

Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών

Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος

Μεταπτυχιακή Διατριβή



Διερεύνηση των Σχέσεων Μεταξύ Χρονοσειρών Κλίματος και Δασικών Πυρκαγιών στην Κύπρο ως Συμβολή στην Μακροχρόνια Πρόβλεψη του Κινδύνου Εκδήλωσης τους

Χρυσόστομος Κλεοβούλου

**Επιβλέπων Καθηγητής
Δρ. Δημήτρης Σαρρής**

Μάιος 2017

Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών

Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος

Μεταπτυχιακή Διατριβή

Διερεύνηση των Σχέσεων Μεταξύ Χρονοσειρών Κλίματος και Δασικών Πυρκαγιών στην Κύπρο ως Συμβολή στην Μακροχρόνια Πρόβλεψη του Κινδύνου Εκδήλωσης τους

Χρυσόστομος Κλεοβούλου

**Επιβλέπων Καθηγητής
Δρ. Δημήτρης 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.

Μάιος 2017

Περίληψη

Η ένταση του φαινομένου εκδήλωσης δασικών πυρκαγιών αποτελεί μια από τις απειλές για τα δάση της Μεσογείου σε συνθήκες κλιματικής αλλαγής. Σκοπό της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής αποτελεί η εξέταση της διασύνδεσης μεταξύ κλίματος και πυρκαγιών στην Κύπρο τις τελευταίες 3 δεκαετίες με στόχο τον προσδιορισμό των κλιματικών παραμέτρων που καθορίζουν την έκτασή τους. Η εξέταση έγινε με την μέθοδο της συσχέτισης (Spearman's rho) μεταξύ χρονοσειρών καμένης έκτασης υδρολογικών περιοχών της Κύπρου και της αθροιστικής βροχόπτωσης διαφορετικών περιόδων του υδρολογικού έτους που προηγούνται ή συμπίπτουν με την περίοδο έκρηξης των πυρκαγιών. Βρέθηκε ότι σε περιοχές όπου το κλίμα είναι κυρίως Ημιομηκικό ή Ξηρό (Θερμο-μεσογειακός όροφος βλάστησης Λευκωσίας, Λάρνακας, και Πόλη Χρυσοχούς) όταν η βροχόπτωση είναι αυξημένη κυρίως κατά τους εαρινούς μήνες τότε οι πυρκαγιές που ακολουθούν το θέρος έχουν μεγάλη έκταση. Η αυξημένη εαρινή βροχόπτωση σε αυτές τις περιοχές μπορεί να αυξήσει την πυκνότητα και την βιομάζα των θεροφύτων, τα οποία όταν αποξηρανθούν κατά την θερινή περίοδο αποτελούν κατάλληλη καύσιμη ύλη. Επιπρόσθετα, παρατηρείται ότι για τις πυρκαγιές σε περιοχές που διαθέτουν μεγάλης έκτασης ύφυγη κλιματική ζώνη (Μεσο-μεσογειακός όροφος βλάστησης Λεμεσού και Πάφου), αυξημένη βροχόπτωση κυρίως κατά τον χειμώνα και την αρχή της άνοιξης μπορεί να περιορίσει την έκταση των πυρκαγιών της επόμενης περιόδου. Το εύρημα οφείλεται πιθανώς στην ικανότητα των φρεατοφύτων να αποθηκεύουν υγρασία το καλοκαίρι εντός της βιομάζας τους, από εδαφικές υδατοσυλλογές που εμπλουτίζονται κατά την προηγούμενη περίοδο βροχοπτώσεων. Αυτό το φαινόμενο, όμως, παρατηρήθηκε στην Πάφο μόνο κατά τις πιο ξηρές δεκαετίες, όταν δηλαδή η βιομάζα των θεροφύτων αναμενόταν πιο περιορισμένη. Συνεπώς, η ερμηνεία της εξάπλωσης πυρκαγιών στην Κύπρο είναι πολυσύνθετη διαδικασία που διαμορφώνεται από την επίδραση των κλιματικών παραγόντων στην ποσότητα και το υδατικό περιεχόμενο της φυτικής καύσιμης ύλης. Τα αποτελέσματα μπορούν να αξιοποιηθούν για την δημιουργία / βελτιστοποίηση μοντέλων πρόβλεψης έκρηξης και εξάπλωσης πυρκαγιών και κατ' επέκταση να συμβάλουν στις προσπάθειες μετριασμού των οικολογικών, οικονομικών και κοινωνικών επιπτώσεων τους.

Summary

The magnitude of the phenomenon of forest fire outbreaks is one of the major threats for Mediterranean forests under climate change. The present postgraduate dissertation aims at evaluating the connection between climate and fires in Cyprus for the last 3 decades as to identify the climatic parameters determining fire spread. The evaluation was performed using correlation analysis (Spearman's ρ) between time series of burnt area for hydrological regions of Cyprus and the accumulative precipitation of different periods of the hydrological year that precede or coincide with the fire season. In areas of Semiarid or Arid climate (Thermo-mediterranean vegetation zone of Nicosia, Larnaca and Polis Chrysochous), when mainly spring precipitation increased, fires the following summer period were of large scale. Increased spring precipitation in these areas can increase the concentration and biomass of therophytes that dry up during summer time, increasing the abundance of fine fuel. Additionally, in regions where the Sub-humid climate zone has a large extent (Meso-mediterranean vegetation zone of Limassol and Pafos) increased precipitation mainly in winter and early spring can prevent fire spread during the next fire season. This finding is possibly associated with the ability of phreatophytes to maintain moisture within their biomass during summer, from ground water accumulated from the previous wet season. This phenomenon, though, was observed in Pafos, only during the most arid decades when the biomass of therophytes was likely reduced. Consequently, explaining fire spread in Cyprus is quite complicated as it is influenced by different climatic factors determining the quantity and the moisture content of plant biomass acting as fuel. The results could be used to improve models predicting fire ignition and spread contributing to the efforts for mitigating the ecological, financial and social impact of forest fires.

Ευχαριστίες

Ιδιαίτερα θερμές ευχαριστίες θα ήθελα να εκφράσω στον επιβλέποντα καθηγητή Δρ. Δημήτριο Σαρρή τόσο για τις ακαδημαϊκές γνώσεις που παρείχε και για την άρτια καθοδήγηση και συμβουλές που παρείχε καθ' όλη την διάρκεια της έρευνας και συγγραφής της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής όσο και για την κατανόηση και συμπαράσταση που επιδείκνυε μέχρι και την εκπόνηση της διατριβής αυτής.

Επιπρόσθετα θα ήθελα να ευχαριστήσω το Τμήμα Δασών και την Μετεωρολογική υπηρεσία για την παροχή των δεδομένων αναφορικά με τις πυρκαγιές και τις βροχοπτώσεις αντίστοιχα. Επιπρόσθετα, θα ήθελα να ευχαριστήσω την κα Μαρία Λάμπρου η οποία παρείχε δεδομένα αναφορικά με χάρτες αριθμητικής κατανομής των πυρκαγιών.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα και να αφιερώσω την παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή στην οικογένεια και τους φίλους μου για την απεριόριστη στήριξη και συμπαράσταση που επέδειξαν καθ' όλη την διάρκεια της μεταπτυχιακής φοίτησης μου αλλά και κατά την διάρκεια της υλοποίησης της έρευνας και συγγραφής του κειμένου αυτού.

Περιεχόμενα

1	Εισαγωγή	1
2	Βιβλιογραφική Ανασκόπηση	3
2.1	Δασικές Πυρκαγιές.....	3
2.1.1	Κατηγορίες Δασικών Πυρκαγιών.....	4
2.1.2	Αίτια Δασικών Πυρκαγιών.....	6
2.1.3	Παράγοντες που επιδρούν στην έναρξη και επέκταση μιας δασικής πυρκαγιάς.....	8
2.1.4	Επιπτώσεις των Δασικών Πυρκαγιών.....	15
2.2	Η χλωρίδα της Κύπρου	20
2.2.1	Η κατανομή της βλάστησης στην Κύπρο	20
3	Μεθοδολογία	25
3.1	Αίτια Δασικών Πυρκαγιών στην Κύπρο.....	24
3.2	Δεδομένα πυρκαγιών.....	26
3.3	Κλιματικά δεδομένα.....	28
3.4	Σύνθεση δεδομένων.....	30
3.5	Στατιστική ανάλυση δεδομένων.....	33
4	Αποτελέσματα	34
5	Συζήτηση αποτελεσμάτων	47
5.1	Ερμηνεία αποτελεσμάτων.....	47
5.1.1	Η επίδραση των θεροφύτων στην εξάπλωση των πυρκαγιών που παρατηρούνται στον Μεσο-μεσογειακό και Θερμο-μεσογειακό όροφο βλάστησης βάσει των επιπέδων βροχόπτωσης.....	47
5.1.2	Η επίδραση των φρεατοφύτων στην εξάπλωση των πυρκαγιών που παρατηρούνται στον Μεσο-μεσογειακό και Θερμο-μεσογειακό όροφο βλάστησης βάσει των επιπέδων βροχόπτωσης.....	52
5.2	Περιορισμοί έρευνας	58
5.3	Συμπεράσματα	59
5.4	Εισηγήσεις	61
Παραρτήματα		
A	Εικόνες από Φρεατόφυτα και Θερόφυτα	63
A.1	Εικόνα Φρεατόφυτου.....	63
A.2	Εικόνα Θεροφύτων	64
Βιβλιογραφία		65

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

Οι δασικές πυρκαγιές αποτελούν σήμερα το πιο γνωστό κοινό πρόβλημα που αντιμετωπίζουν τα Μεσογειακά δάση κυρίως και το φυσικό περιβάλλον και χαρακτηρίζονται ως κύριο και αναπόσπαστο τμήμα των χερσαίων οικοσυστημάτων.

Εξετάζοντας τους παράγοντες που συμβάλουν καθοριστικά στην έκρηξη και εξάπλωση πυρκαγιών πολλοί ερευνητές καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι η συμπεριφορά και εξέλιξη μιας πυρκαγιάς μπορεί να βασίζονται σε αιτίες που αφορούν κλιματικούς παράγοντες συμπεριλαμβανομένου των υψηλών θερμοκρασιών και των παρατεταμένων ξηρασιών που διαφοροποιούν την περιεχόμενη υγρασία των φυτών καθώς και οι ισχυροί άνεμοι που μπορούν να αυξήσουν την ταχύτητα διάδοσης της πυρκαγιάς και την διαδικασία καύσης. Σύμφωνα δε με άλλους ερευνητές, σημαντικότερο ρόλο στην εξάπλωση μιας πυρκαγιάς διαδραματίζουν τα δομικά και φυσιολογικά χαρακτηριστικά των ειδών χλωρίδας της περιοχής και πιο συγκεκριμένα η ικανότητα συγκρότησης νερού και υγρασίας στο σώμα των φυτικών οργανισμών ώστε να αντιστέκονται στην καύση. Μεγάλη μερίδα ερευνητών όμως υποδεικνύουν τον συνδυασμό κλιματολογικών συνθηκών – καύσιμο υλικό ως τον κυριότερο παράγοντα επίδρασης στην ανάφλεξη και εξάπλωση των πυρκαγιών. Βάσει αυτού, αρκετοί είναι οι ερευνητές που αναφέρουν ότι η έκταση μιας πυρκαγιάς διαμορφώνεται καθοριστικά από της συνθήκες βροχόπτωσης τόσο κατά την χρονική περίοδο πριν από την περίοδο έναρξης των πυρκαγιών όσο και κατά την διάρκεια της περιόδου έκρηξης πυρκαγιών. Συγκεκριμένα αναφέρεται ότι οι αυξημένες και παρατεταμένες βροχοπτώσεις πριν την περίοδο έκρηξης πυρκαγιών μπορούν να συμβάλουν θετικά στην εξάπλωση της πυρκαγιάς ενώ η βροχόπτωση κατά την διάρκεια της περιόδου έκρηξης των πυρκαγιών μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την εξάπλωση των πυρκαγιών αφού παρατηρείται εντονότερη αντίσταση της φυτικής βιομάζας στην καύση.

Οι παραμεσόγειες δασικές περιοχές αποτελούν περιοχές υψηλού κινδύνου για έκρηξη μεγάλων πυρκαγιών κυρίως κατά τους θερινούς μήνες όπου οι συνθήκες ξηρασίας και οι υψηλές θερμοκρασίες παίζουν καθοριστικό ρόλο στην επέκταση των πυρκαγιών ενώ όπως παρατηρήθηκε, αν οι κλιματολογικές συνθήκες είναι ανάλογες και κατά την διάρκεια της χειμερινής περιόδου που προηγείται της περιόδου πυρκαγιών τότε

μεγιστοποιείται ο κίνδυνος εξάπλωσης των πυρκαγιών με καταστροφικά αποτελέσματα τόσο για τα Μεσογειακά οικοσυστήματα όσο και για τον άνθρωπο. Πιθανολογείται ότι το υδατικό περιεχόμενο της φυτικής βιομάζας των δασών και κυριότερα τα φρεατοφύτων και των θεροφύτων, συμβάλει καταλυτικά στον βαθμό εξάπλωσης των πυρκαγιών. Συγκεκριμένα, τα φρεατόφυτα που χαρακτηρίζονται από το βαθύ ριζικό τους σύστημα, κατά την διάρκεια του καλοκαιριού αντλούν το απαραίτητο νερό που χρειάζονται από υπόγειες υδατικές κοιλότητες που εμπλουτίζονται από νερό που διεισδύει στο υποέδαφος κατά την διάρκεια της προηγούμενη περίοδο βροχοπτώσεων. Έτσι, αν οι χειμερινές βροχοπτώσεις είναι μειωμένες την περίοδο του χειμώνα τότε το υδατικό περιεχόμενο των φρεατοφύτων κατά την θερινή περίοδο είναι μειωμένο με αποτέλεσμα να μειώνεται η αντίσταση στην καύση και να αυξάνεται ο βαθμός εξάπλωσης των πυρκαγιών. Αντίθετα, τα θερόφυτα (μονοετή φυτά) που επιβιώνουν της δυσμενής περιόδου του καλοκαιριού υπό μορφή σπερμάτων, παρουσιάζουν μέγιστη ανάπτυξη της βιομάζας τους κατά την εαρινή περίοδο. Έτσι, αυξημένη βροχόπτωση κατά την αυξητική τους περίοδο θα οδηγεί σε περαιτέρω αύξηση της βιομάζας τους με αποτέλεσμα να τα καθιστούν κατάλληλο καύσιμο υλικό που οδηγεί σε αύξηση του βαθμού εξάπλωσης μιας πυρκαγιάς.

Βασικό σκοπό της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής αποτελεί η εξέταση με την μέθοδο της συσχέτισης της σχέσης μεταξύ της αθροιστική βροχόπτωση διαφορετικών περιόδων του υδρολογικού έτους που προηγούνται της περιόδου έκρηξης των πυρκαγιών με την έκταση των θερινών δασικών πυρκαγιών στην Κύπρο. Επιπρόσθετα, η συσχέτιση αυτή εξετάζεται σε διαφορετικές χρονοσειρές ώστε να διαφανεί οποιαδήποτε ανάλογη συσχέτιση σε βάθος χρόνου ενώ ταυτόχρονα, ερευνάται το κατά πόσο οι βροχοπτώσεις σε περιοχές που κυριαρχεί θεροφυτική και φρεατοφυτική βλάστηση με ιδιαίτερα προσαρμοστικά χαρακτηριστικά έναντι της ξηρασίας μπορούν να επηρεάσουν την εξάπλωση των θερινών πυρκαγιών.

Κεφάλαιο 2

Βιβλιογραφική ανασκόπηση

2.1 Δασικές πυρκαγιές

Οι δασικές πυρκαγιές αποτελούν σήμερα το πιο γνωστό κοινό πρόβλημα που αντιμετωπίζουν τα Μεσογειακά δάση κυρίως και το φυσικό περιβάλλον και χαρακτηρίζονται ως κύριο και αναπόσπαστο τμήμα των χερσαίων οικοσυστημάτων. Πάνω από το 20% της έκτασης της Μεσογειακής λεκάνης καλύπτεται από άγονες και βραχώδεις εκτάσεις, ως αποτέλεσμα διαδοχικών πυρκαγιών (Vallejo, Valdecantos, 2008). Σύμφωνα με στοιχεία της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (2011) ο αριθμός των πυρκαγιών στον Ευρωπαϊκό χώρο υπολογίζεται στις πάνω από 70000 πυρκαγιές ετησίως (San-Miguel-Ayanz, Camia, 2010) ενώ η συνολική καμένη έκταση υπολογίζεται να ξεπερνά τα 300000 εκτάρια γης τον χρόνο (European Commission, 2011). Στους αριθμούς αυτούς φαίνεται να συμβάλουν καθοριστικά οι πυρκαγιές που αναπτύσσονται στις νοτιότερες ή / και παραμεσόγειες Ευρωπαϊκές χώρες αφού οι χώρες αυτές χαρακτηρίζονται ως ιδιαίτερα επιρρεπής στις δασικές πυρκαγιές με περίπου 85% της καμένης έκτασης να παρατηρείται στην περιοχή της Μεσογείου (San-Miguel-Ayanz, Camia, 2010, European Commission, 2011). Σύμφωνα με νεότερα στοιχεία από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή (2011), παρόλο που το 2010 κατακάηκαν στην περιοχή της Ευρώπης περίπου 275000 εκτάρια γης, αριθμός ελαφρώς κάτω από τον μέσο όρο για συγκριτικά με προηγούμενες περιόδους, μέχρι και το 2015 ο αριθμός των πυρκαγιών οι παραμεσόγειες χώρες συμπεριλαμβανομένου της Ισπανίας, της Ελλάδας, της Ιταλίας και της Γαλλίας παρουσιάζει αυξητική τάση συγκρινόμενος με τον αριθμό πυρκαγιών κατά την περίοδο 1980-2015 στις αντίστοιχες χώρες σε ποσοστό που προσεγγίζει σε κάποιες περιπτώσεις το 50% (European Commission, 2016).

Η φωτιά δεν αποτελεί μόνο παράγοντα ραγδαίας υποβάθμισης των δασών, αλλά συχνά, στην περίπτωση τουλάχιστον των μεσογειακών δασών, και παράγοντα ανανέωσης που εντάσσεται στο φυσικό οικολογικό τους κύκλο ενώ μπορεί εν μέρει να διαμορφώσει

τους βιοχημικούς και γεωμορφολογικούς κύκλους στα οικοσυστήματα (Pausas και Paula , 2012, Bond et al., 2005, Bowman et al., 2009, Bond and Scott, 2010). Οι σύγχρονες όμως συνθήκες χρήσης της υπαίθρου, ανάπτυξης της παραθεριστικής κατοικίας και επέκτασης των οδικών προσβάσεων αυξάνουν τη συχνότητα των πυρκαγιών σε τέτοιο βαθμό, ώστε να ξεπερνιέται κατά πολύ ο φυσικός τους ρόλος και να αποδεικνύονται καταστροφικές (Vallejo, Valdecantos, 2008).

Οι κλιματικές και μετεωρολογικές συνθήκες αποτελούν καθοριστικό παράγοντα τόσο για την έναρξη και την εξέλιξη μιας δασικής πυρκαγιάς, όσο και για την αποκατάσταση της βλάστησης στις καμένες εκτάσεις (Sharma and Rikhari 1997). Τα τελευταία χρόνια, η διαφοροποίηση στο κλιματικό καθεστώς σε συνδυασμό με την αύξηση της συσσωρευμένης βιομάζας, λόγω υποχώρησης των αγροτικών δραστηριοτήτων στην ύπαιθρο και εγκατάλειψης της δασικής διαχείρισης, έχουν επιδεινώσει το πρόβλημα, με συνέπεια την εμφάνιση μεγάλων και ανεξέλεγκτων καταστροφικών πυρκαγιών (Vallejo, Valdecantos, 2008).

2.1.1 Κατηγορίες δασικών πυρκαγιών

Η έκρηξη και εξάπλωση δασικών πυρκαγιών ποικίλει ανάλογα με την καύσιμη ύλη που εντοπίζεται στην περιοχή, την κατακόρυφη κατανομή της καύσιμης ύλης και του περιεχομένου του καύσιμου υλικού σε υγρασία, αλλά και από τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή της πυρκαγιάς (Graham, et al., 2004). Ανάλογα με την κατηγορία της καύσιμης ύλης και την σχέση της πυρκαγιάς με την επιφάνεια του εδάφους διακρίνονται τα εξής είδη δασικών πυρκαγιών (Καιλίδης, 1990, Κωνσταντινίδης, 2003, Βορίσης, 2004):

- **Πυρκαγιές εδάφους ή υπόγειες πυρκαγιές.** Την καύσιμη ύλη σε αυτές τις πυρκαγιές αποτελεί η οργανική που εντοπίζεται κάτω από την επιφάνεια του φυλλοστρώματος του δάσους. Χαρακτηριστικό των πυρκαγιών αυτών είναι η βραδεία καύση που πολλές φορές γίνεται χωρίς να σχηματίζεται καπνός με αποτέλεσμα οι πυρκαγιές αυτές να μην εντοπίζονται έγκαιρα. Μπορεί να παρατηρηθεί καύση μέχρι και τα 1,5 – 2 μέτρα κάτω από την επιφάνεια του εδάφους και η εξάπλωση είναι πολύ αργή καθιστώντας την κατάσβεση τους μια χρονοβόρα διαδικασία. Παρόλα αυτά, οι πυρκαγιές τέτοιας φύσης συχνά μεταπίπτουν σε άλλο τύπο πυρκαγιάς αφού η παρουσία βλάστησης στην περιοχή αποτελεί κατάλληλη καύσιμη ύλη. Στην διάρκεια τέτοιων πυρκαγιών είναι δυνατόν

να καταστραφεί ολοσχερώς το φυτό αφού η υπόγεια καύση καταστρέφει εξολοκλήρου το ριζικό σύστημα του φυτού. Πυρκαγιές τέτοιου τύπου συναντώνται συχνότερα σε Βορειότερες περιοχές της Μεσογείου ενώ είναι σπάνιες στην Ελλάδα και την Κύπρο και συναντώνται κύρια στα επιφανειακά κοιτάσματα τύρφης.

- **Πυρκαγιές επιφάνειας ή έρπουσες.** Στις πυρκαγιές αυτές παρατηρείται καύση του ξηροτάπητα, δηλαδή της ξηρής οργανικής ύλης που βρίσκεται στην επιφάνεια του εδάφους αλλά και χαμηλή βλάστηση μέχρι τα 2 μέτρα ύψος. Χαρακτηρίζονται από την εξαιρετικά μεγάλη ταχύτητα διάδοσης με μεγάλη φλόγα και υψηλά επίπεδα θερμότητας ανάλογα πάντοτε με τις βλαστητικές δομές που συναντώνται στην περιοχή και με την ταχύτητα του πνέοντος ανέμου. Αποτελούν το συνηθέστερο είδος δασικών πυρκαγιών και μπορούν να εξελιχθούν σε επικόρυφες πυρκαγιές (περιγραφή πιο κάτω).
- **Πυρκαγιές κόμης ή επικόρυφες.** Σε πυρκαγιές τέτοιου τύπου καύσιμη ύλη αποτελούν τα εναέρια τμήματα του φυτού δηλαδή οι κόμης των δέντρων που βρίσκονται σε υψόμετρο πέραν των 2 μέτρων. Μπορούν να προέλθουν από ακατάσβεστες έρπουσες πυρκαγιές αφού τα χαμηλά κλαδιά, οι λειχήνες που αναπτύσσονται στους κορμούς κλπ μπορούν να αποτελέσουν γέφυρα εξάπλωσης της φωτιάς στα εναέρια τμήματα. Χαρακτηρίζονται από εξαιρετικά μεγάλη ταχύτητα διάδοσης και διασποράς της φωτιάς μέσω αναμμένων τμημάτων καύσιμης ύλης που μεταφέρονται με τον άνεμο. Σύμφωνα με τον Κατσάνο (1970) αποτελούν τις πιο καταστροφικές δασικές πυρκαγιές αφού μπορεί να προκαλέσουν την καταστροφή μεγάλων δασών.
- **Μεικτές ή σαρωτικές πυρκαγιές.** Όπως υποδηλώνεται από το όνομα, τέτοιες πυρκαγιές αποτελούν ένα συνδυασμό των τριών τύπων που αναφέρθηκαν πιο πάνω δημιουργώντας καταστροφικές συνέπειες αφού ο κάθε τύπος κατάκαιει διαφορετικό τύπο καύσιμης ύλης. Η συνύπαρξη επικόρυφης και έρπουσας πυρκαγιάς έχει ως αποτέλεσμα την δημιουργία μετώπου από φλόγες που εκτίνεται από το έδαφος μέχρι και μερικά μέτρα πάνω από της κορυφές των καιόμενων φυτών ενώ το μέτωπο είναι κινούμενο με αποτέλεσμα την σάρωση της παρακείμενης βλάστησης. Οι πυρκαγιές τέτοιου τύπου χαρακτηρίζονται από την μεγάλη ένταση της φωτιάς, την θερμική στήλη που δημιουργείται σε μεγάλο ύψος πάνω από την παρατηρούμενη φλόγα και από την αδυναμία πρόβλεψης τόσο της εξάπλωσης όσο και της συμπεριφοράς της πυρκαγιάς.

2.1.2 Αίτια δασικών πυρκαγιών

Τα αίτια των πυρκαγιών μπορούν να διακριθούν σε Άγνωστα και Γνωστά ενώ για την τελευταία κατηγορία γίνεται περαιτέρω υποδιαίρεση σε Φυσικά και Ανθρωπογενή.

A. Φυσικά αίτια

Στα φυσικά αίτια μπορούν να συμπεριληφθούν τέσσερις πιθανοί παράγοντες που αφορούν τους κεραυνούς, οι ηφαιστειακές εκρήξεις, η δημιουργία σπινθήρων κατά την πτώση βράχων καθώς και η αυτανάφλεξη (Batchelder, 1967) ενώ σύμφωνα με τους Jones και Lim (2000) στους παράγοντες αυτούς θα μπορούσε να προστεθεί και η πρόσκρουση μετεωρίτη στην επιφάνεια της γης. Αναμφίβολα όμως οι κεραυνοί είναι ένα από τα κυριότερα φυσικά αίτια που προκαλούν τις πυρκαγιές (Komarek, 1967). Σύμφωνα με παλαιότερες μελέτες, πριν την ανθρωπογενή παρέμβαση οι φυσικές πυρκαγιές λόγω κεραυνών αποτελούσαν την κυριότερη αιτία δασικών πυρκαγιών ενώ ο χρόνος εξάπλωσης και κατάσβεσης της πυρκαγιάς παρατείνεται αφού οι κεραυνοί συνήθως, πέφτουν σε δύσβατες και απρόσιτες περιοχές (Scott, 2000).

B. Ανθρωπογενή αίτια

Στα ανθρωπογενή αίτια συμπεριλαμβάνονται ανθρωπογενής δραστηριότητες που μπορούν άμεσα ή έμμεσα να προκαλέσουν την έκρηξη και εξάπλωση πυρκαγιών και αποτελούν τις συχνότερες αιτίες έκρηξης και εξάπλωσης πυρκαγιών. Ο αυξημένος αριθμός δασικών πυρκαγιών λόγω ανθρωπογενών αιτιών που παρατηρείται κατά τον 20^ο αιώνα αποτελεί μια τεράστια απειλή για τα παγκόσμια δασικά οικοσυστήματα (Nasi R. et al., 2002, FAO, 2007). Επιπρόσθετα, σύμφωνα με ερευνητές (Nasi, et al., 2002, EEA, 2010, Chen et. al., 2012, Motazeh et. al., 2013), οι πυρκαγιές λόγω ανθρωπογενών αιτιών αποτελούν την κυριότερη αιτία δασικών πυρκαγιών, που μεταφράζεται σε ποσοστό πέραν του 90% του συνολικού αριθμού πυρκαγιών ανά έτος (FAO, 2007).

B1. Πυρκαγιές λόγω αμέλειας / ατυχημάτων

Ένα μεγάλο ποσοστό δασικών πυρκαγιών που ξεπερνά το 50% των περιστατικών πυρκαγιών ανά χρόνο οφείλεται κυρίως σε ανθρώπινη αμέλεια ή ατυχήματα σε περιοχές που γειτνιάζουν με το σημείο έκρηξης της πυρκαγιάς (Καιλίδης, 1990,

Αντωνόπουλος, 1997, Martinez, et al., 2009, Williams et al., 2011, Ganteaume, Jappiot, 2013). Αναλυτικότερα, το μεγαλύτερο ποσοστό δασικών πυρκαγιών αυτής της κατηγορίας αφορά γεωργικές δραστηριότητες συμπεριλαμβανομένου της κατάτμησης του γεωργικού τοπίου, της εγκατάλειψης αγροτικής γης και η καύση ξερών χόρτων και καλαμιών («καψάλισμα») για επέκταση της καλλιεργούμενης γης ή για άμεσο καθαρισμό της γης ώστε να είναι διαθέσιμη για άμεση φύτευση και καλλιέργεια (Martinez, et. al., 2009, Williams, et. al., 2011). Επιπρόσθετα, αιτίες όπως η απόρριψη αναμμένων τσιγάρων και σπέρτων, το άναμμα φωτιάς σε μη ελεγχόμενους χώρους και η εγκατάλειψη της εστίας φωτιάς, το κάψιμο σκουπιδιών και απορριμμάτων, το βραχυκύκλωμα ηλεκτροφόρων καλωδίων, οι δραστηριότητες των κυνηγών, οι στρατιωτικές δραστηριότητες και διάφορες άλλες ανθρωπογενείς δραστηριότητες σε περιοχές που γειτνιάζουν με δασικές εκτάσεις αποτελούν κύριες πηγές έκρηξης και εξάπλωσης πυρκαγιών (Βορίσης, 2004, Martinez, et al., 2009, ΕΕΑ, 2010, Τμήμα Δασών, 2015).

B2. Πυρκαγιές από πρόθεση ή σκόπιμες πυρκαγιές

Περίπου 30% των δασικών πυρκαγιών ετησίως οφείλεται σε εμπρηστικές ενέργειες που αποσκοπούν στον αποχαρακτηρισμό δασικών εκτάσεων, στην δημιουργία λειβαδικής γης και βοσκοτόπων, για οικοπεδοποίηση κλπ (Καλίδης, 1990, Αντωνόπουλος, 1997, ΕΕΑ, 2010). Οι εμπρησμοί συχνά καταλήγουν σε καταστροφικές πυρκαγιές αφού η πυροδότηση της φωτιάς γίνεται μελετημένα κατά την χρονική στιγμή όπου οι καιρικές συνθήκες ενδέχεται να ευνοήσουν την εξάπλωση και διάδοση της φωτιάς. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι σύμφωνα με τον FAO (1998) μόνο για την περίοδο 1980 – 1998 στην Ευρώπη ο ετήσιος αριθμός των δασικών πυρκαγιών λόγω εμπρηστικής ενέργειας ανερχόταν στις 42 100 ενώ σε πιο πρόσφατη μελέτη αναφέρεται ότι οι εμπρηστικές ενέργειες σε ορισμένες Μεσογειακές περιοχές οφείλονται για πέραν του 50 % των ετήσιων δασικών πυρκαγιών (FAO, 2007).

2.1.3 Παράγοντες που επιδρούν στην έναρξη και διάδοση μιας πυρκαγιάς

Όπως αναλύεται στο τμήμα 2.3, οι άμεσοι παράγοντες που προκαλούν την έναρξη μιας πυρκαγιάς μπορεί να είναι φυσικοί ή ανθρωπογενείς. Η διάδοση και η δραστηριότητα όμως μιας πυρκαγιάς οφείλεται σε αριθμό παραγόντων που συμπεριλαμβάνουν τις κλιματικές συνθήκες στην περιοχή έκρηξης της πυρκαγιάς, την βλάστηση στην καίόμενη περιοχή, την τοπογραφία της περιοχής αλλά και τις ανθρωπογενείς ενέργειες (Koutsias, et al., 2012), ενώ η δραστηριότητα της πυρκαγιάς μπορεί να διαμορφωθεί από την αλληλεπίδραση των πιο πάνω παραγόντων (Graham, et al., 2004). Εξίσου σημαντικό ρόλο στην εξάπλωση της πυρκαγιάς διαδραματίζουν τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της βλάστησης στην καίόμενη περιοχή που μπορούν να την καθορίσουν ως κατάλληλο καύσιμο υλικό (Biro, and Mavsar, 2009, Keeley, et al., 2012, Pausas, and Paula, 2012, Koutsias, et. al., 2012, Pourtaghi et. al., 2016). Ενδεικτικά όπως αναφέρουν οι San Miguel-Ayanz και Camia (2013) η έκρηξη και κυρίως η εξάπλωση των πυρκαγιών καθορίζονται τόσο από την διαθεσιμότητα του καυσίμου με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του όσο και από τις ιδιαίτερες κλιματολογικές συνθήκες και κυρίως τα αυξημένα επίπεδα ξηρασίας και μειωμένης υγρασίας στην περιοχή ανάφλεξης.

Κλιματολογικές συνθήκες: Η συμπεριφορά και εξέλιξη μιας πυρκαγιάς μπορεί να βασίζονται σε έμμεσες αιτίες στις οποίες συνυπολογίζονται κλιματικοί παράγοντες συμπεριλαμβανομένου των υψηλών θερμοκρασιών και των παρατεταμένων ξηρασιών που διαφοροποιούν την υγρασία των φυτών καθώς και οι ισχυροί άνεμοι που μπορούν να αυξήσουν την ταχύτητα διάδοσης της πυρκαγιάς και την διαδικασία καύσης (Caballero, Beltran, Velasco, 2007, Biro, and Mavsar, 2009). Οι μετεωρολογικές συνθήκες είναι ένα από τα σημαντικότερα στοιχεία που ευνοούν την διάδοση μιας πυρκαγιάς αφού σύμφωνα με διάφορους μελετητές οι εκάστοτε καιρικές συνθήκες σε μια περιοχή μπορούν να συμβάλουν καθοριστικά όχι μόνο στην έκρηξη αλλά και την εξάπλωση της πυρκαγιάς (Moritz, 2003, Keeley, 2004) ενώ σύμφωνα με άλλους ερευνητές (Keeley, Fotheringham, 2001, Keeley, 2004, Peters, et al., 2004), η δραστηριότητα της πυρκαγιάς καθορίζεται κυριότερα από τους κλιματολογικούς παράγοντες παρά από την καύσιμη ύλη στην περιοχή. Σύμφωνα με τους Pausas και Paula (2012) η συχνότητα με την οποία επιτυγχάνονται συνθήκες ανάφλεξης που οδηγούν σε έκρηξη πυρκαγιάς καθορίζονται κυριότερα από τους κλιματολογικούς παράγοντες που κυριαρχούν στην δασική περιοχή. Συγκεκριμένα, σύμφωνα με μελέτες του Moritz (2003), η έκθεση σε ακραία καιρικά φαινόμενα φαίνεται να υπερτερεί της

ευαισθησίας του δασικού οικοσυστήματος σε πυρκαγιές λόγω της καύσιμης ύλης που εντοπίζεται στο οικοσύστημα ενώ σύμφωνα με τον Keeley (2004) οι καιρικές συνθήκες που επικρατούν σε μια περιοχή μπορούν να παρατείνουν την περίοδο έκρηξης πυρκαγιών.

Οι κλιματολογικές συνθήκες μπορούν να καθορίσουν την έκταση της πυρκαγιάς αφού επιδράσουν στην περιεχόμενη υγρασία αλλά και την δομή του καύσιμου υλικού ενώ ως κρισιμότεροι κλιματολογικοί παράγοντες που καθορίζουν την σημαντικότητα μιας δασικής πυρκαγιάς χαρακτηρίζονται η χαμηλή σχετική υγρασία, οι δυνατοί επιφανειακοί άνεμοι, η ασταθής συνθήκες ατμοσφαιρικού αέρα και η παρατεταμένη ξηρασία (Werth, et al., 2011, Lecina-Diaz, Alvarez, Retana, 2014). Αναλυτικότερα, η σχετική υγρασία του αέρα επιδρά αντιστρόφως ανάλογα ως προς την έκρηξη και εξάπλωση μιας πυρκαγιάς διαμορφώνοντας έτσι την ταχύτητα εξάπλωσης της πυρκαγιάς γεγονός που περιγράφεται αρχικά από τον McCarthy (1924) και επιβεβαιώνεται από αριθμό μελετητών που υποδεικνύουν ότι τα χαμηλά ποσοστά σχετικής υγρασίας σχετίζονται με την έκρηξη και επέκταση ακραίων φαινομένων πυρκαγιάς (Werth, et al., 2011). Αυτό φαίνεται να συμβαίνει επειδή η χαμηλή σχετική υγρασία μειώνει την υγρασία που περιέχεται στην νεκρή οργανική ύλη που αποτελεί εν δυνάμει καύσιμη ύλη καθιστώντας την ιδιαίτερα εύφλεκτη (Werth, et al., 2011) ενώ σύμφωνα με τις ίδιες πηγές η κατώφλιος τιμή για την σχετική υγρασία μπορεί να κυμαίνεται από 10 -40 % ανάλογα της περιοχής και της υπάρχουσας βλάστησης (Αντωνίου 2011, Werth, et al., 2011).

Επιπρόσθετα, η δύναμη και η κατεύθυνση του ανέμου στην επιφάνεια πρόκλησης της πυρκαγιάς μπορούν να συμβάλουν καθοριστικά στην ένταση, την ταχύτητα και την αναζωπύρωση της πυρκαγιάς γεγονός που αρχικά περιγράφεται από τον Beals (1914). Έκτοτε, μεγάλος αριθμός ερευνών συσχετίζουν θετικά την παρουσία θερμών, πολύ ξηρών καθοδικών αέριων ρευμάτων (άνεμοι foehn) τόσο με την έκρηξη όσο και την επέκταση μεγάλων και καταστροφικών πυρκαγιών (Hoenisch 2009, Hughs and Hall 2009, Werth, et al., 2011). Ενδεικτικά αναφέρεται ότι οι άνεμοι μπορούν να επηρεάσουν την εξέλιξη μιας πυρκαγιάς με διαφορετικούς τρόπους όπως να κατευθύνουν την πορεία της φλόγας και να κάμψουν την φλόγα προς την άκαυτη περιοχή, με την συνεχή παροχή επιπρόσθετου οξυγόνου που αυξάνει την ένταση της φωτιάς και δημιουργεί αναζωπυρώσεις και με την πρόκληση δευτερογενών εστιών

φωτιάς με μεταφορά καιόμενης βιομάζας σε παρακείμενα σημεία (Biro, and Mavsar, 2009, Werth, et al., 2011).

Όπως αναφέρεται πιο πάνω, στους σημαντικούς παράγοντες επηρεασμού της έκρηξης και εξέλιξης μιας πυρκαγιάς συμπεριλαμβάνεται η αστάθεια στις συνθήκες ατμοσφαιρικού αέρα. Ως αστάθεια χαρακτηρίζεται η απότομη πτώση της θερμοκρασίας του αέρα με την αύξηση του υψομέτρου ενώ ως σταθερότητα χαρακτηρίζεται η σταδιακή αύξηση ή ελαφρά μείωση στην διαφοροποίηση του υψομέτρου (Werth, et. al., 2011). Σύμφωνα με πρωταρχικές μελέτες επί του θέματος, ο Crosby (1949) διαπιστώνει ότι μια σταθερότητα στις ατμοσφαιρικές συνθήκες υγροποιεί τα καθοδικά ρεύματα πάνω από την εστία της φωτιάς συμβάλλοντας στον περιορισμό της φλόγας ενώ ασταθή ατμοσφαιρικές συνθήκες αυξάνουν την ταχύτητα και το βάθος των καθοδικών ρευμάτων αυξάνοντας παράλληλα την ένταση της πυρκαγιάς. Ως προς την κατεύθυνση αυτή ο Haines (1988) αναπτύσσει Δείκτη Σημαντικότητας της Κατώτερης Ατμόσφαιρας βάσει της σταθερότητας και της περιεκτικότητας σε υγρασία της κατώτερης ατμόσφαιρας σύμφωνα με τον οποίο όσο ξηρότερες και ασταθή είναι οι αέριες μάζες τόσο υψηλότερη χαρακτηρίζεται η σημαντικότητα της κατώτερης ατμόσφαιρας αυξάνοντας τον κίνδυνο έκρηξης και εξάπλωσης μεγάλης πυρκαγιάς γεγονός που επιβεβαιώνονται από αριθμό διαφορετικών ερευνών (Werth, Ochoa, 1990, Saltenberger, Barker, 1993, Goens, Andrews, 1998, Werth, et al., 2011). Συμπερασματικά, σύμφωνα με τους Werth et al. (2011), η αστάθεια στις αέριες μάζες προκαλεί ενίσχυση της κατακόρυφης αύξησης της στήλης του καπνού πάνω από τις εστίες φωτιάς ενισχύοντας έτσι την δύναμη των ανοδικών ρευμάτων που προκαλεί αύξηση της εισροής οξυγόνου στην εστία εντείνοντας την καύση. Επιπρόσθετα, η αύξηση της στήλης του καπνού συμβάλει καθοριστικά στην ανάπτυξη ριπών αέρα και στροβίλων φωτιάς ενισχύοντας την σοβαρότητα και επικινδυνότητα της πυρκαγιάς (Werth, et al., 2011).

Οι αυξημένες θερμοκρασίες, κυρίως κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, και οι παρατεταμένες περίοδοι ξηρασίας δημιουργούν ευνοϊκές συνθήκες για την έναρξη και διάδοση της πυρκαγιάς. Ο χαρακτηρισμός «ξηρασία» αποδίδεται στην χρονική περίοδο κατά την οποία παρατηρείται παρατεταμένη ανομβρία ή με λιγοστή βροχόπτωση κάτω των κανονικών επιπέδων για την εποχή. Οι συνθήκες αυτές ευνοούν την ανάπτυξη πυρκαγιών κυρίως κατά τις μεσημβρινές ώρες αφού η θερμοκρασία αυξάνεται, ο αέρας γίνεται θερμότερος και οι τιμές της σχετικής υγρασίας μειώνονται με αποτέλεσμα να

μειώνεται με εξατμισοδιαπνοή η υγρασία της χλωρής οργανικής ύλης όπως επίσης και της ξερής οργανικής ύλης που βρίσκεται στην επιφάνεια του εδάφους, καθιστώντας τα περεταίρω εύφλεκτα (Birod. and Mavsar, 2009, Werth, et al., 2011, Pausas, and Paula, 2012). Σύμφωνα όμως με τους Werth et. al. (2011) οι συνθήκες ξηρασίας δεν χαρακτηρίζονται ως προαπαιτούμενο για την έκρηξη και εξάπλωση των πυρκαγιών αλλά σε συνέργια με τους παράγοντες που αναφέρονται πιο πάνω μπορούν να προκαλέσουν ισχυρά καταστροφικές πυρκαγιές.

Επιπλέον, οι βροχοπτώσεις και πιο συγκεκριμένα η περίοδος της βροχόπτωσης κατά την διάρκεια του έτους διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην δραστηριότητα των πυρκαγιών. Συγκεκριμένα, οι βροχοπτώσεις που προηγούνται της περιόδου αυξημένης εμφάνισης των πυρκαγιών κυρίως στην θερμομεσογειακή ζώνη βλάστησης, προκαλούν αύξηση της φυτικής βιομάζας στην δασική περιοχή γεγονός που συμβάλει καταλυτικά στην εμφάνιση πυρκαγιών αφού παρατηρείται αυξημένη δυνητικά καύσιμη ύλη (Littell, et al., 2009, Archibald, et al., 2010, Keeley et al., 2012). Η κατάσταση φαίνεται να διαφοροποιείται με τις βροχοπτώσεις της θερινής περιόδου αφού σε τέτοια περίπτωση η περιεκτικότητα της φυτικής βιομάζας εμπλουτίζεται με υγρασία παρουσιάζοντας έτσι αντίσταση στην εξάπλωση της πυρκαγιάς (Sarris, & Koutsias, 2014) και αυτό γιατί η εξάτμιση του νερού που εντοπίζεται στο σώμα των φυτικών οργανισμών θα πρέπει να προηγηθεί της ανάφλεξης και για να γίνει αυτό απαιτούνται μεγάλα ποσά ενέργειας που αντλούνται από την θερμότητα της πυρκαγιάς (Birod, and Mavsar, 2009). Αναφορικά, στην περιοχή της Μεσογειακής λεκάνης και τις παραμεσόγειες περιοχές, η έναρξη των βροχοπτώσεων παρατηρείται κατά τους φθινοπωρινούς μήνες και κορυφώνεται κατά τους χειμερινούς μήνες και συγκεκριμένα το υδρολογικό έτος αρχίζει τον Οκτώβριο (Sarris, and Koutsias, 2014) και η έναρξη της ξηρής περιόδου με ιδιαίτερα υψηλές θερμοκρασίες και περιορισμένες βροχοπτώσεις στο ελάχιστο παρατηρείται κατά το τέλος της άνοιξης με αρχές καλοκαιριού (Μάιος - Ιούνιος) και ολοκληρώνεται το φθινόπωρο (Χορλακι, 2002).

Τοπογραφικές συνθήκες: Παρόλο που όπως περιγράφεται πιο πάνω, από τους σημαντικότερους παράγοντες που συμβάλλουν στην έκρηξη και εξάπλωση της πυρκαγιάς χαρακτηρίζονται οι κλιματολογικές συνθήκες στην περιοχή της πυρκαγιάς, εντούτοις, τα ιδιαίτερα τοπογραφικά χαρακτηριστικά της περιοχής μπορεί να συμβάλουν καθοριστικά στην έκρηξη και εξάπλωση της πυρκαγιάς (Turner, Romme, 1994, Broncano, Retana, 2004, Alexander, et al. 2006, Lee, et al., 2009, Lecina-Diaz,

Alvarez, Retana, 2014). Ένα από τα σημαντικότερα τοπογραφικά χαρακτηριστικά που συσχετίζονται με την εξάπλωση των πυρκαγιών αποτελεί ο προσανατολισμός της δασικής περιοχής στην οποία εκδηλώνεται η πυρκαγιά, δηλαδή η θέση της δασικής έκτασης ως προς το επίπεδο του ορίζοντα αφού δασικές περιοχές του βορείου ημισφαιρίου με νότιο ή/και δυτικό προσανατολισμό τείνουν να καίγονται με μεγαλύτερη ένταση και καταστροφικότερες συνέπειες (Weatherspoon, Skinner, 1995, Alexander, et al. 2006, Lecina-Diaz, Alvarez, Retana, 2014). Αυτό φαίνεται να συμβαίνει αφού οι περιοχές αυτές προσλαμβάνουν μεγαλύτερη ένταση ηλιακής ακτινοβολίας επομένως η θερμοκρασία είναι ψηλότερη και οδηγεί σε ξηρότερες συνθήκες που προκαλούν γρηγορότερη αποξήρανση της φυτικής βιομάζας καθιστώντας την ως κατάλληλο καύσιμο υλικό (Weatherspoon, Skinner, 1995, Alexander, et. al. 2006, Αντωνίου, 2011). Από την άλλη όμως, όπως διαπιστώνεται από τους Lecina-Diaz, Alvarez και Retana (2014), οι ξηρότερες συνθήκες που κυριαρχούν στις περιοχές αυτές μπορούν να συμβάλουν στην μειωμένη αυξητική ικανότητα της φυτικής βιομάζας με αποτέλεσμα να διαφοροποιούν τα αποτελέσματα μιας πυρκαγιάς. Έτσι, παρόλο που η ηλιακή ακτινοβολία σε βορειότερες πλαγιές χαρακτηρίζεται ως μειωμένη, εντούτοις η διαθεσιμότητα σε νερό δημιουργεί ευνοϊκότερες συνθήκες για αύξηση της πυκνότητας και της κατακόρυφης ανάπτυξης των δασικών ειδών που μπορεί κατ' επέκταση να αυξήσει την καύσιμη ύλη οδηγώντας σε καταστροφικά αποτελέσματα (Gong, et al., 2008, Lee, et al., 2009, Holden, Morgan, Evans, 2009, Al Omary, 2011). Όσον αφορά την κλίση της καιόμενης περιοχής, σύμφωνα με μελετητές (Rothermel, 1972, Chung, Lee, Lee, 2002, Lee et al., 2008, Holden, Morgan, Evans, 2009, Lecina-Diaz, Alvarez, Retana, 2014) οι απότομες πλαγιές ευνοούν την ανάπτυξη και εξάπλωση μεγάλων πυρκαγιών ενώ αν στον παράγοντα αυτό συμπεριληφθεί και ο παράγοντας του προσανατολισμού τότε τα φαινόμενα μπορεί να είναι καταστροφικά κυρίως σε πυρκαγιές που αναπτύσσονται σε απότομες πλαγιές με νότιο προσανατολισμό (Alvarez, Retana, 2014). Αυτό γιατί η αύξηση της κλίσης της δασικής πλαγιάς μειώνει την απόσταση και την γωνία μεταξύ της φλόγας και της καύσιμης ύλης που βρίσκεται πρόσθια του πύρινου μετώπου με αποτέλεσμα να θερμαίνεται η φυτική βιομάζα, να εξατμίζεται η περιεχόμενη υγρασία αυξάνοντας έτσι την ταχύτητα διάδοσης της πυρκαγιάς (Costa, et al., 2011, Alvarez, Retana, 2014). Σε συνδυασμό με τα πιο πάνω και σύμφωνα με τους Lentile et al. (2006), σε απότομες πλαγιές όπου οι κώμες των δέντρων βρίσκονται εγγύτερα η μια στην άλλη, η φλόγα μεταβιβάζεται από ένα δέντρο στα γειτονικά με αποτέλεσμα η πυρκαγιά να εξαπλώνεται ταχύτερα. Τέλος, η γενική μορφολογία του

εδάφους μπορεί να μεταβάλει τον χρόνο εξάπλωσης της πυρκαγιάς ενώ η πολυπλοκότητα του εδάφους μπορεί να μεταβάλει τόσο τον χρόνο εξάπλωσης όσο και τον χρόνο κατάσβεσης της φωτιάς (Αντωνίου 2011, Costa, et al., 2011, Pausas, and Paula, 2012, Alvarez, Retana, 2014).

Χαρακτηριστικά της καύσιμης ύλης: Όπως αναφέρεται και πιο πάνω, η εξέλιξη και η δραστηριότητα μιας πυρκαγιάς μπορεί να διαφοροποιηθεί και λόγω της σύνθεσης, της ποιότητας και της ποσότητας της φυτικής βιομάζας που δρα ως καύσιμη ύλη (Biro, and Mavsar, 2009, Keeley et al., 2012, Pausas, and Paula, 2012, Koutsias, et. al., 2012, Pourtaghi, et. al., 2016). Ως καύσιμη ύλη μπορεί να χαρακτηριστεί η δασική βιομάζα που αποτελείται από την χλωριδική σύσταση της περιοχής αλλά και η φυλλοστρωμή που αποτελείται κυρίως από νεκρή οργανική ύλη και συμπεριλαμβάνει κλαδιά, φύλλα, και διάφορα άλλα υπολείμματα των φυτικών οργανισμών ενώ στην ανάφλεξη της καύσιμης ύλης συμβάλει καθοριστικά η περιεχόμενη υγρασία αυτών (Biro, and Mavsar, 2009, Keeley, et. al., 2012, Koutsias, et al., 2012). Όπως έχει περιγραφεί πιο πάνω, η περιεκτικότητα της καύσιμης ύλης σε υγρασία μπορεί να περιορίσει την επέκταση μιας πυρκαγιάς αφού για να επέλθει η ανάφλεξη της νεκρής οργανικής ύλης θα πρέπει η περιεχόμενη βλάστηση αρχικά να εξατμιστεί (Biro and Mavsar, 2009). Επομένως η χλωριδική σύσταση της καιόμενης περιοχής και συγκεκριμένα η ικανότητα συγκρότησης νερού και υγρασίας στο σώμα των φυτικών οργανισμών ανάλογα με τη δομή και το είδος τους αποτελεί σημαντικό παράγοντα εξάπλωσης της φωτιάς (Pausas, and Paula, 2012, Alvarez, Retana, 2014). Σύμφωνα με τους Schoennagel et.al. (2004), η υγρασία τμημάτων νεκρής φυτικής οργανικής ύλης μικρής διαμέτρου όπως οι πευκοβελόνες και μικρά κλαδάκια με διάμετρο μικρότερη των 0,6 cm προσεγγίζει την σχετική υγρασία του εδάφους σε λιγότερο από μια ώρα. Έτσι σε συνθήκες πυρκαγιάς, λόγω της περιβάλλουσας ξηρότητας που προκαλείται από τα ψηλά ποσά θερμότητας αποξηραίνονται εντελώς αποτελώντας ουσιαστικά περεταίρω αναφλέξιμη ύλη. Αντιθέτως, σύμφωνα με τις ίδιες πηγές αν στην δασική περιοχή παρατηρούνται νεκροί κορμοί, μεγάλα κλαδιά κλπ διαμέτρου 7,6 - 20,3 cm τότε η καύση είναι πιο αργή αφού χρειάζονται περισσότερες ώρες μέχρι την πλήρη αποξήρανση και ανάφλεξη τους (Schoennagel et al., 2004). Ανάλογη είναι η κατάσταση με την ζωντανή φυτική ύλη της περιοχής αφού αποξηραίνονται και αναφλέγονται με πιο αργούς ρυθμούς ενώ μόνο παρατεταμένες ξηρασίες θα μπορούσαν να επηρεάσουν την περιεκτικότητα σε υγρασία της φυτικής βλάστησης ώστε να επιταχύνεται η διαδικασία της καύσης (Schoennagel et

al., 2004, Birot and Mavsar R, 2009). Επιπλέον, σε παραγωγικά οικοσυστήματα η πυκνότητα της βλάστησης που μπορεί να αναλυθεί ως η ποσότητα και η κατανομή της στην δασική περιοχή, μπορεί να συμβάλει καθοριστικά στην επέκταση της πυρκαγιάς με αυξημένη ένταση και ταχύτητα γεγονός που διαφοροποιείται αν η πυρκαγιά εξελίσσεται σε άγονες και λιγότερο παραγωγικές περιοχές (Schoennagel et.al., 2004, Birot, and Mavsar, 2009, Pausas, and Paula, 2012, Alvarez, Retana, 2014). Επιπρόσθετα, η σύσταση ολόκληρης της φυτοκοινότητας που αφορά στην κατανομή των διαφορετικών ειδών, το μέγεθος και το είδος της βλάστησης αλλά και την συνέχεια της φυτικής κατανομής στην δασική περιοχή αποτελούν σημαντικούς παράγοντες στην ταχεία εξάπλωση της πυρκαγιάς (Pausas, and Paula, 2012, Alvarez, Retana, 2014).

Ανθρωπογενείς δραστηριότητες: Πέραν από τους κλιματικού και τοπογραφικούς παράγοντες που επηρεάζουν τον βαθμό έκρηξης και εξάπλωσης μιας πυρκαγιάς αλλά και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά βλάστησης της εκάστοτε περιοχής, παράγοντες που συσχετίζονται με ανθρωπογενείς παρεμβάσεις και δραστηριότητες μπορούν να συμβάλουν καθοριστικά στην επέκταση των πυρκαγιών (Velez, 2002, Vallejo, Valdecantos, 2008, Birot, Mavsar, 2009, Moreira, et al., 2011, Ganteaume, Jappiot, 2013). Οι δασώδεις εκτάσεις στην περιοχή της Μεσογειακής Ευρώπης χαρακτηρίζονται από μείωση του μόνιμου αγροτικού πληθυσμού, αλλαγή των παραδοσιακών χρήσεων γης στο αγροτικό περιβάλλον, εγκατάλειψη των παραδοσιακών μεθόδων χρήσης των δασών, αύξηση της χρήσης των δασών για ψυχαγωγικούς σκοπούς και παρατεταμένη επέκταση της μικτής ζώνης δασών – οικισμών (Velez, 2002, Birot, Mavsar, 2009). Οι παράγοντες αυτοί συμβάλλουν καθοριστικά στην ανάπτυξη της πυρκαγιάς και μπορούν να καθορίσουν την εξέλιξη και συμπεριφορά της. Η εγκατάλειψη καλλιεργούμενης γης και η επέκταση των αστικών συγκροτημάτων σε αγροτικές περιοχές οδηγούν σε αυξημένη ζώνη γειτνίασης οικιστικών – υποδομών και δασικών εκτάσεων αυξάνοντας ιδιαίτερα τους κινδύνους έκρηξης και επέκτασης μιας πυρκαγιάς (Vallejo, Valdecantos, 2008, Birot, and Mavsar, 2009). Οι εγκαταλειμμένες αγροτικές περιοχές αποτελούν πρόσφορο έδαφος για την εισβολή δασικών ειδών βοηθώντας στην ανάπτυξη νέων δασικών εκτάσεων. Αυτό όμως έχει ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη ελαφριάς συσσώρευσης εύφλεκτου καύσιμου υλικού με οριζόντια και κάθετη συνέχεια κατανομής με αποτέλεσμα την ταχύτερη διάδοση μιας πυρκαγιάς που λόγω αυξημένης έντασης μπορεί να παραμείνει ανεξέλεγκτη κατακαίοντας τεράστιες εκτάσεις δασικής γης (Vallejo, Valdecantos, 2008, Birot, and Mavsar, 2009). Επιπρόσθετα η εγκατάλειψη της αγροτικής γης στην ύπαιθρο προκαλεί μειωμένη αξιοποίηση της δασικής βιομάζας

με αποτέλεσμα να αυξάνεται η συγκέντρωση της φυτικής βιομάζας με αποτέλεσμα να αυξάνεται ο κίνδυνος έκρηξης αλλά και επέκτασης της πυρκαγιάς (San-Miguel-Ayanz, et al., 2012, Koutsias, et al., 2012, Pausas, Fernández-Muñoz, 2012). Επιπρόσθετα, σύμφωνα με μελετητές (Yang et al. 2007, Vasilakos et al. 2008, Martínez, Vega-Garcia and Chuvieco, 2009, Padilla, Vega-García, 2011, Ganteaume, et al. 2013) χωρικοί παράγοντες όπως η απόσταση των δασικών εκτάσεων από τους δρόμους, πυλώνες ηλεκτρικής και σιδηρόδρομους, η χωροτακτική τοποθεσία οικοδομών αναψυχής, η απόσταση από τις αναπτυξιακές υποδομές και τις πολυσύχναστες περιοχές, καθώς και η διαμόρφωση των ζωνών διασύνδεσης φυσικών και αστικών περιοχών αποτελούν παράγοντες που συμβάλλουν σημαντικά στην έκρηξη πυρκαγιών. Τέλος, κοινωνικοοικονομικοί παράγοντες όπως τα επίπεδα ανεργίας, η ηλικία του αγροτικού πληθυσμού, η πυκνότητα του πληθυσμού κλπ δείχνουν μια θετική συσχέτιση με φαινόμενα έκρηξης και διάδοσης των πυρκαγιών (Sebastián-López, et al., 2008, Archibald et al., 2009, Padilla, Vega-García, 2011, Ganteaume, et al. 2013). Τέλος, αριθμός ερευνητών συσχετίζουν θετικά την έκρηξη δασικών πυρκαγιών με το φαινόμενο της παγκόσμιας κλιματικής ως απόρροια ανθρωπογενών παρεμβάσεων και δραστηριοτήτων (Westerling, Bryant, 2008, Ganteaume, et al. 2013). Συνέργια μερικών ή και όλων των παραγόντων που περιγράφονται πιο πάνω καθιστά την περιοχή της Μεσογείου ως μια από τις πιο ευάλωτες περιοχές σε σχέση με την έκρηξη και εξάπλωση πυρκαγιών με αποτέλεσμα περίπου 85% της καμένης έκτασης που αντιστοιχεί σε να παρατηρείται στην περιοχή της Μεσογείου (San-Miguel-Ayanz, Camia, 2010, European Commission, 2011).

2.1.4 Επιπτώσεις των δασικών πυρκαγιών

Οι επιπτώσεις από τις δασικές πυρκαγιές μπορούν να διακριθούν σε άμεσες ή έμμεσες (Mercer, et al., 2000, Κωνσταντινίδης, 2003, Βορίσης, 2004, Rahn, 2009). Οι άμεσες επιπτώσεις αφορούν την μερική ή ολική καταστροφή του ξυλώδους κεφαλαίου συμπεριλαμβανομένου των δασικών προϊόντων αλλά και των οικονομικών επιπτώσεων λόγω μετάδοσης των δασικών πυρκαγιών σε γεωργοκτηνοτροφικές εγκαταστάσεις, βιομηχανικές εγκαταστάσεις, κατοικίες κλπ (Rahn, 2009, Diaz, 2012).

Στις έμμεσες επιπτώσεις περιλαμβάνονται όλες οι επιπτώσεις που αφορούν τις έμμεσες ωφέλειες του δασικού οικοσυστήματος συμπεριλαμβανομένου οικολογικές, υδρολογικές, υγειονομικές και λοιπές επιπτώσεις που αφορούν την απώλεια θέσεων εργασίας, την υπερβόσκηση, την απώλεια αισθητικής, τουριστικής και πολιτιστικής

αξίας του δάσους κλπ (Mercer, et al., 2000, Κωνσταντινίδης, 2003, Βορίσης, 2004, Rahn, 2009)

Σύμφωνα με τους Birot και Mavsar (2009) οι επιπτώσεις των δασικών πυρκαγιών κυμαίνονται χρονικά από την περίοδο εμφάνισης τους μέχρι και μερικές δεκαετίες μετά την εκδήλωση των πυρκαγιών και μπορούν να αφορούν τρεις διαφορετικούς τομείς, το περιβάλλον, την οικονομία και την κοινωνία.

Αρχικά αναφέρεται ότι κατά την εξέλιξη μιας πυρκαγιάς απελευθερώνονται μεγάλες ποσότητες αερίων ρύπων όπως το μονοξείδιο του άνθρακα και του αζώτου τα οποία συσχετίζονται άμεσα με το φαινόμενο του θερμοκηπίου αλλά και με την ανθρώπινη υγεία των κατοίκων σε παρακείμενες προσήνεμες περιοχές. (Morton, et. al. 2003 , Miranda, et al., 2007, Cinnirella, et. al., 2008, Birot, and Mavsar, 2009). Σύμφωνα με μελέτες (Miranda, et al., 2007), μεγάλες πυρκαγιές όπως αυτές που εκδηλώθηκαν στην Πορτογαλία το 2003 αποτελούν σημαντικό ποσοστό της εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου συγκριτικά με τις εκπομπές λόγω ανθρωπογενών δραστηριοτήτων ενώ στο περίπου 40% φτάνει το ποσοστό ενώσεων υδραργύρου που απελευθερώνονται κατά την διάρκεια μεγάλων πυρκαγιών στην Μεσόγειο (Cinnirella, et al., 2008, Pausas, et al., 2008). Τα φαινόμενα αυτά όμως παρουσιάζουν προσωρινό χαρακτήρα και για τον λόγο αυτό οι δασικές πυρκαγιές στην Μεσογειακή περιοχή συμβάλλουν κατά μέσο όρο ελάχιστα στην εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου συγκριτικά με τις εκπομπές λόγω βιομηχανικών και ανθρωπογενών δραστηριοτήτων (Birot, and Mavsar, 2009).

Στην περιοχή της Μεσογείου, μια συχνή παρατήρηση μετά από μεγάλες πυρκαγιές όπου η βλάστηση έχει καεί ολοσχερώς αποτελεί η διαταραχή του κύκλου του νερού με αύξηση της μέγιστης ετήσιας παροχής και της επιφανειακής υδατικής απορροής, μεταφορά στερεών υλικών και δημιουργία πλημμύρων και χείμαρρων με έμμεσο αποτέλεσμα την έναρξη των διαδικασιών εδαφικής διάβρωσης (Morton, et al., 2003, Mayor, et al., 2007, Birot, and Mavsar, 2009). Η διάβρωση του εδάφους εξαρτάται από το βαθμό καταστροφής της βλάστησης, την κλίση, το ποσοστό διαπερατότητας του εδάφους, το κλίμα καθώς και την ταχύτητα αποκατάστασης ή επανεγκατάστασης της βλάστησης (Χρονοπούλου 2007; Καϊλίδης 1993). Βραχυπρόθεσμα, τέτοια φαινόμενα μπορούν να προκαλέσουν σημαντικές επιπτώσεις στο ανθρωπογενές περιβάλλον αφού μπορούν να συμβάλουν καθοριστικά στην ανάπτυξη έντονων πλημμυρικών φαινομένων και μετατόπισης λάσπης σε δρόμους, γεωργοκτηνοτροφικές μονάδες κλπ (Birot, and Mavsar, 2009). Τα φαινόμενα αυτά χαρακτηρίζονται όμως ως αναστρέψιμα

και μειώνονται δραματικά με επαναφορά της επίγειας κάλυψης στην καμένη περιοχή που μπορεί μακροπρόθεσμα να υπερνικήσει την καταστροφική όψη της καμένης περιοχής (Vallejo, Valdecantos, 2008, Birot, and Mavsar, 2009). Σε αυτό σημαντικό ρόλο παίζει η προσαρμοστικότητα και η αναγεννητική ικανότητα των φυτικών ειδών στην περιοχή έκρηξης και εξάπλωσης της πυρκαγιάς. Συγκεκριμένα, τα φυτικά είδη που αναπτύσσονται στις Μεσογειακές περιοχές έχουν αναπτύξει ιδιαίτερους προσαρμοστικούς μηχανισμούς ενάντια στην φωτιά αφού εξελικτικές και παλαιοντολογικές μελέτες υποδεικνύουν εμφάνιση πυρκαγιών ως φυσικών διεργασιών στα Μεσογειακά οικοσυστήματα (Radoglou, 1999, Vallejo, Valdecantos, 2008). Οι μηχανισμοί αφορούν κυρίως στην αναγέννηση μετά την πυρκαγιά είτε με αναβλάστηση με ανάπτυξη νέων βλαστών, είτε με φύτευμα σπόρων από υπάρχουσες τράπεζες σπόρων ή που μεταφέρονται από γειτονικές συστάδες ή και με τους δύο τρόπους (Vallejo, Valdecantos, 2008, Birot, and Mavsar, 2009). Η ανάκαμψη όμως του δασικού οικοσυστήματος εξαρτάται σε σημαντικό βαθμό από την συχνότητα εμφάνισης πυρκαγιών στην συγκεκριμένη περιοχή αφού η συχνή καύση μπορεί να προκαλέσει εξαφάνιση των ειδών με αναβλαστική ικανότητα γεγονός που μετατοπίζει την επιτυχία της αναγέννησης στην μεταφορά σπόρων από παρακείμενες συστάδες (Vallejo, Valdecantos, 2008, Birot, and Mavsar, 2009). Επιπρόσθετα, απειλή για την αναγεννώμενη περιοχή αποτελούν τα φαινόμενα βόσκησης μετά το πέρας της πυρκαγιάς και με την έναρξη της αναγεννητικής φάσης αφού φαινόμενα εντατικής υπερβόσκησης οδηγούν σε παρεμπόδιση της φυσικής αναγέννησης της καμένης περιοχής επιδρώντας στην ανθεκτικότητα των δασικών οικοσυστημάτων και οδηγώντας σε οπισθοδρόμηση του οικοσυστήματος (Morton, et al., 2003, Birot, and Mavsar, 2009, Ρήγα 2010).

Επιπρόσθετα, οι δασικές πυρκαγιές μπορούν να επιδράσουν στις φυσικοχημικές ιδιότητες του εδάφους, στην παραγωγικότητα του, και στη μερική ή ολική παράσυρση του από τις βροχές (Ρήγα 2010) άμεσα λόγω της επίδρασης της καύσης και της αυξανόμενης θερμότητας στην εδαφική επιφάνεια και την καύση των υπόγειων τμημάτων του φυτού αλλά και έμμεσα λόγω της απομάκρυνσης της βλάστησης από την επιφάνεια της καμένης περιοχής (Vallejo, Valdecantos, 2008, Birot, and Mavsar, 2009, Ρήγα 2010). Η αυξημένη θερμότητα που αναπτύσσεται σε μεγάλες πυρκαγιές μπορεί να προκαλέσουν απώλεια αζώτου από την επιφάνεια του εδάφους αλλά και μείωση της οργανικής ύλης ενώ παράλληλα παρατηρείται καταστροφή των μικροοργανισμών του εδάφους συμπεριλαμβάνοντας την μικροχλωρίδα και την μικροπανίδα μειώνοντας την

παραγωγικότητα του εδάφους (Χρονοπούλου 2007, Mayor, et al., 2007, Birot, and Mavsar, 2009, Ρήγα 2010). Επίσης, η διάρκεια και η ένταση της πυρκαγιάς μπορούν να προκαλέσουν μεταβολές στην υδροφοβία του εδάφους θετικά ή αρνητικά ενώ η συγκέντρωση υδρόφοβων ουσιών που φαίνεται να συγκεντρώνονται μετά την φωτιά στην επιφανειακή στρώση επηρεάζει την διαπερατότητα του εδάφους ενισχύοντας την διάβρωση του εδάφους λόγω ανέμου και βροχοπτώσεων (Ραδόγλου 1999, Mayor, et al., 2007, Vallejo, Valdecantos, 2008, Birot, and Mavsar, 2009).

Μια επιπρόσθετη οικολογική επίπτωση μεγάλων και καταστροφικών πυρκαγιών αφορά στην καταστροφή της πανίδας της δασικής έκτασης αν και η έκταση των επιπτώσεων σχετίζεται με το μέγεθος και την κινητικότητα των ζώων (Nasi, et al., 2002, Vallejo, Valdecantos, 2008). Οι επιπτώσεις μπορεί να είναι άμεσες με απευθείας θανάτωση των ασπόνδυλων και σπονδυλωτών ή και έμμεσες με την απώλεια οικοτόπων, περιοχών, καταφυγίων και τροφής των ζώων (Nasi, et al., 2002,). Ενδεικτικά αναφέρεται ότι στην Ρωσική Ομοσπονδία το 1998 η θνησιμότητα στους σκίουρους όπως υπολογίστηκε ακριβώς μετά τις πυρκαγιές ανήλθε στο 70-80% του πληθυσμού, ενώ το ανάλογο ποσοστό για τις αρκούδες και τα τρωκτικά ανήλθε στο 15-25% και 90% αντίστοιχα (Shvidenko and Goldammer, 2001). Ωστόσο, η καμένη έκταση μπορεί μέσω της οικολογικής διαδοχής να αναπτυχθεί σε βοσκοτόπι βελτιώνοντας τις συνθήκες εξεύρεσης τροφής των φυτοφάγων ζώων και κατ' επέκταση του θηρευτικού δυναμικού (Nasi, et al., 2002, Vallejo, Valdecantos, 2008)

Οι δασικές πυρκαγιές δεν παρουσιάζουν μόνο οικολογικές επιπτώσεις αλλά και κοινωνικοοικονομικές οι οποίες χαρακτηρίζονται ως υψίστης σημασίας. Ενδεικτικά αναφέρονται οι περιπτώσεις μεγάλων πυρκαγιών στην Πορτογαλία το 2005 και στην Ελλάδα το 2007 οι οποίες αφενός στοίχησαν την ζωή σε 13 και 64 θύματα αντίστοιχα ενώ το οικονομικό κόστος ανήλθε 800 εκ. στην περίπτωση της Πορτογαλίας και το υπέρογκο ποσό των 5 δις. για την περίπτωση της Ελλάδας (Birot, and Mavsar, 2009). Παρόλο που οι τιμές αυτές παρουσιάζονται ως ιδιαίτερα ψηλές, εντούτοις, η πραγματική αξία φαίνεται να διαφοροποιείται αφού στις τιμές των ζημιών συμπεριλαμβάνονται μόνο οι αξίες των εμπορεύσιμων αγαθών και υπηρεσιών εξαιρώντας την αξία των μη εμπορεύσιμων αγαθών (Morton, et. al. 2003, Pettenella, 2007, Birot, and Mavsar, 2009, Diaz, 2012, Di Fonzo et. al, 2015). Έτσι, αξίες που αφορούν την βιοποικιλότητα, την φυσική ομορφιά, την πολιτισμική και ιστορική αξία των περιοχών που έχουν καταστραφεί από πυρκαγιά χαρακτηρίζονται ως

ανυπολόγιστες και δεν συνυπολογίζονται για υπολογισμό των οικονομικών ζημιών από την πυρκαγιά (Mercer, et. al, 2000, Morton, et. al. 2003, Pettenella, 2007, Gonzalez – Caban, 2007, Diaz, 2012, Di Fonzo, et al, 2015). Για ορθότερη και αντικειμενικότερη αξιολόγηση των οικονομικών επιπτώσεων από τις πυρκαγιές θα πρέπει επίσης στα αναφερόμενα κόστη να συνυπολογιστούν τα κόστη που αφορούν την πρόληψη και καταστολή των δασικών πυρκαγιών π.χ. την αγορά εξοπλισμού, τις αμοιβές προσωπικού και άλλα έξοδα που δαπανούνται για την καταστολή τους (Diaz, 2012, Di Fonzo, et al., 2015). Ενδεικτικά αναφέρεται μελέτη των Valese et al. (2011) όπου μελετήθηκαν οι οικονομικές επιπτώσεις 10 μεγαλύτερων πυρκαγιών στην βορειοανατολική Ιταλία (περιοχή Veneto) κατά την περίοδο 2006-2008. Σύμφωνα με τους μελετητές, για κάθε περιστατικό έκρηξης πυρκαγιάς από αυτά που μελετήθηκαν το μέσο ετήσιο οικονομικό κόστος ανέρχεται στα 50 εκ. ευρώ που αντιστοιχεί σε 10 ευρώ ανά κάτοικο της μελετώμενης περιοχής (Valese et al., 2011) ενώ στην περίπτωση των πέντε μεσογειακών χωρών (Ελλάδα, Γαλλία, Ιταλία, Πορτογαλία και Ισπανία) όπου τα φαινόμενα πυρκαγιών είναι ιδιαίτερα διαδεδομένα, το κόστος για πρόληψη και καταστολή των πυρκαγιών ξεπερνά τα 2,5 δις. ετησίως (Biro, and Mavsar, 2009). Τέλος, παρόλο που οι επιπτώσεις μιας πυρκαγιάς μπορεί να είναι άμεσα εμφανή είτε κατά την περίοδο ακριβώς μετά την έκρηξη της πυρκαγιάς είτε κατά την διάρκεια αποκατάστασης των καμένων περιοχών, κοινωνικοοικονομικές επιπτώσεις μπορούν να παρατηρηθούν σε μεγαλύτερο βάθος χρόνου αν προκαλέσουν αναστάτωση στην οικονομία και τις τοπικές και διεθνή οικονομικές αγορές (Mavsar, 2009, Di Fonzo, et al, 2015). Στο σημείο αυτό όμως αξίζει να σημειωθεί ότι η τελική αποτίμηση των κοινωνικοοικονομικών επιπτώσεων των πυρκαγιών δεν αποτελεί εύκολη διαδικασία αφού η έλλειψη δεδομένων τόσο σε εθνικό όσο και σε διεθνές επίπεδο δημιουργεί ασυνέχεια στον συνολικό υπολογισμό τους (Biro, and Mavsar, 2009, Di Fonzo, et al, 2015).

2.2 Η χλωρίδα της Κύπρου

Η μεσογειακή χλωρίδα χαρακτηρίζεται ως ιδιαίτερα πλούσια με πολλά είδη μικρής εξάπλωσης και υψηλό ποσοστό ενδημισμού. Οι ιδιαίτερες κλιματικές συνθήκες της Κύπρου σε συνδυασμό με τον απομονωμένο νησιωτικό χαρακτήρα και την γεωμορφολογία του νησιού συμβάλλουν ιδιαίτερα στην ανάπτυξη πλούσιας χλωρίδας στο νησί ελκύοντας το ενδιαφέρον μελετητών. Από σειρά ερευνών αποκαλύπτεται ότι η Κύπρος παρουσιάζει πέραν των 2000 ιθαγενών και επιγενών φυτών ενώ από αυτά ένα περίπου 7% χαρακτηρίζει ενδημικά είδη (Χατζηκυριακού 2007).

2.2.1 Κατανομή βλάστησης στην Κύπρο

Η βλάστηση στην Κύπρο κατανέμεται κατακόρυφα σε τρεις ζώνες την α) Πεδινή και λοφώδη ζώνη που εκτείνεται από τα 0 – 400 m, την β) Ημιορεινή ζώνη που εκτείνεται από τα 400 -1000 m και την γ) Ορεινή που εκτείνεται πέραν από τα 1000 m πάνω από το επίπεδο της θάλασσας. Στις πιο πάνω ζώνες η βλάστηση διακρίνεται ως εξής:

α) Δάση: περίπου το 17% του εδάφους της Κύπρου καλύπτεται από δάση (MANRE 2005) που εξαπλώνονται στην Ορεινή και την Ημιορεινή ζώνη και κυριότερα στις οροσειρές του Τροόδους και του Πενταδακτύλου ενώ μερικές συστάδες παρατηρούνται και στα πεδινά. Στην Θερμο- και Μεσο-Μεσογειακή ζώνη συναντώνται κυρίως πευκοδάση τραχείας πεύκης (*Pinus brutia*) που αποτελούν πέραν του 90% της δασικής έκτασης και εντοπίζονται από το επίπεδο της θάλασσας μέχρι και τα 1400 m (Τσιντίδης, Χριστοδούλου, Δεληπέτρου, Γεωργίου, 2007, Χατζηγεωργίου, 2007). Στις ασβεστολιθικές πλαγιές του Πενταδακτύλου συναντώνται θερμόφιλα δάση κυπαρισσιού (*Cupressus sempervirens*) που μπορούν να παρατηρηθούν είτε αμιγή είτε ανάμεικτα με πευκοδάση ενώ μικρότερες συστάδες μπορούν να παρατηρηθούν στις παρυφές του Τροόδους. Επιπρόσθετα, σε υψόμετρο 600 – 1000 m συναντώνται μικρές συστάδες και μεμονωμένα άτομα βελανιδιάς (*Quercus infectoria subsp. veneris*). Στην Υπερ- και Ορεινή Μεσογειακή ζώνη παρατηρούνται δάση μαύρης πεύκης (*Pinus nigra subsp.pallasiana*), λατζιές (*Quercus alnifolia*) καθώς και ορεινοί αόρατοι (*Juniperus foetidissima*, *J. oxydercus* και *J.excelsa*) που εμφανίζονται κυρίως σε μικρά ανοίγματα και εναλλάσσονται με διάφορους θάμνους, ημιθάμνους και πόες (Τσιντίδης, Χριστοδούλου, Δεληπέτρου, Γεωργίου, 2007, Χατζηγεωργίου, 2007)

β) Θαμνώνες: οι διάφοροι τύποι θαμνώνων συναντώνται σε όλες τις ζώνες βλάστησης του νησιού με κυρίαρχα τα φρυγανοειδή είδη. Συγκεκριμένα το 20% του νησιού

καλύπτεται από αείφυλλους – σκληρόφυλλους θάμνους (MANRE 2005) που βρίσκονται σε διαφορετικά στάδια ανάπτυξης ανάλογα με τις ανθρωπογενής παρεμβάσεις και επιρροές (Τσιντίδης, Χριστοδούλου, Δεληπέτρου, Γεωργίου, 2007, Χατζηγεωργίου, 2007). Τον συχνότερο τύπο βλάστησης στο νησί αποτελούν οι μαξιλαρόμορφοι φρυγανωειδής θαμνώνες που εξαπλώνονται κυρίτερα σε καταπονημένες, άνυδρες και βοσκόμενες περιοχές (Τσιντίδης, Χριστοδούλου, Δεληπέτρου, Γεωργίου, 2007, Χατζηγεωργίου, 2007) συμπεριλαμβάνοντας είδη όπως οι ξισταρκές (*Cistus spp*), οι αφάνες (*Sarcopoterium spinosum*), το θρουμπί (*Coridothymus capitatus*), κλπ (Χατζηγεωργίου, 2007). Λιγότερο συχνές χαρακτηρίζονται οι συστάδες ψηλών θαμνώνων μακίας βλάστησης με κυριότερα είδη την αγριελιά (*Olea europaea*), την χαρουπιά (*Ceratonia siliqua*), την αντρουκλιά (*Arbutus andrachne*), την σχινιά (*Pistacia lentiscus*), την μυρτιά (*Myrtus communis*) κλπ (Χατζηγεωργίου, 2007).

γ) Λιβαδικές διαπλάσεις: χαρακτηρίζονται ως μικρές εκτάσεις που εντοπίζονται κυρίως σε ανοικτές θέσεις ανάμεσα σε θαμνώδης και δασικές εκτάσεις, σε εγκαταλειμμένες καλλιεργούμενες εκτάσεις, σε παρυφές δρόμων κλπ. Κυρίαρχα φυτά στις λιβαδικές εκτάσεις χαρακτηρίζονται τα διάφορα αγρωστώδη (*Gramineae spp*), οι ανεμώνες (*Anemone coronaria*), οι σπουρτούλλες (*Asphodelus aestivus*), κλπ (Χατζηγεωργίου, 2007).

Πέραν από τους πιο πάνω τύπους βλάστησης παρατηρούνται και τύποι βλάστησης που καλύπτουν μικρότερο ποσοστό του νησιού. Συγκεκριμένα, η παρόχθια βλάστηση που φύτεται κατά μήκος των ποταμών με κυρίαρχα είδη το πλάτανο (*Platanus orientalis*), τη ροδοδάφνη (*Nerium oleander*), τις μερίκες (*Tamarix spp*) κλπ. Σε ζώνη μέχρι και τα 150 μέτρα πάνω από την ακτογραμμή παρατηρείται η παραλιακή βλάστηση με αθάνατα (*Limonium spp.*), κρίνο του γιαλού (*Pangratiun maritimum*) κλπ ενώ σε εκβολές ποταμών, αλυκές και άλλες ελώδης περιοχές παρατηρείται υγροτοπική βλάστηση με καλαμιώνες (*Phragmites australis*), Σαλικόρνιας (*Salicornia europaea*) κλπ (Τσιντίδης, Χριστοδούλου, Δεληπέτρου, Γεωργίου, 2007, Χατζηγεωργίου, 2007).

Η κυπριακή χλωρίδα ακολουθεί το πρότυπο της μεσογειακής βλάστησης με ιδιαίτερη ποικιλότητα στο οποίο συμπεριλαμβάνονται κωνοφόρα αειθαλή δάση, σκληρόφυλλοι – αείφυλλοι ψηλοί και χαμηλοί θάμνοι μακίας και φρυγανώδους φυτοδιάπλασης, ποώδης βλάστηση λιβαδικών διαπλάσεων κλπ (Χατζηγεωργίου, 2007). Χαρακτηριστικό της μεσογειακής βλάστησης αποτελεί η ανάπτυξη ιδιαίτερων μορφολογικών και συμπεριφοριστικών χαρακτηριστικών που συμβάλλουν στην αντιμετώπιση της

παρατεταμένης ξηρής περιόδου (Joffre, Rambal, Ratte, 1999.) του καλοκαιριού που μεταξύ άλλων συμπεριλαμβάνουν (Dalman, 1998):

- Ανάπτυξη σκληρόφυλλων μικρού μεγέθους που αποτρέπουν την εξάτμιση του νερού, όπως αείφυλλους – σκληρόφυλλους θάμνους όπως η χαρουπιιά (*Ceratonia siliqua*), η σχινιά (*Pistacia lentiscus*), κλπ
- Ολοκλήρωση του κύκλου ζωής τους πριν από την ξηρή περίοδο όπως η περίπτωση των θεροφύτων τα οποία ως μονοετή φυτά παρουσιάζουν αβαθή ριζικό σύστημα και αποξηραίνονται πριν από την ξηρή περίοδο του καλοκαιριού (Melendo et. al., 2003).
- Μορφολογική διαφοροποίηση του ριζικού συστήματος για αξιοποίηση του περιορισμένου διαθέσιμου νερού κλπ (Dalman, 1998). Όσον αφορά τις μορφοποιήσεις του ριζικού συστήματος, αξιόλογες χαρακτηρίζονται οι προσαρμογές που παρουσιάζουν τα φρεατόφυτα τα οποία αναπτύσσουν βαθύ ριζικό σύστημα για αξιοποίηση των βαθύτερων στρωμάτων νερού που συσσωρεύεται κατά την βροχερή περίοδο του έτους (Sarris, et. al., 2013, Otieno, et al., 2006).

Τα ιδιαίτερα μορφολογικά και οικολογικά χαρακτηριστικά της βλάστησης για αντιμετώπιση των παρατεταμένων περιόδων ξηρασίας σε συνέργεια με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της βλάστησης στην καιόμενη περιοχή όπως περιγράφεται και πιο πάνω (**2.1.3., Χαρακτηριστικά της καύσιμης ύλης**), μπορούν να συμβάλουν καθοριστικά στην εξάπλωση των πυρκαγιών (Pausas, and Paula, 2012, Alvarez, Retana, 2014, Sarris, & Koutsias, 2014) όπως στην περίπτωση των φρεατοφύτων και των θεροφύτων.

Ως φρεατόφυτα χαρακτηρίζονται τα φυτά με βαθύ ριζικό σύστημα (εικ.) με κεντρικές ρίζες, που μπορεί να φτάνουν τα 50 m σε βάθος (Phillips, 1963) τα οποία απορροφούν σημαντική ποσότητα νερού από την φρεατική ζώνη (Meinzer 1927, Dawson, Pate, 1996, Jackson, Sperry, Dawson, 2000, Otieno, et. al 2006), δηλαδή από υπόγειες κοιλότητες που γεμίζουν με νερό και επομένως οι υδατικές τους ανάγκες δεν εξαρτώνται άμεσα από τα επιφανειακά εδαφικά ύδατα (Robinson, 1958). Το γεγονός αυτό καθιστά τα φρεατόφυτα ικανά να βρίσκονται σε συνεχή επαφή με νερό δίνοντας τους ιδιαίτερη ανθεκτικότητα στις παρατεταμένες ξηρές περιόδους (Smith, Monson, Anderson, 1997, Brooks, et. al, 2010, Sarris, Siegwolf, and Körner,

2013). Στα μεσογειακά οικοσυστήματα, το νερό που εμπλουτίζει τις κοιλάτητες αυτές και παρέχει την απαιτούμενη υγρασία για τα φυτά κατά την θερινή περίοδο προέρχεται από διείσδυση νερού στο έδαφος κατά την διάρκεια της προηγούμενης περιόδου βροχοπτώσεων, δηλαδή κατά την περίοδο φθινοπώρου – χειμώνα (Sarris, Christodoulakis, Körner, 2007, Brooks, et. al, 2010, Sarris, Siegwolf, and Körner, 2013). Επομένως, αν για μια χρονιά έχει παρατηρηθεί αυξημένη βροχόπτωση κατά την κύρια περίοδο βροχοπτώσεων, αναμένεται αύξηση στην περιεχόμενη υγρασία των φρεατοφύτων με αποτέλεσμα την αυξημένη αντίσταση τους στην διάδοση της φωτιά σε ενδεχόμενο πυρκαγιάς ενώ σε περίπτωση μειωμένων βροχοπτώσεων αναμένεται το αντίστροφο (Thomas, Simms, Wraight, 1964, Pausas, and Paula, 2012, Sarris, & Koutsias, 2014). Τα φρεατόφυτα συνήθως συναντώνται σε ξηρές και άνυδρες περιοχές και συμπεριλαμβάνουν δενδρώδη δομές όπως τα κωνοφόρα και οι δρύες αλλά και θαμνώδη δομές όπως η ελιά, η σχινιά κλπ.

Ως θερόφυτα σύμφωνα με τον Raunkiaer (1934) χαρακτηρίζονται ως ποώδη μονοετή φυτά τα οποία χαρακτηρίζονται από αβαθή ριζικό σύστημα (Melendo, et al, 2003) ενώ ολοκληρώνουν τον κύκλο ζωής τους ταχύτατα όταν οι συνθήκες είναι ευνοϊκές ενώ επιβιώνουν της δυσμενής περιόδου (στην περίπτωση των Μεσογειακών οικοσυστημάτων την ξηρή περίοδο του καλοκαιριού) υπό μορφή σπόρων (Raunkiaer, 1934). Η κορύφωση της ανάπτυξης των θεροφύτων παρατηρείται την άνοιξη ενώ σύμφωνα με τους Sarris και Koutsias (2014), αν παρατηρηθεί αύξηση στην βροχόπτωση της εαρινής περιόδου (μέσο και τέλος της άνοιξης) παρέχονται ψηλότερα ποσοστά υγρασίας με άμεσο αποτέλεσμα την επέκταση του κύκλου ζωής του και έμμεσα αύξηση της βιομάζας τους. Η αυξημένη συγκέντρωση των φυτών αυτών με αυξημένη βιομάζα επηρεάζει σημαντικά την εξέλιξη μιας πυρκαγιάς (Pausas, and Paula, 2012) αφού με τις ξηρές και θερμές συνθήκες του καλοκαιριού αποξηραίνονται ταχύτατα αποτελώντας κρίσιμη καύσιμη ύλη (Mejn, et al., 2007, Sarris, & Koutsias, 2014). Τα περισσότερα θερόφυτα έχουν μεσογειακές καταβολές και είναι χαρακτηριστικά σε ερημικές και ημιερημικές περιοχές του βόρειου ημισφαιρίου και συμπεριλαμβάνουν κυρίως αγρωστώδη και εκπροσώπους των οικογενειών Cruciferae και Papaveraceae.

Κεφάλαιο 3

Μεθοδολογία

3.1 Αίτια Δασικών Πυρκαγιών στην Κύπρο

Σύμφωνα με στατιστικά στοιχεία του Τμήματος Δασών Κύπρου (Διάγραμμα 1) για την χρονική περίοδο 2000 – 2015 (Τμήμα Δασών, 2015) τα αίτια των πυρκαγιών μπορούν να διακριθούν σε Άγνωστα και Γνωστά ενώ για την τελευταία κατηγορία γίνεται περεταίρω υποδιαίρεση σε Φυσικά και Ανθρωπογενή αίτια.

A. Φυσικά αίτια

Αναφορικά με την περίοδο 2000-2015, οι πυρκαγιές που αφορούν την κατηγορία αυτή στην Κύπρο αποτελούν ένα μικρό ποσοστό του 11% του συνολικού αριθμού πυρκαγιών που αντιστοιχεί σε 136 πυρκαγιές (Τμήμα Δασών, 2015) στο σύνολο των 1237 πυρκαγιών των οποίων τα αίτια είναι γνωστά.

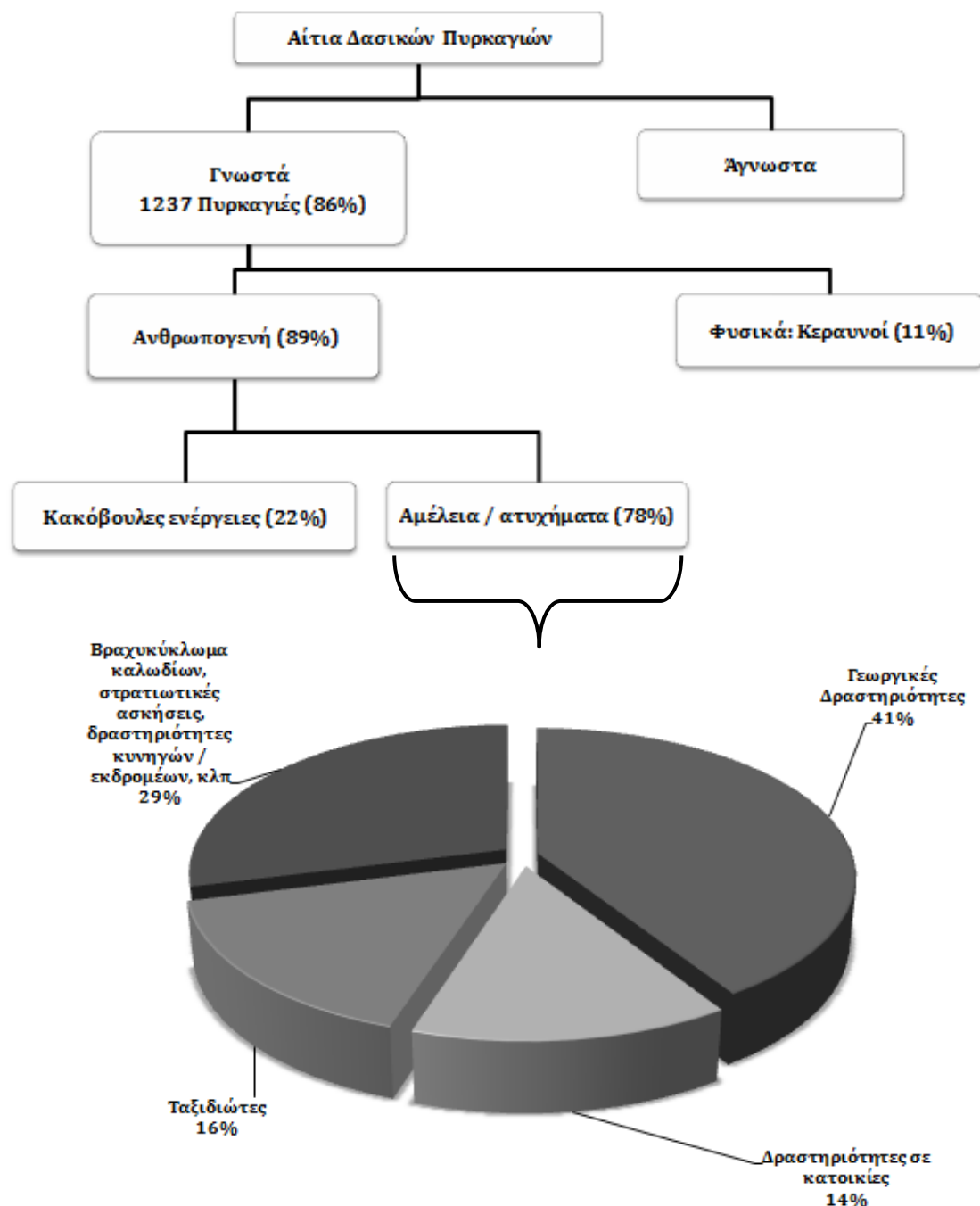
B. Ανθρωπογενή αίτια

Κατά την δεκαπενταετία 2000 – 2015 στην Κύπρο το 89% του συνολικού αριθμού των πυρκαγιών που αντιστοιχεί σε 1101 πυρκαγιές επί του συνόλου των 1237 που συμπεριλαμβάνονται στις πυρκαγιές με γνωστά αίτια αφορούσε πυρκαγιές λόγω ανθρωπογενών δραστηριοτήτων (Τμήμα Δασών, 2015). Οι πυρκαγιές αυτές κατηγοριοποιούνται σε δυο κύριες κατηγορίες που αφορούν B1) Πυρκαγιές λόγω αμέλειας / ατυχημάτων και B2) Κακόβουλες Πυρκαγιές από πρόθεση (Τμήμα Δασών, 2015).

B1. Πυρκαγιές λόγω αμέλειας / ατυχημάτων

Το 41% από τις συνολικά 857 πυρκαγιές οφειλόμενες σε ανθρώπινη αμέλεια κατά την περίοδο 2000 – 2015 αφορούσαν πυρκαγιές που προήλθαν από γεωργικές δραστηριότητες (Τμήμα Δασών, 2015). Μεγάλο ποσοστό (30%) αφορά σε δραστηριότητες ταξιδιωτών και διάφορες δραστηριότητες σε κατοικίες που συμπεριλαμβάνουν καψάλισμα χόρτων, άναμμα κάρβουνων κλπ ενώ με ένα ποσοστό

18% συμβάλλουν οι δραστηριότητες εκδρομέων στα δάση, τα ατυχήματα κατά τις διάφορες στρατιωτικές ασκήσεις και δραστηριότητες, το κάψιμο σκυβάλων και απορριμμάτων καθώς και οι κυνηγετικές δραστηριότητες κυρίως κατά την θερινή περίοδο (Τμήμα Δασών, 2015).

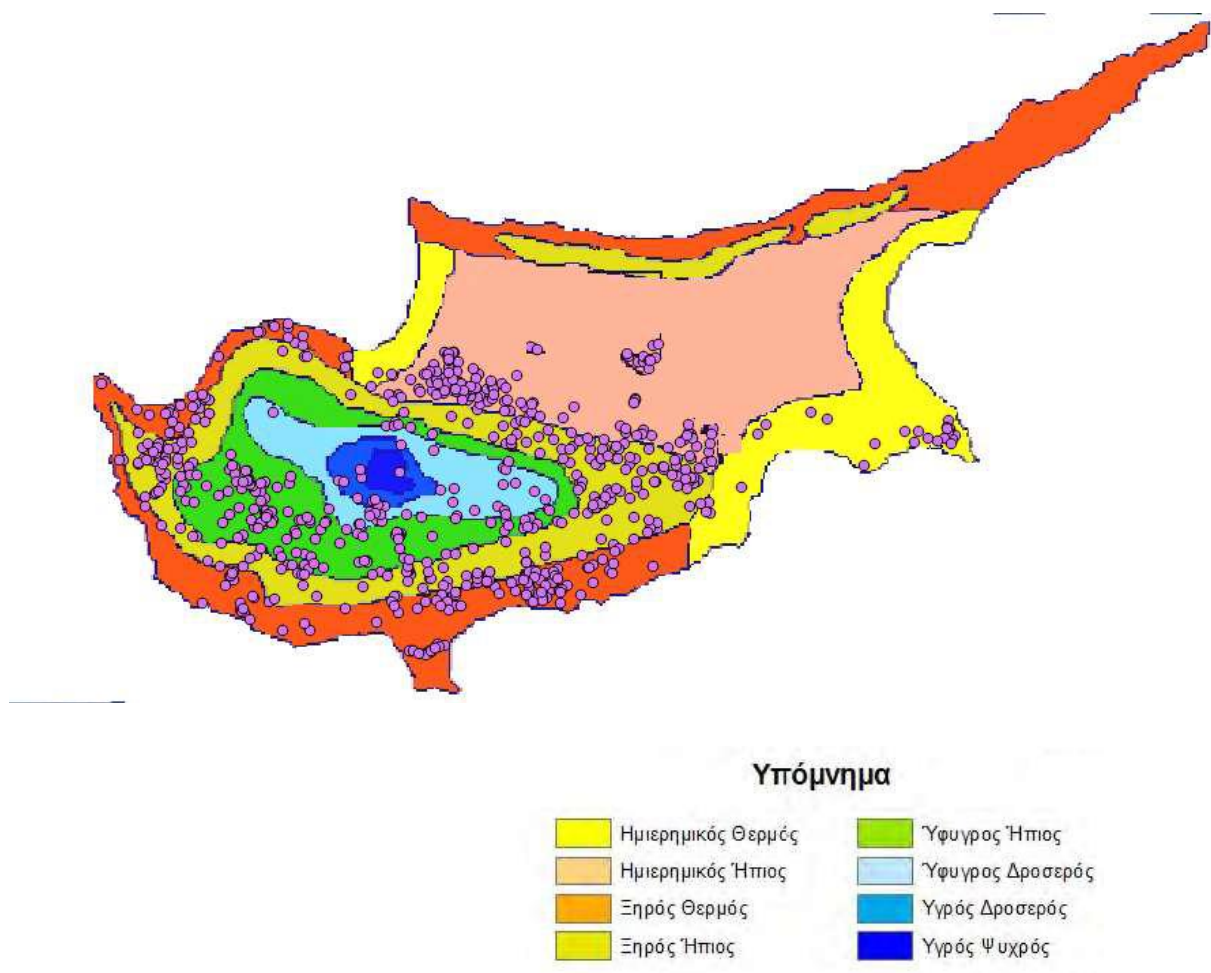


Διάγραμμα 1: Αίτια πυρκαγιών περιόδου 2000-2015 που εκδηλώθηκαν στην Κύπρο (Τμήμα Δασών, 2015).

3.2 Δεδομένα πυρκαγιών

Για την εκπόνηση της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα για κύριες και μεγάλες πυρκαγιές (καμένη γη > 1h) που εκδηλώθηκαν στην περίοδο έξαρσης των πυρκαγιών (Μάιος – Οκτώβριος) από το αρχείο του Τμήματος Δασών. Συγκεκριμένα, τα δεδομένα αφορούσαν συνολικά 1055 πυρκαγιές που εκδηλώθηκαν κατά την θερινή περίοδο (Μάιος - Οκτώβριος) κατά την περίοδο 1960-2013 από τις οποίες οι 258 εκδηλώθηκαν μεταξύ 1960-1993 και οι 797 μεταξύ 1994-2013. Για τις ανάγκες της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής χρειάστηκε αρχικά οι πυρκαγιές της περιόδου 1960 - 2013 να τοποθετηθούν στον χάρτη της Κύπρου ώστε να διαφανεί η κατανομή τους. Οι πυρκαγιές της περιόδου 1994-2013 τοποθετήθηκαν σε χάρτη της Κύπρου με την χρήση QGIS και των συντεταγμένων για κάθε πυρκαγιά όπως παρασχέθηκαν από το Τμήμα Δασών (Εικ.3.1) ώστε να παρατηρηθεί η κατανομή τους (Λάμπρου Μ., 2016). Για την προηγούμενη περίοδο (1960-1993) δεν μπορούσαν να προστεθούν στον χάρτη αφού τα δεδομένα από το Τμήμα Δασών δεν παρουσιάζονταν με συντεταγμένες αλλά με τοπωνύμια της περιοχής εξάπλωσης. Η ασυνέχεια καλύφτηκε με χρήση του συγγράμματος «A complete gazetter of Cyprus», (Christodoulou και Konstantinidis, 1987) βάσει του οποίου προσδιορίστηκαν οι θέσεις των τοπωνυμίων για τις 258 πυρκαγιές σε μορφή (πχ. WD 7387 XLIX/26) που αφορά σύστημα προσδιορισμού θέσεων του χάρτη κρατικών δασών Κύπρου του Τμήματος Δασών. Βάσει αυτού έγινε κατά προσέγγιση προσδιορισμός στον χάρτη της Κύπρου των περιοχών εμφάνισης των πυρκαγιών κατά την εν λόγω χρονική περίοδο (Λάμπρου, 2016). Για να προσδιοριστεί η κατανομή των πυρκαγιών της περιόδου 1994 -2013 στους βιοκλιματικούς ορόφους της Κύπρου χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα QGIS με την βοήθεια του οποίου οι πυρκαγιές της συγκεκριμένης περιόδου προβλήθηκαν βάσει των συντεταγμένων τους στον βιοκλιματικό χάρτη της Κύπρου όπως αυτός περιγράφεται από τους Pantelas και Barber I Valles (1995) σύμφωνα με τους οποίους η Κύπρος χωρίζεται βάσει του κλίματος και της βλάστησης σε οκτώ βιοκλιματικούς ορόφους που συμπεριλαμβάνουν τους Ημερημικό Θερμό, Ημερημικό Ήπιο, Ξηρό Ήπιο, Ξηρό Θερμό που συμπεριλαμβάνονται στον Θερμο-μεσογειακό όροφο βλάστησης, τους Ύφυγρο Ήπιο και Ύφυγρο Δροσερό που συμπεριλαμβάνονται στον Μεσο-μεσογειακό όροφο βλάστησης και τον Υγρό Δροσερό και Υγρό Ψυχρό που συμπεριλαμβάνονται στον Υπερ- και Όρο-μεσογειακό όροφο βλάστησης. Τα δεδομένα αναφορικά με την

καμένη έκταση ανά πυρκαγιά της θερινής περιόδου (Μάιος – Οκτώβριος) από το Τμήμα Δασών εισήχθησαν στο πρόγραμμα Excel και στην συνέχεια δημιουργήθηκαν τελικοί πίνακες καμένης έκτασης στους οποίους συναθροίστηκε η συνολική καμένη έκταση θερινών πυρκαγιών ανά χρονιά για να ακολουθήσει η συσχέτιση με τα δεδομένα βροχόπτωσης (Λάμπρου, 2016).



Εικόνα 3.1: Πυρκαγιές περιόδου 1994-2013 που εκδηλώθηκαν στις ελεύθερες περιοχές της Κύπρου στον βιοκλιματικό χάρτη της (Pantelas και Barber I Valles, 1995, Λάμπρου, 2016) .

3.3 Κλιματικά δεδομένα

Τα κλιματικά δεδομένα που αφορούν κυρίως δεδομένα βροχόπτωσης για τις διάφορες επαρχίες πάρθηκαν από την διαδικτυακή πηγή (European Climate Assessment & Dataset). Αναλυτικότερα, χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία για την βροχόπτωση τα οποία αφορούσαν επτά υδρολογικές περιοχές όπως παρουσιάζονται στην εικόνα 3.2 και αφορούν την υδρολογική περιοχή της Πόλης, της Πάφου, της Λεμεσού, της Λάρνακας, της Λευκωσίας και των Κοκκινοχωριών. Αναφορικά με την περίοδο που μελετάται (1982-2012) τα δεδομένα βροχόπτωσης που πάρθηκαν από την διαδικτυακή πηγή European Climate Assessment & Dataset περιλαμβάνουν δεδομένα αναφορικά με καιρικά και κλιματικά φαινόμενα όπως επίσης και σύνολα κλιματολογικών δεδομένων ευρωπαϊκών χωρών για σκοπούς παρακολούθησης και ανάλυσης των φαινομένων αυτών. Στην συγκεκριμένη διαδικτυακή πηγή εντοπίζονται δεδομένα αναφορικά με την ημερήσια καταμέτρησης βροχόπτωσης από τις αρχές του 20^{ου} αιώνα μέχρι και σήμερα. Για τους σκοπούς τις παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής επιλέγηκε ένας σταθμός για κάθε μια υδρολογική περιοχή όπως παρουσιάζεται στην Εικόνα 3.2 που η κάθε υδρολογική περιοχή αφορά μία περιοχή της επιφάνειας του εδάφους, που κλίνει προς ένα σημείο εκφόρτισης όπου καταλήγουν και συγκεντρώνονται ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα. Από τα δεδομένα σταθμών που συμπίπτουν με τις υδρολογικές περιοχές της Μετεωρολογικής Υπηρεσίας Κύπρου αφαιρέθηκαν όλα τα δεδομένα που αφορούσαν χρονικές περιόδους εκτός της χρονικής περιόδου που μελετάται. Στην συνέχεια συναθροίστηκαν τα δεδομένα ημερήσιας καταμέτρησης της βροχόπτωσης για κάθε μήνα κάθε έτους (1982-2012) ώστε να υπολογιστεί η αθροιστική μηνιαία βροχόπτωση για την περίοδο μελέτης. Σε μερικές περιπτώσεις παρατηρήθηκαν κενά και ασυνέχειες στα ημερήσια δεδομένα. Για να καλυφτούν αυτά τα κενά διενεργήθηκε ανάλυση παλινδρόμησης μεταξύ σταθμών γειτονικών υδρολογικών περιοχών (Πόλης – Πάφος, Πάφος – Λεμεσός, Λάρνακα – Λευκωσία) οι οποίες παρουσιάζουν κοινά πρότυπα κατανομής της βροχόπτωσης. Για την επεξεργασία των δεδομένων και την δημιουργία των τελικών πινάκων μηνιαίας βροχόπτωσης χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα Excel.



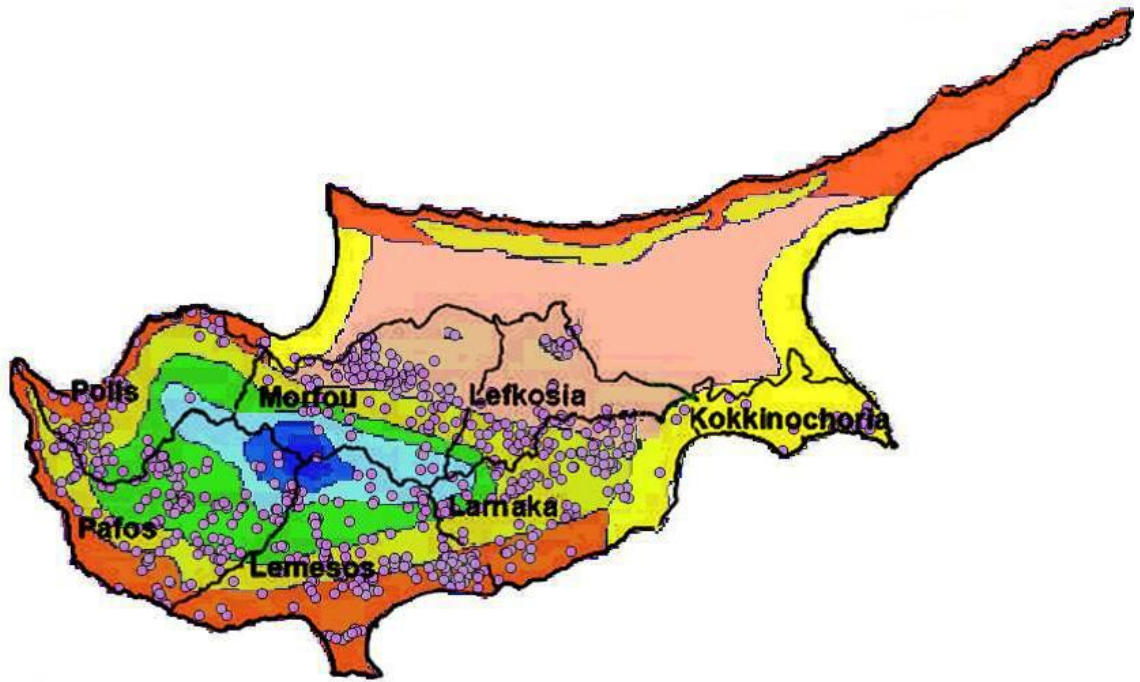
Εικόνα 3.2: Υδρολογικές περιοχές ελεύθερης Κύπρου (Μετεωρολογική Υπηρεσία Κύπρου, 2015).

3.3 Σύνθεση δεδομένων

Οι πίνακες που αφορούν την συνολική καμένη έκταση των θερινών πυρκαγιών ανά έτος και οι πίνακες αναφορικά με τη αθροιστική μηνιαία βροχόπτωση για κάθε έτος εισήχθησαν στο πρόγραμμα Excel και επιπλέον υπολογίστηκε η βροχόπτωση για τις συγκεκριμένες περιόδους εντός του υδρολογικού έτους που μπορεί να επηρεάσουν την έκρηξη και εξάπλωση πυρκαγιών. Όπως αναφέρεται από τους Sarris και Koutsias (2014), η ξηρότητα των εποχών / μηνών που προηγούνται ή συμπίπτουν με τα φαινόμενα εκδήλωσης των πυρκαγιών κατά τη θερινή περίοδο επηρεάζει και μπορεί να μεταβάλει το υδατικό περιεχόμενο της ζωντανής και ξερής καύσιμης ύλης και γενικότερα της φυτικής βιομάζας που διατίθεται για καύση. Σύμφωνα με τους San-Miguel και Camia, 2009 η περίοδος έκρηξης των πυρκαγιών στην μεσογειακή περιοχή διαρκεί από τον Ιούνιο μέχρι και τον Σεπτέμβριο κάθε έτους με κορύφωση να παρουσιάζεται κατά τους θερμότερους μήνες (Ιούνιος - Αύγουστος). Το υδρολογικό έτος στις Θερμο- και Μεσο-Μεσογειακές περιοχές αρχίζει τον Οκτώβριο και ολοκληρώνεται τον επόμενο Σεπτέμβριο με κορύφωση των βροχοπτώσεων κατά την χειμερινή περίοδο (Δεκέμβριος - Φεβρουάριος) ενώ κατά τον Μάιο - Ιούνιο οριοθετείται η έναρξη της παρατεταμένης ξηρής περιόδου η οποία ολοκληρώνεται μέχρι και τα μέσα του Φθινοπώρου (Χορλακί, 2002). Βάσει αυτού χρησιμοποιήθηκε για σκοπούς συσχέτισης της βροχόπτωσης με τα φαινόμενα έκρηξης και εξάπλωσης των πυρκαγιών ολόκληρο το υδρολογικό έτος (Οκτώβριος - Σεπτέμβριος) αφού κατά την διάρκεια αυτή παρέχεται ικανοποιητική ποσότητα όμβριων υδάτων για ανεφοδιασμό τόσο των επιφανειακών όσο και των υπόγειων υδατοσυλλογών που είναι προσβάσιμες τόσο από τις επιφανειακές όσο και από τις βαθύτερες ρίζες των φρεατοφύτων (Sarris, et al., 2013). Επιπρόσθετα, το υδρολογικό έτος διαιρέθηκε σε υποπεριόδους που αφορούσαν την δεκάμηνη περίοδο Νοεμβρίου - Αυγούστου, την πεντάμηνη περίοδο διευρυμένου χειμώνα Νοέμβριο - Μάρτιο και την τρίμηνη χειμερινή περίοδο (Δεκέμβριος - Φεβρουάριος) με τις δυο τελευταίες να συσχετίζονται καλύτερα με τον ανεφοδιασμό των βαθύτερων υδατοσυλλογών (Brooks, et al., 2010) μετά την παρατεταμένη ξηρή περίοδο του προηγούμενου καλοκαιριού. Επιπρόσθετα αξιολογήθηκαν τα ποσοστά βροχόπτωσης της εαρινής περιόδου κατά την τρίμηνη περίοδο Μαρτίου - Μαΐου, την διμηνία Απριλίου - Μαΐου καθώς και του Μαΐου ξεχωριστά αφού η βροχόπτωση των περιόδων αυτών μπορεί να συμβάλει καθοριστικά στην ανάπτυξη της βιομάζας των

θεροφύτων και άλλων ποωδών φυτών οδηγώντας σε σημαντική αύξηση της καύσιμης ύλης (Sarris, and Koutsias, 2014). Επιπρόσθετα αξιολογήθηκαν οι σποραδικές βροχοπτώσεις κατά την περίοδο έξαρσης των πυρκαγιών (Ιουνιος – Σεπτέμβριος). Παρόλο που οι υψηλές θερμοκρασίες της περιόδου αυτής προκαλούν αυξημένα φαινόμενα εξάτμισης του νερού αποτρέποντας την διείσδυση του στο έδαφος, εντούτοις, οι θερινές βροχοπτώσεις μπορούν να συμβάλουν στην καταστολή της πυρκαγιάς αφού υγραίνουν την ξηρή αλλά και νωπή φυτική μάζα που αποτελεί καύσιμη ύλη (Sarris, and Koutsias, 2014).

Για την ανάλυση και επεξήγηση των αποτελεσμάτων αναφορικά με συσχετίσεις της βροχόπτωσης με την καμένη έκταση θεωρείται σημαντική η γνώση της κυρίαρχης βλάστησης στις περιοχές έκρηξης των πυρκαγιών κατά τις χρονοσειρές που μελετούνται. Για κάλυψη των αναγκών αυτών δημιουργήθηκε η Εικόνα 3.3 στην οποία παρουσιάζεται ο χάρτης (εικ.3.2) με τις υδρολογικές περιοχές να προβάλλεται στον χάρτη με τα σημεία των πυρκαγιών προβεβλημένα στον βιοκλιματικό χάρτη της Κύπρου (3.1).



Εικόνα 3.3: Χάρτης που παρουσιάζει τις υδρολογικές περιοχές προβεβλημένες στον βιοκλιματικό χάρτη της Κύπρου (Pantelas και Barber I Valles, 1995, Λάμπρου, 2016) με τα σημεία έκρηξης πυρκαγιών κατά την περίοδο 1994-2013.

3.5 Στατιστική ανάλυση δεδομένων

Για την συσχέτιση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα IBM SPSS Statistics Version 22 στο οποίο εισήχθησαν οι πίνακες που δημιουργήθηκαν στο πρόγραμμα Excel που αφορούσαν τα κλιματικά δεδομένα που συλλέχθηκαν από την διαδικτυακή πηγή (European Climate Assessment & Dataset), καθώς και τα δεδομένα για την καμένη έκταση των πυρκαγιών που συλλέχθηκαν από το Τμήμα Δασών. Τα δεδομένα εξετάστηκαν στο SPSS για το αν ακολουθούν κανονική κατανομή βάσει του test Kolmogorov-Smirnov ώστε να διαφανεί αν ανταποκρίνονται για χρήση συντελεστή συσχέτισης Pearson γεγονός που δεν ήταν δυνατό αφού τα δεδομένα παρουσίαζαν απόκλιση από την κανονικότητα. Επομένως, επιλέγηκε να χρησιμοποιηθεί ο συντελεστής συσχέτισης Spearman's ο οποίος είναι ανεξάρτητος της κανονικότητας των δεδομένων. Στην συσχέτιση των δεδομένων, όσο μικρότερη είναι η τιμή της στατιστικής σημαντικότητας (P) τόσο μεγαλύτερη παρουσιάζεται η συσχέτιση των δεδομένων με το $P \leq 0.05$ να χαρακτηρίζει σημαντική σχετικότητα, το $P \leq 0.01$ ψηλή σχετικότητα και το $P \leq 0.001$ ή ≤ 0.0001 πολύ ψηλή σχετικότητα ενώ για τιμή συντελεστή συσχέτισης $r = 1$ η συσχέτιση θεωρείται τέλεια. Τα αποτελέσματα θεωρήθηκαν στατιστικώς σημαντικά αν εμφάνισαν επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας τουλάχιστον $P \leq 0.05$.

Για κάθε περιοχή διενεργήθηκε σειρά διαδοχικών συσχετίσεων για την περίοδο 1982-2012 (N=31). Ξεκινώντας από το έτος 1982 των χρονοσειρών που δημιουργήθηκαν, αφαιρούταν από τους πίνακες συσχέτισης ένα επιπλέον κάθε φορά έτος δεδομένων με αποτέλεσμα να μειώνεται ο αριθμός των ανεξάρτητων δειγμάτων (N) φτάνοντας μέχρι και N=20. Σε κάθε τέτοια συσχέτιση το τελευταίο έτος της ανάλυσης ήταν το 2012. Με τη μέθοδο αυτή εξετάστηκε η σταθερότητα των συσχετίσεων μέσα στο χρόνο που υποδηλώνει κατά πόσο υπάρχει μια ισχυρή διασύνδεση μεταξύ μιας κλιματικής παραμέτρου και της καμένης έκτασης που μπορεί να ερμηνεύει (Sarris and Koutsias, 2014). Σε κάθε περίπτωση αναζητήθηκαν στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις με μεγάλη σταθερότητα με μερικές εξαιρέσεις κυρίως στην περιοχή της Πόλης Χρυσοχούς.

Κεφάλαιο 4

Αποτελέσματα

Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των συσχετίσεων με χρήση του συντελεστής συσχέτισης Spearman's, που αφορούν τα δεδομένα βροχόπτωσης και την συνολική καμένη έκταση στις υδρολογικές περιοχές Λάρνακας, Λεμεσού, Λευκωσίας, Πάφου, και Πόλης για την χρονική περίοδο 1982-2012 (N=31) αλλά και σε μικρότερες χρονικές περιόδους (χρονοσειρές) αφαιρώντας κάθε φορά ένα έτος από τον πίνακα συσχετίσεων μέχρι και N=20 (1993-2012).

Συγκεκριμένα, στον **Πίνακα 1** παρουσιάζονται οι καλύτερες συσχετίσεις της βροχόπτωσης με την καμένη έκταση (και κατ' επέκταση την έκταση εξάπλωσης των πυρκαγιών) για την χρονική περίοδο 1982-2012 για όλες τις υδρολογικές περιοχές που μελετήθηκαν. Όπως φαίνεται από τα δεδομένα του πίνακα, η βροχόπτωση στις διαφορετικές περιόδους του υδρολογικού έτους φαίνεται να παρουσιάζει διαφορετική συσχέτιση ανάλογα με την περιοχή μελέτης. Συγκεκριμένα, για την περιοχή της Λάρνακας η συσχέτιση που παρουσιάζεται μεταξύ του μεγέθους καμένης γης με την βροχόπτωση των εαρινών μηνών Απριλίου – Μάιου δίνεται ως $P=0.009$. Η τιμή αυτή είναι θετική και αρκετά μικρότερη του επιπέδου σημαντικότητας $P\leq 0.05$ υποδηλώνοντας μια ψηλή συσχέτιση των βροχοπτώσεων της περιόδου αυτής με την έκταση εξάπλωσης των πυρκαγιών. Στην περίπτωση της Λεμεσού παρατηρείται μια ψηλή συσχέτιση μεταξύ έκτασης πυρκαγιών και βροχοπτώσεων του μήνα Μαρτίου με $P=0.003$ με την διαφορά ότι η συσχέτιση αυτή είναι αρνητική ενώ στην περίπτωση της Λευκωσίας η τιμή συσχέτισης $P=0.006$ μεταξύ της έκτασης της καμένης γης με την βροχόπτωση ολόκληρου του υδρολογικού έτους (Νοέμβριος - Οκτώβριος) υποδηλώνει μια ψηλή θετική συσχέτιση μεταξύ των δύο αυτών παραμέτρων. Όσον αφορά στην περιοχή της Πάφου, η θετική συσχέτιση $P=0.002$ έκτασης πυρκαγιών – βροχοπτώσεων Ιουνίου – Σεπτεμβρίου για την συγκεκριμένη χρονική περίοδο χαρακτηρίζεται επίσης ως ψηλή. Η κατάσταση στην Πόλη εμφανίζεται ελαφρώς διαφοροποιημένη αφού η

συσχέτιση μεταξύ καμένης έκτασης και βροχόπτωσης του Ιανουαρίου με $P=0.050$
βρίσκεται οριακά εντός του επιπέδου σημαντικότητας $P\leq 0.05$.

Πίνακας 1: Συσχετίσεις μεταξύ μετεωρολογικής βροχόπτωσης και καμένης έκτασης με τον συντελεστή Spearman's για την χρονική περίοδο 1982-2012 στις διαφορετικές υδρολογικές περιοχές. Όλες οι στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις ($P \leq 0.05$) δηλώνονται με * καθώς και έντονα πλάγια γράμματα ($N =$ αριθμός πυρκαγιών). Συσχετίσεις με $P \leq 0.01$ σημειώνονται με **.

Υδρολογική περιοχή	Περίοδος Βροχοπτώσεων	Correlation Coefficient	Sig. (2-tailed)	N
Λάρνακα	Apr-May	.463**	0.009	31
Λεμεσός	Mar	-.515**	0.003	31
Λευκωσία	Nov-Oct	.484**	0.006	31
Πάφος	Jun-Sep	.538**	0.002	31
Πόλης	Jan	.354*	0.050	31

Αναλυτικότερα, ο **Πίνακας 2** παρουσιάζει τις συσχετίσεις μεταξύ μετεωρολογικής βροχόπτωσης και καμένης έκτασης με τον συντελεστή Spearman's για την υδρολογική περιοχή της Λάρνακας σε διαφορετικές χρονοσειρές ξεκινώντας από την χρονική περίοδο 1982-2012 (N=31) και καταλήγοντας στην χρονική περίοδο 1993-2012 (N=20). Σε κάθε περίπτωση παρατηρείται μια πολύ υψηλή συσχέτιση της βροχόπτωσης των εαρινών μηνών Απριλίου – Μάιου με την καλύτερη τιμή συσχέτισης να αποτελεί το $P < 0.0001$ για N=20 ενώ την τιμή μικρότερης συσχέτισης να αποτελεί το $P = 0.041$ για N=27. Συγκεκριμένα, παρόλο που μεταβάλλεται ο αριθμός των ανεξάρτητων δειγμάτων εντούτοις η συσχέτιση της καμένης έκτασης με την βροχόπτωση των θερινών μηνών (Απριλίου – Μάιου) περιορίζεται στην πλειονότητα των περιπτώσεων κάτω από την τιμή $P = 0.02$ με εξαίρεση 2 περιπτώσεις ($P = 0.041$ και $P = 0.024$ για N=27 και N=25 αντίστοιχα) υποδηλώνοντας μια αμετάβλητη και αρκετά ισχυρή τάση συσχέτισης των βροχοπτώσεων της περιόδου αυτής με το μέγεθος της έκτασης των πυρκαγιών της επόμενης περιόδου έκρηξης πυρκαγιών.

Πίνακας 2: Συσχετίσεις μεταξύ μετεωρολογικής βροχόπτωσης και καμένης έκτασης με τον συντελεστή Spearman's για την υδρολογική περιοχή της Λάρνακας σε διαφορετικές χρονοσειρές (N=31 μέχρι και N=20) για την χρονική περίοδο 1982-2012. Όλες οι στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις ($P \leq 0,05$) είναι θετικές και δηλώνονται με * καθώς και έντονα πλάγια γράμματα (N= αριθμός πυρκαγιών). Συσχετίσεις με $P \leq 0,01$ σημειώνονται με **.

Περίοδος βροχόπτωσης	Correlation Coefficient	Sig. (2-tailed)	N
Apr-May	.463**	0.009	31
Apr-May	.462*	0.010	30
Apr-May	.439*	0.017	29
Apr-May	.450*	0.016	28
Apr-May	.397*	0.041	27
Apr-May	.465*	0.017	26
Apr-May	.450*	0.024	25
Apr-May	.513*	0.010	24
Apr-May	.522*	0.018	23
Apr-May	.597**	0.003	22
Apr-May	.637**	0.002	21
Apr-May	.801**	<0.001	20

Στον **Πίνακα 3** παρουσιάζονται οι συσχετίσεις μεταξύ μετεωρολογικής βροχόπτωσης και καμένης έκτασης με τον συντελεστή Spearman's για την υδρολογική περιοχή της Λεμεσού σε ανάλογες χρονοσειρές όπως περιγράφονται πιο πάνω (1982-2012 με N=31 μέχρι 1993-2012 με N=20). Στην περίπτωση αυτή παρατηρείται διαφοροποίηση στις συσχετίσεις σε σχέση με αυτές που παρατηρούνται για την υδρολογική περιοχή της Λάρνακας (βλ. πιο πάνω) και της Λευκωσίας (βλ. πιο κάτω). Συγκεκριμένα, σε όλες τις χρονοσειρές που παρουσιάζονται υπάρχει μια αμετάβλητη αρνητική συσχέτιση της έκτασης των πυρκαγιών με την βροχόπτωση που παρουσιάζεται κατά τον μήνα Μάρτιο με την υψηλότερη συσχέτιση να εμφανίζεται κατά την χρονοσειρά 1987-2012 (N=26) με $P=0.0002$ ενώ την χαμηλότερη συσχέτιση να παρουσιάζεται κατά την χρονοσειρά 1991-2012 (N=22) με $P=0.011$. Αναλυτικότερα, στην περίπτωση της Λεμεσού οι αρνητικές συσχετίσεις για όλες τις χρονοσειρές με εξαίρεση την χρονοσειρά 1991-2012 (N=22) χαρακτηρίζονται ως υψηλές αφού κυμαίνονται πιο κάτω από το επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας $P \leq 0.05$ ενώ σε κάποιες περιπτώσεις οι τιμές P κυμαίνονται πιο κάτω και από το επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας $P \leq 0.001$ υποδηλώνοντας αρκετά υψηλή συσχέτιση όπως π.χ. στις χρονοσειρές 1987-2012 (N=26) και 1988-2012 (N=25) με $P=0.0002$ και $P=0.0006$ αντίστοιχα.

Πίνακας 3: Συσχετίσεις μεταξύ μετεωρολογικής βροχόπτωσης και καμένης έκτασης με τον συντελεστή Spearman's για την υδρολογική περιοχή της Λεμεσού σε διαφορετικές χρονοσειρές (N=31 μέχρι και N=20) για την χρονική περίοδο 1982-2012. Όλες οι στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις ($P \leq 0,05$) είναι αρνητικές και δηλώνονται με * καθώς και έντονα πλάγια γράμματα (N= αριθμός πυρκαγιών). Συσχετίσεις με $P \leq 0,01$ σημειώνονται με **.

Περίοδος βροχόπτωσης	Correlation Coefficient	Sig. (2-tailed)	N
Mar	-.515**	0.003	31
Mar	-.545**	0.002	30
Mar	-.557**	0.002	29
Mar	-.541**	0.003	28
Mar	-.547**	0.003	27
Mar	-.672**	0.0002	26
Mar	-.635**	0.0006	25
Mar	-.589**	0.003	24
Mar	-.551**	0.006	23
Mar	-.531*	0.011	22
Mar	-.584**	0.005	21
Mar	-.616**	0.004	20

Ο Πίνακας 4 παρουσιάζει τις ανάλογες συσχετίσεις μεταξύ καμένης έκτασης - μετεωρολογικής βροχόπτωσης για την υδρολογική περιοχή της Λευκωσίας κατά τις ίδιες χρονοσειρές όπως και πιο πάνω (1982-2012 με $N=31$ μέχρι 1993-2012 με $N=20$). Αρχικά, παρόλο που παρατηρείται ότι σε όλες τις χρονοσειρές που παρουσιάζονται οι συσχετίσεις μεταξύ της έκτασης μιας πυρκαγιάς και των βροχοπτώσεων είναι θετικές, εντούτοις παρατηρούνται συσχετίσεις με διαφορετικές περιόδους βροχόπτωσης ανάλογα με την χρονοσειρά. Συγκεκριμένα, για τις πρώτες δυο χρονοσειρές (1982-2012 και 1983-2012) παρατηρούνται ικανοποιητικά σημαντικές θετικές συσχετίσεις μεταξύ έκτασης της πυρκαγιάς και βροχόπτωσης ολόκληρου του υδρολογικού έτους (Νοέμβριος - Οκτώβριος) του προηγούμενου χρόνου εκδήλωσης των πυρκαγιών. Η κατάσταση διαφοροποιείται μεταξύ των χρονοσειρών 1984-2012 έως 1993-2012 ($N=29$ μέχρι και $N=21$) αφού οι συσχετίσεις εξακολουθούν να είναι θετικές όμως αφορούν τις βροχοπτώσεις του Μάιου συγκεκριμένα και όχι ολόκληρου του υδρολογικού έτους με την ψηλότερη συσχέτιση να αφορά στην χρονοσειρά 1984-2012 ($N=29$) με $P=0.002$ και την χαμηλότερη συσχέτιση να αφορά την περίοδο 1989-2012 με $P=0.008$. Στο συγκεκριμένο φάσμα χρονοσειρών εντοπίζονται μια εξαίρεση που αφορά στην χρονοσειρά 1990-2012 ($N=23$) που παρατηρείται συσχέτιση της έκτασης πυρκαγιών με τις βροχοπτώσεις του μήνα Ιανουάριου με $P=0.005$ ενώ διαφοροποίηση παρατηρείται και στην τελευταία χρονοσειρά (1993-2012 με $N=20$) αφού παρουσιάζεται ψηλή συσχέτιση της έκτασης των πυρκαγιών με τις βροχοπτώσεις των χειμερινών μηνών (Δεκέμβριος - Φεβρουάριος) με τιμή $P=0.012$. Συνολικά, η υψηλότερη συσχέτιση αυτού του φάσματος χρονοσειρών παρατηρείται στην χρονοσειρά 1992-2012 ($N=21$) με $P=0.001$ ενώ η χαμηλότερη συσχέτιση του φάσματος παρατηρείται στην χρονοσειρά 1983-2012 ($N=30$) με $P=0.012$ που τοποθετείται αρκετά πιο κάτω από το επίπεδο σημαντικότητας $P \leq 0.05$ που ορίστηκε στην παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή ενώ επιπλέον, οι πλειονότητα των τιμών συσχετίσεων P κυμαίνονται κάτω και από το επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας $P \leq 0.001$ με εξαίρεση τις χρονοσειρές 1983-2012 ($N=30$) και 1993-2012 ($N=20$) με $P=0.012$ και για τις δύο χρονοσειρές.

Πίνακας 4: Συσχετίσεις μεταξύ μετεωρολογικής βροχόπτωσης και καμένης έκτασης με τον συντελεστή Spearman's για την υδρολογική περιοχή της Λευκωσίας σε διαφορετικές χρονοσειρές (N=31 μέχρι και N=20) για την χρονική περίοδο 1982-2012. Όλες οι στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις ($P \leq 0,05$) είναι θετικές και δηλώνονται με * καθώς και έντονα πλάγια γράμματα (N= αριθμός πυρκαγιών). Συσχετίσεις με $P \leq 0,01$ σημειώνονται με **.

Περίοδος βροχόπτωσης	Correlation Coefficient	Sig. (2-tailed)	N
Nov-Oct	.484**	0.006	31
Nov-Oct	.453*	0.012	30
May	.558**	0.002	29
May	.564**	0.002	28
May	.564**	0.002	27
May	.527**	0.006	26
May	.538**	0.006	25
May	.530**	0.008	24
Jan	.566**	0.005	23
May	.582**	0.005	22
May	.550**	0.001	21
Dec-Feb	.553*	0.012	20

Οι συσχετίσεις μεταξύ μετεωρολογικής βροχόπτωσης - καμένης έκτασης για την υδρολογική περιοχή της Πάφου για τις αναφερόμενες χρονοσειρές παρουσιάζονται στον **Πίνακα 5**. Όπως παρατηρείται, στην υδρολογική περιοχή της Πάφου σε όλες τις χρονοσειρές εντοπίζονται στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις (με $P \leq 0,05$) με την ψηλότερη συσχέτιση έκτασης πυρκαγιών - βροχοπτώσεων να παρουσιάζεται στην χρονοσειρά 1982-2012 (N=31) με $P=0.002$, ενώ η χαμηλότερη συσχέτιση παρουσιάζεται στην χρονοσειρά 1991-2012 (N=22) με $P=0.033$. Η πρώτη συσχέτιση αποτελεί θετική συσχέτιση μεταξύ της καμένης έκτασης και της βροχόπτωσης της περιόδου Ιουνίου - Σεπτεμβρίου, ενώ η δεύτερη αφορά αρνητική συσχέτιση μεταξύ της καμένης έκτασης και των βροχοπτώσεων της περιόδου Νοέμβριος - Μάρτιος του υδρολογικού έτους που προηγείται της περιόδου των πυρκαγιών. Γενικότερα, η υδρολογική περιοχή της Πάφου αποτελεί την μόνη περιοχή στην οποία παρατηρούνται τόσο θετικές όσο και αρνητικές συσχετίσεις. Συγκεκριμένα, από την χρονοσειρά 1982-2012 (N=31) μέχρι και την χρονοσειρά 1990-2012 (N=23) οι συσχετίσεις που παρατηρούνται είναι θετικές και αφορούν τις βροχοπτώσεις της περιόδου Ιουνίου - Σεπτεμβρίου. Στις χρονοσειρές που ακολουθούν (1991-2012 όπου N=22, 1992-2012 όπου N=21 και 1993-2012 όπου N=20) παρατηρείται μια μεταστροφή της συσχέτισης σε αρνητική. Συγκεκριμένα, στην χρονοσειρά 1991-2012 (N=22) παρατηρείται ψηλή αρνητική συσχέτιση έκτασης πυρκαγιάς - βροχοπτώσεων της περιόδου Νοεμβρίου - Μαρτίου με $P=0.033$ ενώ για τις τελευταίες δυο χρονοσειρές 1992-2012 (N=21) και 1993-2012 (N=20) παρατηρείται σημαντική συσχέτιση της έκτασης των πυρκαγιών με την βροχόπτωση της περιόδου Οκτωβρίου - Μαρτίου με $P=0.015$ και $P=0.033$ αντίστοιχα.

Πίνακας 5: Συσχετίσεις μεταξύ μετεωρολογικής βροχόπτωσης και καμένης έκτασης με τον συντελεστή Spearman's για την υδρολογική περιοχή της Πάφου σε διαφορετικές χρονοσειρές (N=31 μέχρι και N=20) για την χρονική περίοδο 1982-2012. Όλες οι στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις ($P \leq 0,05$) δηλώνονται με * καθώς και έντονα πλάγια γράμματα (N= αριθμός πυρκαγιών). Συσχετίσεις με $P \leq 0,01$ σημειώνονται με **.

Περίοδος βροχόπτωσης	Correlation Coefficient	Sig. (2-tailed)	N
Jun-Sep	.538**	0.002	31
Jun-Sep	.523**	0.003	30
Jun-Sep	.494**	0.006	29
Jun-Sep	.490**	0.009	28
Jun-Sep	.501**	0.008	27
Jun-Sep	.495*	0.010	26
Jun-Sep	.507**	0.001	25
Jun-Sep	.509*	0.011	24
Jun-Sep	.463*	0.026	23
Nov-Mar	-.456*	0.033	22
Oct-Mar	-.523*	0.015	21
Oct-Mar	-.479*	0.033	20

Ο πίνακας συσχετίσεων μετεωρολογικής βροχόπτωσης - καμένης έκτασης για την υδρολογική περιοχή της Πόλης (**Πίνακας 6**) για τις αναφερόμενες χρονοσειρές παρουσιάζεται διαφοροποιημένος αφού σε αυτόν η πλειονότητα των συσχετίσεων δεν εμπίπτουν στα όρια της στατιστικά σημαντικής συσχέτισης με $P \leq 0.05$. Συγκεκριμένα, από τις δώδεκα χρονοσειρές που παρατηρούνται, μόνο σε πέντε παρατηρείται στατιστικά σημαντική συσχέτιση με τιμές που προσεγγίζουν το ανώτερο όριο στατιστικής σημαντικότητας $P \leq 0,05$ με εξαίρεση την χρονοσειρά 1986-2012 (N=27) όπου $P=0.010$. Από τις χρονοσειρές στις οποίες εμφανίζονται στατιστικώς σημαντικά αποτελέσματα, καλύτερη συσχέτιση παρουσιάζεται στην χρονοσειρά 1986-2012 (N=27) όπου $P=0.010$ ενώ μικρότερες συσχετίσεις παρατηρούνται στην χρονοσειρά 1982 - 2012 (N=31) με τιμή $P=0.050$ καθώς και στις χρονοσειρές 1984 - 2012 (N=29) και 1985 - 2012 (N=28) με τιμή $P=0.048$ και για τις δυο συσχετίσεις. Όλες οι χρονοσειρές στις οποίες ισχύει $P \leq 0,05$ αφορούν συσχετίσεις της έκτασης των πυρκαγιών με τις βροχοπτώσεις του Ιανουαρίου που προηγείται της περιόδου έκρηξης των πυρκαγιών.

Πίνακας 6: Συσχετίσεις μεταξύ μετεωρολογικής βροχόπτωσης και καμένης έκτασης με τον συντελεστή Spearman's για την υδρολογική περιοχή της Πόλης σε διαφορετικές χρονοσειρές (N=31 μέχρι και N=20) για την χρονική περίοδο 1982-2012. Όλες οι στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις ($P \leq 0,05$) είναι θετικές και δηλώνονται με * καθώς και έντονα πλάγια γράμματα (N= αριθμός πυρκαγιών). Συσχετίσεις με $P \leq 0,01$ σημειώνονται με **.

Περίοδος βροχόπτωσης	Correlation Coefficient	Sig. (2-tailed)	N
Jan	.354	0.050	31
Jan	.369*	0.045	30
Jan	.370*	0.048	29
Jan	.377*	0.048	28
Jan	.323	0.010	27
Jan	.315	0.117	26
Jan	.324	0.114	25
Jan	.277	0.190	24
Jan	.298	0.168	23
Jul	-.306	0.166	22
Jul	-.341	0.121	21
Dec	.316	0.175	20

Κεφάλαιο 5

Συζήτηση αποτελεσμάτων

5.1 Ερμηνεία Αποτελεσμάτων

Στο παρόν κεφάλαιο γίνεται προσπάθεια επεξήγησης των αποτελεσμάτων των συσχετίσεων της έκτασης των πυρκαγιών με την βροχόπτωση σε διαφορετικές περιόδους του υδρολογικού έτους βάσει της φυτικής βιομάζας που κυριαρχεί σε κάθε μια από τις αναφερθείσες υδρολογικές περιοχές.

5.1.1 Η επίδραση των θεροφύτων στην εξάπλωση των πυρκαγιών που παρατηρούνται στον Μεσο-μεσογειακό και Θερμο-μεσογειακό όροφο βλάστησης βάσει των επιπέδων βροχόπτωσης

Ένα από τους βασικούς σκοπούς της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής αποτέλεσε η μελέτη της σχέσης σε βάθος χρόνου της επίδρασης των βροχοπτώσεων στην εξάπλωση των θερινών πυρκαγιών σε περιοχές που κυριαρχεί θεροφυτική και φρεατοφυτική βλάστηση που παρουσιάζουν ιδιαίτερα προσαρμοστικά χαρακτηριστικά έναντι της ξηρασίας. Με τον τρόπο αυτό μελετάται έμμεσα το κατά πόσο βροχόπτωση κατά την αυξητική περίοδο των θεροφύτων συμβάλει στην αύξηση της βιομάζας τους καθιστώντας τα κατάλληλα εύφλεκτα υλικά ώστε να συμβάλλουν θετικά και καταλυτικά στην έκταση των πυρκαγιών. Όπως αναφέρεται (Pausas J.G., Paula S., 2012, Sarris D., & Koutsias N., 2014) η αυξημένη βροχόπτωση κατά το μέσο και τέλος της εαρινής περιόδου (μήνες Μαρτίου - Μαΐου) παρέχει αυξημένη υγρασία επεκτείνοντας έτσι την ανάπτυξη των θεροφύτων με αποτέλεσμα να αυξάνεται περαιτέρω η βιομάζα τους. Τέτοια ταχυαυξή φυτά χαρακτηρίζονται ως ιδιαίτερα επιρρεπή σε μια μεμονωμένη βροχερή περίοδο με αποτέλεσμα να αυξάνεται η συγκέντρωση τους επηρεάζοντας έτσι σημαντικά την δραστηριότητα μιας πυρκαγιάς (Pausas J.G., Paula S., 2012, Sarris D., & Koutsias N., 2014) αφού με την άνοδο της θερμοκρασίας κατά την θερινή περίοδο το σώμα των θεροφύτων αποξηραίνεται τελείως και καθίσταται

ιδιαίτερα εύφλεκτο. Η συμπεριφορά αυτή συμπίπτει με τις προβλέψεις του μοντέλου κατά Meyn et al., 2007 που αφορούν τα φτωχά σε βιομάζα και ταυτόχρονα εποχιακά ξηρά οικοσυστήματα ενώ ανάλογη συμπεριφορά καταγράφεται από τους Veblen et al. (1999) αναφορικά με τα αυξημένα κρούσματα πυρκαγιών σε λιβαδικές εκτάσεις όταν αυξάνεται η παρεχόμενη υγρασία κατά την περίοδο της άνοιξης που συνδέεται με αύξηση της καύσιμης ύλης. Από τα αποτελέσματα της παρούσας μεταπτυχιακής μια ανάλογη σχέση φαίνεται να ισχύει έντονα στην περίπτωση της υδρολογικής περιοχής της Λάρνακας. Γενικότερα, σύμφωνα με τον χάρτη 3.3 στον οποίο παρουσιάζεται η προβολή της υδρολογικής περιοχής της Λάρνακας στον χάρτη με των Βιοκλιματικών ορόφων βλάστησης της Κύπρου, η επιλεγμένη περιοχή παρουσιάζεται να εμπίπτει κατά κύριο λόγο στον Θερμο-μεσογειακό (Ημιορημικός Θερμός, Ημιορημικός Ήπιος, Ξηρός Θερμός, Ξηρός Ήπιος) όροφο βλάστησης ενώ σύμφωνα με τον ίδιο χάρτη, αριθμητικά η μεγαλύτερη κατανομή των πυρκαγιών που καταγράφηκαν στην συγκεκριμένη περιοχή για την μελετώμενη χρονική περίοδο εντοπίζεται επίσης στον Θερμο-μεσογειακό όροφο βλάστησης. Συγκεκριμένα, για την εν λόγω περιοχή παρατηρείται ισχυρή συσχέτιση της βροχόπτωσης κατά το μέσο και τέλος της εαρινής περιόδου (Απρίλιος - Μάιος) με την έκταση της πυρκαγιάς ($P=0.0087$ για την χρονοσειρά 1982 - 2012) που αφορά ολόκληρη την περίοδο μελέτης. Η συσχέτιση εξακολουθεί να παραμένει ιδιαίτερα υψηλή για όλες τις χρονοσειρές που δημιουργούνται με την σχετικότητα να αυξάνεται με κάθε νέα χρονοσειρά που δημιουργείται φτάνοντας στη χρονοσειρά 1993-2012 ($N=20$) η τιμή P να αντιστοιχεί σε <0.0001 υποδηλώνοντας μια εξαιρετική συσχέτιση.

Σύμφωνα με τον χάρτη 3.3, στον Θερμο-μεσογειακό όροφο και πιο συγκεκριμένα στους Ημιορημικό Ήπιο και Ξηρό Ήπιο υπο-ορόφους εμπίπτει και το μεγαλύτερο μέρος της υδρολογικής περιοχής της Λευκωσίας. Όπως και στην περίπτωση της Λάρνακας, για την υδρολογική περιοχή της Λευκωσίας παρατηρείται θετική συσχέτιση των βροχοπτώσεων με την έκταση των δασικών πυρκαγιών που αρχικά αφορά ολόκληρο το υδρολογικό έτος (Νοέμβριος - Οκτώβριος για $N=31$ και $N=30$) και μετέπειτα κατά κύριο λόγο τις βροχοπτώσεις του Μαΐου ($N=29$ μέχρι και $N=24$, $N=22$ και $N=21$) και σε δευτερεύουσα φάση των χειμερινών μηνών Δεκεμβρίου - Φεβρουαρίου ($N=20$) ή και συγκεκριμένα του Ιανουαρίου ($N=23$). Η θετική συσχέτιση αυτή φαίνεται και πάλι να οφείλεται στα θερόφυτα που αποτελούν μια από τις κυρίαρχες μορφές βλάστησης στην περιοχή. Επιπρόσθετα όμως παρατηρείται μια διαφοροποίηση σε σχέση με την περίοδο βροχοπτώσεων που φαίνεται να επηρεάζει την έκταση των πυρκαγιών. Η διαφορά

αυτή εκφράζεται με μια μετατόπιση της περιόδου επηρεασμού από τις βροχοπτώσεις Απριλίου – Μαΐου στην περίπτωση της Λάρνακας στις βροχοπτώσεις ολόκληρου του υδρολογικού έτους (Οκτώβριος - Σεπτέμβριος) αρχικά και του Μαΐου (με καλύτερη τιμή συσχέτισης από όλες τις χρονοσειρές την τιμή $P=0.0017$ που αφορά στις βροχοπτώσεις του Μαΐου) μεταγενέστερα στην περίπτωση της Λευκωσίας. Η μετατόπιση αυτή φαίνεται να οφείλεται στο διαφορετικό καθεστώς βροχοπτώσεων της περιοχής Λευκωσίας αφού διαχρονικά αποτελεί μια από τις ξηρότερες υδρολογικές περιοχές της Κύπρου. Βάσει των δεδομένων ότι η Λευκωσία γενικότερα παρουσιάζει χαμηλότερα ποσοστά βροχοπτώσεων, η αυξητική περίοδος των θεοφύτων μεταβάλλεται ανάλογα με την θερμοκρασία και την βροχόπτωση (Viegas, Viegas, 1994, Pausas, 2004, Sarris, & Koutsias, 2014). Επίσης τα θερόφυτα επηρεάζονται από μια μεμονωμένη βροχερή περίοδο και μπορούν να αυξήσουν την συγκέντρωση και την βιομάζα τους (Pausas, Paula, 2012, Sarris, & Koutsias, 2014). Επομένως μια αυξημένη βροχόπτωση κατά τον Μάιο συμβάλει στην απότομη αύξηση της βιομάζας των θεοφύτων με αποτέλεσμα να αυξάνεται η διαθέσιμη καύσιμη ύλη κατά την περίοδο του έκρηξης των θερινών πυρκαγιών.

Ανάλογα παρουσιάζονται εν μέρει και τα αποτελέσματα των συσχετίσεων που αφορούν την περιοχή της Πάφου αφού σε εννιά (1982-2012 με $N=31$ έως και 1990-2012 με $N=23$) από τις δώδεκα χρονοσειρές που αναλύονται παρουσιάζεται μια πολύ καλή θετική συσχέτιση μεταξύ βροχοπτώσεων και της έκτασης των πυρκαγιών παραπέμποντας στην θετική επίδραση που παρουσιάζουν τα θερόφυτα στην επέκταση των πυρκαγιών. Επιπλέον όμως, και σε αυτή την υδρολογική περιοχή παρατηρείται μια διαφοροποίηση της σημαντικής περιόδου βροχοπτώσεων που επηρεάζει την εξάπλωση των θερινών πυρκαγιών αφού όλες οι θετικές συσχετίσεις αφορούν τις βροχοπτώσεις της περιόδου Ιουνίου – Σεπτεμβρίου. Αυτό φαίνεται να οφείλεται στον γεωμορφολογικό χαρακτήρα της περιοχής της Πάφου που χαρακτηρίζεται από ημιορεινές εκτάσεις που βρίσκονται σε μεγαλύτερα υψόμετρα. Όπως παρατηρήθηκε, σε ανατολικότερες Μεσογειακές περιοχές όπου η εαρινή θερμοκρασία είναι χαμηλότερη, η αυξητική περίοδος των θεοφύτων μετατοπίζεται χρονικά και κορυφώνεται κατά την θερινή περίοδο (Ganteaume, Jarricot, 2013). Έτσι αναμένεται οι βροχοπτώσεις που σημειώνονται την θερινή περίοδο να συσχετίζονται με την δυναμικότητα των πυρκαγιών και όχι οι βροχοπτώσεις της εαρινής περιόδου, γεγονός που επιβεβαιώνεται από μελέτες των Ganteaume και Jarricot, (2013) αναφορικά με την συσχέτιση βροχόπτωσης – έκτασης πυρκαγιών στην περιοχή της νότιας Γαλλίας. Κάτι ανάλογο

φαίνεται να ισχύει και στην περιοχή της Πάφου αφού το μεγαλύτερο υψόμετρο της περιοχής διαμορφώνει χαμηλότερες εαρινές θερμοκρασίες με αποτέλεσμα τα θερόφυτα να μην έχουν ολοκληρώσει ακόμη τον κύκλο ζωής τους κατά την θερινή περίοδο και η αύξηση της βιομάζας τους να επηρεάζεται κυριότερα από την βροχόπτωση των μηνών του καλοκαιριού αφού το χρονικό πλαίσιο της αυξητικής περιόδου τους μεταβάλλεται ανάλογα με τα επίπεδα της θερμοκρασίας κατά τους εαρινούς μήνες (Viegas, Viegas, 1994, Pausas, 2004, Sarris, & Koutsias, 2014).

Σε αυτό το συμπέρασμα φαίνεται να συνηγορεί και η μελέτη του χάρτη 3.3. σύμφωνα με τον οποίο οι πλειονότητα των πυρκαγιών αυτής της περιοχής κατά την μελετώμενη χρονική περίοδο φαίνεται να συγκεντρώνεται στον Μεσο-μεσογειακό όροφο βλάστησης (Ύφυγρο Ήπιο και Ύφυγρο Δροσερό) όπου η θερμοκρασία είναι γενικά χαμηλότερη καθ' όλη την διάρκεια του έτους αλλά και κατά την εαρινή περίοδο συμβάλλοντας έτσι καταλυτικά στην μετατόπιση της διάρκειας την αυξητικής περιόδου των θεροφύτων προς το καλοκαίρι.

Επιπρόσθετα, όσες συσχετίσεις θεωρούνται στατιστικής σημαντικότητας στην περιοχή της Πόλης Χρυσοχούς αφορούν θετικές τιμές συσχέτισης της βροχόπτωσης του Ιανουαρίου με την έκταση των πυρκαγιών υποδεικνύοντας και πάλι την επίδραση των θεροφύτων στις συγκεκριμένες περιοχές αφού και πάλι οι περισσότερες πυρκαγιές εντοπίζονται στον Θερμο-μεσογειακό όροφο βλάστησης όπου υπάρχει ιδιαίτερα αυξημένη θεροφυτική βλάστηση. Στην περιοχή της Πόλης παρατηρείται κάτι αντίθετο από την περιοχή της Λευκωσίας με την σημαντική περίοδο βροχόπτωσης να μετατοπίζεται προς τον Ιανουάριο και όχι προς τον Μάιο. Αυτό πιθανότατα να οφείλεται στο γεγονός ότι η περιοχή της Πόλης αποτελεί μια από τις πιο υγρές περιοχές που μελετήθηκαν όσων αφορά τα επίπεδα βροχόπτωσης με αποτέλεσμα να μετατοπίζεται η αυξητική περίοδος των θεροφύτων τα οποία εκμεταλλεύονται την χειμερινή βροχόπτωση για αύξηση της φυτικής βιομάζας τους που θα καταστεί εύφλεκτη ύλη μετά την αποξήρανση κατά τους θερινούς μήνες. Βάσει όλων των πιο πάνω ενισχύεται η υπόθεση ότι όταν η βροχόπτωση συμπίπτει με την αυξητική περίοδο των θεροφύτων στις περιοχές που κυριαρχούν τότε παρατηρείται μια αυξητική τάση στην έκταση των πυρκαγιών αφού αυξάνεται η βιομάζα και πιθανότατα η συγκέντρωση των θεροφύτων καθιστώντας τα δυνητικά πολύ καλή καύσιμη ύλη. Επιπρόσθετα, αυτό φαίνεται να βρίσκεται σε συνάφεια με τα όσα ισχύουν αναφορικά με την εξάπλωση πυρκαγιών και την βροχόπτωση του τέλους της εαρινής περιόδου για

της ξηρές και ημίξηρες περιοχές της δυτικής Μεσογείου όπου οι περίοδος της άνοιξης χαρακτηρίζεται ως ιδιαίτερα θερμή (Sarris, & Koutsias, 2014). Επίσης, σύμφωνα με ανάλογες μελέτες των Pausas (2004) για την περιοχή της νοτιοανατολικής Ισπανίας, Viegas και Viegas (1994) για την περιοχή της Πορτογαλίας και Koutsias et al. (2013) για την περιοχή της Ελλάδας, η αυξημένη βροχόπτωση κατά τους θερινούς μήνες περιορίζει την δραστηριότητα των πυρκαγιών αφού μπορεί να ενυδατώνει την βιομάζα των θεροφύτων καθιστώντας την λιγότερο εύφλεκτη, περιορίζοντας έτσι την έκρηξη και εξάπλωση πυρκαγιών (Sarris, & Koutsias, 2014). Αυτό δεν φαίνεται να παρουσιάζεται στα αποτελέσματα της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής τουλάχιστο για τις υδρολογικές περιοχές που μελετούνται και οι οποίες εμπίπτουν στον Θερμο-μεσογειακό όροφο βλάστησης όπου συναντάται η μεγαλύτερη μάζα θεροφύτων.

5.1.2 Η επίδραση των φρεατοφύτων στην εξάπλωση των πυρκαγιών που παρατηρούνται στον Μεσο-μεσογειακό και Θερμο-μεσογειακό όροφο βλάστησης βάσει των επιπέδων βροχόπτωσης

Μέσα από τον σκοπό της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής για μελέτη της επίδρασης των βροχοπτώσεων στην εξάπλωση των θερινών πυρκαγιών σε περιοχές που κυριαρχεί θεροφυτική και φρεατοφυτική βλάστηση μελετάται έμμεσα το κατά πόσο η βροχόπτωση κατά την διάρκεια του έτους μπορεί να συμβάλει στην αύξηση της υγρασίας των φρεατοφύτων ενισχύοντας την αντίσταση τους στην καύση και κατ' επέκταση συμβάλλοντας στον περιορισμό της έκτασης των πυρκαγιών. Όπως αναλύεται και πιο πάνω (Κεφ.2.2.1), τα φρεατόφυτα χαρακτηρίζονται ως βαθύριζα φυτά τα οποία αντλούν νερό από υπόγειες υδατικές κοιλότητες οι οποίες εμπλουτίζονται από το νερό που νερό που προέρχεται από διείσδυση στο έδαφος κατά την διάρκεια της προηγούμενης περιόδου βροχοπτώσεων, δηλαδή κατά την περίοδο φθινοπώρου – χειμώνα (Sarris, Christodoulakis, Körner, 2007, Brooks, et. al, 2010, Sarris, Siegwolf, and Körner, 2013). Επομένως, αναμένεται ότι αν σε κάποια χρονιά παρατηρείται αυξημένη βροχόπτωση σε περιοχές με κυρίαρχη φρεατοφυτική βλάστηση η αύξηση στην περιεχόμενη υγρασία των φρεατοφύτων θα αποτελέσει τροχοπέδη στην εξάπλωση των πυρκαγιών αφού απαιτείται περεταίρω θερμική ενέργεια για εξάτμιση της περιεχόμενης υγρασίας για καύση του φυτού (Thomas, Simms, Wraight, 1964, Pausas, and Paula, 2012, Sarris, & Koutsias, 2014). Η μέτρηση του υδατικού δυναμικού του ξυλώματος των φύλλων και των κλαδιών αποτελεί μια από τις συνηθέστερες μεθόδους μέτρησης της περιεχόμενης υγρασίας (Levitt, 1980, Borghetti, et al., 1998, Chuvieco, et al., 2002) ενώ σύμφωνα με διάφορες μελέτες σε διαφορετικά είδη φρεατοφυτικής βλάστησης τεκμηριώνουν την σημαντική πτώση στο υδατικό δυναμικό και κατά συνέπεια της περιεχόμενης υγρασίας σε περιόδους αυξημένης ξηρασίας (Borghetti, et al., 1998, Schiller, Cohen, 1995, Martínez-Vilalta, et al., 2003, Otieno, et al., 2006).

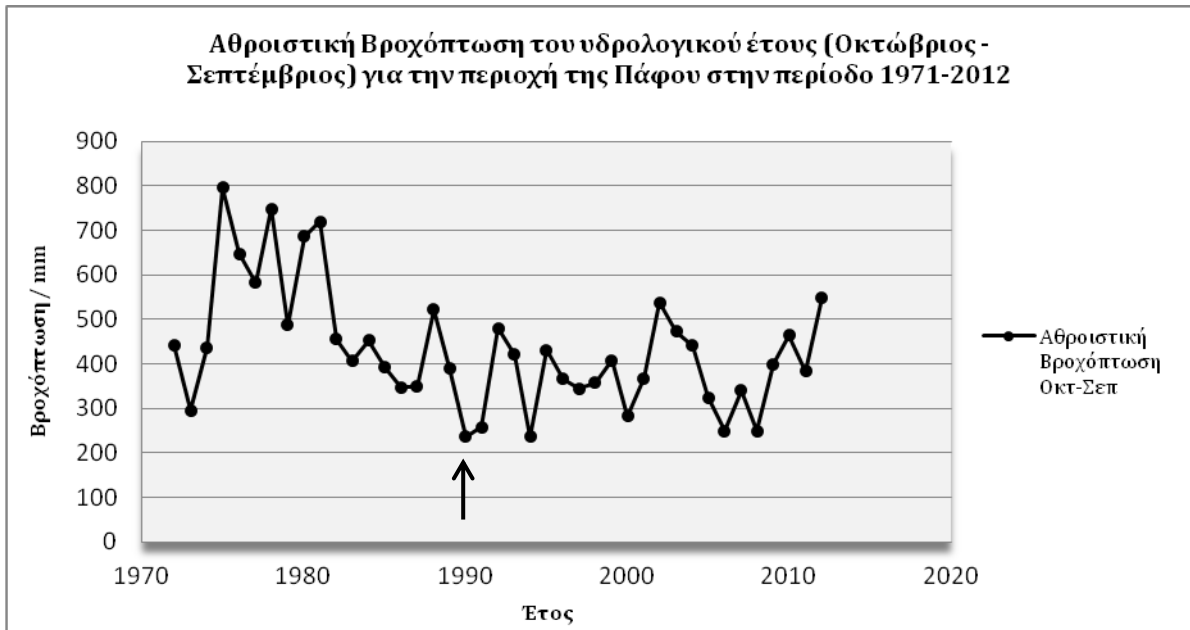
Στα αποτελέσματα τις παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής κάτι ανάλογο παρουσιάζεται μόνο σε δύο από τις περιοχές που μελετήθηκαν για την χρονική περίοδο μελέτης, την περιοχή της Λεμεσού και την περιοχή της Πάφου. Συγκεκριμένα, εντονότερα παρουσιάζεται το φαινόμενο στην περιοχή της Λεμεσού αφού

παρατηρείται ισχυρή αρνητική συσχέτιση της βροχόπτωσης του μήνα Μαρτίου με την έκταση της πυρκαγιάς ($P=0.0031$ για την χρονοσειρά 1982 – 2012 που αφορά ολόκληρη την περίοδο μελέτης). Η συσχέτιση εξακολουθεί να παραμένει ιδιαίτερα υψηλή για όλες τις χρονοσειρές που δημιουργούνται με την συσχέτιση να διατηρείται αρνητική για κάθε νέα χρονοσειρά που δημιουργείται υποδηλώνοντας ότι όταν υπάρχει αυξημένη βροχόπτωση κατά τον μήνα Μάρτιο η έκταση των πυρκαγιών της επόμενης περιόδου πυρκαγιών εμφανίζεται να περιορίζεται. Στο φαινόμενο αυτό φαίνεται να συμβάλουν καθοριστικά τα φρεατόφυτα αφού με ανασκόπηση του χάρτη 3.3 γίνεται εύκολα διακριτό ότι η πλειονότητα των πυρκαγιών εντοπίζεται στον Μεσο-μεσογειακό όροφο βλάστησης (Ύφυγρο Ήπιο και Ύφυγρο Δροσερό) όπου τα φρεατόφυτα βρίσκονται σε αφθονία.

Όσον αφορά στην περίπτωση της Πάφου, παρόλο που στην πλειονότητα των χρονοσειρών που δημιουργούνται παρουσιάζεται θετική συσχέτιση της βροχόπτωσης της περιόδου Ιουνίου – Σεπτεμβρίου με την έκταση των πυρκαγιών εντούτοις, από την χρονοσειρά 1991-2012 ($N=22$) και μετέπειτα παρατηρείται μια μεταστροφή της συσχέτισης σε αρνητική αρχικά με την βροχόπτωση της περιόδου Νοεμβρίου – Μαρτίου και μετέπειτα για τις τελευταίες δυο χρονοσειρές με την βροχόπτωση της περιόδου Οκτωβρίου – Μαρτίου. Συγκεκριμένα, και στις δυο περιπτώσεις οι αρνητικές συσχετίσεις είναι αρκετά καλές υποδηλώνοντας πως η βροχόπτωση κατά τις αναφερθείσες περιόδους συμβάλει στην μείωση της εξάπλωσης της πυρκαγιάς. Ανατρέχοντας στον χάρτη 3.3 παρατηρείται ότι στην συγκεκριμένη υδρολογική περιοχή οι πλειονότητα των πυρκαγιών εντοπίζεται στον Μεσο-μεσογειακό όροφο επομένως αναμένεται η επίδραση των φρεατοφύτων στην επέκταση της πυρκαγιάς που αφορά σε αύξηση της αντίστασης στην και κατ' επέκταση στον περιορισμό της εξάπλωσης της πυρκαγιάς να είναι μεγαλύτερη. Από τα αποτελέσματα όμως των συσχετίσεων αυτό παρατηρείται μόνο σε τρεις χρονοσειρές επομένως μελετάται κατά πόσο η μεταστροφή της συσχέτισης από θετική σε αρνητική οφείλεται σε κάποιο άλλο παράγοντα που να σχετίζεται με τα κλιματολογικά δεδομένα της συγκεκριμένης περιόδου στην οποία παρατηρείται για πρώτη φορά η μεταστροφή (1991-2012).

Η απάντηση δίνεται με ανασκόπηση των Διαγραμμάτων **2**, **3** και **4** στα οποία παρουσιάζεται η αθροιστική βροχόπτωση του υδρολογικού έτους (Οκτωβρίου - Σεπτεμβρίου) στην περιοχή της Πάφου για την χρονική περίοδο 1971 - 2012 (**Διάγραμμα 2**), η Μέση Βροχόπτωση του υδρολογικού έτους (Οκτωβρίου -

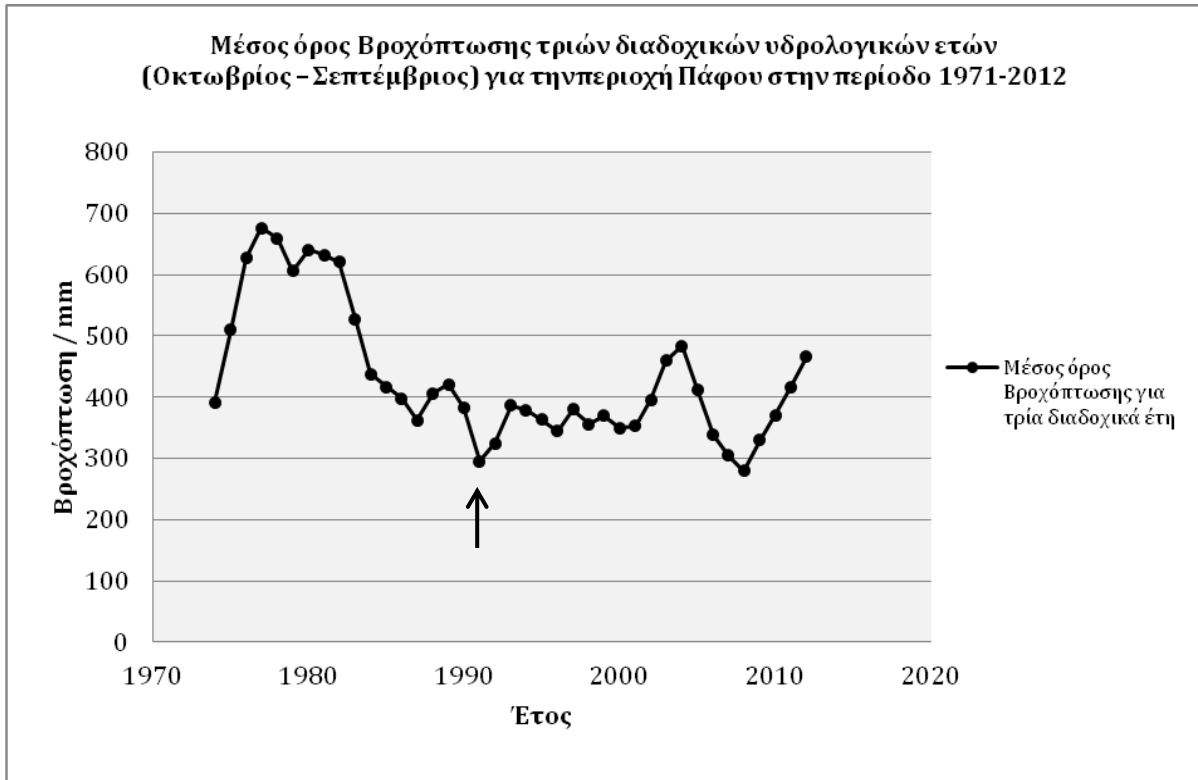
Σεπτέμβριος) για δύο διαδοχικά έτη (**Διάγραμμα 3**) και η Μέση Βροχόπτωση του υδρολογικού έτους (Οκτώβριος – Σεπτέμβριος) για τρία διαδοχικά έτη (**Διάγραμμα 4**) κατά την χρονική περίοδο 1971-2012. Σύμφωνα με τα δεδομένα του Διαγράμματος 1, η χρονιά στην οποία παρατηρείται η μεταστροφή της συσχέτισης σε αρνητική φαίνεται να συμπίπτει με υδρολογικό έτος ορόσημο (Οκτ. 1990 – Σεπτ. 1991) κατά το οποίο παρατηρήθηκαν αρκετά μειωμένες βροχοπτώσεις ενώ το σημείο αυτό μπορεί να χαρακτηριστεί και σημείο καμπής αφού για την χρονική περίοδο που ακολουθεί παρατηρείται εμφανής μείωση στην βροχόπτωση της συγκεκριμένης περιοχής συγκριτικά με την βροχόπτωση πριν την χρονιά ορόσημο (1971-1991). Η μειωτική τάση στην βροχόπτωση γίνεται πιο εμφανή στα Διαγράμματα 2 και 3 όπου παρουσιάζεται ο Μέσος Όρος Βροχόπτωσης για δύο και τρία διαδοχικά έτη αντίστοιχα υποδηλώνοντας ότι η περιοχή εισάγεται σε ξηρότερη περίοδο από το χρονικό ορόσημο και μετέπειτα. Αυτό φαίνεται να αλλάζει την συσχέτιση των θεροφύτων με την αυξημένη έκταση των πυρκαγιών αφού η μειωμένη βροχόπτωση δεν συμβάλλει στην περεταίρω αύξηση της βιομάζας των θεροφύτων και κατ' επέκταση δεν επιδρά θετικά στην εξάπλωση των πυρκαγιών. Αντίθετα, στο σημείο αυτό αναδεικνύεται η υπερσχύουσα κατασταλτική επίδραση των φρεατοφύτων στις πυρκαγιές αφού με την υγρασία που εξακολουθεί να εμπεριέχεται στο σώμα τους λόγω άντλησης από τις υπόγειες υδατοσυλλογές παρουσιάζουν αντίσταση ως προς την καύση περιορίζοντας έμμεσα την εξάπλωση των πυρκαγιών.



Διάγραμμα 2. Αθροιστική Βροχόπτωση υδρολογικού έτους (Οκτώβριος Σεπτέμβριος) για την περιοχή της Πάφου κατά την περίοδο 1971-2012. Το βέλος υποδεικνύει την χρονιά ορόσημο κατά την οποία παρατηρείται μεταστροφή της συσχέτισης κλίματος - έκτασης πυρκαγιών από θετική για τους μήνες Ιούνιο - Σεπτέμβριο σε αρνητική για τους μήνες Νοεμβρίου - Μαρτίου και Οκτωβρίου - Μαρτίου.



Διάγραμμα 3. Μέση Βροχόπτωση δύο διαδοχικών υδρολογικών ετών (Οκτώβριος Σεπτέμβριος) για την περιοχή της Πάφου κατά την περίοδο 1971-2012. Το βέλος υποδεικνύει την χρονιά ορόσημο κατά την οποία παρατηρείται μεταστροφή της συσχέτισης κλίματος - έκτασης πυρκαγιών από θετική για τους μήνες Ιούνιο - Σεπτέμβριο σε αρνητική για τους μήνες Νοεμβρίου - Μαρτίου και Οκτωβρίου - Μαρτίου.



Διάγραμμα 4. Μέση Βροχόπτωση τριών διαδοχικών υδρολογικών ετών (Οκτώβριος Σεπτέμβριος) για την περιοχή της Πάφου κατά την περίοδο 1971-2012. Το βέλος υποδεικνύει την χρονιά ορόσημο κατά την οποία παρατηρείται μεταστροφή της συσχέτισης κλίματος - έκτασης πυρκαγιών από θετική για τους μήνες Ιούνιο - Σεπτέμβριο σε αρνητική για τους μήνες Νοεμβρίου - Μαρτίου και Οκτωβρίου - Μαρτίου.

5.2 Περιορισμοί Έρευνας

Για την διεξαγωγή της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής χρειάστηκε να γίνει υπολογισμός της αθροιστικής μηνιαίας βροχόπτωσης για κάθε περιοχή μελέτης και χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα τα οποία ανακτήθηκαν από την διαδικτυακή πηγή ((European Climate Assessment & Dataset)) υπό μορφή ημερήσιων δεδομένων από τα οποία εξάχθηκαν τα μηνιαία. Σε μερικές περιπτώσεις όμως παρατηρήθηκαν κενά και ασυνέχειες και για το λόγο αυτό διενεργήθηκε ανάλυση παλινδρόμησης μεταξύ σταθμών γειτονικών υδρολογικών περιοχών (Πόλης –Πάφος, Πάφος – Λεμεσός, Λάρνακα –Λευκωσία) οι οποίες παρουσιάζουν κοινά πρότυπα κατανομής της βροχόπτωσης. Επομένως κάποια από τα δεδομένα δεν αφορούν τις πραγματικές τιμές μηνιαίας βροχόπτωσης αλλά υπολογιζόμενα δεδομένα βάσει στατιστικών συσχετίσεων παλινδρόμησης και ενδεχομένως να εμπεριέχουν στατιστικό σφάλμα.

Επιπρόσθετα, οι αναφορές στην αριθμητική κατανομή των πυρκαγιών στους βιοκλιματικούς ορόφους βλάστης αφορούν γίνονται κατά προσέγγιση με πιθανότητα να περιλαμβάνουν στατικό σφάλμα.

5.3 Συμπεράσματα

Οι δασικές πυρκαγιές αποτελούν κοινό πρόβλημα των Μεσογειακών δασών και χαρακτηρίζονται ως κύριο και αναπόσπαστο τμήμα των χειρσαίων οικοσυστημάτων ενώ αποτελεί το αποτέλεσμα ανθρωπογενών δραστηριοτήτων και πιέσεων αλλά και συνέργεια διαφόρων κλιματολογικών παραγόντων. Η εμπειριστατωμένη έρευνα για την αναγνώριση και κατανόηση των παραγόντων που συντελούν στην έκρηξη και εξάπλωση πυρκαγιών μπορεί να συμβάλει στις διαδικασίες μετριασμού και καταστολής φαινομένων καταστροφικών πυρκαγιών.

Εξετάζοντας τους παράγοντες που συμβάλουν καθοριστικά στην έκρηξη και εξάπλωση πυρκαγιών πολλοί ερευνητές καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι η συμπεριφορά και εξέλιξη μιας πυρκαγιάς μπορεί να βασίζονται σε αιτίες που αφορούν κλιματικούς παράγοντες και κυριότερα την βροχοπτώση μιας περιοχής που μπορεί να επηρεάσει το υδατικό δυναμικό στο σώμα των φυτικών οργανισμών ώστε να αντιστέκονται στην καύση ή να αποτελούν κατάλληλη καύσιμη ύλη που να συμβάλει θετικά στην εξάπλωση των πυρκαγιών. Στα πλαίσια της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής διεξήχθησαν συσχετίσεις των βροχοπτώσεων διαφορετικών περιόδων του υδρολογικού έτους μιας περιοχής με την έκταση των πυρκαγιών (μέγεθος καμένης έκτασης) σε διαφορετικές χρονοσειρές και εξήχθησαν συμπεράσματα που συνηγορούν υπέρ της σχέσης βροχοπτώσης – έκτασης των πυρκαγιών.

Βάσει των αποτελεσμάτων υποδεικνύεται ότι η ερμηνεία της εξάπλωσης των πυρκαγιών δεν αποτελεί απλή διαδικασία αλλά αντίθετα πολυσύνθετη αφού σε διαφορετικές υδρολογικές περιοχές αλλά και σε διαφορετικές χρονοσειρές εντός των ίδιων υδρολογικών περιοχών παρατηρήθηκαν θετικές αλλά και αρνητικές συσχετίσεις. Στην περίπτωση των θετικών συσχετίσεων παρατηρείται αύξηση της καμένης έκτασης βάσει των βροχοπτώσεων ενώ στην περίπτωση των αρνητικών συσχετίσεων παρατηρείται περιορισμός της καμένης έκτασης αφού παρατηρείται αντίσταση της καύσιμης ύλης στην καύση. Στις περιπτώσεις των θετικών συσχετίσεων που εντοπίζονται στον θερμο-μεσογειακό όροφο βλαστησης, τον κυρίαρχο ρόλο φαίνεται να κατέχουν τα θερόφυτα αφού, ανάλογα με την μελετώμενη περιοχή, αν η βροχοπτώση που παρατηρείται κατά την περίοδο της άνοιξης ή αρχές καλοκαιριού είναι ψηλή τότε παρατηρείται αύξηση της καμένης έκτασης αφού τα θερόφυτα

αυξάνουν σημαντικά την πυκνότητα και την βιομάζα αποτελώντας έτσι σημαντική καύσιμη ύλη.

Αντίθετα, στις περιπτώσεις των αρνητικών συσχετίσεων που εντοπίζονται κυρίως στον Μέσο-μεσογειακό όροφο βλάστησης, τον κυρίαρχο ρόλο κατέχουν τα φρεατόφυτα αφού λόγω των φυσιολογικών χαρακτηριστικών τους που αφορούν στην αποθήκευση νερού / υγρασίας στο σώμα τους αντιστέκονται στην καύση περιορίζοντας έτσι την εξάπλωση των πυρκαγιών. Συμπερασματικά, αν τα φαινόμενα πυρκαγιών παρατηρούνται εντός του Θερμο-μεσογειακού ορόφου βλάστησης (Ημιορημικός Θερμός, Ημιορημικός Ήπιος, Ξηρός Ήπιος, Ξηρός Θερμός) τότε οι βροχοπτώσεις στην αρχή και στο τέλος της άνοιξης συμβάλλουν θετικά και καθοριστικά στην άυξηση της καμένης έκτασης. Αντίθετα, αν τα φαινόμενα πυρκαγιών εντοπίζονται στον Μεσο-μεσογειακό όροφο βλάστησης τότε υπάρχει δυνατότητα περιορισμού της εξάπλωσης των πυρκαγιών αν η βροχόπτωση είναι ψηλή τους σε διαφορετικές περιόδους του υδρολογικού έτους ανάλογα με την εκάστοτε περιοχή.

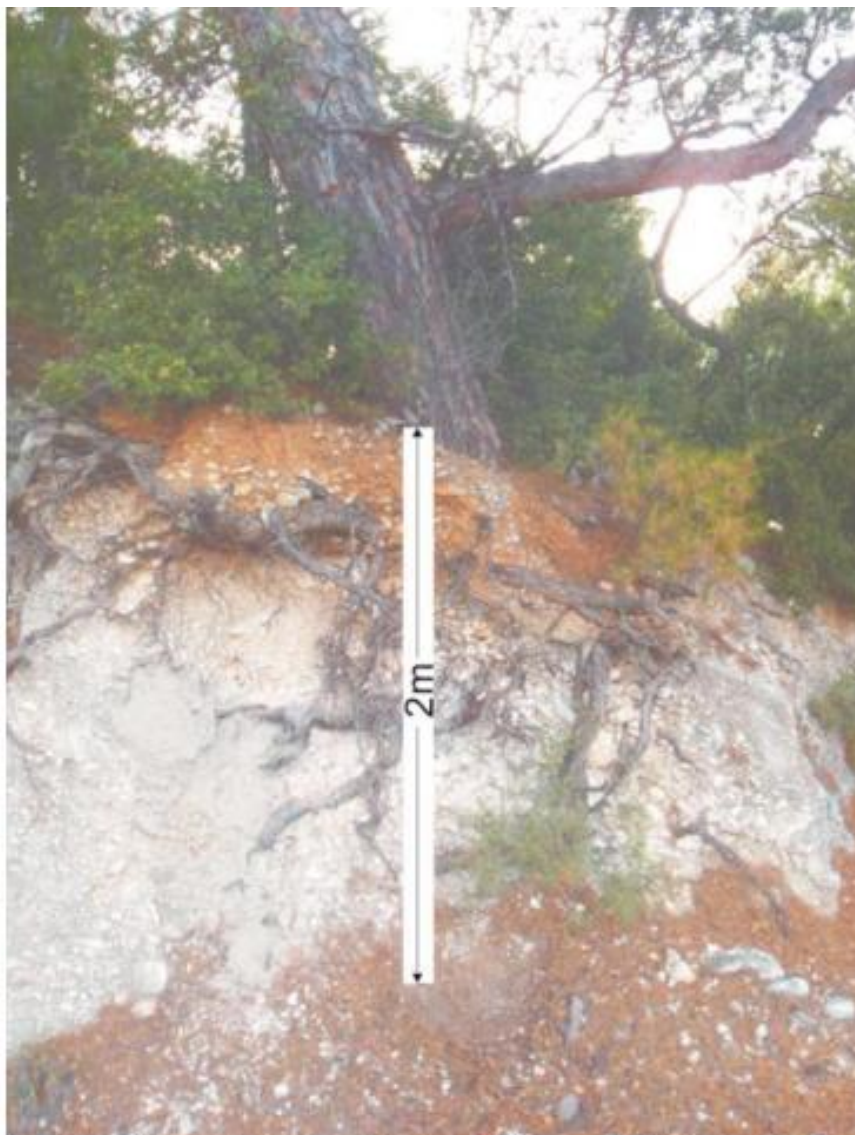
5.4 Εισηγήσεις

Τα αποτελέσματα της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν για την δημιουργία / βελτιστοποίηση μοντέλων πρόβλεψης έκρηξης και εξάπλωσης πυρκαγιών ώστε κατ' επέκταση να συμβάλουν στις προσπάθειες μετριασμού των οικολογικών, οικονομικών και κοινωνικών επιπτώσεων των πυρκαγιών. Για επίτευξη αυτού προτείνεται η επέκταση της μελέτης των συσχετίσεων βροχόπτωσης - καμένης έκτασης σε βάθος χρόνου με την δημιουργία περαιτέρω χρονοσειρών εωσότου το αποτέλεσμα να προσεγγίζει όσο το δυνατόν καλύτερα την πραγματική διάσταση των συσχετίσεων. Επιπρόσθετα, για αποφυγή στατιστικών σφαλμάτων προτείνεται να γίνει ο διαχωρισμός των πυρκαγιών ανά βιοκλιματικό όροφο με την χρήση συντεταγμένων ώστε να εξαχθούν ορθότερα αποτελέσματα σε ότι αφορά την αριθμητική κατανομή των πυρκαγιών στους βιοκλιματικούς ορόφους βλάστης. Τέλος προτείνεται επέκταση της μελέτης και σε άλλες υδρολογικές περιοχές (κυρίως στο βόρειο τμήμα του νησιού) ώστε να διασαφηνιστεί συνολικά και καθολικά η τοπίο αναφορικά με την έκρηξη και εξάπλωση δασικών πυρκαγιών στην Κύπρο.

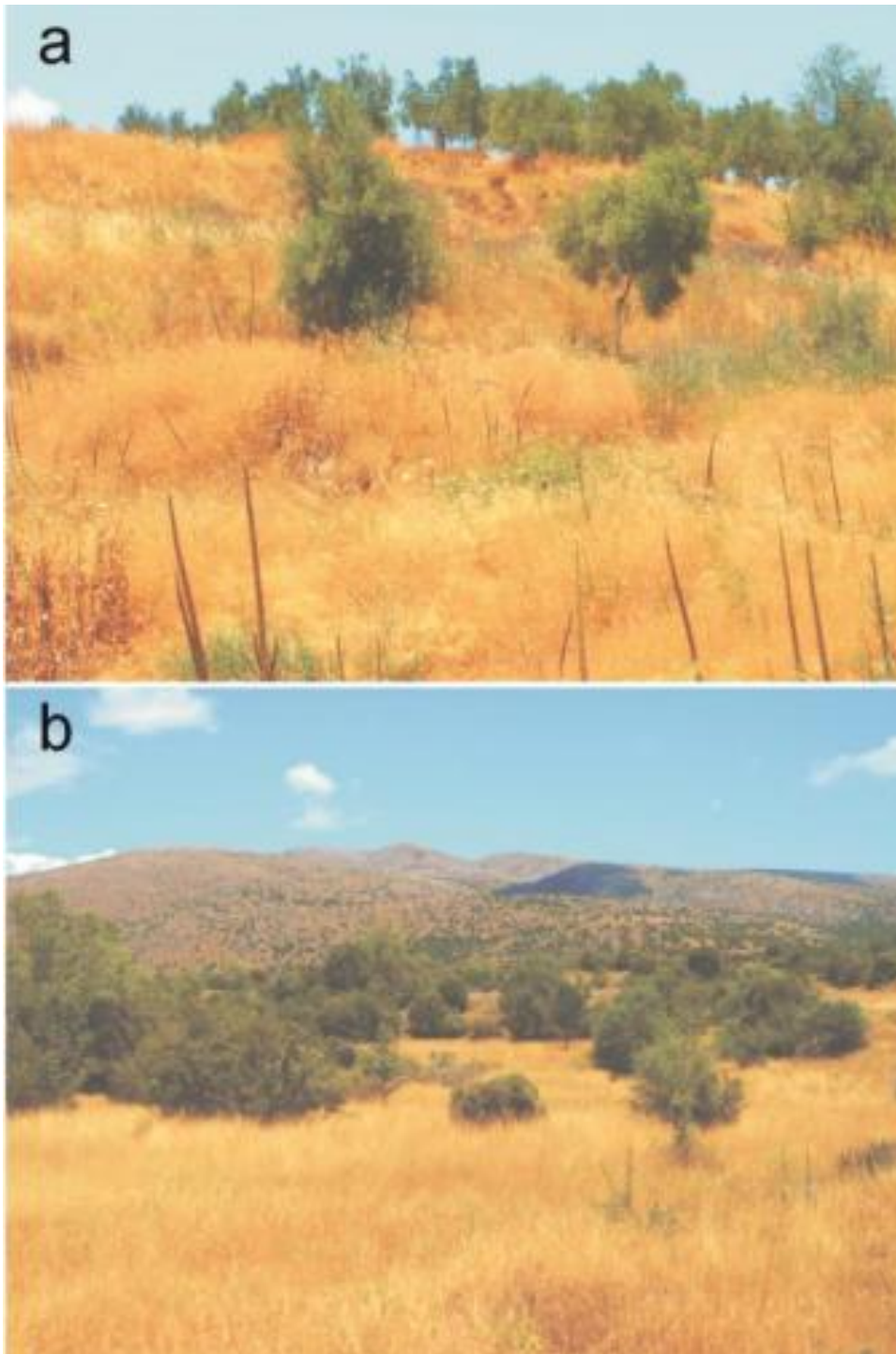
Παράρτημα Α

Α. Εικόνες από Φρεατόφυτα και Θερόφυτα

Α.1 Εικόνα Φρεατόφυτου. Η δομή των βαθύριζων στα Φρεατόφυτα με το παράδειγμα της Χαλέπιου Πεύκης (*Pinus halepensis*). Οι ρίζες αυτές αποσκοπούν στην συλλογή υπόγειου ύδατος που παρέχεται από την βροχόπτωση κατά την διάρκεια της υγρής περιόδου. Η λειτουργία αυτή επηρεάζει το υδατικό περιεχόμενο των φυτών κατά την διάρκεια του καλοκαιριού επομένως επηρεάζει σημαντικά την έκταση της καμένης γης ενισχύοντας την αντίσταση των οικοσυστημάτων στην φωτιά όταν παρατηρηθούν βροχεροί χειμώνες. Στην εικόνα αυτή είναι εμφανή μόνο τα ανώτερα 2m της ρίζας. Φωτογραφία: Σαρρής και Χριστοδουλάκης, Θερμομεσογειακός όροφος βλάστησης, Ελλάδα



Εικόνα A.2 (a,b) Εικόνες Θεροφύτων Τα Θερόφυτα (κίτρινο χρώμα) αποτελούν φυτά με επιφανειακές ρίζες και το σώμα τους αποξηραίνεται τελείως κατά την θερινή περίοδο καθιστώντας τα ιδιαίτερα εύφλεκτα στον (a) Θερμο-μεσογειακό και (b) Μεσο-μεσογειακό όροφο βλάστησης. Η λειτουργία αυξομείωσης της βιομάζας τους ανάλογα με τα επίπεδα βροχόπτωσης στο τέλος της αυξητικής τους περιόδου (τέλος άνοιξης) εμφανίζεται να επηρεάζει σημαντικά την έκταση των πυρκαγιών κατά την θερινή περίοδο. Φωτογραφία: Σαρρής από Πελοπόννησο, Ελλάδα.



Βιβλιογραφία

Al Omary, A., 2011. Effects of aspect and slope position on growth and nutritional status of planted Aleppo pine (*Pinus halepensis* Mill.) in a degraded land semi-arid areas of Jordan. *New Forest* 42: 285–300.

Alexander, J.D., Seavy, N.E., Ralph, C.J., Hogoboom, B., 2006. Vegetation and topographical correlates of fire severity from two fires in the Klamath-Siskiyou region of Oregon and California. *Int J Wildland Fire* 15: 237–245.

Archibald, S., Nickless, A., Govender, N., Scholes, R.J. and Lehsten, V., 2010. Climate and the inter-annual variability of fire in southern Africa: a meta-analysis using long-term field data and satellite-derived burnt area data. *Global Ecology and Biogeography*, 19(6), pp.794-809.

Archibald, S., Roy, D.P., Van Wilgen, B.W., Scholes, R.J., 2009. What limits fire? An examination of drivers of burnt area in Southern Africa. *Global Change Biology* 15: 613-630

Batchelder, R.B., 1967. Spatial and temporal patterns of fire in the tropical world. In: *Proceedings of the Tall Timbers Fire Ecology Conference* vol. 6., 171–208.

Beals, E.A., 1914. The value of weather forecasts in the problem of protecting forests from fire. *Monthly Weather Review*. 42(2): 111–119.

Birot, Y., and Mavsar, R., 2009. Living with Wildfires: What Science Can Tell Us. Discussion Paper 15 European Forest Institute, 2009.

Borghetti, M., Cinnirella, S., Magnani, F., Saracino, A., 1998. Impact of long-term drought on xylem embolism and growth in *Pinus halepensis* Mill. *Trees* 12,187–195.

Broncano, M.J., Retana, J., 2004. Topography and forest composition affecting the variability in fire severity and post-fire regeneration occurring after a large fire in the Mediterranean basin. *Int J Wildland Fire* 13: 209–216.

Brooks, J.R., Barnard, H.R., Coulombe, R., McDonnell, J.J., 2010. Ecohydrologic separation of water between trees and streams in a Mediterranean climate. *Nat.Geosci.* 3, 100–104.

Caballero, D., Beltran, I., Velasco, A., 2007. Forest Fires and Wildland – Urban Interface in Spain: Types and Risk Distribution. In: *Proceeding of the 4th International Wildland Fire Conference*, Sevilla, Spain, 13-18 May 2007. <http://www.fire.uni-freiburg.de/sevilla-2007.html>

Chen, X.C., Karpatne, A., Chamber, Y., Mithal, V., Lau, M., Steinhäuser, K., Boriah, S., Steinbach, M., Kumar, V., Potter, C.S. and Klooster, S.A., 2012. A new data mining framework for forest fire mapping. In *Intelligent Data Understanding (CIDU), 2012 Conference on* (pp. 104-111). IEEE.

Christodoulou, M., Konstantinidis, K., Cyprus Permanent Committee for the Standardization of Geographical Names, 1987. *A Complete gazetteer of Cyprus*. Cyprus Permanent Committee for the Standardization of Geographical Names, Nicosia

Chung, J.S., Lee, B.D., Lee, S.Y., 2002. Development of a forestland slope interpretation module for predicting landslide hazards. *J Korean For Soc* 91: 34–41

Chuvieco, E., Rianõ, D., Aguado, I., Cocero, D., 2002. Estimation of fuel moisture content from multitemporal analysis of Landsat Thematic Mapper reflectance data: applications in fire danger assessment. *Int. J. Remote Sens.* 23 (11), 2145–2162.

Cinnirella, S., Pirrone, N., Allegrini, A., Gughetta, D., 2008. Modeling Mercury Emissions from Forest Fires in the Mediterranean Region. *Environmental Fluid Mechanics* 8(2): 129-145

Costa, P., Castellnou, M., Larrañaga, A., Miralles, M., Kraus, D., 2011. Prevention of Large Wildfires using the Fire Types Concept. Unitat Tècnica del GRAF, Cerdanyola del Vallès, Barcelona. Available http://www.efi.int/files/attachments/publications/handbook-prevention-large-fires_en.pdf.

Crosby, J.S., 1949. Vertical wind currents and fire behavior. *Fire Control Notes*. 10(2): 12-15.

Dalman, R. Peter, 1998. *Plant Life in the World's Mediterranean Climates: California, Chile, South Africa, Australia, and the Mediterranean Basin*. University of California Press, Berkeley and Los Angeles, California, 1998

Dawson, T.E., Pate, J.S., 1996. Seasonal water uptake and movement in root systems of Australian phraeatophytic plants of dimorphic root morphology: a stableisotope investigation. *Oecologia* 107, 13-20.

Di Fonzo, M., Falcone, P.M., Germani, A.R., Imbriani, C., Morone, P., Reganati, F., 2015. *The Quantitative and Monetary Impacts of Forest Fire Crimes*. Report compiled as part of the EFFACE project, University of Rome "La Sapienza".

Diaz, M.J., 2012. *Economic Impacts of Wildfire*. SFE Fact Sheet 2012-7

European Commission, 2011. *Forest Fires in Europe 2010*. Official Publication of the European Communities, EUR24910.

European Commission, 2016. *Forest Fires in Europe, Middle East and North Africa 2015. Joint report of JRC and Directorate-General Environment*.

European Environment Agency, 2010. Mapping the impacts of natural hazards and technological accidents in Europe An overview of the last decade Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2010.

FAO, 1998. International Forest Fire News, No 16.

FAO, 2007. Fire management global assessment 2006, A thematic study prepared in the framework of the Global Forest Resources Assessment 2005

Ganteaume, A. and Jappiot, M., 2013. What causes large fires in Southern France. *Forest Ecology and Management*, 294, pp.76-85.

Ganteaume, A., Camia, A., Jappiot, M., San Miguel-Ayanz, J., Long-Fournel, M., et al., 2013. A Review of the Main Driving Factors of Forest Fire Ignition Over Europe. *Environmental Management*, Springer Verlag (Germany), 2013, 51 (3), p. 651 - p. 662.

Goens, D.W., Andrews, P.L., 1998. Weather and fire behavior factors related to the 1990 Dude Fire near Payson, Arizona. In: *Proceedings: 2nd symposium on fire and forest meteorology*. Boston, MA: American Meteorological Society: 153–158.

Gong, X., Brueck, H., Giese, K.M., Zhang, L., Sattelmacher, B., et al., 2008. Slope aspect has effects on productivity and species composition of hilly grassland in the Xilin River Basin, Inner Mongolia, China. *J Arid Environ* 72: 483–493.

Gonzalez - Caban, A., 2007. Wildland Fire Management Policy and Fire Management Economics Efficiency in the USDA Forest Service. In: *Proceedings of the 4th International Wildland Fire Conference*, Sevilla, Spain, 13-18 May 2007. <http://www.fire.unifreiburg.de/sevilla-2007.html>

Graham, R.T., McCaffrey, S., and Jain, T.B., 2004. Science Basis for Changing Forest Structure to Modify Wildfire Behavior and Severity. General Technical Report RMRS-GTR-120. USDA Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, Fort Collins, CO.

Hoenisch, R., 2009. January 31st 2009 off-season grassland wildfire. Tech. Attachment. LiteTA-lite. 09-11. Salt Lake City, UT: National Oceanic and Atmospheric Administration, National Weather Service, Western Region.

Holden, Z.A., Morgan, P., Evans, J.S., 2009. A predictive model of burn severity based on 20-year satellite-inferred burn severity data in a large southwestern US wilderness area. *For Ecol Manage* 258: 2399–2406.

http://geografia.fcsh.unl.pt/lucinda/booklets/B2_Booklet_Final_GR.pdf

[http://www.moa.gov.cy/moa/fd/fd.nsf/all/E4B0101D3291D912C2257FAA0038D66C/\\$file/forestfiresstatistics2015-el.pdf](http://www.moa.gov.cy/moa/fd/fd.nsf/all/E4B0101D3291D912C2257FAA0038D66C/$file/forestfiresstatistics2015-el.pdf)

Hughs, M., Hall, A., 2009. Local and synoptic mechanisms causing southern California Santa Ana winds. *Climate Dynamics*. SpringerLink. DOI: 10.1007/s00382-009-0650-4

Jackson, R.B., Sperry, J.S., Dawson, T.E., 2000. Root water uptake and transport: using physiological processes in global predictions. *Trends Plant Sci.* 5, 482–488.

Joffre, R., Rambal, S., Ratte, J.P., 1999. The dehesa system of southern Spain and Portugal as a natural ecosystem mimic. *Agroforest. Syst.* 45, 57–79.

Jones, T.P., Lim, B., 2000. Extraterrestrial impacts and fire. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 164, 57–66 (this volume)

Keeley, J.E. and Fotheringham, C.J., 2001. History and Management of Crown-Fire Ecosystems: a Summary and Response. *Conservation Biology*, 15(6), pp.1561-1567.

Keeley, J.E., 2004. Impact of antecedent climate on fire regimes in coastal California. *International Journal of Wildland Fire*, 13(2), pp.173-182.

Keeley, J.E., Bond, W.J., Bradstock, R.A., Pausas, J.G. & Rundel, P.W., 2012. Fire in Mediterranean ecosystems: ecology, evolution and management. Cambridge University Press, Cambridge.

Komarek, E.V., 1967. The nature of lightning fires. Proceedings of the Tall Timbers Fire Ecology Conference vol. 7, 5–41.

Koutsias, N., Arianoutsou, M., Kallimanis, A.S., Mallinis, G., Halley, J.M. & Dimopoulos, P. 2012. Where did the fires burn in Peloponnisos, Greece the summer of 2007? Evidence for a synergy of fuel and weather, Agricultural and Forest Meteorology, vol. 156, pp. 41-53.

Lecina-Diaz, J., Alvarez, A., Retana J., 2014. Extreme Fire Severity Patterns in Topographic, Convective and Wind-Driven Historical Wildfires of Mediterranean Pine Forests. PLoS ONE 9(1): e85127. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0085127>

Lecina-Diaz, J., Alvarez, A., Retana, J., 2014. Extreme Fire Severity Patterns in Topographic, Convective and Wind-Driven Historical Wildfires of Mediterranean Pine Forests. PLoS ONE 9(1): e85127. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0085127>

Lee, B., Kim, S.Y., Chung, J., Park, P.S., 2008. Estimation of fire severity by use of Landsat TM images and its relevance to vegetation and topography in the 2000 Samcheok forest fire. J For Res 13: 197–204.

Lee, S.W., Lee, M.B., Lee, Y.G., Won, M.S., Kim, J.J., et al., 2009. Relationship between landscape structure and burn severity at the landscape and class levels in Samchuck, South Korea. For Ecol Manage 258: 1594–1604.

Lentile, L.B., Smith, F.W., Shepperd, W.D., 2006. Influence of topography and forest structure on patterns of mixed severity fire in ponderosa pine forests of the South Dakota Black Hills, USA. Int J Wildland Fire 15: 557–566.

Levitt, J., 1980. Responses of Plants to Environmental Stresses. Academic Press, London, New York, Toronto.

Littell, J.S., McKenzie, D., Peterson, D.L. and Westerling, A.L., 2009. Climate and wildfire area burned in western US ecoprovinces, 1916-2003. *Ecological Applications*, 19(4), pp.1003-1021.

MANRE (Ministry of Agriculture, Natural Resources and Environment), 2005. Cyprus; Agriculture, Natural Resources and Environment. Nicosia, 2005. Retrieved from <https://wedocs.unep.org/rest/bitstreams/17027/retrieve>

Martínez, J., Vega-García, C. and Chuvieco, E., 2009. Human-caused wildfire risk rating for prevention planning in Spain. *Journal of Environmental Management*, 90(2), pp.1241-1252.

Martínez-Vilalta, J., Mangirón, M., Ogaya, R., Sauret, M., Serrano, L., Peññuelas, J., Piñol, J., 2003. Sap flow of three co-occurring Mediterranean woody species under varying atmospheric and soil water conditions. *Tree Physiol.* 23, 747–758.

Mayor, A.G., Bautista, S., Llovet, J., Bellot, J., 2007. Post-fire hydrological and erosional responses of the Mediterranean Landscape: Seven Years of Catchment – Scale Dynamics. *Catena* 71:11, 68-75

McCarthy, E.F. 1923. Forest fire weather in the southern Appalachians. *Monthly Weather Review*. 51(4): 182–185

Meinzer, O.E., 1927. Plants as Indicators of Ground Water. United States Government Printing Office, Washington, 1927

Melendo, M., Giménez, E., Cano, E., Gómez-Mercado, F., Valle, F., 2003. The endemic flora in the south of the Iberian Peninsula: taxonomic composition, biological spectrum, pollination, reproductive mode and dispersal. *Flora* 198, 260–276.

Mercer, D., Pye, J., Prestemon, J., Butry, D., & Holmes, T., 2000. Economic effects of catastrophic wildfires: Assessing the effectiveness of fuel reduction programs for reducing the economic impacts of catastrophic forest fire events. Joint Fire Science Program, Topic 8 of the Research Grant, Ecological and Economic Consequences of the 1998 Florida Wildfires. Retrieved from www.floridaforestservice.com/publications/joint_fire_sciences/jfs_pdf/economic_effects.pdf

Meyn, A., Taylor, S.W., Flannigan, M.D., Thonicke, K., Cramer, W., 2010. Relationship between fire, climate oscillations, and drought in British-Columbia, Canada, 1920–2000. *Global Change Biol.* 16 (3), 977–989.

Meyn, A., White, P.S., Ohl, C., Jentsch, A., 2007. Environmental drivers of large, infrequent wildfires: the emerging conceptual model. *Prog. Phys. Geog.* 31, 287–312.

Miranda, I., Monteiro, A., Martins, V., Carvalho, A., Borrego, C., 2007. The 2003 Fire Season in Portugal: impacts on air quality. Seventh Symposium on Fire and Forest Meteorology, 23-25 October 2007, Bar Harbor, Maine, USA

Moreira, F., Viedma, O., Arianoutsou, M., Curt, T., Koutsias, N., Rigolot, E., Barbati, A., Corona, P., Vaz, P., Xanthopoulos, G. and Mouillot, F., 2011. Landscape–wildfire interactions in southern Europe: implications for landscape management. *Journal of environmental management*, 92(10), pp.2389-2402.

Moritz, M.A., 2003. Spatiotemporal analysis of controls on shrub land fire regimes: age dependency and fire hazard. *Ecology*, 84(2), pp.351-361.

Morton, D.C., Roessing, M.E., Camp, A.E., Tyrell, M.L., 2003. Assessing the Environmental, Social and Economic Impacts of Wildfire, GISF Research Paper 001, Forest Heath Initiative. Yale University, School of Forestry and Environmental Studies, Global Institute of Sustainable Forestry <http://www.itcnet.org/includes/downloads/alandeconomicimpactsfwild.pdf>

Motazeh, A.G., Ashtiani, E.F., Baniasadi, R. and Choobar, F.M., 2013. Rating and mapping fire hazard in the hardwood Hyrcanian forests using GIS and expert choice software. Acknowledgement to reviewers of the manuscripts submitted to Forestry Ideas in 2013, p.141.

Nasi, R., Dennis, R., Meijaard, E., Applegate, G., Moore, P., 2002. Forest fire and biological diversity. *Unasylva* 53(209): 36–40.

Otieno, D.O., Kurz-Besson, C., Liu, J., Schmidt, M.W.T., Vale-Lobo do, R., David, T.S., Siegwolf, R., Pereir, J.S., Tenhunen, J.D., 2006. Seasonal variation in soil and plant water status in a *Quercus suber* L. stand: roots as determinants of tree productivity and survival in the Mediterranean-type ecosystem. *Plant Soil* 283, 119–135.

Otieno, D.O., Kurz-Besson, C., Liu, J., Schmidt, M.W.T., Vale-Lobo do, R., David, T.S., Siegwolf, R., Pereira, J.S., Tenhunen, J.D., 2006. Seasonal variation in soil and plant water status in a *Quercus suber* L. stand: roots as determinants of tree productivity and survival in the Mediterranean-type ecosystem. *Plant Soil* 283, 119–135.

Padilla, M., Vega-García, C., 2011. On the comparative importance of fire danger rating indices and their integration with spatial and temporal variables for predicting daily human-caused fire occurrences in Spain. *International Journal of Wildland Fire* 20: 46-58.

Pantelas, B. , Barber, I, Valles, A., 1995. Bioclimatic classification of Cyprus 22 p+1 map. Private publication Nicosia.

Pausas, J.G. and Paula, S., 2012. Fuel shapes the fire–climate relationship: evidence from Mediterranean ecosystems. *Global Ecology and Biogeography*, 21(11), pp.1074-1082.

Pausas, J.G., 2004. Changes in fire and climate in the eastern Iberian Peninsula(Mediterranean Basin). *Climatic Change* 63 (3), 337–350.

Pausas, J.G., Fernández-Muñoz, S., 2012. Fire regime changes in the Western Mediterranean Basin: from fuel-limited to drought-driven fire regime. *Climatic change*, 110(1-2), pp.215-226.

Pausas, J.G., Llovet, J., Rodrigo, A., Vallejo, R., 2008. Are Wildfire a Disaster in the Mediterranean basin? A Review. *International Journal of Wildland Fire*

Peters, D.P., Pielke, R.A., Bestelmeyer, B.T., Allen, C.D., Munson-McGee, S. and Havstad, K.M., 2004. Cross-scale interactions, nonlinearities, and forecasting catastrophic events. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 101(42), pp.15130-15135.

Pettenella, D., 2007. Economic Estimation of Forest Damage in N-E Italy. Proc. 4th International Wildland Fire Conference. Sevilla, Spain, 13-17 May, 2007. <http://www.fire.uni-freiburg.de/sevilla>

Phillips, W. S. 1963: Depth of roots in soil. *Ecology* 44 (2): 424.

Pourtaghi, Z.S., Pourghasemi, H.R., Aretano, R. & Semeraro, T., 2016. Investigation of general indicators influencing on forest fire and its susceptibility modeling using different data mining techniques, *Ecological Indicators*, vol. 64, pp. 72-84.

Quézel, P. & Médail, F. 2003. *Écologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen*. Elsevier, Paris.

Radoglou, K., 1999. Restoration of *Pinus brutia* forest by natural regeneration 10 years after fire in Rhodes. In: *Proceedings of the International Symposium on Forest Fires: Needs and Innovations A Delfi action*, Athens, 18-19 November 1999, CINAR SA, 305-309.

Rahn, M., 2009. Wildfire Impact Analysis, Fire Impact Analysis, Spring 2009. San Diego, CA: San Diego University. Retrieved from http://universe.sdsu.edu/sdsu_newscenter/images/rahn2009fireanalysis.pdf

Raunkiær, C., 1934. The Life Forms of Plants and Statistical Plant Geography, Being the Collected Papers of C. Raunkiær. Oxford University Press, Oxford.

Robinson, 1958: Phreatophytes. Water-Supply Paper 1423. United States Geological Survey, Washington, pp. 84.

Rothermel, R.C., 1972. A mathematical model for predicting fire spread in Wildland fuels. General Technical Report INT-115. USDA Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station, Ogden, Ut.

Saltenberger, J., Barker, T., 1993. Weather related unusual fire behavior in the Awbrey Hall Fire. National Weather Digest. 18(2): 20–29.

San-Miguel, J., Camia, A., 2009. Forest fires at a glance: facts, figures and trends in the EU. In: Birot, Y. (Ed.), Living with Wildfires: What Science Can Tell Us. European Forest Institute, pp. 11–20.

San-Miguel-Ayanz, J. Camia, A., 2010. Forest fires. Mapping the impacts of natural hazards and technological accidents in Europe: an overview of the last decade. EEA Technical report, (13), pp.49-55.

San-Miguel-Ayanz, J., Rodrigues, M., De Oliveira, S.S., Pacheco, C.K., Moreira, F., Duguy, B. and Camia, A., 2012. Land cover change and fire regime in the European Mediterranean region. In Post-fire management and restoration of southern European forests (pp. 21-43). Springer Netherlands.

Sarris, D., & Koutsias, N., 2014. Ecological adaptations of plants to drought influencing the recent fire regime in the Mediterranean. Agricultural and Forest Meteorology, vol. 184, pp. 158-169.

Sarris, D., Christodoulakis, D., Körner, C., 2007. Recent decline in precipitation and tree growth in the eastern Mediterranean. *Global Change Biol.* 13, 1187–1200.

Sarris, D., Siegwolf, R., 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.

Schiller, G., Cohen, Y., 1995. Water regime of a pine forest under a Mediterranean climate. *Agric. Forest Meteorol.* 74, 181–193.

Schoennagel, T., Thomas, T. V., William, H. Romme, 2004. The Interaction of Fire, Fuels, and Climate across Rocky Mountain Forests. *BioScience* (2004) 54 (7): 661-676.

Scott, A.C., 2000. The Pre-Quaternary history of fire. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 164 (2000) 297–345

Sebastián-López, A., Salvador-Civil, R., Gonzalo-Jimenez, J., San-Miguel-Ayanz, J., 2008. Integration of socioeconomic and environmental variables for modelling long-term fire danger in Southern Europe. *European Journal of Forest Research* 127: 149–163

Sharma, S. & Rikhari, H. *Int J Biometeorol*, 1997. 40: 63. doi:10.1007/s004840050020

Shvidenko, A. & Goldammer, J.G. 2001. Fire Situation in Russia. *International Forest Fire News*, 24: 41-59

Smith, D. S., Monson, K. R., Anderson, E. J., 1997. Physiological Ecology of North American Desert Plants, pp 165-177

Thomas, P.H., Simms, D.L., Wraight, H.G.H., 1964. Fire Spread in Wooden Cribs. *Fire Research Note* 573. UK Fire Research Station, Borehamwood.

Turner, M.G., Romme, W.H., 1994. Landscape dynamics in crown fire ecosystems. *Landsc Ecol* 9: 59–77.

Valese, E., Conedera, M., Vacik, H., Japelj, A., Beck, A., Cocca, G., et al., 2011. Wildfires characterization along the Alpine region: first results from the ALP FFIRS project. In: Proceedings of the 5th International Wildland Fire Conference, 9-13 May 2011, South Africa.

Vallejo, V. R., Valdecantos, A., 2008. Fire. In: LUCINDA. Land Case in Desertification Affected Areas. Booklet series B,2. <http://geografia.fcsh.unl.pt/lucinda/booklets/B2 Booklet Final GR.pdf>

Vasilakos, C., Kalabokidis, K., Hatzopoulos, J., Matsinos, J., 2008. Identifying wildland fire ignition factors through sensitivity analysis of a neural network. *Natural hazards*: 1-19.

Veblen, T.T., Kitzberger, T., Villalba, R., Donnegan, J., 1999. Fire history in northern Patagonia: the roles of humans and climatic variation. *Ecol. Monogr.* 69, 47–67.

Velez, R., 2002. Causes of Forest Fires in the Mediterranean Basin. In: Arbez M., Birot Y., and Carnus J-M. (EDS.). Risk Management and Sustainable Forestry. EFI Proceedings 45, 2002. European Forest Institute

Viegas, D.X., Viegas, M.T., 1994. A relationship between rainfall and burned area for Portugal. *Int. J. Wildland Fire* 4, 11–16.

Weatherspoon, C.P., Skinner, C.N., 1995. An Assessment of Factors Associated with Damage to Tree Crowns from the 1987 Wildfires in Northern California. *For Sci* 41: 430–451.

Werth, P.A., Ochoa, R., 1990. The Haines Index and Idaho fire growth. *Fire Management Notes*. 51(4): 9–13.

Werth, P.A., Potter, B.E., Clements, C.B., Finney, M. A., Forthofer, J. A., McAllister, S.S., Goodrick, S.L., Alexander, M.E. and Cruz, M.G., 2011. Synthesis of Knowledge of Extreme Fire Behavior: Volume I for Fire Managers. JFSP Synthesis Reports. Paper 6.

Werth, P.A., Potter, B.E., Clements, C.B., Finney, M.A., Goodrick, SL, et al., 2011. Synthesis of Knowledge of Extreme Fire Behavior: Volume I for Fire Managers. General Technical Report PNW-854. USDA Forest Service, Pacific Northwest Research Station, Portland, Or.

Westerling, A.L., Bryant, B.P., 2008. Climate change and wildfire in California. *Climatic Change*, 87(1), pp.231-249.

Williams, J., Albright, D., Hoffmann, A.A., Eritsov, A., Moore, P.F., Mendes de Morais, J.C., Leonard, M., San, Miguel-Ayanz, J., Xanthopoulos, G. and Van, Lierop, P., 2011, May. Findings and implications from a coarse-scale global assessment of recent selected mega-fires. In International Wildland Fire Conference (5th, 9–13 May 2011, Sun City, South Africa). FAO.

Xoplaki, E., 2002. Climate variability over the Mediterranean. PhD, University of Bern, Switzerland.

Yang, J., He, H.S., Shifley, S.R., Gustafson, E.J., 2007. Spatial patterns of modern period human-caused fire occurrence in the Missouri Ozark Highlands. *Forest Science* 53: 1–15

Αντωνίου, Μ., 2011. Δημιουργία Χάρτη επικινδυνότητας δασικών πυρκαγιών με χρήση αντικειμενοστραφούς ανάλυσης, τηλεσκοπικών και χαρτογραφικών δεδομένων σε επίπεδο χώρας. Ms Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα

Αντωνόπουλος, Π., 1997. Προστασία Δασών από Πυρκαγιές. Αθήνα, εκδόσεις «Ίων»

Απλάδα, Ε., 2003. Ζώνες Βλάστησης και Οικολογική Αξιολόγηση του πυρήνα του Εθνικού Δρυμού Πάρνηθας. Μεταπτυχιακή Διατριβή Διπλώματος Ειδίκευσης στην Περιβαλλοντική Βιολογία και Διαχείριση Χερσαίων και Θαλάσσιων Οικοσυστημάτων, Πάτρα, 2003

Βορίσης, Δ., 2004. Η Καταστολή των Δασικών Πυρκαγιών, Αθήνα, Τυπογραφείο Α.Π.Σ

Καϊλίδης, Δ., 1993. Δασικές Πυρκαγιές, Τρίτη Έκδοση. Εκδόσεις Γιαχούδη - Γιαπούλη, Θεσσαλονίκη 1993

Καϊλίδης, Δ., 1990. Δασικές Πυρκαγιές. Θεσσαλονίκη, εκδόσεις «Γιαχούδη - Γιαπούλη»

Κατσάνος, Αγ., 1970. Συμπεριφορά των Πυρκαγιών των Δασών. Αθήνα, Αυτοτελείς Εκδόσεις της Υπηρεσίας Δασικών Εφαρμογών και Εκπαιδεύσεως

Κωνσταντινίδης, Π., 2003. Μαθαίνοντας να Ζούμε με τις Δασικές Πυρκαγιές, Θεσσαλονίκη, Εκδόσεις «Χριστοδουλίδη»

Λάμπρου, Μ., 2016. Χωρική Διερεύνηση των Σχέσεων Μεταξύ Κλίματος και Δασικών Πυρκαγιών στην Κύπρο.

Ξανθόπουλος, Γ. 1998. Δασικές πυρκαγιές στην Ελλάδα: Παρελθόν, παρόν και μέλλον. Επίκεντρα. 6: 62-71.

Παγκύπρια Ένωση Δασολόγων, 2016. Έκθεση εισηγήσεων για την ενίσχυση της δασοπυρόσβεσης στην Κύπρο. Λευκωσία, Κύπρος.

Ρήγα, Χ., 2010. Διερεύνηση των Επιπτώσεων των Δασικών Πυρκαγιών στο Ατμοσφαιρικό Περιβάλλον. Η περίπτωση του Νομού Ηλείας. Bs. Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Αθήνα

Τμήμα Δασών, 2015. Ανασκόπηση Δασικών Πυρκαγιών για το Έτος 2015.
[http://www.moa.gov.cy/moa/fd/fd.nsf/all/E4B0101D3291D912C2257FAA0038D66C/\\$file/forestfiresstatistics2015-el.pdf](http://www.moa.gov.cy/moa/fd/fd.nsf/all/E4B0101D3291D912C2257FAA0038D66C/$file/forestfiresstatistics2015-el.pdf)

Τμήμα Δασών, 2017
http://www.moa.gov.cy/moa/fd/fd.nsf/DMLindex_gr/DMLindex_gr?OpenDocument

Χρονοπούλου, Γ., 2008. Χαρτογράφηση της πυρκαγιάς της 28ης Ιουνίου 2007 στο όρος Πάρνηθα με τη χρήση δορυφορικών εικόνων.
[http://portal.tee.gr/portal/page/portal/SCIENTIFIC WORK/anasigr/files/Chronopoulou-ImeridaForFire-Harokopio.pdf](http://portal.tee.gr/portal/page/portal/SCIENTIFIC_WORK/anasigr/files/Chronopoulou-ImeridaForFire-Harokopio.pdf)