ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΤΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΤΗΣ ΔΑΣΙΚΗΣ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ ΤΟΥ ΑΥΓΟΥΣΤΟΥ ΤΟΥ 2023 ΣΤΟΝ ΕΒΡΟ

Αθανασίου Μιλτιάδης[1], Δούρος Αντώνιος[2], Ποϊραζίδης Κωνσταντίνος[3], Ξόφης Παντελεήμων[4], Ζαφειρόπουλος, Βασίλειος[5], Καψάλης Ελευθέριος[5], Τζηρίτης, Ηλίας[2]

[1]Ελληνικός Γεωργικός Οργανισμός ΔΗΜΗΤΡΑ, Ινστιτούτο Μεσογειακών Δασικών Οικοσυστημάτων, Τέρμα Αλκμάνος, 11528, Αθήνα, e-mail: m.athanasiou@elgo.gr
[2]WWF-Ελλάς, Αθήνα, Χαριλάου Τρικούπη 119-121, Τ.Κ.11473, a.douros@wwf.gr , e.tziritis@wwf.gr
[3]Ιόνιο Πανεπιστήμιο, Τμήμα Περιβάλλοντος, Ζάκυνθος, Τ.Κ. 29100 Παναγούλα, kpoiraz@ionio.gr
[4]Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Τμήμα Φυσικού Περιβάλλοντος και Κλιματικής Ανθεκτικότητας, Δράμα, 1ο χλμ Δράμας-Μικροχωρίου, Τ.Κ. 66131, pxofis@neclir.duth.gr
[5]Εταιρία Προστασίας Βιοποικιλότητας Θράκης, Δαδιά Σουφλίου, Τ.Κ. 68400, v.zafeiropoulos@spbt.gr , e.kapsalis@spbt.gr

Περίληψη
Στην παρούσα εργασία περιγράφεται η συμπεριφορά της δασικής πυρκαγιάς του Αυγούστου του 2023 στον Έβρο η οποία, ως το αποτέλεσμα της ένωσης δύο δασικών πυρκαγιών, έκαψε έκταση 94.250,04 εκταρίων, δασικής κυρίως βλάστησης στην περιφερειακή ενότητα του Έβρου και σε μικρή περιοχή της περιφερειακής ενότητας Ροδόπης. Η πρώτη δασική πυρκαγιά ξέσπασε στις 19 Αυγούστου, στη Μελία της Πυλαίας, του Δήμου Αλεξανδρούπολης και η δεύτερη στις 21 Αυγούστου, κοντά στο ύψωμα Γκίμπρενα της Δαδιάς, του Δήμου Σουφλίου. Η συμπεριφορά της δασικής πυρκαγιάς του 2023 στον Έβρο τεκμηριώθηκε αξιοποιώντας κυρίως (α) πρωτογενές φωτογραφικό και μαγνητοσκοπημένο υλικό και παρατηρήσεις από εθελοντές δασοπυροσβέστες κατά τη διάρκεια της χωρικής εξάπλωσής της, (β) δορυφορικά δεδομένα καθώς και (γ) δεδομένα που συλλέχθηκαν από τα μέσα κοινωνικής δικτύωσης και μαζικής ενημέρωσης.

Λέξεις κλειδιά: *Συμπεριφορά δασικής πυρκαγιάς, Έβρος, Δαδιά, Αλεξανδρούπολη.*

Εισαγωγή

Δύο από τις δασικές πυρκαγιές οι οποίες έλαβαν χώρα τον Αύγουστο του 2023 στον Έβρο, η πυρκαγιά που ξέσπασε πιθανότατα από κεραυνό περίπου στις 04:30 (π.μ.) της 19ης Αυγούστου, νοτιοδυτικά του οικισμού Μελία της Δημοτικής Κοινότητας Πυλαίας, της Δημοτικής Ενότητας Φερών, του Δήμου Αλεξανδρούπολης (πυρκαγιά της Πυλαίας) και η πυρκαγιά που ξέσπασε την 21η Αυγούστου βορειοδυτικά του υψώματος Γκίμπρενα, της κοινότητας Δαδιάς, της Δημοτικής Ενότητας Σουφλίου, του Δήμου Σουφλίου λίγο πριν τις 12:34 (μ.μ.) (πυρκαγιά της Γκίμπρενας), ενώθηκαν στις 21 Αυγούστου, σε μία δασική πυρκαγιά που από εδώ και στο εξής στην παρούσα εργασία, θα αναφέρεται ως «η πυρκαγιά του Έβρου». Θεωρείται ως η μεγαλύτερη δασική πυρκαγιά από την άποψη της καμένης έκτασης, που έχει καταγραφεί μέχρι σήμερα στην ιστορία της Ευρώπης. Οι άκαυτες νησίδες εντός της καμένης έκτασης ήταν 5.590,66 ha, κάηκαν 80.340 ha δασών και δασικών εκτάσεων ενώ οι υπόλοιπες εκτάσεις ήταν κυρίως αγροτικές (Σουρβάς κ.α. 2024). Κύριος στόχος της παρούσας εργασίας είναι η συνοπτική παρουσίαση της χωρικής και χρονικής διακύμανσης της έντασης και του ρυθμού εξάπλωσης της δασικής πυρκαγιάς έτσι ώστε να εξαχθούν διδάγματα για το μέλλον.

Υλικά και Μέθοδοι

Η τεκμηρίωση της συμπεριφοράς και η αναδόμηση της χωρικής εξάπλωσης της δασικής πυρκαγιάς του 2023 στον Έβρο, βασίστηκε σε α) παρατηρήσεις και καταγραφές που έλαβαν χώρα κατά την εξάπλωσή της, β) δεδομένα που συλλέχθηκαν από τα μέσα κοινωνικής δικτύωσης και μαζικής ενημέρωσης, γ) δορυφορικά δεδομένα, δ) καταγραφές και μετρήσεις που έλαβαν χώρα κατά τις επισκέψεις στις καμένες περιοχές, ε) συνεντεύξεις από εθελοντές και επαγγελματίες πυροσβέστες καθώς και από κατοίκους οι οποίοι συμμετείχαν με οργανωμένο τρόπο και συστηματικά στη δασοπυρόσβεση και σε στ) δεδομένα που εξασφαλίστηκαν μέσω συναντήσεων εργασίας με τοπικούς φορείς οι οποίες διοργανώθηκαν από τους συγγραφείς. Για τη διασφάλιση της ποιότητας των

υπολογισμών και των μετρήσεων και τη μείωση των σφαλμάτων (Alexander and Cruz 2013), τηρήθηκαν με συνέπεια συγκεκριμένες τεχνικές και διαδικασίες (Pickford and Sandberg 1975, Rothermel 1983, Rothermel and Rinehart 1983, Clements et al. 1983, Norum and Miller 1984, McMahon et al. 1986, Lawson and Armitage 2008, Alexander and Thomas 2003a, Αθανασίου 2015).

Στις μετρήσεις αυτές και τους υπολογισμούς που αφορούσαν τον ρυθμό εξάπλωσης (ROS, $m \cdot min^{-1}$), το μήκος φλόγας (L, m) και την ένταση (I, $kW \cdot m^{-1}$) της πυρκαγιάς, προστέθηκε πληροφορία για τους τύπους βλάστησης, για τον τύπο δασικής πυρκαγιάς (Van Wagner 1977, Αθανασίου 2019), τις επικρατούσες μετεωρολογικές συνθήκες, τα εκάστοτε γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά και επισημάνθηκαν οι περιπτώσεις μετάδοσης με καύτρες (Αθανασίου & Ξανθόπουλος 2013, Athanasiou and Xanthopoulos 2018). Σχετικά με τις μετρήσεις του ROS, σε Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (ΓΣΠ) επιβεβαιωνόταν η θέση του παρατηρητή, τα οριζόντια αζιμούθια της φωτογράφησης ή της μαγνητοσκόπησης της εξέλιξης της πυρκαγιάς οπότε εντοπίζονταν οι διαδοχικές θέσεις τμημάτων της περιμέτρου της πυρκαγιάς για τις οποίες ήταν γνωστές η ημερομηνία και η ώρα (Alexander and Thomas, 2003b). Κάποιες μετρήσεις αφορούσαν σε εξάπλωση α) κεφαλής της πυρκαγιάς, β) πλευράς δηλαδή πλευρική εξάπλωση ή γ) πτέρνας της πυρκαγιάς δηλαδή οπισθοδρομούσα εξάπλωση. Αξιοποιήθηκε επίσης, ψηφιακό μοντέλο εδάφους (Digital Elevation Model: DEM, Creative Commons Attribution 3.0 License, www.ktimatologio.gr), με μέγεθος εικονοστοιχείου (pixel size) 5 μέτρα (m).

Σχετικά με τις οπτικές εκτιμήσεις του L, αξιοποιήθηκαν δένδρα γνωστών δενδρομετρικών χαρακτηριστικών και ξεπεράστηκαν επίσης δυσκολίες εκτίμησης του L στις περιπτώσεις εξάπλωσης της πυρκαγιάς σε απότομες πλαγιές (Ryan 1981) ή/ και λόγω του καπνού και της μειωμένης ορατότητας. Οι υπολογισμοί της I έγιναν με βάση μαθηματικές σχέσεις των Byram (1959), Fernandes et al. (2009), Nelson and Adkins (1986), Vega et al. (1998), Catchpole et al. (1998), Fernandes et al. (2000) και Butler et al. (2004). Σύμφωνα με τις κλάσεις του πίνακα 1, ο βαθμός αξιοπιστίας των παρατηρήσεων, μετρήσεων και καταγραφών της συμπεριφοράς των πυρκαγιών, ήταν α) κατηγορίας 2 για όλες τις μετεωρολογικές μετρήσεις, β) κατηγορίας 2 για όλες οι καταγραφές της βλάστησης και γ) κατηγορίας 2, που επιβεβαιώθηκαν από δεδομένα της κατηγορίας 3, για το σύνολο των μετρήσεων του ROS.

Πίνακας 1. *Κλάσεις αξιοπιστίας, της μέτρησης των μετεωρολογικών συνθηκών, της καταγραφής των δασικών καυσίμων και της μέτρησης του ROS δασικών πυρκαγιών (Gould et al. 2011).*

Table 1. *Classification of the reliability of various methods for measuring meteorological conditions, describing forest fuels, and documenting wildfire rate of spread (ROS), based on the origin and nature of the data sources as well as the measurement techniques employed. (Gould et al. 2011).*

Βαθμονόμηση	**Μετεωρολογικές μετρήσεις**	**Δασικά καύσιμα**	**ROS**
1	Κοντινοί μετεωρολογικοί σταθμοί ή άμεσες μετρήσεις στο πεδίο της πυρκαγιάς	Προσδιορισμός των χαρακτηριστικών των δασικών καυσίμων από αλλομετρική εξίσωση	Άμεση χρονομέτρηση της εξάπλωσης της πυρκαγιάς από το συγγραφέα – ερευνητή που πραγματοποιεί την ανάλυση
2	Μετεωρολογικοί σταθμοί σε απόσταση μικρότερη των 50 km από την πυρκαγιά	Προσδιορισμός των χαρακτηριστικών των δασικών καυσίμων από οπτική εκτίμηση της γειτονικής βλάστησης	Αξιόπιστη χρονομέτρηση της εξάπλωσης της πυρκαγιάς από τρίτο πρόσωπο
3	Μετεωρολογικοί σταθμοί σε απόσταση μεγαλύτερη των 50 km από την πυρκαγιά, αναδόμηση (παρεμβολή) για τον υπολογισμό της ταχύτητας του ανέμου στην περιοχή της πυρκαγιάς	Προσδιορισμός των χαρακτηριστικών των δασικών καυσίμων από καμπύλη ηλικίας, ανεπτυγμένη για δασικό τύπο παρόμοιας δομής	Αναδόμηση τεκμηρίωση του χρονικού εξάπλωσης της πυρκαγιάς με διασταύρωση πολλών αναφορών και πληροφοριών
4	Σημειακές μετεωρολογικές μετρήσεις κοντά στην πυρκαγιά	Τυπικά χαρακτηριστικά των δασικών καυσίμων σε ξηρό σκληρόφυλλο δάσος	Αμφίβολη αναδόμηση τεκμηρίωση του χρονικού εξάπλωσης της πυρκαγιάς
5	Απομακρυσμένες μετεωρολογικές μετρήσεις σε περιοχές πολύ διαφορετικές από την περιοχή της πυρκαγιάς		Σποραδικές ή αλληλοσυγκρουόμενες αναφορές για την εξάπλωση της πυρκαγιάς

Οι τιμές της επί τοις εκατό (%) περιεχόμενης υγρασίας στα λεπτά νεκρά δασικά καύσιμα (FDFMC) (Rothermel 1983), εκτιμήθηκαν με βάση α) τις μετρήσεις της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας του αέρα, β) τον μήνα και την ώρα της μέτρησης, γ) την υψομετρική διαφορά ανάμεσα στην περιοχή εξάπλωσης της πυρκαγιάς και τη θέση λήψης των μετεωρολογικών μετρήσεων, δ) την μορφολογική κλίση και τον προσανατολισμό της περιοχής εξάπλωσης της πυρκαγιάς και ε) το ποσοστό κάλυψης και σκίασης των επιφανειακών καυσίμων.

Αποτελέσματα

Από την πυρκαγιά του Έβρου η οποία έκαψε έκταση 94.250,04 εκταρίων (ha) αγροδασικής βλάστησης στην Περιφερειακή Ενότητα του Έβρου και σε μικρή περιοχή της Περιφερειακής Ενότητας Ροδόπης, έχασαν τη ζωή τους 20 άνθρωποι και αναφέρθηκαν επίσης τραυματισμοί πυροσβεστών και στρατιωτικών.

Η πυρκαγιά της Πυλαίας ήταν πυρκαγιά υψηλής έντασης για μεγάλα χρονικά διαστήματα, κυρίως πυρκαγιά επιφανείας σε μακκία βλάστηση που όμως εξαπλώθηκε και ως παθητική ή ενεργή πυρκαγιά κόμης σε περιοχές με ψηλά δένδρα (Πίνακας 2). Μεταδόθηκε νότια της Εγνατίας οδού μετά το μεσημέρι της 19^{ης} Αυγούστου 2023 ενώ κατά τις απογευματινές ώρες της 20^{ης} Αυγούστου 2025, στην ευρύτερη περιοχή γύρω από το χωριό Νίψα, εξαπλώθηκε με ROS που κυμάνθηκε από 15 έως 50 $m \cdot min^{-1}$ (πίνακας 2).

Ο ROS της πυρκαγιάς της Γκίμπρενας, μία περίπου ώρα μετά την έναρξή της, στις 21 Αυγούστου 2023 καθώς εξαπλωνόταν προς τα νότια, νοτιοδυτικά, έφτασε τα 12 $m \cdot min^{-1}$, στη συνέχεια προσέγγισε τα 38 $m \cdot min^{-1}$ ενώ οι μέγιστες τιμές του ROS των καθοδηγούμενων από τον άνεμο δακτύλων της πυρκαγιάς της Γκίμπρενας, από την έναρξή της έως την ευρύτερη περιοχή στην οποία η ενώθηκε με την πυρκαγιά της Πυλαίας, κυμάνθηκαν από 45 έως 75 $m.min^{-1}$ (πίνακας 2). Κατά τις πρώτες ώρες εξάπλωσης της δασικής πυρκαγιάς της Γκίμπρενας (Σχήμα 1), παρατηρήθηκε η ανάπτυξη διαδοχικών ισχυρών κατακόρυφων επαγωγικών στηλών από τα βορειοανατολικά προς τα νοτιοδυτικά, που δημιουργούνταν κυρίως στις προστατευμένες από τον άνεμο κοιλάδες ενώ ταυτόχρονα τα τμήματα της περιμέτρου που βρίσκονταν εκτεθειμένα στον άνεμο, σε υδροκρίτες και πλαγιές, εξαπλώνονταν καθοδηγούμενα από τον άνεμο. Η αλληλεπίδραση των κατακόρυφων επαγωγικών στηλών με την ατμόσφαιρα αλλά και μεταξύ τους καθώς και το γεγονός ότι πολλοί δάκτυλοι της πυρκαγιάς ήταν καθοδηγούμενοι από τον άνεμο και ενίοτε και από την τοπογραφία, αύξησαν σημαντικά την ένταση της πυρκαγιάς και το βάθος της ζώνης ενεργής καύσης ενίοτε ξεπερνούσε κατά πολύ τα 40 m (Alexander et al. 2013).

Σχήμα 1. *Η πυρκαγιά της Γκίμπρενας την 21^{η} Αυγούστου, μετά τις 16:00. Τμήματα της περιμέτρου, εκτεθειμένα στον άνεμο, εξαπλώνονται καθοδηγούμενα από αυτόν ενώ ισχυρές κατακόρυφες επαγωγικές στήλες δημιουργούνται κυρίως σε προστατευμένες από τον άνεμο περιοχές. Λήψη από το Σουφλί, πηγή: https://www .youtube.com /watch?v=rt9rPDUdZ7A*

Figure 1. *Photo taken from Soufli on August 21st, after 16:00. Wind-driven fire fingers in weather-exposed areas interact with strong vertical convective columns, which form primarily on lee-side slopes and in wind-sheltered valleys, intensifying wildfire behavior.*

Η πτέρνα της πυρκαγιάς της Γκίμπρενας έως το απόγευμα της 21ης Αυγούστου εξαπλώθηκε με ROS έως και 1 m·min^{-1} ο οποίος κυμάνθηκε έως και το απόγευμα της 23ης Αυγούστου σε τμήματά της, από 0,1 m·min^{-1} έως 2 m·min^{-1}. Στις 24 και 25 Αυγούστου 2023 στην περιοχή της Δαδιάς υπήρξαν μεγάλα χρονικά διαστήματα κατά τη διάρκεια οποίων η διεύθυνση του γενικού ανέμου ήταν μεταβλητή, κατάσταση η οποία επικρατούσε κατά διαστήματα έως και τις 28 Αυγούστου.

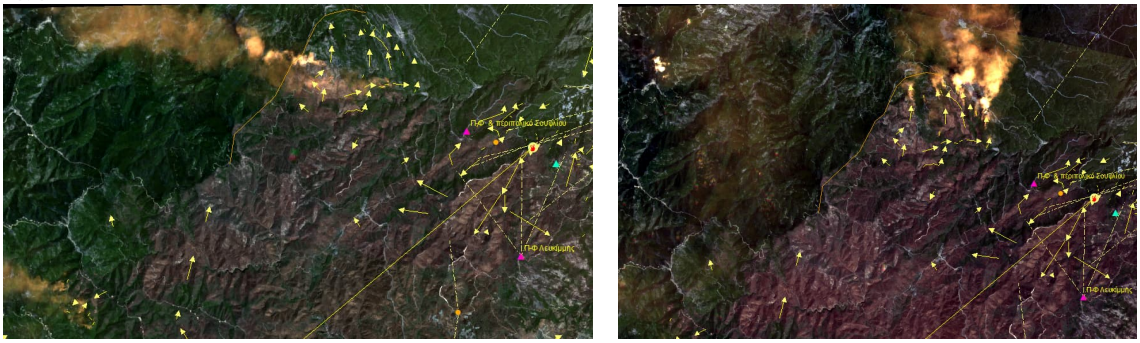
Πίνακας 2. *Μετρήσεις συμπεριφοράς της πυρκαγιάς του Έβρου. Όπου: FDFMC (%) η εκτιμώμενη ελάχιστη επί τοις εκατό περιεχόμενη υγρασία στα λεπτά νεκρά δασικά καύσιμα, V_{10m} (km h^{-1}) η ταχύτητα του ανέμου στο ύψος των 10 μέτρων (m) από το έδαφος, $V10_{m-max}$ (km h^{-1}) η μέγιστη ταχύτητα του ανέμου στο ίδιο ύψος από το έδαφος, ROS (m·min^{-1}) ο ρυθμό εξάπλωσης L (m) το μήκος φλόγας και I (kW·m^{-1}) η ένταση της πυρκαγιάς, (ΜΣΑ): δεδομένα από τον μετεωρολογικό σταθμό της Αλεξανδρούπολης της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (ΕΜΥ), με κωδικό 16627, (ΑΜΣΣ): δεδομένα από τον αυτόματο μετεωρολογικό σταθμό του Σουφλίου της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (ΕΜΥ), με κωδικό 16851, * Η διακύμανση των μέγιστων τιμών, ** Οι ορατές φλόγες πάνω από τον ανώροφο του δάσους τραχείας πεύκης, *** Εντός της συστάδας*

Table 2. *Measurements of wildfire behavior during the Evros fire. Where: FDFMC (%): Fine Dead Fuel Moisture Content, V10m (km·h^{-1}): Wind speed at 10 meters above ground, V10m-max (km·h^{-1}): Maximum wind speed at the same height above ground, ROS (m·min^{-1}): Rate of fire spread, L (m): Flame length, I (kW·m^{-1}): Fireline intensity, (MSA): Data from the Alexandroupolis meteorological station of the Hellenic National Meteorological Service, station code 16627, (AMSS): Data from the automatic meteorological station of Soufli (HNMS), station code 16851, * Variation of maximum values, ** Visible flames above the overstory of Calabrian pine forest, *** Inside the forest stand.*

Ημέρα	Ώρα	Περιοχή	FDFMC (%)	V_{10m}-$V_{10m-max}$	Βλάστηση	Εξάπλωση	ROS (m·min^{-1})	L (m)	I (kW·m^{-1})
19/8/2023	Μετά τις 15:30	πέριξ Δωρικού	5	44-66 (ΜΣΑ)	αείφυλλα πλατύφυλλα & συστάδες πεύκης	κεφαλή	N/A	7-20	15.000-80.000
20/8/2023	Μετά τις 15:30	πέριξ Νίψας	4	38-68 (ΜΣΑ)	αγροδασική	κεφαλή	15 - 50	N/A	N/A
21/8/2023	Από την έναρξη της πυρκαγιάς της Γκίμπρενας έως την ένωσή της με την πυρκαγιά της Πυλαίας	Η ευρύτερη περιοχή	3	25-60 (ΑΜΣΣ)	δάσος τραχείας πεύκης & αείφυλλα πλατύφυλλα	κεφαλή	45-75*	>30**	έως 90.000
22/8/2023	Μετά τις 15:20	τμήμα της βορειοδυτικής πλευράς, κοντά στην πτέρνα της πυρκαγιάς της Γκίμπρενας	3	20-49	δάσος τραχείας πεύκης	πλευρά	N/A	40**	έως 110.000
23/8/2023	Μετά τις 07:20	δυτικά της Δαδιάς	10	νηνεμία***	ξηροτάπητας	πτέρνα	N/A	≤0,2	≤14
23/8/2023	Απογευματινές ώρες	πέριξ Συκορράχης	5	30-55 (ΜΣΑ)	αείφυλλα πλατύφυλλα	κεφαλή	N/A	≤12	19.000-39.000
23/8/2023	Λίγο πριν τις 20:00	δυτικά της Δαδιάς	9	νηνεμία***	ξηροτάπητας	πτέρνα	N/A	≤0,35	≤31
24/8/2023	Λίγο πριν τις 01:00	αντιπυρική ζώνη των Κατρατζήδων	10	νηνεμία	αείφυλλα πλατύφυλλα	πλευρά	N/A	4-6	2.300-11.000
25/8/2023	Μετά τις 14:00	πέριξ της Δαδιάς	4	8-30	αείφυλλα πλατύφυλλα	κεφαλή	N/A	4	≤5.400

Οι μεταβλητές διευθύνσεις του ανέμου στις 28 Αυγούστου, δεν προκάλεσαν άμεσα ορατές αλλαγές στην εξάπλωση της πτέρνας της πυρκαγιάς λόγω του ότι για αρκετές ώρες, ο άνεμος ήταν ασθενής στην ευρύτερη περιοχή ή επικρατούσε νηνεμία καθώς και λόγω των όχι πολύ χαμηλών τιμών της FDFMC. Τις πρώτες πρωινές ώρες της 29ης Αυγούστου οι διευθύνσεις ήταν επίσης μεταβλητές. Στις 29 Αυγούστου η διεύθυνση του γενικού ανέμου άλλαξε από βορειοανατολική σε ανατολική, νοτιοανατολική (Σχήμα 2.α) και στην συνέχεια την 30η Αυγούστου από ανατολική σε νότια, νοτιοδυτική (Σχήμα 2.β). Κατά την εξάπλωση της πυρκαγιάς της Γκίμπρενας προς τα βόρεια, βορειοανατολικά,

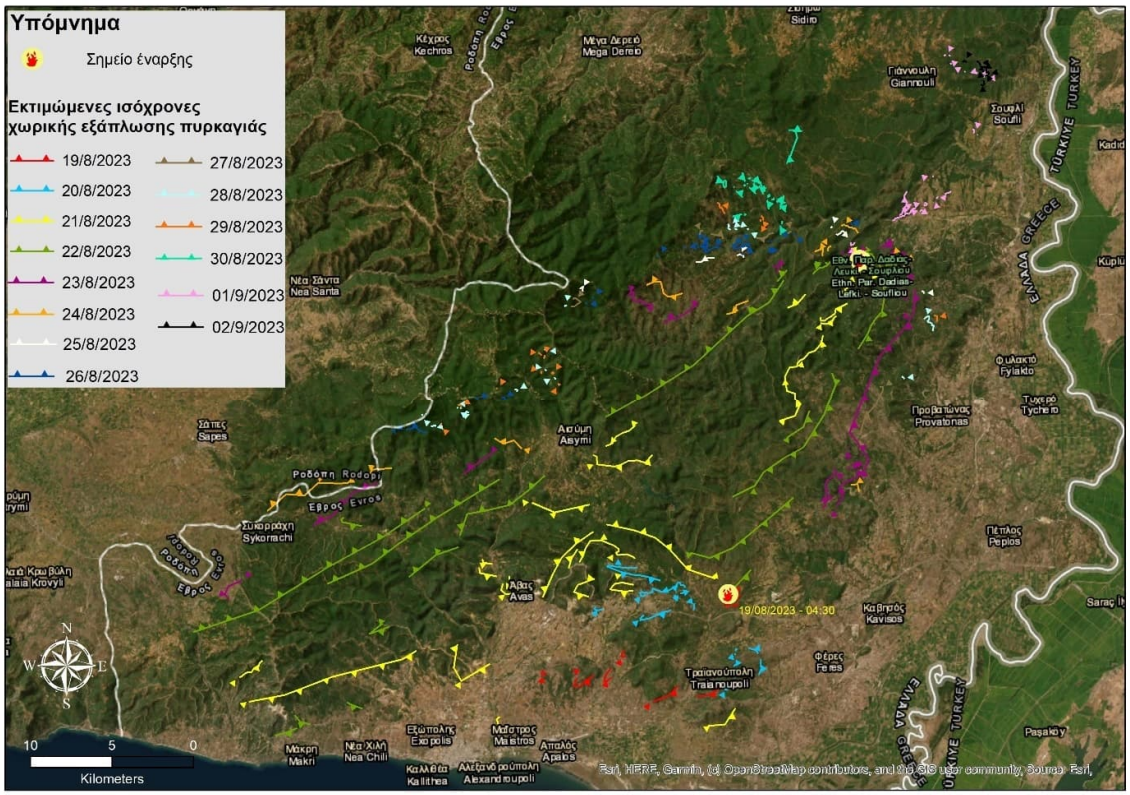
κατά τις μεσημβρινές και απογευματινές ώρες της 30ης Αυγούστου, οι τιμές του ROS ήταν για σημαντικά χρονικά διαστήματα της τάξης των 9 έως 12 $m \cdot min^{-1}$. Από τις 29 Αυγούστου έως τις 2 Σεπτεμβρίου, διάστημα κατά το οποίο η διεύθυνση του γενικού ανέμου άλλαξε διαδοχικά από βορειοανατολική σε ανατολική, νοτιοανατολική, νότια, νοτιοδυτική, βορειοδυτική, βόρεια και τελικά εκ νέου σε βορειοανατολική, εκτιμάται ότι κάηκε έκταση μεγαλύτερη των 12.000 ha. Η πυρκαγιά της Γκίμπρενας ήταν κατά διαστήματα ενεργή ή παθητική πυρκαγιά κόμης πολύ υψηλής έντασης (Σχήμα 1) ενώ υπήρξαν και σημαντικά χρονικά διαστήματα κατά τη διάρκεια των οποίων, σε τμήματα της περιμέτρου της πυρκαγιάς του Έβρου, η ένταση ήταν χαμηλή έως μέση (πίνακας 1). Η αναδόμηση της χωρικής εξάπλωσης της δασικής πυρκαγιάς του 2023 στον Έβρο, οπτικοποιείται πολύ συνοπτικά, στο σχήμα 3.



(α) (β)

Σχήμα 2. *Δορυφορικές εικόνες Planet α) στις 14:07:40 (τοπική ώρα) της 29ης Αυγούστου και (β) στις 14:16:44 (τοπική ώρα) της 30ης Αυγούστου. Είναι εμφανής η αλλαγή της διεύθυνσης του γενικού ανέμου.*

Figure 2. *Planet satellite images: (a) 14:07:40 local time, August 29th; (b) 14:16:44 local time, August 30th. A clear change in the general wind direction is visible.*



Σχήμα 3. *Εκτιμώμενες ισόχρονες χωρικής εξάπλωσης των δασικών πυρκαγιών της Πυλαίας και της Γκίμπρενας, που ενώθηκαν σε μία, στη δασική πυρκαγιά του Έβρου, το 2023.*

Figure 1. *Estimated spread isochrones of Pylaia and Gibrena wildfires which merged into the Evros wildfire, in 2023.*

Με βάση την ανάλυση των μέχρι σήμερα διαθέσιμων δεδομένων, οι πυρκαγιές της Πυλαίας και της Γκίμπρενας δεν μεταδόθηκαν με σημαντικό αριθμό σημειακών πυρκαγιών στις περιοχές που καλύπτονταν κυρίως από θαμνώδη ή δενδρώδη βλάστηση. Στις λίγες περιπτώσεις που εντοπίστηκαν σημειακές πυρκαγιές σε θαμνώδη ή δενδρώδη βλάστηση, αυτές είχαν δημιουργηθεί σε μικρές αποστάσεις από την περίμετρο (Σχήμα 4.α). Η πυρκαγιά της Πυλαίας διαδόθηκε και με καύτρες αλλά κυρίως όπου αυτές προσγειώνονταν σε καλλιέργειες που καλύπτονταν από ξερά χόρτα (Σχήμα 4.β).

(α)

(β)

Σχήμα 4. *(α) Μία σημειακή πυρκαγιά έχει δημιουργηθεί σε απόσταση μικρότερη των 50 μέτρων από πλευρά δακτύλου της πυρκαγιάς του Έβρου, γύρω στις 17:00 της 23ης Αυγούστου. Ο ρυθμός αύξησης της σημειακής πυρκαγιάς είναι χαμηλός (πηγή: https:// www. youtube.com /watch ?v= rVCd XwWruOk). Η τιμή της FDFMC εκείνη την ώρα στην περιοχή, εκτιμάται ότι ήταν 7%., (β) Μετάδοση με καύτρες στις 19 Αυγούστου, σε καλλιέργειες https: //www. youtube.com /watch?v=sXy2Afn8B9g*

Figure 4. *(a) A spot fire ignited at less than 50 meters from a fire finger of the Evros wildfire, around 17:00 on August 23rd. The growth rate of the spot fire was low. The estimated Fine Dead Fuel Moisture Content (FDFMC) at that time in the area was approximately 7%, (b) A significant number of spot fires were observed on August 19th across cultivated fields.*

Συζήτηση - Συμπεράσματα

Τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στην παρούσα εργασία διατυπώνονται με πολύ συνοπτικό τρόπο αλλά είναι ισχυρά τεκμηριωμένα. Η αξιοποίηση των διαθέσιμων περιγραφικών και γεωχωρικών δεδομένων επέτρεψε την τεκμηρίωση της συμπεριφοράς της πυρκαγιάς και την αναδόμηση της εξάπλωσής της (Αθανασίου 2024). Δύο από τα σημαντικά εμπόδια που έπρεπε και σε αυτή την περίπτωση να ξεπεραστούν, ήταν το κόστος της εξασφάλισης μετρήσεων υψηλής ποιότητας και η αφιέρωση άφθονου χρόνου και κόπου (Albini et al. 2012, Αθανασίου 2015) που πάντα απαιτούνται κατά την τεκμηρίωση της πραγματικής συμπεριφοράς των δασικών πυρκαγιών (Alexander and Thomas 2003a,b) τόσο στο πεδίο όσο και στο γραφείο. Για την αποφυγή ανακριβών εκτιμήσεων, χονδροειδών λαθών και εσφαλμένων συμπερασμάτων, οι μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν δεν αποτελούνται αποκλειστικά από αυτοματοποιημένες τεχνικές, καθώς η συμπεριφορά των δασικών πυρκαγιών χαρακτηρίζεται από αυξημένη πολυπλοκότητα λόγω της διαρκούς χωροχρονικής αλληλεπίδρασης πολλών παραγόντων κατά την εξάπλωσή τους.

Στην Ελλάδα δεν υπάρχει συστηματική τεκμηρίωση της συμπεριφοράς δασικών πυρκαγιών ούτε επίσημο σχετικό αρχείο. Η τεκμηρίωση αρκετών πυρκαγιών κατά τις τελευταίες δεκαετίες είναι το αποτέλεσμα προσωπικών πρωτοβουλιών οι οποίες πολλές φορές δεν χρηματοδοτούνται (Αθανασίου και Ξανθόπουλος 2009, Αθανασίου και Δημακογιάννης 2018). Σημαντικό επίσης εμπόδιο σε αυτές τις προσπάθειες τεκμηρίωσης είναι ότι ενίοτε, πρωτογενή δεδομένα φορέων που μπορούν να διευκολύνουν σημαντικά την ανάλυση, επιταχύνοντας επίσης την τεκμηρίωση, δεν παρέχονται προς αξιοποίηση στους διενεργούντες την προσπάθεια. Απουσία πόρων και λόγω των καθυστερήσεων που προκύπτουν από τα παραπάνω προβλήματα, οι προσπάθειες αυτές αργούν να δημοσιευτούν σε διεθνή περιοδικά να καταχωρηθούν ως τεκμηριωμένη γνώση και να γίνουν ορατές στην Ελληνική πραγματικότητα αλλά και στη διεθνή κοινότητα (Αθανασίου και Ξανθόπουλος 2021).

Οι συνθήκες κατά τη δασοπυρόσβεση είναι συχνά εξαιρετικά αντίξοες. Σε κάποιες περιπτώσεις, από ευκαιρίες που χάνονται κάποιες ώρες ή μέρες, διαμορφώνονται εξαιρετικά πολύπλοκες, δυσεπίλυτες καταστάσεις που συχνά δημιουργούν ανυπέρβλητα εμπόδια ακόμη και σε πολύ έμπειρους και ικανούς αξιωματικούς ή/και πυροσβέστες. Η δυνατότητα εκτίμησης της συμπεριφοράς των δασικών πυρκαγιών, η εμπειρία και οι πρακτικές δεξιότητες μπορούν μεν να υποστηρίξουν σημαντικά την αποτελεσματικότητα της δασοπυρόσβεσης, όμως είναι και η διάθεση ουσιαστικής συνεργασίας, η ανοικτή επικοινωνία και η εξωστρέφεια εκ μέρους των στελεχών φορέων, που είναι απαραίτητες προϋποθέσεις επίσης. Η σύσταση «ομάδων ειδικών», χωρίς την εξασφάλιση αυτών των τελευταίων

προϋποθέσεων, δεν είναι καθόλου βέβαιο ότι θα προκαλέσει, άμεσα, σημαντικές βελτιώσεις. Ο καθορισμός κοινών στρατηγικών στόχων με βάση την επιστημονική ανάλυση του προβλήματος μπορεί να είναι μια αρχή αλλά μία από τις εγγυήσεις επιτυχίας σχετικών μελλοντικών εγχειρημάτων είναι οπωσδήποτε η ειλικρινής διάθεση συνεργασίας. Εκτός από την εκπαίδευση, η εμπιστοσύνη και η δημιουργική συνεργασία ανάμεσα στους ειδικούς, τους φορείς και τους πολίτες είναι προϋποθέσεις της δημιουργίας ανθεκτικών στις δασικές πυρκαγιές κοινοτήτων (McCaffrey et al. 2012, Gillson et al. 2019, Mort et al. 2020, Pastor et al. 2022).

Ευχαριστίες

Η παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο του έργου του WWF Ελλάς με τίτλο «Μαθαίνοντας από την πυρκαγιά του Έβρου: Αξιολόγηση του μηχανισμού δασοπυρόσβεσης και προτάσεις για τη βελτίωση του» με την χρηματοδότηση του ιδρύματος Α.Γ. Λεβέντη.

Abstract

The Evros wildfire resulting from the merging of two forest fires in August 2023 in the Evros region, is regarded as the largest in terms of burned area ever recorded in European history. This report includes a description of the spread and behaviour of the wildfire of Evros, from August 19 to September 3, 2023. The reconstruction of the wildfire spread, and the documentation of its behaviour were based on: (a) photographic evidence during the fire that was later georeferenced, (b) data collected from visits to burned areas, (c) satellite data, (d) data from testimonials of individuals as well as professional and volunteer firefighters who were involved in the firefighting effort and (e) data collected from information broadcast by the media in those days.

Βιβλιογραφία

Alexander, M.E., Thomas D.A., 2003a. Wildland Fire Behavior Case Studies and Analyses: Value, approaches, and practical uses. Fire Management Today, 63(3): 4-8.

Alexander, M.E., Thomas D.A., 2003b. Wildland Fire Behavior Case Studies and Analyses: Other Examples, Methods, Reporting Standards, and Some Practical Advice. Fire Management Today, 63 (4): 4-12.

Alexander M. E. and M. G. Cruz 2013. Limitations on the accuracy in model predictions of wildland fire behavior: A state-of-the-knowledge overview. The Forestry Chronicle Vol. 89, No 3 May/June 2013.

Αθανασίου Μ., Γ. Ξανθόπουλος. 2009. Η συμπεριφορά των μεγάλων δασικών πυρκαγιών του 2007 στην Ελλάδα. Σελ. 591-602. Στα πρακτικά του 14ου Πανελλήνιου Δασολογικού Συνεδρίου με θέμα "Οικολογική και Κοινωνικοοικονομική αποκατάσταση πυρόπληκτων περιοχών - Προστασία Φυσικού Περιβάλλοντος", 1-4 Νοεμβρίου 2009, Πάτρα. Ελληνική Δασολογική Εταιρεία. 1101 σελ.

Αθανασίου, Μ., Ξανθόπουλος, Γ., 2013. Παρατηρήσεις μετάδοσης δασικών πυρκαϊών με καύτρες στην Ελλάδα Σελ. 30-40. Στα πρακτικά του 16ου Πανελλήνιου Δασολογικού Συνεδρίου, 6-9 Οκτωβρίου 2013, Θεσσαλονίκη. Ελληνική Δασολογική Εταιρεία, Θεσσαλονίκη. 1144 σελ.

Αθανασίου Μ. 2015. Συμβολή στην επιλογή της καλύτερης μεθόδου πρόβλεψης της συμπεριφοράς δασικών πυρκαγιών για την Ελλάδα. Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος, Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών. 408 σελ.

Αθανασίου Μ., Δ. Δημακογιάννης. 2018. Η συμπεριφορά της πυρκαγιάς και το δυστύχημα στο Βαθύ Λακωνίας στις 22 Αυγούστου 2011. Πυροσβεστική Επιθεώρηση, Μάϊος – Ιούνιος 2018, 189 Β: 4-9.

Αθανασίου Μ. 2019. Πυρκαγιές κόμης σε Μεσογειακά πευκοδάση στην Ελλάδα: Σύγκριση της παρατηρηθείσας συμπεριφοράς με τις προβλέψεις του CFIS και μια εμπειρική προσέγγιση της πρόβλεψης της συμπεριφοράς τους. Σελ. 279-292. Στα πρακτικά του 19ου Πανελλήνιου Δασολογικού Συνεδρίου, 29 Σεπτεμβρίου - 2 Οκτωβρίου 2019, Λιτόχωρο Πιερίας. Ελληνική Δασολογική Εταιρεία. 675 σελ.

Αθανασίου Μ., Ξανθόπουλος Γ. 2021. Η συμπεριφορά της φονικής δασικής πυρκαγιάς της 23ης Ιουλίου 2018 στην Ανατολική Αττική. Σελ. 64-72. Στα πρακτικά του 20ου Πανελλήνιου Δασολογικού Συνεδρίου, 3-6 Οκτωβρίου 2021, Τρίκαλα. Ελληνική Δασολογική Εταιρεία. 900 σελ.

Αθανασίου Μ. 2024. Η συμπεριφορά & εξάπλωση της πυρκαγιάς του Έβρου, τον Αύγουστο του 2023: Προκαταρκτικά αποτελέσματα. Έργο «Μαθαίνοντας από την πυρκαγιά του Έβρου: Αξιολόγηση του μηχανισμού δασοπυρόσβεσης και προτάσεις για τη βελτίωση του». WWF Ελλάς, Αθήνα, 77 σελ.

Athanasiou, M., Xanthopoulos, G., 2018. Observations on wildfire spotting occurrence and characteristics in Greece. In proceedings of the 8th International Conference on Forest Fire Research: Advances in Forest Fire Research, 9-16 November 2018, Coimbra, Portugal. D. G. Viegas, Editor. ADAI/CEIF, University of Coimbra, Portugal. Abstract p. 113, full text on CD (p. 588-597), https://doi.org/10.14195/978-989-26-16-506_65.

Albini F.A., Alexander M.E. and M.G. Cruz. 2012 A mathematical model for predicting the maximum potential spotting distance from a crown fire. International Journal of Wildland Fire 21(5):609-627.

Alexander, M.E., Cruz, M.G., Vaillant, N.M., Peterson., D.L., 2013. Crown fire behavior characteristics and prediction in conifer forests: a state-of-knowledge synthesis. Joint Fire Science Program, Boise, Idaho. JFSP 09-S-03-1 Final Report. 39 p.

Butler B.W., Finney M.A., Andrews P.L. and F.A. Albini. 2004. A radiation driven model for crown fire spread. Canadian Journal of Forest Research 34(8): 1588-1599.

Byram, G.M. 1959. Combustion of forest fuels; Forest fire behavior. in Davis, K.P., ed. Forest fire: Control and use. New York: McGraw-Hill: 61-89, 90-123.

Catchpole W.R., Catchpole E.A., Rothermel R.C., Morris G.A., Butler B.W. and D.J. Latham. 1998. Rate of spread of free-burning fires in woody fuels in a wind tunnel. Combust. Sci.Technol 131, 1-37.

Clements, H., D. Ward, and C. Adkins. 1983. Measuring fire behaviour with photography. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing: Series II, vol. 49: 213-217.

Fernandes PM, Catchpole WR, Rego FC. 2000. Shrubland fire behaviour modelling with microplot data. Canadian Journal of Forest Research 30, 889–899. doi:10.1139/X00-012.

Fernandes PM, Botelho HS, Rego FC, Loureiro C. 2009. Empirical modelling of surface fire behaviour in maritime pine stands. International Journal of Wildland Fire 18, 698–710. doi:10.1071/WF08023.

Gillson, L., C. Whitlock, and G. Humphrey. 2019. Resilience and fire management in the Anthropocene. Ecology and Society 24(3):14. https://doi.org/10.5751/ES-11022-240314.

Gould, J., McCaw, L., Cruz, M., Anderson, W., 2011. How good are fire behavior models? Validation of eucalypt forest fire spread. Paper Presented at WILDFIRE 2011 e 5th International Wildland Fire Conference. http://www.wildfire2011. org/material/papers/Jim_Gould.pdf.

Lawson, B.D. and O.B. Armitage. 2008. Weather guide for the Canadian Forest Fire Danger Rating System. Nat. Resour. Can., Can. For. Serv., North. For. Cent., Edmonton, AB. 73 p.

McCaffrey S., Toman E., Stidham M., Shindler B. 2012. Social science research related to wildfire management: an overview of recent findings and future research needs. Int. J. Wildland Fire, 22(1), 15.

McMahon C.K., Adkins C.W. and S.L. Rodgers. 1986. A video image analysis system for measuring fire behavior. USDA Forest Service, Volume 47, No 1: 10-15.

Mort, M., Rodríguez-Giralt, I., & Delicado, A. 2020. Children and young people's participation in disaster risk reduction: Agency and resilience (p. 204). Policy Press.

Nelson RM Jr, Adkins CW (1986) Flame characteristics of wind-driven surface fires. Canadian Journal of Forest Research 16, 1293–1300. doi:10.1139/X86-229.

Norum, R.A. and M. Miller. 1984. Measuring fuel moisture content in Alaska: Standard methods and procedures. USDA For. Serv., Pac. Northwest For. Range Exp. Stn., Portland, OR. Gen. Tech. Rep. PNW-171. 34 p.

Pastor E., Caballero D., Rodríguez I., Arenas M., Morán P., Canaleta G., Vacca P., Àgueda A., Planas E. 2022. Vulnerability analysis to wildland-urban interface fires in metropolitan areas: an integrated approach. In proceedings of the 9th International Conference on Forest Fire Research: Advances in Forest Fire Research, 808-814., 11-18 November 2022, Coimbra, Portugal. D. G. Viegas, Editor. ADAI/CEIF, University of Coimbra, Portugal. https://doi.org/10.14195/978-989-26-2298-9_123.

Pickford S.G. and D.A. Sandberg. 1975. Using Motion pictures for data collection on prescribed burning experiments. USDA For. Serv. Res. Note PNW-259, 7p. Pac. Northwest For. & Range Exp. Stn., Portland, Oregon.

Rothermel, R.C. 1983. How to predict the spread and intensity of forest and range fires. Gen. Tech. Rep. INT-143. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station. 161 p.

Rothermel R.C. and G.C. Rinehart. 1983. Field procedures for verification and adjustment of fire behavior predictions. Gen. Tech. Rep. INT–142. Ogden, UT: USDA Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station.

Ryan, K.C. 1981. Evaluation of a passive flame height sensor. US Forest Service, Research Note PNW-390.

Σουρβάς Γ., Βασιλόπουλος Γ., Ποϊραζίδης Κ., Ξόφης Π., Αριανούτσου Μ., Γαλατσίδας Σ., Μπακαλούδης Δ., Γεωργιάδης Ν. 2024. Μελέτη διαχειριστικών κατευθύνσεων για την αποκατάσταση των δασικών οικοσυστημάτων της περιοχής Έβρου μετά την πυρκαγιά του 2023.WWF Ελλάς, Αθήνα, Μάιος 2024 Σελ. 407.

Van Wagner, C.E., 1977. Conditions for the start and spread of crown fire. Canadian Journal of Forest Research. 7: 23–34.

Vega JA, Cuinas P, Fonturbel T, Perez-Gorostiaga P, Fernandez C (1998) Predicting fire behaviour in Galician (NW Spain) shrubland fuel complexes. In 'Proceedings of 3rd International Conference on Forest Fire Research and 14th Conference on Fire and Forest Meteorology, Volume II', 16–20 November 1998, Luso–Coimbra, Portugal. (Ed. DX Viegas) pp. 713–728. (University of Coimbra: Coimbra, Portugal).