



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

Σχολή Χημικών Μηχανικών και
Μηχανικών Περιβάλλοντος

Κατεύθυνση: Μηχανικών Περιβάλλοντος

ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΥΡΟ-ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΕ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΟ ΝΗΣΙ ΤΗΣ ΚΡΗΤΗΣ

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΤΗΣ
ΧΟΥΛΑΚΗ ΣΤΕΦΑΝΙΑΣ**

ΧΑΝΙΑ, ΙΟΥΝΙΟΣ, 2024

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για μη κερδοσκοπικό σκοπό, εκπαιδευτικού ή ερευνητικού χαρακτήρα, με την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για άλλη χρήση θα πρέπει να απευθύνονται προς το συγγραφέα. Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Πολυτεχνείου Κρήτης.



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

Σχολή Χημικών Μηχανικών και
Μηχανικών Περιβάλλοντος

Κατεύθυνση: Μηχανικών Περιβάλλοντος

ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΥΡΟ-ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΕ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΟ ΝΗΣΙ ΤΗΣ ΚΡΗΤΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΤΗΣ ΧΟΥΛΑΚΗ ΣΤΕΦΑΝΙΑΣ

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

ΒΟΥΛΓΑΡΑΚΗΣ ΑΠΟΣΤΟΛΟΣ (ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ)

ΓΡΥΛΛΑΚΗΣ ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ

ΚΟΥΤΡΟΥΛΗΣ ΑΡΙΣΤΕΙΔΗΣ

ΧΑΝΙΑ, ΙΟΥΝΙΟΣ, 2024

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΟΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	9
ABSTRACT	10
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	11
1.1. Συνθήκες δασικής καύσης	12
1.2. Μετάδοση πυρκαγιών	13
1.3. Στάδια δασικής καύσης	13
1.4. Βασικοί παράγοντες καθορισμού πυρκαγιάς	14
1.4.1. Καύσιμη ύλη	14
1.4.2. Τοπογραφία	14
1.4.3. Μετεωρολογικές συνθήκες	15
i. Άνεμος	15
ii. Θερμοκρασία – Σχετική υγρασία	15
iii. Βροχόπτωση	16
iv. Κεραυνοί – Καταιγίδες	16
1.5. Πρόβλεψη και πυρο-μετεωρολογία	16
1.6. Περιοχή μελέτης – Κρήτη	18
1.6.1. Κλίμα Κρήτης	18
1.7. Καναδικό Σύστημα Δείκτη Καιρού Δασικών Πυρκαγιών FWI	19
2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	22
2.1. Λήψη δεδομένων	22
2.1.1. Μετεωρολογικά δεδομένα	22
2.1.2. Δεδομένα Γενικής Γραμματείας Πολιτικής Προστασίας	25
2.2. Canadian Forest Fire Weather Index (FWI) System	26
2.3. Επεξεργασία δεδομένων	26
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	28
3.1. Αποτελέσματα σημειακών δεδομένων FWI	28
3.2. Αποτελέσματα χωρικής παρεμβολής FWI	30
Διαγράμματα ράβδων FWI των μετεωρολογικών σταθμών	32
3.3. Θηκογράμματα FWI	39
3.4. Διαγράμματα FWI και Πολιτικής Προστασίας	43
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ	55
4.1. Αποτελέσματα σημειακών δεδομένων και χωρικής ανάλυσης	55

4.2.	Αξιολόγηση ραβδογραμμάτων	56
4.3.	Αξιολόγηση των προβλέψεων της Πολιτικής Προστασίας (ΠΠ) σε σχέση με τον Fire Weather Index (FWI) στην Κρήτη.....	56
4.4.	Αξιολόγηση των προβλέψεων της Πολιτικής Προστασίας (ΠΠ) σε σχέση με τον Fire Weather Index (FWI) ανά νομό της Κρήτης.....	58
4.5.	Σύγκριση του δείκτη χωρικά με διαχωρισμό του νησιού σε Βορρά, Νότο και ορεινές περιοχές.....	59
4.6.	Προτάσεις για περεταίρω αξιοποίηση των αποτελεσμάτων	61
5.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	62
6.	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	64

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: τιμές FWI και συνιστωσών (Πηγή: https://effis.jrc.ec.europa.eu/about-effis/technical-background/fire-danger-forecast).....	20
Πίνακας 2: Στοιχεία μετεωρολογικών σταθμών όπως αναγράφονται στη λίστα του Meteo (Πηγή: https://stratus.meteo.noa.gr/front).....	23
Πίνακας 3 : Εύρη τιμών FWI για κάθε τιμή της Πολιτικής Προστασίας σε κάθε νομό για τα έτη 2020, 2021, 2022.....	50
Πίνακας 4 : Μέσος όρος των τιμών FWI των ετών 2020,2021 και 2022, που αντιστοιχούν σε κάθε τιμή της ΠΠ.....	51
Πίνακας 5 : Μέσος όρος του FWI όλων των νομών για κάθε έτος.	52
Πίνακας 6 : Μέσος όρος του FWI σε Χανιά-Ρέθυμνο και Ηράκλειο-Λασιθί, για τα έτη 2020, 2021, 2022.....	53
Πίνακας 7 : Σύγκριση μέσου FWI κατευθύνσεων N, S, M, όλου του νησιού σε σχέση με τους νομούς Χανιά-Ρέθυμνο και Ηράκλειο-Λασιθί.....	54
Πίνακας 8 : Σύγκριση μέγιστου FWI κατευθύνσεων N, S, M, όλου του νησιού σε σχέση με τους νομούς Χανιά-Ρέθυμνο και Ηράκλειο-Λασιθί.....	54
Πίνακας 9 : Εύρη τιμών των χαρτών σημειακών δεδομένων.....	55
Πίνακας 10 : Εύρη τιμών των χαρτών χωρικών δεδομένων.	55
<i>Πίνακας 11: Σύγκριση μέσου FWI κατευθύνσεων N, S, H, όλου του νησιού σε σχέση με τους νομούς Χανιά-Ρέθυμνο και Ηράκλειο-Λασιθί.</i>	<i>59</i>
<i>Πίνακας 12: Σύγκριση μέσου FWI κατευθύνσεων N, S, H, όλου του νησιού σε σχέση με τους νομούς Χανιά-Ρέθυμνο και Ηράκλειο-Λασιθί.</i>	<i>60</i>

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 1 : Σύγκριση χρονοσειράς για το έτος 2020 της μέσης τιμής FWI με το δείκτη επικινδυνότητας της Πολιτικής Προστασίας για τον Νομό Χανίων.....	43
Διάγραμμα 2 : Σύγκριση χρονοσειράς για το έτος 2020 της μέσης τιμής FWI με το δείκτη επικινδυνότητας της Πολιτικής Προστασίας για τον Νομό Ρεθύμνου.	44
Διάγραμμα 3 : Σύγκριση χρονοσειράς για το έτος 2020 της μέσης τιμής FWI με το δείκτη επικινδυνότητας της Πολιτικής Προστασίας για τον Νομό Ηρακλείου.	44
Διάγραμμα 4 : Σύγκριση χρονοσειράς για το έτος 2020 της μέσης τιμής FWI με το δείκτη επικινδυνότητας της Πολιτικής Προστασίας για τον Νομό Λασιθίου.	45
Διάγραμμα 5 : Σύγκριση χρονοσειράς για το έτος 2021 της μέσης τιμής FWI με το δείκτη επικινδυνότητας της Πολιτικής Προστασίας για τον Νομό Χανίων.....	46
Διάγραμμα 6 : Σύγκριση χρονοσειράς για το έτος 2021 της μέσης τιμής FWI με το δείκτη επικινδυνότητας της Πολιτικής Προστασίας για τον Νομό Ρεθύμνου.	46
Διάγραμμα 7 : Σύγκριση χρονοσειράς για το έτος 2021 της μέσης τιμής FWI με το δείκτη επικινδυνότητας της Πολιτικής Προστασίας για τον Νομό Ηρακλείου.	47
Διάγραμμα 8 : Σύγκριση χρονοσειράς για το έτος 2021 της μέσης τιμής FWI με το δείκτη επικινδυνότητας της Πολιτικής Προστασίας για τον Νομό Λασιθίου.	47
Διάγραμμα 9 : Σύγκριση χρονοσειράς για το έτος 2022 της μέσης τιμής FWI με το δείκτη επικινδυνότητας της Πολιτικής Προστασίας για τον Νομό Χανίων.....	48
Διάγραμμα 10 : Σύγκριση χρονοσειράς για το έτος 2022 της μέσης τιμής FWI με το δείκτη επικινδυνότητας της Πολιτικής Προστασίας για τον Νομό Ρεθύμνου.	48
Διάγραμμα 11 : Σύγκριση χρονοσειράς για το έτος 2022 της μέσης τιμής FWI με το δείκτη επικινδυνότητας της Πολιτικής Προστασίας για τον Νομό Ηρακλείου.	49
Διάγραμμα 12 : Σύγκριση χρονοσειράς για το έτος 2022 της μέσης τιμής FWI με το δείκτη επικινδυνότητας της Πολιτικής Προστασίας για τον Νομό Λασιθίου.	49

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Τρίγωνο της φωτιάς (https://www.fria.gr/mmfrja/index.php?id=100&catid=38&lan=GR&tl=CATEGORYID)	12
Εικόνα 2 : Παράδειγμα ημερήσιου δελτίου πρόβλεψης κινδύνου πυρκαγιάς από την Γενική Γραμματεία Προστασίας του Πολίτη	17
Εικόνα 3 : Δομή του Καναδικού Συστήματος Δείκτη Καιρού Δασικών Πυρκαγιών (FWI) (Πηγή: https://cwfis.cfs.nrcan.gc.ca/background/summary/fwi).	20
Εικόνα 4 : Απεικόνιση τοποθεσιών όλων των μετεωρολογικών σταθμών που χρησιμοποιήθηκαν στο νησί της Κρήτης (GIS).	24
Εικόνα 5: Σημειακά δεδομένα των ελάχιστων τιμών του δείκτη FWI.	28
Εικόνα 6: Σημειακά δεδομένα των μέσων τιμών του δείκτη FWI.	28
Εικόνα 7: Σημειακά δεδομένα των μέγιστων τιμών του δείκτη FWI.	29
Εικόνα 8 : Χωρική παρεμβολή IDW όλων των μετεωρολογικών σταθμών των ελάχιστων τιμών FWI.	30
Εικόνα 9 : Χωρική παρεμβολή IDW όλων των μετεωρολογικών σταθμών των μέσων τιμών FWI.	30
Εικόνα 10 : Χωρική παρεμβολή IDW όλων των μετεωρολογικών σταθμών των μέγιστων τιμών FWI.	31
Εικόνα 12: Χωρική παρεμβολή IDW όλων των μετεωρολογικών σταθμών των μέσων τιμών FWI για παραπάνω από έξι χρόνια.....	31
Εικόνα 14 : Ραβδογράμματα μέσου και μέγιστου FWI των μετεωρολογικών σταθμών στον βόρειο, ορεινό και νότιο τομέα για το 2020.	32
Εικόνα 15 : Ραβδογράμματα μέσου και μέγιστου FWI των μετεωρολογικών σταθμών στον βόρειο, ορεινό και νότιο τομέα για το 2021.	33
Εικόνα 16 : Ραβδογράμματα μέσου και μέγιστου FWI των μετεωρολογικών σταθμών στον βόρειο, ορεινό και νότιο τομέα για το 2022.	34
Εικόνα 17 : Ραβδογράμματα μέγιστων και μέσων τιμών FWI των μετεωρολογικών σταθμών ανά νομό του νησιού για το 2020.	35
Εικόνα 18 : Ραβδογράμματα μέγιστων και μέσων τιμών FWI των μετεωρολογικών σταθμών ανά νομό του νησιού για το 2021.	36
Εικόνα 19 : Ραβδογράμματα μέγιστων και μέσων τιμών FWI των μετεωρολογικών σταθμών ανά νομό του νησιού για το 2022.	37
Εικόνα 20: Θηκογράμματα μέσων και μέγιστων τιμών FWI για το βόρειο, νότιο και ορεινό κομμάτι (2020, 2021, 2022).	39
Εικόνα 21: Θηκογράμματα μέσων και μέγιστων τιμών FWI για το βόρειο, νότιο και ορεινό κομμάτι Χανίων-Ρεθύμνου (2020, 2021, 2022).	41
Εικόνα 22: Θηκογράμματα μέσων και μέγιστων τιμών FWI για το βόρειο, νότιο και ορεινό κομμάτι Ηρακλείου-Λασιθίου (2020, 2021, 2022).	42

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία μελετά τις πυρο-μετεωρολογικές συνθήκες σε δεδομένα παρατήρησης του νησιού της Κρήτης κατά την αντιπυρική περίοδο Ιούνιος-Οκτώβριος (έως το 2022). Σκοπός της είναι να αξιολογήσει και να συγκρίνει την έως σήμερα μέθοδο εκτίμησης επικινδυνότητας πυρκαγιών που γίνεται από τη Γενική Γραμματεία Πολιτικής Προστασίας, σε σχέση με το Καναδικό Σύστημα Δείκτη Καιρού Δασικών Πυρκαγιών FWI στην περιοχή μελέτης, και να διερευνήσει αν η δεύτερη είναι μία πιο αποτελεσματική και ακριβέστερη μέθοδος. Πυρο-Μετεωρολογικές συνθήκες είναι οι μετεωρολογικές συνθήκες που επηρεάζουν την συμπεριφορά μίας πυρκαγιάς, από το ξέσπασμά της έως και το τέλος της. Οι συνθήκες αυτές που μελετήθηκαν στην παρούσα εργασία (ημερησίως) είναι: ο άνεμος, η υγρασία, η θερμοκρασία και η βροχή. Πιο συγκεκριμένα: η ταχύτητα του μέσου ημερήσιου ανέμου (Km/h), η ελάχιστη σχετική υγρασία (%), η μέση ημερήσια θερμοκρασία (°C) και τα χιλιοστά βροχόπτωσης της προηγούμενης ημέρας. Αυτές είναι οι παράμετροι που λήφθηκαν από τους μετεωρολογικούς σταθμούς του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών που εξετάστηκαν για τις χρονιές ενδιαφέροντος 2011-2022 και ειδικότερα 2020-2022, και στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκαν για να υπολογιστεί ο Καναδικός δείκτης πρόβλεψης επικινδυνότητας πυρκαγιάς FWI με χρήση της γλώσσας προγραμματισμού MatLab. Έπειτα, με τον διαχωρισμό πρώτα ολόκληρου του νησιού και ύστερα των νομών του σε βόρειο, νότιο και ορεινό κομμάτι, έγιναν διαγράμματα των αποτελεσμάτων του FWI καθώς και χωρικές παρεμβολές (2020-2022), ώστε να εξεταστεί η διαφοροποίηση της επικινδυνότητας ανάλογα με το είδος της περιοχής. Στη συνέχεια, από την επεξεργασία των αποτελεσμάτων συμπεραίνεται ότι αρχικά ο δείκτης FWI έχει μία περισσότερο ευαίσθητη κλίμακα επικινδυνότητας σε σχέση με την κλίμακα (1-5) της Προστασίας του Πολίτη και ότι ο διαχωρισμός σε βόρειο, νότιο και ορεινό κομμάτι είναι πιο αποτελεσματικός συγκριτικά με το διαχωρισμό ανά νομό που γίνεται μέχρι σήμερα και τοπικών προβλέψεων σε περίπτωση που ζητηθούν από τον επιχειρησιακό αξιωματικό του Πυροσβεστικού Σώματος. Προτείνεται λοιπόν, η προσαρμογή του Καναδικού Συστήματος Δείκτη Καιρού Δασικών Πυρκαγιών στην υπάρχουσα μέθοδο πρόβλεψης επικινδυνότητας πυρκαγιών της Ελλάδας, μαζί με την επέκταση της αντιπυρικής περιόδου.

ABSTRACT

This thesis studies pyro-meteorological conditions using observational data from the island of Crete during the fire season: June-October (until 2022). Its purpose is to evaluate and compare the current method of fire risk assessment carried out by the General Secretariat for Civil Protection with the Canadian Forest Fire Weather Index System FWI in the study area, and to show whether the latter is a more effective and accurate method. Forest fires are fires that take on large dimensions and usually cause disasters in the ecosystem and nature [Triantafyllidis Dictionary]. Pyro-meteorological conditions are the meteorological conditions that affect the behavior of a wildfire, from its outbreak, and until it is put out. The daily meteorological variables used in this dissertation are wind, humidity, temperature, and rainfall. More specifically: the average daily wind speed (km/h), the minimum relative humidity (%), the average daily temperature (°C) and the previous day rainfall in millimeters. These are the parameters obtained from the weather stations from the app 'Meteo Search' that were examined for the years of interest 2011-2022 and specifically 2020-2022, and then used to calculate the Canadian Forest Fire Weather Index using the programming language MatLab. Then, by dividing firstly the entire island and then its geographical districts into North, South and mountainous regions, diagrams of the FWI results as well as spatial analysis (2020-2022) were made. After processing the results, the main conclusions that were reached are that the FWI index has a stricter risk distribution in relation to the one of Civil Protection, and that the division into North, South and based on altitude is more effective compared to the division by geographical district that is made until today unless local forecasts are requested by the operational officer of the Fire Brigade. It is therefore proposed to implement the Canadian Forest Fire Weather Index System into the existing method of fire prediction of Greece and the possibility of extending the fire season.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι πυρκαγιές έχουν δραματικές και καταστροφικές επιπτώσεις στα τοπία και τις ανθρώπινες δομές και αποτελούν σημαντικούς παράγοντες στον περιβαλλοντικό μετασχηματισμό. Δυστυχώς, συχνά οι επιπτώσεις τους στις φυσικές πτυχές του περιβάλλοντος, όπως τα οικοσυστήματα, τη βιοποικιλότητα και το κλίμα, δεν λαμβάνουν την προσοχή που χρειάζεται (Bowman, 2009).

Η φωτιά αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι πολλών χερσαίων περιοχών, συμπεριλαμβανομένης της Μεσόγειου (Κούτσιας, 2013) και είναι ένα πολύ σύνηθες φαινόμενο στις Μεσογειακές χώρες κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου καθώς οι υψηλές θερμοκρασίες και οι παρατεταμένες περίοδοι ξηρασίας προκαλούν καταστροφές των δασών, ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στην κάθε περιοχή. Η καταστροφή αυτή των δασών της χώρας, οδηγεί ολοένα και γρηγορότερα στη μείωση του δασικού πλούτου σε οριακά επίπεδα, χωρίς να μπορούν πλέον τα δάση να ανταποκρίνονται στην παραγωγή προϊόντων (δημιουργία αποθεμάτων νερού, προστασία εδαφών κλπ.) και ως βελτιωτικοί παράγοντες της συνεχούς υποβάθμισης των συνθηκών ζωής.

Το πρόβλημα των πυρκαγιών στην Ελλάδα ολοένα και αυξάνεται με την πάροδο του χρόνου. Η Ελλάδα έχει το σοβαρότερο πρόβλημα δασικών πυρκαγιών μεταξύ των χωρών της ΕΕ, όχι μόνο σύμφωνα με τον αριθμό των πυρκαγιών που ξεσπούν κάθε χρόνο, αλλά και σύμφωνα με τον μέσο όρο καμένων εκτάσεων ανά πυρκαγιά (L.S. Iliadis et. al, 2002). Αποτελούν τη μεγαλύτερη απειλή για τα δάση, καθώς είναι δυνατό να κάψουν μεγάλες εκτάσεις σε μικρή χρονική περίοδο. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η πυρκαγιά στο δάσος Δαδιάς του Έβρου, όπου αποτελεί τη μεγαλύτερη πυρκαγιά στην ΕΕ από τη δεκαετία του 1980 με την καμένη έκταση να ανέρχεται συνολικά στα 96 χιλιάδες εκτάρια και πολυάριθμα ανθρώπινα θύματα (https://joint-research-centre.ec.europa.eu/jrc-news-and-updates/wildfires-2023-among-worst-eu-century-2024-04-10_en). Οι περιοχές με Μεσογειακό κλίμα όπως η Ελλάδα, και ειδικότερα περιοχές σαν την Κρήτη που καλύπτονται από ποικιλία ευαίσθητων οικοσυστημάτων (Στεργιάδης, 1990), παράλληλα με τις κλιματολογικές συνθήκες (υψηλές θερμοκρασίες και ισχυροί άνεμοι) που επικρατούν τη θερινή περίοδο, είναι ιδανικές για τη δημιουργία ενός πυριγενούς περιβάλλοντος.

Δυστυχώς, ένα σημαντικό ποσοστό της πρόκλησης πυρκαγιών κατέχει η ανθρώπινη δραστηριότητα. Αναλυτικότερα, η πύκνωση των μεγάλων αστικών και επαρχιακών πόλεων, η οποία οδηγεί τους ανθρώπους να στρέφονται σε δάση για αναψυχή και επαφή με τη φύση, κάτι που λείπει από τις πόλεις, έχει πολλαπλασιάσει τις πυρκαγιές που δεν προκαλούνται από φυσικά αίτια, με σημείο έναρξης το χώρο διαχωρισμού αστικού κέντρου και δάσους (Ταμπάκης, Καρανικόλα, 2015). Ταυτόχρονα, η μείωση της αγροτικής απασχόλησης και η κατ'επέκταση εγκατάλειψη των αγροτικών περιοχών έχει αυξήσει την διαθέσιμη καύσιμη ύλη.

Οι πυρκαγιές πολύ συχνά καταστρέφουν τα δάση, επηρεάζοντας άμεσα τις λειτουργίες του. Ο ρόλος τους ωστόσο δεν είναι πάντα αρνητικός, όμως είναι δυνατό να οδηγήσουν στην ολοκληρωτική καταστροφή και απώλεια ενός δάσους, διότι είναι σε θέση να διευκολύνουν την εμφάνιση ενός άλλου σημαντικού κινδύνου που είναι η αλλαγή χρήσεων γης.

Πρέπει να αναφερθεί ότι η φωτιά είναι ένα αναπότρεπτο φαινόμενο μέχρι ένα βαθμό, κάποιες φορές μάλιστα είναι αναγκαία σε οικοσυστήματα που εξαρτώνται από αυτή αφού έχει αναγεννητικό ρόλο. Το κλίμα και οι μετεωρολογικές συνθήκες επηρεάζουν σημαντικά την

έναρξη και την εξέλιξη των δασικών πυρκαγιών και την επακόλουθη αποκατάσταση της βλάστησης (Ταμπάκης, Καρανικόλα, 2015).

Τα τελευταία χρόνια ο ρυθμός εμφάνισης πυρκαγιών είναι ανησυχητικός, με το διάστημα επανεμφάνισής τους να μειώνεται παρόλες τις προσπάθειες του Κράτους (Ταμπάκης, Καρανικόλα, 2015). Είναι λοιπόν αναγκαία η ανάπτυξη ακριβέστερων και περισσότερο συγκεκριμένων μεθόδων πρόβλεψης επικινδυνότητας πυρκαγιών.

1.1. Συνθήκες δασικής καύσης

Η φωτιά ξεκινάει με την ανάφλεξη. Η ανάφλεξη γίνεται στον αέρα που υπάρχει οξυγόνο και το καύσιμο καίγεται. Τα τρία στοιχεία που χρειάζονται για την έναρξη και τη διατήρηση της καύσης είναι:

1. Θερμότητα : για την έναρξη και διατήρηση της καύσης
2. Οξυγόνο : γιατί ενισχύει τις χημικές αντιδράσεις της καύσης
3. Καύσιμη ύλη : για να καεί

Αυτά τα στοιχεία συνθέτουν το «τρίγωνο της φωτιάς» και είναι απαραίτητα για να ολοκληρωθεί η καύση. Με την αφαίρεση ενός από τα στοιχεία αυτά, το τρίγωνο παύει να υπάρχει και κατ' επέκτασιν η καύση σταματάει. Αυτή είναι και η τεχνική που ακολουθείται στην κατάσβεση πυρκαγιών, όπου γίνεται προσπάθεια απόσπασης οποιασδήποτε πλευράς του τριγώνου της φωτιάς. Πάνω σε αυτή την αρχή στηρίζονται όλες οι μέθοδοι πρόληψης και καταστολής των δασικών πυρκαγιών (<https://www.fria.gr/mmfrja/index.php?id=100&catid=38&lan=GR&tl=CATEGORYID>) .



Εικόνα 1: Τρίγωνο της φωτιάς

(<https://www.fria.gr/mmfrja/index.php?id=100&catid=38&lan=GR&tl=CATEGORYID>)

1.2. Μετάδοση πυρκαγιών

Στις δασικές πυρκαγιές, η θερμότητα που είναι αρκετή για την πρόκληση καύσης είναι δυνατό να μεταδοθεί σε νέα καύσιμη ύλη μέσω :

1. Αγωγιμότητας
2. Μεταφοράς
3. Ακτινοβολίας

Αγωγιμότητα είναι η μετάδοση θερμότητας μέσω μοριακής δραστηριότητας του ίδιου ή διαφορετικών υλικών που βρίσκονται σε επαφή. Η αγωγιμότητα δεν αποτελεί βασικό παράγοντα εξάπλωσης πυρκαγιών.

Μεταφορά είναι η μετάδοση θερμότητας με τη ροή υγρών και αερίων. Στις δασικές πυρκαγιές, η μεταφορά γίνεται αισθητή με την κίνηση του αέρα και του καπνού που υψώνεται πάνω από τη φωτιά. Η μεταφορά ως μηχανισμός μετάδοσης θερμότητας είναι πολύ γρηγορότερη από την αγωγιμότητα, καίγοντας έτσι γρήγορα την καύσιμη ύλη. Μάλιστα, είναι ο πιο σημαντικός παράγοντας για τη συμπεριφορά της δασικής φωτιάς.

Ακτινοβολία είναι η μετάδοση ενέργειας (και θερμότητας) δια μέσου των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων με την ταχύτητα του φωτός (300,000 km/sec). Η ακτινοβολία ξηραίνει την καύσιμη ύλη πριν αρχίσει κάποια πυρκαγιά και έτσι αυξάνει την πιθανότητα ανάφλεξης της (Καλαμποκίδης, Ηλιόπουλος, Γλιγλινός, 2013) .

1.3. Στάδια δασικής καύσης

Η εξίσωση της δίνεται από τον παρακάτω τύπο :



Όπου οι οργανικές χημικές ενώσεις του ξύλου (π.χ. κυτταρίνη) ενώνονται με το οξυγόνο και με τη συμβολή της θερμοκρασίας ανάφλεξης καίγονται και παράγεται διοξείδιο του άνθρακα, υδρατμοί και θερμότητα. Η καύση είναι μία εξώθερμη αντίδραση διότι παράγει ενέργεια υπό μορφή θερμότητας.

Η καύση στα δασικά οικοσυστήματα αποτελείται από τέσσερα στάδια (Καλαμποκίδης, Ηλιόπουλος, Γλιγλινός, 2013):

- I. Προθέρμανση της άκαυτης καύσιμης ύλης μπροστά από τη φωτιά. Σε αυτό το στάδιο πραγματοποιείται η πυρόλυση με την εξάτμιση της υγρασίας και την εκπομπή εύφλεκτων πτητικών χημικών ενώσεων, με τη θερμοκρασία να κυμαίνεται κάτω από 300°C.
- II. Φλόγωση, όπου αναφλέγονται τα οργανικά αέρια και παράγουν θερμότητα, φως, ήχο και καπνό. Συμβάλλουν κατά κύριο λόγο η ακτινοβολία, η μεταφορά θερμότητας και το πέταγμα καυτρών. Οι θερμοκρασίες κυμαίνονται από 300°C έως 600°C, όμως υπάρχουν και εξάρσεις που αγγίζουν τους 1200°C.
- III. Πυράκτωση, που ακολουθεί το προηγούμενο στάδιο και την καύση χωρίς φλόγες, με μεταφορά θερμότητας και πλήρη ή ατελή καύση που διαρκεί από ώρες έως και μέρες.

Σε αυτή τη φάση εκλύονται στην ατμόσφαιρα ρύποι από τον καπνό και οι θερμοκρασίες φτάνουν τους 500°C.

- IV. Σβήσιμο, κατά το οποίο η φωτιά βρίσκεται στο τελευταίο στάδιο και δημιουργεί λευκή (σε πλήρη καύση) έως μαύρη (σε ατελή καύση) τέφρα, κάτι που εξαρτάται από την ένταση της καύσης. Η θερμοκρασία μειώνεται σταδιακά από του 500°C που έφταναν στο προηγούμενο στάδιο έως τους 20°C (θερμοκρασία περιβάλλοντος).

1.4. Βασικοί παράγοντες καθορισμού πυρκαγιάς

Η καύσιμη ύλη και τα χαρακτηριστικά της (υφή, κατανομή, μέγεθος, συσσώρευση), η τοπογραφία του εδάφους (κλίση, υψόμετρο, έκθεση, διαμόρφωση) και οι μετεωρολογικές συνθήκες (άνεμος, θερμοκρασία, σχετική υγρασία) αποτελούν τους βασικούς παράγοντες που σχετίζονται με την έναρξη, διάδοση και συμπεριφορά των πυρκαγιών. Η καύσιμη ύλη εξαρτάται και μεταβάλλεται από την τοποθεσία και την εποχή. Η τοποθεσία είναι δυνατό να διαφοροποιείται σε σχέση με τον χώρο. Οι μετεωρολογικές συνθήκες είναι οι πιο ευμετάβλητες από τους τρεις παράγοντες, αφού μεταβάλλονται σε σύντομο χρονικό διάστημα και χωρικά και χρονικά. Υπάρχουν περιπτώσεις που η ίδια η φωτιά μπορεί να διαμορφώσει τη συμπεριφορά της, αλληλοεπιδρώντας η ίδια με τον καιρό ή/και το περιβάλλον (Καλαμποκίδης, Ηλιόπουλος, Γλιγλινός, 2013). Η μόνη παρέμβαση που μπορεί να επιφέρει τον περιορισμό (ή ακόμα και να σταματήσει την εξάπλωση) των πυρκαγιών, είναι η διαχείριση της καύσιμης ύλης (καθαρισμός ξερόχορτων κλπ.).

1.4.1. Καύσιμη ύλη

Φυτική καύσιμη ύλη αποτελεί το ζωντανό ή νεκρό οργανικό βλαστητικό υλικό που υπάρχει είτε στο έδαφος είτε στα δέντρα και προκαλεί ή υφίσταται ανάφλεξη και καίγεται. Η ποσότητα και η ποιότητα της βλάστησης παίζουν σημαντικό ρόλο στην εξάπλωση και τη συμπεριφορά μίας πυρκαγιάς (Καλαμποκίδης, Ηλιόπουλος, Γλιγλινός, 2013). Ωστόσο πρέπει να σημειωθεί ότι δεν αποτελούν όλες οι βιομάζες των δασών καύσιμη ύλη και δάση με την ίδια βλάστηση είναι δυνατό να έχουν διαφορετική επικινδυνότητα και συμπεριφορά πυρκαγιών. Αυτό συμβαίνει λόγω της διαφορετικής μορφολογίας όπως το ύψος, η πυκνότητα, η θερμοκρασία, η υγρασία, η ποσότητα της βλάστησης και η χημική σύστασή τους.

1.4.2. Τοπογραφία

Η τοπογραφία οδηγεί την κατεύθυνση του ανέμου στις επίπεδες περιοχές. Μεταβολές στην τοπογραφία (ανώμαλες επιφάνειες) δημιουργούν αναταράξεις και στροβιλισμούς των ανέμων, με αποτέλεσμα δραστικές αλλαγές στη συμπεριφορά των πυρκαγιών αφού εξελίσσονται στο έδαφος. Η τοπογραφία είναι ο πιο σταθερός παράγοντας από αυτούς που έχουν αναφερθεί (Καλαμποκίδης, Ηλιόπουλος, Γλιγλινός, 2013).

1.4.3. Μετεωρολογικές συνθήκες

Όπως προαναφέρθηκε, οι μετεωρολογικές συνθήκες (άνεμος, θερμοκρασία, σχετική υγρασία, βροχόπτωση, κεραυνοί και καταιγίδες) είναι ο πιο καθοριστικός παράγοντας στην έναρξη, εξάπλωση και τη γενικότερη συμπεριφορά μίας πυρκαγιάς.

i. Άνεμος

Τον σημαντικότερο συντελεστή στην ταχύτητα εξάπλωσης πυρκαγιών κατέχει η ταχύτητα του ανέμου. Η αύξηση της ταχύτητας σημαίνει αύξηση παροχής οξυγόνου που είναι απαραίτητο για την καύση. Όταν ξεσπάει μία πυρκαγιά σε περιοχή με απουσία ανέμων, τότε αυτή θα εξαπλωθεί κατά κύριο λόγο ομόκεντρα από το σημείο στο οποίο ξέσπασε. Από την άλλη, όταν επικρατεί άνεμος, η πυρκαγιά θα εξαπλωθεί κυρίως προς τη διεύθυνση του, ενώ αν υπάρχουν αλλαγές στη διεύθυνσή του η πυρκαγιά θα επεκταθεί σύμφωνα με την νέα διεύθυνση του ανέμου κάθε φορά δημιουργώντας ένα σύνθετο πεδίο ανέμου με κινδύνους απρόβλεπτης συμπεριφοράς. Πέρα από την αυξημένη παροχή οξυγόνου, ο άνεμος μπορεί να μεταφέρει καύτρες, δημιουργώντας έτσι νέες εστίες φωτιάς.

Όταν η σχετική υγρασία της ατμόσφαιρας πέφτει κάτω από 30% τότε αυξάνεται σημαντικά η πιθανότητα κηλίδωσης (μεταφορά καυτρών) σε μία πυρκαγιά και επηρεάζεται η συμπεριφορά της (Καλαμποκίδης, Ηλιόπουλος, Γλιγλινός, 2013).

Ένα μετεωρολογικό φαινόμενο που κατά τη θερινή περίοδο συνοδεύεται από έντονες βροχοπτώσεις ή καταιγίδες και ισχυρούς ανέμους είναι τα μέτωπα. Τα μέτωπα μέσω των ηλεκτρικών εκκενώσεων/κεραυνών που τα συνοδεύουν σε περιοχές με ήπιες βροχοπτώσεις μπορεί να προκαλέσουν την έναρξη των πυρκαγιών. Πρέπει να ληφθεί υπόψιν, ότι στις κατασβέσεις πυρκαγιών, όταν ο άνεμος αλλάζει διεύθυνση με το πέρασμα μετώπου από μία περιοχή δημιουργεί ένα σύνθετο πεδίο ανέμου που μπορεί να οδηγήσει στον εγκλωβισμό των πυροσβεστικών δυνάμεων ανάμεσα στις φλόγες. Για αυτό λοιπόν κρίνεται σημαντικός ο υπολογισμός του χρόνου που θα χρειαστεί ένα μέτωπο για να περάσει από μία περιοχή και η δυναμική του, δηλαδή αν θα προκαλέσει έντονα καιρικά φαινόμενα.

Στην Ελλάδα, ο άνεμος μετριέται σε ύψος 10 μ από την επιφάνεια του εδάφους. Συνήθως, σε μία δασική πυρκαγιά, ανάμεσα στα δέντρα (1.5-2 μ) ο άνεμος είναι μικρότερος από ότι στην κορυφή τους (10 μέτρα). Αυτός ο άνεμος ονομάζεται άνεμος στο ύψος της μέση φλόγας, και επηρεάζει κυρίως τη συμπεριφορά μίας πυρκαγιάς.

ii. Θερμοκρασία – Σχετική υγρασία

Η θερμοκρασία του αέρα επιδρά στη σχετική υγρασία και την ατμοσφαιρική αστάθεια (C. Donald Ahrens, R. Henson, 2023), επηρεάζοντας έτσι τη φωτιά. Όταν η σχετική υγρασία είναι κάτω από 30% τότε αυξάνονται οι πιθανότητες κηλίδωσης (μεταφοράς καυτρών) και επηρεάζεται η συμπεριφορά της πυρκαγιάς. Ακόμη, οι μέτριες βροχοπτώσεις που πραγματοποιούνται ταυτόχρονα με υψηλές θερμοκρασίες, έχουν ως αποτέλεσμα τη δημιουργία

ξηρού κλίματος και ξηρασίας, κάτι που συνηγορεί με το ξέσπασμα πυρκαγιάς. Οι μεγάλες περίοδοι ξηρασίας, ένα διάστημα 10 έως 20 ημερών υψηλών θερμοκρασιών, ηλιοφάνεια και μικρή σχετική υγρασία και μέτριοι επικλινείς άνεμοι, είναι οι συνθήκες που προηγούνται μίας μεγάλης πυρκαγιάς (Dimitrakopoulos et. Al. 2011).

Η σχέση μεταξύ της περιεχόμενης υγρασίας του καυσίμου είναι αντιστρόφως ανάλογη με την ταχύτητα εξάπλωσης της πυρκαγιάς: όσο μεγαλύτερη είναι η υγρασία, τόσο πιο αργά καίγεται η καύσιμη ύλη. Μεγάλη σημασία έχει το πάχος της καύσιμης ύλης, αφού όσο παχύτερο είναι τόσο δυσκολότερα επηρεάζεται από τις μεταβολές της σχετικής υγρασίας του αέρα και συνεπώς ξηραίνεται.

iii. Βροχόπτωση

Σημαντική και βοηθητική παράμετρος για τη μείωση επικινδυνότητας έναρξης και εξάπλωσης πυρκαγιών αποτελεί η βροχή και γενικότερα τα κατακρημνίσματα (χαλάζι, πάχνη, δροσιά κλπ.). Με αυτόν τον τρόπο μεταφέρονται υδατμοί από την ατμόσφαιρα στο έδαφος, με αποτέλεσμα η περιεχόμενη υγρασία στην καύσιμη ύλη να αυξάνεται. Μείζον παράγοντας είναι η ποσότητα και η διάρκεια του φαινομένου καθώς βροχές μικρής ποσότητας (δηλαδή ύψους μικρότερου των 20χλστ) εξατμίζονται σύντομα και δεν ασκούν κάποια ιδιαίτερη επίδραση στη βλάστηση (Καλαμποκίδης, Ηλιόπουλος, Γλιγλινός, 2013). Παράλληλα όταν η βροχή έχει αργό ρυθμό, η καύσιμη ύλη διαποτίζεται καλύτερα και αυξάνεται η υγρασία της.

iv. Κεραυνοί – Καταιγίδες

Οι κεραυνοί, και ειδικότερα αυτοί που δεν συνοδεύονται από την παρουσία βροχής αποτελούν μία σημαντική αιτία ανάφλεξης σε μερικές περιοχές του κόσμου. Το ποσοστό των πυρκαγιών που ξεκινούν στην Ελλάδα λόγω κεραυνών είναι μικρό, αλλά εξαρτάται και από την περιοχή μελέτης κάθε φορά. Πρόκειται για ιδιαίτερα επικίνδυνο φαινόμενο όταν συμβαίνει σε δασικές εκτάσεις μετά από τις περιόδους ξηρασίας του Ιουλίου και του Αυγούστου.

1.5. Πρόβλεψη και πυρο-μετεωρολογία

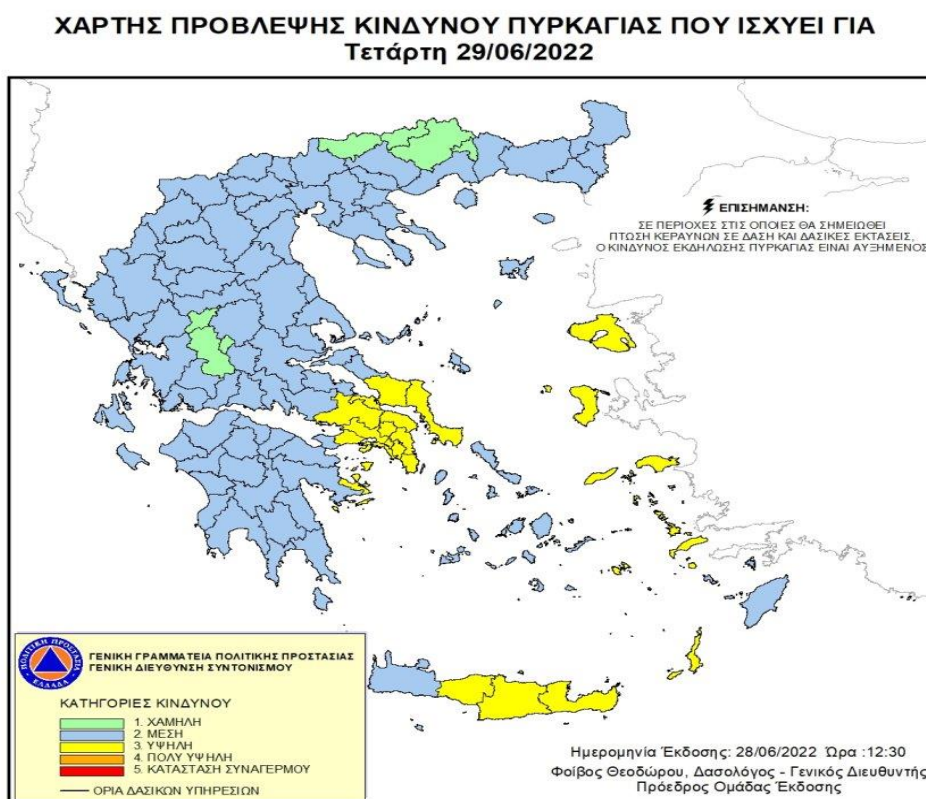
Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω η συμπεριφορά των πυρκαγιών είναι άμεσα εξαρτημένη από τις καιρικές συνθήκες. Για αυτόν το λόγο οι επιχειρησιακοί υπεύθυνοι βασίζονται σε πολύ μεγάλο βαθμό στις προγνώσεις καιρού και σε άλλα μέσα, ώστε να είναι ενήμεροι για τον καιρό και τον κίνδυνο πυρκαγιάς. Η διαχείριση πυρκαγιών περιλαμβάνει το σχεδιασμό καθημερινών δραστηριοτήτων της αντιπυρικής διαχείρισης, αποτελεσματικής άσκησης ελέγχου στις πυρκαγιές, και τον καθορισμό πιθανών κινδύνων που προκύπτουν από την πυρκαγιά.

Η πυρο-μετεωρολογία αφορά εκείνες τις μετεωρολογικές συνθήκες που επηρεάζουν και διαμορφώνουν τη συμπεριφορά μίας πυρκαγιάς, και μέσω διάφορων μεθόδων συμβάλει σημαντικά στη δυνατότητα πρόβλεψης την αποτελεσματικότητα των προσπάθειών κατάσβεσης (Καλαμποκίδης, Ηλιόπουλος, Γλιγλινός, 2013) .

Η Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (Ε.Μ.Υ.) (<http://www.emy.gr/emv/el/>) είναι υπεύθυνη για την παροχή προγνώσεων στις αρμόδιες υπηρεσίες (Πυροσβεστική, Γ.Γ.Π.Π.) στην Ελλάδα (<https://civilprotection.gov.gr/arxeio-imerision-xartwn>). Υπάρχουν αρκετές προγνώσεις καιρού, που βασίζονται στις αρμοδιότητες των υπηρεσιών αυτών. Οι διαθέσιμοι τύποι προγνώσεων περιλαμβάνουν:

- Γενικές προγνώσεις καιρού δύο ημερών.
- Γενικές προγνώσεις καιρού τριών έως έξι ημερών.
- Ημερήσιο χάρτη μέγιστων θερμοκρασιών και ανέμων για τον κίνδυνο πυρκαγιών την επόμενη μέρα (ειδική πρόγνωση).
- Τοπικές προγνώσεις καιρού.
- Έκτακτο δελτίο επικινδύνων καιρικών φαινομένων.
- Ύψος βροχής (χλστ.) του προηγούμενου 24ωρου.

Το ημερήσιο δελτίο πρόβλεψης κινδύνου πυρκαγιάς εκδίδεται από την Γενική Γραμματεία Προστασίας του Πολίτη κατά τη διάρκεια της αντιπυρικής περιόδου. Ουσιαστικά το δελτίο αποτυπώνει τα αποτελέσματα των συστημάτων προσδιορισμού επικινδυνότητας σε ένα θεματικό χάρτη που απεικονίζει τον κίνδυνο σε μία κλίμακα πέντε κατηγοριών (χαμηλή, μέση, υψηλή, πολύ υψηλή, κατάσταση συναγερμού), όπως αυτός υπολογίζεται στους νομούς της χώρας όπως απεικονίζεται και στην Εικόνα 2 παρακάτω.



Εικόνα 2 : Παράδειγμα ημερήσιου δελτίου πρόβλεψης κινδύνου πυρκαγιάς από την Γενική Γραμματεία Προστασίας του Πολίτη

Το ημερήσιο δελτίο πρόβλεψης κινδύνου πυρκαγιών έχει ως απόρροια την άμεση λήψη προληπτικών μέτρων από τους αρμόδιους φορείς και στην αποφυγή άσκοπης χρήσης των

δυνάμεων αυτών. Αυτή η διαδικασία πρόκειται μία εμπειρική προσέγγιση που στηρίζεται σε ποιοτική (μη ποσοτική) πρόγνωση του κινδύνου εμφάνισης πυρκαγιών και εκδίδεται στη διάρκεια της αντιπυρικής περιόδου τα τελευταία χρόνια.

Παρόλο που οι παραπάνω προγνώσεις μπορεί να είναι εν μέρει επαρκείς για την πρόβλεψη κινδύνου πυρκαγιών, είναι πιθανό να μην καλύπτουν πλήρως κάποιες τοπικές καταστάσεις διότι:

- Υπολογίζουν το μέσο όρο σε μία μεγάλη περιοχή (νομό).
- Εκδίδονται για μία προκαθορισμένη χρονική περίοδο.
- Είναι πιθανό να μην τονίζονται σημαντικά στοιχεία τα οποία θα μπορούσαν να επηρεάσουν τη συμπεριφορά μίας πυρκαγιάς ή ακόμα και να προκαλέσουν την έναρξή της.
- Δεν λαμβάνουν υπόψη την τοπογραφία της κάθε περιοχής.

Πέραν των γενικών προγνώσεων ανά νομό στη χώρα, υπάρχουν και οι τοπικές προγνώσεις καιρού, οι οποίες ζητούνται από τον επιχειρησιακό αξιωματικό του Πυροσβεστικού Σώματος και είναι πολύ πιο λεπτομερείς και συγκεκριμένες σε σχέση με τις γενικές. Εκδίδονται καθημερινά μαζί με τη γενική πρόγνωση για την Αττική και τη Θεσσαλονίκη ενώ για άλλες περιοχές εκδίδονται μετά από αίτημα της υπηρεσίας (Καλαμποκίδης, Ηλιόπουλος, Γλιγλινός, 2013) .

1.6. Περιοχή μελέτης – Κρήτη

Η Κρήτη αποτελεί το μεγαλύτερο νησί της Ελλάδας. Έχει μήκος περίπου 260 χλμ. και εμφανίζει μία ποικιλομορφία στο πλάτος από μέγιστο 60 χλμ. έως ελάχιστο 12 χλμ. και πρόκειται για ένα εξαιρετικά ορεινό νησί με τρεις κύριες οροσειρές την Ίδη (Ψηλορείτης) (2456 μ.) τα Λευκά Όρη (2454 μ.) και τη Δίκτη (Λασιθιώτικα Όρη) (2148 μ.).

1.6.1. Κλίμα Κρήτης

Στην Κρήτη επικρατεί το εύκρατο μεσογειακό κλίμα. Η ατμόσφαιρα μπορεί να γίνει αρκετά υγρή, ανάλογα με την τοποθεσία σε σχέση με τη θάλασσα. Ο χειμώνας είναι αρκετά ήπιος, με αρκετές βροχοπτώσεις, που συναντώνται κυρίως στα δυτικά του νησιού. Το χιόνι είναι αρκετά σπάνιο στα πεδινά τμήματα, αλλά συχνό στα ορεινά. Κατά τη θερινή περίοδο, η μέση θερμοκρασία κυμαίνεται στους 25 με 30°C. Στη νότια ακτή, επικρατούν περισσότερες ηλιόλουστες ημέρες και υψηλότερες θερμοκρασίες κατά το καλοκαίρι σε σχέση με το υπόλοιπο νησί (Πηγή: <https://www.crete.gov.gr/perifereia/>).

Οι βόρειες ακτές της Κρήτης βρίσκονται υπό την επίδραση των βόρειων ανέμων, ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού και στις αρχές του φθινοπώρου, όταν επικρατούν τα «Μετέμια». Αυτοί οι περιοδικοί άνεμοι του βόρειου τμήματος δημιουργούνται πάνω στο Αιγαίο Πέλαγος καθώς ένα κέντρο υψηλής πίεσης στην κεντρική και νότια Ευρώπη συνδυάζεται με το ινδικό σύστημα χαμηλής πίεσης πάνω από τη Μικρά Ασία και την Ανατολική Μεσόγειο (Μεταξάς, Μπαρτζώκας 1994). Χαρακτηριστικό γνώρισμα του των μετεμιών είναι οι καλοκαιρινές ξηρασίες και οι ομοιόμορφες καιρικές συνθήκες στην Ελλάδα (Nastos et al. 2002). Αυτός ο τύπος

καιρού που επικρατεί (δροσεροί και ξηροί άνεμοι πάνω από το Αιγαίο Πέλαγος) το καλοκαίρι μετριάξει την ένταση της θερμικής καταπόνησης στις βόρειες ακτές της Κρήτης. Τα μελέμια δεν εμφανίζονται στις νότιες ακτές διότι εμποδίζονται τις οροσειρές, οδηγώντας σε αυξημένη θερμική καταπόνηση κατά τη θερινή περίοδο. Ταυτόχρονα, οι νότιες ακτές προστατεύονται από τους χειμερινούς βόρειους ανέμους και, ως εκ τούτου, επικρατούν ήπιες βιοκλιματικές συνθήκες κατά τη διάρκεια της ψυχρής περιόδου του έτους. Είναι προφανές ότι η τοπογραφία του νησιού είναι υπεύθυνη για τις ακραίες καιρικές συνθήκες (Bleta, A., Nastos, P.T. & Matzarakis, 2014).

Καναδικό Σύστημα Δείκτη Καιρού Δασικών Πυρκαγιών FWI

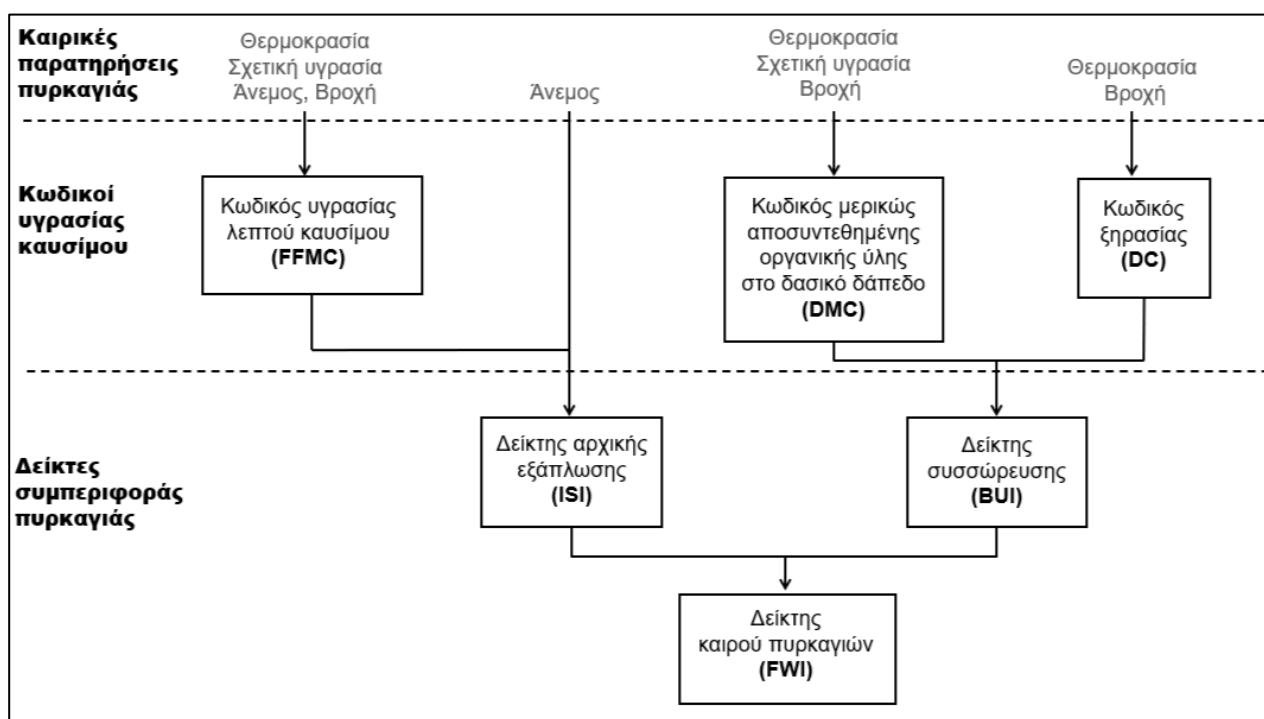
Το Καναδικό Σύστημα Δείκτη Καιρού Δασικών Πυρκαγιών (Canadian Forest Fire Weather Index - FWI) (<https://cwfis.cfs.nrcan.gc.ca/background/summary/fwi>) αναπτύχθηκε αρχικά για τα ανατολικά δάση του Καναδά, αλλά έκτοτε έχει χρησιμοποιηθεί και για άλλες περιοχές παγκόσμια, όπως και για την περιοχή της Μεσογείου όπου επικεντρώνεται στη συχνότητα των τρεχουσών και μελλοντικών κλιματικών συνθηκών που σχετίζονται με τις πυρκαγιές (Rovithakis et. al.). Αποτελείται από έξι συνιστώσες που λαμβάνουν υπόψη τις επιπτώσεις της υγρασίας, της καύσιμης ύλης, και των καιρικών συνθηκών στη συμπεριφορά των πυρκαγιών. Οι τρεις πρώτες συνιστώσες είναι «κωδικοί» υγρασίας καυσίμου όπου πρόκειται για αριθμητικά ποσοστά της περιεκτικότητας της υγρασίας του δασικού εδάφους και άλλων νεκρών οργανικών ουσιών. Οι τιμές τους αυξάνονται καθώς μειώνεται η περιεκτικότητα σε υγρασία. Υπάρχει ένας κωδικός υγρασίας για κάθε μία από τις τρεις κατηγορίες καυσίμου: απορρίμματα και άλλα καλά καύσιμα, χαλαρά συμπιεσμένα οργανικά στρώματα μέτριου βάθους και βαθιά συμπαγή οργανικά στρώματα. Οι υπόλοιπες τρεις συνιστώσες είναι δείκτες συμπεριφοράς πυρκαγιάς, οι οποίοι αντιπροσωπεύουν το ρυθμό εξάπλωσης της φωτιάς, το καύσιμο που διατίθεται για καύση και την ένταση της μετωπικής πυρκαγιάς. Όσο αυξάνονται οι τρεις αυτές τιμές, τόσο αυξάνεται και ο κίνδυνος πυρκαγιάς (<https://cwfis.cfs.nrcan.gc.ca/background/summary/fwi>) .

Ο υπολογισμός των συνιστωσών του FWI πραγματοποιείται με συνεχείς, καθημερινές μετρήσεις της θερμοκρασίας, της υγρασίας, του ανέμου και της συνολικής βροχής εντός των 24 ωρών της ημέρας. Οι έξι συνιστώσες του δείκτη παρέχουν στη συνέχεια τιμές του σχετικού δυνατού κινδύνου πυρκαγιάς σε δασικές εκτάσεις. Κάθε συντελεστής του συστήματος FWI έχει τη δική του κλίμακα, αλλά για όλα αυτά μια υψηλότερη τιμή υποδεικνύει πιο σοβαρές συνθήκες καύσης (de Groot, 1987).

Ως αποτέλεσμα, ο δείκτης FWI πυρομετεωρολογικών συνθηκών αποτελείται από 5 κλάσεις (χαμηλή, μεσαία, υψηλή, πολύ υψηλή και ακραία). Όλες οι χώρες έχουν τις ίδιες κλάσεις κινδύνου πυρκαγιάς. Οι τιμές για τον FWI και τις συνιστώσες του για τις διάφορες κλάσεις φαίνονται παρακάτω (Πίνακας 1).

Πίνακας 1: τιμές FWI και συνιστωσών (Πηγή: <https://effis.jrc.ec.europa.eu/about-effis/technical-background/fire-danger-forecast>).

Κλάσεις κινδύνου πυρκαγιάς	FWI	FFMC	DMC	DC	ISI	BUI
Χαμηλή	<11.2	<86.1	<27.9	<334.1	<5.0	<40.7
Μέση	11.2 - 21.3	86.1 - 89.2	27.9 - 53.1	334.1 - 450.6	5.0 - 7.5	40.7 - 73.3
Υψηλή	21.3 - 38.0	89.2 - 93.0	53.1 - 140.7	450.6 - 749.4	7.5 - 13.4	73.3 - 178.1
Πολύ υψηλή	38.0 - 50	>= 93.0	>= 140.7	>= 749.4	>= 13.4	>= 178.1
Εξαιρετικά υψηλή	>= 50					



Εικόνα 3 : Δομή του Καναδικού Συστήματος Δείκτη Καιρού Δασικών Πυρκαγιών (FWI) (Πηγή: <https://cwfis.cfs.nrcan.gc.ca/background/summary/fwi>).

Στην εικόνα 3 φαίνεται η δομή του Καναδικού Συστήματος Δείκτη Καιρού Δασικών Πυρκαγιών και παρακάτω αναλύονται οι συντελεστές που απεικονίζονται.

Κωδικός υγρασίας λεπτού καυσίμου (FFMC)

Ο κωδικός υγρασίας καλού καυσίμου (Fine Fuel Moisture Code (FFMC)) είναι μία αριθμητική βαθμολόγηση της υγρασίας που περιέχεται στα απορρίμματα και άλλων σκληρυσμένων καυσίμων. Πρόκειται για έναν κωδικό ένδειξη της σχετικής ευκολίας ανάφλεξης και της ευφλεκτότητας του καυσίμου.

Κωδικός μερικώς αποσυντεθειμένης οργανικής ύλης στο δασικό δάπεδο (DMC)

Ο κωδικός υγρασίας μερικώς αποσυντεθειμένης οργανικής ύλης (Duff Moisture Code (DMC)) είναι μια αριθμητική βαθμολόγηση της μέσης περιεκτικότητας σε υγρασία χαλαρά συμπιεσμένων οργανικών στρωμάτων μέτριου βάθους. Αυτός ο κωδικός δίνει μια ένδειξη της κατανάλωσης καυσίμου σε μέτρια στρώματα αποσυντεθειμένης οργανικής ύλης και μεσαίου μεγέθους ξυλώδες υλικό.

Κωδικός ξηρασίας (DC)

Ο κωδικός ξηρασίας (DC) είναι μια αριθμητική βαθμολόγηση της μέσης περιεκτικότητας σε υγρασία των βαθιών, συμπαγών οργανικών στρωμάτων. Αυτός ο κωδικός είναι ένας χρήσιμος δείκτης των εποχιακών επιπτώσεων της ξηρασίας στα δασικά καύσιμα και της ποσότητας που σιγοκαίει σε βαθιά στρώματα μερικώς αποσυντεθειμένης οργανικής ύλης και μεγάλων κορμών.

Δείκτης αρχικής εξάπλωσης (ISI)

Ο δείκτης αρχικής εξάπλωσης (ISI) είναι μια αριθμητική αξιολόγηση του αναμενόμενου ρυθμού εξάπλωσης πυρκαγιάς. Βασίζεται στην ταχύτητα του ανέμου και στο FFMFC. Όπως και οι υπόλοιπες συνιστώσες του συστήματος FWI, το ISI δεν λαμβάνει υπόψη τον τύπο καυσίμου. Οι πραγματικοί ρυθμοί εξάπλωσης ποικίλλουν μεταξύ των τύπων καυσίμων στο ίδιο ISI.

Δείκτης συσσώρευσης (BUI)

Ο δείκτης συσσώρευσης (BUI) είναι μια αριθμητική αξιολόγηση της συνολικής ποσότητας καυσίμου που διατίθεται για καύση. Βασίζεται στο DMC και το DC. Το BUI είναι γενικά λιγότερο από το διπλάσιο της τιμής DMC και η υγρασία στο στρώμα DMC αναμένεται να βοηθήσει στην πρόληψη της καύσης σε υλικό βαθύτερα στο διαθέσιμο καύσιμο.

Συμπερασματικά, ο δείκτης πυρομετεωρολογικών συνθηκών FWI είναι μια αριθμητική αξιολόγηση της έντασης πυρκαγιάς. Βασίζεται στο ISI και το BUI, χρησιμοποιείται ως γενικός δείκτης κινδύνου πυρκαγιάς σε όλες τις δασικές περιοχές αρχικά του Καναδά και έχει αρχίσει να εφαρμόζεται και σε άλλες χώρες.

2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

2.1. Λήψη δεδομένων

2.1.1. Μετεωρολογικά δεδομένα

Τα μετεωρολογικά δεδομένα λήφθηκαν από την εφαρμογή Meteo Search (<https://meteosearch.meteo.gr/data/index.cfm>) . Η εφαρμογή αυτή έχει ως σκοπό την παροχή των μετρήσεων του δικτύου αυτόματων μετεωρολογικών σταθμών του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (ΕΑΑ) στο κοινό. Το δίκτυο αυτόματων σταθμών του ΕΑΑ αποτελείται από σταθμούς τύπου Davis, οι οποίοι μετρούν όλες τις βασικές μετεωρολογικές παραμέτρους, δηλαδή πίεση, θερμοκρασία, υγρασία, βροχόπτωση, διεύθυνση και ένταση του ανέμου. Όλα τα παραπάνω μετρούνται ημερησίως και καταγράφεται η μέγιστη, μέση και ελάχιστη τιμή κάθε ημέρας. Κάποιοι από τους σταθμούς αυτούς καταγράφουν επίσης και την ηλιακή και υπεριώδη ακτινοβολία. Όλες οι καταγραφές (ανά 10 λεπτά) συλλέγονται σε πραγματικό χρόνο από το ΕΑΑ, περνούν από ποιοτικό έλεγχο και ύστερα αρχειοθετούνται για μελλοντική χρήση.

Για την παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκαν τα ακόλουθα ημερήσια δεδομένα από το έτος 2011 έως και το 2022: μέγιστη θερμοκρασία, μέση ταχύτητα ανέμου, ελάχιστο ποσοστό υγρασίας και βροχόπτωση (σε χιλιοστά).

Πρέπει να σημειωθεί ότι οι ημερομηνίες έναρξης καταγραφής δεδομένων των μετεωρολογικών σταθμών δεν είναι ίδιες και έτσι κάποιοι σταθμοί έχουν πολύ λιγότερα δεδομένα χρονολογικά σε σχέση με άλλους. Για τον λόγο αυτό η παρούσα εργασία επικεντρώνεται στη σύγκριση δεδομένων των πιο πρόσφατων ετών 2020, 2021 και 2022. Ακόμη, σε κάποιους μετεωρολογικούς σταθμούς λόγω βλάβης ή μη επαρκούς συντήρησης υπήρχαν κενά στις μετρήσεις δεδομένων. Για να υπάρχουν επαρκή δεδομένα για τους υπολογισμούς, τα δεδομένα αυτά αντικαταστάθηκαν με τον μέσο όρο των προηγούμενων και των επόμενων δεδομένων όταν επρόκειτο για λίγες ημέρες, ενώ όταν επρόκειτο για βδομάδες έως και μήνα χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από τους κοντινότερους γεωγραφικά σταθμούς.

Χρησιμοποιήθηκαν συνολικά, δεδομένα από 27 μετεωρολογικούς σταθμούς της Κρήτης. Από το νομό Χανίων χρησιμοποιήθηκαν οι μετεωρολογικοί σταθμοί στις τοποθεσίες : Αλικιανός, Χανιά (κέντρο), Χανιά (Ακρωτήρι), Φαλάσαρνα, Κολυμπάρι, Παλαιόχωρα, φαράγγι Σαμαριάς, Ασή Γωνιά, Ασκύφου, Έλος, Κάνδανος, Σφακιά, Σέμπρωνας. Από το νομό Ρεθύμνου: Ρέθυμνο, Ρέθυμνο (πόλη), Πλακιάς, Φουρφουράς, Σπήλι. Από το νομό Ηρακλείου: Ανατολικό Ηράκλειο, Δυτικό Ηράκλειο, Λέντας, Μεταξοχώρι, και από το νομό Λασιθίου: Άγιος Νικόλας, Φινοκαλιά, Σητεία, Ιεράπετρα και Τζερμιάδο. Από τους παραπάνω, οι σταθμοί με δεδομένα άνω των έξι ετών είναι οι εξής: Χανιά, Κολυμπάρι, φαράγγι Σαμαριάς, Ασκύφου, Σφακιά, Ρέθυμνο, Πλακιάς, Σπήλι, Ανατολικό και Δυτικό Ηράκλειο, Λέντας, Άγιος Νικόλαος, Φινοκαλιά, Σητεία, Ιεράπετρα και Τζερμιάδο. Οι σταθμοί με τους κωδικούς τους φαίνονται αναλυτικά στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 2).

Πίνακας 2: Στοιχεία μετεωρολογικών σταθμών όπως αναγράφονται στη λίστα του Meteo (Πηγή: <https://stratus.meteo.noa.gr/front>).

Νομός	Κωδικός	Όνομα σταθμού	Διαθεσιμότητα δεδομένων (έτη)	Αρχή δεδομένων	Τέλος δεδομένων
Χανιά	LGT4	Αλικιανός Χανίων	1	4-2021	10-2022
	LG6J	Ασή Γωνιά Χανίων	2	10-2020	10-2022
	LGZ6	Ασκούφου Χανίων	9	2-2014	10-2022
	LG2C	Έλος Χανίων	5	8-2018	10-2022
	LG9G	Κάνδανος Χανίων	2	12-2020	10-2022
	LG5H	Κολυμπάρι Χανίων	6	11-2016	10-2022
	LG36	Παλαιόχωρα Χανίων	3	9-2020	10-2022
	LGY1	Σαμαριά-Φαράγγι	10	8-2013	10-2022
	LG9D	Σέμπρωνας Χανίων	4	7-2019	10-2022
	LGW4	Σφακιά Χανίων	10	3-2013	10-2022
	LGL9	Φαλάσαρνα Χανίων	2	11-2020	10-2022
	LG25	Χανιά-Ακρωτήρι	6	3-2017	10-2022
	LGN3	Χανιά-κέντρο	3	8-2020	10-2022
Ρέθυμνο	LGT2	Πλακιάς Ρεθύμνου	11	8-2012	10-2022
	LG58	Ρέθυμνο	11	6-2011	11-2021
	LG4I	Ρέθυμνο-πόλη	1	5-2021	11-2021
	LG75	Σπήλι Ρεθύμνου	11	5-2012	10-2022
	LGL1	Φουρφουράς Ρεθύμνου	1	10-2021	10-2022
Ηράκλειο	LG2F	Ηράκλειο-Ανατολικά	7	1-2016	10-2022
	LGW2	Ηράκλειο-Δυτικά	10	8-2013	10-2022
	LGP0	Λέντας Ηρακλείου	10	11-2012	10-2022
	LGD7	Μεταξχώρι Ηρακλείου	5	8-2018	10-2022
Λασιθί	LGJ9	Άγιος Νικόλαος	12	9-2011	10-2022
	LG95	Ιεράπετρα	11	5-2012	10-2022
	LGM2	Σητεία	11	12-2011	10-2022
	LG50	Τζερμιάδο Λασιθίου	10	10-2012	10-2022
	LG9A	Φινοκαλιά Λασιθίου	8	10-2014	10-2022

Στην Εικόνα 4 απεικονίζονται όλοι οι τοποθεσίες όλων των μετεωρολογικών σταθμών που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία.



Εικόνα 4 : Απεικόνιση τοποθεσιών όλων των μετεωρολογικών σταθμών που χρησιμοποιήθηκαν στο νησί της Κρήτης (GIS).

2.1.2. Δεδομένα Γενικής Γραμματείας Πολιτικής Προστασίας

Τα δεδομένα ημερήσιας πρόβλεψης κινδύνου πυρκαγιάς λήφθηκαν από το αρχείο χαρτών του Υπουργείου Κλιματικής Κρίσης και Πολιτικής Προστασίας (https://civilprotection.gov.gr/arxeio-imerision-xartwn?field_imerominia_harti_value=&page=0).

Τα δεδομένα παρουσιάζονται σε μορφή εικόνας-χάρτη όπου ανά νομό απεικονίζεται η κλίμακα επικινδυνότητας από ένα έως πέντε κατά τη διάρκεια της αντιπυρικής περιόδου η οποία έως και το 2022 ήταν από το μήνα Ιούνιο έως το μήνα Οκτώβριο. Για τη δημιουργία των χαρτών αυτών, χρησιμοποιούνται οι προβλέψεις των μετεωρολογικών παραμέτρων που είναι αλληλένδετες με την πυρκαγιά για τις επόμενες 24 ώρες. Επιπρόσθετα, λαμβάνονται υπόψιν δεδομένα για την κατάσταση της βλάστησης. Αυτός ο προσδιορισμός γίνεται με τη βοήθεια δορυφορικών εικόνων οι οποίες επεξεργάζονται κατάλληλα και τελικά χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία θεματικού χάρτη για όλη τη χώρα. Οι χάρτες αυτοί ανανεώνονται ανά δέκα ημέρες και πάνω σε αυτούς απεικονίζεται χρωματικά η κατάσταση της βλάστησης, δηλαδή η ξηρότητα. Τοπικές παρατηρήσεις βοηθούν στον έλεγχο αξιοπιστίας των χαρτών αυτών.

Οι πέντε βαθμοί επικινδυνότητας αντιστοιχούν σε: 1:Χαμηλή, 2:Μέση, 3:Υψηλή, 4:Πολύ υψηλή, 5:Κατάσταση συναγερμού. Όλα τα ημερήσια δεδομένα επικινδυνότητας για την περιοχή ενδιαφέροντος ανά νομό ψηφιοποιήθηκαν σε μορφή excel, ώστε να είναι δυνατή η χρήση τους στην εργασία.

2.2. Canadian Forest Fire Weather Index (FWI) System

Για τον υπολογισμό των συνιστωσών που φαίνονται στην εικόνα 3 χρησιμοποιούνται μετεωρολογικοί παράγοντες. Η μέγιστη θερμοκρασία, η ελάχιστη σχετική υγρασία, η βροχή και η ταχύτητα του μέσου ανέμου συνιστούν τη συνιστώσα FFMC, η θερμοκρασία με τη βροχόπτωση και τη σχετική υγρασία την DMC που σε συνδυασμό με την DC η οποία υπολογίζεται από την θερμοκρασία και τη βροχόπτωση, συνιστούν το BUI. Το BUI μαζί με το ISI που υπολογίζεται από τον άνεμο, συνιστούν τον δείκτη FWI.

Οι παραπάνω συνιστώσες υπολογίστηκαν μέσω των μετεωρολογικών δεδομένων που πάρθηκαν από το Meteo Search, ώστε να υπολογίσουν τελικά τον δείκτη πρόβλεψης κινδύνου δασικών πυρκαγιών FWI. Η διαδικασία αναφέρεται αναλυτικότερα και παρακάτω.

Ο δείκτης πυρο-μετεωρολογικών συνθηκών αποτελείται από 5 κλάσεις [Πίνακας 1] (χαμηλή, μεσαία, υψηλή, πολύ υψηλή και εξαιρετικά υψηλή). Οι κλάσεις κινδύνου πυρκαγιάς είναι ίδιες για όλες τις χώρες.

2.3. Επεξεργασία δεδομένων

Αρχικά, πάρθηκαν τα απαραίτητα ημερήσια μετεωρολογικά δεδομένα από όλους τους μετεωρολογικούς σταθμούς και διαμορφώθηκαν κατάλληλα. Στη συνέχεια, χρησιμοποιώντας τη γλώσσα προγραμματισμού MATLAB υπολογίστηκε ο Καναδικός δείκτης πυρο-μετεωρολογικών συνθηκών FWI για την αντιπυρική περίοδο Ιούνιος – Οκτώβριος (όπως είχε οριστεί έως το 2022) όλων των χρόνων σε κάθε σταθμό. Για την σύγκριση τους ανά χρόνο, βρέθηκε η ελάχιστη, μέση και μέγιστη τιμή του FWI όπως και ο μέσος όρος των ελάχιστων, μέσων και μέγιστων τιμών του όλων των χρόνων και στη συνέχεια των τελευταίων έξι χρόνων.

Για την απεικόνιση των τιμών του δείκτη σε χάρτη, χρησιμοποιήθηκε το Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (ArcGIS). Το ArcGIS είναι ένα γεωχωρικό λογισμικό για την προβολή, επεξεργασία, διαχείριση και ανάλυση γεωγραφικών δεδομένων. Μία από τις εφαρμογές του ArcGIS, είναι το ArcMap το οποίο δίνει τη δυνατότητα απεικόνισης γεωγραφικών πληροφοριών σε επίπεδα ή άλλα στοιχεία επάνω στον χάρτη. Έτσι, έχοντας εισάγει το περίγραμμα του νησιού της Κρήτης στο ArcMap, τοποθετήθηκαν εν συνεχεία με τις γεωγραφικές τους συντεταγμένες (γεωγραφικό μήκος και πλάτος) οι μετεωρολογικοί σταθμοί που χρησιμοποιήθηκαν στην εργασία. Στη συνέχεια έγινε εισαγωγή των τιμών FWI ξεχωριστά για τις ελάχιστες, μέσες και μέγιστες τιμές και ως αποτέλεσμα δημιουργήθηκαν οι χάρτες που απεικονίζουν το εύρος τιμών του σημειακά στην τοποθεσία του κάθε μετεωρολογικού σταθμού. Για μία πιο ευρεία εικόνα σε όλη την Κρήτη και όχι σημειακά στους μετεωρολογικούς σταθμούς έγινε η ίδια διαδικασία με το εργαλείο χωρικής ανάλυσης «Inverse distance weighted (IDW) interpolation» (παρεμβολή με σταθμισμένη αντίστροφη απόσταση) το οποίο προσδιορίζει τις τιμές των δεδομένων χρησιμοποιώντας έναν γραμμικά σταθμισμένο συνδυασμό ενός συνόλου σημείων δείγματος.

Η προαναφερόμενη διαδικασία κατασκευής χαρτών πραγματοποιήθηκαν 2 φορές, μία με όλους τους μετεωρολογικούς σταθμούς ανεξάρτητα από τα έτη δεδομένων και άλλη μία μόνο με τους

σταθμούς που συμπεριλάμβαναν δεδομένα έξι χρόνων ή παραπάνω. Αυτό αποσκοπεί σε μία πιο ξεκάθαρη και ακριβή εικόνα των τιμών του δείκτη FWI.

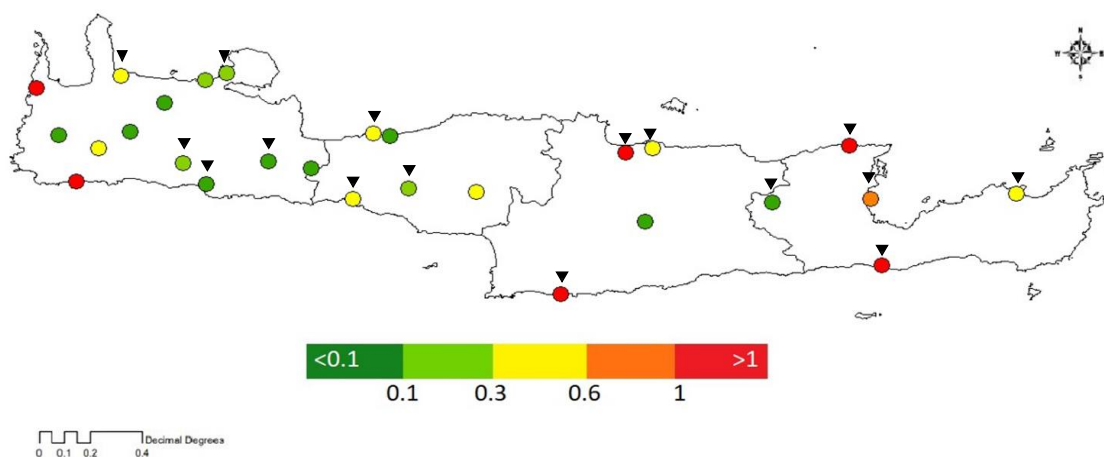
Για περαιτέρω σύγκριση και παρατήρηση διαμορφώθηκαν επίσης ραβδογράμματα και θηκογράμματα των στοιχείων αυτών. Στα ραβδογράμματα απεικονίζονται αναλυτικά οι μέσοι όροι των τιμών κάθε σταθμού, μαζί με τη μέση τιμή όλων των σταθμών, ενώ στη δεύτερη κατηγορία διαγραμμάτων απεικονίζονται οι τιμές των σταθμών που έχουν χωριστεί σε τρεις κατηγορίες, Βορρά, Νότο και ορεινές περιοχές.

Για την αντιστοίχιση των τιμών της Πολιτικής Προστασίας με του FWI φτιάχτηκαν πίνακες, οι οποίοι αποδίδουν για κάθε τιμή της Πολιτικής Προστασίας τα εύρη τιμών του FWI που αντιστοιχούν σε αυτές. Οι πίνακες έγιναν για τα έτη 2020, 2021 και 2022 ξεχωριστά και στη συνέχεια ως μέσος όρος των ετών αυτών. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιήθηκε στο Excel.

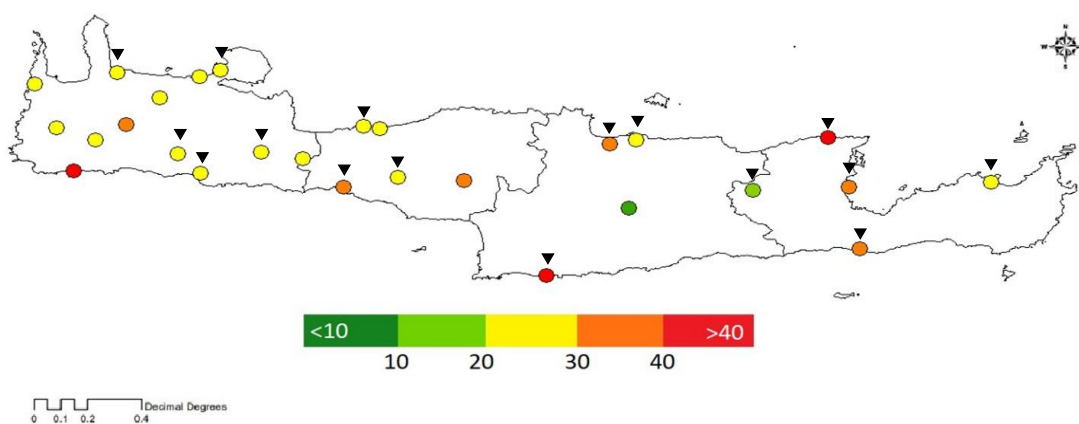
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1. Αποτελέσματα σημειακών δεδομένων FWI

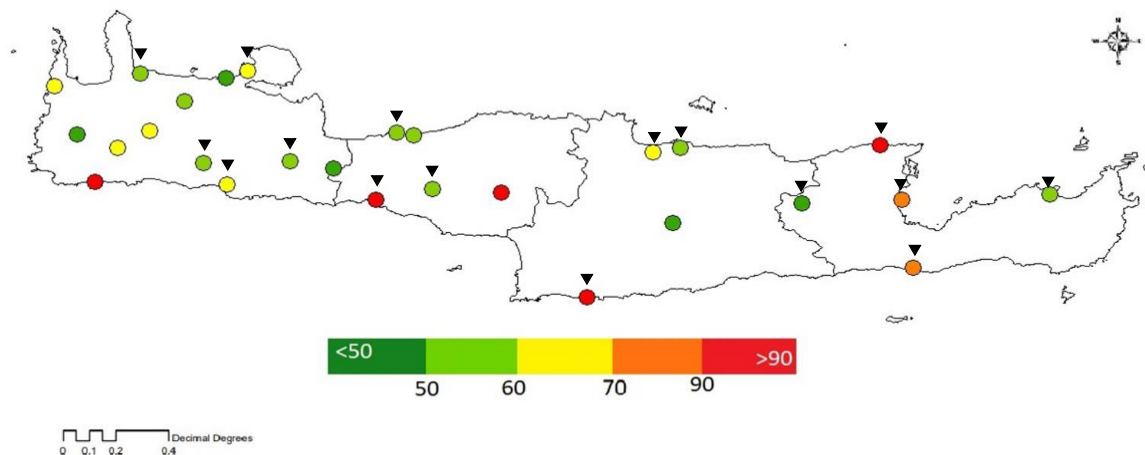
Τα αποτελέσματα του μέσου όρου των δεδομένων από το Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (GIS) για όλους τους μετεωρολογικούς σταθμούς είναι τα ακόλουθα (Εικόνες 5, 6, 7). Πιο συγκεκριμένα απεικονίζονται τα σημειακά δεδομένα των ελάχιστων, μέσων και μέγιστων τιμών αντίστοιχα του δείκτη FWI στην Κρήτη. Οι μετεωρολογικοί σταθμοί που φέρουν ένα μαύρο βέλος από πάνω είναι εκείνοι που διέθεταν δεδομένα από έξι έτη και πάνω.



Εικόνα 5: Σημειακά δεδομένα των ελάχιστων τιμών του δείκτη FWI.



Εικόνα 6: Σημειακά δεδομένα των μέσων τιμών του δείκτη FWI.



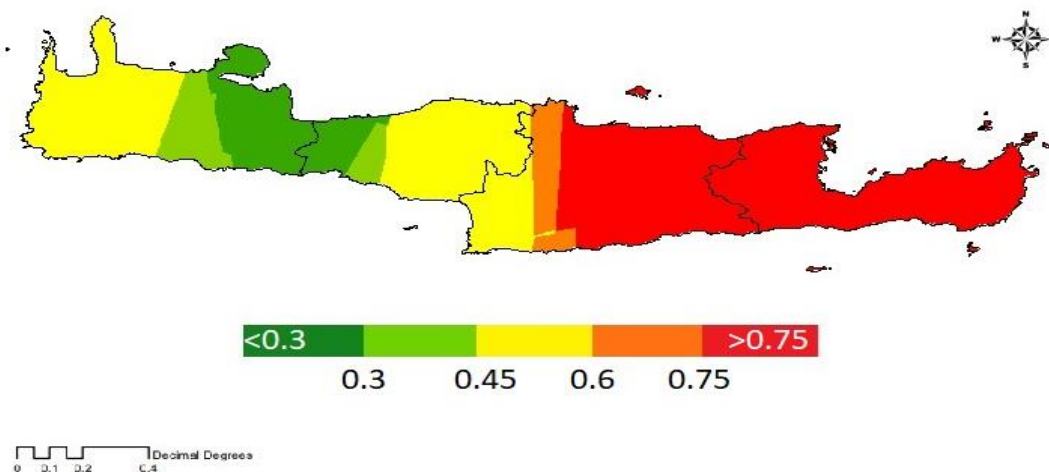
Εικόνα 7: Σημειακά δεδομένα των μέγιστων τιμών του δείκτη FWI.

Σύμφωνα με τις παραπάνω εικόνες, και στις τρεις κατηγορίες (ελάχιστες, μέσες και μέγιστες) των τιμών του FWI, οι μεγαλύτερες τιμές εντοπίζονται κυρίως στους νομούς Λασιθίου και Ηρακλείου. Σημαντική παρατήρηση είναι ότι εμφανίζονται αρκετά κόκκινα σημεία -δηλαδή με τις υψηλότερες τιμές FWI- σημεία στα νότια του νησιού, όπως στους σταθμούς Παλαιόχωρα, Λέντας, Ιεράπετρα. Όσον αφορά τους ορεινούς σταθμούς, παρατηρείται πως δεν βρίσκονται όλοι σε χαμηλές κλάσεις. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί ο Φουρφουράς στο νομό Ρεθύμνου (Εικόνα 6, 7) όπου ο FWI δίνει από τις υψηλότερες τιμές του. Αυτό μπορεί να είναι απόρροια της τοποθεσίας του χωριού πίσω από τον Ψηλορείτη -τον ψηλότερο ορεινό όγκο της Κρήτης- ο οποίος εμποδίζει την διέλευση των μελτεμιών. Όπως έχει προαναφερθεί, τα μελέμια είναι άνεμοι μετριάζουν την ένταση της θερμικής καταπόνησης (Bleta, A., Nastos, P.T. & Matzarakis, 2014). Οι υπόλοιποι ορεινοί σταθμοί κατά κύριο λόγο βρίσκονται σε μέτρια επικινδυνότητα (Εικόνα 6).

3.2. Αποτελέσματα χωρικής παρεμβολής FWI

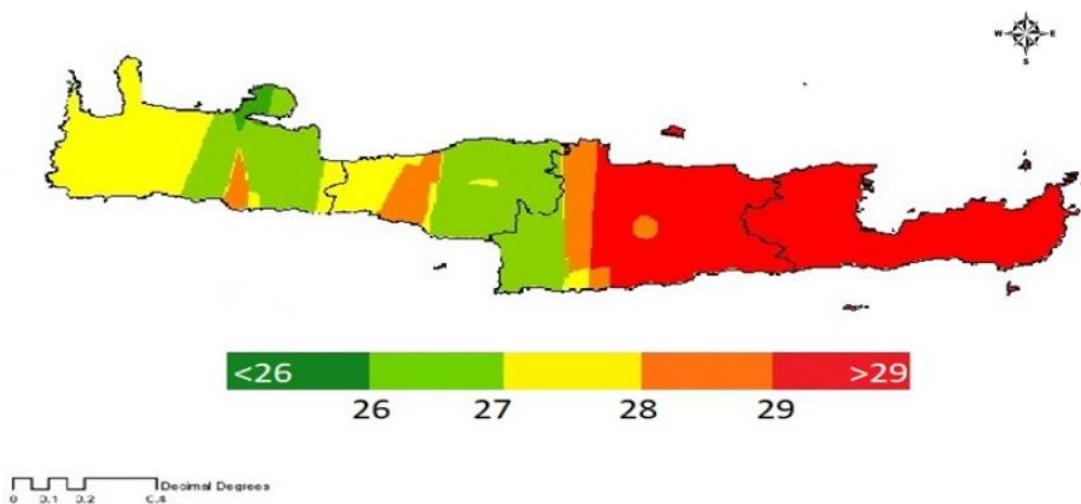
Ακολουθούν τα αποτελέσματα χωρικής παρεμβολής IDW για όλους τους σταθμούς και στην συνέχεια για τους σταθμούς με δεδομένα άνω των έξι ετών.

Χωρική παρεμβολή των ελάχιστων τιμών FWI στην Κρήτη:



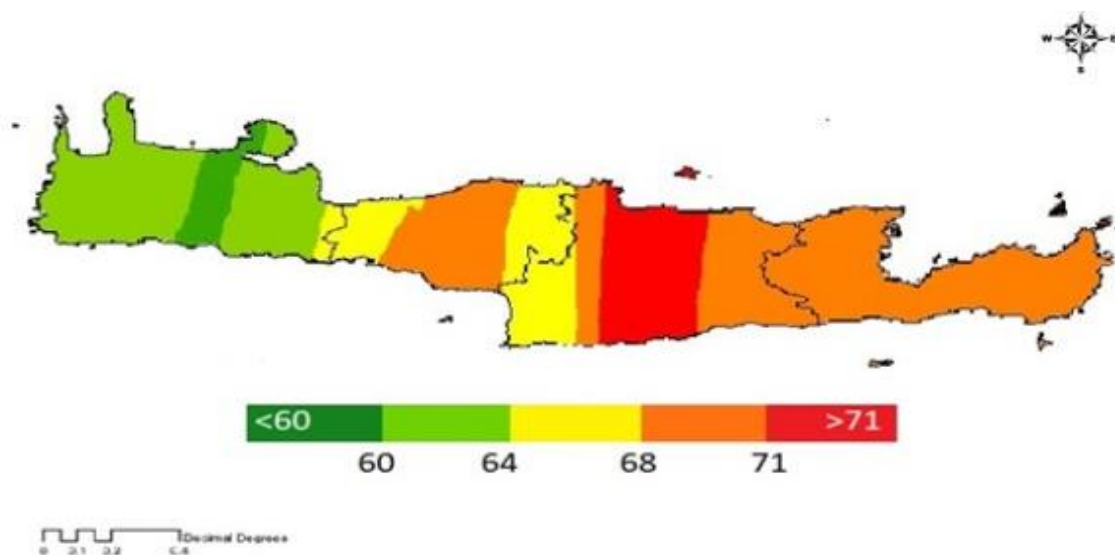
Εικόνα 8 : Χωρική παρεμβολή IDW όλων των μετεωρολογικών σταθμών των ελάχιστων τιμών FWI.

Χωρική παρεμβολή των μέσων τιμών FWI στην Κρήτη:



Εικόνα 9 : Χωρική παρεμβολή IDW όλων των μετεωρολογικών σταθμών των μέσων τιμών FWI.

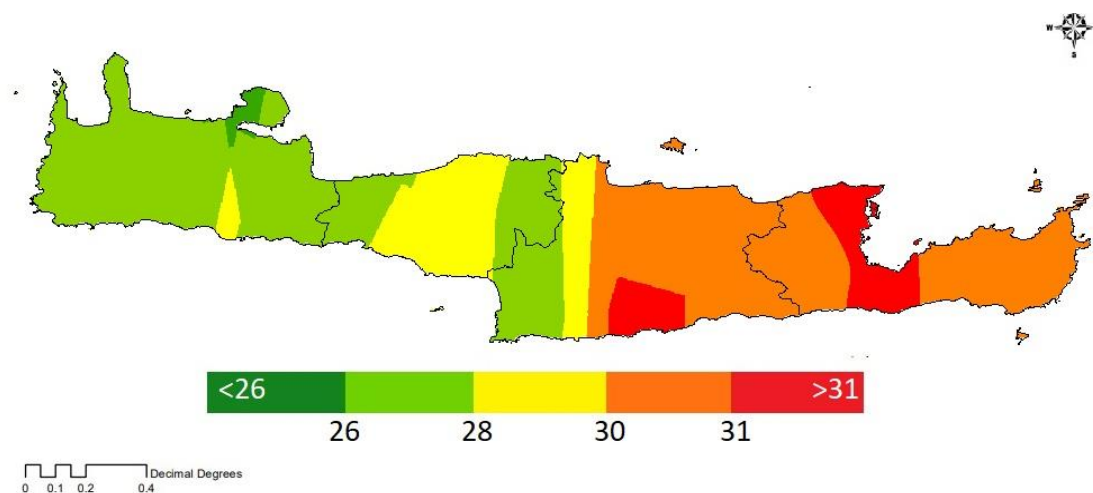
Χωρική παρεμβολή των μέγιστων τιμών FWI στην Κρήτη:



Εικόνα 10 : Χωρική παρεμβολή IDW όλων των μετεωρολογικών σταθμών των μέγιστων τιμών FWI.

Όπως και στις σημειακές τιμές, έτσι και στη χωρική παρεμβολή τις εντονότερες περιοχές αποτελούν τα ανατολικά, δηλαδή Ηράκλειο και Λασιίθι, και τα νότια όπως φαίνεται κυρίως στην εικόνα 12.

Χωρική παρεμβολή των μέσων τιμών FWI στην Κρήτη:

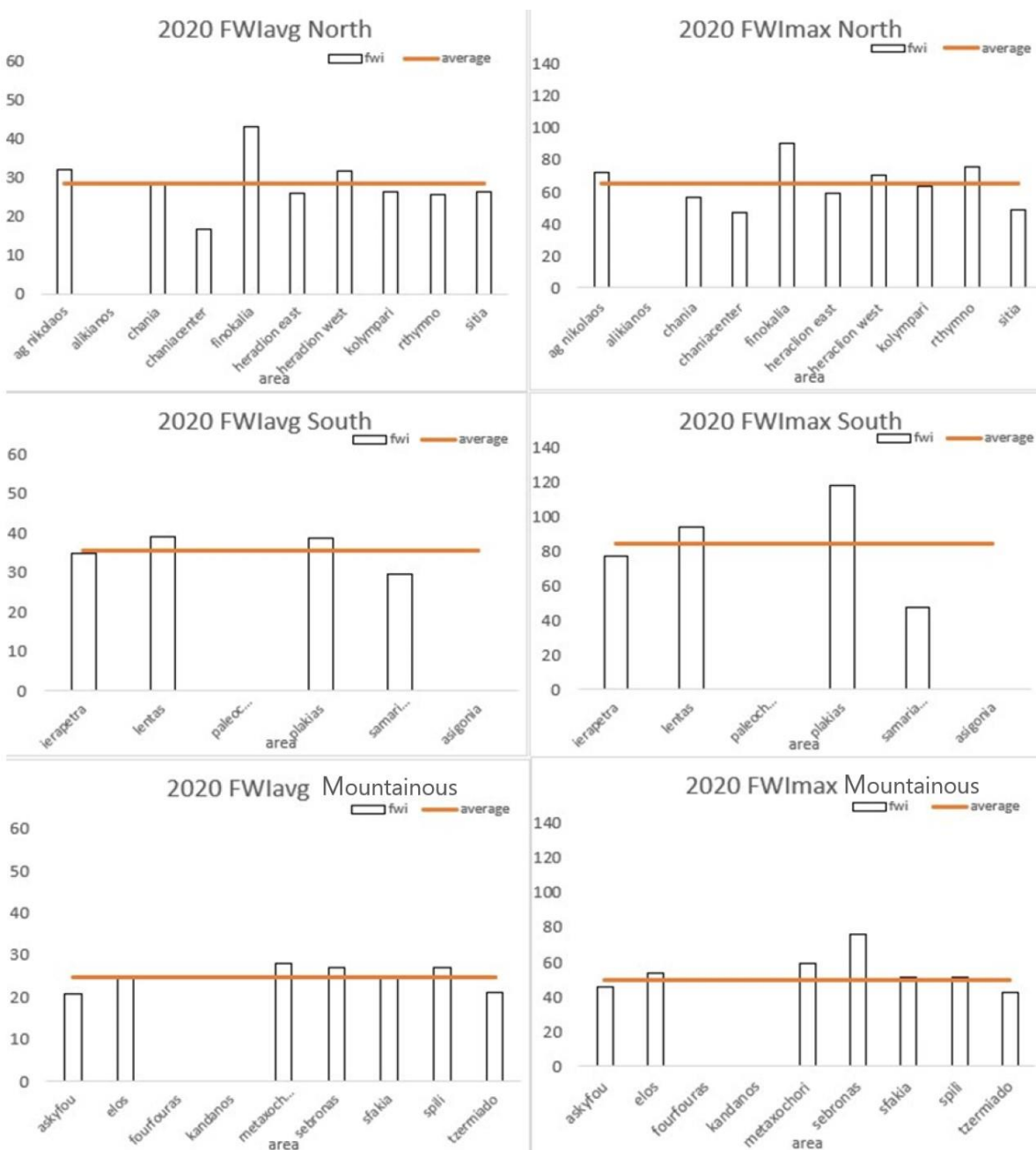


Εικόνα 11: Χωρική παρεμβολή IDW όλων των μετεωρολογικών σταθμών των μέσων τιμών FWI για παραπάνω από έξι χρόνια.

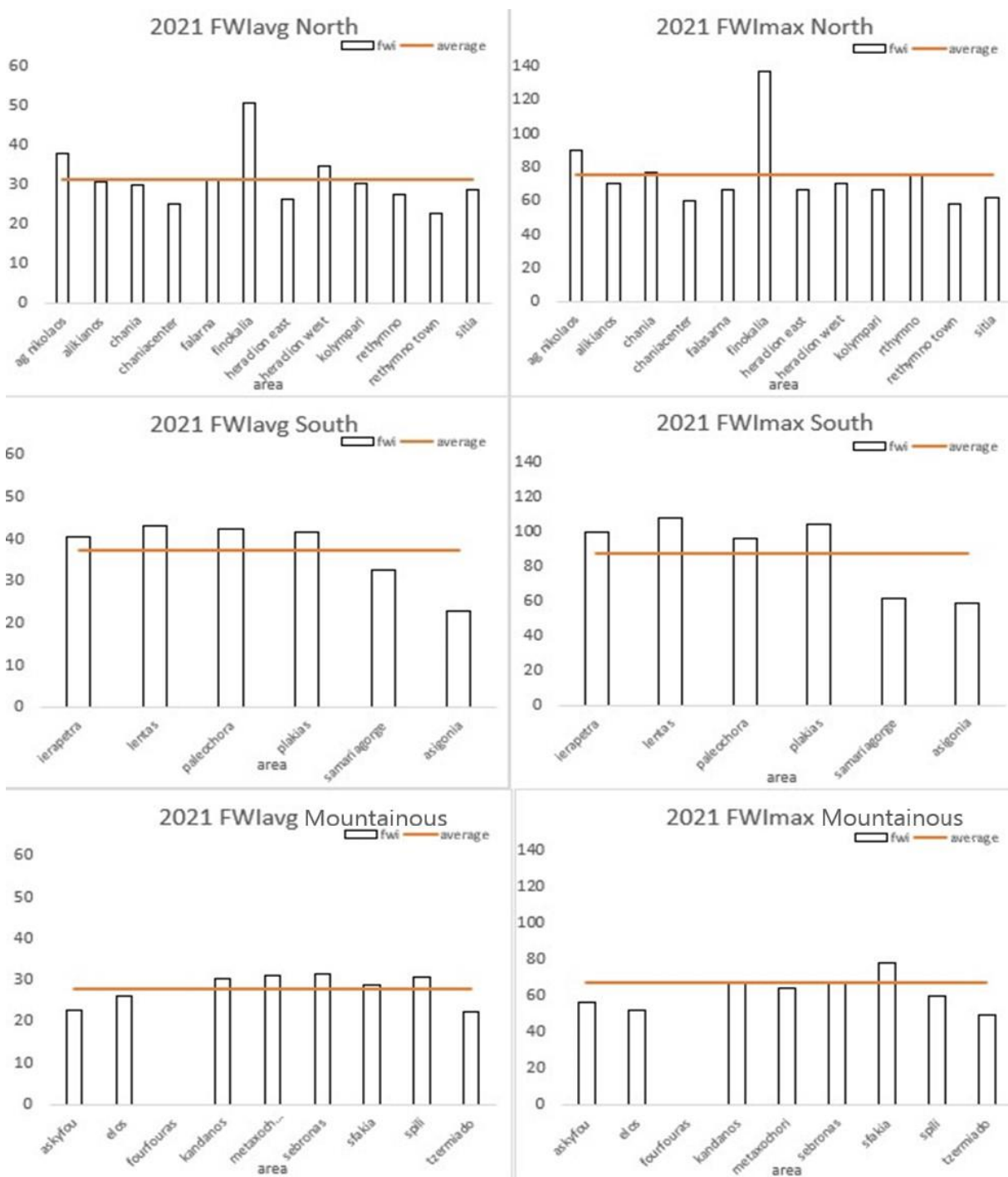
Σε αυτήν την περίπτωση, οι εικόνες εμφανίζουν μεγαλύτερη συνοχή σε σχέση με τις διακυμάνσεις που εμφανιζόντουσαν στην περίπτωση με όλους τους σταθμούς ανεξάρτητα των ετών δεδομένων και πάλι παρατηρείται μεγαλύτερη επικινδυνότητα σε Ηράκλειο και Λασιίθι.

Διαγράμματα ράβδων FWI των μετεωρολογικών σταθμών

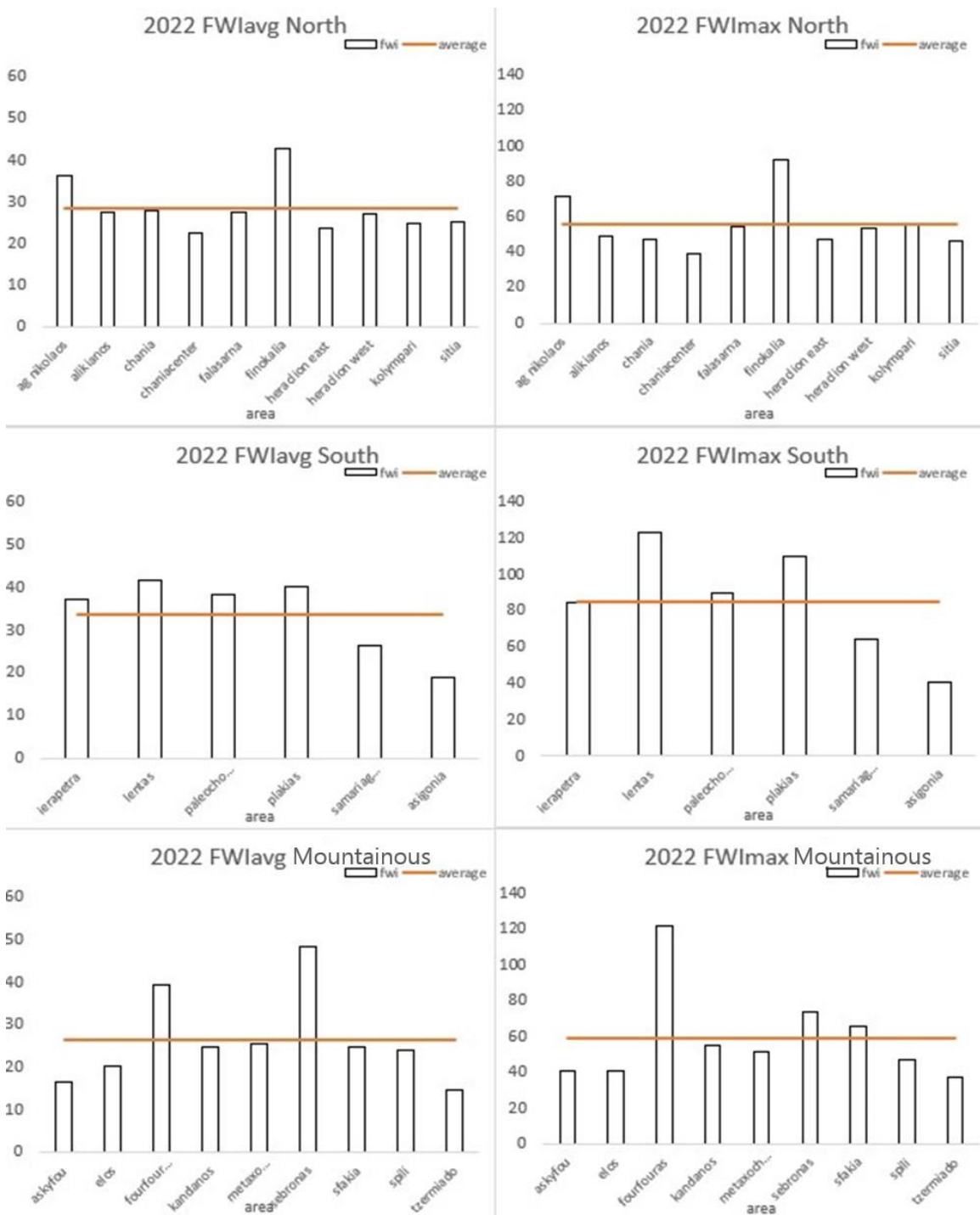
Πραγματοποιήθηκαν ραβδογράμματα με τις μέγιστες και μέσες τιμές του FWI, για κάθε μετεωρολογικό σταθμό, διαχωρίζοντάς το νησί σε βορρά, νότο και ορεινές περιοχές, για τα έτη 2020, 2021 και 2022. Στα διαγράμματα απεικονίζεται επίσης με γραμμή ο μέσος όρος του FWI των σταθμών που συμπεριλαμβάνονται.



Εικόνα 12 : Ραβδογράμματα μέσου και μέγιστου FWI των μετεωρολογικών σταθμών στον βόρειο, ορεινό και νότιο τομέα για το 2020.

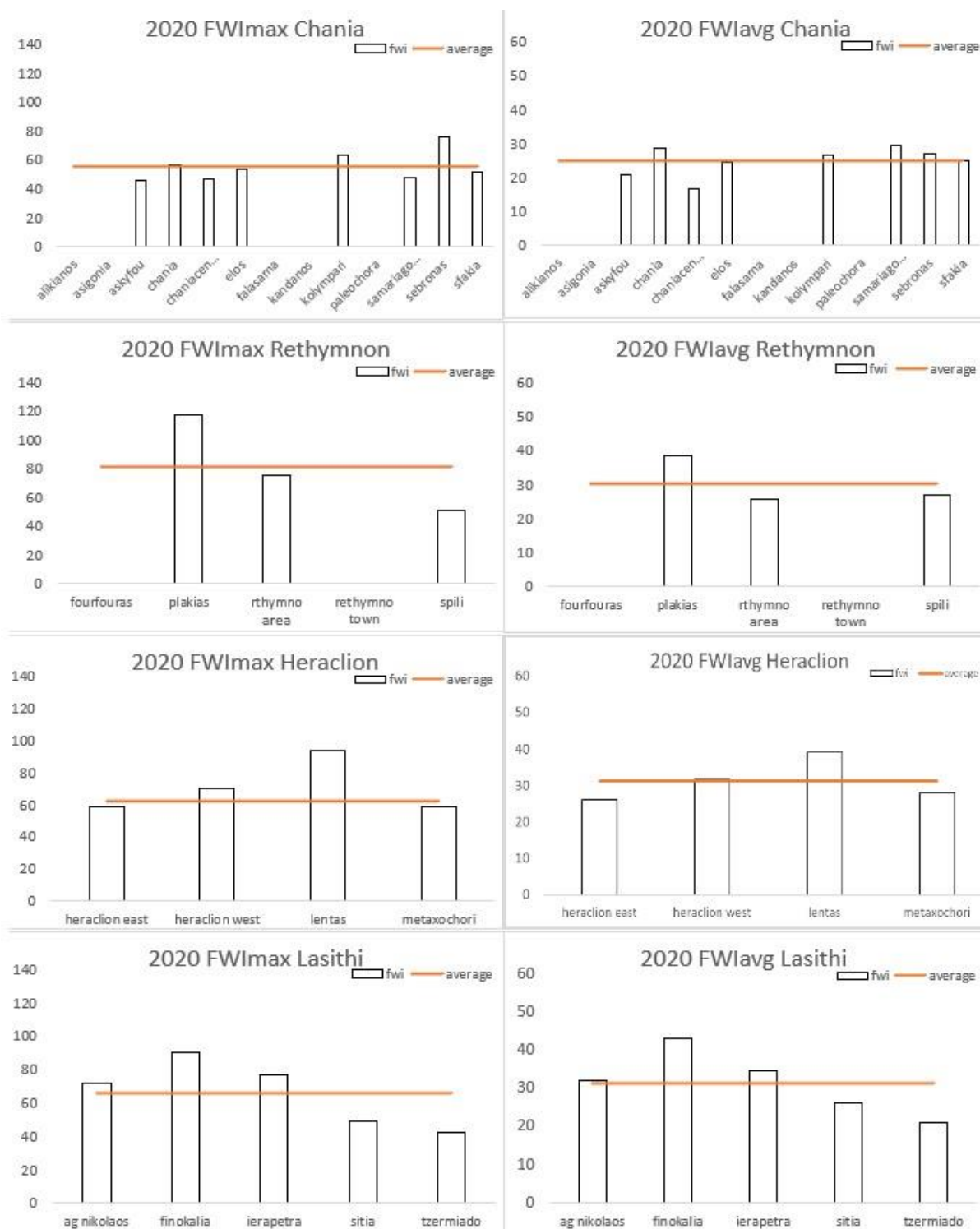


Εικόνα 13 : Ραβδογράμματα μέσου και μέγιστου FWI των μετεωρολογικών σταθμών στον βόρειο, ορεινό και νότιο τομέα για το 2021.

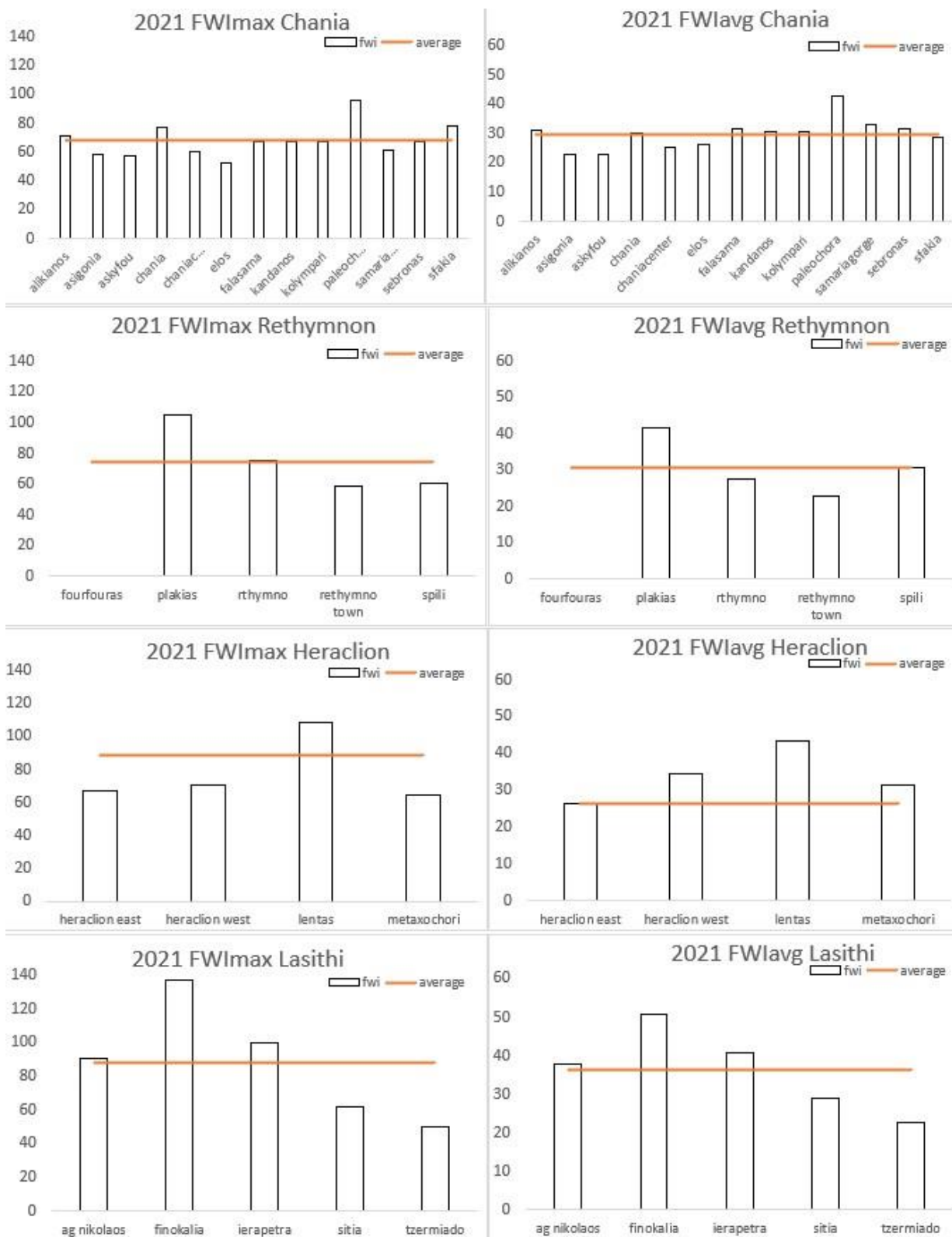


Εικόνα 14 : Ραβδογράμματα μέσου και μέγιστου FWI των μετεωρολογικών σταθμών στον βόρειο, ορεινό και νότιο τομέα για το 2022.

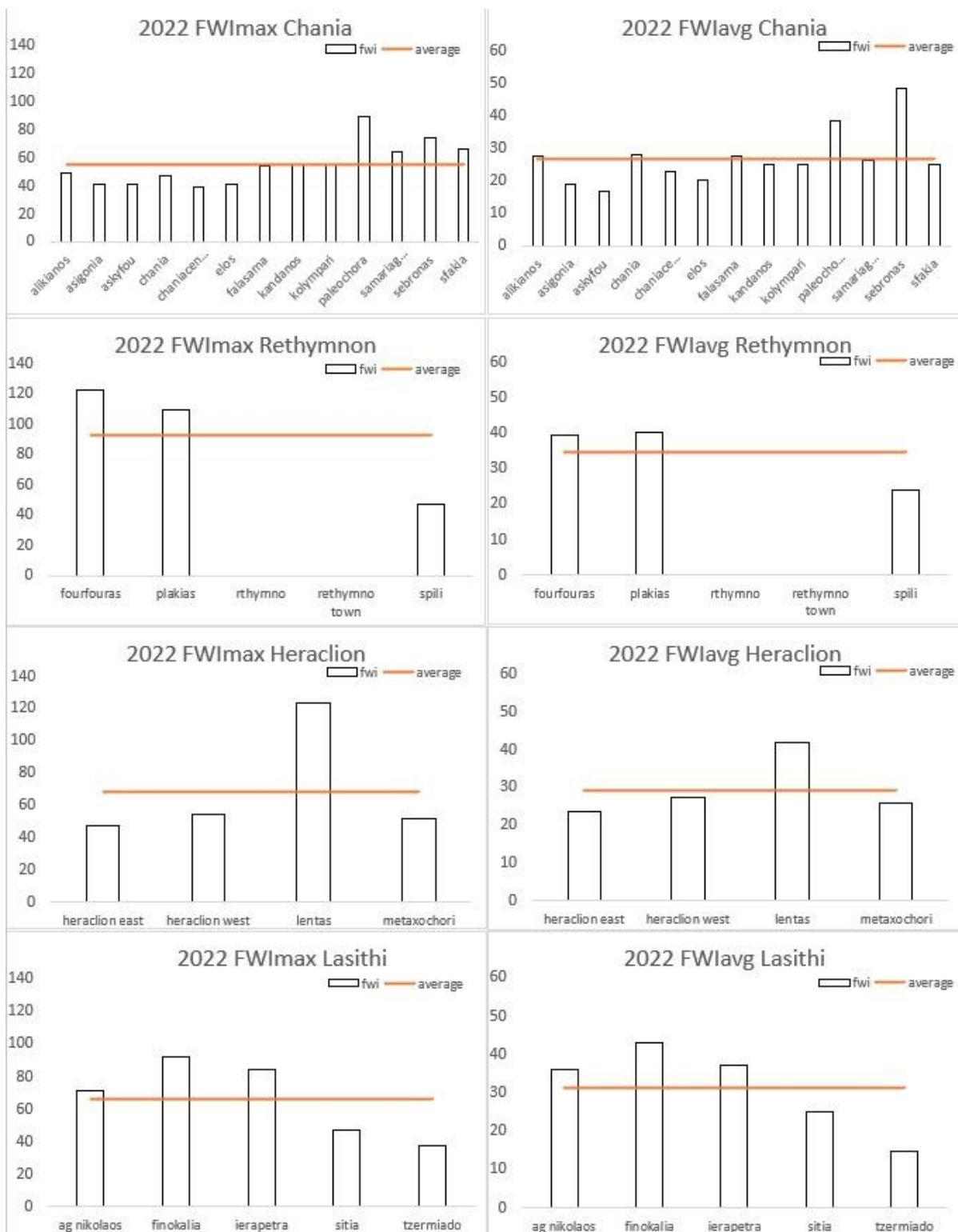
Έπειτα έγιναν τα διαγράμματα ράβδων για κάθε νομό.



Εικόνα 15 : Ραβδογράμματα μέγιστων και μέσων τιμών FWI των μετεωρολογικών σταθμών ανά νομό του νησιού για το 2020.



Εικόνα 16 : Ραβδογράμματα μέγιστων και μέσων τιμών FWI των μετεωρολογικών σταθμών ανά νομό του νησιού για το 2021.



Εικόνα 17 : Ραβδογράμματα μέγιστων και μέσων τιμών FWI των μετεωρολογικών σταθμών ανά νομό του νησιού για το 2022.

Από τα παραπάνω διαγράμματα προκύπτει ότι ο διαχωρισμός του νησιού σε νότιο, βόρειο και ορεινό κομμάτι θα μπορούσε να είναι πιο αποτελεσματικός, σε συνδυασμό με τον παράλληλο χωρισμό σε γεωγραφικά διαμερίσματα. Πιο συγκεκριμένα, σε πρακτικές εφαρμογές, ο κάθε νομός να χωρίζεται σε βόρειο, νότιο και ορεινό κομμάτι, ώστε να παρέχεται περαιτέρω πληροφορία για διαφοροποιήσεις τόσο από δύση προς ανατολή όσο και από τα βόρεια παράλια προς την ενδοχώρα και τα νότια παράλια. Αναλυτικότερα, στην Εικόνα 17 που αφορά το έτος 2020, παρατηρείται ότι οι σταθμοί που σημειώνουν τις υψηλότερες τιμές και στις μέγιστες και στις μέσες τιμές του FWI στο νομό Χανίων βρίσκονται σε όλο το νομό, στο νομό Ρεθύμνου στο νότιο κομμάτι, στο Ηράκλειο στο νότο, και στο Λασιθί στο βόρειο και νότιο κομμάτι (σημειώνεται ότι ο νομός Λασιθίου έχει μικρότερη έκταση από βορρά προς νότο σε σχέση με τους υπόλοιπους νομούς του νησιού, επομένως δεν έχει τόσο εκτεταμένο όγκο ξηράς ώστε να μεταβάλλονται οι μετεωρολογικές συνθήκες ανάμεσα στη βόρεια και νότια ακτή).

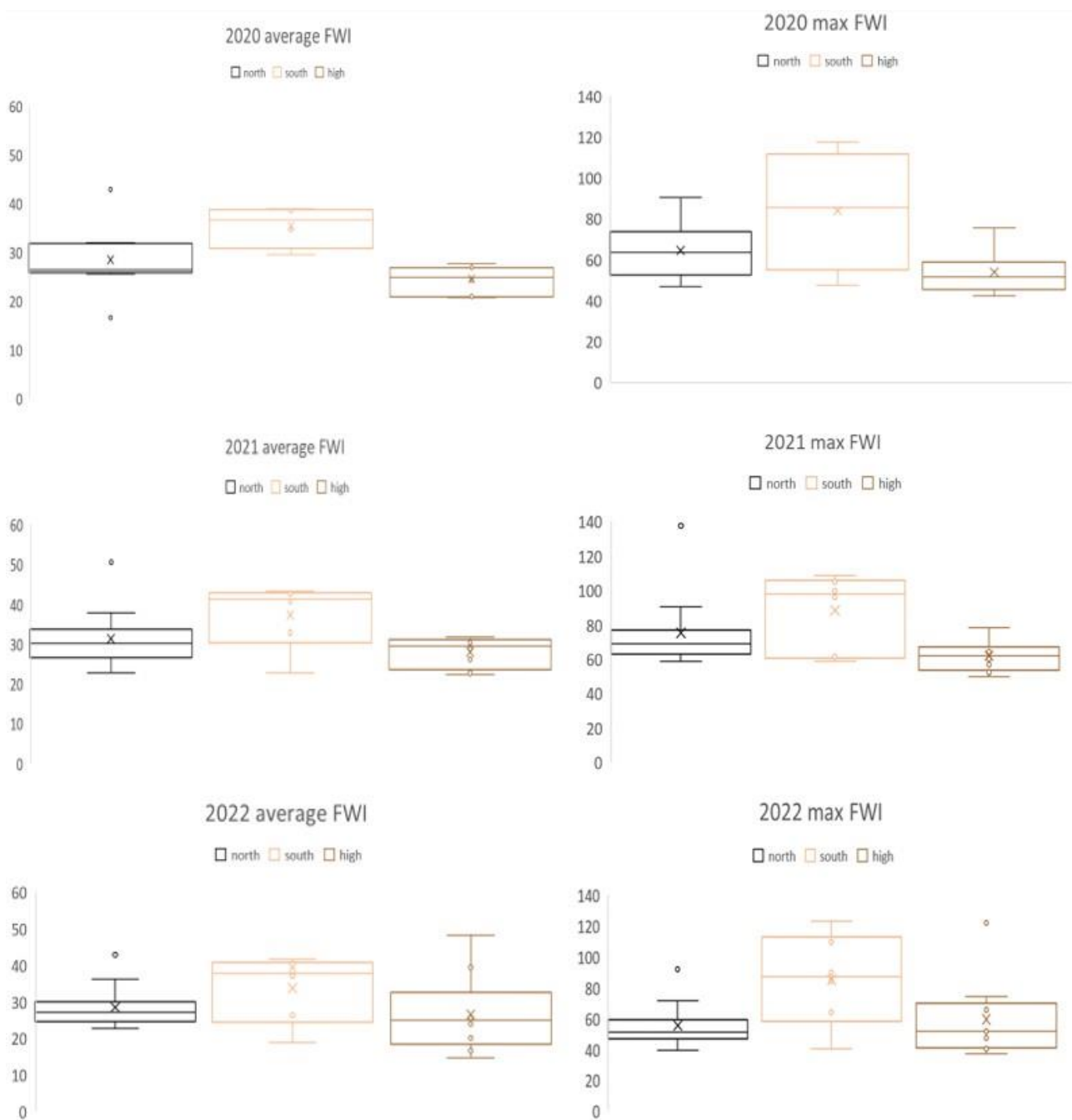
Έπειτα στην Εικόνα 18 για το 2021, στο νομό Χανίων και Ρεθύμνου οι σταθμοί που σημείωσαν τις υψηλότερες τιμές βρίσκονται στο νότο, ενώ στους νομούς Ηρακλείου και Λασιθίου βρίσκονται και στο βόρειο και στο νότιο κομμάτι.

Τέλος, για το έτος 2022 στην Εικόνα 19, οι σταθμοί που σημείωσαν τις υψηλότερες τιμές στα Χανιά και το Ρέθυμνο βρίσκονται στο νότιο και στο ορεινό κομμάτι, στο Ηράκλειο στο νότιο και στο Λασιθί βόρεια και νότια.

Έτσι, παρατηρείται ότι μέσα στους νομούς, υπάρχει διαφορετική κατανομή επικινδυνότητας, με κάποια σημεία - κυρίως νότια - να διατρέχουν συχνά πολύ μεγαλύτερο κίνδυνο από άλλα κομμάτια των νομών. Για αυτό λοιπόν, κρίνεται χρήσιμος και ο διαχωρισμός των γεωγραφικών διαμερισμάτων του νησιού.

3.3. Θηκογράμματα FWI

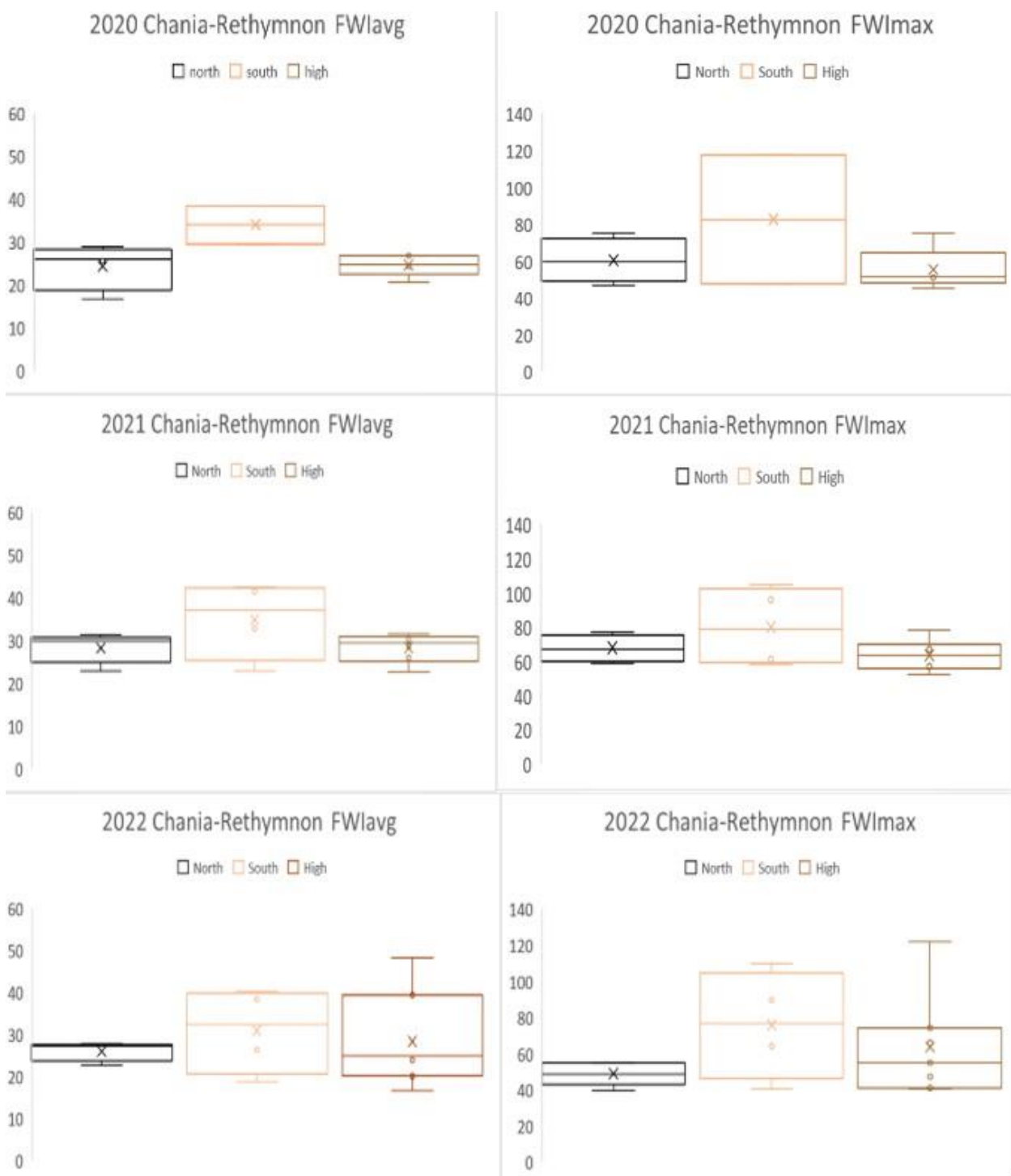
Στη συνέχεια απεικονίζεται μία ακριβέστερη εικόνα των τιμών του FWI με διαγράμματα που φτιάχτηκαν με τη βοήθεια excel σε μορφή θηκογραμμάτων για τα πρόσφατα έτη 2020, 2021, 2022. Τα δεδομένα έχουν ξανά χωριστεί στους τομείς βόρειος, νότιος και ορεινές περιοχές. Ακολουθούν οι μέγιστες και οι μέσες τιμές.



Εικόνα 18: Θηκογράμματα μέσων και μέγιστων τιμών FWI για το βόρειο, νότιο και ορεινό κομμάτι (2020, 2021, 2022)

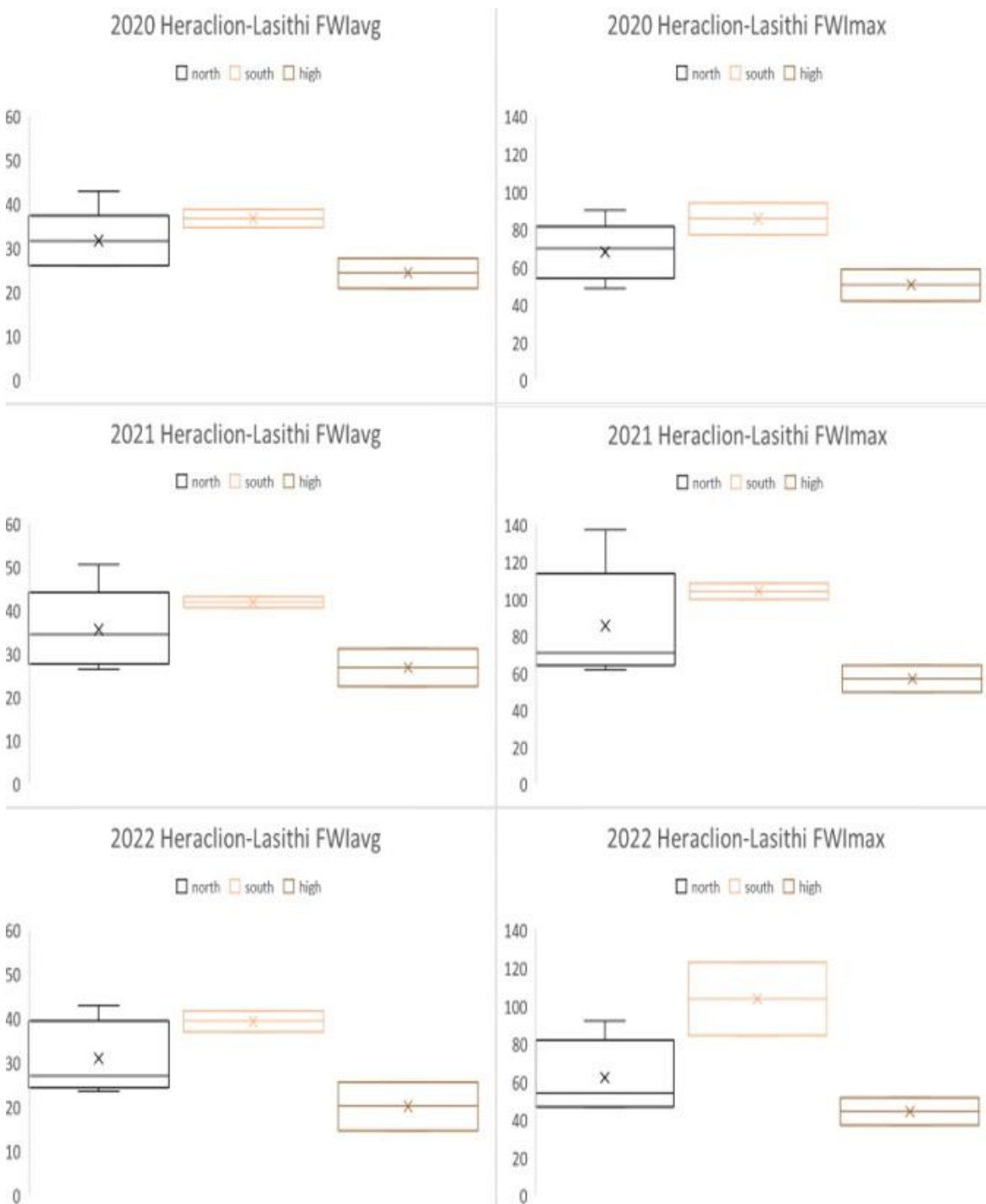
Από τα παραπάνω θηκογράμματα (Εικόνα 20) φαίνεται ότι οι νότιες περιοχές του νησιού επικρατούν και στα τρία έτη, τόσο στη μέση, όσο και στη μέγιστη τιμή του καναδικού δείκτη, αναδεικνύοντάς τις ως τις περισσότερο επίφοβες στο ξέσπασμα πυρκαγιών. Παράλληλα, το βόρειο κομμάτι φαίνεται να έχει τη δεύτερη μεγαλύτερη επικινδυνότητα, κάνοντας τις ορεινές περιοχές τις λιγότερο επίφοβες από τις τρεις αυτές κατηγορίες. Εξαίρεση αποτελεί το έτος 2022, όπου το εύρος τιμών των ορεινών περιοχών ξεπερνάει και τις βόρειες αλλά και τις νότιες περιοχές στις μέσες τιμές FWI, και των βόρειων περιοχών στις μέγιστες, ένα γεγονός που μπορεί να οφείλεται σε παράγοντες όπως μεταβολή των περιοχών γύρω του μετεωρολογικού σταθμού, οι ολοένα και μεγαλύτερες θερμοκρασίες της θερινής περιόδου ή ακόμη και σε βλάβη του σταθμού για κάποια χρονική περίοδο.

Στο επόμενο στάδιο επαναλήφθηκε η δημιουργία θηκογραμμάτων για την συγκεντρωτική σύγκριση του δυτικού και ανατολικού τομέα του νησιού για τα έτη 2020, 2021, 2022 χωρίζοντας τους νομούς στα ζευγάρια Χανιά-Ρέθυμνο (δυτική Κρήτη) και Ηράκλειο-Λασιθί (ανατολική Κρήτη). Πρώτα φαίνονται τα θηκογράμματα Χανίων-Ρεθύμνου και ύστερα Ηρακλείου-Λασιθίου.



Εικόνα 19: Θηκογράμματα μέσων και μέγιστων τιμών FWI για το βόρειο, νότιο και ορεινό κομμάτι Χανίων-Ρεθύμνου (2020, 2021, 2022).

Σε αυτή την περίπτωση (Εικόνα 21), εντοπίζονται και πάλι ανάλογες διαφορές μεταξύ των τριών τμημάτων στα οποία χωρίστηκε το νησί, με τον νότιο κομμάτι να έρχεται πάλι πρώτο στην επικινδυνότητα. Ωστόσο, σε αυτή την περίπτωση οι ορεινές περιοχές βρίσκονται σχεδόν στο ίδιο επίπεδο με τις βόρειες, ξεπερνώντας τις ακόμη το 2022.



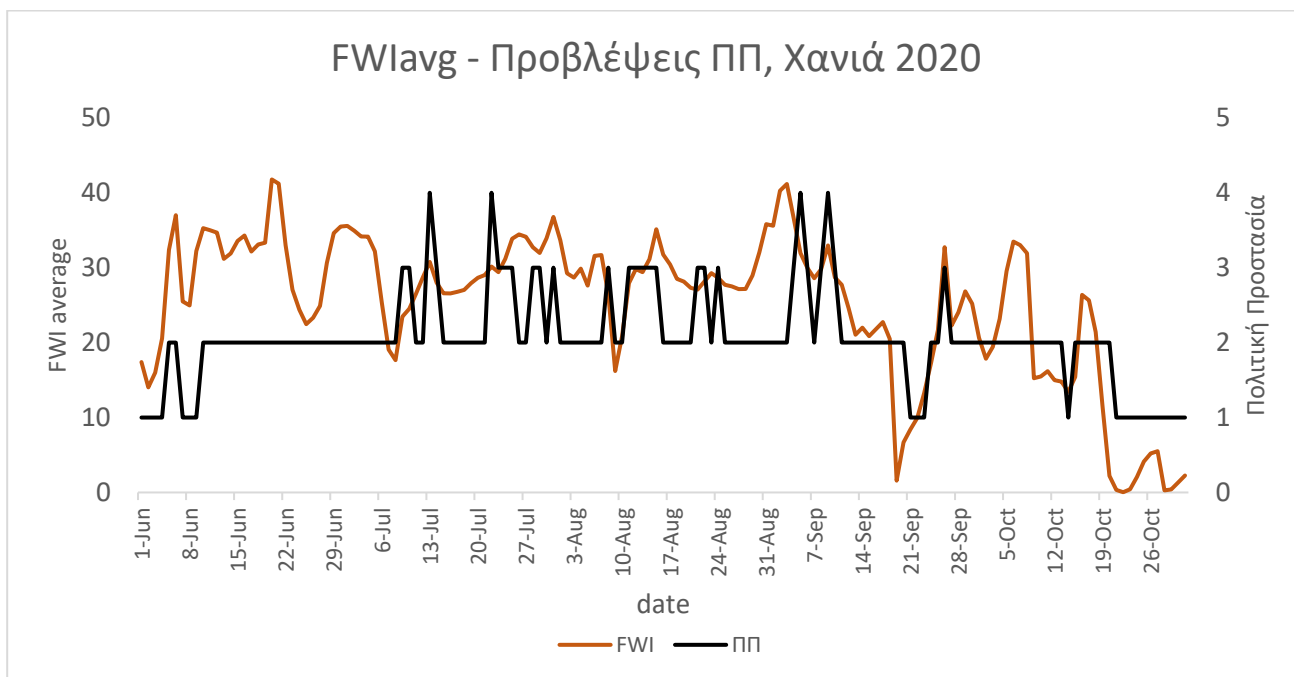
Εικόνα 20: Θηκογράμματα μέσων και μέγιστων τιμών FWI για το βόρειο, νότιο και ορεινό κομμάτι Ηρακλείου-Λασιθίου (2020, 2021, 2022).

Στην περίπτωση των νομών Ηρακλείου και Λασιθίου, κατά μέσο όρο ο νότος εξακολουθεί να είναι περισσότερο επιρρεπής στην περίπτωση πυρκαγιάς. Ο βορράς έχει μεγαλύτερη κατανομή τιμών FWI, παραμένοντας όμως σε υψηλότερη επικινδυνότητα σε σχέση με τις ορεινές περιοχές, οι οποίες εμφανίζουν μεγαλύτερη αρνητική διαφορά από τους βόρειους/νότιους

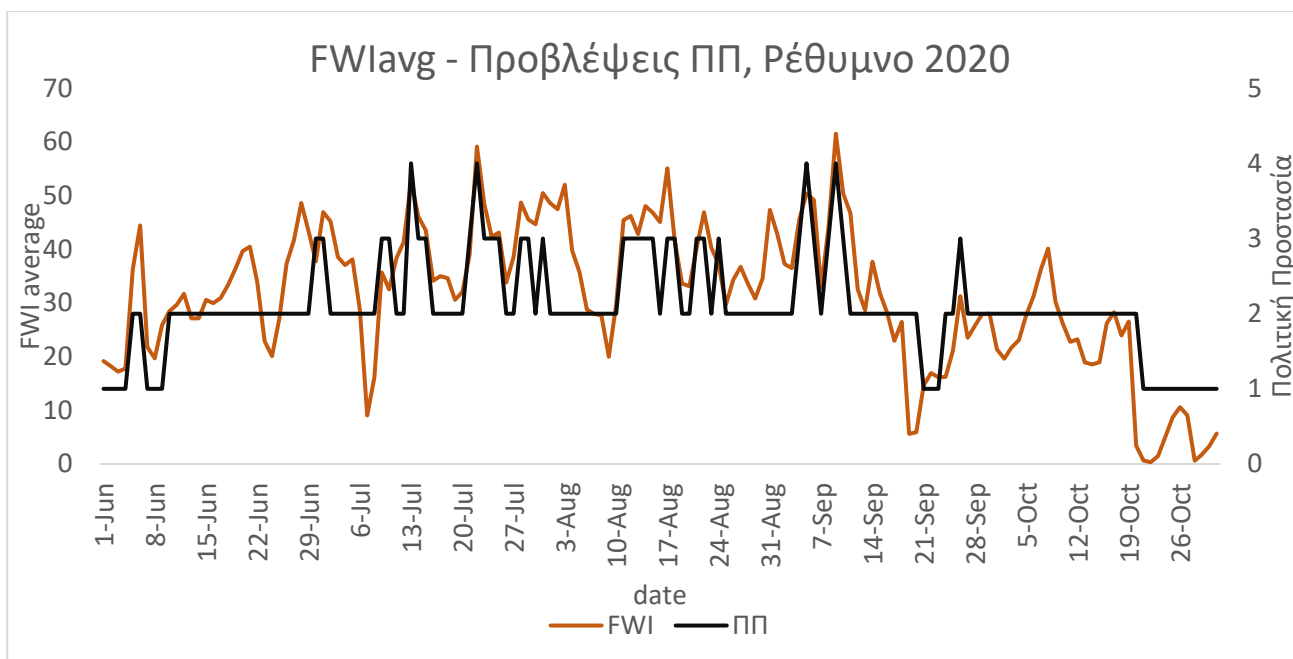
σταθμούς στην ανατολική Κρήτη σε σχέση με τη δυτική Κρήτη. Σημειώνεται πάντως ότι αυτοί οι νομοί διαθέτουν λιγότερους μετεωρολογικούς σταθμούς.

3.4. Διαγράμματα FWI και Πολιτικής Προστασίας

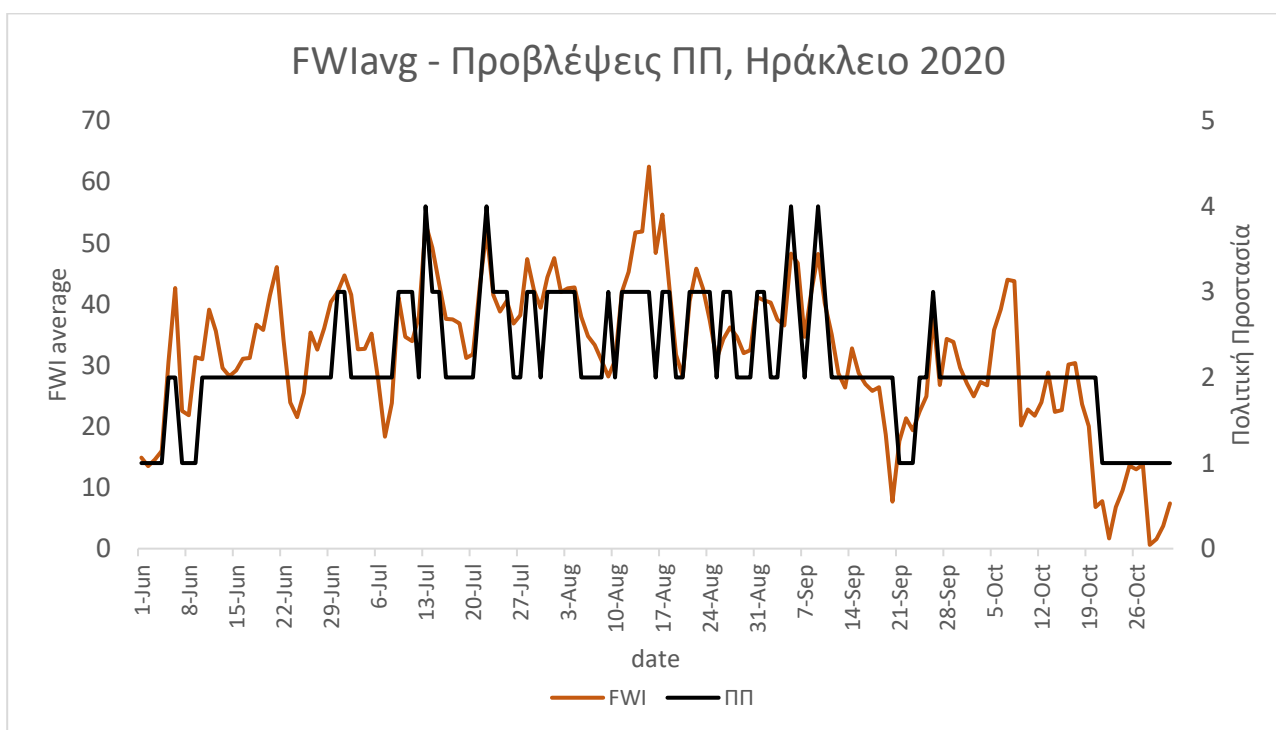
Ακολούθησε η σύγκριση της μέσης τιμής FWI με το δείκτη επικινδυνότητας πυρκαγιών όπως αυτός εκτιμήθηκε από την Πολιτική Προστασία για κάθε νομό του νησιού.



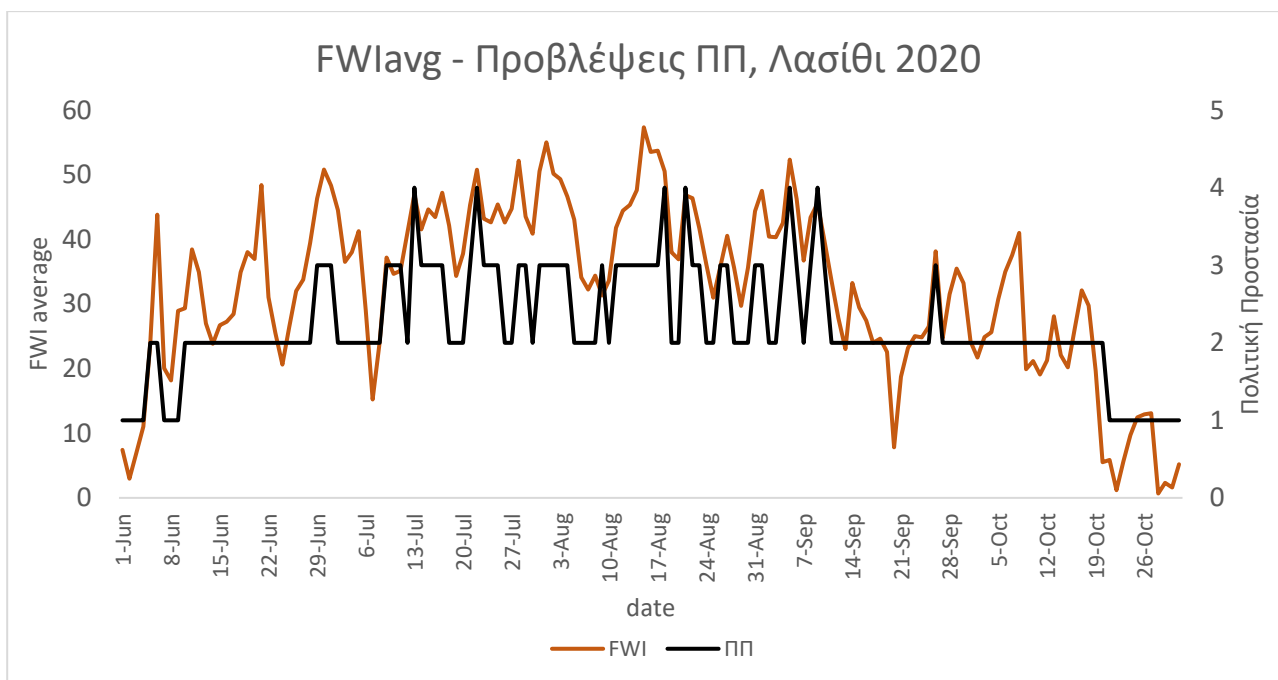
Διάγραμμα 1 : Σύγκριση χρονοσειράς για το έτος 2020 της μέσης τιμής FWI με το δείκτη επικινδυνότητας της Πολιτικής Προστασίας για τον Νομό Χανίων.



Διάγραμμα 2 : Σύγκριση χρονοσειράς για το έτος 2020 της μέσης τιμής FWI με το δείκτη επικινδυνότητας της Πολιτικής Προστασίας για τον Νομό Ρεθύμνου.



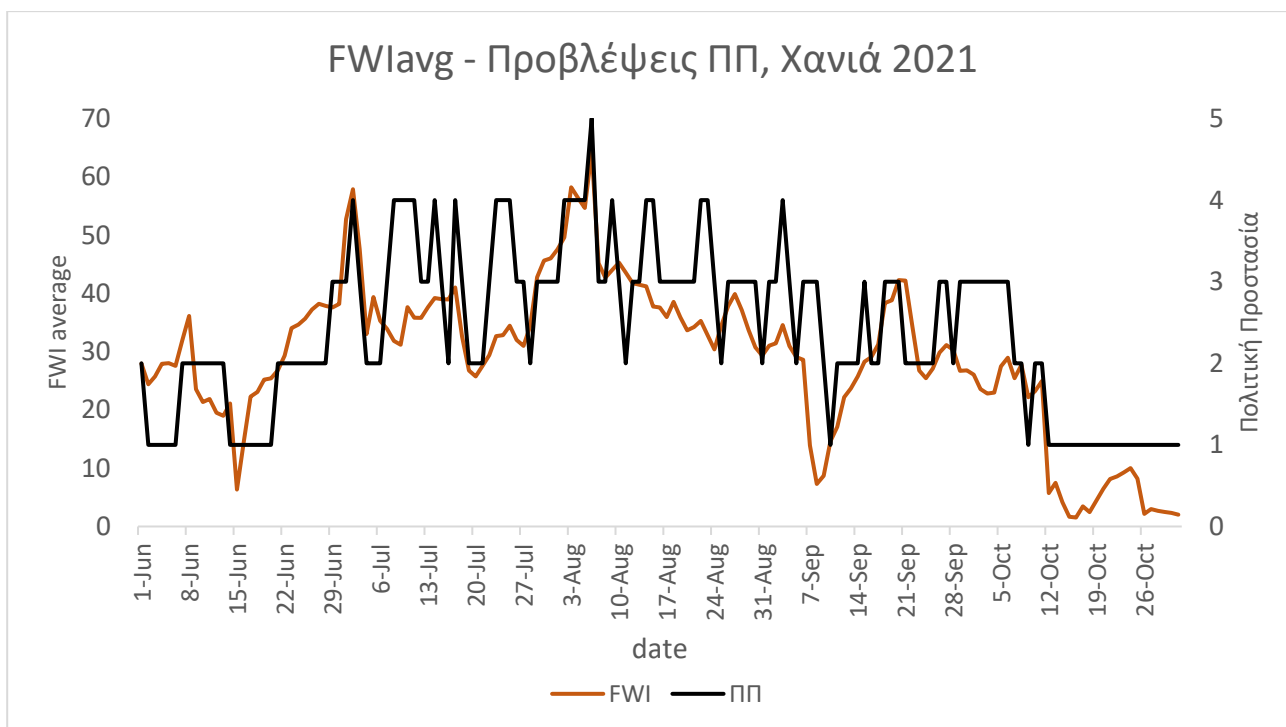
Διάγραμμα 3 : Σύγκριση χρονοσειράς για το έτος 2020 της μέσης τιμής FWI με το δείκτη επικινδυνότητας της Πολιτικής Προστασίας για τον Νομό Ηρακλείου.



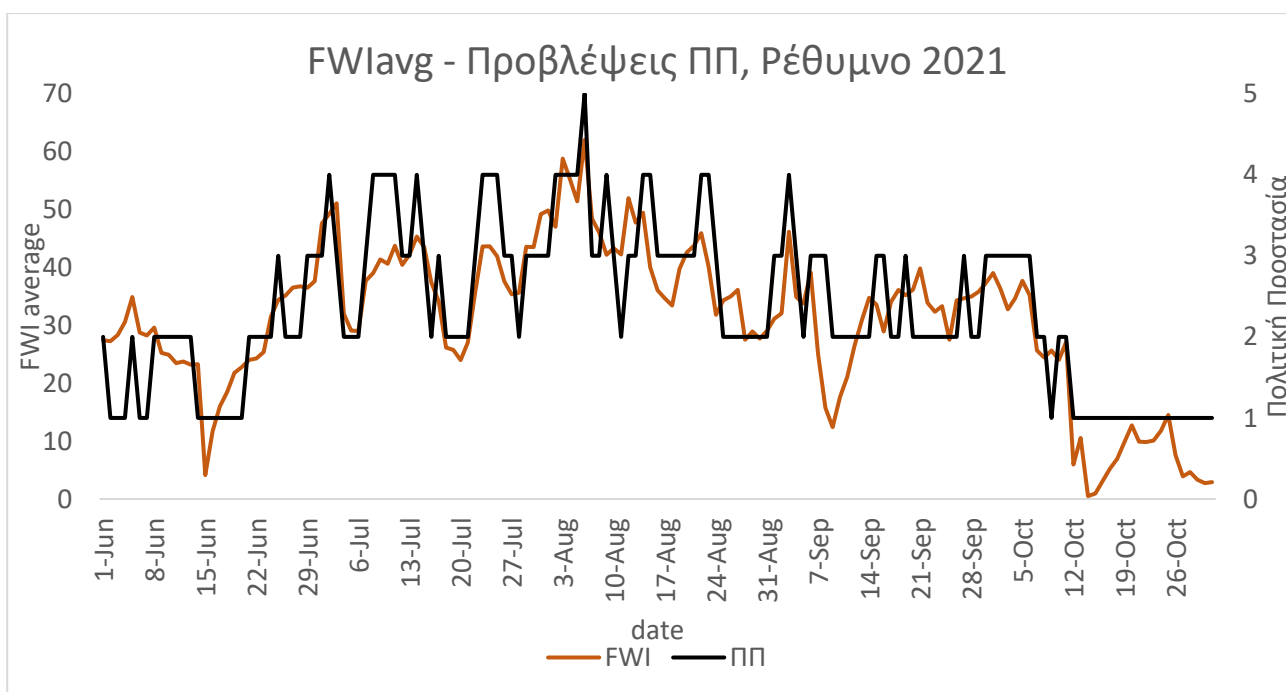
Διάγραμμα 4 : Σύγκριση χρονοσειράς για το έτος 2020 της μέσης τιμής FWI με το δείκτη επικινδυνότητας της Πολιτικής Προστασίας για τον Νομό Λασιθίου.

Για το έτος 2020, παρατηρείται αρχικά ότι η Γενική Γραμματεία Προστασίας του Πολίτη ακολουθεί ένα πανομοιότυπο μοτίβο για τους νομούς Χανίων και Ρεθύμνου, καθώς και Ηρακλείου και Λασιθίου, κάτι που είναι αναμενόμενο αφού πρόκειται για γεωγραφικά διαμερίσματα που συνορεύουν. Το Ηράκλειο και το Λασιθί σημειώνουν περισσότερες διακυμάνσεις, κάτι που σημαίνει πως αντιμετωπίζουν πιο συχνά εξάρσεις κινδύνου. Αυτό που είναι άξιο παρατήρησης είναι ότι ο δείκτης FWI και στους 4 νομούς εμφανίζει αρκετά μεγαλύτερη επικινδυνότητα σε σχέση με τις εκτιμήσεις της Πολιτική Προστασία στην αρχή και το τέλος της αντιπυρικής περιόδου, με τις μεγαλύτερες διακυμάνσεις να σημειώνονται στο νομό Λασιθίου.

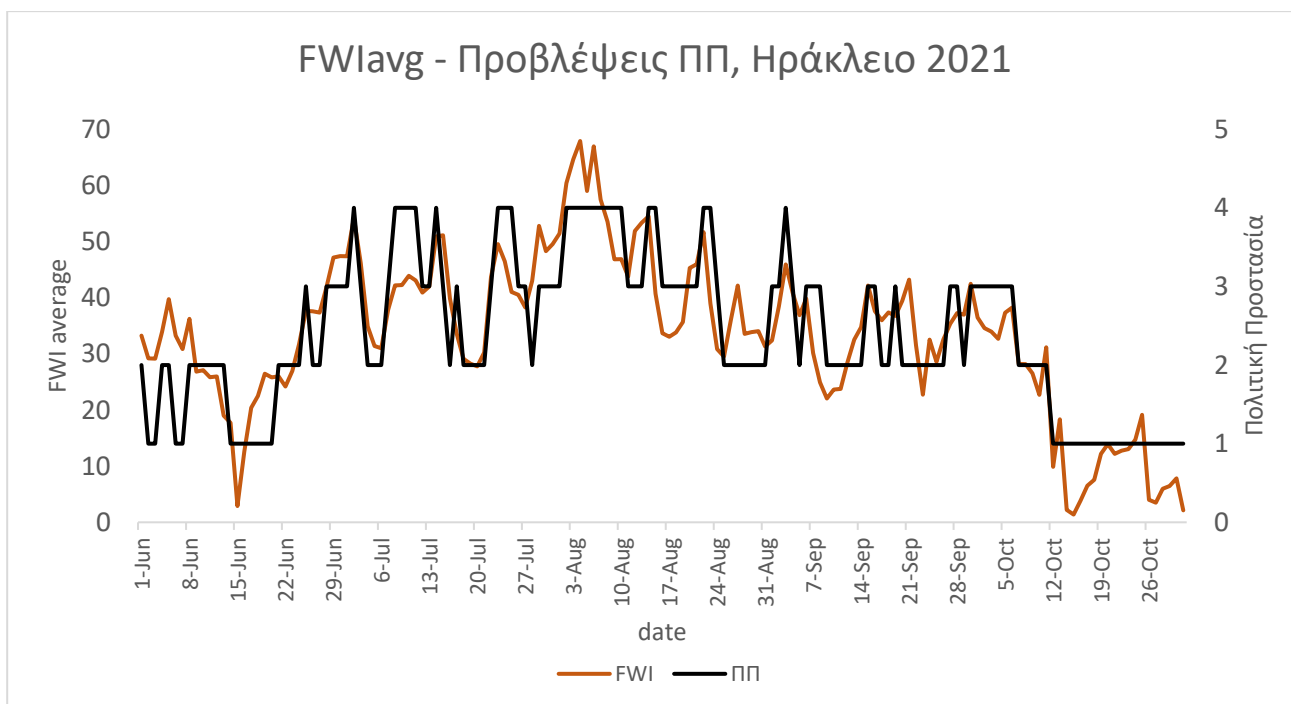
Ακολουθεί το έτος 2021.



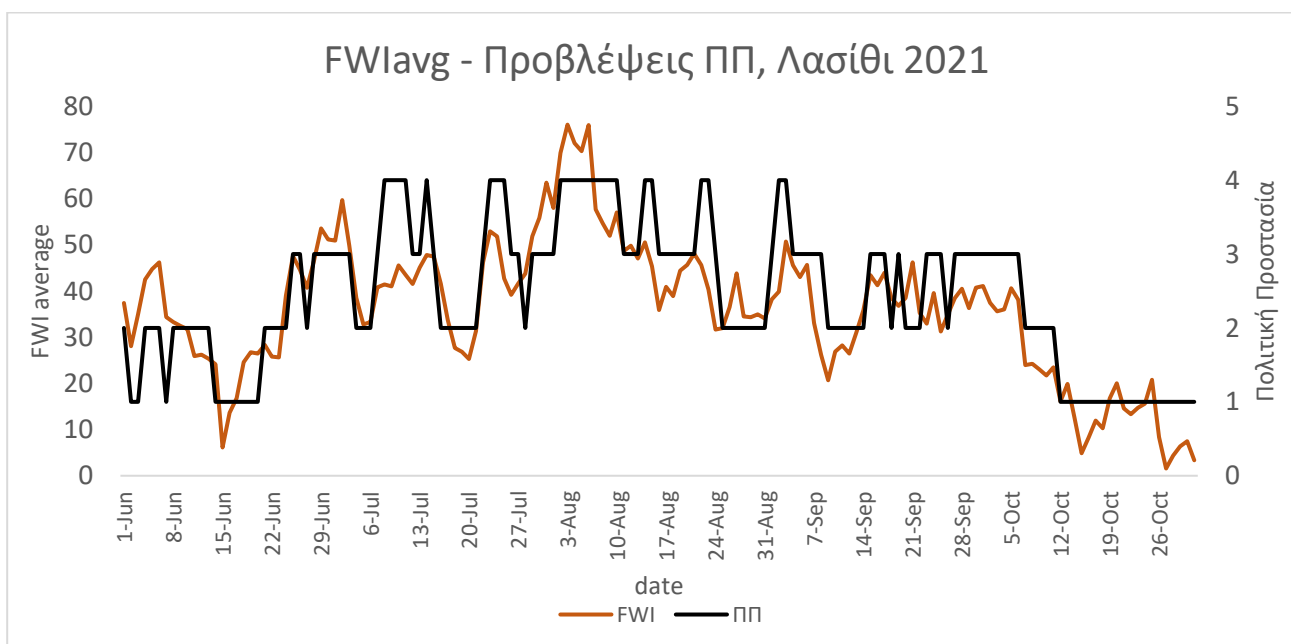
Διάγραμμα 5 : Σύγκριση χρονοσειράς για το έτος 2021 της μέσης τιμής FWI με το δείκτη επικινδυνότητας της Πολιτικής Προστασίας για τον Νομό Χανίων.



Διάγραμμα 6 : Σύγκριση χρονοσειράς για το έτος 2021 της μέσης τιμής FWI με το δείκτη επικινδυνότητας της Πολιτικής Προστασίας για τον Νομό Ρεθύμνου.

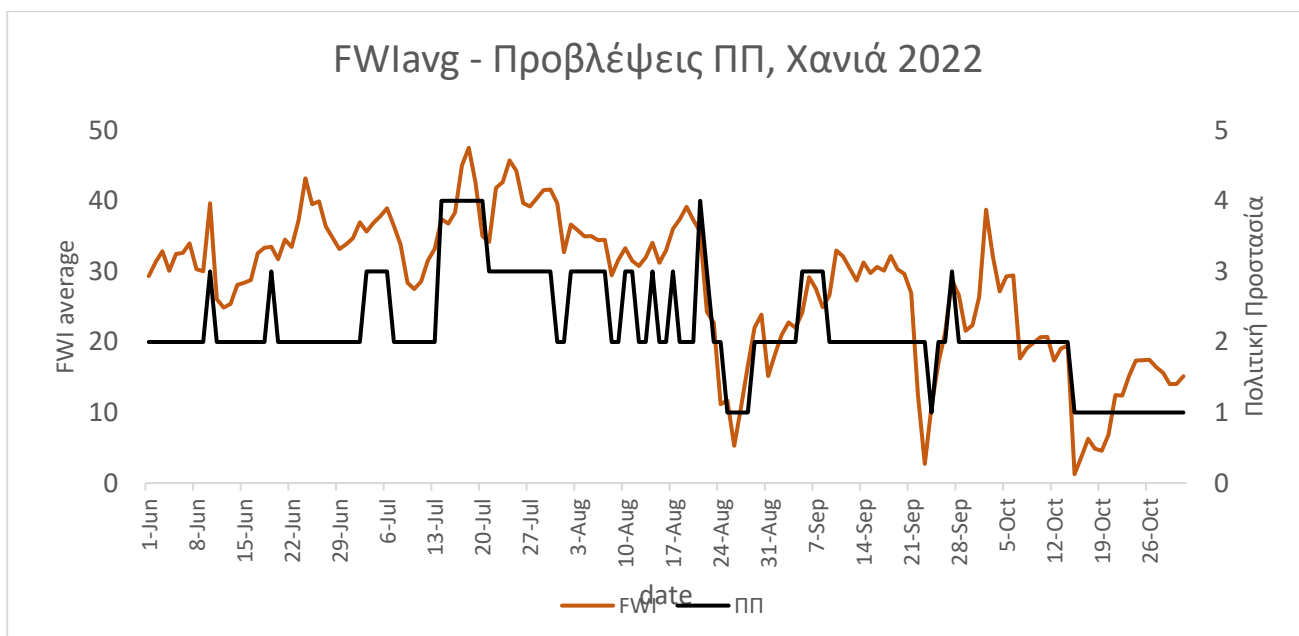


Διάγραμμα 7 : Σύγκριση χρονοσειράς για το έτος 2021 της μέσης τιμής FWI με το δείκτη επικινδυνότητας της Πολιτικής Προστασίας για τον Νομό Ηρακλείου.

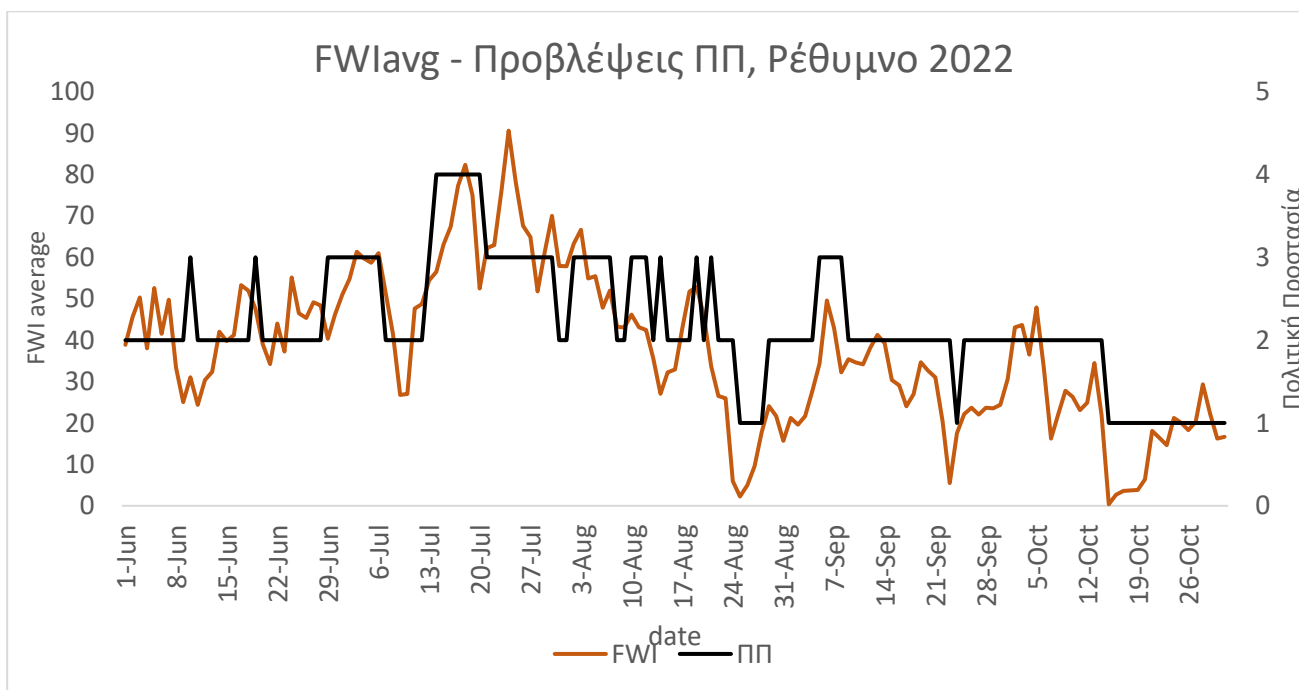


Διάγραμμα 8 : Σύγκριση χρονοσειράς για το έτος 2021 της μέσης τιμής FWI με το δείκτη επικινδυνότητας της Πολιτικής Προστασίας για τον Νομό Λασιθίου.

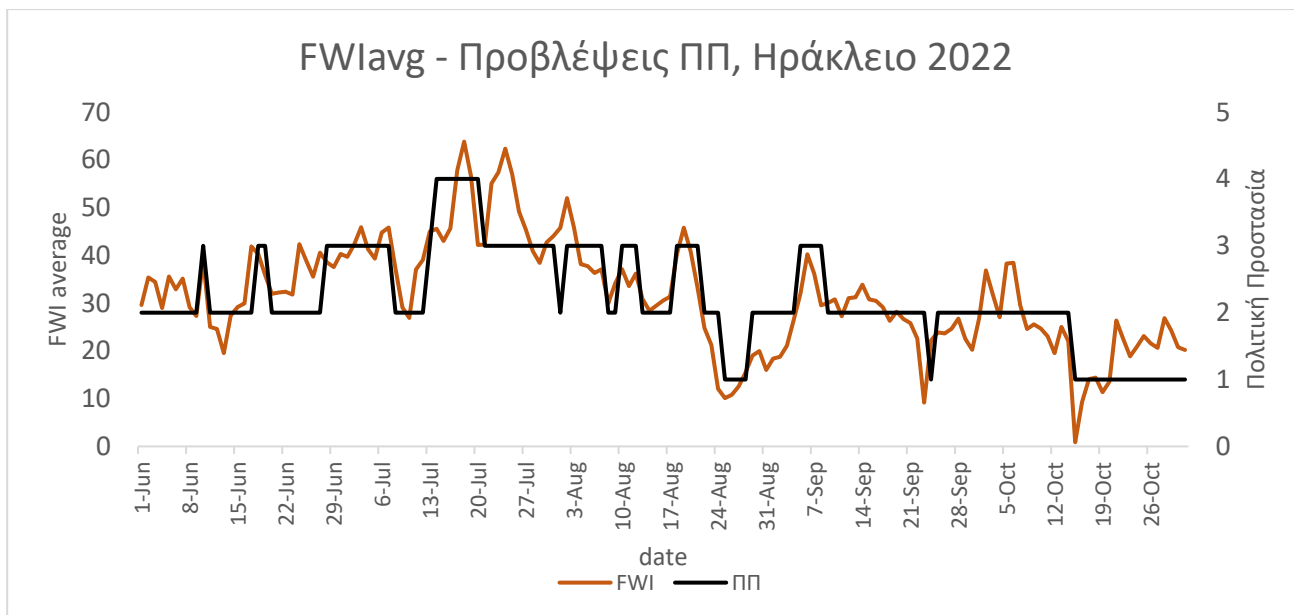
Και για το 2021, σημειώνεται ομοιότητα της πρόβλεψης επικινδυνότητας της Πολιτικής Προστασίας μεταξύ Χανίων-Ρεθύμνου και Ηρακλείου-Λασιθίου. Αυτή τη χρονιά ο δείκτης FWI συμφωνεί περισσότερο στις διακυμάνσεις της Πολιτικής Προστασίας, φέροντας λιγότερες αυξομειώσεις και μάλιστα στο νομό Χανίων μικρότερες.



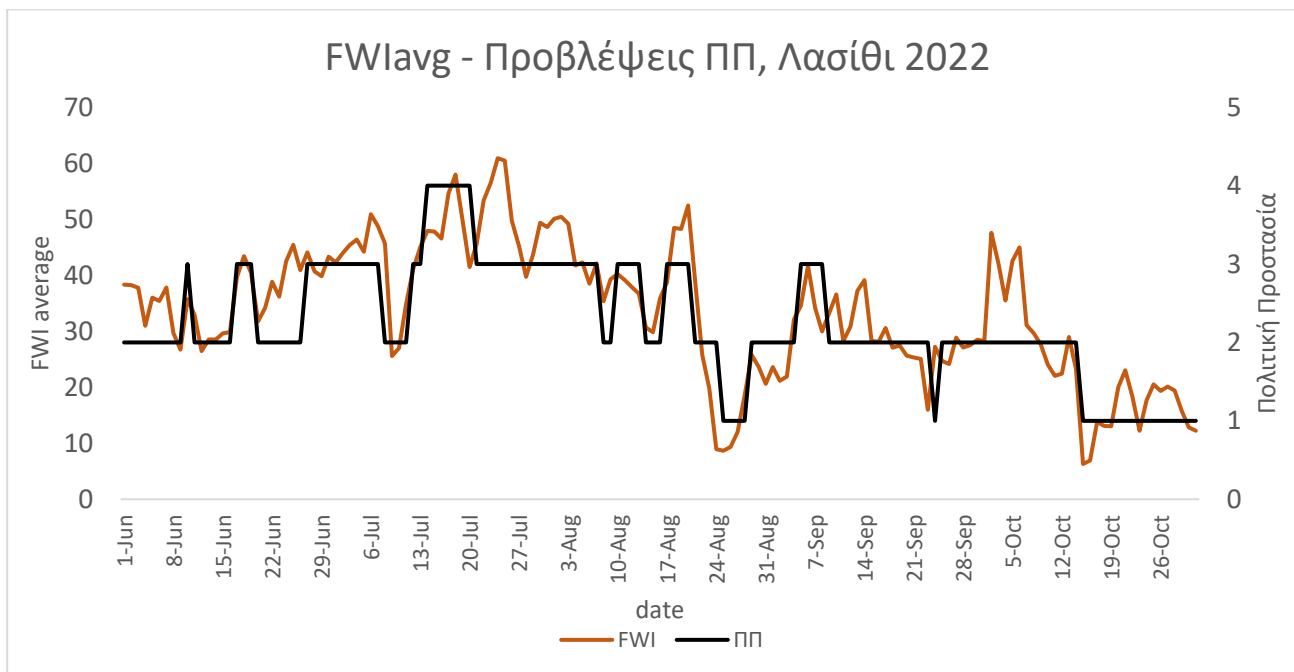
Διάγραμμα 9 : Σύγκριση χρονοσειράς για το έτος 2022 της μέσης τιμής FWI με το δείκτη επικινδυνότητας της Πολιτικής Προστασίας για τον Νομό Χανίων.



Διάγραμμα 10 : Σύγκριση χρονοσειράς για το έτος 2022 της μέσης τιμής FWI με το δείκτη επικινδυνότητας της Πολιτικής Προστασίας για τον Νομό Ρεθύμνου.



Διάγραμμα 11 : Σύγκριση χρονοσειράς για το έτος 2022 της μέσης τιμής FWI με το δείκτη επικινδυνότητας της Πολιτικής Προστασίας για τον Νομό Ηρακλείου.



Διάγραμμα 12 : Σύγκριση χρονοσειράς για το έτος 2022 της μέσης τιμής FWI με το δείκτη επικινδυνότητας της Πολιτικής Προστασίας για τον Νομό Λασιθίου.

Κατά το 2022 η απόκλιση των δύο μεθόδων μεγαλώνει πάλι σε όλους τους νομούς, με το νομό Χανίων να παρουσιάζει τη μεγαλύτερη, με το δείκτη FWI να εμφανίζει αρκετά υψηλότερη επικινδυνότητα στην πλειονότητα της αντιπυρικής περιόδου. Αυτό που πρέπει να σημειωθεί, παρόλο που στα παραπάνω διαγράμματα οι δύο μέθοδοι φαίνεται να συμφωνούν κάποιες

φορές, είναι ότι ο δείκτης FWI έχει μεγαλύτερη λεπτομέρεια στην κατανομή επικινδυνότητας και ενώ η Πολιτική Προστασία θέτει μία μέρα σε μέση επικινδυνότητα, η ίδια ημέρα για τον FWI θεωρείται υψηλού κινδύνου.

Ακολουθεί ο πίνακας που δείχνει το εύρος των μέσων τιμών FWI που αντιστοιχούν στις τιμές της Γενικής Γραμματείας Πολιτικής Προστασίας για τα έτη 2020, 2021 και 2022.

Πίνακας 3 : Εύρη τιμών FWI για κάθε τιμή της Πολιτικής Προστασίας σε κάθε νομό για τα έτη 2020, 2021, 2022.

Σύγκριση τιμών Πολιτικής Προστασίας - FWI				
Νομός	Τιμή ΠΠ	Εύρος τιμών FWI		
		2020	2021	2022
Χανίων	1	0.03 - 32.2	1.5 – 28.0	1.2 – 17.4
	2	1.6 - 41.7	8.7 – 43.5	2.7 – 43.2
	3	23.4 - 36.8	7.3 – 47.5	24.1 – 45.7
	4	30.1 - 32.9	31.2 – 58.2	35.0 – 47.5
	5	--	64.3 (μία τιμή)	--
Ρεθύμνου	1	0.3 - 25.8	0.5 – 30.5	0.3 – 29.3
	2	3.4 - 48.6	12.4 – 42.2	5.5 – 57.9
	3	31.3 - 55.1	15.72– 51.9	27.0 – 77.9
	4	50.4 - 61.5	39.0 – 58.8	52.5 – 82.3
	5	--	62.0 (μία τιμή)	--
Ηρακλείου	1	0.6 - 22.5	1.3 – 33.2	0.8 – 26.9
	2	6.8 - 48.3	18.9 – 43.2	9.2 – 45.7
	3	28.1 - 62.5	24.9 – 53.3	29.5 – 57.4
	4	48.2 - 53.2	40.7 – 67.9	42.1 – 63.8
	5	--	--	--
Λασιθίου	1	0.7 - 28.9	1.57 – 34.96	6.30 – 27.22
	2	5.5 - 48.4	20.67 – 46.21	8.9 – 47.6
	3	34.6 - 57.3	26.2 – 63.4	29.9 – 60.9
	4	45.5 - 50.7	39.9 – 76.0	41.4 – 57.9
	5	--	--	--

Στη συνέχεια έγιναν υπολογισμοί για να συγκριθεί ο μέσος όρος του δείκτη με τις τιμές της Πολιτικής προστασίας χωρικά, ανά νομό, ανά έτος, καθώς και σε διαχωρισμό του νησιού ανατολικά-δυτικά.

Πίνακας 4 : Μέσος όρος των τιμών FWI των ετών 2020,2021 και 2022, που αντιστοιχούν σε κάθε τιμή της ΠΠ.

Μέσος όρος FWI ανά τιμή ΠΠ στα τρία τελευταία χρόνια			
Νομός	ΠΠ	FWI (ελ. τιμή)	FWI (μέγ. τιμή)
Χανιά	1	0.9	25.9
	2	4.3	42.8
	3	18.3	43.3
	4	32.1	46.2
	5	--	--
Ρέθυμνο	1	0.4	28.6
	2	7.1	49.6
	3	24.6	61.7
	4	47.3	67.5
	5	--	--
Ηράκλειο	1	0.9	27.5
	2	11.6	45.8
	3	27.5	57.8
	4	43.7	61.6
	5	--	--
Λασιίθι	1	2.8	30.4
	2	11.7	47.4
	3	30.3	60.5
	4	42.3	61.6
	5	--	--

Πίνακας 5 : Μέσος όρος του FWI όλων των νομών για κάθε έτος.

Μέσος όρος FWI όλων των νομών ανά τιμή ΠΠ			
Έτος	ΠΠ	FWI (ελ. τιμή)	FWI (μέγ. τιμή)
2020	1	0.4	27.3
	2	4.3	46.7
	3	29.4	52.9
	4	43.5	49.6
	5	--	--
2021	1	1.2	31.7
	2	15.2	43.8
	3	18.5	54.1
	4	37.7	65.2
	5	--	--
2022	1	2.2	25.2
	2	6.5	48.6
	3	27.6	60.5
	4	42.7	62.9
	5	--	--

Πίνακας 6 : Μέσος όρος του FWI σε Χανιά-Ρέθυμνο και Ηράκλειο-Λασιθί, για τα έτη 2020, 2021, 2022.

Μέσος όρος FWI ανά τιμή ΠΠ για Χανιά-Ρέθυμνο και Ηράκλειο-Λασιθί				
Έτος	Νομοί	ΠΠ	FWI (ελ. τιμή)	FWI (μέγ. τιμή)
2020	Χανιά-Ρέθυμνο	1	0.1	29.0
		2	2.5	45.2
		3	27.3	45.9
		4	31.5	47.2
		5	--	--
	Ηράκλειο-Λασιθί	1	0.6	25.7
		2	6.1	48.3
		3	31.4	59.9
		4	46.9	51.9
		5	--	--
2021	Χανιά-Ρέθυμνο	1	1.0	29.3
		2	10.5	42.9
		3	11.5	49.7
		4	35.1	58.4
		5	--	--
	Ηράκλειο-Λασιθί	1	1.4	34.1
		2	19.8	44.7
		3	25.5	58.4
		4	40.3	71.9
		5	--	--
2022	Χανιά-Ρέθυμνο	1	0.8	23.4
		2	4.1	50.5
		3	25.6	61.8
		4	43.7	64.9
		5	--	--
	Ηράκλειο-Λασιθί	1	3.5	27.0
		2	9.0	46.6
		3	29.7	59.1
		4	41.8	60.9
		5	--	--

Στη συνέχεια ακολουθούν οι πίνακες που δείχνουν τον FWI χωρισμένο στις κατηγορίες North, South, Mountainous για όλο το νησί, σε σχέση με όταν το νησί χωρίζεται στους νομούς Χανιά-Ρέθυμνο και Ηράκλειο-Λασιθί.

Πίνακας 7 : Σύγκριση μέσου FWI τομέων N, S, M, όλου του νησιού σε σχέση με τους νομούς Χανιά-Ρέθυμνο και Ηράκλειο-Λασιθί.

Χωρική σύγκριση N, S, H FWI average				
Έτος	Κατεύθυνση	Όλο το νησί	Χανιά-Ρέθυμνο	Ηράκλειο-Λασιθί
2020	North	28.5	24.3	31.6
	South	35.4	34.1	36.8
	Mountainous	24.6	24.8	24.4
2021	North	31.3	28.2	35.6
	South	37.3	34.9	41.9
	Mountainous	28	28.3	26.9
2022	North	28.5	26.1	31
	South	33.8	31	39.4
	Mountainous	26.4	28.4	20.2

Πίνακας 8 : Σύγκριση μέγιστου FWI κατευθύνσεων N, S, M, όλου του νησιού σε σχέση με τους νομούς Χανιά-Ρέθυμνο και Ηράκλειο-Λασιθί.

Χωρική σύγκριση N, S, H FWI maximum				
Έτος	Κατεύθυνση	Όλο το νησί	Χανιά-Ρέθυμνο	Ηράκλειο-Λασιθί
2020	North	64.8	59.8	68
	South	84.1	82.6	85.6
	Mountainous	49.3	55.3	50.6
2021	North	75.2	67.8	85.4
	South	88.1	80.1	104
	Mountainous	67.3	63.5	56.9
2022	North	55.5	48.9	62.4
	South	85.2	75.9	103.6
	Mountainous	59	63.7	44.4

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

4.1. Αποτελέσματα σημειακών δεδομένων και χωρικής ανάλυσης

Εμφανίζονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα των χαρτών που δημιουργήθηκαν με GIS ArcMap για τα σημειακά δεδομένα:

Πίνακας 9 : Εύρη τιμών των χαρτών σημειακών δεδομένων.

Point data	Όλοι οι σταθμοί	Σταθμοί με δεδομένα 6+ χρόνων
FWImin	<0.1 - >1	<0.5 - >2
FWIavg	<10 - >40	<20 - >35
FWImax	<50 - >90	<50 - >90

Όπως φαίνεται, οι μετεωρολογικοί σταθμοί με δεδομένα για παραπάνω από έξι χρόνια, σε σχέση με όλους τους σταθμούς ανεξαρτήτως των χρόνων καταγραφής δεδομένων τους, έχουν μεγαλύτερες ελάχιστες τιμές στις ελάχιστες και μέσες τιμές του FWI ενώ για το FWI average παρατηρείται μικρότερο εύρος τιμών. Για το FWI maximum δεν υπάρχει κάποια διαφορά ανάμεσα στους σταθμούς. Οι παραπάνω διαφοροποιήσεις μπορεί να οφείλονται στο γεγονός ότι οι μετεωρολογικοί σταθμοί οι οποίοι είναι σε λειτουργία για παραπάνω από έξι χρόνια είναι σαφώς λιγότεροι από τους νεότερους σταθμούς επηρεάζοντας έτσι το μέσο όρο. Επίσης όλοι οι σταθμοί του νομού Ηρακλείου και Λασιθίου εκτός από το Μεταξοχώρι Ηρακλείου, των θερμότερων δηλαδή νομών, ανήκουν στη δεύτερη κατηγορία κάτι που μπορεί να αιτιολογεί την αύξηση των ελάχιστων τιμών. Για τις μέσες τιμές του FWI πρέπει να σημειωθεί ότι για τα δεδομένα όλων των σταθμών, το εύρος των τιμών ανήκει σε τέσσερις κλάσεις επικινδυνότητας, από χαμηλή έως πολύ υψηλή, ενώ στους σταθμούς με δεδομένα άνω των έξι ετών οι τιμές κατατάσσονται σε δύο, μέση και υψηλή επικινδυνότητα.

Παρακάτω ακολουθεί ο πίνακας για τις συγκεντρωμένες τιμές της χωρικής ανάλυσης IDW.

Πίνακας 10 : Εύρη τιμών των χαρτών χωρικών δεδομένων.

IDW data	Όλοι οι σταθμοί	Σταθμοί με δεδομένα 6+ χρόνων
FWImin	<0.3 - >0.75	<0.6 - >0.9
FWIavg	<26 - >29	<26 - >31
FWImax	<60 - >71	<65 - >69

Παρατηρείται ότι οι δύο παραπάνω πίνακες διαφέρουν στις τιμές τους παρόλο που έχουν τα ίδια δεδομένα. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι στη μέθοδο που χρησιμοποιήθηκε σε αυτή την

περίπτωση, όσο πιο κοντά βρίσκεται ένα σημείο στον μετεωρολογικό σταθμό που μελετάται, τόσο μεγαλύτερη βαρύτητα έχει στη διαδικασία υπολογισμού του μέσου όρου. Απόρροια αυτού είναι τα μικρότερα εύρη τιμών στον ελάχιστο, μέσο και μέγιστο FWI. Οι διαφορές στις δύο κατηγορίες δεν είναι σημαντικές και καμία από αυτές δεν αλλάζει κατηγορία επικινδυνότητας.

4.2. Αξιολόγηση ραβδογραμμάτων

Όσον αφορά τα ραβδογράμματα των σταθμών χωρισμένων σε βόρειο, νότιο και ορεινό τμήμα του νησιού, παρατηρείται ότι για το μέσο FWI, στην πλειονότητα τους οι σταθμοί έχουν παρόμοιες τιμές, με εξαίρεση το σταθμό Φινοκαλιά στα βόρεια και τους σταθμούς Λέντα και Πλακιά στα νότια οι οποίοι έχουν υψηλότερη διαφορά από τους υπόλοιπους και ανεβάζουν το μέσο όρο. Για τις ορεινές περιοχές, μόνο το 2022 παρατηρείται αξιοσημείωτη διαφορά σε κάποιο σταθμό και αυτός είναι του Σέμπρωνας. Για το μέγιστο FWI, σε βορρά και νότο επικρατούν οι ίδιοι σταθμοί που αναφέρθηκαν παραπάνω ενώ για τις ορεινές περιοχές αυτή τη φορά έχουν μεγαλύτερες τιμές σε σχέση με τους υπόλοιπους ο Σέμπρωνας το 2020 και ο Φούρφουρας το 2022.

Στα ραβδογράμματα ανά νομό, τις μέγιστες τιμές των διαγραμμάτων τις κατέχουν οι ίδιοι μετεωρολογικοί σταθμοί με παραπάνω, ανεβάζοντας έτσι κατά πολύ το μέσο όρο τους, ενώ υπάρχουν και σταθμοί οι οποίοι εμφανίζουν αρκετά χαμηλότερες τιμές όπως τα Ασκύφου στα Χανιά, το Σπήλι στο Ρέθυμνο και το Τζερμιάδο στο Λασιθί.

Οι παραπάνω παρατηρήσεις οδηγούν στο συμπέρασμα ότι η αξιολόγηση επικινδυνότητας ανά νομό είναι λιγότερο αποτελεσματική, καθώς υπάρχουν κάποιες περιοχές σε κάθε έναν από αυτούς που χρήζουν παραπάνω προσοχής και άλλες λιγότερης. Το ίδιο αλλά σε μικρότερο βαθμό συμβαίνει και στο διαχωρισμό του νησιού σε βορρά, νότο και ορεινές περιοχές, καθώς οι σταθμοί βρίσκονται σε μεγαλύτερη συμφωνία. Έτσι λοιπόν, κρίνεται περισσότερο αποτελεσματικό να γίνει διαχωρισμός κάθε νομού (ή σε ομαδοποίηση κάποιων νομών) σε βόρειο, νότιο και ορεινό κομμάτι.

4.3. Αξιολόγηση των προβλέψεων της Πολιτικής Προστασίας (ΠΠ) σε σχέση με τον Fire Weather Index (FWI) στην Κρήτη.

Από την ανάλυση και αξιολόγηση των αποτελεσμάτων (Πίνακας 3) είναι εμφανές ότι ο δείκτης FWI εκτιμά τις συνθήκες που επικρατούν στην Κρήτη ως περισσότερο επικίνδυνες σε σχέση με την εκτίμηση της ΠΠ, αφού οι τιμές του που αντιστοιχούν στη χαμηλή επικινδυνότητα της ΠΠ είναι υψηλές και συνεπώς υψηλότερης κλάσης επικινδυνότητας.

Παρακάτω φαίνεται ο πίνακας 5 που δείχνει το μέσο όρο των ελάχιστων και μέγιστων τιμών του FWI σε αντιστοιχία με τις τιμές της ΠΠ για κάθε χρόνο ξεχωριστά.

Πίνακας 5: Μέσος όρος του FWI όλων των νομών για κάθε έτος.

Μέσος όρος FWI όλων των νομών ανά τιμή ΠΠ			
Έτος	ΠΠ	FWI (ελ. τιμή)	FWI (μέγ. τιμή)
2020	1	0.4	27.3
	2	4.3	46.7
	3	29.4	52.9
	4	43.5	49.6
	5	--	--
2021	1	1.2	31.7
	2	15.2	43.8
	3	18.5	54.1
	4	37.7	65.2
	5	--	--
2022	1	2.2	25.2
	2	6.5	48.6
	3	27.6	60.5
	4	42.7	62.9
	5	--	--

Όπως φάνηκε στον παραπάνω πίνακα (Πίνακας 5), οι ελάχιστες τιμές του δείκτη σε κάθε κατηγορία της ΠΠ φαίνεται να συμφωνούν κατά κύριο λόγο στην κατηγοριοποίηση κινδύνου, ωστόσο οι μέγιστες τιμές του FWI σε κάθε κατηγορία ξεπερνούν συντριπτικά τα όρια κινδύνου στα οποία αντιστοιχούν. Πιο αναλυτικά, η κάθε κατηγορία κινδύνου της ΠΠ φαίνεται να καταλαμβάνει από 2 έως 5 κλάσεις του FWI. Συγκεκριμένα: η «Χαμηλή» κατηγορία κινδύνου της ΠΠ (1) περιλαμβάνει τιμές του FWI που αντιστοιχούν σε «πολύ χαμηλή επικινδυνότητα» έως και «υψηλή επικινδυνότητα», η «Μέση» κατηγορία (2) περιλαμβάνει τιμές που αντιστοιχούν σε «πολύ χαμηλή επικινδυνότητα» έως «πολύ υψηλή», η «Υψηλή» επικινδυνότητα (3) έχει τιμές που αντιστοιχούν σε «μέση επικινδυνότητα» έως «εξαιρετικά επικίνδυνη», και η «Πολύ υψηλή» (4) σε «πολύ υψηλή επικινδυνότητα» έως «εξαιρετικά επικίνδυνη». Για την κατηγορία «Κατάσταση συναγερμού» (5) έχουν σημειωθεί συνολικά 2 μόνο τιμές τα τελευταία τρία χρόνια μελέτης, οι οποίες αντιστοιχούν στην «εξαιρετικά επικίνδυνη» κατηγορία του FWI.

Γίνεται έτσι ξεκάθαρο, πως υπάρχει ασυμφωνία μεταξύ των δύο τρόπων αξιολόγησης επικινδυνότητας, καθώς ο FWI βρίσκεται σε ασυμφωνία με τα αποτελέσματα της ΠΠ, αξιολογώντας με περισσότερη αυστηρότητα τις εκάστοτε συνθήκες από τους μετεωρολογικούς σταθμούς. Επίσης, φαίνεται για διαφορετικές χρονιές δεν υπάρχει κάποια σημαντική διαφορά στις τιμές του FWI ανά κατηγορία.

4.4. Αξιολόγηση των προβλέψεων της Πολιτικής Προστασίας (ΠΠ) σε σχέση με τον Fire Weather Index (FWI) ανά νομό της Κρήτης.

Όσον αφορά την κατανομή των τιμών ανά νομό, παρατηρείται και σε αυτήν την περίπτωση η ασυμφωνία των δύο μεθόδων σύμφωνα με τον πίνακα (Μέσος όρος FWI ανά τιμή ΠΠ στα τρία τελευταία χρόνια) παρακάτω.

Πίνακας 4 : Μέσος όρος των τιμών FWI των ετών 2020, 2021 και 2022, που αντιστοιχούν σε κάθε τιμή της ΠΠ.

Μέσος όρος FWI ανά τιμή ΠΠ στα τρία τελευταία χρόνια			
Νομός	ΠΠ	FWI (ελ. τιμή)	FWI (μέγ. τιμή)
Χανιά	1	0.9	25.9
	2	4.3	42.8
	3	18.3	43.3
	4	32.1	46.2
	5	--	--
Ρέθυμνο	1	0.4	28.6
	2	7.1	49.6
	3	24.6	61.7
	4	47.3	67.5
	5	--	--
Ηράκλειο	1	0.9	27.5
	2	11.6	45.8
	3	27.5	57.8
	4	43.7	61.6
	5	--	--
Λασιίθι	1	2.8	30.4
	2	11.7	47.4
	3	30.3	60.5
	4	42.3	61.6
	5	--	--

Για το νομό Χανίων, που κατέχει τις χαμηλότερες τιμές συγκριτικά με τους υπόλοιπους νομούς, οι ελάχιστες τιμές των κατηγοριών «Χαμηλή» (1) και «Μέση» (2) αντιστοιχούν στην χαμηλότερη κατηγορία κινδύνου του FWI, ενώ οι μέγιστες τιμές τους αντιστοιχούν στην «υψηλή επικινδυνότητα» και «πολύ υψηλή επικινδυνότητα» αντίστοιχα. Για τις επόμενες δύο κλάσεις «Υψηλή» (3) και «Πολύ υψηλή» (4), οι ελάχιστες τιμές FWI συμφωνούν με την κατηγοριοποίηση, όμως οι μέγιστες αντιστοιχούν και οι δύο στην «πολύ υψηλή επικινδυνότητα».

Στον νομό Ρεθύμνου, η ελάχιστη τιμή της κατηγορίας «Χαμηλή» (1) αντιστοιχεί στην χαμηλότερη κατηγορία κινδύνου του FWI ενώ η μέγιστη στην «υψηλή επικινδυνότητα», στην «μέση» (2) η μικρότερη τιμή αντιστοιχεί στην «χαμηλή επικινδυνότητα» ενώ η μεγαλύτερη αγγίζει την «εξαιρετικά υψηλή επικινδυνότητα», για την «Υψηλή» (3) και «Πολύ υψηλή» (4), οι ελάχιστες τιμές συμφωνούν με την κατηγοριοποίηση, όμως οι μέγιστες αντιστοιχούν και οι δύο στην «εξαιρετικά υψηλή επικινδυνότητα».

Στον νομό Ηρακλείου και Λασιθίου υπάρχει συμφωνία των δύο μεθόδων σε όλες τις ελάχιστες τιμές. Όσον αφορά τις μέγιστες, και στους δύο νομούς, η «Χαμηλή» κατηγορία (1) αντιστοιχεί σε τιμές «υψηλής επικινδυνότητας», η «Μέση» (2) σε «Πολύ υψηλή επικινδυνότητα» ενώ η «Υψηλή» (3) και «Πολύ υψηλή» (4) αντιστοιχούν σε «εξαιρετικά υψηλή επικινδυνότητα».

4.5. Σύγκριση του δείκτη χωρικά με διαχωρισμό του νησιού σε βορρά, νότο και ορεινές περιοχές.

Εφόσον όλοι οι νομοί πέραν του νομού Χανίων δεν είχαν αρκετούς μετεωρολογικούς σταθμούς για να γίνει διαχωρισμός στις τρεις αυτές κατηγορίες ανά νομό, η διαδικασία έγινε ομαδοποιώντας το νομό Χανίων με το νομό Ρεθύμνου και το νομό Ηρακλείου με το νομό Λασιθίου. Στη συνέχεια συγκρίθηκαν τα αποτελέσματα του FWI για βορρά, νότο και ορεινές περιοχές όλου του νησιού σε σχέση με τις ομάδες νομών που προαναφέρθηκαν.

Πίνακας 11: Σύγκριση μέσου FWI κατευθύνσεων N, S, M, όλου του νησιού σε σχέση με τους νομούς Χανιά-Ρέθυμνο και Ηράκλειο-Λασιθί.

Χωρική σύγκριση N, S, M FWI average				
Έτος	Κατεύθυνση	Όλο το νησί	Χανιά - Ρέθυμνο	Ηράκλειο - Λασιθί
2020	North	28.5	24.3	31.6
	South	35.4	34.1	36.8
	Mountainous	24.6	24.8	24.4
2021	North	31.3	28.2	35.6
	South	37.3	34.9	41.9
	Mountainous	28	28.3	26.9
2022	North	28.5	26.1	31
	South	33.8	31	39.4
	Mountainous	26.4	28.4	20.2

Όσον αφορά τη μέση τιμή του δείκτη, φαίνεται ότι υπάρχει διαφοροποίηση στις τιμές που αφορούν και τους τέσσερις νομούς μαζί σε σχέση με τις δύο ομάδες νομών, αλλά και μεταξύ των δύο ομάδων αντίστοιχα. Πιο συγκεκριμένα, είναι φανερό πως σε σχέση με τις δύο ομάδες νομών, ο FWI όλου του νησιού στέκεται ενδιάμεσα στις τιμές τους. Ακόμη, είναι εμφανές ότι οι νομοί Ηρακλείου-Λασιθίου έχουν στη συντριπτική πλειονότητα υψηλότερες τιμές σε σχέση με των νομών Χανίων - Ρεθύμνου. Εξαίρεση σε αυτό αποτελούν οι ορεινές περιοχές των Χανίων - Ρεθύμνου όπου έχουν μεγαλύτερες τιμές σε σχέση με των Ηρακλείου - Λασιθίου. Αυτό μπορεί να οφείλεται στο γεγονός ότι υπάρχουν περισσότεροι μετεωρολογικοί σταθμοί στην πρώτη ομάδα σε σχέση με τη δεύτερη, και στο ότι ο σταθμός Τζερμιάδο που βρίσκεται στο Λασιθί,

ξεπερνά τα 800 μέτρα σε υψόμετρο, κάνοντάς τον το ψηλότερο από όλους τους σταθμούς και συνεπώς έχει κατά πάσα πιθανότητα ελαφρώς χαμηλότερες θερμοκρασίες και υγρασία σε σχέση με τους υπόλοιπους.

Πρέπει να σημειωθεί ότι παρά τις διαφορετικές τιμές, τα περισσότερα νούμερα ανήκουν στην ίδια κατηγορία επικινδυνότητας FWI: Mountainous danger – Υψηλή επικινδυνότητα (21.3 –38). Οι μόνες τιμές που αλλάζουν κατηγορία είναι οι ορεινές περιοχές και οι νότιες περιοχές του Λασιθίου το 2022 και 2021 αντίστοιχα, με την πρώτη να κατεβαίνει στην κατηγορία Moderate danger – Μέτρια επικινδυνότητα (11.2 – 21.3) και τη δεύτερη να ανεβαίνει στην κατηγορία Very mountainous danger – Πολύ υψηλή επικινδυνότητα (38 – 50). Ωστόσο, οι αποκλίσεις είναι οριακές ανάμεσα στις κατηγορίες.

Παράλληλα γίνεται αντιληπτό ότι τις υψηλότερες τιμές του διαγράμματος τις σημειώνει ο νότος σε όλες τις κατηγορίες και έτη, ενώ όπως προαναφέρθηκε οι υψηλότερες τιμές του πίνακα για βορρά και νότο βρίσκονται στην ομάδα νομών Ηράκλειο-Λασιθί.

Πίνακας 12: Σύγκριση μέσου FWI κατευθύνσεων N, S, M, όλου του νησιού σε σχέση με τους νομούς Χανιά-Ρέθυμνο και Ηράκλειο-Λασιθί.

Χωρική σύγκριση N, S, M FWI maximum				
Έτος	Κατεύθυνση	Όλο το νησί	Χανιά - Ρέθυμνο	Ηράκλειο - Λασιθί
2020	North	64.8	59.8	68
	South	84.1	82.6	85.6
	Mountainous	49.3	55.3	50.6
2021	North	75.2	67.8	85.4
	South	88.1	80.1	104
	Mountainous	67.3	63.5	56.9
2022	North	55.5	48.9	62.4
	South	85.2	75.9	103.6
	Mountainous	59	63.7	44.4

Στις μέγιστες τιμές του FWI, παρατηρούνται οι ίδιες διαφοροποιήσεις με τις μέσες. Πάλι, υπάρχουν διαφορές σε σχέση με τις δύο ομάδες νομών και ολόκληρη την Κρήτη. Επίσης το Ηράκλειο και το Λασιθί επικρατεί και σε αυτήν τη περίπτωση έχει υψηλότερες τιμές συγκριτικά με τα Χανιά και το Ρέθυμνο με εξαίρεση τις ορεινές περιοχές κάθε έτους. Σχεδόν καμία τιμή δεν αλλάζει κατηγορία επικινδυνότητας, κάτι που είναι λογικό εφόσον μιλάμε για τις μέγιστες τιμές του δείκτη και σχεδόν όλες κατατάσσονται στην κατηγορία Extreme danger – Εξαιρετική

επικινδυνότητα (>50). Αυτή τη φορά οι περιπτώσεις που μεταβαίνουν κατηγορία είναι οι ορεινές περιοχές και των δύο ομάδων για το 2020 καθώς η τιμή του FWI για όλο το νησί βρίσκεται στην αμέσως χαμηλότερη κατηγορία Very mountainous danger – Πολύ υψηλή επικινδυνότητα (38 – 50), και οι ορεινές περιοχές του Ηρακλείου – Λασιθίου το 2022 που επίσης βρίσκονται στην χαμηλότερη κατηγορία Very mountainous danger. Παρομοίως με την προηγούμενη περίπτωση, οι διαφορές ανάμεσα στις δύο κατηγορίες δεν είναι σημαντικές.

Επίσης ομοίως με τις μέσες τιμές, οι μεγαλύτερες τιμές σε όλες τις κατηγορίες και τα έτη υπάρχουν στην κατεύθυνση του Νότου, με τους νομούς Ηρακλείου και Λασιθίου να έχουν τις πιο αυξημένες τιμές του πίνακα σε Βορρά και Νότο.

Τα παραπάνω αποτελέσματα έρχονται σε συμφωνία με τους χάρτες σημειακών δεδομένων και τους χάρτες χωρικής ανάλυσης FWI που δημιουργήθηκαν από το GIS. Βέβαια, η εικόνα που υπάρχει θα ήταν πιο ακριβής εάν υπήρχαν επαρκή δεδομένα ώστε να ληφθούν υπόψιν όλοι οι μετεωρολογικοί σταθμοί του νησιού, παρουσιάζοντας έναν εξαιρετικά μεγάλο αριθμό δεδομένων. Επίσης θα συνέβαλε και η ομαλότερη λειτουργία των σταθμών, οι οποίοι ανά κάποιες περιόδους σταματούσαν να λειτουργούν λόγω βλαβών ή λόγω ελλιπούς συντήρησης.

4.6. Προτάσεις για περεταίρω αξιοποίηση των αποτελεσμάτων

Κάτι που θα έκανε τη συγκεκριμένη μέθοδο ακόμη πιο χρήσιμη, είναι η χρήση του δείκτη όχι μόνο ως εργαλείου πρόβλεψης επικινδυνότητας αλλά και ως εργαλείο πρόβλεψης εξάπλωσης μίας πυρκαγιάς που έχει ήδη ξεσπάσει σε κάποια περιοχή (με έναν ενδεικτικό πάντα, και όχι απόλυτο τρόπο). Παράδειγμα οι έντονοι άνεμοι που επικρατούν τη θερινή περίοδο κυρίως στο νότιο κομμάτι της Κρήτης, και μπορούν να συμβάλλουν σημαντικά στην εξάπλωση μίας πυρκαγιάς σε εκείνες τις περιοχές. Ακόμη, η βλάστηση των περιοχών μπορεί να συμπεριληφθεί σε αυτό το κομμάτι καθώς αποτελεί καύσιμη ύλη για τις πυρκαγιές, και ανάλογα με το ποσοστό υγρασίας που περιλαμβάνει μπορεί να συμβάλλει στην εξάπλωσή τους.

Άλλη μία διάσταση που πρέπει να ληφθεί υπόψιν είναι η εφαρμογή της μεθόδου του Καναδικού Συστήματος Δείκτη Καιρού Δασικών Πυρκαγιών (FWI) σε όλη τη διάρκεια του έτους και όχι μόνο στην αντιπυρική σεζόν, διότι κάθε χρόνο το κλίμα γίνεται ολοένα και θερμότερο, με τη θερμοκρασία να σημειώνει νέες μέγιστες τιμές κάθε μήνα, ακόμα και κατά τη διάρκεια της χειμερινής περιόδου. Για αυτό, οι υπόλοιποι μήνες του έτους δεν πρέπει να αντιμετωπίζονται απαραίτητα με λιγότερη προσοχή.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Γίνεται σαφές ότι υπάρχουν σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις δύο μεθόδους πρόβλεψης επικινδυνότητας πυρκαγιών. Ο δείκτης FWI παρουσιάζει τιμές οι οποίες σε μεγάλο ποσοστό είναι αρκετά υψηλότερες σε σχέση με τις εκτιμήσεις της Πολιτικής Προστασίας, κάτι που οδηγεί στο ερώτημα εάν ο δείκτης FWI είναι πολύ πιο «αυστηρός» ή αν η Γενική Γραμματεία Πολιτικής Προστασίας δεν λαμβάνει υπόψιν κάποιους παράγοντες οι οποίοι μπορεί να είναι κρίσιμοι για την πρόβλεψη κινδύνου πυρκαγιάς και των πυρο-μετεωρολογικών συνθηκών. Πάντως, φαίνεται ότι οι δύο μέθοδοι διαφέρουν στη δημιουργία των προβλέψεών τους, με τον Καναδικό δείκτη να αποδεικνύεται πιο λεπτομερής, με μία περισσότερο ευαίσθητη κλίμακα.

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε στην παρούσα εργασία κρίνεται επαρκώς ικανοποιητική διότι παρόλη την έλλειψη δεδομένων που έχει προαναφερθεί, ήταν αποτελεσματική στο να δώσει αντιπροσωπευτικά αποτελέσματα σύμφωνα με τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν και να κάνει εμφανή τη διαφορά των δύο εκτιμήσεων επικινδυνότητας. Παράλληλα, τα αποτελέσματα έδωσαν μία σημαντική κατεύθυνση για περαιτέρω βελτιώσεις, η οποία μπορεί να αποβεί κρίσιμη στο νησί και τη χώρα, καθώς οι πυροσβεστικές δυνάμεις λειτουργούν με μειωμένο αριθμό προσωπικού και εξοπλισμού.

Στην χωρική αξιολόγηση των μεθόδων, όσον αφορά τον FWI, βρέθηκε αποτελεσματικότερος ο διαχωρισμός σε βορρά, νότο και ορεινές περιοχές, συγκριτικά με το διαχωρισμό ανά νομό. Πιο συγκεκριμένα, όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω, η μεγαλύτερη επικινδυνότητα εντοπίστηκε στα νότια του νησιού και ειδικότερα όταν ταυτόχρονα γίνεται διαχωρισμός νομών, δηλαδή στην προκειμένη περίπτωση ομαδοποίηση των νομών σε Χανιά-Ρέθυμνο και Ηράκλειο-Λασιθί. Αυτό φαίνεται ξεκάθαρα στα διαγράμματα με τα σημειακά δεδομένα του FWI (GIS) (Εικόνες 5, 6, 7), αλλά και στα διαγράμματα χωρικής παρεμβολής (GIS) (Εικόνες 8, 9, 10), όπου τα περισσότερα κόκκινα σημεία εμφανίζονται νότια και ανατολικά, καθιστώντας αυτές τις ζώνες τις πιο επίφοβες για πυρκαγιές. Ταυτόχρονα, οι πίνακες (Πίνακας 3, 4) επιβεβαιώνουν αυτό το συμπέρασμα δίνοντας μεγαλύτερες τιμές στο νότιο κομμάτι και στους νομούς Ηρακλείου-Λασιθίου σε σχέση με ολόκληρου του νησιού.

Οι χαμηλότερες τιμές FWI όπως ήταν αναμενόμενο εμφανίζονται στις ορεινές περιοχές, καθώς είναι συνήθως περιοχές με υψηλότερα ποσοστά υγρασίας και χαμηλότερες θερμοκρασίες. Επομένως είναι η λιγότερο επικίνδυνη ζώνη σε σχέση με το υπόλοιπο νησί.

Τα παραπάνω συμπεράσματα δεν είναι ορατά στα καθημερινά δελτία επικινδυνότητας της Πολιτικής Προστασίας, τα οποία δίνουν την πληροφορία μόνο ανά νομό.

Συστήνεται, έτσι, η ένταξη του Καναδικού δείκτη FWI στο σύστημα πρόβλεψης πυρο-μετεωρολογικών συνθηκών στη χώρα καθώς αναμένεται να δώσει μία περισσότερο αναλυτική πρόβλεψη κινδύνου. Σύμφωνα με την μέχρι σήμερα μέθοδο της Πολιτικής Προστασίας, η πρόβλεψη ανά νομό είναι αρκετά γενικευμένη αφού υπάρχει ένα μόνο αποτέλεσμα ανά νομό εκτός αν μόνο ζητηθεί από τις αρμόδιες αρχές τοπική πρόβλεψη, με απόρροια να μην υπάρχει πάντα δυνατότητα στοχευμένης κατεύθυνσης των πυροσβεστικών σωμάτων στις περιοχές που είναι στην πραγματικότητα ακόμα πιο επίφοβες. Κρίνεται ακόμη σκόπιμη, η χρήση του δείκτη καθ' όλη τη διάρκεια του έτους λόγω του μεταβαλλόμενου κλίματος στην περιοχή μελέτης και σε όλη τη χώρα.

Το Καναδικό σύστημα πρόβλεψης πυρκαγιών χρειάζεται σημαντική επεξεργασία δεδομένων προκειμένου να εφαρμοστεί κατάλληλα στην Κρήτη και κατ' επέκταση σε ολόκληρη τη χώρα. Είναι αναγκαίο να συμπεριληφθούν όσο περισσότεροι μετεωρολογικοί σταθμοί είναι δυνατό και να ληφθούν υπόψιν οι τοποθεσίες τους, πράγμα που μπορεί να αυξήσει τη δυσκολία πραγματοποίησης λόγω του μεγάλου φόρτου δεδομένων. Ακόμη, είναι σημαντικό να μελετηθεί πως θα μεταβαλλόταν ο δείκτης FWI εάν χρησιμοποιούταν καθαρά ως ένα εργαλείο πρόβλεψης με εκτιμήσεις των μελλοντικών μετεωρολογικών δεδομένων καθώς στη συγκεκριμένη εργασία λειτούργησε περισσότερο ως εργαλείο παρατήρησης σε παλαιότερα μετεωρολογικά δεδομένα.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Καλαμποκίδης Κ. Δ., Ηλιόπουλος Ν., Γλιγλινός Δ., 2013, «Πυρο-Μετεωρολογία και συμπεριφορά δασικών πυρκαγιών σε ένα μεταβαλλόμενο κλίμα», Εκδοτικός όμιλος ίων.
- Δρ. Ξανθόπουλος Γ., 2009, «Δασοπροστασία και δασοπυρόσβεση», WWF Ελλάς
- Ταμπάκης Σ., Καρανικόλα Π., 2015, «Δασικές πυρκαγιές και κοινωνία», Έκδοση Τμήματος Δασολογίας και Διαχείρισης Περιβάλλοντος και Φυσικών Πόρων του Δημοκρίτειου Πανεπιστημίου Θράκης.
- Διάφοροι, <https://cwfis.cfs.nrcan.gc.ca/background/summary/fwi>, [8/2023]
- Διάφοροι, <https://meteosearch.meteo.gr/index.cfm>, [8/2023]
- Στεργιάδης Γ., 1990, «Δασικές πυρκαγιές στην Ελλάδα», Έκδοση Τμήματος Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης.
- Διάφοροι, <http://www.emy.gr/emv/el/climatology/climatology>, [1/2024]
- C. Donald Ahrens, R. Henson, 2023, «Η μετεωρολογία σήμερα», Εκδόσεις Τζιόλα, 13^η έκδοση.
- Ροβιθάκης Α., Γρυλλάκης Ε., Σειραδάκης Κ., Γιαννακόπουλος Χ., Καραλή Α., Field R., Λαζαρίδης Α., Βουλγαράκης Α., 2022, «Future climate change impact on wildfire danger over the Mediterranean: the case of Greece», Environmental research letters, Volume 17, Number 4.
- Τσαντίλης Δ., 2014, «ΚΡΗΤΗ ΜΙΑ ΗΠΕΙΡΟΣ ΣΕ ΕΝΑ ΝΗΣΙ», Έκδοση Μουσείου Φυσικής Ιστορίας Κρήτης.
- Φλόκας Α., 1992, «Μαθήματα μετεωρολογίας και κλιματολογίας», Εκδόσεις Ζήτη, 1η Έκδοση
- Τσαγκάρη Κ., Καρέτσος Γ., Προύτσος Ν., 2011, «Δασικές πυρκαγιές Ελλάδας 1983-2008», Έκδοση WWF Ελλάς και ΕΘΙΑΓΕ-ΙΜΔΟ
- Bowman, D. M., "Fire in the Earth System". Science [2009].
- Koutsias, N., Xanthopoulos, G., Founda, D., Xystrakis, F., Nioti, F., Pleniou, M., . . . Arianoutsou, M., (2013), "On the relationships between forest fires and weather conditions in Greece from long-term national observations (1894–2010)". International Journal of Wildland Fire.
- Διάφοροι, <https://www.fria.gr/mmfrja/index.php?id=100&catid=38&lan=GR&tl=CATEGORYID> [1, 2024].
- Διάφοροι, <https://www.fria.gr/mmfrja/index.php?id=100&catid=42&lan=GR&tl=CATEGORYID>, [1, 2024].
- A.P. Dimitrakopoulos, A. M. Bemmerzouk, I. D. Mitsopoulos, 2011, "Evaluation of the Canadian fire weather index system in an eastern Mediterranean environment". Royal Meteorological Society.
- Papastavrou A., 1995, "Social financial and cultural aspects and legal frames for forest fires in Greece.", Αριστοτέλειο πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Lazaros S. Iliadis, Anastasios K. Papastavrou, Panagiotis D. Lefakis, 2002, *“A computer-system that classifies the prefectures of Greece in forest fire risk zones using fuzzy sets”*, Forest Policy and Economics, Volume 4, Issue 1.

Karali, A., Hatzaki, M., Giannakopoulos, C., Roussos, A., Xanthopoulos, G., and Tenentes, V., 2014, *“Sensitivity and evaluation of current fire risk and future projections due to climate change: the case study of Greece”*, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 14, 143–153.

Bleta, A., Nastos, P.T. & Matzarakis, A. (2014) *“Assessment of bioclimatic conditions on Crete Island, Greece”*. Reg Environ Change Volume 14,