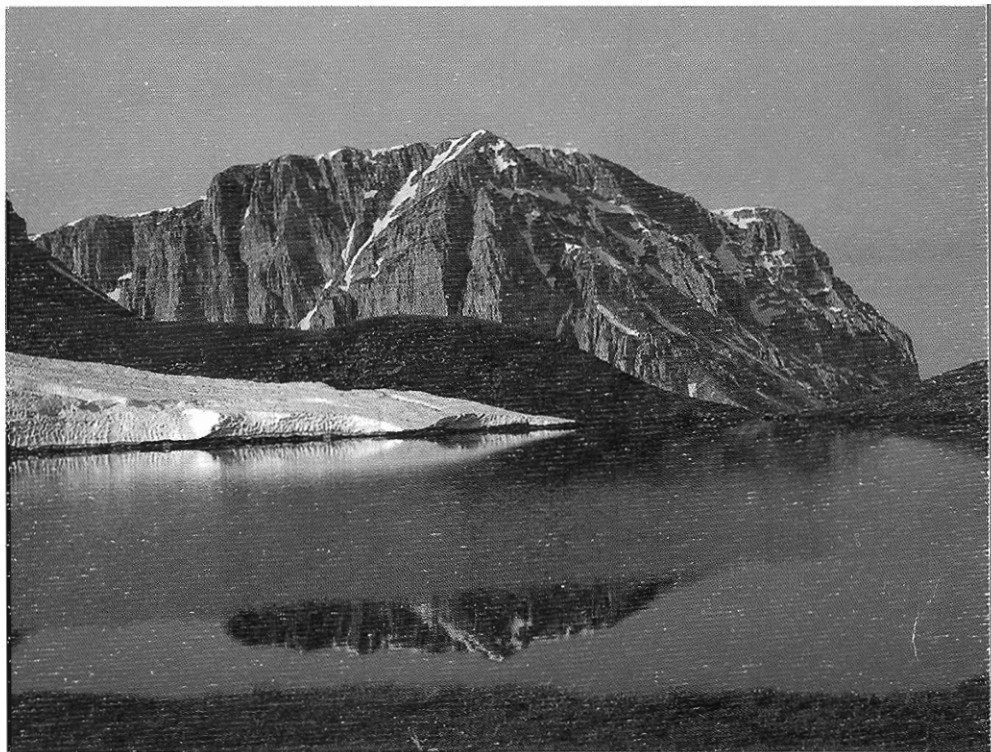


**3<sup>ο</sup> Συνέδριο  
Ελληνικής Οικολογικής Εταιρείας &  
Ελληνικής Ζωολογικής Εταιρείας**

*Ιωάννινα, 16-19 Νοεμβρίου 2006*

**«ΟΙΚΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ  
ΔΙΑΤΗΡΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΠΟΙΚΙΛΟΤΗΤΑΣ»**



**Διοργάνωση: Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων  
Τμήμα Διαχείρισης Περιβάλλοντος & Φυσικών Πόρων  
Συνδιοργάνωση: ΥΠ.Ε.Π.Θ., Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε., Ν.Α. Ιωαννίνων**

**ΔΙΕΘΝΕΣ ΚΕΝΤΡΟ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ, ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ ΚΑΙ  
ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ «ΣΤΑΥΡΟΣ ΝΙΑΡΧΟΣ»**

## Η χωρική διάσταση της μεταπυρικής αναγέννησης της χαλεπίου πεύκης

Π. Κωνσταντινίδης-Γεωργίου, Π. Ανδριόπουλος, Δ. Καζάνης & Μ. Αριανούτσου

Τομέας Οικολογίας και Ταξινομικής, Τμήμα Βιολογίας, Πανεπιστήμιο Αθηνών, 15784 Αθήνα  
E-mail: pgkonst@biol.uoa.gr; marianou@biol.uoa.gr

### Περίληψη

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η αναζήτηση των παραγόντων που καθορίζουν το χωρικό πρότυπο μεταπυρικής εγκατάστασης αρτιβλάστων χαλεπίου πεύκης και του τρόπου επίδρασής τους, καθώς και η ανάπτυξη χωρικού μοντέλου προσομοίωσης αυτής της επίδρασης. Πραγματοποιήθηκαν δειγματοληψίες σε πρόσφατα καμένη έκταση, όπου σε μόνιμα εγκατεστημένες επιφάνειες καταγράφηκαν τα χαρακτηριστικά των θέσεων και η πυκνότητα σπερμάτων, αρτιβλάστων και φυταρίων χαλεπίου πεύκης. Η πυκνότητα σπερμάτων βρέθηκε ίση με  $12,78 \pm 0,90$  σπέρματα/m<sup>2</sup>, των αρτιβλάστων ίση με  $0,39 \pm 0,07$  αρτιβλαστα/m<sup>2</sup> και η τελική πυκνότητα ίση με  $0,25 \pm 0,05$  φυτάρια/m<sup>2</sup>. Οι παράγοντες που φάνηκε να επιδρούν στο πρότυπο κατανομής σπερμάτων είναι ο βαθμός ανωμαλίας του εδάφους και το πάχος του στρώματος στάχτης, ενώ στη φάση της φύτευσης οι παράγοντες που επιδρούν είναι η απόσταση από μητρικά δέντρα και αναβλαστάνοντες θάμνους *Quercus coccifera*. Η επιβίωση των αρτιβλάστων φαίνεται να σχετίζεται με την κάλυψη της επιφάνειας από πέτρες. Τα αποτελέσματα των δειγματοληψιών χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη χωρικού μοντέλου, με χρήση του λογισμικού SIMILE.

### Spatial patterns of Aleppo pine regeneration after fire

P. Konstantinidis-Georghiou, P. Andriopoulos, D. Kazanis & M. Arianoutsou

Dept. of Ecology and Systematics, Faculty of Biology, University of Athens, GR-15784, Greece  
E-mail: pgkonst@biol.uoa.gr; marianou@biol.uoa.gr

The aim of this work was to identify factors that potentially determine the spatial pattern of post-fire establishment of *Pinus halepensis* saplings and develop a spatial simulation model. Permanent sampling plots were established in a recently burned area of Mt Parnes. The characteristics of the site and the number of seeds, seedlings and saplings per plot were recorded. Seed, seedling and sapling density were found equal to  $12.78 \pm 0.90$  seeds/m<sup>2</sup>,  $0.39 \pm 0.07$  seedlings/m<sup>2</sup> and  $0.25 \pm 0.05$  saplings/m<sup>2</sup>. Factors affecting the spatial pattern of seed distribution are the harshness of the surface and the thickness of the ash layer, while in the germination phase, factors affecting this pattern were the distance from parental trees and resprouting shrubs of *Quercus coccifera*. Seedling survival seems to be related to rock cover. These results were used for the development of a spatial simulation model, built using SIMILE software.

### Εισαγωγή

Το χωρικό πρότυπο μεταπυρικής αναγέννησης πληθυσμών *Pinus halepensis* Mill. καθορίζεται από μια σειρά παραγόντων (Daskalakou &

Thanos 1996, Saracino & al. 1997, Eshel & al. 2000, Henig-Sever & al. 2000, Nathan & Ne'eman 2000, Pausas & al. 2004, Kazanis & al. 2006) οι οποίοι, μέχρι σήμερα, έχουν μελετηθεί μεμονωμένα (Saracino & al. 1997, Ne'eman & Izhaki 1999, Eshel & al. 2000, Pausas & al. 2004) χωρίς να λαμβάνεται υπόψη το αποτέλεσμα της συνδυασμένης δράσης τους.

Σκοπός της εργασίας είναι η μελέτη της επίδρασης των παραγόντων που καθορίζουν το χωρικό πρότυπο μεταπυρικής εγκατάστασης αρτιβλάστων χαλεπίου πεύκης και η ανάπτυξη χωρικού μοντέλου βασισμένου στα δεδομένα πεδίου με τη χρήση του λογισμικού SIMILE.

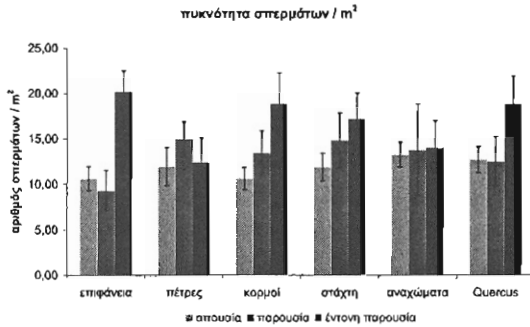
## Μεθοδολογία

Περιοχή μελέτης αποτέλεσε το ώριμο πευκοδάσος των Θρακομακεδόνων (Πάρνηθα), στο οποίο εκδηλώθηκε πυρκαγιά τον Ιούνιο του 2004. Εντός των ορίων της καμένης έκτασης εγκαταστάθηκαν 100 μόνιμες δειγματοληπτικές επιφάνειες του 1m<sup>2</sup>. Τον Αύγουστο του πρώτου μεταπυρικού έτους καταγράφηκαν τα χαρακτηριστικά των θέσεων και ο αριθμός των σπερμάτων χαλεπίου πεύκης στο έδαφος. Τον Απρίλιο του 2005, καταμετρήθηκαν τα αρτίβλαστα που είχαν εμφανισθεί και επιβιώσει της χειμερινής περιόδου. Τον Οκτώβριο του 2005 καταγράφηκε ο αριθμός φυταρίων που κατάφεραν να επιβιώσουν το πρώτο κρίσιμο καλοκαίρι και εγκαταστάθηκαν επιτυχώς.

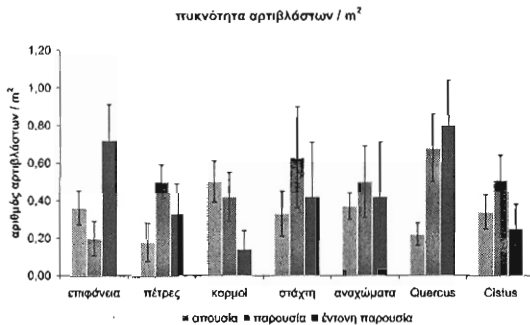
Τα αποτελέσματα των δειγματοληψιών χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη χωρικού μοντέλου, με χρήση του λογισμικού SIMILE (Muetzelfeldt & Massheder 2003). Η δομή του μοντέλου αναπτύχθηκε βάσει των παραγόντων που διαπιστώθηκε ότι επιδρούν στη μεταπυρική αναγέννηση της χαλεπίου πεύκης με τρόπο στατιστικά σημαντικό. Οι εξισώσεις που συνδέουν τα αντικείμενα του μοντέλου τροφοδοτούνται από τα δεδομένα του πεδίου.

## Αποτελέσματα

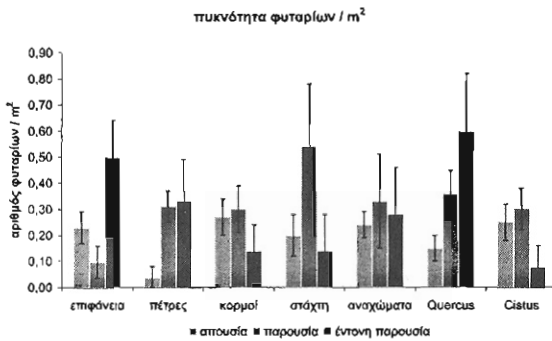
Η πυκνότητα σπερμάτων βρέθηκε ίση με  $12,78 \pm 0,90$  σπέρματα/m<sup>2</sup>, η πυκνότητα αρτιβλάστων ίση με  $0,39 \pm 0,07$  αρτίβλαστα/m<sup>2</sup> και η τελική πυκνότητα εγκατεστημένων φυταρίων ίση με  $0,25 \pm 0,05$  φυτάρια/m<sup>2</sup> (οι τιμές αναφέρονται ως μέσος όρος  $\pm$  τυπικό σφάλμα). Παράλληλα, εξετάστηκε η πυκνότητά τους συναρτήσει της κατάταξης των θέσεων σε τρεις κλάσεις που χαρακτηρίζονται από απουσία, παρουσία και έντονη παρουσία των υπό μελέτη παραγόντων (Σχήματα 1, 2 και 3 αντίστοιχα).



Σχήμα 1. Πυκνότητα σπερμάτων / m<sup>3</sup>.



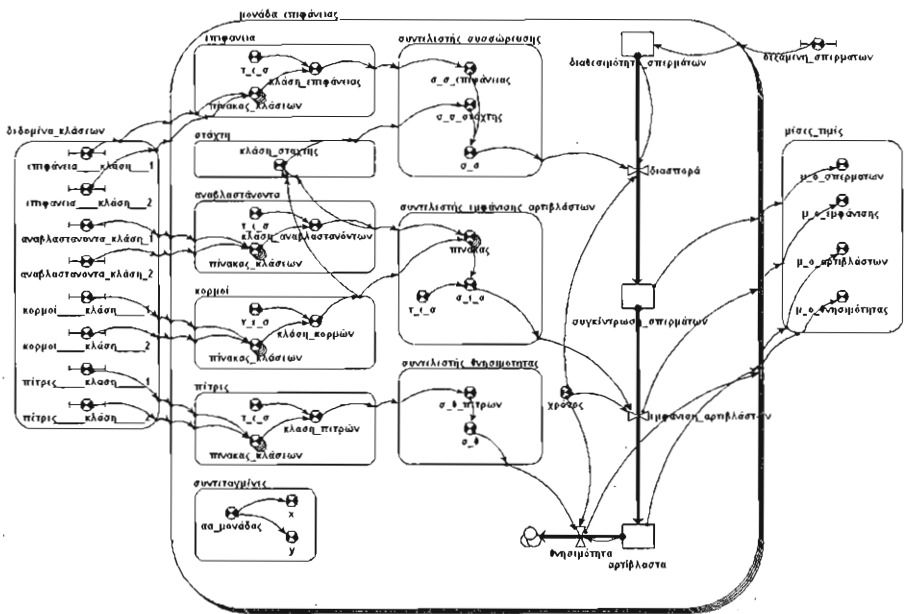
Σχήμα 2. Πυκνότητα αρτιβλάστων / m<sup>2</sup>.



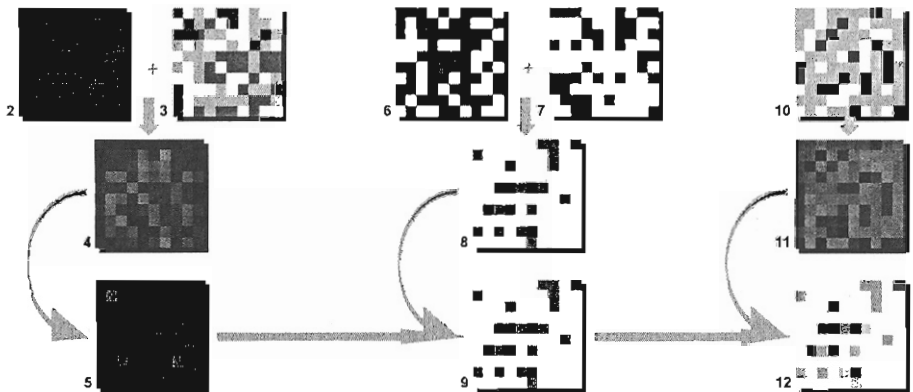
Σχήμα 3. Πυκνότητα φυταρίων / m<sup>2</sup>.

Τα παραπάνω αποτελέσματα χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη χωρικού μοντέλου, η δομή του οποίου παρουσιάζεται στο Σχήμα 4. Οι παράγοντες που συμμετέχουν στον υπολογισμό των συντελεστών συσσώρευσης σπερμάτων, εμφάνιση αρτιβλάστων και θνησιμότητας είναι οι παράγοντες που σύμφωνα με τα δεδομένα μας φαίνεται να επιδρούν με στατιστικά σημαντικό τρόπο στη διαμόρφωση του χωρικού προτύπου μεταπυρικής εγκατάστασης των αρτιβλάστων χαλεπίου πεύκης

( $p < 0.05$ , σύμφωνα με το στατιστικό τεστ Spearman). Στο Σχήμα 5 (εικόνες 2-12), σε ένα παράδειγμα λειτουργίας του μοντέλου, απεικονίζεται η επίδραση των παραγόντων στην πορεία μεταπυρικής αναγέννησης και εγκατάστασης σε μία κάνναβο 10x10, ακριβώς όπως θα μπορούσε να πραγματοποιείται στο πεδίο. Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να εισάγει τις συνθήκες και τα δεδομένα του πεδίου μέσα στο μοντέλο, τροφοδοτώντας τις εξισώσεις που συνδέουν τα αντικείμενα του μοντέλου.



Σχήμα 4. Η δομή του μοντέλου στο γραφικό περιβάλλον του λογισμικού SIMILE.



Σχήμα 5. Ένα παράδειγμα λειτουργίας του μοντέλου (εικόνες 2-12).

Πιο έντονα χρώματα ισοδυναμούν με εντονότερη παρουσία των παραγόντων. Η μορφολογία του εδάφους (2) και το πάχος του στρώματος της στάχτης (3) είναι οι δύο παράγοντες που καθορίζουν τη δυνατότητα συγκέντρωσης σπερμάτων σε κάθε μονάδα επιφάνειας του χώρου (4) και συνεπώς και την πυκνότητα σπερμάτων (5). Η απόσταση από τα μητρικά φυτά (6) και η παρουσία καμένων θάμνων του είδους *Quercus coccifera* (7) προσδιορίζουν τη δυνατότητα εμφάνισης αρτιβλάστων (8) και κατά συνέπεια και τον αριθμό αρτιβλάστων που εμφανίζονται και καταγράφονται μετά το πέρας της χειμερινής περιόδου (9). Η παρουσία πετρών μέσα στις επιφάνειες (10) είναι ο κύριος παράγοντας που ευνοεί την επιβίωση των αρτιβλάστων (11) και προσδιορίζει τον αριθμό φυταρίων που καταφέρνουν να εγκατασταθούν στην επιφάνεια μετά τη λήξη της κρίσιμης καλοκαιρινής περιόδου του πρώτου μεταπυρικού έτους (12).

### Συμπεράσματα

Με βάση τα αποτελέσματα των δειγματοληψιών μας, φαίνεται πως στην περιοχή μελέτης, η ανώμαλη επιφάνεια του εδάφους και τα παχύτερα στρώματα στάχτης ευνοούν μεγαλύτερη συγκέντρωση σπερμάτων *Pinus halepensis*. Η μεγαλύτερη απόσταση από τα μητρικά δέντρα καθώς και η παρουσία θάμνων *Quercus coccifera* ευνοούν την εμφάνιση αρτιβλάστων ενώ η παρουσία πετρών δρα ευνοϊκά στην επιβίωση και την επιτυχή εγκατάσταση των αρτιβλάστων κατά την κρίσιμη καλοκαιρινή περίοδο.

Η συνδυασμένη δράση παραγόντων στα διάφορα στάδια μεταπυρικής αναγέννησης φαίνεται πως επιδρά σε καθοριστικό βαθμό στη διαμόρφωση του χωρικού προτύπου κατανομής των αρτιβλάστων χαλεπίου πεύκης.

Το χωρικό μοντέλο που αναπτύχθηκε, μπορεί να αναπαράγει και να επαληθεύει τα αποτελέσματα των παρατηρήσεών μας στο πεδίο, για τη συγκεκριμένη περιοχή μελέτης. Περαιτέρω παραμετροποίηση και αναπροσαρμογή των μαθηματικών εκφράσεων που δομούν το μοντέλο, με βάση δεδομένα πεδίου από περισσότερες περιοχές, είναι απαραίτητη για τη δημιουργία μιας εφαρμογής πρόβλεψης της επιτυχίας της μεταπυρικής αναγέννησης πληθυσμών *Pinus halepensis*. Μια τέτοια εφαρμογή μπορεί να αποδειχθεί χρήσιμο εργαλείο για την έγκαιρη και άμεση λήψη διαχειριστικών αποφάσεων.

## Βιβλιογραφία

- Daskalakou, E.N. & Thanos, C.A. (1996). Aleppo Pine (*Pinus halepensis*) postfire regeneration: the role of canopy and soil seed banks. *International Journal of Wildland Fire* **6**(2): 59-66.
- Eshel, A., Henig-Sever, N. & Ne'eman, G. (2000). Spatial variation of seedling distribution in an east Mediterranean pine woodland at the beginning of post-fire succession. *Plant Ecology* **148**(2): 175-182.
- Henig-Sever, N., Eshel, A. & Ne'eman, G. (2000). Regulation of the germination of Aleppo pine (*Pinus halepensis*) by nitrate, ammonium, and gibberellin, and its role in post-fire forest regeneration. *Physiologia Plantarum* **108**(4): 390.
- Kazanis, D., Andriopoulos, P. & Arianoutsou, M. (2006). Heterogeneity in vegetation composition during the 1<sup>st</sup> post-fire year of a burned *Pinus halepensis* forest. Poster presentation in the 2<sup>nd</sup> Balkan Botanical Congress, Sofia, 20-26 June 2006.
- Muetzelfeldt, R. & Massheder, J. (2003). The Simile visual modelling environment. *European Journal of Agronomy* **18**: 345-358.
- Nathan, R. & Ne'eman, G. (2000). Serotiny, seed dispersal and seed predation in *Pinus halepensis*. Pp. 105-118 in: Ne'eman, G. & Trabaud, L. (eds) Ecology, Biogeography and Management of *Pinus halepensis* and *P. brutia* Forest Ecosystems in the Mediterranean Basin. Backhuys Publishers.
- Ne'eman, G. & Izhaki, I. (1999). The effect of stand age and microhabitat on soil seed banks in Mediterranean Aleppo pine forests after fire. *Plant Ecology* **144**(1): 115-125.
- Pausas, J.G., Ribeiro, E. & Vallejo, R. (2004). Post-fire regeneration variability of *Pinus halepensis* in the eastern Iberian Peninsula. *Forest Ecology and Management* **203**: 251-259.
- Saracino, A., Pacella, R., Leone, V. & Borghetti, M. (1997). Seed dispersal and changing seed characteristics in a *Pinus halepensis* Mill. forest after fire. *Plant Ecology* **130**(1): 13-19.