



**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΔΑΣΟΛΟΓΙΑΣ & ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΔΑΣΙΚΩΝ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ
& ΔΑΣΙΚΗΣ ΧΩΡΙΚΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΟΙΚΟΛΟΓΙΑ & ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

**Εκτίμηση κινδύνου δασικής πυρκαγιάς και μέτρα περιορισμού του.
Περίπτωση μελέτης Βαρυμπόμπη Αττικής.**

Γρηγόριος Κ. Κονιαβίτης

Επιβλέπων καθηγητής:

Σπυρίδων Καλούδης: Καθηγητής ΓΠΑ

ΚΑΡΠΕΝΗΣΙ

2024

**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΔΑΣΟΛΟΓΙΑΣ & ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΔΑΣΙΚΩΝ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ
& ΔΑΣΙΚΗΣ ΧΩΡΙΚΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ**

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

Εκτίμηση κινδύνου δασικής πυρκαγιάς και μέτρα περιορισμού του.
Περίπτωση μελέτης Βαρυμπόμπη Αττικής.

Forest fire risk assessment and mitigation measures.
Case study Varimpompi Attikis.

Γρηγόριος Κ. Κονιαβίτης

Εξεταστική Επιτροπή:

Σπυρίδων Καλούδης: Καθηγητής ΓΠΑ (επιβλέπων)

Παλαιολόγος Παλαιολόγου: Επίκουρος Καθηγητής ΓΠΑ

Ανδρέας Παπαδόπουλος: Καθηγητής ΓΠΑ

Εκτίμηση κινδύνου δασικής πυρκαγιάς και μέτρα περιορισμού του. Περίπτωση μελέτης Βαρυμπόμπη Αττικής.

ΠΜΣ Οικολογία & Διαχείριση Περιβάλλοντος

Τμήμα Δασολογίας & Διαχείρισης Φυσικού Περιβάλλοντος

Εργαστήριο Διαχείρισης Δασικών Οικοσυστημάτων & Δασικής Χωρικής Πληροφορικής

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι δασικές πυρκαγιές αποτελούν σημαντική απειλή για τα δασικά οικοσυστήματα και τον ίδιο τον άνθρωπο απειλώνοντας την ίδια του τη ζωή και την υγεία, τις περιουσίες, τις δημόσιες υποδομές και την ποιότητα ζωής. Η κλιματική αλλαγή και η εγκατάλειψη της υπαίθρου συμβάλλουν σημαντικά στην αύξηση των πυρκαγιών. Η αντιμετώπιση του φαινομένου των πυρκαγιών, με βάση τις επιστημονικές παρατηρήσεις, δύναται να επιτευχθεί με την κατάλληλη διαχείριση της δασικής βιομάζας και την εφαρμογή προληπτικών μέτρων στο πλαίσιο μιας ολοκληρωμένης διαχείρισης των δασικών οικοσυστημάτων. Στην παρούσα εργασία μελετάται η ευρύτερη περιοχή της πυρκαγιάς της Βαρυμπόμπης του έτους 2021. Η χρήση ενός δείκτη μακροχρόνιας πρόβλεψης κινδύνου πυρκαγιάς, επέτρεψε τον εντοπισμό των θέσεων που είναι περισσότερο ευάλωτες και προτάθηκαν κατάλληλα μέτρα. Από τα αποτελέσματα της εργασίας αυτής προκύπτει ότι ο κίνδυνος πυρκαγιάς είναι ιδιαίτερα αυξημένος στην Αττική και την περιοχή μελέτης. Λόγω του αυξημένου κινδύνου και της ιδιαίτερης αξίας του δάσους της περιοχής ως περιαστικού, προτείνεται η ολοκληρωμένη διαχείρισή του με κύριο σκοπό την αναψυχή των κατοίκων του λεκανοπεδίου Αττικής και την παράλληλη προστασία του δάσους από πυρκαγιές. Στο πλαίσιο αυτό προτείνεται ένα δίκτυο αντιπυρικών ζωνών κατά μήκος του υπάρχοντος οδικού δικτύου για την προστασία της περιοχής και την αύξηση της ασφάλειας των κατοικημένων περιοχών και των αγροτικών εκτάσεων της περιοχής μελέτης.

Επιστημονική περιοχή: *Διαχείριση και προστασία δασών.*

Λέξεις κλειδιά: *Κίνδυνος πυρκαγιάς, Διαχείριση δάσους, Ανθεκτικότητα δασικών οικοσυστημάτων, Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, Αττική, Βαρυμπόμπη.*

Forest fire risk assessment and mitigation measures. Case study Varimpompi Attikis.

MSc Ecology & Environmental Management

Department of Forestry & Natural Environment management

Laboratory of Forest Ecosystem Management and Forest Spatial Informatics

ABSTRACT

Forest fires pose a significant threat to forest ecosystems and humans themselves, threatening their own lives and health property, public infrastructure, and quality of life. Climate change and the abandonment of the countryside contribute significantly to the increase in fires. Based on scientific observations, the treatment of the phenomenon of fires can be achieved with the appropriate management of forest biomass and the application of preventive measures in the context of an integrated management of forest ecosystems. In this work, the wider area of the Varimpompi fire of the year 2021 is studied. Using a long-term fire risk prediction index allowed the identification of the most vulnerable places and appropriate measures were proposed. The results of this work show that the fire risk is particularly high in Attica and in the study area. Due to the increased risk and the special value of the forest in the area as a recreational area, its integrated management is proposed with the main purpose of recreation for the inhabitants of the Attica basin and the parallel protection of the forest from fires. In this context, a dense network of fire zones along the existing road network is proposed to protect the area and increase the safety of the residential and rural areas of the region.

Scientific area: *Forest management and protection.*

Keywords: *Fire risk, Forest management, Resilience of forest ecosystems, Geographical Information Systems, Attica, Varimpompi.*

ΔΗΛΩΣΗ ΑΥΘΕΝΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

Ο μεταπτυχιακός φοιτητής που εκπόνησε την παρούσα διπλωματική εργασία φέρει ολόκληρη την ευθύνη προσδιορισμού της δίκαιης χρήσης του υλικού, η οποία ορίζεται στη βάση των εξής παραγόντων: του σκοπού και χαρακτήρα της χρήσης (μη-εμπορικός, μη-κερδοσκοπικός, αλλά εκπαιδευτικός-ερευνητικός), της φύσης του υλικού που χρησιμοποιεί (τμήμα του κειμένου, πίνακες, σχήματα, εικόνες κλπ.), του ποσοστού και της σημαντικότητας του τμήματος που χρησιμοποιεί σε σχέση με το όλο κείμενο υπό copyright, και των πιθανών συνεπειών της χρήσης αυτής στην αγορά ή την γενικότερη αξία του υπό copyright κειμένου.

Ο ΣΥΓΓΡΑΦΕΑΣ**Γρηγόριος Κ. Κονιαβίτης**

ΔΗΛΩΣΗ ΕΡΓΟΥ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εγκρίθηκε ομόφωνα από την τριμελή εξεταστική επιτροπή η οποία ορίστηκε από την Σ. Ε. του Π.Μ.Σ. του Τμήματος Δασολογίας και Διαχείρισης Φυσικού Περιβάλλοντος του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών, σύμφωνα με τον νόμο και τον εγκεκριμένο Οδηγό Σπουδών του Π. Μ. Σ. «Οικολογία και Διαχείριση Περιβάλλοντος». Τα μέλη της Επιτροπής ήταν:

1. Σπυρίδων Καλούδης (Επιβλέπων)
2. Παλαιολόγος Παλαιολόγου (Μέλος)
3. Ανδρέας Παπαδόπουλος (Μέλος)

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από το Τμήμα Δασολογίας και Διαχείρισης Φυσικού Περιβάλλοντος του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών δεν υποδηλώνει αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα.

Με την άδειά του, η παρούσα εργασία ελέγχθηκε από την Εξεταστική Επιτροπή μέσα από λογισμικό ανίχνευσης λογοκλοπής που διαθέτει το Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών και διασταυρώθηκε η εγκυρότητα και η πρωτοτυπία της.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Στο πλαίσιο της εργασίας αυτής εκφράζω τις θερμές μου ευχαριστίες σε όλους όσους στάθηκαν αρωγοί κατά τη διάρκεια εκπόνησής της υλικά και ηθικά και ιδιαίτερα:

- στον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Σπυρίδωνα Καλούδη, για την εμπιστοσύνη του προς το πρόσωπό μου, για την ανάθεση της παρούσας εργασίας, την άρτια, επιστημονικά, καθοδήγηση, τις στοχευμένες παρατηρήσεις του, την αγαστή συνεργασία, την αγόγγυστη παροχή γνώσεων σε κάθε στάδιο υλοποίησης της παρούσας διατριβής.
- στα μέλη της Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής για τις εύστοχες παρατηρήσεις τους, ιδιαίτερα δε στον κ. Παλαιολόγο Παλαιολόγου για τη διάθεση χρήσιμων γεωγραφικών δεδομένων της περιοχής μελέτης.
- Την κ. Σταυρούλα Γαλανοπούλου για την παροχή των εδαφολογικών και γεωλογικών στοιχείων της υπό μελέτη περιοχής.
- Το «Ελληνικό Κτηματολόγιο» για την άμεση ανταπόκριση σε σχετικό αίτημα χορήγησης των ορθοφωτοχαρτών της περιοχής μελέτης.

Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	ii
ABSTRACT	iii
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	vi
ΠΙΝΑΚΑΣ ΒΡΑΧΥΓΡΑΦΙΩΝ	ix
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	x
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ	x
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
Κεφάλαιο 1: ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	8
1.1. ΔΑΣΙΚΕΣ ΠΥΡΚΑΓΙΕΣ	8
1.2. ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΔΑΣΙΚΩΝ ΠΥΡΚΑΓΙΩΝ	12
1.3. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ	15
1.3.1. ΕΔΑΦΟΚΑΛΥΨΗ - ΒΛΑΣΤΗΣΗ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ	17
1.3.2. ΠΑΝΙΔΑ	21
1.3.3. ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	21
1.3.4. ΕΔΑΦΟΣ	22
1.3.5. ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ	22
1.3.6. ΑΝΕΜΟΣ	23
1.3.7. ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ	25
1.3.8. ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	25
1.3.9. ΣΧΕΤΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ	26
1.3.10. ΝΕΦΩΣΗ	27
1.3.11. ΕΔΑΦΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ	27
1.4. Η ΥΠΟ ΜΕΛΕΤΗ ΠΥΡΚΑΓΙΑ	28
1.5. ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΔΑΣΙΚΩΝ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΣΤΙΣ ΠΥΡΚΑΓΙΕΣ	31
1.6. ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΔΑΣΙΚΩΝ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ	33

1.6.1.	ΧΕΙΡΙΣΜΟΙ ΔΑΣΙΚΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ.....	33
1.6.2.	ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΤΗΣ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΩΝ ΔΑΣΙΚΩΝ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ	35
1.7.	ΔΕΙΚΤΕΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ	38
1.7.1.	ΔΕΙΚΤΕΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ ΒΡΑΧΥΠΡΟΘΕΣΜΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ.....	39
1.7.2.	ΔΕΙΚΤΕΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ ΜΑΚΡΟΧΡΟΝΙΑΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ	42
1.8.	ΔΑΣΙΚΑ ΚΑΥΣΙΜΑ.....	43
1.9.	ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ.....	44
1.10.	ΥΛΙΚΑ.....	51
	Κεφάλαιο 2: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	53
2.1	ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ.....	53
2.2	ΜΕΤΡΑ ΜΕΙΩΣΗΣ ΤΟΥ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΩΝ ΑΠΟ ΠΥΡΚΑΓΙΕΣ	60
2.2.1	ΑΝΤΙΠΥΡΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ	61
2.3	ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΟΥ ΔΑΣΟΥΣ	69
2.4	ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΡΕΥΜΑΤΩΝ.....	70
2.5	ΑΛΛΑ ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΤΙΚΑ ΜΕΤΡΑ.....	73
2.6	ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΟΙΚΙΣΤΙΚΩΝ – ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ	74
2.7	ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....	75
	Κεφάλαιο 3: ΑΝΑΛΥΣΗ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	78
	Κεφάλαιο 4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	82
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	85

ΠΙΝΑΚΑΣ ΒΡΑΧΥΓΡΑΦΙΩΝ

CFFDRS	Canadian Forest Fire Danger Rating System/Καναδικός Δείκτης Κινδύνου Πυρκαγιάς
EFFIS	European Forest Fire Information System
FAO	Οργανισμός για τα Τρόφιμα και τη Γεωργία
FWI	Canadian Forest Fire Weather Index
HBV	Hydrologiska Byråns Vattenbalansavdelning
NFDRS	National Fire Danger Rating System/Αμερικανικός Δείκτης Κινδύνου Πυρκαγιάς
PNW	Pacific Northwest/Βορειοδυτικός Ειρηνικός
VOCs	Πτητικές οργανικές ενώσεις
ΑΑ	Απειλούμενες Αξίες
ΑΔΔ	Αειφόρος διαχείριση δασών
ΔΠ	Δριμύτητα Πυρκαγιάς
ΕΑΠ	Ευαισθησία Αξιών στην Πυρκαγιά
Κ&Δ	Κριτήρια και δείκτες
ΚΚΠ	Κίνδυνος Καταστροφών από Πυρκαγιά
ΚΟΔ	Κατηγορία Οδικού Δικτύου
ΚΠ	Κίνδυνος Πυρκαγιάς
Ν.Π.Δ.Δ.	Νομικό Πρόσωπο Δημοσίου Δικαίου
ΝΔ	Νευρωνικά Δίκτυα
ΠΔΠ	Πιθανότητα Δριμύτητας Πυρκαγιάς
ΠΠΠ	Πιθανότητα Περιστατικού Πυρκαγιάς
ΤΖ	Τύπος Ζώνης

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1.1.1 Στατιστικά δεδομένα πυρκαγιών σε Ευρωπαϊκές χώρες.	10
Πίνακας 1.1.2 Στατιστικά στοιχεία δασικών πυρκαγιών (προσαρμογή από ypen.gov.gr , n.d.).....	11
Πίνακας 1.3.1.1 Εδαφοκάλυψη της περιοχής μελέτης και της καμένης έκτασης.....	19
Πίνακας 1.3.6.1 Τιμές επικρατούσας διεύθυνσης των ανέμων και μέσης μηνιαίας έντασης του ανέμου κατά τα έτη 1956-2010, Πηγή: emy, n.d.....	24
Πίνακας 1.3.7.1. Τιμές μέσου μηνιαίου ύψους υετού και αριθμού ημερών υετού κατά τα έτη 1956-2010, Πηγή: emy, n.d.	25
Πίνακας 1.4.1 Επικρατούσες μετεωρολογικές συνθήκες κατά τη διάρκεια της πυρκαγιάς 3-7 Αυγούστου 2021 (Πηγή: https://meteosearch.meteo.gr/data/index.cfm)	29
Πίνακας 1.9.1 Κωδικοποίηση παραμέτρων Κ.Κ.Π.	47
Πίνακας 1.9.2 Απόδοση τιμών στις παραμέτρους.....	48
Πίνακας 1.9.3 Βαθμονόμηση παραμέτρων Δ.Κ.Κ.Π. σε σχέση με τον κίνδυνο πυρκαγιάς.	48
Πίνακας 1.9.4 Κατάταξη ευφλεκτότητας και καυσιμότητας ανάλογα με την πυκνότητα βλάστησης (συγκόμωση), την ύπαρξη ή μη υπορόφου και το υψόμετρο (Πηγή: https://diavgeia.gov.gr , n.d).....	50
Πίνακας 1.10.1 Κατάλογος θεματικών αρχείων.	52
Πίνακας 2.2.1.1 Χαρακτηριστικά προτεινόμενων αντιπυρικών ζωνών.....	65
Πίνακας 2.2.1.2 Μήκη σε km ανά κατηγορία προτεινόμενων αντιπυρικών ζωνών.	68

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1.1.1 Κατανομή ΚΚΠ, ανά Περιφερειακή Ενότητα, για τις αγροτικές και δασικές εκτάσεις και το σύνολό τους.	9
Σχήμα 1.3.1 Χάρτης προσανατολισμού.	16
Σχήμα 1.3.1.1 Χάρτης εδαφοκάλυψης.....	18
Σχήμα 1.3.6.1 Ετήσιες συχνότητες ανέμου κατά τα έτη 1956-2010, Πηγή: emy, n.d. ...	24
Σχήμα 1.3.8.1 Θερμοκρασίες κατά τα έτη 1956-2010, Πηγή: emy, n.d.....	26
Σχήμα 1.3.9.1 Μέση σχετική υγρασία αέρος (%) κατά τα έτη 1956-2010, Πηγή: emy, n.d.	26
Σχήμα 1.3.11.1 Ετήσια πορεία των μέσων μηνιαίων τιμών Δυνητικής (M-AET) και Πραγματικής εξατμισοδιαπνοής (M-PET), Βροχόπτωσης (M-P) και Ελλείμματος Εδαφικής Υγρασίας (M-DEF) για την περίοδο 1951 -1992 (Καλούδης, 1996).....	28
Σχήμα 1.4.1 Χάρτης πυρκαγιάς Βαρυμπόμπης (3-7 Αυγούστου 2021).....	30
Σχήμα 1.5.1 Αναπαράσταση της οικολογικής ανθεκτικότητας με θεωρητικό διάγραμμα μπάλας και κυπέλλου τον Holling (Holling, 1973).....	32
Σχήμα 1.9.1 Εννοιολογική δομή του Δείκτη Κίνδυνου Καταστροφών από Πυρκαγιές. Πηγή: (Καλούδης, 2008).	44
Σχήμα 2.1.1 Χάρτης Κινδύνου Πυρκαγιάς Υποβάθρου στην Αττική εκτός Πειραιά και νήσων.....	55

Σχήμα 2.1.2 Χάρτης οικισμών της περιοχής μελέτης	56
Σχήμα 2.1.3 Χάρτης ζωνών επιρροής μεταξύ οικιστικών περιοχών και δασικών εκτάσεων	57
Σχήμα 2.1.4 Χάρτης κινδύνου πυρκαγιάς της περιοχής μελέτης.	58
Σχήμα 2.1.5 Χάρτης κινδύνου πυρκαγιάς των δασικών εκτάσεων της περιοχής μελέτης.	59
Σχήμα 2.2.1.1 Καθαρισμοί υπορόφου δάσους χαλεπίου Πεύκης στα όρια οικισμού στην Βόρεια Εύβοια. (Καλούδης Σπ., Μάιος 2024)	63
Σχήμα 2.2.1.2 Χάρτης προτεινόμενων αντιπυρικών ζωνών.	64
Σχήμα 2.4.1 Χάρτης ρευμάτων.....	71
Σχήμα 2.4.2 Ιστάμενα καμένα δένδρα μετά την πυρκαγιά του 2021 στην περιοχή μελέτης και πλατύφυλλα δένδρα που επιβίωσαν από την πυρκαγιά (Καλούδης Σπ., Δεκέμβριος 2023).	72
Σχήμα 2.7.1 Αναγέννηση χαλεπίου Πεύκης στην περιοχή μελέτης (Καλούδης Σπ., 2023)	75

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα δάση καλύπτουν περίπου το 31% της παγκόσμιας ξηράς και διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο από οικολογική-περιβαλλοντική και κοινωνικοοικονομική άποψη (Zacharakis & Tsihrintzis, 2023). Ωστόσο, διεθνώς, παρατηρείται ριζική αύξηση του ετήσιου αριθμού των ημερών κινδύνου δασικών πυρκαγιών και των περιστατικών δασικών πυρκαγιών, με την κλιματική αλλαγή να θεωρείται ως ένας από τους κύριους παράγοντες για αυτή την εξέλιξη (Zacharakis & Tsihrintzis, 2023).

Σύμφωνα με πολλές πηγές, η δασοκάλυψη στην Ελλάδα κατά τις τελευταίες δεκαετίες αυξάνεται, (Kaloudis et al., 2023; υπεν αρχική -, n.d.) λόγω της μείωσης των κατοίκων στις δασικές περιοχές. Στο σύνολο της επιφάνειας της χώρας το 25,5% καταλαμβάνεται από υψηλά δάση, το 23,9% από δασικές εκτάσεις, χωρίς να περιλαμβάνονται σε αυτές οι χορτολιβαδικές εκτάσεις.

Η Ελλάδα, λόγω της γεωγραφικής της θέσης, στο Νότιο άκρο της Ευρώπης, που επικρατούν ξηροθερμικές συνθήκες τους καλοκαιρινούς μήνες, πλήττεται από μεγάλες δασικές πυρκαγιές. Ο αριθμός των ετήσιων συμβάντων δασικών πυρκαγιών ήταν σχετικά σταθερός μέχρι το 1979, αντίθετα ο μέσος ετήσιος αριθμός πυρκαγιών την περίοδο 1980–2010 υπερδιπλασιάστηκε. Τις τελευταίες δεκαετίες μάλιστα οι καμένες εκτάσεις σχεδόν τριπλασιάστηκαν σε σχέση με τις προηγούμενες δεκαετίες (Δημητρακόπουλος et al., 2009). Από τον απολογισμό για την περίοδο 1983–2008 προκύπτει ότι οι συνολικές καμένες εκτάσεις αντιστοιχούν στο 10,3% της συνολικής έκτασης της χώρας (Τσαγκάρη et al., 2011).

Οι δασικές πυρκαγιές αποτελούν σημαντικό εχθρό των δασικών οικοσυστημάτων παγκοσμίως και παράλληλα προκαλούν σημαντικές άμεσες και έμμεσες επιπτώσεις στην υγεία και τις δραστηριότητες των ανθρώπων (Μαρκάλας, 1996α). Οι επιπτώσεις διακρίνονται σε άμεσες, ορατές κατά τη διάρκεια της εξέλιξής τους, και έμμεσες, που είναι μακροπρόθεσμες και ορατές σε αψώτερο χρόνο. Το επιστημονικό ενδιαφέρον επικεντρώνεται στον τρόπο πρόληψης, εκδήλωσης και αντιμετώπισης των δασικών πυρκαγιών αλλά και επαναφοράς των καμένων περιοχών, κατά το δυνατόν, στην προτέρα κατάσταση.

Σημαντικό ρόλο στην κατανομή των πυρκαγιών διαδραματίζει η ανθρώπινη παρουσία που σχετίζεται και με τον τύπο των δραστηριοτήτων και των απαιτήσεων των πολιτών. Είναι

γνωστό από την βιβλιογραφία ότι μονό μικρό ποσοστό των πυρκαγιών οφείλεται σε φυσικά αίτια. Αντίθετα το μεγαλύτερο μέρος των πυρκαγιών οφείλεται σε ανθρωπογενή αίτια (επιτροπή για τις προοπτικές διαχείρισης πυρκαγιών δασών και υπαίθρου στην Ελλάδα, 2019).

Περιοχές που έχουν συγκριτικά μεγάλο ετήσιο αριθμό δασικών πυρκαγιών, μεταξύ 2000 – 2017, είναι οι περιφερειακές ενότητες Ηλείας, Αττικής, Αιτωλοακαρνανίας, Ιωαννίνων, Μεσσηνίας και Ευβοίας (Γεράκη, 2018). Το σύνολο των καμένων εκτάσεων για την Περιφέρεια Αττικής ανέρχεται σε 34312,00 ha για την χρονική περίοδο 2012-2022 (Ασημακοπούλου, 2023).

Οι δασικές πυρκαγιές και ειδικά οι πολύ μεγάλες αυξάνονται σταδιακά με τον χρόνο. Οι αιτίες είναι ποικίλες και μεταξύ αυτών σημαντικότερες θεωρούνται η φτωχή διαχείριση των δασών, η εγκατάλειψη της υπαίθρου λόγω της αστικοποίησης, η συνακόλουθη εγκατάλειψη παραδοσιακών εργασιών στη γεωργία, δασοπονία και κτηνοτροφία. Η φτωχή διαχείριση και η εγκατάλειψη παραδοσιακών χρήσεων των δασών, όπως είναι, η βόσκηση κοπαδιών ζώων, συνέβαλαν καθοριστικά στην αύξηση της νεκρής βιομάζας εντός αυτών. Επιπλέον κατά τις τελευταίες δεκαετίες παρατηρείται μια σταδιακή μεταβολή του κλίματος με κύριο χαρακτηριστικό ξηρότερες συνθήκες και τις περιόδους καύσιμα (drought and climate change - center for climate and energy solutions, n.d.; Μανωλάς, 2009). Η συσσώρευση της νεκρής βιομάζας σε συνδυασμό με ακραίες μετεωρολογικές συνθήκες οδηγούν σε μεγάλες και καταστροφικές πυρκαγιές.

Στο πλαίσιο μείωσης των αρνητικών επιπτώσεων των δασικών πυρκαγιών, η σύγχρονη τάση είναι προς την κατεύθυνση της αύξησης της ανθεκτικότητας των δασών στις πυρκαγιές (Nikinmaa et al., 2024). Η έλλειψη κατευθυντήριων οδηγιών που θα μπορούσαν να διευκολύνουν την πρακτική εφαρμογή των μέτρων αύξησης της ανθεκτικότητας των δασών, θεωρείται ως το κύριο εμπόδιο για την ενσωμάτωση των ερευνητικών ευρημάτων στη διαχείριση των δασών.

Η κλιματική αλλαγή έχει άμεσες συνέπειες στη μείωση της ανθεκτικότητας των δασικών οικοσυστημάτων στις πυρκαγιές, στο Κολοράντο έως το βόρειο Αϊντάχο και τη Μοντάνα των Η.Π.Α. (Stevens-Rumann et al., 2018). Σε πρόσφατη έρευνα διαπιστώθηκε ότι τα ετήσια ελλείμματα υγρασίας για το χρονικό διάστημα από το 2000 έως το 2015 σε σύγκριση με το 1985-1999, ήταν μεγαλύτερα, υποδηλώνοντας όλο και δυσμενέστερες

συνθήκες επαναφοράς του δάσους μετά την πυρκαγιά, που αντιστοιχούν σε σημαντικά χαμηλότερες πυκνότητες δενδρυλλίων και αυξημένη αποτυχία αναγέννησης (Stevens-Rumann et al., 2018).

Τα δασικά οικοσυστήματα, σε περιπτώσεις που οι μεταβολές είναι σταδιακές, κατορθώνουν να ανταποκριθούν με ικανοποιητικό τρόπο στις περιβαλλοντικές διακυμάνσεις όσο και τις καταστροφές από τις πυρκαγιές, καθώς προσαρμόζονται στα νέα δεδομένα μέσω της διαδικασίας της φυσικής επιλογής (Falk et al., 2022). Ωστόσο, ακόμη και σε φυτοκοινωνίες που είναι προσαρμοσμένες στη φωτιά, μετά από συχνές πυρκαγιές υποβαθμίζεται το έδαφος από τη διάβρωση και την έκπλυση. Επίσης, η μείωση ή και πλήρης καταστροφή των διαθέσιμων μητρικών σποροπαραγωγικών δένδρων σε συνδυασμό με ακραία καιρικά φαινόμενα, που χαρακτηρίζουν την κλιματική αλλαγή, καθιστούν σε πολλές περιπτώσεις αδύνατη την αναγέννηση των κύριων δασικών ειδών και το οικοσύστημα τελικά υποβαθμίζεται (Falk et al., 2022). Ειδικά στην Αττική που επικρατούν ξηροθερμικές συνθήκες (Καλούδης, 1996) οι δυσμενείς καιρικές συνθήκες μετά την πυρκαγιά, εμποδίζουν τη φυσική αναγέννηση και συμβάλλουν στην αύξηση των ποσοστών αποτυχίας της. Σημαντικά φυσικά δάση, σε πολλές περιοχές του πλανήτη είναι στο όριο της κλιματικής τους ανοχής και κατά συνέπεια περισσότερο επιρρεπή στις πυρκαγιές (Stevens-Rumann et al., 2018).

Οι παραπάνω διαπιστώσεις επιβεβαιώνονται και από μελέτη που πραγματοποιήθηκε σε δάση της δυτικής Μεσογείου που κήκαν σε μια περίοδο 27 ετών (1988-2015) (Blanco-Rodríguez et al., 2023). Από τη μελέτη αυτή προκύπτει ότι η διάρκεια της ξηρασίας ήταν ο σημαντικότερος παράγοντας, που επηρέασε αρνητικά την ανάκαμψη των οικοσυστημάτων μετά την πυρκαγιά (Blanco-Rodríguez et al., 2023). Η διάρκεια και η θερμοκρασία καύσης της πυρκαγιάς είναι επίσης σημαντικός ανασταλτικός παράγοντας για την ανάκαμψη της βλάστησης (Blanco-Rodríguez et al., 2023). Τα τοπογραφικά χαρακτηριστικά ήταν η λιγότερο σημαντική μεταβλητή και είχε οριακή επίδραση στην αναγέννηση των δασικών οικοσυστημάτων μετά την πυρκαγιά. Καθίσταται λοιπόν σαφές ότι η ενδεχόμενη αύξηση της διάρκειας της ξηρασίας σε συνδυασμό με υψηλότερη συχνότητα και ένταση μεγάλων πυρκαγιών μπορεί να τροποποιήσει τη δομή και τη σύνθεση των μεσογειακών δασικών οικοσυστημάτων (Blanco-Rodríguez et al., 2023).

Για την παρακολούθηση της εξέλιξης των δασικών οικοσυστημάτων μετά από πυρκαγιά χρησιμοποιούνται, μεταξύ άλλων μεθόδων, η Τηλεπισκόπηση και τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών. Τα παραπάνω τεχνολογικά εργαλεία είναι οικονομικά και αποτελεσματικά για την παρακολούθηση των δασικών οικοσυστημάτων και για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των εφαρμοζόμενων στρατηγικών για την προστασία και την αποκατάστασή τους (Singh & Jeganathan, 2024).

Εξαιτίας των σημαντικών επιπτώσεων των δασικών πυρκαγιών, τόσο σε εθνικό επίπεδο, όσο και σε διεθνές, έχουν αναπτυχθεί διάφοροι δείκτες πρόβλεψης του κινδύνου των δασικών πυρκαγιών με σκοπό την κατάλληλη διαχείρισή τους για τη μείωση του κινδύνου καταστροφών από Πυρκαγιές (ΚΚΠ). Από τα υφιστάμενα μοντέλα πρόβλεψης κινδύνου πυρκαγιών (ΚΠ) τα περισσότερα εξ αυτών επικεντρώνονται στην πιθανότητα πρόβλεψης εκδήλωσης μιας πυρκαγιάς. Επίσης, αναφορικά με την ανθεκτικότητα των δασικών οικοσυστημάτων στις πυρκαγιές, έχουν γίνει προσπάθειες δημιουργίας χαρτών πρόβλεψης της ανθεκτικότητας και της σταθερότητάς τους, με σκοπό την προσαρμοσμένη στις τοπικές συνθήκες λήψη μέτρων, τόσο πριν την πυρκαγιά, όσο και μετά την πυρκαγιά (Maure et al., 2022).

Τις τελευταίες δεκαετίες η επιστήμη έχει κάνει σημαντική πρόοδο στον τομέα των δασικών πυρκαγιών, τόσο σε ό,τι αφορά στην εκτίμηση του ΚΠ, όσο και την εφαρμογή των κατάλληλων μέτρων αύξησης της ανθεκτικότητας των δασικών οικοσυστημάτων. Εντούτοις, η εφαρμογή των κατάλληλων πολιτικών προσκρούει στο υψηλό κόστος εφαρμογής τους επειδή, μέχρι τώρα, οι πολιτικές αυτές και τα σχετικά μέτρα εφαρμόζονται αποσπασματικά και δεν ενσωματώνονται στη συνολική διαχείριση των δασικών οικοσυστημάτων. Συνέπεια αυτής της πρακτικής είναι η μειωμένη προστασία των δασικών οικοσυστημάτων και η υπερβολική ανάλωση διαθέσιμων πόρων, ανθρώπινου δυναμικού και μέσων, στην προσπάθεια κατάσβεσης των πυρκαγιών (Plucinski et al., 2023). Μέτρα κατάλληλα για τη μείωση του ΚΚΠ θεωρούνται η δημιουργία προσαρμοσμένων στις τοπικές πυρικές συνθήκες αντιπυρικών ζωνών, η μείωση της υπερβολικής ποσότητας βιομάζας μέσω της κατάλληλης διαχείρισης των δασών και η ενθάρρυνση ανθεκτικών στις πυρκαγιές ενδημικών πλατύφυλλων ειδών δένδρων (Kaloudis et al., 2005; Καλούδης, 2008).

Με σκοπό τη λήψη κατάλληλων προληπτικών μέτρων για την αύξηση της ανθεκτικότητας των δασών στις πυρκαγιές είναι απαραίτητη η γνώση του ΚΠ. Για την εκτίμηση του ΚΠ, όπως ήδη αναφέρθηκε, έχουν προταθεί πολλοί σχετικοί δείκτες, κυρίως βραχυχρόνιας πρόβλεψης σε βάθος μερικών ημερών. Δεδομένου όμως ότι τα δασικά οικοσυστήματα εκτείνονται σε μεγάλη γεωγραφική έκταση και διαχειρίζονται σε μεγάλο βάθος χρόνου η κατάλληλη διαχείρισή τους απαιτεί τον προσδιορισμό του ΚΠ σε μικρές και μεγάλες επιφάνειες και σε μεγάλο βάθος χρόνου (Kaloudis et al., 2005).

Η εξελικτική προσαρμογή των φυτών στη φωτιά ακολουθεί γενικά ένα από τα δύο μονοπάτια, δηλαδή, την ανάπτυξη σε περιοχές που έχουν μικρότερο κίνδυνο εμφάνισης πυρκαγιών ή την ανάπτυξη χαρακτηριστικών που επιτρέπουν στο φυτό να ανταπεξέρχεται στη φωτιά (Rowe, 1983). Οι συχνές πυρκαγιές σε ορισμένα δάση ήταν η διαδικασία που μείωσε την πιθανότητα μεγάλων, σοβαρών πυρκαγιών αφαιρώντας τα επιφανειακά καύσιμα και διατηρώντας υπό έλεγχο θάμνους και δέντρα του υπορόφου που τροφοδοτούν έντονες πυρκαγιές (Battles et al., n.d.). Η κατάσταση που έχει διαμορφωθεί από την έως τώρα διαχείριση χαρακτηρίζεται από την επικράτηση δασικών ειδών με μικρή ανθεκτικότητα εξαιτίας της υπερβολικής προστασίας από πυρκαγιές για μια μακρά περίοδο (Hessburg et al., 2022).

Παρόμοιες διαπιστώσεις εξήχθησαν και από έρευνα στις δυτικές ΗΠΑ όπου καταβλήθηκε προσπάθεια μοντελοποίησης ενός σεναρίου διαχείρισης δασικών πυρκαγιών, προκειμένου να διαπιστωθούν τα αποτελέσματα που μπορεί να προκύψουν από την αύξηση της έκτασης που καίγεται από αυτό που καλείται πυρκαγιά «αποκατάστασης» σε ένα τοπίο όπου τα οικολογικά οφέλη της δασικής πυρκαγιάς είναι γνωστά (Barros et al., 2018). Ως πυρκαγιά αποκατάστασης νοείται η στρατηγική δημιουργίας και διατήρησης μακροπρόθεσμης υγείας και ανθεκτικότητας σε δάση προσαρμοσμένα στη φωτιά μέσω μικρής κλίμακας πυρκαγιών (Barros et al., 2018). Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν ότι οι πυρκαγιές αποκατάστασης μπορούν να βελτιώσουν την ανθεκτικότητα του δάσους και να συνδράμουν στην αποκατάσταση των προσαρμοσμένων στη φωτιά εκτάσεων, ωστόσο υπάρχουν επιπτώσεις τόσο σε μη ανθεκτικά στη φωτιά είδη όσο και στο ενδιαίτημα (Barros et al., 2018). Σε ορισμένες περιπτώσεις, η ίδια η φωτιά μπορεί να είναι η καταλυτική δύναμη που συμβάλλει στην προώθηση της κοινωνικής-οικολογικής ανθεκτικότητας στις πυρκαγιές (McWethy et al., 2019).

Ως επιθυμητή φυσική συνέχεια της καταστροφής ενός δασικού οικοσυστήματος γενικά, είναι η επαναφορά του στην προηγούμενη κατάσταση. Σε έρευνα που υλοποιήθηκε στο Κολοράντο των Η.Π.Α., διαπιστώθηκε ότι οι καμένες περιοχές, μετά από σοβαρές πυρκαγιές, δηλαδή, χωρίς επιζώντα δέντρα αναγεννώνται ικανοποιητικά. Η πυκνότητα αναγέννησης σχετίζεται με αβιοτικούς και βιοτικούς παράγοντες όπως η απόσταση από το επιζών δάσος, το υψόμετρο και ο προσανατολισμός (Chambers et al., 2016). Από την παραπάνω μελέτη προέκυψε ότι η αναγέννηση των δασών αυτών σχετίζεται με το υψόμετρο και την ύπαρξη άκαυστων δένδρων στην ευρύτερη περιοχή ενδιαφέροντος (Chambers et al., 2016). Στην Ελλάδα τα πεδινά πευκοδάση Χαλεπίου Πεύκης, κατά κανόνα, αναγεννώνται πολύ ικανοποιητικά, το ίδιο και τα δάση αείφυλλων πλατυφύλλων αλλά και τα δρυοδάση.

Ο πλήρης αποκλεισμός της φωτιάς από τα δασικά οικοσυστήματα θα πρέπει να θεωρείται αδύνατον να επιτευχθεί. Εντούτοις, η διαχείριση των δασών, η αξιοποίηση της περίσσειας της βιομάζας και η ελεγχόμενη καύση ως ένας οικονομικός τρόπος μείωσης της καύσιμης ύλης δύνανται να μειώσουν τον κίνδυνο πυρκαγιάς και να προστατεύουν σε ικανοποιητικό βαθμό τα δασικά οικοσυστήματα (Καλούδης, 2008; McWethy et al., 2019).

Κατά συνέπεια λόγω της κλιματικής αλλαγής που μεταβάλλει τα καθεστώτα πυρκαγιάς, συνίσταται ο σχεδιασμός, σε επίπεδο τοπίου, για τη δημιουργία ανθεκτικών δασών στη φωτιά και τη δημιουργία ζωνών που θα δυσχεραίνουν την ανάφλεξη και κυρίως τη μετάδοσή της. Ως αποτέλεσμα της μεταβολής των περιβαλλοντικών συνθηκών προτείνεται η εισαγωγή μιας ολιστικής προσέγγισης για την αποτελεσματική διαχείριση των δασών (Management Task Force, 2020).

Κίνητρο για την επιλογή του θέματος αποτέλεσε η καταστροφική πυρκαγιά του θέρους του έτους 2021 που έκαψε έκταση 8447,20 ha σύμφωνα με τα όρια της πυρκαγιάς (copernicus ems - mapping, n.d.) και απείλησε τους οικισμούς της περιοχής. Με σκοπό την ολοκληρωμένη σχεδίαση, από δασικής άποψης, του αντιπυρικού σχεδιασμού επιλέχθηκε μια ευρύτερη της πυρκαγιάς περιοχή που καταλαμβάνει και άκαυτες θέσεις. Η δασική πυρκαγιά στη Βαρυμπόμπη ήταν ένα ακραίο πυρικό συμβάν, από απόψεως εκδήλωσης, υπό συνθήκες ασθενών ανέμων. Ωστόσο λόγω της αφθονίας ξηρής καύσιμης ύλης, η πυρκαγιά κατόρθωσε να καταστεί ανεξέλεγκτη, εμφανίζοντας ακραία συμπεριφορά και λαμβάνοντας γρήγορα διαστάσεις.

Αναλυτικότερα, η παρούσα εργασία μελετά τη σχεδίαση της προστασίας από πυρκαγιές της ευρύτερης περιοχής της Βαρυμπόμπης Αττικής που καταστράφηκε από πυρκαγιά τον Αύγουστο του 2021. Συγκεκριμένα μελετώνται: α) η εκτίμηση του κινδύνου πυρκαγιάς στην περιοχή μελέτης και β) η δημιουργία αντιπυρικών ζωνών για τη μείωση της πιθανότητας έναρξης πυρκαγιάς και την παρεμπόδιση εξάπλωσης των μελλοντικών πυρκαγιών και γ) η εφαρμογή ολοκληρωμένης διαχείρισης πολλαπλών σκοπών του δάσους με στόχο τη μείωση του κινδύνου καταστροφών από πυρκαγιές με κύριο γνώμονα την προστασία της ανθρώπινης ζωής, των περιουσιών και των υποδομών στην περιοχή μελέτης και του φυσικού οικοσυστήματος. Αναλυτικότερα, η εργασία δομείται από τα ακόλουθα Κεφάλαια:

- κεφάλαιο 1, δίδονται τα υλικά και οι μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν στην εργασία, καθώς, και θεωρητικά στοιχεία των πυρκαγιών σχετικά με τους δείκτες πυρκαγιάς
- κεφάλαιο 2, δίδονται τα αποτελέσματα της εργασίας σχετικά με τα μέτρα μείωσης του Κινδύνου Καταστροφών από Πυρκαγιές
- κεφάλαιο 3, δίδεται η ανάλυση των αποτελεσμάτων και η συζήτηση.
- κεφάλαιο 4 δίδονται τα συμπεράσματα.

Κεφάλαιο 1: ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

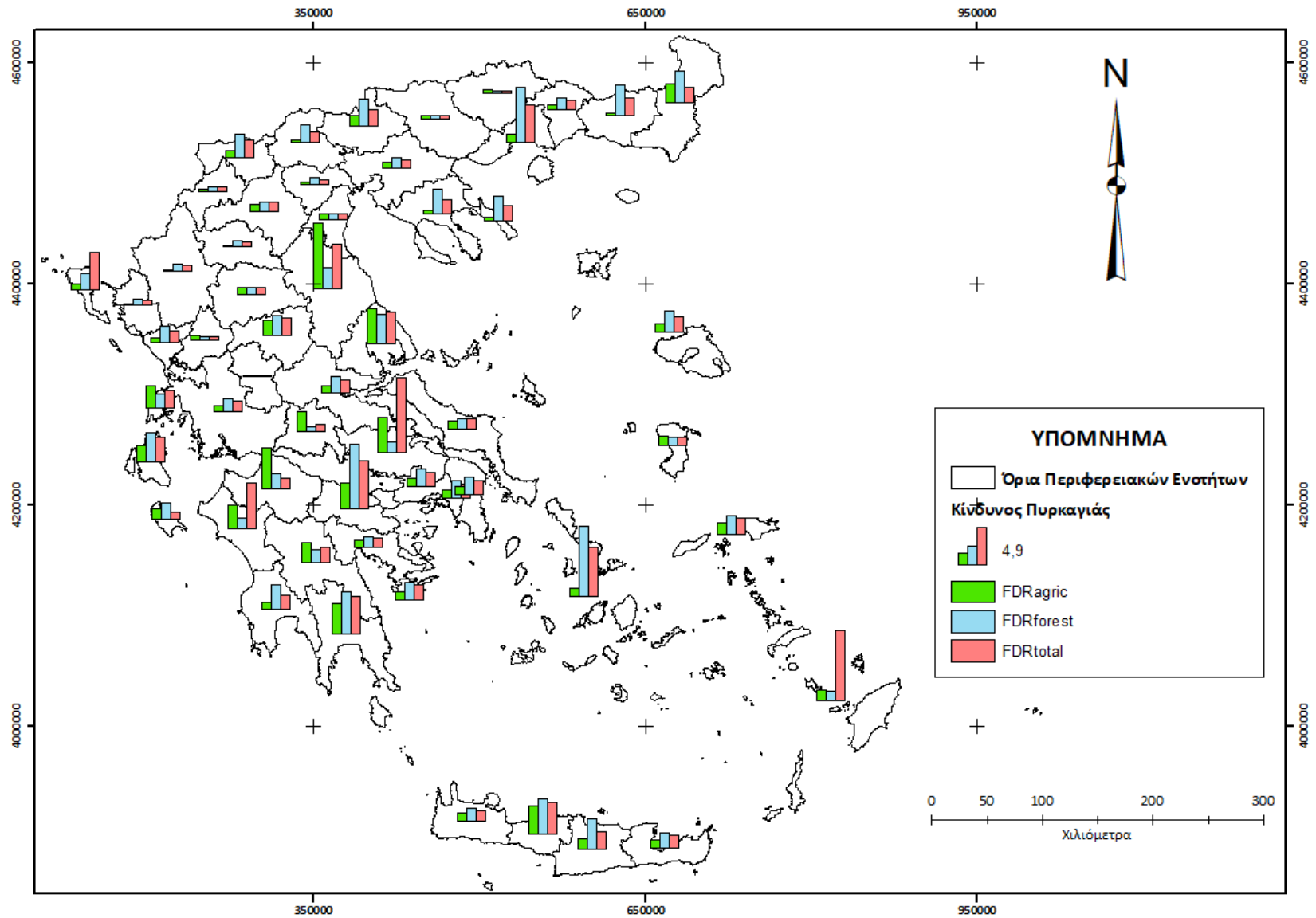
Στο κεφάλαιο αυτό, καταρχήν, δίδεται μια συνοπτική περιγραφή του φαινομένου των δασικών πυρκαγιών με ιδιαίτερη έμφαση στη χώρα μας και στη συνέχεια περιγράφεται η περιοχή μελέτης και τα υλικά και οι μεθοδολογίες που χρησιμοποιήθηκαν για τον προσδιορισμό του ΚΠ και των προτεινόμενων μέτρων μείωσής του.

1.1. ΔΑΣΙΚΕΣ ΠΥΡΚΑΓΙΕΣ

Τα αποτελέσματα των δασικών πυρκαγιών αναφέρονται σε απώλειες ανθρώπινων ζώων, καταστροφών στα φυσικά οικοσυστήματα, ειδικά, σε αυτά που φιλοξενούνται σημαντικές μορφές ζωής, σε γεωργικές καλλιέργειες, σε αστικές και αγροτικές περιουσίες, δημόσιες υποδομές και σε βιομηχανικές περιοχές. Επιπλέον των παραπάνω, οι δασικές πυρκαγιές συμβάλλουν στη σημαντική υποβάθμιση των εδαφών των καμένων περιοχών, την μείωση της βιοποικιλότητας, την επιβάρυνση του κλίματος με την απελευθέρωση μεγάλων ποσοτήτων CO₂ και την επιβάρυνση της ποιότητας του αέρα με σωματίδια και χημικές ενώσεις που αποβάλλονται κατά τη διάρκεια της πυρκαγιάς ή και μεταγενέστερα με τη δράση του ανέμου. Ακόμη οι πυρκαγιές επηρεάζουν την ποιότητα του νερού και αυξάνουν τον κίνδυνο πλημμυρών.

Η κατανομή των πυρκαγιών και ο αντίστοιχος ΚΚΠ στην Ελλάδα διαφοροποιείται στον χώρο κατά το οριζόντιο και κάθετο επίπεδο. Στο Σχήμα 1.1.1 δίδεται, η κατανομή του μέσου ετήσιου ΚΚΠ ανά Περιφερειακή Ενότητα των αγροτικών, δασικών και του συνόλου των εκτάσεων αυτών. Ο υπολογισμός του ΚΚΠ πραγματοποιήθηκε με βάση τα δεδομένα πυρκαγιών από την Πυροσβεστική Υπηρεσία για την περίοδο 2011-2023 και την εδαφοκάλυψη του Corine (<https://land.copernicus.eu/en>, n.d.) ως λόγος (%) της ετήσιας καμένης έκτασης προς τη συνολική έκταση της αντίστοιχης κατηγορίας εδαφοκάλυψης.

Αναλυτικότερα, στο οριζόντιο επίπεδο επηρεάζονται κατά δύο άξονες και συγκεκριμένα: από τον νότο προς τον βορρά, κυρίως, λόγω των κλιματικών μεταβολών που οφείλονται στο γεωγραφικό πλάτος και από δυτικά προς τα ανατολικά από το γεγονός της ύπαρξης εκτεταμένων οροσειρών στην κατεύθυνση νότος – βορράς. Οι οροσειρές αυτές διαφοροποιούν το συνολικό ύψος των κατακρημνισμάτων και συνεπώς την ξηρότητα των περιοχών. Η διαφοροποίηση αυτή επηρεάζει την ένταση και το χρονικό εύρος της ξηροθερμικής περιόδου και κατά αυτόν τον τρόπο καθορίζει τους τύπους βλάστησης.



Σχήμα 1.1.1 Κατανομή ΚΚΠ, ανά Περιφερειακή Ενότητα, για τις αγροτικές και δασικές εκτάσεις και το σύνολό τους.

(FDR_{agric} = ΚΚΠ αγροτικών εκτάσεων, FDR_{forest} = ΚΚΠ δασικών εκτάσεων, FDR_{total} = ΚΚΠ του συνόλου των αγροτικών και δασικών εκτάσεων).

Πίνακας 1.1.1 Στατιστικά δεδομένα πυρκαγιών σε Ευρωπαϊκές χώρες.

Χώρα	Έκταση χώρας (ha)	Μέσος/η ετήσιος/α			Μέση καμένη έκταση ανά πυρκαγιά (ha)
		Αριθμός πυρκαγιών ¹	Καμένη έκταση (ha)	Καμένη έκταση (%) χώρας	
PRT - Portugal	9187803	204,89	93735,61	1,02	457,49
GRC - Greece	13257480	56,50	50783,28	0,38	898,82
CYP - Cyprus	571965	6,06	1728,06	0,30	285,16
HRV - Croatia	5707857	37,39	13647,44	0,24	365,00
ITA - Italy	30075506	290,28	56673,17	0,19	195,24
ESP - Spain	50604375	202,72	81623,17	0,16	402,64
BGR - Bulgaria	11158767	29,72	10508,94	0,09	353,60
ROU - Romania	23833860	87,11	22157,94	0,09	254,37
IRL - Ireland	7036676	12,39	3306,39	0,05	266,86
FRA - France	54951621	80,50	13664,11	0,02	169,74
SVN - Slovenia	1998091	0,89	341,78	0,02	384,02
BEL - Belgium	3070746	1,17	224,89	0,01	192,21
HUN - Hungary	9305287	4,06	714,56	0,01	176,00
SWE - Sweden	45004727	7,22	2286,78	0,01	316,73
AUT - Austria	8385823	0,72	94,00	0,00	130,56
CZE – Czech Republic	7883578	0,11	87,83	0,00	798,45
DNK - Denmark	4314484	1,06	76,61	0,00	72,27
EST - Estonia	4548988	0,56	31,00	0,00	55,36
FIN - Finland	33694010	1,44	190,89	0,00	132,56
DEU - Germany	35783935	5,56	663,33	0,00	119,30
LVA - Latvia	6471010	0,83	177,28	0,00	213,59
LTU - Lithuania	6501683	0,44	32,44	0,00	73,73
NLD – Netherlands	3766581	0,78	103,00	0,00	132,05
POL - Poland	31240006	1,00	386,33	0,00	386,33
SVK - Slovakia	4909927	0,33	28,72	0,00	87,03

Γενικά, στον δυτικό τομέα της χώρας οι βροχοπτώσεις είναι μεγαλύτερες σε σχέση με τον ανατολικό θεωρώντας ως όριο την οροσειρά της Πίνδου και τα όρη της Πελοποννήσου (Τσαγκάρη et al., 2011).

¹ Πυρκαγιές με καμένη έκταση > 30,00 ha.

Αντίστοιχα, στην κάθετη διάσταση διαπιστώνεται μια έντονη διαφοροποίηση σε ό,τι αφορά στην καθ' ύψος κατανομή των πυρκαγιών, μεταξύ των πεδινών και των ορεινών εκτάσεων, που οφείλεται στις διαφορετικές κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στις περιοχές αυτές λόγω του διαφορετικού υψομέτρου. Οι παραπάνω διαφοροποιήσεις σε σχέση με τη γεωγραφική κατανομή των βροχοπτώσεων δεν επηρεάζουν γραμμικά στον χώρο τον Κίνδυνο Πυρκαγιάς δεδομένου ότι αυτός είναι φαινόμενο που διαμορφώνεται από την ταυτόχρονη επίδραση πολλών περιβαλλοντικών παραγόντων και ανθρωπογενών επιδράσεων.

Στον μεσογειακό χώρο το πρόβλημα των πυρκαγιών είναι ιδιαίτερα έντονο λόγω των κλιματικών συνθηκών που επικρατούν στην περιοχή αυτή. Οι περισσότερες πυρκαγιές οφείλονται σε ανθρωπογενή αίτια και ένα μικρό μέρος σε φυσικά αίτια όπως είναι οι κεραυνοί (Sari, 2023). Ωστόσο, στο 52% των πυρκαγιών δεν ταυτοποιείται η αιτία (Sari, 2023).

Πίνακας 1.1.2 Στατιστικά στοιχεία δασικών πυρκαγιών (προσαρμογή από ypen.gov.gr, n.d.)

Περίοδος σε Έτη	Μέσος ετήσιος όρος πυρκαγιών	Καμένη Έκταση (ha)			Μέσος όρος αιτίων		
		Σύνολο	Δάση	ΜΔΑ*	Ανθρωπογενή	Φυσικά	Άγνωστα
1980-1989	1263,5	52416,7	20009,1	32407,6	728,2	36,4	498,9
1990-1999	1728,6	41330,4	18398,9	22931,5	580,9	55,5	1103,1
2000 - 2008	1806,4	50318,1	21166,2	29153,0	259,5	175,3	1550,3
Μ.Ο.	1599,5	48021,7	19858,1	28164,1	522,9	89,1	1050,8

(* ΜΔΑ = Μικτές Δασικές και Άλλες)

Από τα στατιστικά δεδομένα, για το χρονικό διάστημα 2006-2023 και για πυρκαγιές με καμένη έκταση μεγαλύτερη των 30,00 ha, προκύπτει ότι σημαντικός αριθμός πυρκαγιών εντοπίζονται σε χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Πίνακας 1.1.1) και ιδιαίτερα στις χώρες που βρέχονται από τη Μεσόγειο. Ειδικότερα η Πορτογαλία, η Ιταλία, η Ελλάδα, η Γαλλία και η Ισπανία είναι χώρες που υφίστανται τις μεγαλύτερες, αναλογικά, καταστροφικές επιπτώσεις μεγάλης κλίμακας πυρκαγιών (EFFIS - Statistics Portal, n.d.). Σχετικά με το ετήσιο ποσοστό της καμένης έκτασης σε σχέση με τη συνολική έκταση της χώρας, που είναι ένας σημαντικός δείκτης της υποβάθμισης του συνολικού περιβάλλοντος, την πρώτη

θέση κατέχει η Πορτογαλία με 1,02% και ακολουθούν η Ελλάδα με 0,38%, η Κύπρος με 0,30% και η Κροατία με 0,24% (Πίνακας 1.1.1).

Ειδικότερα, στην Ελλάδα από το 1980 έως και το 2008, έχουν προκληθεί ετήσια, κατά μέσο όρο, 1.592,38 περιστατικά πυρκαγιών όλων των μεγεθών. Οι μέσες ετήσιες δασικές εκτάσεις οι οποίες καταστράφηκαν στο διάστημα αυτό, ανέρχονται σε 19812,96 ha, όπως δίδεται στον Πίνακα 1.1.2 (προστασία δασών -, n.d.).

1.2. ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΔΑΣΙΚΩΝ ΠΥΡΚΑΓΙΩΝ

Οι επιπτώσεις από τις δασικές πυρκαγιές διακρίνονται σε άμεσες και μακροπρόθεσμες. Συγκεκριμένα, οι άμεσες είναι οι επιπτώσεις που εκδηλώνονται κατά τη διάρκεια μιας πυρκαγιών και αμέσως μετά την κατάσβεσή της έως την έναρξη αποκατάστασης του οικοσυστήματος, κυρίως με την εμφάνιση της νέας βλάστησης, ενώ ως μακροπρόθεσμες χαρακτηρίζονται εκείνες που διαρκούν για μεγάλο χρονικό διάστημα και έως την επαναφορά του οικοσυστήματος στην αρχική του κατάσταση.

Αναλυτικότερα, οι άμεσες, επιπτώσεις των πυρκαγιών εστιάζονται, κυρίως, στις απειλές που αυτές συνιστούν κατά τη διάρκεια του φαινομένου και αφορούν απειλές κατά της υγείας και της ζωής των πολιτών και των συμμετεχουσών δυνάμεων κατάσβεσης, των περιουσιών, δημόσιων και ιδιωτικών και του οικοσυστήματος. Μετά το πέρας του φαινομένου οι απειλές αφορούν την υγεία των πολιτών από χημικές ενώσεις που παραμένουν στο έδαφος και το νερό και διαχέονται στην ατμόσφαιρα με την μεταφορά σωματιδίων από τον αέρα. Ουσίες αυτού του είδους είναι τα βαρέα μέταλλα και οι υδρογονάνθρακες. Επίσης υπάρχει αισθητική υποβάθμιση του τοπίου που επηρεάζει την ψυχολογία των ανθρώπων και ενδεχομένως οικονομικές δραστηριότητες που σχετίζονται με την αισθητική του τοπίου, όπως είναι, οι τουριστικές δραστηριότητες. Επίσης υπάρχει άμεσος κίνδυνος από πλημμυρικά φαινόμενα, και κίνδυνος διάβρωσης του εδάφους. Στη μακροπρόθεσμη βάση οι επιπτώσεις, κατά κανόνα, αμβλύνονται σταδιακά, και αφορούν την υποβάθμιση του τοπίου και της ποιότητας ζωής των κατοίκων, τη μείωση της οικονομικής δραστηριότητας που σχετίζεται με το δάσος ή και γενικότερα της τοπικής οικονομίας, τον κίνδυνο πλημμυρών και διάβρωσης των εδαφών και τον κίνδυνο αδυναμίας επαναφοράς του οικοσυστήματος στην πρότερη κατάσταση.

Τα ζώα, που έχουν ως ενδιαίτημα το δάσος, υφίστανται το μεγαλύτερο βάρος της δασικής καταστροφής. Αξίζει να σημειωθεί ότι τα βραδυκίνητα ζώα, είναι τα πλέον ευάλωτα, όπως για παράδειγμα οι χελώνες, οι σκαντζόχοιροι και εκείνα που πανικοβάλλονται όπως είναι τα ελάφια και οι λαγοί. Τα πουλιά, παρόλο που μπορούν να πετάξουν, αφήνουν πίσω τους τα νεογέννητα στις φωλιές τους, τα οποία δεν είναι εφικτό να απομακρυνθούν από την καιόμενη έκταση (Φουρνιωτάκης, 2018).

Κατά τη διάρκεια ή αμέσως μετά από πυρκαγιές, παρατηρήθηκαν αυξημένες συγκεντρώσεις ιχνοστοιχείων και συγκεκριμένων ρύπων όπως π.χ. το μονοξείδιο του άνθρακα και το όζον (B. N. Duncan et al., 2003). Το μεγαλύτερο ποσοστό που εκπέμπεται στην ατμόσφαιρα συναντάται ως άνθρακας, ενώ από αυτό το 95% περιέχει διοξείδιο και μονοξείδιο του άνθρακα ενώ το υπόλοιπο 5% αποτελείται από σωματίδια που αιωρούνται στην ατμόσφαιρα (Reid et al., 1999) που αυτό έχει ως αποτέλεσμα την πρόσκαιρη αύξηση της θερμοκρασίας σε τοπικό επίπεδο, λόγω των υψηλών συγκεντρώσεων διοξειδίου του άνθρακα.

Επιπλέον, οι αλλαγές που παρατηρούνται στην βιοποικιλότητα και τα ενδιαίτηματα, εξαιτίας των πυρκαγιών είναι εξίσου σημαντικές, ενώ δεν θα πρέπει να παραγνωριστεί και η μεταβολή που υφίσταται η ισορροπία των αερίων του θερμοκηπίου. Ακολούθως, οι μεγάλοι ύψους βροχοπτώσεις, μετά από δασικές πυρκαγιές επιδρούν στον κύκλο του νερού και την ετήσια απορροή, ιδιαίτερα δε στις ορεινές περιοχές, με αποτέλεσμα να προκαλείται διάβρωση του εδάφους. Ιδίως, όπου η βλάστηση δεν έχει αποκατασταθεί επαρκώς, μετά τα πρώτα χρόνια από την εκδήλωση της πυρκαγιάς, τότε τα πλημμυρικά φαινόμενα είναι, κατά κανόνα, πολύ έντονα, με αποτέλεσμα να κινδυνεύουν ανθρώπινες ζωές από τις καταστροφές (Biro, 2009). Τέλος, η αλλαγή που συντελείται στο μικροκλίμα, έχει ως αποτέλεσμα να δυσχεραίνονται οι φυσικές λειτουργίες των φυτών στα δάση.

Όσο μεγαλύτερη είναι μία δασική πυρκαγιά τόσο μεγαλύτερης κλίμακας επιπτώσεις έχει στο κλίμα. Η αύξηση του τροποσφαιρικού όζοντος (O_3) (ground-level one), λόγω φωτοχημικών αντιδράσεων των συστατικών του καπνού με το διοξείδιο του αζώτου (NO_2) παρουσία ηλιακής ακτινοβολίας, όπως για παράδειγμα του μονοξειδίου του άνθρακα (CO) και των πτητικών οργανικών ενώσεων (VOCs), είναι μία από τις σοβαρές συνέπειες του καπνού στο περιβάλλον. Συνεπεία αυτού αυξάνονται τα φαινόμενα του θερμοκηπίου από τα αέρια, όπως είναι το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), το μεθάνιο (CH_4), το υποξείδιο του

αζώτου (N_2O) και κυρίως οι υδρατμοί (H_2O) που παράγονται κατά την καύση δασικής ύλης. Τα σωματίδια του καπνού που μπορούν να μεταφερθούν σε μεγάλες αποστάσεις όταν επικαθίσουν σε επιφάνειες μπορούν να προκαλέσουν ρύπανση των υδάτων όπως για παράδειγμα μεταβολές στην ισορροπία των υδροβιότοπων αλλά και διάβρωση του εδάφους (Χάλαρης, 2016).

Εκτός των προαναφερθεισών επιπτώσεων, οι πυρκαγιές προξενούν και σοβαρές οικονομικές επιπτώσεις. Οι τομείς που επηρεάζονται οικονομικά είναι η κτηνοτροφία, η υλοτομία, το εμπόριο ξυλείας και η γεωργία. Δεν θα πρέπει να παραγνωρίζονται οι απώλειες περιουσιών όπως κατοικίες, καλλιέργειες, βιομηχανικές, βιοτεχνικές, εμπορικές ή αγροτικές εγκαταστάσεις, αλλά και οι απώλειες παραγωγικών ζώων που αποφέρουν εισόδημα.

Στις οικονομικές απώλειες, πρέπει να συμπεριληφθούν, εκτός από το κόστος καταστολής της πυρκαγιάς, το οικονομικό κόστος που πρέπει να δαπανηθεί για την εξισορρόπηση των αερίων ρύπων από την καταστροφή των δασών. Οι ζημιές στην ξυλεία και την μελλοντική παραγωγή είναι επίσης μεγάλες, το κόστος ανάπλασης του τοπίου και των δικτύων ηλεκτρισμού και υποδομών, το κόστος ανάπλασης και συντήρησης πολιτιστικών τοπίων και αρχαιολογικών μνημείων αυξάνουν σημαντικά τις δαπάνες ασφάλειας και τους φόρους.

Παρά το γεγονός ότι η ανθρώπινη δραστηριότητα είναι η κύρια αιτία των δασικών πυρκαγιών οι κεραυνοί μπορούν επίσης να προκαλέσουν μεγάλες πυρκαγιές. Η δυνατότητα εντοπισμού περιοχών με αυξημένο κίνδυνο ανάφλεξης από κεραυνούς θα βοηθούσε πολύ τους οργανισμούς διαχείρισης πυρκαγιών, δηλαδή τον εντοπισμό αναφλέξεων και την προετοιμασία για ημέρες με αυξημένο κίνδυνο (Pineda et al., 2022).

Οι συνέπειες για τα δάση της χώρας εξαιτίας των δασικών πυρκαγιών είναι καταστροφικές και τεράστιας έκτασης, γι' αυτό τον λόγο έχει ιδιαίτερη αξία ένα ολοκληρωμένο σχέδιο διαχείρισης μιας δασικής περιοχής, το οποίο και θα πρέπει να εκτελεστεί σε συνεργασία των αρμόδιων Υπηρεσιών και συγκεκριμένα των Δασικών Υπηρεσιών της Πυροσβεστική Υπηρεσίας και τους συναρμόδιους φορείς όπως είναι η τοπική αυτοδιοίκηση.

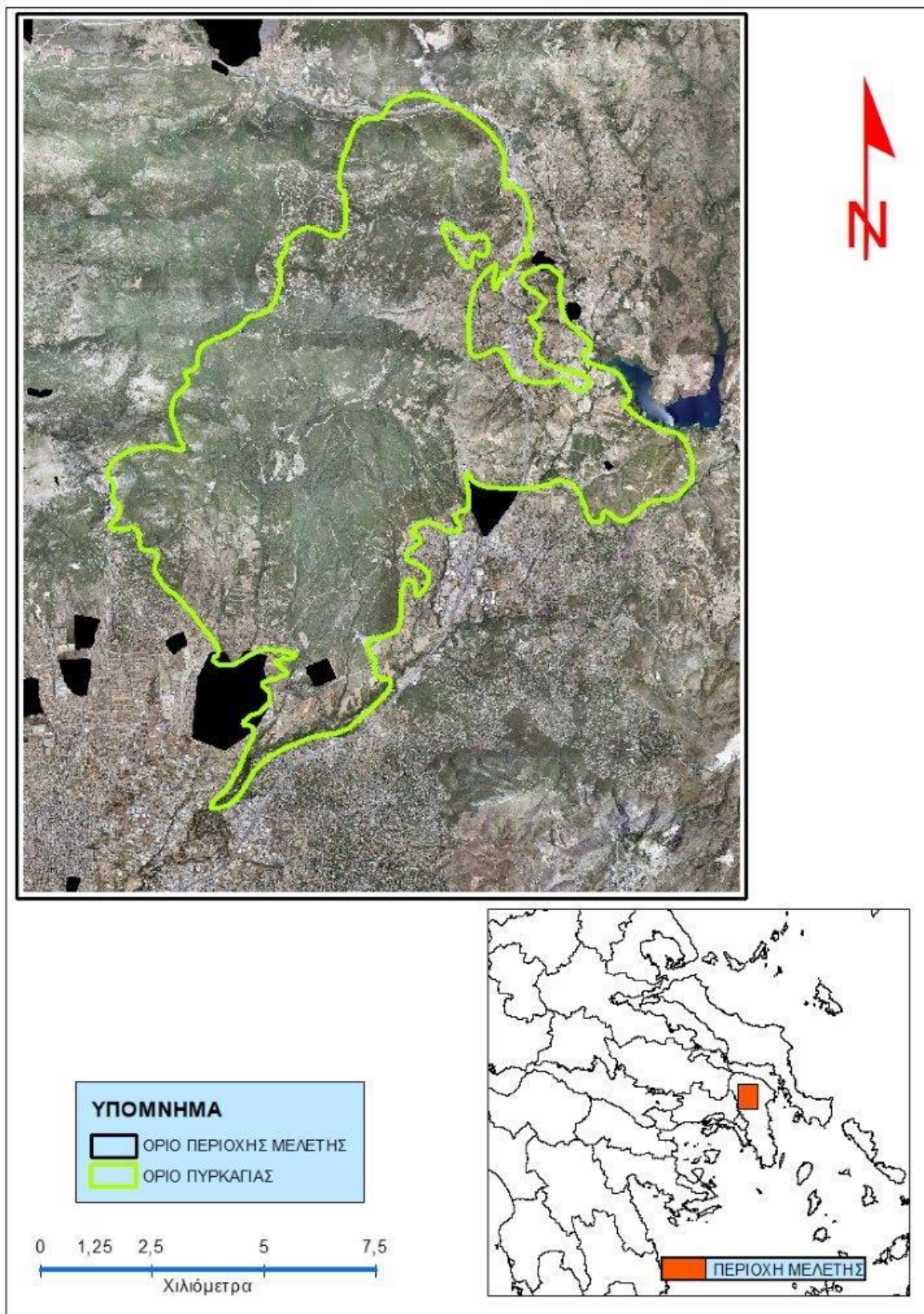
1.3. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η περιοχή μελέτης αποτελείται από την ευρύτερη έκταση της πυρκαγιάς του έτους 2021. Αναλυτικότερα, περιλαμβάνει τον οικισμό της Βαρυμπόμπης της Δημοτικής Ενότητας Θρακομακεδόνων του Δήμου Αχαρνών, καθώς και τμήματα των Δημοτικών ενοτήτων Διονύσου, Ωρωπού, Κηφισιάς και Μαραθώνος της Περιφερειακής Ενότητας Ανατολικής Αττικής της Περιφέρειας Αττικής (Σχήμα 1.3.1). Η μελετώμενη περιοχή βρίσκεται στα βορειοανατολικά του δήμου και περιβάλλεται από τους ορεινούς όγκους της Πάρνηθας και έχει έκταση 32280,96 ha.

Με σκοπό την ολοκληρωμένη σχεδίαση, από δασικής άποψης, του αντιπυρικού σχεδιασμού επιλέχθηκε η ευρύτερη της πυρκαγιάς περιοχή που καταλαμβάνει και άκαυτες θέσεις, καθώς και τον αστικό ιστό. Η επιλογή ευρύτερης έκτασης εδράζεται στο γεγονός ότι ο κίνδυνος καταστροφής μιας περιοχής από πυρκαγιά σχετίζεται με τον κίνδυνο έναρξης πυρκαγιάς όχι μόνο στην ίδια την περιοχή ενδιαφέροντος αλλά και στις γειτονικές σε αυτή περιοχές. Αναλυτικότερα, η συμπερίληψη και των γειτονικών περιοχών πραγματοποιήθηκε με σκοπό τη μείωση του Κινδύνου Καταστροφών από Πυρκαγιά (ΚΚΠ) που εκδηλώνονται αρχικά σε αυτές όσο και για την εφαρμογή μέτρων μείωσής του για την προστασία του ευρύτερου δασικού και αστικού περιβάλλοντος της περιοχής.

Τα δάση της περιοχής μελέτης αποτελούν συνέχεια του οικιστικού ιστού του λεκανοπεδίου Αττικής, ο οποίος χαρακτηρίζεται από τον μικρό βαθμό ποσοστιαίας κάλυψης σε πράσινο και ειδικά δενδρωδών εκτάσεων, με αποτέλεσμα τη σημαντική υποβάθμιση της ποιότητας ζωής των κατοίκων.

Η έλλειψη χώρων πρασίνου στο λεκανοπέδιο επιβαρύνει την ποιότητα του αέρα και στερεί από τους κατοίκους τη δυνατότητα αξιοποίησης ελεύθερων χώρων για αναψυχή, επικοινωνία και πολιτιστικές εκδηλώσεις. Η επιβάρυνση αυτή είναι ιδιαίτερα αισθητή στα ευάλωτα στρώματα του πληθυσμού, όπως είναι, τα παιδιά, οι ηλικιωμένοι και τα ασθενέστερα οικονομικά άτομα που δεν διαθέτουν δυνατότητα μετακίνησης σε μεγάλες αποστάσεις (Καλούδης et al., 2017; Κορνέλης, 2020; Ραμπαούνης, 2021). Η οικολογική αξία των δασών αυτών έγκειται στο γεγονός ότι διατηρούν πολλά ήδη φυτών και ζώων σε ένα αφιλόξενο περιβάλλον λόγω του ξηροθερμικού κλίματος και της πίεσης από την



Σχήμα 1.3.1 Χάρτης προσανατολισμού.

ανθρώπινη παρέμβαση στα οικοσυστήματα και παράλληλα επηρεάζουν το μικρόκλιμα της περιοχής δρώντας ευεργετικά στη ρύθμιση των ακραίων συνθηκών, ειδικά, κατά τους θερινούς μήνες. Επιπλέον των παραπάνω, προσφέρουν προστασία στον αστικό ιστό με την ρύθμιση των πλημμυρικών φαινομένων και την προστασία των ορεινών εδαφών από τη διάβρωση. Η αξιοποίηση των δασών αυτών για αναψυχή είναι ακόμη πολύ περιορισμένη και την πρόσβαση δυσχεραίνει η ανεπαρκής δημόσια συγκοινωνία προς τα δάση αυτά, καθώς, και οι πολύ περιορισμένες υποδομές αναψυχής (Ραμπαούνης, 2021).

Η Αττική είναι η περισσότερο πυρόπληκτη Περιφέρεια της χώρας. Κάθε χρόνο κατά μέσο όρο συμβαίνουν 83 πυρκαγιές και καίγονται 4311,70 ha δασών, δασικών εκτάσεων και βοσκοτόπων. Η έκτασή της ανέρχεται στα 380810,00 ha από τα οποία τα 164586,00 ha είναι δάση και δασικές εκτάσεις, 26743,00 ha χορτολίβαδα και 189481,00 ha άλλες εκτάσεις (κατοικημένες περιοχές, γεωργικές εκτάσεις κλπ) (προστασία δασών -, n.d.).

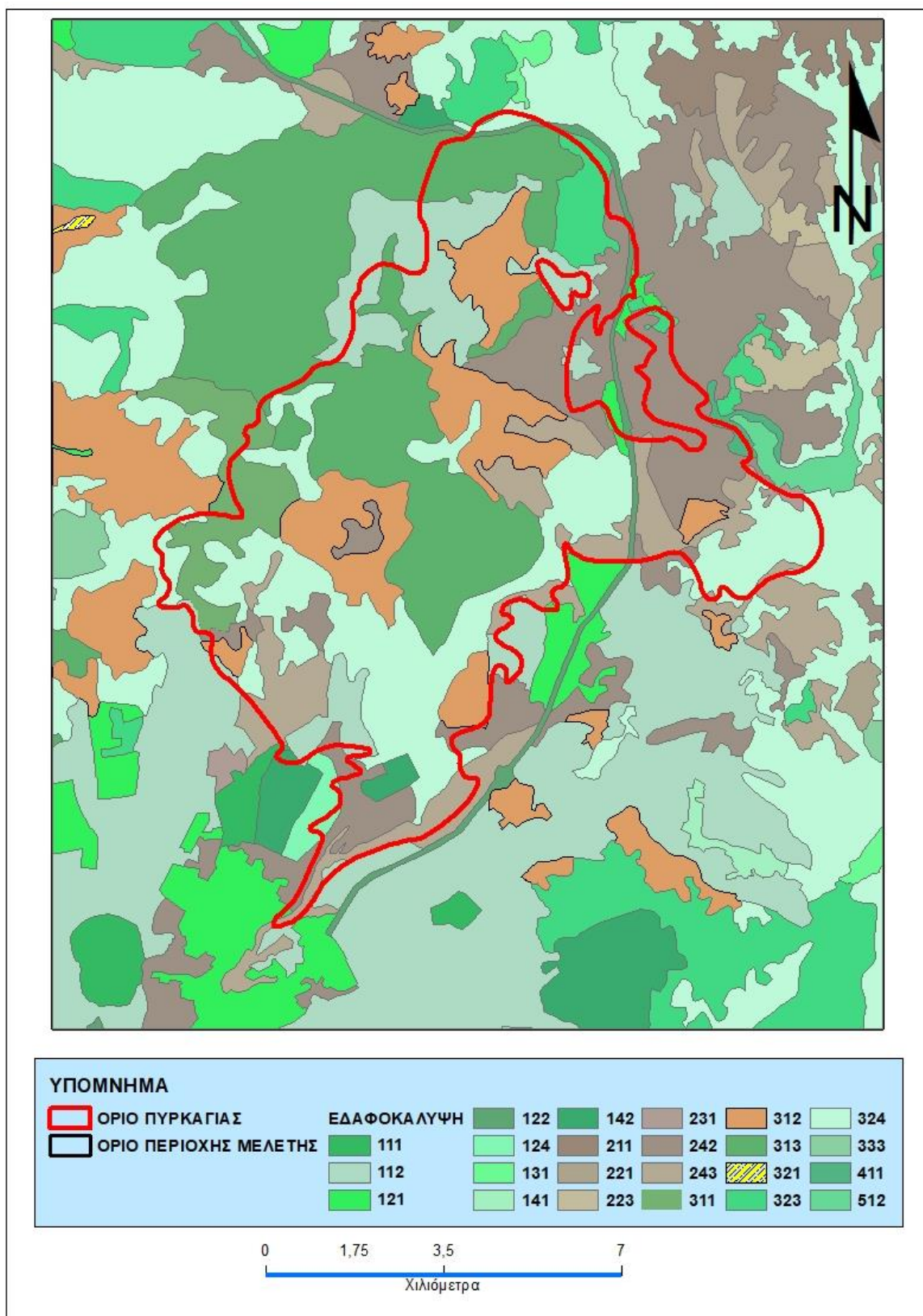
1.3.1. ΕΔΑΦΟΚΑΛΥΨΗ - ΒΛΑΣΤΗΣΗ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

Στην ευρύτερη περιοχή διακρίνονται με βάση την τοπογραφία και τη χλωρίδα τρεις ζώνες βλάστησης και συγκεκριμένα: α) η Ευμεσογειακή – *Quercetalia ilicis* (Παραλιακή, λοφώδης και υποορεινή) β) η Παραμεσογειακή - *Quercetalia rubescentis* (Λοφώδης, υποορεινή) και γ) στα μεγαλύτερα υψόμετρα η ζώνη Ψυχροβίων κωνοφόρων – *Vaccinio Picetalia* (Ορεινή -υπαλπική) (Αθανασιάδης, 1986).

Αναλυτικότερα η δασική βλάστηση στην Αττική αποτελείται από τα κυρίαρχα δασικά είδη που είναι τα αείφυλλα πλατύφυλλα (90652,00 ha), η χαλέπιος πεύκη (65547,00 ha) και η ελάτη (7507,00 ha), ενώ υπάρχουν 501,00 ha πλατάνου, 209,00 ha Δρυός και 170,00 ha μαύρης πεύκης (προστασία δασών -, n.d.).

Το δάσος της Κεφαλληνιακής Ελάτης αναπτύσσεται σε μεγαλύτερα υψόμετρα και αποτελεί το μοναδικό ελατοδάσος στην Αττική. Στη ζώνη της ελάτης εκτός από το ομώνυμο είδος *Abies cephalonica* που κυριαρχεί, συναντώνται και τα είδη *Quercus coccifera*, *Quercus ilex*, *Phyllirea media*, *Juniperus oxycedrus*, *Berberis cretica*, *Rhus coriaria*, *Crataegus*, *Ostrya carpinifolia*, *Quercus pubescens*, *Fraxinus ornus*, κλπ. καθώς και ένας μεγάλος αριθμός ποωδών φυτών.

Στην περιοχή μελέτης κυρίαρχο είδος είναι η *Pinus halepensis* Mill. (Πευκη, χαλέπιος). Πρόκειται για δέντρα ύψους 10-20 μ., σπάνια 30 μ. Ο κορμός τους συνήθως στρεβλός και



Σχήμα 1.3.1.1 Χάρτης εδαφοκάλυψης

Πίνακας 1.3.1.1 Εδαφοκάλυψη της περιοχής μελέτης και της καμένης έκτασης.

Κατηγορία εδαφοκάλυψης	Κωδικός Corine	Έκταση σε ha	
		Συνολική	Καμένη
Συνεχής αστικός ιστός	111	369,31	1,44
Ασυνεχής αστικός ιστός	112	6082,97	748,39
Βιομηχανικές και εμπορικές ζώνες	121	1413,73	25,50
Οδικά και σιδηροδρομικά δίκτυα	122	290,10	56,05
Αεροδρόμια	124	115,76	16,46
Χώροι εξορύξεως ορυκτών	131	104,19	-
Περιοχές αστικού πρασίνου	141	99,73	-
Εγκαταστάσεις αθλητισμού και αναψυχής	142	719,28	63,36
Μη αρδευόμενη αρόσιμη γη	211	478,08	-
Αμπελώνες	221	72,79	-
Ελαιώνες	223	192,04	-
Λιβάδια	231	68,86	17,08
Σύνθετες καλλιέργειες	242	3916,36	1144,07
Γεωργικές εκτάσεις μαζί με σημαντικά τμήματα φυσικής βλάστησης	243	2071,27	876,55
Δάσος πλατύφυλλων	311	544,79	350,39
Δάσος κωνοφόρων	312	2558,70	1236,55
Μικτό δάσος	313	3577,32	1746,32
Φυσικοί βοσκότοποι	321	13,06	-
Σκληροφυλλική βλάστηση	323	2119,52	209,38
Μεταβατικές δασώδεις και θαμνώδεις εκτάσεις	324	7081,81	1938,43
Εκτάσεις με αραιή βλάστηση	333	150,57	-
Βάλτοι στην ενδοχώρα	411	64,17	16,90
Επιφάνειες στάσιμου ύδατος	512	176,55	0,33
Σύνολο	-	32280,96	8447,20

διακλάδωση όχι σε σπονδύλους. Η κόμη σε νεαρή ηλικία είναι κωνική και σε μεγαλύτερη πλατιά και ακανόνιστη. Ο φλοιός, αρχικά, είναι λείος, γυαλιστερός, σταχτόλευκος, και αργότερα σχηματίζει ξηρόφλοιο κοκκινοκαστανό, με επιμήκεις σχισμές (Αθανασιάδης, 1986). Είναι είδος με μεγάλη προσαρμοστική ικανότητα και λιτοδίαιτο. Αναπτύσσεται σε

πολύ διαφορετικά εδάφη, ακόμα και σε άγονα, ξηρά και αβαθή. Είναι πολύ φωτόφιλο και έχει απαιτήσεις σε φως μεγαλύτερες από όλα τα πεύκα (Αθανασιάδης, 1986).

Το δάσος της χαλεπίου Πεύκης βρίσκεται σε καλύτερη κατάσταση από ότι το ελατοδάσος, ειδικά, μετά τις πυρκαγιές που κατέκαψαν την Πάρνηθα από το έτος 2007 και μετά. Η προσβολή της από την πυτιοκάμπια είναι περιορισμένη. Η υπόροφη βλάστηση στο δάσος της χαλεπίου Πεύκης συντίθεται, κυρίως, από τα είδη: *Quercus coccifera*, *Quercus aegilops*, *Pistacia lentiscus*, *Pistacia terebinthus*, *Juniperus phoenicea*, *Poterium spinosum*, *Anthyllis hermaniae*, *Cistus sp.* *Hypericum empetrifolium*, *Juniperus oxycedrus*, *Arbutus unedo*, *Myrtus communis*, *Crataegus heldreichii* και *Berberis cretica*.

Τα δάση χαλεπίου - τραχείας πεύκης βρίσκονται σε όλα τα παράλια της Ελλάδας, σε τουριστικές περιοχές, στην Αττική και τα νησιά και καλύπτουν συνολικά 567731,00 ha του Ελλαδικού χώρου, δηλαδή, αποτελούν το 8,72% της δασοκάλυψης της χώρας. Τα δάση της χαλεπίου πεύκης είναι τα πολύ εύφλεκτα και κάθε χρόνο καίγονται κατά μέσο όρο 4500,00 ha ενώ της τραχείας 2100,00 ha (προστασία δασών -, n.d.).

Στην περιοχή μελέτης, παρά το έντονα ξηροθερμικό κλίμα, συναντώνται και υγρόφιλα είδη δένδρων, κυρίως, γύρω από πηγές ή στις όχθες των ρευμάτων, ανεξάρτητα από το υψόμετρο. Είδη αυτής της κατηγορίας είναι, κυρίως, το πλατάνι (*Platanus orientalis*), η λεύκη (*Populus alba*) και διάφορα είδη ιτιάς (*Salix*). Στον χάρτη 1.3.1.1 δίδεται η εδαφοκάλυψη της περιοχής μελέτης με βάση τους χάρτες του Corine και στον πίνακα 1.3.1.1 δίδεται το εμβαδόν ανά κατηγορία εδαφοκάλυψης.

Από τον Πίνακα 1.3.1.1 προκύπτει ότι η περιοχή μελέτης κατά σημαντικό μέρος είναι κατοικημένη και ο αστικός ιστός καταλαμβάνει έκταση 6452,28 ha ή 19,99% του συνόλου. Επίσης διαθέτει σημαντικές σε έκταση βιομηχανικές και εμπορικές ζώνες με συνολική έκταση 1413,73 ha ή 4,38% του συνόλου. Οι γεωργικές εκτάσεις καταλαμβάνουν έκταση 6799,40 ha 21,06% του συνόλου. Η δασοκάλυψη πριν την καταστροφική πυρκαγιά του Αυγούστου του έτους 2021 ήταν σημαντική και καταλάμβανε συνολική έκταση 16045,77 ha ή 49,71% του συνόλου. Αναλυτικότερα κατά τύπο δασοκάλυψης, το δάσος πλατύφυλλων καταλαμβάνει 544,79 ha ή 3,40% της δασοκάλυψης, το δάσος κωνοφόρων 2558,70 ha ή 15,95% της δασοκάλυψης, το μικτό δάσος 3577,32 ha ή 22,30% της δασοκάλυψης, οι φυσικοί βοσκότοποι 13,06 ha ή 0,08% της δασοκάλυψης, η σκληροφυλλική βλάστηση 2119,52 ha ή 13,21% της δασοκάλυψης, οι μεταβατικές

δασώδεις και θαμνώδεις εκτάσεις 7081,81 ha ή 44,14% της δασοκάλυψης και οι εκτάσεις με αραιή βλάστηση 150,57 ha ή 0,94% της δασοκάλυψης. Σημειώνεται ότι το καμένο δάσος της περιοχής δεν έχει χάσει σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία τον δασικό του χαρακτήρα και βρίσκεται ήδη σε φυσική αναγέννηση.

1.3.2. ΠΑΝΙΔΑ

Στη ευρύτερη περιοχή μελέτης, απαντώνται 7 είδη αμφίβιων, 3 είδη χελώνων, 10 είδη σαύρων και 9 είδη φιδιών. Σημαντική είναι και η ορνιθοπανίδα της περιοχής, που περιλαμβάνει 132 είδη πουλιών. Μεταξύ των 45 ειδών θηλαστικών που ζουν στην Πάρνηθα, το κόκκινο ελάφι (*Cervus elaphus*) και ο κρητικός αίγαγρος (*Caprus aigagrus ssp.cretica*) παρουσιάζουν τους σημαντικότερους πληθυσμούς. Η πανίδα της Πάρνηθας παραμένει μεταξύ των πλουσιότερων της Αττικής παρά τις αντιξοότητες και τις ανθρώπινες επιδράσεις.

1.3.3. ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Η περιοχή της Πάρνηθας ανήκει στην Πελαγονική ζώνη και δομείται από τους ακόλουθους σχηματισμούς από τους παλαιότερους προς τους νεώτερους (Χαϊτόγλου & Λυκούδη, 2020):

1. Αλπικοί σχηματισμοί:

- Αργιλοψαμμιτικά πετρώματα που εναλλάσσονται με ασβεστόλιθους του Λιθανθρακοφόρου έως Πέρμιου, αρκόζες, γραουβάκες και αργιλικούς σχιστόλιθους με ενστρώσεις φυλλιτών και χαλαζιακών κροκαλοπαγών κατά θέσεις του κατώτερου έως μέσου Τριαδικού.
- Φυλλίτες και ψαμμίτες μέσα στους οποίους παρατηρούνται ενστρώσεις κροκαλολατυποπαγών του κατώτερου έως μέσου Τριαδικού καθώς και ασβεστολίθων και δολομιτών.
- Ασβεστόλιθοι, δολομίτες και δολομιτικοί ασβεστόλιθοι του Μέσου έως Ανώτερου Τριαδικού και του Μέσου έως κατώτερου Ιουρασικού.
- Οφιόλιθοι αποτελούμενοι κυρίως από περιδοτίτες.
- Εκπλυσιγενείς ασβεστόλιθοι του Κρητιδικού.
- Σιδηρονικελιούχα κοιτάσματα.

- Φλύσχη που συνίσταται από εναλλαγές αργιλικών σχιστολίθων, ψαμμιτών και ψαμμούχων ασβεστολίθων.

2. Μεταλλικοί σχηματισμοί:

- Νεογενείς μάργες άργιλοι και ψαμμίτες.
- Κώνοι κορημάτων, πλευρικά κορήματα και ριπίδια χειμάρρων του Πλειστόκαινου.
- Αλουβιακές προσχώσεις του Ολόκαινου.
- Κώνοι κορημάτων και πλευρικά κορήματα στις ασβεστολιθικές κυρίως περιοχές.

1.3.4. ΕΔΑΦΟΣ

Στην περιοχή μελέτης κυριαρχούν τα αβαθή εδάφη με έντονη διάβρωση και διακρίνονται οι ακόλουθοι εδαφολογικοί τύποι:

- Σκελετικά εδάφη στα οποία αναπτύσσονται φυτικά είδη της ξηροθερμικής οικολογικής ομάδας, όπως *Pinus halepensis*, *Quercus coccifera*, *Spartium Junceum*, *Thymelaea hirsuta*, *Juniperus oxycedrus*.
- Ερυθρά εδάφη που παρατηρούνται πάνω σε ασβεστόλιθο
- Ορφνά εδάφη που αναπτύσσονται πάνω σε προσχώσεις
- Ορφνά εδάφη αποπλυμένα

Οι κυρίαρχοι εδαφικοί τύποι που έχουν αναγνωριστεί είναι οι ακόλουθοι (Χαϊτόγλου & Λυκούδη, 2020):

- Regosol
- Luvisol
- Agrisol
- Phaeozem

Η υφή τους είναι κυρίως αργιλώδης και σε μικρότερο βαθμό αργιλοπηλώδης, αμμοαργιλοπηλώδης.

1.3.5. ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Το κλίμα γενικά διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην οικολογία μιας περιοχής, επειδή, σε συνδυασμό με το υψόμετρο της περιοχής, το γεωγραφικό πλάτος και το γεωλογικό υπόβαθρο-έδαφος, καθορίζει άμεσα το αυξητικό περιβάλλον των φυτών και συνεπώς τον τύπο και τη σύνθεση της βλάστησης (Κοντός, 1921; Ντάφης, 1986). Κατά αυτόν τον τρόπο

το κλίμα και οι άλλοι περιβαλλοντικοί παράγοντες καθορίζουν α) την ευφλεκτότητα της καύσιμης ύλης μέσω της ευνόησης συγκεκριμένων ειδών και τύπων βλάστησης και β) το με βάση τις εκάστοτε επικρατούσες μετεωρολογικές συνθήκες, επηρεάζει τις συνθήκες καύσης και συνεπώς την έντασή τους.

Σύμφωνα με τα παραπάνω το κλίμα συμβάλλει σημαντικά στην τρωτότητα από πυρκαγιές των δασικών οικοσυστημάτων και των γειτονικών σε αυτά περιοχών. Οι επιλογές που διαθέτουμε για να περιορίσουμε την τρωτότητα των δασικών οικοσυστημάτων από τις πυρκαγιές (Καλούδης, 2008) είναι: α) η κατάλληλη διαχείρισή τους με σκοπό τη μείωση της έντασης των πυρκαγιών και η αποτροπή της μετάδοσής τους ώστε να μην μετατραπούν σε μέγα πυρκαγιές και β) η μείωση των πηγών έναρξης.

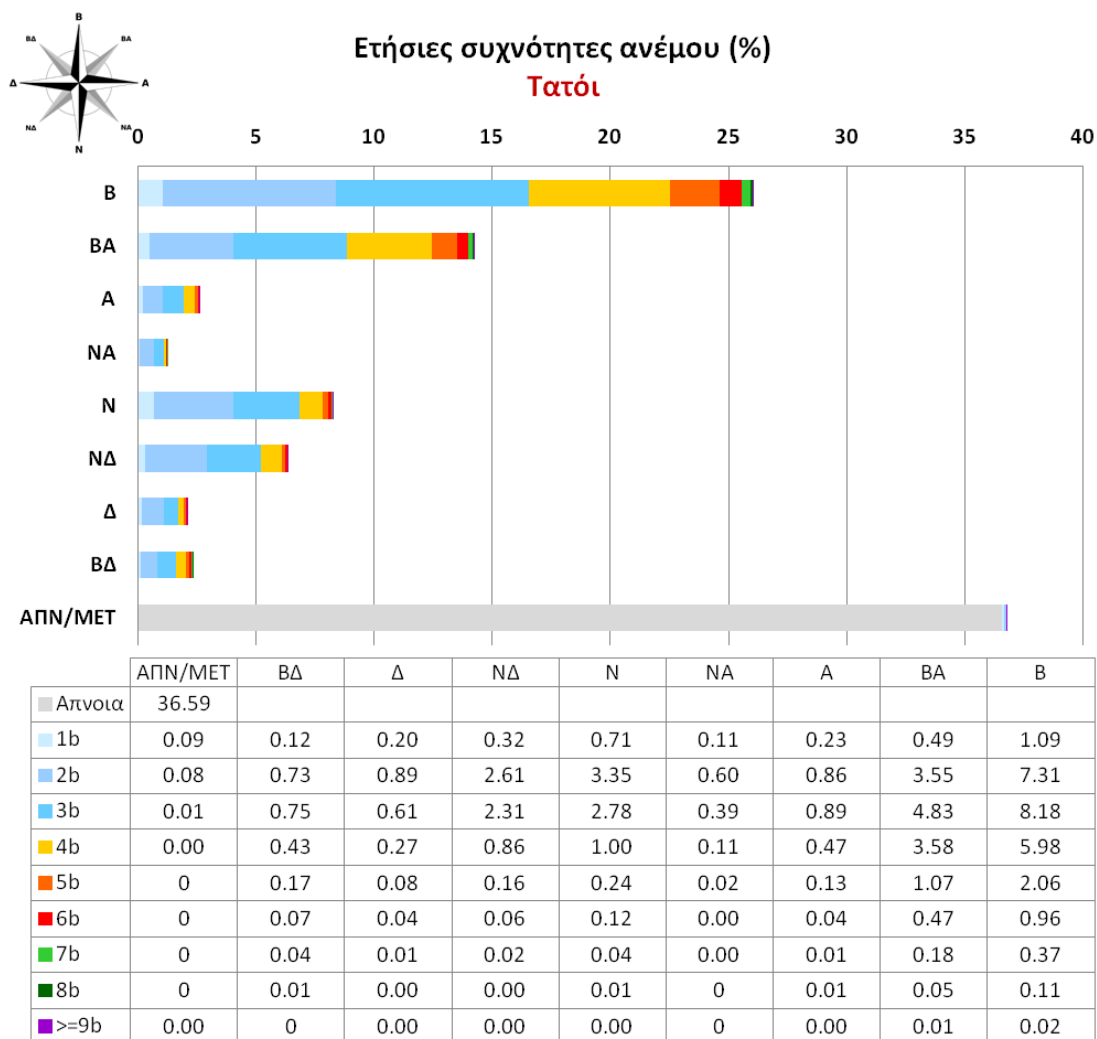
Η Ελλάδα έχει τυπικά μεσογειακό κλίμα, δηλαδή, παρουσιάζει ήπιους και υγρούς χειμώνες, θερμά και ξηρά καλοκαίρια, ενώ επίσης παρουσιάζει μακρές περιόδους ηλιοφάνειας κατά τη θερινή περίοδο του έτους στις πεδινές περιοχές. Το κλίμα στην περιοχή μελέτης χαρακτηρίζεται ως θερμομεσογειακό. Με βάση τα κλιματικά στοιχεία του σταθμού Τατοΐου, το κλίμα της ευρύτερης περιοχής της Πάρνηθας είναι έντονο μεσογειακό μέχρι τα 700 μέτρα για τις βόρειες και τα 1000 μέτρα για τις νότιες πλευρές, με αριθμό βιολογικά ξηρών ημερών που κυμαίνεται μεταξύ 75 και 100. Ενώ από τα αναφερόμενα υψόμετρα και προς την κορυφή το κλίμα μετατρέπεται σε ασθενές μέσο-μεσογειακό με αριθμό βιολογικά ξηρών ημερών που κυμαίνεται μεταξύ 40 και 75. Τέλος, στη χαμηλότερη περιοχή, η οποία προς τα πάνω ορίζεται από τα ψυχρά όρια του Σχοίνου, 500 μέτρα περίπου, το κλίμα είναι ασθενές θερμομεσογειακό με αριθμό βιολογικά ξηρών ημερών μεταξύ 100 και 125 (Μακρής, 1962).

Πλησιέστερος μετεωρολογικός σταθμός στην περιοχή μελέτης είναι αυτός της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (Ε.Μ.Υ.) στο Τατόϊ. Ο συγκεκριμένος σταθμός βρίσκεται σε γεωγραφικό μήκος (Lon): 23° 78', γεωγραφικό πλάτος (Lat): 38° 11' και το ύψος (Alt): 225m. Τα μετεωρολογικά δεδομένα του σταθμού καλύπτουν τη χρονική περίοδο από το 1956 έως και το 2010 (emy, n.d.) και στη συνέχεια δίδονται οι κύριες κλιματικές παράμετροι.

1.3.6. ANEMOS

Η περιοχή μελέτης μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι εκτεθειμένη σε συχνούς και ισχυρούς ανέμους. Οι άνεμοι που επικρατούν είναι συνήθως βόρειοι και βορειοανατολικοί, ενώ

ακολουθούν σε συχνότητα οι νοτιοδυτικοί. Η επικρατούσα διεύθυνση των ανέμων και η μέση μηνιαία ένταση δίδονται στο Σχήμα 1.3.6.1. και τον Πίνακα 1.3.6.1



Σχήμα 1.3.6.1 Ετήσιες συχνότητες ανέμου κατά τα έτη 1956-2010, Πηγή: emy, n.d.

Πίνακας 1.3.6.1 Τιμές επικρατούσας διεύθυνσης των ανέμων και μέσης μηνιαίας έντασης του ανέμου κατά τα έτη 1956-2010, Πηγή: emy, n.d.

ΑΝΕΜΟΣ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
Επικρατούσα Διεύθυνση	Β	Β	Β	Β	Β	Β	Β	Β	Β	Β	Β	Β
Μέση Μηνιαία Ένταση	6.4	6.3	6.5	5.2	5.2	5.5	7.1	7.3	6.5	6.5	5.2	5.7

1.3.7. ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ

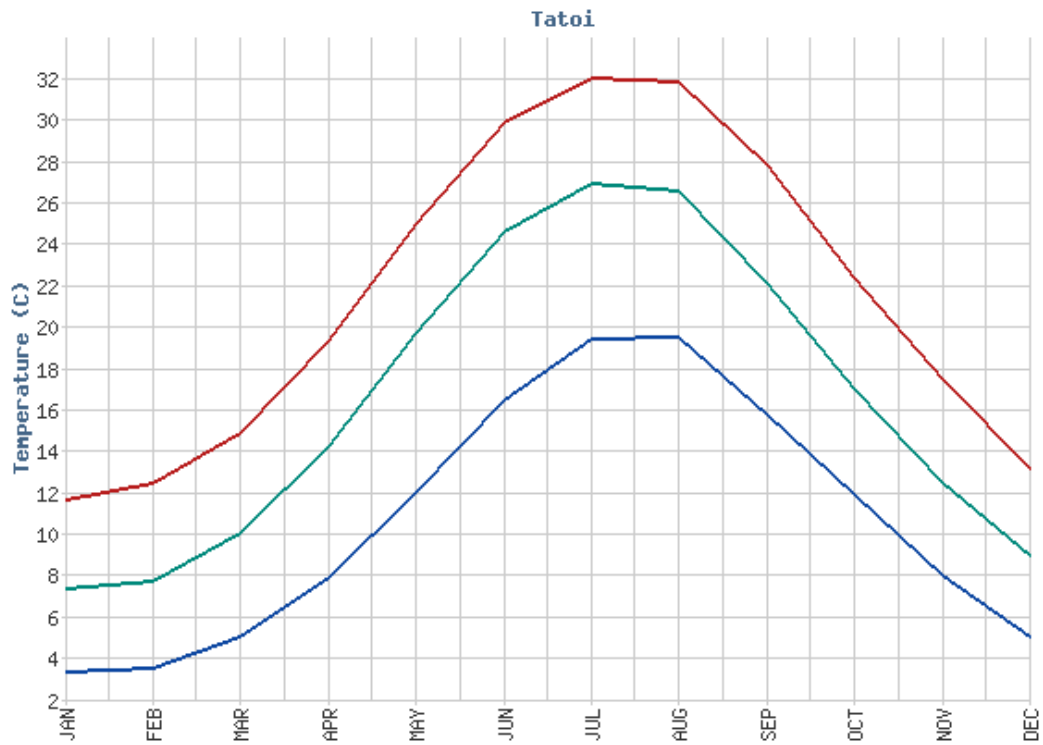
Σχετικά με τις βροχοπτώσεις στην περιοχή μελέτης η Αττική, γενικά, ανήκει στις περιοχές της Ελλάδας που έχουν το χαμηλότερο ύψος βροχής. Η μέση συνολική ετήσια βροχόπτωση, σύμφωνα με τα στοιχεία της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (Ε.Μ.Υ.) για την περίοδο 1956-2010, ανέρχεται σε 452 mm και 86,2 ημέρες βροχόπτωσης (Πίνακας 1.3.7.1). Το χαμηλό ύψος βροχόπτωσης και ειδικά κατά τη θερινή περίοδο δημιουργεί συνθήκες έντονης και μακροχρόνιας ξηρασίας που καταπονεί τη βλάστηση και δημιουργεί συνθήκες έντονης καύσης σε περίπτωση πυρκαγιάς. Σε μεγαλύτερα υψόμετρα οι συνθήκες διαφοροποιούνται και σύμφωνα με παλαιότερες παρατηρήσεις σε υψόμετρο 1020 m το ύψος βροχής είναι 822 χιλ., ετήσιο ύψος χιονιού 120 cm, μέση σχετική υγρασία 77 %, αριθμός ημερών βροχής 70, χιονιού 33, μέση ετήσια θερμοκρασία αέρα 11°C και μέση μέγιστη 16°C (Μακρής, 1962).

Πίνακας 1.3.7.1. Τιμές μέσου μηνιαίου ύψους υετού και αριθμού ημερών υετού κατά τα έτη 1956-2010, Πηγή: emy, n.d.

ΥΕΤΟΣ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΕΤΗΣΙΑ
Μέσο													
Μηνιαίο	67.5	50.9	49.7	24.6	23.2	10.3	10.9	5.5	19.2	51.3	59.2	79.7	452
Ύψος-mm													
Μέσος													
Μηνιαίος	12.3	11.2	9.9	7.3	5.7	3.5	1.7	1.4	3.8	7.1	9.4	12.9	86,2
Αριθμός													
Ημερών													

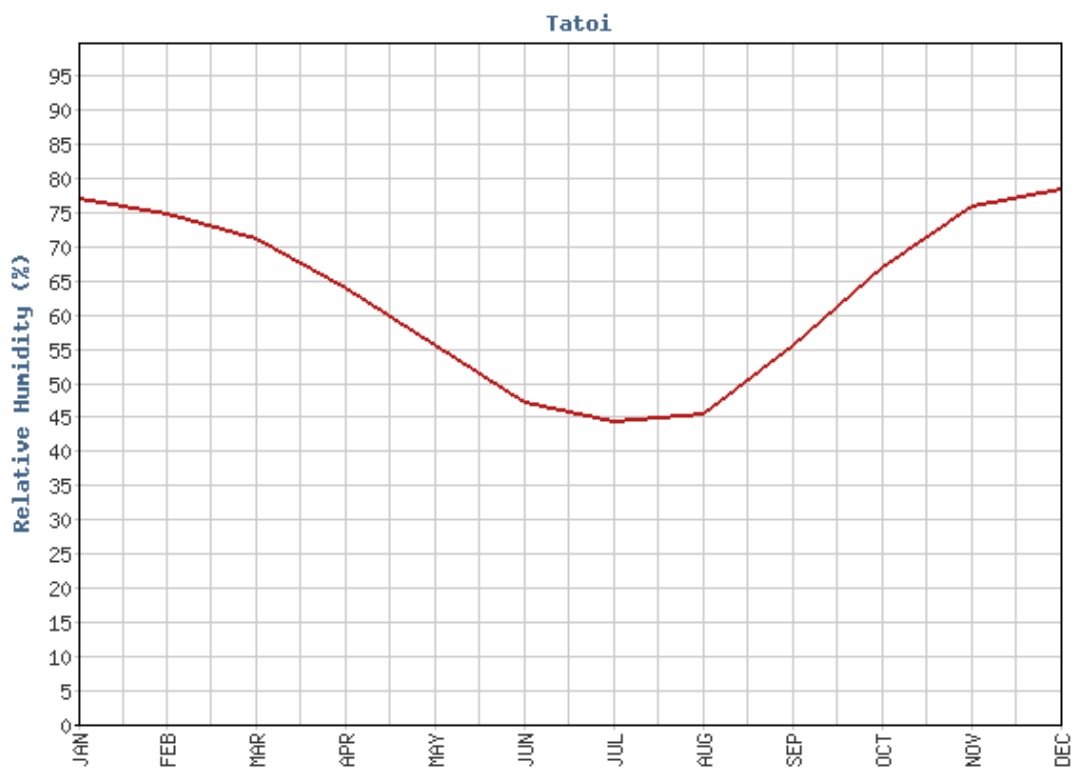
1.3.8. ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

Η μέση θερμοκρασία αέρα είναι γενικά υψηλή κατά τη θερινή περίοδο και σε συνδυασμό με την έντονη και μακροχρόνια ξηρασία δημιουργεί εξαιρετικά ξηροθερμικές συνθήκες που ευνοούν την έναρξη και την εξάπλωση των πυρκαγιών (Σχήμα 1.3.8.1).



Σχήμα 1.3.8.1 Θερμοκρασίες κατά τα έτη 1956-2010, Πηγή: emy, n.d.

1.3.9. ΣΧΕΤΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ



Σχήμα 1.3.9.1 Μέση σχετική υγρασία αέρος (%) κατά τα έτη 1956-2010, Πηγή: emy, n.d.

Η σχετική υγρασία αέρος στην περιοχή μελέτης είναι γενικά χαμηλή και το κλίμα της Αττικής φημίζεται για την μειωμένη υγρασία αέρος καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Στο Σχήμα 1.3.9.1 δίδεται η μεταβολή της μέσης υγρασίας αέρος κατά τη διάρκεια του έτους. Από το σχήμα προκύπτει ότι κατά τους καλοκαιρινούς μήνες η υγρασία της ατμόσφαιρας είναι ιδιαίτερα χαμηλή και ευνοεί ιδιαίτερα τόσο τη συχνότητα όσο και την ένταση των δασικών πυρκαγιών. Η μέση τιμή της σχετικής υγρασίας του αέρα ποικίλει μεταξύ 65 % και 72,5 %.

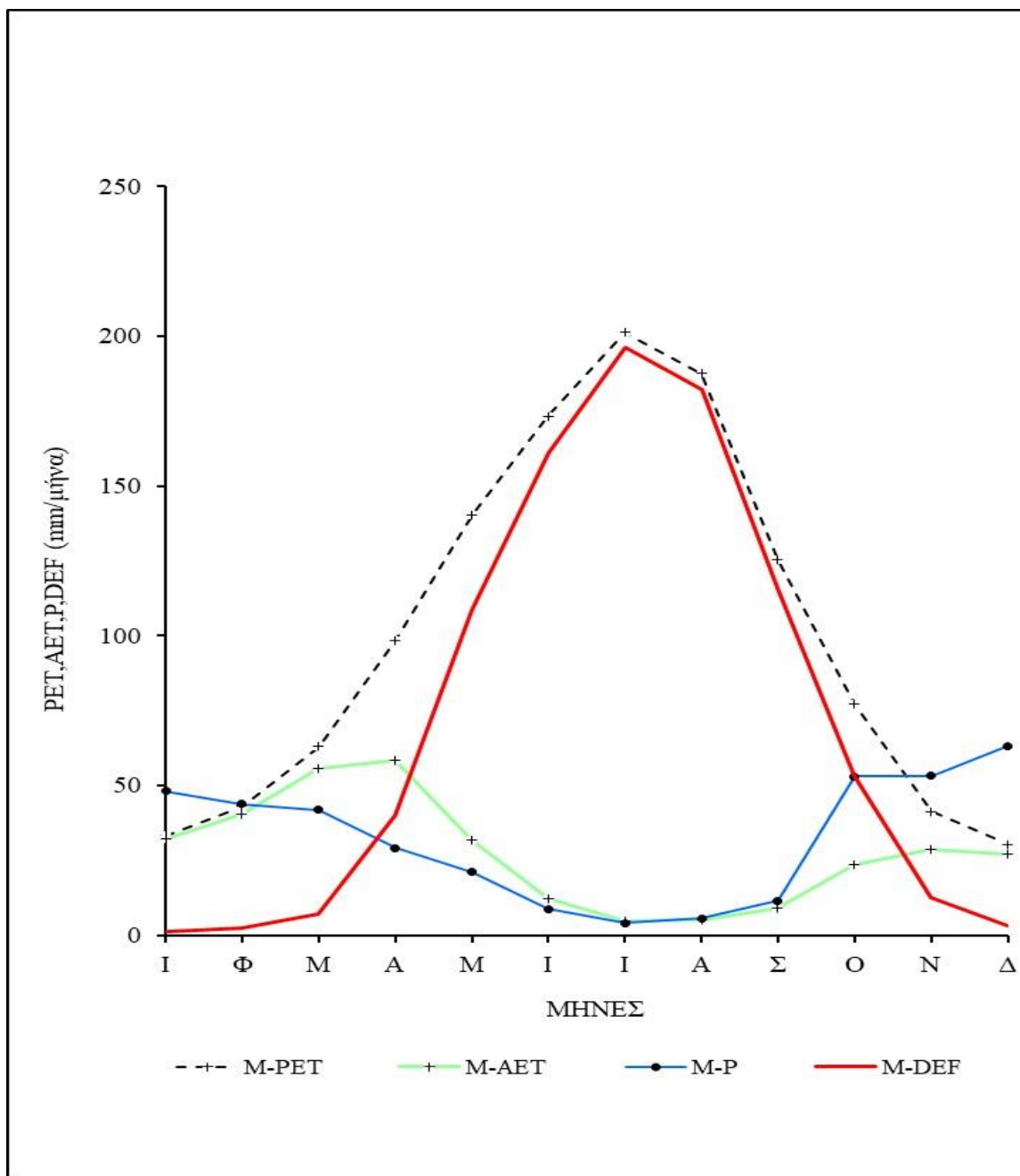
1.3.10. ΝΕΦΩΣΗ

Η Αττική γενικά έχει μεγάλη ηλιοφάνεια και ειδικά το καλοκαίρι. Η ετήσια ηλιοφάνεια ποικίλει μεταξύ 2200 και 3000 ωρών. Η φωτεινότητα είναι εξαιρετική με διαυγείς και γαλανούς ουρανούς, ένα φως αρκετά έντονο και μια διαφάνεια του αιθέρα θαυμάσια.

1.3.11. ΕΔΑΦΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ

Οι κλιματικές συνθήκες όπως δίνονται από τις επιμέρους τιμές των κλιματικών παραμέτρων υποδηλώνουν ότι στην Αττική και την περιοχή μελέτης επικρατούν ξηροθερμικές συνθήκες για μεγάλο μέρος του έτους και κατά καλοκαιρινή περίοδο επικρατούν ισχυροί άνεμοι και παρατεταμένη ηλιοφάνεια.

Η συνδυασμένη επίδραση των κλιματικών παραγόντων στο έλλειμμα εδαφικής υγρασίας δίδεται στο Σχήμα 1.3.11.1 των Συνιστωσών του Ελλείμματος Εδαφικής Υγρασίας από τα Δεδομένα του Μετεωρολογικού Σταθμού του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών με υψόμετρο $H=197$ μ. για την περίοδο 1951 -1992 (Υπολογισμένων με την εξίσωση Penman) (Καλούδης, 1996). Από το διάγραμμα αυτό προκύπτει ότι η περίοδος που υπάρχει έλλειμμα εδαφικής υγρασίας αρχίζει στο τέλος Μαρτίου και τελειώνει στο τέλος Οκτωβρίου. Επίσης το έλλειμμα εδαφικής υγρασίας κατά τους θερινούς μήνες είναι πολύ έντονο και υπερβαίνει τα 150 mm κατά τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο (Σχήμα 1.3.11.1). Από τα παραπάνω συνάγεται ότι η βλάστηση στην ευρύτερη περιοχή της Αττικής υποφέρει από έλλειμμα εδαφικής υγρασίας για έξι μήνες τον χρόνο.



Σχήμα 1.3.11.1 Ετήσια πορεία των μέσων μηνιαίων τιμών Δυνητικής (M-AET) και Πραγματικής εξατμισοδιαπνοής (M-PET), Βροχόπτωσης (M-P) και Ελλείμματος Εδαφικής Υγρασίας (M-DEF) για την περίοδο 1951 -1992 (Καλούδης, 1996)

1.4. Η ΥΠΟ ΜΕΛΕΤΗ ΠΥΡΚΑΓΙΑ

Η πυρκαγιά εκδηλώθηκε νωρίς το μεσημέρι (13:22) της Τρίτης 3 Αυγούστου 2021 στους πρόποδες της Πάρνηθας, στη Βαρυμπόμπη Αττικής (Σχήμα 1.4.1) (σύνολα δεδομένων - πυροσβεστικό σώμα Ελλάδος, n.d.). Κατά την ώρα εκδήλωσης της και κατά τη διάρκεια των πρώτων 2 ωρών εξάπλωσής της, στην ευρύτερη περιοχή έπνεαν άνεμοι με μέσες εντάσεις

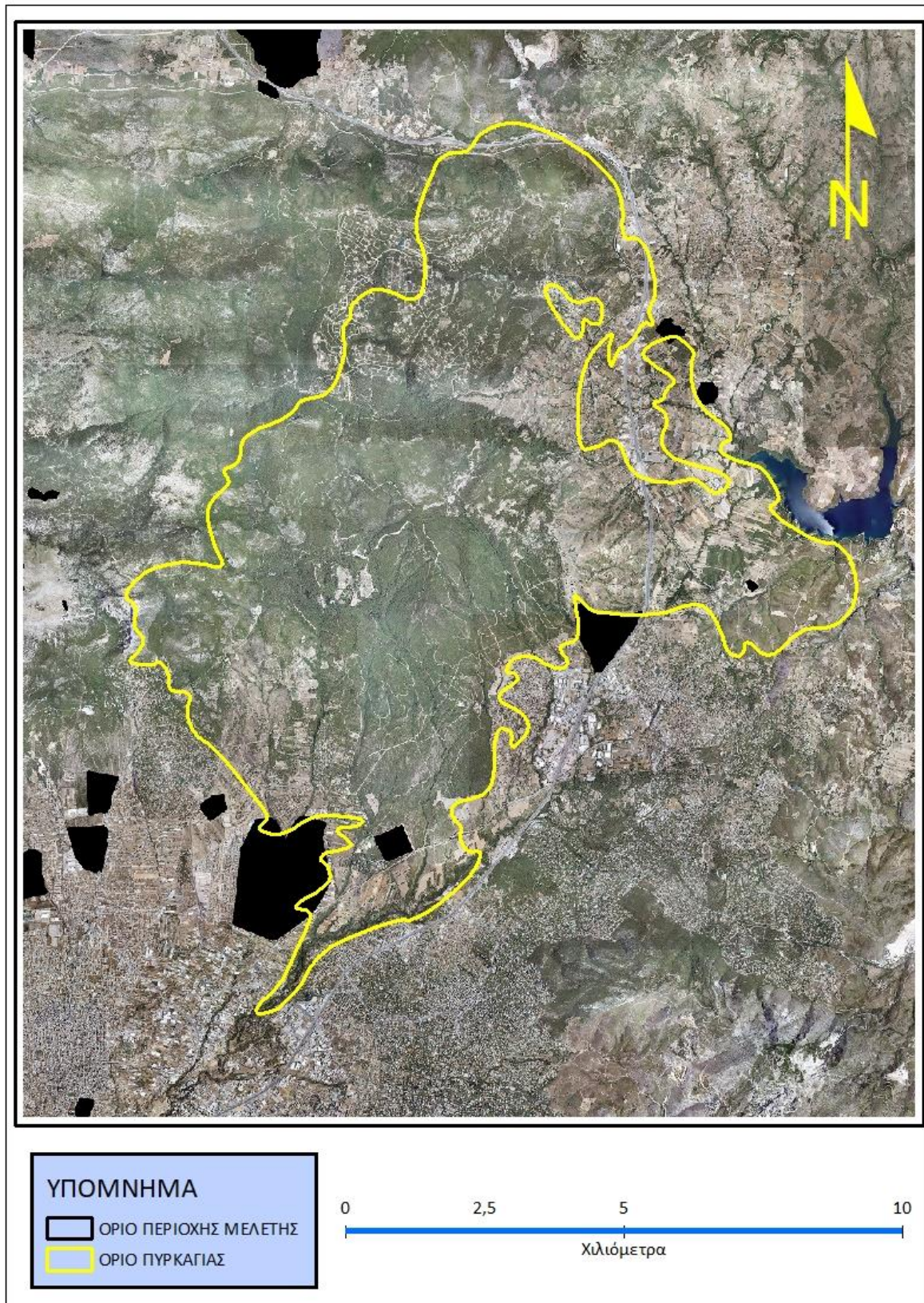
2 - 4 Bf και ριπές στα 5 Bf (meteo.gr: νεότερα στοιχεία για τη δασική πυρκαγιά στη Βαρυμπόμπη, n.d.).

Πίνακας 1.4.1 Επικρατούσες μετεωρολογικές συνθήκες κατά τη διάρκεια της πυρκαγιάς 3-7 Αυγούστου 2021 (Πηγή: <https://meteosearch.meteo.gr/data/index.cfm>)

Παράμετροι	Ημερομηνία	1/8	2/8	3/8	4/8	5/8	6/8	7/8
Θερμοκρασία	Μέση	31.5	33.1	34.8	32.9	32.6	31.6	27.9
	Μέγιστη	39.1	41.2	41.8	40.3	40.3	37.2	32.2
	Ώρα	15:50	14:3 0	15:0 0	14:5 0	15:3 0	16:5 0	14:1 0
	Ελάχιστη	24.3	24.8	26.6	25.7	24.5	26.2	24.0
	Ώρα	5:10	3:10	3:20	4:20	6:50	6:10	23:1 0
Σχετική Υγρασία Αέρος (Rh) %	Μέγιστη	45	51	47	41	48	49	72
	Ελάχιστη	22	18	10	15	19	15	28
Υετός	Ύψος (mm)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Άνεμος	Μέση Ταχύτητα (km/hr)	9.2	5.9	10.0	5.8	4.7	7.9	13.3
	Μέγιστη	33.8	27.4	40.2	29.0	29.0	38.6	49.9
	Ώρα	14:00	13:0 0	18:1 0	16:3 0	14:2 0	15:1 0	12:2 0
	Επικρατούσα Διεύθυνση	NNE*	NE*	NNW*	ENE*	SSW*	SSW*	NNW*

NNE= Βόρειο-Βορειοανατολικός, NE*= Βορειοανατολικός, NNW*= Βόρειο-Βορειοδυτικός, ENE*= Ανατολικός-Βορειοανατολικός, SSW*= Νότιο-Νοτιοδυτικός, NNW*= Βόρειο-Βορειοδυτικός.*

Κατά τη διάρκεια της Πυρκαγιάς επικρατούσαν υψηλές θερμοκρασίες και μέτριοι άνεμοι κατά περιόδους με αυξημένη ένταση (Πίνακας 1.4.1) σύμφωνα με δεδομένα από τον μετεωρολογικό σταθμό της Βαρυμπόμπης (Varympompi) που είναι συνδεδεμένος στο δίκτυο Meteo. Ο συγκεκριμένος σταθμός βρίσκεται σε Υψόμετρο 275m, Γεωγραφικό πλάτος: 38° 06' και Γεωγραφικό μήκος: 23° 48' (<https://meteosearch.meteo.gr/data/index.cfm>).



Σχήμα 1.4.1 Χάρτης πυρκαγιάς Βαρυμπόμπης (3-7 Αυγούστου 2021).

Η πυρκαγιά, σύμφωνα με τα δεδομένα του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Κλιματικής Αλλαγής, αποτέφρωσε 8447,20 ha (Πίνακας 1.3.1.1). Συγκεκριμένα, από αυτά δάση ήταν 3353,00 ha, δασικές εκτάσεις 2220,00 ha, χορτολιβαδικές εκτάσεις 180,00 ha και γεωργικές εκτάσεις 2624,40 ha (Πυροσβεστικό Σώμα Ελλάδος, n.d.).

1.5. ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΔΑΣΙΚΩΝ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΣΤΙΣ ΠΥΡΚΑΓΙΕΣ

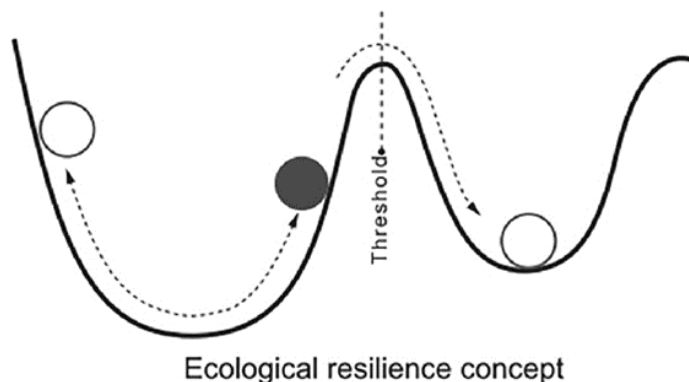
Η ανθεκτικότητα αναφέρεται στην ικανότητα ενός δασικού οικοσυστήματος να αντέχει και να ανακάμπτει από διαταραχές, όπως είναι οι πυρκαγιές, επιθέσεις από έντομα και έντονα καιρικά φαινόμενα, διατηρώντας παράλληλα τη συνολική δομή, λειτουργία και βιοποικιλότητά του. Τα ανθεκτικά δάση είναι σε θέση να προσαρμόζονται στις μεταβαλλόμενες περιβαλλοντικές συνθήκες και να ανακάμπτουν από διαταραχές χωρίς να υφίστανται σημαντικές αλλαγές στα θεμελιώδη οικολογικά χαρακτηριστικά τους. Η έννοια της ανθεκτικότητας των δασών αναγνωρίζει ότι τα δάση είναι πολύπλοκα, δυναμικά συστήματα που επηρεάζονται από ένα ευρύ φάσμα βιολογικών, φυσικών και κοινωνικών παραγόντων και ότι αυτοί οι παράγοντες αλληλεπιδρούν με πολύπλοκους τρόπους για να καθορίσουν την ικανότητα ενός δασικού οικοσυστήματος να αντισταθεί και να ανακάμψει από διαταραχές (Forzieri et al., 2022).

Υπάρχουν περισσότεροι από 160 ορισμοί, σύμφωνα με το Ευρωπαϊκό Ινστιτούτο Δασών για την «ανθεκτικότητα», εκ των οποίων οι τρεις πιο συχνά χρησιμοποιούμενοι είναι η Μηχανική, η Οικολογική ανθεκτικότητα και η Κοινωνικο-οικολογική ανθεκτικότητα (<https://efi.int/articles/how-can-we-measure-forest-resilience>, n.d.). Στη δασική επιστήμη χρησιμοποιούνται οι τρεις αυτές βασικές έννοιες της ανθεκτικότητας (Lindner et al., 2020) και συγκεκριμένα:

1. **Η μηχανική ανθεκτικότητα** ορίζεται ως "Ο χρόνος που χρειάζεται για να επιστρέψουν οι μεταβλητές στην ισορροπία τους μετά από μια διαταραχή" (Pimm, 1984).
2. **Η οικολογική ανθεκτικότητα** αναφέρεται στην «ικανότητα του συστήματος να απορροφά διαταραχές χωρίς να αλλάζει, καθώς και στην ικανότητα αυτοοργάνωσης και οικοδόμησης προσαρμοστικής ικανότητας» (Holling, 1973).
3. **Η κοινωνική-οικολογική ανθεκτικότητα** νοείται ως «Η ικανότητα ενός κοινωνικοοικολογικού συστήματος να απορροφά ή να αντέχει διαταραχές και άλλους στρεσογόνους παράγοντες, έτσι ώστε το σύστημα να παραμένει εντός του ίδιου καθεστώτος, διατηρώντας ουσιαστικά τη δομή και τις λειτουργίες του. Αυτή

περιγράφει τον βαθμό στον οποίο το σύστημα είναι ικανό για αυτοοργάνωση, μάθηση και προσαρμογή» (*Resilience Alliance - Key Concepts*, n.d.).

Ενώ ο ακριβής ορισμός εξακολουθεί να συζητείται, η ανθεκτικότητα ενός συστήματος συχνά απεικονίζεται μεταφορικά ως ένα σύστημα μιας μπάλας και ενός κυπέλλου (Σχήμα 1.5.1) σύμφωνα με τον (Holling, 1973).



Σχήμα 1.5.1 Αναπαράσταση της οικολογικής ανθεκτικότητας με θεωρητικό διάγραμμα μπάλας και κυπέλλου τον Holling (Holling, 1973).

Με βάση το υπόδειγμα του (Holling, 1973) οι (Keane et al., 2018) εξηγούν ότι όταν ένα οικοσύστημα που αναπαρίσταται με την μπάλα παραμένει εντός ενός συνόλου συνθηκών οριοθέτησης (κύπελο) που καθορίζουν μια ανθεκτική οικολογικά κατάσταση, οι τροχιές επαναφοράς του οικοσυστήματος συγκλίνουν προς τον πυθμένα του κυπέλλου όταν διαταράσσονται, αναλογικά με την κίνηση της μπάλας. Ισχυρές διαταραχές όπως είναι οι δασικές πυρκαγιές ή ακραία κλιματικά φαινόμενα μπορούν να δράσουν στο οικοσύστημα με επαρκή δύναμη ώστε να το μετακινήσουν πέρα από ένα όριο (χείλος κυπέλλου) σε μια άλλη κατάσταση ισορροπίας (νέο κύπελλο) που ενδεχομένως δεν είναι το επιθυμητό.

Η αλλαγή του κλίματος μπορεί να οδηγήσει σε ακατάλληλη λειτουργία των μηχανισμών του οικοσυστήματος (Millar & Stephenson, 2015; Turner, 2010), η οποία μπορεί να συμβάλει σε φυσικές καταστροφές, όπως πυρκαγιές και πλημμύρες, καθώς, και στην υποβάθμιση των οικοσυστημάτων λόγω ακατάλληλων πρακτικών χρήσης γης, όπως η γεωργική επέκταση και οι υπερβολικές υλοτομίες (Hagmann et al., 2022). Αυτοί οι παράγοντες αποτελούν από κοινού τη βάση για την απώλεια της ανθεκτικότητας των

οικοσυστημάτων. Η επαναφορά ολόκληρων οικοσυστημάτων σε μια προγενέστερη κατάσταση, μετά από μια μεγάλη αλλαγή, απλά πολλές φορές δεν είναι δυνατή.

1.6. ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΔΑΣΙΚΩΝ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

1.6.1. ΧΕΙΡΙΣΜΟΙ ΔΑΣΙΚΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Οι συνηθέστεροι οικολογικά αποδεκτοί και οικονομικά αποδοτικοί χειρισμοί της δασικής βλάστησης, στο πλαίσιο της ολοκληρωμένης διαχείρισης των δασών, με στόχο την αύξηση της ανθεκτικότητας τους στις δασικές πυρκαγιές, σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, είναι οι ακόλουθες (Καλούδης, 2008):

- Απομάκρυνση υπολειμμάτων υλοτομίας, η οποία μειώνει το φορτίο επιφανειακής καύσιμης ύλης και συνεπώς τα χαρακτηριστικά της φωτιάς. Ωστόσο, σημειώνεται ότι η εντατική εφαρμογή της προκαλεί έλλειψη θρεπτικών συστατικών στο δασικό οικοσύστημα (Baeza et al., 2002, 2003; Carter & Darwin Foster, 2004; Fernandes & Botelho, 2003; Gibbons et al., 2000; Kalabokidis & Omi, 1998; Scherer et al., 2000; Smith et al., 2000; Zabowski et al., 2000).
- Κλάδεμα δέντρων, το οποίο μειώνει την πιθανότητα οι επιφανειακές πυρκαγιές να μετατραπούν σε πυρκαγιές κώμης, βελτιώνοντας παράλληλα την ποιότητα της παραγόμενης ξυλείας.
- Αραίωση του υπορόφου, η οποία μειώνει τα χαρακτηριστικά της φωτιάς. Με αυτόν τον τρόπο, σε συνδυασμό με το κλάδεμα των δέντρων, μειώνεται σημαντικά η πιθανότητα πυρκαγιάς κώμης. Για αυτή τη υλοποίηση αυτού του χειρισμού, μπορεί να εφαρμοστεί βόσκηση ελαφριάς έως ήπιας έντασης κατοικίδιων ζώων, η οποία παρέχει επίσης ένα πρόσθετο εισόδημα στις τοπικές κοινότητες.
- Αραίωση δασών, η οποία μειώνει τα χαρακτηριστικά της πυρκαγιάς και βοηθά στην αποφυγή καταστροφικών ενεργών πυρκαγιών κώμης. Επιπλέον, λειτουργεί θετικά στη δασική παραγωγή, βελτιώνοντας την ποιότητα της ξυλείας και διευκολύνοντας την αναγέννηση του δάσους. Σημειώνεται ότι η υπερβολική αραίωση μειώνει την ποσότητα ξυλείας που παράγεται και την παραγωγικότητα του δάσους, επιτρέπει την ανάπτυξη ενός ανεπιθύμητου πλούσιου υπορόφου, μπορεί να ελαχιστοποιήσει την αισθητική αξία του δάσους και αυξάνει τον κίνδυνο διάβρωσης του εδάφους, καθώς

και τα καύσιμα «σκάλας» που μεταδίδουν τις επιφανειακές πυρκαγιές στην κώμη του δάσους στέμμα (Baldwin et al., 2000; Graham et al., 1999).

Σε περίπτωση εφαρμογής των παραπάνω χειρισμών της βλάστησης, θεωρείται ότι τα κομμένα υλικά καύσιμης ύλης δεν συμμετέχουν σε πιθανή μελλοντική πυρκαγιά. Η υπόθεση αυτή προϋποθέτει τον κατάλληλο χειρισμό της τεμαχισμένης βιομάζας, όπως, για παράδειγμα, με την καύση της στο δάσος σε κατάλληλο χρόνο ή με την πλήρη απομάκρυνσή της από το δάσος.

Άλλα μέτρα για τη μείωση του ΚΚΠ είναι:

- Ενθάρρυνση ειδών με υψηλή αντοχή στη φωτιά, η οποία αναφέρεται στην υποστήριξη των αυτοφυών πλατύφυλλων δασικών ειδών, αυξάνοντας έτσι την αντοχή του δάσους στις πυρκαγιές, λόγω της υψηλής υγρασίας του φυλλώματός τους (Dimitrakopoulos, 2001, Dimitrakopoulos 2003; Dimitrakopoulos & Dritsa, 2003; Dimitrakopoulos & Panon, 2001; Dimitrakopoulos & Papaioannou, 2001; Liidakis et al., 2003). Τα πλατύφυλλα είδη, όταν αναμειγνύονται με κωνοφόρα δάση, αυξάνουν επίσης την αντοχή αυτών των δασών σε έντομα και παθογόνους οργανισμούς και βελτιώνουν την αισθητική του τοπίου. Επιπλέον, η αύξηση της βιοποικιλότητας ενός δάσους μπορεί να συμβάλει στην παράλληλη αύξηση της οικολογικής ανθεκτικότητάς του, τουλάχιστον μακροπρόθεσμα (Oliver et al., 2015; Thompson et al., 2009).
- Βόσκηση οικόσιτων ζώων, η οποία μειώνει το φορτίο καύσιμης ύλης (θάμνοι και πόες) και συμβάλλει στην αύξηση του εισοδήματος των αγροτών, μέσω της παραγωγής κτηνοτροφικών προϊόντων (Bachelet et al., 2000; Liedloff et al., 2001; Ribeiro et al., 2023; Torrano & Valderrábano, 2005; Valderrábano & Torrano, 2000).
- Κατασκευή αντιπυρικών ζωνών, οι οποίες μειώνουν την εξάπλωση των πυρκαγιών, (Butler & Cohen, 1998; Omi, 1996). Γενικά, σκοπός των αντιπυρικών ζωνών είναι η πρόληψη της περαιτέρω εξάπλωσης της πυρκαγιάς και η παροχή προστασίας στους πυροσβέστες. Επειδή το πλάτος των αντιπυρικών ζωνών πρέπει να είναι αρκετά μεγάλο ώστε να είναι αποτελεσματικό, (Agee et al., 2000; Butler & Cohen, 1998a, Butler & Cohen, 1998b), προτείνεται η κατασκευή σύνθετων αντιπυρικών ζωνών, αποτελούμενων από ζώνες με προσαρμοσμένο μέγεθος και κάλυψη (Καλούδης, 2008).

Η εφαρμογή των παραπάνω μέτρων μέσω του δασικού σχεδιασμού διαχείρισης των δασών παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα, εφόσον ο σχεδιασμός είναι καλά

οργανωμένος και τα πιθανά μειονεκτήματα της εφαρμογής τους έχουν μελετηθεί και αντιμετωπιστεί καλά κατά τη φάση του σχεδιασμού. Σε αυτή την περίπτωση, το κόστος εφαρμογής των χειρισμών του δάσους μπορεί να εξορθολογιστεί και να αντισταθμιστεί από το αυξημένο εισόδημα που προέρχεται από την ποιοτική βελτιωμένα της ξυλείας μέσω του κλαδέματος των νεκρών κλαδιών που εφαρμόζεται στο πλαίσιο της αντιπυρικής προστασίας και της αξιοποίησης της βιομάζας για παραγωγή χρήσιμων προϊόντων. Επίσης εισοδήματα και από άλλες οικοσυστημικές υπηρεσίες, όπως είναι τα κτηνοτροφικά προϊόντα από τη βόσκηση ζώων για τη μείωση της παρεδαφιαίας βλάστησης, τη συγκομιδή ρητίνης (όπου εφαρμόζεται) και την άσκηση μελισσοκομίας συμβάλλουν στην απόσβεση του κόστους προστασίας. Ειδικά για τα δημόσια δάση, παρά το γεγονός ότι δεν καταβάλλεται συνήθως κάποιο τέλος για τις παρεχόμενες οικοσυστημικές υπηρεσίες, το κράτος εισπράττει φόρους από την αύξηση του κύκλου εργασιών και εντέλει την αύξηση του Ακαθάριστου Εγχώριου Προϊόντος. Επίσης, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη η επιτυγχανόμενη μείωση του κόστους κατάσβεσης και η μείωση των απωλειών λόγω των καταστροφών από τις πυρκαγιές και των καταβαλλόμενων κρατικών αποζημιώσεων και ενισχύσεων που επιτυγχάνεται με τη μείωση των καμένων εκτάσεων.

1.6.2. ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΤΗΣ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΩΝ ΔΑΣΙΚΩΝ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Η αποκατάσταση των δασικών οικοσυστημάτων με οικολογικό τρόπο τυγχάνει εφαρμογής σε πολλά μέρη του κόσμου, ως δραστικό μέτρο απέναντι στην εκτεταμένη απώλεια και υποβάθμιση των δασών. Όπως, λοιπόν, συμβαίνει και σε άλλες παρεμβάσεις διαχείρισης, οι προσπάθειες αποκατάστασης πρέπει να κατευθύνονται σε περιοχές όπου είναι πιθανό να επιτευχθούν τα μέγιστα οφέλη.

Από τις βασικές αρχές που πρέπει να πληρούνται για την αποκατάσταση είναι η ιεράρχηση των κατάλληλων κριτηρίων και δεικτών (K&D), ένα ζήτημα που δεν έχει αντιμετωπιστεί επαρκώς. Ειδικότερα, υπάρχει ανάγκη για K&D που να είναι λειτουργικά, κατάλληλα για χωρική ανάλυση και χαρτογράφηση και εφαρμόσιμα σε ένα ευρύ φάσμα πλαισίων (Orsi et al., 2011).

Η αποκατάσταση οφείλει να συμβάλει στη διατήρηση της βιοποικιλότητας, ενώ δεν θα πρέπει να παραβλέπεται η παροχή οικονομικών και βιοποριστικών οφελών στις τοπικές κοινότητες (Lamb & Gilmour, 2003; Mansourian et al., 2005). Οι διαφορετικοί στόχοι μπορεί να οδηγήσουν στον προσδιορισμό διαφορετικών περιοχών προτεραιότητας, στην

εγκατάσταση διαφορετικών ειδών δέντρων και στην επιλογή διαφορετικών μεθόδων αποκατάστασης. Συνεπώς, απαιτούνται προσεγγίσεις που να μπορούν να λαμβάνουν υπόψη τους πολλαπλούς στόχους και να επιτρέπουν τη διερεύνηση των πιθανών συνεπειών τους (Lamb et al., n.d.).

Όσον αφορά τα δάση, τα κριτήρια που σχετίζονται με τους στόχους διαχείρισης θα ήταν χρήσιμο να εξεταστούν στο πλαίσιο της αειφόρου διαχείρισης των δασών (ΑΔΔ) (Nussbaum & Simula, 2013). Συγκεκριμένα, αυτό οδήγησε στην ανάπτυξη μιας μεγάλης ποικιλίας διαφορετικών Κ&Δ που έχουν σχεδιαστεί για την αξιολόγηση της προόδου προς την κατεύθυνση της ΑΔΔ. Τα κριτήρια μπορούν να οριστούν ως τα ουσιώδη στοιχεία ή οι κύριες συνιστώσες που ορίζουν τη ΑΔΔ. Οι δείκτες είναι ποιοτικές ή ποσοτικές παράμετροι ενός κριτηρίου, οι οποίες παρέχουν μια βάση για την αξιολόγηση της κατάστασης και των τάσεων των δασών και της δασικής διαχείρισης. Παρόλα αυτά αν και η αποκατάσταση των δασών μπορεί να θεωρηθεί ως μία από τις διαχειριστικές επιλογές που θα μπορούσαν να συμβάλουν στους ευρύτερους στόχους της ΑΔΔ, τα σύνολα δεικτών που έχουν σχεδιαστεί ειδικά για τον προσδιορισμό των προτεραιοτήτων αποκατάστασης των δασών είναι ελάχιστα (Orsi et al., 2011).

Επιπρόσθετα, η επιλεγείσα μέθοδος αποκατάστασης πρέπει να είναι σύμφωνη με τις ζημιές που αξιολογούνται, όχι μόνο στη φυτική κάλυψη αλλά και τα διάφορα συστατικά του εδάφους, τις ρίζες, την οργανική ύλη, τις ρωγμές στο φλοιό και τις εναέριες δομές των φυτών και των μεγαλύτερων ξυλωδών φυτών. Αυτές οι ενδείξεις πρέπει επίσης να ληφθούν υπόψη ως προς το σχηματισμό ενός υδρόφοβου στρώματος ως αποτέλεσμα της θερμικής έντασης στο έδαφος κατά την εκδήλωση της πυρκαγιάς (Soto & Valencia, 2022).

Συνοψίζοντας οι μεταβλητές που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τη διαδικασία αναγέννησης ενός δασικού οικοσυστήματος ομαδοποιούνται στις ακόλουθες έξι κατηγορίες: (1) φυσικές και δομικές, (2) σύνθεση/βιοποικιλότητα, (3) περιβαλλοντικές υπηρεσίες, (4) οικολογικές διαδικασίες, (5) οικονομικές και (6) κοινωνικές. Ταξινομούμενες κατά στάδια αυτές ιεραρχούνται ως εξής:

Αρχική φάση: Αρχικό κόστος συντήρησης, κόστος φύτευσης, ποσοστά επιβίωσης, αποδοχή από ντόπιους, κάλυψη από χωροκατακτητικά είδη, κόστος συνεχούς

συντήρησης, συμμετοχή της κοινότητας στην υλοποίηση του έργου, γονιμότητα του εδάφους και κόστος ανάπτυξης του έργου.

Βραχυπρόθεσμα: Παρουσία φυτικών ειδών με διαφορετικά μοντέλα διασποράς, παρουσία πτηνών, παρουσία χωροκατακτητικών ειδών, βασική περιοχή, κάλυψη από χωροκατακτητικά είδη, παρουσία εντόμων, αποδοχή από ντόπιους, αριθμός αναγεννημένων ιθαγενών ειδών, εμφάνιση καρποφορίας, παρουσία φυτικών ειδών από διαφορετικές διαδοχικές ομάδες.

Μεσοπρόθεσμα: Στρωματοποίηση κώμης του δάσους, ποικιλία μορφών ζωής εκτός των δέντρων, παρουσία αναγεννημένων ιθαγενών ειδών, πυκνότητα ιθαγενών δενδρυλλίων, εμφάνιση επικονίασης, απόκτηση ξυλείας και μη ξυλωδών δασικών προϊόντων, παρουσία φυτικών ειδών με διαφορετικά μοντέλα διασποράς, καθεστώς νερού, ικανότητα για οικονομικά οφέλη, εμφάνιση διασποράς σπόρων, πλούτος γηγενών φυτικών ειδών.

Μακροπρόθεσμα: Ποικιλομορφία μορφών ζωής εκτός των δέντρων, ρύθμιση του υδατικού καθεστώτος, στρωματοποίηση κώμης του δάσους, ληφθέντα προϊόντα ξυλείας και μη, εμφάνιση επικονίασης, καθαρό εισόδημα, πυκνότητα γηγενών φυτών, εμφάνιση διασποράς σπόρων ανά είδος πανίδας, πλούτος γηγενών φυτικών ειδών, ικανότητα για οικονομικά οφέλη (Evangelista de Oliveira et al., 2021).

Τα οφέλη που προκύπτουν από την αποκατάσταση των δασών, εξαρτώνται, ωστόσο, από την κλίμακα και τη χωρική κατανομή της ίδιας της διαδικασίας αποκατάστασης (report on the second global forum on ecological restoration the society for ecological restoration & iucn commission on ecosystem management thematic group on ecosystem restoration, 2020).

Η αποκατάσταση των δασών που επιδιώκεται σε κλίμακα τοπίου πιστεύεται ότι επηρεάζει θετικά το συνολικό περιβάλλον: την ατμόσφαιρα μέσω της δέσμευσης άνθρακα (Lewis et al., 2019), την Υδρόσφαιρα μέσω της κατακράτησης νερού, τη Βιόσφαιρα και τη βιοποικιλότητα (Huang et al., 2019), τη Λιθόσφαιρα (Teng et al., 2019) και την Ανθρωποσφαιρά (παραδοσιακός τρόπος ζωής στα δάση).

Η αποκατάσταση των δασών, εάν έχει σχεδιαστεί σωστά και εφαρμοστεί προσεκτικά, πιστεύεται ότι αποτελεί ένα από τα εξέχοντα μονοπάτια για τη μετακίνηση προς τη διατήρηση της βιοποικιλότητας (Egoh et al., 2014; Fernandez et al., 2017; Huang et al.,

2019), για την προώθηση των μέσων διαβίωσης και της ευημερίας (Erbaugh & Oldekop, 2018) καθώς και για την ανάπλαση των τοπίων και την αποκατάσταση των υποβαθμισμένων οικοσυστημάτων σε όλο τον κόσμο (Carvalho Ribeiro et al., 2020; Fernandez et al., 2017; Huang et al., 2019; Keesstra et al., 2018; Lewis et al., 2019; Luo et al., 2019; report on the second global forum on ecological restoration the society for ecological restoration & iucn commission on ecosystem management thematic group on ecosystem restoration, 2020; Shimamoto et al., 2018).

1.7. ΔΕΙΚΤΕΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ

Ο Οργανισμός για τα Τρόφιμα και τη Γεωργία (FAO), ως Κίνδυνο Πυρκαγιάς ορίζει τη δυνατότητα πρόκλησης πυρκαγιάς η οποία καθορίζεται από την παρουσία και τη δράση κάθε αιτίου (FAO, 1986). Επίσης κατά μία άλλη εκδοχή ΚΠ ορίζεται ως ο δυνητικός αριθμός των πηγών έναρξης πυρκαγιάς (Canadian Forest Service, 1977).

Στο πλαίσιο μιας περισσότερο ολοκληρωμένης προσέγγισης οι (Bachmann & Allgöwer, 1998) υιοθετούν την ακόλουθη εκδοχή: Ο κίνδυνος συμπεριλαμβάνει την πιθανότητα ενός ανεπιθύμητου γεγονότος και τα αποτελέσματά του. Ανάλογο περιεχόμενο δίδεται στο λεξικό δασικών όρων της Αμερικάνικης Ένωσης Δασολόγων (Helms, 1998). Αντίστοιχα, το European Glossary for Wildfires and Forest Fires αναφέρει τον «Κίνδυνο Πυρκαγιάς» ως την πιθανότητα εκδήλωσης μιας πυρκαγιάς και τις δυνητικές της επιπτώσεις σε μία συγκεκριμένη τοποθεσία και σε μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή (<https://Gfmc.Online/Literature/EUFOFINET-Fire-Glossary.Pdf>, n.d.).

Οι καταστροφές που προκαλούν οι δασικές πυρκαγιές είναι πολύ μεγάλες και το κόστος αντιμετώπισής τους επίσης είναι σημαντικό, η πρόληψη τους και η μείωση των πυρικών χαρακτηριστικών των πυρκαγιών θεωρείται ένας αποτελεσματικός και οικονομικά αποδεκτός τρόπος αντιμετώπισής τους. Η επίτευξη της μείωσης των καταστροφών από πυρκαγιές βασίζεται στην τροποποίηση δύο παραγόντων και συγκεκριμένα:

- α. στην αποτροπή έναρξης πυρκαγιάς και
- β. στην αποτροπή επέκτασής της.

Η αποτροπή έναρξης πυρκαγιάς επιδιώκεται με τη μείωση των πηγών έναρξης πυρκαγιών που είναι δυνατόν να:

- α. με την ενημέρωση του κοινού για τον ΚΠ

- β. σχετικές ρυθμιστικές διατάξεις για την καύση σε εξωτερικούς χώρους κατά τη θερινή περίοδο
- γ. την εφαρμογή μέτρων όπως είναι οι καθαρισμοί της βλάστησης κατά μήκος των σιδηροδρομικών γραμμών και οι καθαρισμοί της βλάστησης κατά μήκος των δρόμων.

Η αποτροπή επέκτασης των πυρκαγιών δύναται να επιτευχθεί:

- α. με τη δημιουργία αντιπυρικών ζωνών σε επιλεγμένες θέσεις και
- β. τη μείωση των πυρικών χαρακτηριστικών της φωτιάς μέσω της κατάλληλης τροποποίησης των δασικών καυσίμων ενταγμένης σε μια ολιστική διαχείριση πολλαπλών σκοπών των δασικών οικοσυστημάτων.

Η εφαρμογή ολοκληρωμένων σχεδίων διαχείρισης των δασών για την μείωση των καταστροφών από πυρκαγιές απαιτεί τον αναλυτικό προσδιορισμό του ΚΠ τόσο για μεγάλες περιοχές και μικρά χρονικά διαστήματα όσο και για κάθε δασική θέση (μέγεθος συστάδας ή και μικρότερο) και μικρά χρονικά διαστήματα. Οι παραπάνω αιτίες έχουν οδηγήσει στον ορισμό διαφόρων προσεγγίσεων ΚΠ για την αντιμετώπιση των πυρκαγιών.

Σημαντικότερη διάκριση μεταξύ των ΔΚΠ είναι αυτή σε σχέση με τον χρόνο πρόβλεψης και συγκεκριμένα διακρίνονται σε δείκτες:

- βραχυπρόθεσμης πρόβλεψης και
- μακροπρόθεσμης πρόβλεψης.

1.7.1. ΔΕΙΚΤΕΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ ΒΡΑΧΥΠΡΟΘΕΣΜΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ

Οι δείκτες βραχυπρόθεσμης πρόβλεψης δίνουν προβλέψεις για διάστημα ολίγων ημερών, και χρησιμοποιούνται για την ενημέρωση του κοινού και την προετοιμασία των πυροσβεστικών δυνάμεων ενόψει του επερχόμενου κινδύνου. Στην προσπάθεια των επιστημόνων για την εξεύρεση του καλύτερου συστήματος εκτίμησης κινδύνου πυρκαγιάς έχουν προταθεί διάφοροι δείκτες (Kaloudis et al., 2008; Zacharakis & Tsihrintzis, 2023). Ολοκληρωμένοι δείκτες βραχυπρόθεσμης πρόβλεψης είναι ο Καναδικός Δείκτης Κινδύνου Πυρκαγιάς (canadian forest fire danger rating system - CFFDRS) και αμερικανικός δείκτης κινδύνου πυρκαγιάς (national fire danger rating system - NFDRS).

Από δημοσιευμένες μελέτες προκύπτει ότι η χωρική πολυκριτηριακή μοντελοποίηση και αξιολόγηση του κινδύνου πυρκαγιάς είναι προτιμητέα για την ολοκληρωμένη αντιμετώπιση του ζητήματος, ενώ όταν υπάρχει συνδυασμός και με άλλες μεθόδους τότε τα αποτελέσματα είναι περισσότερο αποδοτικά και αποτελεσματικά (I et al., 2015).

Για την αποτελεσματικότερη διαχείριση του κινδύνου των δασικών πυρκαγιών έχουν επιστρατευτεί όλα τα σύγχρονα μέσα που διαθέτει η επιστήμη για την υιοθέτηση μιας ολοκληρωμένης χωρικής πολυκριτηριακής προσέγγισης ώστε να επιτευχθεί η μοντελοποίηση και αξιολόγηση του κινδύνου πυρκαγιάς (I et al., 2015). Χαρακτηριστικά αναφέρονται χρήση των τεχνολογιών Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων και της Τηλεπισκόπησης στη συλλογή, τη διαθεσιμότητα δεδομένων και την ολοκληρωμένη διαχείριση χωρικών και μη χωρικών δεδομένων για τη διαχείριση των κινδύνων από δασικές πυρκαγιές (I et al., 2015; Rabiei et al., 2022).

Μία υποκατηγορία ΔΚΠ είναι οι Δείκτες Κινδύνου Έναρξης Πυρκαγιάς (Wang & Anderson, 2010), για τον υπολογισμό τους έχουν αξιοποιηθεί τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών σε συνδυασμό με χρονικά δεδομένα, προκειμένου να υπάρχουν ασφαλείς προβλέψεις ανάφλεξης. Μελέτες αυτού του είδους έχουν λάβει χώρα στον Καναδά (Wang & Anderson, 2010), στις Η.Π.Α. (Νότια Καλιφόρνια, (Syphard et al., 2008), Μίσιγκαν (Bar Massada et al., 2013) Φλόριντα (B. W. Duncan et al., 2010; Genton et al., 2006). Παρόμοιες προσπάθειες έγιναν και στην Κίνα, στην περιοχή της Yunnan (Ye et al., 2017), στη Μογγολία (Zhang et al., 2010), αλλά και στην Ευρώπη. Συγκριμένα, ανάπτυξη παρόμοιων μοντέλων υπήρξε στην περιοχή της Ισπανίας και ειδικά στην περιοχή Cáceres (Sánchez Sánchez et al., 2018), στην κεντρική Ισπανία, (Romero-Calcerrada et al., a, b) αλλά και την Πορτογαλία (Catry et al., 2009).

Στη μελέτη εκτίμησης του Κινδύνου Πυρκαγιάς χρησιμοποιούνται και μεθοδολογίες της Τεχνητής Νοημοσύνης, όπως είναι τα Νευρωνικά Δίκτυα (ΝΔ). Τα συστήματα αυτά έχουν υιοθετηθεί από πολλές αναπτυγμένες χώρες που έχουν επενδύσει στην πρόληψη των πυρκαγιών σε δάση (Vasilakos et al., 2009). Επιπλέον, κατασκευάστηκαν μοντέλα με τη διερεύνηση των σχέσεων μεταξύ της θέσης/αιτίας ανάφλεξης και των τιμών των γεωγραφικών και περιβαλλοντικών μεταβλητών χρησιμοποιώντας λογιστική παλινδρόμηση και νευρωνικά δίκτυα (Perestrello De Vasconcelos et al., n.d.).

Σημαντικό ρόλο για την εκδήλωση μίας πυρκαγιάς έχουν οι κλιματικοί παράγοντες όπως η ξηρασία, η χαμηλή υγρασία, η μείωση της σχετικής υγρασίας, η αύξηση της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας και η μείωση των βροχοπτώσεων. Αφετέρου, η πολυπλοκότητα των φαινομένων και η έκταση των περιοχών που σχετίζονται με την εκδήλωση της πυρκαγιάς εμποδίζουν την πλήρη επιτόπια μελέτη των παραγόντων που σχετίζονται με αυτήν (Rabiei et al., 2022). Ως εκ τούτου, προκειμένου να κατατάσσονται οι δασικές περιοχές σε ζώνες κινδύνου πυρκαγιάς κατά τους μήνες υψηλού κινδύνου δύνανται να χρησιμοποιούνται μετεωρολογικά δεδομένα από μεγάλες χρονικές περιόδους (Rabiei et al., 2022).

Η κλιματική αλλαγή, θεωρείται ότι ασκεί σημαντική επίδραση στην αύξηση εκδήλωσης δασικών πυρκαγιών, χωρίς όμως να υπάρχει σαφής αιτιολόγηση και επιστημονικά πλήρως τεκμηριωμένη θεωρία. Διάφορα μοντέλα εκτίμησης κινδύνου πυρκαγιών έχουν εφαρμοστεί για την εκτίμηση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στον κίνδυνο των δασικών πυρκαγιών (Plucinski, 2012; Review et al., 2020).

Υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός Δεικτών Κινδύνου Πυρκαγιάς βραχυπρόθεσμης πρόβλεψης που δοκιμάζονται ή και εφαρμόζονται. Στη συνέχεια αναφέρονται μερικοί από τους προτεινόμενους δείκτες που εφαρμόζονται ή έχουν αξιολογηθεί σε διάφορες χώρες.

Στην περιοχή της Νέας Ζηλανδίας, η οποία εφαρμόζει τον Καναδικό δείκτη, τροποποιημένο στις συνθήκες της χώρας, παρακολουθείται καθημερινά ο κίνδυνος πυρκαγιάς λαμβάνοντας δεδομένα από πολλές περιοχές της χώρας και χρησιμοποιείται από την οικεία υπηρεσία που είναι επιφορτισμένη με την αξιολόγηση του κινδύνου πυρκαγιάς (Wellington, n.d.).

Στην Ευρώπη και στις επιμέρους χώρες υπάρχει διαστρωμάτωση των διαφόρων δεικτών κινδύνου πυρκαγιάς. Ξεκινώντας από τα βόρεια της Ευρώπης και συγκεκριμένα στην Σουηδία, αναπτύχθηκε ένα εργαλείο όπου περιλαμβάνει διαφορετικούς τύπους ακραίων φυσικών φαινομένων, πυρκαγιές, καύσωνες, ξηρασίες και πλημμύρες (Eriksson & Johansson, n.d.). Αξιολογείται η πιθανή αλληλεπίδραση αυτών των διαφορετικών φαινομένων και καταβάλλεται προσπάθεια συνδυασμού τους και προσδιορισμού των δεικτών κινδύνου πυρκαγιάς που είναι εφαρμόσιμοι στα δεδομένα της Σουηδίας. Οι τρέχουσες μέθοδοι εκτίμησης του κινδύνου πυρκαγιάς που χρησιμοποιούνται στη Σουηδία είναι το FWI (canadian forest fire weather index) για τον υπολογισμό του κινδύνου πυρκαγιάς σε δάση με βάση μετεωρολογικές παραμέτρους και το μοντέλο HBV

(hydrologiska byråns vattenbalansavdelning) για τον υπολογισμό του κινδύνου ανάφλεξης με βάση την υγρασία στο ανώτερο στρώμα του εδάφους (Eriksson & Johansson, n.d.).

Στη Βόρεια Ελβετία όπου το γεωγραφικό ανάγλυφο είναι κατά κανόνα ορεινό και λοφώδες, γεγονός που καθιστά τη χώρα δύσκολη ως προς την επιλογή του κατάλληλου δείκτη, αξιολογήθηκαν 14 δείκτες καιρού πυρκαγιάς, τεσσάρων μετεωρολογικών μεταβλητών και ενός μοντέλου λογιστικής παλινδρόμησης για την πρόβλεψη της εκδήλωσης πυρκαγιών για διάφορες περιοχές στο καντόνι της Βέρνης στη Βόρεια Ελβετία σε σχέση με ιστορικά αρχεία πυρκαγιών από το 1981 έως το 2020 (Steinfeld et al., n.d.). Διαπιστώθηκε ότι η απόδοση των δεικτών ποικίλει εποχιακά και κατά περιφέρεια. Κατά την εαρινή περίοδο (Μάρτιος- Μάιος) φαίνεται ότι ο канаδικός δείκτης Fine Fuel Moisture Content και άλλοι δείκτες που ανταποκρίνονται εύκολα στις καιρικές μεταβολές έχουν τις καλύτερες επιδόσεις, ενώ την περίοδο του καλοκαιριού (Ιούνιος - Αύγουστος) και του φθινοπώρου (Σεπτέμβριος -Νοέμβριος), ο канаδικός δείκτης συσσώρευσης και ο κώδικας ξηρασίας - δείκτες που περιγράφουν επίμονες θερμές και ξηρές συνθήκες - έχουν τις καλύτερες επιδόσεις (Steinfeld et al., n.d.).

Στην Σλοβακία, αξιολογήθηκαν οι μετεωρολογικοί παράγοντες που επηρέασαν την ανάφλεξη και τη διάδοση της πυρκαγιάς (θερμοκρασία αέρα, σχετική υγρασία, ταχύτητα ανέμου) ενώ ελήφθησαν υπόψη τρεις δείκτες καιρού δασικών πυρκαγιών (δείκτες Baumgartner, Angström και Nesterov) (Skvarenina et al., n.d.). Ως το πιο ευαίσθητο μέτρο πρόβλεψης του κινδύνου εκδήλωσης πυρκαγιάς φαίνεται να είναι ο δείκτης Angström. Ο συγκεκριμένος δείκτης επινοήθηκε στη Σουηδία και έχει χρησιμοποιηθεί σε όλη τη Σκανδιναβία (Langholz & Schmidtmayer, 1993). Η εκδήλωση των μεγάλων δασικών πυρκαγιών στη Σλοβακία έχει τεκμηριωθεί μέχρι στιγμής μόνο από τις τιμές των μετεωρολογικών παραμέτρων (θερμοκρασία αέρα, σχετική υγρασία, βροχόπτωση, ταχύτητα ανέμου κ.λπ.). Ωστόσο δεν έχουν υπολογιστεί ακόμη ειδικοί μετεωρολογικοί δείκτες κινδύνου πυρκαγιάς (Skvarenina et al., n.d.).

1.7.2. ΔΕΙΚΤΕΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ ΜΑΚΡΟΧΡΟΝΙΑΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ

Η μείωση του κινδύνου πυρκαγιών μέσω της τροποποίησης της δομής των συστάδων και της περιεχόμενης βιομάζας, με βάση την μοντελοποίηση της συμπεριφοράς των πυρκαγιών, απαιτεί την ακριβή γνώση του Κινδύνου Πυρκαγιάς σε κάθε δασική θέση για μεγάλο χρονικό διάστημα που κατ' ελάχιστο θα πρέπει να είναι ίσο με τον χρόνο

εφαρμογής του διαχειριστικού σχεδίου (10-20) έτη. Γενικά στον κίνδυνο πυρκαγιών θα πρέπει να συνυπολογίζονται οι απειλούμενες αξίες (μέγεθος και ευαισθησία στην πυρκαγιά) και η πιθανότητα να συμβεί μια καταστροφική πυρκαγιά με βάση τις τοπικές περιβαλλοντικές συνθήκες. Με βάση την παραπάνω συλλογιστική προτάθηκε ένας Δείκτης Κινδύνου Καταστροφών από Πυρκαγιές από τους (Kaloudis et al., 2005; Καλούδης, 2008), και ένα αντίστοιχο πλαίσιο Κινδύνου Πυρκαγιάς από τους (Chuvienco et al., 2023).

Στην εργασία αυτή χρησιμοποιείται ο Δείκτης Κινδύνου Καταστροφών από Πυρκαγιές για τον υπολογισμό του Κινδύνου Πυρκαγιάς στην περιοχή μελέτης που προτείνεται από τους (Kaloudis et al., 2005; Καλούδης, 2008).

1.8. ΔΑΣΙΚΑ ΚΑΥΣΙΜΑ

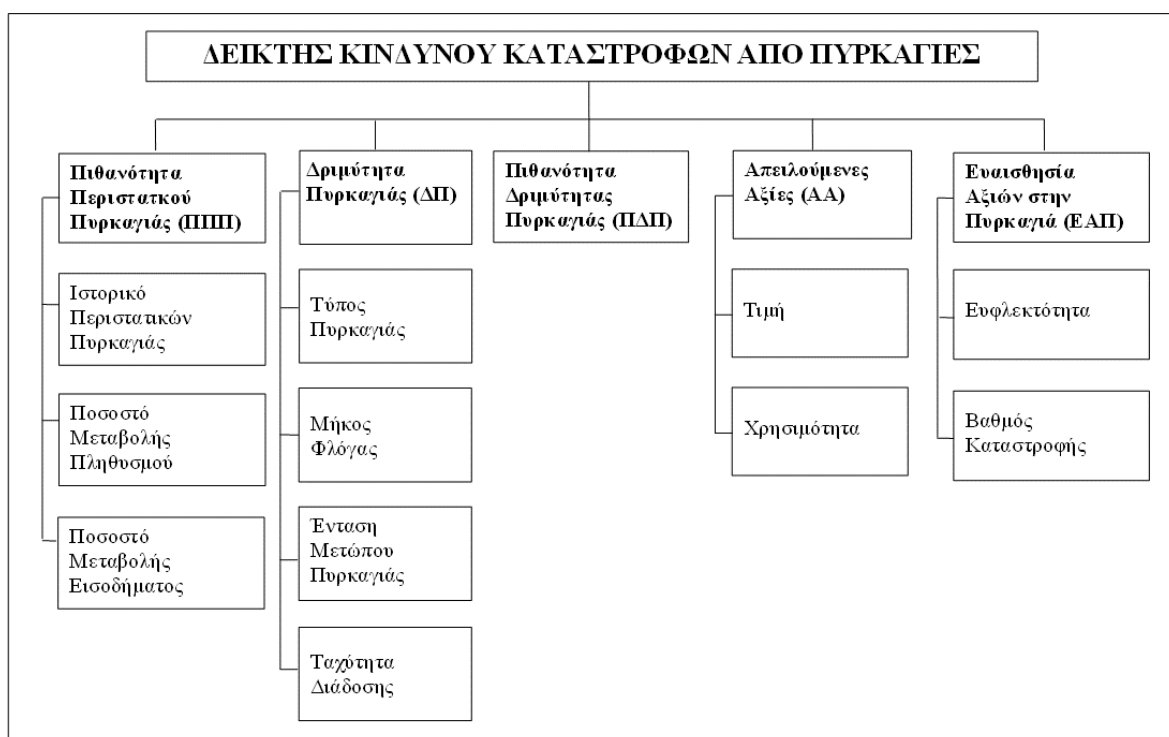
Όπως προαναφέρθηκε σε αρκετούς από τους διάφορους ανά την υφήλιο δείκτες τα καύσιμα αποτελούν βασική αιτία για την εκδήλωση πυρκαγιάς. Μελέτη που έλαβε χώρα στο Μεξικό διαπίστωσε ότι τα καύσιμα σωρεύονται διαχρονικά μέσω της επιφανειακής εναπόθεσης και της αποσύνθεσης εντός πευκοδασών (*Pinus jeffreyi* Balf). Ο ρυθμός αποσύνθεσης υπολειμμάτων πεύκου Jeffery ήταν 7% έως 11% ετησίως κατά την εξαετή περίοδο μελέτης που είναι μεταξύ των χαμηλότερων σε σύγκριση με άλλα δάση κωνοφόρων στη δυτική Βόρεια Αμερική (Fry et al., 2018). Ιστορικά, οι τοποθεσίες μελέτης καίγονται πολύ συχνά, με μέσο διάστημα επιστροφής της πυρκαγιάς μεταξύ 5 και 13 ετών (Stephens et al., 2010).

Στα μεσογειακά οικοσυστήματα και συγκεκριμένα στην Ελλάδα διαπιστώνουμε ότι στα χαμηλά πευκοδάση έχουμε μεγάλες πιθανότητες εκδήλωσης πυρκαγιάς. Το Πεύκο δίνει μεγάλες πυρκαγιές σε ένταση και έκταση (Mitsopoulos & Dimitrakopoulos, 2007).

Οι προσπάθειες που κατευθύνονται προς τη δημιουργία χαρτών με την καύσιμη ύλη που υπάρχει στα δασικά οικοσυστήματα μπορούν να βοηθήσουν τόσο την πρόληψη όσο και την αντιμετώπιση των πυρκαγιών. Μέσω της τεχνολογίας και των μέσων που διαθέτει είναι δυνατή η χαρτογράφηση των καυσίμων με τις γεωχωρικές τεχνικές παρεμβολής και με τη μέθοδο της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης παρέχεται εναλλακτική προσέγγιση της εκτίμησης του φορτίου καυσίμου στην επιφάνεια και τη χαρτογράφηση των δασών (Lin et al., 2021).

1.9. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ

Για την εκτίμηση του μακροπρόθεσμου Κινδύνου Πυρκαγιάς στην περιοχή μελέτης χρησιμοποιήθηκε ο Δείκτης Κινδύνου Καταστροφών από Πυρκαγιές των Kaloudis et al. 2005 και Καλούδης 2008 (Kaloudis et al., 2005; Καλούδης, 2008). Ο δείκτης αυτός υιοθετήθηκε επειδή αποτελεί μία ολοκληρωμένη μέθοδο εκτίμησης ΚΚΠ και έχει ήδη δοκιμαστεί σε αντίστοιχα δάση χαλεπίου Πεύκης στη Β. Εύβοια (Καλούδης, 2008) (Σχήμα 1.9.1). Ο δείκτης αυτός λαμβάνει υπόψη του τις ακόλουθες παραμέτρους:



Σχήμα 1.9.1 Εννοιολογική δομή του Δείκτη Κίνδυνου Καταστροφών από Πυρκαγιές. Πηγή: (Καλούδης, 2008).

- **Πιθανότητα Περιστατικού Πυρκαγιάς (ΠΠΠ)**, δηλαδή η πιθανότητα για την έναρξη πυρκαγιάς.
- **Δριμύτητα Πυρκαγιάς (ΔΠ)**, δηλαδή η καταστροφική ικανότητα της πυρκαγιάς και η δυσκολία κατάσβεσής της. Η παράμετρος αυτή εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά της πυρκαγιάς.
- **Πιθανότητα Δριμύτητας Πυρκαγιάς (ΠΔΠ)**, δηλαδή το ενδεχόμενο πυρκαγιάς μιας δεδομένης δριμύτητας.
- **Απειλούμενες Αξίες (ΑΑ)**, δηλαδή οι δασικές και μη δασικές αξίες που κινδυνεύουν να καταστραφούν από πυρκαγιά.

- **Ευαισθησία Αξιών στην Πυρκαγιά (ΕΑΠ)**, δηλαδή η ευαισθησία των απειλούμενων αξιών σε καταστροφή από πυρκαγιά.

Στην παρούσα εργασία οι τιμές του παραπάνω δείκτη υπολογίστηκαν όπως αναλύεται στη συνέχεια:

- Η ΠΠΠ (**Πιθανότητα Περιστατικού Πυρκαγιάς**), υπολογίστηκε με βάση τη μέση καμένη έκταση ανά περιστατικό πυρκαγιάς. Χρησιμοποιήθηκαν οι ακόλουθες υποθέσεις α) όλες οι δασικές και χορτολιβαδικές εκτάσεις διατρέχουν τον ίδιο κίνδυνο να καταστραφούν από φωτιά β) το μέσο ετήσιο πλήθος πυρκαγιών και η μέση καμένη έκταση ανά πυρκαγιά θα παραμείνουν σταθερά στη διάρκεια των επόμενων ετών και γ) οι μεταβολές στον ανθρώπινο πληθυσμό και οι μεταβολές στις οικονομικές και κοινωνικές συνθήκες δεν θα επηρεάσουν τον Κίνδυνο Καταστροφής από Πυρκαγιάς μεσοπρόθεσμα.

Η εξειδίκευση του ΚΠ στις διάφορες θέσεις της περιοχής μελέτης που οφείλονται στη γειτνίαση τους με άλλες περιοχές, τις περιεχόμενες αξίες και την ευαισθησία αυτών στην πυρκαγιά βασίστηκε στις παραμέτρους και την κωδικοποίησή τους που δίδονται στους Πίνακες 1.9.1., 1.9.2. και 1.9.3.

Ειδικότερα, Απειλούμενες Αξίες (AA), Values In Threads, δηλαδή οι δασικές και μη δασικές αξίες που κινδυνεύουν να καταστραφούν από πυρκαγιά εκτιμήθηκαν με βάση την εδαφοκάλυψη των χαρτών του Corine 2018 και κωδικοποιήθηκαν όπως δίδεται στους Πίνακες 1.9.1 και 1.9.2.

Η Ευαισθησία Αξιών στην Πυρκαγιά (ΕΑΠ), Values Fire Sensitivity, δηλαδή η ευαισθησία των απειλούμενων αξιών σε καταστροφή από πυρκαγιά κωδικοποιήθηκαν όπως δίδεται στον Πίνακες 1.9.1 και 1.9.2

- Η **Δριμύτητα Πυρκαγιάς (ΔΠ)**, καθώς και η **Πιθανότητα Δριμύτητας Πυρκαγιάς (ΠΔΠ)**, δεν υπολογίστηκαν αναλυτικά εξαιτίας του μεγάλου όγκου δεδομένων που απαιτούνται. Αντί αυτού χρησιμοποιήθηκε ένα ακραίο σενάριο πυρκαγιάς ώστε να εκτιμηθεί μια πιθανή αλλά ακραία κατάσταση ΔΠ και με βάση αυτό το σενάριο πραγματοποιήθηκε ο σχεδιασμός των μέτρων σε ό,τι αφορά στη ΔΠ .

Ακραίο σενάριο πυρκαγιάς στην περιοχή μελέτης.

- **Γενική κατάσταση**

- Χρόνος: μήνας Αύγουστος 13/8/20XX
- Διαθέσιμες πυροσβεστικές δυνάμεις: Υπάρχουν πολλές πυρκαγιές σε όλη τη χώρα που δεν επιτρέπουν τη μαζική μεταφορά πυροσβεστικών δυνάμεων από άλλες περιοχές.
- **Έναρξη περιστατικού πυρκαγιάς**
 - Η ενημέρωση για το περιστατικό πυρκαγιάς προέρχεται από πολίτη τηλεφωνικά με δηλωμένα στοιχεία και ώρα ενημέρωσης ώρα 12.30 μμ.
 - Μετά την επιβεβαίωση της πληροφορίας και τη διαπίστωση της ακριβούς θέσης της πυρκαγιάς από εναέρια μέσα (drone) ακολουθεί κινητοποίηση των διαθέσιμων μέσων που είναι πλησιέστερα στην πυρκαγιά και ενημέρωση των συναρμόδιων Υπηρεσιών.
 - Η αιτία έναρξης της πυρκαγιάς παραμένει άγνωστη.
- **Επικρατούσες τοπικές μετεωρολογικές συνθήκες:**
 - Θερμοκρασία: η θερμοκρασία την ώρα εντοπισμού της πυρκαγιάς ανέρχεται σε 37 °C και αναμένεται να ανέλθει σε 40 °C με την αναμενόμενη ελάχιστη σε 32 °C
 - Σχετική υγρασία: Κατά τη διάρκεια της ημέρας 20%
 - Μέση ταχύτητα ανέμου: 70 Km/h, 8 Bft
 - Κατεύθυνση ανέμου: S, SE
 - Διάρκεια ξηρασίας πριν την πυρκαγιά: 40 ημέρες
 - Πρόβλεψη καιρού: Συνέχιση των ίδιων καιρικών συνθηκών για δύο ακόμη ημέρες, μετά αλλαγή των ανέμων σε ΝΑ.
- **Ανάγλυφο απειλούμενης περιοχής**
 - Υψόμετρο από 0 μ έως 600 μ
 - Κλίσεις: Έντονες κλίσεις ανάγλυφου από 0% έως 80%
 - Εκθέσεις ανάγλυφου: Διάφορες
- **Γενική περιγραφή απειλούμενης περιοχής**
 - Έκταση καλυπτόμενη κυρίως από πεύκο (*Pinus halepensis*) με αυξημένη συσσώρευση ξηρής βιομάζας στον ανώροφο, μεσόροφο και στο έδαφος λόγω φτωχής διαχείρισης.

- Η απειλούμενη περιοχή περιλαμβάνει κατοικημένες περιοχές, αγροτικές εκτάσεις και βιομηχανικές - εμπορικές εγκαταστάσεις. Οι περισσότεροι οικισμοί περικλείονται από το δάσος.
- **Συνθήκες καύσης**
 - Τύπος βλάστησης: η πυρκαγιά εξελίσσεται σε υψηλό πευκοδάσος με πυκνή βλάστηση και σημαντική ποσότητα καύσιμης ύλης στον υπόροφο.
 - Τύπος πυρκαγιάς: η πυρκαγιά είναι ενεργητική επικόρυφη με μεγάλο μήκος φλόγας που υπερβαίνει τα 20 μέτρα.
 - Εκτιμώμενη ταχύτητα πυρκαγιάς: 7,5 km/h.
- **Διαθέσιμα μέσα**
 - Τα περισσότερα εναέρια πυροσβεστικά μέσα (αεροπλάνα) δεν μπορούν να προσφέρουν υπηρεσίες λόγω του υψηλού κυματισμού στη θάλασσα (ισχυροί άνεμοι).
 - Μπορούν να συμμετέχουν ελικόπτερα
 - Διατίθενται στην αρχική φάση 8 πυροσβεστικά οχήματα με 32 άτομα προσωπικό, εθελοντές και μικρές τοπικές δυνάμεις της αστυνομίας.

Πίνακας 1.9.1 Κωδικοποίηση παραμέτρων Κ.Κ.Π.

	Παράμετρος	Συντομογραφία
Απειλούμενες Αξίες (ΑΑ)	Values In Threads	V.I.T
Ευαισθησία Αξιών στην Πυρκαγιά (ΕΑΠ)	Values Fire Sensitivity	V.F.S
Δριμύτητα Πυρκαγιάς (ΔΠ)	Fire Severity	F.S
Κίνδυνος έναρξης Πυρκαγιάς	Fire Risk Ignition	F.R.I.

Ως προς την απόδοση τιμών στις παραμέτρους του Πίνακα 1.9.1 χρησιμοποιήθηκε πενταβάθμια ποιοτική κλίμακα και στη συνέχεια αντιστοιχήθηκαν αριθμητικές τιμές που δίδονται στον Πίνακα 1.9.2.

Για την εκτίμηση των παραμέτρων του Δ.Κ.Κ.Π. στην περιοχή μελέτης εφαρμόστηκε η παραπάνω κωδικοποίηση και βαθμονόμηση σε συνδυασμό με τον χάρτη εδαφοκάλυψης του Corine (Πίνακας 1.9.3).

Πίνακας 1.9.2 Απόδοση τιμών στις παραμέτρους

Ποιοτική αξία	Τιμή
Very High (VH)	5
High (H)	4
Average (A)	3
Low (L)	2
Very Low (VL)	1
Zero (Z)	0

Επικουρικά για την εκτίμηση του Κινδύνου Πυρκαγιάς λήφθηκαν υπόψη και οι προδιαγραφές του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας σχετικά με το αντιπυρικό σχέδιο (<https://diavgeia.gov.gr>, n.d.) όπως δίδεται στον ακόλουθο Πίνακα 1.9.4:

Πίνακας 1.9.3 Βαθμονόμηση παραμέτρων Δ.Κ.Κ.Π. σε σχέση με τον κίνδυνο πυρκαγιάς.

Πρώτο επίπεδο	Δεύτερο επίπεδο	Τρίτο επίπεδο	V.I.T*	V.F.S*	F.S*	FRI*
1. Τεχνητές επιφάνειες	1.1 Αστικός ιστός	1.1.1 Συνεχής αστικός ιστός	VH	H	H	H
		1.1.2 Ασυνεχής αστικός ιστός	VH	VH	H	VH
	1.2 Βιομηχανικές-εμπορικές ζώνες και δίκτυα μεταφορών	1.2.1 Βιομηχανικές και εμπορικές ζώνες	VH	VH	VH	VH
		1.2.2 Οδικά και σιδηροδρομικά δίκτυα	H	H	A	H
		1.2.4 Αεροδρόμια	VH	VH	A	A
	1.3 Ορυχεία, χώροι απορρίψεως απορριμμάτων και χώροι οικοδόμησης	1.3.1 Χώροι εξορύξεως ορυκτών	H	L	A	H
		1.4 Τεχνητές μη γεωργικές	1.4.1 Περιοχές αστικού πρασίνου	VH	H	H

Πρώτο επίπεδο	Δεύτερο επίπεδο	Τρίτο επίπεδο	V.I.T*	V.F.S*	F.S*	F.R.I.*
	ζώνες πράσινου	1.4.2 Εγκαταστάσεις αθλητισμού και αναψυχής	VH	H	H	H
2. Γεωργικές περιοχές	2.1 Αρόσιμη γη	2.1.1 Μη αρδευόμενη αρόσιμη γη	H	VH	L	H
		2.2.1 Αμπελώνες	VH	VH	A	A
	2.2 Μόνιμες καλλιέργειες	2.2.3 Ελαιώνες	VH	VH	H	A
		2.3 Λιβάδια	2.3.1 Λιβάδια	L	L	A
	2.4 Ετερογενείς γεωργικές περιοχές	2.4.2 Σύνθετες καλλιέργειες	H	VH	A	A
		2.4.3 Γη που χρησιμοποιείται κυρίως για γεωργία μαζί με σημαντικά τμήματα φυσικής βλάστησης	H	VH	A	A
		3.1 Δάση	3.1.1 Δάσος πλατύφυλλων	H	VH	H
	3.1.2 Δάσος κωνοφόρων		H	VH	VH	H
	3.1.3 Μικτό δάσος		H	VH	H	H
	3. Δάση και ημι-φυσικές περιοχές	3.2 Συνδυασμοί θαμνώδους ή/και ποώδους βλάστησης	3.2.1 Φυσικοί βοσκότοποι	L	VH	L
3.2.3 Σκληροφυλλική βλάστηση			A	VH	A	H
3.2.4 Μεταβατικές δασώδεις και θαμνώδεις εκτάσεις			H	VH	H	H
3.3 Ανοιχτοί χώροι με λίγη ή καθόλου βλάστηση	3.3.3 Εκτάσεις με αραιή βλάστηση	L	H	L	L	
	3.3.4 Αποτεφρωμένες εκτάσεις	Z	VH	Z	Z	
4. Υγρότοποι	4.1 Υγρότοποι ενδοχώρας	4.1.1 Βάλτοι στην ενδοχώρα	L	L	L	L
5. Υδάτινες επιφάνειες	5.1 Χερσαία ύδατα	5.1.2 Επιφάνειες στάσιμου ύδατος	Z	Z	Z	Z

V.I.T* = Values In Threads, V.F.S*= Values Fire Sensitivity, F.S*= Fire Severity, F.R.I.*= Fire Risk Ignition

Πίνακας 1.9.4 Κατάταξη ευφλεκτότητας και καυσιμότητας ανάλογα με την πυκνότητα βλάστησης (συγκόμωση), την ύπαρξη ή μη υπορόφου και το υψόμετρο (Πηγή: <https://diavgeia.gov.gr>, n.d)

Βλάστηση	Πυκνότητα	Υπόροφος	Υψόμετρο	Ευφλεκτότητα	Καυσιμότητα
Κωνοφόρα	<40%	Ναι	0-600	9	8
Κωνοφόρα	40-70%	Ναι	0-600	10	10
Κωνοφόρα	>70%	-	0-600	9	10
Κωνοφόρα	<40%	Ναι	600-1200	6	8
Κωνοφόρα	40-70%	Ναι	600-1200	8	9
Κωνοφόρα	>70%	Όχι	600-1200	7	9
Κωνοφόρα	Όλες	Ναι / Όχι	>1200	3	7
Πλατύφυλλα	<40%	Ναι	0-600	4	6
Πλατύφυλλα	40-70%	Ναι	0-600	5	7
Πλατύφυλλα	>70%	-	0-600	4	7
Πλατύφυλλα	<40%	Ναι	600-1200	3	4
Πλατύφυλλα	40-70%	Ναι	600-1200	4	5
Πλατύφυλλα	>70%	-	600-1200	4	5
Πλατύφυλλα	Όλες	Ναι/Όχι	>1200	1	3
Μικτά (Κων. Πλατ.)	<40%	Ναι	0-600	5	6
Μικτά (Κων. Πλατ.)	40-70%	Ναι	0-600	6	7
Μικτά (Κων. Πλατ.)	>70%	Όχι	0-600	6	7
Μικτά (Κων. Πλατ.)	<40%	Ναι	600-1200	4	3
Μικτά (Κων. Πλατ.)	40-70%	Ναι	600-1200	5	3
Μικτά (Κων. Πλατ.)	>70%	-	600-1200	5	3
Μικτά (Κων. Πλατ.)	Όλες	Ναι / Όχι	>1200	2	3
Θάμνοι	<40%	-	0-600	7	6
Θάμνοι	40-70%	-	0-600	8	7

Βλάστηση	Πυκνότητα	Υπόροφος	Υψόμετρο	Ευφλεκτότητα	Καυσιμότητα
Θάμνοι	>70%	-	0-600	9	8
Θάμνοι	<40%	-	600-1200	6	5
Θάμνοι	40-70%	-	600-1200	7	6
Θάμνοι	>70%	-	600-1200	8	7
Θάμνοι	Όλες	-	>1200	2	3
Βοσκότοποι με διάκενα	<40%	-	0-600	3	3
Βοσκότοποι με διάκενα	40-70%	-	0-600	4	4
Βοσκότοποι με διάκενα	>70%	-	0-600	5	5
Βοσκότοποι με διάκενα	<40%	-	600-1200	2	2
Βοσκότοποι με διάκενα	40-70%	-	600-1200	3	3
Βοσκότοποι με διάκενα	>70%	-	600-1200	4	4
Βοσκότοποι με διάκενα	Όλες	-	>1200	1	2
Ελαιώνες, αμπελώνες καθαρισμένοι	Όλες	Όχι (χόρτα)		1	2
Ελαιώνες όχι καθαρισμένοι	Όλες	Ναι (χόρτα)		7	6
Αμπελώνες όχι καθαρισμένοι	Όλες	Ναι (χόρτα)		6	4
Σιτηρά (αθήριστα)		Ναι (χόρτα)		7	5
Σιτηρά (καλαμιές)		-		4	2
Λοιπές γεωργικές καλλιέργειες		-		1	2

1.10. ΥΛΙΚΑ

Για την υλοποίηση της παρούσας εργασίας χρησιμοποιήθηκαν: α) το λογισμικό Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών ArcMap β) οι ορθοφωτοχάρτες της περιοχής μελέτης (φωτοληψίας 2014-2016, pixel 25x25cm) που παραχωρήθηκαν από το Ν.Π.Δ.Δ. “Ελληνικό Κτηματολόγιο”. Επίσης χρησιμοποιήθηκαν τα θεματικά επίπεδα πληροφορίας που δίδονται στον Πίνακα 1.10.1.

Πίνακας 1.10.1 Κατάλογος θεματικών αρχείων.

Θεματικό Επίπεδο	Τύπος	Πηγή Προέλευσης
Χρήσεις γης	Πολύγωνα	Copernicus
Περιοχές Natura 2000	Πολύγωνα	Ανοιχτά δεδομένα
Οδικό δίκτυο	Γραμμές	Ανοιχτά δεδομένα
Όρια καμένης έκτασης	Πολύγωνα	European Forest Fire Information System
Ρεύματα	Γραμμές	Δημιουργήθηκαν

Κεφάλαιο 2: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στη συνέχεια του Κεφαλαίου αυτού δίδονται τα αποτελέσματα από την επεξεργασία των δεδομένων σχετικά: α) Με την εκτίμηση του Κινδύνου Πυρκαγιάς στην περιοχή μελέτης και β) τα προτεινόμενα μέτρα μείωσης του Κινδύνου Πυρκαγιάς, τόσο σε ό,τι αφορά την προστασία, κυρίως, των δασικών οικοσυστημάτων, όσο και σε ό,τι αφορά την προστασία των οικισμών και βιοτεχνικών-βιομηχανικών και εμπορικών περιοχών. Επίσης δίδονται προτάσεις για την προστασία μεμονωμένων κατοικιών ή εγκαταστάσεων κοινής ωφέλειας και για την γενική διαχείριση των δασών της περιοχής μελέτης.

2.1 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ

Για την εκτίμηση του ΚΠ χρησιμοποιήθηκε ο Δείκτης Κινδύνου Πυρκαγιάς που προτάθηκε από τους Kaloudis et al. (Kaloudis et al., 2005) όπως περιγράφεται στο Κεφάλαιο 1 προσαρμοσμένος στα διαθέσιμα δεδομένα.

Ειδικότερα, υπολογίστηκαν τα παρακάτω δύο στοιχεία του Δείκτη Κινδύνου Πυρκαγιάς:

1. Η Πιθανότητα Περιστατικού Πυρκαγιάς με βάση ιστορικά δεδομένα και
2. Η συνδυαστική επίδραση των παραμέτρων: Δριμύτητα Πυρκαγιάς, Πιθανότητα Δριμύτητα Πυρκαγιάς, Απειλούμενες Αξίες, Ευαισθησία των Αξιών στην Πυρκαγιά.

Αναλυτικότερα:

- Ως Πιθανότητα Περιστατικού Πυρκαγιάς υπολογίστηκε στην εργασία αυτή, η Πιθανότητα Καταστροφής από Πυρκαγιά (ΠΚΠ) μιας έκτασης. Ο Δείκτης αυτός θεωρείται πληρέστερος σε σχέση με την ΠΠΠ επειδή λαμβάνει υπόψη την ετήσια συνολική καμένη έκταση και όχι απλά το ενδεχόμενο έναρξης πυρκαγιάς. Συγκεκριμένα, η ετήσια καμένη έκταση (ΕΚΕ) των δασικών και λιβαδικών εκτάσεων στην Αττική διαιρέθηκε με τη συνολική έκταση αυτών των κατηγοριών εδαφοκάλυψης στην Αττική (Ε), με βάση τα υπάρχοντα δεδομένα (Υποκεφάλαια 1.3. Περιοχή μελέτης και Πίνακας 1.3.1.1.), καθώς και δεδομένα από την πυροσβεστική υπηρεσία για τις πυρκαγιές της περιόδου 2011-2021. Για τον υπολογισμό του Κινδύνου Πυρκαγιάς θεωρούμε ότι η ίδια έκταση δεν μπορεί να καεί μέσα το ίδιο έτος πάνω από μία φορά. Αναλυτικότερα χρησιμοποιήθηκε η σχέση (1)

$$\text{ΠΚΠ} = \frac{\text{ΕΚΕ}}{\text{Ε}} \quad (1)$$

Όπου:

ΠΚΠ = Πιθανότητα Καταστροφής από Πυρκαγιά

ΕΚΕ = Ετήσια Καμένη Έκταση (ha)

Ε = Συνολική εδαφοκάλυψη (ha)

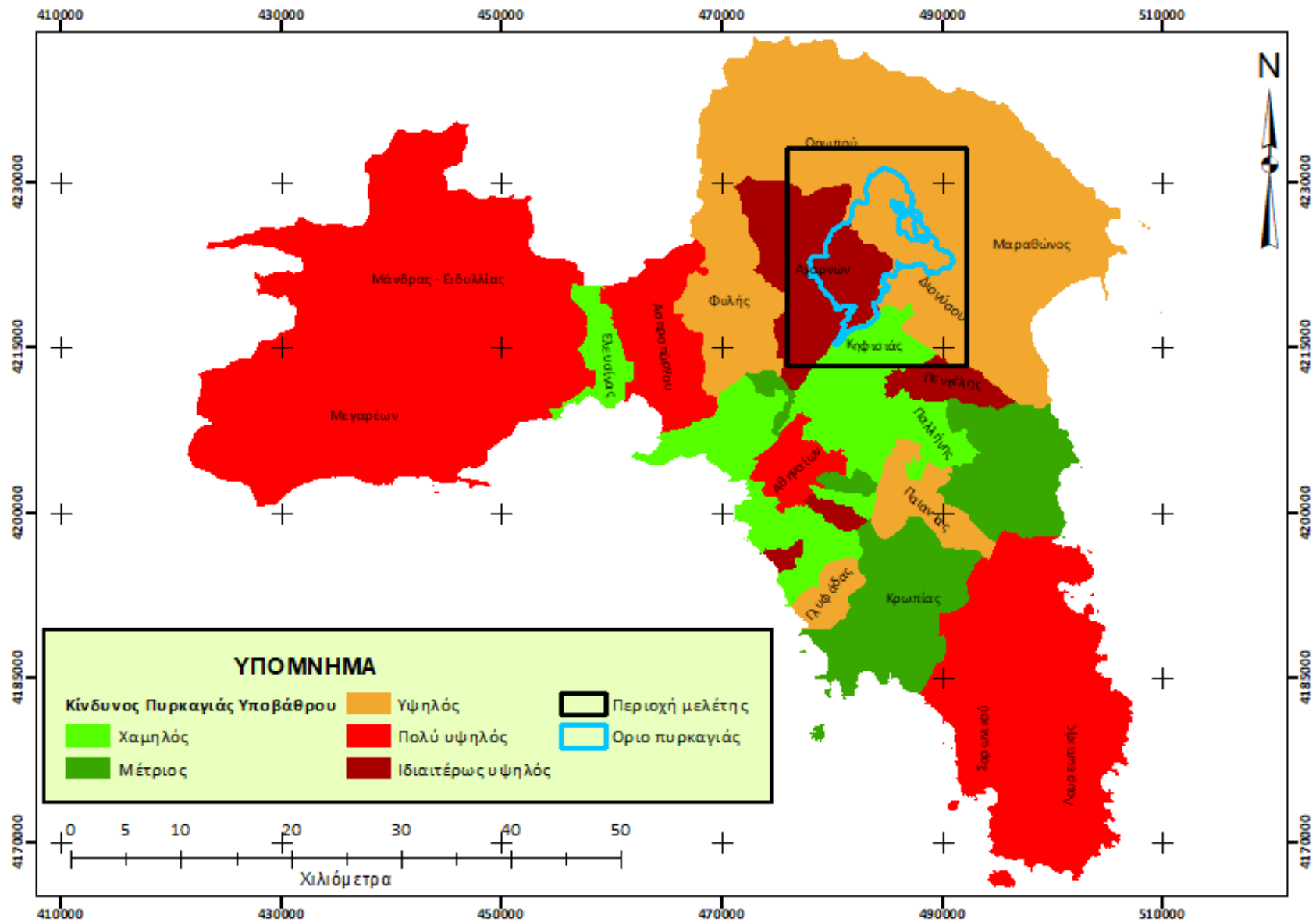
Από τη σχέση (1) προέκυψε ότι η ΠΚΠ για την Αττική με εξαίρεση τον Πειραιά τα νησιά της Αττικής είναι 0,0225355. Επειδή ο σχεδιασμός της διαχείρισης των δασών, συνήθως, πραγματοποιείται με ορίζοντα τη δεκαετία το ενδεχόμενο να καεί μια δασική - χορτολιβαδική έκταση για χρονικό διάστημα μιας δεκαετίας στην Αττική είναι 0,225. Από τα παραπάνω προκύπτει ότι σε διάστημα 44,5 έτη θα έχουν καεί όλες οι εκτάσεις αυτών των κατηγοριών στην Αττική, εφόσον δεν ληφθούν επιπλέον μέτρα. Ακριβέστερα θα έχει καεί έκταση ίση με το εμβαδόν αυτών των εκτάσεων στην Αττική αλλά ενδέχεται να υπάρχουν θέσεις που θα καούν περισσότερες από μία φορές και άλλες θέσεις να μην καούν καθόλου. Ο παραπάνω Δείκτης λαμβάνεται ως σταθερός ΚΠ Υποβάθρου για όλες τις δασικές και λιβαδικές εκτάσεις της περιοχής μελέτης. Στο Σχήμα 2.1.1. δίδεται ο αντίστοιχος Χάρτης της ΠΚΠ για τους Δήμους της Αττικής, εκτός από τον Πειραιά και τα νησιά, επειδή έχουν περισσότερο νησιωτικό χαρακτήρα. Η ΠΚΠ υπολογίστηκε από τη Σχέση 1 με βάση τον ετήσιο μέσο όρο του συνόλου των καμένων εκτάσεων ανά δήμο, για την περίοδο 2011-2021, διαιρεμένο με τη συνολική έκταση κάθε δήμου.

Ο προσδιορισμός του ΚΠ από τη συνδυαστική επίδραση των διαφόρων παραμέτρων (Υποκεφάλαιο 1.9) βασίστηκε στις τιμές των παραμέτρων του Πίνακα 1.9.3 αφού λήφθηκε υπόψη και ο Πίνακας 1.9.4 με βάση στη σχέση (2):

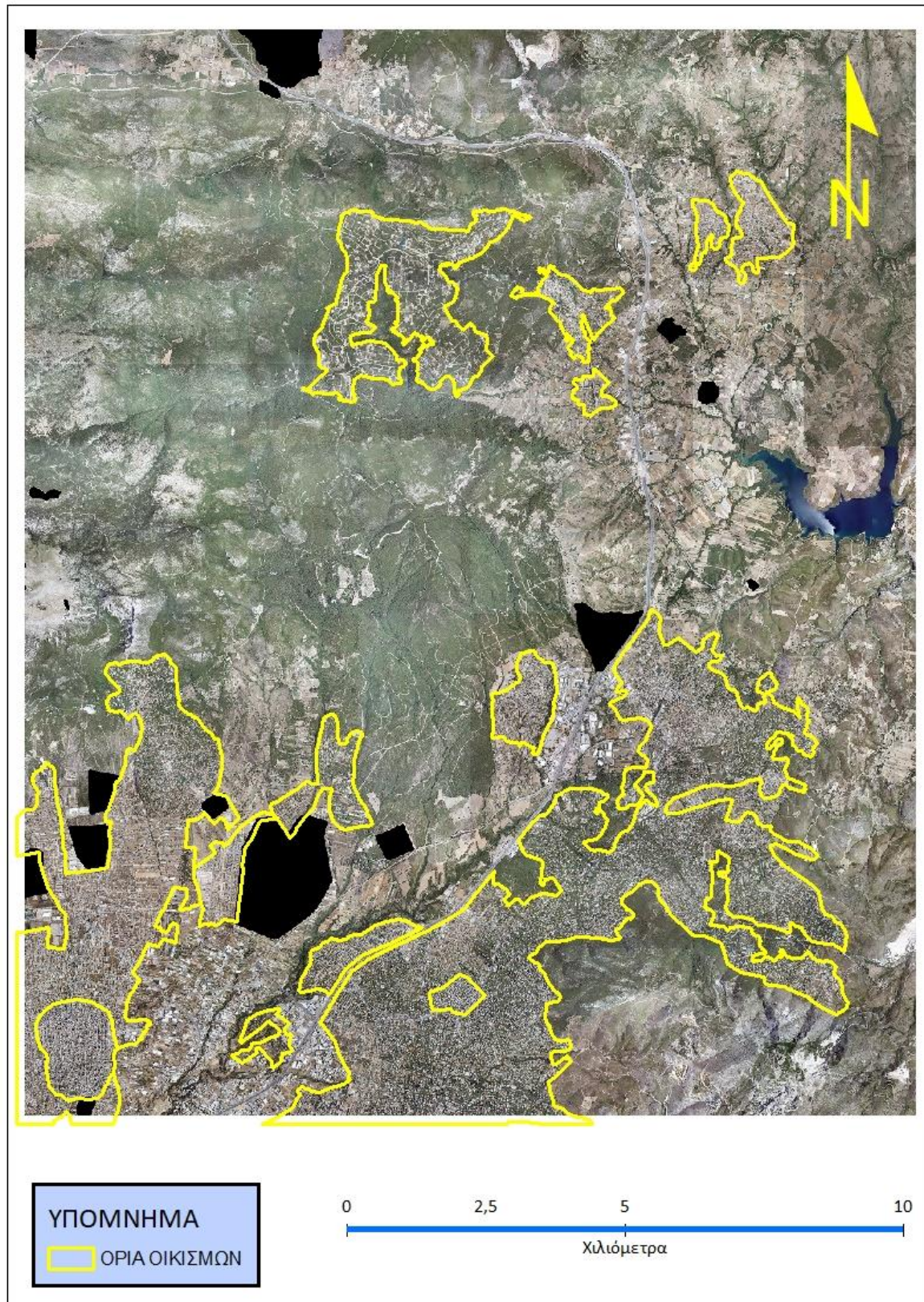
$$FR = V.I.T. \times V.F.S. \times F.S. \times F.R.I. \times W_i \quad (2)$$

Όπου: FR=Fire Risk, V.I.T = Values In Threads, V.F.S = Values Fire Sensitivity, F.S = Fire Severity, F.R.I. = Fire Risk Ignition, W_i = Weight coefficient.

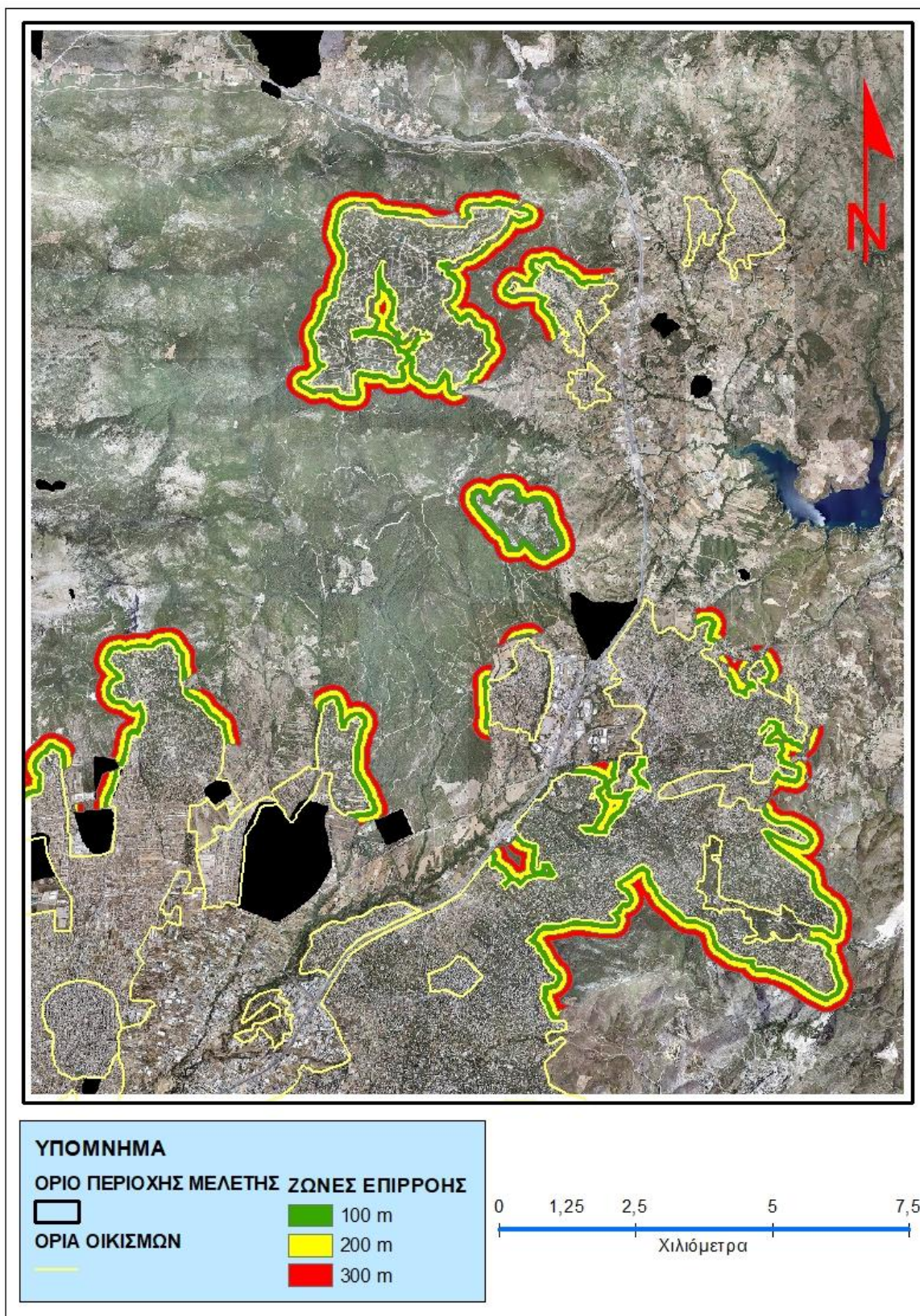
Ειδικότερα, οι τιμές των απειλούμενων αξιών (V.I.T) και η ευαισθησία τους στην πυρκαγιά (V.F.S.) προσδιορίστηκαν από τον χάρτη εδαφοκάλυψης του Corine πριν την πυρκαγιά του



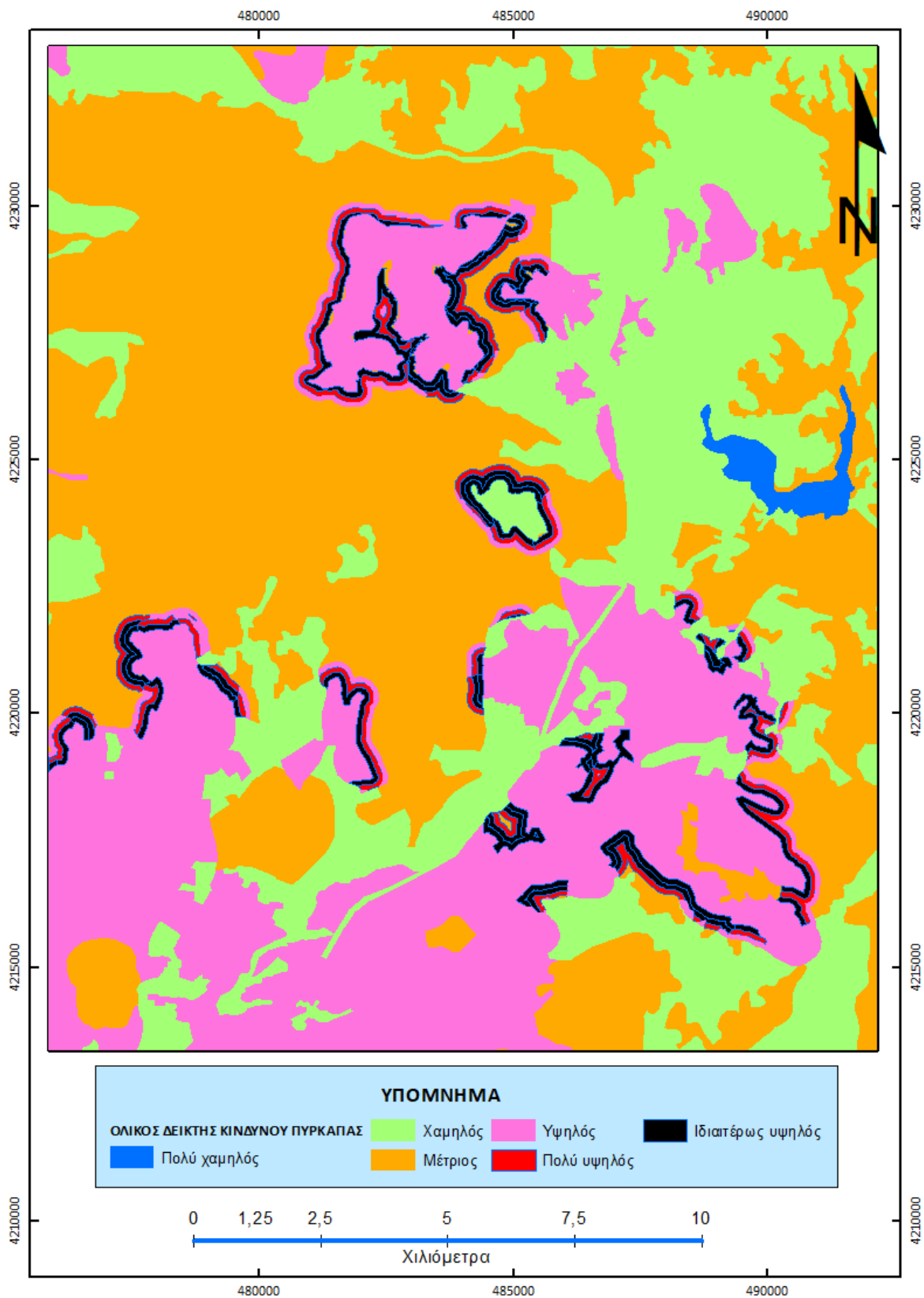
Σχήμα 2.1.1 Χάρτης Κινδύνου Πυρκαγιάς Υποβάθρου στην Αττική εκτός Πειραιά και νήσων.



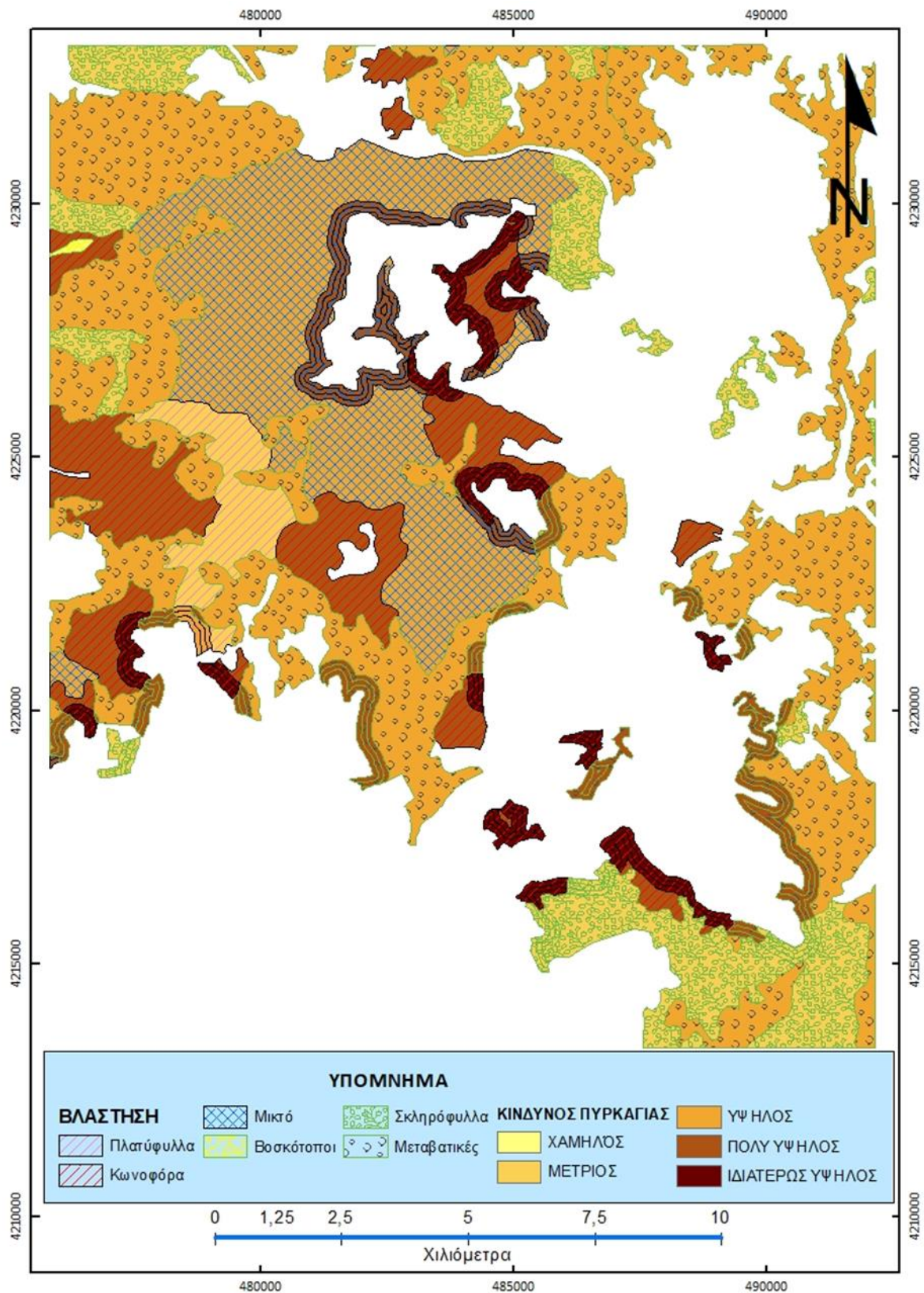
Σχήμα 2.1.2 Χάρτης οικισμών της περιοχής μελέτης



Σχήμα 2.1.3 Χάρτης ζωνών επιρροής μεταξύ οικιστικών περιοχών και δασικών εκτάσεων



Σχήμα 2.1.4 Χάρτης κινδύνου πυρκαγιάς της περιοχής μελέτης.



Σχήμα 2.1.5 Χάρτης κινδύνου πυρκαγιάς των δασικών εκτάσεων της περιοχής μελέτης.

Αυγούστου του έτους 2021 (Σχήμα 1.4.1) και λήφθηκε υπόψη η σημερινή κατάσταση μετά την πυρκαγιά με βάση επιτόπιες παρατηρήσεις.

Κατά τον υπολογισμό των απειλούμενων αξιών ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στην προστασία των οικισμών τα όρια των οποίων δίδονται στο (Σχήμα 2.1.2). Ειδικά στις θέσεις που το δάσος γειτνιάζει με οικισμούς δημιουργήθηκαν γύρω από αυτούς τρεις ζώνες στα σημεία επαφής με το δάσος με αντίστοιχα πλάτη: α) Ζώνη 100 (0 έως 100) m, β) Ζώνη 200 (100+ έως 200) m και γ) Ζώνη 300 (200+ έως 300) m (Σχήμα 2.1.3). Για τις ζώνες αυτές χρησιμοποιήθηκε Συντελεστής Βαρύτητας (Wi) που έλαβε τις τιμές 1,25, 1,20 και 1,15 αντίστοιχα και την τιμή 1,00 για όλες τις άλλες θέσεις. Η αποδιδόμενη βαρύτητα στις ζώνες αυτές αντιπροσωπεύει την ιδιαίτερη σημασία των ζωνών αυτών σχετικά με τον κίνδυνο έναρξης πυρκαγιάς, λόγω της γειτνίασης με την κατοικημένη περιοχή, και αντίστροφα την απειλή που συνιστά για τον οικισμό η μεταφορά πυρκαγιάς από άλλη θέση προς τον οικισμό μέσω των ζωνών αυτών.

Τα πυρικά χαρακτηριστικά της φωτιάς (F.S.) εκτιμήθηκαν με βάση το ακραίο σενάριο πυρκαγιάς που αναφέρεται στο Υποκεφάλαιο 1.3. Ειδικά, για το ύψος της φλόγας με βάση το οποίο εκτιμάται και η ασφαλής απόσταση από το μέτωπο Πυρκαγιάς λήφθηκε ίσο με 20 μέτρα.

Με βάση την παραπάνω περιγραφόμενη διαδικασία υπολογίστηκαν, με τη χρήση του ArcMap, ο συνολικός ΔΚ για την όλη την περιοχή μελέτης που δίδεται στο Σχήμα 2.1.4 και ειδικά για τις δασικές εκτάσεις δίδεται στο Σχήμα 2.1.5.

2.2 ΜΕΤΡΑ ΜΕΙΩΣΗΣ ΤΟΥ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΩΝ ΑΠΟ ΠΥΡΚΑΓΙΕΣ

Γενικά η περιοχή μελέτης από τα στοιχεία που αναλύθηκαν διατρέχει σημαντικό κίνδυνο από πυρκαγιές, ειδικά επειδή αποτελεί κλασικό παράδειγμα μίξης δάσους και οικισμών για τα ελληνικά περιαστικά δάση. Για το λόγο αυτό συνίσταται η λήψη προληπτικών μέτρων που θα μειώσουν τον μελλοντικό ΚΠ.

Τα μέτρα μείωσης του ΚΠ διακρίνονται σε βραχυχρόνια και μακροχρόνια. Αναλυτικότερα:

- τα βραχυχρόνια μέτρα εφαρμόζονται εποχιακά ή για διάστημα ολίγων ημερών και σχετίζονται, κυρίως, με διοικητικά μέτρα όπως είναι οι αστυνομικές διατάξεις απαγόρευσης χρήσης φωτιάς σε ανοιχτούς χώρους, η διασπορά δυνάμεων της

Πυροσβεστικής Υπηρεσίας σε επίκαιρες θέσεις και η έκδοση χαρτών κινδύνου Πυρκαγιάς.

- Τα μακροχρόνια μέτρα εφαρμόζονται σε βάθος χρόνου και μπορούν να διακριθούν σε επίσης δύο κατηγορίες, και συγκεκριμένα:
 - στη δημιουργία αντιπυρικών ζωνών που έχουν στόχο την διακοπή της συνέχεια της βλάστησης και την διευκόλυνση της κατάσβεσης πιθανής πυρκαγιάς σε προετοιμασμένη θέση, καθώς και την μείωση της πιθανότητας έναρξης πυρκαγιάς και
 - στη συστηματική διαχείριση των δασών, με ενσωμάτωση μέτρων διαχείρισης της δασικής βιομάζας, ώστε να μειώνονται τα πυρικά χαρακτηριστικά ενδεχόμενης πυρκαγιάς και να διευκολύνεται η κατάσβεσή της. Τα μακροχρόνια μέτρα μείωσης του κινδύνου από δασικές πυρκαγιές αφορούν, κατά κύριο λόγο, την ύπαιθρο και κυρίως τα δασικά οικοσυστήματα και δευτερευόντως τη διαχείριση της δασικής βλάστησης εντός των αστικών περιοχών.

2.2.1 ANTIΠΥΡΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ

Για τις αντιπυρικές ζώνες σημειώνεται ότι απαιτείται ειδικός σχεδιασμός δεδομένης και της έως τώρα αρνητικής εμπειρίας από την τώρα κατασκευή αντιπυρικών ζωνών στη χώρα μας. Ειδικότερα, από την έως τώρα πρακτική εμπειρία χρήσης των αντιπυρικών ζωνών προκύπτει ότι αυτές σε λίγες περιπτώσεις επαρκούν από μόνες τους για την κατάσβεση των πυρκαγιών, ακόμη και σε περιοχές με χαμηλή βλάστηση, όπως είναι, θέσεις αναγέννησης μετά από πυρκαγιά.

Συνεπώς, απαιτείται οι αντιπυρικές ζώνες να έχουν ικανό πλάτος και παράλληλα να υπάρχει πρόσβαση των πυροσβεστικών δυνάμεων σε όλο το μήκος τους ώστε να είναι εφικτή η κατάσβεση της φωτιάς με παρέμβαση των πυροσβεστικών δυνάμεων. Με βάση τα παραπάνω οι αντιπυρικές ζώνες έχουν νόημα όταν σχεδιάζονται και χρησιμοποιούνται ως προετοιμασμένες θέσεις αντιμετώπισης της φωτιάς από τις πυροσβεστικές δυνάμεις.

Οι προσφορότερες θέσεις δημιουργίας αντιπυρικών ζωνών που πληρούν την ανάγκη πρόσβασης των πυροσβεστικών δυνάμεων σε όλο το μήκος τους είναι κατά μήκος υπαρχόντων δρόμων. Η επιλογή αξιοποίησης του υπάρχοντος οδικού δικτύου μειώνει δραστικά το κόστος κατασκευής των αντιπυρικών ζωνών και την επέμβαση στο φυσικό

περιβάλλον. Κατασκευή νέων δρόμων για τη δημιουργία αντιπυρικών ζωνών συστήνεται μόνο όταν είναι εντελώς απαραίτητο.

Σε ό,τι αφορά στη σχεδίαση των αντιπυρικών ζωνών στον χώρο αυτές θα πρέπει να περικλείουν τις περιοχές ενδιαφέροντος ώστε να παρέχουν προστασία σε όλες τις πιθανές περιπτώσεις πυρκαγιάς, δηλαδή, από όλες τις κατευθύνσεις.

Σχετικά με το πλάτος των αντιπυρικών ζωνών, αυτό θα πρέπει να είναι επαρκές ώστε να προστατεύσει τις πυροσβεστικές δυνάμεις που βρίσκονται στο σημείο αντιμετώπισης από το θερμικό φορτίο και παράλληλα να συμβάλει αποτελεσματικά στην αποτροπή μετάδοσης της πυρκαγιάς στην αντίπερα πλευρά του δρόμου. Έχει εκτιμηθεί από σχετικές έρευνες ότι το πλάτος της ζώνης θα πρέπει να είναι το τετραπλάσιο του ύψους της αναμενόμενης φλόγας. Δεδομένου ότι το πλάτος της ζώνης που προκύπτει με βάση αυτή τη θεώρηση είναι πολύ μεγάλο προτείνονται σύνθετες αντιπυρικές ζώνες αποτελούμενες από υποζώνες (Καλούδης, 2008).

Η παραπάνω λύση δημιουργίας αντιπυρικών ζωνών θεωρείται αποτελεσματική, σε συνδυασμό με την παρέμβαση των πυροσβεστικών δυνάμεων, σε πολύ μεγάλο ποσοστό περιπτώσεων πυρκαγιάς ακόμη και με πολύ ισχυρούς ανέμους. Εντούτοις παραμένει το ζήτημα του κόστους κατασκευής και της κοινωνικής αποδοχής. Η εφαρμογή αυτών των ζωνών συστήνεται για την προστασία μεγάλων αξιών και κατά μήκος μεγάλων οδών ώστε να καταστήσουν εφικτή τη διακοπή μετάδοσης της φωτιάς και την προστασία μεγάλων εκτάσεων με σχετικά μικρή παρέμβαση.

Εναλλακτικά, για μικρότερες περιοχές και σε υψηλά δάση, ανάλογα και με το μέγεθος του ΚΠ, είναι δυνατή η διατήρηση της γυμνής ζώνης βλάστησης κατά μήκος οδών ή στα όρια οικισμών και η εφαρμογή μέτρων καθαρισμού του υπορόφου, καθώς, και η αποκλάδωση των δένδρων από τα νεκρά κλαδιά σε σχετικά μεγάλο βάθος εντός του δάσους, σε συνδυασμό με την απομάκρυνση των νεκρών δένδρων. Επίσης, συστήνεται η αραίωση του δάσους ώστε να μειώνεται το πυρικό φορτίο σε περίπτωση πυρκαγιάς. Η τελευταία προτεινόμενη μορφή αντιπυρικών ζωνών με παραλλαγές υλοποιείται ήδη γύρω από οικισμούς και κατά μήκος δρόμων, στο πλαίσιο της υλοποίησης του νέου αντιπυρικού σχεδιασμού (Σχήμα 2.2.1.1).

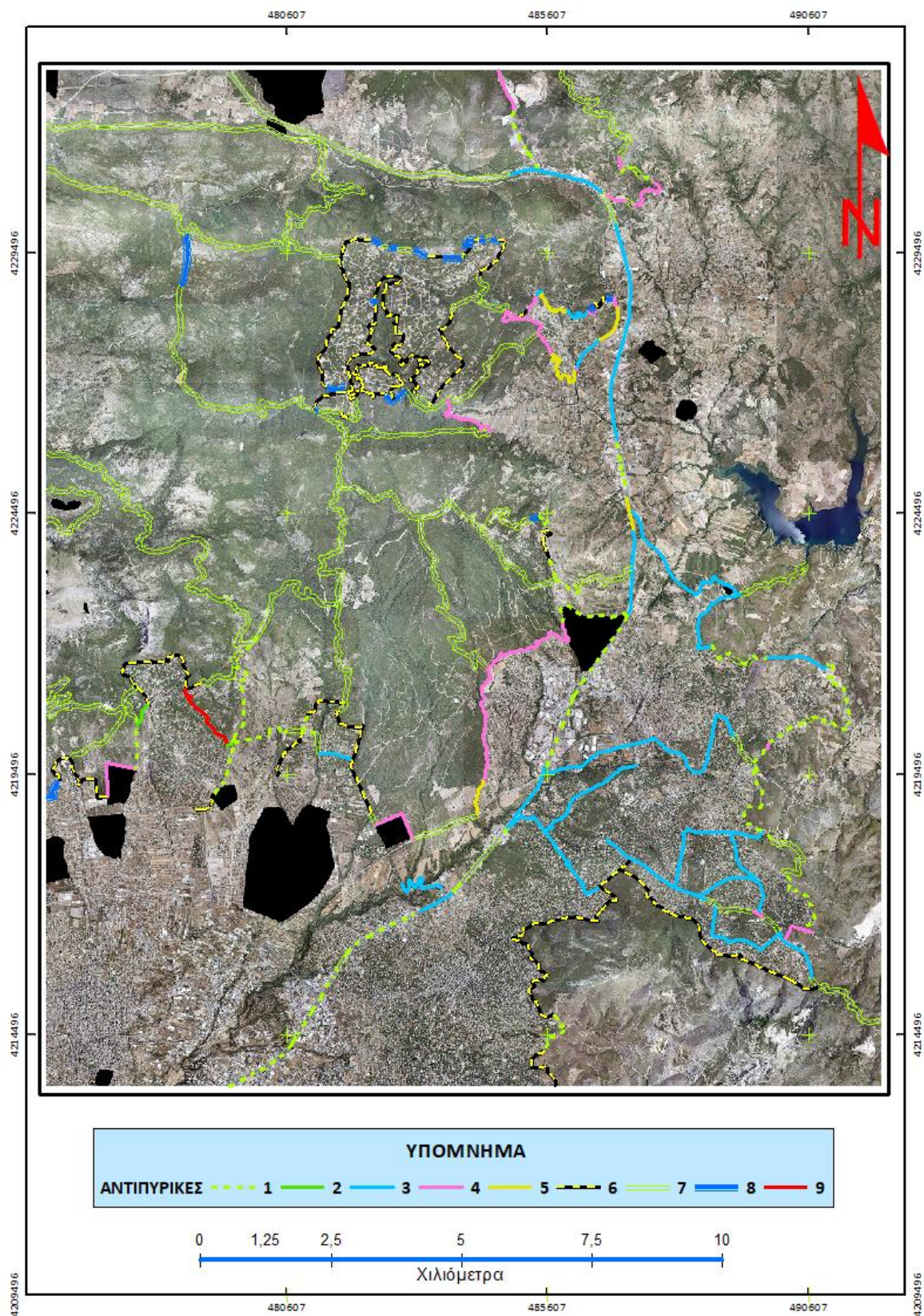
Η παραπάνω λύση, στις περισσότερες των περιπτώσεων, παρέχει επαρκή προστασία δεδομένου ότι η αφαίρεση του υπορόφου θα μετατρέψει πιθανή επικόρυφη πυρκαγιά σε έρπουσα (επιφανειακή). Παρόλα αυτά θα πρέπει να υπάρχει δυνατότητα πρόσβασης των πυροσβεστικών δυνάμεων στα όρια του οικισμού με την κατασκευή περιφερειακού δασικού δρόμου αν δεν υφίσταται. Σε ακραίες συνθήκες ανέμου και σε πυκνά δάση ενδέχεται η φωτιά να παραμένει ως επικόρυφη και να απειλεί τον οικισμό και τις πυροσβεστικές δυνάμεις. Σε θέσεις που πνέουν συχνά ισχυροί άνεμοι η αραίωση του δάσους πέραν του καθαρισμού της παρεδαφιαίας βλάστησης είναι επιβεβλημένη σε ικανή απόσταση από τον οικισμό.



Σχήμα 2.2.1.1 Καθαρισμοί υπορόφου δάσους χαλεπίου Πεύκης στα όρια οικισμού στην Βόρεια Εύβοια. (Καλούδης Σπ., Μάιος 2024)

Η επιτυχία του παραπάνω σχεδιασμού των αντιπυρικών ζωνών, όπως είναι κατανοητό, εξαρτάται και από:

- την ενημέρωση των πυροσβεστικών δυνάμεων για τις θέσεις αντιπυρικών ζωνών με ακριβείς και ενημερωμένους χάρτες πριν την έναρξη της αντιπυρικής περιόδου και την εξασφάλιση της προσβασιμότητας του οδικού δικτύου.



Σχήμα 2.2.1.2 Χάρτης προτεινόμενων αντιπυρικών ζωνών.

Πίνακας 2.2.1.1 Χαρακτηριστικά προτεινόμενων αντιπυρικών ζωνών

Τύπος Ζώνης	Κωδικός	Περιγραφή ζώνης	Σκοπός
Αγροτική	1	Αντιπυρική Ζώνη σε αγροτικό περιβάλλον κατά μήκος δρόμων που απαιτεί καθαρισμό ή όργωμα των υπολειμμάτων των καλλιεργειών ή της ανεπιθύμητης υποβλάστησης για δενδρώδεις καλλιέργειες κατά μήκος και των δύο πλευρών του οδικού δικτύου. Το πλάτος της ζώνης εξαρτάται από τη ύψος της καύσιμης ύλης. Ενδεικτικά προτείνεται καθαρισμός της βλάστησης σε πλάτος 5+ μέτρα για κάθε πλευρά του δρόμου.	Προστασία κυρίως αγροτικών περιοχών με μικρό κίνδυνο πυρκαγιάς και παρεμπόδιση της φωτιάς να μεταβεί σε περιοχές υψηλού κινδύνου. Δημιουργούν ιδανικές θέσεις για εύκολη κατάσβεση της φωτιάς δεδομένης της ύπαρξης του οδικού δικτύου και των γενικά χαμηλών πυρικών χαρακτηριστικών της φωτιάς λόγω χαμηλής συσσώρευσης νεκρής βιομάζας.
Ζώνη μικρής επέμβασης.	2	Αντιπυρική Ζώνη μικρού μήκους και πλάτους ανάλογα με τον τύπο της βλάστησης. Το πλάτος της ζώνης θα πρέπει να προσαρμόζεται στον τύπο της βλάστησης και το ανάγλυφο (κλίση εδάφους). Το ελάχιστο πλάτος αποψίλωσης είναι 5 μέτρα.	Προστασία περιοχών από σχετικά μικρές πιθανές διόδους της φωτιάς, σε προστατευμένες κατά τα άλλα θέσεις, με θαμνώδη βλάστηση ή χαμηλά δένδρα. Το πλάτος καθορίζεται από το ύψος της βλάστησης. Επειδή ενδέχεται να μην υπάρχει οδική πρόσβαση σε αυτή τη ζώνη θα πρέπει να εξασφαλίζεται η πρόσβαση των πυροσβεστικών οχημάτων.

./.

Τύπος Ζώνης	Κωδικός	Περιγραφή ζώνης	Σκοπός
Ζώνη μέτριας επέμβασης	3	Αντιπυρική Ζώνη μικρού σχετικά πλάτους.	Ζώνη σε θέσεις με μικρό σχετικά Κίνδυνο Πυρκαγιάς που οφείλεται, κυρίως, στο χαμηλό φορτίο των καυσίμων (Αραιή θαμνώδης ή ποώδης βλάστηση) και σε απόσταση από θέσεις που περιέχουν υψηλές αξίες.
Ζώνη μίας πλευράς	4	Αντιπυρική Ζώνη κατά μήκος της μίας πλευράς δρόμου.	Προστασία σημαντικών αξιών, όπως είναι οικιστικές περιοχές, που προστατεύονται ή δεν κινδυνεύουν ή δεν υπάρχει δυνατότητα κατασκευής αντιπυρικής ζώνης και στις δύο πλευρές του οδικού δικτύου. Ανάλογα με τις τοπικές συνθήκες κατασκευάζεται και το πλάτος της αντιπυρικής ζώνης.
Αντιπυρική ζώνη εκατέρωθεν εθνικής οδού	5	Αντιπυρική Ζώνη κατά μήκος κύριων εθνικών οδών, ανάλογα με την βλάστηση, εκατέρωθεν της οδού.	Προστασία μεγάλων περιοχών δασικών η όχι. Οι Εθνικές οδοί έχουν συνήθως ικανό πλάτος οδοστρώματος και για τον λόγο αυτό είναι δυνατή η δημιουργία μιας αποτελεσματικής ζώνης κατάσβεσης της φωτιάς. Απαιτείται η δημιουργία σύνθετων ζωνών εκατέρωθεν των εθνικών δρόμων ικανού πλάτους ώστε να είναι εφικτή η κατάσβεση της πυρκαγιάς (Καλούδης, 2008). Ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δίδεται σε καθαρισμούς της βλάστησης κάτω από γέφυρες ή στους οδικούς κόμβους επειδή είναι δυνατόν να αποτελέσουν διόδους της φωτιάς, που συνήθως παραβλέπονται κατά τον αντιπυρικό σχεδιασμό.

./.

Τύπος Ζώνης	Κωδικός	Περιγραφή ζώνης	Σκοπός
Αντιπυρική ζώνη για προστασία οικισμών	6	Αντιπυρική ζώνη γύρω από οικισμούς μονής ή διπλής, όπου απαιτείται πλευράς, Το πλάτος και η σύνθεση της ζώνης καθορίζεται από τον εκτιμώμενο Κίνδυνο Πυρκαγιάς.	Προστασία οικισμών και βιοτεχνικών-βιομηχανικών περιοχών ή ιδρυμάτων και υποδομών σημαντικής αξίας.
Αντιπυρική ζώνη εκατέρωθεν του οδικού δικτύου	7	Αντιπυρική ζώνης διπλής πλευράς	Προστασία δασών και δασικών εκτάσεων με μεγάλα φορτία καυσίμων. Σκοπός των ζωνών αυτών είναι η διακοπή μετάδοσης πυρκαγιών υψηλής έντασης.
Αντιπυρική ζώνη εκατέρωθεν νέου δρόμου	8	Αντιπυρική ζώνη κατόπιν κατασκευής νέου δρόμου, όταν δεν υφίσταται.	Σκοπός η προστασία σημαντικών αξιών ή/και η διακοπή της μετάδοσης της πυρκαγιάς από θέσεις που δεν υφίσταται οδικό δίκτυο.
Αντιπυρική ζώνη δεύτερης γραμμής εντός οικισμού	9	Αντιπυρική ζώνη δεύτερης γραμμής αντιμετώπισης της πυρκαγιάς.	Σκοπός των ζωνών αυτών είναι η αντιμετώπιση της πυρκαγιάς εντός οικισμών όπου υπάρχει υψηλή βλάστηση και κίνδυνος μετάδοσης της φωτιάς ή στα όρια οικισμών όπου είναι πιθανή η υπέρβαση της πρώτης αντιπυρικής ζώνης.

- την εκπαίδευση των πυροσβεστικών δυνάμεων στην πρόσβαση στις προετοιμασμένες θέσεις και στην κατάσβεση των πυρκαγιών στις θέσεις αυτές, καθώς, και στην σύνταξη και δοκιμή σχετικών πυροσβεστικών σχεδίων.

Με βάση τα παραπάνω σχεδιάστηκαν οι αντιπυρικές ζώνες για την περιοχή μελέτης και δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση στην προστασία των οικιστικών εκτάσεων, ειδικά στα όρια επαφής με το δάσος. Η σχεδίαση των προτεινόμενων αντιπυρικών ζωνών βασίστηκε, κυρίως, στο υπάρχον οδικό δίκτυο.

Στο Σχήμα 2.2.1.2 δίδεται ο χάρτης των προτεινόμενων αντιπυρικών ζωνών και στον Πίνακα 2.2.1.2 δίδονται τα χαρακτηριστικά των αντιπυρικών ζωνών κατά κατηγορία. Ειδικά για τη δασική περιοχή που καταστράφηκε από την πυρκαγιά του Αυγούστου του έτους 2021, η βλάστηση θα είναι χαμηλή για αρκετά ακόμη χρόνια για τον λόγο αυτόν οι προτεινόμενες αντιπυρικές ζώνες δύνανται να έχουν τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των ζωνών που αφορούν θαμνώδεις εκτάσεις. Το πλάτος των ζωνών αυτών θα προσαρμόζεται σε μελλοντικές παρεμβάσεις ανάλογα με το ύψος των δένδρων του αναγεννώμενου δάσους.

Πίνακας 2.2.1.2 Μήκη σε km ανά κατηγορία προτεινόμενων αντιπυρικών ζωνών.

Τύπος ζώνης (TZ)	Μήκη (km) ανά Κατηγορία Οδικού Δικτύου (ΚΟΔ)				Σύνολο TZ (km)
	Εθνικό	Δευτερεύον	Αγροτικό	Άλλο	
1	10,32	1,09	3,28	17,05	31,74
2	0,00	0,00	0,00	0,62	0,62
3	10,51	4,87	17,35	9,47	42,20
4	3,05	1,07	0,91	10,13	15,16
5	0,72	0,00	0,00	3,96	4,69
6	2,81	0,00	1,23	42,58	46,63
7	59,53	8,51	21,76	10,12	99,92
8	1,52	0,00	0,00	3,40	4,92
9	0,00	0,00	0,00	1,63	1,63
Σύνολο ΚΟΔ (km)	88,47	15,53	44,54	98,98	247,52

Τα μήκη των προτεινόμενων αντιπυρικών ζωνών κατά κατηγορία οδικού δικτύου δίδονται στον Πίνακα 2.2.1.3. Το συνολικό μήκος των αντιπυρικών ζωνών είναι 247,52 km και από

αυτά μόνο 4,92 km αφορούν τη δημιουργία νέων δρόμων για την πρόσβαση των πυροσβεστικών δυνάμεων (Πίνακας 2.2.1.3).

2.3 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΟΥ ΔΑΣΟΥΣ

Η περιοχή μελέτης αποτελείται από ένα σύμπλεγμα δασικών, αγροτικών και οικιστικών – βιοτεχνικών περιοχών (Σχήμα 1.3.1.1). Η ιδιαιτερότητα της περιοχής συνίσταται σε δύο χαρακτηριστικά:

- α. το κλίμα όπως ήδη εκτέθηκε είναι έντονα ξηροθερμικό, κατά τη θερινή περίοδο, και η αυτοφυής βλάστηση, ιδίως η χάλεπιος Πεύκη και η επικρατούσα θαμνώδης βλάστηση είναι ιδιαίτερα εύφλεκτη.
- β. Τα δασικά αυτά οικοσυστήματα βρίσκονται σε μικρή σχετικά απόσταση από τη μεγαλύτερη αστική συγκέντρωση της χώρας μας (λεκανοπέδιο Αττικής) και λειτουργούν ως περιαστικά-αισθητικά και προστατευτικά δάση.

Με βάση αυτά τα χαρακτηριστικά προκύπτει ότι πιθανές πυρκαγιές σε αυτά απειλούν την υγεία και την ποιότητα ζωής μεγάλων αστικών πληθυσμών, τόσο άμεσα, όσο και μακροχρόνια, δεδομένης της υποβάθμισης του αστικού και περιαστικού περιβάλλοντος. Συνεπώς, πέραν της προστασίας των εγγύς οικισμών απαιτείται και η προστασία των ιδίων των δασών αυτών. Η δημιουργία των αντιπυρικών ζωνών μειώνει σημαντικά τον κίνδυνο αλλά αφήνει μεγάλες περιοχές δασών εκτεθειμένες σε πυρκαγιά.

Δεδομένης της πολύ μεγάλης αξίας των δασών αυτών, εξαιτίας της γειννίας με μεγάλες αστικές περιοχές, προτείνεται η συστηματική και πολλαπλή διαχείρισή τους. Ως κύριος σκοπός της διαχείρισης προτείνεται η αναψυχή, η οποία είναι απαραίτητη και διατίθεται σε μικρή απόσταση, σε μεγάλο μέρος του πληθυσμού της Αττικής, και, δευτερεύοντες σκοποί προτείνονται η προστασία από πλημμύρες και η διατήρηση του οικοσυστήματος, σε συνδυασμό με την παραγωγή δασικών προϊόντων στο πλαίσιο της προστασίας του οικοσυστήματος (καθαρισμοί και αραιώσεις).

Ως κατάλληλη διαχειριστική μορφή κρίνεται η υποκηπευτή ή η ομήλικη (κανονικό ομήλικο δάσος). Είναι χαρακτηριστικό ότι το καμένο δάσος μετατρέπεται σε ομήλικο που θεωρούνται ανθεκτικότερες στη φωτιά. Οι προτεινόμενες μορφές δάσους σχετίζονται με τη δημιουργία περισσότερο ανθεκτικών στη φωτιά συστάδων (Οι συστάδες μετά από το

στάδιο των κορμιδίων δεν έχουν μικρά δέντρα που λειτουργούν ως σκάλα μεταφοράς της πυρκαγιάς στην κόμη του δάσους).

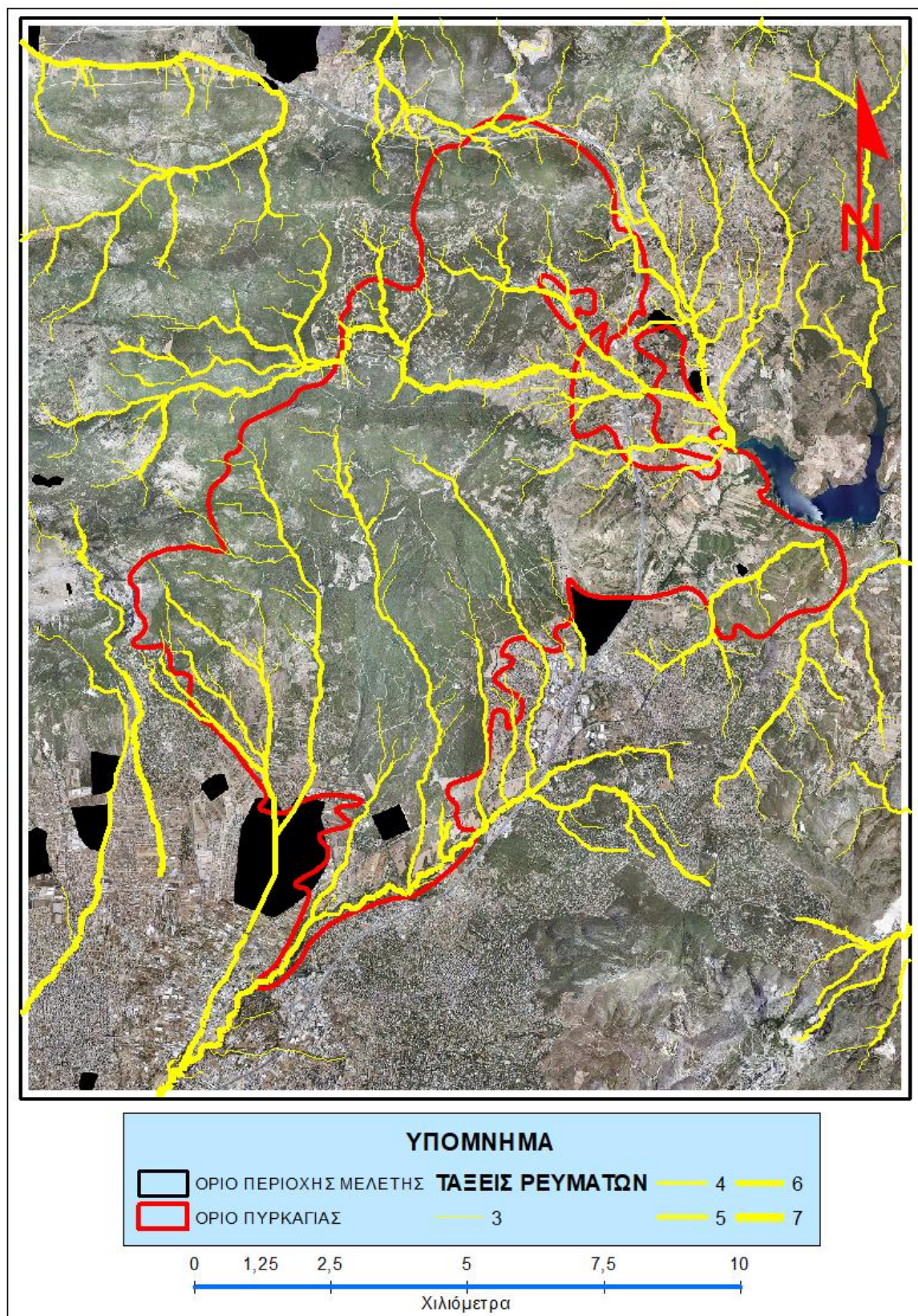
Στο παραπάνω πλαίσιο προτείνεται η διαχείριση του δάσους με την εφαρμογή των χειρισμών που αναφέρονται στο Υποκεφάλαιο 1.6.1. Σε καθορισμένες απομακρυσμένες θέσεις που προστατεύονται από αντιτυρικές ζώνες είναι δυνατή η δημιουργία συστάδων κατάλληλων να φιλοξενήσουν ορισμένα είδη άγριας πανίδας, συμβατά με την αισθητική χρήση των δασών, δηλαδή, την παρουσία ανθρώπων, σε ελεγχόμενη βάση.

Ειδικότερα, στο πλαίσιο της διαχείρισης των δασών αυτών προτείνονται καθαρισμοί του υπορόφου με χρόνο περιφοράς 5 έτη, δεδομένου ότι είναι δυνατή και η ήπια ρητίνευση των πευκοδασών με σκοπό την παρουσία ανθρώπων στο δάσος και την, κατά αυτό τον τρόπο, φύλαξή του. Αποκλαδώσεις των νεκρών κλαδιών και απομάκρυνση των νεκρών δένδρων. Είναι επίσης θεμιτή η βόσκηση κοπαδιών ζώων για τη μείωση της χαμηλής βλάστησης, η ρητίνευση και η αξιοποίηση των δασών για σκοπούς αναψυχής. Η λειτουργία κέντρων αναψυχής ήπιας παρέμβασης, όπως είναι η ιπασία, γήπεδα αθλητισμού, υπαίθρια θέατρα, μονοπάτια κ.α. θα συμβάλουν στην αξιοποίηση του δάσους και την παράλληλη βελτίωση της ποιότητας ζωής των κατοίκων του λεκανοπεδίου Αττικής. Η φύλαξη του δάσους κατά την αντιτυρική περίοδο θεωρείται απαραίτητη.

2.4 ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΡΕΥΜΑΤΩΝ

Τα ρεύματα αποτελούν αναπόσπαστο μέρος του αναγλύφου μιας περιοχής και έχουν σημαντικό ρόλο στη διάβρωση και την παροχέτευση των νερών της βροχής και την προστασία από πλημμυρικά φαινόμενα. Επίσης, διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στον εμπλουτισμό της βιοποικιλότητας ενός οικοσυστήματος δεδομένου ότι, κατά μήκος τους, αναπτύσσεται υδροχαρής βλάστηση, η οποία ευνοεί και τη διαβίωση ανάλογων ειδών της πανίδας προσαρμοσμένων στο οικοσύστημα.

Στην περιοχή μελέτης υπάρχει πυκνό δίκτυο ρευμάτων (Σχήμα 2.4.1) που πηγάζουν από τις γύρω ορεινές περιοχές και διατρέχει τις χαμηλές αγροτικές εκτάσεις και τους οικισμούς. Επειδή στην κοίτη των ρευμάτων, ειδικά στα χαμηλά υψόμετρα, υπάρχει πλούσια βλάστηση αυτά μπορούν να αποτελέσουν το μονοπάτι που θα οδηγήσει μια φωτιά σε μεγάλες αποστάσεις χωρίς να γίνει απαραίτητα αντιληπτή ή αρχικά να υποτιμηθεί η σημασία της.



Σχήμα 2.4.1 Χάρτης ρευμάτων

Στο πλαίσιο της αντιπυρικής προστασίας θα πρέπει να ληφθούν ιδιαίτερα μέτρα για τη μείωση του κινδύνου που προέρχεται από τα ρεύματα στην περιοχή μελέτης.



Σχήμα 2.4.2 Ιστάμενα καμένα δένδρα μετά την πυρκαγιά του 2021 στην περιοχή μελέτης και πλατύφυλλα δένδρα που επιβίωσαν από την πυρκαγιά (Καλούδης Σπ., Δεκέμβριος 2023).

Αναλυτικότερα προτείνονται:

- η ενίσχυση των πλατύφυλλων ειδών δένδρων εντός της κοίτης και στις όχθες των ρευμάτων με παράλληλη αντικατάσταση των ειδών που δημιουργούν πυκνή υποβλάστηση.
- στις αγροτικές και αστικές περιοχές είναι εντελώς απαραίτητο να διακόπτεται η συνέχεια της βλάστησης εντός της κοίτης των ρευμάτων, κατά θέσεις, ώστε να διακόπτεται με φυσικό τρόπο η διάδοση πιθανής φωτιάς κατά μήκος των ρευμάτων. Οι προσφορότερες θέσεις για διακοπή της συνέχειας της βλάστησης είναι κάτω από γέφυρες που συνήθως υπάρχει δάπεδο από αδρανές υλικό (τσιμέντο ή επίστρωση με πέτρες) ειδικά σε γέφυρες μεγάλων δρόμων. Επίσης, κάτω από τις γέφυρες λόγω της σκιάσης δεν αναπτύσσεται πλούσια βλάστηση.
- Στις αγροτικές περιοχές, κατά μήκος και εκατέρωθεν των ρευμάτων είναι απαραίτητη η δημιουργία, ετήσια, αντιπυρικής ζώνης γυμνής βλάστησης με όργανο για την

αποφυγή μετάδοσης της φωτιάς στους αγρούς.

- Στις δασικές περιοχές κατά μήκος των ρευμάτων και εκατέρωθεν της κοίτης προτείνεται, μέσω της διαχείρισης του δάσους, να ενισχύονται τα πλατύφυλλα είδη που είναι περισσότερα ανθεκτικά στη φωτιά. Κατά αυτό τον τρόπο δημιουργείται μία ζώνη με χαμηλή ένταση πιθανής φωτιάς και διευκολύνεται η κατάσβεση της είτε από πεζοπόρα τμήματα (δασοκομάντος) είτε/και από εναέρια μέσα.

2.5 ΑΛΛΑ ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΤΙΚΑ ΜΕΤΡΑ

- **Προστασία μεμονωμένων κατοικιών:** Οι μεμονωμένες κατοικίες εντός δασών ή δασικών εκτάσεων θα πρέπει να προστατεύονται και να θωρακίζονται αντιπυρικά όπως προβλέπεται από τις σχετικές διατάξεις (Υπουργική Απόφαση Αριθμ. 69019 οικ. Φ.700.13/2021 ΦΕΚ 5519 τ. Β΄ 29-11-2021: Έγκριση της υπ' αρ. 13/2021 Πυροσβεστικής Διάταξης με θέμα: «Καθορισμός της διαδικασίας υποβολής των απαιτούμενων δικαιολογητικών, ελέγχου και έκδοσης των διοικητικών πράξεων πυροπροστασίας σε επιχειρήσεις - εγκαταστάσεις, κατ' εφαρμογή του άρθρου 167 του ν. 4662/2020» του Υφυπουργού Κλιματικής Κρίσης και Πολιτικής Προστασίας) με ευθύνη των ιδιοκτητών τους.
- **Καθαρισμοί περιβάλλοντος χώρου οικιών:** Εάν μέσα ή γύρω από το οικόπεδο υπάρχουν πυκνά πεύκα, θα πρέπει να υπάρχει η δυνατότητα χορήγησης άδειας από το τοπικό Δασαρχείο, για την αποψίλωση ή κοπή ορισμένων για αντιπυρική προστασία, εάν και εφόσον χρειαστεί (Κωνσταντινίδης, 2003).
- **Κατάλληλη επιλογή δένδρων και θάμνων.** Τα πλέον κατάλληλα είδη θεωρούνται αυτά που αναπτύσσονται φυσικά στην περιοχή. Η περίσσεια νερού συνηγορεί στην επιλογή φυλλοβόλων ειδών. Ακόμη και σε πυκνές συστάδες είναι αρκετά δύσφλεκτα. Ωστόσο, τα φυλλοβόλα δημιουργούν μεγάλες ποσότητες ξερών φύλλων, κατά το φθινόπωρο που θα πρέπει να απομακρύνονται (Κωνσταντινίδης, 2003). Εάν δεν υπάρχει αφθονία νερού, τότε η επιλογή περιορίζεται στα θερμόβια φυλλοβόλα δασικά είδη, που είναι σχετικά ανθεκτικότερα σε ξηροθερμικά περιβάλλοντα, αρκεί να ποτίζονται σε αραιά διαστήματα. Σε περίπτωση ανεπάρκειας νερού, τότε η επιλογή θα πρέπει να είναι τα αείφυλλα δένδρα (Κωνσταντινίδης, 2003).
- **Υπογειοποίηση καλωδίων ηλεκτρικής ενέργειας:** Καθώς η ηλεκτρική ενέργεια μεταφέρεται εναέρια, υπάρχει μεγάλη πιθανότητα να προκληθεί πυρκαγιά, από

βραχυκύκλωμα. Κατά συνέπεια, η υπογειοποίηση είναι η μόνη λύση, όταν τα ηλεκτροφόρα καλώδια διέρχονται εντός των δασικών οικοσυστημάτων (Κωνσταντινίδης, 2003).

- **Ενημέρωση και εκπαίδευση πολιτών:** Μέσω της σωστής εκπαίδευσης και ενημέρωσης τόσο των πολιτών όσο και των δασοφυροσβεστών, περιορίζεται η ανθρώπινη απροσεξία και αμέλεια, ως αιτία των δασικών πυρκαγιών (Γκόφας, 2008).
- **Έλεγχος παράνομων σκουπιδότοπων:** Η δημιουργία παράνομων σκουπιδότοπων με πιθανή μελλοντική καύση ή λόγω αυτανάφλεξης τους με ζύμωση, συμβάλλει στην εκδήλωση δασικής πυρκαγιάς. Συνεπώς ο αποτελεσματικός έλεγχος και η, κατά το δυνατόν, εξάλειψή τους θα μειώσει τον κίνδυνο πυρκαγιάς (Γκόφας, 2008).
- **Ενθάρρυνση δασικών τουριστικών επενδύσεων:** Τέτοιου είδους επενδύσεις είναι τα τουριστικά δασικά έργα, όπως κυνηγητικά περίπτερα, ξενοδοχεία, εκτροφεία θηραμάτων, ορεινή αλιεία, κορμοπλατείες, δασικοί δρόμοι, πριστήρια κλπ, που σε συνδυασμό με έργα πυρασφάλειας, αλλά και μεγάλης κλίμακας αναδασωτικές εργασίες ή καθαρισμό υπορόφων, κλαδεύσεις πολύτιμων δέντρων κλπ εργασίες συμβάλλουν στην μείωση κινδύνου πυρκαγιάς (Γκόφας, 2008).

2.6 ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΟΙΚΙΣΤΙΚΩΝ – ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ

Η βελτίωση της ανθεκτικότητας των οικιστικών και βιομηχανικών περιοχών σε πιθανή πυρκαγιά στην περιοχή μελέτης είναι εξαιρετικά σημαντικό θέμα. Πέραν των προτεινόμενων παραπάνω μέτρων των αντιπυρικών ζωνών και της διαχείρισης της βλάστηση στα ρεύματα απαιτείται η σταδιακή εφαρμογή επιπλέον μέτρων. Μέτρα αυτού του είδους είναι:

- η σταδιακή αντικατάσταση σε πλατείες και δενδροστοιχίες των εύφλεκτων ειδών βλάστησης, κυρίως των πεύκων, με πλατύφυλλα είδη, όπως είναι οι δρύες και τα πλατάνια ή άλλα καλλωπιστικά είδη.
- Καθορισμός οδών διαφυγής, σε περίπτωση πυρκαγιάς, και δημιουργία εναλλακτικών οδών, σε περίπτωση αποκλεισμού.
- Καθορισμός και προετοιμασία επαρκών και ασφαλών χώρων συγκέντρωσης με προετοιμασία παροχής πρώτων βοηθειών και τρόπων απομάκρυνσης ευάλωτων ατόμων, όπως είναι η δημιουργία ελικοδρομιών.

- Κατά μήκος των οδών προσέγγισης και διαφυγής στους οικισμούς θα πρέπει να μην υπάρχουν εύφλεκτα δασικά είδη. Εφόσον υπάρχουν, να αντικατασταθούν με πλατύφυλλα είδη και να διατηρούνται οι αντιπυρικές ζώνες σε καλή κατάσταση.

2.7 ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Η καμένη περιοχή καλύπτονταν από είδη βλάστησης με ισχυρή ικανότητα αναγέννησης μετά από πυρκαγιά. Αναλυτικότερα, οι επικρατούσες μορφές δασικής βλάστησης αφορούσαν α) υψηλό δάσος χαλεπίου Πεύκης β) Δάσος φυλλοβόλων πλατυφύλλων και γ) θαμνώδεις εκτάσεις. Η αναγέννηση της βλάστησης στην καμένη περιοχή θεωρείται ικανοποιητική για το πευκοδάσος (Σχήμα 2.7.1). Αντίστοιχα επιτυχής είναι η αναγέννηση των θαμνωδών εκτάσεων και της δρυός η οποία μάλιστα πρεμνοβλαστάνει και για τον λόγο αυτό τα νεαρά δενδρύλλια έχουν ταχύτατη ανάπτυξη.



Σχήμα 2.7.1 Αναγέννηση χαλεπίου Πεύκης στην περιοχή μελέτης (Καλούδης Σπ., 2023)

Με βάση τις παραπάνω διαπιστώσεις δεν κρίνεται σκόπιμη η τεχνητή αναγέννηση, παρά μόνο σε θέσεις που δεν έχει επιτυχία η φυσική αναγέννηση, κυρίως, λόγω επανειλημμένων πυρκαγιών. Εντούτοις κρίνεται απαραίτητη η ενίσχυση των

πλατύφυλλων ειδών, κυρίως, της δρυός και η δημιουργία μικτών δασών κωνοφόρων – πλατύφυλλων επειδή θεωρούνται ανθεκτικότερα στη φωτιά. Επίσης, τα μικτά δάση είναι ανθεκτικότερα σε επιθέσεις από έντομα, παράσιτα και μύκητες επειδή, συνήθως, αυτά είναι εξειδικευμένα σε ορισμένα δασικά είδη και συνεπώς δεν επιτίθενται ταυτόχρονα σε όλα τα είδη δένδρων. Ακόμη στα μικτά δάση διακόπτεται η συνέχεια του δένδρων του ίδιου είδους από την παρουσία των άλλων ειδών δένδρων και δυσκολεύεται κατά αυτόν τον τρόπο η μετάδοση των εντόμων και παθογόνων οργανισμών στα ομοειδή δένδρα.

Η επίτευξη μικτών δασών μπορεί να συμβεί, σε μακροχρόνια περίοδο, και μέσω της διαχείρισής τους η οποία είναι απαραίτητο να εφαρμόζεται σε κάθε περίπτωση. Στην αρχική παρέμβαση αλλά και μακροπρόθεσμα, στα δάση των πεδινών πευκοδασών θα πρέπει να ενισχύεται η παρουσία των πλατυφύλλων ειδών με την υλοτομία των γειτονικών πεύκων ακόμη από τους πρώτους καθαρισμούς. Η φύτευση δρυών σε αυτή τη φάση δεν συστήνεται, αν και είναι επιθυμητή, λόγω του υψηλού κόστους και λόγω της ανάγκης ποτισμάτων κατά την μακρά ξηροθερμική θερινή περίοδο. Εάν υπάρχουν σχετικοί πόροι, τότε θα ήταν επιθυμητή η φύτευση ιθαγενών ειδών δρυός, σε επιλεγμένους καλής ποιότητας δασικούς σταθμούς, με παράλληλη αραίωση της αναγέννησης του πεύκου.

Μέτρα για την προστασία του εδάφους από διάβρωση στην περιοχή μελέτης δεν έχουν πλέον ιδιαίτερη σημασία επειδή ήδη υπάρχει επαναφορά της βλάστησης. Εξαίρεση μπορεί να αποτελέσουν θέσεις με μεγάλη κλίση και αποτυχία της αναγέννησης λόγω επανειλημμένων πυρκαγιών στην ίδια θέση. Στις θέσεις αυτές εκτός από τα αντιδιαβρωτικά έργα συνίσταται και αναγέννηση με φυτεύσεις δρυός.

Αρνητικό σημείο στην επαναφορά του οικοσυστήματος παραμένει η μικρή απομάκρυνση των καμένων δένδρων από το δάσος. Γενικά, οι κορμοί των καμένων δένδρων είναι κατάλληλοι για πολλές χρήσεις, επειδή, μόνο ένα μέρος της μηχανικής τους αντοχής επηρεάζεται από τη φωτιά. Συνεπώς, οι κορμοί αυτοί μπορούν αξιοποιηθούν είτε ως ξυλεία, για την παραγωγή υλικών που δεν απαιτούν υψηλή μηχανική αντοχή, είτε ως καυσόξυλα και συνεπώς έχουν οικονομική αξία.

Η παρουσία των καμένων δένδρων στο δάσος αυξάνει τον κίνδυνο καταστροφικής πυρκαγιάς ενόσω η αναγέννηση βρίσκεται σε πολύ ευαίσθητη φάση εξαιτίας της αδυναμίας πρόσβασης των πυροσβεστικών δυνάμεων λόγω της παρεμπόδισης από την ύπαρξη των κορμών. Ακόμη, πιθανή πυρκαγιά θα αναπτύσσει μεγαλύτερο πυρικό φορτίο

που θα προκύψει από την τροφοδότηση της φωτιάς από τα υπολείμματα των δένδρων. Παράλληλα, οι καμένοι κορμοί αυξάνουν τον κίνδυνο για προσβολές του δάσους από έντομα και μύκητες και εμποδίζουν γενικά την πρόσβαση στο δάσος.

Κεφάλαιο 3: ΑΝΑΛΥΣΗ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Οι δασικές πυρκαγιές προκαλούν σημαντικές καταστροφές στα δασικά οικοσυστήματα της χώρας μας αλλά και διεθνώς. Η κατάσταση αυτή αναμένεται να επιβαρυνθεί λόγω της κλιματικής αλλαγής και των ακραίων καιρικών φαινομένων που σχετίζονται με αυτή. Οι καταστροφές από πυρκαγιές σχετίζονται με την απώλεια ανθρώπινων ζώων, την καταστροφή περιουσιών και υποδομών, την μακροχρόνια υποβάθμιση των οικοσυστημάτων λόγω της διάβρωσης του εδάφους και της οπισθοδρομικής διαδοχής της βλάστησης που επέρχεται ειδικά μετά από επανειλημμένες πυρκαγιές στην ίδια θέση.

Το κόστος για την καταπολέμηση και την κατάσβεση των πυρκαγιών είναι μεγάλο αφού απαιτείται κατάλληλος εξοπλισμός από πυροσβεστικά μέσα (Birot, 2009). Σημαντικές οικονομικές επιβαρύνσεις προκαλούνται ακόμη τόσο από την ανάγκη πρόσληψης του αναγκαίου προσωπικού που θα απασχοληθεί στο συντονισμό της κατάσβεσης, όσο και με την ίδια την κατάσβεση των πυρκαγιών. Στις πέντε Μεσογειακές χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, Ελλάδα, Ισπανία, Πορτογαλία, Ιταλία και Γαλλία επενδύονταν ήδη πριν το 2009 περισσότερα από 2,5 δισεκατομμύρια ευρώ κάθε έτος στην πρόληψη και καταστολή των πυρκαγιών, από τα οποία το 60% για την πρόσληψη προσωπικού, προμήθεια εξοπλισμού και άλλα επιχειρησιακά έξοδα ενώ το υπόλοιπο 40% επενδύεται για την πρόληψη (Birot, 2009).

Προγράμματα υψηλού κόστους για την πρόληψη των πυρκαγιών επίσης αφορούν: α) εκτέλεση προγραμμάτων προληπτικού καθαρισμού της βλάστησης για τη μείωση του κινδύνου, σε περιοχές ιδιαίτερης προστασίας (άλση, πάρκα, κατασκηνώσεις, κ.λ.π.) β) απομάκρυνση των υπολειμμάτων καθαρισμού της βλάστησης που ενεργείται σε οικοπεδικές και λοιπές ακάλυπτες εκτάσεις, εντός εγκεκριμένων ρυμοτομικών σχεδίων και οικισμών, προς αποτροπή κινδύνου πρόκλησης πυρκαγιάς ή ταχείας επέκτασής της (Πυρ. Διάταξη 20/2022, Ν. 3852/2010, αρθ. 94 παρ.1), εντός των διοικητικών ορίων των Δήμων, γ) εκτέλεση έργων και εργασιών προληπτικού καθαρισμού της βλάστησης από τους Δήμους και κυρίως στη ζώνη μίξης δασών - πόλεων και οικισμών δ) συντήρηση και βελτίωση του δασικού οδικού δικτύου ε) υλοποίηση προληπτικών μέτρων που αποβλέπουν στην αποφυγή πρόκλησης πυρκαγιών από τη λειτουργία χώρων ανεξέλεγκτης εναπόθεσης απορριμμάτων (παρ. 2 του αρθ. 8 της Πυροσβεστικής Διάταξης 9/2021), στ) ενίσχυση εθελοντικών δράσεων σε επίπεδο ΟΤΑ Α' βαθμού.

Το μέσο κόστος ανά δασική πυρκαγιά για το Δημόσιο στην Ελλάδα είναι ιδιαιτέρως υψηλό. Σύμφωνα με τον Γκουρμπάτση (2015) αυτό ανέρχονταν σε 150.000 ευρώ. Το συνολικό ετήσιο κόστος δασοπροστασίας στην Ελλάδα ήταν 357 εκατομμύρια ευρώ από τα οποία το 1/3 του ποσού δαπανάται για την πρόληψη και τα 2/3 για την καταστολή (Γκουρμπάτσης, 2015).

Η αποτελεσματική μείωση των καμένων εκτάσεων, και, συνεπώς, των επιπτώσεων και του κόστους αντιμετώπισης των δασικών πυρκαγιών, είναι δυνατόν να επιτευχθεί με την ολοκληρωμένη διαχείριση των δασών. Η διαχείριση αυτή, ειδικά για δάση που βρίσκονται σε ξηροθερμικές περιοχές θα πρέπει να έχει ως κύριο σκοπό την προστασία τους από πυρκαγιές και δευτερευόντως των άλλων οικοσυστημικών λειτουργιών.

Αναλυτικότερα, για την υλοποίηση μιας ορθολογικής και ολοκληρωμένης διαχείρισης των δασικών οικοσυστημάτων θα πρέπει να ιεραρχηθούν καταρχάς οι στόχοι της διαχείρισης. Στην περίπτωση που πραγματεύεται η παρούσα εργασία η αξία των περιαστικών δασών του λεκανοπεδίου Αττικής είναι καταρχήν αισθητική, δηλαδή, η κύρια χρήση τους θα πρέπει να είναι η αναψυχή, δεδομένου και του πολύ μικρού ποσοστού του αστικού πρασίνου. Άλλοι σκοποί που μπορεί να ικανοποιήσουν τα δάση αυτά η προστασία οικισμών ή υποδομών από πλημμύρες και κατολισθήσεις, η ρύθμιση του τοπικού κλίματος και η βόσκηση ζώων, η ξυλοπαραγωγή και η ρητίνευση. Με βάση τα παραπάνω τα δάση αυτά έχουν ιδιαίτερη αξία, πολύ μεγαλύτερη του κλασικού σκοπού της διαχείρισής τους, που παραδοσιακά είναι η παραγωγή ξυλείας.

Αναλυτικότερα, τα δάση αυτά διαδραματίζουν ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο στην ποιότητα ζωής όλων των πολιτών του λεκανοπεδίου Αττικής. Ο άμεσος οικονομικός υπολογισμός των οικοσυστημικών υπηρεσιών πολλές φορές δεν είναι εφικτός δεδομένου ότι οι σημαντικότερες από αυτές τις υπηρεσίες δεν εμπορεύονται και, συνεπώς, δεν υπάρχει κάποια εμπορική τιμή για αυτές. Εντούτοις, υπάρχουν μέθοδοι με τις οποίες είναι δυνατή η εκτίμηση της αξίας τους, όπως είναι η μέθοδος της εξαρτωμένης αποτίμησης. Επίσης, θα μπορούσε να εκτιμηθεί η αξία των παρεχόμενων υπηρεσιών αναψυχής από το αντίστοιχο κόστος μετακίνησης σε άλλες περιοχές της χώρας για την υποκατάσταση της αναψυχής που δεν απολαμβάνεται από τα περιαστικά δάση, είτε λόγω των πυρκαγιών είτε της ελλιπούς αξιοποίησής τους.

Με βάση τα παραπάνω, και λόγω της ιδιαίτερης αξίας των δασών αυτών ως περιαστικών, θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη έμφαση στην προστασία και αποκατάστασή τους και στη συνέχεια για την πλήρη αξιοποίησή τους ως δασών αναψυχής.

Η οικονομικότερη και αποτελεσματική μέθοδος προστασίας του δάσους της περιοχής μελέτης και των υπόλοιπων περιαστικών δασών της Αττικής είναι μέσω της ολοκληρωμένης διαχείρισης πολλαπλών σκοπών. Η προσέγγιση αυτή έχει πολλά πλεονεκτήματα, όπως είναι, η επαναφορά παραδοσιακών χρήσεων του δάσους, δηλαδή, βόσκησης κοπαδιών ζώων, ρητίνευση, μελισσοκομία. Οι χρήσεις αυτές θα επαναφέρουν εργαζόμενους στο δάσος, οι οποίοι θα συμβάλουν στη φύλαξή του και στον καθαρισμό τους από την υπερβάλλουσα βιομάζα. Παράλληλα θα παράγονται χρήσιμα αγαθά, όπως είναι, τα κτηνοτροφικά προϊόντα από τα βόσκοντα κοπάδια ζώων, στα οποία η χώρα μας είναι ελλειμματική. Επιπλέον ξυλώδη προϊόντα θα παράγονται από τη διαχείριση του δάσους με τις απαραίτητες ξυλεύσεις οι οποίες θα υπηρετούν και τον σκοπό της μείωσης του κινδύνου καταστροφών από πυρκαγιές ακολουθώντας τις αρχές που αναφέρονται στο Υποκεφάλαιο 1.6.1. «Χειρισμοί δασικής διαχείρισης».

Σημαντικό ρόλο για την προστασία των δασών διαδραματίζουν οι κατάλληλα σχεδιασμένες και προσαρμοσμένες στις εκάστοτε συνθήκες αντιπυρικές ζώνες, στο πλαίσιο του ολοκληρωμένου σχεδιασμού διαχείρισης των δασών για τη μείωση του ΚΚΠ σε κλίμακα περιοχής. Ειδικότερα η προστασία των οικισμών, όπου υπάρχει επαφή αυτών με το δάσος, αποτέλεσε επίκεντρο σχεδιασμού των αντιπυρικών ζωνών. Επειδή οι αντιπυρικές ζώνες, συνήθως, δεν επαρκούν από μόνες τους για την κατάσβεση των πυρκαγιών επιβάλλεται να παρέχεται πρόσβαση κατά μήκος αυτών στις πυροσβεστικές δυνάμεις. Στην εργασία αυτή και με στόχο τη μείωση του κόστους των παρεμβάσεων και την εφικτότητα των προτάσεων, αξιοποιήθηκε το υπάρχον πυκνό οδικό δίκτυο κατά μήκος του οποίου σχεδιάστηκε το μεγαλύτερο μέρος των αντιπυρικών ζωνών. Ειδικότερα, από το συνολικό μήκος των αντιπυρικών ζωνών που είναι 247,52 km, μόνο τα 4,92 km αφορούν στη δημιουργία νέων δρόμων (Πίνακας 2.2.1.3), για τις θέσεις όπου δεν υφίσταται οδικό δίκτυο. Επιπλέον, για την κατασκευή των νέων δρόμων, λήφθηκε υπόψη η κατά το δυνατό ηπιότερη επέμβαση στο περιβάλλον και η μείωση του τελικού κόστους.

Με την εφαρμογή της παραπάνω διαχείρισης πολλαπλών σκοπών επιτυγχάνεται η, αυτοσυντηρούμενη οικονομικά, αξιοποίηση και στη συνέχεια η προστασία των δασών της περιοχής μελέτης που μπορεί να εφαρμοστεί και σε άλλα δάση της Αττικής.

Ενθαρρυντικό στοιχείο είναι ότι η επίσημη πολιτεία, στο πλαίσιο και της επιδεινούμενης κατάστασης των δασικών πυρκαγιών, λαμβάνει σχετικά μέτρα τόσο για τη δημιουργία αντιπυρικών ζωνών όσο και για τη διαχείριση των δασών (<https://diavgeia.gov.gr>, n.d.).

Στον παραπάνω σχεδιασμό προστασίας του φυσικού περιβάλλοντος θα πρέπει να συμμετέχουν ενεργά και οι πολίτες για την προστασία των περιουσιών τους, ιδιαίτερα των κατοικιών που βρίσκονται εντός δασών, όπως προβλέπονται και από σχετικές αποφάσεις. Χαρακτηριστική είναι η μέχρι σήμερα ισχύουσα υπ' αριθμ. 17647 οικ. Φ.700.20 απόφαση του Υφυπουργού Κλιματικής Κρίσης και Πολιτικής Προστασίας, σύμφωνα με την οποία εγκρίνεται η υπ' αριθμ. 20/2022 Πυροσβεστική Διάταξη σχετικά με «Καθορισμό προληπτικών μέτρων πυροπροστασίας οικοπεδικών και λοιπών ακάλυπτων χώρων εντός εγκεκριμένων ρυμοτομικών σχεδίων και οικισμών». (ΦΕΚ 1301 τ. Β' 18-03-2022). Βάσει της προαναφερόμενης διάταξης καθορίζονται σαφώς οι υποχρεώσεις των πολιτών για την συμβολή τους στην αντιπυρική προστασία και οι κυρώσεις σε περίπτωση μη συμμόρφωσης.

Κεφάλαιο 4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το φαινόμενο των δασικών πυρκαγιών επεκτείνεται συνεχώς τις τελευταίες δεκαετίες με δραματικές συνέπειες, την απώλεια ανθρώπινων ζώων, την καταστροφή των φυσικών οικοσυστημάτων περιουσιών και υποδομών. Η αύξηση των πυρκαγιών αποδίδεται στην κλιματική αλλαγή που επίσης αποδίδεται στην αυξημένη ανθρώπινη δραστηριότητα που συνοδεύεται από αυξημένη εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου και τη φτωχή διαχείριση. Περιοχές του πλανήτη που βρίσκονται στις εύκρατες ζώνες και κοντά στη ζώνη του Ισημερινού πλήττονται περισσότερο. Μία τέτοια ζώνη είναι η περιοχή της Μεσογείου στην οποία βρίσκεται και η χώρα μας.

Η κατανόηση σε βάθος του μεγέθους του προβλήματος των δασικών πυρκαγιών από όλους τους εμπλεκόμενους αλλά και τους ίδιους τους πολίτες αποτελεί προϋπόθεση για την αποτελεσματική αντιμετώπισή του. Τα καταστροφικά γεγονότα των πυρκαγιών μετά το έτος 2007, ανεξάρτητα από τις αιτίες που τα προκάλεσαν, έχουν καταστήσει κατανοητή την ευαλωτότητα του φυσικού περιβάλλοντος αλλά, κυρίως, των ανθρώπων στις δασικές πυρκαγιές.

Το κόστος αντιμετώπισης των πυρκαγιών αναφέρεται α) στην υποβάθμιση του φυσικού περιβάλλοντος και της υποβάθμισης της ποιότητας ζωής β) στο καθαυτό οικονομικό κόστος που έγκειται στην απώλεια παραγωγής αγαθών και στις έμμεσες καταστροφές που προκύπτουν μετά την πυρκαγιά και γ) στο κόστος αντιμετώπισης των πυρκαγιών που αναλύεται στο κόστος προετοιμασίας πριν τη φωτιά, το κόστος κατάσβεσης και στο κόστος αποκατάστασης των ζημιών.

Η γενική θεώρηση είναι ότι οι δασικές πυρκαγιές αποτελούν αιτία καταστροφών ανάλογη άλλων φυσικών καταστροφών, όπως είναι, για παράδειγμα, οι σεισμοί. Συνεπώς, απαιτείται ανάλογη ριζική αντιμετώπιση από πλευράς νομοθετικών ρυθμίσεων όσο και οργάνωσης σε πρακτικό επίπεδο.

Η μέχρι σήμερα τακτική, παρά το γεγονός ότι ξοδεύεται μεγάλο ποσό χρημάτων, ήταν μάλλον η ευκαιριακή αντιμετώπιση του φαινομένου και αυτό προκύπτει α) από την οργάνωση, την εκπαίδευση και την προετοιμασία των αρμόδιων κρατικών φορέων β) την αγνόηση της σημασίας της προσαρμοσμένης διαχείρισης των δασικών οικοσυστημάτων και γ) την προετοιμασία της άμυνας των οικιστικών περιοχών που απειλούνται.

Χαρακτηριστικό τραγικό παράδειγμα είναι η πυρκαγιά στο Μάτι Αττικής όπου δεν υπήρχε στην πράξη καμία προετοιμασία της πόλης και του πληθυσμού για την αντιμετώπιση του φαινομένου. Αντίστοιχο φαινόμενο θα μπορούσε να έχει εξελιχθεί τόσο στην περιοχή μελέτης όσο και σε πολλές άλλες περιοχές κάτω από ακραίες καιρικές συνθήκες.

Με βάση τη μελέτη του προβλήματος στο πλαίσιο αυτής της εργασίας προτείνεται η κατάλληλη διαχείριση των δασικών οικοσυστημάτων για τη μείωση του κινδύνου καταστροφών από πυρκαγιές με προτεραιότητα αυτών που βρίσκονται σε επαφή με αστικές περιοχές. Η αξιοποίηση των δασικών οικοσυστημάτων στο πλαίσιο της πολλαπλής διαχείρισης των δασών, όπως περιγράφεται στην εργασία αυτή, ιδιαίτερα των περιαστικών, καθιστά οικονομικά εφικτή και βιώσιμη την προσπάθεια μείωσης του κινδύνου από τις πυρκαγιές. Παράλληλα, αυξάνει το Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν με την παραγωγή ποικιλίας αγαθών και υπηρεσιών και το εισόδημα των τοπικών κοινωνιών. Επιπλέον, βελτιώνει σημαντικά την ποιότητα ζωής των κατοίκων που είναι σημαντικό ζητούμενο, ειδικά για τις μεγάλες πόλεις, με την αξιοποίηση για αναψυχή των δασών αυτών.

Η προστασία των οικιστικών περιοχών θα πρέπει να βασιστεί στη σχεδίαση και τη δημιουργία αντιπυρικών ζωνών, τη διαχείριση της βλάστησης εντός των οικισμών και την προετοιμασία χώρων συγκέντρωσης και ασφαλών οδών διαφυγής, σε περίπτωση κινδύνου. Ζωνών. Επειδή οι αντιπυρικές ζώνες, συνήθως, δεν επαρκούν από μόνες τους για την κατάσβεση των πυρκαγιών επιβάλλεται να παρέχεται πρόσβαση κατά μήκος αυτών στις πυροσβεστικές δυνάμεις. Στην εργασία αυτή αξιοποιήθηκε το υπάρχον πυκνό οδικό δίκτυο κατά μήκος του οποίου σχεδιάστηκε το μεγαλύτερο μέρος των αντιπυρικών ζωνών. Συνολικό το μήκος των αντιπυρικών ζωνών που προτάθηκαν είναι 247,52 km και από αυτά μόνο τα 4,92 km αφορούν στη δημιουργία νέων δρόμων. Επιπλέον, για την κατασκευή των νέων δρόμων, λήφθηκε υπόψη η κατά το δυνατό ηπιότερη επέμβαση στο περιβάλλον.

Πέραν των παραπάνω απαιτείται ορθολογικός σχεδιασμός, οργάνωση και στελέχωση των συναρμόδιων Υπηρεσιών τόσο από πλευράς αρμοδιοτήτων και συνεργασίας όσο και από πλευράς ευθυνών. Κάθε Υπηρεσία θα πρέπει να έχει ξεκάθαρες αρμοδιότητες και υποχρεώσεις στο συνολικό πλαίσιο του αντιπυρικού σχεδιασμού και να εξασφαλίζεται η συνεργασία μεταξύ τους με τις κατάλληλες ρυθμίσεις. Η πολυδιάσπαση των αρμοδιοτήτων

είναι ένα σημαντικό πρόβλημα ειδικά σε ό,τι αφορά τις δημοτικές και περιφερειακές δομές, επειδή έχουν έλλειψη εκπαιδευμένου προσωπικού, υλικών και μέσων.

Θετικό σημείο θεωρείται η αντίληψη από τις Κεντρικές Δομές Διοίκησης, του μεγέθους προβλήματος των δασικών πυρκαγιών και τις συνακόλουθες νομοθετικές ρυθμίσεις και την έναρξη υλοποίησης μέτρων πρόληψης των πυρκαγιών. Αυτά τα μέτρα αφορούν το αντιπυρικό σχεδιασμό με τη δημιουργία αντιπυρικών ζωνών κατά μήκος δασικών οδών και γύρω από οικισμούς και την έναρξη σύνταξης διαχειριστικών μελετών σε ευρεία κλίμακα για τα δάση της χώρας.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Agee, J. K., Bahro, B., Finney, M. A., Omi, P. N., Sapsis, D. B., Skinner, C. N., van Wagtenonk, J. W., & Phillip Weatherspoon, C. (2000). The use of shaded fuelbreaks in landscape fire management. *Forest Ecology and Management*, 127(1–3), 55–66. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(99\)00116-4](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(99)00116-4)
- Bachelet, D., Lenihan, J. M., Daly, C., & Neilson, R. P. (2000). Interactions between fire, grazing and climate change at Wind Cave National Park, SD. *Ecological Modelling*, 134(2–3), 229–244. [https://doi.org/10.1016/S0304-3800\(00\)00343-4](https://doi.org/10.1016/S0304-3800(00)00343-4)
- Bachmann, A., & Allgöwer, B. (1998). *Framework for Wildfire Risk Analysis*. In: *Forest Fire Research* (Viegas, D.X., ed.). University of Coimbra, Portugal.
- Baeza, M. J., De Luís, M., Raventós, J., & Escarré, A. (2002). Factors influencing fire behaviour in shrublands of different stand ages and the implications for using prescribed burning to reduce wildfire risk. *Journal of Environmental Management*, 65(2), 199–208. <https://doi.org/10.1006/jema.2002.0545>
- Baeza, M. J., Raventós, J., Escarré, A., & Vallejo, V. R. (2003). The effect of shrub clearing on the control of the fire-prone species *Ulex parviflorus*. *Forest Ecology and Management*, 186(1–3), 47–59. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(03\)00237-8](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(03)00237-8)
- Baldwin, V. C., Peterson, K. D., Clark, A., Ferguson, R. B., Strub, M. R., & Bower, D. R. (2000). The effects of spacing and thinning on stand and tree characteristics of 38-year-old Loblolly Pine. *Forest Ecology and Management*, 137(1–3), 91–102. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(99\)00340-0](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(99)00340-0)
- Bar Massada, A., Syphard, A. D., Stewart, S. I., & Radeloff, V. C. (2013). Wildfire ignition-distribution modelling: A comparative study in the Huron-Manistee National Forest, Michigan, USA. *International Journal of Wildland Fire*, 22(2), 174–183. <https://doi.org/10.1071/WF11178>
- Barros, A. M. G., Ager, A. A., Day, M. A., Krawchuk, M. A., & Spies, T. A. (2018). Wildfires managed for restoration enhance ecological resilience. *Ecosphere*, 9(3). <https://doi.org/10.1002/ecs2.2161>
- Battles, J., Britting, S., Cameron, D., Edelson, D., Hurteau, M., Jones, G., Keeley, J., Manley, P., Metlen, K., North, M., Peery, Z., Safford, H. D., Smith, E., & Stephens, S. L. (n.d.). *Wildfires and Forest Resilience: the case for ecological forestry in the Sierra Nevada*.
- Biro, Y. (2009). *Η Ζωή Μας με τις Δασικές Πυρκαγιές: Η Άποψη της Επιστήμης Μία Συνεισφορά στο Διάλογο Επιστήμης-Πολιτικής*.
- Blanco-Rodríguez, M. Á., Ameztegui, A., Gelabert, P., Rodrigues, M., & Coll, L. (2023). Short-term recovery of post-fire vegetation is primarily limited by drought in Mediterranean forest ecosystems. *Fire Ecology*, 19(1), 68. <https://doi.org/10.1186/s42408-023-00228-w>
- Butler, B. W., & Cohen, J. D. (1998). *Firefighter Safety Zones: How Big Is Big Enough?* (Vol. 58, Issue 1). <http://www.fs.fed.us/land/fire/firenote.htm>.
- Canadian Forest Service. (1977). *A Wildfire Threat Rating System for the Macgregor Model Forest.: Vol. Final Report MMF*. Practices-3015.
- Carter, M. C., & Darwin Foster, C. (2004). Prescribed burning and productivity in southern pine forests: a review. *Forest Ecology and Management*, 191(1–3), 93–109. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2003.11.006>
- Carvalho Ribeiro, S. M., Rajão, R., Nunes, F., Assis, D., Neto, J. A., Marcolino, C., Lima, L., Rickard, T., Salomão, C., & Filho, B. S. (2020). A spatially explicit index for mapping

- Forest Restoration Vocation (FRV) at the landscape scale: Application in the Rio Doce basin, Brazil. *Science of the Total Environment*, 744. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140647>
- Catry, F. X., Rego, F. C., Bação, F. L., & Moreira, F. (2009). Modeling and mapping wildfire ignition risk in Portugal. *International Journal of Wildland Fire*, 18(8), 921–931. <https://doi.org/10.1071/WF07123>
- Chambers, M. E., Fornwalt, P. J., Malone, S. L., & Battaglia, M. A. (2016). Patterns of conifer regeneration following high severity wildfire in ponderosa pine – dominated forests of the Colorado Front Range. *Forest Ecology and Management*, 378, 57–67. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.07.001>
- Chuvienco, E., Yebra, M., Martino, S., Thonicke, K., Gómez-Giménez, M., San-Miguel, J., Oom, D., Velea, R., Mouillot, F., Molina, J. R., Miranda, A. I., Lopes, D., Salis, M., Bugarcic, M., Sofiev, M., Kadantsev, E., Gitas, I. Z., Stavrakoudis, D., Eftychidis, G., ... Viegas, D. (2023). Towards an Integrated Approach to Wildfire Risk Assessment: When, Where, What and How May the Landscapes Burn. *Fire*, 6(5). <https://doi.org/10.3390/fire6050215>
- COPERNICUS EMERGENCY MANAGEMENT SERVICE | Copernicus EMS - Mapping. (n.d.). Retrieved April 27, 2024, from https://emergency.copernicus.eu/mapping/list-of-components/EMSR527/ALL/EMSR527_AOI02
- CORINE Land Cover 2018 (vector/raster 100 m), Europe, 6-yearly — Copernicus Land Monitoring Service. (n.d.). Retrieved June 30, 2024, from <https://land.copernicus.eu/en/products/corine-land-cover/clc2018>
- Dimitrakopoulos, A. P. (2001). Thermogravimetric analysis of Mediterranean plant species. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 60(2), 123–130. [https://doi.org/10.1016/S0165-2370\(00\)00164-9](https://doi.org/10.1016/S0165-2370(00)00164-9)
- Dimitrakopoulos, A. P. (2003). Novel nomographs for fire behaviour prediction in Mediterranean and submediterranean vegetation types. *Forestry*, 76(5), 479–490. <https://doi.org/10.1093/forestry/76.5.479>
- Dimitrakopoulos, A. P., & Dritsa, S. (2003). Novel nomographs for fire behaviour prediction in Mediterranean and submediterranean vegetation types. *Forestry*, 76(5), 479–490. <https://doi.org/10.1093/forestry/76.5.479>
- Dimitrakopoulos, A. P., & Panov, P. I. (2001). Pyric properties of some dominant Mediterranean vegetation species. *International Journal of Wildland Fire*, 10(1), 23. <https://doi.org/10.1071/WF01003>
- Dimitrakopoulos, A. P., & Papaioannou, K. K. (2001). Flammability Assessment of Mediterranean Forest Fuels. *Fire Technology*, 37(2), 143–152. <https://doi.org/10.1023/A:1011641601076>
- Drought and Climate Change - Center for Climate and Energy Solutions Center for Climate and Energy Solutions. (n.d.). Retrieved March 16, 2024, from <https://www.c2es.org/content/drought-and-climate-change/>
- Duncan, B. N., Martin, R. V., Staudt, A. C., Yevich, R., & Logan, J. A. (2003). Interannual and seasonal variability of biomass burning emissions constrained by satellite observations. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 108(D2). <https://doi.org/10.1029/2002JD002378>
- Duncan, B. W., Adrian, F. W., & Stolen, E. D. (2010). Isolating the lightning ignition regime from a contemporary background fire regime in east-central Florida, USA. *Canadian Journal of Forest Research*, 40(2), 286–297. <https://doi.org/10.1139/X09-193>

- EFFIS - *Statistics Portal*. (n.d.). Retrieved June 30, 2024, from <https://forest-fire.emergency.copernicus.eu/apps/effis.statistics/estimates>
- Egoh, B. N., Paracchini, M. L., Zulian, G., Schägner, J. P., & Bidoglio, G. (2014). Exploring restoration options for habitats, species and ecosystem services in the European Union. *Journal of Applied Ecology*, *51*(4), 899–908. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12251>
- Erbaugh, J. T., & Oldekop, J. A. (2018). Forest landscape restoration for livelihoods and well-being. In *Current Opinion in Environmental Sustainability* (Vol. 32, pp. 76–83). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2018.05.007>
- Eriksson, C. P., & Johansson, N. (n.d.). *Review of wildfire indices Indices applicable for a Swedish context*. www.brand.lth.se
- Evangelista de Oliveira, R., Lex Engel, V., de Paula Loiola, P., Fernando Duarte de Moraes, L., & de Souza Vismara, E. (2021). Top 10 indicators for evaluating restoration trajectories in the Brazilian Atlantic Forest. *Ecological Indicators*, *127*. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107652>
- Falk, D. A., van Mantgem, P. J., Keeley, J. E., Gregg, R. M., Guiterman, C. H., Tepley, A. J., JN Young, D., & Marshall, L. A. (2022). Mechanisms of forest resilience. In *Forest Ecology and Management* (Vol. 512). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120129>
- FAO. (1986). *Wildland fire management terminology*.
- Fernandes, P. M., & Botelho, H. S. (2003). A review of prescribed burning effectiveness in fire hazard reduction. *International Journal of Wildland Fire*, *12*(2), 117. <https://doi.org/10.1071/WF02042>
- Fernandez, F. A. S., Rheingantz, M. L., Genes, L., Kenup, C. F., Galliez, M., Cezimbra, T., Cid, B., Macedo, L., Araujo, B. B. A., Moraes, B. S., Monjeau, A., & Pires, A. S. (2017). Rewilding the Atlantic Forest: Restoring the fauna and ecological interactions of a protected area. *Perspectives in Ecology and Conservation*, *15*(4), 308–314. <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2017.09.004>
- Forzieri, G., Dakos, V., McDowell, N. G., Ramdane, A., & Cescatti, A. (2022). Emerging signals of declining forest resilience under climate change. *Nature*, *608*(7923), 534–539. <https://doi.org/10.1038/s41586-022-04959-9>
- Fry, D. L., Stevens, J. T., Potter, A. T., Collins, B. M., & Stephens, S. L. (2018). Surface fuel accumulation and decomposition in old-growth pine-mixed conifer forests, Northwestern Mexico. *Fire Ecology*, *14*(2), 1–15. <https://doi.org/10.1186/s42408-018-0017-5>
- Genton, M. G., Butry, D. T., Gumpertz, M. L., & Prestemon, J. P. (2006). Spatio-temporal analysis of wildfire ignitions in the St Johns River Water Management District, Florida. *International Journal of Wildland Fire*, *15*(1), 87–97. <https://doi.org/10.1071/WF04034>
- Gibbons, P., Lindenmayer, D. B., Barry, S. C., & Tanton, M. T. (2000). The effects of slash burning on the mortality and collapse of trees retained on logged sites in south-eastern Australia. *Forest Ecology and Management*, *139*(1–3), 51–61. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(99\)00333-3](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(99)00333-3)
- Graham, R. T., Harvey, A. E., Jain, T. B., & Tonn, J. R. (1999). *The effects of thinning and similar stand treatments on fire behavior in Western forests*. <https://doi.org/10.2737/PNW-GTR-463>

- Hagmann, R. K., Hessburg, P. F., Salter, R. B., Merschel, A. G., & Reilly, M. J. (2022). Contemporary wildfires further degrade resistance and resilience of fire-excluded forests. *Forest Ecology and Management*, 506, 119975. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119975>
- Helms, J. A. (1998). *The Dictionary of Forestry*. Society of American Foresters.
- Hessburg, P. F., Charnley, S., Gray, A. N., Spies, T. A., Peterson, D. W., Flitcroft, R. L., Wendel, K. L., Halofsky, J. E., White, E. M., & Marshall, J. (2022). Climate and wildfire adaptation of inland Northwest US forests. In *Frontiers in Ecology and the Environment* (Vol. 20, Issue 1, pp. 40–48). John Wiley and Sons Inc. <https://doi.org/10.1002/fee.2408>
- Holling, C. S. (1973). Resilience and Stability of Ecological Systems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 4(1), 1–23. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.04.110173.000245>
- How can we measure forest resilience? | European Forest Institute*. (n.d.). Retrieved May 25, 2024, from <https://efi.int/articles/how-can-we-measure-forest-resilience>
- <https://gfmco.online/literature/EUFOFINET-Fire-Glossary.pdf>. (n.d.).
- Huang, C., Zhou, Z., Peng, C., Teng, M., & Wang, P. (2019). How is biodiversity changing in response to ecological restoration in terrestrial ecosystems? A meta-analysis in China. *Science of The Total Environment*, 650, 1–9. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2018.08.320>
- I, Y., D, M. G., & A, A. D. (2015). Review of methods for modelling forest fire risk and hazard. *African Journal of Environmental Science and Technology*, 9(3), 155–165. <https://doi.org/10.5897/ajest2014.1820>
- Kalabokidis, K., & Omi, P. (1998). Reduction of Fire Hazard Through Thinning/Residue Disposal in the Urban Interface. *International Journal of Wildland Fire*, 8(1), 29. <https://doi.org/10.1071/WF9980029>
- Kaloudis, S., Costopoulou, C. I., Lorentzos, N. A., Sideridis, A. B., & Karteris, M. (2008). Design of forest management planning DSS for wildfire risk reduction. *Ecological Informatics*, 3(1), 122–133. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2007.07.008>
- Kaloudis, S., Glykou, M., Galanopoulou, S., Fotiadis, G., Yialouris, C., & Raptis, D. (2023). Land Cover Changes in Evrytania Prefecture (Greece). *Forests*, 14(7), 1462. <https://doi.org/10.3390/f14071462>
- Kaloudis, S., Tocatlidou, A., Lorentzos, N. A., Sideridis, A. B., & Karteris, M. (2005). Assessing wildfire destruction danger: A decision support system incorporating uncertainty. *Ecological Modelling*, 181(1), 25–38. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2004.06.021>
- Keane, R. E., Holsinger, L., & Falk, D. A. (2018). *Use of landscape simulation modeling to quantify resilience for ecological applications*. <https://doi.org/10.1002/ecs2>
- Keesstra, S., Nunes, J., Novara, A., Finger, D., Avelar, D., Kalantari, Z., & Cerdà, A. (2018). The superior effect of nature based solutions in land management for enhancing ecosystem services. *Science of The Total Environment*, 610–611, 997–1009. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2017.08.077>
- Lamb, D., Erskine, P. D., & Parrotta, J. A. (n.d.). *Restoration of Degraded Tropical Forest Landscapes*. www.sciencemag.org
- Lamb, D., & Gilmour, D. (2003). *Rehabilitation and Restoration of Degraded Forests*. <http://www.iucn.org>

- Langholz, H., & Schmidtmayer, E. (1993). Meteorologische Verfahren zur Abschätzung des Waldbrandrisikos. In *Allg. Forst* (Vol. 48, pp. 394–396).
- Lewis, T., Verstraten, L., Hogg, B., Wehr, B. J., Swift, S., Tindale, N., Menzies, N. W., Dalal, R. C., Bryant, P., Francis, B., & Smith, T. E. (2019). Reforestation of agricultural land in the tropics: The relative contribution of soil, living biomass and debris pools to carbon sequestration. *Science of The Total Environment*, *649*, 1502–1513. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2018.08.351>
- Liedloff, A. C., Coughenour, M. B., Ludwig, J. A., & Dyer, R. (2001). Modelling the trade-off between fire and grazing in a tropical savanna landscape, northern Australia. *Environment International*, *27*(2–3), 173–180. [https://doi.org/10.1016/S0160-4120\(01\)00079-4](https://doi.org/10.1016/S0160-4120(01)00079-4)
- Lin, C., Ma, S. E., Huang, L. P., Chen, C. I., Lin, P. T., Yang, Z. K., & Lin, K. T. (2021). Generating a baseline map of surface fuel loading using stratified random sampling inventory data through cokriging and multiple linear regression methods. *Remote Sensing*, *13*(8). <https://doi.org/10.3390/rs13081561>
- Lindner, M., Nikinmaa, L., Brang, P., Cantarello, E., & Seidl, R. (n.d.). *Enhancing resilience to address challenges in forest management*. European Forest Institute (EFI); Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research (WSL).
- Liodakis, S., Bakirtzis, D., & Dimitrakopoulos, A. P. (2003). Autoignition and thermogravimetric analysis of forest species treated with fire retardants. *Thermochemica Acta*, *399*(1–2), 31–42. [https://doi.org/10.1016/S0040-6031\(02\)00400-8](https://doi.org/10.1016/S0040-6031(02)00400-8)
- Luo, Y., Lü, Y., Fu, B., Zhang, Q., Li, T., Hu, W., & Comber, A. (2019). Half century change of interactions among ecosystem services driven by ecological restoration: Quantification and policy implications at a watershed scale in the Chinese Loess Plateau. *Science of the Total Environment*, *651*, 2546–2557. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.116>
- Management Task Force, F. (2020). *CALIFORNIA'S WILDFIRE AND FOREST RESILIENCE ACTION PLAN A Comprehensive Strategy of the Governor's Forest Management Task Force*. <https://fntf.fire.ca.gov/>
- Mansourian, S., Vallauri, D., & Dudley, N. (2005). Forest restoration in landscapes: Beyond planting trees. In *Forest Restoration in Landscapes: Beyond Planting Trees*. Springer New York. <https://doi.org/10.1007/0-387-29112-1>
- Maure, L. A., Diniz, M. F., Coelho, M. T. P., Souza de Oliveira, M. P., Ribeiro, M. C., da Silva, F. R., & Hasui, É. (2022). Predicting resilience and stability of early second-growth forests. *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, *8*(4), 477–491. <https://doi.org/10.1002/rse2.256>
- McWethy, D. B., Schoennagel, T., Higuera, P. E., Krawchuk, M., Harvey, B. J., Metcalf, E. C., Schultz, C., Miller, C., Metcalf, A. L., Buma, B., Virapongse, A., Kulig, J. C., Stedman, R. C., Ratajczak, Z., Nelson, C. R., & Kolden, C. (2019). Rethinking resilience to wildfire. *Nature Sustainability*, *2*(9), 797–804. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0353-8>
- meteo.gr: Νεότερα στοιχεία για τη δασική πυρκαγιά στη Βαρυμπόμπη*. (n.d.). Retrieved April 27, 2024, from https://www.meteo.gr/article_view.cfm?entryID=1856
- Millar, C. I., & Stephenson, N. L. (2015). Temperate forest health in an era of emerging megadisturbance. *Science*, *349*(6250), 823–826. <https://doi.org/10.1126/science.aaa9933>

- Mitsopoulos, I. D., & Dimitrakopoulos, A. P. (2007). Canopy fuel characteristics and potential crown fire behavior in Aleppo pine (*Pinus halepensis* Mill.) forests. *Annals of Forest Science*, *64*(3), 287–299. <https://doi.org/10.1051/forest:2007006>
- Nikinmaa, L., de Koning, J. H. C., Derks, J., Grabska-Szwagrzyk, E., Konczal, A. A., Lindner, M., Socha, J., & Muys, B. (2024). The priorities in managing forest disturbances to enhance forest resilience: A comparison of a literature analysis and perceptions of forest professionals. *Forest Policy and Economics*, *158*, 103119. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2023.103119>
- Nussbaum, R., & Simula, M. (2013). *The Forest Certification Handbook*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781849773003>
- Oliver, T. H., Heard, M. S., Isaac, N. J. B., Roy, D. B., Procter, D., Eigenbrod, F., Freckleton, R., Hector, A., Orme, C. D. L., Petchey, O. L., Proença, V., Raffaelli, D., Suttle, K. B., Mace, G. M., Martín-López, B., Woodcock, B. A., & Bullock, J. M. (2015). Biodiversity and Resilience of Ecosystem Functions. *Trends in Ecology & Evolution*, *30*(11), 673–684. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2015.08.009>
- Omi, P. N. (1996). The Role of Fuel Brakes. In: 17th Annual Conference on Forest Vegetation Management. *International Journal of Wildland Fire*, 89–96.
- Orsi, F., Geneletti, D., & Newton, A. C. (2011). Towards a common set of criteria and indicators to identify forest restoration priorities: An expert panel-based approach. *Ecological Indicators*, *11*(2), 337–347. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2010.06.001>
- Perestrello De Vasconcelos, M. J., Silva, S., Tome, M., Alvim, M., Miguel, J., & Perelra, C. (n.d.). *Spatial Prediction of Fire Ignition Probabilities: Comparing Logistic Regression and Neural Networks*.
- Pimm, S. L. (1984). The complexity and stability of ecosystems. *Nature*, *307*(5949), 321–326. <https://doi.org/10.1038/307321a0>
- Pineda, N., Altube, P., Alcasena, F. J., Casellas, E., Segundo, H. S., & Montanyà, J. (2022). Characterising the holdover phase of lightning-ignited wildfires in Catalonia. *Agricultural and Forest Meteorology*, *324*, 109111. <https://doi.org/10.1016/J.AGRFORMET.2022.109111>
- Plucinski, M. P. (2012). *A REVIEW OF WILDFIRE OCCURRENCE RESEARCH CSIRO Ecosystem Science and CSIRO Climate Adaptation Flagship*.
- Plucinski, M. P., Dunstall, S., McCarthy, N. F., Deutsch, S., Tartaglia, E., Huston, C., & Stephenson, A. G. (2023). Fighting wildfires: predicting initial attack success across Victoria, Australia. *International Journal of Wildland Fire*, *32*(12), 1689–1703. <https://doi.org/10.1071/WF23053>
- Rabiei, J., Khademi, M. S., Bagherpour, S., Ebadi, N., Karimi, A., & Ostad-Ali-Askari, K. (2022). Investigation of fire risk zones using heat–humidity time series data and vegetation. *Applied Water Science*, *12*(9). <https://doi.org/10.1007/s13201-022-01742-z>
- Reid, J. S., Hobbs, P. V., Rangno, A. L., & Hegg, D. A. (1999). Relationships between cloud droplet effective radius, liquid water content, and droplet concentration for warm clouds in Brazil embedded in biomass smoke. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, *104*(D6), 6145–6153. <https://doi.org/10.1029/1998JD200119>
- REPORT ON THE SECOND GLOBAL FORUM ON ECOLOGICAL RESTORATION The Society for Ecological Restoration & IUCN Commission on Ecosystem Management Thematic Group on Ecosystem Restoration*. (2020).

- Resilience Alliance - Key Concepts*. (n.d.). Retrieved June 3, 2024, from <https://www.resalliance.org/key-concepts>
- Review, S., Smith, A. J. P., Jones, M. W., Abatzoglou, J. T., Canadell, J. G., & Betts, R. A. (2020). *Climate Change Increases the Risk of Wildfires update*. <https://sciencebrief.org/topics/climate->
- Ribeiro, I., Domingos, T., McCracken, D., & Proença, V. (2023). The use of domestic herbivores for ecosystem management in Mediterranean landscapes. *Global Ecology and Conservation*, *46*, e02577. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2023.e02577>
- Romero-Calcerrada, R., Barrio-Parra, F., Millington, J. D. A., & Novillo, C. J. (2010). Spatial modelling of socioeconomic data to understand patterns of human-caused wildfire ignition risk in the SW of Madrid (central Spain). *Ecological Modelling*, *221*(1), 34–45. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2009.08.008>
- Romero-Calcerrada, R., Novillo, C. J., Millington, J. D. A., & Gomez-Jimenez, I. (2008). GIS analysis of spatial patterns of human-caused wildfire ignition risk in the SW of Madrid (Central Spain). *Landscape Ecology*, *23*(3), 341–354. <https://doi.org/10.1007/s10980-008-9190-2>
- Rowe, J. S. (n.d.). Concepts of fire effects on plant individuals and species. In R.W. Wein and D.A. Maclean (Ed.), *The role of fire in northern circumpolar ecosystems* (pp. 135–154).
- Sánchez Sánchez, Y., Martínez-Graña, A., Santos Francés, F., & Mateos Picado, M. (2018). Mapping wildfire ignition probability using sentinel 2 and LiDAR (Jerte Valley, Cáceres, Spain). *Sensors (Switzerland)*, *18*(3). <https://doi.org/10.3390/s18030826>
- Sari, F. (2023). Identifying anthropogenic and natural causes of wildfires by maximum entropy method-based ignition susceptibility distribution models. *Journal of Forestry Research*, *34*(2), 355–371. <https://doi.org/10.1007/s11676-022-01502-4>
- Scherer, G., Zabowski, D., Java, B., & Everett, R. (2000). Timber harvesting residue treatment. Part II. Understory vegetation response. *Forest Ecology and Management*, *126*(1), 35–50. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(99\)00080-8](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(99)00080-8)
- Shimamoto, C. Y., Padial, A. A., Da Rosa, C. M., & Marques, M. C. M. (2018). Restoration of ecosystem services in tropical forests: A global meta-analysis. *PLoS ONE*, *13*(12). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0208523>
- Singh, S. S., & Jeganathan, C. (2024). Quantifying forest resilience post forest fire disturbances using time-series satellite data. *Environmental Monitoring and Assessment*, *196*(1), 26. <https://doi.org/10.1007/s10661-023-12183-9>
- Skvarenina, J., Mindas, J., Holec, J., & Tucek, J. (n.d.). *Analysis of the natural and meteorological conditions during two largest forest fire events in the Slovak Paradise National Park*.
- Smith, C. T., Lowe, A. T., Skinner, M. F., Beets, P. N., Schoenholtz, S. H., & Fang, S. (2000). Response of radiata pine forests to residue management and fertilisation across a fertility gradient in New Zealand. *Forest Ecology and Management*, *138*(1–3), 203–223. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00397-2](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00397-2)
- Soto, M. C., & Valencia, A. P. (2022). Proposals of Rehabilitation and Management Actions for the Protection of Sclerophyllous Forests Affected by Forest Fires. *Forestist*, *72*(2), 112–119. <https://doi.org/10.5152/forestist.2021.21029>

- Steinfeld, D., Peter, A., Martius, O., & Brönnimann, S. (n.d.). *Assessing the performance of various fire weather indices for wildfire occurrence in Northern Switzerland*. <https://doi.org/10.5194/egusphere-2022-92>
- Stephens, S. L., Millar, C. I., & Collins, B. M. (2010). Operational approaches to managing forests of the future in Mediterranean regions within a context of changing climates. *Environmental Research Letters*, 5(2). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/5/2/024003>
- Stevens-Rumann, C. S., Kemp, K. B., Higuera, P. E., Harvey, B. J., Rother, M. T., Donato, D. C., Morgan, P., & Veblen, T. T. (2018). Evidence for declining forest resilience to wildfires under climate change. *Ecology Letters*, 21(2), 243–252. <https://doi.org/10.1111/ele.12889>
- Syphard, A. D., Radeloff, V. C., Keuler, N. S., Taylor, R. S., Hawbaker, T. J., Stewart, S. I., & Clayton, M. K. (2008). Predicting spatial patterns of fire on a southern California landscape. *International Journal of Wildland Fire*, 17(5), 602–613. <https://doi.org/10.1071/WF07087>
- Teng, M., Huang, C., Wang, P., Zeng, L., Zhou, Z., Xiao, W., Huang, Z., & Liu, C. (2019). Impacts of forest restoration on soil erosion in the Three Gorges Reservoir area, China. *Science of The Total Environment*, 697, 134164. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2019.134164>
- Thompson, I., Mackey, B., & McNulty, S. G. (2009). *Forest Resilience, Biodiversity, and Climate Change. A Synthesis of the Biodiversity/Resilience/Stability Relationship in Forest Ecosystems*. <https://www.researchgate.net/publication/232129022>
- Torrano, L., & Valderrábano, J. (2005). Grazing ability of European black pine understory vegetation by goats. *Small Ruminant Research*, 58(3), 253–263. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2004.11.001>
- Turner, M. G. (2010). Disturbance and landscape dynamics in a changing world. *Ecology*, 91(10), 2833–2849. <https://doi.org/10.1890/10-0097.1>
- Valderrábano, J., & Torrano, L. (2000). The potential for using goats to control *Genista scorpius* shrubs in European black pine stands. *Forest Ecology and Management*, 126(3), 377–383. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(99\)00108-5](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(99)00108-5)
- Vasilakos, C., Kalabokidis, K., Hatzopoulos, J., & Matsinos, I. (2009). Identifying wildland fire ignition factors through sensitivity analysis of a neural network. *Natural Hazards*, 50(1), 125–143. <https://doi.org/10.1007/s11069-008-9326-3>
- Wang, Y., & Anderson, K. R. (2010). An evaluation of spatial and temporal patterns of lightning- and human-caused forest fires in Alberta, Canada, 1980–2007. *International Journal of Wildland Fire*, 19(8), 1059–1072. <https://doi.org/10.1071/WF09085>
- Wellington. (n.d.). *Fire Risk Assessment A measure to quantify fire risk for New Zealand locations*.
- Ye, J., Wu, M., Deng, Z., Xu, S., Zhou, R., & Clarke, K. C. (2017). Modeling the spatial patterns of human wildfire ignition in Yunnan province, China. *Applied Geography*, 89, 150–162. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2017.09.012>
- Zabowski, D., Java, B., Scherer, G., Everett, R. L., & Ottmar, R. (2000). Timber harvesting residue treatment: Part 1. Responses of conifer seedlings, soils and microclimate. *Forest Ecology and Management*, 126(1), 25–34. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(99\)00081-X](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(99)00081-X)

- Zacharakis, I., & Tsihrintzis, V. A. (2023). Environmental Forest Fire Danger Rating Systems and Indices around the Globe: A Review. In *Land* (Vol. 12, Issue 1). MDPI. <https://doi.org/10.3390/land12010194>
- Zhang, Z. X., Zhang, H. Y., & Zhou, D. W. (2010). Using GIS spatial analysis and logistic regression to predict the probabilities of human-caused grassland fires. *Journal of Arid Environments*, 74(3), 386–393. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2009.09.024>
- Αθανασιάδης, Ν. (1986). ΔΑΣΙΚΗ ΒΟΤΑΝΙΚΗ (ΔΕΝΤΡΑ ΚΑΙ ΘΑΜΝΟΙ ΤΩΝ ΔΑΣΩΝ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ) ΜΕΡΟΣ ΙΙ. ΓΙΑΧΟΥΔΗ.
- Ανάρτηση Πράξεων στο Διαδίκτυο | Πρόγραμμα Δι@ύγεια - Αναζήτηση Πράξης. (n.d.). Retrieved April 18, 2024, from <https://diangeia.gov.gr/search?query=ada:%22CE%A9%CE%963%CE%A04653%CE%A08-%CE%98%CE%9A0%22&page=0>
- Ασημακοπούλου, Κ. (2023). Διερεύνηση της Διαχρονικής Εξέλιξης των Πυρκαγιών και των Επιπτώσεων τους στην Ελλάδα.
- Γεράκη, Μ. (2018). ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΔΟΜΗΣ.
- Γκουρμπάτσος, Α. (2015). ΕΡΕΥΝΑ. www.wwf.gr
- Γκόφας, Α. (2008). Εγχειρίδιο Δασοπροστασίας. Γιαχούδη.
- Δημητρακόπουλος, Α., Μπαξεβάνης, Κ. Ε., & Μητσόπουλος, Ι. Δ. (2009). Διαχρονική συσχέτιση δασικών πυρκαγιών και κοινωνικοοικονομικών παραγόντων στην Ελλάδα, κατά την περίοδο 1960-2000.
- Επιτροπή για τις Προοπτικές Διαχείρισης Πυρκαγιών Δασών και Υπαίθρου στην Ελλάδα. (2019). The Global Fire Monitoring Center (GFMC). <https://www.government.gov.gr/report-on-landscape-fires-in-greece/>
- Καλούδης, Σ. (1996). Μελέτη Συνιστωσών του Υδατικού Ισοζυγίου στην Περιοχή των Αθηνών. Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Καλούδης, Σ. (2008). Σύστημα Υποστήριξης Λήψεως Απόφασης για τη Διαχείριση Δασικών Οικοσυστημάτων Βασισμένο στα Γεωγραφικά Πληροφοριακά Συστήματα και στα Συστήματα Γνώσης. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Καλούδης, Σ., Καμπερίδης, Γ., Πολυτσέρης, Ζ., Γαλανοπούλου, Σ., & Λορέντζος, Ν. (2017). Πάρκα αναψυχής στον αστικό ιστό του λεκανοπεδίου Αττικής.
- Κλιματικά Δεδομένα ανά Πόλη- ΜΕΤΕΩΓΡΑΜΜΑΤΑ, ΕΜΥ, Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία. (n.d.). Retrieved March 16, 2024, from http://www.emy.gr/emv/el/climatology/climatology_city?perifereia=Attiki&poli=Tatoi
- Κοντός, Π. (1921). Ελληνική Δασοκομία μετά Στοιχείων Δασικής Διαχείρισης. Φυσικοί, Οικονομικοί και Κοινωνική Παράγοντες. Τύπος Παρασκευά Λεώνη.
- Κορνέλης, Α. (2020). Διερεύνηση ικανοποίησης του κοινού από το αστικό πράσινο στον νομό Αττικής.
- Κωνσταντινίδης, Π. (2003). Μαθαίνοντας να ζούμε με τις Δασικές Πυρκαγιές. Χριστοδουλίδη.
- Μακρής, Κ. (1962). Διαχειριστική μελέτη του εθνικού δρυμού Πάρνηθας.
- Μανωλάς, Ε. (2009). Θέματα Δασολογίας και Διαχείρισης Περιβάλλοντος και Φυσικών Πόρων 1 ος Τόμος: Εισαγωγή στη Δασολογική και Περιβαλλοντική Επιστήμη Περιοδική Έκδοση Τμήματος Δασολογίας και Διαχείρισης Περιβάλλοντος και Φυσικών Πόρων του Δημοκρίτειου Πανεπιστημίου Θράκης.
- Μαρκάλας, Σ. (1996). Οι Δασικές Πυρκαγιές στην Ελλάδα το 1993.
- Ντάφης, Σ. (1986). Δασική Οικολογία (Γιαχουδη, Ed.).

- Προστασία Δασών* -. (n.d.). Retrieved March 16, 2024, from <https://ypen.gov.gr/perivallon/dasi/prostasia-dason/>
- Ραμπαούνης, Ι. (2021). *Διερεύνηση της ζήτησης του περιαστικού πράσινου στην Αττική*. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Σύνολα Δεδομένων - Πυροσβεστικό Σώμα Ελλάδος*. (n.d.). Retrieved May 26, 2024, from <https://www.fireservice.gr/el/synola-dedomenon>
- Τσαγκάρη, Κ., Καρέτσος, Γ., & Προύτσος, Ν. (2011). *ΔΑΣΙΚΕΣ ΠΥΡΚΑΓΙΕΣ ΕΛΛΑΔΑΣ 1983-2008*. WWF Ελλάς και ΕΘΙΑΓΕ-ΙΜΔΟ & ΤΔΠ, σελ. 112. https://www.researchgate.net/publication/351330520_Forest_fires_in_Greece_1983-2008_in_greek
- ΥΠΕΝ Αρχική* -. (n.d.). Retrieved April 27, 2024, from <http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=588&language=en-US>
- Φουρνιωτάκης, Κ. (2018). *Η Δημόσια Πολιτική της Πολιτικής Προστασίας*.
- Χαϊτόγλου, Π., & Λυκούδη, Α. (2020). *Σχέδιο αντιπυρικής προστασίας Εθνικού Δρυμού Πάρνηθας*.
- Χάλαρης, Μ. (2016). *ΔΑΣΙΚΕΣ ΠΥΡΚΑΓΙΕΣ*. http://atmitos.gr/wp-content/uploads/2016/08/FORREST_FIRES_%CE%91%CE%A4%CE%9C%CE%99%CE%A4%CE%9F%CE%A3.pdf