



Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Εργαστήριο Ανόργανης και Αναλυτικής Χημείας
Σχολή Χημικών Μηχανικών

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΜΕ ΤΙΤΛΟ:

**Συγκριτική μελέτη στοιχείων προφίλ φλόγας
(ρυθμός διάδοσης, ύψος και θερμοκρασία) σε
δασικά είδη μεσογειακού τύπου με και χωρίς
την επίδραση χημικού επιβραδυντή-DAP.**

του Βιτάλη Δημήτρη

Επιβλέπων καθηγητής: Σ. Λιοδάκης

2013

Πρόλογος

Η παρούσα διπλωματική εργασία ανατέθηκε από τον Καθηγητή του Ε.ΜΠ. κ. Λιοδάκη Στυλιανό και εκπονήθηκε στο εργαστήριο Ανόργανης και Αναλυτικής Χημείας του Τομέα Ι της Σχολής Χημικών Μηχανικών ΕΜΠ στο εαρινό εξάμηνο του 2011.

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη της ευφλεκτότητας 2 κυρίαρχων δασικών ειδών, με τη μέθοδο του ρυθμού διάδοσης φλόγας και η επίδραση του επιβραδυντή DAP στην θερμοκρασία καύσης, στον ρυθμό διάδοσης φλόγας και το ύψος φλόγας. Τα είδη αυτά συλλέχθηκαν από περιοχές ζώνης μείξης δάσους-κατοικιών (WUI – Wildland Urban Interface), δηλαδή περιοχές όπου οι κατοικίες και η δασική έκταση είτε αναμειγνύονται, είτε γειτνιάζουν.

Από τη θέση αυτή θα ήθελα να ευχαριστήσω:

- Τον Αναπληρωτή Καθηγητή κ. **Λιοδάκη Στυλιανό** για την ανάθεση του θέματος, και την βοήθειά του κατά την εκπόνηση της εργασίας.
- Την υποψήφιο Διδάκτορα, **Ελπίδα Ευθυμίου**, δασολόγο του Α.Π.Θ., για την καθοδήγηση, τις συμβουλές της, τη συνεχή της βοήθεια και την επικοινωνιακή και απρόσκοπτη συνεργασία που είχαμε καθ' όλο το διάστημα της προετοιμασίας της διπλωματικής εργασίας.
- Τα λοιπά μέλη του εργαστηρίου Ανόργανης και Αναλυτικής Χημείας, καθώς ο καθένας βοήθησε με τον τρόπο του για την ετοιμασία της εργασίας.
- Την οικογένεια μου και κοντινά μου άτομα που μου στάθηκαν σε όλη τη διάρκεια της φοίτησης μου στο Ε.ΜΠ. και κατά την ετοιμασία της εργασίας αυτής.

Αθήνα, Φεβρουάριος 2013

Βιτάλης Δημήτριος

Περίληψη

Το αντικείμενο μελέτης της διπλωματικής εργασίας είναι να προσδιοριστούν τα χαρακτηριστικά της καύσης: ρυθμός διάδοσης, ύψος και θερμοκρασία φλόγας, για τα δασικά είδη χαλέπιος Πεύκη (*Pinus halepensis*) και κοινή Ελιά (*Olea europaea*), χρησιμοποιώντας την εργαστηριακής κλίμακας δοκιμασία διάδοσης φλόγας με ταυτόχρονη χρήση θερμικής κάμερας. Επίσης, να μελετηθεί η επίδραση του επιβραδυντή DAP $[(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4]$ στις ιδιότητες καύσης των προς μελέτη δασικών υλών. Τέλος, να καταταχθούν τα δασικά είδη σε κατηγορίες, σύμφωνα με την καυσιμότητα τους και να εξαχθούν δεδομένα για την ανάπτυξη μοντέλων διάδοσης πυρκαγιάς σε ζώνες μίξεως δάσους-κατοικιών.

Τα πειράματα διεξήχθησαν έπειτα από λιοτριβίση των φύλλων των φυτών σε ένα λεπτόκοκκο, ομοιογενές υλικό (σωματιδιακή φυλλώδης καυσιμότητα), ώστε να επιτευχθεί ικανοποιητική επαναληψιμότητα των αποτελεσμάτων.

Η φλόγα του δείγματος *Olea europaea* έχει μεγαλύτερο ρυθμό διάδοσης, μικρότερο ύψος και μικρότερο μέσο όρο θερμοκρασίας σε σχέση με την φλόγα του δείγματος *Pinus halepensis*. Επίσης έχει λιγότερες αυξομειώσεις στην τιμή του ύψους και την τιμή της θερμοκρασίας κατά την διάρκεια της καύσης σε σχέση με την φλόγα του δείγματος *Pinus halepensis*.

Η δράση του επιβραδυντή DAP στις δασικές ύλες διαφέρει ανά είδος και εξεταζόμενη παράμετρο. Είναι ιδιαίτερα δραστικός όσο αφορά τη μείωση του ρυθμού διάδοσης (30%) και του ύψους φλόγας (60-70%) και λιγότερο δραστικός, αναφορικά με την μείωση της θερμοκρασίας της φλόγας.

Abstract

The object of study of this thesis is to determine the combustion properties: rate of spread, flame height and temperature, of forest species *Pinus halepensis* and *Olea europaea*, using a laboratory-scale flame spread in combination with a thermal camera, to classify them into categories according to their combustibility and to export data for modeling forest fire use. Also, was examined the effect of DAP [(NH₄)₂HP0₄] retardant on the combustion properties of forest species.

The experiments were conducted after reduction of plant leaves in a fine-grained, homogeneous material to achieve a satisfactory reproducibility of the results.

The flame of *Olea europaea* has higher flame spread rate, lower average height and lower average temperature than those of the flame of *Pinus halepensis*. Also less fluctuations in flame height and temperature values were recorded during the combustion of *Olea europaea* compared to those recorded on *Pinus halepensis*.

The effect of DAP retardant on forest materials depends on forest species and the combustion property examined. DAP reduces the rate of flame spread (30%) and flame height (60-70%). but has minor effect on lowering the temperature of the flame (7-8%).

Περιεχόμενα

Πρόλογος.....	2
Περίληψη.....	3
Abstract.....	4
Περιεχόμενα	4
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Δασικές πυρκαγιές γενικά στοιχεία.....	9
1.1. Εισαγωγή.....	9
1.2. Θεμελιώδη στοιχεία της φωτιάς	9
1.3. Παράγοντες που επηρεάζουν τις δασικές πυρκαγιές	10
1.3.1. Καύσιμη ύλη.	10
1.3.2. Καιρός	12
1.3.3. Τοπογραφικές συνθήκες.....	13
1.3.4. Ημερήσια πορεία δασικής πυρκαγιάς	14
1.3.5. Είδη δασικής πυρκαγιάς	14
1.3.6. Αίτια δασικών πυρκαγιών	16
1.3.7. Περίοδος δασικών πυρκαγιών.....	18
1.3.8. Ζημίες από δασικές πυρκαγιές	18
1.3.9. Επίδραση της πυρκαγιάς στο δασικό έδαφος.....	20
1.4. Μέτρα προστασίας	22
1.5. Τα δάση της Ελλάδας	23
1.5.1. Οι φυτικοί σχηματισμοί στην Ελλάδα.	23
1.6. Βιβλιογραφία	25
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Δασικές ύλες	26
2.1. Στοιχειακή ανάλυση ξύλου.....	26
2.2. Χημική σύσταση ξύλου	26
2.2.1. Μακρομοριακές ενώσεις.....	26
2.2.2. Μικρομοριακές ενώσεις	28

2.3. Μεταβλητότητα στην χημική σύσταση του ξύλου.....	29
2.4. Βιβλιογραφία	32
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Καύση δασικών υλών.....	33
3.1. Καύση	33
3.1.1. Γενικά.....	33
3.1.2. Τα στάδια πυρκαγιάς.....	34
3.1.3. Χαρακτηριστικά φλόγας	35
3.1.4. Αντιδράσεις καύσης	36
3.2. Θερμική αποικοδόμηση	37
3.3. Καύση- πυρόλυση δασικών υλών.....	38
3.4. Βιβλιογραφία	40
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Χημικοί επιβραδυντές	41
4.1. Τύποι επιβραδυντών.	41
4.2. Χημικοί επιβραδυντές δασικών πυρκαγιών.....	43
4.3. Θεωρίες δράσης επιβραδυντών φωτιάς.....	44
4.4. Χαρακτηριστικά "ιδανικού" επιβραδυντή.	46
4.5. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των επιβραδυντών.....	46
4.6. Εφαρμογή επιβραδυντών δασικών πυρκαγιών.....	47
4.7. Περιβαλλοντικές επιπτώσεις επιβραδυντών δασικών πυρκαγιών στο έδαφος και στους υδάτινους αποδέκτες.....	47
4.8. $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ ή DAP.....	48
4.9. Βιβλιογραφία	49
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Υπέρυθρη θερμογραφία	50
5.1. Ορισμοί.....	50
5.2. Παθητική και ενεργητική θερμογραφία.....	50
5.2.1. Παθητική θερμογραφία.....	51
5.2.2. Ενεργητική θερμογραφία	51
5.3. Υπέρυθρη θερμογραφία και εκπμπτικότητα (emissivity) των υλικών.....	51

5.3.1 Εκπεμπτικότητα.....	51
5.3.2. Φάσμα εκπεμπτικότητας υλικών	51
5.3.4. Η επίδραση της γωνίας πρόσπτωσης στην εκπεμπτικότητα των υλικών.....	53
5.3.5. Η επίδραση της εκπεμπτικότητας στη θερμογραφία	54
5.4. Πλεονεκτήματα μειονεκτήματα υπέρυθρης θερμογραφίας.....	56
5.5. Εφαρμογές της υπέρυθρης θερμογραφίας.	56
5.6. Βιβλιογραφία	57
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: Δασική ύλη και προετοιμασία.....	58
6.1. Τα υπό επεξεργασία δασικά είδη	58
6.1.1. Η χαλέπιος πεύκη(<i>Pinus halepensis</i>)	58
6.1.2. Η κοινή ελιά (<i>Olea europaea</i>).....	59
6.2. Δειγματοληψία και επεξεργασία δειγμάτων	62
6.2.1. Περιοχή δειγματοληψίας.....	62
6.2.2 Τρόπος δειγματοληψίας	64
6.2.3. Επεξεργασία δείγματος	67
6.2.4. Μύλος άλεσης	68
6.2.5. Ηλεκτροκίνητα αυτόματα τάρακτρα.....	69
6.2.6. Θάλαμος εγκλιματισμού	71
6.3. Βιβλιογραφία	72
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: Εκτέλεση πειραμάτων	73
7.1. Σκοπός	73
7.2. Εισαγωγή	73
7.3. Πειραματική διαδικασία	74
7.3.1. Δείγματα.....	74
7.3.2. Προετοιμασία δειγμάτων	74
7.3.3. Δοκιμασία διάδοσης φλόγας.....	75
7.4. Αποτελέσματα δοκιμασίας διάδοσης φλόγας.....	78

7.5. Αποτελέσματα μετρήσεων μεγίστου ύψους φλόγας στο μέτωπο.....	81
7.6. Μέτρηση θερμοκρασίας φλόγας με χρήση θερμικής κάμερας.....	82
7.6.1. Αποτελέσματα μέτρησης θερμοκρασίας φλόγας με χρήση θερμικής κάμερας ...	83
7.7. Συζήτηση αποτελεσμάτων	86
7.7.1. Ρυθμός διάδοσης φλόγας	86
7.7.2 Το ύψος της φλόγας	86
7.7.3. Θερμοκρασία φλόγας κατά την διάρκεια της καύσης	86
7.7.4. Επίδραση επιβραδυντή DAP.....	87
7.8. Προτάσεις	87
7.9. Βιβλιογραφία	89

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Δασικές πυρκαγιές γενικά στοιχεία

1.1. Εισαγωγή

Οι δασικές πυρκαγιές αποτελούν μια μόνιμη πηγή καταστροφής τόσο των δασών της χώρας μας όσο και γεωργικών καλλιεργειών, κατοικημένων περιοχών, στρατιωτικών εγκαταστάσεων κτλ. Τα θύματα και οι τραυματίες από τις δασικές πυρκαγιές είναι πολλά. Τα τελευταία χρόνια έχουμε σχεδόν κάθε καλοκαίρι, νεκρούς και τραυματίες από άτομα που είχαν ριχτεί στη μάχη κατά της φωτιάς ή από εκείνα που τυχαία εγκλωβίσθηκαν από αυτή. Η αντιμετώπιση των δασικών πυρκαγιών για τη χώρα μας έχει μεγάλη σημασία γιατί είναι ένας από τους κυριότερους εχθρούς των δασών μας. Οι δασικές πυρκαγιές αποτελούν μαζί με την υπερβόσκηση το κύριο αίτιο των γυμνών βουνών της χώρας μας.

1.2. Θεμελιώδη στοιχεία της φωτιάς

Όλες οι φωτιές είναι το αποτέλεσμα της χημικής διεργασίας που λαμβάνει χώρα όταν συνυπάρχουν τα τρία ουσιώδη στοιχεία: Καύσιμη ύλη, θερμοκρασία και αέρας σε κατάλληλο συνδυασμό ώστε να προκληθεί ανάφλεξη. Τα τρία αυτά στοιχεία συνθέτουν το τρίγωνο της φωτιάς.

Η σχέση μεταξύ των τριών αυτών παραγόντων μπορεί να αποδοθεί γραφικά ως ένα τρίγωνο που ονομάζεται «τρίγωνο της φωτιάς».



Εικόνα 1: Το τρίγωνο της φωτιάς

Αν αφαιρέσουμε μια από τις συνθήκες των πλευρών του τριγώνου τότε δεν υφίσταται φωτιά. Σ' αυτή την αλήθεια στηρίζονται η πρόληψη και η καταστολή των δασικών πυρκαγιών. Η φωτιά σβήνει:

- Απομακρύνοντας την καύσιμη ύλη με την κατασκευή μιας αντιπυρικής ζώνης ή ζώνης ελέγχου.
- Απομακρύνοντας την θερμότητα καταβρέχοντας την φωτιά με νερό, ψύχοντας έτσι την καύσιμη ύλη.
- Απομακρύνοντας τον αέρα, δηλαδή σκεπάζοντας την με χώμα και νερό.

Καύσιμη ύλη: Η καύσιμη ύλη είναι η τροφή της φωτιάς. Στην περίπτωση της δασικής πυρκαγιάς αυτή αποτελεί το αναφλέξιμο υλικό του δάσους.

Θερμότητα: Δύο είδη θερμότητας είναι αναγκαία. Το ένα για να ανάψει η φωτιά και το άλλο για να συντηρηθεί η θερμότητα της. Η εναρκτήρια θερμότητα υψώνει την θερμοκρασία του καυσίμου μέχρι το σημείο που το καύσιμο αναφλέγεται και καίγεται - σημείο ανάφλεξης.

Το σημείο ανάφλεξης της καύσιμης ύλης των δασών ανέρχεται στους 100-200°C, εξαρτώμενο από την καύσιμη ύλη. Αυτή η εναρκτήρια θερμότητα είναι εκείνη που προκαλεί την ανάφλεξη.

Αέρας: Στην καύσιμη ύλη και στην θερμότητα όταν προστεθεί και ο αέρας (με το οξυγόνο του) συντηρεί την φωτιά, την αναζωογονεί και την εξαπλώνει. Το οξυγόνο συνδέεται χημικά με τα αναφλέξιμα αέρια που παράγει η θερμαινόμενη καύσιμη ύλη αναφλέγοντας την.

1.3. Παράγοντες που επηρεάζουν τις δασικές πυρκαγιές

Υπάρχουν πολλοί παράγοντες που καθορίζουν μια φωτιά μόλις ανάψει, πώς θα κάψει. Στην περίπτωση των δασικών πυρκαγιών μιλάμε για 7 συνθήκες που μπορούν να επηρεάσουν την συμπεριφορά μιας φωτιάς και οι οποίες ομαδοποιούνται σε 3 βασικές: στην καύσιμη ύλη, στον καιρό και στις τοπογραφικές συνθήκες.

1.3.1. Καύσιμη ύλη.

Το δάσος στο σύνολο του αποτελεί καύσιμη ύλη. Κάθε δέντρο, κλαδί, φύλλο, πόα είναι υλικά αναφλέξιμα. Παρόλα αυτά αυτό εξαρτάται από την εποχή, γιατί με αυτήν ποικίλουν οι συνθήκες καύσης και η σύνθεση της καύσιμης ύλης, άρα ο βαθμός αναφλεξιμότητας διαφέρει τοπικά και χρονικά. Έτσι η συμπεριφορά μιας δασικής πυρκαγιάς εξαρτάται από 1)τον τύπο του καυσίμου και 2)τις συνθήκες καύσης αυτού.

Αξίζει να σημειωθεί ότι όσο πιο ομοιόμορφη και συνεχόμενη κατανομή της καύσιμης ύλης υπάρχει, τόσο μεγαλύτερη και γρηγορότερη ανάφλεξη και πλήρη καύση αναμένεται, ενώ

αντίθετα όσο πιο πολλά διάκενα βλάστησης υπάρχουν τόσο περισσότερες είναι οι αλλαγές στην ταχύτητα εξάπλωσης και στην διάδοση μιας πυρκαγιάς.[1]

Τύποι καύσιμης ύλης: Οι τύποι της καύσιμης ύλης στα ελληνικά δάση παίζουν σημαντικό ρόλο γιατί κατά κύριο λόγο καθορίζουν τον τύπο συμπεριφοράς μιας δασικής πυρκαγιάς. Η καύσιμη ύλη διακρίνεται σε τρεις ομάδες :

-στο αναφλέξιμο καύσιμο υλικό

-στο βαρύ καύσιμο υλικό

-στο πράσινο καύσιμο υλικό.

Αναφλέξιμη καύσιμη ύλη: Η σύνθεση της συνίσταται από βελόνες πεύκης, φύλλα, φλοιό αποφλοιώσης, ξηρούς κλάδους, ξερά πρέμνα κτλ. Τυπικά δάση στον ελλαδικό χώρο με αυτό το είδος της καύσιμης ύλης είναι τα αείφυλλα, τα πλατύφυλλα και τα διφυή δάση με ανόροφο από πεύκα (χαλέπιο, τραχεία, μαύρη) και υπόροφο με αείφυλλα πλατύφυλλα. Αυτό το υλικό αναφλέγεται αμέσως γιατί περιέχει ρητίνη και είναι ξερό όλο το καλοκαίρι. Η κρίσιμη αυτή ύλη μετά την ανάφλεξη της εξαπλώνεται ταχύτατα και μεταδίδει τη θερμότητα της στη βαρεία και στην πράσινη καύσιμη ύλη που με τη σειρά της αναφλέγεται. Όταν οι φωτιές καίνε τον υπόροφο τότε συνήθως ελέγχονται αλλά όταν μεταπηδήσουν στην κοσμοστέγη του δάσους τότε η ταχύτητα τους και η εξάπλωση τους είναι μεγάλη. Το ίδιο αναφλέξιμο υλικό συναντάμε σε δάση Δρυός-Πεύκης, Καστανιάς-Ερυθρελάτης-Οξυάς.

Βαριά καύσιμη ύλη: Η ύλη αυτή καίει αργά και το κάψιμο της διαρκεί πολύ χρόνο. Η σύνθεση της συνίσταται από κατακείμενους κορμούς, χοντρά κλαδιά, πρέμνα, ανεμορρίματα ή ακόμα και από βαριά υπολείμματα υλοτομιών. Αυτό το υλικό συνήθως παραμένει υγρό και σπάνια αναφλέγεται μόνο του, αλλά χρειάζεται και αναφλέξιμη καύσιμη ύλη για να καεί. Μόλις το υλικό αυτό αναφλέγει συνεχίζει να καίει για μέρες και είναι δύσκολο να σβηστεί. Όταν η φωτιά αυτή συνεχίζει να καίει για πολύ χρόνο οι καιόμενοι κορμοί σπάνε και πέφτουν στο έδαφος ακόμα και όταν σβηστούν.

Πράσινη καύσιμη ύλη : Αυτές οι συνθέσεις της καύσιμης ύλης συνίστανται από ζωντανό πράσινο υλικό δέντρων, κλαδιών, θάμνων κτλ. και καίγεται μόνο όταν ξεραθεί ή στεγνώσει γρήγορα και όταν έλθει σε επαφή με φλόγες άλλου καιόμενου υλικού. Εν τούτοις οι πράσινες βελόνες του πεύκου καίγονται γρήγορα γιατί περιέχουν ρητίνη.

Η συνθήκη καύσης του καύσιμου υλικού: Αναφέρεται στην περιεχόμενη υγρασία του, η οποία καθορίζεται από τις καιρικές συνθήκες. Φυσικό ξερό ξύλο με ποσοστό υγρασίας μικρότερο του 13% καίγεται γρηγορότερα από ένα υγρό ξύλο. Η αναφλέξιμη καύσιμη ύλη χάνει την υγρασία της γρηγορότερα από την βαριά καύσιμη ύλη. Η πράσινη καύσιμη ύλη έχει υψηλότερο περιεχόμενο υγρασίας την άνοιξη και το καλοκαίρι (αυξητική περίοδος) από ότι το φθινόπωρο και τον χειμώνα. Είναι σημαντικό οι συνθήκες καύσης της καύσιμης ύλης να είναι γνωστές σε μια φωτιά γιατί αυτές καθορίζουν την συμπεριφορά της.

1.3.2. Καιρός

Οι καιρικές συνθήκες που αφορούν τις δασικές πυρκαγιές είναι αυτές που επηρεάζουν την περιεχόμενη υγρασία της καύσιμης ύλης. Οι συνθήκες αυτές είναι:

- τα κατακρημνίσματα
- η σχετική υγρασία
- η θερμοκρασία και
- οι άνεμοι.

Κατακρημνίσματα: Τα κατακρημνίσματα (βροχή, χιόνι) ή η απουσία αυτών επηρεάζουν την περιεχόμενη υγρασία της καύσιμης ύλης. Μια παρατεταμένη ξηρασία μειώνει πολύ την περιεχόμενη υγρασία αυξάνοντας έτσι τον κίνδυνο για φωτιά. Αντίθετα αποτελέσματα επιφέρει μια παρατεταμένη περίοδος βροχών. Επίσης αν βρέξει κατά την διάρκεια της πυρκαγιάς η φωτιά σβήνει.

Σχετική Υγρασία: Η σχετική υγρασία αναφέρεται στην ποσότητα της υγρασίας που περιέχεται στον αέρα. Μεταβάλλεται με την θερμοκρασία και μάλιστα αύξηση της θερμοκρασίας σημαίνει αύξηση της σχετικής υγρασίας. Όσο η σχετική υγρασία είναι μεγάλη και διατηρείται κοντά στο σημείο κορεσμού τόσο η υγρασία της καύσιμης ύλης αυξάνεται. Έτσι ο υγρός αέρας δεν απορροφά υγρασία από την καύσιμη ύλη και ο κίνδυνος πυρκαγιάς είναι μειωμένος.

Θερμοκρασία: Η θερμοκρασία σχετίζεται με την σχετική υγρασία άμεσα. Αύξηση της θερμοκρασίας συνεπάγεται αύξηση της σχετικής υγρασίας. Για παράδειγμα η ομίχλη ή η πάχνη σχηματίζεται τις βραδινές κυρίως ώρες, όταν ο αέρας που έχει θερμανθεί την ημέρα

από τον ήλιο ξαφνικά ψύχεται αυξάνοντας τη σχετική υγρασία μέχρι το σημείο κορεσμού. Συνεπώς η θερμοκρασία και άρα η σχετική υγρασία μπορούν να επηρεάσουν την δυναμική πορεία καύσης της καύσιμης ύλης και γενικότερα την ανάφλεξη της ή όχι.

Άνεμοι: Οι άνεμοι επηρεάζουν με διάφορους τρόπους την καύσιμη ύλη και την πορεία μιας πυρκαγιάς. Ανάλογα την ταχύτητα τους αφαιρούν από την καύσιμη ύλη υγρασία και όταν είναι ξεροί ευνοούν την ανάφλεξη γιατί τροφοδοτούν την καύσιμη ύλη με οξυγόνο. Οι άνεμοι μεγάλων ταχυτήτων μεταφέρουν καύτρες οι οποίες πολλές φορές υπερπηδούν ακόμα και την αντιπυρική ζώνη και δημιουργούν στα μετόπισθεν νέες εστίες. Ακόμα μια αιφνίδια αλλαγή της διεύθυνσης του ανέμου αλλάζει το μέτωπο της φωτιάς προκαλώντας προβλήματα στο πυροσβεστικό σώμα.

1.3.3. Τοπογραφικές συνθήκες

Υψόμετρο : Επίσης όσο αυξάνεται το υψόμετρο αυξάνει η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας και μεταβάλλεται η διαμόρφωση της βλάστησης. Εκτος όμως απο την επίδραση στην ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας το υψόμετρο επιδρά στη σχετική υγρασία του αέρα, η οποία είναι ιδιαίτερα έντονη, όταν η κατάσταση της ατμοσφαιρας είναι σταθερή. Στην περίπτωση που η ατμόσφαιρα είναι σταθερή οι τιμές της σχετικής υγρασίας μπορεί να λάβουν ιδιαίτερα χαμηλές ή υψηλές τιμές σε υψηλά σχετικά υψόμετρα.

Προσανατολισμός: Ο προσανατολισμός επιδρά στην περιεχόμενη στα καύσιμα υγρασία. Ειδικότερα παρατηρούμε, ότι συνήθως στις νότιες εκθέσεις, επειδή δέχονται την ηλιακή ακτινοβολία περισσότερο χρόνο, η βλάστηση βρίσκεται σε πιο ξέρη κατάσταση σε σχέση με τις βόρειες. Στις ξέρες νότιες όμως πλαγιές, συνήθως έχουμε λιγότερη βλάστηση έτσι, ώστε οι πυρκαγιές εκεί να είναι σχετικά μικρότερες σε ένταση.

Τοπογραφική διαμόρφωση: Όσον αφορά την τοπογραφική διαμόρφωση εδώ παίζει ρόλο κυρίως η κλίση του εδάφους, γιατί επηρεάζει πολύ την συμπεριφορά της πυρκαγιάς. Η φωτιά καίει με μεγαλύτερη ένταση και ταχύτητα όταν κινείται στις πλαγιές ενός λόφου από κάτω προς τα πάνω, παρά προς τα κάτω, γιατί η φωτιά που καίει ανερχόμενη, δημιουργεί ανοδικά θερμά ρεύματα και μεγάλες φλόγες. Η καύσιμη ύλη που βρίσκεται ψηλότερα στην πλαγιά θερμαίνεται γρήγορα και αναφλέγεται. Βέβαια, όταν η φωτιά φτάσει στην κορυφή αμέσως μειώνεται η ένταση της και η ταχύτητα της για αυτό και συνηθισμένη τακτική της πυροσβεστικής είναι να τοποθετεί την αντιπυρική ζώνη λίγα μέτρα πίσω από την κορυφή του

λόφου. Τέλος, η έντονη διαμόρφωση του εδάφους (ράχες, στενά φαράγγια, κοιλάδες ανάμεσα σε κορυφογραμμές) μπορούν να δημιουργήσουν τοπικά αύξηση της ταχύτητας του ανέμου με συνέπεια την πρόκληση άκρως επικίνδυνης συμπεριφοράς φωτιάς.

Υπεδάφια στάθμη του νερού: Η υπεδάφια στάθμη του νερού έχει τα ίδια αποτελέσματα με τη βροχή και αντανακλά τη μακροχρόνια πορεία του ύψους της βροχής. Εάν η στάθμη των υπογείων νερών είναι τόσο υψηλή, ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τα φυτά τότε η βλάστηση δεν ξεραίνεται (έχουμε υψηλό ποσοστό υγρασίας) κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού. Το γεγονός αυτό έχει πρακτική σημασία μονό σε ορισμένες κοιλάδες ή χαράδρες, όπου συνήθως φύονται και τα χαρακτηριστικά φυτά (πλατάνι, ιτιά κλπ).

Ανοδικά ρεύματα πυρκαγιάς: Αν και τα ανοδικά ρεύματα της πυρκαγιάς αποτελούν ένα αποτέλεσμα αυτής θα πρέπει να αναφερθούν και σαν παράγοντας που επιδρά στην πυρκαγιά. Η επίδραση των ανοδικών αυτών ρευμάτων μπορεί να προκαλέσουν ανεμοστρόβιλους ιδιαίτερα όταν έχουμε ακαριαία ανάφλεξη μεγάλης έκτασης.

1.3.4. Ημερήσια πορεία δασικής πυρκαγιάς

- 10π.μ-6π.μ: Η φωτιά καίει με μεγάλη ένταση. Ο έλεγχος της είναι δύσκολος.
- 6π.μ-4π.μ: Η ένταση της φωτιάς μειώνεται προοδευτικά, όσο βραδιάζει και είναι ευκολότερο να ελεγχθεί η πορεία της.
- 4π.μ-6π.μ: Η φωτιά μειώνεται στην ελάχιστη ένταση της και είναι εύκολο να ελεγχθεί η πορεία της και να καταπολεμηθεί.
- 6π.μ-10π.μ: Η φωτιά αναζωπυρώνεται και ο έλεγχος της γίνεται δύσκολος ή αδύνατος.

1.3.5. Είδη δασικής πυρκαγιάς

Στην πράξη ξεχωρίζουν 5 είδη δασικών πυρκαγιών που ξεχωρίζουν από τους παράγοντες που δημιούργησαν την κάθε μία και από τον τρόπο που καίνε :

- η επιφανειακή ή έρπουσα πυρκαγιά
- η υπόγεια πυρκαγιά

| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Δασικές πυρκαγιές γενικά στοιχεία

- η επικόρυφη πυρκαγιά
- η σημειακή ή πυρκαγιά καύτρας
- η πυρκαγιά αστραπών ή δέντρων .

Επιφανειακή πυρκαγιά: Το είδος αυτής της πυρκαγιάς είναι κοινό στην χώρα μας. Συμβαίνει στα αείφυλλα πλατύφυλλα και τα διφυή δάση Τραχειάς και χαλεπίου πεύκης. Το Φθινόπωρο ή τον Χειμώνα συμβαίνει στα φυλλοβόλα δάση καστανιάς, δρυός και οξυάς. Η επιφανειακή πυρκαγιά καίει γρήγορα, είναι αρκετά θερμή και επηρεάζεται πολύ από τον αέρα. Υπό κανονικές συνθήκες ελέγχεται εύκολα και από λίγους πυροσβέστες.

Υπόγεια πυρκαγιά: Καίει συνήθως σηπόμενη οργανική ύλη, δηλαδή τύρφη ή χούμο ή φύλλωμα και αυτό το κάνει κατά κανόνα υπόγεια. Η ταχύτητα καύσης της είναι μικρή γιατί πραγματοποιείται υπό συνθήκες ύπαρξης ελάχιστου οξυγόνου και το βάθος 1-2m Η υπόγεια πυρκαγιά συμβαίνει κυρίως στους λευκάνες. Η ανακάλυψη της γίνεται μετά από ημέρες, όταν πλέον έχει εξαπλωθεί υπογείως σε αρκετές εκατοντάδες μέτρα. Η καταπολέμηση της είναι αρκετά δύσκολη επειδή κάθε εστία της πυρκαγιάς χρειάζεται πρώτα να ανακαλυφθεί και μετά να σβηστεί. Οι υπόγειες πυρκαγιές συμβαίνουν το καλοκαίρι και τις αντιλαμβανόμαστε από τον έντονο καπνό τους και την έλλειψη φλόγας. Μπορούν εύκολα να μετατραπούν σε επιφανειακές.

Επικόρυφη πυρκαγιά: Καίει την κόμη των δέντρων και των θάμνων και τα πράσινα φύλλα τους και νεκρώνει το κάμβιό τους. Συμβαίνει κυρίως στα αείφυλλα πλατύφυλλα και στα διφυή δάση τραχειάς, χαλεπίου και μαύρης πεύκης. Η ταχύτητα της επικόρυφης πυρκαγιάς στα κωνοφόρα δέντρα είναι αρκετά μεγάλη και ειδικά όταν συνδυάζεται με τα μελτέμια του Αυγούστου. Από τις επικόρυφες πυρκαγιές προέρχονται πολλές σημειακές και δημιουργούνται έτσι πολλές νέες εστίες. Άλλος ένας λόγος που τις κάνει πολύ καταστροφικές.

Σημειακή πυρκαγιά: Σαν σημειακή πυρκαγιά μπορεί να μετατραπεί οποιοδήποτε άλλο είδος πυρκαγιάς. Ξεχωρίζει απλά λόγω του τρόπου έναρξης της, επειδή δημιουργείται από εκσφενδονισμένες καύτρες που με τη σειρά τους δημιουργούν νέες εστίες μέχρι και 300 μέτρα μπροστά από το μέτωπο της κυρίως πυρκαγιάς. Οι νέες εστίες καίνε αρχικά αυτοτελώς και έπειτα ενώνονται με την μητρική τους πυρκαγιά. Είναι επικίνδυνες γιατί μπορούν να περικυκλώσουν τους πυροσβέστες όταν αυτοί επιτίθενται στο μέτωπο της πυρκαγιάς και γιατί υπερπηδούν την αντιπυρική ζώνη.

Πυρκαγιές αστραπών: Εμφανίζονται σε μεμονωμένα δέντρα κατά την διάρκεια μιας θύελλας και προέρχονται από αστραπές. Οι πυρκαγιές αυτές ελέγχονται και σβήνουν εύκολα με άμεση προσβολή χωρίς να επεκταθούν. Μπορούν επίσης να συμβούν από κάπνισμα μελισσών.

1.3.6. Αίτια δασικών πυρκαγιών

Πρόθεση-εμπρησμός: Το 27% των πυρκαγιών που συμβαίνουν κάθε χρόνο στην Ελλάδα είναι από πρόθεση. Εσκεμμένες πυρκαγιές που προκαλούνται είτε από πυρομανία είτε από εκδίκηση είτε από κάποιο προσωπικό όφελος, όπως γεωργική ή οικοπεδική επέκταση, τουριστική αξιοποίηση κ.τ.λ.

Κάπνισμα: Σοβαρή αιτία δασικής πυρκαγιάς στη χώρα μας αποτελεί το απρόσεκτο κάπνισμα μέσα στο δάσος ή και κατά μήκος των δρόμων. Το πέταγμα αναμμένων τσιγάρων ή σπύρτων κατασκηνωτών, κυνηγών, επισκεπτών ή περαστικών μπορεί να προκαλέσει σε περιόδους ξηρασίας ειδικά, μεγάλη πυρκαγιά.

Συγκοινωνιακά μέσα: Σιδηροδρομικοί συρμοί κατά την διέλευση τους μέσα από το δάσος προκαλούν επίσης δασικές πυρκαγιές. Σπινθήρας και θερμός άνθρακας, που προέρχονται από εξατμίσεις αυτοκινήτων, θερμά δοχεία, φρένα, κάψιμο παλιών υλικών και υπολειμμάτων, απροσεξία (ταξιδιωτών και υπαλλήλων σιδηροδρόμων, φορτηγών, λεωφορείων) είναι οι κύριες αιτίες αυτής της κατηγορίας.

Σκουπιδότοποι: Η συγκέντρωση των σκουπιδιών, πρώτον από αστικές περιοχές και δεύτερον από το περιβάλλον, και στην συνέχεια η καύση τους ή αυτανάφλεξη τους με ζύμωση, αποτελούν βασικά αίτια δασικής πυρκαγιάς. Σε πολλές περιπτώσεις οι πυρκαγιές οφείλονται στα υπολείμματα των σκουπιδιών που αποθηκεύονται απρόσεκτα κοντά ή μέσα στο δάσος.

Κατασκηνωτές: Οι κατασκηνωτές σε μη οργανωμένα κάμπινγκ μέσα στα δάση προκαλούν πυρκαγιές από απροσεξία. Όχι μόνο με τα τσιγάρα τους αλλά και με φωτιές που ανάβουν για ψήσιμο φαγητού, φωτισμό, θέρμανση κλπ . Οι φωτιές αυτές συχνά εγκαταλείπονται χωρίς να σβηστούν με τον κατάλληλο τρόπο.

Αστραπές: Οι αστραπές είναι συνηθισμένη αιτία πρόκλησης πυρκαγιάς στην χώρα μας. Αυτές οι πυρκαγιές συνήθως συμβαίνουν κατά την διάρκεια του καλοκαιριού σε δάση

τραχειάς, χαλεπίου και μαύρης πεύκης, μετά από ηλεκτρική καταιγίδα συνοδευόμενη από βροχή ή από ξηρασία και ισχυρό άνεμο.

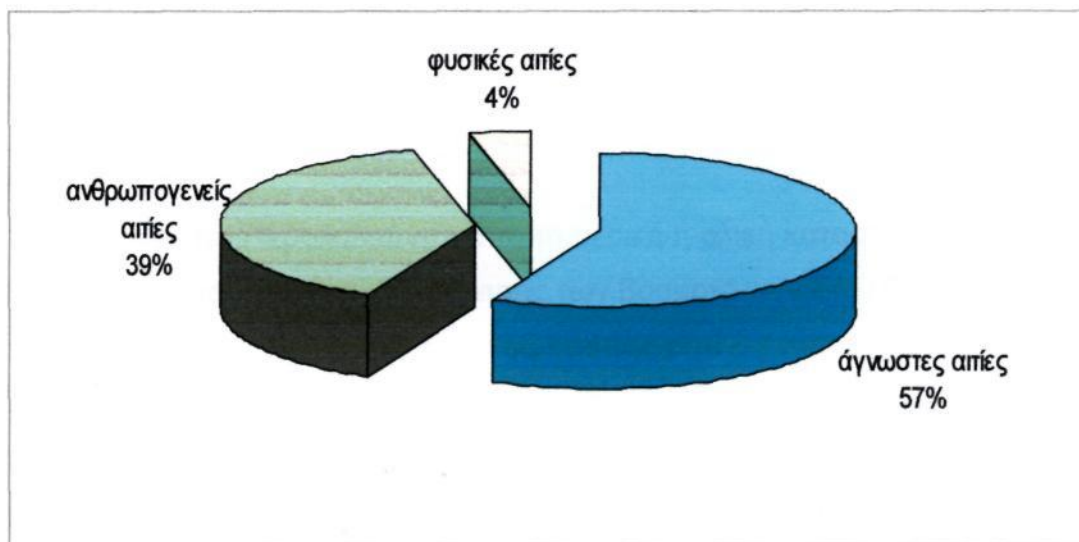
Χρήση εργαλείων και μηχανών: Η χρήση εκρηκτικών υλών στο δάσος για διάνοιξη δρόμων, για μετάλλευση, για διάνοιξη κορμοπλατειών, ή για σύρση ξυλείας, ή η υλοτομία και η μεταφορά ξυλωδών προϊόντων, πολλές φορές προκαλούν σπινθήρες και πυρκαγιές στο δάσος.

Άλλες αιτίες: Υπάρχει πλήθος άλλων αιτιών και συμπτώσεων που μπορούν να προκαλέσουν πυρκαγιά. Τέτοιες είναι το κάψιμο καλαμιάς, οι θεριζοαλωνιστικές πυρκαγιές, ένωση καλωδίων Δ.Ε.Η., σπασμένα γυάλινα μπουκάλια, η καύση ξερών χόρτων, βλήματα πυροβολικού, κάπνισμα μελισσών, σιδηροδρομικά ή τροχαία ατυχήματα τριβές δένδρων και πλήθος άλλες αιτίες. [1]

Φυσικοί κίνδυνοι: Πέρα από τους ανθρωπογενείς κινδύνους που αναφέρθηκαν παραπάνω, υπάρχουν και φυσικοί κίνδυνοι, οι οποίοι βέβαια είναι σπανιότεροι σήμερα. Ο συνδυασμός των δύο αποτελεί ότι χειρότερο και αποφέρει τεράστιες ζημιές. Οι φυσικοί κίνδυνοι είναι το αποτέλεσμα φυσικών παραγόντων, όπως ο τύπος σύνθεσης της καύσιμης ύλης, η εποχή, ο καιρός και η τοπογραφική διαμόρφωση, οι οποίοι μπορεί να συνυπάρχουν για να καθορίσουν τις συνθήκες καύσης στο δάσος.

Για παράδειγμα στη Νότια Ελλάδα και τα νησιά μπορεί να συναντήσει κανείς τους παρακάτω φυσικούς κινδύνους μέσα στα δάση:

- Άφθονη συγκέντρωση και σύνθεση αναφλέξιμου υλικού, όπως φύλλα ξερά, κλάδους και ξερά δέντρα, θαμνώδες υλικό αναφλέξιμο κ.τ.λ.
- Δάση με ελάχιστη υγρασία, λόγω παρατεταμένης ξηρασίας
- Αδιαπέραστα ή απρόσιτα δάση χωρίς δρόμους και μονοπάτια
- Ισχυρούς ανέμους και ξηρούς (μελτέμια)
- Ηλεκτρισμένες καταιγίδες, χωρίς βροχή ή με λίγη βροχή και πολλές αστραπές.



Εικόνα 2: Ποσοτικοποίηση των αιτιών εμφάνισης πυρκαγιών στον Ελλαδικό χώρο την περίοδο 1980-2006 [Υπουργείο Γεωργίας, Δ/ση Δασών, 2007]

Όπως παρατηρείται στο διάγραμμα, το 57% των πυρκαγιών στην Ελλάδα οφείλεται σε άγνωστες αιτίες, το 39% σε ανθρωπογενείς και μόνο το 4% σε φυσικά αίτια. Παράλληλα παρατηρείται, όπως προαναφέρθηκε, μια συνεχόμενη αύξηση της καιγόμενης έκτασης από το 1980 και μετά (Υπουργείο Γεωργίας, Δ/ση Δασών, 2007).

1.3.7. Περίοδος δασικών πυρκαγιών

Κατά την διάρκεια του έτους, οι μήνες από Μάιο έως Σεπτέμβριο χαρακτηρίζονται ως περίοδος υψηλού κινδύνου για πυρκαγιές στο δάσος. Κατά την διάρκεια την θερινής περιόδου συγκεντρώνεται μέσα στο δάσος άφθονο αναφλέξιμο υλικό από ξερά κατακείμενα υπολείμματα ή από υπολείμματα υλοτομιών, τα οποία δημιουργούν υψηλό κίνδυνο ανάφλεξης. Τα πρεμνοφυή μας δάση, τα δάση των αείφυλλων πλατύφυλλων και τα διφυή δάση χαλεπίου και τραχείας πεύκης της Ελλάδας, λόγω της σύνθεσης τους και λόγω των δυσμενών ξηρασιών του θέρους, εντάσσονται στα δάση υψηλού κινδύνου.

1.3.8. Ζημιές από δασικές πυρκαγιές

Οι υλικές (οικονομικές) ζημιές από τις δασικές πυρκαγιές εκτιμούνται σε αρκετά εκατομμύρια ευρώ κάθε χρόνο. Οι δασικές πυρκαγιές αποτεφρώνουν, νεκρώνουν ή προκαλούν μείωση της αύξησης των φυτών σε μεγάλες εκτάσεις.

Άμεσες ζημιές: Είναι εκείνες που προκαλούνται από τη μερική ή ολική καταστροφή του ξυλώδους κεφαλαίου ή της βλάστησης των βοσκοτόπων. Εδώ θα πρέπει να καταταγούν και οι ζημιές από την απώλεια της ρητίνης από τα ρητινεύόμενα δάση και κάθε άλλου δασικού προϊόντος καθώς και οι καταστροφές που προκαλούνται στα μη νεκρωθέντα φυτά από μύκητες ή έντομα λόγω της μειωμένης ζωτικότητας των προσβληθέντων από την πυρκαγιά φυτών. Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται και οι ζημιές που προκαλούνται σε γεωργικές καλλιέργειες, ποιμνιοστάσια, σε βιομηχανίες και βιοτεχνικές εγκαταστάσεις σε μονάδες των Ένοπλων Δυνάμεων κτλ από τη μετάδοση σ' αυτές δασικών πυρκαγιών.

Έμμεσες ζημιές: Είναι εκείνες που προκαλούνται στις έμμεσες ωφέλειες του δάσους και που είναι αναλυτικότερα οι εξής:

Οικολογικές: Ως επακόλουθο μιας δασικής πυρκαγιάς έχουμε την καταστροφή της φυτοκοινωνικής ενώσεως «κλίμαξ». Ο όρος «κλίμαξ» έχει την έννοια του τελικού σταδίου κατά το οποίο η βιοκοινότητα αυτοδιαίρεται και βρίσκεται σε άριστη εναρμόνιση με το βióτοπο. Συνήθως μετά από μια δασική πυρκαγιά έχουμε οπισθοδρόμηση και εγκατάσταση ειδών μικρότερης φυτοκοινωνικής ενώσεως «κλίμαξ», αν αυτό είναι δυνατό να γίνει απαιτεί πολύ χρόνο. Επίσης μετά από μια δασική πυρκαγιά έχουμε σαν επακόλουθο την καταστροφή της ζωοκοινότητας. Αν η πυρκαγιά κατακαύσει μεγάλη έκταση πολλά ζώα θανατώνονται και από αυτά που επιζούν πολλά πεθαίνουν εξαιτίας της καταστροφής των φωλέων τους, της αδυναμίας ευρέσεως τροφής κτλ.

Υδρολογικές: Λόγω της καταστροφής του χούμου από μια δασική πυρκαγιά καταστρέφεται το πορώδες και η διαπερατότητα του εδάφους από το νερό γίνεται μικρή. Έτσι το περισσότερο νερό απορρέει επί του εδάφους παρασύροντας αυτό και προκαλώντας καταστροφές στα χαμηλότερα μέρη με πλημμύρες, αποθέσεις φερτών υλών κτλ.

Υπερβόσκηση: Από την καταστροφή των βοσκοτόπων εξαιτίας μιας πυρκαγιάς έχουμε την ανάγκη διατροφής των κοπαδιών με ζωοτροφές ή την μετακίνηση των κοπαδιών σε άλλη περιοχή μέχρι να φυτρώσει καινούργια βλάστηση με αποτέλεσμα την δημιουργία ζημιών σε μεγαλύτερη έκταση και σε άλλη περιοχή λόγω του συνωστισμού πολλών κοπαδιών σε σχετικά μικρή περιοχή. Η κατάσταση αυτή ονομάζεται υπερβόσκηση και οδηγεί στην υποβάθμιση του βοσκοτόπου.

Καταστροφή των αισθητικών τουριστικών και πολιτιστικών αξιών των δασών: Ο άνθρωπος της σημερινής βιομηχανικής κοινωνίας αναζητά όλο και περισσότερο την αναζωογόνηση που του δίδει η παραμονή κοντά στη φύση, μέσα στο δάσος για να αποκτήσει

νέες δυνάμεις και να γίνει περισσότερο δημιουργικός στην απαιτητική σημερινή κοινωνία μας.

Υγειονομικές: Οι επιπτώσεις από την καταστροφή του δάσους στην υγεία του πληθυσμού μιας περιοχής είναι μεγάλες. Ο μολυσμένος αέρας φιλτράρεται από το δάσος πέραν από την κύρια ιδιότητα του να είναι το εργοστάσιο που παράγει οξυγόνο για τον πλανήτη μας. Αξιοπαρατήρητη είναι η ιδιότητα του αέρα να κατακρατεί ατμοσφαιρικούς ρύπους ακόμα και τη ραδιενέργεια. Κατά την διάρκεια των δασικών πυρκαγιών εκτός από την απώλεια των υγιεινών επιδράσεων που αναφέραμε παραπάνω έχουμε και μόλυνση της ατμόσφαιρας από τους καπνούς με επιπτώσεις στην υγεία του πληθυσμού και ιδιαίτερα των ευαίσθητων ομάδων.

Κοινωνικοοικονομικό κόστος: Προκαλείται από την ανάγκη της πολιτείας να διαθέτει οικονομικούς πόρους για την καταστολή και τη διατήρηση αξιόμαχων και εξοπλισμένων δυνάμεων καταστολής.

1.3.9. Επίδραση της πυρκαγιάς στο δασικό έδαφος

Η επίδραση των πυρκαγιών στο έδαφος είναι άμεση όσον αφορά στις φυσικοχημικές συνθήκες του εδάφους, στη βιολογία των μικροοργανισμών, στην παραγωγικότητα του, την καταστροφή της βλάστησης και τη μερική ή ολική μεταφορά του από τις βροχές.

Κάτω από παρόμοιες περιβαλλοντικές συνθήκες, η υφή και το προφίλ του εδάφους αποτελούν τις περισσότερο σημαντικές παραμέτρους και επηρεάζουν τις διαδικασίες διάβρωσης σε καμένες περιοχές της Μεσογείου. Επιπλέον σε ανομοιογενή δασικά Μεσογειακά οικοσυστήματα και μετά από εφαρμογή μοντέλων βροχής εμφανίζονται μεγάλες διαφορές στη διάβρωση του εδάφους αναλόγως της έντασης της φωτιάς που προηγήθηκε. Περιοχή καλυμμένη με Μεσογειακού τύπου θάμνους και δέντρα παραγωγής φελλών, που υποβλήθηκε σε υψηλής έντασης φωτιές, εμφάνισε τα υψηλότερα ποσοστά διάβρωσης.

Οι ποσότητες εδάφους που παρασύρθηκαν από τη βροχή, σε σχέση με άλλες περιοχές ήταν τριάντα τρεις φορές υψηλότερες. Διαφορές εμφανίστηκαν και ανάμεσα σε περιοχές όπου εφαρμόστηκαν υψηλής έντασης φωτιές. Η ύπαρξη ενός αργιλώδους συμπαγούς ορίζοντα στην κατατομή μειώνει τη διείσδυση της βροχής ευνοώντας έτσι τη μετακίνηση του επιφανειακού κυρίως ορίζοντα. Σε περιοχές με αμμώδη υφή ευνοείται η διείσδυση της βροχής σε βάθος και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα πολύ μικρότερες απώλειες εδάφους.

Επισημαίνεται ότι, κάθε χρόνο στην Ελλάδα παρασύρονται από τις βροχές 86.000.000 m³ χώμα που ισοδυναμούν με ένα νησί έκτασης 35Km² σε βάθος εδάφους 2,5 m.

Οι μεγάλες πυρκαγιές επιδρούν στη χημική σύσταση των επάνω κυρίως στρωμάτων του εδάφους, η οργανική ύλη μετατρέπεται σε στάχτη και απανθρακωμένα υλικά. Η ποσότητα και η φύση της παραγόμενης στάχτης ποικίλλει στα διάφορα οικοσυστήματα εξ αιτίας των διαφορών στη θερμοκρασία, των ποσοτήτων της βιομάζας και των αποσαθρωμένων υλικών που είναι διαθέσιμα ως καύσιμα και μετατρέπονται σε στάχτη [3]. Εργαστηριακές μελέτες έχουν δείξει ότι τα ανόργανα συστατικά της στάχτης αποτελούνται κυρίως από ανθρακικά άλατα και οξειδία των αλκαλίων και των αλκαλικών γαιών, διοξείδιο του πυριτίου και αρκετά μικρότερες ποσότητες φωσφόρου, θείου και αζωτούχων ενώσεων. Ανάλυση με περίθλαση ακτινών X σε στάχτες από τρία είδη φυτών έδειξε ότι τα βασικά συστατικά της στάχτης ήταν ανθρακικά άλατα και οξειδία του ασβεστίου και του μαγνησίου, χλωριούχα και ανθρακικά άλατα του νατρίου και του καλίου καθώς επίσης και πολυφωσφορικά άλατα των ασβεστίου και μαγνησίου. Οι σχετικές συγκεντρώσεις αυτών των συστατικών ποικίλλουν αναλόγως του φυτού από το οποίο προέρχονται.

Όσον αφορά στην οξύτητα του εδάφους, τα περισσότερα μεσογειακά οικοσυστήματα βρίσκονται σε γρανιτικά και ποντζολικά εδάφη, τα οποία είναι όξινα από τη φύση τους και τείνουν να γίνουν περισσότερο όξινα κάτω από την επίδραση της βλάστησης και ιδίως κάτω από τα πεύκα ή τους ερεικώνες. Ο βαθμός οξύτητας επιδρά στη γονιμότητα του εδάφους και στη βιολογική δραστηριότητα των μικροοργανισμών, επηρεάζοντας έτσι έμμεσα τον κύκλο του αζώτου και την ταχύτητα αποσύνθεσης του εδαφικού χούμου (χούμος είναι η δασική οργανική ύλη που βρίσκεται σε πλήρη αποσύνθεση).

Όταν η οργανική ύλη καίγεται, τα ορυκτά στοιχεία που περιέχει απελευθερώνονται με τη μορφή οξειδίων, τα οποία συνήθως δίνουν στο έδαφος αλκαλική αντίδραση. Για το λόγο αυτό μετά από πυρκαγιά παρατηρείται συνήθως αύξηση του pH του παραμένοντος χούμου 2-3 μονάδες.

Κάτω από το εδαφικό στρώμα υπάρχει το ανόργανο έδαφος όπου οι αλλαγές της οξύτητας είναι μικρές. Αυτό οφείλεται στη μεγάλη του μάζα σε σύγκριση με τη μάζα που καταλαμβάνει ο χούμος. Ωστόσο σε πειράματα που έγιναν, φαίνεται ότι για είκοσι χρόνια μετά από μια πυρκαγιά το pH της επιφάνειας του ορυκτού εδάφους είναι κατά 0,04 αυξημένο, σε καμένες περιοχές σε σχέση με άκαυτες.

Επίσης, σημαντική είναι η επίδραση της πυρκαγιάς στα χρήσιμα για τα φυτά ανόργανα στοιχεία καθώς, όπως προαναφέραμε, μεγάλες ποσότητες τους εμφανίζονται στην τέφρα που απομένει μετά από τη φωτιά. Γενικά, όταν τα φυτά καίγονται απελευθερώνουν και αποθέτουν στο έδαφος ιόντα Ca, Mg και Na. Παρατηρήθηκε ότι μετά το κάψιμο του φυλλοστρώματος, στα φύλλα των δέντρων αυξήθηκε η περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά από 24 έως 42%.

Αυτό φυσικά συμβαίνει όταν δεν υπάρχουν δυνατές βροχές ή δυνατοί άνεμοι αμέσως μετά τη φωτιά, δηλαδή, όταν δεν έχει παρασυρθεί η τέφρα προς άλλες περιοχές [3].

1.4. Μέτρα προστασίας.

Καθάρισμα υπορόφου και διαχείριση ενός δάσους: Μια πρώτη άμυνα ενάντια στις δασικές πυρκαγιές είναι το καθάρισμα του υπορόφου. Αυτή την πρωτοβουλία μπορούν να αναλάβουν δασοκτήμονες, κοινότητες, δήμοι, τα Μοναστήρια και οι ιδιώτες. Ο υπόροφος αποτελείται από κατακείμενο εύφλεκτο υλικό που προέρχεται κυρίως από θεομηνίες (χιονορρίματα, ανεμορρίματα, έντομα κλπ.).

Δρόμοι μονοπάτια και αντιπυρικές ζώνες να διανοιγούν σε απρόσιτα δάση: Έτσι ώστε να είναι προσπελάσιμα σε περίπτωση πυρκαγιάς, αντιπυρικές λωρίδες μπορεί να δημιουργηθούν γύρω από οικισμούς ή πλάι σε δρόμους ή σιδηροδρομικές γραμμές ή ακόμη και σε κάθε δασική περιοχή υψηλού κινδύνου.

Χαρτογράφηση περιοχής: Κάθε δασική περιοχή πρέπει να έχει χαρτογραφηθεί. Σε ένα καλό χάρτη δασικών πυρκαγιών πρέπει να έχουν καταχωρηθεί οι δρόμοι, τα μονοπάτια, το ανάγλυφο, οι πυρκαγιές του παρελθόντος, η βλάστηση (τύπος, ευφλεκτικότητα, σύνθεση), λίμνες, ρεύματα, ποτάμια, υδατοδεξαμενές, κρουνοί παροχής νερού, πυροφυλάκια, οικισμοί κλπ.

Πυροφυλάκια και πυροφύλακες: Η έγκαιρη επισήμανση ή ανακάλυψη μιας φωτιάς, έργο που έχουν αναλάβει οι πυροφύλακες, μπορεί να αποτρέψει μια καταστροφική πυρκαγιά. Οι πυροφύλακες μπορεί να είναι α)Κινητοί μέσα στο δάσος οπότε μόλις επισημάνουν εστία πυρκαγιάς την αναγγέλουν στην βάση τους και β)Ακίνητοι και μόνιμα εγκατεστημένοι την εποχή των δασικών πυρκαγιών στα πυροφυλάκια τους.[2]

1.5. Τα δάση της Ελλάδας

Η Ελλάδα είναι μια χώρα με έντονο ανάγλυφο και με μεγάλη ποικιλία βλάστησης. Η φυσιογνωμία του δασικού τοπίου και της βλάστησης αλλάζει σημαντικά από περιοχή σε περιοχή, για παράδειγμα, άλλη όψη έχει στα ορεινά και άλλη κοντά στη θάλασσα. Οι διαφορές στη φυσιογνωμία της βλάστησης και του τοπίου είναι αποτέλεσμα των διαφορετικών ειδών και τύπων φυτών που ευδοκιμούν στις εκάστοτε οικολογικές συνθήκες κάθε περιοχής, αλλά και των χρήσεων που κάνει ο άνθρωπος.

Ο ελλαδικός χώρος χαρακτηρίζεται από κλιματικές συνθήκες που προκύπτουν από τη γεωγραφική του θέση (γεωγραφικό πλάτος: απόσταση από Ισημερινό και τον Βόρειο Πόλο-μεταξύ 36° και 42° παραλλήλου), την επίδραση της θάλασσας και τα συνήθη μετεωρολογικά φαινόμενα που συμβαίνουν σε αυτή την περιοχή. Γενικά το κλίμα της Ελλάδας χαρακτηρίζεται ως κλίμα "Μεσογειακού τύπου". Βέβαια κάθε περιοχή διαφοροποιείται κλιματικά ανάλογα με την απόσταση της από την θάλασσα, την γεωμορφολογία της περιοχής και άλλες παραμέτρους.

Θεωρώντας μια υψομετρική βαθμίδα, σε κάθε περιοχή από το επίπεδο της θάλασσας έως τα μεγάλα υψόμετρα, μεταβάλλονται οι τιμές των κλιματικών παραμέτρων (π.χ. πτώση της θερμοκρασίας και αύξηση της υγρασίας) και παρατηρείται αλλαγή των φυτικών διαπλάσεων. Η τυπική σειρά φυτικών διαπλάσεων ανάλογα με την κλιματική ή υψομετρική βαθμίδα είναι : θαμνώδεις εκτάσεις, δάση φυλλοβόλων, ορεινά δάση κωνοφόρων και αλπικά λιβάδια.

Αξιοσημείωτο είναι, ότι στον ελλαδικό χώρο στις διάφορες διαπλάσεις συνυπάρχουν στοιχεία της Μεσογειακής, της Κεντρο-Ευρωπαϊκής και της Νότιο-Ευρωπαϊκής χλωρίδας.

1.5.1. Οι φυτικοί σχηματισμοί στην Ελλάδα.

Θαμνώδεις σχηματισμοί: Οι θαμνώδεις σχηματισμοί καλύπτουν ευρείες περιοχές της Ελλάδας από το επίπεδο της θάλασσας μέχρι το υψόμετρο των 700 μέτρων. Συνολικά καλύπτουν γύρω στο 13% των δασικών εκτάσεων της Ελλάδας.

Στις υγρότερες περιοχές της ζώνης αυτής και όπου δεν έχει σημειωθεί ακραία υποβάθμιση της βλάστησης (λόγω ανθρώπινων δραστηριοτήτων) αναπτύσσεται η λεγόμενη μακεία βλάστηση. Αυτή χαρακτηρίζεται από πλατύφυλλα και αείφυλλα φυτά ύψους 1-3 μέτρα. Τα φυτά αυτά για να προσαρμοστούν και να ρυθμίσουν το υδατικό τους ισοζύγιο κατά την

περίοδο ξηρασίας αναπτύσσουν βαθιές και εκτεταμένες ρίζες για μεγαλύτερη πρόσληψη νερού και εκμετάλλευση του εδάφους. Επίσης μειώνουν την διαπνοή από τα φύλλα τους με μια σειρά μορφολογικών, φυσιολογικών και ιστολογικών προσαρμογών (π.χ. αγκάθια).

Χαρακτηριστικοί σχηματισμοί της μακείας βλάστησης είναι:

- ο σχοίνος (συνυπάρχει συνήθως με τη χαρουπιά, την μυρτιά και το θαμνοκυπάρισσο)
- το πουρνάρι (συνυπάρχει συχνά με το μικρό φιλίκι)
- η αριά (συνυπάρχει με το φράξο)
- η κουμαριά, το ρείκι
- η αγριελιά, το σπάρτο, η αγριοτσικουδιά
- κέδροι και κυπαρίσσια

Στις ξηρότερες περιοχές της ζώνης και όπου φωτιά και βόσκηση έχουν υποβαθμίσει σημαντικά την βλάστηση, αναπτύσσονται θαμνώδεις σχηματισμοί που ονομάζονται φρύγανα. Τα φρύγανα χαρακτηρίζονται από χαμηλή πυκνότητα και εποχικό διμορφισμό. Σύμφωνα με αυτή την προσαρμοστική ιδιότητα τα φυτά έχουν δύο τύπους φύλλων, το χειμωνιάτικο και το καλοκαιρινό.

Χαρακτηριστικοί σχηματισμοί φρύγανων είναι:

- η λαδανιά
- η ασφάκα
- το θυμάρι.

Άλλα είδη που συχνά συνυπάρχουν με τα παραπάνω είναι οι γαλατσίδες, ο αμάραντος, η λεβάντα, η ασπαλαθιά, το λυχνάρακι κ.ά.

Σχηματισμοί φυλλοβόλων: Οι σχηματισμοί αυτοί χαρακτηρίζονται από φυλλοβόλα δέντρα με υψηλούς κορμούς. Τα χαρακτηριστικότερα και κυρίαρχα είναι τα διάφορα είδη φυλλοβόλου δρυός (χνοώδης, πλατύφυλλος, ήμερη βελανιδιά, μακεδονίτικη βελανιδιά κ.τ.λ.) και οξυάς. Οι σχηματισμοί των φυλλοβόλων καλύπτουν περίπου το 30% της δασικής επιφάνειας της Ελλάδας.

Άλλα είδη που απαντώνται είναι η καστανιά, η οστράα και στην Βόρεια Ελλάδα η φλαμουριά, γαύροι και κρυνιές.

Ορεινοί σχηματισμοί φυλλοβόλων και κωνοφόρων: Οι σχηματισμοί αυτοί διαδέχονται στην υψομετρική βαθμίδα τους σχηματισμούς φυλλοβόλων δρυών σε όλο τον ελλαδικό χώρο. Στην Νότια Ελλάδα, όπου κυριαρχούν ξηρότερες κλιματικές συνθήκες και η επίδραση της μεσογειακής χλωρίδας επικρατεί το έλατο της Κεφαλονιάς. Στην Βόρεια Ελλάδα με τις ψυχρότερες και υγρότερες συνθήκες και την μεγαλύτερη επίδραση των κεντρο-Ευρωπαϊκών στοιχείων επικρατούν η οξυά, η λευκή ελάτη, είδη ψυχρόβιας πεύκης και λιγότερο η ερυθρελάτη. Τα αλπικά λιβάδια είναι αραιές θαμνώδεις εκτάσεις όπου κυριαρχούν ο θαμνόκερδος, το θαμνοκυπάρισσο, το σκίλθρο και άλλοι θάμνοι. Αναπτύσσονται μετά τα δασοόρια εκεί όπου τα δέντρα δεν μπορούν να ευδοκιμήσουν. Χαρακτηριστική προσαρμογή τους είναι η σύντομη περίοδος βλάστησης, ανθοφορίας και αναπαραγωγής μετά το λιώσιμο του χιονιού. Οι σχηματισμοί αυτοί χαρακτηρίζονται από μια αλπική χλωρίδα μη ξυλωδών φυτών, ποών και γράσεων.[2]

1.6. Βιβλιογραφία

1. Εγχειρίδιο Δασοπροστασίας , Dr Γκάφας Αθανάσιος, Θεσσαλονίκη 2001, εκδόσεις Γιαχούδη-Γιαπούλη.
2. Ι.Α. Φιλίππου, Χημεία και Χημική Τεχνολογία του Ξύλου, Εκδόσεις Γιαχούδη-Γιαπούλη, Θεσσαλονίκη 1986.
3. Effects of Fire on the Ecology of the Forest Floor and Soil of Central Hardwood Forests Ralph E.J. Boerner 1982.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Δασικές ύλες

2.1. Στοιχειακή ανάλυση ξύλου

Το ξύλο ως οργανικό υλικό αποτελείται από άνθρακα (49-51%), οξυγόνο(43-45%) και υδρογόνο(5-7%). Στο ξύλο υπάρχουν επίσης μικρές ποσότητες αζώτου (0.1-1.0%) καθώς και πολλά ανόργανα μεταλλικά στοιχεία όπως K, Na, Ca, Mg, Fe, S, P, Al, Si, Ni, Ba, Pd κ.ά. Τα μεταλλικά στοιχεία παραμένουν μετά την πλήρη καύση του ξύλου ως τέφρα. Η τέφρα των δένδρων της εύκρατης ζώνης αποτελεί το 0.2-1% της ξηρής μάζας του ξύλου ενώ στα τροπικά δάση το ποσοστό της τέφρας φτάνει και το 5%.

Η σύσταση του ξύλου στα κύρια στοιχεία διαφέρει ελάχιστα μεταξύ των διαφόρων δασικών ειδών αλλά και μεταξύ των διάφορων τμημάτων του κορμού (όσον αφορά το ύψος και τη διάμετρο). Δε συμβαίνει όμως το ίδιο με το άζωτο και την τέφρα για τα οποία έχουν διαπιστωθεί μεγάλες διαφορές τόσο για τα δασικά είδη όσο και για τα τμήματα του κορμού.

Πίνακας 1: Σύσταση σε στοιχεία διαφόρων ειδών ξύλου (%)

Είδος ξύλου	C	H	O	N	Τέφρα
Πεύκο	50.2	6.1	43.4	0.2	0.2
Ερυθρελάτη	50.0	6.0	43.5	0.2	0.3
Δρυς	49.2	5.8	44.2	0.4	0.4
Οξιά	48.9	5.9	44.5	0.2	0.5
Λεύκα	49.7	6.3	44.0	-	-

2.2. Χημική σύσταση ξύλου

Το ξύλο αποτελείται από μακρομοριακές και μικρομοριακές ενώσεις.

2.2.1. Μακρομοριακές ενώσεις

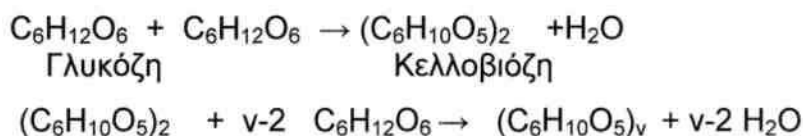
Οι μακρομοριακές χημικές ενώσεις αποτελούν τα δομικά συστατικά των κυτταρικών τοιχωμάτων του ξύλου και υπάρχουν σε όλα τα ξυλώδη είδη του φυτικού κόσμου. Το ξύλο των φυτικών ειδών της εύκρατης ζώνης περιέχει περίπου 97-99% μακρομοριακές ενώσεις ενώ τα φυτικά είδη της τροπικής ζώνης περίπου 90%. Οι μακρομοριακές ενώσεις χωρίζονται σε λιγνίνη και πολυσακχαρίτες. Οι τελευταίοι χωρίζονται σε κυτταρίνη και ημικυτταρίνες.

Λιγνίνη: Είναι το αφθονότερο και σπουδαιότερο μετά την κυτταρίνη συστατικό της φυτικής βιομάζας. Σε αντίθεση όμως με την κυτταρίνη δε βρίσκεται σε όλα τα φυτικά είδη. Τα πρωτόφυτα (βρύα, λειχήνες κ.τ.λ.) δεν περιέχουν λιγνίνη. Η λιγνίνη είναι ένα άμορφο συστατικό η οποία μαζί με τους πολυσακχαρίτες δομεί τα κυτταρικά τοιχώματα των ξύλινων ιστών. Δεν βρίσκεται ποτέ ελεύθερη στη φύση παρά μόνο παρουσία της κυτταρίνης και των ημικυτταρινών. Η βιολογική εναπόθεση της στα κυτταρικά τοιχώματα γίνεται με αυτήν των πολυσακχαριτών. Ο βιολογικός προορισμός της λιγνίνης είναι να σχηματίζει με την κυτταρίνη και τις ημικυτταρίνες ιστούς ικανούς να βαστάζουν το υπέργειο τμήμα των φυτών και ανθεκτικούς στην επίδραση μηχανικών δυνάμεων του περιβάλλοντος ..

Η λιγνίνη είναι ένα πολύπλοκο πολυμερές υλικό. Κάθε προσπάθεια απομόνωσης της από το ξύλο προκαλεί μεταβολές στη χημική δομή της. Έτσι η ακριβής χημική δομή και χημική συμπεριφορά της δεν είναι πλήρως γνωστές. Πάντως χημική διάσπαση της λιγνίνης μπορεί να γίνει με οξειδωση, υδρογόνωση, υδρόλυση, αιθανόλυση κ.τ.λ.

Κυτταρίνη: Είναι η σπουδαιότερη και αφθονότερη οργανική ουσία που βρίσκεται στη φύση. Αποτελεί το κύριο δομικό συστατικό των κυτταρικών τοιχωμάτων των δένδρων και των φυτών(ακόμα και των κατώτερων όπως φτέρες, βρύα, λειχήνες και μύκητες). Το ποσοστό συμμετοχής της στη δόμηση των κυτταρικών τοιχωμάτων διαφέρει για κάθε φυτικό είδος. Στο ξύλο κυμαίνεται σε 40-50% ενώ στο βαμβάκι για παράδειγμα σε 95-99%.

Η κυτταρίνη, η οποία είναι ένας πολυσακχαρίτης της γλυκόζης, αναπαράγεται φυσικά με την φωτοσύνθεση και έχει εμπειρικό τύπο τον $C_6H_{10}O_5$ (αλλιώς, αποτελείται από 44.4% C, 6.2% H, 49,3% O). Αποτελείται από γραμμικά πολυμερή μεγάλου μοριακού βάρους. Η στοιχειώδης μονάδα δόμησης των μακρομορίων είναι η ανυδρογλυκόζη. Ο σχηματισμός του μακρομορίου γίνεται με πολυμερισμό μορίων γλυκόζης και απομάκρυνση ενός μορίου νερού για κάθε προστιθέμενο μόριο γλυκόζης στην αλυσίδα. Ο πολυμερισμός της κυτταρίνης μπορεί να αποδοθεί με την παρακάτω αντίδραση :



Ημικυτταρίνες: Είναι μίγμα συμπολυμερών ουσιών (πολυσακχαριτών) και μαζί με την κυτταρίνη και τη λιγνίνη, με τις οποίες η παρουσία τους είναι στενά συνδεδεμένη, συγκροτούν τα κυτταρικά τοιχώματα των ξύλινων ιστών.

Το ποσοστό των ημικυτταρινών κυμαίνεται σε μεγάλα όρια (17-42%) στα διάφορα φυτικά είδη. Για παράδειγμα ξύλο πλατύφυλλων δένδρων περιέχει κατά μέσο όρο 30% περίπου περισσότερες ημικυτταρίνες από το ξύλο κωνοφόρων δένδρων.

Οι ημικυτταρίνες συγκριτικά με την κυτταρίνη, διαφέρουν στο ότι έχουν μικρότερο μοριακό βάρος, διαλύονται σε αλκαλικά διαλύματα, υδρολύονται ευκολότερα με αραιά οξέα και είναι άμορφες. Επίσης σε αντίθεση με τα πολυμερή μόρια της κυτταρίνης που είναι γραμμικά, τα μόρια των ημικυτταρινών συχνά φέρουν διακλαδώσεις ή πλευρικές ομάδες. [1]

Εκτός από την κυτταρίνη και τις ημικυτταρίνες στο ξύλο υπάρχουν και άλλοι πολυσακχαρίτες σε μικρά ποσοστά που είναι διαλυτοί στο νερό και απομακρύνονται με εκχύλιση ξύλου. Οι σπουδαιότεροι είναι οι **πηκτινικές ουσίες** και οι **γλύκανες**.

Πηκτινικές ουσίες: Έχουν δομή ανάλογη των ημικυτταρινών. Διαφέρουν από αυτές στη σύνθεση των πολυμερών μορίων, στο βαθμό διακλάδωσης και στον βαθμό πολυμερισμού. Οι σπουδαιότερες πηκτινικές ουσίες είναι οι γαλακτουρονάνες και οι αραβινάνες.

Γλύκανες: Περιλαμβάνουν το άμυλο, την αμυλοπηκτίνη, την καλλόζη, τη λαρισάνη και τις ξυλογλυκάνες.

2.2.2. Μικρομοριακές ενώσεις

Στο ξύλο υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός μικρομοριακών ενώσεων, οι οποίες δεν αποτελούν δομικά συστατικά των κυτταρικών τοιχωμάτων, απλά εναποτίθενται σε αυτά και στις κυτταρικές κοιλότητες. Διακρίνονται στις οργανικές χημικές ενώσεις, οι οποίες συνήθως ονομάζονται εκχυλίσματα και στις ανόργανες.

Εκχυλίσματα: Οφείλουν το όνομα τους στο ότι μπορούν να απομακρυνθούν από το ξύλο χωρίς να αλλάξει η δομή του. Οι κυριότερες ομάδες οργανικών ενώσεων που βρίσκονται στα εκχυλίσματα του ξύλου είναι φαινολικές ενώσεις, τερπένια, λιπαρά οξέα, αλκοόλες και άλλες ενώσεις.

Αναλυτικότερα, τα εκχυλίσματα δε συμμετέχουν στη δόμηση των κυτταρικών τοιχωμάτων αλλά εναποτίθενται στις κυτταρικές κοιλότητες και σε μικροδιάκενα των κυτταρικών τοιχωμάτων κατά τη διαφοροποίηση των ξύλινων ιστών ως αποταμιευτικές και

προστατευτικές ουσίες ή συνιστούν υπολείμματα του νεκρού πρωτοπλάσματος. Οι φυτικές ορμόνες και οι χυμοί των δέντρων ανήκουν επίσης στα εκχυλίσματα. Τα περισσότερα εκχυλίσματα μπορούν να εκχυλιστούν από το ξύλο με οργανικούς διαλύτες, ορισμένα είναι διαλυτά στο νερό ενώ άλλα δεν εκχυλίζονται.

Το ποσοστό των εκχυλισμάτων στο ξύλο είναι μικρό και κυμαίνεται από 2-10%. Στα τροπικά είδη φτάνει το 20-25 %. Οι ρίζες, τα κλαδιά, ο φλοιός, το φύλλωμα, τα άνθη και οι καρποί περιέχουν επίσης εκχυλίσματα. Πολλά δένδρα όταν πληγώνονται, εκκρίνουν ορισμένα εκχυλίσματα από το σομφό ξύλο ή από το εσωτερικό τμήμα του φλοιού. Τέτοια προϊόντα έκκρισης είναι οι ρητίνες και διάφορα κόμμεα.

Τα εκχυλίσματα μπορεί να μοιάζουν μεταξύ συγγενών ειδών αλλά ουσιαστικά είναι διαφορετικά είτε μεταξύ οικογενειών είτε μεταξύ γεννών ή ακόμα και στα διάφορα υβρίδια, ποικιλίες και προελεύσεις του ίδιου είδους.

Επίσης όλα τα είδη εκχυλισμάτων δεν απαντούν σε όλα τα φυτικά είδη. Έχει παρατηρηθεί ότι για κάθε είδος ξύλου υπάρχει μια χαρακτηριστική ένωση, η οποία είναι αποκλειστική σε αυτό. Με βάση αυτή την παρατήρηση πραγματοποιείται μια χημειοταξινόμηση των φυτών σύμφωνα με την χημική τους σύσταση. Για παράδειγμα για το γένος Pinus, υπάρχουν 11 ενώσεις που ανιχνεύονται μόνο σε αυτό.[2]

Ανόργανες ενώσεις: Είναι κυρίως άλατα και οξείδια των K, Na, Ca, Mg κ.ά. Το σύνολο των ανόργανων συστατικών ονομάζεται τέφρα.

2.3. Μεταβλητότητα στην χημική σύσταση του ξύλου.

Όλα τα είδη ξύλου αποτελούνται από τα ίδια χημικά συστατικά. Η σχετική αναλογία όμως των συστατικών ποικίλει στα διάφορα είδη ξύλου, στα διάφορα μέρη ενός δένδρου, στα διάφορα κύτταρα ακόμα και στα διάφορα κυτταρικά τοιχώματα του ίδιου κυττάρου. Παράγοντες όπως η ηλικία των δένδρων, αυξητικοί παράγοντες, οικολογικές συνθήκες κ.ά. επηρεάζουν την χημική σύσταση. Μεγάλη ποικιλότητα υπάρχει κυρίως στο ποσοστό και στην σύνθεση των εκχυλισμάτων.[3]

Μεταβλητότητα ανάμεσα σε διαφορετικά είδη ξύλου: Υπάρχουν μεγάλες διαφορές στην χημική σύσταση σε κύρια συστατικά μεταξύ των διαφόρων ειδών ξύλου. Στην εύκρατη ζώνη κατά μέσο όρο τα κωνοφόρα έχουν λιγότερους πολυσακχαρίτες και περισσότερη λιγνίνη από

τα πλατύφυλλα. Το ποσοστό της κυτταρίνης είναι περίπου το ίδιο στα κωνοφόρα και στα πλατύφυλλα. Τα κωνοφόρα έχουν λιγότερες ημικυτταρίνες. Η κύρια διαφορά μεταξύ των πολυσακχαριτών στα κωνοφόρα και στα πλατύφυλλα βρίσκεται στην σύνθεση των ημικυτταρινών. Το ποσοστό της μαννόζης κυμαίνεται στα κωνοφόρα μεταξύ 10 και 15% ενώ στα πλατύφυλλα σπάνια υπερβαίνει το 3-5%. Αντίθετα το ποσοστό της ξυλόζης κυμαίνεται στα πλατύφυλλα από 12-20% ενώ στα κωνοφόρα δεν υπερβαίνει το 10%. Επίσης τα πλατύφυλλα έχουν χαρακτηριστικά μεγαλύτερο ποσοστό οξικών ομάδων από τα κωνοφόρα. Το ποσοστό της αραβινόζης είναι μικρό σε όλα τα είδη και κυμαίνεται μεταξύ 1-3%. Το ποσοστό της λιγνίνης κυμαίνεται μεταξύ 23-33% στα κωνοφόρα και 16- 25% στα πλατύφυλλα. Το ποσοστό των εκχυλισμάτων είναι γενικά μεγαλύτερο στα πλατύφυλλα αλλά το κλάσμα που είναι διαλυτό σε οργανικούς διαλύτες είναι μεγαλύτερο στα κωνοφόρα.

Μεταβλητότητα ανάμεσα σε προελεύσεις: Διαφορές στην χημική σύσταση υπάρχουν όχι μόνο μεταξύ των ειδών, αλλά και μεταξύ γεωγραφικών προελεύσεων και οικοτύπων του ίδιου είδους ακόμα και μεταξύ δένδρων της ίδιας συστάδας. Οι διαφορές αυτές οφείλονται σε γενετικούς παράγοντες ή σε μηχανισμούς προσαρμογής των δένδρων σε μικρο - και μακροκλίμα.

Μεταβλητότητα μέσα στο ίδιο δένδρο: Η χημική σύσταση του ξύλου των δένδρων μεταβάλλεται οριζόντια (από την εντεριώνη προς τον φλοιό) και κατακόρυφα(από την βάση προς την κορυφή).

Οριζόντια μεταβλητότητα: Στα κωνοφόρα το ποσοστό της κυτταρίνης αυξάνεται από την εντεριώνη προς τα έξω. Στην ίδια διεύθυνση το ποσοστό των πεντοζών και της λιγνίνης ελαττώνεται. Σε εξωτερικούς δακτυλίους δένδρων πολύ μεγάλης ηλικίας βρέθηκε λιγότερη κυτταρίνη και περισσότερη λιγνίνη σε σύγκριση με προηγούμενους δακτυλίους. Το ποσοστό των εκχυλισμάτων και της τέφρας επίσης ελαττώνεται από την εντεριώνη προς τα έξω.

Κατακόρυφη μεταβλητότητα: Τα ποσοστά της κυτταρίνης και της λιγνίνης αυξάνονται με το ύψος του δένδρου ενώ τα ποσοστά των ημικυτταρινών και των εκχυλισμάτων ελαττώνονται. Στην κορυφή του δένδρου το ποσοστό της κυτταρίνης είναι μικρό. Τα ποσοστά των εκχυλισμάτων είναι ιδιαίτερα μεγάλα στη βάση των δένδρων.

Μεταβλητότητα λόγω ηλικίας: Οι διάφοροι ερευνητές που έχουν μελετήσει την επίδραση της ηλικίας στη χημική σύσταση του ξύλου δεν συμφωνούν μεταξύ τους στα αποτελέσματα. Σύμφωνα με τους περισσότερους τα ποσοστά κυτταρίνης, λιγνίνης και εκχυλισμάτων αυξάνονται ενώ το ποσοστό των ημικυτταρινών μειώνεται με την ηλικία των δένδρων.

Σύμφωνα πάλι με άλλους τα δένδρα μεγάλης ηλικίας περιέχουν μεγαλύτερα ποσοστά λιγνίνης, τέφρας και εκχυλισμάτων και μικρότερα ποσοστά κυτταρίνης.

Μεταβλητότητα λόγω αυξητικών παραγόντων: Η ταχύτητα αύξησης των δένδρων επηρεάζει σημαντικά την χημική σύσταση του ξύλου. Για παράδειγμα, μελέτη δένδρων πλατάνου και λεύκης, έδειξε ότι ξύλο δένδρων με μεγάλη κατά πλάτος αύξηση είχε λιγότερη λιγνίνη και περισσότερους πολυσακχαρίτες από ότι σε δένδρα με μικρή αύξηση. Διαφορές υπήρχαν και στη σύσταση των πολυσακχαριτών. Βέβαια οι αυξητικοί παράγοντες επηρεάζουν κάθε δένδρο διαφορετικά. Επίσης και οι χημικοί αυξητικοί παράγοντες επηρεάζουν κάθε δένδρο διαφορετικά. Επίσης η χημική σύσταση επηρεάζεται και από την πυκνότητα του ξύλου. Άλλοι αυξητικοί παράγοντες όπως έδαφος, κλίμα, αυξητικός χώρος κ.ά. που επηρεάζουν την ταχύτητα αύξησης και την πυκνότητα του ξύλου επηρεάζουν την χημική σύσταση.

Μεταβλητότητα σε κλάδους, κορυφές και ρίζες: Το ξύλο των κλάδων, κορυφών και ριζών διαφέρει από το ξύλο του κορμού. Συγκριτικές μελέτες χημικής σύστασης διαφόρων μερών κωνοφόρων δένδρων έδειξαν ότι τα ποσοστά των χημικών συστατικών κυμαίνονται στα διάφορα μέρη του δένδρου με την εξής φθίνουσα σειρά :

-λιγνίνη: λεπτοί κλάδοι, χονδροί κλάδοι, κορυφή, ρίζες, κορμός

-κυτταρίνη: κορμός, ρίζες, κορυφή, χονδροί κλάδοι, λεπτοί κλάδοι

-Ημικυπαρίνες: κλάδοι, κορυφή, κορμός, ρίζες

-εκχυλίσματα: κλάδοι, ρίζες, κορυφή, κορμός

-τέφρα: ρίζες, λεπτοί κλάδοι, κορυφή, χονδροί κλάδοι, κορμός. [4,1]

2.4. Βιβλιογραφία

1. Διπλωματική Ηρακλής Αγιοβλασίτης. Μελέτη της επιβραδυντικής δράσης 28 ανόργανων ενώσεων στην καύση της δασικής ύλης *Pinus halepensis*.
2. Fire retardant materials, A R Horrocks and D Price, Woodhead Publishing Limited, σελ 10, 298, 301, 302
3. Προστασία Δασών από Πυρκαγιές, Π. Αντωνόπουλος, Εκδόσεις Ίων 1997, σελ. 16.
4. Ι.Λ. Φιλίππου, Χημεία και Χημική Τεχνολογία του Ξύλου, Εκδόσεις Γιαχούδη-Γιαπούλη, Θεσσαλονίκη 1986.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Καύση δασικών υλών

3.1. Καύση

3.1.1. Γενικά

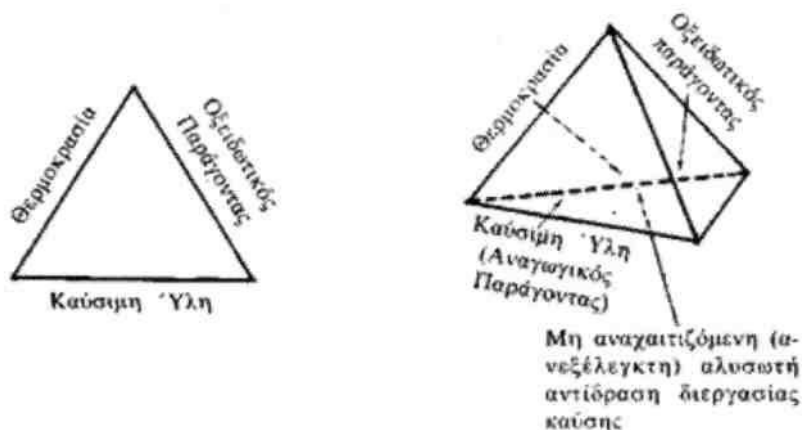
Ο όρος καύση αναφέρεται στην χημική αντίδραση μεταξύ ουσιών κατά την οποία εκλύεται θερμότητα και φως υπό την μορφή φλόγας, εκπέμπεται συνήθως καπνός και οπωσδήποτε μεταβάλλεται η εσωτερική ενέργεια του συστήματος(καίόμενη ύλη).[1].

Οι διαδικασίες καύσης συμβαίνουν κυρίως όταν ένα είδος καυσίμου καίγεται με κάποιο οξειδωτικό στοιχείο ή αέρα. Η πλειονότητα των καυσίμων περιέχει τα στοιχεία Άνθρακα, Υδρογόνο, Οξυγόνο, Άζωτο και θείο. [2]

Κοινό γνώρισμα των πυρκαγιών είναι ότι αρχίζουν από μία μικρή εστία καύσης. Αν και η προέλευση των πυρκαγιών είναι διαφορετική, η πρόκληση του φαινομένου απαιτεί καύσιμη ύλη, ορισμένη θερμοκρασία και οξυγόνο. Το τρίπτυχο αυτό στο παρελθόν ισοδυναμούσε με «την αναγκαία και ικανή συνθήκη» για να υπάρξει και να συντηρηθεί φωτιά σε κάθε περίπτωση συστήματος προσφερόμενου για ταυτόχρονη ανάπτυξη θερμότητας και φλόγας. Η συνύπαρξη των προϋποθέσεων αυτών χαρακτηριζόταν άλλοτε ως «τρίγωνο πυρκαγιάς». Προκειμένου, όμως, να λαμβάνονται υπόψη και οι αλυσιδωτές αντιδράσεις καύσης, ο επαναπροσδιορισμός των συνθετικών στοιχείων της πυρκαγιάς ήταν αναγκαίος. Έτσι, σήμερα με επιδίωξη μία σχηματική παράσταση περισσότερο ανταποκρινόμενη στη γενική περίπτωση της πυρκαγιάς, όπου στα κυρίαρχα στοιχεία της περιλαμβάνονται και οι ανεξέλεγκτες αλυσιδωτές αντιδράσεις, θεωρούμε ένα τετράεδρο, το «τετράεδρο της καύσης».

Η προσομοίωση αυτή βασίζεται σε νεότερες επιστημονικές έρευνες που απέδειξαν ότι υπάρχει και ένα τέταρτο συνθετικό στοιχείο πυρκαγιάς (θεωρία πυραμίδας), που δεν είναι τίποτε άλλο από ελεύθερες ρίζες, οι οποίες δρουν με το οξυγόνο και τα αέρια της καίουσας ύλης κατά εξελισσόμενο τρόπο ως αλυσωτή αντίδραση, που μπορεί να ευνοηθεί από διάφορους παράγοντες, για παράδειγμα από νέα θερμική επιφόρτιση, όταν η πυρκαγιά εξαπλωθεί σε γειτονική περιοχή.

Η απαίτηση μιας πυρκαγιάς για οξυγόνο μπορεί να ικανοποιηθεί είτε από ελεύθερο οξυγόνο είτε από ένα οξειδωτικό μέσο γενικότερα. Το καύσιμο (καύσιμη ύλη) είναι ο αναγωγικός παράγοντας.



Εικόνα 3: Τρίγωνο και τετράεδρο πυρκαγιάς

Στο πρωταρχικό στάδιο καύσης, αν παύσει η «κυριαρχία» ενός από τους παράγοντες: καύσιμη ύλη, οξυγόνο, θερμοκρασία, η καύση σταματά. Για να προλάβει κανείς λοιπόν μία πυρκαγιά πρέπει να αποκλείσει τη συνύπαρξη των προαναφερομένων παραγόντων. Έχουν επινοηθεί διάφορες τεχνικές επίτευξης αυτού του στόχου αλλά το εγχείρημα δεν είναι πάντα εύκολο.

Αντίθετα, είναι δυνατό η φωτιά να συνεχισθεί, π.χ. στην περίπτωση που απομακρυνθεί η πηγή θερμότητας, αλλά στο μεταξύ αυτή ενεργειακά έχει αντικατασταθεί από τη θερμότητα που εκλύεται λόγω του όλου φαινομένου.[3]

3.1.2. Τα στάδια πυρκαγιάς

Η εξέλιξη των περισσότερων πυρκαγιών ακολουθεί 4 στάδια, τα εξής:

Αρχόμενο στάδιο πυρκαγιάς: Σε αυτό το στάδιο δημιουργούνται σωματίδια, από χημική αποσύνθεση, που έχουν βάρος και μάζα, αλλά είναι τόσο μικρά που δεν διακρίνονται με γυμνό μάτι, ανιχνεύονται όμως με τη συνδρομή σύγχρονης τεχνολογίας (ανιχνευτές ιοντισμού). Χαρακτηριστικό γνώρισμα του σταδίου αυτού είναι ότι δεν έχουμε «ορατό» καπνό, φλόγες και σημαντική θερμότητα.

Στάδιο όπου το υλικό σώμα σιγοκαίεται: Στο στάδιο αυτό η πυρκαγιά μπορεί να υποβόσκει γενικά. Επειδή η ανάπτυξη της πυρκαγιάς συνεχίζεται, η ποσότητα των σωματιδίων, λόγω καύσης, αυξάνει και όταν τα σωματίδια αυτά γίνουν ορατά με γυμνό μάτι έχουμε καπνό, που είναι και το χαρακτηριστικό γνώρισμα του σταδίου. Επειδή δεν έχουν ακόμη δημιουργηθεί φλόγες και μεγάλη θερμότητα, αρκούν φωτοηλεκτρικοί ανιχνευτές.

Στάδιο φλογών: Στο στάδιο αυτό, η παραπέρα ανάπτυξη της διεργασίας της καύσης έχει ως αποτέλεσμα το καύσιμο υλικό να φθάσει το σημείο ανάφλεξης και να δημιουργηθούν φλόγες. Λεπτομερέστερα: και περισσότερος καπνός βγαίνει και περισσότερη θερμότητα εκλύεται. Ένα χαρακτηριστικό γνώρισμα του σταδίου αυτού είναι ότι μπορεί να μεταδοθεί υπέρυθρη ακτινοβολία σε αρκετή απόσταση-. Έτσι ανιχνευτές φλόγας είναι αναγκαίοι.

Στάδιο απόδοσης θερμότητας: Στο στάδιο αυτό παράγονται μεγάλα ποσά θερμότητας, φλογών, καπνού και τοξικών αερίων. Χαρακτηριστικό του σταδίου είναι ότι αυτό αναπτύσσεται πολύ σύντομα —η μετάβαση από το στάδιο των φλογών σε εκείνο της θερμότητας μπορεί να γίνει σε δευτερόλεπτα. Από άποψη ανίχνευσης το στάδιο αυτό απαιτεί την ύπαρξη καταλλήλων διατάξεων και οπωσδήποτε ανιχνευτών που έχουν φωτοκύτταρο (ανιχνευτές φλόγας), ανιχνευτές ιοντισμού, ανιχνευτές καπνού . [4]

3.1.3. Χαρακτηριστικά φλόγας

Θερμοκρασία φλόγας: Η μέγιστη θερμοκρασία φλόγας θα μπορούσε (θεωρητικά) να προκύψει από τέλεια στοιχειομετρική καύση των στοιχείων καιόμενου υλικού (συστήματος) με καθαρό οξυγόνο. Στις πυρκαγιές συνεισφέρει κατά κανόνα το οξυγόνο του ατμοσφαιρικού αέρα (που, βασικά, είναι μίγμα οξυγόνου και αζώτου μια και όλα τα άλλα συστατικά του, ευγενή αέρια κ.λπ., κυμαίνονται γύρω στο 1%) και έτσι η θερμοκρασία φλόγας είναι οπωσδήποτε μικρότερη από τη μέγιστη θεωρητική. Η θερμοκρασία της φλόγας εξαρτάται από:

- Την ποσότητα θερμότητας που εκλύεται κατά την καύση της μονάδας μάζας του καιόμενου σώματος
- Την ενθαλπία του αέρα καύσης
- Την ενθαλπία του καιόμενου σώματος
- Την ποσότητα και την ειδική θερμότητα των καυσαερίων
- Την περίσσεια του αέρα,
- Την ακτινοβολία από τη φλόγα και
- Την αφετεροίωση του διοξειδίου του άνθρακα και των υδρατμών.[1]

Μορφή φλόγας: Η μορφή και η λαμπρότητα της φλόγας εξαρτώνται από τη φύση των καιομένων αερίων καύσης —γενικά τις συνθήκες καύσης. Οι φλόγες, λεπτομερέστερα,

συνιστούν μία διαδικασία που γίνεται μεταξύ των συστατικών του (καιόμενου) συστήματος και δίνει ακτινοβολία ενέργεια. Κατά κανόνα η «εικόνα» των φλογών πυρκαγιάς εξαρτάται και από τον καπνό που βγάζει στην τρέχουσα στιγμή παρατήρησης. Αναλυτικά, το χρώμα της φωτεινής ζώνης μεταβάλλεται σύμφωνα με την αναλογία καυσίμου/αέρα. Για πτωχά μίγματα H/C- αέρα δημιουργείται ένα βαθύ μενεξεδί χρώμα, το οποίο οφείλεται στις ρίζες CH. Όταν το μίγμα είναι πλούσιο εμφανίζεται πράσινη ακτινοβολία λόγω της διέγερσης των μορίων του C2. Τα καυσαέρια υψηλής θερμοκρασίας είναι συνήθως ελαφρά κόκκινα, λόγω του μίγματος ακτινοβολίας του CO₂ και υδρατμών. Όταν το μίγμα γίνεται πολύ πλούσιο η ακτινοβολία γίνεται πολύ κιτρινωπή λόγω της σχηματιζόμενης αιθάλης.[2]

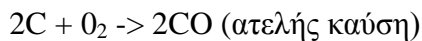
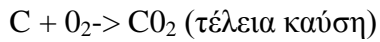
3.1.4. Αντιδράσεις καύσης

Καύση - Οξείδωση: Το οξυγόνο, στοιχείο πολύ ενεργό (που στον ατμοσφαιρικό αέρα περιέχεται σε ποσοστό 21% κατ' όγκο), όπως είναι γνωστό, συνενώνεται με τα περισσότερα των λοιπών χημικών στοιχείων, με βραδύ ή γρήγορο ρυθμό και έκλυση θερμότητας. Η ταχύτητα της αντίδρασης εξαρτάται από διάφορες συνθήκες (αντιδρώντα σώματα, ατμόσφαιρα οξυγόνου κ.λπ.) και αυξάνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας. Όταν η ταχύτητα του πιο πάνω φαινόμενου (συνένωσης) είναι «βραδεία», οπότε το εκλυόμενο ποσό θερμότητας δεν γίνεται αμέσως αντιληπτό, η διεργασία λέγεται οξείδωση. Όταν η αντίδραση (συνένωση) είναι έντονη (συνοδεύεται, δηλαδή, από έκλυση μεγάλου ποσού θερμότητας και εμφάνιση φωτός), το φαινόμενο ονομάζεται καύση. Η διαφορά, λοιπόν, μεταξύ οξείδωσης και καύσης έγκειται μόνο στην ταχύτητα διεξαγωγής της αντίδρασης, της συνένωσης — ειδικότερα — των (χημικών) στοιχείων με το οξυγόνο από πλευράς προϊόντων τα σώματα που προκύπτουν από την αντίδραση ανήκουν στην ίδια κατηγορία ενώσεων (οξείδια). Γι' αυτό, δικαιολογημένα, η καύση αναφέρεται συχνά ως (έντονη) οξείδωση. [3]

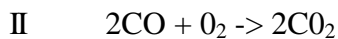
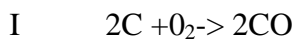
Αλυσιδωτές αντιδράσεις: Στις περισσότερες αντιδράσεις αερίων εκλύεται θερμότητα (εξώθερμες αντιδράσεις). Πολύ συχνά, όταν σε μία χημική αντίδραση απελευθερώνεται θερμότητα, η από την εξώθερμη αντίδραση προερχόμενη ενέργεια προκαλεί τον ενδιάμεσο σχηματισμό ελευθέρων ατόμων ή μη κορεσμένων μορίων (ριζών), τα οποία είναι φορείς αλυσωτών (αλυσιδωτών) αντιδράσεων. Κατά κύριο λόγο, όλες οι καύσεις καυσίμων αερίων και υγρών ανήκουν σε αυτήν την κατηγορία αντιδράσεων. Κατ' ακολουθία, στις φλόγες και τη φωτιά, γενικά, έχουμε αλυσωτές (αλυσιδωτές) αντιδράσεις (με το φασματοσκόπιο έχουν διαπιστωθεί σε όλες τις φλόγες ελεύθερες ρίζες, όπως OH, CH κ.λπ).

Χαρακτηριστικό των αλυσωτών (αλυσιδωτών) αντιδράσεων είναι ότι μπορούν να επιβραδυνθούν ή και να σταματήσουν εντελώς με προσμίξεις ή κατάλληλη τεχνική. [3]

Καύση άνθρακα: Ο άνθρακας καιόμενος δίνει, ανάλογα των συνθηκών, διοξείδιο του άνθρακα (τέλεια καύση) ή μονοξείδιο του άνθρακα (ατελής καύση):



Ειδικές μελέτες απέδειξαν, ότι στις καύσεις έχουμε ενδιάμεσες αντιδράσεις- η θερμότητα που εκλύεται είναι ανεξάρτητη από αυτές (εξαρτάται μόνο από τα τελικά προϊόντα-νόμος Hess). Ο μηχανισμός της καύσης είναι κάθε άλλο από απλός και γι' αυτό η εξήγηση του απαιτεί τη συνεκτίμηση ποικίλων κριτηρίων. Έτσι, π.χ. δεν αγνοείται το ενδεχόμενο καύσης του άνθρακα κατά στάδια, που είναι δυνατό να γίνουν με τα παρακάτω βήματα (I και II):



Εμβασύνσεις στις καύσεις αποκάλυψαν ότι η πυρκαγιά ενός συστήματος ανήκει στα (φυσικά, χημικά κ.λπ.) φαινόμενα που πραγματοποιούνται συγχρόνως με ελάττωση του ενεργειακού του περιεχόμενου και αύξηση της εντροπίας (αταξίας) του- είναι, λοιπόν, αυθόρμητη διεργασία. [1]

3.2. Θερμική αποικοδόμηση

Η θερμοκρασία επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό τις χημικές, φυσικές και μηχανικές ιδιότητες του ξύλου ή προκαλεί αποικοδόμηση των δομικών συστατικών σε απλές μονομερείς ενώσεις. Το μέγεθος της επίδρασης εξαρτάται από το ύψος της θερμοκρασίας, τον χρόνο επίδρασης, την ταχύτητα θέρμανσης, την υγρασία, την παρουσία ή όχι χημικών αντιδραστηρίων και καταλυτών, το είδος και τις διαστάσεις του ξύλου.

Οι ημικυτταρίνες είναι λιγότερο ανθεκτικές στη θερμότητα και αποικοδομούνται στους 225-325°C με θερμικό σημείο έναρξης της θερμικής αποικοδόμησης τους 117 °C. Η κυτταρίνη αποικοδομείται σε υψηλότερες θερμοκρασίες μεταξύ 325-375 °C με αντίστοιχο θερμικό σημείο έναρξης της αποικοδόμησης τους 156-170 °C. Η λιγνίνη υφίσταται προοδευτική αποικοδόμηση σε θερμοκρασία 250-500 °C με θερμικό σημείο έναρξης της αποικοδόμησης τους 130-145 °C. Οι πολυσακχαρίτες των κυτταρικών τοιχωμάτων παράγουν τις περισσότερες από τις πτητικές ενώσεις της πυρόλυσης, ενώ η λιγνίνη δίνει κυρίως το ανθρακώδες υπόλοιπο. [5,6]

3.3. Καύση- πυρόλυση δασικών υλών

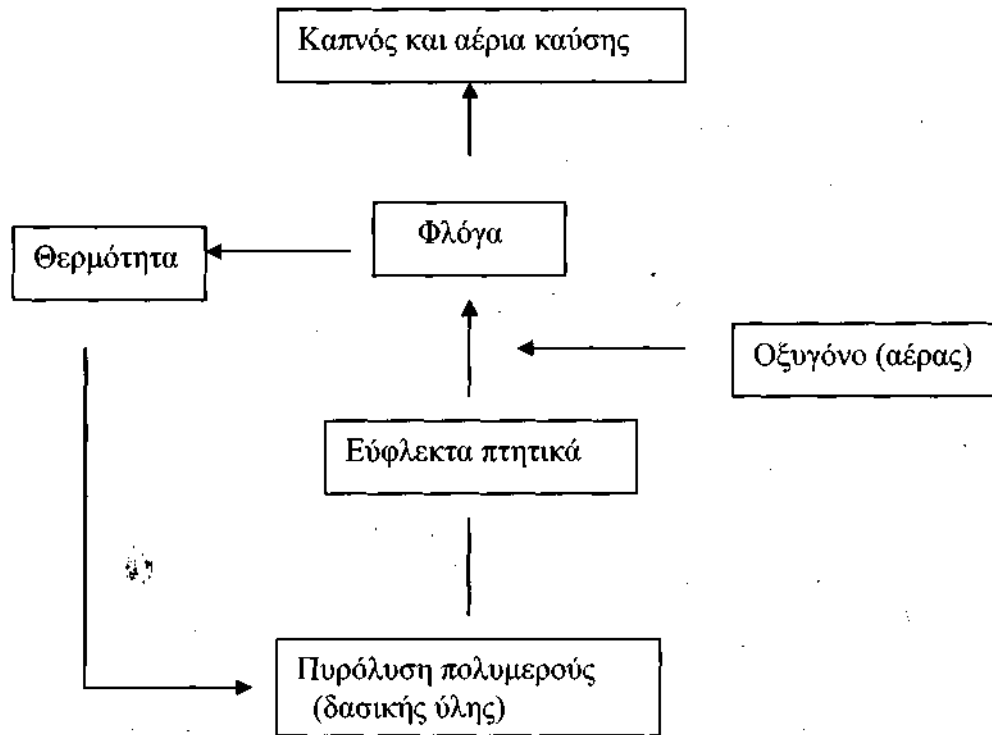
Όταν ένα λιγνινοκυτταρινούχο υλικό θερμαίνεται στην πορεία του για ανάφλεξη υφίσταται μια θερμική αποσύνθεση-υποβάθμιση, αποπολυμερισμό δίνοντας καύσιμα πτητικά προϊόντα τα οποία εμπλέκονται στην καύση και την διάδοση της φωτιάς. Το φαινόμενο "φωτιά" αντιμετωπίζεται σαν ένα σύνολο φυσικών και χημικών μεταβολών εξελισσόμενων με συγκεκριμένους κινητικούς μηχανισμούς και ως εκ τούτου επιδεχομένων επιτάχυνση ή παρεμπόδιση.

Είναι γενικά αποδεκτό ότι στην περίπτωση των κυτταρινούχων υλικών και των συναφών τους το φαινόμενο της φωτιάς μπορεί να περιγραφεί από δυο διακριτές φάσεις, την πυράκτωση και την καύση με φλόγα. Από αυτά η πυράκτωση είναι μια άμεση οξειδωση της στερεάς κυτταρίνης ή των στερεών προϊόντων αποσύνθεσης της και κύρια του καρβουνώδους υπολείμματος.

Είναι γενικά μια βραδεία καύση, ατελής προς CO με πολύ μικρότερο θερμοτονισμό από την πλήρη προς CO₂ καύση (26 έναντι 94 kcal/mol C).

Η καύση με φλόγα από την άλλη πλευρά είναι μια πολύπλοκη διαδικασία η οποία περιλαμβάνει στερεά και αέρια φάση και η οποία μπορεί να αποδοθεί σαν μια κυκλοειδής διαδικασία. Στην αρχική φάση της καύσης θερμότητα προσάγεται στο υλικό προκαλώντας έτσι μια σειρά φυσικών -π.χ. τήξη, εξάτμιση- αλλά κύρια και χημικών φαινομένων ανάμεσα στα οποία κυρίαρχη θέση κατέχουν αντιδράσεις αποπολυμερισμού, αποσύνθεσης, κατά τις οποίες τα τεράστια μόρια της κυτταρίνης σπάζουν σε μικρότερα, πτητικά, καύσιμα προϊόντα. Αυτό είναι το στάδιο της πυρόλυσης. Τα προϊόντα της πυρόλυσης τώρα διαχέονται από την επιφάνεια του υλικού προς τον περιβάλλοντα χώρο όπου και αναμιγνύονται με το οξυγόνο

του αέρα δίνουν πια καύσιμα αέρια μίγματα τα οποία και αναφλέγονται. Η καύση αυτή τώρα όντας σημαντικά εξώθερμη αντίδραση απελευθερώνει ποσά θερμότητας τα οποία εν μέρει ακτινοβολούνται στο περιβάλλον και εν μέρει επανέρχονται προς το υλικό ανατροφοδοτώντας έτσι την πυρόλυση η οποία συνεχίζει την παροχή καυσίμων πτητικών προϊόντων. Έτσι δημιουργείται ένας κύκλος πυρόλυσης-καύσης, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Εικόνα 4: Κύκλος πυρόλυσης-καύσης

Τα προϊόντα της πυρόλυσης ομαδοποιούνται σε *αέρια* (κυρίως CO_2 , CO , H_2O), *υγρά* (tar ή goudron ή βιοέλαιο) και *στερεά* (το καρβουνώδες υπόλειμμα γνωστό ως char). [7]

3.4. Βιβλιογραφία

1. Δ. Βολιώτη Ν Αθανασιάδη, Δέντρα και θάμνοι, Αυτοτελή έκδοση, 1971
2. Ε.Λόης, Φ.Ζαννίκος, Δ.Καρώνης, Θεωρία και Τεχνική της Καύσης,Ε.ΜΠ., Αθήνα 2006.
3. Γ. Τσουμή Ν. Αθανασιάδη, Συστηματική Δασική Βοτανική, Αυτοτελής έκδοση, 1972.
4. <http://www.fireSecurity.gr/bibliothiki/pyrox3.htm>
5. Ι.Λ. Φιλίππου, Χημεία και Χημική Τεχνολογία του Ξύλου, Εκδόσεις Γιαχούδη-Γιαπούλη, Θεσσαλονίκη 1986.
6. Ανδρέας Κανάς, Το Ξύλο και η Προστασία του, Έκδοση Τέσσερα Πρεσς, Αθήνα 1983.(σελ63-66.)
7. Διδακτορική διατριβή Γάκη Β.Δημητρίου, Ηλεκτροχημικές Μέθοδοι για την αξιολόγηση Χημικών Επιβραδυντών Δασικών Πυρκαγιών, Αθήνα 1998

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Χημικοί επιβραδυντές

Ως χημικοί επιβραδυντές (fire retardants) χαρακτηρίζονται εκείνες οι ουσίες που καίγονται αργά ή δεν επιτρέπουν την γρήγορη μετάδοση της φωτιάς και έχουν σαν συνέπεια το σβήσιμο ή περιορισμό της φλόγας. Είναι προϊόν της επιστήμης του 20^{ου} αιώνα, αιώνα στον οποίο εκφράστηκε η ανάγκη για αντιμετώπιση μιας από τις μεγαλύτερες μάστιγες που απειλούν το περιβάλλον, της πυρκαγιάς. Αναφέρεται πως αρχικά χρησιμοποιήθηκε το βορικό νάτριο και το χλωριούχο ασβέστιο ενώ αργότερα ανακαλύφθηκε και το βορικό-νάτριο ασβέστιο. Οι ρίψεις αυτών των επιβραδυντών πραγματοποιούνταν από αέρος. Γρήγορα όμως εγκαταλείφθηκαν διότι προκαλούσαν διάβρωση στα μέταλλα των δεξαμεμών και αποστείρωναν το έδαφος. Έπειτα χρησιμοποιήθηκαν άλλες ενώσεις όπως ο διογκούμενος άργιλος-μπετονίτης, τα πυκνόμευστα φωσφορικό διαμμώνιο και θειικό αμμώνιο, αφρώδεις ουσίες κ.τ.λ. Η παγκόσμια κατανάλωση σε επιβραδυντικές ουσίες το 1992 έχει υπολογισθεί ίση με 358 εκατομμύρια kg το κόστος των οποίων ανερχόταν σε \$1169 εκατομμύρια [1]. Σήμερα υπάρχουν πολλές επιβραδυντικές ουσίες αλλά οι μελέτες συνεχίζονται για όλο και αποτελεσματικότερες, οικονομικότερες και με φιλικότερη προς το περιβάλλον συμπεριφορά, ουσίες. [2]

4.1. Τύποι επιβραδυντών.

Οι διάφοροι επιβραδυντές (ή αντιπυρικές ουσίες) που χρησιμοποιούνται σήμερα μπορούν να διακριθούν σε δυο μεγάλες κατηγορίες, τις εμποτιστικές και τα επικαλυπτικές.

Εμποτιστικές αντιπυρικές ουσίες: Στην κατηγορία αυτή υπάγονται διάφορες χημικές ουσίες που συνήθως είναι υδατοδιαλυτά άλατα που έχουν σαν βάση το θειικό αμμώνιο(AS) και διάφορους φωσφορικούς ανάμικτες μαζί με κάποιον αντιοξειδωτικό παράγοντα, διάφορα συντηρητικά ξύλου καθώς και άλλες αντιπυρικές ουσίες όπως βορικό οξύ. Τα άλατα αυτά εφαρμόζονται με πίεση γιατί με μεθόδους εφαρμογής (με επάλλειψη, ψεκασμό, εμπάπτιση κ.τ.λ.) δεν επιτυγχάνεται ικανοποιητικός βαθμός εμποτισμού.

Οι εμποτιστικές αντιπυρικές ουσίες παρουσιάζουν τα ακόλουθα πλεονεκτήματα σε σχέση με τις επικαλυπτικές:

- Σε συνθήκες βιομηχανικής εφαρμογής είναι δυνατός πληρέστερος έλεγχος της διαδικασίας εμποτισμού.
- Έχουν μεγαλύτερη και σταθερότερη πρόσφυση στο ξύλο καθώς και μεγαλύτερη διάρκεια.

- Και τα εμποτιστικά άλατα και το νερό που είναι διαλύτης τους είναι πολύ φθηνότερα από τα συνήθως χρησιμοποιούμενα επικαλυπτικά αντιπυρικά.
- Είναι δυνατόν να συμπεριλαμβάνονται στα εμποτιστικά αντιπυρικά άλατα και ειδικά μυκηκτόνα και εντομοκτόνα για την ταυτόχρονη προστασία του ξύλου από τους βιολογικούς του εχθρούς.

Μειονεκτήματα:

- Για την εφαρμογή των ουσιών αυτών απαιτούνται ειδικές εγκαταστάσεις και έτσι το κόστος του εμποτισμού είναι αρκετά υψηλό.
- Εάν τα εμποτιστικά εναποτεθούν βαθειά στο ξύλο τότε δεν είναι πολύ αποτελεσματικά.
- Πολλές φορές λόγω της υδατοδιαλυτότητάς τους προκαλείται κρυστάλλωση των αλάτων στην επιφάνεια και περαιτέρω δυσκολίες αν το ξύλο πρόκειται να βαφεί.
- Λόγω των ισχυρών οξέων ή βάσεων που περιέχονται τα οποία προσβάλλουν την κυτταρίνη επέρχεται αλλοίωση της κατά την ξήρανση του ξύλου και μείωση της μηχανικής αντοχής του. [3]

Επικαλυπτικές αντιπυρικές ουσίες: Στην κατηγορία αυτή υπάγονται διάφορα αντιπυρικά βερνίκια ή χρώματα που εφαρμόζονται στην επιφάνεια του ξύλου. Οι μέθοδοι εφαρμογής τους γίνεται με πινέλο, με ρολό ή με ψεκασμό. Δεν πρέπει να συγχέονται με τα διακοσμητικά χρώματα ή βερνίκια. Στην κατηγορία αυτή διακρίνονται δυο τύποι, ανάλογα με την αντίδραση τους στην φωτιά, οι διογκούμενες ουσίες και οι μη διογκούμενες ουσίες.

Διογκούμενες ουσίες: Οι επιφάνειες του ξύλου που έχουν περαστεί με αυτές, μόλις προσβληθούν από φλόγες αρχικά μαλακώνουν και παράγουν διάφορα άφλεκτα αέρια. Τα αέρια αυτά παγιδεύονται στην μάζα του υλικού δημιουργώντας φυσαλίδες και έτσι παράγεται αφρός. Το αφρώδες στρώμα που δημιουργείται έχει πάχος πάνω από 50 φορές μεγαλύτερο από το αρχικό στρώμα διαστρώσεως. Στο στάδιο αυτό το αφρώδες στρώμα στερεοποιείται σχηματίζοντας ένα μονωτικό ανθρακοειδές στρώμα που προστατεύει την επιφάνεια του ξύλου από την φωτιά.

Τα διογκούμενα αντιπυρικά περιέχουν διάφορες ενώσεις όπως έναν παράγοντα διογκώσεως που δημιουργεί τα αέρια, μια πηγή άνθρακα που σχηματίζει το μονωτικό στρώμα και επίσης έναν αφυδρωτικό παράγοντα που σταθεροποιεί το αφρώδες στρώμα.

Μη διογκούμενες ουσίες: Περιέχουν ενώσεις που θερμαινόμενες επιδρούν χημικά στην διαδικασία της καύσης. Έτσι μερικοί τύποι περιέχουν ενώσεις πυριτικής ή βορικής σύστασης που λιώνουν με την φωτιά σχηματίζοντας ένα προστατευτικό υαλώδες στρώμα. Γενικά έχουν μικρότερη αποτελεσματικότητα από τις διογκούμενες ουσίες.

Πλεονεκτήματα επικαλυπτικών αντιπυρικών :

- Η επιφανειακή διάστρωση των ουσιών αυτών έχει σημαντική αρνητική επίδραση στην εξάπλωση της φωτιάς.
- Είναι οικονομικότερες γιατί η εφαρμογή τους μπορεί να γίνει χωρίς την μετακίνηση της ξυλείας στις εγκαταστάσεις εμποτισμού.

Μειονεκτήματα :

- Ο έλεγχος του επιθυμητού πάχους διαστρώσεως είναι δύσκολος με αποτέλεσμα τον κίνδυνο ανεπαρκούς προστασίας κάποιου τμήματος.
- Δεν υπάρχει προστασία σε βάθος.
- Συνήθως είναι ευπαθή στην υγρασία.[4,5]

4.2. Χημικοί επιβραδυντές δασικών πυρκαγιών

Το θέμα της διαχείρισης δασικών πυρκαγιών έχει τεράστια σημασία, ιδιαίτερα σε ξηρά κλίματα, όπως είναι της χώρας μας. Τα χρησιμοποιούμενα συστήματα καταστολής των δασικών πυρκαγιών περιλαμβάνουν:

- Χημικούς επιβραδυντές μακράς δράσης, που είναι ουσίες που δρουν και μετά την εξάτμιση του νερού (π.χ. φωσφορικά και θειικά άλατα του αμμωνίου)
- Πηκτικά ή επιβραδυντικά βραχείας δράσης, που είναι ουσίες που κάνουν το νερό παχύρευστο ώστε να κολλά και να παραμένει επάνω στις επιφάνειες. Η δράση τους σταματά με την εξάτμιση του νερού.

- Διαβρεκτικά ή πυροσβεστικοί αφροί τύπου A, που είναι επιφανειακά ενεργές ουσίες που βελτιώνουν τη διαβρεκτική ικανότητα του νερού γιατί κατεβάζουν την επιφανειακή του τάση
- Βελτιωτικά ροής, τα οποία μειώνουν το ιξώδες αυξάνοντας έτσι την ικανότητα ροής του νερού.
- Ξηρά σκόνη, η οποία έχει σαν βάση το Na_2CO_3 και έχει χρησιμοποιηθεί κυρίως στις Η.Π.Α. για επώμιους πυροσβεστήρες.
- Πυροσβεστικούς αφρούς χαμηλής διόγκωσης, οι οποίοι χρησιμοποιούνται κυρίως σε πυρκαγιές υγρών καυσίμων και ελάχιστα στη δασοπυρόσβεση.

Τα παραπάνω συστήματα εφαρμόζονται στην πυρκαγιά, είτε εναέρια μέσω κατάλληλων αεροσκαφών, είτε από το έδαφος με τη χρήση μηχανοκίνητων αντλιών.

4.3. Θεωρίες δράσης επιβραδυντών φωτιάς

Οι επιβραδυντές πρέπει να επεμβαίνουν τουλάχιστον σε ένα από τα στάδια του κύκλου πυρόλυσης -καύσης ώστε το φαινόμενο να καταρρέει. Οι τρόποι με τους οποίους δρουν οι διάφοροι επιβραδυντές μπορούν να ταξινομηθούν σε φυσικούς(επικάλυψη του υλικού, έκλυση αδρανών, θερμική δράση) και σε χημικούς(δράση στην στερεά, δράση στην αέρια φάση). Βέβαια οι επιβραδυντές συνήθως δρουν με περισσότερους από έναν τρόπους.

Επικάλυψη ή προστατευτική στοιβάδα: Η ομάδα των επιβραδυντών που δρουν με αυτόν τον τρόπο περιλαμβάνει ανόργανα άλατα με χαμηλό σημείο τήξης τα οποία κατά την θέρμανση του υλικού τήκονται και το καλύπτουν με ένα υαλώδες επίστρωμα. Το επίστρωμα αυτό αποκλείει ή περιορίζει την επαφή με τον αέρα και παγιδεύει τα πτητικά προϊόντα που παράγονται κατά την πυρόλυση. Το επίστρωμα για να είναι αποτελεσματικό πρέπει να είναι σταθερό μέχρι τους 500°C . Άλλες δράσεις τους είναι ο έλεγχος της μεταπυράκτωσης και η δημιουργία ενός αφρώδους char το οποίο δρα μονωτικά.

Συνήθη παραδείγματα τέτοιων επιβραδυντών είναι μίγματα βορικού οξέως με βόρακα, πυριτικά, φωσφορικά και πολυφωσφορικά άλατα.

Έκλυση αδρανών αερίων: Οι επιβραδυντές που δρουν με αυτόν τον τρόπο αποσυντίθενται σε υψηλότερες θερμοκρασίες δίνοντας αδρανή ή δύσκολα οξειδούμενα αέρια όπως για παράδειγμα CO_2 , NH_3 , HCl , SO_2 και H_2O . Τα αέρια αυτά επειδή δεν είναι καύσιμα αραιώνουν

τα καύσιμα πτητικά κάτω από το κάτω όριο ανάφλεξης. Επίσης μπορεί να καλύπτουν επιφανειακά το υλικό παρεμποδίζοντας έτσι την επαφή του με τον αέρα.

Τέτοιοι επιβραδυντές είναι τα διάφορα ανθρακικά και όξινα ανθρακικά άλατα π.χ. NaHCO_3 , αμμωνιακά, θειικά και φωσφορικά άλατα όπως επίσης και χλωρίδια των Zn, Ca, Mg και το $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$.

Θερμική δράση: Σύμφωνα με αυτή την θεωρία οι επιβραδυντές συγκρατούν την θερμοκρασία του καυσίμου κάτω από το όριο ανάφλεξης τους. Αυτό επιτυγχάνεται με δυο τρόπους. Ο ένας στηρίζεται στην ιδιότητα που έχουν μερικοί επιβραδυντές να διασκορπίζουν μεγάλα ποσά θερμότητας ή να άγουν την θερμότητα μακριά από το υλικό με ρυθμό μεγαλύτερο από εκείνο από τον οποίο αυτή προσάγεται. Σύμφωνα με τον άλλο τρόπο οι επιβραδυντές υφίστανται ενδόθερμες μεταβολές όπως τήξη, εξάχνωση, απώλεια κρυσταλλικών νερών ή και θερμική διάσπαση. Με όλες αυτές τις μεταβολές απορροφούνται μεγάλα ποσά θερμότητας τα οποία αλλιώς θα συνεισέφεραν στην ενεργοποίηση και διάδοση της φωτιάς.

Παραδείγματα τέτοιων επιβραδυντών είναι τα $\text{Mg}(\text{OH})_2$ και $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ τα οποία χαρακτηρίζονται από μεγάλες θερμότητες αφυδάτωσης.

Δράση στην στερεά φάση: Σε αυτή την περίπτωση μεταβάλλεται ο μηχανισμός της αποσύνθεσης της κυτταρίνης με τέτοιο τρόπο ώστε οι ποσότητες των εύφλεκτων αερίων να ελαχιστοποιούνται και η ποσότητα του καρβουνώδους υπολείμματος να αυξάνεται.

Μάλιστα ορισμένες επιβραδυντικές ουσίες τέτοιου τύπου επηρεάζουν και τις ιδιότητες του char δημιουργώντας υπόλειμμα με πολλούς σταυροειδείς δεσμούς το οποίο καίγεται δυσκολότερα ενώ ταυτόχρονα μειώνεται η εκπομπή καπνού. Επίσης δίνουν char με μορφή αφρού το οποίο μονώνει θερμικά ακόμη περισσότερο το υλικό. Αυτή η αύξηση του char προέρχεται από την καταλυτική αφυδάτωση της κυτταρίνης όταν αυτή πυρολύεται παρουσία οξέων κατά Lewis μέσω μηχανισμού σχηματισμού καρβοϊόντος. Με τον τρόπο αυτό δρουν επιβραδυντές που περιέχουν Φώσφορο και Άζωτο. Αυτοί με βάση τον P, δρουν με φωσφορυλίωση της κυτταρίνης. Έπειτα από την διάσπαση αυτής προκύπτει H_3PO_4 το οποίο καταλύει την απευθείας αφυδάτωση της προς char. Οι ενώσεις που περιέχουν και P και N είναι πιο αποτελεσματικές από αυτές που περιέχουν μόνο P.

Παραδείγματα στην περιοχή αυτή είναι το φωσφορικό διαμμώνιο, $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ (DAP), το δις όξινο φωσφορικό αμμώνιο $(\text{NH}_4)\text{H}_2\text{PO}_4$ (MAP) και το θειικό αμμώνιο $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (AS).

Δράση στην αέρια φάση: Ουσίες οι οποίες δρουν στην αέρια φάση άρα στην φλόγα πλέον, παράγουν κατά την θέρμανση τους σωματίδια τα οποία δεσμεύουν τις παραγόμενες κατά την πυρόλυση της κυτταρίνης, ελεύθερες ρίζες. Η καύση της κυτταρίνης και των προϊόντων της πυρόλυσης της στην αέρια φάση είναι μια διαδικασία η οποία προάγεται μέσω ελευθέρων ριζών όπως $H\cdot$, $OH\cdot$ και HCV . Ο χημικός επιβραδυντής φλόγας παράγει κατά την θερμική του διάσπαση τέτοιες ελεύθερες ρίζες οι οποίες αντιδρούν και δεσμεύουν τις προηγούμενες επιβραδύνοντας έτσι την καύση. Ενώσεις που περιέχουν αλογόνα δρουν με τέτοιο μηχανισμό ομαλοποιώντας την φλόγα.[5,1]

4.4. Χαρακτηριστικά "ιδανικού" επιβραδυντή.

- Μεγάλη απόδοση, δηλαδή με μικρή ποσότητα (όχι πάνω από 10% της συνολικής μάζας του προς προστασία υλικού), μεγάλη προστασία.
- Χημικά σταθερός σε συνήθεις συνθήκες
- Να μην επηρεάζει τις μηχανικές ιδιότητες και την αισθητική του υλικού.
- Να μην εκλύονται τοξικές και διαβρωτικές ουσίες κατά την χρήση του.
- Να μην αυξάνει τις εκπομπές σε τοξικά του υλικού κατά την καύση
- Εύκολη εφαρμογή
- Εντομοκτόνος και μυκητοκτόνος δράση παράλληλα
- Αντίσταση στο νερό
- Σχετικά χαμηλές τιμές

4.5. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των επιβραδυντών

Πλεονεκτήματα χρήσης των χημικών επιβραδυντών

- Ο πολλαπλασιασμός της κατασβεστικής ικανότητας του νερού
- Η ικανότητα τους να δρουν αποτελεσματικά σαν επιβραδυντικά, ακόμη και μετά την πλήρη εξάτμιση του νερού

- Η δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν σε περιοχές όπου είναι δύσκολο να δημιουργηθούν με όργανο αντιτυρικές γραμμές
- Η δυνατότητα γρήγορης ενίσχυσης των δρόμων, δημιουργώντας έτσι μια πιο αποτελεσματική, πλατύτερη, γραμμή ελέγχου πυρκαγιάς (CSIRO, 2000)

Μειονεκτήματα χρήσης των χημικών επιβραδυντικών

- Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις στον αέρα, στο έδαφος και στους υδάτινους αποδέκτες
- Το κόστος τους
- Η ανάγκη φροντίδας και γνώσης για την προμήθεια πρόσθετων εφοδίων
- Οι πρόσθετες διαδικασίες για την αποθήκευση, ανάμιξη και διανομή τους
- Η ανάγκη εκπαίδευσης για τη σωστή αποθήκευση και χρήση τους

4.6. Εφαρμογή επιβραδυντών δασικών πυρκαγιών

Ο επιβραδυντής δασικής πυρκαγιάς εφαρμόζεται συνήθως από τα εναέρια συστήματα ρίψης, η επίγεια εφαρμογή αντιπροσωπεύει λιγότερο από 1% της συνολικής ποσότητας επιβραδυντών που χρησιμοποιούνται κάθε χρόνο. Στην Ελλάδα δεν εφαρμόζεται ακόμα η εναέρια ρίψη.

Κατά τις εναέριες ρίψεις έχει υπολογιστεί ότι 30% χρησιμοποιείται σε απευθείας προσβολή της πυρκαγιάς. Η εναέρια ρίψη είναι συχνότερη από την επίγεια εφαρμογή δεδομένου ότι η τελευταία παρουσιάζει δυσκολίες στην μεταφορά των χημικών προϊόντων και προβλήματα από την χρήση του ίδιου συστήματος εφαρμογής.

4.7. Περιβαλλοντικές επιπτώσεις επιβραδυντών δασικών πυρκαγιών στο έδαφος και στους υδάτινους αποδέκτες

Η εφαρμογή των επιβραδυντών δασικών πυρκαγιών και η μεταφορά τους στο περιβάλλον μέσω των υδάτινων απορροών, μπορεί να έχει περιβαλλοντικές επιπτώσεις στο έδαφος και

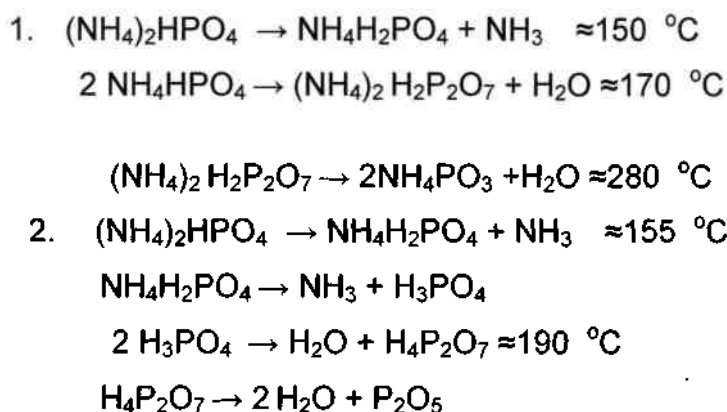
στους υδάτινους αποδέκτες. Λόγω της ιδιαίτερα σημαντικής συμβολής των επιβραδυντών στον έλεγχο και την αντιμετώπιση των δασικών πυρκαγιών, αρχικά δεν δόθηκε ιδιαίτερη προσοχή στις επιπτώσεις της χρήσης τους στο περιβάλλον. Ωστόσο ακόμη και ουσίες χαμηλής τοξικότητας είναι δυνατό να προκαλέσουν δυσμενείς περιβαλλοντικές επιπτώσεις όταν ο ρυθμός ή η ένταση της χρήσης τους είναι ιδιαίτερα μεγάλη. Τα αμμωνιόνια (NH_4^+), τα φωσφορικά (PO_4^-) και τα θειικά ιόντα (SO_4^{2-}) είναι οι χημικές ουσίες που περιέχονται στους επιβραδυντές δασικών πυρκαγιών και οι οποίες πιθανότατα έχουν περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Το αμμώνιο είναι διαθέσιμο στα φυτά άμεσα ή και έμμεσα (ως νιτρώδες και νιτρικό άλας). Ένα μέρος του είναι δυνατό να απονιτροποιηθεί (εξατμιζόμενο ως αέριο αζώτου) και ένα άλλο πιθανόν να διηθηθεί στο υπόγειο νερό ή στα ρεύματα. Ένα ποσοστό αμμωνίου μπορεί επίσης να δεσμευτεί από στρώματα αργίλου. Τα φωσφορικά μπορούν να προσληφθούν άμεσα από τα φυτά (με αποδοτικότητα 20%) και έμμεσα (μετατρέπόμενο χημικά σε άλλες διαθέσιμες μορφές), ή να χαθούν στο νερό του εδάφους. Τα θειικά ιόντα σχηματίζοντας θειικό οξύ προκαλούν μείωση του pH του εδάφους. Μ' αυτό τον τρόπο στοιχεία όπως ο σίδηρος, ο χαλκός, ο ψευδάργυρος και το μαγγάνιο γίνονται περισσότερο διαλυτά [3].

4.8. $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ ή DAP

Το μονόξινο φωσφορικό αμμώνιο $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ ή DAP (DiAmmonium Phosphate) είναι ένα λευκό ευδιάλυτο κρυσταλλικό στερεό, άοσμο, με μοριακό βάρος 132,06, πυκνότητα 1,619g/cm³, σημείο τήξης 155 °C και διαλυτότητα 57,5 g/100g H₂O (0 °C) και 106,7 g/100g H₂O (100 °C).

Τα αμμωνιακά άλατα του H₃PO₄ είναι γενικά ασταθείς ενώσεις και διασπώνται δίνοντας NH₃ σε στερεά κατάσταση αλλά και σε διαλύματα.

Έχουν προταθεί δυο σειρές αντιδράσεων για την θερμική διάσπαση του DAP.

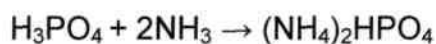


Η βασική διαφορά της δεύτερης αυτής εκδοχής από την πρώτη είναι η πλήρης απομάκρυνση της NH_3 μέχρι τους $190\text{ }^\circ\text{C}$. Επίσης σύμφωνα με την δεύτερη εκδοχή παράγεται ελεύθερο H_3PO_4 η παρουσία του οποίου διευκολύνει την ερμηνεία της επιβραδυντικής δράσης του DAP. [3]

Το DAP είναι πιο αποτελεσματικό από τα άλλα δυο αμμωνιακά άλατα του H_3PO_4 , γιατί το δισόξινο(MAP) έχει πολύ λίγο άζωτο ενώ το ουδέτερο μετατρέπεται στο μονόξινο όταν εκτεθεί στον αέρα σύμφωνα με την αντίδραση:



Η παραγωγή του γίνεται με διοχέτευση αμμωνίας σε διάλυμα φωσφορικού οξέως σύμφωνα με την αντίδραση:



4.9. Βιβλιογραφία

1. Green J, 'An overview of the fire retardant chemicals industry, past-present-future, Fire Mater, 1995, 19, 197-204.
2. Διδακτορική διατριβή Γάκη Β.Δημητρίου, Ηλεκτροχημικές Μέθοδοι για την αξιολόγηση Χημικών Επιβραδυντών Δασικών Πυρκαγιών, Αθήνα 1998
3. Γ. Τσουμή Ν. Αθανασιάδη, Συστηματική Δασική Βοτανική, Αυτοτελής έκδοση, 1972.
4. Ανδρέας Κανάς, Το Ξύλο και η Προστασία του, Έκδοση Τέσσερα Πρεςς, Αθήνα 1983.(σελ63-66.)
5. Fire retardant materials, A R Horrocks and D Price, Woodhead Publishing Limited, σελ 10, 298, 301, 302

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Υπέρυθρη θερμογραφία

5.1. Ορισμοί

Θερμογραφία, ή θερμική απεικόνιση, είναι μια μέθοδος προσδιορισμού της χρονικής εξάρτησης και της χωρικής κατανομής της θερμότητας στα υπό εξέταση αντικείμενα. Το σύστημα που χρησιμοποιείται για αυτόν το σκοπό πρέπει να είναι σε θέση να μετασχηματίσει μια υπέρυθρη εικόνα σε μια ορατή εικόνα. Η λειτουργία του είναι να δημιουργεί μια ορατή εικόνα με μια κατανομή ακτινοβολίας που είναι ανάλογη με την υπέρυθρη κατανομή ακτινοβολίας του αντικειμένου, δηλαδή τη χωρική κατανομή της θερμοκρασίας του $T(Y, z)$ ή την κατανομή εκπεμπτικότητάς του $\epsilon(Y, z)$. Αυτή η μετατροπή επιτυγχάνεται συνήθως από τη γρήγορη διαδοχική ανίχνευση του αντικειμένου με ένα ραδιόμετρο [1].

Η υπέρυθρη θερμογραφία είναι μία μη καταστρεπτική τεχνική κατά την οποία μετρείται και καταγράφεται η θερμική ακτινοβολία που εκπέμπεται από την επιφάνεια ενός υλικού ή ενός σώματος, στην υπέρυθρη περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Το αποτέλεσμα τέτοιων μετρήσεων είναι το θερμογράφημα, μία «θερμική» εικόνα (σε έγχρωμη ή ασπρόμαυρη μορφή) της εξεταζόμενης επιφάνειας.

Η αρχή των υπέρυθρων θερμογραφικών τεχνικών βασίζεται στο γεγονός ότι η ροή θερμότητας σε ένα υλικό διαφοροποιείται με την παρουσία ορισμένων τύπων ατελειών. Μεταβολές στη ροή θερμότητας προκαλούν τοπικές θερμοκρασιακές διαφορές στο εξεταζόμενο υλικό. Ουσιαστικά η θερμογραφία είναι η μελέτη και η απεικόνιση ανάλογων θερμικών δεδομένων [2].

5.2. Παθητική και ενεργητική θερμογραφία

Η υπέρυθρη θερμογραφία μπορεί να αναλυθεί σε δύο προσεγγίσεις, την παθητική προσέγγιση και την ενεργητική προσέγγιση. Η παθητική προσέγγιση εξετάζει υλικά και δομές που είναι από την φύση σε διαφορετική (συνά υψηλότερη) θερμοκρασία από αυτή του περιβάλλοντος ενώ στην περίπτωση της ενεργητικής προσέγγισης, ένα εξωτερικό ερέθισμα είναι απαραίτητο για να προκαλέσει σχετικές θερμοκρασιακές διαφορές [3].

5.2.1. Παθητική θερμογραφία

Κατά την μέθοδο αυτή καταγράφεται η εκπεμπόμενη από το σώμα υπέρυθρη ακτινοβολία, χωρίς την εφαρμογή κάποιας εξωτερικής πηγής θερμότητας. Οι σημαντικές εφαρμογές της παθητικής προσέγγισης είναι στην παραγωγή, προληπτική συντήρηση, ιατρική, πυρανίχνευση δασών, προγράμματα θερμικής αποδοτικότητας κτιρίων, έλεγχος οδικής κυκλοφορίας, γεωργία και βιολογία, ανίχνευση αερίου και σε μη καταστρεπτικές δοκιμές (non destructive testing, NDT). Σε όλες αυτές τις εφαρμογές, μη κανονικά θερμοκρασιακά αποτελέσματα δείχνουν ένα πιθανό πρόβλημα που πρέπει να προσεχθεί [3].

5.2.2. Ενεργητική θερμογραφία

Σε αντίθεση με την παθητική προσέγγιση, στην ενεργητική προσέγγιση, απαιτείται ένα εξωτερικό ερέθισμα για να παραγάγει τις σχετικές διαφορές θερμοκρασίας που αλλιώς δε θα εμφανιζόταν. Γνωστά χαρακτηριστικά αυτού του εξωτερικού ερεθίσματος επιτρέπουν τον ποσοτικό χαρακτηρισμό όπως για παράδειγμα την ανίχνευση του βάθους μιας ρωγμής. Βασιζόμενοι σε εξωτερικό ερέθισμα έχουν αναπτυχθεί διαφορετικές τεχνικές ενεργητικής θερμογραφίας, όπως Θερμογραφία παλμού (PT), Βηματικής θέρμανσης (SH), Θερμογραφία ασφαλείας (LT), Θερμογραφία ταλαντώσεων (VT). Η ενεργητική προσέγγιση βρίσκει πολυάριθμες εφαρμογές σε μη καταστρεπτικές δοκιμές [3].

5.3. Υπέρυθρη θερμογραφία και εκπεμπτικότητα (emissivity) των υλικών.

5.3.1 Εκπεμπτικότητα

Εκπεμπτικότητα είναι ο λόγος της ακτινοβολίας ενός σώματος σε μια δεδομένη θερμοκρασία προς την ακτινοβολία ενός σώματος που απορροφά όλη την ακτινοβολία, στην ίδια θερμοκρασία. Ο ακριβής καθορισμός της επιφανειακής εκπεμπτικότητας είναι κλειδί για τη σωστή μέτρηση της επιφανειακής θερμοκρασίας ενός υλικού [1].

5.3.2. Φάσμα εκπεμπτικότητας υλικών

Η εκπεμπτικότητα $\epsilon(\lambda)$ μιας επιφάνειας ορίζεται από τον παρακάτω τύπο:

$$\varepsilon(\lambda) = \frac{dR(\lambda, T)}{d\lambda} / \frac{dR_{bb}(\lambda, T)}{d\lambda}$$

Επομένως η εκπεμπτικότητα είναι μια συνάρτηση του μήκους κύματος, της κατεύθυνση της παρατήρησης σε σχέση με την επιφάνεια και της θερμοκρασία της επιφάνειας.

Γενικά, η εκπεμπτικότητα μεταβάλλεται αργά με το μήκος κύματος στην περίπτωση των στερεών αντικειμένων, αλλά μεταβάλλεται γρήγορα στην περίπτωση των αερίων και των υγρών.

Επιπλέον, η εκπεμπτικότητα μιας επιφάνειας στο ορατό φάσμα συχνά δεν έχει καμία σχέση με την εκπεμπτικότητα στο φάσμα των υπερύθρων. Για παράδειγμα, το χιόνι έχει πολύ χαμηλή εκπεμπτικότητα στο ορατό φάσμα, αλλά είναι άριστο μέλαν σώμα στις υπέρυθρες ακτίνες. Αυτή η ιδιότητα επιτρέπει μια αρκετά αργή επιστροφή στην υγρή κατάσταση, ακόμη και κάτω από την έκθεση στο φως του ήλιου. Στην πραγματικότητα, το μεγαλύτερο μέρος της ορατής ηλιακής ακτινοβολίας διασκορπίζεται και αντανακλάται. Η υψηλότερη εκπεμπτικότητα στην περιοχή των υπερύθρων επιτρέπει την επανεκπομπή της απορροφημένης υπέρυθρης ενέργειας.

Γενικά, τα μέταλλα έχουν μια σχετικά υψηλή εκπεμπτικότητα που αυξάνεται γρήγορα με τη θερμοκρασία έως ότου διαμορφωθεί ένα οξείδιο στην επιφάνεια του θερμού μετάλλου. Άλλα υλικά έχουν υψηλές εκπεμπτικότητες που τείνουν να μειωθούν με τη θερμοκρασία. Σε όλες τις περιπτώσεις, η εκπεμπτικότητα εξαρτάται από την επιφάνεια του υλικού.

Για ένα δεδομένο υλικό, η εκπεμπτικότητα ανάγεται συχνά υπό κανονικές συνθήκες και ενσωματώνεται σε όλα τα μήκη κύματος:

$$\varepsilon = \frac{\int_0^{\infty} \varepsilon(\lambda) \frac{dR(\lambda, T)}{d\lambda} d\lambda}{\int_0^{\infty} \frac{dR(\lambda, T)}{d\lambda} d\lambda} = \frac{1}{\sigma T^4} \int_0^{\infty} \varepsilon(\lambda) \frac{dR(\lambda, T)}{d\lambda} d\lambda$$

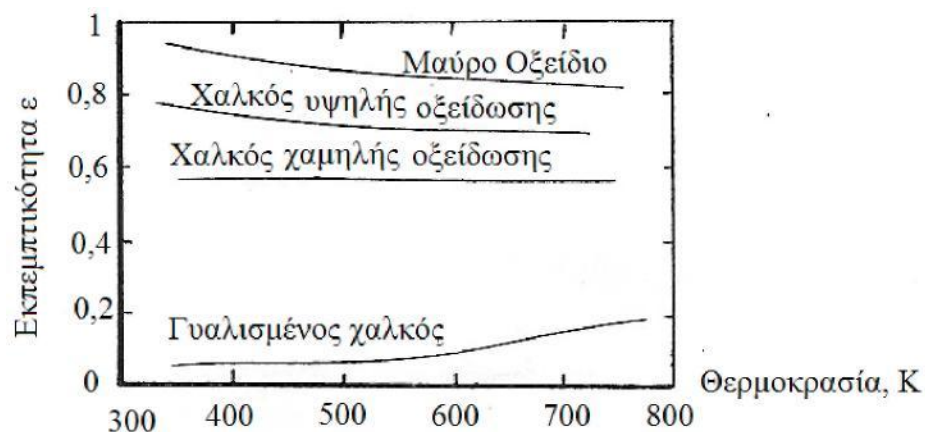
Αυτό αναφέρεται έπειτα ως *ολική εκπεμπτικότητα* που είναι η αναλογία της ενέργειας που ακτινοβολείται από το υλικό σε μια θερμοκρασία T και της ενέργειας που ακτινοβολείται από ένα μέλαν σώμα στην ίδια θερμοκρασία [1].

5.3.4. Η επίδραση της γωνίας πρόσπτωσης στην εκπεμπτικότητα των υλικών

Η εκπεμπτικότητα ενός υλικού εξαρτάται, αφ' ενός, από τη γωνία της παρατήρησης και αφετέρου από την πόλωση της ακτινοβολίας που εξετάζεται. Αυτό οδηγεί στις σχέσεις Fresnel για το συντελεστή ανάκλασης της περιοχής μεταξύ δύο μέσων.

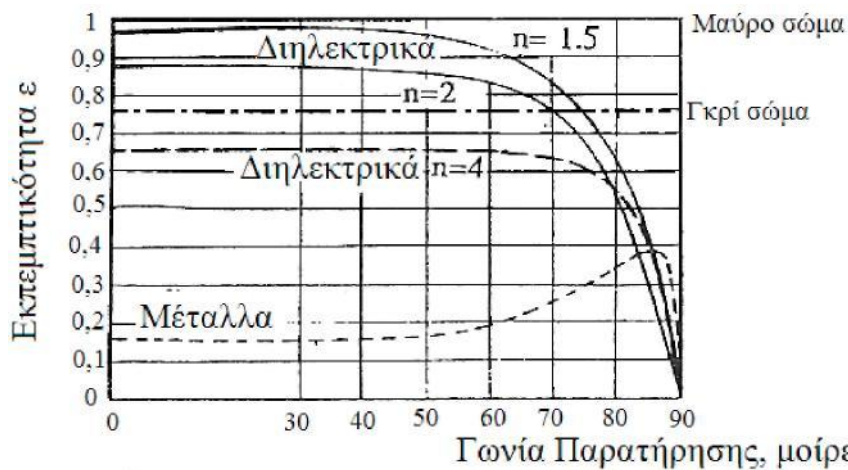
Το νερό είναι σχεδόν τέλειο μέλαν σώμα σε ένα μήκος κύματος $10\mu\text{m}$ σε κανονικές συνθήκες, και γίνεται ένας καθρέφτης ($\varepsilon = 0$) σε χαμηλές συνθήκες.

Η μεταβολή της εκπεμπτικότητας μιας επιφάνειας με τη γωνία παρατήρησης συνεπάγεται ότι οι επιφάνειες που δεν είναι επίπεδες έχουν τοπικά διαφορετική εκπεμπτικότητα, ακόμη και στην περίπτωση ενός υλικού σταθερής εκπεμπτικότητας.



Διάγραμμα 1: Εξάρτηση της εκπεμπτικότητας από την κατάσταση της επιφάνειας του υλικού.

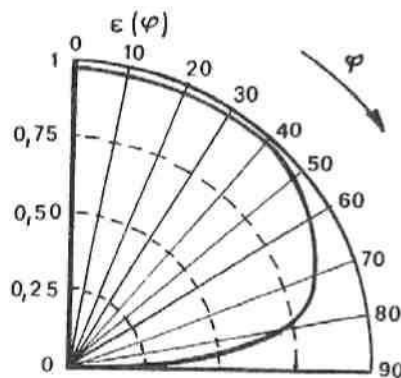
Η γεωμετρία της επιφάνειας που ακτινοβολεί χαρακτηρίζεται από την εκπεμπτικότητά της υπό γωνία. Μια διάκριση πρέπει επομένως να γίνει μεταξύ της ικανότητας ακτινοβολίας προς μια κατεύθυνση, της ικανότητας ακτινοβολίας υπό στερεά γωνία και της ικανότητας ακτινοβολίας ημιδιαστημάτων.



Διάγραμμα 2: Μεταβολή της εκπεμπτικότητας σε σχέση με τη γωνία παρατήρησης.

Για αντικείμενα που ακολουθούν το νόμο του Lambert ισχύει:

$$\varepsilon_{\lambda,\varphi} = \varepsilon_{\lambda,\omega} = \varepsilon_{\lambda,h}$$



Διάγραμμα 3: Πολικό διάγραμμα της εκπεμπτικότητας για το νερό ($\lambda=10\mu\text{m}$)

Τα περισσότερα αντικείμενα υπακούν στο νόμο του Lambert για γωνίες που δεν υπερβαίνουν τις 55° [1].

5.3.5. Η επίδραση της εκπεμπτικότητας στη θερμογραφία

Η θερμογραφία χρησιμοποιεί κάμερες υπέρυθρου για τη μέτρηση είτε της θερμοκρασία ενός αντικειμένου είτε της εκπεμπτικότητας του. Έχουμε δει ότι η εκπομπή ενός αντικειμένου με εκπεμπτικότητα ε , σε θερμοκρασία T δίνεται από τον τύπο:

$$\frac{dR(\lambda, T)}{d\lambda} = \varepsilon_\lambda \frac{dR_{en}(\lambda, T)}{d\lambda}$$

Ο παράγοντας $\varepsilon(\lambda)$ μπορεί να μεταβάλλεται στο διάστημα 0 έως 1, ανάλογα με το αντικείμενο, και έχει εξαιρετικά ισχυρή επίδραση στην ακτινοβολία από το αντικείμενο. Οι θερμογραφικές μετρήσεις θεωρούνται ακριβείς για την ανίχνευση αυτής της ακτινοβολίας. Είναι σαφές ότι τα σχεδόν-μέλανα σώματα θα δώσουν ένα άριστο αποτέλεσμα επειδή η μετρούμενη ακτινοβολία προκύπτει πρακτικά στο σύνολο της από αυτο-εκπομπή.

Ο νόμος του Planck επιτρέπει στην περίπτωση αυτή τον υπολογισμό της αντίστοιχης θερμοκρασίας. Τα αποτελέσματα είναι πολύ χειρότερα όταν η εκπεμπτικότητα του υλικού είναι χαμηλή.

Δύο παράγοντες επηρεάζουν τέτοιες μετρήσεις. Ο πρώτος παράγοντας είναι το γεγονός ότι σε ίσες θερμοκρασίες, η ενέργεια που ακτινοβολείται από ένα αντικείμενο χαμηλής εκπεμπτικότητας είναι λιγότερη από αυτή ενός μέλανος σώματος. Αυτό το φαινόμενο δεν επιδρά σημαντικά επειδή η γνώση της ικανότητας ακτινοβολίας σε συνδυασμό με την καλή ευαισθησία ανίχνευσης, επιτρέπει τον υπολογισμό της θερμοκρασίας του αντικειμένου.

Ο δεύτερος παράγοντας ο οποίος επιδρά σημαντικά στη μέτρηση, είναι η ανάκλαση του υλικού η οποία είναι υψηλή όταν η εκπεμπτικότητα είναι χαμηλή, προσθέτοντας έτσι την παρασιτική ακτινοβολία του περιβάλλοντος. Είναι επομένως πολύ δύσκολο να διακρίνουμε μεταξύ ακτινοβολίας λόγω της αυτό-εκπομπής και ακτινοβολίας λόγω της αντανάκλασης. Παρόλα αυτά είναι δυνατό να επιτευχθούν έγκυρα αποτελέσματα όταν η θερμοκρασία του υπό μέτρηση αντικειμένου είναι αρκετά υψηλότερη από αυτή του περιβαλλοντικού μέσου. Η παρασιτική ενέργεια είναι τότε χαμηλή, ακόμη και για ένα αντικείμενο με μέσο συντελεστή ανάκλασης. Τέλος, αξίζει να αναφέρουμε ότι καμία μέτρηση δεν είναι δυνατή για υλικά υψηλής ανάκλασης των οποίων η αυτο-εκπομπή είναι ουσιαστικά μηδέν.

Συνοψίζοντας, οι μετρήσεις πρέπει να γίνονται όποτε είναι δυνατόν επάνω σε «μαύρες» επιφάνειες ή επιφάνειες που έχουν γίνει μαύρες τεχνητά από χρώμα ή επεξεργασία ώστε να έχουν υψηλή εκπεμπτικότητα. Εντούτοις, όταν αυτό δεν είναι δυνατό, οι μετρήσεις πρέπει να γίνονται υπό ευνοϊκές συνθήκες κάτω από τις οποίες τα αντικείμενα να μπορούν να θεωρηθούν ότι είναι «γκρι», π.χ., πολυφασματικές μετρήσεις μπορούν να συνδυαστούν με σχετικά σύνθετη επεξεργασία σήματος [1].

5.4. Πλεονεκτήματα μειονεκτήματα υπέρυθρης θερμογραφίας

Κάθε μη καταστρεπτική τεχνική έχει τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά της. Στην περίπτωση της υπέρυθρης θερμογραφίας, **τα πλεονεκτήματα είναι τα ακόλουθα :**

- Γρήγορη επιθεώρηση μεγάλων επιφανειών(μέχρι μερικά m² κάθε φορά)
- Επιθεώρηση χωρίς επαφή

Η ασφάλεια του προσωπικού (δεδομένου ότι δεν υπάρχει καμία σχετική επιβλαβής ακτινοβολία)

Τα αποτελέσματα είναι σχετικά εύκολο να μελετηθούν δεδομένου ότι οι εικόνες μπορούν να υποβληθούν σε επεξεργασία για να εξαχθούν περισσότερες πληροφορίες

- Ευρεία έκταση των εφαρμογών
- Είναι ίσως το μοναδικό εργαλείο επιθεώρησης σε κάποιες περιπτώσεις (π.χ. Όπως στην περίπτωση μερικών κεραμικών επιστρωμάτων που επιθεωρούνται μετά βίας με άλλες η καταστρεπτικές τεχνικές ή στην περίπτωση ερευνών στη διάρκεια συντήρησης).

Από την άλλη, υπάρχουν μερικά μειονεκτήματα όπως :

Δυσκολία απόκτησης μιας γρήγορης, ομοιόμορφης και ιδιαίτερα ενεργητικής θερμικής διέγερσης πάνω σε μια μεγάλη επιφάνεια.

- Επίδραση των θερμικών απωλειών (εκ μεταφοράς, ακτινοβολίας) που συνήθως προκαλούν ψεύτικες μεταβολές θερμοκρασίας και έχουν επιπτώσεις στην αξιοπιστία της μέτρησης.
- Υψηλό κόστος του εξοπλισμού
- Δυνατότητα επιθεώρησης ένα περιορισμένου πάχους υλικού κάτω από την επιφάνεια
- Προβλήματα εκπεμπτικότητας [3].

5.5. Εφαρμογές της υπέρυθρης θερμογραφίας.

Η εφαρμογή της υπέρυθρης θερμογραφίας σε ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις (σε εσωτερικό ή εξωτερικό χώρο) περιλαμβάνει μεταξύ άλλων την ανίχνευση «θερμών σημείων», χαλαρών

συνδέσεων, «καμένων επαφών» καθώς και τον έλεγχο της κατάστασης της μόνωσης. Στις μηχανολογικές εγκαταστάσεις η υπέρυθη θερμογραφία χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό «θερμών περιοχών», περιοχών υψηλού βαθμού τριβών και των «ελαττωματικών» εξαρτημάτων διαφόρων μηχανημάτων. Επίσης χρησιμοποιείται στις σωληνώσεις, σε συστήματα εναλλακτών και σε δοχεία για την ανίχνευση διαροών, τη μέτρηση στάθμης και τον έλεγχο της σωστής λειτουργίας των ατμοπαγίδων.

5.6. Βιβλιογραφία

1. G.Gaussorges, Microwave Technology Series 5, Infrared Thermography, Chapman Hall.
2. Ιωάννης Μ Γαλανάκης, Διπλωματική Εργασία, "Υπέρυθρη Θερμογραφία Ενεργητικού Ελέγχου στην Εξέταση και Αποτίμηση Υλικών Αεροσκαφών", Εθνικό Μετσόβειο Πολυτεχνείο, Τμήμα Χημικών Μηχανικών, Αθήνα 2001.
3. X. Maldague, Introduction to NDT by Active Infrared thermography, Electrical and Computing Engineering Department, Université Laval, Quebec City (Que.) Canada G1K

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: Δασική ύλη και προετοιμασία

6.1. Τα υπό επεξεργασία δασικά είδη

6.1.1. Η χαλέπιος πεύκη (*Pinus halepensis*)

Η χαλέπιος πεύκη (*Pinus halepensis* – πεύκη η κοινή) είναι ένα είδος πεύκου που ευδοκimeί στην Μεσόγειο, ανήκει στην οικογένεια *Pinaceae* και υποοικογένεια *Pinoideae* [8].

Ως δέντρο είναι λιτοδίαιτο, προσαρμόζεται εύκολα και αναπτύσσεται ακόμα και σε άγονα, ξηρά και αβαθή εδάφη, για αυτό και χρησιμοποιείται συχνά σε δενδροφυτεύσεις σε άλση, καθώς και σε περιπτώσεις που επιζητείται η βελτίωση άγονων εδαφών. Είναι φωτόφιλο, και έχει απαιτήσεις σε φως μεγαλύτερες όλων των πεύκων, με μόνη εξαίρεση την κουκουναριά (*Pinus pinea*) [9,10].



Εικόνα 5: Χαλέπιος πευκη

Είναι είδος που φύεται στην ευμεσογειακή ζώνη βλάστησης, όπου συναντάμε και την πλειονότητα των ζωνών μίξης δάσους- κατοικιών, συνήθως σε χαμηλά υψόμετρα (0- 500 m), σε μερικές περιπτώσεις και μέχρι τα 1000 m. Οι εκτάσεις που φύεται η χαλέπιος πεύκη πλήττονται συχνά από δασικές πυρκαγιές. Για την περίοδο 1970- 1994 [11], οι εκτάσεις χαλεπίου πεύκης που κάηκαν ήταν πάνω από 5000 ha , γεγονός που κατατάσσει το είδος πρώτο σε απώλειες, σε σύγκριση με άλλα είδη του Ελληνικού χώρου [12].

Είναι δένδρο μεσαίου μεγέθους , που φθάνει σε ύψος από 15 - 25 m, με κορμό διαμέτρου μέχρι 60 cm (σε εξαιρετικές περιπτώσεις μπορεί να φθάσει και το 1 m). Ο φλοιός του είναι χονδρός, με βαθιά ρήγματα στη βάση του κορμού και λεπτός στην κορυφή. Στην συνήθη περίπτωση ο κορμός του είναι ευθυτενής με κανονικά σπονδυλώματα. Η κόμη του σε μικρή ηλικία, έχει σχήμα κωνικό, που όσο μεγαλώνει διαπλατύνεται. Τα κλαδιά έχουν χρώμα

ερυθρόφαιο ή αργυροτεφρώδες και είναι μέτρια ισχυρά . Οι ρίζες του είναι βαθιές, πασσαλώδεις με ισχυρά πλάγια τμήματα. Το φύλλωμά της χαλεπίου πεύκης αποτελείται από λεπτά, ευθεία και ευλύγιστα ζεύγη πευκοβελονών στερεωμένα σε ισχυρή θήκη. Οι πευκοβελόνες είναι λείες, έχουν μήκος 6- 10 cm και πλάτος έως 1,5 mm, το χρώμα τους είναι ανοιχτό ελαιώδες κίτρινο - πράσινο και η διάρκεια ζωής τους είναι 24 μήνες [9].

Οι καρποί της χαλεπίου πεύκης (κώνοι ή κοινώς κουκουνάρια) έχουν σχήμα ωσειδές ή κωνικό, έχουν μήκος 5- 10 cm και το πλάτος στη βάση τους όταν είναι κλειστοί είναι 2 - 3 cm. Οι κώνοι της είναι αρχικά πράσινοι και με την πάροδο του χρόνου ωριμάζουν και στους 24 μήνες παίρνουν ένα ερυθροκά σταν ο χρώμα. Το χαρακτηριστικό που τους διαχωρίζει από την τραχεία πεύκη είναι ότι έχουν ποδίσκο. Οι κώνοι ανοίγουν σταδιακά, καθώς περνούν τα χρόνια , την περίοδο του Απριλίου - Μαΐου ή αφού έχουν θερμομανθεί έντονα από κάποια πυρκαγιά, ώστε να απελευθερώσουν τα σπέρματά τους και αποκτούν πλάτος 5 - 8 cm [9].



Εικόνα 6 Καρποί χαλεπιου Πεύκης

Τα άνθη της είναι μονογενή. Τα αρρενα είναι κυλινδρικά, με κιτρινοπορτοκαλόχρωμους ιούλους, που βρίσκονται στις μασχάλες των βελονών και στη βάση των ετησίων βλαστών. Τα θήλεα άνθη βρίσκονται στο άκρο των ετησίων βλαστών, έχουν τη μορφή υπερκόκκινων (ερυθροϊοχρόων) κωνίσκων με ποδίσκο και στην αρχή είναι όρθια, αλλά μετά την επικονίαση στρέφονται προς τα κάτω. Η άνθιση πραγματοποιείται τους μήνες Μάρτιο – Απρίλιο [9]. Το ξύλο της χαλεπίου πεύκης έχει μέτριο ως υψηλό βάρος (ειδικό βάρος: 0,41 -0,84), και μέτρια σκληρότητα. Εγκάρδιο, με έντονη παρουσία ρητίνης, και χρώμα καστανό. Οι ρητινοφόροι αγωγοί είναι μεγάλοι και πολλοί, μονοί ή σε ομάδες από 2 - 3 και φαίνονται με γυμνό μάτι [13].

6.1.2. Η κοινή ελιά (*Olea europaea*)

Η Ελιά είναι φυτό που ανήκει στο γένος Ελαιία (*Olea*) της οικογένειας Ελαιίδες (*Oleaceae*). Είναι αείφυλλο δένδρο ή μεγάλος θάμνος. Αυτοφύεται στις εύκρατες και θερμές χώρες της

Ευρώπης, Ασίας και Αφρικής. Υπάρχουν συνολικά γύρω στα 35 είδη. Στη χώρα μας υπάρχει μόνο ένα είδος ελιάς, η Ελιά η ευρωπαϊκή, που τη βρίσκουμε σε δύο ποικιλίες: την ευρωπαϊκή (*Olea europaea* var. *europaea*) που καλλιεργείται για τους καρπούς της και τη δασική (*Olea europaea* var. *oleaster*) που είναι η γνωστή μας Αγριελιά.[14]



Εικόνα 7: Δένδρα ελιάς

Η ιστορία της Ελιάς είναι τόσο παλιά όσο και η ιστορία των οργανωμένων ανθρώπινων κοινωνιών. Υπάρχουν αναρίθμητες γραπτές πηγές, παραδόσεις, μύθοι, στοιχεία ανασκαφών κ.ά. που αποδεικνύουν τη σχέση της Ελιάς με την ιστορία του ανθρώπου πάνω στη Γη. Κλαδιά ελιάς έχουν βρεθεί και σε τάφους των Φαραώ ενώ η καλλιέργειά της περιγράφεται σε παπύρους εκείνης της εποχής που έχουν χρονολογηθεί γύρω στο 1550 π.Χ.. Για τους Εβραίους η ελιά ήταν σύμβολο ειρήνης και το λάδι της ήταν ιερό αφού με αυτό έχριζαν του βασιλείς τους (κεχρισμένοι). Οι καρποί της Ελιάς ήταν άλλωστε ανάμεσα στα αγαθά που ο Θεός υποσχέθηκε πως θα δώσει στο λαό Ισραήλ όταν αυτός φτάσει στη Γη Χαναάν, τη Γη της Επαγγελίας, πολλές δεκαετίες πριν από το 1550 π.Χ..

Η καλλιέργεια της ελιάς συνεχίζεται στη χώρα μας μέχρι σήμερα, ιδιαίτερα στα παραθαλάσσια μέρη και στα νησιά. Σε μερικές περιοχές υπάρχουν ελαιόδενδρα με διάμετρο κορμού 1 έως 2 m και ηλικία πάνω από 1000 χρόνια. Η μεγαλύτερη και αρχαιότερη ελιά της χώρας μας βρίσκεται στα Σβορωνάτα της Κεφαλλονιάς και ο κορμός της έχει διάμετρο 5,50 m.

Η καλλιεργούμενη ελιά είναι μεγάλο, υπεραιώνιο δένδρο που το ύψος της μπορεί να φτάσει και τα 20 μέτρα. Ο κορμός της σκεπάζεται από σταχτόχρωμο περίδερμα (φλοιό) που φέρει κατά περιοχές χαρακτηριστικά εξογκώματα (κν. βυζιά). Το ριζικό της σύστημα έχει τη δυνατότητα να αναπτύσσεται τόσο προς τα κάτω όσο και προς τα πλάγια. Αναζητά νερό σε πολύ χαμηλούς ορίζοντες του εδάφους και δεν είναι τυχαίο ότι έχουν βρεθεί ρίζες ελιάς σε εκσκαφές δρόμων ή σηράγγων και σε βάθος 60 ή 70 μέτρα μέσα στο έδαφος.

Τα άνθη της εμφανίζονται σε ταξιανθίες τύπου βότρυ. Είναι μικρά με κιτρινόλευκο χρώμα και μόνο το 1-5% των πολυάριθμων ανθέων θα δώσει τους γνωστούς μελανόχρωμους καρπούς, τις ελιές, που είναι μεγαλύτερες από αυτές της Αγριελιάς. Η καλλιεργούμενη ελιά καρποφορεί κάθε δύο χρόνια. Το λάδι στον καρπό αρχίζει να συγκεντρώνεται κατά το τέλος του καλοκαιριού, δηλαδή γύρω στον Αύγουστο. Πολλοί παράγοντες επηρεάζουν τη συγκέντρωση του λαδιού αλλά ένας βασικός κανόνας που ισχύει για όλα τα φυτά και έχει σχέση με τη σημασία των ελαίων γενικά για την επιβίωση τους, μας οδηγεί να επισημάνουμε κάτι που δεν είναι και τόσο γνωστό. Όσο μεγαλύτερη είναι η ξηρασία τόσο μικρότερος θα είναι ο καρπός αλλά με μεγαλύτερη αναλογία βάρους σε λάδι.[14]



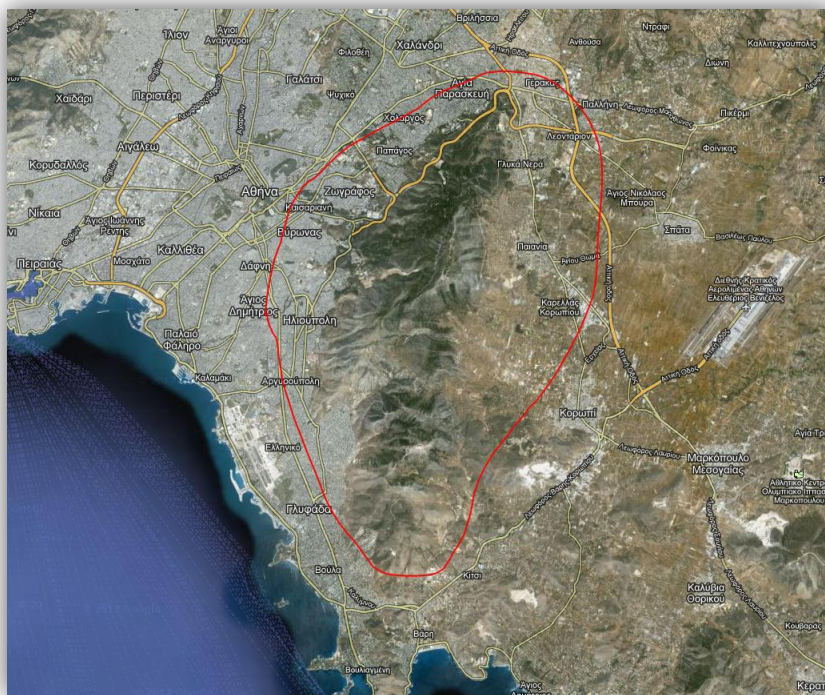
Εικόνα 8: Καρποί ελιάς

Στη χώρα μας καλλιεργούνται πάρα πολλές τοπικές ποικιλίες ελιάς. Άλλες για την παραγωγή λαδιού και άλλες ως φαγώσιμες. Από τις ποικιλίες που είναι κατάλληλες για φαγητό (επιτραπέζιες) ξεχωρίζουν οι ελιές Καλαμών και Αμφίσσης, η Βολιώτικη, η Βασιλικάδα, η Δαφνολιά, οι Θρούμπες, η Στρομπουλολιά της Κέρκυρας, και άλλες. Από τις ελαιοπαραγωγικές ποικιλίες πιο γνωστές είναι η Κορωνέικη, η Καλοκαιρίδα Κερκύρας, η Λιανολιά Κερκύρας, η Ανωησάνα κ.ά.. Τέλος υπάρχουν και μερικές ποικιλίες με διπλή δυνατότητα. Ο καρπός τους είναι κατάλληλος και ως επιτραπέζιος αλλά και για παραγωγή λαδιού. Τέτοιες είναι η Μεγαρίτικη, η Κοθρέϊκη, η Κουτσοουρελιά κ.ά.. Η πιο παράξενη είναι η Λευκόκαρπη ποικιλία, που κάνει ελιές λευκές, αντί μαύρες και η Ασπρολιά της Λευκάδας, που οι καρποί της είναι στην αρχή λευκοί και έπειτα μαυρίζουν.

6.2. Δειγματοληψία και επεξεργασία δειγμάτων

6.2.1. Περιοχή δειγματοληψίας

Ο Υμηττός βρίσκεται στη Στερεά Ελλάδα και συγκεκριμένα στο Νομό Αττικής, σε απόσταση 7,5 Km (Πλατεία Συντάγματος - κορυφή Εύζωνας σε ευθεία γραμμή) Α - ΝΑ των Αθηνών. Εκτείνεται από το Χολαργό, Αγία Παρασκευή και Γλυκά Νερά βόρεια, μέχρι Βούλα και Βάρη νότια, χωρίζει δε το λεκανοπέδιο των Αθηνών από τη πεδιάδα των Μεσογείων. Η λέξη Υμηττός είναι πανάρχαιη και η προέλευση της ονομασίας αυτής δεν είναι καθορισμένη απόλυτα.



Εικόνα 9: Γενική άποψη του Υμηττού

Με βάση την ισοϋψή (υψομετρική) καμπύλη των 600 m ο κύριος όγκος του βουνού (βόρειος Υμηττός) έχει μήκος 9 Km, πλάτος 3 Km και περίμετρο 30 Km Σύμφωνα με την καμπύλη των 400 m ο Υμηττός έχει μήκος 15 Km, πλάτος 5 Km και περίμετρο περίπου 57 Km Οι πραγματικές όμως διαστάσεις του βουνού, δηλαδή από εκεί που αρχίζει η κλίση των πλαγιών του είναι : μέγιστο μήκος 20 Km (βόρειος Υμηττός 12 Km - νότιος Υμηττός 8 Km), μέγιστο πλάτος 6 Km και περίμετρος 65 περίπου Km

Ο Υμηττός ανήκει από γεωλογική άποψη στην αττικοκυκλαδική ζώνη και τα πετρώματά του που είναι μεταμορφωμένα παλαιά ιζήματα χαρακτηρίζονται για την κρυσταλλικότητά τους.

Περιέχουν ασβεστόλιθους, μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους (αθηναϊκό σχιστόλιθο και σχιστόλιθο Καισαριανής) και μεγάλες μάζες μαρμάρου (κατώτερο και ανώτερο μάρμαρο).

Ο Υμηττός είναι ένα απλό μακρόστενο βουνό, μια ράχη μόνο ο κύριος όγκος του, και με απότομες πλαγιές, χαρακτηριστικό των βουνών που απέχουν λίγο από τη θάλασσα. Υψώνεται μόνος του στη γύρω περιοχή και χωρίζεται σε δύο τμήματα, τό βόρειο που έχει διεύθυνση ΒΒΑ - ΝΝΔ που είναι και το μεγαλύτερο και ψηλότερο, γιατί οι αρχαίοι το έλεγαν Μέγαν Υμηττόν (σημ. Εύζωνας) και το νότιο, που έχει διεύθυνση Β - Ν και είναι πολύ χαμηλότερο και κατάξερο και το έλεγαν Ελάσσονα ή Άνυδρον Υμηττόν (σημ. Μαυροβούνι).

Τα δύο τμήματα χωρίζονται καθαρά με το διάσελο Σταυρός (παλ. Πιρναρικός λαιμός ή επάνω Πιρναρή), υψ. 454 m ανάμεσα στον Προφ. Ηλία και το Μαυροβούνι. Από το σημείο αυτό αρχίζουν και τα δύο μεγάλα ρέματα Πιρναρή και Ντούκα. Η ανατολική πλευρά, προς την πεδιάδα των Μεσογείων, που έχει δύο μεγάλες ρεματιές, της Χαλιδούς (παλ. Τηγανιού) και της Ντούκας, είναι αρκετά απότομη, η δε δυτική, το ίδιο απότομη, προς το λεκανοπέδιο των Αθηνών αυλακώνεται από μία μεγάλη χαράδρα το Κακόρεμα και αρκετές απότομες ρεματιές όπως του Αγ. Ιωάννου του Θεολόγου (αρχ. Ιλισός), της Καισαριανής (αρχ. Ηριδανός), του Καρέα, η Σαρίνα, η Βαμβακιά, η Γκαλμπένη, η Πιρναρή, του Βαρελά και το Λυκόρεμα.

Η κύρια, μακρόστενη, κορυφογραμμή του Υμηττού έχει αρκετές δολίνες (καρστικά βυθίσματα) που έχουν μάλιστα και τη χαρακτηριστική ονομασία Γούπατα. Το κυριότερο όμως γνώρισμα του Υμηττού είναι τα πολλά σπήλαια και βάραθρα που έχει (πάνω από 50), αποτέλεσμα της φύσης και της ποιότητας των πετρωμάτων του.

Η υψηλότερη κορυφή του Υμηττού είναι ο Εύζωνας υψ. 1.026,37 m Σε εφημερίδες του 1956 αναφέρεται ότι η κορυφή του Υμηττού είχε μικρύνει κατά 7 περίπου μέτρα όταν τελείωσαν τα έργα επέκτασης του δρόμου και διευθέτησης της κορυφής που προοριζόταν για τουριστική αξιοποίηση. Ο Μ Παρασκευαΐδης σ' ένα ωραίο άρθρο για τον Υμηττό, που δημοσιεύτηκε στην εφημερίδα "Καθημερινή" της 29/7/1956 με την ευκαιρία της πρώτης ανάβασης λεωφορείου στην κορυφή, αναφέρει νέο υψόμετρο του Υμηττού 1.020 m Οι επίσημοι όμως τελευταίοι χάρτες της ΓΥΣ (1973) και ΕΣΥΕ (1963) εξακολουθούν ν' αναγράφουν το παλαιό υψόμετρο.

Άλλες χαμηλότερες κορυφές είναι η Δασωμένη ή Κιάφα Ντρίζα υψ. 644 m, το Κορακοβούνι υψ. 728 m, Μαυροβούνι υψ. 774 m, Προφ. Ηλίας υψ. 660 m, Στρώμα υψ. 708 m και Στραβός Αετός υψ. 627 m (Στραβαετός ή Αετός).

Οι πιο γνωστές πηγές του Υμηττού είναι η Γαλοπούλα (παλ. Καλοπούλα - αρχ. Κυλλού Πήρα) που εξύμνησε ο λατίνος ποιητής Οβίδιος (ερωτική τεχνη III, στ. 687 - 694) γιατί πιστευόταν ότι το νερό της χαρίζει ευτοκία και γονιμότητα, της Μονής Καισαριανής (παλ. κριού κεφαλή), των Μονών Αστερίου και Καρέα, της Ανάληψης (αγίασμα), του Προφ. Ηλία (πηγάδι) κ.τ.λ.

Εξαιτίας της επέκτασης των οικισμών, των πολλών εγκαταστάσεων και ορεινών δρόμων, στον Υμηττό υπάρχουν μόνο αλεπούδες, λαγοί, πετροπέρδικες, κοτσύφια και διάφορα άλλα είδη μικρών πουλιών.

Επειδή ο Υμηττός δεν έχει πολλά πηγαία νερά, υπάρχουν μόνο λίγα δάση από μεγάλα πεύκα (*Pinus halepensis*) στις υδροφόρες περιοχές της Καισαριανής, του Αστερίου, του Καρέα και της Ηλιούπολης. Εκτός από τη χαλέπιο πεύκη υπάρχουν ακόμα, λεύκες, πλατάνια,ελιες, κυπαρίσια, κέδροι, σχίνα, κουμαριές, θυμάρια και αρκετά αγριολούλουδα από τα οποία, τρία είδη είναι ενδημικά.

Πίνακας 2: Μέσες τιμές μέγιστης και ελάχιστης θερμοκρασίας

από Νοέμβριος 2007 - Αύγουστος 2011

Μήνας	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαι	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ
Μέση μέγιστη	13,3 °C	13,9 °C	17,1 °C	20,7 °C	25,6 °C	30,2 °C	33,4 °C	33,3 °C	27,7 °C	22,2 °C	19,4 °C	14,9 °C
Μέση ελάχιστη	8,2 °C	7,8 °C	10,4 °C	13,5 °C	17,8 °C	22,6 °C	25,3 °C	25,5 °C	20,5 °C	16,6 °C	13,2 °C	9,9 °C

6.2.2 Τρόπος δειγματοληψίας

Για να πραγματοποιήσουμε τη δειγματοληψία του φυλλώματος [1-3], ορίσαμε 6 σταθμούς δειγματοληψίας (3 για κάθε είδος). Οι σταθμοί επιλέχθηκαν έτσι ώστε να συμπεριληφθούν όλα τα τοπογραφικά στοιχεία που απαρτίζουν την περιοχή. Η ακτίνα δειγματοληψίας σε κάθε σταθμό ήταν 30 μέτρα. Επίσης, δόθηκε μεγάλη βαρύτητα στην επιλογή του τρόπου της

| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: Δασική ύλη και προετοιμασία

σταθμικής δειγματοληψίας, με σκοπό να παρθούν όσο το δυνατό δείγματα απαλλαγμένα από γενετικές ομοιότητες και όσο το δυνατό μεγαλύτερο δείγμα ώριμου φυλλώματος [4]. Για το λόγο αυτό, επιλέχθηκαν 8 με 10 άτομα ανά είδος, σε διαφορετικά σημεία του σταθμού και συλλέχθηκαν ώριμα φύλλα και βελόνες, άνω του ενός έτους από όσο το δυνατό περισσότερα σημεία του φυτού [4,5].



Εικόνα 10: Σταθμοί δειγματοληψίας

Πίνακας 3: Συντεταγμένες σταθμών δειγματοληψίας

Ημερομηνία : 21/11/2011			
Τοπική ώρα: 11:00 - 16:00			
Περιοχή: Βουνό Υμηττός, Αττική			
ΘΕΣΗ	GPS	ΥΨΟΜΕΤΡΟ	ΕΙΔΟΣ
Σ1	37°58'0.18"N 23°48'14.70"E	464	ΠΕΥΚΟ <i>(Pinus halepensis)</i>
Σ2	37°58'2.47"N 23°48'25.00"E	557	ΠΕΥΚΟ <i>(Pinus halepensis)</i>
Σ3	37°57'38.24"N 23°48'15.32"E	484	ΠΕΥΚΟ <i>(Pinus halepensis)</i>
Σ4	37°58'3.47"N 23°48'11.83"E	460	ΕΛΙΑ <i>(Olea europaea)</i>
Σ5	37°57'53.84"N 23°48'15.90"E	424	ΕΛΙΑ <i>(Olea europaea)</i>
Σ6	37°57'55.91"N 23°48'29.60"E	519	ΕΛΙΑ <i>(Olea europaea)</i>

Πίνακας 4: Κλιματολογικές συνθήκες του μήνα δειγματοληψίας

MONTHLY CLIMATOLOGICAL SUMMARY for NOV. 2011

NAME: Ymittos CITY: Athens STATE: Attiki
 ELEV: 122 m LAT: 37° 57' 12" N LONG: 23° 44' 56" E

TEMPERATURE (°C), RAIN (mm), WIND SPEED (km/hr)

DAY	MEAN		HIGH	TIME	LOW	TIME	HEAT	COOL	AVG		DOM		
	TEMP	TEMP					DEG	DEG	WIND	WIND		RAIN	SPEED
1	13.3	17.7	17.7	13:20	10.4	5:00	5.0	0.0	4.5	22.5	16:00	NNE	
2	13.4	17.9	17.9	14:40	10.4	6:50	4.9	0.0	8.7	35.4	16:20	N	
3	13.3	16.6	16.6	14:30	11.3	2:40	5.0	0.0	8.9	35.4	12:20	N	
4	13.2	17.0	17.0	14:20	10.4	3:50	5.1	0.0	7.4	32.2	19:20	N	
5	13.9	19.1	19.1	15:30	10.2	7:50	4.4	0.0	4.2	22.5	11:30	N	
6	13.8	19.4	19.4	13:10	8.9	7:00	4.6	0.0	3.1	19.3	13:40	NNE	
7	14.8	20.2	20.2	13:30	10.3	5:40	3.7	0.1	6.1	32.2	18:30	NE	
8	15.3	19.6	19.6	14:40	13.1	7:00	3.1	0.1	7.7	25.7	15:50	N	
9	14.4	18.4	18.4	13:40	11.4	7:10	3.9	0.0	2.1	20.9	14:50	NNE	
10	16.0	19.8	19.8	15:10	13.2	0:10	2.5	0.2	2.6	17.7	1:40	NE	
11	13.8	17.3	17.3	11:30	11.0	00:00	4.5	0.0	13.5	53.1	18:50	N	
12	10.0	11.6	11.6	13:00	8.9	19:00	8.3	0.0	18.8	51.5	0:40	N	
13	8.7	9.7	9.7	0:10	7.6	9:10	9.6	0.0	19.5	62.8	17:00	N	
14	8.9	9.6	9.6	13:50	7.9	1:20	9.4	0.0	18.7	57.9	3:30	N	
15	9.5	11.6	11.6	12:50	7.9	5:30	8.8	0.0	10.0	37.0	11:10	N	
16	9.8	12.1	12.1	14:10	8.1	00:00	8.5	0.0	4.8	27.4	14:40	NW	
17	9.5	13.0	13.0	14:00	6.8	7:20	8.8	0.0	7.1	33.8	12:20	N	
18	9.7	12.6	12.6	15:20	8.0	7:30	8.6	0.0	7.2	33.8	11:50	N	
19	10.4	15.7	15.7	15:20	5.9	7:50	7.9	0.0	2.9	24.1	12:30	NE	
20	10.9	15.4	15.4	13:20	7.1	7:10	7.3	0.0	5.1	20.9	10:50	N	
21	11.1	15.6	15.6	14:20	8.0	7:20	7.2	0.0	4.2	25.7	10:10	NE	
22	11.1	14.8	14.8	13:40	7.4	6:50	7.3	0.0	2.7	17.7	13:20	NNE	
23	12.8	16.8	16.8	13:30	10.6	5:30	5.5	0.0	4.5	22.5	16:20	SW	
24	11.6	13.9	13.9	12:40	10.4	6:00	6.7	0.0	15.3	43.5	21:10	N	
25	10.3	12.3	12.3	14:10	8.3	23:50	8.0	0.0	15.6	53.1	11:00	N	
26	9.6	11.8	11.8	13:10	7.7	00:00	8.7	0.0	5.5	20.9	1:10	N	
27	9.8	14.0	14.0	14:00	7.1	2:40	8.5	0.0	4.5	29.0	13:20	N	
28	10.3	15.0	15.0	15:30	6.4	5:30	8.0	0.0	3.2	16.1	13:30	NE	
29	12.0	16.4	16.4	12:20	8.2	7:30	6.3	0.0	8.4	43.5	13:50	N	
30	12.3	17.2	17.2	14:00	9.4	23:40	6.0	0.0	4.5	29.0	0:30	N	

	11.8	20.2		7	5.9	19	196.0	0.5	0.8	7.7	62.8	13	N

Max >=	32.0:	0											
Max <=	0.0:	0											
Min <=	0.0:	0											
Min <=	-18.0:	0											
Max Rain:	0.61	ON 15/11/11											
Days of Rain:	2 (> .2 mm)	0 (> 2 mm) 0 (> 20 mm)											
Heat Base:	18.3	Cool Base:	18.3	Method: Integration									

6.2.3. Επεξεργασία δείγματος

Τα δασικά δείγματα που συλλέχθηκαν τοποθετήθηκαν σε χάρτινες κούτες. Ένα μικρό μέρος του δείγματος τοποθετήθηκε σε αεροστεγείς σακούλες πολυαιθυλενίου για τον προσδιορισμό της υγρασίας. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε διαλογή του φυλλώματος από τα τυχόν υπόλοιπα μέρη της δασικής ύλης και αμέσως μετά οι δασικές ύλες τοποθετήθηκαν για ξήρανση στους 60 °C για 24 h σε συνθήκες πίεσης 10 Torr, σε φούρνο κενού [6,7], ώστε να αποβάλουμε την περιττή υγρασία. αυτό θα βοηθήσει στην ευκολότερη λιοτριβση του δείγματος αλλά και να πετύχουμε την ίδια ποιότητα (υγρασία) δείγματος μετά την παραμονή του στον θάλαμο εγκλιματισμού.

Ακολούθησε λιοτρίβηση των δασικών υλών με την χρήση εργαστηριακού μύλου. Προκειμένου να λάβουμε ένα συγκεκριμένο κλάσμα της κονιοποιημένης δασικής ύλης χρησιμοποιήσαμε μία σειρά πρότυπων κοσκίνων όπως περιγράφεται στις επόμενες παραγράφους.

6.2.4. Μύλος άλεσης

Η λιοτρίβηση είναι ένας γενικός όρος για την ελάττωση μεγέθους και την ομογενοποίηση του δείγματος. Τα μηχανήματα που χρησιμοποιούνται στη μέθοδο αυτή είναι οι θραυστήρες και οι μύλοι (μηχανήματα άλεσης). Τα μηχανήματα άλεσης πρέπει να έχουν μεγάλη δυναμικότητα και να παράγουν προϊόντα με την επιθυμητή κατανομή μεγέθους. Με τη λιοτρίβηση παράγονται από μεγαλύτερα σωματίδια, μικρότερα. Τα μικρά σωματίδια είναι επιθυμητά είτε λόγω της μεγάλης τους επιφάνειας (όσο μειώνεται το μέγεθος αυξάνεται το εμβαδό της επιφάνειας μιας μάζας σωματιδίων), είτε λόγω του σχήματός, του μεγέθους και του αριθμού τους.

Για τη λιοτρίβηση των συλλεχθέντων δασικών υλών, χρησιμοποιήθηκε μύλος άλεσης MF 10 basic του οίκου IKA WERKE. Ο εργαστηριακός αυτός μύλος αποτελείται από ένα ρώτορα υψηλής ταχύτητας που γυρνά μέσα σε ένα κυλινδρικό κέλυφος με οριζόντιο άξονα. Η τροφοδοσία γίνεται από την κορυφή του μύλου από όπου η προς λιοτρίβηση ύλη οδηγείται στη ζώνη άλεσης. Εκεί, ο περιστρεφόμενος οδοντωτός κύλινδρος λιοτριβεί την ύλη καθώς αυτή έρχεται και σε επαφή με τα τοιχώματα του μύλου. Έπειτα το προϊόν περνά από ένα κόσκινο προεπιλεγμένου μεγέθους και το τελικό λιοτριβημένο μέρος της δασικής ύλης οδηγείται στην έξοδο. Το κόσκινο πρέπει να καθαρίζεται συχνά στη διάρκεια της διαδικασίας ώστε να μη φράζει από μεγαλύτερα σωματίδια.



Εικόνα 11: Μύλος Άλεσης

6.2.5. Ηλεκτροκίνητα αυτόματα τάρακτρα

Η κοσκίνιση ανήκει στην κατηγορία των τεχνικών προσδιορισμού του μεγέθους (και κατανομής μεγέθους) στερεών σωματιδίων, τάξεως άνω των 40 μm . Αποτελεί επίσης την απλούστερη και συνηθέστερη μέθοδο διαχωρισμού δειγμάτων κατά μέγεθος. Τα κόσκινα τοποθετούνται πάνω σε ένα τάρακτρο (δονητή) που θα πρέπει να είναι σχεδιασμένος κατά τέτοιο τρόπο ώστε να δίδει ένα βαθμό κατακόρυφης κίνησης μαζί με οριζόντια δόνηση. Χρησιμοποιήθηκαν κόσκινα τυποποιημένα κατά DIN 4188 και συγκεκριμένα αυτά με άνοιγμα οπών μεγέθους 100 και 200 μm . Τα κόσκινα έχουν κυλινδρικό σχήμα εσωτερικής διαμέτρου 20 cm με μικρό ύψος (6 cm). Η διεργασία του κοσκινίσματος εκτελέστηκε αυτόματα από ηλεκτροκίνητο αυτόματο τάρακτρο της γερμανικής εταιρείας Fritsch επί 10 min έως και 15 min και με ένταση 7 από τη διατιθέμενη κλίμακα 1-10. Στη συνέχεια λαμβάνεται το κλάσμα της κοκκοποιημένης δασικής ύλης με διαστάσεις (d) μεγαλύτερες των 100 μm και μικρότερες των 200 μm δηλαδή: $100 \mu\text{m} < d < 200 \mu\text{m}$. Επιλέγουμε αυτήν την κοκομετρία διότι δίνει την καλύτερη ποιότητα πειραμάτων. Σε αυτό το συμπέρασμα καταλήξαμε αφού πραγματοποιήσαμε δοκιμαστικά πειράματα με κοκομετρίες $d > 200 \mu\text{m}$ και $d < 100 \mu\text{m}$. οι δυο κοκομετρίες μας έδωσαν αποτυχημένα πειράματα

Μετά το πέρας της διαδικασίας κοσκίνησης, τα δείγματα τοποθετούνται σε κλειστά αεροστεγή δοχεία και πριν από κάθε πειραματική διαδικασία, τοποθετούνται για 24 h σε θάλαμο εγκλιματισμού.



Εικόνα 12: Η συσκευή κοσκίνισματος



Εικόνα 13: Τα κόσκινα

6.2.6. Θάλαμος εγκλιματισμού

Ο θάλαμος εγκλιματισμού (conditioning box) είναι ειδικός θάλαμος διαστάσεων 48 cm x 40 cm x 47 cm (μήκος, πλάτος, ύψος) μέσα στον οποίο ελέγχεται η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία και έτσι ανεξάρτητα από τις επικρατούσες εργαστηριακές κλιματικές συνθήκες η ισοδύναμη υγρασία είναι δυνατόν να διατηρηθεί στο επιθυμητό επίπεδο.

Εξωτερικά ο θάλαμος εγκλιματισμού φέρει διακόπτη επιλογής θερμοκρασίας με βαθμονομημένη κλίμακα από 10-40 °C, διακόπτη on-off καθώς και ενδεικτικές λυχνίες λειτουργίας. Εσωτερικά φέρει εντοιχισμένο θερμόμετρο με δυνατότητα ένδειξης της θερμοκρασίας στην κλίμακα από 10 - 50 °C και ένα μεταλλικό κουτί στο οποίο υπάρχουν για λόγους ασφαλείας οι αντιστάσεις θέρμανσης, ένας αυτόματος θερμοστάτης για τον έλεγχο της θερμοκρασίας, και ένας ανεμιστήρας για την κυκλοφορία του αέρα προκειμένου να επιτευχθεί ομοιόμορφη κατανομή της θερμοκρασίας. Εσωτερικά επίσης περιέχονται ράφια για την τοποθέτηση των δειγμάτων καθώς και δοχείο που περιέχει αποξηραντικό μέσο, silica-gel, για την δέσμευση της υγρασίας. Για τη σωστή λειτουργία του θαλάμου εγκλιματισμού θα πρέπει το silica-gel να ξηραίνεται κάθε εβδομάδα στο πυριαντήριο στους 105 °C.

Η θερμοκρασία του θαλάμου είχε ρυθμιστεί στην σταθερή τιμή των 35C.



Εικόνα 14: Ο Θάλαμος Εγκλιματισμού

6.3. Βιβλιογραφία

1. W.H.O. Ernst, «Sampling of plant material for chemical analysis», Science of Total Environment 176 (1995), 15-24.
2. F. A. Roesch, J.R. Edwin, J. Green and C. T. Scott, «An alternative view of forest sampling», Survey Methodology, Dec.1993, vol.19, no.2, 199-204 statistics Canada.
3. A.P. Dimitrakopoulos and K.K Papaioannou, «Flammability assessment of Mediterranean forest fuels», Fire Technology 37 (2001), 143-152.
4. A.P. Dimitrakopoulos and P.I. Panov, «Pyric properties of some dominant Mediterranean forest species», International Journal of Wildland Fire 10 (2001), 23-27.
5. ASTM E105-04, «Standard practice for probability sampling of materials», 2004, p.24.
6. S. Liodakis, D. Vorisis and I.P. Agiovlasis, «A method for measuring the relative fire hazard properties of forest species», Thermochemica Acta 437 (2005), 150-157.
7. S. Liodakis, D. Vorisis and I.P. Agiovlasis, «Testing the retardancy effect of various inorganic chemicals on smoldering combustion of *Pinus halepensis* needles», Thermochemica Acta 444 (2006), 157-165.
8. Νικόλαος Ηρ. Αθανασιάδης, «Δασική Βοτανική: Συστηματική Σπερματοφύτων, Μέρος Ι», Θεσσαλονίκη 1985, εκδόσεις Γιαχούδη- Γιαπούλη.
9. Νικόλαος Ηρ. Αθανασιάδης, «Δασική Βοτανική: Δένδρα και Θάμνοι της Ελλάδας, Μέρος ΙΙ», Θεσσαλονίκη 1986, εκδόσεις Γιαχούδη - Γιαπούλη.
10. Σπύρος Αθ. Ντάφης, «Δασική οικολογία», Θεσσαλονίκη 1986, εκδόσεις Γιαχούδη-Γιαπούλη .
11. Σ. Μαρκάλας και Δ. Παντελής, «Πυρκαγιές Δασών και Δασικών εκτάσεων στην Ελλάδα το 1994», Α.Π.Θ, Τμήμα Δασολογίας και Φ.Π, Εργαστήριο Γλωρικής 5/1997, σελ 39. Θεσσαλονίκη .
12. Δ . Καϊλίδης, «Δασικές Πυρκαγιές 1900- 2000», Θεσσαλονίκη 2004 ,εκδόσεις Γιαχούδη .
13. Γ. Τσουμής, «Επιστήμη και τεχνολογία του ξύλου, Τόμος Α: Δομή και ιδιότητες», Θεσσαλονίκη 2000, 1η έκδοση 1983, εκδόσεις Α.Π.Θ.
14. Δ. Παπαγιαννόπουλος στο λήμμα "Ελαία", Μεγάλη Ελληνική Εγκυκλοπαίδεια Π. Δρανδάκη, Αθήνα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: Εκτέλεση πειραμάτων

7.1. Σκοπός

Το αντικείμενο μελέτης του είναι να προσδιοριστούν οι ιδιότητες καύσης διαφόρων δασικών ειδών, χρησιμοποιώντας την εργαστηριακής κλίμακας δοκιμασία διάδοσης φλόγας με ταυτόχρονη χρήση θερμικής κάμερας. Επίσης να μελετήσουμε την επίδραση του επιβραδυντή DAP στις ιδιότητες καύσης των προς μελέτη δασικών υλών. Τα πειράματα διεξήχθησαν έπειτα από αναγωγή των φύλλων των φυτών σε ένα λεπτόκοκκο, ομοιογενές υλικό (σωματιδιακή φυλλώδης καυσιμότητα), ώστε να επιτευχθεί ικανοποιητική επαναληψιμότητα των αποτελεσμάτων. Η παρούσα μελέτη αποσκοπεί στα εξής:

- Να προσδιοριστεί η σχετική καυσιμότητα φυλλώματος από κάποια πολύ κοινά δασικά είδη που προέρχονται από ζώνη μίξης δάσους-κατοικιών κοντά στην Αθήνα.
- Να μελετηθεί η επίδραση του χημικού επιβραδυντή DAP στην καυσιμότητα αυτών των δασικών υλών.
- Να καταταχθούν τα δασικά είδη σε κατηγορίες, σύμφωνα με την καυσιμότητα τους, και
- Να εξαχθούν δεδομένα για την ανάπτυξη μοντέλων διάδοσης πυρκαγιάς σε ζώνες μίξεως δάσους-κατοικιών.

7.2. Εισαγωγή

Η θερμική αποικοδόμηση των δασικών καυσίμων υλών αποτελείται από δυο συνεχόμενα βήματα [1]. Το πρώτο είναι η πυρόλυση, η οποία είναι μια ενδόθερμη δράση που αποσυνθέτει την δασική ύλη σε αέρια μικρής μοριακής μάζας (πτητικά), σε πίσσα, καρβουνώδες υπόλειμμα και ανόργανη τέφρα.

Το δεύτερο βήμα, είναι ένα ραγδαίο εξώθερμο χημικό φαινόμενο, που ονομάζεται καύση. Υπάρχουν δυο διαφορετικοί τύποι καύσης, η καύση με φλόγα και η χωρίς φλόγα (υποβόσκουσα) καύση ή καύση πυράκτωσης, που είναι φαινόμενα έκδηλα διαφορετικά και συμβάλλουν στην ποικιλία των προϊόντων καύσης. Η καύση των πτητικών, γνωστή ως καύση των αερίων, λαμβάνει χώρα σε ένα θερμοκρασιακό εύρος από 300 έως 500 C Τα θερμικά παράγωγα από την αντίδραση με φλόγα επιταχύνουν το ρυθμό πυρόλυσης ελευθερώνοντας μεγάλες ποσότητες καυσίμων αερίων. Η αφλεκτική καύση ή φάση της στερεής καύσης, είναι η καύση του καρβουνώδους υπολείμματος, και φυσιολογικά ακολουθεί την καύση με φλόγα. Η αφλεκτική καύση συνήθως διακρίνεται από την καύση

πυράκτωσης όταν σχεδόν όλα τα πτητικά αέρια έχουν διαφύγει και ο αέρας έρχεται σε απευθείας επαφή με την επιφάνεια του καυσίμου υλικού. Η φάση της στερεής καύσης λαμβάνει χώρα περίπου στους 200 °C, με δυο προφανείς κορυφές να παρατηρούνται, στη θερμική ανάλυση, στους 360 και 520 °C, έως ότου μόνο το τεφρώδες υπόλειμμα απομένει [1,2]. Οι ιδιότητες καύσης διαφόρων δασικών ειδών έχουν μελετηθεί από προηγούμενους ερευνητές, χρησιμοποιώντας τεχνικές θερμικής ανάλυσης με συνθήκες ροής αέρα [3,4].

Ανάφλεξη είναι η μετάβαση μεταξύ πυρόλυσης και καύσης. Διακρίνουμε δυο τύπους ανάφλεξης: την πιλοτική και την αυτανάφλεξη. Στην πιλοτική ανάφλεξη, η ανάφλεξη πραγματοποιείται με μια ηλεκτρική σπίθα ή μια φλόγα από εξωτερικό φορέα, για παράδειγμα έναν αναπτήρα. Στην αυτανάφλεξη, η φλόγα αναπτύσσεται αυτοφυώς εσωτερικά (the flammable vapour-air mixture). Τα χαρακτηριστικά της αυτανάφλεξης διαφόρων δασικών υλών έχουν μελετηθεί από προηγούμενους ερευνητές [5], με χρήση θερμικής ανάλυσης.

7.3. Πειραματική διαδικασία

7.3.1. Δείγματα

Τα δασικά είδη που εξετάστηκαν ήταν: *Pinus halepensis* (Χαλέπιος πεύκη) και *Olea europaea* (κοινή ελιά). Τα είδη αυτά είναι πολύ κοινά στην περιοχή της Μεσογείου και συχνά πλήττονται από δασικές πυρκαγιές.

7.3.2. Προετοιμασία δειγμάτων

Τα δασικά δείγματα που συλλέχθηκαν τοποθετήθηκαν σε χάρτινες κούτες. Ένα μικρό μέρος του δείγματος τοποθετήθηκε σε αεροστεγείς σακούλες πολυαιθυλενίου για τον προσδιορισμό της υγρασίας. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε διαλογή του φυλλώματος από τα τυχόν υπόλοιπα μέρη της δασικής ύλης και αμέσως μετά οι δασικές ύλες τοποθετήθηκαν για ξήρανση στους 60 °C για 24 h σε συνθήκες πίεσης 10 Torr, σε φούρνο κενού [5, 6-7].

Τα ξηραμένα δείγματα κονιοποιήθηκαν και ένα κλάσμα αυτών μεγέθους 0,1 με 0,2 mm απομονώθηκε με κοσκίνηση, για τις δοκιμασίες. Καταλήξαμε σε αυτή την κοκομετρία ως την πιο κατάλληλη αφού εκτελέσαμε μια σειρά από δοκιμαστικά πειράματα στις κοκομετρίες α) <0,1mm β) 0,1 με 0,2 mm γ) 0,2< . Παρατηρήσαμε ότι η κοκομετρία που επιλέξαμε έδινε καλύτερη επαναληψιμότητα των πειραμάτων. τα αποτελέσματα των δοκιμαστικών μετρήσεων δίνονται στο παράρτημα.

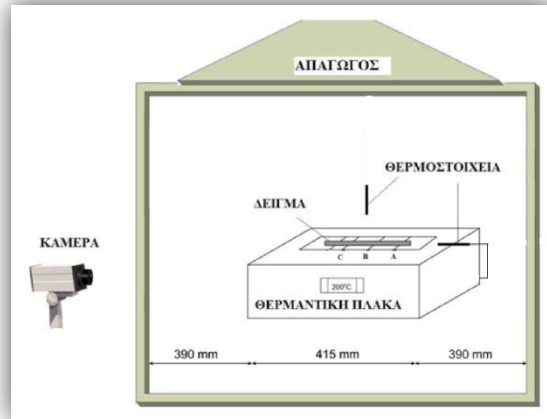
Τα μη κονιοποιημένα δείγματα δεν αναμένεται να έχουν τις ίδιες ιδιότητες αναφλεξιμότητας με αυτά που έχουν κονιοποιηθεί. Σύμφωνα με προηγούμενες μελέτες, η ευφλεκτότητα εξαρτάται από την επιφάνεια, τον όγκο και την φαινόμενη πυκνότητα των δασικών φύλλων [8]. Ωστόσο, οι δοκιμασίες εκτελέστηκαν μετά την κονιοποίηση των φύλλων σε ένα λεπτό σταθερό υλικό (σκόνη), ώστε να εξαλειφθεί ο παράγοντας της δομής του φυτού και τα προβλήματα που σχετίζονται με τη μεταφορά θερμότητας και μάζας [3]. Συνεπώς, τα αποτελέσματα που παίρνουμε είναι αξιόπιστα, κατάλληλα να χρησιμοποιηθούν για συγκριτικούς λόγους.

Επίσης εκτελέσαμε δοκιμαστικά πειράματα με διαφορετικές συγκεντρώσεις επιβραδυντή DAP προκειμένου να βρούμε μια συγκέντρωση που να δίνει ικανοποιητική επαναληψιμότητα πειραμάτων. Καταλήξαμε στην συγκέντρωση 2,5% w/w DAP. Να σημειώσουμε ότι από κόσκινο πέρασε και ο επιβραδυντής προκειμένου να έχει όσο το δυνατό καλύτερη ανάμιξη μέσα στο δείγμα

Τα κονιοποιημένα δείγματα τοποθετούνται σε θάλαμο εγκλιματισμού, για 24 h πριν από κάθε πείραμα.

7.3.3. Δοκιμασία διάδοσης φλόγας

Συσκευή: Η διάταξη που χρησιμοποιήθηκε για τη δοκιμασία διάδοσης φλόγας απεικονίζεται στην Εικόνα 1. Αποτελείται από μια αλουμινένια θερμαινόμενη πλάκα διαστάσεων 410 mm x 260 mm με ελεγχόμενη θερμοκρασιακή ακρίβεια $\pm 0,5$ °C στο εύρος από θερμοκρασία περιβάλλοντος έως 350 °C. Η θερμαινόμενη πλάκα διασφάλιζε ότι όλα τα δείγματα θα είχαν σταθερή αρχική θερμοκρασία, περίπου 70 °C. Ένα θερμοστοιχείο τύπου PT 100 probe sensor και διαμέτρου 0,2 mm, συνδεδεμένο απευθείας με τη θερμαντική πλάκα, χρησιμοποιήθηκε για τη μέτρηση της θερμοκρασίας της πλάκας και άλλο ένα τοποθετημένο 20 cm πάνω από την θερμαντική πλάκα, για να μετράει την θερμοκρασία του αέρα (περίπου, 35 °C). Η όλη διαδικασία καταγραφόταν με camera, με παράλληλη μέτρηση επίσης του χρόνου διάδοσης της φλόγας από ένα χρονόμετρο, ο χώρος του απαγωγού ντύθηκε με μαύρο κανσον χαρτόνι προκειμένου να μπορούμε να πάρουμε αξιόπιστες μετρήσεις από την θερμική κάμερα..

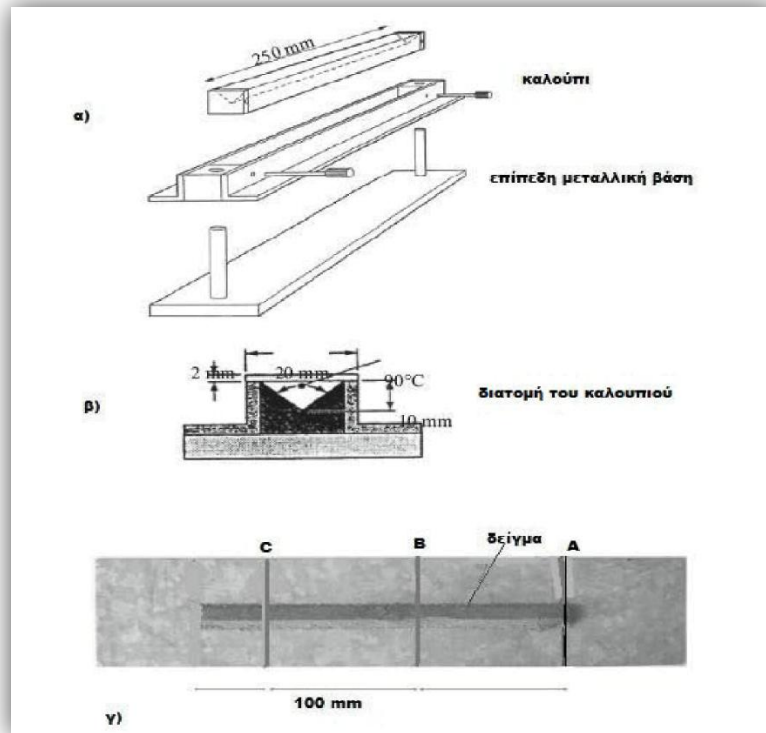


Εικόνα 15: Σχέδιο πειραματικής διάταξης



Εικόνα 16: Φωτογραφία της διάταξης

Τα δείγματα με DAP και χωρίς DAP των δασικών ειδών τοποθετούνταν σε ένα καλούπι κατασκευασμένο από αλουμίνιο, μήκους 250 mm, το οποίο έχει ένα ανάποδο τριγωνικό τμήμα πλάτους 20 mm και ύψους 10 mm (Εικόνα 3β) [9,10]. Στη συνέχεια, τα δείγματα μεταφέρονταν στον δειγματοφορέα (έλασμα) από αλούμινα (Al_2O_3), διαστάσεων 40 cm x 10 cm, στον οποίο έχει ξεκάθαρα σημειωθεί η γραμμή έναρξης καύσης του δείγματος (point A). Δυο ακόμα γραμμές έχουν σημειωθεί στην επάνω επιφάνεια του δειγματοφορέα, στα 100 mm (point B), χαρακτηρίζοντας την έναρξη της μέτρησης και στα 200 mm (point C), χαρακτηρίζοντας το τέλος της μέτρησης (Εικόνα 3γ).

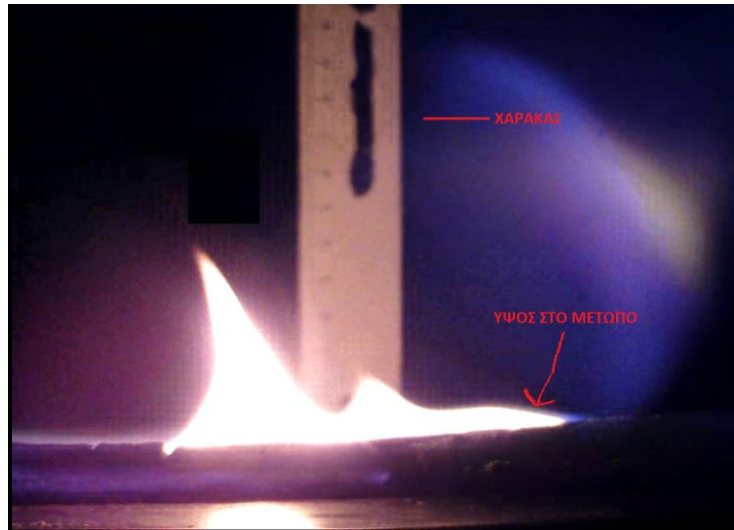


Εικόνα 17: Δειγματοφορέας και μεταλλικό έλασμα

Μέθοδος: Αρχικά, το καλούπι τοποθετήθηκε στην επίπεδη μεταλλική βάση (Εικόνα 17α). Προσεγγιστικά 10 έως 12 g δείγματος δασικής ύλης, με σωματιδιακό μέγεθος 0,1- 0,2 mm, τοποθετούνται στο ανάποδα τριγωνικό μέρος του καλουπιού έως ότου το γεμίσουν. Το γεμάτο καλούπι ανασηκώνεται στα 2 cm ύψος και αφήνεται να πέσει στην επίπεδη μεταλλική βάση (3 φορές), ώστε η κονιοποιημένη ύλη να κατανεμηθεί ομοιόμορφα στο καλούπι. Στη συνέχεια, ένας καθαρός δειγματοφορέας τοποθετήθηκε ανάποδα στην κορυφή του καλουπιού και αναποδογυρίζοντας το μεταφέρθηκε το κονιοποιημένο δείγμα, που φέρεται στο καλούπι, στο δειγματοφορέα [9,10].

Ο δειγματοφορέας με το δείγμα τοποθετούνται στην θερμαντική πλάκα, ώστε το δείγμα να διατηρηθεί σε θερμοκρασία 70 C°. Εν συνεχεία, μια θερμή φλόγα από ένα φλόγιστρο (μικρότερη διάμετρος 5 mm) εφαρμόζεται στην άκρη του δείγματος μέχρι να αναφλεγεί. Όταν η καύση λάβει χώρα, μετράται ο χρόνος που η φλόγα κάνει να διανύσει την απόσταση από τη γραμμή Β στη C (100 mm απόσταση). Κατά αυτόν τον τρόπο προσδιορίζεται ο μέσος ρυθμός διάδοσης της φλόγας, σε mm s⁻¹. Παράλληλα, καταγράφεται και η διάρκεια καύσης της φλόγας, μετρώντας το χρόνο ύπαρξης της φλόγας από τη γραμμή Β μέχρι αυτή να σβήσει. Η δοκιμασία επαναλαμβάνεται τέσσερις φορές, χρησιμοποιώντας ένα καθαρό δειγματοφορέα κάθε φορά και προσδιορίζονται ο μέσος όρος και η τυπική απόκλιση (RSD) [9]. Η συνολική διαδικασία βιντεοσκοπείται με σκοπό να καταγραφεί το ύψος της φλόγας

από το οποίο μπορεί να υπολογιστεί η έντασή της μέσω εμπειρικών τύπων. Οι μετρήσεις του ύψους της φλόγας λαμβάνονται μέσω του βίντεο κάθε 5 Sec, κατά τη διάρκεια κάθε πειράματος, με τη βοήθεια αριθμημένου χάρακα που βρίσκεται πίσω από το δείγμα.



Εικόνα 18: Καρέ μέτρησης ύψους φλόγας

7.4. Αποτελέσματα δοκιμασίας διάδοσης φλόγας

Στο πείραμα του ρυθμού διάδοσης φλόγας προσδιορίζονται η καυσιμότητα των καυσίμων δασικών ειδών. Η καυσιμότητα σχετίζεται με την ένταση των φλογών, και με το ρυθμό διάδοσής τους [14,41]. Επομένως, τα δασικά είδη με υψηλή ένταση φλόγας, υψηλό ύψος φλόγας και μεγάλο ρυθμό διάδοσης χαρακτηρίζονται ως καύσιμα είδη με μεγάλη καυσιμότητα.

Πίνακας 5: Αποτελέσματα δοκιμασίας διάδοσης φλόγας (*Pinus halepensis*)

<i>Pinus halepensis</i>	1ο Πείραμα (Sec)	2ο Πείραμα (Sec)	3ο Πείραμα (Sec)	4ο Πείραμα (Sec)	Μέσος Όρος (Sec)	STDEV	RSD
0-A	52	55	60	56	55.75	3.30	0.06
A-B	133	127	133	131	131	2.83	0.02
B-C	139	138	137	137	137.75	0.96	0.01
C-0	36	35	40	38	37.25	2.22	0.06

Πίνακας 6: Αποτελέσματα δοκιμασίας διάδοσης φλόγας (*Pinus halepensis* με DAP 2,5% w/w)

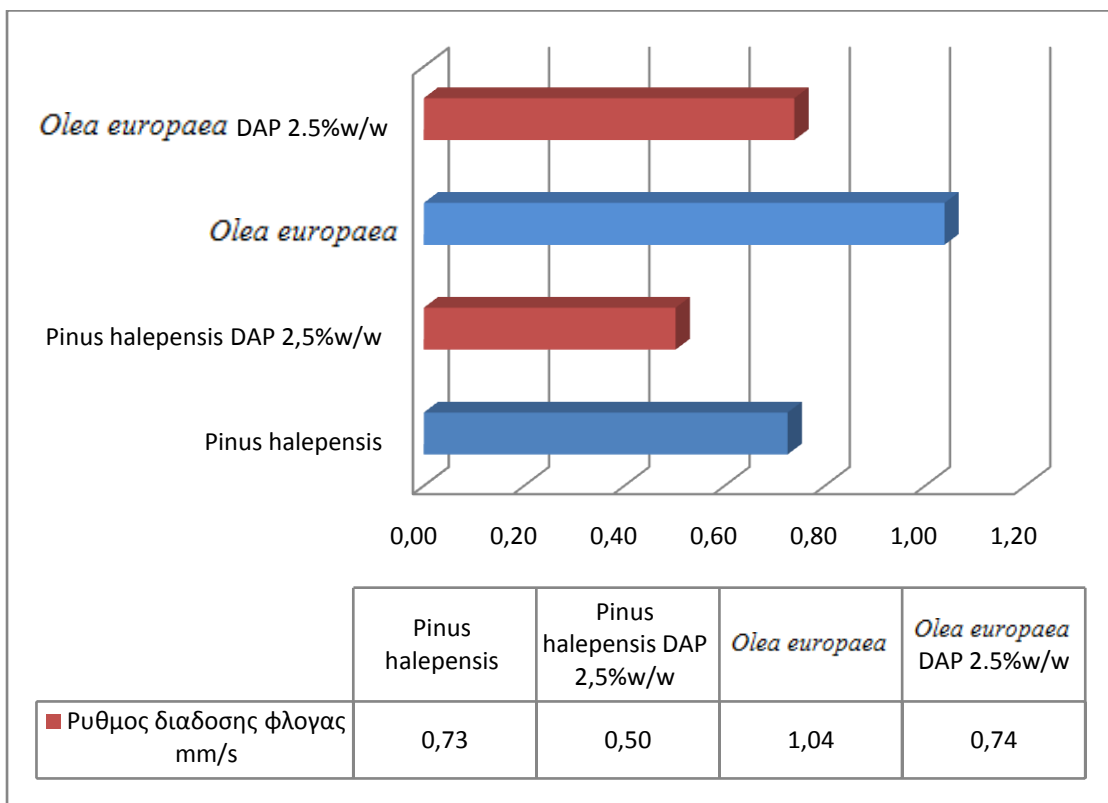
<i>Pinus halepensis</i> DAP 2,5%w/w	1ο Πείραμα (Sec)	2ο Πείραμα (Sec)	3ο Πείραμα (Sec)	4ο Πείραμα (Sec)	Μέσος Όρος (Sec)	STDEV	RSD
0-A	50	57	52	49	52	3.56	0.07
A-B	238	249	244	262	248.25	10.21	0.04
B-C	198	201	200	197	199	1.83	0.01
C-0	23	27	26	22	24.5	2.38	0.10

Πίνακας 7: Αποτελέσματα δοκιμασίας διάδοσης φλόγας (*Olea europaea*)

<i>Olea europaea</i>	1ο Πείραμα (Sec)	2ο Πείραμα (Sec)	3ο Πείραμα (Sec)	4ο Πείραμα (Sec)	Μέσος Όρος (Sec)	STDEV	RSD
0-A	32	35	37	37	35.25	2.36	0.07
A-B	92	91	96	96	93.75	2.63	0.03
B-C	99	94	96	96	96.25	2.06	0.02
C-0	14	12	10	10	11.5	1.91	0.17

Πίνακας 8: Αποτελέσματα δοκιμασίας διάδοσης φλόγας (*Olea europaea* με DAP 2,5% w/w)

<i>Olea europaea</i> DAP 2,5%w/w	1ο Πείραμα (Sec)	2ο Πείραμα (Sec)	3ο Πείραμα (Sec)	4ο Πείραμα (Sec)	Μέσος Όρος (Sec)	STDEV	RSD
0-A	30	32	32	40	35	4.43	0.13
A-B	104	103	95	99	100.25	4.11	0.04
B-C	135	133	136	137	135.25	1.71	0.01
C-0	30	35	35	32	33	2.45	0.07

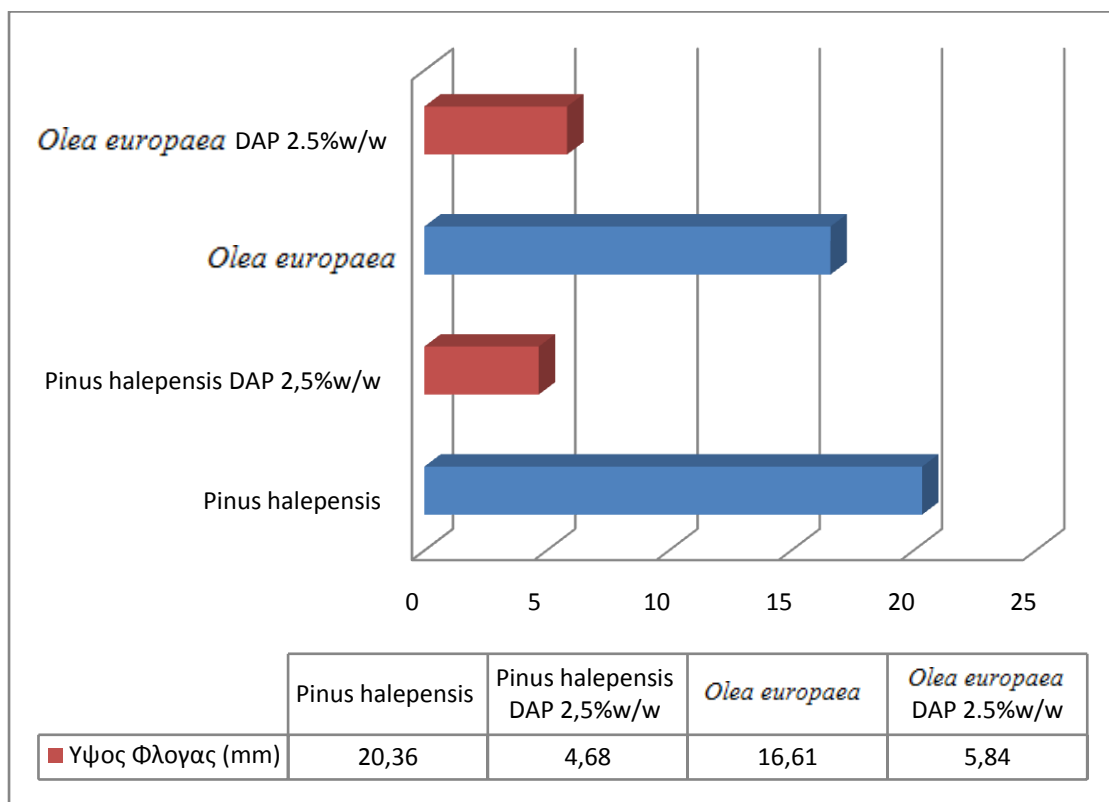


Διάγραμμα 4: Μέσος όρος ρυθμού διάδοσης φλόγας ανά δείγμα

7.5. Αποτελέσματα μετρήσεων μεγίστου ύψους φλόγας στο μέτωπο

Πίνακας 9: Αποτελέσματα μετρήσεων μεγίστου ύψους φλόγας στο μέτωπο

Είδος	Μέσος Όρος (mm)	STDEV	RSD
<i>Pinus halepensis</i>	20.36	5.23	0.257
<i>Pinus halepensis</i> DAP 2,5%w/w	4.68	2.47	0.528
<i>Olea europaea</i>	16.61	2.91	0.175
<i>Olea europaea</i> DAP 2.5%w/w	5.84	2.48	0.425

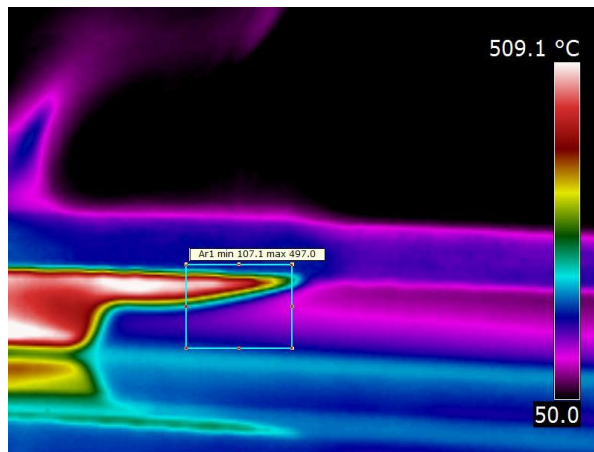


Διάγραμμα 5: Μέσος όρος μεγίστου ύψους φλόγας στο μέτωπο ανά δείγμα

7.6. Μέτρηση θερμοκρασίας φλόγας με χρήση θερμικής κάμερας

Μέθοδος: Εδώ εφαρμόζουμε τεχνική παθητικής θερμογραφίας, δηλαδή καταγράφουμε την θερμική ακτινοβολία που εκπέμπει το δείγμα μας χωρίς την χρήση κάποιας εξωτερικής πηγής θερμότητας.

Για την καταγραφή χρησιμοποιούμε την θερμική κάμερα ThermaCAM E65 της FLIR Systems, με φακό IR 36mm και ανιχνευτή τύπου 234.



Εικόνα 19: Φωτογραφία θερμικής κάμερας

Η κάμερα τοποθετείτε σε απόσταση 1 m από το δείγμα πάνω σε σταθερό τρίποδο και σύμφωνα με τους πινάκες της FLIR μας δίνει καρέ των 0,05 m². Ο απαγωγός ντύνεται με χαρτόνι κανσον χρώματος μαύρους και υφής ματ. Σύμφωνα με τους πινάκες εκπεμνημοτητας της FLIR αυτού του είδους η επιφάνεια έχει συντελεστή εκπεμνημοτητας 0.94 ο οποίος και καταχωρείτε στην κάμερα προκειμένου να αυτορυθμιστεί. Επίσης η πρόσοψη του απαγωγου καλύπτεται με μαύρο πλαστικό αδιαπέραστο στο φως ώστε να μην επηρεάζονται οι μετρήσεις μας από την ηλιακή ακτινοβολία. Η κάμερα οριζοντιοποιήθηκε με χρήση αλφαδιού ώστε να έχει γωνία πρόσπτωσης η ακτινοβολία 30 μοίρες, αυτήν που ορίζει δηλαδή ο κατασκευαστής σαν ιδανική[11].



Εικόνα 20: Η διάταξη της κάμερας



Εικόνα 21: Το κάλυμμα του απαγωγού

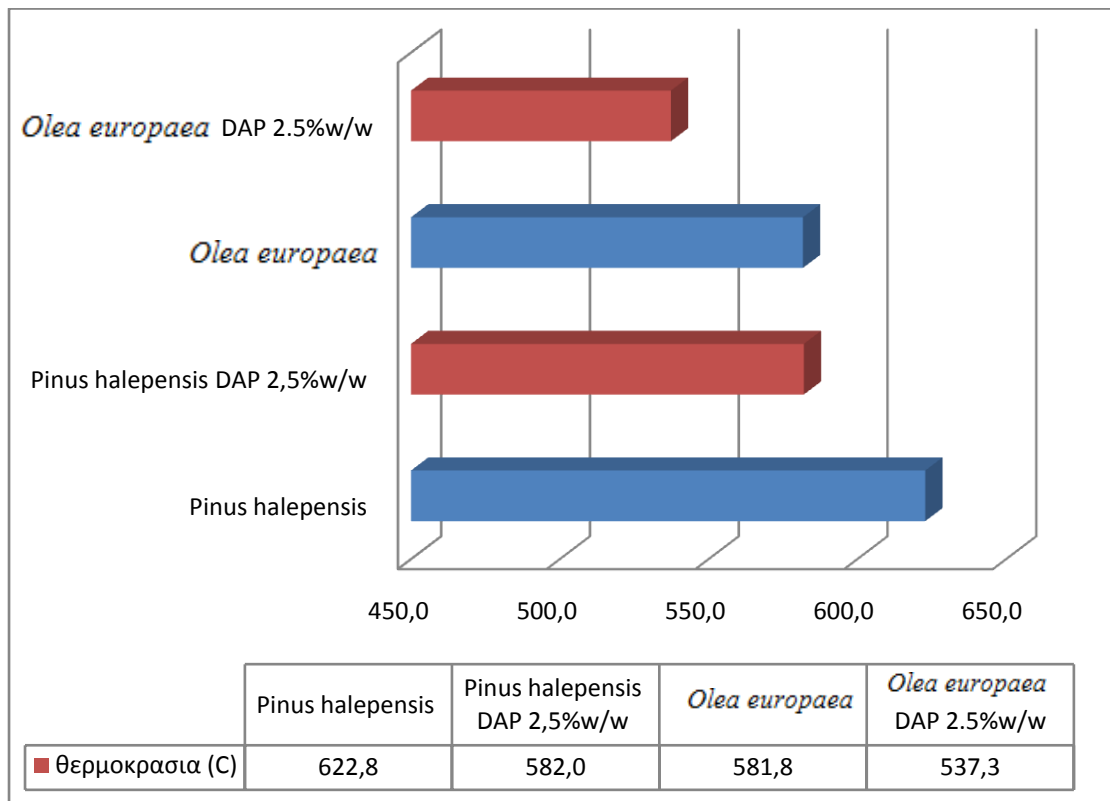
Η επεξεργασία των υπέρυθρων φωτογραφιών έγινε σε Η/Υ με την βοήθεια του προγράμματος της FLIR QUICK REPORT 2.1.

Οι μετρήσεις παίρνονται ως εξής: μια ανά 10Sec για το κομμάτι της δοκιμασίας διάδοσης φλόγας B-C, η θερμοκρασία που καταγράφουμε κάθε φορά είναι μέγιστη περίπου 1cm^2 ακριβώς πάνω από το μέτωπο της φλόγας .

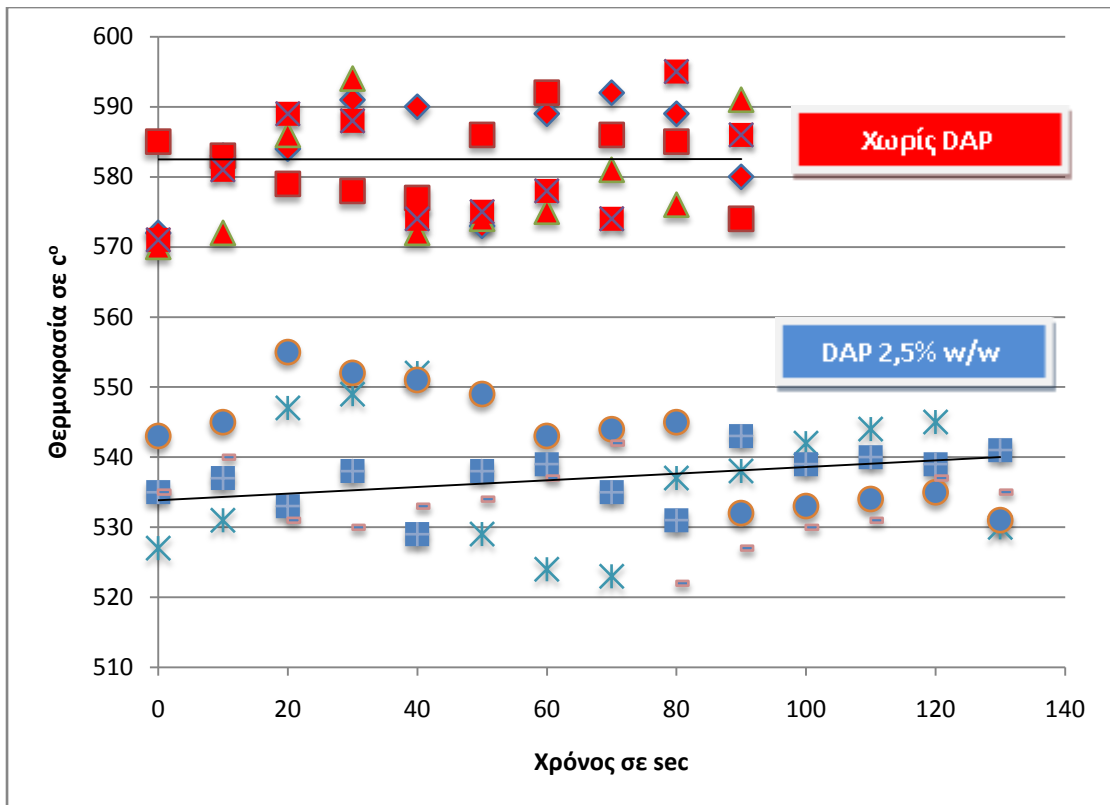
7.6.1. Αποτελέσματα μέτρησης θερμοκρασίας φλόγας με χρήση θερμικής κάμερας

Πίνακας 10: Μέγιστη θερμοκρασία φλόγας ανά δείγμα

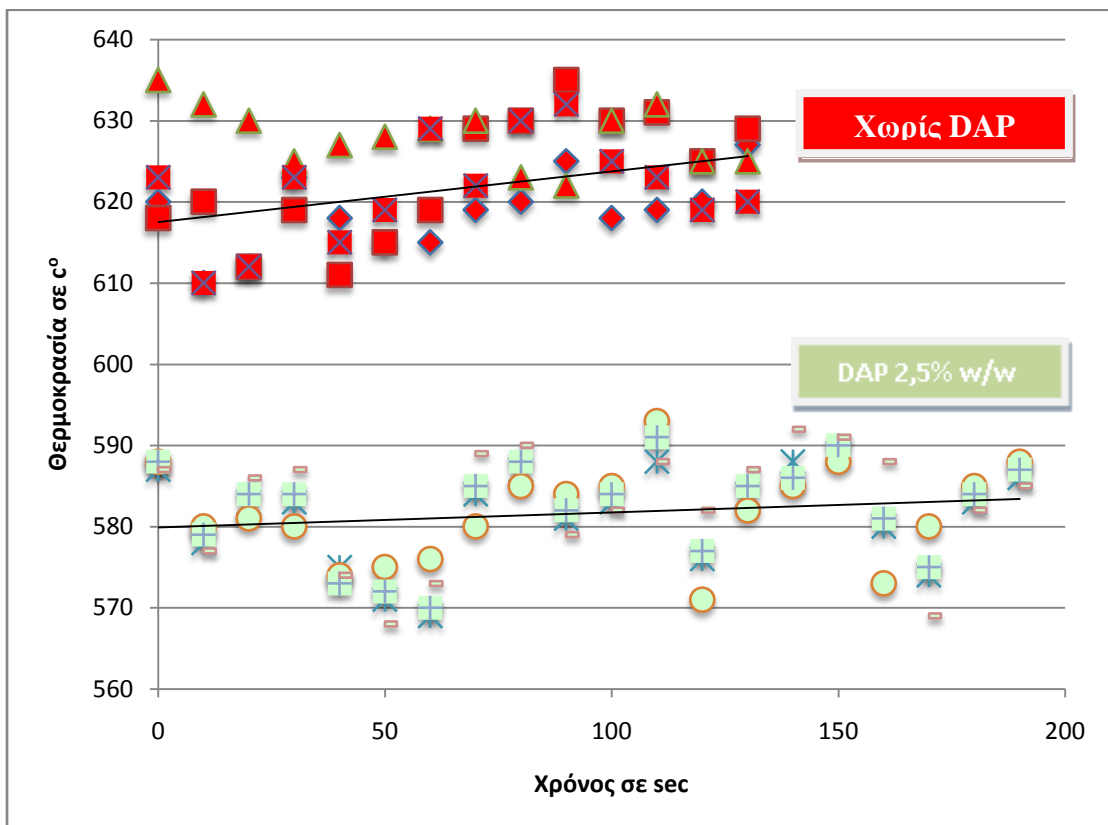
Είδος	Μέσος Όρος (C°)	STDEV	RSD
<i>Pinus halepensis</i>	622.8	6.65	0.01
<i>Pinus halepensis</i> DAP 2,5%w/w	582.0	6.17	0.01
<i>Olea europaea</i>	581.8	3.22	0.01
<i>Olea europaea</i> DAP 2.5%w/w	537.3	7.63	0.01



Διάγραμμα 6: Μέσος όρος μέγιστης θερμοκρασίας καύσης



Διάγραμμα 7: Μέγιστη θερμοκρασία καύσης *Olea europaea* συναρτήσει του χρόνου.



Διάγραμμα 8: Μέγιστη θερμοκρασία καύσης *Pinus halepensis* συναρτήσει του χρόνου.

7.7. Συζήτηση αποτελεσμάτων

7.7.1. Ρυθμός διάδοσης φλόγας

Κατά τη δοκιμασία διάδοσης φλόγας το δείγμα *Olea europaea* είχε μέσο όρο ρυθμού διάδοσης φλόγας 1,04 mm/s, ενώ το δείγμα *Pinus halepensis* 0,73 mm/s.

Η διαφορά στον ρυθμό διάδοσης φλόγας μεταξύ των δύο εξεταζόμενων υλών οφείλεται κυρίως στην χημική σύσταση του φυλλώματος τους. Βάση προηγούμενων ερευνών, η περιεκτικότητα του φυλλώματος σε κάλιο επιδρά σημαντικά στο ρυθμό διάδοσης φλόγας. Το κάλιο επιδρά ανασταλτικά στον ρυθμό διάδοσης φλόγας γιατί δρα ως καταλύτης στις οξειδωτικές και πυρολυτικές αντιδράσεις, ευνοώντας τον σχηματισμό διοξειδίου και μονοξειδίου του άνθρακα, μετατρέποντας τα καύσιμα αέρια που σχηματίζονται κατά την πυρόλυση σε μη καύσιμα με αποτέλεσμα να επιβραδύνει την καύση [10,11,12,13,17].

Με βάση την σχετική βιβλιογραφία, οι κοκκώδεις ουσίες είναι πάρα πολύ εύφλεκτες όταν ο χρόνος διάδοσης της φλόγας τους, είναι λιγότερο από 45 s ή ο ρυθμός διάδοσης της φλόγας είναι μεγαλύτερος από 2,2 mm/s. [14,15] Βάσει αυτής της αρχής, τα δασικά είδη, που εξετάζουμε σε αυτή την εργασία, έχουν σχετικώς χαμηλή καυσιμότητα σε σύγκριση με άλλες ουσίες (π.χ., πλαστικά και πολυμερή).

7.7.2 Το ύψος της φλόγας

Το ύψος της φλόγας είναι σημαντική παράμετρος για το προφίλ φλόγας των δασικών ειδών που εξετάζουμε. Στη βιβλιογραφία συσχετίζεται μέσω εμπειρικών τύπων με την ένταση της φλόγας στο μέτωπο της πυρκαγιάς και αποτελεί κριτήριο για την κατάταξη των δασικών ειδών σε είδη υψηλής, μέτριας και χαμηλής καυσιμότητας [16].

Κατά τη δοκιμασία διάδοσης φλόγας το δείγμα *Olea europaea* είχε μέσο όρο ύψους φλόγας 16,61 mm, ενώ το δείγμα *Pinus halepensis* 20,36mm.

Αξίζει να αναφέρουμε ότι οι μετρήσεις του δείγματος *Pinus halepensis* έχουν σχεδόν διπλασία τυπική απόκλιση από τις μετρήσεις του δείγματος *Olea europaea*. Δηλαδή η φλόγα του δείγματος *Olea europaea* είναι πιο ομαλή με λιγότερες αυξομειώσεις ύψους από ότι η φλόγα του δείγματος *Pinus halepensis*.

7.7.3. Θερμοκρασία φλόγας κατά την διάρκεια της καύσης

Κατά τη δοκιμασία διάδοσης φλόγας το δείγμα *Olea europaea* είχε μέσο όρο θερμοκρασίας φλόγας 581,8 C° ενώ το δείγμα *Pinus halepensis* 622,8 C°.

Αξίζει να αναφέρουμε ότι οι μετρήσεις του δείγματος *Pinus halepensis* έχουν σχεδόν διπλάσια τυπική απόκλιση από τις μετρήσεις του δείγματος *Olea europaea*. Δηλαδή η φλόγα του δείγματος *Olea europaea* είναι πιο ομαλή με λιγότερες αυξομειώσεις στην τιμή της θερμοκρασίας απ ό τι η φλόγα του δείγματος *Pinus halepensis*.

7.7.4. Επίδραση επιβραδυντή DAP

Η επίδραση του επιβραδυντή DAP διαφέρει ανάλογα με τις δασικές ύλες και τη μετρούμενη μεταβλητή.

Στις μετρήσεις που έγιναν για τον προσδιορισμό του ρυθμού διάδοσης φλόγας για το είδος *Pinus halepensis*, η προσθήκη 2.5% w/w επιβραδυντή προκάλεσε μείωση στον ρυθμό διάδοσης φλόγας κατά 32%. Στις αντίστοιχες μετρήσεις του *Olea europaea* επέφερε μείωση 30%.

Στις μετρήσεις που έγιναν για τον προσδιορισμό του ύψους. Το ύψος στο δείγμα *Olea europaea* μειώθηκε κατά 64%, ενώ το ύψος του *Pinus halepensis* κατά 75%.

Στην θερμοκρασία φλόγας κατά την διάρκεια της καύσης η επίδραση του επιβραδυντή ήταν αρκετά μικρή με ποσοστά 9% και 8% για το δείγμα *Pinus halepensis* και το δείγμα *Olea europaea* αντίστοιχα.

Από τα πιο πάνω συμπεραίνεται ότι ο επιβραδυντής έχει μεγάλη δράση στα είδη *Pinus halepensis* και *Olea europaea* μειώνοντας σε μεγάλο βαθμό τον ρυθμό διάδοσης φλόγας και το ύψος της φλόγας. Μικρή είναι η επίδραση του στην μείωση της θερμοκρασίας κατά την διάρκεια της καύσης.

7.8. Προτάσεις

- Η φλόγα του δείγματος *Olea europaea* έχει μεγαλύτερο ρυθμό διάδοσης, μικρότερο ύψος και μικρότερο μέσο όρο θερμοκρασίας σε σχέση με την φλόγα του δείγματος *Pinus halepensis*. Επίσης έχει λιγότερες αυξομειώσεις στην τιμή του ύψους και την τιμή της θερμοκρασίας κατά την διάρκεια της καύσης σε σχέση με την φλόγα του δείγματος *Pinus halepensis*.
- Η επίδραση του επιβραδυντή DAP στις δασικές ύλες διαφέρει ανά είδος και εξεταζόμενη παράμετρο. Είναι ιδιαίτερα δραστικός όσο αφορά την μείωση του ρυθμού διάδοσης (30%) και του ύψους φλόγας (60-70%). Ως προς την μείωση της θερμοκρασίας

της φλόγας παρατηρούμε ότι η μεταβολές δεν είναι τόσο μεγάλες (7-8%) όσο στον ρυθμό διάδοσης φλόγας και το ύψος φλόγας.

- Το DAP μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν ανασταλτικό μέσο για την εξάπλωση πυρκαγιών σε δάση που αποτελούνται από είδη με υψηλή καυσιμότητα αφού τείνει να μειώνει δραστικά τον ρυθμό και το ύψος της φλόγας.
- Η διεξαγωγή πειραμάτων για όλα τα δασικά είδη της ελληνικής γης και η παρατήρηση του ρυθμού καύσης τους μπορεί να βοηθήσει σημαντικά στις εξαγωγή συμπερασμάτων τα οποία θα βοηθήσουν σε μεγάλο βαθμό τις Πυροσβεστικές δυνάμεις.
- Η χρήση και άλλων τύπων επιβραδυντών και η μελέτη της επίδρασης τους σε διαφορετικές δασικές ύλες και σε μίγματα δασικών υλών μπορεί να αποτελέσει κλειδί στην εξειδικευμένη αντιμετώπιση των δασικών πυρκαγιών.

7.9. Βιβλιογραφία

1. L.F. DeBano, D.G. Neary and P.F. Ffolliott, «Fire's effects on Ecosystems», John Wiley & Sons, New York 1998, p. 20,24,57.
2. R.H. White, M.A. Dietenberger, «Wood handbook – Wood as an engineering material», Chapter 17: «Fire safety», Gen. Tech. Rep. FPL-GTR-113. USDA, Forest Services, Forest Products Laboratory (1999), p. 17.6-17.13.
3. A.P. Dimitrakopoulos, «Thermogravimetric analysis of Mediterranean plant species», Journal of Analytical and Applied Pyrolysis 60 (2001), 123-130.
4. A.P. Dimitrakopoulos and V. Mateeva, «Thermal analysis of Mediterranean species», in Proc. III International Conference on Forest Fire Research, vol II (1998), p. 2587-2593.
5. S. Liodakis, D. Bakirtzis, A.P. Dimitrakopoulos, «Ignition characteristics of forest species in relation to thermal analysis data», Thermochemica Acta 390 (2002), 83-91.
6. S. Liodakis, D. Vorisis, I.P. Agiovlasis, «A method for measuring the relative fire hazard properties of forest species», Thermochemica Acta 437 (2005), 150-157.
7. S. Liodakis, D. Bakirtzis and E. Lois, «TG and autoignition studies on forest fuels», Journal Thermal Analysis and Calorimetry 69 (2002), 519-528.
8. A.P. Dimitrakopoulos and P.I. Panov, «Pyric properties of some Mediterranean vegetation species», International Journal of Wildland Fire 10 (2001), 23-27.
9. ThermaCAM E65 operator's manual, FLIR Systems ,2004
10. D.J. Nowakowski and J.M. Jones, «Uncatalysed and potassium-catalysed pyrolysis of the cell-wall constituents of biomass and their model compounds», Journal of Analytical and Applied Pyrolysis 83 (2008), 12-25.
11. D.J. Nowakowski, J.M. Jones, R.M.D. Brydson, A.B. Ross, «Potassium catalysis in the pyrolysis behaviour of short rotation willow coppice», Fuel 86 (2007), 2389-2402.
12. W. Pan and G. N. Richards, «Influence of metal ions on volatile products of pyrolysis of wood», Journal of Analytical and Applied Pyrolysis 16 (1989), 117-126.
13. W. Pan and G. N. Richards, «Volatile products of oxidative pyrolysis of wood: influence of metal ions», Journal of Analytical and Applied Pyrolysis 17 (1990), 261- 273.
14. Official Journal of the European Communities 92/69/EEC, «A.10. Flammability (solids)», No.L251/63 (1984), p.110.
15. US Environmental Protection Agency test methods, Method 1030, «Ignitability of solids», SW-846, Dec. 1996, p.1-13

16. Τ. Κακαρδάκης «Αναλυτικές και άλλες εργαστηριακές δοκιμασίες για τον καθορισμό δεικτών ευφλεκτότητας δασικών υλών, επιλεγμένων από ζώνες μίξεως δάσους-κατοικιών του λεκανοπεδίου Αττικής σε συνάρτηση με τις τοπογραφικές και μετεωρολογικές συνθήκες» p.42-43.
17. S. Liidakis, G. Katsigiannis, G. Kakali «Ash properties of some dominant Greek forest species».