

1/2022

ISSN 1105-9478

ΤΟΜΟΣ 31 ΣΕΙΡΑ II

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΑ  
ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΑ  
ΘΕΜΑΤΑ

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ

GEOTECHNICAL  
SCIENTIFIC ISSUES

# CONTENTS

---

## REVIEW ARTICLE

- V. Aretos,*  
*† S. Vergos* Greek forests from the rebirth of the nation to the present day (1821-2021) 4-10

## SCIENTIFIC PAPERS

- S. Gatzojannis* Growing-stock's value estimation as a tool for economic analysis and assessment of environmental costs in forestry (The case of black pine forests of N. Grammos, Kastoria) 11-27
- M. Gouvas,*  
*D. Samaras,*  
*K. Theodoropoulos* The influence of air temperature on the lower- and higher-altitudinal distribution limits of forest trees and shrubs in Greece 28-39
- E. Katsidi,*  
*F. A. Aravanopoulos* Preliminary analysis of stone pine (*Pinus pinea L.*) populations with molecular nuclear genetic markers reveals almost complete absence of genetic diversity 40-48

Το παρόν τεύχος αφιερώνεται στη μνήμη του **Στέργιου Βέργου**, Δασολόγου, Ομότιμου Καθηγητή πρώην ΤΕΙ Θεσσαλίας, ο οποίος έφυγε ξαφνικά από τη ζωή τον Σεπτέμβριο του 2021.

Ο εκλιπών ήταν διακεκριμένος επιστήμονας και καταξιωμένος για το επιστημονικό, διδακτικό και ερευνητικό του έργο. Παράλληλα με τη νηφαλιότητα και την πραότητα του χαρακτήρα του αποτελούσε πρότυπο ανθρώπου, δασκάλου, συναδέλφου, φίλου, συνοδοιπόρου, συντρόφου και γονιού.

Ο Στέργιος Βέργος είχε διατελέσει Αντιπρόεδρος του Δ.Σ. του ΓΕΩΤ.Ε.Ε. την περίοδο 1998-2000 και Μέλος του την περίοδο 1990 - 1998, ενώ ως μέλος της Συντακτικής Επιτροπής των Γεωτεχνικών Επιστημονικών Θεμάτων, στον κλάδο των Δασολόγων, συνέβαλε αποφασιστικά στην έκδοση και βελτίωση του περιοδικού με την άοκνη συμμετοχή του και την πολύτιμη εμπειρία του.

Το Επιμελητήριο και όλοι όσοι τον γνώρισαν και συνεργάστηκαν μαζί του στέκονται με σεβασμό στη μνήμη του και υπόσχονται να συνεχίσουν το έργο του με την ίδια συνέπεια και σοβαρότητα με την οποία ο ίδιος το εκτελούσε.

Ας είναι αιώνια η μνήμη του !

Σπυρίδων Μάμαλης

Πρόεδρος Δ.Σ. Γεωτεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

---

### ΑΡΘΡΟ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗΣ

<i>B. Αρέτος,</i> <i>† Βέργος Στέργιος</i>	Τα ελληνικά δάση από την εθνική παλιγγενεσία έως σήμερα (1821-2021)	4-10
---	--	------

### ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ

<i>Σ. Γκατζογιάννης</i>	Η εκτίμηση της αξίας του ξυλώδους κεφαλαίου δασοουστάδων, ως εργαλείου οικονομικής ανάλυσης και εκτίμησης περιβαλλοντικού κόστους στη δασοπονία (η περίπτωση της Μαύρης πεύκης των δασών Β. Γράμμου Καστοριάς)	11-27
<i>Μ. Γκουβάς,</i> <i>Δ. Σαμαράς,</i> <i>Κ. Θεοδωρόπουλος</i>	Επίδραση της θερμοκρασίας του αέρα στα θερμοόρια και ψυχοόρια εξάπλωσης δασικών δέντρων και θάμνων στην Ελλάδα	28-39
<i>Ε. Χ. Κατσίδη,</i> <i>Φ. Α. Αραβανόπουλος</i>	Η εξαίρεση επιβεβαιώνει τον κανόνα: η προκαταρκτική ανάλυση πληθυσμών κουκουναριάς ( <i>Pinus pinea L.</i> ) με μοριακούς γενετικούς δείκτες μικροδορυφόρων δείχνει απουσία γενετικής ποικιλότητας	40-48

## Τα ελληνικά δάση από την εθνική παλιγγενεσία έως σήμερα (1821-2021)

Αρέτος Βασιλείος<sup>1</sup>, †Βέργος Στέργιος<sup>2</sup>

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σύμφωνα με ιστορικές αναφορές, αλλά και σύγχρονα ευρήματα, η χώρα μας στο μακρινό παρελθόν ήταν πυκνά δασωμένη στο μεγαλύτερο μέρος της επιφάνειάς της. Η μακραίωνη, όμως, εποίκηση της περιοχής και η επακόλουθη εντατική χρήση των φυσικών πόρων της είχαν ως αποτέλεσμα τη μεγάλη φθορά, υποβάθμιση και μείωση της έκτασης των δασών. Παρά τις εκτεταμένες καταστροφές που προηγήθηκαν, τα δάση της Ελλάδας μετά την απελευθέρωσή της από την οθωμανική κατάκτηση κάλυπταν μεγάλο τμήμα της, το οποίο σύμφωνα με πολλούς συγγραφείς άγγιζε το μισό της τότε έκτασής της. Κατά το χρονικό διάστημα των περασμένων διακοσίων χρόνων η δασοκάλυψη της χώρας μας ακολούθησε μια μεταβαλλόμενη πορεία, η οποία ήταν έντονα μειούμενη έως τα τέλη του 19<sup>ου</sup> αιώνα και λιγότερο αρνητική κατά τη διάρκεια του επόμενου. Στην πρώτη περίοδο του τρέχοντος αιώνα η έκταση των δασών εμφανίζει προοδευτική αύξηση, φθάνοντας σήμερα στα 3.903.000 Ha ή ποσοστό 30,3% της συνολικής έκτασης της χώρας μας.

Στην παρούσα εργασία, η οποία εκπονήθηκε με αφορμή το γεγονός της συμπλήρωσης διακοσίων ετών από την εθνική παλιγγενεσία του 1821, επιχειρείται, μέσα από την ανασκόπηση-μελέτη της σχετικής βιβλιογραφίας, η οικιαγράφηση της πορείας εξέλιξης των ελληνικών δασών κατά τη διάρκεια των δύο τελευταίων αιώνων.

**Λέξεις κλειδιά:** Δασοκάλυψη, ανθρωπογενείς πιέσεις, καταστροφή δασών, εθνική παλιγγενεσία.

### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ελληνική χλωρίδα είναι γνωστή και διεθνώς αναγνωρισμένη για τον πλούτο και τη μοναδικότητά της εδώ και χιλιάδες χρόνια. Κατά την αρχαιότητα η χώρα μας ήταν καλυμμένη σε όλη, σχεδόν, την έκτασή της με πυκνά και παρθένα δάση, τα οποία ήταν τόσο συμπαγή που σύμφωνα με τον Όμηρο «οὔτε μιν ἠέλιος Φαέθων ἀκτίσιν ἔβαλλεν, οὔτ' ὄμβρος περάσκει διαμπερές...» και γι' αυτό ο ίδιος τα ονόμαζε «ὕληντα» και «σκιόεντα» (Τσιτσάς, 1965: 478). Ιστορικές αναφορές σε λιοντάρια, πάνθηρες, βίσωνες, κ.ά., καθώς και σύγχρονα ευρήματα απολιθωμάτων φυτών και οστών ζώων πιστοποιούν την προαναφερθείσα εικόνα των δασών, στα οποία μπορούσαν να διαβούν τέτοια άγρια ζώα (Μπάουμαν 1999, Τσουμής 2007). «Μέ δυό λόγια ὀλόκληρη ἡ Ἑλλάδα ἦταν ἕνας ἀπέραντος κῆπος τῆς Ἐδέμ, ὅπου κάτω ἀπ' τὸ θαυμάσιο κλίμα τῆς ἀγχιχτῆς χώρας, τὸν οὐρανὸ καὶ τὴ θάλασσά της, βλάστησε τὸ πνεῦμα, τὸ κάλλος, τὸ ἀνεπιτήδευτα ὠραῖον» (Στεφάνου, 1974: 694).

Η ανάπτυξη, όμως, του λαμπρού αρχαίου ελληνικού πολιτισμού «λειτούργησε» καταστροφικά για μεγάλο τμήμα των εκτεταμένων, τότε, δασών

της χώρας. Από τα πρώτα χρόνια εποίκησης της τα δάση άρχισαν να δέχονται πιέσεις, δεδομένου ότι οι άνθρωποι κάλυπταν τις βασικές ζωτικές ανάγκες τους από αυτά (στέγη, τροφή, κ.λπ.). Αργότερα, η μετάβαση των ανθρώπων σε μόνιμους οικισμούς και η συνακόλουθη αύξηση του πληθυσμού δημιούργησε μεγαλύτερες ανάγκες για τροφή και ξύλο, το οποίο ήταν το βασικό, αν όχι μοναδικό, υλικό σε πληθώρα χρήσεων (οικοδομικές και άλλες κατασκευές, θέρμανση, μαγειρική, εργαλεία, ναυπηγική, επεξεργασία μεταλλευμάτων, κ.ά.).

Έτσι, μεγάλες εκτάσεις δασών γύρω από οικισμούς και πόλεις εκχερσώθηκαν, προκειμένου τα εδάφη τους να «αξιοποιηθούν» για άλλες χρήσεις και κυρίως για γεωργική εκμετάλλευση και για κάλυψη οικιστικών, μεταλλευτικών και άλλων αναγκών. Πολλά δε παραγωγικά δάση καταστράφηκαν εξαιτίας αλόγιστων ληστρικών υλοτομιών, που είχαν ως μοναδικό σκοπό την απόληψη του περιζήτητου ξυλαποθέματός τους. Επιπλέον, αν προστεθούν και οι ζημιές που προκλήθηκαν από την ανεξέλεγκτη βόσκηση και τις δασικές πυρκαγιές, γίνεται εύκολα αντιληπτό το μέγεθος της αποδάσωσης που συντελέστηκε στη χώρα

<sup>1</sup> Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Δασολογίας, Επιστημών Ξύλου και Σχεδιασμού, Β. Γρύβα 11-13, 43132, Καρδίτσα, [arctos@uth.gr](mailto:arctos@uth.gr)

<sup>2</sup> Ομότιμος Καθηγητής, πρώην ΤΕΙ Θεσσαλίας

κατά την περίοδο αυτή. Η καταστροφική αυτή μανία σε βάρος των δασών συνεχίστηκε κατά τη Ρωμαϊκή και Βυζαντινή περίοδο «με τους ίδιους τρόπους, όπως και παλαιότερα - με το τσεκούρι, τη γίδα και τη φωτιά - αλλά σε μεγαλύτερη έκταση με την πίεση του αυξανόμενου πληθυσμού» (Τσουμής, 2007: 105).

Σημαντική συρρίκνωση των δασών της χώρας μας πραγματοποιήθηκε και κατά την περίοδο της Τουρκοκρατίας. Ο τρόπος διοίκησης της Ελλάδας από τους Τούρκους, και ειδικότερα το εφαρμοζόμενο φορολογικό σύστημα, ευνοούσε την κτηνοτροφία, την οποία άφηνε σχεδόν ανεπηρέαστη, ωστόσο έπληττε σημαντικά τη γεωργία και έμμεσα τη δασική πρόοδο. Εξαιτίας του λόγου αυτού, σε συνδυασμό με την ανάγκη προσαπείας από τον κατακτητή, μεγάλο τμήμα του αγροτικού πληθυσμού είχε στραφεί στην ποιμενική, κυρίως νομαδική, κτηνοτροφία, επιλέγοντας τη ζωή του ελεύθερου νομάδα που διαβιούσε στα βουνά και τα δάση (Κοντός, 1932). Αυτό, όμως, είχε ως αποτέλεσμα την άσκηση έντονης πίεσης στα δάση (πυρκαγιές, εκτεταμένες εκχερσώσεις, κ.λπ.), προκειμένου να εξασφαλισθούν οι ευνοϊκές συνθήκες για τη διατροφή των ζώων και την ανάπτυξη της κτηνοτροφίας. Οι Δαμιανός και Λάζος (1930: 4) αναφέρουν, ότι «ή Ελλάς κατά το 1827 παρουσίαζεν ού μόνον ακμάζουσαν τήν νομαδικήν κτηνοτροφίαν αιγοπροβάτων και λίαν περιωρισμένην τήν δασικήν, αγροτικήν και δενδροκομικήν εκμετάλλευσιν, αλλά και βουνά μέ δάση εις τε τήν Πελοπόννησον και τήν Στερεάν Ελλάδα λίαν μέν εκτεταμένα πλήν κατεστραμμένα εκ τής βοσκής». Επίσης, οι ανεξέλεγκτες υλοτομίες που πραγματοποιούνταν στον ορεινό όγκο είχαν ως αποτέλεσμα εκτεταμένες καταστροφές στα δάση της χώρας μας. Σύμφωνα με τον Γρίσπο (1973: 192), «*επί τουρκοκρατίας πᾶσα υλοτομία ἐντός δασῶν δι' οἶον-δήποτε λόγον, ἦτο διὰ ἀτομικὰς ἢ ἐμπορικὰς ἀνάγκας, ἐνηργεῖτο ἐλευθέρως, ἀτελῶς καί ἄνευ ἀδείας*».

Συν τοις ἄλλοις, οι πολυάριθμες πολεμικές επιχειρήσεις που διεξήχθησαν κατά των κατακτητών συνέβαλαν σημαντικά στην ευρεία αυτή καταστροφή των δασών. Η πυρπόληση των δασών από τους Τούρκους ήταν συνήθης πρακτική για την εξόντωση των επαναστατών που κρύβονταν μέσα σε αυτά, αλλά και για την εκδίκηση-τιμωρία των Ελλήνων ύστερα από «αποτυχημένες εξεγέρσεις» τους. Σε κάποιες περιπτώσεις, μάλιστα, οι καταστροφές αυτές είχαν τέτοια έκταση, ώστε χρειάστηκε η παρέμβαση των ιδίων των Τούρκων για να τις σταματήσουν: «*Ἐν ἔτει 1780 ἡ Πελοπόννησος εἶχεν ὑποστῆ τοιαύτην φθοράν ἀπό τούς Τουρκαλβανούς, ὥστε καί αὐτοί οἱ Τούρκοι*

*ἐπενέβησαν παρά τῇ Ὑψηλῇ Πύλῃ διὰ νά σταματήσῃ τό κακόν*» (Γρίσπος, 1973: 173).

## ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΤΗΣ ΕΞΕΛΙΞΗΣ ΤΩΝ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΔΑΣΩΝ

Η εξέλιξη των δασών της χώρας μας στο διάστημα των διακοσίων ετών από την επανάσταση του 1821 ακολούθησε μια μεταβαλλόμενη πορεία, η οποία ήταν έντονα μειούμενη για την έκτασή τους κατά την πρώτη περίοδο, λιγότερο αρνητική στη συνέχεια και ήπια ανοδική στο τέλος. Για την καλύτερη παρουσίαση της πορείας αυτής, επιλέχθηκε να γίνει η ανάλυση των διαδοχικών αλλαγών της σε τρεις χρονικές περιόδους, στον 19<sup>ο</sup>, 20<sup>ο</sup> και 21<sup>ο</sup> αιώνα, οι οποίες ευθυγραμμίζονται σε μεγάλο βαθμό με τις κύριες φάσεις οργάνωσης και λειτουργίας του Ελληνικού κράτους.

### Δέκατος ἑνάτος (19<sup>ος</sup>) αἰώνας

Το πρώτο χρονικό διάστημα μετά τον μεγάλο ξεσηκωμό του Γένους βρήκε τη χώρα μας «λαβωμένη» και ως προς τη δασοκάλυψή της. Ωστόσο, παρά τις μεγάλες καταστροφές που προηγήθηκαν κατά την περίοδο της οθωμανικής κατοχής, τα δάση της Ελλάδας, αμέσως μετά την απελευθέρωσή της, κάλυπταν το μισό, περίπου, της έκτασης που είχε εκείνο το διάστημα (Στεφάνου 1974, Τσιτσάς 2003). Το ποσοστό αυτό, με το οποίο συμφωνεί και ο Κοντός (Γρίσπος, 1973), δεν είναι καθολικά αποδεκτό. Ο Γρίσπος (1973), υποστηρίζει ότι η δασοκάλυψη της χώρας κατά την εν λόγω περίοδο ήταν πολύ μικρότερη, συγκεκριμένα της τάξεως του 23%, και ότι το ποσοστό δασώσεως δεν ξεπερνούσε το 41% ακόμη και με την προσμέτρηση των δασοσκεπών εκτάσεων και των δασικών βουκοτόπων.

Ο περιορισμός της έκτασης των δασών συνεχίστηκε με μεγάλη ένταση και ύστερα από την απομάκρυνση των Τούρκων, με αποτέλεσμα η ευρύτερη περίοδος μετά την απελευθέρωση να χαρακτηρίζεται ως ιδιαίτερος καταστροφική για τα ελληνικά δάση. Η παύση των πολεμικών επιχειρήσεων είχε ως αποτέλεσμα την προοδευτική αύξηση του πληθυσμού της χώρας και τη συνακόλουθη διόγκωση των βιοτικών και λοιπών αναγκών του. Η συνεισφορά των δασών στην κάλυψη μεγάλου μέρους των αναγκών αυτών ήταν, για μια ακόμη φορά, πολύ σημαντική. Ωστόσο, οι οργανωτικές και λοιπές ελλείψεις, καθώς και οι μεγάλες και πολλαπλές ανάγκες του νεοσύστατου ελληνικού κράτους, σε συνδυασμό με τη γενικότερη αντίληψη και στάση των πολιτών απέναντι στα δάση, είχαν ως αποτέλεσμα τη μεγάλη φθορά και



τη σημαντική μείωσή τους. Ο Στεφάνου (1924: 11), περιγράφει την εν λόγω περίοδο ως «περίοδον τῆς πραγματικῆς ἐξοντώσεως τῶν Ἑλληνικῶν δασῶν», αναφέροντας χαρακτηριστικά: «ὄ, τι ἡ φιλόστοργος φύσις ἐπὶ τόσους αἰῶνας ἐφύλλατε καὶ δαμιλῶς ἀπέκρυσσε τῆς ἀνθρωπίνης βουλμίας, ἐπέπρωτο νὰ ἐξαφανίσῃ αὐτὸς οὗτος ὁ ἐλευθερωθεὶς Ἑλληνικὸς λαός».

Οι πρώτες οργανωμένες προσπάθειες αναστροφῆς τῆς συνεχιζόμενης πορείας καταστροφῆς των δασῶν χρονολογούνται στην περίοδο βασιλείας του Ὁθῶνα. Με την έναρξή της, η προστασία και η διαφύλαξη των δασῶν εντάχθηκαν στις βασικές προτεραιότητες του Κράτους. Ενδεικτικὴ εἶναι η εγκύκλιος που εστάλη το ἔτος 1833 στους κατά νομούς Εφόρους: «Δώσατε σ' ὅλους νὰ ἐνοήσουν καλῶς, ὅτι τὰ ἔθνη δάση δὲν εἶναι ἰδιοκτησία τοῦ θέλοντος νὰ ἐπικαρποῦται αὐτά .... προπάντων θέλετε τείνει τὴν προσοχὴν σας εἰς τὸ νὰ ἐμποδισθῆ ἢ πύρρευσις εἰς τὰ δάση, εἰς τοὺς λόγγους, εἰς τοὺς θαμνῶνας καὶ ἐν γένει εἰς πᾶν δασῶδες μέρος» (Στεφάνου, 1933: 9). Τὴν ἴδια περίοδο, τέθηκαν σε εφαρμογὴ σημαντικὰ νομοθετήματα (περὶ ἰδιοκτησίας, υλοτομίας και βουσκῆς των δασῶν, περὶ δασικῆς προσωπικῆς, κ.λπ.), τα οποία αποτέλεσαν τὴ βάση τῆς μετέπειτα δασικῆς νομοθεσίας (Δαμιανός και Λάζος, 1930). Αναφερόμενος στὴ σπουδαιότητα του νόμου περὶ ἰδιοκτησίας δασῶν, ο Στεφάνου (1924: 15) υποστηρίζει ὅτι, εἰάν δεν υπῆρχε «ἀσφαλῶς σήμερον τὰ πλεῖστα τῶν δασῶν τῆς χώρας θὰ εἶχον περιέλθει εἰς τὴν κυριότητα τῶν ἰδιωτῶν καὶ πρό πολλοῦ θὰ εἶχον ἐξαφανισθῆ».

Ὡστόσο, ἡ προσπάθεια αὐτὴ δεν στέφθηκε ἀπὸ τὴν προσδοκώμενη ἐπιτυχία. Οἱ λόγοι ἦταν πολλοὶ και τὸ ἀποτέλεσμα, εἰάν ληφθοῦν ὑπόψη οἱ επικρατούσες συνθήκες, μπορεῖ νὰ θεωρηθεῖ ὡς ἕνα βαθμὸ ἀναμενόμενο. Οἱ Ἕλληνες πολῖτες, μετὰ ἀπὸ μὴ μακρόχρονη περίοδο σκλαβιάς και καταπίεσης, δεν ἦταν πρόθυμοι νὰ ἐφαρμόσουν νόμους που περιορίζαν τὴς ἐλευθερίες που πίστευαν ὅτι δικαιούνταν. Μία ἀπὸ αὐτὲς ἀφοροῦσε στὰ δάση, για τὰ οποία εἶχε ἐδραιωθεῖ ἡ ἀντίληψη ὅτι ἀποτελοῦν κοινὸ κτήμα και ὁ καθένας μπορεῖ νὰ ἀσκεῖ μέσα σ' αὐτά, ἐλεύθερα, οποιαδήποτε δραστηριότητα (ξύλευση, βουσκῆ, ἐκχέρωση, κ.λπ.). Ὁ Γρίσπος (1973: 193) ἀναφέρει χαρακτηριστικὰ ὅτι, «προήρχετο δὲ ἡ τοιαύτη περὶ τὰ δάση ἀσυνδοσία ἀπὸ τὴν ἀντίληψιν ὅτι ταῦτα ἦσαν κοινὸν ἀγαθόν, ἀπὸ τὸ ὅποιον πᾶς τις ἠδύνατο νὰ ἀπολαμβάνῃ κατὰ τὰς ἀνάγκας του» και ὁ Στεφάνου (1933: 25) ὅτι, «ὁ Ρωμηὸς καταστρέφει τὸ δάσος, διότι ἀνήκει εἰς τὸ σύνολον, καὶ κάθε πρᾶγμα ποῦ ἀνήκει εἰς τὸ σύνολον δὲ τὸν Ἕλληνα δὲν ἀνήκει σὲ κανένα».

Απὸ τὴν ἄλλη πλευρὰ, οἱ διοικητικῆς, οργανωτικῆς και λοιπῆς ἐλλείψεις του Κράτους δεν ευνόησαν τὴν ἐπαρκῆ ἐπιτήρηση και φύλαξη των δασῶν. Ἡ σχετικὴ ἀρμοδιότητα εἶχε δοθεῖ ἀρχικὰ (1836) στὴ Δασονομικὴ Ὑπηρεσία, ἐνῶ ἀργότερα (1877) μεταφέρθηκε στὴ Χωροφυλακὴ. Και στὶς δύο περιπτώσεις τὸ ἀποτέλεσμα δεν ἦταν τὸ ἐπιθυμητό, γεγονός που οφείλεται σε μεγάλου βαθμοῦ στα ποιοτικὰ χαρακτηριστικὰ του προσωπικοῦ που στελέχωνε τὴς ἐν λόγω Ὑπηρεσίες. Σύμφωνα με τὸν Γρίσπο (1973: 223), «τὸ προσωπικὸν τοῦτο ἦτο ἐντελῶς ἄγευστον δασοτεχνικῶν γνώσεων, ἐλάχιστα ἐγγράμματον καὶ ἐστερημένον τῆς ἐννοιας ὑπαλληλικῆς εὐθύνης».

Τὸ ἔτος 1847 ἀρχισαν νὰ παρουσιάζονται οἱ πρώτοι Ἕλληνες Δασολόγοι (Δαμιανός και Λάζος, 1930), ἀλλὰ στὰ χρόνια που ἀκολούθησαν ἡ πολιτικὴ ἡγεσία τῆς χώρας δεν ἐνδιαφέρθηκε για τὴ βελτίωση τῆς οργάνωσης τῆς Δασικῆς Ὑπηρεσίας και τὴν ορθολογικὴ διαχείριση των δασῶν, παρὰ μόνον για τὰ ἔσοδα ἀπὸ τὴς δραστηριότητες για τὴν ἐκμετάλλευσή τους. Χαρακτηριστικὴ ἀναφορὰ ἀποτελεῖ ἡ αιτιολογία ἀρνητικῆς ἀπόφασης του Ἀρείου Πάγου (ἀριθμ. 164/1883), σε συζήτηση για τὸ εἰάν σε βλάβη ἢ φθορὰ δάσους ἔχει ἐφαρμογὴ ὁ Ποινικὸς Νόμος, σύμφωνα με τὴν οποία «ἡ συντήρησις τῶν δασῶν δὲν ἐνδιαφέρει τὸ Κράτος», ἀλλὰ και ἡ φράση του τότε Ὑπουργοῦ Οικονομικῶν σε παρόμοια περίπτωση: «Χρήματα θέλω καὶ ὄχι δάση» (Γρίσπος, 1973: 229). Ἐτσι, λοιπόν, ἡ φθορὰ των ἑλληνικῶν δασῶν ἐξακολούθησε νὰ ἐκτυλίσσεται, με ἀμείωτη ἔνταση, μέχρι τὰ τέλη του 19<sup>ου</sup> αἰῶνα.

#### Εικοστός (20<sup>ος</sup>) αἰώνας

Στὴν ἀρχὴ του 20<sup>ου</sup> αἰῶνα ἡ κατάσταση δεν ἀλλάξε σημαντικὰ. Οἱ ληστρικῆς ἐπεμβάσεις στὰ δάση συνεχίστηκαν και τὸ ἀποτέλεσμα ἦταν ὁ ἀποδεκατισμὸς των πλούσιων ἐλατοδασῶν τῆς Κεντρικῆς και Δυτικῆς Πίνδου, ἡ καταστροφὴ μεγάλου μέρους των δασῶν δρυῶς και οξιάς (Τσουμῆς, 2007), ἀλλὰ και ἡ ἀλλοίωση τῆς μορφῆς, τῆς δομῆς και τῆς σύνθεσης πολλῶν δασῶν ἀπὸ αὐτὰ που εἶχαν ἀπομείνει, τὰ οποία εἶχαν, πλέον, περιοριστεῖ σε θέσεις μακριὰ ἀπὸ τὴς κατοικημένες περιοχῆς και συγκροτοῦνταν, κυρίως, ἀπὸ κακῆς ποιότητας ἢ/και μεγάλων διαστάσεων δένδρα, για τὰ οποία εἴτε δεν υπῆρχε ἐνδιαφέρον, λόγω των κακῶν χαρακτηριστικῶν τους ἢ δεν μπορούσαν νὰ υλοτομηθοῦν και νὰ ἀξιοποιηθοῦν, λόγω των επικρατουσῶν συνθηκῶν και των διαθέσιμων μέσων (Ρουσοδήμος, 1992). Ὡς θετικὸ γεγονός τῆς περιόδου αὐτῆς μπορεῖ νὰ ἀναφερθεῖ ἡ ἀναδιοργάνωση τῆς Δασικῆς Ὑπηρεσίας ἐπὶ σταθερότερων και ἐπιστημονικῶν

βάσεων. Σύμφωνα με τον Στεφάνου (1924: 20), «*Από τής εποχής αυτής αρχίζει η συστηματική τακτοποίησις τής υπηρεσίας, οργανοῦται νέον δασικόν σύστημα καί λαμβάνονται γενναῖα μέτρα περί μορφώσεως ἀνωτέρου καί κατωτέρου, ὑλωρικοῦ, δασικοῦ προσωπικοῦ πρὸς δημιουργίαν καθαρῶς δασικοῦ σώματος*».

Τα στοιχεία για την έκταση των ελληνικών δασών κατά το πρώτο αυτό διάστημα του αιώνα είναι περιορισμένα. Μία από τις λίγες διαθέσιμες πηγές σχετικών πληροφοριών είναι η Γεωργική Απογραφή έτους 1911, του Υπουργείου Εθνικής Οικονομίας (Διεύθυνση Στατιστικής). Με βάση τα αποτελέσματά της, η κατανομή της έκτασης της μικρής τότε χώρας μας σε διάφορες μορφές χρήσης ήταν: α) καλλιεργούμενα εκτάσεις 1.218.382 Ha (19,3%), β) λειμώνες και βοσκαί 687.913 Ha (10,9%), γ) δάση 840.037 Ha (13,3%), δ) εκτάσεις καλλιεργήσιμοι, αλλά χέρσοι και ελώδεις 88.363 Ha (1,4%) και ε) λοιπές εκτάσεις 3.471.298 Ha (55 %).

Δύο δεκαετίες αργότερα και ενώ είχε προχωρήσει αρκετά (σχεδόν ολοκληρωθεί) η απελευθέρωση της χώρας, η κατάσταση, ως προς το ποσοστό της δασοκάλυψής της, δεν εμφανίζει σημαντικές διαφοροποιήσεις. Σύμφωνα με τον Στεφάνου (1933: 13), «*ή κατανομή τῶν διαφόρων καλλιεργειῶν ἐπὶ τοῦ συνόλου τῆς ἐκτάσεως τοῦ Ἑλληνικοῦ ἐδάφους ἔχει ὡς ἐξῆς: 20% περίπου καταλαμβάνει ἡ γεωργικὴ καὶ δεινδροκομικὴ καλλιέργεια, 14% εἶναι δάση, 16% περίπου καλύπτονται με δασικὰς βοσκάς, φρύγανα κτλ., τὸ δὲ ὑπόλοιπον 50% ἐδαφος τῆς χώρας παραμένει ἀκάλυπτον*». Παρόμοιες εκτιμήσεις γίνονται και σε μελέτη του Κοφινιώτη (1933), στην οποία αναφέρεται ότι η κατανομή του εδάφους της Ελλάδας ήταν: α) 1.700.000 Ha (13%) κυρίως δάση, β) 2.500.000 Ha (20%) γεωργία, δεινδροκομία, κ.λπ., γ) 2.200.000 Ha (18%) βραχώδη και άγονα ασκεπή, δ) 400.000 Ha (3%) πόλεις, λίμνες, οδοί, κ.λπ. και ε) 5.700.000 Ha (46%) αραιὰς βλαστῆσεως και γόνιμα ασκεπή. Κατά τον Κοντό (1932), η έκταση των δασών της χώρας ήταν 1.917.700 Ha (15,1%). Σε ἴδια, περίπου, έκταση (1.900.000 Ha) αναφέρεται και ο Χριστοδουλόπουλος (1936), ενώ σύμφωνα με τους Δαμιανό και Λάζο (1930), η δασική κάλυψη ήταν λίγο περισσότερη και συγκεκριμένα έφθανε σε 2.372.673 Ha (18,3%).

Στα επόμενα χρόνια, έως τα μέσα του αιώνα, οι πιέσεις στα δάση συνεχίστηκαν με μικρότερη ένταση. Ωστόσο, σημαντικές καταστροφές έγιναν με τις εκχερσώσεις για την αποκατάσταση των προσφύγων, καθώς και κατά τη διάρκεια της γερμανικής κατοχής (Τσουμής, 2007). Στη συνέχεια, μετά την αποκατά-

σταση της ηρεμίας στη χώρα, δεν έπαψε η «κακομεταχείριση» των δασών. Οι Έλληνες, αγνοώντας την πολυλειτουργική αξία του δάσους, εξακολουθούσαν να το αντιμετωπίζουν ως ένα δημόσιο αγαθό χωρίς ιδιαίτερους περιορισμούς στη χρήση του. Χαρακτηριστική είναι η αναφορά του Στεφάνου (1924: 78): «*ή ἀμάθεια τοῦ ἀγρότου, ἡ βουλμία τοῦ ποιμένος καὶ ἡ ἀσυνειδησία τοῦ ὑλοτόμου, εἰς τὴν διάθεσιν τῶν ὁποίων εὐρίσκεται ὁ δασικὸς πλοῦτος τῆς χώρας, διαρκῶς ὀλιγοστεῖουν τὰ δάση*», αλλά και του Τσιτσά (2003: 232-233): «*Ἀν ρωτοῦσε κανεὶς τοὺς ορεισίβιους χωρικοὺς μας για τις μεγάλες καταστροφές που κάνουν στο δάσος για μιας δεκάρας δική τους απολαβή έπαιρνε την απόκριση: Σώνεται ποτέ ο λόγγος (εξαντλείται δηλαδή ποτέ το δάσος); Κάποτε ὁμως «σώθηκε» ο ελληνικός λόγγος - ἔργο της αδυσώπητης συμμαχίας πέλεκα, αρότρου, φωτιάς και γίδας - κι έφεξαν τα βουνά μας*».

Το έτος 1964 εκδόθηκαν από το Υπουργείο Γεωργίας (Γενική Διεύθυνση Δασών και Ορεινής Υδρονομίας) τα αποτελέσματα της πρώτης οργανωμένης προσπάθειας απογραφής των δασών της χώρας μας, με τίτλο «*Η κατανομή των δασών της Ελλάδος*». Για την ολοκλήρωση του έργου αξιοποιήθηκαν, κυρίως, δεδομένα που συγκεντρώθηκαν από τους τοπικούς Δασάρχες, ενώ για πρώτη φορά έγινε χρήση χαρτογραφικού υπόβαθρου κλίμακας 1:100.000. Με βάση τα αποτελέσματα της απογραφής αυτής, οι δασικές εκτάσεις καταλάμβαναν έκταση 5.754.558 Ha (το 45,1% του συνόλου της χώρας), εκ των οποίων τα δάση ανέρχονταν σε 2.512.418 Ha (19,7%) και οι μερικώς δασοσκεπείς εκτάσεις σε 3.242.140 Ha (25,4%). Το υπόλοιπο της έκτασης κατανεμόταν ως εξής: 4.305.356 Ha (33,7%) γεωργικές εκτάσεις, 1.297.710 Ha (10,2%) χορτολίβαδα, 586.822 Ha (4,6%) άγονα (βράχοι, κατακημένοι χώροι, δρόμοι, κ.λπ.), 372.369 Ha (2,9%) αλπικές εκτάσεις, 225.533 Ha (1,8%) φρυγανότοποι, 190.802 Ha (2,9%) λίμνες, ποταμοί και 44.278 Ha (0,3 %) έλη.

Μερικά χρόνια αργότερα (το έτος 1992) εκδόθηκε από το Υπουργείο Γεωργίας (Γενική Διεύθυνση Ανάπτυξης και Προστασίας Δασών και Φυσικού Περιβάλλοντος) νέα μελέτη με τίτλο «*Αποτελέσματα πρώτης εθνικής απογραφής δασών*». Για την υλοποίηση της απογραφής εργάστηκαν ειδικοί επιστήμονες και χρησιμοποιήθηκαν μέσα υψηλής ακρίβειας και απόδοσης (αεροφωτογραφίες, Η/Υ, κ.ά.), και τα αποτελέσματά της θεωρήθηκαν ακριβή και αξιόπιστα. Αξίζει, ωστόσο, να αναφερθεί ότι, μέρος της συνολικής έκτασης της χώρας, το οποίο έφθανε σε 1.818.742 Ha (13,8%) και αφορούσε, κυρίως, σε

γεωργικές καλλιέργειες, δεν απογράφηκε. Σύμφωνα με τα στοιχεία της μελέτης αυτής, οι δασικές εκτάσεις της Ελλάδας κάλυπταν επιφάνεια 6.153.068 Ha (ποσοστό 49,3% του συνόλου), εκ των οποίων 3.359.186 Ha (25,4%) ήταν βιομηχανικά δάση και 3.153.882 Ha (23,9%) μη βιομηχανικά δάση. Η υπόλοιπη (απογραφέα) έκταση της χώρας αφορούσε σε: γεωργικές καλλιέργειες (3.054.237 Ha ή 23,2%), βοσκοτόπους (1.427.220 Ha ή 10,8%), γυμνές, βραχώδεις (άγονες) περιοχές (181.567 Ha ή 1,4%), αστικές και βιομηχανικές περιοχές (119.314 Ha ή 0,9%), ύδατα και έλη (81.592 Ha ή 0,6%).

#### Εικοστός πρώτος (21<sup>ος</sup>) αιώνας

Στην αυγή της τρίτης χιλιετίας η πορεία εξέλιξης της δασοκάλυψης της χώρας μας εμφανίζεται θετική. Σύμφωνα με στοιχεία Έκθεσης της Υπουργικής διάσκεψης για την προστασία των δασών στην Ευρώπη (Forest Europe, 2020), η έκταση των δασών της Ελλάδας ήταν 3.601.000 Ha κατά το έτος 2000, 3.752.000 Ha το 2005 και 3.903.000 Ha από το 2010 και μετά. Ειδικότερα, το έτος 2020 τα δάση της χώρας μας κάλυπταν έκταση 3.903.000 Ha (ποσοστό 30,3% της συνολικής έκτασης), ενώ η επιφάνεια των λοιπών δασωμένων γαιών ήταν 2.636.000 Ha (ποσοστό 20,4%). Δηλαδή, οι δασικές εκτάσεις (δάση και λοιπές δασωμένες γαίες) καταλάμβαναν επιφάνεια 6.539.000 Ha (50,7%), έκταση λίγο περισσότερη από το μισό του συνόλου της χώρας.

#### **ΑΝΤΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΩΝ**

Μετά την προηγηθείσα σύντομη αναδρομή, προκύπτει ότι, στη μακροαίωνα περίοδο εποίκησης της χώρας μας τα δάση δέχθηκαν ισχυρές ανθρωπογενείς πιέσεις και το αποτέλεσμα ήταν, κατά διαστήματα, λιγότερο ή περισσότερο καταστροφικό για την έκταση, τη σύνθεση και τη δομή τους. Ειδικότερα, στους δύο αιώνες μετά την εθνική παλιγγενεσία του 1821 συντελέστηκε αξιοσημείωτη φθορά του δασικού πλούτου, η οποία εκτιμάται σε έκταση 4.000.000 Ha

(Μουλόπουλος, 1981). Ωστόσο, για την όποια υποβάθμιση εμφανίζουν σήμερα τα ελληνικά δάση, το ελαφρυντικό είναι ότι συνέβαλλαν καθοριστικά στην επιβίωση των ορεινών πληθυσμών και «βοήθησαν αποφασιστικά στην ανάπτυξη πολιτισμού σ' αυτή τη χώρα» (Τσουμής, 2007: 20).

Κατά την τελευταία χρονική περίοδο, η δασοκάλυψη της χώρας μας παρουσιάζει προοδευτική αύξηση, η οποία οφείλεται, κυρίως, στη μείωση των ανθρωπογενών πιέσεων στα δάση, μετά τη μετακίνηση μεγάλου μέρους του ορεινού πληθυσμού στα αστικά κέντρα. Στη διαπίστωση αυτή συγκλίνουν και οι αναφορές του Ντάφη περί αύξησης του ποσοστού φυσικής αναγέννησης των δασών, από το 18% στη δεκαετία του 1950, σε μεγαλύτερο του 25% στη δεκαετία του 2010 (Μελάς, 2008). Βέβαια, η σημερινή εικόνα των δασών θα μπορούσε να είναι ακόμη καλύτερη, εάν μέρος αυτών, κυρίως δασών δρυός και οξιάς της βόρειας και κεντρικής Ελλάδας, δεν είχε δεχθεί κατά την περασμένη δεκαετία (περίοδο της οικονομικής κρίσης) ληστροικές υλοτομικές επεμβάσεις για την κάλυψη αναγκών θέρμανσης των κατοίκων των ορεινών, και όχι μόνον, περιοχών.

Το φαινόμενο των συνεχιζόμενων αλόγιστων επεμβάσεων στον ευρύτερο δασικό χώρο της πατρίδας μας, σε μια ορεινή χώρα με μικρή, όμως, δασοκάλυψη (παρότι η δασική γη καταλαμβάνει έκταση μεγαλύτερη του 60% του συνόλου της), η οποία εμφανίζει μεγάλη γεωμορφολογική ετερογένεια (έντονο και πολυσχιδές ανάγλυφο), χαρακτηρίζεται από ποιικιλία κλιματικών συνθηκών (με ανισοκατανομή των κατακρημνισμάτων στον χώρο και τον χρόνο) και καλύπτεται από ένα πλούσιο μωσαϊκό τύπων βλάστησης (μεταξύ αυτών μεσογειακά δασικά οικοσυστήματα με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά), αναδεικνύει την αναγκαιότητα άμεσης λήψης προστατευτικών, ρυθμιστικών, ανορθωτικών και αναβαθμιστικών μέτρων, καθώς και εφαρμογής των κατάλληλων δασοκομικών και διαχειριστικών χειρισμών, στο πλαίσιο μιας σύγχρονης, πολυλειτουργικής Δασοπονίας (Βέργος, 2003).



# Greek forests from the rebirth of the nation to the present day (1821-2021)

Aretos Vasileios<sup>1</sup>, †Vergos Stergios<sup>2</sup>

## ABSTRACT

According to historical reports and modern findings, the majority of Greece's surface area in the distant past was densely forested. However, settlement of the area over the centuries and the consequent intensive use of natural resources resulted in major damage, degradation and reduction in the area covered by forests. Despite extensive past destruction, after Greece was freed from Ottoman occupation, forests covered a large part of the country; many authors in fact believe around half the country was covered in forest. Over the last two hundred years, forest cover in Greece has been changing, declining intensely by the end of the 19<sup>th</sup> century with the drop being less intense in the century that followed. During the first part of this century the forested area has gradually increased, reaching 3,903,000 ha at present or 30.3% of the total surface area of Greece.

This paper, which was prepared on the occasion of the bicentennial from the rebirth of the nation in 1821, attempts to outline the changes to Greek forests over the last two centuries by reviewing and studying the relevant literature.

**Key words:** Forest cover, anthropogenic pressures, destruction of forests, national rebirth.

---

<sup>1</sup> University of Thessaly, Department of Forestry, Wood Sciences and Design , V. Griva 11-13, 43132, Karditsa, [aretos@uth.gr](mailto:aretos@uth.gr)

<sup>2</sup> Professor Emeritus, ex- TEI of Thessaly

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Βέργος, Στ. (2003). Ανόρθωση και προστασία του φυσικού περιβάλλοντος της χώρας μας. Αναγκαίες δασοπολιτικές και δασοδιαχειριστικές προσαρμογές. Πρακτικά 11<sup>ου</sup> Πανελληνίου Δασολογικού Συνεδρίου με τίτλο «Δασική Πολιτική- Πρεμνοφυή Δάση-Προστασία Φυσικού Περιβάλλοντος», σελ. 319-326.
- Γροίπος, Π. (1973). *Δασική Ιστορία της νεωτέρας Ελλάδος. Από τον 18<sup>ο</sup> αιώνα μέχρι τον 1971 συγγραφέας επί τη 150ετηρίδι της Εθνικής Παλιγγενεσίας*. Αθήνα: Υπηρεσία Δασικών Εφαρμογών και Εκπαιδεύσεως.
- Δαμιανός, Κ. & Λάζος, Ν. (1930). *Η δασική εξέλιξη κατά τον αιώνα της παλιγγενεσίας (1827-1930)*. Αθήνα: Αυτοέκδοση.
- Forest Europe (2020). State of Europe's Forests 2020.
- Κοντός, Π. (1932). *Δάση και κτηνοτροφία εις την Ελλάδα. Από οικονομικής και πολιτικής απόψεως*. Θεσσαλονίκη: Αυτοέκδοση
- Κοφινιώτης, Α. (1933). *Δάση και Χείμαρροι*. Αθήνα: Εθνικό Τυπογραφείο.
- Μελάς, Μ. (2008). Κι όμως τα δάση της χώρας μας αυξάνονται. *Φύση και Ζωή*, 147, σελ. 23.
- Μουλόπουλος, Χ. (1981). *Η αναδημιουργία των κατεστραφέντων δασών επί της ορεινής Ελλάδος. Ανάπτυπον εκ του περιοδικού Δασικά Χρονικά*, τεύχος 1-2, σελ. 3.
- Μπάουμαν, Ε. (1999). *Η ελληνική χλωρίδα στο μύθο, στην τέχνη, στη λογοτεχνία*. Έκδοση Β. Αθήνα: Ελληνική Εταιρία Προστασίας της Φύσεως.
- Ρουσοδήμος, Γ. (1992). Το Δασικό Επάγγελμα. Συμπεράσματα και Προτάσεις από μια σύντομη Ιστορική Αναδρομή. *Επιστημονική Επετηρίδα του Τμήματος Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος*, ΛΕ/2 (37), σελ. 1103-1112.
- Στεφάνου, Α. (1924). *Ελληνικά δάση και Αρκαδικοί Δρυμοί*. Τρίπολη: Αυτοέκδοση.
- Στεφάνου, Α. (1933). *Αι δρυάδες των αρχαίων Ελλήνων και τα δάση των νεωτέρων*. Αθήνα: Εθνικό Τυπογραφείο.
- Στεφάνου, Α. (1974). *Το δάσος που λαχτάριζες ...Εξήντα χρόνων αγώνες (1913-1973) να σωθούν τα δάση μας, τα θηράματα και το περιβάλλον*. Αθήνα: Αυτοέκδοση.
- Τσιτσάς, Σ. (1965). Η δασική Θεσσαλία. *Θεσσαλικά Χρονικά*, έκτακτος έκδοσις, σελ. 478-482.
- Τσιτσάς, Σ. (2003). *Τ' Αργιόδεντρα του βουνού και τον λόγγου*. Έκδοση 5η. Καρδίτσα: Κέντρο Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης Μουζακίου.
- Τσουμής, Γ. (2007). *Δάση και περιβάλλον στην Αρχαία Ελλάδα*. Θεσσαλονίκη: University Studio Press.
- Υπουργείο Γεωργίας (1964). *Κατανομή των δασών της Ελλάδος*. Αθήνα: Εθνικό Τυπογραφείο.
- Υπουργείο Γεωργίας (1992). *Αποτελέσματα πρώτης εθνικής απογραφής δασών*. Αθήνα: Δ/ση Δασικού Κτηματολογίου, Δασολογίου, Χαρτογράφησης, Απογραφής και Ταξινόμησης Δασών και Δασικών Εκτάσεων.
- Υπουργείον Εθνικής Οικονομίας (1914). *Γεωργική Απογραφή του έτους 1911. Α'. Γεωργικά Εκτάσεις, Γεωργική Παραγωγή και Αξία αυτής*. Τεύχη Ι - V. Αθήνα: Εθνικό Τυπογραφείο.
- Χριστοδουλόπουλος, Α. (1936). Έκθεσις επί των δασών της Ελλάδος. *Δασική Ζωή*, 42-43, σελ. 113-118.

## Η εκτίμηση της αξίας του ξυλώδους κεφαλαίου δασοσυστάδων, ως εργαλείου οικονομικής ανάλυσης και εκτίμησης περιβαλλοντικού κόστους στη δασοπονία

(η περίπτωση της Μαύρης πεύκης των δασών Β. Γράμμου Καστοριάς)

Στυλιανός Γκατζογιάννης\*

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η οικονομική ανάλυση των συντελεστών παραγωγής στη δασοπονία (έδαφος, κεφάλαιο, εργασία κλπ) αποτελεί προϋπόθεση για ορθολογική διαχείριση και ανάπτυξη των δασών. Το ξυλαπόθεμα των δασών, αν και αποτελεί το “δασικό κεφάλαιο” της δασοπονίας, εντούτοις σπάνια αποτιμάται σε οικονομικά μεγέθη στην Ελλάδα. Αυτό δυσχεραίνει και καθιστά πλημμελή την οικονομική ανάλυση στη δασοπονία, όπως πχ. κατά την εκτίμηση της αξίας των συντελεστών της παραγωγής, την οικονομική αξιολόγηση επενδύσεων, τον έλεγχο της παραγωγικότητας και της οικονομικότητας των δασικών εκμεταλλεύσεων κλπ, με άμεση επίπτωση τον ανορθολογισμό στη λήψη σημαντικών οικονομικών αποφάσεων διαχείρισης των δασών, αυξάνοντας έτσι τις αβεβαιότητες για το μέλλον της δασικής παραγωγής και την αιφροδική διαχείριση των δασών.

Στην παρούσα εργασία αναπτύχθηκε μια διαδικασία οικονομικής αποτίμησης του δασικού κεφαλαίου που βασίζεται στη μέθοδο της «άμεσης υλοτομίας». Η διαδικασία αυτή αναπτύχθηκε πιλοτικά στην περιοχή των δασών Μαύρης πεύκης του Β. Γράμμου Καστοριάς, έχει τη μορφή αλγόριθμου ικανού να εφαρμοστεί γενικότερα στην ελληνική δασοπονία και περιλαμβάνει τα ακόλουθα βήματα: α) απογραφή του ξυλαποθέματος, β) ανάπτυξη βοηθητικών προτύπων (μαζοπινάκων και πινάκων κατηγοριών προϊόντων), γ) εκτίμηση της διάθρωσης του ξυλαποθέματος κατά κατηγορίες προϊόντων, δ) έρευνα αγοράς, ε) ανάπτυξη βάσης δεδομένων και στ) πρόβλεψη της αξίας του ξυλαποθέματος σε όρους “ακαθάριστης αξίας παραγωγής” και “ακαθάριστης δασικής πρόσδοσης”. Από την πιλοτική εφαρμογή συνάγονται συμπεράσματα, τόσο για την αξία που δασικού κεφαλαίου που χαρακτηρίζει τις συστάδες μαύρης πεύκης, όσο και τα πεδία εφαρμογής της εν λόγω διαδικασίας στη δασοπονική πράξη.

**Λέξεις κλειδιά:** Δασικό κεφάλαιο, ξυλαπόθεμα, δασική πρόσδοσης, πίνακες όγκου, πίνακες κατηγοριών προϊόντων, αξία δασοσυστάδων, διαχείριση δασών, δασική οικονομία.

### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η δασοπονία αποτελεί κλάδο της εθνικής οικονομίας και η δυνατότητα διενέργειας οικονομικών αναλύσεων αποτελεί προϋπόθεση για παραγωγική αξιοποίηση των δασών. Πρώτο και καίριο ζήτημα στην οικονομική ανάλυση είναι η γνώση της αξίας των συντελεστών που χρησιμοποιούνται στην παραγωγική διαδικασία. Μεταξύ των συντελεστών της δασοπονίας (έδαφος, κεφάλαιο, εργασία κλπ) το ξυλαπόθεμα των συστάδων αντιπροσωπεύει ένα σημαντικό κεφάλαιο από το οποίο εξαρτάται άμεσα η παραγωγική ικανότητα των δασών και η εν γένει

δασική οικονομία (Στάμου 1985).

Για την εκτίμηση της αξίας του ξυλώδους κεφαλαίου μιας συστάδας ή μιας διαχειριστική κλάσης έχει κανείς τρεις βασικές επιλογές: 1) Τη μέθοδο της αξίας άμεσης υλοτομίας, 2) τη μέθοδο της αξίας κόστους και 3) τη μέθοδο της αξίας αναμονής (Στάμου 1985, Speidel 1967, Γκατζογιάννης 1991). Η πρώτη μέθοδος χρησιμοποιείται για συστάδες που ρεαλιστικά αντιμετωπίζουν το ενδεχόμενο άμεσης υλοτομίας, όπως πχ. αυτές που βρίσκονται κοντά στην ηλικία του περιόρου που χρόνου και βασίζεται στην αξία που αποκτούν τα εμπορεύσιμα προϊόντα που προκύπτουν από την

\*Ινστιτούτο Δασικών Ερευνών, ΕΘΙΑΓΕ  
E-mail: sgatzo@gmail.com

υλοτομία του συνόλου των δένδρων των συστάδων αυτών. Η μέθοδος της αξίας κόστους εφαρμόζεται σε νεαρές συστάδες, η προουδοκία των οποίων για άμεση πρόσοδο δεν είναι ακόμα ρεαλιστική και βασίζεται κυρίως στις δαπάνες που διαθέθηκαν για τη δημιουργία τους. Η τρίτη μέθοδος εφαρμόζεται σε συστάδες ενδιάμεσης ηλικίας, οι οποίες δεν μπορούν να συμπεριληφθούν στις συστάδες τελικών υλοτομιών και βασίζεται στην κεφαλαιοποίηση δαπανών και προσόδων που αναμένονται να προκύψουν στην πορεία αύξησης των συστάδων μέχρι την τελική τους υλοτομία.

Η παρούσα εργασία εστιάζει στη μέθοδο της πρώτης κατεύθυνσης, δηλαδή στην εκτίμηση της αξίας του (ιστάμενου) ξυλαποθέματος μιας συστάδας ή ενός συνόλου δασοσυστάδων με βάση την αξία άμεσης υλοτομίας, τόσο για λόγους επιλογής, δηλαδή δοκιμασίας εφαρμογής της μεθόδου, όσο και για λόγους αντικειμενικούς, δεδομένου ότι οι συστάδες της πιλοτικής περιοχής είναι κοντά στη ηλικία του περιόπου χρόνου και τελούν ή αντιμετωπίζουν το ενδεχόμενο τελικής κάρπωσης στις αμέσως προσεχείς δεκαετίες.

Για να υλοποιηθεί η εν λόγω μέθοδος απαιτούνται: 1) Η γνώση του ύψους του ξυλαποθέματος και η διάρθρωσή του κατά βαθμίδες διαμέτρου, 2) Η ύπαρξη βοηθητικών εργαλείων/ προτύπων που μας επιτρέπουν να προβλέψουμε τις κατηγορίες προϊόντων που μπορούν να παραχθούν από την υλοτομία ενός κορμού ή και μιας συστάδας συνολικά και 3) Η γνώση της αξίας που έχει κάθε παραγόμενο προϊόν με βάση τις τιμές αγοράς ή και τις τιμές ανάθεσης υλοτομιών «επί πρέμνου». Οι μεν πρώτες οδηγούν στην εκτίμηση της Ακαθάριστης Αξίας Παραγωγής (ΑΑΠ), οι δε δεύτερες ταυτίζονται με το μίσθωμα του δημοσίου (για τα δημόσια δάση) και οδηγούν στην ονομαζόμενη Ακαθάριστη Δασική Πρόσοδο (ΑΔΠ) (Γκατζογιάννης 1991, σελ. 115, Στάμου 1985).

Για τη εκτίμηση του ξυλαποθέματος είναι αναγκαία απογραφικά δεδομένα, τα οποία δημιουργούνται με τη βοήθεια δοκιμαστικών επιφανειών (ΔΕ), καθώς και στοιχεία μαζοπινάκων που δίνουν τον όγκο των ιστάμενων δένδρων και κατ' επέκταση και το ξυλαπόθεμα κάθε ΔΕ. Για την πρόβλεψη των αναμενόμενων να παραχθούν προϊόντων είναι αναγκαία επίσης πρότυπα που δίνουν την πιθανή αναλογία ή συμμετοχή των διαφόρων κατηγοριών προϊόντων στο συνολικό όγκο ενός κορμού ή και στο συνολικό ξυλαπόθεμα μιας συστάδας. Οι προβλέψεις αυτές δίνονται με τη μορφή εξισώσεων οι οποίες οδηγούν στην κατάρτιση των λεγόμενων Πινάκων Κατηγοριών

Προϊόντων (ΠΚΠ) (Mitscherlich 1939, Assmann 1970, Prodan 1965, Κατενίδης & Ευθυμίου 1983, Perez 1987, Petras et al 2008).

Οι πίνακες κατηγοριών προϊόντων διακρίνονται σε δυο κατηγορίες. Πίνακες που αναφέρονται σε επίπεδο κορμού δένδρου και πίνακες που αναφέρονται συνολικά σε συστάδες. Οι πρώτοι καλούνται «πίνακες κατηγοριών προϊόντων» (ΠΚΠ) ενώ οι δεύτεροι «πίνακες απόδοσης των συστάδων σε προϊόντα ξύλου» (Sortentafeln ή Sortenertragstafeln αντίστοιχα, κατά Prodan 1967 ή assortment tables κατά Laar Van & Akha 2007).

Η αξία των προϊόντων προσδιορίζεται είτε με έρευνα αγοράς και ύπαρξη στατιστικών στοιχείων για το κόστος παραγωγής των αγαθών, όπως αυτό διαμορφώνεται στις διάφορες δασικές εκμεταλλεύσεις, είτε με βάση τον πίνακα διατίμησης δασικών προϊόντων των Δασικών Υπηρεσιών που ανακοινώνει κάθε χρόνο το Υπουργείο Περιβάλλοντος.

Η παρούσα έρευνα επικεντρώνεται τόσο στη διαδικασία, που ακολουθείται κατά την εκτίμηση της αξίας του ξυλαποθέματος, δημιουργώντας έτσι έναν αλγόριθμο οικονομικής ανάλυσης, όσο και στην απόκτηση των βοηθητικών εργαλείων, δηλαδή των μαζοπινάκων και των πινάκων κατηγοριών προϊόντων.

*Οι μέχρι τώρα έρευνες.* Η μεθοδολογική προσέγγιση στηρίχθηκε στη συνήθη οικονομική ανάλυση (Speidel 1967, Prodan 1965, Στάμου 1985), η οποία προβλέπει τη μετάβαση από αναλύσεις κορμών και έρευνα αγοράς στην απόκτηση μοντέλων μορφής των κορμών και στην απόδοσή τους σε προϊόντα ξύλου και κατ' επέκταση στην εκτίμηση οικονομικών αξιών.

Οι μαζοπινάκες αποτελούν σήμερα ένα συνηθισμένο εργαλείο για τη δασοπονία και ο τρόπος κατάρτισής τους δίνεται με σαφήνεια σε όλα τα κλασικά εγχειρίδια βιομετρίας (Μάτσης 1989, σελ. 141, Kramer & Akha 1983). Μαζοπινάκες υπάρχουν σήμερα για τα περισσότερα δασοπονικά είδη της χώρας, ενώ για τη Μαύρη πεύκη ισχύουν οι γενικοί πίνακες όγκου των Παναγιωτίδη (1981), Δαμαλά & Παπαδόπουλου (1982), Απατσίδη (1984) και οι υπομορφάριθμοι του Αναγνωστόπουλου (1978). Για την παρούσα έρευνα κρίθηκε αναγκαία η κατάρτιση ενός τοπικού μαζοπίνακα μέσα από μια κοινή διαδικασία με την κατάρτιση πινάκων κατηγοριών προϊόντων. Αυτό κρίθηκε αναγκαίο αφού και τα δυο πρότυπα μπορούν να αποκτηθούν με υλοτομία και ανάλυση των ίδιων δοκιμαστικών κορμών, αλλά και για λόγους σύγκρισης και ελέγχου των αποτελεσμάτων.

Πίνακες κατηγοριών προϊόντων έχουν καταρτιστεί



μέχρι σήμερα στη χώρα μας για τα δάση Οξιάς (Κατενίδης & Ευθυμίου 1983 και Παλάσκας 2015), της Ελάτης (Παπαδόπουλος 1997), της Δασικής πεύκης (Gatzojannis et al 1995) και της Δρυός (Απασιδής κ.ά. 1989 και Παλάσκας 2016). Υποστηρικτικές επίσης προς την κατεύθυνση απόκτησης πινάκων κατηγοριών προϊόντων είναι και οι έρευνες: Kitikidou & Chatzilazarou (2008), Κιτικίδου (2002), Petras et al (2008).



**Φωτ. 1.** Συστάδα Μαύρης πεύκης του συμπλέγματος δασών Β. Γράμμου Καστοριάς  
**Photo. 1.** Black Pine stands in the forest of N. Grammos, Kastoria

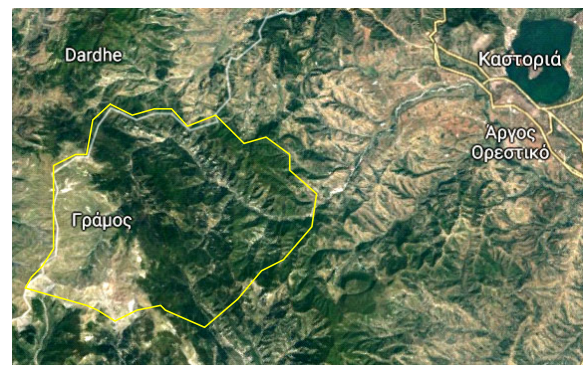
Η όλη διαδικασία εφαρμόστηκε στην περιοχή των δασών Μαύρης πεύκης του Βόρειου Γράμμου Καστοριάς (Φωτ. 1), όπου τα δάση έχουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον, τόσο από πλευράς παραγωγής και οικονομικής απόδοσης, όσο και πλευράς οικολογικής και προστασίας του περιβάλλοντος.

Η οδηγία 92/43 ΕΟΚ της ΕΕ, που οδήγησε στο δίκτυο Natura 2000 (ΕΕ 1992), δημιούργησε και νέες υποχρεώσεις, όχι μόνο για τους οικολόγους, αλλά και για τους οικονομολόγους της χώρας. Στα προστατευόμενα δάση υπάρχει πάντοτε η ανάγκη δαπανών για την προστασία και αναβάθμιση/ βελτίωση συνθηκών του φυσικού περιβάλλοντος, καθώς και για την άρση υφιστάμενων απειλών κατά του οικοσυστήματος. Κατά κανόνα έχουμε και πρόβλημα περιορισμών στην παραγωγική διαδικασία και στην επίτευξη οικονο-

μικών στόχων. Όλα αυτά δημιουργούν το λεγόμενο “περιβαλλοντικό κόστος» (Jasch Christine, 2001), η εκτίμηση του οποίου έχει ιδιαίτερη σημασία για τη δασοπονία αφού βοηθάει καθοριστικά στον εξορθολογισμό των αποφάσεων διαχείρισης των δασών.

Η έρευνα αυτή διενεργήθηκε στο πλαίσιο ενός προγράμματος LIFE (NAT/ GR/ 006498) το οποίο είχε ως στόχο τη μελέτη των προβλημάτων διαχείρισης και παραγωγικής αξιοποίησης δασών που τελούν υπό καθεστώς προστασίας, όπως αυτά της Μαύρης πεύκης που ανήκουν στο δίκτυο Natura 2000. Και με την έννοια αυτή, πέραν της βασικής οικονομικής ανάλυσης, εστιάζει η παρούσα εργασία και στη δυνατότητα συνδρομής στην επίλυση πτυχών του εν λόγω σύνθετου οικονομικού και περιβαλλοντικού ζητήματος.

Για την εκτίμηση της αξίας απόδοσης των δασών, το ξυλώδες κεφάλαιο συχνά παρακάμπτεται, ίσως με τη σκέψη ότι αυτό αποτιμάται ή λαμβάνεται εμμέσως υπόψη μέσω του αποτελέσματος, δηλαδή της παραγωγής και της αξίας που αυτή αντιπροσωπεύει. Μια τέτοια άποψη αποτυπώνεται και στην εγκύκλιο του Υπουργείου Περιβάλλοντος (2014), η οποία δίνει οδηγίες για την εκτίμηση της αξίας των δασών στην Ελλάδα. Σημαντικά σημεία της εγκυκλίου αυτής αξιολογούνται επίσης στην παρούσα εργασία και εξετάζονται δυνατότητες συνδρομής, μέσω των αποτελεσμάτων της εργασίας, για τη βελτίωση της εν λόγω εγκυκλίου.



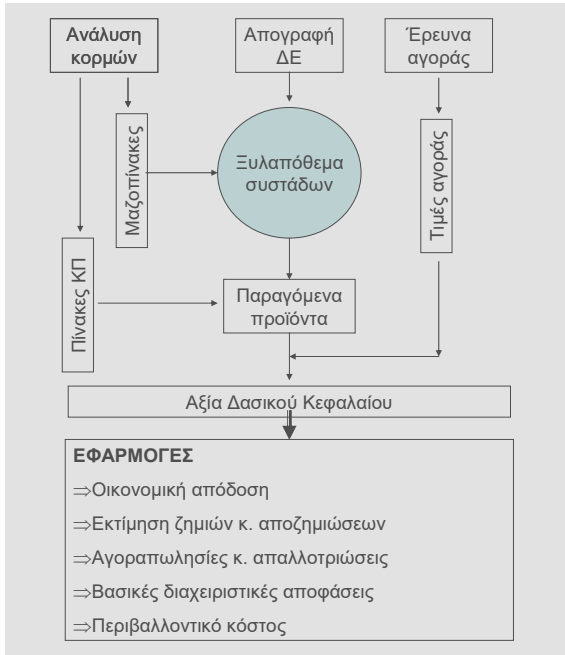
**Φωτ. 2.** Η περιοχή έρευνας στο Βόρειο Γράμμο Καστοριάς  
**Photo 2.** The research area in the Northern Grammos of Kastoria

## ΥΛΙΚΟ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΣ

Η παρούσα έρευνα αναφέρεται στις συστάδες Μαύρης πεύκης (*Pinus nigra*) του συμπλέγματος δασών του Β. Γράμμου Καστοριάς. Τα δάση αυτά ευδοκούν στη ζώνη των δασών Οξιάς και Ελάτης σε υψόμετρο από 700 έως 1500 μ. και καταλαμβάνουν έκταση 4500 εκταρίων (Φωτ. 2).



Η μεθοδολογική προσέγγιση που ακολουθήθηκε στην έρευνα αυτή αντικατοπτρίζεται στο διάγραμμα του σχήματος 1, όπου φαίνεται τόσο το είδος των εργασιών που υλοποιήθηκαν όσο και η ροή (υπό μορφή αλγόριθμου) και η μεταξύ των εργασιών αλληλεξάρτηση.

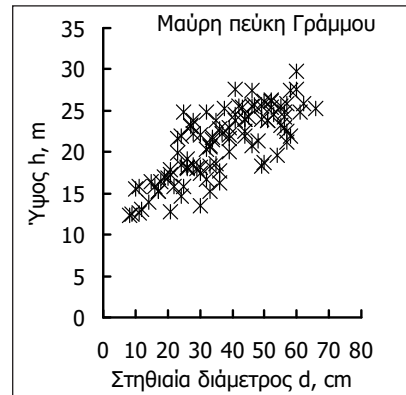


**Σχήμα 1.** Σχηματική απεικόνιση της ροής των εργασιών εκτίμησης της Αξίας του Δασικού Κεφαλαίου (αλγόριθμος).  
**Figure 1.** Algorithm for estimating the value of forest stands

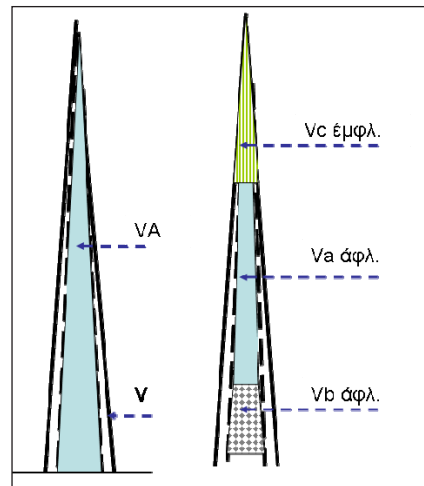
**Ανάλυση κορμών:** Για την κατάρτιση των μαζοπινάκων και των πινάκων κατηγοριών προϊόντων συγκεντρώθηκε ένα δείγμα 101 δοκιμαστικών κορμών (ΔΚ) Μαύρης πεύκης από τη συνολική περιοχή εξάπλωσης των δασών της περιοχής έρευνας και με ευρεία κάλυψη της διασποράς των διαμέτρων και των υψών των δένδρων που κυριαρχούν στις συστάδες Μαύρης πεύκης (Σχ. 2).

Κάθε δοκιμαστικός κορμός, αφού υλοτομήθηκε και μετρήθηκαν οι διαστάσεις του (ύψος/ μήκος και διάμετροι σε σταθερά ύψη) για τον υπολογισμό του όγκου, τεμαχίστηκε ακολούθως για να διαμορφωθούν τρεις κατηγορίες δασικών προϊόντων:

- a: Στύλοι ΔΕΗ ή ΟΤΕ
- b: Στρογγύλη ξυλεία (κατά κανόνα χονδρή, διαφόρων μηκών) και
- c: Λοιπή ξυλεία (ξύλο θρυμματισμού ή καυσόξυλα)



**Σχήμα 2.** Νέφος διασποράς των παρατηρήσεων διαμέτρου/ ύψους των κορμών του δείγματος  
**Figure 2.** Scatter plot of the diameter / height observations of the stems



**Σχήμα 3.** Διάρθρωση του κορμού σε έμφλοιο (V, κ.μ.) και άφλοιο (VA, κ.μ.) όγκο και διαμόρφωσή του σε προϊόντα ξύλου: Va: Στύλος ΔΕΗ/ΟΤΕ (άφλοιος όγκος) (κ.μ.), Vb: Στρογγύλη ξυλεία (άφλοιος όγκος) (κ.μ.), Vc: Λοιπή ξυλεία (έμφλοιος όγκος) (κ.μ.)

**Figure 3.** Stem volume with bark (V) and without (VA) bark and structure of stems in wood products: Va: Pylons / Poles (electricity and telecommunication - network), Vb: Round wood, Vc: Chip-wood or firewood

Για την κατηγοριοποίηση αυτή ακολουθήθηκε η συνήθης πρακτική που εφαρμόζεται στην περιοχή του Β. Γράμμου και μάλιστα με σειρά προτεραιότητας κατά τη διαμόρφωση των κορμών που ορίζεται από την αξία (€/κ.μ.) των προϊόντων που παράγονται ( $a > b > c$ ).

Από τη διαμόρφωση των κορμών υπολογίστηκαν κατόπιν οι ακόλουθες μεταβλητές (Σχ. 3):

- d: Στηθιαία διάμετρος έμφλοια (cm)  
 da: Στηθιαία διάμετρος άφλοια (cm)  
 h: Ολικό ύψος δένδρου/ κορμού (m)  
 V : Συνολικός έμφλοιος όγκος κορμού (κ.μ.)  
 VA: Συνολικός άφλοιος όγκος κορμού (κ.μ.)  
 Va: Όγκος σπύλων ΔΕΗ-ΟΤΕ (άφλοιος) (κ.μ.)  
 Vb: Όγκος στρογγύλης ξυλείας (άφλοιος) (κ.μ.)  
 Vc : Όγκος ξυλείας θρυμματισμού/ καυσοξύλων (έμφλοιος) (κ.μ.)

καθώς και οι αναλογίες όγκων: Ra = Va/V, Rb = Vb/V, Rc = Vc/V και Rab= (Va + Vb)/V.

Βασικά στατιστικά των μεταβλητών αυτών δίνονται στον πίνακα I.

**Πίνακας I.** Μεταβλητές και βασικά στατιστικά ανάλυσης δοκιμαστικών κορμών (ΔΚ)

**Table I.** Variables and descriptive statistics of the sample stems

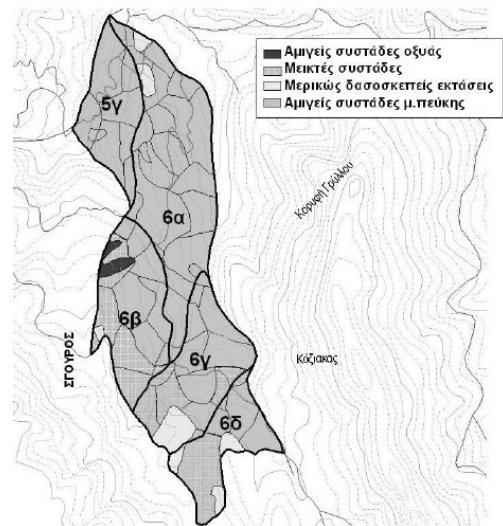
Μεταβλητές		N	Min	Max	Mean	St.Dev.
d	cm	101	8,00	66,000	36,569	14,567
da	cm	101	7,50	57,000	32,072	12,807
h	m	101	12,30	29,800	20,955	4,176
V	κ.μ.	101	0,04	4,305	1,283	1,009
VA	κ.μ.	101	0,03	3,467	1,068	0,835
Va (αφλ)	κ.μ.	101	0,0	1,171	0,307	0,326
Vb (αφλ)	κ.μ.	101	0,0	3,417	0,704	0,906
Vc (εμφλ)	κ.μ.	101	0,0	0,350	0,050	0,055
Ra	Va/V	101	0,0	0,943	0,387	0,347
Rb	Vb/V	101	0,0	0,877	0,357	0,340
Rc	Vc/V	101	0,0	1,000	0,086	0,160
Rab	(Va+Vb)/V	101	0,0	0,943	0,744	0,179

**Μαζοπίνακες:** Με τη βοήθεια των παρατηρήσεων d, da, h, V και VA των ΔΚ διερευνήθηκαν οι σχέσεις που συνδέουν τη διάμετρο και το ύψος με τον έμφλοιο και άφλοιο όγκο των κορμών. Προς τούτο χρησιμοποιήθηκαν εναλλακτικά μαθηματικά πρότυπα της μορφής  $V = f(d, d^2, h, d^2 \cdot h)$  ή  $VA = f(da, da^2, h, da^2 \cdot h)$ , που κατά κανόνα εφαρμόζονται στην ελληνική δασοπονική πράξη, καθώς και διαδικασίες γραμμικής παλινδρόμησης προκειμένου να αναπτυχθούν οι εξισώσεις που οδηγούν στους ζητούμενους μαζοπίνακες (Laar Van & Akna 2007).

**Πίνακες κατηγοριών προϊόντων:** Με τη βοήθεια των παρατηρήσεων d, Ra, Rb, Rc και Rab μελετήθηκε η σχέση που συνδέει τις αναλογίες όγκων με τη στηθιαία διάμετρο των κορμών χρησιμοποιώντας μοντέλα της μορφής Ra, Rb, Rc ή Rab = f (1/d, 1/d<sup>2</sup>, 1/d<sup>3</sup>, ... .) και διαδικασίες γραμμικής παλινδρόμησης.

**Πιλοτική περιοχή και απογραφή ΔΕ:** Η διαδικασία οικονομικής αξιολόγησης εφαρμόστηκε πιλοτικά

στην περιοχή των δασικών τμημάτων 5γ, 6α, 6β, 6γ και 6δ των δασών Β. Γράμμου, όπου η Μαύρη πεύκη καλύπτει τον κύριο όγκο των δασοσυστάδων σε μια έκταση 151,6 εκταρίων (Σχ. 4) (Γκατζογιάννης 2002). Για τις συστάδες αυτές, οι οποίες είναι ηλικίας 75 έως 125 ετών, ισχύει ο περίτροπος χρόνος των 110 ετών και ο ειδικός χρόνος αναγέννησης των 20 (30) ετών. Το μεγαλύτερο τμήμα αυτών είναι στη φάση της αναγέννησης με υπόσυκιες διαδοχικές υλοτομίες, ενώ το υπόλοιπο αναμένεται να τεθεί σε αναγέννηση στο αμέσως προσεχές (από την απογραφή) διάστημα.



**Σχήμα 4.** Πιλοτική περιοχή εφαρμογής του προγράμματος LIFE για την εκτίμηση της αξίας του ξυλώδους κεφαλαίου συστάδων Μαύρης πεύκης

**Figure 4.** Pilot area of the LIFE program for estimating the value of Black pine forest stands

Στην έκταση αυτή εφαρμόστηκε συστηματική δειγματοληψία με την εγκατάσταση 42 δοκιμαστικών επιφανειών (ΔΕ) κυκλικής διατομής και έκτασης 500 τ.μ. Σε κάθε ΔΕ έγινε παχυμέτρηση όλων των δένδρων με διάμετρο d > 7 cm και μετρήσεις ύψους και στηθιαίας ηλικίας σε ικανό αριθμό δένδρων ώστε να είναι εφικτή στη συνέχεια η ένταξη σε σύστημα εξισώσεων ύψους, το οποίο αναπτύχθηκε στην περιοχή έρευνας (Γκατζογιάννης 2001) και εκτιμήθηκαν τα ύψη του συνόλου των βαθμίδων διαμέτρου κάθε ΔΕ (Στήλη 5 στον πίνακα II).

**Ξυλαπόθεμα συστάδων:** Με τη βοήθεια των εξισώσεων των μαζοπινάκων ( $v=f(d,h)$ ) υπολογίστηκε ο όγκος κάθε βαθμίδας διαμέτρου και αθροιστικά το ξυλαπόθεμα της συστάδας στο επίπεδο της ΔΕ.

**Πίνακας II.** Αποτελέσματα απογραφής δοκιμαστικής επιφάνειας Μαύρης πεύκης της πιλοτικής περιοχής Β. Γράμιου  
**Table II.** Inventory results of a black pine's sample plot of the pilot study area

d	n	N/ha	g (m <sup>2</sup> /ha)	h (m)	<p>Ταυτότητα ΔΕ: ααΔΕ: 21, Τμήμα: 6β, Έκτ. 500 Τ.μ..</p> <p><b>Χαρακτηριστικά μεγέθη:</b>                      Μέση διάμετρος dg= 37,07 cm                      Μέσο ύψος hm= 22,98 m                      Ανώτερο ύψος ho = 25,65 m                      Διάμετρος κορμού do= 55,85 cm                      Ηλικία κυριαρχούσας συστάδας Tk = 73,36 έτη                      Δείκτης ποιότητας τόπου SI<sub>50</sub> = 19,62 (ΥΠ: II)                      Επίπεδο πυκνότητας συστάδων ρ=0,3</p> <p><b>Επεξηγήσεις:</b>                      Στ.1: Βαθμίδες διαμέτρου (d, cm)                      2: Αριθμός δένδρων της ΔΕ (n)                      3: Αναγωγή στο εκτάριο του n (N/ha)                      4: Εγκάρσια κυκλική επιφάνεια (g, m<sup>2</sup>/ha)                      5: Ύψος δένδρων (h, m)</p>
1	2	3	4	5	
10	1	20	0,16	14,45	
12	1	20	0,23	15,64	
14	2	40	0,62	16,64	
18	2	40	1,02	18,28	
20	1	20	0,63	18,96	
24	1	20	0,90	20,15	
42	1	20	2,77	23,79	
44	2	40	6,08	24,09	
46	1	20	3,32	24,38	
50	2	40	7,85	24,93	
56	1	20	4,93	25,66	
62	1	20	6,04	26,33	
<b>Άθροισμα</b>	<b>16</b>	<b>320</b>	<b>34,5</b>		

**Παραγόμενα προϊόντα:** Με τη βοήθεια των εξισώσεων των αναλογιών όγκων των διαφόρων προϊόντων (Ra, Rb, Rc) υπολογίστηκαν κατόπιν τα προϊόντα που μπορούν να παραχθούν από μια ενδεχόμενη υλοτομία και διαμόρφωση του συνόλου των δένδρων κάθε ΔΕ. **Τιμές των δασικών προϊόντων:** Για την εκτίμηση των τιμών αγοράς των δασικών προϊόντων αξιοποιήθηκε ο πίνακας διατίμησης δασικών προϊόντων που ανακοινώνεται κάθε χρόνο από το Υπουργείο Περιβάλλοντος, θεωρώντας ότι οι ανακοινώσεις αυτές λαμβάνουν υπόψη, τόσο τις τιμές που διαμορφώνονται κάθε φορά στην αγορά του ξύλου, όσο και το κόστος συγκομιδής. Κατόπιν αυτού και επί τη βάση των τιμών έτους 2014 του πίνακα διατίμησης δασικών προϊόντων (Υπουργείο Περιβάλλοντος 2016) χρησιμοποιούνται εδώ οι τιμές εφαρμογής που δίνονται στον πίνακα III, για τις τρεις κατηγορίες προϊόντων.

**Πίνακας III.** Τιμές αγοράς και μισθώματα δημοσίου για δασικά προϊόντα Μαύρης πεύκης Β. Γράμιου  
**Table III.** Market prices for black pine forest products

Κατηγορίες προϊόντων ξύλου - wood products	Τιμές εφαρμογής	
	Αγοραία τιμή (€/κ.μ.)	Μισθώμα δημοσίου (€/κ.μ.)
a. Στύλοι ΔΕΗ / ΟΤΕ-Pylons/ poles	84,0	20,0
b. Στρογγύλη ξυλεία - Round wood	40,0	9,0
c. Βιομηχανικό - καυσόξυλα - firewood	22,0	4,0

**Αξία του ξυλώδους κεφαλαίου:** Από το γινόμενο της ποσότητας κάθε κατηγορίας προϊόντος που προκύπτει σε κάθε ΔΕ, σύμφωνα με τις προβλέψεις που δίνουν τα παραπάνω πρότυπα, με την τιμή μονάδας κάθε προϊόντος, προέκυψε και η αξία του ξυλώδους κεφαλαίου στο επίπεδο της ΔΕ και μετά από αναγωγή η συνολική αξία των συστάδων της πιλοτικής περιοχής.

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Οι εξισώσεις, τόσο των μαζοπινάκων όσο και των κατηγοριών προϊόντων ξύλου, που προέκυψαν από τις αντίστοιχες διαδικασίες γραμμικής παλινδρόμησης, μαζί με τα στατιστικά αποτελέσματα της διαδικασίας αυτής, δίνονται στον πίνακα IV.

Για τους μαζοπινάκες αναπτύχθηκαν δυο εξισώσεις για έμφλοιο (1) και για άφλοιο όγκο (2) ως συνάρτηση της στηθιαίας διαμέτρου (έμφλοιος d και άφλοιος da αντίστοιχα) και του ύψους (h) των δένδρων. Πινακοποιώντας τις προβλέψεις της εξίσωσης (1) προέκυψε ο μαζοπινάκας διπλής εισόδου για έμφλοιο όγκο που δίνεται στον πίνακα V. Τα κενά στον πίνακα αυτόν οριοθετούνται από τις πραγματικές παρατηρήσεις d και h, όπως υποδεικνύει το νέφος διασποράς των παρατηρήσεων στο σχήμα 2. Η εξίσωση (2), αν και δεν αξιοποιείται άμεσα στη συνέχεια των αναλύσεων, εντούτοις αναπτύχθηκε για λόγους ελέγχου των αποτελεσμάτων που αναφέρονται σε άφλοιους όγκους.

Για την πρόβλεψη των κατηγοριών προϊόντων αναπτύχθηκαν οι εξισώσεις (3), (4) και (5) του πίνακα IV,

**Πίνακας IV.** Αποτελέσματα γραμμικής παλινδρόμησης και οι εξισώσεις των μαζοπινάκων και των κατηγοριών προϊόντων  
**Table IV.** Estimated parameters and fit statistics for volume tables and wood products equations

Τα πρότυπα	Συντελεστές εξισώσεων	Κριτ. t	Κριτήρια
Εξισώσεις μαζοπινάκων - volume tables equations			
(1) $V = bo + b1*d^2*h$	bo = 0,025348 b1 = 0,00003524	1,422* 90,0***	R <sup>2</sup> : 0,99 S.E.E.= 1,111 F= 8114***
(2) $VA= b0 + b1*da^2*h$	bo = 0,039840 b1 = 0,00003742	2,125** 70,2***	R <sup>2</sup> =0,98 S.E.E.=0,118 F=4229***
Εξισώσεις Κατηγοριών Προϊόντων - wood products equations			
(3) $Ra= bo +b1/d^3+b2/d +b3/d^2$ $Ra = Va/V$	bo = -1,577 b1 = 9131,560 b2 = 124,129 b3 = -2019,381	-10,141*** 8,75*** 11,91*** -10,32****	R <sup>2</sup> =0,67 S.E.E=0,203 F=65,40***
(4) $Rc= 0,002+52,522/d^2$ $Rb = Vb/V$	bo = 0,002 b1 = 52,522	0,157 13,98***	R <sup>2</sup> =0,66 S.E.E.=0,093 F= 195***
(5) $Rab = bo+b1/d^3$ $Rab= (Va +Vb)/ V$	bo = 0,8000 b1 = -530,054	72,8*** -14,17***	R <sup>2</sup> =0,67 S.E.E.=0,103 F= 200***
d: Στηθιαία διάμετρος έμφλοια (cm), da: Στηθιαία διάμετρος άφλοια (cm), h = Ύψος/ μήκος κορμού (m), V: Έμφλοιος όγκος κορμού (κ.μ.), VA: Άφλοιος όγκος κορμού (κ.μ.), Va: Όγκος στύλων ΔΕΗ-ΟΤΕ (άφλοιος) (κ.μ.), Vb: Όγκος στρογγύλης ξυλείας (άφλοιος) (κ.μ.), Vc: Όγκος ξυλείας θρυμματισμού/ καυσοξύλων (έμφλοιος) (κ.μ.)			

**Πίνακας V.** Μαζοπίνακας διπλής εισόδου έμφλοιου όγκου ( $V=f(d,h)$ ) κορμών Μαύρης πεύκης Γράμμου  
**Table V.** Volume table ( $v=f(d,h)$ ) for black pine stems

d (cm)	Ολικό ύψος κορμού h (m)													
	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34
8	0,043	0,048	0,052	0,057	0,061	0,066								
12	0,066	0,076	0,086	0,096	0,107	0,117	0,127	0,137						
16	0,098	0,116	0,134	0,152	0,170	0,188	0,206	0,224	0,242	0,260				
20	0,138	0,166	0,195	0,223	0,251	0,279	0,307	0,335	0,364	0,392	0,420	0,448		
24	0,188	0,228	0,269	0,310	0,350	0,391	0,431	0,472	0,513	0,553	0,594	0,634		
28	0,246	0,302	0,357	0,412	0,467	0,523	0,578	0,633	0,688	0,744	0,799	0,854	0,909	
32	0,314	0,386	0,458	0,531	0,603	0,675	0,747	0,819	0,891	0,964	1,036	1,108	1,180	1,252
36	0,391	0,482	0,573	0,665	0,756	0,847	0,939	1,030	1,121	1,213	1,304	1,395	1,487	1,578
40	0,476	0,589	0,702	0,815	0,927	1,040	1,153	1,266	1,379	1,491	1,604	1,717	1,830	1,942
44	0,571	0,708	0,844	0,980	1,117	1,253	1,390	1,526	1,663	1,799	1,936	2,072	2,209	2,345
48			1,000	1,162	1,324	1,487	1,649	1,812	1,974	2,136	2,299	2,461	2,624	2,786
52				1,359	1,550	1,741	1,931	2,122	2,312	2,503	2,693	2,884	3,075	3,265
56					1,794	2,015	2,236	2,457	2,678	2,899	3,120	3,341	3,562	3,783
60						2,309	2,563	2,816	3,070	3,324	3,578	3,831	4,085	4,339
64							2,912	3,201	3,490	3,778	4,067	4,356	4,644	4,933
68								3,610	3,936	4,262	4,588	4,914	5,240	5,566
$V$ (έμφλοιος όγκος κορμού, κ.μ.) = 0,025348+0,00003524*d <sup>2</sup> *h														



ενώ η γραφική απεικόνιση των καμπυλών των εξισώσεων αυτών δίνεται στο διάγραμμα του σχήματος 5 (βλ. επίσης πίνακα VI). Για τις εξισώσεις αυτές ισχύουν οι ακόλουθοι περιορισμοί που προκύπτουν από τις προδιαγραφές διαμόρφωσης των κορμών αλλά και από τα αποτελέσματα διαμόρφωσης των κορμών του δείγματος:

\* Στύλοι ΔΕΗ/ ΟΤΕ παράγονται ( $R_a > 0,0$ ) εφόσον  $d > 15 \text{ cm}$  &  $d < 59 \text{ cm}$ .

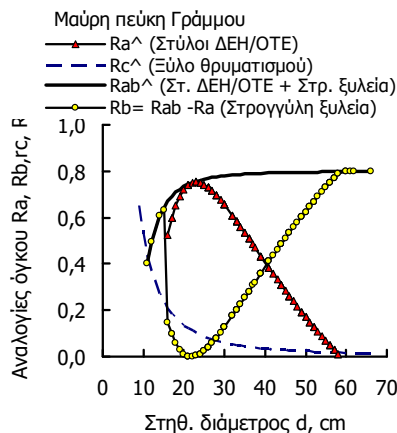
\* Τεχνική ξυλεία (Στύλοι ΔΕΗ/ΟΤΕ + στρογγύλη ξυλεία) παράγεται ( $R_{ba} > 0,0$ ) εφόσον  $d > 10 \text{ cm}$ .

\* Ξυλεία θρυμματισμού ή καυσόξυλα παράγονται ( $R_c > 0,0$ ) εφόσον  $d > 8 \text{ cm}$ .

**Πίνακας VI.** Αναλογίες όγκων των κατηγοριών προϊόντων ξυλείας που παράγονται από κορμούς συγκεκριμένης στηθιαίας διαμέτρου (d)

**Table VI.** Volume ratios of the black pine wood products

d (cm)	R <sub>a</sub>	R <sub>ab</sub>	R <sub>b</sub>	R <sub>c</sub>
10				0,527
14		0,607	0,607	0,270
18	0,652	0,709	0,057	0,164
22	0,750	0,750	- 0,000	0,111
26	0,729	0,770	0,040	0,080
30	0,655	0,780	0,125	0,060
34	0,559	0,787	0,227	0,047
38	0,457	0,790	0,333	0,038
42	0,357	0,793	0,436	0,032
46	0,261	0,795	0,534	0,027
50	0,171	0,796	0,625	0,023
54	0,087	0,797	0,709	0,020
58	0,010	0,797	0,788	0,018
62		0,798	0,798	0,016



**Σχήμα 5.** Καμπύλες πρόβλεψης της αναλογίας όγκου των κατηγοριών προϊόντων ξύλου ως συνάρτηση της στηθιαίας διαμέτρου των κορμών Μαύρης πεύκης περιοχής Γράμμου

**Figure 5.** Predictive curves of the volume ratio of wood product categories as a function of the diameter of the Black pine stems

Αν και υφίστατο η δυνατότητα ανάπτυξης εξίσωσης και για την κατηγορία Vb της στρογγύλης ξυλείας, εντούτοις προτιμήθηκε ο έμμεσος τρόπος υπολογισμού της, μέσω των εξισώσεων (3) και (4) ( $R_b = R_{ab} - R_a$ ). Σ' αυτό συνηγορούν, αφενός μεν το γεγονός της εξάρτησης της παραγωγής προϊόντων της κατηγορίας αυτής (της στρογγύλης ξυλείας) από τη δυνατότητα παραγωγής στύλων ΔΕΗ/ ΟΤΕ, στην οποία δόθηκε προτεραιότητα κατά τη διαμόρφωση των κορμών, και αφετέρου οι περιορισμοί που θέτει η συνολική παραγωγή τεχνικής ξυλείας ( $R_{ab}$ ), όπως οριστική παραπάνω και όπως υποδεικνύει η καμπύλη  $R_{ab}$  στο διάγραμμα του σχήματος 5.

Πινακοποιώντας τις προβλέψεις των εξισώσεων (3), (4) και (5) προκύπτουν τα στοιχεία αναλογιών του πίνακα VI. Συνδέοντας τα δεδομένα του μαζοπίνακα (Πίν. IV) με τις αναλογίες που δίνουν οι εξισώσεις (3), (4) και (5) διαμορφώθηκαν οι πίνακες κατηγοριών προϊόντων που δίνονται στον πίνακα VII.

**Ξυλαπόθεμα και προϊόντα σε επίπεδο ΔΕ.** Εφαρμόζοντας τις προβλέψεις των ως άνω εξισώσεων στα δεδομένα κάθε δοκιμαστικής επιφάνειας (Πίν. VIII) προκύπτουν τα βασικά μεγέθη ποσοτικής αξιολόγησης που μας οδηγούν στην εκτίμηση της αξίας του ξυλώδους κεφαλαίου, ως ακολούθως:

\* Στήλες 1 έως 5: σύμφωνα με τα στοιχεία του πίνακα II

\* Στη στήλη 6 υπολογίζεται ο όγκος των κορμών κάθε βαθμίδας με τη βοήθεια του μαζοπίνακα  $v = f(d, h)$  και τον αριθμό κορμών κάθε βαθμίδας ( $V(\text{κ.μ./ha}) = v \cdot n$ ). Από το άθροισμα των όγκων όλων των βαθμίδων προκύπτει κατόπιν το ξυλαπόθεμα της ΔΕ ανοιγμένο στο εκτάριο ( $V_{\Delta E} = 384,7 \text{ κ.μ./ha}$ , για το παράδειγμα της ΔΕ 21).

\* Στις στήλες 7 έως 8 δίνονται οι όγκοι των αντίστοιχων κατηγοριών προϊόντων αναλυτικά κατά βαθμίδα και συνολικά για τη ΔΕ, υπολογιζόμενοι με βάση τις εξισώσεις (3), (4) και (5) και το ξυλαπόθεμα της ΔΕ στη στήλη 6.

**Αξία του ξυλαποθέματος σε επίπεδο ΔΕ.** Αν πολλαπλασιάσουμε τον όγκο των τριών προϊόντων που υπολογίστηκαν στον πίνακα VIII (βλ. αθροίσματα στις στήλες 7, 9 και 10) με την αξία τους, σύμφωνα με τις τιμές εφαρμογής του πίνακα III, τότε προκύπτει η αξία του ξυλαποθέματος κάθε ΔΕ, όπως το παράδειγμα στον πίνακα IX, τόσο σε όρους ακαθάριας αξίας παραγωγής (στήλη 4), όσο και σε όρους καθαρής δασικής προσόδου (στήλη 6).



**Πίνακας VII.** Πίνακες κατηγοριών προϊόντων Μαύρης πεύκης Γράμμου Καστοριάς  
**Table VII.** Assortment tables for black pine of Grammos, Kastoria

d, cm	Ύψος κορμού δένδρου , h, m													
	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34
Va : Όγκος στύλων ΔΕΗ / ΟΤΕ (κ.μ. άφλοιου όγκου) $V_a = V^*(-1,577+9131,560/d^3+124,128/d-2019,381/d^2)$														
8	0,010	0,011	0,012	0,013	0,014	0,015								
12	0,002	0,002	0,002	0,003	0,003	0,003	0,004	0,004						
16	0,051	0,060	0,070	0,079	0,089	0,098	0,107	0,117	0,126	0,136				
20	0,100	0,120	0,141	0,161	0,181	0,202	0,222	0,242	0,263	0,283	0,303	0,324		
24	0,141	0,171	0,202	0,232	0,262	0,293	0,323	0,354	0,384	0,415	0,445	0,476		
28	0,172	0,210	0,249	0,287	0,325	0,364	0,402	0,441	0,479	0,518	0,556	0,595	0,633	
32	0,191	0,235	0,279	0,323	0,367	0,411	0,455	0,499	0,543	0,586	0,630	0,674	0,718	0,762
36	0,199	0,245	0,292	0,338	0,385	0,431	0,477	0,524	0,570	0,617	0,663	0,710	0,756	0,803
40	0,194	0,240	0,286	0,331	0,377	0,423	0,469	0,515	0,561	0,607	0,652	0,698	0,744	0,790
44	0,176	0,218	0,260	0,302	0,344	0,386	0,428	0,470	0,512	0,555	0,597	0,639	0,681	0,723
48			0,215	0,250	0,285	0,320	0,355	0,390	0,425	0,460	0,494	0,529	0,564	0,599
52				0,174	0,199	0,223	0,248	0,272	0,296	0,321	0,345	0,370	0,394	0,419
56					0,085	0,096	0,106	0,117	0,128	0,138	0,149	0,159	0,170	0,180
60														
64														
68														
Vb = Όγκος στρουγγύλης Ξυλείας (κ.μ. άφλοιου όγκου) $V_b = V^*(R_{ab} - R_a) = V^*((0,8-530,0543/CK^3)-R_a)$														
8														
12	0,031	0,035	0,040	0,045	0,050	0,054	0,059	0,064						
16	0,014	0,017	0,020	0,023	0,025	0,028	0,031	0,033	0,036	0,039				
20	0,002	0,002	0,002	0,003	0,003	0,003	0,003	0,004	0,004	0,004	0,005	0,005		
24	0,002	0,003	0,003	0,004	0,004	0,005	0,005	0,006	0,006	0,007	0,007	0,008		
28	0,020	0,024	0,028	0,033	0,037	0,042	0,046	0,050	0,055	0,059	0,063	0,068	0,072	
32	0,055	0,068	0,080	0,093	0,106	0,118	0,131	0,144	0,156	0,169	0,181	0,194	0,207	0,219
36	0,109	0,135	0,161	0,186	0,212	0,237	0,263	0,289	0,314	0,340	0,365	0,391	0,416	0,442
40	0,183	0,227	0,270	0,314	0,357	0,400	0,444	0,487	0,531	0,574	0,617	0,661	0,704	0,748
44	0,277	0,344	0,410	0,476	0,542	0,609	0,675	0,741	0,807	0,874	0,940	1,006	1,072	1,139
48			0,580	0,674	0,768	0,863	0,957	1,051	1,145	1,239	1,334	1,428	1,522	1,616
52				0,908	1,035	1,163	1,290	1,417	1,545	1,672	1,799	1,927	2,054	2,181
56					1,344	1,510	1,675	1,841	2,006	2,172	2,338	2,503	2,669	2,835
60						1,841	2,044	2,246	2,449	2,651	2,853	3,056	3,258	3,460
64							2,324	2,554	2,785	3,015	3,245	3,476	3,706	3,936
68								2,882	3,142	3,402	3,663	3,923	4,183	4,443
Vc : Όγκος Ξύλου θρυμματισμού & καυσόξυλων $V_c = V^* R_c = V^*(0,002+52,522/d^2)$														
8	0,036	0,039	0,043	0,047	0,051	0,054								
12	0,024	0,028	0,032	0,035	0,039	0,043	0,047	0,050						
16	0,020	0,024	0,028	0,031	0,035	0,039	0,043	0,046	0,050	0,054				
20	0,018	0,022	0,026	0,030	0,033	0,037	0,041	0,045	0,048	0,052	0,056	0,060		
24	0,017	0,021	0,025	0,029	0,033	0,036	0,040	0,044	0,048	0,052	0,055	0,059		
28	0,017	0,021	0,025	0,028	0,032	0,036	0,040	0,044	0,047	0,051	0,055	0,059	0,063	
32	0,017	0,021	0,024	0,028	0,032	0,036	0,040	0,044	0,048	0,051	0,055	0,059	0,063	0,067
36	0,017	0,021	0,024	0,028	0,032	0,036	0,040	0,044	0,048	0,052	0,055	0,059	0,063	0,067
40	0,017	0,021	0,024	0,028	0,032	0,036	0,040	0,044	0,048	0,052	0,056	0,060	0,064	0,068
44	0,017	0,021	0,025	0,029	0,033	0,037	0,040	0,044	0,048	0,052	0,056	0,060	0,064	0,068
48			0,025	0,029	0,033	0,037	0,041	0,045	0,049	0,053	0,057	0,061	0,065	0,069
52				0,029	0,033	0,037	0,041	0,045	0,050	0,054	0,058	0,062	0,066	0,070
56					0,034	0,038	0,042	0,046	0,050	0,054	0,058	0,063	0,067	0,071
60						0,038	0,043	0,047	0,051	0,055	0,059	0,064	0,068	0,072
64							0,043	0,047	0,052	0,056	0,060	0,065	0,069	0,073
68								0,048	0,053	0,057	0,061	0,066	0,070	0,074

**Πίνακας VIII.** Προσδιορισμός του ξυλαποθέματος και των όγκων των κατηγοριών προϊόντων που παράγονται στη ΔΕ 21  
**Table VIII.** Growing stock's (volume) estimation and distribution in wood products regarding plot 21

d	n	N/ha	g (m2)	h (m)	V(κμ/ha)	Va	V(a+b)	Vb	Vc
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10	1	20	0,16	14,45	1,526				0,80
12	1	20	0,23	15,64	2,094		1,03	1,03	0,77
14	2	40	0,62	16,64	5,612		3,41	3,41	1,52
18	2	40	1,02	18,28	9,361	6,10	6,64	0,53	1,54
20	1	20	0,63	18,96	5,853	4,23	4,29	0,07	0,78
24	1	20	0,90	20,15	8,687	6,51	6,62	0,10	0,81
42	1	20	2,77	23,79	30,086	10,74	23,85	13,12	0,96
44	2	40	6,08	24,09	66,767	20,58	53,00	32,42	1,94
46	1	20	3,32	24,38	36,872	9,62	29,30	19,68	0,99
50	2	40	7,85	24,93	88,854	15,18	70,71	55,53	2,04
56	1	20	4,93	25,66	57,231	2,73	45,61	42,89	1,07
62	1	20	6,04	26,33	71,831		57,31	57,31	1,13
<b>Άθροισμα</b>	<b>16</b>	<b>320</b>	<b>34,5</b>		<b>384,8</b>	<b>75,7</b>	<b>301,8</b>	<b>226,0</b>	<b>14,3</b>

Ταυτότητα ΔΕ: αα: 21, Τμήμα: 6β.  
 Επεξηγήσεις:  
 Στήλες 1 έως 5: Αποτελέσματα απογραφής, όπως στον πίνακα II  
 Στήλη 6: Το ξυλαπόθεμα της ΔΕ (V, κ.μ./ha) (έμφλοιος όγκος)  
 Στήλη 7: Όγκος παραγόμενων στύλων ΔΕΗ/ΟΤΕ (Va, κ.μ./ha) (έμφλοιος όγκος)  
 Στήλη 8, Όγκος παραγόμεν. στύλων ΔΕΗ/ΟΤΕ και στρογγύλης ξυλείας μαζί (V(a+b),κμ/ha) (έμφλοιος όγκος)  
 Στήλη 9: Όγκος παραγόμενης στρογγύλης ξυλείας (Vb, κ.μ./ha) (έμφλοιος όγκος)  
 Στήλη 10: Όγκος παραγόμενου ξύλου θρυμματισμού (Vc, κ.μ./ha) (άφλοιος όγκος)

**Πίνακας IX.** Υπολογισμός της αξίας του ξυλαποθέματος μιας δοκιμαστικής επιφάνειας (ΔΕ: 21) σε όρους ακαθάριστης αξίας παραγωγής (ΑΑΠ) και ακαθάριστης δασικής προσόδου (ΑΔΠ)

**Table IX.** Estimating of growing stock's value of the sample plot 21, in terms of gross value production (GVP) or gross forest revenue (GFR)

Κατηγορίες προϊόντων	Ποσότητα κ.μ./ha	Τιμές εφαρμογής, για Au (€/κ.μ.)	ΑΑΠ - GVP (€/ha)	Τιμές εφαρμογής για Au' (€/κ.μ.)	ΑΔΠ - GFR (€/ha)
1	2	3	4	5	6
Va	75,67	84,0	6356	20	1513
Vb	226,03	40,0	9041	9,0	2034
Vc	14,3	22,0	315	4,0	57
<b>Συνολική αξία ΑΑΠ=&gt;</b>			<b>15712</b>	<b>ΑΔΠ=&gt;</b>	<b>3605</b>

*Δημιουργία βάσης δεδομένων (ΒΔ).* Σύμφωνα με τα στοιχεία του υλικού απογραφής των ΔΕ και τα αποτελέσματα, όσον αφορά τη σύνθεση του ξυλαποθέματος, καθώς και τις προβλέψεις αναφορικά με την αξία των προϊόντων αυτών, δημιουργήθηκε η βάση δεδομένων που μας οδηγεί τελικά στον υπολογισμό της αξίας του ξυλαποθέματος των συστάδων. Η δομή της βάσης αυτής μαζί με αποτελέσματα εκτιμήσεων που έγιναν σε κάθε ΔΕ της πιλοτικής περιοχής, δίνονται στον πίνακα X (απόσπασμα της ΒΔ).

*Η αξία του ξυλώδους κεφαλαίου.* Τα αποτελέσματα επεξεργασίας των 42 ΔΕ, τα οποία παρουσιάζο-

νται στον πίνακα X (μέσες τιμές στις στήλες 13 και 17), ανάγονται εν συνεχεία στην έκταση της πιλοτικής περιοχής ( $F=151,6$  ha) για να υπολογιστεί η ζητούμενη αξία του ξυλαποθέματος των συστάδων που αναπτύσσονται στην περιοχή αυτή, ως ακολούθως:  
 Δασικό κεφάλαιο σε όρους ΑΑΠ:  $A_{ΑΑΠ} = F * ΑΑΠ = 151,6$  (ha) \* 23.391,97 (€/ha) = 3.546.223 €.  
 Δασικό κεφάλαιο σε όρους ΑΔΠ:  $A_{ΑΔΠ} = F * ΑΔΠ = 151,6$  (ha) \* 5.388,63 (€/ha) = 816.916 €.  
 Επισημαίνεται στο σημείο αυτό ότι το αποτέλεσμα, όσον αφορά τους μέσους όρους στον πίνακα X, δεν έχει απόλυτο χαρακτήρα αλλά διέπεται από τους κανόνες

**Πίνακας X.** Βάση δεδομένων (ΒΔ) των 42 ΔΕ με αποτελέσματα υπολογισμού του ξυλαποθέματος, των παραγόμενων προϊόντων και της αξίας που αυτά αντιπροσωπεύουν σε όρους ακαθάριστης αξίας παραγωγής (ΑΑΠ) και ακαθάριστης δασικής προσόδου (ΑΔΠ) (απόσπασμα ΒΔ)

**Table X.** Database for the 42 sample plots with results of growing stock, wood products volume and their economic value in terms of gross value production (GVP) and gross forest revenue (GFR)

aa	ΥΠ	Tk	p	Nha	V	Va	Vb	Vc	Aua	Aub	Auc	ΑΑΠ	Aua'	Aub'	Auc'	ΑΔΠ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
13	II	95	0,5	500	651	214	298	24	17956	11939	529	30425	4275	2686	96	7058
9	III	105	0,7	460	754	106	486	22	8918	19452	480	28850	2123	4377	87	6587
22	II	95	0,3	280	252	85	110	12	7139	4396	255	11790	1700	989	46	2735
32	IV	85	0,3	580	195	54	88	18	4550	3518	397	8465	1083	792	72	1947
4	IV	85	0,3	240	294	55	177	10	4627	7078	215	11920	1102	1593	39	2733
8	IV	105	0,3	300	301	103	133	13	8649	5327	279	14255	2059	1199	51	3309
26	III	95	0,3	220	371	32	261	9	2709	10420	194	13323	645	2345	35	3025
2	III	95	0,3	320	315	45	199	8	3781	7955	167	11903	900	1790	30	2720
15	IV	95	0,3	160	391	45	267	8	3788	10665	169	14622	902	2400	31	3332
31	II	95	0,3	420	336	185	76	20	15563	3028	451	19042	3706	681	82	4469
<b>21</b>	II	85	0,3	320	385	76	226	14	6356	9041	315	<b>15712</b>	1513	2034	57	<b>3605</b>
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

**Στατιστικά από το σύνολο των 42 ΔΕ - Statistics from the 42 sample plots**

Άθροισμα - sum	19100	23015	5519	12508	845	463565	500317	18580	982463	110373	112571	3378	226322
Μέσ. όρος- mean $\bar{y}$ (. /ha)	455	548	131	298	20	11037	11912	442	<b>23392</b>	2628	2680	80	<b>5389</b>
Τυπική απόκλιση (StDev)	223	218	81	149	10	6772	5978	212	9330	1612	1345	39	2160
Τυπ. σφάλμα (StErr ±%)	7,6	6,1	9,5	7,7	7,4	9,5	7,7	7,4	<b>6,2</b>	9,5	7,7	7,4	<b>6,2</b>

**ΕΠΕΞΗΓΗΣΕΙΣ**

Αποτελέσματα απογραφής δοκιμαστικών επιφανειών (στήλες 1 έως 6) - Inventory results

aa: Αριθμός ΔΕ, ΥΠ: Ποιότητα τόπου (Υψοποιότητα), p: Πυκνότητα συστάδας, Tk: Ηλικία έτη), Nha: Αριθμός κορμών (N/ha), V: Ξυλαπόθεμα ΔΕ (κ.μ./ha)

Παραγόμενα προϊόντα (στήλες 7 έως 9) - wood products volume

Va: Στύλοι ΔΕΗ/ ΟΤΕ (κ.μ./ha), Vb: Στρογγύλη ξυλεία (κ.μ./ha), Vc: Ξύλο θρυμματισμού/ καυσόξυλα (κ.μ./ha),

Αξία των παραγόμενων προϊόντων σε όρους Ακαθάριστης Αξίας Παραγωγής (ΑΑΠ) (στήλες 10 έως 13) - economic value in terms of gross value production (GVP)

Aua: Αξία στύλων ΔΕΗ/ ΟΤΕ (€/ha)

Aub: Αξία στρογγύλης ξυλείας (€/ha)

Auc: Αξία ξύλου θρυμματισμού (€/ha)

ΑΑΠ: ΑΚΑΘΑΡΙΣΤΗ ΑΞΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ (€/ha) (στ. 13= στ.10 + στ.11 + στ.12)

Αξία των παραγόμενων προϊόντων σε όρους Ακαθάριστης Δασικής Προσόδου (ΑΔΠ) (στήλες 14 έως 17) - economic value in terms of gross forest revenue (GFR)

Aua': Αξία στύλων ΔΕΗ/ ΟΤΕ (€/ha)

Aub': Αξία στρογγύλης ξυλείας (€/ha)

Auc': Αξία ξύλου θρυμματισμού (€/ha)

ΑΔΠ: ΑΚΑΘΑΡΙΣΤΗ ΔΑΣΙΚΗ ΠΡΟΣΟΔΟΣ (€/ha) (στ. 17= στ.14 + στ.15 + στ.16)

της στατιστικής και διακυμαίνεται μεταξύ ορίων που ορίζονται με μια δεδομένη πιθανότητα υπέρβασης (πχ. 5%) από τη σχέση (7):

(7) Διάστημα εμπιστοσύνης  $\bar{y} \pm t^*StErr$  ή  $\bar{y} \pm t^*StDev / n^{0.5}$ , όπου  $\bar{y}$ : αριθμητική μέση τιμή ( $\bar{y}_{(ΑΑΠ)} = 23392$  €/ha και  $\bar{y}_{(ΑΔΠ)} = 5389$  €/ha, Πίν. X),  $StDev =$

Τυπική απόκλιση ( $StDev_{(AΔΠ)} = 9330$  και  $StDev_{(AΔΠ)} = 2160$ , Πίν. X),  $n =$  το μέγεθος του δείγματος ( $n=42$  ΔΕ) και  $t =$   $t$ -κριτήριο που η τιμή του εξαρτάται από το μέγεθος του δείγματος και την πιθανότητα υπέρβασης που στην προκειμένη περίπτωση είναι  $t=2$ .

### ΣΥΖΗΤΗΣΗ- ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

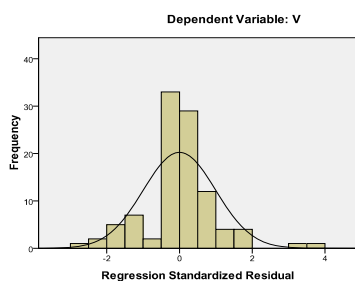
Στην εργασία αυτή αναπτύχθηκε ένας αλγόριθμος υπολογισμού και εκτίμησης της αξίας δασοουστάδων Μαύρης πεύκης στην περιοχή των δασών του Β. Γράμμου Καστοριάς. Ο αλγόριθμος αυτός μπορεί να έχει εφαρμογή στις σχετικά ώριμες προς υλοτομία συστάδες κάθε δάσους, αρκεί τα βοηθητικά πρότυπα που εξυπηρετούν τη διαδικασία αυτή να είναι τα κατάλληλα και να ανταποκρίνονται στις εκάστοτε συνθήκες.

Στην προκειμένη περίπτωση χρησιμοποιήθηκαν συνήθη πρότυπα που εφαρμόζονται για την κατάρτιση των αντίστοιχων μοντέλων, τα δε αποτελέσματα στατιστικής ανάλυσης, τόσο σε ότι αφορά στους επιμέρους συντελεστές (κριτ.  $t$ ), όσο και συνολικά τις εξισώσεις (κριτ.  $R^2$ , SEE και F), πιστοποιούν τη στατιστική εγκυρότητα των εν λόγω προτύπων (Πίν. IV). Θετική εικόνα μας δίνει επίσης και η ανάλυση των αποκλίσεων (residual

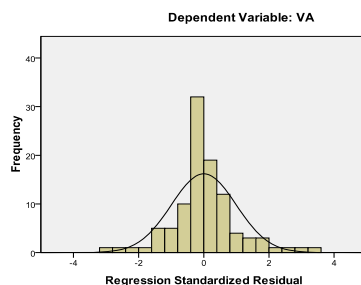
analysis), όπως χαρακτηριστικά προκύπτει και από τα ιστογράμματα που παρουσιάζονται στο σχήμα 6.

Τα αποτελέσματα στον πίνακα VI και στο σχήμα 5 αντικατοπτρίζουν τη σημερινή άποψη για τη διαμόρφωση των κορμών, όπου η προτεραιότητα στους στύλους ΔΕΗ/ΟΤΕ επηρεάζει και την τελική σύνθεση και αναλογία των προϊόντων. Μια άλλη επιλογή, πάντοτε εφικτή, μπορεί να προσδιορίσει μια διαφορετική σύνθεση των παραγόμενων προϊόντων.

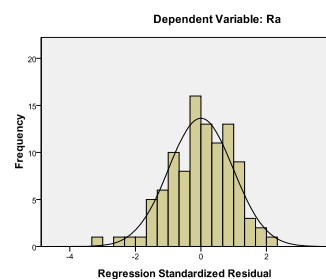
Τα πρότυπα αυτά, εκτός από την εκτίμηση της αξίας του ξυλώδους κεφαλαίου των συστάδων, έχουν επίσης πολύπλευρη σημασία και εφαρμογή σε τομείς της δασικής παραγωγής, όπως είναι ο σχεδιασμός και η συγκομιδή ξύλου. Κατά το σχεδιασμό της διαχείρισης ενός δάσους, τα εν λόγω πρότυπα, δίνουν τη δυνατότητα αξιολόγησης της οικονομικής διάστασης των προβλέψεων (πχ. του λήμματος), αλλά και την απαραίτητη οικονομική βάση για την αξιολόγηση εναλλακτικών προγραμμάτων διαχείρισης, καθώς και για τον εξορθολογισμό βασικών διαχειριστικών αποφάσεων, όπως είναι πχ. ο καθορισμός των περιόδων χρονών, που μέχρι σήμερα λαμβάνονται με βάση μόνο δασοοικονομικά ή και τεχνικά κριτήρια.



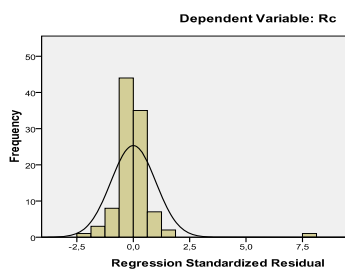
Εξισ. (1): Mean=3.96E-15, StDev.=0.995, N=101



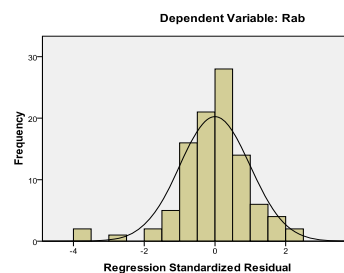
Εξισ. (2): Mean=90.09E-16, StDev.=0.995, N=101



Εξισ.(3): Mean=-1,98E-15, StDev.=0,985, N=101



Εξισ.(4) Mean=5,65E-16, StDEv=0,995, N=101



Εξισ.(5): Mean=2,88E-16, StDev.=0,995 N=101

**Σχήμα 6.** Ιστογράμματα κατανομής των αποκλίσεων (zresid) των θεωρητικών από τις πραγματικές παρατηρήσεις των εξισώσεων των μαζοπινάκων (εξισ. 1 και 2) και των εξισώσεων των κατηγοριών προϊόντων (εξισ. 3, 4 και 5)

**Figure 6.** Histograms of the residuals (zresid) of the volume tables equations (eq. 1 and 2) and the equations of the product categories (eq. 3, 4 and 5)

Σε ότι αφορά στη συγκομιδή, τα εν λόγω πρότυπα και η πινακοποίηση των προβλέψεων τους (πίνακες V, VI και VII), έχουν ιδιαίτερη σημασία δεδομένου ότι δίνουν τη δυνατότητα α) στον υλοτόμο να γνωρίζει εκ προοιμίου τη σύνθεση και τον όγκο των προϊόντων που μπορούν να παραχθούν από ένα δένδρο συγκεκριμένων διαστάσεων και β) στον επιβλέποντα δασολόγο ή δασοπόνο να γνωρίζει εκ προοιμίου τη σύνθεση των προϊόντων που μπορούν ή πρέπει να παραχθούν σε μια συστάδα, λαμβάνοντας υπόψη βέβαια το δελτίο προσημάνσης που κατά κανόνα προηγείται της υλοτομίας, εξασφαλίζοντας έτσι συνθήκες ελέγχου της παραγωγής και σωστού προσδιορισμού του ύψους των μισθωμάτων και ενδεχομένως και της φρολογίας στα δημόσια δάση.

Τα αποτελέσματα της εργασίας αναφέρονται αποκλειστικά στην τρέχουσα κατάσταση των συστάδων και στην αξία που αυτές αντιπροσωπεύουν σε δεδομένη χρονική στιγμή. Δεν αναφέρονται στη δυναμική της εξέλιξης των συστάδων και την με το χρόνο μεταβολή της αξίας του ξυλώδους κεφαλαίου και κατά συνέπεια δεν δίνουν στοιχεία και για την κατ' αξία απόδοση των δασοσυστάδων, δημιουργούν όμως εισροές και προς αυτήν την κατεύθυνση.

Η εκτίμηση της αξίας του ξυλώδους κεφαλαίου μιας συστάδας έχει πολύπλευρη σημασία για τη δασοπονία γιατί βρῖσκει εφαρμογή στις ακόλουθες περιπτώσεις: α) στην εκτίμηση ζημιών και αποζημιώσεων, β) σε αγοραπωλησίες δασών και απαλλοτριώσεις, γ) στην εκτίμηση της αξίας απόδοσης των δασών, δ) στη λήψη βασικών διαχειριστικών αποφάσεων κατά το σχεδιασμό και την υλοποίηση δασοκομικών χειρισμών και ε) στις επενδύσεις στη δασοπονία.

Η ανάγκη για εκτίμηση ζημιών και αποζημιώσεων, έχει να κάνει με καταστροφές εξαιτίας πυρκαγιών, εκχερσώσεων και άλλων αιτιών, που οδηγούν σε απώλειες του ξυλώδους κεφαλαίου και σε βλάβες στην υγεία και τη ζωτικότητα των δασών. Στην προκειμένη περίπτωση δεν αρκεί βέβαια η εκτίμηση της αξίας ξυλαποθέματος, αλλά απαιτούνται και πρόσθετες εκτιμήσεις που έχουν να κάνουν με τη υποβάθμιση και άλλων συντελεστών, με ενδεχόμενα οφέλη που προκύπτουν από πιθανή υλοτομία (πχ. καμένων δένδρων) και με το κόστος αποκατάστασης των ζημιών, καθώς και με επιπτώσεις στην όλη παραγωγική διαδικασία.

Στις αγοραπωλησίες δασών και τις απαλλοτριώσεις, το ξυλώδες κεφάλαιο αντιπροσωπεύει ένα σημαντικό μέγεθος που μαζί με την εκτίμηση της αξίας και των υπολοίπων συντελεστών, όπως η αξία

υποδομών, η εδαφική αξία και η οικονομική απόδοση των δασών, μπορεί να δημιουργήσει τη βάση για την εκτίμηση της ανταλλάξιμης αξίας ενός δάσους.

Αναφορικά με την αξία απόδοσης των δασών, το ξυλώδες κεφάλαιο παίζει έναν διπλό ρόλο, τόσο ως συντελεστού της παραγωγής, όσο και του προϊόντος, αφού το ίδιο, ιδιαίτερα μάλιστα όταν αυτό υπερβαίνει ένα ορισμένο ύψος, αποτελεί δυνητικά και προϊόν, διότι μπορεί άμεσα να ρευτοποιηθεί και να διατεθεί στην αγορά.

Με την έννοια αυτή το ξυλαπόθεμα δεν μπορεί να αγνοηθεί στα πλαίσια εκτίμησης της οικονομικής απόδοσης ενός δάσους, όπως γίνεται στη σχετική εγκύκλιο (Υπουργείο Περιβάλλοντος 2014). Μια τέτοια προσέγγιση θα μπορούσε να ισχύει μόνο κάτω από ιδανικές συνθήκες, όταν επικρατούν δηλαδή συνθήκες κανονικότητας. Τέτοια όμως προϋπόθεση δεν υφίσταται σε κανένα δάσος και χρειάζεται πάντοτε η στάθμιση του αποτελέσματος αυτού (δηλαδή της κεφαλαιακής αξίας της απόδοσης) με το ξυλώδες κεφάλαιο που υπάρχει σε ένα υπό αξιολόγηση δάσος (Στάμου 1985, Spreidel 1967, Γκατζογιάννης 1991, Γκατζογιάννης 2015). Επιπλέον, η αγνόηση της αξίας του ξυλώδους κεφαλαίου οδηγεί σε εκτιμήσεις που δεν ανταποκρίνονται στην πραγματική αξία των δασών (Γκατζογιάννης 2015). Ένα παράδειγμα προς αυτήν την κατεύθυνση μας δίνει η εφαρμογή της εν λόγω εγκυκλίου στην παρούσα πιλοτική περιοχή. Σύμφωνα με τον οδηγό της ως άνω εγκυκλίου η οικονομική αξία δάσους, λαμβάνοντας υπόψη μόνο την ξυλοπαραγωγή, υπολογίζεται με τον ακόλουθο μαθηματικό τύπο:

«Οικονομική αξία δάσους:  $TEV = \text{Ετήσια αξία του παραγόμενου ξύλου} = (\text{Area} * MAI * SV)/p$ , όπου Area = η έκταση (ha), MAI = η μέση ετήσια προσαύξηση του ξυλαποθέματος (m<sup>3</sup>/ha), SV = η τιμή πρέμνου του ξυλαποθέματος και p = ετήσιο επιτόκιο (p= 3,5%)».

Εφαρμόζοντας το μαθηματικό αυτόν τύπο, στην περίπτωση της πιλοτικής περιοχής, προκύπτει το εξής αποτέλεσμα:

$$TEV = [151,6 \text{ (ha)} * 5,87 \text{ (m}^3/\text{ha)} * 10,97 \text{ (€/m}^3)] / 0,035 = 278.918 \text{ (€)}$$

Αυτό σημαίνει ότι η κεφαλαιακή αξία των εν λόγω συστάδων ανέρχεται μόλις στο 34 % της αξίας του ξυλώδους κεφαλαίου που υπολογίστηκε παραπάνω και ανέρχεται, σύμφωνα με τα στοιχεία του πίνακα X στο ποσό των 816.916 (€) (σε όρους ΑΔΠ). Ένα αποτέλεσμα που δεν μπορεί να γίνει αποδεκτό και δημιουργεί ερωτήματα για τη ορθότητα των οδηγιών της εν λόγω εγκυκλίου.



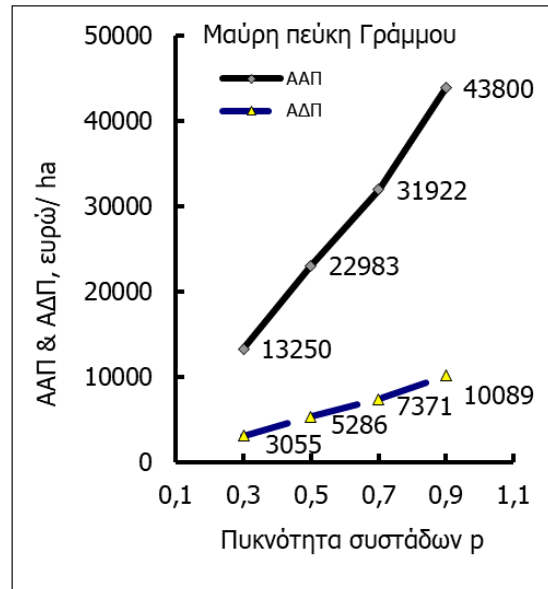
Κατά το σχεδιασμό βασικών διαχειριστικών αποφάσεων με μακροπρόθεσμες συνέπειες, όπως είναι π.χ. ο δασοκομικός χειρισμός, ο καθορισμός των περιόδων χρόνων και οι δασικές αποταμιεύσεις, καθώς και κατά το σχεδιασμό επενδύσεων στη δασοπονία, το ξυλώδες κεφάλαιο αποτελεί ακρογωνιαίολίθο και βασική παράμετρο στη λήψη των σχετικών αποφάσεων.

Πέραν των κλασικών όμως προβλημάτων εφαρμογής και χρήσης του ξυλώδους κεφαλαίου, αντιμετωπίζουμε σήμερα και νέα προβλήματα που πηγάζουν από την ανάγκη ενσωμάτωσης οικολογικών παραμέτρων στη διαχείριση των δασών.

Στην προκειμένη περίπτωση των συστάδων Μαύρης πεύκης των δασών του Β. Γράμμου εξετάστηκαν, στο πλαίσιο του προγράμματος life, δυο ζητήματα προσαρμογής της διαχείρισης στις νέες αυτές ανάγκες: 1) η δυνατότητα βελτίωσης των συνθηκών διαβίωσης των πληθυσμών της αρκούδας αναπροσαρμόζοντας το δασοκομικό χειρισμό ώστε να αυξάνονται οι τροφικές πηγές για την αρκούδα και 2) η εφαρμογή παραδοσιακών πρακτικών στη συγκομιδή του ξύλου με εισαγωγή των ζώων σύρσης στη μετατόπιση της ξυλείας.

Η μελέτη των απαιτήσεων της αρκούδας έδειξε ότι, όταν μειώνεται ο βαθμός δασοκάλυψης ή και ο βαθμός συγκρόμωσης και σε τελευταία ανάλυση η πυκνότητα των δασοσυστάδων, αυξάνεται η παρουσία καρποφόρων θάμνων και γραστέων που συνεισφέρουν στις τροφικές πηγές της αρκούδας. Η μείωση όμως της πυκνότητας των δασοσυστάδων συνδέεται αναπόφευκτα και με μείωση του ξυλαποθέματος και κατ' επέκταση και του ξυλώδους κεφαλαίου. Αν μελετήσουμε (με τα στοιχεία του πίνακα X) τη μεταβολή της αξίας του ξυλαποθέματος συναρτήσει της πυκνότητας ( $\rho$ ) των συστάδων τότε προκύπτει το διάγραμμα στο σχήμα 7. Έτσι, μια μείωση της πυκνότητας των συστάδων, π.χ. από  $\rho=0,9$  σε  $\rho=0,5$ , συνδέεται με πτώση της αξίας του δασικού κεφαλαίου κατά 47 %, από 10089 (€/ha) σε 5286 (€/ha), δηλαδή κατά 4803 (€/ha) σε όρους ΑΔΠ ή κατά 20817 (€/ha) σε όρους ΑΑΠ (βλ. σχήμα 7).

Στην περίπτωση της συγκομιδής ξύλου, η εισαγωγή των ζώων σύρσης στη μετατόπιση της ξυλείας συνδέεται αναπόφευκτα και με αλλαγή στη σύνθεση των προϊόντων που παράγονται. Η μετατόπιση π.χ. με βαριά μηχανήματα (Φωτ. 3β) εξασφαλίζει μεν τη δυνατότητα μετατόπισης κορμών μεγάλου μήκους αλλά συνδέεται και με αρνητικές επιπτώσεις στις εδαφικές συνθήκες και τις συστάδες (διατάραξη,

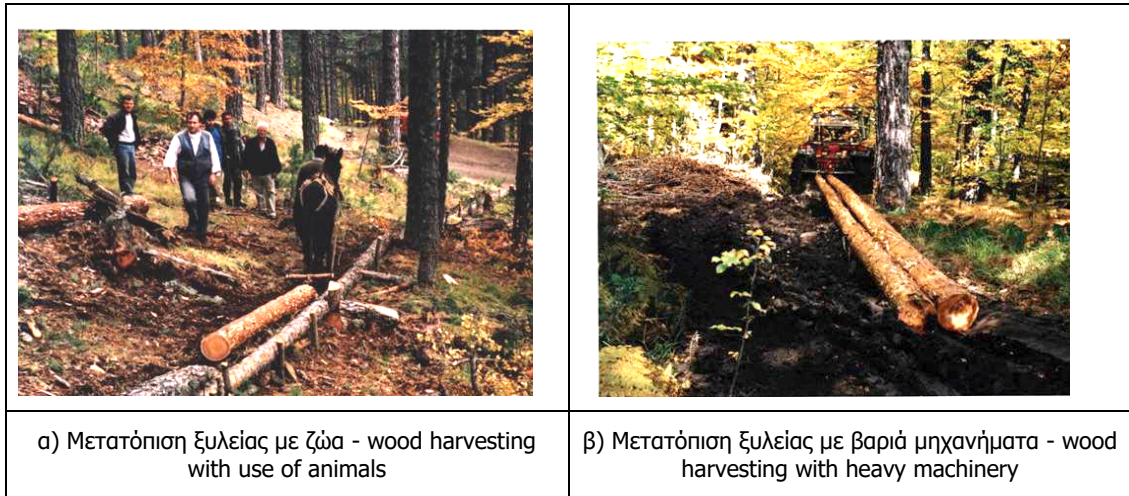


**Σχήμα 7.** Η μεταβολή της αξίας της δασικού κεφαλαίου ως συνάρτηση της πυκνότητας ( $\rho$ ) των δασοσυστάδων Μαύρης πεύκης στην περιοχή του Β. Γράμμου

**Figure 7.** The change in the value of forest capital as a function of the density ( $\rho$ ) of the Black pine forest stands in the area of N. Grammos

αύξηση του κινδύνου διάβρωσης, ζημιές σε παρακείμενα δένδρα κλπ.). Με την εισαγωγή όμως των ζώων (Φωτ. 3α) μειώνονται οι αρνητικές επιπτώσεις αλλά ταυτόχρονα και η αξία των παραγόμενων προϊόντων, γιατί μειώνεται η παραγωγή στύλων ΔΕΗ/ΟΤΕ και αυξάνεται η παραγωγή προϊόντων μικρότερης αξίας (Γκατζογιάννης 2001, Κόντος & Γκατζογιάννης 2002) με άμεση επίπτωση και στην αξία του ξυλώδους κεφαλαίου των δασοσυστάδων.

Όταν η μείωση της αξίας του ξυλώδους κεφαλαίου ή της αξίας των παραγόμενων προϊόντων γίνεται με στόχο τη βελτίωση των οικολογικών συνθηκών των δασοσυστάδων, τότε η οικονομική ζημία που προκαλείται συνιστά το λεγόμενο «περιβαλλοντικό κόστος». Και εδώ ακριβώς έρχεται να συνεισφέρει η παρούσα εργασία δίνοντας τη δυνατότητα ποσοτικοποίησης των επιπτώσεων των οικολογικού ενδιαφέροντος αποφάσεων πάνω στη δασική παραγωγή και την οικονομία των δασικών εκμεταλλεύσεων.



**Φωτ. 3.** Εικόνες από την εφαρμογή εναλλακτικών συστημάτων συγκομιδής σε συστάδες Μαύρης πεύκης στην περιοχή του Β. Γράμμου

**Photo 3.** Pictures from the application of alternative harvesting systems in Black pine stands in the forest of N. Grammos

## **Growing-stock's value estimation as a tool for economic analysis and assessment of environmental costs in forestry**

(The case of black pine forests of N. Grammos, Kastoria)

**Stylios Gatzojannis\***

### **ABSTRACT**

Reasonable forest management and development prerequisites the economic analysis of the forestry production factors (soil, capital, labour etc.). Forests' growing stock, the forest capital of forestry, is rarely evaluated in economic terms in Greece. As a result, economic analysis in forestry is hard and imperfect in cases such as: the estimation of the value of production factors, investments' evaluation, productivity and cost-effectiveness control of forest exploitations etc, with direct effect on irrational decision-making, regarding important economic decisions on forest management, rising therefore uncertainty on forest production's future and sustainability of forest management.

In the present study, a process of economic valuation of the forest capital (stock) was developed, based on "direct logging" method. This pilot process was applied to the black pine forests of N.Grammos in Kastoria as an algorithm suitable to be applied generally in greek forestry, and includes the following steps: a) stock inventory; b) development of auxiliary standards (volume tables and assortment yield tables); c) estimation of stock's distribution in categories of products; d) market research; e) database development and f) prediction of stock's economic value in terms of "gross production value" and "gross forest revenue". Conclusions from the pilot application include both findings on stock value of the black pine stands and possible application fields of this process in forestry.

**Key words:** forest capital, gross production value, forest revenue, volume tables, assortment tables, forest stand value, forest management, forest economics

---

\*Doctor of forestry, Forest management and economics  
www.gatzojannis.blogspot.com

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Assmann, E., 1970. The principles of forest yield study. 506 pp. Pergamon Press, Oxford, New York, Toronto, Sydney. ISBN/ISSN:0080066585.
- Gatzojannis, S., Stamou, N., Efthymiou, P. and Kontos, N., 1995. Forest planning and management tools. Establishment of yield models (Site index, yield and assortment tables of Scots pine). Final report to the EU of the project: AIR PL 920715.
- Jasch Christine, 2001. Was sind Umweltkosten? Ein Vorschlag für eine Definition und Ermittlungsmethodik. Institut für ökologische Wirtschaftsforschung. Ökologisches Wirtschaften 6/2001. Wien.
- Kitikidou, K. and Chatzilazarou, G., 2008. Estimating the sample size for fitting taper equations. Jour.For. Sc., 54, 2008 (4): 176-182.
- Laar, van, A., Akna, A., 2007. Forest Mensuration. Springer Verlag, Germany (S. 384).
- Kramer, H. & Akna, A., 1983. Leitfaden für Dendrometrie und Bestandesinventur. Sauerländer's Verlag, Frankfurt am Main.
- Mitscherlich, G., 1939. Assortment tables for spruce, pine, beech and oak. Mitteilungen aus Forstwirtschaft und Forstwissenschaft, 10, 569 – 583.
- Parez, J., 1987. Assortment tables for spruce and pine stands of different quality. Lesnictvi (Prague): 919-944.
- Petras, R., Mecko, J., Nociar, V., 2008. Models of assortment yield tables for poplar clones. J. of For.Sc., 54 (6): 227–233.
- Prodan, M., 1965. Holzmesslehre. J.D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt am Main.
- Speidel, G., 1967. Forstliche Betriebswirtschaftslehre. Verlag Paul Parey. Hamburg & Berlin.
- Αναγνωστόπουλος, Κ., 1978. Πίνακες Ύψομορφαρίθμων και όγκου των κυριότερων ειδών της χώρας. Δασικά Χρονικά. 9-10, σελ. 291-301.
- Απατσιδης Λ., 1984. Διόρθωση και συμπλήρωση του δεκαμερούς συστήματος ογκομετρικών και προσασυξητικών πινάκων της Μ. πεύκης μας. Δασική Έρευνα. (V)2 1984, σελ. 147-167.
- Απατσιδης, Λ., Ριζόπουλος, Δ., Παπαδόπουλος, Θ., Πανταζής, Π., Παράσχος, Γ., Τσιλιγιάννης, Κ., Ιορδανίδης, Π., και Κουτσοκόστα, Χ., 1989. Συστήματα ογκομετρικών και προσασυξητικών πινάκων, ποιότητων και δείκτη ποιότητας τύπου για τη διαχείριση του δρυοδάσους Αρακύνθου Μεσολογγίου. Δασική Έρευνα, Τόμος X, Παράρτημα, Αθήνα.
- Γκατζογιάννης Σ., 1991. Μαθήματα Δασικής Οικονομίας. Τμήμα Δασοπονίας Δράμας του Τ.Ε.Ι. Καβάλας, 143 σελ.
- Γκατζογιάννης Σ., 2001. Σχέδιο διαχείρισης των οικοτόπων Μαύρης πεύκης Β. Γράμμου & Ειδική διαχείριση πιλοτικής περιοχής (Υπομημίματα: 5γ, 6α, 6β, 6γ και 6δ). Θεσσαλονίκη. ΕΘΙΑΓΕ, ΑΡΚΤΟΥΡΟΣ (αυτοτελής έκδοση).
- Γκατζογιάννης, Σ., 2002. Η διαχείριση των οικοτόπων μαύρης πεύκης. Μια πιλοτική προσπάθεια διαχείρισης παραγωγικού δάσους υπό καθεστώς προστασίας (NATURA 2000) στην περιοχή του Β. Γράμμου Καστοριάς. Θεσσαλονίκη. ΕΘΙΑΓΕ, ΑΡΚΤΟΥΡΟΣ. Αυτοτελής έκδοση, 61 σελ. (ISBN 960-86947-7-9).
- Γκατζογιάννης, Σ., 2015. Εκτίμηση της αξίας των δασών στην Ελλάδα. Μια προσπάθεια αξιολόγησης των προτάσεων του Οδηγού Εφαρμογής Υποδείγματος Εκτίμησης της Αξίας της Δασικής Γης στην Ελλάδα, που δημοσιοποιήθηκε με την Υπουργική απόφαση 115963/6070/ 4 Νοεμ. 2014 (ΦΕΚ Β' 2980) (αυτοτελής έκδοση, βλ.: 1. Επιτολή προς Γενικό Διευθυντή Δασών στο φάκελο: <https://www.dropbox.com/sh/enyfgu4hph0yk17/AABxWPttm-i0MR0eSWiSp4La?dl=0>.
- Δαμαλάς, Γ. και Παπαδόπουλος, Θ., 1982. Γενικοί πίνακες όγκου για τη μαύρη πεύκη στην Ελλάδα. Δασική Έρευνα. Τόμος III, τεύχος 1, σελ. 49-80.
- ΕΕ 1992. Οδηγία 92/43/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 21ης Μαΐου 1992 για τη διατήρηση των φυσικών οικοτόπων καθώς και της άγριας πανίδας και χλωρίδας. Επίσημη Εφημερίδα αριθ. L 206 της 22/07/1992 σ. 0007 - 0050.
- Κατενίδης, Κ. και Ευθυμίου, Π., 1983. Μελέτη των υλοτομικών εργασιών στα ελληνικά δάση οξυάς. Δασική Έρευνα, 3 (IV): 165-217.
- Κιτικίδου, Κ., 2002. Μελέτη μορφής κορμών δέντρων *Quercus conferta* στο Χολομώντα Χαλκιδικής. Διδακτορική διατριβή. Τμήμα Δασολογίας και Φ.Π., Αριστοτέλειο Παν/μιο Θεσσαλονίκης, 247 σελ.
- Κόντος, Κ. και Γκατζογιάννης, Σ., 2002. Σχέδιο συγκομιδής, δασικών προϊόντων Μαύρης πεύκης των Υπομημιμάτων 6β, 6γ, και 6δ της πιλοτικής περιοχής «ΣΓΟΥΡΟΥ» Β. ΓΡΑΜΜΟΥ. ΙΔΕ/ΕΘΙΑΓΕ. Δασαρχείο Καστοριάς (Αυτοτελής έκδοση). <https://www.dropbox.com/sh/c8j92zw6y88p1sf/AADpOmHoS8kWGp9WR9WesT9a?dl=0&>
- Μάτης, Κ., 1989. Δασική Βιομετρία II. Δενδρομετρία. ΑΠΘ.

- Παλάσκας, Δ., 2015. Ανάπτυξη προτύπων οικονομικής ανάλυσης της παραγωγής των δασών οξιάς στην Ελλάδα. Πρακτικά 3ου Πανελληνίου Συνεδρίου Οικονομικής των Φυσιικών Πόρων & Περιβάλλοντος, Βόλος, 30-31/10/2015 Σελ. 431- 440.
- Παλάσκας, Δ. 2016. Πίνακες Κατηγοριών Προϊόντων της πλατυφύλλου δρυός (*Q. frainetto*) Χαλκιδικής. Γεωτ. ΕΠΙΣΤ. ΘΕΜΑΤΑ, Σειρά VI, Τόμος 25, Τ. 1/2016.
- Παναγιωτίδης, Ν., 1981 Δεκαμερές σύστημα ογκομετρικών και προσασυζητικών πινάκων για τις συστάδες μαύρης πεύκης στην Ελλάδα. Δασική Έρευνα, τόμος II, τεύχος 2.
- Παπαδόπουλος, Ι., 1997. Εκτίμηση και πρόβλεψη της προσφοράς εμπορεύσιμου ξύλου στο πανεπιστημιακό δάσος Περτουλίου σε συνδυασμό με τις ανάγκες της ξυλαγοράς. Διδακτορική διατριβή. Τμήμα Δασολογίας και Φ.Π., Αριστοτέλειο Παν/μιο Θεσ/νίκης, 245 σελ.
- Στάμου, Ν., 1985. Οικονομική των δασικών εκμεταλλεύσεων. Δασική Οικονομική Ι. Υπηρεσία Δημοσιευμάτων Α.Π.Θ. Θεσσαλονίκη, σελ. 350.
- Υπουργείο Περιβάλλοντος, 2014. Έγκριση του «Οδηγού Εφαρμογής Υποδείγματος για την Εκτίμηση της Αξίας Δασικής Γης στην Ελλάδα» (115963/6070/2014).
- Υπουργείο Περιβάλλοντος, 2016. Πίνακας διατίμησης δασικών προϊόντων (ΥΑ 135369/421, ΦΕΚ 618/2016).



## Επίδραση της θερμοκρασίας του αέρα στα θερμοόρια και ψυχροόρια εξάπλωσης δασικών δέντρων και θάμνων στην Ελλάδα

Μ. Γκουβάς, Α. Σαμαράς, Κ. Θεοδωρόπουλος\*

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να καθοριστεί ποιες θερμομετρικές μεταβλητές συσχετίζονται καλύτερα με τη διαμόρφωση των θερμοορίων εξάπλωσης της ελάτης (*Abies* spp.), της μαύρης πεύκης (*Pinus nigra*) και της οξιάς (*Fagus sylvatica* s.l.), και των ψυχροορίων εξάπλωσης του πουρναριού (*Quercus coccifera*) και του σχίνου (*Pistacia lentiscus*). Για το λόγο αυτό πραγματοποιήθηκε επιλογή πολυάριθμων ακραίων, υψομετρικά, θέσεων εμφάνισης των παραπάνω ειδών από όλη την Ελλάδα. Για κάθε τοποθεσία εκτιμήθηκε, μέσω εξισώσεων παλινδρόμησης, η μέση και η μέση μέγιστη θερμοκρασία του θερμότερου μήνα, η μέση θερμοκρασία της αυξητικής περιόδου, η μέση και η μέση ελάχιστη θερμοκρασία του ψυχρότερου μήνα, καθώς και η μέση ετήσια θερμοκρασία του αέρα. Στη συνέχεια, μελετήθηκε η διασπορά των εκτιμηθέντων τιμών κάθε μεταβλητής περί του μέσου όρου τους (τυπική απόκλιση). Βρέθηκε ότι οι θερινές θερμοκρασίες παίζουν σημαντικότερο ρόλο από τις χειμερινές στη διαμόρφωση των θερμοορίων, ενώ το αντίθετο συμβαίνει για τα ψυχροόρια των διαφόρων φυτικών ειδών, όπως άλλωστε αναμενόταν. Σε όλες τις περιπτώσεις πρέπει πάντα να λαμβάνεται υπόψη και η μέση ετήσια θερμοκρασία.

**Λέξεις κλειδιά:** θερμομετρικές μεταβλητές, *Fagus sylvatica* s.l., *Pinus nigra*, *Abies cephalonica*, *Abies xborisii-regis*, *Quercus coccifera*, *Pistacia lentiscus*.

### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η θερμοκρασία του περιβάλλοντος καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την εξάπλωση των φυτικών ειδών και των φυτοκοινωνιών, λόγω της επίδρασης που έχει σε διεργασίες όπως η φωτοσύνθεση και η αναπνοή των φυτών, καθώς και στην αντοχή των φυτικών ιστών στους παγετούς (Ντάφης 1986). Παρόλα αυτά, η πολυετής έρευνα επί του θέματος δεν έχει αποσαφηνίσει ποιες από τις τιμές της θερμοκρασίας, είναι αυτές που σε παγκόσμιο επίπεδο μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως δείκτες της εξάπλωσης και της ευδοκίμησης των φυτών. Η θερμοκρασία του αέρα ή του εδάφους, οι μέσες ημερήσιες τιμές, οι μέσες μέγιστες και ελάχιστες ή μήπως οι απολύτως μέγιστες και ελάχιστες; Η μέση ετήσια τιμή αυτών των μεταβλητών, του θερμότερου και ψυχρότερου μήνα ή των μηνών της βλαστητικής περιόδου; Σίγουρα η θερμοκρασία του εδάφους και των παρεδαφίων στρωμάτων του αέρα παίζουν καθοριστικότερο ρόλο στη ζωή των φυτών, αφού τα δέντρα και οι θάμνοι αυτού του ύψους (νεαρά φυτά)

παρουσιάζουν μεγάλη ευπάθεια σε ασθένειες και εξωτερικές επιδράσεις (Ντάφης 1986). Επειδή, όμως, οι μετεωρολογικοί σταθμοί με μετρήσεις θερμοκρασίας του εδάφους και των παρεδαφίων στρωμάτων του αέρα είναι ελάχιστοι, οι μελετητές της βλάστησης λαμβάνουν υπόψη τις μετρήσεις θερμοκρασίας του αέρα από τους συνήθεις μετεωρολογικούς σταθμούς (μετρήσεις σε ύψος 1,5-2 m). Οι θερμοκρασίες στο ύψος των 2 m σχετίζονται τόσο με τη θερμοκρασία του εδάφους, όσο και των παρεδαφίων στρωμάτων του αέρα (Kawashima κ.ά. 2000) και συνεπώς αποτελούν δείκτη των θερμοκρασιακών συνθηκών για εδάφη ίδιας κλίσης και προσανατολισμού.

Όσον αφορά, συνεπώς, τη θερμοκρασία του αέρα σε ύψος 2 m από το έδαφος, ήδη από τις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα ερευνητές, όπως ο Mayr και ο Köppen, είχαν δημοσιεύσει τιμές θερμοκρασίας, οι οποίες σηματοδοτούν τα όρια μεταξύ ζωνών βλάστησης (Κοντός 1909, Μουλόπουλος 1965α, Φλόκας 1990). Οι τιμές αυτές, αν και επιτυχείς όπως θα δειχθεί στη συνέχεια, τέθη-

\*Εργαστήριο Δασικής Βοτανικής – Γεωβοτανικής, Τμήμα Δασολογίας και Φυσιικού Περιβάλλοντος, Α.Π.Θ., 541 24 Θεσσαλονίκη



καν προοδευτικά σε αχρηστία (Μουλόπουλος 1965α), προφανώς διότι δεν ήταν εύκολο να εκτιμηθούν οι θερμοκρασίες σε περιοχές που δεν υπήρχαν σταθμοί, ιδιαίτερα στις ορεινές. Έτσι, οι κλιματοδασικές ζώνες του Mayr μάλλον λησμονήθηκαν, παρά το γεγονός ότι από τη δεκαετία του 1980 και μετά έγινε εύκολος ο υπολογισμός της μέσης μηνιαίας και ετήσιας θερμοκρασίας του αέρα (Flocas κ.ά. 1983, Ματζαράκης κ.ά. 1998, Γκουβάς και Σακελλαρίου 2002) με ικανοποιητική ακρίβεια, μέσω εξισώσεων παλινδρόμησης. Αντίθετα, χρησιμοποιείται σχεδόν αποκλειστικά σε μελέτες της βλάστησης η βιοκλιματική κατάταξη του Emberger, μαζί με την κλιματική ταξινόμηση Köppen (Θεοδωρόπουλος 1991, Αθανασιάδης κ.ά. 1992, Δελλά 2000, Γκουβάς 2001, Chasapis κ.ά. 2004, Γερασιμίδης και Κοράκης 2005, Σαμαράς κ.ά. 2008).

Μειονέκτημα της κλιματικής ταξινόμησης Köppen μπορεί να θεωρηθεί η αδρομερής διάκριση των κλιμάτων από θερμοκρασιακής σκοπιάς. Το μειονέκτημα της βιοκλιματικής κατάταξης του Emberger συνίσταται στη χρησιμοποίηση μόνο της μέσης ελάχιστης θερμοκρασίας του ψυχρότερου μήνα για τη διάκριση των βιοκλιματικών ορόφων. Με τη βοήθεια της μέσης ελάχιστης θερμοκρασίας του ψυχρότερου μήνα επιτυγχάνεται, βέβαια, ικανοποιητική προσέγγιση των ορίων μεταξύ διαφορετικών τύπων βλάστησης, αλλά και μεμονωμένων ειδών (Μαυρομμάτης 1980), προφανώς διότι σχετίζεται με την επίδραση των παγετών επί των φυτών (Nahal 1981). Δεν μπορεί να εξηγηθεί όμως, γιατί π.χ. η ελάτη και η μαύρη πεύκη δεν κατέρχονται στις πεδιάδες της κεντρικής και βόρειας Ελλάδας, αν και αυτές οι περιοχές ανήκουν στο βιοκλιματικό όροφο με ψυχρό χειμώνα (μέση ελάχιστη θερμοκρασία του ψυχρότερου μήνα < 3 °C). Γίνεται φανερό ότι στην περίπτωση αυτή παίζουν ρόλο και άλλες παράμετροι, όπως η μέση μέγιστη ή η μέση θερμοκρασία του θερμότερου μήνα.

Σκοπός, λοιπόν, αυτής της εργασίας είναι να διερευνηθεί η επίδραση διαφόρων θερμομετρικών μεταβλητών στον καθορισμό των θερμοορίων και ψυχροορίων ορισμένων σημαντικών δασοπονικών ειδών και των τύπων βλάστησής τους.

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Για τις ανάγκες αυτής της εργασίας ήταν απαραίτητη η ανεύρεση θέσεων με τα μικρότερα υψόμετρα εμφάνισης (θερμοόρια) στον ελλαδικό χώρο της ελάτης (*Abies spp.*), της μαύρης πεύκης (*Pinus nigra*) και της οξιάς (*Fagus sylvatica* s.l.) και θέσεων με τα μεγαλύτερα υψόμετρα εμφάνισης (ψυχροόρια) του πουρναριού

(*Quercus coccifera*) και του σχίνου (*Pistacia lentiscus*). Η ανεύρεση των θέσεων αυτών έγινε με επιτόπιες παρατηρήσεις, βιβλιογραφικά δεδομένα, καθώς και με τη βοήθεια των δασικών χαρτών 1:200.000 της Δασικής Υπηρεσίας (για όσους νομούς ήταν διαθέσιμοι) και των δορυφορικών εικόνων Google Earth από το Internet σε συνδυασμό με τους χάρτες 1:50.000 της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού. Τα βιβλιογραφικά δεδομένα πάρθηκαν κυρίως από τις εργασίες των Φοίτος 1960, Λαυρεντιάδης 1961, Krause κ.ά. 1963, Μουλόπουλος 1965β, Μπασιώτης 1967, Debazac 1970, Παυλίδης 1976, Barbéro και Quézel 1976, Raus 1979, Χριστοδουλάκης 1986, Sarlis 1987, Ντάφης 1989, Κωνσταντινίδης 1990, Bergmeier 1990, Αθανασιάδης κ.ά. 1991 και Δημόπουλος 1993 (το σύνολο των βιβλιογραφικών πηγών δίνεται στους πίνακες I, II, III, IV, V). Δόθηκε ιδιαίτερη προσοχή στην επιλογή των παραπάνω θέσεων, διότι πυρκαγιές, βόσκηση και χαμηλή εδαφική υγρασία έχουν ως αποτέλεσμα την εμφάνιση των φυτών σε υψόμετρα υψηλότερα των θερμοορίων ή χαμηλότερα των ψυχροορίων τους. Για τις θέσεις αυτές καταγράφηκαν τα γεωγραφικά δεδομένα τους, δηλαδή γεωγραφικό μήκος (λ) σε μοίρες, γεωγραφικό πλάτος (φ) σε μοίρες, υψόμετρο (z) σε μέτρα, απόσταση από τη θάλασσα (O) σε χιλιόμετρα, ελάχιστο υψόμετρο της λεκάνης απορροής τους εντός ακτίνας 5 km (Δz) σε μέτρα και προσανατολισμός πλαγιάς. Με βάση τις τιμές λ, φ, z, O, και Δz εκτιμήθηκαν για κάθε τοποθεσία μέσω των εξισώσεων παλινδρόμησης των Γκουβά και Σακελλαρίου (2002): Η μέση ετήσια θερμοκρασία (T), η μέση θερμοκρασία του ψυχρότερου μήνα (Tψ), η μέση ελάχιστη θερμοκρασία του ψυχρότερου μήνα (Tψn), η μέση θερμοκρασία του θερμότερου μήνα (Tθ), η μέση μέγιστη θερμοκρασία του θερμότερου μήνα (Tθx) και η μέση θερμοκρασία της αυξητικής περιόδου Μαΐου - Αυγούστου (Ta) (Αυξητική περίοδος κατά Mayr - Κοντός 1909, Μουλόπουλος 1965α). Τέλος, υπολογίστηκε η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση των T, Tψ, Tψn, Tθ, Tθx και Ta όλων των τοποθεσιών. Για να ερευνηθεί ποια από τις παραπάνω θερμομετρικές μεταβλητές (όρος από Retuerto και Carballeira 1990) παίζει σημαντικότερο ρόλο στην εξάπλωση των φυτών, ο συλλογισμός είναι απλός: αν υποθεθεί ότι η μέση τιμή κάποιος από τις εξεταζόμενες μεταβλητές (T, Tψ, Tψn, Tθ, Tθx και Ta) αποτελεί την απαγορευτική θερμοκρασία εξάπλωσης ενός είδους, τότε θα πρέπει η διασπορά των τιμών της μεταβλητής αυτής περί τη μέση τιμή τους (τυπική απόκλιση) να είναι μικρότερη σε σχέση με τις άλλες μεταβλητές. Με άλλα λόγια, οι τιμές της μεταβλητής

αυτής πρέπει να διαφέρουν όσο το δυνατόν λιγότερο μεταξύ των διαφόρων τοποθεσιών.

Σύμφωνα με τους Dimopoulos κ.ά. (2013), στον ελλαδικό χώρο εμφανίζονται δύο είδη ελάτης: η κεφαλληνιακή ελάτη (*Abies cephalonica*) και η λευκή ελάτη (*A. alba*), καθώς και το υβριδίο τους, η υβριδογενής ελάτη (*A. x borisii-regis*). Με τα όρια εξάπλωσης των ειδών ελάτης και του υβριδίου τους στον ελλαδικό χώρο, καθώς και τα προβλήματα των ταξινομικών σχέσεων μεταξύ των ελληνικών πληθυσμών ελάτης, ασχολήθηκαν κατά καιρούς διάφοροι ερευνητές (Mattfeld 1927, 1930, Panetsos 1975, Μητσόπουλος 1983, Mitsopoulos και Panetsos 1987, Scaltsoyiannes κ.ά. 1991, 1997, 1999, Panetsos 1992, Fady και Conkle 1993, Σκαλτσογιάννης 1996, Δρούζας 2000). Στην παρούσα εργασία δεν έγινε διάκριση μεταξύ του είδους *Abies cephalonica* και του υβριδίου *A. x borisii-regis* και η εργασία αναφέρεται στο γένος *Abies*. Η οξιά, επίσης, θεωρείται σήμερα ως ενιαίο είδος (*Fagus sylvatica* L.) (Christensen 1997, Tsiripidis και Athanasiadis 2003, Papageorgiou κ.ά. 2008) και όλες οι διαφοροποιήσεις της στον ελλαδικό χώρο συμπεριλαμβάνονται κάτω από το *Fagus sylvatica* s.l..

#### ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στους Πίνακες I, II, III, IV, V παρουσιάζονται τα γεωγραφικά δεδομένα των τοποθεσιών των θερμοορίων της ελάτης, της μαύρης πεύκης και της οξιάς και των ψυχοορίων του πουρναριού και του σχίνου στη χώρα μας. Επίσης, για κάθε μια από αυτές τις τοποθεσίες δίνονται οι τιμές των T, Tψ, Tψη, Tθ, Tθx και Ta, υπολογισμένες μέσω των εξισώσεων παλινδρόμησης των Γκουβά και Σακελλαρίου (2002), καθώς και η μέση τιμή, η τυπική απόκλιση, η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή τους για το σύνολο των θέσεων εμφάνισης κάθε είδους.

#### Τα θερμοόρια της ελάτης, της μαύρης πεύκης και της οξιάς

Στους Πίνακες I, II, III παρατηρείται ότι για την ελάτη, τη μαύρη πεύκη και την οξιά η τυπική απόκλιση της Tθx είναι μικρότερη από εκείνη της Tψη ( $1,1 < 1,4$ ,  $1,4 < 1,9$  και  $1,4 < 1,7$ ). Το ίδιο ισχύει και για τη μέση θερμοκρασία του θερμότερου και του ψυχρότερου μήνα: η τυπική απόκλιση της Tθ είναι μικρότερη από εκείνη της Tψ (με εξαίρεση την ελάτη). Αυτό σημαίνει ότι οι θερινές θερμοκρασίες παίζουν σημαντικότερο ρόλο από τις χειμερινές στη διαμόρφωση των θερμοορίων εξάπλωσης των ειδών αυτών. Να σημειωθεί ότι το τυπικό σφάλμα εκτίμησης της εξίσωσης παλινδρόμησης για την Tθx είναι μεγαλύτερο εκείνου της εξίσωσης για την Tψη

(Γκουβάς και Σακελλαρίου 2002). Επίσης, το τυπικό σφάλμα εκτίμησης της εξίσωσης παλινδρόμησης για την Tθ είναι μεγαλύτερο εκείνου της Tψ, καθότι αυτές υπολογίστηκαν ως το ημίθροισμα της μέσης ελάχιστης και μέσης μέγιστης θερμοκρασίας του θερμότερου και του ψυχρότερου μήνα αντίστοιχα από τις εξισώσεις των Γκουβά και Σακελλαρίου (2002). Ενδέχεται, συνεπώς, η τυπική απόκλιση των πραγματικών τιμών Tθ και Tθx των υπό μελέτη τοποθεσιών να είναι ακόμα μικρότερη εκείνης των πραγματικών τιμών Tψ και Tψη.

Άλλο αξιοσημείωτο στοιχείο είναι ότι, οι μέσες τιμές των Tθx και Tθ για τα τρία είδη διαφέρουν ελάχιστα μεταξύ τους (28,7 °C, 28,4 °C, 27,8 °C για την Tθx και 23,1 °C, 22,9 °C και 22,7 °C για την Tθ) σε αντίθεση με τις μέσες τιμές των Tψ και Tψη (5,4 °C, 4 °C και 3,1 °C για την Tψ και 1,9 °C, 0,8 °C, και 0,2 °C για την Tψη). Και αυτό το στοιχείο αποδεικνύει τη σημασία των θερινών θερμοκρασιών στον καθορισμό των θερμοορίων των ειδών, αφού για τα τρία αυτά δασοπονικά είδη που φύονται στην ίδια ζώνη βλάστησης και σχηματίζουν μικτά δάση (Αθανασιάδης 1986), είναι λογικό ότι και οι δυσμενείς για την εξάπλωσή τους θερμοκρασίες πρέπει να είναι περίπου οι ίδιες. Συνεπώς, για μέση θερμοκρασία Ιουλίου μικρότερη των 23 °C και μέση μέγιστη θερμοκρασία Ιουλίου μικρότερη των 28,5 °C και σε πλαγιές με ΒΔ, Β, ΒΑ και Α προσανατολισμό (βάσει των επικρατούντων εκθέσεων στους πίνακες I, II και III) δύναται να αναπτυχθούν δάση ελάτης, μαύρης πεύκης και οξιάς, εφόσον βέβαια δεν αποτελεί περιοριστικό παράγοντα η εδαφική υγρασία. Στις υπόλοιπες εκθέσεις και σε μικρές αποστάσεις από τις δειγματοληπτικές θέσεις των πινάκων I, II και III, τα ίδια είδη φύονται έως και 400 m. ψηλότερα, όπως πιστοποιείται από τις επιτόπιες παρατηρήσεις, φύονται, δηλαδή, σε περιβάλλοντα ψυχρότερα κατά 2,5 - 3,3 °C σύμφωνα με τις εξισώσεις των Γκουβά και Σακελλαρίου (2002), που αδυνατούν να υπολογίσουν τυχόν διαφορές θερμοκρασίας αέρα μεταξύ διαφορετικών εκθέσεων βουνοπλαγιών. Οι παραπάνω τιμές Tθ και Tθx φαίνεται ότι ισχύουν και εκτός Ελλάδας. Στην Κύπρο, σύμφωνα με τη Δελλά (2000), τα θερμοόρια της μαύρης πεύκης βρίσκονται στα 1200 m και με βάση τα δεδομένα των μετεωρολογικών σταθμών Αγρού, Πλατανιών, Προδρόμου και Τροόδου εκτιμάται ότι Tθ = 23 °C και Tθx = 29 °C για το υψόμετρο των 1200 m.

Επειδή η παραπάνω περιοριστική, της εξάπλωσης των εκτεταμένων ελληνικών δασών ελάτης, μαύρης πεύκης και οξιάς, μέση θερμοκρασία του θερμότερου μήνα είναι πολύ κοντά στην τιμή των 22 °C, φαίνεται ότι το κριτήριο του Köppen (Φλόκας 1990) για τη

**Πίνακας I.** Γεωγραφικά δεδομένα των θερμοορίων της ελάτης στη χώρα μας και εκτιμώμενες τιμές των θερμομετρικών μεταβλητών για κάθε τοποθεσία  
**Table I.** Geographic data of fir's lower altitudinal distribution limits in Greece and correspondingly estimated values of air temperature variables for every site

ΝΟΜΟΣ	ΠΛΗΣΙΣΤΕΡΟΙ ΟΙΚΙΣΜΟΙ	ΟΡΟΣ	z (m)	φ (°)	λ (°)	ΕΛΑΤΗ Ο (km)	Δz (m)	ΕΚΘΕΣΗ	ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΙΚΕΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ (°C)							ΕΙΔΟΣ
									Τψ	Τθ	Τ	Τψη	Τθχ	Τα	ΠΗΓΗ	
Αρκαδίας	Μάρων, Κουνουπιδιά	Πάρνωνας	700	37,1	22,8	9	200	BA	6,1	21,8	13,8	2,6	27,3	19,9	Επιτόμιες παρατηρήσεις	Abies cephalonica
Αρκαδίας	Σίτρινα, Πλάτανος	Πάρνωνας	600	37,4	22,7	12	400	BA	6,7	23,3	14,8	3,4	28,3	21,2	Επιτόμιες παρατηρήσεις	Abies cephalonica
Αρκαδίας	Κιάφας	Μαινάλο	700	37,6	22,4	32	70	BA	4,8	21,4	12,9	0,6	28,1	19,3	Επιτόμιες παρατηρήσεις	Abies cephalonica
Αρκαδίας	Βλαχέρνα	Μαινάλο	740	37,7	22,2	47	200	B	4,7	21,7	13,0	0,8	28,1	19,6	Επιτόμιες παρατηρήσεις	Abies cephalonica
Άρτας	Παλατιχώρι	Αθωνικά	600	39,4	21,3	39	100	B	3,8	22,3	12,9	-0,2	29,1	20,0	Δορ. Εικ. Google Earth	Abies species
Αττικής	-	Πάρνηθα	600	38	23,7	16	300	B	5,9	23,0	14,3	2,7	27,9	20,8	Κοντός (1909)	Abies cephalonica
Αχαΐας	Κάτω Βλασία	Ερύμανθος	700	38	21,9	26	100	A	4,6	21,4	12,8	0,5	28,0	19,3	Δασικοί χάρτες	Abies cephalonica
Αχαΐας	Αλεποχώρι	Ερύμανθος	650	38	21,8	22	350	B	5,6	22,7	14,0	2,1	28,3	20,6	Δορ. Εικ. Google Earth	Abies species
Αχαΐας	Λυκουβία	Σατιάς	700	37,9	22,2	36	220	B	4,9	22,1	13,3	1,1	28,2	19,9	Επιτόμιες παρατηρήσεις	Abies cephalonica
Βοιωτίας	Αράχθια	Ξεροβούνι	570	38,4	22,7	10	350	B	5,5	23,4	14,3	2,3	28,6	21,2	Επιτόμιες παρατηρήσεις	Abies cephalonica
Ευβοίας	Κούλουρος	Ξηρόν Όρος	350	38,9	23,3	6	300	B	6,6	25,0	15,6	3,5	29,8	22,6	Δασικοί χάρτες	Abies cephalonica
Ευβοίας	Τρούπι	Κανδήλι	310	38,7	23,4	4	250	B	7,1	25,1	15,8	4,0	29,9	22,8	Krause et al. (1963)	Abies cephalonica
Ευβοίας	Βλαχιά	Δίρφος	350	38,7	23,7	0,5	350	A	7,3	24,9	15,8	4,7	28,7	22,6	Δασικοί χάρτες	Abies cephalonica
Ευρυτανίας	Ρόσκα	Πανατωλικό	500	38,8	21,8	42	200	B	5,2	23,7	14,2	1,3	30,1	21,4	Δασικοί χάρτες	Abies cephalonica
Ευρυτανίας	Κάτω Ραπτόπουλο	Άγρφα	600	39,2	21,5	33	300	B	4,4	23,1	13,6	0,8	29,1	20,8	Δασικοί χάρτες	Abies x borisii-regis
Ευρυτανίας	Φιδάκια	Χελιδών	600	38,9	21,7	43	350	B	4,7	23,4	13,8	1,0	29,3	21,0	Δασικοί χάρτες	Abies cephalonica
Ηλείας	Αστράς	Λάμπια	750	37,9	21,9	34	150	B	4,6	21,2	12,7	0,5	27,7	19,2	Δορ. Εικ. Google Earth	Abies species
Καρδίτσας	Συκιά, Νεοχώρια	Ταξιδάρης	500	39,3	21,4	34	150	BΔ	4,7	23,5	13,9	0,8	29,9	21,0	Δασικοί χάρτες	Abies x borisii-regis
Καρδίτσας	Δρακόρυπα	Καρέβα	700	39,4	21,6	58	400	B	3,4	22,7	12,9	-0,1	28,7	20,3	Δασικοί χάρτες	Abies x borisii-regis
Κεφαλληνίας	Χαλιούτα	Αίγιος	600	38,2	20,6	6	550	BΔ	7,7	22,6	15,0	4,6	26,8	20,6	Δορ. Εικ. Google Earth	Abies cephalonica
Κοζάνης	Ελάτη	Καμβούνια	500	40	21,8	65	200	B	3,6	23,9	13,5	-0,2	30,4	21,4	Δασικοί χάρτες	Abies x borisii-regis
Κορινθίας	Πισαία	Γεράνεια	650	38,2	23	5	650	B	5,9	23,3	14,4	3,2	27,4	21,2	Επιτόμιες παρατηρήσεις	Abies cephalonica
Κορινθίας	Λαύκα	Ολυμπός	650	37,9	22,5	28	50	B	4,8	21,6	13,0	0,6	28,5	19,6	Επιτόμιες παρατηρήσεις	Abies cephalonica
Λακωνίας	Μονή Αμπελάκη	Τα ύψος	500	37,3	22,2	29	100	BA	6,8	23,2	14,8	2,7	29,7	21,1	Επιτόμιες παρατηρήσεις	Abies cephalonica
Λαρισης	Σπηλιά	Όσσα	600	39,8	22,7	12	600	BΔ	4,1	23,7	13,7	1,3	28,3	21,3	Δασικοί χάρτες	Abies x borisii-regis
Μεσσηνίας	Κυβέλια	Ζίζαλι	800	36,8	22,4	6	600	BΔ	6,5	22,0	14,2	3,7	26,3	20,1	Δασικοί χάρτες	Abies cephalonica
Μεσσηνίας	Αρτεμισία	Ταύγετος	700	37,1	22,3	12	300	B	6,3	22,1	14,1	2,8	27,5	20,2	Δασικοί χάρτες	Abies cephalonica
Πελοπ.	Λιτόχωρο	Όλυμπος	300	40,1	22,5	5	300	BA	5,4	25,4	15,2	2,4	30,3	22,9	Νιράφης (1989)	Abies x borisii-regis
Φθιώπιδας	-	Γουινιάς	400	38,9	22,1	40	300	BA	5,8	25,0	15,1	2,1	31,0	22,5	Φαίτης (1960)	Abies cephalonica
Φθιώπιδας	Τίθορα	Παρασαός	500	38,6	22,7	22	340	BA	5,6	24,1	14,7	2,2	29,6	21,8	Επιτόμιες παρατηρήσεις	Abies cephalonica
Φωκίδας	Γραβιά	Παρασαός	600	38,7	22,4	22	300	BΔ	4,8	23,2	13,8	1,3	28,8	20,9	Δασικοί χάρτες	Abies cephalonica
Φωκίδας	Πενταγίου, Τρίστενα	Βλαχβούνι	600	38,6	22,1	24	300	A	4,9	23,1	13,8	1,3	28,9	20,8	Δασικοί χάρτες	Abies cephalonica
									Μέση τιμή	5,4	23,1	14,1	1,9	28,7	20,9	
									Τυπική απόκλιση	1,1	1,2	0,9	1,4	1,1	1,0	
									Μέγιστη τιμή	7,7	25,4	15,8	4,7	31,0	22,9	
									Ελάχιστη τιμή	3,4	21,2	12,7	-0,2	26,3	19,2	

**Πίνακας II.** Γεωγραφικά δεδομένα των θερμοοροίων της μετώπης πεύκης στη χώρα μας και εκτιμώμενες τιμές των θερμομετρικών μεταβλητών για κάθε τοποθεσία  
**Table II.** Geographic data of black pine's lower altitudinal distribution limits in Greece and correspondingly estimated values of air temperature variables for every site

ΝΟΜΟΣ	ΠΛΗΣΙΣΤΕΡΟΙ	ΟΡΟΣ	z (m)	φ (°)	λ (°)	Μάση Πεύκη		Θερμομετρικές μεταβλητές (°C)					ΠΗΓΗ		
						Ο (km)	Δz (m)	Τ	Τ <sub>ση</sub>	Τ <sub>δχ</sub>	Τ <sub>α</sub>				
Αχαΐας	Λίμνη Τσιβλού	Χελμός	700	38,08	22,23	11	20	B	4,3	20,8	12,3	0,1	27,6	18,7	Επιτόπιες παρατηρήσεις
Βοιωτίας	Λειβαδιά	Ελικώνας	750	38,6	22,8	14	550	-	4,3	22,4	13,2	1,4	27,2	20,2	Debazac (1970)
Γρεβενών	Μικρολίβαδο	Τσοκού Κάραλη	700	39,95	21,25	101	100	B	2,2	21,7	11,9	-1,9	29,0	19,4	Δασικοί χάρτες
Δράμας	Λευκόςγεια	Φαλακρό	600	41,4	23,9	70	100	Δ	1,2	20,5	11,0	-2,4	26,9	18,7	Δασικοί χάρτες
Δράμας	Παρανέστι	Ροδόπη	400	41,27	24,48	35	250	-	3,3	22,6	13,0	0,2	27,8	20,6	Μπασσιώτης (1967)
Έβρου	Μικρά Δέφειον	Ροδόπη	200	41,3	26,12	53	100	ΒΔ	2,9	23,6	13,5	-0,6	30,1	21,3	Δασικοί χάρτες
Έβρου	Δαδιά	-	100	41,12	26,13	34	70	B	3,9	24,6	14,4	0,4	30,8	22,1	Μπασσιώτης (1967)
Ευβοίας	Κοκκινομηλέα	Ξηρόν Ορος	500	38	23,28	10	300	Δ	6,5	23,8	15,0	3,3	28,8	21,6	Δασικοί χάρτες
Ημαθίας	Δάσκιον, Ριζώματα	Πιέρια	600	40,35	23,17	36	450	ΒΔ	3,1	23,1	13,0	0,1	28,2	20,8	Δασικοί χάρτες
Καβάλας	Νάουσα	Βέριμο	800	40,6	22,02	50	600	B	1,5	22,1	11,8	-1,3	27,4	19,8	Δασικοί χάρτες
Καστοριάς	Κορησός	Υψάριον	200	40,73	24,68	4	200	ΒΑ	5,6	24,5	15,0	2,8	29,0	22,3	Δασικοί χάρτες
Κοζάνης	Κορησός	Κορησός	800	40,5	21,38	103	150	B	0,9	21,0	11,0	-2,9	28,1	18,8	Δασικοί χάρτες
Κορινθίας	Βελεντός	Πιέρια	600	40,25	22,1	39	300	ΒΔ	2,8	23,1	12,9	-0,5	29,0	20,7	Δασικοί χάρτες
Κορινθίας	-	Ζήρια	660	38,1	22,5	15	300	Δ	5,2	22,6	13,7	1,7	28,0	20,4	Δημόπουλος (1993)
Λακωνίας	Βαμβακού	Πάρνωνας	850	37,25	22,55	25	200	ΒΑ	4,7	20,7	12,6	1,0	26,6	18,8	Επιτόπιες παρατηρήσεις
Λέσβου	Πτερούντα	Προφ. Ηλίας	400	39,22	26,12	6	300	ΒΑ	5,9	24,4	15,0	3,6	28,2	22,0	Δασικοί χάρτες
Μεσσηνίας	Πηγαί	Ταύγετος	700	37,1	22,25	12	300	ΒΔ	6,3	22,1	14,1	2,8	27,5	20,2	Δασικοί χάρτες
Μεσσηνίας	Τσέρια	Ταύγετος	700	36,92	22,28	8	500	ΒΔ	6,9	22,7	14,6	3,8	27,3	20,7	Δασικοί χάρτες
Πέλλας	Λουτράκι	Βόρας	400	40,98	21,83	80	250	A	3,2	24,5	13,8	-0,3	30,8	22,1	Δασικοί χάρτες
Πέλλας	Μοναστηράκι	Βόρας	450	40,93	21,95	75	270	B	2,9	24,1	13,5	-0,5	30,3	21,7	Μπασσιώτης (1967)
Πιερίας	Λιτόχωρο	Όλυμπος	250	40,11	22,55	6	100	A	5,3	25,0	14,9	1,8	30,8	22,5	Debazac (1970)
Πιερίας	Πλαταμώνας	Κάτω Όλυμπος	400	39,9	22,6	2,5	300	ΒΑ	5,1	24,5	14,6	2,1	29,3	22,0	Bergmeier (1990)
Ροδόπης	Πετρωτά	Ίσμαρος	100	40,92	25,62	6	100	-	5,3	24,6	15,0	2,2	29,7	22,3	Επιτόπιες παρατηρήσεις
Σάμου	-	Καρθούνης	850	37,75	26,75	8	400	-	4,5	21,1	12,8	2,5	24,7	19,2	Χριστοδουλάκης (1986)
Σερρών	Άνω Πορόια	Κέρκνη	600	41,28	23,07	72	550	ΝΔ	2,0	22,6	12,4	-0,8	27,8	20,6	Δασικοί χάρτες
Τρικάλων	Πεύκη	Χάσια	800	39,8	21,39	86	450	ΝΔ	2,3	22,1	12,1	-1,1	28,1	19,7	Debazac (1970)
Φθιώτιδας	Μενδένισσα	Καλιίδρομο	500	38,75	22,6	8	400	B	5,7	24,2	14,7	2,6	29,1	21,8	Debazac (1970)
Φωκίδας	Πολύδροσος	Παρασσός	750	38,63	22,55	21	500	B	4,1	22,4	13,1	1,0	27,5	20,2	Debazac (1970)
Χαλκιδικής	(χερσ. Σιθωνίας)	Ίταμος	420	40,13	23,85	5	420	B	5,1	24,2	14,5	2,5	28,3	21,9	Αθανασιάδης κ.ά. (1992)
								Μέση τιμή	4,0	22,9	13,4	0,8	28,4	20,7	
								Τυπική απόκλιση	1,7	1,4	1,2	1,9	1,4	1,2	
								Μέγιστη τιμή	6,9	25,0	15,0	3,8	30,8	22,5	
								Ελάχιστη τιμή	0,9	20,5	11,0	-2,9	24,7	18,7	

**Πίνακας III.** Γεωγραφικά δεδομένα των θερμοορίων της οξείας στη χώρα μας και εκτιμώμενες τιμές των θερμομετρικών μεταβλητών για κάθε τοποθεσία  
**Table III.** Geographic data of beech's lower altitudinal distribution limits in Greece and correspondingly estimated values of air temperature variables for every site

ΝΟΜΟΣ	ΠΛΗΣΙΕΣΤΕΡΟΙ ΟΙΚΙΣΜΟΙ	ΟΡΟΣ	z (m)	φ (°)	λ (°)	Οξεία Ο (km)	Δz (m)	ΕΚΘΕΣΗ	Θερμομετρικές μεταβλητές (°C)						
									Τύπ	Τθ	Τ	Τψη	Τθχ	Τα	ΠΗΓΗ
Άγιον Όρος	-	Άθως	800	40,17	24,3	2	800	-	3,2	21,5	12,3	1,4	24,4	19,4	Μουλόπουλος (1965β)
Έβρου	-	Μπουκαπέ	700	41,1	26,07	30	500	-	0,9	20,9	11,2	-1,7	25,7	18,7	Μουλόπουλος (1965β)
Ημαθίας	Καστανιά	Βέρμιο	720	40,43	22,15	38	400	-	2,0	22,3	12,1	-1,1	27,9	20,0	Μουλόπουλος (1965β)
Θεσσαλονίκης	-	Χορτιάτης	700	40,53	23,23	21	500	-	2,4	22,1	12,2	-0,3	26,9	19,9	Μουλόπουλος (1965β)
Ιωαννίνων	Τσαπέλοβο	Τύμφη	940	39,92	20,82	63	240	-	1,5	20,0	10,8	-2,0	26,3	17,7	Μουλόπουλος (1965β)
Καβάλας	Νικηριανή	Παγγαίο	500	40,93	24,02	16	400	B	3,4	22,8	13,1	0,7	27,3	20,7	Δασικοί χάρτες
Λαρίσης	-	Όσσα	280	39,85	22,73	2	280	-	6,0	25,4	15,4	3,0	30,1	22,9	Μουλόπουλος (1965β)
Λαρίσης	Σκλήθρο	Μαυροβούνι	360	39,62	22,87	3	360	-	5,8	25,0	15,2	2,9	29,6	22,6	Μουλόπουλος (1965β)
Λαρίσης	Τίρναβος, Βερδικούσα	Αντιχάσια	650	39,78	21,98	67	450	-	3,1	23,4	13,1	-0,2	29,2	20,9	Μουλόπουλος (1965β)
Μαγνησίας	Μακρυρράχη	Πήλιο	470	39,42	23,12	3	470	A	5,5	24,3	14,7	2,8	28,6	22,0	Μουλόπουλος (1965β)
Ξάνθης	Γέρακα, Πίλημα	-	180	41,18	24,85	28	100	-	4,5	23,9	14,2	1,1	29,5	21,7	Μουλόπουλος (1965β)
Πέλλας	Όριμα	Βόρας	650	40,93	21,87	81	450	-	1,8	22,9	12,5	-1,2	28,8	20,7	Μουλόπουλος (1965β)
Περία	Σκοτεινά	Πιέρια	600	40,22	22,32	21	150	-	2,7	22,4	12,5	-0,8	28,6	20,1	Μουλόπουλος (1965β)
Περία	Παντελεήμων	Όλυμπος	550	40	22,53	5	550	B	4,2	23,9	13,9	1,6	28,3	21,5	Μουλόπουλος (1965β)
Ροδόπης	-	Χιονότοπος	400	41,2	25,37	30	300	A	3,1	22,6	13,1	0,2	27,7	20,5	Μουλόπουλος (1965β)
Σερρών	-	Κερκίνη	550	41,3	22,97	76	500	ΝΔ	2,2	23,0	12,7	-0,7	28,3	20,9	Μουλόπουλος (1965β)
Σερρών	-	Κερδύλλια	400	40,77	23,73	2	400	-	4,5	23,7	14,1	2,1	27,7	21,5	Μουλόπουλος (1965β)
Τρικάλων	Κόρη	Νότια Πίνδος	1000	39,53	21,57	68	900	-	1,8	21,3	11,5	-1,1	26,3	19,0	Μουλόπουλος (1965β)
Φλωρίνης	Πισοδέρι	Βαρνούς	940	40,75	21,38	106	300	B	0,0	20,3	10,3	-3,4	26,8	18,1	Μουλόπουλος (1965β)
Χαλκιδικής	Ταξιάρχης	Χολομώντας	640	40,48	23,44	18	160	B	2,4	21,5	11,9	-0,9	27,1	19,4	Θεοδωρόπουλος (1991)
Χαλκιδικής	-	Βαρβάρας	400	40,6	23,67	10	200	-	4,1	23,5	13,7	1,1	28,5	21,2	Μουλόπουλος (1965β)
Μέση τιμή									3,1	22,7	12,9	0,2	27,8	20,4	
Τυπική απόκλιση									1,6	1,5	1,4	1,7	1,4	1,4	
Μέγιστη τιμή									6,0	25,4	15,4	3,0	30,1	22,9	
Ελάχιστη τιμή									0,0	20,0	10,3	-3,4	24,4	17,7	



**Πίνακας IV.** Γεωγραφικά δεδομένα των ψυχροορίων του πουρναραίου στη χώρα μας και εκτιμώμενες τιμές των θερμομετρικών μεταβλητών για κάθε τοποθεσία  
**Table IV.** Geographic data of kermes oak's higher altitudinal distribution limits in Greece and correspondingly estimated values of air temperature variables for every site

ΝΟΜΟΣ	ΠΛΗΣΙΕΣΤΕΡΟΙ ΟΙΚΙΣΜΟΙ	ΟΡΟΣ	z (m)	φ (°)	λ (°)	Πουρνάρι			Θερμομετρικές μεταβλητές (°C)				ΠΗΓΗ		
						Ο (km)	Δz (m)	ΕΚΘΕΣΗ	Τψ	Τθ	Τ	Τψη		Τθχ	Τα
-	-	Ροδόπη	400	41	25	20	300	-	3,7	22,9	13,4	0,9	27,7	20,8	Μαυρομάτης (1980)
Αρκαδίας	Ροεινό	Μαίναλο	1400	37,6	22,3	43	600	Δ	1,1	17,1	9,1	-2,1	22,4	15,4	Επιτόπιες παρατηρήσεις
Αττικής	-	Πάρνηθα	1200	38,15	23,7	17	900	N	2,4	19,2	10,8	0,2	22,9	17,3	Επιτόπιες παρατηρήσεις
Αχαΐας	Χαλανδρίτσα	Ερύμανθος	1250	38	21,88	26	750	B	2,0	18,5	10,3	-0,9	23,4	16,7	Barbero et Quezel (1976)
Δράμας	-	Ροδόπη	550	41,37	24,28	49	300	NΔ	2,1	21,5	12,0	-0,9	26,8	19,6	Αθανασιάδης κ.ά. (1991)
Ευρυτανίας	Καρπενηήσι	Τυμφορητός	1350	38,88	21,88	57	400	N	-0,5	17,2	8,4	-3,9	23,3	15,2	Φοίτος (1960)
Ηρακλείου	Γέρμερη	Ίδη	1600	35,16	25	16	1200	N	3,8	16,8	10,3	2,0	19,5	15,2	Sarlis (1987)
Θεσσαλονίκης	Χαριτιάτις	Χορτιάτις	990	40,58	23,1	12	600	NΔ	0,6	19,8	10,3	-1,8	24,2	17,8	Chasapis et al. (2004)
Ιωαννίνων	-	Μπαϊκέλι	1200	39,75	20,82	54	720	NΔ	0,7	18,9	9,9	-2,1	24,0	16,8	Γερασιμίδης και Κοράκης 2005
Κορινθίας	Λαύκα	Ολιγυρτός	1500	37,82	22,37	42	800	N	0,3	16,7	8,6	-2,6	21,6	14,9	Barbero et Quezel (1976)
Κορινθίας	-	Ζήρια	1580	38	22,5	20	800	N	-0,3	15,9	7,9	-2,9	20,5	14,2	Δημόπουλος (1993)
Λακωνίας	Βαμβακού	Πάρνωνας	1450	37,25	22,56	24	650	Δ	1,3	16,7	9,1	-1,6	21,6	15,1	Barbero et Quezel (1976)
Λακωνίας	-	Ταύεντος	1500	37,12	22,25	15	1000	A	1,7	16,8	9,4	-0,8	20,9	15,2	Barbero et Quezel (1976)
Λασιθίου	-	Δίκτη	1600	35,14	25,6	14	800	N	3,5	15,8	9,7	1,4	19,0	14,3	Sarlis (1987)
Μαγνησίας	Ζαγορά	Κάτω Όλυμπος	1000	39,42	23,08	6	800	B	-2,2	20,6	11,3	-0,1	24,4	18,4	Barbero et Quezel (1976)
Περίας	-	Μενοίκιο	1210	39,9	22,55	10	600	NΔ	2,0	18,4	11,2	-2,7	23,1	16,4	Bergmeier (1990)
Σερρών	Χρυσοπηγή	Μετέωρα	700	41,2	23,7	52	300	Δ	1,3	20,8	11,2	-1,8	26,3	18,9	Επιτόπιες παρατηρήσεις
Τρικάλων	-	Χάσια	1100	39,78	21,85	75	600	N	0,3	19,9	10,1	-2,8	25,6	17,6	Barbero et Quezel (1976)
Τρικάλων	Τρυμόνα	Νεράδα	1200	39,8	21,4	85	850	A	0,1	19,5	9,8	-2,8	24,8	17,3	Barbero et Quezel (1976)
Τρικάλων	Ψυχή	Χολομώντας	1300	39,57	21,38	59	600	N	-0,5	18,0	8,9	-3,5	23,6	15,9	Barbero et Quezel (1976)
Χαλκιδικής	Ταξιδάρχη	Ίταμος	880	40,4	23,5	19	550	BΔ	1,5	20,7	11,1	-1,0	25,2	18,6	Θεοδωρόπουλος (1991)
Χαλκιδικής	(χερσ. Σίθωνιας)	Λευκά Όρη	780	40,13	23,85	5	780	-	3,1	21,9	12,4	1,1	25,3	19,7	Παυλίδης (1976)
Χανίων	Ομαλός	-	1450	35,32	23,88	6	1200	BΔ	4,6	18,3	11,5	2,8	21,1	16,6	Sarlis (1987)
							Μέση τιμή		1,5	18,8	10,2	-1,1	23,3	16,9	
							Τυπική απόκλιση		1,5	2,0	1,4	1,8	2,3	1,8	
							Μέγιστη τιμή		4,6	22,9	13,4	2,8	27,7	20,8	
							Ελάχιστη τιμή		-0,5	15,8	7,9	-3,9	19,0	14,2	

**Πίνακας V.** Γεωγραφικά δεδομένα των ψυχροορίων του σγίνου στη χώρα μας και εκτιμώμενες τιμές των θερμομετρικών μεταβλητών για κάθε τοποθεσία  
**Table V.** Geographic data of lentise's higher altitudinal distribution limits in Greece and correspondingly estimated values of air temperature variables for every site

ΝΟΜΟΣ	ΠΛΗΣΙΕΣΤΕΡΟΙ ΟΙΚΙΣΜΟΙ	ΟΡΟΣ	z (m)	φ (°)	λ (°)	Ο (km)	Δz (m)	ΕΚΘΕΣΗ	Θερμομετρικές μεταβλητές (°C)				ΠΗΓΗ		
									Τψ	Τθ	Τ	Τψη		Τθχ	Τα
Αρκαδίας	Σκορτσινός	Χελμός	600	37,29	22,23	32	250	N	6,5	23,0	14,5	2,6	28,9	20,9	Επιτόπιες παρατηρήσεις
Αττικής	-	Υμητός	600	37,8	23,75	8	400	N	6,4	23,1	14,6	3,6	27,5	21,0	Γκουβάς (2001)
Αχαΐας	Χαλανδρίτσα	Παναχαϊκό	400	38,12	21,78	12	240	Δ	7,1	24,4	15,5	3,4	30,1	22,1	Barbero et Quezel (1976)
Κορινθίας	-	Ζήρια	630	38,1	22,5	14	300	A	5,4	22,8	13,9	1,9	28,2	20,6	Δημόπουλος (1993)
Κορινθίας	Λουτράκι	Γεράνεια	750	38	22,9	3	750	NΔ	5,6	22,6	14,0	3,1	26,4	20,5	Επιτόπιες παρατηρήσεις
Λακωνίας	Καλλιθέα	Πάρνωνας	650	37,1	22,63	33	150	N	6,0	22,3	14,0	2,1	28,5	20,3	Barbero et Quezel (1976)
Μαγνησίας	Συκή	Πήλιο	350	39,25	23,3	4	350	-	6,3	25,1	15,4	3,4	29,6	22,7	Raus (1979)
Μεσσηνίας	Αρτεμισία	Ταύεντος	650	37,1	22,15	8	600	B	7,2	23,3	15,1	4,2	27,7	21,3	Barbero et Quezel (1976)
Χαλκιδικής	Νέα Σκιάνη	Παλαϊκόαστρο	300	40	23,5	3,5	300	-	5,8	25,0	15,2	3,0	29,5	22,6	Λαυρεντιάδης (1961)
Χαλκιδικής	(χερσ. Σίθωνιας)	Ίταμος	300	40,13	23,85	4	300	-	5,7	24,8	15,1	3,0	29,2	22,5	Κωνσταντινίδης (1990)
							Μέση τιμή		6,2	23,6	14,7	3,0	28,6	21,5	
							Τυπική απόκλιση		0,6	1,1	0,6	0,7	1,1	0,9	
							Μέγιστη τιμή		7,2	25,1	15,5	4,2	30,1	22,7	
							Ελάχιστη τιμή		5,4	22,3	13,9	1,9	26,4	20,3	

διάκριση του θέρους σε θερμό και πολύ θερμό είναι κατάλληλο από οικολογικής σκοπιάς, τουλάχιστον για τη χώρα μας.

Όσον αφορά τη μέση ετήσια θερμοκρασία (T) και τη μέση θερμοκρασία της αυξητικής περιόδου (Ta) των θερμοορίων της ελάτης, της μαύρης πεύκης και της οξιάς, αυτές παρουσιάζουν ακόμη μικρότερη τυπική απόκλιση σε σχέση με τις Tψ, Tψη, Tθ και Tθx, ενώ ο μέσος όρος αυτών για όλες τις τοποθεσίες κυμαίνεται και για τα τρία είδη γύρω από την τιμή των 13,5 °C για την T και των 20,5 °C για την Ta. Κατά συνέπεια, η μέση ετήσια θερμοκρασία και η μέση θερμοκρασία της αυξητικής περιόδου παίζουν σημαντικότερο ρόλο στη διαμόρφωση των θερμοορίων των τριών αυτών ειδών σε σχέση με τις θερινές θερμοκρασίες. Άξια παρατήρησης είναι η καλή αντιστοιχία αυτών των τιμών με εκείνων του Mayr. Σύμφωνα με τον Mayr (αναφερόμενος από Κοντό 1909, 1921, Μουλόπουλο 1965α) η δασική κλιματική ζώνη της καστανιάς εμφανίζεται στις περιοχές με  $20\text{ }^{\circ}\text{C} < Ta < 23\text{ }^{\circ}\text{C}$  και  $13\text{ }^{\circ}\text{C} < T < 17\text{ }^{\circ}\text{C}$ , ενώ η αμέσως ψυχροβιότερη ζώνη (της οξιάς) στις περιοχές με  $16\text{ }^{\circ}\text{C} < Ta < 18\text{ }^{\circ}\text{C}$  και  $7\text{ }^{\circ}\text{C} < T < 12\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Η ασυνέχεια των θερμοκρασιών που παρατηρείται ανάμεσα στα θερμοόρια της ζώνης της οξιάς και τα ψυχροόρια της ζώνης της καστανιάς είτε οφείλεται στον περιορισμένο αριθμό μετεωρολογικών σταθμών της εποχής εκείνης, είτε σε λόγους ανάδειξης της ύπαρξης μεταβατικών ζωνών. Οι τιμές θερμοκρασίας  $T = 13,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  και  $Ta = 20,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  για τα θερμοόρια της ζώνης των δασών ελάτης, μαύρης πεύκης και οξιάς στη χώρα μας, που προκύπτουν από την παρούσα εργασία, προσεγγίζουν ικανοποιητικά και συνεπώς επιβεβαιώνουν την ταξινόμηση των δασικών κλιματικών ζωνών του Mayr.

### Τα ψυχροόρια του πουρναριού και του σχίνου

Για τα ψυχροόρια του πουρναριού και του σχίνου (Πίνακες IV, V) ισχύουν τα ακριβώς αντίθετα από τα προαναφερόμενα για τα θερμοόρια της ελάτης, της μαύρης πεύκης και της οξιάς. Η τυπική απόκλιση της Tψ είναι μικρότερη της Tθ, αλλά και της Tψη είναι μικρότερη εκείνης της Tθx. Αυτό σημαίνει ότι οι χειμερινές θερμοκρασίες παίζουν σημαντικότερο ρόλο από τις θερινές στη διαμόρφωση των ψυχροορίων εξάπλωσης των ειδών αυτών. Συνεπώς, εάν η μέση θερμοκρασία Ιανουαρίου είναι μικρότερη των 1,5 °C και η μέση ελάχιστη θερμοκρασία Ιανουαρίου μικρότερη των -1 °C, επηρεάζεται η ευδοκίμηση του πουρναριού. Για το σχίνο, η ευδοκίμηση του φαίνεται ότι επηρεάζεται όταν η μέση θερμοκρασία Ιανουαρίου είναι μικρότερη των 6 °C και η μέση ελάχιστη θερμοκρασία Ιανουαρίου

μικρότερη των 3 °C. Το τελευταίο έρχεται σε συμφωνία με το διάγραμμα κατά Emberger, που δίνεται από το Μαυρομάτη (1980) και όπου τα ψυχροόρια του σχίνου επηρεάζονται όταν η μέση ελάχιστη θερμοκρασία του ψυχρότερου μήνα είναι μικρότερη των 3 °C.

Σε ότι αφορά τη μέση ετήσια θερμοκρασία (T) και τη μέση θερμοκρασία της αυξητικής περιόδου (Ta) των ψυχροορίων του πουρναριού και του σχίνου, μόνο η τιμή T παρουσιάζει μικρότερη τυπική απόκλιση σε σχέση με τις άλλες θερμομετρικές μεταβλητές, ενώ η μέση τιμή της για όλες τις τοποθεσίες κυμαίνεται, για μεν το πρώτο είδος γύρω από την τιμή των 10 °C, για δε το δεύτερο είδος γύρω από την τιμή των 15 °C.

### Ζεύγη θερμομετρικών μεταβλητών

Αν πράγματι οι τιμές Tθ, Tθx, T και Ta, που προσδιορίστηκαν παραπάνω, καθορίζουν τα θερμοόρια της ελάτης, της μαύρης πεύκης και της οξιάς, ενώ οι τιμές T, Tψ και Tψη καθορίζουν τα ψυχροόρια του πουρναριού και του σχίνου, τότε πού οφείλονται οι αποκλίσεις των θερμομετρικών μεταβλητών των διαφόρων τοποθεσιών από τις μέσες τιμές τους; Πρώτη αιτία είναι ότι αυτές υπολογίστηκαν από εξισώσεις παλινδρόμησης, το τυπικό σφάλμα εκτίμησης των οποίων κυμαίνεται μεταξύ 0,64 °C και 1,28 °C (Γκουβάς και Σακελλαρίου 2002). Άλλη αιτία ενδέχεται να είναι ότι οι βιβλιογραφικές αναφορές που χρησιμοποιήθηκαν δεν αφορούν τα θερμοόρια και ψυχροόρια των ειδών αυτών, αλλά φυτοκοινωνιολογικές και χλωριδικές καταγραφές τους σε εξαιρετικά μεγάλα ή μικρά υψόμετρα, οπότε ενδέχεται τα πραγματικά θερμοόρια να είναι ακόμα χαμηλότερα και τα πραγματικά ψυχροόρια ακόμα υψηλότερα από τα καταγεγραμμένα. Τρίτη και κυριότερη αιτία είναι ότι οι μεταβλητές T, Tψ, Tψη, Tθ, Tθx και Ta αποτελούν απλούς δείκτες των θερμοκρασιακών συνθηκών, που επιτρέπουν ή απαγορεύουν την ευδοκίμηση των ειδών, οπότε μικρές αποκλίσεις γύρω από τις μέσες τιμές τους είναι λογικό να υπάρχουν μεταξύ των διαφόρων τοποθεσιών.

Ακόμη πιο σωστό είναι τα θερμοόρια και τα ψυχροόρια των φυτών να καθορίζονται με ένα από τα ζεύγη τιμών (Tψ, Tθ), (Tψη, Tθx), (T, Tθ), (T, Tψ), (T, Tθ-Tψ) και (T, Ta). Κάθε ζεύγος μεταβλητών έχει την ιδιότητα να αποτελεί δείκτη του θερμοκρασιακού καθεστώτος οποιασδήποτε περιοχής, αφού η μέση θερμοκρασία κάθε μήνα (Ti) μπορεί να εκτιμηθεί με μεγάλη ακρίβεια μέσω εξισώσεων γραμμικής παλινδρόμησης με ανεξάρτητες μεταβλητές καθένα από αυτά τα ζεύγη, π.χ.  $Ti = \alpha + \beta * T\psi + \gamma * T\theta$ . Για να ελεγχθεί η υπόθεση αυτή εξετάστηκε με τη βοήθεια

της ανάλυσης παλινδρόμησης, εάν για 86 ελληνικούς μετεωρολογικούς σταθμούς (Ανδρεάκος 1978) η μέση θερμοκρασία κάθε μήνα ( $T_i$ ) μπορεί να εκτιμηθεί μέσω των παραπάνω εξισώσεων. Βρέθηκε ότι πράγματι μέσω των εξισώσεων αυτών επιτυγχάνεται πολύ καλή εκτίμηση των μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών όλων των σταθμών με συντελεστή προσδιορισμού  $R^2 > 0,93$  και τυπικό σφάλμα εκτίμησης  $S < 0,6$  °C, που σημαίνει ότι η μέση θερμοκρασία οποιουδήποτε μήνα και κατά συνέπεια το όλο θερμοκρασιακό καθεστώς κάθε τόπου σχετίζεται πολύ καλά με τα προαναφερόμενα ζεύγη θερμομετρικών μεταβλητών. Πολύ επιτυχημένη, συνεπώς, είναι η επιλογή του συνδυασμού των  $T$  και  $T_a$  για τον καθορισμό του θερμοκρασιακού περιβάλλοντος εμφάνισης των διαφόρων ζωνών βλάστησης από τον Mayr (Κοντός 1909, 1921, Μουλόπουλος 1965α). Εξάλλου οι χειμερινές θερμοκρασίες πρέπει να παίζουν και αυτές ρόλο, έστω δευτερεύοντα, στη διαμόρφωση των θερμοορίων των ειδών, αφού οι χαμηλές θερμοκρασίες αποτελούν καταλυτικό παράγοντα στη φυτρωτικότητα των σπόρων της ελάτης και της οξιάς για τη χώρα μας, όπως συμπεραίνεται από τις εργασίες των Γρηγοριάδη (1993) και Σταματόπουλου (1995), αλλά επίσης ενδέχεται να εμποδίζουν την ευδοκίμηση ορισμένων ανταγωνιστικών τους φυτικών ειδών, ξυλωδών και ποωδών. Στο ίδιο συμπέρασμα καταλήγει κανείς λαμβάνοντας υπόψη ότι στις ακτές των νησιών του Αιγαίου με το ιδιαίτερα δροσερό καλοκαίρι, δηλαδή με  $T_{th} < 28$  °C όπως συμβαίνει σε Νάξο και Σκύρο (Ανδρεάκος 1978), δεν μπορούν να υπάρξουν δάση ελάτης, μαύρης πεύκης και οξιάς, όχι μόνο λόγω του ξηρού κλίματος, αλλά και λόγω της υψηλής μέσης ετήσιας θερμοκρασίας ( $T > 16,9$  °C) και των υψηλών χειμερινών θερμοκρασιών ( $T_{\psi} > 9,8$  °C και  $T_{\psi n} > 7,3$  °C). Με βάση τα παραπάνω γίνεται αντιληπτό, ότι δεν είναι μόνο οι τιμές των επιλεγμένων μεταβλητών απαγορευτικές της εξάπλωσης των ειδών, αλλά αποτελούν δείκτες τόσο των ακραίων εκείνων θερμοκρασιών που μπορούν να σημειωθούν σε μια περιοχή και να νεκρώσουν τα φυτά, όσο και των άριστων,

μέγιστων και ελάχιστων θερμοκρασιών φωτοσύνθεσης και αφομοίωσης των διαφόρων φυτικών ειδών.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Για τη διαμόρφωση των θερμοορίων της μαύρης πεύκης και της οξιάς στη χώρα μας οι θερινές θερμοκρασίες (μέση θερμοκρασία της αυξητικής περιόδου ( $T_a$ ), μέση ( $T_{\theta}$ ) και μέση μέγιστη θερμοκρασία ( $T_{th}$ ) του θερμότερου μήνα) παίζουν σημαντικότερο ρόλο από τις χειμερινές θερμοκρασίες (μέση ( $T_{\psi}$ ) και μέση ελάχιστη θερμοκρασία ( $T_{\psi n}$ ) του ψυχρότερου μήνα). Τα ίδια συμπεράσματα ισχύουν και για την ελάτη με μοναδική εξαίρεση τη μέση θερμοκρασία του θερμότερου μήνα ( $T_{\theta}$ ). Το αντίθετο συμβαίνει με τα ψυχροόρια του πουρναριού και του σχίνου. Η μέση ετήσια θερμοκρασία ( $T$ ) αποτελεί κύριο παράγοντα διαμόρφωσης των θερμοορίων και ψυχροορίων όλων των παραπάνω ειδών. Είναι, ωστόσο, απαραίτητο, για μεν τα θερμοόρια οι θερινές θερμομετρικές μεταβλητές να μην χρησιμοποιούνται μόνες τους, αλλά σε συνδυασμό με τη μέση ετήσια θερμοκρασία ή και με τις χειμερινές θερμομετρικές μεταβλητές, για δε τα ψυχροόρια οι χειμερινές θερμομετρικές μεταβλητές να χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με τη μέση ετήσια θερμοκρασία ή και με τις αντίστοιχες θερινές θερμομετρικές μεταβλητές. Αυτοί οι συνδυασμοί παρέχουν στο μελετητή μια καλή εικόνα του συνολικού θερμοκρασιακού καθεστώτος οποιασδήποτε περιοχής. Από τα παραπάνω διαπιστώνεται ότι τα θερμοκρασιακά όρια για την ευδοκίμηση των υπό μελέτη δασοπονικών ειδών, καθορίζονται από τις εξής τιμές: για τη μαύρη πεύκη και την οξιά από τις τιμές  $T < 13,5$  °C,  $T_{\theta} < 23$  °C,  $T_{th} < 28,5$  °C και  $T_a < 20,5$  °C (σε ΒΔ, Β, ΒΑ και Α εκθέσεις), για την ελάτη  $T < 13,5$  °C,  $T_{\theta} < 28,5$  °C και  $T_a < 20,5$  °C (σε ΒΔ, Β, ΒΑ και Α εκθέσεις), για το πουρνάρι  $T > 10$  °C,  $T_{\psi} > 1,5$  °C και  $T_{\psi n} > -1$  °C και τέλος για το σχίνο  $T > 15$  °C,  $T_{\psi} > 6$  °C, και  $T_{\psi n} > 3$  °C. Τα παραπάνω ισχύουν υπό την προϋπόθεση ότι και οι υπόλοιποι παράγοντες του περιβάλλοντος θα είναι ευνοϊκοί.

# The influence of air temperature on the lower- and higher-altitudinal distribution limits of forest trees and shrubs in Greece

M. Gouvas, D. Samaras and K. Theodoropoulos

## ABSTRACT

Aim of this work is to define the most important air temperature-related variables that best correlate with the lower and higher altitudinal distribution limits of tree- and shrub-species in Greece. We selected several extreme sites (in terms of altitude) where fir (*Abies* spp.), black pine (*Pinus nigra*), beech (*Fagus sylvatica* s.l.), kermes oak (*Quercus coccifera*) and mastic tree (lentisc – *Pistacia lentiscus*) occur throughout Greece. For each site we estimated, using regression equations, the mean monthly and mean maximum air temperature of the warmest month, the mean air temperature of the vegetation period, the mean monthly and mean minimum air temperature of the coldest month, and the mean annual air temperature. For all temperature variables we calculated and compared the standard deviation. We concluded that air temperature values related to the warmest month correlate better with the lower altitudinal distribution limits than those related to the coldest month and vice versa. It is of great importance that the mean annual air temperature will be also considered.

**Keywords:** thermometric variables, *Fagus sylvatica* s.l., *Pinus nigra*, *Abies cephalonica*, *Abies xborisii-regis*, *Quercus coccifera*, *Pistacia lentiscus*.

## BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αθανασιάδης, Ν., 1986. Δασική Φυτοκοινωνιολογία. Εκδόσεις Γιαχούδη – Γιαπούλη, Θεσσαλονίκη.
- Αθανασιάδης, Ν., Γερασιμίδης, Α., Ελευθεριάδου, Ε., Θεοδωρόπουλος, Κ., 1991. Μεταπαγετώδης εξέλιξη της βλάστησης στη Ροδόπη (Ελατιά Δράμας). Επιστ. Επετ. Τμήματος Δασολογίας και Φυσ. Περιβάλλοντος, Α.Π.Θ. Τόμος ΛΔ/Ι, 209-245.
- Αθανασιάδης, Ν., Θεοδωρόπουλος, Κ., Κωνσταντινίδης, Π., 1992. Οι φυτοκοινωνιολογικές μονάδες βλάστησης των δασών της *Pinus nigra* ssp. *pallasiana* της χερσονήσου Σιθωνίας Χαλκιδικής. Επιστ. Επετ. Τμήματος Δασολογίας και Φυσ. Περιβάλλοντος, Α.Π.Θ. Τόμος ΛΕ/1, 273-306.
- Ανδρέακος, Κ., 1978. Κλιματικά στοιχεία 86 μετεωρολογικών σταθμών του ελληνικού δικτύου. Περίοδος 1930-75. Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία, Αθήνα.
- Barbéro, M., Quézel, P., 1976. Les groupements forestiers de Grèce centro-méridionale. Ecol. Mediterr. 2, 3-86.
- Bergmeier, E., 1990. Wälder und Gebüsch des Niederen Olymp (Kato Olimbos, NO-Thessalien). Ein Beitrag zur systematischen und orographischen Vegetationsgliederung Griechenlands. Phytocoenologia 18(2/3), 161-342.
- Γερασιμίδης, Α., Κοράκης, Γ., 2005. Διάρθρωση της δασικής βλάστησης σε σχέση με τους αβιοτικούς παράγοντες στο όρος Μιτσικέλι. Γεωτεχνικά επιστημονικά θέματα 16(3), 16-27.
- Γκουβάς, Μ., 2001. Οι φυτοκοινωνίες του όρους Υμητός (Διδακτορική διατριβή). Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη.
- Γκουβάς, Μ., Σακελλαρίου, Ν., 2002. Εκτίμηση των μηνιαίων και ετήσιων τιμών της μέσης μέγιστης και μέσης ελάχιστης θερμοκρασίας του αέρα στην Ελλάδα. Πρακτικά 6<sup>ου</sup> Πανελληνίου Συνεδρίου Μετεωρολογίας, Κλιματολογίας και Φυσικής της Ατμόσφαιρας. Ιωάννινα, 25-28 Σεπτεμβρίου 2002, σελ. 66-71.
- Γρηγοριάδης, Ν., 1993. Έρευνα δυνατότητας τεχνητής αναγέννησης συστάδων οξιάς με σπορά. Γεωτεχνικά επιστημονικά θέματα 4(1), 39-43.

- Chasapis, M., Karagiannakidou, V., Theodoropoulos, K., 2004. Phytosociological research of *Quercus coccifera* L. pseudomacris on Mount Chortiatis, northern Greece. *Isr. J. Plant Sci.* 52, 357-381.
- Christensen, K.I., 1997. *Fagus* L., in: Strid, A., Tan, K. (Eds.), *Flora Hellenica*, Vol. 1. Koeltz Scientific Books, Königstein, pp. 40-41.
- Δέλλα, Α., 2000. Συμβολή στη μελέτη του ενδημισμού της χλωρίδας της Κύπρου (Διδακτορική διατριβή). Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα.
- Δημόπουλος, Π., 1993. Χλωριδική και φυτοκοινωνιολογική έρευνα του όρους Κυλλήνη. Οικολογική προσέγγιση (Διδακτορική διατριβή). Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα.
- Δρούζας, Α.Δ., 2000. Ανάλυση ποικιλότητας της Ελληνικής ελάτης, με χρήση βιοχημικών και μοριακών δεικτών (Διδακτορική Διατριβή). Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη.
- Debazac, E., 1970. Συμβολή εις την μελέτην της κατανομής και της οικολογίας της *Pinus nigra* εις την Ελλάδα. ΙΔΕ/FAO, Έργον SF/GRE 20.
- Dimopoulos, P., Thomas, R., Bergmeier, E., Konstantinidis, T., Iatrou, G., Kokkini, S., Strid, A., Tzanoudakis, D., 2013. Vascular plants of Greece: An annotated checklist, Englera. *Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, Berlin; Hellenic Botanical Society, Athens.*
- Θεοδωρόπουλος, Κ., 1991. Ο καθορισμός των φυτοκοινωνιολογικών μονάδων του πανεπιστημιακού δάσους Ταξιάρχη Χαλκιδικής (Διδακτορική διατριβή). Α.Π.Θ. Θεσσαλονίκη.
- Κοντός, Π., 1909. Επίδρασις επί την Ελληνικήν δασικήν βλάστησιν του Ελληνικού κλίματος. Αθήναι.
- Κοντός, Π., 1921. Ελληνική δασοκομία μετά στοιχείων δασικής διαχειρίσεως. Φυσικοί, οικονομικοί και κοινωνικοί παράγοντες. Αθήναι.
- Κωνσταντινίδης, Π., 1990. Εξέταση και διερεύνηση σχέσεων μεταξύ φυσιολογικών μονάδων δασών χαλεπίου πεύκης Σιθωνίας Χαλκιδικής και των εμφανιζομένων σε αυτές φυτοκοινωνιολογικών μονάδων (Διδακτορική διατριβή). Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη.
- Kawashima, S., Ishida, T., Minomura, M., Miwa, T., 2000. Relations between surface temperature and air temperature on a local scale during winter nights. *J. Appl. Meteorol.* 39, 1570-1579.
- Krause, W., Ludwig, W., Seidel, F., 1963. Zur Kenntnis der Flora und Vegetation auf Serpentinstandorten des Balkans. 6. Vegetationsstudien in der Umgebung von Mantoudi (Euboa). *Botanische Jahrbücher* 82, 337-403.
- Λαυρεντιάδης, Γ., 1961. Χλωριστική, φυτογεωγραφική και φυτοκοινωνιολογική έρευνα της χερσονήσου της Κασσάνδρας. Θεσσαλονίκη.
- Ματζαράκης, Α., Μπαλαφούτης, Χ., Mayer, H., 1998. Δημιουργία βιοκλιματικών και κλιματικών χαρτών για τον ελλαδικό χώρο. Πρακτικά 4<sup>ου</sup> Πανελληνίου Συνεδρίου Μετεωρολογίας, Κλιματολογίας και Φυσικής της Ατμόσφαιρας. Αθήνα, 22-25 Σεπτεμβρίου 1998, σελ. 477-482.
- Μαυρομαμάτης, Γ., 1980. Το βιοκλίμα της Ελλάδος. Σχέσεις κλίματος και φυσικής βλάστησης. Βιοκλιματικοί χάρτες. Ι.Δ.Ε.Α., Αθήνα.
- Μητσόπουλος, Δ., 1983. Προσδιορισμός Ποικιλότητας της Ελάτης της Ελλάδος με τη χρήση Χημικών και Μορφολογικών Χαρακτηριστικών (Διδακτορική Διατριβή). Επιστ. Επετ. Τμήματος Δασολογίας και Φυσ. Περιβάλλοντος, Α.Π.Θ. Παράρτημα 1 του ΚΣΤ' Τόμου, Θεσσαλονίκη.
- Mitsopoulos, D.J., Panetsos, C.P., 1987. Origin of variation in fir forests of Greece. *Silvae Genetica* 36(1), 1-15.
- Μουλόπουλος, Χ., 1965α. Δασοκομική. Α' μέρος. Θεωρητική Δασοκομική (Δασική Οικολογία). Αυτοτελής Έκδοση (4η έκδοση). Θεσσαλονίκη.
- Μουλόπουλος, Χ., 1965β. Τα δάση της Οζιάς της Ελλάδος. Α' μέρος. Τα είδη της Οζιάς και η εξάπλωσις αυτών εν Ελλάδι. Επιστ. Επετ. Γεωπονοδασολογικής Σχολής, Α.Π.Θ. Τόμος 9, 1-86.
- Μπασιώτης, Κ., 1967. Ποικιλότης εις χαρακτήρας της μαύρης Πεύκης εν Ελλάδι. Επιστ. Επετ. της Γεωπονικής και Δασολογικής Σχολής, Α.Π.Θ. Τόμος ΙΑ, 81-129.
- Mattfeld, J., 1927. Aus Wald und Macchie in Griechenland. *Mitteil. D. Deutsch. Dendrolog. Ges.* 38, 106-151.
- Mattfeld, J., 1930. Über hybridogene Sippen der Tannen, nachgewiesen an den Formen der Balkan Halbinsel. *Schweizerbart, Stuttgart.*
- Ντάφης, Σ., 1986. Δασική οικολογία. Εκδόσεις Γιαχούδη – Γιαπούλη, Θεσσαλονίκη.
- Ντάφης, Σ., 1989. Βλάστηση και οικολογικές ιδιαιτερότητες του Ολύμπου. Επιστ. Επετ. Τμήματος Δασολογίας και Φυσ. Περιβάλλοντος, Α.Π.Θ. Τόμος ΑΒ/1, 559-567.
- Nahal, I., 1981. The mediterranean climate from a biological viewpoint, in: Castri, F.D. (Ed.), *Ecosystems of the world*, 11. Elsevier, Amsterdam, pp. 63-93.
- Παυλίδης, Γ., 1976. Η χλωρίς και η βλάστησις της



- χερσονήσου Σιθωνίας Χαλκιδικής (Διδακτορική Διατριβή). Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη.
- Panetsos, C.P., 1975. Monograph of *Abies cephalonica* Loudon. Annales Forestales 7(1), 1-26.
- Panetsos, K.P., 1992. Variation in the position of resin canals in the needles of *Abies* species and provenances. Ann. Sci. For. 49, 253-260.
- Papageorgiou, A., Vidalis, A., Gailing, O., Tsiripidis, I., Hatziskakis, S., Boutsios, S., Galatsidas, S., Finkeldey, R., 2008. Genetic variation of beech (*Fagus sylvatica* L.) in Rodopi (N.E. Greece). Eur. J. Forest. Res. 127, 81-88.
- Raus, T., 1979. Die Vegetation Ostthessaliens (Griechenland). II. Quercetea ilicis und Cisto-Micromerietea. Bot. Jahrb. Syst. 101, 17-82.
- Retuerto, R., Carballeira, A., 1990. Phytocological importance, mutual redundancy and phytological threshold values of certain climatic factors. Vegetatio 90, 47-62.
- Σαμαράς, Δ., Θεοδωρόπουλος, Κ., Ελευθεριάδου, Ε., 2008. Οι φυτοκοινωνίες των δασών της κεφαλληνιακής ελάτης (*Abies cephalonica* J.W. Loudon) του όρους Γουλινά (Κ. Ελλάδα). Δασική Έρευνα 21, 63-78.
- Σκαλτσογιάννης, Α., 1996. Εντοπισμός προσαρμοστικών γονιδίων σε 16 φυσικούς πληθυσμούς Μεσογειακών ειδών ελάτης, με την τεχνική της ηλεκτροφόρησης των ισοενζύμων. Πρακτικά 6<sup>ου</sup> Συνεδρίου Ελληνικής Επιστημονικής Εταιρίας Γενετικής και Βελτίωσης Φυτών. Φλώρινα, Οκτώβριος 1996, σελ. 245-257.
- Scaltsoyiannes, A., Panetsos, K.P., Zaragotas, D., 1991. Genetic variation of Greek fir, as determined by isozyme analysis, and its relation to other Mediterranean firs. Proceedings of the third E.E.C. meeting: "Adaptation, breeding and Silviculture of Mediterranean firs". Avignon (France), 1990, pp. 99-117.
- Scaltsoyiannes, A., Panetsos, K.P., Drouzas, A.D., Tsaktsira, M., 1997. Adaptive polymorphism in Mediterranean fir species. 8<sup>th</sup> IUFRO Symposium of European Silver Fir: "Ecology and Silviculture of European Silver Fir". Jundola (Bulgaria), September 1996, pp. 168-184.
- Scaltsoyiannes, A., Tsaktsira, M., Drouzas, A.D., 1999. Allozyme differentiation in the Mediterranean firs (*Abies*, *Pinaceae*). A first comparative study with phylogenetic implications. Plant Systematics and Evolution 216, 289-307.
- Σταματόπουλος, Ε., 1995. Η φυτρωτικότητα των σπόρων της κεφαλληνιακής ελάτης στον εθνικό δρυμό Πάρνηθας. Πρακτικά 7<sup>ου</sup> Πανελληνίου Δασολογικού Συνεδρίου: «Αξιοποίηση δασικών πόρων». Καρδίτσα, 11-13 Οκτωβρίου 1995, σελ. 39-53.
- Sarlis, G., 1987. *Zelkova abelicea* (Lam.) Boiss., an endemic species of Crete (Greece). Webbia 41(2), 247-255.
- Tsiripidis, I., Athanasiadis, N., 2003. Contribution to the knowledge of the vascular flora of NE Greece: Floristic composition of the beech (*Fagus sylvatica* L.) forests in the Greek Rodopi. Willdenowia 33, 273-297.
- Φλόκας, Α., 1990. Μαθήματα Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας. Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.
- Φοίτος, Δ., 1960. Φυτογεωγραφικά παρατηρήσεις επί του ορεινού συγκροτήματος Τυμφρηστού- Οξυάς. Δασικά Χρονικά 25, 1099-1105.
- Fady, B., Conkle, M.T., 1993. Allozyme variation and possible phylogenetic implication in *Abies cephalonica* Loudon and some related eastern Mediterranean firs. Silvae Genetica 42(6), 351-359.
- Flocas, A.A., Giles, B.D., Angouridakis, V.E., 1983. On the estimation of annual and monthly mean values of air temperature over Greece, using stepwise multiple regression analysis. Arch. Met. Geoph. Biocl., Ser. B 32(2-3), 287-295.
- Χριστοδουλάκης, Κ.Δ., 1986. Η χλωρίδα και η βλάστηση της Σάμου (Διδακτορική διατριβή). Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα.

## Η εξαίρεση επιβεβαιώνει τον κανόνα: η προκαταρκτική ανάλυση πληθυσμών κουκουναριάς (*Pinus pinea* L.) με μοριακούς γενετικούς δείκτες μικροδορυφόρων δείχνει απουσία γενετικής ποικιλότητας

Ελισσάβετ Χ. Κατσίδη<sup>1</sup>, Φίλιππος Α. Αραβανόπουλος<sup>1</sup>

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Πραγματοποιήθηκε προκαταρκτική μοριακή γενετική ανάλυση επτά πληθυσμών κουκουναριάς (*Pinus pinea*) από την ανατολική Μεσόγειο (Ελλάδα και Κύπρος). Οι πληθυσμοί αναλύθηκαν με τη χρήση μοριακών γενετικών δεικτών του πυρηνικού γονιδιώματος, συγκεκριμένα απλών επαναλαμβανόμενων αλληλουχιών (simple sequence repeats, SSR). Εντοπίστηκαν συνολικά τρεις γονιδιακές θέσεις και διαπιστώθηκε η ανυπαρξία γενετικής ποικιλότητας. Αν και τα παρόντα αποτελέσματα είναι αποκλειστικά προκαταρκτικής φύσεως και επιβάλλεται η χρήση μεγαλύτερου δείγματος και επιπλέον εκκινητών μικροδορυφόρων ή τύπων γενετικών δεικτών για την επιβεβαίωση τους, η απουσία γενετικής ποικιλότητας, βρίσκεται σε πλήρη αντίθεση με άλλα παραμεσογειακά κωνοφόρα και υποδηλώνει την αδήριτη ανάγκη για την προστασία των γενετικών πόρων των είδους.

**Λέξεις κλειδιά:** *Pinus pinea*, κουκουναριά, nSSR, μοριακή γενετική ποικιλότητα, προστασία γενετικών πόρων

### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η κουκουναριά (*Pinus pinea* L.) δημιουργεί συστάδες σε παραθαλάσσια εδάφη, είναι ιδιαίτερα ανθεκτική στους θαλάσσιους ανέμους και έχει χρησιμοποιηθεί με μεγάλη επιτυχία στη σταθεροποίηση αμμοθινών. Επιπλέον, ως ιδιαίτερα φωτόφιλο είδος, παρουσιάζει χαρακτηριστική ομπρελοειδή κόμη, με αποτέλεσμα τη δημιουργία δασών με ιδιαίτερη αισθητική σημασία για τα παραλιακά μέρη στα οποία φύτευται (Abad Vinas κ.α. 2016). Η κουκουναριά θεωρείται ως αυτόχθονο είδος των ανατολικών και δυτικών άκρων της μεσογειακής λεκάνης (Barbero κ.α. 1998). Άλλοι συγγραφείς θεωρούν ως περιοχές φυσικής εξάπλωσης του είδους την Ισπανία, Ιταλία, Ελλάδα, Μικρά Ασία και τον Λίβανο, καθώς στις περιοχές αυτές η *P. pinea* σχηματίζει φυτοκοινωνίες κλίμακας και περιβάλλεται από χαρακτηριστική αυτόχθονη βλάστηση (Miron 1967, Quezel 1980, Konstantinidis 1995). Εξαιτίας των βρώσιμων σπερμάτων της, η *P. pinea* έχει καλλιεργηθεί από τους προϊστορικούς χρόνους. Τα διαθέσιμα δεδομένα υποδηλώνουν καλλιέργεια του είδους τουλάχιστον

3000 χρόνια πριν (Prada κ.α. 1997, Badal 1998), ή ακόμα και παλαιότερα κατά την τελευταία παγετώδη περίοδο (Finlayson κ.α. 2006).

Η γνώση του μεγέθους και της δομής της γενετικής ποικιλότητας σε φυσικούς πληθυσμούς δασικών δέντρων, είναι σημαντική για την προστασία του περιβάλλοντος και της βιοποικιλότητας, για τη διερεύνηση της ανταπόκρισης των ειδών στις περιβαλλοντικές καταπονήσεις και στις κλιματικές αλλαγές, καθώς και για την εφαρμογή προγραμματίων προστασίας γενετικών πόρων και γενετικής βελτίωσης. Στο σημερινό περιβάλλον της διαφαινόμενης κλιματικής αλλαγής, η ευρεία γενετική βάση αποτελεί πλεονέκτημα για την απρόσκοπτη εξέλιξη και προσαρμογή του είδους. Τα μεσογειακά κωνοφόρα παρουσιάζουν ευρύτατη γενετική βάση, πλούσια γενετική ποικιλότητα εντός ειδών, η οποία είναι σημαντικά υψηλότερη από αυτή των άλλων ειδών κωνοφόρων παγκοσμίως και υψηλότερη από την αναμενόμενη από άποψη βιογεωγραφικής εξάπλωσης ή έκτασης της περιοχής εξάπλωσης (Fady-Welterlen 2005).

Στην εργασία αυτή παρουσιάζεται μια προκαταρ-

<sup>1</sup>Εργαστήριο Δομικής Γενετικής, Σχολή Δασολογίας και Φυσιικού Περιβάλλοντος, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη, 55124, E-mail: [aravanop@for.auth.gr](mailto:aravanop@for.auth.gr)

κτική ανάλυση/ διερεύνηση της γενετικής ποικιλότητας στην *P. pinea*. Η παρούσα εργασία επικεντρώνεται σε πληθυσμούς της ανατολικής Μεσογείου όπου γενικά τα μεσογειακά κωνοφόρα παρουσιάζουν σημαντικά υψηλότερη γενετική ποικιλότητα σε σχέση με τη δυτική Μεσογείου (Fady - Welterlen 2005).

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Η συλλογή του φυτικού υλικού πραγματοποιήθηκε σε επτά πληθυσμούς από την εξάπλωση του είδους στην ανατολική Μεσόγειο, πέντε από την Ελλάδα και δύο από την Κύπρο. (Πίν. I) Οι πληθυσμοί από την Ελλάδα θεωρούνται ως φυσικοί (Quezel 1980, Konstantinidis 1995).

**ΠΙΝΑΚΑΣ I:** Περιοχές δειγματοληψίας πληθυσμών της *Pinus pinea* αντιπροσωπευτικές της νοτιότερης εξάπλωσης του είδους στο μεσογειακό χώρο.

**TABLE I:** *Pinus pinea* populations sampled representative of the natural distribution of the species.

Πληθυσμοί <i>Pinus pinea</i> Populations	Αριθμός Ατόμων Number of Individuals	Γεωγραφικό Πλάτος- Latitude	Γεωγραφικό Μήκος Longitude
Παρθενώνα, Χαλκιδική, Ελλάδα / Parthenonas, Chalkidiki, Greece	25	40° 6' 56"	23° 48' 59"
Σκόπελος, Ελλάδα / Skopelos, Greece	25	39° 8' 16"	23° 40' 46"
Σκιάθος, Ελλάδα / Skiathos, Greece	25	39° 9' 41"	23° 26' 55"
Στροφιλιά, Ελλάδα / Strofilia, Greece	25	37° 54' 19"	21° 8' 2"
Καϊάφας, Ελλάδα / Kaiafas, Greece	25	37° 29' 2"	21° 38' 0"
Πάφος, Κύπρος / Pafos, Cyprus	25	34° 50' 13"	32° 35' 33"
Λεμεσός, Κύπρος / Limassol, Cyprus	25	34° 42' 11"	32° 58' 29"

Διερευνήθηκε η γενετική ποικιλότητα του πυρηνικού γονιδιώματος με τη χρήση πυρηνικών δεικτών μικροδορυφόρων (απλών επαναλαμβανόμενων αλληλουχιών, microsatellites - simple sequence repeats, nSSR). Οι δείκτες SSR είναι επαναλήψεις βραχέων αλληλουχιών νουκλεοτιδίων συνήθως μέχρι έξι βάσεις σε μήκος. Είναι επιθυμητοί δείκτες επειδή παρουσιάζουν υψηλή γενετική ποικιλότητα, και υψηλή επαναληψιμότητα. Από κάθε πληθυσμό έγινε συλλογή ώριμων κώνων από 25 δένδρα, από τους οποίους εξήχθησαν τα σπέρματα. Από κάθε άτομο αναλύθηκε ένα ενδοσπέρμιο, δηλαδή συνολικά 25 ενδοσπέρμια ανά πληθυσμό.

Για την ανίχνευση της μοριακής γενετικής ποι-

κιλότητας χρησιμοποιήθηκαν τα πρωτόκολλα των Dellaporta κ.α. (1985) (εκχύλιση και απομόνωση DNA) και Keys κ.α. (2000) (αλυσιδωτή αντίδραση πολυμεράσης και διαχωρισμός πολλαπλασιασμένων προϊόντων). Επιλέχθηκαν συνολικά τρία ζεύγη εκκινητών, μικροδορυφόρων (Πίν. II) που προέρχονται από τη χαλέπιο πεύκη (*Pinus halepensis* Mill.) (Chagne κ.α. 2004, ). Οι εκκινητές παρασκευάστηκαν στα εργαστήρια της εταιρίας Invitrogen (Κοπεγχάγη, Δανία)

Τα προϊόντα ενίσχυσης της αλυσιδωτής αντίδρασης της πολυμεράσης, διαχωρίστηκαν σε πηκτική αгарόζης υψηλής ανάλυσης 3% w/v Metaphor (FMC, Bioproducts) σε ρυθμιστικό διάλυμα 1 X TBE στα 80 V για περίπου 2 ώρες, 1-5 volt/cm. Με την ηλεκτροφόρηση

**ΠΙΝΑΚΑΣ II:** Εκκινητές που χρησιμοποιήθηκαν για την ανίχνευση της μοριακής γενετικής ποικιλότητας σε μοριακούς γενετικούς δείκτες SSR.

**TABLE II:** Primers used for the detection of genetic diversity regarding molecular genetic markers, SSR.

A/A	Αλληλουχίες
PHAF 05 F	5'-TCATAAGCCCTTTGTTTCTTTTC-3'
PHAF 05 R	5'-TTTTTCGCCCTGTATTTTCTG-3'
PHAF 07F	5'-ATCAGCTTAGTAGGTCTCGCC-3'
PHAF 07 R	5'-AGACACTAAAGGGGAGTCCG-3'
PHAF 10 F	5'-TCCCTTGTCTTGGTAACTG-3'
PHAF 10 R	5'-ACCGCGGATTATAACCTGTG-3'

ση σε Metaphor αραρόζη είναι δυνατόν να ανιχνεύονται προϊόντα της PCR που διαφέρουν (σε bp) μεταξύ τους κατά 2% συνήθως με όριο τις 4 βάσεις (Senior κ.α. 1998). Η εκτίμηση του αριθμού των βάσεων των εμφανιζόμενων ζωνών, έγινε σε σχέση με δύο κλίμακες DNA (DNA ladders) 100 και 10 bp αντίστοιχα (Πίν. II). Η ανίχνευση των ζωνοτύπων πραγματοποιήθηκε σε συσκευή DNR Bio-Imaging Systems και χρησιμοποιήθηκαν τα λογισμικά GelQuant v. 2.7 και GeneAlex v. 6.0 (Peakall και Smouse 2006) για την καταγραφή των μοριακών δεδομένων και την επεξεργασία των αποτελεσμάτων, αντίστοιχα.

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκαν δείκτες SSR και μελετήθηκαν πληθυσμοί της Ελλάδας και της Κύπρου. Οι πυρηνικοί μοριακοί γενετικοί δείκτες SSR είναι υπερπολυμορφικοί δείκτες σε σχεδόν κάθε γονιδίωμα που έχει μελετηθεί (Morgante και Olivieri 1993), επομένως εφόσον υφίσταται γενετική ποικιλότητα σε ένα πληθυσμό, οι δείκτες αυτοί είναι από τους βέλτιστους δυνατούς για την ανίχνευση της. Επιπλέον, ο μεσογειακός χώρος θεωρείται θερμό σημείο βιοποικιλότητας (Medail και Quezel 1997) και ιδιαίτερα η γενετική ποικιλότητα κωνοφόρων έχει αναφερθεί ως σημαντικά υψηλότερη στην ανατολική από τη δυτική Μεσόγειο (Fady - Welterlen 2005, 2012), ενώ η ανατολική Μεσόγειος θεωρείται ως ένα εκ των δύο κέντρων προέλευσης της σύγχρονης εξάπλωσης της κουκουναριάς (Vendramin κ.ά. 2008). Επομένως, εφόσον υφίσταται γενετική ποικιλότητα στην κουκουναριά οι πληθυσμοί που επιλέχθηκαν είναι από τους καταλληλότερους για να ανιχνευθεί αυτή.

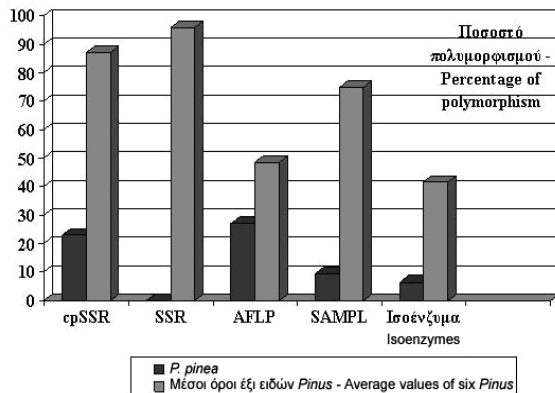
Δύο ζεύγη εκκινητών από τα τρία που χρησιμοποιήθηκαν τα PHAF 5 και 7 (Πίν. II) μεταφέρθηκαν με επιτυχία στην *P. pinea* από την *P. halepensis*. Οι εκκινητές αυτοί παρουσίασαν ικανοποιητικά, σταθερά και επαναλήψιμα αποτελέσματα. Αντιθέτως η μεταφορά του εκκινητή PHAF 10 δεν είχε ικανοποιητικά αποτελέσματα από την εφαρμογή της αλυσιδωτής αντίδρασης πολυμεράσης και ο εκκινητής αυτός δεν χρησιμοποιήθηκε περαιτέρω. Ο έλεγχος πιστότητας της μεταφοράς έγινε στη συσκευή αλληλούχισης και ηλεκτροφόρησης (LI-QOR 800) στο Ινστιτούτο Δασικών Ερευνών (INIA) της Μαδρίτης. Οι δύο εκκινητές PHAF 5 και 7 παρουσίασαν μονομορφικά αποτελέσματα και ανιχνεύθηκαν δύο αλληλόμορφα (ένα για κάθε εκκινητή), αντιστοίχως στο αναμενόμενο μέγεθος 120 bp. Επομένως, το ποσοστό πο-

λυμορφισμού, για τους ελληνικούς και κυπριακούς πληθυσμούς που μελετήθηκαν, ήταν μηδενικό, δηλαδή η *P. pinea* δεν παρουσίασε γενετική ποικιλότητα στη μοριακή ανάλυση με την μέθοδο των μικροδορυφόρων και χρήση των συγκεκριμένων εκκινητών στο δείγμα που αναλύθηκε. Τα αποτελέσματα αυτά είναι σε συμφωνία με τη μοναδική εργασία της έγκριτης διεθνούς βιβλιογραφίας που χρησιμοποίησε ειδικά σχεδιασμένους πυρηνικούς μικροδορυφόρους στην κουκουναριά (Pinzauti κ.ά. 2012). Στην εργασία αυτή βρέθηκε εξαιρετικά χαμηλή γενετική ποικιλότητα πληθυσμών κουκουναριάς σε όλη τη φυσική εξάπλωσή τους είδους (Pinzauti κ.ά. 2012) και απουσία γενετικής ποικιλότητας στους ελληνικούς και κυπριακούς πληθυσμούς (Vendramin, προσωπική επικοινωνία). Προηγούμενα προκαταρκτικά αποτελέσματα για τη μελέτη της γενετικής ποικιλότητας της κουκουναριάς (Fallour κ.ά. 1997, Vendramin κ.ά. 2008) με τη χρήση γενετικών δεικτών ισοενζύμων και μικροδορυφόρων χλωροπλαστικού DNA αντιστοίχως, έδειξαν επίσης ότι το είδος αυτό παρουσιάζει ασυνήθιστα χαμηλή γενετική ποικιλότητα. Η απουσία γενετικής ποικιλότητας nSSR στους πληθυσμούς που μελετήθηκαν, σε αντίθεση με την υψηλή γενετική ποικιλότητα των μεσογειακών κωνοφόρων (Fady-Welterlen 2005), οδήγησε στη διενέργεια βιβλιογραφικής ανασκόπησης για τα επίπεδα γενετικής ποικιλότητας ειδών *Pinus* του ευρωπαϊκού και μεσογειακού γεωγραφικού χώρου, περιλαμβανομένης της κουκουναριάς, όπως αυτά ανιχνεύονται από την εφαρμογή διαφορετικών ειδών γενετικών δεικτών, ώστε να εξεταστεί το μέγεθος και η φύση αυτής της διαφοράς.

Τα είδη πεύκης του μεσογειακού γεωγραφικού χώρου, είναι κατά κύριο λόγο οικολογικά κυρίαρχα είδη και γενικά εμφανίζονται σε οικοσυστήματα του χώρου φυσικής εξάπλωσης της κουκουναριάς, περιλαμβανομένων και περιπτώσεων συμπατρικής εξάπλωσης. Είδη όπως η *P. brutia*, *P. halepensis*, *P. nigra*, και η *P. sylvestris* έχουν ευρεία εξάπλωση στο μεσογειακό γεωγραφικό χώρο και άλλα πιο περιορισμένα, όπως η *P. pinaster* (Barbero κ.α. 1998). Υπολογίστηκαν μέσοι όροι τιμών γενετικής ποικιλότητας από το σύνολο της διαθέσιμης έγκριτης βιβλιογραφίας. Χρησιμοποιήθηκε ως παράμετρος σύγκρισης το ποσοστό πολυμορφισμού ανά γονιδιακή θέση, που αποτελεί βασικό, κοινό και αξιόπιστο παράγοντα σύγκρισης μεταξύ γονιδιωματικών περιοχών που σηματοδοτεί το κάθε είδος γενετικού δείκτη. Διερευνήθηκε η γενετική ποικιλότητα πέντε μεσογειακών ειδών και ενός διειδικού υβριδίου, *P.*



*brutia*, *P. halepensis*, *P. nigra*, *P. pinaster*, *P. sylvestris*, *P. brutia x halepensis* (Bahran κ.ά. 1997, Baka και Aravanopoulos 2000, Buccì κ.ά. 1998, Choumane κ.ά. 2004, Drouzas κ.ά. 2000, Gomez κ.ά. 1999, Gomez κ.ά. 2005, Guevara κ.ά. 2008, Kandremir κ.ά. 2004, Kavaliauskas 2015) Lerceteau και Szmidt . 1999, Lise κ.ά. 2007, Loukas κ.ά. 1982, Lucic κ.ά. 2010, Mariette κ.ά. 2001, Naydenov κ.ά. 2006, Panetsos κ.ά. 1997, Ribeiro κ.ά. 2002, Scaltsoyiannes κ.ά. 2009, Silin και Goncharenko 1996, Soranzo κ.ά. 1998). Υπολογίστηκαν οι μέσοι όροι ανά είδος μόνο στις περιπτώσεις που είχαν μελετηθεί πολλαπλοί πληθυσμοί ανά είδος και τουλάχιστον δύο γονιδιακές θέσεις. Οι αντίστοιχες τιμές για την κουκουναριά προήλθαν, εκτός της παρούσας εργασίας, από τους Evaristo κ.ά. (2007), Fallour κ.ά. (1997), Vendramin κ.ά. (2008), Pinzauti κ.ά. (2012) και Saez-Laguna κ.ά. (2014).



**Σχήμα 1.** Γενετική ποικιλότητα έξι ευρωπαϊκών και μεσογειακών ειδών πεύκης (*Pinus nigra*, *P. halepensis*, *P. pinaster*, *P. sylvestris*, *P. brutia*, *P. brutia x halepensis*) για πέντε είδη γενετικών δεικτών.

**Figure 1.** Genetic diversity of six Mediterranean *Pinus* species (*Pinus nigra*, *P. halepensis*, *P. pinaster*, *P. sylvestris*, *P. brutia*, *P. brutia x halepensis*) for five types of genetic markers.

Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο Σχήμα 1. Τα έξι είδη πεύκης που εξετάστηκαν εμφανίζουν κατά μέσο όρο πολύ υψηλά ποσοστά πολυμορφισμού σε πέντε διαφορετικούς μοριακούς γενετικούς δείκτες: πυρηνικοί SSR, AFLP (Πολυμορφισμοί Μήκους Ενισχυμένων Τμημάτων DNA), SAMPL (πολυμορφισμοί επιλεκτικών ενισχυμένων μικροδορυφόρων), ισοένζυμα και χλωροπλαστικοί SSR (cpSSR). Οι απόλυτες τιμές κυμαίνονται μεταξύ τιμής πολυμορφισμού 41,53% ανιχνευόμενης με γενετικούς δείκτες ισοενζύμων, έως 96,06% με τη χρήση

γενετικών δεικτών πυρηνικών SSR. Εξαιρέση αποτελεί η κουκουναριά, η οποία εμφανίζει χαμηλή έως μηδενική γενετική ποικιλότητα. Κατά τη σύγκριση των μέσων όρων για δείκτες nSSR, η κουκουναριά παρουσιάζει μέση τιμή  $P=30,7\%$  συγκρινόμενη με την τιμή  $P=87.6\%$  για τα υπόλοιπα μεσογειακά πεύκα. Για τους άλλους γενετικούς δείκτες οι τιμές είναι αντίστοιχα: 23% έναντι 77% για cpSSR, 25.5% έναντι 40.9% για AFLP, 10.9% έναντι 75% για SAMPL και για ισοένζυμα 3% έναντι 59% (Εικ. 1). Οι ελάχιστες τιμές γενετικής ποικιλότητας στα έξι είδη πεύκης είναι υψηλότερες των μέγιστων τιμών γενετικής ποικιλότητας της *P. pinea*. Παρατηρούμε ότι η *P. pinea* όχι μόνο εμφανίζει πολύ χαμηλή γενετική ποικιλότητα σε σχέση με τα άλλα μεσογειακά είδη πεύκης, αλλά η διαφορά αυτή είναι διαφορετά τάξης μεγέθους.

Ενδείξεις για περιορισμένη γενετική ποικιλότητα της *P. pinea* παρουσιάζονται και σε αναλύσεις πέραν των ουδέτερων μοριακών γενετικών δεικτών. Οι Nasri κ.ά. (2005α, 2007β) ανίχνευσαν περιορισμένη γενετική διαφοροποίηση σε έλαια σπερμάτων της *P. pinea* (λιπαρά οξέα, στερόλες και αλειφατικές αλκοόλες) σε επτά φυσικούς πληθυσμούς. Οι Mutke κ.ά. (2007) βρήκαν μη στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ 34 προελεύσεων της *P. pinea* που μελέτησαν ως προς τη φαινολογία και το ύψος των βλαστών, ενώ η ανάλυση τράπεζας κλώνων *P. pinea*, έδειξε επίσης περιορισμένη γενετική διαφοροποίηση για το γνώρισμα της αύξησης ( $H^2 = 0,15$ ) (Mutke κ.ά. 2005).

Επομένως, τα μέχρι σήμερα αποτελέσματα της διεθνούς βιβλιογραφίας δείχνουν καθαρά την ύπαρξη πολύ χαμηλής γενετικής ποικιλότητας στην *P. pinea* και μάλιστα κατόπιν ανάλυσης διαφορετικών περιοχών του γονιδιώματος, όσον αφορά την ανίχνευση αυτής, μέσω διαφορετικών γενετικών μοριακών δεικτών και ανάλυσης ποσοτικών γνωρισμάτων. Παρόλο που ο αριθμός των γονιδιακών θέσεων και των ατόμων ανά πληθυσμό που αναλύθηκαν στην παρούσα εργασία είναι σημαντικά χαμηλότερος μιας τυπικής γενετικής ανάλυσης, δεν υπάρχουν γενετικοί δείκτες ειδικά σχεδιασμένοι για το εν λόγω είδος και η αφαρόζη Metaphor δεν δύναται να διαχωρήσει τμήματα DNA πολύ μικρές διαφορές αριθμού βάσεων, είναι πρόδηλο, ότι τα αποτελέσματα, βρίσκονται ούτως ή άλλως σε συμφωνία με αυτά της διεθνούς βιβλιογραφίας. Η πιθανότητα το αποτέλεσμα αυτό να οφείλεται στον τύπο της αφαρόξης είναι εξαιρετικά χαμηλή, καθώς θα αναμέναμε θεωρητικά και προϊόντα PCR εντός του εύρους διαχωρισμού Μια σειρά



από άλλους λόγους δύναται να εξηγήσει ένα τέτοιο εύρημα, όπως η ασυνεχής γεωγραφική εξάπλωση, η βιολογία αναπαραγωγής του είδους, φαινόμενα γενετικής στένωσης στο απώτερο γεωλογικό παρελθόν και η ύπαρξη ισχυρών ανθρωπογενών επιδράσεων στη μεταφορά γενετικού υλικού και στην ίδρυση συστάδων. Από τα σενάρια αυτά, η περίπτωση μιας ισχυρής γενετικής στένωσης σε βάθος γεωλογικού χρόνου που ενδεχομένως οδήγησε σχεδόν στην κατάρρευση των πληθυσμών του είδους, έχει προταθεί ως η πλέον πιθανή από μερικούς ερευνητές (Fallouir κ.ά. 1997; Vendramin κ.ά. 2008). Η δεύτερη περίπτωση που επεξηγεί την πολύ χαμηλή γενετική ποικιλότητα είναι η εκτενής ύπαρξη φαινομένων ιδρυτού, που αναφέρεται στην ίδρυση συστάδων ανθρωπογενώς και από ελάχιστα συνήθως άτομα. Η περίπτωση αυτή είναι αρκετά πιθανή εάν λάβουμε υπόψη την καλλιέργεια και διάδοση του είδους από τους προϊστορικούς χρόνους (Prada κ.ά. 1997, Badal 1998), καθώς και το ότι η αναμενόμενη κατά την πρώτη περίπτωση ύπαρξη για εξαιρετικά μεγάλα διαστήματα μικρών απομονωμένων πληθυσμών, θα οδηγούσε σε χαμηλή γενετική ποικιλότητα (που παρατηρείται), αλλά και υψηλή γενετική διαφοροποίηση (που δεν παρατηρείται). Επομένως για τους ελληνικούς και κυπριακούς πληθυσμούς η περίπτωση της ύπαρξης φαινομένων ιδρυτού αποτελεί μια ρεαλιστική εξήγηση της ύπαρξης πολύ χαμηλής γενετικής ποικιλότητας και οδηγεί στην εκτίμηση ότι η πιθανότητα το είδος, τουλάχιστον στον ελλαδικό χώρο, να είναι αποτέλεσμα ανθρωπογενούς εισαγωγής, είναι σημαντική.

Ανεξαρκήτως των υποκειμένων αιτίων και εφόσον

τα αποτελέσματα αυτά επιβεβαιωθούν σε περισσότερους πληθυσμούς με μεγαλύτερο δείγμα και περισσότερους εκκινητές ή/και γενετικούς δείκτες, η προστασία και διατήρηση των γενετικών πόρων της *P. pinea* στην Ελλάδα χρήζει ιδιαίτερης προσοχής ιδίως στα ευαίσθητα οικοσυστήματα που αναπτύσσεται. Ειδικά αν ληφθούν υπόψη νέες απειλές όπως η ευαισθησία των ειδών στην ατμοσφαιρική ρύπανση (Aravanopoulos 1998, Fady κ.ά. 2004) σε συνδυασμό με τις αβεβαιότητες της τρέχουσας κλιματικής αλλαγής, των ισχυρών ανθρωπογενών επιδράσεων και της αύξησης των συχνοτήτων πυρκαγιάς και της έντασης αυτών (Bariteau κ.ά. 2003), επιβάλλεται η δημιουργία μονάδων προστασίας γενετικών πόρων (gene conservation units).

### ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θερμές ευχαριστίες εκφράζονται στον Δρ. Α. Χρίστου, Α' Συντηρητή Δασών του Τμήματος Δασών Κύπρου, για την αποστολή φυτικού υλικού από την Κύπρο και στον κ. Β. Γιακουμή, Δασάρχη Ολυμπίας, για τη αποστολή αντίστοιχου υλικού από την Πελοπόννησο. Η παρούσα εργασία υποστηρίχθηκε χρηματοδοτικά από την ΓΓΕΤ (Έργο 023γ E+T Συνεργασίας «Συγκριτική ανάλυση της δομής του γενώματος με τη χρήση ρετρομεταφερονίων και μικροδορυφόρων: μελέτη μοριακής εξέλιξης και εν δυνάμει εφαρμογές στη γενετική βελτίωση και την προστασία των γενετικών πόρων». Ευχαριστίες εκφράζονται και σε δύο ανώνυμους κριτές για τις εύστοχες παρατηρήσεις και τα σχόλια τους.

# Preliminary analysis of stone pine (*Pinus pinea* L.) populations with molecular nuclear genetic markers reveals almost complete absence of genetic diversity

Elissavet Katsidi<sup>1</sup>, Filippos A. Aravanopoulos<sup>1</sup>

## ABSTRACT

The objective of this study was to conduct a preliminary assessment of the levels of genetic diversity of *Pinus pinea* L. using seven Mediterranean populations representative of the species natural distribution. Specifically populations were sampled from: Greece and Cyprus in order to investigate levels of genetic diversity. Nuclear molecular genetic markers, SSRs (simple sequence repeats) were used. A total of two loci and two alleles were identified. SSR revealed low levels of polymorphism (SSR: 0.0%). Results were compared to corresponding values regarding six European and Mediterranean species (*Pinus nigra*, *P. halepensis*, *P. leucodermis*, *P. pinaster*, *P. sylvestris*, *P. brutia*) evaluated for five different types of genetic markers (nSSR, AFLP, SAMPL, isoenzymes, cpSSR). It was found that levels of genetic variation in *P. pinea* were lower than the average values of other *Pinus* species by an order of magnitude. In particular, the highest values for *P. pinea* were lower than the lowest average values for the other *Pinus* species. This remarkable low level of polymorphism evaluated over a large number of nuclear loci originating from different types of molecular makers, is in contrast to overall findings for the *Pinus* family and indicates the necessity of further studies. In addition, it points towards special measures for the protection and conservation of the *Pinus pinea* genetic resources, especially in the delicate and anthropogenically disturbed ecosystems where it dominates as a key forest species.

**Key words:** *Pinus pinea*, stone pine, SSR, molecular genetic diversity, protection of genetic resources

---

<sup>1</sup>Laboratory of Forest Genetics and Tree Breeding, Faculty of Forestry and Natural Environment, PO Box 238, Aristotle University of Thessaloniki, Thessaloniki, 54124, Greece, [aravanop@for.auth.gr](mailto:aravanop@for.auth.gr)

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Abad Vinas, R., Caudullo, G., Oliviera, S. and de Rigo, D. 2016. *Pinus pinea* in Europe: distribution, habitat, usage and threats, pp.130-131. In: European Atlas of Forest Tree species, (Editors), *San-Miguel-ayanz, J., de Rigo, D., Caudullo, G., Houston Durrant, T. and Mauri, A.*, Publisher: Publication Office of the European union, Luxembourg..
- Aravanopoulos, F.A. 1998. Environmental pollution effects on the evolutionary genetics of forest trees. *European Environmental Research* 1(2): 29-52.
- Badal, E. 1998. El interes economico del pino pinonero para los habitantes de la Cueva de Nerja, pp. 287–300. In: Sanchidrian, J.L. and Simon, M.D. (Editors), *Las culturas del Pleistoceno Superior en Andalucia*, Patronato Cueva de Nerja, Malaga.
- Bahrn, N., Plomion, C., Petit, R.J. and Kremer, A. 1997. Contribution of two-dimensional electrophoresis of proteins to maritime pine genetics. *Annales des Sciences Forestieres*, 54: 225-236.
- Baka, M. and Aravanopoulos, F.A., 2000. Molecular analysis of natural Aleppo pine (*Pinus halepensis* Mill.) by random amplified polymorphic DNA (RAPD) markers In: *Proceedings 8<sup>th</sup> Panhellenic Conference of the Hellenic Scientific Society for Plant Breeding*, Thessaloniki: 427-432
- Barbero, M., Loisel, R., Quezel, P., Richardson, D.M. and Romante, F. 1998. Pines of the Mediterranean basin, pp. 153–170. In: Richardson, D.M., (Editor), *Ecology and biogeography of Pinus*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Bariteau, M., Alptekin, U., Aravanopoulos, F.A., Asmar, F., Bentouati, A., Benzyane, M., Derridj, A., Ducci, F., Isik, F., Khaldi, A., Khouja, M.L., Paoletti, E., Raddi, P., Martin-Albertos, S., Sbay, H., Schiller, G., Tessier du Cros, E., Varela, M.C. & Vendramin, G.G. 2003. Les ressources génétiques forestières dans le basin Méditerranéen. *Fôret Méditerranéenne* 24(2): 148-158.
- Bucci, G., Anzidei, M., Madaghiele, A., and Vendramin, G. 1998. Detection of haplotypic variation and natural hybridization in *halepensis*-complex pine species using chloroplast simple sequence repeat (SSR) markers. *Molecular Ecology*, 7: 1633-1643.
- Chagne, D., Chaumeil, P., Ramboer, A., Collada, C., Guevara, A., Cervera M.-T., Vendramin, G.G., Garcia, V., Frigerio, J.M., Echt, C., Richardson I, T. and Plomion, C. 2004. Cross-transferability and mapping of genomic and cDNA SSRs in pines. *Theoretical and Applied Genetics*, 109: 1204-1214.
- Choumane, W., Breuge, van P., Bazuin, T.O.M., Baum, M., Ayad, G.W. and Amaral, W. 2004. Genetic diversity of *Pinus brutia* in Syria as revealed by DNA markers. *Forest Genetics*, 11: 87-101.
- Dellaporta, S.L., Wood, J., Hick, B.J. 1985. Maize DNA miniprep. In: Malberg J, Messing J, Sussex I, eds. *Molecular Biology of Plants*, Cold Spring Harbour Laboratory, Cold Spring Harbour: 36-37
- Drouzas, A.D., Aravanopoulos, F.A. and Panetsos, K.P. 2000. RAPD variation of a natural hybrid population among *Pinus brutia* Ten. and *Pinus halepensis* Mill., pp. 67-75. In: Panetsos, K.P., (Editor), *Proceedings International Conference “Adaptation and Selection of Mediterranean Pinus and Cedrus for sustainable afforestations of marginal lands”*, Mytilene.
- Evaristo, I., Santos, S., Tenreiro, R. and Costa, R. 2007. Comparison of genetic structure assessed by amplified fragment length polymorphism and retrotransposon-based sequence-specific amplification polymorphism for Portuguese populations of *Pinus pinea* L. *Silvae Genetica*, 57: 93-100.
- Fady-Welterlen, B. 2012. Biogeography of neutral genes and recent evolutionary history of pines in the Mediterranean Basin. *Annals of Forest Science*, 69:421–428.
- Fady-Welterlen, B. 2005. Is there really more biodiversity in Mediterranean forest ecosystems? *Taxon* 54: 905–910.
- Fady, B., Fineschi, S. and Vendramin, G.G. 2004. EUFORGEN Technical Guidelines for genetic conservation and use for Italian stone pine (*Pinus pinea*). International Plant Genetic Resources Institute, Rome.
- Fallour, D., Fady, B. and Lefevre, F. 1997. Study on isozyme variation in *Pinus pinea*. *Silvae Genetica*, 46: 201-207.
- Finlayson, C., Giles-Pacheco, F., Rodriguez-Vidal, J., D.A., Gutierrez-Lopez, J.M., Santiago-Perez, A., Finlayson, G., Allule, E., Baena-Preysler, J., Caceres, I., et al. 2006. Late survival of Neanderthals at the southernmost extreme of Europe. *Nature*, 443: 850–853.
- Gomez, A., Aravanopoulos, F.A., Alia, R. and Bueno, M.A. 1999. *Pinus halepensis* RAPD markers: linkage and genetic diversity, pp. 39-41. In: *Proceedings International Congress “Applications of Biotechnology to Forest Trees”*, Vitoria-Gasteiz.
- Gomez, A., Vendramin, G.G., Gonzalez-Martinez,

- S.C. and Alia, R. 2005. Genetic diversity and differentiation of two Mediterranean pines (*Pinus halepensis* Mill. and *Pinus pinaster* Ait.) along a latitudinal cline using chloroplast microsatellite markers. *Diversity and Distribution*, 11: 257-263.
- Gonzalez-Martinez, S.C., Robledo-Arnuncio, J.J., Collada, C., Diaz, A., Williams, C.G., Alia, R. and Cervera, M.T. 2004. Cross-amplification and sequence variation of microsatellite loci in Eurasian pines. *Theoretical and Applied Genetics* 109: 103-111.
- Guevara, M.A., Collada, C., Diaz, L., De Maria, N., Marcucci, S., Vaxevanidou, Z., Aranda, I., Aravanopoulos, F.A. and Cervera, M.T. 2008. Comparative analysis of Mediterranean pines genome structure: study of the molecular origin of their evolution and potential applications in breeding and conservation, p. 150. In: *Proceedings IUFRO-CTIA joint international conference "Forest tree genomics and environmental change"*, Quebec City.
- Evaristo, I., Santos, S., Tenreiro, R. and Costa, R. 2007. Comparison of genetic structure assessed by amplified fragment length polymorphism and retrotransposon-based sequence-specific amplification polymorphism for Portuguese populations of *Pinus pinea* L. *Silvae Genetica* 57: 93-100.
- Kandermir, G.E., Kandermir, I. and Kaya, Z. 2004. Genetic variation in Turkish red pine (*Pinus brutia* Ten.) seed stands as determined by RAPD markers. *Silvae Genetica*, 53: 169-175.
- Kavaliauskas, D. 2015. Genetic structure and genetic diversity of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) populations in Lithuania. Aleksandras Stulginskis University, Kaunas, Lithuania.
- Keys, R.N., Autino, A., Edwards, K.J., Fady, B., Pichot, C. and Vendramin, G.G. 2000. Characterization of nuclear microsatellites in *Pinus halepensis* Mill. and their inheritance in *P. halepensis* and *Pinus brutia* Ten. *Molecular Ecology* 9: 2155-2234.
- Konstantinidis, P. 1995. The problem of the stone pine (*Pinus pinea* L.) origin. *Geotechnical Scientific Issues* 6: 27-31 (in Greek with English summary).
- Lecreteau, E. and Szimdt, A. 1998. Properties of AFLP markers in inheritance and genetic diversity studies of *Pinus sylvestris* L. *Heredity*, 82:252-260.
- Lise, Y., Kaya, Z., Isik, F., Sanbuncu, R., Kandermir, I. and Onde, S. 2007. The impact of over-exploitation on the genetic structure of Turkish red pine (*Pinus brutia* Ten.) populations determined by RAPD Markers. *Silva Fennica*, 41: 211-220.
- Loukas, M., Vergini, Y. and Krimbas, C.B. 1982. Isozyme variation and heterozygosity in *Pinus halepensis* Mill. *Biochemical Genetics*, 21: 497- 510.
- Lucic, A., Mladenovic-Drinic, Stavretovic, N., Isajev, V., Lavadinovic, V., Rakonjac, L. and Novakovic, M. 2010. Genetic diversity of Austrian pine (*Pinus nigra* Arnold) populations in Serbia revealed by RAPD. *Arch. Biol. Sci.* 62: 329-336.
- Mariette, S., Change, D., Lezier, C., Pastuszka, P., Raffin, A., Plomion, C. and Kremer, A. 2001. Genetic diversity within and among *Pinus pinaster* populations: comparison between AFLP and microsatellite markers. *Heredity*, 86: 469-479.
- Medail, F. and Quezel, P. 1997. Hot spots analysis for biodiversity conservation in the Mediterranean basin. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 84: 112-127.
- Mirov, N.T. 1967. The genus *Pinus*. Ronald Press Company, New York.
- Mutke, S., Gordo, J. and Gil, L. 2005. Cone yield characterization of a stone pine (*Pinus pinea* L.) clone bank. *Silvae Genetica* 54: 189-197.
- Mutke, S., Gordo, J., Prada, M.A., Salustiano, I. and Gil, L. 2007. Low differentiation in height growth and shoot phenology between provenances of Mediterranean stone pine (*Pinus pinea* L.). In: *FAO - Silva Mediterranea and IUFRO 2.02.13 Expert Joint Meeting*, Arezzo and Rome.
- Nasri, N., Khaldi, A., Fady, B. and Triki, S. 2005. Fatty acids from seeds of *Pinus pinea* L.: composition and population profiling. *Phytochemistry* 66: 1729-1735.
- Nasri, N., Fady, B. and Triki, S. 2007. Quantification of sterols and aliphatic alcohols in Mediterranean stone pine (*Pinus pinea* L.) populations. *Journal of Agricultural Food Chemistry* 55:2251-2255.
- Naydenov, K.D., Tremblay, F.M., Fenton, N.J. and Alexandrov, A. 2006. Structure of *Pinus nigra* Arn. populations in Bulgaria revealed by chloroplast microsatellites and terpene analysis: provenance tests. *Biochemical Systematics and Ecology*, 34: 562-574.
- Panetsos, K.P., Aravanopoulos, F.A. and Scaltsoyiannes, A. 1997. Genetic variation of *Pinus brutia* from islands of the northeastern Aegean sea. *Silvae Genetica*, 47: 115-120
- Peakall, R. and Smouse, P.E. 2006. GENALEX 6: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research. *Molecular Ecology Notes*, 6: 288-295.
- Prada, M.A., Gordo, J., de Miguel, J., Mutke, S., Catalan-Bachiller, G., Iglesias, S. and Gil, L. 1997. Las

- regiones de procedencia de *Pinus pinea* L. en Espana. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- Pinzauti, F., Sebastiani, F., Budde, K.B., Fady, B., Gonzalez-Martinez, S.C. and Vendramin, G.G. 2012. Nuclear microsatellites for *Pinus pinea* (Pinaceae) a genetically depauperate tree, and their transferability to *P. halepensis*. *American Journal of Botany*: e362-e365.
- Prada, M.A., Gordo, J., De Miguel, J., Mutke, S., Catalan-Bachiller, G., Iglesias, S. and Gil, L. 1997. Las regiones de procedencia de *Pinus pinea* L. en Espana. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.
- Quezel, P. 1980. Biogéographie et écologie des conifères sur le pourtour méditerranéen, pp. 205-255. In: Pesson P, (Editor), *Actualités d'écologie forestière. sol, flore, faune*, Gauthiers-Villars, Paris.
- Ribeiro, M.M., Mariette, S., Vendramin, G.G., Szmidt, A.E., Plomion, C. and Kremer, A. 2002. Comparison of genetic diversity estimates within and among populations of maritime pin using chloroplast simple-sequence repeat and amplified fragment length polymorphism data. *Molecular Ecology*, 11: 869-877.
- Saez-Laguna, Guevara, M.A., Diaz, L.M., Sanchez-Gomez, D., Collada, C., Aranda, I. and Cervera, M.T. 2014. Epigenetic variability in the genetically uniform forest tree species *Pinus pinea* L. *Plos One*, 9, e103145.
- Scaltsoyiannes, A., Tsaktsira, M., Psagiannis, G., Tsoulpha, P., Zhelev, P., Iliev, I. and Rohr, R. 2009. Allozyme variation of European Black (*Pinus nigra* Arnold) and Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) populations and implications on their evolution: A comparative study. *Journal of Biological Research*, 11:95-106.
- Senior, M L., Godman, M.M and Stuber, C.W. 1998. Utility of SSRs for determining genetic similarities and relationships in maize using an agarose gel system. *Crop Science*, 38: 1088-1098.
- Silin, A.E. and Goncharenko, G.G. 1996. Allozyme variation in natural populations of Eurasian pines. IV. Populations structure and genetic variation in geographically related and isolated populations of *Pinus nigra* Arnold on the Crimean peninsula. *Silvae Genetica*, 45: 119-132.
- Soranzo, N., Provan, J. and Powell, W. 1998. Characterization of microsatellite loci in *Pinus sylvestris* L. *Molecular Ecology*, 7: 1247-1263.
- Vendramin, G.G., Sebastiani, F., Fady, B., Scotti, I. and Petit, R.J. 2004. Historical farming and genetic uniformity of a widespread Mediterranean tree, *Pinus pinea* L. EUFORGEN Technical Guidelines. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.
- Vendramin, G.G, Fady, B., Gonzalez-Martinez, S.C., Hu, F. S., Scotti, I., Sebastiani, F., Soto, I and Petit R., 2008. Genetically depauperate but widespread: the case of an emblematic Mediterranean pine. *Evolution* 62: 680-688.
- Vos, P., Hogers, R., Blecker, M., Reuans, M., Reijans, M., Lee, T., Friters, A., Pot, J., Paleman, J., Kuiper, M. and Zabeau, M., 1995. AFLP a new technique of DNA fingerprinting. *Nucleic Acids Research* 23: 4407-4414.