



Πανεπιστήμιο Αιγαίου  
Σχολή Κοινωνικών Επιστημών  
Τμήμα Γεωγραφίας

Δ.Π.Μ.Σ. «Φυσικοί Κίνδυνοι και Αντιμετώπιση Καταστροφών»

**Εκτίμηση Κινδύνου Πυρκαγιάς σε Αστικό - Περιαστικό περιβάλλον για  
μεγάλη κλίμακα οικισμού**

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

**Κοκκαλίδου Μάρθα**

Γεωλόγος, Α.Π.Θ.

Μυτιλήνη,

Ιούνιος 2022



Πανεπιστήμιο Αιγαίου  
Σχολή Κοινωνικών Επιστημών  
Τμήμα Γεωγραφίας

Δ.Π.Μ.Σ. «Φυσικοί Κίνδυνοι και Αντιμετώπιση Καταστροφών»

**Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:**

**Κοντοές Χαράλαμπος (Επιβλέπων)**

Διευθυντής Ερευνών Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών – Επιστημονικός Υπεύθυνος Κέντρου Ερευνών Παρατήρησης της Γης και Δορυφορικής Τηλεπισκόπησης BEYOND του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών

**Ζούρος Νικόλαος**

Καθηγητής Γεωγραφίας Φυσικών Καταστροφών και Δασικών Πυρκαγιών, Πανεπιστήμιο Αιγαίου

**Καλαμποκίδης Κώστας**

Καθηγητής Γεωγραφίας Φυσικών Καταστροφών και Δασικών Πυρκαγιών, Πανεπιστήμιο Αιγαίου

Η Κοκκαλίδου Μάρθα,

δηλώνω υπεύθυνα ότι:

- 1) Είμαι ο κάτοχος των πνευματικών δικαιωμάτων της πρωτότυπης αυτής εργασίας και από όσο γνωρίζω η εργασία μου δε συκοφαντεί πρόσωπα, ούτε προσβάλλει τα πνευματικά δικαιώματα τρίτων.
  
- 2) Αποδέχομαι ότι η ΒΚΠ μπορεί, χωρίς να αλλάξει το περιεχόμενο της εργασίας μου, να τη διαθέσει σε ηλεκτρονική μορφή μέσα από τη ψηφιακή Βιβλιοθήκη της, να την αντιγράψει σε οποιοδήποτε μέσο ή/και σε οποιοδήποτε μορφότυπο καθώς και να κρατά περισσότερα από ένα αντίγραφα για λόγους συντήρησης και ασφάλειας.

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

<b>ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΝΤΟΜΕΥΣΕΩΝ – ΑΚΡΩΝΥΜΑ</b> .....	5
<b>Περίληψη</b> .....	6
<b>Abstract</b> .....	8
<b>1. Εισαγωγή</b> .....	9
1.1. Στόχος και Δομή έρευνας .....	30
<b>2. Περιοχή Μελέτης</b> .....	33
<b>2.1. Γεωγραφικά στοιχεία - Μορφολογία</b> .....	35
<b>2.2. Κλιματικά στοιχεία</b> .....	37
<b>2.3. Χρήσεις Γης</b> .....	39
2.3.1. Πολιτιστική κληρονομιά.....	41
2.3.2. Ανθρώπινη δραστηριότητα.....	44
<b>2.4. Πληθυσμιακά στοιχεία</b> .....	44
<b>2.5. Ιστορικότητα Πυρκαγιών</b> .....	45
<b>3. Μεθοδολογικό πλαίσιο – Ανάλυση</b> .....	48
<b>3.1. Υλικά και Μέθοδοι</b> .....	48
<b>3.2. Συλλογή Δεδομένων - Στάδιο Προεπεξεργασίας</b> .....	50
<b>3.3. Επεξεργασία Δεδομένων</b> .....	54
3.3.1. Επικινδυνότητα.....	54
3.3.2. Τρωτότητα/ Ευπάθεια.....	64
3.3.3. Έκθεση.....	73
3.3.4. Σύνθεση Επιπέδων Πληροφορίας – Εκτίμηση Κινδύνου/ Διακινδύνευση	75
<b>4. Αποτελέσματα</b> .....	78
<b>4.1. Χάρτες εκτίμησης κινδύνου πυρκαγιάς</b> .....	78



<b>5. Συμπεράσματα – Συζήτηση</b> .....	86
<b>6. Βιβλιογραφία</b> .....	89
<b>7. Παράρτημα</b> .....	101
<b>7.1. Χωροχρονική Εξάπλωση Πυρκαγιάς</b> .....	101
<b>7.2. Εκτίμηση Επικινδυνότητας Πυρκαγιάς</b> .....	107
<b>7.3. Εκτίμηση κινδύνου πυρκαγιάς</b> .....	113

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΝΤΟΜΕΥΣΕΩΝ – ΑΚΡΩΝΥΜΑ

<b>CLC</b>	CORINE Land Cover
<b>COP21</b>	21st Conference of the Parties
<b>CRED</b>	Center for Research on the Epidemiology of Disasters
<b>DEM</b>	Digital Elevation Model
<b>EEA</b>	European Environmental Agency
<b>EFFIS</b>	European Forest Fire Information System
<b>EMDAT</b>	Emergency Events Database
<b>ESA</b>	European Space Agency
<b>FFIS</b>	Forest Fire Information System
<b>FWI</b>	Fire Weather Index
<b>GAR</b>	Global Assessment Report
<b>GCP</b>	Global Carbon Project
<b>GFDRR</b>	Global Facility for Disaster Reduction and Recovery
<b>GIS</b>	Geographical Information Systems
<b>IPCC</b>	International Panel on Climate Change
<b>JRC</b>	Joint Research Centre
<b>MunichRE</b>	Munich Reinsurance
<b>NFDRS</b>	National Fire Danger Rating System
<b>NFFDRS</b>	American Forest Fire Danger Rating System
<b>RCPs</b>	Representative Concentration Pathways
<b>REDD+</b>	Reducing Emissions from Deforestation and forest Degradation
<b>UNDRR</b>	United Nations Office for Disaster Risk Reduction (formerly UNISDR)
<b>UNFCCC</b>	United Nations Framework Convention on Climate Change
<b>UNISDR</b>	United Nations International Strategy for Disaster Reduction
<b>WHO</b>	World Health Organization
<b>WUI</b>	Wildland Urban Interface
<b>ΓΓΠΠ</b>	Γενική Γραμματεία Πολιτικής Προστασίας
<b>ΕΔΣ</b>	Εθνικός Δρυμός Σουνίου
<b>ΕΛΓΟ</b>	Ελληνικός Γεωργικός Οργανισμός
<b>ΕΛΣΤΑΤ</b>	Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία
<b>K.Y.</b>	Καύσιμη Ύλη
<b>M.K.Y.</b>	Μοντέλο Καύσιμης Ύλης
<b>ΟΤ</b>	Οικοδομικό Τετράγωνο
<b>ΥΠΕΚΑ</b>	Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας

## Περίληψη

Τις τελευταίες δεκαετίες παρατηρείται σε παγκόσμιο επίπεδο αύξηση των συμβάντων δασικών πυρκαγιών ως απόρροια των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής, ενώ αναμένεται περαιτέρω όξυνση του φαινομένου μέσα στα επόμενα έτη σε περιοχές ήδη επιρρεπής σε ανάφλεξη, όπως είναι τα Μεσογειακά οικοσυστήματα. Η έκθεση του ανθρώπου στον κίνδυνο οδήγησε στην θέσπιση πολιτικών μείωσης καταστροφών σε παγκόσμιο επίπεδο. Σημαντικό βήμα για την προστασία, πρωτίστως, της ανθρώπινης ζωής και τον περιορισμό των κοινωνικό-οικονομικών επιπτώσεων από ένα μελλοντικό γεγονός πυρκαγιάς αποτελεί η εκτίμηση του κινδύνου. Περιαστικές περιοχές, όπως ο οικισμός του Λαυρίου στην Ανατολική Αττική, είναι περισσότερο ευάλωτες σε δασικές πυρκαγιές, καθώς χαρακτηρίζονται από παραμέληση λόγω διαρκούς αστικοποίησης και ανάπτυξη ζωνών υψηλού κινδύνου με εισχώρηση αστικού ιστού σε δασικό (WUI), ενώ παράλληλα αποτελούν τουριστικούς και παραθεριστικούς προορισμούς με μεγάλη συσσώρευση πληθυσμού κατά την αντιτυρική περίοδο (Μάιο- Σεπτέμβριο).

Η εκτίμηση της διακινδύνευσης στην παρούσα έρευνα πραγματοποιείται με μεγάλη λεπτομέρεια σε επίπεδο Οικοδομικού Τετραγώνου (ΟΤ) και την σύνδεση των χωρικών επίπεδων της επικινδυνότητας, τρωτότητας και έκθεσης της περιοχής μελέτης στον κίνδυνο πυρκαγιάς. Για την ανάγκη εκτίμησης των επιμέρους χωρικών επιπέδων έγινε χρήση μοντέλων Τεχνητής Νοημοσύνης και τεχνικών Μηχανικής Μάθησης για διεξαγωγή των πιθανότερων σημείων έναυσης και την χωροχρονική εξάπλωση της φωτιάς υπό διαφορετικά σενάρια των επικρατούντων ανέμων, όπως προέκυψαν από ανάλυση προϊόντων ERA-5. Η αξιολόγηση τρωτότητας και έκθεσης έγινε με χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS), και συνεκτίμηση παραμέτρων όπως η ηλικία και πυκνότητα πληθυσμού, η ανθεκτικότητα των κτιρίων για το πρώτο επίπεδο, ενώ για το δεύτερο επιτεύχθηκε αποτίμηση των ζημιών με δεδομένα αξίας γης (€/m<sup>2</sup>). Παρατηρείται πως ο κίνδυνος πυρκαγιάς για το Λαύριο είναι έντονος στις ζώνες επαφής υποδομών με τον ΕΔΣ, ενώ η εξάπλωση στον αστικό ιστό είναι συγκριτικά δυσκολότερη. Η συνολική τρωτότητα είναι υψηλή στον πυκνό αστικό ιστό, εξαιτίας της μεγάλης συγκέντρωσης πληθυσμού τη θερινή περίοδο, ενώ η έκθεση είναι υψηλότερη στις κυρίως παράκτιες θέσεις. Απώτερος σκοπός της παρούσας έρευνας είναι η ανάδειξη των συγκεκριμένων ΟΤ

«Εκτίμηση Κινδύνου Πυρκαγιάς σε Αστικό - Περιαστικό περιβάλλον για μεγάλη κλίμακα οικισμού» - Κοκκαλίδου Μάρθα

πολύ υψηλού και υψηλού κινδύνου (1<sup>η</sup> και 3<sup>η</sup> ώρα εξάπλωσης αντίστοιχα), που χρήζουν άμεση παρέμβαση και συντονισμό από τους αρμόδιους φορείς σε περίπτωση πυρκαγιάς για την προστασία του ανθρώπου. Επιπλέον, δύναται να αποτελέσει ένα πρώτο βήμα για την οργάνωση σχεδίων εκκένωσης και εφαρμογή επεμβατικών μέτρων πρόληψης περιμετρικά του οικισμού, ενώ συγχρόνως επιτυγχάνεται η διατήρηση της ιστορικής (μεταλλευτική δραστηριότητα, αρχαιολογικά μνημεία) και περιβαλλοντικής σημασία (προστατευόμενες περιοχές Natura 2000, ΕΔΣ) της υπό μελέτη περιοχής.

**Λέξεις Κλειδιά:** Επικινδυνότητα, Τρωτότητα, Έκθεση, Διακινδύνευση, Μηχανική Μάθηση, Οικοδομικό Τετράγωνο

## Abstract

During the last decades, impacts of climate change has led to an increased fire regime worldwide while a further intensification of the phenomenon is expected in the upcoming years in fire prone areas, such as Mediterranean ecosystems. Human exposure to disastrous events, like forest fires, initiated the adoption of Disaster Risk Reduction strategies and policies obtained by Disaster Risk Assessment processes. Fire Risk Assessment aims at substantially reducing fire risk and losses of life, livelihoods and economic, cultural, environmental assets of the study area. Urban sprawl and rural neglect as well as wider development of wildland urban interface (WUI) zones, led to more vulnerable peri-urban areas in forest fires, such as Lavrion settlement in Eastern Attica, Greece. These areas are also being characterized as tourist and vacation destinations concluding to a higher population raise during fire season (May-September). Large scale fire risk assessment, on a building block level, is being succeeded in the current study and based to the most recent methodologies found in scientific literature. The methodology presented in this research is an integrated approach for fire risk assessment in the peri-urban, prone to forest fires settlement of Lavrion, through the use of Machine Learning techniques and geoinformatics. Three spatial layers were co-estimated for this purpose; the layer of hazard through multiple fire simulations, the vulnerability estimated layer concerning both social factors (population density and age) and settlement's coping capacity, and lastly economic factors presented by the exposure layer. As a result, each building block was indicated as very high to very low fire risk area. Highly risk areas, considering the fire spread till the 3rd hour from the ignition, were mostly noticed in Lavrion's perimeter where infrastructures intrude to the National Park of Sounion, as well as in the dense urban part due to the increased population. The main aim of this study was to highlight specific locations in the settlement in need of immediate response in case of a forest fire, as long as to be used as a guide for proper evacuation planning and the implementation of prevention measures in the wider area in order to save human lives and properties and preserve the historical and environmental importance of Lavrion area.

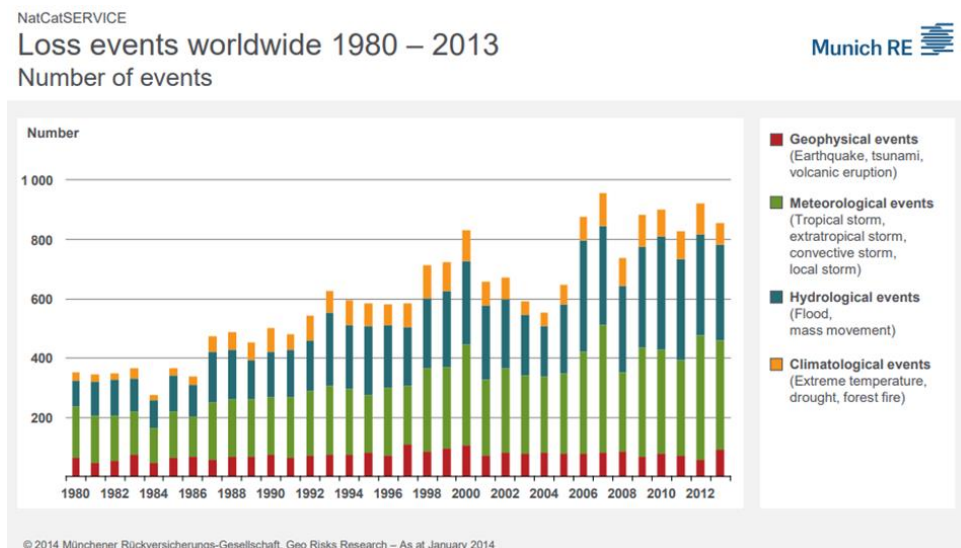
**Keywords:** Hazard, Vulnerability, Exposure, Risk, Machine Learning, Building Block

## 1. Εισαγωγή

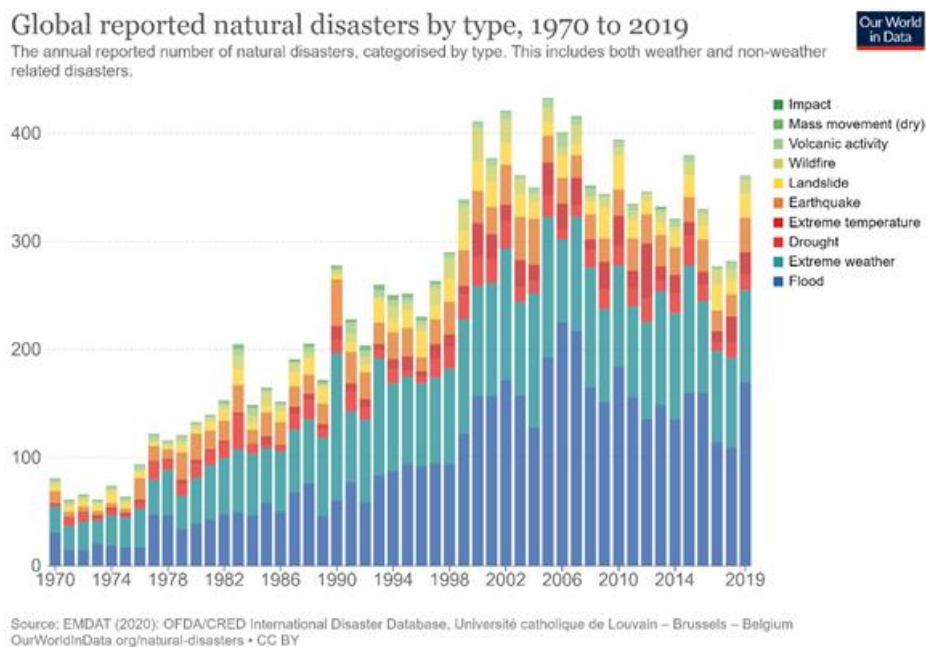
Κάθε χρόνο οι δασικές πυρκαγιές είναι υπεύθυνες για την απώλεια ανθρωπίνων ζώων, για μεγάλες οικονομικές ζημιές, ενώ την ίδια στιγμή συνιστούν τεράστια απειλή στην εδραίωση της βιοποικιλότητας (χλωρίδα, πανίδα) και στην διατήρηση χώρων πολιτιστικής κληρονομιάς (Bradshaw, 1988; Bowman et al., 2013; Stephens et al., 2014). Σε ορισμένα φυσικά οικοσυστήματα, ο ρόλος της φωτιάς αποτελεί παράγοντα οικολογικής διαχείρισης (Fischer et al., 2016) και εμφανίζεται ως περιοδική καύση για ανακύκλωση της οργανικής ύλης, που συσσωρεύεται στο έδαφος, και τελικά διασπάται σε ανόργανα θρεπτικά συστατικά, δημιουργώντας εύφορα εδάφη και διατηρώντας έτσι τη καλή υγεία του οικοσυστήματος. Ένα από τα χαρακτηριστικά οικοσυστήματα αυτού του τύπου είναι τα Μεσογειακά, όπου η φυσική συχνότητα εμφάνισης των δασικών πυρκαγιών είναι υψηλή, καθώς ανέρχεται στα 10-30 χρόνια, και συνδέεται με μικρή ένταση καύσης (Καλαμποκίδης κ.α., 2013). Συγκεκριμένα, στις περιοχές αυτές επικρατούν έντονες ξηροθερμικές συνθήκες, που συνδέονται με χαμηλή περιεχόμενη υγρασία καύσιμης ύλης, ανάπτυξη φτωχής, χαμηλής βλάστησης και ανακύκλωση οργανικής ύλης με πολύ αργό ρυθμό, ευνοώντας την εύκολη ανάφλεξη. Η περιοδική καύση της βλάστησης, οδήγησε στην ανάπτυξη προσαρμοστικής ικανότητας με μηχανισμούς οι οποίοι επιτυγχάνουν την γρήγορη φυσική αναγέννηση των καμένων περιοχών. Ωστόσο, υφίστανται και οικοσυστήματα παραγωγικών δασών, συνήθως σε υψηλά γεωγραφικά πλάτη (π.χ.: δάση Καναδά), όπου η διάβρωση λόγω υψηλής περιεχόμενης υγρασίας της εδαφικής ύλης επιτελεί την διαδικασία ανακύκλωσης των θρεπτικών συστατικών, με αποτέλεσμα την χαμηλή συχνότητα επανεμφάνισης της φωτιάς ως ρυθμιστικό παράγοντα, αλλά τη μεγάλη ένταση καύσης αν επικρατεί διάστημα αντίξοων περιβαλλοντικών συνθηκών οι οποίες ευνοούν την ανάφλεξη, με φωτιές που εύκολα δύναται να μεταβούν σε πυρκαγιές κόμης (Rothermel, 1972). Λόγω απουσίας προσαρμοστικότητας των εδαφών, μια ενδεχόμενη πυρκαγιά σε αυτή τη περίπτωση πολύ πιθανά προκαλεί ολική καταστροφή του δάσους, το οποίο δύσκολα επανέρχεται με φυσικό τρόπο.

Γίνεται κατανοητό πως η ίδια η φύση ρυθμίζει την οικολογική ισορροπία, για την αποφυγή φαινομένων πυρκαγιάς με ακραία συμπεριφορά, και σε πρώτο βαθμό συνιστά

μια φυσική διεργασία, που πυροδοτείται από φυσικά αίτια, όπως η παρατεταμένη ανομβρία σε συνδυασμό με αυξημένες θερμοκρασίες, οι κεραυνοί, κτλ. Παρόλα αυτά, ένα φυσικό φαινόμενο πυρκαγιάς μπορεί εύκολα να εξελιχθεί σε φυσική καταστροφή όταν επηρεάζει άμεσα ή έμμεσα τον άνθρωπο. Ως φυσική καταστροφή νοείται ένα σοβαρό, μεγάλης κλίμακας, δυσμενές γεγονός, αποτέλεσμα φυσικών διαδικασιών της γης και της βιόσφαιρας, ενώ η σοβαρότητα και το μέγεθος αυτής εξαρτάται από μεγέθη όπως η τρωτότητα, η προσαρμοστικότητα και η ικανότητα ανάκαμψης της πληγείσας περιοχής (Bankoff et al., 2003). Σύμφωνα με Below et al. (2009) οι πυρκαγιές υπαίθρου, είτε δασικές είτε εδάφους (θάμνοι, λιβάδια), ταξινομούνται ως τύπος κύριας καταστροφής στη γενική κατηγορία των κλιματολογικών καταστροφών. Γίνεται κατανοητό, πως τα επαναλαμβανόμενα επεισόδια πυρκαγιών, που υπερβαίνουν τη φυσική συχνότητα εμφάνισης του γεγονότος, επηρεάζουν την φυσιολογική λειτουργία του οικολογικού παράγοντα, δεν αφήνουν τον απαιτούμενο χρόνο στη βλάστηση, και κατ' επέκταση στο οικοσύστημα, να αναγεννηθεί και να ανακάμψει φυσικά, με αποτέλεσμα το έδαφος να υποβαθμίζεται, να μετατρέπεται σε άγονο και να μειώνεται η ικανότητα προσαρμογής και προσαρμοστικότητας της εκάστοτε περιοχής στο συμβάν της φωτιάς (Stevens-Rumann et al., 2017).



Εικόνα 1: Αριθμός γεγονότων ανά ομάδα φυσικών καταστροφών (όπως ταξινομούνται από CRED και MunichRE, 2009) σε παγκόσμια κλίμακα για τα έτη 1980-2013 (MunichRE, 2014)



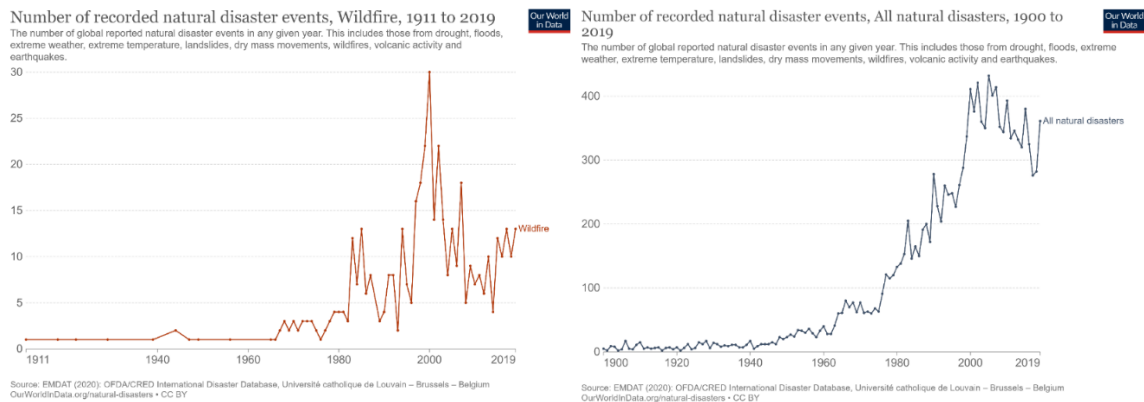
Εικόνα 2: Συμβάντα φυσικών καταστροφών ανά τύπο κύριας καταστροφής (όπως ταξινομούνται από CRED και MunichRE, 2009) για τα έτη 1970-2019 σε παγκόσμιο επίπεδο (EMDAT, 2020)

Με τη μείωση των δασικών εκτάσεων συχνά προκύπτουν άλλα προβλήματα, όπως η μείωση κατείσδυσης του εδάφους, με αποτέλεσμα εμφάνιση έντονων πλημμυρικών γεγονότων, ακολουθία περιστατικών συχνή στον Ελλαδικό χώρο κατά τη διάρκεια φθινοπωρινών βροχοπτώσεων σε καμένες εκτάσεις των θερινών περιόδων. Πέρα από τη γονιμότητα των εδαφών, η δράση των πυρκαγιών επηρεάζει και την ατμόσφαιρα (YUE et al., 2018; GCP, 2017) μέσω απελευθέρωσης σωματιδίων στάχτης και αερίων κατά την καύση, όπως το μονοξείδιο και διοξείδιο του άνθρακα, που ενισχύουν τα θερμοκηπικά αέρια (όζον, μονοξείδιο του άνθρακα, διοξείδιο του άνθρακα, μεθάνιο, οξείδια του νατρίου, υδρατμοί) και υποβαθμίζουν την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα, ενώ προκαλούν βλάβες στο αναπνευστικό σύστημα ανθρώπων και ζώων και δύναται να οδηγήσουν ακόμη και σε θάνατο. Οι δασικές εκτάσεις χαρακτηρίζονται ως η δεξαμενή του διοξειδίου του άνθρακα, καθώς απορροφούν το συστατικό για να επιτελέσουν την απαραίτητη διαδικασία της φωτοσύνθεσης (Stuiver, 1978). Συνεπώς, η συμβολή των πυρκαγιών στην ατμόσφαιρα με την διάδοση των προϊόντων της καύσης, σε συνδυασμό με την μείωση των φυσικών δεξαμενών διοξειδίου του άνθρακα, εντείνουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου και συντελούν, ανάμεσα σε άλλους παράγοντες, στην αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη (REDD+). Προκύπτει, λοιπόν, πως η κλιματική κρίση



ενισχύεται μερικώς από τα καταστροφικά γεγονότα πυρκαγιάς, αλλά και οδηγεί στην έναρξη και διάδοση συχνότερων επεισοδίων φωτιάς με ακραίες συμπεριφορές (Jolly et al., 2015).

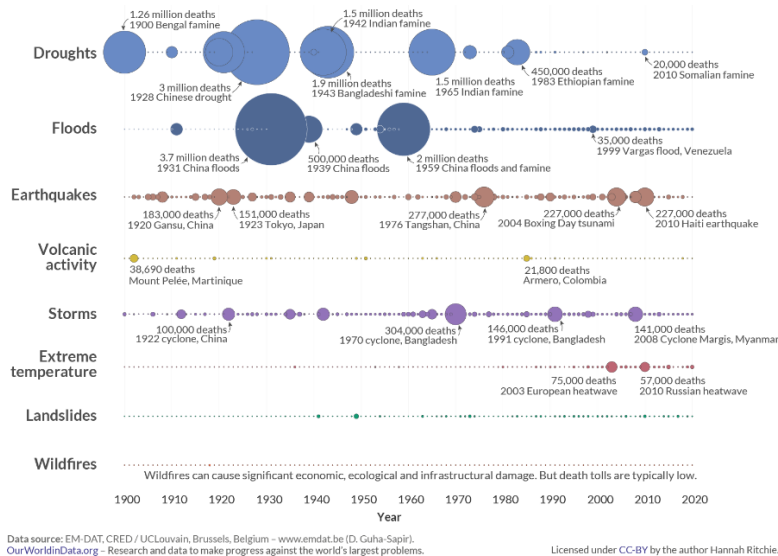
Σύμφωνα με την EMDAT, που αποτελεί μια από τις μεγαλύτερες σύγχρονες βάσεις δεδομένων για καταστροφές, το τελευταίο μισό αιώνα παρατηρείται μια αύξηση των συμβάντων πυρκαγιάς σε παγκόσμιο επίπεδο (βλ. Εικόνα 3), αλλά και γενικότερα των κλιματολογικών, υδρολογικών (πλημμύρες) και μετεωρολογικών (κυκλώνες) καταστροφών, ως μια απόρροια της κλιματικής κρίσης και της έκθεσης του ανθρώπου σε περιβάλλοντα επιρρεπή σε καταστροφικά γεγονότα. Για να ενταχθεί στην βάση δεδομένων της EMDAT μια καταστροφή πρέπει να έχουν αναφερθεί 10 ή περισσότεροι άνθρωποι ως νεκροί, ή 100 ή περισσότεροι άνθρωποι ως πληγέντες, ή να έχει κηρυχτεί κατάσταση έκτακτης ανάγκης ή, τέλος, να έχει γίνει έκκληση για διεθνή βοήθεια. Αυτό το γεγονός αναδεικνύει τη σοβαρότητα της κατάστασης, καθώς τα δεδομένα που παρουσιάζονται στις παρακάτω εικόνες δεν είναι απόλυτα και στη πραγματικότητα τα περαστικά καταστροφών είναι περισσότερα με τις αντίστοιχες επιπτώσεις.



Εικόνα 3: Αριθμός καταγεγραμμένων περιστατικών πυρκαγιάς σε παγκόσμιο επίπεδο (αριστερά) για το χρονικό διάστημα από 1911 έως 2019, συγκριτικά με το σύνολο όλων των καταστροφικών συμβάντων που έλαβαν χώρα από το 1900 (δεξιά) (EMDAT, 2020)

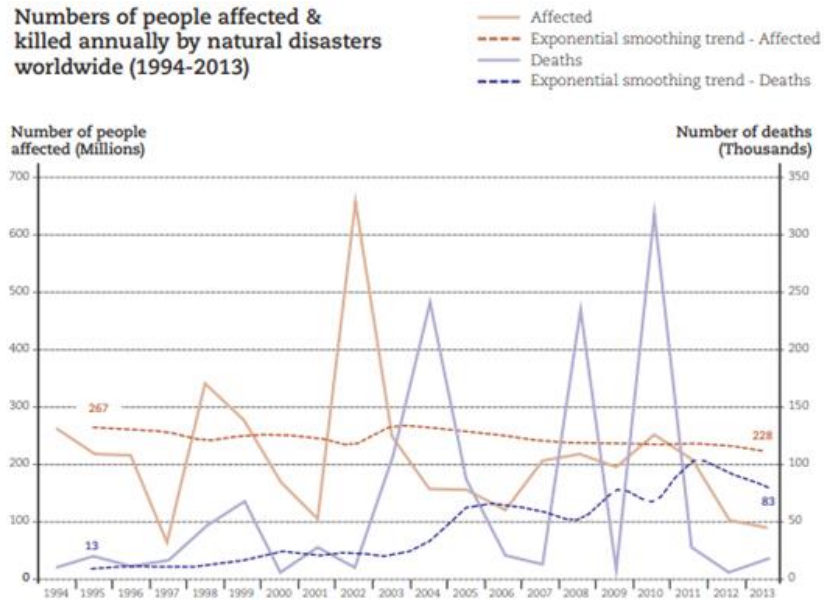
Όσον αφορά την χρονική εξέλιξη των φυσικών καταστροφών, αισθητή είναι η αύξηση πρωτογενώς των υδρολογικών κινδύνων και δευτερογενώς των μετεωρολογικών, ενώ μια σταθερή τάση ανά τα έτη χαρακτηρίζει τους γεωφυσικούς κινδύνους (σεισμοί, ηφαιστειακές εκρήξεις, κατολισθήσεις) (βλ. Εικόνα 1). Αύξηση παρατηρείται σε

μικρότερο σχετικά ποσοστό στους κλιματολογικούς κινδύνους οι οποίοι συνδέονται με φαινόμενα καύσιμα και λοιπών ακραίων θερμοκρασιών, όπως και με δασικές πυρκαγιές, αλλά και το αργά εξελισσόμενο φαινόμενο της ξηρασίας. Συγκεκριμένα, το τελευταίο φαινόμενο καθώς εμφανίζεται σε ανύποπτο χρόνο, χωρίς να γίνεται άμεσα αντιληπτό από τον άνθρωπο, και η διάρκεια του είναι απροσδιόριστη, λαμβάνει μεγάλες κοινωνικές διαστάσεις, πλήττοντας περισσότερο την ανθρωπότητα και ευθύνεται για τη μεγαλύτερη θνησιμότητα (βλ. Εικόνα 4), ενώ δύναται να επιφέρει σοβαρές οικονομικές απώλειες, ειδικά σε περιοχές με έντονη γεωργική δραστηριότητα. Απώλεια μεγάλου ποσοστού ανθρωπίνων ζώων παρατηρείται στη περίπτωση πλημμυρών, ειδικά όταν ξεσπούν ξαφνικές πλημμύρες (flash floods) το ποσοστό θνησιμότητας αυξάνεται σε αντίθεση με τις πλημμύρες μεγάλων λεκανών, που εμφανίζονται εποχιακά και θεωρητικά μπορούν να διαχειριστούν ευκολότερα για μετριασμό των επιπτώσεων στον άνθρωπο. Σε κάθε περίπτωση κινδύνου, ο αριθμός των πληγέντων είναι μεγαλύτερος από τον αριθμό των θανάτων που καταγράφονται (βλ. Εικόνα 5), ενώ παρατηρείται μια γενικότερη τάση μετεωρολογικές και κλιματολογικές καταστροφές να επηρεάζουν συντριπτικά μεγαλύτερο ποσοστό ανθρώπων (Σαπουντζάκη κ.α., 2016). Σοβαρές οικονομικές απώλειες απορρέουν σε μεγάλο ποσοστό από σεισμικά γεγονότα, ως φαινόμενα αιφνίδια και με μικρή ή καθόλου προειδοποίηση, και δευτερογενώς από ακραία καιρικά φαινόμενα τα οποία μπορεί να καταλήξουν σε πλημμυρικά συμβάντα με παρόμοιες επιπτώσεις (βλ. Εικόνα 6).

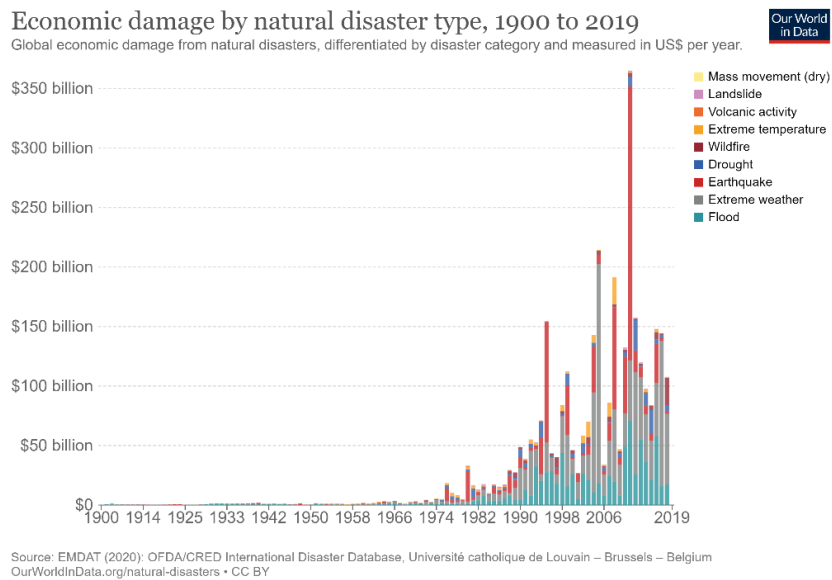


Εικόνα 4: Απώλειες ανθρωπίνων ζώων ανά τύπο κύριας καταστροφής (όπως ταξινομούνται από CRED και MunichRE, 2009) για τα έτη 1900-2020 σε παγκόσμιο επίπεδο (EMDAT, 2020)

«Εκτίμηση Κινδύνου Πυρκαγιάς σε Αστικό - Περιαστικό περιβάλλον για μεγάλη κλίμακα οικισμού» -  
Κοκκαλίδου Μάρθα



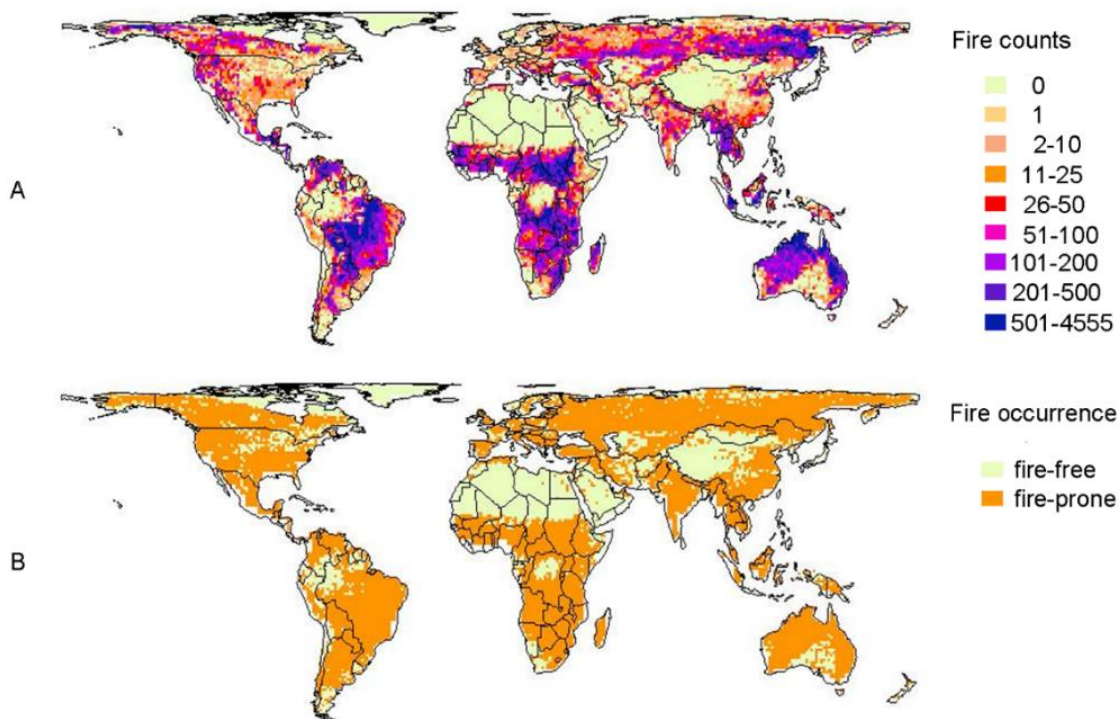
Εικόνα 5: Αριθμός πληγέντων από καταστροφικά φαινόμενα σε εκατομμύρια (κόκκινη γραμμή) σε σύγκριση με αριθμό θανάτων σε χιλιάδες (μπλε γραμμή) παγκοσμίως για τα έτη 1994-2013 (CRED, 2015)



Εικόνα 6: Οικονομικές απώλειες σε δολάρια ανά τύπο καταστροφής (όπως ταξινομούνται από CRED και MunichRE, 2009) σε παγκόσμια κλίμακα για το χρονικό διάστημα 1900-2019 (EMDAT, 2020)

Η κατανομή στον χώρο, των καταστροφικών συμβάντων που προέρχονται από φυσικούς κινδύνους, εξαρτάται από χαρακτηριστικά, γεωμορφολογικά, γεωτεκτονικά, κλιματικά και μετεωρολογικά, κτλ., της κάθε περιοχής. Σύμφωνα με τους ερευνητές Krawchuk et al. (2009), εντοπίστηκαν οι πιο επιρρεπείς σε πυρκαγιές θέσεις σε παγκόσμιο

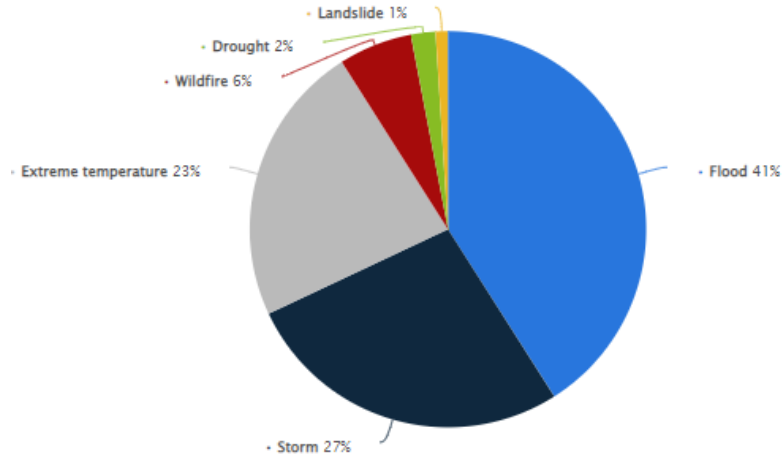
επίπεδο με βάση τα περαστικά πυρκαγιών που ξεπούσαν για διάστημα μιας δεκαετίας. Συγκεκριμένα, δημιουργήθηκε παγκόσμια βάση δεδομένων, χωρικής ανάλυσης 100km, για τα έτη από 1996 έως 2006, διάστημα κατά το οποίο εντοπίστηκε από την European Space Agency (ESA) τουλάχιστον ένα περιστατικό φωτιάς σε ένα εικονοστοιχείο ανάλυσης, με το τελευταίο να κατηγοριοποιείται ως θέση ευνοϊκή σε φαινόμενα πυρκαγιάς (βλ. Εικόνα 7). Μεγάλο τμήμα της Ευρώπης χαρακτηρίζεται από την εμφάνιση πυρκαγιών, είτε προέρχονται από φυσικά ή ανθρωπογενή αίτια, ενώ τα περισσότερα συμβάντα συγκεντρώνονται στις Μεσογειακές χώρες.



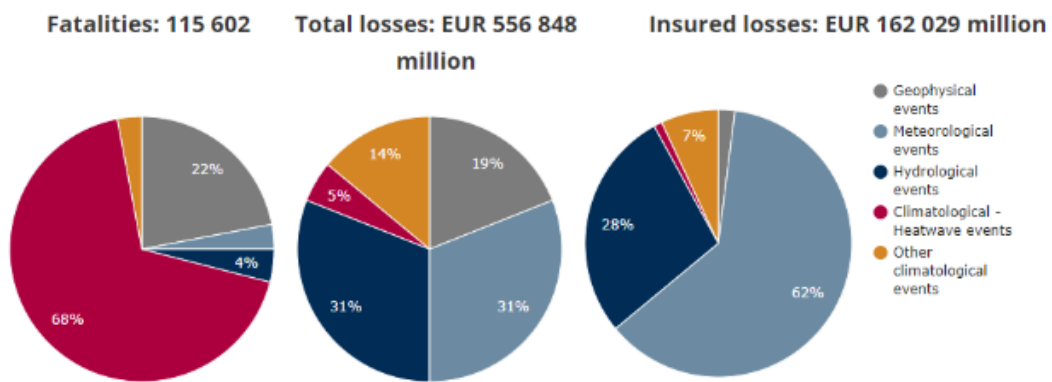
Εικόνα 7: Επικρατούσες συνθήκες πυρκαγιάς σε παγκόσμιο επίπεδο. Α) Αριθμός γεγονότων πυρκαγιών, Β) Περιοχές επιρρεπείς σε φωτιά (πορτοκαλί χρώμα) και περιοχές χωρίς πυρκαγιές (λευκό χρώμα) (Krawchuck et al., 2009)

Το φαινόμενο των πυρκαγιών αποτελεί τη τέταρτη συχνότερη φυσική καταστροφή στον Ευρωπαϊκό χώρο (βλ. Εικόνα 8), πλήττοντας σημαντικά το περιβάλλον και τον άνθρωπο, με τις κλιματολογικές καταστροφές να φέρουν το μεγαλύτερο ποσοστό θνησιμότητας, ενώ τα μετεωρολογικά και υδρολογικά τύπου συμβάντα αποφέρουν τεράστιες οικονομικές ζημίες (βλ. Εικόνα 9).

«Εκτίμηση Κινδύνου Πυρκαγιάς σε Αστικό - Περιαστικό περιβάλλον για μεγάλη κλίμακα οικισμού» - Κοκκαλίδου Μάρθα



Εικόνα 8: Συχνότητα εμφάνισης τύπων φυσικών καταστροφών (όπως ταξινομούνται από CRED και MunichRE, 2009) στην Ευρώπη για τα έτη 2001-2020 (statista.com)

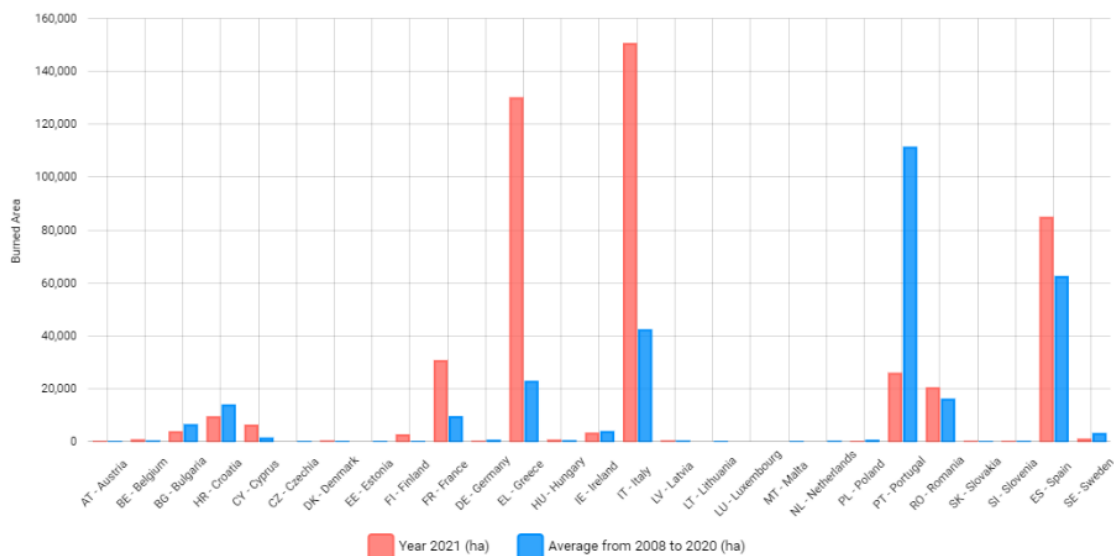


Εικόνα 9: Από αριστερά προς δεξιά: Διάγραμμα απεικόνισης του ποσοστού θνησιμότητας για κάθε κατηγορία φυσικών κινδύνων σε Ευρωπαϊκό επίπεδο. Διάγραμμα απεικόνισης του ποσοστού των συνολικών οικονομικών απωλειών στις Ευρωπαϊκές χώρες για κάθε κατηγορία καταστροφής. Διάγραμμα απεικόνισης του ποσοστού των ασφαλισμένων οικονομικών απωλειών στις Ευρωπαϊκές χώρες για κάθε κατηγορία καταστροφής (MunichRE, 2017)

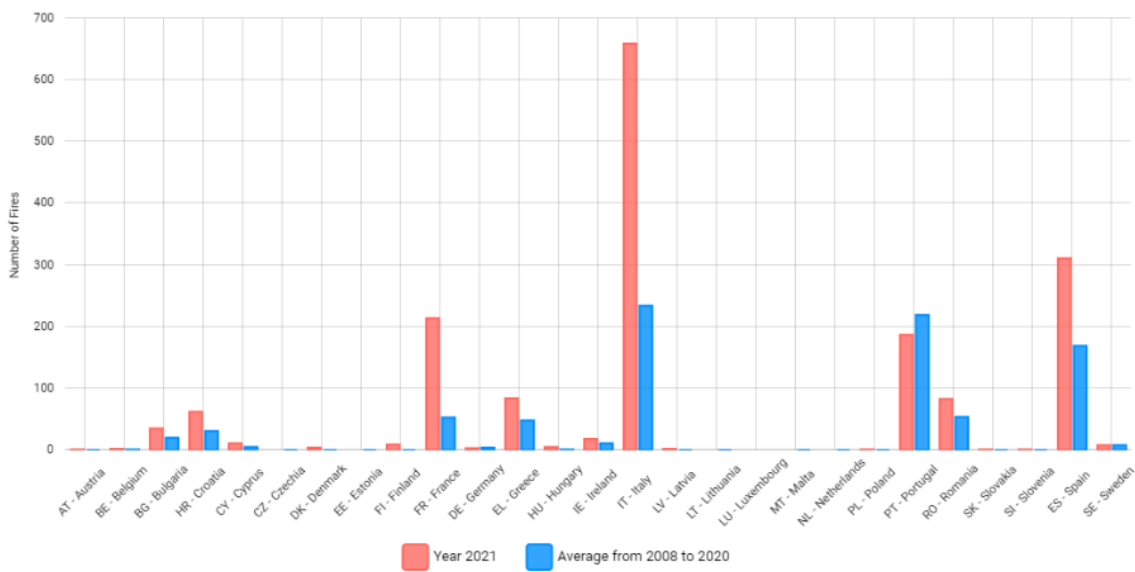
Σχεδόν κάθε καλοκαίρι μεγάλες εκτάσεις, που κατά μέσο όρο υπερβαίνουν τα 20.000 ha, καίγονται σε Πορτογαλία, Ισπανία, Ιταλία, Γαλλία και Ελλάδα (βλ. Εικόνα 10), με αριθμό περαστικών που κατά μέσο όρο ξεπερνά τα 50 ετησίως (βλ. Εικόνα 11), ενώ μικρότερος αριθμός γεγονότων και καμένων εκτάσεων χαρακτηρίζει τις Βαλκανικές χώρες. Σύμφωνα με το European Forest Fire Information System (EFFIS), η Ισπανία, η Γαλλία η Πορτογαλία, η Ιταλία και η Ελλάδα τείνουν να αντιπροσωπεύουν το 78% της

«Εκτίμηση Κινδύνου Πυρκαγιάς σε Αστικό - Περιαστικό περιβάλλον για μεγάλη κλίμακα οικισμού» - Κοκκαλίδου Μάρθα

συνολικής καμένης έκτασης και το 84% του συνολικού αριθμού πυρκαγιών που καταγράφηκαν στην Ευρώπη την περίοδο 2000–2021.



Εικόνα 10: Καμένες εκτάσεις σε εκτάρια για τις χώρες της Ευρώπης για το έτος 2021 (κόκκινο χρώμα) συγκριτικά με τη μέση καμένη έκταση όπως προκύπτει από την περίοδο 2008-2020 (μπλέ χρώμα) (EFFIS)

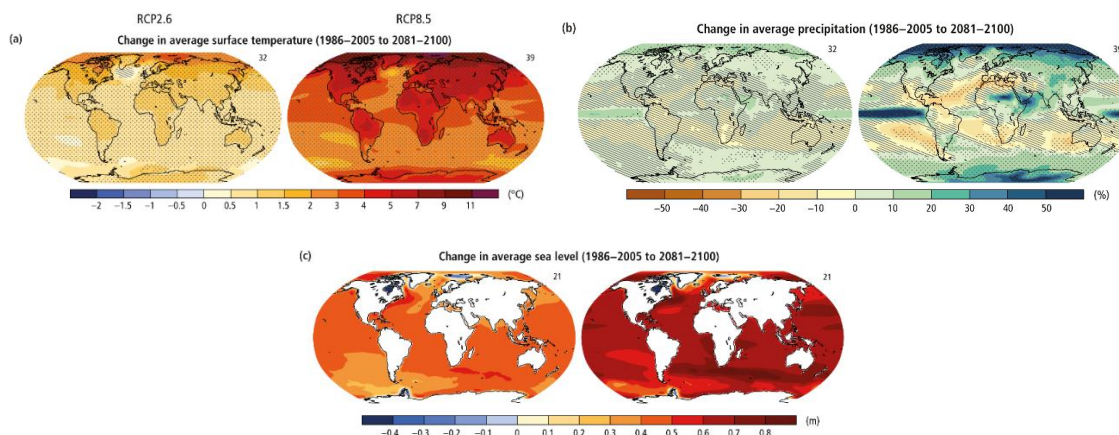


Εικόνα 11: Αριθμός περαστικών φωτιάς για τις χώρες της Ευρώπης το έτος 2021 (κόκκινο χρώμα) συγκριτικά με τη μέση καμένη έκταση όπως προκύπτει από την περίοδο 2008-2020 (μπλέ χρώμα) (EFFIS)

Μέσα στα επόμενα χρόνια αναμένεται μια όξυνση της συχνότητας εμφάνισης των συμβάντων φωτιάς σε παγκόσμιο επίπεδο, γεγονός που οφείλεται στην κλιματική κρίση.



Σύμφωνα με την Αναφορά της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Αλλαγή του Κλίματος ή Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2014), η μέση θερμοκρασία της Γης για την περίοδο 2016-2035, σύμφωνα με τα τέσσερα κλιματικά σενάρια, που αφορούν την ατμοσφαιρική συγκέντρωση σε θερμοκηπικά αέρια γνωστά ως Representative Concentration Pathways (RCPs), αναμένεται να αυξηθεί κατά 0.3°C μέχρι 0.7°C συγκριτικά με την περίοδο 1986-2005, τιμή που είναι κατά 3°C μεγαλύτερη από τη παρατηρούμενη το διάστημα 1850-1900. Ωστόσο η αύξηση ενδέχεται να ξεπεράσει τους 1,5°C τη τελευταία εικοσαετία του 21<sup>ου</sup> αιώνα (2081–2100), γεγονός που αναδεικνύουν την πιθανότητα κύματα καύσωνα να είναι συχνότερα και να διαρκούν περισσότερο. Επιπλέον, το ποσό της βροχόπτωσης προβλέπεται να ελαττωθεί σε περιοχές μέσου γεωγραφικού πλάτους και υποτροπικές ζώνες με ξηρό κλίμα, ενώ σε ηπειρωτικές θέσεις μέσου γεωγραφικού πλάτους, περιοχές που κυριαρχούν μουσωνικά συστήματα και τροπικές ζώνες με υγρό κλίμα η μέση τιμή του μεγέθους αναμένεται να αυξηθεί, οδηγώντας πιθανά σε πιο έντονα πλημμυρικά συμβάντα. Τέλος, προβλέπεται συνεχή αύξηση της θερμοκρασίας των ωκεανών και άνοδος της στάθμης της θάλασσας. Γίνεται κατανοητό, λοιπόν, πως η διακινδύνευση των κλιματολογικών καταστροφών, που περιλαμβάνει τα φαινόμενα δασικών πυρκαγιών, αναμένεται να γίνει εντονότερος και να επιφέρει περισσότερες αρνητικές επιπτώσεις σε θέσεις που υφίσταται τρωτότητα και έκθεση λόγω ανθρώπινης δραστηριότητας. Οι παραπάνω έννοιες, που θα αναλυθούν σε επόμενα Κεφάλαια, συμβάλλουν στην αύξηση της επικινδυνότητας σε παγκόσμιο επίπεδο.

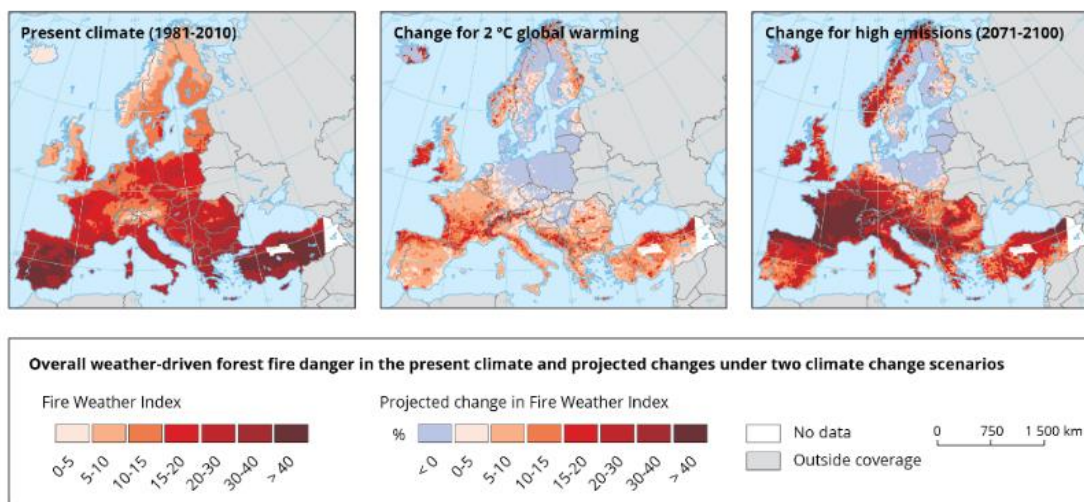


Εικόνα 12: (α) Μεταβολή της μέσης θερμοκρασίας της επιφάνειας της Γης για το διάστημα 2081-2100 συγκριτικά με τη μέση τιμή της περιόδου 1986-2005 για το σενάριο μετριασμού των εκπομπών θερμοκηπικών αερίων RCP2.6 (αριστερά) και σενάριο μέγιστων ατμοσφαιρικών εκπομπών RCP8.5 (δεξιά). (β) Μεταβολή

*της μέσης βροχοπτώσης για το διάστημα 2081-2100 συγκριτικά με τη μέση τιμή της περιόδου 1986-2005 για το σενάριο μετριασμού των εκπομπών θερμοκηπικών αερίων RCP2.6 (αριστερά) και σενάριο μέγιστων ατμοσφαιρικών εκπομπών RCP8.5 (δεξιά). (c) Μεταβολή της στάθμης της θάλασσας για το διάστημα 2081-2100 συγκριτικά με τη στάθμη της περιόδου 1986-2005 για το σενάριο μετριασμού των εκπομπών θερμοκηπικών αερίων RCP2.6 (αριστερά) και σενάριο μέγιστων ατμοσφαιρικών εκπομπών RCP8.5 (δεξιά) (IPCC, 2014)*

Στον Ευρωπαϊκό χώρο, οι βροχοπτώσεις αναμένεται να γίνουν εντονότερες στις βόρειες χώρες και σε ηπειρωτικές περιοχές, κυρίως κατά τη χειμερινή περίοδο, ενώ μειώνονται στις νότιες χώρες (Konats et al., 2014). Η μέση θερμοκρασία για όλη την Ευρώπη φαίνεται να ακολουθεί τις παγκόσμιες τάσεις. Όσον αφορά συγκεκριμένα τις Μεσογειακές πεννηριχές, που ήδη τα φαινόμενα φωτιάς είναι σε έξαρση τη θερινή περίοδο, προβλέπεται το θέρος αύξηση των ημερών και νυχτών με πολύ υψηλή θερμοκρασία και ελάττωση των βροχοπτώσεων, ενώ την υγρή περίοδο αναμένεται μείωση των ημερών παγετού και αύξηση έντασης βροχοπτώσεων σε ηπειρωτικές περιοχές, όπως αποτελεί η Δυτική Ελλάδα (Konats et al., 2014). Ως αποτέλεσμα των αλλαγών αυτών, αυξάνονται οι ημέρες με φαινόμενα καύσωνα, θα είναι συχνότερα περιστατικά ξηρασίας και ανομβρίας, ενώ το χειμώνα και το φθινόπωρο ο αριθμός πλημμυρικών συμβάντων θα είναι μεγαλύτερος. Τα περιστατικά πυρκαγιάς θα είναι περισσότερα, με τον δείκτη πυρκαγιάς (Fire Weather Index- FWI) να αυξάνεται στις Μεσογειακές χώρες (βλ. Εικόνα 13). Πίεση στο φαινόμενο των πυρκαγιών φαίνεται να ασκεί η διαρκή αστικοποίηση του ανθρώπου, τα τελευταία χρόνια, σε περιοχές που είναι επιρρεπής σε φωτιές, όπως είναι οι ζώνες μίξης αστικού και δασικού ιστού (Wildland Urban Interface-WUI) (Radeloff et al. 2005; Stewart et al. 2007), με αποτέλεσμα να χαρακτηρίζονται από υψηλότερη τρωτότητα και έκθεση, ενώ ταυτόχρονα η παραμέληση των επαρχιακών περιοχών φαίνεται να ευνοεί την ευκολότερη ανάφλεξη (Fernandes et al. 2014). Επιπροσθέτως, μεγάλο πλήγμα ενδέχεται να επιφέρει η κλιματική κρίση και στην οικονομία, επηρεάζοντας των τουρισμό και τις ενεργειακές ανάγκες για ψύξη, αλλά και την αγροτική δραστηριότητα (Giannakopoulos et al., 2009). Τέλος, οι επιπτώσεις της κλιματικής κρίσης επεμβαίνουν και στη δημόσια υγεία, με την άνοδο του ποσοστού θανάτου λόγω φαινομένων καύσωνα, αναπνευστικών και καρδιαγγειακών προβλημάτων, ενώ πιθανά να εξαπλωθούν μεταδοτικές ασθένειες, όπως η ελονοσία από τα κουνούπια (WHO, 2021).





Εικόνα 13: Μεταβολή της του Fire Weather Index (FWI) για το διάστημα 2071-2100 συγκριτικά με τη μέση τιμή της περιόδου 1981-2010 με αύξηση της θερμοκρασίας κατά 2°C (μέση) και για το σενάριο μέγιστων ατμοσφαιρικών εκπομπών RCP8.5 (δεξιά) (Rigo et al., 2017)

Η πληθώρα επιπτώσεων στον άνθρωπο και το περιβάλλον από τις καταστροφές παγκοσμίως, οδήγησε στην ανάγκη υιοθέτησης πολιτικών μείωσης από μελλοντικά καταστροφικά φαινόμενα και διαρκή βελτίωση της διαχείρισης αυτών, διεργασίες που βασίζονται στην εκτίμηση και αξιολόγηση των διαφόρων ειδών κινδύνου που εμφανίζονται στην κάθε περιοχή. Η θεσμοθέτηση των παγκόσμιων πολιτικών μείωσης κινδύνου φέρει μακρά πορεία, ξεκινώντας επίσημα ήδη από το 1960 (UNDRR) και εξελίχθηκε σταδιακά με τα χρόνια, μέσω υιοθέτησης πολλών στρατηγικών, από διαχείριση των καταστροφών σε διαχείριση της διακινδύνευσης με έμφαση στον κοινωνικό-οικονομικό αντίκτυπο. Το πιο πρόσφατο θεσμικό πλαίσιο, που αποσκοπεί μακροπρόθεσμα στην ελάττωση της διακινδύνευσης από μια φυσική καταστροφή, τοποθετείται το 2015 και είναι η Παγκόσμια Συνδιάσκεψη για τη Μείωση του Κινδύνου Καταστροφής στο Sendai της Ιαπωνίας (Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030) (UNODRR, 2015), που έθεσε την υλοποίηση 17 στόχων για βιώσιμη ανάπτυξη μέχρι το έτος 2030, η πορεία των οποίων επανεξετάζεται κάθε τέσσερα έτη από τη Σύνοδο των Ηνωμένων Εθνών (United Nations Sustainable Development Summit). Οι στόχοι που προσεγγίζουν την μείωση του κινδύνου καταστροφής είναι οι 1, 2, 3, 4, 6, 9, 11, 13, 14, 15 (βλ. Εικόνα 14). Κάθε στόχος απαρτίζεται από επιμέρους σύνολο δράσεων και σύμφωνα με την UNDRR, οι 25 δράσεις αποσκοπούν στην μείωση της διακινδύνευσης

από καταστροφές, που αναλογούν στους 10, από τους συνολικά 17, στόχους οι οποίοι εδραιώθηκαν και απαριθμήθηκαν παραπάνω. Επιπλέον, το 2015 έλαβε χώρα η 21η Διάσκεψη για το Κλίμα στο Παρίσι (COP21), με την οποία τέθηκε σε ισχύ ένα σχέδιο δράσης με σκοπό να αποφευχθεί η αύξηση της μέσης θερμοκρασίας πάνω από τους 2°C, ενώ παράλληλα να συνεχιστούν προσπάθειες για τον περιορισμό της στον 1,5°C. Μια ακόμη παγκόσμια πρωτοβουλία που προωθεί ένα βιώσιμο μέλλον είναι το New Urban Agenda, όπως καθιερώθηκε από τα Ηνωμένα Έθνη, όπου λαμβάνεται υπόψιν η αστικοποίηση και η διαχείριση αστικών, ανεπτυγμένων και μη, ιστών. Ιδιαίτερη έμφαση στην εκτίμηση της τρωτότητας και προσαρμοστικότητας των εκάστοτε περιοχών που εκτίθενται σε κίνδυνο, δόθηκε κατά την Στρατηγική Yokohama το 1994 (UNDRR), θεσμικό πλαίσιο που αναθεωρήθηκε αργότερα, το 2005, γνωστό ως Hyogo Framework for Action διάρκειας 10 ετών (HFA, 2005).



Εικόνα 14: Στόχοι Βιώσιμης Ανάπτυξης που καθιερώθηκαν στα πλαίσια Παγκόσμια Συνδιάσκεψης για τη Μείωση του Κινδύνου Καταστροφής στο Sendai της Ιαπωνίας, 2015 (Επεξεργασία/Μετάφραση από Πανεπιστήμιο Κρήτης)

Προκειμένου να θεσπιστούν και να εφαρμοσθούν οι πιο αποτελεσματικές πολιτικές για την ελάττωση των επιπτώσεων των φυσικών καταστροφών, που λαμβάνουν χώρα στο ανθρωπογενές περιβάλλον, κρίθηκε απαραίτητη η ανάγκη μελέτης και κατανόησης των φαινομένων. Σχετικό ενδιαφέρον για το πως εξελίσσεται ένα καταστροφικό φαινόμενο και

για τα στάδια στα οποία δύναται να επέμβει ο άνθρωπος προς όφελος του, υπήρχε ήδη από το 1930 (Coetzee et al., 2012; Neal, 1997). Σταδιακά, λοιπόν, θεμελιώθηκε ο κύκλος διαχείρισης των καταστροφών (βλ. Εικόνα 15) ο οποίος συνίσταται από τέσσερις αλληλοσυνδεόμενες φάσεις διαχείρισης ως αποτέλεσμα μιας κυκλικής διαδικασίας. Καθεμία από τις τέσσερις φάσεις συνοψίζει ένα σύνολο δράσεων, που αν ληφθούν υπόψιν περιορίζουν τις αρνητικές συνέπειες των επικινδυνότητων και την πιθανότητα καταστροφής (UNDRR, 2009). Οι φάσεις αυτές είναι η Προετοιμασία ή Ετοιμότητα, που αφορά το στάδιο πριν το συμβάν, η Απόκριση κατά τη διάρκεια του γεγονότος, οι φάσεις της Αποκατάστασης ή Ανασυγκρότησης και του Μετριασμού με το πέρας της καταστροφής, και οι οποίες, σύμφωνα με τους ορισμούς που δίνονται από την UNDRR (2009), μπορούν να αναλυθούν ως εξής:

#### 1) Προετοιμασία/Ετοιμότητα

Η φάση αυτή αφορά τη γνώση που έχει αναπτυχθεί και τις ικανότητες που διαθέτουν οι εκάστοτε κυβερνήσεις, αρμόδιοι φορείς, κοινότητες και ο κάθε άνθρωπος σε ατομικό επίπεδο, να μπορούν να αντέξουν και να ανταποκριθούν με αποτελεσματικότητα σε ένα αναμενόμενο καταστροφικό συμβάν. Στόχος των δράσεων ετοιμότητας είναι να βελτιωθεί η ικανότητα προσαρμογής που απαιτείται για την σωστή και άμεση διαχείριση της κάθε καταστροφής και παράλληλα να επιτευχθεί μια ομαλή μετάβαση μεταξύ Απόκρισης και βιώσιμης Ανασυγκρότησης. Η εφαρμογή του σταδίου αυτού αξιοποιεί τα συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης και την συνεχή λειτουργία ενός καλά οργανωμένου σχεδίου έκτακτης ανάγκης με βάση τυπικές θεσμικές, νομικές και οικονομικές δυνατότητες, που περιλαμβάνει αποθήκευση υλικών και προμηθειών, ανάπτυξη διακανονισμών συντονισμού, εκκένωσης και πληροφόρησης του κοινού, μαζί με τις απαραίτητες ασκήσεις και κατάρτιση.

#### 2) Απόκριση

Αναφέρεται στην άμεση και βραχυπρόθεσμη παροχή υπηρεσιών κατά τη διάρκεια που ξεσπάει το συμβάν της καταστροφής ή στο αμέσως επόμενο χρονικό διάστημα με στόχο να πραγματοποιηθεί «ανακούφιση» από το κίνδυνο, να σωθούν ζωές, να μειωθούν οι επιπτώσεις στην υγεία του πληθυσμού, να διασφαλιστεί η δημόσια ασφάλεια και να

καλυφθούν ανάγκες βασικής διαβίωσης των πληγέντων. Η φάση αυτή απαιτεί την απευθείας κινητοποίηση των αρμόδιων φορέων έκτακτης ανάγκης, όπως η πυροσβεστική, οι αρχές πολιτικής προστασίας, η αστυνομία, κ.α., όπου ο ρόλος τους είναι να προστατέψουν τον πληθυσμό και τις περιουσίες. Σημαντική επιπλέον είναι, πέρα από την ενεργοποίηση του τοπικού κρατικού μηχανισμού, η εθελοντική βοήθεια, καθώς και η διακρατική μεσολάβηση. Ωστόσο, αξίζει να επισημανθεί πως η διαφοροποίηση μεταξύ του παρών σταδίου και του αμέσως επόμενου δεν είναι ιδιαίτερη διακριτή, καθώς ορισμένες δράσεις (παροχή προσωρινών καλυμμάτων, προμήθεια νερού) δύναται να επεκταθούν και κατά το στάδιο της αποκατάστασης της πληγούσα περιοχής.

### 3) Αποκατάσταση/ Ανασυγκρότηση

Πρόκειται για την αποκατάσταση και τη βελτίωση, όπου απαιτείται, των υποδομών, των πόρων διαβίωσης και των συνθηκών ζωής των πληγέντων κοινοτήτων. Οι δράσεις αποκατάστασης συνδέονται με την έντονη δημόσια συμμετοχή και αποτελούν ευκαιρία για την επαναξιολόγηση των πολιτικών μείωσης που εφαρμόστηκαν στην περιοχή ή την αρχική εκτίμηση ενός οργανωμένου σχεδίου, αν δεν υφίστανται από προηγουμένως, που θα μειώσει περαιτέρω τις επιπτώσεις της καταστροφής στην κοινότητα. Ουσιαστικά, η φάση αυτή προωθεί την εφαρμογή της αρχής «καλύτερης ανοικοδόμησης» (“build back better”), για να αποφευχθεί ή περιοριστεί ο κίνδυνος ενός μελλοντικού καταστροφικού γεγονότος.

### 4) Μετριασμός

Αφορά την μείωση ή τον περιορισμό των αρνητικών επιπτώσεων ενός καταστροφικού συμβάντος. Αν και σε ορισμένες περιπτώσεις φυσικών καταστροφών, οι συνέπειες δεν μπορούν να αποτραπούν εντελώς, δύναται η σοβαρότητα αυτών να ελαττωθεί σημαντικά μέσω διαφόρων στρατηγικών δράσεων. Τα μέτρα στη φάση Μετριασμού περιλαμβάνουν τεχνικές και κατασκευές που αντέχουν στις επικινδυνότητες, βελτιωμένες περιβαλλοντικές και κοινωνικές πολιτικές, καθώς και δράσεις ενημέρωσης του πληθυσμού. Ωστόσο, ο όρος Μετριασμός για την κλιματική αλλαγή χρησιμοποιείται για να εκφράσει την μείωση της πηγής που οδηγεί στην κλιματική κρίση και είναι η εκπομπή

«Εκτίμηση Κινδύνου Πυρκαγιάς σε Αστικό - Περιαστικό περιβάλλον για μεγάλη κλίμακα οικισμού» - Κοκκαλίδου Μάρθα

των θερμοκηπικών αερίων, δηλαδή στοχεύει στον περιορισμό του κινδύνου και όχι απλά των επιπτώσεων που προκαλεί.



Εικόνα 15: Ο κύκλος μιας καταστροφής με τις τέσσερις φάσεις διαχείρισης (Επεξεργασία από Σαπουντζάκη κ.α., 2016)

Απαραίτητη σε κάθε περίπτωση συνιστά η εκτίμηση του κινδύνου, που αποτελεί τη βάση της διαχείρισης κινδύνου καταστροφής και τη κατανόηση των επικινδυνοτήτων, της έκθεσης και της τρωτότητας (Σαπουντζάκη κ.α., 2016), ενώ σύμφωνα με GFDRR (2014) είναι σημαντική σε πέντε κύρια πεδία λήψης αποφάσεων:

- 1) Αναγνώριση και επίγνωση του κινδύνου: Οι κυβερνήσεις, οι κοινότητες και τα άτομα αντιμετωπίζουν άπειρες προκλήσεις, και ανάμεσα σε αυτές ο κίνδυνος καταστροφής εύκολα μπορεί να αγνοηθεί. Η ύπαρξη αξιόπιστης γνώσης σχετικά με τον κίνδυνο καταστροφής και η κατάλληλη διάδοση της πληροφορίας αυτής αποτελούν ισχυρό εργαλείο ενίσχυσης της επίγνωσης του κινδύνου και ανάληψης δράσης για τη μείωσή του.
- 2) Μείωση του κινδύνου: Η γνώση για τον κίνδυνο αποτελεί τη βάση για πολιτικές, για επενδύσεις και για σχεδιασμό δομικών (δομικοί κανονισμοί, αντιπλημμυρικά έργα, κυματοθραύστες κ.λπ.) και μη δομικών μέτρων (ιεράρχηση επενδύσεων, κίνητρα για ενίσχυση των κτιρίων) για τη μείωση του κινδύνου.

- 3) Ετοιμότητα: Η γνώση για τον κίνδυνο τροφοδοτεί συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης και υποστηρίζει τη διασφάλιση ετοιμότητας και τον σχεδιασμό έκτακτης ανάγκης σε όλα τα επίπεδα. Η γνώση των αναμενόμενων επιπτώσεων βοηθά στη λήψη των κατάλληλων μέτρων, όπως ο σχεδιασμός της επείγουσας εκκένωσης και η χωροθέτηση έκτακτων καταλυμάτων, ενώ αποτελεί βάση για τον σχεδιασμό ασκήσεων ετοιμότητας. Επιτρέπει επίσης τον ρεαλιστικό και λεπτομερή σχεδιασμό για αποτελεσματική απόκριση σε περίπτωση καταστροφής.
- 4) Ανάπτυξη εργαλείων για τη διαχείριση ή/και μεταφορά κινδύνου. Η ανάλυση κινδύνου ξεκίνησε από το πεδίο της οικονομίας και της ασφάλισης. Ο ασφαλιστικός τομέας καλείται να αποδώσει ποσοτικά τον κίνδυνο των σχετικά σπάνιων καταστάσεων μεγάλων επιπτώσεων. Η επικαιροποιημένη πληροφόρηση για τον κίνδυνο είναι κρίσιμη, καθώς οι κυβερνήσεις επιχειρούν να διαχειριστούν τον κίνδυνο των κεφαλαιακών τους αποθεμάτων ή υποστηρίζουν προγράμματα διαχείρισης του ατομικού οικονομικού κινδύνου (όπως η μικροασφάλιση ή η ασφάλιση των νοικοκυριών έναντι σεισμού ή πλημμύρας). Πρέπει να επισημανθεί ότι η επένδυση σε πληροφόρηση για τους κινδύνους για λόγους ασφάλισης χρειάζεται πολλούς πόρους και η σχετική ανάλυση του κινδύνου πρέπει να ακολουθεί συγκεκριμένα πρότυπα. Ενδεικτικά, το σύστημα πιστοποίησης ISO 31010 αναφέρεται στην εκτίμηση κινδύνου ως ολοκληρωμένη διαδικασία που περιλαμβάνει την αναγνώριση, την ανάλυση και την αξιολόγηση του κινδύνου (Σαπουντζάκη κ.α., 2016).
- 5) Ανθεκτική/Προσαρμοστική ανοικοδόμηση (resilient reconstruction): Η εκτίμηση κινδύνου μπορεί να παίζει σημαντικό ρόλο πριν την καταστροφή για τη λήψη αποφάσεων ή μπορεί να δώσει αρχικές, ταχείες εκτιμήσεις για τις ανθρώπινες, φυσικές και οικονομικές απώλειες αμέσως μετά από ένα συμβάν. Τα συστήματα εκτίμησης του κινδύνου και η σχετική πληροφορία πρέπει να υπάρχουν ήδη πριν την καταστροφή προκειμένου να υποστηρίξουν αποφάσεις για την ανοικοδόμηση, διότι μετά την καταστροφή σπανίως υπάρχει αρκετός χρόνος ώστε να αναπτυχθούν

συστήματα και να συλλεχθούν όλες οι πληροφορίες που είναι απαραίτητες για τον σχεδιασμό της ανοικοδόμησης και τον χωρικό σχεδιασμό.

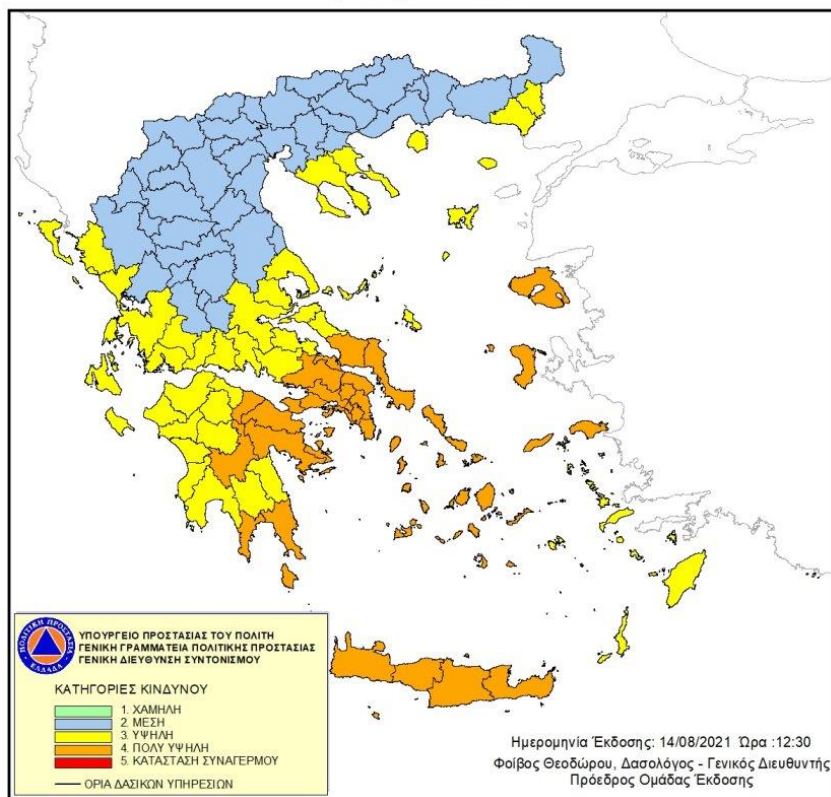
Με την σειρά της η Ελλάδα, εντός των κατευθυντήριων γραμμών που έθεσε η Ευρώπη σχετικά με τις πολιτικές μείωσης και βασισμένη στην εφαρμογή του κύκλου διαχείρισης των καταστροφών, εφάρμοσε το 2003 το Γενικό Σχέδιο Πολιτικής Προστασίας με τη συνθηματική λέξη «Ξενοκράτης», που αποσκοπεί στην αποτελεσματική αντιμετώπιση καταστροφικών φαινομένων για την προστασία της ζωής, της υγείας και της περιουσίας των πολιτών, καθώς και τη προστασία του φυσικού περιβάλλοντος. Ο «Ξενοκράτης» συντάχθηκε από τη ΓΓΠΠ με την Υ.Α. 1299/2003 (ΦΕΚ 423 Β'/10-4-2003) και αναθεωρήθηκε με συμπληρωματική Υ.Α. 3384/2006 (ΦΕΚ 776/28-6-06) με την οποία εγκρίθηκε το Ειδικό Σχέδιο «Διαχείριση Ανθρώπινων Απωλειών». Σύμφωνα, λοιπόν, με το Γενικό Σχέδιο σε κάθε περιοχή οφείλει να υπάρχει ολοκληρωμένο πλάνο σε περίπτωση οποιασδήποτε έκτακτης ανάγκης, στο οποίο προσδιορίζονται οι εμπλεκόμενες υπηρεσίες και φορείς, πραγματοποιείται αξιολόγηση κινδύνων και επισήμανση ευπαθών χώρων, χαράσσονται στρατηγικές και τακτικές για προστασία, απομάκρυνση πληθυσμού και αποκατάσταση των περιοχών. Στα πλαίσια εφαρμογής του «Ξενοκράτης», προσδιορίστηκε το Γενικό Σχέδιο Αντιμετώπισης Εκτάκτων Αναγκών εξαιτίας Δασικών Πυρκαγιών με την κωδική ονομασία «Ιόλαος», με σκοπό την αποτελεσματική αντιμετώπιση έκτακτων αναγκών λόγω δασικών πυρκαγιών και την άμεση διαχείριση των συνεπειών τους.

Ιδιαίτερη σημασία έχει δοθεί στην προειδοποίηση του πληθυσμού για την επικινδυνότητα πυρκαγιάς, που ορίζεται, σύμφωνα με το Ινστιτούτο Μεσογειακών Δασικών Οικοσυστημάτων του ΕΛΓΟ «ΔΗΜΗΤΡΑ» (2007), ως η πιθανότητα εκδήλωσης φωτιάς συνέπεια της παρουσίας και της επίδρασης ενός αιτίου έναυσης σε μια περιοχή. Κατά το διάστημα από 1<sup>η</sup> Μαΐου έως 31<sup>η</sup> Οκτωβρίου το οποίο συνιστά την αντιπυρική περίοδο, εκδίδεται ημερήσια από τη Γενική Γραμματεία Πολιτικής Προστασίας (ΓΓΠΠ) Χάρτης Κινδύνου Πυρκαγιάς για όλα τα γεωγραφικά διαμερίσματα της χώρας με βάση τα διοικητικά όρια των Δασαρχείων (βλ. Εικόνα 16), που οπτικοποιεί τον Δείκτη Κινδύνου, όπως υπολογίζεται με βάση Αμερικανικά συστήματα εκτίμησης κινδύνου πυρκαγιάς



(Ηνωμένων Πολιτειών - NFDRS και Καναδά - NFFDRS) προσαρμοσμένα στις ιδιαιτερότητες της Ελλάδας. Η σύνταξη του κάθε ημερήσιου χάρτη βασίζεται κατά κύριο λόγο στις μετεωρολογικές προβλέψεις για το επόμενο 24ώρο, και το κατά πόσο οι συνθήκες ενδέχεται να είναι ευνοϊκές για την έναυση και διάδοση της φωτιάς. Στους τελικούς παραγόμενους χάρτες απεικονίζονται πέντε επίπεδα κινδύνου πυρκαγιάς για όλη τη χώρα, Επίπεδο 1 (Χαμηλό), 2 (Μέτριο), 3 (Υψηλό), 4 (Πολύ Υψηλό), 5 (Κατάσταση Συναγερμού), με αντίστοιχη χρωματική διαφοροποίηση (βλ. Εικόνα 17). Η κατάταξη μιας περιοχής σε κατηγορία υψηλού κινδύνου, μια δεδομένη χρονική στιγμή, αναδεικνύει τις ευνοϊκές συνθήκες για να ξεσπάσει πυρκαγιά και δεν αποτελεί ένα σίγουρο γεγονός, ενώ εξυπηρετεί την άμεση λήψη προσθέτων μέτρων πρόληψης και ετοιμότητας από τους φορείς που εμπλέκονται στην αντιμετώπιση των δασικών πυρκαγιών, καθώς και στην αποφυγή άσκοπων επιφυλακών.

**ΧΑΡΤΗΣ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ ΠΟΥ ΙΣΧΥΕΙ ΓΙΑ  
Κυριακή 15/08/2021**



Εικόνα 16: Χάρτης Κινδύνου Πυρκαγιάς για τη 15η Αυγούστου 2021, όπως εκδίδονται από ΓΓΠΠ



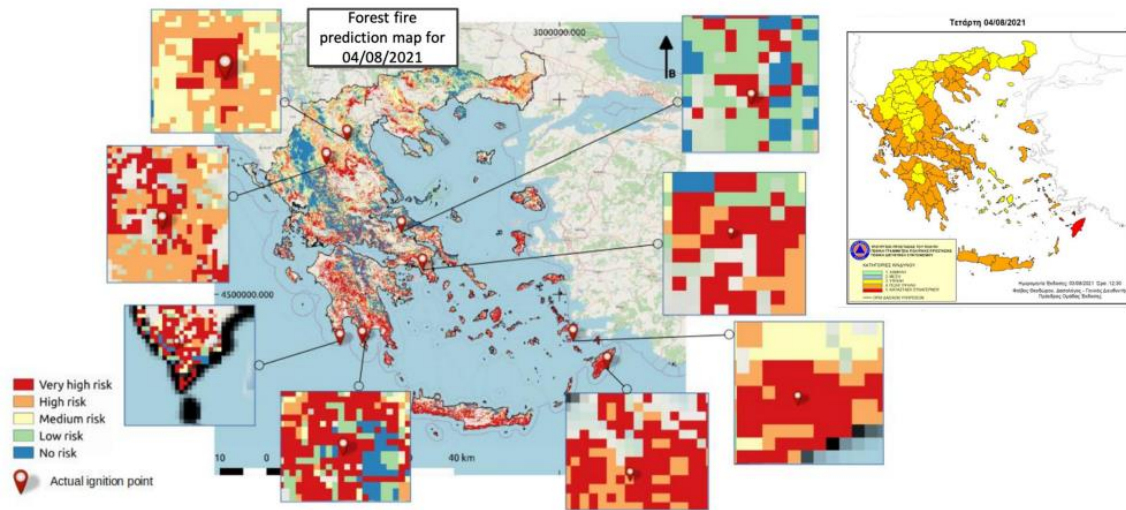
<b>Κατηγορία Κινδύνου 1 (Χαμηλή)</b>	Ο κίνδυνος είναι χαμηλός. Η πιθανότητα για εκδήλωση πυρκαγιάς δεν είναι ιδιαίτερα υψηλή. Εάν εκδηλωθεί πυρκαγιά, οι συνθήκες (κατάσταση καύσιμης ύλης, μετεωρολογικές συνθήκες) δεν θα ευνοήσουν τη γρήγορη εξέλιξή της.
<b>Κατηγορία Κινδύνου 2 (Μέση)</b>	Ο κίνδυνος είναι συνήθης για τη θερινή περίοδο. Πυρκαγιές που ενδέχεται να εκδηλωθούν αναμένεται να είναι μέσης δυσκολίας στην αντιμετώπισή τους.
<b>Κατηγορία Κινδύνου 3 (Υψηλή)</b>	Ο κίνδυνος είναι υψηλός. Είναι πιθανό να εκδηλωθεί αυξημένος αριθμός πυρκαγιών, αρκετές από τις οποίες θα είναι δύσκολο να αντιμετωπιστούν όταν οι τοπικές συνθήκες είναι ευνοϊκές (μορφολογία εδάφους, τοπικοί άνεμοι).
<b>Κατηγορία Κινδύνου 4 (Πολύ Υψηλή)</b>	Ο κίνδυνος είναι ιδιαίτερα υψηλός. Ο αριθμός των πυρκαγιών που αναμένεται να εκδηλωθούν πιθανόν να είναι μεγάλος αλλά, το κυριότερο, κάθε πυρκαγιά μπορεί να λάβει μεγάλες διαστάσεις αν ξεφύγει από την αρχική προσβολή.
<b>Κατηγορία Κινδύνου 5 (Κατάσταση ΣΥΝΑΓΕΡΜΟΥ)</b>	Ο κίνδυνος είναι ακραίος. Ο αριθμός των πυρκαγιών που αναμένεται να εκδηλωθούν πιθανόν να είναι πολύ μεγάλος. Όλες οι πυρκαγιές που ενδέχεται να εκδηλωθούν μπορεί να λάβουν γρήγορα μεγάλες διαστάσεις και να αναπτύξουν ακραία συμπεριφορά αμέσως μετά την εκδήλωσή τους. Μέχρι να μεταβληθούν οι συνθήκες, η δυσκολία ελέγχου αναμένεται να είναι πολύ μεγάλη.

Εικόνα 17: Τα επίπεδα κινδύνου που αντιστοιχούν στον Δείκτη Κίνδυνου Πυρκαγιάς με την αντίστοιχη χρωματική διαφοροποίηση (Σαπουντζάκη κ.α., 2016)

Πέρα από τη δράση της ΓΓΠΠ σε φαινόμενα πυρκαγιών, σημαντικό έργο επιτελεί και το Κέντρο Επιστημών Παρατήρησης της Γης και Δορυφορικής Τηλεπισκόπησης BEYOND, του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών, το οποίο έχει αναπτύξει ολοκληρωμένο σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης, παρακολούθησης και διαχείρισης κρίσεων πυρκαγιών, γνωστό ως FireHub (Kontoes et al., 2017), που έχει ενσωματωθεί στο Ευρωπαϊκό Σύστημα Πληροφοριών Δασικών Πυρκαγιών (EFFIS) και στο διαδικτυακό σύστημα του Παγκόσμιου Κέντρου Παρακολούθησης Πυρκαγιών της Διεθνούς Στρατηγικής του ΟΗΕ για τη Μείωση Καταστροφών (UNSDR). Συγκεκριμένα, οι υπηρεσίες που παρέχει το σύστημα αυτό είναι:

- 1) Ημερήσια Πρόβλεψη Κινδύνου Πυρκαγιάς
- 2) Ανίχνευση ενεργών εστιών σε πραγματικό χρόνο, υπηρεσία συνδεδεμένη με το Επιχειρησιακό κέντρο της Πυροσβεστικής Υπηρεσίας (Forest Fire Information System-FFIS)
- 3) Χαρτογράφηση καμένων εκτάσεων σε πραγματικό χρόνο με εικόνες υψηλής ανάλυσης (FFIS)
- 4) Διαχρονική Χαρτογράφηση καμένων εκτάσεων
- 5) Μοντελοποίηση της διασποράς καπνού

Το σύστημα FFIS καλύπτει τις περιοχές της Ευρώπης, των Βαλκανίων, της Βόρειας Αφρικής, της Μαύρης Θάλασσας και της Μέσης Ανατολής. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να δημιουργείται μία μεγάλη βάση με περιστατικά πυρκαγιάς και καμένων εκτάσεων, που μέσω αναλύσεων έχει ήδη προσφέρει βαθύτερη κατανόηση του φαινομένου της πυρκαγιάς, αλλά και των τάσεων του φαινομένου στην ευρύτερη περιοχή.



Εικόνα 18: Ημερήσια Πρόβλεψη Κινδύνου Πυρκαγιάς για την 4η Αυγούστου 2021 με χωρική ανάλυση 500 μέτρα (αριστερά) και ο Χάρτης Κινδύνου Πυρκαγιάς για την ίδια μέρα (δεξιά) όπως εκδίδονται από ΓΓΠΠ σε επίπεδο γεωγραφικού διαμερίσματος (Apostolakis et al., 2022)

Όσον αφορά τη γενική τάση πυρκαγιών στον Ελλαδικό χώρο, από τις πιο καταστροφικές χρονιές με βάση τα περιστατικά δασικών πυρκαγιών για τον Ελλαδικό χώρο ήταν το 2000, 2007, 2018 και 2021. Ειδικότερα, το 2007 κάηκαν περίπου 200.000 εκτάρια γης, ενώ το 2021 η μεγάλη πυρκαγιά της Εύβοιας αποτέλεσε την μεγαλύτερη καμένη έκταση που έχει σημειωθεί στην Ελλάδα. Σύμφωνα με το σύστημα Διαχρονικής Απεικόνισης Καμένων Εκτάσεων του FireHub, το οποίο περιλαμβάνει μια μεγάλη βάση δεδομένων από το 1984 έως σήμερα, παρατηρείται πως τη τελευταία εικοσαετία τα περαστικά φωτιάς ανά χρονιά και τα εκτάρια καμένων εκτάσεων είναι κατά μέσο όρο περισσότερα, συγκριτικά με παλαιότερα έτη. Με την ενεργοποίηση του προϊόντος Χρήσεων και Κάλυψης Γης από το πρόγραμμα Copernicus - Corine Land Use/Land Cover στο περιβάλλον του FireHub, προκύπτει πως εδάφη τα οποία καλύπτονται από σκληροφυλλική βλάστηση, μεταβατικές δασώδεις και θαμνώδεις εκτάσεις, δάση

κωνοφόρων, μικτά δάση, δάση πλατύφυλλων, φυσικούς βοσκότοπους και γη που χρησιμοποιείται κυρίως για γεωργία με σημαντικά τμήματα φυσικής βλάστησης, φαίνεται να συνιστούν για την χώρα μας κύρια σημεία έναυσης και διάδοσης πυρκαγιών. Επίσης, παρατηρείται με το επίπεδο πληροφορίας της συχνότητας πυρκαγιών πως καίγονται, κάποιες φορές σε πολύ σύντομα χρονικό διάστημα, ήδη καμένες περιοχές από προηγούμενες χρονικές περιόδους, διαδικασία η οποία όταν συμβαίνει επανειλημμένα ενισχύει τις διαβρωτικές ικανότητες του εδάφους και δυσχεραίνει τις φυσικές διαδικασίες αναγέννησης και ανάκαμψης του οικοσυστήματος (Efthimiou et al., 2020; Wittenberg & Inbar, 2009). Τέλος, όσον αφορά τη χωρική κατανομή των καμένων εκτάσεων στον Ελλαδικό χώρο για όλη τη βάση δεδομένων, μεγαλύτερο ποσοστό αυτών φαίνεται να εντοπίζεται στις περιφέρειες Στερεάς Ελλάδος, Πελοποννήσου και Αττικής.

### 1.1. Στόχος και Δομή έρευνας

Στόχος της παρούσας έρευνας αποτελεί η εκτίμηση κινδύνου σε περιαστικές περιοχές, όπως είναι η περιοχή του Λαυρίου στην Ανατολική Αττική, που υφίσταται μεγάλη πιθανότητα ανάφλεξης και χρήζει ιδιαίτερης προσοχής, κυρίως λόγω καταφυγής του πληθυσμού για παραθεριστικούς σκοπούς τη θερινή περίοδο. Οφείλει να επισημανθεί πως η παρούσα έρευνα διεξάχθηκε στο πλαίσιο της Προγραμματικής Συμβάσης με την Περιφέρεια Αττικής με τίτλο «Εκτίμηση κινδύνων σεισμού, πυρκαγιάς & πλημμύρας στην Περιφέρεια Αττικής». Έμφαση δίνεται στον κοινωνικό-οικονομικό αντίκτυπο που θα έχει ένα ενδεχόμενο φαινόμενο πυρκαγιάς στην περιοχή. Γενικότερα, οι περιαστικοί-παραθεριστικοί οικισμοί στην χώρα μας τείνουν να χαρακτηρίζονται από παραμέληση της βλάστησης και των ιδιοκτησιών κατά τους χειμερινούς μήνες, κατάσταση που εντείνει την ανάφλεξη και διάδοση πυρκαγιών το καλοκαίρι, που επικρατούν για μεγάλο χρονικό διάστημα ξηροθερμικές συνθήκες. Επιπλέον, στις εν λόγω περιοχές εντοπίζεται συνήθως μεγάλη ζώνη WUI, γεγονός που τις καθιστά θέσεις υψηλού κινδύνου και χωρίς την απαραίτητη πρόληψη και οργάνωση υπάρχει η δυνατότητα η πυρκαγιά να διαδοθεί στον κύριο αστικό ιστό του οικισμού και να μην περιοριστεί περιμετρικά αυτού. Στην συγκεκριμένη περίπτωση, η περιοχή του Λαυρίου περικυκλώνεται από τον Εθνικό Δρυμό του Σουνίου, έκταση με μεγάλη ιστορικότητα καύσης, που καθιστά ακόμη πιο επιρρεπή

τον οικισμό σε φαινόμενα πυρκαγιών. Ιδιαίτερης σημασίας είναι το γεγονός ότι η εκτίμηση κινδύνου για την περιαστική περιοχή μελέτης στη παρούσα έρευνα πραγματοποιείται σε επίπεδο οικοδομικού τετραγώνου (ΟΤ), αναδεικνύοντας με λεπτομέρεια τις ακριβείς θέσεις που χρήζουν άμεσης παρέμβασης σε ένα πιθανό συμβάν πυρκαγιάς. Λαμβάνει υπόψιν ένα σύνολο παραμέτρων, όπως είναι η προσομοίωση της επικινδυνότητας του φαινομένου για διάφορα σενάρια, η ανάλυση της τρωτότητας με εκτίμηση κοινωνικών κριτηρίων και την κατάσταση των υποδομών, η εκτίμηση της έκθεσης με βάση οικονομικά κριτήρια. Η πληροφορία της εκτίμησης κινδύνου σε επίπεδο γειτονιάς δύναται να αξιοποιηθεί για πολλαπλούς σκοπούς, όπως η οργάνωση και εφαρμογή, με σωστό συντονισμό των αρμόδιων φορέων, ενός αποτελεσματικού σχεδίου εκκένωσης σε περίπτωση πυρκαγιάς, δίνοντας προτεραιότητα στην διαφυγή πληθυσμού από τις περισσότερες ευάλωτες θέσεις, εστιάζοντας στο στάδιο Ετοιμότητας του κύκλου διαχείρισης των καταστροφών.

Στο πρώτο Κεφάλαιο, πραγματοποιήθηκε αναφορά σχετικά με το θεσμικό πλαίσιο γύρω από την αντιμετώπιση και τα στάδια μείωσης των επιπτώσεων των φυσικών καταστροφών. Παρουσιάστηκαν σε ευρωπαϊκό και πανελλαδικό επίπεδο οι ισχύουσες οδηγίες σχετικά με τον κίνδυνο της πυρκαγιάς και αναλύθηκε ο λόγος για τον οποίο είναι απαραίτητη η εκτίμηση του κινδύνου. Απεικονίστηκαν οι θέσεις στην Ευρώπη που απειλούνται από το φαινόμενο της πυρκαγιάς και συσχετίστηκαν με την κλιματική κρίση, ενώ αναδείχθηκαν για τον Ελλαδικό χώρο οι χρήσεις γης που απειλούνται κατά την εξέλιξη ενός τέτοιου φαινομένου, αλλά και η συχνότητα και έκταση των φαινομένων με τα χρόνια. Επιπλέον, στο παρών κεφάλαιο, τονίστηκε η ιδιαιτερότητα της παρούσας μελέτης σχετικά με το λεπτομερές επίπεδο πληροφορίας, αυτό του οικοδομικού τετραγώνου (ΟΤ), που διεξάγονται τα αποτελέσματα.

Στο δεύτερο Κεφάλαιο, παρέχονται πληροφορίες για την περιοχή μελέτης της παρούσας έρευνας. Αρχικά, προσεγγίζεται ο υπό μελέτη οικισμός γεωγραφικά και παρατίθενται ορειογραφικά στοιχεία της ευρύτερης περιοχής, ενώ τονίζονται οι θέσεις που μορφολογικά χαρακτηρίζονται ως πιο εύφλεκτες. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται κλιματικά στοιχεία και οριοθετείται το χρονικό πλαίσιο εμφάνισης πυρκαγιών με μεγάλη

συχνότητα. Έπειτα, γίνεται αναφορά στις χρήσεις γης που εντοπίζονται στην ευρύτερη περιοχή έρευνας, η κάλυψη γης από διαφόρων ειδών βλάστησης και τονίζεται η περιβαλλοντική και πολιτιστική σημασία της ευρύτερης έκτασης. Επιπλέον, δίνονται πληροφορίες για το μόνιμο πληθυσμό της περιοχής και της ηλικίες των κατοίκων, που καθορίζει την ανταπόκριση του πληθυσμού σε ένα συμβάν φωτιάς. Τέλος, ιδιαίτερα σημαντικό δεδομένο αποτελεί η συχνότητα επανάληψης των φαινομένων πυρκαγιάς στην περιοχή μελέτης και ποιες θέσεις έχουν καεί με το πέρασμα των χρόνων στην γύρω περιοχή.

Στο τρίτο Κεφάλαιο, δίνεται έμφαση στις έννοιες της επικινδυνότητας, της τρωτότητας και της έκθεσης, αλλά και στη μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε για την σύνθεση των επιπέδων πληροφορίας του κινδύνου για την περιοχή μελέτης, τον οικισμό του Λαυρίου. Αρχικά, γίνεται αναφορά σχετικά με την προεπεξεργασία των δεδομένων και αναλύονται τα εργαλεία για επεξεργασία τα οποία χρησιμοποιήθηκαν σε κάθε περίπτωση. Στη συνέχεια παρουσιάζεται η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την εκτίμηση του κινδύνου, της τρωτότητας και της έκθεσης. Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στην ανάλυση της επικινδυνότητας, που περιλαμβάνει την επεξεργασία δεδομένων ανέμου και την επιλογή των επικρατούντων διευθύνσεων και ταχυτήτων για τη περιοχή μελέτης, την επεξεργασία για την εξαγωγή των σημείων έναυσης πυρκαγιάς με βάση πληθώρα παραμέτρων, που ενσωματώνονται σε μοντέλα Τεχνητής Νοημοσύνης και Μηχανικής Μάθησης, και την προσομοίωση της χωροχρονικής εξάπλωσης της φωτιάς σύμφωνα με επιλεγμένα σενάρια.

Στο τέταρτο Κεφάλαιο, παρατίθενται τα αποτελέσματα της εκτίμησης του κινδύνου με μια γενικότερη ανάλυση της απειλής από το καταστροφικό γεγονός της πυρκαγιάς για την περιοχή μελέτης.

Τέλος, στο πέμπτο Κεφάλαιο παρουσιάζονται τα πορίσματα από το σύνολο της έρευνας, ενώ αναδεικνύεται η ανάγκη εκτίμησης του κινδύνου πυρκαγιάς σε μια έκταση με μεγάλη λεπτομέρεια σε επίπεδο ΟΤ, μέσω αναφοράς της χρησιμότητας των παραγόμενων επιπέδων σε διάφορες εφαρμογές και επισήμανση του σκοπού που εξυπηρετούν.

## 2. Περιοχή Μελέτης

Οι βασικοί παράγοντες που επιδρούν στην έναρξη, εξάπλωση και συμπεριφορά των δασικών πυρκαγιών και καθορίζουν το περιβάλλον της πυρκαγιάς είναι τα χαρακτηριστικά της φυτικής καύσιμης ύλης, η τοπογραφία του εδάφους και ο καιρός ή οι μετεωρολογικές συνθήκες (Καλαμποκίδης κ.α., 2013). Από αυτές τις τρεις παραμέτρους η λιγότερο ευμετάβλητη είναι η τοπογραφία, καθώς μεταβάλλεται μόνο με το χώρο, αλλά όχι το χρόνο.

Η επίδραση της τοπογραφίας του εδάφους στην συμπεριφορά της πυρκαγιάς αφορά χαρακτηριστικά όπως η έκθεση/ προσανατολισμός του εδάφους, που συνδέεται με τα ποσά ηλιακής ακτινοβολίας που δέχεται η πλαγιά, η κλίση της πλαγιάς, η θέση της φωτιάς πάνω στη κλιτύ, το υψόμετρο, η γενικότερη μορφολογία της περιοχής, και ύπαρξη φυσικών, τεχνητών ή/και μερικών εμποδίων, που θα επηρεάσει την εξάπλωση (Καλαμποκίδης κ.α., 2013). Γενικά ισχύει πως στο Βόρειο ημισφαίριο οι νότιες και νοτιοδυτικές προσανατολισμένες πλαγιές είναι αυτές που δέχονται τα μεγαλύτερα ποσά ηλιακής ακτινοβολίας με αποτέλεσμα να επικρατούν ξηροθερμικές συνθήκες με χαμηλά ποσοστά υγρασίας, που αναστέλλουν την φυτική ανάπτυξη και ευνοούν την χαμηλή, φτωχή και εύφλεκτη βλάστηση. Αντιθέτως, οι βόρειες πλαγιές του Βορείου ημισφαιρίου δέχονται χαμηλά ποσά ηλιακής ακτινοβολίας, ενώ οι βροχοπτώσεις είναι εντονότερες σε σχέση με τα Νότια και Ανατολικά, διεργασίες που σε συνδυασμό οδηγούν στην ανάπτυξη πυκνής βλάστησης με μεγάλα ποσά υγρασίας και εύφορου εδάφους λόγω ταχύτερης αποσάθρωσης των πετρωμάτων, συνθήκες που μειώνουν την πιθανότητα ανάφλεξης. Σχετικά με τη κλίση των πλαγιών, με την αύξηση της κλίσης αυξάνεται η ταχύτητα εξάπλωσης και το μήκος της φλόγας, ειδικά αν πνέουν ανοδικά ρεύματα ανέμου στη κλιτύ. Όσο μεγαλύτερη είναι η κλίση τόσο πιο κοντά πλησιάζει το μέτωπο της φωτιάς στην καύσιμη ύλη την οποία ξηραίνει και εξαπλώνεται με μεγαλύτερη ταχύτητα. Επιπλέον, αρκετά συχνό είναι να προκαλείται κηλίδωση λόγω βαρύτητας και να αναπτύσσονται εστίες φωτιάς και στα κατόντη. Ισχύει, κατά κανόνα, πως στον πρώτο τριπλασιασμό της κλίσης διπλασιάζεται η ταχύτητα εξάπλωσης της φωτιάς, ενώ στο δεύτερο τριπλασιασμό της κλίσης η ταχύτητα εξάπλωσης αυξάνεται από 4 έως 6 φορές (Καλαμποκίδης κ.α.,

2013. Στην κορυφογραμμή των υψωμάτων και βουνών συναντάται αντίθετα ανοδικός άνεμο από την αντίθετη πλαγιά, που ανακόπτει την πορεία της φωτιάς και έπειτα κινείται με βάση τους επικρατούντες ανέμους και την διαθέσιμη καύσιμη ύλη. Όσον αφορά το υψόμετρο και τον ρόλο που φέρει στην συμπεριφορά της πυρκαγιάς, ισχύει πως συχνότερη είναι η εμφάνιση φωτιάς σε χαμηλότερα υψόμετρα, Ειδικότερα, όσο αυξάνει το υψόμετρο ο αέρας είναι λεπτότερος και το οξυγόνο δεν επαρκεί για να διατηρήσει καύση, υφίστανται χαμηλότερες θερμοκρασίες και η απώλεια υγρασίας στην καύσιμη ύλη και η θέρμανση της είναι μικρή, σε συνδυασμό με τις συχνότερες βροχοπτώσεις που επικρατούν σε υψηλές θέσεις. Ωστόσο, λόγω περιορισμένης προσβασιμότητας σε μεγάλα υψόμετρα η καταστολή φωτιών, που συνήθως προκύπτουν από φυσικά αίτια (κεραυνούς) και όχι τον ανθρώπινο παράγοντα, είναι δυσκολότερη.

Από την άλλη, ο καιρός είναι ιδιαίτερα μεταβλητός, τόσο χωρικά όσο και χρονικά. Συγκεκριμένα, οι μετεωρολογικές συνθήκες συντελούν τα μέγιστα στην έναρξη και εξάπλωση των πυρκαγιών, με βασικά χαρακτηριστικά όπως η ταχύτητα και η διεύθυνση του ανέμου, η θερμοκρασία του αέρα και σχετική υγρασία της ατμόσφαιρας, η βροχόπτωση και η σταθερότητα της ατμόσφαιρας. Η ταχύτητα του ανέμου επηρεάζει κατά πολύ την εξάπλωση της φωτιάς, καθώς παρέχεται οξυγόνο στη φωτιά, που ευνοεί την καύση, ενώ η επιτάχυνση του μεταβάλλει το σχήμα της φωτιάς και ενισχύει το λαμπάδιασμα της κόμης και την κηλίδωση (Καλαμποκίδης κ.α., 2013).

Χωρικά και χρονικά μεταβλητή είναι και η παράμετρος της καύσιμης ύλης στην οποία όμως υπάρχει η δυνατότητα παρέμβασης και διαχείρισης της πριν την εκδήλωση της φωτιάς, με κατασκευή συνήθως αντιπυρικών ζωνών, για περιορισμό της εξάπλωσης της πυρκαγιάς. Τα βασικά χαρακτηριστικά της φυτικής καύσιμης ύλης που επηρεάζουν την ανάφλεξη, εξάπλωση και γενικά την συμπεριφορά της πυρκαγιάς είναι η ποσότητα της, η χημική σύσταση, το μέγεθος και σχήμα, η περιεχόμενη υγρασία, η συμπαγότητα, η οριζόντια κατανομή και κάθετη διάταξη (Καλαμποκίδης κ.α., 2013).

Συνεπώς, για την πρόβλεψη εξάπλωσης και συμπεριφοράς μιας πυρκαγιάς κρίνεται απαραίτητη η αξιολόγηση των συγκεκριμένων παραμέτρων για την υπό μελέτη περιοχή

και η αξιοποίηση τους ως δεδομένα εισόδου στην εκτίμηση κινδύνου, που θα αναλυθεί σε επόμενο Κεφάλαιο. Στη συνέχεια του παρών Κεφαλαίου δίνεται περιγραφή της μορφολογίας της περιοχής μελέτης, των χρήσεων γης με το λόγο που κρίνεται απαραίτητη η ταξινόμηση της βλάστησης σε μοντέλα καύσιμης ύλης για τις ανάγκες προσομοίωσης, και των κλιματικών στοιχείων της περιοχής, με σκοπό να αναδειχθούν οι επικρατούσες μετεωρολογικές συνθήκες, που ενδεχομένως θα πυροδοτήσουν ένα συμβάν φωτιάς. Επιπροσθέτως, μεγάλη σημασία οφείλει να δοθεί στην ιστορικότητα της περιοχή μελέτης, καθώς παρέχονται πληροφορίες σχετικά με τα επικίνδυνα σημεία για έναυση φωτιάς στην ευρύτερη έκταση, ενώ η τελική εξάπλωση αυτών δύναται σε ορισμένες επιπτώσεις να δώσει στοιχεία για τις πιθανές διαδρομές της φωτιάς βασισμένες στις παραμέτρους καιρού και μορφολογίας. Τέλος, σημαντικό είναι να αναδειχθεί η περιβαλλοντική, πολιτιστική και κοινωνικοοικονομική σημαντικότητα της περιοχής μελέτης, που καθιστούν για ακόμη ένα λόγο απαραίτητη την προστασία αυτής από καταστροφικά συμβάντα πυρκαγιών.

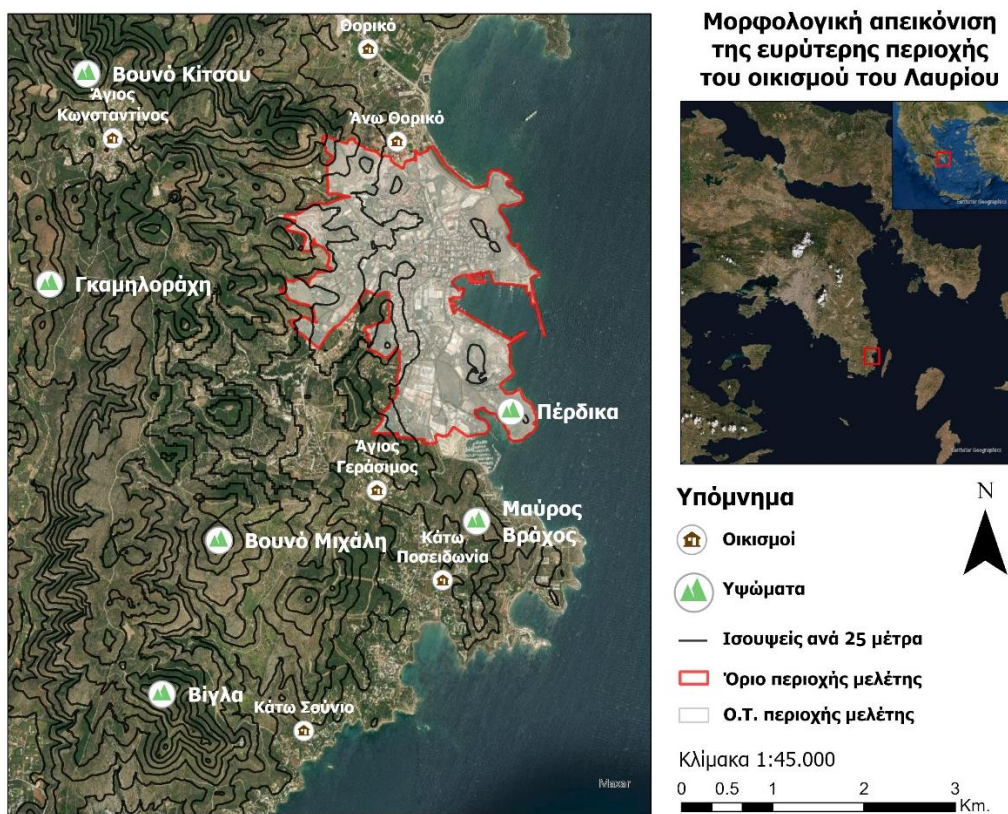
## **2.1. Γεωγραφικά στοιχεία - Μορφολογία**

Η περιοχή μελέτης, όπου πραγματοποιήθηκε η εκτίμηση του κινδύνου πυρκαγιάς, είναι ο παραλιακός οικισμός του Λαυρίου. Ο οικισμός βρίσκεται στο νοτιοανατολικό τμήμα της Αττικής, σε απόσταση 40 χιλιόμετρα από το κέντρο της Αθήνας, και 61 χιλιόμετρα οδικώς. Καταβρέχεται στα ανατολικά από το Νότιο Ευβοϊκό κόλπο και υπάγεται διοικητικά στο Δήμο Λαυρεωτικής, ενώ συνιστά και έδρα αυτού. Στα Νότια συνδέεται με τον οικισμό της Κάτω Ποσειδωνίας μέσω της Λεωφόρου Λαυρίου που μεταπίπτει σταδιακά στη Λεωφόρο Σουνίου, καταλήγοντας στην παραθεριστική ομώνυμη περιοχή στο νότιο άκρο του Δήμου Λαυρεωτικής. Στα Βόρεια, το Λαύριο, συνορεύει με την μικρή περιοχή του Θορικού, ενώ κατά μήκος του δυτικού ορίου του υπό μελέτη οικισμού εντοπίζεται ο Εθνικός Δρυμός του Σουνίου σε άμεση σύνδεση ανά θέσεις με τον αστικό ιστό.

Το μέσο υψόμετρο της υπό μελέτη περιοχής υπολογίζεται στα περίπου 20 μέτρα. Το υψηλότερο ανάγλυφο παρατηρείται στο έντονα πυκνοκατοικημένο και δυτικό όριο του κεντρικού τμήματος του Λαυρίου, καθώς και στα Βορειοδυτικά του οικισμού, που



ξεπερνάει τα 50 μέτρα. Ωστόσο, στο νότιο Λαύριο η μορφολογία είναι σχετικά πιο ήπια και κυμαίνεται από το ύψος της θάλασσας μέχρι και τα 25 μέτρα. Όσον αφορά την ευρύτερη έκταση μελέτης η υψομετρική κλίση αυξάνεται σταδιακά προς τα δυτικά με τις υψηλότερες θέσεις να εντοπίζονται στα νότια του Εθνικού Δρυμού Σουνίου, στις κορυφές Βίγλα (260 μέτρα) και στο βουνό Μιχάλη (224 μέτρα), ΒΔ του Λαυρίου στον οικισμό Αγίου Κωνσταντίνου, στο βουνό Κίτσου στα 317 μέτρα και πλησίον του οικισμού Μαρκάτι η κορυφή Χορταριά με υψόμετρο 373 μέτρα. Νότια της υπό μελέτης περιοχής τοποθετούνται τα υψώματα Πέρδικα (30 μέτρα) στην Ολυμπιακή Μαρίνα του Λαυρίου και ο Μαύρος Βράχος (69 μέτρα) στη Κάτω Ποσειδωνία. Στα Βόρεια του οικισμού το ανάγλυφο αγγίζει τα 136 μέτρα στη κορυφή Βελατούρι.



Εικόνα 19: Μορφολογική απεικόνιση της ευρύτερης περιοχής μελέτης

Εντός του οικισμού του Λαυρίου οι κλίσεις των πλαγιών είναι ομαλές και στη πλειονότητα κάτω από 22°, ενώ αυξάνονται προς τις υψηλότερες κορυφές της ευρύτερης περιοχής και φθάνουν μέχρι τις 41°. Η έκθεση των πλαγιών στο κεντρικό τμήμα του

Λαυρίου είναι κυρίως ΒΑ προς Ανατολική, ενώ εκατέρωθεν αυτού ο προσανατολισμός αλλάζει σε Ανατολικό έως Δυτικό, πλαγιές που δέχονται μεγάλα ποσά ηλιακής ακτινοβολίας καθ' όλη τη διάρκεια της μέρας. Η ευφλεκτικότητα αφορά εκτάσεις κατά κύριο λόγο οι οποίες καταλαμβάνονται από βλάστηση και όχι αστικό ιστό, και για αυτό το λόγο είναι απαραίτητη η γνώση των χαρακτηριστικών της ευρύτερης περιοχής μελέτης. Στην ευρύτερη έκταση, λοιπόν, ο προσανατολισμός των πλαγιών είναι κυρίως Βόρειας, ΒΑ, Ανατολικής και Νότιας, ΝΑ διεύθυνσης, με εξαίρεση ένα τμήμα δυτικά του Εθνικού Δρυμού Σουνίου, που οι πλαγιές φέρουν Νότια, Δυτική έως και Βόρεια διεύθυνση.

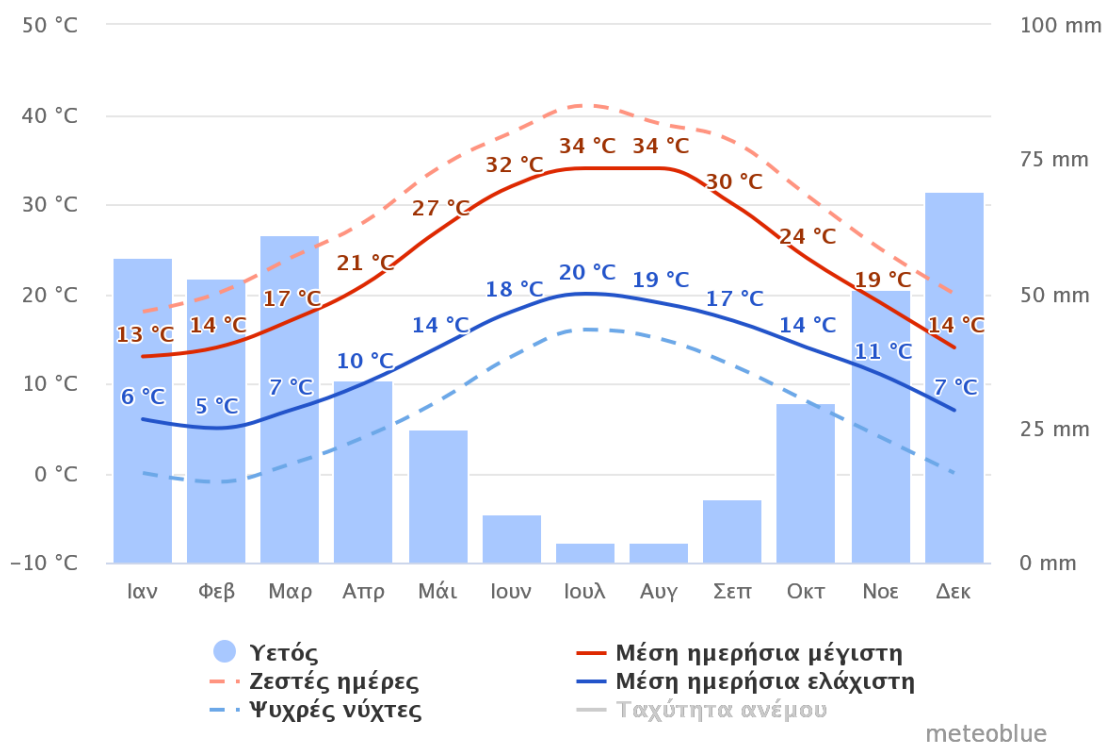
## **2.2. Κλιματικά στοιχεία**

Σύμφωνα με την κλιματική κατάταξη Köppen, το κλίμα της περιοχής μελέτης είναι τυπικό του Μεσογειακού κλίματος και κατατάσσεται ως «Θαλάσσιο κλίμα με διακριτό ξηρό και πολύ θερμό θέρος» (Csa) (Kottek et al., 2006; Κρινά κ.α., 2017). Ο συγκεκριμένος κλιματικός τύπος χαρακτηρίζει το 56 % του Ελλαδικού χώρου, με εξαίρεση το εσωτερικό του ηπειρωτικού τμήματος της χώρας από την Κεντρική Μακεδονία έως και τη Θράκη.

Στον οικισμό του Λαυρίου συναντάται ένας μετεωρολογικός σταθμός ΜΕΤΕΟ ο οποίος στεγάζεται σε κτίριο του οργανισμού Λιμένος Λαυρίου (συντεταγμένες 37.71660, 24.05800). Βρίσκεται σε υψόμετρο 3 μέτρα από τη στάθμη της θάλασσας, ενώ η μέτρηση της θερμοκρασίας και υγρασίας γίνεται από τους αισθητήρες στα 3 μέτρα και το ανεμόμετρο είναι τοποθετημένα στα 5 μέτρα. Λειτουργεί από τον Οκτώβριο του 2008, προσφέροντας μια συνεχή χρονοσειρά ημερήσιων μετεωρολογικών δεδομένων για τα τελευταία 13 έτη.

Όπως παρατηρήθηκε από τις διαχρονικές καταγραφές, η μέση θερμοκρασία του θερμότερου μήνα κάθε χρόνου είναι περίπου 25 °C, ενώ η μέση θερμοκρασία του ψυχρότερου μήνα αντιστοιχεί σχεδόν στους 11 °C. Στη ξηρή/θερινή περίοδο που εκτείνεται από Απρίλιο μέχρι Σεπτέμβριο, και συνιστά την αντιπυρική περίοδο, παρατηρούνται οι υψηλότερες θερμοκρασίες, με αποκορύφωμα τους μήνες Ιούλιο και

Αύγουστο, όπου η μέση ημερήσια μέγιστη θερμοκρασία φθάνει τους 34 °C. Οι χαμηλότερες θερμοκρασίες καταγράφονται την υγρή περίοδο, δηλαδή από Οκτώβριο μέχρι Μάρτιο, και κυρίως τους μήνες Ιανουάριο και Φεβρουάριο, με μέση μέγιστη ημερήσια θερμοκρασία 13 °C και μέση ελάχιστη ημερήσια θερμοκρασία 5 °C.



Εικόνα 20: Διάγραμμα μέσων μηνιαίων τιμών βροχόπτωσης και θερμοκρασίας για τον οικισμό Λαυρίου (<https://www.meteoblue.com>)

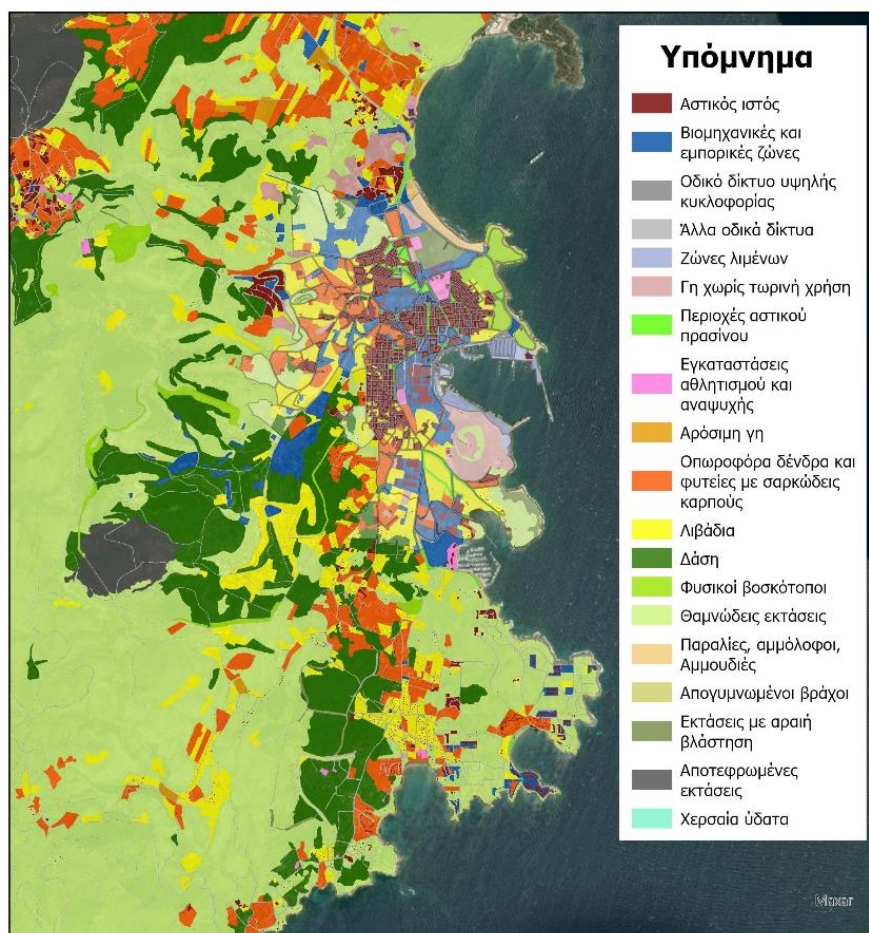
Η περιοχή τις περισσότερες μέρες του χρόνου χαρακτηρίζεται από ηλιοφάνεια και σχετικά αίθριο καιρό έως ελάχιστα συννεφιασμένο, με ορισμένες εξαιρέσεις την υγρή περίοδο του έτους, που παρατηρείται νεφοκάλυψη λόγω ρίψης κατακρημνισμάτων. Όσον αφορά την καταγραφή βροχόπτωσης, λοιπόν, το ετήσιο ύψος βροχής κάθε χρόνου δεν ξεπερνά τα 450 mm. Οι μήνες κατά τους οποίους παρατηρούνται έντονες βροχοπτώσεις είναι ο Δεκέμβριος, με μέσο ύψος βροχής περίπου 70 mm, ενώ οι πιο ξηροί μήνες είναι ο Ιούλιος και ο Αύγουστος, με τη μέση τιμή βροχόπτωσης να κυμαίνεται κάτω από 5 mm.

### 2.3. Χρήσεις Γης

Αναφορικά με την διαθέσιμη ποσότητα καύσιμης ύλης και σύμφωνα με την κάλυψη γης του προϊόντος Urban Atlas 2018 του Copernicus, στην ευρύτερη περιοχή του ασυνεχί αστικού ιστού του Λαυρίου εντοπίζονται σε μεγαλύτερο ποσοστό οι θαμνώδεις εκτάσεις σε μεγάλο μέρος του Εθνικού Δρυμού Σουνίου, καθώς και δασικές εκτάσεις με κωνοφόρα δέντρα και σκληρόφυλλη βλάστηση, ενώ ακολουθούν οπωροφόρα δέντρα και λιβάδια. Επιπλέον, εντοπίζονται φυσικοί βοσκότοποι, απογυμνωμένοι βράχοι και εκτάσεις αρόσιμης γης. Τέλος, παρατηρούνται αποτεφρωμένες εκτάσεις που προέκυψαν από παρελθοντικά συμβάντα πυρκαγιάς, ενώ περιμετρικά του οικισμού αισθητή είναι η παρουσία βιομηχανικών ζωνών, ένδειξη της μεταλλευτικής δραστηριότητας της περιοχής (βλ. Εικόνα 21).

Ωστόσο, η γνώση του τύπου βλάστησης, δεν επαρκεί από μόνη της σαν παράμετρος για την αξιολόγηση της βλάστησης, με απώτερο σκοπό την πρόβλεψη της συμπεριφοράς της φωτιάς. Βασικά φυσικοχημικά χαρακτηριστικά της φυτικής καύσιμης ύλης (ποσότητα, χημική σύσταση, οριζόντια κατανομή, κτλ.), όπως αναφέρθηκαν προηγουμένως, επηρεάζουν την ανάφλεξη και εξάπλωση. Για αυτό το λόγο, πραγματοποιείται η ταξινόμηση της βλάστησης σε μοντέλα καύσιμης ύλης. Ως μοντέλο καύσιμης ύλης (fuel model) ορίζεται ένα σύνολο αριθμών που αποτελούν μια αντιπροσωπευτική περιγραφή ενός τύπου και σύνθεσης δασικής καύσιμης ύλης, με τον τρόπο που απαιτείται για να χρησιμοποιηθούν σαν δεδομένα για το μαθηματικό μοντέλο πρόβλεψης της εξάπλωσης πυρκαγιάς επιφανείας του Rothermel (1972) και κατ' επέκταση στα υπολογιστικά συστήματα BEHAVE, FARSITE και FlamMap (Καλαμποκίδης κ.α., 2013). Πολλοί τύποι βλάστησης, που ως καύσιμη ύλη έχουν παρόμοια ή ισοδύναμα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά, αντιπροσωπεύονται από το ίδιο μοντέλο/ αριθμό στα υπολογιστικά μοντέλα διάδοσης της πυρκαγιάς. Συνεπώς, γίνεται κατανοητό πως ένα μοντέλο καύσιμης ύλης αντιπροσωπεύει την καύσιμη ύλη, και όχι ένα τύπο βλάστησης. Ο Rothermel (1972) κατηγοριοποίησε τα μοντέλα καύσιμης ύλης σε 11 τύπους, κρατώντας σταθερές κάποιες παραμέτρους, ενώ αργότερα ο Albinì (1976) πρόσθεσε ακόμα δύο, κάνοντας τα 13. Σήμερα τα νέα διεθνή πρότυπα μοντέλα στο σύνολο

τους είναι 40 (Scott & Burgan, 2005) και προσφέρουν μια ευρύτερη δυνατότητα επιλογής του τύπου βλάστησης σε μια έκταση, συγκριτικά με τα προηγούμενα δεκατρία, για πιο ακριβή αποτελέσματα. Για τον ευρύτερο γεωγραφικό χώρο του Λαυρίου επιτεύχθηκε μια αντιστοιχία των μοντέλων καύσιμης ύλης και των τύπων χρήσεων/ κάλυψης γης από το προϊόν Urban Atlas 2018 του Copernicus, όπως θα αναλυθεί στο Κεφάλαιο 3.1.1.3., για να πραγματοποιηθεί ευκολότερα η προσομοίωση της φωτιάς. Αξίζει να σημειωθεί πως η χαρτογράφηση του τύπου της καύσιμης ύλης, όπως και η πυκνότητα της φυτομάζας, απαιτούν ενδεδειγμένες εργασίες πεδίου, οι οποίες επιφέρουν σημαντικές καθυστερήσεις. Συνεπώς, η μέθοδος της τηλεπισκόπησης, είτε μέσω δορυφορικών εικόνων είτε μέσω αεροφωτογραφιών, παρέχουν μια εναλλακτική λύση από τις παραδοσιακές τεχνικές, προσφέροντας ενημερωμένη πληροφορία σχετικά με τους χάρτες χρήσεων/καλύψεων γης, βλάστησης και τύπους καύσιμης ύλης (Alonso-Benito et al., 2013).



Εικόνα 21: Κάλυψη γης της ευρύτερης περιοχής μελέτης (Επεξεργασία από Urban Atlas 2018)



### 2.3.1. Πολιτιστική κληρονομιά

#### *Προστατευόμενες περιοχές*

Ιδιαίτερης περιβαλλοντικής σημασίας για την ευρύτερη περιοχή του Λαυρίου συνιστά ο Εθνικός Δρυμός του Σουνίου (ΕΔΣ), που συναντάται στα Δυτικά του υπό μελέτη οικισμού, και μαζί με τις δυο προστατευόμενες περιοχές NATURA 2000, Σούνιο-Νησίδα Πατρόκλου & Παράκτια Θαλάσσια Ζώνη (GR3000005) και Περιοχή Λεγρενών-Νησίδα Πατρόκλου (GR3000014), είναι τμήμα του Γεωπάρκου της Λαυρεωτικής (ΥΠΕΚΑ, 2017). Συγκεκριμένα, ο ΕΔΣ, όπως και κάθε εθνικά προστατευόμενος Δρυμός, αποτελείται από μια ζώνη απόλυτης προστασίας, αποκαλούμενη πυρήνα, που καταλαμβάνει έκταση 760 εκτάρια και από μία προστατευτική περιφερειακή ζώνη, που φθάνει τα 2750 εκτάρια (ΥΠΕΚΑ, 2017). Ιδρύθηκε το 1974 (ΦΕΚ 67/Α/74) και τα χαρακτηριστικά της περιοχής που οδήγησαν στην απόφαση για την προστασία του από τη Σύμβαση της Βαρκελώνης, ήταν οικολογικά, ιστορικά, γεωλογικά και παλαιοντολογικά. Φιλοξενεί πολλά είδη χλωρίδας, όπως την Κενταύρια Λαυρεωτική (*Centaurea laureotica*), τα πευκοδάση του Χαλεπίου Πεύκης, που είναι το πιο εκτεταμένο και καλοδιατηρημένο πευκοδάσος της ανατολικής Αττικής, το ηπειρωτικό μακκί (σχηματισμοί *Quercus coccifera*), το παραθαλάσσιο μακκί (σχηματισμοί *Juniperus*) και τα φρύγανα, καθώς επίσης φέρει ποικιλία σε πανίδα και ορνιθοπανίδα. Λόγω της έντονης μεταλλευτικής δραστηριότητας της περιοχής από την παλαιολιθική, νεολιθική και προϊστορική περίοδο, συναντώνται ευρήματα αρχαίων μεταλλείων και εργαστηρίων, όπως στο Σπήλαιο "Κίτσος" στα ΒΔ του Λαυρίου. Στο ίδιο σπήλαιο έχουν βρεθεί απολιθώματα βοτανικών ειδών, που δεν υπάρχουν σήμερα στην περιοχή, όπως η μαύρη πεύκη, το τυξάρι, ο φράξος, απολιθώματα ειδών *Pinus nigra* και *Buxus sempervirens*, που σήμερα περιορίζονται σε περιοχές μεγάλου υψομέτρου, η παραθαλάσσια πεύκη και η φελοδρύς (*Pinus maritima*, *Quercus suber*), με τα τελευταία να είναι είδη που δεν απαντώνται πλέον στον Ελλαδικό χώρο (ΥΠΕΚΑ, 2017). Από τα ζωικά απολιθώματα βρέθηκε ένα είδος *Spalax*, που σήμερα δεν υπάρχει στην Ελλάδα, *Ursus arctos* που έχει εξαφανιστεί από τη νότια Ελλάδα και *Cervus elaphus*, που δεν υφίσταται πλέον στη Λαυρεωτική (ΥΠΕΚΑ, 2017). Η μεγάλη ποικιλία της περιοχής σε ορυκτά και πετρώματα οδήγησε από την αρχαία εποχή μέχρι σήμερα στη λειτουργία ανά διαστήματα μεταλλείων αργύρου, ψευδαργύρου, σιδήρου,

μολύβδου κλπ. Από τα αρχαία λατομεία μαρμάρου προέρχεται το μάρμαρο με το οποίο κατασκευάστηκε ο Ναός του Ποσειδώνα και το ιερό της Σουνιάδας Αθηνάς, που αποτελούν τον αρχαιολογικό χώρο του Σουνίου στο νοτιότερο άκρο της Λαυρεωτικής (ΥΠΕΚΑ, 2017).

Στο Νότιο τμήμα του ΕΔΣ συναντώνται οι δυο ευρωπαϊκά προστατευόμενες περιοχές NATURA 2000. Αρχικά, η περιοχή Σούνιο-Νησίδα Πατρόκλου & Παράκτια Θαλάσσια Ζώνη με κωδικό GR3000005, χαρακτηρίζεται ως «Τόπος Κοινοτικής Σημασίας (ΤΚΣ)» (Sites of Community Importance – SCI) και περιλαμβάνει εκτάσεις θαλάσσιας βλάστησης με *Posidonia* (*Posidonia oceanica*), φρύγανα *Sarcopoterium spinosum*, θίνες με βλάστηση σκληρόφυλλων θάμνων *Cisto-Lavenduletalia*, ασβεστολιθικά βραχώδη πρανή με χασμοφυτική βλάστηση, δάση με *Olea* και *Ceratonia*, μεσογειακά πευκοδάση με ενδημικά είδη πεύκων (ΥΠΕΚΑ, 2017). Επιπλέον, συναντώνται διάφορα απειλούμενα είδη χλωρίδας, όπως *Centaurea attica* ssp. *Asperula* και *Centaurea raphanina* ssp. *Mixta*, ορνιθοπανίδας, όπως *Ciconia ciconia*, *Circaetus gallicus* και *Hieraaetus pennatus*, αλλά και θηλαστικών όπως *Monachus monachus* (ΥΠΕΚΑ, 2017). Ωστόσο, παρόλο που η περιοχή προστατεύεται με τη συνθήκη Βαρκελώνης, το 68% της έκτασης είναι δημόσιας χρήσης και απειλείται από την ανθρώπινη παρέμβαση, λόγω οικιστικής, γεωργικής και κτηνοτροφικής δραστηριότητας. Αναφορικά με τη Νησίδα Πατρόκλου, αυτή θεωρείται υψίστης σημαντικότητας, καθώς αποτελεί καταφύγιο μεταναστευτικών πτηνών και οι θαλάσσιες σπηλιές της είναι δυνητικό καταφύγιο για το είδος *Monachus monachus* (ΥΠΕΚΑ, 2017). Επιπροσθέτως, και η περιοχή NATURA 2000 Λεγρενών- Νησίδα Πατρόκλου με κωδικό GR3000014, περιλαμβάνει το νησί Πατρόκλος στην έκταση της. Στο σύνολο της η προστατευόμενη περιοχή με κωδικό GR3000014 αποτελεί μια παράκτια έκταση η οποία κυριαρχείται από φρύγανα, μακκί και υπολείμματα δάσους *Pinus*. Αποτελείται από τρία οικοσυστήματα, τα οποία αντιπροσωπεύουν και τα τρία είδη τυπικών μεσογειακών οικοσυστημάτων της Ελλάδας, αυτά είναι τα πευκοδάση, οικοσύστημα μακίας και τα φρύγανα. Η συγκεκριμένη περιοχή είναι σημαντική για αρπακτικά είδη, μεταναστευτικά είδη και στρουθιόμορφα, είδη που απαντώνται σε παράκτιους θάμνους και για αυτό χαρακτηρίζεται ως «Ζώνη Ειδικής Προστασίας (ΖΕΠ)» (Special Protection Areas - SPA) για την Ορνιθοπανίδα. Μερικά από τα σημαντικά είδη αποτελούν το *Puffinus yelkouan* και *Emberiza caesia* (<http://votaniki.gr/>).



Εικόνα 22: Περιοχές περιβαλλοντικής σημασίας ευρύτερης περιοχής Λαυρίου: Περιοχές Natura 2000 Σούνιο-Νησίδα Πατρόκλου & Παράκτια Θαλάσσια Ζώνη GR3000005 (μπλε χρώμα) και Περιοχή Λεγρενών-Νησίδα Πατρόκλου GR3000014 (πορτοκάλι χρώμα), Εθνικός Δρυμός Σουνίου (πράσινο χρώμα) (Επεξεργασία από geodata.gov.gr)

### Αρχαιολογικοί χώροι

Πέρα από την περιβαλλοντική σημασία, η ευρύτερη περιοχή από το Σούνιο έως το Λαύριο έχει κηρυχθεί ως αρχαιολογικός χώρος, ιστορικό τόπο και τοπίο ιδιαίτερου φυσικού κάλλους (ΦΕΚ 852/Β/3-9-1980). Ειδικότερα, η περιοχή αυτή περιλαμβάνει σημαντικότερα αρχαία ερείπια και εκτεταμένες αρχαίες μεταλλευτικές εγκαταστάσεις όπως είναι μεγάλα συγκροτήματα εργαστηρίων εμπλουτισμού αργυρούχου μεταλλεύματος και εκτός από τα αρχαία ερείπια, που εκτείνονται σε όλη τη χερσόνησο της Λαυρεωτικής και που δεν έχουν ακόμη ερευνηθεί, περιλαμβάνονται και γνωστοί αρχαιολογικοί χώροι, όπως του Θορικού, Σουνίου, Λιμένος Πασσά και Πουνταζέζας, με τους δυο τελευταίους να συναντώνται εντός οικισμού Λαυρίου.



### 2.3.2. Ανθρώπινη δραστηριότητα

Όσον αφορά τον αμιγώς αστικό ιστό του Λαυρίου, περιλαμβάνει μεγάλο αριθμό ξενοδοχειακών μονάδων και καταστημάτων, κυρίως μόνιμων και δευτερογενώς εξοχικών κατοικιών, σχολικών συγκροτημάτων μέχρι και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, λιμάνι και παραλίες εκατέρωθεν του οικισμού. Επιπλέον, συχνή είναι η παρουσία πάρκων και πλατειών, γηπέδων, καθώς επίσης και μουσεία, όπως είναι το Αρχαιολογικό Μουσείο και το Ορυκτολογικό Μουσείο Λαυρίου, που ιδρύθηκε το 1984 από την Εταιρεία Μελετών Λαυρεωτικής. Κατά μήκος της υπό μελέτη περιοχής συναντώνται αναστυλωμένα ιστορικά βιομηχανικά κτήρια που σήμερα στεγάζουν κυρίως πολιτιστικές δραστηριότητες, όπως το Μηχανουργείο και το Χυτήριο της Εταιρείας των Μεταλλουργείων Λαυρίου και φυσικά το Τεχνολογικό Πολιτιστικό Πάρκο Λαυρίου (ΤΠΠΑ) του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου που στεγάζεται στις εγκαταστάσεις της Γαλλικής Εταιρείας Μεταλλείων Λαυρίου (Compagnie Française des Mines du Laurium), η οποία αποτέλεσε την μακροβιότερη μεταλλευτική-μεταλλουργική βιομηχανία της Ελλάδα (<https://www.ltcp.ntua.gr/>). Λόγω εκτεταμένης μεταλλευτικής δραστηριότητας στην ευρύτερη έκταση, τα εδάφη είναι βεβαρημένα με βαρέα μέταλλα, γεγονός που οδήγησε σε περιορισμένη γεωργική δραστηριότητα κοντά στις θέσεις εκμετάλλευσης. Ωστόσο, σε υψηλότερα υψόμετρα προς τα Βόρεια και ΒΔ του Λαυρίου, η παρουσία καλλιεργήσιμων εκτάσεων είναι εντονότερη.

### 2.4. Πληθυσμιακά στοιχεία

Σύμφωνα με την απογραφή της ΕΛΣΤΑΤ του 2011, ο μόνιμος πληθυσμός του Λαυρίου ανέρχεται στους 7.078 κατοίκους. Το εύρος ηλικιών των μόνιμων κατοίκων ποικίλει, αλλά κυρίως επικρατούν οι ηλικιακές ομάδες από 30 έως 39, συνιστώντας το 16.19 % του συνολικού πληθυσμού, ενώ σε ποσοστό 14.23 % συναντώνται και άτομα ηλικίας 40 έως 49. Η ύπαρξη σχετικά μεγάλων ποσοστών αυτών των ηλικιακών ομάδων συμβάλλουν στην σχετικά μειωμένη συνολική τρωτότητα του οικισμού, καθώς πρόκειται για άτομα που δύναται να αντιδράσουν με ευκολία σε κάποιο καταστροφικό συμβάν, σε αντίθεση με το αν κυριαρχούσαν στην περιοχή υψηλά ποσοστά ηλικιωμένων ατόμων και

παιδιών. Με την λεπτομερή ανάλυση ανά ΟΤ είναι ευκολότερο να εντοπιστούν οι ευάλωτες θέσεις που θα χρειαστεί άμεση παρέμβαση από τους αρμόδιους φορείς σε περίπτωση πυρκαγιάς. Ωστόσο, την περίοδο των καλοκαιρινών μηνών το πληθυσμιακό καθεστώς μεταβάλλεται έντονα. Όπως ειπώθηκε, η ευρύτερη περιοχή αποτελεί παραθεριστικό, αλλά και τουριστικό προορισμό, όπου φιλοξενείται μεγάλος αριθμός επισκεπτών καθημερινά και καθ' όλη τη διάρκεια των θερινών μηνών. Ο αστικός ιστός πέραν των μονίμων κατοικιών, απαρτίζεται από πληθώρα ξενοδοχειακών μονάδων, εξοχικών κατοικιών και κατασκηνώσεων, που συγκεντρώνουν μεγάλο αριθμό ατόμων και οδηγούν στην αύξηση της τρωτότητας την αντιτυρική περίοδο.

### Ποσοστά ηλικιών



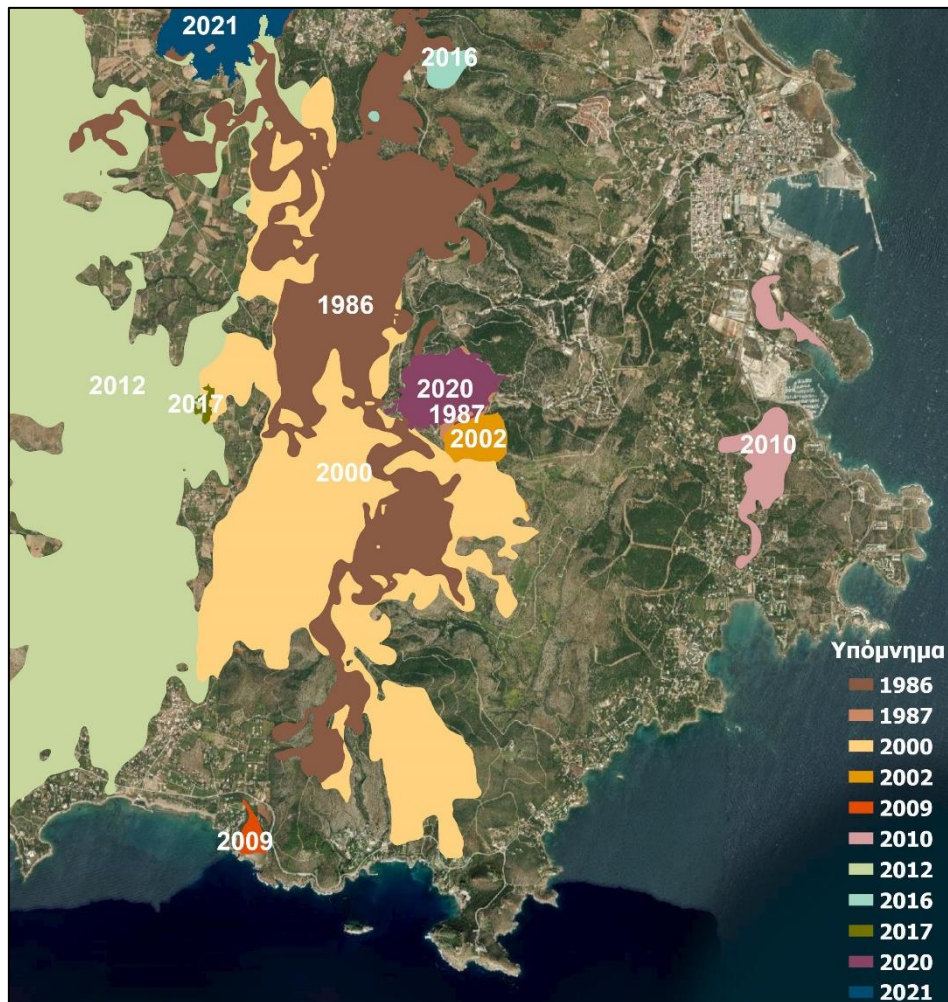
Εικόνα 23: Ποσοστά αριθμού μόνιμων κατοίκων για διάφορα εύρη ηλικιακών ομάδων στην περιοχή του Λαυρίου (Επεξεργασία από ΕΛΣΤΑΤ,2011)

## 2.5. Ιστορικότητα Πυρκαγιών

Όπως έχει ήδη αναφερθεί σημαντικό ρόλο στην δυναμική μια περιοχής σε καθεστώς πυρκαγιάς φέρει η μελέτη της ιστορικότητας παρόμοιων συμβάντων. Η ανάλυση παρελθοντικών καταστροφικών γεγονότων παρέχει σημαντικές πληροφορίες για τις εύφλεκτες θέσεις, όπου πρέπει να επέμβουν οι αρμόδιες υπηρεσίες για την αποτροπή του συμβάντος συνοδευόμενες από τις κατάλληλες δράσεις, για τους επικρατούντες

«Εκτίμηση Κινδύνου Πυρκαγιάς σε Αστικό - Περιαστικό περιβάλλον για μεγάλη κλίμακα οικισμού» - Κοκκαλίδου Μάρθα

ανέμους της περιοχής, τις τρωτές θέσεις σε κατοικημένες περιοχές, αλλά και την ίδια την συμπεριφορά της φωτιάς, κ.α..



Εικόνα 24: Ιστορικότητα πυρκαγιών στην ευρύτερη περιοχή μελέτης (ocean.space.noa.gr)

Σύμφωνα με το Σύστημα Διαχρονικής Χαρτογράφησης (Diachronic Burnt Scar Mapping) Κέντρου Επιστημών Παρατήρησης της Γης και Δορυφορικής Τηλεπισκόπησης BEYOND, που διαθέτει δεδομένα των καμένων περιοχών στην Ελλάδα για τα τελευταία 35 χρόνια, στην ευρύτερη έκταση της περιοχής μελέτης έχουν παρατηρηθεί έντεκα (11) παρελθοντικά συμβάντα πυρκαγιάς κατά τα έτη 1986, 1987, 2000, 2002, 2009, 2010, 2012, 2016, 2017, 2020 και 2021. Δυο γεγονότα πυρκαγιάς κατά τη διάρκεια του έτους 2010 έλαβαν χώρα εντός της αστικής περιοχής του νότιου Λαυρίου και του οικισμού της Κάτω Ποσειδωνίας. Τα υπόλοιπα συμβάντα πυρκαγιών έπληξαν τμήματα του Εθνικού Δρυμού Σουνίου και Δυτικά αυτού. Μεγάλη έκταση κατέλαβαν τα συμβάντα του 2012 και του

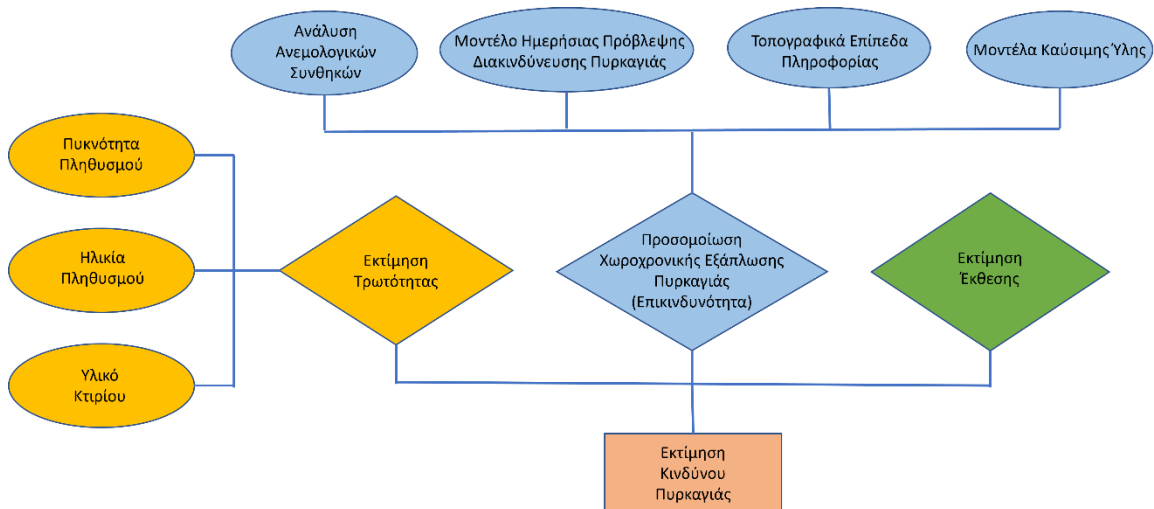
2000, ενώ θέσεις που κάηκαν τα έτη 1986 και 1987, πλήχθηκαν ξανά από φωτιά κατά το 2000 και 2020 αντίστοιχα (<http://ocean.space.noa.gr>).

Συμπερασματικά, το σύνολο των χαρακτηριστικών της περιοχής μελέτης που αναλύθηκαν παραπάνω την καθιστούν σημαντική για την πραγματοποίηση εκτίμησης του κινδύνου σε περίπτωση πυρκαγιάς. Η μεγάλη οικιστική ανάπτυξη που έχει γνωρίσει το Λαύριο τα τελευταία χρόνια, σε συνδυασμό με την έντονη τουριστική- παραθεριστική δραστηριότητα την θερινή περίοδο, συντελούν στην ανάγκη προστασίας του οικισμού από καταστροφικά συμβάντα και ανάδειξη των θέσεων που χρήζουν άμεσης προσέγγισης από τους αρμόδιους φορείς. Η περιβαλλοντική και ιστορική σημασία της ευρύτερης περιοχής ενισχύουν τον προσδιορισμό των τρωτών θέσεων κατά μήκος της. Οι κλιματικές συνθήκες της ευρύτερης έκτασης προσδίδουν έντονες ξηροθερμικές συνθήκες, ιδανικές για ανάφλεξη κατά τους θερινούς μήνες, που ευνοούν την εξάπλωση της φωτιάς, όπως έχει αποδειχθεί και από ιστορικά συμβάντα, ενώ ιδιαίτερη προσοχή οφείλει να δοθεί στις θέσεις WUI, όπου κατοικίες έρχονται σε επαφή με τον Εθνικό Δρυμό Σουνίου.

### 3. Μεθοδολογικό πλαίσιο – Ανάλυση

#### 3.1. Υλικά και Μέθοδοι

Η μεθοδολογία που ακολουθείται από αρκετούς ερευνητές τα τελευταία χρόνια για την εκτίμηση του κινδύνου (Bonazountas et al., 2005; Darvishi et al., 2020; Hong et al., 2019; Vadrenu et al., 2010; Zhijun et Al., 2008; κ.ά.) αποτελεί μια μίξη της κοινωνοοικονομικής, και ανά περιπτώσεις περιβαλλοντικής, τρωτότητας και έκθεσης των εκάστοτε περιοχών με την ανάλυση της συμπεριφοράς του φαινομένου της πυρκαγιάς, μέσω χρήσης παραμέτρων όπως είναι η μορφολογία της περιοχής, οι συνήθειες μετεωρολογικές συνθήκες, τα χαρακτηριστικά της βλάστησης. Η μέθοδος που εφαρμόστηκε στη παρούσα έρευνα συνδυάζει το πιο πρόσφατο ερευνητικό πλαίσιο αναφορικά με την εκτίμηση κινδύνου πυρκαγιάς. Η διαδικασία παρουσιάζεται στο ακόλουθο Διάγραμμα Ροής (βλ. Εικόνα 25), ενώ παρακάτω αναλύονται τα διάφορα επίπεδα πληροφορίας, όπως παράχθηκαν.



Εικόνα 25: Διάγραμμα ροής μεθοδολογίας

Αρχικά, το πρώτο επίπεδο πληροφορίας που δημιουργήθηκε συνιστά μια έκφραση των κοινωνικών κριτηρίων του οικισμού του Λαυρίου και ένδειξη της τρωτότητας της περιοχής μελέτης. Ως κοινωνικά κριτήρια στην παρούσα έρευνα θεωρήθηκαν η πυκνότητα του πληθυσμού ανά έκταση ΟΤ, η ηλικία του πληθυσμού, με σκοπό να αναδυθούν θέσεις

με συγκέντρωση ευπαθών ομάδων οι οποίες χρήζουν άμεσης βοήθειας από τους αρμόδιους φορείς, ενώ συνυπολογίστηκε και η ικανότητα αντιμετώπισης του οικισμού σε ένα ενδεχόμενο συμβάν πυρκαγιάς, βασισμένη στην ευφλεκτικότητα των υποδομών. Όσον αφορά την πυκνότητα του πληθυσμού, λαμβάνει υπόψιν το μόνιμο πληθυσμό, που κατοικεί στην περιοχή του Λαυρίου, την αυξημένη συγκέντρωση ατόμων σε κτίρια παροχής υπηρεσιών και τον μεγάλο αριθμό επισκεφθέντων κατά την παραθεριστική περίοδο. Η επεξεργασία των δεδομένων τρωτότητας, μέσω δημιουργίας μοντέλων βαθμονόμησης των τιμών της κάθε παραμέτρου, και η εκτίμηση της συνολικής τρωτότητας του οικισμού, πραγματοποιήθηκε σε λογισμικό Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (συγκεκριμένα ArcGISPro), ενώ ολοκληρώθηκε μέσω φωτοερμηνείας δορυφορικών εικόνων του οικισμού.

Σε επόμενο βήμα, εκτιμήθηκε η έκθεση της υπό μελέτη έκτασης στο φαινόμενο της πυρκαγιάς με ανάδειξη των οικονομικών κριτηρίων. Συγκεκριμένα, για το εν λόγω επίπεδο πληροφορίας χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα της αντικειμενικής αξίας των οικοπέδων στον οικισμό του Λαυρίου, που δύναται να αξιοποιηθούν για την διάθεση αποζημιώσεων στους πληγέντες κατά την φάση Αποκατάστασης/ Ανασυγκρότησης του κύκλου καταστροφής. Το λογισμικό ArcGISPro χρησιμοποιήθηκε εκτενώς και για την βαθμονόμηση της έκθεσης με την δημιουργία κατάλληλων μοντέλων.

Επειτα, πραγματοποιήθηκε η εκτίμηση επικινδυνότητας της περιοχής μέσω μεγάλου αριθμού προσομοιώσεων χωροχρονικής εξάπλωσης της πυρκαγιάς. Ειδικότερα, λήφθηκαν υπόψιν ως σημεία έναρξης εν δυνάμει θέσεις έναυσης, όπως προέκυψαν με χρήση Τεχνητής Νοημοσύνης και τεχνικών Μηχανικής Μάθησης από το μοντέλο Ημερήσιας Πρόβλεψης Ρίσκου Πυρκαγιάς του FireHub (Apostolakis et al., 2022; Apostolakis et al., 2021). Επιπλέον, υπολογίστηκαν οι επικρατέστερες ανεμολογικές συνθήκες, δηλαδή ταχύτητα και κατεύθυνση ανέμου, με χρήση δεδομένων ERA5- Land για την ευρύτερη περιοχή και επιλέχθηκαν οι δυσμενέστερες από τις συνήθειες αυτών. Η επεξεργασία των συνθηκών ανέμου πραγματοποιήθηκε με χρήση γλώσσας προγραμματισμού Python. Ο συνδυασμός των σημείων με υψηλό κίνδυνο έναυσης με τις δυσμενείς συνθήκες ανέμου, αποτέλεσαν τα διάφορα σενάρια προσομοιώσεων. Για τη

χωροχρονική εξάπλωση της πυρκαγιάς χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό FlamMap σε παραμετροποιημένη μορφή σε περιβάλλον Linux, όπως έχει αναπτυχθεί από το Κέντρο BEYOND, με απώτερο σκοπό να απλοποιηθεί ο αριθμός των δεδομένων εισόδου, που περιλαμβάνουν πληροφορία για τη τοπογραφία/μορφολογία (υψόμετρο, έκθεση, κλίση) και την βλάστηση (μοντέλα καύσιμης ύλης, πυκνότητα βλάστησης). Σε αυτό το στάδιο όλες οι αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν σε προγραμματιστικό περιβάλλον της γλώσσας Python.

Σε τελικό στάδιο, εκτιμήθηκε η διακινδύνευση για τον οικισμό του Λαυρίου με την σύνθεση των τελικά παραγόμενων τριών επιπέδων πληροφορίας, που αναφέρθηκαν παραπάνω.

### **3.2. Συλλογή Δεδομένων - Στάδιο Προεπεξεργασίας**

Τα πρωτογενή δεδομένα για την εκτίμηση του κινδύνου πυρκαγιάς στην περιοχή του Λαυρίου προήλθαν από πολλαπλές πηγές και παρουσιάζονται στον Πίνακα 1. Μεγάλη σημασία δόθηκε στην προετοιμασία των πρωτογενών δεδομένων για την σύνθεση των απαραίτητων επιπέδων πληροφορίας για την εκτίμηση του κινδύνου, καθώς πέρα από τον ποιοτικό έλεγχο αυτών, έγιναν συμπληρώσεις και διορθώσεις όπου κρίθηκε απαραίτητο.

Αρχικά, για τη σύνθεση των τριών επιπέδων τρωτότητας χρησιμοποιήθηκε ως υπόβαθρο το διανυσματικό επίπεδο με τη χωρική πληροφορία των ΟΤ του Λαυρίου από την Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία (ΕΛΣΤΑΤ, 2011), το οποίο συνδυάστηκε με τα στοιχεία απογραφής του πληθυσμού και των κτιρίων για το πιο πρόσφατο έτος που ήταν διαθέσιμα, δηλαδή του 2011 από την ίδια πηγή, μέσω του γεωγραφικού κωδικού (4905010101- Λαύριο). Ειδικότερα, ο πίνακας για την απογραφή πληθυσμού περιελάμβανε την πληροφορία για τον μόνιμο πληθυσμό του υπό μελέτη οικισμού κατά ΟΤ, φύλο και δεκαετείς ομάδες ηλικιών. Από τα δεδομένα αυτά προέκυψε μέσα από μοντέλα, που δημιουργήθηκαν στο ArcGISPro, για κάθε ΟΤ η βεβαρημένη ηλικία πληθυσμού, με μεγαλύτερο βάρος στα περισσότερα ευπαθή ηλικιακά άτομα, και η πυκνότητα πληθυσμού, που αφορά το σύνολο των ατόμων ανάλογα με την έκταση του

ΟΤ. Στη συνέχεια, βαθμονομήθηκαν οι τιμές που προέκυψαν σε κάθε ΟΤ, όπως θα αναλυθεί στο Κεφάλαιο 3.3.1., και πραγματοποιήθηκε ποιοτικός έλεγχος της πληροφορίας. Σε αυτό το στάδιο κρίθηκε απαραίτητη η συμπλήρωση δεδομένων, όπου υπήρχε έλλειψη περιγραφικής πληροφορίας από την ΕΛΣΤΑΤ (2011), διαδικασία που επιτεύχθηκε με φωτοερμηνεία δορυφορικών εικόνων για να εξακριβωθεί η χρήση γης των ΟΤ χωρίς δεδομένα. Η συμπλήρωση δεδομένων για την ηλικία πληθυσμού έγινε ως εξής. Σε ΟΤ που δεν υπήρχε κτίσμα η τάξη τρωτότητας ήταν η χαμηλότερη, ενώ σε ΟΤ με κατοικίες η τιμή προσαρμόστηκε ανάλογα με το γειτονικό με την υψηλότερη τιμή βάσει του χειρίστου σεναρίου. Εφόσον τα δεδομένα της ΕΛΣΤΑΤ (2011) αφορούν μόνιμο πληθυσμό, θεωρήθηκε προτιμότερο να αυξηθεί η βαθμονόμηση σε ΟΤ, που συγκεντρώνουν ευάλωτο ηλικιακό πληθυσμό, όπως ηλικιωμένοι άνω των 60 ετών και κάτω των 19, δηλαδή υποδομές όπως κέντρα ευγηρίας και σχολεία αντίστοιχα, ενώ σε κάθε άλλη περίπτωση ΟΤ με δημόσια χρήση, που συγκεντρώνει πολλές ηλικιακές ομάδες λάμβανε μια μέση τιμή. Από την άλλη, η συμπλήρωση δεδομένων για την πυκνότητα πληθυσμού έλαβε χώρα ως εξής. Στην περίπτωση που σε κάποιο ΟΤ δεν υπήρχε υποδομή, αυτό λάμβανε τη χαμηλότερη τάξη τρωτότητας, αλλά αν υπήρχαν κατοικίες το ΟΤ ταξινομούταν με βάση την τιμή του γειτονικού ΟΤ με την υψηλότερη τρωτότητα, ακολουθώντας την παραδοχή του χειρίστου σεναρίου. Ωστόσο, αν η χρήση γης αφορούσε κατοικίες σε συνδυασμό με καταστήματα, κτίρια παροχής υπηρεσιών, ξενοδοχειακές μονάδες οι οποίες συσσωρεύουν μεγάλο ποσοστό του πληθυσμού κατά την τουριστική/ παραθεριστική περίοδο, τα ΟΤ λάμβαναν συνήθως υψηλότερη τιμή από τα γειτονικά τους, συνυπολογίζοντας πάντα το σύνολο πληθυσμού ανά την έκταση του ΟΤ. Η ίδια διαδικασία ακολουθήθηκε και για την διόρθωση της βαθμονόμησης των ΟΤ με περιγραφική πληροφορία από την ΕΛΣΤΑΤ (2011), καθώς τα δεδομένα αφορούσαν μόνο τον μόνιμο πληθυσμό, ενώ οφείλει να συμπεριληφθεί και η παρουσία τουριστών και παραθεριστών κατά την καλοκαιρινή περίοδο. Όσον αφορά το τρίτο επίπεδο τρωτότητας, που αφορά τα χαρακτηριστικά των κτιρίων και ανταποκρίνεται στην ικανότητα προσαρμογής του οικισμού, χρησιμοποιήθηκε ο πίνακας με περιγραφική πληροφορία για την απογραφή κτιρίων. Συγκεκριμένα, για κάθε κτίριο στο κάθε ΟΤ αναφέρεται ο αριθμός οροφών, η περίοδος κατασκευής, το υλικό κατασκευής και η ύπαρξη ή όχι πιλοτής. Από τα διαθέσιμα δεδομένα, απομονώθηκε μόνο το υλικό κατασκευής και βαθμονομήθηκε ανάλογα με την



ευφλεκτικότητα. Πραγματοποιήθηκε ποιοτικός έλεγχος στα πρωτογενή δεδομένα και έγινε αλλαγή της βαθμονόμησης, όπου κρίθηκε απαραίτητο, με βάση δορυφορικές εικόνες (Google Earth Pro, Google maps) και φωτογραφιών (Open Street View), ενώ ανατέθηκαν με τον ίδιο τρόπο και οι τάξεις τρωτότητας στα ΟΤ χωρίς αρχική πληροφορία από ΕΛΣΤΑΤ (2011).

Ως πρωτογενή πληροφορία για την δημιουργία του χωρικού επιπέδου της έκθεσης χρησιμοποιήθηκαν τα διανυσματικά επίπεδα από το Υπουργείο Οικονομικών σχετικά με τις Αντικειμενικές Αξίες Γης του οικισμού. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, υπήρχαν ελάχιστα διαθέσιμα δεδομένα για την υπό μελέτη περιοχή και χρειάστηκε να ψηφιοποιηθούν πολύγωνα τα οποία θα καλύπτουν όλες τις εκτάσεις με παρουσία κτιρίων. Αφού έλαβε χώρα η βαθμονόμηση των πολυγώνων, που έφεραν αρχική πληροφορία, με τη χρήση μοντέλου στο λογισμικό ArcGISPro, τα πολύγωνα που προήλθαν από ίδια επεξεργασία έλαβαν τιμή σύμφωνα με το γειτονικό πολύγωνο με την υψηλότερη τάξη έκθεσης.

Για την εκτίμηση της διακινδύνευσης πραγματοποιήθηκε η προετοιμασία επίπεδων πληροφορίας για τις ανεμολογικές συνθήκες, τα σημεία έναυσης και τα δεδομένα εισόδου που απαιτούνται για τις προσομοιώσεις στο λογισμικό FlamMap. Για την πρόσβαση σε δεδομένα καιρού για την περιοχή του Λαυρίου επιλέχθηκαν τα ωριαία δεδομένα του ERA5-Land. Επιλέχθηκαν οι δυο κάθετες συνιστώσες ανέμου, U και V, και μέσω επεξεργασίας σε γλώσσα προγραμματισμού Python, προέκυψε η πληροφορία για τις συνθήκες ανέμου, ένταση και διεύθυνση, για την περιοχή μελέτης. Για τον προσδιορισμό των επικίνδυνων σημείων για έναυση πυρκαγιάς αξιοποιήθηκε το μοντέλο Ημερήσιας Πρόβλεψης Ρίσκου Πυρκαγιάς, που λαμβάνει παραμέτρους καιρού για την περιοχή, πληροφορία δεικτών NDVI και EVI από επεξεργασία δορυφορικών εικόνων, την κάλυψη γης από το CORINE Land Cover του Copernicus, δεδομένα υψομέτρου, κλίσης εδάφους, στοιχεία για την ιστορικότητα του φαινομένου στην περιοχή μελέτης κ.α.. Το σύνολο των παραμέτρων αφορά βάση δεδομένων που έχει αναπτυχθεί για τα τελευταία περίπου 10 έτη, από το 2010 μέχρι σήμερα, με τις οποίες έχει εκπαιδευτεί το μοντέλο με τεχνικές Μηχανικής Μάθησης και παρέχουν αποτέλεσμα των πιο ευάλωτων σημείων

ανάφλεξης για κάθε έκταση του Ελλαδικού χώρου. Με χρήση επιπέδων πληροφορίας που έγιναν διαθέσιμα από το Κέντρο BEYOND, επιτεύχθηκε μοντελοποίηση των τοπογραφικών και των δεδομένων βλάστησης με σκοπό να εισαχθούν στην παραμετροποιημένη μορφή του FlamMap.

Στο τελευταίο στάδιο για την εκτίμηση κινδύνου αναπτύχθηκε μοντέλο σε περιβάλλον ArcGISPro, με σκοπό την σύνθεση των επιπέδων πληροφορίας που δημιουργήθηκαν. Κατά την παραγωγή χαρτών με την πληροφορία για την εκτίμηση κινδύνου/διακινδύνευσης στον οικισμό Λαυρίου, κρίθηκε απαραίτητη η ανάδειξη σημείων ενδιαφέροντος, όπως οι αρμόδιες φορείς που θα κινητοποιηθούν σε περίπτωση ανάγκης και οι υποδομές με μεγάλη συγκέντρωση πληθυσμού (σχολεία, αθλητικές εγκαταστάσεις, μουσεία, κτλ.). Για το σκοπό αυτό παράχθηκε διανυσματικό επίπεδο με την σημειακή πληροφορία των χώρων που αναφέρθηκαν.

Πίνακας 1: Πίνακας πηγής πρωτογενών δεδομένων

	Δεδομένα	Πηγή Διαθεσιμότητας	Τύπος	Περιγραφή
Τρωτότητα	Οικοδομικά Τετράγωνα (ΟΤ)	ΕΛΣΤΑΤ	Διανυσματικό επίπεδο (πολύγωνα)	Χωρική Πληροφορία
	Στοιχεία Απογραφής Πληθυσμού	ΕΛΣΤΑΤ	Πίνακας	Περιγραφική Πληροφορία
	Στοιχεία Απογραφής Κτιρίων	ΕΛΣΤΑΤ	Πίνακας	Περιγραφική Πληροφορία
Έκθεση	Αντικειμενικές Αξίες Γης	ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ Ιδία επεξεργασία - Ψηφιοποίηση	Διανυσματικό επίπεδο (πολύγωνα)	Χωρική Πληροφορία
Επικινδυνότητα	Μετεωρολογικά	ERA-5	Ψηφιδωτό επίπεδο	Χωρική κλίμακα 9 Km (μέγεθος κελιού), συχνότητα δεδομένων ανά 1 ώρα

<b>Επικινδυνότητα</b>	Χρήσεις Γης	Corine Land Cover, Urban Atlas	Ψηφιδωτό επίπεδο	Χωρική κλίμακα 10 m (μέγεθος κελιού)
	Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (ΨΜΕ)	ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ	Ψηφιδωτό επίπεδο	Χωρική κλίμακα 5 m (μέγεθος κελιού)
	Προσανατολισμός Εδάφους	Ιδία Επεξεργασία μέσω ΨΜΕ	Ψηφιδωτό επίπεδο	Χωρική κλίμακα 5 m (μέγεθος κελιού)
	Κλίση Εδάφους	Ιδία Επεξεργασία μέσω ΨΜΕ	Ψηφιδωτό επίπεδο	Χωρική κλίμακα 5 m (μέγεθος κελιού)
<b>Διακινδύευση</b>	Σημεία Ενδιαφέροντος	Ιδία Επεξεργασία	Διανυσματικό επίπεδο (σημεία)	Χωρική Πληροφορία

### 3.3. Επεξεργασία Δεδομένων

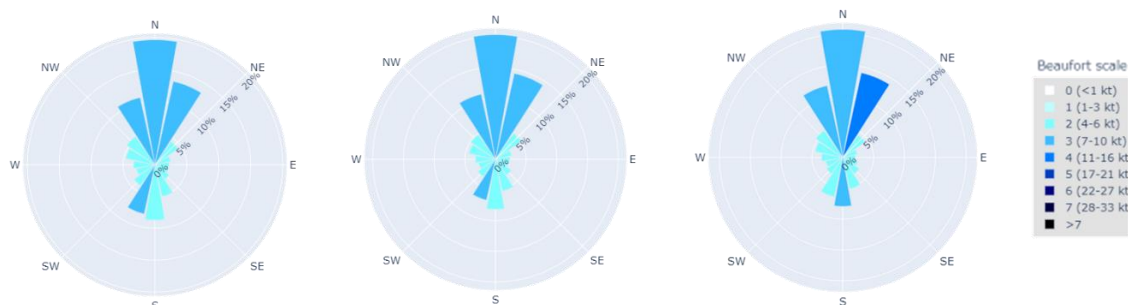
#### 3.3.1. Επικινδυνότητα

Σύμφωνα με την ορολογία του οργανισμού Ηνωμένων Εθνών για τη μείωση του Κινδύνου Καταστροφών (UNISDR, 2009), ως επικινδυνότητα (hazard) χαρακτηρίζεται ένα απειλητικό φαινόμενο, μια απειλητική ουσία, μια απειλητική ανθρώπινη δραστηριότητα ή κατάσταση που είναι δυνατόν να προκαλέσει απώλειες ζωών, τραυματισμούς ή άλλες επιπτώσεις στην υγεία, ζημιές στις περιουσίες, απώλειες στα μέσα διαβίωσης και στις υπηρεσίες, κοινωνική και οικονομική απορρύθμιση, ή/και περιβαλλοντική υποβάθμιση. Γίνεται κατανοητό, λοιπόν, πως ένα φυσικό φαινόμενο συνιστά κίνδυνο όταν επηρεάσει τον ανθρώπινο παράγοντα, καθώς ακόμη και το φαινόμενο της φωτιάς μπορεί να αποτελέσει σε ορισμένα οικοσυστήματα, όπως το Μεσογειακό, οικολογικό παράγοντα διαχείρισης και να επανέρχεται για το σκοπό αυτό με μια περιοδικότητα, όπως αναλύθηκε στο Κεφάλαιο 1. Παρακάτω αναλύεται η διαδικασία που ακολουθήθηκε για την τελική εκτίμηση της επικινδυνότητας στην περιοχή του Λαυρίου.

### 3.3.1.1. Ανάλυση ανεμολογικών συνθηκών

Για την ανάλυση και επιλογή των ανεμολογικών συνθηκών για την προσομοίωση της χωροχρονικής εξάπλωσης της φωτιάς, χρησιμοποιήθηκαν τα μοντελοποιημένα δεδομένα ERA5-Land για τη χρονοσειρά 1990-2021. Η μικρή διάρκεια λειτουργίας του μετεωρολογικού σταθμού στον οικισμό του Λαυρίου, προσφέρει δεδομένα που από μόνα τους δεν επαρκούν για μια αντιπροσωπευτική ανάλυση της επικρατέστερης διεύθυνσης και ταχύτητας ανέμου στην ευρύτερη περιοχή. Συνεπώς, κρίθηκε απαραίτητη η ανάκτηση στοιχείων συνθήκων ανέμου από μια μεγαλύτερη χρονοσειρά, περίπου 30 ετών, μέσω της βάσης πληροφοριών του ERA5-Land. Τα δεδομένα ERA5-Land συνιστούν ένα παγκόσμιο σύνολο ωριαίων δεδομένων για επιφανειακές παραμέτρους της Γης (<https://www.ecmwf.int/en/era5-land>). Αποτελούν την επιφανειακή συνιστώσα των κλιματικών δεδομένων ERA5, τα οποία προκύπτουν από την επανεκτίμηση παρατηρήσεων από διάφορες πηγές (μετεωρολογικούς σταθμούς, αισθητήρες σε αεροσκάφη, δορυφόρους, ραδιοβολίσεις) σε συνδυασμό με σύγχρονα μοντέλα καιρού, καλύπτοντας χωρικά όλη την υφήλιο και χρονικά το διάστημα από το 1950 μέχρι σήμερα. Τα τελικά υπό αξιολόγηση προϊόντα για την επιφάνεια της Γης φέρουν αυξημένη χωρική ανάλυση στα 9 km και κανναβοποιημένη μορφή. Στην συγκεκριμένη περίπτωση, για την εκτίμηση της επικινδυνότητας πυρκαγιάς, αξιοποιήθηκαν μόνο τα ωριαία δεδομένα ανέμου τα οποία περιλαμβάνουν τις δυο κάθετες συνιστώσες ανέμου, U και V, όπως υπολογίστηκαν στα 10 μέτρα από την επιφάνεια του εδάφους. Από τα δύο κάθετα διανύσματα προκύπτει με βάση το Πυθαγόρειο Θεώρημα, η ταχύτητα και η διεύθυνση του ανέμου. Τα δεδομένα ERA5-Land τείνουν να εξομαλύνουν τυχόν ριπές ανέμου και ακραίες ανεμολογικές συνθήκες, δίνοντας όμως μια αντιπροσωπευτική εικόνα για την μέση, επικρατέστερη ένταση των πνεόντων ανέμων. Από την άλλη τα δεδομένα της επιχειρησιακής μονάδας METEO του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών, αφορούν ημερήσιες καταγραφές από τον Οκτώβριο του 2008 μέχρι σήμερα και περιλαμβάνουν τιμές των μεγίστων εντάσεων ανέμων και την μηνιαία μέση τιμή αυτών, αλλά και πληροφορίες για την επικρατούσα διεύθυνση. Στην περίπτωση, λοιπόν, των σημειακών δεδομένων METEO, καταγράφονται ριπές ανέμου, καθώς πρόκειται για επί τόπου μετρήσεις και ανταποκρίνονται στις πραγματικές συνθήκες.

Από την ανάλυση των ανεμολογικών συνθηκών προέκυψε πως στον οικισμό του Λαυρίου πνέουν συνήθως άνεμοι με 3 έως 5 Beaufort, που αντιστοιχούν σε 15 - 38 χιλιόμετρα/ ώρα (βλ. Εικόνα 26). Οι επικρατέστερες διευθύνσεις κατά τις υψηλές εντάσεις ανέμου είναι ΒΒΔ έως ΒΒΑ, ενώ σε μικρότερες εντάσεις ανέμου εμφανίζονται και άνεμοι Νότιας διεύθυνσης. Συνεπώς, για την μελέτη χωροχρονικής εξάπλωσης της φωτιάς επιλέχθηκαν να προσομοιωθούν σενάρια με ένταση ανέμου 5 Befaufort, που αποτελούν τη χείριστη αλλά συνήθης μετεωρολογική συνθήκη της περιοχής, ενώ οι διευθύνσεις ανέμου διαφέρουν ανά περιπτώσεις από τις επικρατείς. Συγκεκριμένα, ερευνήθηκαν σενάρια ανέμων που πνέουν με κατεύθυνση προς τον οικισμό του Λαυρίου.



Εικόνα 26: Επικρατείς διευθύνσεις και εντάσεις ανέμων σε Beaufort για την ευρύτερη περιοχή του Λαυρίου για τις δεκαετίες από αριστερά προς δεξιά: α) 1990-2000, β) 2000-2010, γ) 2010-2021 (ERA5-Land)

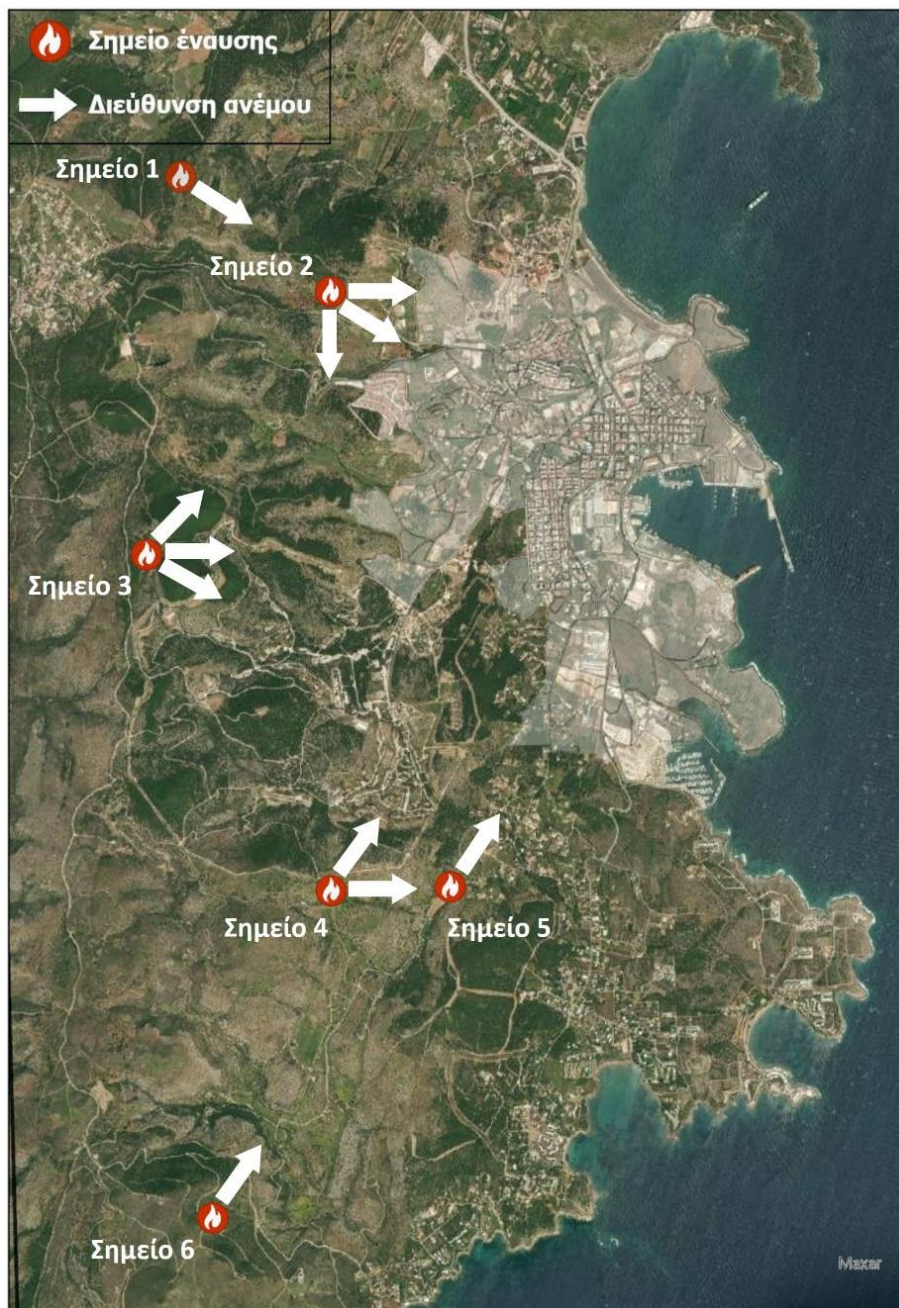
### 3.3.1.2. Καθορισμός σημείων έναυσης

Όπως έχει ήδη αναφερθεί για τον καθορισμό των σημείων έναυσης επιλέχθηκε η εφαρμογή του μοντέλου Ημερήσιας Πρόβλεψης Ρίσκου Πυρκαγιάς με χρήση Μηχανικής Μάθησης (Apostolakis et al., 2022). Το μοντέλο βασίζεται σε βάση δεδομένων φωτιάς για τα έτη 2010-2020 όπως προέκυψαν από συγχώνευση δεδομένων από πολλαπλές πηγές, όπως το FIREHUB, NOA, EFFIS και NASA. Το σύνολο δεδομένων συνίσταται από γεωγραφικό κάνναβο υψηλής χωρικής ανάλυσης, με κάθε κελί να αντιστοιχεί σε πλάτος 500 μέτρα, καλύπτοντας όλο τον Ελλαδικό χώρο και περιλαμβάνει ημερήσιες αποτυπώσεις των κελιών εντός του Ελλαδικού χώρου, για το χρονικό διάστημα από Μάρτιο μέχρι Οκτώβριο. Από την χρονοσειρά των δεδομένων εξάχθηκαν δεκαπέντε (15) δείκτες οι οποίοι καθορίζουν την συμπεριφορά της πυρκαγιάς και χρησίμευσαν ως παράμετροι εισόδου για την ανάπτυξη του αλγορίθμου Μηχανικής Μάθησης. Οι

παράμετροι αυτοί είναι ενδεικτικά η μέγιστη θερμοκρασία, η ελάχιστη θερμοκρασία και η μέση θερμοκρασία, η μέγιστη ένταση ανέμου και μέγιστη ένταση ανέμου στην κύρια διεύθυνση, αλλά και δυο περιγραφικά/ποιοτικά χαρακτηριστικά, την κατεύθυνση του ανέμου και την κατεύθυνση κύριου ανέμου. Επιπλέον, χρησιμοποιούνται ως δεδομένα εισόδου δεδομένα βροχόπτωσης, σημείου δρόσου, δείκτες βλάστησης, όπως ο NDVI και EVI, στοιχεία υψομέτρου, κλίσης εδάφους και προσανατολισμού, και φυσικά η πληροφορία της βλάστησης από το CLC.

Το μοντέλο έτρεξε με πληθώρα συνδυασμού περιβαλλοντικών/μορφολογικών και μετεωρολογικών συνθηκών για την περιοχή μελέτης και τελικά προέκυψαν κελιά χωρικής ανάλυσης 500 μέτρων, όπου ο εκπαιδευμένος αλγόριθμος βάσει των ιστορικών παραμέτρων επέλεξε ως θέσεις με αυξημένη πιθανότητα έναυσης φωτιάς. Εφόσον γίνεται λόγος για φυσική έναρξη δασικής πυρκαγιάς, το μοντέλο δεν δίνει πληροφορία για τον αστικό ιστό, απογυμνωμένα εδάφη και υδάτινους πόρους, αλλά μόνο για τα τμήματα που περιλαμβάνουν βλάστηση. Το τελικό παραγόμενο προϊόν του μοντέλου είναι κελιά βαθμονομημένα από το 0 (όχι έναυση) έως το 1 (υψηλή πιθανότητα έναυσης), με βάση την πιθανότητα έναρξης φωτιάς. Συνεπώς, ως σημεία έναυσης για την ευρύτερη περιοχή μελέτης επιλέχθηκαν οι θέσεις όπου ενδείκνυται στατιστικά ως οι πιο επικίνδυνες για ανάφλεξη. Ειδικότερα, προέκυψαν για την έκταση του Λαυρίου έξι (6) πιθανά σημεία έναρξης δασικής πυρκαγιάς, που συνδυάστηκαν με τα σενάρια έντασης ανέμου, αυτά των 5 Beaufort, και τις διευθύνσεις ανέμου που συνιστούν μεγαλύτερη απειλή για τον οικισμό (βλ. Εικόνα 27).





Εικόνα 27: Σημεία έναυσης πυρκαγιάς με τις αντίστοιχες διευθύνσεις ανέμων, έντασης 5 Beaufort, που χρησιμοποιήθηκαν στο μοντέλο χωροχρονικής εξάπλωσης πυρκαγιάς.

### 3.3.1.3. Χωροχρονική Εξάπλωση Πυρκαγιάς

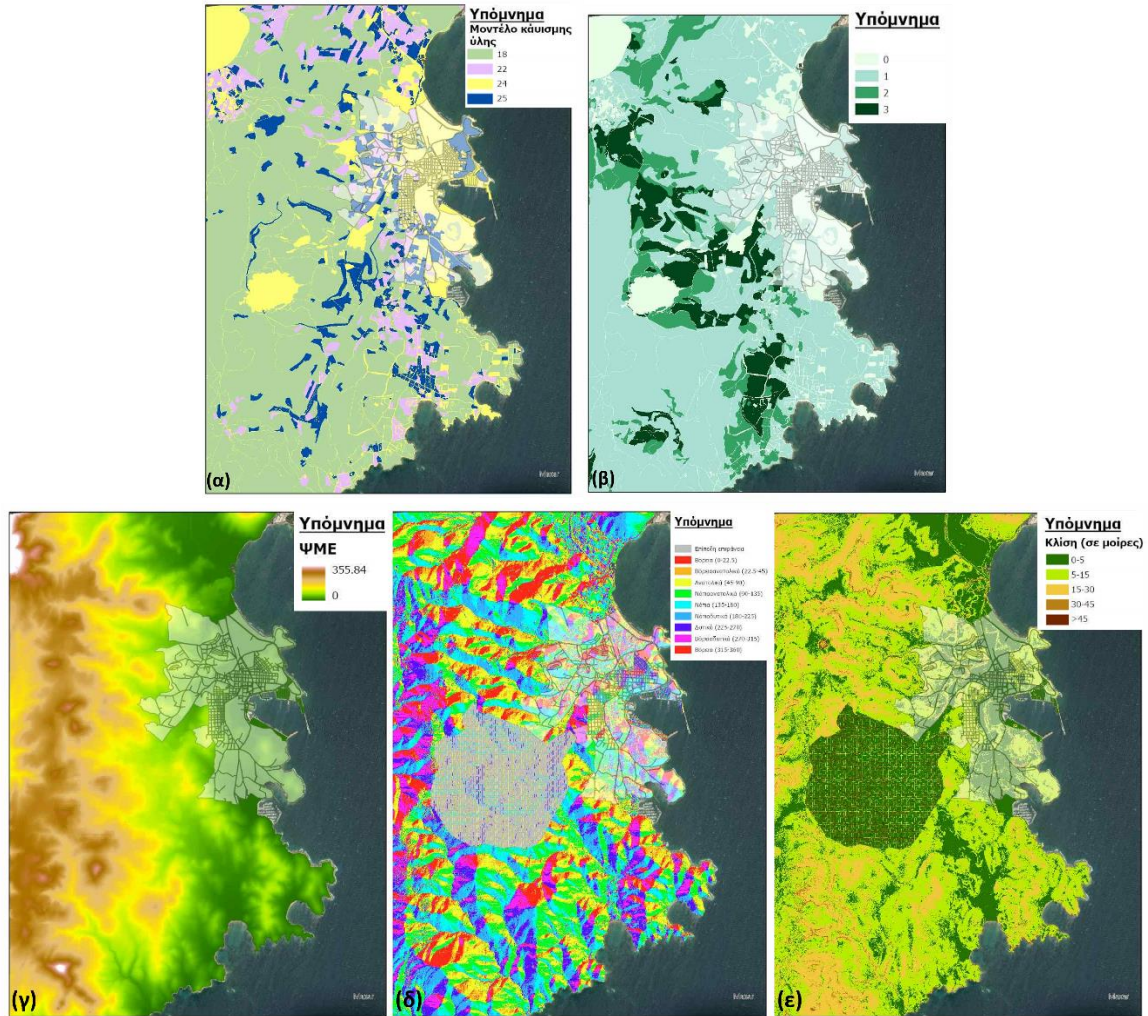
Το λογισμικό FlamMap υπολογίζει τα πιθανά χαρακτηριστικά συμπεριφοράς μίας φωτιάς, όπως ταχύτητα διάδοσης, μήκος φλόγας, θερμική ένταση του μετώπου, αλλά και τη συμπεριφορά επικόρυφης πυρκαγιάς στο τοπίο, με δεδομένα χαρακτηριστικά των

μοντέλων καύσιμης ύλης και της κόμης των καυσίμων, όπως το ύψος κόμης, τη πυκνότητα της και το ύψος έναρξης της από το έδαφος. Επιπλέον ενσωματώνει παραμέτρους όπως το υψόμετρο της περιοχής μελέτης, οι κλίσεις και ο προσανατολισμός/ έκθεση των πλαγιών. Στο λογισμικό αυτό όλοι οι υπολογισμοί συμπεριφοράς πυρκαγιών θεωρούν ότι η υγρασία καύσιμης ύλης, η ταχύτητα και η διεύθυνση του ανέμου είναι σταθερές στον χρόνο σε μία συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή, ή αλλιώς σε ένα εικονοστοιχείο. Το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό του λογισμικού είναι ότι οι αναμενόμενες συνέπειες της πυρκαγιάς σε ένα εικονοστοιχείο δεν επηρεάζονται από τα αποτελέσματα των γειτονικών εικονοστοιχείων και αυτά μπορεί να δίνουν διαφορετικά αποτελέσματα. Επιπροσθέτως, υφίσταται και το λογισμικό FARSITE, που είναι ένα χωροχρονικό μοντέλο προσομοίωσης της διάδοσης και της συμπεριφοράς πυρκαγιάς, σε αντίθεση με το FlamMap που είναι σταθερό στο χρόνο. Τα τελευταία έτη το προαναφερθέν λογισμικό έχει ενσωματώσει το λογισμικό του FARSITE, για την ευκολότερη μελέτη, σύγκριση και σύνδεση των αποτελεσμάτων. Το FARSITE δέχεται τα ίδια χωρικά δεδομένα με το FlamMap αναφορικά με την τοπογραφία και τη βλάστηση, για την προσομοίωση μίας πυρκαγιάς, αλλά με τη διαφορά ότι οι μετεωρολογικές συνθήκες, δηλαδή η ταχύτητα και η διεύθυνση ανέμου, η θερμοκρασία, η σχετική υγρασία και η περιεχόμενη υγρασία καύσιμης ύλης μπορούν να μεταβάλλονται στον χώρο και στον χρόνο. Τα αποτελέσματα προσομοίωσης της πυρκαγιάς μέσω αυτού του λογισμικού, δείχνουν την εξέλιξη της πυρκαγιάς στο χώρο με βάση το χρονικό βήμα που ορίζεται από τον μελετητή, τα τοπογραφικά και καιρικά στοιχεία, αλλά και τα διαφορετικά μοντέλα καύσιμης ύλης σε κάθε θέση. Σε αντίθεση με το προηγούμενο λογισμικό, τα αποτελέσματα που προκύπτουν σε ένα εικονοστοιχείο είναι άμεσα εξαρτώμενα από τα δεδομένα των γειτονικών για την πιθανότερη πορεία της φωτιάς.

Στη συγκεκριμένη περίπτωση για την χωροχρονική εξάπλωση της πυρκαγιάς, έγινε χρήση της παραμετροποιημένης εκδοχής του FlamMap σε περιβάλλον Linux από το Κέντρο BEYOND. Με αυτό το τρόπο ελαχιστοποιήθηκε ο αριθμός δεδομένων εισόδου σε μόλις 5 παραμέτρους και αυτές είναι το Ύψομετρο, η Έκθεση των πλαγιών, η Κλίση του εδάφους, η Καύσιμη ύλη και η Πυκνότητα βλάστησης (βλ. Εικόνα 28).



«Εκτίμηση Κινδύνου Πυρκαγιάς σε Αστικό - Περιαστικό περιβάλλον για μεγάλη κλίμακα οικισμού» - Κοκκαλίδου Μάρθα



Εικόνα 28: Δεδομένα εισόδου για την χωροχρονική εξάπλωση της πυρκαγιάς: α) Μοντέλα καύσιμης ύλης, β) Πυκνότητα βλάστησης, γ) Υψόμετρο, δ) Προσανατολισμός πλαγιάς, ε) Κλίση εδάφους

Όσον αφορά την χωροχρονική εξάπλωση της πυρκαγιάς σε σταθερές συνθήκες περιεχόμενης υγρασίας, για όλους τους τύπους καύσιμης ύλης, και ανέμου η ταχύτητα εξάπλωσης είναι η εν δυνάμει μεγαλύτερη στην περίπτωση που τα υψόμετρα είναι χαμηλά, οι κλίσεις των πλαγιών υψηλές, ο προσανατολισμός των κλιτύων είναι ΒΔ έως ΒΑ, όπου η διαθέσιμη καύσιμη ύλη είναι περισσότερη. Επιπλέον, η εξάπλωση είναι μεγαλύτερη όταν η πυκνότητα κόμης είναι υψηλή και η καύσιμη ύλη είναι συνεχής σε οριζόντια διάταξη ή ενδεχομένως η κάθετη διάταξη σε δασώδης εκτάσεις είναι μεγάλη και εύκολα δύναται η φωτιά να μεταπίπτει σε πυρκαγιά κόμης και μέσω κηλίδωσης να αναπτύσσονται νέες εστίες φωτιάς.

Το χωρικό επίπεδο πληροφορίας της πυκνότητας κόμης (canopy bulk density) αναπαριστά την ποσότητα της διαθέσιμης βιομάζας της κόμης που είναι διαθέσιμη προς καύση ανά μονάδα όγκου επιφάνειας ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) (Αθανασίου, 2019). Η παράμετρος αυτή επηρεάζει σε μεγάλο ποσοστό τη πιθανότητα μια πυρκαγιά επιφανείας να μεταβεί σε πυρκαγιά κόμης (crown fire), αυξάνοντας το ρυθμό εξάπλωσης της φωτιάς (Johnston, 2012). Για την ευρύτερη περιοχή του Λαυρίου κατηγοριοποιήθηκε η παράμετρος σε 4 διαφορετικές τάξεις, από 0 για τις περιοχές χωρίς βλάστηση έως 3 για τις πολύ πυκνής υπέργειας φυτοκάλυψης θέσεις, με βάση την εκτιμώμενη μάζα ξυλώδους καύσιμης ύλης ανά μονάδα όγκου κόμης, όπως φαίνεται στον Πίνακα 2.

Πίνακας 2: Κατηγοριοποίηση υπέργειας διαθέσιμης καύσιμης ύλης

Τάξη όγκου ξυλώδους μάζας κόμης	Όγκος ξυλώδους μάζας κόμης
0	$0 \text{ m}^3$
1	$1-100 \text{ m}^3$
2	$100-300 \text{ m}^3$
3	$> 300 \text{ m}^3$

Τα διάφορα είδη βλάστησης στη περιοχή μελέτης για τις ανάγκες της προσομοίωσης στο μοντέλο κατηγοριοποιήθηκαν σε 4 Μ.Κ.Υ. (βλ. Κεφάλαιο 2.3.), όπως προέκυψαν από τον συνδυασμό των Μ.Κ.Υ. από Scott & Burgan (2005) και προσαρμοσμένα Μ.Κ.Υ. σύμφωνα με τις ανάγκες της περιοχής και τη σχετική βιβλιογραφία (Dimitrakopoulos et al., 2002; Kalabokidis et al., 2013; Palaiologou et al, 2013). Συγκεκριμένα, στην Εικόνα 28α έχει επιλεγθεί δασικές εκτάσεις να επισημανθούν με τον κωδικό 18, εκτάσεις αραιής βλάστησης και εποχιακές καλλιέργειες με τον κωδικό 22, ο αστικός ιστός και οι καμένες εκτάσεις των πρόσφατων ετών, που δεν χαρακτηρίζονται από αναγέννηση, με τον κωδικό 24. Με τον κωδικό 25 ταξινομούνται αγροτικές εκτάσεις με φυσική βλάστηση και σκληρόφυλλη βλάστηση. Κάθε κωδικός απεικονίζει μια κατηγορία μοντέλου καύσιμης ύλης, δηλαδή είδη βλάστησης που φέρουν παρόμοια χαρακτηριστικά και η συμπεριφορά της πυρκαγιάς είναι κοινή όταν εξαπλώνεται σε αυτά. Αξίζει να σημειωθεί πως το μοντέλο καύσιμης ύλης που ορίστηκε με τον κωδικό 24 δεν λήφθηκε υπόψιν στην παραμετροποίηση του FlamMap, καθώς πρόκειται για εκτάσεις που δεν ευνοούν εξάπλωση φωτιάς ή σε αυτά εξαπλώνεται με μικρή ταχύτητα.

«Εκτίμηση Κινδύνου Πυρκαγιάς σε Αστικό - Περιαστικό περιβάλλον για μεγάλη κλίμακα οικισμού» - Κοκκαλίδου Μάρθα

Πίνακας 3: Μοντελοποίηση των διαφορετικών ειδών καύσιμης ύλης για είσοδο στο λογισμικό FlamMap.

Κωδικός Μ.Κ.Υ	Ποσότητα Κ.Υ. (tons/acre)					Δυναμικότητα Μ.Κ.Υ.	Αναλογία επιφάνειας προς όγκο (1/cm) (SAV)			Ύψος φυλλοτάπητα (cm)	Υγρασία σβησίματος (%)	Θερμικό περιεχόμενο	
	1h	10h	100h	Ζωντανή Φυλλώδης	Ζωντανή Ξυλώδης		1h SAV	Live HSAV	Live WSAV			Νεκρή Κ.Υ.	Ζωντανή Κ.Υ.
18	11.12	0.00	0.00	0.74	4.94	Στατικό	75.45	0	65.61	15.24	12	18595	18595
22	0.25	0.00	0.00	0.74	0.00	Στατικό	72	66	0	12.192	15	18595	18595
24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Στατικό						18595	18595
25	7.39	6.8	3.58	0.00	7.68	Στατικό	24.6	0	0	111.86	14	19969	19969

Με σημείο έναρξης τις υψηλής πιθανότητας θέσεις έναυσης δασικής πυρκαγιάς, όπως επιλέχθηκαν παραπάνω, και σταθερές τις ανεμολογικές συνθήκες σε κάθε προσομοίωση, προέκυψαν οι ισόχρονες καμπύλες εξάπλωσης της φωτιάς με χρονικό βήμα της μίας ώρας. Ειδικότερα, δόθηκαν αποτελέσματα για την χωρική εξάπλωση της φωτιάς μέχρι και 9 ώρες από την στιγμή της ανάφλεξης (βλ. Εικόνα 29 και 31). Στη συνέχεια εκτιμήθηκε η επικινδυνότητα με βάση το χρονικό πλαίσιο διάδοσης της φωτιάς. Για το σκοπό αυτό πραγματοποιήθηκε ομογενοποίηση των ισόχρονων καμπυλών με ψηφιοποίηση σε περιβάλλον ArcGISPro, καθώς δεν δίνεται πληροφορία για τον αστικό ιστό, απογυμνωμένα εδάφη και υδάτινους πόρους. Πληρώθηκε το κενό τμήμα σε κάθε ισόχρονη καμπύλη, για να ενσωματωθεί η πληροφορία της επικινδυνότητας στα ΟΤ του οικισμού και στη συνέχεια ακολούθησε η βαθμονόμηση σε τάξεις επικινδυνότητας (βλ. Εικόνα 30 και 32). Οι κόκκινες και πορτοκαλί περιοχές, όπως παρουσιάζονται στις παρακάτω Εικόνες είναι οι πιο κρίσιμες, καθώς αφορούν τον κίνδυνο εξάπλωσης της πυρκαγιάς έως την 1η και την 3η ώρα αντίστοιχα.

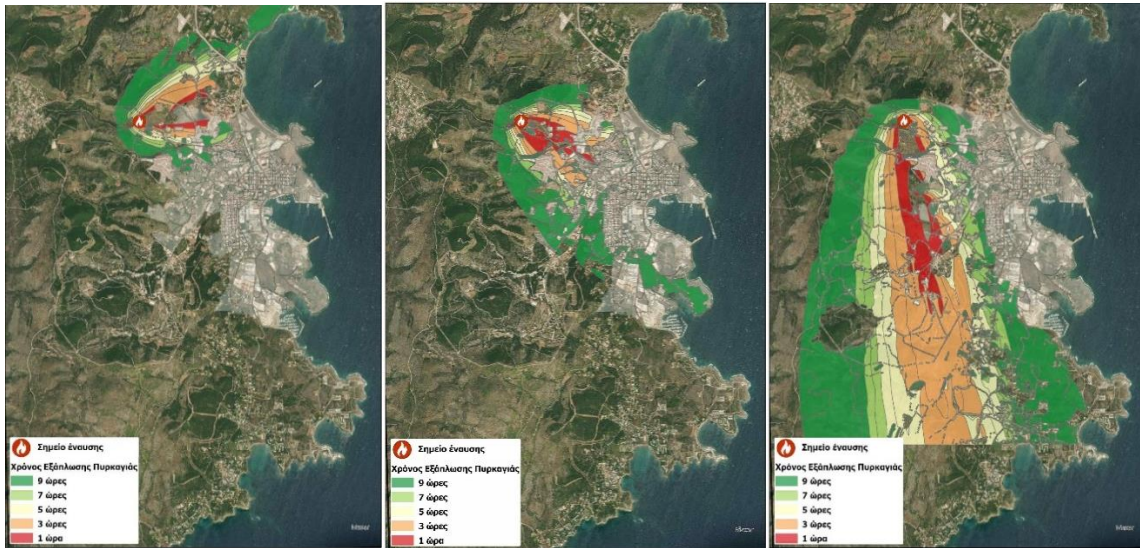
Πίνακας 4: Κλάσεις επικινδυνότητας σύμφωνα με το χρονικό πλαίσιο εξάπλωσης της φωτιάς

Τάξεις Επικινδυνότητας	Χρόνος εξάπλωσης πυρκαγιάς
Πολύ χαμηλή-1	Έως 9 ώρες
Χαμηλή-2	Έως 7 ώρες
Μέτρια-3	Έως 5 ώρες
Υψηλή-4	Έως 3 ώρες
Πολύ υψηλή-5	Έως 1 ώρα

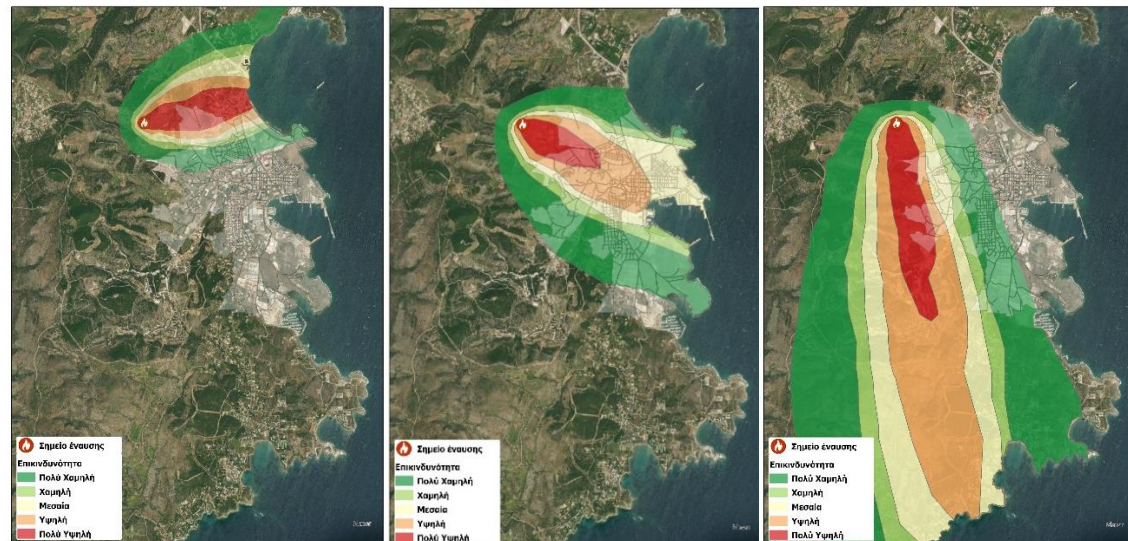


Ενδεικτικά παρατίθενται οι Εικόνες χωροχρονικής εξάπλωσης με βαθμονόμηση των ισόχρονων καμπυλών, σύμφωνα με τις τάξεις τρωτότητας, για τα Σημεία Έναυσης 2 και 3. Οι Εικόνες για τα υπόλοιπα σημεία έναυσης βρίσκονται στο Παράρτημα 7.1., ενώ το ίδιο συμβαίνει και για τις Εικόνες εκτίμησης επικινδυνότητας (Παράρτημα 7.2).

## Σημείο Έναυσης 2



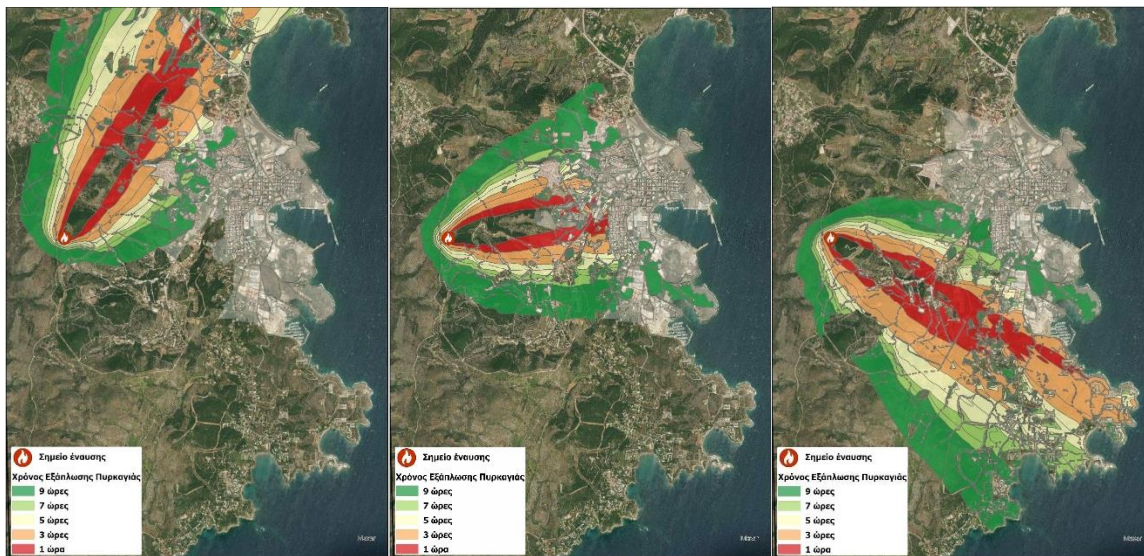
Εικόνα 29: Χωροχρονική εξάπλωση πυρκαγιάς από Σημείο 2 με (από αριστερά προς δεξιά): α) Δυτικό άνεμο, β) ΒΔ άνεμο, γ) Βόρειο άνεμο



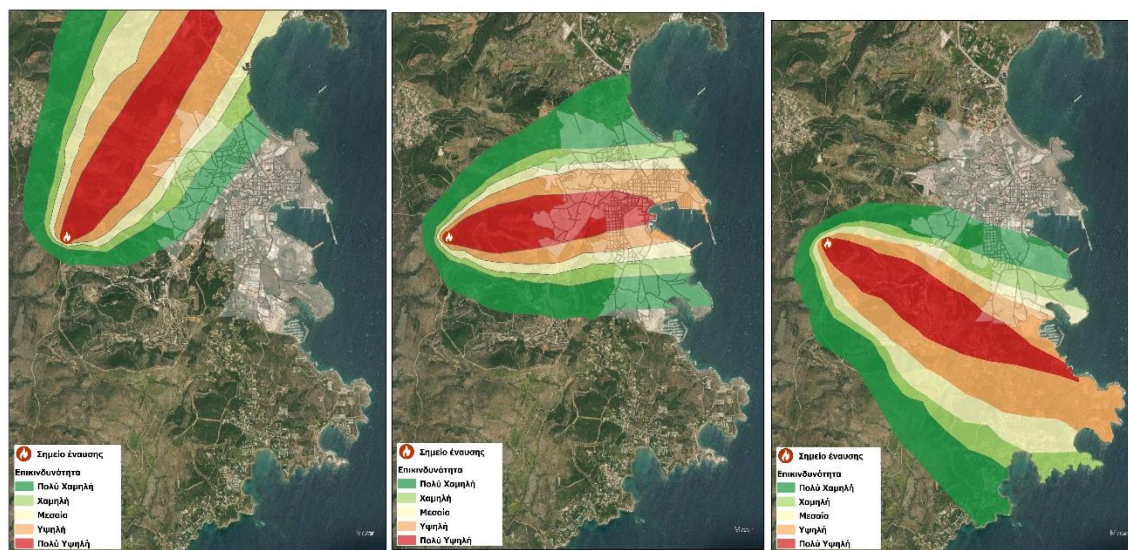
Εικόνα 30: Εκτίμηση Επικινδυνότητας από Σημείο 2 με (από αριστερά προς δεξιά): α) Δυτικό άνεμο, β) ΒΔ άνεμο, γ) Βόρειο άνεμο



### Σημείο Έναυσης 3



Εικόνα 31: Χωροχρονική εξάπλωση πυρκαγιάς από Σημείο 3 με (από αριστερά προς δεξιά): α) ΝΔ άνεμο, β) Δυτικό άνεμο, γ) ΒΔ άνεμο



Εικόνα 32: Χωροχρονική εξάπλωση πυρκαγιάς από Σημείο 3 με (από αριστερά προς δεξιά): α) ΝΔ άνεμο, β) Δυτικό άνεμο, γ) ΒΔ άνεμο

### 3.3.2. Τρωτότητα/ Ευπάθεια

Σύμφωνα με το UNISDR (2009), με τον όρο τρωτότητα (vulnerability) νοούνται τα χαρακτηριστικά, που βασίζονται σε φυσικούς, κοινωνικούς, οικονομικούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες, και οι συνθήκες μιας κοινότητας, ενός συστήματος ή κάποιου πόρου τα οποία καθίστανται ευάλωτα στις καταστρεπτικές επιδράσεις μιας

φυσικής επικινδυνότητας. Η έννοια της τρωτότητας είναι στενά συνδεδεμένη με την ικανότητα αντιμετώπισης (coping capacity), δηλαδή την ικανότητα των ατόμων, οργανισμών και συστημάτων να αξιοποιήσουν τις διαθέσιμες δεξιότητες και πόρους, που μπορεί να περιλαμβάνουν υποδομές, ιδρύματα, ανθρώπινες γνώσεις και δεξιότητες, αλλά και συλλογικά χαρακτηριστικά όπως κοινωνικές σχέσεις, ηγεσία και διαχείριση, με απώτερο σκοπό να διαχειριστούν δυσμενείς συνθήκες, κινδύνους ή καταστροφές (UNISDR, 2009). Γίνεται, λοιπόν, κατανοητό πως η ικανότητα αντιμετώπισης φέρει θετικό αντίκτυπο στην μείωση της τρωτότητας της εκάστοτε περιοχής μελέτης και επομένως στη μείωση της διακινδύνευσης, προσδίδοντας παράλληλα, με σωστή λειτουργία, άμεση ανταπόκριση και δυνατότητα αποκατάστασης σε καταστροφικά συμβάντα. Όπως έχει αναφερθεί παραπάνω, στην παρούσα έρευνα, για την εκτίμηση της τρωτότητας, λήφθηκαν υπόψιν κοινωνικές παράμετροι, όπως η πληθυσμιακή πυκνότητα και η ηλικία του πληθυσμού για κάθε ΟΤ στην περιοχή μελέτης, αλλά και η επιμέρους παράμετρος, που σχετίζεται με την ικανότητα αντιμετώπισης και αφορά την ανθεκτικότητα του υλικού κατασκευής κάθε κτιρίου σε περίπτωση συμβάντος πυρκαγιάς. Στο υπόλοιπο τμήμα του Κεφαλαίου θα αναλυθεί η επεξεργασία της κάθε παραμέτρου ξεχωριστά μέχρι την δόμηση της συνολικής τρωτότητας για τον οικισμό του Λαυρίου.

### 3.3.2.1. Πυκνότητα πληθυσμού

Η παράμετρος της πυκνότητας πληθυσμού χρησιμοποιείται ευρύτατα για την εκτίμηση της τρωτότητας σε μια περιοχή (Vadrenu et al., 2009), καθώς οι θέσεις που αναγνωρίζουν υψηλή οικιστική ανάπτυξη θεωρούνται ευάλωτες και είναι απαραίτητο να εντοπιστούν για άμεση παρέμβαση από αρμόδιους φορείς, αλλά και στοχευμένη ανακούφιση του πληθυσμού προς ασφαλείς χώρους καταφυγής σε περίπτωση ανάγκης. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, για τα πληθυσμιακά στοιχεία χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα απογραφής της ΕΛΣΤΑΤ από το έτος καταγραφής 2011.

Αρχική, για την εκτίμηση της πληθυσμιακής πυκνότητας χρησιμοποιήθηκε η τιμή του συνολικού αριθμού ατόμων η οποία αναφέρεται στον μόνιμο πληθυσμό εντός της περιοχής έρευνας, και το εμβαδόν του κάθε ΟΤ σε τετραγωνικά μέτρα ( $m^2$ ), που

υπολογίστηκε με τη χρήση του λογισμικού ArcGISPro βασισμένο στο διαθέσιμο επίπεδο πληροφορίας των ψηφιοποιημένων ΟΤ για όλη την έκταση της περιοχής του Λαυρίου. Η σύνδεση των παραπάνω μεγεθών έγινε με τη εξής σχέση:

$$\text{Πυκνότητα πληθυσμού} = \frac{\text{Σύνολο ατόμων ανά Ο.Τ.}}{\text{Εμβαδόν Ο.Τ.}} \text{ (άτομα/ m}^2\text{)}$$

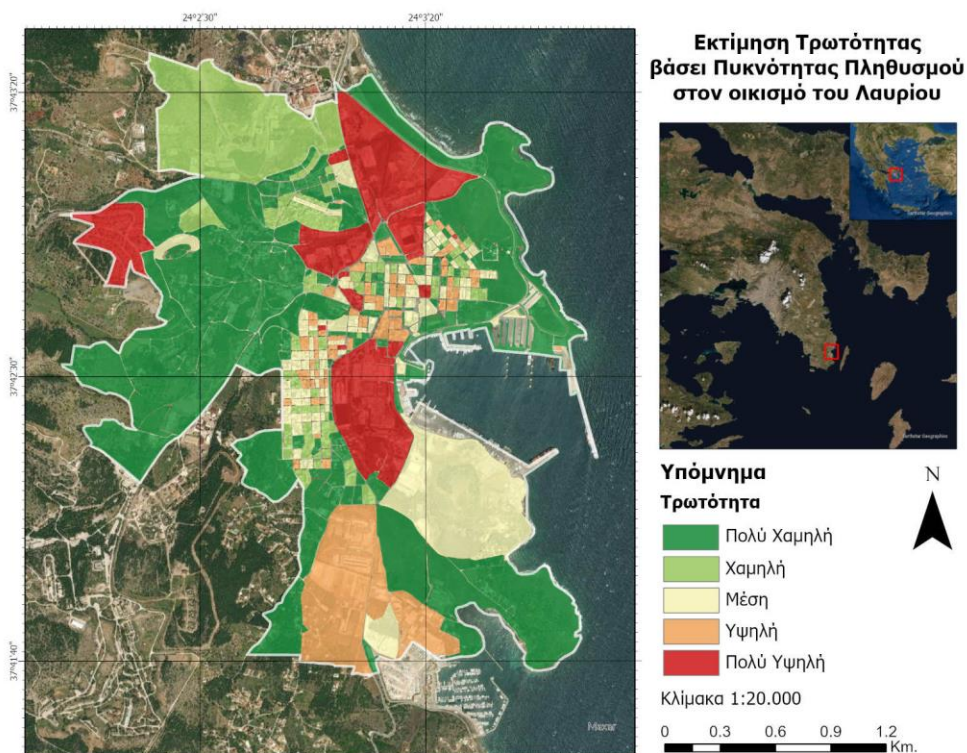
Στα δεδομένα απογραφής, σε ορισμένα ΟΤ δεν υφίστανται τιμή συνολικού αριθμού μόνιμων κατοίκων, παρόλο που οι θέσεις φέρουν κτίσματα σύμφωνα με φωτοερμηνεία. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τα κτίρια δεν αποτελούν μόνιμες, αλλά εξοχικές κατοικίες ή ενδεχομένως στεγάζουν υπηρεσίες, ξενοδοχειακές μονάδες και χρήσεις γης με μη σταθερή παρουσία πληθυσμού. Συνεπώς, με σκοπό να μην επηρεασθεί από τις μηδενικές τιμές η απεικόνιση της πυκνότητας του πληθυσμού, εξαιρέθηκαν για το πρώτο στάδιο της διαδικασίας ταξινόμησης. Για την ταξινόμηση θεωρήθηκε πιο αντιπροσωπευτική η επιλογή της μεθόδου των Natural Breaks σε περιβάλλον GIS. Η μέθοδος αυτή καθορίζει τη καλύτερη ρύθμιση τιμών σε διαφορετικές κατηγορίες μειώνοντας τη διακύμανση (variance) εντός των κλάσεων και αυξάνοντας τη διακύμανση μεταξύ των κλάσεων ενός συνόλου δεδομένων (Jenks, G. F., 1967). Το εύρος τιμών της πληθυσμιακής πυκνότητας, που προέκυψε από τη σχέση για τον οικισμό του Λαυρίου σε περίπτωση πυρκαγιάς για τα ΟΤ με διαθέσιμη τιμή, κυμαίνεται από 0 έως 0.081477 άτομα / m<sup>2</sup> και κατηγοριοποιήθηκε σε πέντε (5) κλάσεις τρωτότητας, όπως φαίνεται και στο Πίνακα 4. Οι κλάσεις έλαβαν τιμές από 1 έως 5, που αντικατοπτρίζουν το πόσο ευάλωτο είναι το ΟΤ ως προς την πυκνότητα πληθυσμού σε περίπτωση πυρκαγιάς, με διακύμανση από πολύ χαμηλή τρωτότητα σε πολύ υψηλή τρωτότητα αντίστοιχα. Το αποτέλεσμα της διαδικασίας με τα εύρη της κάθε τάξης τιμών παρουσιάζεται στο Πίνακα 4.

Πίνακας 5: Εύρη τιμών πληθυσμιακής πυκνότητας ανά κλάση τρωτότητας

Τάξεις Τρωτότητας	Πληθυσμιακή Πυκνότητα (άτομα / m <sup>2</sup> )
Πολύ χαμηλή-1	0.000013 έως 0.006367
Χαμηλή-2	0.006368 έως 0.015479
Μέτρια-3	0.015480 έως 0.025629
Υψηλή-4	0.025630 έως 0.043354
Πολύ υψηλή-5	0.043355 έως 0.081477



Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε η συμπλήρωση των ΟΤ χωρίς διαθέσιμη πληροφορία από την ΕΛΣΤΑΤ, αναφερόμενα ως No Data, και η προσάξηση της τάξης τρωτότητας, όπου κρίθηκε απαραίτητο ανάλογα με χρήση γης, με βάση φωτοερμηνεία δορυφορικών εικόνων, όπως περιγράφεται στο Κεφάλαιο 3.2.. Στην περίπτωση που εντός ενός ΟΤ παρατηρούνταν έλλειψη κτιρίου τότε αυτό λάμβανε απευθείας την τιμή 1, που αντιστοιχεί στην πολύ χαμηλή τρωτότητα. Ωστόσο, η τιμή της πυκνότητας πληθυσμού διαφοροποιούνταν αν εντοπίζονταν υποδομή με παρουσία ατόμων η οποία μεταβάλλεται από εποχή σε εποχή ή μέσα στις ώρες τις μέρας και αντιστοιχίζονταν σε μέτρια έως πολύ υψηλή τιμή τρωτότητας, με βάση την έκταση του εκάστοτε του ΟΤ και του μεγέθους του κτιρίου. Σε λίγες περιπτώσεις που η φωτοερμηνεία δεν ήταν αρκετή για την διεξαγωγή αποτελέσματος σε ΟΤ με έλλειψη δεδομένων, τότε αυτό λάμβανε την γνωστή και διαθέσιμη από την ΕΛΣΤΑΤ (2011) τιμή του γειτονικού πολυγώνου, που ανήκε στην υψηλότερη κλάση τρωτότητας, με βάση την συνθήκη του χειρίστου σεναρίου. Η ίδια διαδικασία, η οποία έγινε για την ταξινόμηση των No Data σε τάξεις τρωτότητας, επιτεύχθηκε και για την διόρθωση των κλάσεων σε ΟΤ με διαθέσιμη πληροφορία απογραφής πληθυσμού.



Εικόνα 33: Χάρτης απεικόνισης Τρωτότητας της περιοχή μελέτης βάσει Πυκνότητας Πληθυσμού



### 3.3.2.2. Ηλικία πληθυσμού

Η κοινωνική παράμετρος της ηλικίας του πληθυσμού είναι εξίσου σημαντική για την εκτίμηση της τρωτότητας στη περιοχή μελέτης, καθώς η ανταπόκριση κάθε ηλικιακής ομάδας είναι διαφορετική σε περίπτωση οποιουδήποτε καταστροφικού συμβάντος. Είναι λογικό πως άτομα ηλικίας από 20 έως 59 ενεργούν ευκολότερα και γρηγορότερα σε συμβάν πυρκαγιάς, ενώ ηλικιωμένα άτομα, βρέφη και μικρά παιδιά απαιτούν συντονισμό και βοήθεια για την αποφυγή απωλειών. Κρίνεται σημαντικό, λοιπόν, να εντοπιστούν οι θέσεις όπου διαμένουν και συγκεντρώνονται άτομα ευάλωτων ηλικιών για την παροχή άμεσης ανταπόκρισης από τους αρμόδιους φορείς.

Τα δεδομένα των ηλικιακών ομάδων έγιναν διαθέσιμα από την ΕΛΣΤΑΤ, σύμφωνα με την απογραφή πληθυσμού του 2011, και περιείχαν πληροφορίες για την ηλικία του πληθυσμού ανά δεκαετία (0 έως 9, 10 έως 19, 20 έως 29, 30 έως 39, 40 έως 49, 50 έως 59, 60 έως 69, 70 έως 79 και άνω των 80 ετών) και ανά φύλο. Στην παρούσα έρευνα, απαραίτητα δεδομένα για την εκτίμηση της τρωτότητας ήταν ο συνολικός αριθμός ατόμων σε κάθε ηλικιακή ομάδα ανά δεκαετία. Συνεπώς συγχωνεύθηκαν οι τιμές του συνόλου ατόμων για κάθε φύλο σε μια ηλικιακή ομάδα και αποδόθηκαν βάρη για κάθε ηλικιακή ομάδα ανάλογα με την δυνατότητα ανταπόκρισης που φέρει σε ένα συμβάν πυρκαγιάς, όπως φαίνονται και στον Πίνακα 5. Έπειτα, για κάθε ΟΤ προστέθηκε το σύνολο των ατόμων κάθε ηλικιακής ομάδας πολλαπλασιασμένο με τον συντελεστή βαρύτητας της και το άθροισμα διαιρέθηκε με τον συνολικό αριθμό των ατόμων που περιέχει κάθε ΟΤ, όπως αναγράφεται και στην εξής σχέση:

$$\text{Ηλικιακή Τρωτότητα} = \frac{\sum_{κ=0}^{\nu} ((\text{ηλικιακή ομάδα}(\nu)) * (\text{συντελεστής βαρύτητας}(\nu)))}{\text{Συνολικός Αριθμός Ατόμων ανά ΟΤ}}$$

Από την παραπάνω σχέση προέκυψαν τελικά τα εύρη τιμών της ηλικιακής τρωτότητας για κάθε ΟΤ, που κυμαίνονται από 0 έως 0.450000, και τα οποία ταξινομήθηκαν με βάση την μέθοδο Natural Breaks σε πέντε (5) κλάσεις που αντιστοιχίζονται σε πολύ χαμηλή, χαμηλή, μέτρια, υψηλή και πολύ υψηλή τρωτότητα

αντίστοιχα. Η τάξη 1 αφορά ΟΤ που υπερτερεί η παρουσία ατόμων ηλικίας 20-29 ετών, που θεωρούνται λιγότερο ευάλωτη κατηγορία, σε αντίθεση με τα ΟΤ που χαρακτηρίζονται ως υψηλής τρωτότητας και εντοπίζονται κυρίως άτομα ηλικίας 0 έως 9 ετών, αλλά και άνω των 70 ετών.

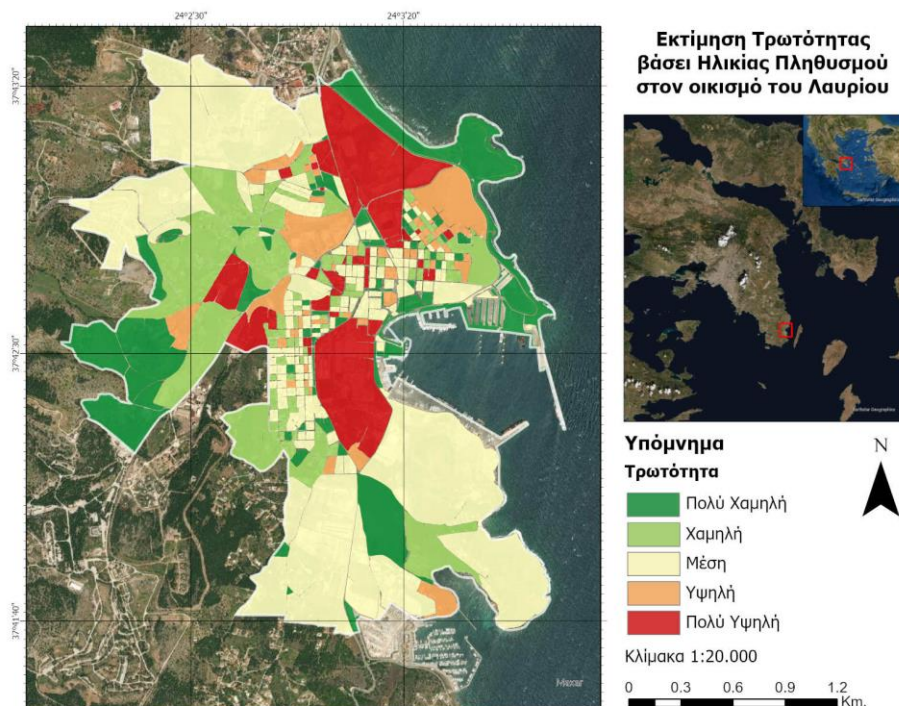
Πίνακας 6: Καθορισμός βαρών για κάθε ηλικιακή ομάδα. Τα βάρη αθροίζονται στη μονάδα

Συντελεστής Βαρύτητας	Ηλικία Πληθυσμού (έτη)
0,05	20 έως 39
0,1	40 έως 49
0,15	50 έως 59
0,25	10 έως 19 & 60 έως 69
0,45	0 έως 9 και άνω των 70

Πίνακας 7: Βαθμονόμηση του εύρους τιμών της ηλικιακής τρωτότητας σε κλάσεις.

Τάξεις Τρωτότητας	Εύρη Ηλικιακής Τρωτότητας
Πολύ χαμηλή-1	0.050000 έως 0.162500
Χαμηλή-2	0.162501 έως 0.203333
Μέτρια-3	0.203334 έως 0.242500
Υψηλή-4	0.242501 έως 0.311538
Πολύ υψηλή-5	0.311539 έως 0.450000

Όπως και στη περίπτωση εκτίμησης της τρωτότητας με βάση την πληθυσμιακή πυκνότητα, εξαιρέθηκαν, για τον αρχικό υπολογισμό του εύρους τιμών, τα ΟΤ που δεν έφεραν τιμή από την ΕΛΣΤΑΤ (2011) και έλαβαν τιμή μετά το πέρας της ταξινόμησης των κλάσεων των διαθέσιμων τιμών. Συγκεκριμένα, η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την απόδοση των τιμών στα ΟΤ χωρίς στοιχεία περιεγράφηκε στο Κεφάλαιο 3.2.. Εφαρμόστηκε φωτοερμηνεία με δορυφορικές εικόνες προκειμένου να εντοπισθούν οι χρήσεις γης σε κάθε ΟΤ και να λάβουν την αντίστοιχη τιμή τρωτότητας. Χαρακτηριστικό παράδειγμα για την συγκεκριμένη κοινωνική παράμετρο τρωτότητας, αποτέλεσε η παρουσία γηροκομείων και νηπιαγωγείων, αλλά και δημοτικών σχολείων εντός του ΟΤ, που κατηγοριοποιούνταν ως θέσεις με πολύ υψηλή τρωτότητα, ενώ ΟΤ χωρίς κτίσματα λάμβαναν την μικρότερη τιμή τρωτότητας, δηλαδή ταξινομούσαν στην κλάση 1. Τέλος, αν η απόδοση τιμής δεν ήταν εύκολη μέσω της φωτοερμηνείας, το ΟΤ κατατάσσεται με βάση την υψηλότερη κλάση των γειτονικών ΟΤ του, βάσει χειρίστου σεναρίου.



Εικόνα 34: Χάρτης απεικόνισης Τρωτότητας της περιοχή μελέτης βάσει Ηλικίας Πληθυσμού

### 3.3.2.3. Υλικό κατασκευής κτιρίου

Μέχρι στιγμής για την εκτίμηση της συνολικής τρωτότητας καλύφθηκαν οι κοινωνικοί παράμετροι της πυκνότητας και ηλικίας πληθυσμού, ενώ σημαντικό ρόλο παίζει και το υλικό κατασκευής των υποδομών που συναντώνται στον οικισμό του Λαυρίου, κριτήριο το οποίο εκφράζει την ικανότητα αντιμετώπισης σε περίπτωση πυρκαγιάς. Δεδομένα για τα υλικά των κτιρίων εντός κάθε ΟΤ για όλη την έκταση του Πόρτου Ράφτη, έγιναν διαθέσιμα από την ΕΛΣΤΑΤ σύμφωνα με την απογραφή του 2011. Για την εκτίμηση της τρωτότητας σε περίπτωση πυρκαγιάς σύμφωνα με τον τύπο κτιρίου και την δημιουργία των αντίστοιχων κλάσεων, χρησιμοποιήθηκαν μόνο τα δεδομένα των υλικών κατασκευής για κάθε κτίριο εντός του εκάστοτε ΟΤ. Ύστερα από συγχώνευση της χωρικής με την περιγραφική πληροφορία και επεξεργασία των δεδομένων, προέκυψε για κάθε ΟΤ, ο συνολικός αριθμός κτιρίων που δομούνται από το ίδιο υλικό κατασκευής. Συγκεκριμένα, τα υλικά που ήταν καταχωρημένα από την ΕΛΣΤΑΤ (2011) κατανέμονταν σε έξι (6) κατηγορίες, ξύλα, μπετόν, τούβλα, πέτρα, μέταλλο και άλλο υλικό. Η πιθανότητα ανάφλεξης των υποδομών που δομούνται από ξύλα είναι μεγαλύτερη από τη περίπτωση των πέτρινων κτισμάτων, ενώ κατασκευές από μέταλλο σε περίπτωση φωτιάς αποκτούν

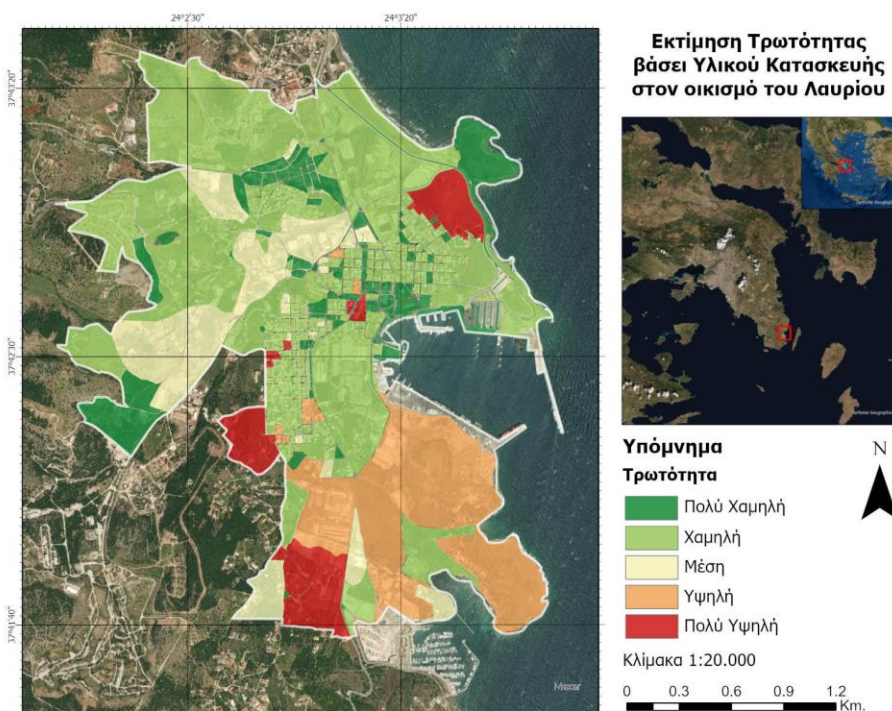
«Εκτίμηση Κινδύνου Πυρκαγιάς σε Αστικό - Περιαστικό περιβάλλον για μεγάλη κλίμακα οικισμού» - Κοκκαλίδου Μάρθα

πολύ υψηλές θερμοκρασίες. Αναλυτικότερα, η ταξινόμηση της με βάση το υλικό κατασκευής των κτιρίων σε πολύ χαμηλή, χαμηλή, μέτρια, υψηλή και πολύ υψηλή τρωτότητα, ταξινομήθηκε όπως στο παρακάτω Πίνακα 7.

Πίνακας 8: Κλάσεις τρωτότητας κτιρίων ανά ΟΤ σύμφωνα με τα υλικά κατασκευής τους

Τάξεις Τρωτότητας	Υλικά Κτιρίων ανά ΟΤ
Πολύ χαμηλή -1	Τουλάχιστον ένα κτίριο μόνο με πέτρα, χωρίς τούβλα, μπετόν, ξύλο, μέταλλο, άλλο υλικό
Χαμηλή-2	Τουλάχιστον ένα κτίριο με τούβλα ή μπετόν και χωρίς ξύλο, μέταλλο, άλλο υλικό
Μέτρια-3	Τουλάχιστον ένα κτίριο με άλλο υλικό και χωρίς ξύλο, μέταλλο
Υψηλή-4	Τουλάχιστον ένα κτίριο με μέταλλο και χωρίς ξύλο
Πολύ υψηλή-5	Τουλάχιστον ένα κτίριο με ξύλο

Όπως και στις προηγούμενες περιπτώσεις, υπήρχαν θέσεις χωρίς δεδομένα από την ΕΛΣΤΑΤ (2011). Για την απόδοση τιμών στις περιοχές αυτές πραγματοποιήθηκε φωτοερμηνεία του κάθε κτιρίου εντός των ΟΤ, με τη χρήση του Google Earth Pro, και με βάση τις παραδοχές που έγιναν στον Πίνακα 7 λάμβανε την τελική του τιμή το εκάστοτε ΟΤ. Στην περίπτωση που στο ΟΤ δεν παρατηρούνταν κτίριο ή/ και υπήρχε χωράφι, αυτό χαρακτηριζότανε από πολύ χαμηλή τρωτότητα και λάμβανε την τιμή 1.



Εικόνα 35: Χάρτης απεικόνισης Τρωτότητας της περιοχή μελέτης βάσει Υλικού Κατασκευής

### 3.3.2.4. Συνολική Τρωτότητα

Για να παραχθεί ένα συνολικό χωρικό επίπεδο τρωτότητας για τον οικισμό του Λαυρίου, που θα περιλαμβάνει τις κοινωνικούς παραμέτρους της ηλικίας και πυκνότητας πληθυσμού, αλλά και την ικανότητα αντιμετώπισης με βάση των τύπο κτιρίων σε περίπτωση συμβάντος πυρκαγιάς, συνδυάστηκαν τα παραπάνω παραγόμενα επίπεδα πληροφορίας. Αρχικά, πραγματοποιήθηκε σύνθεση των παραμέτρων κοινωνικής τρωτότητας σύμφωνα με το Πίνακα 8, και το παραγόμενο επίπεδο συνδυάστηκε με την ικανότητα αντιμετώπισης της περιοχής μελέτης ως προς την ανθεκτικότητα των υλικών κατασκευής σε φωτιά, όπως φαίνεται στο Πίνακα 9. Με αυτό το τρόπο, δημιουργήθηκε το τελικό επίπεδο, που απεικονίζει την συνολική τρωτότητα στην περιοχή του Λαυρίου.

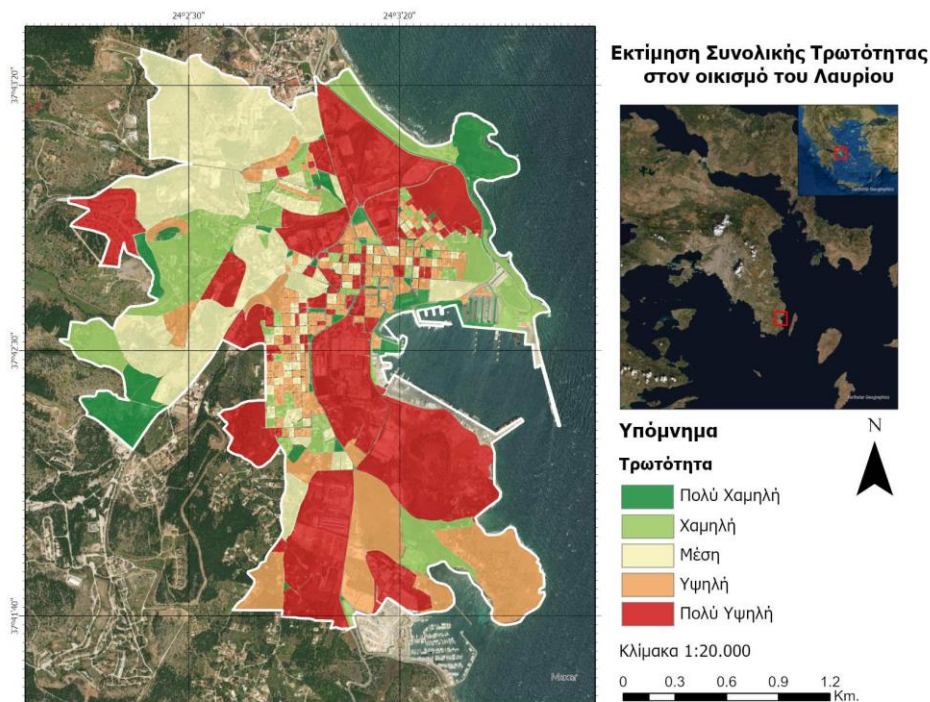
Πίνακας 9: Σύνθεση επιπέδων τρωτότητας ηλικίας και πυκνότητας πληθυσμού

		Τρωτότητα με βάση πληθυσμιακή πυκνότητα				
		2	2	3	4	5
Τρωτότητα με βάση ηλικία πληθυσμού	1	1	2	2	3	4
	2	2	2	3	3	4
	3	3	3	4	4	5
	4	4	4	4	5	5
	5	5	5	5	5	5

Πίνακας 10: Συνδυασμός σύνθετου επιπέδων τρωτότητας ηλικίας και πυκνότητας πληθυσμού με υλικό κατασκευής κτιρίων

		Τρωτότητα με βάση υλικό κατασκευής κτιρίου				
		2	2	3	4	5
Τρωτότητα με βάση ηλικία και πυκνότητα πληθυσμού	1	1	2	2	3	4
	2	2	2	3	3	4
	3	3	3	4	4	5
	4	4	4	4	5	5
	5	5	5	5	5	5





Εικόνα 36: Χάρτης απεικόνισης Συνολικής Τρωτότητας της περιοχή μελέτης

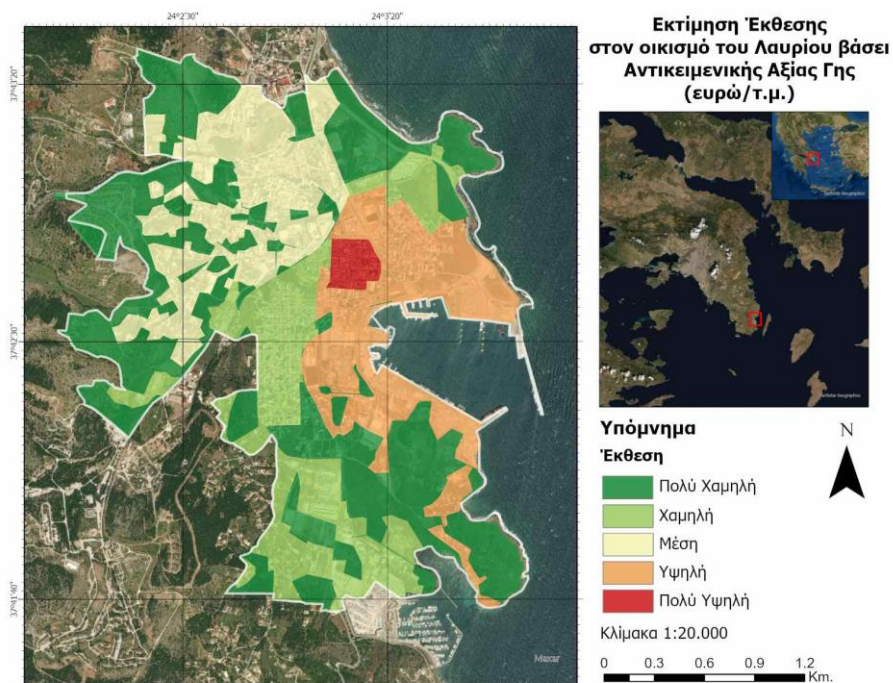
### 3.3.3. Έκθεση

Σύμφωνα με το UNISDR (2009), η έκθεση (exposure) αναφέρεται σε πληθυσμούς, περιουσίες, τεχνικά συστήματα ή άλλα στοιχεία που βρίσκονται μέσα σε ζώνες επικινδυνότητας, και άρα υπόκεινται στο ενδεχόμενο βλαβών ή απωλειών. Ειδικότερα, μετράται ως το πληθυσμιακό μέγεθος που βρίσκεται εντός ζώνης επικινδυνότητας ή προσεγγίζεται σε σχέση με τις κατηγορίες αποθεμάτων που βρίσκονται εντός αυτής της ζώνης. Συνδυάζεται, όπως θα αναφερθεί και στο τέλος του κεφαλαίου, με την τρωτότητα των εκτεθειμένων στοιχείων σε συγκεκριμένες επικινδυνότητες για την εκτίμηση του κινδύνου, και με τις ίδιες επικινδυνότητες στην εξεταζόμενη περιοχή. Γίνεται κατανοητό, πως αν δεν υφίσταται έκθεση μιας περιοχής μελέτης στον κίνδυνο, δεν δύναται να υπάρξει διακινδύνευση. Για την εκτίμηση της έκθεσης της περιοχής μελέτης σε περίπτωση συμβάντος πυρκαγιάς, λήφθηκαν υπόψιν οι αντικειμενικές αξίες γης, καθώς όπως προαναφέρθηκε στόχος είναι η προστασία σε κοινωνό-οικονομικό επίπεδο. Τα δεδομένα για το συγκεκριμένο επίπεδο πληροφορίας προήλθαν από το Υπουργείο Ψηφιακής Διακυβέρνησης, όπου απεικονίζονται οι ζώνες τιμών αντικειμενικού προσδιορισμού αξίας

ακινήτων για το έτος 2021. Η διαθέσιμη πληροφορία αφορούσε ένα ορισμένο τμήμα της περιοχής μελέτης, όπου εντοπίζονταν ο πυκνός αστικός ιστός του Λαυρίου, όπως αναφέρθηκε και στο Κεφάλαιο 2.3.. Ωστόσο, το χωρικό επίπεδο των ΟΤ που ήταν διαθέσιμο από την ΕΛΣΤΑΤ (2011) κάλυπτε μεγαλύτερη έκταση, σε σχέση με το επίπεδο των αντικειμενικών αξιών. Για το λόγο αυτό, κρίθηκε απαραίτητο να ψηφιοποιηθούν οι θέσεις χωρίς πληροφορία και να λάβουν τιμή σύμφωνα με το γειτονικό πολύγωνο με τη γνωστή πληροφορία. Στην περίπτωση που στο χαρτογραφημένο πολύγωνο δεν εντοπιζότανε, κατά την φωτοερμηνεία, κτίσμα ή υπήρχε χωράφι, αυτό αντιστοιχούταν στη χαμηλότερη τιμή έκθεσης, δηλαδή λάμβανε τιμή 1 ως προς αξία γης. Γενικά, για τη βαθμονόμηση της έκθεσης πραγματοποιήθηκε ταξινόμηση σε 5 τάξεις, πολύ χαμηλή, χαμηλή, μέτρια, υψηλή, πολύ υψηλή έκθεση, με βάση την αντικειμενική αξία των οικοπέδων σε €/m<sup>2</sup>. Τα εύρη ταξινόμησης διαμορφώθηκαν ως εξής:

Πίνακας 11: Αντικειμενικές αξίες γης και κλάσεις έκθεσης για τη περιοχή μελέτης

Τάξεις Έκθεσης	Αντικειμενικές αξίες γης (€/m <sup>2</sup> )
Πολύ χαμηλή -1	≤ 850
Χαμηλή-2	850 – 1000
Μέτρια-3	1000 – 1200
Υψηλή-4	1200 – 1300
Πολύ υψηλή-5	> 1300



Εικόνα 37: Χάρτης απεικόνισης Έκθεσης της περιοχή μελέτης

### 3.3.4. Σύνθεση Επιπέδων Πληροφορίας – Εκτίμηση Κινδύνου/ Διακινδύνευση

Σύμφωνα με την UNDRR (2009), ως Κίνδυνος Καταστροφής ή Διακινδύνευση (Disaster Risk) ορίζεται η πιθανότητα να υπάρξει απώλεια ζωών, τραυματισμοί, πρόκληση φθορών ή κατεστραμμένων περιουσιακών στοιχείων σε ένα σύστημα, κοινωνία ή κοινότητα σε μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή ως αποτέλεσμα μιας συνάρτησης της επικινδυνότητας, της έκθεσης, της τρωτότητας και της ικανότητας αντιμετώπισης. Η ορολογία Εκτίμηση Κινδύνου Καταστροφής (Disaster Risk Assessment) αφορά την ποιοτική ή ποσοτική προσέγγιση για τον προσδιορισμό της φύσης και της έκτασης του κινδύνου καταστροφής, αναλύοντας πιθανές επικινδυνότητες και αξιολογώντας υφιστάμενες συνθήκες έκθεσης και τρωτότητας οι οποίες μαζί θα μπορούσαν να βλάψουν ανθρώπους, περιουσία, υπηρεσίες, ζωτικούς πόρους και το περιβάλλον από το οποίο εξαρτώνται. Οι εκτιμήσεις κινδύνου καταστροφής περιλαμβάνουν τον προσδιορισμό των επικινδυνοτήτων, την ανασκόπηση των τεχνικών χαρακτηριστικών των κινδύνων, όπως η θέση τους, η ένταση, η συχνότητα και η πιθανότητα εμφάνισης τους. Επιπλέον, συμπεριλαμβάνουν την ανάλυση τη έκθεσης και της τρωτότητας, συμπεριλαμβανομένων των φυσικών κοινωνικών, υγειονομικών, περιβαλλοντικών και οικονομικών διαστάσεων, αλλά και την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των υφιστάμενων και εναλλακτικών ικανοτήτων αντιμετώπισης σε σχέση με πιθανά σενάρια κινδύνου (UNDRR, 2009).

Απώτερος σκοπός της παρούσας έρευνας είναι η εκτίμηση κινδύνου σε περίπτωση πυρκαγιάς στον υπό μελέτη οικισμό του Λαυρίου. Στο Κεφάλαιο 3.3.1. έγινε σαφή αναφορά στον καθορισμό έξι (6) διαφορετικών σημείων έναυσης στην ευρύτερη περιοχή μελέτης. Από αυτά τα 6 σημεία ανάφλεξης μελετήθηκαν έντεκα (11) σενάρια εκτίμησης διακινδύνευσης, βάσει των διαφορετικών διευθύνσεων ανέμου, που απειλούν τον οικισμό. Σύμφωνα με το Πίνακα 11, κάθε σενάριο που προέκυψε κατά την εκτίμηση της διακινδύνευσης ενοποιήθηκε με το χωρικό επίπεδο της συνολικής τρωτότητας. Έπειτα, το χωρικό επίπεδο που παράχθηκε στο προηγούμενο βήμα, συνδυάστηκε με το επίπεδο της έκθεσης του οικισμού ως προς την αξία γης, όπως παρουσιάζεται στον Πίνακα 12, διεργασία που οδήγησε στην δημιουργία των τελικών 11 χαρτών κινδύνου πυρκαγιάς για το Λαύριο. Τα τελικά επίπεδα για τα διαφορετικά σενάρια φωτιάς παρουσιάζονται στο



Κεφάλαιο 4.1.. Ενδεικτικά παρουσιάζονται οι Εικόνες Εκτίμησης Κινδύνου Πυρκαγιάς για τον οικισμό του Λαυρίου, που αφορούν τα σενάρια στην περίπτωση των Σημείων Έναυσης 2 και 3. Οι υπόλοιπες Εικόνες Εκτίμησης Κινδύνου Πυρκαγιάς βρίσκονται στο 7.3.

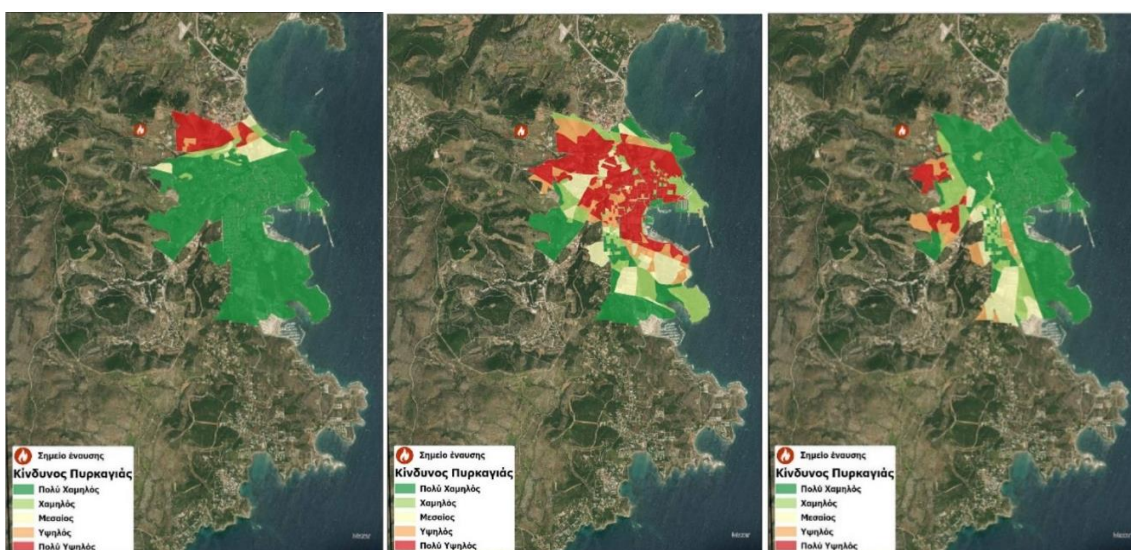
Πίνακας 11: Σύνθεση επίπεδων Επικινδυνότητας και Συνολικής Τρωτότητας

		Επικινδυνότητα πυρκαγιάς				
		1	2	3	4	5
Συνολική Τρωτότητα	1	1	1	1	2	3
	2	1	2	2	3	4
	3	1	2	4	4	5
	4	2	3	4	5	5
	5	3	4	5	5	5

Πίνακας 12: Σύνθεση επίπεδων συνδυαστικού Επικινδυνότητας με Συνολική Τρωτότητα και Έκθεση

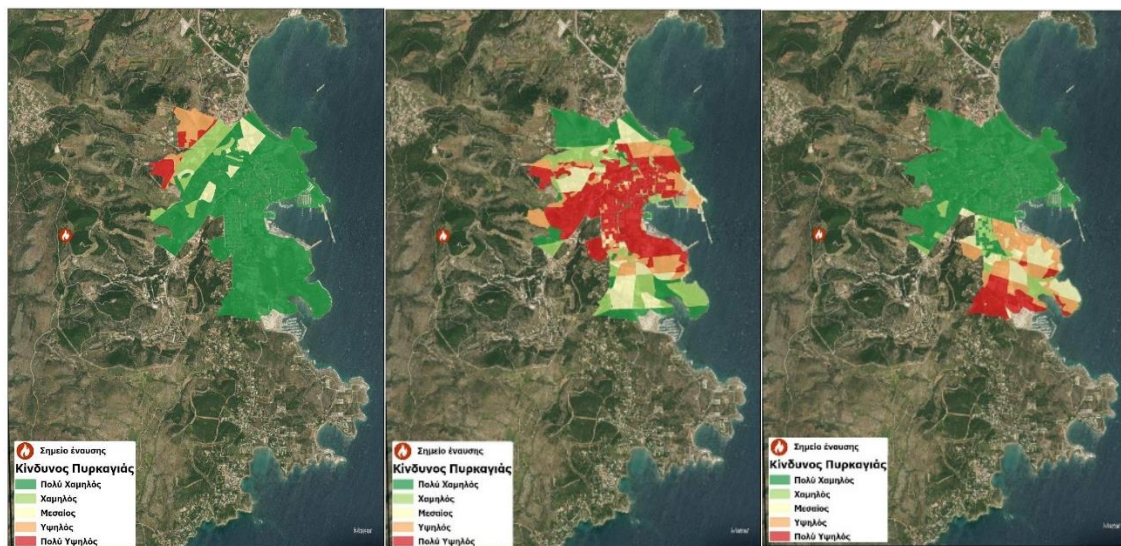
		Έκθεση				
		1	2	3	4	5
Συνολική Τρωτότητα με Επικινδυνότητα πυρκαγιάς	1	1	1	1	1	1
	2	2	2	2	2	3
	3	3	3	3	4	4
	4	4	4	5	5	5
	5	5	5	5	5	5

### Σημείο Έναυσης 2



Εικόνα 38: Εκτίμηση κινδύνου πυρκαγιάς με θέση έναρξης φωτιάς το Σημείο 2 και (από αριστερά προς δεξιά): α) Δυτικό άνεμο, β) ΒΔ άνεμο, γ) Βόρειο άνεμο

### Σημείο Έναυσης 3



Εικόνα 39: Εκτίμηση κινδύνου πυρκαγιάς με θέση έναρξης φωτιάς το Σημείο 3 και (από αριστερά προς δεξιά):  
α) ΝΔ άνεμο, β) Δυτικό άνεμο, γ) ΒΔ άνεμο

## **4. Αποτελέσματα**

### **4.1. Χάρτες εκτίμησης κινδύνου πυρκαγιάς**

Σε αυτό το Κεφάλαιο παρατίθενται οι χάρτες διακινδύνευσης/ εκτίμησης κινδύνου πυρκαγιάς, όπως προέκυψαν από την σύνθεση των τριών επιπέδων πληροφορίας, την συνολική τρωτότητα, την επικινδυνότητα και την έκθεση στην επικινδυνότητα. Όπως έχει ήδη αναφερθεί κάθε ΟΤ, που αποτελεί τη μονάδα επεξεργασίας, ενσωματώνει την πληροφορία για τα κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά που εκτίθενται σε κίνδυνο και είναι ευπαθή, την φέρουσα ικανότητα αντιμετώπισης της περιοχής μελέτης βασισμένη στην ανθεκτικότητα κατασκευής των κτιρίων, και τη χωροχρονική εξάπλωση του φυσικού κινδύνου. Συγκεκριμένα, προέκυψαν 11 χάρτες κινδύνου πυρκαγιάς, λόγω των 11 σεναρίων εξάπλωσης φωτιάς που προσομοιώθηκαν και αφορούν τον συνδυασμό των 6 σημείων ανάφλεξης με τις διευθύνσεις ανέμου, που πνέουν απειλώντας τμήμα του οικισμού του Λαυρίου. Επιπλέον, στους χάρτες απεικονίζονται οι κρίσιμες και τρωτές λειτουργίες της περιοχής μελέτης. Ως κρίσιμες λειτουργίες ορίζονται σύμφωνα με τον Δελλαδέτσιμα (2009), εκείνες που ενεργοποιούνται άμεσα, η δράση τους υπερφορτίζεται και αποκτούν ιδιαίτερη σημασία κατά τη διάρκεια ενός έκτακτου συμβάντος, αλλά και την ενδεχόμενη αποκατάσταση, και αφορούν αρμόδιους φορείς όπως πυροσβεστική, αστυνομία, λειτουργίες επικοινωνίας - πληροφόρησης και κέντρα περίθαλψης - υγείας. Σκοπός των αρμόδιων φορέων αυτών είναι σε περίπτωση πυρκαγιάς να επέμβουν, να βοηθήσουν και να αποφορτίσουν τρωτές θέσεις από την υψηλή συγκέντρωση πληθυσμού. Με τον όρο τρωτές λειτουργίες γίνεται αναφορά σε χώρους, που υπάρχει μαζική συγκέντρωση πληθυσμού, όπως σχολεία, κατασκηνώσεις, εκκλησιές, ξενοδοχειακές μονάδες, καταστήματα, γυμναστήρια, γήπεδα, γηροκομεία, βιομηχανίες, λειτουργίες με καταστροφικό δυναμικό όπως πρατήρια υγρών καυσίμων, και άλλες σημαντικές λειτουργίες όπως δημόσιες υπηρεσίες, μουσεία, αρχαιολογική χώροι, βιβλιοθήκες και κέντρα αποφάσεων (Δελλαδέτσιμας, 2009). Ενδιαφέρον οφείλει να δοθεί στις περιοχές των χαρτών εκτίμησης κινδύνου πυρκαγιάς, που συμβολίζονται με κόκκινη και πορτοκαλί χροιά, καθώς πρόκειται για ΟΤ τα οποία στην 1<sup>η</sup> και 3<sup>η</sup> ώρα, αντίστοιχα, από την στιγμή

«Εκτίμηση Κινδύνου Πυρκαγιάς σε Αστικό - Περιαστικό περιβάλλον για μεγάλη κλίμακα οικισμού» - Κοκκαλίδου Μάρθα

της ανάφλεξης, θα πληχθούν από ένα ενδεχόμενο συμβάν πυρκαγιάς με σημείο έναρξης εκτάσεις βλάστησης, που εντοπίζονται περιμετρικά του οικισμού.

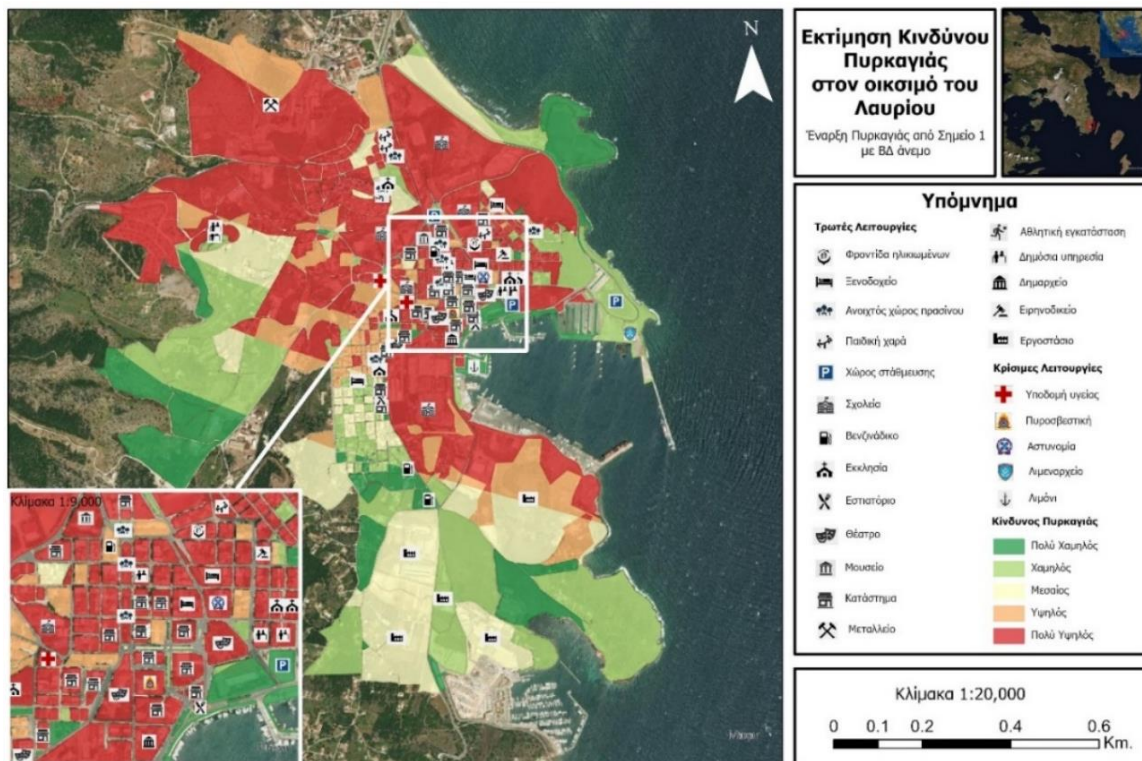
Μεγαλύτερη απειλή για τον οικισμό του Λαυρίου συνιστούν τα σενάρια με ΒΔ διεύθυνση ανέμου από τα σημεία ανάφλεξης 1 και 2, αλλά και ΝΔ διεύθυνση ανέμου από τα σημεία 4, 5, 6. Η ανάφλεξη από το σημείο 3 επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό τον οικισμό στη περίπτωση που πνέει Δυτικός άνεμος. Όπως αναλύθηκε και στο προηγούμενο Κεφάλαιο επικρατέστερες διευθύνσεις ανέμων στην περιοχή μελέτης είναι οι Βορειοδυτικοί και Νοτιοδυτικοί, ενώ το σενάριο Δυτικό ανέμου είναι το συγκριτικά λιγότερο πιθανό για να εξελιχθεί σε περίπτωση φωτιάς.

Κρίσιμες Λειτουργίες	Τρωτές Λειτουργίες
<b>Περίθαψη και λειτουργίες υγείας</b>	<b>Λειτουργίες συγκέντρωσης πληθυσμού</b>
Νοσοκομειακές Μονάδες Εξωτερικά Ιατρεία ΙΚΑ Σταθμοί πρώτων βοηθειών(Κέντρα ΕΚΑΒ) Κλινικές(και άλλες μονάδες παροχής βοήθειας) Κέντρα Υγείας	Κινηματογράφοι Θέατρα Κλειστά γυμναστήρια και γήπεδα Μεγάλα πολυκαταστήματα Μεγάλες ξενοδοχειακές μονάδες Χώροι εκπαίδευσης Κέντρα διασκέδασης Εκκλησίες
<b>Διοικητικές λειτουργίες έκτακτης ανάγκης</b>	<b>Λειτουργίες με ιδιαίτερη κατοχή χώρου</b>
Πολιτική Προστασία Πυροσβεστική Υπηρεσία Αστυνομία Τροχαία Δημοτική Αστυνομία Στρατιωτικές μονάδες-υπηρεσίες Λιμενικό	Παιδικοί σταθμοί, νηπιαγωγεία Σχολεία (κυρίως πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης) Γηροκομεία Οικοτροφεία Σωφρονιστικά Ιδρύματα
<b>Λειτουργίες επικοινωνίας-πληροφόρησης</b>	<b>Λειτουργίες με καταστροφικό δυναμικό</b>
Σταθμοί ΟΤΕ Ταχυδρομεία Ραδιοφωνικοί/τηλεοπτικοί σταθμοί Συντονιστικό Κέντρο	Δεξαμενές Καυσίμων Σταθμοί/πρατήρια καυσίμων Χώροι αποθήκευσης εύφλεκτων υλικών Χημικές βιομηχανίες/βιοτεχνίες Διάφορες βιομηχανικές και άλλες μονάδες
<b>Γραμμές Ζωής</b>	<b>Σημαντικές λειτουργίες</b>
Εγκαταστάσεις, σταθμοί και δίκτυα διανομής ηλεκτρικής ενέργειας Εγκαταστάσεις, υπηρεσίες διαχείρισης και δίκτυα ύδρευσης-αποχέτευσης Εγκαταστάσεις και δίκτυα διανομής φυσικού αερίου	Μεγάλες σημαντικές παραγωγικές-οικονομικές μονάδες Λειτουργίες νομαρχιακής και τοπικής αυτοδιοίκησης Ιστορικά μνημεία και αρχαιολογικοί χώροι Μουσεία, βιβλιοθήκες, ιστορικά αρχεία κ.α Κέντρα αποφάσεων

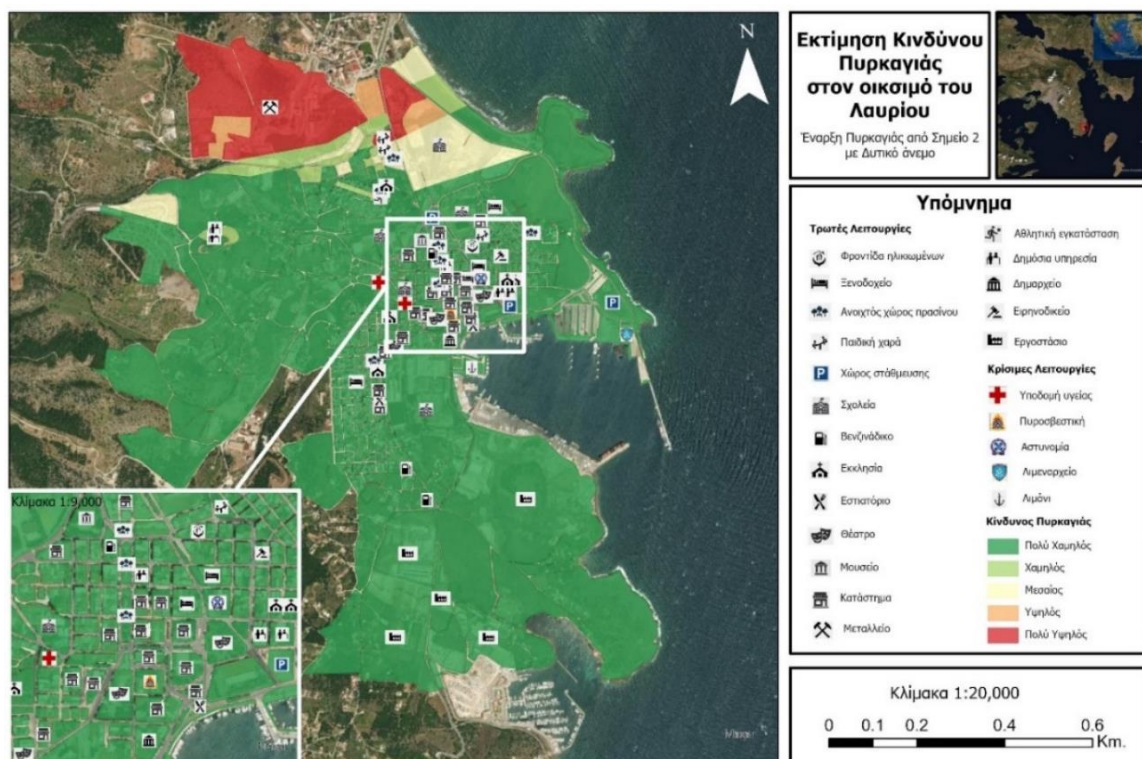
Πίνακας 13: Οι τρωτές και κρίσιμες λειτουργίες της πόλης (Επεξεργασία Πανοζάχου, 2012 από Δελλαδέτσιμας, 2009)



«Εκτίμηση Κινδύνου Πυρκαγιάς σε Αστικό - Περιαστικό περιβάλλον για μεγάλη κλίμακα οικισμού» - Κοκκαλίδου Μάρθα



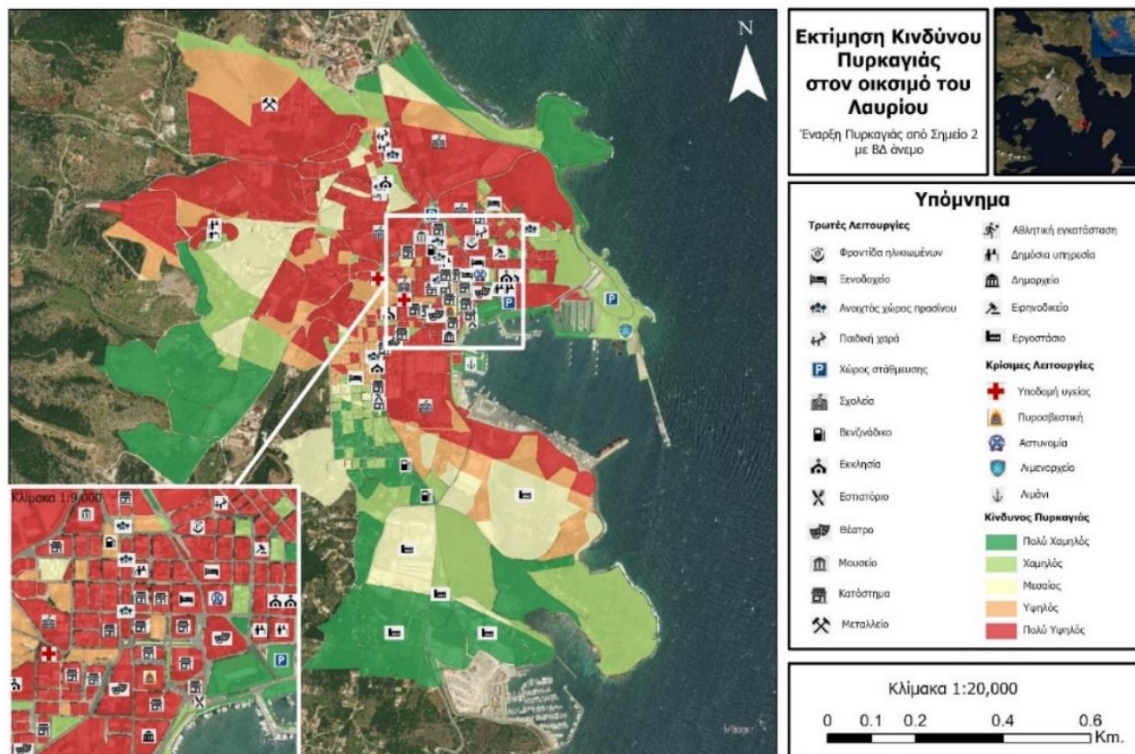
Χάρτης 1: Εκτίμηση Κινδύνου Πυρκαγιάς από Σημείο Έναυσης 1 με ΒΔ άνεμο και ένδειξη τριτοτών και κρίσιμων λειτουργιών της περιοχής μελέτης



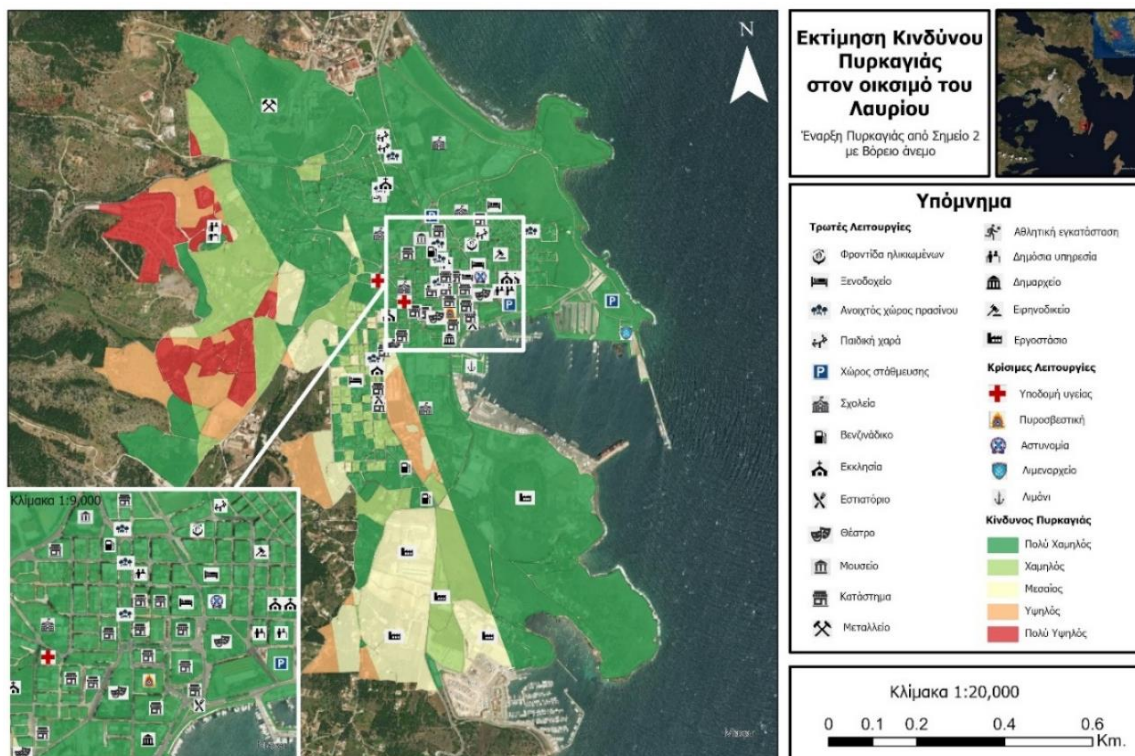
Χάρτης 2: Εκτίμηση Κινδύνου Πυρκαγιάς από Σημείο Έναυσης 2 με Δυτική άνεμο και ένδειξη τριτοτών και κρίσιμων λειτουργιών της περιοχής μελέτης



«Εκτίμηση Κινδύνου Πυρκαγιάς σε Αστικό - Περιαστικό περιβάλλον για μεγάλη κλίμακα οικισμού» - Κοκκαλίδου Μάρθα



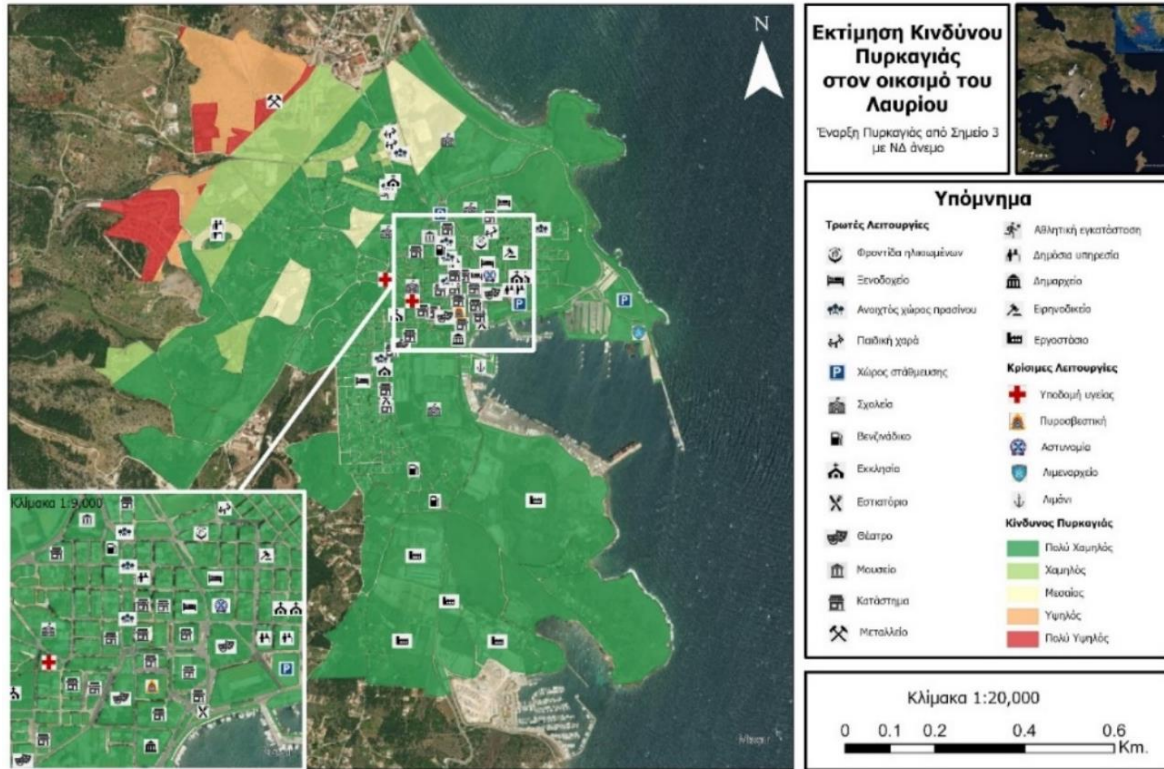
Χάρτης 3: Εκτίμηση Κινδύνου Πυρκαγιάς από Σημείο Έναυσης 2 με ΒΔ άνεμο και ένδειξη τρωτών και κρίσιμων λειτουργιών της περιοχής μελέτης



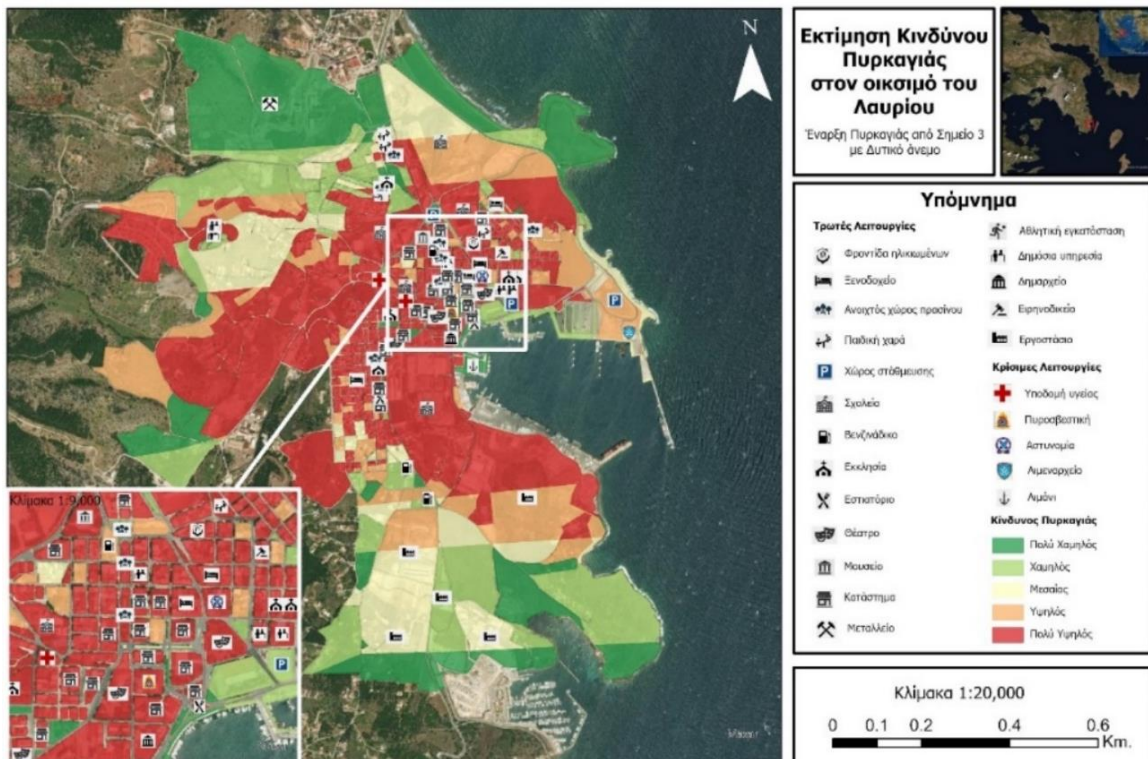
Χάρτης 4: Εκτίμηση Κινδύνου Πυρκαγιάς από Σημείο Έναυσης 2 με Βόρειο άνεμο και ένδειξη τρωτών και κρίσιμων λειτουργιών της περιοχής μελέτης



«Εκτίμηση Κινδύνου Πυρκαγιάς σε Αστικό - Περιαστικό περιβάλλον για μεγάλη κλίμακα οικισμού» - Κοκκαλίδου Μάρθα



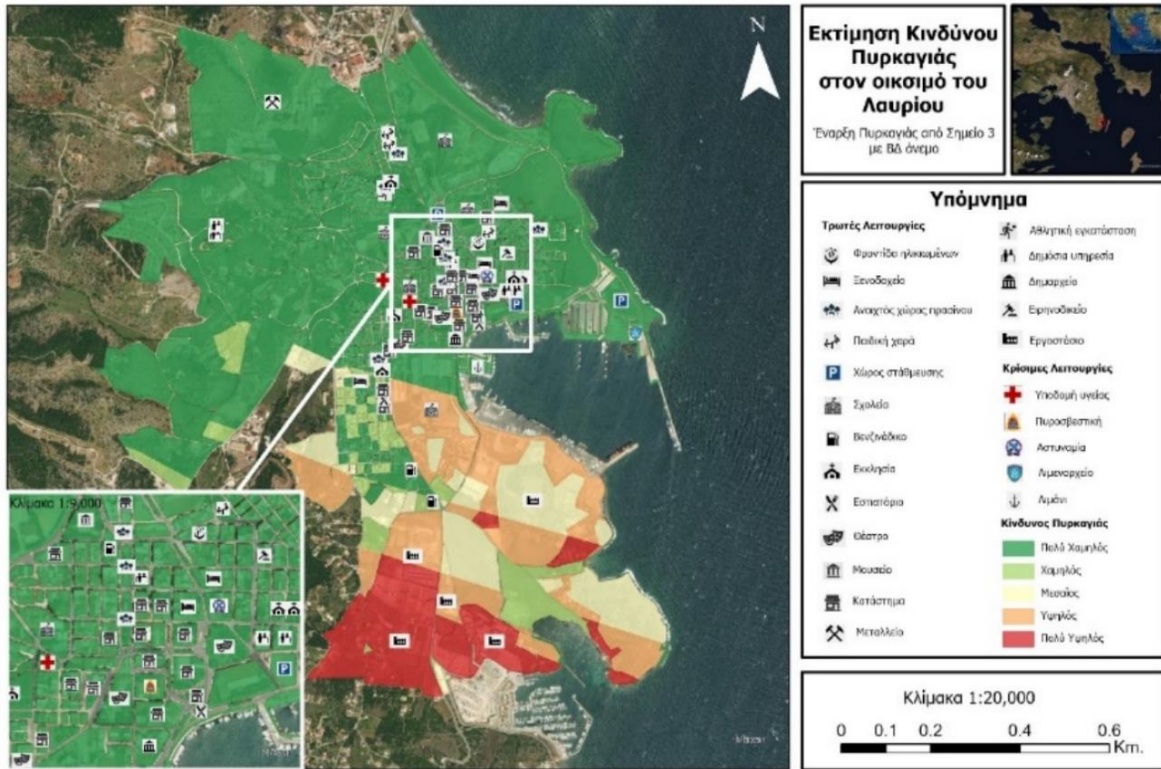
Χάρτης 5: Εκτίμηση Κινδύνου Πυρκαγιάς από Σημείο Έναρσης 3 με ΝΔ άνεμο και ένδειξη τρωτών και κρίσιμων λειτουργιών της περιοχής μελέτης



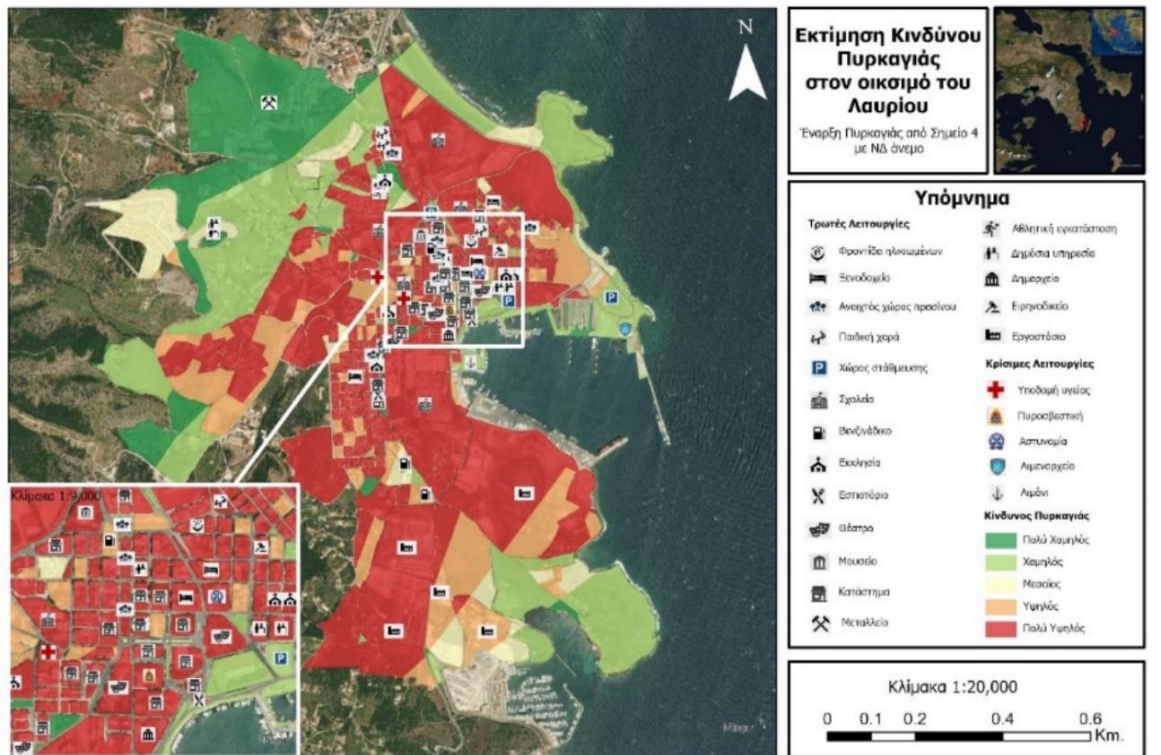
Χάρτης 6: Εκτίμηση Κινδύνου Πυρκαγιάς από Σημείο Έναρσης 3 με Δυτικό άνεμο και ένδειξη τρωτών και κρίσιμων λειτουργιών της περιοχής μελέτης



«Εκτίμηση Κινδύνου Πυρκαγιάς σε Αστικό - Περιαστικό περιβάλλον για μεγάλη κλίμακα οικισμού» - Κοκκαλίδου Μάρθα



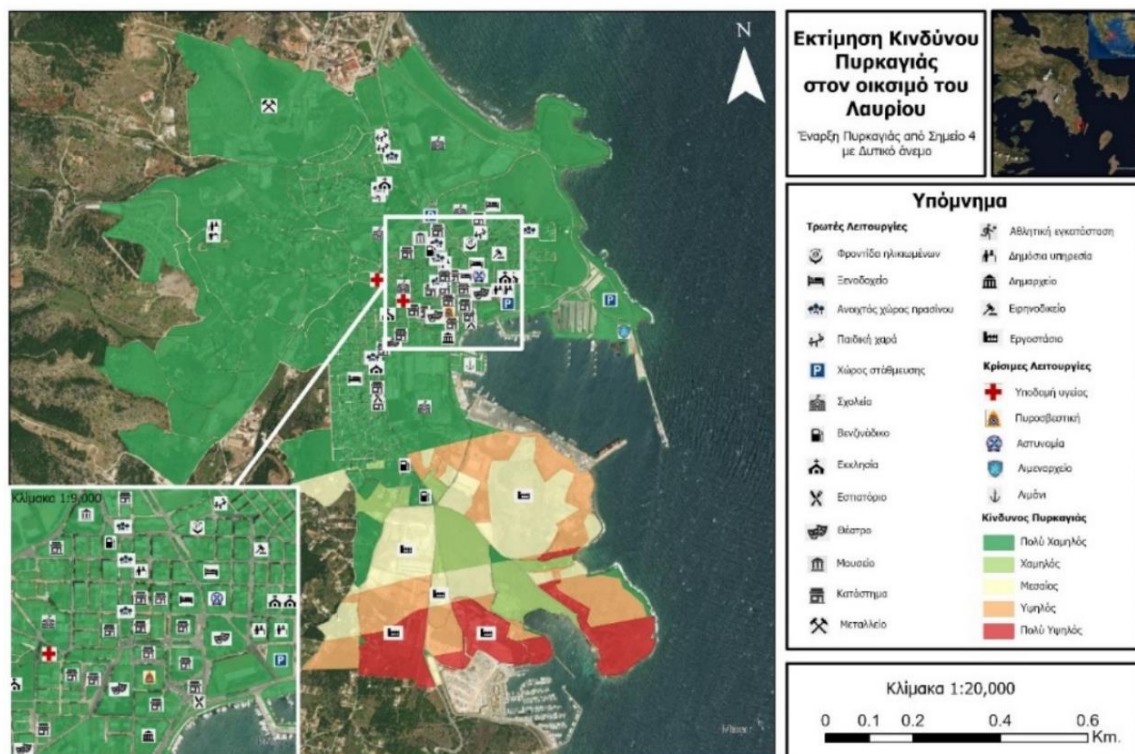
Χάρτης 7: Εκτίμηση Κινδύνου Πυρκαγιάς από Σημείο Έναρσης 3 με ΒΔ άνεμο και ένδειξη τρωτών και κρίσιμων λειτουργιών της περιοχής μελέτης



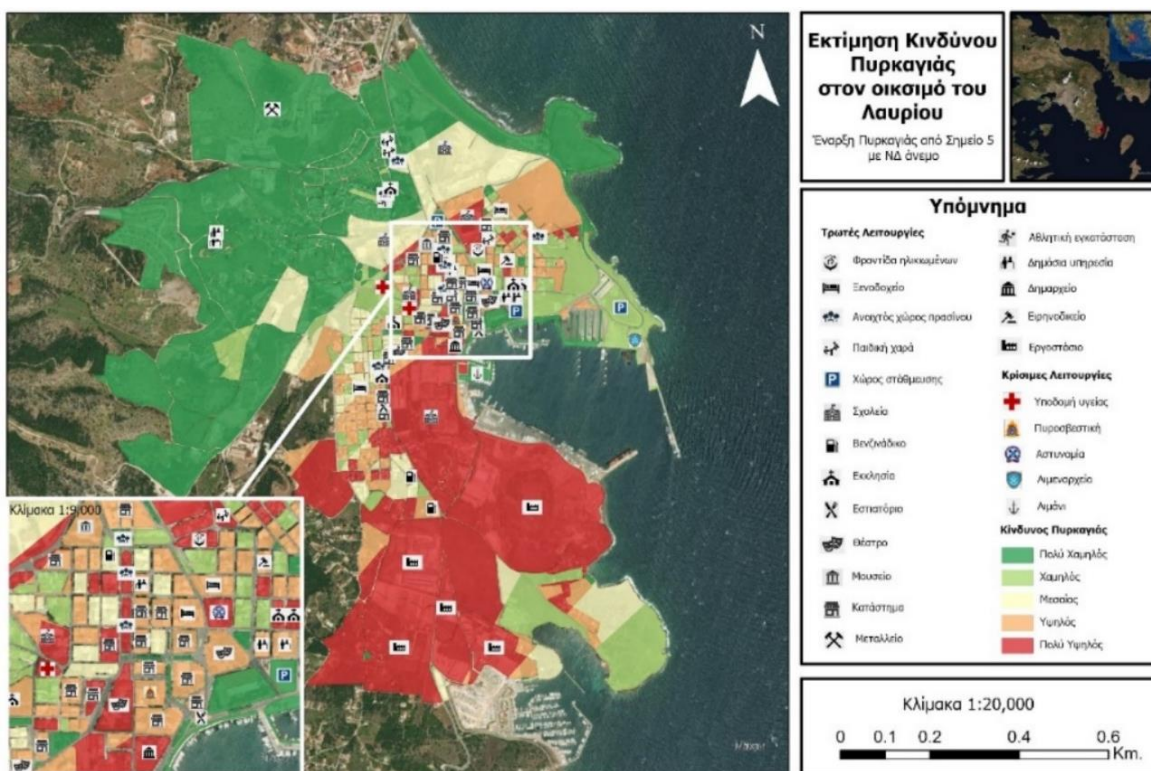
Χάρτης 8: Εκτίμηση Κινδύνου Πυρκαγιάς από Σημείο Έναρσης 4 με ΝΔ άνεμο και ένδειξη τρωτών και κρίσιμων λειτουργιών της περιοχής μελέτης



«Εκτίμηση Κινδύνου Πυρκαγιάς σε Αστικό - Περιαστικό περιβάλλον για μεγάλη κλίμακα οικισμού» - Κοκκαλίδου Μάρθα

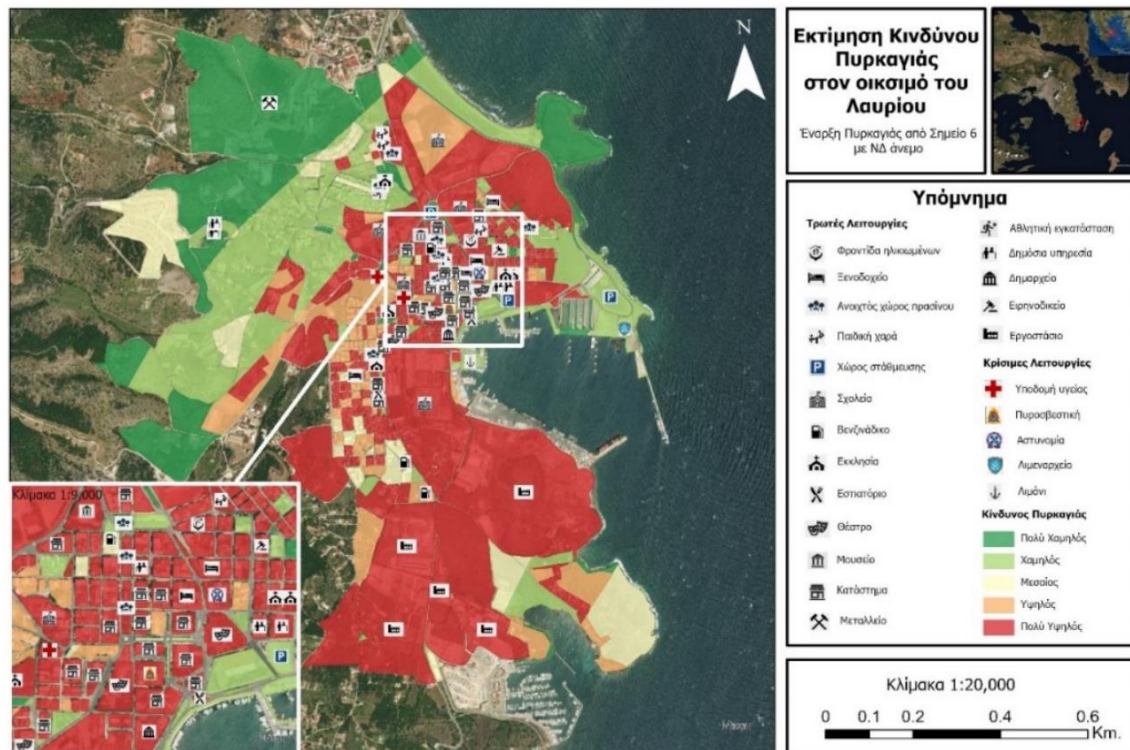


Χάρτης 9: Εκτίμηση Κινδύνου Πυρκαγιάς από Σημείο Έναυσης 4 με Δυτικό άνεμο και ένδειξη τρωτών και κρίσιμων λειτουργιών της περιοχής μελέτης



Χάρτης 10: Εκτίμηση Κινδύνου Πυρκαγιάς από Σημείο Έναυσης 5 με ΝΔ άνεμο και ένδειξη τρωτών και κρίσιμων λειτουργιών της περιοχής μελέτης

«Εκτίμηση Κινδύνου Πυρκαγιάς σε Αστικό - Περιαστικό περιβάλλον για μεγάλη κλίμακα οικισμού» - Κοκκαλίδου Μάρθα



Χάρτης 11: Εκτίμηση Κινδύνου Πυρκαγιάς από Σημείο Έναυσης 6 με ΝΔ άνεμο και ένδειξη τρωτών και κρίσιμων λειτουργιών της περιοχής μελέτης

## 5. Συμπεράσματα – Συζήτηση

Συνοψίζοντας όσα ειπώθηκαν παραπάνω κατά την εκτίμηση του κινδύνου της πυρκαγιάς, τα επίπεδα πληροφορίας που παράχθηκαν, μεμονωμένα αλλά και όπως προέκυψαν από την συνεκτίμηση, μπορούν να δώσουν μεγάλο όγκο πληροφοριών χρήσιμο για την προστασία του ανθρώπου σε συμβάν φωτιάς στον οικισμό του Λαυρίου και με μεγάλη λεπτομέρεια.

Συγκεκριμένα, τα επίπεδα τρωτότητας για την πυκνότητα πληθυσμού και την ηλικία των ανθρώπων, ενημερώνουν για τα ευάλωτα ΟΤ, όπου την στιγμή ενός ενδεχόμενου συμβάντος πυρκαγιάς μπορεί να συγκεντρώνουν μεγάλο τμήμα του πληθυσμού (ξενοδοχειακές μονάδες, κατασκηνώσεις, καταστήματα, μουσεία, δημόσιες υπηρεσίες) ή να συναντώνται άτομα με ηλικία που δεν ανταποκρίνονται με ευκολία στον κίνδυνο (ηλικιωμένοι, παιδιά) και απαιτείται περαιτέρω συντονισμός και άμεση βοήθεια για εκκένωση αυτών των ΟΤ. Όσον αφορά το επίπεδο τρωτότητας βάσει του υλικού κτιρίου, είναι ένδειξη της ανθεκτικότητας των κατασκευών που εντοπίζονται στη περιοχή μελέτης και κατ' επέκταση της ικανότητας αντιμετώπισης του οικισμού στον κίνδυνο. Συνεπώς, με τη χρήση του προαναφερθέντος χωρικού επιπέδου είναι διακριτές οι ακριβείς θέσεις, όπου υπάρχουν εύφλεκτα υλικά και καθιστούν εύκολη την παρέμβαση των αρμόδιων φορέων για αντικατάσταση αυτών με πυρίμαχα υλικά, είτε άμεσα είτε έμμεσα με προτροπή των κατοίκων να επέμβουν στις ιδιοκτησίες τους. Τα τρία χωρικά επίπεδα που αναφέρθηκαν, συνεκτιμήθηκαν και προέκυψε η πληροφορία για τη συνολική τρωτότητα του Λαυρίου.

Η εκτίμηση του επιπέδου πληροφορίας της έκθεσης προσφέρει μια πρώτη οικονομική αποτίμηση των ζημιών της περιοχής του Λαυρίου με την κατηγοριοποίηση της αξίας γης (€/m<sup>2</sup>). Η συγκεκριμένη πληροφορία δύναται να αξιοποιηθεί για την διάθεση αποζημιώσεων στους πληγέντες της περιοχής, όπως προβλέπει και η φάση Αποκατάστασης/ Ανασυγκρότησης του κύκλου καταστροφών. Με τα επίπεδα της έκθεσης και της συνολικής τρωτότητας, επιτεύχθηκε μια κοινωνικοοικονομική εκτίμηση για κάθε ΟΤ στον οικισμό του Λαυρίου.

Σχετικά με την εκτίμηση της επικινδυνότητας αυτή προσομοιώθηκε χωροχρονικά βασισμένη σε σενάρια ανέμων που είναι πιο συνήθη για τη περιοχή μελέτης και ίσα με 5 Beaufort, και με τις διευθύνσεις των ανέμων που πνέουν με φορά απειλώντας τον οικισμό σε ένα ενδεχόμενο συμβάν φωτιάς. Ως σημεία έναυσης επιλέχθηκαν θέσεις από την ευρύτερη περιοχή μελέτης οι οποίες σύμφωνα με μοντέλα Τεχνητής Νοημοσύνης και τεχνικές Μηχανικής Μάθησης είναι πιο πιθανό να οδηγήσουν σε ανάφλεξη. Ωστόσο, αξίζει να σημειωθεί πως υπάρχει μεγάλη περίπτωση να σημειωθούν ριπές ανέμου στην υπό μελέτη έκταση, που θα οδηγήσουν σε αύξηση των περιμέτρων των πέντε ζωνών επικινδυνότητας, όπως ταξινομήθηκαν από πολύ υψηλή έως πολύ χαμηλή, που αντιστοιχούν στην εξάπλωση της φωτιάς μέσα στην 1<sup>η</sup> ώρα έως την 9<sup>η</sup> ώρα από την ανάφλεξη. Ειδικότερα, υπό αυτή τη συνθήκη με εντάσεις ανέμου υψηλότερες των 5 Beaufort, αναμένεται η φωτιά να εισχωρήσει πιο μέσα στον οικισμό και να εξαπλωθεί σε περισσότερα ΟΤ. Από μόνο του το συγκεκριμένο χωρικό επίπεδο πληροφορίας και λόγω των πολλαπλών προσομοιώσεων για διάφορα σενάρια ανέμου και σημείων έναυσης δίνει μια καθοδήγηση για τις θέσεις που θα πληχθούν πρώτες στον οικισμό, ανάλογα με τις επικρατούσες μετεωρολογικές συνθήκες την ώρα του συμβάντος φωτιάς.

Ο συνδυασμός, λοιπόν, των επιπέδων πληροφορίας της συνολικής τρωτότητας, έκθεσης και επικινδυνότητας, οδήγησε στην εκτίμηση του κινδύνου πυρκαγιάς για κάθε ΟΤ στην περιοχή του Λαυρίου. Ιδιαίτερη προσοχή οφείλει να δοθεί στις περιοχές των χαρτών εκτίμησης κινδύνου (βλ. Κεφάλαιο 4), που απεικονίζονται με κόκκινη και πορτοκαλί χροιά, καθώς αντιστοιχούν στην 1<sup>η</sup> και 3<sup>η</sup> ώρα εξάπλωση της φωτιάς. Η εκτίμηση κινδύνου αναδεικνύει τα ΟΤ που χρήζουν μεγαλύτερης ανάγκης βάσει όλων των παραμέτρων που συνυπολογίστηκαν. Συνεπώς, δύναται να αποτελέσει ένα πρώτο βήμα για την μελέτη και εδραίωση οργανωμένων σχεδίων εκκένωσης του πληθυσμού του Λαυρίου, ενώ με τη μεγάλη λεπτομέρεια ανάλυσης σε επίπεδο ΟΤ επιτυγχάνεται η στοχευμένη τοποθέτηση των αρμόδιων φορέων στα ευάλωτα σημεία για την γρήγορη και αποτελεσματική προστασία του πληθυσμού. Τέλος, οφείλει να επισημανθεί πως η παρούσα μεθοδολογία αποτελεί ένα πρότυπο σύστημα αναγνώρισης και εκτίμησης κινδύνου και μπορεί να αποτελέσει έναν οδηγό εντοπισμού-προτεραιοποίησης των θέσεων υψηλού κινδύνου και να πραγματοποιηθούν οι απαραίτητες επεμβάσεις προτού ξεσπάσει

«Εκτίμηση Κινδύνου Πυρκαγιάς σε Αστικό - Περιαστικό περιβάλλον για μεγάλη κλίμακα οικισμού» -  
Κοκκαλίδου Μάρθα

το συμβάν της πυρκαγιάς, σύμφωνα με το στάδιο Πρόληψης κατά τον κύκλο καταστροφής, και να αναπτυχθούν αντιπυρικές ζώνες στη περιοχή πάντα σύμφωνα με το κατάλληλο νομικό πλαίσιο ή να προβεί ο Δήμος στους απαραίτητους καθαρισμούς όπου χρειάζεται.

## 6. Βιβλιογραφία

### Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

- Albini, F. A. 1979. Spot Fire Distance from Burning Trees – A Predictive Model. General Technical Report INT-56. Ogden, UT: USDA Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station.
- Albini, F. A., 1976. Estimating wildfire behavior and effects. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station, Gen. Tech. Rep. INT-30, Utah, USA
- Alonso-Benito, A., Arroyo, L. A., Arbelo, M., Hernández-Leal, P., & González-Calvo, A. (2013). Pixel and object-based classification approaches for mapping forest fuel types in Tenerife Island from ASTER data. *International Journal of Wildland Fire*, Volume 22(3), Pages 306–317. <https://doi.org/10.1071/WF11068>
- Apostolakis A, Girtsou S, Giannopoulos G, Bartsotas NS, Kontoes C. (2022). Estimating Next Day’s Forest Fire Risk via a Complete Machine Learning Methodology. *Remote Sensing*. 2022; Volume 14(5):1222. <https://doi.org/10.3390/rs14051222>
- Apostolakis A., Girtsou S., Kontoes C., Papoutsis I., Tsoutsos M. (2021). Implementation of a Random Forest Classifier to Examine Wildfire Predictive Modelling in Greece Using Diachronically Collected Fire Occurrence and Fire Mapping Data. In: Lokoč J. et al. (eds) *MultiMedia Modeling. MMM 2021. Lecture Notes in Computer Science*, Volume 12573. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-67835-7\\_27](https://doi.org/10.1007/978-3-030-67835-7_27)
- Ashok Parajuli, Ambika Prasad Gautam, Sundar Prasad Sharma, Krishna Bahadur Bhujel, Gagan Sharma, Purna Bahadur Thapa, Bhuwan Singh Bist & Shrijana Poudel (2020). Forest fire risk mapping using GIS and remote sensing in two major landscapes of Nepal. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, Volume 11:1, Pages 2569-2586, DOI: 10.1080/19475705.2020.1853251
- Bankoff, G. (2003). *Cultures of disaster: Society and natural hazard in the Philippine*. London: Routledge Curzon.
- Bankoff, G., Frerks, G., & Hilhorst, T. (Eds.). (2003). *Vulnerability: Disasters*,



- development and people. London: Earthscan.
- Below, R., Wirtz A., & Guha-Sapir, D. (2009). Disaster Category Classification and peril Terminology for Operational Purposes. Working Paper. Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED) and Munich Re-insurance Company (Munich Re)
- Bonazountas, M., Kallidromitou, D., Kassomenos, P. A., & Passas, N. (2005). Forest Fire Risk Analysis. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, Volume 11(3), Pages 617–626. <https://doi.org/10.1080/10807030590949717>
- Bowman, D. M. J. S., Murphy, B. P., Boer, M. M., Bradstock, R. A., Cary, G. J., Cochrane, M. A., Fensham, R. J., Krawchuk, M. A., Price, O. F., & Williams, R. J. (2013). Forest fire management, climate change, and the risk of catastrophic carbon losses. *Frontiers in Ecology and the Environment*, Volume 11(2), Pages 66–67. <https://doi.org/10.1890/13.WB.005>
- Bradshaw W.G. (1988). Fire protection in the urban/wildland interface: who plays what role?. *Fire Technology* 24, 195–203. doi:10.1007/BF01038177
- Brunnee, J., (2003). The Kyoto Protocol: A Testing Ground for Compliance Theories?. *Heidelberg Journal of International Law*, Volume 63(2), Pages.255-280.
- Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED). (2008). EM-DAT’s new disaster classification. CRED CRUNCH 13, Disaster Data: A Balanced Perspective. July 2008.
- Climate Nexus. (2015). The Paris Effect: How the Paris Agreement is Driving Climate Action. [online] Available at: <http://climatenexus.org/paris-effect-how-paris-agreement-driving-climate-action>
- Coetzee, C., Van Niekerk, D.,( 2012). Tracking the evolution of the disaster management cycle: A general system theory approach. *Jàmbá: Journal of Disaster Risk Studies* Volume 4, Article 54, Pages 9
- Darvishi, L., Daryaei, M. G., & Kouchi, A. H. S. (2020). Comparison of Statistical Modeling and AHP Methods in Fire Risk Assessment in Oak Forests of Iran. *Fores Res*, Volume 9, Pages 229.
- Dewan, A. (2013). Floods in a megacity: geospatial techniques in assessing hazards, risk and vulnerability. Pages 119-156, Dordrecht: Springer.
- Dimitrakopoulos, A.,P., Panov, P.,I., (2001) Pyric properties of some dominant

Mediterranean vegetation species. *International Journal of Wildland Fire* Volume 10,  
Pages 23-27.

EEA – European Environmental Agency (2012). *Climate change, impacts and  
vulnerability in Europe 2012. An indicator based Report.*

EEA/JRC/WHO (2008). *Impact of Europe’s Changing Climate – 2008 Indicator Based  
Assessment.* EEA Report No 4/2008, EEA, Copenhagen Publications.

Efthimiou, N., Psomiadis, E., & Panagos, P. (2020). Fire severity and soil erosion  
susceptibility mapping using multi-temporal Earth Observation data: The case of Mati  
fatal wildfire in Eastern Attica, Greece. *CATENA*, 187, 104320.  
<https://doi.org/10.1016/J.CATENA.2019.104320>

Fernandes P.M., Loureiro C., Guiomar N., Pezzatti G.B., Manso F.T., Lopes L. (2014).  
The dynamics and drivers of fuel and fire in the Portuguese public forest. *Journal of  
Environmental Management*, Volume 146:373–382.  
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.07.049>

Finney, M. A. (2004). “FARSITE: Fire Area Simulator-Model Development and  
Evaluation.” USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Research  
Paper RMRS-RP-4. Ogden, UT, February.

Finney, M. A. (2006). An Overview of Flammap Modeling Capabilities. In *Fuels  
Management – How to Measure Success*, 213–219, Portland, OR, March 28–30. Fort  
Collins, CO: USDA Forest Service, Forest Service, Rocky Mountain Research Station  
RMRS-P-41.

Fischer, A. P., Spies, T. A., Steelman, T. A., Moseley, C., Johnson, B. R., Bailey, J. D.,  
Ager, A. A., Bourgeron, P., Charnley, S., Collins, B. M., Kline, J. D., Leahy, J. E.,  
Littell, J. S., Millington, J. D. A., Nielsen-Pincus, M., Olsen, C. S., Paveglio, T. B.,  
Roos, C. I., Steen-Adams, M. M., ... Bowman, D. M. J. S. (2016). Wildfire risk as a  
socioecological pathology. *Frontiers in Ecology and the Environment*, Volume 14(5),  
Pages 276–284. <https://doi.org/10.1002/FEE.1283>

Galasso, C., Pregnolato, M., & Parisi, F. (2021). A model taxonomy for flood fragility and  
vulnerability assessment of buildings. *International Journal of Disaster Risk  
Reduction*, Volume 53, 101985.

GAR. (2013). *Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction 2013 main report.*

- Giannakopoulos C., Le Sager P., Bindi M., Moriondo M., Kostopoulou E., Goodess C.M., (2009). Climatic changes and associated impacts in the Mediterranean resulting from a 2 °C global warming. *Global and Planetary Change*, Volume 68, Issue 3, 2009, Pages 209-224, ISSN 0921-8181, <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2009.06.001>.
- Global Carbon Project. (2017). Supplemental data of Global Carbon Budget 2017 (Version 1.0) [Data set]. Global Carbon Project. <https://doi.org/10.18160/gcp-2017>
- Hansel, L., (2015). The Paris Agreement and the Future of International Climate Policy. [online] Konrad-Adenauer-Stiftung. Available at: [http://www.kas.de/wf/doc/kas\\_43824-1522-2-30.pdf?151223155112](http://www.kas.de/wf/doc/kas_43824-1522-2-30.pdf?151223155112)
- Hassan A., G., Bakhtiar F., & Thomas B. (2020). GIS-based forest fire risk mapping using the analytical network process and fuzzy logic. *Journal of Environmental Planning and Management*, Volume 63:3, Pages 481-499, DOI: 10.1080/09640568.2019.1594726
- Hong, H., Jaafari, A., Zenner, E., K. (2019). Predicting spatial patterns of wildfire susceptibility in the Huichang County, China: An integrated model to analysis of landscape indicators. *Ecological Indicators*, Volume 101, Pages 878-891, ISSN 1470-160X, <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.01.056>.
- Hyogo Framework for Action (HFA) - UNISDR. (2015). Available from <http://www.unisdr.org/we/coordinate/hfa>
- IPCC (2007). *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. IPCC Working Group II, Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Martin Parry Ed., Canziani, M., Palutikof, O., van der Linden J., Hanson, P. and Cambridge, C.).
- IPCC, (2014): *Climate Change 2014: Synthesis Report*. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, Pages 151
- Jenks, G. F. (1967). The data model concept in statistical mapping. *International yearbook of cartography*, Volume 7, Pages 186-190.
- Johnston, D. (2012). Quantifying the Fuel Load, Fuel Structure and Fire Behaviour of Forested Bogs and Blowdown. Pages 149.

- Johnston, D.C., (2012) Quantifying the fuel load, fuel structure and fire behaviour of forested bogs and blowdown. MSc thesis, University of Toronto, Canada. Pages 149
- Jolly, W. M., Cochrane, M. A., Freeborn, P. H., Holden, Z. A., Brown, T. J., Williamson, G. J., & Bowman, D. M. J. S. (2015). Climate-induced variations in global wildfire danger from 1979 to 2013. *Nature Communications* 2015 6:1, Volume 6(1), Pages 1–11. <https://doi.org/10.1038/ncomms8537>
- Kalabokidis, K., Palaiologou, P., and Finney, B. (2013). Fire Behavior Simulation in Mediterranean Forests Using the Minimum Travel Time Algorithm, Proceedings of 4th Fire Behavior and Fuels Conference, July 1 – 4, 2013, St. Petersburg, Russia  
Published by the International Association of Wildland Fire, Missoula, Montana, USA
- Kontoes, C., Papoutsis, I., Themistocles, H., Ieronymidi, E., Keramitsoglou, I (2017). Remote Sensing Techniques for Forest Fire Disaster Management: The FireHub Operational Platform, Book Chapter No. 6, Integrating Scale in Remote Sensing and GIS
- Kottek, M., Grieser, J., Beck, C., Rudolf, B., & Rubel, F. (2006). World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorologische Zeitschrift*, Volume 15(3), Pages 259–263. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2006/0130>
- Kovats, R.S., Valentini, R., Bouwer, L.M., Georgopoulou, E., Jacob, D., Martin, E., Rounsevell, M., and Soussana, J.-F. (2014): Europe. In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Barros, V.R., C.B. Field, D.J. Dokken, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, Pages 1267-1326.
- Krawchuk, M. A., Moritz, M. A., Parisien, M. A., Van Dorn, J., & Hayhoe, K. (2009). Global Pyrogeography: the Current and Future Distribution of Wildfire. *PLOS ONE*, Volume 4(4), e5102. <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0005102>
- Krina, A., Koutsias, N., Pleniou, M., Xystrakis, F.. (2017). CLIMATIC

CLASSIFICATION OF GREECE: UPDATE – FUTURE ESTIMATION – RELATION WITH FOREST VEGETATION [in Greek]. Conference: 18th Panhellenic Forestry Conference & International Workshop At: Edessa-Greece, October 2017

Munich Re (2015). Natural catastrophes 2014: Analyses, assessments, positions. TopicsGeo, Issue 2015.

Neal, D.M., (1997). Reconsidering the phases of disaster. International Journal of Mass Emergencies and Disasters, Volume 15, Pages 239–264

Palaiologou, P., Kalabokidis, K., Kyriakidis, P. (2013). Forest mapping by geoinformatics for landscape fire behaviour modelling in coastal forests, Greece. International Journal of Remote Sensing, Volume 34(12), Pages 4466-4490.

Radeloff, V.C., Hammer, R.B., Stewart, S.I., Fried, J.S., Holcomb, S.S. and McKeefry, J.F. (2005). The Wildland–Urban Interface In The United States. Ecological Applications, Volume 15, Issue 3, Pages 799-805. <https://doi.org/10.1890/04-1413>

Rahman, M., Ningsheng, C., Mahmud, G. I., Islam, M. M., Pourghasemi, H. R., Ahmad, H., ... & Dewan, A. (2021). Flooding and its relationship with land cover change, population growth, and road density. Geoscience Frontiers, Volume 12(6)

Rahman, N., Ansary, M. A., & Islam, I. (2015). GIS based mapping of vulnerability to earthquake and fire hazard in Dhaka city, Bangladesh. International journal of disaster risk reduction, Volume 13, Pages 291-300.

REDD+ Reduced Emissions from Deforestation and Forest Degradation in Developing Countries <https://redd.unfccc.int/>

Republic of Turkey Ministry of Foreign Affairs. (2011). United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) and the Kyoto Protocol. [online] Available at: [http://www.mfa.gov.tr/united-nations-framework-convention-on-climate-change-\\_unfccc\\_-and-the-kyoto-protocol.en.mfa](http://www.mfa.gov.tr/united-nations-framework-convention-on-climate-change-_unfccc_-and-the-kyoto-protocol.en.mfa)

Rigo, D., Libertà, G., Houston Durrant, T., Artés Vivancos, T., San-Miguel-Ayanz, J., (2017). Forest fire danger extremes in Europe under climate change: variability and uncertainty. Publication Office of the European Union, Luxembourg, Pages 71, ISBN: 978-92-79-77046-3 , <https://doi.org/10.2760/13180>

Rothermel, R.C. (1972). A mathematical model for predicting fire spread in wildland fuels.

- U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Research Paper INT-115. Intermountain Forest and Range Experiment Station, Ogden, Utah, 40
- Scott, J., & Burgan, R. (2005). Standard Fire Behavior Fuel Models : A Comprehensive Set for Use with Rothermel's Surface Fire Spread Model. *The Bark Beetles, Fuels, and Fire Bibliography*. <https://digitalcommons.usu.edu/barkbeetles/66>
- Stephens, S. L., Burrows, N., Buyantuyev, A., Gray, R. W., Keane, R. E., Kubian, R., Liu, S., Seijo, F., Shu, L., Tolhurst, K. G., & Van Wagendonk, J. W. (2014). Temperate and boreal forest mega-fires: characteristics and challenges. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 12(2), 115–122. <https://doi.org/10.1890/120332>
- Stevens-Rumann, C. S., Kemp, K. B., Higuera, P. E., Harvey, B. J., Rother, M. T., Donato, D. C., Morgan, P., & Veblen, T. T. (2017). *Evidence for declining forest resilience to wildfires under climate change*. <https://doi.org/10.1111/ele.12889>
- Stewart, S. I., Radeloff, V. C., Hammer, R. B., Hawbaker, T. J. (2007). Defining the Wildland–Urban Interface. *Journal of Forestry*, Volume 105, Issue 4, Pages 201–207. <https://doi.org/10.1093/jof/105.4.201>
- Stratton, R. G. (2009), Guidebook on Landfire Fuels Data Acquisition, Critique, Modification, Maintenance, and Model Calibration. General Technical Report RMRS-GTR-220. Fort Collins, CO: USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION. Capacity. PreventionWeb. Retrieved September 21, 2021, from <https://www.preventionweb.net/terminology/capacity>
- Stuiver, M. (1978). Atmospheric Carbon Dioxide and Carbon Reservoir Changes. *Science*, 199(4326), 253–258. <https://doi.org/10.1126/SCIENCE.199.4326.253>
- The United Nations Office for Disaster Risk Reduction. (2005). Hyogo Framework for Action 2005-2015: Building the resilience of nations and communities to disasters-summary.
- Unfccc.int. (2014). Kyoto Protocol. [online] Available at: [http://unfccc.int/kyoto\\_protocol/items/2830.php](http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php)
- UNISDR. (1990). Yokohama strategy and plan of action for a safer world: Guidelines for natural disaster prevention, preparedness and mitigation. Retrieved 2 March 2017, from <https://www.unisdr.org/we/inform/publications/8241>



- Unisdr.org. (2017). Sendai Framework for Disaster Risk Reduction - UNISDR. [online]  
Available at: <http://www.unisdr.org/we/coordinate/sendai-framework>
- United Nations General Assembly (2015). Transforming our world: the 2030 agenda for sustainable development, New York: United Nations. Available at: <https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld>
- United Nations General Assembly (2016). New Urban Agenda, New York: United Nations. Available at: <http://habitat3.org/the-new-urban-agenda/>
- United Nations Habitat (2017). Action Framework for Implementation of the New Urban Agenda, New York: United Nations. Available at: <http://nua.unhabitat.org/AFINUA19thApr.pdf>.
- United Nations Office for Disaster Risk Reduction. (2009). UNISDR Terminology on Disaster Risk Reduction.
- UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION. Vulnerability. PreventionWeb. Retrieved September 21, 2021, from <https://www.preventionweb.net/terminology/vulnerability>
- United Nations, (1998). Kyoto protocol to the United Nations framework convention on climate change. [online] Available at: <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf>
- United Nations, (2015). Adoption of the Paris Agreement. Framework Convention on Climate Change. [online] Paris. Available at: <http://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/l09r01.pdf>
- United Nations. (2015). Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development. New York: UN Publishing.
- UNODRR. (2015). Sendai framework for disaster risk reduction 2015 - 2030. Sendai: United Nations. Retrieved from [http://www.preventionweb.net/files/43291\\_sendaiframeworkfordrren.pdf](http://www.preventionweb.net/files/43291_sendaiframeworkfordrren.pdf)
- Vadrevu, K., Eaturu, A., Badarinath, K. (2009). Fire risk evaluation using multicriteria analysis—A case study. Environmental monitoring and assessment. Volume 166. Pages 223-39. 10.1007/s10661-009-0997-3.
- Wittenberg, L., & Inbar, M. (2009). The role of fire disturbance on runoff and erosion processes - a long-term approach, Mt. carmel case study, Israel. *Geographical*

- Research*, 47(1), 46–56. <https://doi.org/10.1111/J.1745-5871.2008.00554.X>
- YUE, X. L., & GAO, Q. X. (2018). Contributions of natural systems and human activity to greenhouse gas emissions. *Advances in Climate Change Research*, 9(4), 243–252. <https://doi.org/10.1016/J.ACCRE.2018.12.003>
- Zhijun, T., Jiquan, Z., Liu, X. (2009). GIS-based risk assessment of grassland fire disaster in western Jilin province, China. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*. Volume 23. Pages 463-471. 10.1007/s00477-008-0233-7.
- Zischg, A. P., & Bermúdez Martínez, M. (2020). Mapping the sensitivity of population exposure to changes in flood magnitude: Prospective application from local to global scale.

#### Ελληνική Βιβλιογραφία

- 4η Έκδοση Γενικού Σχεδίου Αντιμετώπισης εκτάκτων αναγκών εξαιτίας Δασικών Πυρκαγιών με κωδική ονομασία «ΙΟΛΑΟΣ». Γενική Γραμματεία Πολιτικής Προστασίας (ΓΓΠΠ), 18 Νοεμβρίου 2019
- Αθανασίου, Μ., (2019). Πρόβλεψη του ρυθμού εξάπλωσης πυρκαγιών επιφανείας σε χορτολίβαδα στην Ελλάδα: Μια εμπειρική προσέγγιση. Στο Βιβλίο Περιλήψεων του 16ου Συνεδρίου της Ελληνικής Βοτανικής Εταιρείας, σελ. 14, 10-13 Οκτωβρίου 2019, Αθήνα, Σελίδες 118
- 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 Πανελληνίου Δασολογικού Συνεδρίου, 29 Σεπτεμβρίου έως τις 2 Οκτωβρίου 2019, Λιτόχωρο Πιερίας. Ελληνική Δασολογική Εταιρεία. Σελίδες 675
- Δελλαδέτσιμας, Π., Μ., (2009). Οι Ασφαλείς Πόλεις. Εκδόσεις Εξάντας, Αθήνα.
- ΕΛΣΤΑΤ (2011). Απογραφή Πληθυσμού- Κατοικιών και Κτιρίων 2011. Ανακτήθηκε από: <https://www.statistics.gr/>
- Ινστιτούτο Μεσογειακών Δασικών Οικοσυστημάτων, ΕΛΓΟ «ΔΗΜΗΤΡΑ» (2007). <http://www.fria.gr/mmfría/index.php?id=100&catid=38&lan=GR&tl=CATEGORYID>

- Καλαμποκίδης Κ., Ηλιόπουλος Ν., και Γλιγλίνος Δ. (2013). Πυρο-Μετεωρολογία και Συμπεριφορά Δασικών Πυρκαγιών σε ένα Μεταβαλλόμενο Κλίμα. Εκδοτικός Όμιλος ΙΩΝ, Αθήνα. ISBN: 978-960-508-045-7. Σελίδες 400
- Καλαμποκίδης Κ., Ρούσου Ο., Βασιλάκος Χ., Μαρκοπούλου Δ., (2004). Χωρική Μοντελοποίηση καύσιμης ύλης και συμπεριφοράς πυρκαγιών τοπίου. 70 Πανελλήνιο Γεωγραφικό Συνέδριο της Ελληνικής Γεωγραφικής Εταιρείας, Μυτιλήνη 2004, Σελίδες 10
- ΞΕΝΟΚΡΑΤΗΣ – Γενικό Σχέδιο Πολιτικής Προστασίας. (2003). Αποφ. Αριθ. 1299, «Έγκριση του από 7.4.2003 Γενικού Σχεδίου Πολιτικής Προστασίας με τη συνθηματική λέξη Ξενοκράτης». ΦΕΚ 423Β – 10/4/2003.
- Πανοζάχου, Κ., (2012). Ο Πολεοδομικός Σχεδιασμός στην Πρόληψη και Αντιμετώπιση των Φυσικών Καταστροφών: Μαθήματα από την Ιαπωνική εμπειρία. Διπλωματική Εργασία, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Πολυτεχνική Σχολή, Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας και Ανάπτυξης
- Σαπουντζάκη, Κ., Δανδουλάκη, Μ., (2016). Κίνδυνοι και Καταστροφές. [ηλεκτρ. βιβλ.] Αθήνα:Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών. Διαθέσιμο στο: <http://hdl.handle.net/11419/6297>
- Σχέδιο Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών Υδατικού Διαμερίσματος Αττικής (GR06), Α΄ ΦΑΣΗ, Επικαιροποίηση και Συμπλήρωση του Μητρώου Προστατευόμενων Περιοχών. Υπουργείο περιβάλλοντος ενέργειας και κλιματικής αλλαγής, Ειδική Γραμματεία Υδάτων. Απρίλιος, 2013
- ΥΑ ΥΠΠΕ/ΑΡΧ/Α1/Φ02/30896/1243/11-7-1980 - ΦΕΚ 852/Β/3-9-1980. Περί κηρύξεως της περιοχής Λαυρεωτικής, ως αρχαιολογικού χώρου, ιστορικού τόπου και τοπίου ιδιαίτερου φυσικού κάλλους. Ανακτήθηκε από [http://listedmonuments.culture.gr/fek.php?ID\\_FEKYA=18503](http://listedmonuments.culture.gr/fek.php?ID_FEKYA=18503)
- ΥΠΕΚΑ (2017). Κοινοπραξία 1ης Αναθεώρησης Σχεδίου Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Πόταμων ΥΔ Αττικής (ΕΛ 06) Ενδιάμεση Φάση 1, Παραδοτέο Π9: Επικαιροποίηση Μητρώου Προστατευόμενων Περιοχών Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας - Ειδική Γραμματεία Υδάτων Κατάρτιση της 1ης Αναθεώρησης του Σχεδίου Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών του ΥΔ Αττικής (ΕΛ 06), Απρίλιος 2017

## Ιστοσελίδες

<http://fire.org/>

[http://listedmonuments.culture.gr/fek.php?ID\\_FEKYA=18503](http://listedmonuments.culture.gr/fek.php?ID_FEKYA=18503)

<http://meteosearch.meteo.gr/>

[http://ocean.space.noa.gr/diachronic\\_bsm/](http://ocean.space.noa.gr/diachronic_bsm/)

<http://votaniki.gr/>

<http://wfdver.ypeka.gr/el/management-plans-gr/approved-management-plans-gr/>

<http://www.cop21paris.org/about/cop21>

<http://www.globalcarbonproject.org/>

<http://www.meteoclub.gr/images/stories/weerman/klimatiki-katataksi-elladas.pdf>

[https://ar5-syr.ipcc.ch/topic\\_futurechanges.php](https://ar5-syr.ipcc.ch/topic_futurechanges.php)

<https://cds.climate.copernicus.eu/>

<https://effis.jrc.ec.europa.eu/>

<https://geodata.gov.gr/dataset/to-diktuo-natura-2000-kai-prostateuomenes-periokhes>

<https://land.copernicus.eu/local/urban-atlas>

<https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc2018>

<https://maps.gsis.gr/valuemaps/>

<https://www.beyond-eocenter.eu/>

<https://www.cred.be/>

<https://www.ecmwf.int/en/era5-land>

<https://www.emdat.be/>

<https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-pro/overview>

<https://www.frames.gov/behaveplus/home>

<https://www.ipcc.ch/2015/>

<https://www.ltcp.ntua.gr/>

<https://www.preventionweb.net/sustainable-development-and-drr/sdgs-targets-related-disaster-risk>

<https://www.statista.com/>

<https://www.statistics.gr/>

«Εκτίμηση Κινδύνου Πυρκαγιάς σε Αστικό - Περιαστικό περιβάλλον για μεγάλη κλίμακα οικισμού» -  
Κοκκαλίδου Μάρθα

[https://www.topoguide.gr/mountains/attiki/hiking\\_on\\_mikri\\_attiki.php](https://www.topoguide.gr/mountains/attiki/hiking_on_mikri_attiki.php)

<https://www.undrr.org/>

<https://www.undrr.org/about-undrr/history>

<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-and-health>

Υπουργείο Κλιματικής Κρίσης και Πολιτικής Προστασίας (civilprotection.gr)

## 7. Παράρτημα

### 7.1. Χωροχρονική Εξάπλωση Πυρκαγιάς

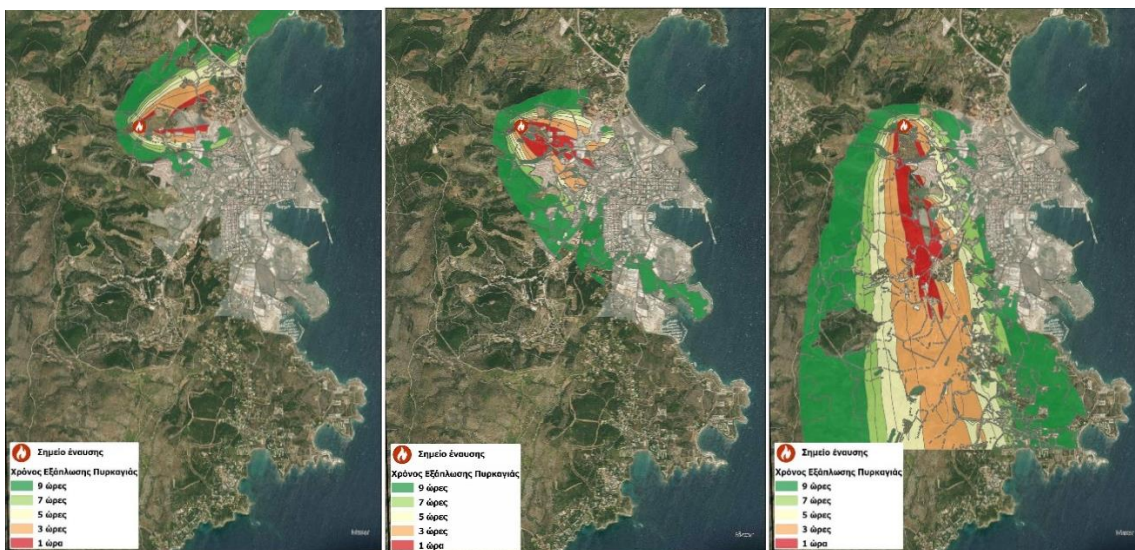
Σημείο Έναυσης 1



Εικόνα 40: Χωροχρονική εξάπλωση πυρκαγιάς από Σημείο 1 με ΒΔ άνεμο

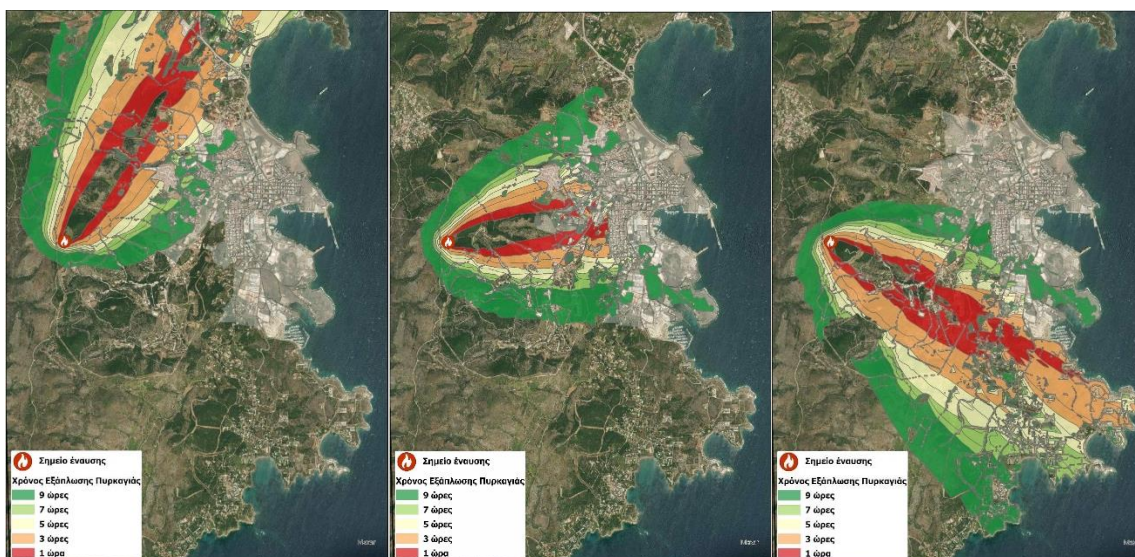


## Σημείο Έναυσης 2



Εικόνα 41: Χωροχρονική εξάπλωση πυρκαγιάς από Σημείο 2 με (από αριστερά προς δεξιά): α) Δυτικό άνεμο, β) ΒΔ άνεμο, γ) Βόρειο άνεμο

## Σημείο Έναυσης 3



Εικόνα 42: Χωροχρονική εξάπλωση πυρκαγιάς από Σημείο 3 με (από αριστερά προς δεξιά): α) ΝΔ άνεμο, β) Δυτικό άνεμο, γ) ΒΔ άνεμο



Σημείο Έναυσης 4



Εικόνα 43: Χωροχρονική εξάπλωση πυρκαγιάς από Σημείο 4 με ΝΔ άνεμο



Σημείο Έναυσης 4



Εικόνα 44: Χωροχρονική εξάπλωση πυρκαγιάς από Σημείο 4 με Δυτικό άνεμο

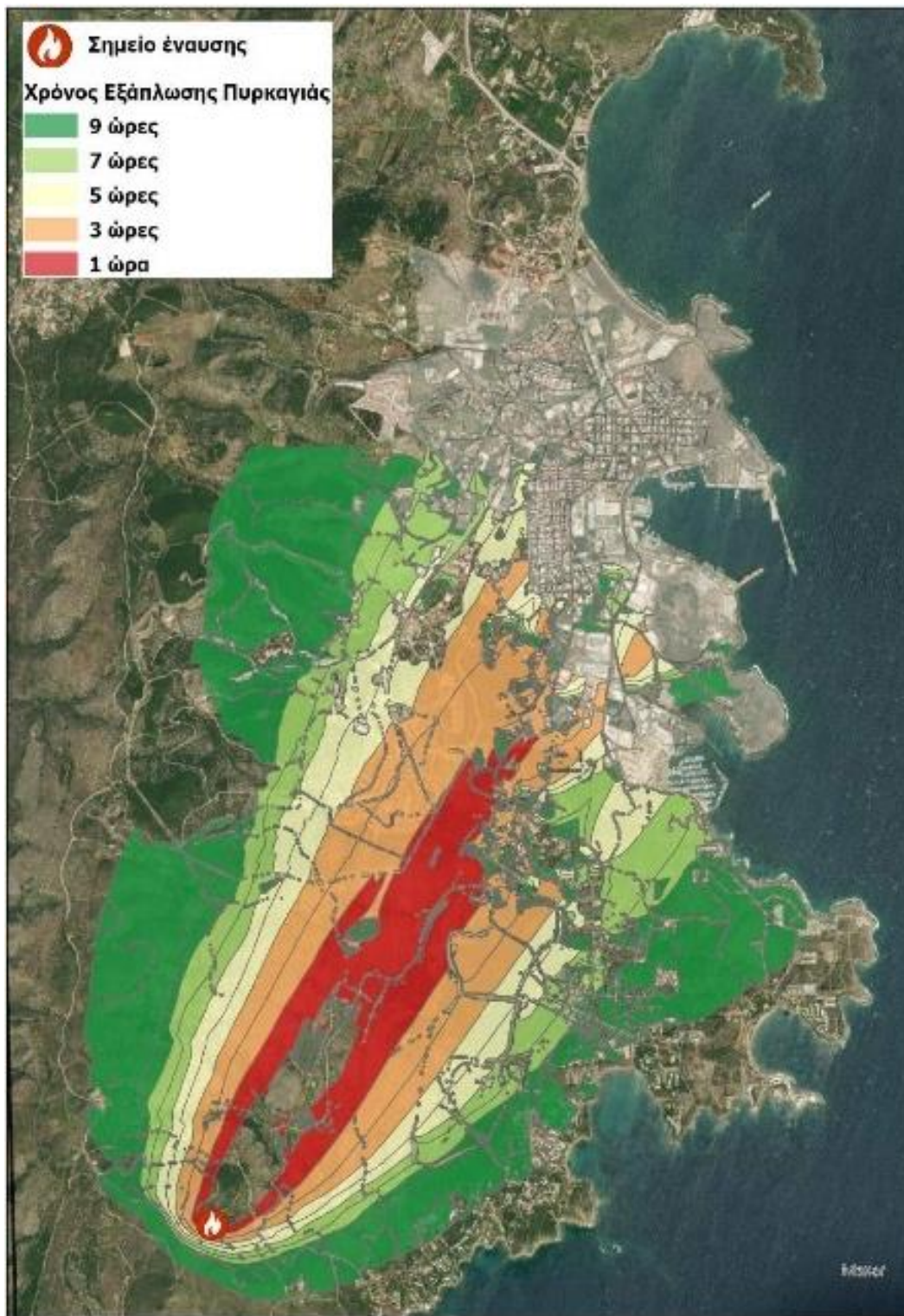
Σημείο Έναυσης 5



Εικόνα 45: Χωροχρονική εξάπλωση πυρκαγιάς από Σημείο 5 με ΝΔ άνεμο



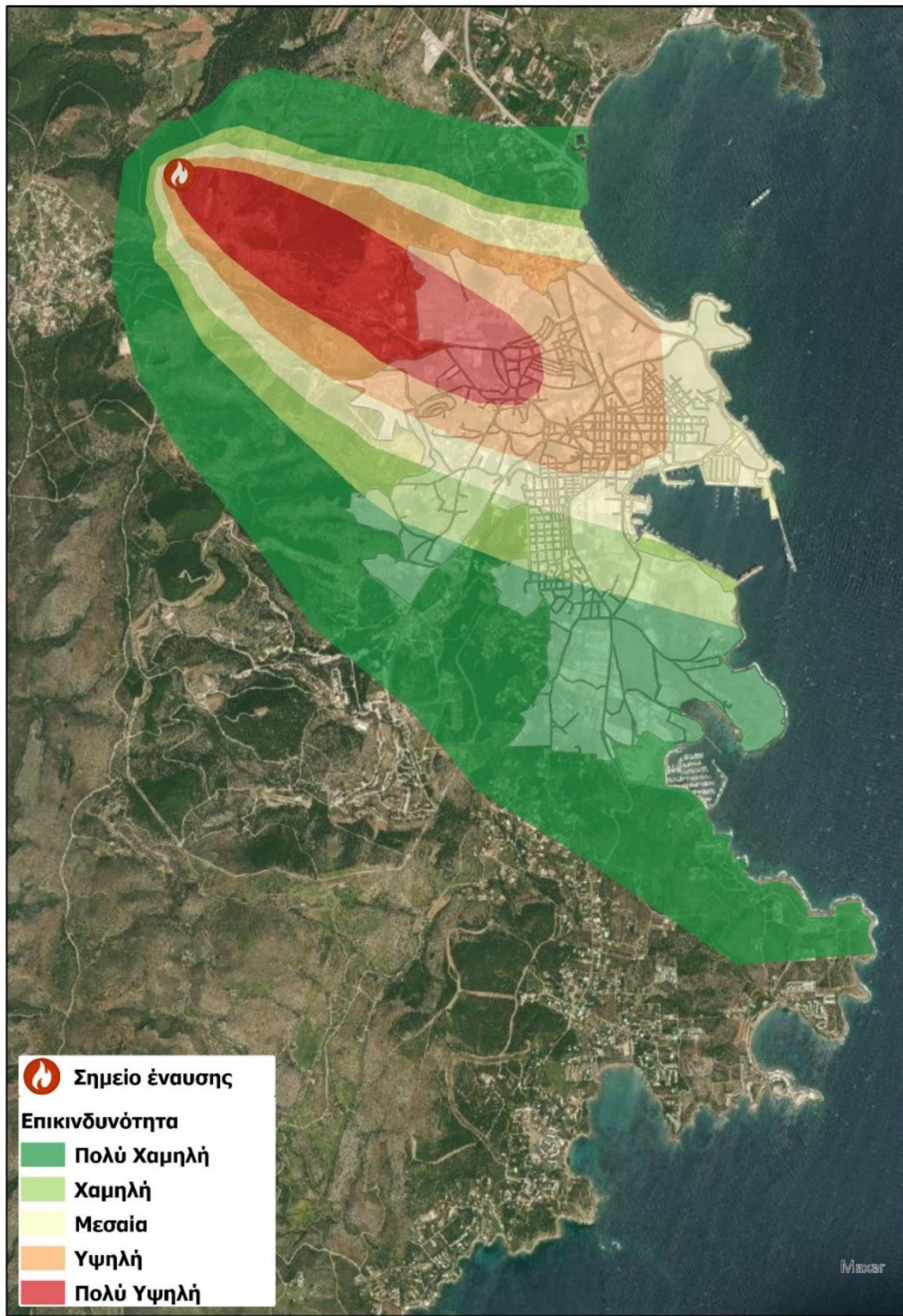
Σημείο Έναυσης 6



Εικόνα 46: Χωροχρονική εξάπλωση πυρκαγιάς από Σημείο 6 με ΝΔ άνεμο

## 7.2. Εκτίμηση Επικινδυνότητας Πυρκαγιάς

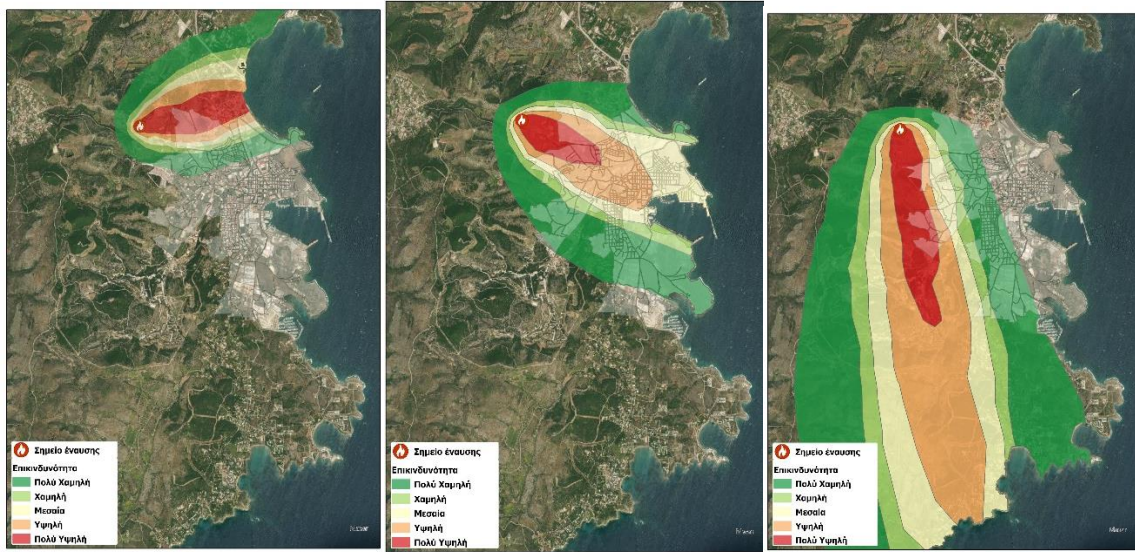
Σημείο Έναυσης 1



Εικόνα 47: Εκτίμηση Επικινδυνότητας από Σημείο 1 με ΒΔ άνεμο

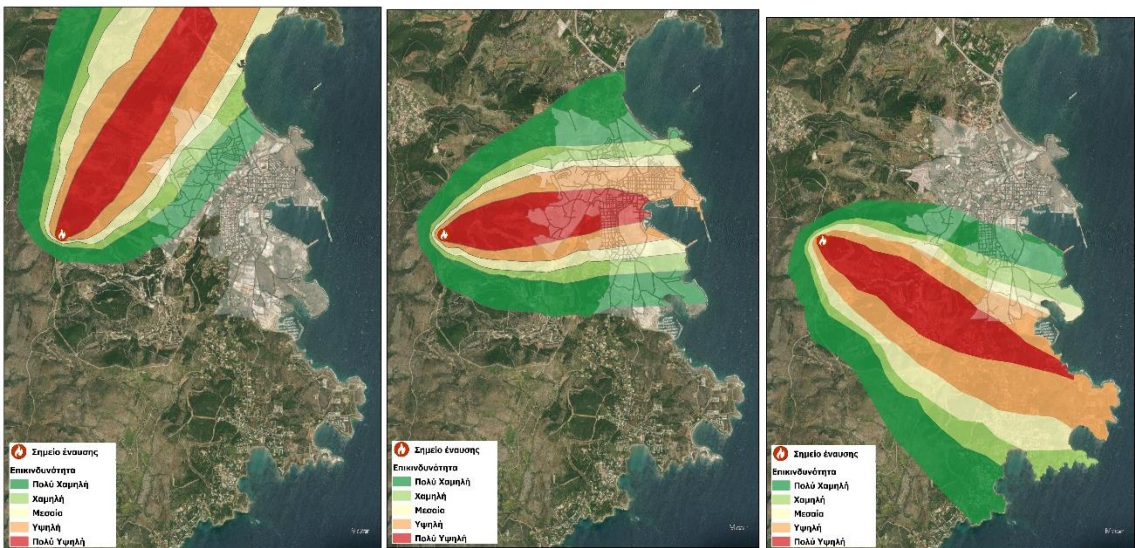


### Σημείο Έναυσης 2



Εικόνα 48: Εκτίμηση Επικινδυνότητας από Σημείο 2 με (από αριστερά προς δεξιά): α) Δυτικό άνεμο, β) ΒΔ άνεμο, γ) Βόρειο άνεμο

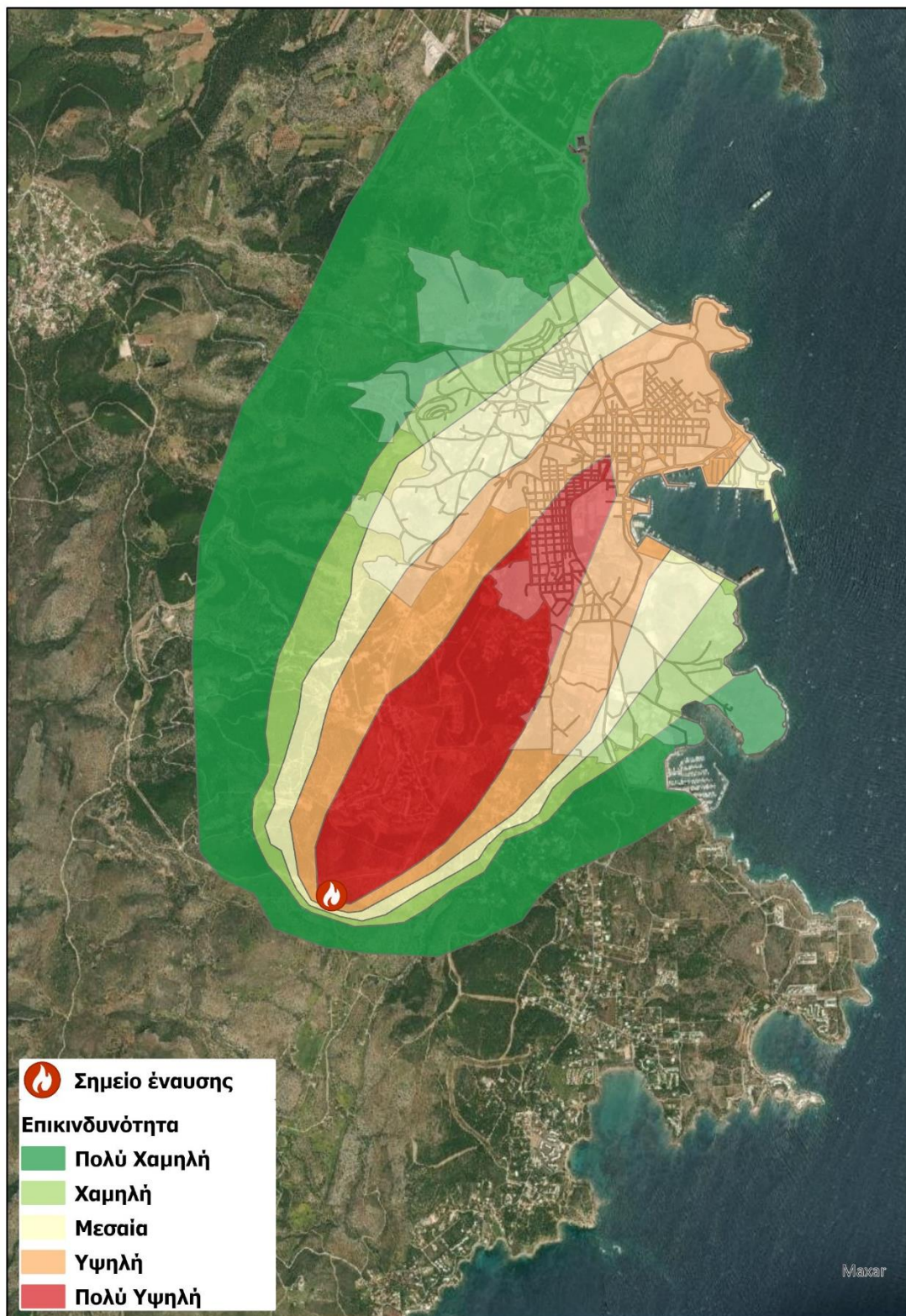
### Σημείο Έναυσης 3



Εικόνα 49: Εκτίμηση Επικινδυνότητας από Σημείο 3 με (από αριστερά προς δεξιά): α) ΝΑ άνεμο, β) Δυτικό άνεμο, γ) ΒΔ άνεμο



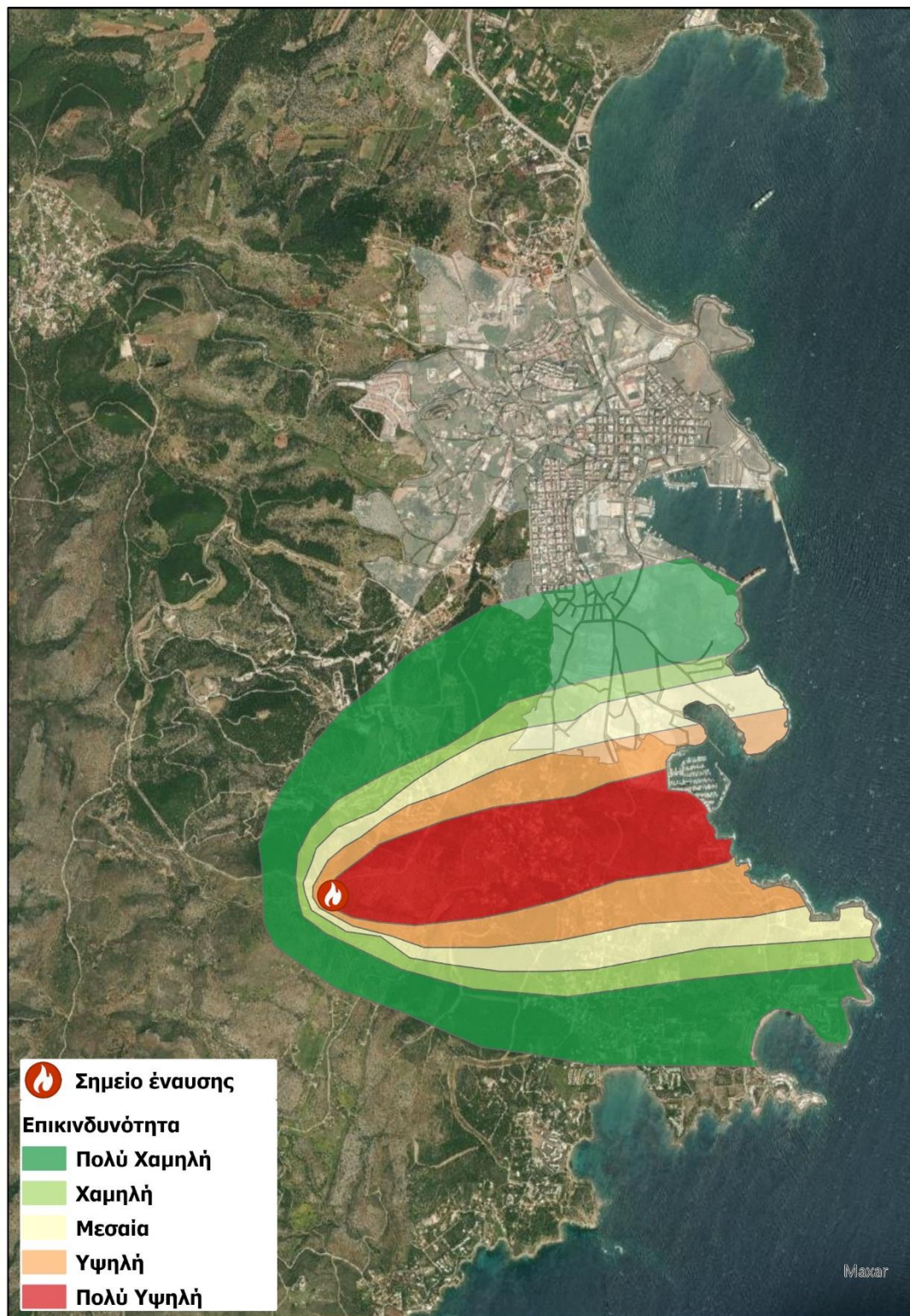
Σημείο Έναυσης 4



Εικόνα 50: Εκτίμηση Επικινδυνότητας από Σημείο 4 με ΝΑ άνεμο



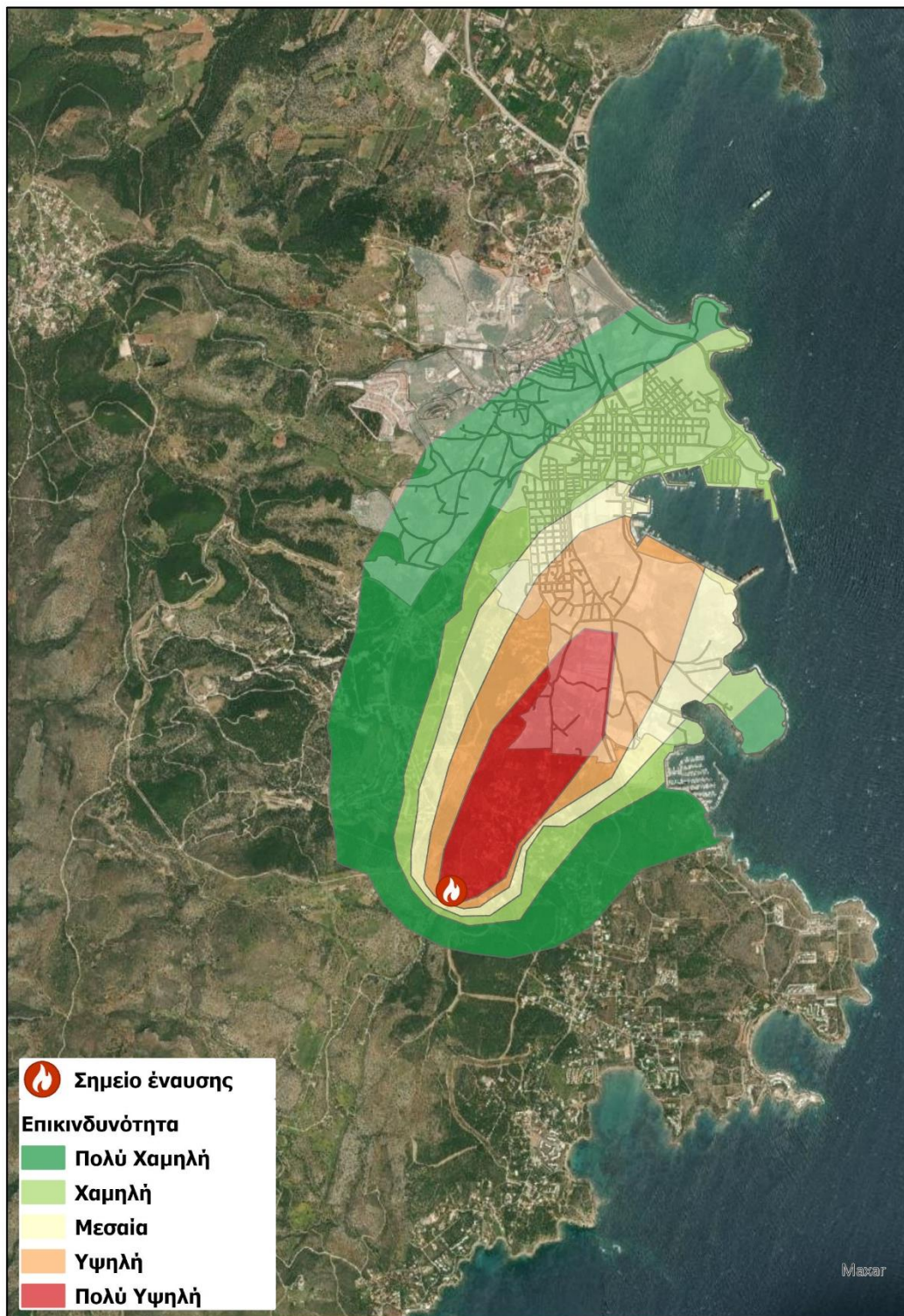
Σημείο Έναυσης 4



Εικόνα 51: Εκτίμηση Επικινδυνότητας από Σημείο 4 με Δυτικό άνεμο



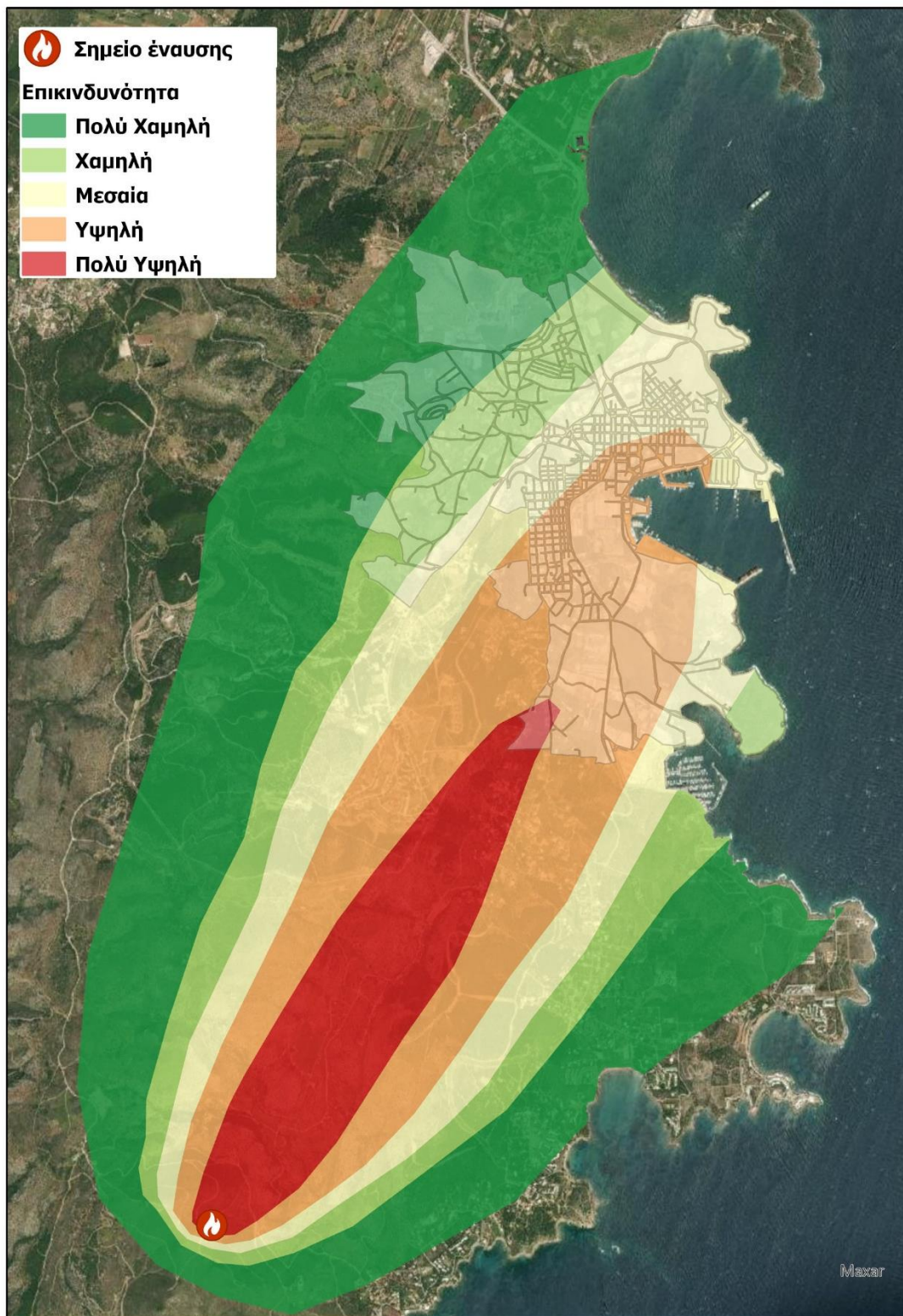
Σημείο Έναυσης 5



Εικόνα 52: Εκτίμηση Επικινδυνότητας από Σημείο 5 με ΝΔ άνεμο



Σημείο Έναυσης 6

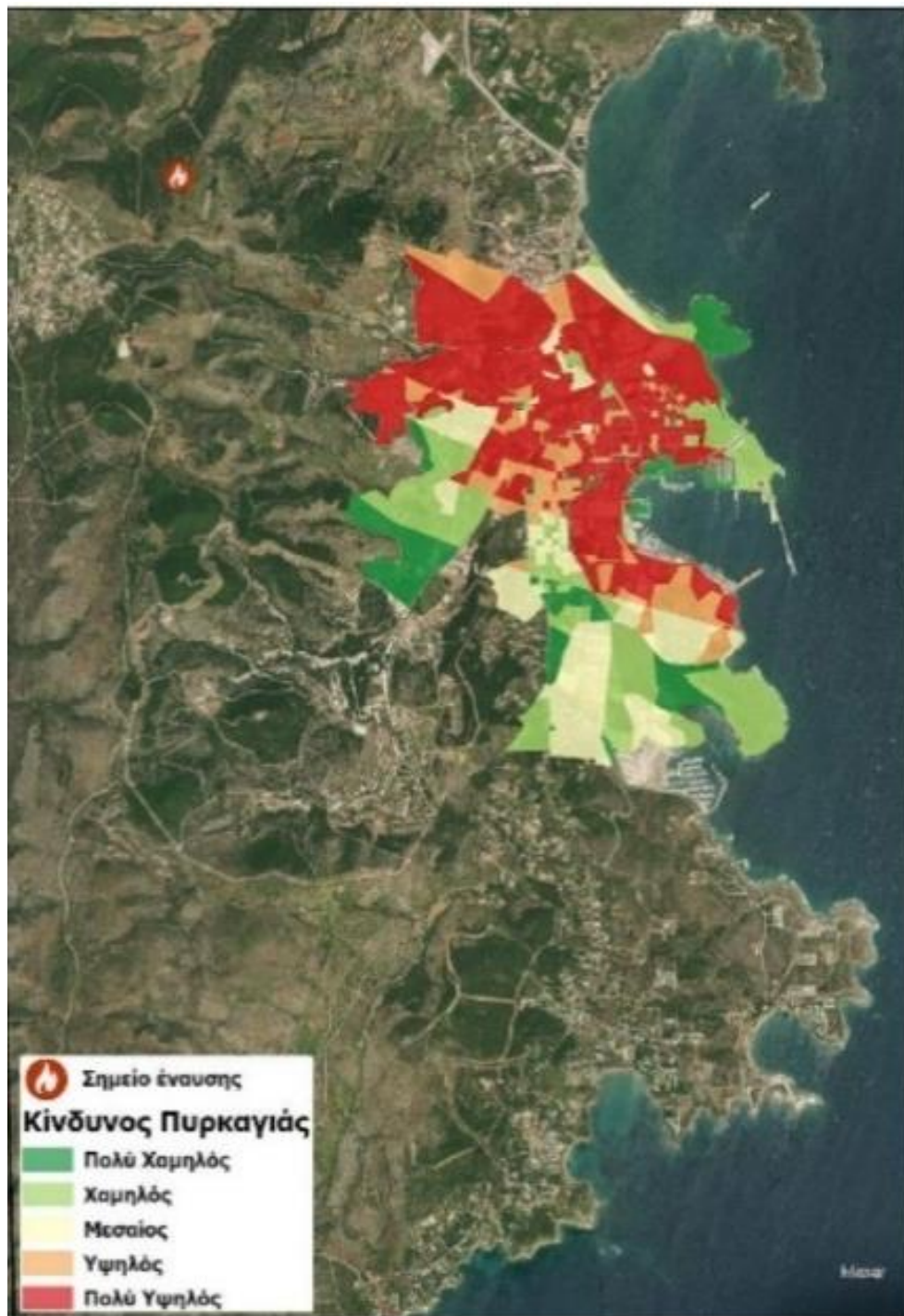


Εικόνα 53: Εκτίμηση Επικινδυνότητας από Σημείο 6 με ΝΑ άνεμο



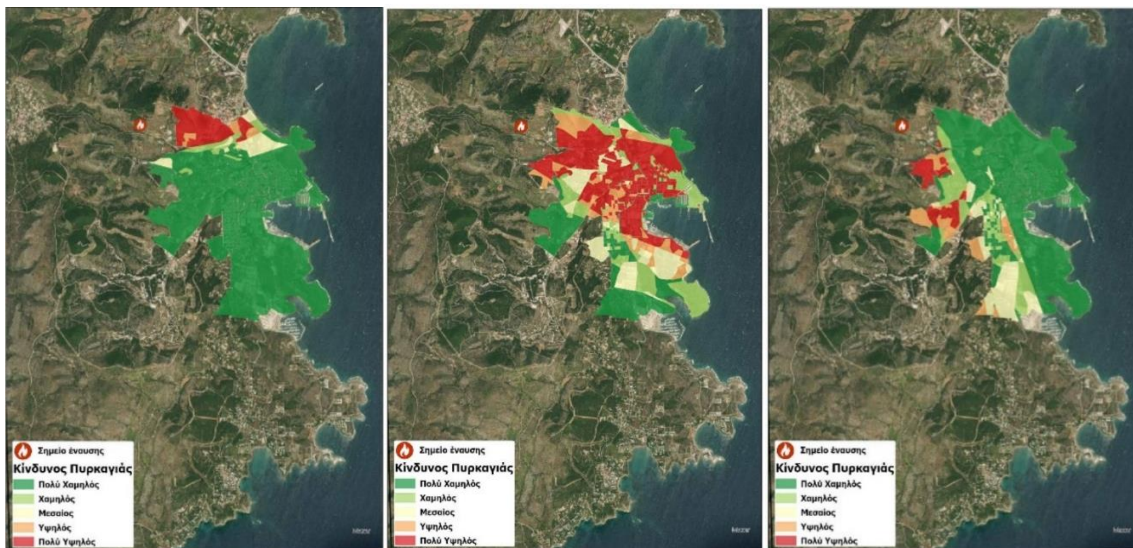
### 7.3. Εκτίμηση κινδύνου πυρκαγιάς

Σημείο Έναυσης 1



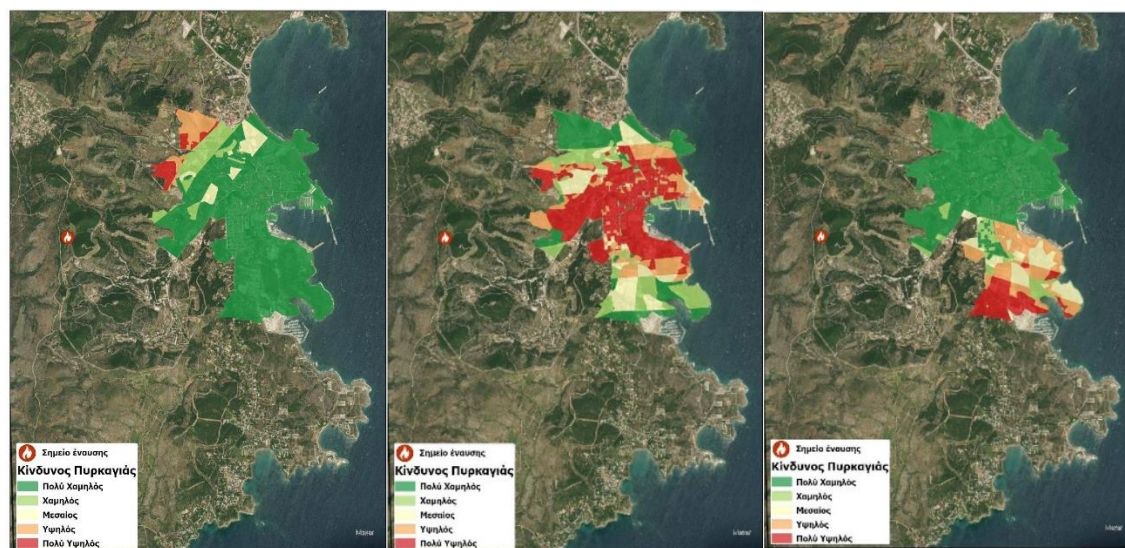
Εικόνα 54: Εκτίμηση κινδύνου πυρκαγιάς με θέση έναρξης φωτιάς το Σημείο 1 και ΒΔ άνεμο

## Σημείο Έναυσης 2



Εικόνα 55: Εκτίμηση κινδύνου πυρκαγιάς με θέση έναρξης φωτιάς το Σημείο 2 και (από αριστερά προς δεξιά): α) Δυτικό άνεμο, β) ΒΔ άνεμο, γ) Βόρειο άνεμο

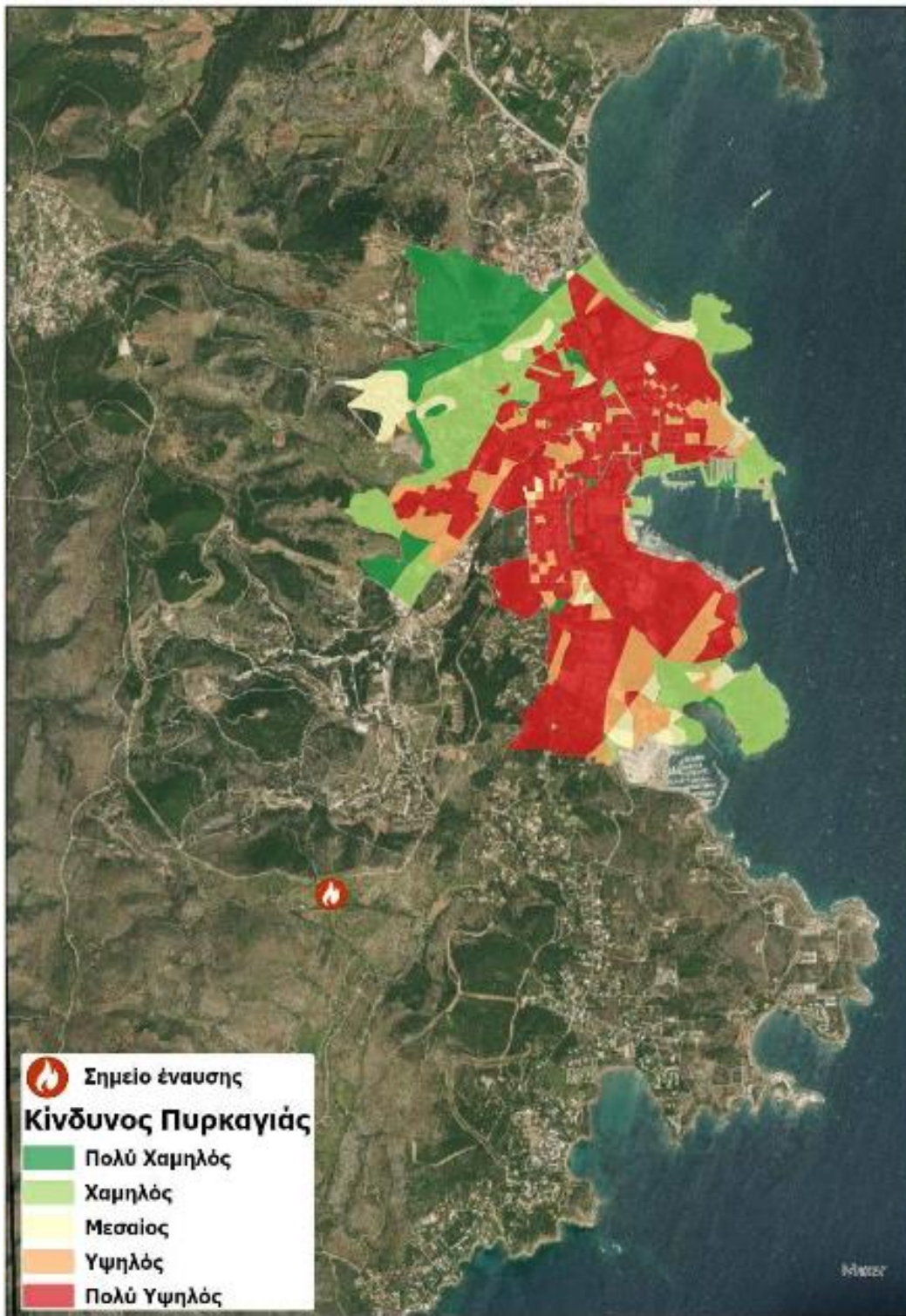
## Σημείο Έναυσης 3



Εικόνα 56: Εκτίμηση κινδύνου πυρκαγιάς με θέση έναρξης φωτιάς το Σημείο 3 και (από αριστερά προς δεξιά): α) ΝΔ άνεμο, β) Δυτικό άνεμο, γ) ΒΔ άνεμο

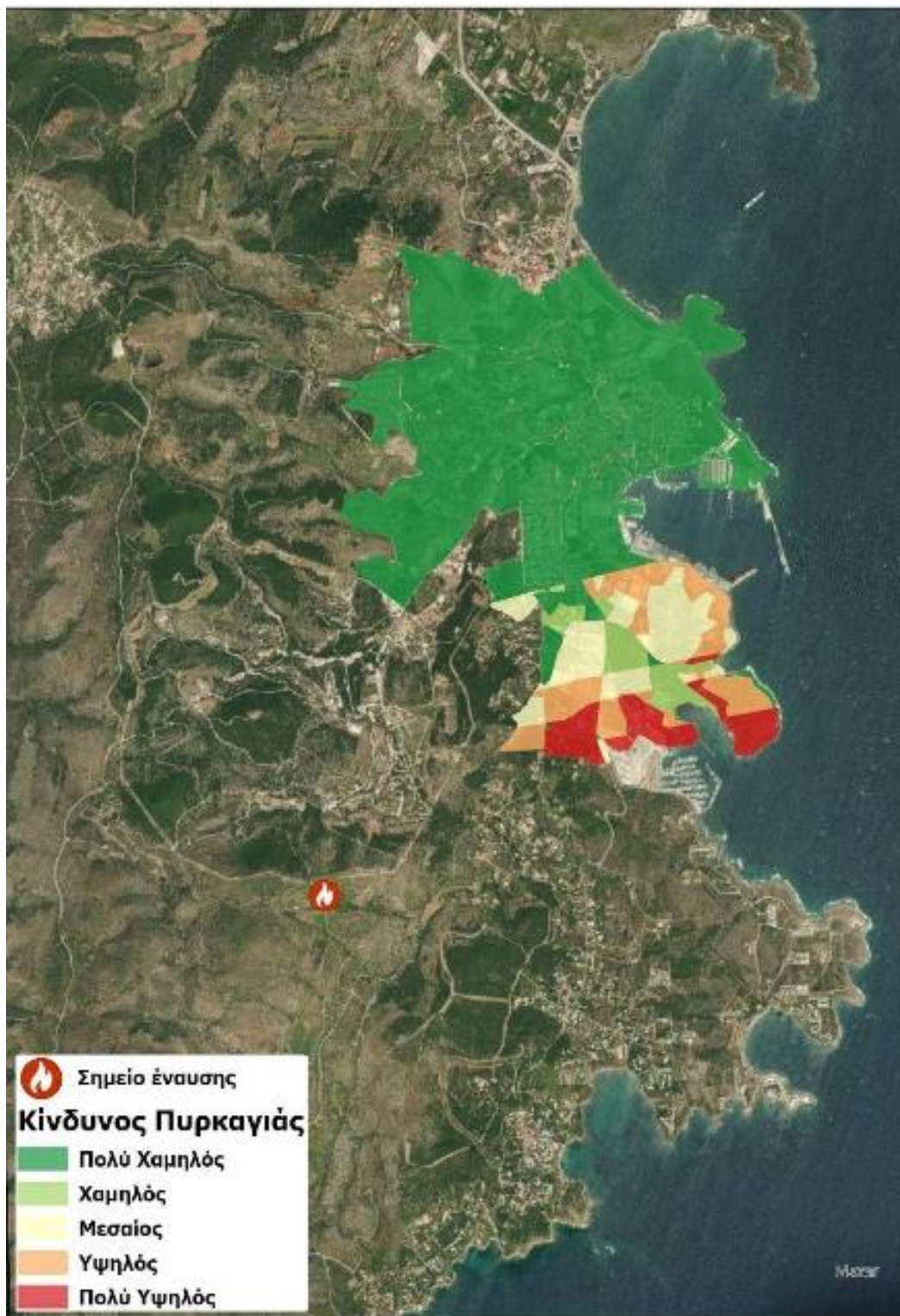


Σημείο Έναυσης 4



Εικόνα 57: Εκτίμηση κινδύνου πυρκαγιάς με θέση έναρξης φωτιάς το Σημείο 4 και ΝΔ άνεμο

Σημείο Έναυσης 4

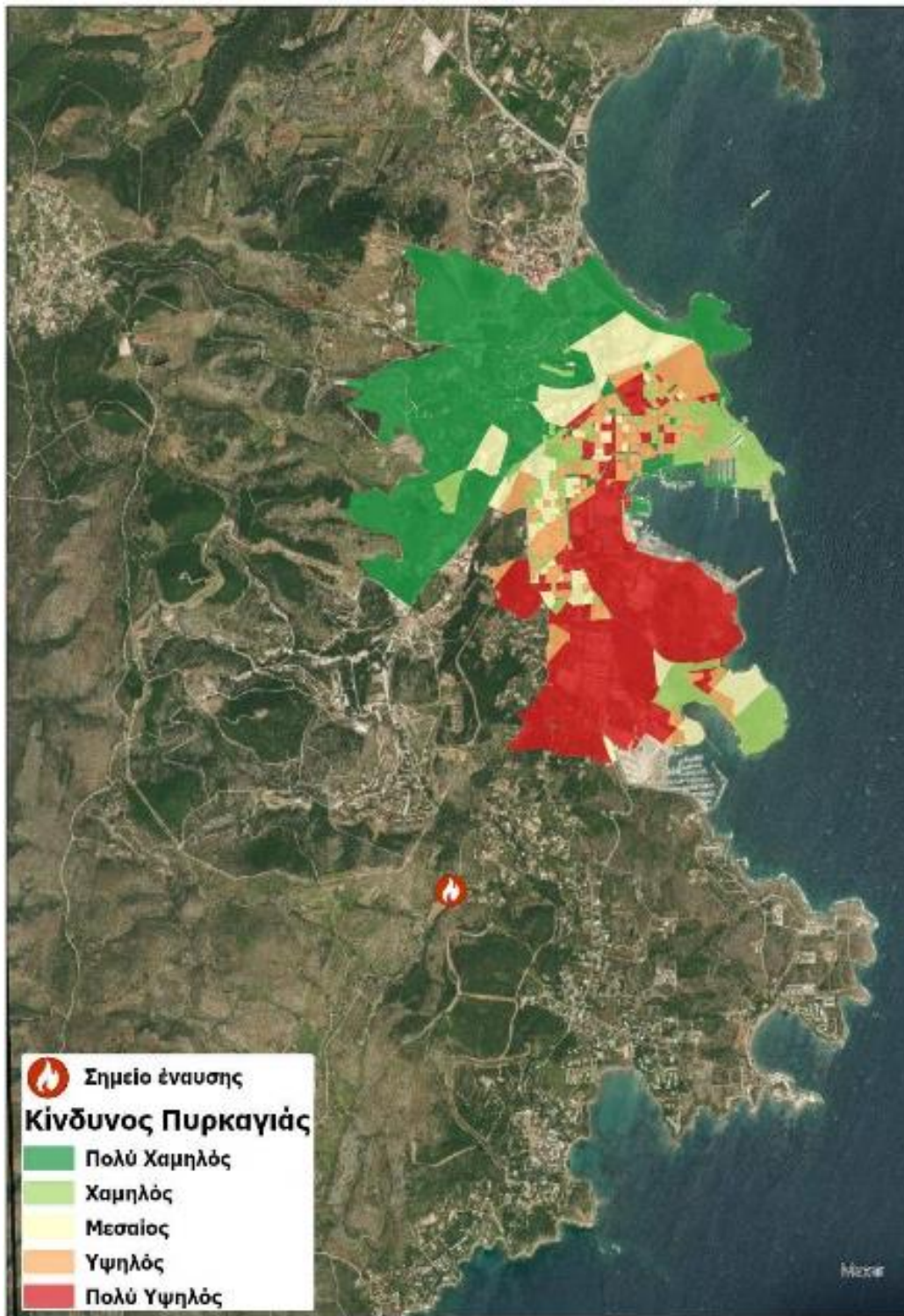


Εικόνα 58: Εκτίμηση κινδύνου πυρκαγιάς με θέση έναρξης φωτιάς το Σημείο 4 και Δυτικό άνεμο



«Εκτίμηση Κινδύνου Πυρκαγιάς σε Αστικό - Περιαστικό περιβάλλον για μεγάλη κλίμακα οικισμού» - Κοκκαλίδου Μάρθα

Σημείο Έναυσης 5

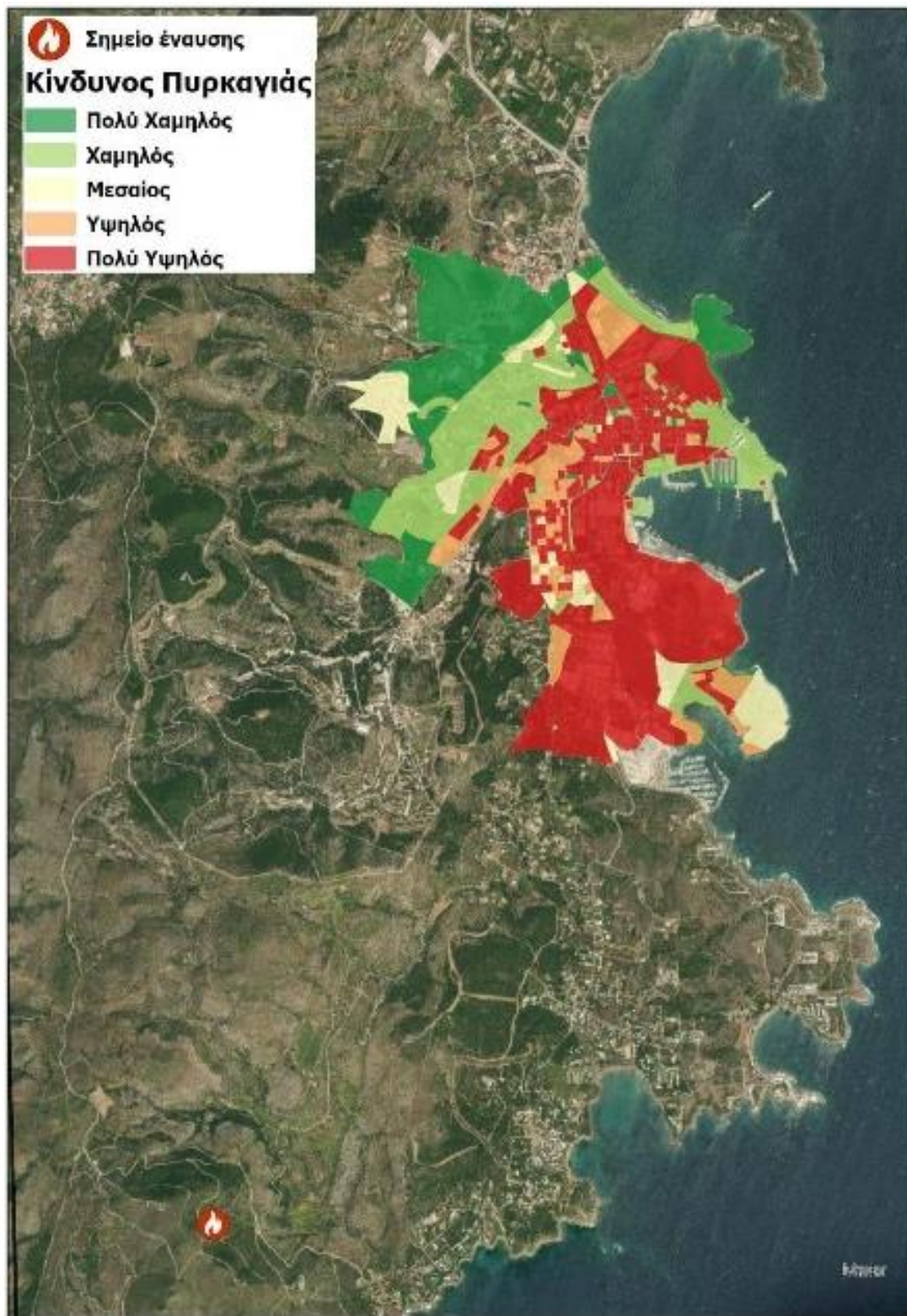


Εικόνα 59: Εκτίμηση κινδύνου πυρκαγιάς με θέση έναρξης φωτιάς το Σημείο 5 και ΝΔ άνεμο



«Εκτίμηση Κινδύνου Πυρκαγιάς σε Αστικό - Περιαστικό περιβάλλον για μεγάλη κλίμακα οικισμού» - Κοκκαλίδου Μάρθα

Σημείο Έναυσης 6



Εικόνα 60: Εκτίμηση κινδύνου πυρκαγιάς με θέση έναρξης φωτιάς το Σημείο 6 και ΝΔ άνεμο