,139	,157
	Positive	,139	,157
	Negative	-,119	-,118
Kolmogorov-Smirnov Z		,462	0,702
Asymp. Sig. (2-tailed)		,983	,707
a. Test distribution is Normal.			
b. Calculated from data.			

Όπου *Μεταβλητή 1* το σύνολο των τμημάτων που εμφανίζουν υψηλή θνησιμότητα ($\Delta\Theta\Pi > 1$) και *Μεταβλητή 2* το σύνολο των υπολοίπων τμημάτων.

Από τα αποτελέσματα των ανωτέρω πινάκων προκύπτει ότι η κατανομή των δεδομένων είναι συμβατή με την κανονική κατανομή.

Στη συνέχεια με τη χρήση του προγράμματος Excel πραγματοποιήθηκε η ο έλεγχος F-test των διακυμάνσεων των δύο μεταβλητών και ο έλεγχος t-test των δύο μεταβλητών με υποτιθέμενες ίσες ή άνισες διακυμάνσεις.

Πίνακας 2.8: Αποτελέσματα του Ελέγχου F των διακυμάνσεων δύο δειγμάτων.

Έλεγχος F των διακυμάνσεων δύο δειγμάτων				
Μέσου υψομέτρου			Ελάχιστης (MIN) Κλίσης	
	Μεταβλητή 1	Μεταβλητή 2	Μεταβλητή 1	Μεταβλητή 2
Μέσος	1273,181818	1311,75	0,372727273	0,36
Διακύμανση	25636,36364	19616,51316	0,006181818	0,007789474
Μέγεθος δείγματος	11	20	11	20
βαθμοί ελευθερίας	10	19	10	19
F	1,306876682		0,793611794	
P(F<=f) μονόπλευρη	0,294785945		0,363921456	
F κρίσιμο, μονόπλευρο	2,377933687		0,359009037	
Συγκόμωσης			Μέγιστης (MAX) Κλίσης	
	Μεταβλητή 1	Μεταβλητή 2	Μεταβλητή 1	Μεταβλητή 2
Μέσος	0,848181818	0,8365	0,663636364	0,67
Διακύμανση	0,013116364	0,018960789	0,008545455	0,004315789
Μέγεθος δείγματος	11	20	11	20
βαθμοί ελευθερίας	10	19	10	19
F	0,691762527		1,980044346	
P(F<=f) μονόπλευρη	0,279714137		0,096033429	
F κρίσιμο, μονόπλευρο	0,359009037		2,377933687	
Μέγιστης (MAX) Ηλικίας			Μέσης Ηλικίας	
	Μεταβλητή 1	Μεταβλητή 2	Μεταβλητή 1	Μεταβλητή 2
Μέσος	160	146	94	93,35
Διακύμανση	0	435,7894737	70,6	115,8184211
Μέγεθος δείγματος	11	20	11	20
βαθμοί ελευθερίας	10	19	10	19
F	0		0,609574879	
P(F<=f) μονόπλευρη	0		0,21277062	
F κρίσιμο, μονόπλευρο	0,359009037		0,359009037	
Ξύλου θρυμματισμού				
	Μεταβλητή 1	Μεταβλητή 2		
Μέσος	1306,090909	250,02		
Διακύμανση	233752,3789	23148,91326		
Μέγεθος δείγματος	11	20		
βαθμοί ελευθερίας	10	19		
F	10,09776901			
P(F<=f) μονόπλευρη	1,14197E-05			
F κρίσιμο, μονόπλευρο	2,377933687			

Πίνακας 2.9: Αποτελέσματα του Ελέγχου t-Test.

Έλεγχος t δύο δειγμάτων με υποτιθέμενες ίσες διακυμάνσεις				
	Μέσου Υψομέτρου		Συγκόμωσης	
	Μεταβλητή 1	Μεταβλητή 2	Μεταβλητή 1	Μεταβλητή 2
Μέσος	1273,181818	1311,75	0,848181818	0,8365
Διακύμανση	25636,36364	19616,51316	0,013116364	0,018960789
Μέγεθος δείγματος	11	20	11	20
Διάμεση διακύμανση	21692,32367		0,01694547	
Υποτιθέμενη διαφορά μέσων	0		0	
βαθμοί ελευθερίας	29		29	
t	-0,69760024		0,239063968	
P(T<=t) μονόπλευρη	0,24549142		0,406368726	
t κρίσιμο, μονόπλευρο	1,699127027		1,699127027	
P(T<=t) δίπλευρη	0,49098284		0,812737453	
t κρίσιμο, δίπλευρο	2,045229642		2,045229642	
Ελάχιστης (MIN) Κλίσης		Μέγιστης (MAX) Κλίσης		
	Μεταβλητή 1	Μεταβλητή 2	Μεταβλητή 1	Μεταβλητή 2
Μέσος	0,372727273	0,36	0,663636364	0,67
Διακύμανση	0,006181818	0,007789474	0,008545455	0,004315789
Μέγεθος δείγματος	11	20	11	20
Διάμεση διακύμανση	0,00723511		0,005774295	
Υποτιθέμενη διαφορά μέσων	0		0	
βαθμοί ελευθερίας	29		29	
t	0,398605497		-0,223093223	
P(T<=t) μονόπλευρη	0,346551869		0,412513469	
t κρίσιμο, μονόπλευρο	1,699127027		1,699127027	
P(T<=t) δίπλευρη	0,693103737		0,825026938	
t κρίσιμο, δίπλευρο	2,045229642		2,045229642	
		Μέσης Ηλικίας		
		Μεταβλητή 1	Μεταβλητή 2	
		94	93,35	
		70,6	115,8184211	
		11	20	
		100,2258621		
		0		
		29		
		0,172963295		
		0,431940922		
		1,699127027		
		0,863881844		
Έλεγχος t δύο δειγμάτων με υποτιθέμενες άνισες διακυμάνσεις				
	Μέγιστης (MAX) Ηλικίας		Εύλου θρυμματισμού	

	<i>Μεταβλητή 1</i>	<i>Μεταβλητή 2</i>	<i>Μεταβλητή 1</i>	<i>Μεταβλητή 2</i>
Μέσος	160	146	1306,090909	250,02
Διακύμανση	0	435,7894737	233752,3789	23148,91326
Μέγεθος δείγματος	11	20	11	20
Υποτιθέμενη διαφορά μέσων	0		0	
βαθμοί ελευθερίας	19		11	
t	2,999194739		7,054964095	
P(T<=t) μονόπλευρη	0,003687431		1,05645E-05	
t κρίσιμο, μονόπλευρο	1,729132812		1,795884819	
P(T<=t) δίπλευρη	0,007374861		2,11291E-05	
t κρίσιμο, δίπλευρο	2,093024054		2,20098516	

Παράρτημα 3

Πίνακες Κλιματικών Δεδομένων

Πίνακας 3.1 Πίνακας Ατμοσφαιρικών Κατακρημνισμάτων (mm)

Έτος	Ιανουάριος	Φεβρουάριος	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος	Οκτώβριος	Νοέμβριος	Δεκέμβριος
1960		71,60	83,20	53,00	58,90	8,20		26,20	82,50	23,60	66,80	230,20
1961	129,50	82,40	85,00	43,80	2,80		0,00	0,00	0,00	25,10	96,10	105,80
1962	100,50	166,90	87,60	37,40	27,50	35,00	9,50	1,10	14,70	121,50	237,10	264,60
1963	70,90	138,60	81,20	50,20	89,50	5,30	33,00	19,00	4,50	180,70	30,00	175,80
1964	84,30	65,30	94,30	35,70	23,00	78,10	0,20	5,60	43,20	43,00	50,30	116,50
1965	171,60	197,60	75,60	92,10	27,60	74,40		0,30	7,60	24,10	122,10	139,30
1966	206,40	45,00	94,90	42,00	31,80	17,00	9,00	22,20	117,80	122,10	197,00	106,70
1967	75,10	40,90	30,80	55,80	34,20	26,20	63,40	14,00	32,10	147,50	42,80	201,60
1968	329,50	96,30	74,30	24,50	60,30	37,40	7,00	17,70	19,40	65,90	114,20	346,30
1969	82,30	80,10	93,60	22,60	12,90	4,60	13,60	0,30	30,50	3,20	137,40	325,70

Έτος	Ιανουάριος	Φεβρουάριος	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος	Οκτώβριος	Νοέμβριος	Δεκέμβριος
1970	136,00	112,60	68,30	18,90	29,30	84,00	14,30	11,60	36,00	69,50	55,70	121,50
1971	98,10	129,30	111,10	88,30	34,40		24,90	63,90	59,70	80,10	92,20	96,10
1972	154,20	188,60	38,60	127,10	43,00	17,40	37,00	6,70	3,40	145,00	16,70	19,60
1973	165,40	135,10	107,10	60,40	16,10	19,30	31,50	12,90	58,60	33,40	114,10	97,00
1974	48,90	172,50	79,20	103,50	22,10	24,60		6,80	26,00	93,80	91,00	53,60
1975	55,10	95,10	70,80	27,40	38,00	12,60	22,50	41,20	20,50	28,90	129,50	264,40
1976	111,20	80,90	23,70	121,90	36,40	28,30	40,30	1,10	18,60	87,40	94,60	123,50
1977	37,20	77,20	8,70	19,60	31,20	4,30	0,40		12,90	1,60	175,20	87,40
1978	152,10	129,30	83,60	75,90	30,30	18,30	0,30		47,70	74,90	129,60	98,30
1979	146,40	75,50	19,60	80,00	104,10	4,90	29,40	29,00	0,80	187,20	213,40	115,60
1980	149,40	53,30	120,90	85,90	29,90	20,90	0,60	10,30	42,40	141,30	113,00	199,80
1981	217,80	56,40	16,60	74,60	60,50	24,80	37,10	19,70	21,40	42,80	124,20	267,60
1982	39,70	99,20	133,00	83,10	28,80	5,40	1,20	9,90	1,30	56,90	140,30	116,30
1983	17,90	68,30	44,30	15,70	45,30	33,40	89,80	3,50	33,30	57,20	174,90	138,60
1984	113,40	110,30	78,20	114,90	2,30	1,90	12,00	62,80	3,30	20,60	83,50	200,80
1985	230,00	66,30	107,80	39,50	22,00	6,80	8,50	0,00	0,00	87,40	132,50	15,80
1986	194,40	168,30	44,40	29,50	78,70	127,50	11,30	29,10	9,90	165,40	31,80	119,70
1987	110,80	113,40	115,90	66,70	6,70	19,40	24,10	10,40	13,20	87,10	131,40	54,90
1988	138,30	106,60	138,50	30,60	35,80	1,60	18,90	17,30	14,40	21,50	178,20	102,60

Έτος	Ιανουάριος	Φεβρουάριος	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος	Οκτώβριος	Νοέμβριος	Δεκέμβριος
1989	2,70	19,70	42,70	57,20	15,00	9,70	25,50	1,40	42,00	68,10	64,20	52,20
1990	6,70	40,20	0,00	50,60	42,40	0,00	2,80	51,00	4,40	74,00	108,00	302,00
1991	59,20	43,50	67,60	73,10	68,90	0,00	36,50	104,00	2,20	114,20	124,40	55,80
1992	9,90	38,70	78,50	64,60	68,60	23,70	18,60	53,30	15,90	26,80	63,20	62,20
1993	37,00	125,00	55,20	54,40	81,20	22,20	0,70	0,00	0,40	4,40	210,30	88,40
1994	91,40	113,60	26,80	53,00	44,90	0,00	5,30	0,00	0,00	61,20	102,00	109,80
1995	170,90	26,00	125,10	53,10	23,30	0,20	92,70	22,20	60,50	1,00	126,90	116,60
1996	125,20	129,80	128,80	52,50	7,40	38,20	18,50	71,80	91,70	51,70	65,40	131,10
1997	100,90	36,70	73,60	62,3	3,10	15,30	0,70	53,50	29,90	50,10	131,90	178,50
1998	60,00	56,90	36,40	27,90	49,80	0,40	0,00	8,90	12,30	21,20	153,90	102,40
1999	86,50	141,70	164,20	42,50	22,40	33,10	15,90	14,00	45,40	22,00	200,20	32,50
2000	19,80	76,90	14,50	40,60	15,60	0,50	3,10	0,10	9,90	34,20	56,40	88,30
2001	77,00	74,10	44,90	92,10	52,80	5,50	8,30	35,50	33,30	5,40	130,30	127,50
2002	12,30	10,30	75,00	28,30	8,20	6,20	28,70	61,80	65,80	31,70	97,70	176,60
2003	237,00	136,3	90,20	46,30	48,70	50,90	1,80	31,60	4,00	93,20	21,20	78,20
2004	60,80	27,50	40,00	29,50	26,60	19,20	27,30	3,60	6,20	59,10	39,40	95,10
2005	107,50	183,60	78,60	32,50	60,40	34,50	7,70	16,50	78,10	35,20	270,20	141,70
2006	86,10	115,40	50,10	55,40	15,50	22,70	28,00	6,40	32,70	41,70	35,60	8,40
2007	10,40	74,40	57,10	28,70	75,30	29,00	7,10	0,00	22,50	78,10	131,70	103,80

Έτος	Ιανουάριος	Φεβρουάριος	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος	Οκτώβριος	Νοέμβριος	Δεκέμβριος
2008	27,00	36,90	130,70	35,40	24,10	10,60	39,00	5,80	18,40	29,70	120,50	98,60
2009	125,10	62,40	75,40	29,00	25,80	17,20	37,00	22,00	69,00	168,00	86,00	101,00
2010	104,00	134,00	63,00	0,00	16,00	66,00	60,00	0,00	36,00	139,00	52,00	70,00

Πίνακας 3.2: Πίνακας Μέσων Θερμοκρασιών

Έτος	Ιανουάριος	Φεβρουάριος	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος	Οκτώβριος	Νοέμβριος	Δεκέμβριος
1960	6	7,31	7,23	11,51	17,21	21,83	24,97	26,2	19,33	17,15	12,32	8,72
1961	5,32	4,67	8,91	13,58	17,28	21,94	24,78	24,4	19,66	14,76	12,38	7,47
1962	6,2	4,65	8,58	11,77	18,18	22,21	25,95	26,05	21,55	14,68	12,23	6,08
1963	5,75	6,8	7,07	11,52	14,81	21,95	24,78	26,34	21,42	14,46	11,89	8,24
1964	2,5	4,85	8,64	11,6	15,99	21,45	23,82	23,91	19,05	15,74	10,48	6,97
1965	5,55	3,42	7,97	10,33	15,65	22,01	26,5	23,21	21,08	13,27	11,13	7,75
1966	4,85	8,73	7,49	12,65	15,52	21,5	25,16	25,58	19,59	17,11	10,78	6,86

Έτος	Ιανουάριος	Φεβρουάριος	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος	Οκτώβριος	Νοέμβριος	Δεκέμβριος
1967	4,37	4,44	7,57	10,91	16,93	20,7	23,15	25,04	19,46	15,05	10,15	6,99
1968	3,52	7,37	7,37	14,2	20,48	21,24	25,29	23,27	20,05	13,81	10,24	6,06
1969	4,64	7,22	7,73	10,3	19,38	22,13	22,85	24,18	20,59	13,68	11,53	6,99
1970	7,31	7,27	8,88	13,08	15,3	21,8	23,91	24,49	19,78	13,38	10,01	6,4
1971	6,71	5,37	7,42	11,28	18,02	22,93	22,7	24,14	18,18	12,24	9,13	5,7
1972	5,33	5,08	7,97	12,65	16,43	23,08	23,02	23,07	20,14	12,24	9,82	5,33
1973	4,91	5,94	6,14	10,46	18,97	21,86	24,75	22,43	20,81	15,07	9,1	8,48
1974	4,63	6,19	8,13	10,05	15,85	21,58	24,63	23,99	19,9	15,13	9,09	5,18
1975	4,31	3,85	9,11	12,34	17,06	20,91	24,01	21,71	21,23	14,22	8,99	5,94
1976	4,49	4,21	7,44	11,36	16,67	20,08	22,02	21,28	18,51	14,7	9,64	7,04
1977	5,38	8,93	9,22	11,87	18,41	22,36	26,16	24,7	18,05	13,32	11,6	5,47
1978	4,14	7,32	8,28	10,82	16,94	22,28	24,95	22,64	17,4	13,36	6,73	8,02
1979	5,32	6,4	9,8	10,29	15,72	21,49	22,93	22,91	19,64	14,37	9,43	6,87
1980	3,79	4,3	7,4	9,93	14,6	21,17	25,25	24,21	19,51	15,09	11,51	6,07
1981	2,68	5,48	10,48	12,24	15,68	23,15	23,3	23,41	20,28	16,85	7,92	8,84
1982	6,32	3,25	6,48	11,24	15,96	22,95	23,65	23,9	21,36	15,44	9,07	6,6
1983	4,54	3,89	7,71	14	18,43	19,95	23,29	22,88	19,58	13,47	9,97	6,7
1984	6,2	5,77	7,18	9,78	18,42	21,78	24,29	22,01	20,42	16,58	10,49	5,82
1985	6,1	5,38	7,96	13,41	19,09	22,91	24,73	24,62	20,76	12,65	11,66	7,52
1986	6,46	6,22	8,4	13,8	16,54	21,3	24,59	24,78	20,52	14,41	8,02	4,22

Έτος	Ιανουάριος	Φεβρουάριος	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος	Οκτώβριος	Νοέμβριος	Δεκέμβριος
1987	6,96	6,52	3,82	11,28	15,87	22,99	26,59	24,61	22,48	14,16	10	6,72
1988	7,03	5,91	7,87	11,85	18,46	23,23	27,68	25,33	20,42	14,14	7,6	6,27
1989	3,38	6,04	9,84	14,98	16,16	21,03	23,92	25	20,55	13,21	9,42	7,12
1990	3,35	6,66	10,14	12,94	16,98	23,47	26,16	23,47	20,69	16,34	11,59	6,73
1991	4,19	5,41	9,47	10,63	14,41	23,35	23,78	22,58	20,27	16,08	9,85	2,2
1992	3,81	3,23	6,12	12,13	15,56	21,07	23,03	25,34	19,37	17,39	10,39	4,44
1993	4,7	2,41	7,75	12,9	16,48	22,56	25,4	25,71	21,03	16,97	9,26	8,56
1994	7,65	6,25	10,27	13,34	18,86	22,34	24,81	26,75	23,54	16,69	9,55	5,78
1995	6,25	8,69	7,29	11	17,68	24,57	22,8	22,92	19,37	12,84	8,01	8,48
1996	4,95	5,64	4,98	9,84	18,25	22,08	24,47	23,67	18,48	12,94	10,22	7,68
1997	5,95	5,82	6,48	8,5	18,58	22,84	24,95	20,98	18,18	13,4	10,32	6,5
1998	5,41	6,92	5,45	15,19	18,28	24,44	27,91	26,51	19,75	16,01	9,81	4,6
1999	4,58	4,12	8,24	12,97	18,79	23,7	24,34	24,75	16,86	12,3	4,93	2,53
2000	-0,43	4	7,03	10,99	13,94	19,56	23,69	21,75	15,27	11,5	10,39	4,49
2001	4,29	6,37	13,73	10,01	17,02	22,57	25,04	23,39	18,77	13,14	4,45	1,21
2002	1,78	6,74	5,45	8,41	16,63	21,22	23,73	21,3	15,13	14	11,25	6,24
2003	7,48	1,58	5,8	10,53	19,19	23,84	26,1	25,24	19,87	16,73	10,62	5,8
2004	4,34	5,92	8,15	11,88	15,59	22,01	25,09	24,31	19,62	16,6	10,06	7,13
2005	5,09	4,47	10,11	13,14	19,7	19,42	23,7	24,13	21,26	14,49	9,93	6,64
2006	3,28	6,72	9,93	14,7	18,87	22,78	24,08	26,37	20,99	16,28	10,2	6,92

Έτος	Ιανουάριος	Φεβρουάριος	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος	Οκτώβριος	Νοέμβριος	Δεκέμβριος
2007	7,19	6,57	10,66	13,95	18,25	25,21	28,77	27,06	20,1	16,88	10,68	5,9
2008	5,67	5,24	10,54	13,45	17,78	22,92	25,44	26,03	19,74	15,46	12,33	6,92
2009	7,4	5,6	9,36	13,67	20,01	24,51	27,44	25,58	20,45	16,28	10,63	9,09
2010	5,85	8,7	11,2	15,29	20,95	23,51	25,71	28,11	20,87	14,9	13,48	9,01

Πίνακας 3.3 Ατμοσφαιρικά Κατακρημνίσματα (Α.Κ) κατά χρονικές περιόδους

Έτος	Α.Κ Ιανουαρίου-Δεκεμβρίου	Α.Κ Απριλίου-Αυγούστου	Α.Κ Απριλίου-Σεπτεμβρίου	Α.Κ Μαρτίου-Αυγούστου	Α.Κ Μαρτίου-Σεπτεμβρίου	Α.Κ Μαΐου-Αυγούστου	Α.Κ Μαΐου-Σεπτεμβρίου	Α.Κ Σεπτεμβρίου - Αυγούστου	Α.Κ Δεκεμβρίου -Φεβρουαρίου	Α.Κ Νοεμβρίου- Μαρτίου	Α.Κ Ιουλίου - Σεπτεμβρίου
1960	704,20	146,30	228,80	229,50	312,00	93,30	175,80				108,70
1961	570,50	46,60	46,60	131,60	131,60	2,80	2,80	746,60	442,10	593,90	0,00
1962	1103,40	110,50	125,20	198,10	212,80	73,10	87,80	692,50	373,20	556,90	25,30
1963	878,70	197,00	201,50	278,20	282,70	146,80	151,30	1125,60	474,10	792,40	56,50

Έτος	Α.Κ Ιανουαρίου-Δεκεμβρίου	Α.Κ Απριλίου-Αυγούστου	Α.Κ Απριλίου-Σεπτεμβρίου	Α.Κ Μαρτίου-Αυγούστου	Α.Κ Μαρτίου-Σεπτεμβρίου	Α.Κ Μαΐου-Αυγούστου	Α.Κ Μαΐου-Σεπτεμβρίου	Α.Κ Σεπτεμβρίου - Αυγούστου	Α.Κ Δεκεμβρίου - Φεβρουαρίου	Α.Κ Νοεμβρίου- Μαρτίου	Α.Κ Ιουλίου - Σεπτεμβρίου
1964	639,50	142,60	185,80	236,90	280,10	106,90	150,10	777,50	325,40	449,70	49,00
1965	932,30	194,40	202,00	270,00	277,60	102,30	109,90	892,20	485,70	611,60	7,90
1966	1011,90	122,00	239,80	216,90	334,70	80,00	197,80	761,40	390,70	607,70	149,00
1967	764,40	193,60	225,70	224,40	256,50	137,80	169,90	884,00	222,70	450,50	109,50
1968	1192,80	146,90	166,30	221,20	240,60	122,40	141,80	1071,00	627,40	744,50	44,10
1969	806,80	54,00	84,50	147,60	178,10	31,40	61,90	855,80	508,70	716,50	44,40
1970	757,70	158,10	194,10	226,40	262,40	139,20	175,20	971,80	574,30	780,00	61,90
1971	878,10	211,50	271,20	322,60	382,30	123,20	182,90	832,70	348,90	515,70	148,50
1972	797,30	231,20	234,60	269,80	273,20	104,10	107,50	940,70	438,90	569,70	47,10
1973	850,90	140,20	198,80	247,30	305,90	79,80	138,40	732,50	320,10	443,90	103,00
1974	722,00	157,00	183,00	236,20	262,20	53,50	79,50	760,70	318,40	511,70	32,80
1975	806,00	141,70	162,20	212,50	233,00	114,30	134,80	627,10	203,80	365,60	84,20
1976	767,90	228,00	246,60	251,70	270,30	106,10	124,70	887,10	456,50	609,70	60,00
1977	455,70	55,50	68,40	64,20	77,10	35,90	48,80	502,70	237,90	341,20	13,30
1978	840,30	124,80	172,50	208,40	256,10	48,90	96,60	766,90	368,80	627,60	48,00
1979	1005,90	247,40	248,20	267,00	267,80	167,40	168,20	839,40	320,20	469,40	59,20
1980	967,70	147,60	190,00	268,50	310,90	61,70	104,10	988,20	318,30	652,60	53,30
1981	963,50	216,70	238,10	233,30	254,70	142,10	163,50	1004,00	474,00	603,60	78,20
1982	715,10	128,40	129,70	261,40	262,70	45,30	46,60	856,30	406,50	663,70	12,40
1983	722,20	187,70	221,00	232,00	265,30	172,00	205,30	633,00	202,50	387,10	126,60

Έτος	Α.Κ Ιανουαρίου-Δεκεμβρίου	Α.Κ Απριλίου-Αυγούστου	Α.Κ Απριλίου-Σεπτεμβρίου	Α.Κ Μαρτίου-Αυγούστου	Α.Κ Μαρτίου-Σεπτεμβρίου	Α.Κ Μαΐου-Αυγούστου	Α.Κ Μαΐου-Σεπτεμβρίου	Α.Κ Σεπτεμβρίου - Αυγούστου	Α.Κ Δεκεμβρίου - Φεβρουαρίου	Α.Κ Νοεμβρίου- Μαρτίου	Α.Κ Ιουλίου - Σεπτεμβρίου
1984	804,00	193,90	197,20	272,10	275,40	79,00	82,30	899,80	362,30	615,40	78,10
1985	716,60	76,80	76,80	184,60	184,60	37,30	37,30	789,10	497,10	688,40	8,50
1986	1010,00	276,10	286,00	320,50	330,40	246,60	256,50	918,90	378,50	555,40	50,30
1987	754,00	127,30	140,50	243,20	256,40	60,60	73,80	794,20	343,90	491,60	47,70
1988	804,30	104,20	118,60	242,70	257,10	73,60	88,00	774,20	299,80	569,70	50,60
1989	400,40	108,80	150,80	151,50	193,50	51,60	93,60	490,60	125,00	345,90	68,90
1990	682,10	146,80	151,20	146,80	151,20	96,20	100,60	420,20	99,10	163,30	58,20
1991	749,40	282,50	284,70	350,10	352,30	209,40	211,60	941,20	404,70	580,30	142,70
1992	524,00	228,80	244,70	307,30	323,20	164,20	180,10	652,50	104,40	307,30	87,80
1993	679,20	158,50	158,90	213,70	214,10	104,10	104,50	543,80	224,20	342,60	1,10
1994	608,00	103,20	103,20	130,00	130,00	50,20	50,20	638,50	293,40	530,50	5,30
1995	818,50	191,50	252,00	316,60	377,10	138,40	198,90	786,50	306,70	533,80	175,40
1996	912,10	188,40	280,10	317,20	408,90	135,90	227,60	877,20	371,60	627,30	182,00
1997	674,20	72,60	102,50	146,20	176,10	72,60	102,50	623,70	268,70	407,70	84,10
1998	530,10	87,00	99,30	123,40	135,70	59,10	71,40	630,70	295,40	463,70	21,20
1999	820,40	127,90	173,30	292,10	337,50	85,40	130,80	810,10	330,60	648,70	75,30
2000	359,90	59,90	69,80	74,40	84,30	19,30	29,20	471,20	129,20	343,90	13,10
2001	686,70	194,20	227,50	239,10	272,40	102,10	135,40	579,00	239,40	340,70	77,10
2002	602,60	133,20	199,00	208,20	274,00	104,90	170,70	527,30	150,10	355,40	156,30
2003	703,10	179,30	183,30	269,50	273,50	133,00	137,00	878,30	413,60	601,50	37,40

Έτος	Α.Κ Ιανουαρίου-Δεκεμβρίου	Α.Κ Απριλίου-Αυγούστου	Α.Κ Απριλίου-Σεπτεμβρίου	Α.Κ Μαρτίου-Αυγούστου	Α.Κ Μαρτίου-Σεπτεμβρίου	Α.Κ Μαΐου-Αυγούστου	Α.Κ Μαΐου-Σεπτεμβρίου	Α.Κ Σεπτεμβρίου - Αυγούστου	Α.Κ Δεκεμβρίου - Φεβρουαρίου	Α.Κ Νοεμβρίου- Μαρτίου	Α.Κ Ιουλίου - Σεπτεμβρίου
2004	434,30	106,20	112,40	146,20	152,40	76,70	82,90	431,10	166,50	227,70	37,10
2005	1046,50	151,60	229,70	230,20	308,30	119,10	197,20	721,10	386,20	504,20	102,30
2006	498,00	128,00	160,70	178,10	210,80	72,60	105,30	904,80	343,20	663,50	67,10
2007	618,10	140,10	162,60	197,20	219,70	111,40	133,90	400,40	93,20	185,90	29,60
2008	576,70	114,90	133,30	245,60	264,00	79,50	97,90	645,60	167,70	430,10	63,20
2009	817,90	131,00	200,00	206,40	275,40	102,00	171,00	661,10	286,10	482,00	128,00
2010	740,00	142,00	178,00	205,00	241,00	142,00	178,00	867,00	339,00	488,00	96,00

Πίνακας 3.4: Πίνακας μέσων θερμοκρασιών κατά χρονικές περιόδους

Έτος	ΜΟ Θερμοκρασίας Ιανουαρίου - Δεκεμβρίου	ΜΟ Θερμοκρασιών Απριλίου-Αυγούστου	ΜΟ Θερμοκρασιών Απριλίου-Σεπτεμβρίου	ΜΟ Θερμοκρασίας Μαρτίου-Αυγούστου	ΜΟ Θερμοκρασίας Μαρτίου-Σεπτεμβρίου	ΜΟ Θερμοκρασίας Μαΐου-Αυγούστου	ΜΟ Θερμοκρασίας Μαΐου-Σεπτεμβρίου	ΜΟ Θερμοκρασίας - Σεπτεμβρίου - Αυγούστου	ΜΟ Θερμοκρασίας Δεκεμβρίου Φεβρουαρίου	ΜΟ Θερμοκρασίας Νοεμβρίου- Μαρτίου	ΜΟ Θερμοκρασίας Ιουλίου- Σεπτεμβρίου
1960	14,98	20,34	20,18	18,16	18,33	22,55	21,91				23,50
1961	14,60	20,40	20,27	18,48	18,65	22,10	21,61	14,87	6,24	7,99	22,95
1962	14,84	20,83	20,95	18,79	19,18	23,10	22,79	14,82	6,11	7,86	24,52
1963	14,59	19,88	20,14	17,75	18,27	21,97	21,86	14,46	6,21	7,59	24,18
1964	13,75	19,35	19,30	17,57	17,78	21,29	20,84	14,06	5,20	7,22	22,26
1965	13,99	19,54	19,80	17,61	18,11	21,84	21,69	13,91	5,31	6,88	23,60
1966	14,65	20,08	20,00	17,98	18,21	21,94	21,47	14,56	7,11	7,99	23,44
1967	13,73	19,35	19,37	17,38	17,68	21,46	21,06	13,95	5,22	6,80	22,55
1968	14,41	20,90	20,76	18,64	18,84	22,57	22,07	14,53	5,96	7,08	22,87
1969	14,27	19,77	19,91	17,76	18,17	22,14	21,83	14,05	5,97	7,18	22,54
1970	14,30	19,72	19,73	17,91	18,18	21,38	21,06	14,57	7,19	8,40	22,73
1971	13,65	19,81	19,54	17,75	17,81	21,95	21,19	14,01	6,16	7,18	21,67
1972	13,68	19,65	19,73	17,70	18,05	21,40	21,15	13,49	5,37	6,64	22,08
1973	14,08	19,69	19,88	17,44	17,92	22,00	21,76	13,58	5,39	6,43	22,66
1974	13,70	19,22	19,33	17,37	17,73	21,51	21,19	14,04	6,43	7,31	22,84
1975	13,64	19,21	19,54	17,52	18,05	20,92	20,98	13,55	4,45	6,31	22,32
1976	13,12	18,28	18,32	16,48	16,77	20,01	19,71	13,16	4,88	6,21	20,60

Έτος	ΜΟ Θερμοκρασίας Ιανουαρίου - Δεκεμβρίου	ΜΟ Θερμοκρασιών Απριλίου-Αυγούστου	ΜΟ Θερμοκρασιών Απριλίου-Σεπτεμβρίου	ΜΟ Θερμοκρασίας Μαρτίου-Αυγούστου	ΜΟ Θερμοκρασίας Μαρτίου-Σεπτεμβρίου	ΜΟ Θερμοκρασίας Μαΐου-Αυγούστου	ΜΟ Θερμοκρασίας Μαΐου-Σεπτεμβρίου	ΜΟ Θερμοκρασίας Σεπτεμβρίου - Αυγούστου	ΜΟ Θερμοκρασίας Δεκεμβρίου Φεβρουαρίου	ΜΟ Θερμοκρασίας Νοεμβρίου- Μαρτίου	ΜΟ Θερμοκρασίας Ιουλίου- Σεπτεμβρίου
1977	14,62	20,70	20,26	18,79	18,68	22,91	21,94	14,74	7,12	8,04	22,97
1978	13,57	19,53	19,17	17,65	17,62	21,70	20,84	13,82	5,64	7,36	21,66
1979	13,76	18,67	18,83	17,19	17,54	20,76	20,54	13,36	6,58	7,25	21,83
1980	13,57	19,03	19,11	17,09	17,44	21,31	20,95	13,41	4,99	6,36	22,99
1981	14,19	19,56	19,68	18,04	18,36	21,39	21,16	14,05	4,74	7,24	22,33
1982	13,85	19,54	19,84	17,36	17,93	21,62	21,56	13,97	6,14	6,56	22,97
1983	13,70	19,71	19,69	17,71	17,98	21,14	20,83	13,93	5,01	6,36	21,92
1984	14,06	19,26	19,45	17,24	17,70	21,63	21,38	13,76	6,22	7,16	22,24
1985	14,73	20,95	20,92	18,79	19,07	22,84	22,42	14,79	5,77	7,15	23,37
1986	14,11	20,20	20,26	18,24	18,56	21,80	21,55	14,56	6,73	8,05	23,30
1987	14,33	20,27	20,64	17,53	18,23	22,52	22,51	13,82	5,90	5,91	24,56
1988	14,65	21,31	21,16	19,07	19,26	23,68	23,02	15,06	6,55	7,51	24,48
1989	14,22	20,22	20,27	18,49	18,78	21,53	21,33	14,07	5,23	6,63	23,16
1990	14,88	20,60	20,62	18,86	19,12	22,52	22,15	14,46	5,71	7,34	23,44
1991	13,52	18,95	19,17	17,37	17,78	21,03	20,88	14,10	5,44	7,48	22,21
1992	13,49	19,43	19,42	17,21	17,52	21,25	20,87	13,22	3,08	5,04	22,58
1993	14,48	20,61	20,68	18,47	18,83	22,54	22,24	14,13	3,85	5,94	24,05
1994	15,49	21,22	21,61	19,40	19,99	23,19	23,26	15,51	7,49	8,40	25,03
1995	14,16	19,79	19,72	17,71	17,95	21,99	21,47	14,73	6,91	7,51	21,70

Έτος	ΜΟ Θερμοκρασίας Ιανουαρίου - Δεκεμβρίου	ΜΟ Θερμοκρασιών Απριλίου-Αυγούστου	ΜΟ Θερμοκρασιών Απριλίου-Σεπτεμβρίου	ΜΟ Θερμοκρασίας Μαρτίου-Αυγούστου	ΜΟ Θερμοκρασίας Μαρτίου-Σεπτεμβρίου	ΜΟ Θερμοκρασίας Μαΐου-Αυγούστου	ΜΟ Θερμοκρασίας Μαΐου-Σεπτεμβρίου	ΜΟ Θερμοκρασίας Σεπτεμβρίου - Αυγούστου	ΜΟ Θερμοκρασίας Δεκεμβρίου Φεβρουαρίου	ΜΟ Θερμοκρασίας Νοεμβρίου- Μαρτίου	ΜΟ Θερμοκρασίας Ιουλίου- Σεπτεμβρίου
1996	13,60	19,66	19,47	17,22	17,40	22,12	21,39	13,55	6,36	6,41	22,21
1997	13,54	19,17	19,01	17,06	17,22	21,84	21,11	13,62	6,48	7,23	21,37
1998	15,02	22,47	22,01	19,63	19,65	24,29	23,38	14,88	6,28	6,92	24,72
1999	13,18	20,91	20,24	18,80	18,52	22,90	21,69	14,31	4,43	6,27	21,98
2000	11,85	17,99	17,53	16,16	16,03	19,74	18,84	11,43	2,03	3,61	20,24
2001	13,33	19,61	19,47	18,63	18,65	22,01	21,36	13,67	5,05	7,85	22,40
2002	12,66	18,26	17,74	16,12	15,98	20,72	19,60	11,90	3,24	3,93	20,05
2003	14,40	20,98	20,80	18,45	18,65	23,59	22,85	13,87	5,10	6,47	23,74
2004	14,23	19,78	19,75	17,84	18,09	21,75	21,32	14,19	5,35	6,97	23,01
2005	14,34	20,02	20,23	18,37	18,78	21,74	21,64	14,43	5,56	7,37	23,03
2006	15,09	21,36	21,30	19,46	19,67	23,03	22,62	14,92	5,55	7,30	23,81
2007	15,94	22,65	22,22	20,65	20,57	24,82	23,88	16,00	6,89	8,31	25,31
2008	15,13	21,12	20,89	19,36	19,41	23,04	22,38	15,05	5,60	7,61	23,74
2009	15,84	22,24	21,94	20,10	20,15	24,39	23,60	15,67	6,64	8,32	24,49
2010	16,47	22,71	22,41	20,80	20,81	24,57	23,83	16,31	7,88	9,09	24,90

Παράρτημα 4

Στατιστική Ανάλυση Κλιματικών Δεδομένων

Πίνακας 4.1: Δοκιμή One-Sample Kolmogorov-Smirnov Δεικτών Ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων (B.)- θνησιμότητας (ΔΘΧ)

		Δείκτης B1 Ιανουαρίου-Δεκεμβρίου	Δείκτης B2 Α.Κ. Απριλίου-Αυγούστου	Δείκτης B3 Α.Κ. Απριλίου-Σεπτεμβρίου	Δείκτης B4 Α.Κ. Μαρτίου-Αυγούστου	Δείκτης B5 Α.Κ. Μαρτίου-Σεπτεμβρίου	Δείκτης B6 Α.Κ. Μαΐου-Αυγούστου	Δείκτης B7 Α.Κ. Μαΐου-Σεπτεμβρίου	Δείκτης B8 Α.Κ. Σεπτεμβρίου-Αυγούστου	Δείκτης B9 Α.Κ. Δεκεμβρίου-Φεβρουαρίου	Δείκτης B10 Α.Κ. Νοεμβρίου-Μαρτίου	Δείκτης B11 Α.Κ. Ιουλίου-Σεπτεμβρίου	Δείκτης ΔΘΧ Θνησιμότητας
N		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	686,38	146,65	170,70	222,95	246,99	99,57	123,61	694,34	277,87	472,00	67,70	0,35
	Std. Deviation	49,95	5,45	9,54	8,90	4,02	3,53	8,92	56,57	41,51	50,16	14,60	0,31
Most Extreme Differences	Absolute	0,32	0,19	0,28	0,20	0,29	0,27	0,29	0,27	0,26	0,27	0,27	0,33
	Positive	0,32	0,15	0,21	0,20	0,29	0,17	0,19	0,27	0,26	0,27	0,16	0,33
	Negative	-0,24	-0,19	-0,28	-0,16	-0,23	-0,27	-0,29	-0,25	-0,22	-0,24	-0,27	-0,23
Kolmogorov-Smirnov Z		0,71	0,43	0,62	0,45	0,64	0,60	0,65	0,59	0,59	0,61	0,61	0,74
Asymp. Sig. (2-tailed)		0,70	0,99	0,84	0,99	0,80	0,86	0,79	0,87	0,88	0,85	0,85	0,64

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

Πίνακας 4.2: Δοκιμή One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test Δεικτών Θερμοκρασίας (Θ)- Θνησιμότητας (ΔΘΧ)

		Δείκτης Θ1 ΜΟ Θερμοκρασιών Ιανουαρίου-Δεκεμβρίου	Δείκτης Θ2 ΜΟ Θερμοκρασιών Απριλίου-Αυγούστου	Δείκτης Θ3 ΜΟ Θερμοκρασιών Απριλίου-Σεπτεμβρίου	Δείκτης Θ4 ΜΟ Θερμοκρασιών Μαρτίου-Αυγούστου	Δείκτης Θ5 ΜΟ Θερμοκρασιών Μαρτίου-Σεπτεμβρίου	Δείκτης Θ6 ΜΟ Θερμοκρασιών Μαΐου- Αυγούστου	Δείκτης Θ7 ΜΟ Θερμοκρασιών Μαΐου- Σεπτεμβρίου	Δείκτης Θ8 ΜΟ Θερμοκρασιών Σεπτεμβρίου-Αυγούστου	Δείκτης Θ9 ΜΟ Θερμοκρασιών Δεκεμβρίου Φεβρουαρίου	Δείκτης Θ10 ΜΟ Θερμοκρασιών Μαρτίου	Δείκτης Θ11 ΜΟ Θερμοκρασιών Ιουλίου- Σεπτεμβρίου	Δείκτης ΔΘΧ Θνησιμότητας
N		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Normal Parameters ^{a,b}	14,14	20,25	20,19	18,20	18,44	22,24	21,77	14,15	5,52	6,78	23,06	0,35	,35
	0,22	0,24	0,33	0,17	0,25	0,19	0,28	0,24	0,43	0,23	0,48	0,31	,31
Most Extreme Differences	0,20	0,26	0,20	0,19	0,19	0,19	0,21	0,18	0,32	0,19	0,24	0,33	,33
	0,13	0,26	0,20	0,16	0,18	0,15	0,19	0,18	0,32	0,19	0,24	0,33	,33
	-0,20	-0,25	-0,16	-0,19	-0,19	-0,19	-0,21	-0,18	-0,23	-0,19	-0,13	-0,23	-,23
Kolmogorov-Smirnov Z		0,44	0,59	0,44	0,43	0,43	0,42	0,48	0,41	0,71	0,43	0,53	0,74
Asymp. Sig. (2-tailed)		0,99	0,88	0,99	0,99	0,99	0,99	0,97	1,00	0,70	0,99	0,94	0,64
a. Test distribution is Normal.													
b. Calculated from data.													

Πίνακας 4.3: Συσχετίσεις Pearson's (r) δεδομένων ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων και θνησιμότητας.

		Δείκτης Θνησιμότητας ΔΘΧ			Δείκτης Θνησιμότητας ΔΘΧ	
B1 Δείκτης Ιανουαρίου- Δεκεμβρίου	Pearson Correlation	,946*		B7 Μαΐου- Σεπτεμβρίου	Pearson Correlation	-,974**
	Sig. (2-tailed)	,015			Sig. (2-tailed)	,005
	N	5		N	5	
B2 Δείκτης Απριλίου- Αυγούστου	Pearson Correlation	-,353		B8 Δείκτης Σεπτεμβρίου - Αυγούστου	Pearson Correlation	,947*
	Sig. (2-tailed)	,560			Sig. (2-tailed)	,014
	N	5		N	5	
B3 Δείκτης Απριλίου- Σεπτεμβρίου	Pearson Correlation	-,925*		B9 Δείκτης Δεκεμβρίου Φεβρουαρίου	Pearson Correlation	,977**
	Sig. (2-tailed)	,024			Sig. (2-tailed)	,004
	N	5		N	5	
B4 Δείκτης Μαρτίου- Αυγούστου	Pearson Correlation	,821		B10 Δείκτης Νοεμβρίου - Μαρτίου	Pearson Correlation	,970**

		Δείκτης Θνησιμότητας ΔΘΧ			Δείκτης Θνησιμότητας ΔΘΧ	
	Sig. (2-tailed)	,088			Sig. (2-tailed)	,006
	N	5			N	5
B5 Δείκτης Μαρτίου- Σεπτεμβρίου	Pearson Correlation	,101		B11 Δείκτης Ιουλίου - Σεπτεμβρίου	Pearson Correlation	-,972**
	Sig. (2-tailed)	,871			Sig. (2-tailed)	,006
	N	5				
B6 Δείκτης Βροχόπτωση Μαΐου- Αυγούστου	Pearson Correlation	-,508				
	Sig. (2-tailed)	,383				

Πίνακας 4.4: Πίνακας συσχετίσεων δεδομένων θερμοκρασίας-θνησιμότητας.

		Δείκτης Θνησιμότητας ΔΘΧ			Δείκτης Θνησιμότητας ΔΘΧ	
Δείκτης Θ1 ΜΟ Θερμοκρασιών Ιανουαριου- Δεκεμβρίου	Pearson Correlation	,848		Δείκτης Θ7 ΜΟ Θερμοκρασιών Μαΐου- Σεπτεμβρίου	Pearson Correlation	,888*
	Sig. (2-tailed)	,069			Sig. (2-tailed)	,044
	N	5			N	5
Δείκτης Θ2 ΜΟ Θερμοκρασιών Απριλίου- Αυγούστου	Pearson Correlation	,814		Δείκτης Θ8 ΜΟ Θερμοκρασιών Σεπτεμβρίου - Αυγούστου	Pearson Correlation	,901*
	Sig. (2-tailed)	,094			Sig. (2-tailed)	,037
	N	5			N	5
Δείκτης Θ3 ΜΟ Θερμοκρασιών Απριλίου- Σεπτεμβρίου	Pearson Correlation	,923*		Δείκτης Θ9 ΜΟ Θερμοκρασιών Δεκεμβρίου - Φεβρουαρίου	Pearson Correlation	,975**
	Sig. (2-tailed)	,026			Sig. (2-tailed)	,005
	N	5			N	5
Δείκτης Θ4 ΜΟ Θερμοκρασιών Μαρτίου- Αυγούστου	Pearson Correlation	,599		Δείκτης Θ10 ΜΟ Θερμοκρασιών Νοεμβρίου- Μαρτίου	Pearson Correlation	,900*
	Sig. (2-tailed)	,285			Sig. (2-tailed)	,038
	N	5			N	5
Δείκτης Θ5 ΜΟ Θερμοκρασιών	Pearson Correlation	,855		Δείκτης Θ11 ΜΟ Θερμοκρασιών	Pearson Correlation	,953*
	Sig. (2-tailed)	,065			Sig. (2-tailed)	,012

		Δείκτης Θνησιμότητας ΔΘΧ				Δείκτης Θνησιμότητας ΔΘΧ
Μαρτίου- Σεπτεμβρίου	N	5		Ιουλίου- Σεπτεμβρίου	N	5
Δείκτης Θ6 ΜΟ Θερμοκρασιών Μαΐου- Αυγούστου	Pearson Correlation	,544				
	Sig. (2-tailed)	,343				
	N	5				
**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).						
*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).						