

GEOTECHNICAL SCIENTIFIC ISSUES

GEOTECHNICAL CHAMBER OF GREECE

VOL: 16 - ISSUE II - No 1/2005

ISSN 1105-9478

1/2005

ΤΟΜΟΣ 16
ΣΕΙΡΑ II

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΑ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ

GEOTECHNICAL SCIENTIFIC ISSUES

GEOTECHNICAL CHAMBER OF GREECE

VOL: 16 - ISSUE II - No 1/2005

ISSN 1105-9478

1/2005

**ΤΟΜΟΣ 16
ΣΕΙΡΑ II**

**ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΑ
ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΑ
ΘΕΜΑΤΑ**

ΔΑΣΟΛΟΓΙΚΟ

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ

CONTENTS

SCIENTIFIC PAPERS

<i>L.D. Apatsidis, P. Tsopelas, Ath. Aggelopoulos</i>	Silvicultural problems in the fir forest of Mount Parnis, Greece	4 - 17
<i>P. Karanikola, S. Markalas</i>	Biology and importance of the pine cone insect <i>Dioryctria mendacella</i> Stgr. (Lepidoptera, Pyralidae)	18 - 23
<i>Nikos Koutsias</i>	Establishment of logical rules to map burned surfaces using remote sensing techniques: Implementing a different approach in processing multispectral satellite data	24 - 33
<i>G. Baloutsos, A. Bourletsikas, K. Kaoukis</i>	Study and investigation of fog precipitation characteristics in the fir forest of Agios Nikolaos (Evrítania - Greece)	34 - 45
<i>Ioannis A. Barboutis</i>	The course of adoption of Greek terminology for the particleboard	46 - 51

REVIEW ARTICLE

<i>Ath. Th. Gallis</i>	Chemosystematic studies in Pine and Fir species grown in Greece	52 - 58
<i>Kalliopi Radoglou, Mariangela N. Fotelli, Ioannis Raftoyannis, George Halivopoulos</i>	A review on dormancy and vitality of woody plant stock: (II) evaluation of physiological parameters as indicators of dormancy and vitality	59 - 78

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ

<i>Λάζαρος Δ. Απατσίδης, Παναγιώτης Τσόπελας, Αθανάσιος Αγγελόπουλος</i>	Δασοκομικά Προβλήματα στο Ελατοδάσος της Πάρνηθας	4 - 17
<i>Π. Καρανικόλα, Σ. Μαρκάλας</i>	Βιολογία και δασοπονική σημασία του κωνοφάγου εντόμου της πεύκης <i>Diorystria mendacella</i> Stgr. (Lepidoptera, Pyralidae)	18 - 23
<i>Νίκος Κούτσιας</i>	Ανάπτυξη λογικών κανόνων για τη χαρτογράφηση καμένων εκτάσεων με μεθόδους δορυφορικής τηλεπισκόπησης: Μια διαφορετική προσέγγιση επεξεργασίας πολυφασματικών δορυφορικών δεδομένων	24 - 33
<i>Γ. Μπαλούτσος, Αθ. Μπουρέτσικας, Κ. Καούκης</i>	Μελέτη και διερεύνηση χαρακτηριστικών ομιχλοβροχής στο ελατοδάσος Αγίου Νικολάου Ευρυτανίας	34 - 45
<i>Ιωάννης Α. Μπαρμπούτης</i>	Η πορεία καθιέρωσης Ελληνικής ορολογίας για την μοριοπλάκα	46 -51

ΑΡΘΡΟ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗΣ

<i>Αθανάσιος Θ. Γαλλής</i>	Χημειοοσμωτικές μελέτες σε είδη Πεύκης και Ελάτης που φύονται στην Ελλάδα	52 - 58
<i>Καλλιόπη Ραδόγλου, Μαριάντζελα Ν. Φωτέλλη, Ιωάννης Ραντογιάννης, Γεώργιος Χαλυβόπουλος</i>	Ανασκόπηση σχετικά με τον λήθαργο και τη ζωτικότητα ξυλώδους φυτευτικού υλικού: (II) Αξιολόγηση φυσιολογικών παραμέτρων ως δεικτών λήθαργου και ζωτικότητας	59 - 78

Δασοκομικά Προβλήματα στο Ελατοδάσος της Πάρνηθας

Λάζαρος Δ. Απασιδής¹, Παναγιώτης Τσώπελας², Αθανάσιος Αγγελόπουλος²

Περίληψη

Έχουν εγκατασταθεί 20 Δοκιμαστικές Επιφάνειες (ΔΕ), έκτασης ενός στρέμματος και σε σχήμα κύκλου, κατά τρόπο συστηματικό σε τετραγωνικό σύνδεσμο 1250x1250 m. Για την εκτίμηση της φυσικής αναγέννησης σε κάθε ΔΕ του ενός στρέμματος εγκαταστάθηκαν 10 ΔΕ έκτασης ενός m² σε σχήμα τετραγώνου στο κέντρο βάρους κυκλικού τομέα 36 μοιρών.

Στις επιφάνειες αυτές έγινε μια σειρά μετρήσεων που μας επέτρεψαν να δημιουργήσουμε το ερευνητικό υλικό, το οποίο συνίσταται από το δείκτη αναγέννησης (ΔΑ), το δείκτη αναγέννησης για τα φυτάρια ηλικίας από 1 μέχρι και 5 ετών (ΔΑ₁₋₅), το δείκτη αναγέννησης για φυτάρια ηλικίας πάνω από 5 ετών και έως ύψος ενός m (ΔΑ_{>5}), το ποσοστό προσβολής από Ιξό (P_I), το ποσοστό νέκρωσης δένδρων (P_N) (P_N = 100(KΕ_N / ΚΕ₂)), το δείκτη ποιότητας τόπου (ΔΠΤ), την επικείμενη οργανική ουσία (Ε00), τη στηθιαία κυκλική επιφάνεια της συστάδας (ΚΕ₂), τη στηθιαία ηλικία των δέκα χονδρότερων δένδρων της ΔΕ (Α_{1,3}), τη στηθιαία ηλικία της συστάδας (ΣΑ_{1,3}), το υψόμετρο (Υψμ), τον τύπο συστάδας (ΤΣ) και το βιοκλίμα (ΒΚ).

Η εξάρτηση των δεικτών και των ποσοστών από τις άλλες μεταβλητές φαίνεται στις παρακάτω προσδιορισμένες κατά περίπτωση εξισώσεις:

$$\Delta A = 23.093 - 2.325BK - 2.610E00$$

$$\Delta A_{1-5} = -1.421 + 0.152\Sigma A_{1,3} - 1.418 K E_2 - 1.918 T \Sigma$$

$$\Delta A_{>5} = 17.247 - 1.702E00 - 2.172BK$$

$$P_I = 35.740 - 0.0275Y\psi m - 10.636 K E_2 + 0.410\Sigma A_{1,3} + 12.359T \Sigma$$

$$P_N = 24.870 - 9.736K E_2 + 0.371 \Sigma A_{1,3}$$

$$\Delta A = 8.115 \text{ (Δηλαδή ο ΔΑ δεν εξαρτάται από τις μεταβλητές P_I και P_N)}$$

Από τους πραγματικούς και επιδιωκόμενους συντελεστές και δείκτες αναγέννησης προκύπτει πως υπάρχουν σοβαρά προβλήματα αναγέννησης.

Το ελατοδάσος αυτό μπορεί να μείνει ανεπηρέαστο, ελεύθερο στη φύση ως εθνικός δρυμός ή να διαχειριστεί με ήπιες δασοκομικές επεμβάσεις για μια μεταβατική περίοδο, λόγω της κατάρρευσης και της καταπόνησής του. Προτείνονται μια σειρά από δασοκομικά μέτρα στην περίπτωση που υιοθετηθεί η δεύτερη περίπτωση της ήπιας επέμβασης.

Λέξεις κλειδιά: Ελάτη, συσταδογράφημα, φυσική αναγέννηση, βιοκλίμα, επικείμενη οργανική ουσία.

Εισαγωγή

Στα πλαίσια του ερευνητικού προγράμματος (Ινστιτούτου Μεσογειακών Δασικών Οικοσυστημάτων και Δασικών Προϊόντων): “Διερεύνηση των αιτιών που συντελούν στο φαινόμενο της νέκρωσης της Ελάτης” συμπεριλήφθηκε και ένα κεφάλαιο “Δασοκομική Έρευνα” με σκοπό να εξετάσει την επίδραση ηλικίας και επικείμενης οργανικής ουσίας πάνω στην φυσική αναγέννηση της Ελάτης.

Τα δάση της Πάρνηθας αρμοδιότητας του ομώνυμου Δασαρχείου και έκτασης 20.000 ha (εκταρίων) κηρύχθηκαν το 1961 σε Εθνικό Δρυμό Πάρνηθας με πυρήνα την περιοχή των υψηλότερων κορυφών, έκτασης 3816 ha, που στο σύνολό της καλύπτεται σχεδόν από ελατοδάσος (Υπουργείο Γεωργίας).

Ο Εθνικός Δρυμός της Πάρνηθας αποτελεί έναν από τους δέκα Εθνικούς Δρυμούς της χώρας μας, οι οποίοι είναι φυσικές περιοχές με ιδιαίτερη οικολογική σημασία λόγω της σπανιότητας και της ποικιλομορφίας της χλωρίδας και πανίδας, των γεωμορφολογικών σχηματισμών, του υπεδάφους, των νερών, της ατμόσφαιρας

¹ Συνταξιούχος Δασολόγος - Ερευνητής, Κοργιαλενίου 5, 11526 ΑΘΗΝΑ, Τηλ.: 2106918045 και 2722041297

² Στο Ινστιτούτο Μεσογειακών Δασικών Οικοσυστημάτων και Τεχνολογίας Δασικών Προϊόντων, Τέγμα Αλκμάρας, 11528 ΑΘΗΝΑ, Τηλ.: 2107790865.

και γενικά του φυσικού περιβάλλοντός τους (Υπουργείο Γεωργίας 2002).

Ο σκοπός ίδρυσης Εθνικών Δρυμών είναι να αφεθεί η φύση ανεπηρέαστη, ελεύθερη να ακολουθεί τις δικές της διεργασίες. Επίσης να διατηρηθεί το φυσικό περιβάλλον ανεπηρέαστο από “αναπτυξιακά” προγράμματα για λόγους αισθητικής απόλαυσης και επιστημονικής έρευνας. Ακόμη να προσφερθούν ευκαιρίες αναψυχής στο κοινό και να διατηρηθούν ως βιογενετικά αποθέματα και ζωντανά μουσεία ιστορίας της φύσης για διατήρηση και προαγωγή της έρευνας και της εκπαίδευσης (Υπουργείο Γεωργίας 2002).

Ο Εθνικός Δρυμός της Πάρνηθας ιδρύθηκε με σκοπό τη διατήρηση της πλούσιας άγριας πανίδας και χλωρίδας (Υπουργείο Γεωργίας).

Η Πάρνηθα είναι ένας ορεινός όγκος που βρίσκεται πολύ κοντά στην Αθήνα και γενικά στο πολυπληθές Λεκανοπέδιο της Αττικής.

Τη δεκαετία του 1980 μέσα στο δάσος αυτό και στη θέση Μόλα, που βρίσκεται μέσα στον πυρήνα του Δρυμού, διαμορφώθηκε χώρος υπαίθριας αναψυχής για το κοινό.

Για αρκετά χρόνια παρατηρείται μία αυξημένη θνησιμότητα (νέκρωση) δένδρων Ελάτης. Ο Οικονόμος κ.ά. (2002) αναφέρουν πως το φαινόμενο της νέκρωσης της Ελάτης πήρε μεγάλες διαστάσεις στο δάσος της Πάρνηθας, όπως και σε άλλα μέρη της χώρας μας κατά την περίοδο 1988 – 1989. Ήταν τότε μεγάλη η ανησυχία του κοινού και ο θόρυβος από τον τύπο και τα ΜΜΕ, ώστε το Γεωτεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας οργάνωσε διημερίδα με θέμα «Ξήρανση Ελατοδασών», που πραγματοποιήθηκε στην Τρίπολη την 5-6 Δεκεμβρίου 1989. Στη διημερίδα αυτή παρουσιάστηκαν οκτώ (8) εισηγήσεις για την νέκρωση των δένδρων της Ελάτης, οι οποίες έχουν συμπεριληφθεί στα πρακτικά της. Επίσης, σύμφωνα με απογραφή που έγινε το 1991 στο προκείμενο δάσος, απογράφηκαν δύο νεκρά δένδρα Ελάτης στο στρέμμα, περίπου 50.000 δένδρα στη δασοσκεπή έκταση της Ελάτης και ποσοστιαία 3,2 % (Αμοργιανιώτης και Αγγελόπουλος 1996). Πράγματα που απεικονίζουν ένα όχι ευχάριστο και οπτικά όχι αισθητικό περιβάλλον (Παρθενόπουλος και Αλεξίου 1978).

Έτσι το ελατοδάσος της Πάρνηθας αποτελεί περιοχή της έρευνας μας και σκοπός της είναι να εντοπιστούν τα δασοκομικά προβλήματά του και το εάν πρέπει ή όχι να γίνονται ήπιες δασοκομικές επεμβάσεις, λόγω του ότι το ελατοδάσος αυτό βρίσκεται σε καθεστώς λειτουργίας Εθνικών Δρυμών.

Υλικό - Μέθοδοι

Στα πλαίσια διεξαγωγής της έρευνας (φυτοπαθολογικής, δασοκομικής, εδαφολογικής κλπ) έχουν εγκατασταθεί το 1997 είκοσι (20) Δοκιμαστικές Επιφάνειες (ΔΕ), κατά τρόπο συστηματικό σε τετραγωνικό σύνδεσμο 1250x1250 m. Κάθε ΔΕ έχει έκταση ενός στρέμματος και σχήμα κύκλου.

Για την εκτίμηση της αναγέννησης σε κάθε ΔΕ του ενός στρέμματος εγκαταστάθηκαν δέκα (10) ΔΕ έκτασης ενός m² στο κέντρο βάρους κάθε κυκλικού τομέα της ΔΕ του ενός στρέμματος. Στο εξής τις ΔΕ του ενός στρέμματος θα τις λέμε “μεγάλες” και του ενός m² “μικρές”.

Στις μεγάλες ΔΕ μετρήθηκαν το ύψος και η στήθια ηλικία (με την τρυπάνη Pressler) των δέκα (10) χονδρότερων δένδρων, κάνοντας την παραδοχή πως αυτά είναι και τα υψηλότερα, ώστε να εκτιμήσουμε το μέσο ανώτερο ύψος των εκατόν υψηλότερων δένδρων στο εκτάριο για τον καθορισμό του Δείκτη Ποιότητας Τόπου (ΔΠΤ) και με αυτόν τον Απόλυτο Δείκτη Ποιότητας Τόπου (ΑΔΠΤ). Με τον τελευταίο και τα μετεωρολογικά δεδομένα του αντίστοιχου σταθμού της Πάρνηθας τους ορόφους και τους υπο-ορόφους του βιοκλίματος με τη μέθοδο Απατσίδα (2001).

Το υψόμετρο κάθε μεγάλης ΔΕ μετρήθηκε με βαρομέτρο στο κέντρο της.

Επίσης σε κάθε μεγάλη ΔΕ, στα τριάντα (30) επικυρίαρχα, κυρίαρχα και συγκυρίαρχα δένδρα κατά Kraft (Μουλόπουλος 1965, Ντάφης 1990) προσδιορίστηκε η τυχόν προσβολή από Ιξό. Έπειτα από το έτος εγκατάστασης των μεγάλων ΔΕ, κάθε χρόνο μετρούνταν τα δένδρα που νεκρώνονταν.

Σε κάθε μικρή ΔΕ μετρήθηκαν κατά ηλικίες 1,2,3,4,5 και πάνω από 5 ετών έως ύψος ενός m ο αριθμός των φυταρίων (πυκνότητα αναγέννησης) και το μέσο ύψος τους. Επίσης μετρήθηκε το πάχος της Επικείμενης Οργανικής Ουσίας (ΕΟΟ) με τέσσερις μετρήσεις από μία στο κέντρο κάθε τεταρτομορίου του τετραγώνου 1 m². Ακόμη έγιναν και σχετικές παρατηρήσεις ως προς την αναγέννηση σε ηλιαζόμενες θέσεις και την εγκατάσταση ή μη αναγέννησης σε μικρές επιφάνειες που καλύπτονταν από ζωντανά κλαδιά, καθώς και σε

ΠΙΝΑΚΑΣ Ι. Δεδομένα
TABLE I. Data

ΔΔΕ	ΔΑ	ΔΠΤ	ΕΟΟ	ΚΕ _Σ	ΚΕ _Ν	Α _{1,3}	ΣΑ _{1,3}	Υψμ	ΤΣ	ΔΑ ₁₋₅	ΔΑ _{>5}	P ₁	ΒΚ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	4.7	14.08	272	2.602	0.946	107.3	92	690	3	2.6	2.6	72.1	2
3	0.0	7.76	6.61	1.190	0.246	120.7	65	955	3	0.0	0.0	68.5	4
4	1.9	7.00	3.46	1.333	0.237	62.1	60	1000	2	1.9	0.0	45.5	4
5	8.5	7.76	3.12	1.958	0.506	114.0	60	1045	1	5.1	7.0	33.0	4
8	0.9	8.88	3.62	2.129	0.758	91.4	58	1000	1	0.9	0.0	23.1	2
9	4.5	9.74	5.59	2.711	0.794	94.7	68	990	1	0.6	3.9	32.1	2
10	6.8	6.55	3.95	1.544	.0416	84.1	52	1215	1	2.1	4.3	27.3	3
11	5.1	6.62	2.87	1.561	0.594	100.9	60	1065	1	5.1	0.0	28.5	3
12	4.7	8.61	3.17	1.786	0.867	122.1	69	1000	2	3.0	1.7	51.1	4
13	15.2	13.07	2.53	3.723	1.029	78.3	75	1000	2	3.4	11.8	30.1	2
14	15.3	9.55	3.25	1.617	0.744	74.4	63	840	2	0.4	14.9	45.4	2
15	7.4	12.64	2.76	2.319	0.700	106.8	74	965	3	2.0	5.4	54.6	2
16	2.8	12.02	3.36	2.398	0.300	94.1	71	1090	2	0.4	2.4	52.2	1
17	18.1	12.10	2.88	2.331	0.581	133.8	81	1160	3	0.6	17.5	57.1	1
18	18.3	13.59	2.83	3.390	1.625	157.4	139	1255	3	9.8	7.3	66.5	1
19	8.4	14.74	4.60	5.033	0.117	78.0	104	1085	3	0.9	7.5	37.9	1
20	16.6	9.17	2.02	1.965	0.766	99.1	74	875	2	4.8	11.8	53.7	2
21	0.0	12.06	7.27	1.938	0.652	95.0	63	1030	3	0.0	0.0	49.4	1
22	6.2	6.93	4.37	0.985	0.411	62.1	51	1030	3	0.0	6.2	67.8	3
23	17.7	9.34	3.4	1.603	0.227	71.1	56	1060	2	1.3	16.3	47.7	1

Όπου - Where:

ΔΔΕ, Αριθμός Δοκιμαστικής Επιφάνειας(ΔΕ) - Number of plot

ΔΑ, Δείκτης Αναγέννησης - Regeneration Index

ΔΠΤ, Δείκτης Ποιότητας Τόπου - Site Index, m

ΕΟΟ, Επιχειμένη Οργανική Ουσία - Surface Organic Layer, cm

ΚΕ_Σ, Συνολική Κυκλική Επιφάνεια δένδρων ΔΕ - Total basal area of trees per plot , m²

ΚΕ_Ν, Κυκλική Επιφάνεια νεκρών δένδρων ΔΕ - Basal Area of dead trees , m²

Α_{1,3}, Σηθιαία Ηλικία 10 χονδρότερων ή υψηλότερων δένδρων ΔΕ - Age of 10 larger trees of plots at breast height, years

ΣΑ_{1,3}, Μέση Σηθιαία Ηλικία δένδρων ΔΕ (Σηθιαία ηλικία συστάδας) - Mean age of trees in Plots at breast height, years, (Stand age at breast height)

Υψμ, Υψόμετρο - Elevation, m

ΔΑ₁₋₅, Δείκτης Αναγέννησης με φυτάρια από 1 ίσαμε και 5 έτη _ Regeneration Index with Seedlings from 1 to 5 years old

Α_{>5}, Δείκτης Αναγέννησης με φυτάρια πάνω από 5 έτη - Regeneration Index with Seedlings elder than 5 years.

P₁, Ποσοστό προσβολής δένδρων από Ιξό - Percentage of trees infestation with mistletoe

ΒΚ, Ενδεικτικοί αριθμοί Βιοκλίματος - Indicative numbers of Bioclimate.

δένδρα, κοντά στη ΔΕ, με κλαδιά ίσαμε το έδαφος.

Έτσι δημιουργήσαμε το ερευνητικό μας υλικό που φαίνεται στον Πίν.Ι και στις τρεις πρώτες γραμμές του κύριου σώματος του Πίν.ΙΙ. Επίσης ως ερευνητικό υλικό χρησιμοποιήθηκαν μερικά στοιχεία από την απογραφή του 1991 (Αμοργιανιώτης και Αγγελόπουλος 1996). Ακόμα στο ερευνητικό μας υλικό συγκαταλέγονται και οι εξισώσεις:

$$\Delta\Pi\tau_{110} = h_0 / 1.1478617 \text{EXP}(-15.16909/A) \quad (1)$$

(Απατσίδης 1990, Απατσίδης και Σηφάκης 1999)

$$\Delta\Delta\Pi\tau = 1.1478617(\Delta\Pi\tau_{110}) \quad (2)$$

(Απατσίδης 2001)

ΠΙΝΑΚΑΣ ΙΙ. Ύψη, Πυκνότητες και δείκτες αναγέννησης φυταρίων διάφορων ηλικιών
TABLE II. Heights, densities and regeneration indices of seedlings of different age

Ενδείξεις Indications	Ηλικία , έτη - Age , years										Σύν.-Μέσο . Tot. -Aver.	
	1		2		3		4		5		n	h
	n	h	n	h	n	h	n	h	n	h		
Τιμές-Values	0.05	3.35	0.09	4.63	0.1	7.35	0.03	7.83	0.04	10.5	0.31	6.85
Βάρη-Weights(w)	5		7		10		3		7		32	
ΠΔΑ	0.163		0.417		0.735		0.235		0.420		2.123	
ΕΔΑ	1.05										6.350 ⁽¹⁾	
ΕΠΑ, n _n	0.323		0.227		0.143		0.134		0.100		0.927	
Λόγος-Ratio, n _n /n	6.46		2.52		1.43		4.47		2.25		2.99	

Όπου - Where:

$$(1) \quad 6.350=(0.927)(6.85)$$

n , Πυκνότητα αναγέννησης, φυτάρια ανα m² - Regeneration density, seedlings per m²

h , Ύψος φυταρίων - Seedling height, cm

ΠΔΑ, Πραγματικός Δείκτης Αναγέννησης - Actual regeneration index

ΕΔΑ, Επιδιωκόμενος Δείκτης Αναγέννησης - Normal regeneration index

ΕΠΑ, Επιδιωκόμενη Πυκνότητα Αναγέννησης - Normal density of regeneration

$$E_{\Delta\Delta} = 4.488 - 0.0044Y_{\Delta\Delta} \quad (3)$$

(Απατσιδής 2001)

$$A_{\Delta} = 14.431 + 2.5949d + 0.008258d^3 \quad (4)$$

(Αμοργιανιώτης και Αγγελόπουλος 1996)

Όπου: ΔΠΤ₁₁₀ = Δείκτης Ποιότητας Τόπου στη ηλικία των 110 ετών, h₀ = Μέσο ανώτερο ύψος συστάδας, EXP = σύμβολο εκθετικοποίησης, A = Στηθαία ηλικία συστάδας (ΔΕ), ΑΔΠΤ = Απόλυτος Δείκτης Ποιότητας Τόπου, E_{ΔΔ} = Μέση ελάχιστη θερμοκρασία του ψυχρότερου μήνα του έτους, Y_{ΔΔ} = Υψόμετρο συστάδας, A_Δ = Στηθαία ηλικία δένδρου στηθαίας διαμέτρου d.

Η εξίσωση (2) έχει προκύψει από την ΑΔΠΤ = ΔΠΤ₁₁₀ EXP(-b/a) με -b = 15.16909 και a = 110, ενώ η (3) από την E_{ΔΔ} = E_{ΜΣ} + C_g (Y_{ΜΣ} - Y_{ΔΔ})100 με E_{ΜΣ} = 0.0, C_g = 0.44 και Y_{ΜΣ} = 1020, για τα τρία τελευταία σύμβολα βλέπετε Απατσιδή (2001).

Για τη διαπίστωση της επίδρασης των παραγόντων έγινε χρήση της ανάλυσης της απλής συσχέτισης ή παλινδρόμησης και της πολλαπλής παλινδρόμησης.

Στην περίπτωση της πολλαπλής παλινδρόμησης, κάθε μια από τις μεταβλητές ΔΑ, ΔΑ_{1,5}, ΔΑ_{>5}, P₁ και P_N = (KE_N/KE₂)100 συσχετίζεται με τις μεταβλητές ΔΠΤ, ΕΟΟ, KE_Σ, A_{1,3}, ΣA_{1,3}, Υψμ, ΤΣ και ΒΚ, με το γενικό πρότυπο:

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_4X_4 + b_5X_5 + b_6X_6 + b_7X_7 + b_8X_8$$

Επίσης η μεταβλητή ΔΑ συσχετίζεται με τις μεταβλητές P₁ και P_N με το γενικό πρότυπο:

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 \quad (\text{Βλέπετε Πίν.Ι για το συμβολισμό των προκειμένων μεταβλητών})$$

Η πολλαπλή παλινδρόμηση έγινε με την χρήση του στατιστικού πακέτου SPSS 8.0 for Windows με τη μέθοδο backward, που συνίσταται στην διαδοχική απαλοιφή εκείνης της ανεξάρτητης μεταβλητής της οποίας η απόλυτη τιμή του ΤΒ είναι ελάχιστη (ΤΒ = Β/ΣΕΒ, Β = Συντελεστής παλινδρόμησης της και ΣΕΒ = Τυπική απόκλιση του) (Απατσιδής 1977) και σε επίπεδο σημαντικότητας α ≤ 0.1.

Αποτελέσματα

Διαδικασίες Συμπλήρωσης των Πινάκων Ι και ΙΙ - Συσταδογραφήματα

Για κάθε μεγάλη ΔΕ έχει προσδιοριστεί ο συντελεστής αναγέννησης ως ο μέσος όρος του αριθμού των φυταρίων ανά m² και έχει υπολογισθεί το μέσο ύψος των φυταρίων αυτών βασιζόμενοι στις μετρήσεις των αντίστοιχων μεγεθών στις 10 μικρές ΔΕ της. Και το γινόμενο αυτού του μέσου συντελεστή με το αντίστοιχο μέσο ύψος ορίζεται ως Δείκτης Αναγέννησης (ΔΑ) (Απατσιδής 1977) και καταγράφεται στη στήλη 2 του Πίν.Ι.

Το ίδιο έγινε και για τους δείκτες αναγέννησης για τα φυτάρια ηλικίας 1 έως 5 ετών ($\Delta A_{1,5}$) και μεγαλύτερης από 5 χρόνια και μέχρι ύψους ενός m ($\Delta A_{>5}$) (Στήλες 11 και 12, Πίν.Ι). Επίσης εκτιμήθηκε και το πάχος της επικείμενης οργανικής ουσίας (ΕΟΟ) (Στήλη 4, Πίν.Ι).

Στηρίζομενοι στην γενική παχυμέτρηση των δένδρων κάθε μεγάλης ΔΕ, υπολογίσαμε τη στηθιαία κυκλική επιφάνεια όλων των δένδρων της ($ΚΕ_2$) (Στήλη 5, Πίν.Ι). Επίσης υπολογίστηκε και η στηθιαία κυκλική επιφάνεια των νεκρών δένδρων ($ΚΕ_N$) της τελευταίας πενταετίας από την εγκατάσταση των μεγάλων ΔΕ (Στήλη 6, Πίν.Ι).

Η μέση στηθιαία ηλικία ($A_{1,3}$) των 10 χονδρότερων δένδρων κάθε μεγάλης ΔΕ φαίνεται στη στήλη 7 του Πίν.Ι. Ενώ η ίδια της συστάδας $\Sigma A_{1,3}$ εκτιμήθηκε με την εξίσωση (4) (Στήλη 8, Πίν.Ι).

Στη στήλη 9 του Πίν.Ι έχουν καταχωριστεί τα υψόμετρα κάθε μεγάλης ΔΕ.

Το ποσοστό προσβολής από Ίξο (P_1), στήλη 13 Πίν.Ι, προσδιορίστηκε, αφού πρώτα υπολογίστηκε η στηθιαία κυκλική επιφάνεια των προσβλημένων από Ίξο δένδρων και έπειτα με διαίρεση του μεγέθους αυτού με την $ΚΕ_2$ της αντίστοιχης μεγάλης ΔΕ και πολλαπλασιασμό με 100. Αυτό έγινε για να μετατραπεί το αποτέλεσμα σε ενιαία βάση, επειδή η εξέταση της προσβολής έγινε σε 30 επικυρίαρχα, κυρίαρχα, και συγκυρίαρχα άτομα στην κάθε μια μεγάλη ΔΕ.

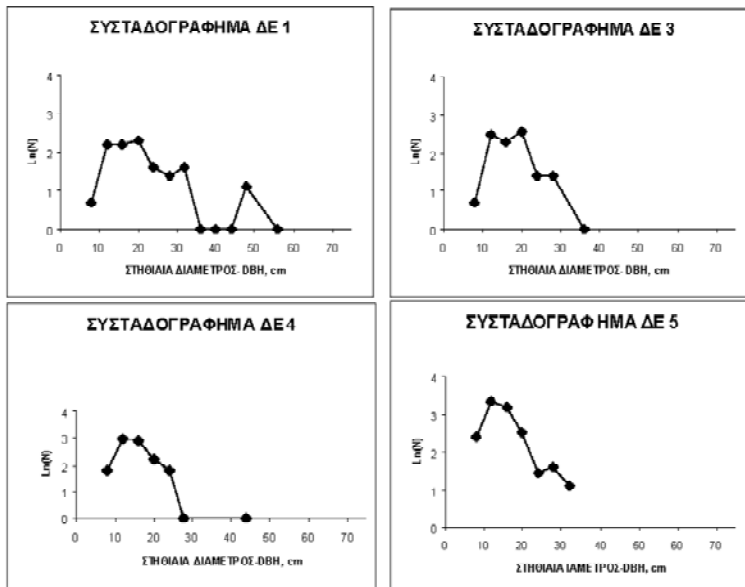
Το ΔΠΤ (Στήλη 3, Πίν.Ι) τον προσδιορίσαμε με δύο τρόπους.

Κατά τον πρώτο βρήκαμε το μέσο όρο των υψών των 10 χονδρότερων δένδρων και τον εκλάβαμε ως το μέσο ανώτερο ύψος των εκατό στο εκάριο υψηλότερων δένδρων, καθώς και τη μέση στηθιαία ηλικία τους και με την εξίσωση (1) εκτιμήθηκε ο ΔΠΤ κάθε μεγάλης ΔΕ.

Κατά το δεύτερο τρόπο κάθε ύψος των 10 δένδρων κάθε μεγάλης ΔΕ πάρθηκε σαν ανώτερο ύψος της νανώδους επιφάνειας που καταλαμβάνει και ως ηλικία της νανώδους αυτής επιφάνειας (συστάδας) η στηθιαία ηλικία κάθε δένδρου και με την εξίσωση (1) προσδιορίστηκε ο ΔΠΤ για κάθε ένα από τα 10 δένδρα και ο μέσος όρος τους αποτελεί το ΔΠΤ της μεγάλης ΔΕ που ανήκουν αυτά τα 10 δένδρα (Απατσιδής 1991). Τα μεγέθη των δύο αυτών τρόπων είχαν υψηλότερη συνάφεια ($r = 0.9995$ κατά Bravais - Pearson και $\rho = 0.9998$

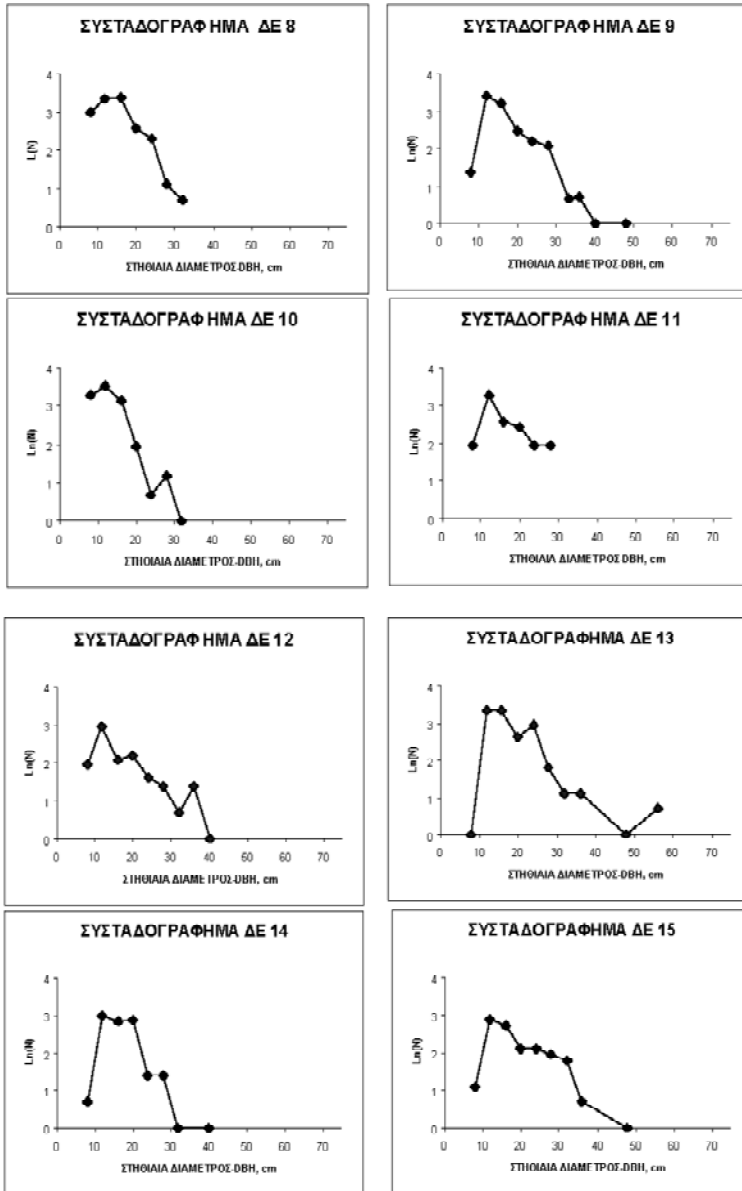
κατά Spearman (Κασσωτάκης 1998)). Και έτσι στη στήλη 3 Πίν.Ι καταχωρίστηκαν τα μεγέθη του δεύτερου τρόπου.

Έχουν καταρτιστεί είκοσι Πίνακες κατανομής των δένδρων κάθε μεγάλης ΔΕ στις βαθμίδες διαμέτρου. Σε κάθε Πίνακα προσδιορίστηκε ο φυσικός λογάριθμος κάθε βαθμίδας στηθιαίας διαμέτρου και έτσι έγιναν τα συσταδογραφήματα (Απατσιδής 1989) και των 20 μεγάλων ΔΕ, καθώς και τα συσταδογραφήματα της μέσης συστάδας των 20 αυτών ΔΕ και από αντίστοιχα στοιχεία της απογραφής του 1991 (Αμοργιανιώτης και Αγγελόπουλος 1996) της μέσης συστάδας της απογραφής του 1991 (Σχήμα.1). Οι είκοσι παραπάνω Πίνακες δεν παρουσιάζονται στην εργασία αυτή για οικονομία χώρου, επειδή παρουσιάζονται τα συσταδο-



Σχήμα 1. Συσταδογραφήματα των είκοσι Δοκιμαστικών Επιφανειών (ΔΕ), της μέσης συστάδας και της μέσης συστάδας απογραφής 1991.

Figure 1. Stand graphs of the twenty plots (ΔΕ), the mean stand and the mean stand of the 1991 inventory.



Σχήμα 1 Συνέχεια
Figure 1. Continue

4 στα βιοκλίματα: ύφηντρο με χειμώνα δριμύ, ύφηντρο με χειμώνα ψυχρό, ημίξηρο με χειμώνα δριμύ και ημίξηρο με χειμώνα ψυχρό αντίστοιχα, συμπληρώσαμε τη στήλη 14 του Πίν.Ι

Τέλος στηριζόμενοι στα συσταδογραφήματα των 20 ΔΕ (Σχήμα 1) διακρίναμε τρεις τύπους συστάδων με τους αντίστοιχους ενδεικτικούς αριθμούς τους:

Ομήλικες ή σχεδόν ομήλικες συστάδες με ενδεικτικό αριθμό 1.

Σχεδόν ομήλικες συστάδες με διάσπαρτα μητρικά δένδρα ή κηπευτοειδείς με ενδεικτικό αριθμό 2.

γραφήματά τους.

Στηριζόμενοι στα συσταδογραφήματα των μέσων συστάδων, για κάθε μέση συστάδα εντοπίσαμε τα ζεύγη των σημείων (24,ln7.1), (48,ln0.5) και (32,ln3.08), (36,ln1.97) αντίστοιχα. Με τα ζεύγη αυτά προσδιορίστηκαν οι εξισώσεις:

$$Y_1 = \text{EXP}(4.594 - 0.1098 d_1) \quad (5)$$

$$Y_2 = \text{EXP}(4.701 - 0.1118 d_2) \quad (6)$$

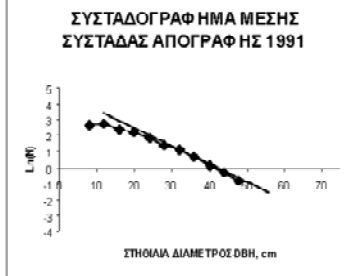
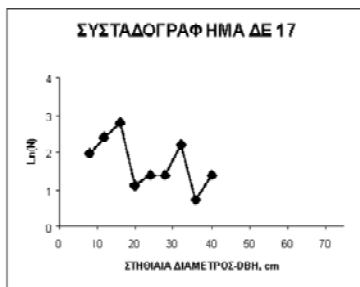
Επειδή, όμως, οι τιμές που παίρνονται από την (5) και (6) δεν διαφέρουν σημαντικά σε επίπεδο σημαντικότητας 5%, πήραμε το μέσο όρο αυτών και με το ζεύγος των σημείων (8,ln43), (48,ln0.5) αποκτήσαμε την εξίσωση:

$$Y = \text{EXP}(4.652 - 0.1114d) \quad (7)$$

Με την εξίσωση (7) εκτιμήσαμε τον κανονικό ή τον επιδιωκόμενο αριθμό δένδρων κατά βαθμίδα διαμέτρου και με τα δένδρα αυτά υπολογίσαμε τη στηθιαία κυκλική τους επιφάνεια που ανέρχεται σε 26.43 m² / ha ή σε 1186 άτομα (δένδρα) ανά ha.

Με βάση το ΔΠΤ και με την εξίσωση (2) εκτιμήσαμε τον απόλυτο δείκτη ποιότητας τόπου (ΑΔΠΤ) και με την εξίσωση (3) τη μέση ελάχιστη θερμοκρασία του ψυχρότερου μήνα του έτους ($E_{\Delta\sigma}$) για κάθε μεγάλη ΔΕ. Με αυτούς τους ΑΔΠΤ και τις $E_{\Delta\sigma}$ και με τα πινάκια 1 και 2 της εργασίας Απατοϊδη (2001) καθορίσαμε τους ορόφους και υπο-ορόφους του βιοκλίματος για κάθε μεγάλη ΔΕ.

Δίνοντας τις τιμές 1,2,3 και



Σύνθετες συστάδες (πολυόροφες, ομηλικο-κηπευτοειδείς) με ενδεικτικό αριθμό 3.

Έτσι η στήλη 10 του Πίν.Ι συμπληρώθηκε με τον ενδεικτικό αριθμό τύπου συστάδας.

Στη γραμμή “Τιμές” του Πίν.ΙΙ αναγράφονται οι μέσες πυκνότητες (συντελεστής αναγέννησης, φυτάρια στο m²) και τα μέσα ύψη των φυταρίων κατά ηλικίες και συνολικά. Στη γραμμή “Βάρη” του προκειμένου Πίνακα καταγράφονται κατά ηλικία ο αριθμός των μικρών ΔΕ με αναγέννηση για τον υπολογισμό των μέσων όρων των υψών συνολικά. Η γραμμή “ΠΔΑ” είναι το γινόμενο των n και h κάθε ηλικίας. Παίρνοντας ως επιδιωκόμενη πυκνότητα 0.1 και μέσο ύψος 10.5 για την ηλικία των 5 ετών αποκτούμε ένα δείκτη αναγέννησης 1.05 (Γραμμή “ΕΔΑ” Πίν.ΙΙ). Με το δείκτη αυτό και παίρνοντας υπόψη τα h κάθε ηλικίας (Γραμμή “Τιμές” Πίν.ΙΙ) με τον τύπο ΕΠΑ=1.05/h υπολογίσαμε την επιδιωκόμενη πυκνότητα αναγέννησης και για τις ηλικίες 1,2,3 και 4 ετών που φαίνεται στη γραμμή “ΕΠΑ” Πίν.ΙΙ. Στη γραμμή “Λόγος” καθορίστηκε το μέγεθος της σχέσης n_n / n (επιδιωκόμενη η_n πυκνότητας προς πραγματική η) για κάθε ηλικία από 1 έως 5 έτη, αφού η αναγέννηση σ’ αυτές τις ηλικίες χρειάζεται να αξιολογηθεί.

Απλή Συσχέτιση

Στον Πίν.ΙΙΙ καταγράφονται οι συντελεστές απλής συσχέτισης μεταξύ των 13 μεγεθών των

Σχήμα 1 Συνέχεια
Figure 1. Continue

ΠΙΝΑΚΑΣ ΙΙΙ. Συντελεστές απλής συσχέτισης**TABLE III.** Simple regression (correlation) coefficients

	ΔΑ	ΔΑ _{1.5}	ΔΑ _{>5}	P ₁	P _N	ΔΠΤ	ΕΟΟ	Υψμ	ΚΕ _Σ	Α _{1.3}	ΣΑ _{1.3}	ΤΣ	ΒΚ
ΔΑ	-	0.42	0.92	0.10	0.13	0.28	-0.59	0.18	0.27	0.18	0.39	0.13	0.43
ΔΑ _{1.5}		-	0.05	0.02	0.13	0.09	-0.53	0.25	0.22	0.54	0.57	0.12	.006
ΔΑ _{>5}			-	0.08	0.05	0.24	-0.44	0.07	0.19	0.64	0.14	0.15	0.44
P ₁				-	0.19	0.27	0.04	0.24	-0.15	0.35	0.37	0.82	0.09
P _N					-	-0.17	-0.20	0.21	-0.31	0.33	0.07	-0.04	0.18
ΔΠΤ						-	-0.09	-0.06	0.81	0.28	0.74	0.58	0.74
ΕΟΟ							-	0.07	-0.11	-0.09	-0.20	0.18	0.05
Υψμ								-	0.15	0.24	0.18	-0.10	0.17
ΚΕ _Σ									-	0.15	0.72	0.22	0.55
Α _{1.3}										-	0.59	0.22	0.06
ΣΑ _{1.3}											-	0.49	0.45
ΤΣ												-	0.33
ΒΚ													-

Σημειώσεις: Για τα σύμβολα βλέπετε υποσημειώσεις στον πόδα του Πίνακα Ι - For symbols see Footnotes at Table I.

σηλών 2 έως και 14 του Πίν.Ι. Τιμές $0.378 \leq r < 0.443$ και $r \geq 0.444$ είναι σημαντικές σε επίπεδα σημαντικότητας 0.1 μέχρι 0.05 και μικρότερα αντίστοιχα.

Πολλαπλή Παλινδρόμηση

Τα αποτελέσματα αυτής, όπως έχουν προκύψει με την μέθοδο backward, φαίνονται αμέσως παρακάτω:

$$\Delta A = 23.093 - 2.325B_K - 2.610E_{OO} \quad (8)$$

(R=0.703 σε Επίπεδο Σημαντικότητας (ΕΣ) 0.003, ΕΣ για b₀, b₁ και b₂ 0.000, 0.03 και 0.005 αντίστοιχα)

$$\Delta A_{1.5} = -1.421 + 0.152\Sigma A_{1.3} - 1.418 K E_{\Sigma} - 1.918T_{\Sigma} \quad (9)$$

(R=0.820 σε ΕΣ 0.000, ΕΣ για b₀, b₁, b₂ και b₃ 0.300, 0.000, 0.018 και 0.002 αντίστοιχα)

$$\Delta A_{>5} = 17.247 - 1.702E_{OO} - 2.172B_K \quad (10)$$

(R=0.598 σε ΕΣ 0.023, ΕΣ για b₀, b₁ και b₂ 0.000, 0.052 και 0.043 αντίστοιχα)

$$P_1 = 35.740 - 0.0275Y_{\psi\mu} - 10.636 K E_{\Sigma} + 0.410\Sigma A_{1.3} + 12.359T_{\Sigma} \quad (11)$$

(R=0.950 σε ΕΣ 0.000, ΕΣ για b₀, b₁, b₂, b₃ και b₄ 0.005, 0.0057, 0.000, 0.001 και 0.000 αντίστοιχα)

$$P_N = 24.870 - 9.736K E_{\Sigma} + 0.371 \Sigma A_{1.3} \quad (12)$$

(R=0.528 σε ΕΣ 0.062, ΕΣ για b₀, b₁ και b₂ 0.016, 0.021 και 0.054 αντίστοιχα)

$$\Delta A = 8.115 \text{ (Δηλαδή ο } \Delta A \text{ δεν εξαρτάται από τις μεταβλητές } P_1 \text{ και } P_N \text{)} \quad (13)$$

Υφηλιασμός - Σκίαση

Κατά την απογραφή της φυσικής αναγέννησης στις μικρές ΔΕ, σε θέσεις όπου οι ηλιακές ακτίνες έφθαναν απευθείας στο έδαφος για αρκετό χρόνο (υφηλιασμός), δεν υπήρχε αναγέννηση, καίτοι το πάχος της ΕΟΟ ήταν κατά μέσο όρο 1.2 cm με τυπική απόκλιση 0.91 cm και επιπλέον οι άλλοι οικολογικοί παράγοντες για εγκατάσταση και ευδοκίμηση αναγέννησης ήταν ευνοϊκοί. Το γεγονός αυτό περιορίζει την αναγέννηση σχεδόν στο χώρο της προβολής της κόμης των δένδρων.

Ακόμη παρατηρήσαμε κάτω από δένδρα, που τα κλαδιά τους έφθαναν ίσαμε το έδαφος (σκίαση), συσσώρευση ΕΟΟ και απουσία αναγέννησης.

Βιοκλίμα - Ποιότητες Τόπου - Μέσοι Όροι και Αποκλίσεις τους

Από τα δεδομένα του ερευνητικού μας υλικού, καταρτίσαμε με Πίν.ΙV όπου φαίνεται η εκατοστιαία

ΠΙΝΑΚΑΣ ΙV. Βιοκλίμα και Ποιότητες Τόπου
TABLE IV. Bioclimate and Site Qualities

Ενδείξεις Indications	Βιοκλίμα – Bioclimate				Ποιότητες Τόπου Site Qualities		
	Υγυρο - Submoist		Ημίξηρο - Semidry		IV _b	V _a	V _b
	ΧΨ	ΧΔ	ΧΨ	ΧΔ			
ΑΔΕ	7	5	3	5	4	4	12
%	35	25	15	25	20	20	60
M.ΑΔΠΤ	11.61 m				ΔΠΤ	10.11 m	
S _{ΑΔΠΤ}	3.083 m						
E _{ΔΣ}	0.02 ⁰ C				S _{ΔΠΤ}	2.688 m	
SE _{ΔΣ}	0.554 ⁰ C						

Όπου - Where:

ΧΨ = Χειμώνας Ψυχρός - Cold winter

ΧΔ = Χειμώνας Δριμύς - Severe winter

ΑΔΕ = Αριθμός Δοκιμαστικών Επιφανειών - Number of plots

M. = Μέσος όρος - Average

S = Τυπική απόκλιση - Standard deviation

ΑΔΠΤ = Απόλυτος Δείκτης Ποιότητας Τόπου - Absolute site index

E_{ΔΣ} = Μέση Ελάχιστη θερμοκρασία του ψυχρότερου μήνα του έτους - Mean minimum temperature of colder month of year

ΔΠΤ = Δείκτης Ποιότητας Τόπου - Site Index

ΠΙΝΑΚΑΣ V. Στατιστικά 14 μεταβλητών

TABLE V. Statistics of 14 variables

Ενδείξεις ⁽¹⁾ Indications	Μέσοι Όροι Means	Τυπικές Αποκλίσεις Standard Deviations	Ενδείξεις ⁽¹⁾ Indications	Μέσοι Όροι Means	Τυπικές Αποκλίσεις Standard Deviations
ΔΑ	8.16	6.372	ΚΕ _N	0.63	0.351
ΔΑ ₁₋₅	2.22	2.448	Α ₁₋₃	97.37	24.389
ΔΑ _{>5}	6.03	5.715	ΣΑ _{1,3}	71.75	20.483
P ₁	46.23	14.494	Υψμ	1017.50	125.320
P _N	28.47	13.504	ΤΑ	2.15	0.813
ΔΠΤ	10.11	2.678	ΒΚ	2.25	1.118
ΕΟΟ	3.72	1.364	ΚΕ _Σ	2.21	0.957

(1) Για τα σύμβολα βλέπετε πόδα του Πιν.Ι - For the symbols see footnote at Table I.

αναλογία των βιοκλιμάτων και των ποιοτήτων τόπου.

Ακόμα στηριζόμενοι στον Πίν.Ι κατασκευάσαμε τον Πίν. V όπου φαίνονται οι μέσοι όροι και οι τυπικές αποκλίσεις των μεταβλητών της έρευνας μας.

Συζήτηση - Συμπεράσματα

Μέση Ποιότητα Τόπου και Μέσο Βιοκλίμα Ελατοδάσους

Από τους Πίν. IV και V προκύπτει πως ο μέσος ΔΠΤ του Ελατοδάσους της Πάρνηθας είναι 10.11 m, ενώ ο ΑΔΠΤ 11.61 m. Σύμφωνα με τον Πίνακα για Ένταξη Συστάδων Ελάτης σε Ποιότητες Τόπου (Απασιδής 1990, Απασιδής και Σηφάκης 1999) η μέση ποιότητα τόπου του δάσους είναι οριακά V_a, αφού ο μέσος ΔΠΤ

είναι πάρα πολύ κοντά στο όριο $10 (12.8 > 10.11 > 10)$ διάκρισης των ποιοτήτων τύπου V_a και V_b και έτσι μπορεί να ειπωθεί πως η μέση ποιότητα τύπου του Ελατοδάσους Πάρνηθας συγκαταλέγεται στην V ποιότητα των ελατοδασών της χώρας μας. Στο ίδιο συμπέρασμα κατέληξαν οι Αμοργιανιώτης και Αγγελόπουλος (1996). Επίσης το ότι η ποιότητα τύπου του δάσους αυτού είναι V , συνηγορεί και το γεγονός πως η κανονική ή επιδιωκόμενη πυκνότητά του των $26.43 \text{ m}^2/\text{ha}$ ταυτίζεται σχεδόν με την $26.85 \text{ m}^2/\text{ha}$ για το συσταδικό τύπο V (ποιότητα τύπου V) των δασών Ελάτης της χώρας μας (Απατσιδής 1979).

Το μέσο βιοκλίμα του δάσους οριακά είναι ύφνυρο με χειμώνα ψυχρό, αφού ο μέσος ΑΔΠΤ είναι πολύ κοντά στο όριο $10 (19 > 11.61 > 10)$ διάκρισης των ορόφων ύφνυρου και ημίξηρου και $E_{\Sigma\Delta}$ είναι πολύ πλησίον στο όριο $0.0^\circ\text{C} (3 > 0.02 > 0.0)$ διάκρισης των υπο-ορόφων με χειμώνα ψυχρό και με χειμώνα δριμύ. Και έτσι μπορεί να χαρακτηριστεί το μέσο βιοκλίμα του προκειμένου δάσους ως **ύφνυρο προς ημίξηρο με χειμώνα ψυχρό προς δριμύ**.

Εξάρτηση των Μεταβλητών ΔΑ, ΔΑ_{1.5}, ΔΑ_{>5}, Ρ₁ και Ρ_N

Σύμφωνα με τους συντελεστές απλής συσχέτισης και τη σημαντικότητά τους που έχει αναφερθεί στο κεφάλαιο “Αποτελέσματα” της παρούσας ο ΔΑ επηρεάζεται αρνητικά από την ΕΟΟ και θετικά από το ΒΚ και την ΣΑ_{1.3}, η συνιστώσα του ΔΑ_{1.5} θετικά από την ΣΑ_{1.3} και την Α_{1.3} και αρνητικά από την ΕΟΟ, ενώ η άλλη του συνιστώσα ΔΑ_{>5} θετικά από την Α_{1.3} και το ΒΚ και αρνητικά από την ΕΟΟ. Το Ρ₁ φαίνεται να εξαρτάται αρκετά σημαντικά και θετικά από τον ΤΣ, ενώ το Ρ_N να μην επηρεάζεται από κανένα παράγοντα.

Σύμφωνα, όμως, με την πολλαπλή παλινδρόμηση ο ΔΑ επηρεάζεται αρνητικά από το ΒΚ και την ΕΟΟ, ο ΔΑ_{1.5} θετικά από την ΣΑ_{1.3} και αρνητικά από την ΚΕ_Σ και τον ΤΣ, ο ΔΑ_{>5} αρνητικά από την ΕΟΟ και το ΒΚ, το Ρ₁ αρνητικά από το Υψμ και την ΚΕ_Σ και θετικά από την ΣΑ_{1.3} και τον ΤΣ, το Ρ_N αρνητικά από την ΚΕ_Σ και θετικά από την ΣΑ_{1.3}, ενώ ο ΔΑ δεν εξαρτάται από Ρ₁ και Ρ_N.

Βλέπουμε πως η εξάρτηση των δεικτών αναγέννησης και των ποσοστών Ρ₁ και Ρ_N από τους οκτώ παράγοντες (ΔΠΤ, ΕΟΟ, ΚΕ_Σ, Α_{1.3}, ΣΑ_{1.3}, Υψμ, ΤΣ και ΒΚ) δεν συμπίπτει πλήρως και στους δύο τρόπους ανάλυσης. Αυτό έχει παρατηρηθεί και από άλλους ερευνητές (Doolittle 1957, Απατσιδής κ.ά. 1996) και αποδίδεται στο ότι στην πολλαπλή παλινδρόμηση η επίδραση των διάφορων παραγόντων μπορεί να αναμιγνύεται, συγχέεται (confounded).

Θα μπορούσε κανείς να περίμενε πως ο ΔΠΤ θα ήταν ένας από τους αποφασιστικότερους παράγοντες, εντούτοις δεν εμφανίστηκε σημαντικός τόσο στην ανάλυση της απλής συσχέτισης όσο και στην ανάλυση της πολλαπλής παλινδρόμησης. Αυτό πιθανόν να οφείλεται σε αντικατάστασή του από άλλους παράγοντες, αφού αυτός συσχετίζεται σημαντικά με τους παράγοντες ΚΕ_Σ, ΣΑ_{1.3}, ΒΚ και ΤΣ με συντελεστές συσχέτισης 0.82, 0.74, 0.74 και 0.58 αντίστοιχα (Πίν.ΙΙΙ). Αυτή η συσχέτιση ήταν αναμενόμενη, γιατί σε υψηλότερες ποιότητες τύπου οι συστάδες είναι πυκνότερες, μακροβιότερες, αναπτύσσονται συνθετότεροι τύποι συστάδων και το ΒΚ έτσι που προσδιορίζεται έχει ως μία συνιστώσα και το ΔΠΤ.

Ερμηνεία των Εξισώσεων Πολλαπλής Παλινδρόμησης

Από τις εξισώσεις (8) και (10) προκύπτουν πως για τη φυσική αναγέννηση στο προκειμένο δάσος οι ύφνυροι σταθμοί είναι ευνοϊκότεροι από τους ημίξηρους και ότι το μεγάλο πάχος της ΕΟΟ αποτελεί ακραίο οικολογικό παράγοντα για την αναγέννηση (Απατσιδής 1977 και 1984).

Η εξίσωση (9) μας λέει πως η εγκατάσταση και η πρώτη ανάπτυξη των φυταρίων ηλικίας 1 ως και 5 ετών εξαρτώνται από τις συσταδικές συνθήκες. Με την αύξηση της ηλικίας δημιουργούνται ευνοϊκές συνθήκες για την εγκατάσταση αναγέννησης και οι πυκνότερες και συνθετότερες συστάδες δυσχεραίνουν την εγκατάσταση και κυρίως την επιβίωση λόγω σκίασης και ανταγωνισμού της μητρικής συστάδας.

Στην εξίσωση (11) το Ρ₁ εξαρτάται από όλους εκείνους τους παράγοντες που έχουν να κάνουν με την κίνηση, κυκλοφορία, συμπεριφορά και ασφάλεια του πουλιού ή των πουλιών τα οποία διαμέσου του πεπτικού τους συστήματος (περιττώματά τους) μεταφέρουν τους σπόρους του ημιπαράσιτου Ξού στα ελατόδενδρα (κορμό και κλαδιά τους). Έτσι όσο μεγαλύτερο το υψόμετρο τόσο μικρότερο είναι το ποσοστό προσβολής, προφανώς λόγω περιορισμού της παρουσίας των πουλιών κατά τις ψυχρές περιόδους (Peterson κ.ά. 1981, Αμοργιανιώτης 1997). Όσο πυκνότερη η συστάδα τόσο μικρότερη είναι η προσβολή, γιατί η πυκνή συστάδα δυσχεραίνει την κίνηση και την κυκλοφορία των πουλιών και αυξάνει τους κινδύνους από τους εχθρούς τους, άρα μικρότερη πιθανότητα για

προσβολή. Στο προκείμενο δάσος έχουν καταμετρηθεί σε ελατοδάσος με συγκρόμωση πάνω από 40% έντεκα (11) είδη πτηνών, ενώ με συγκρόμωση κάτω από 40% είκοσι τρία (23) είδη (Αμοργιανιώτης 1997). Όσο μεγαλύτερη η ηλικία της συστάδας (δένδρων) τόσο μεγαλύτερη η προσβολή, αφού, όπως προκύπτει από την καμπύλη ζωής (ή βλαβών) (Σχήμα.2) (Απασιδής 1978), είναι μεγαλύτερη η πιθανότητα για προσβολή. Όσο συνθετότερη η συστάδα τόσο μεγαλύτερη η προσβολή. Αυτό γιατί τα πουλιά επικάθονται σε διακριτά δένδρα για μεγαλύτερο οπτικό πεδίο και άρα μεγαλύτερη ασφάλεια (Καρέτσος κ.ά. 1996, Αμοργιανιώτης 1996). Επίσης στις πολυόρφες (συνθετότερες) συστάδες το πάχος της κομοστέγης είναι μεγαλύτερο από ό,τι της αντίστοιχης ομήλικης συστάδας (Ντάφης 1990), οπότε το ή τα περιττώματα διατρέχουν μεγαλύτερη απόσταση και άρα μεγαλύτερη πιθανότητα να επικαθίσουν σε κορμό ή κλαδιά, δηλαδή μεγαλύτερη πιθανότητα προσβολής.

Η εξίσωση (12) μας πληροφορεί πως το ποσοστό νεκρών δένδρων (νέκρωση) εξαρτάται από δύο συσταδικές παραμέτρους. Έτσι όσο αυξάνει η ηλικία της συστάδας τόσο αυξάνει και η νέκρωση, κάτι φυσιολογικό, όπως προκύπτει και από την καμπύλη ζωής (Σχήμα 2). Όσο αυξάνει η πυκνότητα της συστάδας τόσο μειώνεται η νέκρωση. Αυτό φαίνεται πως έρχεται σε αντίθεση με το γεγονός ότι ο ρυθμός θνησιμότητας είναι μεγαλύτερος στις πυκνότερες συστάδες.

Αν, όμως, πάρει κανείς υπόψη του πως η μέση πραγματική πυκνότητα, που ανέρχεται σε $(2.21)(10) = 22.1 \text{ m}^2 / \text{ha}$ (Πίν. V), είναι μικρότερη από την κανονική ή επιδιωκόμενη που φθάνει σε $26.43 \text{ m}^2 / \text{ha}$, τότε η εξάρτηση αυτή μας δείχνει τη δυσμενή επίδραση της αραιότερης συστάδας, που αντανακλά μεγαλύτερη ξηρότητα (απώλεια νερού με την εξάτμιση). Κάτι που μας λέει πως, από την άποψη αυτή, είναι προτιμότερο να μην υλοτομούνται τα νεκρά δένδρα, αφού με τον κορμό και τα κλαδιά τους θα προσφέρουν κάποια επιπλέον σκίαση στο έδαφος πέραν από εκείνη των ζωντανών αραιών δένδρων. Ακόμη η εξάρτηση αυτή, λόγω των ανωτέρω, μας πληροφορεί πως κάθε παράγοντας που συντελεί στην ξήρανση του εδάφους, όπως παρατεταμένη ξηρασία και ανομβρία, θα αυξάνει τη νέκρωση των δένδρων. Το 2000 από την παρατεταμένη ξηρασία και ανομβρία (Ο νετός του έτους 2000 από στοιχεία του Μετεωρολογικού Σταθμού Τατοΐου κατά μήνα αρχίζοντας από τον Ιανουάριο και φθάνοντας στο Δεκέμβριο ήταν: 20.1, 15.8, 16.0, 12.8, 1.2, 2.5, 0, 0, 0, 28.5, 60.4 και 20.7 έναντι των αντίστοιχων μέσων της 50ετίας 1952- 2001: 74.1, 51.5, 48.3, 28.4, 24.2, 11.3, 9.5, 5.1, 13.5, 56.4, 60.0 και 81.4) νεκρώθηκε σχεδόν το σύνολο των νεκρών δένδρων της τελευταίας πενταετίας από την εγκατάσταση των μεγάλων ΔΕ.

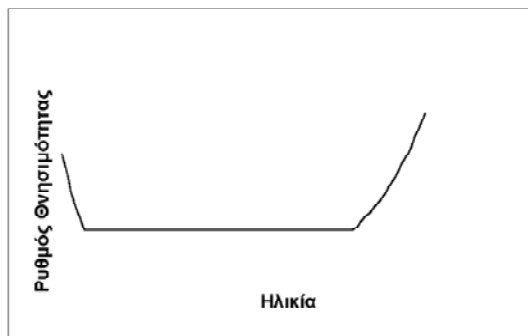
Φυσική Αναγέννηση

Ο ΔΑ είναι πιο αξιόπιστο μέτρο από τον συντελεστή αναγέννησης. Ο συντελεστής αυτός θα ήταν εξίσου αξιόπιστος με το ΔΑ αν ο ρυθμός θνησιμότητας για τα φυτάρια όλων των ηλικιών ήταν ίδιος. Κάτι τέτοιο όμως, δεν συμβαίνει. Ο ρυθμός θνησιμότητας είναι διαφορετικός και μάλιστα μεγαλύτερος στα φυτάρια των μικρότερων ηλικιών, όπως αυτό φαίνεται στην καμπύλη ζωής (Σχήμα. 2). Ένα πενταετές φυτάριο ανά m^2 θα δώσει $\Delta A = nh = 1 \times 10.5 = 10.5$ και έτσι θα έχει την ίδια σημασία με 3.13 μονοετή ($n = \Delta A / h = 10.5 / 3.35 = 3.13$ γραμμική "Τιμές" Πίν. II), με 2.27 διετή, 1.43 τριετή και με 1.34 τετραετή ανά m^2 .

Η φυσική αναγέννηση για φυτάρια ηλικίας 1 ως και 5 ετών υστερεί κατά πολύ από την κανονική ή επιδιωκόμενη τόσο κατά ηλικίες (τελευταία γραμμική Πίν. II), όσο και συνολικά, 3 φορές περίπου.

Υπάρχει συνεπώς σοβαρό πρόβλημα για τη φυσική αναγέννηση του Ελατοδάσους Πάρνηθας, το οποίο δυσχεραίνεται και από την πολύ χαμηλή φυτρωτικότητα των σπόρων της Ελάτης του προκείμενου δάσους (Σταματόπουλος 1995).

Το ελατοδάσος αυτό είναι ένα δάσος υπό κατάρρευση και καταπόνηση με οριακές κλιματεδαφικές συνθήκες και με εμφάνιση τροφопενίας σε κάποια στοιχεία (P, Fe κλπ) στις βελόνες των δένδρων του (Μιχόπουλος και Οικονόμου 2002). Η μέση πραγματική του πυκνότητα κατά την εγκατάσταση των μεγάλων ΔΕ ήταν, όπως αναφέρθηκε, $22.1 \text{ m}^2 / \text{ha}$, ενώ η κανονική ή επιδιωκόμενη $26.43 \text{ m}^2 / \text{ha}$. Κατά την



Σχήμα 2. Καμπύλη ζωής ή βλαβών
Figure 2. Curve of life or damage

πενταετία που παρήλθε από την εγκατάσταση των μεγάλων ΔΕ νεκρώθηκαν δένδρα με στηθιαία κυκλική επιφάνεια 6.3 m²/ha (Πίν. V) σε ποσοστό 28.51% της πραγματικής πυκνότητας. Ο Οικονόμου κ.ά. (2002) βρήκαν πως το ποσοστό νέκρωσης των δένδρων της κεφαλληνιακής Ελάτης πλησίασε το 5% κατά το έτος 2001 και το θεώρησαν αρκετά υψηλό. Το ποσοστό 28.51% δεν μπορεί να αναπληρωθεί με κανένα τρόπο από τα ανερχόμενα δένδρα από τη μη μετρούμενη βαθμίδα διαμέτρου.

Συνεπώς σήμερα η μέση πυκνότητα των συστάδων θα ανέρχεται περίπου σε 16.0 m²/ha, θα είναι δηλαδή το 61% περίπου της κανονικής ή επιδιωκόμενης και σύμφωνα με την εξίσωση (12) θα επιδεινώνεται ακόμη περισσότερο η όλη κατάσταση του δάσους αυτού.

Άλλα προβλήματα που σχετίζονται με τη φυσική αναγέννηση είναι η ύπαρξη δένδρων με κλαδιά μέχρι το έδαφος και η κάτω από αυτά συσσώρευση ΕΟΟ.

Προτάσεις

Επειδή το δάσος αυτό υφίσταται κάτω από οριακές κλιματεδαφικές συνθήκες με έντονη προσβολή από το ημιπαράσιτο Ιξό και διατελεί υπό κατάρρευση και καταπόνηση, και επειδή είναι κάτω από καθεστώς λειτουργίας Εθνικών Δρυμών, προκύπτει το ερώτημα αν θα πρέπει να αφήσουμε τη φύση να λειτουργεί από μόνη της ή να το διαχειριστούμε με ήπιες δασοκομικές επεμβάσεις για μια μεταβατική περίοδο.

Αν η απάντηση στο ερώτημα αυτό αναφέρεται στο πρώτο του σκέλος, τότε αφήνουμε, χωρίς καμιά επέμβαση, το δάσος στη φύση, η οποία ίσως, μέσα σε αρκετές δεκαετίες ή και εκατονταετίες, να επαναφέρει το δάσος σε μία υγιή και σφριγηλή κατάσταση, αφήνοντας κατά μέρος την ανησυχία που η κατάρρευση του δάσους θα προκαλεί στην παρούσα και σε μερικές επερχόμενες γενεές ανθρώπων της πολυάνθρωπης Αττικής και αφήνοντας ακόμη κατά μέρος και την ταυτόχρονη κατάρρευση της χλωρίδας και πανίδας του.

Από την άλλη μεριά θα ρορούμε πως η παρούσα και οι επερχόμενες γενεές θα θέλουν να μην ανησυχούν για την τύχη του δάσους, να βλέπουν ένα ευχάριστο και οπτικά αισθητικό περιβάλλον. Ακόμη, λόγω των οριακών κλιματεδαφικών συνθηκών, της καταπόνησης, της έντονης προσβολής από Ιξό και της συνεχιζόμενης ρύπανσης του περιβάλλοντος στην Αττική, αμφιβάλλουμε αν η φύση από μόνη της θα μπορέσει να επαναφέρει ένα υγιές και σφριγηλό δάσος Ελάτης. Γι' αυτό έχουμε τη γνώμη πως στο δάσος αυτό θα πρέπει να γίνουν ήπιες δασοκομικές επεμβάσεις. Λέγοντας ήπιες επεμβάσεις εννοούμε αυτές να γίνονται κυρίως χειρωνακτικά και δευτερευόντως με ελαφριά μηχανικά μέσα (αλυσοπρίονες, μικρές ημιαυτόματα κινούμενες φρέζες κλπ).

Αν υιοθετηθεί η άποψη αυτή, τότε προτείνουμε:

- 1.- Να ενισχυθεί η φυσική αναγέννηση με υποβοήθησή της, συνιστάμενη:
 - α.- Στην ανύψωση της κόμης των δένδρων με κλαδιά ίσαμε το έδαφος, με κλαδεύσεις.
 - β.- Σε αναμοχλεύσεις σε θέσεις με πυκνή υποβλάστηση και μεγάλο πάχος ΕΟΟ.
 - γ.- Σε δημιουργία κατάλληλων δασογενών περιβαλλόντων παίρνοντας υπόψη τους παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η εγκατάσταση και η ανάπτυξη της νεοφυτείας.
 - δ.- Σε σπορές ή και φυτεύσεις κατά θέσεις, με αυτόχθονο γενετικό υλικό.
 - ε.- Σε δημιουργία προδάσους σε θέσεις όπου δεν μπορεί να εγκατασταθεί η Ελάτη, κυρίως με κέδρο (άρκευθο) ή μύρτη Πεύκη και μάλιστα των Γεραναίων.
- 2.- Να απομακρύνεται κάθε χρόνο ένα μέρος των βλαστών του Ιξού και να διαθέτονται ως καλλωπιστικοί κλάδοι ή ως τροφή σε πρόβατα.
- 3.- Να προστατευθεί από κάθε άλλο κίνδυνο αποτελεσματικά (βοσκή, πυρκαγιές, ασθένειες)
- 4.- Ευνόητο είναι να γίνουν και να ολοκληρωθούν όλα τα έργα που θα εξασφαλίζουν την κυκλοφορία για αναπνυγή, ορειβασία κλπ, χωρίς να διαταραχθεί πολύ η λειτουργία του δάσους αυτού ως Εθνικού Δρυμού (προστασία χλωρίδας και πανίδας).
- 5.- Να απομακρύνονται τα νεκρά δένδρα όπου δεν θα δυσχεραίνουν τις συσταδικές συνθήκες, συνθήκες που επιτείνουν το ρυθμό νέκρωσης και δυσκολεύουν την εγκατάσταση της φυσικής αναγέννησης.

Ευχαριστίες

Αισθανόμαστε την υποχρέωση να εκφράσουμε τις πολλές και θερμές μας ευχαριστίες στον κ. Σ. Ξενόπουλο και την κ. Ν. Σουλιώτη για τη συμβολή τους στη λήψη των στοιχείων, το πέρασμά τους στον Η/Υ και στην στατιστική τους επεξεργασία.

Silvicultural problems in the fir forest of Mount Parnis, Greece**L.D. Apatsidis¹, P. Tsopelas², Ath. Aggelopoulos²****Summary**

Data were collected from 20 circular sample plots (0.1 Ha). These were systematically located along transects of 1250x1250 m grid in the fir forest. In each sample plot (ΔΕ) there were established 10 small square plots of 1 m² to estimate the natural regeneration.

On the basis of the data collected in these sample plots the following parameters were calculated: regeneration index (ΔΑ), regeneration index for seedlings 1 to 5 years-old (ΔΑ₁₋₅), regeneration index for seedlings more than 5 years old and up to 1m (ΔΑ_{>5}), the rate of mistletoe infection (P₁), the rate of tree mortality [$P_N = 100(KE_N/KE_Σ)$], the Site Index (ΔΠΤ), the surface organic layer (ΕΟΟ), the basal area of the stand (ΚΕ_Σ), the age at breast height of 10 tallest trees of ΔΕ (Α_{1,3}), the elevation (Υψμ), the stand type (ΤΣ) and the bioclimate (ΒΚ)

The following equations show the relationship among these parameters:

$$\Delta A = 23.093 - 2.325BK - 2.610EOO$$

$$\Delta A_{1-5} = -1.421 + 0.152\Sigma A_{1,3} - 1.418 KE_{\Sigma} - 1.918T\Sigma$$

$$\Delta A_{>5} = 17.247 - 1.702EOO - 2.172BK$$

$$P_1 = 35.740 - 0.0275Y\psi\mu - 10.636 KE_{\Sigma} + 0.410\Sigma A_{1,3} + 12.359T\Sigma$$

$$P_N = 24.870 - 9.736KE_{\Sigma} + 0.371 \Sigma A_{1,3}$$

$$\Delta A = 8.115 \text{ (Namely the } \Delta A \text{ is not depended on the variables } P_1 \text{ and } P_N)$$

The analysis of these data shows that there are serious problems in the natural regeneration of the forest. A large proportion of the trees are infected by mistletoe and the mortality rate is very high, especially during periods of drought. A series of Silvicultural measures are suggested in order to improve natural regeneration.

Key words: Fir, standgraph, natural regeneration, bioclimate, surface organic layer

Βιβλιογραφία

- ΑΜΟΡΓΙΑΝΙΩΤΗΣ,Γ. και ΑΓΓΕΛΟΠΟΥΛΟΣ,Α.,1996. Εθνικός Δρυμός Πάρνηθας - Έρευνα της δομής και της εξέλιξης Ελατοδάσους Πάρνηθας. Δασορχείο Πάρνηθας. Αθήνα 48 σελ.
- ΑΜΟΡΓΙΑΝΙΩΤΗΣ,Γ., 1997. Σχέδιο διαχείρισης Εθνικού Δρυμού Πάρνηθας, Τεύχος Γ. Δασορχείο Πάρνηθας, 248 σελ.
- ΑΠΑΤΣΙΔΗΣ,Λ.Δ.,1977. Φυσική αναγέννηση μαύρης Πεύκης. Διδακτορική Διατριβή. Αθήνα, 91 σελ.
- ΑΠΑΤΣΙΔΗΣ,Λ.Δ.,1978. Η μεταχείριση του δασοπονικού πειραματικού υλικού ως μία αιτία καταλήξεως σε αμφισβητήσιμα συμπεράσματα. Δασικά Χρονικά, 5-6:183- 190.
- ΑΠΑΤΣΙΔΗΣ, Λ.,1979. Συντελεστές Δασοπονίας: Δασοπονικό είδος - διαχειριστική μορφή - ξυλαπόθεμα. Ανακινώσεις Ιδρυμάτων Δασικών Ερευνών. VII (2): 125 - 158.
- ΑΠΑΤΣΙΔΗΣ,Λ.Δ.,1984. Η επικείμενη οργανική ουσία ως ακραίος οικολογικός παράγοντας στη φυσική αναγέννηση δασοσυστάδων. Αγροτικά Θέματα, 1: 5-6.
- ΑΠΑΤΣΙΔΗΣ,Λ.Δ.,1989. Δασοκομία και διαχείριση των δασών της Οξυάς μας. Πρακτικά Πανελληνίου Δασολογικού Συνεδρίου "Βελτίωση της παραγωγικότητας στην Ελληνική Δασοπονία", Δράμα, 4 - 6 Οκτ., 1989, σελ. 83 - 111.
- ΑΠΑΤΣΙΔΗΣ,Λ.Δ.,1990. Ανακατάρτιση των δεκαμερών συστημάτων ογκομετρικών και προσαυξητικών πινάκων της Ελάτης και της μαύρης Πεύκης και των συστημάτων ποιότητων αυτών και της Οξυάς μας. Πρακτικά 4^{ου} Πανελληνίου Δασολογικού Συνεδρίου "Δασοπονία και Περιφερειακή ανάπτυξη", Καρπενήσι, 7 - 9 Νοεμ. 1990, σελ. 309 - 339.
- ΑΠΑΤΣΙΔΗΣ, Λ.Δ.,1991. Μία νέα τεχνική εκτίμησης δεικτών ποιότητας τόπου δασών (Σύγκριση δύο τεχνικών). Επιστημονική Επετηρίδα του Τμήματος Δασολογίας και Φ.Π. του Α.Π.Θ., Τόμος ΛΔ/3/27:

¹ Pensioner Forester Researcher, Korgialeniou 5, 115 26 Athens, Tel.: 2106918045, and 2722041297

² NAGREF, Forest Institute, Terma Alkmanos, 115 28 Athens, Tel.: 2107790865

1809 - 1821.

- ΑΠΑΤΣΙΔΗΣ, Λ.Δ., 2001. Εκτίμηση βιοκλίματος δασοσυστάδων χρησιμοποιώντας απόλυτο δείκτη ποιότητας τόπου και θερμοβαθμίδα. Γεωτεχνικά Επιστημονικά Θέματα (Δασολογικό - Ιχθυολογικό). VI (12)3:156 - 169.
- ΑΠΑΤΣΙΔΗΣ, Λ.Δ. και ΣΗΦΑΚΗΣ, Χ.Γ., 1999. Ηλεκτρονική Εφαρμογή APSI. Υποβλήθηκε στο Υπουργείο Γεωργίας για Εφαρμογή. Αθήνα, 6 σελ., 8 Παραρτήματα και 14 Πίνακες.
- ΑΠΑΤΣΙΔΗΣ, Λ.Δ., ΡΕΠΠΑΣ, Α.Η. και ΖΙΑΓΚΑΣ, Ε.Χ., 1996. Εκτίμηση δείκτη ποιότητας τόπου με εδαφικά και τοπογραφικά χαρακτηριστικά μέσα στην υποζώνη της μαύρης Πεύκης (*Pinion nigrae*) στην Κεντρική Πίνδο. Επιστημονική Επετηρίδα του Τμήματος Δασολογίας και Φ.Π. του Α.Π.Θ. Τόμος ΛΘ/1/39/1: 166 - 190.
- DOOLITTLE, W.T., 1957. Site index of Scarlet and Black Oak in relation to Southern Appalachian Soil and Topography. *Forest Science* 3:114 - 124.
- ΚΑΡΕΤΣΟΣ, Γ., Γ.ΛΥΡΙΝΤΖΗΣ και Κ.ΑΛΜΠΑΜΗΣ., 1996. Σχέδιο διαχείρισης Εθνικού Δρυμού Οίτης. Ινστιτούτο Μεσογειακών Δασικών Οικοσυστημάτων και Τεχνολογίας Δασικών Προϊόντων, Αθήνα.
- ΚΑΣΣΩΤΑΚΗΣ, Μ.Ι., 1998. Η αξιολόγηση της επίδοσης των μαθητών. Ογδόη Έκδοση. Εκδόσεις Γρηγόρη. Αθήνα, 360 σελ.
- ΜΙΧΟΠΟΥΛΟΣ, Π. και Α.ΟΙΚΟΝΟΜΟΥ., 2002. Θρεπτική κατάσταση βελονών Ελάτης (*Abies Cephalonika*) του δάσους Πάρνηθας. Πρακτικά 10^{ου} Πανελληνίου Δασολογικού Συνεδρίου «Έρευνα, Προστασία και Διαχείριση Χερσαίων Οικοσυστημάτων, Περιαστικών Δασών και Αστικού Πρασίνου», Τρίπολη, 26 - 29 Μαΐου 2002, σελ. 289 - 296.
- ΜΟΥΛΟΠΟΥΛΟΣ, Χ.Κ., 1965. Μαθήματα δασοκομικής. Πρώτο μέρος: Θεωρητική δασοκομική ή δασική οικολογία. Εκτύπωση Ν.Μαυρογένη. Θεσσαλονίκη, 431 σελ.
- ΝΤΑΦΗΣ, Σ., 1986. Δασική οικολογία. Εκδόσεις Γιαχούδη - Γιαπούλη. Θεσσαλονίκη, 443 σελ.
- ΝΤΑΦΗΣ, Σ., 1990. Εφαρμοσμένη δασοκομική. Εκδόσεις Γιαχούδη - Γιαπούλη. Θεσσαλονίκη, 258 σελ.
- ΟΙΚΟΝΟΜΟΥ, Α., Π.ΜΙΧΟΠΟΥΛΟΣ, Α.ΣΚΟΥΤΕΡΗ και Α. ΜΠΟΡΑΕΤΣΙΚΑΣ., 2002. Αποτελέσματα της φυτοϋγειονομικής κατάστασης των δασών της Ελλάδας κατά το έτος 2001. Πρακτικά 10^{ου} Πανελληνίου Δασολογικού Συνεδρίου «Έρευνα, Προστασία και Διαχείριση Χερσαίων Οικοσυστημάτων, Περιαστικών Δασών και Αστικού Πρασίνου», Τρίπολη, 26 - 29 Μαΐου 2002, σελ. 78 - 85.
- ΠΑΡΘΕΝΟΠΟΥΛΟΣ, Κ. και ΔΑΦΝΗ ΑΛΕΞΙΟΥ., 1978. Ο ρόλος των ατομικών και κοινωνικών παραγόντων στην αξιολόγηση του περιβάλλοντος. *Τεχνικά Χρονικά*, 2: 365 - 383.
- PETERSON, R., GUY MOUNTFORT και P.A.D. HOLLON (Απόδοση και προσαρμογή στα Ελληνικά: Α.ΚΑΝΕΛΛΗΣ και W. BAUER), 1981. Τα πουλιά της Ελλάδας και της Ευρώπης. ΧΡΥΣΟΣ ΤΥΠΟΣ Α.Ε., Αθήνα, 480 σελ.
- ΣΤΑΜΑΤΟΠΟΥΛΟΣ, Ε., 1995. Μελέτη φυτρωτικότητας των σπόρων της Ελάτης στον Εθνικό Δρυμό Πάρνηθας. Πρακτικά 7^{ου} Πανελληνίου Δασολογικού Συνεδρίου «Αξιοποίηση Δασικών Πόρων», Καρδίτσα, 11 - 13 Οκτ. 1995, σελ. 39 - 52.
- ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ. Πάρνηθα - Δάσος... - Υγεία - Πολιτισμός.
- ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ (Κείμενα Ζαχαρίας Προϊμάκης), 2002. Εθνικοί Δρυμοί της Ελλάδας. Γενική Γραμματεία Δασών και Φ.Π. Αθήνα, 49 σελ.

Βιολογία και δασοπονική σημασία του κωνοφάγου εντόμου της πεύκης *Dioryctria mendacella* Stgr. (Lepidoptera, Pyralidae)

Π. Καρανικόλα¹, Σ. Μαρκάλας²

Περίληψη

Το *Dioryctria mendacella* Stgr. (Lepidoptera, Pyralidae) είναι ένα συχνό έντομο των κώνων της τραχείας πεύκης στην περιοχή έρευνας, το περιστατικό δάσος Θεσσαλονίκης. Προσβάλλει τους υγιείς πράσινους κώνους στο πρώτο και δεύτερο έτος της ανάπτυξής τους και έχει δύο γενεές το έτος, οι οποίες περιπλέκονται μεταξύ τους. Η πτήση των ενήλικων της πρώτης διαρκεί από τις αρχές Μαρτίου έως τις αρχές Ιουλίου και της δεύτερης από τα τέλη Ιουλίου έως τα μέσα Οκτωβρίου. Από τη μέτρηση του πλάτους της κεφαλικής κάψας των προνυμφών προέκυψε ότι το έντομο έχει πέντε προνυμφικά στάδια. Διαχειμάζει ως προνύμφη 3^{ης} και 4^{ης} ηλικίας. Το παράσιτο *Lissonota* sp. Hdg. (Hymenoptera, Ichneumonidae) βρέθηκε να παρασιτεί το 27,3-35% των προνυμφών. Το ποσοστό προσβολής των κώνων ανήλθε κατά τα έτη 2000 και 2001, μετά δηλαδή τη μεγάλη πυρκαγιά του 1997, σε 16,67% και 18,99% αντίστοιχα, τιμές πολύ μεγαλύτερες εκείνων που είχαν βρεθεί πριν την πυρκαγιά, κατά τα έτη 1993 και 1994 (5,17% και 6% αντίστοιχα).

Λέξεις κλειδιά: *Dioryctria mendacella*, έντομο κώνων, τραχεία πεύκη

Εισαγωγή

Το έντομο *Dioryctria mendacella* Stgr. είναι ένα ευρύτατα διαδεδομένο έντομο σε πολλές χώρες της Μεσογείου (Ισπανία, Ιταλία, Τουρκία, Γαλλία κ.α). Προσβάλλει και καταστρέφει τους κώνους πολλών ειδών πεύκης (*Pinus halepensis*, *P. pinea*, *P. pinaster* και *P. brutia*), προκαλώντας μείωση της διαθέσιμης ποσότητας σπόρων για αναγέννηση (Canackioglu 1958, De Viedma 1961, Zocchi 1963, Roques 1983). Αναφέρεται χαρακτηριστικά ότι προσέβαλε στη Νότιο Γαλλία το 25-40% των κώνων της χαλεπίου πεύκης (Roques 1983), ενώ στην Ιταλία κατέστρεψε επί σειρά ετών, μαζί με το συγγενές είδος *D. pineae*, το 50% της ετήσιας παραγωγής κώνων της κουκουναριάς (Zocchi 1963). Στην Ελλάδα η προσβολή των κώνων χαλεπίου πεύκης στην περιοχή της Αττικής κυμάνθηκε σε ποσοστό 18-20% (Γεώργεβιτς 1967).

Η παρούσα εργασία, εκτός από τη συμπλήρωση ορισμένων λεπτομερειών σχετικά με την βιολογία του εντόμου (εποχή πτήσης, προσδιορισμός προνυμφικών σταδίων, παρασιτισμός από άλλα έντομα), αποσκοπεί κυρίως στη μέτρηση της προσβολής που προκαλεί το έντομο στους κώνους της τραχείας πεύκης πριν και μετά από μεγάλη πυρκαγιά.

Υλικά και μέθοδοι

Περιοχή της έρευνας αποτέλεσε το περιστατικό δάσος της Θεσσαλονίκης, το οποίο έχει έκταση 29760 στρ. και αποτελείται στην πλειοψηφία του από τραχεία πεύκη (*P. brutia* Ten.). Η έρευνα διεξήχθη αρχικά κατά τα έτη 1993 και 1994, οπότε και ελήφθησαν τα περισσότερα στοιχεία της βιολογίας του εντόμου. Μεσολάβησε η πυρκαγιά του 1997, η οποία κατέστρεψε μεγάλο μέρος του δάσους, και η λήψη στοιχείων συνεχίστηκε κατά τα έτη 2000 και 2001 με σκοπό κυρίως τον προσδιορισμό του βαθμού προσβολής και τη σύγκρισή του με αυτόν που είχε βρεθεί πριν την πυρκαγιά.

Ειδικότερα για την αξιολόγηση του βαθμού προσβολής και της εποχής πτήσης του *D. mendacella* έγιναν δύο δειγματοληψίες ανά έτος, η πρώτη στις αρχές Μαρτίου και η δεύτερη στις αρχές Ιουλίου (λίγο πριν την έναρξη της αντίστοιχης περιόδου νύμφωσης του εντόμου). Στις δειγματοληψίες αυτές οι κώνοι συλλέγονταν από 20 δέντρα που επιλέγονταν ως τυχαία σημεία με τη βοήθεια χάρτη της περιοχής. Από διαφορετικό ύψος

¹ Τμήμα Δασολογίας και Διαχείρισης Περιβάλλοντος και Φυσικών Πόρων, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης

² Τμήμα Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

και έκθεση, σε κάθε δέντρο λαμβάνονταν 30 κώνοι πρώτου και 30 δεύτερου έτους. Η συλλογή κώνων γίνονταν με τη βοήθεια ψαλιδιού, με σπαστό κοντάρι και σκάλας. Συνολικά συλλέχθηκαν 9.600 κώνοι, οι οποίοι τοποθετήθηκαν σε ξεχωριστά δοχεία (βάζα) καλυμμένα με τούλι και ελέγχονταν καθημερινά. Σε όλα από τα δοχεία οι προνύμφες σε κάποια φάση του βιολογικού τους κύκλου εγκατέλειπαν τους ήδη προσβεβλημένους κώνους σ' αυτά τοποθετούνταν υγιείς κώνοι τους οποίους και προσέβαλαν.

Για την μέτρηση της διάρκειας νύμφωσης του εντόμου σε είκοσι από τους κώνους οι οποίοι διατηρούνταν στο εργαστήριο και φαινόταν εξωτερικά προσβεβλημένοι, έγινε τομή για τον προσδιορισμό της περιεχόμενης ώριμης προνύμφης, κατόπιν οι κώνοι ξανακλείνονταν, δένονταν με ένα λάστιχο και τοποθετούνταν ξανά στα δοχεία με το τούλι. Οι συγκεκριμένοι κώνοι ελέγχονταν καθημερινά στο εσωτερικό τους για την καταγραφή της ημερομηνία νύμφωσης, εξόδου και ημέρα νέκρωσης του ακμαίου. Όταν στο δοχείο υπήρχαν περισσότερα από ένα έντομα τότε αυτά απομονώνονταν σε ξεχωριστά άδεια δοχεία.

Η καλλιέργεια των ακμαίων πραγματοποιήθηκε σε 10 μεγάλα γυάλινα βάζα το καθένα από τα οποία περιείχε ένα κλαδί το οποίο έφερε οφθαλμούς, και κώνους 1^{ου} και 2^{ου} έτους. Στο κάθε ένα από τα βάζα τοποθετήθηκαν δύο αρσενικά και δύο θηλυκά ακμαία. Από την καλλιέργεια αυτή ελήφθησαν στοιχεία σχετικά με τον αριθμό και το μέγεθος των αυγών που γέννησαν τα θηλυκά, καθώς και της διάρκειας εκκόλαψης τους.

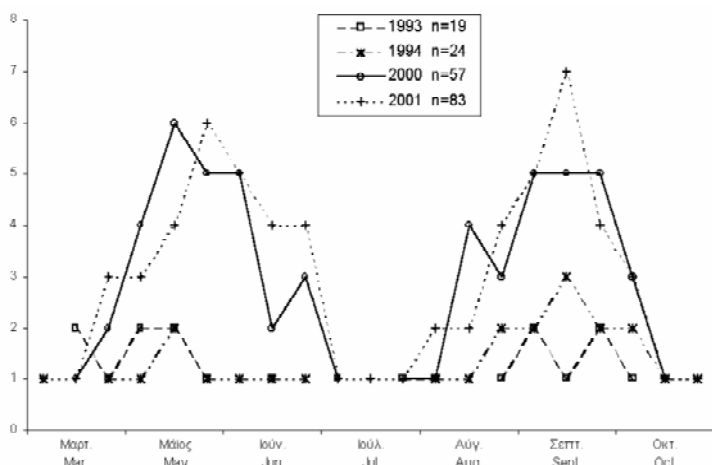
Επιπρόσθετα το 1994, για τη μελέτη της βιολογίας του εντόμου, πραγματοποιούνταν εβδομαδιαίως η συλλογή δέκα προσβεβλημένων κώνων, οι οποίοι ανοίγονταν και οι προνύμφες που περιείχονταν τοποθετούνταν σε διάλυμα αιθανόλης 70%. Κατόπιν στο μικροσκόπιο γινόταν μέτρηση της κεφαλικής τους κάψας για τον προσδιορισμό των προνυμφικών σταδίων του εντόμου.

Αποτελέσματα - Συζήτηση

Το έντομο *D. mendacella* παρουσίασε σε κώνους τραχείας πεύκης του περιαστικού δάσους Θεσσαλονίκης δύο γενεές το έτος. Λόγω της μεγαλύτερης πυκνότητας πληθυσμού του εντόμου, η εποχή πτήσης και η διάκριση των γενεών είναι εμφανέστερη κατά τα έτη 2000 και 2001 (Σχ. 1). Τα ενήλικα άτομα της πρώτης γενεάς άρχισαν να εγκαταλείπουν τους προσβεβλημένους κώνους το δεύτερο δεκαήμερο του Μαρτίου και η έξοδος τους συνεχίστηκε έως τις αρχές Ιουλίου, ενώ τα ενήλικα της δεύτερης γενεάς άρχισαν να εξέρχονται από το τρίτο δεκαήμερο Ιουλίου και η πτήση τους διήρκεσε έως το δεύτερο δεκαήμερο του Οκτωβρίου. Εκτός από μικροδιαφορές στην έναρξη ή τη λήξη της εποχής πτήσης, οι οποίες οφείλονταν στην επίδραση των καιρικών συνθηκών, δε διαπιστώθηκαν αξιολογες διαφορές στα τέσσερα έτη της έρευνας. Ας σημειωθεί ότι στην περιοχή Αττικής το έντομο έχει τρεις γενεές, των οποίων η πτήση λαμβάνει χώρα αντίστοιχα τους μήνες

Μάρτιο, Ιούλιο και Σεπτέμβριο (Γεώργεβιτς 1967). Ο μεγαλύτερος αριθμός γενεών του εντόμου, τέσσερις ανά έτος, αναφέρεται στην Ισπανία (Baudin 1961), ενώ στην Ιταλία, τη Γαλλία και την Τουρκία υπάρχουν, όπως και στην περιοχή της παρούσας έρευνας, μόνο δύο (Canakcioglu 1958, Zocchi 1963, Roques 1983).

Τα ενήλικα (n=50) έζησαν στο εργαστήριο χωρίς τροφή 4-11 ημέρες (μέσος όρος 7,14, s=1,750) (Σχ. 2), ενώ στην Αττική τα ακμαία έζησαν από 5 έως και 12 ημέρες (Γεώργεβιτς 1967). Μετά από την καλλιέργεια των ακμαίων σε μεγάλα γυάλινα βάζα τα οποία περιείχαν υγιείς πράσινους κώνους του πρώτου και του δεύ-



Σχ. 1. Έξοδος ενήλικων του *D. mendacella* από προσβεβλημένους κώνους τραχείας πεύκης.

Fig. 1. Flight of *D. mendacella* from attacked cones of brute pine.

τερου έτους, επτά από τα θηλυκά γέννησαν από 21 έως 52 αυγά (μέσος όρος 36,43, $s=10,100$) ενώ, η Γεώργεβιτς (1967) αναφέρει 55-60 αυγά, ανά θηλυκό. Τα αυγά είχαν σχήμα επίμηκες ωοειδές, στην αρχή ήταν λευκωπά, ενώ όταν ωρίμασαν έγιναν πορτοκαλόχρωμα, με μήκος 0,61-0,88 mm (μέσος όρος 0,76, $s=0,068$) και πλάτος 0,40-0,55 mm (μέσος όρος 0,48, $s=0,046$). Από μετρήσεις βρέθηκε ότι το στάδιο των αυγών διαρκεί 5 έως 9 ημέρες (μέσος όρος 6,57, $s=0,919$), ενώ στην Ιταλία διαρκεί δύο περίπου εβδομάδες (Zocchi 1963). Στην Αττική αντίστοιχα μετρήθηκε η διάρκεια εκκόλαψης των αυγών 6 έως 8 ημέρες τα οποία είχαν διαστάσεις 0,8x0,5 mm (Γεώργεβιτς 1967).

Οι εκκολαπτόμενες προνύμφες έχουν μήκος περίπου 4 mm και εισέρχονται στο εσωτερικό του κώνου από μία οπή που διανοίγουν μεταξύ των καρποφύλλων. Μετρώντας το πλάτος της κεφαλικής κάψας 164 προνυμφών διαφόρων ηλικιών βρέθηκε ότι αυτές διέρχονται από πέντε στάδια, των οποίων τα πλάτη της κεφαλικής κάψας δίνονται στον Πίνακα Ι. Από τον ίδιο Πίνακα προκύπτει ότι η διάρκεια του κάθε προνυμφικού σταδίου είναι συνεχώς μεγαλύτερη από αυτή του προηγούμενου, έτσι ώστε, ενώ το πρώτο στάδιο διαρκεί 5-7, το πέμπτο φτάνει τις 20-28 ημέρες.

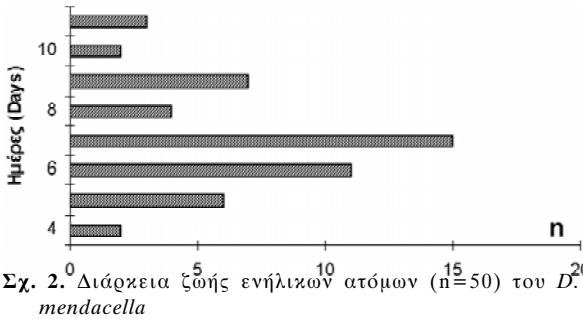
Πίνακας Ι. Πλάτος κεφαλικής κάψας και διάρκεια ανάπτυξης των προνυμφικών σταδίων του *D. mendacella*
Table I. Head capsule width and duration of the larval stages of *D. mendacella*

Στάδιο (Stage)	n	Διάρκεια σε ημέρες (Days of duration)	Πλάτος κεφαλικής κάψας (mm)		
			Μέση τιμή (Mean)	Εύρος (Breadth)	s
I	13	5 – 7	0,5	0,42 – 0,60	0,058
II	22	8 – 12	0,86	0,70 – 1,00	0,089
III	38	12 – 18	1,21	1,05 – 1,36	0,099
IV	48	20 – 25	1,59	1,40 – 1,75	0,102
V	43	20 – 28	1,97	1,80 – 2,32	0,125

Στα δύο πρώτα στάδια της ανάπτυξής τους οι προνύμφες διανοίγουν οφιοειδείς στοές στο εσωτερικό των κώνων του πρώτου έτους ή επιφανειακά στους πράσινους ακόμα κώνους του 2^{ου} έτους. Στη φάση αυτή αρχίζουν να γίνονται ορατές τρεις οριζόντιες γραμμές κατά μήκος του ραχιαίου τμήματος της προνύμφης. Η μεσαία είναι σκοτεινόχρωμη, ενώ οι δύο άλλες είναι φωτεινές πράσινες και βρίσκονται δεξιά και αριστερά της κεντρικής. Στη φάση αυτή η προβολή του κώνου δεν είναι ακόμα έντονα ορατή. Διακρίνεται μόνο η πολύ μικρή οπή εισόδου, μεγέθους μικρότερου του 1mm, και η απόρριψη περιττωμάτων.

Στο τέλος του δεύτερου προνυμφικού σταδίου οι προνύμφες μετακινούνται σε υγιείς γειτονικούς κώνους. Στη περίπτωση της παρούσας έρευνας, όταν οι προνύμφες εξέρχονταν από τους κώνους που ήταν τοποθετημένοι σε δοχεία, τοποθετούνταν τότε στα δοχεία αυτά υγιείς κώνοι, προκειμένου να μετακινηθούν εκεί, όπως συμβαίνει και σε συνθήκες υπαίθρου. Στα τρία επόμενα στάδια διανοίγουν τις στοές τους βαθύτερα στο εσωτερικό, χωρίς όμως να φτάνουν στον άξονα του κώνου. Η δραστηριότητα αυτή συνοδεύεται από την ύπαρξη μεγάλης ποσότητας χονδροειδών περιττωμάτων αναμεμιγμένων με ρητίνη στο εσωτερικό των στοών. Σπανιότερα τα περιττώματα σχηματίζουν με τη ρητίνη υποκίτρινους ή ροδόχρωμους κολεούς ακανόνιστου σχήματος κρεμασμένους στην εξωτερική επιφάνεια του κώνου, δίπλα στην οπή εισόδου. Τα στοιχεία αυτά πάρθηκαν κυρίως το 1994, στην εβδομαδιαία συλλογή των κώνων οι οποίοι ανοίγονταν.

Μέχρι την ωρίμανσή της, η προνύμφη προσβάλλει δύο και σπανιότερα τρεις κώνους του πρώτου έτους, ή ένα του δεύτερου έτους. Αυτό συμβαίνει όχι γιατί καταναλώθηκε ολόκληρο το περιεχόμενο του κώνου αλλά



Σχ. 2. Διάρκεια ζωής ενήλικων ατόμων (n=50) του *D. mendacella*

Fig. 2. Duration of life of *D. mendacella* adults (n=50)

εξ' αιτίας της ρητίνης που εξέρχεται από τους προσβεβλημένους ιστούς του κώνου που κάνει την κίνηση της προνύμφης δυσκολότερη (Zocchi 1963). Ως αποτέλεσμα της προσβολής οι κώνοι του πρώτου έτους παύουν να αναπτύσσονται και στη συνέχεια νεκρώνονται, ενώ στους μεγαλύτερους κώνους του δεύτερου έτους καταστρέφεται και μεταχρωματίζεται από πράσινη σε καστανή η ζώνη προσβολής, η οποία καταλαμβάνει το 1/3 έως το 1/2 του κώνου. Όταν σε ένα κώνο δεύτερου έτους υπάρχει και δεύτερη προνύμφη, η καταστροφή είναι ολοκληρωτική, γιατί ο μικρός αριθμός σπόρων που παραμένει

άθικτος στη βάση ή στην κορυφή του κώνου δεν είναι βιώσιμος (Tripp and Hedlin 1956).

Η διαχείμαση λαμβάνει χώρα στο στάδιο της προνύμφης. Πιο συγκεκριμένα βρέθηκε ότι από τις 20 προνύμφες που μελετήθηκαν το 35% διαχειμάζει ως προνύμφη τρίτης και το 65% τέταρτης ηλικίας. Η νύμφωση πραγματοποιείται σε βομβύκιο, το οποίο κατασκευάζεται στο έδαφος, αλλά και στο εσωτερικό των κώνων. Στο εργαστήριο 14 ώριμες προνύμφες (70%) νυμφώθηκαν στον πυθμένα του δοχείου και μόνο 4 (30%) σε διάφορες θέσεις στο εσωτερικό του προσβεβλημένου κώνου. Οι νύμφες (n=20) έχουν χρώμα καστανό και το μήκος τους κυμαίνεται από 9,77 έως 15,82 (μέσος όρος 12,96, s=1,589) mm. Κατά τη θερινή περίοδο το στάδιο της νύμφης διήρκεσε 7 έως 13 ημέρες (μέσος όρος 9,95, s=1,276).

Από τις εκτεταμένες δειγματοληψίες που πραγματοποιήθηκαν κατά τα έτη 1993 και 1994 βρέθηκε ότι το ποσοστό προσβολής των κώνων από το έντομο *D. mendacella* δεν ήταν ιδιαίτερα μεγάλο και ανήλθε για τα δύο αυτά έτη σε 5,17% και 6% αντίστοιχα (Πίνακας ΙΙ). Όμως μετά τη μεγάλη πυρκαγιά του έτους 1997, η οποία

Πίνακας ΙΙ. Εκατοστιαία ποσοστά προσβολής κώνων της *P. brutia* από το *D. mendacella* κατά τα έτη 1993, 1994, 2000 και 2001.

Table II. Percentage of *Pinus brutia* cones attacked by *D. mendacella* in 1993, 1994, 2000 and 2001.

Έτος έρευνας (Year of study)	Εποχή δειγματοληψίας (Season of sampling)	Ποσοστό προσβολής (% of cone attack)				
		n	1 ^{ov} έτους (1 st year)	n	2 ^{ov} έτους (2 nd year)	1 ^{ov} και 2 ^{ov} έτους (1 st and 2 nd year)
1993	Μάρτιος (March)	600	1,67 (s _p =0,0052)	600	1,17 (s _p =0,0044)	5,17
	Ιούλιος (July)	600	1,33 (s _p =0,0047)	600	1,00 (s _p =0,0041)	
	Σύνολο (Total)		3,00		2,17	
1994	Μάρτιος (March)	600	2,67 (s _p =0,0066)	600	1,33 (s _p =0,0047)	6,00
	Ιούλιος (July)	600	1,17 (s _p =0,0044)	600	0,83 (s _p =0,0037)	
	Σύνολο (Total)		3,84		2,16	
2000	Μάρτιος (March)	600	5,83 (s _p =0,0096)	600	3,67 (s _p =0,0077)	16,67
	Ιούλιος (July)	600	4,50 (s _p =0,0085)	600	2,67 (s _p =0,0066)	
	Σύνολο (Total)		10,33		6,34	
2001	Μάρτιος (March)	600	6,83 (s _p =0,0103)	600	4,00 (s _p =0,0080)	18,99
	Ιούλιος (July)	600	4,83 (s _p =0,0088)	600	3,33 (s _p =0,0073)	
	Σύνολο (Total)		11,66		7,33	

είχε ως αποτέλεσμα τη δραστική μείωση της διαθέσιμης για το έντομο ποσότητας τροφής (αριθμός δέντρων και κώνων), ο υπάρχων πληθυσμός του εντόμου προσέβαλε τους εναπομείναντες κώνους σε πολύ μεγαλύτερο βαθμό. Έτσι, για τα έτη 2000 και 2001 οι αντίστοιχες τιμές της συνολικής προσβολής υπερτριπλασιάστηκαν και έφτασαν το 16,67% και 18,99%. Αξιοσημείωτο είναι ακόμα το γεγονός ότι το ποσοστό προσβολής των κώνων 1^{ου} έτους ήταν σε όλα τα έτη της έρευνας υψηλότερο από αυτό των κώνων του 2^{ου} έτους (Πίνακας ΙΙ).

Η προσβολή επομένως από το *D. mendacella*, αλλά και από άλλα κωνοφάγα και σποροφάγα έντομα, αποκτά μεγαλύτερη σημασία μετά από πυρκαγιές, τότε δηλαδή ακριβώς που η παραγωγή μεγάλης και καλής ποιότητας σπόρου από τα εναπομείναντα δέντρα είναι περισσότερο απαραίτητη από κάθε άλλη φορά για τη φυσική αναγέννηση του κατεστραμμένου δάσους. Εκτός από την πυρκαγιά είναι επίσης δυνατόν οι καιρικές συνθήκες ενός έτους (π.χ. οι βροχοπτώσεις) να επηρεάσουν την παραγωγή κώνων του επομένου έτους (Abrahamson and Kraft 1965, Mattson 1972) η οποία με τη σειρά της μπορεί να επηρεάσει τον πληθυσμό των κωνοφάγων εντόμων (Stadnitski and Burtnik 1974, Turgeon et al 1994).

Σχετικά με την πυκνότητα προσβολής των κώνων από το *D. mendacella*, βρέθηκε ότι όλοι οι κώνοι του πρώτου έτους περιείχαν μόνο από μια προνύμφη, ενώ αυτοί του δεύτερου έτους ήταν σε ποσοστό 16,75% προσβεβλημένοι από δύο. Επίσης, αν και το έντομο αυτό προσβάλλει κατά κύριο λόγο υγιείς πράσινους κώνους, μικρός αριθμός κώνων του 2^{ου} έτους ήταν προσβεβλημένοι ταυτόχρονα και από τα *D. pineae* Stgr. (ποσοστό 2%), *Ernobius oertzeni* Schils. (ποσοστό 0,5%) και *Cydia conicolana* Heyl. (ποσοστό 1%).

Αξιόλογο ρόλο στη φυσική μείωση του πληθυσμού του *D. mendacella* βρέθηκε ότι έχει το παράσιτο *Lissonota* sp. Hdg. (Hym., Ichneumonidae), το οποίο κατά τα τέσσερα έτη της έρευνας παρασπίτησε αντίστοιχα το 27,3, το 35, το 19,2 και το 29,8% των προνυμφών. Οι προσβεβλημένες από το παράσιτο προνύμφες είχαν την ίδια περίπου ταχύτητα ανάπτυξης με τις υγιείς έως το τελευταίο στάδιο, οπότε έχαναν σταδιακά τη σπαργή και το ροδίνο χρωματισμό τους και τελικά πέθαιναν πριν προλάβουν να νυμφωθούν. Η πτήση των ενήλικων παρασίτων ακολούθησε, με υστέρηση 7 έως 10 ημέρες, την πτήση του *D. mendacella*.

Ο Canakcioglu (1958) στην Τουρκία αναφέρει ως παρασιτο του *D. mendacella* το υμενόπτερο *Lissonota saxonica* στους κώνους της *P. brutia*, ενώ ο Zocchi (1961) βρήκε το υμενόπτερο *Nemtris* sp. (Ichneumonidae) ως παράσιτο του *D. mendacella* στους κώνους της *P. pinea*.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το έντομο *D. mendacella* είναι ένα σημαντικό κωνοφάγο έντομο στους κώνους της *P. brutia* και στο περιαιστικό δάσος της Θεσσαλονίκης παρουσιάζει δύο γενιές κατ' έτος. Κατά τα έτη 1993-1994 και 2000-2001, με μικρές διακυμάνσεις, η πρώτη γενιά διήρκησε από τα μέσα Μαρτίου έως και τις αρχές Ιουλίου και η δεύτερη από τα τέλη Ιουλίου έως και τα μέσα Οκτωβρίου.

Η πυκνότητα του πληθυσμού του εντόμου κατά τα έτη 2000-2001 ήταν πολύ μεγαλύτερη απ' ό,τι τα έτη 1993-1994. Αυτό οφείλεται κυρίως στην κακή φυσιολογική κατάσταση του περιαιστικού δάσους μετά την πυρκαγιά και την δραματική μείωση της διαθέσιμης ποσότητας κώνων που αποτελεί τροφή για το έντομο, οπότε η προσβολή είναι μεγαλύτερη στους εναπομείναντες κώνους.

Από την μέτρηση του πλάτους της κεφαλικής κάψας των προνυμφών προσδιορίστηκαν πέντε προνυμφικά στάδια του εντόμου.

Οι προνύμφες του εντόμου μέχρι την ωρίμανση τους μπορούν να προσβάλλουν έως και τρεις κώνους οι οποίοι είτε παύουν να αναπτύσσονται και σταδιακά νεκρώνονται (κώνοι πρώτου έτους) είτε εμφανίζεται μια χαρακτηριστική ζώνη προσβολής καστανού χρώματος η οποία συνεχώς διευρύνεται (κώνοι του δεύτερου έτους).

Το *D. mendacella* προτιμά να προσβάλλει τους κώνους της τραχείας πεύκης στο πρώτο έτος της ανάπτυξής τους.

Παρ' ό,τι μετά την πυρκαγιά η ανάγκη του δάσους για διαθέσιμους προς αναγέννηση κώνους και σπόρους είναι μεγαλύτερη, η συνολική προσβολή του εντόμου κατά τα έτη 2000-2001 υπερτριπλασιάστηκε φτάνοντας σε ποσοστά 16,67% και 18,99% αντίστοιχα.

Ως παράσιτο του εντόμου *D. mendacella* απομονώθηκε το Υμενόπτερο *Lissonota* sp. Το έντομο αυτό θα μπορούσε, μετά από περαιτέρω έρευνα σχετικά με την καλλιέργεια και τον πολλαπλασιασμό του σε εργαστηριακές συνθήκες να χρησιμοποιηθεί ως μέσο βιολογικής καταπολέμησης σε περιπτώσεις επιδημιών στο μέλλον.

Biology and importance of the pine cone insect *Dioryctria mendacella* Stgr. (Lepidoptera, Pyralidae)**P. Karanikola¹, S. Markalas²****Summary**

Dioryctria mendacella Stgr. (Lepidoptera, Pyralidae) is a rather frequent insect pest of *Pinus brutia* cones in the study area, the forest park of Thessaloniki. It attacks the green healthy cones in the first and second year of their development and has two generations per year. The adults of the first generation abandoned the attacked cones during the period early-March to mid-July, and those of the second generation from end-July to mid-October. The insect has five larval stages and hibernates as 3rd and 4th stage larva. *Lissonota* sp. Hdg. (Hymenoptera, Ichneumonidae) was found to parasitize 27.3-35% of the *D. mendacella* larvae. The percentage of the attacked cones in the years 1993 and 1994 was 5.17% and 6%, while after a big forest fire in the year 1997 the percentage of attack went up to 16.67% and 18.99% in the years 2000 and 2001 respectively.

Key words: *Dioryctria mendacella*, cone insects, brute pine

Βιβλιογραφία

- Abrahamson L. P., Kraft K. Y., 1965. A population study of cone moth *Laspeyresia toreuta* Grote in *Pinus banksiana*. Ecology 46, 561-563p.
- Baudin S.F., 1961. Los danos en las pinas de *Pinus pinea* L. En la provincia de Valladolid. Bol. Serv.Plagas For. 4(8), 63-71p.
- Canakcioglu H., 1958. Studies on insects, which are injurious to the Turkish Forest tree seeds and control of some of the important species. Orman. Fak. Degrisi Serie A 9, 126-165p.
- De Viedma M.G., 1961. Nota sobre la bionomia de *Dioryctria mendacella* Stgr. Bol. Serv. Plagas For., 4, 39-45p
- Γεώργεβιτς Ρ. Π., 1967. Έντομα προσβάλλοντα κώνους χαλεπίου πεύκης εν Αττική. Ιδρ. Δασ. Ερευνών Αθηνών. σελ. 7-19.
- Mattson W.J., 1972. The role of insects in the dynamics of cone production of red pine, *Pinus resinosa*. Thesis, Universite Minnesota, 158pp.
- Roques A., 1983. Les insectes des cones et graines de conifers en France. Service des Publicatios de l' institut National de la Recherche Agronomique Paris, 129 pp.
- Stadnitskii G. V., Bortnik A. M., 1974. «On the discreteness of Population in the book Zashchita lesa (Defense of Forests) Moscow No 65 pp. 19-34 (collection of works of the Moscow Forest - Technological Institute).
- Tripp H. A., Hedlin A. F., 1956. An ecological study and damage appraisal of white spruce cone insects. Forestry Chronicle 32, 400-410p .
- Turgeon J., Roques A., De Groot P., 1994. Insect Fauna of coniferous seed cones. Ann. Rev. Entom. 39, 179-212p.
- Zocchi R., 1963. Contributi alla conoscenza degli insetti delle piante forestali. V. il gen. *Dioryctria* Zell. (Lepidoptera Pyralidae) in Italia. Redia 46, 9-143.

¹ Department of Forestry and Environmental Management and Natural Resources, Democritian University of Thrace

² Department of Forestry and Natural Environment, Aristotle University of Thessaloniki

Ανάπτυξη λογικών κανόνων για τη χαρτογράφηση καμένων εκτάσεων με μεθόδους δορυφορικής τηλεπισκόπησης: Μια διαφορετική προσέγγιση επεξεργασίας πολυφασματικών δορυφορικών δεδομένων

Νίκος Κούτσιας¹

Περίληψη

Σε έρευνες τηλεπισκόπησης, ειδικά σε αυτές που διαπραγματεύονται ερευνητικά αντικείμενα πολυδιάστατων δεδομένων, όπως είναι τα δορυφορικά δεδομένα του Θεματικού Χαρτογράφου, πολυδιάστατες στατιστικές μέθοδοι εφαρμόζονται ευρέως για την εξαγωγή της επιθυμητής πληροφορίας. Σε πολλές από τις μεθόδους ταξινόμησης των δορυφορικών δεδομένων οι κατηγορίες ταξινόμησης περιγράφονται κατά βάση με στατιστικά μεγέθη, όπως π.χ. μέσες τιμές, τυπικές αποκλίσεις και συνδιασπορές. Ο «ταξινομητής» (classifier), εκτιμώντας τις στατιστικές αποστάσεις των υπό ταξινόμηση εικονοστοιχείων της δορυφορικής εικόνας με τις υπογραφές των φασματικών κατηγοριών, λαμβάνει την τελική απόφαση κατηγοριοποίησης των εικονοστοιχείων. Η προσέγγιση αυτή εμπεριέχει αρκετές αδυναμίες, οι οποίες σχετίζονται με τη στατιστική απόδοση των φασματικών υπογραφών των κατηγοριών ταξινόμησης, καθώς και την εκτίμηση των στατιστικών αποστάσεων.

Στην εργασία αυτή παρουσιάζεται μια διαφορετική τεχνική κατηγοριοποίησης των εικονοστοιχείων της δορυφορικής εικόνας, με έμφαση τις καμένες εκτάσεις, η οποία βασίζεται στην ανάπτυξη λογικών κανόνων βάσει των φασματικών χαρακτηριστικών των καμένων εκτάσεων και στην άλγεβρα του Bool. Οι κανόνες αυτοί δεν περιγράφονται με στατιστικά μεγέθη μέσω τιμών και συνδιασπορών, όπως στην περίπτωση της πολυφασματικής ταξινόμησης, αλλά περιγράφονται από σχέσεις οι οποίες προκύπτουν από τη συγκριτική αξιολόγηση των φασματικών υπογραφών των διαφόρων κατηγοριών άλυσψης γης.

Λέξεις κλειδιά: Τηλεπισκόπηση, Χαρτογράφηση καμένων εκτάσεων, Θεματικός Χαρτογράφος, LANDSAT, Λογικοί Κανόνες, Άλγεβρα Bool

1 Εισαγωγή

Ένα από τα ιδιαίτερα και πιο σημαντικά χαρακτηριστικά της δομής του Μεσογειακού τοπίου, είναι η ποικιλομορφία και ανομοιογένεια της χωρικής κατανομής και διάταξης των βιοτικών, αβιοτικών, χλωριστικών και οικολογικών παραμέτρών του. Το κατακερματισμένο Μεσογειακό τοπίο αποτελεί το αδύναμο σημείο της εφαρμοσμένης δορυφορικής τηλεπισκόπησης, επειδή η πολυπλοκότητα και ανομοιογένεια που παρατηρείται στη σύνθεσή του, δημιουργούν δυσκολίες στην ερμηνεία και ψηφιακή επεξεργασία των δορυφορικών δεδομένων. Έτσι, αν και η δορυφορική τηλεπισκόπηση, ως εργαλείο χαρτογράφησης των καμένων εκτάσεων, πλεονεκτεί συγκριτικά με άλλες μεθόδους χαρτογράφησης, δεν είναι άμοιρη σφαλμάτων. Έρευνες οι οποίες διεξήχθησαν σε περιοχές με ποικίλες περιβαλλοντικές συνθήκες, και χρησιμοποιώντας πολλαπλούς τύπους δορυφορικών δεδομένων και τεχνικών, ανέδειξαν διάφορα προβλήματα στη χαρτογράφηση των καμένων εκτάσεων (Milne 1986, Chuvieco and Congalton 1988).

Οι τεχνικές χαρτογράφησης που έχουν αναπτυχθεί ποικίλλουν από απλές, όπως είναι η οπτική ερμηνεία των δορυφορικών εικόνων και η εφαρμογή απλών μεθόδων διαστρωμάτωσης πυκνότητας μέχρι πιο σύνθετες, όπως είναι η ανάλυση κυρίων συνιστωσών και η εφαρμογή κανόνων ασαφούς λογικής. Η εφαρμογή κάποιας μεθόδου εξαρτάται από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της ίδιας της πυρκαγιάς, τις ιδιαίτερες γεωφυσικές, βιοκλιματικές και οικολογικές συνθήκες που χαρακτηρίζουν την ευρύτερη περιοχή γύρω από την καμένη έκταση, τα διαθέσιμα δορυφορικά δεδομένα, και από τον αντικειμενικό σκοπό χαρτογράφησης (Koutsias et al. 1999). Σχετικά με τα χαρακτηριστικά των δορυφορικών δεδομένων φαίνεται ότι η φασματική διακριτική

¹ Geographic Information Systems Division (GIS), Department of Geography, University of Zurich

ικανότητα των ανιχνευτών αποτελεί τον πλέον καθοριστικό παράγοντα επιλογής της μεθόδου από ότι η χωρική ή η χρονική διακριτική ικανότητα (Pereira et al. 1997). Από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση προκύπτει ότι οι υδάτινες εκτάσεις, οι αστικές περιοχές, και οι σιιές είναι οι κατηγορίες που παρουσιάζουν τα μεγαλύτερα προβλήματα διάκρισης (Chuvieco and Congalton 1988, Parnot 1988, Pereira and Setzer 1993, Lombrana 1995, Milne 1986).

Αναφορικά με το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα προκύπτει ότι το εγγύς υπέρυθρο θεωρείται ως η πιο κατάλληλη φασματική περιοχή για την ανίχνευση των καμένων εκτάσεων. Σε αντίθεση, το ορατό τμήμα του φάσματος φαίνεται να είναι λιγότερο αποτελεσματικό για τη διάκριση των καμένων εκτάσεων. Επίσης, το μέσο υπέρυθρο τμήμα έχει πρόσφατα χαρακτηριστεί και αξιολογηθεί από αρκετούς ερευνητές ως αρκετά ικανοποιητικό και κατάλληλο για τη χαρτογράφηση καμένων εκτάσεων. Στους διαύλους του μέσου υπέρυθρου τμήματος οι καμένες εκτάσεις παρουσιάζουν μεγάλη διασπορά στις ραδιομετρικές τιμές. Αυτό σημαίνει ότι οι διάλυτοι του μέσου υπέρυθρου μπορούν να χρησιμοποιηθούν για το χαρακτηρισμό της ποικιλομορφίας των καμένων εκτάσεων, η οποία μπορεί να συσχετιστεί με επίπεδα καταστροφής και έντασης της πυρκαγιάς. Τέλος, από διάφορες εργασίες προκύπτει ότι ο καλύτερος δύο διαστάσεων φασματικός χώρος για τη μεγιστοποίηση της διακριτότητας των καμένων εκτάσεων είναι το εγγύς-μέσο υπέρυθρο από ότι το κλασικό ορατό-εγγύς υπέρυθρο (Hall et al. 1980, Richards 1984, Frederiksen et al. 1990, Langaas and Kane 1991, Lopez and Caselles 1991, Justice et al. 1993, Pereira and Setzer 1993, Lombrana 1995, Razafimpanilo et al. 1995, Pereira 1999, Koutsias and Karteris 1998, Koutsias and Karteris 2000, Koutsias et al. 2000, Κούτσιας 2001).

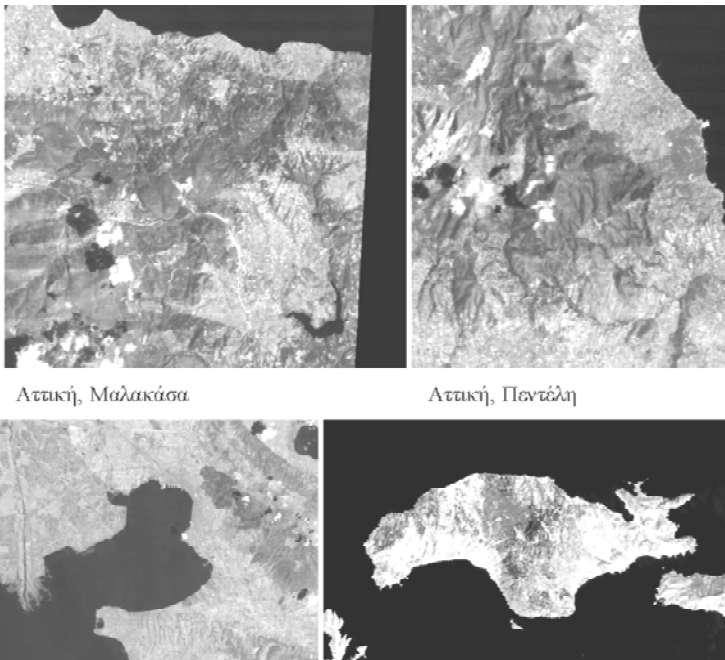
2 Δεδομένα και Μέθοδοι

2.1 Περιοχές έρευνας και δορυφορικά δεδομένα

Ο Νομός Αττικής, στον οποίο έχουν εκδηλωθεί στο παρελθόν μεγάλες δασικές πυρκαγιές, είναι η πρώτη από τις τρεις περιοχές έρευνας. Δύο μεγάλες πυρκαγιές οι οποίες εκδηλώθηκαν στη Μαλακάσα το 1992 και στην Πεντέλη το 1995 αποτέλεσαν τις περιπτώσεις μελέτης για τις οποίες δορυφορικά δεδομένα του Θεματικού Χαρτογράφου του LANDSAT-5 αποκτήθηκαν πριν και μετά την πυρκαγιά (Εικόνα 1).

Ο Νομός Θεσσαλονίκης, στον οποίο διοικητικά ανήκει το περιαστικό δάσος Θεσσαλονίκης (Κέδρινος λόφος / χίλια δένδρα), όπου το 1997 εκδηλώθηκε μεγάλη δασική πυρκαγιά, αποτέλεσε τη δεύτερη περιοχή έρευνας. Και σε αυτή την περίπτωση, δορυφορικά δεδομένα του Θεματικού Χαρτογράφου του LANDSAT-5, αποκτήθηκαν πριν και μετά την πυρκαγιά στις 11 Μαΐου 1997 και 14 Ιουλίου 1997, αντίστοιχα (Εικόνα 1).

Τέλος, η Νήσος Σάμος, ό-

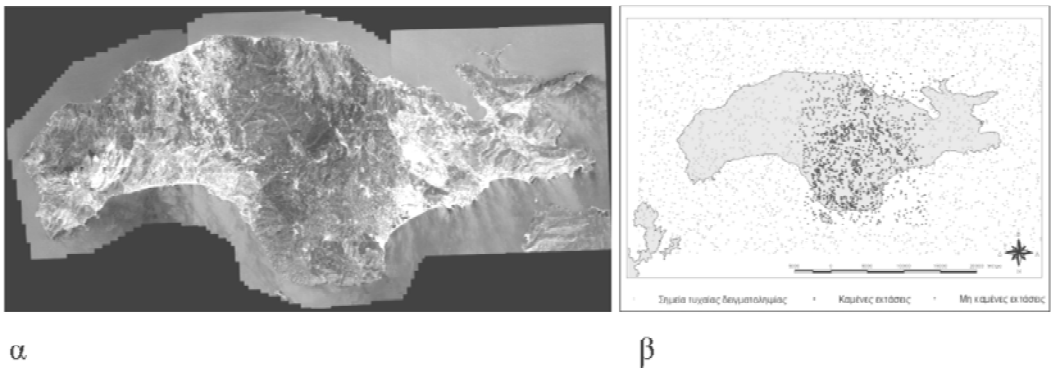


Εικόνα 1. Δορυφορικές εικόνες των περιοχών έρευνας.
Image 1. Satellite images of the study areas.

που στις 6 Ιουλίου του 2000 εκδηλώθηκε μεγάλη καταστροφική πυρκαγιά, αποτέλεσε την τρίτη περιοχή έρευνας για την οποία δορυφορικά δεδομένα του LANDSAT-7 ETM+ (7 Φεβρουαρίου 2000 και 25 Ιουλίου 2000) αποκτήθηκαν πριν και μετά την πυρκαγιά (Εικόνα 1).

2.2 Δεδομένα αξιολόγησης αποτελεσμάτων χαρτογράφησης

Τα δεδομένα αναφοράς για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων της χαρτογράφησης των καμένων εκτάσεων προέκυψαν από φωτοερμηνεία πολυφασματικών δορυφορικών δεδομένων IKONOS της Σάμου χωρικής διακριτικής ικανότητας 1.2μ. Τα δεδομένα αυτά δημιουργήθηκαν με συγχώνευση των πολυφασματικών δεδομένων χωρικής διακριτικής ικανότητας 4μ και των παγχρωματικών δεδομένων χωρικής διακριτικής ικανότητας 1μ. (RGB : Κοντινό Υπέρυθρο, Κόκκινο, Πράσινο) (Εικόνα 2). Χρησιμοποιώντας τυχαία δειγματοληψία προσδιορίστηκαν 1257 σημεία, εκ των οποίων μετά από τη φωτοερμηνεία της δορυφορικής εικόνας προέκυψε ότι 600 αντιστοιχούν σε καμένες εκτάσεις ενώ τα 657 αντιστοιχούν σε μη καμένες



Εικόνα 2. (α) Δορυφορική εικόνα της Σάμου από το δορυφορικό σύστημα IKONOS, και (β) Δειγματοληπτικά σημεία αναφοράς.

Image 2. (a) IKONOS satellite imagery of Samos island, and (b) sampling reference points.

(Εικόνα 2). Με τη χωρική υπέρθεση των δειγματοληπτικών αυτών σημείων αναφοράς με τα αποτελέσματα της ταξινόμησης των δορυφορικών δεδομένων εκτιμήθηκε η ακρίβεια των αποτελεσμάτων της χαρτογράφησης.

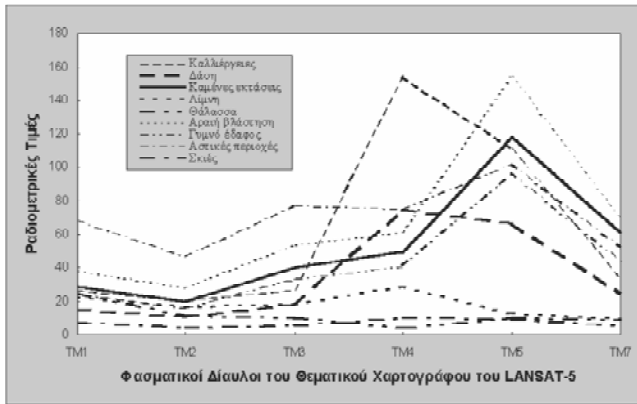
2.3 Μεθοδολογία

Η ανάπτυξη των λογικών κανόνων βασίστηκε, πρώτον, στα φασματικά χαρακτηριστικά των καμένων εκτάσεων συγκριτικά με άλλες κατηγορίες κάλυψης γης της δορυφορικής εικόνας λήψης μετά την πυρκαγιά, και δεύτερον στη φασματική συμπεριφορά των καμένων εκτάσεων συγκριτικά στην προ και μετά την πυρκαγιά δορυφορική εικόνα. Πιο συγκεκριμένα, όσον αφορά τους κανόνες που αναφέρονται στη μετά την πυρκαγιά δορυφορική εικόνα, αυτοί αναπτύχθηκαν σύμφωνα με τη σχετική διαφοροποίηση των ραδιομετρικών τιμών ανάμεσα στους φασματικούς διαύλους της εικόνας. Ειδικότερα, προσδιορίστηκαν συγκεκριμένα πρότυπα φασματικών υπογραφών που χαρακτηρίζουν τις καμένες εκτάσεις και είναι ικανά να δώσουν την απαιτούμενη διακριτικότητα σε σχέση με άλλες κατηγορίες κάλυψης γης. Επίσης, η ίδια μεθοδολογία εφαρμόστηκε και στην περίπτωση των εικόνων που αποκτήθηκαν πριν και μετά την πυρκαγιά. Σε αυτή την περίπτωση τα «φασματικά πρότυπα» σχετίζονται με μεταβολές της «φασματικής απόκρισης» των κατηγοριών κάλυψης γης για κάθε φασματικό διάυλο ξεχωριστά.

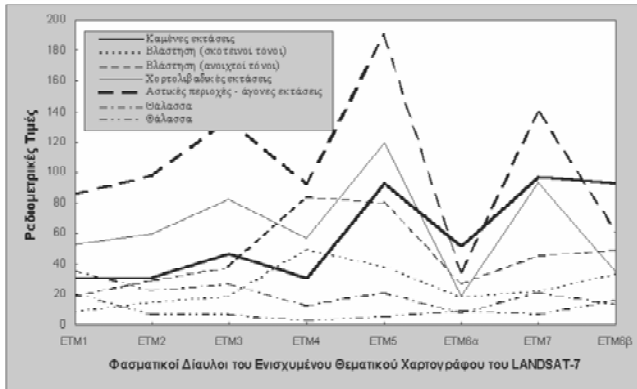
3 Αποτελέσματα και Συζήτηση

3.1 Φασματικά πρότυπα καμένων εκτάσεων

Στο Σχήμα 1 παρουσιάζονται γραφικά οι «φασματικές υπογραφές» των πιο αντιπροσωπευτικών κατηγο-



α. LANDSAT-5



β. LANDSAT-7

Σχήμα 1. Φασματικές υπογραφές αντιπροσωπευτικών κατηγοριών κάλυψης γης. Θεματικός Χαρτογράφος (TM) LANDSAT-5 (α), Ενισχυμένος Θεματικός Χαρτογράφος (ETM+) LANDSAT-7 (β).
Figure 1. Spectral signatures of representative land cover types. Thematic Mapper (TM) LANDSAT-5 (a), and Enhanced Thematic Mapper (ETM+) LANDSAT-7 (b).

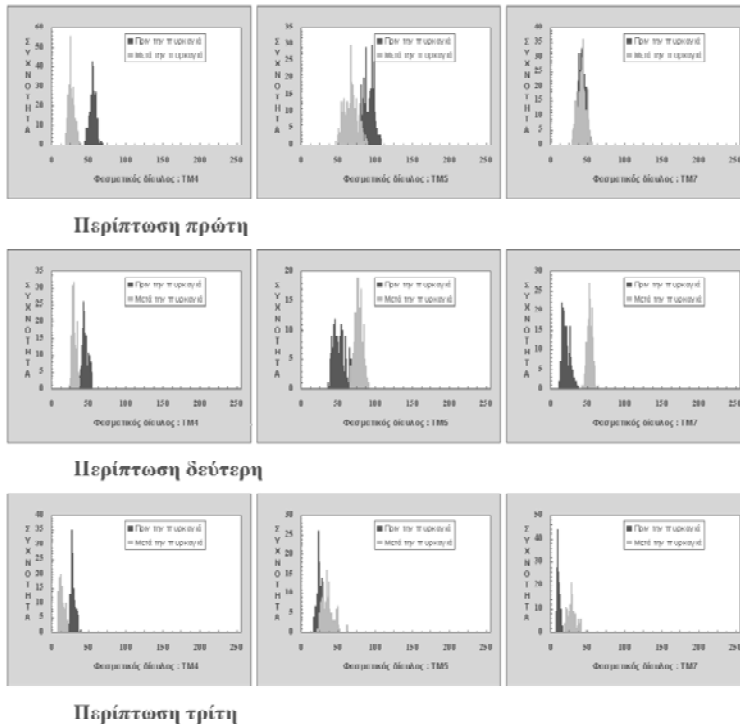
περισσότερες περιπτώσεις ίδιες στην πριν και στη μετά την πυρκαγιά δορυφορική εικόνα, ενώ υπάρχουν και περιπτώσεις με πολύ μικρές αποκλίσεις. Επίσης, η ίδια φασματική συμπεριφορά με το διάλυτο ETM5, παρατηρείται στους διαύλους που αντιστοιχούν στο ορατό τμήμα του φάσματος. Στη μπλε, πράσινη και κόκκινη περιοχή του φάσματος δεν αποτυπώνονται αλλαγές στα φασματικά χαρακτηριστικά των εικονοστοιχείων που αντιστοιχούν στις καμένες εκτάσεις (Σχήμα 3).

Η φασματική συμπεριφορά των καμένων εκτάσεων που παρατηρείται στον LANDSAT-7 είναι παρόμοια με αυτή που παρατηρείται στον LANDSAT-5. Οι καμένες εκτάσεις τόσο στο διάλυτο TM5 όσο και στο ορατό τμήμα του φάσματος στον LANDSAT-5 παρουσιάζουν παρόμοιες τιμές στην πριν και μετά την πυρκαγιά δορυφορική εικόνα.

Σε αντίθεση με τους φασματικούς διαύλους ETM1,2,3 και 5, στους διαύλους ETM4, 6 και 7 αποτυπώνονται έντονα οι φασματικές αλλαγές εξαιτίας της πυρκαγιάς. Έτσι, για την περίπτωση του φασματικού διαύλου ETM4, οι ραδιομετρικές τιμές των εικονοστοιχείων που αντιστοιχούν στην καμένη περιοχή στη

ριών κάλυψης γης που συναντούνται στη δορυφορική εικόνα του Θεματικού Χαρτογράφου του LANDSAT-5 (Σχήμα 1α) και του Ενισχυμένου Θεματικού Χαρτογράφου του LANDSAT-7 (Σχήμα 1β). Οι φασματικές υπογραφές των καμένων εκτάσεων αποτελούν ένα ιδιαίτερο πρότυπο συγκριτικά με τις διάφορες κατηγορίες κάλυψης γης, εκτός από τις περιοχές με αραιή και υποβαθμισμένη βλάστηση (κυρίως συμπεριλαμβάνονται φρυγανιτικού τύπου οικοσυστήματα) και του γυμνού εδάφους. Στις δυο τελευταίες περιπτώσεις, οι φασματικές υπογραφές των κατηγοριών κάλυψης αποτελούν παρόμοιο φασματικό πρότυπο με αυτό των καμένων εκτάσεων, με αποτέλεσμα να αναμένονται προβλήματα στη διάκρισή τους.

Στο Σχήμα 2 παρουσιάζονται γραφικά τρία φασματικά πρότυπα καμένων εκτάσεων στα δορυφορικά δεδομένα του Θεματικού Χαρτογράφου του LANDSAT-5 πριν και μετά την πυρκαγιά., τα οποία προκύπτουν από τη διαφοροποίηση των φασματικών υπογραφών στους διαύλους TM5 και M7. Αντίστοιχα στο Σχήμα 3 παρουσιάζονται γραφικά τα φασματικά πρότυπα των καμένων εκτάσεων στα δεδομένα του Ενισχυμένου Θεματικού Χαρτογράφου του LANDSAT-7. Από τις δειγματοληπτικές επιφάνειες των καμένων εκτάσεων συμπεραίνεται καταρχήν ότι αλλαγές στα φασματικά πρότυπα των καμένων εκτάσεων δεν αποτυπώνονται στο φασματικό διάλυτο ETM5. Οι ραδιομετρικές τιμές των καμένων εκτάσεων είναι στις



Σχήμα 2. Φασματικά πρότυπα καμένων εκτάσεων στα δορυφορικά δεδομένα του Θεματικού Χαρτογράφου του LANDSAT-5 συγκριτικά στην πριν και μετά την πυρκαγιά δορυφορική εικόνα.

Figure 2. Spectral patterns of burned areas in Thematic Mapper (TM) LANDSAT-5 in pre- and post-fire satellite imagery.

3.2 Ανάπτυξη λογικών κανόνων

3.2.1 Θεματικός Χαρτογράφος του LANDSAT-5

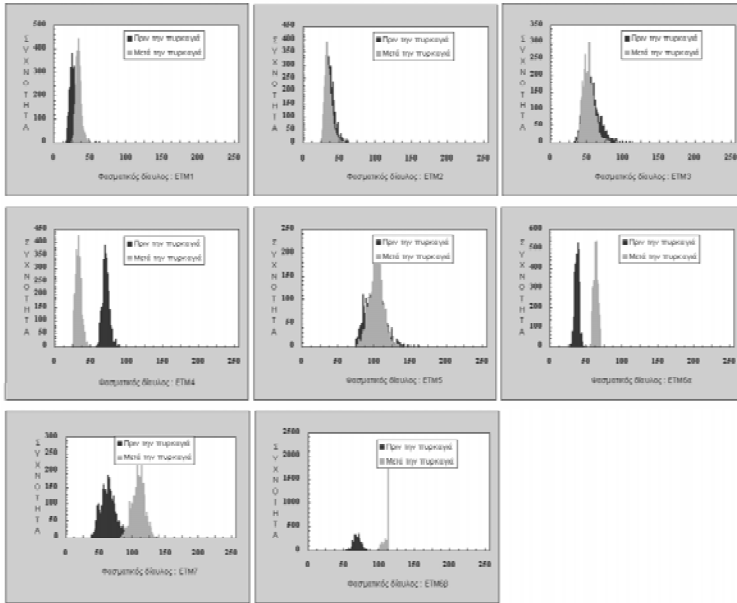
Ο πρώτος κανόνας αφορά τη φασματική διάκριση των καμένων περιοχών από τις υδάτινες εκτάσεις. Η διάκριση αυτή επιτυγχάνεται με τη σύγκριση των ραδιομετρικών τιμών στους διαύλους TM5 και TM1. Οι καμένες εκτάσεις παρουσιάζουν πολύ υψηλότερες τιμές στο δίαυλο TM5 από ότι στο δίαυλο TM1, ενώ οι υδάτινες επιφάνειες παρουσιάζουν χαμηλότερες τιμές (Σχήμα 1).

Ο δεύτερος κανόνας αφορά τη διάκριση των καμένων περιοχών από τις περιοχές που καλύπτονται από βλάστηση (δάση, καλλιέργειες), τις αστικές περιοχές, τις σκιές, και τις υδάτινες επιφάνειες. Η διάκριση επιτυγχάνεται με τη σύγκριση των ραδιομετρικών τιμών στους διαύλους TM7 και TM4. Οι καμένες εκτάσεις παρουσιάζουν υψηλότερες ραδιομετρικές τιμές στο δίαυλο TM7 σε σχέση με το δίαυλο TM4 ενώ οι υπόλοιπες κατηγορίες παρουσιάζουν χαμηλότερες τιμές (Σχήμα 1).

Ο τρίτος κανόνας αφορά τη φασματική διάκριση των περιοχών που υφίστανται διαχρονικές αλλαγές (καμένες εκτάσεις) από τις περιοχές που παραμένουν αμετάβλητες (άλλες περιοχές). Ο τρίτος κανόνας χρησιμοποιεί διαχρονικά δορυφορικά δεδομένα, δηλαδή απαιτεί δύο δορυφορικές εικόνες, μία πριν την αλλαγή και μία μετά. Η διάκριση επιτυγχάνεται με τη σύγκριση των ραδιομετρικών τιμών στο δίαυλο TM4 στις δύο δορυφορικές εικόνες. Οι καμένες εκτάσεις παρουσιάζουν στο δίαυλο TM4 χαμηλότερες ραδιομετρικές τιμές στη μετά την πυρκαγιά δορυφορική εικόνα σε σχέση με τις αντίστοιχες τιμές στην πριν την πυρκαγιά δορυφορική εικόνα. Η μεταβολή αυτή μπορεί να εκφραστεί είτε σε απόλυτες ραδιομετρικές τιμές (π.χ. μικρότερες από 20 ή 30 ραδιομετρικές τιμές) είτε με ποσοστιαίες τιμές (π.χ. μικρότερο του 10% ή 20%) (Σχήμα 2). Το κριτήριο αυτό επαληθεύεται

μετά την πυρκαγιά δορυφορική εικόνα είναι μικρότερες από τις αντίστοιχες στην πριν την πυρκαγιά δορυφορική εικόνα. Η συμπεριφορά αυτή είναι παρόμοια με αυτή του LANDSAT-5. Σε αντίθεση με το φασματικό δίαυλο ETM4 όπου παρατηρείται μείωση των ραδιομετρικών τιμών, στο δίαυλο ETM7 παρατηρείται αύξηση των ραδιομετρικών τιμών εξαιτίας της πυρκαγιάς στη μετά την πυρκαγιά δορυφορική εικόνα, όπως ακριβώς και στην περίπτωση του LANDSAT-5 (Σχήμα 3).

Στην περιοχή του φάσματος που αντιστοιχεί στο θερμικό υπέρυθρο, οι ραδιομετρικές τιμές των εικονοστοιχείων αυξάνονται, όπως ήταν αναμενόμενο, στη μετά την πυρκαγιά δορυφορική εικόνα. Η αύξηση αυτή ήταν αναμενόμενη, αφού οι καμένες εκτάσεις παρουσιάζουν υψηλότερες θερμοκρασίες σε σχέση με τη βλάστηση (Σχήμα 3).

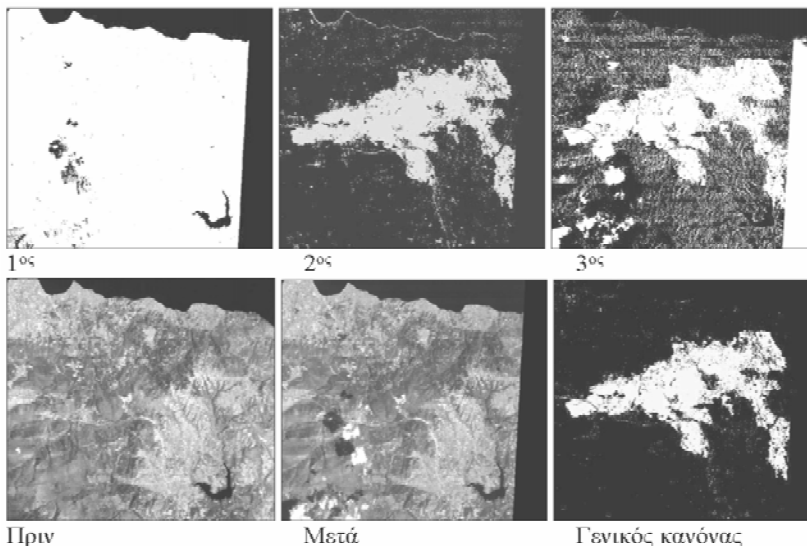


Σχήμα 3. Φασματικά πρότυπα καμένων εκτάσεων στα δορυφορικά δεδομένα του Ενισχυμένου Θεματικού Χαρτογράφου του LANDSAT-7 συγκριτικά στην πριν και μετά την πυρκαγιά δορυφορική εικόνα.
Figure 3. Spectral patterns of burned areas in Enhanced Thematic Mapper (ETM+) LANDSAT-7 in pre- and post-fire satellite imagery.

και στα τρία φασματικά πρότυπα των καμένων εκτάσεων.

Για τη χαρτογράφηση των καμένων εκτάσεων με τη μέθοδο των κριτηρίων, τελευταίο βήμα είναι η επαλήθευση όλων των κανόνων που έχουν τεθεί. Ο κάθε κανόνας, όπως έχει διατυπωθεί, επαληθεύεται για κάθε περίπτωση όταν το εικονοστοιχείο λαμβάνει την τιμή 1. Έτσι, η εφαρμογή όλων των κανόνων ταυτόχρονα και συνεπώς ο προσδιορισμός των καμένων εκτάσεων προϋποθέτει τη χωρική επαλήθευση ενός γενικού κανόνα, ο οποίος επαληθεύεται μόνο για εικονοστοιχεία όπου σε όλους τους κανόνες λαμβάνουν την τιμή 1.

Η εφαρμογή των κανόνων στα δορυφορικά δεδομένα παρουσιάζεται στην Εικόνα 3. Στην Εικόνα 4 παρουσιάζονται γραφικά τα αποτελέσματα χαρτογράφησης στις άλλες περιοχές έρευνας.

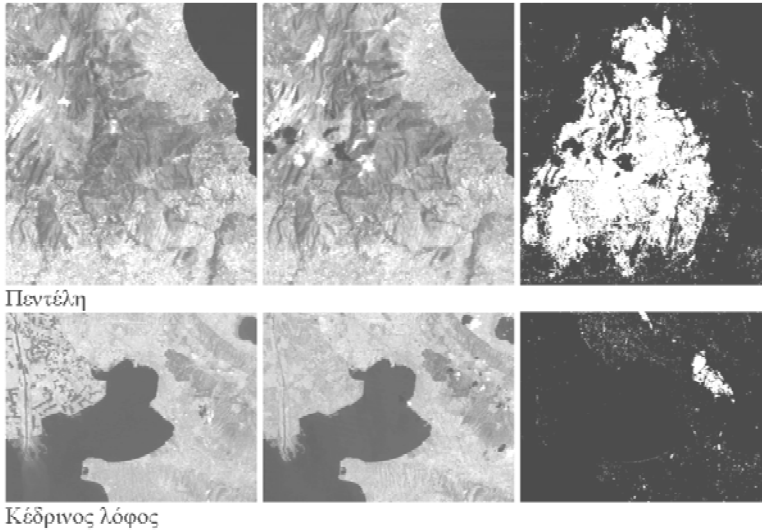


Εικόνα 3. Εφαρμογή των λογικών κανόνων για τη χαρτογράφηση των καμένων εκτάσεων.

Image 3. Application of logical rules for burned land mapping.

3.2.2 Ενισχυμένος Θεματικός Χαρτογράφος του LANDSAT-7

Ο πρώτος κανόνας αφορά τη φασματική διάκριση των καμένων περιοχών από τις υδάτινες εκτάσεις. Η διάκριση αυτή επιτυγχάνεται με τη σύγκριση των ραδιομετρικών τιμών στους διαύλους ETM7 και ETM1. Οι καμένες εκτάσεις παρουσιάζουν υψηλότερες τιμές στο διάλυτο ETM7 από ότι στο διάλυτο ETM1, ενώ οι υδάτινες επιφάνειες παρουσιάζουν χαμηλότερες τιμές (Σχήμα 1).



Πεντέλη

Κέδρινος λόφος

Εικόνα 4 Χαρτογράφηση καμένων εκτάσεων στην Αττική (Πεντέλη) και στη Θεσσαλονίκη (Κέδρινος λόφος).

Image 4. Burned land mapping in Attiki (Penteli) and in Thessaloniki (Kedrinis Lofos)

Ο δεύτερος κανόνας αφορά τη φασματική διάκριση των καμένων περιοχών από τη βλάστηση. Η διάκριση αυτή επιτυγχάνεται με τη σύγκριση των ραδιομετρικών τιμών στους διαύλους ETM5 και ETM4. Οι καμένες εκτάσεις παρουσιάζουν υψηλότερες τιμές στο διάυλο ETM5 από ότι στο διάυλο ETM4, ενώ η βλάστηση παρουσιάζει χαμηλότερες τιμές (Σχήμα 1).

Ο τρίτος κανόνας αφορά επίσης τη φασματική διάκριση των καμένων περιοχών από τη βλάστηση. Η διάκριση αυτή επιτυγχάνεται με τη σύγκριση των ραδιομετρικών τιμών στους διαύλους ETM7 και ETM4. Οι καμένες εκτάσεις παρουσιάζουν υψηλότερες τιμές στο διάυλο

ETM7 από ότι στο διάυλο ETM4, ενώ η βλάστηση παρουσιάζει χαμηλότερες τιμές Σχήμα 1).

Ο τέταρτος κανόνας αφορά τη φασματική διάκριση των καμένων περιοχών από τη βλάστηση, τις αστικές περιοχές και τις γυμνές εκτάσεις. Η διάκριση αυτή επιτυγχάνεται με τη σύγκριση των ραδιομετρικών τιμών στους διαύλους ETM6β και ETM4. Οι καμένες εκτάσεις παρουσιάζουν υψηλότερες τιμές στο διάυλο ETM6β από ότι στο διάυλο ETM4, ενώ η βλάστηση, οι αστικές περιοχές και οι γυμνές εκτάσεις παρουσιάζουν χαμηλότερες τιμές (Σχήμα 1).

Ο πέμπτος κανόνας αφορά τη φασματική διάκριση των περιοχών που υφίστανται διαχρονικές αλλαγές, με έμφαση τις καμένες εκτάσεις, από τις περιοχές που παραμένουν αμετάβλητες (άλλες περιοχές). Ο πέμπτος κανόνας χρησιμοποιεί διαχρονικά δορυφορικά δεδομένα, δηλαδή απαιτούνται δύο δορυφορικές εικόνες, η μία πριν και η άλλη μετά την αλλαγή. Η διάκριση επιτυγχάνεται με τη σύγκριση των ραδιομετρικών τιμών στο διάυλο ETM4 στις δυο δορυφορικές εικόνες. Οι καμένες εκτάσεις παρουσιάζουν χαμηλότερες ραδιομετρικές τιμές στο διάυλο ETM4 στη μετά την πυρκαγιά δορυφορική εικόνα σε σχέση με το διάυλο ETM4 στην πριν την πυρκαγιά δορυφορική εικόνα. Η μεταβολή αυτή μπορεί να εκφραστεί είτε με απόλυτες ραδιομετρικές τιμές ή να εκφραστεί ποσοστιαία (Σχήμα 1). Τέλος, για τη χαρτογράφηση των καμένων εκτάσεων τελευταίο βήμα είναι η ταυτόχρονη επαλήθευση όλων των κανόνων που έχουν τεθεί.

3.3 Αξιολόγηση μεθόδου και αποτελεσμάτων ταξινόμησης

Η μέθοδος των λογικών κανόνων δεν απαιτεί ιδιαίτερη προεπεξεργασία ούτε και την ανάπτυξη μοντέλων επεξεργασίας αφού τα κριτήρια παραμένουν τα ίδια όταν τα δορυφορικά δεδομένα προέρχονται από το δορυφόρο LANDSAT. Η μόνη προεπεξεργασία που απαιτείται είναι η γεωμετρική και ραδιομετρική προσαρμογή των δορυφορικών εικόνων. Όμως, για την καλύτερη εφαρμογή της μεθόδου προτείνεται επίσης η περαιτέρω επαλήθευση των λογικών κανόνων. Η ακρίβεια των αποτελεσμάτων της ταξινόμησης, χρησιμοποιώντας τα δεδομένα αναφοράς που προέκυψαν από τη φωτοερμηνεία της δορυφορικής εικόνας του IKONOS, ανέρχεται στο 89.10% (Πίνακας Ι).

Συμπερασματικά η μέθοδος των λογικών κανόνων πλεονεκτεί έναντι άλλων μεθόδων στα παρακάτω σημεία:

Πίνακας Ι: Εκτίμηση της ακρίβειας χαρτογράφησης με τη μέθοδο των κανόνων που αναπτύχθηκαν βάση των φασματικών χαρακτηριστικών των καμένων εκτάσεων.

	Δεδομένα Αναφοράς			Ακρίβεια Παραγωγής	Ακρίβεια Χρήσης	Καρρα	
	Μη καμένες εκτάσεις	Καμένες εκτάσεις	Σύνολο				
Δεδομένα Ταξινόμησης	Μη καμένες εκτάσεις	597	77	674	90.87%	88.58%	0.7607
	Καμένες εκτάσεις	60	523	583	87.17%	89.71%	0.8031
	Σύνολο	657	600	1257			
Συνολική Ακρίβεια Ταξινόμησης				89.10%		0.7813	

1. δεν απαιτεί τον προσδιορισμό δειγματοληπτικών περιοχών για την εξαγωγή στατιστικών μεγεθών και τον προσδιορισμό φασματικών υπογραφών, στην περίπτωση όπου οι λογικοί κανόνες ισχύουν,
2. είναι μέθοδος η οποία δε βασίζεται σε στατιστικά μεγέθη για τη λήψη αποφάσεων από τον ταξινομητή. Είναι γνωστό ότι σε πολλές περιπτώσεις η εφαρμογή πολυμεταβλητών στατιστικών μεθόδων ανάλυσης δεδομένων απαιτεί διάφορες προϋποθέσεις οι οποίες σε αρκετές περιπτώσεις δεν πληρούνται,
3. η εφαρμογή της μεθόδου δεν προϋποθέτει την λήψη αποφάσεων από τον αναλυτή δηλαδή η παρέμβαση του προσωπικού είναι μικρή και συνεπώς η μέθοδος εγγυάται την αντικειμενικότητα χαρτογράφησης,
4. οι χρονικές απαιτήσεις της μεθόδου είναι περιορισμένες δεδομένης της μικρής παρέμβασης του προσωπικού, της μη απαίτησης προεπεξεργασιών και προσδιορισμού δειγματοληπτικών περιοχών, κ.ά. για την εφαρμογή της,
5. μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε σύστημα χαρτογράφησης, το οποίο θα βασίζεται σε αυτοματοποιημένες διαδικασίες.

4 Συμπεράσματα

Στην παρούσα εργασία παρουσιάστηκε μια διαφορετική τεχνική κατηγοριοποίησης των εικονοστοιχείων της δορυφορικής εικόνας με έμφαση τις καμένες εκτάσεις, στην οποία αναπτύχθηκαν λογικοί κανόνες βάση των φασματικών χαρακτηριστικών των καμένων εκτάσεων σε διαχρονικά πολυφασματικά δορυφορικά δεδομένα. Οι κανόνες αυτοί οι οποίοι αναπτύχθηκαν βάση της φασματικής συμπεριφοράς των καμένων εκτάσεων, συγκριτικά με άλλες κατηγορίες κάλυψης γης που συναντούνται στη δορυφορική εικόνα, δεν περιγράφονται με στατιστικά μεγέθη μέσω τιμών και αποκλίσεων σε απόλυτες ραδιομετρικές τιμές αλλά περιγράφονται από σχέσεις οι οποίες προκύπτουν από τη συγκριτική αξιολόγηση των σχετικών ραδιομετρικών τιμών ανάμεσα στους διαύλους των δορυφορικών εικόνων.

Η προτεινόμενη μεθοδολογία η οποία αναπτύχθηκε για τη χαρτογράφηση των καμένων εκτάσεων σε πολυφασματικά δορυφορικά δεδομένα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε άλλες περιπτώσεις ταξινόμησης ιδιαίτερα με δορυφορικά δεδομένα «υπερφασματικών ανιχνευτών» (hyperspectral sensors). Ο μεγάλος αριθμός των φασματικών διαύλων που παρέχονται από υπερφασματικούς ανιχνευτές δίνει τη δυνατότητα διερεύνησης και εγκαθίδρυσης λογικών κανόνων οι οποίοι θα εκφράζουν αριθμητικά τη φασματική απόκριση διαφόρων κατηγοριών κάλυψης γης.

Ευχαριστίες

Ευχαριστίες εκφράζονται στη SPACE IMAGING EUROPE S.A. για τη δωρεάν διάθεση της δορυφορικής εικόνας IKONOS της Σάμου. Η εργασία αυτή αποτελεί μέρος της διδακτορικής διατριβής του συγγραφέα.

Establishment of logical rules to map burned surfaces using remote sensing techniques: Implementing a different approach in processing multispectral satellite data

Nikos Koutsias¹

Abstract

In remote sensing applications, especially those dealing with multidimensional data, such as in the case of Landsat-5 Thematic Mapper, multivariate statistical methods are widely applied to extract the desired information. In many of the classification methods of satellite data, the classification categories are principally described by statistical measures such as mean and covariance values. The classifier by estimating the statistical distances between the candidate pixels and the spectral signatures of the classification categories decides about the class that will be assigned to the candidate pixel. This approach presents however some limitations which arise from the statistical description of the spectral signatures of the classification categories.

In this study, a different approach to classify the pixels of the satellite image in burned and unburned categories is presented, which consists of the development of logical rules using the spectral characteristics of the burned surfaces and Boolean algebra. These rules are not described, as in the case of multispectral classification, with mean and covariance values but they are described using relationships that arise from the comparative evaluation of the spectral signatures of various land cover types.

Keywords: Remote sensing, burned land mapping, Thematic Mapper, LANDSAT, Logical rules, Boolean algebra

Βιβλιογραφικές Αναφορές

- Chuvieco, E, RG Congalton. 1988. Using cluster analysis to improve the selection of training statistics in classifying remotely sensed data. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 54(9):1275-1281.
- Frederiksen, P, S Langaas, M Mbaye. 1990. NOAA AVHRR and GIS-based monitoring of fire activity in Senegal – a provisional methodology and potential applications. In: Goldammer, J.G.. ed. *Fires in tropical biota*, Springer-Verlag, Berlin, pp. 400-417.
- Hall, DK, JP Ormsby, L Johnson, J Brown. 1980. Landsat digital analysis of the initial recovery of burned tundra at Kokolik River, Alaska. *Remote Sensing of Environment*, 10:263-272.
- Justice, CO, JP Malingreau, AW Setzer. 1993. Satellite remote sensing of fires: potential and limitations. In: Crutzen PJ, Goldammer JG eds. *Fire in the Environment: The ecological, atmospheric and climatic importance of vegetation fires*. John Wiley & Sons, pp. 77-88.
- Koutsias, N, M Karteris, A Fernandez-Palacios, C Navarro, J Jurado, R Navarro, A Lobo. 1999. Burned Land Mapping at Local Scale. In E. Chuvieco. ed.). *Remote sensing of large wildfires in the European Mediterranean Basin*. Springer-Verlag, Berlin, pp. 157-187.
- Koutsias, N, M Karteris, E Chuvieco. 2000. The Use of Intensity-Hue-Saturation Transformation of Landsat-5 Thematic Mapper Data for Burned Land Mapping. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol 66(7): 829-839.
- Koutsias, N, M Karteris. 1998. Logistic regression modelling of multitemporal Thematic Mapper data for burned area mapping. *Int. Journal of Remote Sensing*, 19(18):3499-3514.
- Koutsias, N, M Karteris. 2000. Burned area mapping using logistic regression modeling of a single post-fire Landsat-5 Thematic Mapper image. *International Journal of Remote Sensing*, 21(4):673-688.
- Κούτσιας, Ν. 2001. Η Δορυφορική Τηλεπισκόπηση και τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών στη Φασματική Αξιολόγηση και Χαρτογράφηση των Καμένων Εκτάσεων στα Μεσογειακά Οικοσυστήματα. Διδακτορική Διατριβή. Τμήμα Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 208 σελ.
- Langaas, S, R Cane. 1991. Monitoring of bush fires in West-Africa by weather satellites. *Proceedings of the 22 International Symposium on Remote Sensing of Environment*, Abidjan, pp. 253-268.

¹ *Geographic Information Systems Division (GIS), Department of Geography, University of Zurich*

- Lombrana, MJ. 1995. Monitoring of burnt forest areas with remote sensing data. A study in North-East Spain using Landsat TM and Spot XS data. Institute for Remote sensing applications, joint research center, technical note No I.95.80.
- Lopez, G, V Caselles. 1991. Mapping burns and natural reforestation using Thematic Mapper data. *Geocarto International*, 6(1):31-37.
- Martin MP, D Viedma, E Chuvieco. 1994. High versus low resolution satellite images to estimate burned areas in large forest fires. In: 2nd International Conference of Forest Fire Research vol II, c.14 Coimbra, Portugal, pp. 653-663
- Milne, AK. 1986. The use of remote sensing in mapping and monitoring vegetational change associated with bushfire events in Eastern Australia. *Geocarto International*, 1:25-35.
- Parnot, J. 1988. Inventaire des feux de brousse au Burkina Faso saison seche 1986-1987. Proceedings of the Twenty-Second International Symposium on Remote Sensing of the Environment, 20-26 October 1988, Abidjan, ERIM, Ann Arbor, MI, pp. 563-573.
- Pereira, JMC, E Chuvieco, A Beaudoin, N Desbois. 1997. Remote sensing of burned areas, A review of remote sensing methods for the study of large wildland fires. E. Chuvieco, (editor), University of Alcala, Alcala de Henares, Spain, pp. 127-183.
- Pereira, JMC. 1999. A comparative evaluation of NOAA AVHRR vegetation indices for burned surface detection and mapping. *IEEE Transactions on Geosciences & Remote Sensing*, 37:
- Pereira, MC, AW Setzer. 1993. Spectral characteristics of fire scars in Landsat-5 TM images of Amazonia. *International Journal of Remote Sensing*, 14(11):2061-2078
- Richards, JA. 1984. Thematic mapping from multitemporal image data using the principal components transformation. *Remote Sensing of Environment*, 16: 35-46

Μελέτη και διερεύνηση χαρακτηριστικών ομιχλοβροχής στο ελατοδάσος Αγίου Νικολάου Ευρυτανίας

Γ. Μπαλούτσος¹, Αθ. Μπουρλέτσικας¹ και Κ. Καούκης¹

Περίληψη

Τα χαρακτηριστικά της ομιχλοβροχής που δημιουργείται στο ελατοδάσος του Αγίου Νικολάου Ευρυτανίας μελετήθηκαν για την περίοδο 1997-2002. Ειδικότερα, στην παρούσα εργασία έγινε μια προσπάθεια ποσοτικοποίησης της ομιχλοβροχής, η οποία προσδιορίστηκε σε εβδομαδιαία βάση από τα αντίστοιχα ύψη της συνολικής βροχής (βροχής εκτός του δάσους) και της διαπερώσας, οι οποίες μετρήθηκαν με συλλεκτήρες σε διάκενο του δάσους και κάτω από την κόμη του. Οι εβδομαδιαίες με ομιχλοβροχή προσδιορίστηκαν από την επικράτηση καιρικιών συνθηκών που συμβάλλουν στη δημιουργία της. Αρχικά υπολογίσθηκε η σχέση μεταξύ συνολικής και διαπερώσας εβδομαδιαίας βροχής χωρίς ομιχλοβροχή. Στη συνέχεια, από τη σχέση αυτή εκτιμήθηκε η διαπερώσα βροχή των εβδομάδων με ομιχλοβροχή και από την αφαίρεση των εκτιμημένων παραπάνω τιμών της διαπερώσας από τις αντίστοιχες μετρημένες, ποσοτικοποιήθηκε η ομιχλοβροχή όλων των εβδομάδων. Η εβδομαδιαία ομιχλοβροχή κυμάνθηκε από 3,6 έως 64,6% (μ.ο. 29,2%) της αντίστοιχης συνολικής βροχόπτωσης και η ετήσια από 7,5 έως 20,6% (μ.ο. 13,8%). Σύμφωνα με τις παραπάνω τιμές, η μη εκτίμηση της ομιχλοβροχής στην περιοχή μελέτης επηρεάζει την ακρίβεια υπολογισμού των παραμέτρων του υδρολογικού ισοζυγίου της λεκάνης απορροής. Ειδικότερα, χωρίς την εξέταση της ομιχλοβροχής, σε ετήσια βάση η υδατοσυγκράτηση υποεκτιμάται από 5,2 έως 14,7% (μ.ο. 9,6%) της πραγματικής της τιμής και ο συντελεστής απορροής της λεκάνης υπερεκτιμάται από 3,3 έως 5,3% (μ.ο. 4,2%). Πολύ σημαντική είναι επίσης η επίδραση της ομιχλοβροχής στην αξιολόγηση των χειρισμών της βλάστησης της λεκάνης με σκοπό την αύξηση της απορροής της, αφού με τις υλοτομικές επεμβάσεις μειώνεται η ομιχλοβροχή λόγω απομάκρυνσης των επιφανειών υγραποίησης της ομίχλης.

Λέξεις κλειδιά: Συνολική και διαπερώσα βροχή, ομιχλοβροχή, υδατοσυγκράτηση, υδρολογικό ισοζύγιο, διαχείριση της δασικής βλάστησης.

1. Εισαγωγή

Η επίδραση του δάσους μιας περιοχής στο ύψος των ατμοσφαιρικών της κατακρημισμάτων προβληματίζει τον άνθρωπο επί πολλά χρόνια. Σήμερα όμως είναι γενικά αποδεκτό πως το δάσος σε μια περιοχή είναι το αποτέλεσμα και όχι το αίτιο των βροχών. Ο γενικός αυτός κανόνας έχει βέβαια και τις εξαιρέσεις του και μία τέτοια περίπτωση είναι η δημιουργία ομιχλοβροχής από το δάσος, υπό ορισμένες προϋποθέσεις.

Με τον όρο ομιχλοβροχή νοείται η βροχή που σχηματίζεται από την πρόσκρουση των σταγόνων της ομίχλης στην κόμη των δέντρων, την υγραποίησή τους και στη συνέχεια την πτώση τους στην επιφάνεια του εδάφους (Loewe 1960, Kerfoot 1968). Η ομιχλοβροχή καλείται και «οριζόντια βροχή» αφού δημιουργείται από την οριζόντια κυρίως μεταφορά της ομίχλης από τον άνεμο. Πιο συγκεκριμένα, οι μικρές διαστάσεις των σταγόνων της ομίχλης (0,01 – 0,1 mm) και η κορεσμένη ατμόσφαιρα γύρω τους, αποτρέπουν την πτώση τους στο έδαφος και την εξάτμιση αντίστοιχα, και διευκολύνουν στη συνέχεια την οριζόντια ή και πλάγια παράσυσρή τους από τον άνεμο (Went 1955). Κατάλληλες περιοχές για τη δημιουργία ομιχλοβροχής είναι οι παράκτιες δασοστένες, καθώς και οι ορεινές με μεγάλο υψόμετρο. Οι δεύτερες είναι ιδιαίτερα ευνοϊκές όταν η ομίχλη δημιουργείται επάνω από την επιφάνεια της θάλασσας και στη συνέχεια προσκρούει στις πλαγιές των βουνών και βαθμιαία ανυψώνεται (Price 1992).

Η σημασία της ομιχλοβροχής είναι μεγάλη και πολύπλευρη. Κατ' αρχήν αποτελεί σπουδαίο παράγοντα για την επιβίωση και ανάπτυξη της βλάστησης σε περιοχές όπου σπανίζει η «κατακόρυφη βροχή». Επίσης, συμβάλλει στην αύξηση των υδατικών πόρων των περιοχών όπου δημιουργείται (Ingraham και Matthews 1988, Price

¹ Εθνικό Ίδρυμα Αγροτικής Έρευνας (ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε.), Ινστιτούτο Μεσογειακών Δασικών Οικοσυστημάτων και Τεχνολογίας Δασικών Προϊόντων (Ι.Μ.Δ.Ο. & Τ.Δ.Π.)

1992) και επιπλέον είναι σπουδαίος οικολογικός παράγοντας όσον αφορά στη θρέψη των φυτών, αφού η χημεία της είναι διαφορετική από τη βροχή εκτός του δάσους και την κανονική διαπερώσα βροχή (Draaijers και Erisman 1993, Vermeulen et. al. 1997, Wrzesinsky και Klemm 2000, Lange et. al. 2003).

Πολλοί ερευνητές έχουν επισημάνει τη σπουδαιότητα της ομιχλοβροχής για τη βλάστηση. Οι Grubb και Whitmore (1966) π.χ υποστήριξαν πως η κατανομή της ορεινής βλάστησης στην πολιτεία του Ισημερινού καθορίζεται κυρίως από την ομιχλοβροχή που δημιουργείται από την ομίχλη που εμφανίζεται στην επιφάνεια της θάλασσας και στη συνέχεια ανυψώνεται και υγροποιείται στις πλαγιές των βουνών. Το ίδιο ισχύει και για τη βλάστηση της βόρειας Χιλής (Aravena et al. 1989), ενώ η βλάστηση στο βόρειο Περού πρασινίζει μόνο από την ομιχλοβροχή που δημιουργείται εκεί (Keel 1987). Από την ομιχλοβροχή εξαρτάται επίσης και το φημισμένο παράκτιο δάσος από Σεκβόιες στην Καλιφόρνια αφού συλλέγει μέχρι και 140 mm ημερησίως (Azevedo και Morgan 1974). Προστίθεται ακόμα πως στη διατάραξη των συνθηκών δημιουργίας ομιχλοβροχής, οφείλεται και η αδυναμία επανεγκατάστασης της δασικής βλάστησης στα βουνά της βόρειας Κένυας, όταν αυτή υλοτομήθηκε κατά τους εμφυλίους πολέμους (Ingraham και Matthews 1988). Η σπουδαιότητα της ομιχλοβροχής για την επιβίωση των φυτών επιβάλλει ακόμα σε πολλά είδη την αναπροσαρμογή του σχήματος των φύλλων τους για τη συλλογή αυτής της παραμέτρου (Went 1955).

Ο προσδιορισμός και η ποσοτικοποίηση της ομιχλοβροχής σε διάφορες χώρες ανά τον κόσμο άρχισαν πριν από πολλά χρόνια. Ειδικότερα για τις Καναρίους νήσους αναφέρεται πως η συλλογή της ομιχλοβροχής έχει ιστορία τουλάχιστον 2000 χρόνων (Schemenauer και Cereceda 1994). Μία όμως από τις παλαιότερες μετρήσεις ομιχλοβροχής εκτός από τα νησιά που αναφέρθηκαν, έγινε στη νότιο Αφρική από τον Marloth το 1903 και 1905 (Ingraham και Matthews 1988). Ο Oberlander (1956) μέτρησε κάτω από την κόμη δρυοδάσους στο San Francisco των ΗΠΑ και σε περίοδο έξι άνωδρων εβδομάδων, 1500 mm ομιχλοβροχής. Αργότερα, ο Parson (1960) σε συστάδα *Pinus radiata* στο Berkley καταμέτρησε τη θερινή περίοδο 254 mm ομιχλοβροχής. Οι Elias et.al. (1990) στην Πολωνία βρήκαν πως σε μηνιαία βάση η ομιχλοβροχή σε συστάδες ερυθρελάτης κυμάνθηκε από 4-27% της συνολικής βροχής (βροχής εκτός του δάσους), χωρίς να ληφθεί υπόψη η ομιχλοβροχή που δημιουργείται συγχρόνως με την κατακόρυφη βροχή. Σε δύο άλλες θέσεις της ίδιας χώρας η παράμετρος αυτή εκτιμήθηκε σε 13 και 80% της συνολικής βροχής (Blas et. al. 2002). Η ομιχλοβροχή εκτιμήθηκε στην Ολλανδία, λόγω της τοπογραφίας, μόνο στο 5% της συνολικής βροχής (Vermeulen et. al. 1997) και στη Γερμανία στο 20-28% της αντίστοιχης τιμής (L.Zimmermann and F.Zimmermann 2002).

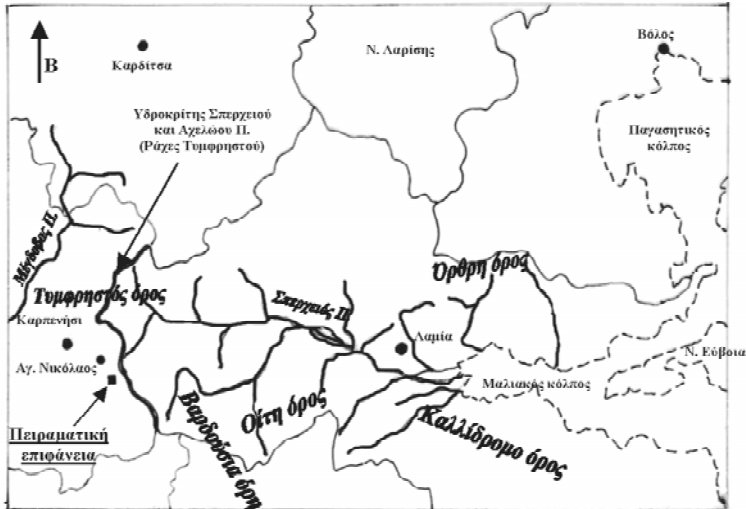
Μετρήσεις ομιχλοβροχής έγιναν επίσης από τον Price (1992) στο Newfoundland του Καναδά και σε περιοχή όπου η ετήσια απορροφή των υδρολογικών λεκανών ξεπερνούσε την ετήσια βροχοπτώση κατά 400 mm. Ο Price, χωρίς να ποσοτικοποιήσει την ετήσια ομιχλοβροχή, εκτίμησε πως σε επεισόδια βροχής του θέρους, αυτή ανερχόταν στο 50% της βροχής εκτός της βλάστησης και είχε μέση και μέγιστη ημερήσια τιμή 1,8 και 10,2 mm αντίστοιχα. Παρόμοια προβλήματα βροχής, ομιχλοβροχής και απορροής των λεκανών διαπίστωσαν και μελέτησαν, ο Harr (1980 και 1982) και ο Ingwersen (1985) στο Oregon των ΗΠΑ. Εντυπωσιακές ήταν επίσης οι τιμές της ομιχλοβροχής που μέτρησαν οι Aboal et. al. (2000) κάτω από συστάδες *Pinus canariensis* στις Καναρίους νήσους, αφού οι τιμές της διαπερώσας βροχής κυμάνθηκαν από 2 έως 2,2 φορές παραπάνω της αντίστοιχης τιμής της συνολικής βροχής. Επισημαίνεται ακόμα πως η ομιχλοβροχή μελετήθηκε εντονότερα τις τελευταίες κυρίως δεκαετίες, για τη χημική της σύσταση (Elias et. al. 1995, Collett et. al. 1999, L.Zimmermann and F.Zimmermann 2002).

Στα πλαίσια της υλοποίησής από το Ινστιτούτο Μεσογειακών Δασικών Οικοσυστημάτων και Τεχνολογίας Δασικών Προϊόντων (Ι.Μ.Δ.Ο. και Τ.Δ.Π.) του ευρωπαϊκού προγράμματος της Δασικής Υπηρεσίας με τίτλο, «Επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και άλλων δυσμενών φυσικών παραγόντων στα δασικά οικοσυστήματα», παρατηρήθηκε στο ελατοδάσος του Αγίου Νικολάου Ευρυτανίας η δημιουργία του φαινομένου της ομιχλοβροχής. Το φαινόμενο όμως αυτό στον Ελλαδικό χώρο έχει ερευνηθεί ελάχιστα. Για το λόγο αυτό, σκοπός της παρούσας εργασίας είναι ο προσδιορισμός, η ποσοτικοποίηση και η διερεύνηση αυτής της υδρομετεωρολογικής παραμέτρου σε μία περιοχή με σπουδαίο οικολογικό, υδρολογικό και δασικό ενδιαφέρον γενικότερα.

2. Υλικά και μέθοδοι.

2.1 Περιοχή έρευνας και μέτρηση υδρομετεωρολογικών παραμέτρων.

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε πειραματική υδρολογική λεκάνη που ευρίζεται στο ελατοδάσος Ευρυ-



Σχήμα 1. Χάρτης της ευρύτερης περιοχής των νομών Ευρυτανίας και Φθιώτιδας με τη θέση της πειραματικής επιφάνειας και γενικά φυσικά χαρακτηριστικά.

Figure 1. Map of the wider area of Evritania and Fthiotida counties with the experimental plot and general physical characteristics.

της κοίτης του υδατορεύματος της λεκάνης λειτουργεί υδρομετρικός σταθμός με τριγωνικό εκχειλιστή γωνίας 120° και είναι εφοδιασμένος με σταθμηγράφο. Η μέση ετήσια θερμοκρασία αέρος στο μετεωρολογικό σταθμό της περιοχής που απέχει 1.400 m από τον υδρομετρικό σταθμό και έχει υψόμετρο 1.120 m, είναι $9,9^\circ\text{C}$ για την περίοδο 1973-2002. Στη λεκάνη υπάρχουν ακόμα δύο βροχομετρικοί σταθμοί, από τις καταγραφές των οποίων προκύπτει ότι το μέσο ετήσιο ύψος των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων της ίδιας περιόδου είναι 1.408 mm.

Κατά το έτος 1995 στην ανωτέρω λεκάνη, εγκαταστάθηκαν και πειραματικές επιφάνειες για την υλοποίηση του ευρωπαϊκού προγράμματος της Δασικής Υπηρεσίας που αναφέρθηκε. Στις επιφάνειες αυτές τοποθετήθηκαν συλλεκτήρες για την εκτίμηση και χημική ανάλυση της συνολικής βροχής (βροχής εκτός του δάσους) και της διαπερώσας.

Πιο συγκεκριμένα, η διαπερώσα βροχή εκτιμήθηκε με τη βοήθεια δέκα (10) συλλεκτήρων που τοποθετήθηκαν με τυχαίο τρόπο σε υποεπιφάνεια 0,1 ha εντός της κύριας επιφάνειας και σε υψόμετρο 1.170 m. Οι συλλεκτήρες αποτελούνταν από πλαστικό σωλήνα ύψους και διαμέτρου 1,05 και 0,2 m αντίστοιχα και στο στόμιο ήταν προσαρτημένο πλαστικό χωνί διαμέτρου 18 cm. Στο λαιμό του χωνιού προσαρμόστηκε πλαστικός σωλήνας που κατέληγε σε δοχείο χωρητικότητας 5 λίτρων και υδρικό μετρούμενο μέσα στον πλαστικό σωλήνα. Από τα μέσα Νοεμβρίου έως τις αρχές Απριλίου γινόταν αντικατάσταση των χωνιών και των πλαστικών δοχείων με πλαστικές σακούλες, ώστε να συσσωρεύεται και το χιόνι. Η συνολική βροχή εκτιμήθηκε με δύο όμοιους με τους παραπάνω συλλεκτήρες που τοποθετήθηκαν σε διάκενο του δάσους έκτασης 0,15 ha και σε απόσταση 280 m από την υποεπιφάνεια της διαπερώσας βροχής. Το υψόμετρο του διάκενου ήταν 1.135 m. Η συλλογή και ογκομέτρηση του νερού από τους συλλεκτήρες γινόταν σε εβδομαδιαία βάση (κάθε Σάββατο). Στοιχεία απορροής της υδρολογικής λεκάνης, ελήφθησαν από τον αντίστοιχο υδρομετρικό σταθμό και στοιχεία σχετικής υγρασίας της ατμόσφαιρας, ανέμου και ημερών ομίχλης, από το θερμοϋγρογράφο της επιφάνειας, τα όργανα του μετεωρολογικού σταθμού της περιοχής και τις καταγραφές των παρατηρητών. Οι μετρήσεις περιλαμβάνουν τα έτη 1997-2002.

2.2 Προσδιορισμός και ποσοτικοποίηση ομιχλοβροχής.

Η δημιουργία ομιχλοβροχής στην περιοχή μελέτης διαπιστώνεται από τις «ιδιόμορφες» τιμές που παρουσιάζει ο μέσος όρος των δέκα βροχομέτρων μέτρησης της διαπερώσας βροχής, όταν τα επεισόδια συνοδεύο-

τανίας και ειδικότερα στις Ράγες Τυμφρηστού, απέναντι από το χωριό Άγιος Νικόλαος (Σχήμα 1). Η λεκάνη επιλέχθηκε από τη Δασική Υπηρεσία δια του Ινστιτούτου Δασικών Ερευνών Αθηνών και του FAO (Καραμήτρος 1974) για υδρολογικούς σκοπούς. Έχει έκταση 147 ha, το υψόμετρο κυμαίνεται από 1.080 έως 1.380 m και η μέση κλίση της είναι 30%. Η γενική έκθεση είναι βόρεια-βορειανατολική. Το έδαφος προέρχεται από αποσάθρωση ψαμμιτικού φλύσχη, είναι βαθύ και κατατάσσεται ως Humic Alisols (FAO, 1988).

Η λεκάνη καλύπτεται από αμιγές δάσος Κεφαλληνιακής ελάτης υποκρηπευοειδούς μορφής και μέσης ηλικίας 90 ετών. Η συγκρόμωση κυμαίνεται από 0,8-1,1. Στο χαμηλότερο σημείο

Πίνακας Ι. Κατηγοριοποίηση εβδομάδων με κατακρημνίσματα της περιόδου 1997-2002.

Table I. Classification of weeks with precipitation occurrence in the period 1997-2002.

ΕΤΟΣ	ΕΒΔΟΜΑΔΕΣ				
	Με κατακρημνίσματα	Με ομιχλοβροχή		Χωρίς ομιχλοβροχή	Χωρίς τις προϋποθέσεις ανάλυσης
		Αριθμός	%		
1997	37	13	35	19	5
1998	38	14	37	18	6
1999	37	10	27	18	9
2000	38	10	26	27	1
2001	39	11	28	22	6
2002	44	15	34	26	3
Σύνολο	233	73	31	130	30

νται από ομίχλη. Πιο συγκεκριμένα, η τιμή της διαπερώσας βροχής όταν επικρατεί ομίχλη, είναι πολύ κοντά στην αντίστοιχη της συνολικής ή και μεγαλύτερη αυτής. Επιπλέον, τα βροχόμετρα της διαπερώσας βροχής κάτω από άτομα ελάτης με πυκνή κόμη, είναι εκείνα που συλλέγουν πολύ μεγαλύτερο όγκο νερού με συνθήκες ομίχλης από ό,τι συλλέγουν με συνθήκες βροχής χωρίς ομίχλη. Αυτό φανερώνει πως οι πυκνές κόμμες των δέντρων συμβάλλουν στην υγραποίηση μεγαλύτερης ποσότητας ομίχλης. Το φαινόμενο της ομιχλοβροχής έχει διαπιστωθεί πολλές φορές από τους

παρατηρητές της περιοχής μελέτης, καθώς και από τους ερευνητές του προγράμματος.

Με βάση τις παραπάνω διαπιστώσεις, ο προσδιορισμός του χρόνου δημιουργίας ομιχλοβροχής και η ποσοτικοποίηση αυτής στην περιοχή μελέτης έγινε σε εβδομαδιαία βάση, όπως ακριβώς γίνονται και οι μετρήσεις της συνολικής και διαπερώσας βροχής. Ειδικότερα, οι εβδομάδες δημιουργίας ομιχλοβροχής που επιλέχτηκαν, πληρούσαν τις παρακάτω προϋποθέσεις:

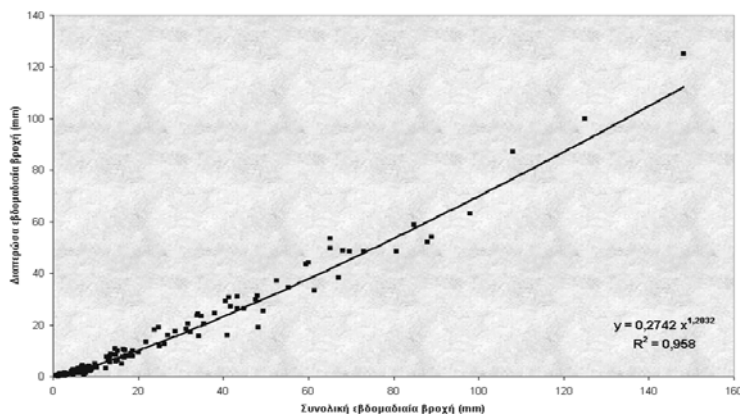
- Κατά την εκδήλωση των επεισοδίων βροχής η περιοχή μελέτης καλύπτονταν από ομίχλη.
- Η σχετική υγρασία αέρος της ατμόσφαιρας ήταν σταθερή στο 100%
- Η τιμή του μέσου όρου της διαπερώσας βροχής των επεισοδίων ήταν υψηλή, σε σύγκριση με την αντίστοιχη τιμή των επεισοδίων βροχής χωρίς ομίχλη.

Πίνακας ΙΙ. Αριθμός εβδομάδων ανά μήνα δημιουργίας ομιχλοβροχής για την περίοδο 1997-2002.

Table II. Number of weeks per month with fog precipitation occurrence in the period 1997-2002.

ΕΤΟΣ	ΜΗΝΕΣ												Σύνολο εβδομάδων
	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΪ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	
1997	3	1	1	-	1	-	-	-	1	1	1	4	13
1998	-	2	1	1	2	-	-	-	1	1	2	4	14
1999	1	1	-	2	1	-	2	-	1	1	1	-	10
2000	-	2	-	-	1	-	-	-	-	3	1	3	10
2001	-	1	2	2	-	-	-	-	-	1	1	4	11
2002	1	1	3	2	-	-	1	1	-	-	2	4	15
Σύνολο	5	8	7	7	5	-	3	1	3	7	8	19	73

Σύμφωνα με την ισχύ των παραπάνω προϋποθέσεων, για την περίοδο 1997-2002 επιλέχτηκαν 73 εβδομάδες δημιουργίας ομιχλοβροχής στην περιοχή μελέτης, από τις 233 συνολικά που εκδηλώθηκαν ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα (Πίνακας Ι). Από αυτόν καταδεικνύεται πως ο αριθμός των εβδομάδων που δημιουργείται ομιχλοβροχή στην περιοχή αντιπροσωπεύει το 31% του αριθμού των ετήσιων εβδομάδων με κατακρημνίσματα. Η κατανομή των εβδομάδων με ομιχλοβροχή ανά μήνα και έτος παρουσιάζεται στον Πίνακα ΙΙ και καταδει-



Σχήμα 2. Σχέση συνολικής εβδομαδιαίας και διαπερώσας βροχής χωρίς ομίχλη βροχή

Figure 2. Relationship between gross weekly precipitation and throughfall without fog precipitation.

κνύεται πως 19(26%) από τις 73 εβδομάδες δημιουργίας ομίχλη βροχής της περιόδου μελέτης ανήκουν στο Δεκέμβριο. Στη συνέχεια ακολουθούν ο Φεβρουάριος, ο Νοέμβριος, ο Μάρτιος, ο Απρίλιος και ο Οκτώβριος. Από τον ίδιο Πίνακα διαπιστώνεται επίσης πως οι εβδομάδες δημιουργίας ομίχλη βροχής του Ιανουαρίου (πέντε) είναι ίσες με εκείνες του Μαΐου. Αυτό οφείλεται στα πολλά επεισόδια χιονιού που εκδηλώθηκαν τον Ιανουάριο και δεν πληρούσαν τις προϋποθέσεις επιλογής για ανάλυση στη μελέτη.

Η διαπερώσα βροχή των 73 εβδομάδων που επιλέχθηκαν, εκτός από την ομίχλη βροχή, περιελάμβανε προφανώς και τη διαπερώσα βροχή που θα παρατηρείτο από το αντίστοιχο ύψος συνολικής βροχής, αλλά χωρίς τις μετεωρολογικές συνθήκες δημιουργίας ομίχλη βροχής. Ο διαχωρισμός της ομίχλη βροχής πραγματοποιήθηκε με τη διατύπωση της σχέσης μεταξύ της συνολικής και διαπερώσας εβδομαδιαίας βροχής, χωρίς τις καιρικές συνθήκες δημιουργίας ομίχλη βροχής και στη συνέχεια με την αφαίρεση της εκτιμημένης τιμής της διαπερώσας από την αντίστοιχη μετρομημένη.

Για τη διατύπωση της σχέσης μεταξύ συνολικής και διαπερώσας εβδομαδιαίας βροχής χωρίς τις καιρικές συνθήκες δημιουργίας ομίχλη βροχής και για την περίοδο 1997-2002, επιλέχθηκαν 130 ζεύγη τιμών από τα 233 συνολικά, που πληρούσαν μία από τις παρακάτω προϋποθέσεις:

- Περιελάμβαναν μόνο επεισόδια βροχής
- Περιελάμβαναν επεισόδια βροχής και χιονιού, αλλά χωρίς την ύπαρξη χιονιού στην κόμη των δέντρων κατά την ημέρα συλλογής των στοιχείων
- Περιελάμβαναν μόνο επεισόδια χιονιού, αλλά με τις συνθήκες της δεύτερης επίσης προϋπόθεσης.

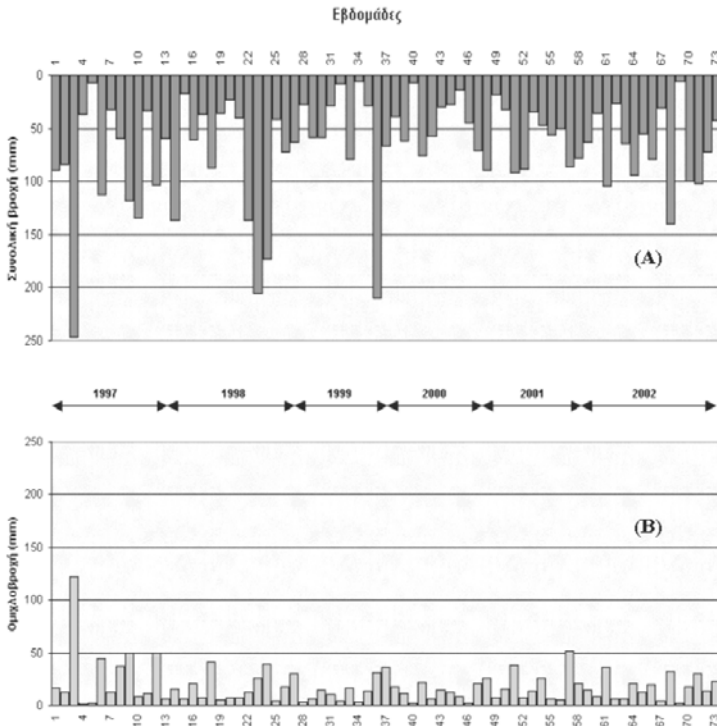
Από τα 130 ζεύγη τιμών συνολικής και διαπερώσας εβδομαδιαίας βροχής χωρίς την επικράτηση μετεωρολογικών συνθηκών για δημιουργία ομίχλη βροχής, διατυπώθηκε η σχέση $y = 0,2742 x^{1,2932}$, με εξαρτημένη μεταβλητή τη διαπερώσα και ανεξάρτητη τη συνολική βροχή. Η σχέση αυτή απεικονίζεται στο Σχήμα 2 και βάση αυτής εκτιμήθηκε η ομίχλη βροχή για κάθε μία από τις 73 εβδομάδες με τον τρόπο που αναφέρθηκε. Επισημαίνεται όμως πως για τη διατύπωση της παραπάνω σχέσης, το ζεύγος με τη μεγαλύτερη τιμή από τα 130, ήταν 148,2 και 125,1 mm (συνολική και διαπερώσα βροχή αντίστοιχα). Στην εκτίμηση όμως της διαπερώσας βροχής χρησιμοποιήθηκαν και 4 τιμές συνολικής βροχής μεγαλύτερες από 160 mm και πιθανόν αυτές να περιλαμβάνουν κάποιο σφάλμα μεγαλύτερο των υπολοίπων τιμών.

Προστίθεται ακόμα πως τριάντα εβδομαδιαία ζεύγη τιμών συνολικής και διαπερώσας βροχής της περιόδου 1997-2002 δεν περιελήφθησαν στα 130 ή στα 73 ζεύγη, λόγω μη εκπλήρωσης καμίας από τις προϋποθέσεις που ετέθησαν. Οι τιμές όμως αυτές ελήφθησαν υπόψη στην εκτίμηση της συνολικής και διαπερώσας βροχής για κάθε ένα από τα έξι χρόνια χωρίς το διαχωρισμό της ομίχλη βροχής.

3. Αποτελέσματα και συζήτηση

3.1 Ανάλυση εβδομαδιαίων επεισοδίων ομίχλη βροχής

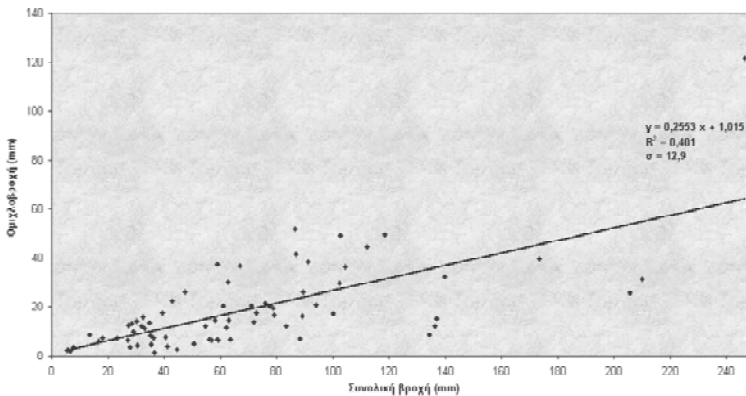
Τα 73 ζεύγη τιμών συνολικής βροχής και ομίχλη βροχής απεικονίζονται αναλυτικά ανά έτος στο Σχήμα 3.



Σχήμα 3. Ύψος συνολικής βροχής (Α) και ομιχλοβροχής (Β) των 73 εβδομάδων της περιόδου 1997-2002.

Figure 3. Gross precipitation (A) and fog precipitation (B) of the 73 weeks during the period 1997 to 2002.

βροχής. Αυτό καταδεικνύεται επίσης και από το Σχήμα 4 όπου απεικονίζεται η ασθενής σχέση μεταξύ ομιχλοβροχής και συνολικής βροχής.



Σχήμα 4. Σχέση συνολικής εβδομαδιαίας βροχής και ομιχλοβροχής.

Figure 4. Relationship between gross weekly precipitation and fog precipitation.

Ο μέσος όρος και η τυπική απόκλιση των εβδομαδιαίων τιμών της συνολικής βροχής είναι 67,5 και 48,3 mm αντίστοιχα, και των αντίστοιχων τιμών της ομιχλοβροχής 18,3 και 17,8 mm. Το ποσοστό διαφοράς μεταξύ ομιχλοβροχής και συνολικής βροχής κυμαίνεται από 3,6 έως 64,6% και έχει μέσο όρο και τυπική απόκλιση 29,2 και 15,7% αντίστοιχα.

Από τις παραπάνω στατιστικές παραμέτρους καθώς και από τις τιμές της συνολικής βροχής και ομιχλοβροχής του Σχήματος 3, διαπιστώνεται πως το ύψος της ομιχλοβροχής δεν καθορίζεται μόνο από το αντίστοιχο ύψος της συνολικής βροχής. Για παράδειγμα για την 1^η, 8^η και 10^η εβδομάδα του 1997 οι τιμές της συνολικής βροχής είναι 89,3-59,1 και 134,3 mm και της ομιχλοβροχής 16,3-37,2 και 8,7 mm αντίστοιχα (Σχήμα 3). Οι αναντιστοιχίες αυτές είναι ο κανόνας και όχι η εξαίρεση για τα 73 εβδομαδιαία ζεύγη τιμών συνολικής βροχής και ομιχλοβροχής.

Η έλλειψη ισχυρής σχέσης μεταξύ του ύψους της συνολικής βροχής και της ομιχλοβροχής που δημιουργείται κατά τη διάρκεια επεισοδίων βροχής με ομίχλη, φανερώνει πως η ομιχλοβροχή, εκτός από τη συνολική βροχή, καθορίζεται και από άλλες παραμέτρους. Στην κατηγορία αυτή, όπως τονίστηκε και από άλλους ερευνητές στις έρευνές τους (Ingraham και Matthews 1988) περιλαμβάνονται η πυκνότητα και η διάρκεια επικράτησης της ομίχλης, καθώς επίσης η ένταση και η κατεύθυνση του ανέμου. Στοιχεία

πυκνότητας και διάρκειας της ομίχλης, κατά τις ημέρες επικράτησης αυτής, δυστυχώς δεν υπάρχουν για τη συγκεκριμένη περιοχή. Διευκρινίζεται όμως πως αφού η πυκνότητα της ομίχλης αντανάκλα την ποσότητα υδρατμών του αέρα ανά μονάδα όγκου, είναι προφανής και η επίδραση της διάρκειας αυτής στην ποσότητα της ομιχλοβροχής.

Οι σχέσεις ομιχλοβροχής και έντασης – κατεύθυνσης του ανέμου εξετάστηκαν μόνο αδρομερώς από τις καταγραφές του ανεμογράφου του μετεωρολογικού σταθμού της περιοχής. Από την εξέταση διαπιστώθηκε κατ' αρχάς πως στη διάρκεια των επεισοδίων βροχής που δημιουργήθηκε και ομιχλοβροχή, επικρατούσε πάντοτε άνεμος τουλάχιστον μέσης έντασης. Η συνθήκη αυτή ήταν αναγκαία για την παράσταση των σταγόνων της ομίχλης και την υγροποίησή τους στην κόμη των δέντρων. Η σημασία της έντασης του ανέμου στην ομιχλοβροχή γίνεται φανερή αν ληφθεί υπόψη η έλλειψη ομιχλοβροχής από πυκνή ομίχλη ακτινοβολίας που συχνά δημιουργείται στις κοιλάδες ορεινών περιοχών τις πρωινές κυρίως ώρες. Στην περίπτωση αυτή η επικράτηση νηνεμίας (υψηλών πιέσεων) αποτρέπει την παράσταση και υγροποίηση της ομίχλης.

Γενικές είναι επίσης και οι υπάρχουσες πληροφορίες που αφορούν τις σχέσεις ομιχλοβροχής και κατεύθυνσης των ανέμων στην περιοχή έρευνας. Για το λόγο αυτό στην παρούσα εργασία επισημαίνεται μόνο πως υπάρχουν ενδείξεις επηρεασμού της ομιχλοβροχής από ΒΑ και Α κυρίως ανέμους. Αυτό φανερώνει πως υγρές αέριες μάζες αφού περάσουν το Αιγαίο και το Μαλιακό κόλπο, ακολουθούν την κοιλάδα του Σπερχειού και ανερχόμενες φθάνουν στις Ράχες του Τυμφορηστού με τη μέγιστη ποσότητα υγρασίας για δημιουργία ομιχλοβροχής και στη συνέχεια κατέρχονται τις πλαγιές της λεκάνης απορροής (Σχήμα 1). Το θέμα όμως αυτό χρειάζεται βέβαια περαιτέρω έρευνα.

Εκτός των παραπάνω, μία πιο συνοπτική εικόνα των χαρακτηριστικών της ομιχλοβροχής των 73 εβδομά-

Πίνακας III. Ετήσιες τιμές συνολικής βροχής και ομιχλοβροχής των 73 εβδομάδων της περιόδου 1997-2002.

Table III. Annual values of gross precipitation and fog precipitation of the 73 weeks from 1997 to 2002.

ΕΤΟΣ	Αριθμός εβδ. επεισοδίων	Συνολική βροχή (mm)	Διαπερώσα μετρημένη (mm)	Διαπερώσα εκτιμημένη (mm)	Ομιχλοβροχή	
					mm	% της συνολικής
1997	13	1113,6	1168,7	796,2	372,5	33,5
1998	14	1128,7	1037,9	798,9	239,0	21,2
1999	10	572,6	530,5	392,0	138,5	24,2
2000	10	428,1	378,7	261,1	117,6	27,3
2001	11	672,7	652,6	435,0	217,6	32,3
2002	15	1013,4	924,4	677,2	247,2	24,4
Μέσος όρος	12	821,5	782,1	560,1	222,1	27,2

ολόκληρου του έτους και όχι μόνο με εκείνο των εβδομάδων που δημιουργήθηκε και ομιχλοβροχή. Μια τέτοια αξιολόγηση ακολουθεί στο επόμενο κεφάλαιο.

3.2 Ανάλυση ομιχλοβροχής και ετήσιου ύψους συνολικών κατακρημνισμάτων.

Το ύψος των συνολικών ετήσιων ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων της περιόδου 1997-2002, καθώς και εκείνο της αντίστοιχης ομιχλοβροχής, παρουσιάζονται στον Πίνακα IV. Από αυτόν διαπιστώνεται πως το ποσοστό της ομιχλοβροχής κυμαίνεται από 7,5 (1999) έως 20,6% (1997) του ετήσιου ύψους των συνολικών κατακρημνισμάτων. Τα παραπάνω ποσοστά ομιχλοβροχής παρατηρήθηκαν δύο χρονιές που το συνολικό ύψος των κατακρημνισμάτων ήταν πρακτικά το ίδιο (1837,9 και 1808,4 mm αντίστοιχα). Αυτό φανερώνει πως οι καιρικές συνθήκες δημιουργίας ομιχλοβροχής ήταν διαφορετικές τις δύο χρονιές.

δων παρουσιάζεται στον Πίνακα III. Από αυτόν διαπιστώνεται πως η ομιχλοβροχή για τα 6 χρόνια κυμάνθηκε από 117,6-372,5 mm και σε ποσοστό επί της συνολικής βροχής των αντίστοιχων εβδομάδων από 21,2-33,5% (μ.ο. 27,2%). Βέβαια και από το συγκεκριμένο πίνακα διαπιστώνεται πως μεγαλύτερο ύψος συνολικής βροχής δε συνεπάγεται και μεγαλύτερο ύψος ομιχλοβροχής, για τους λόγους που αναφέρθηκαν προηγουμένα. Όμως είναι φανερό πως η αξιολόγηση της ομιχλοβροχής για την περιοχή είναι πιο αντικειμενική όταν συγκρίνεται με το συνολικό ύψος βροχής

Πίνακας IV. Συνολικά ετήσια κατακρημνίσματα και ομιχλοβροχή των ετών 1997-2002.**Table IV.** Total annual precipitation and fog precipitation from 1997 to 2002.

ΕΤΟΣ	Συνολικά κατακρημνίσματα (mm)	Ομιχλοβροχή		Συνολικά κατακρημνίσματα & ομιχλοβροχή (mm)
		mm	% της συνολικής	
1997	1808,4	372,5	20,6	2180,9
1998	1736,3	239,0	13,8	1975,3
1999	1837,9	138,5	7,5	1976,4
2000	1038,9	117,6	11,3	1156,5
2001	1670,9	217,6	13,0	1888,5
2002	1505	247,2	16,4	1752,5
Μέσος όρος	1599,6	222,1	13,8	1821,6

προηγούμενων πινάκων πρέπει να είναι υποεκτιμημένο κατά ένα ποσοστό. Και τούτο γιατί δε συμπεριελήφθησαν τα επεισόδια χιονιού και ομίχλης που δεν πληρούσαν τις προϋποθέσεις ανάλυσης, καθώς και εκείνα με οριακές συνθήκες δημιουργίας ομιχλοβροχής και τα οποία ήταν δύσκολο να εντοπιστούν. Όμως, παρά το κάποιο σφάλμα εκτίμησής της, υποστηρίζουμε πως η μέθοδος που εφαρμόστηκε ήταν η πλέον εφικτή για την ποσοτικοποίηση αυτής της παραμέτρου κάτω από φυσικές συνθήκες δημιουργίας της. Και τούτο γιατί η τοποθέτηση ειδικών βροχομέτρων με το στόμιο κατακόρυφα, είναι λειτουργική μόνο για χημική ανάλυση και όχι για τον προσδιορισμό του συσσωρευτικού ύψους της ομιχλοβροχής στην επιφάνεια του εδάφους, μετά τη δημιουργία της και τη διέλευσή της διαμέσου ολόκληρου του μήκους της κομοστέγης των δέντρων.

3.3 Επίδραση της ομιχλοβροχής στην υδατοσυγκράτηση και στην απορροή των υδρολογικών λεκανών

Η υποεκτίμηση των συνολικών κατακρημνισμάτων κατά το ποσοστό της ομιχλοβροχής επηρεάζει προφανώς και την ακρίβεια εκτίμησης των υπολοίπων παραμέτρων του υδρολογικού ισοζυγίου της αντίστοιχης λεκάνης και κυρίως της υδατοσυγκράτησης και της απορροής. Το μέγεθος της επίδρασης στην υδατοσυγκράτηση καταδεικνύεται στον Πίνακα V.

Πίνακας V. Επίδραση της ομιχλοβροχής στην υδατοσυγκράτηση του ελατοδάσους.**Table V.** Effect of fog precipitation on interception of the fir forest.

ΕΤΟΣ	Συνολική βροχή (mm)	Συνολική βροχή & ομιχλοβροχή (mm)	Μιτρημένη διαπερώσα βροχή (mm)	Υδατοσυγκράτηση				
				Χωρίς ομιχλοβροχή		Με ομιχλοβροχή		Διαφορά %
				mm	%	mm	%	
1997	1808,4	2180,9	1559,6	248,8	13,8	621,4	28,5	14,7
1998	1736,3	1973,3	1431,3	305,0	17,6	543,7	27,5	10,0
1999	1837,9	1976,4	1355,8	482,1	26,2	620,2	31,4	5,2
2000	1038,9	1156,5	730,5	308,4	29,7	426,0	36,8	7,2
2001	1670,9	1888,5	1328,8	342,1	20,5	560,2	29,6	9,2
2002	1505	1752,5	1221,7	283,3	18,8	530,3	30,3	11,5
Μέσος όρος	1599,6	1821,7	1271,3	328,3	21,1	550,4	30,7	9,6

Από τον ίδιο Πίνακα διαπιστώνεται επίσης πως το ετήσιο ύψος των κατακρημνισμάτων που μετρείται σε διάκενο του δάσους υποεκτιμάται από 7,5 έως 20,6% εκείνου που δέχεται η δασωμένη περιοχή. Στην πραγματικότητα όμως το ύψος βροχής του διάκενου είναι εκείνο που φτάνει επάνω από την κόμη των δέντρων και στη συνέχεια προσανξάνεται κατά το ύψος της ομιχλοβροχής εντός της κομοστέγης των δέντρων και διασπάται σε υδατοσυγκράτηση, διαπερώσα βροχή και κορμοαπορροή. Επισημαίνεται ακόμα, πως το ύψος της ομιχλοβροχής των

Από αυτόν διαπιστώνεται πως η υδατοσυγκράτηση ως διαφορά της συνολικής και διαπερώσας βροχής και χωρίς να ληφθεί υπόψη η ποσότητα της ομιχλοβροχής, κυμαίνεται ετησίως από 13,8 έως 29,7% (μ.ο. 21,1%) της αντίστοιχης συνολικής βροχής. Οι παραπάνω τιμές όμως με την προσθήκη της ομιχλοβροχής κυμαίνονται από 27,5 έως 36,9% (μ.ο. 30,7%) και παρουσιάζουν μία μέση αύξηση των έξι ετών 9,6%. Οι δεύτερες τιμές υδατοσυγκράτησης

Πίνακας VI. Επίδραση της ομιχλοβροχής στην εκτίμηση της ετήσιας απορροής της λεκάνης.

Table VI. Effect of fog precipitation to the estimation of the annual streamflow of the watershed.

ΕΤΟΣ	Συνολική βροχή (mm)	Συνολική βροχή & ομιχλοβροχή (mm)	Απορροή υδρολογικής λεκάνης (mm)	Συντελεστής απορροής %		
				Χωρίς ομιχλοβροχή (mm)	Με ομιχλοβροχή (mm)	Διαφορά %
1998	1736,3	1975,3	756,6	43,6	38,3	5,3
1999	1837,9	1976,4	864,8	47,1	43,8	3,3
2000	1038,9	1156,5	345,3	33,2	29,9	3,3
2001	1670,9	1888,5	539,2	32,3	28,6	3,7
2002	1505	1752,5	557,6	37,0	31,8	5,2
Μέσος όρος	1557,8	1749,8	612,7	38,6	34,5	4,2

al. 1991) σε 29 και 37% αντίστοιχα της συνολικής βροχής και σε συστάδα ερυθρελάτης στην ορεινή Σκωτία σε 28% (Johnson 1990). Η υδατοσυγκράτηση εκτιμήθηκε επίσης σε συστάδα ερυθρελάτης στα όρη Vosges της Γαλλίας σε 34,2% της συνολικής βροχής (Viville et. al. 1993). Επιπλέον τονίζεται πως (Ward και Robinson 2000) σε μεγάλο αριθμό εργασιών ανά τον κόσμο, η υδατοσυγκράτηση στα κωνοφόρα εκτιμήθηκε από 25 έως 35% της ετήσιας συνολικής βροχής. Διευκρινίζεται όμως, πως από το εύρος αυτό, οι μικρότερες τιμές αναφέρονται σε συστάδες πεύκης και οι μεγαλύτερες σε συστάδες ελάτης.

Σημαντική είναι επίσης η επίδραση της ομιχλοβροχής στην εκτίμηση της απορροής (του ποσοστού της απορροής) στην κοίτη του υδατορεύματος της υδρολογικής λεκάνης όπου έγιναν οι μετρήσεις. Το μέγεθος της επίδρασης αυτής καταδεικνύεται στον Πίνακα VI. Από αυτόν διαπιστώνεται πως ο συντελεστής απορροής του υδατορεύματος στον υδρομετρικό σταθμό της θέσης εξόδου της λεκάνης για τα έτη 1998-2002 κυμαίνεται από 32,3-47,1% της συνολικής βροχής, αν δε ληφθεί υπόψη η ομιχλοβροχή. Ο ανωτέρω συντελεστής όμως και για το ίδιο χρονικό διάστημα, κυμαίνεται από 29,9 έως 43,8% αν στη συνολική βροχή προστεθεί και η ομιχλοβροχή. Η ετήσια μείωση του συντελεστή απορροής χωρίς ομιχλοβροχή, κυμαίνεται από 3,3 έως 5,2% και η μέση τιμή των πέντε ετών είναι 4,2%.

Οι παραπάνω διαφορές στην εκτίμηση των ποσοστών της απορροής, καθώς και των τιμών της υδατοσυγκράτησης χωρίς τη μέτρηση της ομιχλοβροχής, φανερώνουν την εσφαλμένη κατανομή του μεγέθους των παραμέτρων του υδρολογικού ισοζυγίου της λεκάνης απορροής. Το πρόβλημα αυτό έχει εντοπιστεί και τονιστεί για περιοχές που ευνοούν τη δημιουργία ομιχλοβροχής εδώ και πολλά χρόνια (Loewe 1960) και πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη στη σύνταξη του υδρολογικού ισοζυγίου.

Η ομιχλοβροχή που εκτιμήθηκε στην περιοχή μελέτης πρέπει επίσης να λαμβάνεται υπόψη στην αξιολόγηση των χειρισμών της δασικής βλάστησης των λεκανών, για αύξηση της ποσότητας και ρύθμιση της διαίτας της απορροής τους. Πιο συγκεκριμένα, μετά τις υλοτομικές επεμβάσεις, μειώνεται η επιφάνεια γηροποίησης της ομίχλης και προφανώς μειώνεται και η ομιχλοβροχή. Αν η απώλεια αυτής της ποσότητας νερού της λεκάνης είναι μεγαλύτερη εκείνης που κερδίζεται μετά τις υλοτομικές επεμβάσεις από τη μείωση της υδατοσυγκράτησης και διαπνοής της δασικής βλάστησης, τότε η απορροή της λεκάνης όχι μόνο δεν αυξάνεται αλλά είναι δυνατόν να μειώνεται επί ένα αριθμό ετών μέχρι την ανάπτυξη πάλι της βλάστησης. Τέτοια προβλήματα μείωσης της απορροής μετά από υλοτομικές επεμβάσεις, εμφανίζονται πάντοτε εκεί όπου δημιουργείται ομιχλοβροχή (Harr 1980 και 1982, Ingwersen 1985, Price 1992). Κατά συνέπεια, και στη συγκεκριμένη λεκάνη απορροής οι ασθενείς υλοτομικές επεμβάσεις όπου αφαιρείται το 10-15% του ξυλώδους όγκου, δεν πρέπει να συμβάλλουν στην αύξηση της απορροής. Η άποψη αυτή ενισχύεται ακόμα περισσότερο αν ληφθεί υπόψη πως κατά τις υλοτομικές επεμβάσεις αφαιρούνται τα γηραιότερα και συνεπώς τα μεγαλύτερα άτομα και αυτά είναι εκείνα τα οποία συμβάλλουν κατά κύριο λόγο στη δημιουργία ομιχλοβροχής (Schemenauer και Cereceda 1994).

είναι προφανώς πολύ κοντά στις πραγματικές αφού το άθροισμα της συνολικής βροχής και ομιχλοβροχής αντιπροσωπεύει το πραγματικό ύψος βροχής που δέχεται η δασωμένη περιοχή. Η άποψη αυτή υποστηρίζεται και από τις υψηλές τιμές υδατοσυγκράτησης που έχουν εκτιμηθεί από διάφορους ερευνητές σε συστάδες ελάτης χωρίς τη δημιουργία ομιχλοβροχής. Για παράδειγμα, η παράμετρος αυτή εκτιμήθηκε σε δύο θέσεις συστάδας από ερυθρελάτη στη Βόρεια Αγγλία (Cape et.

4. Συμπεράσματα.

Από τη μελέτη και διερεύνηση των χαρακτηριστικών της ομιχλοβροχής στο ελατοδάσος Αγίου Νικολάου Ευρυτανίας την εξαετία 1997-2002, προκύπτουν τα παρακάτω συμπεράσματα:

- Οι εβδομάδες δημιουργίας ομιχλοβροχής (73) ανέρχονται στο 31% του συνόλου των εβδομάδων της εξαετίας (233) που εκδηλώθηκαν ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα. Το ποσοστό της εβδομαδιαίας ομιχλοβροχής κυμαίνεται από 3,6 έως 64,6% (μ.ο. 29,2%) της αντίστοιχης συνολικής εβδομαδιαίας βροχής (βροχής εκτός των δασοσυστάδων) και υπάρχουν ενδείξεις πως καθορίζεται, εκτός από τη συνολική βροχή, από την κατεύθυνση και ένταση του ανέμου, καθώς επίσης και από την πυκνότητα και τη διάρκεια επικράτησης της ομίχλης.
- Η ομιχλοβροχή δημιουργείται κυρίως το Δεκέμβριο και μετά το Φεβρουάριο, Νοέμβριο, Μάρτιο, Απρίλιο και Οκτώβριο. Η ομιχλοβροχή του Ιανουαρίου ποσοτικοποιείται δύσκολα λόγω της μορφής του χιονιού που έχουν τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα. Για το λόγο αυτό ο Ιανουάριος, από άποψη δημιουργίας ομιχλοβροχής, φαίνεται στην εργασία αυτή ως ισοδύναμος με το Μάιο.
- Το ετήσιο ύψος της ομιχλοβροχής κυμαίνεται από 21,2 έως 33,5% (μ.ο. 27,2%) του συνολικού ύψους βροχής των εβδομάδων με ομιχλοβροχή και από 7,5 έως 20,6% (μ.ο. 13,8%) του συνολικού ετήσιου ύψους όλων των εβδομάδων που εκδηλώθηκαν ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα. Αυτό φανερώνει πως το ετήσιο ύψος των κατακρημνισμάτων που μετριέται σε διάκενο του δάσους της περιοχής, υποεκτιμάται από 7,5 έως 20,6% εκείνου που δέχεται η επιφάνεια του εδάφους των δασωμένων περιοχών.
- Η μη εκτίμηση του ύψους της ομιχλοβροχής επηρεάζει την ακρίβεια υπολογισμού των παραμέτρων του υδρολογικού ισοζυγίου της λεκάνης στην περιοχή και κυρίως της υδατοσυγκράτησης και του ετήσιου συντελεστή απορροής. Ειδικότερα, η υδατοσυγκράτηση χωρίς την ομιχλοβροχή, σε ετήσια βάση υποεκτιμάται από 5,2 έως 14,7% (μ.ο. 9,6%) και ο συντελεστής απορροής υπερεκτιμάται από 3,3 έως 5,3% (μ.ο. 4,2%).
- Σημαντικότερη είναι επίσης η επίπτωση της ομιχλοβροχής στην αξιολόγηση των δασοκομικών χειρισμών της βλάστησης της λεκάνης με σκοπό και την αύξηση της απορροής της. Και τούτο γιατί, εάν μετά τις υλοτομικές επεμβάσεις η μείωση της ομιχλοβροχής είναι μεγαλύτερη από τη μείωση της υδατοσυγκράτησης και της διαπνοής των δασοσυστάδων, τότε η απορροή της λεκάνης όχι μόνο δεν αυξάνεται αλλά είναι δυνατόν και να μειώνεται επί έναν αριθμό ετών, μέχρι την ανάπτυξη πάλι της βλάστησης. Η ιδιόμορφη αυτή σχέση μεταξύ βροχής, ομιχλοβροχής, απορροής και δασοκομικών χειρισμών της βλάστησης της λεκάνης, πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη πριν από κάθε επέμβαση στη βλάστηση της λεκάνης και για αύξηση της απορροής της.

5. Ευχαριστίες

Οι συγγραφείς εκφράζουν τις θερμές τους ευχαριστίες τόσο στην Γενική Δ/ση Δασών του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, όσο και στην Ευρωπαϊκή Ένωση για τη χρηματοδότηση του προγράμματος. Επίσης, ευχαριστούν το Δρ Π. Μιχόπουλο, ερευνητή του Ι.Μ.Δ.Ο. και Τ.Δ.Π. για τα σχόλιά του στο αρχικό κείμενο της εργασίας, καθώς και τους παρατηρητές των πειραματικών επιφανειών Αγίου Νικολάου Ευρυτανίας Β. Καώνη και Δ. Τσιάμη για τη συλλογή των στοιχείων κάτω από αντίξοες καιρικές συνθήκες.

Study and investigation of fog precipitation characteristics in the fir forest of Agios Nikolaos (Evrítania - Greece)

G. Baloutsos¹, A. Bourletsikas¹ and K. Kaoukis¹

Summary

The characteristics of fog precipitation that is formed in the forest of Agios Nikolaos in Evrítania area were studied for the period 1997-2002. Specifically, in the present study an effort was made for the quantification of

¹ National Agricultural Research Foundation (N.A.G.RE.F.), Institute of Mediterranean Forest Ecosystems and Technology of Forest Products (I.M.F.E. & T.F.P.)

fog precipitation determined on a weekly basis from the corresponding heights of gross precipitation and throughfall which were measured by rainfall collectors installed in a clearing of the forest and underneath the canopy. The weeks with fog precipitation occurrence were identified by considering the prevailing weather conditions, contributing to the formation of it. At the beginning, the relationship between gross weekly precipitation and throughfall, without fog precipitation, was established and from this relationship the weekly throughfall values, with fog precipitation, were estimated. The weekly fog precipitation was quantified by subtracting the weekly measured throughfall values with fog precipitation from the corresponding estimated values. Fog precipitation, on a weekly basis, ranged from 3,6 to 64,6% (mean value 29,2%) of the corresponding gross precipitation and on an annual basis from 7,5 to 20,6% (mean value 13,8%). According to the above values, the lack of estimation of fog precipitation in the study area affects negatively the precision of calculation of the water balance parameters in the watershed. Specifically, without any estimation of fog precipitation, the interception is underestimated in a range of 5,2 to 14,7% (mean value 9,6%) on an annual basis and the runoff coefficient is overestimated in a range of 3,3 to 5,3% (mean value 4,2%). Fog precipitation also seriously affects the evaluation of forest manipulation in the watershed with regard to the increase of streamflow. This is because the woody surfaces, where fog condensation occurs, decrease due to the removal of vegetation.

Key words: Gross precipitation and throughfall, fog precipitation, interception, water balance, manipulation of forest vegetation.

Βιβλιογραφία

- Aboal, J.R., Jimenez, M.S., Morales, D. and Gil, P. 2000. Effects of thinning on throughfall in Canary Islands pine forest – the role of fog. *Journal of Hydrology* 238: 218-230.
- Aravena, R., Suzuki, O. and Pollastri, A. 1989. Coastal fog and its relation to the groundwater in the IV region of Northern Chile. *Geol. (Isot. Geosci. Section)* 79: 83-91.
- Azevedo, J and Morgan, D.L. 1974. Fog precipitation in coastal California forests. *Ecology* 55: 1135-1141.
- Blas, M., Sobik, M., Quiel, F. and Netzel, P. 2002. Temporal and spatial variations of fog in the Western Sudety Mts; Poland. *Atmospheric Research* 64: 19-28.
- Cape, J.N., Brown, A.H.F., Robertson, S.M.C., Howson, G. and Paterson, I.S. 1991. Interspecies comparisons of throughfall and stemflow at three sites in northern Britain. *Forest Ecology and Management* 46: 165-177.
- Collet, J.L., Jr, Hoag, K.J., Sherman, D., Eli, Bator, A. and Richards L.W. 1999. Spatial and temporal variations in San Joaquin Valley fog chemistry. *Atmospheric Environment* 33: 129-140.
- Draaijers, G.P.J. and Erisman, J.W., 1993. Atmospheric deposition to forest stands: Throughfall estimates compared to estimates from inference. *Atmospheric Environment* 27A: 43-51.
- Elias, V., Tesar, M. and Moldan, B. 1990. Cloud and fog water deposition as a process affecting water balance and chemistry. *Hydrology of Mountainous Areas*, edited by L. Molnar, IAHS Publication no 190, pp. 221-227.
- Elias, V., Tesar, M. and Buchtele, J. 1995. Occult precipitation: sampling, chemical analysis and process modeling in the Sumava Mts. (Czech Republic) and in the Taunus Mts. (Germany). *Journal of Hydrology* 166: 409-420.
- FAO – Unesco, 1988. Soil map of the World. FAO – Unesco, Rome, Italy.
- Grubb, P.J. and Whitmore, T.C. 1966. A comparison of Mountain and lowland rain forest in Equador. *Journal of Ecology* 54: 303-333.
- Harr, R.D. 1980. Streamflow after patch logging in small drainages within the Bull Run municipal watershed, Oregon. USDA, Forest Service, Research Paper PNW-268.
- Harr, R.D. 1982. Fog drip in the Bull Run municipal watershed, Oregon. *Water Resources Bulletin* 18: 785-789.
- Ingraham, N.L. and Matthews, R.A. 1988. Fog drip as a source of groundwater recharge in Northern Kenya. *Water Resources Research* Vol. 24, No 8: 1406-1410.
- Ingwensen, J. B. 1985. Fog drip, water yield and timber harvesting in the Bull run municipal watershed,

- Oregon. Water Resources Bulletin 21(3): 469-473.
- Johnson, R.C. 1990. The interception, throughfall and stemflow in a forest in Highland Scotland and the comparison with other upland forests in the U.K. *Journal of Hydrology* 118: 281-287.
- Καρομήτρος, Ε. 1974. Αι εν Ελλάδι έρευναι επί πειραματικών λεκανών απορροής. *Ελληνική Γεωλογική Εταιρεία*, Τόμος XI, Τεύχος 1, σελ.:155 – 173.
- Keel, S. 1987. The ephemeral lomas of Perou. *Nature Conservancy Magazine* 37 (5): 16-20.
- Kerfoot, O. 1968. Mist precipitation on vegetation. *Forestry Abstracts* 29 (1): 8-20.
- Lange, C.A., Matschullat, J., Zimmermann, F., Sterzik, G., Wienhous, O., 2003. Fog frequency and chemical composition of fog water – a relevant contribution to atmospheric deposition in the eastern Erzgebirge, Germany. *Atmospheric Environment*, 37: 3731 – 3739.
- Loewe, F. 1960. Fog precipitation (A review). Australia Bureau of Meteorology, Seminar on Rain, Sydney, August 1960, Session 2, paper 3, pp. 18.
- Oberlander, G.T. 1956. Summer fog precipitation on the San Francisco peninsula. *Ecology* 37: 851-852.
- Parson, J.J. 1960. Fog drip from coastal status, with special reference to California. *Weather* 15: 58-62.
- Price, J.S. 1992. Blanket bog in Newfoundland, Part 1. The occurrence and accumulation of fog-water deposits. *Journal of Hydrology* 135: 87-101.
- Schemenauer, R.S. and Cereceda, P. 1994. The role of wind in rainwater catchment and fog collection. *Water International* 19: 70-76.
- Vermeulen, A.T., Wyers, G.P., Romer, E.G., Van Leeuwen, N.F.M., Draaijers, G.P.J. and Erisman, J.W. 1997. Fog deposition on a coniferous forest in the Netherlands. *Atmospheric Environment*, 31: No 3, 375-386.
- Viville, D., Biron, P., Granier, A., Dambrine, E. and Probst, A. 1993. Interception in a mountainous declining spruce stand in the Strengbach catchment (Vosges, France). *Journal of Hydrology* 144: 273-282.
- Ward, R.C. and Robinson, M. 2000. *Principles of Hydrology*, McGraw-Hill Publishing Company, pp. 450.
- Went, F.W. 1955. Fog, mist, dew and other sources of water. *Yearbook of Agriculture*, USDA, pp. 103-109.
- Wrzesinsky, T. and Klemm, O., 2000. Summertime fog chemistry at a mountainous site in central Europe. *Atmospheric Environment*, 34: 1487-1496.
- Zimmermann, L. and Zimmermann, F. 2002. Fog deposition to Norway Spruce stands at high-elevation sites in the Eastern Erzgebirge (Germany). *Journal of Hydrology* 256: 166-175.

Η πορεία καθιέρωσης Ελληνικής ορολογίας για την μοριοπλάκα

Ιωάννης Α. Μπαρμπούτης¹

Περίληψη

Εδώ και αρκετά χρόνια η μοριοπλάκα αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα προϊόντα ξύλου. Είναι ουσιαστικά το φθηνότερο από τα προϊόντα ξύλου και λόγω αυτού του πλεονεκτήματός της έχει ευρεία χρήση, συνήθως επικαλυμμένη με άλλα υλικά, στην επιπλοποιία αλλά και σε πολλές άλλες κατασκευές. Όμως παρά το ότι η μοριοπλάκα αποτελεί ένα πολύ κοινό προϊόν, στην Ελλάδα, σε αντίθεση με άλλες χώρες, είναι σχεδόν άγνωστο το πραγματικό όνομα του προϊόντος αυτού. Αυτό διαπιστώθηκε στην έρευνα που διεξήχθη, για τον σκοπό αυτό, στις πηγές πληροφόρησης και σε χρήστες του προϊόντος. Η επικράτηση ενός εμπορικού σήματος ως όνομα για το προϊόν αυτό, οφείλεται αφενός μεν στο γεγονός ότι το όνομα αυτό χρησιμοποιήσε η πρώτη βιομηχανία που άρχισε να παράγει την μοριοπλάκα στην χώρα μας αφετέρου δε στην απουσία τυποποίησης της ορολογίας της. Η διατύπωση της ορολογίας, η οποία μπορεί να επιτευχθεί μέσω της διαδικασίας της τυποποίησης και η οποία δεν εφαρμόστηκε κατά το παρελθόν στην χώρα μας στον τομέα των προϊόντων ξύλου, γίνεται τώρα εφικτή μέσω της διαδικασίας καθιέρωσης των Ευρωπαϊκών Προτύπων. Προκειμένου όμως να είναι επιτυχής η απόδοση των προτύπων στην ελληνική γλώσσα θα πρέπει να τηρούνται οι βασικές αρχές της τυποποίησης.

Λέξεις κλειδιά: Μοριοπλάκα, Μοριοσανίδα, Ορολογία, Τυποποίηση.

Εισαγωγή

Από τα τέλη του 19^{ου} αι. άρχισε μια ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας που επηρέασε και την τεχνολογία παραγωγής προϊόντων ξύλου. Η εφεύρεση νέων μηχανών κατεργασίας του ξύλου σε συνδυασμό με την πρόοδο της χημείας που πέτυχε την παρασκευή οικονομικών, ανθεκτικών και εύχρηστων συνθετικών συγκολλητικών ουσιών, είχε ως αποτέλεσμα οι δυνατότητες αξιοποίησης του ξύλου να αυξηθούν δυναμικά και ο αριθμός των προϊόντων που παράγονται από το ξύλο να αυξάνει συνεχώς. Ακόμη και το ξύλο μικρών διαστάσεων ή κακής ποιότητας που δεν αξιοποιούταν ή χρησιμοποιετο μόνο για καύση αποτέλεσε την πρώτη ύλη για την παραγωγή υψηλής αξίας προϊόντων (Pease 1994).

Η Ελλάδα, για διάφορους λόγους, έμεινε μακριά από τους πρωτοπόρους των τεχνολογικών εξελίξεων και με την έλλειψη της κατάλληλης υποδομής και τεχνογνωσίας δεν έχει την δυνατότητα να αναπτύξει πρωτοποριακά προϊόντα ξύλου. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την εισαγωγή της τεχνολογίας ή και των προϊόντων και συνεπώς και της ορολογίας τους. Έτσι η ορολογία που χρησιμοποιείται στην χώρα μας, για αυτά τα προϊόντα ξύλου, πολλές φορές δεν προέρχεται από την ελληνική γλώσσα και συχνά δεν είναι σαφής (Μπαρμπούτης 2001).

α. Παραγωγή μοριοπλάκας

Από το 1941 άρχισε η παραγωγή ενός σύνθετου προϊόντος ξύλου που είχε ως σκοπό την αξιοποίηση των υπολειμμάτων ξύλου. Το προϊόν αυτό στην Ελληνική επιστημονική βιβλιογραφία αναφέρεται ως μοριοπλάκα (Γρηγορίου 1980, Τσουμής κ.ά. 1977) ή ως μοριοσανίδα (Ρουσοδήμος 1975, Φιλίππου 1981). Οι μοριοπλάκες κατασκευάζονται υπό την μορφή πλακών από ξηραμένα ξυλοτεμαχίδια τα οποία έχουν ψεκαστεί με συγκολλητική ουσία και η μεταξύ τους συγκόλληση επιτυγχάνεται με πίεση και θερμοκρασία (Haygreen 1982, Τσουμής 1986).

Η μοριοπλάκα έχει πολλά πλεονεκτήματα και γι' αυτό η βιομηχανική παραγωγή της έχει μια συνεχή ανοδική πορεία. Βασικό πλεονέκτημα είναι ότι έχει την δυνατότητα να χρησιμοποιεί ως πρώτη ύλη ξύλο μικρών διαστάσεων και κατώτερης ποιότητας, καθώς και υπολείμματα πριστηρίων και εργοστασίων παραγω-

¹ Λέκτορας, Εργαστήριο Δασικής Τεχνολογίας, Α.Π.Θ.

γής ξυλοφύλλων και αντικολλητών. Θεωρητικά βεβαίως υπάρχει η δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί οποιοδήποτε υλικό λιγνινοκυτταρινικής μορφής. Ιδιαίτερης σημασίας είναι βεβαίως το ότι η παραγωγή της μοριοπλάκας προκαλεί ελάχιστη ρύπανση του αέρα, χρειάζεται λίγο νερό και έχει χαμηλή απαίτηση σε ενέργεια. Τα πλεονεκτήματα αυτά γίνονται εμφανή στο συνολικό κόστος παραγωγής του προϊόντος που είναι αρκετά χαμηλότερο από άλλα προϊόντα ξύλου (Haygreen 1982, Johnson 1956, Τσουμής 1986, Φιλίππου 1981).

Τα κυριότερα στάδια παραγωγής των μοριοπλακών, τα οποία και διαμορφώνουν ουσιαστικά τα χαρακτηριστικά τους, περιλαμβάνουν τη μορφή και το μέγεθος των ξυλοτεμαχιδίων που θα παραχθούν, τη συγκολλητική ουσία και άλλες πρόσθετες ουσίες που θα χρησιμοποιηθούν και τον τρόπο με τον οποίο θα στρωματωθεί το αναμιγμένο υλικό. Η διαδικασία όμως παραγωγής των μοριοπλακών είναι αρκετά πολύπλοκη και υπάρχουν πολλοί παράγοντες που υπεισέρχονται σ' αυτήν και οι οποίοι αφ' ενός μεν επιδρούν στην ποιότητα των παραγομένων προϊόντων αφ' ετέρου δε καθορίζουν το κόστος παραγωγής (Γρηγορίου 1980, Μπαρμπούτης 1984, Maloney 1993).

Οι μοριοπλάκες χρησιμοποιούνται κυρίως στην επιπλοποιία, συνήθως μετά από επικάλυψη με διακοσμητικά ξυλόφυλλα ή με φύλλα μελαμίνης. Χρησιμοποιούνται ακόμη για κατασκευή κιβωτίων, παλετών, ως δομικό υλικό, σε σύνθετες κατασκευές και σχεδόν κατ' αποκλειστικότητα σε κάθε κατασκευή προσωρινού χαρακτήρα.

β. Τυποποίηση ορολογίας

Με την τόσο ευρεία χρήση αυτού του προϊόντος ξύλου, σε ποικίλες εφαρμογές της καθημερινής μας ζωής, είναι προφανές ότι θα αναμέναμε οι χρήστες του να έχουν, αν όχι επαρκή, τουλάχιστον στοιχειώδη πληροφόρηση για αυτό το προϊόν. Πολύ περισσότερο μάλιστα στην εποχή μας, η οποία χαρακτηρίζεται από την αφθονία των πηγών πληροφόρησης και στις οποίες ο καθένας μπορεί να έχει πρόσβαση. Αυτό όμως δεν σημαίνει ότι έχουμε πάντοτε με βεβαιότητα την σωστή πληροφόρηση. Έτσι μπορεί να προκληθεί σύγχυση ή ακόμη και αδυναμία συνεννόησης μεταξύ των ενδιαφερομένων.

Ουσιαστικό μέσο για την διασφάλιση της πληροφόρησης προσφέρει η εφαρμογή της τυποποίησης, η οποία αποτελεί βασικό παράγοντα στην οργάνωση της κοινωνίας και μπορεί να εφαρμοσθεί σε όλα τα θέματα της ανθρώπινης δραστηριότητας συνεπώς και στην ορολογία που αφορά τα προϊόντα ξύλου (Apec 1999, Μπαρμπούτης 1999). Η εφαρμογή της τυποποίησης ως γνωστόν, γίνεται με την καθιέρωση και εφαρμογή ορισμένων κανόνων που ονομάζονται πρότυπα. Την ευθύνη για την εκπόνηση και έκδοση των προτύπων που εφαρμόζονται στα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης έχει η CEN (Ευρωπαϊκή Επιτροπή Τυποποίησης), που είναι ο αρμόδιος οργανισμός μελέτης, προετοιμασίας και υιοθέτησης κοινών Ευρωπαϊκών Προτύπων (EN). Πρότυπα εκπονεί και εκδίδει επίσης ο Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης (ISO) στα οποία βασίζονται κυρίως τα Ευρωπαϊκά πρότυπα. Οι εθνικοί φορείς τυποποίησης των χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι υποχρεωμένοι να αποδεχθούν τα EN δίνοντας σε αυτά την μορφή του εθνικού προτύπου, ενώ έχουν επίσης την δυνατότητα να εκδώσουν και δικά τους πρότυπα. Στην χώρα μας όμως δεν εκδόθηκαν ποτέ εθνικά πρότυπα σχετικά με τα προϊόντα ξύλου ενώ η αποδοχή των EN από τον Ελληνικό φορέα τυποποίησης (ΕΛΟΤ) δεν υποδηλώνει ότι έχει ολοκληρωθεί και η διαδικασία απόδοσής τους στην Ελληνική γλώσσα (Μπαρμπούτης 2001). Αλλά και στις περιπτώσεις που έγινε απόδοση ελληνικής ορολογίας μέσω αυτής της διαδικασίας, αυτή δεν μπορεί να θεωρηθεί ότι ήταν πάντοτε ικανοποιητική. Πρότυπα ή σχέδια προτύπων που αφορούν τα προϊόντα ξύλου έχουν συντάξει στην χώρα μας άλλοι φορείς (Ρουσσοδήμος 1978). Αυτά μπορεί να μην έχουν επίσημο χαρακτήρα, η απόδοση όμως της ορολογίας έχει γίνει με βάση το λεξιλόγιο της Ελληνικής γλώσσας και σύμφωνα με την διεθνή ορολογία και την επιστημονική πράξη.

Στην παρούσα εργασία διερευνήθηκε ο βαθμός γνώσης, από τους χρήστες του προϊόντος, της σχετικής με την μοριοπλάκα ορολογίας καθώς και η σχετική δυνατότητα ενημέρωσης από τις πηγές πληροφόρησης που υπάρχουν στην Ελληνική γλώσσα.

Υλικά και μέθοδοι

Η έρευνα είχε δύο σκέλη: Α) σε χρήστες του προϊόντος και Β) στις πηγές πληροφόρησης.

Α. Για την έρευνα στους χρήστες του προϊόντος χρησιμοποιήθηκε τεμάχιο μοριοπλάκας το οποίο αποτέλεσε το αντικείμενο για την διεξαγωγή σύντομης συζήτησης με βάση το παρακάτω απλό ερωτηματολόγιο.

ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

- | | | |
|--|-----|-----|
| 1. Γνωρίζετε αυτό το προϊόν ; | NAI | OXI |
| 2. Πως ονομάζεται - που χρησιμοποιείται..... | | |
| 3. Από τι υλικό κατασκευάζεται;..... | | |
| 4 Γνωρίζετε το προϊόν μοριοπλάκα;..... | | |

Η έρευνα, η οποία διεξήχθη στην περιοχή του Νομού Θεσσαλονίκης, απευθυνόταν σε τρεις διαφορετικές κατηγορίες χρηστών :

α) σε Δασολόγους οι οποίοι ανήκουν στους επιστήμονες που αποκτούν σχετικές γνώσεις, εξαιρέθηκαν όμως αυτοί που είχαν εξειδίκευση στην τεχνολογία ξύλου

β) σε κατασκευαστές επίπλων για τους οποίους τα προϊόντα ξύλου αποτελούν τα βασικά υλικά στην εργασία τους και

γ) σε απλούς καταναλωτές, στους οποίους ανήκουμε όλοι και οι οποίοι προμηθευόμαστε και χρησιμοποιούμε διάφορες κατασκευές χρήσιμες στην καθημερινή μας ζωή

Β. Για την έρευνα σε πηγές πληροφόρησης αναζητήθηκαν σχετικά με το προϊόν λήμματα στο σύνολο των εγκυκλοπαιδικών και ερμηνευτικών λεξικών της Ελληνικής γλώσσας που υπάρχουν σε έντυπη ή ηλεκτρονική μορφή.

Αποτελέσματα - Συζήτηση

α. Η έρευνα σε χρήστες μοριοπλάκων

Συνολικά συγκεντρώθηκαν 163 απαντήσεις, από τις οποίες οι 26 ήταν από «Δασολόγους», οι 37 από «επιπλοποιούς» και οι 100 από «καταναλωτές».

Από τις απαντήσεις διαπιστώθηκε ότι όλοι οι ερωτηθέντες γνωρίζουν, τουλάχιστον οπτικά, το προϊόν. Όμως η πλειοψηφία από τους «καταναλωτές» έχει την εντύπωση ότι η χρήση του περιορίζεται μόνο σε πρόχειρες κατασκευές. Ήταν χαρακτηριστική η άγνοια τους ότι το προϊόν αυτό, σε επενδυμένη μορφή, αποτελεί βασικό υλικό στην κατασκευή των επίπλων.

Το όνομα που γνώριζαν οι περισσότεροι για το προϊόν αυτό, όπως φαίνεται στον Πίνακα 1, ήταν «νοβοπάν». Στην ερώτηση όμως αν γνωρίζουν το προϊόν «μοριοπλάκα» (ή μοριοσανίδα), όλοι οι ερωτηθέντες Δασολόγοι απάντησαν ότι είναι το ίδιο προϊόν με το «νοβοπάν», ενώ μόνο 6 από τους Επιπλοποιούς και 1 από τους Καταναλωτές υπέθεσαν ότι πρέπει να είναι κάποιο σχετικό προϊόν με το «νοβοπάν». Η επικράτηση του ονόματος «νοβοπάν» στον Ελληνικό χώρο, οφείλεται στο γεγονός ότι με αυτό το όνομα άρχισε να παράγεται η μοριοπλάκα στην χώρα μας. Από το 1972 το δικαίωμα αποκλειστικής χρήσης του εμπορικού ονόματος «νοβοπάν» για την μοριοπλάκα, απέκτησε άλλη ελληνική βιομηχανία, το οποίο και διατηρεί μέχρι σήμερα. Παρόλο όμως που η μοριοπλάκα διατίθεται στην χώρα μας και με άλλα εμπορικά ονόματα, κανένας δεν ανέφερε κάποιο από τα ονόματα αυτά. Χαρακτηριστική είναι ακόμη και η άγνοια που είχαν οι περισσότεροι από τους επιπλοποιούς για το ποιο προϊόν είναι η μοριοπλάκα. Ένας μάλιστα από αυτούς, ο οποίος χρησιμοποίησε την μοριοπλάκα ως βασικό υλικό για την κατασκευή των προϊόντων του, απάντησε ότι πιθανόν να ήταν κάποιο προϊόν που κυκλοφορούσε παλαιότερα.

Η έλλειψη σχετικής τεχνικής εκπαίδευσης αλλά ακόμα και η περιορισμένη γενική εκπαίδευση που απέκτησε η πλειοψηφία από αυτούς έχει εμφανή επίδραση στις δυνατότητες των γνώσεών τους.

Ως πρώτη ύλη κατασκευής της μοριοπλάκας για το 79% από τους ερωτηθέντες υπάρχει η αντίληψη ότι χρησιμοποιείται πριονίδι, ενώ από τους υπόλοιπους αναφέρθηκαν το άχυρο, θρύμματα ξύλου, πλανίδια κ. ά.

β. Η έρευνα στις πηγές πληροφόρησης

Οι πρώτες σχετικές αναφορές για την μοριοπλάκα, όπως διαπιστώθηκε από την έρευνα, απαντώνται σε πηγές πληροφόρησης που εκδόθηκαν λίγο μετά το 1980. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η βιομηχανική παραγωγή της μοριοπλάκας στην Ευρώπη άρχισε στις αρχές του 1950 ενώ στην Ελλάδα άρχισε να παράγεται από το 1966 (Ξυλοπάν 1966, κρατικό Καλαμπάκας 1969).

Πίνακας 1: Όνομα που γνώριζαν για το προϊόν οι κατηγορίες των ερωτηθέντων.
Table 1: The name that the groups of asked people knew about the product

	Νοβοπάν Novopan	Μοριοσανίδα Particleboard	Άλλο Other
Δασολόγοι - Foresters	21	5	-
Επιπλοποιοί - Furniture makers	37	-	-
Καταναλωτές - Consumers	68	-	32

Συνολικά βρέθηκαν 7 λήμματα που ήταν σχετικά με το προϊόν αυτό (Επιστήμη και Ζωή 1983, Κριαράς 1995, Μπαμπινιώτης 1998, Πάρουρος-Λαρούς-Μπριτάνικα 1996, Τριανταφυλλίδης 2003). Τα 5 από αυτά, μεταξύ των οποίων και αυτό που πρωτοπαρουσιάζεται σε πηγή πλη-

ροφόρησης (1983), ήταν για τον όρο “νοβοπάν”, ένα για τον όρο “θρυμματόπλακα” και ένα για τους όρους “μοριοσανίδες – μοριοπλάκες”.

Από τα λήμματα με τον όρο “νοβοπάν” μόνο ένα αποδίδει ορθά την έννοια του όρου και το οποίο αναφέρει ότι: «*Νοβοπάν – εμπορική ονομασία μοριοσανίδων.*»

Τα υπόλοιπα λήμματα, για τον ίδιο όρο, μάλλον δεν βοηθούν στην ορθή ενημέρωση των ενδιαφερομένων όπως στην περίπτωση που δίδεται ο εξής ορισμός:

«*Νοβοπάν ... είναι προϊόν ειδικής κατεργασίας διαφόρων φυτικών απορριμμάτων...*» (το πλήρες περιεχόμενο των λημμάτων φαίνεται στο παράρτημα).

Στο λήμμα με τους όρους “μοριοσανίδες- μοριοπλάκες” διατυπώνεται αναλυτικά και με σαφήνεια ο ορισμός για το προϊόν όπως τον αναφέρουν τα ειδικά επιστημονικά συγγράμματα. «*μοριοσανίδες ή μοριοπλάκες: Ξυλοπλάκες που παράγονται βιομηχανικά με συγκόλληση λεπτών επίπεδων τεμαχιδίων ξύλου, τα οποία συγκολλούνται σε στερεό υλικό, ύστερα από ανάμιξή τους με συνδετικές ύλες και την επένεργεια ισχυρής πίεσης υπό υψηλή θερμοκρασία...*»

Τέλος με τον όρο “θρυμματόπλακα” γίνεται προσπάθεια απόδοσης ενός Ελληνικού όρου για το «νοβοπάν» και δίδεται, με σχετικά απλή τεχνική ορολογία, η περιγραφή του προϊόντος. «*θρυμματόπλακα η, τεχνητή πλάκα που κατασκευάζεται όταν συμπιεστούν θερμοά τμήματα ξύλου (πριονίδια) με συνδετική ύλη.*». Ο παρεμφερής όρος “ξυλοθρυμματόπλακα” χρησιμοποιήθηκε σε επιστημονική αναφορά, για να εκφράσει το νέο προϊόν, τα πρώτα χρόνια της εμφάνισής του στην Ελλάδα (Παπαμυχαήλ 1976).

Εκτός από τα λεξικά στα οποία ελεγκάθηκε η έρευνα λόγου του ότι αυτά απευθύνονται στο ευρύ κοινό, υπάρχουν αρκετά επιστημονικά συγγράμματα που ασχολούνται με την μοριοπλάκα πολλά από τα οποία εκδόθηκαν πριν αρχίσουν τα λεξικά να περιλαμβάνουν στην ύλη τους τα σχετικά με το προϊόν λήμματα. Αντίθετα, μέχρι την έναρξη εκπόνησης των κοινών ευρωπαϊκών προτύπων, δεν υπήρξε ποτέ κανενός είδους προσπάθεια για την εκπόνηση σχετικών με την μοριοπλάκα ελληνικών προτύπων.

Έτσι για την ορολογία της μοριοπλάκας έχει εκδοθεί από τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Τυποποίησης το πρότυπο EN 309:1992 το οποίο έχει την ισχύ ελληνικού προτύπου. Η απόδοση όμως του προτύπου αυτού στην Ελληνική γλώσσα, που έγινε το έτος 2000, δεν μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι σαφής και επιστημονικά ικανοποιητική όταν στον ορισμό αναφέρεται ότι: «*μοριοσανίδα: υλικό σε μορφή πανώ...*»

Συμπεράσματα - Προτάσεις

Η μοριοπλάκα, χωρίς την εφαρμογή επικάλυψης, είναι οπτικά ένα πολύ γνώσιμο προϊόν. Οι γνώσεις όμως των περισσότερων περιορίζονται μέχρις εδώ και οι δυνατότητες αναζήτησης επιπλέον στοιχείων για το προϊόν είναι ελάχιστες και επισφαλείς. Ίσως σε παγκόσμια αποκλειστικότητα, το προϊόν αυτό ακόμα και στις πηγές πληροφόρησης είναι γνωστό με ένα εμπορικό όνομα. Το γεγονός αυτό αφενός μεν επηρεάζει την διαμόρφωση και κάποιων άλλων σχετικών όρων (όπως νοβοπανόβιδα), αφετέρου δε αποκλείει ή περιορίζει σημαντικά τις δυνατότητες αναζήτησης πληροφοριών σε εξειδικευμένες πηγές.

Η τυποποίηση, η οποία μεταξύ των βασικών της σκοπών, έχει επιδίωξη να εξασφαλίσει σαφή πλαίσια επικοινωνίας μεταξύ των ενδιαφερομένων (Αpec 1999, Μπαρμπούτης1999), δεν δημιούργησε στην χώρα μας τις απαραίτητες προϋποθέσεις για την εφαρμογή της στον τομέα των προϊόντων ξύλου. Με την υλοποίηση του προγράμματος καθιέρωσης των κοινών ευρωπαϊκών προτύπων γίνεται εφικτή η διεύρυνση εφαρμογής της τυποποίησης στην χώρα μας και προς αυτό τον τομέα. Η διαδικασία απόδοσης όμως των προτύπων στην

Ελληνική γλώσσα θα πρέπει να διέπεται από τις βασικές αρχές εκπόνησης των προτύπων. Συνεπώς, η συνεργασία με όλους τους εμπλεκόμενους φορείς και η χρησιμοποίηση γλώσσας κατανοητής είναι από τους παράγοντες που θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την διαδικασία εκπόνησης των προτύπων, ώστε αυτά να είναι σαφή και αποδεκτά από όλους.

Παράλληλα τα εγκυκλοπαιδικά και ερμηνευτικά λεξικά που αποτελούν για το ευρύ κοινό τις βασικές πηγές πληροφόρησης και μύησης στις επιστημονικές γνώσεις, θα πρέπει να φροντίζουν ώστε η εκλαΐκευση να μην αγνοεί ή αλλοιώνει τα επιστημονικά δεδομένα. Ακόμη μπορεί να φανεί χρήσιμο στους ενδιαφερόμενους και παράλληλα να διευκολύνει την διαδικασία απόδοσης της ελληνικής ορολογίας αν στα λήμματα, τα οποία αναφέρονται σε νέα προϊόντα ξύλου όπως είναι η μοριοπλάκα, γίνεται η παράθεση και του αντίστοιχου αγγλικού όρου.

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, για το συγκεκριμένο προϊόν χρησιμοποιούνται οι όροι «μοριοσανίδα» και «μοριοπλάκα». Όμως ο όρος «μοριοπλάκα» μάλλον εκφράζει καλύτερα την μορφή του προϊόντος αφού αυτό κατασκευάζεται σε μορφή πλάκας. Αντίθετα ο όρος «σανίδα», ο οποίος χρησιμοποιείται από την αρχαιότητα, υποδηλώνει πριστό μικρού σχετικά πάχους και πλάτους (Μπαρμπούτης 1999, Μπαρμπούτης 2001). Συνεπώς η διατύπωση του ορισμού για το προϊόν θα μπορούσε να αποδοθεί ικανοποιητικά ως εξής:

Μοριοπλάκα ή μοριοσανίδα (particleboard): ξυλοπλάκα που παράγεται βιομηχανικά από διάφορον μορφής τεμαχίδια ξύλου (ξυλοτεμαχίδια) ή και άλλων λιγνινοκυτταρινικών υλικών, ύστερα από ανάμειξή τους με συνθετική συγκολλητική ουσία και με την εφαρμογή πίεσης και θερμοκρασίας.

Θα πρέπει όμως να επισημανθεί ότι στην αγγλόφωνη βιβλιογραφία εκτός από τον όρο *particleboard*, που χρησιμοποιείται συνήθως για την μοριοπλάκα, απαντώνται και διάφοροι άλλοι όροι όπως *chipboard*, *flakeboard* κ.ά., οι οποίοι διαφοροποιούν τα προϊόντα λαμβάνοντας υπόψη την μορφολογία της πρώτης ύλης που χρησιμοποιείται για την κατασκευή τους. Οι όροι αυτοί, για τους οποίους δεν έχει αποδοθεί ακόμη αποδεκτή ελληνική ορολογία, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη σε μια συνολική τυποποίηση της ελληνικής ορολογίας των σύνθετων προϊόντων ξύλου.

The course of adoption of Greek terminology for the particleboard

Ioannis A. Barboutis¹

Abstract

For a number of decades particleboard constitutes one of the most important wood products. The production cost of particleboard is relatively low and, due to this advantage, it has gained a wide use in furniture and other constructions, usually after a surface coating. However, although particleboard constitutes a very common product, it was found that the real name of this product is much less known in Greece than other countries. This conclusion was drawn from an investigation carried out in the sources of information and in users of these products. The predominance of a trademark for this product is owed in the fact that this name used by the first industry that began to produce the particleboard in our country and also in the absence of standardization for its terminology. The formulation of terminology, in the sector of wood products, which can be achieved by the process of standardization and was not applied in the past in our country, becomes feasible at present time by the process of establishment of European standards. The verbalization of standards in the Greek language needs to follow the basic principles of standardization in order to be successful.

Keywords: Particleboard, terminology, standardization

Βιβλιογραφία

ANEC TRAINING MANUAL, ANEC99/SECT/02, Brussels, Belgium

Γρηγορίου Α. 1980. Παράγοντες επηρεάζοντες τις ιδιότητες των μοριοπλακών. Μέρος πρώτο: Μηχανικές ιδιότητες. Γεωτεχνικά, τεύχος 3.

¹ Lecturer, Laboratory of Forest Products Technology, Aristotle University of Thessaloniki

- ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΚΑΙ ΖΩΗ. 1983. Πολυλεξικό της Ελληνικής γλώσσας. Χατζηϊακώβου Α.Ε., Haygreen J., and J. Bowyer 1982. Forest products and wood science. An introduction. The Iowa State University press.
- Johnson E. 1956. Wood particleboard handbook. The industrial experimental program of the school of engineering. North Carolina, State Collage.
- Κάββουρας Π. 1979. Ιδιότητες των μοριοσανίδων σε σχέση με την επιπλοποιία. Το Δάσος, 85: 39-46.
- Κριαράς Ε., 1995. Νέο λεξικό της Σύγχρονης Ελληνικής Δημοτικής Γλώσσας, Εκδοτική Αθηνών, Αθήνα
- Maloney T. M. 1993. Modern particleboard and dry process manufacturing. Miller Freeman Inc, San Francisco.
- Μπαμπινιώτης Γ. 1998. Λεξικό της νέας Ελληνικής γλώσσας. Κέντρο λεξικολογίας, Αθήνα
- Μπαρμπούτης Ι. 1984. Παραγωγή προϊόντων ξύλου, Σημειώσεις Εργαστηρίου Δασικής Τεχνολογίας, Α.Π.Θ.
- Μπαρμπούτης Ι., 1999. Προϊόντα ξύλου – Τυποποίηση, Πανεπιστημιακές παραδόσεις, Α.Π.Θ.
- Μπαρμπούτης Ι., 2001. Ανακοινώσεις 3^{ου} συνεδρίου: Ελληνική γλώσσα και ορολογία, Ελληνική Εταιρεία Ορολογίας, Αθήνα: 165-172.
- Παπαμιχαήλ Π., 1976. Οι τεχνικοί ιδιότητες και ο ποιοτικός έλεγχος των ξυλοθρυμματοπλακών. Δελτίο κεντρικού εργ. Υπουργ. Δημοσ. Έργων. Αριθ. 1,
- ΠΑΠΥΡΟΣ-ΛΑΡΟΥΣ-ΜΠΡΙΤΑΝΙΚΑ., 1996. Εγκυκλοπαίδεια. Αθήνα
- Pease D. 1994. Panels, products, applications and production trends. Wood Technology. Miller Freeman Inc, San Francisco.
- Ρουσοδήμος Γ., 1975. Βασικοί παράγοντες επηρεάζοντες την ποιότητα των μοριοσανίδων. Το Δάσος 67/68:21-32.
- Ρουσοδήμος Γ., 1978. Τυποποίηση πρώτης ξυλείας, Αυτοτελείς εκδ. της Δ/σεως Δασ. Ερευνών & Εκπ/σεως Αρ. 41, Αθήνα
- ΤΡΙΑΝΤΑΦΥΛΛΙΔΗΣ-online., 2003. <http://kastor.komvos.edu.gr/dictionaries/dictonline/DictOnLineTri.htm>
- Τσουμής Γ., Πασιαλής Κ., Σαμιδής Φ. 1977. Πειραματικές μοριοπλάκες από καυσόξυλα δρυός. Τεχνικά Χρονικά, 3:12-18.
- Τσουμής Γ., 1986. Επιστήμη και Τεχνολογία του Ξύλου – Τόμος Β – Βιομηχανική Αξιοποίηση, Α.Π.Θ.
- Φιλίππου Ι. 1981. Τεχνολογικοί παράγοντες που επηρεάζουν την παραγωγή και τις ιδιότητες της μοριοσανίδος. Σημειώσεις. Α.Π.Θ.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΛΗΜΜΑΤΑ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗΝ ΜΟΡΙΟΠΛΑΚΑ ΣΤΙΣ ΕΛΛΗΝΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ

νοβοπάν το [νονοραν] Ο (άκλ.) : υλικό που είναι προϊόν ειδικής κατεργασίας διάφορων φυτικών απορριμμάτων και που το χρησιμοποιούν αντί για φυσικό ξύλο: Πλάκες από ᾿. [ίως γαλλ. novo- (< λατ. novus ‘καινούριος’) + ran(neau) ‘ενωμένες λεπτές σανίδες’, σήμα κατατ.(:)]

νοβοπάν – εμπορική ονομασία είδους μοριοσανίδων

νοβοπάν = είδος ξύλου ειδικά επεξεργασμένου

νοβοπάν (το){άκλ.} πλάκα που έχει τη μορφή και το χρώμα ξύλου σε δευτερεύουσες κατασκευές (λ.χ. χωρίσματα) και η οποία κατασκευάζεται από άχρηστα μέρη ξύλου (όχι προιονίδια), καλάμι, αραβόσιτο, άχυρα ρυζιού κ. ά., αφού ανακατευτούν με τεχνητή ρητίνη και πιεστούν ισχυρά με πρέσες με ταυτόχρονη θέρμανση.

νοβοπάν το, ουσ., άκλ. Θρυμματόπλακα (βλ. λ.). [διεθνής όρος nonopan, επωνυμία κατασκευάστριας εταιρείας].

θρυμματόπλακα η, ουσ. (τεχν.) τεχνητή πλάκα που κατασκευάζεται όταν συμπιεστούν θερμά τμήματα ξύλου (προιονίδια) με συνδετική ύλη (κοιν. νοβοπάν).

μοριοσανίδες ή **μοριοπλάκες** : ξυλοπλάκες που παράγονται βιομηχανικά με συγκόλληση λεπτών επίπεδων τεμαχιδίων ξύλου, τα οποία συγκολλούνται σε στερεό υλικό, ύστερα από ανάμιξή τους με συνδετικές ύλες και την επενέργεια ισχυρής πίεσης υπό υψηλή θερμοκρασία. Ως πρώτη ύλη, βασικά ...

Χημειοσυστηματικές μελέτες σε είδη Πεύκης και Ελάτης που φύονται στην Ελλάδα

Αθανάσιος Θ. Γαλλής¹

Περίληψη

Οι τερπενοειδείς ενώσεις αποτελούν συστατικό της ρητίνης των κωνοφόρων και των αιθέριων ελαίων τους. Η τερπενική σύνθεση της ρητίνης μπορεί να καθοριστεί με υψηλή ακρίβεια με την μέθοδο της αέριας χρωματογραφίας (GC) καθώς και με τον συνδυασμό αέριας χρωματογραφίας και φασματογράφου μάζας (GC-MS). Τα τερπένια βρίσκονται κάτω από ισχυρό γενετικό έλεγχο και επηρεάζονται σε μικρό βαθμό από το περιβάλλον. Για τους λόγους αυτούς αποτελούν σημαντικούς βιοχημικούς διαγνωστικούς χαρακτήρες και χρησιμοποιούνται στη χημειοσυστηματική, την αναγνώριση υβριδίων, την καταγραφή της ποικιλότητας μεταξύ προελεύσεων του ίδιου είδους κ.λ.π. Στην εργασία αυτή γίνεται ανασκόπηση βιβλιογραφικών δεδομένων σχετικών με χημειοσυστηματικές μελέτες και αναλύσεις τερπενίων που αφορούν σε είδη πεύκης και ελάτης που φύονται στην χώρα μας.

Λέξεις – κλειδιά: Χημειοσυστηματική, τερπενοειδείς ενώσεις, αέρια χρωματογραφία, αιθέρια έλαια, ελαιορητίνη.

Εισαγωγή

Ο όρος τερπενοειδείς ή ισοπρενοειδείς ενώσεις αναφέρεται και περιγράφει τις οργανικές ενώσεις που απαντούν κατά κύριο λόγο στα φυτά και στο μόριο τους περιέχουν ως δομική μονάδα την ισοπρενική ρίζα (C_5H_8). Στην ευρύτερη κατηγορία των τερπενοειδών ή ισοπρενοειδών ενώσεων περιλαμβάνονται κατά κύριο λόγο οι τερπενοειδείς υδρογονάνθρακες ή τερπένια καθώς επίσης και τα οξυγονούχα παράγωγά τους όπως κετόνες, αλκοόλες και οξέα. Στην κατηγορία αυτή ταξινομούνται επίσης οι στεροειδείς ενώσεις και τα καροτενοειδή. Τα τερπένια, δηλ. οι τερπενοειδείς υδρογονάνθρακες, διακρίνονται ανάλογα με τον αριθμό των μονάδων του ισοπρενίου που περιέχουν στο μόριο τους. Αναλυτικότερα, η κατώτερη κλάση τερπενίων είναι αυτή των ημιτερπενίων με μία ισοπρενική ρίζα, τα μονοτερπένια με δυο ισοπρενικές ρίζες ($C_{10}H_{16}$), τα σεσκιτερπένια με τρεις, διτερπένια με τέσσερις κ.ο.κ. ως τα ανώτερα πολυτερπένια (Nicholas, 1973). Ο ανθρακικός σκελετός στα τερπένια μπορεί να είναι μονοκυκλικός, δικυκλικός αλλά και άκυκλος, ενώ είναι οπτικώς ενεργά σώματα.

Τερπενοειδείς ενώσεις περιέχονται στην ρητίνη των κωνοφόρων, η οποία είναι μείγμα από τερπενοειδείς ενώσεις, λιπαρά οξέα και φλαβονοειδή. Τερπενοειδείς ενώσεις επίσης περιέχουν και τα αιθέρια έλαια (essential oils) των κωνοφόρων που είναι πτητικά έλαια, σε αντίθεση με την ρητίνη που είναι μη πτητικό προϊόν του φυτού. Τα αιθέρια έλαια συλλέγονται από τους ιστούς του φυτού κυρίως με εκχύλιση με οργανικό διαλύτη (solvent extraction) και με απόσταξη (steam distillation) ατμού (Harborne, 1984). Πολλές φορές στην βιβλιογραφία χρησιμοποιείται ο όρος ελαιορητίνη (oleoresin) για να περιγράψει το μείγμα ρητίνης και αιθέριων ελαίων (Del and McComb, 1979).

Το κυριότερο συστατικό του τμήματος των τερπενοειδών ενώσεων της ρητίνης στα κωνοφόρα αποτελούν τα μονοτερπένια. Σύμφωνα με τους Dell and McComb (1979), το τμήμα των τερπενοειδών ενώσεων της ρητίνης των πεύκων αποτελείται από 20 -50% πτητικά μονοτερπένια, μικρές ποσότητες σεσκιτερπενίων και 50 -80% μη πτητικά διτερπενικά οξέα. Επίσης και στα αιθέρια έλαια των βελονών, του ξύλου και του φλοιού των κωνοφόρων, τα κύρια συστατικά είναι απλά μονοτερπένια. Από τα μονοτερπένια που απαντώνται στα κωνοφόρα τα σημαντικότερα είναι το α-πινένιο και β-πινένιο. Τα πινένια είναι το κύριο συστατικό του τερεβινθελαίου (turpentine) που είναι προϊόν απόσταξης της ρητίνης.

Η τερπενική σύνθεση της ρητίνης και των αιθέριων ελαίων παρουσιάζει μεγάλη ποικιλότητα στα διάφορα

¹ Δρ. Δασολόγος, Δρ. Δασικής Γενετικής και Βελτίωσης Δασοπονικών Ειδών, Περιφέρεια Αττικής, Αθήνα, e-mail: tgallis@hotmail.com

δασοπονικά είδη. Σημαντική είναι επίσης και η ποικιλότητα των τερπενικών χαρακτήρων μεταξύ διαφόρων προελεύσεων του ίδιου του είδους. Ποικιλότητα ακόμη έχει παρατηρηθεί και μεταξύ διαφόρων ιστών του ίδιου του δένδρου. Η τερπενική σύνθεση βρίσκεται κάτω από ισχυρό γενετικό έλεγχο, ενώ επηρεάζεται σε μικρό βαθμό από το περιβάλλον. Η ποιοτική και ποσοτική ανάλυσή τους γίνεται σχετικά εύκολα, γρήγορα και με ακρίβεια με την αέρια χρωματογραφία. Τα παραπάνω πλεονεκτήματα έχουν αναγάγει τα τερπένια σε σημαντικούς διαγνωστικούς χαρακτήρες και χρησιμοποιούνται στην επίλυση μιας σειράς προβλημάτων της δασικής έρευνας και της χημειοσυστηματικής, όπως στην καταγραφή της ποικιλότητας μεταξύ διαφορετικών προελεύσεων εντός του είδους, στην αναγνώριση υβριδίων μεταξύ ειδών κωνοφόρων, την ανθεκτικότητα σε ασθένειες, κ.λ.π. (Squillace 1976, Hanover 1990).

Στην παρούσα εργασία επιχειρείται η ανασκόπηση της βιβλιογραφίας και η καταγραφή ερευνητικών δεδομένων που αφορούν στην ανάλυση και χρησιμοποίηση τερπενικών χαρακτήρων στη χημειοσυστηματική και στη δασική έρευνα γενικότερα και αναφέρονται σε είδη πεύκης και ελάτης που φύονται στην χώρα μας.

Ανασκόπηση βιβλιογραφίας

Γενικά

Μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του 1960 τα δεδομένα στην διεθνή βιβλιογραφία που αφορούν αναλύσεις τερπενίων γενικότερα σε κωνοφόρα, είναι σχετικά περιορισμένα. Αυτό αποδίδεται κυρίως στο γεγονός ότι οι μέθοδοι και οι εργαστηριακές τεχνικές ανάλυσης της ρητίνης και των αιθέριων ελαίων που εφαρμόζονταν ήταν χρονοβόρες, πολύπλοκες και η ανάλυση ικανοποιητικού αριθμού δειγμάτων για μια αξιολογή στατιστική επεξεργασία δεδομένων ήταν δύσκολη. Παρόλα αυτά θα πρέπει να αναφερθεί στο σημείο αυτό το έργο του Miron (1961), ο οποίος προσδιόρισε την μονοτερπενική σύνθεση σε 92 είδη του γένους *Pinus* μεταξύ των οποίων και είδη που φύονται στην χώρα μας.

Τα τελευταία όμως έτη παρατηρούνται οι ακόλουθες εξελίξεις:

- η ανάπτυξη της αέριας χρωματογραφίας (gas-liquid chromatography, GLC) στα τέλη της δεκαετίας του '60 και στην συνέχεια ο συνδυασμός της αέριας χρωματογραφίας με φασματογράφο μάζας (GC-MS) (Von Rudloff 1967 και 1969, Squillace 1976, Adams et.al. 1979, Adams 1995).
- η χρήση Η/Υ με κατάλληλο λογισμικό για την καταγραφή των αποτελεσμάτων (χρωματογράφημα) και την γρήγορη και ακριβή ταυτοποίηση των επί μέρους συστατικών (ποιοτική ανάλυση), αλλά και ταχύτερους και ακριβέστερους ποσοτικούς (ποσοτική ανάλυση) προσδιορισμούς, και
- η επεξεργασία και η στατιστική ανάλυση των τερπενικών δεδομένων με την εφαρμογή μια σειράς πολυ-μεταβλητών στατιστικών μεθόδων της αριθμητικής ταξινόμησης π.χ. ανάλυση ομίλων (Birks and Kanowski 1988, 1993).

Οι εξελίξεις αυτές είχαν ως αποτέλεσμα οι τερπενικοί χαρακτήρες να χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο και τα βιβλιογραφικά δεδομένα είναι στις μέρες μας σαφώς πολυπληθέστερα.

Pinus

Τα πρώτα δεδομένα για αναλύσεις τερπενίων που αφορούν είδη πεύκης που φύονται στην Ελλάδα παρέχονται από τους Iconomou et.al (1964), οι οποίοι ανέλυσαν το τερεβινθέλαιο (turpentine) στην *Pinus halepensis* και *Pinus brutia* και προσδιόρισαν την τερπενική του σύνθεση. Λίγο αργότερα, οι Miron et. al. (1966) ανέλυσαν επίσης το τερεβινθέλαιο σε προελεύσεις της *P. halepensis* και *P. brutia* και σημειώνουν την ιδιαίτερη διαγνωστική αξία που έχουν οι δυο στερεοϊσομερείς μορφές του μονοτερπενίου α-πινένιο (δεξιόστροφη (D) και αριστερόστροφη (L) μορφή), καθώς και το μονοτερπένιο 3-δ-καρβένιο στην διάκριση των δυο ειδών. Οι Moulalis and Mitsopoulos (1975), αφού προσδιόρισαν την μονοτερπενική σύνθεση σε τεχνητά υβρίδια F_1 γενιάς *Pinus halepensis* x *Pinus brutia* στην Ελλάδα, δεν αναφέρουν διαφορές στην ποιοτική σύνθεση μεταξύ υβριδίων και γονικών ειδών. Επισημαίνουν όμως τις σαφείς ποσοτικές διαφορές μεταξύ υβριδίων και γονικών ειδών, σε ότι αφορά τα μονοτερπένια α - και β - πινένιο. Με το συμπέρασμα αυτό συμφωνεί αργότερα και ο Μητσόπουλος (1986), ο οποίος επίσης δεν αναφέρει ποιοτικές διαφορές στην μονοτερπενική σύνθεση ρητίνης φλοιού μεταξύ των δυο γονικών ειδών και τεχνητών υβριδίων F_1 γενιάς. Για την αναγνώριση του υβριδίου

προτείνει τις ποσοτικές διαφορές κυρίως για τα συστατικά β – πινένιο, μυρκένιο και 3-δ-καρένιο. Στη συνέχεια, ο ίδιος (Μητσόπουλος, 1987) ανέλυσε το τερεβινθέλαιο σε προελεύσεις *Pinus halepensis* και *Pinus brutia* που φύονται στην Ελλάδα. Σημειώνει ότι οι προελεύσεις της *Pinus halepensis* χαρακτηρίζονται από τα πολύ υψηλά ποσοστά του μονοτερπενίου α - πινενίου που σε μερικές περιπτώσεις φθάνει μέχρι και το 98% του συνόλου και της *Pinus brutia* από τα υψηλά ποσοστά β-πινενίου.

Τη ρητίνη ξύλου και φλοιού σε προελεύσεις της *P. halepensis* που αντιπροσωπεύουν διάφορες περιοχές εξάπλωσης της πεύκης στη Μεσόγειο συμπεριλαμβανομένων και ελληνικών προελεύσεων ανέλυσαν οι Schiller and Grunwald (1987). Τα αποτελέσματα έδειξαν διαφορές στην τερπενική σύνθεση μεταξύ ρητίνης φλοιού και ξύλου, όπου τα περισσότερα συστατικά (με εξαίρεση το χαρακτήρα α - πινένιο) εμφανίζονται με μεγαλύτερα ποσοστά στην ρητίνη φλοιού παρά σε εκείνη του ξύλου. Στις ελληνικές προελεύσεις ανιχνεύθηκε υψηλή περιεκτικότητα του συστατικού 3-δ-καρένιο στην ρητίνη που χαρακτηρίζει περισσότερο την *Pinus brutia*, γεγονός που αποδίδεται από τους ερευνητές σε πιθανή γονιδιακή εισδοχή (introgression) της *Pinus brutia* στην *Pinus halepensis*. Τέλος οι τερπενικοί χαρακτήρες μπορούν να αποδώσουν την γενετική ποικιλότητα μέσα στο είδος και να διακρίνουν τις προελεύσεις σε τέσσερις σαφείς ομάδες.

Την ρητίνη των βελονών σε προελεύσεις της *P. brutia*, κυρίως από την περιοχή της Μ. Ασίας μεταξύ των οποίων συμπεριλαμβάνονται και προελεύσεις της Κρήτης και της Κύπρου, ανέλυσαν και οι Schiller and Genizi (1993). Ως κύρια συστατικά αναφέρουν τους χαρακτήρες α-πινένιο, καμφένιο, β-πινένιο, μυρκένιο, 3-δ-καρένιο. Με βάση τις ποσοτικές διαφορές στους παραπάνω χαρακτήρες και ύστερα από κατάλληλη στατιστική επεξεργασία είναι εφικτή η ταυτοποίηση σπόρων από διαφορετικές περιοχές προέλευσης.

Οι Roussis et.al. (1995) προσδιόρισαν την σύνθεση των πτητικών συστατικών στις βελόνες των πληθυσμών αυτοφυών στην Ελλάδα ειδών πεύκης *P. halepensis*, *P. brutia*, *P. nigra*, *P. pinea* και *P. canariensis* (που είχε εισαχθεί από παλαιότερα) στην ευρύτερη περιοχή της Αττικής. Αναφέρουν την παρουσία πενήντα συνολικά συστατικών, τόσο μονοτερπενίων και των παράγωγων τους όσο και σεσκιτερπενίων και διτερπενίων. Η διάκριση των ειδών μεταξύ τους είναι δυνατή κυρίως από τις ποσοτικές διαφορές ορισμένων συστατικών. Έτσι, η *P. brutia* διακρίνεται από τα υψηλά ποσοστά του χαρακτήρα β-πινένιο σε σχέση με τα υπόλοιπα είδη πεύκης. Μεταξύ των υπολοίπων ειδών, η *P. pinea* χαρακτηρίζεται από το συστατικό λιμονένιο, η *P. canariensis* από το σεσκιτερπένιο γερμακρένιο D, και η *P. nigra* διακρίνεται από την *P. halepensis* από την υψηλή περιεκτικότητα του χαρακτήρα α-πινένιο. Με βάση τις ποσότητες των παραπάνω συστατικών καθώς και του συστατικού 3-δ-καρένιο, αποδίδεται ο χαρακτηριστικός χημειότυπος για καθένα από τα είδη που μελετήθηκαν κατόπιν κατάλληλης στατιστικής επεξεργασίας.

Την τερπενική σύνθεση ρητίνης φλοιού σε διαφόρων συνδυασμών υβρίδια F₁ γενιάς μεταξύ των ειδών πεύκης *Pinus halepensis* και *Pinus brutia*, σε υβρίδια F₂ γενιάς, σε αναδιασταυρώσεις καθώς και σε προελεύσεις των δυο γονικών ειδών καθόρισαν ο Γαλλής (1995) και οι Gallis and Panetsos (1997). Δεν κατέγραψαν ποιοτικές διαφορές στην τερπενική σύνθεση μεταξύ των γονικών ειδών, των υβριδίων με τα γονικά είδη καθώς και μεταξύ των διαφορετικών συνδυασμών υβριδίων που μελετήθηκαν. Αναφέρουν όμως ότι οι ποσοτικές διαφορές σε ορισμένα μονοτερπένια αλλά και σεσκιτερπένια (α-πινένιο, β-πινένιο, 3-δ-καρένιο, μυρκένιο, α-τερπινένιο, καρυοφυλλένιο) - ύστερα από κατάλληλη στατική επεξεργασία και με την δημιουργία συγκεκριμένων τερπενικών χημειότυπων - καθιστούν εφικτή την σαφή διάκριση τόσο των δυο γονικών ειδών μεταξύ τους όσο και των υβριδίων τους. Επίσης, οι Gallis et.al (1998) ανέλυσαν τα πτητικά τερπένια των οφθαλμών με την μέθοδο της αέριας χρωματογραφίας κενού στις παραπάνω προελεύσεις *P. halepensis* και *P. brutia* καθώς και σε ορισμένα από τα ανωτέρω υβρίδια των δυο ειδών και προσδιόρισαν την μονοτερπενική τους σύνθεση. Αξιοσημείωτο είναι ότι μεταξύ ρητίνης φλοιού και οφθαλμών ίδιων απόμων βρέθηκαν τόσο ποιοτικές διαφορές στην τερπενική σύνθεση όσο και στατιστικώς σημαντικές ποσοτικές διαφορές για ορισμένα συστατικά.

Σε πληθυσμούς της *P. halepensis*, της *P. brutia* καθώς και υβριδίων μεταξύ των δύο ειδών πεύκης στην ευρύτερη περιοχή της Αττικής οι Petrakis et.al. (2000) ανέλυσαν τα αιθέρια έλαια βελονών διαφορετικής ηλικίας και κατέγραψαν εκτός από μονοτερπένια, και αρκετά σεσκιτερπένια και διτερπένια που δεν έχουν ανιχνευθεί σε προηγούμενες τερπενικές αναλύσεις των ειδών αυτών. Βέβαια θα πρέπει να τονισθεί στο σημείο αυτό ότι η άμεση σύγκριση με προηγούμενες έρευνες δεν είναι δυνατή, τόσο λόγω διαφορετικού υλικού που χρησιμοποιήθηκε, όσο και διαφορετικών συνθηκών ανάλυσης. Οι ερευνητές αναφέρουν ποικι-

λότητα στους τερπενικούς χαρακτήρες μεταξύ των ειδών και των υβριδίων που μελετήθηκαν. Οι τερπενικοί χαρακτήρες σε συνδυασμό και με ορισμένους μορφολογικούς χαρακτήρες που επίσης αναλύθηκαν χρησιμοποιούνται από τους ερευνητές προκειμένου να μελετηθεί ο φυσικός υβριδισμός των ειδών καθώς και η εξελικτική πορεία του γένους *Pinus* στον ελλαδικό χώρο.

Τη σύνθεση της ρητίνης φλοιού σε ορισμένα δένδρα που φύονται στην Ελλάδα των ειδών *P. halepensis*, *P. brutia* και *P. pinea* με την μέθοδο της αέριας χρωματογραφίας – φασματογράφου μάζας (GC-MS) καθόρισαν οι Parajianopoulos et.al.(2001). Τα πτητικά συστατικά της ρητίνης ξύλου και φλοιού στα είδη πεύκης *P. halepensis*, *P. brutia* *P. canariensis*, σε φυσικούς πληθυσμούς των ειδών στην περιοχή της Αττικής προσδιόρισαν οι Roussis et al. (2001) με την μέθοδο της αέριας χρωματογραφία (GC) καθώς και την μέθοδο της αέριας χρωματογραφίας - φασματογράφου μάζας (GC-MS). Πρέπει να σημειωθεί ότι ο αριθμός των δένδρων για κάθε είδος που αναλύθηκε στην συγκεκριμένη έρευνα είναι σχετικά μικρός (7 δένδρα/είδος), αφού το δείγμα σε ανάλογες μελέτες θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 20-25 δένδρα (Squillace, 1976). Παρόλα αυτά αξίζει να σημειωθεί η παρουσία ορισμένων συστατικών που αναφέρονται από τους ερευνητές όπως το σεσκιτερπένιο αριστολένιο καθώς και το μακροκυκλικό διτερπένιο καμπρένιο που στην *P. halepensis* παρουσιάζεται σε σημαντικά ποσοστά. Επίσης, είναι αξιοσημείωτο το γεγονός, ότι μεταξύ της τερπενικής σύνθεσης φλοιού και ξύλου και στα τρία είδη που αναλύθηκαν οι διαφορές ήταν σχετικά μικρές και κυρίως ποσοτικές. Τέλος, οι ίδιοι συγγραφείς αναφέρουν τις υψηλές ποσότητες στην ρητίνη φλοιού και ξύλου στην *P. brutia* στο χαρακτήρα 3-δ-καρβένιο, που πιθανόν να αποτελεί ένδειξη για την προσβολή της πεύκης από το έντομο *Marchalina hellenica*.

Τα αιθέρια έλαια βελονών των ειδών πεύκης *P. peuce* και *P. heldreichii*, που φύονται στην Ελλάδα και των ειδών *P. radiata*, *P. pinaster* και *P. attenuata* που είχαν εισαχθεί παλαιότερα και χρησιμοποιηθεί σε αναδασώσεις στην χώρα μας ανέλυσαν οι Petrakis et. al. (2001). Οι ερευνητές αναφέρουν την παρουσία περισσότερων από 40 συστατικών και με βάση ορισμένα κύρια συστατικά (μονοτερπένια και σεσκιτερπένια) καθορίζουν το χαρακτηριστικό χημειότυπο για το κάθε είδος που μελετήθηκε.

Οι Koukos et.al. (2001) καθόρισαν την τερπενική σύνθεση των αιθέριων ελαίων με τη μέθοδο GC-MS σε δένδρα της *P. nigra* και της *P. sylvestris* φυσικών συστάδων που φύονται στον Όλυμπο και στο Μενοίκιο όρος αντίστοιχα. Παρόλο που τα δεδομένα δεν μπορούν να αξιοποιηθούν για χημειοσυστηματικούς σκοπούς εξαιτίας της τυχαίας δειγματοληψίας και του μικρού αριθμού δειγμάτων που αναλύθηκαν, παρέχονται ενδιαφέρουσες πληροφορίες για την τερπενική σύνθεση των ειδών πεύκης που μελετήθηκαν. Οι ερευνητές συγκρίνουν τα ευρήματά τους με παλαιότερες τερπενικές αναλύσεις των ειδών και παρατηρούν ποιοτικές διαφορές στην σύνθεση.

Με την μέθοδο της αέριας χρωματογραφίας (GC) και με συνδυασμό αέριας χρωματογραφίας και φασματογράφου μάζας (GC-MS), οι Mita et. al. (2002) ανέλυσαν την ρητίνη φλοιού σε προσβεβλημένα και μη δένδρα από το μελιτοφόρο έντομο *Marchalina hellenica* της *Pinus halepensis* και *Pinus pinea* που φύονται στην Κρήτη. Αναφέρουν ότι η διάκριση μεταξύ των δυο ειδών είναι εφικτή με βάση τις ποιοτικές και ποσοτικές διαφορές τους στην τερπενική τους σύνθεση. Είναι όμως ιδιαίτερα ενδιαφέρουσες οι διαφορές που σημειώνουν στην ποσοτική τερπενική σύνθεση για κάθε είδος μεταξύ προσβεβλημένων και υγιών δένδρων. Αντίθετα δεν κατέγραψαν μεγάλη ποικιλότητα στην τερπενική σύνθεση και στα δυο είδη πεύκης που να οφείλεται στην διαφορετική εποχή του έτους.

Abies

Η ρητίνη φλοιού αναλύθηκε από τους Μητσόπουλο (1983) και Mitsopoulos and Panetsos (1987), σε προελεύσεις της *Abies alba* από την συνολική γεωγραφική εξάπλωση της ελάτης στην Ελλάδα. Οι ερευνητές περιγράφουν την ποικιλότητα μεταξύ των προελεύσεων της ελάτης με την χρήση ποσοτικών διαφορών στην μονοτερπενική τους σύνθεση. Επιπλέον κατέγραψαν μεγάλη ποικιλότητα των μονοτερπενίων της ρητίνης φλοιού μεταξύ των δένδρων μέσα στις προελεύσεις της ελάτης.

Τα αιθέρια έλαια σπόρων σε ελληνικές προελεύσεις της κεφαλληνιακής ελάτης *Abies cephalonica* ανέλυσαν ο Elgorashi (1994). Αναφέρει ότι οι ποσοτικές διαφορές στην τερπενική σύνθεση μετά από στατιστική επεξεργασία με μια σειρά από τεχνικές πολυμεταβλητής ανάλυσης αποδίδουν της ποικιλότητα μεταξύ των προελεύσεων της ελάτης.

Για την διάκριση του υβριδίου ελάτης *Abies borisii regis* (*A. alba* X *A. cephalonica*) και των γονικών ειδών,

οι Roussis et.al (2000) χρησιμοποιούν τις ποσοτικές διαφορές στην μονοτερπενική σύνθεση των αιθέριων ελαίων των βελονών. Αναφέρουν ότι η χημική σύνθεση των μονοτερπενίων στα υβρίδια που μελετήθηκαν αποτελεί μίγμα των κύριων μονοτερπενίων των γονικών ειδών. Επίσης σημειώνουν ότι η χημική σύνθεση του υβριδίου είναι περισσότερο όμοια με αυτή της *A. cephalonica* παρά με εκείνη της *A. alba*.

Οι Koukos et.al. (2001) ανέλυσαν τα αιθέρια έλαια σε υβρίδια *Abies borisii regis* της ελάτης (*A. alba* X *A. cephalonica*) που φύονται στην Ελλάδα με GC-MS. Παρόλο που ο αριθμός των δειγμάτων ήταν μικρός και η δειγματοληψία τυχαία με αποτέλεσμα να μην είναι εφικτή η αξιοποίηση των δεδομένων για χημειοσυστηματικούς σκοπούς, παρέχονται αξιόλογες πληροφορίες για την τερπενική σύνθεση του υβριδίου ελάτης.

Συμπεράσματα - Προτάσεις

Από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας συμπεραίνεται ότι :

- Οι τερπενικοί χαρακτήρες έχουν εφαρμοστεί στην χώρα μας κατά κύριο λόγο για την καταγραφή της ποικιλότητας μεταξύ των προελεύσεων ενός είδους πεύκης ή ελάτης και στην συνέχεια για την διάκριση υβριδίων μεταξύ των ειδών. Ο μεγαλύτερος όγκος δεδομένων αφορά κυρίως τα είδη *P. halepensis* και *P. brutia* ενώ είναι λιγότερες οι βιβλιογραφικές αναφορές που αφορούν τα υπόλοιπα είδη *Pinus* καθώς και για τα είδη *Abies* που φύονται στην χώρα μας. Η αξιοποίηση των τερπενικών χαρακτήρων θα πρέπει να βρει μεγαλύτερη εφαρμογή στο μέλλον, με την ανάλυση δειγμάτων από φυσικούς πληθυσμούς από την συνολική γεωγραφική εξάπλωση κάθε είδους κωνοφόρου που φύτευται στην Ελλάδα, προκειμένου να μελετηθεί η γενετική ποικιλότητα μεταξύ των προελεύσεων του είδους, να εξαχθούν συμπεράσματα για την εξελικτική του πορεία κ.λ.π.
- Είναι αξιοσημείωτη η έλλειψη βιβλιογραφικών δεδομένων σχετικά με την εφαρμογή και την χρησιμοποίηση των τερπενοειδών ενώσεων στην χώρα μας, προκειμένου να προσδιοριστεί η επίδραση και να μετρηθούν οι επιπτώσεις της μόλυνσης του περιβάλλοντος σε φυσικά δάση κωνοφόρων. Αντίθετα το συγκεκριμένο αντικείμενο σημειώνει τα τελευταία χρόνια μεγάλη ανάπτυξη στις πιο προηγμένες δασοπονικά χώρες. Μια από τις κύριες προτάσεις επομένως στην παρούσα εργασία είναι ότι πρέπει στο μέλλον να αξιοποιηθούν οι τερπενικοί χαρακτήρες για την καταγραφή και την αντιμετώπιση των επιπτώσεων που προκαλεί η μόλυνση του περιβάλλοντος στα δάση κωνοφόρων που φύονται στον Ελλαδικό χώρο

Chemosystematic studies in Pine and Fir species grown in Greece

Athanasios Th. Gallis¹

Abstract

The terpenoid substances are components of oleoresin as well as of essential oils produced in tissues of most conifers. Terpenes are the subset of terpenoids which have exact multiples of the isoprene unit. (e.g monoterpenes C₁₀, sesquiterpenes C₁₅, diterpenes C₂₀). Conifers produce the greatest amount of terpenes among all plant families. Research on conifer terpenes has been used to describe genotypic structure, variation in populations and taxonomic relationships, introgression, hybridity, e.t.c.

Their value as taxonomic tool due to the fact that many of them are under strong genetic control by relatively few genes and they are not greatly influenced by environmental factors. As a result of rapid improvements in gas liquid chromatography they are easy to analyze.

The present study literature review for terpene analysis constitutes and the chemosystematic studies of pine and fir species grown in Greece.

Keywords: Chemosystematic studies, terpenes, GLC, essential oils, oleoresin, *Pinus*, *Abies*, Greece

Βιβλιογραφία

Adams, R.P.,1995. Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry. Allured

¹ Forest officer, Forest Genetics and Plant Breeder, Authority of region of Attica, Athens, e-mail: tgallis@hotmail.com

- Publishing Corporation, USA, pp.1-145.
- Adams, R.P., Granat, M., Hogge, L.P. and von Rudloff, E. 1979. Identification of lower terpenoids from gas-chromatography-mass spectral data by on-line computer method. *Journal of Chromatographic Science*, 17: 75-81.
- Birks, J.S. and Kanowski, P.J. 1988. Interpretation of the composition of coniferous resins. *Silvae Genetica*, 37(1):29-38
- Birks, J.S. and Kanowski, P.J. 1993. Analysis of resin compositional data. *Silvae Genetica*, 42(6):340 - 350.
- Γαλλής, Α. Θ. 1995. Χρησιμοποίηση βιοχημικών δεικτών για την αναγνώριση τεχνητών και φυσικών υβριδίων κωνοφόρων. Διδακτορική διατριβή. Τμήμα Δασολογίας και Φυσιικού Περιβάλλοντος, Α.Π.Θ. 164 σελ.
- Del, B. and McComb, A.J. 1979. Plant resins: their formulation, secretion and possible functions. *Advances in Botanical Research*, 6.: 278-316.
- Elgorashi, E. 1994. Within and between provenances variation in essential oil from the seeds of Greek fir. Centre International de Hautes Etudes Agronomiques Mediterraneennes, Chania (Greece). Institut Agronomique Mediterranee. Thesis (M.Sc.). 77 p.
- Gallis, A.T. and Panetsos, K.P. 1997. Use of cortical terpenes to discriminate *Pinus brutia* (Ten.), *Pinus halepensis* (Mill.) and their hybrids. *Silvae Genetica*, 46 (2 - 3) : 82 - 88.
- Gallis, A.T., Lang, K., and Panetsos, K. P. 1998. Bud monoterpenes composition in *Pinus brutia* (Ten.), *Pinus halepensis* (Mill.) and their hybrids. *Silvae Genetica*, 47 (2-3): 71-74.
- Hanover, J. W. 1990. Tree fitness as a function of terpene composition . In *Proceedings of the International Symposium on Population Genetics of Trees*, 31 July 1990, Corvallis, OR. 35pp.
- Harborne, J. B. 1984. The Terpenoids. In : *Phytochemical Methods*. Chapman and Hall Eds. London, New York. 2nd. edition, Chapter 3:100-129.
- Iconomou, N., Valkanas, C. and Buchi, J. 1964. Composition of gum turpentine of *Pinus halepensis* and *Pinus brutia* grown in Greece. *Journal of Chromatography*, 16 : 29 -33.
- Koukos, P. K., Papadopoulou K. I., Papagiannopoulos A. D., and Patiaka, D. Th. 2001. Essential oils of the twigs of some conifers grown in Greece. *Holz als Roh- und Werkstoff*, 58 (6) : 437-438.
- Mirov, N. T. 1961. Composition of gum turpentine of pines. U. S. Dept. Agriculture Forest Service Techn. Bull. 1239, 158 p.
- Mirov, N. T., Zavarin, E. and Snajberk, K. 1966. Chemical composition of some Eastern Mediterranean pines in relation to their classification. *Phytochemistry*, 5 : 97-102
- Mitsopoulos, D.J. and Panetsos, C.P. 1987 . Origin of variation in Fir forests of Greece. *Silvae Genetica*, 36 (1) : 1-15.
- Μητσόπουλος, Δ.Ι. 1983. Προσδιορισμός ποικιλότητας της Ελάτης της Ελλάδος με τη χρήση χημικών και μορφολογικών χαρακτηριστικών. Διδακτορική διατριβή. Τμήμα Δασολογίας και Φυσιικού Περι/τος. Α.Π.Θ. Παράρτημα 1. τομ. ΚΣΤ'. 179 σελ.
- Μητσόπουλος, Δ.Ι. 1986. Η μονοτερπενική σύνθεση της ρητίνης στο φλοιό της *P. halepensis* (Mill) και *P. brutia* (Ten.). Η σημασία της στην ταυτοποίηση του υβριδίου. Επιστημ. επετ. Τμήμ. Δασολογίας και Φυσ. Περι/τος. Τόμος ΚΘ' - Vol. ΚΘ'. Θεσ/νίκη 1986.: 405-420.
- Μητσόπουλος, Δ.Ι. 1987. Ποσοτική και ποιοτική βελτίωση του τερεβινθελαίου της ρητίνης στη χαλέπιο πεύκη. Πρακτικά επιστημονικής συνάντησης "Δάση χαλέπιου και τραχείας πεύκης". Χαλκίδα 30 Σεπτ.- 2 Οκτ. 1987, σελ: 433-444.
- Mitta, E., Tsitsimpikou, Ch., Tsiveleka, L., Petrakis, P., Ortiz, A., Vagias, C., and Roussis, V. 2002. Seasonal Variation of oleoresin terpenoids from *Pinus halepensis* and *Pinus pinea* and Host selection of the Scale insect *Marchalina hellenica* (Homoptera, Coccoidea, Margarodidae, Coelostoniidae). *Holzforchung*. 56: 572-578.
- Moulalis, D. and Mitsopoulos, D. 1975. Artificial hybrids among to certain Pine species in Greece. *Scien. Annals of Agriculture and Forestry Faculty. Univ. of Thessaloniki*, Vol. ΙΗ': 59-95.
- Nicholas, H.J. 1973. Terpenes. In. *PHYTOCHEMISTRY. Organic Metabolites*. Vol. (II). Ed.

Miller.N.York.:254-310.

- Papajiannopoulos, A.D., Song, Z.Q., Liang, Z.Q. and Spanos, J. A. 2001. GC - MS analysis of oleoresin of three Greek pine species. *Holz als Roh- und Werkstoff*, 59(6) : 443-446.
- Petrakis, P. V., Roussis,V. and Ortiz, A. 2000. Monoterpenoid diversity in relation to morphology of *Pinus brutia* and *Pinus halepensis* in an east Mediterranean area (Attiki, Greece): Implications for pine evolution. *Edinburgh Journal of Botany*, 57(3):349-375.
- Petrakis, P. V., Tsitsimpikou, Ch., Tzakou, O., Gouladis. M., Vagias,C. and Roussis,V.2001. Needle volatiles from five *Pinus* species growing in Greece. *Flavour and Fragrance journal*, 16 : 249-252.
- Roussis, V., Petrakis., P.V., Ortiz, A. and Mazomenos, E. 1995. Volatile constituents of needles of five *Pinus* species grow in Greece. *Phytochemistry*, 39(2):357-361.
- Roussis, V., Gouladis, M., Tzakou,O. and Loukis, A. 2000. A comparative Study on the needle volatile constituents of three *Abies* species grown in South Balkans. *Journal of Essential Oil Research*, 12 :41-46.
- Roussis,V., Papadogianni, K., Vagias,C. and Harvala,C.2001. Volatile constituents of three *Pinus* species grown in Greece. *Journal of Essential Oil Research*, 13:118-121.
- Schiller, G. and Grunwald, C. 1987. Resin monoterpenes in range wide provenance trials of *Pinus halepensis* (Mill.) in Israel. *Silvae Genetica*, 36 (3-4):109 -115.
- Schiller, G. and Genizi, A. 1993. An attempt to identify the origin of *Pinus brutia*_(Ten) plantations in Israel by needle resin composition. *Silvae Genetica*, 42 (2-3) : 63-68 .
- Squillace, A.E.1976. Analyses of monoterpenes of conifers by gas liquid – chromatography . In : *Modern Methods in Forest Genetics*. J.P. Miksche (Ed) Springer Verlag, New York, Chapter 6 : 120-157.
- Von Rudloff, E. 1967.Chemosystematics studies in the genus *Picea*_(Pinaceae). *Canadian Journal Botany*, 45:891-901
- Von Rudloff, E.1969. Scope and limitations of gas-liquid chromatography of terpenes in chemosystematic studies. M.K. Seikel (Ed). *Recent advances in Phytochemistry*. Appenton - Century – Crofts, New York, Vol.2 :127-162.

Ανασκόπηση σχετικά με τον λήθαργο και τη ζωτικότητα ξυλώδους φυτευτικού υλικού: (ΙΙ) Αξιολόγηση φυσιολογικών παραμέτρων ως δεικτών λήθαργου και ζωτικότητας

Καλλιόπη Ραδόγλου¹, Μαριάντζελα Ν. Φωτέλλη¹, Ιωάννης Ραυτογιάννης¹, Γεώργιος Χαλυβόπουλος¹

Περίληψη

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας γίνεται ανασκόπηση των κύριων αποτελεσμάτων που αφορούν στην αξιολόγηση φυσιολογικών παραμέτρων ως προς την καταλληλότητά τους για την εκτίμηση του λήθαργου και της ζωτικότητας φυτευτικού υλικού δασικών ειδών που παράγονται στα φυτώρια της Ευρώπης και χρησιμοποιούνται ευρέως για δασοπονικούς σκοπούς. Τα αποτελέσματα αυτά προέκυψαν από κοινοτικό ερευνητικό πρόγραμμα, στο οποίο συμμετείχαν πολυάριθμα ερευνητικά ινστιτούτα και πανεπιστήμια από διαφορετικές ευρωπαϊκές χώρες.

Μελετήθηκαν πολλές φυσιολογικές παράμετροι σε πειράματα που πραγματοποιήθηκαν με αρκετά διαφορετικά δασικά είδη, υπό ποικίλες συνθήκες ανάπτυξης και υπό την εφαρμογή διαφόρων χειρισμών και προσδιορίστηκε η σχέση των παραμέτρων αυτών με την έναρξη και τη διακοπή του λήθαργου, καθώς και με τη ζωτικότητα του φυτευτικού υλικού.

Σε γενικές γραμμές βρέθηκε ότι, καταλληλότερες παράμετροι για την εκτίμηση της έναρξης του λήθαργου είναι η ηλεκτρική αγωγιμότητα βλαστού και η διαρροή ηλεκτρολυτών από οφθαλμούς, βελόνες και ρίζα, ενώ για τη διακοπή του λήθαργου καταλληλότερος δείκτης είναι το δυναμικό αύξησης ρίζας και βλαστού. Ως αξιόπιστοι δείκτες της ζωτικότητας του φυτευτικού υλικού κρίθηκαν η διαρροή ηλεκτρολυτών από τη ρίζα, η ηλεκτρική αγωγιμότητα βλαστού, το υδατικό δυναμικό φύλλου και το δυναμικό αύξησης ρίζας και βλαστού.

Παρόλα αυτά, παρατηρήθηκαν διακυμάνσεις στην αποτελεσματικότητα χρήσης των παραπάνω φυσιολογικών παραμέτρων ως δεικτών λήθαργου και ζωτικότητας, ανάλογα με τις συνθήκες ανάπτυξης, εξαγωγής, αποθήκευσης, καθώς και ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες, ενώ σταθερότερα ήταν τα αποτελέσματα κάτω από εργαστηριακές συνθήκες. Συνεπώς, πριν την καθιέρωση χρήσης των φυσιολογικών αυτών παραμέτρων στην πράξη θα πρέπει να γίνει περαιτέρω αξιολόγησή τους κάτω από τις πραγματικές συνθήκες των φυτωρίων της πράξης.

Λέξεις – κλειδιά: δείκτες ποιότητας, ζωτικότητα, λήθαργος, ξυλώδες φυτευτικό υλικό, φυσιολογικά χαρακτηριστικά

Εισαγωγή

Η ποιότητα του φυτευτικού υλικού είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες που καθορίζουν την επιτυχία εγκατάστασής του σε νέες φυτείες. Εκτός από τους περιβαλλοντικούς παράγοντες, οι ενδογενείς φυτικοί παράγοντες που επηρεάζουν τη νέα ανάπτυξη του φυτευτικού υλικού είναι ο λήθαργος και η ζωτικότητα.

Ο λήθαργος των φυτών ορίζεται ως η προσωρινή έλλειψη ορατής ανάπτυξης (Romberger 1963, Lang 1987, Lang 1994). Από απόψεως φυσιολογίας, ο λήθαργος ορίζεται ως η φάση κατά την οποία οι μεταβολικές διεργασίες καταστέλλονται (Usher 1965, Van der Schoot 1996). Συνεπώς, οι φυσιολογικές διαδικασίες ακόμη και στο στάδιο του λήθαργου υφίστανται μεταβολές, παρά την πρόκληση παύσης κάθε ορατής αύξησης.

Ο λήθαργος αλληλεπιδρά με την εγγενή ζωτικότητα του φυτού ή αλλιώς το δυναμικό νέας ανάπτυξής του. Φυτά σε κατάσταση λήθαργου δεν υφίστανται εύκολα βλάβες και είναι πιο ανθεκτικά στους διάφορους χειρισμούς που υφίστανται στα φυτώρια, καθώς και στην καταπόνηση της μεταφύτευσης στο πεδίο (McKay

¹ *Ινστιτούτο Δασικών Ερευνών – Εθνικό Ίδρυμα Αγροτικής Έρευνας, 57006 Βασιλικά Θεσσαλονίκη*

1992, Aldhous και Mason 1994).

Εκτενής βιβλιογραφία προτείνει τη χρήση φυσιολογικών χαρακτηριστικών για τον προσδιορισμό της ζωτικότητας και του λήθαργου φυτευτικού υλικού. Οι συχνότερα χρησιμοποιούμενες φυσιολογικές παράμετροι για τον σκοπό αυτό είναι η διαρροή ηλεκτρολυτών από τη ρίζα (Dexter κ.α. 1932, Flint κ.α. 1967, McKay 1991), οι υδατικές σχέσεις του φυτού (Webb και Von Althen 1980, Hawkins και Binder 1990, Murakami κ.α. 1990, Lefevre 1991) και το δυναμικό αύξησης της ρίζας (McMinn 1980, Burdett κ.α. 1983, Feret και Kreh 1985, McCreary και Duryea 1987, Sutton 1987, Ritchie και Tanaka 1990, Simpson 1990, Mattsson 1991). Για τη χρήση των παραμέτρων αυτών με σκοπό τον καθορισμό της ποιότητας φυτευτικού υλικού διαφόρων ειδών έχει διεξαχθεί σημαντική έρευνα. Ειδικά όσον αφορά στο δυναμικό αύξησης της ρίζας, έχει αναπτυχθεί πληθώρα μεθόδων με σκοπό την αξιολόγηση της καταλληλότητάς του ως δείκτη του λήθαργου και της ζωτικότητας φυτευτικού υλικού (Stone και Jenkinsson 1971, Burdett 1979, Ritchie και Dunlap 1980, Ritchie 1985, Mattsson 1986, Burdett 1987, Johnsen κ.α. 1988).

Υπάρχουν, παρόλα αυτά, και άλλες φυσιολογικές παράμετροι, των οποίων η καταλληλότητα ως δεικτών του λήθαργου και της ζωτικότητας του φυτευτικού υλικού δεν έχει ακόμη μελετηθεί διεξοδικώς, όπως η ηλεκτρική αγωγιμότητα φυτικών ιστών και τα αποθέματα υδατανθράκων, αζώτου και άνθρακα.

Τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά υλικών χρησιμοποιούνται συχνά στη βιομηχανία ξύλου και τροφίμων ως εργαλείο για τη μέτρηση της ποιότητας των υλών ή ως μέθοδος για τον προσδιορισμό παθογόνων (Franken και Van der Zouwen 1993). Επίσης, τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά φυτικών ιστών έχουν χρησιμοποιηθεί σε συστάδες δένδρων για τον προσδιορισμό της σχέσης μεταξύ ηλεκτρικής αγωγιμότητας και υδατικής κατάστασης των δένδρων (Borchert 1992, Smith και Ostrofsky 1993, Yang κ.α. 1993). Δεν υπάρχει, όμως, σχετική βιβλιογραφία που να αναφέρεται στην ηλεκτρική αγωγιμότητα φυτευτικού υλικού και στη σχέση της με τον λήθαργο ή τη ζωτικότητά του.

Τα χαμηλά αποθέματα υδατανθράκων στα φυτά έχει βρεθεί ότι σχετίζονται με υψηλή θνησιμότητα, μικρότερο δυναμικό ανάπτυξης και υψηλή πιθανότητα προσβολής από ασθένειες (Krueger και Trappe 1967, Larson 1978, Loescher κ.α. 1990).

Ακόμη, τα αποθέματα αζώτου και άνθρακα σε διάφορους φυτικούς ιστούς παρέχουν χρήσιμες πληροφορίες σχετικά με το ισοζύγιο των μακροστοιχείων αυτών και τον τρόπο αφομοίωσης, μεταβολισμού και ανακατανομής τους, ανάλογα με τις τρέχουσες συνθήκες αύξησης, τόσο σε επίπεδο μεμονωμένου φυτού, όσο και σε επίπεδο φυτείας ή συστάδας (Millard 1996, Laiho και Laine 1997, Geiler κ.α. 1998, Beets κ.α. 1999, Maillard κ.α. 2001, Dyckmans κ.α. 2002, Fotelli κ.α. 2002α, β, Fotelli κ.α. 2004, Hafsi κ.α. 2003, Ritson και Sochacki 2003). Η διατήρηση λειτουργικού ριζικού συστήματος κατά την εξαγωγή φυτευτικού υλικού από το φυτώριο και κατά τους ακόλουθους χειρισμούς ως τη μεταφύτευση στο πεδίο εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τα αποθέματα αζώτου και άνθρακα της ρίζας. Έχει βρεθεί ότι το δυναμικό ανάπτυξης του ριζικού συστήματος αειθαλών ειδών μπορεί να περιοριστεί σημαντικά σε περίπτωση μειωμένης διαθεσιμότητας άνθρακα, διότι (1) μειώνεται δραστικά η φωτοσύνθεση μετά τη μεταφύτευση (Guehl κ.α. 1989) και (2) παρατηρείται έντονη κατανάλωση άνθρακα λόγω αναπνοής. Συνεπώς, ο προσδιορισμός των αποθεμάτων άνθρακα και αζώτου, και οι πληροφορίες που αυτά παρέχουν, ίσως μπορούν να χρησιμοποιηθούν πιο συστηματικά τόσο για τη βελτίωση του ισοζυγίου θρεπτικών συστατικών του φυτευτικού υλικού με την εφαρμογή κατάλληλων χειρισμών στο φυτώριο, όσο και για την εκτίμηση της απόδοσης των φυτών στο πεδίο.

Παρόλα αυτά δεν υφίσταται μέχρι σήμερα στην Ευρώπη κάποια τυποποίηση όσον αφορά στα φυσιολογικά κριτήρια που πρέπει να χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση της ποιότητας του φυτευτικού υλικού. Η συμβολή τέτοιων κριτηρίων στην αξιολόγηση της ποιότητας του φυτευτικού υλικού, πριν αυτό μεταφυτευτεί στο πεδίο, θα είναι σίγουρα καθοριστική καθώς θα οδηγήσει στη (1) σημαντική μείωση των απωλειών σε φυτά μετά τη μεταφύτευση και (2) δυνατότητα πρόβλεψης της απόδοσης του φυτευτικού υλικού μετά τη μεταφύτευσή του.

Συνεπώς, είναι απαραίτητο για τη φυτωριακή πράξη να οριστούν κριτήρια για την ανάπτυξη αξιόπιστων τρόπων εκτίμησης της ποιότητας του φυτευτικού υλικού, τα οποία θα είναι χρησιμοποιήσιμα στην πράξη. Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η ανασκόπηση των αποτελεσμάτων του κοινοτικού ερευνητικού προγράμματος "A European approach for assessing regrowth potential of woody plants: parameters for plant vitality and dormancy of planting stock", όσον αφορά στην αξιολόγηση της καταλληλότητας φυσιολογικών παραμέτρων ως δεικτών του λήθαργου και της ζωτικότητας φυτευτικού υλικού.

Υλικά και Μέθοδοι

Φυτευτικό υλικό και εφαρμοσθέντες χειρισμοί

Τα είδη που μελετήθηκαν στα πλαίσια του κοινοτικού ερευνητικού προγράμματος παρατίθενται στο πρώτο μέρος της ανασκόπησης (I - Παράγοντες επίδρασης και αξιολόγηση μορφολογικών παραμέτρων ως δεικτών λήθαργου και ζωτικότητας).

Κατά την ανάπτυξη του φυτευτικού υλικού στο φυτώριο εφαρμόστηκαν διάφοροι χειρισμοί, όπως υδατική καταπόνηση, εφαρμογή θερμοκρασιών παγετού, λίπανση, μεταβαλλόμενες συνθήκες αποθήκευσης και μεταφοράς, κυμαινόμενη διάρκεια αποθήκευσης και χρόνος εξαγωγής. Περισσότερες λεπτομέρειες σχετικά με τους χειρισμούς που εφαρμόστηκαν δίδονται στο πρώτο μέρος της ανασκόπησης.

Μετρηθείσες φυσιολογικές παράμετροι

Διαρροή Ηλεκτρολυτών (Electrolyte Leakage - EL)

Η διαρροή ηλεκτρολυτών (EL) μετρήθηκε σε λεπτά ριζίδια (Root EL - REL), στους οφθαλμούς (Bud EL - BEL), στους βλαστούς (Shoot EL - SEL) και στις βελόνες (Needle EL - NEL) σε αρκετά είδη. Η μέθοδος περιγράφεται αναλυτικά από τη McKay (1991, 1992, 1993, 1998), καθώς και τους McKay κ.α. (1999), βασιζόμενη σε αυτή των Dexter κ.α. (1932) και σκοπεύει στην εκτίμηση της ποιότητας του φυτού, καθώς είναι γνωστό ότι η διαρροή ηλεκτρολυτών από φυτικούς ιστούς είναι μικρότερη όσο υγιέστερο και πιο ρωμαλέο είναι το φυτό.

Δυναμικό αύξησης ρίζας και βλαστού (Root Growth Potential-RGP, Shoot Growth Potential-SGP)

Η μέθοδος προσδιορισμού του δυναμικού αύξησης της ρίζας τυποποιήθηκε από τους Ritchie και Dunlap (1980). Το RGP είναι το συνολικό μήκος των νέων ριζών, μετά από ορισμένη περίοδο ανάπτυξης.

Για τον προσδιορισμό του RGP εφαρμόστηκαν πειράματα χρονικής διάρκειας 14 μέχρι 40 ημερών. Κατά τη διάρκεια των πειραμάτων αυτών τα δενδρύλλια αναπτύχθηκαν σε συνθήκες σταθερής θερμοκρασίας 20 °C, σχετικής υγρασίας 75-80%, έντασης φωτός 350-400 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ και φωτοπεριόδου μεταξύ 12 και 18h.

Τα φυτά φυτεύτηκαν σε ερμητικά κλειστά δοχεία από ανοξείδωτο ασάλι ή αλουμίνιο ή σε δοχεία με πλευρές διάφανες, οι οποίες επέτρεπαν την παρατήρηση των ριζών κατά την αυξητική περίοδο. Οι διαφανείς επιφάνειες παρέμεναν καλυμμένες και αποκαλύπτονταν μόνο κατά τη διάρκεια των μετρήσεων. Το εδαφικό υπόστρωμα που χρησιμοποιήθηκε ήταν μείγμα τύρφης και άμμου ή περλίτη και διατηρούνταν σε σημείο πλήρους υδατοϊκανότητας με συχνά ποτίσματα. Το πλεονάζον νερό παροχετευόταν μέσω οπών που βρισκόταν στο κάτω μέρος των δοχείων. Στα ερμητικά κλειστά δοχεία γινόταν αναρρόφηση του πλεονάζοντος νερού με αντλία.

Μετά την ολοκλήρωση της αυξητικής περιόδου, μετρήθηκε το μήκος ή το χλωρό ή ξηρό βάρος των νέων ριζών. Επίσης, λιγότερο εντατικά προσδιορίστηκε το δυναμικό αύξησης του βλαστού (SGP) στα ίδια φυτά, στα οποία μετρήθηκε το RGP, μετρώντας το χλωρό βάρος των νέων βλαστών και φύλλων ανά φυτό.

Υδατικές σχέσεις φυτού

Ο προσδιορισμός των υδατικών σχέσεων του φυτού έγινε κυρίως σε πεύκα (*P.sylvestris*, *P.nigra* var. *Corsicana*, *P.maritima*) και δρυές (*Q.pendunculata*, *Q.robur*, *Q.suber*, *Q.frainetto*). Μεταξύ των φυσιολογικών παραμέτρων που μετρήθηκαν για τον προσδιορισμό των υδατικών σχέσεων, οι κύριες είναι το περιεχόμενο νερό και το υδατικό δυναμικό που εξετάστηκαν σε διάφορα τμήματα του φυτού. Επίσης όμως έγιναν μετρήσεις περιεχόμενης σχετικής υγρασίας, δυναμικού σπαργής, οσμωτικού δυναμικού, στοματικής αγωγιμότητας, αγωγιμότητας βελονών και διαπνοής.

Οι υδατικές σχέσεις του φυτευτικού υλικού μελετήθηκαν με σκοπό τον προσδιορισμό της επίδρασης της υδατικής καταπόνησης, η οποία είναι μια από τις συνθηθέστερες καταπονήσεις που υφίστανται τα φυτά στο φυτώριο και συντελεί στη μείωση της ζωτικότητάς τους. Οι περισσότερες από τις παραπάνω υδατικές παραμέτρους προσδιορίστηκαν σε διάφορες φάσεις ανάπτυξης του φυτευτικού υλικού: πριν και μετά την εφαρμογή διαφόρων χειρισμών στο φυτώριο, κατά τη μεταφύτευση στο πεδίο ή σε θαλάμους αύξησης, καθώς και μετά τη μεταφύτευση στο πεδίο, σε τακτά χρονικά διαστήματα.

Στα πλαίσια της παρούσας ανασκόπησης γίνεται αναφορά στις μετρήσεις υδατικών σχέσεων, οι οποίες πραγματοποιήθηκαν μετά την εφαρμογή αφυδάτωσης και, ακολούθως, επανενυδάτωσης κατά τη διάρκεια

ψυχρής αποθήκευσης, η οποία εφαρμόστηκε με σκοπό την πρόκληση λήθαργου σε φυτευτικό υλικό μετά την εξαγωγή του από το φυτώριο. Επίσης, γίνεται αναφορά στις μετρήσεις υδατικών σχέσεων που έγιναν με σκοπό τη μελέτη της επίδρασης της διάρκειας της υδατικής καταπόνησης κατά την ψυχρή αποθήκευση στην ζωτικότητα του φυτευτικού υλικού.

Το περιεχόμενο νερό και το σχετικό περιεχόμενο νερό προσδιορίστηκαν σε διάφορα φυτικά μέρη: στα ανώτερα 3 cm του κυρίαρχου βλαστού και στη βάση της κύριας ρίζας στις δρύες, στα πολύ λεπτά ριζικά τριχίδια (διαμέτρου < 1 mm) στα πεύκα. Για κάθε τμήμα, προσδιορίστηκε το χλωρό (FW) και το ξηρό βάρος (DW, μετά από ξήρανση σε φούρο στους 105 °C, για 24 ώρες). Το περιεχόμενο νερό (%) και το σχετικό περιεχόμενο νερό (%) υπολογίστηκαν ως εξής:

$$\text{Περιεχόμενο νερό} = \frac{FW - DW}{DW} 100$$

$$\text{Σχετικό περιεχόμενο νερό} = \frac{FW - DW}{TW - DW} 100$$

όπου TW το βάρος σπαργής, το οποίο υπολογίζεται μετά από κορεσμό σε απιονισμένο νερό για 24 ώρες σε ψυχρό θάλαμο (2 °C, υπό συνθήκες σκότους).

Το υδατικό δυναμικό (Ψ_{wp}) φύλλου ή βελόνας μετρήθηκε με θάλαμο πίεσης, η χρήση του οποίου είναι ευρέως διαδεδομένη για τον σκοπό αυτό (ενδεικτικά: Scholander κ.α. 1965, Sands κ.α. 1984, Takos 1987, Takos 1989, Fotelli κ.α. 2000, Fotelli κ.α. 2001). Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκε θάλαμος πίεσης τύπου Skye 1400 (Skye Instruments Ltd, Llandrindod Wells, Powys, UK). Το οσμωτικό δυναμικό (Π) μετρήθηκε με οσμόμετρο πίεσης ατμού Wascon 5500 (Wascon Inc., Logan, Utah, USA). Τέλος, το δυναμικό σπαργής (P) υπολογίστηκε με τον τύπο $P = \Psi_{wp} - \Pi$. Όλες οι παραπάνω παράμετροι προσδιορίστηκαν μετά το πέρας της αποθήκευσης του φυτευτικού υλικού, σε συνθήκες σκότους.

Η υδραυλική αγωγιμότητα ολόκληρου του ριζικού συστήματος (Root Conductivity - C_R) μετρήθηκε με τη χρήση μεθόδου πρόκλησης τάσης (Cochard, προσωπική επικοινωνία). Τα δενδρύλλια κόπηκαν στο σημείο του ριζικού κόμβου και το ριζικό σύστημα τοποθετήθηκε σε νερό. Στο σημείο κοπής το ριζικό σύστημα συνδέθηκε με αντλία, με τη βοήθεια της οποίας είναι δυνατή η πρόκληση τάσης ελεγχόμενης έντασης. Μετά τη μέτρηση της τάσης που εφαρμόστηκε και της ροής του νερού που εξέρχεται από το ριζικό σύστημα, υπολογίζεται η γραμμική συσχέτιση μεταξύ των δύο αυτών μεταβλητών. Η κλίση (β) της γραμμικής τους συσχέτισης αντιπροσωπεύει την υδραυλική αγωγιμότητα του ριζικού συστήματος. Η αγωγιμότητα ρίζας σχετίζεται με την ικανότητα κίνησης του νερού δια μέσω της συνέχειας εδάφους - φυτού - ατμόσφαιρας, θεωρείται ενδεικτική της ανταλλαγής αερίων από το φυτό και έχει προταθεί ως χρήσιμη φυσιολογική παράμετρος για τον καθορισμό της ποιότητας φυτευτικού υλικού (Timmis 1980, Orlander και Rosvall-Ahnebrink 1987, Van den Driessche 1991).

Ηλεκτρική αγωγιμότητα (Electrical Conductivity - EC)

Χρησιμοποιήθηκε ένα ιδιαίτερα απλό σύστημα για τη μελέτη των επιδράσεων των διαφορετικών χειρισμών στα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά των ιστών του βλαστού. Χρησιμοποιήθηκε ένα ηλεκτρόδιο με δύο ανοξείδωτες ασάλινες βελόνες με απόσταση 1 cm μεταξύ τους. Το ηλεκτρόδιο εφαρμόζεται πάνω στον βλαστό (μέγιστης διαμέτρου 3,5 cm), έτσι ώστε οι δύο βελόνες του ηλεκτροδίου, μήκους 2 mm, να εισχωρήσουν κάθεται στον βλαστό. Για τη λήψη μετρήσεων, το ηλεκτρόδιο συνδέεται με φορητό μετρητή αγωγιμότητας (Radiometer CDM 210 και LFTD 62-407-19), ο οποίος δίνει τις ενδείξεις ηλεκτρικής αγωγιμότητας. Η μέθοδος αυτή βασίζεται στις ηλεκτρικές ιδιότητες των ιστών και έχει εφαρμοστεί, με τη χρήση παρόμοιων συστημάτων, για τη μελέτη των υδατικών σχέσεων και της ζωτικότητας δένδρων (Borchert 1992, Smith και Ostrofsky, 1993). Σκοπός της χρήσης της στα πλαίσια του παρόντος προγράμματος ήταν η μελέτη της σχέσης της ηλεκτρικής αγωγιμότητας με τη ζωτικότητα και τον λήθαργο φυτευτικού υλικού, αντικείμενο για το οποίο δεν υπάρχει καμία προηγούμενη αναφορά.

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα μετρήθηκε σε πειράματα πρόκλησης λήθαργου, διακοπής λήθαργου, υδατικής καταπόνησης και συνδυασμού διακοπής του λήθαργου και υδατικής καταπόνησης. Μετρήσεις έγιναν σε 20 φυτά ανά χειρισμό και σε δύο επίπεδα του βλαστού ανά φυτό (στη βάση του βλαστού και σε ύψος 8 cm). Πριν την πραγματοποίηση μετρήσεων, τα φυτά προσαρμόστηκαν σε θερμοκρασία εργαστηρίου στους 20 °C για μία

ώρα.

Στα πλαίσια της παρούσας ανασκόπησης γίνεται αναφορά μόνο σε πειράματα πρόκλησης λήθαργου το φθινόπωρο, κατά τα οποία μελετήθηκε η επίδραση της διάρκειας ψυχρής αποθήκευσης (στους $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ και στους $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$) στην πρόκληση λήθαργου μετά την εξαγωγή των φυτών.

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα προσδιορίστηκε στα είδη *Pinus sylvestris* και *Quercus robur*, τα οποία χρησιμοποιήθηκαν από κοινού από όλους τους συμμετέχοντες, καθώς και στα είδη *Acer platanoides*, *Fraxinus excelsior*, *Rosa canina* 'inermis' και *Rosa corymbifera* 'Laxa'.

Αποθέματα υδατανθράκων, αζώτου και άνθρακα

Τα αποθέματα υδατανθράκων, αζώτου και άνθρακα μεταβάλλονται στα φυτά ανάλογα με τις συνθήκες ανάπτυξής τους. Ακόμη, τόσο η υδατική κατάσταση των φυτών, όσο και το δυναμικό ανάπτυξης των ριζών και η επιτυχής εγκατάσταση των φυτών στο πεδίο επηρεάζεται σημαντικά από τη διαθεσιμότητα υδατανθράκων, αζώτου και άνθρακα (Joustra 2000). Στα πλαίσια του εν λόγω ερευνητικού προγράμματος, σκοπός της μέτρησης των παραπάνω παραμέτρων ήταν ο καθορισμός του αν και κατά πόσο τα αποθέματα αυτά μεταβάλλονται ανάλογα με τις αλλαγές στη ζωτικότητα και τον λήθαργο του φυτευτικού υλικού, οι οποίες προκαλούνται κατά την εξαγωγή των φυτών από το φυτώριο.

Για τον προσδιορισμό των αποθεμάτων αζώτου και άνθρακα συνδυάστηκε η ανάλυση των υδατανθράκων σε διαφορετικά φυτικά τμήματα δενδρυλλίων της *Pinus nigra* var. *Corsicana* με τη χρήση σταθερών ισότοπων (^{13}C , ^{15}N ; Delnicer κ.α. 1994, Pellicer κ.α. 2000, Fotelli κ.α. 2001, Fotelli κ.α. 2002α, Fotelli κ.α. 2003, Fotelli κ.α. 2004).

Για τον προσδιορισμό των αποθεμάτων αυτών πραγματοποιήθηκε το εξής πείραμα: Διετή δενδρύλλια *Pinus nigra* var. *Corsicana* τοποθετήθηκαν σε θερμοκήπιο τον Οκτώβριο και κατά τη διάρκεια του πειράματος δέχονταν επαρκή άρδευση. Πριν τη μεταφύτευσή τους σε μικρά ριζοτρόνια, εφαρμόστηκε μαρκαρίσμα των αποθεμάτων αζώτου και άνθρακα των δενδρυλλίων με τα βαρύτερα σταθερά ισότοπα ^{13}C και ^{15}N με σκοπό τον καθορισμό της μετακίνησης του άνθρακα και του αζώτου στα υπέργεια και υπόγεια τμήματα κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης νέων ριζών. Η σήμανση με ^{15}N έγινε με την περιοδική παροχή διαλύματος $^{15}\text{NO}_3^{15}\text{NH}_4$ στα φυτά το Δεκέμβριο με σκοπό την επίτευξη ομοιομορφής σήμανσης των αποθεμάτων αζώτου. Η σήμανση με ^{13}C έγινε με την τοποθέτηση των φυτών σε περιβάλλον εμπλουτισμένο με $^{13}\text{CO}_2$ σε φυτοτρόνια για τέσσερις 24ωρες περιόδους τον Δεκέμβριο και τον Ιανουάριο.

Στο τέλος της φάσης σήμανσης εφαρμόστηκαν δύο χειρισμοί με σκοπό τον καθορισμό της επίδρασης της εξαγωγής στα αποθέματα υδατανθράκων, αζώτου και άνθρακα του φυτευτικού υλικού. Στον πρώτο χειρισμό (μάρτυρες), τα φυτά εξήχθησαν με προσοχή από το αρχικό εδαφικό υπόστρωμα και μεταφυτεύτηκαν σε μικρά ριζοτρόνια. Στον δεύτερο χειρισμό, εφαρμόστηκε κοπή όλων των λευκών ριζιδίων με σκοπό την προσομοίωση των ζημιών που υφίσταται το ριζικό σύστημα κατά την εξαγωγή και κατόπιν τα φυτά μεταφυτεύτηκαν επίσης σε μικρά ριζοτρόνια, όπως και στην πρώτη περίπτωση. Σε κάθε χειρισμό, τα φυτά συγκομίζονταν περιοδικά μετά τη μεταφύτευση και πραγματοποιούνταν αναλύσεις για τον προσδιορισμό των αποθεμάτων υδατανθράκων, αζώτου και άνθρακα σε διάφορους φυτικούς ιστούς.

Για τον προσδιορισμό των υδατανθράκων έγινε λήψη δειγμάτων από 12 φυτά ανά χειρισμό. Τα δείγματα ψύχθηκαν αμέσως σε υγρό άζωτο και αποθηκεύθηκαν στους $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$. Η μέτρηση των δειγμάτων έγινε με τη χρήση HPLC (High Pressure Liquid Chromatography), η οποία εφαρμόζεται εκτενώς για τον σκοπό αυτό (ενδεικτικά: Polle και Eiblmeier 1995, Peuke κ.α. 2002, Blaschke κ.α. 2002, Keitel κ.α. 2003).

Για τον προσδιορισμό αποθεμάτων αζώτου και άνθρακα έγινε επίσης λήψη δειγμάτων από 12 φυτά ανά χειρισμό. Μετά την ξήρανση των δειγμάτων ($65\text{ }^{\circ}\text{C}$, 3 ημέρες) πραγματοποιήθηκε η μέτρηση των συγκεντρώσεων τόσο των σταθερών ισότοπων ^{13}C , ^{15}N , όσο και του συνολικού αζώτου και άνθρακα στους διάφορους φυτικούς ιστούς με τη χρήση EA-IRMS (Elemental Analyzer – Isotope Ratio Mass Spectrometer), όπως περιγράφεται σε διάφορες σχετικές μελέτες (ενδεικτικά: Farquhar κ.α. 1989, Clinton και Mead 1994, Neill κ.α. 1999, Fotelli κ.α. 2001, Fotelli κ.α. 2002α, Fotelli κ.α. 2003).

Το βασικό ερώτημα ήταν αν οι νέες ρίζες χρησιμοποιούν αποθέματα υδατανθράκων, άνθρακα και αζώτου που είχαν αφομοιωθεί προγενέστερα ή αν χρησιμοποιούν προσφάτως αφομοιωμένες μορφές τους. Στην πρώτη περίπτωση ο προσδιορισμός των αποθεμάτων άνθρακα και αζώτου σε διαφορετικούς φυτικούς ιστούς

μπορεί να αποτελέσει μέσο πρόβλεψης της ικανότητας των φυτών να αναπτύξουν νέες ρίζες, μετά τη μεταφύτευση.

Στατιστική επεξεργασία

Για τη στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα Genstat 5. Συντελεστές παλινδρόμησης μεγαλύτεροι του 0.5 θεωρήθηκαν ότι έχουν πιθανή πρακτική αξία. Χρησιμοποιήθηκε ανάλυση της διακύμανσης (Analysis Of Variance - ANOVA) και το τεστ Tukey's HSD (Honest Significant Differences) σε επίπεδο σημαντικότητας 95% για τον προσδιορισμό της επίδρασης του χρόνου εξαγωγής των φυτών στην ανάπτυξή τους. Ανάλυση απλής παλινδρόμησης (γραμμικό μοντέλο) χρησιμοποιήθηκε σε επίπεδο μεμονωμένου φυτού ($n = 63-150$) για τον προσδιορισμό των σχέσεων μεταξύ των διαφορετικών ζευγών μεταβλητών ποιότητας. Για την επιβίωση εφαρμόστηκε το τεστ Chi-square και οι χειρισμοί συγκρίθηκαν ανά ζεύγη σε επίπεδο σημαντικότητας 95%. Τέλος, χρησιμοποιήθηκε ANOVA (ή μη παραμετρικά τεστ, όπου ήταν απαραίτητο) για την αξιολόγηση της επίδρασης των χειρισμών. Οι σχέσεις μεταξύ των παραμέτρων αξιολογήθηκαν με τη βοήθεια της συσχέτισης Pearson και της λογιστικής παλινδρόμησης.

Αποτελέσματα

Διαρροή ηλεκτρολυτών (Electrolyte Leakage - EL) (Πίνακας I)

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν σχετικά με την πρακτική αξία της διαρροής ηλεκτρολυτών (EL) από διάφορους φυτικούς ιστούς ως δείκτη εκτίμησης του λήθαργου και της ζωτικότητας ποίκιλλαν ανάλογα με τη χώρα μέτρησης, το δασικό είδος, τους εφαρμοσθέντες χειρισμούς, τους συλλεχθέντες ιστούς και την κατάσταση των μελετηθέντων φυτών.

Σε γενικές γραμμές, η διαρροή ηλεκτρολυτών από διάφορους ιστούς ήταν ένας σχετικά καλός δείκτης της κατάστασης του λήθαργου κατά τη διάρκεια της πρωτοπλασματικής σκλήρυνσης (Πίνακας I). Μεταξύ των εξετασθέντων ιστών, οι καλύτερες συσχετίσεις βρέθηκαν για τη διαρροή ηλεκτρολυτών από τις λεπτές ρίζες και, δευτερευόντως, από τους οφθαλμούς.

Δε βρέθηκε καμία συσχέτιση μεταξύ της διαρροής ηλεκτρολυτών και της διακοπής του λήθαργου, ανεξάρτητα από τους εξεταζόμενους φυτικούς ιστούς (Πίνακας I: διακοπή λήθαργου). Συνεπώς, η φυσιολογική αυτή παράμετρος απορρίπτεται όσον αφορά την καταλληλότητά της για την εκτίμηση της διακοπής του λήθαργου.

Η διαρροή ηλεκτρολυτών από υπέργειους ιστούς (οφθαλμούς και βλαστούς) σχετίζονταν λίγο ή καθόλου με τη ζωτικότητα και, συνεισώς, την απόδοση των φυτών στο πεδίο (Πίνακας I: ζωτικότητα). Αντιθέτως, η διαρροή ηλεκτρολυτών από τις λεπτές ρίζες αποδείχθηκε αξιόπιστος δείκτης της ζωτικότητας. Ακόμη, για τα είδη *Fagus sylvatica* και *Quercus robur* η διαρροή ηλεκτρολυτών από τον ριζικό κόμβο, μαζί με τη διαρροή ηλεκτρολυτών από τις λεπτές ρίζες παρουσίασαν καλή συσχέτιση με τη ζωτικότητα του φυτευτικού υλικού.

Δυναμικό αύξησης της ρίζας (RGP) και του βλαστού (SGP) (Πίνακας II)

Τα αποτελέσματα του δυναμικού αύξησης της ρίζας και του βλαστού παρουσίασαν διαφορές, τόσο μεταξύ των ειδών όσο και μεταξύ των χωρών όπου έγιναν μετρήσεις.

Τα RGP και SGP δεν αποδείχθηκαν καλοί δείκτες της πρόκλησης λήθαργου. Τόσο το RGP, όσο και το SGP δεν συσχετίστηκαν με την πρόκληση λήθαργου, σε κανένα από τα εξετασθέντα είδη.

Αντιθέτως, και οι δύο παράμετροι συσχετίστηκαν καλά με τη διακοπή του λήθαργου για ορισμένα από τα είδη. Η συσχέτιση όμως ίσχυε μόνο για αυτά τα είδη που χαρακτηρίζονται από πραγματικό λήθαργο (ενδο-λήθαργο). Στα είδη *Pinus sylvestris*, *Rosa canina* 'Inermis', *Rosa corymbifera* 'Laxa', τα οποία παρουσιάζουν οικο-λήθαργο (σκλήρυνση), δεν υπήρχε συσχέτιση των RGP και SGP με τη διακοπή λήθαργου.

Η συσχέτιση μεταξύ ζωτικότητας των φυτών και των παραμέτρων RGP και SGP παρουσίασε διαφορές μεταξύ των ειδών. Για τα γένη *Pinus*, *Quercus* δε βρέθηκε καμιά γενική τάση στη σχέση μεταξύ των παραμέτρων αυτών και της ζωτικότητας, καθώς υπήρξαν διαφορές στα αποτελέσματα μεταξύ των συμμετεχόντων ερευνητικών ομάδων. Είδη για τα οποία τα RGP και SGP θεωρήθηκαν χρήσιμοι δείκτες της ζωτικότητας του φυτευτικού υλικού ήταν τα: *Picea abies*, *Larix kaempferi*, *Pseudotsuga menziesii* και *Fagus sylvatica*.

Πίνακας Ι. Η διαρροή ηλεκτρολυτών (EL) σε οφθαλμούς (B), βελόνες (N), βλαστό (S), λεπτές ρίζες (R), κύρια ρίζα (TR) και ριζικό κόμβο (RC) ως δείκτης του λήθαργου και της ζωτικότητας διαφορετικών ειδών. Οι παρακάτω συμβολισμοί αποδίδουν την καταλληλότητα της EC ως δείκτη λήθαργου και ζωτικότητας: ++ = πολύ καλός, + = μέτρια καλός, +/- = βρέθηκαν τόσο καλές, όσο και φτωχές συσχετίσεις, - = ανεπαρκής, -- = πολύ ανεπαρκής.

Table I. Electrolyte leakage (EL) of buds (B), needles (N), shoot (S), fine roots (R), tap root (TR), root collar (RC), as an indicator of dormancy and vitality of various species. The following symbols were used to show the suitability of EC as an indicator of dormancy and vitality: ++ = very good, + = moderately good, +/- = some promising and some poor correlations were found, - = poor, -- = very poor.

Είδη	Συμμετέχων (*)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	10	
Πρόκληση λήθαργου										
<i>Acer platanoides</i>	B++,R+									
<i>Pinus sylvestris</i>	B++,N++, R+	S++,R++	R--	R+/-						
<i>Picea abies</i>										
<i>Larix kaempferi</i>		S++,R++								
<i>Quercus robur</i>			R+/-	R+/-	R++, TR+/-					
<i>Rosa corymbifera</i>	B++,R+									
<i>Malus</i>	B++,R+			R+/-						
<i>Rosa canina</i>	B+,R++									
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	B+/-,R+/-				R++					
Διακοπή λήθαργου										
<i>Picea sylvestris</i>	-									
<i>Acer platanoides</i>	-									
<i>Fraxinus excelsior</i>	-									
<i>Quercus robur</i>	-									
<i>Rosa canina</i>	-									
<i>Rosa corymbifera</i>	-									
Ζωτικότητα										
<i>Acer platanoides</i>	B+,R+									
<i>Rosa corymbifera</i>	B+,R+									
<i>Pinus nigra</i>							R-			
<i>Pinus pinaster</i>								R+/-		
<i>Pinus sylvestris</i>	R+	S+/-,R-	R+/-	R+			R-			
<i>Abies procera</i>										
<i>Picea abies</i>		S+/-,R-	R++							
<i>Larix kaempferi</i>				R+						
<i>Pseudotsuga menziesii</i>					R+, R-(**)					
<i>Acer pseudoplatanus</i>										R++
<i>Castanea sativa</i>										R++
<i>Fagus sylvatica</i>						R+,RC+,S-				
<i>Fraxinus excelsior</i>	R++,B-									R++
<i>Quercus frainetto</i>										R++
<i>Quercus robur</i>	R++,B-	S-,R--	R+/-	R+	R+,R-(**)	R+,RC+,S-	R++	TR-,R+/-		R++
<i>Quercus rubra</i>										
<i>Quercus suber</i>								TR-,R+/-		

(*) Ο πίνακας με τα συμμετέχοντα ερευνητικά ιδρύματα δίδεται στο πρώτο μέρος της ανασκόπησης ((I) Παράγοντες επίδρασης και αξιολόγηση μορφολογικών παραμέτρων ως δεικτών λήθαργου και ζωτικότητας).

(**) Οι συσχέτιση ήταν καλή για τα φυτά που υπέστησαν ψυχρή αποθήκευση και ασθενής για αυτά που υπέστησαν θερμή αποθήκευση.

Πίνακας ΙΙ. Δυναμικό αύξησης της ρίζας (RGP) και του βλαστού (SGP) ως δείκτες του λήθαργου και της ζωτικότητας φυτευτικού υλικού διαφορετικών ειδών (+ = καλός, - = ανεπαρκής, ± = βρέθηκαν τόσο καλές, όσο και ασθενείς συσχετίσεις)

Table II. Root growth potential (RGP) and shoot growth potential (SGP) as indicators of dormancy and vitality of plant stock from various species (+ good, - inadequate, ± = some promising and some poor correlations were found)

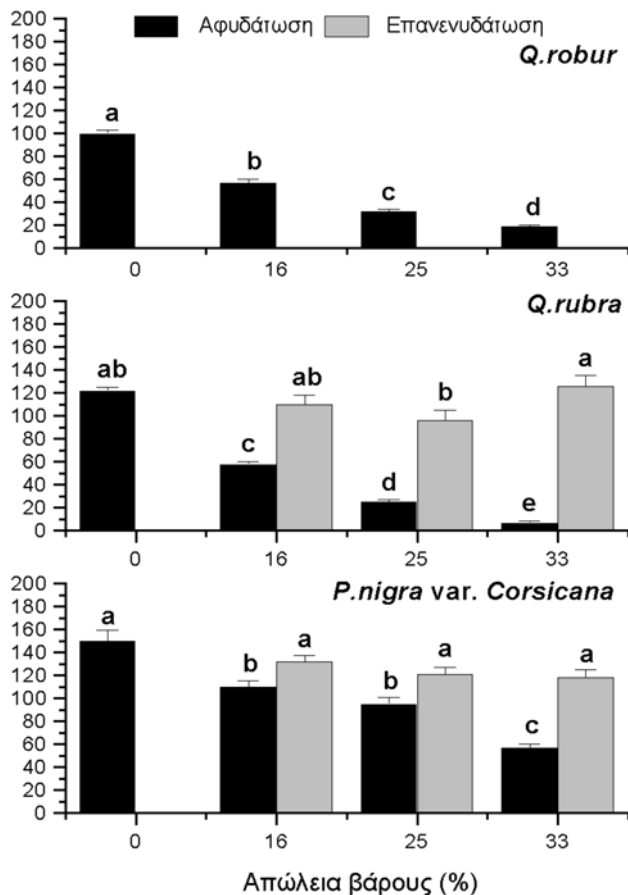
Είδη	Συμμετέχον (*)									
	1	2	3	4	5 (**)	6	7 (***)	8	9	10
Πρόκληση λήθαργου										
<i>Pinus sylvestris</i>	-	-		-						
<i>Picea abies</i>		-								
<i>Larix kaempferi</i>				-						
<i>Quercus robur</i>	-			-						
Διακοπή λήθαργου										
<i>Pinus sylvestris</i>	-									
<i>Acer platanoides</i>	+									
<i>Fraxinus excelsior</i>	+									
<i>Quercus robur</i>	+									
<i>Rosa canina</i>	-									
<i>Rosa corymbifera</i>	-									
Ζωτικότητα φυτού										
<i>Pinus nigra</i>							±			
<i>Pinus pinaster</i>								-		
<i>Pinus sylvestris</i>	±	+	-	+						
<i>Abies procera</i>			-							
<i>Picea abies</i>		+								
<i>Larix kaempferi</i>				+						
<i>Pseudotsuga menziesii</i>					+					
<i>Acer pseudoplatanus</i>										-
<i>Acer platanoides</i>	±									
<i>Castanea sativa</i>										-
<i>Fagus sylvatica</i>						+				
<i>Fraxinus excelsior</i>	±									-
<i>Juglans regia</i>									-	
<i>Quercus frainetto</i>										-
<i>Quercus robur</i>	±	+	-	+	±	+	±	+	-	
<i>Quercus rubra</i>							±			-
<i>Quercus suber</i>								+		
<i>Rosa canina</i>	±									
<i>Rosa corymbifera</i>	±									

*) Ο πίνακας με τα συμμετέχοντα ερευνητικά ιδρύματα δίδεται στο πρώτο μέρος της ανασκόπησης ((I) Παράγοντες επίδρασης και αξιολόγηση μορφολογικών παραμέτρων ως δεικτών λήθαργου και ζωτικότητας).

**) Για τα προσφάτως εξαγχθέντα δενδρύλλια το RGP ήταν ασθενής δείκτης της ζωτικότητας του φυτού.

Για τα δενδρύλλια που υπέστησαν ψυχρή αποθήκευση το RGP ήταν καλός δείκτης της ζωτικότητας του φυτού.

***) Η συσχέτιση με την αύξηση του ύψους ήταν φτωχή. Για τις πολύ χαμηλές τιμές RGP οι τιμές της συσχέτισης με τη ζωτικότητα ήταν κάπως καλύτερη.



Σχήμα 1: Επίδραση απώλειας βάρους των δενδρυλλίων, κατά τη φάση της αφυδάτωσης και της ακόλουθης επανενυδάτωσης κατά την ψυχρή αποθήκευση, στην περιεχόμενη υγρασία ρίζας (%).

Figure 1: Effect of seedlings weight loss during dehydration and following re-wetting, on root moisture content (%).

αποθήκευσης. Ακόμη, μελετήθηκε η επίδραση της μεταβολής στην υδατική κατάσταση των φυτών στην μετέπειτα απόδοσή τους στο πεδίο.

Κατά τη μεταφύτευση στο πεδίο μετρήθηκαν το περιεχόμενο νερό (WC) σε βλαστό και ρίζα (g gDW^{-1}) και το υδατικό δυναμικό Ψ_{wp} ρίζας (MPa). Μετά τη μεταφύτευση μετρήθηκαν η επιβίωση, η καθυστέρηση εμφάνισης των πρώτων ριζών και το δυναμικό ανάπτυξης της ρίζας (RGP). Οι τιμές που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα δεν διαφέρουν μεταξύ τους σημαντικά ($p < 0.05$).

Αμέσως πριν τη φύτευση, τόσο το υδατικό δυναμικό ρίζας πριν την ανγή (Ψ_{wp}), όσο και το περιεχόμενο νερό σε ρίζα και βλαστό ήταν σημαντικά μικρότερα, όσο μεγαλύτερη ήταν η διάρκεια της υδατικής καταπόνησης κατά την αποθήκευση. Η αφυδάτωση την οποία υφίσταντο τα φυτά, είχε ως αποτέλεσμα τη σημαντική καθυστέρηση στην εμφάνιση των πρώτων νέων ριζών, όσο μεγαλύτερη ήταν η διάρκεια της αφυδάτωσης. Ακόμη, η παρατεταμένη υδατική καταπόνηση είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση της επιβίωσης των φυτών μετά τη φύτευσή τους στο πεδίο, ενώ δεν παρατηρήθηκε κάποια σταθερή τάση στη μεταβολή του RGP (δεν παρουσιάζονται τα δεδομένα).

Υδατικές σχέσεις φυτού

Επίδραση αφυδάτωσης και επανενυδάτωσης

Κατά την ψυχρή αποθήκευση φυτευτικού υλικού των ειδών *Quercus robur*, *Quercus rubra* και *Pinus nigra* var. *Corsicana* εφαρμόστηκε υδατική καταπόνηση, η οποία έγινε αισθητή με την απώλεια βάρους (Weight Loss - WL) των φυτών (Σχήμα 1). Το ριζικό σύστημα των παραπάνω ειδών παρουσίασε σημαντικό υδατικό έλλειμμα όταν η απώλεια βάρους αυξήθηκε (Σχήμα 1). Επίσης, σε αντίθεση με ό,τι αναμενόταν, κάτω από τις συνθήκες υδατικής καταπόνησης παρατηρήθηκε μικρότερη απώλεια νερού από τα δενδρύλλια της πεύκης, από ό,τι της δρυός.

Μετά την επανενυδάτωση των αφυδατωμένων δενδρυλλίων, η οποία εφαρμόστηκε στα είδη *Quercus rubra* και *Pinus nigra* var. *Corsicana*, η περιεχόμενη υγρασία ρίζας αυξήθηκε σημαντικά και επανήλθε και στα δύο είδη στα αρχικά επίπεδα προ της εφαρμογής της υδατικής καταπόνησης (Σχήμα 1).

Ακόμη, κατά τη φύτευση στο πεδίο, η οποία ακολούθησε την ψυχρή αποθήκευση, οι φυσιολογικές παράμετροι που σχετίζονται με την υδατική κατάσταση των φυτών παρουσίασαν γενικά καλή συσχέτιση μεταξύ τους (Πίνακας ΙΙΙ).

Επίδραση χρονικής διάρκειας της αφυδάτωσης

(Πίνακας ΙV). Στο πείραμα αυτό μελετήθηκε η μεταβολή παραμέτρων υδατικής κατάστασης δενδρυλλίων *Q. robur* μετά την εφαρμογή υδατικής καταπόνησης, χρονικής διάρκειας 16 και 32 ωρών, κατά τη διάρκεια ψυχρής

Πίνακας ΙΙΙ: Ανάλυση απλής παλινδρόμησης (γραμμικό μοντέλο) μεταξύ φυσιολογικών παραμέτρων (*) φυτευτικού υλικού των ειδών *Quercus rubra*, *Quercus robur* και *Pinus nigra* var. *Corsicana*, στο οποίο είχε εφαρμοστεί ψυχρή αποθήκευση. Οι μετρήσεις των φυσιολογικών παραμέτρων πραγματοποιήθηκαν κατά τη φύτευση των φυτών στο πεδίο.

Table III. Simple regression analysis (linear model) between physiological parameters (*) of planting stock from *Quercus rubra*, *Quercus robur* and *Pinus nigra* var. *Corsicana*, previously subjected to cold storage. Measurements of the physiological parameters were conducted after planting in the field.

α - *Quercus rubra* (n = 106 - 150)

SMC	***					
BMC	***	***				
RMC	***	***	***			
WL	***	***	***	***		
REL	***	***	***	***	***	
RRMC	***	***	***	***	***	***
	TMC	SMC	BMC	RMC	WL	REL

β - *Quercus robur* (n = 63 - 150)

SMC	***					
BMC	***	***				
RMC	***	***	***			
WL	***	***	***	***		
REL	***	***	***	***	***	
RRMC	***	***	***	***	***	***
	TMC	SMC	BMC	RMC	WL	REL

γ - *Pinus nigra* var. *Corsicana* (n = 150 - 129)

BMC	ns							
RMC	***	ns						
WL	***	***	***					
Ψ_{wp}	***	*	***	n.s.				
Ψ_{op}	***	ns	***	*	***			
P	**	*	ns	***	***	***		
REL	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	
RRMC	***	***	***	***	***	*	***	ns
RNMC	***	ns	***	***	***	***	ns	ns
	NMC	BMC	RMC	WL	Ψ_{wp}	Ψ_{op}	P	REL
								RRMC

(*) Για την *Pinus nigra* var. *Corsicana* οι μετρηθείσες παράμετροι είναι: Y_{wp} (υδατικό δυναμικό βελονών πριν την ανθή), Y_{op} (οσμωτικό δυναμικό βελονών), P (δυναμικό σπαργής βελονών, RNMC (σχετική περιεχόμενη υγρασία βελονών), NMC (περιεχόμενη υγρασία βελονών). Για τα είδη *Quercus* οι μετρηθείσες παράμετροι είναι: TMC (περιεχόμενη υγρασία κύριας ρίζας), SMC (περιεχόμενη υγρασία βλαστού). Οι κοινές παράμετροι για όλα τα είδη είναι: WL (απόλεια βάρους κατά την αποθήκευση), RRMC (σχετική περιεχόμενη υγρασία ρίζας), RMC (περιεχόμενη υγρασία ρίζας), BMC (περιεχόμενη υγρασία οφθαλμού), REL (διαροπή ηλεκτρολυτών από τη ρίζα). Τα επίπεδα σημαντικότητας είναι: ns μη σημαντικό ($p > 0.05$), * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$.

Πίνακας IV. Επίδραση υδατικής καταπόνησης (16h και 36h) του είδους *Quercus robur* κατά τη διάρκεια ψυχρής αποθήκευσης στην υδατική κατάσταση των φυτών κατά τη μεταφύτευση στο πεδίο και στην ακόλουθη απόδοσή τους.

Table IV. Effects of water stress (16h and 36h) of *Quercus robur* during cold storage on the plants' water relations during transplanting in the field, and on their field performance.

Κατά τη φύτευση	Χειρισμός	WC Βλαστού	WC Ρίζας	Ψ_{wp} Ρίζας
	Μάρτυρας	2.03 a	1.19 a	-0.92 a
	16 h	1.91 b	1.02 b	-1.71 b
	36 h	1.83 c	0.96 b	-2.19 c

Μετά τη φύτευση	Χειρισμός	Επιβίωση	Καθ. εμφ. ρίζας	RGP
	Μάρτυρας	100 %	8/11 ημέρες	46 a
	16 h	80 %	14 ημέρες	15 a
	36 h	70 %	18 ημέρες	39 a

Ηλεκτρική αγωγιμότητα (Electrical Conductivity – EC)

Στα σχήματα 2Α-Β και 3Α-Β παρουσιάζεται η μεταβολή στην ηλεκτρική αγωγιμότητα φυτευτικού υλικού, ανάλογα με τη διάρκεια ψυχρής αποθήκευσης, στα είδη *Acer platanoides* και *Pinus sylvestris*, αντίστοιχα.

Παρατηρήθηκε ότι η EC που μετρήθηκε στη βάση του βλαστού διατηρούνταν σε γενικές γραμμές σταθερή, ανεξάρτητα από τη διάρκεια και τη θερμοκρασία της αποθήκευσης. Δεν παρατηρήθηκε όμως το ίδιο για την EC που μετρήθηκε σε ύψος 8 cm πάνω από τη βάση του βλαστού, η οποία μειώθηκε αισθητά κατά τη διάρκεια των πρώτων 8 εβδομάδων ψυχρής αποθήκευσης.

Επίσης, παρατηρήθηκε ότι στα είδη με ενδο-λήθαργο (ενδεικτικά: Σχήμα 2Α-Β), οι τιμές της EC ήταν χαμηλότερες από ό,τι στα είδη με οικο-λήθαργο (ενδεικτικά: Σχήμα 3Α-Β).

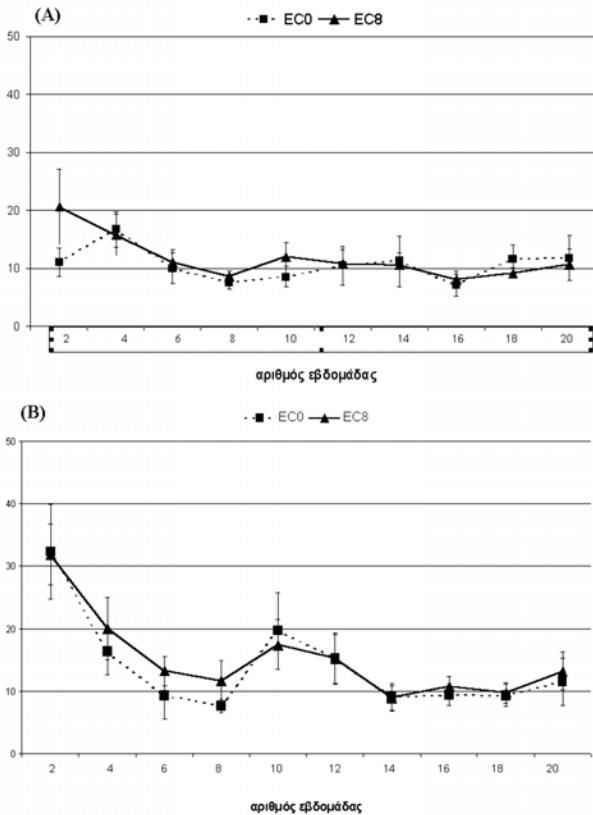
Αποθέματα υδατανθράκων, αζώτου και άνθρακα

Στα σχήμα 4 παρουσιάζεται η χρονική μεταβολή στη συγκέντρωση υδατανθράκων σε διάφορους φυτικούς ιστούς δενδρυλλίων *Pinus nigra* var. *Corsicana* που υπέστησαν ή όχι εξαγωγή.

Η συγκέντρωση υδατανθράκων (κυρίως σακχάρων), ενώ ήταν σταθερή σε επίπεδο ολόκληρου του φυτού, παρουσίασε αύξηση στις βελόνες μεταξύ 0 και 27 ημερών μετά τη μεταφύτευση (Σχήμα 4). Κατά το ίδιο χρονικό διάστημα, η συγκέντρωση παρέμεινε σταθερή στον βλαστό και βαθμιαία μειώθηκε στις ρίζες, υποδηλώνοντας μετακίνηση υδατανθράκων στη ρίζα. Το αποτέλεσμα αυτό συμφωνεί με το γεγονός ότι τόσο η ποσότητα του παλαιού άνθρακα, όσο και ο συνολικός περιεχόμενος άνθρακας μειώθηκε στις ρίζες κατά τη διάρκεια των μετρήσεων (Σχήμα 5Α). Από το σχήμα 5Α είναι επίσης προφανές ότι για τη δημιουργία των νέων ριζών χρησιμοποιήθηκε σχεδόν αποκλειστικά προσφάτως αφομοιωθείς άνθρακας, ενώ για τους νέους βλαστούς χρησιμοποιήθηκε μέχρι την ημέρα 27 παλαιότερα αφομοιωθείς άνθρακας.

Επίσης, και όσον αφορά στο άζωτο, παλαιότερα αποθέματα του χρησιμοποιήθηκαν για τους νέους βλαστούς (Σχήμα 5Β), ενώ η χρήση προσφάτως αφομοιωθέντος αζώτου αυξήθηκε κατά την ημέρα 41 μετά τη μεταφύτευση. Το ποσοστό παλαιότερων αποθεμάτων αζώτου παρουσίασε βαθμιαία μείωση στις ρίζες, ενώ παράλληλα αυξανόταν το ποσοστό προσφάτως αφομοιωθέντος αζώτου. Όσον αφορά στις νέες ρίζες, φαίνεται ότι για τη δημιουργία τους χρησιμοποιήθηκε σχεδόν αποκλειστικά προσφάτως αφομοιωθέν άζωτο (Σχήμα 5Β).

Σε γενικές γραμμές, οι μεταβολές στις συγκεντρώσεις υδατανθράκων ήταν παρόμοιες, τόσο στα φυτά που υπέστησαν εξαγωγή όσο και στους μάρτυρες. Το ίδιο παρατηρήθηκε στα αποθέματα άνθρακα και αζώτου, με εξαίρεση τις τιμές που μετρήθηκαν 41 ημέρες μετά τη μεταφύτευση, οι οποίες ήταν σημαντικά υψηλότερες στους μάρτυρες σε σύγκριση με τα εξαγχθέντα φυτά.



Σχήμα 2: Επίδραση της χρονικής διάρκειας ψυχρής αποθήκευσης του φθινόπωρο, στους $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ (A) και στους $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ (B), στην EC βλαστού (μετρηθείσα στα 0, 8cm) δενδρυλλίων *Acer platanoides*.

Figure 2: Effect of cold storage ($-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$) duration in autumn on stem EC (measured at 0, 8cm) of *Acer platanoides* seedlings.

EC βρέθηκε ότι επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες, όπως ο τύπος του φυτευτικού υλικού (ανάλογα από το αν αυτό αναπτύσσει ενδο- ή οικο-λήθαργο), οι κλιματικές συνθήκες και το ακριβές σημείο μέτρησης της EC πάνω στο βλαστό. Συνεπώς, τα αποτελέσματα ήταν περισσότερο αξιόπιστα όταν η EC μετρήθηκε κάτω από ελεγχόμενες εργαστηριακές συνθήκες.

Το RGP δεν αποδείχθηκε καλός δείκτης της πρόκλησης λήθαργου. Ένας λόγος για αυτό ίσως είναι η μεγάλη διακύμανση στο εποχιακό δυναμικό αύξησης της ρίζας, τόσο μεταξύ ειδών, όσο και γενικά μεταξύ πλατύφυλλων και κωνοφόρων ειδών.

Διακοπή λήθαργου

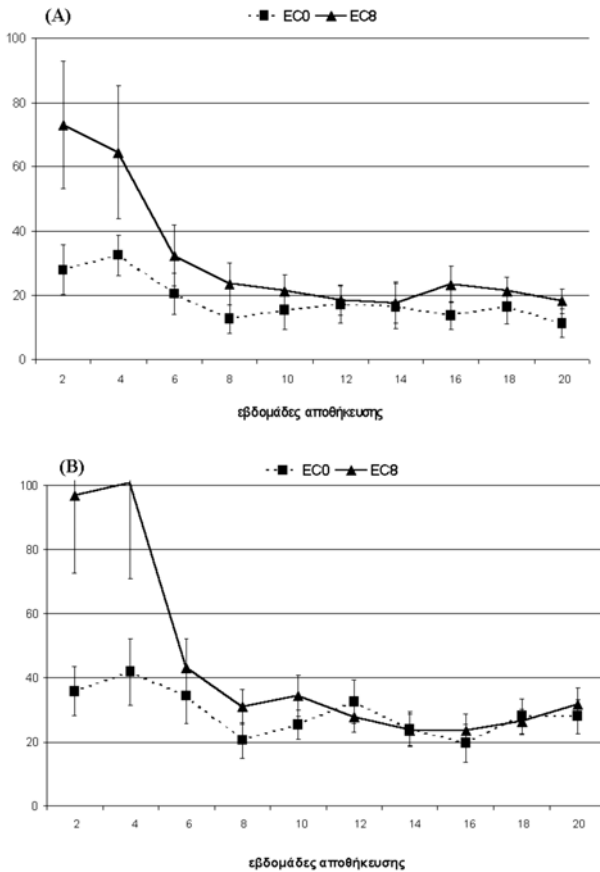
Το δυναμικό αύξησης ρίζας (RGP) και το δυναμικό αύξησης βλαστού (SGP) ήταν οι μόνοι χρήσιμοι φυσιολογικοί δείκτες διακοπής του λήθαργου για είδη με πραγματικό λήθαργο (ενδο-λήθαργο) (Πίνακας ΙΙ). Βέβαια, οι μετρήσεις των RGP και SGP είναι ιδιαίτερα χρονοβόρες και κοπιώδεις για να χρησιμοποιηθούν ευρέως στην πράξη, αλλά προς το παρόν είναι οι μόνοι αξιόπιστοι δείκτες διακοπής λήθαργου. Δεδομένου ότι η μέτρηση του SGP είναι ευκολότερη και λιγότερο κοπιώδης από ό,τι του RGP, ίσως θα μπορούσε να καθιερωθεί η χρήση του SGP στη φυτωριακή πράξη.

Συζήτηση

Έναρξη του λήθαργου (σκλήρυνση)

Η διαρροή ηλεκτρολυτών από τις ρίζες (REL) βρέθηκε ότι είναι μια από τις καλύτερες παραμέτρους για την εκτίμηση της έναρξης του λήθαργου (Πίνακας Ι). Η χρήση της για την εκτίμηση της πρωτοπλασματικής σκλήρυνσης από ψύχος, τόσο του βλαστού όσο και της ρίζας, μπορεί να αποδειχθεί ιδιαίτερα χρήσιμη για τη φυτωριακή πράξη, καθώς υψηλά επίπεδα σκλήρυνσης σχετίζονται γενικά με την αντοχή του φυτευτικού υλικού στις καταπονήσεις, τις οποίες αυτό υφίσταται από την εξαγωγή μέχρι τη μεταφύτευσή του (Ritchie 1989, Burr 1990, Tinus και Burr 1997). Συνεπώς, η παράμετρος REL μπορεί επίσης να αποδειχθεί χρήσιμη για την εκτίμηση πιθανών ζημιών στο φυτευτικό υλικό, λόγω ψύχους. Παρόλα αυτά, η εφαρμογή μέτρησης REL ως ταχείας μεθόδου προσδιορισμού της σκλήρυνσης του ριζικού συστήματος θα πρέπει να εξεταστεί περαιτέρω ιδιαίτερος σε περιοχές με ακανόνιστο κλίμα κατά τη διάρκεια του χειμώνα, το οποίο ενδέχεται να επηρεάζει τα επίπεδα σκλήρυνσης του φυτευτικού υλικού.

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) του βλαστού είναι άλλη μια πολλά υποσχόμενη παράμετρος για την εκτίμηση της πρόκλησης λήθαργου το φθινόπωρο ή μετά από ψυχρή αποθήκευση. Κατά τη διαδικασία πρόκλησης λήθαργου, ή αλλιώς κατά τη διαδικασία σκλήρυνσης, παρατηρήθηκε άμεση μείωση της EC, η οποία σχετίζεται με την αύξηση πρωτοπλασματικής σκλήρυνσης στο ψύχος των φυτικών ιστών, μετά από παρατεταμένη διάρκεια ψυχρής αποθήκευσης (Σχήματα 2A,B, 3A,B). Στα πλαίσια της παρούσας μελέτης όμως, η



Σχήμα 3: Επίδραση της χρονικής διάρκειας ψυχρής αποθήκευσης το φθινόπωρο, στους $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Α) και στους $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Β), στην EC βλαστού (μετρηθείσα στα 0, 8cm) δενδρυλλίων *Pinus sylvestris*.

Figure 3: Effect of cold storage ($-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$) duration in autumn on stem EC (measured at 0, 8cm) of *Pinus sylvestris* seedlings.

ροής ηλεκτρολύτων από τις ρίζες. Τα αποτελέσματα επίσης υποδηλώνουν την εμφάνιση εμβολισμού του ξυλώματος στις ρίζες των δυο ειδών δρυός. Σε αντίθεση, η ηπιότερη υδατική καταπόνηση της *Pinus nigra* var. *Corsicana*, σύμφωνα με την απώλεια βάρους (WL), δεν αντικατοπτρίζονταν από τις τιμές REL ή υδατικού δυναμικού πριν την αγωγή (Ψ_{wp}) κατά τη φύτευση στο πεδίο (Πίνακας IIIγ).

Αν και οι παράμετροι REL και Ψ_{wp} δεν πρέπει να απορριφθούν ως κριτήρια ποιότητας του φυτού, οι απλές εκτιμήσεις του περιεχόμενου νερού σε ρίζα, βλαστό και οφθαλμούς, και ειδικά η σχετική περιεχόμενη υγρασία (που επηρεάζεται λιγότερο από εποχιακές αλλαγές στην περιεχόμενη ξηρή βιομάζα και εξαρτάται λιγότερο από τα είδη, σε σύγκριση με το περιεχόμενο νερό), φαίνεται ότι είναι καταλληλότεροι δείκτες της υδατικής κατάστασης του φυτευτικού υλικού (Πίνακας III α, β, γ).

Σε αντίθεση με τα παραπάνω, άλλες μελέτες με πολυάριθμα είδη (*Acer pseudoplatanus* L., *Catalpa bignonioides* Walter, *Celtis australis* L., *Cercis siliquastrum* L., *Cupressus sempervirens* L., *Hibiscus syriacus* L., *Fraxinus ornus* L., *Pinus pinea* L., *Platanus orientalis* L. *Prunus avium*, *Fraxinus excelsior*, *Fagus sylvatica*, *Prunus cerasifera* and

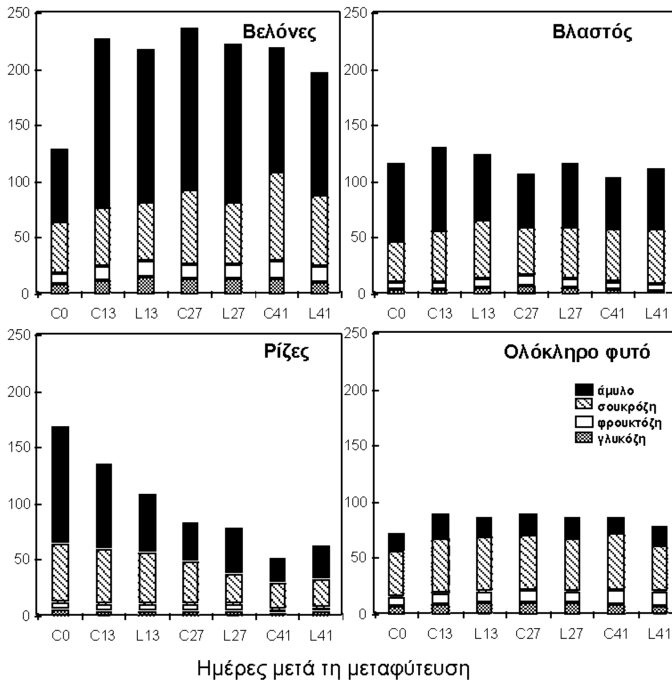
Παράμετροι ζωτικότητας

Μείωση στη ζωτικότητα του φυτού προκαλείται συνήθως από κάποια μορφή καταπόνηση. Μεγαλύτερη προσοχή δόθηκε στην υδατική καταπόνηση, η οποία είναι συνήθης για το ξυλώδες φυτευτικό υλικό.

Σε αντίθεση με αποτελέσματα άλλων ερευνητών για τα είδη *Pinus nigra* var. *Austriaca* και *Cedrus libani* (Aussenac και El Nour 1985), καθώς και για άλλα είδη (Stewart και Lieffers 1963), στην παρούσα μελέτη η εφαρμογή υδατικής καταπόνησης κατά την αποθήκευση, δεν συντέλεσε στην προσαρμογή του φυτευτικού υλικού στην ξηρασία, καθώς δεν παρατηρήθηκε αύξηση της αναγέννησης των ριζών και της απόδοσης μετά τη μεταφύτευση (Πίνακας IV). Συνεπώς, η υδατική κατάσταση των δενδρυλλίων δεν συσχετίστηκε με την ακόλουθη απόδοση στο πεδίο.

Σχετικά με τον περιοριστικό ρόλο της υδατικής κατάστασης του φυτού στη νέα αύξηση της ρίζας και στην εγκατάσταση στο πεδίο, βρέθηκε ότι αιθαλή είδη όπως π.χ. η *Pinus nigra* var. *Corsicana* επηρεάστηκαν λιγότερο από την υδατική καταπόνηση, σε σύγκριση με φυλλοβόλα είδη, όπως τα εξετασθέντα είδη δρυός *Q. robur* και *Q. nubra* (Σχήμα 1). Το αν αυτά τα αποτελέσματα μπορούν να γενικευθούν, σε σχέση με τη φυσιολογία των ειδών, παραμένει ασαφές.

Όσον αφορά στα είδη δρυός, η υδατική καταπόνησή τους, όπως εκδηλώθηκε με την απώλεια βάρους (WL), παρουσίασε σημαντική συσχέτιση με τη REL (Πίνακας IIIα, β). Η υδατική καταπόνηση που προκλήθηκε από την έκθεση των ριζών σε συνθήκες αφυδάτωσης, οδήγησε σε αύξηση της δια-



Σχήμα 4: Συγκεντρώσεις υδατανθράκων (γλυκόζη, φρουκτόζη, σουκρόζη και άμυλο) σε διαφορετικά τμήματα των μαρτύρων (χειρισμός C) και των εξαγχθέντων φυτών (χειρισμός L) κατά τη στιγμή της μεταφύτευσης σε ριζοτρόνια (ημέρα 0) και 13, 27 και 41 ημέρες μετά τη φύτευση.

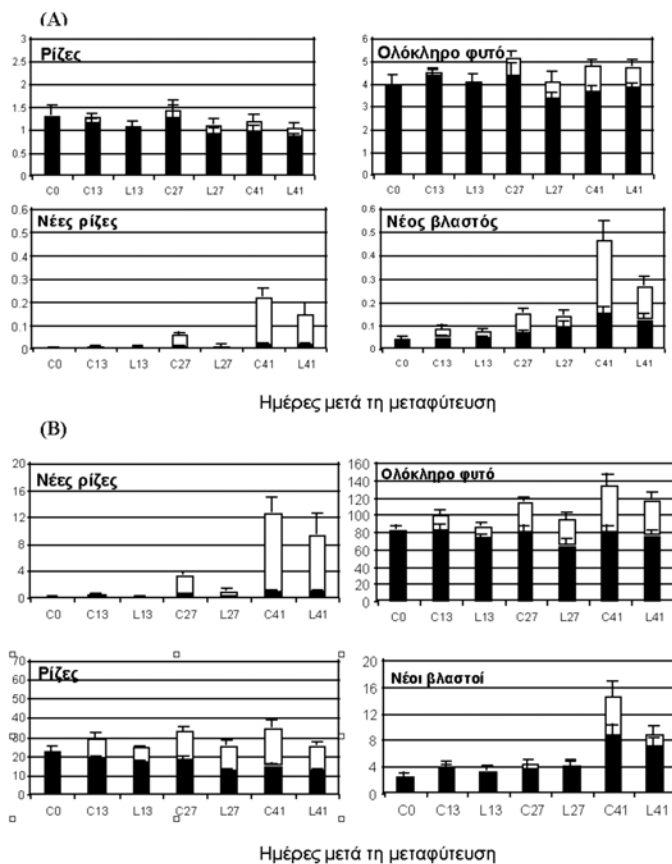
Figure 4: Carbohydrate concentrations (glucose, fructose, sucrose and starch) in the different components of the control (treatment C) and the lifted plants (treatment L) at the moment of planting in rhizotrons (day 0) and 13, 27 and 41 days after planting.

Sophora japonica L.) έδειξαν ότι το REL ήταν η καταλληλότερη μέθοδος για την πρόβλεψη της επιβίωσης και της νέας αύξησής τους στο πεδίο, όταν υποβλήθηκαν σε υδατική καταπόνηση (Symeonidou και Buckley 1997, Radoglou και Raftoyannis 2000, Radoglou και Raftoyannis 2002). Επίσης, οι Radoglou και Raftoyannis (2001) βρήκαν ότι μεταξύ άλλων παραμέτρων το REL ήταν η μόνη κατάλληλη παράμετρος για την πρόβλεψη της επιβίωσης δενδρυλλίων που είχαν υποβληθεί σε συνδυασμό ψυχρής αποθήκευσης και υδατικής καταπόνησης.

Οι διαφορές στα παραπάνω αποτελέσματα υποδεικνύουν ότι, η συσχέτιση μεταξύ διαφορετικών μετρήσεων της υδατικής κατάστασης φυτευτικού υλικού και απόδοσής του στο πεδίο πρέπει να εξεταστεί περαιτέρω πριν την καθιέρωση μεθόδων για την αξιολόγηση των δενδρυλλίων σύμφωνα με τη δυναμική τους απόδοση στο πεδίο, οι οποίες θα προταθούν για φυτωριακή χρήση.

Στα πλαίσια της παρούσας μελέτης ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στη μελέτη της επίδρασης της εξαγωγής στα επίπεδα υδατανθράκων, καθώς ο τομέας αυτός της φυσιολογίας φυτευτικού υλικού δεν είχε προγενέστερα διερευνηθεί. Τα αποθέματα υδατανθράκων είναι κρίσιμα για την επιβίωση και τη νέα ανάπτυξη του φυτευτικού υλικού μετά τη μεταφύτευσή του στο πεδίο. Δενδρύλλια που διαθέτουν χαμηλά αποθέματα υδατανθράκων αναμένεται ότι έχουν υψηλή θνησιμότητα, μικρότερο δυναμικό νέας αύξησης και υψηλή πιθανότητα προοβλής από ασθένειες (Kuehler και Trappe 1967, Larson 1978, Loeschner κ.α. 1990). Η βασική περίοδος της συγκέντρωσης αποθεμάτων ξεκινά στο τέλος του καλοκαιριού και συνεχίζεται μέχρις ότου η παραγωγή προϊόντων αφομοίωσης περιορίζεται είτε λόγω φυλλόπτωσης, είτε λόγω χαμηλών θερμοκρασιών (Farmer 1978, Glerum 1980).

Τα πειράματα που έγιναν δείχνουν τη σπουδαιότητα των αποθεμάτων υδατανθράκων, άνθρακα και αζώτου ήδη πριν τη φύτευση για τη νέα αύξηση των ριζών μετά τη μεταφύτευση στα γυμνορίζα είδη (Σχήματα 4, 5A-B). Παρόλα αυτά η εφαρμογή της ανάλυσης υδατανθράκων, ως τεστ ρουτίνας για την πρόβλεψη της ποιότητας των δενδρυλλίων στα φυτώρια, δεν προτείνεται προς το παρόν, λόγω της μικρής ευαισθησίας της μεθόδου και της εντατικής εργαστηριακής εργασίας που απαιτείται. Περαιτέρω έρευνα με σκοπό τον προσδιορισμό των οριακών ή βέλτιστων τιμών των επιπέδων αποθεμάτων για τη νέα αύξηση των ριζών, είναι απαραίτητη για τη μεταφορά των αποτελεσμάτων αυτών στη φυτωριακή πράξη. Νέα πειράματα θα πρέπει να περιλαμβάνουν τη μελέτη της μεταβολής των επιπέδων αποθεμάτων από διάφορους χειρισμούς στο φυτώριο, όπως π.χ. λίπανση, παρατεταμένη αποθήκευση κτλ.



Σχήμα 5. Αποθέματα άνθρακα (A) και αζώτου (B) σε διαφορετικούς φυτικούς ιστούς μαρτύρων (C) και εξαγχθέντων φυτών (L) κατά τη στιγμή της μεταφύτευσης σε ριζοτρόνια (ημέρα 0) και 13, 27 και 41 ημέρες μετά τη μεταφύτευση. Τα προγενέστερα αφομοιωθέντα αποθέματα παρουσιάζονται με μαύρο χρώμα και τα προσφάτως αφομοιωθέντα με άσπρο χρώμα. Οι κάθετες μπάρες αντιστοιχούν σε ± 1 S.E.

Figure 5. Reserves of carbon (A) and nitrogen (B) in different plant tissues of control plants (C) and lifted plants (L) at the moment of planting in rhizotrons (day 0) and 13, 27 and 41 days after planting. Previous reserves are indicated with black color and recent reserves with white color. Bars denote ± 1 S.E.

Συμπεράσματα

Η χρήση συγκεκριμένων φυσιολογικών παραμέτρων ως δεικτών της έναρξης ή διακοπής του λήθαργου φυτευτικού υλικού ενδέχεται να παρουσιάζει διακυμάνσεις όσον αφορά στην αποτελεσματικότητά της, λόγω διαφορών στις συνθήκες ανάπτυξης, εξαγωγής, αποθήκευσης μεταξύ διαφορετικών φυτωρίων και διαφορετικών χωρών. Επίσης, η πρόβλεψη της ζωτικότητας και απόδοσης του φυτευτικού υλικού στο πεδίο είναι δύσκολη, ειδικά λόγω των μεταβαλλόμενων κλιματικών συνθηκών. Παρόλα αυτά, βάσει των αποτελεσμάτων του ερευνητικού προγράμματος, του οποίου τα συμπεράσματα συνοψίζει η παρούσα ανασκόπηση, μπορεί να γίνει μια σύνοψη των φυσιολογικών παραμέτρων οι οποίες θεωρούνται αξιόπιστοι δείκτες της πρόκλησης ή διακοπής λήθαργου και της ζωτικότητας του φυτευτικού υλικού (Πίνακας V). Συμπερασματικά, βρέθηκε ότι η καταλληλότερη παράμετρος για την εκτίμηση της έναρξης του λήθαργου είναι η ηλεκτρική αγωγιμότητα βλαστού, ακολουθούμενη από τη διαρροή ηλεκτρολυτών από τους οφθαλμούς, τις βελόνες και τη ρίζα. Το δυναμικό αύξησης ρίζας και βλαστού αποδείχθηκαν καταλληλότεροι δείκτες της διακοπής του λήθαργου. Τέλος, όσον αφορά στην εκτίμηση της υδατικής καταπόνησης και, συνεπώς, της ζωτικότητας του φυτευτικού υλικού, εξίσου κατάλληλοι δείκτες θεωρούνται η διαρροή ηλεκτρολυτών από τη ρίζα, η ηλεκτρική αγωγιμότητα βλαστού, το υδατικό δυναμικό φύλλου και το δυναμικό αύξησης ρίζας και βλαστού. Πάντως, για την επέκταση χρήσης των φυσιολογικών αυτών παραμέτρων από φυτωριούχους θα πρέπει να προηγηθεί αποτίμησή τους κάτω από πραγματικές συνθήκες αποθήκευσης και ανάπτυξης σε φυτώρια της πράξης.

Πίνακας V. Σύνοψη των αποτελεσμάτων που αφορούν στην καταλληλότητα των φυσιολογικών παραμέτρων ως δεικτών της πρόκλησης και διακοπής του λήθαργου, καθώς και της υδατικής καταπόνησης του φυτευτικού υλικού.

Πίνακας V. Review of the results on the suitability of physiological parameters as indicators of dormancy induction and dormancy release, as well as of water stress of planting stock.

Τεστ	Πρόκληση λήθαργου	Διακοπή λήθαργου	Υδατική καταπόνηση
REL	+/-	-	+
BEL/NEL	+	-	+/-
EC	++	-	+
WP		+/-	+
RGP/SGP		++	+

Ευχαριστίες

Η παρούσα εργασία προέκυψε από τα αποτελέσματα του ερευνητικού προγράμματος “A European approach for assessing regrowth potential of woody plants: parameters for plant vitality and dormancy of planting stock”, χρηματοδότησης της Ευρωπαϊκής Ένωσης, με αριθμ. σύμβασης FAIR1 CT95-0497.

A review on dormancy and vitality of woody plant stock: (II) evaluation of physiological parameters as indicators of dormancy and vitality

Kalliopi Radoglou¹, Mariangela N. Fotelli¹, Ioannis Raftoyannis¹, George Halivopoulos¹

Abstract

The present is a review study on the main findings concerning the evaluation of physiological parameters as indicators of dormancy and vitality of forest species planting stock, produced and widely used in European nurseries for various purposes. These findings are the outcome of a European research project with numerous participating research institutes and universities from different countries.

Many physiological parameters were studied, in experiments conducted with different forest species, under varying growth conditions and applied treatments. The relationship of these parameters with dormancy onset and release, as well as with vitality of planting stock were determined.

In general, it was found that shoot electrical conductivity and electrolyte leakage from buds, needles and roots were the most appropriate parameters for predicting dormancy onset, while root and shoot growth potential were better indicators for dormancy release. Root electrolyte leakage, shoot electrical conductivity, leaf water potential and root and shoot growth potential were found to be reliable indicators of vitality.

Nevertheless, the effectiveness of these physiological parameters as indicators of dormancy and vitality varied with conditions of growth, lifting and storage, as well as with climatic conditions and the results were more stable in laboratory experiments. Therefore, evaluation under actual nursery conditions is necessary before the use of these physiological parameters can be implemented in practice.

Key - words: dormancy, physiological characteristics, quality indicators, vitality, woody plant stock.

Βιβλιογραφία

- Aldhous, J.R. και W.L. Mason (1994) Forest nursery practice. The Forest Authority. Forestry Commission Bulletin 111. 268 p.
Aussenac, G. και M. El Nour (1986) Evolution du potentiel hydrique et d système racinaire de jeune plants de

¹ Forest Research Institute – National Agricultural Research Foundation, 57006 Vassilika, Thessaloniki

- cédre, pin laricio de Corse et pin noir plantés à l'automne et au printemps. Ann. Sci. For. 43 : 1-14
- Beets, P.N., K.A. Robertson, J.B. Ford-Robertson, J. Gordon, J.P. Maclaren (1999) Description and validation of C change: A model for simulating carbon content in managed *Pinus radiata* stands. New Zeal. J. For. Sci. 29: 409-427
- Blaschke L., Schulte M., Raschi A, Slee N, Rennenberg H. και Polle A. (2002) Photosynthesis, soluble and structural carbon compounds in two mediterranean oak species (*Quercus pubescens* and *Quercus ilex*) after lifetime growth at naturally enhanced CO₂ concentrations. Plant Biology 3: 288-297.
- Borchert, R. (1992) Electrical resistance as a measure of tree water status during seasonal drought in a tropical dry forest in Costa Rica. Tree Physiol. 14: 299-312
- Burdett, A. N. (1979) New methods for measuring root growth capacity: their value in assessing lodgepole pine stock quality. Can. J. For. Res. 9: 63-67
- Burdett, A. N. (1987) Understanding root growth capacity: theoretical considerations in assessing planting stock quality by means of root growth tests. Can. J. For. Res. 17: 768-775
- Burdett, A.N., D.G. Simpson και C.F. Thompson (1983) Root development and plantation establishment success. Plant and Soil 71:103-110
- Burr, K.E. (1990) The target seedling concepts: bud dormancy and cold hardiness. U.S. Dept. Agr., For. Serv., Gen. Tech. Rep. RM-200. pp. 79-90
- Clinton, P.W. και D.J. Mead (1994) Competition for nitrogen between *Pinus radiata* and pasture. I. Recovery of ¹⁵N after one growing season. Can. J. For. Res. 24: 889-896.
- Deltens, E., J.B. Cliquet και J.L. Prioul (1994) Use of ¹³C and ¹⁵N plant label near natural abundance for monitoring carbon and nitrogen partitioning. Austr. J. Plant Physiol. 21: 133-146
- Dexter, S.T., W.E. Tottingham και L.F. Graber (1932) Investigations of the hardiness of plants measured by electrical conductivity. Plant Physiol. 7 : 63-78.
- Dyckmans, J., H. Flessa, K. Brinkmann, C. Mai και A. Polle (2002) Carbon and nitrogen dynamics in the structural biomass of beech (*Fagus sylvatica* L.) during the growth phase. Plant Cell Environ. 25: 469-478.
- Farmer, R.E. (1978) Seasonal carbohydrate levels in roots of Appalachian hardwood planting stock. Tree Planters' Notes 29: 22-24
- Farquhar, G.D., J.R. Ehleringer και K.T. Hubick. (1989) Carbon isotope discrimination and photosynthesis. Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 40: 503-537.
- Feret, P.P. και R.E. Kreh (1985) Seedling root growth potential as an indicator of loblolly pine field performance. For. Sci. 31, 4:1005-1011
- Flint, H.L., B.R. Boyce και D.J. Beattie (1967) Index of injury - a useful expression of freezing injury to plant tissues as determined by the electrolytic method. Can. J. Plant. Sci. 47: 229-230
- Fotelli, M.N., K.M. Radoglou και H.-I.A. Constantinidou (2000) Water stress responses of seedlings of four Mediterranean oak species. Tree Physiol 20: 1065 -1075.
- Fotelli, M.N., A. Geßler, A.D. Peuke και H. Rennenberg (2001) Drought affects the competition between *Fagus sylvatica* L. seedlings and an early successional species (*Rubus fruticosus*): growth, water status and δ¹³C composition. New Phytol. 151: 427-435
- Fotelli, M.N., H. Rennenberg και A. Geßler (2002α) Effects of drought on the competitive interference of an early successional species (*Rubus fruticosus*) on *Fagus sylvatica* L. seedlings: ¹⁵N uptake and partitioning, responses of amino acids and other N compounds. Plant Biol. 4: 311-320
- Fotelli, M.N., H. Rennenberg και A. Geßler (2002β) Soluble non-protein nitrogen compounds indicate changes in the nitrogen status of beech seedlings due to climate and thinning. New Phytol 154: 85-97
- Fotelli, M.N., H. Rennenberg, T. Holst, A. Mayer και A. Gessler (2003) Carbon isotope composition of various tissues of beech (*Fagus sylvatica*) regeneration is indicative of recent environmental conditions within the forest understorey. New Phytol. 159: 229-244
- Fotelli, M.N., Rienks M., Rennenberg H. και A. Geßler (2004) Climate and forest management affect ¹⁵N-uptake, N balance and biomass of European beech seedlings. Trees: structure and function 18: 157-166
- Franken, A.A.J.M και P.S. van der Zouwen (1993) Direct and indirect conductivity for identification and detection of plant pathogenic bacteria. J. appl. Bacteriology 74: 234-242.

- Gebler, A., S. Schneider, P. Weber, U. Hanemann και H. Rennenberg (1998) Soluble N compounds in trees exposed to high loads of N: a comparison between the roots of Norway spruce (*Picea abies*) and beech (*Fagus sylvatica*) trees. *New Phytol.* 138: 385-399
- Glerum, C. (1980) Food sinks and food reserves of trees in temperate climates. *N.Z. J. For. Sci.* 10:176-185
- Guehl, J.M., G. Aussenac, P. Kaushal (1989) The effects of transplanting stress on photosynthesis, stomatal conductance and leaf water potential, role of root regeneration. *Ann. Sci. For.* 46: 464-468.
- Hafsi, M., W.H. Pfeiffer, P. Monneveux (2003) Flag leaf senescence, carbon content and carbon isotope discrimination in durum wheat grown under semi-arid conditions. *Cereal Res. Comm.* 31: 161-168.
- Hawkins, C.D.B. και W.D. Binder (1990) State of the art seedling stock quality tests based on seedling physiology. In: Tanget seedling symposium: Proc.Comb.Meeting Western For. Nursery Assoc. August,13-17 1990, Roseburg, Oregon. USDA GEN.Tech.Rep.RM-200: 91-121
- Johnsen, K.H., P.P. Feret και J.R. Seiler (1988) Comparison of greenhouse and environmentally controlled growth room root growth potential testing of 2+0 eastern white pine seedlings. *New Forests* 2: 139-143.
- Keitel, C., M.A. Adams, T. Holst, A. Matzarakis, H. Mayer, H. Rennenberg και A. Geßler (2003) Carbon and oxygen isotope composition of organic compounds in the phloem sap provides a short-term measure for stomatal conductance of European beech (*Fagus sylvatica* L.). *Plant, Cell Environ.* 26: 1157-1168.
- Krueger, K.W. και J.M. Trappe (1967) Food reserves and seasonal growth in Douglas-fir seedlings. *For. Sci.* 13:192-202
- Laiho, R. και J. Laine (1997) Tree stand biomass and carbon content in an age sequence of drained pine mires in southern Finland. *For. Ecol. Manage.* 93: 161-169.
- Lang, G.A. (1987) Dormancy: A new universal terminology. *Hort. Sci.* 22: 817-820.
- Lang, G.A. (1994) Dormancy – The missing links: Molecular studies and integration of regulatory plant and environmental interactions. *Hort. Sci.* 29: 1255-1263.
- Larson, M.M. (1978) Effects of late-season defoliation and dark periods on initial growth of planted northern red oak seedlings. *Can. J. For. Res.* 8: 67-72
- Lefevre, R.E. (1991) Influence of moisture loss during storage on new growth of conifer seedlings. *J. Environ. Hort.* 9: 92-96
- Loescher, W.H., T. McCamant, και J.D. Keller (1990) Carbohydrate reserves, translocation, and storage in woody plant roots. *Hort. Sci.* 25: 274-281
- Maillard, P., J.-M. Guehl, J.-F. Muller και P. Gross (2001) Interactive effects of elevated CO₂ concentration and nitrogen supply on partitioning of newly fixed ¹³C and ¹⁵N between shoot and roots of pedunculate oak seedlings (*Quercus robur*). *Tree Physiol.* 21: 163-172
- Mattsson, A. (1986) Seasonal variation in root growth capacity during cultivation of container grown *Pinus sylvestris* seedlings. *Scand. J. For. Res.* 1: 473-482
- Mattsson, A. (1991) Root growth capacity and field performance of *Pinus sylvestris* and *Picea abies* seedlings. *Scand. J. For. Res.* 6: 105-112
- McCreary, D.D. και M.L. Duryea (1987) Predicting field performance of Douglas-fir seedlings: comparison of root growth potential, vigor, and plant moisture stress. *New For.* 1: 153-169
- McKay, H.M. (1991) Electrolyte leakage: a rapid index of plant vitality. Research Information Note 210 For. Comm. Research Division.
- McKay, H.M. (1992) Electrolyte leakage from fine roots of conifer seedlings: a rapid index of plant vitality following cold storage. *Can. J. For. Res.* 22: 1371-1377
- McKay, H.M. (1993) Tolerance of conifer fine roots to cold storage. *Can. J. For. Res.* 23: 337-342
- McKay, H.M. (1998) Root electrolyte leakage and root growth potential as indicators of spruce and larch establishment. *Silva Fennica* 23: 241-252
- McKay, H.M., R.L. Jinks και C. McEvoy (1999) The effect of desiccation and rough-handling on the survival and early growth of ash, beech, birch, and oak seedlings. *Ann. For. Sci.* 56: 391-402
- McMinn, R.G. (1980) Root growth capacity and field performance of various types and sizes of white spruce stock following outplanting in the central interior of British Columbia. In: Schmidt - Vogt, H. (Ed.). *Proceedings, Characterization of plant material. IUFRO meeting, Div. 1, Freiburg.* 37-41

- Millard, P. (1996) Ecophysiology of internal cycling of nitrogen for tree growth. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde* 159: 1-10
- Murakami, P., H.H. Chen και H.L. Fuchigami (1990) Desiccation tolerance of deciduous plants during postharvest handling. *J. Environ. Hort.* 8: 22-25
- Neill, C., M.C. Piccolo, J.M. Melillo, P.A. Steudler και C.C. Cerri (1999) Nitrogen dynamics in Amazon forest and pasture soils measured by ¹⁵N pool dilution. *Soil Biol. Biochem.* 31: 567-572.
- Orlander, G. και G. Rosvall-Ahnebrink (1987) Evaluating seedling quality by determining their water status. *Scand. J. For. Res.* 2: 167-177.
- Pellicer, V, J.M. Guehl, F.A. Daudet, M. Cazet, L.M. Riviere και P. Maillard (2000) Carbon and nitrogen mobilisation in *Larix x eurolepis* leafy stem cuttings assessed by dual ¹³C and ¹⁵N labelling: relationships with rooting. *Tree Physiol.* 20: 807-814.
- Peuke, A.D., C. Schraml, W. Hartung και H. Rennenberg (2002) Identification of drought-sensitive beech ecotypes by physiological parameters. *New Phytol.* 154: 373-387.
- Polle, A. και M. Eiblmeier (1995) Carbohydrate accumulation affects the redox state of ascorbate in detached tobacco leaves. *Botanica Acta* 108: 403-466.
- Ritson, P. και S. Sochacki (2003) Measurement and prediction of biomass and carbon content of *Pinus pinaster* trees in farm forestry plantations, south-western Australia. *For. Ecol. Manage.* 175: 103-117.
- Radoglou, K. και Y. Raftoyannis (2000) A comparative study of plant vitality tests and field performance of eleven tree species. *Phyton* 40: 163-168.
- Radoglou, K. και Y. Raftoyannis (2001). Effects of desiccation and freezing on vitality and field performance of broadleaved tree species. *Ann. Sci. For.* 58: 59-68.
- Radoglou, K. και Y. Raftoyannis (2002). The impact of storage desiccation and planting date on seedlings quality and survival of wood plant species. *Forestry* 75: 179-190.
- Ritchie, G.A. (1985) Root growth potential: principles, procedures, and predictive ability. In: Duryea, M.L. (Ed.). *Proceedings, Evaluating seedling quality: principles, procedures, and predictive abilities of major tests.* Oregon State University, Corvallis. 93-105
- Ritchie, G.A. (1989) Integrated growing schedules for achieving physiological uniformity in coniferous planting stock. *Forestry (Suppl.)* 62: 213-228
- Ritchie, G.A. και J.R. Dunlap (1980) Root growth potential: its development and expression in forest tree seedlings. *N. Z. J. For. Sci.* 10: 218-248
- Ritchie, G.A. και Y. Tanaka (1990) Root growth potential and the target seedling. In: R. Rose, S.J. Campbell και T.D. Landis (Eds.). *Proceedings, Target seedling symposium, Combined meeting of the Western Forest Nursery Associations.* USDA Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, Gen. Tech. Rep. RM-200: 37-51
- Romberger, J.A. (1963) Meristems, growth and development in woody plants. Technical Bulletin No. 1293. US Department of Agriculture. Washington DC, USA.
- Sands, R. και E.K.S. Nambiar 1984. Water relations of *Pinus radiata* in competition with weeds. *Can. J. For. Res.* 14: 233-237
- Scholander, P.F., T. Hammel, E.D. Bradstreet και E.A. Hemmingsen (1965) Sap pressure in vascular plants. *Science* 148: 339-345
- Simpson, D.G. (1990) Frost hardiness, root growth capacity, and field performance relationships in interior spruce, lodgepole pine, Douglas-fir, and western hemlock seedlings. *Can. J. For. Res.* 20: 566-572
- Smith, K.T. και W.D. Ostrofsky (1993) Cambial and internal electrical resistance of red spruce trees in eight diverse stands in the Northeastern United States. *Can. J. For. Res.* 23: 322-326
- Stewart J. και V. Loeffers (1993) Preconditioning effects of nitrogen relative addition rate and drought stress on container-grown lodgepole pine seedlings. *For. Sci. Dep. University of Alberta, Canada:* 1663-1671.
- Stone, E.C. και J.L. Jenkinson (1971) Physiological grading of ponderosa pine nursery stock. *J. For.* 69: 31-33
- Sutton, R.F. (1987) Root growth capacity and field performance of jack pine and black spruce in boreal stand establishment in Ontario. *Can. J. For. Res.* 17: 794-804
- Symeonidou, M. και P. Buckley (1997) The effect of pre-planting desiccation stress on growth of 1+0

- dormant *Prunus cerasifera* seedlings and the relationship between plant physiological indicators with survival and performance. Russ. J. Plant Physiol. 44: 591-599
- Takos, I. (1987) The water status in conifers on warm clear summer days under conditions of optimal irrigation. I. Diurnal Curve. Allg. Forst u. Ztg. 158, 125-131.
- Takos, I (1989) The water status in conifers on warm clear summer days under conditions of optimal irrigation. II. Nocturnal Curve. Allg. Forst u. Ztg. 161, 15-18.
- Timmis, R. (1980) Stress resistance and quality criteria for tree seedlings: analysis, measurement, and use. N. Z. J. For. Sci. 10: 21-53
- Tinus, R.W., και K.E. Burr (1997) Cold hardiness measurement to time fall lifting. In: National Proceedings, Forest and Conservation Nursery Associations. Landis, T.D., και Thompson, J.R. (Tech. Coords.). USDA, Forest Service, Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-419, Portland, Oregon. pp. 17-22
- Usher, G. 1965. A Dictionary of Botany. Constable, London
- Van der Schoot. C. (1996) Dormancy and symplasmic networking at the shoot apical meristem. In: Plant Dormancy: Physiology, Biochemistry and Molecular Biology. Lang, G.A. (ed.). CAB International, Wallingford, pp 39-81
- Van den Driessche, R. (1991) Influence of container nursery regimes on drought resistance of seedlings following planting. II. Stomatal conductance, specific leaf area, and root growth capacity. Can. J. For. Res. 21: 566-572
- Webb, D.P. και F.W. von Althen (1980) Storage of hardwood planting stock. New Zealand J. For. Sci. 10: 83-95
- Yang, S.J., G.S. Ziang, S.Q. Zhang και C.H. Lou (1993) Electrical resistance as a measure of graft union. J. Plant Physiol 141: 98-104.