



## «ΛΑΕΡΤΗΣ»

(Υποέργο 2)

**«Καινοτόμο Επιχειρησιακό Σύστημα Διαχείρισης Φυσικών Κινδύνων στην Περιφέρεια Ιονίων Νήσων / Τρέχουσες Μετεωρολογικές Συνθήκες, Κλιματική Μεταβλητότητα και Εκτίμηση Κινδύνου Δασικής Πυρκαγιάς στα Επτάνησα, MIS 5010951»**

**Υποέργο 2: «Τρέχουσες Μετεωρολογικές Συνθήκες, Κλιματική Μεταβλητότητα, και Εκτίμηση Κινδύνου Δασικής Πυρκαγιάς στα Επτάνησα.»**

### **Παραδοτέο 2.1.6**

**ΠΕ 2.1.6 «Σενάρια έναρξης και εξάπλωσης πυρκαγιών»**

#### ***Υπο-παραδοτέο 2.1.6α***

*«Εκτίμηση χημικών χαρακτηριστικών της νεκρής δασικής βιομάζας (οργανικά – ανόργανα υλικά) στα Επτάνησα σε συνάρτηση με την εξάπλωση δασικών πυρκαγιών»*

Αδαμαντία Καμπιώτη

**Ζάκυνθος 2022**



## Εκτίμηση χημικών χαρακτηριστικών της νεκρής δασικής βιομάζας

Τα δάση (δασικά οικοσυστήματα) είναι ένα από τα πιο πολύπλοκα και πολυσύνθετα συστήματα, με τη μεγαλύτερη κατανομή ανάμεσα στα χερσαία οικοσυστήματα στον πλανήτη γη, καλύπτοντας το 32% της γήινης επιφάνειας (στην Ελλάδα καλύπτει περίπου το 20% της επιφάνειας της). Το δάσος είναι σύνολο από διάφορα φυτά (δένδρα, θάμνοι ή φρύγανα), από ζώα και από μικροοργανισμούς, που βρίσκονται σε συνεχή αλληλεπίδραση τόσο μεταξύ τους όσο και με το έδαφος και το κλίμα που επικρατεί στην περιοχή. Όλες οι εκτάσεις που καλύπτονται από φυσική βλάστηση λέγονται δασικές και αποτελούν ένα πολυσύνθετο σύνολο με δική του δομή, ζωή και λειτουργίες.

Παλαιότερα η γη καλυπτόταν κατά τα % της έκτασής της από δάση, ωστόσο με το πέρασμα των χρόνων μειώθηκε δραματικά η έκταση των δασών εξαιτίας των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων. Μάλιστα, η οποιαδήποτε απώλεια δασικής βλάστησης έχει αρχίσει να επηρεάζει άμεσα την οικονομική και περιβαλλοντική κατάσταση πολλών χωρών (Ντάφης, 1986). Οι κίνδυνοι που απειλούν τα δάση προέρχονται είτε από φυσικά ή βιολογικά αίτια, όπως για παράδειγμα ισχυροί άνεμοι, ανεμοθύελλες, κατολισθήσεις (Le Page et al., 2015), βλάβες, που μπορούν να προκαλέσουν διάφορα παράσιτα, ιοί, βακτήρια, μύκητες, κλπ (Kirilenko & Sedjo, 2007), είτε από επεμβάσεις των ανθρώπων που καταστρέφουν τη βλάστηση και συνεπώς μειώνουν την παραγωγή των δασών και την παραγωγικότητα του δασικού εδάφους πυρκαγιές, ανεξέλεγκτες υλοτομίες, βόσκηση των δασών, ατμοσφαιρική ρύπανση κ.λπ. (Βουνάσης, 1999).



Ένα από τα μεγαλύτερα περιβαλλοντικά προβλήματα για τις Μεσογειακές χώρες αποτελούν οι καταστρεπτικές δασικές πυρκαγιές, που εμφανίζονται με μεγάλη συχνότητα κατά τους καλοκαιρινούς κυρίως μήνες, τα τελευταία 30 χρόνια.

Οι δασικές πυρκαγιές είναι συνήθως απρόβλεπτα γεγονότα, τα οποία συμβαίνουν σε πολλές περιοχές, προκαλώντας δραματικές αλλαγές σε όλα τα είδη των δασικών οικοσυστημάτων, ενώ παράλληλα, επιδρούν αρνητικά και στους έμβιους οργανισμούς. Ο Οργανισμός Ηνωμένων Εθνών, κατά τη διάρκεια του Διεθνούς Έτους των Δασών, το 2011, όρισε τις πυρκαγιές ως μία από τις βασικές απειλές για τη βιωσιμότητα των δασών (Zaitsev et al., 2016).

Οι σημαντικές καταστροφές που προκαλούνται στα δάση, συνοδεύονται από μια ακολουθία αρνητικών δευτερογενών συνεπειών για τη γύρω περιοχή, όπως σε υποβάθμιση του φυσικού περιβάλλοντος, αλλαγή του μικροκλίματος και υποβάθμιση της ποιότητας ζωής των κατοίκων, καταστροφή βιοτόπων της χλωρίδας και πανίδας, μείωση της αξίας των παραγόμενων δασικών προϊόντων, αύξηση της επιφανειακής απορροής από τη βροχή, που συμβάλει περαιτέρω στη διάβρωση του εδάφους και την δημιουργία πλημμυρικών φαινομένων, και σε ορισμένες περιπτώσεις και σε απώλειες ανθρώπινων ζώων (Λυριντζής και συν., 1998).

Οι δασικές πυρκαγιές αποτελούν μια περιβαλλοντική καταστροφή με παγκόσμιες, πολλές φορές, συνέπειες. Μέσω της καύσης της δασικής βιομάζας, παράγεται καπνός, ο οποίος αφενός μεν θεωρείται παράγοντας ρύπανσης του φυσικού περιβάλλοντος, αφετέρου δε, εγκυμονεί κινδύνους για τους ανθρώπους που τυχόν θα εκτεθούν σ' αυτόν.



Ο καπνός που εκλύεται από τις δασικές πυρκαγιές αποτελείται από ένα μείγμα διαφόρων χημικών στοιχείων, ανερχόμενα σε 100 έως 120, ενδεικτικά αναφέρονται:

α) υδρατμοί (οι οποίοι παράγονται λόγω απώλειας - εξάτμισης της υγρασίας της καύσιμης ύλης, ύστερα από άνοδο της θερμοκρασίας της τελευταίας, ενώ όσο μεγαλύτερη σε ένταση είναι η πυρκαγιά, τόσο μεγαλύτερο είναι το ποσοστό των υδρατμών στο θερμό σύννεφο καπνού),

β) αέρια, όπως το διοξείδιο και μονοξείδιο του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ ), τα οξείδια του αζώτου, το υποξείδιο του αζώτου, η αμμωνία, τα οξείδια του θείου και το υδρόθειο,

γ) πτητικές οργανικές ενώσεις, άλλοι υδρογονάνθρακες, όπως οι αλειφατικοί (π.χ. αιθάνιο), αρωματικές ενώσεις (π.χ. βενζόλιο, τολουόλιο, ξυλένιο, αιθυλο-βενζόλιο, στυρένιο), οξυγονωμένες ενώσεις, όπως αλκοόλες (π.χ. φαινόλη, κρεσόλες), αλδεΐδες (π.χ. ακεταλδεΐδη, φορλμαδεΐδη, ακρολεΐνη), κετόνες (π.χ. ακετόνη, 2-βουτανόνη), φουράνια (π.χ. βενζοφουράνιο), καρβοξυλικά οξέα (π.χ. οξικό οξύ), εστέρες (π.χ. μεθυλεστέρας του βενζοϊκού οξέος), ή αλογονωμένες ενώσεις, όπως ενώσεις που περιέχουν χλώριο (π.χ. χλωρομεθάνιο),

δ) ημι-πτητικές οργανικές ενώσεις (στις οποίες συμπεριλαμβάνονται οι πολυαρωματικοί υδρογονάνθρακες, με κύριο αντιπρόσωπο την ένωση βενζο (α) πυρένιο και

ε) αεροζόλ, υγρά ή στερεά σωματίδια (Particulate Matter - PM), τα οποία είναι ιδιαίτερα επιβλαβή και, ανάλογα με το μέγεθός τους. (Statheropoulos et. al, 2007)



Οι δασικές πυρκαγιές, διά των παραγόμενων προϊόντων της καύσης, αλλά και των προϊόντων του καπνού, συμβάλλουν στην αύξηση της ποσότητας αυτών στην ατμόσφαιρα (Bytnerowicz et al., 2009), συμβάλλοντας έτσι περαιτέρω στην ατμοσφαιρική ρύπανση.

Οι δασικές πυρκαγιές επιδρούν όμως άμεσα και στις φυσικοχημικές συνθήκες του εδάφους, στην παραγωγικότητά του, στη βλάστησή του και στη μερική ή ολική μεταφορά του από τις βροχές (Καϊλίδης, 1981). Η φωτιά επηρεάζει τις εδαφικές ιδιότητες κυρίως καταστρέφοντας το οργανικό υλικό το οποίο είναι απαραίτητο για τη διατήρηση της δομής του εδάφους. Η καταστροφή του εδαφικού οργανικού υλικού (soil organic matter) από τη φωτιά οδηγεί σε κατάρρευση της εδαφικής δομής, μειώνοντας την πυκνότητά και το πορώδες του με αντίστοιχη μείωση της διηθητικότητάς του και αυξάνει την (επιφανειακή) απορροή και τη διάβρωση. Το μέγεθος των αλλαγών αυτών στο έδαφος εξαρτάται από την ένταση της φωτιάς, την αναλογία χαμηλής και υψηλής βλάστησης, το μέγεθος της καμένης έκτασης και τη συχνότητα δασικών πυρκαγιών (DeBano et al, 1998).

Η θερμοκρασία μεταβάλλεται σημαντικά στην επιφάνεια του εδάφους και στη συνέχεια σε βαθύτερα στρώματα αυτού, σε μικρότερο ποσοστό, όπου βρίσκονται και οι ρίζες των φυτών (Αριανούτσου-Φαραγγιτάκη και Καζάνης, 2012). Τόσο οι αναπτυσσόμενες θερμοκρασίες, όσο και η διάρκεια διατήρησής τους σε υψηλά επίπεδα, εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες, όπως το είδος της καιγόμενης ύλης (χόρτα, θάμνοι, δέντρα), την ένταση της πυρκαγιάς, την υφή του εδάφους και την περιεκτικότητά του σε νερό (Καϊλίδης, 1981). Μια σημαντική απώλεια είναι η εξάτμιση του αμμωνίου ( $\text{NH}_4$ ) και νιτρικών ( $\text{NO}_3$ ) αλάτων, από τα οποία εξαρτάται η ανάπτυξη των δέντρων. Επίσης, οι έντονες θερμοκρασιακές μεταβολές



προκαλούν άμεσα, το σπάσιμο των πετρωμάτων και τον τεμαχισμό τους σε μικρότερα τμήματα, με συνέπεια την άμεση μηχανική αποσάθρωσή τους. Μετά από μιας μεγάλης έντασης δασική πυρκαγιά, η αποσάθρωση των σκληρών ασβεστολιθικών πετρωμάτων, καθώς και των μεταμορφωσιγενών σχιστόλιθων, αυξάνει σημαντικά κάτω από την δράση των έντονων και ταχύτατων μεταβολών της θερμοκρασίας και της υγρασίας. Για παράδειγμα, στις επιφάνειες των ασβεστολιθικών πετρωμάτων, που είναι από τα πιο κοινά πετρώματα στην Ελλάδα, πάνω από τις οποίες πέρασε δασική πυρκαγιά υψηλής έντασης, δημιουργείται οξειδίο του ασβεστίου (ασβέστης,  $\text{CaO}$ ), που μετά από βροχή προσλαμβάνει νερό, γίνεται υδροξύλιο του ασβεστίου ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) και το πέτρωμα αποσαθρώνεται έντονα (Γκόφας, 2001).

Οι δασικές πυρκαγιές μεταβάλλουν και τις χημικές ιδιότητες του εδάφους. Το έδαφος αποτελείται από δύο συνιστώσες, την οργανική και την ανόργανη, οι οποίες είναι σε μια συνεχή αλληλεπίδραση.

Η οργανική ύλη βρίσκεται στο ανώτερο στρώμα του εδαφικού προφίλ, καθώς και πάνω στην επιφάνειά του (Ντάφης, 1986). Πάνω από την επιφάνεια, το οργανικό υλικό αποτελείται από νεκρά οργανικά υπολείμματα (φυτικών και ζωικών οργανισμών) σε διάφορα στάδια αποσύνθεσης, καθώς και από ζωντανούς οργανισμούς όπως η παρεδάφια βλάστηση και οι εδαφικοί μικροοργανισμοί. Η οργανική ύλη του εδάφους μπορεί να ταξινομηθεί στις εξής κατηγορίες, οι οποίες δεν είναι απαραίτητο να βρίσκονται όλες στα δασικά εδάφη, αλλά εξαρτάται από το είδος του οικοσυστήματος (τύπος βλάστησης) και τις συνθήκες που επικρατούν (DeBano et al, 1998):

- Ζωντανή οργανική ύλη (παρεδάφια βλάστηση, ρίζες, μικροοργανισμοί κ.α.)



- Αναγνωρίσιμο φυτικό υλικό που δεν έχει αποσυντεθεί ακόμα (δασικός τάπητας)
- Αποσυντιθέμενο αλλά αναγνωρίσιμο φυτικό υλικό
- Αποσυντιθέμενα τμήματα κορμών σημαντικών διαστάσεων που μένουν είτε στην επιφάνεια, είτε θάβονται.
- Απανθρακωμένα φυτικά τμήματα
- Αποσυντιθέμενο, σε πολύ προχωρημένη κατάσταση, οργανικό υλικό αναμεμιγμένο με ανόργανα εδαφικά υλικά (χούμος).

Η κατανομή του οργανικού υλικού πάνω και κάτω από την επιφάνεια του δασικού εδάφους είναι ένας σημαντικός παράγοντας στην αποτίμηση των επιδράσεων από τις δασικές πυρκαγιές. Πολλά από τα χημικά στοιχεία που αποθηκεύονται στο οργανικό υλικό χάνονται καθώς η θερμοκρασία του εδάφους αυξάνεται. Συγκεκριμένα, παρατηρούνται (DeBano et al, 1998):

- Μικρές απώλειες οργανικού υλικού παρατηρούνται σε θερμοκρασίες κάτω των 100°C.
- Τα πτητικά στοιχεία εξαερώνονται σχεδόν πλήρως σε θερμοκρασίες άνω των 200°C.
- Καταστροφική απόσταξη συμβαίνει με απώλεια οργανικού υλικού 85% και σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 200-300°C.
- Πάνω από 300°C, το μεγαλύτερο μέρος του παραμένοντος στο έδαφος, οργανικού υλικού, αποτελείται από άνθρακα που στο τέλος χάνεται αφού αναφλεχθεί και καεί.



- Θέρμανση εδαφών σε θερμοκρασίες άνω των 450°C για 2 ώρες ή στους 500°C για μισή ώρα, αφαιρεί περίπου το 99% του συνολικού εδαφικού οργανικού υλικού (πλήρης αποστείρωση, συνήθως δεν συμβαίνει σε πραγματικές πυρκαγιές DeBano et al, 1998).

Παρόλα τα παραπάνω, η πιο σημαντική απώλεια από το οργανικό υλικό κατά την θέρμανση, θεωρείται η εξαέρωση του αζώτου (N), η οποία μπορεί να συμβεί και σε σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες (DeBano et al, 1998).

Πέρα από τις απώλειες, παρατηρούνται και (χημικές) αλλαγές. Μία μελέτη που έλαβε χώρα σε πρόσφατα καμένο, όχι έντονα, αειθαλές δάσος δρυών, στην Ισπανία, έδειξε πως υπήρξαν αλλαγές λόγω θέρμανσης, στις ρίζες που περιέχουν κυρίως οξυγόνο και βρίσκονται στα προϊόντα της αποσύνθεσης (DeBano et al, 1998). Τέτοια προϊόντα είναι κυρίως τα οξέα (χουμικά και φουλβικά οξέα-humic and fulvic acids) που παράγονται κατά τον σχηματισμό του εδαφικού χούμου (χουμοποίηση). Οι ουσίες αυτές, που παράγονται κατά την αποσύνθεση νεκρής φυτικής και ζωικής οργανικής ύλης, παίζουν καθοριστικό ρόλο στην εδαφική δομή και συνοχή, καθώς μεταξύ τους δημιουργούνται δυνάμεις Van der Waals. Οι δυνάμεις αυτές, αν και ασθενείς, αποτελούν τον κύριο υπεύθυνο για την συνοχή του “οργανικού” εδάφους και μπορούν να παραμείνουν για δεκάδες ή και εκατοντάδες χρόνια (Stevenson, 1994). Κάποιες από αυτές τις ουσίες, μετατράπηκαν σε αλκαλικές-αδιάλυτες ουσίες που ενσωματώθηκαν στον χούμο, ενώ κάποιες άλλες μετατράπηκαν σε όξινα-αδιάλυτα πολυμερή. Ακόμα και η φυτική βιομάζα που δεν κάηκε πλήρως, περιείχε αλκαλική-διαλυτή λιγνίνη και φαιά στοιχεία που προήλθαν από την αφυδάτωση των υδρογονανθράκων (H/C).





Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, το ανόργανο και το οργανικό υλικό στο έδαφος, βρίσκεται σε μια συνεχή αλληλεπίδραση. Η αλληλεπίδραση αυτή είναι ο κύριος υπεύθυνος για τις περισσότερες χημικές εδαφικές ιδιότητες, όπως για παράδειγμα η οξύτητα (pH), η ικανότητα ιοντοανταλλαγής κ.α. Ειδικά, η ικανότητα ιοντοανταλλαγής είναι πολύ σημαντική για την θρέψη των φυτών. Η ιδιότητα αυτή εξαρτάται από τα εδαφικά κolloειδή (κυρίως τα οργανικά) τα οποία έλκουν και συγκρατούν τα κατιόντα (ικανότητα προσρόφησης κατιόντων) τα οποία με την σειρά τους συνεχώς αντικαθίστανται ( McLaren and Cameron, 1996). Επίσης, οι διαδικασίες για τη ρύθμιση και ανακύκλωση των θρεπτικών συστατικών, την διαθεσιμότητά τους καθώς και τις απώλειες τους λόγω πτητικότητας και καθείσδυσης είναι θεμελιώδους σημασίας για την περιγραφή και μελέτη της χημείας του εδάφους.

Οι χημικές επιδράσεις της φωτιάς στο έδαφος οφείλονται κυρίως στην καύση της οργανικής ύλης του εδάφους (DeBano et al, 1998), που απαντάται στους ανώτερους εδαφικούς ορίζοντες και την επιφάνεια, αλλά και στην καύση των ανόργανων στοιχείων (σε φωτιές υψηλής έντασης). Στη στάχτη που παράγεται από την φωτιά, η οποία επικάθεται στην επιφάνεια του εδάφους, μπορούν να συμβούν πολλές και ποικίλες διεργασίες. Οι κατακρημνίσεις μπορούν να διαλύσουν την στάχτη και να μεταφέρουν χημικά στοιχεία στο έδαφος, όπου και παραμένουν με την μορφή ιόντων. Ακόμα, οι κατακρημνίσεις μπορούν να παρασύρουν την στάχτη, δημιουργώντας επιφανειακή απορροή, και μαζί της να παρασυρθούν και να απομακρυνθούν από το έδαφος, πολλά θρεπτικά στοιχεία (Καϊλίδης, 1993). Μεγάλες απώλειες στοιχείων επίσης, παρατηρούνται κατά την διάρκεια της πυρκαγιάς λόγω εξάερωσης ή εξάτμισης.



Κατά τη διάρκεια της πυρκαγιάς, αλλά και μεταπυρικά λαμβάνουν χώρα οι παρακάτω μηχανισμοί απώλειας θρεπτικών στοιχείων από την φυτική βιομάζα (DeBano et al, 1998):

- Άμεση εξαέρωση κατά την διάρκεια της πυρκαγιάς. Το N μετατρέπεται στην ελεύθερη μορφή του ( $N_2$ ) και μαζί με άλλα αζωτούχα αέρια ελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα.
- Σωματιδιακές απώλειες στον καπνό. Με αυτόν τον τρόπο συχνά χάνονται θρεπτικά όπως ο P και κάποια κατιόντα.
- Απόθεση στη στάχτη στην επιφάνεια του εδάφους. Μεταπυρικά, πολλά διαθέσιμα θρεπτικά στοιχεία που αποθηκεύονται στη στάχτη, μπορούν να χαθούν καθώς η στάχτη μπορεί να 'ξεπλυθεί' ή να απομακρυνθεί λόγω ανέμου (αιολική διάβρωση).
- Απώλειες από την επιφάνεια του εδάφους λόγω επιφανειακής (επίγειας) απορροής και διάβρωσης.
- Καθείσδυση στο εδαφικό προφίλ και μετακίνηση θρεπτικών σε βαθιά εδαφικά στρώματα, έτσι ώστε να μην είναι διαθέσιμα. Ο μηχανισμός αυτός, αν και υπάρχει και προπυρικά, ενισχύεται αμέσως μετά την φωτιά, λόγω της έντονης συγκέντρωσης θρεπτικών στην επιφάνεια (στάχτη).
- Θρεπτικά στοιχεία που παραμένουν σε ατελώς καμένα υπολείμματα βλάστησης, τα οποία απομακρύνονται μεταπυρικά.



## **Βιβλιογραφία**

- Bytnerowicz, A., Arbaugh, M., Riebau, A. & Andersen, C. (2009), Wildland Fires and Air Pollution, Developments in environmental science 8, Series editor: S.V. Crupa, p. 638.
- DeBano L. F., Daniel G. L., Ffolliot P. F., Fire's Effects on Ecosystems, John Wiley & Sons, 1998.
- Kirilenko A.P. & Sedjo A.R., 2007. Climate change impacts on forestry. *Proceedings of the National Academy of the Sciences USA* 104: 19697-19702.
- Le Page Y., Morton D., Bond-Lamberty B., Pereira J.M.C & Hurtt G., 2015. HESFIRE: a global fire model to explore the role of anthropogenic and weather drivers. *Biogeosciences* 12, 887-903.
- McLaren R. G., Cameron K. C., Soil Science, Oxford University Press, 1996.
- Statheropoulos, M., Pappa, A. & Karma, S., (2007). Forest Fire Net, Civil Protection, Greece, Published by European Center for Forest
- Stevenson F. J., Humus Chemistry: Genesis, Composition, Reactions, John Wiley & Sons, New York, 1994.
- Zaitsev, A.S., Gongalsky, K.B., Malmstrom, A., Persson, T. & Bengtsson, J. (2016). "Why are forest fires generally neglected in soil fauna research? A mini-review", *Applied Soil Ecology*, vol. 98, pp. 261-271.



Αριανούτσου-Φαραγγιτάκη, Μ. και Καζάνης, Δ. (2012). Ο οικολογικός ρόλος της φωτιάς στα χερσαία οικοσυστήματα της Ελλάδας. Σελ. 103-116 στο βιβλίο: «Το Δάσος - Μία ολοκληρωμένη προσέγγιση». Παπαγεωργίου Α. Κ., Καρέτσος, Γ., Κατσαδωράκης Γ. (επιμέλεια). WWF Ελλάς. 265

σελ. Αριανούτσου-Φαραγγιτάκη, Μ. (2001). Δείκτες μεταπυρικής φυσικής αναγέννησης στα Μεσογειακά οικοσυστήματα. Πρακτικά επιστημονικού Συνεδρίου: Αποκατάσταση καμένων εκτάσεων. 13-14 Οκτωβρίου 2001. ΑΘΗΝΑ. Επιμέλεια έκδοσης: Ξανθόπουλος Γ. & Αριανούτσου Μ. (εκδ). ΕΘΙΑΓΕ, σελ. 105-120.

Βουνάσης Κ.Ν., 1999. Περιμένοντας τις πυρκαγιές του καλοκαιριού. *Πυροσβεστική Επιθεώρηση* 74 (περίοδος Β): 8-9.

Γκόφας Α., Εγχειρίδιο Δασοπροστασίας, Γιαχούδη-Γιαπούλη, 2001.

Καϊλίδης, Δ. (1981). Δασικές Πυρκαγιές (Υλωρική, πρώτο μέρος). Θεσσαλονίκη.

Λυριντζής, Γ., Μπαλούτσος, Γ., Γκαγκάρη, Π. και Ξανθόπουλος, Γ. (1998).

Δασικές πυρκαγιές στον Ελληνικό χώρο: Η επόμενη ημέρα. *Επίκεντρα*. 6: 84-94.

Ντάφης Σ. Α., 1986. Δασική Οικολογία. Θεσσαλονίκη.