

Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΚΛΙΜΑΤΙΚΩΝ ΤΑΣΕΩΝ ΣΤΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΩΝ ΔΑΣΙΚΩΝ ΠΥΡΚΑΓΙΩΝ ΣΤΗΝ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΑΤΤΙΚΗ

Ηλιόπουλος Νικόλαος^{1,*}, Καλαμποκίδης Κώστας², Κάλλος Γεώργιος³, Φεΐδας Χαράλαμπος⁴, Κατσαφάδος Πέτρος⁵ και Μαλούνης Αλέξανδρος⁶

¹ Υποψήφιος Διδάκτορας Πανεπιστημίου Αιγαίου, Τμήμα Γεωγραφίας-Αξιωματικός Πυροσβεστικού Σώματος στο Συντονιστικό Επιχειρησιακό Κέντρο Υπηρεσιών Πυροσβεστικού Σώματος, Μικράς Ασίας και Ριζαρείου 1, 15233, Χαλάνδρι, Αθήνα. Τηλ.6974093413, Email: hlnic@rocketmail.com

² Αναπληρωτής Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Τμήμα Γεωγραφίας, Λόφος Πανεπιστημίου 81100 Μυτιλήνη. Τηλ. 22510 36436, Email: kalabokidis@aegean.gr

³ Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Φυσικής, Πανεπιστημιούπολη, Κτίριο ΦΥΣΙΚΗΣ V, Αθήνα 15784, Τηλ.210 7276835, Email: kallos@mg.uoa.gr

⁴ Επίκουρος Καθηγητής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Γεωλογίας, Πανεπιστημιούπολη, 541 24 Θεσσαλονίκη, Τηλ.2310 998899, Email: hfeidas@geo.auth.gr

⁵ Λέκτορας, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Τμήμα Γεωγραφίας, Ελευθ. Βενιζέλου 70, Καλλιθέα - Αθήνα 17671, Τηλ. 210 9549384, Email: pkatsaf@hua.gr

⁶ Αξιωματικός Πυροσβεστικού Σώματος στο Συντονιστικό Επιχειρησιακό Κέντρο Υπηρεσιών Πυροσβεστικού Σώματος, Μικράς Ασίας και Ριζαρείου 1, 15233, Χαλάνδρι, Αθήνα, Τηλ. 210 8773205, Email: malounis@gmail.com

Περίληψη

Για τη διερεύνηση της επίδρασης μιας πιθανής κλιματικής αλλαγής στη συμπεριφορά των δασικών πυρκαγιών στην Ελλάδα, χρησιμοποιήθηκε το κλιματικό μοντέλο MAGICC (Model for the Assessment of Greenhouse-Gas Induced Climate Change) και η βάση δεδομένων SCENGEN (SCENario GENerator). Έγινε αλλαγή στις διάφορες παραμέτρους του μοντέλου όπως στην ευαισθησία του κλίματος, στο κλιματικό σενάριο, στη χρονική περίοδο ενδιαφέροντος και στα παγκόσμια κλιματικά μοντέλα (GCM) -που αποτελούν τη βάση δεδομένων SCENGEN - και εξήχθησαν πληροφορίες που αφορούν τις κλιματικές τάσεις της βροχόπτωσης, του ανέμου, της μέσης και της μέγιστης θερμοκρασίας στους θερμούς μήνες, δηλαδή των σημαντικότερων μετεωρολογικών παραγόντων που επηρεάζουν τη δημιουργία και την εξέλιξη των δασικών πυρκαγιών στη χώρα μας. Τα ως τώρα αποτελέσματα των ερευνών για την πρόγνωση των κλιματικών αλλαγών κάθε άλλο παρά μονοσήμαντα, κατηγορηματικά και σαφή είναι. Για αυτόν το λόγο δημιουργήθηκαν υποθέσεις εργασίας/μελέτες περιπτώσεων (case studies) όπου οι μεταβολές των μετεωρολογικών συνθηκών σύμφωνα με τις κλιματικές τάσεις, εισάγονται στο μοντέλο πυρκαγιάς FARSITE (Fire Area Simulator) για την περιγραφή της μεταβολής της συμπεριφοράς της δασικής πυρκαγιάς. Σε αυτήν τη μελέτη προσομοιώθηκαν με το FARSITE δύο πυρκαγιές στην Ανατολική Αττική που χρησιμοποιούν διαφορετικά μοντέλα καύσιμης ύλης και μετεωρολογικών συνθηκών. Βρέθηκε ότι οι κλιματικές τάσεις μεταβολής των μετεωρολογικών παραμέτρων θα επηρεάζουν τη συμπεριφορά των δασικών πυρκαγιών στην χώρα μας τα επόμενα χρόνια.

THE EFFECT OF CLIMATIC TRENDS IN THE BEHAVIOR OF FOREST FIRES IN EASTERN ATTICA, GREECE

Iliopoulos Nikolaos^{1,*}, Kalabokidis Kostas², Kallos Georgios³, Feidas Haralambos⁴, Katsafados Petros⁵ and Malounis Alexandros⁶

¹PhD candidate, University of the Aegean, Department of Geography. Officer in the Coordinative Operational Centre of Fire Brigade Services, Mikras Asias and Rizareiou 1, 15233, Chalandri, Athens. Tel. +30 6974093413, Email: hlnic@rocketmail.com

²Associate Professor, University of the Aegean, Department of Geography, 81100 Mytilene. Tel. +30 22510 36436, Email: kalabokidis@aegean.gr

³Professor, Athens University, Department of Physics, Campus, Physics Building V, Athens 15784, Tel.+30 210 7276835, Email: kallos@mg.uoa.gr

⁴Assistant Professor, Aristotle University of Thessalonici, Department of Geology, 54124 Thessalonici, Tel +30 2310 998899, Email: hfeidas@geo.auth.gr

⁵Lecturers, Harokopio University, Department of Geography, 70, El. Venizelos, Kallithea - Athens 17671, Tel. 210 9549384, Email: pkatsaf@hua.gr

⁶Officer in the Coordinative Operational Centre of Fire Brigade Services, Mikras Asias and Rizareiou 1, 15233, Chalandri, Athens. Tel. +30 6974093413, Email: malounis@gmail.com

Abstract

To investigate the effect of likely climatic change of forest fires behavior in Greece, the climatic model MAGICC (Model for the Assessment of Greenhouse-Gas Induced Climate Change) and the data base SCENGEN (SCENario GENERator) were utilized. Changes included the various parameters of the model such as the climate sensitivity, the climatic scenario, the time period of interest and the world climatic models (GCM) that constitute the given data base of SCENGEN, and information were exported that concerns climatic tendencies of rainfall, cloud, wind, middle and maximum temperature in the hot months -i.e., the most important meteorological factors that influence the occurrence and growth of forest fires in Greece. Till now, however, the forecasted scientific results of climatic changes are ambiguous and not categorically specific. Thus we developed case studies where changes of meteorological conditions according to climatic tendencies, were imported in the fire model of FARSITE (Fire Area Simulator) for the description of behavior changes of forest fires. In this paper two fires that use different fuel models and meteorological conditions are simulated in Eastern Attica, Greece. More specifically it was found that the climatic trends of meteorological parameters will influence the behavior of forest fires in Greece during the next years.

Λέξεις Κλειδιά: Κλιματικό Μοντέλο MAGICC, Μοντέλο Farsite

Key Words: Climate model MAGICC, Farsite Model

1. Εισαγωγή

Τα κλιματικά μοντέλα που χρησιμοποιούνται για την πρόγνωση των πιθανών κλιματικών αλλαγών εφαρμόζουν βασικά σενάρια που αφορούν στις αναμενόμενες αυξήσεις των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου για τα επόμενα χρόνια.

Στην περιοχή των Βαλκανίων οι αναμενόμενες κλιματικές αλλαγές σύμφωνα με τις αναλύσεις των σεναρίων των κλιματικών μοντέλων δείχνουν μέχρι το έτος 2100, αύξηση της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας (1.5°C – 3.6°C), μείωση των βροχοπτώσεων (-24.3% - -1.2%), μείωση της νεφοκάλυψης (-4.3% - -1.4%) και μικρή μείωση της ταχύτητας του ανέμου (-2.2% - -0.1%) (Paragiannaki et al., 2003).

Σκοπός της εργασίας είναι η διερεύνηση της επίδρασης μιας πιθανής κλιματικής αλλαγής στη συμπεριφορά των δασικών πυρκαγιών στην Ελλάδα. Χρησιμοποιήθηκε για αυτό το λόγο το κλιματικό μοντέλο MAGICC (Model for the Assessment of Greenhouse-Gas Induced Climate Change) και η βάση δεδομένων SCENGEN (SCENario GENerator). Τέλος, δημιουργήθηκαν υποθέσεις εργασίας (case studies) όπου οι μεταβολές των μετεωρολογικών συνθηκών σύμφωνα με τις κλιματικές τάσεις, εισάγονται στο μοντέλο πυρκαγιάς FARSITE (Fire Area Simulator) για την περιγραφή της μεταβολής της συμπεριφοράς της δασικής πυρκαγιάς και για την εξαγωγή πληροφοριών πάνω στην πυροεπικινδυνότητα των επόμενων δεκαετιών στη χώρα μας.

2. Δεδομένα - Μεθοδολογία

2.1 MAGICC (Model for the Assessment of Greenhouse-Gas Induced Climate Change)

Το MAGICC είναι ένα μοντέλο για την αξιολόγηση της προκληθείσας αλλαγής του κλίματος λόγω των ανθρωπογενών παρεμβάσεων στη σύσταση της ατμόσφαιρας. Είναι ένα σύνολο συνδεδεμένων απλών μοντέλων. Δεν είναι ένα παγκόσμιο κλιματικό μοντέλο (GCM), αλλά χρησιμοποιεί μια σειρά μοντέλων απλής μορφής για να μιμηθεί τη συμπεριφορά ενός πλήρους τρισδιάστατου δυναμικού GCM.

2.2 SCENGEN (SCENario GENerator)

Το SCENGEN δεν είναι ένα κλιματικό μοντέλο αλλά είναι μια απλή βάση δεδομένων που περιέχει τα αποτελέσματα ενός μεγάλου αριθμού πειραμάτων GCM, όπως και σφαιρικές παρατηρήσεις καθώς και τέσσερα σύνολα αρχείων κλίματος που χρησιμοποιούνται από το MAGICC.

Τα πειράματα, τα οποία πραγματοποιήθηκαν για τον υπολογισμό των κλιματικών τάσεων των μετεωρολογικών παραμέτρων που επηρεάζουν τη συμπεριφορά των δασικών πυρκαγιών για την περίοδο 2060 – 2089, είναι τα παρακάτω:

- Κλιματική προσομοίωση της περιόδου 1961-1990 (η οποία παγκοσμίως θεωρείται ως περίοδος αναφοράς).
- Κλιματική προσομοίωση της περιόδου 2060-2089 για το σενάριο A2 (IS92A) της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Κλιματική Αλλαγή (Intergovernmental Panel for Climate Change-IPCC).
- Κλιματική προσομοίωση της περιόδου 2060-2089 για το σενάριο B2 (IS92C) του IPCC.

Υποθέτουμε ότι η μέση τιμή των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) την δεκαετία του 1980, που θεωρείται ως περίοδος αναφοράς, τα 1.1 Gt άνθρακα (C). Επίσης υποθέτουμε ότι η μέση παγκόσμια επιφανειακή θερμοκρασία θα αυξηθεί 2.5 °C αν διπλασιαστεί η ποσότητα του CO₂ (Paragiannaki et al., 2003). Τα σενάρια A2 και B2, που χρησιμοποιήθηκαν για τις παραπάνω προγνώσεις, αφορούν στις αναμενόμενες αυξήσεις των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου, κατά τα επόμενα 100 χρόνια. Τα σενάρια διαφέρουν στις παραδοχές της μεταβολής του πληθυσμού της υψηλότερης, της παγκοσμιοποίησης της οικονομίας και της διάδοσης της τεχνολογίας. Το σενάριο A2 είναι και το πιο δυσσιώνο σε ότι αφορά την αύξηση των μελλοντικών εκπομπών. Στο σενάριο αυτό το CO₂ φτάνει στη τιμή των 20.40 Gt C το 2100 από την τιμή των 6.10 Gt C το 1990. Αντίθετα, το σενάριο B2 είναι ένα "μεσαίο" - προς το ευσιώνο - σενάριο σχετικά με τις εκπομπές αυτές, το CO₂ φτάνει στη τιμή των 4.80 Gt C το 2100 από την τιμή των 6.10 Gt C το 1990. Στις προσομοιώσεις

χρησιμοποιήθηκαν τα εξής κλιματικά μοντέλα: HadCM2, UKTR, CSIRO-TR, ECHAM4, UKHI-EQ, CSIRO-EQ, ECHAM3, UIUC-EQ, CCC-EQ, GFDL-TR, BMRC-EQ, CGCM1-TR, NCAR-DOE και CCSR-NIES.

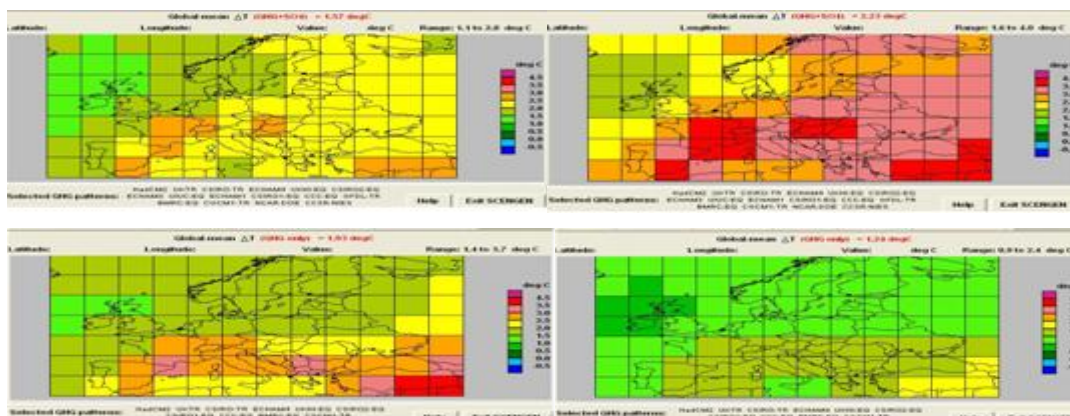
2.3 FARSITE (Fire Area Simulator)

Το FARSITE είναι ένα χωροχρονικό μοντέλο προσομοίωσης της διάδοσης και της συμπεριφοράς των πυρκαγιών σε εξάρτηση του τοπίου, των καυσίμων και του καιρού. Η προσέγγιση διαμόρφωσης χρησιμοποιεί μια εφαρμογή της αρχής Huygens, της διάδοσης κυμάτων για την προσομοίωση της αύξησης ενός μετώπου πυρκαγιάς. Το FARSITE δέχεται μετεωρολογικά στοιχεία που περιγράφουν τις μετεωρολογικές συνθήκες κατά τη διάρκεια μιας πυρκαγιάς, όπως η ταχύτητα και κατεύθυνση του ανέμου, η θερμοκρασία αέρα, η σχετική υγρασία και η νεφοκάλυψη.

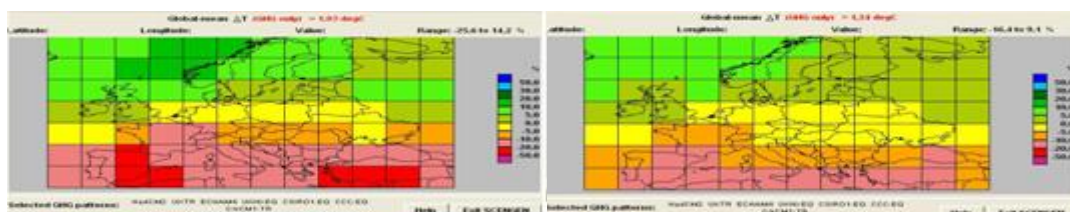
3. Αποτελέσματα

3.1 Κλιματικό μοντέλο MAGICC

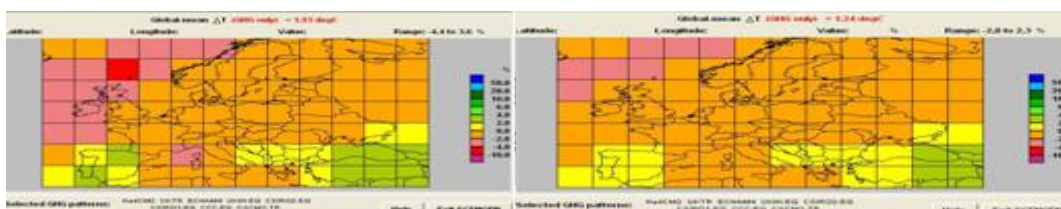
Οι κλιματικές προσομοιώσεις της μέσης και μέσης μέγιστης θερμοκρασίας των θερινών μηνών την περίοδο 2060-2089 για την χώρα μας, δείχνουν μια αύξηση της μέσης θερμοκρασίας περίπου στους 3.5 °C και 2.5 °C και μια αύξηση της μέσης μέγιστης θερμοκρασίας περίπου στους 3.0 °C και 2.0 °C για τα σενάρια A2 και B2 αντίστοιχα (Σχήμα 1). Επίσης τα πρώτα στοιχεία μας δείχνουν ότι τους καλοκαιρινούς μήνες θα έχουμε μείωση της μέσης βροχόπτωσης κατά 20%-40% κατά μέσο όρο (Σχήμα 2) καθώς και μια μικρή μείωση της μέσης τιμής του ανέμου στη νότια Ελλάδα (-2%) και ταυτόχρονα μια μικρή αύξηση στη Βόρεια Ελλάδα και τα νησιά (+2%) και για τα δύο σενάρια (Σχήμα 3).



Σχήμα 1. Κλιματική προσομοίωση της μέσης και μέσης μέγιστης θερμοκρασίας της θερινής περιόδου που αφορά την περίοδο 2060-2089 για τα σενάρια A2 και B2.



Σχήμα 2. Κλιματική προσομοίωση της μέσης βροχόπτωσης της θερινής περιόδου που αφορά την περίοδο 2060-2089 για τα σενάρια A2 και B2.



Σχήμα 3. Κλιματική προσομοίωση του μέσου ανέμου της θερινής περιόδου που αφορά την περίοδο 2060-2089 για τα σενάρια A2 και B2.

3.2 Μοντέλο πυρκαγιάς FARSITE

Για την μελέτη των πυρκαγιών στη Ραφήνα και τον Βουτσά τον Ιούλιο του 2005 χρησιμοποιήθηκε αρχικά ένα ψηφιακό μοντέλο εδάφους με οριζόντια ανάλυση 25 x 25m για την περιοχή ενδιαφέροντος. Τα μετεωρολογικά δεδομένα (ταχύτητας του ανέμου, της θερμοκρασίας, της βροχόπτωσης, της νεφοκάλυψης, και της σχετικής υγρασίας του αέρα) εισέρχονται στο Farsite από τις ενδείξεις των πλησιέστερων μετεωρολογικών σταθμών του Μαραθώνα και του αεροδρομίου «Ελευθέριος Βενιζέλος». Για την δημιουργία των μοντέλων καύσιμης ύλης έγινε φωτοερμηνεία της περιοχής μελέτης με χρήση εικόνας Quickbird και διαπιστώθηκε από την χρήση των μοντέλων καύσιμης ύλης 2 (δασολίβαδα – αγροτικές δασικές περιοχές), 7 (θαμνότοποι μερικώς δασοσκεπείς – γεωργικές εκτάσεις), 8 (κλειστά δάση με ξηροτάπητα) και 10 (σύμπυκνα δάση με ξηροτάπητα και υπόροφο – δάσος κωνοφόρων), (Andrews, 1986) προσομοιώνεται καλύτερα η πυρκαγιά στον Βουτσά ενώ με την χρήση των μοντέλων καύσιμης ύλης 8, 122 (χορτολίβαδα και θάμνοι) και 164 (μικρά κωνοφόρα με υπόροφο), (Scott & Burgan, 2005) προσομοιώνεται καλύτερα η πυρκαγιά της Ραφήνας (Ηλιόπουλος κ.α., 2010). Κατά την φωτοερμηνεία έγινε επίσης και χρήση του δείκτη NDVI, που προέκυψε από σκηνή λήψης ASTER του 2004 για όλη την Αττική, για όσο το δυνατόν καλύτερη εκτίμηση του ποσοστού κάλυψης των περιοχών από την αναλογούσα βλάστηση (Canopy cover). Για την συγκεκριμένη περιοχή το ύψος κόμης (canopy height) εκτιμήθηκε βιβλιογραφικά στα 10.0 m, το ύψος έναρξης της ζωντανής κόμης (crown base height) εκτιμήθηκε στα 4.8 m και η πυκνότητα όγκου κόμης (crown buld density) εκτιμήθηκε στα 0.16 Kg/m³ (Mitsopoulos and Dimitrakopoulos, 2006). Στη συνέχεια εισέρχονται στο Farsite οι περιεχόμενες υγρασίες ζωντανής και νεκρής καύσιμης ύλης ανά μοντέλο καύσιμης ύλης στην αρχή της προσομοίωσης, ως εξής: Περιεχόμενη υγρασία νεκρής καύσιμης ύλης: 1-hr TL : 5%, 10-hr TL: 6% και 100-hr TL: 10%. Περιεχόμενη υγρασία ζωντανής καύσιμης ύλης χορτολιβαδικής: 100% και ξυλώδους: 100% (Ξανθόπουλος- Ινστιτούτο Δασικών Ερευνών). Στην περίπτωση της πυρκαγιάς που μελετάμε, ορίστηκε ως χρονικό βήμα τα 30min, οπτικό βήμα η 1hr, ανάλυση της περιμέτρου τα 60m και ανάλυση απόστασης εξάπλωσης τα 30 m. Τέλος, για τις προσομοιώσεις των πυρκαγιών καθορίστηκαν οι διάρκειές τους, για την Ραφήνα (από 28/7/2005 στις 10:45 έως 28/7/2005 στις 16:00) και για τον Βουτσά (από 28/7/2005 στις 13:25 έως 28/7/2005 στις 19:00) καθώς και τα σημεία ανάφλεξης. Εκτιμήθηκε κατά προσέγγιση ότι οι πυρκαγιές εκδηλώθηκαν στην περιοχή με συντεταγμένες B: 38° 01', A: 24° 00'.

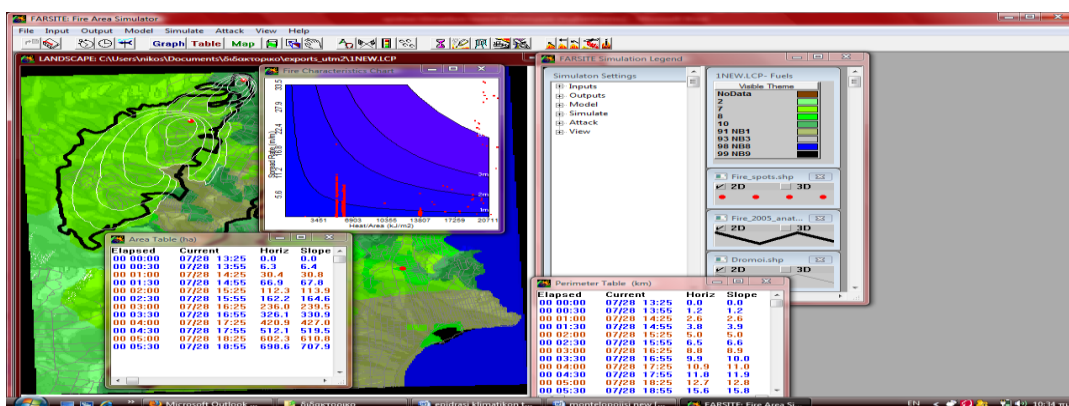
Η πυρκαγιά στο Βουτσά προσομοιώθηκε σύμφωνα με τις μετεωρολογικές συνθήκες που επικρατούσαν στην περιοχή στις 28 Ιουλίου του 2005. Η μέγιστη θερμοκρασία έφτασε στους 30 °C, 1 °C περίπου χαμηλότερα από την κλιματική μέση μέγιστη τιμή, ενώ ο άνεμος είχε κατεύθυνση ΒΑ με μέγιστη ένταση τα 12 m/s (Ηλιόπουλος κ.α., 2010). Παρατηρείται ότι η πυρκαγιά έχει κάψει 6986.40 στρέμματα δασικής έκτασης, τα δύο σημαντικότερα μέτωπά της είχαν ταχύτητες 11 και 8 m/min περίπου και η εκλυόμενη ενέργεια ανά επιφάνεια φτάνει περίπου τα 13807 kJ/m² (Σχήμα 4). Πραγματοποιήθηκαν δύο (2) υποθέσεις εργασίας για τα σενάρια B2 και A2 και προσομοιώθηκαν οι δύο πυρκαγιές.

Υπόθεση εργασίας 1 (Case study 1): Για το σενάριο B2, αυξάνουμε την μέγιστη θερμοκρασία ημέρας κατά 1°C, 1°C χαμηλότερα από την τιμή της κλιματικής προσομοίωσης για την μέση μέγιστη θερμοκρασία της περιόδου 2060-2089, ενώ αυθαίρετα μειώνουμε την μέγιστη και ελάχιστη σχετική υγρασία του αέρα κατά 5% καθώς και την υγρασία των νεκρών καυσίμων κατά 1% κρατώντας την ένταση του ανέμου σταθερή. Παρατηρείται ότι η πυρκαγιά καίει σε αυτή την περίπτωση 7808.00 στρέμματα δασικής έκτασης, τα δύο σημαντικότερα μέτωπά της έχουν

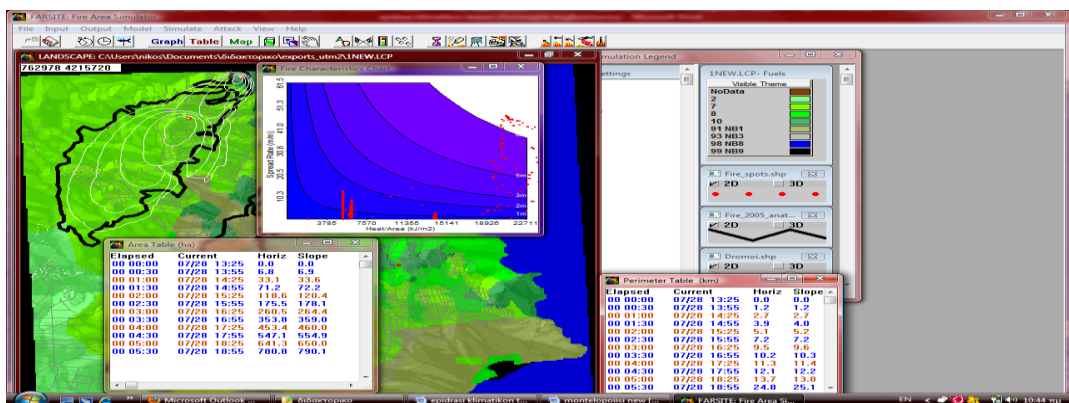
ταχύτητες 15 και 9 m/min περίπου και η εκλυόμενη ενέργεια ανά επιφάνεια φτάνει περίπου τα 15141 kJ/m² (Σχήμα 5).

Ακολουθως προσομοιώθηκε η πυρκαγιά στη Ραφήνα σύμφωνα με τις μετεωρολογικές συνθήκες που επικρατούσαν στην περιοχή στις 28 Ιουλίου του 2005. Η μέγιστη θερμοκρασία ημέρας έφτασε στους 30 °C, 1 °C περίπου χαμηλότερα από την κλιματική μέση μέγιστη τιμή, ενώ ο άνεμος είχε κατεύθυνση ΒΑ με μέγιστη ένταση τα 12 m/s (Ηλιόπουλος κ.α., 2010). Παρατηρείται ότι η πυρκαγιά έχει κάψει 5447.00 στρέμματα δάσους και δασικής έκτασης, η ταχύτητά της ήταν 3.5 m/min περίπου και η εκλυόμενη ενέργεια ανά επιφάνεια φτάνει περίπου τα 12000 kJ/m² (Σχήμα 6).

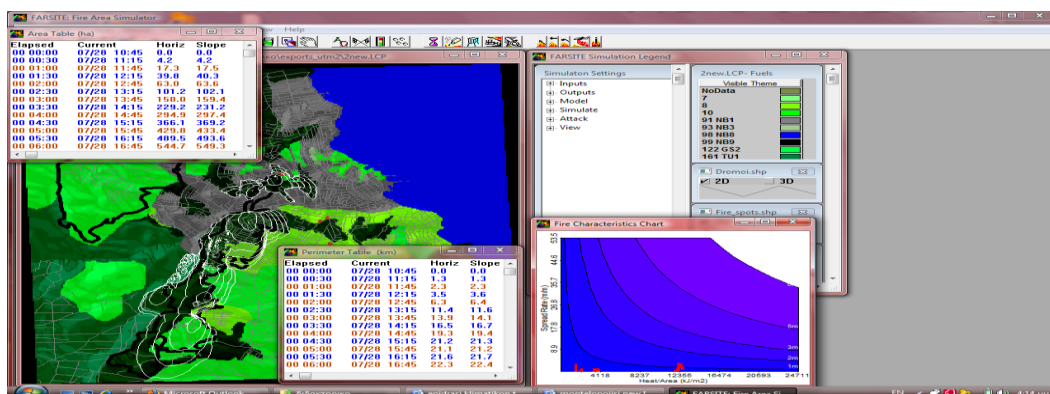
Υπόθεση εργασίας 2 (Case study 2): Για το σενάριο A2, αυξάνουμε την μέγιστη θερμοκρασία ημέρας κατά 2°C, 1°C χαμηλότερα από την τιμή της κλιματικής προσομοίωσης για την μέση μέγιστη θερμοκρασία της περιόδου 2060-2089, ενώ αυθαίρετα μειώνουμε την μέγιστη και την ελάχιστη σχετική υγρασία του αέρα κατά 8% καθώς και την υγρασία των νεκρών καυσίμων κατά 2% κρατώντας την ένταση του ανέμου σταθερή. Παρατηρείται ότι η πυρκαγιά καίει σε αυτή την περίπτωση 5878.00 στρέμματα δασικής έκτασης, τα δύο σημαντικότερα μέτωπά της έχουν ταχύτητες 8.9 και 4.5 m/min περίπου και η εκλυόμενη ενέργεια ανά επιφάνεια φτάνει περίπου τα 15000 kJ/m² (Σχήμα 7).



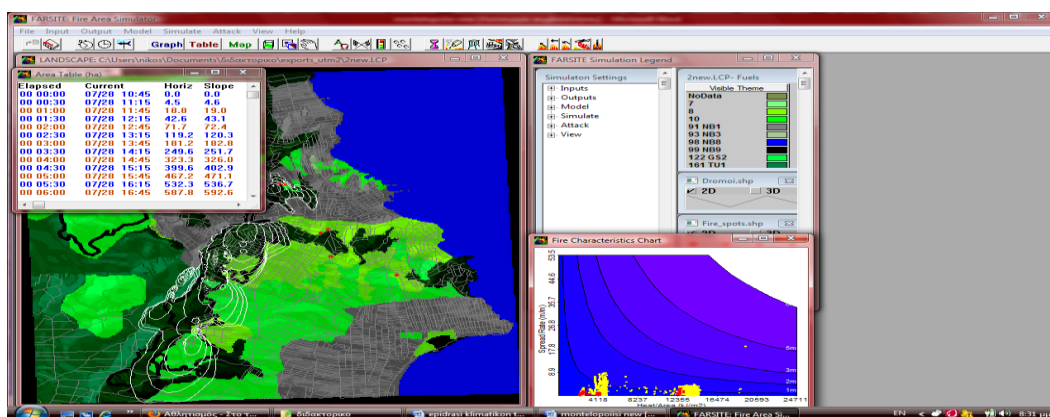
Σχήμα 4. Προσομοίωση πυρκαγιάς στον Βουτσά στις 28 Ιουλίου του 2005. Καμένη έκταση 6986.40 στρέμματα δασικής έκτασης, ταχύτητες μετώπων 11 και 8 m/min περίπου και η εκλυόμενη ενέργεια ανά επιφάνεια περίπου τα 13807 kJ/m².



Σχήμα 5. Προσομοίωση πυρκαγιάς στον Βουτσά σύμφωνα με την υπόθεση εργασίας 1. Καμένη έκταση 7808.00 στρέμματα δασικής έκτασης, ταχύτητες μετώπων 15 και 9 m/min περίπου και η εκλυόμενη ενέργεια ανά επιφάνεια περίπου τα 15141 kJ/m².



Σχήμα 6. Προσομοίωση πυρκαγιάς στη Ραφήνα στις 28 Ιουλίου του 2005. Καμένη έκταση 5447.00 στρέμματα δάσους και δασικής έκτασης, ταχύτητα μετώπων 3.5 m/min περίπου και η εκλυόμενη ενέργεια ανά επιφάνεια περίπου τα 12000 kJ/m².



Σχήμα 7. Προσομοίωση πυρκαγιάς στη Ραφήνα σύμφωνα με την υπόθεση εργασίας 2. Καμένη έκταση 5878.00 στρέμματα δάσους και δασικής έκτασης, ταχύτητες μετώπων 8.9 και 4.5 m/min και η εκλυόμενη ενέργεια ανά επιφάνεια στα 15000 kJ/m².

4 Συμπεράσματα

Τα ως τώρα αποτελέσματα των ερευνών για την πρόγνωση των κλιματικών αλλαγών κάθε άλλο παρά μονοσήμαντα, κατηγορηματικά και σαφή είναι. Οι κλιματικές τάσεις δείχνουν μια αύξηση της θερμοκρασίας και μείωση των βροχοπτώσεων στη χώρα μας τα επόμενα χρόνια. Με βάση αυτές τις τάσεις δημιουργήθηκαν κάποιες υποθέσεις εργασίας με σκοπό τη διαπίστωση του αν και κατά πόσο επηρεάζεται η συμπεριφορά των δασικών πυρκαγιών στη χώρα μας. Μελετήθηκαν δύο πυρκαγιές στη Ραφήνα και στο Βουτσά του Ιουλίου 2005. Διαπιστώθηκε και στις δύο πυρκαγιές ότι παρόλο που δεν μεταβλήθηκε η ένταση του ανέμου (του σημαντικότερου παράγοντα όσον αφορά την ταχύτητα εξάπλωσης μιας πυρκαγιάς) λόγω σημαντικής ασάφειας των κλιματικών τάσεων, αυξάνοντας τη θερμοκρασία και μειώνοντας την υγρασία των καυσίμων αυξήθηκε η καμένη έκταση, η ταχύτητα εξάπλωσης και η εκλυόμενη ενέργεια ανά μονάδα επιφανείας. Συμπερασματικά, οι δασικές πυρκαγιές τα επόμενα χρόνια, σύμφωνα με αυτά τα σενάρια, έχουν μεγάλη πιθανότητα να είναι πιο καταστροφικές για τη χώρα μας.

Βιβλιογραφία

Ηλιόπουλος Ν., Καλαμποκίδης Κ., Κάλλος Γ., Φείδας Χ., Μαλούνης Α., Μαυροματίδης Η., 2010: Μοντελοποίηση δασικής πυρκαγιάς και η επίδραση της πυρομετεωρολογίας στη συμπεριφορά της σε κλίμα τοπίου για την περιοχή της Αττικής. 9^ο Πανελλήνιο Γεωγραφικό Συνέδριο της Ελληνικής Γεωγραφικής Εταιρίας, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Τμήμα Γεωγραφίας, 4-6 Νοεμβρίου 2010.

Andrews P.L., 1986: BEHAVE, fire behavior prediction and fuel modeling system-BURN subsystem, Part 1. USDA Forest Service, Intermountain Research Station General Technical Report INT-194. (Odgen, UT).

Mitsopoulos I.D. and Dimitrakopoulos A.P., 2006: Canopy fuel characteristics and potential crown fire behavior in Aleppo pine (*Pinus halepensis* Mill.) forests.

Papagiannaki K., Mirasgedis S., Georgopoulou E., Sarafidis Y. and Lalas D.P., 2003: Estimate of emissions scenarios effects on climate parameters on Balkan region. 8th International Conference on Environmental Science and Technology, Lemnos Island, Greece , 8-10 September 2003.

Scott J.H. and Burgan R.E., 2005: Standard fire behavior fuel models: a comprehensive set for use with Rothermel's surface fire spread model. US Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-153. (Fort Collins, CO).