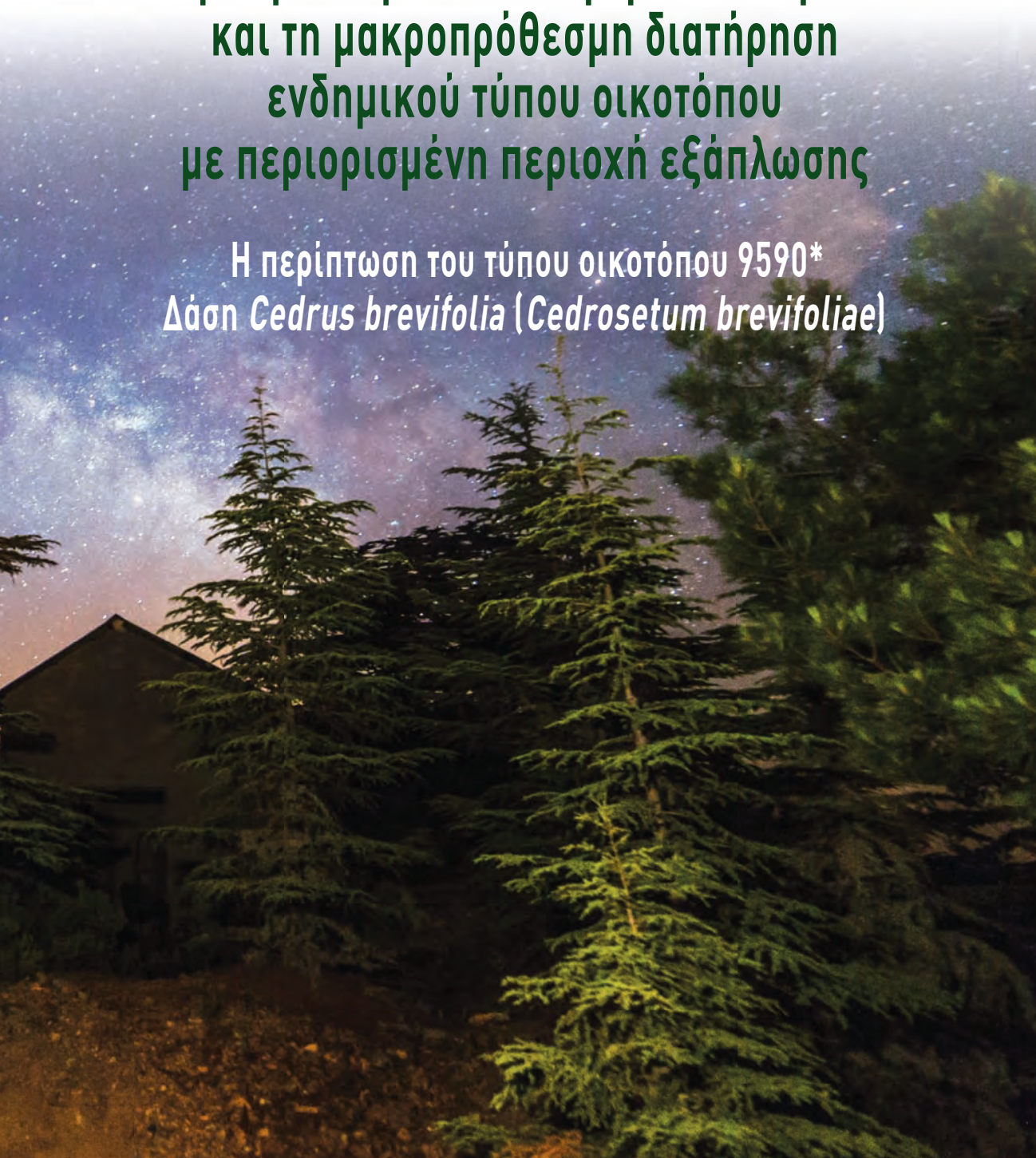
Εγχειρίδιο για την αειφόρο διαχείριση και τη μακροπρόθεσμη διατήρηση ενδημικού τύπου οικοτόπου με περιορισμένη περιοχή εξάπλωσης

Η περίπτωση του τύπου οικοτόπου 9590*
Δάση *Cedrus brevifolia* (*Cedrosetum brevifoliae*)



Εγχειρίδιο για την αειφόρο διαχείριση και τη μακροπρόθεσμη διατήρηση ενδημικού τύπου οικοτόπου με περιορισμένη περιοχή εξάπλωσης

Η περίπτωση του τύπου οικοτόπου 9590*
Δάση *Cedrus brevifolia* (*Cedrosetum brevifoliae*)

Επιμέλεια έκδοσης: Νικόλας-Γιώργος Ο. Ηλιάδης

Ιανουάριος 2021

Έκδοση: LIFE-KEDROS
Μονάδα Διατήρησης της Φύσης, Πανεπιστήμιο Frederick

ISBN: 978-9963-2011-7-4

Σχεδιασμός και Εκτύπωση: Konos Press Ltd (Κύπρος)

Φωτογραφία Εξωφύλλου: © Κωνσταντίνος Παναγίδης

Αναφορά: Νικόλας-Γιώργος Ο. Ηλιάδης (Επ. Εκδ.) (2021) Εγχειρίδιο για την αειφόρο διαχείριση και τη μακροπρόθεσμη διατήρηση ενδημικού τύπου οικοτόπου με περιορισμένη περιοχή εξάπλωσης - Η περίπτωση του τύπου οικοτόπου 9590 *Δάση *Cedrus brevifolia* (*Cedrosetum brevifoliae*). LIFE-KEDROS, Μονάδα Διατήρησης της Φύσης, Πανεπιστήμιο Frederick, Κύπρος.

Προτεινόμενη αναφορά για συγκεκριμένο κεφάλαιο (παράδειγμα): Κουνναμάς Κ. (2021) Διεθνής και Ευρωπαϊκή νομοθεσία για διαχείριση δασών. Στο: Ηλιάδης Ν.-Γ. Ο. (Επ. Εκδ.) (2021) Εγχειρίδιο για την αειφόρο διαχείριση και τη μακροπρόθεσμη διατήρηση ενδημικού τύπου οικοτόπου με περιορισμένη περιοχή εξάπλωσης - Η περίπτωση του τύπου οικοτόπου 9590 *Δάση *Cedrus brevifolia* (*Cedrosetum brevifoliae*). σελ. XX-YY. LIFE-KEDROS, Μονάδα Διατήρησης της Φύσης, Πανεπιστήμιο Frederick, Κύπρος.

Το εγχειρίδιο αυτό έχει ετοιμαστεί στο πλαίσιο του έργου LIFE: Ολιστική διαχείριση του οικοτόπου προτεραιότητας 9590* στην περιοχή του Δικτύου Natura 2000 Κοιλάδα Κέδρων-Κάμπος (Ακρωνύμιο: LIFE-KEDROS, LIFE15 NAT/CY/000850).

Αποτελεί το παραδοτέο της «Δράσης Ε.2.2: Τεχνικός οδηγός για τη βιώσιμη διαχείριση και τη μακροπρόθεσμη διατήρηση στενού ενδημικού τύπου οικοτόπου σε περιορισμένη περιοχή εξάπλωσης: Η περίπτωση του τύπου οικοτόπου 9590».*

Το έργο LIFE-KEDROS συγχρηματοδοτήθηκε από την Ευρωπαϊκή Ένωση στο πλαίσιο του προγράμματος LIFE.

Οι απόψεις που παρουσιάζονται στο παρόν εγχειρίδιο είναι αυτές των συγγραφέων και δεν αντικατοπτρίζουν απαραίτητα τη γνώμη της Ευρωπαϊκής Ένωσης και της Ευρωπαϊκής Επιτροπής και, ως εκ τούτου, τα όργανα αυτά δεν μπορούν να θεωρηθούν υπεύθυνα.

Θερμές ευχαριστίες στο προσωπικό των εταίρων του έργου
που συνέβαλε στην υλοποίηση του έργου LIFE-KEDROS

Εταίροι LIFE-KEDROS:

Τμήμα Δασών, Υπουργείο Γεωργίας, Αγροτικής Ανάπτυξης και Περιβάλλοντος (Κύπρος)

Φιλοδασικός Σύνδεσμος Κύπρου

Πανεπιστήμιο Frederick (Μονάδα Διατήρησης της Φύσης)

5

Τι Πρέπει να Λαμβάνεται Υπόψη στη Διαχείριση των Πυρκαγιών στο Πλαίσιο της Μακροπρόθεσμης Διατήρησης Στενών Ενδημικών Τύπων Οικοτόπων με Περιορισμένη Περιοχή Κάλυψης

Δρ. Γαβριήλ Ξανθόπουλος[a]

[a]Ελληνικός Γεωργικός Οργανισμός «ΔΗΜΗΤΡΑ», Ινστιτούτο Μεσογειακών Δασικών Οικοσυστημάτων, Αθήνα, Ελλάδα (*gxnrtc@fria.gr*)

5.1. Εισαγωγή

Οι αρχές της διαχείρισης των δασικών πυρκαγιών είναι καλά τεκμηριωμένες στη διεθνή επιστημονική βιβλιογραφία, καλύπτοντας τις πτυχές της πρόληψης των πυρκαγιών, του προκατασταλτικού σχεδιασμού, της καταστολής, και της μεταπυρικής αποκατάστασης. Ωστόσο, είναι ευρέως γνωστό ότι η εφαρμογή αυτών των αρχών στην πραγματικότητα ποικίλει πολύ, καθώς αναγκαστικά πρέπει να προσαρμοστούν στις υπάρχουσες συνθήκες. Αυτές οι συνθήκες αντανακλούν τις ιδιότητες της βλάστησης που πρέπει να προστατευθεί, το μωσαϊκό του τοπίου, τους ανθρώπους και τις αντιλήψεις, τις ανάγκες και τις δραστηριότητές τους, τις υπάρχουσες υποδομές, το ιστορικό και πολιτικό πλαίσιο κ.λπ. Έτσι η διαχείριση των πυρκαγιών ποικίλλει ανά τον κόσμο, από τη μια χώρα στην άλλη, ακόμη και εντός της ίδιας χώρας, ανάλογα με τα περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά και τις ανάγκες προστασίας (Stephens 2005). Έτσι, η γενική αρχή ότι η διαχείριση (γενικά) είναι ένας συνδυασμός επιστήμης και τέχνης, έχει απόλυτη εφαρμογή όσον αφορά το πεδίο της διαχείρισης των πυρκαγιών.

Μία από τις περιπτώσεις που απαιτούν ιδιαίτερη προσοχή στη διαχείριση των πυρκαγιών είναι η προστασία στενών ενδημικών τύπων οικοτόπων, στο πλαίσιο της μακροχρόνιας διατήρησής τους, ειδικά όταν καταλαμβάνουν μια σχετικά περιορισμένη περιοχή. Η περιορισμένη έκταση της περιοχής οδηγεί σε έναν προφανή κίνδυνο σχεδόν πλήρους εξάλειψης του τύπου οικοτόπου και των χαρακτηριστικών ειδών του από ένα μοναδικό καταστροφικό συμβάν πυρκαγιάς. Ως εκ τούτου, είναι απαραίτητο να γίνει ανάλογος σχεδιασμός προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί όσο το δυνατόν περισσότερο ο κίνδυνος να συμβεί κάτι τέτοιο. Από την άλλη πλευρά, η έμφαση στην πυροπροστασία ενδέχεται να μην είναι αρκετή, διότι η διαχείριση ενός ζώντος οικοσυστήματος διαφέρει πολύ από την προστασία σπιτιών ή υποδομών. Το καθήκον αυτό δεν είναι πάντα εύκολο και απλό. Πολλές φορές κρύβει σημαντικές προκλήσεις για τα στελέχη που είναι επιφορτισμένα με τη διαχείριση τέτοιων τύπων οικοτόπων, καθώς συχνά πρέπει να αντιμετωπίσουν διάφορες αντικρουόμενες απαιτήσεις, όρια και περιορισμούς στη λήψη των αποφάσεών τους. Ορισμένα από τις πιο σημαντικά στοιχεία που πρέπει να λαμβάνουν υπόψη, παρουσιάζονται και συζητούνται σε αυτήν την έκθεση.

5.1.1. *Θέματα διαχείρισης πυρκαγιάς*

Αν και, όπως προαναφέρθηκε, οι αρχές της διαχείρισης των δασικών πυρκαγιών είναι πολύ γνωστές, οι στόχοι μπορεί να διαφέρουν σημαντικά, με αποτέλεσμα να απαιτείται ένας πολύ διαφορετικός σχεδιασμός και σειρά ενεργειών. Για παράδειγμα, το σχέδιο διαχείρισης πυρκαγιών (ΣΔΠ) ενός παραγωγικού δάσους είναι πολύ πιθανό να έχει κάποιες σημαντικές διαφορές στους στόχους και ως εκ τούτου στις προτεραιότητες διαχείρισης, από εκείνο ενός εθνικού πάρκου, μιας περιοχής δασικής αναψυχής ή μιας ζώνης μίξης δασών-οικισμών. Για παράδειγμα, οι στόχοι της διαχείρισης[1] των πυρκαγιών στην Εθνική Περιοχή Αναψυχής της Γκόλντεν Γκέιτ (Golden Gate

[1] https://www.nps.gov/goga/learn/management/ upload / fire_fmp_op_strat_ch2. pdf

National Recreation Area) στην Καλιφόρνια, η οποία ανήκει στην Υπηρεσία Εθνικών Πάρκων των ΗΠΑ έχουν ως εξής:

i. Βεβαιωθείτε ότι η ασφάλεια των πυροσβεστών και του κοινού είναι η ύψιστη προτεραιότητα για όλες τις δραστηριότητες της διαχείρισης των πυρκαγιών.

ii. Μειώστε τον κίνδυνο δασικής πυρκαγιάς σε ιδιωτικές και δημόσιες ιδιοκτησίες.

iii. Προστατέψτε τους φυσικούς πόρους από τις δυσμενείς επιπτώσεις των πυρκαγιών και των δραστηριοτήτων διαχείρισής τους και χρησιμοποιήστε τη διαχείριση των πυρκαγιών, όπου είναι κατάλληλο, για τη διατήρηση και αποκατάσταση των φυσικών πόρων.

iv. Προστατέψτε ιστορικές εγκαταστάσεις, τοπία και αρχαιολογικούς χώρους από τις δυσμενείς επιπτώσεις των πυρκαγιών και της διαχείρισής τους και χρησιμοποιήστε τη διαχείριση των πυρκαγιών, όπου είναι κατάλληλο, για τη διατήρηση και αποκατάσταση αυτών των πολιτιστικών πόρων.

v. Βελτιώστε τις πρακτικές διαχείρισης βελτιώνοντας τις γνώσεις και την κατανόηση των πυρκαγιών μέσω της έρευνας και της παρακολούθησης.

vi. Αναπτύξτε και διατηρείστε την εμπειρογνωμοσύνη του προσωπικού σε όλες τις πτυχές της διαχείρισης των πυρκαγιών

vii. Ενσωματώστε αποτελεσματικά το πρόγραμμα διαχείρισης των πυρκαγιών στις δραστηριότητες του πάρκου και των συνεργατών αυτού.

viii. Προωθείστε την ενημερωμένη συμμετοχή του κοινού σε δραστηριότητες της διαχείρισης των πυρκαγιών.

ix. Προωθείστε και διατηρείστε συνεργασίες μεταξύ φορέων στη διαχείριση των πυρκαγιών και συμβάλετε στην πυροσβεστική προσπάθεια σε τοπικό, πολιτειακό και εθνικό επίπεδο.

x. Ελαχιστοποιήστε την παραγωγή καπνού κατά τη διάρκεια εφαρμογής προδιαγεγραμμένου πυρός, μέσω της χρήσης ενός σχεδίου διαχείρισης καπνού που περιγράφει τις βέλτιστες πρακτικές διαχείρισης ή εναλλακτικές λύσεις που δεν περιλαμβάνουν την καύση, εκεί όπου αυτές οι επιλογές θα ανταποκρίνονταν στους στόχους διαχείρισης πόρων και μείωσης της καύσιμης ύλης, ενώ παράλληλα θα επιτύγχαναν μείωση των εκπομπών καπνού.

Ενώ ορισμένες επιλογές διαχείρισης, όπως το προδιαγεγραμμένο πυρ, ενδέχεται να μην είναι διαθέσιμες σε ορισμένες περιοχές, οπότε οι αντίστοιχοι στόχοι δεν έχουν νόημα, ο παραπάνω κατάλογος αποτελεί μια καλή υπενθύμιση για το τι πρέπει να περιλαμβάνεται σε έναν ΣΔΠ. Όπως φαίνεται, η προστασία των φυσικών πόρων και των μοναδικών στοιχείων (ιστορικές εγκαταστάσεις, τοπία και αρχαιολογικοί χώροι) βρίσκονται ψηλά στη λίστα. Ένα τέτοιο μοναδικό στοιχείο είναι οι «στενοί ενδημικοί τύποι οικοτόπων (ΣΕΤΟ) με περιορισμένη περιοχή κάλυψης», οι οποίοι προφανώς απαιτούν ιδιαίτερη προσοχή, ειδικά όταν εστιάζουμε στη μακροπρόθεσμη διατήρησή τους. Η κατανόηση της πυροοικολογίας τέτοιων τύπων οικοτόπων αποτελεί προϋπόθεση για την επιτυχή μακροπρόθεσμη διαχείριση τους.

5.1.2. *Οικολογικά χαρακτηριστικά των ειδών ενδιαφέροντος*

Ένα ΣΔΠ για μια δασική περιοχή ή πάρκο που περιλαμβάνει ΣΕΤΟ, πρέπει απαραίτητα να αντιμετωπίσει τόσο τη βραχυπρόθεσμη επιβίωση όσο και τη μακροπρόθεσμη διατήρηση των βασικών ειδών χλωρίδας και πανίδας. Ενώ η πυροπροστασία μέσω της καταστολής της πυρκαγιάς μπορεί να φαίνεται ως η απλή απάντηση στη βραχυπρόθεσμη επιβίωση, η μακροπρόθεσμη διατήρηση είναι πολύ πιο περίπλοκη και απαιτεί καλή κατανόηση της πυροοικολογίας. Τα οικολογικά χαρακτηριστικά κάθε είδους βλάστησης ενδιαφέροντος πρέπει να είναι καλά γνωστά και κατανοητά, ειδικά όσον αφορά τη σχέση του με τη φωτιά.

Ένας βασικός όρος στην οικολογία της πυρκαγιάς είναι αυτός του «καθεστώτος πυρκαγιάς» που περιγράφει το γενικό πρότυπο σύμφωνα με το οποίο οι πυρκαγιές συμβαίνουν φυσικά σε ένα συγκεκριμένο οικοσύστημα για μεγάλο χρονικό διάστημα. Ένα καθεστώς πυρκαγιάς ορίζεται από τις φυσικές και βιολογικές ιδιότητες αυτού του οικοσυστήματος και τις επικρατούσες μετεωρολογικές συνθήκες, αλλά και από τα χωρικά, χρονικά και συμπεριφορικά χαρακτηριστικά των πυρκαγιών που λαμβάνουν χώρα σε αυτό. Οι επιστήμονες ταξινομούν τα καθεστώτα πυρκαγιάς χρησιμοποιώντας έναν συνδυασμό παραγόντων όπως η συχνότητα, η ένταση, το μέγεθος, ο τρόπος εμφάνισης, η εποχή και η δριμύτητα. Οι Brown και Smith (2000) περιέγραψαν τέσσερις διαφορετικούς τύπους καθεστώτων πυρκαγιάς με βάση τη δριμύτητα:

Δάση

- Πυρκαγιά υπορόφου: Οι πυρκαγιές είναι συνήθως μη θανατηφόρες για την κυρίαρχη βλάστηση και δεν αλλάζουν τη δομή της. Είναι συνήθως χαμηλής έντασης επιφανειακή πυρκαγιά και συνήθως το 80% ή περισσότερο της κυρίαρχης βλάστησης είναι σε θέση να επιβιώσει από την πυρκαγιά.
- Μικτή πυρκαγιά: Η πυρκαγιά προκαλεί επιλεκτική θνησιμότητα στην κυρίαρχη βλάστηση και ποικίλη τροποποίηση των οικοτόπων ανάλογα με τη σοβαρότητα της πυρκαγιάς. Ο τύπος των δέντρων και η ευαισθησία τους στη φωτιά επηρεάζουν το αποτέλεσμα που μπορεί να ποικίλει μεταξύ καταστροφής του υπορόφου και συνολικής αντικατάστασης της συστάδας. Διαφοροποίηση του αποτελέσματος μπορεί να εμφανίζεται και μέσα σε μία μόνο πυρκαγιά.

Δάση, Θάμνοι και Λιβάδια

- Αντικατάσταση συστάδας: Η φωτιά σκοτώνει τα τμήματα της κυρίαρχης βλάστησης που βρίσκονται υψηλότερα από το επίπεδο του εδάφους, αλλάζοντας ουσιαστικά τη δομή της. Καταναλώνει ή σκοτώνει περισσότερο από το 80% της εγκάρσιας κυκλικής επιφάνειας ή περισσότερο από το 90% της κάλυψης της κόμης του ανωρόφου.
- Καθεστώς χωρίς πυρκαγιά. Μικρή ή καθόλου εμφάνιση φυσικής πυρκαγιάς. Κατά κανόνα πρόκειται για ένα υγρό περιβάλλον στο οποίο δεν είναι πιθανό να συμβεί πυρκαγιά.

Οι Brown και Smith (2000) ανέπτυξαν περαιτέρω ορισμούς σε χονδροειδή κλίμακα για τα φυσικά (ιστορικά) καθεστώτα πυρκαγιάς για τις ΗΠΑ και τους ερμήνευσαν για τη διαχείριση πυρκαγιών και καύσιμης ύλης. Αναγνώρισαν πέντε φυσικά (ιστορικά) καθεστώτα πυρκαγιάς και τα ταξινόμησαν με βάση τον μέσο αριθμό ετών μεταξύ των πυρκαγιών (συχνότητα πυρκαγιών) σε συνδυασμό με τη δριμύτητα αυτών (ποσοστό καταστροφής και αντικατάστασης της κυρίαρχης βλάστησης του ανωρόφου). Αυτά τα πέντε καθεστώτα φυσικής πυρκαγιάς περιλαμβάνουν:

i. Συχνότητα 0-35 ετών και χαμηλή (συχνότερα σε πυρκαγιές επιφανείας) έως μικτή δριμύτητα (αντικαθίσταται λιγότερο από το 75% της κυρίαρχης βλάστησης του ανωρόφου)

ii. Συχνότητα 0-35 ετών και μεγάλη δριμύτητα (πυρκαγιές αντικατάστασης συστάδας - αντικαθίσταται άνω του 75% της κυρίαρχης βλάστησης του ανωρόφου).

iii. Συχνότητα 35-100+ ετών και μεικτή δριμύτητα (αντικαθίσταται λιγότερο του 75% της κυρίαρχης βλάστησης του ανωρόφου).

iv. Συχνότητα 35-100+ ετών και μεγάλη δριμύτητα (πυρκαγιές αντικατάστασης συστάδας - αντικαθίσταται άνω του 75% της κυρίαρχης βλάστησης του ανωρόφου).

v. Συχνότητα 200+ ετών και μεγάλη δριμύτητα (αντικατάσταση συστάδας).

Όπου η συχνότητα πυρκαγιάς είναι ο μέσος αριθμός ετών μεταξύ πυρκαγιών, και η δριμύτητα είναι η επίδραση της πυρκαγιάς στην κυρίαρχη βλάστηση του ανωρόφου. Η γνώση του καθε-

στώτος πυρκαγιάς βοηθά στην κατανόηση του ρόλου της φωτιάς σε έναν συγκεκριμένο βιότοπο και στον κατάλληλο σχεδιασμό. Χωρίς καλή κατανόηση της οικολογίας της φωτιάς, η διαχείριση της πυρκαγιάς μπορεί να οδηγηθεί σε μεγάλα λάθη. Ο Stephens (2005) συνοψίζει μερικά από τα προβλήματα αυτού του τύπου που αντιμετωπίσθηκαν στην ιστορία της διαχείρισης πυρκαγιών στις ΗΠΑ, όπως τεκμηριώθηκαν και συζητήθηκαν από διάφορους συγγραφείς.

Στην περίπτωση στενών ενδημικών τύπων οικοτόπων με περιορισμένη περιοχή κάλυψης, δεν είναι εύκολο να μελετηθεί άμεσα ούτε η συχνότητα πυρκαγιών ούτε η δριμύτητά τους. Η μικρή έκταση δεν επιτρέπει την κατάταξη του ΣΕΤΟ σε μία από τις παραπάνω κατηγορίες πυρκαγιάς βάσει του ιστορικού πυρκαγιών. Για παράδειγμα, ένα δάσος ΣΕΤΟ μικρής έκτασης που ανήκει στο καθεστώς πυρκαγιάς V με συχνότητα πυρκαγιάς 200+ ετών, είναι πολύ πιθανό να μην έχει καεί στην πρόσφατη μνήμη. Επιπλέον, τμήματα αυτού του τύπου δάσους μπορεί να έχουν καεί πραγματικά στο μακρινό παρελθόν και, εάν το είδος δεν είναι προσαρμοσμένο στη φωτιά, μπορεί να έχουν αντικατασταθεί πλήρως από άλλη βλάστηση.

Λαμβάνοντας υπόψη τις παραπάνω δυσκολίες, οι διαχειριστές τέτοιων τύπων οικοτόπων πρέπει να προσδιορίσουν και να χρησιμοποιήσουν όλες τις πηγές πληροφοριών που μπορούν να βρουν για να αναπτύξουν την κατανόηση στην οποία θα βασίσουν τις αποφάσεις τους. Σε αυτά περιλαμβάνονται ιστορικές πληροφορίες σχετικά με παρελθούσες μικρές πυρκαγιές στην περιοχή με την τοποθεσία και τα χαρακτηριστικά τους, εξέταση της επανάκαμψης της βλάστησης μετά από αυτές τις πυρκαγιές και μετά από άλλες διαταραχές, χαρακτηρισμό των δασικών καυσίμων σε ώριμες και αναγεννώμενες συστάδες, και ανθρώπινες παρεμβάσεις (υλοτομία, βοσκή, αλλαγή χρήσης γης). Η αντοχή στη φωτιά και η πυραντίσταση των βασικών ειδών ενδιαφέροντος έχουν μέγιστη σημασία και πρέπει να χαρακτηρίζονται με σαφήνεια.

Τα είδη φυτών που δεν είναι ανθεκτικά στη φωτιά είναι συνήθως πολύ εύφλεκτα και καταστρέφονται εντελώς κατά τη διάρκεια πυρκαγιών. Μερικά από αυτά τα είδη δεν είναι σε θέση να ανακάμψουν φυσικά μετά από μια σοβαρή πυρκαγιά, ενώ άλλα έχουν προσαρμογές, όπως η διατήρηση κλειστών ώριμων κώνων στην κόμη πολλών πεύκων που είναι προσαρμοσμένα στη φωτιά, οι οποίοι διασφαλίζουν τη διαθεσιμότητα μιας πλούσιας τράπεζας σπόρων που ενεργοποιείται από τη φωτιά και εξασφαλίζει τη φυσική αναγέννηση (Thanos et al. 1996) (Εικ. 5.1). Τα πυρανθεκτικά φυτά είναι σε θέση να αντέξουν τη διέλευση μιας ελαφριάς έως μέτριας πυρκαγιάς επιφάνειας με μικρές ή καθόλου βλάβες, χάρη σε χαρακτηριστικά όπως παχύς φλοιός, βαθύ ριζικό σύστημα και, για μεγάλα δέντρα, κόμη που βρίσκεται σε σημαντική απόσταση από την καύσιμη ύλη στο έδαφος χάρη στη φυσική αποκλάδωση.

Οι διαχειριστές ενός ΣΕΤΟ θα πρέπει να γνωρίζουν αυτές τις ιδιότητες, ιδίως για τα βασικά είδη που διαχειρίζονται και θα πρέπει επίσης να ασχολούνται με τις αλληλεπιδράσεις τους με άλλα είδη (ανταγωνισμός για το φως και το νερό, κύκλος θρεπτικών συστατικών, κ.λπ.), ιδιαίτερα εάν πρόκειται για εισβολικά είδη. Πρέπει να εξετάσουν τα πιθανά ανεπιθύμητα αποτελέσματα μιας επιτυχημένης μακροπρόθεσμης πολιτικής πλήρους αποφυγής πυρκαγιάς, παράλληλα με το να αξιολογήσουν την ικανότητα των βασικών ειδών να αναγεννηθούν μετά από πυρκαγιά.

5.2. Κύριοι στόχοι της διαχείρισης πυρκαγιάς

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η περιορισμένη περιοχή κάλυψης αποκλείει την επιλογή μιας πολιτικής που θεωρεί τη φωτιά ως μέρος του φυσικού κύκλου ενός συγκεκριμένου ΣΕΤΟ και αναγνωρίζει τη δυνατότητα να επιτραπεί στις φωτιές να καίνε υπό συγκεκριμένες προϋποθέσεις και κάτω από προκαθορισμένες συνθήκες. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι πολλές περιοχές άγριας φυσικής ομορφιάς (wilderness areas) των ΗΠΑ. Ενώ η σχετική νομοθεσία (Wilderness Act) λέει με σαφήνεια ότι ορισμένες πυρκαγιές θα πρέπει να επιτραπούν να καίνε σε τέτοιες περιοχές, υπάρχουν περιοχές που είναι σχετικά μικρές ή βρίσκονται κοντά σε σημεία όπου μπορεί ενοχληθούν ή κινδυνεύσουν άνθρωποι, περιουσίες ή υποδομές και σε αυτές οι διαχειριστές δεν μπορούν να διακινδυνεύσουν να εφαρμόσουν αυτή την πολιτική (Blois 2017). Τα πράγματα είναι ακόμη πιο περιοριστικά σε τέτοιες πολιτικές όταν αφορούν με ΣΕΤΟ με περιορισμένη περιοχή κάλυψης.

Εικόνα *5.1*: *Πυκνή αναγέννηση χαλεπίου πεύκης (Pinus halepensis), ενός δέντρου που διατηρεί ώριμους κλειστούς κώνους στην κόμη του, κοντά στη λίμνη Καϊάφα στην Ηλεία της Πελοποννήσου, δύο χρόνια μετά την πυρκαγιά της 25ης Αυγούστου 2007.*

Ακόμα και αν τα βασικά είδη είναι προσαρμοσμένα στη φωτιά και η αναγέννηση μπορεί να θεωρηθεί ως βέβαιη, η ανάγκη διατήρησης της παρουσίας του οικοτόπου καθιστά την προστασία από μια καταστροφική πυρκαγιά απόλυτη προτεραιότητα.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, οι κύριοι στόχοι διαχείρισης των πυρκαγιών στο πλαίσιο της μακροπρόθεσμης διατήρησης ΣΕΤΟ με περιορισμένη περιοχή κάλυψης θα πρέπει να λαμβάνουν υπόψη τα εξής:

i. Πρέπει να ελαχιστοποιηθεί η πιθανότητα καταστροφής του ΣΕΤΟ από μια μεγάλης έντασης και μεγάλων διαστάσεων πυρκαγιά, δηλαδή να εφαρμοστεί αποτελεσματική πυροπροστασία.

ii. Να υπάρχει σοβαρή προετοιμασία για την περίπτωση μιας καταστροφικής πυρκαγιάς που θα κάψει το μεγαλύτερο μέρος (ή το σύνολο) της περιοχής ενδιαφέροντος, λαμβάνοντας μέτρα και έχοντας κάνει προγραμματισμό εκ των προτέρων, δηλαδή να έχει γίνει προετοιμασία για αποτελεσματική αποκατάσταση μετά την πυρκαγιά.

iii. Πρέπει να διασφαλίζεται μακροπρόθεσμα η καλή υγεία, η σύνθεση και η λειτουργία του οικοσυστήματος, παράλληλα με την εξυπηρέτηση του πρώτου στόχου της αποφυγής καταστροφής, δηλαδή να επιτευχθεί μακροπρόθεσμη και ουσιαστική διατήρηση του συγκεκριμένου τύπου οικοτόπου με τα χαρακτηριστικά του.

5.2.1. *Θέματα πυροπροστασίας*

Δεδομένης της ανάγκης ελαχιστοποίησης της πιθανότητας καταστροφής, η διαχείριση των πυρκαγιών πρέπει να δίνει πολύ μεγάλη έμφαση στην καταστολή τους. Ωστόσο, η εμπειρία σε όλο τον κόσμο έχει δείξει ότι ακόμη και οι καλύτεροι δασοπυροσβεστικοί μηχανισμοί, κάτω από εξαιρετικά δύσκολες καιρικές συνθήκες, δεν κατάφεραν να ελέγξουν κάποιες ακραίες πυρκαγιές, οι οποίες εξαπλώθηκαν ανεμπόδιστα για ώρες ή και ημέρες, έως ότου αλλάξουν οι συνθήκες. Αυτές οι πυρκαγιές ονομάζονται «μεγα-πυρκαγιές» και οι συνθήκες που τις οδηγούν έχουν συσχετιστεί με την κλιματική αλλαγή, τη συσσώρευση καυσίμων και τις εκτεταμένες περιοχές υψηλού κινδύνου πυρκαγιάς (συμπεριλαμβανομένων των ζωνών μίξης δασών-οικισμών και των υποδομών). Για ΣΕΤΟ με περιορισμένη περιοχή κάλυψης, μια τέτοια πυρκαγιά μπορεί να σημαίνει πλήρη εξάλειψη του οικοτόπου. Προφανώς λοιπόν, η ύπαρξη ισχυρών δυνάμεων και ικανότητας δασοπυρόσβεσης δεν είναι αρκετή. Προκειμένου να μειωθεί η πιθανότητα καταστροφικής πυρκαγιάς, βασική προϋπόθεση είναι η αποτελεσματική πρόληψη.

5.2.2. *Πρόληψη των πυρκαγιών και προκατασταλτικός σχεδιασμός*

Η πρόληψη των πυρκαγιών πρέπει να προγραμματιστεί πολύ προσεκτικά μέσω ενός εμπεριστατωμένου σχεδίου στο οποίο πρέπει να αναγνωρίζονται με σαφήνεια οι ιδιαιτερότητες της περίπτωσης. Προκειμένου να εξαλειφθούν ή τουλάχιστον να μειωθούν οι ενάρξεις πυρκαγιών, απαιτείται μια σε βάθος ανάλυση των αιτίων. Η τοποθεσία από την οποία ξεκίνησαν πυρκαγιές στο παρελθόν, ο χρόνος (μήνας, ημέρα, ώρα) έναρξης, οι αιτίες (προσδιορισμένες ή υποτιθέμενες), οι συνθήκες υπό τις οποίες ξέσπασαν οι πυρκαγιές, είναι πολύ σημαντικά στοιχεία που πρέπει να εξεταστούν προσεκτικά και να ληφθούν υπόψη. Για παράδειγμα, η συγκέντρωση ενάρξεων πυρκαγιών σε μια περιοχή μπορεί να σημαίνει ότι ένα συγκεκριμένο άτομο ή μια ομάδα ατόμων ενδέχεται να προκαλούν αυτές τις πυρκαγιές και να υπάρχει κάποιος συγκεκριμένος λόγος. Για παράδειγμα, οι γεωργικές και κτηνοτροφικές δραστηριότητες έξω από την περίμετρο του ΣΕΤΟ, μπορεί να έχουν σαν αποτέλεσμα αυξημένη πιθανότητα πρόκλησης πυρκαγιών που, ανάλογα με τις συνθήκες, μπορεί να εισέλθουν στην περιοχή ενδιαφέροντος. Επίσης, μερικές φορές, οι ΣΕΤΟ απαιτούν ειδική προστασία και περιορισμούς στις ανθρώπινες δραστηριότητες. Αυτό μπορεί να επηρεάσει αρνητικά τα συμφέροντα μερικών ανθρώπων που ζουν στην περιοχή, στους οποίους μπορεί να δημιουργηθεί εχθρότητα και αδιαφορία προς το δάσος. Σε ακραία περίπτωση αυτοί οι άνθρωποι μπορεί να γίνουν εμπρηστές. Προφανώς, απαιτείται καλή διερεύνηση των αιτίων των πυρκαγιών (fire cause investigation) και συστηματική τήρηση αρχείων για την υποστήριξη αυτής της ανάλυσης.

Οι επαφές με ανθρώπους στην περιοχή, συμπεριλαμβανομένων των εργαζομένων, των αγροτών, των συνταξιούχων, των κυνηγών κ.λπ. είναι βασικές για την κατανόηση των συναισθημάτων

τους, της σκέψης και των συμφερόντων τους, και του επιπέδου ανησυχίας τους για το περιβάλλον και τον συγκεκριμένο ΣΕΤΟ. Τέτοιες επαφές βοηθούν επίσης στο να είναι καλύτερα στοχευμένο και πιο αποτελεσματικό ένα πρόγραμμα για την εκπαίδευση και ευαισθητοποίηση των κατοίκων και μπορούν επίσης να δώσουν ευκαιρίες για ενεργή προσέλκυση εθελοντών για την πρόληψη των πυρκαγιών.

Η κατανόηση των αιτών των πυρκαγιών πρέπει να αποτελεί μέρος μιας ευρύτερης ανάλυσης που ονομάζεται «ανάλυση απειλής». Η Ανάλυση Απειλής Πυρκαγιάς (ΑΑΠ) εξετάζει και αξιολογεί τα στοιχεία που μπορεί να κινδυνέψουν από πυρκαγιά τις πιθανότητες έναρξης αυτής στον χώρο και τον χρόνο, τα σημεία και τις συνθήκες όπου η συμπεριφορά της πυρκαγιάς (εξάπλωση πυρκαγιάς, ένταση φωτιάς και μήκος φλόγας) μπορεί να είναι ιδιαίτερα έντονη, την ικανότητα καταστολής και τη συνολική πιθανότητα να προκληθούν σημαντικές ζημιές στο περιβάλλον και σε υλικά στοιχεία (περιουσιακά στοιχεία, υποδομές) και να κινδυνέψουν ανθρώπινες ζωές. Η απειλή από πυρκαγιά που θα ξεκινήσει εκτός του ΣΕΤΟ και θα φτάσει σε αυτόν προκαλώντας καταστροφές, πρέπει να εντοπίζεται και να αναλύεται χωριστά από μια πυρκαγιά που θα εκδηλωθεί εντός του ΣΕΤΟ προκαλώντας καταστροφές εκεί και πιθανώς έξω από την έκταση αυτού.

Το ΑΑΠ πρέπει να αναλύσει το δυναμικό πυρκαγιάς που σχετίζεται με την εμφάνιση πυρκαγιάς, τη βλάστηση και τη συμπεριφορά πυρκαγιάς (συναρτήσει της καύσιμης ύλης, του επικρατούντος καιρού και της υπάρχουσας τοπογραφίας), τις αξίες που διατρέχουν κίνδυνο (ζωές, περιουσιακά στοιχεία, μη εμπορεύσιμες αξίες κ.λπ.) και τέλος τη συνολική απειλή. Πρέπει επίσης να ληφθεί υπόψη η ικανότητα καταστολής (διαθέσιμες δυνάμεις και μέσα, οδική πρόσβαση, υποδομές πυρόσβεσης κ.λπ.). Αν και όλοι οι παράγοντες που συμβάλλουν στην απειλή μπορούν να αξιολογηθούν μέσω αξιολόγησης και κατάταξής τους σε αυθαίρετες κατηγορίες, αυτό είναι καλύτερα να αποφεύγεται, ιδιαίτερα όσον αφορά την αξιολόγηση της δριμύτητας της πυρκαγιάς, της καύσιμης ύλης και των καιρικών συνθηκών (Wilson 2004). Η στατιστική ανάλυση με τη βοήθεια περιγραφικών στατιστικών σε μορφή πινάκων και γραφημάτων και η ανάπτυξη επιπέδων πληροφορίας σε Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (ΓΣΠ ή GIS) με τη βοήθεια μοντελοποίησης της εξάπλωσης της πυρκαγιάς, μπορούν να βοηθήσουν στην χωρική και χρονική ποσοτική αξιολόγηση του καθενός από τα στοιχεία που συμβάλλουν στην απειλή πυρκαγιάς. Συστήματα μοντελοποίησης πυρκαγιάς, όπως το ελεύθερα διαθέσιμο σύστημα FlamMap[2] της Δασικής Υπηρεσίας των ΗΠΑ (Finney 2006, Salis et al. 2013), μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη χωρική αξιολόγηση της συμπεριφοράς της φωτιάς. Το FlamMap είναι μια εφαρμογή ανάλυσης πυρκαγιάς σε προσωπικό υπολογιστή που μπορεί να προσομοιώσει πιθανά χαρακτηριστικά συμπεριφοράς της πυρκαγιάς (ρυθμός εξάπλωσης, μήκος φλόγας, ένταση πυρκαγιάς κ.λπ.), να προσομοιώσει την εξάπλωσή της, και να αναλύσει την υπό όρους πιθανότητα να καεί μια περιοχή υπό συγκεκριμένες συνθήκες του περιβάλλοντος (καιρικές συνθήκες, υγρασία καύσιμης ύλης).

Η μεγαλύτερη πρόκληση μετά την αξιολόγηση των επί μέρους στοιχείων που συμβάλλουν στην απειλή της πυρκαγιάς, είναι πώς να συνδυαστούν αυτά προκειμένου να χαρακτηριστεί η συνολική απειλή στο χώρο και το χρόνο. Η απλή άθροιση ή ο πολλαπλασιασμός των παραμέτρων που αφορούν τον κίνδυνο έναρξης πυρκαγιάς, τον κίνδυνο που προέρχεται από την καύσιμη ύλη, των οικονομικών αξιών που κινδυνεύουν, κλπ. είναι πιθανό να παράγει μη έγκυρα αποτελέσματα. Οι σχέσεις μεταξύ των παραγόντων είναι περίπλοκες και συχνά μη γραμμικές και συχνά χαρακτηρίζονται από ανώτατα και κατώτατα όρια. Εξαιτίας αυτού, μέχρι στιγμής, δεν υπάρχει μια μοναδική μέθοδος στάθμισης της επιρροής των διάφορων παραγόντων ως προς τη συμβολή τους στην απειλή πυρκαγιάς. Το τελικό αποτέλεσμα της ΑΑΠ δεν πρέπει να είναι μόνο ένας δείκτης που έχει χαρτογραφηθεί χωρικά. Αντίθετα, λαμβάνοντας υπόψη τον σκοπό της ΑΑΠ (σε αυτή την περίπτωση την προστασία του ΣΕΤΟ) και τις σχέσεις μεταξύ των παραγόντων, το αποτέλεσμα πρέπει να περιλαμβάνει χάρτες και περιγραφές σχετικά με την απειλή πυρκαγιάς στον χώρο και το χρόνο, αναγνωρίζοντας και τις πηγές κινδύνου από τις οποίες προέρχεται η απειλή. Αυτό επιτρέπει την ανάπτυξη κατάλληλων στρατηγικών πρόληψης και μείωσης του κινδύνου πυρκαγιάς.

[2] https://www.firelab.org/project/flammap

Το αποτέλεσμα της ΑΑΠ πρέπει να καθοδηγήσει στις απαραίτητες προετοιμασίες για την περίπτωση σοβαρής πυρκαγιάς. Στην περίπτωση ενός ΣΕΤΟ, όπου η πυροπροστασία πρέπει να μεγιστοποιηθεί, τα μέτρα που πρέπει να εφαρμόζονται μπορεί να περιλαμβάνουν:

- Ενεργή πρόληψη πυρκαγιάς που απευθύνεται στον πληθυσμό και σε οποιεσδήποτε άλλες προσδιορισμένες πηγές πρόκλησης πυρκαγιάς (π.χ. βιομηχανίες, σιδηρόδρομοι, δίκτυα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας κ.λπ.) προκειμένου να μειωθούν οι πιθανές ενάρξεις.
- Προετοιμασία του αγροδασικού χώρου μέσω της διαχείρισης της καύσιμης ύλης (π.χ. διάσπαση της οριζόντιας και κάθετης συνέχειας) για τον περιορισμό του κινδύνου πυρκαγιάς.
- Ανάπτυξη απαραίτητων υποδομών όπως δρόμοι, δεξαμενές νερού, πυροσβεστικοί κρουνοί, ελικοδρόμια κ.λπ.
- Εξασφάλιση και προετοιμασία επαρκών δυνάμεων και μέσων πυρόσβεσης.
- Ανάπτυξη σεναρίων πιθανών συμβάντων πυρκαγιάς με αντίστοιχες τακτικές αντιμετώπισης. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με τη βοήθεια λογισμικού πρόβλεψης συμπεριφοράς πυρκαγιάς σε συνδυασμό με ανάλυση της τοπογραφίας, της προσβασιμότητας μέσω δρόμων και του δικτύου περιοχών όπου αναμένεται ηπιότερη συμπεριφορά πυρκαγιάς (αντιπυρικές ζώνες, στεγασμένες ζώνες μείωσης καύσιμης ύλης, πρόσφατα καμένες περιοχές, υδάτινα σώματα, βραχώδεις περιοχές γυμνές από βλάστηση, κ.λπ.).
- Διασφάλιση της διαθεσιμότητας ενός αξιόπιστου συστήματος πρόβλεψης κινδύνου πυρκαγιάς και καθορισμός κατάλληλων επιπέδων στελέχωσης και επιπέδου ετοιμότητας σύμφωνα με τις προβλέψεις αυτού.
- Δημιουργία κατάλληλου δικτύου ανίχνευσης πυρκαγιάς με χρήση κατάλληλων μέσων και τεχνολογιών, και ενός Συντονιστικού Κέντρου για γρήγορη και αποτελεσματική αποστολή δυνάμεων. Τα σενάρια πιθανών θέσεων πυρκαγιάς σε συνδυασμό με τις συνθήκες κινδύνου πυρκαγιάς, λαμβάνοντας υπόψη και τον απαιτούμενο χρόνο μετάβασης στην πυρκαγιά για τις δασοπυροσβεστικές δυνάμεις μπορούν να επιτρέψουν μια καλά υπολογισμένη απόκριση από το Κέντρο, ανάλογη των συνθηκών.

5.2.3. *Καταστολή πυρκαγιών*

Προκειμένου να ελαχιστοποιηθούν οι ζημιές και η πιθανότητα μιας πυρκαγιάς πολύ μεγάλης έντασης που θα είναι δύσκολο να ελεγχθεί, πρέπει να δοθεί έμφαση στην αρχική προσβολή, η οποία πρέπει να είναι γρήγορη και αποτελεσματική. Στην πραγματικότητα, για την περίπτωση ενός ΣΕΤΟ, είναι δικαιολογημένο να δοθεί αυξημένη έμφαση στην ασφάλεια, κάνοντας ένα σφάλμα τύπου Ι στην ορολογία της στατιστικής, δηλαδή αποστέλλοντας περισσότερες δυνάμεις από ότι θα απαιτείτο κανονικά, συμπεριλαμβανομένων των εναέριων μέσων, εάν η πρόβλεψη κινδύνου πυρκαγιάς υποδεικνύει την πιθανότητα εξέλιξης της πυρκαγιάς σε πυρκαγιά μεγάλης έντασης.

Καλά εκπαιδευμένες και προετοιμασμένες επίγειες δυνάμεις, με έμπειρους συντονιστές και καλά εκπαιδευμένο δασοπυροσβεστικό προσωπικό πρέπει να είναι στη θέση τους και να ενεργούν χωρίς καθυστέρηση. Πρέπει επίσης να είναι προετοιμασμένες για την περίπτωση που μια πυρκαγιά θα ξεφύγει την αρχική προσβολή, έχοντας κριτήρια για την έγκαιρη αναγνώριση μιας τέτοιας προοπτικής, προκειμένου να ζητηθούν άμεσα επιπλέον δυνάμεις. Ακόμη πρέπει να έχουν εκ των προτέρων έτοιμα σχέδια για την καταστολή μεγάλης πυρκαγιάς στην περιοχή τα οποία πρέπει να ενεργοποιηθούν χωρίς καθυστέρηση μόλις φανεί ότι η αρχική προσβολή απέτυχε.

Είναι απολύτως απαραίτητο να υπάρχει ένα σύστημα για να κληθούν προς υποστήριξη όλες οι διαθέσιμες δυνάμεις και μέσα που υπάρχουν στην περιοχή από τις διάφορες υπηρεσίες, εθελοντές, ένοπλες δυνάμεις κ.λπ., οι οποίες πρέπει να είναι έτοιμες να κινητοποιηθούν με τη μικρότερη δυνατή καθυστέρηση. Για τις δυνάμεις αυτές πρέπει να υπάρχει η κατάλληλη προετοιμασία και να τους δοθούν οι σωστές οδηγίες για αποδώσουν όσο πιο αποτελεσματικά γίνεται ανάλογα με τις δυνατότητές τους.

5.3. Θέματα αποκατάστασης μετά την πυρκαγιά

Για να είναι προετοιμασμένοι για την περίπτωση μιας καταστροφικής πυρκαγιάς που θα κάψει το

μεγαλύτερο μέρος (ή το σύνολο) της περιοχής ενδιαφέροντος, οι διαχειριστές θα πρέπει να σχεδιάσουν εκ των προτέρων, λαμβάνοντας τα κατάλληλα μέτρα. Ο επείγων χαρακτήρας και η έκταση των μέτρων εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τον βαθμό στον οποίο τα κύρια φυτικά είδη του ΣΕΤΟ είναι προσαρμοσμένα στη φωτιά και έχουν εξασφαλισμένη τη φυσική αναγέννηση.

Σε κάθε περίπτωση, για έναν ΣΕΤΟ με περιορισμένη περιοχή κάλυψης, είναι συνετό να αναζητηθούν περιοχές με παρόμοια περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά, που βρίσκονται σε σημαντική απόσταση από τον πυρήνα του ΣΕΤΟ, και να δημιουργηθούν εκεί μέσω τεχνητής αναδάσωσης νέες συστάδες με παρόμοια σύνθεση ειδών. Ακόμα και αν ο ΣΕΤΟ είναι προσαρμοσμένος στη φωτιά, σε περίπτωση καταστροφής από πυρκαγιά, θα απαιτηθούν πολλά έτη μέχρι να μπορέσει να παράγει σπόρους. Επιπλέον, η αναγεννώμενη συστάδα θα είναι σε ανώριμο στάδιο για δεκαετίες, κατά τη διάρκεια των οποίων οι «συστάδες-αντίγραφα» μπορούν να προσφέρουν την ευκαιρία για επίσκεψη, μελέτες, συλλογή σπόρων κ.λπ.

Εκτός από τη δημιουργία «συστάδων-αντιγράφων», είναι επιτακτική ανάγκη το γενετικό υλικό των βασικών ειδών του ΣΕΤΟ, να συλλέγεται και να διατηρείται σε τράπεζες αποθήκευσης σπόρων, προκειμένου να διευκολυνθεί μια προσπάθεια τεχνητής αναδάσωσης. Επιπλέον, είναι συνετό να διατηρείται κάποια παραγωγή φυταρίων των βασικών ειδών του ΣΕΤΟ σε δασικά φυτώρια. Αυτό μπορεί να διευκολύνει την ανάπτυξη περισσότερων «συστάδων-αντιγράφων», να επιτρέψει την ταχεία αποκατάσταση μικρών περιοχών που ενδέχεται να καούν, ειδικά από πυρκαγιές που εισέρχονται στον ΣΕΤΟ και να βοηθήσει σε ένα γρήγορο ξεκίνημα αρχικής αναδάσωσης σε περίπτωση εκτεταμένης καταστροφής. Σε όλα τα παραπάνω μέτρα, η διατήρηση της γενετικής ποικιλομορφίας των βασικών ειδών αποτελεί απόλυτη προτεραιότητα.

Σε περίπτωση εκτεταμένης πυρκαγιάς, τα είδη που είναι προσαρμοσμένα στη φωτιά πρέπει να αφήνονται να αναγεννηθούν με φυσικό τρόπο. Αυτό θα εξασφαλίσει τη βέλτιστη διατήρηση της βιοποικιλότητας και την ανάπτυξη υγιών νέων συστάδων. Όπου απαιτείται, πρέπει να εξασφαλίζεται η προστασία από απειλές όπως η διάβρωση του εδάφους (κυρίως σε απότομες πλαγιές και συγκεκριμένους τύπους εδάφους) και η έντονη βόσκηση. Προφανώς, απαιτείται στενή παρακολούθηση της εξέλιξης της αναγέννησης, καθώς και μέτρα, όπως η έγκαιρη και προσεκτική αραίωση της αναπτυσσόμενης νέας συστάδας, ώστε να μειωθεί ο κίνδυνος πυρκαγιάς σε αυτήν και να εξασφαλιστεί καλή δομή και γρήγορη ανάπτυξη. Όταν ένας ΣΕΤΟ που ανήκει στο καθεστώς V καεί, είναι εξαιρετικά απίθανο ότι τα κύρια φυτικά είδη που τον συνθέτουν είναι προσαρμοσμένα στη φωτιά και ότι είναι εξασφαλισμένη η φυσική του αναγέννηση. Σε τέτοιες περιπτώσεις, οι διαχειριστές πρέπει να επικεντρωθούν στις ιδιότητες του συγκεκριμένου είδους και στις δυσκολίες αναγέννησής του (π.χ. ανάγκη σκιάς εάν είναι είδος ανθεκτικό στη σκιά, διαθεσιμότητα σπόρων και απαιτήσεις για φύτρωση, φυσικοί εχθροί κ.λπ.).Όλα τα στοιχεία που αναφέρονται παραπάνω (*ex situ* συντήρηση, τράπεζα διατήρησης σπόρων) είναι ακόμη πιο σημαντικά για τέτοια είδη.

5.4. Μακροπρόθεσμα ζητήματα διατήρησης

Μια αποτελεσματική προστασία από πυρκαγιά συχνά δεν είναι αρκετή για να διασφαλιστεί η μακροχρόνια διατήρηση ενός ΣΕΤΟ που καταλαμβάνει περιορισμένη περιοχή. Με την μακρόχρονη απουσία πυρκαγιάς, ο ΣΕΤΟ μπορεί να αλλάξει με λεπτούς τρόπους που μακροπρόθεσμα μπορούν να οδηγήσουν σε προβλήματα για την προστατευόμενη περιοχή. Ειδικά για καθεστώτα πυρκαγιάς με μεγαλύτερη φυσική συχνότητα πυρκαγιών, τα προβλήματα ενδέχεται να επιδεινωθούν γρηγορότερα. Οι διαχειριστές πρέπει να γνωρίζουν την πιθανότητα για τέτοια εξέλιξη, θα πρέπει να παρακολουθούν με προσοχή την ανάπτυξη των συστάδων (ανταγωνισμός, διατήρηση ειδών, ύπαρξη αναγέννησης, νεκρώσεις, κλπ.) και πρέπει να ανταποκρίνονται ανάλογα, προσπαθώντας να προλαμβάνουν εγκαίρως τυχόν προβλήματα. Μερικά παραδείγματα είναι:

- Η έλλειψη πυρκαγιάς μπορεί να οδηγήσει σε αλλαγές στη δομή των συστάδων όσον αφορά τη σύνθεση, την πυκνότητα και τον ανταγωνισμό σε αυτές. Για παράδειγμα, τα σκιανθεκτικά είδη μπορούν να αναπτυχθούν στον υπόροφο, δημιουργώντας ένα πυκνό ενδιάμεσο επίπεδο που θα μπορούσε να αποτρέψει την αναγέννηση φωτόφιλων ειδών.
- Η βιοποικιλότητα μπορεί να επηρεαστεί αρνητικά καθώς πολλά φωτόφιλα είδη και τα είδη που εξαρτώνται από τη φωτιά μπορεί μακροπρόθεσμα να εξαφανιστούν.

- Ο υπόροφος των σκιανθεκτικών ειδών μπορεί να λειτουργήσει ως «σκάλα καύσιμης ύλης» που μπορεί να διευκολύνει τη μετάδοση των επιφανειακών πυρκαγιών στον ανώροφο, ξεκινώντας μια πυρκαγιά κόμης. Αυτό αυξάνει απότομα την ένταση της πυρκαγιάς και μπορεί να οδηγήσει σε πλήρη καταστροφή της συστάδας.
- Καθώς τα δέντρα μεγαλώνουν για μεγάλο χρονικό διάστημα, οι ασθένειες και τα έντομα προσβάλλουν πολλά γερασμένα δέντρα τα οποία πεθαίνουν. Η συσσώρευση νεκρού υλικού στο έδαφος επηρεάζει επίσης τον κίνδυνο πυρκαγιάς και την πιθανότητα πυρκαγιάς μεγάλης έντασης.
- Η συσσώρευση ενός παχέος στρώματος αποσυντιθέμενου νεκρού υλικού στο έδαφος, καθώς και λειχήνων, βρύων κ.λπ., μπορεί να αποτρέψει τη φυσική αναγέννηση.

Οι διαχειριστές πρέπει να γνωρίζουν όλα τα παραπάνω και να είναι έτοιμοι να λάβουν μέτρα για την αποφυγή αρνητικών επιπτώσεων που μπορεί να προκύψουν από την απουσία πυρκαγιάς. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η καλή κατανόηση της οικολογίας των ειδών, και ιδίως της οικολογίας της πυρκαγιάς στον συγκεκριμένο ΣΕΤΟ, είναι πολύ σημαντική, όσον αφορά τα απαραίτητα μέτρα και το χρονοδιάγραμμά τους, καθώς είναι εντελώς διαφορετική για τα οικοσυστήματα της Μεσογείου, της Κεντρικής Ευρώπης, τα αλπικά, τα θαλάσσια, του βορρά και για διάφορους άλλους τύπους οικοσυστημάτων (Johnson et al. 2001). Τα παραδείγματα μέτρων μπορεί να απαιτούνται περιλαμβάνουν τη διαχείριση της καύσιμης ύλης στον υπόροφο για τη μείωση του κινδύνου πυρκαγιάς, επιλεκτική αραίωση για την απομάκρυνση ανεπιθύμητων ειδών, δημιουργία ανοιγμάτων στον ανώροφο για να επιτρέπεται η είσοδος του φωτός που είναι απαραίτητη για την αναγέννηση φωτόφιλων ειδών, διάσπαση της συνέχειας της αποσυντιθέμενης ύλης στην επιφάνεια του εδάφους κλπ. (Collins and Schwartz 1998, Hille και Den Ouden 2004, Prévosto et al. 2012, κ.λπ.) (Εικ. 5.2).

Εικόνα *5.1*: *Μια συστάδα δασικής πεύκης (Pinus sylvestris) ηλικίας 113 ετών, στα Πιέρια όρη στην Ελλάδα, που αντιμετωπίζει πρόβλημα φυσικής αναγέννησης λόγω συσσώρευσης νεκρού υλικού στο έδαφος και ανταγωνισμού από φτέρες, χρειάζεται διαταραχή της επιφάνειας του εδάφους για να υποβοηθηθεί η βλάστηση και ρίζωση των σπόρων. Προδιαγεγραμμένο πυρ (αριστερά) και μηχανική διάσπαση της συνέχειας του φυλλοτάπητα και χούμου στο έδαφος (δεξιά) δοκιμάστηκαν πειραματικά ως τρόποι για να βοηθηθεί η φυσική αναγέννηση (Επιστημονικός υπεύθυνος Δρ. Νικόλαος Γρηγοριάδης, Ινστιτούτο Δασικών Ερευνών, Βασιλικά Θεσσαλονίκης).*

5.5. Μερικά παραδείγματα για υποστήριξη των ανωτέρω προτάσεων

5.5.1. *Το αποτέλεσμα της απόλυτης αποφυγής πυρκαγιάς*

Στις ΗΠΑ, υπάρχει ένας μακρύς κατάλογος επιστημονικών εργασιών που καταδεικνύουν ότι η πλήρης παρεμπόδιση των δασικών πυρκαγιών από τις αρχές του 19ου αιώνα άλλαξε τα φυσικά καθεστώτα πυρκαγιάς και μετά από μερικές δεκαετίες είχε ως αποτέλεσμα την απότομη αύξηση του κινδύνου πυρκαγιάς ιδιαίτερα στα Βραχώδη Όρη (Arno et al. 1995). Τα υπάρχοντα φωτογραφικά αρχεία παρέχουν άφθονη τεκμηρίωση (Crotteau et al. 2018). Ως αποτέλεσμα, τις τελευταίες 2-3 δεκαετίες, παρά τις ενίσχυση των δασοπυροσβεστικών δυνάμεων με προσωπικό και μέσα, οι πυρκαγιές έχουν πολύ μεγαλύτερη ένταση, είναι πολύ πιο δύσκολο να καταπολεμηθούν και έτσι γίνονται μεγαλύτερες και πολύ πιο επικίνδυνες και η διαχείρισή τους κοστίζει πολύ περισσότερο (Calkin et al. 2015). Το κατά πόσο αυτό το ευρέως αποδεκτό παράδειγμα ισχύει σε όλα τα οικοσυστήματα έχει αμφισβητηθεί σε αρκετές περιπτώσεις (Johnson et al. 2001), γεγονός που ενισχύει την ιδέα που παρουσιάζεται εδώ για την ανάγκη να κατανοήσουν οι διαχειριστές σε βάθος την οικολογία και τη λειτουργία του ΣΕΤΟ που πρέπει να διαχειριστούν.

5.5.2. *Η ανάγκη μακροπρόθεσμης διατήρησης της βιοποικιλότητας*

Τα λιβάδια της ψευδοαλπικής ζώνης στο Εθνικό Πάρκο της Οίτης στην Ελλάδα (NATURA 2000, οικότοπος προτεραιότητας 6230) έχουν αλλοιωθεί από την άποψη της βιοποικιλότητας λόγω της διακοπής των παραδοσιακών χρήσεων γης με την ίδρυση του Πάρκου, ιδίως της νομαδικής εκτροφής προβάτων, της περιοδικής καύσης των ανεπιθύμητων φυτών και της κοπής καυσόξυλων. Αυτή η αλλαγή έχει ως αποτέλεσμα την επικράτηση ανταγωνιστικών ειδών και, πάνω απ' όλα, την εισβολή, σε ένα πρώτο στάδιο, του νανώδους αρκεύθου (χαμόκεδρο) (*Juniperus communis* ssp. *nana*). Η εγκατάσταση του αρκεύθου ανοίγει το δρόμο για την επέκταση της κεφαλληνιακής ελάτης (*Abies cephalonica)*, που είναι ένα σκιανθεκτικό είδος που εκμεταλλεύεται τη σκιά του αρκεύθου για να φυτρώσει, να επιβιώσουν τα αρτίφυτρα στη σκιά και να ξεκινήσουν την ανάπτυξή τους. Η επέκταση των ξυλωδών φυτών απειλεί την ύπαρξη των λιβαδιών που αναπτύσσονται στα ανοίγματα του δάσους και την εξαφάνιση ορισμένων σπάνιων ενδημικών ποωδών ειδών που φύονται στην περιοχή. Χρειάστηκαν πολλές δεκαετίες για να συμβούν, να εντοπιστούν και να τεκμηριωθούν αυτές οι αλλαγές. Αυτό οδήγησε στην πειραματική δοκιμή προδιαγεγραμένου πυρός και μηχανικής κοπής ως τεχνικές επεμβάσεις προς μίμηση των παλιών πρακτικών. Οι δοκιμές είχαν σαν τελικό αποτέλεσμα τη σύσταση για εισαγωγή του προδιαγεγραμμένου πυρός και της βόσκησης προβάτων στις πρακτικές διαχείρισης ώστε να διατηρηθεί αυτός ο τύπος οικοτόπου (Mantzanas et al. 2018) (Εικ. 5.3).

Εικόνα *5.3*: *Προδιαγεγραμμένη καύση στο Εθνικό Πάρκο της Οίτης για τον έλεγχο της επέκτασης του αρκεύθου.*

5.5.3. *Η πυρκαγιά του φοινικοδάσους της Πρέβελης στην Κρήτη*

Η Πρέβελη είναι μια τοποθεσία στη νότια ακτή της Κρήτης, στο νομό Ρεθύμνου. Είναι γνωστή για το ιστορικό μοναστήρι της, τη λιμνοθάλασσα και την παραλία που βρίσκεται πιο χαμηλά από το μοναστήρι και μία συστάδα φοινίκων που αναπτύσσεται πίσω από την παραλία. Η περιοχή είναι ένας σημαντικός τουριστικός προορισμός. Ο φοίνικας στην Πρέβελη, που ονομάζεται Κρητικός φοίνικας ή φοίνικας του Θεόφραστου (*Phoenix theophrasti*), είναι ενδημικός στην ανατολική πε-

ριοχή της Μεσογείου, με πολύ περιορισμένη εξάπλωση σε λίγες περιοχές που περιλαμβάνουν μερικά σημεία στη νότια Ελλάδα, λίγες τοποθεσίες στην Κρήτη και τα κοντινά νησιά, καθώς και ορισμένα μέρη στην Τουρκική ακτή.

Η μεγαλύτερη έκταση του φοινικοδάσους στην Πρέβελη κάηκε στις 22 Αυγούστου 2010 (Εικ. 5.4). Οι δασοπυροσβεστικές δυνάμεις αποδείχθηκαν απροετοίμαστες και ανεπαρκείς για τον έλεγχο της πυρκαγιάς. Ένα σύστημα πυροπροστασίας που είχε εγκατασταθεί με κόστος 1,2 εκατομμυρίων ευρώ δεν λειτούργησε. Μετά την πυρκαγιά έγινε μεγάλη συζήτηση σχετικά με την καταστροφή και τα μέτρα μετά την πυρκαγιά που θα ήταν κατάλληλα, αλλά το τι μέτρα έπρεπε να ληφθούν για την αποκατάσταση. Σύντομα έγινε προφανές ότι δεν υπήρχε πραγματική γνώση του τι αναμένεται σχετικά με την αντίδραση του συγκεκριμένου είδους στην πυρκαγιά. Όμως, μέσα σε λίγους μήνες, έγινε εμφανές ότι τα καμένα δέντρα παρήγαγαν νέους βλαστούς, ενώ υπήρξε σημαντική αναγέννηση με νέα σπορόφυτα. Τελικά, τα μόνα μέτρα προστασίας που ελήφθησαν για τα επόμενα δύο χρόνια είχαν να κάνουν με την αποφυγή της βόσκησης και του ποδοπατήματος των νέων φυταρίων. Τρία χρόνια αργότερα η περιοχή ήταν ξανά διαθέσιμη για τουριστικές επισκέψεις (Εικ. 5.5).

Εικόνα *5.4*: *Το φοινικόδασος της Πρέβελης (αριστερά) δύο ημέρες μετά την πυρκαγιά στις 22 Αυγούστου 2010 (δεξιά) (Φωτογραφίες: WWF Ελλάς / Δρ. Ευαγγελία Κορακάκη)*

Εικόνα *5.5*: *Το φοινικόδασος Πρέβελη, πλήρως αναγεννημένο το 2015 (Photo credit: Stafpapa URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/user:Stafpapa, under Creative Commons License, source:https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/fa/ ΠΑΡΑΛΙΑ_ΠΡΕΒΕΛΗ.jpg).*

5.5.4. *Το παράδειγμα της Ισπανικής ελάτης (Abies pinsapo)*

Η Ισπανική ελάτη (*Abies pinsapo*) είναι επίσης γνωστή ως το μπλε Ισπανικό έλατο. Είναι είδος ενδημικό στην Ισπανία και το Μαρόκο και είναι το πιο ανθεκτικό στην ξηρασία από όλα τα έλατα. Η περιοχή που συναντάται είναι πολύ περιορισμένη με μόνο τρεις θύλακες στη νότια Ισπανία και δύο στο βόρειο Μαρόκο. Είναι ένα είδος που χαρακτηρίζεται ως ευάλωτο, έχει υποστεί έντονη ανθρωπογενή πίεση (Linares et al. 2011) και η διαχείρισή του απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή. Τα δάση *A. pinsapo* στη Sierra de las Nieves αναγνωρίστηκαν ως «απολιθώματα» (relict) από την UNESCO Biosphere Reserve το 1995 και στη συνέχεια, συμπεριλήφθηκαν στο Παράρτημα I της Οδηγίας για τους Οικότοπους (92/43/ΕΟΚ) που προστατεύει τους τρεις βασικούς οικοτόπους στην Ισπανία (Αριανούτσου et al. 2012).

Κατά τις τελευταίες δεκαετίες έχουν καταγραφεί αρκετές απώλειες συστάδων του Ισπανικού ελάτου λόγω πυρκαγιών παρά το γεγονός ότι το είδος δεν είναι ιδιαίτερα εύφλεκτο (Esteban et al. 2010). Λόγω της ευαισθησίας του είδους, τα χαρακτηριστικά αναγέννησής του και η διατήρησή του έχουν προσελκύσει μεγάλη ερευνητική προσοχή τις τελευταίες δύο δεκαετίες, παράλληλα με μέτρα διατήρησης. Σήμερα, όλα τα δάση Ισπανικού ελάτου στην Ισπανία και το Μαρόκο καλύπτονται από κάποια μορφή προστασίας, η οποία στοχεύει να τα προφυλάξει από αλόγιστη χρήση ή αξιοποίηση. Αυτά τα δάση τώρα ανακάμπτουν, μετά από χρόνια εντατικής βόσκησης και χρήσης της ξυλείας τους για κατασκευή, καυσόξυλα και κάρβουνα. Ωστόσο, αυτά τα «δάση-απολιθώματα» σήμερα αντιμετωπίζουν τις νέες απειλές της κλιματικής αλλαγής, τον εμπρησμό και την εμφάνιση ασθενειών και προσβολών από έντομα (Esteban et al. 2010).

Στο πλαίσιο προστασίας από πυρκαγιές, οι Cortés-Molino et al. (2020) συνδύασαν πληροφορίες από εναέριο LIDAR και ημισφαιρικές εικόνες που λήφθηκαν στο πεδίο με το ForeStereo - μια συσκευή απογραφής δασών - για να εκτιμήσουν την ευπάθεια και να σχεδιάσουν στρατηγικές διατήρησης για την *A. pinsapo* με βάση τη χαρτογράφηση του κινδύνου πυρκαγιάς και τη χωρική μεταβλητότητα της δομής του ανωρόφου. Αναγνώρισαν έξι μοντέλα καύσιμης ύλης στη μεγαλύτερη έκταση της *A. pinsapo* (252 εκτάρια), την οποία εξέτασαν, και με βάση αυτά δημιούργησαν έναν χάρτη καύσιμης ύλης. Στη συνέχεια, χρησιμοποίησαν το λογισμικό FlamMap για σενάρια προσομοίωσης πυρκαγιάς με βάση τα μοντέλα καύσιμης ύλης, τη δομή των συστάδων και την τοπογραφία. Επιπλέον, ανέλυσαν τη δομή του ανωρόφου για να αξιολογήσουν την κατάσταση και την ευπάθειά της. Η αξιολόγησή τους έδειξε ότι υπάρχει μια νέα αναπτυσσόμενη συστάδα στον υπόροφο που αυξάνει την παρουσία των μοντέλων καύσιμης ύλης που μπορούν να δώσουν υψηλό ρυθμό εξάπλωσης πυρκαγιάς αυξάνοντας την πιθανότητα καταστροφής από πυρκαγιά (Cortés-Molino et al. 2020).

5.6. Συμπέρασμα

Η διαχείριση των πυρκαγιών στο πλαίσιο της μακροπρόθεσμης διατήρησης στενών ενδημικών τύπων οικοτόπων με περιορισμένη περιοχή κάλυψης είναι μια πολύ περίπλοκη εργασία που απαιτεί καλή κατανόηση της πυροοικολογίας του κάθε τύπου κατά περίπτωση, καθώς και καλή κατανόηση των αρχών της πυροπροστασίας. Η αποτελεσματική καταστολή των πυρκαγιών δεν είναι αρκετή. Όλες οι πτυχές που περιγράφονται παραπάνω πρέπει να εξεταστούν προσεκτικά προκειμένου να διασφαλιστεί ότι τα ληφθέντα μέτρα μπορούν να εφαρμόζονται μακροπρόθεσμα, χωρίς αρνητικές παρενέργειες και ότι έχουν προβλεφθεί εγκαίρως συγκεκριμένες εναλλακτικές λύσεις και έχουν ληφθεί μέτρα για την περίπτωση που μια αναπόφευκτη πυρκαγιά ή ένας άλλος φυσικός κίνδυνος, θέσουν σε κίνδυνο την ύπαρξη του συγκεκριμένου ΣΕΤΟ.

5.7. Βιβλιογραφία

Arianoutsou M., Leone V., Moya D., Lovreglio R., Delipetrou P., de las Heras J. (2012) Management of threatened, high conservation value, forest hotspots under changing fire regimes. In: Moreira F., Arianoutsou M., Corona P., De las Heras J. (Eds) Post-Fire Management and Restoration of Southern European Forests. Springer, Dordrecht, pp. 257-291.

Arno S.F., Harrington M.G., Fiedler C.E., Carlson C.E. (1995) Restoring fire-dependent ponderosa pine forests in western Montana. Restoration & Management Notes, 13(1): 32-36.

Blois M. (2017) Wilderness areas are a laboratory for fire scientists, managers. Article at Treesource.org (available at: https://treesource.org/news/management-and-policy/wilderness-areas-are-a-laboratory-for-fire-scientists-managers/)

Brown J.K., Smith J.K. (2000) Wildland fire in ecosystems: effects of fire on flora. *Gen.* Tech. Rep. RMRS-GTR-42-vol. 2. Ogden, UT: US Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. pp. 257.

Calkin D.E., Thompson M.P., Finney M.A. (2015) Negative consequences of positive feedbacks in US wildfire management. Forest Ecosystems, 2(1): 9.

Collins W.B., Schwartz C.C. (1998) Logging in Alaska's boreal forest: Creation of grasslands or enhancement of moose habitat. Alces 34(2): 355-374.

Cortés-Molino Á., Aulló-Maestro I., Fernandez-Luque I., Flores-Moya A., Carreira J.A., Salvo A.E. (2020) Using ForeStereo and LIDAR data to assess fire and canopy structure-related risks in relict *Abies pinsapo* Boiss. forests. PeerJ 8: e10158.

Crotteau J.S., Hood S.M., Lutes D.C., Keyes C.R., Sala A., Harrington M.G. (2018) Management and Succession at the Lick Creek Demonstration/Research Forest, Montana. Journal of Forestry 116: 481-486. *Includes supplement.*, *116*, 481-486.

Esteban L.G., De Palacios P., Aguado L.R.L. (2010) *Abies pinsapo* forests in Spain and Morocco: threats and conservation. Oryx 44(2): 276-284.

Finney M.A. (2006) An overview of FlamMap fire modeling capabilities. In: Andrews P.L., Butler B.W. (comps.) Fuels Management-How to Measure Success: Conference Proceedings. 28-30 March 2006; Portland, OR. Proceedings RMRS-P-41. Fort Collins, CO: US Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, (Vol. 41), pp. 213-220.

Hann W.J., Bunnell D.L. (2001) Fire and land management planning and implementation across multiple scales. International Journal of Wildland Fire 10(4): 389-403.

Hille M., Den Ouden J. (2004) Improved recruitment and early growth of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seedlings after fire and soil scarification. European Journal of Forest Research 123(3): 213-218.

Johnson E.A., Miyanishi K., Bridge S.R.J. (2001) Wildfire regime in the boreal forest and the idea of suppression and fuel buildup. Conservation Biology, 15(6): 1554-1557.

Linares J.C., Carreira J.A., Ochoa V. (2011) Human impacts drive forest structure and diversity. Insights from Mediterranean mountain forest dominated by *Abies pinsapo* (Boiss.). European Journal of Forest Research, 130(4): 533-542.

Mantzanas K., Evangelou Ch., Papanastasis V., Solomou A., Lyrintzis G. Ispikoudis S., Xanthopoulos G., Tsagkari K., Karetsos G. (2018) Restoration of pseudoalpine belt meadows in the National Park of Oiti. p. 295-301. In: Parisi Z., Kakouros P. (Eds) Proceedings of the 9th Pan-Hellenic Congress on Range Management, Larissa, 9-12 October 2018. Hellenic Range and Pasture Society, Thessaloniki, pp.450.

Prévosto B., Amandier L., Quesney T., de Boisgelin G., Ripert C. (2012) Regenerating mature Aleppo pine stands in fire-free conditions: site preparation treatments matter. Forest Ecology and Management 282: 70-77.

Salis M., Ager A.A., Arca B., Finney M.A., Bacciu V., Duce P., Spano D. (2013) Assessing exposure of human and ecological values to wildfire in Sardinia, Italy. International Journal of Wildland Fire 22(4): 549-565.

Stephens S.L. (2005) Forest fire causes and extent on United States Forest Service lands. International Journal of Wildland Fire 14(3): 213-222.

Thanos C.A., Daskalakou E.N., Nikolaidou S. (1996). Early post-fire regeneration of a *Pinus halepensis* forest on Mount Párnis, Greece. Journal of Vegetation Science 7(2): 273-280.

Wilson A.A.G. (2004) Analysis of wildfire threat-issues and options. Department of Sustainability and Environment, Victoria, Australia. Research Report No. 55, pp.26.