

Τηλεπισκόπηση και διαχείριση δασικών πυρκαγιών

Δημήτρης Σταυρακούδης — Επίκουρος Καθηγητής ΑΠΘ

Εργαστήριο Δασικής Διαχειριστικής & Τηλεπισκόπησης

Σχολή Δασολογίας & Φυσικού Περιβάλλοντος

Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

jstavrak@for.auth.gr

<https://fmrs.web.auth.gr>

<https://epadap.web.auth.gr>

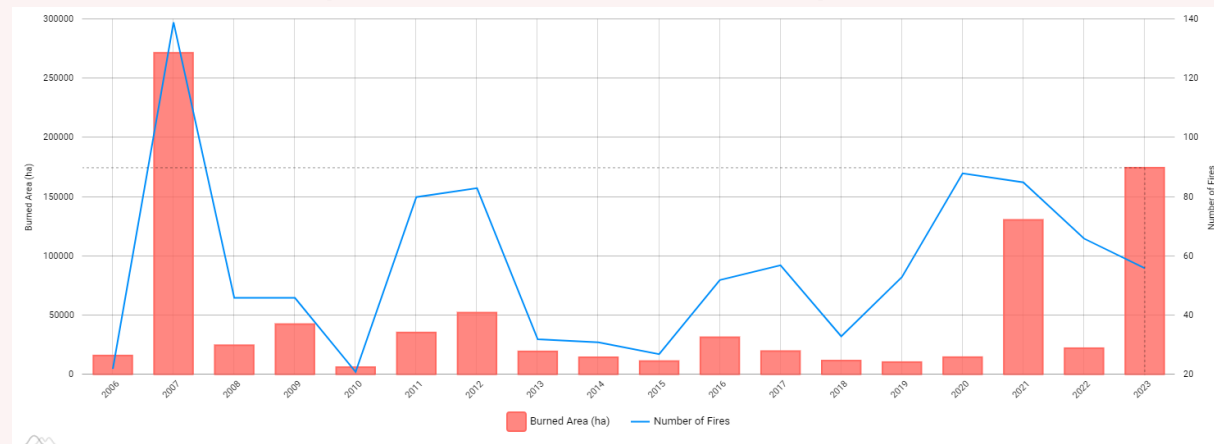




Δασικές πυρκαγιές στην Ελλάδα

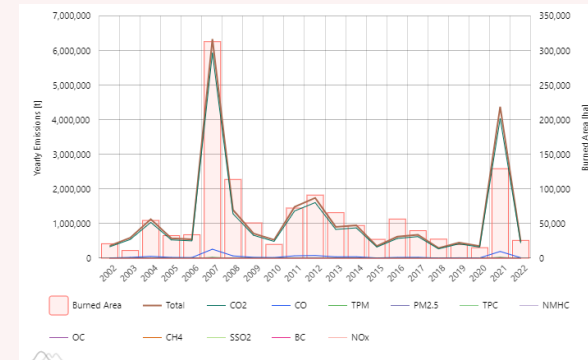
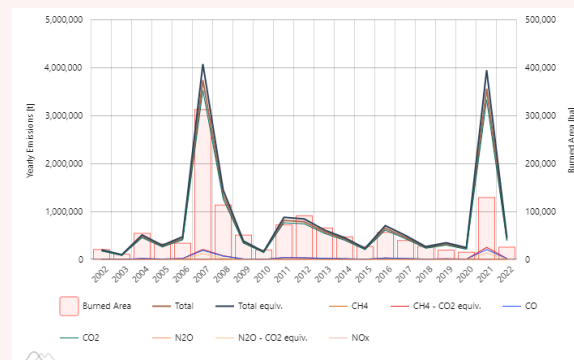
- Γενικά παρατηρείται μία αύξηση των καμένων εκτάσεων στις μεσογειακές χώρες, χωρίς όμως θεαματικές διαφορές στη συνολική καμένη έκταση διαχρονικά
- Το πλέον ανησυχητικό είναι η αύξηση ακραίων περιστατικών μεγα-πυρκαγιών, μεγάλης έντασης και που εξαπλώνονται ταχύτατα, που προκύπτει και από τη μελέτη εκλύσεων αερίων από πυρκαγιές

Στατιστικά καμένων εκτάσεων (2006–2023) στην Ελλάδα από το EFFIS



Πηγή: <https://effis.jrc.ec.europa.eu/apps/effis.statistics/estimates>

Στατιστικά εκπομπών αερίων από πυρκαγιές (2002–2022) στην Ελλάδα από το GWIS

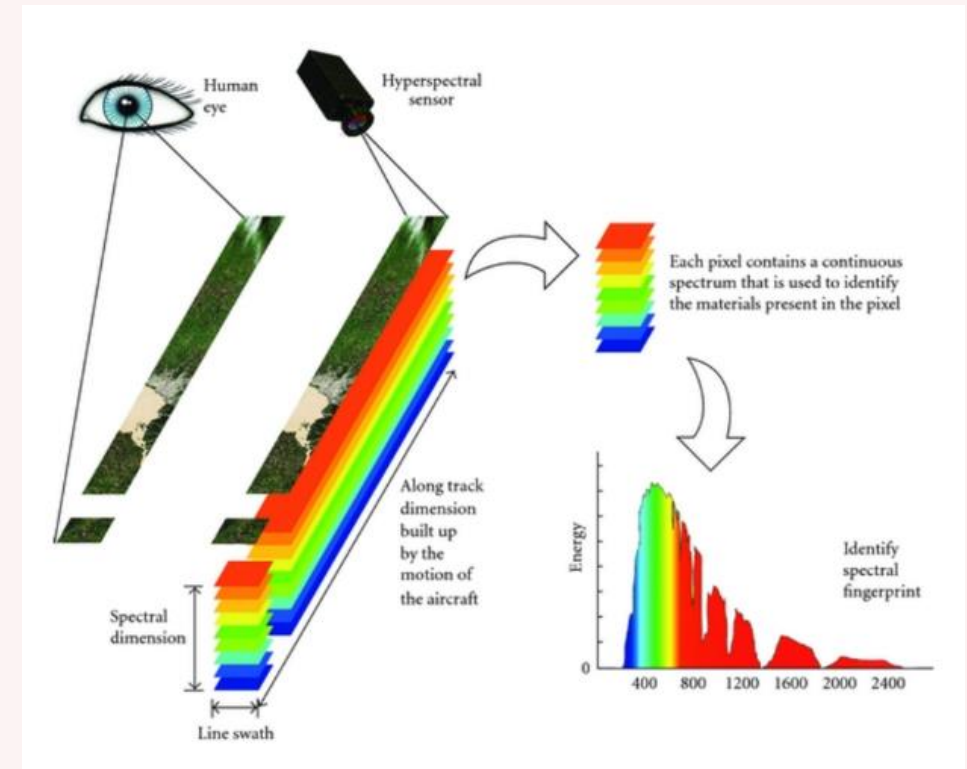
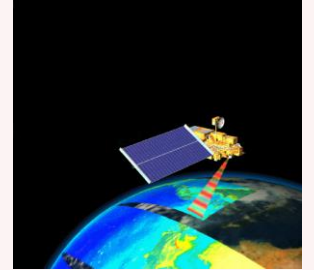


Πηγή: <https://gwis.jrc.ec.europa.eu/apps/country.profile/charts/emi>



Εργαλεία / αισθητήρες παρακολούθησης πυρκαγιών

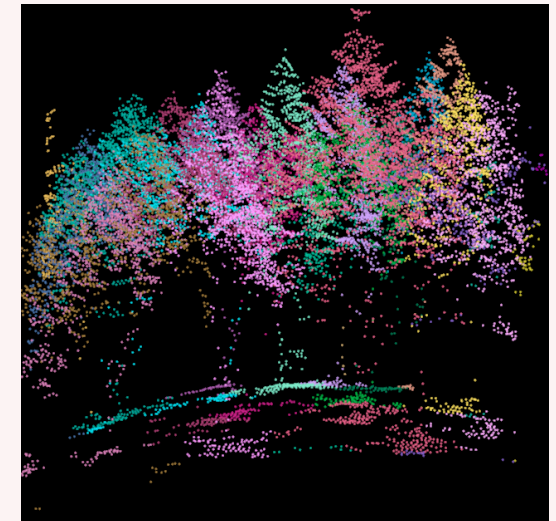
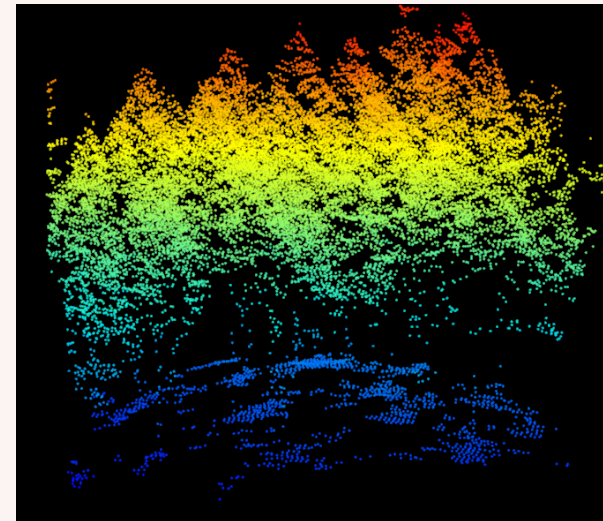
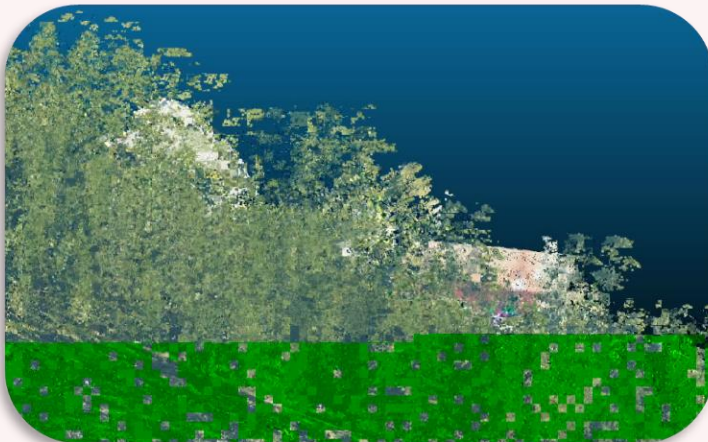
- Πλέον διαθέσιμα πλήθος τηλεπισκοπικών δεδομένων:
 - Πολυφασματικοί και υπερφασματικοί οπτικοί αισθητήρες, που καταγράφουν και το μη ορατό τμήμα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας του ήλιου





Εργαλεία / αισθητήρες παρακολούθησης πυρκαγιών

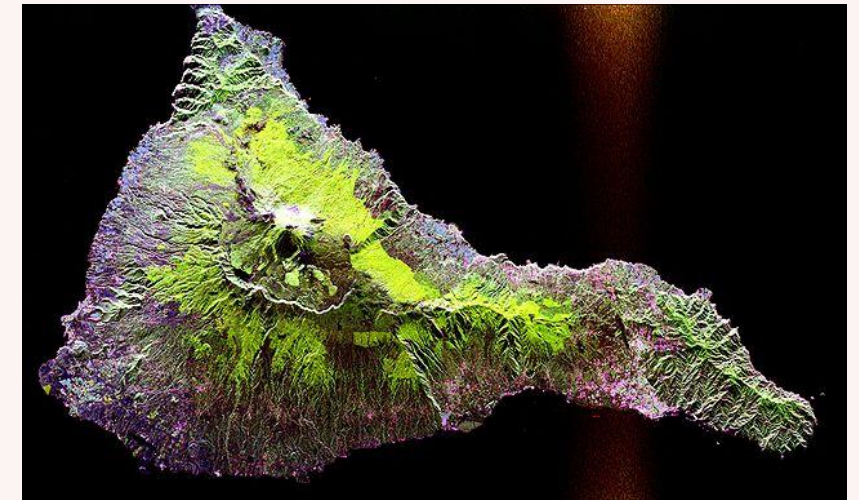
- Πλέον διαθέσιμα πλήθος
τηλεπισκοπικών δεδομένων:
 - **Νέφη σημείων** από Συστήματα
Μη Επανδρωμένων Αεροσκαφών
(**UAV** — UAS — drones) και
ενεργητικούς αισθητήρες **LiDAR**





Εργαλεία / αισθητήρες παρακολούθησης πυρκαγιών

- ◎ Πλέον διαθέσιμα πλήθος
τηλεπισκοπικών δεδομένων:
 - **Δεδομένα δορυφορικών ραντάρ**
(Synthetic Aperture Radar — SAR),
που μπορούν να δώσουν
πληροφορία ύψους και κάθετης
δομής της βλάστησης





Εργαλεία / αισθητήρες παρακολούθησης πυρκαγιών

- ◎ Πλέον διαθέσιμα πλήθος τηλεπισκοπικών δεδομένων:
 - Κάμερες & βίντεο σε επίγειους αισθητήρες ή drones





Εργαλεία τεχνητής νοημοσύνης

- Ο όγκος, η συχνότητα λήψης και η υψηλή ευκρίνεια των δεδομένων αυτών δημιουργεί προβλήματα στην ανάλυσή τους
- Ανάγκη για αυτοματοποιημένες διαδικασίες «τεχνητής νοημοσύνης»:
 - Αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης (machine learning)
 - Αλγόριθμοι αναγνώρισης προτύπων (pattern recognition)
 - Στατιστικά μοντέλα
 - Μοντέλα βαθιάς μάθησης (deep learning)







Ανπτυρικός
Σχεδιασμός



RS & GIS στη διοχείριση
δασκών πυρκαγιών



Μεταπυρική
Αξιολόγηση



Ανίχνευση &
Παρακολούθηση Πυρκαγιών



Χαρτογράφηση Καύσιμης Ύλης



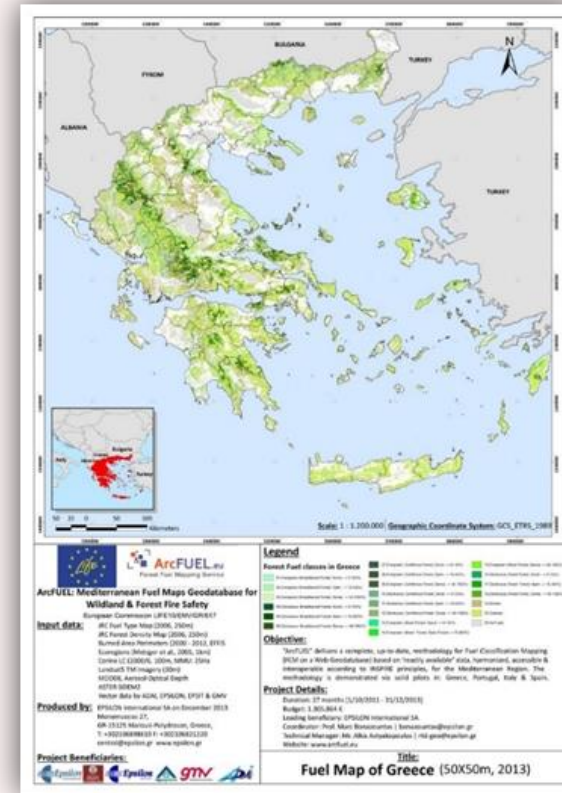
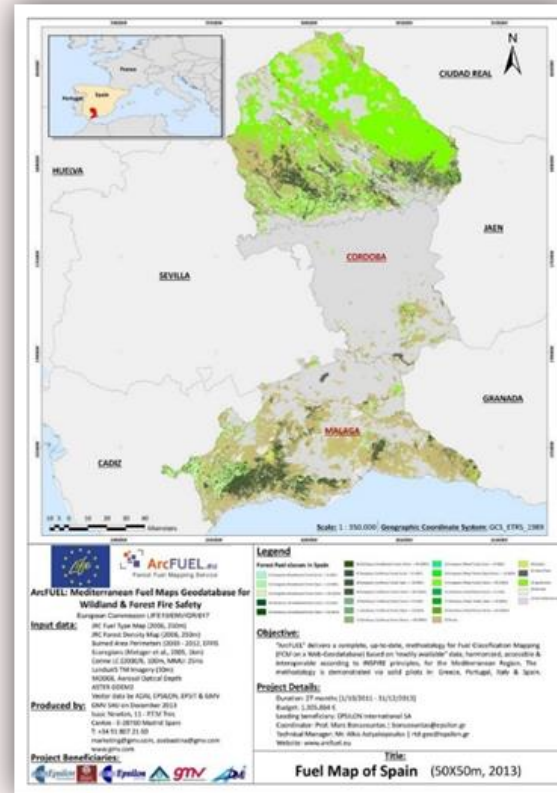
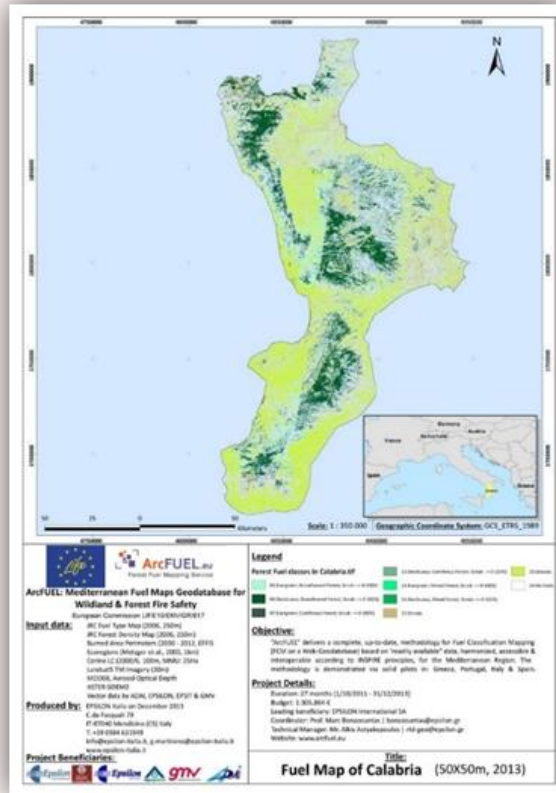
Χαρτογράφηση τύπων / μοντέλων καύσιμης ύλης

- ◎ **Δασικά καύσιμα:** Οποιαδήποτε ζωντανή και νεκρή οργανική ύλη διαθέσιμη προς καύση.
- ◎ **Τύποι καύσιμης ύλης:** Περιγράφουν τα φυσικά χαρακτηριστικά των καυσίμων που παρουσιάζουν συγκεκριμένη συμπεριφορά καύσης σε καθορισμένες συνθήκες πυρκαγιάς.
- ◎ **Μοντέλα καύσιμης ύλης:** Αριθμητική περιγραφή των τύπων καύσιμης ύλης.





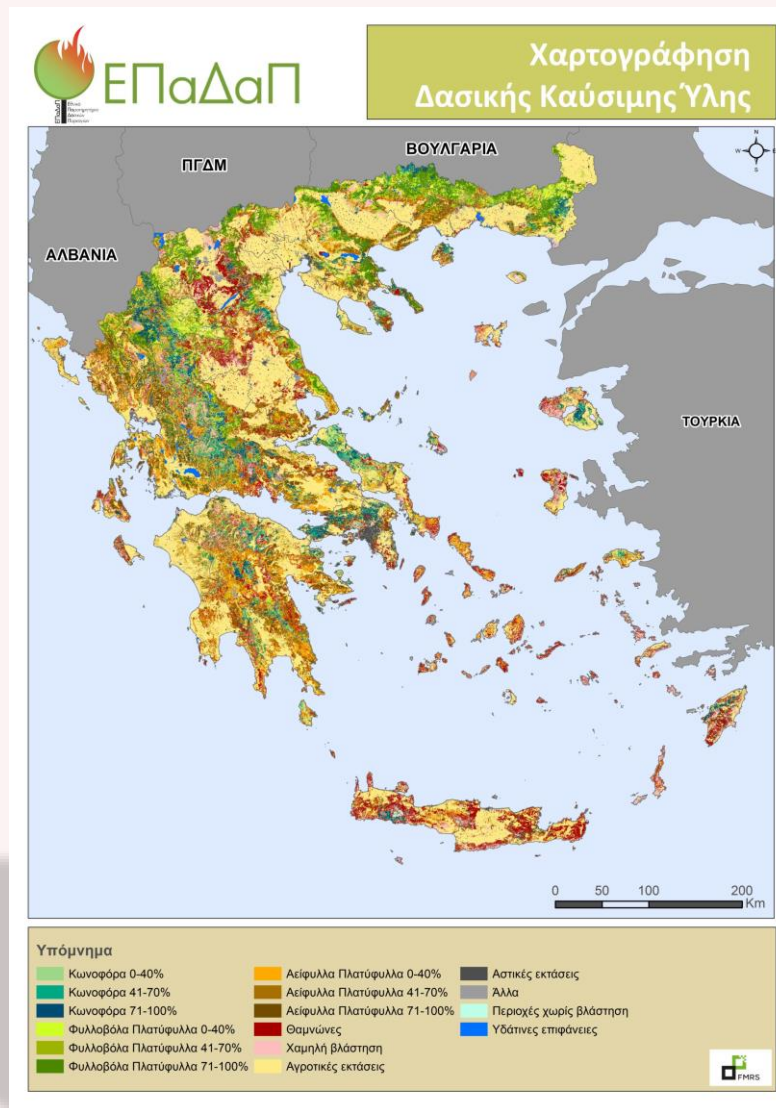
Χάρτης ArcFuel



- Η μεθοδολογία ArcFuel αποτελεί παράδειγμα προσέγγισης πολλαπλών πηγών και διακριτικής ικανότητας.
- Η μέθοδος αναπτύχθηκε στο πλαίσιο του έργου ArcFUEL LIFE.



Χάρτης τύπων καύσιμης ύλης ΕΠαΔαΠ



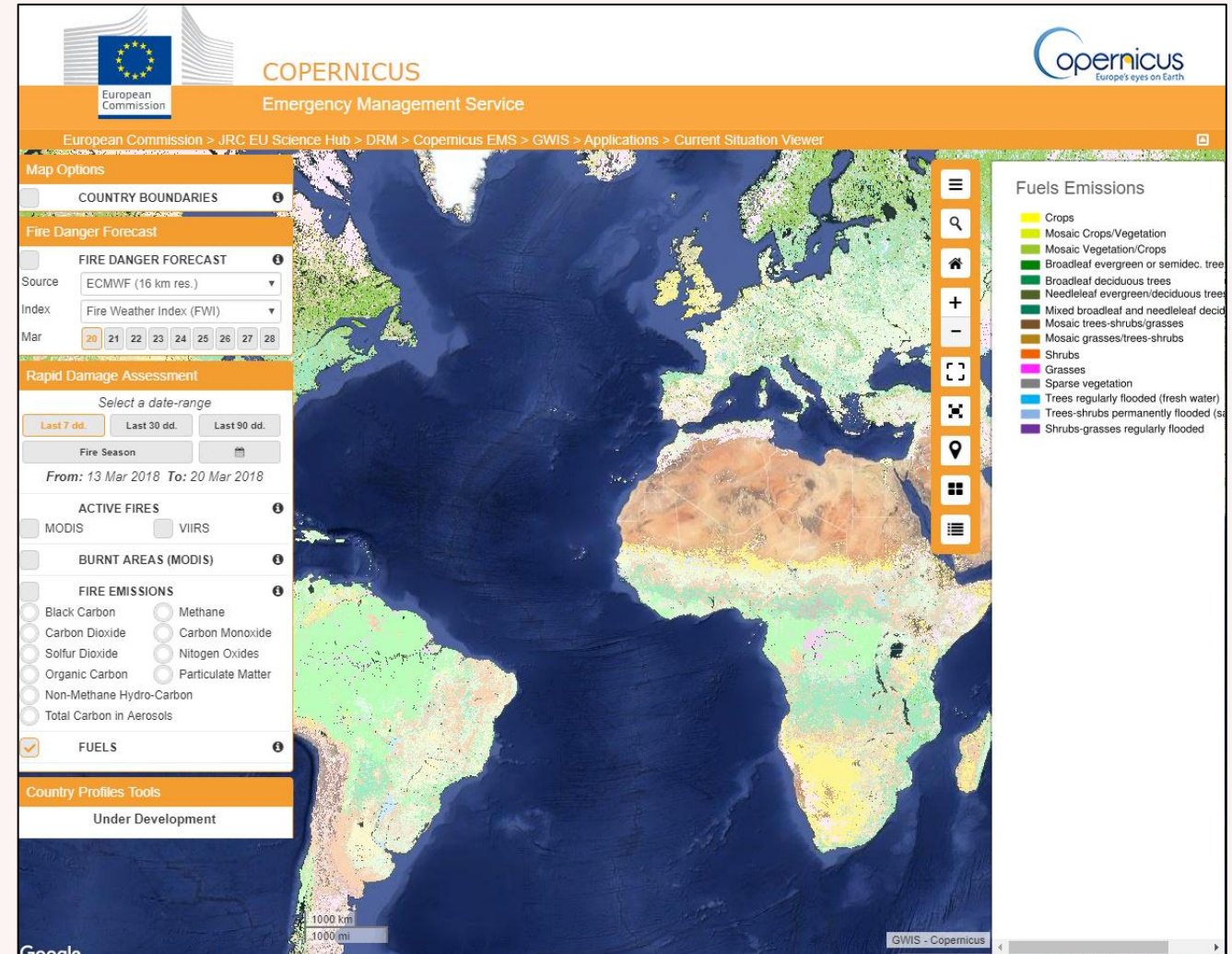
Εθνικό Παρατηρητήριο Δασικών Πυρκαγιών (ΕΠαΔαΠ)



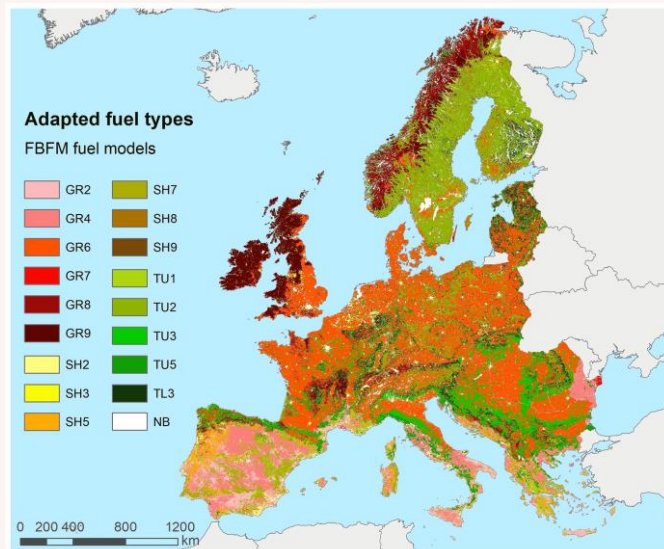
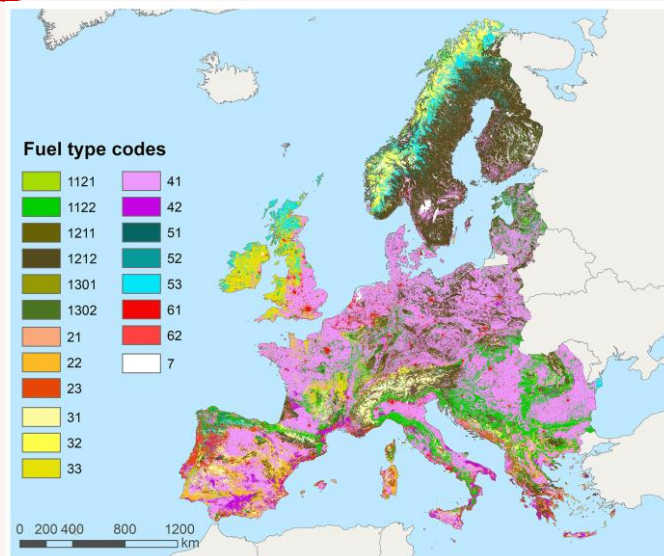
Παγκόσμιο Πληροφοριακό Σύστημα Δασικών Πυρκαγιών (GWIS)



- Χάρτης καύσιμης ύλης COPERNICUS
(Pettinari and Chuvieco, 2015)



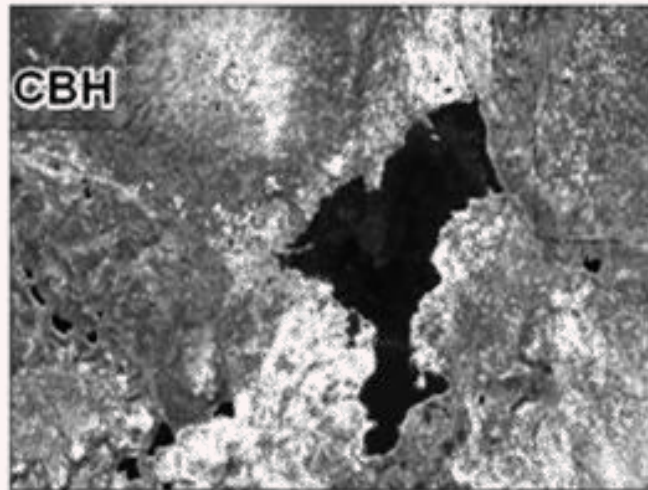
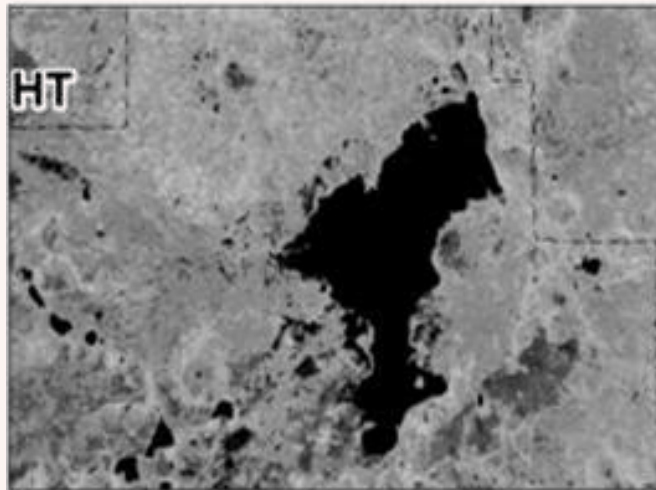
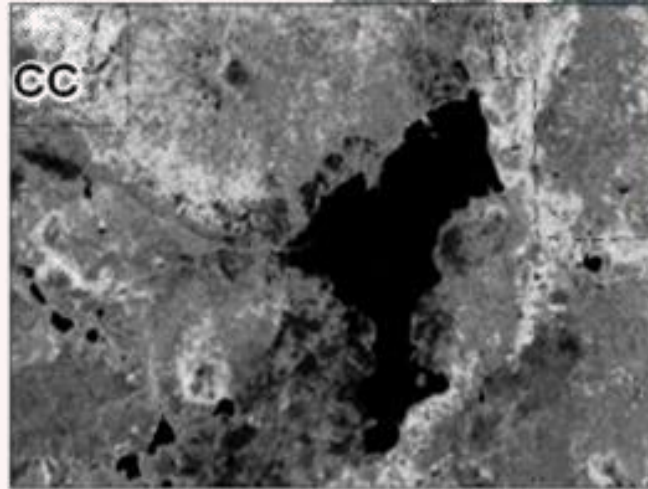
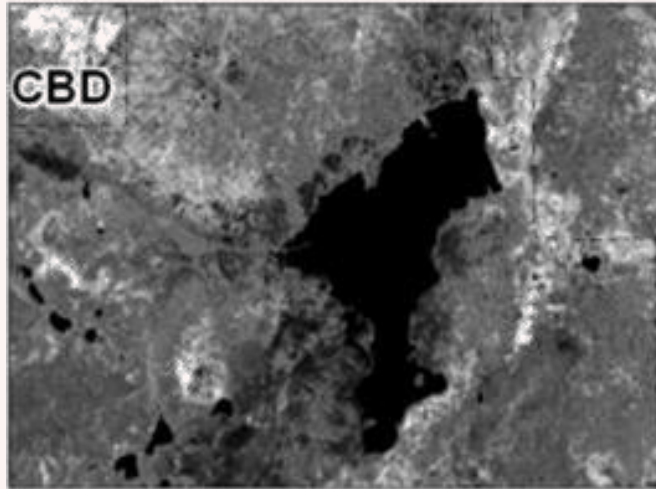
Χάρτης ΕΠαΔαΠ



Χαρτογράφηση τύπων
και μοντέλων καύσιμης
ύλης σε Ευρωπαϊκό
επίπεδο



Εκτίμηση χαρακτηριστικών καύσιμης ύλης



- ❖ Χρήση Random Forest & δορυφορικών εικόνων για την εκτίμηση παραμέτρων καύσιμης ύλης κομοστέγης

CBD (kg/m³)



Όγκος

CC (%)



Πυκνότητα

CBH (m)



Ύψος έναρξης κόμης

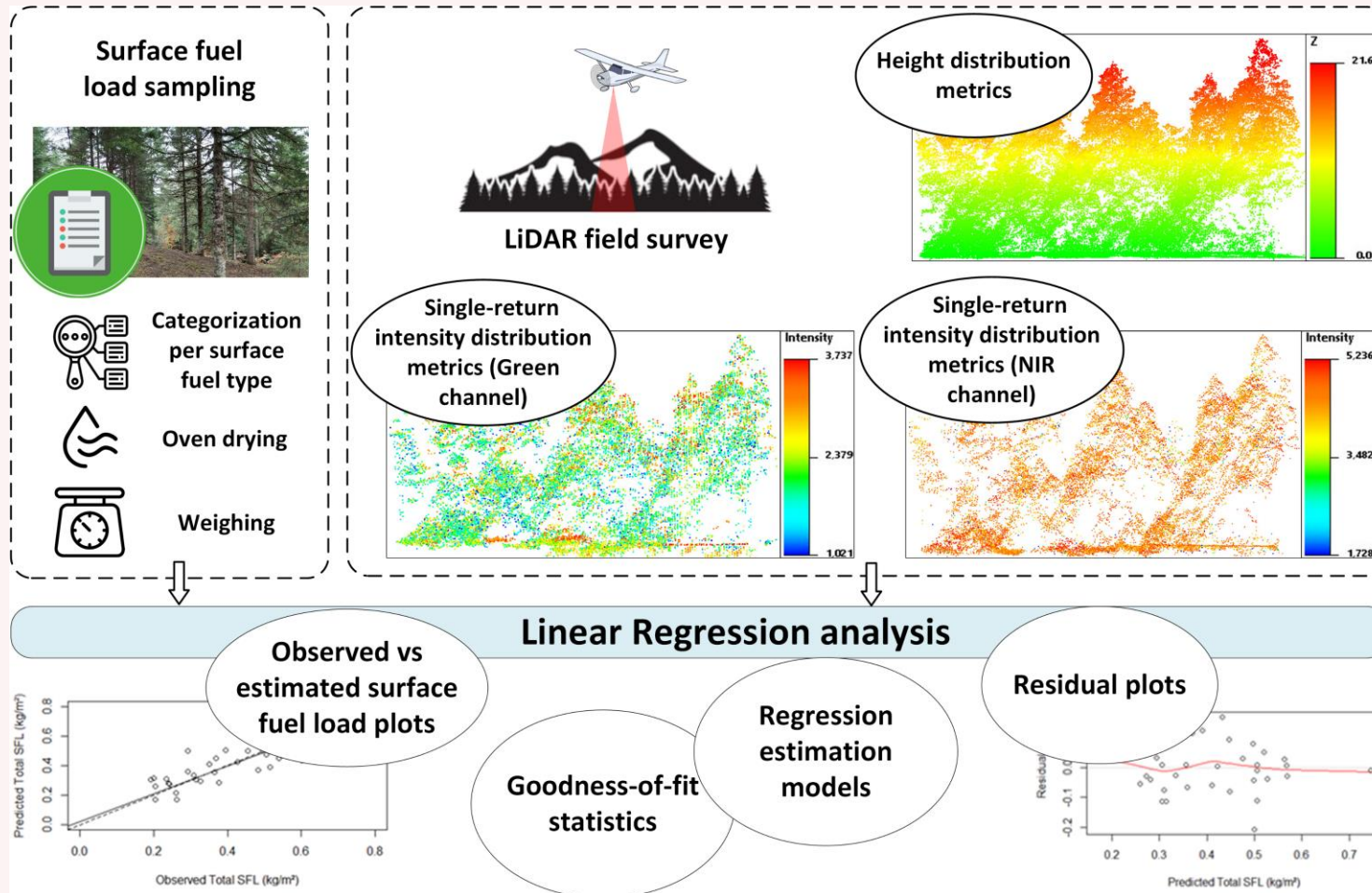
HT (m)



Ύψος κόμης



Εκτίμηση χαρακτηριστικών καύσιμης ύλης



- ❖ Χρήση δεδομένων LiDAR και μοντέλων μηχανικής μάθησης για την εκτίμηση φορτίου επιφανειακής καύσιμης ύλης



Χαρτογράφηση WUI μέσω νέφης σημείων από UAV

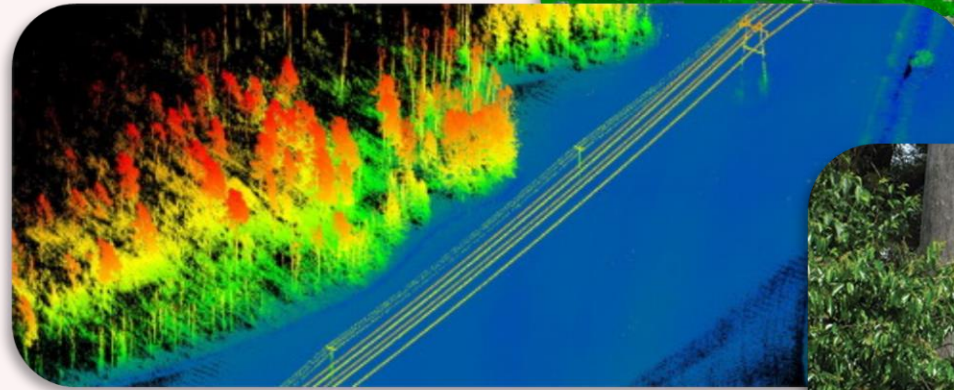
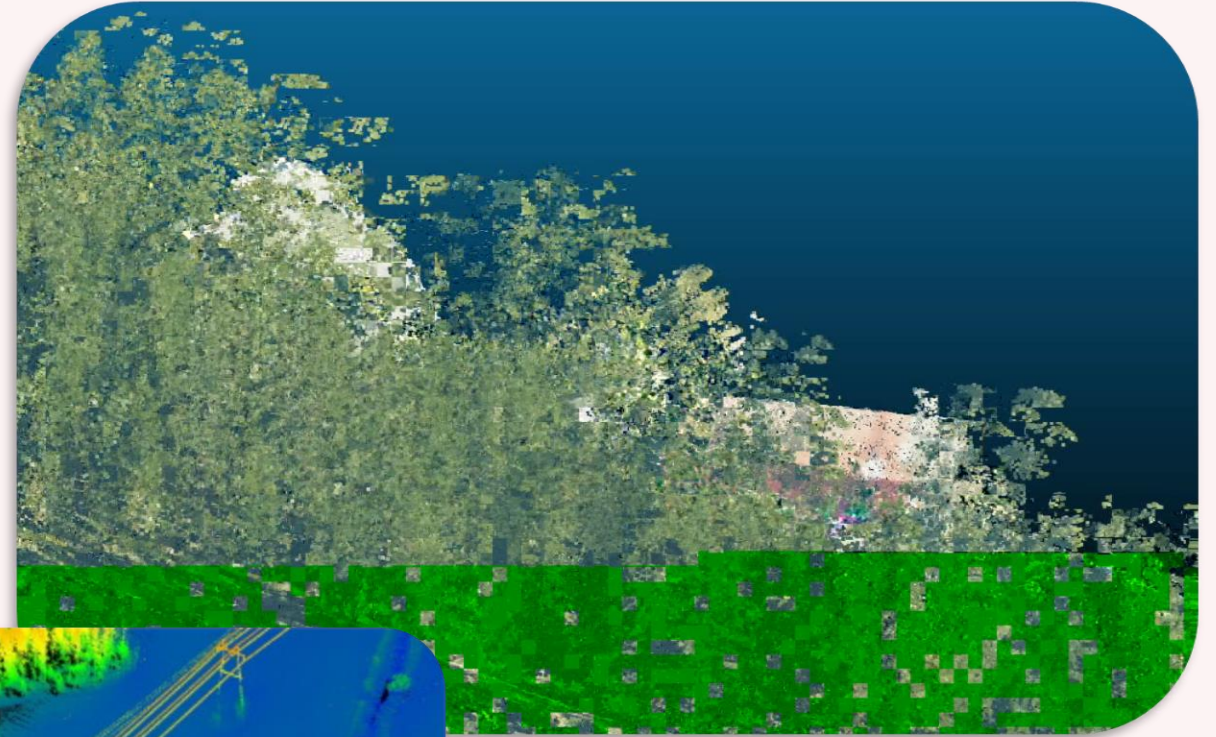


- ❖ Χαρτογράφηση καύσιμης ύλης στις ζώνες μίξης δάσους – αστικών περιοχών (**Wildland Urban Interface – WUI**)
- ❖ Χρήση νέφους σημείων από αεροφωτογραφίες πολύ υψηλής ανάλυσης που λαμβάνονται μέσω UAVs
- ❖ 3D απεικόνιση της βλάστησης
- ❖ Χρήση σύγχρονων τεχνικών βαθιάς μάθησης (συγκεκριμένα, graph convolutional neural networks) για τη λεπτομερή χαρτογράφηση της βλάστησης & των κατοικιών



Χαρτογράφηση WUI μέσω νέφη σημείων από UAV/LiDAR

- ❖ Χρήση δεδομένων από LiDAR ή/και UAV για την ανίχνευση περιοχών αυξημένου κινδύνου λόγω της διέλευσης γραμμών των δικτύων ηλεκτροδότησης
- ❖ Αυτοματοποιημένη μεθοδολογία βάσει αλγορίθμων τεχνητής νοημοσύνης
- ❖ Αναγνώριση περιοχών για τη διενέργεια καθαρισμών





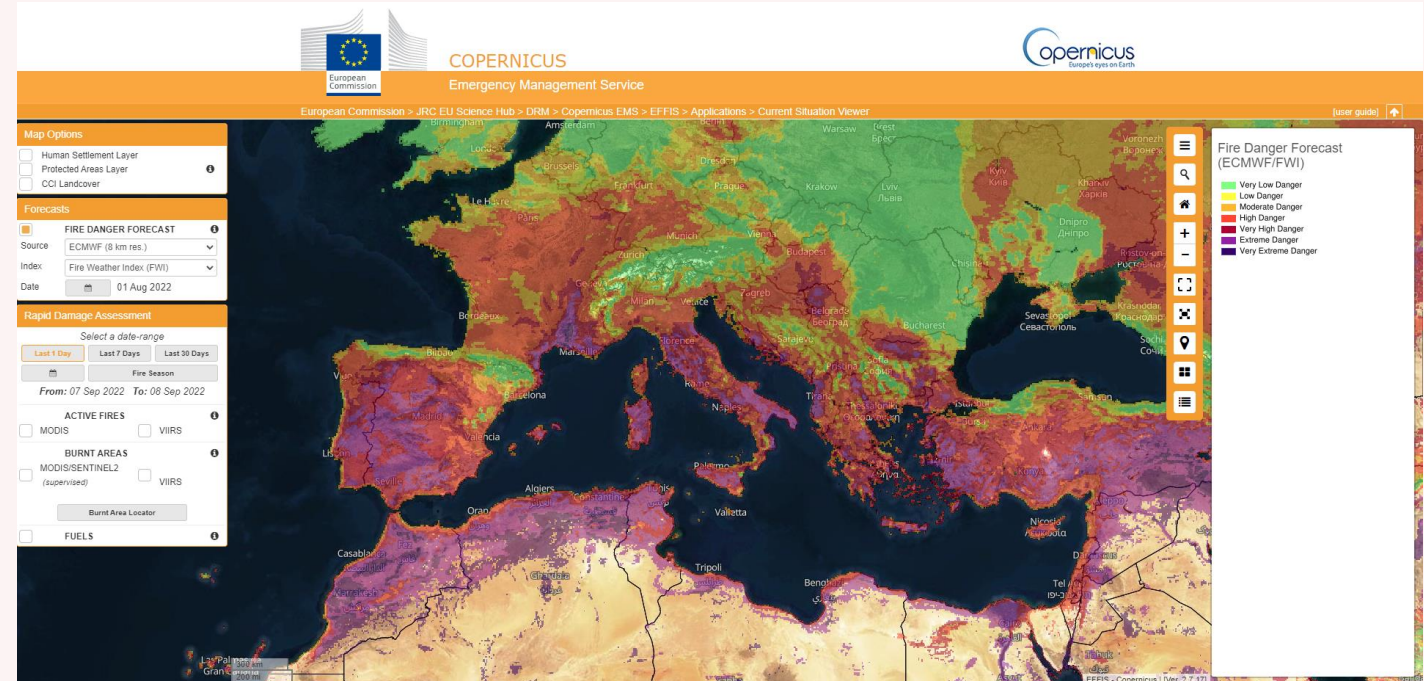
Συστήματα Πρόβλεψης Κινδύνου & Συμπεριφοράς Πυρκαγιών





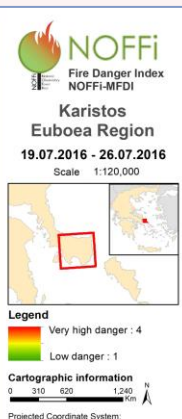
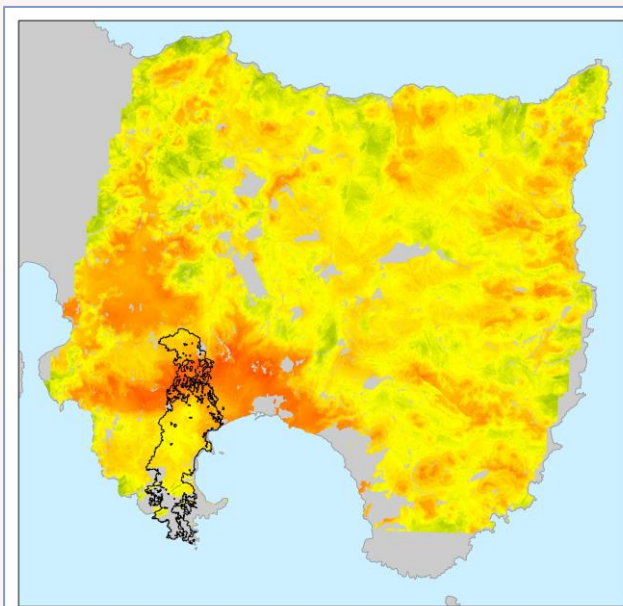
Διαχείριση Έκτακτης Ανάγκης Copernicus – Πρόβλεψη Κινδύνου Πυρκαγιών

- Επικαιροποιημένη πληροφορία για την παρούσα αντιπυρική περίοδο στην Ευρώπη και τη Μεσογειακή περιοχή.
- Περιλαμβάνει:
 - ✓ Χάρτες κινδύνου πυρκαγιάς και πρόβλεψης για τις επόμενες 6 μέρες
 - ✓ Επικαιροποιημένοι ημερήσιοι χάρτες hot spots και περιμέτρων πυρκαγιών.

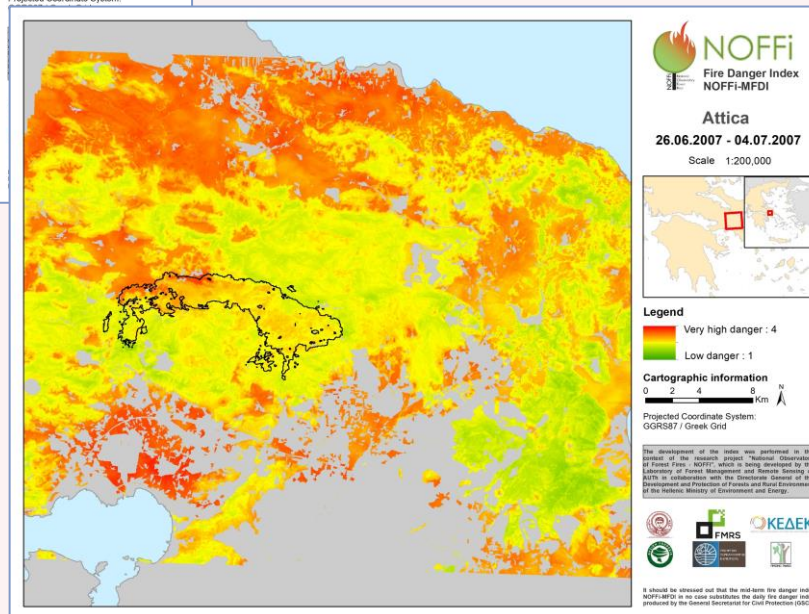




Πρόβλεψη Κινδύνου Πυρκαγιάς



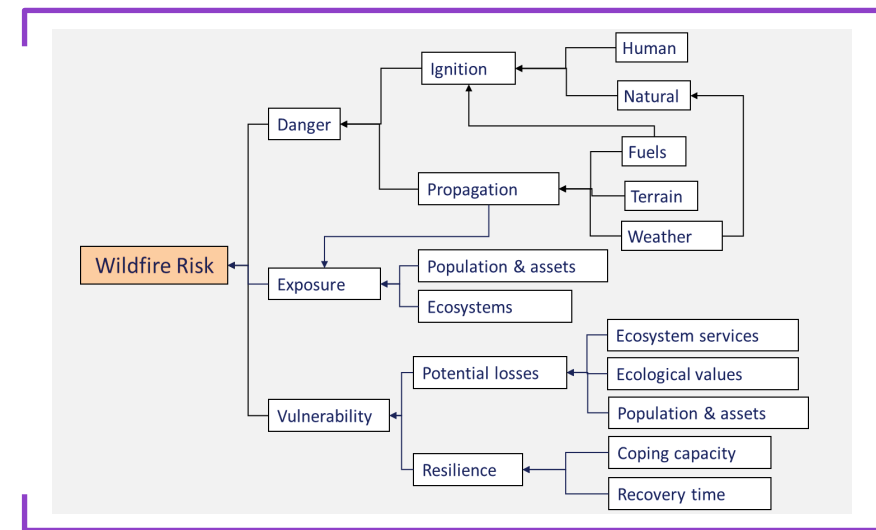
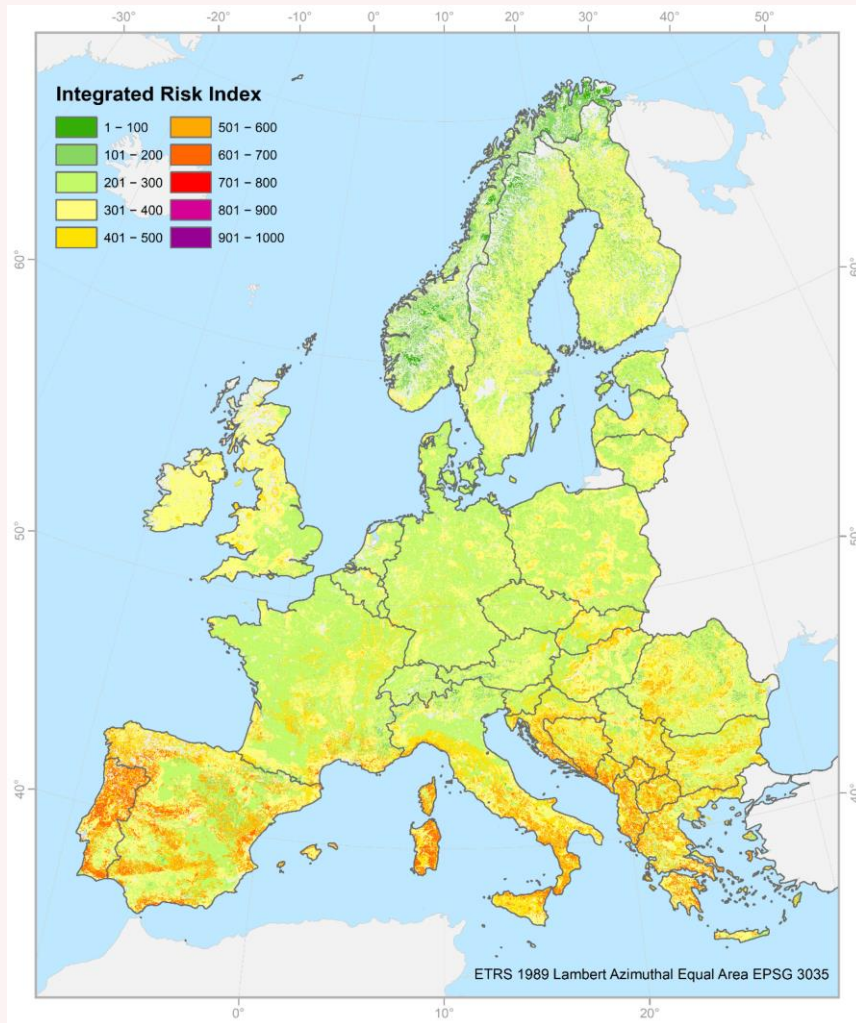
Μεσοπρόθεσμος δείκτης
επικινδυνότητας πυρκαγιάς
(NOFFi-MFDI)



- ✓ Παραδείγματα του δείκτη NOFFi-MFDI που υπολογίστηκε για 2 πυρκαγιές του 2007 και 2016 αντίστοιχα.

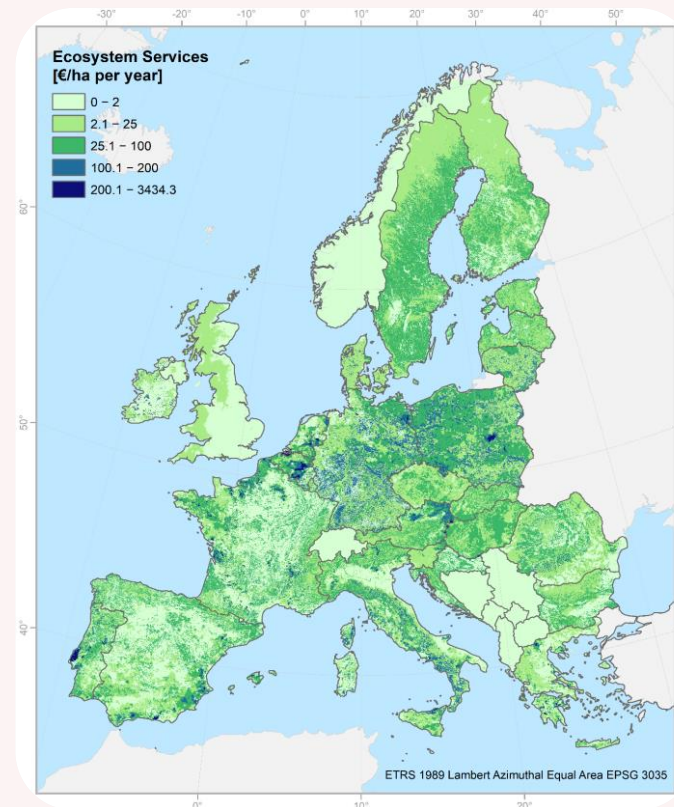
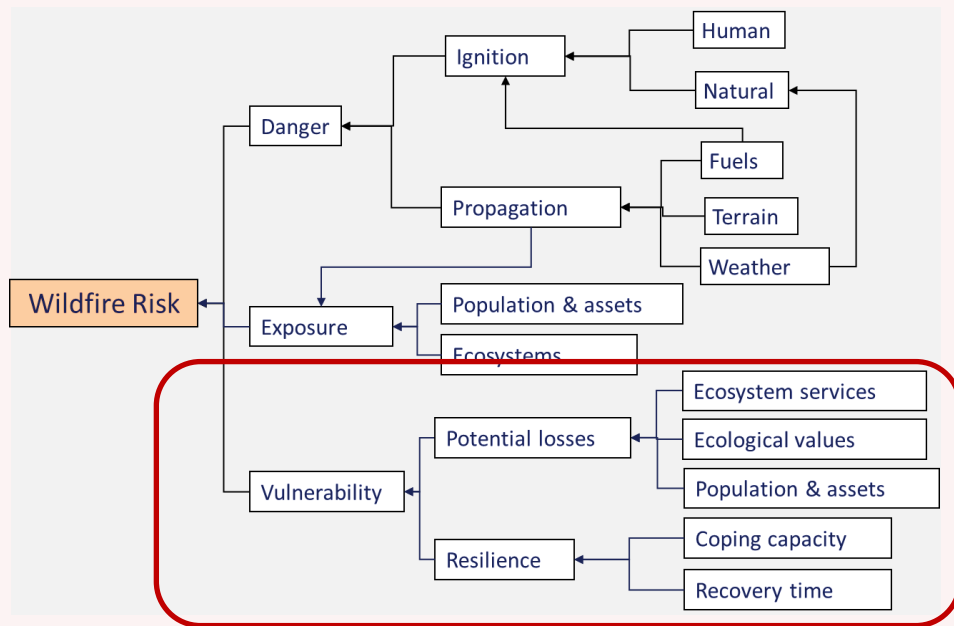


Εθνικό Παρατηρητήριο
Δασικών Πυρκαγιών
(ΕΠαΔαΠ)

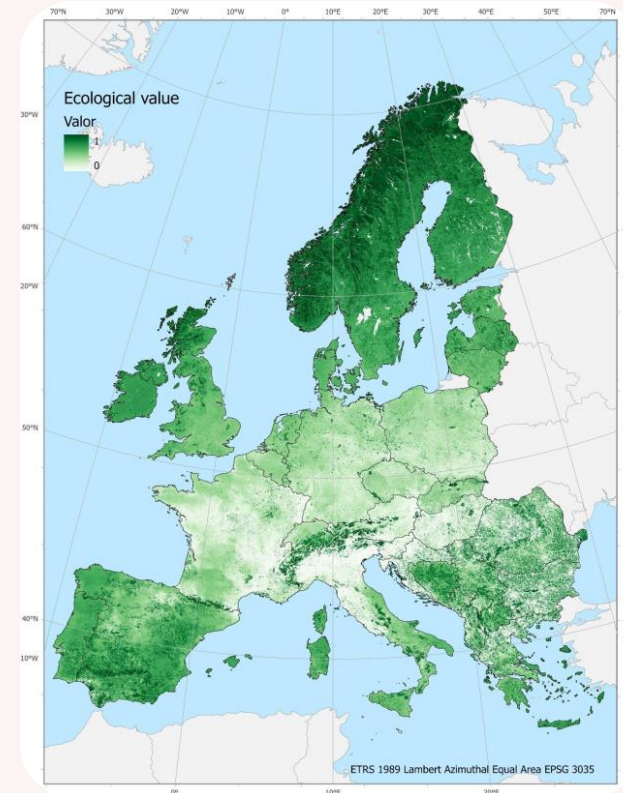
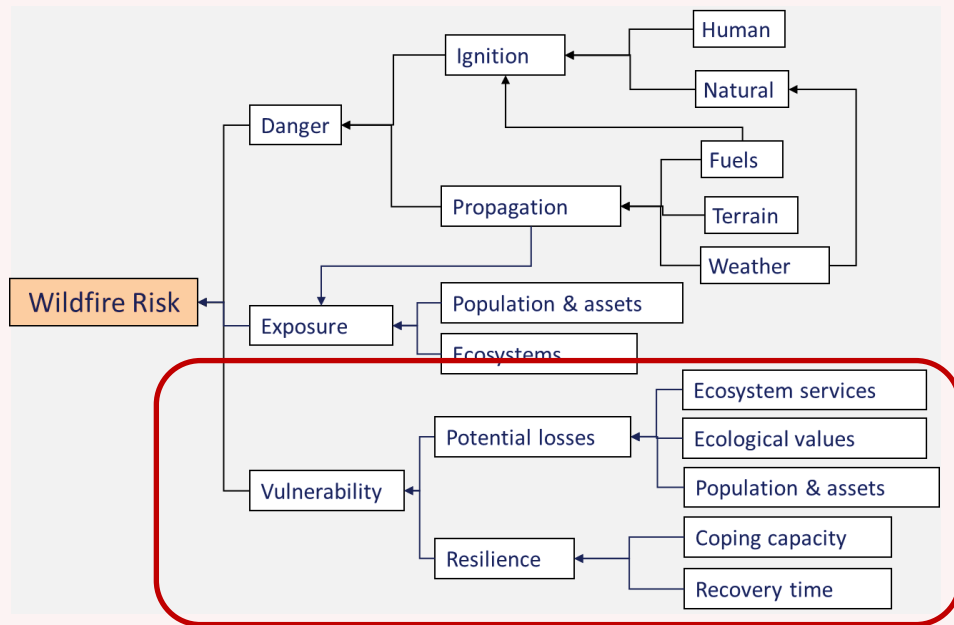


Ποσοτικοποιημένη
πρόβλεψη
επικινδυνότητας
πυρκαγιάς σε Ευρωπαϊκό
επίπεδο

- ❖ Ο **κίνδυνος** πυρκαγιάς (λόγω ύπαρξης δασικών καυσίμων και μετεωρολογικών συνθηκών) συνδυάζεται με την **τρωτότητα** (ευπάθεια, αξία οικοσυστήματος, κόστος αποκατάστασης κλπ.) σε μία ολιστική προσέγγιση

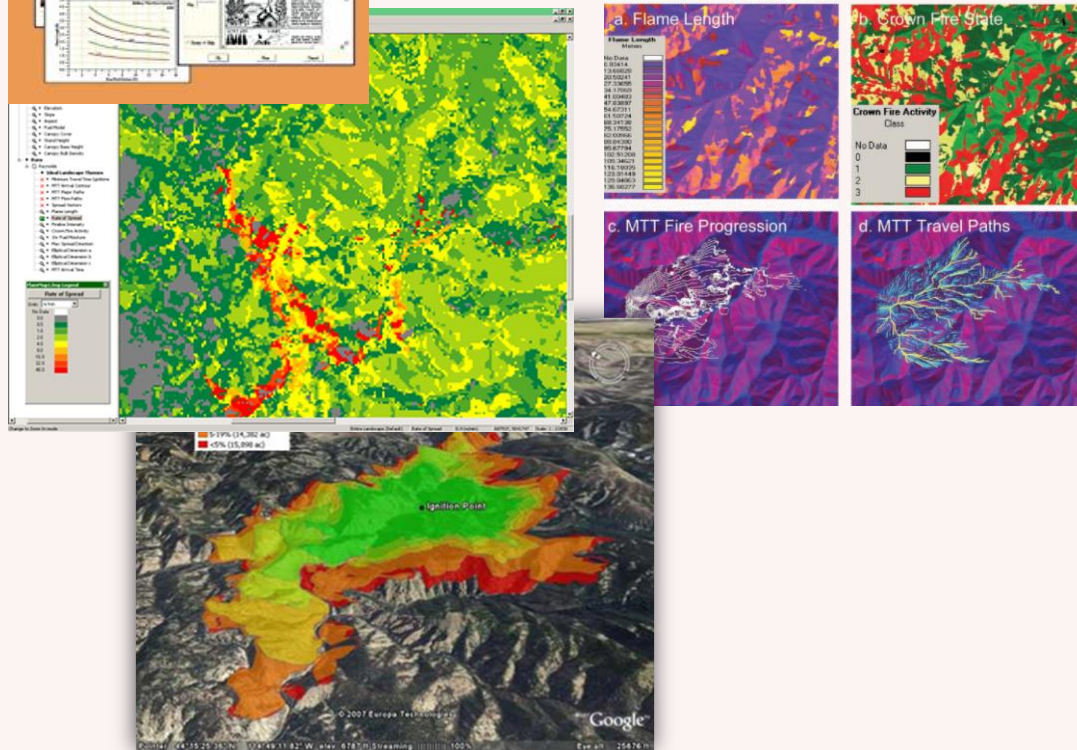


- ❖ Ο **κίνδυνος** πυρκαγιάς (λόγω ύπαρξης δασικών καυσίμων και μετεωρολογικών συνθηκών) συνδυάζεται με την **τρωτότητα** (ευπάθεια, αξία οικοσυστήματος, κόστος αποκατάστασης κλπ.) σε μία ολιστική προσέγγιση





GIS συστήματα μοντελοποίησης της συμπεριφοράς πυρκαγιάς





Χαρτογράφηση καμένων εκτάσεων



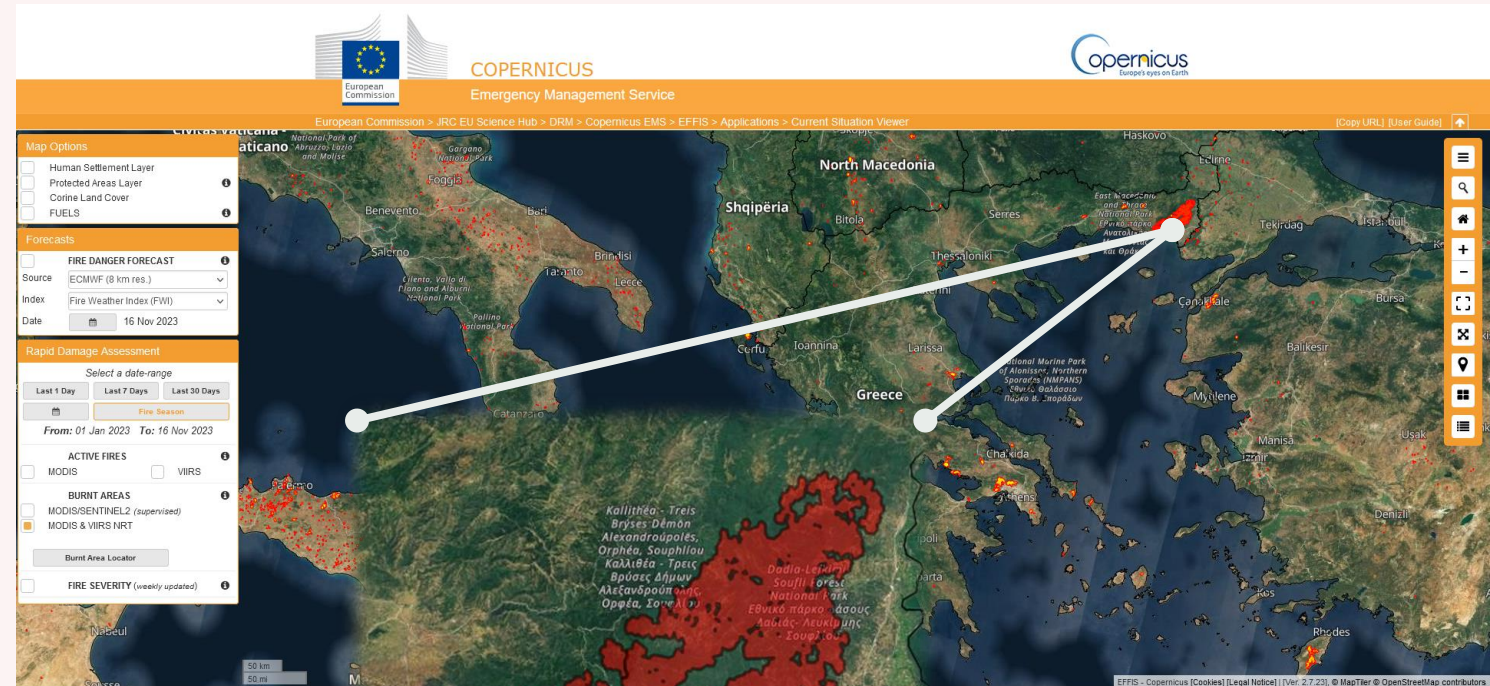
Χαρτογράφηση καμένων εκτάσεων

- Η πληροφορία σχετικά με τη γεωγραφική θέση και την έκταση της καμένης περιοχής είναι σημαντική για την:
 - ✓ εκτίμηση των οικονομικών απωλειών και των οικολογικών επιπτώσεων,
 - ✓ παρακολούθηση των αλλαγών των χρήσεων/κάλυψης γης, και
 - ✓ μοντελοποίηση των κλιματικών επιπτώσεων από την καύση της βιομάζας





Χαρτογράφηση καμένων εκτάσεων του Copernicus



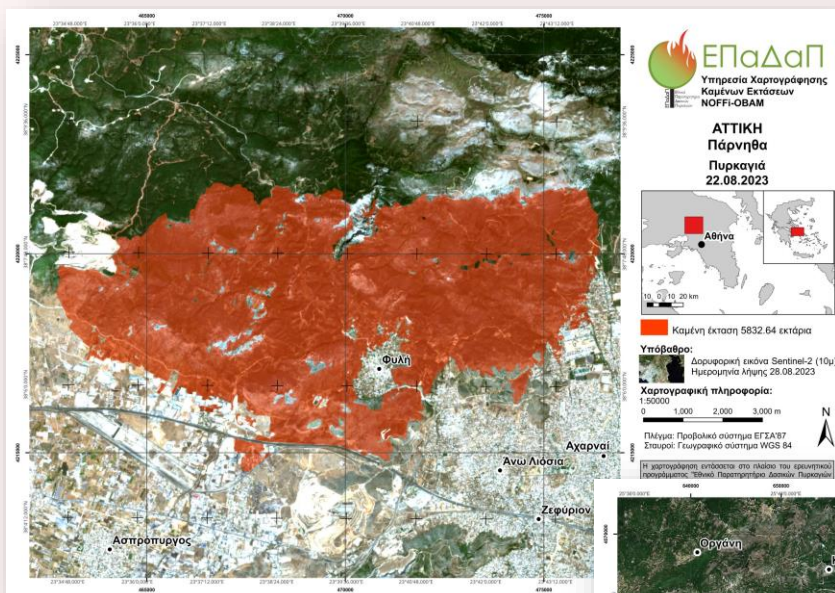
Καμένη έκταση στον Έβρο (2023)



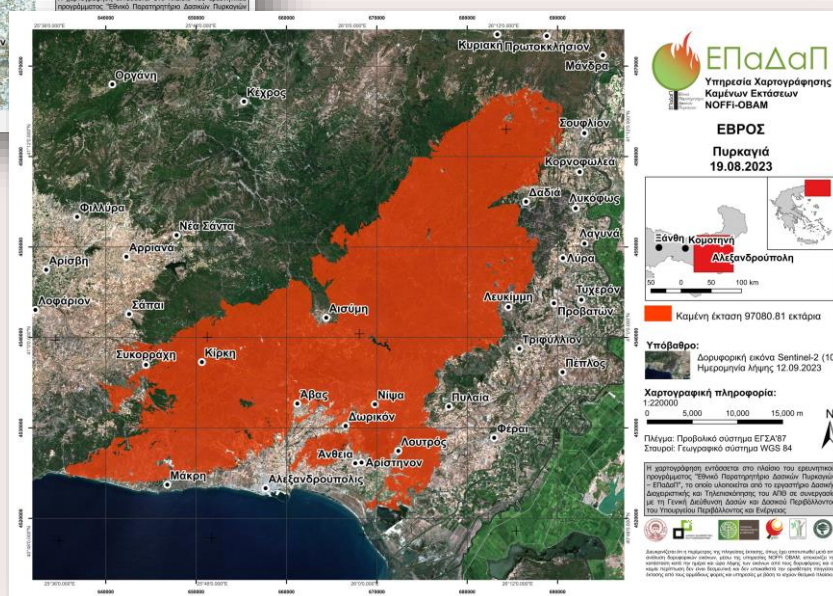
https://effis.jrc.ec.europa.eu/apps/effis_current_situation/



Υπηρεσία χαρτογράφησης καμένων εκτάσεων ΕΠαΔαΠ



Χάρτης καμένης έκτασης στην Αττική (2023) που παράχθηκε με τη χρήση δορυφορικής εικόνας Sentinel-2



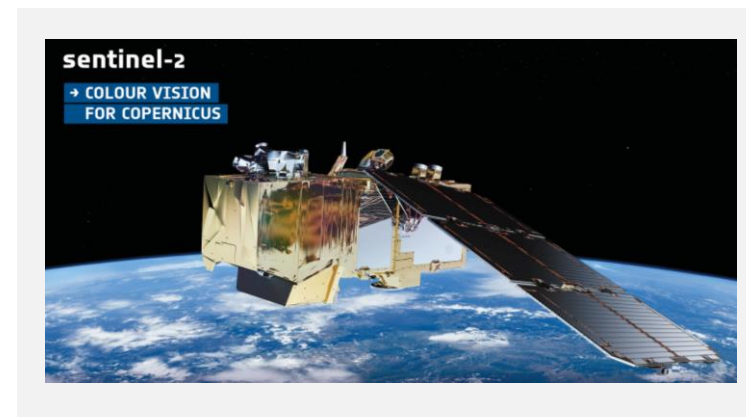
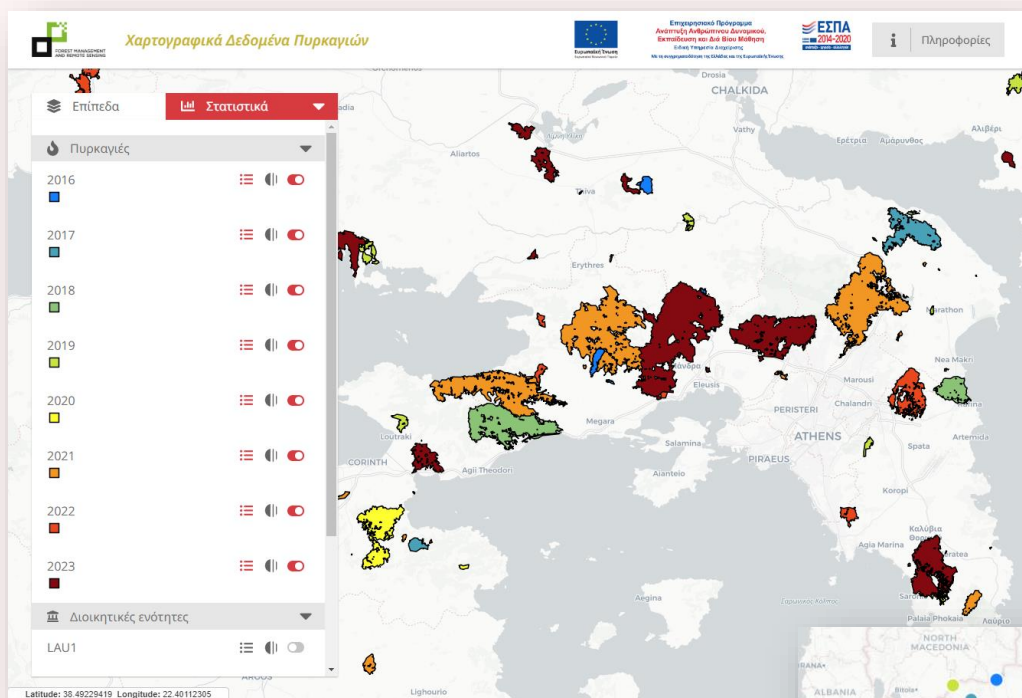
Χάρτης καμένης έκτασης στον Έβρο (2023) που παράχθηκε με τη χρήση δορυφορικής εικόνας Sentinel-2



Υπηρεσία Χαρτογράφησης Καμένων Εκτάσεων (ΕΠαΔαΠ)



Υπηρεσία χαρτογράφησης καμένων εκτάσεων ΕΠΑΔαΠ



Υπηρεσία Χαρτογράφησης Καμένων Εκτάσεων (ΕΠΑΔαΠ)

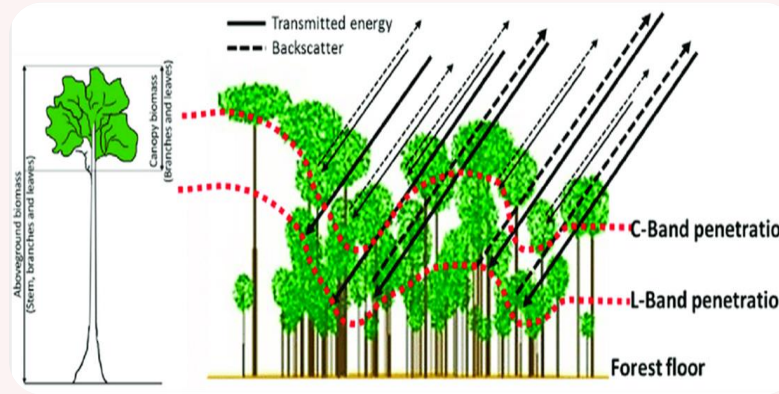


<http://fmrsvm.for.auth.gr>

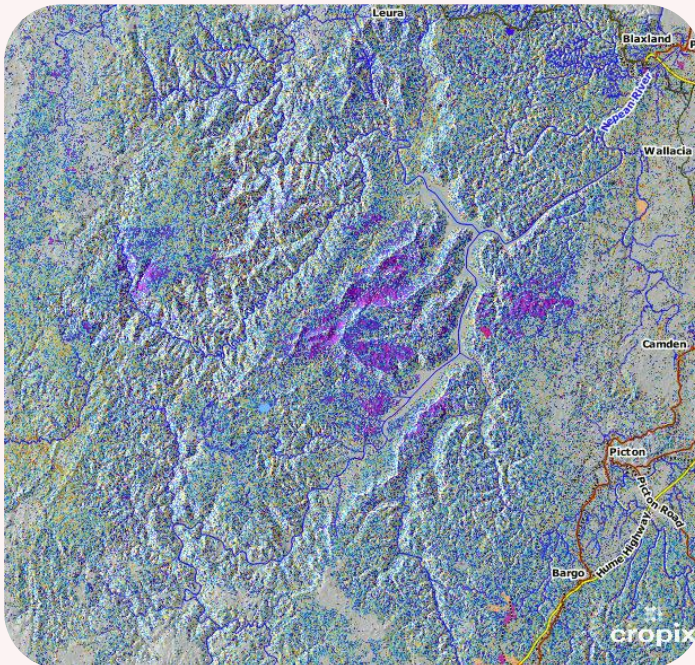




Παρακολούθηση εξέλιξης πυρκαγιάς



- Παρακολούθηση εξέλιξης δασικής πυρκαγιάς μέσω δορυφορικών δεδομένων ραντάρ (synthetic aperture radar — SAR)
- Χρήση αυτοματοποιημένης μεθοδολογίας χαρτογράφησης (και ταυτόχρονης διόρθωσης εσφαλμένων ταξινομήσεων)



Πηγή: <https://cropix.ch/wildfire-detection-in-australia-with-sentinel-1-change-detection-based-on-esvi/>



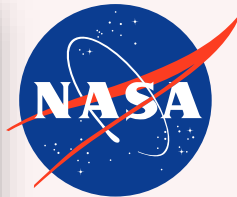
Παρακολούθηση εξέλιξης πυρκαγιάς



sentinel-2

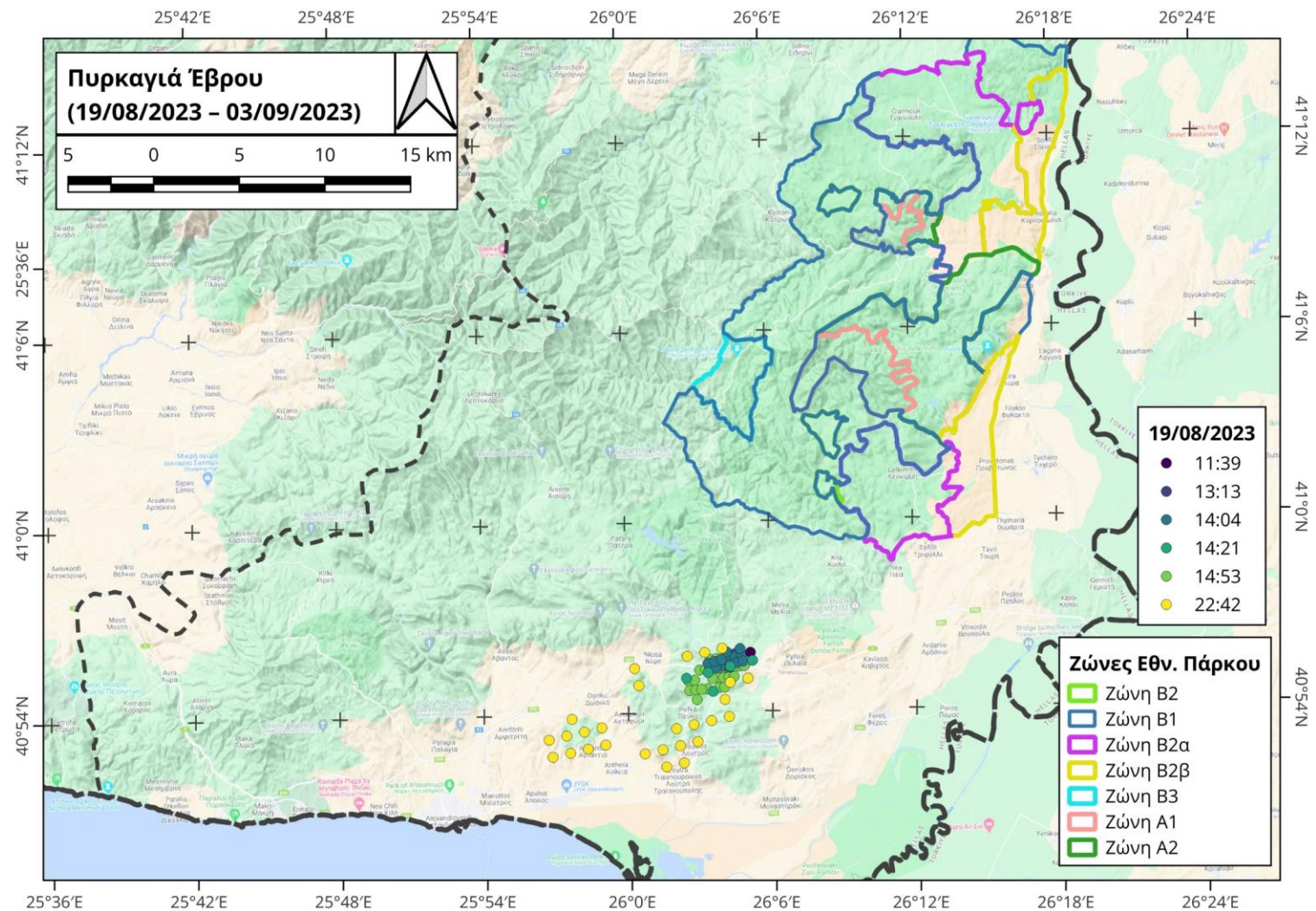


- Παρακολούθηση εξέλιξης δασικής πυρκαγιάς μέσω δεδομένων **ενεργών εστιών (active fires)**
- Σύστημα **FIRMS** της NASA (δορυφόροι MODIS & VIIRS) και πλέον μέσω και των υπηρεσιών **Copernicus** της ΕΕ





Παρακολούθηση εξέλιξης πυρκαγιάς: Έβρος 2023

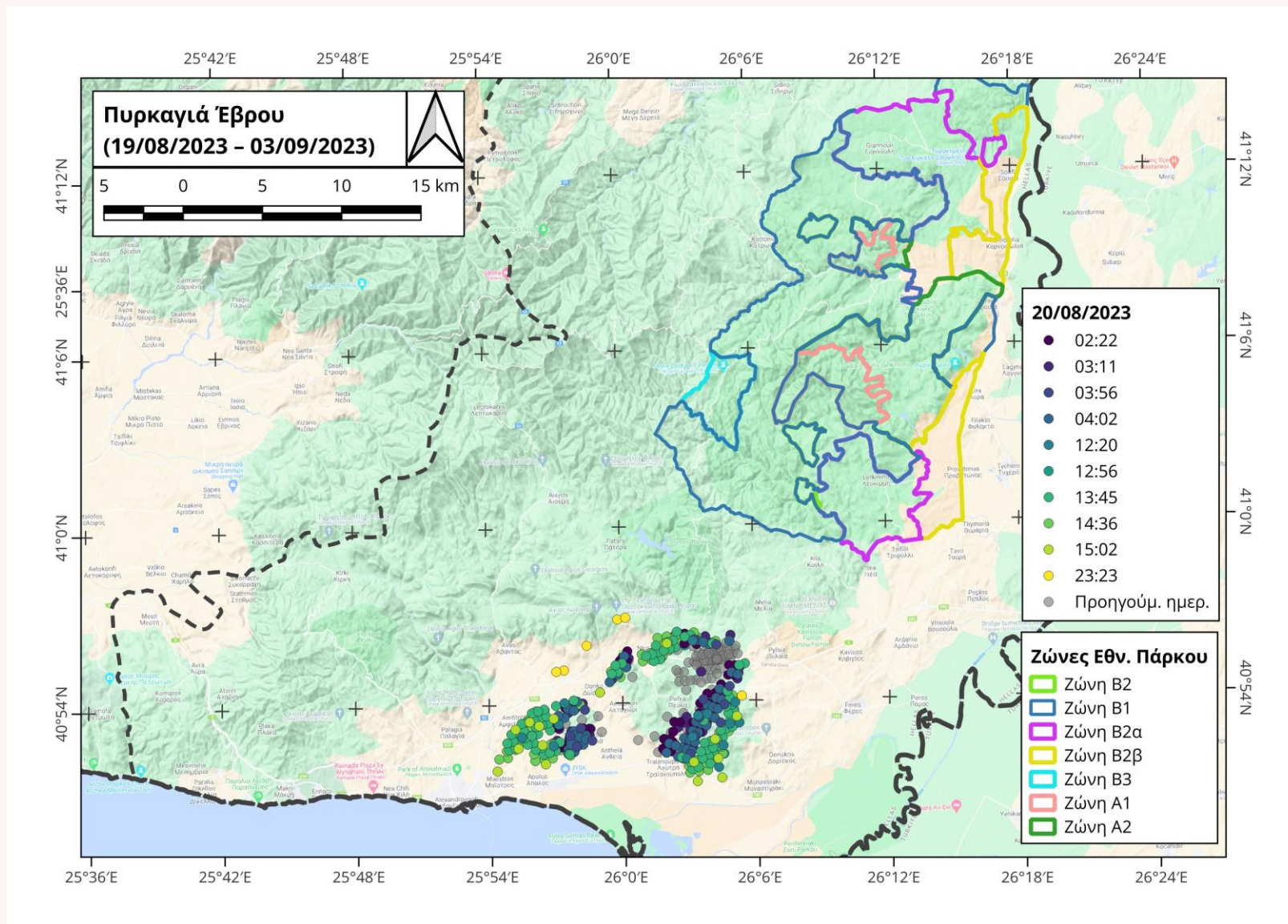




Παρακολούθηση εξέλιξης πυρκαγιάς: Έβρος 2023



ΕΠαδαΠ
Εθνικό
Παρατηρητήριο
Δασικών
Πυρκαγιών

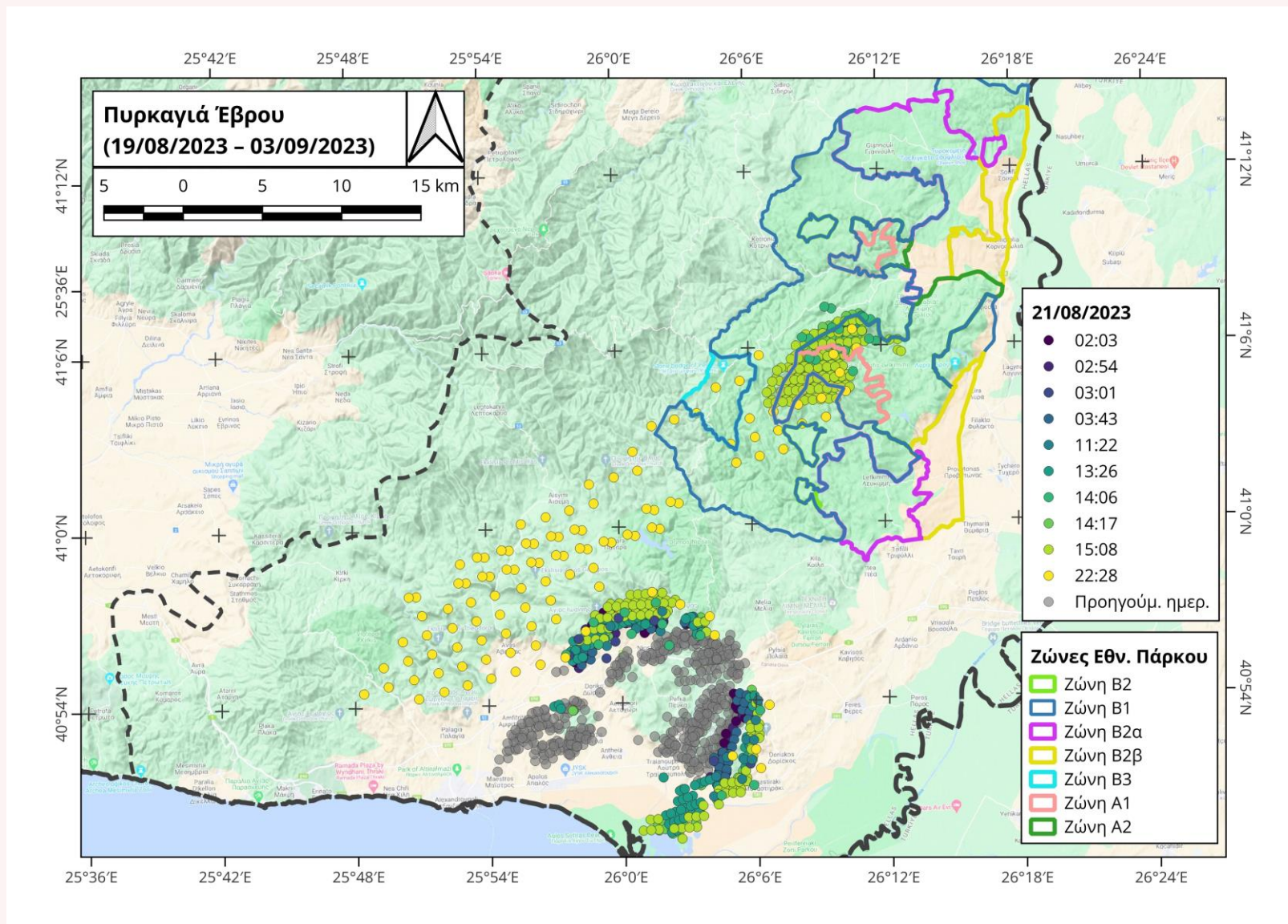




Παρακολούθηση εξέλιξης πυρκαγιάς: Έβρος 2023



ΕΠαΔαΠ
Εθνικό
Παρατηρητήριο
Δασικών
Πυρκαγιών

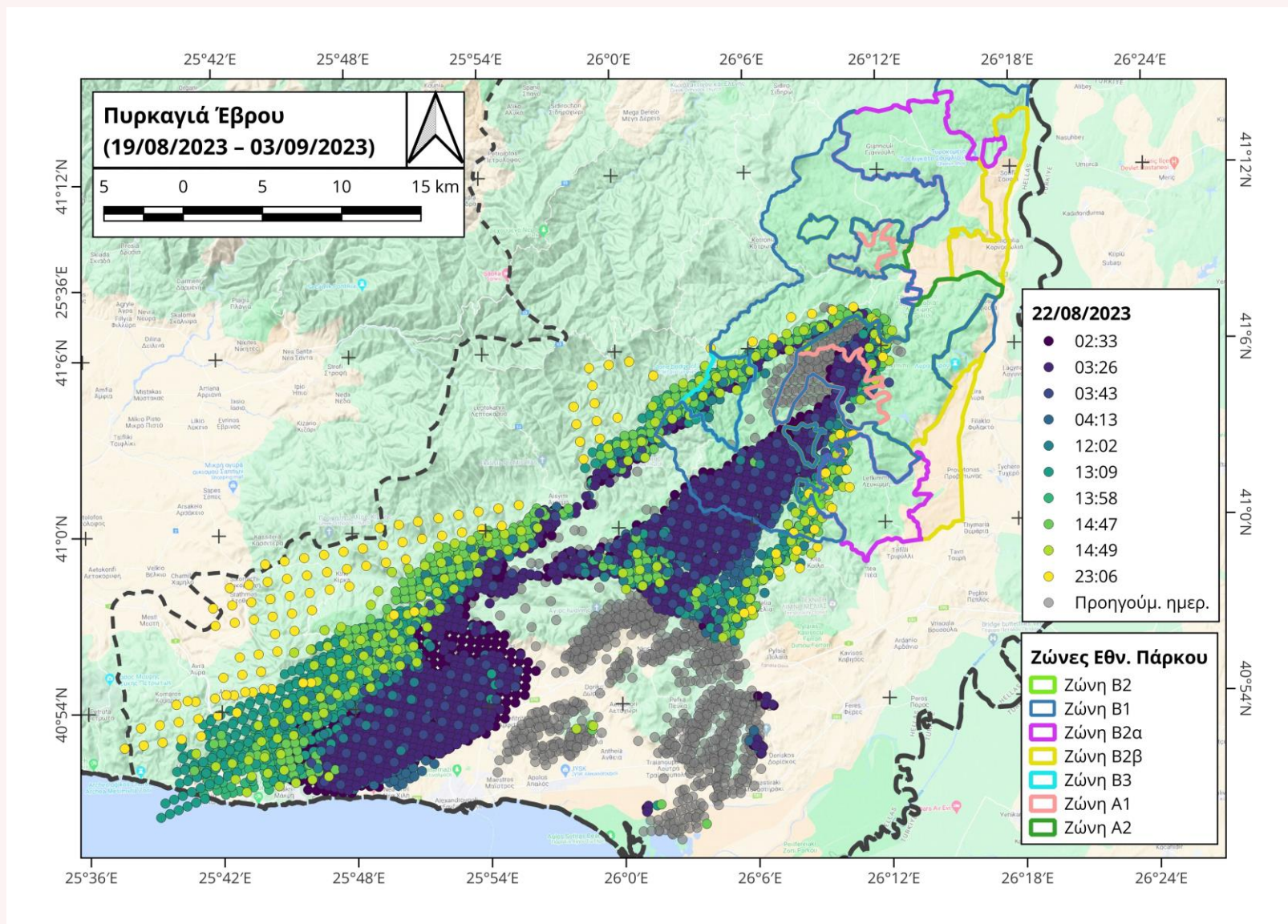




Παρακολούθηση εξέλιξης πυρκαγιάς: Έβρος 2023



ΕΠΑΔΑΠ
Εθνικό
Παρατηρητήριο
Δασικών
Πυρκαγιών

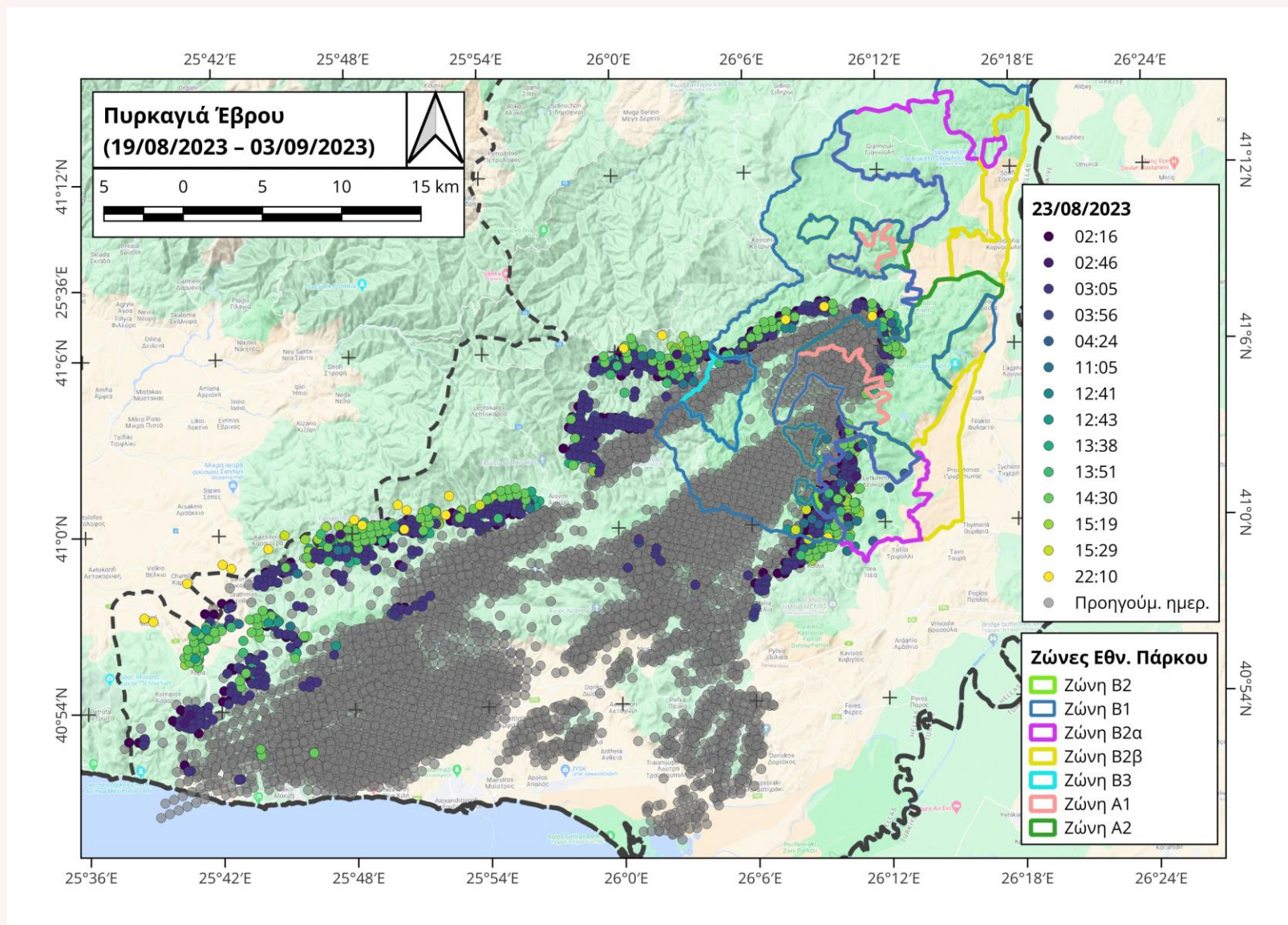




Παρακολούθηση εξέλιξης πυρκαγιάς: Έβρος 2023



ΕΠΑΔαΠ
Εθνικό
Παρατηρητήριο
Δασικών
Πυρκαγιών

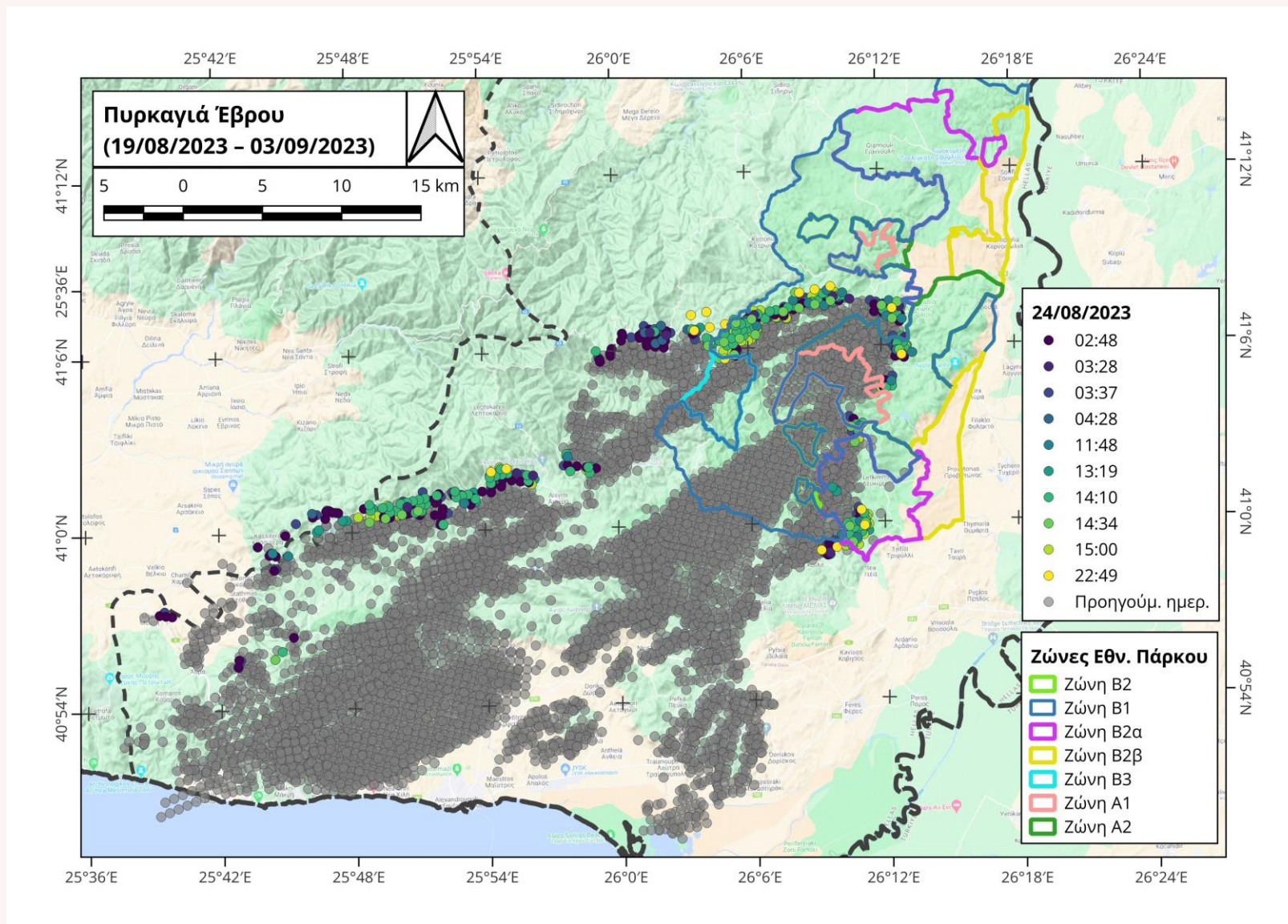




Παρακολούθηση εξέλιξης πυρκαγιάς: Έβρος 2023

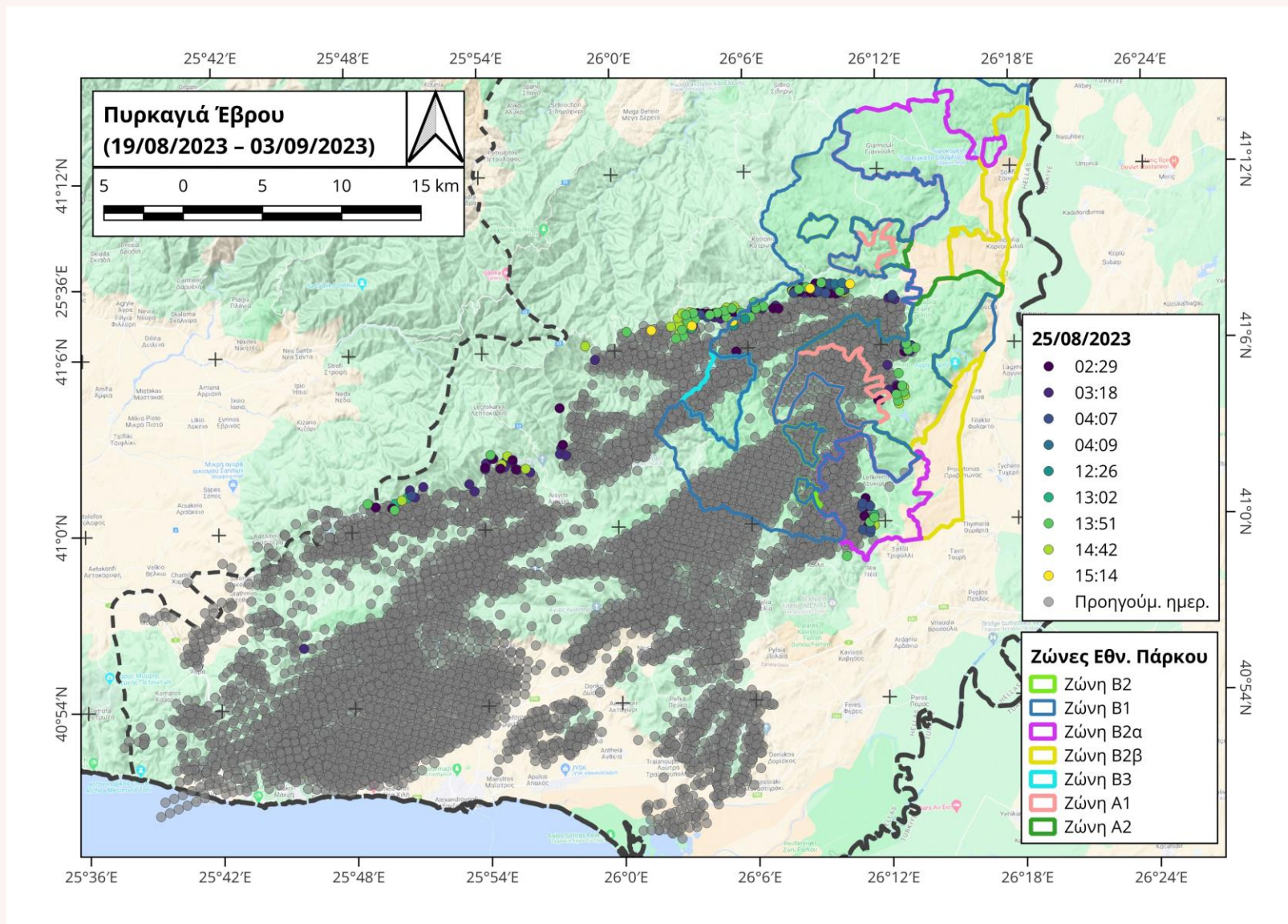


ΕΠΑΔΑΠ
Εθνικό
Παρατηρητήριο
Δασικών
Πυρκαγιών



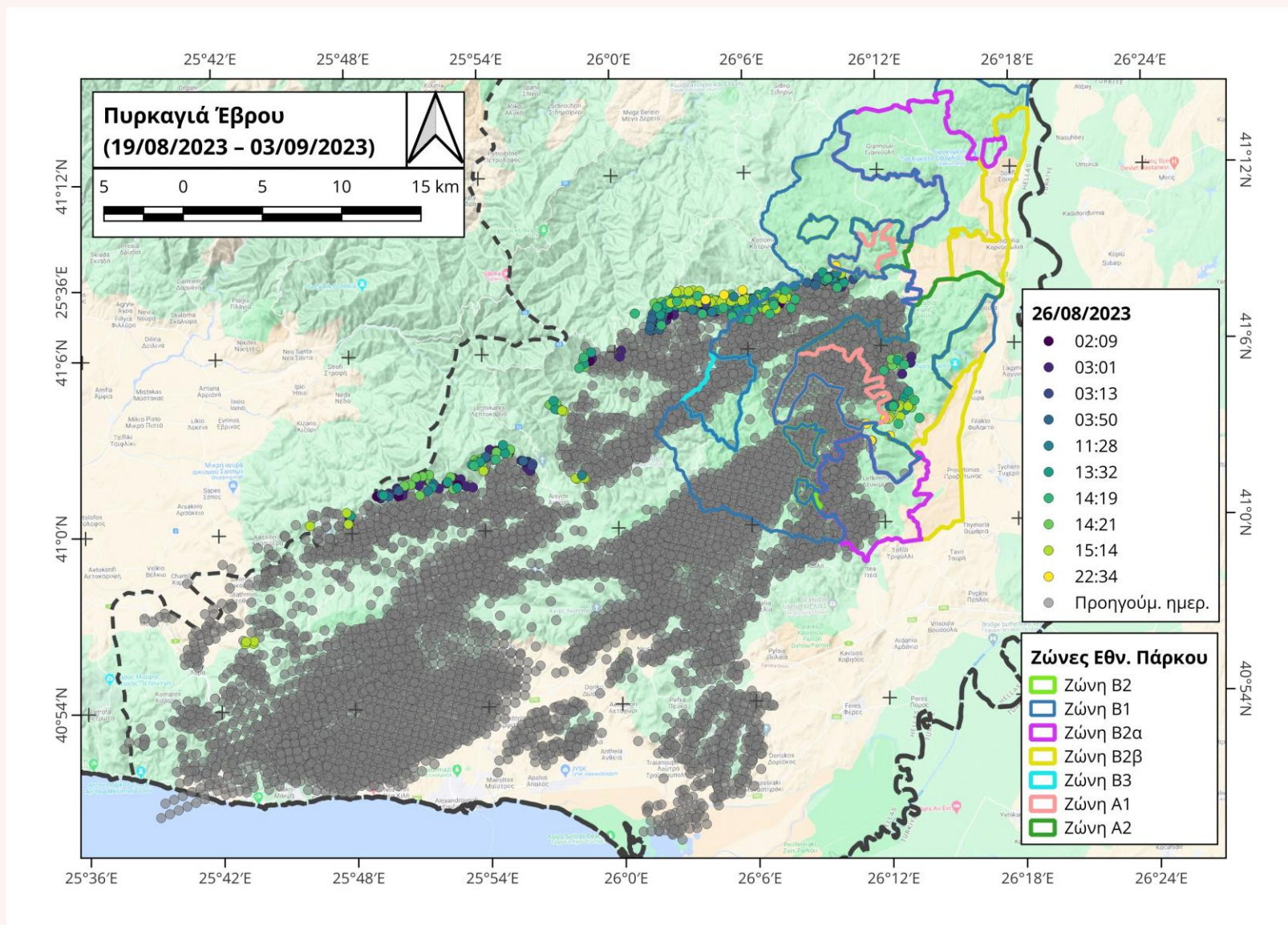


Παρακολούθηση εξέλιξης πυρκαγιάς: Έβρος 2023



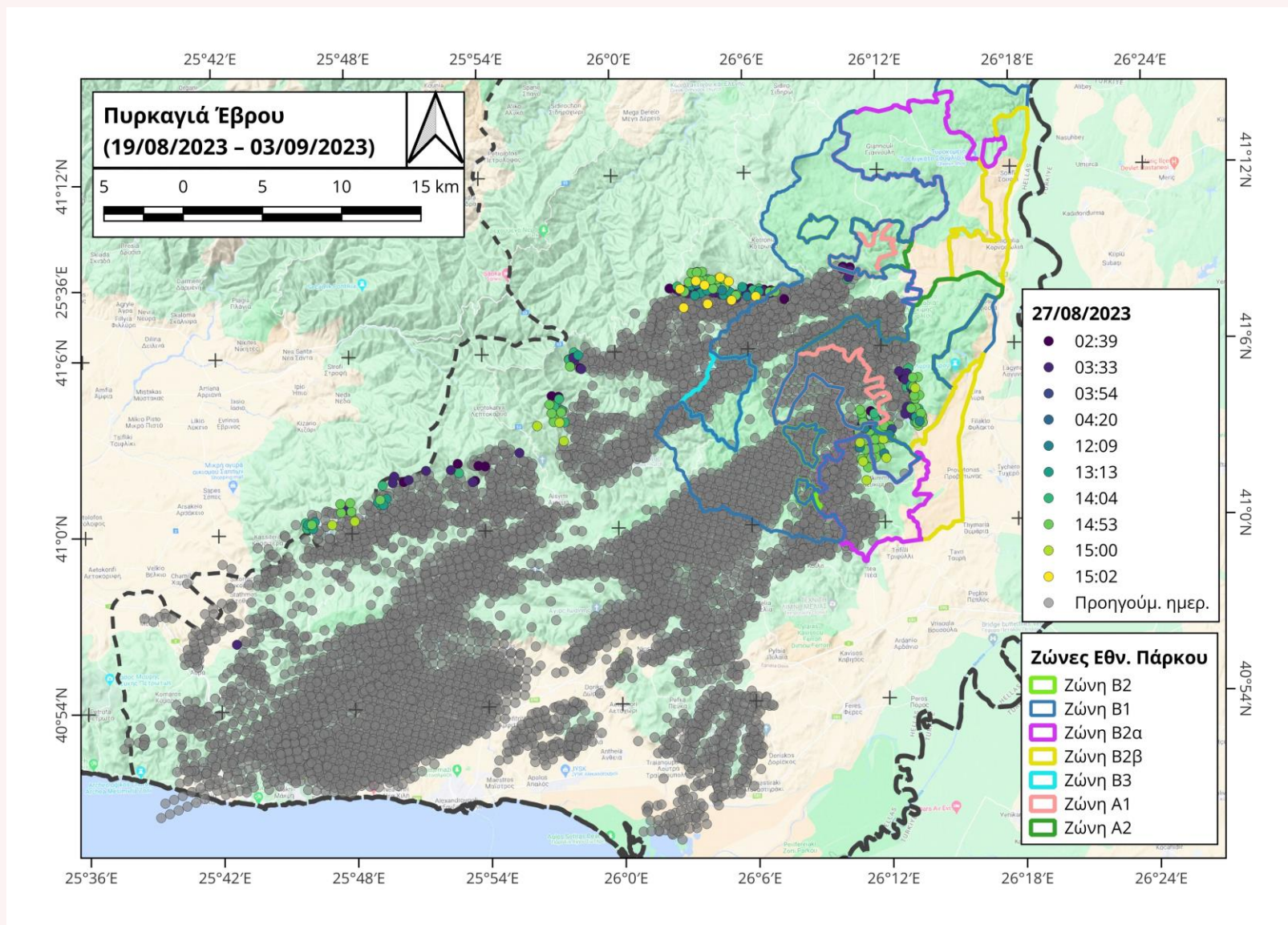


Παρακολούθηση εξέλιξης πυρκαγιάς: Έβρος 2023



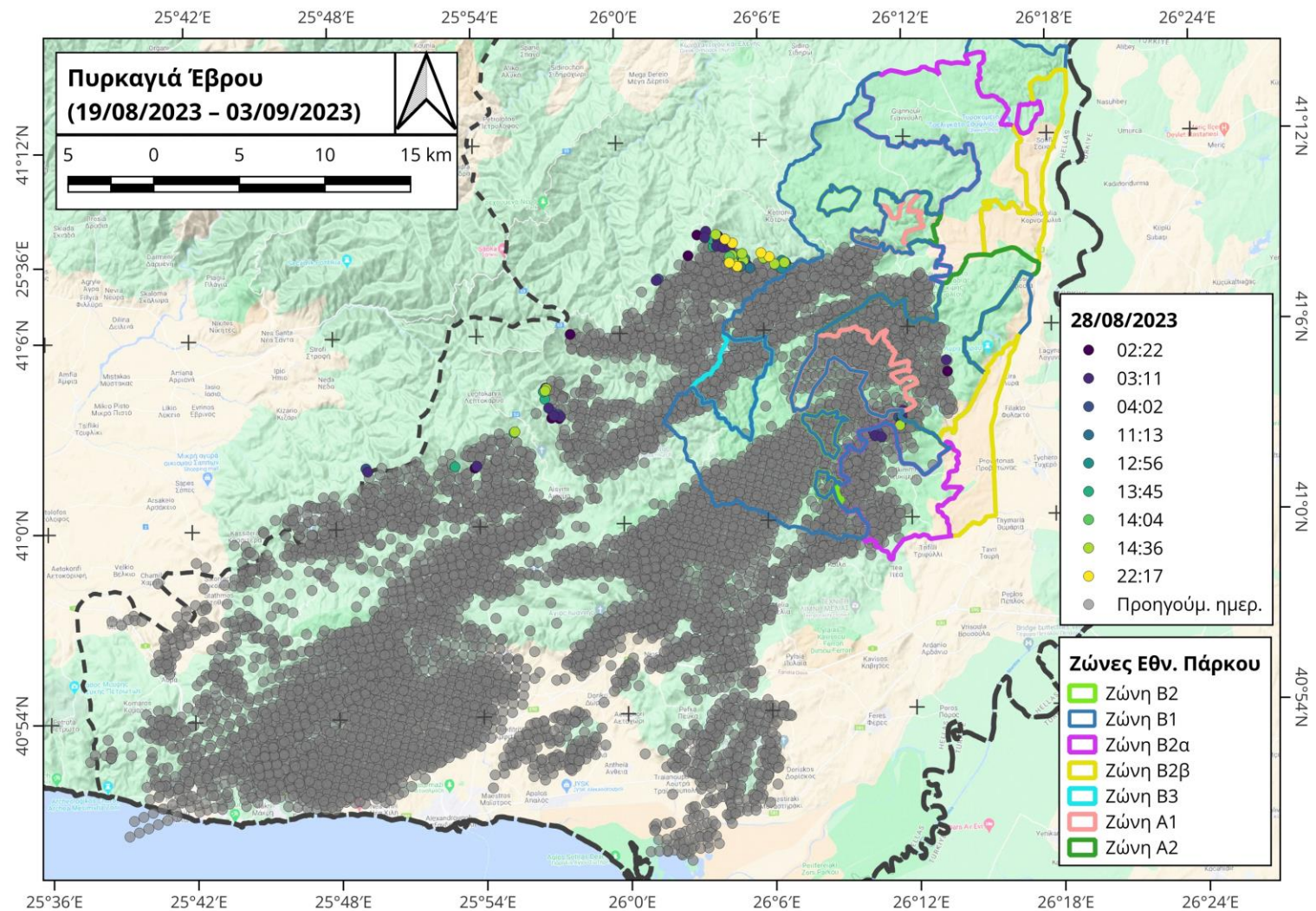


Παρακολούθηση εξέλιξης πυρκαγιάς: Έβρος 2023



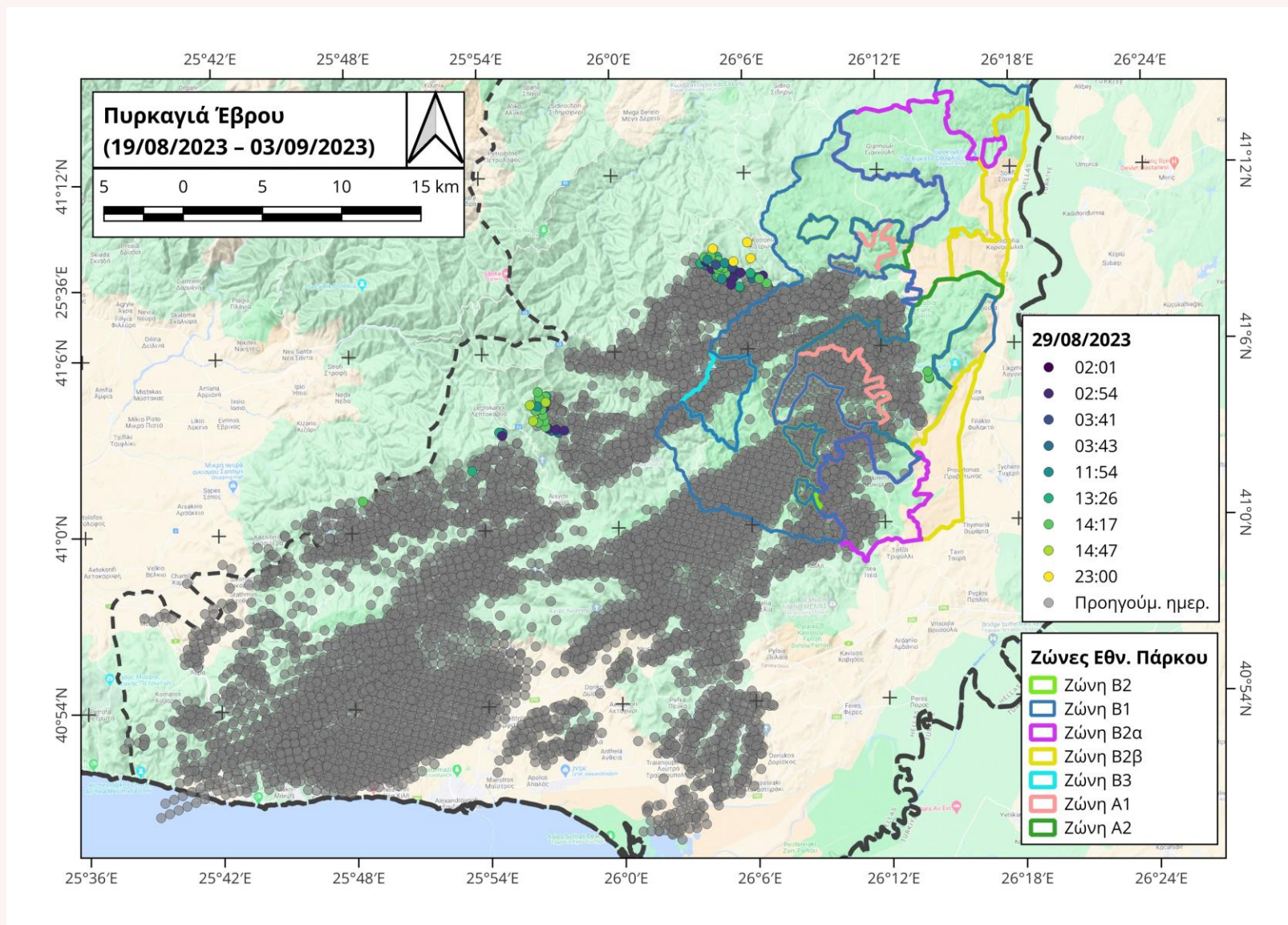


Παρακολούθηση εξέλιξης πυρκαγιάς: Έβρος 2023



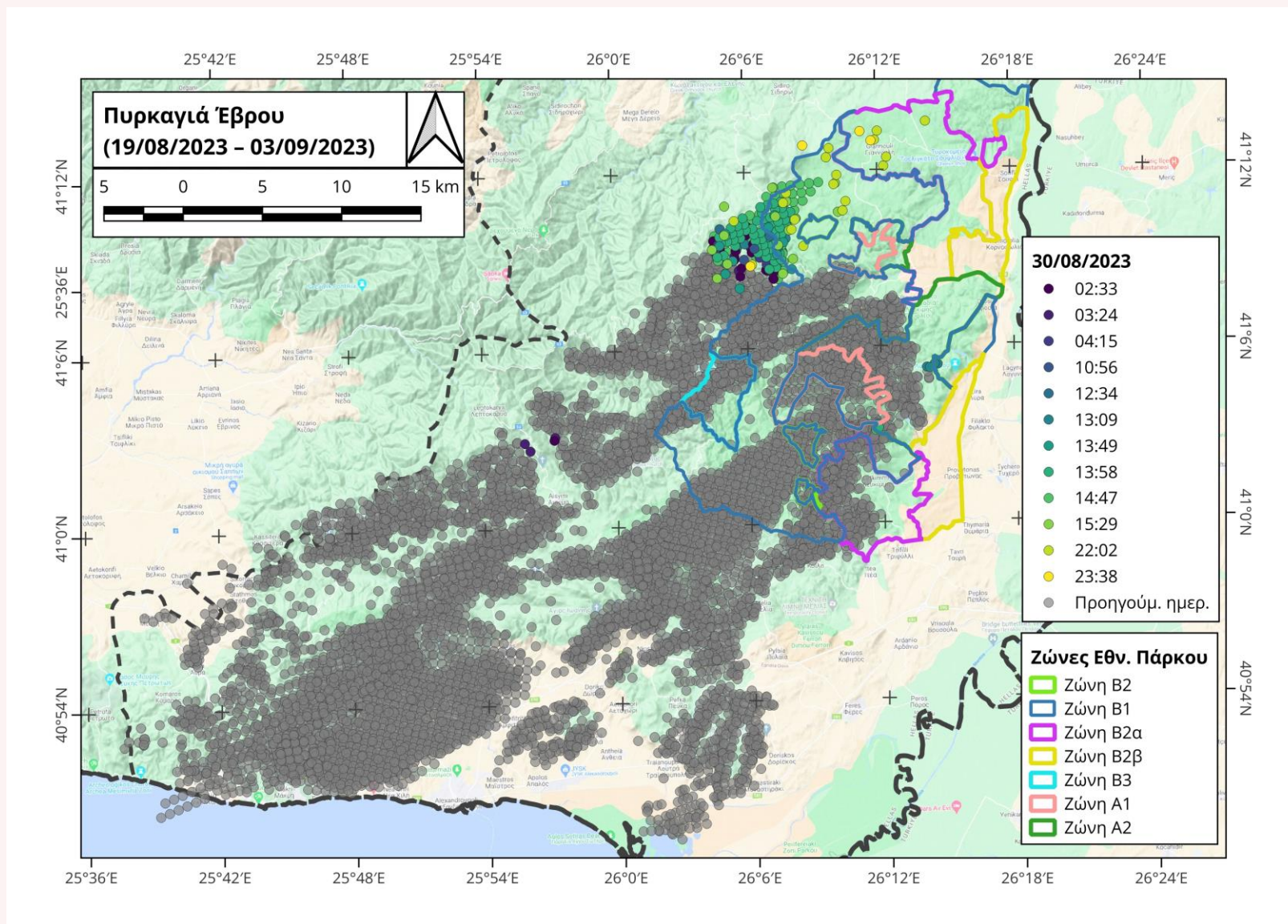


Παρακολούθηση εξέλιξης πυρκαγιάς: Έβρος 2023





Παρακολούθηση εξέλιξης πυρκαγιάς: Έβρος 2023

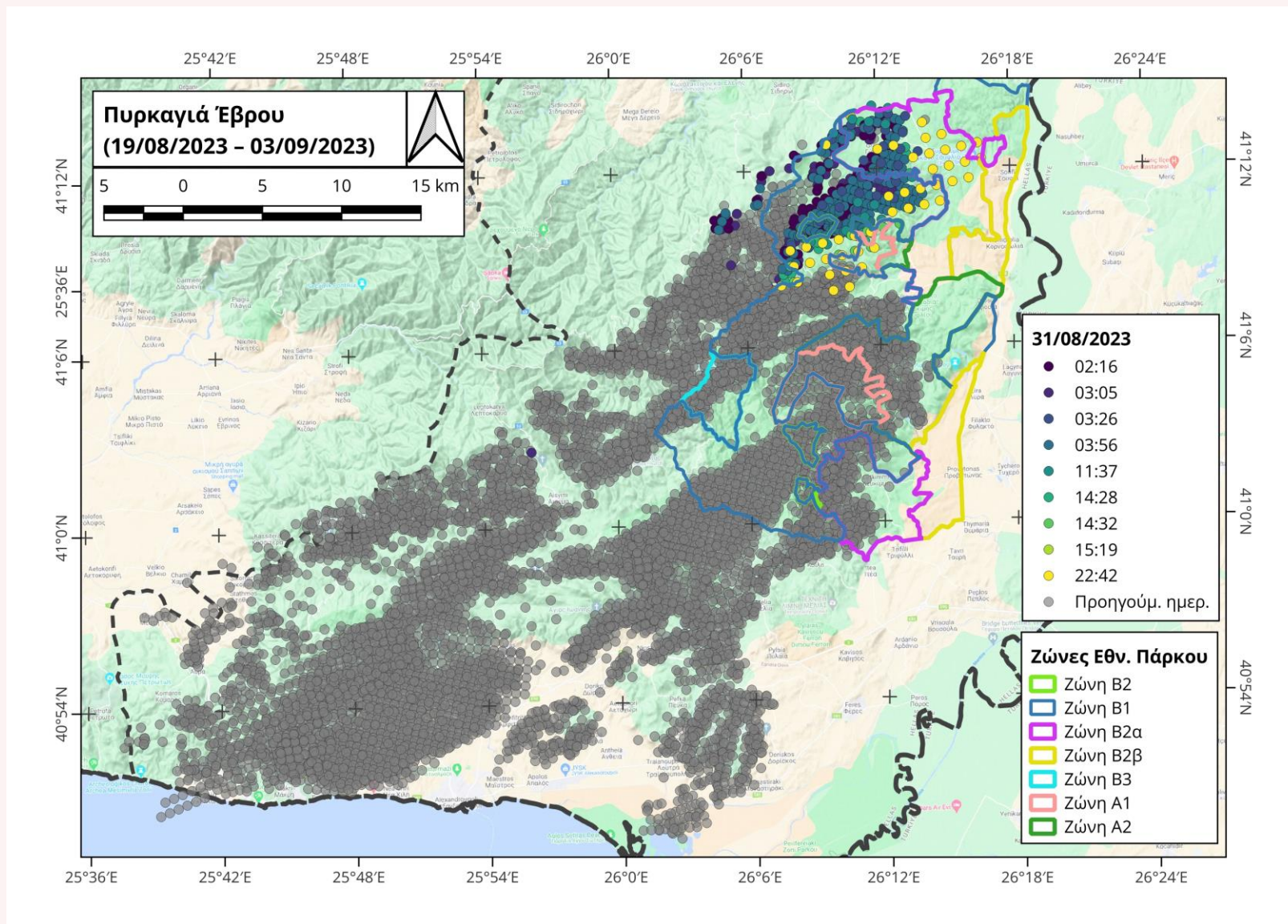




Παρακολούθηση εξέλιξης πυρκαγιάς: Έβρος 2023



ΕΠαδαΠ
Εθνικό
Παρατηρητήριο
Δασικών
Πυρκαγιών

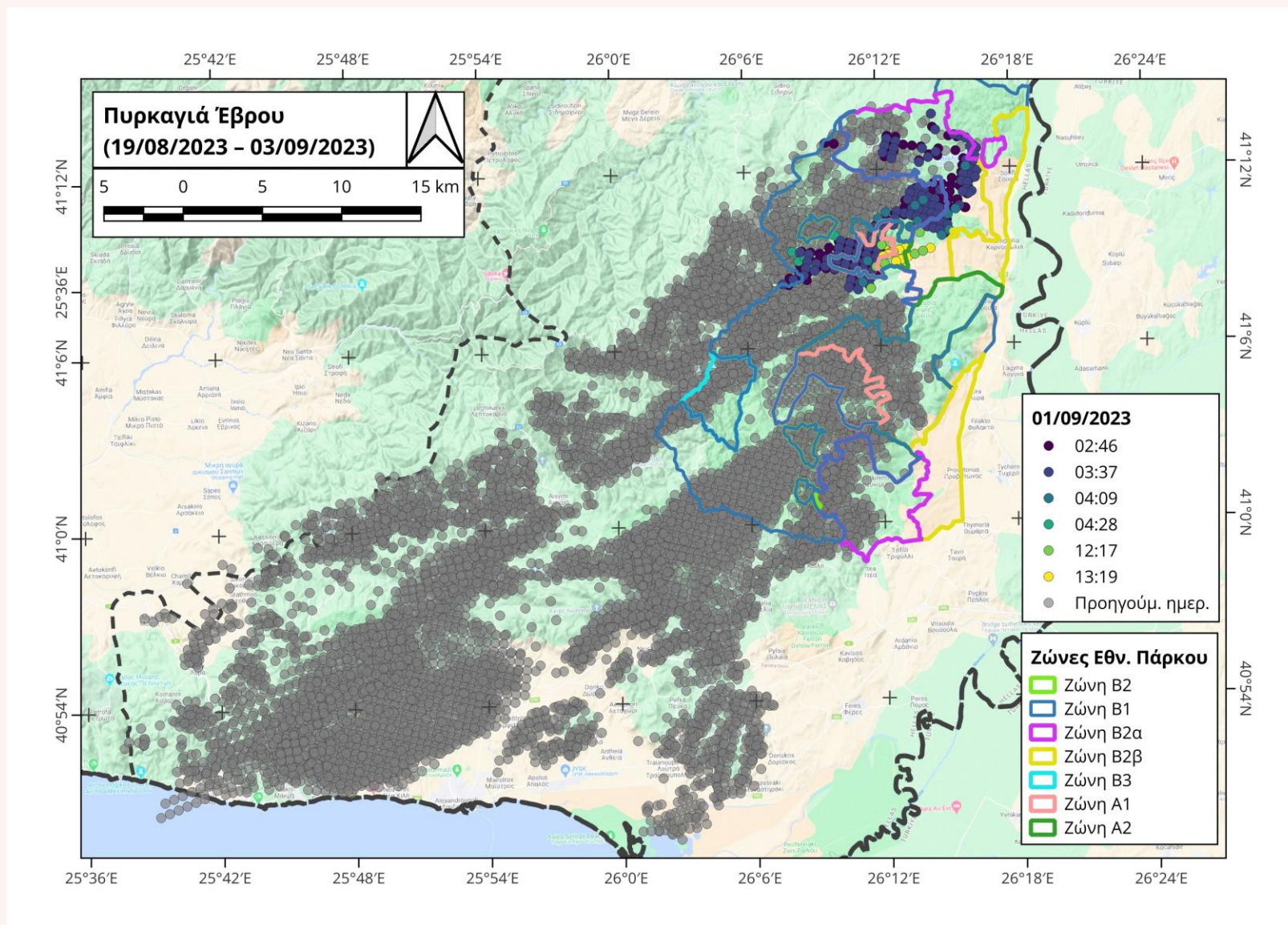




Παρακολούθηση εξέλιξης πυρκαγιάς: Έβρος 2023



ΕΠαΔαΠ
Εθνικό
Παρατηρητήριο
Δασικών
Πυρκαγιών

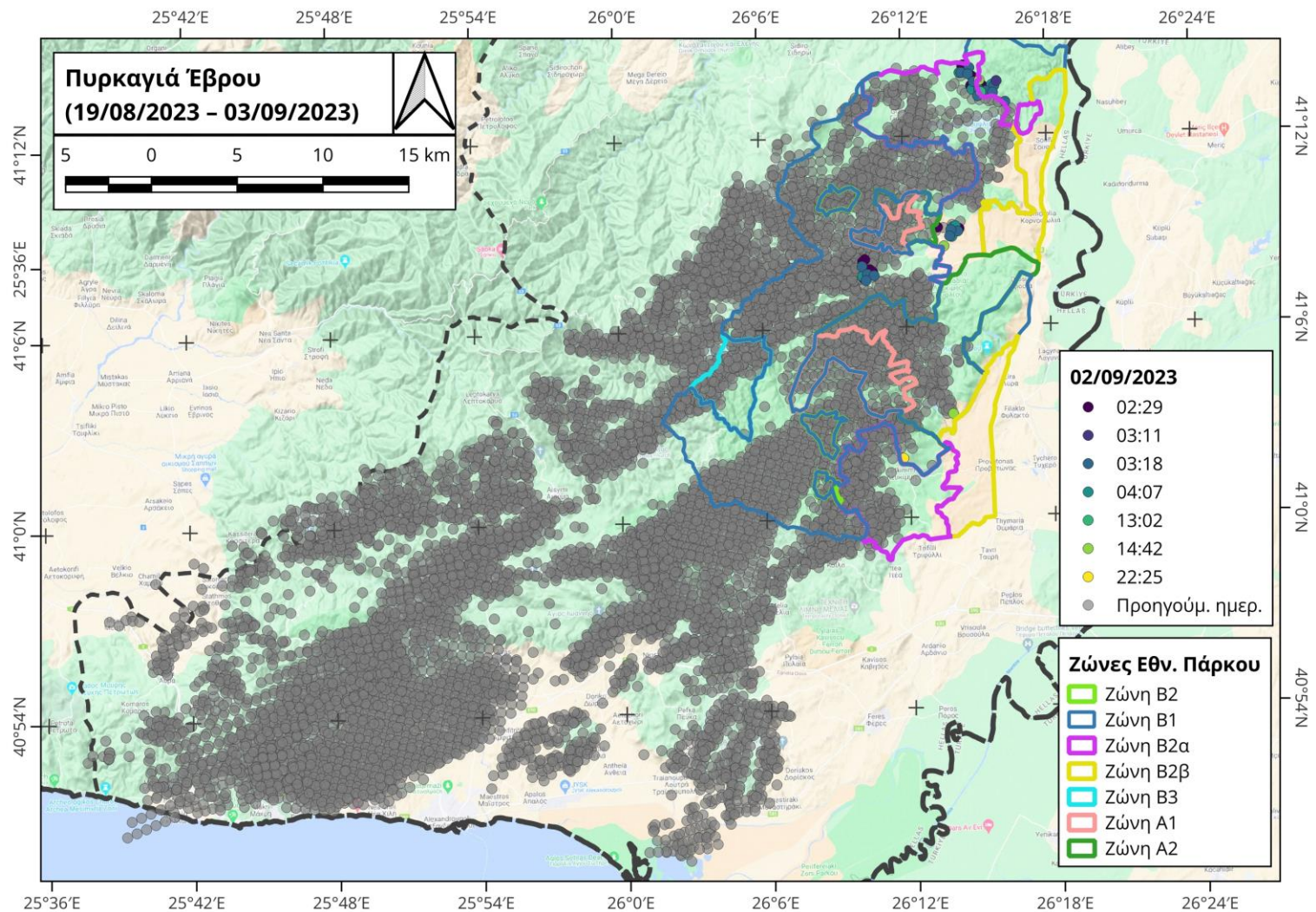




Παρακολούθηση εξέλιξης πυρκαγιάς: Έβρος 2023



ΕΠαΔαΠ
Εθνικό
Παρατηρητήριο
Δασικών
Πυρκαγιών

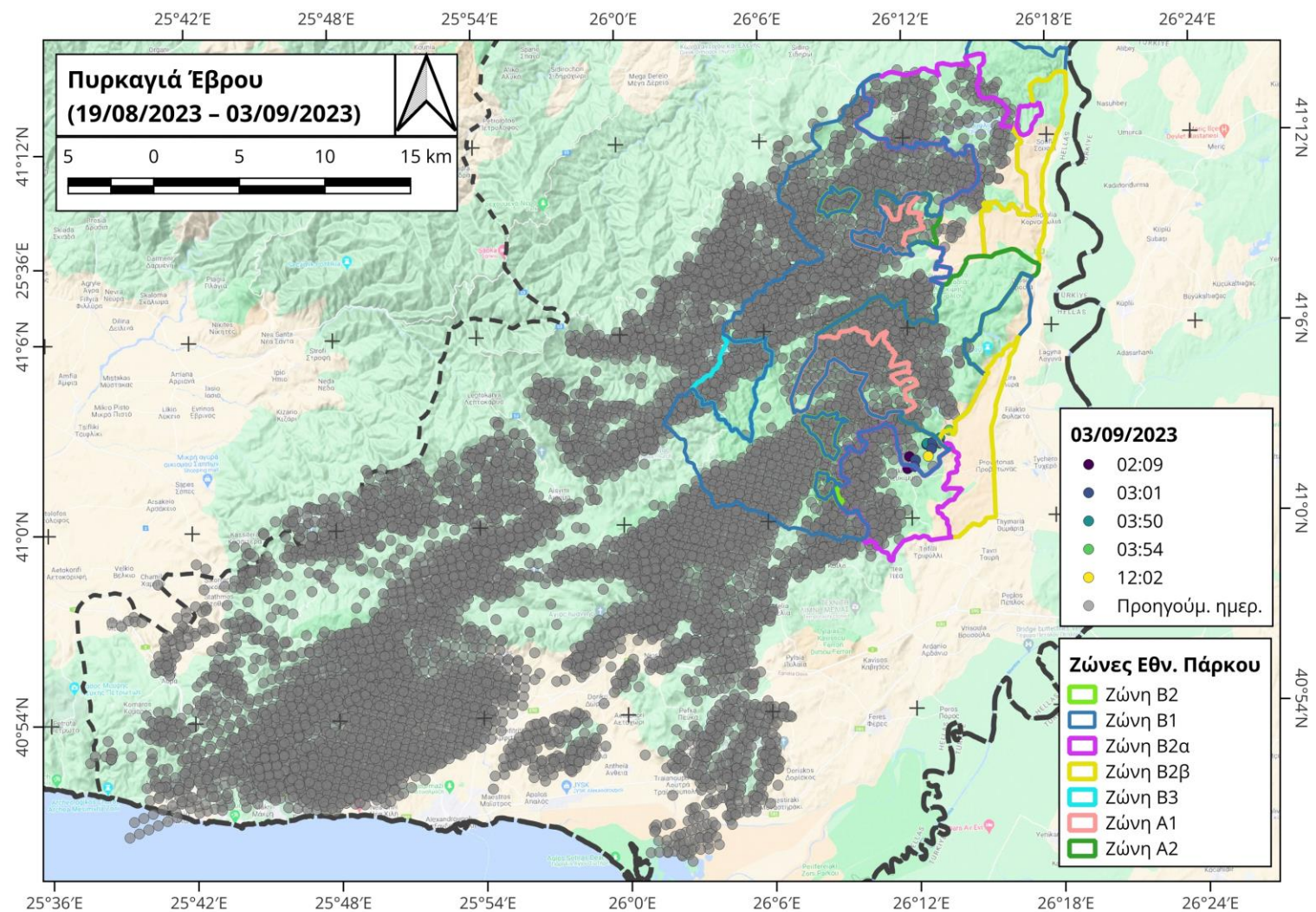




Παρακολούθηση εξέλιξης πυρκαγιάς: Έβρος 2023

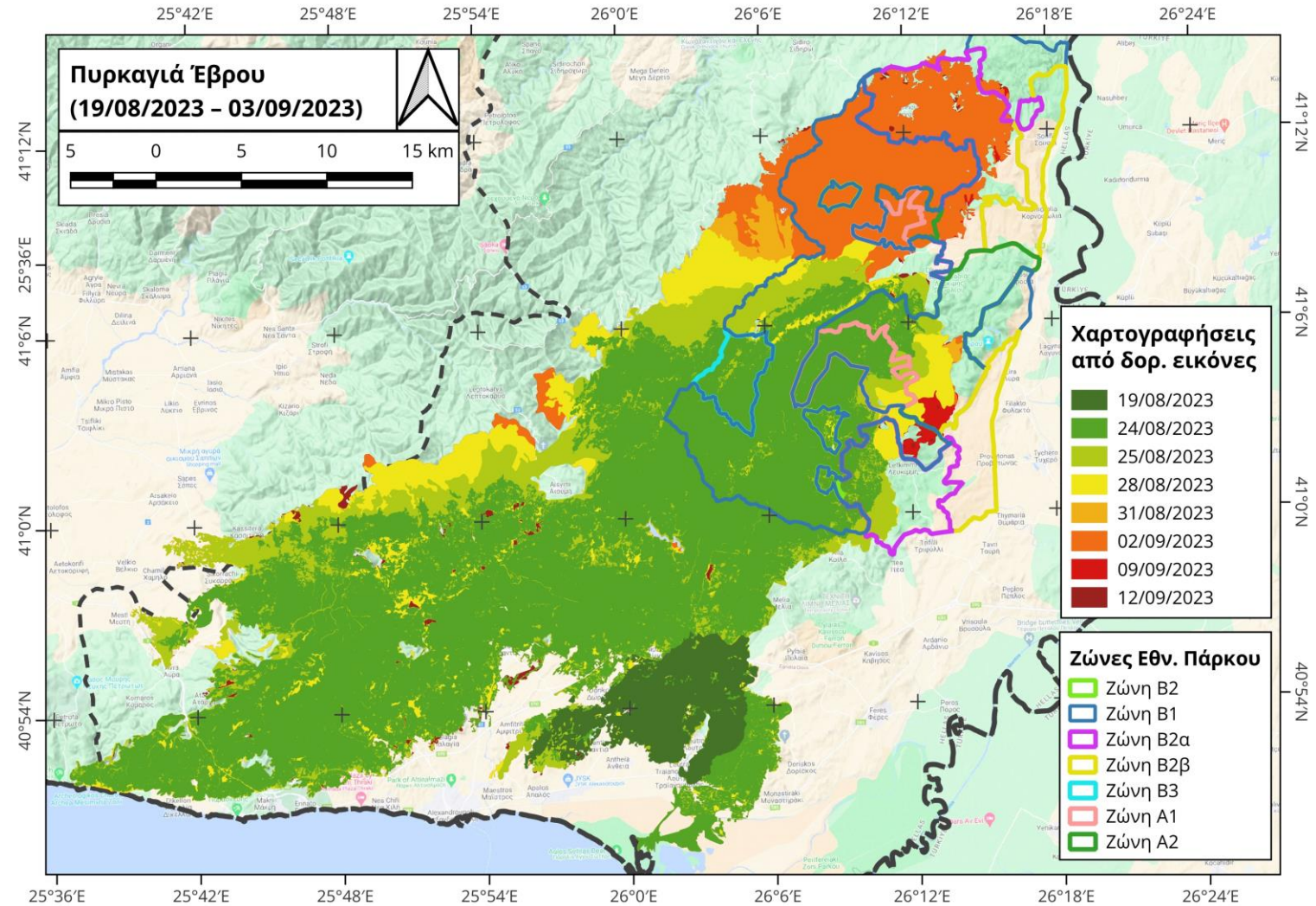


ΕΠαΔαΠ
Εθνικό
Παρατηρητήριο
Δασικών
Πυρκαγιών



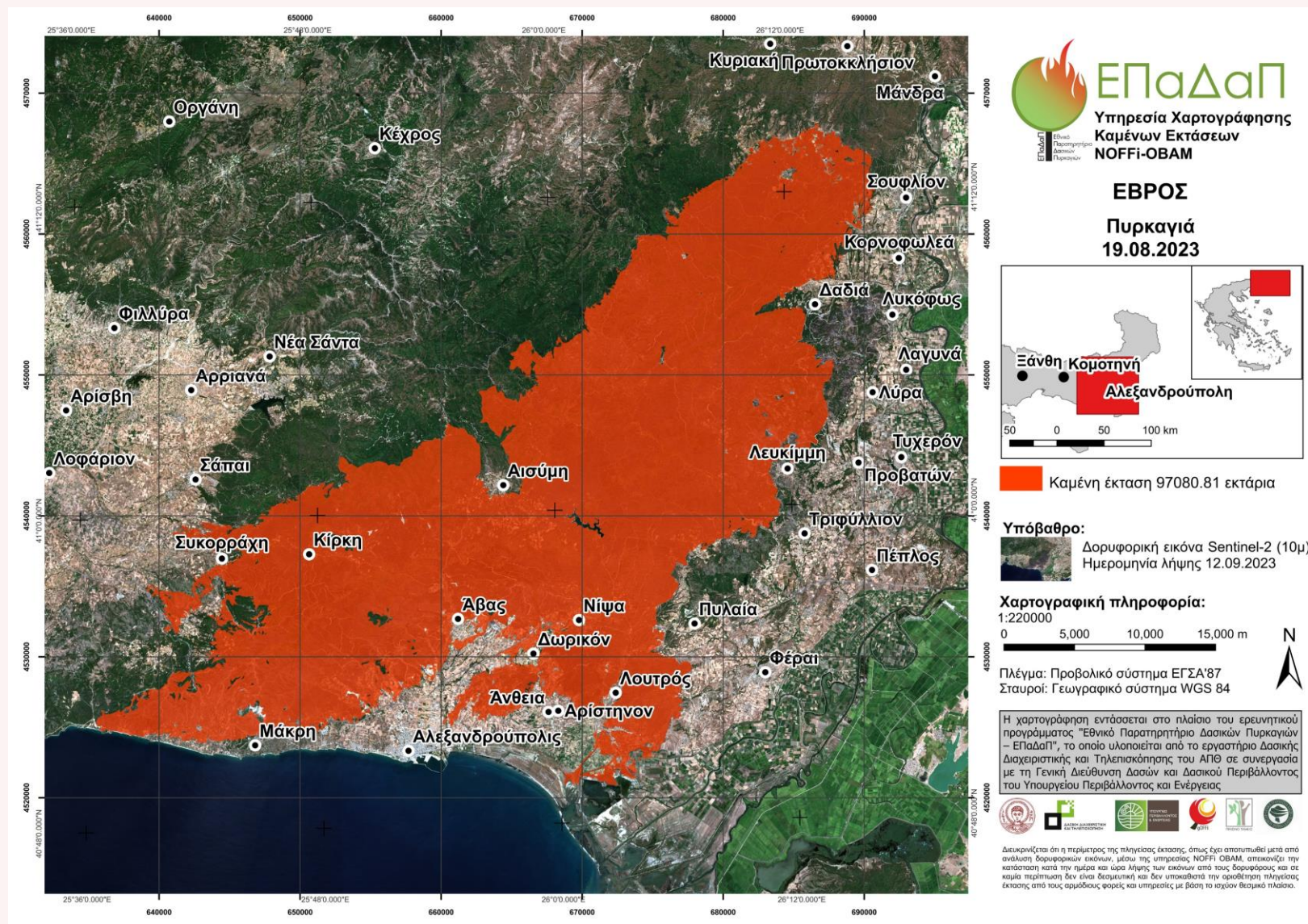


Παρακολούθηση εξέλιξης πυρκαγιάς: Έβρος 2023



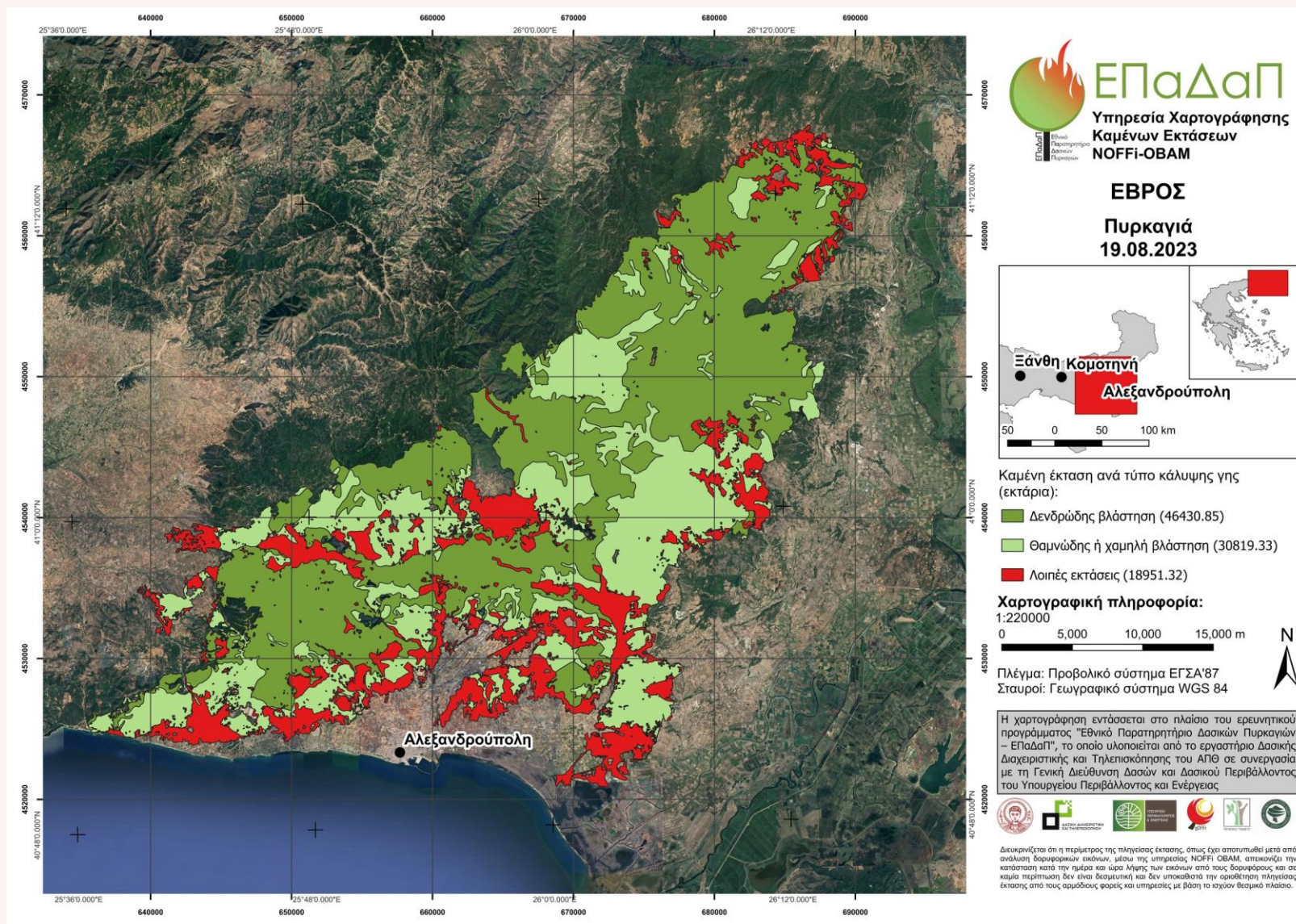


Παρακολούθηση εξέλιξης πυρκαγιάς: Έβρος 2023



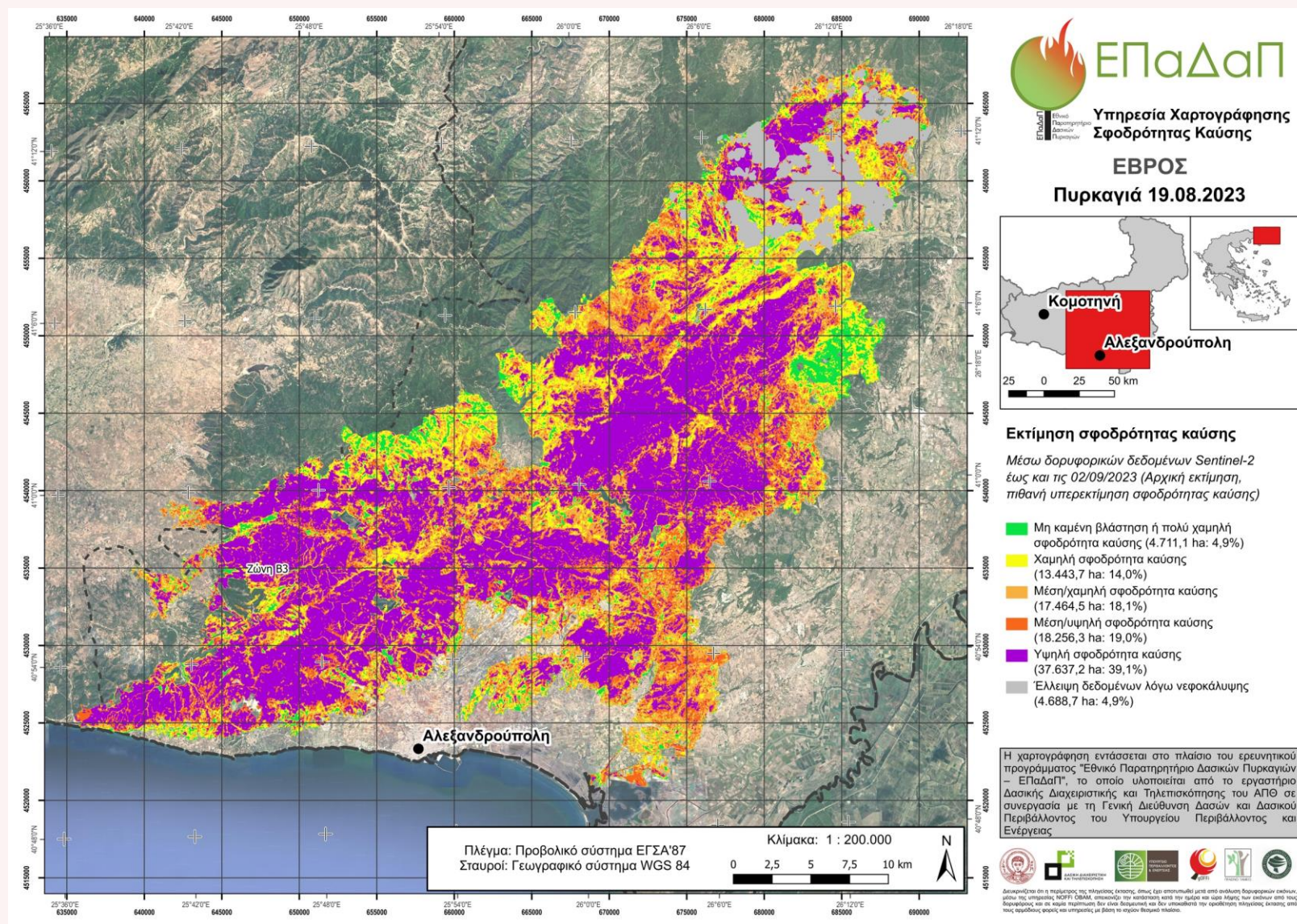


Παρακολούθηση εξέλιξης πυρκαγιάς: Έβρος 2023



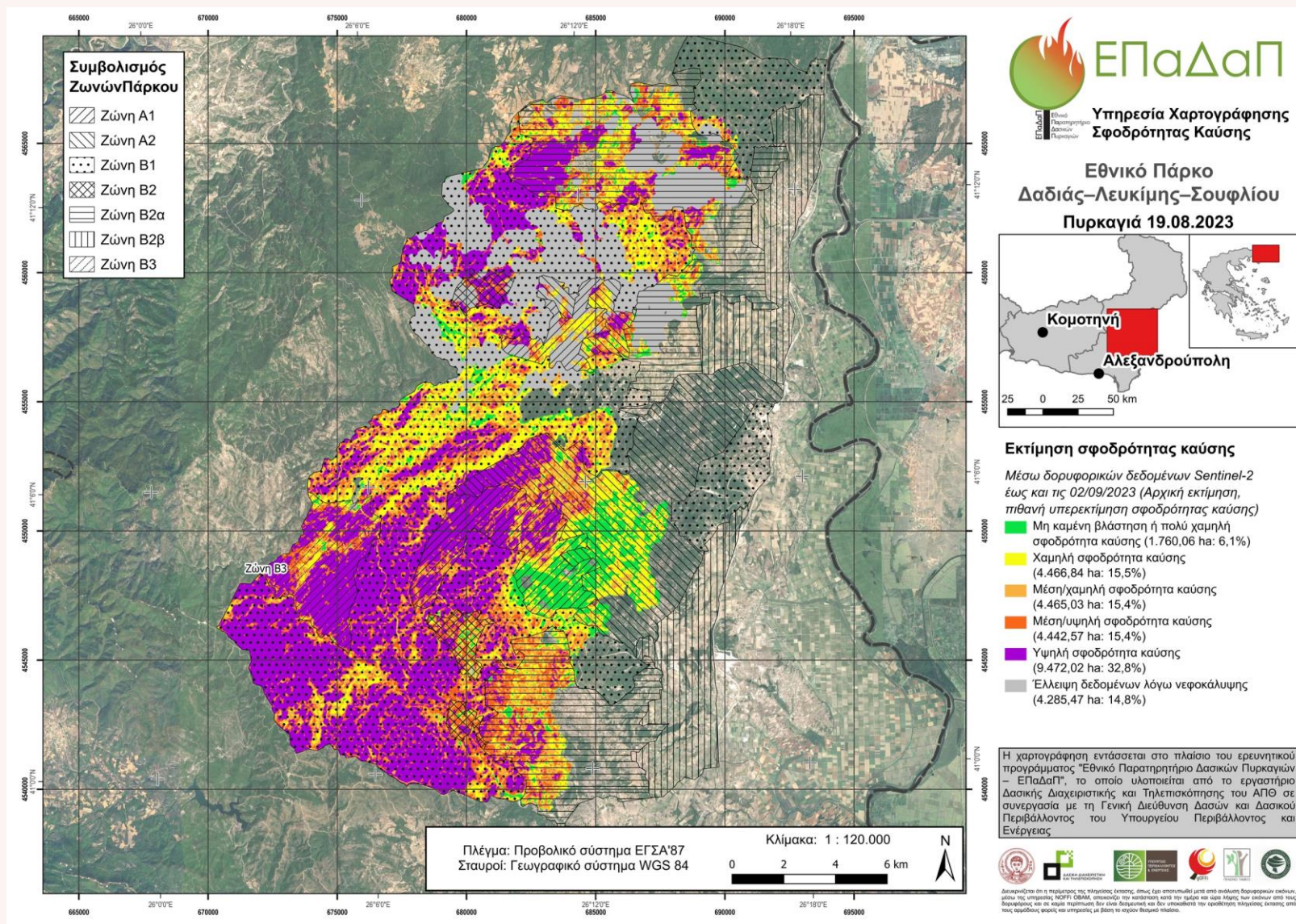


Παρακολούθηση εξέλιξης πυρκαγιάς: Έβρος 2023



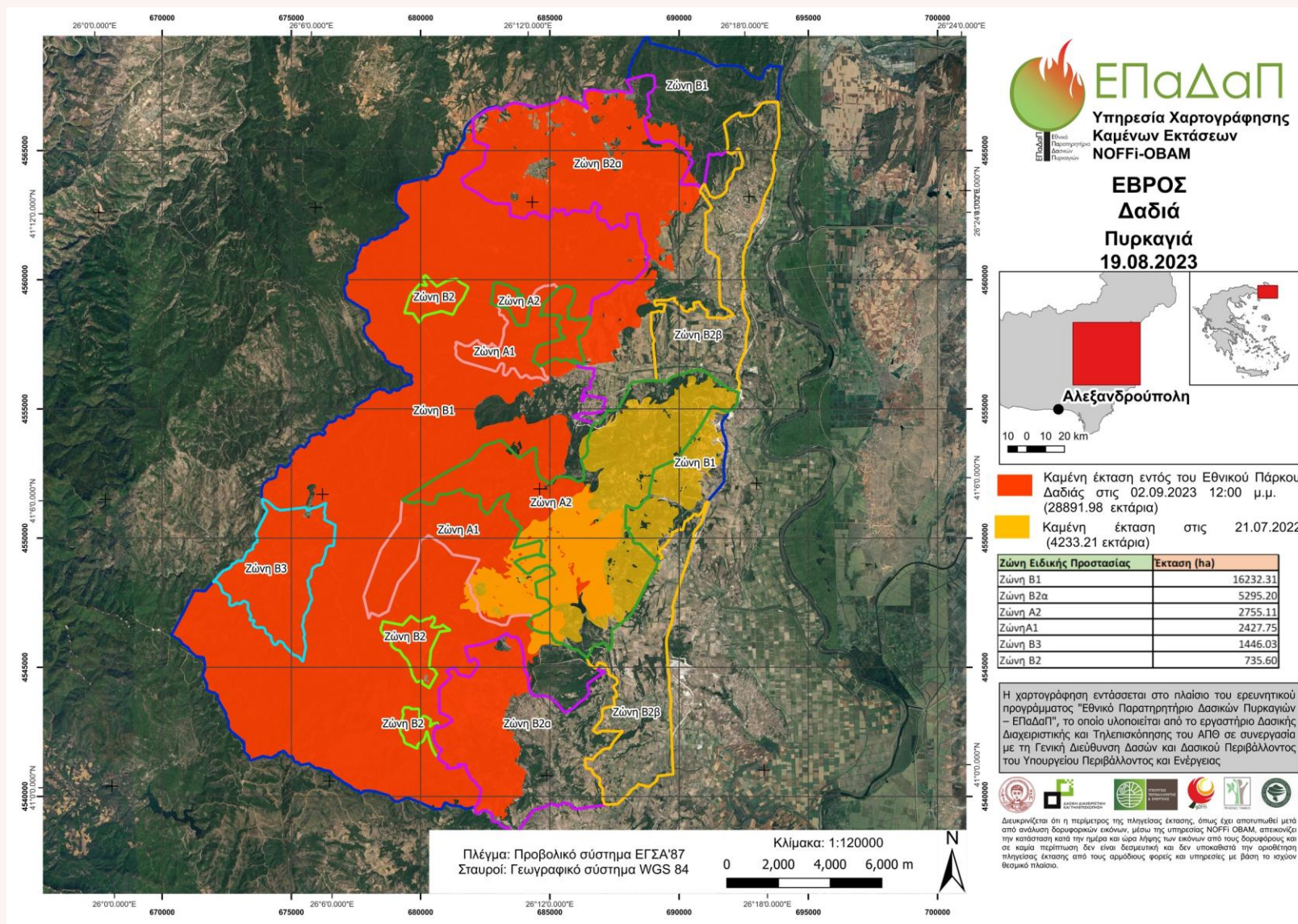


Παρακολούθηση εξέλιξης πυρκαγιάς: Έβρος 2023





Παρακολούθηση εξέλιξης πυρκαγιάς: Έβρος 2023





Ανίχνευση καπνού πυρκαγιάς



- Αυτόματη ανίχνευση καπνού μέσω σταθερών καμερών και αλγορίθμους ανάλυσης εικόνας → έγκαιρη ειδοποίηση
- Χρήση νευρωνικών δικτύων (Attention Enhanced Bidirectional Long Short-Term Memory Network — ABi-LSTM)



Ανίχνευση καπνού πυρκαγιάς



Πηγή: <https://www.embention.com/news/drones-against-forest-fires/>



Αξιολόγηση της
κατάστασης



Πρόσβαση σε
απρόσιτες περιοχές



Ανίχνευση
πυρκαγιάς



Ανίχνευση ατόμων
σε κίνδυνο

Πηγή: <https://www.flytbase.com/blog/drone-fire-fighting>



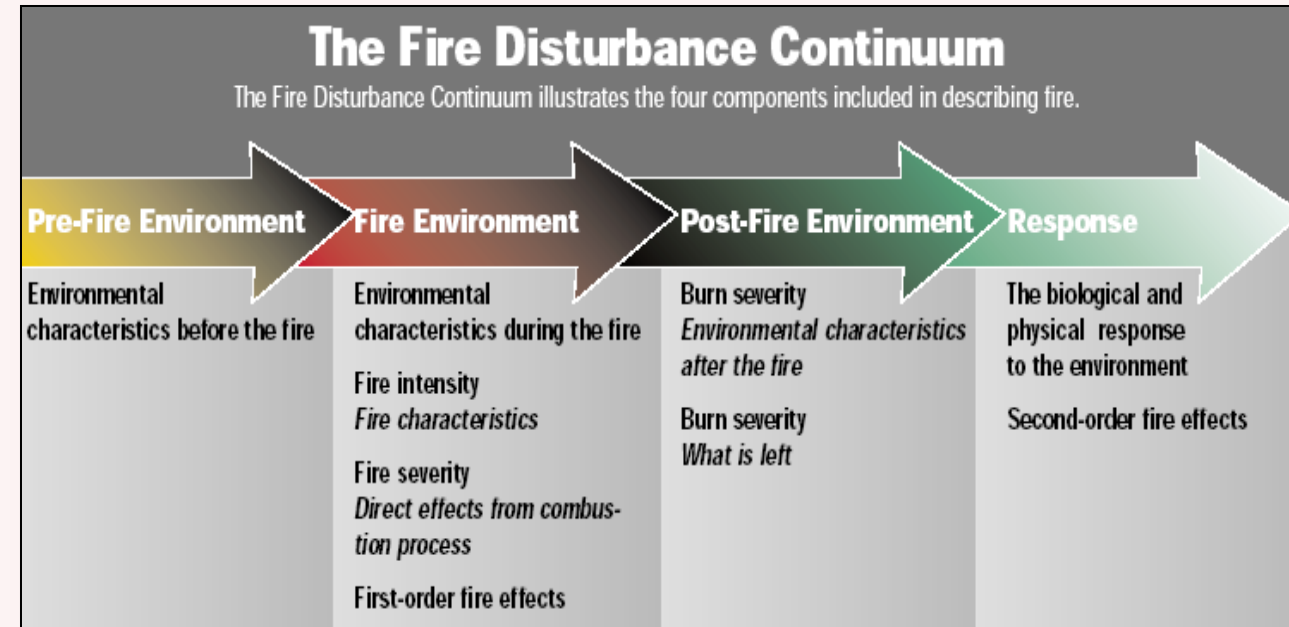
Αποκατάσταση της βλάστησης μετά από πυρκαγιά



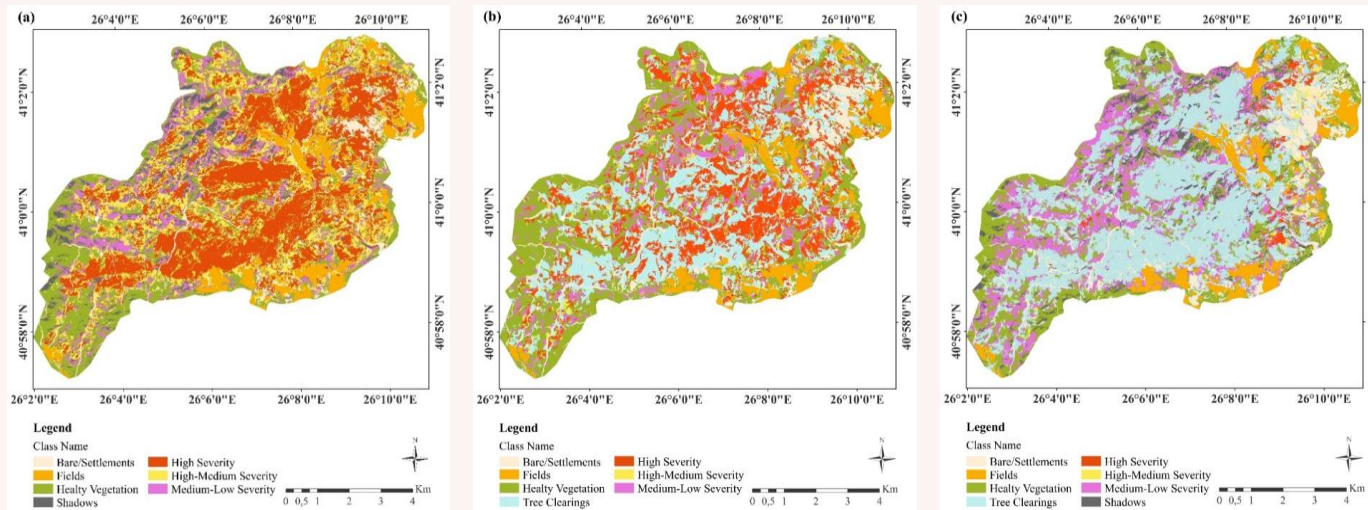


Χαρτογράφηση σφοδρότητας πυρκαγιάς

- Η σφοδρότητα πυρκαγιάς περιγράφει τις φυσικές, χημικές και βιολογικές αλλαγές σε μία περιοχή μετά από πυρκαγιά.



Χαρτογράφηση σφοδρότητας πυρκαγιάς



(α)

(β)

(γ)

☉ Σφοδρότητα πυρκαγιάς σε τρεις διαφορετικές χρονικές στιγμές: (α) αμέσως μετά την πυρκαγιά, (β) 1 έτος μετά την πυρκαγιά και (γ) 3 έτη μετά την πυρκαγιά.

- ✓ Εκτίμηση με τη χρήση εικόνων GeoEye, αντικειμενοστραφούς ανάλυσης και του δείκτη καύσης CBI

Χαρτογράφηση Σφοδρότητας Πυρκαγιάς



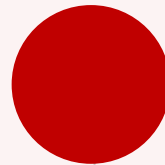
Περιορισμοί

- ⊙ Τα συστήματα τηλεπισκόπησης έχουν περιορισμούς στη **διείσδυση της βλάστησης**
- ⊙ Οι αυτόματοι αλγόριθμοι τεχνητής νοημοσύνης έχουν **σφάλματα**: ανάγκη χειρωνακτικών διορθώσεων και επιβεβαίωσης από άνθρωπο
- ⊙ Η παρακολούθηση της κατάστασης (τρέχουσας ή εκτίμηση του μέλλοντος) δε σημαίνει αυτόματα τη **λήψη μέτρων**





ΕΥΧΑΡΙΣΤΩ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΟΧΗ ΣΑΣ



Επικοινωνία

Εργαστήριο Δασικής Διαχειριστικής & Τηλεπισκόπησης
Σχολή Δασολογίας & Φυσικού Περιβάλλοντος
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

<https://fmrs.web.auth.gr>

<https://epadap.web.auth.gr>

