

GEOTECHNICAL SCIENTIFIC ISSUES

GEOTECHNICAL CHAMBER OF GREECE

VOL: 11 - ISSUE II - No 1 /2000

ISSN 1105-9478

1/2000

ΤΟΜΟΣ 11
ΣΕΙΡΑ II

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΑ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ

CONTENTS

SCIENTIFIC PAPERS

<i>K. Albanis, L. Boskos, G. Lyrintzis</i>	Methodology in estimating the expenses of forest fires suppression. Contribution for an integrated approach	4 - 18
<i>Kosmas-Aristoteles G. Ducas, Vasilios K. Drosos</i>	Area measurement of the real cultivable area of the ground	19 - 23
<i>Kostas D. Kalabokidis, Sergios Vergos, Nikolaos Palihoritis</i>	Forest Fire Danger Analysis in the Para-Mediterranean Mountainous Ecosystems of Lake N. Plastiras	24 - 36
<i>K.D. Kalabokidis, N. Koutsias</i>	Geographic Multivariate Analysis of Spatial Fire Occurrence	37 - 47
<i>Evangelos Karagiannis</i>	Medium mobile tower yarders and possibility of their application in the greek forest conditions	48 - 63
<i>Konstantinos G. Matis</i>	Height Growth And Site Index Curves For <i>Quercus Conferta</i> Kit. In The University Forest At Taxiarchis, Greece	64 - 76
<i>G. Baloutsos, D. Koutsoyiannis, A. Economou, P. Kalliris</i>	Investigation of the hydrologic response of the Xerias torrent watershed to the rainstorm of January 1997 using the SCS method	77 - 90
<i>G. Brofas, G. Karetsos</i>	Contribution to the Ecology of Gyali island (SE Aegean sea)	91 - 102

REVIEW ARTICLES

<i>F. Aravanopoulos, D. Moulalis</i>	Special issues of forest tree breeding for resistance to environmental pollution	103 - 112
<i>Garifallos Arabatzis</i>	Secondary School forest education. Historical Progress, Potentials, Perspectives and the role of Forest Engineer	113 - 122
<i>Antonios D. Papajannopoulos</i>	The present of resin tapping in Greece in front of the Agenda 2000 of the European Union	123 - 132
<i>Panaghiotis Tsopelas</i>	Taxonomy, life cycle and identification methods of <i>Armillaria</i> species	133 - 144

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ

<i>Κοσμάς Αλιμπάνης, Λάζαρος Μπόσκος, Γεώργιος Λυριντζής</i>	Μεθοδολογία υπολογισμού δαπανών κατάσβεσης δασικών πυρκαγιών. Συμβολή για μία ολοκληρωμένη προσέγγιση	4 - 18
<i>Κοσμάς-Αριστοτέλης Γ. Δούκας, Βασίλειος, Κ. Δρόσος</i>	Εμβαδομέτρηση της πραγματικής καλλιεργήσιμης επιφάνειας του εδάφους	19 - 23
<i>Κώστας Δ. Καλαμποκίδης, Στέργιος Βέργος, Νικόλαος Παλληγορίτης</i>	Ανάλυση Κινδύνου Δασικών Πυρκαγιών στα Παραμεσογειακά Ορεινά Οικοσυστήματα της Λίμνης Ν. Πλαστήρα	24 - 36
<i>Κώστας Καλαμποκίδης, Νικόλαος Κούτσιος</i>	Γεωγραφική Πολυμεταβλητή Ανάλυση της Χωρικής Εμφάνισης των Δασικών Πυρκαγιών	37 - 47
<i>Ευάγγελος Αθ. Καραγιάννης</i>	Δυνατότητα εφαρμογής των μεσαίου μήκους κινητών σχοινογερανών στις συνθήκες των ελληνικών δασών	48 - 63
<i>Κωνσταντίνος Γ. Μάτης</i>	Καμπύλες αύξησης ύψους και δεικτών ποιότητας τύπου για την πλατύφυλλο δρυ στο Πανεπιστημιακό Δάσος Ταξιάρχη Χαλκιδικής	64 - 76
<i>Γ. Μπαλούτσος, Δ. Κουτσογιάννης, Α. Οικονόμου, Π. Καλλίρης</i>	Διερεύνηση της απόκρισης της λεκάνης απορροής Ξηριά Κορίνθου στην καταιγίδα της 11-13 Ιανουαρίου 1997 με τη μέθοδο SCS	77 - 90
<i>Γεώργιος Μπρόφας, Γεώργιος Καρέτσος</i>	Συμβολή στην οικολογία του νησιού "Γυαλί" (Ν.Α. Αιγαίο)	91 - 102

ΑΡΘΡΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗΣ

<i>Φίλιππος Α. Αρβανόπουλος, Δημήτριος Μουλαλής</i>	Ειδικά θέματα γενετικής βελτίωσης των δασικών ειδών για ανθεκτικότητα στη ρύπανση του περιβάλλοντος	103 - 112
<i>Γαρυφαλλος Αραμπατζής</i>	Δευτεροβάθμια δασική εκπαίδευση. Ιστορική εξέλιξη, δυνατότητες, προοπτικές και ο ρόλος του δασολόγου	113 - 122
<i>Αντώνης Δ. Παπαγιαννόπουλος</i>	Το παρόν των ρητινεύσεων στην Ελλάδα μπροστά στην Agenda 2000 της Ευρωπαϊκής Ένωσης	123 - 132
<i>Παναγιώτης Τσόπελας</i>	Ταξινόμηση, βιολογικός κύκλος και μέθοδοι ταυτοποίησης των μυκήτων του γένους <i>Armillaria</i>	133 - 144

Μεθοδολογία υπολογισμού δαπανών κατάσβεσης δασικών πυρκαγιών. Συμβολή για μία ολοκληρωμένη προσέγγιση

Κοσμάς Αλμπάνης¹, Λάζαρος Μπόσκος², Γεώργιος Λυριντζής³

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή καταγράφεται, αναλύεται και υπολογίζεται το κόστος του ανθρώπινου δυναμικού, του μηχανικού εξοπλισμού και των υλικών που χρησιμοποιούνται στην κατάσβεση των δασικών πυρκαγιών. Η χρησιμοποίηση των πόρων αυτών στην κατάσβεση πυρκαγιών συνεπάγεται ένα σημαντικό κόστος για την πυροπροστασία των δασών της χώρας μας.

Η προτεινόμενη μεθοδολογία για τον υπολογισμό της δαπάνης κατάσβεσης στηρίζεται στην κοστολόγηση της χρήσης των ανωτέρω αναφερομένων πόρων κατά τη διάρκεια απασχόλησής τους στη δασοπυρόσβεση, σε μια προσπάθεια να γίνει μια ικανοποιητική προσέγγιση του ύψους της συνολικής δαπάνης κατάσβεσης.

Η ακριβής γνώση της δαπάνης αυτής θα συμβάλλει στον ορθό προγραμματισμό της αντιπυρικής προστασίας των δασών και των δασικών εκτάσεων της χώρας και στην ορθή τελική εκτίμηση του μεγέθους των ζημιών από πυρκαγιές.

Λέξεις κλειδιά: δασικές πυρκαγιές, καταστολή πυρκαγιών, κόστος καταστολής πυρκαγιών, προστασία δασών, δασικό προσωπικό.

1. Εισαγωγή και τοποθέτηση του προβλήματος

Τα δάση είναι ένας ανεκτίμητος, ανανεώσιμος, φυσικός πλουτοπαραγωγικός πόρος που παρέχει αγαθά και υπηρεσίες οι οποίες συμβάλλουν στην οικονομική ανάπτυξη και βελτίωση της ποιότητας ζωής της κοινωνίας. Οι δασικές πυρκαγιές θεωρούνται ως φυσικό φαινόμενο το οποίο καταστρέφει κάθε χρόνο σημαντικές εκτάσεις δασών προκαλώντας τεράστιες καταστροφές. Ενδεικτικά μπορούν να αναφερθούν η μείωση της αξίας των παραγομένων προϊόντων, η αύξηση της επιφανειακής απορροής των νερών της βροχής, με συνέπεια τη μεταφορά στερεών υλικών και τη δημιουργία πλημμύρων, η νέκρωση της πανίδας, η απώλεια δυνατοτήτων αναψυχής και υγιεινών επιδράσεων, η καταστροφή αγροτικών εκτάσεων και η απώλεια ακόμη και αυτής της ανθρώπινης ζωής.

Για την αντιμετώπιση των δασικών πυρκαγιών, η πολιτεία κάθε χρόνο παίρνει προληπτικά και κατασταλτικά μέτρα, τα οποία συνεπάγονται κατανάλωση σημαντικών χρηματικών πόρων, πολύτιμων για τη χώρα μας, που είναι απαραίτητοι για να επιτύχει την οικονομική της ανάπτυξη και να εδραιώσει τη θέση της στην Ευρωπαϊκή Ένωση.

Από τον Πίνακα Ι στον οποίο παρατίθενται οι δαπάνες που συνεπάγεται η λήψη των προληπτικών και κατασταλτικών μέτρων και ο οποίος καταρτίστηκε από τους ετήσιους απολογισμούς της Γενικής Γραμματείας Δασών και Φυσικού Περιβάλλοντος (Γ.Γ.Δ. και Φ.Π.) για την περίοδο 1981-1993, συμπεραίνεται ότι:

1. Ένα σημαντικό ποσοστό, που φθάνει το 15,4% των χρηματικών πόρων που δαπανώνται κάθε χρόνο για όλες τις δραστηριότητες της ελληνικής δασοπονίας, καταναλώνεται στην προστασία (δαπάνες πρόληψης + δαπάνες κατάσβεσης πυρκαγιών) των δασών και των δασικών εκτάσεων από πυρκαγιές. Μέρος των χρημάτων αυτών, προερχόμενο κυρίως από τις δαπάνες κατάσβεσης, θα μπορούσε με καλύτερη οργάνω-

¹ Εντεταλμένος Ερευνητής Γ,

² Αναπληρωτής Ερευνητής Β',

³ Τακτικός Ερευνητής Α'

Εθνικό Ίδρυμα Αγροτικής Έρευνας (ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε.), Ινστιτούτο Μεσογειακών Δασικών Οικοσυστημάτων και Τεχνολογίας Δασικών Προϊόντων, Τέρμα Αλκμάνος, Ιλίσια, Τ.Κ. 115 28 Αθήνα. Τηλέφωνο: 7786175, Fax.: 7784602

Πίνακας Ι : Δαπάνες κατάσβεσης και πρόληψης δασικών πυρκαγιών σε σταθερές τιμές 1988 και ποσοστά αυτών (χιλ. δραχμές)

ΕΤΗ	Δαπάνες δασοπονίας (1)	Δαπάνες κατάσβεσης (2)	Δαπάνες πρόληψης (3)	Δαπάνες κατάσβεσης και πρόληψης. (4)	Ποσοστό (4)/(1)	Ποσοστό (2)/(1)	Ποσοστό (3)/(1)	Ποσοστό (2)/(4)
1981	17,632,000	844,412	862,750	1,707,162	9,68	4,79	4,89	49,46
1982	21,457,701	1,510,038	1,201,625	2,711,663	12,64	7,04	5,60	55,69
1983	25,658,986	1,548,708	3,540,437	5,089,145	19,83	6,04	13,80	30,43
1984	27,269,149	2,222,562	2,246,899	4,469,461	16,39	8,15	8,24	46,17
1985	26,812,668	1,828,480	2,131,974	3,960,454	14,77	6,82	7,95	55,69
1986	22,196,078	1,440,704	1,398,952	2,839,657	12,79	6,49	6,30	50,74
1987	21,673,849	1,915,163	904,810	2,819,974	13,01	8,84	4,17	67,91
1988	20,793,097	2,122,719	971,799	3,094,518	14,88	10,21	4,67	68,60
1989	23,295,030	2,526,958	1,178,214	3,705,172	15,91	10,85	5,06	68,20
1990	19,757,676	1,534,519	942,814	2,477,334	12,54	7,77	4,77	61,94
1991	19,399,670	2,495,789	1,352,166	3,847,954	19,84	12,87	6,97	64,86
1992	19,535,567	2,284,840	1,351,965	3,636,805	18,62	11,70	6,92	62,83
1993	19,299,312	2,244,374	1,462,944	3,707,318	19,21	11,63	7,58	60,54
					15,39	8,70	6,69	56,70

Πηγή: Ετήσιοι Απολογισμοί ΓΓΔ και ΦΠ ετών 1981-1993.

ση της αντιπυρικής προστασίας των δασών να εξοικονομηθεί και να διατεθεί για τη βελτίωση της παραγωγικότητας των δασών.

- Οι δαπάνες κατάσβεσης αποτελούν το 56,7% των δαπανών προστασίας από πυρκαγιές και είναι μεγαλύτερες από τις δαπάνες πρόληψης. Αυτό ενισχύει την άποψη ότι στην Ελλάδα η προστασία των δασών από πυρκαγιές είναι εστιασμένη περισσότερο στα κατασταλτικά μέτρα. Στο σημείο όμως αυτό, θα πρέπει να τονιστεί, ότι οι δαπάνες κατάσβεσης που παρατίθενται στον Πίνακα Ι και που προέρχονται από τους ετήσιους απολογισμούς της Δ/σης Προστασίας και Φυσικού Περιβάλλοντος της ΓΓΔ και ΦΠ, δεν συμπεριλαμβάνουν όλες τις δαπάνες που διατίθενται για την κατάσβεση των δασικών πυρκαγιών. Στις δαπάνες κατάσβεσης, όπως υπολογίζονται κάθε χρόνο από την Διεύθυνση Προστασίας Δασών και Φυσικού Περιβάλλοντος, περιλαμβάνονται μόνο το κόστος υπερωριακής απασχόλησης του δασικού προσωπικού που συμμετέχει στις κατασβέσεις και η αξία των μηχανημάτων / οχημάτων και υλικών που αγοράζονται και χρησιμοποιούνται κάθε χρόνο στην κατάσβεση (ΓΓΔ και ΦΠ, 1981 μέχρι 1993).

Όμως αυτός ο τρόπος υπολογισμού των δαπανών κατάσβεσης εμπεριέχει ορισμένες αδυναμίες που δεν επιτρέπουν τον ορθό υπολογισμό τους, μερικές από τις οποίες είναι :

α) Στις δαπάνες του δασικού προσωπικού λαμβάνονται υπόψη μόνο οι δαπάνες υπερωριακής απασχόλησης και οι δαπάνες των οδοιπορικών εξόδων και των εκτός έδρας αποζημιώσεων και όχι και το τμήμα που αναλογεί από τις τακτικές αποδοχές (μισθός) του.

β) Δεν λαμβάνονται υπόψη οι δαπάνες του μη δασικού προσωπικού.

γ) Δεν λαμβάνεται υπόψη το κόστος χρήσης των εναέριων μέσων (αεροπλάνων και ελικοπτέρων) κατάσβεσης.

δ) Δεν λαμβάνονται υπόψη οι δαπάνες του μηχανικού εξοπλισμού των άλλων υπηρεσιών, εκτός της ΓΓΔ και ΦΠ, που απασχολείται στην πυρόσβεση.

ε) Η αξία αγοράς των μηχανημάτων / οχημάτων συνυπολογίζεται στις δαπάνες κατάσβεσης του συγκεκριμένου χρόνου αγοράς τους, με αποτέλεσμα οι δαπάνες κατάσβεσης να εμφανίζονται διογκωμένες κατά το χρόνο αυτό, ενώ θα έπρεπε να υπολογίζεται και να συμπεριλαμβάνεται η ετήσια απόσβεση των μηχανημάτων και οχημάτων, γιατί όπως είναι γνωστό με την απόσβεση κατανέμεται το κόστος αυτών σε όλα τα χρόνια της ωφέλιμης ζωής τους.

στ) Μέρος του μηχανικού εξοπλισμού όπως λεωφορεία, επιβατηγά αυτοκίνητα, μοτοσυκλέτες χρησιμοποιούνται και σε άλλες δασικές εργασίες, εκτός της απασχόλησης στην κατάσβεση, οπότε επιβάλλεται ο επιμερισμός των δαπανών τους στο σύνολο των δασικών εργασιών.

ζ) Δεν λαμβάνεται υπόψη το κόστος του χειρσαίου νερού που χρησιμοποιείται στην κατάσβεση.

η) Δεν λαμβάνεται υπόψη η απόσβεση των μηχανημάτων και των κτιρίων που χρησιμοποιούνται για την προετοιμασία και αποθήκευση των επιβραδυντικών ουσιών.

θ) Δεν λαμβάνεται υπόψη το χρηματοδοτικό κόστος του κεφαλαίου που δαπανάται για την αγορά του μηχανικού εξοπλισμού.

Για το σωστό υπολογισμό των δαπανών κατάσβεσης, απαιτείται μετά την κατάσβεση κάθε πυρκαγιάς, η καταγραφή του προσωπικού, των οχημάτων / μηχανημάτων και των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν στην κατάσβεση και η εφαρμογή μιας συγκεκριμένης μεθόδου υπολογισμού της αντίστοιχης δαπάνης που συνεπάγεται η κατανάλωση των σημαντικών αυτών πόρων. Στο δελτίο πυρκαγιάς, που συντάσσουν οι υπάλληλοι των περιφερειακών μονάδων - Δ/νσεις Δασών, Δασαρχεία μετά από την κατάσβεση κάθε πυρκαγιάς, ζητείται η καταγραφή των μέσων πυρόσβεσης και η εκτίμηση του ύψους της δαπάνης του προσωπικού και των μηχανημάτων που συμμετείχαν στην κατάσβεση. Τόσο η καταγραφή των μέσων πυρόσβεσης, η οποία είναι πολύ συνοπτική, όσο και η εκτίμηση της δαπάνης του προσωπικού και των μηχανημάτων, η οποία είναι απλώς ενδεικτική γιατί δε στηρίζεται στην πλήρη καταγραφή και στην εφαρμογή μιας συγκεκριμένης μεθόδου υπολογισμού, δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τη ΓΓΔ και ΦΠ σα βάση για τον ορθό υπολογισμό των ετήσιων δαπανών κατάσβεσης των δασικών πυρκαγιών.

Αξίζει να σημειωθεί ότι σχετικά με το κόστος καταστολής πυρκαγιών ελάχιστες μελέτες έχουν δημοσιευθεί σε διεθνές επίπεδο, βασιζόμενες κυρίως σε εξειδικευμένα περιστατικά μεγάλων πυρκαγιών και βέβαια στις εκάστοτε τοπικές συνθήκες οργάνωσης, διαχείρισης και πρακτικές που εφαρμόζονται για την καταστολή (Schweitzer *et al* 1982). Έτσι οι μεθοδολογίες που έχουν αναπτυχθεί αποσκοπούν στην πρόβλεψη με πιθανολογούμενη προσέγγιση της εκτίμησης του συνολικού κόστους καταστολής και κατά συνέπεια των αναμενόμενων απωλειών σε διάφορα επίπεδα του προγράμματος χρηματοδότησης (Smith *et al* 1987). Κατ' αυτούς το ύψος της δαπάνης κάθε πυρκαγιάς επηρεάζεται από πλήθος παραγόντων κυριότεροι των οποίων είναι το μέγεθος, η ένταση της πυρκαγιάς, οι καιρικές συνθήκες, ο τύπος βλάστησης, ο βαθμός κινδύνου και τα μηχανήματα που χρησιμοποιούνται.

Το ύψος των ετήσιων δαπανών κατάσβεσης, το οποίο θα υπολογίζεται με βάση την προτεινόμενη μεθοδολογία υπολογισμού, εκτιμάται ότι θα είναι υψηλότερο αυτού που υπολογίζει ετησίως η Δ/νη Προστασίας Δασών και Φυσικού Περιβάλλοντος, διότι η προτεινόμενη μεθοδολογία στηρίζεται στην πλήρη καταγραφή και υπολογισμό του κόστους όλων των μέσων που χρησιμοποιούνται στην κατάσβεση. Έτσι, ίσως υποχρεωθεί η πολιτεία να διαθέσει περισσότερες πιστώσεις στη λήψη προληπτικών μέτρων και να οργανώσει καλύτερα την καταστολή των πυρκαγιών, ώστε να επιτευχθεί τελικά η μείωση των δαπανών κατάσβεσης. Επίσης, ο υπολογισμός των δαπανών κατάσβεσης, είναι στοιχείο απαραίτητο στην εκτίμηση του ύψους των ζημιών από πυρκαγιά. Το μέγεθος της ζημίας που επέρχεται από την καταστροφή του δάσους από μια πυρκαγιά, εκτιμάται από την καταστροφή των παραγωγικών, των κοινωνικο-πολιτιστικών και περιβαλλοντικών λειτουργιών του δάσους, τη δαπάνη κατάσβεσης της πυρκαγιάς και το κόστος αποκατάστασης της βλάστησης στην καμένη έκταση. Επιπλέον, στη συνολική εκτίμηση των ζημιών από πυρκαγιά θα πρέπει να συνεκτιμηθεί το κόστος πρόληψης και ετοιμότητας του μηχανισμού καταστολής των πυρκαγιών, καθώς και το κόστος απασχόλησης του προσωπικού σε δραστηριότητες που δε συνδέονται άμεσα με την κατάσβεση της πυρκαγιάς, όπως είναι η συμπλήρωση στατιστικών εντύπων, η εμβαδομέτρηση και η κήρυξη της καείσας περιοχής ως αναδασωτέας.

2. Ανάπτυξη μεθοδολογίας υπολογισμού δαπανών κατάσβεσης

Από τα αναφερόμενα στην προηγούμενη παράγραφο, καθίσταται φανερή η έλλειψη μιας ενιαίας και ακριβούς μεθοδολογίας υπολογισμού των δαπανών κατάσβεσης. Αντικείμενο, λοιπόν, της παρούσας εργασίας είναι η ανάπτυξη μεθοδολογίας υπολογισμού των δαπανών κατάσβεσης δασικών πυρκαγιών, η οποία εφαρμοζόμενη μετά από κάθε πυρκαγιά θα επιτρέπει στη ΓΓΔ και ΦΠ να γνωρίζει το πραγματικό ύψος των χρηματικών πόρων που δαπανώνται κάθε χρόνο για την κατάσβεση των δασικών πυρκαγιών στη χώρα μας.

Όπως είναι γνωστό, στην κατάσβεση των δασικών πυρκαγιών χρησιμοποιούνται εργατικό δυναμικό,

μηχανήματα, οχήματα, αεροσκάφη, ελικόπτερα και υλικά της ΓΓΔ και ΦΠ, αλλά και άλλων υπηρεσιών, όπως του Πυροσβεστικού Σώματος, του Στρατού, της Αστυνομίας και των Οργανισμών Τοπικής Αυτοδιοίκησης. Επίσης, στην κατάσβεση συμμετέχουν πολλές φορές και απλοί πολίτες. Το προσωπικό και τα μηχανήματα απασχολούνται στην κατάσβεση των δασικών πυρκαγιών από το χρόνο αναγγελίας της πυρκαγιάς μέχρι το τέλος του χρόνου φύλαξης της καμένης έκτασης. Η χρήση όλων των ανωτέρω πόρων, συνεπάγεται για τον καθένα ένα κόστος, το οποίο αθροιζόμενο, συνιστά τη δαπάνη κατάσβεσης. Δηλαδή, η δαπάνη κατάσβεσης αποτελεί το άθροισμα της δαπάνης του προσωπικού κατάσβεσης, της δαπάνης του μηχανικού εξοπλισμού και της δαπάνης των υλικών που θα χρησιμοποιηθούν στην κατάσβεση των δασικών πυρκαγιών, καθώς και ένα ποσοστό των γενικών εξόδων του δασαρχείου που αναλογούν για το χρονικό διάστημα καταστολής και φύλαξης της πυρκαγιάς. Το άθροισμα αυτό εκφράζεται μαθηματικά με τον τύπο :

$$\Delta K = \Sigma \Delta \Pi + \Sigma \Delta M + \Sigma \Delta Y + \Gamma E \quad (1)$$

όπου:

ΔK = Δαπάνη Κατάσβεσης

$\Sigma \Delta \Pi$ = Συνολική Δαπάνη Προσωπικού

$\Sigma \Delta M$ = Συνολική Δαπάνη Μηχανικού εξοπλισμού

$\Sigma \Delta Y$ = Συνολική Δαπάνη Υλικών

ΓE = Γενικά Έξοδα δασαρχείου

Στις παραγράφους που ακολουθούν αναπτύσσεται ο τρόπος υπολογισμού των επιμέρους αυτών δαπανών.

2.1 Δαπάνη προσωπικού κατάσβεσης

Οι κυριότεροι κλάδοι προσωπικού που συμμετέχουν στην κατάσβεση των πυρκαγιών είναι από το δασικό προσωπικό, δασολόγοι, τεχνολόγοι δασοπονίας, δασοθηροφύλακες, δασοπυροσβέστες και από το μη δασικό προσωπικό, πυροσβέστες αξιωματικοί, πυροσβέστες, αστυνόμοι, αστυφύλακες, αξιωματικοί στρατού, στρατιώτες, αγροφύλακες και πολίτες. Η δαπάνη των οδηγών του μηχανικού εξοπλισμού που χρησιμοποιείται στη κατάσβεση υπολογίζεται στη δαπάνη του μηχανικού εξοπλισμού (παρ. 2.2).

Η αντίστοιχη δαπάνη για κάθε εργαζόμενο στην κατάσβεση, υπολογίζεται ως το γινόμενο του ωριαίου κόστους εργασίας του υπαλλήλου και των ωρών απασχόλησής του στην πυρόσβεση, δηλαδή :

$$\Delta \Pi_i = (\Omega K A)_i \times (\Omega A)_i \quad (2)$$

όπου:

$\Delta \Pi_i$ = Δαπάνη απασχόλησης του i- στού εργαζόμενου στην πυρόσβεση

$(\Omega K A)_i$ = Ωριαίο κόστος απασχόλησης του i- στού εργαζόμενου στην πυρόσβεση

$(\Omega A)_i$ = Ώρες απασχόλησης του i- στού εργαζόμενου στην πυρόσβεση

Η συνολική δε δαπάνη του προσωπικού που συμμετείχε στην κατάσβεση υπολογίζεται από το άθροισμα των δαπανών όλων των εργαζομένων στην πυρκαγιά, δηλαδή :

$$\Sigma \Delta \Pi_i = \sum_{i=1}^n (\Omega K A)_i \times (\Omega A)_i \quad (3)$$

όπου:

$\Sigma \Delta \Pi_i$ = Η συνολική δαπάνη του προσωπικού πυρόσβεσης

Το ωριαίο κόστος απασχόλησης ($\Omega K A$) υπολογίζεται ως ακολούθως:

$$\Omega K A = \Omega K M + \Omega K Y A + \Omega K H A \quad (4)$$

όπου:

$\Omega K M$ = Ωριαίο κόστος μισθού

$\Omega K Y A$ = Ωριαίο κόστος υπερωριακής απασχόλησης

$\Omega K H A$ = Ωριαίο κόστος ημερησίας αποζημίωσης

Τα επιμέρους κόστη του τύπου (4) υπολογίζονται ως εξής:

α) Ωριαίο κόστος μισθού ΩΚΜ

$$\Omega\text{ΚΜ} = \frac{\text{Ακαθάριστες μηνιαίες αποδοχές του υπαλλήλου} \times 14 \text{ μήνες} / 12 \text{ μήνες}}{37,5 \text{ Ώρες/εβδομάδα} \times 4 \text{ εβδομάδες}} \quad (4\alpha)$$

Η συμμετοχή του μισθού στον υπολογισμό της δαπάνης προσωπικού, είτε το άτομο εργάζεται κατά τη διάρκεια του κανονικού ωραρίου είτε υπερωριακά, δικαιολογείται από το γεγονός ότι η χρήση ενός συντελεστή παραγωγής συνεπάγεται δαπάνη ίση με την αμοιβή του και στην προκειμένη περίπτωση η χρήση του συντελεστή εργασίας συνεπάγεται δαπάνη ίση με την αμοιβή του, δηλαδή το μισθό.

β) Ωριαίο κόστος υπερωριακής απασχόλησης ΩΚΥΑ

$$\Omega\text{ΚΥΑ} = \frac{\Omega\text{ΚΑΑ} \times \Omega\text{ΑΑ} + \Omega\text{ΚΝΑ} \times \Omega\text{ΝΑ}}{\Omega\text{ΑΑ} + \Omega\text{ΝΑ}} \quad (4\beta)$$

όπου:

- ΩΚΑΑ = Ωριαίο κόστος απογευματινής απασχόλησης
- ΩΑΑ = Ώρες απογευματινής απασχόλησης
- ΩΚΝΑ = Ωριαίο κόστος νυχτερινής απασχόλησης
- ΩΝΑ = Ώρες νυχτερινής απασχόλησης

γ) Ωριαίο κόστος ημερήσιας αποζημίωσης ΩΚΗΑ

$$\Omega\text{ΚΗΑ} = \frac{\text{Ημερήσια αποζημίωση} + \text{Δαπάνη Ξενοδοχείου}}{24 \text{ ώρες}} \quad (5)$$

Το ΩΚΗΑ και ειδικότερα η ημερήσια αποζημίωση για αυθημερόν επιστροφή ή διανυκτέρευση, που καταβάλλεται στο προσωπικό κατάσβεσης, δε βρίσκεται σε άμεση συνάρτηση με τις ώρες εμπλοκής στην πυρκαγιά, όπως επίσης η δαπάνη του ξενοδοχείου μπορεί να υπάρχει ή όχι. Για υπολογιστικούς όμως λόγους του ωριαίου κόστους απασχόλησης (ΩΚΑ), το ΩΚΗΑ ανάγεται σε ωριαία δαπάνη.

Όσον αφορά το χρόνο απασχόλησης κάθε εργαζομένου στην κατάσβεση (ΩΑ τύπου 2), αυτός θα λογίζεται ως ο χρόνος που μεσολαβεί από την αναχώρηση του ατόμου για τον τόπο της πυρκαγιάς μέχρι την επιστροφή στην έδρα του.

Μετά την κατάσβεση της πυρκαγιάς, ο δασολόγος ο οποίος θα είναι επιφορτισμένος με τον υπολογισμό της δαπάνης κατάσβεσης, επειδή έχει στη διάθεσή του τις πληροφορίες για το μισθολογικό κλιμάκιο των δασικών υπαλλήλων των περιφερειακών μονάδων καθώς και τις ωριαίες αποζημιώσεις υπερωριακής απασχόλησης, θα εκτιμά τη δαπάνη του δασικού προσωπικού με βάση τους ανωτέρω τύπους. Έτσι, για παράδειγμα, για ένα δασολόγο ο οποίος κατέχει το 8^ο μισθολογικό κλιμάκιο για 24ωρη απασχόληση (ΩΑ=24 ώρες) σε κατάσβεση πυρκαγιάς και χωρίς να κάνει χρήση ξενοδοχείου η αντίστοιχη δαπάνη της συμμετοχής του στη πυρκαγιά υπολογίζεται ως εξής (τιμές 1996):

Υπολογίζεται κατ' αρχήν το ωριαίο κόστος απασχόλησης (ΩΚΑ) με βάση τον τύπο (4), έτσι :

(α) Ωριαίο κόστος μισθού (ΩΚΜ)

$$\Omega\text{ΚΜ} = \frac{286.000 \text{ δραχ.} \times (14/12)}{(37,5 \times 4) \text{ ώρες}} = \frac{333.667}{150} = 2.224 \text{ δραχ./ώρα}$$

(β) Ωριαίο κόστος υπερωριακής απασχόλησης (ΩΚΥΑ)

Το κόστος αυτό υπολογίζεται με βάση τον πίνακα ωριαίων αποζημιώσεων για υπερωριακή εργασία που καθορίζει το Υπουργείο Γεωργίας. Για το δασολόγο με το 8^ο βαθμολογικό κλιμάκιο και για 24ωρη απασχόλη-

ση στη πυρκαγιά έχει ως εξής:

$$\Omega\text{ΚΥΑ} = \frac{7 \text{ ώρες} \times 693 \text{ δρχ/ώρα} + 9,5 \text{ ώρες} \times 832 \text{ δρχ/ώρα}}{(7 + 9,5) \text{ ώρες}} = 773 \text{ δρχ/ώρα}$$

Οι τιμές 693 δρχ. και 832 δρχ. αποτελούν αντίστοιχα τις τιμές ανά ώρα για την απογευματινή και τη νυκτερινή εργασία.

(γ) Ωριαίο κόστος ημερησίας αποζημίωσης (ΩΚΗΑ)

$$\Omega\text{ΚΗΑ} = \frac{(8.000 + 4.000)}{24 \text{ ώρες}} = 500 \text{ δρχ/ώρα}$$

Όπου 8.000 δρχ. είναι η ημερησία αποζημίωση με διανυκτέρευση (στην περίπτωση αυτή καταβάλλεται και μισή ημερησία αποζημίωση για την επιστροφή) για την εκτός έδρας κίνηση. Συνολικά, το ωριαίο κόστος εργασίας του δασολόγου με 8^ο κλιμάκιο που απασχολείται στην κατάσβεση πυρκαγιάς ανέρχεται σε 3.497 δρχ/ώρα (2.224+773+500).

Τελικά η αντίστοιχη δαπάνη (ΔΠ) για την 24ωρη απασχόληση του δασολόγου με 8^ο κλιμάκιο ανέρχεται, σύμφωνα με τον τύπο (2), σε 83.928 δρχ. (δηλαδή 3.497 x 24).

Όσον αφορά στο μη δασικό προσωπικό, για το οποίο ο δασολόγος που θα υπολογίσει τις δαπάνες κατάσβεσης μετά την πυρκαγιά δε διαθέτει πληροφορίες για τα μισθολογικά κλιμάκια των διαφόρων κλάδων και των βαθμών τους, καθώς και ποίοι κλάδοι δικαιούνται υπερωριακής αποζημίωσης και πως διαμορφώνεται αυτή και επειδή η συλλογή αυτών των στοιχείων είναι χρονοβόρα εργασία, προτείνεται το ωριαίο κόστος απασχόλησης αυτού του προσωπικού να υπολογίζεται βασιζόμενο στις παρακάτω υποθέσεις ως εξής:

α) Για τους αξιωματικούς του Στρατού, του Πυροσβεστικού Σώματος και της Αστυνομίας να υπολογίζεται με βάση το ωριαίο κόστος μισθού (ΩΚΜ) στο βαθμό του λοχαγού, γιατί από τη στρατιωτική ιεραρχία οι λοχαγοί είναι αυτοί που συμμετέχουν συχνότερα στην κατάσβεση των δασικών πυρκαγιών.

β) Για τους πυροσβέστες και αστυφύλακες με το ωριαίο κόστος μισθού (ΩΚΜ) των δασοπυροσβεστών, γιατί παρέχουν ίδιο είδος εργασίας με αυτούς και μάλιστα με το 15^ο κλιμάκιο των δασοπυροσβεστών, γιατί ύστερα από επεξεργασία που έγινε στην τελευταία διαθέσιμη επετηρίδα του Υπουργείου Γεωργίας του έτους 1991, διαπιστώθηκε ότι ο κλάδος των δασοπυροσβεστών αντιπροσωπεύεται με το 15^ο κλιμάκιο (ο σταθμισμένος μέσος όρος όλων των μισθολογικών κλιμακίων του κλάδου των δασοπυροσβεστών).

γ) Για τους στρατιώτες και τους πολίτες με το ωρομίσθιο του ανειδίκεντου εργάτη, το οποίο θα λαμβάνεται από τον πίνακα μέσων βασικών τιμών και ημερομισθίων που εκδίδει κάθε χρόνο το Υπουργείο Περιβάλλοντος Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων.

Με βάση τα ανωτέρω, η δαπάνη για κάθε κλάδο του μη δασικού προσωπικού θα διαμορφώνεται από τον γινόμενο του ωριαίου κόστους και του χρόνου απασχόλησης των ατόμων του κλάδου που συμμετείχαν στην κατάσβεση.

2.2 Δαπάνη μηχανικού εξοπλισμού κατάσβεσης

Ο μηχανικός εξοπλισμός που χρησιμοποιεί η ΓΓΔ και ΦΠ για την αντιμετώπιση των πυρκαγιών παρατίθεται στον πίνακα ΙΙ.

Εκτός του ανωτέρω μηχανικού εξοπλισμού, η ΓΓΔ και ΦΠ χρησιμοποιεί στην κατάσβεση πυρκαγιών και άλλο εξοπλισμό όπως ραδιοτηλέφωνα, αλυσοπρίονα, ατομικούς φορητούς πυροσβεστήρες, διόπτρες, τηλεβόες, σκαπανικά κ.ά. τα οποία όμως θεωρούνται ως εργαλεία μικρής αξίας και δεν λαμβάνονται υπόψη στον υπολογισμό της δαπάνης του μηχανικού εξοπλισμού. Ο μη υπολογισμός της δαπάνης των ανωτέρω εργαλείων στη δαπάνη του μηχανικού εξοπλισμού ενισχύεται από την καταγραφή και τον υπολογισμό της αξίας του μηχανικού εξοπλισμού πυρόσβεσης που έγινε για το δασαρχείο Κατανδριτίου, το οποίο προστατεύει μια από τις πιο πυρόπληκτες περιοχές της χώρας. Από τον υπολογισμό αυτό διαπιστώθηκε ότι η αξία των ανωτέρω εργαλείων αποτελεί ένα μικρό ποσοστό της συνολικής δαπάνης του μηχανικού εξοπλισμού πυρόσβεσης, μόλις

Πίνακας II : Μηχανικός εξοπλισμός Δασικής Υπηρεσίας που χρησιμοποιείται στην κατάσβεση δασικών πυρκαγιών

A/A	Μηχανικός εξοπλισμός	Αριθμός μονάδων
A.	Αεροπλάνα	
1.	CL-215	12
2.	PZL-M18	22
3.	Grumman	12
4.	C-130 MAFFS	3
B.	Ελικόπτερα	ποικίλλει
Γ.	Πυροσβεστικά οχήματα	
1.	Πυροσβεστικά των 1300 λίτρων	192
2.	Πυροσβεστικά των 2500 λίτρων	181
3.	Πυροσβεστικά των 10000 λίτρων	45
4.	Ημιφορητά οχήματα με προσθαφαιρούμενο συγκρότημα πυρόσβεσης	200
Δ.	Λοιπός μηχανικός εξοπλισμός	
1.	Επιβατηγά αυτοκίνητα τύπου jeep	420
2.	Φορητά αυτοκίνητα	123
3.	Λεωφορεία	123
4.	Ρυμουλκά	2
5.	Μοτοσυκλέτες	380
6.	Προωθητήρες	

Πηγή: Δ/ση Προστασίας Δασών και Δασικού Περιβάλλοντος 1994

το 4,7%.

Στον υπολογισμό, όμως, της δαπάνης του μηχανικού εξοπλισμού θα ληφθεί υπόψη ο μηχανικός εξοπλισμός και των άλλων υπηρεσιών, που χρησιμοποιείται στην κατάσβεση των δασικών πυρκαγιών, όπως του Πυροσβεστικού Σώματος, του Στρατού, των Οργανισμών Τοπικής Αυτοδιοίκησης καθώς και των ιδιωτών.

Η δαπάνη για κάθε μηχανήμα / όχημα το οποίο χρησιμοποιήθηκε στην κατάσβεση, υπολογίζεται ως το γινόμενο του του ωριαίου κόστους απασχόλησης του μηχανήματος/ οχήματος και των ωρών απασχόλησής του, δηλαδή:

$$\Delta M_i = (\Omega K M)_i \times (\Omega A)_i \quad (6)$$

όπου:

ΔM_i = Η δαπάνη του i- στού μηχανήματος / οχήματος

$(\Omega K M)_i$ = Ωριαίο κόστος του i- στού μηχανήματος / οχήματος

$(\Omega A)_i$ = Ώρες απασχόλησης του i- στού μηχανήματος / οχήματος

Η συνολική δαπάνη του μηχανικού εξοπλισμού που χρησιμοποιήθηκε στην κατάσβεση, υπολογίζεται από το άθροισμα όλων των δαπανών των μηχανημάτων /οχημάτων που απασχολήθηκαν στην κατάσβεση, δηλαδή:

$$\Sigma \Delta M_i = \sum_{i=1}^n (\Omega K M)_i \times (\Omega A)_i \quad (7)$$

όπου:

$\Sigma \Delta M_i$ = Η συνολική δαπάνη του μηχανικού εξοπλισμού

Ως χρόνος απασχόλησης του μηχανήματος /οχήματος (ΩA) στην κατάσβεση πυρκαγιάς, θα λογίζεται ο χρόνος ο οποίος παρέχεται από την εκκίνηση του μηχανήματος /οχήματος για τον τόπο της πυρκαγιάς ως την επιστροφή στο χώρο στάθμευσής του μείον το χρόνο (ώρες) που αυτό παρέμεινε αδρανές στο χώρο της

πυρκαγιάς.

Για τον υπολογισμό του ωριαίου κόστους λειτουργίας των μηχανημάτων /οχημάτων (ΩΚΜ) ακολουθείται σχετική μεθοδολογία που συνοπτικά έχει ως εξής (Lyrintzis 1983, Λυριντζής 1986) :

Στον υπολογισμό του ωριαίου κόστους λειτουργίας του μηχανήματος /οχήματος συμμετέχει ένα σύνολο σταθερών και ημισταθερών δαπανών, δαπανών λειτουργίας και δαπανών προσωπικού μηχανημάτων /οχημάτων.

2.2.1 Σταθερές δαπάνες

Αυτές είναι ανεξάρτητες της χρήσης των μηχανημάτων /οχημάτων και περιλαμβάνουν τις εξής δαπάνες:

α) Τόκοι

Οι τόκοι είναι η αμοιβή που καταβάλλει η επιχείρηση για το δάνειο που τυχόν θα συνάψει για την αγορά του μηχανήματος /οχήματος και υπολογίζεται με τον ακόλουθο τύπο:

$$I_n = \frac{V_a \times K \times I}{H} \quad (8)$$

όπου:

I_n = Η ωριαία δαπάνη των τόκων του κεφαλαίου αγοράς μηχανήματος /οχήματος

V_a = Η τιμή κτήσης του μηχανήματος /οχήματος καινούργιου

Στην τιμή κτήσης περιλαμβάνεται τόσο η τιμή αγοράς όσο και τα ειδικά έξοδα όπως φορτωτικά, μεταφορικά, εκφορτωτικά (Σφακιανός 1990). Στην τιμή αγοράς είναι ενσωματωμένες οι επιβαρύνσεις Ειδικού Φόρου Κατανάλωσης (Ε.Φ.Κ.), φόρων εισαγωγής και Φόρου Προστιθέμενης Αξίας (Φ.Π.Α).

Εφόσον υιοθετηθεί από τη ΓΓΔ και ΦΠ η προτεινόμενη μεθοδολογία θα πρέπει κάθε έτος και πριν από την έναρξη της αντιπυρικής περιόδου να γνωστοποιούνται στις περιφερειακές μονάδες οι τιμές κτήσης (αγοραίας αξίας) των πάσης κατηγορίας μηχανημάτων /οχημάτων για την ενιαία αντιμετώπιση του υπολογισμού των δαπανών κατάσβεσης.

K = Ο συντελεστής διόρθωσης ο οποίος εξαρτάται από το ύψος της αξίας του μηχανήματος /οχήματος, το επιτόκιο δανεισμού και την περίοδο απόσβεσης, κυμαίνοντες από 0,55 ως 0,75 και για τις ευρωπαϊκές συνθήκες είναι ίσος με 0,63.

I = Το επιτόκιο δανεισμού

Σαν επιτόκιο δανεισμού, θα χρησιμοποιείται το επιτόκιο με το οποίο η Αγροτική Τράπεζα Ελλάδος δανείζει κεφάλαια στους αγρότες για την αγορά αγροτικών μηχανημάτων. Η τιμή του επιτοκίου αυτού για το έτος 1996 ήταν 18%.

H = Ο μέσος ετήσιος όρος παραγωγικών ωρών του μηχανήματος /οχήματος

Ο μέσος ετήσιος όρος παραγωγικών ωρών μηχανήματος /οχήματος εξαρτάται κυρίως από τη δυνατότητα απασχόλησης του συγκεκριμένου μηχανήματος /οχήματος σε κάποια περιοχή και τις τοπικές συνθήκες τόσο συχνότητας περιστατικών πυρκαγιών όσο και διαθέσιμου προσωπικού χειρισμού. Από τα διαθέσιμα στατιστικά στοιχεία της ΓΓΔ και ΦΠ αλλά και από προσαρμογή παρόμοιων στοιχείων είτε από ανάλογες μελέτες είτε από τη σχετική βιβλιογραφία (Lyrintzis 1983), προτείνονται ως μέσοι ετήσιοι όροι παραγωγικών ωρών μηχανημάτων /οχημάτων οι παρατιθέμενοι στον Πίνακα III.

β) Δαπάνες ασφάλισης, ενοικίου στάθμευσης, φόρων

Σ' αυτές περιλαμβάνονται δαπάνες για ασφάλιση κυρίως έναντι ζημιών σε τρίτους, μίσθωμα για στάθμευση μηχανήματος ή οχήματος, άδειας και τελών κυκλοφορίας, πινακίδων και υπολογίζονται ως ακολούθως:

$$A_s + R_{em} + I_m = \frac{0,03 \times V_a}{H} \quad (9)$$

όπου:

A_s, R_{em}, I_m = Η ωριαία δαπάνη ασφάλισης, ενοικίου στάθμευσης, φόρων

V_a = Η τιμή κτήσης του μηχανήματος /οχήματος

H = Ο μέσος ετήσιος όρος παραγωγικών ωρών του μηχανήματος ή οχήματος

Πίνακας III : Προτεινόμενη διάρκεια ή ωφέλιμη ζωή και αντίστοιχοι μέσοι ετήσιοι όροι παραγωγικών ωρών μηχανικού εξοπλισμού που χρησιμοποιείται στην κατάσβεση δασικών πυρκαγιών, σύμφωνα με τα διεθνή ισχύοντα για παρόμοιους τύπους μηχανικού εξοπλισμού

Μηχανικός εξοπλισμός	Ωφέλιμη ζωή H_d (ώρες)	Μέσος ετήσιος όρος παραγωγικών ωρών H
Πυροσβεστικά των 1300 λίτρων	8000	1200
Πυροσβεστικά των 2500 λίτρων	10000	1400
Πυροσβεστικά των 10000 λίτρων	12000	1200
Ημιφορητά οχήματα με προσθαιρούμενο συγκρότημα πυρόσβεσης	8000	1400
Λοιπός μηχανικός εξοπλισμός		
Επιβατηγά αυτοκίνητα τύπου jeep	8000	1600
Φορητά αυτοκίνητα	10000	1400
Λεωφορεία	10000	1400
Ρυμουλκά	12000	1200
Μοτοσυκλέτες	4000	1000
Προωθητήρες	12000	1400

2.2.2 Ημισαθερές δαπάνες

Οι δαπάνες αυτές μειώνονται με το χρόνο χρησιμοποίησης του μηχανήματος ή οχήματος, ανεξάρτητα της απασχόλησης ή όχι αυτού στις εργασίες κατάσβεσης και περιλαμβάνουν τις εξής δαπάνες:

α) Απόσβεση

Απόσβεση είναι η βαθμιαία μείωση της αξίας του πάγιου περιουσιακού στοιχείου λόγω λειτουργικής φθοράς, οικονομικής απαξίωσης ή απλής παρόδου του χρόνου (Τσακλάγκανος 1980α). Με την απόσβεση κατανέμεται το κόστος του περιουσιακού στοιχείου σε όλα τα χρόνια της ωφέλιμης ζωής του και εκφράζει το ποσό με το οποίο πρέπει να επιβαρύνουμε το κόστος παραγωγής ή παροχής υπηρεσιών ώστε να μπορεί ο ιδιοκτήτης του, όταν αργότερα φθαρεί, να το αντικαταστήσει. Για τον υπολογισμό της απόσβεσης των μηχανημάτων /οχημάτων που χρησιμοποιούνται στην κατάσβεση, ακολουθείται η σταθερή ή η γραμμική μέθοδος απόσβεσης κατά την οποία ο συντελεστής ή το ποσοστό απόσβεσης είναι σταθερό και κατανέμεται το ίδιο σε όλα τα χρόνια ωφέλιμης ζωής του πάγιου περιουσιακού στοιχείου και δίνεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$A_m = \frac{0,9 \times V_a}{H_d} \quad (10)$$

A_m = Η ωριαία δαπάνη απόσβεσης του μηχανήματος /οχήματος

V_a = Η τιμή κτήσης του μηχανήματος /οχήματος

H_d = Ο χρόνος διάρκειας του μηχανήματος /οχήματος ή της ωφέλιμης ζωής του σε ώρες

Ωφέλιμη ζωή ενός περιουσιακού στοιχείου είναι η διάρκεια του χρόνου κατά τον οποίο το περιουσιακό στοιχείο μπορεί να χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά. Ο χρόνος διάρκειας επηρεάζεται από τις κλιματολογικές συνθήκες, από την ένταση της χρήσης του, από το βαθμό συντήρησης, τις συνθήκες χρησιμοποίησής του και σημαντικά από την τεχνολογική πρόοδο (Τσακλάγκανος 1980β). Για τον καθορισμό του χρόνου διάρκειας του μηχανικού εξοπλισμού κατάσβεσης λήφθηκαν υπόψη τα εξής:

Η ακριβής αποτίμηση της διάρκειας ζωής των διαφόρων τύπων μηχανημάτων /οχημάτων είναι σπουδαία για την εκτίμηση του κόστους των. Εντούτοις είναι δύσκολο να την αποτιμήσει κανείς γιατί υπεισέρχονται διάφοροι παράγοντες όπως η συντήρηση, η τεχνική γήρανση, οι συνθήκες απασχόλησης κλπ. Εξίσου η οικονομική ζωή των μηχανημάτων εξαρτάται από τη φθορά και την τεχνική και οικονομική πρόοδο. Ειδικά για τα

αυτοκινούμενα, από τις συνθήκες εργασίας (έδαφος και συνθήκες του δάσους), την εξειδίκευση των χειριστών, την αλλαγή χειριστού στο ίδιο μηχάνημα, την διαθεσιμότητα των ανταλλακτικών κλπ.

Με βάση τις απόψεις αυτές (Mc Nally 1977, Stohr 1977, Bendz *et al* 1974, Lyrintzis 1983), καθορίστηκαν οι χρόνοι διάρκειας του μηχανικού εξοπλισμού και παρατίθενται στον Πίνακα III.

Ο συντελεστής 0,9 του τύπου (10) προκύπτει από την παραδοχή ότι η υπολειμματική αξία των μηχανημάτων /οχημάτων, δηλαδή η αξία τους στο τέλος της ωφέλιμης ζωής, θα είναι 10% της τιμής κτήσης τους.

β) Δαπάνες επισκευών

Οι δαπάνες επισκευών του μηχανήματος /οχήματος αυξάνονται με την ηλικία του. Οι δαπάνες αυτές περιλαμβάνουν την εργασία επισκευής και το κόστος των ανταλλακτικών, εκτός από αυτό των ελαστικών. Εκφράζεται δε από τον ακόλουθο τύπο (Lyrintzis 1983):

$$RS = \frac{V_a}{H_d} \quad (11)$$

όπου:

RS = Η ωριαία δαπάνη επισκευής μηχανήματος /οχήματος

V_a = Η τιμή κτήσης του μηχανήματος /οχήματος

H_d = Ο χρόνος διάρκειας του μηχανήματος /οχήματος ή της ωφέλιμης ζωής του σε ώρες, όπως υπολογίστηκε ανωτέρω και αναφέρεται στον Πίνακα III.

2.2.3 Δαπάνες λειτουργίας

Οι δαπάνες αυτές συνδέονται άμεσα και αυξάνουν με το χρόνο απασχόλησης του μηχανήματος /οχήματος και περιλαμβάνουν τις εξής (Lyrintzis 1983):

α) Καύσιμα

Η δαπάνη τους δίνεται από τον τύπο:

$$C_d = 0,12 \times P \times c_d \text{ για κινητήρα πετρελαίου} \quad (12\alpha)$$

$$C_e = 0,175 \times P \times c_e \text{ για κινητήρα βενζίνης} \quad (12\beta)$$

C_d, C_e = Η ωριαία δαπάνη των καυσίμων πετρελαίου και βενζίνης αντίστοιχα

P = Η ιπποδύναμη του κινητήρα σε ίππους όπως αυτή δίδεται στο τεχνικό εγχειρίδιο ή την άδεια κυκλοφορίας του μηχανήματος /οχήματος

c_d, c_e = Η τιμή λίτρου των καυσίμων πετρελαίου και βενζίνης αντίστοιχα

β) Λιπαντικά

Η δαπάνη τους δίνεται από τον τύπο:

$$L = \frac{P \times q \times c_l}{100} \quad (13)$$

όπου:

L = Η ωριαία δαπάνη των λιπαντικών (λάδι κινητήρα και υδραυλικού συστήματος, γράσα)

P = Η ιπποδύναμη του κινητήρα

q = Συντελεστής ο οποίος κυμαίνεται από 0,2 ως 0,5 ανάλογα με τον τύπο του μηχανήματος /οχήματος. Θα χρησιμοποιηθεί τελικά για απλοποίηση ο συντελεστής 0,2 που εφαρμόζεται σε γεωργικά μηχανήματα.

c_l = Η τιμή ανά λίτρο λαδιού κινητήρα

γ) Ελαστικά

Η δαπάνη των ελαστικών δίνεται από τον τύπο:

$$P_n = 0,0006 \times c_p \quad (14)$$

όπου:

$$P_n = \text{Η ωριαία δαπάνη ελαστικών}$$

$$c_p = \text{Η αξία αγοράς ενός ζεύγους ελαστικών}$$

δ) Ερπύστριες

Η δαπάνη των ερπυστριών δίνεται από τον τύπο:

$$C_c = 0,0008 \times c_c \quad (15)$$

όπου:

$$C_c = \text{Η ωριαία δαπάνη ερπυστριών}$$

$$c_c = \text{Η αξία αγοράς ενός ζεύγους ερπυστριών.}$$

2.2.4 Δαπάνες προσωπικού μηχανημάτων /οχημάτων

α) Δαπάνες χειριστή

Στο ωριαίο κόστος λειτουργίας του μηχανήματος /οχήματος περιλαμβάνεται και η δαπάνη του χειριστή. Η ωριαία δαπάνη του χειριστή θα λαμβάνεται από τον πίνακα μέσων βασικών τιμών και ημερομισθίων που εκδίδει το Υπουργείο Δημοσίων Έργων και παρίσταται ως C_m (16)

β) Δαπάνη συντήρησης του μηχανήματος /οχήματος

Η ωριαία δαπάνη συντήρησης του μηχανήματος /οχήματος καθορίζεται στο 15% της ωριαίας δαπάνης του χειριστή και υπολογίζεται ως: $C_m \times 0,15$ (17)

Συνολτικά, το ωριαίο κόστος λειτουργίας του μηχανήματος ή οχήματος υπολογίζεται από το άθροισμα των τύπων (8) ως (17) δηλαδή:

$$\text{ΟΚΜ} = \frac{V_a \times K \times I}{H} + \frac{0,03 \times V_a}{H} + \frac{0,9 \times V_a}{H_d} + \frac{V_a}{H_d} + (0,12 \times P \times c_d) + \frac{P \times 0,2 \times c_i}{100} + (18)$$

$$+ (0,0006 \times c_p) + (0,0008 \times c_c) + C_m + (C_m \times 0,15)$$

2.2.5 Δαπάνες εναέριων μέσων κατάσβεσης πυρκαγιών

Η δαπάνη των εναέριων μέσων κατάσβεσης πυρκαγιών υπολογίζεται με βάση την τιμή του ωριαίου κόστους λειτουργίας των αεροσκαφών, η οποία καθορίζεται κάθε χρόνο από το Γενικό Επιτελείο Αεροπορίας (ΓΕΑ) του Υπουργείου Εθνικής Αμύνης. Τα στοιχεία κόστους που λαμβάνονται υπόψη στον υπολογισμό του ωριαίου κόστους λειτουργίας των αεροσκαφών από το Γ.Ε.Α. είναι το προσωπικό, τα καύσιμα, τα ανταλλακτικά, η τεχνική υποστήριξη και η συντήρηση των μέσων στις μονάδες, στα εργοστάσια της Πολεμικής Αεροπορίας και της Ελληνικής Αεροπορικής Βιομηχανίας. Ενώ, αντίθετα στον υπολογισμό δε λαμβάνονται υπόψη σημαντικά στοιχεία κόστους όπως οι αποσβέσεις, το χρηματοδοτικό κόστος, το κόστος εκπαίδευσης των πληρωμάτων και του προσωπικού εδάφους, οι δαπάνες οδοπορικών και οι κάθε είδους αμοιβές του εποχικού προσωπικού και οι δαπάνες προμήθειας του μηχανολογικού εξοπλισμού (προσωπική επικοινωνία με το Γ.Ε.Α.). Η τιμή, λοιπόν, του ωριαίου κόστους λειτουργίας των αεροσκαφών που καθορίζει κάθε χρόνο το Γ.Ε.Α. υπολείπεται σημαντικά της πραγματικής δαπάνης που υφίσταται η κοινωνία από τη χρήση των εναέριων μέσων πυρόσβεσης, γεγονός το οποίο καθιστά απαραίτητη την εκπόνηση αναλυτικής μελέτης υπολογισμού του ωριαίου κόστους λειτουργίας των αεροσκαφών από κοινού μεταξύ του Γ.Ε.Α. και της Γ.Γ.Δ. και Φ.Π.

Μέχρι να υπολογισθεί η ακριβής τιμή του ωριαίου κόστους λειτουργίας των αεροσκαφών, στην εκτίμηση της δαπάνης χρήσης των αεροσκαφών θα χρησιμοποιείται η τιμή του Γ.Ε.Α. προσαυξημένη κατά 50%. Η προσαύξηση αυτή, που αποτελεί εκτίμηση του Γ.Ε.Α., είναι απαραίτητη ώστε η τιμή που καθορίζεται κάθε χρόνο από το Γ.Ε.Α. να προσεγγίζει την πραγματική τιμή του ωριαίου κόστους λειτουργίας των αεροσκαφών.

Όσον αφορά για τα ελικόπτερα μέσου και μεγάλου μεγέθους που χρησιμοποιούνται στην πυρόσβεση, ως τιμή του ωριαίου κόστους λειτουργίας αυτών θα λαμβάνεται το κόστος μίσθωσης όπως αυτό καθορίζεται από τις συμβάσεις μίσθωσης ελικοπτέρων που συνάπτει κάθε χρόνο η Γ.Γ.Δ. και Φ.Π. με το Γ.Ε.Α.

2.3. Δαπάνες υλικών κατάσβεσης

Υλικά τα οποία χρησιμοποιούνται στην κατάσβεση των δασικών πυρκαγιών είναι το θαλάσσιο και το

χερσαίο νερό και τα επιβραδυντικά (Κατσάνος 1978, Καϊλίδης 1990).

Το νερό είναι ένας πολύτιμος φυσικός πόρος που δυστυχώς, όμως, δεν είναι άφθονος, ανεξάντλητος και υπόκειται σε φθορά. Το νερό υπήρξε από τα αρχαία χρόνια το βασικότερο μέσο καταπολέμησης της φωτιάς την οποία σβήνει μειώνοντας τη θερμοκρασία ανάφλεξης της δασικής καύσιμης ύλης, ελαττώνοντας το οξυγόνο και υγραίνοντας την καύσιμη ύλη.

Στην εκτίμηση της δαπάνης των υλικών κατάσβεσης δασικών πυρκαγιών θα κοστολογηθεί μόνο το χερσαίο νερό, η τιμή του οποίου σε πολλές ξηροθερμικές περιοχές της Ελλάδας, στις οποίες εκδηλώνονται και οι περισσότερες πυρκαγιές, τα τελευταία χρόνια παρουσίασε αλματώδη άνοδο και θεωρείται ως “ουσιώδες αγαθό εν ανεπαρκεία”.

Τα επιβραδυντικά είναι χημικές ουσίες που αναμειγνύονται με το νερό και άλλες μεν το καθιστούν περισσότερο υδαρές, άλλες δε περισσότερο ιξώδες, με αποτέλεσμα η διείσδυση του νερού στο καιόμενο ξύλο και η κάλυψη της επιφάνειάς του να είναι πιο αποτελεσματική από ότι όταν το νερό χρησιμοποιείται από μόνο του. Τα επιβραδυντικά διακρίνονται σε επιβραδυντικά μικρής διάρκειας, δηλαδή αυτά που παρέχουν προσωρινή επιβράδυνση της πορείας της καύσης και μάλιστα τόση όσος χρόνος απαιτείται για την εξάτμιση του νερού και επιβραδυντικά μακράς διάρκειας, δηλαδή αυτά τα οποία χρησιμοποιούν το νερό ως παράγοντα διασποράς των χημικών ουσιών και των οποίων η επίδραση εξακολουθεί και μετά την εξάτμιση του νερού.

Επιβραδυντικά μικρής διάρκειας που κυκλοφορούν στο εμπόριο είναι το CMC-7H3S (Sodium Carboxymethylcellulose), Glagard και Αργίλοι Μπετονίτη, ενώ επιβραδυντικά μακράς διάρκειας, τα οποία είναι άλατα ισχυρών φωσφορικών και αμμωνιακών οξέων, κυκλοφορούν το Phos-Chek που είναι 10% σε βάρος φωσφορικό διαμμώνιο και το Fire-Troll 100 που είναι σε βάρος 15% θειική αμμωνία. Η ΓΓΔ και ΦΠ πρόσφατα χρησιμοποίησε το μακράς διάρκειας επιβραδυντικό Fire-Troll 100 και τα επιβραδυντικά μικρής διάρκειας αφρογόνα.

Η δαπάνη για κάθε υλικό το οποίο χρησιμοποιήθηκε στην κατάσβεση, υπολογίζεται ως το γινόμενο της ποσότητας του υλικού και του μοναδιαίου κόστους του, ενώ η συνολική δαπάνη των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν στην κατάσβεση υπολογίζεται αθροίζοντας τις επιμέρους δαπάνες τους, δηλαδή:

$$\Delta Y_i = (Q)_i \times (MKY)_i \quad (19) \text{ και}$$

$$\Sigma \Delta \Pi_i = \sum_{i=1}^v (Q)_i \times (MKY)_i \quad (20)$$

όπου:

ΔY_i = Η δαπάνη του i- στού υλικού που χρησιμοποιήθηκε στην κατάσβεση

$(Q)_i$ = Ποσότητα του i- στού υλικού που χρησιμοποιήθηκε στην κατάσβεση

$(MKY)_i$ = Μοναδιαίο κόστος i- στού υλικού που χρησιμοποιήθηκε στην κατάσβεση

$(\Sigma \Delta \Pi)_i$ = Συνολική δαπάνη των υλικών κατάσβεσης

Το κόστος νερού ανά m^3 θα λαμβάνεται από το τιμολόγιο που εκδίδει κάθε τρίμηνο η Επιτροπή Διαπιστώσεως Τιμών Δημοσίων Έργων (κωδικός 021), το οποίο για το 2^ο τρίμηνο του 1996 ήταν 640 δρχ/ m^3 .

Το μοναδιαίο κόστος των επιβραδυντικών, θα υπολογίζεται με βάση τα στοιχεία που διατηρεί η Δ/ση Προστασίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, λαμβάνοντας υπόψη τις τιμές των υλικών, την εργασία που απαιτείται για να καταστούν αποτελεσματικά και την απόσβεση των μηχανημάτων και κτιρίων προπαρασκευής τους. Ο υπολογισμός του κόστους τους για το 1996, σύμφωνα με τα υφιστάμενα στοιχεία της Δ/σης Προστασίας και Φυσικού Περιβάλλοντος Δ/ έχει ως εξής:

Fire-Troll 100

- κόστος επιβραδυντικού υλικού για 100 τόννους	40.000.000 δρχ
- νερό (αναλογία υλικού /νερού 1/4 τόννου)	270.000 >>
- απόσβεση μηχανημάτων	4.000.000 >>
- απόσβεση κτιρίων	800.000 >>

- εργατικό κόστος	24.000.000 >>
- διάφορα (ρεύμα, μεταφορά εργατών)	<u>3.600.000 >></u>
Σύνολο	72.670.000 >>

Μοναδιαίο κόστος 726.700 δρχ/τόννο

Αφρογόνα

κόστος επιβραδυντικού υλικού για 100 τόννους	80.000.000 δρχ
επίμηση μοναδιαίου κόστους	800.000 δρχ /τόννο.

Το επιβραδυντικό αυτό είναι υπό δοκιμή και δεν υπάρχουν στοιχεία για τον πλήρη υπολογισμό του κόστους του.

2.4. Γενικά Έξοδα

Στον υπολογισμό των δαπανών κατάσβεσης θα πρέπει να συνεκτιμηθεί ένα σημαντικό τμήμα των γενικών δαπανών του δασαρχείου κατά το διάστημα που διαρκεί η κατάσβεση και φύλαξη της πυρκαγιάς, διότι η κατάσβεση της πυρκαγιάς αποτελεί τη σημαντικότερη δραστηριότητα του δασαρχείου σ' αυτό το χρονικό διάστημα. Όσον αφορά τα γενικά έξοδα των υπολοίπων φορέων που εμπλέκονται στην κατάσβεση, δεν κρίνεται σκόπιμο να ληφθούν υπόψη, πρώτον γιατί τα περισσότερα περιστατικά τα αντιμετωπίζει το οικείο δασαρχείο με τις δικές του δυνάμεις και δεύτερον είναι χρονοβόρα και δύσκολη η αναζήτηση των γενικών εξόδων των υπολοίπων φορέων από το δασολόγο που θα είναι επιφορτισμένος με την εκτίμηση της δαπάνης κατάσβεσης.

Τα γενικά έξοδα του δασαρχείου θα υπολογίζονται με βάση τον τύπο (21).

$$ΓΕ = \left(\frac{V}{\text{ετήσιες ημέρες εργασίας δασαρχείου (350)}} \right) \times H \times 0,8 \quad (21)$$

όπου:

ΓΕ = Γενικά Έξοδα

V = Ετήσιες διοικητικές δαπάνες δασαρχείου

Οι ετήσιες διοικητικές δαπάνες στη δασική εκτιμητική αποτελούν άθροισμα των κάτωθι δαπανών (Στάμου 1988):

V₁ = Ετήσιοι μισθοί και αποζημιώσεις τακτικών υπαλλήλων

V₂ = Ετήσιες αποσβέσεις κτιρίων

V₃ = Ετήσιες δαπάνες συντήρησης κτιρίων

V₄ = Ετήσια ενοίκια

V₅ = Ετήσιες δαπάνες φωτισμού - ύδρευσης - θέρμανσης - ΟΤΕ

V₆ = Ετήσιες δαπάνες γραφικής ύλης

V₇ = Ετήσιες δαπάνες επίπλων

V₈ = Ετήσιες δαπάνες φύλαξης

V₉ = Ετήσιες δαπάνες κατασκευής και συντήρησης δασοδρόμων

V₁₀ = Ετήσιες δαπάνες σύνταξης μελετών

H = ημέρες που διαρκεί η κατάσβεση και η φύλαξη της πυρκαγιάς

0,8 = Εκτιμώμενο ποσοστό των γενικών εξόδων κατά τη διάρκεια των ημερών κατάσβεσης (H) που μπορεί ν' αποδοθεί στην κατάσβεση της πυρκαγιάς.

3. Συμπεράσματα - Προτάσεις

Το καταστροφικό φυσικό φαινόμενο των δασικών πυρκαγιών υποχρεώνει κάθε χρόνο την πολιτεία να λαμβάνει προληπτικά και κατασταλτικά μέτρα που συνεπάγονται κατανάλωση σημαντικών χρηματικών πόρων.

Η έλλειψη στη δασική πράξη εφαρμογής μιας μεθοδολογίας υπολογισμού των δαπανών κατάσβεσης

δασικών πυρκαγιών, κατέστησε αναγκαία την ανάπτυξη μιας τέτοιας μεθοδολογίας. Με την προτεινόμενη μεθοδολογία καταγράφονται το εργατικό δυναμικό, τα μηχανήματα / οχήματα και τα υλικά που χρησιμοποιούνται στην κατάσβεση και προσδιορίζεται ο τρόπος υπολογισμού του κόστους που συνεπάγεται η χρήση τους στην κατάσβεση και αθροίζεται το κόστος χρήσης των τριών αυτών πόρων για να υπολογιστεί η συνολική δαπάνη κατάσβεσης.

Ο δασολόγος μετά την κατάσβεση, παράλληλα με τις παρεπόμενες της πυρκαγιάς εργασίες που εκτελεί, θα υπολογίζει τις δαπάνες κατάσβεσης εφαρμόζοντας την ανωτέρω μεθοδολογία και χρησιμοποιώντας τις πληροφορίες που συγκέντρωσε από το χώρο της πυρκαγιάς καθώς και κάποιες άλλες πληροφορίες που είναι απαραίτητες στον υπολογισμό του κόστους των πόρων που χρησιμοποιούνται στην κατάσβεση (π.χ. μίσθωμα αεροπλάνου, κόστος αγοράς υλικών κλπ.). Τις τελευταίες αυτές πληροφορίες θα αποστέλλει στα δασαρχεία στην αρχή κάθε αντιπυρικής περιόδου η Δ/ση Προστασίας Δασών και Φυσικού Περιβάλλοντος.

Με την εφαρμογή της ανωτέρω μεθοδολογίας, η Δ/ση Προστασίας Δασών και Φυσικού Περιβάλλοντος θα γνωρίζει κάθε χρόνο την πραγματική συνολική δαπάνη κατάσβεσης, καθώς και τη δαπάνη όλων των μέσων που χρησιμοποιούνται στην κατάσβεση πυρκαγιών που εκδηλώνονται. Οι πληροφορίες αυτές σε συνδυασμό με τη γνώση των δαπανών κατασκευής αντιπυρικών έργων καθώς και το ύψος των ζημιών που προκαλούν οι πυρκαγιές, θα βοηθούν στην οργάνωση αποτελεσματικής διαχείρισης των δασικών πυρκαγιών.

Οι συγγραφείς μετά από αυτή την πρώτη προσπάθεια ευελπιστούν να ολοκληρώσουν με πρόσθετα στοιχεία την εργασία αυτή κυρίως όσον αφορά τον μηχανικό εξοπλισμό με την παροχή μεγάλου αριθμού πληροφοριών σχετικά με το ωριαίο κόστος κάθε μέσου σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή, όπως επίσης και για τις επιμέρους δαπάνες που σχετίζονται με την απόσβεση των διατιθέμενων κεφαλαίων, την ασφάλιση, τις επισκευές, την ποσότητα και δαπάνη καυσίμων και λιπαντικών, το προσωπικό χειρισμού και εξυπηρέτησης κλπ., με την ανάπτυξη και δημιουργία σχετικού προγράμματος για ηλεκτρονικό υπολογιστή, η πρόταση του οποίου βρίσκεται στη διαδικασία έγκρισης της χρηματοδότησης από τη ΓΓΔ και ΦΠ.

Methodology in estimating the expenses of forest fires suppression Contribution for an integrated approach

K. Albanis*, L. Boskos*, G. Lyrantzis *

ABSTRACT

The present paper records, analyses and estimates the cost of personnel, mechanical equipment and materials used in forest fires fighting. A considerable cost is incurred from the utilisation of the above resources in fire suppression for the protection of our forests from fires. The methodology proposed for the estimate of fire fighting expenses is based on the cost of the utilisation of the above mentioned resources during fire suppression in an effort to approximate effectively the total fire suppression cost..

Precise knowledge of the above expenses will contribute to the optimum planning of the protection of forests and other wooded lands in our country and the proper final estimate of damages caused by fires.

Key words: forest fires, fire suppression, fire suppression cost, forest protection, forest personnel.

Βιβλιογραφία

- Bendz, M., McNally, J.A., Silversides, C.R., 1974. Exploitation et transport des grumes en forêt dense tropicale. Méthodes de travail et calcul des coûts, Rome, FAO, 1974, 100 p.
- Γενική Δ/ση Δασών και Δασικού Περιβάλλοντος 1981 - 1993: Απολογισμοί Δραστηριοτήτων Δασικών Υπηρεσιών ετών 1981 - 1993.
- Καϊλίδης, Δ., 1990. Δασικές Πυρκαγιές. Αυτοτελής έκδοση, τρίτη έκδοση, Θεσ/νίκη 1990, σελ. 1 - 10 και 327 - 338.

* *National Agricultural Research Foundation (N.A.R.F.)
Institute of Mediterranean Forest Ecosystems and Forest Products Technology. Terma Alkmanos, Ilissia,
115 28 Athens, GREECE.*

- Κατσάνος, Α., 1978. Κατάσβεση πυρκαγιών δασών από αέρος. Αυτοτελής έκδοση της διεύθυνσης Δασικών Ερευνών, Εφαρμογών και Εκπαιδείσεως του Υπουργείου Γεωργίας. Αριθμός ΗΖ. Αθήνα 1978, σελ. 45 - 51.
- Lyrintzis, G., 1983. L' exploitation des Taillis étude technique et économique. Thèse - Titre de docteur de 3^e Cycle en économie du développement. Université de Nancy II, pp 157-194.
- Λυριντζής, Γ., 1986. Τεχνοοικονομικά στοιχεία οδοποιίας και συγκομιδής βιομηχανικών αναδασώσεων. Μελέτη έργου του FAO:DP/GRE/78/003. Δασική ανάπτυξη - Αναδασώσεις, Υπουργείο Γεωργίας.
- McNally, J.A., 1977. Planification des routes forestières et des systèmes d' exploitation, Rome, FAO, 1977, 151 p.
- Σφακιανός, Γ., 1990. Γενικές Αρχές Λογιστικής. Αυτοτελής έκδοση, έκδοση Ζ', Αθήνα 1990, σελ. 178 - 180.
- Stöhr, G., 1977. Calculo de custos de maquinas florestais. Revista floresta, Brasil, N^o 2, 1977, pp. 23-30.
- Τσακλάγκανος, Α., 1980α. Χρηματοδότηση και Αξιολόγηση Επενδύσεων Ι. Αυτοτελής έκδοση, έκδοση Β', Θεσ/νίκη 1980, σελ. 56 - 58.
- Τσακλάγκανος, Α., 1980β. Θεωρία και Λογιστική Κόστους για τη λήψη επιχειρηματικών αποφάσεων 1 - 2 . Αυτοτελής έκδοση, Θεσ/νίκη, σελ. 79 - 80.
- Στάμου, Ν., 1985. Οικονομική των δασικών εκμεταλλεύσεων. Δασική Οικονομική Ι. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 1985.
- Smith, E., Gonzales-Gaban, A., 1987. Estimating cost of Large Fire Suppression for three Forest Service Regions. United States, Department of Agriculture. Forest Service. Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station. Research paper PSW-391.
- Schweitzer, D., Andersen, E., Mills, T., 1982. Economic efficiency of fire management programs at six national forests. United States. Department of Agriculture. Forest Service. Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station. Research paper PSW-391.

Εμβαδομέτρηση της πραγματικής καλλιεργήσιμης επιφάνειας του εδάφους

Κοσμάς - Αριστοτέλης Γ. Δούκας¹, Βασίλειος Κ. Δρόσος²

Περίληψη

Αφορμή για την εργασία αυτή στάθηκε έγγραφο της δασικής υπηρεσίας σχετικά με την εμβαδομέτρηση της πραγματικής ή ανεπτυγμένης επιφάνειας του εδάφους, δηλαδή με τις πτυχώσεις, τις εξάρσεις και γενικά τις διαμορφώσεις της. Ο υπολογισμός αυτός ήταν αναγκαίος για την στρεμματική αποζημίωση αγροτών που είχαν δασώσει το αγρόκτημά τους με ψευδακακία, από την Ευρωπαϊκή ένωση. Το ίδιο πρόβλημα παρατηρήθηκε και για την εμβαδομέτρηση αγροτεμαχίων με βαμβάκι, προκειμένου να τους δοθεί σχετική ενίσχυση.

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι:

α. Η ανάλυση των μεθόδων υπολογισμού του πραγματικά καλλιεργούμενου εμβαδού E_K .

β. Η εύρεση του ποσοστού επιδότησης που προκύπτει από τον υπολογισμό της αύξησης του E_K .

γ. Η εύρεση πρακτικών τρόπων υπολογισμού του E_K .

Οι πίνακες I, II και III περιέχουν τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την έρευνα και εξήχθησαν τα σχετικά αποτελέσματα.

Λέξεις κλειδιά: πραγματικά καλλιεργούμενο εμβαδόν, επιδότηση κανονισμού Ε.Ε.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΘΕΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

Αφορμή για την εργασία αυτή στάθηκε έγγραφο της δασικής υπηρεσίας σχετικά με την εμβαδομέτρηση της πραγματικής ή ανεπτυγμένης επιφάνειας του εδάφους δηλαδή με τις πτυχώσεις, τις εξάρσεις και γενικά τις διαμορφώσεις της. Ο υπολογισμός αυτός ήταν αναγκαίος για την στρεμματική αποζημίωση αγροτών που είχαν δασώσει το αγρόκτημά τους με ψευδακακία, από την Ευρωπαϊκή ένωση. Το ίδιο πρόβλημα παρατηρήθηκε και για την εμβαδομέτρηση αγροτεμαχίων με βαμβάκι, προκειμένου να τους δοθεί σχετική ενίσχυση.

Το εμβαδόν αναφέρεται στο οριζόντιο επίπεδο προβολής δηλαδή του χάρτη (Στεργιάδης, 1980). Η πραγματική (ανεπτυγμένη) όμως επιφάνεια, είναι τόσο μεγαλύτερη, όσο πιο απότομη (μεγαλύτερη) είναι η κλίση του. Σε κεκλιμένο επίπεδο, που η μία πλευρά του είναι οριζόντια, το πραγματικό εμβαδόν της επιφάνειάς του είναι ίσο με το οριζόντιο διαιρεμένο με το συνημίτονο της γωνίας κλίσης, που είναι η κύρια ή μέγιστη κλίση ή η κλίση κάθετα προς τις ισοΰψεις ($E_K = E_o / \sigma$ να).

Τι γίνεται όμως, όταν η επιφάνεια είναι κεκλιμένη και με πτυχώσεις;

Εάν υπάρχει χάρτης με ισοΰψεις, που μας ικανοποιεί από την άποψη της ακρίβειας, τότε στην περίπτωση αυτή είναι γνωστό ότι η κλίση της επιφάνειας μεταξύ ισοΰψων δίνεται από την υψομετρική διαφορά (ισοδιάσταση) (H) προς την οριζόντια απόσταση (L) των ισοΰπων δηλαδή $1/\chi = H/L$ ή $\chi = L/H$. Η ελάχιστη απόσταση των ισοΰπων μέσα σε μια επιφάνεια δείχνει την μέγιστη κλίση και η μεγαλύτερη την ελάχιστη κλίση. Η μέση τιμή των δύο παραπάνω τιμών μπορεί να μας δώσει την γωνία κλίσης της επιφάνειας δηλαδή τον διορθωτικό συντελεστή. Είναι φανερό ότι, σε όσο περισσότερες μικρότερες επιφάνειες χωρισθεί η επιφάνεια, τόσο ακριβέστερα αποτελέσματα θα έχουμε (Nimmann, 1980). Η εργασία αυτή μπορεί να γίνει με τον κλασικό τρόπο, αλλά και με τη βοήθεια γεωγραφικού συστήματος πληροφοριών μετά από ψηφιοποίηση του χάρτη και εισαγωγή του σε H/Y (Doukas, 1995).

Εάν δεν υπάρχει χάρτης και η παραπάνω διαδικασία δεν μας ικανοποιεί σε ακρίβεια, πράγμα συνηθισμέ-

¹ Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, Εργαστήριο Μηχανικών Επιστημών και Τοπογραφίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

² Υποψήφιος Διδάκτορας, Τμήμα Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, Εργαστήριο Μηχανικών Επιστημών και Τοπογραφίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Πίνακας 1. Ποσοστά αύξησης της επιδότησης από την αύξηση του εμβαδού

Ομάδα τριγώνων	Κλίσεις μέχρι		Ποσοστό αύξησης μέχρι %
	Βαθμοί	%	
I	15	24	4
II	21	34	8
III	30	51	14
IV	50	100	65

νο στη δασική πράξη, τότε πρέπει να γίνουν μετρήσεις στο έδαφος.

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι:

- α. Η ανάλυση των μεθόδων υπολογισμού του πραγματικά καλλιεργούμενου εμβαδού E_K
- β. Η εύρεση του ποσοστού επιδότησης που προκύπτει από τον υπολογισμό της αύξησης του E_K .
- γ. Η εύρεση πρακτικών τρόπων υπολογισμού του E_K .

ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΡΕΥΝΑΣ ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΣ

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε στη θέση Σωληνάρια του Πανεπιστημιακού δάσους Ταξιάρχη.

Είναι γεγονός, ότι τα φυσικά μεγέθη δεν επιμετρούνται ακριβώς, αλλά προσεγγίζονται ανάλογα με την επιθυμητή οικονομοτεχνική ακρίβεια. Γι' αυτό κάθε αγροτεμάχιο χωρίστηκε σε τρίγωνα περίπου ομοίμορφης κλίσης έτσι ώστε να είναι δυνατή η παραδοχή, ότι το εμβαδόν του πολυέδρου που σχηματίζεται από τα τρίγωνα αποτελεί το πραγματικό εμβαδόν του κάθε αγροκτήματος.

Στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκαν οι παρακάτω τρεις (3) τρόποι προκειμένου να συγκριθούν με την αληθή τιμή, που αντικειμενικά είναι η τιμή που υπολογίζεται από τον δεύτερο τρόπο με χρήση ηλεκτρονικού θεοδόλιχου.

1^{ος}. Κατευθείαν μετρήσεις.

α. Χωρίς γωνιομετρικό όργανο και με τον τύπο του Ήρωνα.

Μετράμε τις κεκλιμένες πλευρές (ανάπτυγμα) των τριγώνων με μετροταινία και χρησιμοποιούμε τον τύπο του Ήρωνα: $F = (S(S-a)(S-b)(S-c))^{0.5}$, (1)

όπου:

a, b, c = το μήκος των κεκλιμένων πλευρών και

$$S = (a + b + c) / 2.$$

β. Με κλισίμετρο και μετροταινία

Με βάση τον τύπο $E_K = b_K \times h_K / 2 = (b_o / \text{συνα}_b \times h_o / \text{συνα}_h) / 2$, (2)

όπου:

b_K, h_K = τα κεκλιμένα μήκη της βάσης και του ύψους των τριγώνων,

b_o, h_o = τα αντίστοιχα οριζόντια μήκη.

α_b, α_h = οι κλίσεις της βάσης και του ύψους αντίστοιχα (μετρούνται με κλισίμετρο).

2^{ος}. Έμμεσες μετρήσεις.

Όταν έχω στοιχεία αποτύπωσης (X,Ψ,Z) με γωνιομετρικό όργανο ακριβείας. Για μικρές επιφάνειες μπορεί να χρησιμοποιηθεί πυξίδα και μετροταινία και για μεγαλύτερες επιφάνειες ηλεκτροπτικός θεοδόλιχος. Σε αυτή την περίπτωση χρησιμοποιήσαμε ηλεκτροπτικό θεοδόλιχο και τους τύπους:

α. $E_K = (AB_K \times A\Gamma_K \times \eta \mu \varphi) / 2$, (3)

όπου:

φ = η κεκλιμένη γωνία μεταξύ των κεκλιμένων πλευρών AB_K και $A\Gamma_K$

Η γωνία αυτή υπολογίζεται από το νόμο των συνημίτονων, ενώ οι κεκλιμένες αποστάσεις από την υψομετρική διαφορά και την απόσταση.

β. Τύπος Ήρωνα, όπου οι κεκλιμένες πλευρές υπολογίστηκαν από τις συντεταγμένες X,Ψ,Z.

γ. Από τον τύπο $E_K = b_K \times h_K / 2$, (4)

όπου τα στοιχεία του τύπου υπολογίζονται με τη βοήθεια των συντεταγμένων της αποτύπωσης.

Η υπολογιστική εργασία έγινε με πρόγραμμα H/Y.

3^{ος}. Προσεγγιστικά.

Οι μέθοδοι αυτοί είναι χρήσιμοι όταν διαθέτω ή μπορώ εύκολα να προσδιορίσω το οριζόντιο εμβαδόν E_o .

Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιούμε:

α. Τον τύπο $E_K = E_o / \text{συνα}$, που εφαρμόζεται όταν η βάση του τριγώνου είναι οριζόντια και προκύπτει

όπως παρακάτω:

$$E_o = b_o \times h_o / 2 = b_o \times h_k \times \text{συνα} / 2 = E_k / \text{συνα}, E_k = E_o / \text{συνα}, \quad (5)$$

όπου:

α = η κλίση του ύψους του τριγώνου, η οποία προσεγγιστικά λαμβάνεται και σαν ο μέσος όρος των κλίσεων των δύο πλευρών πλην της βάσης.

$$\beta. \text{ Την προσέγγιση του τύπου (2) : } E_k = E_o / \text{συν}^2\alpha, \quad (6)$$

όπου:

α = η μέση κλίση των τριών πλευρών ή των δύο μεγαλύτερων σε κλίση.

γ. Την προσέγγιση του τύπου (2), όπου σαν κλίση του ύψους α_h λαμβάνεται η μέση κλίση των δύο μεγαλύτερων πλευρών.

Επειδή το εμβαδόν E_o αναφέρεται στην επιφάνεια της θάλασσας (γεωειδές), το πραγματικό εμβαδόν επιφάνειας E σε υψόμετρο H, δίνεται από τη σχέση E / E_o = (R+H)² / R²,

όπου:

R = η ακτίνα της γης 6370 Km

π.χ. για E_o = 1 ha και υψόμετρο H = 1 Km, η διόρθωση είναι 3,14m².

Δηλαδή η διόρθωση λόγω του υψόμετρου δεν είναι σημαντική (Βλάχος, 1978).

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

α. Όσον αφορά τις ακριβείς μεθόδους υπολογισμού (1^{ος} και 2^{ος} τρόπος):

α₁. Αυτές με τη βοήθεια των τύπων (1), (2), (3) και (4) έδωσαν τα ίδια αποτελέσματα.

α₂. Τα ποσοστά της αύξησης των επιδοτήσεων (E_k), ανάλογα με την κλίση του εδάφους, φαίνονται στον πίνακα I.

β. Όσον αφορά τις προσεγγιστικές μεθόδους (3^{ος} τρόπος):

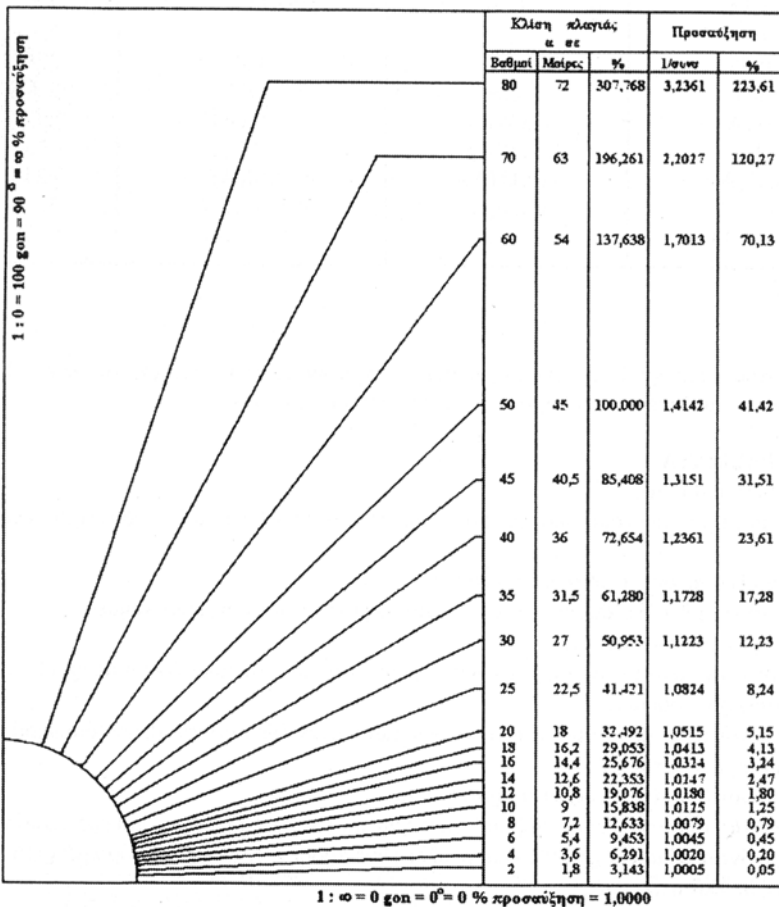
β₁. Η προσέγγιση του τύπου (5).

Στην περίπτωση αυτή ο διορθωτικός συντελεστής συνα υπολογίζεται από τον πίνακα II:

π.χ. για α = 200% και E_o = 100 x 2,2361 = 223,61m²

β₂. Η προσέγγιση του τύπου (6).

Στον πίνακα III φαίνεται το σφάλμα σε ποσοστό %, για την προσέγγιση του



Πίνακας II. Προσέγγιση του τύπου 5 για τον υπολογισμό της προσαύξησης της επιδότησης από την αύξηση του Εκ.

Πίνακας III. Αποτελέσματα προσεγγιστικών τύπων

Κλίση πλαγιάς		Σφάλμα από την προσέγγιση του ύψους του τύπου (2)	Σφάλμα από την προσέγγιση του μέσου όρου των κλίσεων των τριών πλευρών του τύπου (6)	Σφάλμα από την προσέγγιση του μέσου όρου των κλίσεων των δύο μεγαλύτερων πλευρών του τύπου (6)	Μέγιστο επιτρεπτό σφάλμα
Βαθμοί	%	%	%	%	%
2,0	3,14	0	0,01	0,04	2
5,2	7,87	2	1,87	1,14	4
9,87	15,63	1	1,27	0,83	4
11,23	17,83	0,056	0,11	0,054	3,1
12,94	20,61	1,33	1,51	1,96	2,53
15,12	24,21	0,345	0,65	0,59	2,36
15,90	25,51	0,5	0,93	0,22	5
18,13	29,27	1	0,01	0,29	4
19,78	32,11	1,54	1,59	2,40	2,4
20,02	32,52	1,58	1,365	1,81	2,8
20,19	32,82	0,75	1,47	0,83	2,9
20,72	33,75	0,9	0,8	1,95	2,1
27,7	46,48	2,89(A) ^α	3,02(A)	4,12(A)	2,57
30,36	52	1,5	3,10(A)	3,89(A)	1,93
45	85	9,52(A)	12,11(A)	8,48(A)	3,24
50	100	30,35(A)	31,20(A)	24,20(A)	3,4
53	110	7,68(A)	3,93(A)	41,83(A)	1,35

α (A) απορρίπτονται

α από τις κλίσεις των τριών πλευρών, των δύο μεγαλύτερων κλίσεων των πλευρών και του τύπου (2), όπου σαν μέση κλίση του ύψους λαμβάνεται η κλίση των δύο μεγαλύτερων πλευρών.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

α. Όσον αφορά τις ακριβείς μεθόδους.

α₁. Η κατάλληλη επιλογή των τριγώνων (ομοιομορφία και μικρές κλίσεις) παίζει πολύ σπουδαίο ρόλο στην ακρίβεια.

- Οι τύποι (1), (2), (3) και (4) οδηγούν σε ίδια αποτελέσματα.

- Παρατηρούμε (Πίν.Ι), ότι για μεγάλες κλίσεις (>50%) η αύξηση της επιδότησης είναι σημαντική.

β. Όσον αφορά τις προσεγγιστικές μεθόδους.

Οι αποδεκτές προσεγγίσεις για κλίση πλαγιάς μέχρι 45% έχουν σφάλμα, που κυμαίνεται μέχρι (1-2%) (πίνακας III), με τις παρακάτω προϋποθέσεις:

β₁. Όταν η βάση του τριγώνου είναι οριζόντια, ενώ οι κλίσεις των άλλων δύο προσεγγίζουν (διαφορά < 16%), προτείνεται η προσέγγιση του τύπου (5).

β₂. Όταν η βάση του τριγώνου δεν είναι οριζόντια προτείνονται:

- Η προσέγγιση του τύπου (6), όπου το α υπολογίζεται προσεγγιστικά είτε από τις τρεις πλευρές, από τις οποίες η μία είναι σχεδόν οριζόντια (κλίση μέχρι 10%) και οι άλλες δύο προσεγγίζουν με διαφορά μέχρι 16%, είτε από τις δύο μεγαλύτερες σε κλίση πλευρές.

- Ο τύπος (2), όταν το α_h (κλίση του ύψους του τριγώνου), υπολογίζεται προσεγγιστικά από τις κλίσεις των δύο μεγαλύτερων σε κλίση πλευρών, όταν η διαφορά τους δεν είναι μεγαλύτερη του 16%.

Area measurement of the real cultivable area of the ground**Kosmas - Aristoteles G. Ducas¹, Vasilios K. Drosos²****Summary**

The reason for this paper was a document of the Forest Service in relation to the area measurement of the real or the developed surface of the ground, that is with the undulations, the elevations and generally all its configurations. This estimation was necessary for the compensation per 1000 sq. m. of the farmers, who have afforested their farms with Pseudoacacia, from the E.U. The same problem was noticed for the area measurement of the cotton-fields, in order to be given relative support.

The aim for this paper is::

- a. The analyses of the estimate methods of the really cultivable area.
- b. The finding of the subsidy percentage which results from the estimation of the increasing really cultivable area.
- c. The finding of the practical modes so as to estimate the really cultivable area.

The tables I, II and III consist of the results which arose from the research and drew the relative conclusions.

Key words:: Really cultivable area, subsidy regulation of E.U.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Βλάχος Δ., (1978): Τοπογραφία. Θεσσαλονίκη

Δούκας Κ., (1995): Planung von Walderschließung und Holybringung in Griechenland. AFZ 12 / 1995. München.

Nimmann H., (1980): Flächen-und Erdmassen-berechnungen im Garten - und Landschaftsbau.

Στεργιάδης Χαρ. Γ., (1980): Τοπογραφία. Θεσσαλονίκη.

1 Associate Professor, Department of Forestry and Natural Environment, Laboratory of Mechanical Science and Topography, Aristotle University of Thessaloniki.

2 Postgraduate Student, Department of Forestry and Natural Environment, Laboratory of Mechanical Science and Topography, Aristotle University of Thessaloniki.

Ανάλυση Κινδύνου Δασικών Πυρκαγιών στα Παραμεσογειακά Ορεινά Οικοσυστήματα της Λίμνης Ν. Πλαστήρα

Κώστας Δ. Καλαμποκίδης¹, Στέργιος Βέργος² και Νικόλαος Παληχωρίτης³

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή γίνεται ανάλυση όλων εκείνων των φυσικών παραμέτρων που συνθέτουν το πρόβλημα και τις δυσκολίες της αντιπυρικής δασοπροστασίας στα παραμεσογειακά ορεινά οικοσυστήματα της λίμνης Ν. Πλαστήρα στην Καρδίτσα. Τα δασικά οικοσυστήματα της λίμνης Ν. Πλαστήρα χαρακτηρίζονται από λιγότερο εύφλεκτη βλάστηση, σε ένα περιβάλλον με λιγοστά φυσικά και ανθρωπογενή αίτια (κλιματο-γεωγραφικά και κοινωνικο-οικονομικά) έναρξης και εξάπλωσης πυρκαγιών. Δρουοδάση και ελατοδάση συνθέτουν το μεγαλύτερο μέρος των χερσαίων οικοσυστημάτων της ευρύτερης περιοχής της λίμνης Πλαστήρα, δημιουργώντας ένα ύφυγρο περιβάλλον με μικρή συχνότητα εμφάνισης πυρκαγιών. Οι μεγάλοι χρόνοι επαναφοράς της φωτιάς σε αυτά τα οικοσυστήματα έχουν ως αποτέλεσμα την επί πολλές δεκαετίες συσσώρευση της βιομάζας, η οποία κάτω από δυσμενείς μετεωρολογικές ή ακραίες κλιματικές συνθήκες μπορεί να αποτελέσει την καύσιμη ύλη μεγάλων πυρκαγιών με καταστροφικές συνέπειες. Επιπλέον, τουριστική και αγροτική ανάπτυξη μέσα σε αυτές τις δασικές εκτάσεις συνθέτουν ένα “μωσαϊκό” με οικολογικές και προστατευτικές ιδιαιτερότητες, που δημιουργεί πιθανά επικίνδυνες περιοχές αντιμετώπισης πυρκαγιών-θεομηνιών. Η καταστροφική δύναμη τέτοιων πυρκαγιών μπορεί να μετριαστεί, αλλά και η εξάπλωση μικρότερων ανεπιθύμητων πυρκαγιών να ελεγχθεί πριν πάρουν μεγαλύτερες διαστάσεις, εφόσον υπάρχει εκ των προτέρων οργάνωση και σχεδιασμός αντιμετώπισής τους με κατάλληλα μέτρα. Προς αυτήν την κατεύθυνση, δημιουργήθηκαν συγκεκριμένα και παρουσιάζονται αναλυτικά πλάνα και διαγράμματα συμπεριφοράς μιας εκδηλούμενης πυρκαγιάς με στόχο να χρησιμεύσουν ως εργαλεία για τεκμηριωμένη λήψη αποφάσεων στις εργασίες πρόληψης και προ-καταστολής, στις επιχειρήσεις καταστολής, αλλά και στην εκτίμηση των προκαλουμένων συνεπειών στο οικοσύστημα.

Λέξεις κλειδιά: Διαχείριση Δασικών Πυρκαγιών, Οικολογία Φωτιάς, Ιστορία Πυρκαγιών, Πυρο-Μετεωρολογία, Χερσαία Οικοσυστήματα.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η λίμνη Ν. Πλαστήρα στα ορεινά της περιοχής Καρδίτσας αποτελεί ένα παράδειγμα της ικανότητας του σημερινού ανθρώπου να μετατρέπει ένα συνηθισμένο ορεινό τοπίο σε χώρο όπου κυρίαρχο στοιχείο είναι το νερό. Βέβαια οι αλλαγές δεν έγιναν μόνο στην αισθητική του τοπίου, αλλά και στη δυναμική του οικοσυστήματος. Το γεγονός ότι έχουμε ένα τεχνητό οικοσύστημα σε τόσο μεγάλη έκταση και τόσο νέο σε ηλικία – αυτό σημαίνει ότι οι ρυθμοί εξέλιξής του είναι ακόμη πολύ έντονοι – απαιτεί μεγαλύτερη ευαισθησία και προσπάθεια σε θέματα που αφορούν την προστασία του.

Η μακροβιότητα και η ίδια η ύπαρξη της λίμνης εξαρτάται αντίστροφα από την ικανότητα των ποταμών της περιοχής να αποσπούν και να μεταφέρουν στον πυθμένα της λίμνης κομμάτια εδάφους. Η ικανότητα αυτή των ποταμών μειώνεται δραστικά όσο αυξάνει ποσοτικά και ποιοτικά η εδαφοκάλυψη. Σε περίπτωση καταστροφής της βλάστησης από φωτιά (ίσως του πιο σημαντικού παράγοντα απότομης και ολικής έκθεσης του μητρικού εδάφους στην ορμή του νερού), ο ωφέλιμος για συγκράτηση νερού χώρος της λίμνης θα αρχίσει να μειώνεται δραστικά λόγω των φερτών υλικών που θα καταλαμβάνουν τον πυθμένα, διαδικασία που είναι αδύνατο να

¹ Περιβαλλοντική Χαρτογραφία, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, 811 00 Μυτιλήνη, Τηλ. 0251 36455, Fax 0251 36459, E-mail kalabokidis@aegean.gr

² Τμήμα Δασοπονίας Καρδίτσας, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Λάρισας, Τέρμα Μαυρομιχάλη, 431 00 Καρδίτσα

³ Δασοτεχνικό Γραφείο Μελετών, Κ. Τερτίπη 31, 431 00 Καρδίτσα

αντιστραφεί και της οποίας οι επιπτώσεις είναι πολύ δύσκολο να ανακληθούν.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η συμβολή στην προληπτική αντιπυρική προστασία του περιβάλλοντος τη λίμνη Πλαστήρα δάσους, μέσω μιας καινοτόμου εκτίμησης του κινδύνου έναρξης και εξάπλωσης πυρκαγιών στην περιοχή. Η σπουδαιότητα του αντιπυρικού σχεδιασμού καθίσταται αυταπόδεικτη, τόσο από τη γενικότερη σημασία του δάσους αυτού στα ορεινά της πόλης της Καρδίτσας όσο και από την αποτροπή των αρνητικών οικολογικών, κοινωνικών και οικονομικών επιπτώσεων μιας εκδηλούμενης πυρκαγιάς σε αυτό.

Δημοσιευμένες ερευνητικές μελέτες σχετικές με τον κίνδυνο δασικών πυρκαγιών έχουν ασχοληθεί κύρια με την ευμεσογειακή ζώνη βλάστησης, λόγω της ευφλεκτικότητας των θερμοφίλων κωνοφόρων και των σκληρόφυλλων θάμνων που την αποτελούν (Carrega 1991, Δημητρακόπουλος 1992, Vliegheer 1992, Δημητρακόπουλος 1993, Kailidis 1994, Μπαζίγος και Vliegheer 1995, Καλαμποκίδης 1996, Καλαμποκίδης και Στάμου 1996, Στάμου κ.α. 1996, Gouma 1997). Η παραμεσογειακή ζώνη βλάστησης των θερμοφίλων φυλλοβόλων πλατυφύλλων και η ζώνη των ορεινών μεσογειακών κωνοφόρων ειδών, που συγκροτούν τα δασικά οικοσυστήματα της περιοχής μελέτης, έχουν αξιολογηθεί ελάχιστα από άποψη πυρκαγιών, ενώ ακόμη λιγότερες είναι οι βιβλιογραφικές αναφορές για το ρόλο της φωτιάς σε αυτές.

Στην εργασία αυτή γίνεται μια εμπειριστωμένη ανάλυση όλων εκείνων των φυσικών παραμέτρων που συνθέτουν το πρόβλημα και τις δυσκολίες της αντιπυρικής δασοπροστασίας στα παραμεσογειακά ορεινά οικοσυστήματα της λίμνης Ν. Πλαστήρα στην Καρδίτσα. Μέσα από αυτό το αναλυτικό πλαίσιο, τεκμηριώνεται η δημιουργία ενός σύγχρονου, τεχνοκρατικού και αποτελεσματικού σχεδίου αντιμετώπισης του κινδύνου δασικών πυρκαγιών που μπορεί να διαφυλάσσει την ασφάλεια της ζωής και της περιουσίας των κατοίκων, να διατηρεί τους φυσικούς πόρους οικολογικά και αισθητικά ανέπαφους, και να παρέχει στους πολίτες το προνόμιο να ζουν αρμονικά κοντά στο φυσικό περιβάλλον.

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Για την εργασία επιλέχθηκε ως περιοχή μελέτης το δυτικό τμήμα της λίμνης Ν. Πλαστήρα γιατί παρουσιάζει το μεγαλύτερο βαθμό επικινδυνότητας σε σχέση με την υπόλοιπη περιοχή από άποψη δασικών πυρκαγιών, οι οποίες σε περίπτωση εκδήλωσής των θα προκαλέσουν εντονότερες επιπτώσεις στο περιβάλλον.

Τα πετρώματα της περιοχής έχουν ιζηματογενή προέλευση και είναι κυρίως φλύσχης και κατά θέσεις ασβεστόλιθος. Τα εδάφη παρουσιάζονται από βαθιά έως αβαθή, με οργανικό ορίζοντα πλούσιο σε χουμικές ουσίες σκοτεινού χρώματος και με ανεμπόδιση αποσύνθεση της φυλλάδας. Ο ξηροτάπητας είναι μετρίου βάθους και αποτελείται από φυλλάδα πλατύφυλλων και βελόνες κωνοφόρων δένδρων.

Τη βλάστηση συνθέτουν όλα εκείνα τα χαρακτηριστικά είδη που συγκροτούν τις δύο κύριες ζώνες βλάστησης στην περιοχή μελέτης:

την παραμεσογειακή ζώνη βλάστησης της πλατύφυλλου δρυός και δρυός-καστανιάς (*Quercetum frainetto*, *Q. confertae*), καθώς και

τη ζώνη των ορεινών μεσογειακών κωνοφόρων και συγκεκριμένα τον αυξητικό χώρο της υβριδογενούς ελάτης (*Abietum borissi regis*).

Στις ψηλότερες θέσεις της περιοχής μελέτης και πάνω από τα ανθρωπογενή δασο-όρια (>1600 m) εμφανίζεται μια ποώδης και αραιά θαμνώδης ψευδαλπική βλάστηση, έντονα υποβαθμισμένη και υπερβοσκομημένη στα θερινά βοσκοτόπια. Στις κοίτες των μεγαλύτερων ρευμάτων, και στις χαμηλότερες προς την κοίτη θέσεις τους, εμφανίζονται στοιχεια παραποτάμιας βλάστησης με κύρια είδη πλατάνι (*Platanus orientalis*), ιτιές (*Salix incana* και *S. alba*), και σιλήθρο (*Alnus glutinosa*). Στα οικοσυστήματα αυτά δημιουργούνται άριστες συνθήκες διαμονής και διατροφής πληθώρας άγριας ζωής (εντόμων, ερπετών, πτηνών και θηλαστικών), τα οποία έχουν επιτακτικές ανάγκες προστασίας από κάθε είδους κινδύνους και απειλές.

Στη συνολική έκταση των 60 km² της περιοχής μελέτης υπάρχει ένα μικτό ιδιοκτησιακό καθεστώς (17% δημόσιες και 83% μη δημόσιες εκτάσεις), με το 60% πλήρως ή μερικώς δασοσκεπές. Τα δασικά οικοσυστήματα της περιοχής διακόπτονται συχνά από γεωργικές καλλιέργειες, καθώς και από διάκενα-ξέφωτα στα οποία κυριαρχεί η φτέρη (*Pteridium aquilinum*). Αυτό συμβαίνει στην παραλίμνια ζώνη όπου βρίσκονται και οι περισσότεροι οικισμοί, με επίσημο συνολικό πληθυσμό περίπου 5.000 κατοίκων (απογραφή 1991) που προσauxάνεται κατά πολύ την τουριστική περίοδο Ιουλίου-Αυγούστου. Η οικονομική δραστηριότητα που ασκείται στην περιοχή είναι περιορισμένη και έχει τέσσερις αλληλένδετους άξονες: Δάσος - Γεωργία - Κτηνοτροφία -

Πίνακας 1. Στατιστικά στοιχεία πυρκαγιών της περιοχής λίμνης Ν. Πλαστήρα για την περίοδο 1927-1996 (70 χρόνια).

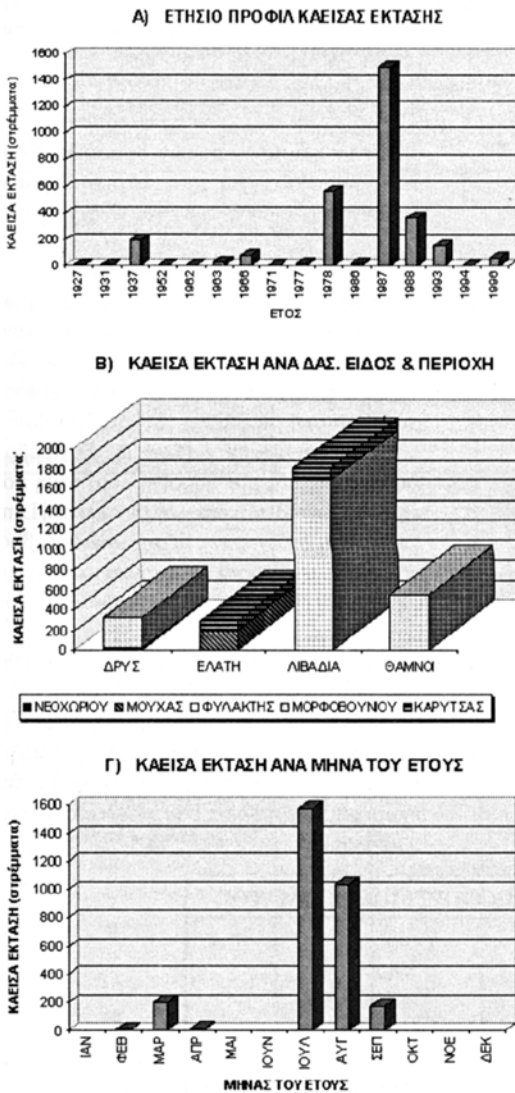
Έτος Πυρκαγιάς	Περιφέρεια Κοινότητας	Δασοπονικό Είδος	Καείσα Έκταση	Ημερομηνία Πυρκαγιάς
1927	Νεοχωρίου	Δρυς+Θάμνοι	10 στρέμ.	4/1927
1931	Νεοχωρίου	Δρυς	6 στρέμ.	9/1931
1937	Καστανιάς-Μούχα	Δάσος Ελάτης	200 στρέμ.	27/3/1937
1952	Φυλακτής	Δάσος Ελάτης	2 στρέμ.	30/4/1952
1962	Μορφοβουνίου	Δρυς θαμνώδης	1,5 στρέμ.	19/8/1962
1963	Καστανιάς-Μούχα	Δρυς ανομήλικη	4,5 στρέμ.	18/8/1963
1963	Μορφοβουνίου	Δρυς	20 στρέμ.	9/9/1963
1966	Μορφοβουνίου	Δρυς+Αείφυλλα πλατύφυλλα	80 στρέμ.	25/8/1966
1971	Μορφοβουνίου	Δρυς	2,5 στρέμ.	20/7/1971
1977	Φυλακτής	Ελάτη+Γεωργικές καλλιέργειες	10 στρέμ.	21/2/1977
1977	Μορφοβουνίου	Δρυς, Ακακία, Σπάρτα κλπ.	11,5 στρέμ.	10/7/1977
1978	Μορφοβουνίου	Αείφυλλα πλατύφυλλα	560 στρέμ.	10/8/1978
1986	Μορφοβουνίου	Χορτολίβαδα	21 στρέμ.	4/8/1986
1987	Μορφοβουνίου	Χορτολίβαδα	1500 στρέμ.	27/7/1987
1988	Μορφοβουνίου	Δασοσκεπής -Χορτολίβαδα	200 στρέμ. 170 στρέμ.	22/8/1988 26/8/1988
1993	Καρβασαράς -Καρύτσας	Ελάτη μερικώς δασοσκεπής +Χορτολίβαδα	20 στρέμ. +130 στρέμ.	24/9/1993
1994	Καρύτσας	Δάσος Ελάτης	2 στρέμ.	17/8/1994
1996	Καρύτσας	Δάσος Ελάτης	60 στρέμ.	10/7/1996
ΣΥΝΟΛΟ			3.011 στρέμ.	

Τουρισμός.

Ανάληψη των στατιστικών στοιχείων πυρκαγιών στηρίχθηκε στην καταγραφή όλων των σημαντικών ιστορικών πυρκαγιών που έγιναν στην περιοχή κατά τη χρονική περίοδο 1927-1996 (δηλαδή τα τελευταία 70 χρόνια). Για τον προσδιορισμό των κλιματικών συνθηκών που επικρατούν στη μελετούμενη περιοχή ελήφθησαν υπόψη τα υπάρχοντα στοιχεία της περιόδου 1979-1995 του μετεωρολογικού σταθμού φράγματος Ταυρωπού της ΔΕΗ, που βρίσκεται στο κέντρο της περιοχής μελέτης και σε υψόμετρο 815 m.

Η ποσότητα και τα χαρακτηριστικά της βλάστησης αποτελούν σημαντικούς παράγοντες που ελέγχουν τη συμπεριφορά μιας πυρκαγιάς τόσο από άποψη ταχύτητας εξάπλωσης όσο και εκλυόμενης θερμότητας (Ρyne κ.α. 1996). Θα πρέπει να τονισθεί όμως ότι όλη η δασική βιομάζα δεν αποτελεί καύσιμη ύλη στο πέρασμα της φωτιάς, και ως εκ τούτου δεν λαμβάνεται υπόψη στα μοντέλα πρόβλεψης της συμπεριφοράς και του κινδύνου πυρκαγιών. Τα μοντέλα αυτά δέχονται ως στοιχεία εισροής την ποσότητα της κατακείμενης νεκρής καύσιμης ύλης (δηλαδή κλαδιά διαμέτρου μέχρι 7,5 cm και φυλλοτάπητας), της χορτοποώδους βλάστησης και των ισταμένων ζωντανών θάμνων (βλαστοί διαμέτρου μέχρι 0,5 cm και φύλλωμα).

Τα παραπάνω στοιχεία μαζί με άλλες φυσικο-χημικές παραμέτρους της παρεδαφιαίας καύσιμης ύλης (Burgan και Rothermel 1984, Ρyne κ.α. 1996) ταξινομήθηκαν σε 4 συνολικά τύπους καυσίμου, και χρησιμοποιήσαν ως δεδομένα για την εφαρμογή του μοντέλου συμπεριφοράς της φωτιάς BEHAVE (Andrews 1986). Η ταξινόμηση στηρίχθηκε σε μια προ-δειγματοληψία (με άμεση συλλογή, ξήρανση και ζύγιση της καύσιμης ύλης) των δασικών τύπων στην περιοχή της λίμνης Πλαστήρα, και ανάλογη κατάταξη σε τρία τυπικά μοντέλα καύσιμης ύλης από το σύστημα BEHAVE – μοντέλο 1=ποολίβαδο, μοντέλο 8=κλειστό δάσος κοινοφόρων, και μοντέλο 9=δάσος φυλλοβόλων (Anderson 1982) – και ένα μοντέλο καύσιμης ύλης Μεσογειακών θάμνων (Stamou κ.α. 1998). Σχετικά στοιχεία από τα παραπάνω μοντέλα καύσιμης ύλης παρουσιάζονται ως αποτελέσματα στις αντίστοιχες 4 κατηγορίες βλάστησης της περιοχής μελέτης, δηλαδή τα Λιβάδια (μοντέλο 1), τα Δάση



Σχήμα 1. Καίσινα έκταση ανά έτος, μήνα, μορφή βλάστησης και περιοχή για τη χρονική περίοδο 1927-1996.

δος των 70 ετών που υπάρχουν ιστορικά στοιχεία πυρκαγιών είναι σχετικά μικρή για να διερευνηθούν ουσιαστικά η ιστορία και οικολογία των πυρκαγιών στα δασικά οικοσυστήματα της περιοχής. Σε παρόμοια ορεινά οικοσυστήματα, η εμφάνιση της φωτιάς μέσα στον κύκλο διαδοχής της βλάστησης θεωρείται ότι είναι ένα επεισόδιο μικρής συχνότητας και μεγάλης έντασης που επανέρχεται με περίτροπος χρόνους 100-300 ετών και προκαλεί ολική καταστροφή της υπάρχουσας φυτοκοινωνίας (Kozlowski και Ahlgren 1974, Wright και Bailey 1982, Agee 1993, Ryne κ.α. 1996). Συνεπώς, η ανάλυση του ρόλου της φωτιάς μέσα στους αιώνες καθίσταται αδύνατη με παρόμοια βραχυχρόνια ιστορικά αρχεία, αλλά θα μπορούσε να μελετηθεί με συνδυα-

Ελάτης (μοντέλο 8), τα Δάση Δρυός (μοντέλο 9) και τους Θαμνότοπους (μοντέλο Μεσογειακών θάμνων).

Οι τύποι αυτοί καύσιμης ύλης, επειδή τυποποιούν μια πληθώρα πολύπλοκων και δυσκολομέτρων παραμέτρων φωτιάς, παρουσιάζουν το πλεονέκτημα της εύκολης και γρήγορης χρήσης σε πολλές εφαρμογές αντιπυρικής προστασίας (π.χ. εκτίμηση κινδύνου, διευθέτηση καύσιμης ύλης, επιχειρήσεις καταστολής). Μέσα σε αυτά τα αναλυτικά πλαίσια, το σύστημα πρόβλεψης συμπεριφοράς της φωτιάς BEHAVE συνδυάστηκε με τους τύπους καύσιμης ύλης και τις μετεωρολογικές συνθήκες της περιοχής, προκειμένου να καθορισθούν οι παράμετροι που διέπουν την πιθανή εξάπλωση μιας εκδηλούμενης πυρκαγιάς (Burgan και Rothermel 1984, Andrews 1986).

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

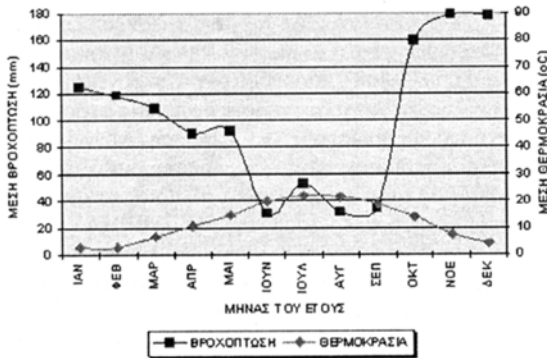
Ιστορικά Στοιχεία Πυρκαγιών

Ο Πίνακας I παρουσιάζει τα στατιστικά στοιχεία όλων των καταγεγραμμένων πυρκαγιών που συνέβησαν στην περιοχή τα τελευταία 70 χρόνια. Από τον αριθμό των πυρκαγιών και την καίσινα έκταση ανά έτος, μήνα, μορφή βλάστησης και περιοχή προκύπτουν ότι για τη χρονική περίοδο 1927-1996:

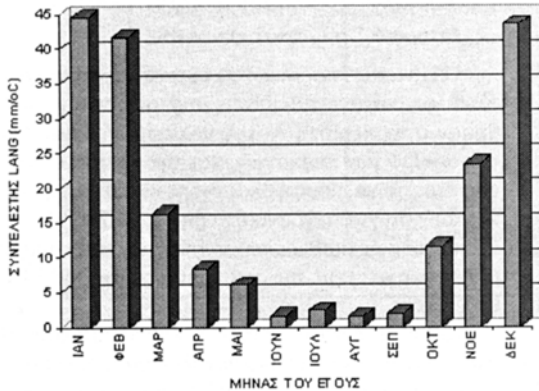
- ο συνολικός αριθμός των πυρκαγιών είναι μικρός (19 πυρκαγιές), με σύνολο καίσινας έκτασης 3.011 στρέμματα
- το 50% της έκτασης κάηκε σε ένα περιστατικό το 1987, ενώ ένα συντριπτικά μεγάλο ποσοστό της υπόλοιπης καίσινας έκτασης προήλθε από 4-5 πυρκαγιές (Σχήμα 1Α)
- καίγονται κυρίως αγρολιβαδικές εκτάσεις (χορτολιβάδα και θαμνότοποι) και κατά δεύτερο λόγο τα δρυοδάση και ελατοδάση (Σχήμα 1Β)
- το 85% της έκτασης κάηκε στη περιοχή του Μορφουβουνίου ενώ ακολούθησαν με μεγάλη διαφορά οι περιοχές Καρύτσας και Μούχας, με 200 περίπου καμένα στρέμματα η καθεμιά (Σχήμα 1Β)
- η πλειοψηφία των πυρκαγιών επικεντρώνεται στους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο, με το 87% της καίσινας έκτασης (Σχήμα 1Γ).

Θα πρέπει να υπογραμμισθεί ότι η χρονική περίοδος των 70 ετών που υπάρχουν ιστορικά στοιχεία πυρκαγιών είναι σχετικά μικρή για να διερευνηθούν ουσιαστικά η ιστορία και οικολογία των πυρκαγιών στα δασικά οικοσυστήματα της περιοχής. Σε παρόμοια ορεινά οικοσυστήματα, η εμφάνιση της φωτιάς μέσα στον κύκλο διαδοχής της βλάστησης θεωρείται ότι είναι ένα επεισόδιο μικρής συχνότητας και μεγάλης έντασης που επανέρχεται με περίτροπος χρόνους 100-300 ετών και προκαλεί ολική καταστροφή της υπάρχουσας φυτοκοινωνίας (Kozlowski και Ahlgren 1974, Wright και Bailey 1982, Agee 1993, Ryne κ.α. 1996). Συνεπώς, η ανάλυση του ρόλου της φωτιάς μέσα στους αιώνες καθίσταται αδύνατη με παρόμοια βραχυχρόνια ιστορικά αρχεία, αλλά θα μπορούσε να μελετηθεί με συνδυα-

Α) ΟΜΒΡΟΘΕΡΜΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ



Β) ΔΕΙΚΤΗΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ LANG



Σχήμα 2. Ομβροθερμικό διάγραμμα και δείκτης Ξηρασίας για τη χρονική περίοδο 1979-1995 στην περιοχή της λίμνης Ν. Πλαστήρα.

σμούς διαφορετικών τρόπων προσέγγισης (π.χ. ανάλυση κλάσεων ηλικίας - δομών δασοσυστάδων, δενδρο-χρονολόγηση, χρονολόγηση ιζημάτων πυθμένα φυσικών λιμνών και ελών).

Κλιματικά Στοιχεία Πυρκαγιών

Από τα στοιχεία του μετεωρολογικού σταθμού της ΔΕΗ για την περίοδο 1979-1995 παρουσιάζεται ένα υγρό έως υπέρυγρο κλίμα κατά τη μεγαλύτερη διάρκεια του χρόνου στην περιοχή της λίμνης (Σχήμα 2Α). Μόνο κατά τη θερινή περίοδο Ιουνίου-Σεπτεμβρίου εμφανίζεται μία ξηροθερμική τάση που επιβεβαιώνεται και από τον συντελεστή Lang (που είναι ο λόγος της μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης σε χιλιοστά προς την αντίστοιχη μέση μηνιαία θερμοκρασία σε βαθμούς Κελσίου).

Ο δείκτης Ξηρασίας Lang (Trewartha and Horn 1980) κυμαίνεται κάτω από 3,5 μονάδες στους μήνες Ιούνιο έως Σεπτέμβριο (Σχήμα 2Β) χαρακτηρίζοντας το κλίμα των μηνών αυτών ως ξηρό. Η κατάταξη του κλίματος μηνός κατά Lang-Cracamin είναι η ακόλουθη:

Τα παραπάνω χαρακτηριστικά του κλίματος επηρεάζουν την εμφάνιση και εξάπλωση των πυρκαγιών κατά τη θερινή περίοδο με κατά μέσον

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΚΛΙΜΑΤΟΣ
< 1,8	Υπέροξηρο
1,8 - 3,4	Ξηρό
3,5 - 5,0	Υπόξηρο
5,1 - 8,3	Ύψυγρο
8,4 - 13,3	Υγρό
> 13,3	Υπέρογρο

όρο τις παρακάτω μετεωρολογικές συνθήκες, όπως εξάγονται από τη 17-χρονη και σχετικά μικρή χρονική περίοδο των δεδομένων του μετεωρολογικού σταθμού της ΔΕΗ:

- παρεδαφιαία βλάστηση και κατακείμενη καύσιμη ύλη με υψηλά ποσοστά περιεχόμενης υγρασίας, λόγω των μεγάλων αποθεμάτων ύδατος στο έδαφος από τον υετό των προηγούμενων μηνών και της υψηλής σχετικής υγρασίας της ατμόσφαιρας από την εξάτμιση της λίμνης
- περιεχόμενη υγρασία ζωντανής βλάστησης κυμαίνεται γύρω στο 150% (σε ξηρό βάρος), και περιεχόμενη υγρασία νεκρής καύσιμης ύλης ποικίλει γύρω από το 10±4% (σε ξηρό βάρος) ανάλογα με τις άμεσα επικρατούσες μετεωρολογικές συνθήκες
- μέση μεγίστη θερμοκρασία 25°C και μέση σχετική υγρασία 60%
- επικρατούντες άνεμοι που σπάνια ξεπερνούν σε ένταση τα 5 BF (περίπου 30 km/h) και των οποίων οι ταχύτητες μετριάζονται σημαντικά μέσα στα κράσπεδα των δασοσυστάδων, δημιουργώντας πεδία ροής

ανέμου στο μέτωπο της πυρκαγιάς κατά πολύ μικρότερα από τα επικρατούντα σε υψηλότερα σημεία της ατμόσφαιρας. Για μετρήσεις σε ύψος 6 m, οι αντιστοιχίες της κλίμακας Μποφόρ (BF) με τις κατά μέσο όρο μετρούμενες ταχύτητες ανέμου σε km/h είναι:

BF	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
km/h	5	10	15	25	30	40	50	60	70	85	100	>100

Πρόβλεψη Συμπεριφοράς Πυρκαγιών

Πίνακες διπλής εισόδου (Πίνακας II και Πίνακας III) δίνουν τις σημαντικές πυρικές παραμέτρους μιας εκδηλούμενης πυρκαγιάς με στόχο να χρησιμεύσουν ως εργαλεία για τεκμηριωμένη λήψη αποφάσεων τόσο

Πίνακας II. Συμπεριφορά πυρκαγιάς για το μοντέλο καύσιμης ύλης δασών δρυός.

ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΔΙΑΔΟΣΗΣ, m/min							
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ ΛΕΠΤΗΣ ΚΑΥΣΙΜΗΣ ΥΛΗΣ (%)	ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΑΝΕΜΟΥ, km/h						
	0	5	10	15	20	25	30
6	1	2	5	8	13	19	26
7	1	2	4	8	12	18	24
8	1	2	4	7	12	17	23
9	1	2	4	7	11	16	22
10	1	1	4	7	10	15	21
11	1	1	3	6	10	15	20
12	0	1	3	6	10	14	19

ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΤΑΣΗ ΜΕΤΩΠΟΥ, kW/m							
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ ΛΕΠΤΗΣ ΚΑΥΣΙΜΗΣ ΥΛΗΣ (%)	ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΑΝΕΜΟΥ, km/h						
	0	5	10	15	20	25	30
6	48	129	317	588	935	1350	1830
7	42	115	281	523	831	1200	1626
8	38	104	255	475	754	1089	1476
9	36	96	236	439	697	1007	1364
10	33	90	222	411	654	944	1280
11	32	86	210	390	620	895	1213
12	30	82	200	372	591	854	1157

ΜΗΚΟΣ ΦΛΟΓΑΣ, m							
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ ΛΕΠΤΗΣ ΚΑΥΣΙΜΗΣ ΥΛΗΣ (%)	ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΑΝΕΜΟΥ, km/h						
	0	5	10	15	20	25	30
6	0,5	0,7	1,1	1,5	1,8	2,1	2,5
7	0,4	0,7	1,0	1,4	1,7	2,0	2,3
8	0,4	0,7	1,0	1,3	1,6	1,9	2,2
9	0,4	0,6	1,0	1,3	1,6	1,9	2,1
10	0,4	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,1
11	0,4	0,6	0,9	1,2	1,5	1,8	2,0
12	0,4	0,6	0,9	1,2	1,5	1,7	2,0

Πίνακας II (συνέχεια). Συμπεριφορά πυρκαγιάς για το μοντέλο καύσιμης ύλης δασών δρυός.

ΕΚΤΑΣΗ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ, ha							
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ ΛΕΙΠΤΗΣ ΚΑΥΣΙΜΗΣ ΥΛΗΣ (%)	TAXYTYHTA ANEMOY, km/h						
	0	5	10	15	20	25	30
6	0,0	0,1	0,6	1,5	3,1	5,4	8,6
7	0,0	0,1	0,5	1,3	2,7	4,7	7,4
8	0,0	0,1	0,4	1,2	2,4	4,1	6,5
9	0,0	0,1	0,4	1,0	2,1	3,7	5,8
10	0,0	0,1	0,4	0,9	1,9	3,3	5,3
11	0,0	0,1	0,3	0,9	1,8	3,1	4,9
12	0,0	0,1	0,3	0,8	1,6	2,8	4,5

ΠΕΡΙΜΕΤΡΟΣ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ, m							
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ ΛΕΙΠΤΗΣ ΚΑΥΣΙΜΗΣ ΥΛΗΣ (%)	TAXYTYHTA ANEMOY, km/h						
	0	5	10	15	20	25	30
6	65	146	321	564	869	1230	1646
7	60	136	298	523	805	1140	1525
8	56	127	279	490	754	1068	1429
9	53	120	264	464	714	1011	1352
10	51	115	252	442	680	964	1289
11	48	110	241	424	653	924	1236
12	47	106	232	408	628	889	1190

ΜΕΓΙΣΤΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΚΑΥΤΡΩΝ, km							
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ ΛΕΙΠΤΗΣ ΚΑΥΣΙΜΗΣ ΥΛΗΣ (%)	TAXYTYHTA ANEMOY, km/h						
	0	5	10	15	20	25	30
6	0,0	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	1,1
7	0,0	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	1,1
8	0,0	0,1	0,3	0,5	0,6	0,8	1,0
9	0,0	0,1	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0
10	0,0	0,1	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0
11	0,0	0,1	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0
12	0,0	0,1	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0

σε εργασίες πρόληψης και προκαταστολής (π.χ. περιοχές που απαιτούν καθαρισμούς και αραίωση της βλάστησης, κατασκευή αντιπυρικών ζωνών σε στρατηγικά και ευαίσθητα σημεία) όσο και επιχειρήσεις καταστολής (π.χ. στρατηγική τοποθέτηση επίγειων δυνάμεων, πρόβλεψη της εξέλιξης του μετώπου της πυρκαγιάς, επιλογή χρήσης άμεσων ή έμμεσων μεθόδων προσβολής).

Οι πίνακες αυτοί δημιουργήθηκαν με τη χρήση του συστήματος πρόβλεψης συμπεριφοράς της φωτιάς "BEHAVE" που συνδυάστηκε με τους τύπους βλάστησης/καύσιμης ύλης και τις μετεωρολογικές συνθήκες της περιοχής, προκειμένου να καθορισθούν οι παράμετροι που διέπουν την εξάπλωση μιας πυρκαγιάς. Η ταχύτητα του ανέμου μαζί με την περιεχόμενη υγρασία της καύσιμης ύλης χρησιμοποιήθηκαν ως μεταβλητές εισροής για την δημιουργία των πινάκων διπλής εισόδου, όπου εύκολα και γρήγορα ο χρήστης στην πράξη θα υπολο-

γίζει κρίσιμες παραμέτρους μιας ενδεχόμενης ή/και εν εξελίξει πυρκαγιάς. Οι πίνακες αυτοί καθίστανται ακόμη πιο εύχρηστοι όταν συνοδεύονται και από φωτογραφίες που απεικονίζουν τον αντίστοιχο τύπο βλάστησης (καυσίμου).

Οι παράμετροι της πυρκαγιάς που παρουσιάζονται για τα δύο κύρια μοντέλα καύσιμης ύλης της περιοχής (τα δάση δρυός στον Πίνακα II και τα δάση ελάτης στον Πίνακα III) είναι η ταχύτητα διάδοσης, η θερμική ένταση, το μήκος της φλόγας, η έκταση και η περίμετρος της πυρκαγιάς μετά από 30 λεπτά από την εκδήλωσή της, καθώς και η μέγιστη δυνατή απόσταση μεταφοράς καυτρών από το μέτωπο της εκδηλούμενης πυρκαγιάς. Γνώση των παραπάνω παραμέτρων πριν από και κατά την πυρκαγιά συμβάλει τόσο στην αντιμετώπιση των δυσκολιών ελέγχου της πυρκαγιάς (κατασκευή αντιπυρικής γραμμής, αποστολή ή όχι συνεργείων στο μέτωπο,

Πίνακας III. Συμπεριφορά πυρκαγιάς για το μοντέλο καύσιμης ύλης δασών ελάτης.

ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΔΙΑΔΟΣΗΣ, m/min							
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ ΛΕΠΤΗΣ ΚΑΥΣΙΜΗΣ ΥΛΗΣ (%)	ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΑΝΕΜΟΥ, km/h						
	0	5	10	15	20	25	30
6	0	0	1	2	2	2	2
7	0	0	1	1	1	1	1
8	0	0	1	1	1	1	1
9	0	0	1	1	1	1	1
10	0	0	1	1	1	1	1
11	0	0	1	1	1	1	1
12	0	0	1	1	1	1	1

ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΤΑΣΗ ΜΕΤΩΠΙΟΥ, kW/m							
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ ΛΕΠΤΗΣ ΚΑΥΣΙΜΗΣ ΥΛΗΣ (%)	ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΑΝΕΜΟΥ, km/h						
	0	5	10	15	20	25	30
6	6	16	35	55	55	55	55
7	6	15	31	46	46	46	46
8	5	13	28	40	40	40	40
9	5	12	26	35	35	35	35
10	4	11	24	32	32	32	32
11	4	11	23	29	29	29	29
12	4	10	21	27	27	27	27

ΜΗΚΟΣ ΦΛΟΓΑΣ, m							
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ ΛΕΠΤΗΣ ΚΑΥΣΙΜΗΣ ΥΛΗΣ (%)	ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΑΝΕΜΟΥ, km/h						
	0	5	10	15	20	25	30
6	0,2	0,3	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5
7	0,2	0,3	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5
8	0,2	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
9	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4
10	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4
11	0,1	0,2	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4
12	0,1	0,2	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4

Πίνακας III (συνέχεια). Συμπεριφορά πυρκαγιάς για το μοντέλο καύσιμης ύλης δασών ελάτης.

ΕΚΤΑΣΗ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ, ha							
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ ΛΕΠΤΗΣ ΚΑΥΣΙΜΗΣ ΥΛΗΣ (%)	TAXYTHTA ANEMOY, km/h						
	0	5	10	15	20	25	30
6	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1
7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

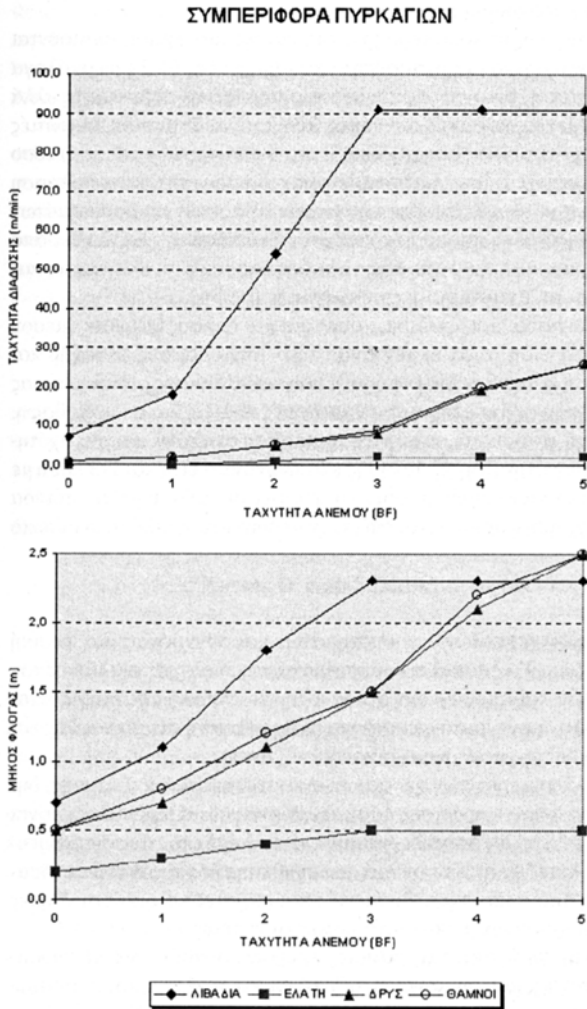
ΠΕΡΙΜΕΤΡΟΣ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ, m							
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ ΛΕΠΤΗΣ ΚΑΥΣΙΜΗΣ ΥΛΗΣ (%)	TAXYTHTA ANEMOY, km/h						
	0	5	10	15	20	25	30
6	17	37	70	105	105	105	105
7	16	34	65	93	93	93	93
8	15	32	61	84	84	84	84
9	14	30	57	76	76	76	76
10	13	29	55	70	70	70	70
11	13	27	52	66	66	66	66
12	12	26	50	62	62	62	62

ΜΕΓΙΣΤΗ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΚΑΥΤΡΩΝ, km							
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ ΛΕΠΤΗΣ ΚΑΥΣΙΜΗΣ ΥΛΗΣ (%)	TAXYTHTA ANEMOY, km/h						
	0	5	10	15	20	25	30
6	0,0	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4
7	0,0	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4
8	0,0	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4
9	0,0	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3	0,4
10	0,0	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3	0,3
11	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3
12	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3

απαιτήσεις σε προσωπικό και εξοπλισμό, νέες εστίες, ασφάλεια) όσο και στην εκτίμηση των προκαλουμένων συνεπειών στο οικοσύστημα.

Δύο από τις παραπάνω παραμέτρους (δηλαδή ταχύτητα διάδοσης και μήκος φλόγας) παρουσιάζονται και σε διαγράμματα συμπεριφοράς της πυρκαγιάς, για όλα τα μοντέλα καύσιμης ύλης και για χαρακτηριστικές περιβαλλοντικές συνθήκες της περιοχής (Σχήμα 3). Γενικά παρατηρείται μια πολύ πιο έντονη συμπεριφορά της φωτιάς σε χορτολιβαδικές εκτάσεις, δρυοδάση και θαμνώνες εμφανίζουν παρόμοιες συνθήκες εξάπλωσης πυρκαγιών ενώ στα ελατοδάση εκδηλώνεται ήπια συμπεριφορά πυρκαγιάς σε σχέση με διακύμανση του πνέοντος ανέμου από 0-5 BF.

Στόχος όλων των παραπάνω είναι η ύπαρξη “εργαλείων” που στα χέρια έμπειρου προσωπικού πυροπρο-



Σχήμα 3. Προβλεπόμενες ταχύτητες διάδοσης και μήκη φλόγας πυρκαγιών για τους χαρακτηριστικούς τύπους καύσιμης ύλης της περιοχής λίμνης Ν. Πλαστήρα.

νωμένων δένδρων και πετάγματος καυτρών. Η θνησιμότητα των δρυών εξαρτάται από την εποχή της φωτιάς και είναι ανάλογη με τη θερμική ένταση.

Δάση Ελάτης. Απαντώνται σε υψόμετρα μεγαλύτερα αυτών των δρουδοσών, με φυσικές συνθήκες που ευνοούν έρπουσες μη καταστροφικές πυρκαγιές (δηλαδή βελονοτάπτητας και κλαδάκια ποσότητας μέχρι 11 t/ha που είναι σχετικά συμπίεσιμα σε πάχος έως και 10 cm, ενώ η υποβλάστηση αποτελείται κυρίως από υγρές φτέρες και ψυχανθή). Μέχρι πρότινος τα δάση αυτά εθεωρούντο οικοσυστήματα χαμηλού κινδύνου πυρκαγιάς, αλλά τα τελευταία χρόνια παρατηρείται μια έξαρση πυρκαγιών που οφείλονται σε ένα συνδυασμό ανθρωπογενών και φυσικών αιτιών. Χαμηλές φλόγες έως 0,5 m και μικρές ταχύτητες διάδοσης έως 0,1 km/h χαρακτηρίζουν τις πυρκαγιές αυτές, αλλά κάτω από δυσμενείς καιρικές συνθήκες (υψηλές θερμοκρασίες, χαμηλές υγρασίες και ισχυρούς ανέμους) και σε περιοχές με υπολείμματα υλοτομιών μπορούν να δημιουργη-

στασίας μπορούν να αποτελέσουν πολύτιμα μέσα έγκαιρης και ορθολογικής λήψης αποφάσεων. Σε καμία περίπτωση δεν αντικαθίσταται ο παράγων άνθρωπος με τη γνώση και την εμπειρία του (άλλωστε τα μοντέλα γενικότερα απλοποιούν σύνθετα φυσικά φαινόμενα με αποτέλεσμα να προϋποθέτουν ένα πλήθος παραδοχών), αλλά δυναμώνει και γίνεται αποτελεσματικότερος ο ρόλος του. Για παράδειγμα, φλόγες μήκους πάνω από 1,5 m εκλύουν θερμότητα που είναι απαγορευτική για την αποστολή συνεργειών ανθρώπων στο μέτωπο της φωτιάς αλλά μηχανήματα μπορούν ακόμη να δουλέψουν, ενώ φλόγες μήκους πάνω από 2,5 m καθιστούν τις άμεσες μεθόδους προσβολής αναποτελεσματικές και πρέπει να ληφθούν έμμεσα μέτρα καταστολής και χρήση εναλίων μέσων (Σχήμα 3).

Συνοπτικά, στα δασικά οικοσυστήματα της λίμνης Ν. Πλαστήρα διακρίνουμε 4 κατηγορίες βλάστησης από άποψη καύσιμης ύλης, που σε σχέση με πυρκαγιές αναλύονται ως εξής:

Δάση Δρυός. Πρόκειται για κυρίως προεμφυγή αμιγή δάση δρυός ή μικτά με ελάτη και καστανά με υπόροφο από χαμηλούς θάμνους, αγροσοώδη και φυλλοτάπτητα (ποσότητα καύσιμης ύλης έως 8 t/ha και πάχος κανσίμου 5-15 cm). Οι συστάδες αυτές παρουσιάζουν μέτριο έως υψηλό κίνδυνο φωτιάς που κάτω από ευνοϊκές πυρικές συνθήκες έχουν τη δυνατότητα να δώσουν σημαντικές πυρκαγιές. Οι πυρκαγιές είναι έρπουσες με ταχύτητες διάδοσης κατά μέσο όρο 0,5 km/h, μήκη φλόγας περίπου 1,5 m και θερμικές εντάσεις της τάξης των 600 kW/m. Ισχυροί άνεμοι και μεγάλες συγκεντρώσεις καύσιμης ύλης (π.χ. υπολείμματα υλοτομιών σε συστάδες υπό αναγωγή) μπορούν να δώσουν πυρικές παραμέτρους υψηλότερες από αυτές που προαναφέρονται, λόγω ανάμματος της κόμης μεμονωμένων δένδρων και πετάγματος καυτρών. Η θνησιμότητα των δρυών εξαρτάται από την εποχή της φωτιάς και είναι ανάλογη με τη θερμική ένταση.

θούν σημαντικά προβλήματα αντιμετώπισης και οικολογικών ζημιών.

Λιβάδια. Καταλαμβάνουν ένα μικρό μέρος της ευρύτερης περιοχής της λίμνης και χρησιμοποιούνται κυρίως ως βοσκότοποι. Οι βοσκότοποι αυτοί έχουν σχετικά μικρή ποσότητα καύσιμης ύλης (1-2 t/ha ανάλογα με το βαθμό βόσκησης και τη σταθμολογική κατάσταση) δίνοντας έρπουσες πυρκαγιές μέτριας έντασης αλλά μεγάλης ταχύτητας διάδοσης. Έτσι κάτω από δυσμενείς καιρικές συνθήκες (άνεμοι και ξηρασία), οι φωτιές αυτές εξελίσσονται σε επικίνδυνες πυρκαγιές (ταχύτητα διάδοσης 1-5 km/h και ύψος φλογών 1-2,5 m) τόσο για τη ζωή ανθρώπων και ζώων όσο και τις εν γένει επιχειρήσεις καταστολής (π.χ. διεύθυνση ή και απόδραση του μετώπου της φωτιάς). Ο βαθμός επικινδυνότητας και ευφλεκτικότητας τέτοιων λιβαδικών οικοσυστημάτων είναι μεγάλος, πράγμα που έχει σαν αποτέλεσμα μεγάλες πυρκαγιές να έχουν ξεκινήσει ή εξαπλωθεί από αυτές τις εκτάσεις. Σε υποαλπικά οικοσυστήματα, και κάτω από ακραίες γεωμορφολογικές συνθήκες, πυρκαγιές σε ανάλογες περιοχές προκαλούν έντονες και μη αναστρέψιμες οικολογικές βλάβες.

Θαμνότοποι. Αποτελούνται κυρίως από τα είδη πουρνάρι, φιλλύκι, κουμαριά και άλλους θάμνους (μέσου ύψους έως και 2 m) που είναι πυρανθεκτικοί. Τα είδη αυτά έχουν αναπτύξει μηχανισμούς αντοχής και προσαρμογής στη φωτιά (π.χ. πλούσια ριζοβλάστηση και ανθεκτικοί σπόροι), που καθιστούν τις συνέπειες μιας πυρκαγιάς λιγότερο επιζήμιες, με εξαίρεση τα ευπαθή οικοσυστήματα σε απότομες κλίσεις και φτωχά εδάφη. Οι θαμνώνες αυτοί βόσκονται ευρέως στην περιοχή, παρουσιάζοντας πυρκαγιές που ανάλογα με την ταχύτητα του ανέμου, την περιεχόμενη υγρασία και την πυκνότητα της βλάστησης εξαπλώνονται έως και 2-3 km/h με φλόγες περίπου 3 m. Η θερμική ένταση των πυρκαγιών αυτών μπορεί να φθάσει σε πολύ υψηλά επίπεδα (πάνω από 2.000 kW/m), καθιστώντας αδύνατη τη χρήση φορητών και επίγειων μέσων καταστολής στο μέτωπο της φωτιάς.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η φωτιά είναι ένας οικολογικός παράγοντας των χειρσαίων οικοσυστημάτων και συγχρόνως μια φυσική δύναμη που επηρεάζει ανθρώπους, βλάστηση και ζώα. Τα δασικά οικοσυστήματα της περιοχής της λίμνης του Ν. Πλαστήρα ανήκουν στην κατηγορία των ορεινών παραμεσογείων οικοσυστημάτων που χαρακτηρίζονται από λιγότερο εύφλεκτη βλάστηση, σε ένα περιβάλλον με λιγοστά φυσικά και ανθρωπογενή αίτια έναρξης και εξάπλωσης πυρκαγιών (δηλαδή κλιματο-γεωγραφικά και κοινωνικο-οικονομικά αίτια).

Δρυοδάση και ελατοδάση καλύπτουν ένα μεγάλο μέρος των χειρσαίων οικοσυστημάτων της λίμνης, δημιουργώντας ένα ύψυγο περιβάλλον με μικρή συχνότητα εμφάνισης δασικών πυρκαγιών. Οι μεγάλοι χρόνοι επαναφοράς της φωτιάς σε αυτά τα οικοσυστήματα έχουν ως αποτέλεσμα την επί πολλές δεκαετίες συσσώρευση της βιομάζας (ο ρυθμός παραγωγής είναι μεγαλύτερος από το ρυθμό αποσύνθεσης λόγω και του συνδυασμού υψηλής υγρασίας-χαμηλής θερμοκρασίας), η οποία κάτω από δυσμενείς και ακραίες καιρικές συνθήκες μπορεί να αποτελέσει την καύσιμη ύλη μεγάλων πυρκαγιών με καταστροφικές συνέπειες.

Επιπλέον, τουριστική και αγροτική ανάπτυξη μέσα σε αυτές τις δασικές εκτάσεις συνθέτουν ένα “μωσαϊκό” με οικολογικές και προστατευτικές ιδιαιτερότητες, που δημιουργεί πιθανά επικίνδυνες περιοχές αντιμετώπισης πυρκαγιών-θεομηνιών. Η καταστροφική δύναμη τέτοιων πυρκαγιών μπορεί να μετριαστεί, αλλά και η εμφάνιση μικρότερων ανεπιθύμητων πυρκαγιών να προληφθεί πριν πάρουν διαστάσεις μεγαλύτερες, εφόσον υπάρχει εκ των προτέρων οργάνωση και σχεδιασμός αντιμετώπισής τους με κατάλληλα μέτρα.

Το υφιστάμενο σύστημα αντιπυρικής προστασίας της υπό μελέτη περιοχής στηρίζεται στο γενικότερο μοντέλο αντιμετώπισης πυρκαγιών που εφαρμόζεται τα τελευταία χρόνια στην Ελλάδα, με κάποιες βέβαια διαφοροποιήσεις που υπάρχουν σαν αποτέλεσμα της ιδιαιτερότητας του χώρου. Τα μέτρα που λαμβάνονται φροντίζουν για τον έγκαιρο εντοπισμό μιας εκδηλούμενης φωτιάς και την άμεση κινητοποίηση των επίγειων και εναέριων πυροσβεστικών δυνάμεων.

Ρεαλιστικούς στόχους ενός σύγχρονου αντιπυρικού σχεδιασμού στην περιοχή μπορούν να αποτελέσουν η εξάλειψη των ανθρωπογενών πυρκαγιών σε συνδυασμό με τον περιορισμό της καμένης έκτασης και των οικολογικών βλαβών που προκαλούνται από τη φωτιά στο ευρύτερο οικοσύστημα (π.χ. απώλεια βλάστησης, ατμοσφαιρική ρύπανση, μεταβολή της δυναμικής των θρεπτικών συστατικών και της δομής του εδάφους, κατολισθήσεις εδαφών, πλημμύρες, επιδράσεις στην άγρια ζωή και στην αισθητική αξία). Προτείνεται η εκπόνηση ενός αντιπυρικού προγράμματος που να χρησιμοποιεί τα μέσα που αναπτύχθηκαν στην παρούσα εργασία (ως ποιοτικά και ποσοτικά κριτήρια) και να επιδιώκει τους παραπάνω στόχους. Κάτι τέτοιο θα

στηρίζεται σε βραχυπρόθεσμη και μεσοπρόθεσμη λήψη θεσμικών, προληπτικών, κατασταλτικών και προστατευτικών μέτρων (Καλαμποκίδης και Στάμου 1996, Καλαμποκίδης 1997). Με αυτό τον τρόπο θα είναι δυνατό να συγκροτηθεί ένα πλήρες σύστημα θωράκισης των χερσαίων οικοσυστημάτων της λίμνης Ν. Πλαστήρα από καταστροφικές πυρκαγιές.

Συμπερασματικά, τα χερσαία οικοσυστήματα στην ευρύτερη περιοχή της λίμνης του Ν. Πλαστήρα ανήκουν στη ζώνη μετρίου κινδύνου από άποψη πυρκαγιών. Η γενική αυτή κατάταξη μπορεί να γίνει λαμβάνοντας υπόψη τόσο τους περιβαλλοντικούς, οικολογικούς και κοινωνικοπολιτικούς παράγοντες όσο και τις ιστορικές πυρκαγιές που έγιναν στο πρόσφατο παρελθόν στην περιοχή. Μια προσέγγιση κατάταξης των επιμέρους δασικών οικοσυστημάτων της λίμνης σε κατηγορίες επικινδυνότητας θα μπορούσε να γίνει χαρακτηρίζοντας ως τις πλέον πυρο-ευαίσθητες και πυρο-επικίνδυνες περιοχές τα δάση δρυός μαζί με τις χορτολιβαδικές εκτάσεις, ακολουθούμενα από τα δάση της ελάτης.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστούμε το Υπουργείο Γεωργίας και τις αρμόδιες δασικές υπηρεσίες του για την άριστη συνεργασία, καθώς και το ΕΠΠΕΡ-ΥΠΕΧΩΔΕ που χρηματοδότησε την εργασία μέσω της Αναπτυξιακής Καρδίτσας και του Δήμου Καρδίτσας. Ευχαριστίες εκφράζονται και στο δασολόγο Νικόλαο Γούναρη του Εργαστηρίου Δασικών Πυρκαγιών Θεσσαλονίκης για τη βοήθειά του κατά την ταξινόμηση των στοιχείων.

Forest Fire Danger Analysis in the Para-Mediterranean Mountainous Ecosystems of Lake N. Plastiras

Kostas D. Kalabokidis¹, Stergios Vergos² and Nikolaos Palihoritis³

ABSTRACT

Forest fire danger was analyzed based on environmental factors and vegetation characteristics that control fire protection in middle to high elevation ecosystems of the Mediterranean Basin in Greece. These forest ecosystems support less flammable vegetation, in a semi-moist and cool environment that has low frequency of natural and human-caused fire occurrence. As a result, biomass is accumulated over time and is potentially available to become fuel in high intensity wildfires under extreme and severe weather conditions. The catastrophic power of these large fires can be moderated, and other undesirable small fires can be controlled, with proactive fire management and planning. Within this scheme, a series of fire behavior tables and graphs were presented aiming at fire management decision-support.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Agee, J.K. 1993. Fire ecology of Pacific Northwest forests. Island Press. Washington, D.C.
- Anderson, H.E. 1982. Aids to determining fuel models for estimating fire behavior. USDA Forest Service General Technical Report INT-122.
- Andrews, P.L. 1986. BEHAVE: fire behavior prediction and fuel modeling system – BURN subsystem, part 1. USDA Forest Service General Technical Report INT-194.
- Burgan, R.E., και R.C. Rothermel. 1984. BEHAVE: fire behavior prediction and fuel modeling system – FUEL subsystem. USDA Forest Service General Technical Report INT-167.
- Carrega, P. 1991. A meteorological index of forest fire hazard in Mediterranean France. International Journal of Wildland Fire 2:79-86
- Δημητρακόπουλος, Α.Π. 1992. Προσομοίωση της συμπεριφοράς του πυρός σε μάκια και φρυγανικά μεσογειακού τύπου οικοσυστήματα. Πρακτικά 5ου Πανελληνίου Δασολογικού Συνεδρίου, “Ερευνα και Πράξη στα Ελληνικά Δάση”, 4-6 Μαρτίου 1992, Καλαμάτα. Ελληνική Δασολογική Εταιρεία, Θεσσαλο-

¹ Environmental Cartography, University of the Aegean, GR-811 00 Mytilene, Greece, e-mail: kalabokidis@aegean.gr

² Department of Forestry, Technological Education Institute, GR-431 00 Karditsa, Greece

³ Forest Technical Office, K. Tertipi 31, GR-431 00 Karditsa, Greece

νίκη. Σελ. 386-397.

- Δημητρακόπουλος, Α.Π. 1993. Ιδιαιτερότητες σχεδιασμού πυροπροστασίας προστατευόμενων φυσικών περιοχών: η περίπτωση του Εθνικού Δρυμού Σαμαριάς Κρήτης. *Γεωτεχνικά Επιστημονικά Θέματα* 4(3):84-91.
- Gouma, V.G. 1997. Forest fuel and fire hazard mapping. In Proceedings of the European School of Climatology and Natural Hazards course on "Forest Fire Risk and Management." European Commission, DG-XII, EUR 16719 EN. Pp. 389-395.
- Kailidis, D.S. 1994. Forest fire and fire danger rating in Greece. In Proceedings International Workshop on "Satellite Technology and GIS for Mediterranean Forest Mapping and Fire Management." European Commission, DG-XIII, EUR 15861 EN. Pp. 19-27.
- Καλαμποκίδης, Κ.Δ. 1996. Δασικά οικοσυστήματα και πυρκαγιές στα νησιά του Αιγαίου. Πρακτικά 7ου Πανελληνίου Δασολογικού Συνεδρίου, "Αξιοποίηση Δασικών Πόρων", 11-13 Οκτωβρίου 1995, Καρδίτσα. Ελληνική Δασολογική Εταιρεία, Θεσσαλονίκη. Σελ. 549-557.
- Καλαμποκίδης, Κ.Δ. 1997. Προστασία με ρεαλισμό και αποτελεσματικότητα. *Οικονομικός Ταχυδρόμος* 30(2255):53-55.
- Καλαμποκίδης, Κ.Δ., και Ν. Στάμου. 1996. Ανάλυση και σχεδιασμός αντιμετώπισης του φαινομένου των δασικών πυρκαγιών στο Αιγαίο. Πρακτικά 7ου Πανελληνίου Δασολογικού Συνεδρίου, "Αξιοποίηση Δασικών Πόρων", 11-13 Οκτωβρίου 1995, Καρδίτσα. Ελληνική Δασολογική Εταιρεία, Θεσσαλονίκη. Σελ. 558-557.
- Kozłowski, T.T., και Ahlgren. 1974. *Fire and ecosystems*. Academic Press. New York.
- Μπαζίγος, Π., και Β.Μ. de Vlieghe. 1995. Μοντέλα κινδύνων δασικών πυρκαγιών επαρχίας Πυλίας νομού Μεσσηνίας. Πρακτικά 6ου Πανελληνίου Δασολογικού Συνεδρίου, "Δασική Ανάπτυξη: Ιδιοκτησιακό - Χωροταξικό", 6-8 Απριλίου 1994, Χανιά. Ελληνική Δασολογική Εταιρεία, Θεσσαλονίκη. Σελ. 389-399.
- Pyne, S.J., P.L. Andrews, και R.D. Laven. 1996. *Introduction to wildland fire*. 2nd Edition. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Στάμου, Ν., Κ. Καλαμποκίδης, Π. Κωνσταντινίδης, Π. Σμύρης, και Γ. Χατζηφιλιππίδης. 1996. Βελτίωση της αποτελεσματικότητας του συστήματος της πρόληψης και καταστολής δασικών πυρκαγιών στην Ελλάδα: πρώτα αποτελέσματα. Πρακτικά 7ου Πανελληνίου Δασολογικού Συνεδρίου, "Αξιοποίηση Δασικών Πόρων", 11-13 Οκτωβρίου 1995, Καρδίτσα. Ελληνική Δασολογική Εταιρεία, Θεσσαλονίκη. Σελ. 578-593.
- Stamou, N., K.D. Kalabokidis, P. Konstantinidis, S. Fotiou, A. Christodoulou, V. Blioumis, P. Prastacos, M. Diamantakis, and G. Kochilakis. 1998. Improving the efficiency of the wildland fire prevention and suppression system in Greece. In Proceedings 3rd International Conference on Forest Fire Research and 14th Conference on Fire and Forest Meteorology, 16-20 November 1998, Luso-Coimbra, Portugal. Published by ADAI, University of Coimbra, Portugal. Pp. 203-221.
- Trewartha G.T., και L.H. Horn. 1980. *An introduction to climate*. 5th Edition. McGraw-Hill, Inc. New York.
- Vlieghe, B.M. de. 1992. Risk assessment for environmental degradation caused by fires using remote sensing and GIS in Mediterranean region (south Euvonia, central Greece). IGARSS'92, Houston. Pp. 44-47.
- Wright, H.A., και A.W. Bailey. 1982. *Fire ecology*. John Wiley & Sons, Inc. New York.

Γεωγραφική Πολυμεταβλητή Ανάλυση της Χωρικής Εμφάνισης των Δασικών Πυρκαγιών

Κώστας Καλαμποκίδης¹ και Νικόλαος Κούτσιας²

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο έρευνας της παρούσας εργασίας ήταν η ανάπτυξη ενός μοντέλου πιθανοτήτων εμφάνισης δασικών πυρκαγιών, με στόχο την εκτίμηση του βαθμού επικινδυνότητας των γεωγραφικών μονάδων του χώρου που ορίζονται από συγκεκριμένες περιβαλλοντικές συνιστώσες. Η μοντελοποίηση των περιβαλλοντικών και κοινωνικο-οικονομικών παραγόντων που επηρεάζουν το βαθμό επικινδυνότητας έναρξης και εξάπλωσης των δασικών πυρκαγιών βασίστηκε στη γεωγραφική πολυμεταβλητή ανάλυση ιστορικών στατιστικών δεδομένων των πυρκαγιών και περιβαλλοντικών παραγόντων, με βάση τη λογιστική παλινδρόμηση. Ένα πλήρες Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών το οποίο αποτελείται από περιβαλλοντικές συνιστώσες του χώρου όπως τοπογραφία, κλιματολογικά δεδομένα, κατηγορίες κάλυψης γης και ανθρώπινων δραστηριοτήτων δημιουργήθηκε για ένα εθνικό δρυμό στις ΗΠΑ, χρησιμοποιώντας το λογισμικό γεωγραφικής ανάλυσης ARC/INFO. Η πλήρως δομημένη, χωρικά και χρονικά, γεωγραφική βάση δεδομένων έδωσε τη δυνατότητα μελέτης και στατιστικής ανάλυσης της συσχέτισης μεταξύ των καμένων εκτάσεων και των περιβαλλοντικών μεταβλητών. Συνολικά τέσσερα μοντέλα λογιστικής παλινδρόμησης αναπτύχθηκαν για την ερμηνεία και εκτίμηση της χωρικής εμφάνισης των πυρκαγιών, τα οποία συμπεριλάμβαναν 11, 8, 6 και 3 ανεξάρτητες μεταβλητές. Σύμφωνα με τα συνολικά ποσοστά ακρίβειας, τα οποία κυμάνθηκαν πάνω από 65%, και τα τέσσερα μοντέλα παρουνσίασαν ικανοποιητική απόδοση στην εκτίμηση της εξαρτημένης μεταβλητής. Η χωρική κατανομή του βαθμού επικινδυνότητας εμφάνισης δασικών πυρκαγιών στην περιοχή μελέτης παρουσιάζεται με τη μορφή θεματικού χάρτη ο οποίος δημιουργήθηκε με βάση τα λογιστικά μοντέλα. Τα αποτελέσματα και κυρίως η μεθοδολογία δημιουργίας του γεωγραφικού συστήματος πληροφοριών και της αντιπυρικής διαχείρισης παρουσιάζουν ερευνητικό και πρακτικό ενδιαφέρον για την εφαρμογή τους στην ορθολογική αντιμετώπιση των δασικών πυρκαγιών στην Ελλάδα.

Λέξεις κλειδιά: Διαχείριση Δασικών Πυρκαγιών, Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, Στατιστική Ανάλυση, Λογιστική Παλινδρόμηση.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι δασικές πυρκαγιές αποτελούν ένα από τα μεγάλα οικολογικά προβλήματα σε παγκόσμια κλίμακα. Ιδιαίτερα σε περιοχές οι οποίες ανήκουν στο Μεσογειακό τύπο κλίματος, όπως είναι η Ελλάδα, η έξαρση του φαινομένου των δασικών πυρκαγιών, σε συνδυασμό με ανθρωπογενείς επιδράσεις, τείνει να αποτελέσει μια από τις μεγαλύτερες αιτίες υποβάθμισης του φυσικού περιβάλλοντος. Εξαιτίας των μεγάλων οικονομικών, κοινωνικών και οικολογικών συνεπειών των δασικών πυρκαγιών πρέπει να αποκτηθεί σε βάθος γνώση των παραμέτρων που επηρεάζουν την έναρξη και διάδοση των πυρκαγιών και διαμορφώνουν το βαθμό επικινδυνότητας αυτών, ώστε αυτές οι παράμετροι να ενσωματωθούν σε ένα τεχνολογικά σύγχρονο και αποτελεσματικό διαχειριστικό δασικό σχεδιασμό. Οι πυρκαγιές των δασικών περιοχών συνιστούν ένα πολυσύνθετο χωρικό φαινόμενο το οποίο επηρεάζεται από ένα πλήθος περιβαλλοντικών, ανθρωπογενών και τοπογραφικών παραγόντων. Γι' αυτό η αποτελεσματική διαχείρισή τους απαιτεί την κατανόηση των λειτουργιών του καθενός παράγοντα ξεχωριστά αλλά και των αλληλοεπιδράσεων μεταξύ αυτών.

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, ως ένα σύγχρονο εργαλείο διαχείρισης και επεξεργασίας

¹ Περιβαλλοντική Χατογραφία, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, 811 00 Μυτιλήνη, Τηλ.: 0251/36455, fax: 0251/36459, e-mail: kalabokidis@aegean.gr

² Τμήμα Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Π.Θ. 248, 540 06 Θεσσαλονίκη

χωρικών γεωγραφικών δεδομένων, βοηθούν αποτελεσματικά για τη σωστή αντιμετώπιση του φαινομένου. Ένα καλοσχεδιασμένο σύστημα υποστήριξης αποφάσεων όσον αφορά τη διαχείριση των δασικών πυρκαγιών, απαιτεί γνώση των περιβαλλοντικών και κοινωνικοοικονομικών παραγόντων του χώρου, καθώς επίσης, και των αλληλοεπιδράσεων αυτών. Η μοντελοποίηση αυτών μέσω γεωγραφικών πολυμεταβλητών χωρικών αναλύσεων, η οποία βασίζεται σε ιστορικά στατιστικά δεδομένα εμφάνισης των πυρκαγιών, έχει αποδειχθεί ότι μπορεί να συνεισφέρει στη χωροθέτηση ζωνών υψηλού κινδύνου εμφάνισης πυρκαγιών (Chou κ.α. 1990).

Η σωστή αντιμετώπιση του προβλήματος κινείται σε δύο βασικές κατευθύνσεις: τη λήψη μέτρων πρόληψης, καθώς και μέτρων έγκαιρης επέμβασης και καταστολής. Ένα εξελιγμένο σύστημα πρόληψης, έγκαιρης επέμβασης και καταστολής, που θα βασίζεται στην εκ των προτέρων γνώση των πιθανών περιοχών εκδήλωσης δασικών πυρκαγιών καθώς επίσης και στη γνώση της συμπεριφοράς της φωτιάς, θεωρείται ως ένα μεγάλο διαχειριστικό πλεονέκτημα. Η γνώση των περιοχών υψηλού κινδύνου θα προσανατολίσει τους αρμόδιους φορείς προς τη σωστή κατεύθυνση εφαρμογής προγραμμάτων πυροπροστασίας. Η εφαρμογή τέτοιων προγραμμάτων θα γίνεται με προτεραιότητα χωρική και χρονική στις ζώνες υψηλού κινδύνου, ελαχιστοποιώντας τα κόστος και μεγιστοποιώντας ταυτόχρονα την αποτελεσματικότητά τους.

Αντικείμενο έρευνας της παρούσας εργασίας ήταν η ανάπτυξη ενός μοντέλου πιθανοτήτων εμφάνισης δασικών πυρκαγιών, με στόχο την εκτίμηση του βαθμού πυρο-επικινδυνότητας των γεωγραφικών μονάδων του χώρου, που ορίζονται από συγκεκριμένες περιβαλλοντικές συνιστώσες. Η μοντελοποίηση των περιβαλλοντικών και κοινωνικο-οικονομικών παραγόντων που επηρεάζουν το βαθμό επικινδυνότητας των δασικών πυρκαγιών βασίστηκε στη γεωγραφική πολυμεταβλητή ανάλυση ιστορικών στατιστικών δεδομένων των πυρκαγιών και περιβαλλοντικών παραγόντων, με βάση το στατιστικό μοντέλο Λογιστικής Παλινδρόμησης. Η ανάλυση έγινε με στοιχεία από ένα Εθνικό Δρυμό του Κολοράντο των ΗΠΑ (το Dinosaur National Monument) συνολικής έκτασης 850.000 στρεμμάτων, αλλά η όλη μεθοδολογία και τα αποτελέσματα δημιουργίας του γεωγραφικού συστήματος πληροφοριών και της αντιπυρικής διαχείρισης παρουσιάζουν ερευνητικό και πρακτικό ενδιαφέρον για την εφαρμογή τους στην ορθολογική αντιμετώπιση των δασικών πυρκαγιών στη χώρας μας. Είναι έκδηλες οι γενικότερες ανάγκες της Ελλάδας για την τεκμηριωμένη λήψη αποφάσεων και την αξιοποίηση της τεχνογνωσίας στη διαχείριση κινδύνου του φυσικού περιβάλλοντος.

ΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗ

Συχνά η σχέση μεταξύ ανεξάρτητων και εξαρτημένων μεταβλητών που αφορούν δεδομένα του περιβάλλοντος περιγράφεται καλύτερα μέσω μη γραμμικών μοντέλων, λόγω της πολυπλοκότητας που διέπει τις φυσικές διεργασίες (Σιάρδος 1999). Μια ιδιαίτερη περίπτωση των μη γραμμικών αυτών μοντέλων αποτελεί το λογιστικό μοντέλο συσχέτισης, το οποίο περιγράφεται από την εξίσωση (Mendenhall και Sincich 1996, Sharma 1996):

$$E(y) = \frac{\exp(b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_k X_k)}{1 + \exp(b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_k X_k)}$$

όπου

$$y = \begin{cases} 1 & \text{εαν η κατηγορία A συμβαίνει} \\ 0 & \text{εαν η κατηγορία B συμβαίνει} \end{cases}$$

$E(y)$ = πιθανότητα P (η κατηγορία A να συμβαίνει)

X_1, X_2, \dots, X_k ποσοτικές ή ποιοτικές ανεξάρτητες μεταβλητές

b_0, b_1, \dots, b_k εκτιμώμενοι συντελεστές.

Τα λογιστικά μοντέλα αναπτύχθηκαν για να χρησιμοποιηθούν σε μελέτες επιβίωσης (Survival Analysis) στις οποίες συνήθως η δειγματοληπτική μονάδα δέχεται μόνο δύο τιμές (δηλαδή 1 και 0), για παράδειγμα θανατηφόρα ή όχι δόση (Afifi και Clark 1984). Η λογιστική παλινδρόμηση ως στατιστικό εργαλείο προσφέρει αρκετά πλεονεκτήματα έναντι διαφόρων άλλων παρόμοιων μεθόδων όπως η διακριτική ανάλυση (Discriminant Analysis) ή η πολλαπλή παλινδρόμηση (Multiple Regression). Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου συνοψίζονται στα εξής (Norusis 1994):

- Ποιοτικές και ποσοτικές μεταβλητές καθώς και ο συνδυασμός τους μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως

ανεξάρτητες μεταβλητές.

- Δεν είναι απαραίτητο οι τιμές των δεδομένων να ακολουθούν την κανονική κατανομή.
- Η εξαρτημένη μεταβλητή δέχεται μόνο δύο τιμές (ένα γεγονός συμβαίνει ή όχι) το οποίο σε πολλές περιπτώσεις αποδεικνύεται ιδιαίτερα αποτελεσματικό, για παράδειγμα όταν το ερώτημα αφορά την εκδήλωση ή όχι μιας δασικής πυρκαγιάς.

Σε αντίθεση με τη γραμμική παλινδρόμηση όπου οι συντελεστές του μοντέλου εκτιμούνται με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων, στη λογιστική παλινδρόμηση η εκτίμηση των συντελεστών γίνεται με τη μέθοδο της μέγιστης πιθανοφάνειας. Δηλαδή οι εκτιμώμενοι συντελεστές είναι αυτοί οι οποίοι κάνουν τα αποτελέσματα πιο πιθανά (Norusis 1990).

Όπως στην περίπτωση της πολλαπλής παλινδρόμησης, έτσι και στην λογιστική παλινδρόμηση είναι αρκετά δύσκολο να ποσοτικοποιηθεί η συνεισφορά της κάθε ανεξάρτητης μεταβλητής για την πρόβλεψη της εξαρτημένης. Το πρόβλημα αυτό ενισχύεται ιδιαίτερα όταν ο βαθμός συσχέτισης των ανεξάρτητων μεταβλητών είναι ιδιαίτερα υψηλός (Norusis 1990). Για να αποφευχθούν τέτοιες δυσκολίες, που αφορούν την ερμηνεία των συντελεστών του μοντέλου, δημιουργούνται λογιστικά μοντέλα και συγκρίνονται στατιστικά τα αποτελέσματα. Έτσι, έμμεσα δίνεται η εικόνα της προσφοράς κάποιας μεταβλητής στην πρόβλεψη του γεγονότος.

Η γενική αξιολόγηση των μοντέλων λογιστικής παλινδρόμησης επιτυγχάνεται χρησιμοποιώντας κάποιους στατιστικούς δείκτες που στην ουσία αποτελούν μέρος των αποτελεσμάτων από την ανάπτυξη και εφαρμογή της λογιστικής παλινδρόμησης. Περιληπτικά οι στατιστικοί αυτοί δείκτες είναι (Norusis 1990):

1. Πίνακας των αποτελεσμάτων της ταξινόμησης

Η πρώτη στατιστική ένδειξη για την αξιολόγηση των λογιστικών μοντέλων δίνεται από τον πίνακα των αποτελεσμάτων ταξινόμησης, ο οποίος προκύπτει από τις συγκρίσεις των πραγματικών με τις προβλεπόμενες παρατηρήσεις. Εκτός από το συνολικό ποσοστό των σωστά ταξινομημένων παρατηρήσεων, το οποίο προκύπτει από το ζυγισμένο μέσο όρο των ακριβειών των δύο κατηγοριών, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και οι επιμέρους ακρίβειες αυτών. Ικανοποιητικά μοντέλα για την πρόβλεψη της εξαρτημένης μεταβλητής θεωρούνται αυτά που παρουσιάζουν μεγάλα ποσοστά ακρίβειας με την προϋπόθεση ότι και οι δύο κατηγορίες παρατηρήσεων συνεισφέρουν το ίδιο στη συνολική ακρίβεια.

2. Ιστογράμμα των πιθανοτήτων πρόβλεψης των παρατηρήσεων

Το μειονέκτημα της πρώτης στατιστικής ένδειξης, δηλαδή του πίνακα των ποσοστών ακρίβειας της ταξινόμησης, είναι ότι δεν παρουσιάζεται η εικόνα της κατανομής των εκτιμώμενων πιθανοτήτων βάση των οποίων ταξινομήθηκαν οι παρατηρήσεις του δείγματος. Την αδυναμία αυτή συμπληρώνει το ιστογράμμα των πιθανοτήτων, βάση των οποίων γίνεται η πρόβλεψη της εξαρτημένης μεταβλητής. Το λογιστικό μοντέλο προβλέπει σωστά την εξαρτημένη μεταβλητή όταν οι πιθανότητες των δύο κατηγοριών της εξαρτημένης μεταβλητής συσσωρεύονται στα δύο αντίστοιχα άκρα του διαγράμματος (0-1), δημιουργώντας έτσι διακριτές συσσωρεύσεις.

3. Άλλα στατιστικά μεγέθη

Μία άλλη διαφορετική προσέγγιση για την αξιολόγηση των λογιστικών μοντέλων είναι η εκτίμηση και αξιολόγηση συγκεκριμένων στατιστικών όπως -2LL (λογάριθμος των πιθανοτήτων) και "Goodness of Fit Statistic". Γενικά, πετυχημένα μοντέλα θεωρούνται αυτά των οποίων τα παραπάνω στατιστικά μεγέθη τείνουν σε μικρές τιμές.

Λογιστικά μοντέλα έχουν ευρέως εφαρμοσθεί και αποδειχθεί χρήσιμα στη διερεύνηση στατιστικά σημαντικών συσχετίσεων που υπάρχουν μεταξύ διαφόρων παραγόντων (Pereira και Itami 1991, Boxall και McFarlane 1995, Bian και West 1997, Narumalani κ.α. 1997, van Deventer κ.α. 1997). Ειδικότερα στο χώρο των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών και των δασικών πυρκαγιών, μοντέλα λογιστικής παλινδρόμησης έχουν επιτυχώς αναπτυχθεί:

- για τη διερεύνηση των σχέσεων μεταξύ διαφόρων δεικτών του Αμερικάνικου Εθνικού Συστήματος Εκτίμησης Κινδύνου Πυρκαγιών (NFDRS) και εμφάνισης πυρκαγιών (Loftsgaarden και Andrews 1992).
- για την πρόβλεψη πυρκαγιών που οφείλονται σε ανθρωπογενή αίτια (Martell κ.α. 1987).

- για την εκτίμηση της θνησιμότητας δασικών ειδών μετά την πυρκαγιά (Ryan και Reinhardt 1988).
- για τη μοντελοποίηση της πιθανότητας εκδήλωσης δασικών πυρκαγιών και εκτίμηση του κινδύνου αυτών (Chou 1992α).

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών μπορούν να εμπλακούν πετυχημένα, ως ένα σύγχρονο εργαλείο χωρικής επεξεργασίας και μοντελοποίησης δεδομένων του περιβάλλοντος, στη γεωγραφική ανάλυση εμφάνισης πυρκαγιών και εκτίμησης του κινδύνου αυτών (Chou 1992β). Χωρικά δεδομένα όσον αφορά την κατανομή στο χώρο και στο χρόνο της κάλυψης δασών και δασικών εκτάσεων, μετεωρολογικών δεδομένων, της τοπογραφίας και άλλων περιβαλλοντικών παραγόντων μπορούν με ευκολία και ταχύτητα να συνδυασθούν και επεξεργασθούν στα πλαίσια μιας καλά δομημένης τράπεζας πληροφοριών μέσω των εργαλείων και πλεονεκτημάτων που προσφέρουν τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών, η επιστήμη της πληροφορικής και η ψηφιακή αυτόματη επεξεργασία (Aronoff 1989).

Η ανάπτυξη ενός δείκτη επικινδυνότητας των δασικών πυρκαγιών καθώς επίσης και η διερεύνηση των στατιστικά σημαντικών παραγόντων που επηρεάζουν την έναρξη και διάδοση αυτών, απαιτεί να ληφθούν υπόψη ένα μεγάλο εύρος περιβαλλοντικών δεδομένων μεταξύ των οποίων τα μετεωρολογικά, τα τοπογραφικά και τα μοντέλα καύσιμης ύλης είναι από τα πιο συνηθισμένα (Deeming κ.α. 1978, Kalabokidis κ.α. 1991).

Σύμφωνα με τους Chuvieco και Salas (1994), τα κριτήρια που εφαρμόζονται για το συνδυασμό και μοντελοποίηση αυτών των μεταβλητών συνοψίζονται στα εξής:

1. Χρησιμοποίηση ποιοτικών κριτηρίων για τον ορισμό τιμών επικινδυνότητας σε συγκεκριμένους συνδυασμούς των μεταβλητών (Brass κ.α. 1983, Yool κ.α. 1985).
2. Αποδοχή διαφόρων δεικτών επικινδυνότητας, όπως για παράδειγμα το NFDRS των ΗΠΑ (Agee και Pickford 1985) ή κάποιων συνιστωσών του BEHAVE (Woods και Gossette 1992).
3. Ανάπτυξη νέων μοντέλων επικινδυνότητας, χρησιμοποιώντας συντελεστές βαρύτητας των μεταβλητών που επηρεάζουν τον κίνδυνο (Chuvieco και Congalton 1989, Vliegheer 1992).
4. Δημιουργία τοπικά προσαρμοσμένων μοντέλων, όπου οι τιμές επικινδυνότητας της κάθε μεταβλητής εκτιμούνται από την ανάπτυξη μοντέλων παλινδρόμησης των μεταβλητών (Chou 1992β).

Ο συνδυασμός και μοντελοποίηση όλων των απαραίτητων μεταβλητών μέσω οποιασδήποτε μεθοδολογικής προσέγγισης, επιτυγχάνεται στα πλαίσια των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών εκφράζοντας τις γεωγραφικές μονάδες κάθε μεταβλητής είτε με τη μορφή διανυσματικών δεδομένων (vector data) είτε με τη μορφή κανάβου (raster data). Σύμφωνα με τον Chou (1992α), διανυσματικού τύπου δεδομένα είναι προτιμότερα στη διαχείριση των δασικών πυρκαγιών για δύο κυρίως λόγους: Πρώτον, πολύγωνα τα οποία σχηματίζονται από χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος που σχετίζονται με τις δασικές πυρκαγιές προσδιορίζουν γεωγραφικές μονάδες κατάλληλες για τη διαχείριση των πυρκαγιών, και δεύτερον, η μοντελοποίηση των δασικών πυρκαγιών απαιτεί τον έλεγχο υποθέσεων για περιβαλλοντικές και κοινωνικοοικονομικές μεταβλητές οι οποίες καταγράφονται σε διάφορες κλίμακες, που αποδίδονται καλύτερα με διανυσματικού τύπου δεδομένα.

Παρόλα αυτά, τα διανυσματικά δεδομένα μειονεκτούν σε σχέση με τα δεδομένα σε μορφή κανάβου εξαιτίας των δυσκολιών που παρουσιάζουν κατά τη διαδικασία της προσομοίωσης και μοντελοποίησης ιδιαίτερα δεδομένων που συνθέτονται από πολλά επίπεδα πληροφοριών. Επίσης, η δυσκολία απεικόνισης λεπτομερειακών ποσοτικών δεδομένων που αφορούν συνεχόμενες μεταβλητές του χώρου, όπως π.χ. η τοπογραφία, συνιστά ένα εξίσου σημαντικό μειονέκτημα.

Συμπερασματικά τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα που παρουσιάζουν γενικά οι δύο αυτοί τύποι δεδομένων, και που περιγράφονται στη βιβλιογραφία (Burrrough 1986, Star και Estes 1990), ισχύουν και στην περίπτωση εφαρμογών στις δασικές πυρκαγιές. Η επιλογή ενός εκ των δύο καθορίζεται κάθε φορά από το είδος της ανάλυσης που θα εφαρμοσθεί.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Ένα πλήρες γεωγραφικό σύστημα πληροφοριών, το οποίο αποτελείται από περιβαλλοντικές συνιστώσες του χώρου όπως τοπογραφία, μετεωρολογικά δεδομένα, κατηγορίες κάλυψης γης και ανθρώπινων δραστηριοτήτων, δημιουργήθηκε με τη χρήση του λογισμικού ARC/INFO για ολόκληρο το National Dinosaur Monu-

ment των ΗΠΑ (συνολικής έκτασης 85.000 ha). Ιστορικά δεδομένα που αφορούν τις καμένες εκτάσεις των μεγαλύτερων από 40 στρέμματα ή 4 ha πυρκαγιών για την περίοδο 1940-1992, έχουν καταγραφεί και εισαχθεί στη γεωγραφική βάση, εξασφαλίζοντας έτσι μια ιδανική περίπτωση για τη μελέτη των παραγόντων που επηρεάζουν και διαμορφώνουν το βαθμό επικινδυνότητας τόσο της έναρξης όσο και της εξάπλωσης αυτών. Η πλήρως δομημένη, χωρικά και χρονικά, γεωγραφική βάση δεδομένων στο ARC/INFO έδωσε τη δυνατότητα μελέτης και στατιστικής ανάλυσης σημαντικών στατιστικά συσχετίσεων μεταξύ των καμένων εκτάσεων και των περιβαλλοντικών μεταβλητών.

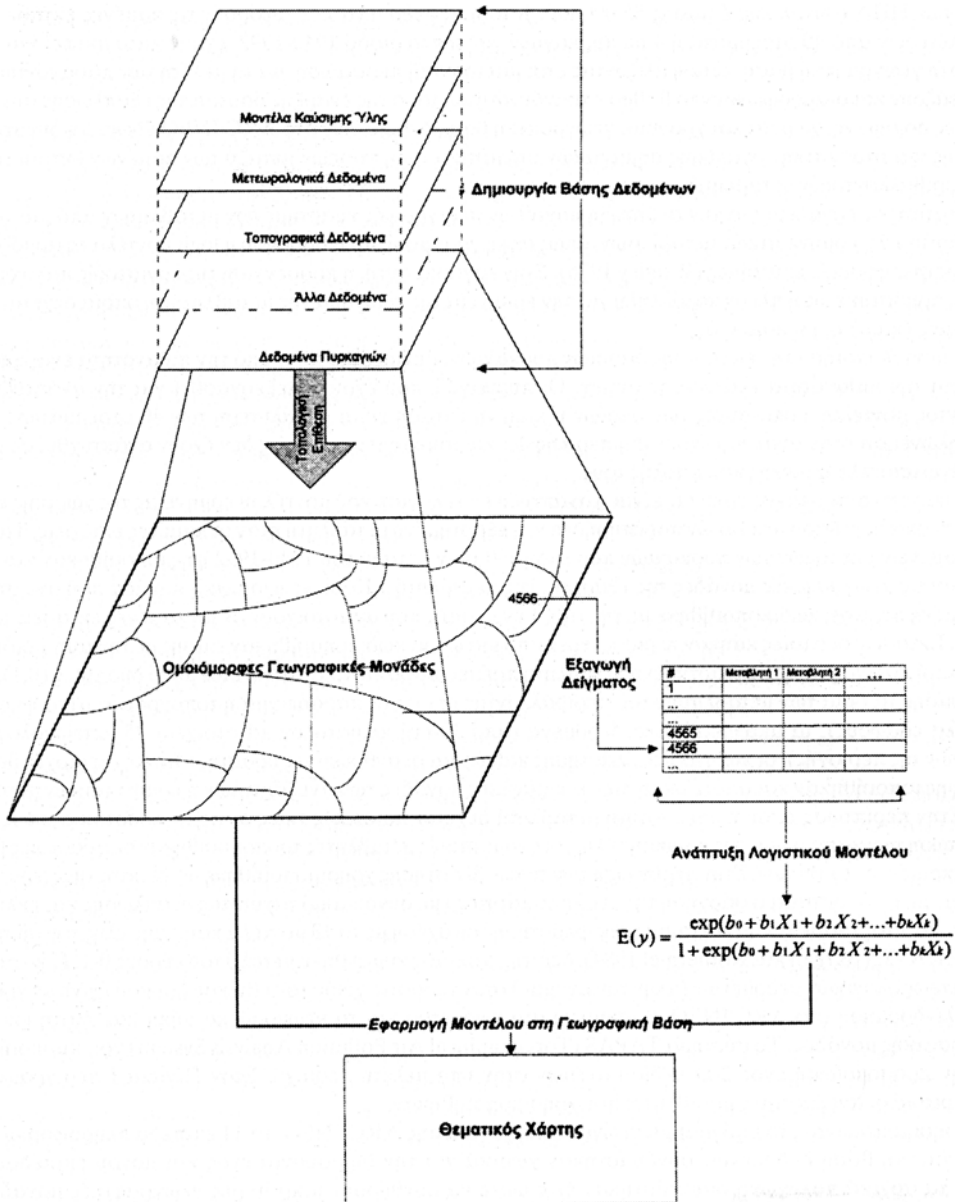
Στατιστικά εργαλεία για την ανάπτυξη μοντέλων περιγραφής εξαρτημένων μεταβλητών από μια ομάδα ανεξάρτητων ή ερμηνευτικών μεταβλητών, όπως απλή γραμμική παλινδρόμηση ή logit μοντέλα εφαρμόζονται ευρέως στις φυσικές επιστήμες (Wrigley 1976). Στην εργασία αυτή, η προσέγγιση της λογιστικής παλινδρόμησης εφαρμόστηκε ως η πλέον κατάλληλη για την ερμηνεία της εξαρτημένης μεταβλητής η οποία δέχεται μόνο δύο τιμές (καμένο, μη καμένο).

Η μοντελοποίηση της εμφάνισης δασικών πυρκαγιών, συνίσταται τόσο από την πιθανότητα έναρξης όσο και από την πιθανότητα εξάπλωσης αυτών. Οι πυρκαγιές που έχουν επεξεργασθεί για την ανάπτυξη του παρόντος μοντέλου είναι αυτές των οποίων η καμένη έκταση είναι μεγαλύτερη των 40 στρεμμάτων. Αυτό υποδηλώνει ότι στην ανάλυση έχουν συμπεριληφθεί και πυρκαγιές οι οποίες δεν έχουν αναπτυχθεί σε μεγάλες λόγω αποτελεσματικής καταστολής τους.

Επειδή το αντικείμενο έρευνας είναι η ανάπτυξη ενός λογιστικού μοντέλου ερμηνείας της χωρικής εμφάνισης πυρκαγιών βάση ιστορικών παρατηρήσεων, η εξαρτημένη μεταβλητή ήταν οι καμένες εκτάσεις. Τα όρια των καμένων εκτάσεων των πυρκαγιών που εκδηλώθηκαν μεταξύ του 1940-1992 ψηφιοποιήθηκαν και αποτέλεσαν τις γεωγραφικές μονάδες της εξαρτημένης μεταβλητής. Κάθε γεωγραφική μονάδα που αντιστοιχεί σε καμένη περιοχή κωδικοποιήθηκε με την τιμή 1 ενώ αυτές που αντιστοιχούν σε μη καμένες εκτάσεις με την τιμή 0. Εκτάσεις οι οποίες κήηκαν περισσότερες από μια φορά κωδικοποιήθηκαν επίσης με την τιμή 1 διότι στη λογιστική παλινδρόμηση η εξαρτημένη μεταβλητή πρέπει αποκλειστικά να δέχεται μόνο δύο τιμές (0,1).

Επίσης τα όρια των μεταβλητών του περιβάλλοντος όπως για παράδειγμα η τοπογραφία (από ψηφιακά μοντέλα εδάφους), τα μετεωρολογικά δεδομένα (από 30-ετή κλιματολογικά στοιχεία 25 μετεωρολογικών σταθμών της περιοχής), οι κατηγορίες βλάστησης καθώς και οι ανθρώπινες δραστηριότητες (περιοχές βόσκησης) ψηφιοποιήθηκαν και αποτέλεσαν τις γεωγραφικές μονάδες των ανεξάρτητων ή ερμηνευτικών μεταβλητών. Στην περίπτωση όπου η ανεξάρτητη μεταβλητή δέχεται ποιοτικές τιμές αντί για ποσοτικές, όπως στην περίπτωση των κατηγοριών της καύσιμης ύλης, οι ονομαστικές μεταβλητές τροποποιήθηκαν σε ποσοτικές βάσει συγκεκριμένων κριτηρίων. Στην περίπτωση των τύπων βλάστησης χρησιμοποιήθηκε ως δείκτης συμπεριφοράς της φωτιάς η ποσοστιαία ιεράρχηση της ευφλεκτικότητας (με συνδυασμό ταχύτητας εξάπλωσης και εκλυόμενης θερμότητας) κάθε τύπου καύσιμης ύλης-βλάστησης σε σχέση με τα 13 μοντέλα καύσιμης ύλης του συστήματος BEHAVE (Burgan και Rothermel 1984), δείκτης ο οποίος κυμάνθηκε μεταξύ του εύρους 0-1. Η κατανομή των μετεωρολογικών δεδομένων (πλην του ανέμου) στον τεράστιο χώρο του εθνικού δρυμού έγινε με γραμμική παλινδρόμηση στο ARC/INFO, βασισμένη στο υψόμετρο και τα γεωγραφικά μήκη και πλάτη εκάστης γεωγραφικής μονάδας. Το σύστημα TAPAS (Topographical Air Pollution Analysis System) χρησιμοποιήθηκε για την προσομοίωση ενός 2-D πεδίου ανέμων στην υπό μελέτη περιοχή. Στον Πίνακα I περιγράφονται περιληπτικά οι ανεξάρτητες μεταβλητές που χρησιμοποιήθηκαν.

Χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα γεωγραφικής ανάλυσης ARC/INFO, τα 11 επίπεδα πληροφοριών που συνιστούν τη βάση δεδομένων συνδυάστηκαν χωρικά για την δημιουργία ενός και μόνου επιπέδου στο οποίο τα αρχικά πολύγωνα διασπάστηκαν έτσι ώστε να συνθέσουν μικρότερες γεωγραφικές μονάδες οι οποίες διέφεραν από γειτονικές τουλάχιστον σε μία από τις αρχικές μεταβλητές. Στο νέο αυτό επίπεδο, το οποίο περιελάμβανε το χωρικό συνδυασμό όλων των ανεξάρτητων μεταβλητών, δημιουργήθηκαν συνολικά 138.169 ομοιογενείς γεωγραφικές μονάδες εκ των οποίων 10.424 έχουν καεί τουλάχιστον μία φορά. Οι παρατηρήσεις που συμπεριλαμβάνονταν στις ομοιογενείς αυτές γεωγραφικές μονάδες επεξεργάστηκαν στη συνέχεια από το στατιστικό πακέτο SPSS για την ανάπτυξη του μοντέλου. Εξαιτίας του μεγάλου και μη αναλογικού δείγματος των μη καμένων παρατηρήσεων σε σχέση με τις καμένες, πάρθηκε μέσω του SPSS ένα τυχαίο δείγμα (που αναλογούσε στο 10% του συνολικού δείγματος των μη καμένων παρατηρήσεων) και χρησιμοποιήθηκε στην περαιτέρω ανάλυση. Διαγραμματικά η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε παρου-



Σχήμα 1. Διαγραμματική απεικόνιση της μεθοδολογίας, με τη δημιουργία της βάσης δεδομένων, την ανάπτυξη του λογιστικού μοντέλου και την εφαρμογή του μοντέλου στη γεωγραφική βάση.

σιάζεται στο Σχήμα 1.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Συνολικά τέσσερα μοντέλα λογιστικής παλινδρόμησης αναπτύχθηκαν για την ερμηνεία και εκτίμηση της εμφάνισης των πυρκαγιών στο National Dinosaur Monument τα οποία συμπεριλαμβάνουν 11, 8, 6 και 3

Πίνακας Ι. Ανεξάρτητες ή ερμηνευτικές μεταβλητές οι οποίες συνδυάστηκαν χωρικά για την ανάπτυξη του λογιστικού μοντέλου ερμηνείας εμφάνισης πυρκαγιών.

Όνομα Μεταβλητής	Περιγραφή Μεταβλητής
ETH_BROX	Ετήσια βροχόπτωση, mm
ΒΟΣΚΗ	Μέση τιμή μηνιαίων ζωικών μονάδων
ΣΥΜΠΕΡΙ	Ποσοστιαίος δείκτης συμπεριφοράς της φωτιάς (ταχύτητα εξάπλωσης και εκλυόμενη θερμότητα) για κάθε κατηγορία καύσιμης ύλης ή τύπου βλάστησης σε σχέση με τα 13 μοντέλα του BEHAVE
ΑΠ_BROX	Μέση τιμή βροχόπτωσης κατά τη διάρκεια της αντιπυρικής περιόδου, mm
ΑΠ_ΥΓΡ	Μέση τιμή σχετικής υγρασίας κατά τη διάρκεια της αντιπυρικής περιόδου, %
ΑΠ_ΘΕΡΜ	Μέση τιμή θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της αντιπυρικής περιόδου, °C
ΑΠ_ΑΝΕΜ	Μέση τιμή έντασης ανέμου κατά τη διάρκεια της αντιπυρικής περιόδου, mph
07ΜΕΓ_ΑΝΕΜ	Μέγιστη τιμή έντασης ανέμου του μήνα Ιουλίου, mph
07ΜΕΓ_ΘΕΡΜ	Μέγιστη τιμή θερμοκρασίας του μήνα Ιουλίου, °C
07_ΑΝΕΜ	Μέση τιμή έντασης ανέμου του μήνα Ιουλίου, mph
ΚΛΙΣΗ	Τοπογραφικές κλίσεις των γεωγραφικών μονάδων

ανεξάρτητες μεταβλητές, όπως περιληπτικά παρουσιάζονται στον Πίνακα ΙΙ. Σύμφωνα με τα συνολικά ποσοστά ακρίβειας, τα οποία κυμάνθησαν πάνω από 65%, και τα τέσσερα μοντέλα παρουσίασαν ικανοποιητική απόδοση στην εκτίμηση της εξαρτημένης μεταβλητής.

Πιο συγκεκριμένα το μοντέλο 4, το οποίο συμπεριλαμβάνει μόνο τρεις μεταβλητές i) θερμοκρασία ii) άνεμο iii) κλίση, παρουσίασε τη μέγιστη τιμή ακρίβειας (68,10%), αν και θεωρείται ως μη στατιστικά διαφορετική σε σχέση με το ποσοστό 67,92% του τρίτου μοντέλου. Ερμηνεία των αποτελεσμάτων του μοντέλου επιβεβαιώνει αυτό που θεωρητικά αναφέρεται σχετικά με τους παράγοντες που επηρεάζουν την εξάπλωση των

Πίνακας ΙΙ. Εκτιμούμενοι συντελεστές (b_θ , b_p, \dots , b_k) των μοντέλων της λογιστικής παλινδρόμησης με έλεγχο σημαντικότητας 5% και ποσοστά ακρίβειας των αποτελεσμάτων της ταξινόμησης.

Μεταβλητή	Μοντέλο 1	Μοντέλο 2	Μοντέλο 3	Μοντέλο 4
ETH_BROX	0,0065	-0,0177	-0,0162	
ΒΟΣΚΗ	-4,2726		0,9719*	
ΣΥΜΠΕΡΙ	0,1077*	0,3560	0,4207	
ΑΠ_BROX	0,0174	-0,0077	-0,0077	
ΑΠ_ΥΓΡ		0,0194	0,0190	
ΑΠ_ΘΕΡΜ		-0,3179	-0,2921	-0,3385
ΑΠ_ΑΝΕΜ			0,0383*	
07ΜΕΓ_ΑΝΕΜ	-0,1279	-0,1606	-0,1634	-0,1496
07ΜΕΓ_ΘΕΡΜ		-0,2764	-0,2526	
07_ΑΝΕΜ			0,0123*	
ΚΛΙΣΗ	-0,5519	-0,6404	-0,6525	-0,5227
ΣΤΑΘΕΡΑ	-1,5235	24,8579	22,7762	11,7571
Συνολική Ακρίβεια	65,30%	67,77%	67,92%	68,10%

* Μη σημαντικές σε επίπεδο 5%

δασικών πυρκαγιών, ότι δηλαδή από τους πλέον σημαντικούς παράγοντες που ευνοούν τη διάδοση των δασικών πυρκαγιών είναι η ένταση του ανέμου, οι υψηλές θερμοκρασίες που συνδέονται με την περιεχόμενη υγρασία του καυσίμου, και οι κλίσεις του εδάφους.

Τα μοντέλα 2 και 3 τα οποία συμπεριλαμβάνουν αντίστοιχα 8 και 11 μεταβλητές, εκ των οποίων οι 8 είναι κοινές και για τα δύο μοντέλα και αποτελούν τις στατιστικά σημαντικές, έδωσαν παρόμοια αποτελέσματα. Η διαφορά του τρίτου μοντέλου σε σχέση με το δεύτερο είναι ότι συμπεριλαμβάνει τρεις μεταβλητές οι οποίες

σύμφωνα με τα αποτελέσματα της λογιστικής παλινδρόμησης αποτελούν μη στατιστικά σημαντικές μεταβλητές, κάτι το οποίο επαληθεύεται εξετάζοντας τις συνολικές ακρίβειες των δύο. Το μοντέλο 2 έδωσε συνολική ακρίβεια 67,77% ενώ το μοντέλο 3 είχε 67,92% ακρίβεια, κάτι το οποίο δεν συνιστά στατιστικά σημαντική διαφορά. Τέλος το μοντέλο 1 το οποίο συμπεριλαμβάνει 6 συνολικά ανεξάρτητες μεταβλητές επεξηγεί το 65,30% των αρχικών παρατηρήσεων και αποδεικνύεται εκ των τεσσάρων το λιγότερο αποτελεσματικό.

Αξίζει να αναφερθεί ότι οι συντελεστές στα μοντέλα της λογιστικής παλινδρόμησης συμπεριλαμβανομένου και του πρόσμιου τους δεν καταγράφουν την πραγματική σχέση της ανεξάρτητης μεταβλητής με την εξαρτημένη. Έτσι για ευνόητους λόγους δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την διεξαγωγή γενικών συμπερασμάτων, το πως δηλαδή επηρεάζει στην πραγματικότητα κάποια ανεξάρτητη μεταβλητή την εξαρτημένη. Αυτό απορρέει από το γεγονός ότι η συμπεριφορά κάποιας ανεξάρτητης μεταβλητής σε ένα πολυμεταβλητό λογιστικό μοντέλο καθορίζεται και από την ύπαρξη των υπολοίπων μεταβλητών. Ιδιαίτερα δε, όταν μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών υπάρχει υψηλή συσχέτιση τότε η εξαγωγή τέτοιων συμπερασμάτων κρίνεται πρακτικά αδύνατη.

Από τα τέσσερα αρχικά λογιστικά μοντέλα το δεύτερο (8 μεταβλητές) και τέταρτο (3 μεταβλητές) χρησιμοποιήθηκαν περαιτέρω για την ανάπτυξη του δείκτη επικινδυνότητας στο National Dinosaur Monument. Ερμηνεύοντας τα αποτελέσματα ταξινόμησης από την ανάπτυξη των μοντέλων, όπως παρουσιάζονται στους Πίνακες III και IV, είναι φανερό ότι το μοντέλο 4 παρουσιάζει σαφώς καλύτερη αποτελεσματικότητα σε σχέση με το μοντέλο 2 κάτι το οποίο δεν αποτυπώνεται στη συνολική ακρίβεια των δύο. Η διαφορά των συνολικών ακριβειών των δύο μοντέλων ανέρχεται μόλις στο 0,33%, το οποίο ως αποτέλεσμα δίνει την εντύπωση ότι μεταξύ των δύο αυτών μοντέλων δεν υπάρχει σημαντική διαφορά. Εξετάζοντας όμως τις επιμέρους ακρίβειες των δύο κατηγοριών μέσα σε κάθε μοντέλο γίνεται φανερό ότι το μοντέλο 4 παρουσιάζει καλύτερη αποτελεσματικότητα αφού η ακρίβεια των “καμένων” παρατηρήσεων ανέρχεται στο 63,96% σε αντίθεση με το μοντέλο 2 στο οποίο ανέρχεται στο 57,73%, δημιουργώντας μία διαφορά 6,23 εκατοστιαίων μονάδων. Επιβεβαιώνεται δηλαδή αυτό που έχει ήδη αναφερθεί ότι για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των μοντέλων της λογιστικής παλινδρόμησης θα πρέπει να εξετάζονται διάφορα στατιστικά μεγέθη. Στην περίπτωση

όπου το κριτήριο αξιολόγησης είναι τα ποσοστά ακρίβειας των αποτελεσμάτων της ταξινόμησης, τότε η προϋπόθεση η οποία θα πρέπει να ισχύει είναι ότι και οι δύο κατηγορίες παρατηρήσεων θα πρέπει να συνεισφέρουν το ίδιο στη συνολική ακρίβεια.

Τέλος η χαρτογράφηση του βαθμού επικινδυνότητας δασικών πυρκαγιών στην περιοχή μελέτης, μέσω της μοντελοποίησης εμφάνισης πυρκαγιών της περιόδου 1940-1992, βασίστηκε στις πιθανότητες εμφάνισης των πυρκαγιών. Το διάστημα των πιθανοτήτων εμφάνισης πυρκαγιών (0-1) χωρίστηκε σε τέσσερα ισόποσα διαστήματα, εκ των οποίων σε καθένα αποδόθηκε μια ονομαστική κατηγορία κινδύνου από χαμηλό (πιθανότητα εμφάνισης <25%), μέτριο (πιθανότητα εμφάνισης 25%-50%), υψηλό (πιθανότητα εμφάνισης 50%-75%) και ακραίο (πιθανότητα εμφάνισης >75%). Η χωρική κατανομή του βαθμού επικινδυνότητας εμφάνισης δασικών πυρκαγιών, σύμφωνα με το τέταρτο μοντέλο, παρουσιάζεται με τη μορφή θεματικού χάρτη στο Σχήμα 2. Οι περισσότερες από τις ιστορικές πυρκαγιές των τελευταίων 50 ετών έκαψαν στις περιοχές υψηλού-ακραίου βαθμού επικινδυνότητας, πι-

Πίνακας III. Αποτελέσματα ταξινόμησης του λογιστικού μοντέλου 2 όπως προκύπτουν από τις συγκρίσεις των πραγματικών με τις προβλεπόμενες παρατηρήσεις.

		Προβλεπόμενες		Ποσοστό Ακρίβειας
		Μη καμένο	Καμένο	
Πραγματικές		0	1	
Μη καμένο	0	9806	3118	75,87%
Καμένο	1	4406	6018	57,73%
Συνολικό Ποσοστό				67,77%

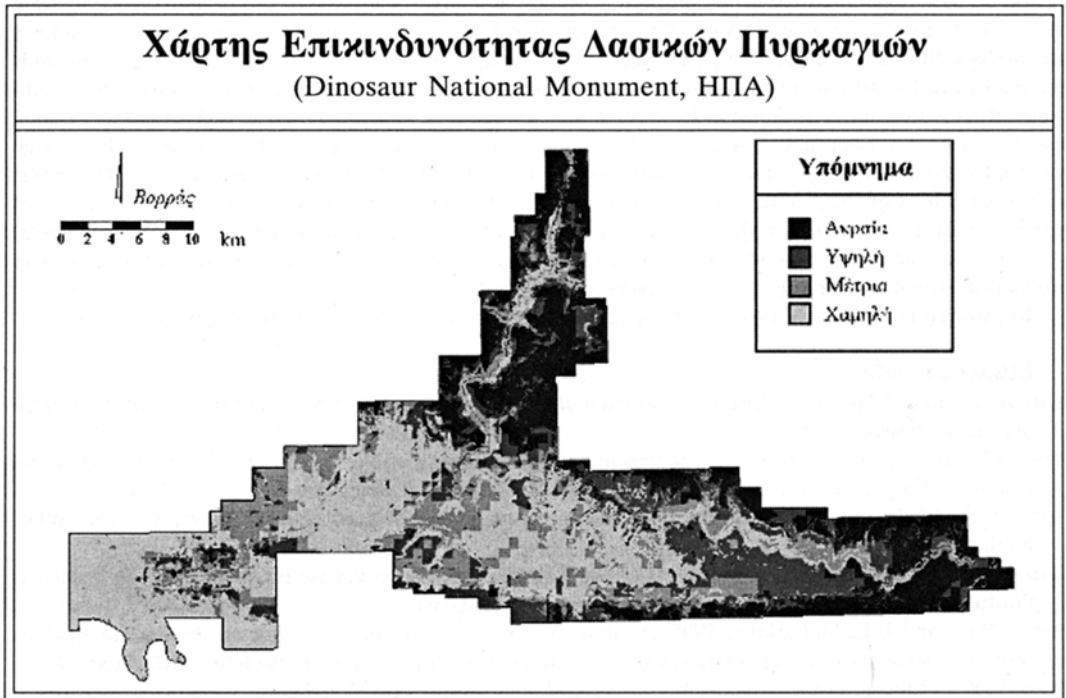
Πίνακας IV. Αποτελέσματα ταξινόμησης του λογιστικού μοντέλου 4 όπως προκύπτουν από τις συγκρίσεις των πραγματικών με τις προβλεπόμενες παρατηρήσεις.

		Προβλεπόμενες		Ποσοστό Ακρίβειας
		Μη καμένο	Καμένο	
Πραγματικές		0	1	
Μη καμένο	0	9234	3690	71,45%
Καμένο	1	3757	6667	63,96%
Συνολικό Ποσοστό				68,10%

στοποιώντας και τα μεγάλα ποσοστά ακρίβειας των λογιστικών μοντέλων.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το κύριο αντικείμενο της μελέτης αυτής ήταν η ανάδειξη της χρησιμότητας των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών, τα οποία με τη βοήθεια κατάλληλων στατιστικών εργαλείων μπορούν να συνεισφέρουν πρώτον στην καλύτερη κατανόηση του φαινομένου των δασικών πυρκαγιών και δεύτερον στην προσφορά νέων πληροφοριών κατάλληλων για την αποτελεσματική διαχείριση αυτών. Επίσης η μελέτη αυτή ανέδειξε



την αξία της λογιστικής παλινδρόμησης στην ερμηνεία και μοντελοποίηση φαινομένων τα οποία μπορούν να εκφραστούν με ένα δυαδικό τρόπο.

Οι δασικές πυρκαγιές αποτελούν ένα πολυσύνθετο χωρικό φαινόμενο το οποίο επηρεάζεται έντονα από περιβαλλοντικούς και κοινωνικοοικονομικούς παράγοντες, καθώς επίσης και από τη χωρική αλληλοεπίδραση αυτών. Στα πλαίσια ενός καλοσχεδιασμένου συστήματος γεωγραφικών πληροφοριών, οι αναγκαίοι παράγοντες για την ερμηνεία φαινομένων όπως στην περίπτωση αυτή οι δασικές πυρκαγιές, μπορούν αποτελεσματικά να συνδυαστούν σε χωρικό επίπεδο δημιουργώντας έτσι τις αναγκαίες δομές και χωρικές συσχετίσεις για την ανάπτυξη μοντέλων. Η τεχνολογία των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών μπορεί να στηρίξει την ανάπτυξη στρατηγικών, σε χωρική και χρονική κλίμακα, για την αποτελεσματική αντιμετώπιση του προβλήματος των δασικών πυρκαγιών.

Η γνώση των περιοχών υψηλού κινδύνου θα προσανατολίσει τους αρμόδιους φορείς προς τη σωστή κατεύθυνση εφαρμογής προγραμμάτων πυροπροστασίας. Η εφαρμογή τέτοιων προγραμμάτων θα τεκμηριώνεται ποσοτικά με καθορισμό χωρικών και χρονικών προτεραιοτήτων στις ζώνες υψηλού κινδύνου, ελαχιστοποιώντας το κόστος και μεγιστοποιώντας ταυτόχρονα την αποτελεσματικότητά τους.

Geographic Multivariate Analysis of Spatial Fire Occurrence

K.D. Kalabokidis¹ and N. Koutsias²

ABSTRACT

A geographic information system containing basic environmental variables such as topography, climatic data, land cover and human activities has been established for Dinosaur National Monument, Colorado, USA. Historical data regarding the burned areas of 4-hectare and larger wildfires for the period 1940-1992 were recorded and introduced into an ARC/INFO geographical database, providing thus an ideal case to study a probabilistic fire danger model. This well-structured geographical database offered the opportunity to study and analyze statistically significant correlations between burned areas and environmental variables. Significance of all parameters was detected by multivariate statistical analysis (i.e., logistic regression) and spatial analytical schemes. Four models were tested containing 3 to 11 independent variables to explain fire spatial occurrence. All models showed high estimations of precision with levels of correctness over 65%. The model with 8 variables explained more than 2/3 of fire activity with the least number—but a wide spectrum—of relative variables; the model with the highest percentage correct classification used only 3 environmental variables (i.e. temperature, wind, and slope) to address fire danger. Logistic models were utilized to map probabilistic fire danger in the area with high precision levels.

Key words: Forest Fire Management, Geographic Information Systems, Logistic Regression.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Affi, A.A. and V. Clark, 1984. Computer-aided multivariate analysis (Belmont, California: Lifetime Learning Publications), 458 p.
- Agee, J.K. and S.G. Pickford, 1985. Vegetation and fuel mapping of North Cascades National Park. Final Report. College of Forest Resources, University of Washington, Seattle.
- Aronoff, S., 1989. Geographic Information Systems: a management perspective (Ottawa, Canada: WDL Publications), 294 p.
- Bian, L., and E. West, 1997. GIS Modeling of Elk Calving Habitat in a Prairie Environment with Statistics. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 63:161-167.
- Boxall, P.C., and B.L. McFarlane, 1995. Analysis of discrete, dependent variables in human dimensions research: participation in residential wildlife appreciation. Wildlife Society Bulletin, 23(2):283-289.
- Brass, J., W.C. Likens, and R.R. Thornhill, 1983. Wildland Inventory for Douglas and Carson City Countries, Nevada, Using Landsat and Digital Terrain Data. NASA Technical Paper 2137, Moffet Field.
- Burgan, R.E., and R.C. Rothermel, 1984. BEHAVE: fire behavior prediction and fuel modeling system—FUEL subsystem. US Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest & Range Experiment Station, General Technical Report INT-167. 126 p.
- Burrough, P.A., 1986. Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment (New York: Oxford University Press), 193 p.
- Chou, Y.H., 1992α. Status report USFS/UCR joint research on wildland fire management. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing 58(8):1245-1248.
- Chou, Y.H., 1992β. Management of wildfires with a geographical information system. International Journal of Geographical Information Systems, 6:123-140.
- Chou, Y.H., R.A. Minnich, L.A. Salazar, J.D. Power and R.J. Dezzani, 1990. Spatial Autocorrelation of Wildfire Distribution in the Idyllwild Quadrangle, San Jacinto Mountain, California. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 56:1507-1513.
- Chuvieco, E., and R.G. Congalton, 1989. Application of remote sensing and Geographic Information Systems

¹ *Environmental Cartography, University of the Aegean, GR- 811 00 Mytilene, Greece, e-mail@ kalabokidis@ageean.gr*

² *Department of Forestry and Natural Environment, Aristotle University, GR-540 06, Thessaloniki, Greece.*

- to forest fire hazard mapping. *Remote Sensing of Environment*, 29:147-159.
- Chuvieco, E., and J. Salas, 1994. Mapping the spatial distribution of forest fire danger using GIS. *International Journal of Geographic Information Systems*, 10(3):333-345
- Deeming, J.E., R.E. Burgan, and J.D. Cohen, 1978. The National Fire-Danger Rating System, US Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest & Range Experiment Station, General Technical Report INT-39. 63 p.
- Kalabokidis, K.D., C.M. Hay, and Y.A. Hussin, 1991. Spatially resolved fire growth simulation. *In Proceedings 11th Conference on Fire and Forest Meteorology*, April 16-19, 1991, Missoula, MT. Society of American Foresters, Bethesda, Maryland. Pp. 188-195.
- Loftsgaarden, D.O., and P.L. Andrews, 1992. Constructing and Testing Logistic Regression Models for Binary Data: Applications to the National Fire Danger Rating System. US Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest & Range Experiment Station, General Technical Report INT-286. 36 p.
- Martell, D.L., S. Otakel, and B.J. Stocks, 1987. A logistic model for predicting daily people-caused fire occurrence in Ontario. *Canadian Journal of Forest Research*, 17:394-401.
- Mendenhall, W., and T. Sincich, 1996. *A second course in statistics: regression analysis* (New Jersey: Prentice-Hall, Inc.), 899 p.
- Narumalani, S., J.R. Jensen, J.D. Althausen, S. Burkhalter, and H.E. Mackey, Jr., 1997. Aquatic Macrophyte Modeling Using GIS and Logistic Multiple Regression. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 63:41-49.
- Norusis, M.J., 1990. *SPSS/PC+ Advanced Statistics™ 4.0 for the IBM PC/XT/AT and PS/2* (SPSS Inc.).
- Norusis, M.J., 1994. *SPSS Professional Statistics 6.1* (Chicago Press: SPSS Inc.).
- Pereira, J.M.C., and R.M. Itami, 1991. GIS-Based Habitat Modeling Using Logistic Multiple Regression: A Study of the Mt. Graham Red Squirrel. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 57:1475-1486.
- Ryan, K.C., and E.D. Reinhardt, 1988. Predicting postfire mortality of seven western conifers. *Canadian Journal of Forest Research*, 18:1291-1297.
- Sharma, S., 1996. *Applied Multivariate Techniques* (New York: John Wiley & Sons, Inc.), 493 p.
- Σιάροδος, Γ.Κ., 1999. Μέθοδοι πολυμεταβλητής στατιστικής ανάλυσης (Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Ζήτη), 232 p.
- Star, J. and J. Estes, 1990. *Geographic Information Systems : An Introduction* (New Jersey: Prentice-Hall, Inc.), 303 p.
- van Deventer, A.P., A.D. Ward, P.H. Gowda, and J.G. Lyon, 1997. Using Thematic Mapper Data to Identify Contrasting Soil Plains and Tillage Practices. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 63:87-93.
- Vliegheer, B.M. de, 1992. Risk assessment for environmental degradation caused by fires using remote sensing and GIS in a Mediterranean region (South Euboia, Central Greece), *IGARSS'92*, Houston, 44-47.
- Woods, J.A. and F. Gossette, 1992. A Geographic Information System for brush fire hazard management, *Proc. ACSM-ASPRS Symposium*, Washington, 56-65.
- Wrigley, N., 1976. An introduction to the use of logit models in geography. *Concepts and Techniques in Modern Geography*, Vol. 10 (Norwich: Geo Abstracts).
- Yool, S.R., D.W. Eckhardt, J.E. Estes and M.J. Cosentino, 1985. Describing the brushfire hazard in southern California. *Annals of the Association of American Geographers*, 75:417-430.

Η παρούσα εργασία χρηματοδοτήθηκε από το Υπουργείο Εσωτερικών των ΗΠΑ (United States Department of Interior, Fire Research Committee, Grant No. K910 A1 0001), σε ερευνητικό πρόγραμμα με επιστημονική συνυπευθυνότητα του πρώτου συγγραφέα και τμήμα του οποίου ολοκληρώθηκε στην Ελλάδα. Ευχαριστούμε τα εποικοδομητικά σχόλια των 2 ανωνύμων κριτών του περιοδικού, που συνέβαλλαν στη βελτίωση του κειμένου.

Δυνατότητα εφαρμογής των μεσαίου μήκους κινητών σχοινογερανών στις συνθήκες των ελληνικών δασών

Ευάγγελος Αθ. Καραγιάννης*

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εκλογή των κατάλληλων μέσων και μεθόδων μετατόπισης του ξύλου γίνεται με βάση τις συνθήκες μορφολογίας του εδάφους, τις κλιματικές, δασοκομικές, διαχειριστικές και γενικά τις συνθήκες εκμετάλλευσης κάθε δάσους (ή δασικής περιοχής).

Στη χώρα μας, που στα ορεινά παραγωγικά δάση κατά κανόνα, επικρατούν δύσκολες κλιματικές και εδαφομορφολογικές συνθήκες, δηλ. ισχυρές κλίσεις, μικρή αντοχή του εδάφους π.χ. αργιλώδη εδάφη με αυξημένη περιεχόμενη υγρασία, πολλά και μεγάλα εμπόδια π.χ. υψηλά πρέμνα, κατακείμενοι κορμοί, βραχώδεις εξάρσεις κ.λ., θα πρέπει να χρησιμοποιούνται οι σχοινοεγκαταστάσεις, η λειτουργία των οποίων δεν εξαρτάται από τις συνθήκες μορφολογίας του εδάφους και δεν επηρεάζεται από τις καιρικές συνθήκες.

Προσπάθειες που έγιναν στο παρελθόν στη χώρα μας για τη χρησιμοποίηση των σταθερών και ημισταθερών σχοινοεγκαταστάσεων δεν έφεραν θετικά αποτελέσματα λόγω των αυξημένων χρόνων συναρμολόγησης και αποσυναρμολόγησής τους.

Η εξέλιξη οδηγεί καθαρά στις κινητές σχοινοεγκαταστάσεις λόγω των χαμηλών χρόνων συναρμολόγησης και αποσυναρμολόγησης και του εύκολου χειρισμού τους σε σχέση με τις ημισταθερές και σταθερές εγκαταστάσεις.

Στην εργασία αυτή διερευνάται η χρησιμοποίηση των κινητών σχοινογερανών μεσαίου μήκους, οριοθετείται η περιοχή εφαρμογής τους, υπολογίζεται η απόδοση και το κόστος λειτουργίας τους και εξετάζεται η δυνατότητα εφαρμογής τους στη χώρα μας, με σκοπό την οικονομικοτεχνική μετατόπιση του ξύλου με τις λιγότερες επιπτώσεις στο έδαφος, δάσος κ.λ.π. σε δύσκολες συνθήκες.

Λέξεις κλειδιά: σχοινοεγκαταστάσεις, κινητοί σχοινογερανοί, μετατόπιση του ξύλου φιλική προς το περιβάλλον.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Μετά το δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο η μηχανή εισχώρησε στους διάφορους τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας με αποτέλεσμα την αντικατάσταση εργατικών χεριών και την απλοποίηση πολλών προβλημάτων. Η είσοδος αυτή της μηχανής στην προσπάθεια βελτίωσης των συνθηκών εργασίας του ανθρώπου εμφανίστηκε εντονότερη στους διάφορους τομείς της γεωργίας, με την ευρύτερη έννοια, των ανεπτυγμένων κρατών. Πολλά από τα κράτη αυτά αντιμετώπισαν και αντιμετωπίζουν το πρόβλημα της μετακίνησης του αγροτικού τους πληθυσμού προς τα μεγάλα αστικά κέντρα μεταξύ των άλλων αιτιών με την αντικατάσταση της ανθρώπινης δύναμης από τη μηχανή.

Τα υποανάπτυκτα κράτη εξακολουθούν και σήμερα να χρησιμοποιούν σε διάφορες γεωργικές δραστηριότητες την ανθρώπινη δύναμη που πλεονάζει, πράγμα που μέχρι ένα σημείο είναι επιβεβλημένο.

Η χώρα μας, που βρίσκεται σε μια μέση κατάσταση μεταξύ των παραπάνω κατηγοριών κρατών, προχωρεί σε και προχωρεί με εντατικό ρυθμό στην εκμηχάνιση των εργασιών κυρίως στους τομείς των κατασκευών, της πρωτογενούς και δευτερογενούς παραγωγής.

Σήμερα σε πολλούς τομείς της Γεωργίας και της Δασοπονίας επιτεύχθηκε σημαντική πρόοδος εκμηχάνισης των εργασιών, ενώ σε ορισμένους τομείς, παρ' όλες τις προσπάθειες, ο βαθμός εκμηχάνισης των εργασιών παρέμεινε σχετικά χαμηλός. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν και οι εργασίες μετατόπισης του ξύλου.

Η ορθολογική εκμηχάνιση των εργασιών μετατόπισης του ξύλου θα πρέπει να γίνεται με βάση τις κλιματικές, τις συνθήκες μορφολογίας του εδάφους, τις δασοκομικές συνθήκες και τις συνθήκες εκμετάλλευσης

* *Επικ. καθηγητής του Τμήματος Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, 540 06 Πανεπιστημιούπολη, τηλ.: 99 8976, Fax: 99 8979*

ΠΙΝΑΚΑΣ Ι. Περιοχή εφαρμογής και τεχνικά στοιχεία των διαφόρων μεγεθών κινητών σχοινογερανών

Μέγεθος κινητού σχοινογερανού	Μικρό	Μεσαίο	Μεγάλο
Όχημα που φέρει την εγκατάσταση	Ελαφρύς ή ρυμολκούμενο όχημα	Διαδικύς ελαφτήρας ή 2-ή3αξονικό φορτηγό όχημα ή ρυμολκούμενο όχημα	3-ή 4αξονικό φορτηγό όχημα
Προσκά εφαρμογής	μέχρι 400 m	μέχρι 550 m	μέχρι 750 m
• Απόσταση εφαρμογής	• Προς την ανωφέρεια (ενέρι προς την κατωφέρεια και οριζόντια)	• Προς την ανωφέρεια • Προς την κατωφέρεια • Οριζόντια	• Προς την ανωφέρεια • Προς την κατωφέρεια • Οριζόντια
• Κατεύθυνση μεταφοράς	• Ξύλο λεπτών διαστάσεων • Διαφορα κορμητωμάχα μέχρι μεσαίο μέγεθος	• Διαφορα κορμητωμάχα μεγάλου μεγέθους • Ολόκληροι κορμοί • Ολόκληρα δένδρα	• Κυρίως μεγάλα κορμητωμάχα • Ολόκληροι κορμοί • Ολόκληρα δένδρα
• Είδος κορμητωμαχίων	< 25 m	< 35 m	< 40 m
• Πλευρική σύρση του ξύλου	• Τουλάχιστον καλοί τροκιδρόμοι	• Δρόμοι για φορτηγά οχήματα	• Δρόμοι για φορτηγά οχήματα χωρίς κλειστές στροφές
• Απαιτούμενη διανομή	Τεχνικά στοιχεία		
• Ύψος ιστού	6 - 8 m	9-11 m	11-16 m
• Μήκος φέρωνος συρματοσχοινίου	300-400 m	400-600 m	600-800 m
• Διάμετρος φέρωνος συρματοσχοινίου	14-18 mm	18-22 mm	22-24 mm
• Διάμετρος συρματ. Ελμύς	8-11 mm	11-12 mm	11-12 mm
• Αριθμός τμημάτων	2-(3)	3-5	3-6
• Μέγιστο φέρων φορτία	-1 t	-2 t	-2,5 - 4 t
• Απόδοση μηχανής	40-60 kw	70-110 kw	150-240 kw
• Συνολικό βάρος	μέχρι 8 t	9-20 t	20-35 t

κάθε δάσους και δασικής περιοχής.

Σε περιοχές που επικρατούν δύσκολες συνθήκες μορφολογίας του εδάφους δηλαδή ισχυρές κλίσεις, μικρή αντοχή του εδάφους π.χ. αργιλώδη εδάφη με αυξημένη περιεχόμενη υγρασία, πολλά και μεγάλα εμπόδια π.χ. υψηλά πρόεμα, κατακείμενοι κορμοί, βραχώδεις εξάρσεις κ.λ. θα πρέπει να χρησιμοποιούνται οι σχοινοεγκαταστάσεις, η λειτουργία των οποίων δεν εξαρτάται από τις συνθήκες μορφολογίας του εδάφους και δεν επηρεάζεται από τις καιρικές συνθήκες.

Οι προσπάθειες που άρχισαν στην Ελλάδα από το έτος 1952 (Κατενίδης, 1972, Στεργιάδης 1965, 1978) για την εφαρμογή των σταθερών και ημισταθερών σχοινοε-

γκαταστάσεων δεν είχαν τα αναμενόμενα αποτελέσματα εξαιτίας κυρίως των παρακάτω λόγων:

1. Των αυξημένων χρόνων εγκατάστασης (συναρμολόγηση και αποσυναρμολόγηση των σχοινογερανών) και φορτοεκφόρτωσης των κορμητωμαχίων
2. Της έλλειψης ειδικευμένου προσωπικού για την εγκατάσταση και λειτουργία των σχοινοεγκαταστάσεων
3. Της μικρής υλοτομούμενης ποσότητας ξύλου ανά μονάδα επιφάνειας ως αποτέλεσμα της επιλογικής υλοτομίας και της χαμηλής παραγωγικότητας των ελληνικών δασών, η οποία δεν είναι ικανή να καλύψει τα υψηλά έξοδα εγκατάστασης, λειτουργίας και απόσβεσης των σχοινοεγκαταστάσεων.

Την τελευταία 30ετία έχουν αναπτυχθεί στις προηγμένες δασοπονικά χώρες κινητοί σχοινογερανοί με ιστό ανατροπής, οι οποίοι απαιτούν μικρές δαπάνες εγκατάστασης, ως αποτέλεσμα του μειωμένου χρόνου συναρμολόγησης, αποσυναρμολόγησης και μετακίνησης της εγκατάστασης σε άλλη θέση. Έχουν μικρότερες δαπάνες λειτουργίας και απόσβεσης, σε σύγκριση με τους σταθερούς σχοινογερανούς, ως αποτέλεσμα της μικρότερης ποσότητας ενέργειας, υπό μορφή καυσίμου, που απαιτείται για τη λειτουργία του κινητήρα και των χαμηλότερων κεφαλαίων που απαιτούνται για την αγορά τους.

Στην εργασία αυτή διερευνάται η χρησιμοποίηση των κινητών σχοινογερανών μεσαίου μήκους και εξετάζονται οι δυνατότητες και οι προϋποθέσεις εφαρμογής τους στη χώρα μας με σκοπό την οικονομικοτεχνική και φιλική προς το περιβάλλον μετατόπιση του ξύλου σε δύσκολες συνθήκες.

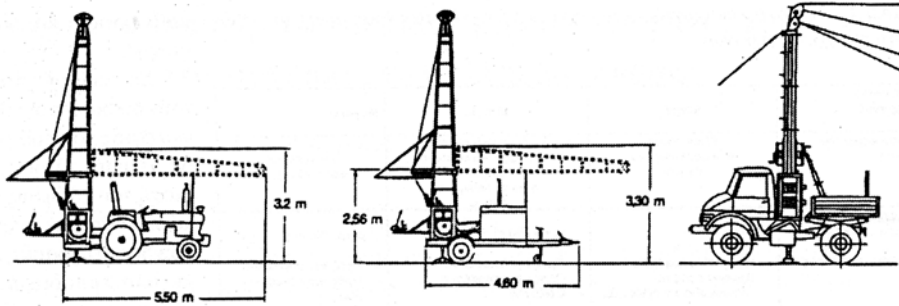
II. ΚΙΝΗΤΟΙ ΣΧΟΙΝΙΟΓΕΡΑΝΟΙ – ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

1. Γενικά

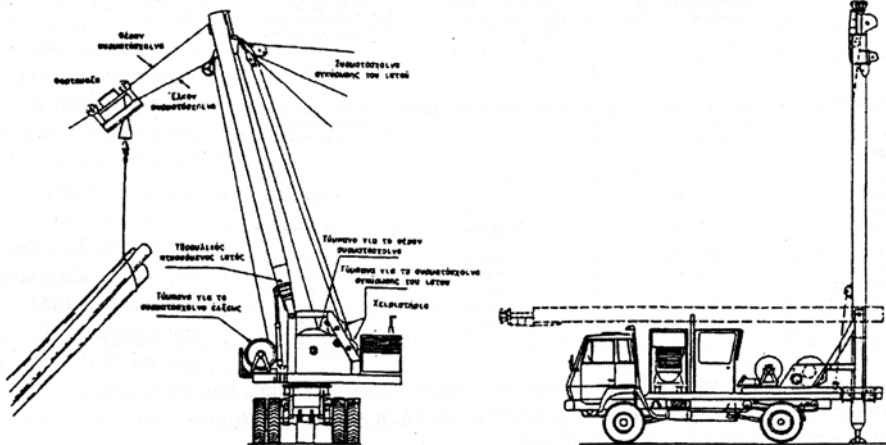
Οι κινητοί σχοινογερανοί, οι οποίοι χρησιμοποιούνται από τα μέσα της δεκαετίας του 1960 (FAO, 1981, Dietz et al.,1984) σε πολλές προηγμένες δασοπονικά χώρες για τη μετατόπιση του ξύλου σε δύσκολες συνθήκες, έχουν αντικαταστήσει τους σταθερούς και τους ημισταθερούς σχοινογερανούς.

Οι κινητοί σχοινογερανοί, ανάλογα με το μέσο, επί του οποίου συναρμολογούνται, την απόσταση μετατόπισης που μπορούν να καλύψουν, το φορτίο, το οποίο μπορούν να μετατοπίσουν και το ύψος του ιστού, διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες: μικρού, μεσαίου και μεγάλου μήκους (Πιν. Ι και Σχ. 1).

Ο Trzesniowski (1988), για τις δασικές συνθήκες της Αυστρίας, οι οποίες είναι παρόμοιες με τις συνθήκες

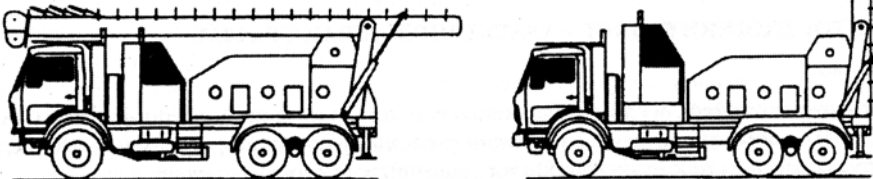


α) Μικρού μεγέθους

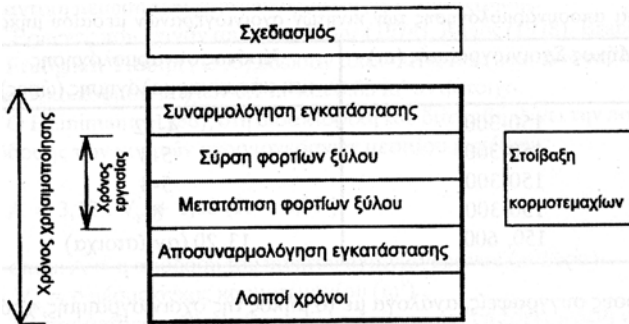


β) Μεσαίου μεγέθους

γ) Μεγάλου μεγέθους



Σχ. 1. Κατηγορίες κινητών σχοινογερανών
 Πηγή: 1. Koller, Forsttechnik, Kufstein, Αυστρία
 2. Hinteregger Ges.m.b.H., Villach, Αυστρία



Σχ. 2. Σχηματική παράσταση των χρόνων κύκλου εργασίας ενός κινητού σχοινογερανού.

Πηγή: Frutig και Trümpf, 1990

που επικρατούν στα δικά μας παραγωγικά δάση, αναφέρει ότι για να συμφέρει οικονομικά η χρησιμοποίηση των κινητών σχοινογερανών θα πρέπει σε κάθε λωρίδα που εξυπηρετεί η σχοινογραμμή να υπάρχουν για μετατόπιση το λιγότερο 20 m³ ξύλου για τους κινητούς σχοινογερανούς μικρού μήκους, 100 m³ για τους κινητούς σχοινογερανούς μεσαίου και 200 m³ ξύλου για τους κινητούς σχοινογερανούς μεγάλου μήκους.

Στη συνέχεια εξετάζονται οι κινητοί σχοινογερανοί μεσαίου μήκους, οι οποίοι παρουσιάζουν πρακτικό ενδιαφέρον για να εφαρμοστούν στη χώρα μας και να εξυπηρετήσουν τη μετατόπιση του ξύ-

λου σε δύσκολες συνθήκες μορφολογίας του εδάφους και κλίματος.

2. Εγκατάσταση και λειτουργία των κινητών σχοινογερανών μεσαίου μήκους

Ο χρόνος εγκατάστασης και λειτουργίας (χρόνος κύκλου εργασίας) ενός κινητού σχοινογερανού περιλαμβάνει όλους τους επιμέρους χρόνους που απαιτούνται για το σχεδιασμό της εγκατάστασης, τη συναρμολόγηση, τη λειτουργία, τη σύρση των φορτίων ξύλου, τη μετατόπισή τους, τη στοιβάξη των κορμοτεμαχίων και την αποσυναρμολόγηση της εγκατάστασης, καθώς και διάφορους άλλους χρόνους που αφορούν τυχόν καθυστερήσεις, επισκευές, συντήρηση, μετακίνηση της εγκατάστασης από θέση σε θέση κ.λ. (Σχ. 2).

2.1. Χρόνος σχεδιασμού

Ο προσεχτικός σχεδιασμός της εγκατάστασης ενός κινητού σχοινογερανού αποτελεί την προϋπόθεση για την ορθολογική, ασφαλή και χωρίς ζημιές μετατόπιση του ξύλου.

Παράγοντες που επηρεάζουν το χρόνο σχεδιασμού είναι οι παρακάτω:

1. Το μήκος του κύριου άξονα της σχοινογραμμής
2. Οι εδαφικές συνθήκες
3. Τυχόν δυσκολίες στην ορατότητα που οφείλονται στο ανάγλυφο του εδάφους, στην πυκνότητα των ιστάμενων δένδρων της συστάδας και στην αναγέννηση
4. Ο αριθμός των απαραίτητων σημείων για τη χάραξη του κύριου άξονα της σχοινογραμμής
5. Η εμπειρία αυτού που ασχολείται με τη χάραξη του σχοινογερανού.

Οι Frutig και Trümpf (1990) δίνουν χρόνους σχεδιασμού που κυμαίνονται από 3-10 εργατοώρες και 10-18 εργατοώρες για μήκη σχοινογραμμών 150 m και 600 m αντίστοιχα.

Από τα στοιχεία του Πίνακα I προκύπτει ότι κατά το σχεδιασμό των σχοινογραμμών για τη χρησιμοποίηση των κινητών σχοινογερανών μεσαίου μήκους θα πρέπει να επιδιώκεται απόσταση μεταξύ των σχοινογραμμών 60 έως 70 m (Καραγιάννης, 1997).

2.2. Χρόνος συναρμολόγησης και αποσυναρμολόγησης της εγκατάστασης

Ο χρόνος συναρμολόγησης και αποσυναρμολόγησης της εγκατάστασης εξαρτάται από:

1. Το μήκος της σχοινογραμμής
2. Τον αριθμό των απαιτούμενων ενδιάμεσων φυσικών στηριγμάτων (δένδρων) σε κάθε σχοινογραμμή
3. Την υπάρχουσα προσπελασιμότητα της περιοχής, που θα εγκατασταθεί ο κινητός σχοινογερανός, με μονοπάτια ή με δρόμους για οχήματα πολλαπλών χρήσεων ή ελκυστήρες με σκοπό τη μεταφορά των απαραίτητων υλικών για την κατασκευή των στηριγμάτων
4. Την αναγκαιότητα κατασκευής τεχνητών στηριγμάτων λόγω έλλειψης φυσικών στηριγμάτων.

Στον Πίνακα II δίνονται από διάφορους συγγραφείς, ανάλογα με το μήκος της σχοινογραμμής, χρόνοι

ΠΙΝΑΚΑΣ II. Χρόνος συναρμολόγησης και αποσυναρμολόγησης των κινητών σχοινογερανών μεσαίου μήκους

α/α	Συγγραφέας	Έτος	Μήκος Σχοινογραμμής (m)	Χρόνος συναρμολόγησης και αποσυναρμολόγησης (ώρες)
1.	Stöhr	1974	150-300	4-12
2.	Schlaghamersky	1976	150-300	5-8
3.	Hagen	1984	150-300	5-8
4.	Heinimann	1986	150-300	8
5.	Frutig και Trümpi	1990	150, 600	13, 20 (αντίστοιχα)

συναρμολόγησης και αποσυναρμολόγησης των κινητών σχοινογερανών μεσαίου μήκους.

Για τη μεταφορά του ξύλου προς την κατωφέρεια θα πρέπει οι παραπάνω χρόνοι να προσ αυξάνονται κατά 30 - 70%, ανάλογα με τις εδαφικές συνθήκες, λόγω της δυσκολίας μεταφοράς των απαιτούμενων υλικών από τους δασεργάτες προς την ανωφέρεια κατά την εγκατάσταση της σχοινογραμμής (Heinimann, 1986).

Από το συνολικό χρόνο συναρμολόγησης και αποσυναρμολόγησης της εγκατάστασης περίπου το 70% του χρόνου αφορά στη συναρμολόγηση και το 30% του χρόνου στην αποσυναρμολόγηση της εγκατάστασης. Αυτό ισχύει για σχοινογραμμές τόσο προς την κατωφέρεια, όσο και προς την ανωφέρεια (Frutig και Trümpi, 1990).

Ο χρόνος συναρμολόγησης-αποσυναρμολόγησης κυμαίνεται σύμφωνα με τους Heinimann (1986), Miyata (1980) σε ποσοστό 25-30% του συνολικού χρόνου, ενώ οι Frutig και Trümpi (1990) δίνουν ποσοστό 22-40%.

2.3. Χρόνος λειτουργίας – Απόδοση

Ως απόδοση ενός μηχανήματος γενικότερα στη δασική βιβλιογραφία χαρακτηρίζεται η τεχνική “παραγωγικότητα” του μηχανήματος, η οποία εκφράζεται ως επί το πλείστον σε m^3 ανά ώρα εργασίας του μηχανήματος. Έτσι λοιπόν η απόδοση ενός κινητού σχοινογερανού εκφράζεται, κατά κανόνα, σε m^3 ανά ώρα λειτουργίας του σχοινογερανού. Ο χρόνος λειτουργίας του σχοινογερανού περιλαμβάνει το χρόνο της άφορτης και έμφορτης διαδρομής της φορτάμαξας, τους καθημερινούς χρόνους προετοιμασίας για τη λειτουργία της εγκατάστασης και τους χρόνους συντήρησής της που έχουν διάρκεια κάτω από 15 λεπτά. Στο χρόνο λειτουργίας δεν περιλαμβάνεται ο χρόνος μετάβασης και επιστροφής του προσωπικού στο χώρο εργασίας του.

Ο καθαρός χρόνος εργασίας κυμαίνεται σύμφωνα με τους Heinimann (1986), Miyata (1980) σε ποσοστό 60-65% του συνολικού χρόνου, ενώ οι Frutig και Trümpi (1990) δίνουν ποσοστό 48-62%.

Την απόδοση ενός κινητού σχοινογερανού την επηρεάζουν κυρίως οι παρακάτω παράγοντες:

1. Ο μέσος όγκος του κορμοτεμαχίου
2. Οι συνθήκες πλευρικής σύρσης του ξύλου από το υλοτόμιο μέχρι τον άξονα της σχοινογραμμής (μέση απόσταση πλευρικής σύρσης, εδαφικές δυσκολίες, πυκνότητα της συστάδας, μήκος κορμοτεμαχίου)
3. Η μέση απόσταση μετατόπισης του ξύλου (μήκος κίνησης της φορτάμαξας)
4. Η χρησιμοποίηση ενός ή δύο δασεργατών για την πρόσδεση του φορτίου
5. Οι συνθήκες εκφόρτωσης, αποσύνδεσης, συγκέντρωσης και στοίβαξης του ξύλου.

Η μεγαλύτερη επίδραση στην απόδοση ενός κινητού σχοινογερανού προέρχεται από το μέσο όγκο των κορμοτεμαχίων. Όσο μεγαλύτερος είναι ο μέσος όγκος του κορμοτεμαχίου (πάντοτε εντός ορίων), τόσο μικρότερος χρόνος απαιτείται για τη δημιουργία του φορτίου και επομένως τόσο μεγαλύτερη είναι η απόδοση.

Ο χρόνος για την άφορτη και έμφορτη διαδρομή της φορτάμαξας, ο οποίος εξαρτάται από την απόσταση μεταφοράς του ξύλου, κυμαίνεται περίπου στο 1/3 του συνολικού χρόνου του κύκλου για τη μεταφορά του φορτίου και ως εκ τούτου η μέση απόσταση μετατόπισης επηρεάζει πολύ λίγο την απόδοση του σχοινογερανού (Frutig και Trümpi, 1990).

Για την εργασία μετατόπισης του ξύλου με τον κινητό σχοινογερανό (χωρίς την εργασία συγκέντρωσης και στοίβαξης του ξύλου) χρειάζονται 3-4 εργάτες. Κατά κανόνα επαρκούν 3 εργάτες (1 χειριστής, 1 εργάτης για την προετοιμασία και πρόσδεση του φορτίου και 1 εργάτης για την αποσύνδεση του φορτίου) για τη λειτουργία του σχοινογερανού. Σε δύσκολες όμως συνθήκες, όπως μεγάλες αποστάσεις πλευρικής σύρσης του ξύλου, κορμοτεμάχια με μικρό όγκο, μικρές αποστάσεις μεταφοράς του ξύλου κ.λ. συμφέρει η απασχόληση ενός επιπλέον εργάτη, ο οποίος θα βοηθήσει στην προετοιμασία και πρόσδεση των φορτίων με σκοπό τη σημαντική μείωση των χρόνων αναμονής ή καθυστέρησης.

Έρευνες που έγιναν από τους Stöhr (1974), Ragot (1978), Brabeck (1979), Fischer (1984), Hagen (1984) και Frutig και Trümpf (1990) έδωσαν αποδόσεις που κυμαίνονται από 2,5-6,5 m³/ώρα και 6-10,5 m³/ώρα για μέσο όγκο κορμοτεμαχίου 0,1 m³ και 0,83 m³ αντίστοιχα.

Ο Heinimann (1986), στη διδακτορική του διατριβή, δίνει την παρακάτω εξίσωση για τον υπολογισμό της απόδοσης των κινητών σχοινογερανών μεσαίου μεγέθους:

$$A = 3,12 \cdot V_k + 6,08 \quad (R = 0,21)$$

όπου: A = η απόδοση του κινητού σχοινογερανού (m³/ώρα)

V_k = ο μέσος όγκος κορμοτεμαχίου (m³)

Το παραπάνω γραμμικό μοντέλλο δείχνει ότι υπάρχει μικρή συσχέτιση (R = 0,21) μεταξύ του μέσου όγκου του κορμοτεμαχίου (V_k) και της απόδοσης του κινητού σχοινογερανού (A) και ότι μόνο το 4% περίπου (R²=0,044) της ολικής μεταβλητότητας των τιμών της εξηρητημένης μεταβλητής (A) οφείλεται στην ανεξάρτητη μεταβλητή (V_k) και το 96% οφείλεται σε άλλες μεταβλητές.

2.4. Διάφοροι άλλοι χρόνοι για την εγκατάσταση και λειτουργία του κινητού σχοινογερανού

Στην κατηγορία των διάφορων άλλων χρόνων για την εγκατάσταση και λειτουργία ενός κινητού σχοινογερανού ανήκουν εκείνοι οι χρόνοι, οι οποίοι δεν περιλαμβάνονται στους χρόνους συναρμολόγησης, αποσυναρμολόγησης και λειτουργίας του σχοινογερανού. Πρόκειται για χρόνους μη παραγωγικούς, οι οποίοι αφορούν την αλλαγή θέσης της εγκατάστασης, τη συντήρηση και επισκευή της, σε τυχόν καθυστερήσεις, καθώς και στο χρόνο μετάβασης και επιστροφής του προσωπικού.

Ο Heinimann (1986) υπολόγισε ότι η μέση διάρκεια αυτών των χρόνων ανέρχεται για κινητούς σχοινογερανούς μεσαίου μεγέθους σε 1,8 ώρες για κάθε θέση εγκατάστασης του σχοινογερανού, ενώ οι Frutig και Trümpf (1990) υπολόγισαν μέσους χρόνους 1,9 και 2,4 ώρες, για σχοινογραμμές που εξυπηρετούν τη μεταφορά του ξύλου προς την ανωφέρεια και κατωφέρεια αντίστοιχα.

2.5. Μεταφορά και αποθήκευση του ξύλου

Συνήθως πάνω στο δρόμο, όπου μετατοπίζεται το ξύλο με τον κινητό σχοινογερανό, δεν υπάρχει αρκετός χώρος για τη συγκέντρωση και ταξινόμησή του. Εξαιτίας αυτού το ξύλο θα πρέπει να μεταφερθεί και να συγκεντρωθεί σε άλλο χώρο. Η εργασία αυτή συνήθως γίνεται με ένα μηχάνημα, το οποίο στο πίσω μέρος φέρει τύμπανο με συρματόσχοινο (ελκυστήρας) ή μπορεί να γίνει με τη φόρτωση του ξύλου πάνω σε όχημα εφοδιασμένο με υδραυλικό φορτωτή και τη μεταφορά του σε άλλη θέση.

Για τη μεταφορά, ταξινόμηση και αποθήκευση του ξύλου με μηχάνημα εφοδιασμένο με βαρούλκο και συρματόσχοινο απαιτούνται εκτός από το χειριστή και 1-2 εργάτες, ενώ κατά τη χρησιμοποίηση ενός οχήματος εφοδιασμένου με φορτωτή μπορεί μόνο ο οδηγός του οχήματος να φέρει σε πέρας αυτή την εργασία.

III. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

1. Υλικά

Για την παρούσα εργασία έχει εκλεγεί ως περιοχή έρευνας η ορειογραφική περιοχή “Βαθύ” του Πανεπιστημιακού Δάσους Πετρουλίου με συντεταγμένες του τοπικού χάρτη της περιοχής X: -22800 έως -25600 και Y: 400 έως 2000.

Για την επίτευξη των σκοπών της έρευνας χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία:

1. Οδικής διάνοιξης και προσπελασιμότητας της περιοχής, ταξινόμησης των εδαφών και εκλογής των καταλλήλων μέσων και μεθόδων μετατόπισης του ξύλου (Καραγιάννης, 1997)
2. Διαχειριστικά στοιχεία της περιοχής, όπως ξυλαπόθεμα, προσάυξηση και λήμμα, τα οποία προέκυψαν από το διαχειριστικό σχέδιο περιόδου 1989-98 και το Δασαρχείο Πετρουλίου
3. Κόστους αγοράς των κινητών σχοινογερανών μεσαίου μήκους, για το έτος 1996, σύμφωνα με τα ενημερωτικά φυλλάδια των εργοστασίων που παράγουν σχοινογεραμούς στην Αυστρία και Ελβετία
4. Κόστους εργατικού δυναμικού και υλικών σύμφωνα με τις τιμές ΑΤΕΟ του Β' εξαμήνου 1996 για να είναι συγκρίσιμες οι τιμές με τις τιμές κόστους αγοράς των κινητών σχοινογερανών μεσαίου μήκους (χειριστής:

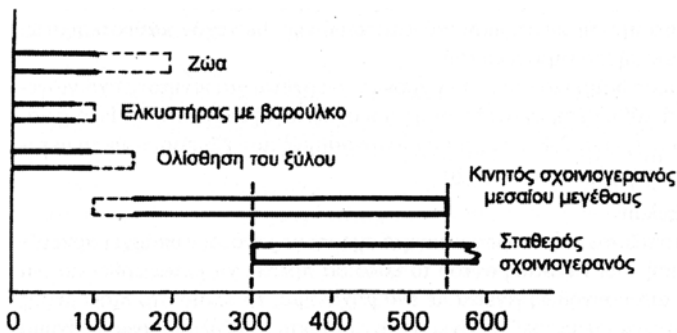
3837 δρχ/ώρα, εργάτης: 2557 δρχ/ώρα, ημιμονιός: 2852 δρχ/ώρα, πετρέλαιο 113 δρχ/λίτρο, χόρτο για ζωοτροφή: 75 δρχ/κιλό, κριθάρι: 90 δρχ/κιλό).

5. Χρόνων συναρμολόγησης και αποσυναρμολόγησης, καθαρών χρόνων εργασίας και συνολικών χρόνων απασχόλησης, καθώς και απόδοσης των κινητών σχοινογερανών μεσαίου μεγέθους στην πράξη, με βάση αποτελέσματα ερευνών που έγιναν σε προηγμένες δασοπονικά χώρες.

2. Μέθοδος έρευνας

Από την κατάλληλη επεξεργασία των στοιχείων:

1. Προέκυψε το λεπτομερές σχέδιο διάνοιξης και μετατόπισης του ξύλου για την περιοχή έρευνας
2. Υπολογίσθηκε το μέσο μήκος της σχοινογραμμής για κατωφερή και ανωφερή φορτία μετατόπισης του ξύλου
3. Υπολογίσθηκε η ποσότητα της στρόγγυλης ξυλείας που εξυπηρετεί η κάθε σχοινογραμμή με βάση το μέσο μήκος και πλάτος της, το λήμμα και τη σύνθεσή του (ποσοστό στρόγγυλης ξυλείας και στοιβακτού ξύλου)
4. Υπολογίσθηκαν οι μέσοι χρόνοι συναρμολόγησης και αποσυναρμολόγησης, οι καθαροί χρόνοι εργασίας και οι συνολικοί χρόνοι απασχόλησης κατά την εγκατάσταση των κινητών σχοινογερανών στην περιοχή έρευνας για διάφορες μεθόδους μετατόπισης του ξύλου (μετατόπιση κορμωτεμαχιών με ή χωρίς ζώα έλξεως, μετατόπιση ολόκληρων δένδρων)
5. Υπολογίσθηκε το κόστος μετατόπισης του ξύλου με τη χρήση των κινητών σχοινογερανών μεσαίου μήκους για τις παραπάνω μεθόδους εργασίας
6. Αξιολογήθηκαν διάφορες εναλλακτικές λύσεις με σκοπό την κατά το δυνατόν οικονομική εφαρμογή των κινητών σχοινογερανών μεσαίου μήκους σε παραγωγικά δάση της χώρας μας.



Σχ. 3. Σχηματική παράσταση των κατά προσέγγιση αποστάσεων εφαρμογής για τα διάφορα μέσα ή μεθόδους μετατόπισης του ξύλου.

Πηγή: Frutig και Trümpf, 1990

IV. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

1. Σχέδιο διάνοιξης – Μέσα και μέθοδοι μετατόπισης του ξύλου

Με βάση την ταξινόμηση των εδαφών για την περιοχή έρευνας (Καραγιάννης, 1997) και την κατά προσέγγιση απόσταση εφαρμογής για τα διάφορα μέσα ή μεθόδους μετατόπισης του ξύλου (Σχ. 3) καθορίστηκε το σχέδιο διάνοιξης, τα μέσα και οι μέθοδοι μετατόπισης του ξύλου, οι θέσεις των σχοινογραμμών και η πορεία μετατόπισης του ξύλου με αυτές (Σχ. 4).

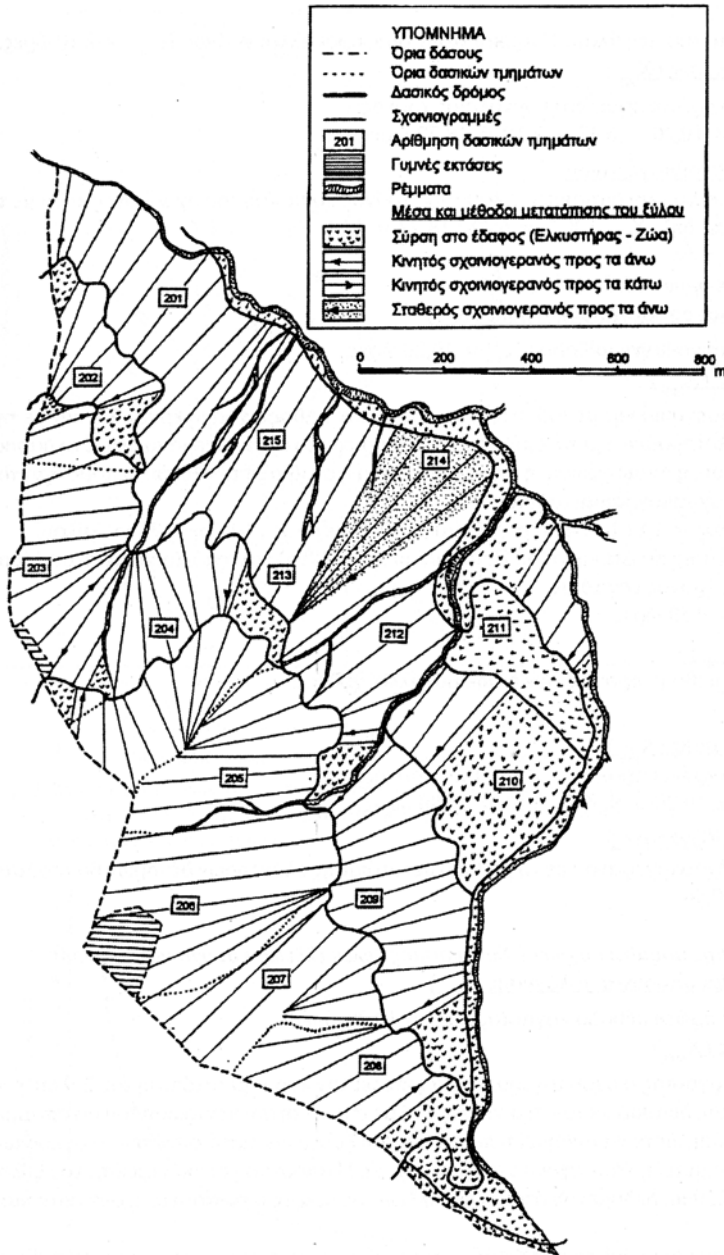
2. Μέσο μήκος σχοινογραμμής

Με τη βοήθεια του σχήματος 4 μετρήθηκε το μήκος των σχοινογραμμών και υπολογίσθηκε το μέσο μήκος της σχοινογραμμής για:

- Ανωφερή μετατόπιση του ξύλου (ποσοστό 55%) : 293 m
 - Κατωφερή μετατόπιση του ξύλου (ποσοστό 45%) : 314 m
- και συνολικά για την περιοχή έρευνας το μέσο μήκος της σχοινογραμμής υπολογίσθηκε σε 302 m.

3. Συνολικός χρόνος απασχόλησης των κινητών σχοινογραμμών

Ο χρόνος απασχόλησης των κινητών σχοινογερανών (χρόνος κύκλου εργασίας) αποτελείται από τον χρόνο συναρμολόγησης και αποσυναρμολόγησης, τον καθαρό χρόνο εργασίας και από διάφορους άλλους χρόνους (καθυστερήσεις, μικρές επισκευές κ.λ.). Στη συνέχεια υπολογίζονται οι επιμέρους χρόνοι για τις



Σχ. 4. Σχέδιο διάνοιξης, μέσα και μέθοδοι μετατόπισης του ξύλου για την περιοχή έρευνας.

Π), προκύπτει καθαρός χρόνος εργασίας:

$$X_{καθ} = 43 \text{ m}^3 : 6,70 \text{ m}^3/\text{ώρα} = 6,42 \text{ ώρες}$$

διάφορες μεθόδους εργασίας.

α. Μέθοδος μετατόπισης κορμοτεμαχίων

1. Χρόνος συναρμολόγησης και αποσυναρμολόγησης ($X_{σ/α}$)

Με βάση το μέσο μήκος της σχοινογραμμής (302 m) και τους χρόνους που δίνουν διάφοροι συγγραφείς (όπως αναφέρονται στο κεφάλαιο Π) υπολογίστηκε ο χρόνος συναρμολόγησης και αποσυναρμολόγησης: $X_{σ/α} = 10,20$ ώρες.

2. Καθαρός χρόνος εργασίας ($X_{καθ}$)

Με βάση τα παρακάτω δεδομένα:

- Μέσο μήκος σχοινογραμμής: 302 m
- Πλάτος εξυπηρετούμενης λωρίδας : 60 m
- Μέσο λήμμα δάσους : 4,30 m³/ha/έτος (τελικές υλοτομίες)
- Σύνθεση λήμματος : 55% στρόγγυλη ξυλεία, 45% στοιβακτό ξύλο
- Χρόνος περιφοράς 10 έτη

Υπολογίστηκε η ποσότητα του ξύλου που εξυπηρετεί η κάθε σχοινογραμμή: (302 m · 60 m) · 4,30 m³/ha/έτος = 1,81 ha · 4,30 m³/ha/έτος = 7,80 m³/ha/έτος · 55% = 4,30 m³/έτος · 10 έτη = 43 m³ ξύλου.

Για μέσο όγκο κορμοτεμαχίου 0,41 m³ (στοιχεία Δασαρχείου Περγουλίου έτους 1996) και αντίστοιχα μέση απόδοση 6,70 m³/ώρα, που δίνουν διάφοροι συγγραφείς, (όπως αναφέρεται στο κεφ.

3. Διάφοροι άλλοι χρόνοι

Σύμφωνα με όσα αναφέρονται στο κεφάλαιο Π προκύπτουν διάφοροι άλλοι χρόνοι: $X_{\text{διαφ.}} = 2,10$ ώρες.

4. Συνολικός χρόνος απασχόλησης ($X_{\text{συν.}}$)

Αν προστεθούν οι παραπάνω χρόνοι προκύπτει συνολικός χρόνος:

$$X_{\text{συν.}} = X_{\text{ο/α}} + X_{\text{καθ.}} + X_{\text{διαφ.}} = 10,20 + 6,42 + 2,10 = 18,72 \text{ ώρες}$$

5. Δείκτης απασχόλησης του σχοινογερανού

Ο δείκτης απασχόλησης προκύπτει αν διαιρεθεί ο καθαρός χρόνος εργασίας του σχοινογερανού με το συνολικό χρόνο απασχόλησής του, δηλ. $X_{\text{καθ.}} : X_{\text{συν.}} = 6,42 : 18,72 = 0,34$.

*β. Μέθοδος μετατόπισης ολόκληρων δένδρων*1. Χρόνος συναρμολόγησης και αποσυναρμολόγησης ($X_{\text{ο/α}}$)

Υπολογίστηκε όπως στην προηγούμενη μέθοδο: $X_{\text{ο/α}} = 10,20$ ώρες

2. Καθαρός χρόνος εργασίας ($X_{\text{καθ.}}$)

Με βάση τα δεδομένα της προηγούμενης μεθόδου που αφορούν τον καθαρό χρόνο εργασίας και με την προϋπόθεση ότι τα δένδρα που υλοτομούνται μετατοπίζονται ολόκληρα με το σχοινογερανό μέχρι το δασικό δρόμο, όπου γίνεται η αποκλάδωση, η διαμόρφωση, η αποφλοιώση και η στοίβαξη του ξύλου, η ποσότητα του ξύλου που θα εξυπηρετεί η κάθε σχοινογραμμική ισούται:

$$(302 \text{ m} \cdot 60 \text{ m}) \cdot 4,30 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{έτος} = 1,81 \text{ ha} \cdot 4,30 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{έτος} = 7,80 \text{ m}^3/\text{έτος} \cdot 10 \text{ έτη} = 78 \text{ m}^3 \text{ ξύλου.}$$

Για μέσο όγκο δένδρου 1 m^3 (στοιχεία Δασαρχείου Περγουλίου έτους 1996) και αντίστοιχα μέση απόδοση $8,20 \text{ m}^3/\text{ώρα}$, προκύπτει καθαρός χρόνος εργασίας:

$$X_{\text{καθ.}} = 78 \text{ m}^3 : 8,20 \text{ m}^3/\text{ώρα} = 9,50 \text{ ώρες}$$

3. Διάφοροι άλλοι χρόνοι ($X_{\text{διαφ.}}$)

Όπως και στην προηγούμενη μέθοδο προκύπτουν διάφοροι άλλοι χρόνοι:

$$X_{\text{διαφ.}} = 2,10 \text{ ώρες}$$

4. Συνολικός χρόνος απασχόλησης ($X_{\text{συν.}}$)

Αν προστεθούν οι παραπάνω χρόνοι προκύπτει συνολικός χρόνος:

$$X_{\text{συν.}} = X_{\text{ο/α}} + X_{\text{καθ.}} + X_{\text{διαφ.}} = 10,20 + 9,50 + 2,10 = 21,80 \text{ ώρες.}$$

5. Δείκτης απασχόλησης σχοινογερανού

Ο δείκτης απασχόλησης του σχοινογερανού με τη μέθοδο μετατόπισης ολόκληρων δένδρων θα ισούται:

$$X_{\text{καθ.}} : X_{\text{συν.}} = 9,50 : 21,80 = 0,44$$

*γ. Σύνθετη μέθοδος μετατόπισης κορμοτεμαχίων (Συνδυασμός ζώων έλξεως και σχοινογερανού)*1. Χρόνος συναρμολόγησης και αποσυναρμολόγησης ($X_{\text{ο/α}}$)

Υπολογίστηκε όπως και στην πρώτη μέθοδο εργασίας: $X_{\text{ο/α}} = 10,20$ ώρες.

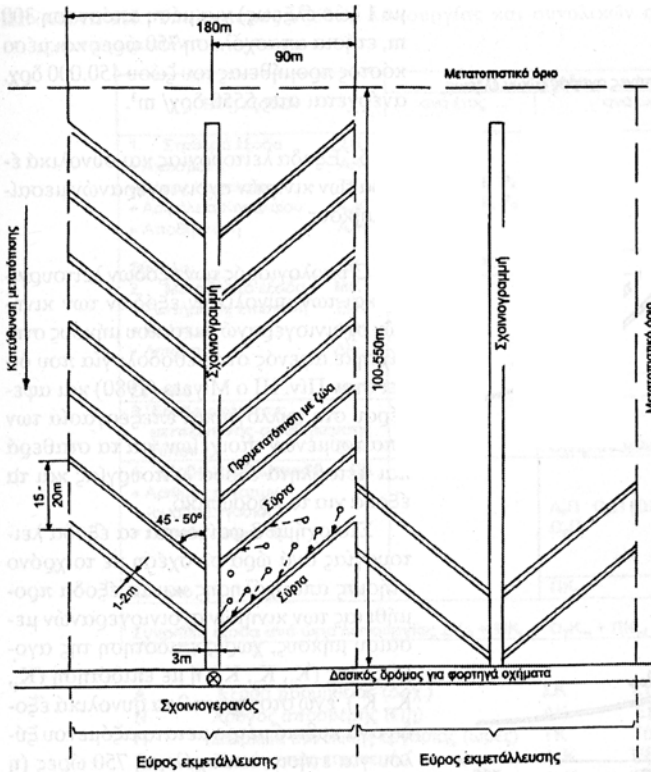
2. Καθαρός χρόνος εργασίας ($X_{\text{καθ.}}$)

Σύμφωνα μ' αυτή τη μέθοδο εργασίας ο σχοινογερανός θα εκτελεί την κύρια μετατόπιση του ξύλου, ενώ τα ζώα έλξεως θα εργάζονται σε συνδυασμό με τον σχοινογερανό με σκοπό τη συγκέντρωση του διεσπαρμένου ξύλου κοντά στη σχοινογραμμική, ώστε να αυξηθεί η ποσότητα του ξύλου και κατά συνέπεια ο όγκος των φορτίων και το εύρος που θα εξυπηρετεί η κάθε σχοινογραμμική (Σχ. 5). Η απόσταση συγκέντρωσης του ξύλου με ζώα έλξεως κυμαίνεται μέχρι 100 m , δεδομένου ότι τα ζώα έλξεως σε μικρές αποστάσεις έχουν ικανοποιητική απόδοση (Σχ. 3 και Σχ. 6).

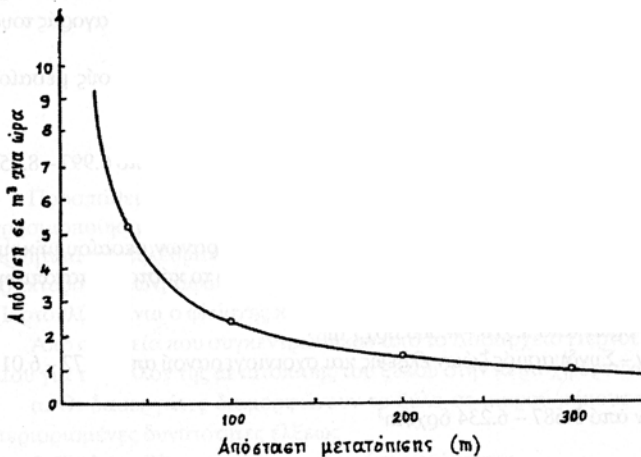
Σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν και με βάση τα δεδομένα της πρώτης μεθόδου που αφορούν τον καθαρό χρόνο εργασίας η ποσότητα του ξύλου που θα εξυπηρετεί η κάθε σχοινογραμμική ισούται:

$$(302 \text{ m} \cdot 180 \text{ m}) \cdot 4,30 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{έτος} = 5,44 \text{ ha} \cdot 4,30 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{έτος} = 23,39 \text{ m}^3/\text{έτος} \cdot 55\% = 12,86 \text{ m}^3/\text{έτος} \cdot 10 \text{ έτη} = 128,60 \text{ m}^3 \text{ ξύλου.}$$

Για μέσο όγκο κορμοτεμαχίου $0,41 \text{ m}^3$ και αντίστοιχα απόδοση $6,70 \text{ m}^3/\text{ώρα}$ προκύπτει καθαρός χρόνος εργασίας:



Σχ. 5. Συνδυασμός ζώων και κινητού σχοινογερανού για την κατωφερή μετατόπιση του ξύλου στην περίπτωση πολύ κεκλιμένων εδαφών και επιλογικών υλοτομιών.



Σχ. 6. Απόδοση εργασίας (m³/ώρα) κατά τη μετατόπιση ξύλου κωνοφόρων με ζώα έλξεως σε συνθήκες παρόμοιες με αυτές της περιοχής έρευνας (Συνεργείο: 1 ζώο και 1 δασεργάτης)

$$X_{\text{καθ.}} = 128,60 \text{ m}^3 : 6,70 \text{ m}^3/\text{ώρα} = 19,19 \text{ ώρες.}$$

3. Διάφοροι άλλοι χρόνοι ($X_{\text{διαφ.}}$)

Προκύπτουν, όπως και στις άλλες μεθόδους εργασίας, διάφοροι άλλοι χρόνοι:

$$X_{\text{διαφ.}} = 2,10 \text{ ώρες.}$$

4. Συνολικός χρόνος απασχόλησης ($X_{\text{συν.}}$)

Αν προστεθούν οι παραπάνω χρόνοι προκύπτει συνολικός χρόνος:

$$X_{\text{συν.}} = X_{\text{σ/α}} + X_{\text{καθ.}} + X_{\text{διαφ.}} = 10,20 + 19,19 + 2,10 = 31,49 \text{ ώρες.}$$

5. Δείκτης απασχόλησης του σχοινογερανού

Ο δείκτης απασχόλησης του σχοινογερανού με τη μέθοδο εργασίας συνδυασμός ζώα έλξεως με σχοινογερανό θα ισούται:

$$X_{\text{καθ.}} : X_{\text{συν.}} = 19,19 : 31,49 = 0,60$$

4. Κόστος μετατόπισης του ξύλου με ζώα έλξεως

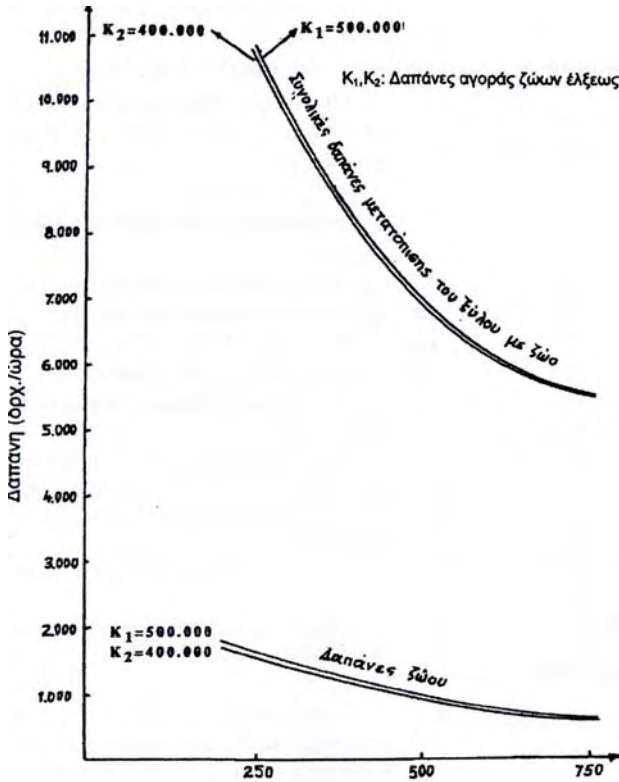
Σήμερα στην περιοχή έρευνας (Πανεπιστημιακό Δάσος Πετρουλίου), για κοινωνικούς κυρίως λόγους αλλά και για λόγους προστασίας του περιβάλλοντος, η μετατόπιση του ξύλου γίνεται με ζώα έλξεως, τα οποία ανήκουν στον τοπικό δασικό συνεταιρισμό.

Στο σχήμα 6 φαίνεται η απόδοση εργασίας (m³/ώρα) κατά τη μετατόπιση του ξύλου με ζώα έλξεως.

Στο σχήμα 7 φαίνονται οι δαπάνες μετατόπισης του ξύλου με ζώα σε σχέση με το κόστος αγοράς (K_1 , K_2) και τις ετήσιες ώρες εργασίας τους.

Με βάση τη μέση απόσταση μετατόπισης για τη δασοπεριοχή "Βαθύ", η οποία σύμφωνα με στοιχεία του Δασαρχείου Πετρουλίου, κυμαίνεται στα 300 m, υπολογίστηκε από το σχήμα 6 η απόδοση εργασίας σε 0,99 m³/ώρα.

Το κόστος μετατόπισης του ξύλου με ζώα έλξεως (1 δασεργάτης με 1



Σχ. 7. Δαπάνες μετατόπισης του ξύλου με ζώα σε σχέση με το κόστος αγοράς (K_1, K_2) και τις ετήσιες ώρες εργασίας τους.

ση με τα έξοδα προμήθειάς τους.

Με βάση τα παραπάνω το κόστος μετατόπισης του ξύλου με τους κινητούς σχοινογερανούς μεσαίου μήκους για διάφορες μεθόδους θα κυμαίνεται αντίστοιχα:

- Μέθοδος μετατόπισης ολόκληρων δένδρων από 5.162 – 6.025 δρχ./ m^3
- Μέθοδος μετατόπισης κορμοτεμαχίων – Συνδυασμός ζώων έλξεως και σχοινογερανού από 6.997 – 8.053 δρχ./ m^3
- Μέθοδος μετατόπισης κορμοτεμαχίων από 7.212 – 8.268 δρχ./ m^3

Στην περίπτωση επιδότησης των κεφαλαίων προμήθειας των κινητών σχοινογερανών μεσαίου μήκους κατά 70% (όπως ισχύει σήμερα για την προμήθεια των γεωργικών μηχανημάτων) το κόστος μετατόπισης του ξύλου για διάφορες μεθόδους, θα κυμαίνεται αντίστοιχα:

- Μέθοδος μετατόπισης ολόκληρων δένδρων από 3.916 – 4.363 δρχ./ m^3
- Μέθοδος μετατόπισης κορμοτεμαχίων – Συνδυασμός ζώων έλξεως και σχοινογερανού από 5.472 – 6.019 δρχ./ m^3
- Μέθοδος μετατόπισης κορμοτεμαχίων από 5.687 – 6.234 δρχ./ m^3

V. ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Όπως αναφέρθηκε, η μετατόπιση του ξύλου στην περιοχή έρευνας για κοινωνικούς κυρίως λόγους αλλά και για λόγους προστασίας του περιβάλλοντος γίνεται με ζώα έλξεως.

ζώο έλξεως) για μέση απόσταση 300 m, ετήσια απασχόληση 750 ώρες και μέσο κόστος προμήθειας του ζώου 450.000 δρχ. ανέρχεται στις 5550 δρχ./ m^3 .

5. Έξοδα λειτουργίας και συνολικά έξοδα των κινητών σχοινογερανών μεσαίου μήκους

Ο υπολογισμός των εξόδων λειτουργίας και των συνολικών εξόδων των κινητών σχοινογερανών μεσαίου μήκους στηρίχτηκε αφενός στη μεθοδολογία που δίνει στον Πίν. III ο Miyata (1980) και αφετέρου στη συλλογή και επεξεργασία των απαιτούμενων στοιχείων για τα σταθερά και μεταβλητά έξοδα λειτουργίας και τα έξοδα για το προσωπικό.

Στο σχήμα 8 φαίνονται τα έξοδα λειτουργίας ανά ώρα σε σχέση με το χρόνο ετήσιας απασχόλησης και τα έξοδα προμήθειας των κινητών σχοινογερανών μεσαίου μήκους, χωρίς επιδότηση της αγοράς τους (K_1, K_2, K_3) ή με επιδότηση (K_4, K_5, K_6), ενώ στο σχήμα 9 τα συνολικά έξοδα ανά κυβικό μέτρο μετατοπιζόμενου ξύλου για ετήσια απασχόληση 750 ώρες (η οποία προκύπτει από τα στοιχεία του Πίνακα III, αν διαιερευθεί η συνολική διάρκεια εργασίας τους : $H = 7500$ ώρες με το χρόνο απόσβεσης των κεφαλαίων $N = 10$ έτη), με ή χωρίς επιδότηση της αγοράς τους, και σε σχέση

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΙ. Υπολογισμός εξόδων λειτουργίας και συνολικών εξόδων ανά ώρα λειτουργίας των κινητών σχοινογερανών

Είδη εξόδων	Εξόδα		Στοιχεία υπολογισμού εξόδων για τον κινητό σχοινογερανό μεσαίου μήκους
	ανά έτος	ανά ώρα	
1. Σταθερά έξοδα	ΣΚ		
• Απόσβεση	ΑΚ	A/N	ΑΚ/ΩΛΕ
• Τόκος Κεφαλαίου	ΤΚ	$A \cdot (N+1)2N \cdot P_r$	ΤΚ/ΩΛΕ
• Ασφάλεια Κεφαλαίου	A _σ Κ	$A \cdot (N+1)2N \cdot P_{\sigma}$	A _σ Κ/ΩΛΕ
• Αποθήκευση	A _θ Κ	Συνολικά	A _θ Κ/ΩΛΕ
Σύνολο	ΣΚ	ΣΚ ανά έτος	ΣΚ_ω
2. Μεταβλητά έξοδα	ΜΚ		
• Συντήρηση, επισκευή	E _π Κ		E _π · ΑΚ/Η
• Καύσιμα	K _α Κ		K _α Ω · K _α K _ι
• Λιπαντικά	ΛΚ		Λ _η · K _α Κ
Σύνολο	ΜΚ	M_{κω} ΩΛΕ	MΚ_ω
3. Έξοδα οχήματος μετακίνησης-αποθήκευσης ξύλου	Ο_χΚ		
			Ο_χΚ_ω συνολικά
			O _χ K _ω = 3.757 δρχ./h
4. Έξοδα προσωπικού	ΠΚ		
• Αριθμός εργατιών (ομάδα εργασίας)			A _ρ Π · Ω _ρ Π (ΩΧΕ/ΩΛΕ)
• Οδηγός οχήματος			Ω _ρ Π
Σύνολο	ΠΚ		ΠΚ_ω
Συνολικά έξοδα ανά ώρα λειτουργίας ΣΚ_ω + ΜΚ_ω + Ο_χΚ_ω + ΠΚ_ω			

A Έξοδα προμήθειας (Δρχ.)
 N Χρόνος απόσβεσης (έτη)
 H Διάρκεια συνολικής εργασίας (ώρες)
 E_π Παράγοντας επισκευής
 P_r Επιτόκιο (%)
 P_σ Επιτόκιο ασφάλισης (%)
 ΩΧΕ Ωρες χρησιμοποίησης ανά έτος
 ΩΛΕ Ωρες λειτουργίας ανά έτος

ΣΚ Σταθερά έξοδα
 ΑΚ Έξοδα απόσβεσης
 ΤΚ Τόκος κεφαλαίου
 Α_σΚ Έξοδα ασφάλισης
 Α_θΚ Έξοδα αποθήκευσης
 Ο_χΚ Έξοδα οχήματος μετακίνησης - αποθήκευσης του ξύλου

ΜΚ Μεταβλητά έξοδα
 E_πΚ Έξοδα συντήρησης, επισκευής
 K_αΚ Έξοδα καυσίμων
 K_αΩ Απαιτούμενα καύσιμα ανά ώρα
 K_αK_ι Κόστος καυσίμων ανά λίτρο
 Λ_η Παράγοντας λιπαντικών
 ΛΚ Έξοδα λιπαντικών

ΠΚ Έξοδα προσωπικού
 Ω_ρΠ Ορμισθιο προσωπικού
 Α_ρΠ Μέγεθος ομάδας εργασίας (αριθμός εργατιών)
 ΩΧΕ/ΩΛΕ Σχέση Ωρών χρησιμοποίησης / Ωρών λειτουργίας = (1/Βαθμός εκμετάλλευσης)

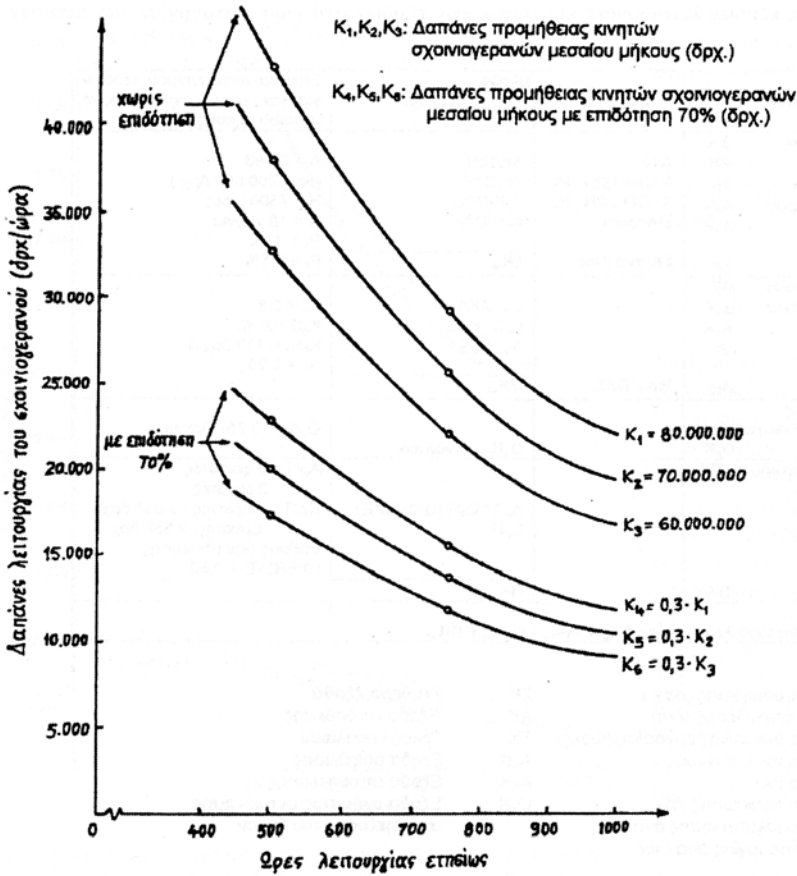
Προσπάθειες που έγιναν στο παρελθόν για την εκμηχάνιση των εργασιών μετατόπισης του ξύλου με τη χρησιμοποίηση ελκυστήρων, οι οποίοι απαιτούσαν και την κατασκευή δικτύου τρακτεροδρόμων, είχαν πολύ αρνητικά αποτελέσματα, όσον αφορά την προστασία των εδαφών, κυρίως λόγω της έντονης διάβρωσης των τρακτεροδρόμων, αφού το γεωλογικό υπόθεμα στη μεγαλύτερη επιφάνεια που Πανεπιστημιακού Δάσους Πετρουλίου είναι ο φλύσχος και τα εδάφη που σχηματίζονται είναι κυρίως αργιλικά.

Από στοιχεία που συγκεντρώθηκαν από το Δασορχείο Πετρουλίου και το Δασικό Συνεταιρισμό Πετρουλίου για το μέλλον της μετατόπισης του ξύλου στην περιοχή έρευνας προέκυψαν τα παρακάτω:

α. Οι δασεργάτες διαμορφώνουν το ξύλο σε μικρού μήκους κοροτομέγαια (4-6 m) γιατί τα ζώα έχουν περιορισμένες δυνατότητες έλξεως

β. Τα ζώα έλξεως χρόνο με το χρόνο μειώνονται

γ. Τα νεαρές, κυρίως ηλικίας μέλη του δασικού συνεταιρισμού επιθυμούν να βελτιώσουν τις συνθήκες εργασίας τους με την εκμηχάνιση της κοπιαστικής και δύσκολης εργασίας της μετατόπισης του ξύλου, όπως



Σχ. 8. Υπολογισθέντα έξοδα λειτουργίας (χωρίς τα έξοδα για το προσωπικό) των κινητών σχοινογερανών μεσαίου μήκους ανά ώρα σε σχέση με την ετήσια απασχόληση και τα έξοδα προμήθειάς τους.

δοσιακό τρόπο (ζώα έλξεως). Για την επίλυση του προβλήματος σε πρώτη φάση οι κινητοί σχοινογερανοί μεσαίου μήκους μπορούν να συνδυαστούν με τα ζώα έλξεως με κόστος μετατόπισης του ξύλου υψηλότερο από το σημερινό κατά 26-45% ή χαμηλότερο κατά 1,5% έως υψηλότερο 8,5% στην περίπτωση επιδότησης των κεφαλαίων αγοράς των σχοινογερανών κατά 70% για τη μετατόπιση του ξύλου υπό μορφή κορμοτεμαχίων, τα οποία όμως θα διαμορφώνονται σε μεγαλύτερα μήκη λόγω της μικρής απόστασης (50-100 m) που θα τα μετατοπίζουν τα ζώα έλξεως (Κατενίδης, 1976).

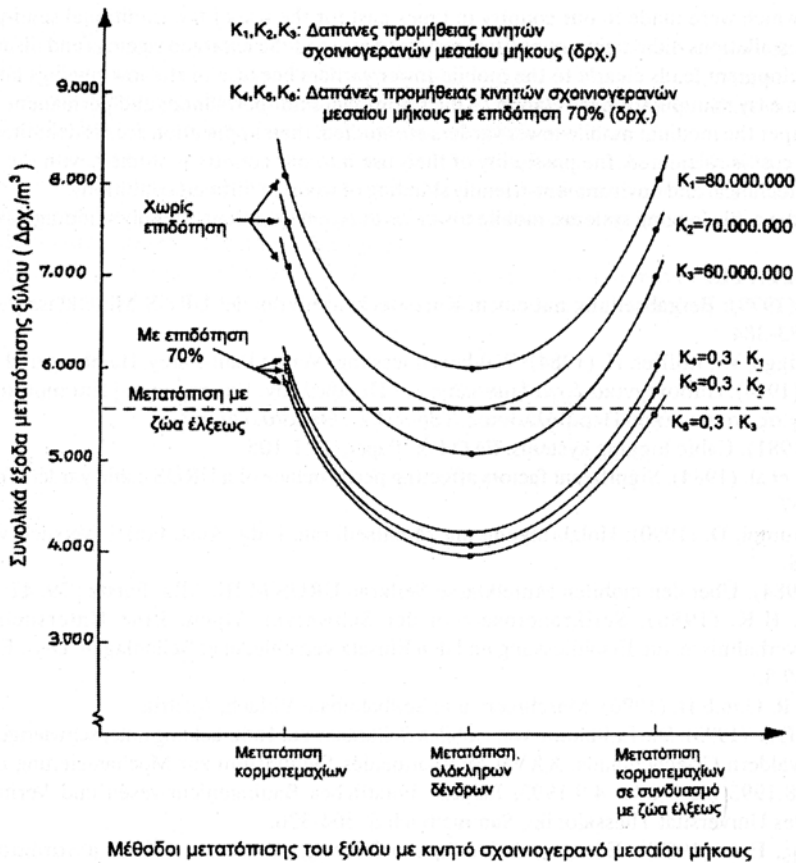
2. Σε δεύτερη φάση, όταν οι δασεργάτες αποκτήσουν σημαντική εμπειρία και με σκοπό την πλήρη εκμηχάνιση των εργασιών μετατόπισης, τα δένδρα μετά την υλοτομία τους θα μετατοπίζονται ολόκληρα μέχρι το δασικό δρόμο ή την κορμοπλατεία, όπου θα γίνεται η αποκλάδωση, η διαμόρφωση, η αποφλοιώση και η στοίβαξη του ξύλου. Αυτό θα έχει σαν συνέπεια τη μείωση του κόστους μετατόπισης κατά 25% περίπου ή κατά 28% στην περίπτωση επιδότησης των κεφαλαίων αγοράς κατά 70%, μείωση των φθορών στο ξύλο και των ζημιών στο έδαφος και στη συστάδα, καλύτερες συνθήκες εργασίας για τους υλοτόμους και σημαντική μείωση του χρόνου αποφλοιώσης των κορμοτεμαχίων, αφού αυτή μπορεί να γίνει μηχανικά με φορητούς αποφλοιωτήρες πάνω στους δασικούς δρόμους ή στις κορμοπλατείες.

γίνεται σήμερα με τον παραδοσιακό τρόπο (ζώα έλξεως)

δ. Το Δασαρχείο Πετρουλίου προτίθεται να βοηθήσει το δασικό συνεταιρισμό για τη σωστή εκμηχάνιση της μετατόπισης του ξύλου, η οποία θα λαμβάνει υπόψη της και την προστασία του περιβάλλοντος (ενημέρωση δασεργατών για την εκλογή των κατάλληλων μέσων, διοργάνωση σεμιναρίων επιμόρφωσης κ.λπ.).

Σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν παραπάνω και με βάση τα αποτελέσματα της έρευνας προκύπτουν τα παρακάτω συμπεράσματα:

1. Στην περιοχή έρευνας η μετατόπιση του ξύλου γίνεται αποκλειστικά με ζώα έλξεως, τα οποία όμως χρόνο με το χρόνο μειώνονται με αποτέλεσμα να υπάρχει πρόβλημα στο μέλλον για τη μετατόπιση του ξύλου, λόγω και της απροθυμίας των νεαρών δασεργατών να εργαστούν με τον παρα-



Σχ. 9. Υπολογισθέντα συνολικά έξοδα ανά κυβικό μέτρο για διάφορες μεθόδους μετατόπισης του ξύλου με τους κινητούς σχοινογερανούς μεσαίου μήκους σε σχέση με τα έξοδα αγοράς τους και για ετήσια απασχόληση 750 ώρες.

Medium mobile tower yarders and possibility of their application in the greek forest conditions

Karagiannis Evangelos*

SUMMARY

The selection of the suitable equipment and methods of wood skidding is based on the morphology of soil, climatic, silvicultural and management conditions and generally the exploitation conditions of each forest (or forest area).

In our country, in which as a rule prevail, particularly in the mountainous productive forests, difficult climatic and soil conditions, namely strong slopes, small resistance of the soil, for example clayey soils with increased humidity, many and big obstacles, for example high stumps, trunks which are lay flat on the ground, rocky elevations etc, we should use cable logging systems, the function of which is not depended on the soil conditions and is not affected by the weather conditions.

* Assist. Professor, Institute of Mechanical Engineering and Surveying Aristotelian University of Thessaloniki

Efforts, which were made in our country in times past for the use of the traditional semi-permanent and permanent installations didn't obtain positive results because of the enlarged riggings and dismantlings times.

The development leads clearly to the mobile tower yarders because of the low riggings and dismantlings times and the easy manipulation in relation to the traditional semi-permanent and permanent installations.

In this paper the medium mobile tower yarders are studied, their application area is delimited, the yield and the function cost is calculated, the possibility of their use into our country is studied, with the purpose of the economical, technical and environment-friendly skidding of wood in difficult conditions.

Key words: cable logging systems, mobile tower yarders, environment-friendly skidding of wood.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Brabeck, B. (1979): Bergabseilung mit einem Kurzstreckenseilkran der URUS-Mittelklasse. Allg. Forstztg., 90, 12:383-384.
- Dietz, P., Knigge, W., Löffler, H. (1984): Walderschliessung. Verlag Paul-Parey, Hamburg und Berlin, 416 S.
- Δούκας, Κ. (1994): Δασοτεχνικά έργα διάνοιξης και Περιβάλλον. Επιστημονική Επετηρίδα του Τμήματος Δασολογίας και Φυσιικού Περιβάλλοντος, Τόμος ΛΖ', Θεσσαλονίκη.
- FAO (Hg.)(1981): Cable logging systems. FAO For. Paper, 24:1-105.
- Fischer, E.L. et al. (1984): Significant factors affecting performance of a URUS cable yarder. Trans ASAE, 27, 4:962-967.
- Frutig, P., Trümpi, D. (1990): Holzbringung mit Mobilseilkran. Eidg. Anst. Forstl. Versuchswesen, Ber. Nr. 316, 54 S.
- Hagen, P. (1984): Über den mobilen Mittelklasse-Seilkran URUS M III. Allg. Forstz., 39, 42:1052-1053.
- Heinimann, H.R. (1986): Seilkraneinsatz in der Schweizer Alpen. Eine Untersuchung über die Geländeverhältnisse, die Erschliessung und den Einsatz verschiedener Seilanlagen. Diss. ETH Zürich, Nr. 7929, 169 S.
- Hinteregger, R. G.m.b.H. (1996): Maschinen- und Seilbahnbau. Villach, Austria.
- Karagiannis, E.A. (1993): Die Einführung von mobilen Seilkränen zur Holzrückung unter schwierigen Verhältnissen in Bergwäldern Griechenlands. XXVII Internationales Symposium zur Mechanisierung der Waldarbeit, vom 30.8.1993 bis 3 oder 4.9.1993, Institut: Forstliches Bauingenieurwesen und Vermessungskunde, Aristoteles Universität Thessaloniki, Sammelbuch S. 304-330.
- Καργαγιάννης, Ε.Α. (1997): Έδαφος, Διάνοιξη του δάσους, μέσα και μέθοδοι μετατόπισης του ξύλου. Επιστημονική Επετηρίδα του Τμήματος Δασολογίας και Φυσιικού Περιβάλλοντος, Τόμος ΛΘ', Θεσσαλονίκη (υπό δημοσίευση).
- Κατενίδης, Κ. (1972): Μετατόπιση ξυλείας δι' εναερίων συρματοσχοινογερανών εις τα ελληνικά δάση. Έργον UNSF/FAO/GRE: 20/230, FOR - Νο6, Αθήναι.
- Κατενίδης, Κ. (1976): Μέθοδος μετατόπισης ξυλείας δια ζώων και εναερίου συρματοσχοινογερανού. Ανακοινώσεις ΙΔΕΑ, τόμος IV, τεύχος 1, σελ. 107-119, Αθήνα.
- Κατενίδης, Κ. (1978): Τεχνική και οικονομική μελέτη της εργασίας μετατόπισης ξύλου κωνοφόρων με ζώα στα ελληνικά δάση. Ίδρυμα Δασικών Ερευνών, Νο 98, Αθήνα.
- Koller, J. (1996): Forsttechnik – Kranseilbahnen. Kufstein, Austria.
- Miyata, E.S. (1980): Determining fixed and operating costs of logging equipment. General Technical Report NC-55, USDA, Forest Service, 16 S.
- Ragot, J. (1978): Debardage de bois a l' aide d' une gamme de cable-grues mobiles sur vehicules-mats URUS-HINTEREGGER. Courier de l' Exploitant et du Scieur, CTB, 30 (3/78), 23 S.
- Samsø, I. (1981): Winch- and cable systems in Norwegian forestry. (Text norwegian, Zusammenfassung englisch). Meddelelser fra Norsk institut for skogforskning (Reports of the Norwegian Forest Research Institute), 35, 1:1-501.
- Schlaghamersky, A. (1976): Zusammengefasste Erfahrungen zum Einsatz des URUS-Kranes für Schwachholzbringung. Forsttechn. Informationen, 28, 7:49-53.
- Στεργιάδης, Γ. (1965): Συμπεράσματα εκ της λειτουργίας του πρώτου εν Ελλάδι εγκατασταθέντος συρματοσχοινογερανού δια την μεταφοράν τεχνικής και καυσίμου ξυλείας. Το Δάσος, Νο 36-37, σελ. 20-36,

Αθήνα.

- Στεργιάδης, Γ. (1978): Χρησιμοποίηση των σχοινοεγκαταστάσεων μικρού μήκους στη συγκομιδή και μετατόπιση του ξύλου σε δάση με ορεινές συνθήκες. Το Δάσος, τεύχος 79-80, σελ. 3-18, Αθήνα.
- Stöhr, G. (1974): Untersuchungen über die Eignung mobiler Kurzstreckenseilkräne bei Durchforstungen am Steilhang. Diss. Ludwig-Maximilian-Universität, München, 176 S. + Anhang.
- Τ.Δ.Δ.Π.Δ. (1988): Διαχειριστικό σχέδιο Πανεπιστημιακού δάσους Περτουλίου 1989-1998. Περτούλι.
- Trzesniowski, A. (1982): Cable operations under steep central European forestry conditions. In: Proceedings. The planning and technique of transport and its relation to operational activities in forestry. S. 137-156. Hg.: Norwegian Forest Research Institute, Aas-NLH.
- Trzesniowski, A. (1988): Mobile Seilgeräte für die Holzurückung. XXII Internationales Symposium zur Mechanisierung der Waldarbeit, vom 5 bis 9 September 1988 in Puszczykowo, Polen, S. 173-188.

Καμπύλες αύξησης ύψους και δεικτών ποιότητας τόπου για την πλατύφυλλο δρυ στο Πανεπιστημιακό Δάσος Ταξιάρχη Χαλκιδικής

Κωνσταντίνος Γ. Μάτης*

Περίληψη

Καμπύλες δεικτών ποιότητας τόπου παράχθηκαν για τις πρεμνοφυείς συστάδες της πλατύφυλλο δρυός στο Πανεπιστημιακό Δάσος Ταξιάρχη βασιζόμενοι σε ένα δείγμα προσωρινών κυκλικών δοκιμαστικών επιφανειών σταθερής έκτασης. Τα δέντρα κυμάνθηκαν σε ένα εύρος μέσης στηθιαίας ηλικίας από 15 μέχρι 56 έτη. Απλή γραμμική, πολλαπλή γραμμική και μη γραμμική παλινδρόμηση εφαρμόστηκε για να εκφραστεί το ύψος σε σχέση με την ηλικία στο στηθιαίο ύψος και ο δείκτης ποιότητας τόπου σε σχέση με το ύψος και την ηλικία. Επιλέχθηκε η εξίσωση που έχει προταθεί από τον Meyer (1940), $h = H(1 - e^{-Ax})$, για να εκφραστεί η αύξηση του ύψους. Η βασική ηλικία ήταν 50 έτη. Χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της καμπύλης οδηγού. Επιπλέον των καμπυλών δεικτών ποιότητας τόπου, διακρίθηκαν πέντε και τρεις κλάσεις ποιότητας τόπου.

Λέξεις κλειδιά: Αναμορφικές καμπύλες, εξισώσεις παλινδρόμησης, κυριαρχούντα και συνκυριαρχούντα δέντρα, ποιότητα τόπου.

Εισαγωγή

Ο (δασικός) τόπος (site) ορίζεται ως “μια έκταση εξεταζόμενη από την άποψη του περιβάλλοντός της, ιδιαίτερα καθώς αυτό καθορίζει τον τύπο και την ποιότητα της βλάστησης που μπορεί η έκταση να υποστηρίξει” (Ford-Robertson 1971). Από τον ορισμό αυτό γίνεται φανερό ότι ο όρος τόπος χρησιμοποιείται με δύο έννοιες (Sprug 1952): 1) ως μια έκταση ή γεωγραφική περιοχή που υποστηρίζει αύξηση δέντρων και 2) ως η ικανότητα αυτής της έκτασης να υποστηρίξει αύξηση δέντρων. Στην δεύτερη έννοια της λέξης, που αναφέρεται στην ποιότητα τόπου (site quality), παίρνει μέρος το σύνολο των συνθηκών του περιβάλλοντος βιοτικών, εδαφικών και κλιματικών, που υπάρχουν στην δεδομένη έκταση.

Η ποιότητα τόπου μας λέει πόση ξυλεία μπορεί ένα δάσος να παράγει. Μπορεί να οριστεί ως “η δυνατότητα παραγωγής ξυλείας μιας έκτασης για δεδομένο δασοπονικό είδος ή δασικό τύπο” (Clutter κ.α. 1983). Ο καθορισμός ποιότητας τόπου είναι εξαιρετικά σημαντικός στη δασική διαχείριση, διότι ορισμένες επενδύσεις που δικαιολογούνται πλήρως σε καλές ποιότητες τόπου μπορεί να αποτελούν οικονομικό παραλογισμό σε κακές ποιότητες τόπου. Στην πράξη, για να εκτιμήσουμε την ποιότητα τόπου, θα πρέπει να βρεθεί ένα μέτρο ή χαρακτηριστικό το οποίο να μπορεί να μετρηθεί εύκολα και με ακρίβεια, να είναι σχετικά ανεξάρτητο από την πυκνότητα των συστάδων και, αν είναι δυνατόν, να είναι σχετικά ανεξάρτητο από τα δασοπονικά είδη (Sprug 1952). Δεδομένου ότι η ποιότητα τόπου είναι το άθροισμα πολλών αλληλοεπιδρόντων παραγόντων, η διαδικασία της εύρεσης ενός απλού δείκτη είναι εξαιρετικά πολύπλοκη και δύσκολη υπόθεση αν όχι αδύνατη. Κατά συνέπεια, πολύ προσπάθεια έχει διατεθεί στην εκτίμηση ποιότητας τόπου για αρκετά δασοπονικά είδη σε διάφορες περιοχές (π.χ. Carmean 1972, Burkhart και Tennent 1977, Payandeh 1978, Truman κ.α. 1983, Αστέρης και Μάτης 1984, Vanclay και Henry 1988, Bruskin 1995, Μάτης και Διαμαντοπούλου 1995). Ανασκοπήσεις της βιβλιογραφίας πάνω στο θέμα των μεθόδων της εκτίμησης της ποιότητας τόπου έχουν δοθεί από τους Rennie (1963), Loetsch κ.α. (1973), Carmean (1975), Husch κ.α. (1982), Clutter κ.α. (1983), Αστέρης και Μάτης (1991) και Μάτης (1994). Από όλα τα μέτρα που έχουν ερευνηθεί, το παλαιότερο και περισσότερο πρακτικό, συνεπές, χρήσιμο και ικανοποιητικό για την εκτίμηση της ποιότητας τόπου στη δασοπονία είναι η αύξηση του ύψους. Παρόλο που δεν είναι ένα τέλειο μέτρο, εντούτοις παραμένει το βασικό με το οποίο άλλα μέτρα συγκρίνονται.

* Εργαστήριο Δασικής Βιομετρίας του Τομέα Σχεδιασμού και Ανάπτυξης Φυσιικών Πόρων του Α.Π.Θ., Παν/κή Θορίδα 237, Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 540 06 ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ, Τηλ. 031/998957, 998966, 307588

Ο δείκτης ποιότητας τόπου, μια έννοια που αναπτύχθηκε στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής κατά τη διάρκεια και μετά τον Α' παγκόσμιο πόλεμο (Spritt 1952), ορίζεται σε όρους συνολικού ύψους των μεγαλύτερων και με πλήρη κόμη δέντρων μιας συστάδας, που είναι οι ισχυρότεροι ανταγωνιστές για φως, υγρασία και θρεπτικά συστατικά. Ίδανικά, τα δέντρα ποιότητας τόπου θα πρέπει να βρίσκονται στην παραπάνω αυξητική θέση καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής τους. Αριθμητικά, ο δείκτης ποιότητας τόπου ορίζεται ως το συνολικό ύψος σε μια σταθερή ηλικία (ή βασική ηλικία ή ηλικία αναφοράς). Η βασική ηλικία (ή ηλικία αναφοράς) επιλέγεται συνήθως κατά τέτοιο τρόπο ώστε να βρίσκεται κοντά στη μέση ηλικία του περιτρόπου χρόνου, αν και έχει πολύ μικρή σημασία στην πράξη ποια ηλικία επιλέγεται ως βασική ηλικία (Clutter κ.α. 1983).

Οι μελέτες δεικτών ποιότητας τόπου κανονικά απαιτούν δεδομένα ύψους-ηλικίας. Τέτοιου είδους δεδομένα μπορούν να παρθούν από (Spritt 1952):

- προσωρινές δοκιμαστικές επιφάνειες (η παλαιότερη μέθοδος), κατασκευάζοντας μόνο μια καμπύλη ύψους και ηλικίας και προσθέτοντας μια σειρά από παρόμοιες καμπύλες για τις διάφορες κλάσεις ύψους (guide curve method),
- ανάλυση κορμού υλοτομηθέντων δειγματοληπτικών δέντρων και κατασκευάζοντας καμπύλες αύξησης ύψους, και
- μόνιμες δοκιμαστικές επιφάνειες που δίνουν τις καλύτερες καμπύλες δεικτών ποιότητας τόπου.

Για τις συστάδες της πλατύφυλλου δρυός (*Quercus conferta* Kit.) στο Πανεπιστημιακό Δάσος Ταξιάρχη Χαλκιδικής, καμπύλες δεικτών ποιότητας τόπου βασιζόμενες στη μέθοδο της ετήσιας προσαύξησης ύψους (Αστέρης και Μάτης 1984) έχουν καταρτιστεί από τους Μάτη και Διαμαντοπούλου (1995). Στο διαχειριστικό σχέδιο του παραπάνω δάσους (Ταμείο Διοικήσεως και Διαχειρίσεως Πανεπιστημιακών Δασών 1991) η ποιότητα τόπου καθορίζεται με τη χρησιμοποίηση μιας μελέτης του Ομότιμου καθηγητή Ντάφη (1966) η οποία βασίζεται σε δεδομένα που πάρθηκαν από συστάδες παραπλήσιων δασών της περιοχής του Δασοαρχείου Αρναίας και πιο συγκεκριμένα από τα δημόσια και κοινοτικά δάση των κοινοτήτων Μεγ. Παναγίας, Παλαιοχωρίου, Νεοχωρίου, Βαρβάρας, Σταγειρών και Ολυμπιάδας και το μοναστηριακό "Κάκαβος".

Ο σκοπός της εργασίας αυτής είναι να κατασκευαστούν καμπύλες αύξησης ύψους και δεικτών ποιότητας τόπου για τις συστάδες της πλατύφυλλου δρυός του Πανεπιστημιακού Δάσους Ταξιάρχη χρησιμοποιώντας τη μέθοδο της καμπύλης οδηγού.

Περιοχή έρευνας

Το Πανεπιστημιακό Δάσος Ταξιάρχη Χαλκιδικής (γεωγραφικό πλάτος μεταξύ 40° 22'Α και 40° 28'Α Ν, γεωγραφικό μήκος μεταξύ 23° 51'Α και 23° 58'Α Ε) βρίσκεται στις Νότιες και Νοτιοδυτικές πλαγιές του όρους Χολομών σε μια απόσταση περίπου 70 χιλιομέτρων από τη Θεσσαλονίκη.

Η συνολική έκταση του δάσους είναι 5.835 ha, από τα οποία 3.895 ha είναι δασοσκεπής έκταση (από τα οποία 107 ha είναι Κοινοτικό δάσος), 264 ha είναι μερικώς δασοσκεπής έκταση, 1.592 ha είναι γεωργικά καλλιεργούμενη έκταση και 85 ha είναι άγονη έκταση (University Forests Administration 1994).

Το κλίμα είναι Μεσογειακό-Ηπειρωτικό. Η μέση θερμοκρασία αέρος είναι 10,7° C, ο Ιανουάριος και ο Φεβρουάριος είναι οι ψυχρότεροι μήνες με μέση θερμοκρασία αέρος 1,7° C και οι Ιούλιος και Αύγουστος οι θερμότεροι μήνες με μέση θερμοκρασία 20,2° C. Η υψηλότερη θερμοκρασία αέρα που έχει καταγραφεί είναι 35,5° C και η χαμηλότερη -15° C. Η μέση ετήσια σχετική υγρασία είναι 73,1%. Στο δάσος παρατηρείται μέση ετήσια βροχόπτωση περίπου 749 mm.

Από φυτοκοινωνικής άποψης το δάσος ανήκει στη ζώνη Quercetalia. Στο μεγαλύτερο μέρος της περιοχής εμφανίζεται η ένωση *Quercetum confertae*, ενώ λείψανα της ένωσης *Querceto fagetum* εμφανίζονται τοπικά καθώς επίσης η ένωση *Quercetum ilicis* στα ρεύματα (Ταμείο Διοικήσεως και Διαχειρίσεως Πανεπιστημιακών Δασών 1991).

Μέθοδος έρευνας

Συνολικά 410 προσωρινές κυκλικές δοκιμαστικές επιφάνειες σταθερής έκτασης 0,03 ha εγκαταστάθηκαν, με συστηματική δειγματοληψία, στις συστάδες πλατύφυλλου δρυός του Πανεπιστημιακού Δάσους Ταξιάρχη,

κατά την απογραφή του δάσους για την κατάρτιση του διαχειριστικού του σχεδίου για την περίοδο 1992-2001. Προσπάθεια καταβλήθηκε έτσι ώστε να περιληφθεί στο δείγμα όσο το δυνατόν μεγαλύτερο εύρος ποιοτήτων τύπου και ηλικιών. Όπου ήταν δυνατόν, τέσσερα κυριαρχούντα και συγκυριαρχούντα δέντρα δρυός μετρήθηκαν για συνολικό ύψος, σθηθιαία διάμετρο και σθηθιαία ηλικία. Από τις 410 δοκιμαστικές επιφάνειες χρησιμοποιήθηκαν στην ανάλυση οι 388. Από τα τέσσερα ή όσα ήταν δυνατόν να μετρηθούν δέντρα καθεμιάς δοκιμαστικής επιφάνειας υπολογίστηκε η μέση σθηθιαία ηλικία και το μέσο συνολικό ύψος και αυτοί οι 388 μέσοι όροι χρησιμοποιήθηκαν στην επεξεργασία των στοιχείων.

Για να είναι τα κυριαρχούντα και συγκυριαρχούντα δέντρα κατάλληλα για δέντρα ποιότητας τύπου, έπρεπε να έχουν τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- Να είναι σθηθιαίας ηλικίας τουλάχιστον 12 ετών (τα ατομικά δέντρα).
- Να είναι ευθυτενή δίχως στρέβλωση και έντονη κλίση.
- Να έχουν ένα κύριο κορμό.
- Με καθαρό κορμό, δίχως πολλά επικορμικά κλαδιά, εξογκώματα, νεκρά αποκόμματα κλάδων, ή άλλα επιφανειακά σφάλματα. Λίγα μικρά επιφανειακά τραύματα, ξυσίματα φλοιού και ουλές ήταν αποδεκτά.
- Μη ύπαρξη ορατής προσβολής από ασθένεια, έντομα ή αλλη ζημιά στον κορμό ή στην κορυφή η οποία θα μπορούσε να επηρεάσει το ύψος.
- Δίχως σπασμένες ή παραμορφωμένες κορυφές που ήταν ορατές.
- Υγιείς κόμεις.
- Με πλήρη κόμη, δίχως νεκρές κορυφές ή μεγάλες διακλαδώσεις. Μικρές αναλογίες κόμης μπορεί να υποδεικνύουν βραδύτερη αύξηση ύψους που ήταν αποτέλεσμα έντονου ενδοδεντρικού συναγωνισμού.
- Μη ύπαρξη ορατής μαρτυρίας για ζημιά από πυρκαγιά.

Υποτέθηκε ότι κάθε δέντρο ήταν κυριαρχούν και συγκυριαρχούν κατά τη διάρκεια ολόκληρης της ζωής του, με άλλα λόγια ότι ήταν σχετικά ελεύθερο από οξύ ανταγωνισμό για φως.

Η ηλικία μετρείται στο σθηθιαίο ύψος σε πολλές περιπτώσεις συγχρόνων καμπυλών ποιοτήτων τύπου. Αυτό σημαίνει ότι το δέντρο είναι χρονολογικά αρκετά χρόνια μεγαλύτερο, κατά τον αριθμό των ετών που πέρασαν από τη φύτευση του σπόρου μέχρι όπου έφθασε το σθηθιαίο ύψος. Αυτή η ηλικία είναι περισσότερο βολική και ακριβής από ότι η συνολική ηλικία για ανεξάρτητη μεταβλητή σε μετρήσεις ποιότητας τύπου. Όταν πρόκειται να βρεθεί η συνολική ηλικία, τα χρόνια που πρέπει να προστεθούν ποικίλουν με την ποιότητα τύπου και από έναν αριθμό άλλων προϋποθέσεων οι οποίες σχετίζονται με την ιστορία της συστάδας. Αυτές οι προϋποθέσεις, συνήθως, δεν είναι γνωστές (Husch 1956, King 1966). Οι καμπύλες δεικτών ποιοτήτων τύπου της εργασίας αυτής βασίζονται σε βασική ηλικία (ή ηλικία αναφοράς) των 50 ετών στο σθηθιαίο ύψος.

Πάρα πολλές εξισώσεις αύξησης έχουν προταθεί κατά καιρούς για δεδομένα ύψους-ηλικίας δέντρων. Μερικές από αυτές μπορεί να βρει κανένας στους Stage (1963), Carmean (1972) και Bruskin (1995). Στην εργασία αυτή, οι ακόλουθες εξισώσεις, με αμετασχημάτιστο το ύψος ως εξαρτημένη μεταβλητή, εξετάστηκαν χρησιμοποιώντας μεθόδους γραμμικής παλινδρόμησης:

$$h = b_0 + b_1 t + b_2 t^2 + b_3 t^3 \quad (1)$$

$$h = b_0 + b_1 t + b_2 t^2 \quad (2)$$

$$h = b_1 t + b_2 t^2 \quad (3)$$

$$h = b_0 + b_1 t^{1/2} + b_2 t \quad (4)$$

$$h = b_0 + b_1 t^{1/2} + b_2 t + b_3 t^2 \quad (5)$$

$$h = b_0 + b_1 t + b_2 (1/t) \quad (6)$$

$$h = b_0 + b_1 (1/t) + b_2 (1/t^2) \quad (7)$$

$$h = b_0 + b_1 (1/t) \quad (8)$$

$$h = b_0 + b_1 (1/t^2) \quad (9)$$

$$h = b_0 + b_1 t + b_2 \ln t \quad (10)$$

$$h = b_0 + b_1 \ln t \quad (11)$$

$$h = b_0 + b_1 \ln t + b_2 (\ln t)^2 \quad (12)$$

όπου : h = συνολικό ύψος δέντρου (μέτρα).

t = στηθαία ηλικία (έτη).

b_i 's = σταθερές παράμετροι του μοντέλου που θα εκτιμηθούν.

\ln = φυσικός λογάριθμος.

Επιπλέον ελέγχθηκαν εξισώσεις που χρησιμοποιούν το λογαριθμικό μετασχηματισμό του ύψους:

$$\ln h = b_0 + b_1 \ln t + b_2 (\ln t)^2 \quad (13)$$

$$\ln h = b_0 + b_1 (1/t) \quad (14)$$

$$\ln h = b_0 + b_1 (1/t) + b_2 (1/t^2) \quad (15)$$

$$\ln h = b_0 + b_1 (1/t^{1/2}) \quad (16)$$

$$\ln h = b_0 + b_1 t + b_2 (1/t^{1/2}) \quad (17)$$

$$\ln h = b_1 \ln t + b_2 (\ln t)^2 \quad (18)$$

$$\ln h = b_0 + b_1 t^{1/2} + b_2 (1/t) + b_3 (1/t^2) \quad (19)$$

Εξετάστηκαν, επίσης, μη γραμμικά μοντέλα με τη χρησιμοποίηση του υποπρογράμματος NONLINEAR (NLR) του Στατιστικού Πακέτου για τις Κοινωνικές Επιστήμες (SPSS) (Norusis 1992). Αυτά τα μοντέλα ήταν:

$$h = H[1 - \exp(-At)] \quad (20)$$

$$h = A[1 - \exp(-Bt)]^C \quad (21)$$

$$h = A[1 - \exp(-Bt^C)] \quad (22)$$

$$h = \frac{t^2}{A + Bt + Ct^2} \quad (23)$$

$$h = \frac{t}{A + Bt + Ct^2} \quad (24)$$

$$h = \frac{t^2}{(A + Bt)^2} \quad (25)$$

$$h = \exp(A + B/t) \quad (26)$$

$$h = \frac{A}{1 + B \exp(-Ct)} \quad (27)$$

$$h = A \exp(-B/t) \quad (28)$$

$$h = A[1 - B \exp(-Ct)] \quad (29)$$

$$h = A + B \exp(Ct) \quad (30)$$

$$h = A \exp(-B/t^C) \quad (31)$$

$$h = A \exp(-Bt) \quad (32)$$

$$h = A\{1 - \exp[-(B/t)^C]\} \quad (33)$$

$$h = \frac{A}{1 + B \exp(-Ct^D)} \quad (34)$$

$$h = A \exp[-B \exp(-Ct)] \quad (35)$$

όπου: A, B, C, D and H = σταθερές παράμετροι του μοντέλου που εκτιμήθηκαν με μεθόδους μη γραμμικής παλινδρόμησης.

$\exp(x)$ = η βάση των φυσικών λογαρίθμων υψωμένη στο x (e^x).

Ανάμεσα στις εξισώσεις που χρησιμοποιήθηκαν είναι απλά μοντέλα όπως οι εξισώσεις (1) μέχρι (12). Το μοντέλο (28), αρχικά προτάθηκε από το Schumacher (1939), χρησιμοποιείται κανονικά στη λογαριθμική μορφή ως μοντέλο (14) (Clutter κ.α. 1983, Stage 1963). Η εξίσωση (16) έχει χρησιμοποιηθεί από τους Arvanitis κ.α. (1964) και Clatterbuck (1987). Από τα πιο περίπλοκα μη γραμμικά μοντέλα που ελέγχθηκαν, η εξίσωση (20) δόθηκε από τον Meyer (1940) και χρησιμοποιήθηκε από τους McIntock και Bickford (1957), Stout και Shumway (1982) και Nicholas και Zedaker (1992). Η εξίσωση (21) είναι η απλοποιημένη μορφή της συνάρτησης των Chapman-Richards (Richards 1959, Chapman 1961, Clutter κ.α. 1983, Monserud 1984). Οι εξισώσεις (22), (27), (29) και (35) είναι οι συναρτήσεις Weibull, Λογιστική (Logistic), Monomolecular και Gompertz αντίστοιχα (Zeide 1993). Το μοντέλο με αριθμό 23 είναι από τον Prodan (Prodan 1951, 1968, King 1966). Η εξίσωση (26) είναι η μη γραμμική μορφή του μετασχηματισμένου μοντέλου (14). Από τις υπόλοιπες εξισώσεις,

το μοντέλο (30) προτάθηκε από τον Grosenbaugh (1965) (Edminster κ.α. 1985, Edminster κ.α. 1991), η εξίσωση (31) δίνεται από τον Lundqvist (Stage 1963) και το μοντέλο (34) είναι η συνάρτηση Monserud (Monserud 1984, Edminster κ.α. 1991).

Από τα παραπάνω μοντέλα το περισσότερο κατάλληλο επιλέχθηκε για χρησιμοποίηση. Καμπύλες δεικτών ποιότητας τόπου αναπτύχθηκαν κατασκευάζοντας μια μόνο καμπύλη ύψους επί της ηλικίας και μετά προσθέτοντας μια σειρά από παρόμοιες καμπύλες για τις διάφορες κλάσεις ύψους. Κάθε ξεχωριστή καμπύλη έχει το ίδιο σχήμα και άλλα χαρακτηριστικά της καμπύλης οδηγού, διαφέροντας μόνο στο μέγεθος κατά ένα σταθερό εκατοστιαίο ποσοστό (Chapman και Meyer 1949). Η μέθοδος αυτή είναι γνωστή ως μέθοδος της καμπύλης οδηγού και χρησιμοποιήθηκε όπως περιγράφεται από τους Clutter κ.α. (1983). Χρήση της μεθόδου αυτής έχει γίνει και από τους McLintock και Bickford (1957), Zarnoch και Feduccia (1984), Edminster κ.α. (1985), Edminster κ.α. (1991) και Nicholas και Zedaker (1992). Αυτή η προσέγγιση είναι αποτελεσματική όταν επιλέγεται δείγμα από μεγάλες γεωγραφικές περιοχές, όμως δεν παύει να έχει κάποιες αδυναμίες (Edminster κ.α. 1991). Ο Spruit (1952) συζητάει τις αρκετές υποθέσεις οι οποίες είναι έμφυτες σε αυτή τη μέθοδο των αρμονικών ή αναμορφικών καμπυλών δεικτών ποιότητας τόπου για να καταλήξει στο συμπέρασμα ότι "χρήσιμες καμπύλες μπορεί εύκολα να κατασκευαστούν από δεδομένα προσωρινών δοκιμαστικών επιφανειών".

Παρά τους περιορισμούς, η μέθοδος της καμπύλης οδηγού χρησιμοποιήθηκε σ' αυτή την εργασία επειδή ήταν η πιο αποτελεσματική διαδικασία για τη δειγματοληψία στο συγκεκριμένο στατιστικό πληθυσμό των πρεμονοφυών συστάδων της πλατύφυλλου δρυός του Πανεπιστημιακού Δάσους Ταξιάρχη. Η δειγματοληψία σχεδιάστηκε έτσι ώστε να ανταποκρίνεται στις βασικές υποθέσεις της μεθόδου της καμπύλης οδηγού.

Αποτελέσματα και συζήτηση των αποτελεσμάτων

Η κατανομή των δέντρων του δείγματος κατά βαθμίδες στηθιαίας ηλικίας εύρους 5 ετών και συνολικού ύψους κυριαρχούντων και συγκυριαρχούντων δέντρων εύρους 2 μέτρων δίνεται στον πίνακα I.

Βασικά στατιστικά για τους μέσους όρους των δέντρων του δείγματος που χρησιμοποιήθηκαν στην εκτίμηση των καμπυλών δεικτών ποιότητας τόπου δίνονται στον πίνακα II. Το νεαρότερο δέντρο του δείγματος ήταν 13 ετών στο στηθιαίο ύψος, ενώ το γηραιότερο είχε μια ηλικία 67 ετών στο ίδιο ύψος και η μέση ηλικία ήταν 32,8 έτη. Όσον αφορά το ύψος, το χαμηλότερο δέντρο ήταν 5,5 m και το ψηλότερο έφθανε τα 25 m με μέσο όρο 13,1 m. Οι δείκτες ποιότητας τόπου για τους μέσους όρους των δέντρων του δείγματος είχαν εύρος από 8,4 m μέχρι 25,0 m με μέσο όρο 16,3 m και τυπικό σφάλμα μέσου όρου 0,13 m. Για τα μεμονωμένα δέντρα κυμάνθηκαν μεταξύ 7,6 m και 25,8 m με μέσο όρο 15,6 m. Στατιστικά των δεικτών ποιότητας τόπου βασίζονται στις

Πίνακας I. Κατανομή δέντρων του δείγματος κατά βαθμίδες στηθιαίας ηλικίας πλάτους 5 ετών και συνολικού ύψους πλάτους 2 μέτρων.

Table I. Number of sample trees by age classes and total height classes.

Βαθμίδα στηθιαίας ηλικίας	Βαθμίδα συνολικού ύψους κυριαρχούντων και συγκυριαρχούντων, μέτρα									Σύνολο	%	
	6	8	10	12	14	16	18	20	22			
έτη												
15		5								5	1,3	
20	1	11	12	5	1					30	7,7	
25	1	6	13	12	5	1				38	9,8	
30	1		1	32	27	8	2			71	18,3	
35		1	15	44	61	33	9		1	164	42,3	
40		1	4	17	18	9	10	1		60	15,5	
45			1	3	3	4		1		12	3,1	
50							1	3	1	5	1,3	
55						1	1		1	3	0,8	
Σύνολο	3	24	46	113	115	56	23	5	3	388		
%	0,8	6,2	11,9	29,1	29,6	14,4	5,9	1,3	0,8		100	

Πίνακας II. Βασικά στατιστικά για την πλατύφυλλο δρυ.**Table II.** Basic statistics for *Quercus conferta*.

Μεταβλητή	Ελάχιστη τιμή	Αριθμ μέσος	Μέγιστη τιμή	Διάμεσος	Εύρος	Διασπορά	Συντελεστής κύμανσης
Ηλικία, έτη	15	32,9	56	34,2	41	45,179	20,4
Ύψος, μέτρα	6,2	13,1	21,8	13,1	16,5	7,064	20,3
Δείκτης ποιότητας τόπου, μέτρα	8,4	16,3	25,0	16,3	16,6	6,740	15,9

καμπύλες δεικτών ποιότητας τόπου που αναπτύχθηκαν στην εργασία αυτή.

Από τις εξισώσεις που δοκιμάστηκαν μερικές δεν προσαρμόστηκαν στα δεδομένα για στατιστικούς λόγους ενώ οι υπόλοιπες έδωσαν παρόμοια αποτελέσματα όσον αφορά το τυπικό σφάλμα εκτίμησης θεωρητικών τιμών. Στις συγκρίσεις, για τα μοντέλα που χρησιμοποιούν το λογαριθμικό μετασχηματισμό του συνολικού ύψους, χρησιμοποιήθηκε ο δείκτης του Furnival (Furnival 1961). Τελικά, η εξίσωση (20), το μοντέλο που έχει προταθεί από τον Meyer, επιλέγει για χρήση στην ανάλυση που ακολουθεί.

Η εξίσωση “ύψος κυριαρχούντων και συγκυριαρχούντων / ηλικία στο σθηθιαίο ύψος” που πάρθηκε στη μελέτη αυτή είναι:

$$h = 20,57(1 - e^{-0,0311t}) \quad (36)$$

με συντελεστή προσδιορισμού $R^2 = 0,3652$, τυπικό σφάλμα εκτίμησης θεωρητικών τιμών $RMSE = 2,118$ και τυπικά σφάλματα για τους συντελεστές παλινδρόμησης $RMSE_H = 1,674$ και $RMSE_A = 0,00374$.

Με τα ίδια δεδομένα αλλά χρησιμοποιώντας τα μεμονωμένα δέντρα και όχι μέσους όρους ανά δοκιμαστική επιφάνεια, που ήταν συνολικά 1.597, η εξίσωση του Meyer πήρε τη μορφή $h = 17,56(1 - e^{-0,04331t})$ με συντελεστή προσδιορισμού $R^2 = 0,314$, τυπικό σφάλμα εκτίμησης θεωρητικών τιμών $RMSE = 2,33$ και τυπικά σφάλματα για τους συντελεστές παλινδρόμησης $RMSE_H = 0,37$ και $RMSE_A = 0,0023$ (Μάτης 1997). Η στατιστική σύγκριση των συντελεστών παλινδρόμησης H και A των δύο εξισώσεων, σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 0,05$, έδειξε ότι οι μεν συντελεστές H δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά ($Z = 1,63$) ενώ οι A διαφέρουν ($Z = 2,63$). Αυτό σημαίνει ότι οι δύο εξισώσεις διαφέρουν στατιστικά σημαντικά.

Σύμφωνα με τη μέθοδο της καμπύλης οδηγού, όταν A είναι η ηλικία αναφοράς ή βασική ηλικία (η οποία σ' αυτή την εργασία είναι 50 έτη) το κυριαρχούν και συγκυριαρχούν ύψος ισούται με το δείκτη ποιότητας τόπου (SI). Δηλαδή:

$$SI = 20,57[1 - e^{-0,0311(50)}] \quad (37)$$

Λύνοντας αυτή την εξίσωση για $H_{50} = 20,57$ παίρνουμε:

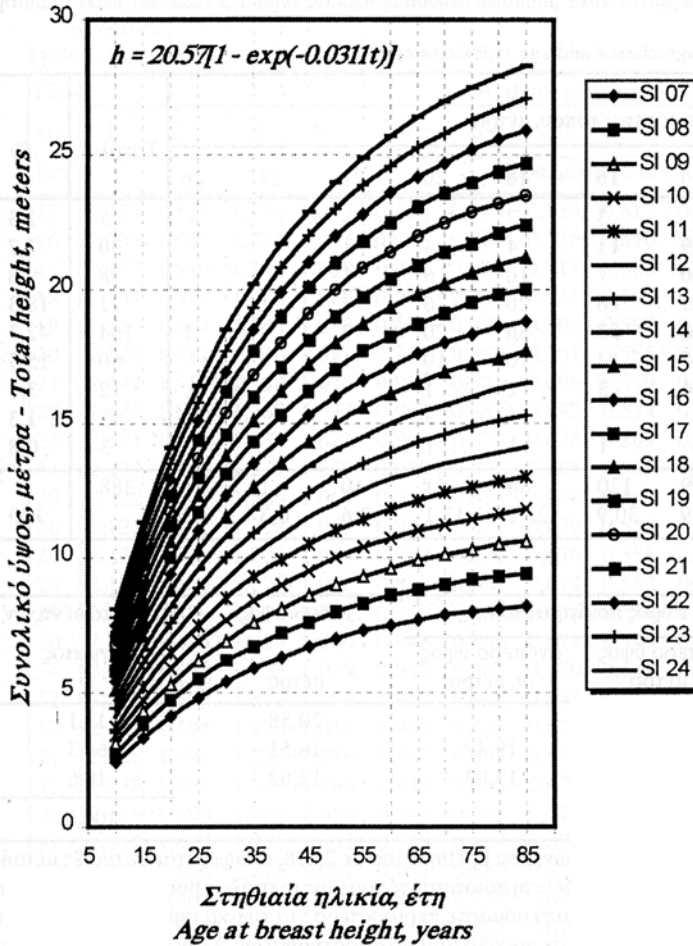
$$20,57 = H_{50} = \frac{SI}{1 - e^{-0,0311(50)}} \quad (38)$$

και αντικαθιστώντας αυτή την τιμή στην εξίσωση (36) έχουμε:

$$h = H_{50}(1 - e^{-0,0311t}) = \frac{SI}{1 - e^{-0,0311(50)}}(1 - e^{-0,0311t}) \quad (39)$$

Από την εξίσωση (39), η εξίσωση του δείκτη ποιότητας τόπου θα είναι:

$$SI = h \frac{1 - e^{-0,0311(50)}}{1 - e^{-0,0311t}} = \frac{0,788811h}{1 - e^{-0,0311t}} \quad (40)$$



Σχήμα 1. Καμπύλες δεικτών ποιότητων τόπου σε βασική ηλικία 50 ετών στο σθηθιαίο ύψος για την πλατύφυλλο δρυ στο Πανεπιστημιακό Δάσος Ταξιάρχη.

Figure 1. Site index curves at an index age of 50 years at breast height for *Quercus conferta* in the University Forest Taxiarchis, Greece.

τας τόπου όλων των μέσων όρων του δείγματος. Η κατανομή του δείγματος κατά βαθμίδες σθηθιαίας ηλικίας πλάτους 5 ετών και δεικτική ποιότητας τόπου πλάτους 2 μέτρων δίνεται στον πίνακα IV. Διαιρώντας το εύρος των δεικτών ποιότητας τόπου $R = 25,0 - 8,4 = 16,6$ m (πίνακας II) διά 5 παίρνουμε 3,32 m. Χρησιμοποιώντας αυτήν την τιμή μπορούμε να διακρίνουμε πέντε κλάσεις ποιότητας τόπου για τις προεμφανείς συστάδες της πλατύφυλλου δρυός του Πανεπιστημιακού Δάσους Ταξιάρχη. Το εύρος των υψών σε βασική ηλικία 50 ετών, τα μέσα ύψη και η εκατοστιαία αναλογία των δέντρων του δείγματος σε κάθε μια κλάση ποιότητας τόπου είναι:

Ποιότητα τόπου	Εύρος ποιότητας τόπου		Μέσο ύψος μέτρα	Ποσοστό δέντρων δείγματος
	κατώτερο ύψος σε μέτρα	ανώτερο ύψος σε μέτρα		
Ποιότητα τόπου I	21,68	-	22,74	1,8
Ποιότητα τόπου II	18,36	21,68	19,60	20,4
Ποιότητα τόπου III	15,04	18,36	16,60	46,6
Ποιότητα τόπου IV	11,72	15,04	13,81	27,3
Ποιότητα τόπου V	-	11,72	10,57	3,9
				100,0

Η λιγότερο συχνή κλάση ποιότητας τόπου που βρέθηκε είναι η κλάση I (μόνο 1,8%) και η περισσότερη συχνή είναι η κλάση III (46,6%). Πάνω από το 70% των προεμφανών συστάδων της πλατύφυλλου δρυός του Πανεπιστημιακού Δάσους Ταξιάρχη ανήκουν στις κλάσεις ποιότητας τόπου III και IV.

Αν θέλαμε να διακρίνουμε μόνο τρεις κλάσεις ποιότητας τόπου θα είχαμε $16,6 / 3 = 5,53$ m και οι κλάσεις

Πίνακας IV. Κατανομή δέντρων του δείγματος κατά βαθμίδες στηθιαίας ηλικίας εύρους 5 ετών και δείκτη ποιότητας τόπου εύρους 2 μέτρων.

Table IV. Number of sample trees by age classes and site index classes.

Βαθμίδα στηθιαίας ηλικίας έτη	Βαθμίδα δείκτη ποιότητας τόπου, μέτρα										Σύνολο	%
	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26		
15					3	2					5	1,3
20		1		9	11	4	4	1			30	7,7
25		2	2	10	7	10	6	1			38	9,8
30	1			11	28	20	6	4	1		71	18,3
35	1	1	12	38	53	36	20	2		1	164	42,3
40		2	6	17	14	10	10	1			60	15,5
45			2	4	3	2	1				12	3,1
50						1	3	1			5	1,3
55					1	1	1				3	0,8
Σύνολο %	2 0,5	6 1,5	22 5,7	89 22,9	120 30,9	86 22,2	51 13,1	10 2,6	1 0,3	1 0,3	388	100

αυτές θα ήταν:

Ποιότητα τόπου	Εύρος ποιότητας τόπου		Μέσο ύψος μέτρα	Ποσοστό δέντρων δείγματος
	κατώτερο ύψος σε μέτρα	ανώτερο ύψος σε μέτρα		
Ποιότητα τόπου I	19,47	-	20,58	13,1
Ποιότητα τόπου II	13,93	19,47	16,51	68,3
Ποιότητα τόπου III	-	13,93	12,62	18,6
				100,0

Το τυπικό σφάλμα εκτίμησης θεωρητικών τιμών, που βρέθηκε ίσο με 2,118, αναφέρεται σε απλές μετρήσεις γύρω από το μέσο όρο. Όμως η εκτίμηση του δείκτη ποιότητας τόπου μιας συστάδας βασίζεται σε μέτρηση ενός αριθμού δέντρων της. Για το λόγο αυτό ενδιαφερόμαστε περισσότερο για τυπικά σφάλματα εκτίμησης μέσω σε διάφορες μέσες ηλικίες που βασίζονται σε ποικίλο αριθμό παρατηρήσεων. Στον πίνακα V δίνονται τα τυπικά σφάλματα εκτίμησης του μέσου ύψους, σε μέτρα, όταν δίνεται η μέση στηθιαία ηλικία και ο αριθμός των παρατηρήσεων. Από τον πίνακα αυτό γίνεται φανερό ότι για να έχουμε ένα δειγματοληπτικό σφάλμα στην εκτίμηση του μέσου ύψους μικρότερο από 1 περίπου μέτρο, σε επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 5\%$, θα πρέπει να παρθεί ένα δείγμα ίσο με πέντε δέντρα για το συνηθισμένο εύρος ηλικιών, ενώ για σφάλμα στο μέσο ύψος μικρότερο από 0,5 m το δείγμα θα πρέπει να ανέλθει σε 25 με 30 δέντρα.

Συμπεράσματα

Οι αναμορφικές καμπύλες δεικτών ποιότητων τόπου, που παρουσιάζονται στην εργασία αυτή, είναι μια απόπειρα να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα της εκτίμησης της ποιότητας τόπου για τις προεμφυείς συστάδες της πλατύφυλλου δρυός του Πανεπιστημιακού Δάσους Ταξιάραχη για πρώτη φορά. Επιπλέον των δεικτών ποιότητας τόπου, διακρίθηκαν πέντε και τρεις κλάσεις ποιότητας τόπου για τις ίδιες προεμφυείς συστάδες. Όλα αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν έτσι ώστε να έχουμε μια περισσότερο ακριβή διαχείριση του δάσους αυτού.

Καλές εκτιμήσεις του δείκτη ποιότητας τόπου μπορούν να παρθούν για μέσες ηλικίες από 15 μέχρι 56 ετών στο στηθιαίο ύψος, προέκταση έξω από τα όρια αυτά είναι αμφίβολη εξαιτίας της έλλειψης δεδομένων για τέτοιες ηλικίες στα αρχικά στοιχεία της κατάρτισής τους.

Πίνακας V. Τυπικά σφάλματα του μέσου ύψους, σε μέτρα, σε σχέση με τη μέση στήθια ηλικία και το μέγεθος του δείγματος.

Table V. Computed standard errors of the mean height, in meters, in relation to mean breast height age and sample size.

Ηλικία Ετη	Αριθμός παρατηρήσεων													Ηλικία Ετη
	1	2	3	4	5	6	10	15	20	25	30	40	50	
Σφάλματα σε μέτρα														
15	2,137	1,525	1,256	1,097	0,990	0,911	0,729	0,617	0,554	0,512	0,481	0,441	0,415	15
16	2,135	1,522	1,252	1,093	0,985	0,906	0,722	0,610	0,546	0,503	0,472	0,431	0,404	16
17	2,133	1,519	1,249	1,089	0,981	0,901	0,717	0,603	0,538	0,494	0,463	0,421	0,393	17
18	2,131	1,517	1,246	1,086	0,977	0,897	0,711	0,597	0,530	0,486	0,454	0,411	0,383	18
19	2,130	1,514	1,243	1,082	0,973	0,893	0,706	0,590	0,523	0,479	0,446	0,402	0,373	19
20	2,128	1,512	1,240	1,079	0,969	0,889	0,701	0,585	0,517	0,471	0,438	0,394	0,364	20
21	2,127	1,510	1,238	1,076	0,966	0,885	0,696	0,579	0,511	0,465	0,431	0,385	0,355	21
22	2,125	1,508	1,235	1,073	0,963	0,882	0,692	0,574	0,505	0,458	0,424	0,378	0,347	22
23	2,124	1,506	1,233	1,071	0,960	0,879	0,688	0,569	0,499	0,452	0,418	0,371	0,339	23
24	2,123	1,504	1,231	1,069	0,958	0,876	0,685	0,565	0,495	0,447	0,412	0,364	0,332	24
25	2,122	1,503	1,229	1,067	0,956	0,874	0,682	0,561	0,490	0,442	0,407	0,358	0,325	25
26	2,121	1,502	1,228	1,065	0,954	0,872	0,679	0,558	0,486	0,438	0,402	0,353	0,319	26
27	2,120	1,501	1,226	1,063	0,952	0,870	0,676	0,555	0,483	0,434	0,398	0,348	0,314	27
28	2,119	1,500	1,225	1,062	0,950	0,868	0,674	0,552	0,480	0,431	0,395	0,344	0,310	28
29	2,119	1,499	1,224	1,061	0,949	0,867	0,673	0,550	0,478	0,428	0,392	0,341	0,306	29
30	2,119	1,498	1,224	1,060	0,948	0,866	0,671	0,549	0,476	0,426	0,389	0,338	0,303	30
31	2,118	1,498	1,223	1,059	0,948	0,865	0,670	0,548	0,475	0,425	0,388	0,336	0,301	31
32	2,118	1,498	1,223	1,059	0,947	0,865	0,670	0,547	0,474	0,424	0,387	0,335	0,300	32
33	2,118	1,498	1,223	1,059	0,947	0,865	0,670	0,547	0,474	0,424	0,387	0,335	0,300	33
34	2,118	1,498	1,223	1,059	0,947	0,865	0,670	0,547	0,474	0,424	0,387	0,335	0,300	34
35	2,118	1,498	1,223	1,060	0,948	0,865	0,671	0,548	0,475	0,425	0,388	0,337	0,301	35
36	2,119	1,498	1,224	1,060	0,948	0,866	0,672	0,549	0,476	0,427	0,390	0,339	0,304	36
37	2,119	1,499	1,225	1,061	0,949	0,867	0,673	0,551	0,478	0,429	0,392	0,341	0,307	37
38	2,120	1,500	1,226	1,062	0,951	0,869	0,675	0,553	0,481	0,431	0,395	0,345	0,310	38
39	2,120	1,501	1,227	1,063	0,952	0,870	0,677	0,556	0,484	0,435	0,399	0,349	0,315	39
40	2,121	1,502	1,228	1,065	0,954	0,872	0,679	0,559	0,487	0,439	0,403	0,354	0,320	40
41	2,122	1,503	1,230	1,067	0,956	0,874	0,682	0,562	0,491	0,443	0,408	0,359	0,326	41
42	2,123	1,505	1,231	1,069	0,958	0,877	0,685	0,566	0,496	0,448	0,413	0,365	0,333	42
43	2,124	1,506	1,233	1,071	0,961	0,880	0,689	0,570	0,500	0,453	0,419	0,372	0,340	43
44	2,125	1,508	1,236	1,074	0,964	0,883	0,693	0,575	0,506	0,459	0,426	0,379	0,348	44
45	2,127	1,510	1,238	1,077	0,967	0,886	0,697	0,580	0,512	0,466	0,433	0,387	0,357	45
46	2,128	1,512	1,241	1,080	0,970	0,890	0,702	0,586	0,518	0,473	0,440	0,395	0,366	46
47	2,130	1,515	1,244	1,083	0,974	0,894	0,707	0,592	0,525	0,480	0,448	0,404	0,375	47
48	2,132	1,517	1,247	1,086	0,978	0,898	0,712	0,598	0,532	0,488	0,456	0,413	0,385	48
49	2,134	1,520	1,250	1,090	0,982	0,902	0,718	0,605	0,539	0,496	0,465	0,423	0,395	49
50	2,136	1,522	1,253	1,094	0,986	0,907	0,724	0,612	0,547	0,504	0,474	0,433	0,406	50
51	2,138	1,525	1,257	1,098	0,991	0,912	0,730	0,619	0,555	0,513	0,483	0,443	0,417	51
52	2,140	1,529	1,261	1,102	0,995	0,917	0,736	0,627	0,564	0,523	0,493	0,454	0,428	52
53	2,142	1,532	1,265	1,107	1,000	0,923	0,743	0,635	0,573	0,532	0,503	0,465	0,440	53
54	2,145	1,535	1,269	1,112	1,006	0,928	0,750	0,643	0,582	0,542	0,514	0,476	0,452	54
55	2,147	1,539	1,273	1,117	1,011	0,934	0,758	0,651	0,591	0,552	0,524	0,487	0,464	55
56	2,150	1,543	1,278	1,122	1,017	0,941	0,765	0,660	0,601	0,562	0,535	0,499	0,476	56

Η χρήση της ηλικίας στο σθηθιαίο ύψος και όχι της συνολικής ηλικίας παρακάμπτει αρκετά προβλήματα για την εκτίμηση του δείκτη ποιότητας τόπου. Όχι μόνο είναι ευκολότερο και με μεγαλύτερη ακρίβεια να εκτιμηθεί η πρώτη, αλλά και το σθηθιαίο ύψος αντιπροσωπεύει ένα ύψος το οποίο τα μικρά δέντρα έχουν διαβεί κατά τη διάρκεια της αρχικής εγκατάστασης και προσαρμογής στο δασικό τόπο (Dolph, 1991).

Height Growth And Site Index Curves For *Quercus conferta* Kit. In The University Forest At Taxiarchis, Greece

Konstantinos G. Matis*

Summary

Site index curves were derived for coppice stands of *Quercus conferta* Kit. at the University Forest at Taxiarchis, Greece based on 388 temporary fixed-area circular sample plots. Trees ranged in mean breast height age from 15 to 56 years. Simple linear, multiple linear and nonlinear regression analysis were employed to express both height as a function of age at breast height and also site index as a function of height and age. The equation proposed by Meyer (1940), $h = H(1 - e^{-Aa})$, was selected to express height growth. The index age was 50 years. The guide curve method has been used. In addition to site index curves, five and three site quality classes were distinguished.

Keywords: Anamorphic curves, dominant and codominant trees, regression equations, site quality.

Βιβλιογραφία

- Arvanitis, L.G., Lindquist, J. and Palley, M. 1964. Site Index Curves for Even-Aged Young-Growth Ponterosa pine of the West-Side Sierra Nevada. California Forestry and Forest Products No. 35, 8 p.
- Αστέρης, Κ.Ι. και Μάτης, Κ.Γ. 1984. Δυνατότητα εκτίμησης ποιότητας τόπου συστάδων Μαύρης πεύκης με τη βοήθεια της ετήσιας προσαύξησης ύψους. Δασικά Χρονικά, τεύχος 2-3, Μάρτης-Απριλίου 1984, 30-38.
- Αστέρης, Κ.Ι. και Μάτης, Κ.Γ. 1991. Μέθοδοι εκτίμησης ποιότητας τόπου. Επιστ. Επετ. του Τμήματος Δασολογίας και Φυσιικού Περιβάλλοντος, τόμος ΛΔ' σελ. 341-376.
- Bruskin, S. 1995. A Site Quality Model for Blackbutt (*Eucalyptus Pilularis* Smith). Australian Forestry 58(2): 31-34.
- Burkhart, H.E. and Tennent, R.B. 1977. Site Index Equations for Douglas fir in Kaingaroa Forest. New Zealand Journal of Forestry Science 7(3): 417-419.
- Carmean, W.H. 1972. Site Index Curves for Upland Oaks in the Central States. Forest Science 18(2): 109-120.
- Carmean, W.H. 1975. Forest Site Quality Evaluation in the United States. Advances in Agronomy 27: 209-269.
- Chapman, D.G. 1961. Statistical Problems in Population Dynamics of Exploited Fisheries Populations. In: Proc. Fourth Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability. University of California Press, Berkeley, pp. 153-168.
- Chapman, H.H. and Meyer, W.H. 1949. Forest Mensuration. McGraw-Hill Book Co., New York. 522 p.
- Clatterbuck, W.K. 1987. Height Growth and Site Index Curves for Cherrybark Oak and Sweetgum in Mixed, Even-Aged Stands on the Minor Bottoms of Central Mississippi. Southern Journal of Applied Forestry 11(4): 219-222.
- Clutter, J.L., Fortson, J.C., Pienaar, L.V., Brister, G.H. and Bailey, R.L. 1983. Timber Management: A Quantitative Approach. John Wiley & Sons, Inc., New York. 333 p.
- Dolph, K.L. 1991. Polymorphic Site Index Curves for Red Fir in California and Southern Oregon. USDA For.

* Department of Forestry and Natural Environment, P.O. Box 237, Aristotle University of Thessaloniki, GR-540 06, Thessaloniki, GREECE

- Serv., Res. Pap., PSW-206. 18 p.
- Edminster, C.B., Mathiasen, R.L. and Olsen, W.K. 1991. A Method for Constructing Site Index Curves from Height-Age Measurements Applied to Douglas-fir in the Southwest. USDA For. Serv., Res. Note, RM-510. 6 p.
- Edminster, C.B., Mowver, H.T. and Shepperd, W.D. 1985. Site Index Curves for Aspen in the Central Rocky Mountains. USDA For. Serv., Res. Note, RM-453. 4 p.
- Ford-Robertson, F.C. (Ed.). 1971. Terminology of Forest Science, Technology, Practice and Products. Society of American Foresters, Washington D.C. 349 p.
- Furnival, G. 1961. An Index for Comparing Equations Used in Construction of Volume Tables. Forest Science 7: 337-341.
- Grosenbaugh, L.R. 1965. Generalization and Reparameterization of Some Sigmoid and other Nonlinear Functions. Biometrics 21: 708-714.
- Husch, B. 1956. Use of Age at d.b.h. as a Variable in the Site Index Concept. Journal of Forestry 54(5): 340.
- Husch, B., Miller, C.I. and Beers, T.W. 1982. Forest Mensuration. John Wiley & Sons. New York. 402p.
- King, J.E. 1966. Site Index Curves for Douglas-Fir in the Pacific Northwest. Weyerhaeuser Forestry Paper No. 8. 50 p.
- Loetsch, F., Zohrer, F. and Haller, K. F. 1973. Forest Inventory. Vol. II. Munchen : BLV Verlagsgesellschaft. 469 p.
- Μάτης, Κ.Γ. 1994. Δασική Βιομετρία II. Δεντρομετρία. Θεσσαλονίκη. 458 σελ.
- Μάτης, Κ.Γ. 1997. Αδημοσίευτα στοιχεία.
- Μάτης, Κ.Γ. και Διαμαντοπούλου, Μ.Ι. 1995. Εκτίμηση δείκτη ποιότητας τόπου δρυός (*Quercus conferta* Kit.) στο Πανεπιστημιακό Δάσος Ταξιόρχη Χαλκιδικής με την ετήσια προσαύξηση ύψους. Γεωτεχνικά Επιστημονικά Θέματα 6(4): 34-39.
- McLintock, T.F. and Bickford, C.A. 1957. A Proposed Site Index for Red Spruce in the Northeast. USDA For. Serv., Northeastern Forest Exp. Sta., Station Paper No. 93. 30 p.
- Meyer, H.A. 1940. A Mathematical Expression for Height Curves. Journal of Forestry 38(5): 415-420.
- Monserud, R.A. 1984. Height Growth and Site Index Curves for Inland Douglas-fir Based on Stem Analysis Data and Forest Habitat Type. Forest Science 30(4): 943-965.
- Nicholas, N.S. and Zedaker, S.M. 1992. Expected Stand Behavior: Site Quality Estimation for Southern Appalachian Red spruce. Forest Ecology and Management 47:39-50.
- Norusis, M.J. 1992. SPSS for Windows Base System User's Guide Release 5.0. SPSS Inc. 444 N. Michigan Avenue, Chicago, Illinois, USA. 672 p.
- Ντάφης, Σ.Α. 1966. Σταθμολογικά και δασοοποδοτικά έρευνα εις πρεμνοφυή δρυοδάση και καστανωτά της Βορειοανατολικής Χαλκιδικής. Διατριβή επί Υφηγεσία. Θεσσαλονίκη. 120 σελ.
- Payandeh, B. 1978. A Site Index Formula for Peatland Black Spruce in Ontario. Forestry Chronicle 54(1): 39-41.
- Prodan, M. 1951. Messung der Waldbestände. J. D. Sauerlander's Verlag, Frankfurt am Main. 260 p.
- Prodan, M. 1968. Forest Biometrics. Pergamon Press, Oxford. 447 p.
- Rennie, P.J. 1963. Methods of Assessing Site Capacity. Commonwealth Forestry Review 42(114): 306-317.
- Richards, F.J. 1959. A Flexible Growth Function for Empirical Use. Journal of Experimental Botany 10(29): 290-300.
- Schumacher, F.X. 1959. A New Growth Curve and its Application to Timber Yield Studies. Journal of Forestry 37(11): 819-820.
- Spurr, S.H. 1952. Forest Inventory. The Ronald Press Co. New York. 476 p.
- Stage, A.R. 1963. A Mathematical Approach to Polymorphic Site Index Curves for Grand fir. Forest Science 9(2): 167-180.
- Stout, B.B and Shumway, D.L. 1982. Site Quality Estimation Using Height and Diameter. Forest Science 28(3):639-645.
- Truman, R., Humphreys, F.R. and Lambert, M.J. 1983. Prediction of Site Index for *Pinus radiata* at Mullions Range State Forest, New South Wales. Australian Forest Research 13 (3-4): 207-215.

- Ταμείο Διοικήσεως και Διαχειρίσεως Πανεπιστημιακών Δασών. 1991. Διαχειριστικό σχέδιο Πανεπιστημιακού Δάσους Ταξιάρχη 1992-2001. Α' Γενικό Μέρος. Ταξιάρχης. 85 σελ.
- University Forests Administration. 1994. Forest District Office of Taxiarchis-Chalkidiki. A Short Description. Thessaloniki, Greece. 7 p.
- Vanclay, J.K. and Henry, N.B. 1988. Assessing Site Productivity of Indigenous Cypress pine Forests in Southern Queensland. Commonwealth Forestry Review 67(1): 53-64.
- Zarnoch, S.J. and Feduccia, D.P. 1984. Slash Pine Plantation Site Index Curves for the West Gulf. Southern Journal of Applied Forestry 8(4):223-225.
- Zeide, B. 1993. Analysis of Growth Equations. Forest Science 39(3): 594-616.

Διερεύνηση της απόκρισης της λεκάνης απορροής Ξηριά Κορίνθου στην καταιγίδα της 11-13 Ιανουαρίου 1997 με τη μέθοδο SCS

Γ. Μπαλούτσος¹, Δ. Κουτσογιάννης², Α. Οικονόμου¹, Π. Καλλίρης³

Περίληψη

Στις 11-13/1/1997 η λεκάνη απορροής του χειμάρρου Ξηριά Κορίνθου, αλλά και η ευρύτερη περιοχή, επλήγησαν από ισχυρή καταιγίδα που προξένησε έντονα πλημμυρικά φαινόμενα στην πόλη με υλικές καταστροφές και ανθρώπινα θύματα. Οι καταστροφές αποδόθηκαν τόσο στην ισχυρή βροχοπτώση και την αντίστοιχη απορροή, όσο και στις ανθρώπινες παρεμβάσεις στο χώρο δράσης του χειμάρρου. Όμως η έλλειψη σταθμών μέτρησης υδρομετεωρολογικών παραμέτρων στη λεκάνη, δημιούργησε δυσχέρειες στην ποσοτικοποίηση της υδρολογικής της απόκρισης. Το κενό αυτό εξετάζεται στην εργασία με τη διερεύνηση της απόκρισης της λεκάνης στην καταιγίδα με τη μέθοδο SCS και από την ανάλυση προέκυψαν τα ακόλουθα: Το ύψος βροχής στη λεκάνη κυμάνθηκε από 123-358mm (σταθμικό ύψος 201mm) και η περίοδος επαναφοράς της στην κεντρική ζώνη της λεκάνης ήταν της τάξης των 1000 ετών για διάρκεια 24 ωρών, αλλά αρκετά μικρότερη για μικρότερες διάρκειες. Η παροχή αιχμής στο στόμιο της λεκάνης ξεπέρασε τα 600m³/s, τιμή που αντιστοιχεί σε περίοδο επαναφοράς της τάξης των 100 ετών και ο συντελεστής πλημμυρικής απορροής ξεπέρασε το 55%. Με βάση τα φυσικά και υδρολογικά χαρακτηριστικά της λεκάνης και τα συμπεράσματα της μελέτης, προτείνονται μέτρα και έργα ελάφρυνσης των επιπτώσεων από παρόμοια γεγονότα στο μέλλον.

Λέξεις κλειδιά: Ισχυρές βροχοπτώσεις, πλημμύρες, καταστροφές, Κόρινθος, Μέθοδος SCS.

Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια σε παγκόσμια κλίμακα οι επιπτώσεις των ακραίων φυσικών φαινομένων, καθώς και οι πληγέντες από αυτά, αυξάνουν συνεχώς (Bryant, 1993· Alexander, 1993· Chapman, 1994· United Nations, 1994). Η αύξηση όμως αυτή φαίνεται πως έρχεται σε αντίθεση με τους στόχους της δεκαετίας ελάφρυνσης των επιπτώσεων από τα παραπάνω φαινόμενα που καθιερώθηκε από τον ΟΗΕ και τον Παγκόσμιο Μετεωρολογικό Οργανισμό (WMO) την 1η Ιανουαρίου 1990. Πιο συγκεκριμένα, σήμερα εκτιμάται πως τη δεκαετία που διανύουμε οι επιπτώσεις από τα παραπάνω φαινόμενα σε παγκόσμια κλίμακα έχουν τετραπλασιασθεί σε σχέση με εκείνες της δεκαετίας του 1960 και ο αριθμός των πληγέντων αυξάνει κατά 6% ετησίως μετά το 1960 (Bouille, 1997). Κατά συνέπεια η επίτευξη των στόχων τόσο του δεκαετούς προγράμματος του ΟΗΕ, όσο και του παγκόσμιου συνεδρίου για τα ακραία φυσικά φαινόμενα που έγινε στην Yokohama της Ιαπωνίας το Μάιο του 1994 για “έναν ασφαλέστερο 21ο αιώνα”, φαίνεται να μην πραγματοποιείται.

Αναλυτικότερα, οι κυριότερες αιτίες αύξησης των επιπτώσεων των ακραίων καιρικών φαινομένων, καθώς και του αριθμού των πληγέντων, είναι η ταχεία αύξηση του πληθυσμού και οι αθρόες παρεμβάσεις του στο φυσικό περιβάλλον. Τα παραπάνω έχουν αποτέλεσμα και τη μείωση της αντοχής του ανθρώπου στα φαινόμενα που αναφέρθηκαν. Ειδικότερα στο όνομα της ανάπτυξης, εκτεταμένες περιοχές τόσο στη χώρα μας όσο και αλλού (Κωτούλας, 1978· Μπαλούτσος, 1994· Στεφανίδης, 1995· Σακκάς και συν., 1995) ατικοποιούνται και βιομηχανοποιούνται, οι κοίτες των ρεμάτων και ποταμών μειώνονται σημαντικά ή κλείνουν τελείως και η φυσική βλάστηση για διάφορους λόγους υποβαθμίζεται ή καταστρέφεται και μάλιστα σε περιοχές επιρρεπείς στην εκδήλωση τέτοιων φαινομένων. Βέβαια, η ανάπτυξη πρέπει να έχει πάντοτε το χαρακτήρα της “βιώσιμης” για το καλό των σημερινών και επερχόμενων γενεών. Στην πραγματικότητα όμως οι διαχειριστές των

¹ ΕΘΙΑΓΕ, Ινστιτούτο Δασικών Ερευνών Αθηνών, Τέρμα Αλκμάνος, Ιλίσσια, 115 28, Αθήνα (τηλ. 7793142, fax: 7784602)

² ΕΜΠ, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων, Ηρώων Πολυτεχνείου 5, 157 80 Ζωγράφου.

³ Δασαρχείο Κορίνθου.

επιπτώσεων των ακραίων καιρικών φαινομένων συχνά δε λαμβάνουν υπόψη τα γενικότερα σχέδια για “βιώσιμη” ανάπτυξη των περιοχών τους και επί πλέον οι σχεδιαστές της “βιώσιμης” ανάπτυξης, συχνά δε θεωρούν την αύξηση του κινδύνου από τα παραπάνω φαινόμενα, ως μέρος του σχεδιασμού τους (Bouille, 1997). Αποτέλεσμα όλων αυτών των “παραλείψεων” είναι, όπως αναφέρθηκε, η διατάραξη της φυσικής ισορροπίας εκτεταμένων περιοχών, η μείωση της αντοχής του ανθρώπου σε περίπτωση εκδήλωσης τέτοιων φαινομένων και η επιβεβαίωση της ρήσης του Hegel που διατυπώθηκε εδώ και 200 χρόνια πως “δε διδασκόμαστε από εμπειρίες του παρελθόντος” (Charman, 1994).

Επισημαίνεται ακόμα πως οι επιπτώσεις από καιρικά φαινόμενα είναι ιδιαίτερα δυσμενείς όταν το μέγεθος τους ξεπερνάει κάθε προηγούμενο ρεκόρ. Στην κατηγορία αυτή υπάγονται κυρίως οι πλημμύρες που δημιουργούνται από ύψη βροχής που δεν είχαν παρατηρηθεί τα προηγούμενα χρόνια. Τέτοια ύψη βροχής έχουν καταγραφεί στο παρελθόν σε πολλές χώρες ανά τον κόσμο (Hershfield, 1961· Shaw, 1983· Mutreja, 1986· Jones 1997), αλλά και στην Ελλάδα. Οι τιμές τους πιθανόν να βρίσκονται στα όρια του εύρους της φυσικής μεταβλητότητας του κλίματος των περιοχών που εκδηλώνονται. Ως παραδείγματα τέτοιων γεγονότων στη χώρα μας τα τελευταία χρόνια αναφέρονται οι βροχές στο Λεωνίδιο Αρκαδίας το Νοέμβριο του 1990 (220 mm σε 24 ώρες· EMY, προσωπική επικοινωνία), στην Ξάνθη (30.11.1996 έως 1.12.1996, 300 mm σε 24 ώρες· Μπέλλος, 1997) και στο Βέλο Κορινθίας την 11-13 Ιανουαρίου 1997 (294 mm σε 24 ώρες και 358 mm σε 43 ώρες· δεδομένα EMY).

Όλες οι παραπάνω βροχοπτώσεις προκάλεσαν εκτεταμένες υλικές καταστροφές και ανθρώπινα θύματα. Όμως το αποκορύφωμα των καταστροφών ήταν στην Κόρινθο αφού ο χειμάρρος Ξηριάς που πλημμύρισε διασχίζει την πόλη. Βέβαια πλημμύρες μικρότερης έντασης από τη συγκεκριμένη περίπτωση συνέβησαν και παλαιότερα τόσο στην Κόρινθο (1972, 1990), όσο και στην ευρύτερη περιοχή της βόρειας Πελοποννήσου, όπου εκτός από το ύψος των βροχοπτώσεων, αυτές ευνοούνται από τις υδρολογικές ιδιότητες των εδαφών, καθώς και τη διέλευση των χειμάρρων δια μέσου κατοικημένων περιοχών με πολλαπλές αρνητικές παρεμβάσεις στη διαδρομή τους.

Τα αίτια της τελευταίας πλημμύρας της Κορίνθου, καθώς και τα χαρακτηριστικά του επεισοδίου βροχής που την προξένησε, εξετάστηκαν από προηγούμενους ερευνητές και τεχνικούς (Επιτροπή Νομαρχίας Κορίνθου, 1997· Οικονόμου και Μιγκάρδου, 1997). Με την παρούσα εργασία επιχειρείται επιπλέον η ποσοτικοποίηση της υδρολογικής απόκρισης της λεκάνης στην καταιγίδα της 11-13.1.97 με τη μέθοδο SCS και η συμβολή στη λήψη των αναγκαίων μέτρων και έργων για την ελάφρυνση των επιπτώσεων από παρόμοια φαινόμενα στο μέλλον.

Σύντομη περιγραφή της μεθόδου SCS

Η μέθοδος του “Αριθμού Καμπύλης Απορροής” (Runoff Curve Number) της Υπηρεσίας Διατήρησης των Εδαφών (Soil Conservation Service-SCS-) του Υπουργείου Γεωργίας των ΗΠΑ είναι μία από τις μακροβιότερες για την εκτίμηση της πλημμυρικής (επιφανειακής) απορροής από επεισόδια βροχής σε λεκάνες χωρίς υδρομετρήσεις. Αρχικά αναπτύχθηκε από τον Mockus και τους συνεργάτες του γύρω στα 1947 (SCS, 1973) και έτυχε ευρείας εφαρμογής στην Αμερική μετά τα μέσα της δεκαετίας του 1950 (Boughton, 1989). Κριτήριο για την ανάπτυξη της μεθόδου ήταν η χρήση δεδομένων βροχής και επιπλέον εδαφικών και βλαστικών χαρακτηριστικών των λεκανών, τα οποία είναι συνήθως διαθέσιμα σε ευρεία κλίμακα.

Λεπτομέρειες για τα στάδια ανάπτυξης της μεθόδου δίνονται από την υπηρεσία που αναφέρθηκε (SCS, 1972) και στην παρούσα εργασία επισημαίνονται περιληπτικά τα παρακάτω:

Η ενεργός βροχοπτώση που μετατρέπεται σε πλημμυρική απορροή Q εκτιμάται από τη σχέση:

$$\text{για } Q = \frac{(P-I)^2}{(P-I+S)} \text{ για } P > I \quad (1)$$

όπου P το αθροιστικό ύψος βροχής της λεκάνης, I το αρχικό έλλειμμα (initial abstraction) και S παράμετρος γνωστή ως δυνητική μέγιστη κατακράτηση (potential maximum retention). Συνήα για απλοποίηση λαμβάνεται $I = 0.2 S$. Τα μεγέθη Q , P , I και S εκφράζονται στις ίδιες μονάδες που εδώ έχουν ληφθεί ως mm.

Η παράμετρος S των λεκανών απορροής κυμαίνεται εντός ευρέων ορίων και εξαρτάται από τις χρήσεις γης - φυτοκάλυψης και επιπλέον από την υγρασία και τις φυσικές ιδιότητες του εδάφους. Εφόσον δεν υπάρχουν μετρήσεις απορροής, η παράμετρος S εκτιμάται μέσω μιας άλλης χαρακτηριστικής παραμέτρου που

εκφράζει το υδρολογικό σύμπλοκο εδάφους-φυτοκάλυψης, γνωστής ως αριθμού καμπύλης απορροής (ή απλώς αριθμού καμπύλης – Curve Number, CN), δια της σχέσης:

$$S = 254 \left(\frac{100}{CN} - 1 \right) \quad (\text{σε mm}) \quad (2)$$

Ο αριθμός καμπύλης CN λαμβάνει τιμές που κυμαίνονται από 0-100 και εκτιμώνται με τη χρήση πινάκων που περιέχουν τα υδρολογικά και φυσικά χαρακτηριστικά των λεκανών και την υγρασιακή κατάσταση του εδάφους πριν την έναρξη του υπό μελέτη επεισοδίου βροχής. Ειδικότερα η παράμετρος CN εκτιμάται από πίνακες για μέσες υγρασιακές συνθήκες της λεκάνης (AMC II) και, ανάλογα με τη βροχή των πέντε προηγούμενων ημερών, μπορεί να μετατραπεί σε ξηρές (AMC I) ή υγρές (AMC III) συνθήκες.

Μετά την επιλογή της κατάλληλης τιμής CN υπολογίζεται η παράμετρος S της λεκάνης και στη συνέχεια η ενεργός βροχόπτωση που με κατάλληλη μέθοδο, όπως π.χ. του μοναδιαίου υδρογραφήματος, μετασχηματίζεται σε πλημμυρική απορροή. Η εφαρμογή της μεθόδου SCS στην λεκάνη Ξηριά Κορίνθου αναλύεται παρακάτω.

Εφαρμογή

Περιοχή μελέτης

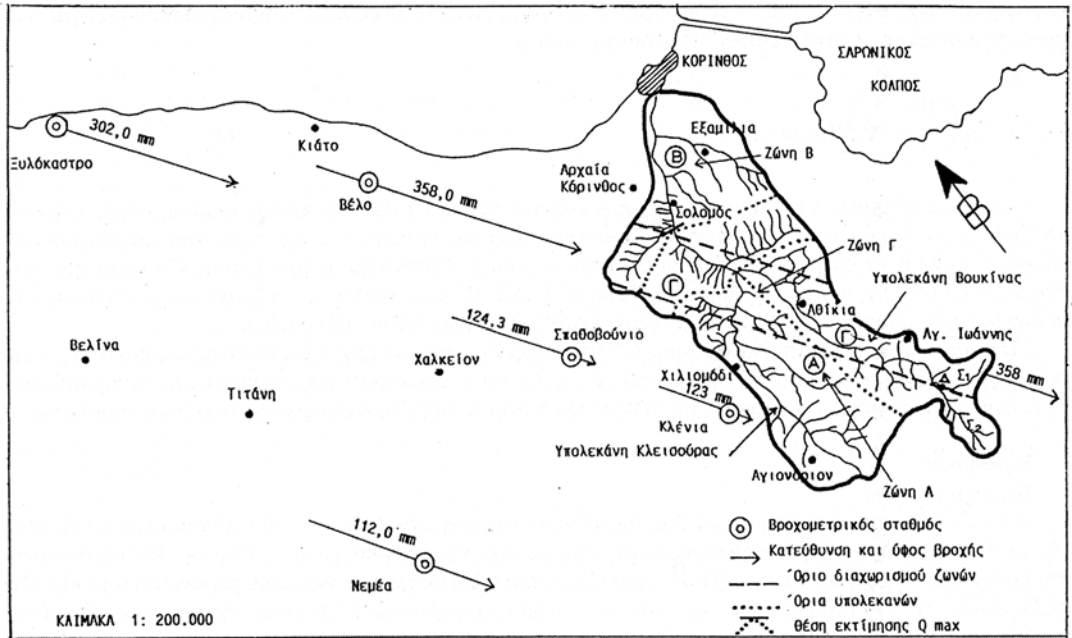
Η λεκάνη απορροής του χειμάρρου Ξηριά εκτείνεται νότια της πόλης της Κορίνθου (Σχήμα 1) και η έκτασή της, με σημείο εξόδου (στόμιο) την τομή του ρέματος με τη σιδηροδρομική γραμμή Αθηνών - Πελοποννήσου, στα όρια της πόλης, ανέρχεται σε 169 km². Έχει σχήμα τραπεζοειδές και το υψόμετρο κυμαίνεται από 40-1137 m. Οι κλίσεις της δεν είναι ομοιόμορφες και ειδικότερα το χαμηλότερο 1/3 της έκτασης προς την πόλη είναι σχεδόν οριζόντιο με μέση κλίση της κοίτης του χειμάρρου 0,5%. Στο επόμενο τρίτο οι κλίσεις αυξάνουν βαθμιαία, αλλά σε ελάχιστες θέσεις ξεπερνούν το 10%. Η μέση κλίση της κοίτης του χειμάρρου στη ζώνη αυτή είναι 2,3%. Τέλος στο τελευταίο τρίτο της έκτασης οι κλίσεις των πλαγιών κυμαίνονται από 15-25% και σε ορισμένες μόνο θέσεις φθάνουν ή ξεπερνούν το 35%. Η μέση κλίση της κοίτης του ρέματος στην τελευταία ζώνη είναι 6,8%.

Από γεωλογική άποψη η λεκάνη καλύπτεται από σκληρούς ασβεστόλιθους, τριτογενείς αποθέσεις, αλλούβια και κολούβια ασβεστολίθων (Πίνακας I). Ειδικότερα οι σκληροί ασβεστόλιθοι εκτείνονται στο νοτιότερο τμήμα της λεκάνης. Είναι πετρώματα διαπερατά και τα εδάφη που σχηματίζονται από αυτά, με χημική κυρίως αποσάθρωση, είναι αργιλώδη έως αργιλοπηλώδη και περιορίζονται σε σχισμές και θύλακες (Οικονόμου και Νάκος, 1992). Έτσι περιορίζεται και η διαπερατότητα των ασβεστολίθων. Επισημαίνεται ακόμα πως το βάθος των παραπάνω εδαφών κυμαίνεται από 5-30 cm (βραχύδη έως αβαθή) και η ταχύτητα διήθησης του νερού σ' αυτά λόγω της υφής τους, είναι περιορισμένη.

Οι τριτογενείς αποθέσεις διακρίνονται σε ερυθρά αργιλομηγή άμμο και μάργες. Από τις κατηγορίες αυτές η πρώτη εκτείνεται N και NA της πόλης Κορίνθου, έχει βάθος 5-10 m (Χάρτης ΙΓΜΕ, 1972) και αποσαθρούμενη δημιουργεί αμμώδη και αμμοπηλώδη εδάφη. Οι μάργες, σε αντίθεση με την προηγούμενη κατηγορία, είναι αδιαπέρατος γεωλογικός σχηματισμός και καταλαμβάνουν τις υπόλοιπες πεδινές περιοχές της λεκάνης. Τα αλλούβια σχηματίζουν εδάφη με υφή που εξαρτάται από την προέλευση των υλικών απόθεσης και τα κολούβια ασβεστολίθων βαθιά εδάφη με μεγάλη ταχύτητα διήθησης του νερού.

Πίνακας I. Κατηγορία μητρικού υλικού εδάφους της λεκάνης.

Κατηγορίες μητρικού υλικού	Έκταση (km ²)	Ποσοστό (%)	
Σκληρός ασβεστόλιθος	69.680	41.23	
Τριτογενείς αποθέσεις	Ερυθρά αργιλομηγής άμμος	8.108	4.80
	Μάργες	74.894	44.32
Αλλούβια	13.255	7.84	
Κολούβια ασβεστολίθων	3.063	1.81	
ΣΥΝΟΛΟ	169.00	100.00	



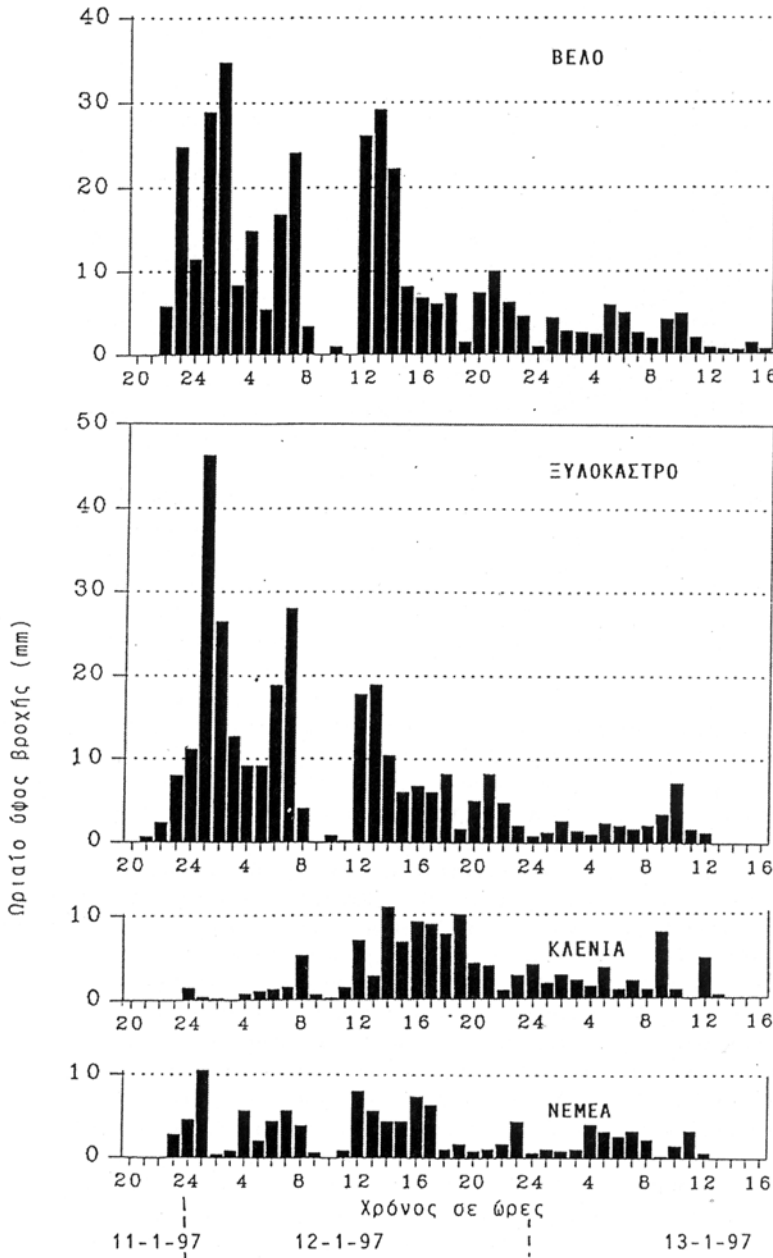
Σχήμα 1. Θέση και υδρολογικά χαρακτηριστικά της λεκάνης απορροής.

Το υδρογραφικό δίκτυο της λεκάνης είναι δενδρώδους μορφής, έχει μέση πυκνότητα 1,386 km/km² και το συνολικό μήκος της κεντρικής κοίτης ανέρχεται σε 32,5 km. Επιπλέον η κεντρική κοίτη, σε απόσταση 12,5 km από το στόμιο της λεκάνης διακλαδίζεται και σχηματίζει προς τα δεξιά την υπολεκάνη του Βουκίνου, έκτασης 48,513 km² και προς τα αριστερά την υπολεκάνη της Κλεισούρας, έκτασης 53,363 km² (Σχήμα 1). Άλλο ιδιαίτερο γνώρισμα της κεντρικής κοίτης του χειμάρρου και κυρίως του τελευταίου τρίτου προς την πόλη, είναι οι έντονες ανθρωπίνες παρεμβάσεις υπό μορφή γεωργικών καλλιεργειών. Αυτό είχε αποτέλεσμα το μερικό ή ολικό μπάζωμα της κοίτης.

Οι χρήσεις γης της λεκάνης και ειδικότερα η φυτοκάλυψη (Πίνακας II) δε θεωρούνται θετικές από άποψη υδρολογικής προστασίας της. Και τούτο γιατί η Χαλέπιος πεύκη που ασκεί σημαντική υδρολογική προστασία, καταλαμβάνει μόνο το 9% της συνολικής έκτασης της περιοχής μελέτης. Επιπλέον τα αειφύλλα πλατύφυλλα (22%) που αποτελούνται κυρίως από πουρνάρι, αποκλίνουν σημαντικά από τις κανονικές συνθήκες πυκνότητας λόγω της υπερβόσκησης και είναι έντονα διασπασμένα. Οι υπόλοιπες μορφές φυτοκάλυψης (υποβαθμισμένη Χαλέπιος πεύκη και αειφύλλα πλατύφυλλα, χορτολιβαδικές εκτάσεις και γεωργικές καλλιέργειες) λόγω των ανθρωπογενών παρεμβάσεων και των βιολογικών τους χαρακτηριστικών, ασκούν ακόμα μικρότερη υδρολογική προστασία στη λεκάνη σε σχέση με τις προηγούμενες. Πιο συγκεκριμένα, σημαντικό μέρος από τις

Πίνακας II. Κατηγορίες χρήσεων γης - φυτοκάλυψης της λεκάνης

Χρήση γης - φυτοκάλυψη	Έκταση (km ²)	Ποσοστό (%)
Δάσος Χαλεπίου πεύκης	15.130	8.95
Υποβαθμισμένο δάσος Χαλεπίου πεύκης	16.735	9.90
Δάσος αειφύλλων πλατυφύλλων	37.096	21.95
Υποβαθμισμένο δάσος αειφύλλων πλατυφύλλων	8.559	5.07
Γεωργικές καλλιέργειες	81.838	48.42
Χορτολιβαδικές εκτάσεις και φρύγανα	7.150	4.23
Οικισμοί	2.492	1.48
ΣΥΝΟΛΟ	169.00	100.00



Σχήμα 2. Κατανομή ωριαίου ύψους βροχής των πλησιέστερων στη λεκάνη σταθμών.

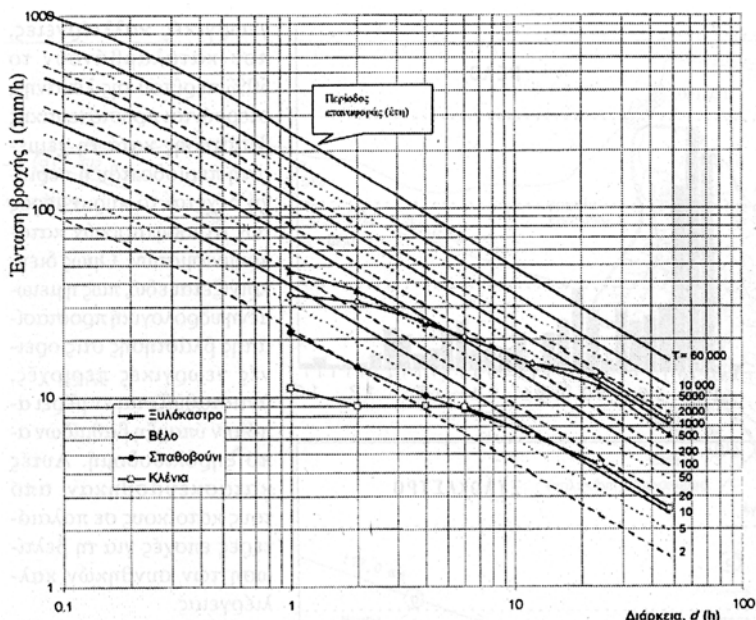
νης (Σχήμα 1). Από τους παραπάνω σταθμούς οι τρεις πρώτοι είναι εφοδιασμένοι με βροχογράφο και οι υπόλοιποι είναι αυτόματοι.

Το ύψος βροχής σ' αυτούς από την 21:00 ώρα της 11-01-1997 έως και την 16:00 της 13/01/1997 ανήλθε σε

γεωργικές καλλιέργειες, που καταλαμβάνουν το 50% περίπου της λεκάνης, στερούνται προστατευτικής βλάστησης κατά τη χειμερινή περίοδο που η περιοχή δέχεται το κύριο μέρος των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων. Όμως διευκρινίζεται εδώ, πως η μειωμένη υδρολογική προστασία της βλάστησης στις ορεινές γεωργικές περιοχές, αντισταθμίζεται εν μέρει από την ύπαρξη βαθμίδων από ξηρολιθοδομή. Αυτές κατασκευάστηκαν από τους κατοίκους σε παλαιότερες εποχές για τη βελτίωση των συνθηκών καλλιέργειας.

Χαρακτηριστικά του επεισοδίου βροχής της 11-13 Ιανουαρίου 1997

Την 10/1/1997 η ΕΜΥ είχε εκδώσει έκτακτο δελτίο πρόγνωσης της ισχυρής βροχόπτωσης που δέχθηκε η Κόρινθος και άλλες περιοχές της χώρας από 11-13/1/1997. Η λεκάνη απορροής του Ξηριά όμως στερείται βροχομετρικών σταθμών και αναγκαστικά τα χαρακτηριστικά του επεισοδίου εξετάστηκαν από τις καταγραφές των σταθμών Βέλου, Σπαθοβουνίου, Κλένιας, Νεμέας και Ευλοκάστρου που βρίσκονται δυτικά της Κορίνθου και σε απόσταση 5 έως 35 km περίπου από το κέντρο της λεκάνης.



Σχήμα 3. Μεγιστές εντάσεις του ελλεισοίου βροχής για ομορφείες 1-48 ώρες των σταθμών της περιοχής και σύγκρισή τους με τις όμβριες καμπύλες της περιοχής (Κουτσογιάννης, 1998).

358, 124, 123, 112 και 302 mm αντίστοιχα. Στο Σχήμα 2 απεικονίζεται η ωριαία κατανομή της βροχής στους 4 σταθμούς και διαπιστώνεται ότι τα μέγιστα ωριαία ύψη στο Βέλο και το Ξυλόκαστρο ανήλθαν σε 34,7 και 46,2 mm αντίστοιχα. Διαπιστώνεται ακόμα πως η καταιγίδα παρουσίασε μεγάλη γεωγραφική μεταβλητότητα και οι εντάσεις της ήταν σχεδόν τριπλάσιες στη ζώνη Ξυλόκαστρου-Βέλου, σε σχέση με την ενδοτερη περιοχή. Χαρακτηριστικό ιδιαίτερης σημασίας ήταν επίσης και η μείωση των εντάσεων ή η πλήρης διακοπή της βροχής για ορισμένο χρονικό διάστημα από 08:00 έως 11:15 της 12/1/97 και κυρίως στους σταθμούς Βέλου και Ξυλόκαστρου. Το γεγονός αυτό ίσως ελάφρυνε την έκτα-

ση των ζημιών στην Κόρινθο, δίνοντας έτσι το χρόνο στη λεκάνη και την κοίτη του χειμάρρου να αποφορτίσουν ένα μέρος της απορροής τους.

Η καταιγίδα γενικά μετακινήθηκε από ΒΔ προς ΝΑ και αυτό διαπιστώθηκε τόσο από το μικρότερο ύψος βροχής των σταθμών Σπαθοβουνίου, Κλένιας και Νεμέας, όσο και από τα ίχνη της έντονης επιφανειακής απορροής που παρατηρήθηκαν στην λεκάνη μετά από επιτόπιες επισκέψεις και βιντεοσκόπηση αυτής από ελικόπτερο. Τα ίχνη ήταν ιδιαίτερα έντονα στον ασβεστολιθικό σχηματισμό μεταξύ Αγίου Ιωάννου και Αθικίων και αυτό φανερώνει πως εκεί βρισκόταν το κέντρο της καταιγίδας. Η έλλειψη όμως ιχνών στην ευρύτερη περιοχή των Εξαμιλιών, αποδίδεται στην μη δημιουργία επιφανειακής απορροής λόγω του μικρότερου ύψους και των εντάσεων της βροχής (προσωπική επικοινωνία με τεχνικούς της Κορίνθου). Η εξήγηση αυτή ισχύει και για την έλλειψη ιχνών επιφανειακής απορροής της υπολεκάνης Κλεισούρας, αφού από τους σταθμούς Κλένιας και Σπαθοβουνίου διαπιστώθηκε πως η περιοχή δέχθηκε πολύ μικρότερο ύψος βροχής.

Επισημαίνεται ακόμα πως το ύψος βροχής των 358 mm που καταγράφηκε στο Βέλο ξεπέρασε κατά πολύ κάθε προηγούμενη καταγραμμένη τιμή της ίδιας διάρκειας (43 ώρες) στην περιοχή. Η τιμή αυτή αντιπροσωπεύει το 85% του μέσου ετήσιου ύψους βροχής της Κορίνθου και επομένως θεωρείται ιδιαίτερα σημαντικό να αναφερθούν και ορισμένα χαρακτηριστικά της που διαπιστώθηκαν από την ανάλυση της ταινίας καταγραφής, η οποία είχε ωριαίο διάστημα καταγραφής 1,5 cm. Πιο συγκεκριμένα, η καταιγίδα τις πρώτες 11 ώρες από την έναρξη αποφόρτισε 178,7 mm και στη συνέχεια πρακτικά σταμάτησε, όπως αναφέρθηκε, από την 08:00 έως και την 11:15 ώρα. Οι εντάσεις της στο διάστημα των 11 ωρών ήταν ιδιαίτερα υψηλές για τις Ελληνικές κλιματικές συνθήκες και έφθασαν μέχρι 118 και 122 mm/h για 5 και 3 λεπτά αντίστοιχα. Μετά την προσωρινή αυτή διακοπή η καταιγίδα συνεχίστηκε με μεγαλύτερη ένταση αφού σε διάστημα λιγότερο από τρεις (3) ώρες αποφόρτισε άλλα 77,4 mm, εκ των οποίων τα 25 έπεσαν σε χρόνο 25 λεπτών (ένταση 60 mm/h). Γενικά σε διάστημα 24 ωρών από την αρχή αποφόρτισε 294 mm και τις υπόλοιπες 19 ώρες άλλα 64 mm. Η περίοδος επαναφοράς του 24ώρου ύψους βροχής των 294 mm βροχής του σταθμού Βέλου, αλλά και των άλλων γειτονικών, εκτιμήθηκε με τη χρήση των όμβριων καμπυλών της περιοχής που συντάχθηκαν δια συνδυασμού των δεδομένων 21 και 26 ετών των σταθμών της Κορίνθου και του Σπαθοβουνίου αντίστοιχα (Κουτσογιάννης,

1998). Έτσι, από το Σχήμα 3 διαπιστώνεται πως για το Βέλο η περίοδος επαναφοράς του 24ώρου ύψους βροχής, ήταν της τάξεως των 1000 ετών. Παρόμοια ήταν επίσης και η περίοδος επαναφοράς των 258.6 mm που καταγράφηκαν στο σταθμό Ξυλοκάστρου. Σε αντίθεση όμως με τους παραπάνω σταθμούς, το 24ωρο ύψος βροχής των 81.4 και 78.9 mm στην Κλένια και το Σπαθοβούνι αντίστοιχα, είχε περίοδο επαναφοράς της τάξης των 10 ετών περίπου. Αυτό δείχνει την έντονη γεωγραφική μεταβλητότητα του επεισοδίου βροχής. Εξάλλου, στο συγκεκριμένο επεισόδιο βροχής, όσο μικραίνει η διάρκεια, μικραίνει αντίστοιχα και η περίοδος επαναφοράς και, έτσι, για διάρκεια 1 ώρας η περίοδος επαναφοράς είναι της τάξης των 10 ετών για το Βέλο και το Ξυλόκαστρο και μικρότερη των 2 ετών για το Σπαθοβούνι και την Κλένια.

Εκτίμηση του μέσου ύψους βροχής της λεκάνης

Η παρουσίαση των διαδικασιών εκτίμησης του μέσου ύψους βροχής της λεκάνης από το επεισόδιο θεωρήθηκε αναγκαία, αφού και οι πέντε σταθμοί ήταν, όπως αναφέρθηκε, εκτός της λεκάνης και επιπλέον το ύψος που κατέγραφαν κυμάνθηκε έντονα, από 112 έως 358 mm. Ειδικότερα για την εκτίμηση λήφθηκε υπόψη πως το κεντρικό τμήμα της λεκάνης με κατεύθυνση από ΒΔ προς ΝΑ (Σχήμα 1) δέχθηκε πολύ μεγαλύτερο ύψος βροχής από τα δύο άλλα τμήματα εκατέρωθεν αυτού και με την ίδια κατεύθυνση. Και τούτο γιατί το τμήμα αυτό βρέθηκε στην πορεία της καταιγίδας που κατέγραψε ο σταθμός Βέλου, το ύψος της οποίας ανήλθε σε 358 mm. Ειδικότερα τα ίχνη της καταιγίδας στον ορεινό ασβεστολιθικό σχηματισμό μεταξύ των κοινοτήτων Αγίου Ιωάννου και Αθικίων ήταν τόσο έντονα, ώστε να επιβεβαιώνεται πως η περιοχή αυτή δέχθηκε παρόμοιο ύψος βροχής με εκείνο του σταθμού Βέλου. Πιο συγκεκριμένα, το έδαφος είχε αυλακωθεί παντού και ευμεγέθεις τοίχοι από ξηρολιθοδομή που είχαν κατασκευασθεί παλαιά, ίσως τα χρόνια της Τουρκοκρατίας, κατέρρευσαν. Επιπλέον το ύψος της στάθμης στην κεντρική κοίτη του χειμάρρου, η οποία είχε περιορισθεί σημαντικά από την ανάπτυξη βλάστησης (πουρναριού), εκτιμήθηκε στα 2.0-2.5 m.

Ακόμα επισημαίνεται πως το πιο απομακρυσμένο τμήμα της κοίτης του χειμάρρου στο οποίο δημιουργήθηκε έντονη απορροή ήταν το Σ1 (Σχήμα 1), που βρίσκεται ΝΑ της κοινότητας Αγίου Ιωάννου μετά την τελευταία μεγάλη διακλάδωση (Δ) του δικτύου. Το γεγονός αυτό αποτελεί ισχυρή ένδειξη των ορίων των νοτίων περιοχών της λεκάνης που δέχθηκαν πολύ υψηλό ύψος βροχής, αφού το παρακείμενο τμήμα του χειμάρρου Σ2, παρέμεινε απόλυτα αδρανές.

Σε αντίθεση με τα παραπάνω, στα δύο ακραία τμήματα της λεκάνης γύρω από τους οικισμούς Αγιονορίου - Χιλιομοδίου και Κορίνθου - Αρχαίας Κορίνθου, αντίστοιχα, δεν παρατηρήθηκαν, όπως αναφέρθηκε, ίχνη επιφανειακής απορροής και γενικά ισχυρής βροχής. Επομένως είναι εύλογο να υποστηριχθεί πως οι περιοχές αυτές δέχθηκαν μικρότερο ύψος βροχής από το ενδιάμεσο τμήμα της λεκάνης. Η άποψη αυτή υποστηρίζεται και από την αδρανή έως ελάχιστη απόκριση της υπολεκάνης Κλεισούρας στην καταιγίδα, καθώς και την άποψη των τεχνικών της Κορίνθου πως η ευρύτερη περιοχή της πόλης δέχθηκε μικρότερο ύψος βροχής από την ορεινή ζώνη. Εξάλλου είναι γνωστό πως το απόγευμα της 12/1/1997, όταν η Κόρινθος δέχθηκε το μέγιστο όγκο πλημμυρικής απορροής από τη λεκάνη, η βροχή εκεί είχε πρακτικά σταματήσει.

Σύμφωνα με τις παραπάνω εκτιμήσεις και διαπιστώσεις και με βάση την κατεύθυνση της καταιγίδας, τις θέσεις των βροχομετρικών σταθμών, την απόκριση της υπολεκάνης Κλεισούρας και τις θέσεις απόσβεσης των ιχνών επιφανειακής απορροής, η λεκάνη διαιρέθηκε στις ζώνες Α, Β και Γ (Σχήμα 1) και έγινε δεκτό ότι οι δύο πρώτες (συνολικής έκτασης 112.7 km²) δέχθηκαν παρόμοιο ύψος βροχής με εκείνο του σταθμού Κλένιας (123 mm) και η τρίτη (έκτασης 56.3 km²) δέχθηκε ύψος βροχής παρόμοιο με εκείνο του σταθμού Βέλου (358 mm). Μετά την παραπάνω διαίρεση, το σταθμικό ύψος βροχής, που υπολογίστηκε από τους σταθμούς που αναφέρθηκαν σε 201 mm, θεωρήθηκε το πλησιέστερο προς το πραγματικό ύψος που δέχθηκε η λεκάνη κατά τη συγκεκριμένη καταιγίδα. Τονίζεται όμως, ότι η παραπάνω ανάλυση αποτελεί μια εικασία, στηριγμένη πάντως σε παρατηρήσεις πεδίου και εύλογες παραδοχές. Η έλλειψη βροχογραφικού εξοπλισμού μέσα στη λεκάνη αλλά και η απουσία πιο σύγχρονου εξοπλισμού (ραντάρ), δεν επιτρέπουν την αξιόπιστη εκτίμηση της χωροχρονικής κατανομής της βροχοπτώσεως στη λεκάνη.

Αποτελέσματα

Η πλημμυρική απορροή και η μέγιστη παροχή εκτιμήθηκαν τόσο στο στόμιο της λεκάνης όσο και σε διατομή της κεντρικής κοίτης του χειμάρρου που απέχει 9,0 km περίπου από το στόμιο αυτό (Σχήμα 1). Η δεύτερη θέση

επιλέχθηκε επειδή σ' αυτή εκτιμήθηκε η μέγιστη παροχή και με τον τύπο του Manning με βάση τα επιτόπια ίχνη της πλημμύρας, και επομένως ήταν δυνατή η σύγκριση των τιμών από τις δύο μεθόδους.

Πιο συγκεκριμένα, τα φυσικά και υδρολογικά χαρακτηριστικά των πετρωμάτων και εδαφών της λεκάνης για την εκτίμηση των παραπάνω παραμέτρων στο στόμιό της, καθώς και οι μορφές χρήσεων γης - φυτοκάλυψης, που είναι απαραίτητα στοιχεία για την επιλογή που αντιπροσωπευτικού CN, ελήφθησαν από χάρτες ταξινόμησης και χαρτογράφησης γαιών του Υπουργείου Γεωργίας (φύλλα Κόρινθος και Ναύπλιο). Για την καλύτερη επιλογή του CN ανά σύμπλοκο εδάφους - φυτοκαλύμματος, στον Πίνακα III οι παραπάνω πληροφορίες παρουσιάζονται ανά μικρότερες μονάδες επιφάνειας - γαιοενότητες - που διαφέρουν ως προς ένα φυσικό χαρακτηριστικό. Στον ίδιο Πίνακα περιλαμβάνεται επίσης και ο σταθμικός μέσος όρος των αρχικών απωλειών βροχής της λεκάνης για υγρασιακές συνθήκες (AMC) κατηγορίας I, που εκτιμήθηκε από τα φυσικά χαρακτηριστικά της.

Για κάθε γαιοενότητα επιλέχθηκε η εφαρμοστέα τιμή του CN και η εκτίμηση του σταθμικού μέσου όρου που ανήλθε σε 77,2 αποτέλεσε τον CN για ολόκληρη την έκταση της λεκάνης. Η αποδοχή ή μη του παραπάνω CN στην εκτίμηση της πλημμυρικής απορροής, εξετάστηκε σύμφωνα με τις υγρασιακές συνθήκες της λεκάνης πριν την έναρξη του επεισοδίου, αφού η παραπάνω τιμή ισχύει για υγρασιακές συνθήκες (AMC) κατηγορίας II (Πίνακας IV). Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε η μέση τιμή της βροχής των σταθμών Κλένιας και Βέλου για τις 5 και 30 προηγούμενες ημέρες. Ειδικότερα στη δεύτερη περίπτωση οι αρχικές υγρασιακές συνθήκες ή ο Δείκτης Προηγούμενης Κατακρήμνισης (ΔΠΚ) εκτιμήθηκε από την εξίσωση:

$$\Delta\Pi K = P_0 + P_1 K + P_2 K^2 + P_3 K^3 + \dots + P_n K^n \quad (3)$$

όπου P_0 το ύψος βροχής των 24 ωρών πριν την έναρξη του επεισοδίου, P_1, P_2, P_3 , κτλ. το ύψος βροχής μία, δύο, τρεις κτλ. ημέρες πριν το 24ωρο που αναφέρθηκε, και K σταθερά που εξαρτάται από τον τύπο του εδάφους και κυμαίνεται από 0,8-0,95 (Weyman, 1974· Mosley, 1979).

Η τιμή του ΔΠΚ για 5 και 30 ημέρες εκτιμήθηκε σε 16,6 και 13,9 mm αντίστοιχα και κατά συνέπεια η λεκάνη από άποψη αρχικής υγρασιακής κατάστασης κατατάχθηκε, σύμφωνα με το εύρος των τιμών του

Πίνακας IV. Όρια βροχής για την εκτίμηση της προηγούμενης υγρασιακής κατάστασης της λεκάνης

Κατηγορία προηγούμενης υγρασιακής κατάστασης	Βροχή πέντε προηγούμενων ημερών (mm)	
	Χειμερινή Περίοδος	Βλαστητική περίοδος
I (Ξηρή)	< 13	< 36
II (Μέση)	13 - 28	36 - 53
III (Υγρή)	> 28	> 53

Πίνακας V. Εκτίμηση πλημμυρικής απορροής

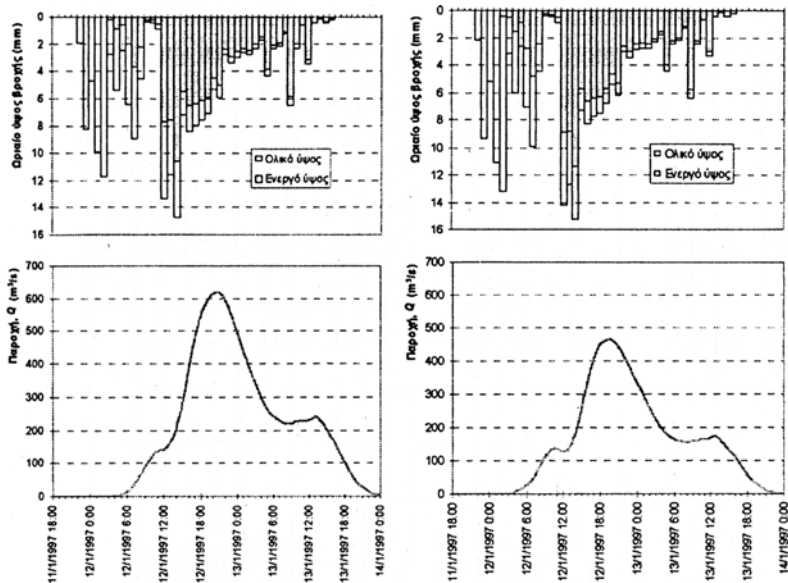
A/A	Κατηγορία αρχικής υγρασιακής λεκάνης	Σταθμικό ύψος βροχής λεκάνης (mm) κατάσταση	Σταθμικός CN	Παράμετρος λεκάνης S (mm)	Αρχικές απώλειες I (mm)	Πλημμυρική απορροή Q (mm)	Ποσοστό επί της βροχής (%)
A	Στο στόμιο της λεκάνης						
A1	II	201.0	77.2	75.0	15.0*	132.6	66.0
A2	II	201.0	77.2	75.0	35.0**	114.3	56.9
B	Στην υπολεκάνη						
B1	II	211.4	78.1	71.2	14.2*	145.0	68.6
B2	II	211.4	78.1	71.2	30.0**	130.4	61.7

* Εκτίμηση αρχικών απωλειών με τη μέθοδο SCS

** Εκτίμηση αρχικών απωλειών από τα φυσικά χαρακτηριστικά της λεκάνης

Πίνακας III. Εκτίμηση CN από τα φυσικά και υδρολογικά χαρακτηριστικά της λεκάνης

Μητρικό Υλικό	Χρήση γης - φυσική κάλυψη	Υφή φυσική	Βάθος εδαφούς	Έκταση (km ²)	Ποσοστό επί της λεκάνης	Υδρολογική κατάσταση / Συνθήκες αποστράγγισης εδαφούς	Υδρολογική κατηγορία εδαφούς (A,B,C,D)	Αρχικές απολύτως βροχίσιες κατηγορίες I		Αριθμός κοινοτήτων (CN) για υγρικές συνθήκες II κατηγορίας	
								Μερτικό ύψος (mm)	Σταθμικό ύψος (mm)		CN
Σκληρός ασβεστολιθός	Δίκσος Χαλκιόπου πευκίσις	Απριλιώδης	Αβαθείς και βαθύ	2.178	1.29	Καλή	C	70	0.903	70	0.903
	Δίκσος Χαλκιόπου πευκίσις		Αβαθείς και βράχος	2.250	1.33	Καλή	C	60	0.798	72	0.257
	Υποβαθμισμένο δίκσος		Αβαθείς και βράχος	12.523	7.41	Καλή	C	55	4.075	74	5.483
	Χαλκιόπου πευκίσις		Αβαθείς και βαθύ	2.511	1.49	Καλή	C	65	0.968	70	1.043
	Δίκσος απαυόλων πλατυφύλλων		Βράχος και αβαθείς	34.409	20.36	Καλή	C	60	12.216	72	14.660
	Δίκσος απαυόλων πλατυφύλλων		Βράχος και αβαθείς	8.559	5.06	Καλή	C	55	2.783	74	3.744
	Υποβαθμισμένο δίκσος απαυόλων πλατυφύλλων		Χορτολιβαδικές εκτάσεις και φρύγανα	3.923	2.32	Καλή	C	60	1.392	80	1.856
	Χορτολιβαδικές εκτάσεις και φρύγανα		Βράχος και αβαθείς	2.703	1.60	Καλή	C	55	0.880	86	1.376
	Άρπια φρύγανα		Βράχος	0.524	0.31	Καλή	C	50	0.155	88	0.273
	Ορειστοί		Αβαθείς και βράχος	0.100	0.06	Δυσμενής	C	20	0.012	90	0.054
Έμβροτα αμυγδαλιές	Γεωργικές καλλιέργειες	Απριλιώδης	Βαθύ	8.108	4.80	Καλή	A	150	7.200	50	2.400
	Γεωργικές καλλιέργειες		Βαθύ	50.952	30.15	Δυσμενής	D	25	7.538	88	26.532
	Γεωργικές καλλιέργειες		Βαθύ και αβαθείς	7.618	4.52	Δυσμενής	D	20	0.904	90	4.068
	Δίκσος Χαλκιόπου πευκίσις		Βαθύ και αβαθείς	10.702	6.33	Δυσμενής	D	35	2.215	80	5.064
	Υποβαθμισμένο δίκσος Χαλκιόπου πευκίσις		Βαθύ και αβαθείς	4.211	2.49	Δυσμενής	D	30	0.747	85	2.116
	Δίκσος απαυόλων-πλατυφύλλων		Βαθύ και αβαθείς	0.176	0.10	Δυσμενής	D	30	0.030	80	0.080
Άλλοιθια	Ορειστοί	Απριλιώδης	Βαθύ	1.235	0.73	Δυσμενής	D	10	0.073	92	0.672
	Γεωργικές καλλιέργειες		Βαθύ	12.098	7.16	Καλή	B	80	5.728	71	5.083
	Ορειστοί		Βαθύ	1.157	0.68	Μέτρια	B	20	0.136	85	0.578
	Γεωργικές καλλιέργειες		Βαθύ	2.735	1.62	Καλή	A	120	1.944	50	8.810
Κοιλοθύλα ασβεστολιθών	Γεωργικές καλλιέργειες	Απριλιώδης	Βαθύ και αβαθείς	0.328	0.19	Καλή	A	100	0.190	52	0.099
			Σύνολο	169.0	100.0				51.0		77.2



Σχήμα 4. Υετογράφημα και υδρογράφημα λεκάνης απορροής στο στόμιο της λεκάνης (αριστερά) και σε διατομή 9 km νοτιότερα (δεξιά).

λεκάνης, αφού ο CN είχε επιλεγεί μετά από λεπτομερή εξέταση όλων των φυσικών και υδρολογικών χαρακτηριστικών κάθε γαιοενότητας. Πιο συγκεκριμένα, οι αρχικές απώλειες βροχής που σύμφωνα με τη μέθοδο της SCS υπολογίστηκαν σε 15 mm ($I = 0,2 S$), ήταν δύσκολο να δικαιολογηθούν με τα χαρακτηριστικά της λεκάνης που αναφέρθηκαν. Έτσι οι αρχικές απώλειες επανεκτιμήθηκαν με βάση τα φυσικά της χαρακτηριστικά τουλάχιστον σε 35mm για την κατηγορία II, ενώ για την κατηγορία I είχαν εκτιμηθεί σε 51 mm (Πίνακας III). Το ύψος πλημμυρικής απορροής με την παραπάνω ποσότητα αρχικών απωλειών βροχής επανεκτιμήθηκε σε 114,3 mm και αντιπροσωπεύει το 56,9% του μέσου ύψους βροχής της λεκάνης (Πίνακας V).

Στο Σχήμα 4 απεικονίζεται το σταθμικό υετογράφημα της λεκάνης που εκτιμήθηκε από τους σταθμούς Βέλου και Κλένιας, καθώς και το υδρογράφημα της πλημμυρικής απορροής των 114,3 mm, με παροχή αιχμής 618,5 m³/sec. Το τελευταίο υπολογίστηκε με τη χρήση συνθετικού μοναδιαίου υδρογραφήματος της λεκάνης (Κουτσογιάννης, 1998), το οποίο καταρτίστηκε με τη μέθοδο του Βρετανικού Ινστιτούτου Υδρολογίας (Sutcliffe, 1978) και επαληθεύθηκε με τη μέθοδο Snyder. Η βασική απορροή της λεκάνης κατά τη διάρκεια του υδρογραφήματος θεωρήθηκε αμελητέα, αφού η παροχή του χειμάρρου κατά την επίσκεψη της 15-1-1997, ήταν μικρότερη από 10 L/s. Με βάση στοιχεία που δίνονται στη μελέτη του Κουτσογιάννη (1998), η περίοδος επαναφοράς της παραπάνω παροχής αιχμής εκτιμήθηκε σε 100 χρόνια περίπου. Από το υδρογράφημα του Σχήματος 4 η αιχμή της πλημμύρας φαίνεται να εκδηλώνεται περί τη 20η ώρα της 12-1-1997. Αυτό όμως πιθανόν να μην ταυτίζεται απόλυτα με τον πραγματικό χρόνο αιχμής, αφού η πρώτη ποσότητα πλημμυρικής απορροής σύμφωνα με πληροφορίες άρχισε να κατακλύζει την πόλη της Κορίνθου μετά την 14η ώρα της 12-1-1997. Η αναντιστοιχία αυτή θα πρέπει να αποδοθεί στη μεγάλη χωροχρονική μεταβλητότητα του υπόψη επεισοδίου βροχής και στις απλοποιητικές παραδοχές που έγιναν εξαιτίας της ελλιπούς γνώσης αυτής της μεταβλητότητας· για παράδειγμα, στους υπολογισμούς χρησιμοποιήθηκε ένα μέσο υετογράφημα για το σύνολο της λεκάνης, παρόλο που αναμφίβολα υπήρξε διαφοροποίηση σε διάφορες υποπεριοχές, ενώ και αυτό το μέσο υετογράφημα καταρτίστηκε με βάση παραδοχές, λόγω της απουσίας δεδομένων μέσα στη λεκάνη.

Με τη διαδικασία που προαναφέρθηκε εκτιμήθηκε η πλημμυρική απορροή και της υπολεκάνης, έκτασης 119 km², ανάντη της διατομής εκτίμησης της μέγιστης παροχής (Σχήμα 1) με τον τύπο του Manning. Το ύψος πλημμυρικής απορροής εκτιμήθηκε σε 130,4 mm (Πίνακας V) και η παροχή αιχμής σε 466 m³/sec. Στο Σχήμα 4 απεικονίζεται το υετογράφημα της υπολεκάνης και το υδρογράφημα στη συγκεκριμένη διατομή. Η μεγαλύ-

Πίνακα IV, οριακά στην κατηγορία II. Η ενεργός βροχόπτωση (ύψος πλημμυρικής απορροής) για τη συγκεκριμένη κατηγορία υπολογίστηκε σε 132,6 mm (Πίνακας V) και αντιπροσωπεύει το 66% του μέσου ύψους βροχής της λεκάνης.

Το μέγεθος του παραπάνω ύψους πλημμυρικής απορροής όμως (και παρά τα 201 mm βροχής που δέχθηκε η λεκάνη) θεωρήθηκε υπερεκτιμημένο, σύμφωνα με τα φυσικά χαρακτηριστικά της και την κατάταξη οριακά στην κατηγορία II. Η αιτία για την υπερεκτίμηση αναζητήθηκε στο μέγεθος των αρχικών απωλειών βροχής της

τερη τιμή του ύψους πλημμυρικής απορροής, σε σχέση με εκείνο της συνολικής έκτασης της λεκάνης, αποδόθηκε στο μεγαλύτερο ύψος βροχής που δέχθηκε σημαντικό μέρος της υπολεκάνης. Στη συγκεκριμένη διατομή, από τα γεωμετρικά στοιχεία της, την κλίση του πυθμένα, την τραχύτητα της κοίτης και τα ίχνη της πλημμυρικής αιχμής, τα οποία μετρήθηκαν επί τόπου, εκτιμήθηκε από τον τύπο του Manning, ότι η παροχή αιχμής ήταν περίπου $Q_{\max} = 400 \text{ m}^3/\text{s}$. Έτσι, η παροχή αιχμής που εκτιμήθηκε με τη μέθοδο της SCS είναι μεγαλύτερη κατά $66 \text{ m}^3/\text{s}$ από την αντίστοιχη που υπολογίστηκε με τον τύπο του Manning. Η διαφορά αυτή θεωρήθηκε αποδεκτή και αποδόθηκε στις εγγενείς αδυναμίες και των δύο μεθόδων και τα ελλιπή δεδομένα.

Στη συγκεκριμένη πλημμύρα, σημαντικό ήταν και το πρόβλημα των λεπτόκοκκων φερτών υλικών που κάλυψαν την πόλη της Κορίνθου με στρώμα σημαντικού πάχους. Τα υλικά αυτά, όπως διαπιστώθηκε από τα χαρακτηριστικά τους, αποσπάστηκαν κυρίως από την κοίτη του χειμάρρου και την πεδινή περιοχή νοτιότερα της κοινότητας Σολωμού, όπου επικρατούν οι μάργες. Η έλλειψη υλικών μεγάλων διαστάσεων από το ορεινό τμήμα της λεκάνης όπου επικρατεί ο ασβεστόλιθος, οφείλεται στην απόθεσή τους στη ζώνη νότια των Αθιζίων, όπου η κλίση της κοίτης του χειμάρρου μειώνεται σημαντικά.

Συζήτηση και συμπεράσματα

Από την αρχή του κεφαλαίου αυτού επισημαίνεται πως το πλημμύρισμα της πεδινής κυρίως περιοχής κάθε υδατορέματος είναι χαρακτηριστικό της φυσιολογικής συμπεριφοράς του και λαμβάνει χώρα κατά τη διάρκεια αρχαίων καιρικών φαινομένων που απορρέουν από τη φυσική μεταβλητότητα του καιρού. Ο χειμάρρος Ξηριάς Κορίνθου δεν εξαιρείται από τον κανόνα και η πλημμυρική συμπεριφορά του κατά το παρελθόν διαπιστώνεται από τις μεγάλες διατομές της κοίτης του σε σχέση με την παροχή κανονικών περιόδων, τις αλληπάλληλες στρώσεις φερτών υλών στα πρηνή, καθώς και τις μετατοπίσεις της κοίτης στην πεδινή περιοχή νότια των Αθιζίων.

Η τελευταία πλημμύρα της 11-13/1/97 ήταν οπωσδήποτε μία από τις μεγαλύτερες που δημιουργήθηκαν στην περιοχή και οι επιπτώσεις της έλαβαν δραματικές διαστάσεις και εξαιτίας των ανθρώπινων παρεμβάσεων στο χώρο δράσης του χειμάρρου. Όμως η βροχή που δημιούργησε την πλημμύρα είχε μεγάλη γεωγραφική μεταβλητότητα στη λεκάνη και το συνολικό ύψος κατά τη διάρκεια των 43 ωρών κυμάνθηκε γεωγραφικά από 123 μέχρι 358 mm. Το μεγαλύτερο ύψος δέχθηκε η κεντρική ζώνη της λεκάνης κατά μήκος των τελευταίων 2/3 της κοίτης του χειμάρρου.

Η υγρασιακή κατάσταση του εδάφους της λεκάνης κατά την έναρξη της καταιγίδας δεν ήταν ιδιαίτερα ευνοϊκή για τη δημιουργία πλημμύρας, αφού οι δείκτες κατακρήμνισης των 5 και 30 προηγούμενων ημερών εκτιμήθηκαν μόνο σε 16,6 και 13,9 mm αντίστοιχα. Με βάση τις τιμές αυτές, η λεκάνη από άποψη αρχικής υγρασιακής κατάστασης κατατάχθηκε οριακά στην κατηγορία II (AMC II) και με σταθμική τιμή του CN ίση με 77,2, η δυνητική μέγιστη κατακράτηση και το ύψος πλημμυρικής απορροής εκτιμήθηκαν σε 75 mm και 114,3 mm αντίστοιχα, η δε παροχή αιχμής σε $618,5 \text{ m}^3/\text{s}$ (ή ανά μονάδα επιφάνειας $3,66 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$).

Οι παραπάνω υψηλές τιμές της απορροής και παροχής της λεκάνης αποδόθηκαν στο μεγάλο ύψος βροχής που δέχθηκε (σταθμικός μέσος όρος 201 mm), καθώς και στις ανθρώπινες παρεμβάσεις στο χώρο δράσης του χειμάρρου. Η περίοδος επαναφοράς της παροχής αιχμής εκτιμήθηκε σε 100 έτη περίπου (Κουτσογιάννης, 1998) ενώ η περίοδος επαναφοράς της σημειακής βροχοπτώσης στο Βέλο και το Ξυλόκαστρο (κατά παραδοχή και στο μεσαίο τμήμα της λεκάνης) ήταν της τάξης των 1000 ετών για διάρκεια 24 ωρών, αλλά αρκετά μικρότερη για μικρότερες διάρκειες.

Επισημαίνεται ακόμα πως αποκλίσεις των υπολογισμένων μεγεθών από τα πραγματικά, αν και είναι δύσκολο να επιβεβαιωθούν, απορρέουν από τις δυσκολίες ακριβούς ποσοτικοποίησης των διαφόρων παραμέτρων της μεθόδου που εφαρμόστηκε. Υποστηρίζεται όμως, πως η λεπτομερής εξέταση όλων των χαρακτηριστικών της βροχής και του συμπλόκου εδάφους - φυτοκάλυψης της λεκάνης, συνηγορεί στην προσέγγιση των πραγματικών και εκτιμημένων τιμών των παραμέτρων. Άλλωστε και η διαφορά κατά 16% μεταξύ της παροχής που εκτιμήθηκε με τη μέθοδο της SCS και του Manning σε διατομή του χειμάρρου 9 km περίπου ανάντη του στομίου του, επιβεβαιώνει τον παραπάνω ισχυρισμό.

Προτάσεις για την ελάφρυνση των επιπτώσεων από μελλοντικές πλημμύρες

Αναφέρθηκε προηγουμένως πως το πλημμύρισμα της πεδινής περιοχής κάθε υδατορέματος είναι χαρα-

κτηριστικό της φυσιολογικής του συμπεριφοράς και η λειτουργία του Ξηριά Κορίνθου δεν εξαιρείται από τον κανόνα. Επομένως θα πλημμυρίσει και πάλι στο μέλλον, όπως πλημμύρισε τόσες φορές στο παρελθόν. Όμως, η αλήθεια αυτή, αν και ανέκαθεν γνωστή, δεν συνέβαλε στη λήψη των απαραίτητων μέτρων για την ελάφρυνση των επιπτώσεων από την τελευταία πλημμύρα. Παρά την κινητοποίηση για τη λήψη αντιπλημμυρικών μέτρων που συνήθως παρατηρείται μετά το πέρας κάθε πλημμύρας, συχνά ακολουθεί αδράνεια και στασιμότητα. Όμως, και οι αυξημένες ανθρώπινες παρεμβάσεις στις παραχειμαρικές ζώνες του, συντέιναν σημαντικά στην επιδείνωση των επιπτώσεων από την τελευταία πλημμύρα.

Για την εξοάλυνση του φαύλου κύκλου πλημμυρών του χειμάρρου και ανθρώπινων παρεμβάσεων, πρέπει να ληφθεί υπόψη πως ο κίνδυνος πλημμύρας είναι εγγενής και ποτέ δεν θα εκλείψει. Όμως, το αν ο κίνδυνος αυτός μετατραπεί σε καταστροφή των περιουσιών των κατοίκων, ή και των ιδίων, θα εξαρτηθεί από τη λήψη ή όχι αντιπλημμυρικών μέτρων (κατασκευαστικών ή μη) στη λεκάνη απορροής, καθώς και από την επάρκεια των μέτρων. Με βάση την παραπάνω αρχή, τα φυσικά και υδρολογικά χαρακτηριστικά της λεκάνης, τους μηχανισμούς δημιουργίας απορροής και παραγωγής, μεταφοράς και απόθεσης φερτών υλών σ' αυτή, καθώς και τα συμπεράσματα της μελέτης, επισημαίνονται τα ακόλουθα:

Το ορεινό τμήμα της λεκάνης όπου εκτείνεται ο ασβεστόλιθος, παρουσιάζει τη μεγαλύτερη φυσική αντοχή στις πλημμύρες σε σχέση με τα υπόλοιπα και αποκρίνεται μόνο σε περιπτώσεις ισχυρών βροχοπτώσεων. Η αντοχή του απορρέει από τη φύση του πετρώματος, την ύπαρξη βαθμίδων από ξηρολιθοδομή και τη φυσική βλάστηση. Οι παράμετροι όμως αυτές δεν βρίσκονται σε καλή κατάσταση και ισορροπία και γι' αυτό προτείνονται:

- η προστασία και συντήρηση των βαθμίδων·
- η αποφυγή καλλιεργειών στην κοίτη του χειμάρρου·
- η εξέταση της δυνατότητας ρύθμισης της βοσκής με σκοπό την επέκταση της φυσικής βλάστησης·
- η εντατικοποίηση των μέτρων προστασίας της βλάστησης από πυρκαγιές και
- η κατασκευή αναβαθμών στην κοίτη του χειμάρρου για τη συγκράτηση κυρίως υλικών μεγάλων διαστάσεων.

Ιδιαίτερη σημασία δίνεται όμως στο τμήμα της λεκάνης που καλύπτεται από μάργες, αφού εκεί ευνοείται η δημιουργία επιφανειακής απορροής και στη συνέχεια η διάβρωση και παραγωγή φερτών υλών που καταλήγουν σύντομα στην κοίτη του χειμάρρου. Τα φαινόμενα αυτά επιδεινώνονται ιδιαίτερα τη χειμερινή περίοδο λόγω έλλειψης καλλιεργειών και φυλλώματος των φυλλοβόλων δέντρων. Οι προηγούμενες υδρολογικές διεργασίες συντελούν με τη σειρά τους στην ταχεία αύξηση της απορροής και παροχής του χειμάρρου, καθώς και των φερτών υλών, που εκτός από τις καλλιέργειες, προέρχονται και από τη διάβρωση της κοίτης του χειμάρρου.

Για το τμήμα αυτό, λόγω των ιδιοτήτων του προτείνονται:

- άροση των καλλιεργειών κατά τις χωροσταθμικές καμπύλες·
- εξέταση της δυνατότητας κατασκευής βαθμίδων στη χαμηλότερη πλευρά κεκλιμένων καλλιεργούμενων πλαγιών και απαγόρευση της καλλιέργειας πλαγιών με ισχυρή κλίση·
- εξέταση της δυνατότητας επαύξησης των καλλιεργειών με αειφύλλα οπωροφόρα δέντρα (π.χ. εσπεριδοειδή και ελιές)·
- δημιουργία πυκνής ζώνης αειφύλλων πλατυφύλλων κατά μήκος και εκατέρωθεν της κοίτης του χειμάρρου για τη μείωση της επιφανειακής απορροής από τις μάργες και κυρίως για τη συγκράτηση και απόθεση των φερτών υλών·
- αυστηρή απαγόρευση των καλλιεργειών στην κοίτη του χειμάρρου·
- έλεγχος της παροχτευτικής ικανότητας των γεφυρών·
- πιθανή κατασκευή φραγμάτων συγκράτησης των φερτών υλικών, μετά από ειδική μελέτη της περιοχής
- έργα προστασίας της κοίτης και των πρானών του χειμάρρου.

Εκτός των προτάσεων που αναφέρθηκαν, προτείνονται και τα παρακάτω μέτρα για την αύξηση της ανθεκτικότητας των κατοίκων σε ενδεχόμενη πλημμύρα:

- ενημέρωση των κατοίκων, που παρεμβαίνουν με γεωργικές και οικιστικές δραστηριότητες στο πλημμυρικό πεδίο του χειμάρρου, για τις οδυνηρές συνέπειες σε περίπτωση ισχυρών βροχοπτώσεων·
- καθορισμός ζωνών δράσης του χειμάρρου, καλλιεργειών και εγκατάστασης οικισμών σε σχέση με την κοίτη πλημμυρών·
- εγκατάσταση βροχομετρικού δικτύου στη λεκάνη·

- πιθανή εγκατάσταση συστήματος προειδοποίησης πλημμυρών για τη λήψη έκτακτων μέτρων.

Όλες οι προηγούμενες προτάσεις αποβλέπουν στην ελάφρυνση των πλημμυρικών επιπτώσεων από τη λεκάνη απορροής ανάντη του στομίου στα όρια της πόλης. Όμως, για την αποτελεσματική αντιμετώπιση των πλημμυρών επιβάλλεται να κατασκευαστούν έργα με επαρκή διοχευτική ικανότητα και στο οικιστικό τμήμα της λεκάνης απορροής. Κατά συνέπεια οι προτάσεις αυτές θα πρέπει να συνδυασθούν με εκείνες που προτάθηκαν από λεπτομερείς τεχνικές μελέτες άλλων επιστημόνων (π.χ. Λαζαρίδης, 1998· Τεχνική Επιτροπή Κορίνθου, 1997).

Ευχαριστίες

Εκφράζονται θερμές ευχαριστίες στην Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία, Τμήμα Υδρολογίας και στο Περιφερειακό Κέντρο Προστασίας Φυτών Πάτρας, για τη χορήγηση των δεδομένων βροχής από 11-13/1/97 των σταθμών που χρησιμοποιήθηκαν στη μελέτη.

Investigation of the hydrologic response of the Xerias torrent watershed to the rainstorm of January 1997 using the SCS method

G. Baloutsos¹, D. Koutsoyiannis², A Economou¹ and P. Kalliris³

Summary

On January 11-13, 1997, an unusual rainstorm hit the Xerias torrent watershed and the wider area of Corinth, Greece. The storm caused a devastating flood in the town of Corinth with severe damage and human losses. The damage was attributed to heavy rainfall and runoff and also to human interference in the channel of the torrent and in the floodplain.

Quantification of the hydrologic response of the watershed and determination of suitable measures for mitigating flood impacts from similar events in the future was a difficult task due to lack of hydrometeorological data. This problem is faced here by investigating the hydrologic response of the watershed by using the SCS method. The analysis has shown that the rainfall in the watershed rained from 123 to 358 mm (weighted mean 201 mm). The return period of it for 24 hours duration in the central part of the watershed, was 1000 years, but much lower for shorter durations. The peak discharge in the outlet of the watershed exceeded 600m³/s (return period 100 years) and the flood streamflow reached 57% of the weighted mean value of the rainfall. With respect to physical and hydrological characteristics of the watershed and the conclusions drawn, measures are proposed and discussed for mitigating the flood impacts from similar events in the future.

Key words: Heavy rains, Floods, Flood losses, Corinth, SCS method.

Βιβλιογραφία

- Alexander, D., 1993. Natural disasters. UCL Press, pp. 632.
- Boughton, W.C., 1989. A review of the USDA SCS curve number method. Aust. J. Soil Res., Vol. 27, pp: 511-523.
- Boulle, Ph., 1997. Disaster reduction and sustainable development: Complex relationships - people - centred approaches. Stop Disasters, United Nations, No 31 - I, pp: 3-4.
- Bryant, E.A., 1993. Natural hazards. Cambridge University Press, pp.294.
- Chapman, P., 1994. Natural hazards. Oxford University Press, pp.174.
- Hershfield, D.M., 1961. Estimating the probable maximum precipitation. Proc. ASCE, J. Hydraul. Div., 87 (HY5). pp: 99-106.
- Jones, J.A.A., 1997. Global hydrology. Logman Singapore Publishers Ltd., pp.399.
- Moutreja, K.N., 1986. Applied hydrology. Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited, New Delhi,

¹ National Agricultural Research Foundation, Forest Research Institute, Athens, Greece.

² National Technical University, Department of Water Resources, Faculty of Civil Engineering, Athens, Greece.

³ Forest Service, Corinth, Greece.

pp.958.

- Mosley, M.P., 1979. Stream flow generation in a forested watershed, New Zealand. *Water Resour. Res.*, 15(4): 795-806.
- Shaw, E. M., 1983. *Hydrology in practice*. Van Nostrand Reinhold Co. Ltd., UK, pp.569.
- Soil Conservation service (SCS), 1972. *National Engineering Handbook*, Washington, D.S., Section 4, Hydrology.
- Soil Conservation service (SCS), 1973. A method for estimating volume and rate of runoff in small watersheds. SCS - TR - 149, Kent, K.M., pp.63.
- Sutcliffe J.V., *Methods of Flood Estimation*, 1978. A Guide to Flood Studies Report, Report No 49, Institute of Hydrology, UK.
- United Nations, 1994. *Disasters around the world - A global and regional view*. World Conference on Natural Disaster Reduction, Yokohama, Japan, May 1994, Information Paper No 4, pp.87.
- Weyman, D.R., 1974. Runoff process, contributing area and streamflow in a small upland catchment. *Inst. Brit. Geograph., Special Publication No 69*, pp.33-43.
- Κουτσογιάννης, Δ., 1998. Οριστική μελέτη αποχέτευσης Κορίνθου. Μελέτη Χειμάρρου Ξηριά, Υδρολογική Μελέτη Πλημμυρών, σελ.40.
- Κωτούλας, Δ., 1978. Οι πλημμύρες στο λεκανοπέδιο της Αττικής κάτω από το πρόγραμμα του χειμαρρικού προβλήματος των μεγάλων αστικών κέντρων του τόπου μας. Ανακ. αριθ. 2 του Εργαστηρίου Διευθετήσεως Ορεινών Υδάτων της Γ. και Δ.. Σχολής Α.Π.Θ., σελ. 23.
- Λαζαρίδης, Α., 1998. Οριστική μελέτη αποχέτευσης Κορίνθου. Μελέτη Χειμάρρου Ξηριά.
- Μπαλούτσος, Γ., 1994. Ο παράλογος κύκλος των πλημμυρών. *Περιοδ. Η Φύση*, αριθ. 65, σελ. 18-21.
- Μπέλλος, Κ., 1997. Πλημμύρες στον ποταμό Κόσυνθο. Υδροθέματα, ΕΕΔΥΠ, ISSN 1105-7599, Τευχ. 1, σελ. 4-6.
- Νομαρχία Κορίνθου, 1997. Πορισματική έκθεση της επιτροπής διερεύνησης αιτιών καταστροφής από την πλημμύρα της 12-1-1997, Κόρινθος, σελ.5.
- Οικονόμου, Γ. και Αν. Μιγάρδου, 1997. Ανάλυση του επεισοδίου ραγδαίας βροχής που έπληξε στις 12/1/97 την περιοχή Κορινθίας. Υδροθέματα, ΕΕΔΥΠ, ISSN 1105-7599, Τευχ. 1, σελ.7.
- Οικονόμου Αν. και Γ. Νάκος, 1992. Ταξινόμηση, χαρτογράφηση και αξιολόγηση γαιών: Περιφέρεια Πελοποννήσου. ΕΘΙΑΓΕ, Ι.Μ.Δ.ΟΙ. και Τ.Δ.Π., Αθήνα, σελ.31.
- Σακκάς, Γ., Κ. Μπέλλος και Β. Χρυσάνθου, 1995. Ολοκληρωμένη αντιμετώπιση του πλημμυρικού προβλήματος. Πρακτικά 2^ο Εθνικού Συνεδρίου της ΕΕΔΥΠ με θέμα "Ολοκληρωμένες Επεμβάσεις για τη Μείωση του Κινδύνου από τις Πλημμύρες", Αθήνα, σελ. 79-93.
- Στεφανίδης, Π., 1995. Διερεύνηση αιτιών και μηχανισμών λειτουργίας πλημμυρικών φαινομένων στον Ελλαδικό χώρο. Πρακτικά διεθνούς συμποσίου με θέμα "Προστασία και Περιβαλλοντική Διαχείριση των Ρεμάτων", ΥΠΕΧΩΔΕ, Αθήνα, σελ. 139-140.

Συμβολή στην οικολογία του νησιού “Γυαλί” (Ν.Α. Αιγαίο)

Γεώργιος Μπρόφας* και Γεώργιος Καρέτσος*

Περίληψη

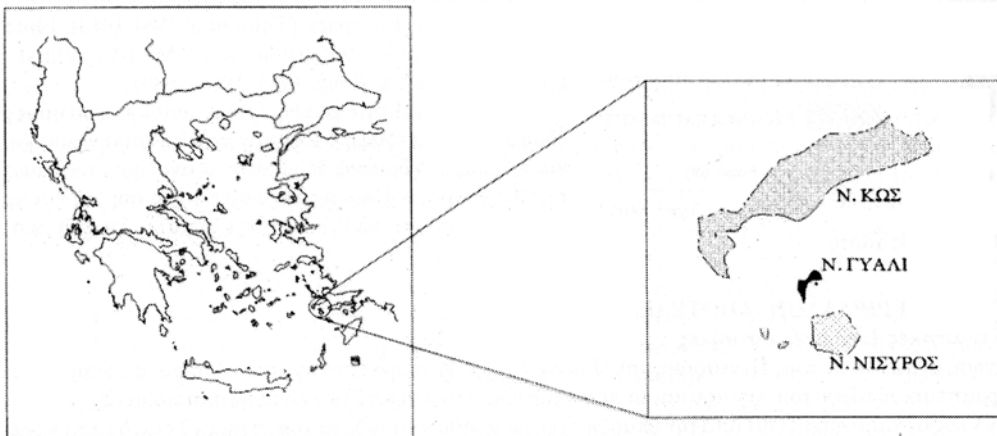
Το Γυαλί είναι ένα μικρό νησί στο Ν.Α. Αιγαίο πέλαγος, έχει ηφαιστειογενή προέλευση και σχηματίζεται από περλίτη και κίσηρη, ενώ παρατηρείται και περιορισμένη εμφάνιση παράκτιων αποθέσεων, καθώς και ανθρωπογενών αποθέσεων στείρων υλικών από την εκμετάλλευση της κίσηρης. Τα γενικώς αβαθή εδάφη, στον περλίτη χαρακτηρίζονται από όξινη αντίδραση, στην κίσηρη και στις αποθέσεις από βασική και είναι αμμοπηλώδους υφής. Η βλάστηση του νησιού συγκροτείται από το δάσος της τραχειάς πεύκης και τους θαμνώδεις σχηματισμούς που ανήκουν στη ζώνη της *Quercetalia ilicis*, τη συνένωση *Oleo-ceratonion* και στη φυτοκοινωνική ένωση *Oleo-lentiscetum*. Εμφανίζονται επίσης φρυγανικές διαπλάσεις που κατατάσσονται στη συνένωση *Cistion-Orientalis* της *Cisto- Micromerietalia (etea)* και αμμόφιλη βλάστηση του *Agropyretum mediterraneum* στις παραλιακές άμμους. Σημειώνεται ακόμη η παρουσία υπολειμμάτων αλοφυτικής βλάστησης καθώς και η χαλαρή εποίκιση των αποθέσεων των στείρων υλικών της κίσηρης από είδη των παραπάνω φυτοκοινωνιών.

Λέξεις-κλειδιά: Ν.Α. Αιγαίο, νησί, βλάστηση, *Pinus brutia*, κίσηρη, περλίτης.

Εισαγωγή

Το Γυαλί ανήκει στο σύμπλεγμα των νησιών του Ν.Α. Αιγαίου και βρίσκεται μεταξύ Νισύρου και Κω (Σχ. 1). Έχει επιμήκη κυρτή μορφή με κατεύθυνση ΒΑ-ΝΔ, μήκος 5,4 χλμ. περίπου και σχηματίζεται από δύο λόφους τριγωνικού σχήματος, που ενώνονται μεταξύ τους με μια στενότερη χαμηλή λωρίδα (ισθμός), μεταβλητού πλάτους (200-500μ.) και μήκους 800 περίπου μέτρων. Οι κορυφές των λόφων έχουν περίπου το ίδιο ύψος και συγκεκριμένα 180μ. ο ΒΑ και 175μ ο ΝΔ λόφος. Οι κλίσεις που επικρατούν είναι μέτριες ως ισχυρές και τα πρανή στην επαφή τους με τη θάλασσα είναι απότομα, με εξαίρεση την περιοχή του ισθμού. Ήπιες κλίσεις παρατηρούνται στα περιορισμένης έκτασης πλατώματα των λόφων και στο μεγαλύτερο μέρος του ισθμού.

Στο νησί δεν υπάρχουν μόνιμοι οικισμοί ούτε ασκούνται γεωργικές δραστηριότητες, η δε επιφάνειά του καλύπτεται από ψηλή και χαμηλή δασική βλάστηση. Παλαιότερα, κάτοικοι της Νισύρου επιδίδονταν σε ξηρικές



Σχ. 1. Χάρτης προσανατολισμού

* ΕΘΙΑΓΕ.. Ινστιτούτο Μεσογειακών Δασικών Οικοσυστημάτων και ΤΔΠ., Τέγμα Αλκμάνος 11528, Αθήνα

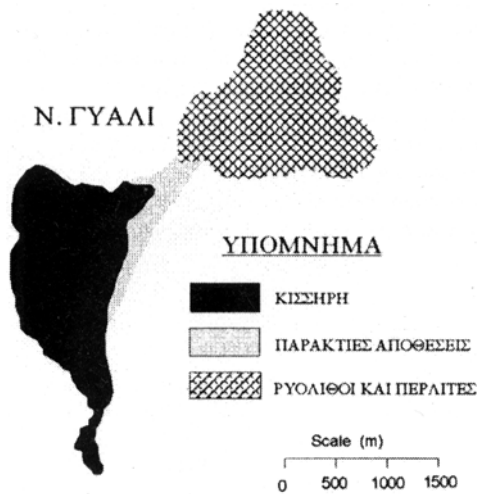
γεωργικές καλλιέργειες στα πλατώματα και τις αναβαθμίδες, ενώ περιορισμένη κτηνοτροφία υπήρχε μέχρι τα τελευταία χρόνια. Αξίζει να σημειωθεί ότι περίπου το 1/4 του ΒΑ λόφου του νησιού καλύπτεται από σωρούς λίθων και ογκολίθων περλίτη, που αντιπροσωπεύουν παλαιότερες ανθρώπινες δραστηριότητες, ενώ σε πολλές θέσεις υπάρχουν ελληνιστικά και ρωμαϊκά λείψανα (Σαμψών, 1988).

Η μόνη δραστηριότητα που υπάρχει σήμερα είναι η επιφανειακή εκμετάλλευση της κίσηρης που έχει εγκατασταθεί στη νοτιοανατολική πλευρά του ΝΔ λόφου. Η εκμετάλλευση αυτή περιλαμβάνει την εκσκαφή του ορυχείου, τις αποθέσεις των στείρων υλικών και τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας της κίσηρης και διαμόρφωσης των εργαζομένων. Αποθέσεις στείρων υλικών υπάρχουν επίσης και στη βόρεια πλευρά του ίδιου λόφου.

Στοιχεία για τη βλάστηση και τη χλωρίδα του νησιού, περιέχονται στην διατριβή της Παπάτσου (1975) που αναφέρεται στη χλωρίδα και στη βλάστηση της Νισύρου και των γύρω νησίδων, στις οποίες περιλαμβάνεται και το Γυαλί. Οι χλωριδικές αναφορές για το νησί ανέρχονται σε 91 φυτικά είδη (Παπάτσου, 1975).

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη των γεωλογικών, εδαφικών και κλιματικών συνθηκών καθώς και η λεπτομερής περιγραφή της βλάστησης του νησιού και των εκμεταλλεύσεων της κίσηρης. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει το δάσος της τραχείας πεύκης, το οποίο καλύπτει το μεγαλύτερο μέρος του νησιού, αποτελεί ένα απομονωμένο φυσικό πληθυσμό του είδους αυτού και απ' όσο γνωρίζουμε είναι το μοναδικό που φύεται πάνω σε περλίτη και κίσηρη. Η περιγραφή της βλάστησης αποκτά και ιστορικό ενδιαφέρον αν ληφθεί υπόψη ότι η σε εξέλιξη εκμετάλλευση της κίσηρης και η εκμετάλλευση του περλίτη που άρχισε θα ισοπεδώσει τους λόφους και θα εξαφανίσει το μεγαλύτερο μέρος της βλάστησης του νησιού.

Υλικά και μέθοδοι



Σχ. 2. Γεωλογικός χάρτης

Η μελέτη της βλάστησης στηρίχθηκε καταρχήν στη φωτοερμηνεία των α/φ της περιοχής. Για τη συλλογή των χλωριδικών στοιχείων πραγματοποιήθηκαν τέσσερις επισκέψεις στο νησί τα έτη 1994 και 1995 και έγιναν 45 φυτοληψίες σε όλους τους αντιπροσωπευτικούς βιότοπους που καλύπτονται από διαφορετικούς τύπους βλάστησης.

Για την έρευνα των μονάδων βλάστησης του νησιού ακολουθήσαμε τη φυτοκοινωνιολογική μέθοδο του Braun-Blanquet (1964), σε συνδυασμό με φυσιολογικές παρατηρήσεις σε όλους τους αντιπροσωπευτικούς βιότοπους.

Για τον προσδιορισμό των ειδών χρησιμοποιήθηκαν οι χλωρίδες: Flora Europaea (Tutin et al. 1964-1980), Flora of Turkey (Davis 1965-1980) και "Med-Checklist" (Greuter, Burdet & Long, 1984, 1986, 1989).

Όσον αφορά στα εδάφη έγιναν αντιπροσωπευτικές εδαφοτομές στα εδάφη πάνω στον περλίτη και την κίσηρη και πάρθηκαν εδαφικά δείγματα για ανάλυση, τόσο από τις εδαφοτομές όσο και από τις παραλιακές άμμους και τις αποθέσεις στείρων υλικών από τις εκμεταλλεύσεις της κίσηρης.

ΦΥΣΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ -ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

1. Γεωλογικές-Εδαφικές συνθήκες

Το νησί, σύμφωνα με τους Πενταράκη και Μαρκουλή (1974), ανήκει στο ανατολικό άκρο του Τεταρτογενούς ηφαιστειακού τόξου του Αιγαίου και τα πετρώματα που το σχηματίζουν είναι ηφαιστειακά (Σχ. 2).

Ο ΒΑ λόφος χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη σχετικά αβαθών χαρραδρώσεων, σχηματίζεται δε από ηφαιστειογενή έγκυτα πετρώματα και συγκεκριμένα από ρυολίθους (περλίτη) και ύελους (οψιδιανό), ενώ σημειώνεται και μικρή εμφάνιση κίσηρης στη νότια πλευρά. Ο περλίτης εμφανίζεται υπερκείμενος του οψιδιανού, αλλά σε περιορισμένες θέσεις ο οψιδιανός εμφανίζεται στην επιφάνεια. Στον οψιδιανό, το γυαλί των αρχαίων Ελλήνων, οφείλει και την σημερινή του ονομασία το νησί.

Ο ΝΔ λόφος σχηματίζεται από την κορυφή προς τη βάση από αιολική, ενδιάμεση και βασική κίσηση, που ανήκουν στα ιζηματογενή πυροκλαστικά πετρώματα. Μεταξύ των κυρίων στρωμάτων της κίσησης παρεμβάλλονται στρώσεις μικρότερου πάχους από άργιλο, ασβεστιτικούς ψαμμίτες και λατυποπαγή με ασβεστιτικό συνδετικό υλικό. Στο βόρειο ήμισυ της ανατολικής πλευράς εμφανίζεται μια στενή παραλιακή ζώνη από παράκτιες αποθέσεις (άμμοι-χροκάλες), ενώ από τις ίδιες αποθέσεις σχηματίζεται και ο ισθμός. Όσον αφορά στα εδάφη, με βάση το μητρικό πέτρωμα, μπορούν να διακριθούν δύο κύριες κατηγορίες: Εδάφη πάνω σε περλίτη και εδάφη πάνω σε κίσηση.

Το δυναμικό των εδαφών στον περλίτη είναι γενικά περιορισμένο. Ένα σημαντικό μέρος της επιφανείας του (25 % περίπου), καλύπτεται από λιθοσωρούς παλαιότερων ανθρωπίνων δραστηριοτήτων, ενώ ένα εξίσου σημαντικό μέρος είναι έντονα διαβρωμένο και το μητρικό πέτρωμα εμφανίζεται στην επιφάνεια. Στην υπόλοιπη έκταση εμφανίζονται αβαθή εδάφη (<30 εκ.), και στις θέσεις με ήπιες κλίσεις (φυσικά πλατώματα, παλιές καλλιέργειες σε αναβαθμίδες) και σε προστατευόμενες από τη βλάστηση θέσεις εμφανίζονται βαθύτερα εδάφη (30-60 εκ.). Είναι ελαφρώς όξινα, ουδέτερα, ή ελαφρώς βασικά. Στα δάση με τραχεία πεύκη υπάρχει βελονοτάπητας πάχους 10-15 εκ. και ο επιφανειακός ορίζοντας είναι γενικά πλούσιος σε οργανική ουσία, με ασθενή κοκκώδη δομή, ενώ οι βαθύτεροι ορίζοντες δεν έχουν δομή. Έχουν αμμώδη μέχρι αμμοπηλώδη υφή και περιέχουν λίθους μικρών κυρίως διαστάσεων των οποίων το ποσοστό αυξάνεται με το βάθος.

Τα εδάφη πάνω σε κίσηση απαντώνται στο ΝΔ λόφο του νησιού και γενικά είναι μετρώς βαθιά (30-60 εκ.) έως βαθιά. Εξαιρέση αποτελούν τα πρανή περιμετρικά του λόφου και κάποιες κεκλιμένες επιφάνειες όπου τα εδάφη έχουν διαβρωθεί και είναι αβαθή (<30 εκ.), ή ελλείπουν τελείως και το μητρικό πέτρωμα εμφανίζεται στην επιφάνεια. Τα εδάφη στην κίσηση είναι γενικά ευαίσθητα στη διάβρωση και εφόσον στερηθούν του φυτικού τους καλύμματος διαβρώνονται εύκολα από τη βροχή και τον άνεμο. Όμως λόγω του ευθρύπτου μητρικού πετρώματος, εφόσον προστατευθούν, εποικίζονται εύκολα από τη βλάστηση και ακολουθούν προοδευτική εξέλιξη. Τα εδάφη αυτά καλύπτονται σχεδόν στο σύνολό τους από δάσος τραχείας πεύκης και φέρουν παχύ στρώμα βελονών (>10 εκ.), ενώ στα διαβρωμένα-αβαθή εδάφη επικρατούν περισσότερο οι διαπλάσεις αειφύλων και φρύγανων. Έχουν αμμώδη έως αμμοπηλώδη υφή, βασική αντίδραση, με pH κυμαινόμενο από 7.5 ως 8.3, αυξανόμενο με το βάθος και είναι καλά εφοδιασμένα με βάσεις. Τα αδιατάρακτα εδάφη έχουν επιφανειακό ορίζοντα καλά εφοδιασμένο με οργανική ουσία και δομή κοκκώδη μέση, ενώ οι υπόλοιποι ορίζοντες γενικά δεν έχουν διαμορφωμένη δομή.

Όσον αφορά στους σχηματισμούς των παρακτίων αποθέσεων εκεί δεν υπάρχουν πραγματικά εδάφη. Ουσιαστικά πρόκειται για αμμώδες υλικό, με πολύ μικρή περιεκτικότητα σε ιλύ και άργιλο, φτωχό σε οργανική ουσία, μικρή περιεκτικότητα σε ανθρακικό ασβέστιο και $pH > 7$. Το υλικό αυτό στις επιφάνειες που καλύπτονται από βλάστηση έχει μερικά σταθεροποιηθεί, ενώ στις γυμνές επιφάνειες είναι ασταθές και μετακινείται με την επίδραση του ανέμου.

Οι αποθέσεις τέλος των στειρών υλικών από την εκμετάλλευση κίσησης αποτελούν μια ακόμη κατηγορία εδαφικού υλικού. Οι αποθέσεις αυτές σχηματίζονται με την διαδοχική εκφόρτωση, σε ορισμένες θέσεις κατά μήκος των πλαγιών του λόφου, του επιφανειακού εδάφους και των υπερεκμενών της βασικής κίσησης υλικών (άργιλος, ασβεστιτικός ψαμμίτης, κίσησόβραχος, ενδιάμεση και αιολική κίσηση). Ας σημειωθεί ότι μόνο η βασική κίσηση αποτελεί αντικείμενο εκμετάλλευσης, ενώ οι υπόλοιποι σχηματισμοί απορρίπτονται ως στείρα υλικά. Οι αποθέσεις των στειρών υλικών χαρακτηρίζονται από την επίπεδη πλατεια εκφόρτωσης που είναι έντονα συμπίεσμένη λόγω της κίνησης των οχημάτων και τα ισχυρά κεκλιμένα πρανή με κλίση περίπου 65-75%, η οποία αντιπροσωπεύει τη μεγίστη γωνία ισορροπίας των υλικών αυτών. Τα πρανή αρχικά είναι αρκετά χαλαρά, με φαινόμενα επιφανειακής έρπυσης. Σταδιακά όμως συμπιέζονται φυσικά και σταθεροποιούνται, ενώ παράλληλα στην επιφάνεια δημιουργείται μία κρούστα, περισσότερο ή λιγότερο συνεκτική, ανάλογα με τη σύνθεση του υλικού, πάχους 1-3 εκ. Οι αποθέσεις σχηματίζονται από υλικά όλων των διαστάσεων, αλλά κυριαρχούν τα μικρότερα των 3 εκ. υλικά. Κατά την εκφόρτωση των στειρών υλικών κατά μήκος της πλαγιάς λαμβάνει χώρα φυσική διαλογή με αποτέλεσμα προς το πόδι της απόθεσης να συγκεντρώνεται μεγαλύτερο ποσοστό χονδρών υλικών, ενώ προς την κορυφή να υπάρχει περισσότερο λεπτό υλικό. Από τον πίνακα I προκύπτει ότι τα υλικά αυτά έχουν αμμοπηλώδη υφή, βασική αντίδραση ($pH > 8$), είναι φτωχά σε οργανική ουσία και οι τιμές του αζώτου είναι πολύ χαμηλές (<0,1%). Οι τιμές του Mg^{++} και του Ca^{++} κινούνται σε υψηλά επίπεδα ($Ca > 10$, $Mg > 0,5 \text{ cmol.Kg}^{-1}$), ενώ του K^+ και του P σε μέσα και χαμηλά επίπεδα

Πίνακας Ι. Αποτελέσματα αναλύσεων σε δείγματα εδάφους.

Πέτρωμα	Εδαφοτομή	pH	CaCO ₃	Οργ. ουσία	Άργιλος <0,002 mm	Πύς 0,002-0,005 mm	Άμμος 0,05-2 mm	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	C.E.C	N	P
	(cm)	(1:1 H ₂ O)	(%)				cmol.Kg ⁻¹				(%)	Olsen (mg.Kg ⁻¹)	
Κίσηρη	0-10	7,46	0	2,76	4	14	82	10,5	3,67	0,87	17	-	-
	10-80	7,88	0	0,96	6	25	69	4,5	2,08	0,62	7	-	-
	>80	8,29	8,68	0,48	5	5	90	16,5	2,17	0,62	8	-	-
Περλίτης	0-6	6,22	-	7,59	4	20	76	6,5	3,42	0,65	15	-	-
	6-62	6,14	-	1,65	6	11	83	1,95	2,25	0,47	7	-	-
	>62	6,85	-	0,27	8	15	77	1,7	2,08	0,52	6	-	-
Παραλλακή άμμος		7,13	2,6	0,25	0,2	1,5	98,3	0,38	0,67	0,26	-	-	-
Στείρα υλικά κίσηρης 1		8,54	8,92	0,14	6	19	75	43	5,5	0,93	13	0,02	3,4
Στείρα υλικά κίσηρης 2		8,24	8,92	0,35	5	24	71	40	3,17	0,38	8	0,02	7,8

αντίστοιχα.

Πάντως οι παραπάνω ιδιότητες των στείων υλικών των αποθέσεων δεν φαίνεται να δημιουργούν ιδιαίτερα προβλήματα στην εγκατάσταση της βλάστησης. Ακόμη και στο πόδι του πρανούς, όπου συγκεντρώνονται τα χονδροκόκκα υλικά, η βλάστηση εγκαθίσταται. Αυτό φαίνεται να συνδέεται αφ' ενός με την ιδιότητα της κίσηρης να συγκρατεί σημαντικές ποσότητες νερού, ακόμη και σε χονδροκόκκη μορφή και αφ' ετέρου με τον προοδευτική απόθεση στο πόδι του πρανούς των λεπτών προϊόντων της διάβρωσης. Οι μόνοι περιοριστικοί παράγοντες εγκατάστασης της βλάστησης, οι οποίοι όμως έχουν παροδικό, θα λέγαμε, χαρακτήρα είναι: 1. Η συμπίεση στις επίπεδες επιφάνειες, η οποία φαίνεται να αίρεται με την επίδραση των κλιματικών και βιοτικών παραγόντων με την πάροδο του χρόνου, όπως προκύπτει από την εμφάνιση σχετικά ικανοποιητικής βλάστησης στις παλαιότερες αποθέσεις. 2. Η έρπυση των υλικών στα πρανή των νέων αποθέσεων, όπως και η διάβρωση, οι οποίες δυσκολεύουν την εγκατάσταση των σπόρων και την αγκύρωση των φυτών και 3. Η δημιουργία επιφανειακής χρούστας στα πρανή των αποθέσεων, η οποία τα σταθεροποιεί μεν, αλλά παράλληλα δυσκολεύει την εγκατάσταση των σπόρων. Τέλος η κλίση των πρανών και η πτωχεία σε N των στείων υλικών μπορεί να επιβραδύνει αλλά δεν φαίνεται να εμποδίζει τελικά την εγκατάσταση της βλάστησης.

2. Κλιματικές συνθήκες

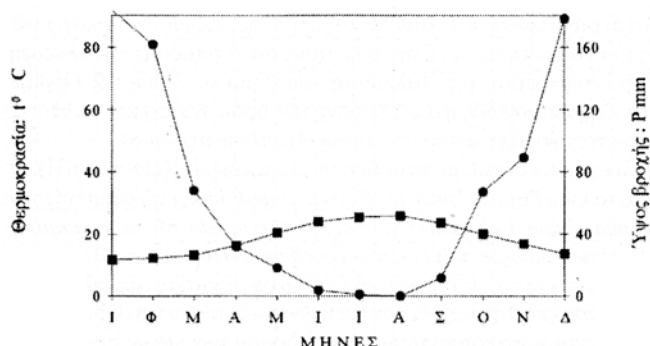
Στο Γυαλί δεν υπάρχει μετεωρολογικός σταθμός και η εκτίμηση του κλίματος στηρίχθηκε στα κλιματικά δεδομένα του σταθμού της Κω, τα οποία μπορεί να θεωρηθεί ότι εκφράζουν τις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στο Γυαλί (Πίνακας ΙΙ).

Σύμφωνα με τα στοιχεία αυτά, το μέσο ετήσιο ύψος βροχής ανέρχεται σε 754 χιλ., οι περισσότερες βροχοπτώσεις εμφανίζονται το χειμώνα με 463,3 χιλ. και ακολουθούν το φθινόπωρο με 168,2 χιλ., η άνοιξη με 117,7 χιλ., ενώ το καλοκαίρι χαρακτηρίζεται από περιορισμένες και πολύ ασθενείς βροχοπτώσεις φθάνοντας μόλις τα 4,7 χιλ. ύψους βροχής.

Όσον αφορά στη μέση μηνιαία θερμοκρασία του αέρος, η διακύμανσή της κατά τη διάρκεια του έτους

Πίνακας ΙΙ. Μετεωρολογικά δεδομένα του σταθμού νήσου Κω (1948 - 1975).

Μήνες	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ
Μέση Θερμοκρασία	12	12,2	13,3	16,5	20,3	24	25,6	25,9	23,7	20,1	16,7	13,6
Ύψος Βροχής	183,3	161,9	67,9	31,9	18,1	3,7	0,9	0,2	12,1	67	89	178,3
Σχετική Υγρασία	71	68	66	66	67	64	64	64	66	69	72	71

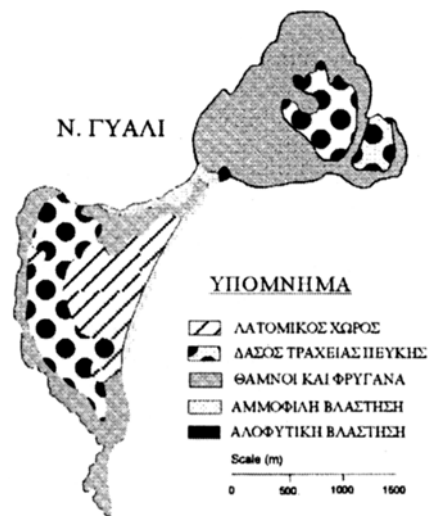


Σχ. 3. Ομβροθερμικό διαγραμμα νήσου Κω

μεταξύ 125 και 150.

Από το ομβροθερμικό διάγραμμα (Σχ. 3) προκύπτει ότι η ξηροθερμική περίοδος ($P \leq 2T$) είναι αρκετά παρατεταμένη και διαρκεί πέντε μήνες, από τα μέσα Απριλίου μέχρι τα μέσα Σεπτεμβρίου περίπου.

Στη περιοχή κυριαρχούν οι βόρειοι άνεμοι, οι οποίοι λόγω του μικρού μεγέθους του νησιού, πλήττουν έντονα όλη την επιφάνειά του, με αποτέλεσμα να μη δημιουργούνται συνθήκες ενδοχώρας. Οι ισχυροί δε αλατοφόροι άνεμοι, αφήνουν ορατό το πέρασμά τους στην αύξηση, τη μορφή και το φύλλωμα της βλάστησης στις άμεσα πληττόμενες επιφάνειες.



Σχ. 4. Χάρτης βλάστησης

την κορυφή των λόφων (180μ.). Τα δένδρα έχουν γενικά περιορισμένο ύψος, που κυμαίνεται από 3-9 μ., με κορμό συνήθως διακλαδιζόμενο από το ύψος 1,5-2 μ., και κόμη τραπεζοειδούς μορφής. Περιορισμένος αριθμός δένδρων, σε βαθιά κυρίως εδάφη εμφανίζεται με ύψος μέχρι 12 μ. και κωνική μορφή. Στις χαμηλότερες κυρίως θέσεις και ιδιαίτερα στη βόρεια πλευρά που πλήττεται από ισχυρούς ανέμους τα δένδρα έχουν θαμνώδη μορφή (ύψος < 3μ.), φέρουν κλάδους μέχρι το έδαφος και έχουν κόμη με μορφή σημαίας. Την ίδια μορφή κόμης εμφανίζουν και δενδρώδη άτομα των ειδών *Quercus coccifera* και *Olea europaea* ssp. *oleaster* στη βόρεια πλευρά.

είναι σχετικά ήπια, με ψυχρότερο μήνα τον Ιανουάριο και θερμότερο τον Αύγουστο. Ως προς τη σχετική υγρασία του αέρος, αυτή ακολουθεί αντίστροφη των θερμοκρασιών πορεία κατά τη διάρκεια του έτους με υψηλότερες τιμές κατά τον χειμώνα και χαμηλότερες το καλοκαίρι.

Από βιοκλιματική άποψη το Γυαλί, με βάση το ομβροθερμικό πηλίκο του Emberger, ανήκει στον ύφυγρο βιοκλιματικό όροφο, με χειμώνα θερμό ($m > 7^\circ\text{C}$), ενώ ο χαρακτήρας του βιοκλιματος είναι ο έντονος θερμο-μεσογειακός, με αριθμό βιολογικά ξηρών ημερών που κυμαίνεται

3. Βλάστηση

Το Γυαλί καλύπτεται σχεδόν στο σύνολό του από βλάστηση, η οποία διαφοροποιείται κατά θέσεις. Συνολικά διακρίθηκαν οι παρακάτω τύποι βλάστησης: 1. Δάσος τραχείας πεύκης, 2. Θαμνώνες και φρύγανα, 3. Αμμόφιλη βλάστηση, 4. Αλόφιλη βλάστηση και 5. Βλάστηση των αποθέσεων στείρων υλικών (Σχ. 4).

3.1. Δάσος τραχείας πεύκης

Το δάσος της *Pinus brutia* στο Γυαλί αντιπροσωπεύει έναν απομονωμένο φυσικό πληθυσμό και αποτελεί τη μοναδική του δενδρώδη βλάστηση. Εμφανίζεται με μικρές συστάδες και διάσπαρτα δένδρα στο ΒΑ λόφο, ενώ καταλαμβάνει όλο το ΝΔ λόφο, με εξαίρεση την επιφάνεια του ορυχείου της κίσηρης και μια πολύ στενή παραλιακή ζώνη όπου κυριαρχούν θαμνώδη κυρίως και φρυγανικά είδη. Συγκροτείται από ακανόνιστες υποκηπευτές συστάδες, ενώ κατά θέσεις εμφανίζονται και ομήλικες, η δε ηλικία των γηραιότερων δένδρων φθάνει τα 100 χρόνια. Ο βαθμός συγκρόμωσης ποικίλλει και το δάσος συγκροτείται από κλειστές μέχρι και αραιές συστάδες.

Υψομετρικά κατανέμεται από το επίπεδο της θάλασσας μέχρι

Η αναγέννηση της τραχείας πεύκης είναι περιορισμένη, εξαιτίας της αιγοβοσκής, κυρίως όμως λόγω του πλουσίου βελονοτάπητα και της παρουσίας πυκνού υπόροφου. Στην τελευταία αιτία αποδίδει την έλλειψη αναγέννησης και ο Παπαϊωάννου (1935), στα πευκοδάση της Χαλκιδικής, όπως και οι Zohary & Orshan (1966), στα δάση της *Pinus brutia* στην Κρήτη. Σε χαλαρά εδάφη όμως (πρηνή των δρόμων κλπ) και σε θέσεις με ορυκτό έδαφος στην επιφάνεια η αναγέννηση εμφανίζεται ικανοποιητική (1φυτό/m² περίπου).

Η υπόροφη βλάστηση του δάσους ποικίλλει και συνδέεται με το βαθμό συγκρότησής του (Πίνακας III). Ο όροφος των θάμνων συγκροτείται κυρίως από τα είδη *Pistacia lentiscus*, *Erica manipuliflora*, ενώ συμμετέχουν και τα είδη *Olea europaea* ssp. *oleaster*, *Ceratonia siliqua*, *Calicotome villosa*, *Arbutus unedo*, *Myrtus communis* (στις υγρότερες θέσεις) καθώς και τα είδη *Daphne gnidioides* και *Quercus coccifera* αλλά μόνο στο ΒΑ λόφο.

Στις χαλαρές συστάδες, η υποβλάστηση είναι πυκνή και σε σημαντική έκταση συγκροτείται αποκλειστικά ή σχεδόν αποκλειστικά από *Erica manipuliflora*. Η χλωριδική πτωχεία των ερεικίων είναι γνωστή (Oberdorfer, 1954, Κωσταντινίδης, 1990), όπως γνωστή είναι και η ισχυρή ανταγωνιστική δράση των ειδών αυτών, που φαίνεται να συνδέεται με την ισχυρή κατανάλωση του εδαφικού ύδατος (Wilde et al. 1968) και / ή την παραγωγή τοξικών ουσιών από τις ρίζες τους (Robinson, 1972, αναφερόμενος από τον Νάκο, 1974).

Στην υπόλοιπη έκταση, με φωτεινές και αραιές συστάδες, η υπόροφη βλάστηση εμπλουτίζεται και από φρυγανικά και ποώδη είδη. Από τα φρυγανικά εμφανίζονται κυρίως τα ακόλουθα: *Cistus salvifolius*, *C. parviflorus*, *C. creticus*, *Hypericum empetrifolium*, *Lavandula stoechas*, *Teucrium polium* ssp. *capitatum*, *Helianthemum salicifolium*, και σπανιότερα τα *Helianthemum syriacum* ssp. *syriacum*, *Satureja nervosa*, *Phagnalon graecum*, *Satureja thymbra*, *Anthyllis hermanniae* και *Thymelaea tartonraira*.

Τέλος από τα ποώδη είδη τα πλέον συχνά εμφανιζόμενα είναι τα παρακάτω: *Psilurus incurvus*, *Aira elegantissima*, *Logfia gallica*, *Vicia cretica* ssp. *cretica*, *Aetheorrhiza bulbosa* ssp. *microcephala*, *Arisarum vulgare*, *Trifolium campestre*, *T. arvense*, *Rostaria cristata*, *Sonchus oleraceus*, *Andryala integrifolia*, *Bromus fasciculatus*, *Tuberaria guttata*, και *Crepis neglecta* ssp. *neglecta*

Σε ορισμένα μικροδιάκενα, όπου ελλείπει ο οργανικός ορίζοντας και εμφανίζεται ο υποκειμένος αμμώδης στην επιφάνεια, στον ποσάπητα κυριαρχεί το είδος *Psilurus incurvus*, ενώ σε άλλα στη Β-ΒΔ πλευρά του λόφου της κίσηρης κυριαρχεί το *Bryum capillare* σχηματίζοντας έναν ενιαίο τάπητα.

3.2. Θαμνώδεις και φρυγανικές κοινότητες

Οι θαμνώνες και τα φρύγανα, στο ΝΔ λόφο (κίσηρη) περιορίζονται σε μια στενή ζώνη, κατά μήκος της παραλίας και με μικρές προς τα πάνω εξάρσεις. Εμφανίζονται επίσης με ασυνεχή μορφή σε όλη σχεδόν την επιφάνεια της χαμηλής ζώνης (ισθμός) και καταλαμβάνουν το μεγαλύτερο μέρος του ΒΑ λόφου (περλίτης).

Οι θαμνώδεις και φρυγανικές κοινότητες με τη μορφή ευδιάκριτων και σχετικά αμιγών σχηματισμών έχουν περιορισμένη εμφάνιση κατά κηλίδες, ενώ στο μεγαλύτερο μέρος παρουσιάζονται σε μίξη, με μεταβαλλόμενη κατά θέσεις παρουσία μορφών και ειδών (Πίνακας IV). Στους σχηματισμούς αυτούς συμμετέχουν τα είδη *Pistacia lentiscus*, *Erica manipuliflora* (η οποία κατά θέσεις δημιουργεί σχεδόν αμιγείς ερικώνες), *Ceratonia siliqua*, *Arbutus unedo*, *Myrtus communis* (στις πιο υγρές θέσεις), *Quercus coccifera*, *Daphne gnidioides*, *Euphorbia dendroides*, *Calicotome villosa* και ο *Juniperus oxycedrus* ssp. *macrocarpa* που κυριαρχεί σε ορισμένες θέσεις στην ομαλή κυρίως παραλιακή ζώνη. Διάσπαρτα όμως δενδρώδη άτομα του είδους αυτού εμφανίζονται στον ισθμό και στη ΒΔ πλευρά του περλίτη στα ενδότερα. Τα άτομα αυτά φαίνεται να αποτελούν λείψανα παλαιότερου πλέον εκτεταμένου θαμνώνα. Τέλος στις βραχώδεις εξάρσεις του ΒΔ λόφου εμφανίζονται επίσης μεμονωμένα άτομα των ειδών *Ephedra campylopoda* και *Capparis orientalis*.

Τα φρυγανικά είδη με την μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης είναι τα *Cistus creticus*, *Lavandula stoechas*, *Cistus salvifolius*, *Hypericum empetrifolium*, *Cistus parviflorus*, *Phagnalon graecum*, *Teucrium polium*, *Satureja nervosa* και *Anthyllis hermanniae* ενώ η πληθοκάλυψη και η εμφάνισή τους ποικίλλει κατά θέσεις.

Τα κυριότερα ποώδη είδη που συμμετέχουν στις εξεταζόμενες θαμνώδεις και φρυγανικές κοινότητες είναι τα *Brachypodium distachyon*, *Avena barbata*, *Bromus fasciculatus*, *Valanthia hispida*, *Psilurus incurvus*, *Geranium robertianum*, *Trifolium arvense*, *Arisarum vulgare*, *Vicia cretica*, *Hypochoeris glabra*, *Trifolium angustifolium*, *T. scabrum*, *Orlaya daucorlaya*, *Umbilicus horizontalis*, *Lagurus ovatus*, *Medicago polymorpha*.

Πίνακας IV. Ενδεικτικές φυτολογίες σε θανώνδες και φρυγανικούς σχηματισμούς

Αριθμός φυτολογίας	25	12	27	20	42	28	36	3	43	5	1	10	37	36	40
Αριθμός φυτολογίας	160	10	60	10	30	100	50	110	50	70	2	5	15	20	40
Υψόμετρο	B	B	A	N	Δ	Α	Δ	BA	BA	B	A	B	BA	N	Δ
Εκδήση	5	5	35	5	25	15	20	15	5	20	2	5	5	5	10
Κλίση	Π	Κ	Π	Κ	Π	Π	Π	Κ	Π	Κ	Κ	Κ	Κ	Κ	Π
Πέποιμα	3	3	3	3	4	2	2	2	4	3	7	7	7	7	2
Pistacia lentiscus															
Erica manipuliflora															
Olea europaea ssp. sylvestris															
Arbutus unedo															
Myrtus communis															
Quercus coccifera															
Myrtus communis															
Ceratonia siliqua															
Calycotome villosa															
Euphorbia dendroidea															
Daphne gnidioides															
Juniperus oxycedrus ssp. macrocarpa															
Cistus salvifolius															
Cistus creticus ssp. creticus															
Cistus creticus ssp. creticus															
Lavandula stoechas ssp. stoechas															
Teucrium polium ssp. capitatum															
Helianthemum salicicolum															
Hypericum empetrifolium															
Psidium incurvum															
Ara elegantisima															
Logfia gallica															
Arisarum vulgare															
Vicia cretica ssp. cretica															
Aethioniza bulbosa ssp. microcephala															
Geranium robertianum															
Trifolium campestre															
Tribulum arvense															
Bromus fasciculatus															
Lophochla cristata															
Tuberaria guttata															
Crepis neglecta ssp. neglecta															
Sonchus oleraceus															
Asterionon linum-stellatum															
Avena barbata ssp. atherantha															
Gallium murale															
Daucus involucreus															
Euphorbia pappioides															
Hypochoeris glabra															
Tribulum glomeratum															
Andryala integrifolia															
Misopates oronitum															
Lagurus ovatus															
Melilotus indica															
Muscari neglectum															
Pinus brutia															
Stipa capensis															
Urospermum pterocides															

Πίνακας III. Ενδεικτικές φυτολογίες σε δάσος Pinus brutia

Αριθμός φυτολογίας	26	15	14	18	2	22	16	17	32	24	4
Αριθμός φυτολογίας	150	40	30	80	3	120	170	145	30	150	120
Υψόμετρο	A	B	B	NA	A	Δ	N	BA	NA	BA	BA
Εκδήση	40	60	20	35	5	15	45	30	25	25	15
Κλίση	Π	Κ	Κ	Κ	Π	Κ	Π	Κ	Π	Κ	Κ
Πέποιμα	5	5	3	2	4	7	4	2	4	4	4
Pistacia lentiscus											
Erica manipuliflora											
Olea europaea ssp. sylvestris											
Arbutus unedo											
Myrtus communis											
Quercus coccifera											
Myrtus communis											
Ceratonia siliqua											
Arbutus unedo											
Daphne gnidioides											
Cistus salvifolius											
Cistus parviflorus											
Cistus creticus ssp. creticus											
Hypericum empetrifolium											
Lavandula stoechas ssp. stoechas											
Teucrium polium ssp. capitatum											
Helianthemum salicicolum											
Hypericum empetrifolium											
Psidium incurvum											
Ara elegantisima											
Logfia gallica											
Arisarum vulgare											
Vicia cretica ssp. cretica											
Aethioniza bulbosa ssp. microcephala											
Geranium robertianum											
Trifolium campestre											
Tribulum arvense											
Bromus fasciculatus											
Lophochla cristata											
Tuberaria guttata											
Crepis neglecta ssp. neglecta											
Sonchus oleraceus											
Asterionon linum-stellatum											
Avena barbata ssp. atherantha											
Gallium murale											
Daucus involucreus											
Euphorbia pappioides											
Hypochoeris glabra											
Tribulum glomeratum											
Andryala integrifolia											
Misopates oronitum											
Lagurus ovatus											
Melilotus indica											
Muscari neglectum											
Pinus brutia											
Stipa capensis											
Urospermum pterocides											

Κ = κίσσηλη
Π = περσική

3.3. Βλάστηση αμμοδών παραλιών.

Αμμόφιλη βλάστηση απαντάται κυρίως στη βόρεια και νότια πλευρά του ισθμού, καθώς και στην ανατολική πλευρά του λόφου της κίσσηρης κατά μήκος της παραλίας. Η βλάστηση των αμμοδών παραλιών συγκροτείται κυρίως από αμμόφιλα και αμμονιτρόφιλα είδη, ενώ συμμετέχουν και ορισμένα αλόφυτα. Τα είδη έχουν διάσπαρτη εμφάνιση, με εξαίρεση το *Otanthus maritimus* που δημιουργεί μικρές κηλίδες. Τα είδη που συγκροτούν τη βλάστηση αυτή είναι τα: *Otanthus maritimus*, *Elymus farctus*, *Cyperus capitatus*, *Parapholis marginata*, *Pancreatium maritimum*, *Medicago marina*, *Eryngium maritimum*, *Euphorbia paralias*, *Limonium graecum* ssp. *ammophilum*, *Cakile maritima*, *Mathiola tricuspidata*, *Polygonum maritimum*, *Medicago littoralis*, *Lotus halophilus*, *Salsola kali*, *Silene sedoides*, *Lagurus ovatus*, *Anthemis tomentosa*, *Urospermum picroides*, *Crepis micrantha*, *Hordeum murinum*, *Phleum crypsoides*, *Hedypnois cretica*, *Vulpia fasciculata*.

3.4. Αλόφιλη βλάστηση

Το μόνο αλίπεδο που απαντάται στο Γυαλί είναι μια έκταση ενός περιόπου στρέμματος στο βόρειο άκρο της ανατολικής παραλίας, στο μυχό του κόλπου που σχηματίζει ο ισθμός με το ΒΑ λόφο του περλίτη. Η επιφάνεια αυτή πλημμυρίζει εποχιακά, ενώ κατά την διάρκεια του καλοκαιριού αποξηραίνεται.

Η βλάστηση στο αλίπεδο δεν καλύπτει όλη την επιφάνειά του αλλά εμφανίζεται διάσπαρτη ή κατά μικρές κηλίδες. Η σύνθεση της βλάστησης στο εσωτερικό του αλίπεδου συντίθεται από το *Limonium graecum* και το *Limonium graecum* ssp. *ammophilum* που είναι και τοπικό ενδημικό είδος. Περιφερειακά και στις μικροανυψώσεις εμφανίζεται η *Frankenia hirsuta* και η *Parapholis marginata*. Η ίδια βλάστηση εμφανίζεται και σε ορισμένες χαμηλές θέσεις της παραλίας που καλύπτονται περιοδικά από το θαλάσσιο κύμα.

3.5. Βλάστηση των αποθέσεων στείρων υλικών

Η βλάστηση των επιμέρους αποθέσεων είναι ασυνεχής και χαρακτηρίζεται από διαφορετικό βαθμό προοδευτικής εξέλιξης, που φαίνεται να είναι συνάρτηση της ηλικίας τους (χρόνος από τη δημιουργία τους) και εν μέρει της απόστασής τους από την φυσική βλάστηση.

Τα πρώτα και συχνότερα απαντώμενα είδη που κυριαρχούν στις νεοσχηματιζόμενες αποθέσεις, δημιουργούν δε και αμιγείς επιφάνειες βλάστησης, είναι η *Dittrichia viscosa* κυρίως και το *Senecio bicolor*. Από τα υπόλοιπα είδη, τα πιο συχνά εμφανιζόμενα είναι τα: *Cakile maritima*, *Bromus fasciculatus*, *B. tectorum*, *Psilurus incurvus*, *Crepis micrantha*, *Urospermum picroides*, *Avena barbata*, *Polygonum maritimum*, *Biscutella didyma*, *Sonchus oleraceus* και *Melilotus indicus*, *Rostaria cristata*, *Helichryssum stoechas* ssp. *barrelieri*, *Avena barbata*, *Brachypodium distachyon*, *Crepis neglecta* ssp. *neglecta*, *Vulpia myuros*, *Hippocrepis ciliata*.

Στις παλαιότερες αποθέσεις (> 10 ετών) παρατηρείται εμπλουτισμός και πύκνωση της βλάστησης με άλλα ποώδη και ξυλώδη είδη. Σημειώνουμε ιδιαίτερα την συχνή παρουσία της *Erica manipuliflora* και της *Pinus brutia* (σε γειτνίαση με το δάσος). Άλλα ξυλώδη είδη που καταγράφηκαν στις επιφάνειες αυτές είναι τα: *Pistacia lentiscus*, *Cistus creticus*, *C. parviflorus*, *C. salvifolius*, *Lavandula stoechas*, *Thymelaea tartonraira*, *Hypericum empetrifolium*, *Phagnalon graecum* και σπάνια η *Olea europaea* ssp. *oleaster*.

Σημειώνεται επίσης ότι το άνω μισό του προανούς παλαιάς απόθεσης, με βόρεια έκθεση, καλύπτεται σε όλη του σχεδόν την έκταση από το *Bryum capillare*, το οποίο δημιουργεί ένα συνεχόμενο τάπητα.

Πέρα από τη φυσική βλάστηση των στείρων υλικών θα πρέπει να αναφερθούν και οι αναδάσώσεις στις οριζόντιες επιφάνειες, για αποκατάσταση της βλάστησης, που πραγματοποιήσε η εταιρεία εκμετάλλευσης της κίσσηρης (ΛΑΒΑ Α.Ε.) κυρίως με *Pinus brutia*. Από δοκιμαστικές φυτεύσεις που εμείς πραγματοποιήσαμε (1994) με διετή φυτά *Juniperus oxycedrus* ssp. *macrocarpa* και *Juniperus phoenicea* αξίζει να αναφερθεί ότι τα φυτά παρουσίασαν επιβίωση 100%, με την παρατήρηση ότι η *Juniperus oxycedrus* ssp. *macrocarpa* έδειξε πολύ καλή αύξηση (σε 3 χρόνια τα ψηλότερα άτομα έφτασαν το 1m.), σε αντίθεση με τη *Juniperus phoenicea*, τα φυτά της οποίας διατήρησαν πρακτικά το αρχικό τους ύψος (30 cm). Ιδιαίτερο ενδιαφέρον αποκτούν και οι “αναγλοάσεις” που διενεργήσαμε την ίδια περίοδο με απευθείας φύτευση στο έδαφος μοσχευμάτων (15cm) του είδους *Dittrichia viscosa*, τα οποία παρουσίασαν επιβίωση 65% και τα επόμενα έτη, με την φυσική τους αναγέννηση, κατέκλυσαν τις δοκιμαστικές επιφάνειες.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το Γυαλί παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον μεταξύ των νησιών του Αιγαίου πελάγους εξαιτίας της ηφαιστειακής του προέλευσης και της σημαντικής ποικιλότητας σε τύπους βλάστησης, παρά το μικρό μέγεθός του. Οι φυτοκοινωνίες βέβαια του νησιού είναι διαταραγμένες με αποτέλεσμα να έχει αλλοιωθεί η αρχική σύνθεσή τους, με τον περιορισμό ή και την εξαφάνιση ορισμένων ειδών και την εμφάνιση δευτερογενών διαπλάσεων ή αθροισμάτων από υποβάθμιση. Η κατάσταση αυτή συνδέεται στενά με ανθρωπογενείς επιδράσεις του παρελθόντος, τα αβαθή εδάφη και τις δυσμενείς κλιματικές συνθήκες που εκφράζονται με τους ισχυρούς ανέμους και τη σχετικά μακρά και ξηρή θερινή περίοδο. Στο σύνολό της η βλάστηση εντάσσεται στο θερμομεσογειακό όροφο και συγχροτείται από δασικές, θαμνώδεις και φρυγανικές φυτοκοινωνίες, ενώ σε περιορισμένη έκταση απαντώνται υπολείμματα αμιμόφιλων-αμμονιτροφίλων και αλοφυτικών φυτοκοινωνιών. Σε σημαντική έκταση οι φυτοκοινωνίες αυτές και κυρίως οι θαμνώδεις και φρυγανικές παρουσιάζουν εικόνα μωσαϊκού, όπου είναι αρκετά δύσκολη και όχι χωρίς κάποια αφαίρεση η αναγνώριση τυπικών φυτοκοινωνιών.

Η τραχεία πεύκη (*Pinus brutia*) κατέχει μία ευδιάκριτη ζώνη στον Ελληνικό χώρο καθώς "αντικαθιστά" τη χαλέπιο πεύκη στο ανατολικό Αιγαίο, χωρίς να αναμειγνύεται με αυτή. Η πιο κοντινή προσέγγιση των φυσικών πληθυσμών των δύο ειδών, είναι αυτή της Χαλκιδικής και της Θάσου. Η συνύπαρξή τους δε, σε κάποιες περιοχές πρέπει να αποδοθεί σε ανθρωπίνες επεμβάσεις (Panetsos 1981). Το δάσος της *Pinus brutia* στο Γυαλί αντιπροσωπεύει έναν απομονωμένο φυσικό πληθυσμό, είναι από τα χαμηλότερα δάση του είδους στον Ελληνικό χώρο και κυριαρχείται από δένδρα με κόμη τραπεζοειδούς μορφής. Κατά τον Nahal (1983), η μορφή αυτή εμφανίζεται με την αύξηση της ηλικίας, αλλά συνδέεται και με την γονιμότητα του σταθμού. Σε σταθμούς χαμηλής γονιμότητας η καθ' ύψος αύξηση σταματά στην ηλικία των 50-60 ετών και η κόμη αποκτά τραπεζοειδή μορφή. Αντίθετα σε γόνιμους σταθμούς η καθ' ύψος αύξηση συνεχίζεται μέχρι τα 80-90 έτη και η κόμη παραμένει κωνική. Πράγματι περιορισμένος αριθμός δένδρων, σε βαθιά εδάφη στις χαραδρώσεις του ΒΑ λόφου και σε υπήνεμο πλάτωμα του λόφου της κίσσηρης, εμφανίζεται με ύψος μέχρι 12 μ. και κωνική μορφή.

Το δάσος της *Pinus brutia* αποτελεί την πλέον εμφανή διαφοροποίηση της βλάστησης στο νησί. Για τα δάση της *Pinus brutia* στον Ελληνικό χώρο δεν υπάρχει συστηματική και οριστική φυτοκοινωνιολογική κατάταξη. Οι Zohary & Orshan (1966) κατατάσσουν τα δάση τραχείας πεύκης στην Κρήτη στη φυτοκοινωνική ένωση *Pinetum brutiae creticum* της συνένωσης *Quercion ilicis creticum*. Οι Barbero & Quezel (1980) εντάσσουν τα δάση τραχείας πεύκης του θερμομεσογειακού ορόφου βλάστησης της Κρήτης στη φυτοκοινωνική ένωση *Junipero lyciae-Pinetum brutiae*, της συνένωσης *Juniperion lyciae*, της *Pistacio-Rhamnietalia*. Από φυτοκοινωνική άποψη, η χλωριδική σύνθεση της υπωρόφου βλάστησης τοποθετεί το δάσος της *Pinus brutia* στο Γυαλί στη συνένωση *Oleo-Ceratonion* και τη φυτοκοινωνική ένωση *Oleo-lentisetum* και το δάσος της *Pinus brutia* φαίνεται να αποτελεί μια όψη της φυτοκοινωνίας αυτής. Στις διασπασμένες συστάδες της *Pinus brutia* τα θαμνώδη είδη περιορίζονται σημαντικά και στον υπόροφο κυριαρχούν φρυγανικά είδη τα οποία εντάσσουν τις φυτοκοινωνίες αυτές στη συνένωση *Cistion orientale* της *Cisto-Micromerietalia* (-etea), (Oberdorfer, 1954).

Όσον αφορά στους θαμνώδεις, η χλωριδική τους σύνθεση τους τοποθετεί επίσης στη συνένωση *Oleo-Ceratonion* και τη φυτοκοινωνική ένωση *Oleo-lentisetum*. Οι μικροκλιδές στη φυτοκοινωνική αυτή ένωση, που δημιουργεί η περιορισμένη παρουσία της *Ceratonia siliqua*, εμφανίζουν ομοιότητες στη σύνθεσή τους με την υποφυτοκοινωνία *Oleo-lentisetum ceratonietosum* (Barbero & Quezel, 1976) που επιτρέπουν να υποστηριχθεί ότι αποτελούν υπολείμματα της ανωτέρω υποφυτοκοινωνίας. Η *Euphorbia dendroides*, η οποία συνήθως συνοδεύεται από την *Daphne gnidioides*, εμφανίζεται στις βραχώδεις εξάρσεις και στους λιθοσωρούς του λόφου του περλίτη και φαίνεται να αποτελεί μία ακόμη όψη της παραπάνω φυτοκοινωνίας. Παρόμοιας σύνθεσης φυτοκοινωνίες έχουν περιγραφεί και σε άλλα μέρη της Ελλάδας και της Μεσογείου. Φυτοκοινωνιολογικά την φυτοκοινωνία αυτή ορισμένοι την αναφέρουν ως φυτοκοινωνία (*Euphorbietum dendroidis*), της συνένωσης *Oleo-ceratonion* (Guinochet & Drouineau, 1944), αναφερόμενοι από τους Br. Blanquet et al. (1951), άλλοι ως όψη (*euphorbietosum*) της φυτοκοινωνίας *Oleo-lentisetum* (Παυλίδης, 1976) και άλλοι ως υποφυτοκοινωνία (*euphorbietosum dendroidis*) της φυτοκοινωνίας *Prasio majoris-Ceratonietum siliquae*, της συνένωσης *Ceratonio-Rhamnion* (Barbero & Quezel, 1980). Οι Gehu et al. (1989) θεωρούν ότι οι φυτοκοινωνότητες της *Euphorbia dendroides* της Ρόδου και της Καρπάθου ανήκουν στην φυτοκοινωνία *Rubio tenuifoliae-Euphorbietosum dendroidis* στη συνένωση *Rhamno graeci-Juniperion lyciae* της *Pistacio-Rhamnietalia alatarni*.

Ας σημειωθεί δε ότι η φυτοκοινότητα αυτή δεν είναι αποκλειστικά ασβεστόφιλη όπως αναφέρουν οι Barbero & Quezel, (1976) και ο Παυλίδης (1976).

Μια τελευταία δασική φυτοκοινότητα, περιορισμένης επίσης έκτασης, δημιουργείται στις παραλίες με την παρουσία του *Juniperus oxycedrus* ssp. *macrocarpa*, που κατά θέσεις σχηματίζει συμπαγείς κηλίδες. Οι Zohary & Orshan (1966) αναφέρουν το *Juniperetum macrocarpae* στη Κρήτη, ως φυτοκοινωνία του *Quercion ilicis creticum*, χωρίς όμως να την περιγράφουν. Οι Gehu et al. (1989) θεωρούν ότι οι φυτοκοινότητες της *Juniperus oxycedrus* ssp. *macrocarpa* της Ρόδου και της Καρπάθου δημιουργούν την φυτοκοινωνία *Rubio tenuifoliae-Juniperetum macrocarpae* στη συνένωση *Rhamno graeci-Juniperion lyciae* της *Pistacio-Rhamnetalia alaterni*. Από τη σύνθεση των περιορισμένων φυτοληπιών που διαθέτουμε για τους σχηματισμούς του *Juniperus oxycedrus* ssp. *macrocarpa*, προκύπτει ότι υπάρχει στενή σχέση με την σύνθεση του *Oleo-lentiscetum* και η διαφοροποίηση προέρχεται μόνο από την παρουσία του *Juniperus oxycedrus* ssp. *macrocarpa* και κάποιων αμμοφύλων και αμμονιτροφύλων ειδών. Παράλληλα θα πρέπει να σημειωθεί ότι από τις φυτοκοινότητες αυτές απουσιάζουν τα διαφοριστικά είδη της *Rubio tenuifoliae-Juniperetum macrocarpae*. Κατά συνέπεια, μέχρις ότου να υπάρξουν δεδομένα σε ευρύτερη κλίμακα, φαίνεται περισσότερο λογικό να θεωρηθούν οι φυτοκοινότητες αυτές ως όψη (*Juniperetosum macrocarpae*) της *Oleo-lentiscetum*.

Οι Barbero & Quezel, (1980), μελετώντας τη βλάστηση της Κρήτης αναθεωρούν την άποψη τους (Barbero & Quezel 1976) ότι οι δασικές φυτοκοινωνίες του θερμομεσογειακού ορόφου ανήκουν σε μία και μόνη φυτοκοινωνική ένωση το *Oleo-lentiscetum aegeicum* (Krause et al., 1963) και προτείνουν μια νέα συνένωση, την *Cerantonio-Rhamnion*, στην οποία προτείνουν την ένταξη των φυτοκοινωνιών του *Oleo-Cerantonion*. Σύμφωνα με την κατάταξη αυτή η χλωριδική σύνθεση τόσο του δάσους της *Pinus brutia* όσο και των θαμνώνων τοποθετεί τις φυτοκοινότητες αυτές στη φυτοκοινωνική ένωση *Cerantonio-Pistacietum lentisci* (Zohary & Orshan, 1959) της παραπάνω συνένωσης.

Όσον αφορά στις φρυγανικές και στις διασπασμένες θαμνώδεις φυτοκοινότητες που κυριαρχούν φρυγανικά είδη, αυτές ανήκουν στη συνένωση *Cistion orientale* της *Cisto-Micromerietalia* (-etea), (Oberdorfer, 1954).

Στις αμμώδεις παραλίες η βλάστηση συγκροτείται από διασπασμένες κηλίδες ή διάσπαρτα αμμόφιλα και αμμονιτρόφιλα είδη των κλάσεων *Ammophiletea* και *Cakiletea*. Από την κλάση *Ammophiletea* φαίνεται να απουσιάζει η φυτοκοινωνία *Ammophiletum arundinaceae*, ενώ στις διασπασμένες αμμόφιλες φυτοκοινωνίες των παραλιών κυριαρχούν είδη της *Agropyretum mediterraneum* με συμμετοχή αμμονιτροφύλων ειδών της *Cakiletea maritima*, χωρίς να σχηματίζουν τυπικές φυτοκοινωνίες.

Στο μοναδικό αλίπεδο και σε περιοδικώς κατακλιζόμενες από τη θάλασσα παραλιακές θέσεις, εμφανίζονται, διάσπαρτα ή κατά πολύ μικρές κηλίδες, αλόφυτα, που αποτελούν υπολείμματα φυτοκοινωνιών της κλάσης *Salicornietea*.

Στις αποθέσεις των στείων υλικών της κίσηρης, η βλάστηση εμφανίζεται ασυνεχής και συγκροτείται από είδη των παραπάνω φυτοκοινωνιών, χωρίς όμως να διακρίνονται ακόμη τυπικές φυτοκοινωνίες.

Ιδιαίτερη εντύπωση προξενεί η απουσία της *Juniperus phoenicea*, η οποία είναι κοινό είδος σε ανάλογες φυτοκοινωνίες στα νησιά του Αν. Αιγαίου. Η απουσία της από το νησί πιθανόν να οφείλεται σε παλαιότερες καταστροφές της βλάστησης και την αδυναμία επανεγκατάστασής της, δεδομένου ότι είναι βαρύσπορο είδος ή να συνδέεται με εδαφικές απαιτήσεις. Μία ένδειξη που πιθανώς να συνδέεται με την τελευταία παρατήρηση είναι και η περιορισμένη ανάπτυξη των φυτών της *Juniperus phoenicea* που φυτεύτηκαν στα στεία υλικά της κίσηρης. Θα πρέπει βέβαια να σημειωθεί ότι το είδος αυτό απουσιάζει και από τα γύρω νησιά παρόμοιας γεωλογικής σύστασης, με εξαίρεση τη νησίδα Κανδελέουσα (Παπάτσου, 1975). Σε εδαφικούς πιθανόν λόγους να οφείλεται και η απουσία του είδους *Coridothymus capitatus* που παρατηρείται γενικά από τη βλάστηση του νησιού, με μια μόνο εξαίρεση στις φυτοκοινότητες της ΝΑ παραλίας.

Αξίζει ακόμη να σημειωθεί ότι η *Lavandula stoechas*, είδος θεωρούμενο χαρακτηριστικό των όξινων εδαφών, στο Γυαλί απαντά και σε βασικά εδάφη (με pH > 7).

Τέλος, καταγράφηκαν μόνο δύο ενδημικά είδη. Το *Limonium graecum* ssp. *ammophilon* τοπικό ενδημικό και το *Filago cretensis* ssp. *cycladum* αιγαϊκό ενδημικό είδος.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Την Εταιρεία ΛΑΒΑ Α.Ε. και τους μεταλλειολόγους-μηχανικούς κ.κ. Ε. Ηλιοδρομίτη και Ε. Χριστοφοράκη, ευχαριστούμε θερμά για τις διευκολύνσεις μετάβασης και παραμονής στο νησί στις περιόδους συλλογής των στοιχείων.

Contribution to the Ecology of Gyalí island (SE Aegean sea)

G. Brofas* and G. Karetzos*

Summary

Gyalí is a small island in the south-east Aegean sea, of volcanic origin with geological formations of perlite and pumice, with few coastal deposits and manmade spoils resulting from pumice mining activities. The soils are mostly shallow, with acidic soils on perlite and alkaline soils on pumice parent material and in the mining deposits. All soils are of sandy loam texture. The flora of the island consists of brutia pine forest and bushy formations belonging to the *Quercetalia ilicis* zone, the *Oleo-ceratonion* alliance and the *Oleo-lentiscetum* association. There are also phrygana formations belonging to the *Cistion orientale* alliance of *Cisto-Micromerietalia* (-etea), while disperse vegetation mainly of *Agropyretum mediterraneum* association, appear on the coastal sands. Furthermore, some remnants of halophytic vegetation are observed, as well as a casual colonization of the mining spoils with some species of the above associations, yet without forming typical plant communities.

Key words: SE Aegean sea, island, vegetation, *Pinus brutia*, pumice, perlite

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Barbero, M. et Quezel, P. (1976). Les groupements forestiers de la Grèce Centro-Meridionale. *Ecologia Mediterranea*, no 2.
- Barbero, M. et Quezel, P. (1980). La végétation forestière de Crète. *Ecologia Mediterranea*, no 5
- Braun-Blanquet, J., N. Roussine et R. Nögre. (1951). Les Groupements Végétaux de la France Méditerranéenne. C.N.R.S.Paris.
- Braun-Blanquet, J. (1964). Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde. Ed. Springer, Wien.
- Davis, P. H. 1965-1988. Flora of Turkey and the East Aegean 1-10. Edinburg.
- Gehu, J. M., N. Apostolides, J. Gehu-Franck et K. Arnold, 1989. Premières données sur la végétation littorale des îles de Rhodos et de Karpathos (Grèce). *Colloques Phytosociologiques XIX*, pp.545-582.
- Greuter, W., H. M. Burdet and G. Long, (ed.), 1984, 1986, 1989. *Med-Checklist 1, 3*. Geneve & Berlin.
- Krause, W., W. Ludwig, et F. Seidel. (1963). Zur Kenntnis der Flora und Vegetation auf Serpentinstandorten des Balkans. 6. Vegetationsstudien in der Umgebung von Mantoudi (Euboa). *Bot.* 82. 337-403.
- Κωνσταντινίδης Π. 1990. Εξέταση και διερεύνηση σχέσεων μεταξύ φυσιογραφικών μονάδων δασών χαλεπίου πεύκης Σιθωνίας Χαλκιδικής και των εμφανιζομένων σε αυτές φυτοκοινωνιολογικών μονάδων. Διδακτορική Διατριβή. Α. Π. Θ., Θεσσαλονίκη.
- Νάκος Γ. (1974). Ορυκτοποίησης και νιτροποίησης του αζώτου Ελληνικών τινών εδαφών. *Αν.* No 62. Ινστιτούτο Δασικών Ερευνών. Αθήναι.
- Nahal, L., (1983). Le pin brutia (*Pinus brutia* Ten. subsp. brutia). Première partie. *Forêt méditerranéenne*. t.V. no 2, 165-172.
- Oberdorfer, E., (1954). Nordaegaeische Kraut- und Zwergstrauchfluren im Vergleich mit den Entsprechenden Vegetationseinheiten des Westlichen Mittelmeergebietes. *Vegetatio*, Vol. V-VI, pp. 88-96.
- Panetsos, K.P. (1981b). Monograph of *Pinus halepensis* (Mill.) and *P. Brutia* (Ten.). *Annales Forestales*, vol.9, No 2: 39-77, Zagreb.
- Παυλίδης Γ. (1976). Η χλωρίδα και η βλάστηση της χερσονήσου Σιθωνίας Χαλκιδικής. Διατριβή επί διδακτορίας. Φυσικομαθηματική Σχολή, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη.
- Παπάτσου, Στυλ., (1975). Η χλωρίδα και η βλάστηση της νήσου Νισύρου και των περί αυτήν νησίδων. Διατριβή

* N.AG.RE.F., Forest Research Institute, Terma Alkmanos, 11528, Athens.

επί διδακτορία. Εργαστήριο Βοτανικής. Πανεπιστήμιο Πατρών. Πατρα.

- Παπαϊωάννου, Ι.(1935). Τα όρια της γεωγραφικής εξάπλωσης της Χαλεπίου και της Τραχείας πεύκης εις την Β.Α. Χαλκιδικήν και αι δασικά φυτοκοινωνικά ενώσεις αυτών. Δελτίον Φυσιικών Επιστημών, Οκτώβριος-Νοεμβριος.
- Πενταράκης, Ε. και Μαρχουλής, Μ.,(1974). Κοιτασματολογική αναγνώρισις του κισσηροφόρου ΝΔ τμήματος της νησίδος "Γυαλί" Δωδεκανήσου, ΕΘ.Ι.Γ.Μ.Ε.- Αθήνα.
- Σαμφών Α. (1988). Η νεολιθική κατοίκηση στο Γυαλί της Νισύρου. Ευβοϊκή Αρχαιόφιλος Εταιρεία. Αθήνα.
- Tutin, T. G., V.H., Heywood, N.A. Burges, D.H.Valentine, S.M. Walters, D.A. Webb (eds.), 1964. Flora Europaea, 1-5. Gambridge.
- Zohary, M. and Orshan, G.(1959). The maquis of *Ceratonia siliqua* in Israel. Vegetatio, 8, 285-297.
- Zohary, M. and Orshan, G.(1966). An outline of the Geobotany of Crete. Israel Journal of Botany, Vol. 14, Supplement, pp. 49.
- Wilde, S. A., Shaw, B, H. and Fedkenheuer, A. W. 1968. Weeds as a factor depressing forest growth. Weed Research, 8 (3), pp. 196-204, Oxford.

Ειδικά θέματα γενετικής βελτίωσης των δασικών ειδών για ανθεκτικότητα στη ρύπανση του περιβάλλοντος

Φίλιππος Α. Αραβανόπουλος¹ και Δημήτριος Μουλαλής¹

Περίληψη

Τα άμεσα και έμμεσα αποτελέσματα της ρύπανσης του περιβάλλοντος πρόκειται να δημιουργήσουν στους πληθυσμούς των δασικών ειδών, τόσο σε τοπικό όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο, προβλήματα τα οποία αναμένεται να υπερβούν κάθε γνωστή καταπόνηση που οι πληθυσμοί αυτοί είχαν αντιμετωπίσει στο παρελθόν. Η ύπαρξη σημαντικής γενετικής παραλλακτικότητας στα δασικά είδη για ανθεκτικότητα στη ρύπανση του περιβάλλοντος παρέχει τη δυνατότητα εφαρμογής ενός προγράμματος γενετικής βελτίωσης. Στην εργασία αυτή αναπτύσσονται τα εξής ειδικά θέματα βελτίωσης δασοπονικών ειδών για ανθεκτικότητα στην ρύπανση του περιβάλλοντος: (1) δοκιμή ιθαγενών και ξενικών ειδών, (2) έρευνα προελεύσεων, (3) τεχνητή επιλογή και (4) ποσοτική γενετική της ανθεκτικότητας στη ρύπανση.

Λέξεις-κλειδιά: γενετική βελτίωση, δασικά είδη, ρύπανση περιβάλλοντος

1. Εισαγωγή

Η επίδραση της ρύπανσης του περιβάλλοντος στα δάση και στα δασικά οικοσυστήματα είναι σημαντική και η απειλή που δημιουργεί στην υγεία και την αύξηση των δασικών δένδρων αποδεικνύεται ολοένα και σημαντικότερη. Ο Smith (1987) θεωρεί ότι εδώ και αιώνες η ρύπανση καταστρέφει τη δασική βλάστηση σε τοπικό επίπεδο. Δεδομένου ότι η μείωση των εκπομπών ρύπων, παρ' όλες τις διεθνείς συμφωνίες, παραμένει κενό γράμμα, είναι πολύ πιθανό στο μέλλον τα δάση και τα δασικά οικοσυστήματα να αναγκάζονται να παράγουν αγαθά κάτω από την επίδραση σημαντικών επιπέδων ρύπανσης. Πρέπει επομένως να μελετηθεί σε έκταση η σημασία των ρύπων στη βιοποικιλότητα, τη σταθερότητα των πληθυσμών και στη γενετική παραλλακτικότητα των διαφόρων ειδών (Αραβανόπουλος 1997, Μουλαλής 1996). Έχει παρατηρηθεί γενικά ότι υφίσταται σημαντική παραλλακτικότητα όσον αφορά στην αντίδραση των διαφόρων δασικών ειδών (αλλά και ατόμων μέσα στα είδη) στη ρύπανση (Hoffmann και Parsons 1994). Η παραλλακτικότητα ως προς την αντίδραση των δασικών δένδρων και θάμνων στη ρύπανση, παρουσιάζεται μεταξύ ειδών, αλλά και εντός ενός είδους, δηλαδή μεταξύ προελεύσεων, οικογενειών και κλώνων. Είναι πλέον πολύ καλά τεκμηριωμένο ότι ένα μέρος αυτής της παραλλακτικότητας έχει ισχυρή γενετική βάση (Karnosky κ.α. 1989β, Grandjean 1991). Η γενετική παραλλακτικότητα για ανθεκτικότητα στη ρύπανση δίνει σημαντικές δυνατότητες επιτυχίας σε ένα πρόγραμμα βελτίωσης (Zobel και Talbert 1984, Kozlowski και Constantinidou 1986β). Επομένως, γίνεται φανερό ότι η κατανόηση των φυσικών διεργασιών που επιδρούν στη γενετική παραλλακτικότητα των πληθυσμών δασικών ειδών παρέχει τη δυνατότητα εκμετάλλευσης των διεργασιών αυτών για τη δημιουργία γενοτύπων ανθεκτικών στη ρύπανση. Δηλαδή παρέχει τη δυνατότητα βελτίωσης των δασοπονικών ειδών για ανθεκτικότητα στη ρύπανση του περιβάλλοντος.

Για τη βελτίωση των δασικών ειδών όσον αφορά στην ανθεκτικότητα αυτών στη ρύπανση του περιβάλλοντος ισχύουν ορισμένες γενικές παραδοχές. Αρχικά είναι απαραίτητο να υπάρχει ή να αποκτηθεί γνώση σχετικά με την ανθεκτικότητα στο επίπεδο του είδους. Για το λόγο αυτό το πρωταρχικό στάδιο, όπως και στην κλασική βελτίωση, είναι η δοκιμή ιθαγενών και ξενικών ειδών. Ακολουθούν οι τυπικές φάσεις ενός προγράμματος βελτίωσης: η έρευνα (σύγκριση) προελεύσεων, η τεχνητή επιλογή στην οποία δίνεται γενικά μεγάλη έμφαση (δοκιμή και επιλογή ατόμων, οικογενειών ή πληθυσμών), ο υβριδισμός, ιδίως ο διειδής, η εκτίμηση παραμέτρων ποσοτικής γενετικής, όπως ο συντελεστής κληρονομικής ικανότητας και (5) η μαζική

¹ Εργαστήριο Δασικής Γενετικής και Βελτίωσης Δασοπονικών Ειδών, Τμήμα Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τ.Θ. 238, 54006 Θεσσαλονίκη, e-mail: aravanop@for.auth.gr

παραγωγή βελτιωμένου υλικού εγγενώς ή αγενώς. Παρακάτω πρόκειται να αναπτυχθούν τα εξής ειδικά θέματα γενετικής βελτίωσης: (1) δοκιμή ιθαγενών και ξενικών ειδών, (2) έρευνα προελεύσεων, (3) τεχνητή επιλογή και (4) ποσοτική γενετική της ανθεκτικότητας στη ρύπανση.

2. Δοκιμή ιθαγενών και ξενικών ειδών

Η εκλογή των ιθαγενών ειδών πρέπει να βασίζεται σε ορισμένα κριτήρια, όπως να περιλαμβάνει είδη τα οποία παρουσιάζουν καταπόνηση οφειλόμενη σε περιβαλλοντικούς παράγοντες και η οποία ενδέχεται να οφείλεται και στη ρύπανση (π.χ. ελάτη, *Abies spp.*), να περιλαμβάνει είδη τα οποία έχουν επιδείξει σχετική ανθεκτικότητα στη ρύπανση και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε φυτεύσεις ή αναδασώσεις (π.χ. δρυς, *Quercus spp.*) και τέλος, να περιλαμβάνει είδη τα οποία βρίσκονται κοντά σε συγκεκριμένες περιοχές που αποτελούν σημαντικές πηγές ρύπανσης στην Ελλάδα (π.χ. χαλέπιος πεύκη, *Pinus halepensis*). Η εκλογή των ξενικών ειδών για αντοχή στη ρύπανση βασίζεται στις γενικές αρχές εκλογής ξενικών ειδών για τα περιβάλλοντα και τις συνθήκες της χώρας και συνεπικουρείται από τις παρακάτω επιπλέον αρχές: (1) το είδος να παρουσιάζει σημαντική ανθεκτικότητα σε ρύπους που επικρατούν ή αναμένεται να καταστούν σημαντικοί στη χώρα μας, (2) μεταξύ των ανθεκτικών ατόμων του είδους να υπάρχει μεγάλη γενετική παραλλακτικότητα εν γένει, η οποία να συμπεριλαμβάνει και άριστους φαινοτύπους ή πιστοποιημένους άριστους γενοτύπους, (3) να υπάρχει σημαντική επιστημονική γνώση σχετικά με τη βασική μοριακή βιολογία, γενετική και φυσιολογία του είδους (μηχανισμοί ανθεκτικότητας, γενετικοί δείκτες και χρωμοσωμικοί χάρτες, ειδικές απαιτήσεις κτλ.).

3. Έρευνα προελεύσεων

Η χρησιμοποίηση της έρευνας προελεύσεων στη γενετική βελτίωση για ανθεκτικότητα στη ρύπανση αιτιολογείται τόσο διότι είναι μια κλασική μέθοδος βελτίωσης, όσο και διότι στη συγκεκριμένη περίπτωση έχει διαπιστωθεί σημαντική γεωγραφική ποικιλότητα της αντίδρασης των φυτών στη ρύπανση (Geburek και Scholz 1994 από Scholz και Bergmann 1994, Hoffmann και Parsons 1994). Η ύπαρξη σημαντικών διαφορών μεταξύ γεωγραφικών προελεύσεων για την ανθεκτικότητα στη ρύπανση από ατμοσφαιρικούς ρύπους έχει τεκμηριωθεί (Hutchinson 1984), όπως και για την ανθεκτικότητα στη ρύπανση από βαριά μέταλλα (Antonovics κ.α. 1971). Διαφορές μεταξύ προελεύσεων σε πολλά δασικά είδη σε σχέση με την ανθεκτικότητα ή την ευπάθεια στη ρύπανση και για μια πληθώρα ρύπων έχουν διαπιστωθεί τόσο από πειράματα ελεγχόμενης έκθεσης, όσο και από μετρήσεις σε πειραματικές φυτείες προελεύσεων που είχαν εγκατασταθεί σε περιοχές όπου εμφανίστηκε υψηλή ρύπανση (Karnovsky κ.α. 1989β).

Τα σχετικά παραδείγματα στη συναφή βιβλιογραφία αναφέρονται κυρίως στα κωνοφόρα για τα οποία υπάρχουν εγκατεστημένες πειραματικές φυτείες έρευνας προελεύσεων σε ένα μεγάλο αριθμό χωρών. Για παράδειγμα, στη Β.Δ. Αμερική βρέθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ προελεύσεων της πεύκης (*Pinus ponderosa*) στην επίδραση της συνδυασμένης ρύπανσης από SO₂ και O₃ (Karpen 1970). Επίσης, έρευνες προελεύσεων της λευκής πεύκης (*Pinus strobus*) σε θέσεις με υψηλή ρύπανση και σε θέσεις με μικρή επιβάρυνση από ρυπαντές, έδειξαν στην πρώτη περίπτωση διαφορές στη βιωσιμότητα ευπαθών γενοτύπων (Kriebel και Leben 1981). Εκτός από τις διαφορές μεταξύ προελεύσεων, υπήρξε μείωση του αποθέματος γονιδίων στις έρευνες προελεύσεων σε θέσεις με υψηλή ρύπανση.

Στην Ευρώπη, σημαντικές διαφορές μεταξύ προελεύσεων της δασικής πεύκης (*Pinus sylvestris*) βρέθηκαν για την επίδραση του O₃ (Bialobok 1980). Το πλέον χαρακτηριστικό παράδειγμα ωστόσο προσφέρει η λευκή ελάτη. Η έρευνα προελεύσεων της λευκής ελάτης (*Abies alba*) προβάλλει μεγάλο ενδιαφέρον καθώς το είδος αυτό εμφανίζει γενικευμένη παρακμή σε όλη την Ευρώπη και είναι το είδος το οποίο, κατά κοινή ομολογία, έχει ίσως υποστεί τη μεγαλύτερη καταστροφή από τη ρύπανση (Scholz και Venne 1989). Η σχετική έρευνα έδειξε ότι οι προελεύσεις από περιοχές της Β. Ευρώπης παρουσιάζουν σημαντικά συμπτώματα παρακμής, ενώ οι προελεύσεις της Ν. Ευρώπης παρουσιάζουν ήπια συμπτώματα. Οι προελεύσεις της Β. Ευρώπης παρουσιάζουν πολύ μεγαλύτερη ευπάθεια στη ρύπανση. Κατά τους Larsen κ.α. (1988), οι βόρειες προελεύσεις της *Abies alba* έχασαν σημαντικό μέρος της παραλλακτικότητάς τους κατά τη διάρκεια της μετανάστευσης αυτών πάνω από τις Άλπεις και τα Απέννινα μετά την τελευταία εποχή των παγετώνων. Έχει διατυπωθεί η εκτίμηση ότι η μειωμένη γενετική παραλλακτικότητα και η συνακόλουθη μειωμένη προσαρμοστικότητα, ευθύνονται για την ευπάθεια των βορείων προελεύσεων (Larsen κ.α.1988).

Οι προελεύσεις που επιλέγονται πρέπει να φυτεύονται με συστηματικό τρόπο σε περιοχές (π.χ. περιαισι- κές, δαισιές, κ.α.) με παρουσία ιδίων ή και διαφορετικών ρύπων, ώστε να είναι δυνατές οι συγκρίσεις τόσο μεταξύ διαφορετικών περιβαλλόντων για τον ίδιο ρύπο όσο και μεταξύ διαφορετικών ρύπων ή μειγμάτων ρύπων για ανάλογα περιβάλλοντα. Συνιστάται η ύπαρξη μιας φυτείας ελέγχου σε περιοχή με ανάλογο περι-βάλλον με τις υφιστάμενες τη ρύπανση περιοχές, αλλά χωρίς γνωστή όχληση. Πρέπει να σημειωθεί ότι σε ορισμένες περιπτώσεις τα αποτελέσματα από έρευνα προελεύσεων στο ύπαιθρο διαφέρουν από αυτά της ελεγχόμενης έκθεσης (Scholz και Bergmann 1994). Ένας πιθανός λόγος είναι η ύπαρξη γενικά ισχυρών αλληλεπιδράσεων γενοτύπου-περιβάλλοντος, ενώ έχει επίσης παρατηρηθεί σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ προέλευσης και περιβάλλοντος (Geburek και Scholz 1994 από Scholz και Bergmann 1994). Οι μεγάλες τιμές της παραλλακτικότητας, που οφείλεται σε αλληλεπίδραση γενοτύπου-περιβάλλοντος, δείχνουν σε γενικές γραμμές ότι οι ανθεκτικοί γενοτύποι έχουν χαμηλή πλαστικότητα, παρουσιάζουν δηλαδή ικανότητα προσαρμο-γής σε ένα μικρό αριθμό περιβαλλόντων.

4. Τεχνητή επιλογή

Η τεχνητή επιλογή πρέπει να διεξάγεται σε πληθυσμούς που βρίσκονται κάτω από συνθήκες stress, το οποίο δημιουργεί η ρύπανση, είτε οι συνθήκες αυτές υπάρχουν στο περιβάλλον, είτε δημιουργούνται στο εργαστήριο. Η επιλογή θεωρείται ως η πιο απλή και κατάλληλη μέθοδος βελτίωσης για ανθεκτικότητα στη ρύπανση, που παρέχει τη δυνατότητα ικανοποιητικών αποτελεσμάτων από την πρώτη γενιά εφαρμογής, κάτι που ισχύει γενικά για τη βελτίωση ποσοτικών χαρακτηριστικών στα δασικά είδη (Zobel και Talbert 1984). Ένα σημαντικό μέρος πρωτοποριακής έρευνας αφιερώθηκε στην εξεύρεση των πλέον αποτελεσματικών μεθοδολογιών επιλογής για ανθεκτικότητα ως προς τη ρύπανση. Η βασική αρχή της διαδικασίας αυτής δίνεται ως εξής από τον Feder (1971): επιλογή ανθεκτικών κλώνων στο ύπαιθρο σε περιοχές με υψηλή ρύπανση ή στο εργαστήριο μετά από ελεγχόμενο πειραματισμό και μαζικός βλαστικός πολλαπλασιασμός των επιλεγμένων κλώνων. Τα αποτελέσματα της επιλογής θα είναι θεαματικότερα αν η επιλογική διαδικασία εφαρμοστεί για κάθε ρύπο ξεχωριστά και όχι για πολλούς ρύπους συγχρόνως (Hoffmann και Parsons 1994).

Η αρχική επιλογή ανθεκτικών φαινοτύπων σε περιβάλλον που υφίσταται την πίεση της ρύπανσης είναι καλό να επιβεβαιώνεται με πειραματισμό σε ελεγχόμενο περιβάλλον, με χρήση εμβολίων του αρχικού υλικού (Berry 1973). Εναλλακτικά, μια λιγότερο χρονοβόρα διαδικασία είναι φύλλα ή κλάδοι από τα αρχικά επιλεγ-μένα άτομα να υποβληθούν σε οξεία έκθεση για μικρό χρονικό διάστημα σε ένα ρύπο (Tzschacksch 1972). Ωστόσο, η μέθοδος που έχει ευρεία εφαρμογή, είναι η έκθεση μεγάλου αριθμού αρτιφύτρων ή φυταρίων σε ελεγχόμενη ρύπανση στο φυτώριο, στο θερμοκήπιο ή σε θαλάμους ανάπτυξης, οπότε και αυξάνει σημαντικά η ένταση επιλογής (Enderlein κ.α. 1966, Dohinger και Seliskar 1970). Πρόκειται για μια απλή μέθοδο μαζικής επιλογής που μπορεί να πραγματοποιηθεί και χωρίς κάποια ειδική γνώση πάνω στη γενετική βάση της ανθεκτικότητας στη ρύπανση. Η μέθοδος αυτή έχει τύχει εφαρμογής με θετικά αποτελέσματα, τα οποία μάλιστα είναι διαθέσιμα σε σχετικά σύντομο χρονικό διάστημα (Bialobok 1980, Peterson και Mickler 1994). Ωστόσο, δεν αποτελεί μακροπρόθεσμη λύση καθώς απώτερος στόχος των βελτιωτών πρέπει να είναι ο συνδυασμός της βελτίωσης με τη μελέτη της γενετικής βάσης της ανθεκτικότητας σε μοριακό επίπεδο (Bialobok 1980, Zobel και Talbert 1984). Η επιτυχία της μαζικής επιλογής είναι μεγαλύτερη όσο υψηλότερος είναι ο συντελεστής κληρονομικής ικανότητας (με τη στενή έννοια) για ανθεκτικότητα στη ρύπανση και όσο πιο μεγάλη είναι η ένταση επιλογής. Μειονέκτημα της προσέγγισης αυτής αποτελεί το γεγονός ότι δεν υπάρχουν στοιχεία στη βιβλιογραφία σχετικά με τη συσχέτιση της συμπεριφοράς συγκεκριμένων γενοτύπων στο φυτώριο και κατόπιν σε ώριμη ηλικία (Peterson και Mickler 1994).

Δύο άλλες μέθοδοι επιλογής που έχουν εφαρμοστεί σε σχέση με την ανθεκτικότητα στη ρύπανση είναι η επιλογή οικογενειών και η επιλογή ατόμων μέσα στις οικογένειες. Στην πρώτη περίπτωση γίνεται επιλογή οικογενειών με κριτήριο τη μέση φαινοτυπική τους αξία. Στη δεύτερη περίπτωση γίνεται επιλογή οικογενειών με βάση την απόκλιση κάθε ατόμου της οικογένειας από το μέσο όρο αυτής για κάθε γνώρισμα. Οι μέθοδοι αυτές δεν μπορεί να είναι καλύτερες της μαζικής επιλογής, εκτός εάν ο μεγαλύτερος δείκτης κληρονομικής ικανότητας των οικογενειών (h_i^2) υπερβαίνει κατά πολύ τον αντίστοιχο δείκτη κληρονομικής ικανότητας ατο-μικής βάσης (h_i^2), ώστε να αντισταθμίζονται, η μικρότερη σταθερή απόκλιση (σ_e) και η μικρότερη ένταση επιλογής (i) των οικογενειών που επηρεάζουν το αναμενόμενο γενετικό κέρδος:

$\Delta G_1 = i_i \sigma_i h_i^2 =$ γενετικό κέρδος μαζικής επιλογής

$\Delta G_2 = i_i \sigma_i h_i^2 =$ γενετικό κέρδος επιλογής οικογενειών

Η σύγκριση μαζικής επιλογής και επιλογής οικογενειών δείχνει γενικά την επίτευξη ελαφρώς μεγαλύτερου γενετικού κέρδους για την επιλογή οικογενειών (Wright 1976). Δύο παραδείγματα της σχετικής βιβλιογραφίας αφορούν στην πεύκη *Pinus monticola*, όπου βρέθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ οικογενειών (Rehfeld 1979) και έτσι προκρίνεται η πρώτη από τις προαναφερθείσες μεθόδους και στην ερυθρελάτη (*Picea abies*), όπου οι μεγαλύτερες διαφορές βρέθηκαν στα άτομα μέσα στις οικογένειες (Scholz κ.α. 1979) και για το λόγο αυτό προκρίνεται η δεύτερη μέθοδος.

“Ένα μειονέκτημα της διαδικασίας της τεχνητής επιλογής είναι το γεγονός ότι πολλοί φαινότυποι, που παρουσιάζουν ενδιαφέρον για επιλογή, εμφανίζονται μόνο σε περιβάλλοντα με έντονη ρύπανση και δεν είναι δυνατή η μελέτη τους έξω από αυτά. Χαρακτηριστικά, που αυξάνουν την ανθεκτικότητα στο stress, είναι συνδεδεμένα με μηχανισμούς ανάπτυξης του φυτού που παρουσιάζουν ένα συγκεκριμένο μεταβολικό κόστος (Hoffmann και Parsons 1994). Μπορούμε επομένως να υποθέσουμε ότι οι φαινότυποι που ευνοούνται στις συνθήκες του stress ρύπανσης, ενδέχεται να μην ευνοούνται σε συνθήκες διαφορετικού stress, ή σε “κανονικές” συνθήκες. Για το λόγο αυτό θα πρέπει τα πειράματα να γίνονται κάτω από τις ίδιες συνθήκες περιβάλλοντος στο οποίο το βελτιωμένο υλικό προορίζεται να χρησιμοποιηθεί.

Στη δασική βιβλιογραφία υπάρχουν πολλά παραδείγματα χρήσης των μεθόδων της επιλογής για τη βελτίωση της ανθεκτικότητας στη ρύπανση. Οι Gerhold και Palpant (1968) προέβλεψαν σε ελεγχόμενες διασταυρώσεις της δασικής πεύκης (*Pinus sylvestris*) χρησιμοποιώντας ως γονείς άτομα από διαφορετικές προελεύσεις (με διαφορετική αντίδραση στην ρύπανση) και στη συνέχεια μελέτησαν τις σημαντικές διαφορές που παρουσιάστηκαν στη δοκιμή απογόνων μετά από ελεγχόμενη έκθεση σε SO_2 . Αντίστοιχη δοκιμή απογόνων από ελεύθερη επικονίαση στο σφενδάμι *Acer rubrum*, στην αμερικανική φτελιά (*Ulmus americana*) και στον αμερικανικό πλάτανο (*Platanus occidentalis*) έδειξε σημαντικές διαφορές σε σχέση με την ανθεκτικότητα στη ρύπανση (Santamour 1969, Townsend και Dochinger 1974). Σε δοκιμή κλώνων της υβριδογενούς λεύκης *Populus deltoides* x *P. trichocarpa* βρέθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ κλώνων στην ελεγχόμενη έκθεση σε SO_2 (Dochinger κ.α. 1972). Η εύρεση κλώνων λεύκης με υψηλή ανθεκτικότητα οδήγησε στην επιλογή κατάλληλων γενοτύπων για περιοχές με σημαντικά επεισόδια ρύπανσης από SO_2 (Dochinger κ.α. 1972). Ο Rachwal (1983) αναφέρει την επιλογή δασικών ειδών και κλώνων ανθεκτικών στη σύνθετη ρύπανση από πολλές πηγές με κύριους ρύπους SO_2 και βαριά μέταλλα. Τα είδη αυτά φυτεύθηκαν σε πειραματικές επιφάνειες σε περιοχές με υψηλή ρύπανση και συγχρόνως γίνονταν αντικείμενο ελεγχόμενων πειραμάτων με έκθεσή τους σε ρύπους στο θερμοκήπιο. Για έναν μεγάλο αριθμό ετών καταγράφονται στοιχεία, όπως το ποσοστό βλάβης των φύλλων ή βελονών, η βιωσιμότητα, η ζωτικότητα, η πρόωγη απόπτωση των φύλλων και ο ρυθμός αύξησης. Με τον τρόπο αυτό βρέθηκαν λίγα είδη και κλώνοι ανθεκτικά στη ρύπανση, ενώ τα περισσότερα είδη παρουσίασαν σημαντική ευπάθεια. Ο Rachwal (1983) θεωρεί ως πλέον ανθεκτικά τα *Populus* cv. *Marilandica*, *Morus alba*, *Robinia pseudoacacia*, *Sambucus nigra*, *Acer pseudoplatanus*. Ως πλέον ευπαθή βρέθηκαν τα *Pinus sylvestris*, *Pinus nigra*, *Picea abies*, *Populus nigra* cv. *italica*, *Populus simonii* var. *fastigiata*, *Pyrus communis*.

Μέχρι τώρα αναφερθήκαμε σε άμεσες μεθόδους τεχνητής επιλογής. Υπάρχουν όμως και χρήσιμες έμμεσες μέθοδοι. Πρόκειται για μεθόδους οι οποίες βασίζονται σε ποσοτικά χαρακτηριστικά και παρουσιάζουν υψηλή και μάλιστα στατιστικά σημαντική γενετική συσχέτιση με την ανθεκτικότητα στη ρύπανση (Kulagin 1973). Τέτοια χαρακτηριστικά είναι π.χ. η μορφολογία και ανατομία των φύλλων, όπως επίσης και οι μετρικοί χαρακτηριστές στους οποίους αναφερθήκαμε παραπάνω. Μια άλλη σημαντική έμμεση μέθοδος είναι η χρήση της ετεροζυγωτίας ως κριτήριο επιλογής. Η πιστοποίηση της υπεροχής της ετεροζυγωτίας σε μια σειρά περιπτώσεων (Mitton 1989), στις οποίες συμπεριλαμβάνεται και η περίπτωση ανθεκτικών στη ρύπανση γενοτύπων (Bergmann και Scholz 1989), αλλά και γενικότερα η σχέση γενετικής και περιβαλλοντικής παραλλακτικότητας (Nevo κ.α. 1984), έχει οδηγήσει πολλούς ερευνητές να εξετάσουν την πιθανή προγονοστική αξία της παραμέτρου της ετεροζυγωτίας. Το επίπεδο της ετεροζυγωτίας μιας ομάδας γενοτύπων στην προκειμένη περίπτωση θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί, ώστε να προβλεφθεί η σχετική ευαισθησία των γενοτύπων αυτών στη ρύπανση. Αν και έχουν παρατηρηθεί περιπτώσεις άμεσης συσχέτισης ετεροζυγωτίας και ανθεκτικότητας στα βαριά μέταλλα, σε οργανικούς τοξικούς ρύπους και στο SO_2 (Bergmann και Scholz 1989, Nevo κ.α. 1984), είναι δύσκολο να θεωρήσει κανείς ότι στην περίπτωση αυτή υφίσταται μια σχέση αιτίου και αιτιατού. Μέχρι στιγμής

οι συσχετίσεις αφορούν σε συγκεκριμένα φυτικά είδη και εξειδικευμένους ρύπους. Είναι δεδομένο ότι εξακολουθεί να υπάρχει μια σειρά θεωρητικών και πρακτικών προβλημάτων που η επιστήμη πρέπει να επιλύσει (όπως τα γενετικά αίτια της υπεροχής των ετεροζύγων, εάν δηλαδή αυτή οφείλεται σε φαινόμενα κυριαρχίας ή υπερχυριαρχίας των γονιδίων, τον τρόπο με τον οποίο γίνεται η εκτίμηση της ετεροζυγωτίας, τον τύπο των γενετικών δεικτών, τη μεθοδολογία αντικειμενικής εκτίμησης της ανθεκτικότητας, κ.α.).

Η χρήση της ετεροζυγωτίας ως έμμεσης μεθόδου επιλογής βασίζεται καταρχήν στην εκτίμησή της με τη χρήση γονιδίων-δεικτών, κυρίως ισοενζύμων. Ο Bialobok (1980) πρώτος διατύπωσε την άποψη ότι συγκεκριμένα ισοένζυμα (ή χαρακτηριστικά αλληλόμορφα ισοενζύμων) θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν στην έμμεση επιλογή ως προς την ανθεκτικότητα. Όπως είναι γνωστό, σε μερικές περιπτώσεις συγκεκριμένα γονίδια-δείκτες παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές μεταξύ ανθεκτικών και ευπαθών ομάδων (υποπληθυσμών) στους φυσικούς πληθυσμούς ενός δασικού είδους που υφίστανται την πίεση της ρύπανσης. Σε άλλες περιπτώσεις το φαινόμενο είναι γενικότερο και σχεδόν όλα τα γονίδια-δείκτες παρουσιάζουν μεταβολές. Είναι φανερό ότι η πολυπλοκότητα του stress που δημιουργεί η ρύπανση και άλλοι περιβαλλοντικοί παράγοντες έχει σαν αποτέλεσμα την επίσης πολύπλοκη αντίδραση των γενοτύπων που επηρεάζονται. Κατά την άποψη του Müller-Stark (1985) όσο πιο σύνθετη είναι η ρύπανση, τόσο πιο εκτεταμένες είναι οι μεταβολές στα γονίδια-δείκτες. Είναι γενικά γνωστό ότι βιοχημικοί γενετικοί δείκτες, όπως τα ισοένζυμα, συμμετέχουν σε βιοχημικές διαδικασίες στα δασικά δένδρα που συσχετίζονται με την ανθεκτικότητα στη ρύπανση ή επηρεάζονται άμεσα από αυτή. Η στατιστική συσχέτιση της παρουσίας ενός συγκεκριμένου αλληλομόρφου στην ομάδα, π.χ. των ανθεκτικών γενοτύπων, αποτελεί το πρώτο βήμα για να χρησιμοποιηθεί το αλληλόμορφο αυτό στην υποβοηθούμενη από δείκτες επιλογή (marker assisted selection ή MAS). Υπάρχουν αρκετά παραδείγματα ενζυμικών συστημάτων που παρουσίασαν ένα βαθμό συσχέτισης με την ανθεκτικότητα στη ρύπανση (Geburek κ.α. 1987, Bergmann και Scholz 1989, Prus-Glowacki και Godzik 1995). Η χρήση των ισοενζύμων στην υποβοηθούμενη από δείκτες επιλογή και στη βελτίωση των δασικών ειδών για ανθεκτικότητα στη ρύπανση αναμένεται να αυξηθεί στο μέλλον.

5. Εκτίμηση γενετικών παραμέτρων

Η επίδραση της ρύπανσης στα ποσοτικά χαρακτηριστικά των δασικών δένδρων και θάμνων είναι σημαντική και περίπλοκη. Γενικά, η συνολική φαινοτυπική παραλλακτικότητα διαμοιράζεται στους επιμέρους παράγοντες παραλλακτικότητας σύμφωνα με τη σχέση $\sigma_{\Phi}^2 = \sigma_{\Gamma}^2 + \sigma_{\Pi}^2 + \sigma_{\Gamma\Pi}^2$, όπου σ_{Φ}^2 : συνολική φαινοτυπική παραλλακτικότητα, σ_{Γ}^2 : γενετική παραλλακτικότητα, σ_{Π}^2 : παραλλακτικότητα οφειλόμενη στο περιβάλλον, $\sigma_{\Gamma\Pi}^2$: παραλλακτικότητα που οφείλεται στην αλληλεπίδραση γενοτύπου και περιβάλλοντος.

Στην προκείμενη περίπτωση το stress που δημιουργεί η ρύπανση ενδέχεται να επηρεάσει το γενετικό ή τον περιβαλλοντικό συστατικό παράγοντα της όλης παραλλακτικότητας, ή και τους δύο. Έτσι, η τιμή τού συντελεστή κληρονομικής ικανότητας κατά τη στενή έννοια ($h_{\sigma\epsilon}^2 = \sigma_A^2 / \sigma_{\Phi}^2$), ή κατά την ευρεία έννοια ($h_{\epsilon\epsilon}^2 = \sigma_{\Gamma}^2 / \sigma_{\Phi}^2$) μεταβάλλεται κάτω από συνθήκες ρύπανσης (όπου σ_A^2 : το μέρος της γενετικής παραλλακτικότητας που οφείλεται στην αθροιστική δράση των γονιδίων). Γενικά στα ανώτερα φυτά θεωρείται ότι οι συνθήκες stress οδηγούν στη μείωση του συντελεστή γενετικής ποικιλότητας (Blum 1988) για διάφορα σημαντικά ποσοτικά γνωρίσματα αν και η παρατήρηση αυτή δεν είναι δυνατό να γενικευθεί (Hoffmann και Parsons 1994). Γονίδια τα οποία συνεισφέρουν στο ποσοτικό γνώρισμα "ανθεκτικότητα στη ρύπανση" σε ένα συγκεκριμένο περιβάλλον, δεν συνεισφέρουν αναγκαστικά κατά τον ίδιο βαθμό στην ανθεκτικότητα σε ένα διαφορετικό περιβάλλον. Χαρακτηριστικό παράδειγμα η αντίδραση διαφορετικών γενοτύπων διαφόρων φυτικών ειδών σε διαφορετικά επίπεδα SO_2 (Hutchinson 1984). Γονίδια τα οποία δεν συνεισφέρουν σημαντικά στην ανθεκτικότητα σε χαμηλά επίπεδα stress είναι δυνατό να είναι υπεύθυνα για την ανθεκτικότητα σε υψηλά επίπεδα stress (Hoffmann και Parsons 1994), πράγμα που θα μεταβάλλει την υπολογιζόμενη ποικιλότητα αλληλεπίδρασης γενοτύπου και περιβάλλοντος $\sigma_{\Gamma\Pi}^2$.

Σημαντικό ρόλο στο σχεδιασμό των προγραμμάτων βελτίωσης έχει: (1) η δυνατότητα να εκτιμηθεί ο αριθμός των γονιδίων που υπεισέρχονται στην έκφραση ενός ποσοτικού χαρακτηριστικού και (2) ο τρόπος δράσης των γονιδίων. Εάν ο αριθμός των γονιδίων είναι μικρός, τότε αυξάνονται οι θεωρητικές δυνατότητες κλασικής αλλά και προχωρημένης (μοριακής) βελτίωσης. Ο υπολογισμός του αριθμού των γονιδίων που υπεισέρχονται στην έκφραση ενός ποσοτικού χαρακτηριστικού προϋποθέτει την ύπαρξη ελεγχόμενων δια-

σταυρώσεων και την ανάλυση των αναλογιών διαχωρισμού στους απογόνους. Η σχετική έρευνα έχει δείξει ότι τουλάχιστον για την ανθεκτικότητα των φυτών στα βαριά μέταλλα ο αριθμός των γονιδίων που υπεισέρχονται είναι μικρός (MacNair 1981). Αυτό όμως δεν πρέπει να οδηγήσει στην εκτίμηση ότι η παραλλακτικότητα στην ανθεκτικότητα, που παρουσιάζεται στους φυσικούς πληθυσμούς, ή η αντίδραση των φυσικών πληθυσμών στην κατευθυνόμενη επιλογή, ελέγχονται επίσης από ένα μικρό αριθμό γονιδίων. Ένας σκόπελος, που παρουσιάζει η συγκεκριμένη γενετική ανάλυση, είναι ότι πολλές φορές είναι δύσκολο να διακρίνει κανείς εάν η έκφραση του ποσοτικού χαρακτηριστικού είναι αποτέλεσμα λίγων γονιδίων με μεγάλες επιδράσεις το καθένα (κύρια γονίδια), ή πολλών γονιδίων με μικρές επιδράσεις το καθένα (Barton και Tureli 1990).

Τα βασικά σημεία για τις προτεραιότητες πάνω στο γενετικό πειραματισμό έχουν διατυπωθεί σε ένα συνέδριο του IUFRO για τη γενετική των δασικών δένδρων σε σχέση με τη ρύπανση, που έγινε το 1987 στο Grosshansdorf (Karnosky κ.α. 1989β). Σύμφωνα με τα συμπεράσματα αυτής της συνάντησης, δύο είναι τα σημεία στα οποία πρέπει να επικεντρωθεί η σχετική έρευνα: (1) ο υπολογισμός του συντελεστή κληρονομικής ικανότητας κατά τη στενή έννοια (h^2_{se}) για τα κύρια δασοπονικά είδη και τους σημαντικότερους ρύπους και (2) η έρευνα για τον τρόπο δράσης των γονιδίων που προσδίδουν ανθεκτικότητα (gene action) και του τρόπου που τα γονίδια αυτά αλληλεπιδρούν μεταξύ τους (gene interaction).

Υπάρχουν δύο μεθοδολογίες για τη διερεύνηση της γενετικής παραλλακτικότητας του ποσοτικού γνωρίσματος της ανθεκτικότητας στη ρύπανση. Η πρώτη αφορά αρχικά στον υπολογισμό της συνολικής φαινοτυπικής παραλλακτικότητας (σ^2_{ϕ}) για την ανθεκτικότητα στη ρύπανση και στη συνέχεια το διαχωρισμό αυτής κατά πηγή παραλλακτικότητας (γενετική παραλλακτικότητα σ^2_r και παραλλακτικότητα του περιβάλλοντος σ^2_{η}). Ακολουθεί η αναλυτική μελέτη της παραλλακτικότητας που αποδίδεται σε γενετικούς παράγοντες. Μια εναλλακτική μεθοδολογία εδράζεται στη μελέτη ενός χαρακτηρισμού με γνωστή γενετική βάση και δεδομένο πολυμορφισμό ή παραλλακτικότητα. Στη συνέχεια γίνεται μια προσπάθεια συσχέτισης της παραλλακτικότητας του δεδομένου χαρακτηρισμού με γνωρίσματα συνδεδεμένα με την ανθεκτικότητα στη ρύπανση (Hoffmann και Parsons 1994). Τέτοια περίπτωση είναι η μελέτη του πολυμορφισμού των πρωτεϊνών που δημιουργείται εξαιτίας του stress (stress-induced), όπως για παράδειγμα στην περίπτωση της σχέσης stress και αλκοολικής αφυδρογόνωσης στη δροσόφιλα (Alahiotis 1982).

Ο υπολογισμός των συντελεστών κληρονομικής ικανότητας τόσο κατά την ευρεία (h^2_{ee}), όσο και κατά τη στενή έννοια (h^2_{se}), έχει δείξει ότι γενικά η κληρονομική ικανότητα για ανθεκτικότητα των δασικών ειδών στη ρύπανση κυμαίνεται σε υψηλά επίπεδα. Υψηλές τιμές του συντελεστή κληρονομικής ικανότητας σε σχέση με την ανθεκτικότητα στη ρύπανση έχουν παρατηρηθεί επίσης σε πολυετή αγροστώδη και σε ορισμένα ετήσια φυτά για ανθεκτικότητα στα βαριά μέταλλα (Bradshaw 1984), αλλά και για ανθεκτικότητα στη ρύπανση της ατμόσφαιρας γενικώς (Taylor 1978). Αναλυτικά, στη λευκή πεύκη (*Pinus strobus*) ο h^2_{ee} για ανθεκτικότητα στη ρύπανση από SO_2 και O_3 κυμαίνεται μεταξύ 0.51-0.82. Στην ερυθρελάτη (*Picea abies*), ο συντελεστής κληρονομικής ικανότητας για ανθεκτικότητα στη ρύπανση είναι 0.78 (Scholz κ.α. 1979). Οι τιμές αυτές αντικατοπτρίζουν ένα σχετικά υψηλό επίπεδο γενετικού ελέγχου και για το λόγο αυτό η επιλογή, ιδίως όταν συνοδεύεται από βλαστικό πολλαπλασιασμό του επιλεγμένου υλικού, αναμένεται να είναι αποτελεσματική. Εκτιμάται ότι οι σχετικά υψηλές τιμές του συντελεστή κληρονομικής ικανότητας, που παρατηρήθηκαν, εδράζονται στην προσθετική δράση των γονιδίων που προσδίδει σε κάποιους γενότυπους ανθεκτικότητα στη ρύπανση του περιβάλλοντος. Προσθετική δράση γονιδίων έχει πιστοποιηθεί στις περιπτώσεις της *Picea abies*, (Scholz κ.α. 1979), της *Pinus sylvestris* και της *Pseudotsuga menziesii* (Karnosky κ.α. 1989α). Η μελέτη κατά πηγή παραλλακτικότητας δείχνει γενικά την ύπαρξη γενετικής παραλλακτικότητας στην ανθεκτικότητα στη ρύπανση μεταξύ προελεύσεων, μεταξύ οικογενειών μέσα στις προελεύσεις, όπως και μεταξύ ατόμων μέσα στις οικογένειες.

Έχει βρεθεί γενικά ότι οι γενετικές συσχετίσεις σε σχέση με την ανθεκτικότητα σε διαφορετικούς ρύπους είναι γενικά χαμηλές (Scholz και Venne 1989). Στην περίπτωση αυτή, όταν βελτιώνεται ένα δασικό είδος για ανθεκτικότητα σε κάποιο ρύπο, η ανθεκτικότητα αυτού σε άλλους ρύπους δεν μεταβάλλεται σημαντικά. Η σημασία του αποτελέσματος αυτού είναι καθοριστική για την ανάπτυξη των προγραμμάτων βελτίωσης. Όπως φαίνεται, δεν υπάρχει στα δασικά δένδρα καθολική ανθεκτικότητα στη ρύπανση. Γενικά, έχει παρατηρηθεί ότι οι μηχανισμοί, οι οποίοι καθορίζουν την αντίδραση του φυτού και οι μηχανισμοί που προσδίδουν ανθεκτικότητα, είναι διαφορετικοί για κάθε ρύπο. Το αποτέλεσμα αυτό βρίσκεται σε πλήρη συμφωνία με τις αντίστοιχες παρατηρήσεις σε βιοχημικό-φυσιολογικό επίπεδο (Kozlowski και Constantinidou 1986α). Είναι επομένως

ουτοπική κάθε προσπάθεια για δημιουργία ενός υπέρ - γενοτύπου. Αντίθετα, η βελτίωση θα πρέπει να προχωρήσει με μικρά παράλληλα προγράμματα για κάθε κύριο ρύπο μέσα σε κάθε δασικό είδος. Ο πρωταρχικός στόχος του βελτιωτή, όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω, πρέπει να είναι η δημιουργία ανθεκτικών γενοτύπων, εξειδικευμένων σε κάθε ρύπο. Δευτερογενώς και μόνο θα μπορούσε να εξεταστεί το θέμα της δημιουργίας γενοτύπων ανθεκτικών σε περισσότερους του ενός ρύπους. Σε κάθε περίπτωση βέβαια είναι καλό ο πειραματισμός να περιλαμβάνει τη συνδυασμένη δράση υβριδισμού μέσω ελεγχόμενων διασταυρώσεων και δοκιμής απογόνων με εκτίμηση παραμέτρων ποσοτικής γενετικής.

Όπως είναι πλέον πολύ καλά τεκμηριωμένο, η γενετική βάση για την ανθεκτικότητα στη ρύπανση είναι εξειδικευμένη σε σχέση με τον τύπο του ρύπου (Kozłowski και Constantinidou 1986a, 1986β). Ειδικά η ανθεκτικότητα των φυτών στα βαριά μέταλλα έχει αποδειχθεί ότι είναι εξειδικευμένη σε ένα μέταλλο ή σε ένα μικρό αριθμό μετάλλων (single or multiple metal tolerance) (Paliouris και Hutchinson 1991), αν και έχει αναφερθεί μη εξειδικευμένη ανθεκτικότητα σε χαμηλά επίπεδα ρύπανσης (Simeonidis κ.α. 1985), κάτι που ενδέχεται να είναι χαρακτηριστικό συγκεκριμένων ταξινομικών γενών (Hutchinson 1984). Η εξειδίκευση της ανθεκτικότητας είναι αποδεδειγμένη και έμμεσα, διότι όπως έχει δείχθει, ένας συγκεκριμένος γενότυπος δεν παρουσιάζει άριστη προσαρμοστική αξία σε όλα τα περιβάλλοντα που δημιουργούν stress. Οι διαφορετικοί γενότυποι παρουσιάζουν διαφορετικά πρότυπα αντίδρασης (norms of reaction) και η φυσική επιλογή ευνοεί διαφορετικούς γενοτύπους σε διαφορετικό παράγοντα του stress. Επομένως, σύμφωνα με τη θεώρηση αυτή, είναι προτιμότερο και η τεχνητή επιλογή να διεξάγεται για κάθε παράγοντα stress ξεχωριστά, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, εκτός και αν το stress είναι αποτέλεσμα περιβάλλοντος συνδυασμένων ρύπων. Στην περίπτωση αυτή, εφαρμογή των δεικτών επιλογής (index selection) για βελτίωση αντοχής σε περισσότερους του ενός ρύπους ταυτοχρόνως αναμένεται να δώσει μεγαλύτερο γενετικό κέρδος. Η διερεύνηση της γενετικής βάσης της ανθεκτικότητας παρουσιάζει σοβαρές δυσκολίες, καθώς οι φαινοτυπικές αλλαγές που επιφέρει το stress περιβαλλοντικών παραγόντων, ίσως αντιπροσωπεύουν τα αποτελέσματα που έχει το stress και όχι έναν μηχανισμό που προσδίδει ανθεκτικότητα. Για παράδειγμα η αυξημένη παραγωγή αιθυλενίου από φυτά που βρίσκονται κάτω από ισχυρό stress, ενδέχεται να αντιπροσωπεύει αντίδραση στην καταστροφή ιστών, ενδέχεται όμως το αιθυλένιο να λειτουργεί σαν ορμόνη ρυθμιστική της σύνθεσης ουσιών για την αντιμετώπιση του παράγοντα stress (Ayres 1984). Η παραλλακτικότητα ως προς την ανθεκτικότητα στο stress μπορεί να συσχετίζεται με πολλούς παράγοντες, αλλά μια αιτιοκρατική σχέση μεταξύ των παραγόντων αυτών και της ανθεκτικότητας απαιτεί εκτεταμένο πειραματισμό και ποσοτική ανάλυση.

Σε πολλές περιπτώσεις η ρύπανση δεν οφείλεται σε ένα ρύπο αλλά στην επίδραση πολλών ρύπων. Στις περιπτώσεις αυτές η γενετική βάση της κληρονομικότητας είναι πολύπλοκη. Η αντίδραση του δασικού δένδρου εξαρτάται από τη δράση πολλών γονιδίων καθώς διαφορετικά γονίδια θεωρείται ότι επηρεάζονται από διαφορετικούς ρύπους. Υπάρχει συγχρόνως η πιθανότητα εμφάνισης σημαντικών αλληλεπιδράσεων γενοτύπου - περιβάλλοντος. Επίσης, τα γονίδια που σχετίζονται με την ύπαρξη της ανθεκτικότητας ενδέχεται να αλληλεπιδρούν και μεταξύ τους, οπότε στην τελική έκφραση υπεισέρχεται και το φαινόμενο της επίστασης. Στις περιπτώσεις αυτές ο φαινότυπος σπάνια μπορεί να ταξινομηθεί σε δύο ή τρεις κατηγορίες (π.χ. "ανθεκτικά", "ευπαθή", ή "ανθεκτικά", "ενδιάμεσα", "ευπαθή"). Συνήθως το φάσμα των παρατηρούμενων φαινοτύπων παρουσιάζει ένα μικρό αριθμό εξαιρετικά ανθεκτικών ατόμων και έναν αριθμό ατόμων τα οποία καταστρέφονται αμέσως, αλλά το μεγαλύτερο μέγεθος του πληθυσμού βρίσκεται στην ενδιάμεση περιοχή και παρουσιάζει ποικίλα στάδια ανθεκτικότητας ή ευπάθειας. Η ποσοτικά μετρήσιμη ιδιότητα της ανθεκτικότητας στην περίπτωση αυτή ακολουθεί συνήθως κανονική κατανομή. Οι ποσοτικές διαφορές συνήθως επηρεάζονται από διαφορές αλληλομόρφων σε πολλά μη άμεσα διακριτά γονίδια. Τα γονίδια αυτά ονομάζονται γονίδια ποσοτικών γνωρισμάτων (quantitative trait loci, ή QTL). Τα QTL δεν είναι εύκολα διακριτά καθώς ο τρόπος δράσης των ενδέχεται να είναι αθροιστικός σε μερικά από αυτά, σε άλλα να οφείλεται στην αλληλεπίδραση μεταξύ αλληλομόρφων, δηλαδή στην κυριαρχία, ενώ σε άλλα να οφείλεται στην αλληλεπίδραση μεταξύ μη αλληλομόρφων γονιδίων, δηλαδή στην επίσταση. Εάν ένα QTL βρίσκεται σε μικρή χρωμοσωμική απόσταση με ένα ή περισσότερα γονίδια-δείκτες, παρουσιάζεται δηλαδή σύνδεση (linkage) μεταξύ τους, τότε συγκεκριμένες εκφράσεις του QTL (π.χ. υψηλή ανθεκτικότητα στη ρύπανση) θα βρίσκονται συνδεδεμένες με συγκεκριμένα αλληλόμορφα των γονιδίων-δεικτών. Η μελέτη των συσχετίσεων μεταξύ QTL και γονιδίων-δεικτών έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη μιας πολλά υποσχόμενης περιοχής της γενετικής επιστήμης, της χαρτογράφησης

ποσοτικών γνωρισμάτων (QTL mapping) (Lander και Botstein 1989). Η ανθεκτικότητα στη ρύπανση μπορεί να θεωρηθεί ως QTL και η χαρτογράφηση της ανθεκτικότητας στο γένωμα αποτελεί μια εναλλακτική μεθοδολογία έρευνας για βελτίωση. Θεωρητικά, επειδή ο αριθμός γονιδίων-δεικτών που είναι διαθέσιμος για χρήση στη χαρτογράφηση είναι πολύ μεγάλος, υπάρχει η δυνατότητα, μετά από λεπτομερή χαρτογράφηση, ακόμα και εύρεσης συγκεκριμένων γονιδίων που είναι συνδεδεμένα με την ανθεκτικότητα στη ρύπανση, απομόνωσης τους και εφαρμογής μεθόδων γενετικής μηχανικής. Η πιστοποίηση σημαντικών συσχετίσεων γονιδίων-δεικτών και ανθεκτικότητας δίνει τη δυνατότητα χρησιμοποίησης των πρώτων στην υποβοηθούμενη από δείκτες επιλογή (MAS) (Lande και Thompson 1990). Η μεθοδολογία εύρεσης σύνδεσης του χαρακτήρα “ανθεκτικότητα στη ρύπανση” με γονίδια-δείκτες, χαρτογράφησης του στο γένωμα και εφαρμογής MAS, αποτελεί εξειδικευμένη περίπτωση της χαρτογράφησης QTL και εφαρμογής MAS και η ανάπτυξη της δεν εμπίπτει στο περιεχόμενο της εργασίας αυτής. Πάντως, ένα τέτοιο πρόγραμμα θα είναι εκ των πραγμάτων μακροπρόθεσμο, διότι απαιτούνται ελεγχόμενες διασταυρώσεις, κριτικές αναδιασταυρώσεις και εγκατάσταση μεγάλου αριθμού απογόνων σε επιφάνειες με λεπτομερή πειραματικό σχεδιασμό.

Special issues of forest tree breeding for resistance to environmental pollution

F. Aravanopoulos¹, D. Moulalis¹

Abstract

The effects of environmental pollution on forest tree populations are expected to surpass nay known levels of stress that such populations have encountered in recent history. The existence of significant levels of genetic variability within forest tree species in relation to their ability of pollution resistance, offers the opportunity of employing relevant breeding programs. In this paper the following issues of forest tree breeding for resistance to environmental pollution are discussed: (1) indigenous and exotic species comparative tests, (2) provenance tests, (3) artificial selection and (4) quantitative genetics of pollution resistance.

Key words: breeding, environmental pollution, forest tree species

6. Βιβλιογραφία

- Alahiotis, S. N., 1982. Adaptation of *Drosophila* enzymes to temperature. *Genetics* 59: 81-87.
- Aravanopoulos, F.A., 2000. Environmental pollution effects on the evolutionary genetics of forest trees. In: *Environmental Research - Selected Readings* (υπό δημοσίευση)
- Antonovicz, J., Bradshaw A. D. and R. G. Turner 1971. Heavy metal tolerance in plants. *Adv. Ecol. Res.* 70: 55-75.
- Ayres, P. G., 1984. The interaction between environmental stress injury and biotic disease physiology. *Ann. Rev. Phytopath.* 22: 53-75.
- Barton, N. H. and M. Turelli 1990, Evolutionary quantitative genetics: How little do we know? *Ann. Rev. Gen.* 23: 337-370.
- Bergmann, F., and F. Scholz 1989. Selection effects of air pollution on Norway spruce (*Picea abies*) populations. In: Scholz, F., Gregorius H. R. and D. Rudin (eds). *Genetic effects of air pollutants in forest tree populations*. Springer-Verlag, Berlin, pp.143-160.
- Berry, C. R., 1973. The differential sensitivity of eastern white pine to three types of air pollution. *Can. J. For. Res.* 3: 543-547.
- Bialobok, J., 1980. Forest genetics and air pollution stress. In: Miller, P. R., (ed). *Effects of Air Pollutants on Mediterranean and Temperate Forest Ecosystems*. USDA Pacific SW Forest and Range Exp. Station, Berkeley, California, Gen. Tech. Rep. PSW-43: 100-103.
- Blum, A., 1988. *Plant Breeding for Stress Environments*. CRC Press, Boca Raton.

¹ Laboratory of Forest Genetics and Tree Breeding, Department of Forestry and Natural Environment, Aristotle University of Thessaloniki, PO Box 238, GR 540 06, Thessaloniki, e-mail: aravanop@for.auth.gr

- Bradshaw, A. D., 1984. Adaptation of plants to soils containing toxic metals: a test for conceit. In: Evered, D. and G. M. Collins (eds). Origin and Development of Adaptation. CIBA Foundation Symposium 102, Pitman, London, pp. 4-19.
- Dochinger, L. S. and C. E. Seliskar 1970. Results from grafting chlorotic dwarf and healthy white pine. *Phytopathology* 55: 404-407.
- Dochinger, L. S., Townsend A. M., Seegrift T. W. and F. W. Bender 1972. Responses of hybrid poplar trees to sulfur dioxide fumigation. *J. Air Poll.* 22: 369-371.
- Feder, W. A., 1971. Abnormal pollen, flower or seed development due to air pollution. In: Smith, W. H. and L. S. Dohinger (eds). Air Pollution and Metropolitan Woody Vegetation. Yale University Press, New Haven, pp. 28-31.
- Geburek, Th., Scholz, F., Knabe W. and A. Vornweg 1987. Genetic studies by isozyme gene loci on tolerance and sensitivity in an air polluted *Pinus sylvestris* field trial. *Silv. Genet.* 36: 49-53.
- Gordon, A. and E. Gorham 1963. Ecological aspects of air pollution from an iron-sintering plant at Wawa, Ontario. *Can. J. Bot.* 41: 1063-1078.
- Grandjean, P., 1991. *Ecogenetics*. Chapman and Hall, London, 280 pp.
- Hoffmann, A. A. and P. A. Parsons 1994. *Evolutionary Genetics and Environmental Stress*. Oxford University Press, New York, 283 pp.
- Hutchinson, T. C., 1984. Adaptation of plants to atmospheric pollutants. In: Origins and Development of Adaptations. CIBA Foundation Symposium 102, Pitman Books, London, pp. 52-72.
- Karnosky, D. F., Berrang P. C., Scholz F. and J. P. Bennet 1989a. Variation in and natural selection for air pollution tolerance in forest trees. In: Scholz, F., Gregorius H. R. and D. Rudin (eds). Genetic Effects of Air Pollutants in Forest Tree Populations. Springer-Verlag, Berlin, pp. 29-38.
- Karnosky, D. F., Scholz F., Geburek Th. and D. Rudin 1989β. Implication of genetic effects of air pollution on forest ecosystems. In: Scholz, F., Gregorius H. R. and D. Rudin (eds). Genetic Effects of Air Pollutants in Forest Tree Populations. Springer-Verlag, Berlin, pp. 199-201.
- Karpen, D. H., 1970. Ozone and sulfur dioxide synergism: foliar injury to a ponderosa pine geographic race plantation in the Puget Sound region. *Plant Dis. Rep.* 54: 945-948.
- Kozłowski, T. T. and H. A. Constantinidou 1986α. Responses of woody plants to environmental pollution. *For. Abstr.* 47: 5-51.
- Kozłowski, T. T. and H. A. Constantinidou 1986β. Environmental pollution and tree growth. *For. Abstr.* 47: 105-132.
- Kriebel, H. B. and C. Leben 1981. The impact of air pollution on the gene pool of eastern white pine. In: Proc. XVII IUFRO World Congress, Kyoto, Japan, Div. 2, pp. 185-189.
- Kulagin, Y. Z., 1973. Gas tolerance of plants and preadaptation. *Sov. J. Ecol.* 4: 128-131.
- Lande, R. and R. T. Thompson 1990. Efficiency of marker assisted selection in the improvement of quantitative traits. *Genetics* 124: 743-756.
- Lander, E. S. and D. Botstein 1989. Mapping Mendelian factors underlying quantitative traits using RFLP linkage maps. *Genetics* 121: 185-195.
- MacNair, M. R., 1981. Tolerance of higher plants to toxic metals. In: Bishop, J.A. and L.M. Cook (eds). Genetic Consequences of Man-made Change, Academic Press, London, pp. 177-207.
- Mitton, J. B., 1989. Physiological and demographic variation associated with allozyme variation. In: Soltis D.E. and P.S. Soltis (eds). *Isozymes in Plant Biology*. Dioscurides Press, Portland Oregon pp. 127-145.
- Μουλαλής, Δ., 1996. Προστασία Δασικών Γενετικών Πόρων. Πανεπιστημιακές Παραδόσεις, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Υπηρεσία Δημοσιευμάτων, Θεσσαλονίκη, 168 σελ.
- Müller-Starck, G., 1985. Genetic differences between "tolerant" and "sensitive" beeches (*Fagus sylvatica* L.) in an environmentally stressed adult forest stand. *Silv. Genet.* 34: 241-247.
- Nevo, E., Beiles A. and R. Ben-Shlomo 1984. The evolutionary significance of genetic variation. In: Mani, G.S. (ed). *Evolutionary Dynamics of Genetic Diversity*. Lecture Notes in Biomathematics 53: 13-213.
- Paliouris, G. and T. C. Hutchinson 1991. Arsenic, cobalt and nickel tolerances in two populations of *Silene vulgaris* (Moench) Garcke from Ontario, Canada. *New Phytol.* 117: 449-459.

- Peterson, C. E. Jr. and R. A. Mickler 1994. Considerations for evaluating controlled exposure studies of tree seedlings. *J. Environ. Qual.* 23: 257-267.
- Prus-Glowacki, W. and S. Godzik 1995. Genetic structure of *Picea abies* trees tolerant and sensitive to industrial pollution. *Silv. Gen.* 44: 62-65.
- Rachwal, L., 1983. Tolerance variability in trees and shrubs to high concentrations of SO₂ and heavy metals. *Aquilo. Ser. Bot.* 19: 342-353.
- Rehfeld, G. E., 1979. Ecotypic differentiation in populations of *Pinus monticola* in north Idaho. *Am. Nat.* 114: 627-636.
- Scholz, F. and F. Bergmann 1994. Genetic effects of environmental pollution on tree populations. In: Kim Z. S. and H. H. Hattemer (eds). *Conservation and Manipulation of Genetic Resources in Forestry*. Kwang Moon Kag Publ., Seoul, pp. 35-50.
- Scholz, F. and H. Venne 1989. Structure and first results of a research program on ecological genetics of air pollution effects in Norway spruce. In: Scholz, F., Gregorius H. R. and D. Rudin (eds). *Genetic Effects of Air Pollutants in Forest Tree Populations*. Springer-Verlag, Berlin, pp. 39-54.
- Scholz, F., Timman T. und D. Krusche 1979. Untersuchungen zur Variation der Resistenz gegen HF-Begasung bei *Picea abies* Familien. In: Proc. IUFRO Mtg. WP S2.09.00, Mitteilungen des Instituts für Forst- und Holzwirtschaft, Ljubljana, pp. 249-258.
- Simeonidis, L., McNeilly T. and A. D. Bradshaw 1985. Differential tolerance of three cultivars of *Agrostis capillaris* to cadmium, copper, lead, nickel and zinc. *New Phytol.* 101: 309-315.
- Smith, W. H., 1987. Energy production and forest ecosystem health. In: Majumdar, S. K., Brenner F. J. and E. W. Miller (eds). *Environmental Consequences of Energy Production*. The Pennsylvania Academy of Science, Penn State Univ. Press, pp. 431-444.
- Taylor, G. E., 1978. Genetic analysis of ecotypic differentiation within an annual plant species *Geranium carolinianum* L. in response to sulfur dioxide. *Bot. Gazette* 139: 362-368.
- Townsend, A. M. and L. S. Dochinger 1974. Relationship of seed source and developmental stage to the ozone tolerance of *Acer rubrum* seedlings. *Atmosph. Environ.* 8: 959-964.
- Tzschacksch, O., 1972. Frequency distribution of SO₂ resistance of individuals in a population and its significance for breeding. *Beitr. Forstw.* 6: 17-20.
- Wright, J. W., 1976. *Introduction to Forest Genetics*. Academic Press, New York, 463 pp.
- Zobel, B. and J. Talbert 1984. *Applied Forest Tree Improvement*. John Wiley, New York, 505 pp.

Δευτεροβάθμια δασική εκπαίδευση. Ιστορική εξέλιξη, δυνατότητες, προοπτικές και ο ρόλος του δασολόγου

Γαρούφαλλος Αραμπατζής¹

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Με το παρόν άρθρο γίνεται μια αναδρομή στην ιστορία της δευτεροβάθμιας τεχνικής επαγγελματικής κυρίως εκπαίδευσης στη χώρα μας, από τη σύσταση του *νεοελληνικού κράτους μέχρι σήμερα.

Ειδικότερα εξετάζεται η παρουσία της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης μέχρι την πρόσφατη εκπαιδευτική μεταρρύθμιση.

Στη συνέχεια εξετάζεται το νέο θεσμικό πλαίσιο (Ν 2525/1997), γίνονται προτάσεις για καινούργιες ειδικότητες στον τομέα Δάση και Φυσικό Περιβάλλον, και προσδιορίζεται ο ρόλος του Δασολόγου στη σύγχρονη δευτεροβάθμια εκπαίδευση.

Τέλος καταγράφονται οι βασικές αδυναμίες και οι λόγοι για την ισχνή παρουσία των Δασολόγων στην δευτεροβάθμια Εκπαίδευση.

Λέξεις κλειδιά: Δευτεροβάθμια δασική εκπαίδευση, Δασολόγος.

1. Εισαγωγή

Στην εργασία αυτή γίνεται μια ιστορική αναδρομή της δευτεροβάθμιας δασικής εκπαίδευσης και εξετάζεται ο ρόλος των δασολόγων ειδικότερα μετά την πρόσφατη εκπαιδευτική μεταρρύθμιση.

Πριν όμως αναλύσουμε τα παραπάνω κρίνουμε σκόπιμο να αποσαφηνίσουμε ορισμένες βασικές έννοιες όπως: εκπαίδευση, παιδεία, εκπαιδευτικό σύστημα, δασική εκπαίδευση.

Με τον όρο "εκπαίδευση" προσδιορίζεται συνήθως κάθε είδος επίσημης, θεσμοθετημένης μορφής διδασκαλίας που διεξάγεται σε σχολεία όλων των βαθμίδων, στις τεχνικές και επαγγελματικές σχολές και στα Πανεπιστήμια, ανεξάρτητα από το αν παρέχεται από το Κράτος ή από ιδιωτικούς φορείς. (*Πεσμαζόγλου, 1987*).

Ο όρος "παιδεία" έχει τριπλή σημασία τουλάχιστον: α) χαρακτηρίζει το αποτέλεσμα της παιδαγωγικής διαδικασίας και ταυτίζεται έτσι με τον όρο μόρφωση, β) σημαίνει τις προσπάθειες που καταβάλλει η πολιτεία για την οργάνωση της παιδαγωγικής διαδικασίας (δηλαδή εκπαίδευση), γ) χρησιμοποιείται ως συνώνυμο των όρων αγωγή και μάθηση. (*Ξωχέλλης, 1983*).

Το συνολικό εκπαιδευτικό σύστημα μιας χώρας αποτελείται από τους επιμέρους εκπαιδευτικούς μηχανισμούς (από τους βρεφονηπιακούς σταθμούς και τα νηπιαγωγεία μέχρι τα Πανεπιστήμια και τα ερευνητικά κέντρα).

Από τον ορισμό της εκπαίδευσης γίνεται φανερό ότι την περιορίζουμε τεχνητά βέβαια στα σχολεία όλων των βαθμίδων και δεν περιλαμβάνει όλες τις μορφές και τις φάσεις της συνολικής διαδικασίας εκμάθησης.

Πέρα όμως από τους παιδευτικούς μηχανισμούς των επίσημων σχολείων οι παιδευτικές διαδικασίες επιτελούνται και από την οικογένεια, την εκκλησία, το κόμμα, την τηλεόραση, το ραδιόφωνο, τις εφημερίδες, τον κινηματογράφο κ.λ.π.

Ειδικότερα με τον όρο δασική εκπαίδευση εννοούμε την εκπαίδευση, η οποία αποσκοπεί να συμβάλει στην ανάπτυξη των δασών, των δασικών πόρων και γενικότερα την αξιοποίηση των πλουτοπαραγωγικών πόρων, των ορεινών κυρίως περιοχών.

Με αυτή την έννοια η δασική εκπαίδευση μπορεί να διακριθεί σε

¹ Δασολόγος, Υποψήφιος Διδάκτορας, Α.Π.Θ Τμήμα Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος. Εργαστήριο Δασικής Πολιτικής 54006, 247.

α) σχολική και β) εξωσχολική

α) Σχολική δασική εκπαίδευση είναι εκείνη που παρέχεται από το δημοτικό σχολείο και το γυμνάσιο (9ετή υποχρεωτική σχολική εκπαίδευση) με τη μορφή διδασκαλίας φυσιολογικών μαθημάτων στους μαθητές και συνεχίζεται με τη φοίτηση στα Τεχνικά - Επαγγελματικά λύκεια δασικής κατεύθυνσης ή στις πρακτικές δασικές σχολές. Από τη φύση της η σχολική δασική εκπαίδευση είναι τεχνικής - επαγγελματικής κατεύθυνσης.

β) Εξωσχολική δασική εκπαίδευση είναι εκείνη, που παρέχεται από δημόσιους ή ιδιωτικούς φορείς και παρέχει συμπληρωματικές γνώσεις γενικού και επαγγελματικού επιπέδου. Γνώσεις οι οποίες είναι απαραίτητες για την κατανόηση και αντιμετώπιση των προβλημάτων που εμφανίζονται στον δασικό τομέα και στον ευρύτερο ορεινό χώρο.

Η εξωσχολική δασική εκπαίδευση απευθύνεται στους αγρότες, στις αγρότισσες, στους υλοτόμους, στους δασεργάτες και στην αγροτική νεολαία υπό μορφή σεμιναρίων και διαλέξεων, σειρές ειδικών μαθημάτων σε επιμέρους θέματα όπως είναι οι ευρωπαϊκοί κανονισμοί που αφορούν τον δασικό τομέα.

2. Ιστορική εξέλιξη της δευτεροβάθμιας τεχνικής και επαγγελματικής εκπαίδευσης στην Ελλάδα

Θα αναφερθούμε στην ιστορική εξέλιξη κυρίως της δευτεροβάθμιας τεχνικής και επαγγελματικής εκπαίδευσης γιατί η δευτεροβάθμια δασική εκπαίδευση είναι τεχνικής - επαγγελματικής κατεύθυνσης.

Η Δευτεροβάθμια τεχνική και επαγγελματική εκπαίδευση στη χώρα μας έχει μια μακρόχρονη ιστορία για τη θεμελίωση της.

Οι προσπάθειες αυτές ξεκίνησαν με την ίδρυση του Ελληνικού κράτους. Έτσι το 1829 ιδρύθηκε ένα Στρατιωτικό Σχολείο στο οποίο διδάσκονταν μαθήματα για την εκτέλεση τεχνικών κυρίως έργων.

Το 1836 ιδρύθηκε το Πολυτεχνικό Σχολείο το οποίο ήταν δημόσιο και το 1863 εντάχθηκε στη Μέση Εκπαίδευση.

Με την εκπαιδευτική μεταρρύθμιση του 1887 η τεχνική εκπαίδευση διακρίθηκε σε Μέση και Ανώτερη βαθμίδα, Η Μέση Εκπαίδευση περιλάμβανε σχολές Εργοδηγών και η ανώτερη σχολές Πολιτικών Μηχανικών και Μηχανουργών.

Με το Ν.Δ της 2.7.1926 ιδρύθηκε η Σιβιτανίδειος Σχολή Τεχνών και Επαγγελμάτων που σαν σκοπό είχε την παροχή μέσης και κατώτερης τεχνικής και επαγγελματικής μόρφωσης στους κλάδους της χειροτεχνίας, της βιομηχανίας, των τεχνών και των πρακτικών επαγγελμάτων.

Με το Ν 1956/1920 ιδρύονται μέσες γεωργικές σχολές. Λειτουργήσαν συνολικά τρεις μέσες γεωργικές σχολές. Η φοίτηση ήταν τριετής και δέχονταν μαθητές οι οποίοι είχαν ενδεικτικό Β΄ τάξης εξετάξιου γυμνασίου. Ο κύκλος αυτών των σχολών έκλεισε το 1944.

Επίσης από το 1904 άρχισε να λειτουργεί και το Γεωργικό και Βιομηχανικό Ινστιτούτο Θεσσαλονίκης γνωστό σήμερα ως Αμερικανική Γεωργική Σχολή. Αυτό ήταν ένα τετρατάξιο γεωργικό σχολείο και δέχονταν ως μαθητές απόφοιτους δημοτικού σχολείου.

Οι παραπάνω γεωργικές σχολές υπάγονται στο Υπουργείο Γεωργίας. Ο πρώτος νόμος για την επαγγελματική εκπαίδευση χρονολογείται από το 1931 (Ν 5197/1931). Με το νόμο αυτό τα σχολεία επαγγελματικής εκπαίδευσης, υπάγονται στο Υπουργείο Εθνικής Οικονομίας εκτός από κάποιες σχολές που υπάγονται στα Υπουργεία Εμπορικής Ναυτιλίας, Βιομηχανίας και Γεωργίας όπως προαναφέρθηκε.

Το Υπουργείο Γεωργίας ειδικότερα διηύθυνε σχολές που ιδρύθηκαν με το νόμο 920/1946 με προγράμματα που βασίζονται στο σύστημα εξωσχολικής εκπαίδευσης καθώς και 14 γεωργικά σχολεία τακτικής φοίτησης. Ο αριθμός των επαγγελματικών σχολών ήταν 547 το 1958 και κατανέμονταν σε όλους τους κλάδους της παραγωγής και των υπηρεσιών.

Στο τότε Υπουργείο Κοινωνικών Υπηρεσιών υπάγονταν επαγγελματικές σχολές ορφανοτροφικών κυρίως ιδρυμάτων.

Στο Υπουργείο Παιδείας υπάγονταν τα Αστικά Σχολεία που λειτουργούσαν με διάφορες κατευθύνσεις, τη Γεωργική, Εμπορική, Βιοτεχνική, Οικοκυρική και γυναικείων τεχνών. Τα Αστικά σχολεία μετατράπηκαν σε επαγγελματικές σχολές με το Ν.Δ. 3971/1959.

Με το Ν.Δ. 3973/1959 αποφασίστηκε να υπαχθούν οι σχολές επαγγελματικής κατεύθυνσης στο Υπουργείο Παιδείας.

Ανάμεσα στα μέτρα που πάρθηκαν το 1959 ήταν και η ίδρυση Δημοσίων Τεχνικών Σχολών, ενώ μέχρι τότε όλες ήταν ιδιωτικές ή ημι - ιδιωτικές. Με το Ν.Δ. 4379/1964 καθιερώνεται η εννεαετής υποχρεωτική εκπαίδευση (Παπακίτσος κ.α, 1996).

Η επόμενη ουσιαστική εκπαιδευτική μεταρρύθμιση έγινε ύστερα από τη μεταπολίτευση με το Νόμο 576/1977 για την “Τεχνική και Επαγγελματική Εκπαίδευση”. Με αυτό το νόμο αρχίζει να συνδέεται για πρώτη φορά η μέση εκπαίδευση με την παραγωγή.

Σύμφωνα με το νόμο αυτό η Τεχνική και Επαγγελματική Εκπαίδευση διακρίνεται σε Μέση και Ανώτερη. Η Μέση και Επαγγελματική Εκπαίδευση παρέχεται σε δύο τύπους Σχολείων:

- α) στις Τεχνικές και Επαγγελματικές Σχολές και
- β) στα Τεχνικά και Επαγγελματικά Λύκεια.

Για την εισαγωγή των μαθητών στις παραπάνω σχολές και λύκεια απαιτείται απολυτήριο τριτάξιου γυμνασίου.

Με την εκπαιδευτική μεταρρύθμιση του Ν 1566/1985 θεσπίζονται τα εξής:

- α) Ολοκληρώνεται η εννεάχρονη υποχρεωτική εκπαίδευση
- β) Ενοποιούνται το τεχνικό και επαγγελματικό λύκειο σε τεχνικό-επαγγελματικό
- γ) Ενοποιούνται η τεχνική και επαγγελματική σχολή σε τεχνική - επαγγελματική σχολή
- δ) Ιδρύεται το ενιαίο πολυκλαδικό λύκειο, με το οποίο γίνεται οργανική σύνδεση της γενικής εκπαίδευσης με την τεχνική - επαγγελματική εκπαίδευση.

Τέλος με την εκπαιδευτική μεταρρύθμιση του Ν 2525/1997 καταργούνται όλοι οι τύποι των λυκείων (γενικό, τεχνικό - επαγγελματικό, πολυκλαδικό, εκκλησιαστικό, μουσικό κ.λ.π.) και θεσπίζεται ένας τύπος λυκείου, το ενιαίο λύκειο για το οποίο θα αναφερθούμε εκτενέστερα παρακάτω.

Β. Ιστορική Εξέλιξη της Δευτεροβάθμιας Δασικής Εκπαίδευσης στην Ελλάδα

Η δευτεροβάθμια δασική εκπαίδευση άρχισε στην Ελλάδα το 1896 με την ίδρυση του Δασοκομικού τμήματος (Δασική Σχολή) στη Γεωργική Σχολή της Βυτίνας Πελοποννήσου. Το τμήμα αυτό είχε σκοπό να μεταδώσει δασοτεχνικές γνώσεις σε μέση και ανώτερη στάθμη (Παπασταύρου και Γούπος, 1994)

Με το Ν.Δ της 6.9.1931 και το Β.Δ της 16.9.1950 λειτούργησαν η σχολή δασοφυλάκων και οι μέσες δασοκομικές ή δασικές σχολές που υπάγονταν στο Υπουργείο Γεωργίας.

Η φοίτηση στη σχολή δασοφυλάκων ήταν μονοετής και δεχόταν αποφοίτους δημοτικού σχολείου, ενώ στις μέσες δασικές σχολές (Αγίας Λάρισας και Βυτίνας Αρκαδίας) ήταν διετής για τους έχοντες ενδεικτικό Δ' τάξης εξατάξιου γυμνασίου. Οι μέσες δασικές σχολές καταργήθηκαν με το Ν 576/1977. Σύμφωνα με το νόμο 309/1976 η υποχρεωτική σχολική εκπαίδευση για όλους τους Έλληνες είναι 9 χρόνια δηλαδή 6 χρόνια στοιχειώδης και 3 χρόνια γυμνασιακής εκπαίδευσης.

Τόσο στη στοιχειώδη όσο και στη γυμνασιακή σχολική εκπαίδευση δεν προβλέπονταν οποιαδήποτε μορφής δασική εκπαίδευση εκτός από ορισμένα φυσιολογικά μαθήματα όπως Βιολογία, Βοτανική, Ζωολογία και Γεωγραφία. Στα πλαίσια του νόμου 576/1977 ιδρύονται τα Τεχνικά - Επαγγελματικά Λύκεια (Τ.Ε.Λ.) και οι Τεχνικές - Επαγγελματικές Σχολές (Τ.Ε.Σ.). Ειδικότερα στα Τ.Ε.Λ. εγγράφονται χωρίς εξετάσεις, οι απόφοιτοι του γυμνασίου, η δε φοίτησή τους διαρκεί 3 χρόνια, ενώ για τους ήδη αποφοιτήσαντες από άλλο τύπο Λυκείου η φοίτησή διαρκεί 2 χρόνια

Με το νόμο 576/1977 προβλέπεται η λειτουργία Γεωτεχνικού τομέα με τις εξής κατευθύνσεις - τμήματα (Παπαδάκη - Κλαυδιανού, 1995)

- 1) Ανθοκομίας
- 2) Γεωργικών Μηχανημάτων
- 3) Φυτικής Παραγωγής
- 4) Ζωικής Παραγωγής
- 5) Αγροβιομηχανικών και Γεωργικών εκμεταλλεύσεων

Με το Π.Δ. 410/1984 προστίθενται και τα τμήματα Δασικής Παραγωγής και Αλιείας - Ιχθυοπαραγωγής. Μέχρι την εκπαιδευτική μεταρρύθμιση του 1997 λειτούργούσαν 227 Τ.Ε.Λ.

στους 53 νομούς της χώρας. Απ' αυτά 102 Τ.Ε.Λ. δημιουργήθηκαν για να έχουν και γεωτεχνικό τομέα.

(Παπαδάκη - Κλαυδιανού, 1997)

Τμήμα Δασικής Παραγωγής δεν λειτούργησε σε κανένα Τ.Ε.Α. της Ελλάδας σε όλη τη διάρκεια ζωής των Τ.Ε.Α. δηλαδή μέχρι την εκπαιδευτική μεταρρύθμιση του 1997.

Στις Τεχνικές - Επαγγελματικές Σχολές (Τ.Ε.Σ.) εγγράφονται χωρίς εξετάσεις οι απόφοιτοι του γυμνασίου, η δε φοίτηση διαρκεί 2 χρόνια. Οι απόφοιτοι των ΤΕΣ μπορούν να εγγραφούν στη δεύτερη τάξη των αντίστοιχων Τεχνικών - Επαγγελματικών Λυκείων (Παπαδάκη - Κλαυδιανού, 1995)

Η μόνη ειδικότητα στις ΤΕΣ που είναι συναφής με το δασικό αντικείμενο είναι των επιπλοποιών.

Ήδη υπάρχει σχέδιο νόμου για την κατάργηση των ΤΕΣ και την αντικατάστασή τους με τα Τεχνικά Επαγγελματικά Εκπαιδευτήρια (Τ.Ε.Ε.).

Με το νόμο 1566/1985 ιδρύονται τα Ενιαία Πολυκλαδικά Λύκεια (ΕΠΛ). Στα Λύκεια αυτά εγγράφονται μαθητές, απόφοιτοι γυμνασίου, χωρίς εξετάσεις, η φοίτηση διαρκεί 3 ή 4 χρόνια και προβλεπόταν να λειτουργήσει τμήμα ειδίκευσης Δασοπονίας στα πλαίσια του κλάδου Γεωπονίας (ΥΠΕΠΘ, 1994). Επίσης στα πλαίσια του Υπουργείου Γεωργίας λειτουργούσε τμήμα χειροτεχνίας ξύλου στο Κέντρο Επαγγελματικής Δασικής Εκπαίδευσης (ΚΕΔΑΕ) Καλαμπάκας. Σήμερα λειτουργεί η Τεχνική Επαγγελματική Σχολή Ξυλογλυπτικής - Διακοσμητικής Επίπλου Καλαμπάκας η οποία προήλθε από την μετατροπή του παραπάνω τμήματος.

Τα διδασκόμενα μαθήματα και οι ώρες της εβδομαδιαίας διδασκαλίας ορίζονται από το Π.Δ 302/1994.

Επίσης και στον ΟΑΕΔ λειτουργούν τμήματα ξυλουργών και επιπλοποιών.

Με την εγκύκλιο Γ2/1047/22-2-1996 οι πτυχιούχοι του τμήματος Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος (ΠΕ 14) έχουν τις εξής αναθέσεις μαθημάτων.

Σε 1^η ανάθεση τα μαθήματα

α) Τεχνολογία στα Γυμνάσια

β) Τεχνολογία ξύλου και γνώσεις υλικών ης ειδικότητας επιπλοποιών στις ΤΕΣ.

Γ) Μετρήσεις - Υπολογισμός Ξύλινων κατασκευών της ειδικότητας επιπλοποιών στις ΤΕΣ.

Μέχρι την ψήφιση του νόμου 2525/1997 έχουμε να παρατηρήσουμε τα εξής:

α) Τμήμα Δασικής Παραγωγής δεν λειτούργησε σε κανένα Τ.Ε.Α.

β) Τμήμα Ειδίκευσης Δασοπονίας δεν λειτούργησε σε κανένα Ε.Π.Α.

γ) Λειτούργησε μόνο η ειδικότητα των επιπλοποιών στις Τ.Ε.Σ., η Τ.Ε.Σ. Ξυλογλυπτικής - Διακοσμητικής Επίπλου Καλαμπάκας και τμήματα ξυλουργών και επιπλοποιών στον ΟΑΕΔ.

δ) Οι Δασολόγοι και οι Τεχνολόγοι Δασοπονίας οι οποίοι είναι σήμερα στην Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση ανέρχονται σε μερικές δεκάδες και διδάσκουν **μόνο** το μάθημα της Τεχνολογίας στα Γυμνάσια.

ε) Η διδασκαλία των παραπάνω μαθημάτων απαιτεί φοίτηση για ένα ακαδημαϊκό εξάμηνο στην ΠΑΤΕΣ - ΣΕΛΕΤΕ, και εγγραφή σε επτηρίδα για να διοριστούν.

Γ. Το Σημερινό Νομοθετικό Πλαίσιο και ο Ρόλος των Δασολόγων

Η κατάργηση των Τ.Ε.Α., η δημιουργία του Ενιαίου Λυκείου, η κατάργηση των Τ.Ε.Σ. που υπάγονται στο Υπουργείο Παιδείας δημιουργεί νέα δεδομένα στο χώρο της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης.

Από τις πιο σημαντικές αλλαγές στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση που θεσμοθέτησε ο νόμος 2525/1997 είναι το Ενιαίο Λύκειο. Με το προηγούμενο θεσμικό πλαίσιο λειτουργούσαν οι εξής τύποι λυκείων:

α) Το Γενικό Λύκειο (ΓΕΛ.)

β) Το Ενιαίο Πολυκλαδικό Λύκειο (Ε.Π.Α.)

γ) Το Τεχνικό Επαγγελματικό Λύκειο (Τ.Ε.Α.)

δ) Το Κλασικό Λύκειο

ε) Το Μουσικό Λύκειο

στ) Το Εκκλησιαστικό Λύκειο

Με το νέο νόμο θεσμοθετήθηκε η δημιουργία ενός ενιαίου λυκείου το οποίο θα απορροφήσει σταδιακά όλους τους παραπάνω τύπους λυκείου.

Οι σπουδές στο ενιαίο λύκειο έχουν τους εξής στόχους:

α) Να παρέχουν γενική παιδεία υψηλού επιπέδου και να βοηθούν τους μαθητές στην προώθηση της ικανότητάς τους να παίρνουν πρωτοβουλίες

β) Να προφέρουν τις απαραίτητες γνώσεις και να εξασφαλίζουν όλα τα εφόδια που απαιτούνται για τη συνέχιση των σπουδών στην επόμενη βαθμίδα.

γ) Να παρέχουν στους μαθητές τις απαραίτητες γνώσεις που θα τους επιτρέπουν μετά την αποφοίτηση τους από το λύκειο να έχουν πρόσβαση, με κάποια εξειδίκευση ή κατάρτιση, στη σύγχρονη αγορά εργασίας. (ΥΠΕΠΘ, 1997)

Οι μαθητές εγγράφονται στο Ενιαίο Λύκειο χωρίς εξετάσεις και έχοντας απολυτήριο Γυμνασίου.

Η οργάνωση των σπουδών στις τρεις τάξεις του Ενιαίου Λυκείου έχει ως εξής:

Η Α΄ τάξη Λυκείου είναι μια τάξη προσανατολισμού. Η τάξη αυτή θεωρείται συνέχεια της εκπαίδευσης που προσφέρεται στο Γυμνάσιο και αποτελεί τη βάση στην οποία οι μαθητές θα στηριχτούν για να είναι σε θέση να κάνουν την κατάλληλη επιλογή των κατευθύνσεων στην Β΄ και Γ΄ τάξη του ενιαίου Λυκείου. Το πρόγραμμα είναι κοινό για όλους τους μαθητές και περιέχει μαθήματα γενικής παιδείας.

Στην Β΄ τάξη Λυκείου λειτουργούν τρεις κατευθύνσεις επιλογών από τις οποίες οι μαθητές είναι υποχρεωμένοι να επιλέγουν μία. Οι κατευθύνσεις αυτές είναι:

α) θεωρητική κατεύθυνση

β) θετική κατεύθυνση

γ) τεχνολογική κατεύθυνση

Ανάλογα με την κατεύθυνση που επιλέγουν οι μαθητές, διδάσκονται τα αντίστοιχα μαθήματα. Τα μαθήματα χωρίζονται σε δύο κατηγορίες

α) Μαθήματα γενικής παιδείας τα οποία είναι υποχρεωτικά για όλους τους μαθητές

β) Μαθήματα κατευθύνσεων, τα οποία χωρίζονται σε μαθήματα υποχρεωτικά και μαθήματα επιλογής.

Στις κατευθύνσεις έχουν εισαχθεί μαθήματα όπως: Κοινωνική και Πολιτική Οργάνωση στην Αρχαία Ελλάδα, Ιστορία Κοινωνικών Επιστημών, Αρχές Περιβαλλοντικών Επιστημών, Νεώτερη Ευρωπαϊκή Λογοτεχνία, Στοιχεία Αστρονομίας και Διαστημικής, Εφαρμογές Υπολογιστών, Σχέδιο, Διαχείριση Φυσικών Πόρων κλπ.

Στην Γ΄ τάξη το πρόγραμμα σπουδών χωρίζεται σε τρεις κατευθύνσεις

α) θεωρητική κατεύθυνση

β) θετική κατεύθυνση

γ) τεχνολογική κατεύθυνση

Στην Γ΄ τάξη η Τεχνολογική κατεύθυνση χωρίζεται σε δύο κύκλους σπουδών

α) Κύκλος Τεχνολογίας και Παραγωγής

β) Κύκλος Πληροφορικής και Υπηρεσιών

Τα μαθήματα της Γ΄ τάξης Λυκείου χωρίζονται σε δύο κατηγορίες

α) Μαθήματα γενικής παιδείας τα οποία είναι υποχρεωτικά για όλους τους μαθητές

β) Μαθήματα κατευθύνσεων, τα οποία χωρίζονται σε μαθήματα υποχρεωτικά και μαθήματα επιλογής

Οι κατευθύνσεις σπουδών στη Γ΄ Λυκείου αποκτούν ιδιαίτερη αποκτούν ιδιαίτερη σημασία λόγω του ότι αυτές συνδέονται με τις μετέπειτα εκπαιδευτικές επιλογές των μαθητών (πανεπιστημιακές σπουδές, κατάρτιση, πρόσβαση στη σύγχρονη αγορά εργασίας).

Έχουν εισαχθεί μαθήματα όπως: Εφαρμογές Υπολογιστών, Πολυμέσα - Δίκτυα, Βιομηχανική Παραγωγή και Ενέργεια, Τεχνολογία και Ανάπτυξη, Στοιχεία Γεωπονίας και Αγροτική Ανάπτυξη, Αρχές Λογιστικής, Ιστορία της Τέχνης, Κοινωνιολογία κλπ.

Ο νέος τύπος Λυκείου οδηγεί στην απόκτηση του απολυτηρίου του Ενιαίου Λυκείου. Με το απολυτήριο αυτό ο απόφοιτος μπορεί να διεκδικήσει την εισαγωγή του στα ΑΕΙ, ΤΕΙ και ΙΕΚ (ΥΠΕΠΘ, 1997).

Από τα παραπάνω γίνεται φανερό ότι στο Ενιαίο Λύκειο έχουν εισαχθεί μαθήματα που είναι σχετικά της ειδικότητας των πτυχιούχων του τμήματος Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος

Τέτοια μαθήματα είναι:

Στην Α΄ τάξη το μάθημα της Τεχνολογίας ως συνέχεια του αντίστοιχου μαθήματος που διδάσκεται στο Γυμνάσιο.

Στην Β΄ τάξη τα μαθήματα “Αρχές Περιβαλλοντικών Επιστημών” και “Διαχείριση Φυσικών Πόρων”.

Στην Γ΄ τάξη το μάθημα “Τεχνολογία και Ανάπτυξη”

Ο πτυχιούχος του τμήματος Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος μέσα από τη διδασκαλία (θεωρητική

και εργαστηριακή) τεχνικών, βιολογικών, οικονομικών και περιβαλλοντικών μαθημάτων και την πρακτική άσκηση στα Πανεπιστημιακά δάση, στα Δασαρχεία, στις Δασικές Βιομηχανίες, στις μη κυβερνητικές περιβαλλοντικές οργανώσεις και στα ιδιωτικά εργοληπτικά και μελετητικά γραφεία έχει όλα τα εφόδια για την διδασκαλία των παραπάνω μαθημάτων.

Η πολύπλευρη εκπαίδευση του άλλωστε εγγυώνται και την αποτελεσματικότερη διδασκαλία των παραπάνω μαθημάτων.

Επίσης από το νέο σχολικό έτος 1998 - 1999 θα λειτουργήσουν τα Τεχνικά Επαγγελματικά Εκπαιδευτήρια (Τ.Ε.Ε.) τα οποία θα αντικαταστήσουν τα Τεχνικά Επαγγελματικά Λύκεια (Τ.Ε.Λ.) και τις Τεχνικές Επαγγελματικές Σχολές (Τ.Ε.Σ.)

Έτσι η επαγγελματική εκπαίδευση θα παρέχεται από τα Τ.Ε.Ε. τα οποία θα ανήκουν στην δευτεροβάθμια μεταγυμνασιακή εκπαίδευση και στα οποία θα εισάγονται οι κάτοχοι απολυτηρίου Γυμνασίου.

Στα Τ.Ε.Ε. θα λειτουργούν δύο κύκλοι σπουδών:

ο Α΄ κύκλος θα είναι διετής με δυνατότητα παράτασης για τις ειδικότητες στις οποίες μπορεί να εφαρμοστεί πρόγραμμα μαθητείας.

Όσοι παίρνουν απολυτήριο από τον Α΄ κύκλο σπουδών του Τ.Ε.Ε. έχουν τις εξής δυνατότητες

α) να συνεχίσουν τη φοίτηση στον Β΄ κύκλο σπουδών του Τ.Ε.Ε. που είναι μονοετής

β) να εγγραφούν στην Β΄ τάξη του Ενιαίου Λυκείου

γ) να αναζητήσουν εργασία αφού προηγουμένως αποκτήσουν άδεια εξασκήσεως επαγγέλματος επιπέδου ΙΙ, ύστερα από διαδικασία πιστοποίησης των ικανοτήτων τους σε νομαρχιακό επίπεδο.

Όσοι ολοκληρώνουν τις σπουδές τους στο Β΄ Κύκλο του Τ.Ε.Ε., που είναι μονοετής, έχουν τη δυνατότητα είτε να εγγραφούν στα Ινστιτούτα Επαγγελματικής Κατάρτισης (ΙΕΚ) για να αποκτήσουν εξειδίκευση είτε να αναζητήσουν εργασία, αφού προηγουμένως αποκτήσουν άδεια άσκησης επαγγέλματος επιπέδου ΙΙΙ, ύστερα από πιστοποίηση των ικανοτήτων τους σε εθνικό επίπεδο.

Οι μαθητές των Ενιαίων Λυκείων, που δεν επιθυμούν να συνεχίσουν τις σπουδές τους σ' αυτά, μπορούν να εγγραφούν στο Α΄ έτος των Τ.Ε.Ε. καταχωρώνοντας τα μαθήματα στα οποία έχουν εξετασθεί επιτυχώς, στο Ενιαίο Λύκειο.

Τα προγράμματα σπουδών θα περιλαμβάνουν μαθήματα γενικής παιδείας και μαθήματα επαγγελματικής εξειδίκευσης ανάλογα με τους επαγγελματικούς τομείς και τις επαγγελματικές ειδικότητες.

Εργαστηριακές ασκήσεις, πρακτική άσκηση και προγράμματα μαθητείας θα συμβάλλουν στην απόκτηση επαγγελματικών δεξιοτήτων σε πραγματικές συνθήκες εργασίας.

Οι τομείς και οι ειδικότητες θα ανταποκρίνονται στις σύγχρονες εξελίξεις στην αγορά εργασίας.

Η δομή του εκπαιδευτικού συστήματος της Ελλάδας σήμερα φαίνεται στο σχήμα 1.

Η αύξηση των περιβαλλοντικών προβλημάτων, η υποβάθμιση του φυσικού περιβάλλοντος, η ανάγκη προστασίας, συντήρησης, διαχείρισης και ανάπτυξης των δασών και του φυσικού περιβάλλοντος γενικότερα καθώς και η ανάγκη στήριξης του ορεινού και αγροτικού πληθυσμού είναι μερικά από τα προβλήματα που απασχολούν τις σύγχρονες κοινωνίες.

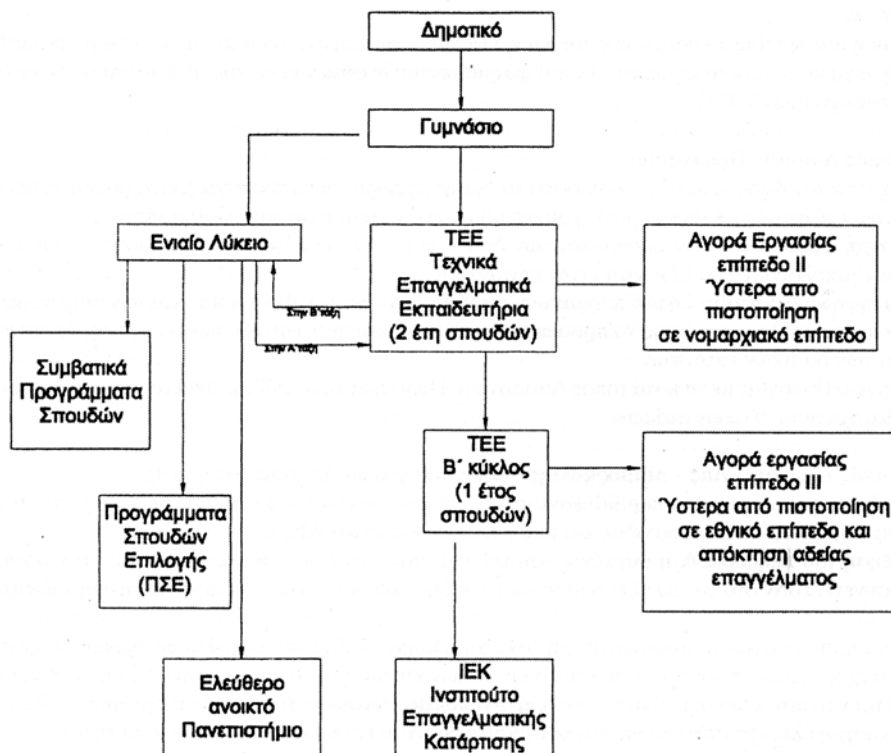
Η εκπαίδευση ατόμων σ' όλη την ιεραρχία και την διάρθρωση του εκπαιδευτικού συστήματος ικανών να ανταποκριθούν στη λύση αυτών των προβλημάτων είναι επιτακτική.

Σε Πανεπιστημιακό επίπεδο οι πτυχιούχοι Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, σε τεχνολογικό επίπεδο οι Τεχνολόγοι Δασοπονίας, σε επίπεδο ΙΕΚ οι απόφοιτοι των τμημάτων Δασικής Προστασίας και Επιμελητών - Ξεναγών Εθνικών Δρυμών και Χώρων αναφυχής μπορούν ανάλογα με το επίπεδο εκπαίδευσής τους να συμβάλλουν στην λύση των σύγχρονων προβλημάτων στον τομέα Δάση και Φυσικό Περιβάλλον.

Η ίδρυση των Τ.Ε.Ε. με ειδικότητες που θα σχετίζονται επαγγελματικά με την προστασία των Δασών, την Δασική Παραγωγή, τις προστατευόμενες περιοχές και τον οικουρισμό, την παροχτεχνία και την διαμόρφωση τοπίου, την επεξεργασία του ξύλου και την κατασκευή επίπλου, είναι αναγκαία.

Από τα παραπάνω γίνεται φανερό ότι η διδασκαλία των μαθημάτων που θα διδάσκονται σ' αυτές τις ειδικότητες (εκτός των μαθημάτων γενικής παιδείας) είναι αντικείμενο και ευθύνη του Δασολόγου.

Αναλυτικότερα οι ειδικότητες στον τομέα Δάση και Φυσικό Περιβάλλον που μπορούν να συμβάλλουν στην αντιμετώπιση των παραπάνω προβλημάτων είναι οι εξής:



Σχήμα 1. Η δομή του Ελληνικού Εκπαιδευτικού Συστήματος

α) Ειδικός προστατευόμενων περιοχών και οικουρισμού.

Στη χώρα μας υπάρχουν ήδη 65 προστατευόμενες περιοχές με συνολική έκταση 3.860.000 στρέμματα (το 3% περίπου της επικράτειας) ενώ με το δίκτυο Φύση 2000 προτείνονται άλλες 296. Ετσι η συνολική έκταση των προστατευόμενων περιοχών θα φθάσει το 15% της επικράτειας.

Η σημαντική αύξηση της έκτασης των προστατευόμενων περιοχών θα σημάνει και αυξημένη χρηματοδότηση για έργα προστασίας και ανάδειξης των περιοχών αυτών, ήπιες δράσεις και ανάπτυξη του οικουρισμού.

Νέες οικονομικές δραστηριότητες θα δημιουργηθούν και νέες ευκαιρίες απασχόλησης θα προκύψουν. Εξειδικευμένα άτομα θα πρέπει να αναλάβουν ρόλους όπως:

- α) Ξεναγοί σε προστατευόμενες περιοχές.
- β) Ενημέρωση και πληροφόρηση των πολιτών που ενδιαφέρονται να επισκεφτούν αυτές τις περιοχές.
- γ) Περιβαλλοντική εκπαίδευση.
- δ) Ίδρυση και οργάνωση ξενώνων

Μουσεία Φυσικής Ιστορίας, Κέντρα Περιβαλλοντικής Ενημέρωσης, Ο.Τ.Α., Γραφεία Οικουρισμού είναι μερικοί από τους τομείς που μπορούν να απασχοληθούν οι ειδικοί προστατευόμενων περιοχών.

β) Ειδικός Παραγωγής Δασικών Προϊόντων

Η χώρα μας είναι ελλειμματική τόσο σε ξύλο όσο και σε άλλα δασικά προϊόντα. Η αύξηση της δασικής παραγωγής και η ποιοτική βελτίωσή της μπορεί να επιτευχθεί με την ορθολογική οργάνωση των συντελεστών της δασικής παραγωγής. Ο ανθρώπινος παράγοντας με την κατάλληλη εκπαίδευση ως ένας από τους συντε-

λεστές της δασικής παραγωγής μπορεί να ανταποκριθεί στις σύγχρονες απαιτήσεις της Δασοπονίας πολλών σκοπών.

Η ίδρυση και οργάνωση δασικών φυτωρίων, ελεγχόμενων κυνηγετικών περιοχών, εκτροφείων θηραμάτων, παραγωγή και εμπορία αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών είναι τομείς που μπορούν να στελεχώσουν οι απόφοιτοι των Τ.Ε.Ε..

γ. Ειδικός Δασικής Προστασίας

Οι συχνές καταστροφές που έχουν υποστεί τα δάση της χώρας μας (πυρκαγιές, εκχερσώσεις, υπερβόσκηση, παρόνομες υλοτομίες, λαθροθηρία) έχουν συμβάλει σημαντικά στην υποβάθμισή τους.

Η ανάγκη προστασίας των δασών και των δασικών εκτάσεων λόγω των έντονων πιέσεων που έχουν δεχθεί και εξακολουθούν να δέχονται είναι επιτακτική.

Η πρόληψη και η καταστολή των πυρκαγιών, η αντιμετώπιση της λαθροθηρίας και των παρόνομων υλοτομιών απαιτεί κατάλληλα εκπαιδευμένο προσωπικό για να ανταποκριθεί στο δύσκολο έργο της προστασίας των δασών και των δασικών εκτάσεων.

Υπουργείο Γεωργίας με τα κατά τόπος Δασαρχεία, Πυροσβεστική, Ο.Τ.Α. είναι από τους πιο σημαντικούς φορείς απασχόλησης τέτοιων ατόμων.

δ) Ειδικός Παροικότητας - Διαμόρφωσης τοπίου και χώρων δασικής αναψυχής

Η υποβάθμιση του φυσικού περιβάλλοντος από τις ανθρωπογενείς επιδράσεις είχε ως αποτέλεσμα την καταστροφή της χλωρίδας, της πανίδας και των φυσικών οικοσυστημάτων.

Η αύξηση του πληθυσμού, η συγκέντρωση του στα αστικά κέντρα, η έντονη εξέλιξη της τεχνολογικής προόδου συνετέλεσαν στο να αλλάξει η ισορροπία ανθρώπου και φύσης σε βάρος της φύσης, ιδιαίτερα στις πόλεις.

Η μεγάλη συγκέντρωση βιομηχανιών, η άναρχη δόμηση, η έλλειψη ελεύθερων χώρων, το φωτοχημικό νέφος, το άγχος, η καταστροφή των περιαστικών δασών κυρίως για λόγους οικοπεδοποίησης είναι στοιχεία που συνθέτουν το αστικό περιβάλλον και τη ζωή στις πόλεις. Ιδιαίτερα στις Ελληνικές μεγαλουπόλεις (Αθήνα, Θεσσαλονίκη) η έλλειψη αστικού και περιαστικού πρασίνου είναι εμφανής. Το αστικό πράσινο σ' αυτές τις πόλεις κυμαίνεται μεταξύ (2,7 - 2,8) m²/ κάτοικο χωρίς η κατάσταση να είναι αισθητά καλύτερη στις άλλες πόλεις, ενώ σε Ευρωπαϊκές πόλεις όπως στη Βιέννη το αστικό πράσινο είναι 20 m²/ κάτοικο και στις Βρυξέλλες 29 m²/ κάτοικο. (Καραμέρης, 1987).

Η αύξηση του αστικού πρασίνου και η οργάνωση χώρων υπαίθριας και δασικής αναψυχής απαιτεί άτομα εξειδικευμένα σε τεχνικό επίπεδο τα οποία θα συμβάλλουν ουσιαστικά στη βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης των πολιτών στα αστικά κέντρα.

ε) Τεχνίτες επεξεργασίας ξύλου - επίπλου

Ο κλάδος ξύλου - επίπλου στη χώρα μας περιλαμβάνει 25.000 περίπου μικρομεσαίες και οικογενειακές επιχειρήσεις στις οποίες απασχολούνται 80.000 εργαζόμενοι. (Φιλίππου, 1990).

Παρότι αποτελεί έναν από τους μεγαλύτερους κλάδους της ελληνικής μεταποίησης αντιμετωπίζει έντονα οργανωτικά, τεχνικά και διαρθρωτικά προβλήματα. Η έλλειψη εξειδικευμένου εργατοτεχνικού προσωπικού στην επιλογή της πρώτης ύλης, στην επεξεργασία και τυποποίηση είναι από τα σημαντικότερα προβλήματα που αντιμετωπίζει ο κλάδος του ξύλου - επίπλου.

Η εκπαίδευση ατόμων ικανών να ανταπεξέλθουν σε όλο τον κύκλο παραγωγής ξύλο - επίπλου θα συμβάλει στην αύξηση της ανταγωνιστικότητας του κλάδου.

Συζήτηση - Συμπεράσματα

Σήμερα η ελληνική δευτεροβάθμια εκπαίδευση κυριαρχείται από τους λεγόμενους καθηγητικούς κλάδους (Φιλολόγους, Φυσικούς, Μαθηματικούς). Ετσι γίνεται φανερό ότι η οποιαδήποτε αλλαγή (μεταρρύθμιση) του εκπαιδευτικού συστήματος, εκτός ελαχίστων εξαιρέσεων απέβλεπε στην διατήρηση της υπάρχουσας κατάστασης, των κεκτημένων δηλαδή αυτών των κλάδων. Εξάλλου η παρουσία ελάχιστων φυσιογνωστικών μαθημάτων στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο (εκτός των ΤΕΛ) αυτό αποδεικνύει.

Η παρουσία των πτυχιούχων Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος στην δευτεροβάθμια εκπαίδευση είναι ελάχιστη. Μόνο τα τελευταία χρόνια μαζί με Τεχνολόγους Δασοπονίας διορίστηκαν λίγες δεκάδες.

Αυτή η ελάχιστη παρουσία οφείλεται στον μονομερή επαγγελματικό προσανατολισμό των νέων Δασολόγων που στρέφονταν στην Δασική Υπηρεσία είτε ως εποχιακοί είτε ως μόνιμοι υπάλληλοι αγνοώντας άλλους εξίσου σημαντικούς τομείς απασχόλησης, καθώς και στην έλλειψη δημοσίων σχέσεων και πληροφόρησης για το επάγγελμα του Δασολόγου και το ρόλο του στη σύγχρονη κοινωνία.

Σήμερα όμως ο αντικειμενικός προσδιορισμός του φάσματος και της δομής των τεχνικών - επαγγελματικών ειδικοτήτων είναι συνάρτηση του καταμερισμού της εργασίας, ο οποίος καταμερισμός της εργασίας προσδιορίζεται από το επίπεδο ανάπτυξης των παραγωγικών δυνάμεων, τις παραγωγικές επιλογές και την παγκοσμιοποίηση της οικονομίας.

Η μεταρρύθμιση του εκπαιδευτικού συστήματος με τον νόμο 2525/1997 προσπαθεί να απαντήσει στα σύγχρονα προβλήματα όπως είναι τα περιβαλλοντικά προβλήματα δίνοντας ταυτόχρονα νέες δυνατότητες και προοπτικές στον Δασολόγο.

Εισάγονται περιβαλλοντικά μαθήματα στο Ενιαίο Λύκειο, δημιουργούνται τα Τεχνικά Επαγγελματικά Εκπαιδευτήρια στα οποία μπορούν να δημιουργηθούν ειδικότητες, οι απόφοιτοι των οποίων θα συμβάλλουν ως βοηθητικό προσωπικό στην προστασία και διαχείριση των δασών και του φυσικού περιβάλλοντος σε συνεργασία με Δασολόγους, Τεχνολόγους Δασοπονίας και αποφοίτους των Ι.Ε.Κ.

Η ενίσχυση, η ισχυροποίηση και η ανταγωνιστικότητα του δασολόγου στην δευτεροβάθμια εκπαίδευση θα γίνει όταν εισαχθούν και μαθήματα Παιδαγωγικής, Διδακτικής μεθοδολογίας, Αξιολόγησης των μαθητών, Ψυχολογίας, Εκπαιδευτικής Πολιτικής στο πρόγραμμα σπουδών που παρέχει σήμερα το τμήμα Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος.

Έτσι στα πλαίσια των παραπάνω μαθημάτων ο φοιτητής θα έρχεται σε επαφή με έναν από τους αυριανούς χώρους εργασίας και θα εξοικειώνεται με το αντικείμενο της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης.

Secondary School forest education. Historical Progress, Potentials, Perspectives and the role of Forest Engineer

Garifallos Arabatzis¹

SUMMARY

This paper goes back to the history of secondary school technical education in our country, since the establishment of the Greek state.

A more specific examination is made on the presence or better the absence of secondary school forest education until the recent educational reformation.

Further more the present institutional changes (N 2525/97) are examined, proposal are made for new specialties in the section "Forest and Natural Environment" and the role of the Forest Engineer in a modern secondary school education is analyzed.

Finally the basic weaknesses and the reasons of the poor Presence of the Forest Engineer in secondary school education are recorded.

Key words: Secondary school forest education, Forest Engineer.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Καραμέρης, Α., 1987. Σημειώσεις Πολιτικής Δασικής Αναψυχής. Θεσσαλονίκη.
2. Ξωχέλης, Π., 1983. Θεμελιώδη Προβλήματα της Παιδαγωγικής Επιστήμης. Εκδοτικός οίκος Αφών Κυριακίδη. Θεσσαλονίκη.
3. Πανελλήνια Κίνηση Δασολόγων, 1998 Πρόταση ομάδας εργασίας για την δευτεροβάθμια εκπαίδευση.

¹ Candidate in Ph. D. Department Forestry and Natural Environment A.U.T.H Laboratory of Forest Policy

Αθήνα.

4. Παπαδάκη - Κλαυδιανού, Α., 1995. Γεωργική Εκπαίδευση. Πανεπιστημιακές παραδόσεις. Θεσσαλονίκη.
5. Παπαδάκη - Κλαυδιανού, Α., 1997. Σχολική αγροτική εκπαίδευση στα πλαίσια των απαιτήσεων της Ευρώπης του 2000. Περιοδικό Φαρμ Consulting. Τόμος 1:34-43. Αθήνα.
6. Παπακίτσιος, Χ., Μαργαρώνης, Κ., Δήμου, Κ., 1996. Η νομοθεσία της τεχνικής επαγγελματικής εκπαίδευσης. Εκδόσεις Ηβος. Αθήνα.
7. Παπασταύρου, Α., Γούπος, Χ., 1994. Δασικές Εφαρμογές. Πανεπιστημιακές παραδόσεις. Θεσσαλονίκη.
8. Πεσαμζόγλου, Σ., 1987. Εκπαίδευση και ανάπτυξη στην Ελλάδα 1948-1985. Το ασύμπτωτο μιας σχέσης. Εκδόσεις θεμέλιο. Αθήνα.
9. ΥΠΕΠΘ, 1988. Οδηγός επαγγελματών. Τεύχος 2^ο Ο.Ε.Δ.Β. Αθήνα.
10. ΥΠΕΠΘ, 1994. Το Ενιαίο Πολυκλαδικό λύκειο. Ο.Ε.Δ.Β. Αθήνα.
11. ΥΠΕΠΘ, 1997. Ωρολόγιο πρόγραμμα των τάξεων του Ενιαίου Λυκείου.
12. ΦΕΚ Α 100, Ν 309/76
13. ΦΕΚ Α 102, Ν 576/77
14. ΦΕΚ Α 167, Ν 1566/85
15. ΦΕΚ Α 188, Ν 2525/97
16. Φιλίππου, Ι., 1990. Ελληνική Επιπλοποιία: Προβλήματα, προοπτικές και προϋποθέσεις ανταπόκρισης στην πρόκληση του 1993. Επιστημονική Επετηρίδα του Τμήματος Δασολογίας και Φυσιικού Περιβάλλοντος Τόμος ΛΓ/1: 413-437. Θεσσαλονίκη.

Το παρόν των ρητινεύσεων στην Ελλάδα μπροστά στην Agenda 2000 της Ευρωπαϊκής Ένωσης

Αντώνης Δ. Παπαγιαννόπουλος*

Περίληψη

Η εργασία αυτή αποτελεί άρθρο ανασκόπησης επί του θέματος των ρητινεύσεων, με έμφαση στο τι συμβαίνει στην Ελλάδα σήμερα, κάτω από την τρέχουσα παγκόσμια συγκυρία. Στηρίζεται, εν πολλοίς, στο κείμενο προσκεκλημένης εισήγησης του συγγραφέα σε Ευρωπαϊκό συνέδριο για τις ρητινεύσεις, που έγινε στη Σεγκόβια της Ισπανίας το Φεβρουάριο του 1998, και μεταφέρει τις νέες τάσεις - θετικές για τη ρητινευση - που διαμορφώθηκαν στην Ευρωπαϊκή Ένωση κάτω από την επίδραση εκείνου του συνεδρίου. Το συνέδριο έδωσε πειστικές αποδείξεις, ότι οι οικολογικές ευαισθησίες των Ευρωπαίων πολιτών για συντήρηση και αιφορική λειτουργία των παράκτιων κωνοφόρων δασών της Νότιας Ευρώπης μπορούν να ικανοποιηθούν μόνο μέσω διαχείρισης πολλαπλής χρήσεως αυτών των δασών, συμπεριλαμβανομένης της ρητινεύσεως. Στα πλαίσια αυτά, η παρούσα εργασία εισηγείται αντιμετώπιση ορισμένων επειγόντων προεπενδυσιακού χαρακτήρα υλοχρηστικών προβλημάτων των ρητινευόμενων δασών χαλεπίου πεύκης στην Ελλάδα, εν όψει του Ευρωπαϊκού προγράμματος Agenda 2000. Στο πρόγραμμα αυτό αναμένεται να αντιμετωπισθεί η παραγωγική διαδικασία της ρητινεύσεως για πρώτη φορά θετικά, με την πολιτική συγκατάθεση της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Λέξεις κλειδιά: Ρητινευση, προβλήματα, πολλαπλή χρήση, αιφορία, έρευνα.

1. Εισαγωγή. Θέση του προβλήματος

Η ρητινευση έχει αδιάκοπη ιστορία 2,4 χιλιάδων χρόνων στην Ελλάδα. Ο θεωρούμενος πατέρας της Υλοχρηστικής κλασικός βοτανολόγος Θεόφραστος (372-287 π.Χ.), την περιγράφει στο βιβλίο του "Περί Φυτών Ιστορία", όπως περίπου γίνεται σήμερα (Hort 1980). Αργότερα, στο Βυζάντιο, η ρητίνη χρησιμοποιήθηκε ως βασική πρώτη ύλη του πολεμικού όπλου "υγρό πυρ" (Zinkel and Russel 1989). Τέλος, προ δύο αιώνων, η ρητινοπαραγωγή στήριξε γενναία τον απελευθερωτικό αγώνα της Ελλάδας από τους Τούρκους. Οι πληροφορίες αυτές επιτρέπουν την άποψη, ότι το Ελληνικό μοντέλο ρητινεύσεως είναι άξιο πολύπλευρης μελέτης, γιατί λόγω της μακρόχρονης ιστορίας του μπορεί να οδηγήσει σε πληροφορίες ιδιαίτερα χρήσιμες για το σχεδιασμό της διαχείρισης των ρητινευόμενων δασών παντού στο κόσμο. Έστω υπόψη, ότι και στην Κίνα, που υπάρχει μακροχρόνιο ιστορικό ρητινεύσεως, αυτό δεν ανάγεται πέραν των 1700 ετών από σήμερα (Zhanqian 1998).

Ιστορικό ρητινεύσεως στην Ελλάδα έχουν οι πεύκες χαλέπιος (*Pinus halepensis* ή *Aleppo pine*), τραχεία (*Pinus brutia* ή *Hard pine*) και μαύρη (*Pinus nigra* ή *Black pine*), αλλά κάτω από τις τρέχουσες οικονομικές συνθήκες ασκείται ρητινευση μόνο στη χαλέπιο. Η μέση ετήσια ρητινοπαραγωγή ανά δέντρο χαλεπίου είναι περίπου 2,3 κιλά, αλλά σήμερα η ρητινευση έχει περιορισθεί μόνο σε δέντρα υψηλής απόδοσης (μέση απόδοση περίπου 3,5 κιλά). Όλα τα άλλα δέντρα παραλείπονται ως αντιοικονομικά (Παπαγιαννόπουλος κ. α. 1995).

Η ολική ρητινοπαραγωγή της χώρας (Πίν. I) κυμάνθηκε μέσα στα τελευταία 75 χρόνια μεταξύ ενός μεγίστου 31 χιλ. τόνων και ενός ελαχίστου 5 χιλ. τόνων, ενώ ταυτόχρονα παρουσιάζει τάσεις εκδήλωσης κυκλικών φαινομένων. Σήμερα βρίσκεται στους 6 χιλ. τόνους περίπου, αλλά τείνει σε μηδενισμό (Σχήμα 1), ενώ η αιφορική ρητινοπαραγωγή της χώρας έχει εκτιμηθεί στους 18 χιλ. τόνους (Παπαγιαννόπουλος 1995). Αυτό αξιολογείται, ότι είναι σοβαρό πλήγμα για την απασχόληση εργατικού δυναμικού στην ύπαιθρο, γιατί η συγκομιδή της ρητίνης υπήρξε πάντοτε ευκαιρία εργασίας στους ανέργους της υπαίθρου. Στο παρελθόν (1975), εργάζονταν 5900 ρητινεργάτες στο επίπεδο αιφορικής παραγωγής ρητίνης των 18 χιλ. τόνων, ενώ σήμερα (1996) έχουν μείνει μόνο 1883, δηλαδή το 1/3 του αρχικού αριθμού (Πίν. II).

* Αναπληρωτής Ερευνητής ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε., Ινστιτούτο Δασικών Ερευνών, Βασιλικά Θεσσαλονίκης 570 06

Πίν.Ι. Διαχρονική μεταβολή της ρητινοπαραγωγής στην Ελλάδα (Παπαγιαννόπουλος 1995, Υπουργείο Γεωργίας 1997).

Table I. Total resin production of Greece in the course of time (Papajannopoulos 1995, Ministry of Agriculture 1997).

Έτος	Παραγωγή (τόνοι)	Έτος	Παραγωγή (τόνοι)	Έτος	Παραγωγή (τόνοι)	Έτος	Παραγωγή (τόνοι)	Έτος	Παραγωγή (τόνοι)
1922	5120	1938	30775	1954	28290	1970	23771	1986	9950
1923	10982	1939	27438	1955	26748	1971	24639	1987	11000
1924	10705	1940	22612	1956	30348	1972	20719	1988	9750
1925	12606	1941	Άγνωστη	1957	27528	1973	20587	1989	8900
1926	13854	1942	“	1958	21658	1974	20594	1990	6880
1927	15444	1943	“	1959	21274	1975	20313	1991	7400
1928	16068	1944	“	1960	28591	1976	14139	1992	7723
1929	15764	1945	“	1961	28215	1977	12529	1993	6265
1930	17944	1946	4510	1962	25575	1978	10940	1994	6050
1931	13332	1947	8427	1963	22197	1979	11680	1995	5830
1932	17413	1948	7196	1964	21913	1980	11577	1996	5955
1933	22019	1949	11176	1965	20743	1981	13450	1997	6140
1934	23053	1950	16619	1966	20765	1982	12266		
1935	24480	1951	20336	1967	22931	1983	12558		
1936	26958	1952	21558	1968	23594	1984	12923		
1937	30470	1953	24426	1969	23852	1985	12430		

Η ανάκτηση της χαμένης εργασίας περίπου 4000 ανθρώπων σε μια περίοδο μεγάλης ανεργίας, όπως η σημερινή – που πλήττει όχι μόνο την Ελλάδα αλλά και όλη την Ευρωπαϊκή Ένωση – είναι ένα ζήτημα που δεν επιτρέπεται να αφήσει ασυγκίνητη μια αιεφορικά σχεδιασμένη δασοπονία. Έστω υπόψη, άλλωστε, ότι η “αιεφορός ανάπτυξη” είναι κοινός παγκόσμιος στόχος μετά το συνέδριο του ΟΗΕ στο Ρίο Ιανέιρο της Βραζιλίας το 1992. Σ’ αυτό συνηγορεί και το γεγονός, ότι η ρητίνη είναι προϊόν, το οποίο δεν είναι πλεονασματικό στην Ελλάδα, αλλά ούτε και στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Απόδειξη γι’ αυτό είναι, ότι η ρητινοβιομηχανία στην Ελλάδα άρχισε να κάνει τα τελευταία χρόνια εισαγωγές κολοφωνίου, που είναι το ογκωδέστερο συστατικό της ρητίνης, από την Κίνα, το Βιετνάμ και την Ινδονησία, ενώ ανάλογα συμβαίνουν και στην Πορτογαλία, σε μια στιγμή μάλιστα, που η διεθνής αγορά αρχίζει να δείχνει τάσεις κόπωσης της προσφοράς ρητίνης (Corpen and Hone 1995).

Με συνεκτίμηση των παραπάνω πληροφοριών, δικαιολογείται κατ’ αρχήν το ενδιαφέρον της Ελλάδας να αποτρέψει τον επερχόμενο μηδενισμό της ρητινοπαραγωγής της, με το ακόλουθο σκεπτικό:

- Είναι διατηρητέα διαδικασία για λόγους ιστορικούς
- Είναι αναντικατάστατος πόρος εργασίας των αγροτών, αφού κατορθώνει να επιβιώνει ακόμη και σε συνθήκες ανταγωνισμού καλά αμειβόμενων επαγγελματιών του τουριστικού τομέα
- Εάν σταματήσει, θα είναι δύσκολο να αναβιώσει, και αυτό δεν συμφέρει τη χώρα, γιατί η ελάχιστη σημερινή παραγωγή της είναι μήνυμα επερχόμενης νέας ακμής στα πλαίσια ανακύκλισης της διεθνούς αγοράς.

Στη συνέχεια της εργασίας, θα δοθεί πρόσθετη τεκμηρίωση για τα παραπάνω.

2. Εφαρμοζόμενη τεχνική ρητινεύσεως

α) Η Ελληνική μέθοδος ρητινεύσεως έχει, σε γενικές γραμμές, ενδιάμεσα χαρακτηριστικά μεταξύ της Γαλλικής μεθόδου (στενές πληγές) και της Αμερικανικής (πλατειές πληγές). Ειδικότερα, η πλήγωση του δέντρου αρχίζει από τη βάση του κορμού και ανέρχεται. Κανονικά, φτάνει στα 2,20 μ., αλλά όταν τα δέντρα είναι υψηλής απόδοσης φτάνει αρκετά ψηλότερα. Αυτό είναι αρκετά σύνθετο σήμερα, που η ρητινεύση έχει περιοριστεί μόνο σε δέντρα υψηλής απόδοσης. Κατά μέσον όρο, ένα δέντρο απορρητινεύεται μετά από την πραγματοποίηση 3 πληγών (μετώπων) διαδοχικά ανοιγόμενων. Σπανιότερα υπάρχουν περισσότερα μέτωπα.

Πίν. ΙΙ. Διαχρονική μεταβολή του αριθμού των ρητινεργατών (Υπουργείο Γεωργίας 1997).

Table II. Change of resin workers' number in the course of time (Ministry of Agriculture 1997).

Έτος	Εργάτες	Έτος	Εργάτες	Έτος	Εργάτες
1975	5900	1983	4100	1991	2500
1976	3570	1984	4350	1992	2600
1977	4350	1985	4550	1993	2600
1978	3900	1986	2650	1994	1886
1979	4000	1987	3150	1995	1884
1980	3950	1988	3200	1996	1883
1981	4150	1989	2800		
1982	4200	1990	2422		

Η μέση διάρκεια ρητινεύσης ενός δέντρου είναι περίπου 23 χρόνια. Μετά, θεωρούνται τα δέντρα “απορητινευμένα”.

β) Κατά την πλήγωση αφαιρείται μόνο φλοιός, ενώ ταυτόχρονα ερεθίζεται η πληγή με χημικό ερεθιστικό. Το χρησιμοποιούμενο στην Ελλάδα ερεθιστικό είναι η “πάστα θειικού οξέος”, η σύνθεση της οποίας είναι 34% καολίνη (αδρανές καιώδες υλικό) και 66% θειικό οξύ. Η αναλογία είναι κατά βάρους.

γ) Το πλάτος του μετώπου προβλέπεται από την Ελληνική Νομοθεσία και διαφέρει αναλόγως της σθηθιαίας διαμέτρου του ρητινευόμενου δέντρου. Αρχίζει από 8 εκατ. για δέντρα σθηθιαίας διαμέτρου 25 εκατ. και φτάνει τα 14 εκατ. για δέντρα σθηθιαίας διαμέτρου 40 εκατ.. Κατά μέσον όρο είναι 11 εκατ., αλλά σήμερα παρατηρείται στην πράξη μια τάση υπέρβασης των νομοθετημένων ορίων. Είναι φυσιολογική η τάση αυτή, γιατί το πλάτος είναι μεταβλητή της ρητινοπαραγωγής, όπως θα εξηγηθεί στο επόμενο κεφάλαιο.

δ) Το ύψος του ετήσιου μετώπου είναι μικρό. Συνήθως είναι μικρότερο από 30 εκατ.. Έτσι διαμορφώνεται στην πράξη και οι ρητινεργάτες δεν παρουσιάζουν καμία τάση να το αυξήσουν. Αντίθετα, εκτιμούν ιδιαίτερα τις ερεθιστικές ουσίες που διαμορφώνουν μικρό ύψος (Παπαγιαννόπουλος κ.α. 1995).

ε) Ο ρυθμός επανόδου των ρητινεργατών στο ίδιο δέντρο για επανάξηση του μετώπου (ανανέωση της πληγής) και επανερεθισμό είναι περίπου 18 ημέρες στην πράξη.

στ) Η περίοδος ρητινεύσεως είναι, σύμφωνα με τη Νομοθεσία, από την 1 Μαρτίου έως την 30 Νοεμβρίου (9 μήνες), αλλά στην πράξη έχει περιορισθεί σε διάστημα 5-6 μηνών (αρχές Μαΐου έως μέσα Οκτωβρίου). Η επιλογή αυτή των ρητινεργατών θεωρείται φυσιολογική, γιατί η ρητινευροή των δέντρων είναι μικρή τους μήνες Μάρτιο, Απρίλιο και Νοέμβριο λόγω του ψυχρότερου καιρού κατά τους μήνες αυτούς. Έστω υπόψη, ότι η θερμοκρασία αέρος είναι κρίσιμη μεταβλητή της ρητινοπαραγωγής.

ζ) Η συγκομιδή της ρητίνης γίνεται, ως επί το πλείστον, με σακούλες πολυαιθυλενίου μιας χρήσεως. Καρφώνονται στα δέντρα στην αρχή της περιόδου ρητινεύσεως και αποσπώνται στο τέλος της περιόδου με τη ρητίνη που μάζεψαν μέσα στην περίοδο. Η κλασική μέθοδος συγκομιδής με μεταλλικά δοχεία υποχωρεί γρήγορα, γιατί έχει αποδειχθεί αντιοικονομική, όπως θα εξηγηθεί στο επόμενο κεφάλαιο.

3. Έρευνες ρητινεύσεως στη Ελλάδα. Κυριότερα συμπεράσματα

Στο Ινστιτούτο Δασικών Ερευνών της Θεσσαλονίκης έχει γίνει συνειδηση το γεγονός, ότι τα ρητινευόμενα δάση είναι δάση πολλαπλής χρήσεως και ότι η τήρηση της αρχής της αειφορίας σε τέτοια δάση είναι ταυτόσημη με την τήρηση της “αειφορίας της εργασίας” όλων των εμπλεκόμενων επαγγελματιών (Παπαγιαννόπουλος 1995).

Έστω υπόψη, ότι τα δάση χαλεπίου, που ρητινεύονται στην Ελλάδα σήμερα, συνυπάρχουν με μεγάλες συγκεντρώσεις πληθυσμού. Φυσικό, συνεπώς, είναι να παρέχουν ευκαιρία εργασίας σε πολλά επαγγέλματα. Τα βασικότερα, όμως, προϊόντα που παράγονται είναι η ρητίνη, το ξύλο για διάφορες χρήσεις (συμπεριλαμβανομένης της ξυλοναυπηγικής) και το μέλι. Τουλάχιστον αυτές τις χρήσεις οφείλει η υλοχρηστική έρευνα να τις καλύψει ως σύνολο και, πράγματι, το Ινστιτούτο Δασικών Ερευνών της Θεσσαλονίκης αυτό κάνει (Παπαγιαννόπουλος 1983,1987,1995,1997, Παπαγιαννόπουλος κ.α. 1998, Παπαγιαννόπουλος 1988,1995, Spanos et al. 1998). Σε όσους τυχόν απορούν για την ένταξη του μελιού στα κύρια προϊόντα των ρητινευόμενων δασών,

προσφέρεται η πληροφορία, ότι το 60% της Ελληνικής παραγωγής μελιού προέρχεται από τα εκκρίματα του εντόμου *Marchalina Hellenica*, που παρασιτεί στο φλοιό της χαλεπίου πεύκης.

Η έρευνα πολλαπλής χρήσεως στα ρητινεύσιμα δάση ασχολήθηκε:

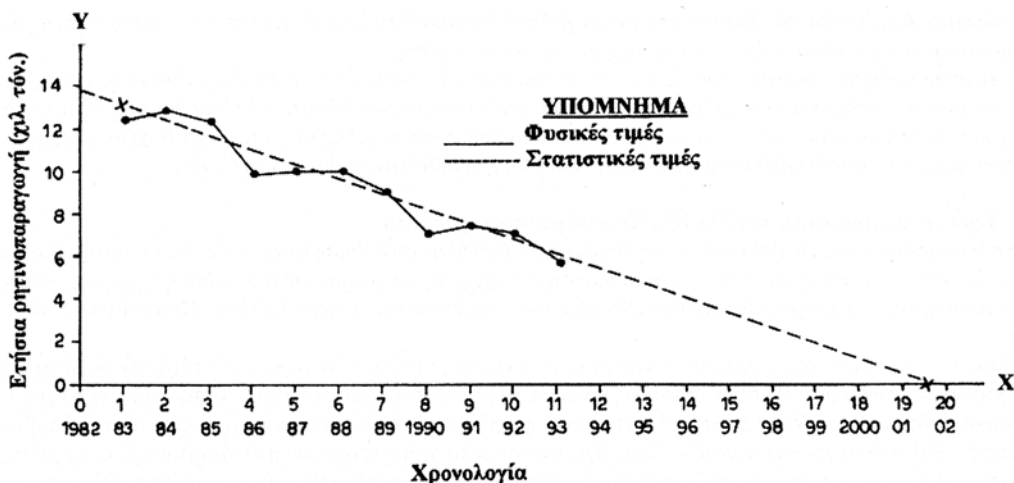
- Με την αποκάλυψη της φυσικής νομοτέλειας, που συνδέει την αλλαγή χρήσεων και την ανατροπή της πολλαπλής χρήσης του δάσους με καταστροφές. Υπήρχαν επ' αυτού σοβαρά Υλοχρηστικές προέλευσης ερεθίσματα (Τσουμής 1978). Ήταν παρθένο θέμα, που είχε ανάγκη επείγουσας αντιμετώπισης από την ίδια την Υλοχρηστική, γιατί την πονούσε.
- Με τεχνικά θέματα αποκλειστικά της ρητινεύσεως.

3.1. Έρευνες πολλαπλής χρήσεως

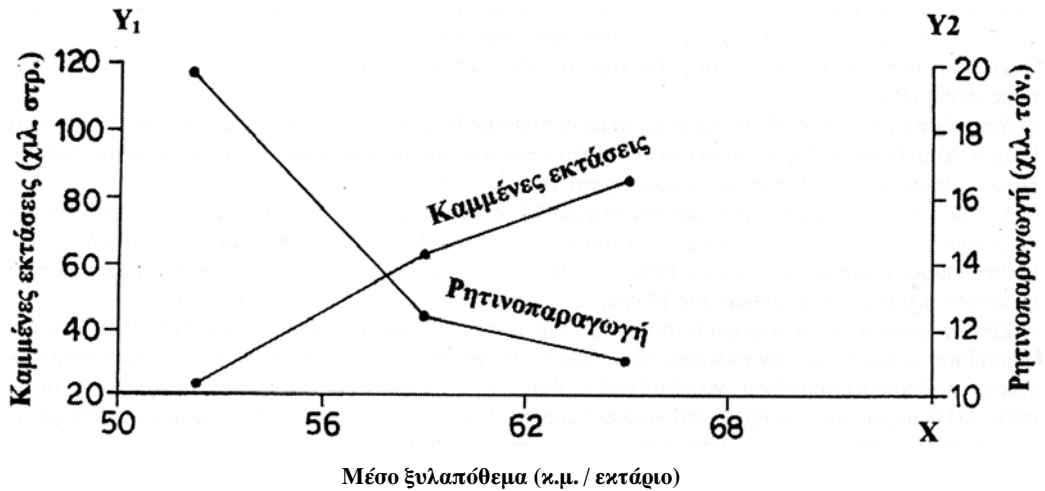
α) Η Ξυλοσυγκομιδή απόησε μετά το 1971 στα ρητινεύσιμα δάση της Ελλάδας. Κύρια αιτία γι' αυτό ήταν οι κακώς εννοούμενες οικολογικές ευαισθησίες, αλλά δεν συντρέχει λόγος πλατειασμού σ' αυτό το σημείο. Πάντως, όπως είναι φυσικό, εκείνη η στιγμή δίκαια χαρακτηρίζεται απαρχή ανατροπής της αειφορίας Ξυλοπαραγωγής, γιατί οδήγησε σε συσσώρευση Ξυλοπαθέματος στα ρητινεύσιμα δάση.

Οι συνέπειες αυτής της ανατροπής της αειφορίας Ξυλοπαραγωγής ήταν οδυνηρές, γιατί ανέτρεψαν συνολικά την αειφορία πολλαπλής χρήσης αυτών των δασών. Ειδικότερα, γέμισε το δάσος από ακατάλληλα για ρητινεύσιμα δέντρα (απορρητινευμένα ή μικρής απόδοσης). Η συσσώρευση τέτοιων δέντρων στο δάσος προκάλεσε πτώση της ρητινοπαραγωγής σε μια δύσκολη, μάλιστα, συγκυρία πτώσης των τιμών της ρητίνης διεθνώς. Ακόμη – κυρίως αυτό – προκάλεσε γενικότερες τάσεις καταστροφής του δάσους για νέες χρήσεις και συσσώρευση καυσίμων, που τροφοδότησαν μια χωρίς προηγούμενο έξαρση των πυρκαγιών στα δάση αυτά, η οποία έθιξε τελικά το σύνολο των χρήσεων (Παπαγιαννόπουλος 1987, Παραϊαννούπουλος 1988, 1995). Εξειδικευμένα για τη ρητινοπαραγωγή, εμφανίσθηκε ένα φαινόμενο γνωστό ως “φαύλος κύκλος” (Παραϊαννούπουλος 1995), το οποίο εξώθει τη ρητινοπαραγωγή σε μηδενισμό το έτος 2002, εάν δεν ληφθούν έγκαιρα αποτρεπτικά μέτρα (Σχήματα 1 και 2).

β) Τα όρια του κανονικού για πολλαπλή χρήση μέσου Ξυλοπαθέματος των δασών χαλεπίου πεύκης βρέθηκαν - με υλοχρηστικά αποδεκτή μεθοδολογία - ότι είναι 50,5 έως 59,4 m³/Ha (Παπαγιαννόπουλος 1987, Παραϊαννούπουλος 1988). Τα όρια αυτά βρίσκονται σε συμφωνία με τα αποτελέσματα ειδικών ερευνών (Γκατζογιάννης 1987, Πίν. 3) Υπέρβαση των ορίων αυτών, είτε προς τα πάνω είτε προς τα κάτω, οδηγεί σε εκφυλισμό της ρητινεύσεως (Παπαγιαννόπουλος 1995). Ανάλογα όρια αναμένεται να υπάρχουν και στα άλλα ρητινεύσιμα είδη πεύκης ανά τον κόσμο. Εκτιμάται, π.χ., ότι το σημερινό πρόβλημα της Ινδίας να εισάγει ρητίνη, καθώς και η κόπωση της ρητινοπαραγωγής στις δύο μεγαλύτερες ρητινοπαραγωγούς επαρχίες της



Σχήμα 1. “Εξίσωση τάσης” της ρητινοπαραγωγής στην Ελλάδα (Παπαγιαννόπουλος και Παπαδοπούλου 1995).
Graph 1. “Tendency equation” of oleoresin production in Greece (Papaïannopoulos and Papadopoulou 1995).



Σχήμα 2. Καμμένη έκταση (Y1) και ρητινοπαραγωγή (Y2) Χαλεπίου πεύκης σε σχέση με το ξυλαπόθεμά της (X) (Παπαγιαννόπουλος και Παπαδοπούλου 1995).

Graph 2. Burnt area (Y1) and oleosin production (Y2) of Aleppo pine in relation to its wood stocking (X) (Parajannopoulos and Papadopoulou 1995)

Κίνας Guangxi και Guangdong, που αναφέρει η βιβλιογραφία (Coppen and Hone 1995, Zhaobang 1995, Zhanqian 1998), οφείλονται πιθανότατα σε υπέρβαση ορίων ξυλαποθέματος.

Γενικά, πρέπει να συμβιβαστούμε με την άποψη, πως “ό,τι κερδίζουμε σε ξύλο το χάνουμε σε άλλες χρήσεις”, δηλαδή σε μη ξυλώδη δασικά προϊόντα, γνωστά διεθνώς με τον όρο Non Wood Forest Products (NWFP). Είναι λογικό αναμενόμενο αυτό, αφού – κατά γενική παραδοχή - οι νόμοι και οι κανόνες της Φυσικής συνιστούν το υπόστρωμα των νόμων και των κανόνων της Οικολογίας και αυτό υπαγορεύει εν προκειμένω ο γνωστός από τη Φυσική “Χρυσός Κανόνας της Μηχανικής”: ό,τι χάνουμε σε έργο ενός είδους (κάποιο είδος βιομάζας) το κερδίζουμε σε έργο άλλου είδους (κάποιο άλλο είδος βιομάζας). Δυστυχώς, δεν είναι απειριορίστη η ξυλοσυσσώρευση στα δάση πολλαπλής χρήσης, όπως άλλωστε δεν είναι και σε κανένα δάσος. Πολύ ενδιαφέρονσα είναι η σύγκλιση επ’ αυτού όλων των σχετικών δημοσιευμάτων (Γκατζογιάννης 1987, Παπαγιαννόπουλος 1987, 1995, 1999, Parajannopoulos 1988, Απατσίδης 1995/1999).

γ) Ο άριστος χρόνος επανόδου (περιφοράς) για υλοτομίες στα ρητινευόμενα δάση είναι 7 χρόνια.

3.2. Έρευνες τεχνικής της ρητινεύσεως

Όλες οι σχετιζόμενες με το θέμα αυτό έρευνες έγιναν με βάση το κριτήριο της παραγωγικότητας της εργασίας

Πίν. III. Σύγκριση εναλλακτικών οικονομιών Χαλεπίου πεύκης (Parajannopoulos 1988)

Table III. Comparison of alternative economics of Aleppo pine (Parajannopoulos 1988)

Πολλαπλή χρήση (ρητίνη + ξύλο)			Μονοχρήση (ξύλο)		
Πηγή αξίας	Αξία κεφαλαίου (δρχ.)		Πηγή αξίας	Αξία κεφαλαίου (δρχ.)	
	1985	1987		1985	1987
Ρητίνη	9871	11633	Ρητίνη	0	0
Ξύλο	239	282	Ξύλο	468	806
Οικονομική ενίσχυση	0	0	Οικονομική ενίσχυση	2492	3798
Σύνολα	10111	11915	Σύνολα	2960	4607

σε ετήσια βάση. Δηλαδή, το ζητούμενο ήταν πώς θα αυξηθεί η συνολική ετήσια ρητινοπαραγωγή της χώρας μέσω αύξησης του αυτοδύναμου εισοδήματος των ρητινεργατών.

Οι έρευνες αυτές ήταν είτε άμεσες είτε έμμεσες. Οι κυριότερες απ' αυτές και τα συμπεράσματά τους έχουν ως ακολούθως:

α) Δοκιμάστηκαν μεγάλα πλάτη πληγής, ίσα με τη σθηθιαία διάμετρο, όπως εφαρμόζονται στις ΗΠΑ και τη Βουλγαρία, αλλά διαπιστώθηκε, ότι δεν βελτιώνεται η παραγωγικότητα με τόσο μεγάλη αύξηση του πλάτους (Παπαγιαννόπουλος 1983, Παπαγιαννόπουλος και Τσιόρας 1987).

β) Δοκιμάστηκαν ρυθμοί επανάξεσης των πληγών 14, 21 και 28 ημερών και διαπιστώθηκε, ότι καλλίτερος είναι ο ρυθμός 14 ημερών, όταν η συμμετοχή του θεικού οξέος στην πάστα ερεθισμού είναι μικρή σχετικά (42%) κατά βάρος (Παπαγιαννόπουλος 1983). Αντίθετα, η πράξη απέδειξε, ότι η αύξηση της συμμετοχής του οξέος σε 66% αριστοποιεί το ρυθμό στις 18 ημέρες.

γ) Σε συνεργασία με το κορυφαίο συνδικάτο των ρητινεργατών της Ελλάδας, την ΠΑΣΣΕΓΕΣ, και το Σύνδεσμο Ρητινικών Προϊόντων Ελλάδας, έγινε έρευνα παραγωγής νέας πάστας ερεθισμού. Διαπιστώθηκε, ότι κάποια σύνθεση θεικού οξέος, νιτρικού οξέος και καολίνη αυξάνει κατά 10% την παραγωγικότητα της εργασίας, αλλά παρουσιάζει προβλήματα πρόωμης κρυστάλλωσης. Είναι ένα θέμα στα υπόψη για συνέχιση της έρευνας (Παπαγιαννόπουλος κ.α. 1995, Παπαγιαννόπουλος 1997).

δ) Τελευταία προέκυψε το ερέθισμα από τις ΗΠΑ για ρητινευση μέσω διάνοιξης βαθειών οπών στον κορμό του δέντρου. Η προτεινόμενη μέθοδος είναι γνωστή με το όνομα "borehole" (Hodges 1995). Δοκιμάστηκε η νέα αυτή μέθοδος επί δέκα δέντρων, σε επίπεδο προέρευνας (Τσομής και Παπαγιαννόπουλος αδημοσίευτα στοιχεία), αλλά η ρητινοπαραγωγή ανά οπή βρέθηκε μικρότερη από 50 γραμμάρια. Ανάλογη ρητινοπαραγωγή παρατηρήθηκε, κατά τον εισηγητή της μεθόδου, και στη θαλασσία πεύκη (*Pinus pinaster*). Γενικά, αντιμετωπίζεται στην Ελλάδα το όλο θέμα με σοβαρό σκεπτικισμό, αλλά δεν απορρίπτεται συστηματικότερη δοκιμασία της νέας μεθόδου.

ε) Λεπτομερής έρευνα έγινε για να συγκρίνει την παραγωγικότητα της εργασίας, όταν χρησιμοποιούνται σακούλες πολυαιθυλενίου και μεταλλικά κύπελλα για τη συλλογή της ρητίνης. Τα συμπεράσματα ήταν εντυπωσιακά υπέρ της χρησιμοποίησης σακουλών. Αυτός ο τρόπος τείνει να γενικευθεί σήμερα σε όλη την Ελλάδα (Παπαγιαννόπουλος και Παπαδοπούλου 1995, Παπαγιαννόπουλος 1998α, 1998β).

στ) Μεγάλη σημασία δόθηκε στον εντοπισμό αξιόπιστων μεταβλητών της ρητινοπαραγωγής. Ελέγχθηκαν εξαντλητικά οι παραγόντες: σθηθιαία διάμετρος, ύψος δέντρου, μέγεθος κόμης ως ποσοστό του ύψους, απόλυτο μήκος κόμης, πλάτος μετώπου, ύψος ετησίου μετώπου, επιφάνεια ετησίου μετώπου και πάχος του ζωντανού φλοιού στην περιοχή του μετώπου. Διαπιστώθηκε, ότι πρωτογενείς μεταβλητές της ρητινοπαραγωγής είναι - από αυτές - μόνο το πλάτος του μετώπου και το πάχος του ζωντανού φλοιού στην περιοχή του μετώπου. Βρέθηκε, ακόμη, ότι από κοινού σθηθιαία διάμετρος και ύψος του δέντρου είναι σπουδαία υποκατάστατα του πάχους του εσωτερικού φλοιού. Η αύξηση της διαμέτρου το αυξάνει και η αύξηση του ύψους το μειώνει. Βρέθηκε, ακόμη, ότι όσο παχύτερος είναι ο ζωντανός φλοιός, τόσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των ρητινοφόρων αγωγών στο υποκείμενο ξύλο. Αυτά είναι ενδείξεις, ότι το πάχος του φλοιού ελέγχεται από γενετικούς παράγοντες και ότι παχύφλοια δέντρα - ως προς το ζωντανό φλοιό και όχι ως προς το ξηρόφλοιο - είναι ρητινοπαραγωγικότερα (Παπαγιαννόπουλος 1983).

ζ) Έγιναν έρευνες σχετικά με τον τρόπο δράσης του θεικού οξέος στον ερεθισμό της ρητινεκροής. Διαπιστώθηκε, ότι η ρητίνη παράγεται εντός ρηξιγενούς σχισμής, που δημιουργείται στο ζωντανό φλοιό (Παπαγιαννόπουλος 1983).

η) Έγιναν έρευνες δομής σχετικά με τον τρόπο διαπλοκής των ρητινοφόρων αγωγών στο φλοιό και το ξύλο, καθώς και σχετικά με την έκταση αλλαγής της δομής του ξύλου λόγω της ρητινεύσεως. Διαπιστώθηκε σε μικρογραφία αυτό που επιβεβαίωσαν αργότερα οι έρευνες πολλαπλής χρήσης, ότι δηλαδή η αύξηση της ρητινοπαραγωγής συνεπάγεται μείωση της ξυλοβιομάζας (= του ξυλαποθέματος) (Παπαγιαννόπουλος 1983, 1987, 1995, Παπαγιαννόπουλος 1988).

θ) Σε τρέχοντα χρόνο, η σχετική έρευνα του Ινστιτούτου Δασικών Ερευνών της Θεσσαλονίκης εστιάζει το ενδιαφέρον της στα εξής θέματα (Παπαγιαννόπουλος 1997):

- Γενετική επιλογή άριστων δέντρων πολλαπλής χρήσης χαλεπίου για πολλή ρητίνη, πολύ και καλό ξύλο και πολύ μέλι.

- Άριστη καλλιέργεια νεαρών δασών χαλεπίου με στόχο την ταχύτερη ωρίμανσή τους για ρητινοπαραγωγή.
- Παραγωγή βελτιωμένης πάστας ερεθισμού της ρητινέυσεως.
- Προώθηση του πληγωμένου κορμούξυλου στην παραγωγή πασσάλων αγροτικών καλλιεργειών.
- Παραγωγή πάσης φύσεως τεχνικοοικονομικών πληροφοριών για ταχύτερη επάνοδο της υλοτομίας στο δάσος. Δυστυχώς, οι έρευνες παραγωγικότητας της ρητινέυσεως δεν αρκούν μόνες να εμποδίσουν τον επαπειλούμενο μηδενισμό της ρητινοπαραγωγής, εάν δεν επανέλθουν και οι υλοτομίες στο δάσος. Μόνο τον μεταθέτουν χρονικά (Σχήμα 2).

4. Η δασική πολιτική επί των ρητινέυσεων

Από όσα ελέγχθησαν ως εδώ, πρέπει να έγινε αντιληπτό, ότι η ρητινέυση των δασών οφείλει να εξετάζεται μαζί με τις άλλες χρήσεις του δάσους ως αδιάσπαστο σύνολο πολλαπλής χρήσης. Αυτός είναι ο μόνος τρόπος για άσκηση αειφορικής δασοπονίας, που εγγυάται μέγιστο οικονομικό αποτέλεσμα (Πίν. 3 παρακάτω και Γκατζογιάννης 1987 Πίν. 3) και ικανοποιητική προστασία των δασών χαλεπίου πεύκης από τις πυρκαγιές (Σχήμα 2). Στα πλαίσια της Ευρωπαϊκής Ένωσης, όμως, παρ' όλη την αναμφισβήτητη ευαισθησία της στα θέματα πυροπροστασίας, τόσο η έρευνα όσο και η στήριξη της ρητινέυσεως αντιμετωπίστηκαν, μέχρι σήμερα, μόνο ως επουσιαδής οικονομική διαδικασία με προβλήματα και όχι ως σπουδαιότερο εργαλείο δασοπροστασίας. Το ενδιαφέρον της Ευρωπαϊκής Ένωσης εξαντλήθηκε στην οργάνωση μιας συνάντησης αρμοδίων φορέων στην Αθήνα το 1989, όπου οι Ευρωπαϊκοί φορείς – πάσης φύσεως άνθρωποι ασχολούμενοι με πτυχές του όλου ζητήματος - έβαλαν το πρόβλημα στις σωστές του διαστάσεις (Papaianopoulos 1989), αλλά πέραν τούτου ουδέν. Εν ολίγοις, η πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης έμεινε σταθερά αδιάφορη απέναντι στην πληροφορία, ότι η ρητινέυση πέραν των άμεσων οικονομικών της ωφελειών έχει και σπουδαιότερες έμμεσες οικονομικές και ευρύτερα οικολογικές ωφέλειες, γιατί προστατεύει τα δάση από τις πυρκαγιές. Δεν αποπειράθηκε, δηλαδή, η Ευρωπαϊκή Ένωση να ιδεί με άλλη ματιά αυτό το θέμα και να παρακινήσει και τις χώρες μέλη σε παραγωγή ανάλογης εθνικής πολιτικής. Η στάση της αυτή μπορεί να ερμηνευθεί ως προτίμηση στην Ξυλοπονία (Ξυλοσυσσώρευση) και όχι στην πολλαπλή χρήση.

Αυτό το έλλειμμα σωστής διαχείρισης των ρητινευόμενων δασών έχει ήδη οδηγήσει σε όλεθρο από πυρκαγιές τα δάση χαλεπίου στην Ελλάδα και τα δάση θαλασσίας πεύκης στην Ισπανία, την Πορτογαλία και τη Γαλλία. Αυτό ήταν το κεντρικό συμπέρασμα ενός πρόσφατου Μεσογειακού συμποσίου με θέμα τις ρητινέυσεις, που οργάνωσαν αρμόδιοι φορείς της Ισπανίας και έγινε στη Σεγκόβια της Ισπανίας το Φεβρουάριο του 1998. Με έρεισμα αυτό το συμπέρασμα, εκδόθηκε ψήφισμα (Κάρτα της Σεγκόβια) για αλλαγή της πολιτικής της Κοινότητας επί των ρητινέυσεων (Papaianopoulos 1998, Παπαδημητριάδης κ.α. 1998). Πρέπει να υποθέσουμε, ότι το ψήφισμα λειτούργησε θετικά, γιατί στο 5^ο Πρόγραμμα Πλαίσιο 1998-1992 της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την έρευνα γίνεται, **για πρώτη φορά** στην ιστορία της, λόγος - και μάλιστα **στις προτεραιότητες** του 1999 - για "παραγωγή συστημάτων για άλλους σκοπούς εκτός ξύλου". Η διατύπωση αυτή προσεγγίζει τον περιεκτικό των ρητινέυσεων όρο NWFP (= μη ξυλώδη δασικά προϊόντα), που αναφέρθηκε παραπάνω, και αποκαλύπτει σαφώς ενδόμυχη πρόθεση της Ευρωπαϊκής Ένωσης να εντάξει τις ρητινέυσεις στο μεγάλο προσεχές επενδυτικό της πρόγραμμα, που είναι περισσότερο γνωστό ως Agenda 2000.

Μπροστά σε μια τέτοια προοπτική, η Ελλάδα πρέπει να προετοιμάζεται κατάλληλα. Δεν έχει περιθώρια αναβολών, γιατί το τίμημα που έχει πληρώσει είναι ήδη πολύ μεγάλο. Εκτιμάται, ότι έχουν καιί δάση χαλεπίου πεύκης πέραν του φυσιολογικά αναμενόμενου, από το 1972 που άρχισε η παραγωγή της ρητινοπαραγωγής μέχρι σήμερα, 1,45 εκατομμύρια στρέμματα. Αυτό ισοδυναμεί με το 64% του ικανού - από άποψη διαστάσεων δέντρων - δάσους για αειφορική ρητινέυση, που εκτιμάται ότι οφείλει να ανέρχεται σε 2,28 εκατομμύρια στρέμματα. Δηλαδή, ρητινέυεται σήμερα μόνο το 1/3 του δάσους χαλεπίου που έμεινε απυρόβλητο. Έτσι εξηγείται το γιατί η ρητινοπαραγωγή της Ελλάδας και η ρητινεργατική της τάξη είναι μόνο το 1/3 της αειφορικής, όπως αναφέρθηκε ήδη στην Εισαγωγή.

Είναι προφανές, ότι κατεπειγόντως πρέπει να αναθεωρηθεί ριζικά η Ελληνική δασική πολιτική για τα ρητινευόμενα δάση, με επαναιεράρχηση στόχων και ένταξη της ρητινέυσεως στις παραγωγικές προτεραιότητες των δασών χαλεπίου πεύκης. Χαρακτηριστικές είναι εν προκειμένω - πέραν των ήδη δημοσιευμένων απόψεων αρμοδίων φορέων της έρευνας (Γκατζογιάννης 1987, Παπαγιαννόπουλος 1987, 1995, Papaianopoulos 1988, 1989, 1995, 1998) - και οι απόψεις αρμοδίων καθηγητών Δασολογίας του Πανεπιστη-

μίου Θεσσαλονίκης στα γνωστικά αντικείμενα της Υλοχρηστικής (Ευθυμίου), της Δασικής Πολιτικής (Παπασαύρου) και της Δασικής Οικονομικής (Στάμου), όταν ρωτήθηκαν σχετικά (Papajannopoulos 1998).

5. Συμπεράσματα

Η διαφανόμενη αλλαγή πολιτικής της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τις ρητινεύσεις, στα πλαίσια του επί θύραις νέου επενδυτικού της προγράμματος Agenda 2000, υπαγορεύει στην Ελλάδα επείγουσα εξομάλυνση των όποιων προβλημάτων υπάρχουν σ' αυτόν τον παραγωγικό χώρο με έγκαιρη και έγκυρη (= εκτελεσμένη από ειδικούς) προεπενδυσιακή έρευνα. Ειδικότερα προτείνονται:

α) Όλες οι έρευνες αιχμής, που αφορούν ρητινεύσεις στη χαλέπιο πεύκη, πρέπει να στηριχθούν και να διεξαχθούν χωρίς καθυστέρηση.

β) Πρέπει να συνταχθούν σύντομα "Ειδικές Προδιαγραφές Σύνταξης Μελετών Διαχείρισης Ρητινευόμενων Δασών". Οι ισχύουσες γενικές προδιαγραφές είναι απολύτως ανεπαρκείς να καλύψουν τη διαχείριση αυτών των δασών, γιατί εντάσσουν τη ρητίνη στις "δευτερεύουσες καρπώσεις" του δάσους και αυτό λειτουργεί, τελικά, ως αιτία λαθών και κακοδιαχείρισης.

The present of resin tapping in Greece in front of the Agenda 2000 of the European Union

Antonios D. Papajannopoulos*

Summary

This paper describes the present situation of resin tapping in Greece, its opportunities in the Fifth Framework Program 1998-2000 of the European Union, and the expectations arisen within the coming program Agenda 2000. Interested information provided is as follows:

Resin tapping in Greece has a continual history of 2.4 thousand years. The total present annual resin yield is about one third (6,000 tons) of the sustain yield (18,000 tons). Between 1972-1997, the wild fires destroyed about two thirds of the whole capable to be tapped area of Aleppo pine; it has been proved, that this complexity is related with stopping of wood cutting, more or less; such a stopping has led to upset of the consolidated sustain multiple yield in the course of long time. The applied resin tapping method involves upward wounding of the trunk, debarking, sulfuric acid paste application every about 18 days, collection of resin in ethylene bags of single use, and removal of resin once a year; the composition of the paste used is kaolin 34% plus sulfuric acid 66% by weight.

The most important conclusions of recent research on resin tapping carried out in Greece are presented, and some suggestions become about urgent relative research in the same country.

Key words: resin tapping, problems, sustainability, multiple use, research.

Βιβλιογραφία

- Απασιδης Λ. (1995/1999). Πρότυπα για κατασκευή κανονικών Πινάκων Παραγωγής συστάδων και δασών Χαλεπίου μας πεύκης. Α.Π.Θ., Τμήμα Δασολογίας και Φυσιικού Περιβάλλοντος, Επιστημονική Επετηρίδα Τόμος ΔΗ / 1 (Αφιέρωμα στον ομότιμο καθηγητή Σ. Ντάφη): 566-589.
- Γκατζογιάννης, Σ. (1987). Συνδυασμένη παραγωγή και συστηματική διαχείριση των δασών Χαλεπίου πεύκης. Ελληνική Δασολογική Εταιρεία, Πρακτικά "Δάση χαλεπίου και τραχείας πεύκης". Χαλκίδα, 30/9-2/10/1987: 203-246.
- Coppen, J.J. and Hone, G.A. (1995). Gum Naval Stores: turpentine and rosin flow pine resin. FAO. Rome.
- Ευθυμίου, Π. (1997). Προσωπική επικοινωνία.
- European Union (1999). The Fifth Framework Program 1998-2002.
- Hodges, A. (1995). Commercialization of Borehole Gum Resin production from Slash pine (Parts I-II). Naval Stores Review, July- Aug. 1995:6-10, and Sept.- Oct.: 5-9.

* Research Scientist of NAGREF, Forest Research Institute, 570 06 Vassilika.

- Hort, A. F. (1980). *Theophrastus. Enquiry into plants (I-II)*. The Loeb Classical Library. Fletcher and Son Ltd. Norwich, G.B.
- Παπαγιαννόπουλος, Α. (1983). Έρευνες ρητινεύσεως χαλεπίου και τραχείας πεύκης (Παραγωγικότητα, Παράγοντες και Μηχανισμός Ρητινεκροής, Ανατομικές Συνέπειες Ρητινεύσεως). Διδακτορική Διατριβή. Α.Π.Θ., Τμήμα Δασολογίας και Φυσιικού Περιβάλλοντος, Επιστημονική Επετηρίδα, Τόμος ΚΣΤ / Παράρτημα 5.
- Παπαγιαννόπουλος, Α. (1984). Παραγωγή ρητίνης (Ανάλυση υφιστάμενης κατάστασης-Τάσεις). Ινστιτούτο Δασικών Ερευνών, Μελέτη Στρατηγικής για την ανάπτυξη της Ελληνικής δασοπονίας και ξυλοπονίας, Πρόδρομη ανακοίνωση ΜΣ-85-22.
- Παπαγιαννόπουλος, Α. (1987). Το πρόβλημα της συγκομιδής ξύλου στα ρητινοδάση της Ελλάδας. Ελληνική Δασολογική Εταιρεία, Πρακτικά "Δάση χαλεπίου και τραχείας πεύκης". Χαλκίδα, 30/9-2/10/1987: 322-337.
- Παπαγιαννόπουλος, Α. και Τσιάρας, Ι. (1988). Συγκριτική ρητίνευση χαλεπίου πεύκης με Βουλγαρική και Ελληνική μέθοδο. ΠΑΣΕΓΕΣ, Αγροτικός Συνεργατισμός τεύχος 6: 66-73.
- Parajannopoulos, A. (1988). The current situation of resin production and its problems in relation to wood stocking in Greece. FAO/ECE/ILO, Proceedings "Seminar on products from the Mediterranean forest". Florence (Italy), 20-24 Sept.1988: 287-295 (Republished in Naval stores Review, Jan.-Febr. 1989: 3-4).
- Parajannopoulos, A. (1989). The resin problem of Greece. European Union, "Natural resin meeting", Athens (Greece), 10 Febr. 1989.
- Παπαγιαννόπουλος, Α. (1989). Προδιαγραφές ξύλου χαλεπίου και τραχείας πεύκης στη ναυπηγική βιοτεχνία. Γενικότερες απόψεις. Ελληνική Δασολογική Εταιρεία και ΓΕΩΤΕΕ, Πρακτικά "Βελτίωση παραγωγικότητας στην Ελληνική δασοπονία". Δράμα, 4-6/10/1989: 237-250.
- Παπαγιαννόπουλος, Α. και Παπαδοπούλου, Αικ. (1995). Το παρόν των ρητινεύσεων στην Ελλάδα (Ερευνητικά συμπεράσματα-Προτάσεις). ΓΕΩΤΕΕ, Γεωτεχνικά Επιστημονικά Θέματα τεύχος 2: 58-69.
- Παπαγιαννόπουλος, Α. και Παπαδοπούλου Αικ. και Τσιάρας, Ι. και Κουτσιρίμπα Ε. (1995). Αποτελέσματα από τη δοκιμασία στην πράξη νέων ερεθιστικών ουσιών της ρητινεύσεως. Ελληνική Δασολογική Εταιρεία, Πρακτικά "Αξιοποίηση δασικών πόρων". Καρδίτσα, 11-13/10/1995: 1-8.
- Παπαγιαννόπουλος, Α. (1995). Αξιοποίηση δασών χαλεπίου πεύκης για πολλαπλή χρήση. Ελληνική Δασολογική Εταιρεία, Πρακτικά "Αξιοποίηση δασικών πόρων". Καρδίτσα, 11-13/10/1995: 653-671.
- Parajannopoulos, A. (1995). The vicious circle between forest fires and resin production decline. The Greek experience. Chinese Society of Chemistry and Chemical Engineering of Forest Products, Proceedings "2nd International Symposium on Chemistry and Utilization of tree extractives". Fuzhou (China), 29 Nov.- 2 Dec. 1995: 15-16.
- Παπαγιαννόπουλος, Α. (1997). Το μέλλον των ρητινεύσεων στην Ελλάδα (Πειραματικά τεκμηριωμένες ερευνητικές προτάσεις). Α.Π.Θ., Τμήμα Δασολογίας και Φυσιικού Περιβάλλοντος, Επιστημονική Επετηρίδα Τόμος ΛΖ / 1994 (Αφιέρωμα στον ομότιμο καθηγητή Γ. Τσουμή): 279-299.
- Parayannopoulos, A. (1998). El presente de la extraccion de resina en Grecia. Actas cientificas "1er Simposio de aprovechamiento de resinas naturales". Segovia, Espyña, 5-7 Febr. 1998:1-10.
- Παπαγιαννόπουλος, Α. (1998α). Προδιαγραφές σακούλας πολυαιθυλενίου για τη συγκομιδή της ρητίνης. Ελληνική Δασολογική Εταιρεία, Πρακτικά "Σύγχρονα προβλήματα Δασοπονίας". Αλεξανδρούπολη, 6-8/4/1998: 1-5.
- Παπαγιαννόπουλος, Α. (1998β). Προσωρινές τεχνικές προδιαγραφές σακούλων συγκομιδής ρητίνης. Ινστιτούτο Δασικών Ερευνών, Έγγρα. 3180/21-12-1998 προς Υπ. Γεωργίας.
- Παπαγιαννόπουλος, Α. (1999). Η Οικολογία σε συναπόδειξη με τη Φυσική και τα Μαθηματικά. Εξειδίκευση στο πρόβλημα των δασικών πυρκαγιών. INTERNET, ιστοσελίδα Ινστιτούτου Δασικών Ερευνών, ειδική θέση http://www.fri.gr/Civ/Y_Theory.pdf : 1-147.
- Παπαγιαννόπουλος, Α. και Σπανός, Ι. και Σπανός, Κ. (1998). Γενετική βελτίωση χαλεπίου πεύκης για πολλαπλή χρήση. Ελληνική Δασολογική Εταιρεία, Πρακτικά "Σύγχρονα προβλήματα Δασοπονίας". Αλεξανδρούπολη, 6-8/4/1998: 1-11.
- Παπαδημητράκοπουλος, Δ. και Κουτσιρίμπα, Ε. και Παπαγιαννόπουλος, Α. (1998). Η ρητίνευση ως πρόβλη-

μα της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Η Κάρτα της Σεγκόβια. Ελληνική Δασολογική Εταιρεία, Πρακτικά “Σύγχρονα προβλήματα Δασοπονίας”. Αλεξανδρούπολη, 6-8/4/1998: 1-9.

Παπασταύρου, Α. (1997). Προσωπική επικοινωνία.

Spanos, I. and Papajannopoulos, A. and Spanos, K. (1998). Multiple uses of Aleppo pine forests for wood and non wood forest products in Northern Greece. COST Action E9 Workshop, London, England, 14-16 Sept. 1998: 1-8.

Στάμου, Ν. (1997). Προσωπική επικοινωνία.

Τσουμής, Γ. (1978). Συγκομιδή δασικών προϊόντων. Α.Π.Θ., Τμήμα Δασολογίας και Φυσιικού Περιβάλλοντος. Θεσσαλονίκη.

Tsoumis, G. (1992). Harvesting forest products. Stobart Davies Ltd. Hertford. England.

Τσουμής, Γ. και Παπαγιαννόπουλος, Α. (Αδημοσίευτη). Προέρευνα ρητινεύσεως με τη μέθοδο “borehole”. Υπουργείο Γεωργίας, Γενική Γραμματεία Δασών και Φυσιικού Περιβάλλοντος (1956-1997). Απολογισμοί δραστηριοτήτων Δασικής Υπηρεσίας.

Zhanqian, S. (1998). Production and research of gum oleoresin in China. Proceedings “3rd International Pine Rosin Chemical Processes and Marketing Symposium”. Cesme-Izmir (Turkey), 12-21 Nov.1998: 8-13.

Zhanqian, S. and Zhiqin, L. and Papajannopoulos, A. and Spanos, I. (Αδημοσίευτη). Analysis of oleoresin of three Greek pine species through GC-MS method.

Zhaobang, S. (1995). Production and standards for Chemical Non Wood Forest Products in China. Center for International Forestry Research. Bogor, Indonesia.

Zinkel, D. and Russel, J (1989). Naval Stores Production-Chemistry-Utilization. Pulp Chemicals Association. New York.

Ταξινόμηση, βιολογικός κύκλος και μέθοδοι ταυτοποίησης των μυκήτων του γένους *Armillaria*

Παναγιώτης Τσόπελας¹

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία γίνεται ανασκόπηση της βιβλιογραφίας που αφορά την ταξινόμηση και το βιολογικό κύκλο των ειδών του γένους *Armillaria*. Περισσότερα από 30 διαφορετικά είδη *Armillaria* αναγνωρίζονται σήμερα σε όλο τον κόσμο. Τα είδη που έχουν ερευνηθεί περισσότερο είναι αυτά που απαντώνται στην Ευρώπη, τη Βόρεια Αμερική, την Αυστραλασία και ορισμένες περιοχές της Άπω Ανατολής. Ορισμένα είδη έχουν περιορισμένη εξάπλωση σε μία μόνο περιοχή, ενώ άλλα είδη έχουν ευρεία εξάπλωση και απαντώνται σε διαφορετικές ηπείρους. Αρκετά από τα είδη της Ευρώπης έχουν επίσης βρεθεί στη Βόρεια Αμερική και την Άπω Ανατολή. Ωστόσο, τα είδη του νοτίου ημισφαιρίου είναι διαφορετικά από αυτά του βορείου ημισφαιρίου. Γίνεται εκτεταμένη αναφορά στο βιολογικό κύκλο των μυκήτων και τον προσδιορισμό των βιολογικών ειδών με συζεύξεις. Η χρησιμοποίηση των συζεύξεων βοήθησε σημαντικά στη διαλεύκανση της σύγχυσης που υπήρχε στην ταξινόμηση του γένους *Armillaria* και αποτελεί σήμερα την πλέον αξιόπιστη μέθοδο για την ταυτοποίηση των ειδών.

Λέξεις κλειδιά: *Armillaria*, ταξινόμηση, βιολογικό είδος, βιολογικός κύκλος, συζεύξεις μυκηλίων.

1. Εισαγωγή

Το γένος *Armillaria* είναι μεγάλης οικονομικής σημασίας, επειδή αρκετά από τα είδη μυκήτων που περιλαμβάνει είναι σημαντικά παθογόνα του ριζικού συστήματος δασικών και καλλιεργούμενων φυτικών ειδών. Εκατοντάδες είδη φυτών έχουν καταγραφεί διεθνώς ως ξενιστές των ειδών *Armillaria*: ο μεγαλύτερος αριθμός ξενιστών περιλαμβάνει γυμνόσπερμα και δικοτυλήδονα είδη, έχουν όμως αναφερθεί και αρκετά μονοκυτλήδονα φυτά. Τα είδη του γένους *Armillaria* παρουσιάζουν ευρεία εξάπλωση και απαντώνται σε περιοχές της γης με διαφορετικές κλιματικές συνθήκες, από την αρκτική μέχρι την τροπική ζώνη και σε αρκετές περιοχές του νοτίου ημισφαιρίου (Kile κ.α. 1994).

Αν και είχαν περιγραφεί, από τους ερευνητές που είχαν ασχοληθεί με την ταξινόμηση, αρκετά διαφορετικά μορφολογικά είδη *Armillaria*, από φυτοπαθολογικής άποψης υπήρχε μεγάλη σύγχυση επειδή είχε επικρατήσει η άποψη ότι υπάρχει ένα μόνο πολυμορφικό ή "σύμπλοκο" είδος ο *Armillaria mellea* complex, με ποικίλη παθογόνο ικανότητα (Singer 1956). Από διαφορετικούς συγγραφείς είχε θεωρηθεί ως έντονα ισχυρό παθογόνο που μπορεί να νεκρώσει υγιή και εύρωστα φυτά, ως δευτερογενές παράσιτο που προσβάλλει δένδρα τα οποία υποφέρουν από κάποια άλλη αιτία και, ακόμα, ως ένα σαπρόφυτο το οποίο απλώς αποικίζει και σαπίζει νεκρά δένδρα (Wargo & Shaw 1985). Το πολυμορφικό αυτό είδος, το οποίο υπό την ευρεία του έννοια αναφέρεται ως *A. mellea sensu lato*, εμφανιζόταν ως το παθογόνο εκατοντάδων φυτικών ειδών σε διαφορετικές περιοχές της γης (Raabe 1962).

Ωστόσο, στη δεκαετία του 1970 και τις αρχές της δεκαετίας του 1980 έγιναν σημαντικές ανακαλύψεις, που αφορούσαν το βιολογικό κύκλο και την ταξινόμηση των μυκήτων του γένους *Armillaria*. Επί τη βάση γενετικών μελετών, αποδείχθηκε ότι το λεγόμενο σύμπλοκο είδος *A. mellea* complex αποτελείται από πολλά διαφορετικά είδη, τα οποία διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους όσον αφορά την εξάπλωση τους στις διάφορες περιοχές της γης, αλλά και την παρασιτική τους συμπεριφορά (Watling κ.α. 1982). Η ύπαρξη διαφορετικών ειδών *Armillaria* τα οποία διαφέρουν στην παθογένεια αιτιολόγησε πλήρως την αινιγματική συμπεριφορά του *A. mellea sensu lato*, ο οποίος άλλες φορές περιγραφόταν ως ισχυρό παθογόνο και άλλες ως ασθενές παράσιτο ή σαπρόφυτο (Wargo & Shaw 1985).

Στην παρούσα εργασία επιχειρείται η ανασκόπηση της βιβλιογραφίας που αφορά την ταξινόμηση των

¹ ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε. - Ινστιτούτο Μεσογειακών Δασικών Οικοσυστημάτων, Τέγμα Αλκμάνος, 115 28 Αθήνα

ειδών *Armillaria*. Επίσης, εξετάζονται αρκετές πτυχές από τον περίπλοκο βιολογικό κύκλο των μυκήτων, υπό το φως των μελετών που εκπονήθηκαν τα τελευταία χρόνια από αρκετούς ερευνητές σε όλο τον κόσμο. Και τέλος, γίνεται εκτεταμένη αναφορά στις μεθόδους που εφαρμόζονται για την ταυτοποίηση των ειδών *Armillaria*.

2. Ταξινόμηση και ονοματολογία των ειδών *Armillaria*

Το όνομα *Armillaria* αναφέρθηκε για πρώτη φορά από τον Fries* το 1819 ως: *Agaricus* tribus *Armillaria*. Μέσα στο γένος *Agaricus* ο συγγραφέας είχε τοποθετήσει σχεδόν όλους τους βασιδιομύκητες των οποίων τα βασιδιοκάρπια είχαν ελάσματα και εδώ το tribus έχει την έννοια του τμήματος οικογένειας (Volk & Burdsall 1995). Κάτω από το tribus *Armillaria* ο Fries* το 1821 τοποθέτησε 12 είδη, ένα εκ των οποίων ήταν ο *Agaricus melleus* που είχε αρχικά περιγραφεί από τον Vahl* το 1790 (Watling κ.α. 1982).

Ως γένος μυκήτων ο *Armillaria* περιγράφηκε το 1857 από τον Staude*. Ωστόσο, αρκετοί συγγραφείς για πάρα πολλά χρόνια χρησιμοποιούσαν το όνομα *Armillariella* για την περιγραφή του γένους, που είχε χρησιμοποιηθεί για πρώτη φορά από τον Karsten* το 1881 (Watling κ.α. 1982). Η χρήση του ονόματος *Armillariella* σταμάτησε τα τελευταία χρόνια μετά την εμπειριστατωμένη επιχειρηματολογία των Watling κ.α. (1982), οι οποίοι κατέληξαν στο συμπέρασμα, ότι το όνομα αυτό δε δικαιολογείται ιστορικά και πρέπει να θεωρείται απλώς ως συνώνυμο του *Armillaria*.

Στο γένος *Armillaria* είχαν κατά καιρούς συμπεριληφθεί διάφοροι μύκητες, οι περισσότεροι από τους οποίους έχουν μόνο μακρινή συγγένεια μεταξύ τους. Οι πιο πολλοί έχουν σήμερα ταξινομηθεί σε διαφορετικά γένη της οικογένειας Tricholomataceae, αλλά και σε άλλες οικογένειες μυκήτων. Οι Volk & Burdsall (1995) αναφέρουν, ότι τα είδη μυκήτων τα οποία είχαν στο παρελθόν τοποθετηθεί κάτω από το γένος *Armillaria* ή *Armillariella* είναι σήμερα ταξινομημένα σε 44 διαφορετικά γένη μυκήτων.

Στη σύγχυση σχετικά με την ταξινόμηση του γένους *Armillaria* πρέπει να προστεθεί και αυτή που υπήρχε στη βιβλιογραφία της παθολογίας του είδους *A. mellea sensu lato*, το οποίο εθεωρείτο ως ένα πολυμορφικό ή πλειομορφικό (pleiomorphic) είδος. Η σύγχυση αυτή οφείλεται κυρίως στη δυσκολία που υπήρχε να διαχωριστούν τα είδη *Armillaria* με βάση τη μορφολογία των βασιδιοκαρπίων (Korhonen 1995, Volk & Burdsall 1995). Ωστόσο, είχαν περιγραφεί διαφορετικά είδη τα οποία είναι σήμερα αποδεκτό ότι ανήκουν στο γένος *Armillaria*. Ο Velenovsky* είχε περιγράψει ορισμένα είδη *Armillaria* στην κεντρική Ευρώπη, και σε κάποια από αυτά σώζονται μέχρι σήμερα οι αυθεντικοί "τύποι δείγματος" (type specimens) (Volk & Burdsall 1995). Επίσης, ο Singer (1978) δημοσίευσε μια ταξινομική κλειδα, με βάση την οποία μπορούσαν να αναγνωριστούν 25 είδη σε όλο τον κόσμο, που αναφέρονταν στο γένος *Armillariella*.

Στη δεκαετία του 1970 υπήρξε ανανεωμένο ενδιαφέρον όσον αφορά την ταξινόμηση του γένους *Armillaria*. Σημαντικό ρόλο έπαιξαν στην Ευρώπη οι έρευνες του Romagnesi (1970, 1973), ο οποίος, χρησιμοποιώντας μορφολογικά κριτήρια, διαχώρισε τρία είδη: *A. mellea sensu stricto*, *A. bulbosa* και *A. obscura*. Για το πρώτο ανέφερε ως τύπο δείγματος το είδος *Agaricus melleus* που είχε αρχικά περιγραφεί από τον Vahl και τον Fries. Αυτό όμως που έπαιξε καταλυτικό ρόλο στην ταξινόμηση του γένους *Armillaria* ήταν οι γενετικές μελέτες του Hintika (1973) στη Φινλανδία, ο οποίος μελέτησε τον τρόπο σύζευξης των μυκήλων. Ο Korhonen (1978), συνεργάτης του Hintika, χρησιμοποιώντας αυτές τις τεχνικές σύζευξης, απέδειξε ότι υπάρχουν στην Ευρώπη πέντε "βιολογικά είδη" (biological species) *Armillaria*, τα μυκήλια των οποίων δεν συζευγνύονται μεταξύ τους (σεξουαλική σύζευξη). Τα ονόμασε με τα γράμματα της λατινικής αλφαβήτου **A, B, C, D**, και **E**. Τρία από αυτά τα είδη συνέπιπταν με τα μορφολογικά είδη του Romagnesi (1973).

Σε παράλληλες έρευνες στη Βόρειο Αμερική αναγνωρίστηκαν δέκα βιολογικά είδη, τα οποία ονομάστηκαν North American Biological Species (NABS) και ορίστηκαν με τους λατινικούς αριθμούς από το **I** έως το **X** (Anderson & Ullrich 1979). Ο αριθμός αυτός μειώθηκε σε οκτώ μετά από επανεξέταση (Anderson 1986) και σε αυτά προστέθηκε ένα ακόμα βιολογικό είδος το NABS **XI** (Morrison κ.α. 1985).

* Δε χρησιμοποιήθηκαν οι πρωτότυπες δημοσιεύσεις - οι πληροφορίες έχουν βασιστεί στους μεταγενέστερους συγγραφείς που παρατίθενται: Watling κ.α. 1982, Volk & Burdsall 1995.

Ο όρος βιολογικό είδος είναι ταυτόσημος με τη γενετική έννοια του είδους (genetic concept of a species). Σύμφωνα με τους Esser & Hoffman (1977), ορίζεται ως ένας πληθυσμός ατόμων που διασταυρώνονται μόνο μεταξύ τους (Interbreed) και κάτω από φυσικές συνθήκες δεν ανταλλάσσουν γονίδια με άτομα που ανήκουν σε άλλα είδη. Η έννοια του βιολογικού είδους έχει χρησιμοποιηθεί και σε άλλες ομάδες Βασιδιομυκήτων για το διαχωρισμό και την ταξινόμηση των ειδών, όπως για παράδειγμα στην ταξινόμηση των ειδών του γένους *Pleurotus* στην Ευρώπη (Zervakis & Balis 1996).

Η χρησιμοποίηση της έννοιας του βιολογικού είδους βοήθησε σημαντικά στην ταξινόμηση και τον επαναπροσδιορισμό των ειδών του γένους *Armillaria* που έγινε σε συνδυασμό με τα μορφολογικά χαρακτηριστικά των βασιδιοκαρπίων. Για αρκετά από τα είδη χρησιμοποιήθηκε η υπάρχουσα ονοματολογία ενώ για κάποια άλλα δημιουργήθηκαν νέα ονόματα. Από τις αρχές της δεκαετίας του 1980 μέχρι σήμερα αρκετά νέα είδη *Armillaria* περιγράφηκαν σε διάφορες περιοχές της γης, πολλά από αυτά με περιορισμένη γεωγραφική εξάπλωση (Romagnesi & Marxmuller 1983, Watling κ.α. 1991, Korhonen 1995).

Τα πέντε βιολογικά είδη που περιγράφηκαν στην Ευρώπη από τον Korhonen (1978), αναγνωρίζονται σήμερα με τα ακόλουθα ονόματα: **A** = *A. borealis* Marx. & Korh., **B** = *A. cepistipes* Velen. (*A. pseudobulbosa*), **C** = *A. ostoyae* (Rom.) Herink (*A. obscura*), **D** = *A. mellea* (Vahl: Fr.) Kum. και **E** = *A. gallica* Marx. & Rom. (*A. lutea*, *A. bulbosa*) (Volk & Burdsall 1995).

Στα πέντε αυτά είδη προστέθηκαν δύο ακόμα, τα οποία διαφέρουν με τα υπόλοιπα από την έλλειψη δακτυλίου στο στύπο των βασιδιοκαρπίων (exannulate), ο *A. tabescens* (Scop.) Emel και ο *A. ectypa* (Fr.) Emel. Ο *A. tabescens* θεωρείται πάντοτε ως διαφορετικό είδος από τον *A. mellea sensu lato*, με το όνομα *Clitocybe tabescens* (Scop.) Bres., ενώ ελάχιστα είναι γνωστά για τον *A. ectypa*, επειδή είναι πολύ σπάνιος και περιορίζεται σε τυρφώνες σφάγνων (peat bogs) ορισμένων περιοχών της Βόρειας Ευρώπης (Kile κ.α. 1994).

Εκτός από τον *A. ectypa* και ο *A. borealis* φαίνεται ότι έχει περιορισμένη εξάπλωση στην Ευρώπη και δεν έχει παρατηρηθεί σε άλλες περιοχές της γης. Τα είδη *A. mellea*, *A. ostoyae* και *A. gallica* έχουν βρεθεί επίσης στη Βόρειο Αμερική. Αυτά αντιστοιχούν στα βιολογικά είδη NABS VI, I και VII της Βορείου Αμερικής για τα οποία χρησιμοποιείται η ίδια ονοματολογία με τα είδη της Ευρώπης (Anderson κ.α. 1980, Kile κ.α. 1994).

Ορισμένες απομονώσεις του Ευρωπαϊκού είδους *A. cepistipes* συζευγνύονται με δύο από τα βιολογικά είδη της Βόρειας Αμερικής (NABS V και X) τα οποία θεωρούνται διαφορετικά μεταξύ τους (Anderson κ.α. 1980, Anderson 1986). Το όνομα *A. cepistipes* δε χρησιμοποιήθηκε για κανένα από τα δύο αυτά βιολογικά είδη της Αμερικής, επειδή θεωρήθηκε διαφορετικό από τα βορειοαμερικανικά είδη. Το NABS V ονομάζεται *A. sinapina*. Δεν έχουν μέχρι στιγμής περιγραφεί ταξονομικά είδη για δύο από τα εννέα βιολογικά είδη που έχουν βρεθεί στη Βόρεια Αμερική και αναφέρονται απλώς ως NABS X και XI (Volk & Burdsall 1995, Volk κ.α. 1996). Εκτός από τα εννέα βιολογικά είδη στη Βόρεια Αμερική, έχει αναφερθεί επίσης η παρουσία του είδους *A. tabescens*, αν και υπάρχουν ορισμένες αμφιβολίες εάν είναι το ίδιο είδος με αυτό της Ευρώπης (Guillaumin κ.α. 1989).

Από τα είδη της Ευρώπης και της Βόρειας Αμερικής έχουν αναγνωρισθεί, επί τη βάση συζεύξεων, σε περιοχές της Άπω Ανατολής (Ιαπωνία, Κίνα) τα εξής είδη: *A. mellea*, *A. ostoyae*, *A. gallica*, *A. cepistipes*, *A. tabescens*, *A. sinapina*, και *A. nabsona* (Kile κ.α. 1994, Mohammed κ.α. 1994a, Ota κ.α. 1998). Το είδος όμως *A. mellea* που περιγράφηκε στην Ιαπωνία θεωρείται υποείδος του μύκητα: *A. mellea* subsp. *nipponika* Cha & Igarashi (Cha & Igarashi 1995). Επίσης, στην Ιαπωνία έχουν περιγραφεί πρόσφατα δύο ακόμα νέα είδη: *A. jezoensis* Cha & Igarashi και *A. singula* Cha & Igarashi (Cha κ.α. 1994).

Αρκετά είδη *Armillaria* τα οποία δεν απαντώνται σε άλλες ηπείρους έχουν περιγραφεί στην Αφρική. Από τα ευρωπαϊκά είδη μόνο ο *A. mellea* και ο *A. tabescens* έχουν αναφερθεί στην Αφρική (Kile κ.α. 1994, Mohammed κ.α. 1994β). Όμως, το είδος *A. mellea* που υπάρχει στην Αφρική είναι διαφορετικό από αυτό των περιοχών με εύκρατο κλίμα. Έτσι, οι Mohammed κ.α. (1994β) προτείνουν τη δημιουργία υποείδους *A. mellea* subsp. *africana*, όπως και με το είδος της Ιαπωνίας που προαναφέρθηκε.

Στην Αυστραλασία έχουν περιγραφεί 7 είδη *Armillaria* (μόνο τα 6 όμως έχουν επιβεβαιωθεί ως βιολογικά είδη), τα οποία δεν υπάρχουν στο βόρειο ημισφαίριο της γης. Υπάρχουν ανεπιβεβαιωτές πληροφορίες ότι δύο από αυτά τα είδη έχουν βρεθεί και στην Νότια Αμερική. Δεν υπάρχουν όμως αρκετά στοιχεία, επί τη βάση

Πίνακας 1. Είδη του γένους *Armillaria* και η εξάπλωσή τους σε διάφορες περιοχές της γης (Volk & Burdsall 1995).

Είδος	Βιολογικό είδος*	Εξάπλωση
<i>Armillaria affinis</i> (Singer) Volk & Burdsall		Κεντρική Αμερική, Καραϊβική
<i>Armillaria borealis</i> Marxmuller & Korhonen	EBS A	Ευρώπη
<i>Armillaria calvescens</i> Birudt & Dessureault	NABS III	Ανατολική Βόρεια Αμερική
<i>Armillaria camerunensis</i> (Henn.) Volk & Burdsall		Αφρική
<i>Armillaria cepistipes</i> Velenovsky	EBS B	Ευρώπη
<i>Armillaria duplicata</i> (Berk.) Saccardo		Ινδία
<i>Armillaria ectypa</i> (Fr.) Emel		Ευρώπη
<i>Armillaria fellea</i> (Hongo) Kile & Watling		Αυστραλία
<i>Armillaria fumosa</i> Kile & Watling		Αυστραλία
<i>Armillaria fuscipes</i> Petch		Ινδία, Αφρική?
<i>Armillaria gallica</i> Marxmuller & Romangesi	NABS VII, EBS E	Βόρεια Αμερική, Ευρώπη, Ιαπωνία
<i>Armillaria gemina</i> Birudt & Dessureault	NABS VII	Ανατολική Βόρεια Αμερική
<i>Armillaria griseomella</i> (Singer) Kile & Watling		Νότια Αμερική
<i>Armillaria heimii</i> Pegler		Αφρική
<i>Armillaria hinnulea</i> Kile & Watling		Αυστραλία
<i>Armillaria jezoensis</i> Cha & Igarashi		Ιαπωνία
<i>Armillaria limonea</i> (G. Stev) Boesewinkel		Νέα Ζηλανδία
<i>Armillaria luteobubalina</i> Watling & Kile		Αυστραλία
<i>Armillaria mellea</i> (Vahl: Fr.) Kummer	NABS VI, EBS D	Ευρώπη, Βόρεια Αμερική, Ασία
<i>Armillaria melleo-rubens</i> (Berk. & M.A. Curtis) Saccardo		Κεντρική Αμερική
<i>Armillaria montagnei</i> (Singer) Herink		Νότια Αμερική, Ευρώπη
<i>Armillaria nabsona</i> Volk & Burdsall	NABS IX	Δυτική Βόρεια Αμερική
<i>Armillaria novae-zealandinae</i> (G. Stev.) Herink		Νέα Ζηλανδία, Νέα Γουινέα, Αυστραλία, Νότια Αμερική
<i>Armillaria omniuens</i> (Berk.) Saccardo		Ινδία
<i>Armillaria ostoyae</i> (Romagn.) Herink	NABS I, EBS C	Βόρεια Αμερική, Ευρώπη, Ασία
<i>Armillaria pallidula</i> Kile & Watling		Αυστραλία
<i>Armillaria pelliculata</i> Beeli		Αφρική
<i>Armillaria procera</i> Speggazzini		Νότια Αμερική
<i>Armillaria puiggarii</i> Speggazzini		Νότια Αμερική
<i>Armillaria sinapina</i> Birudt & Dessureault	NABS V	Βόρεια Αμερική, Ιαπωνία
<i>Armillaria singula</i> Cha & Igarashi		Ιαπωνία
<i>Armillaria sparrei</i> (Singer) Herink		Νότια Αμερική
<i>Armillaria tabescens</i> (Scop.) Emel		Ευρώπη, Βόρεια Αμερική
<i>Armillaria tigrensis</i> (Singer) Volk & Burdsall		Νότια Αμερική
<i>Armillaria viridiflava</i> (Singer) Volk & Burdsall		Νότια Αμερική, Ευρώπη?
<i>Armillaria yungensis</i> (Singer) Herink		Νότια Αμερική

* EBS= European Biological Species (Korhonen 1978), NABS= North American Biological Species (Anderson & Ulirich 1979)

συζεύξεων, για τα είδη της Νότιας Αμερικής (Kile κ.α. 1994), αν και έχει αναφερθεί ένας σημαντικός αριθμός ειδών *Armillaria* (Singer 1956, Watling κ.α. 1991).

Οι Volk & Burdsall (1995) αναφέρουν 36 συνολικά είδη από όλες τις περιοχές της γης, τα οποία αναγνωρίζονται ότι ανήκουν στο γένος *Armillaria* (Πίνακας I). Ωστόσο, επισημαίνεται εδώ, ότι μόνο 25 βιολογικά είδη είχαν μέχρι πρόσφατα ελεγχθεί σαν ξεχωριστές οντότητες από τις διάφορες περιοχές του πλανήτη μας

(Korhonen 1995), και πιθανόν ορισμένα από αυτά τα 36 είδη να αποδειχθούν συνώνυμα. Σε αυτά όμως δεν περιλαμβάνονται τα βιολογικά είδη NABS X και XI, για τα οποία, όπως προαναφέρθηκε, δεν έχουν περιγραφεί ακόμα ταξονομικά είδη. Επίσης, δεν περιλαμβάνονται ορισμένα άλλα είδη που δεν έχει επιβεβαιωθεί εάν αποτελούν διαφορετικά ταξονομικά είδη.

Στην Ελλάδα έχουν αναγνωριστεί 5 συνολικά είδη *Armillaria* από τα 7 που απαντώνται στην Ευρώπη: *A. mellea*, *A. gallica*, *A. tabescens*, *A. ostoyae* και *A. cepistipes* (Τσόπελας 1997). Τα είδη *A. ectypa* και *A. borealis* δεν έχουν παρατηρηθεί στη χώρα μας. Ο *A. ectypa*, όπως επισημάνθηκε, είναι σπάνιο είδος. Ο *A. borealis* είναι το περισσότερο ψυχρόβιο είδος από αυτά που απαντώνται στην Ευρώπη και τα νότια όρια εξάπλωσής του έχουν καταγραφεί στη Σλοβενία (Munda 1997).

Το γένος *Armillaria* τοποθετείται σήμερα από τους περισσότερους συγγραφείς στην οικογένεια Tricholomataceae της τάξης Agaricales. Ωστόσο, έχει προταθεί η χρησιμοποίηση οικογένειας με το όνομα Armillariaceae, επειδή οι μύκητες αυτοί θεωρούνται ότι αντιπροσωπεύουν μια ξεχωριστή φυλογενετική σειρά (Korhonen 1995, Volk & Burdsall 1995).

3 Βιολογικός κύκλος και γενετικά χαρακτηριστικά των μυκήτων

Τα περισσότερα είδη των βασιδιομυκήτων είναι ετερόθαλλοι μύκητες και, ως εκ τούτου, για την ολοκλήρωση του βιολογικού τους κύκλου είναι απαραίτητο να υπάρξει σύζευξη μεταξύ απλοειδών μυκηλίων που προέρχονται από διαφορετικά βασιδιοσπόρια. Το μυκήλιο που προκύπτει από τη σύζευξη είναι κατά κανόνα δικαρυωτικό ή με περισσότερους πυρήνες, διαιρείται με συζυγείς διαιρέσεις και συνήθως έχει κρίκους (clamp connections) στα διαφράγματα των υφών (Raper 1966).

Ο κύκλος αναπαραγωγής των μυκήτων του γένους *Armillaria* δεν είχε διευκρινιστεί μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του 1970. Αρκετοί ερευνητές είχαν παρατηρήσει ότι τα κύτταρα του βλαστικού μυκηλίου ήταν μονοπύρνα χωρίς κρίκους. Μία πιθανή εξήγηση ήταν ότι ο μύκητας ήταν ομόθαλλος (Raper 1966). Ο Hintika (1973) έκανε την πρώτη σημαντική ανακάλυψη που οδήγησε στη διαλεύκανση του βιολογικού κύκλου του *Armillaria* αποδεικνύοντας ότι ο μύκητας ήταν ετερόθαλλος. Η έρευνα του Hintika (1973) βασίστηκε στη μορφολογική διαφορά των μυκηλίων που προέρχονται από μονόσπορες απομονώσεις και αυτών που προέρχονται από βλαστικά μυκήλια. Οι μονόσπορες απομονώσεις του *Armillaria* είχαν άφθονο αχνό εναέριο μυκήλιο, το οποίο ήταν λευκό σε αντίθεση με τις απομονώσεις από βλαστικά μυκήλια, οι οποίες ήταν σκούρες, κρουστώδεις και συνήθως χωρίς εναέριο μυκήλιο. Σε συζεύξεις μεταξύ μονόσπορων απομονώσεων, ο Hintika (1973) παρατήρησε ότι σε ορισμένες περιπτώσεις το αχνό λευκό εναέριο μυκήλιο μετατρέπεται σε σκούρο κρουστώδες, που υποδηλούσε σεξουαλική σύζευξη των μυκηλίων. Στη μορφολογική αυτή μετατροπή των μυκηλίων βασίστηκαν όλες οι μετέπειτα έρευνες, που οδήγησαν στο διαχωρισμό και την αναγνώριση δεκάδων βιολογικών ειδών *Armillaria* σε όλο τον κόσμο.

Οι συζεύξεις απλοειδών απομονώσεων στα πειράματα του Hintika (1973) ακολουθούσαν το τετραπολικό σύστημα ετεροθαλλισμού, το οποίο στη συνέχεια αποδείχτηκε ότι ισχύει για την πλειονότητα των ειδών *Armillaria* που είχαν μελετηθεί μέχρι πρόσφατα (Guillaumin κ.α. 1991, Korhonen 1995). Στους μύκητες που συζευγνύονται σύμφωνα με τον τετραπολικό ετεροθαλλισμό μόνο στο ένα τέταρτο (1/4) των περιπτώσεων υπάρχει επιτυχής σύζευξη. Αυτό συμβαίνει γιατί ο ετεροθαλλισμός ελέγχεται από δύο ανεξάρτητα γονίδια, και επιτυχής σύζευξη έχουμε μεταξύ θαλλών που έχουν διαφορετικά αλληλόμορφα και στις δύο χρωματοσωματικές θέσεις (π.χ. A1B1 x A2B2 ή A1B2 x A2B1) (Raper 1966). Υπάρχουν όμως πολλαπλά αλληλόμορφα (A1, A2, A3, ... και B1, B2, B3, ...) στον πληθυσμό κάθε είδους *Armillaria* (Korhonen 1978).

Σημειώνεται εδώ, ότι έχουν βρεθεί δύο αφρικανικά είδη (*A. mellea* και *A. heimii*) και το είδος *A. mellea* ssp. *niponica* της Ιαπωνίας τα οποία είναι ομόθαλλα (Cha κ. α. 1995, Abomo-Ndongo κ.α. 1997). Υπάρχουν επίσης ενδείξεις ότι και το ευρωπαϊκό είδος *A. ectypa* είναι ομόθαλλος μύκητας (Guillaumin κ.α. 1991).

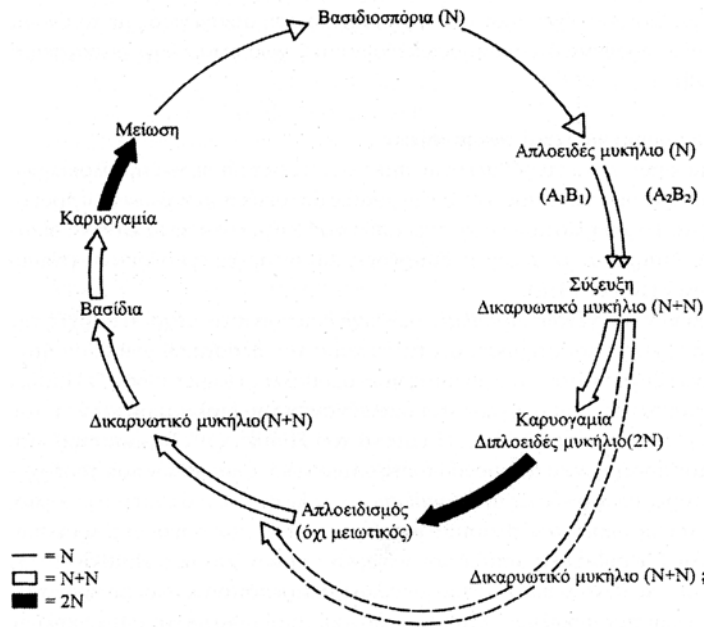
Ο Hintika (1973) παρατήρησε ότι, το μυκήλιο που προέκυπτε από τη σύζευξη δύο απλοειδών απομονώσεων ήταν μονοπύρνο και διατύπωσε την άποψη ότι πιθανόν να είναι διπλοειδές και όχι δικαρυωτικό, όπως στο σύνολο σχεδόν των μυκήτων που ανήκουν στην Υποκλάση (Subclass) Hymenomycetes των βασιδιομυκήτων. Ένα χρόνο αργότερα οι Korhonen & Hintika (1974) απέδειξαν ότι, μετά τη σύζευξη δύο απλοειδών απομονώσεων το

μυκήλιο που προκύπτει είναι αρχικά δικαρυωτικό με κρύκους. Στη συνέχεια όμως γίνεται καρυογαμία, τα διπλοειδή κύτταρα που προκύπτουν διαρρέονται μωτοτικά, δημιουργώντας έτσι μία εκτεταμένη διπλοειδή φάση η οποία επικρατεί στο μεγαλύτερο μέρος του βλαστικού μυκηλίου. Η ύπαρξη διπλοειδούς μυκηλίου στο βλαστικό στάδιο ανάπτυξης του *Armillaria* αποδείχτηκε επίσης σε μία σειρά μελετών που ακολούθησε, χρησιμοποιώντας διαφορετικές μεθόδους χρώσης και μέτρησης των πυρήνων (Tommerup & Broadbent 1975, Peabody κ.α. 1978). Γενικώς, σε άλλα είδη των Hymenomyces δεν απαντώνται στη φύση βλαστικά μυκήλια με διπλοειδείς πυρήνες. Κάτω από εργαστηριακές συνθήκες όμως, έχουν δημιουργηθεί διπλοειδή μυκήλια στους μύκητες *Schizophylum commune* Fr. και σε ορισμένα είδη του *Coprinus* (Casselton 1965, Anderson & Ullrich 1982).

Σε όλα τα είδη *Armillaria* που έχουν μελετηθεί μέχρι πρόσφατα έχουν παρατηρηθεί διπλοειδείς πυρήνες

στα βλαστικά μυκήλια. Υπάρχουν όμως δικαρυωτικά κύτταρα με κρύκους στο υμένιο (hymenium) των βασιδιοκαρπίων των περισσότερων ειδών. Οι κρύκοι αυτοί βρίσκονται συνήθως στα διαφράγματα στη βάση των βασιδίων. Όπως σε όλους τους βασιδιομύκητες, στα βασίδια γίνεται καρυογαμία και μείωση με τη δημιουργία τεσσάρων απλοειδών βασιδιοσπορίων (Korhonen & Hintika 1974). Ο βιολογικός κύκλος των ειδών *Armillaria* τα οποία παρουσιάζουν δικαρυωτικό μυκήλιο φαίνεται σχηματικά στην Εικ. 1.

Ωστόσο, στο είδος *A. mellea* δεν έχουν παρατηρηθεί καθόλου δικαρυωτικά κύτταρα στο υμένιο. Στα βασίδια δε γίνεται καρυογαμία, απλώς ο διπλοειδής πυρήνας διαρρέεται μειωτικά (Lamouré & Guillaumin 1985). Το ίδιο ισχύει και για το υποείδος *A. mellea* subsp. *nipponica* στο οποίο δεν έχουν πα-

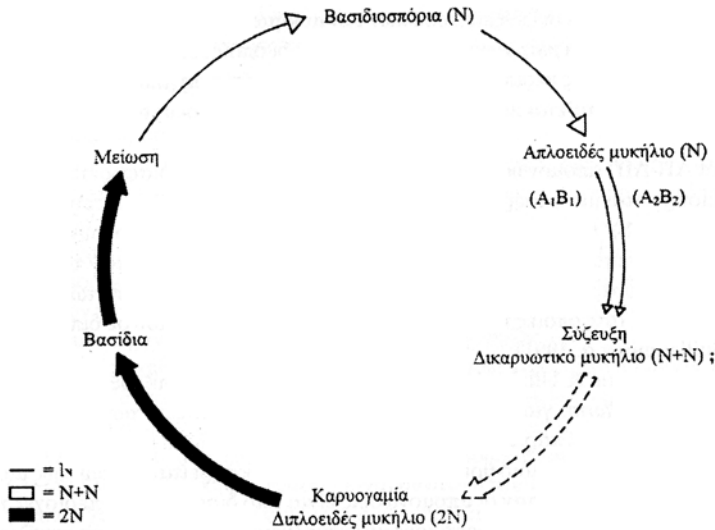


Εικ. 1. Βιολογικός κύκλος των ειδών *Armillaria* με δικαρυωτικό μυκήλιο

ρατηρηθεί κρύκοι στο υμένιο των βασιδιοκαρπίων (Cha & Igarashi 1995). Η απουσία κρύκων από τα βασίδια έχει επίσης παρατηρηθεί στα είδη της Αυστραλασίας *A. luteobubalina* Watling & Kile, *A. novae-zelandiae* (Stevenson) Herink, *A. hinnulea* Kile & Watling, *A. fumosa* Kile & Watling και *A. pallidula* Kile & Watling (Kile & Watling 1983, Guillaumin κ.α. 1991). Επίσης, στο είδος *A. mellea* δεν έχουν παρατηρηθεί δικαρυωτικά κύτταρα μετά τη σύζευξη των απλοειδών μυκηλίων (Korhonen προσ. επικ.) και δεν είναι γνωστό εάν υπάρχει καθόλου δικαρυωτική φάση στο βιολογικό του κύκλο (Εικ. 2).

Υπάρχουν αρκετά ερωτηματικά για τον τρόπο με τον οποίο το διπλοειδές βλαστικό μυκήλιο, που απαρτίζει το μεγαλύτερο μέρος ενός βασιδιοκαρπίου, γίνεται απλοειδές στο υμένιο των περισσότερων ειδών *Armillaria*. Οι Tommerup & Broadbent (1975) υποστήριξαν ότι στο υμένιο των αναπτυσσομένων βασιδιοκαρπίων λαμβάνει χώρα απλοειδισμός (όχι μειωτικός) και τα διπλοειδή κύτταρα γίνονται δικαρυωτικά. Χρησιμοποιώντας μικροφασματοφωτομετρικές μεθόδους εκτίμησης των πυρήνων, οι Peabody & Peabody (1987) παρατήρησαν ότι οι πυρήνες στα κύτταρα του στίπου των βασιδιοκαρπίων είναι απλοειδείς. Οι Guillaumin κ.α. (1991) εκφράζουν την άποψη, ότι πιθανόν ο απλοειδισμός να γίνεται όχι στο υμένιο αλλά σε κάποια προηγούμενη φάση του βιολογικού κύκλου.

Ο βιολογικός και καρυολογικός κύκλος (Εικ. 1 & 2) των μυκήτων του γένους *Armillaria* δεν έχει διευκρινιστεί πλήρως, ωστόσο, έχουν διαλευκανθεί αρκετές πτυχές του. Πολλά από τα στοιχεία που προέκυψαν από



Εικ. 2. Βιολογικός κύκλος του *A. mellea*.

Τα βιολογικά είδη του γένους *Armillaria* αντιπροσωπεύουν σήμερα στην πλειονότητά τους αντίστοιχα ταξινομικά είδη και ο προσδιορισμός τους με συζεύξεις απλοειδών απομονώσεων αποτελεί την πιο αξιόπιστη μέθοδο για την ταυτοποίηση και των ταξινομικών ειδών *Armillaria* (Guillaumin κ.α. 1991).

Ο καθορισμός των βιολογικών ειδών *Armillaria* γίνεται με τη χρησιμοποίηση ενός αριθμού απλοειδών απομονώσεων “δοκιμαστών” (testers) από κάθε είδος, ικανές να συζευγνούνται με τις απλοειδείς απομονώσεις που είναι προς αναγνώριση. Όταν οι προς αναγνώριση απομονώσεις ανήκουν στο ίδιο είδος με τις απομονώσεις δοκιμαστές, το λευκό εναέριο μυκήλιο των απλοειδών απομονώσεων μετατρέπεται σε σκούρο καστανό κρουστώδες (Hintikka 1973, Korhonen 1978).

Η μέθοδος της σύζευξης απλοειδών-απλοειδών (ΑΠ-ΑΠ) απομονώσεων απαιτεί την παρουσία βασιδιοκαρπίων για τη λήψη μονόσπορων απομονώσεων, στην πράξη όμως οι περισσότερες απομονώσεις γίνονται από βλαστικά μυκήλια και συνεπώς είναι διπλοειδείς. Ο Korhonen (1978) ανακάλυψε ότι είναι επίσης δυνατή και η σύζευξη μεταξύ απλοειδών και διπλοειδών (ΑΠ-ΔΙΠ) απομονώσεων. Στις συζεύξεις αυτές, οι απλοειδείς απομονώσεις με το πλούσιο αγνό εναέριο μυκήλιο μετατρέπονται βαθμιαία σε διπλοειδείς κρουστώδες. Ο Korhonen (1978, 1995) αναφέρει, ότι προφανώς κάποιοι απλοειδείς πυρήνες θα πρέπει να υπάρχουν στο γενικά διπλοειδές μυκήλιο, ή έχουμε απλοειδισμό διπλοειδών πυρήνων πριν από τη σύζευξη. Οι απλοειδείς αυτοί πυρήνες μέσα από αναστομώσεις υφών μεταναστεύουν στο απλοειδές μυκήλιο που μετατρέπεται σε δικαρυωτικό και στη συνέχεια σε διπλοειδές. Αυτό ονομάστηκε φαινόμενο Buller κατά αναλογία με τη σύζευξη μονοκαρυωτικών - δικαρυωτικών μυκηλίων που είχε περιγράψει ο Buller (1931) σε άλλους Hymenomycetes.

Στις συζεύξεις ΑΠ-ΔΙΠ μυκηλίων, εκτός από την πιθανότητα μετανάστευσης απλοειδών πυρήνων που μπορεί να υπάρχουν στο γενικά διπλοειδές μυκήλιο, υπάρχουν ενδείξεις ότι και διπλοειδείς πυρήνες μπορεί να μεταναστεύουν στο απλοειδές μυκήλιο και να αντικαθιστούν τους απλοειδείς (Guillaumin κ.α. 1991). Η άποψη της μετανάστευσης διπλοειδών πυρήνων σε συζεύξεις ΑΠ-ΔΙΠ μυκηλίων έχει επίσης υποστηριχθεί από τους Rizzo κ.α. (1992), που χρησιμοποίησαν “δείκτες ισοενζύμων” (isoenzyme markers) και από τους Carvalho κ.α. (1995), χρησιμοποιώντας “γενετικούς δείκτες” (genetic markers) με τη μέθοδο “πολυμορφισμού κατόπιν καταργασίας με περιοριστικά ένζυμα” (restriction fragment length polymorphism ή RFLP). Η αντικατάσταση πυρήνων έχει παρατηρηθεί επίσης και σε συζεύξεις μυκηλίων των μυκήτων *Coriolus versicolor* (L.:Fr)

τις εκτεταμένες αυτές έρευνες βοήθησαν σημαντικά στο διαχωρισμό των βιολογικών ειδών *Armillaria* και την ταξινόμηση των μυκήτων.

4 Ταυτοποίηση των ειδών *Armillaria*.

4.1 Προσδιορισμός ειδών και κλώνων με συζεύξεις

Η μορφολογία των βασιδιοκαρπίων αποτελεί τη βάση για την ταξινόμηση των ειδών *Armillaria*, όπως σε όλους τους βασιδιομυκήτες που σχηματίζουν βασιδιοκάρπια. Ωστόσο, όπως ήδη επισημάνθηκε, υπήρξαν σημαντικά προβλήματα στο παρελθόν, όσον αφορά τη διάκριση των ειδών *Armillaria* επί τη βάση των βασιδιοκαρπίων.

Quel., *Schizophyllum commune* και *Chondrostereum purpureum* (Pers.:Fr) Rouz., οι οποίοι είναι βασιδιομύκητες με “τυπική” δικαυρωτική φάση (Rayner 1991). Στις περιπτώσεις αυτές αναφέρεται ότι ο αρχικός πυρήνας ενός κυττάρου ή ακόμη ένα ζεύγος πυρήνων αποσυντίθεται και τη θέση τους καταλαμβάνουν οι μεταναστεύσαντες πυρήνες.

Σε συζεύξεις ΑΠ-ΑΠ καθώς και ΑΠ-ΔΙΠ απομονώσεων, όταν τα μυκήλια ανήκουν σε διαφορετικά είδη, σχεδόν σε όλες τις περιπτώσεις δημιουργείται μία σκούρα καστανή διαχωριστική γραμμή (demarcation line) μεταξύ των δύο αποικιών (Korhonen 1978). Οι σκούρες αυτές διαχωριστικές γραμμές υπάρχουν και σε συζεύξεις μυκηλίων σε πολλούς άλλους μύκητες και χρησιμοποιούνται για τη διάκριση μυκηλίων τα οποία διαφέρουν γενετικά μεταξύ τους. Οι σκούρες γραμμές είναι πολύ χρήσιμες στην αναγνώριση των ειδών *Armillaria* ιδιαίτερα σε ΑΠ-ΔΙΠ συζεύξεις, στις οποίες η μετατροπή του απλοειδούς μυκηλίου σε διπλοειδές δεν έχει πάντα επιτυχή έκβαση (Guillaumin κ.α. 1991).

Ο Korhonen (1978) καθώς και οι Anderson & Ullrich (1979) χρησιμοποίησαν επίσης συζεύξεις διπλοειδών-διπλοειδών μυκηλίων (ΔΙΠ-ΔΙΠ) *Armillaria*, για τον καθορισμό των κλώνων (clones) των διαφόρων ειδών σε δασικές συστάδες. Οι συγγραφείς αυτοί παρατήρησαν ότι όταν μυκήλια του ίδιου είδους, τα οποία διαφέρουν γενετικά μεταξύ τους, αναπτύσσονται στο ίδιο θρεπτικό υπόστρωμα παρατηρείται μεταξύ τους μία διαφανής ζώνη μερικών χιλιοστών. Αυτό συμβαίνει όταν οι απομονώσεις είναι από διαφορετικές περιοχές ή από διαφορετικά σημεία ενός δάσους και ανήκουν σε διαφορετικούς κλώνους (γονότυπους). Όταν τα μυκήλια ανήκουν στον ίδιο κλώνο, παρατηρείται πλήρης μεξή των μυκηλίων σε μία ενιαία αποικία. Οι συζεύξεις ΔΙΠ-ΔΙΠ απομονώσεων έχουν χρησιμοποιηθεί για τον καθορισμό του μεγέθους τέτοιων κλώνων σε δάση και τη δημιουργία χαρτών με την έκτασή τους (Kile 1986, Legrand κ.α. 1996).

4.2 Ταυτοποίηση των ειδών *Armillaria* επί τη βάση των καλλιεργητικών χαρακτηριστικών του μυκηλίου

Αρκετοί συγγραφείς έχουν επισημάνει μορφολογικές διαφορές στην καλλιέργεια μεταξύ των ειδών *Armillaria*, σε διπλοειδείς απομονώσεις από βλαστικά όργανα των μυκήτων. Όσον αφορά τα ευρωπαϊκά είδη του γένους *Armillaria* έχουν χρησιμοποιηθεί διαφορετικά θρεπτικά υποστρώματα και έχει περιγραφεί η μορφολογία των μυκηλίων και κυρίως των ριζομόρφων που δημιουργούνται σε καλλιέργεια (Guillaumin κ.α. 1989, Rishbeth 1986, Intini & Gabucci 1987).

Σύμφωνα με τους Guillaumin κ.α. (1989) σε θρεπτικό υπόστρωμα άγαρο βύνης (malt extract agar ΜΕΑ) είναι δυνατή η διαφοροποίηση των ευρωπαϊκών ειδών *Armillaria*. Υπάρχουν όμως μεγάλες ομοιότητες μεταξύ των ειδών *A. gallica* και *A. cepistipes* στην καλλιέργεια, καθώς επίσης και μεταξύ των ειδών *A. mellea* - *A. tabescens* και *A. ostoyae* - *A. borealis*. Ωστόσο, σε θρεπτικό υπόστρωμα εκχυλίσματος καρότου με άγαρο (CA) ήταν δυνατή η διάκριση μεταξύ *A. mellea* και *A. tabescens*, όχι όμως και μεταξύ των ειδών *A. gallica* και *A. cepistipes*, τα οποία μπορούν να αναγνωριστούν μόνο με συζεύξεις μυκηλίων (Τσόπελας 1997).

4.3 Μέθοδοι μοριακής βιολογίας

Ο διαχωρισμός ορισμένων ειδών *Armillaria* έχει πραγματοποιηθεί με τη χρησιμοποίηση τεχνικών ηλεκτροφόρησης ισοενζύμων και άλλων πρωτεϊνών με αρκετά καλά αποτελέσματα (Morrison κ.α. 1984, Berube 1994, Suzuki κ.α. 1994). Επίσης, έχουν χρησιμοποιηθεί μονοκλωνικά αντισώματα για την αναγνώριση των ειδών. Για τα είδη *A. mellea*, *A. gallica*, και *A. ostoyae* έχουν δημιουργηθεί μέθοδοι ELISA και “dip-stick” για την απευθείας αναγνώρισή τους από προσβεβλημένο ξύλο (Priestley κ.α. 1994).

Τα τελευταία χρόνια έχουν χρησιμοποιηθεί σε μεγάλη έκταση τεχνικές ανάλυσης του DNA κυρίως από μιτοχόνδρια και ριβοσωμάτια, για την ταυτοποίηση των ειδών *Armillaria*. Με τη μελέτη των αλληλουχιών γονιδίων στο ριβοσωμικό DNA, έχει προσδιοριστεί η φυλογενετική συγγένεια μεταξύ των διαφόρων ειδών *Armillaria* του βορείου ημισφαιρίου (Anderson & Stasovski 1992). Οι Smith κ.α. (1992), χρησιμοποιώντας τις τεχνικές RFLP και RAPD ανάλυσης μιτοχονδριακού DNA, προσδιόρισαν το μέγεθος ενός πολύ μεγάλου κλώνου του *A. gallica* (ή *A. bulbosa* όπως αναφέρεται), στο Michigan των ΗΠΑ. Τα ριζομόρφα του κλώνου αυτού εκτείνονται σε έκταση 15 εκταρίων (Ha) και ζυγίζουν περισσότερο από 10 tn. Ο κλώνος αυτός θεωρήθηκε ότι έχει το σημεινικό του μέγεθος μόνο με βλαστική αύξηση και όχι από διασταυρώσεις αμφιθαλών

μυκηλίων. Δηλαδή, είναι γενετικά σταθερός για περισσότερο από 1.500 περίπου χρόνια, όπως υπολογίστηκε η ηλικία του.

5. Συμπεράσματα

Οι εκτεταμένες έρευνες, σε ό,τι αφορά τη βιολογία των μυκήτων του γένους *Armillaria*, συνέβαλαν στη διαλεύκανση του βιολογικού κύκλου και βοήθησαν στον προσδιορισμό των διαφορετικών βιολογικών ειδών, επί τη βάσει συζεύξεων. Ο τρόπος αυτός προσέγγισης του προβλήματος βοήθησε σημαντικά τους ερευνητές που ασχολήθηκαν με την ταξινόμηση των ειδών. Ορίστηκαν ταξινομικά είδη των οποίων τα βασιδιοκάρπια είχαν μορφολογικές διαφορές, και οι συζεύξεις απέδειξαν ότι ήταν διαφορετικές οντότητες που δεν ανταλλάσσουν γονίδια μεταξύ τους. Αυτό οδήγησε στην περιγραφή νέων ειδών, αλλά και επιβεβαίωσε την ύπαρξη ειδών που είχαν περιγραφεί με μορφολογικά κριτήρια μόνο.

Η χρήση σύγχρονων τεχνικών μοριακής βιολογίας επιβεβαίωσαν τις διαφορές μεταξύ των ειδών και έδωσαν τη δυνατότητα προσδιορισμού της φυλογενετικής σχέσης μεταξύ των διαφόρων ειδών *Armillaria*. Επίσης, ορισμένες τεχνικές μπορεί να εφαρμοστούν ως διαγνωστικές μέθοδοι.

Οι συζεύξεις μεταξύ διπλοειδών και απλοειδών απομονώσεων επιτρέπουν την αναγνώριση απομονώσεων από βλαστικά μυκήλια. Επίσης, είναι δυνατή η ταυτοποίηση των ειδών *Armillaria* επί τη βάσει των καλλιεργητικών χαρακτηριστικών του βλαστικού μυκηλίου. Αυτές οι μέθοδοι δίνουν τη δυνατότητα στο φυτοπαθολόγο να αναγνωρίσει το είδος *Armillaria* από απομονώσεις που γίνονται από φυτό, χωρίς την παρουσία βασιδιοκαρπίων, τα οποία άλλωστε είναι σπάνια στη φύση.

Taxonomy, life cycle and identification methods of *Armillaria* species

Panaghiotis Tsopeles¹

Summary

Armillaria species taxonomy and life cycles are reviewed here. More than 30 species of *Armillaria* are now recognized around the world. The species that are better known are those that occur in Europe, North America, Australasia and certain areas of the Far East. Certain species have a limited distribution in one area, while others occur in different continents. Some of the European species occur also in North America, and the Far East. However, *Armillaria* species of the southern hemisphere are different from the ones present in the northern hemisphere. An extensive review of the life cycles of *Armillaria* species is presented, and also the use of mating tests in identification of biological species. Mating tests were very useful in elucidating the taxonomic confusion of the genus *Armillaria*; also, it is considered as the most reliable method of species identification.

Key words: *Armillaria*, taxonomy, biological species, life cycle, mating tests.

Βιβλιογραφία

- Abomo-Ndong, S., Mohammed, C. & Guillaumin, J.J., 1997. Sexual behaviour of *Armillaria heimii* and *A. mellea* isolates from Africa. *Eur. J. For. Path.* **27**: 207-224.
- Anderson, J. B., 1986. Biological species of *Armillaria* in North America: redesignation of groups IV and VIII and enumeration of voucher strains for other groups. *Mycologia* **78**: 837-839.
- Anderson, J. B., Korhonen, K., & Ullrich, R. C., 1980. Relationships between European and North American biological species of *Armillaria mellea*. *Experim. Mycol.* **4**: 87-95.
- Anderson, J. B., & Stasovski, E., 1992. Molecular phylogeny of northern hemisphere species of *Armillaria*. *Mycologia* **84**: 505-516.
- Anderson, J. B., & Ullrich, R.C., 1979. Biological species of *Armillaria mellea* in North America. *Mycologia* **71**: 402-414.

¹ N.AG.RE.F.-Institute of Mediterranean Forest Ecosystems, 115 28 Athens, Greece.

- Anderson, J. B. & Ullrich, R. C. 1982. Diploids of *Armillaria mellea*: synthesis, stability, and mating behaviour. *Can. J. Bot.* **60**: 432-439.
- Berube, J.A., 1994. Identification of Newfoundland *Armillaria* species using isoenzymes. In: Johansson, M. & Stenlid, J. eds. Proceedings of the 8th international conference on root and butt rots, August 9-16, 1993, Wik, Sweden and Haikko, Finland, IUFRO: 355-366.
- Buller, A.H.R., 1931. Researches on fungi. IV. Longman's, Green and Co., London, N.Y., Toronto, p. 329.
- Burnett, J.H., 1956. The mating system of fungi, I. *New Phytol.* **55**: 50-90.
- Carvalho, D.B., Smith, M.L. & Anderson, J.B., 1995. Genetic exchange between diploid and haploid mycelia of *Armillaria gallica*. *Mycol. Res.* **99**: 641-647.
- Casselton, L.A., 1965. The production and behaviour of diploids of *Coprinus cinereus*. *Genet. Res.* **6**: 190-198.
- Cha, J.Y. & Igarashi, T., 1995. A note on *Armillaria mellea* subsp. *nipponica* subsp. nov. in Japan. *Mycoscience* **36**: 143-146.
- Cha, J.Y., Sung, J.M. & Igarashi, T., 1994. Biological species and morphological characteristics of *Armillaria mellea* complex in Hokkaido: *A. sinapina* and two new species, *A. jezoensis* and *A. singula*. *Mycoscience* **35**: 39-47.
- Esser, K. & Hoffmann, P., 1977. Genetic basis for speciation in higher Basidiomycetes with special reference to the genus *Polyporus*. In: Clemercon, H. ed. The species concept in Hymenomycetes, Vaduz Cramer: 189-194.
- Guillaumin, J.J., Anderson, J.B., & Korhonen, K., 1991. Life cycle, intersterility, and biological species. In Shaw, C.G. & Kile, G.A., eds. *Armillaria* root disease. Agriculture Handbook No. 691 USDA Forest Service, Washington, D.C. : 10-20
- Guillaumin, J.J., Anderson, J.B., Legrand, P., Ghahari, S. & Berthelay, S., 1996. A comparison of different methods for the identification of genets of *Armillaria* spp. *New Phytol.* **133**: 333-343.
- Guillaumin, J.J. & Lung, B. & Romagnesi, H., 1985. Systematique des *Armillaires* du groupe *Mellea*. Consequences phytopathologiques. *Eur. J. For. Path.* **15**: 268-277.
- Guillaumin, J. J., Mohammed, C. & Berthelay, S., 1989. In: *Armillaria* species in the northern temperate hemisphere. In: Morrison D.J., ed. Proceedings of the 7th International Conference on Root and Butt Rots., August 9-16, 1988, Vernon & Victoria, B.C. Canada, IUFRO: 27-43.
- Hintika, V., 1973. A note on polarity of *Armillaria mellea*. *Karstenia* **13**: 32-39.
- Intini, M., & Gabucci, R., 1987. Caratteristiche culturali di alcune specie italiane di *Armillaria*. *Micologia Italiana* **16** : 75-84.
- Kile, G.A., 1986. Genotypes of *Armillaria hinnulea* in wet sclerophyll eucalypt forest in Tasmania. *Trans. Br. Mycol. Soc.* **87**: 312-314.
- Kile, G. A., Guillaumin, J. J., Mohammed, C., & Watling, R., 1994. Biogeography and pathology of *Armillaria*. In: Johansson, M. & Stenlid, J. eds. Proceedings of the 8th international conference on root and butt rots, August 9-16, 1993, Wik, Sweden and Haikko, Finland, IUFRO: 411-436.
- Kile, G.A. & Watling, R., 1983. *Armillaria* species from south-eastern Australia. *Trans. Br. Mycol. Soc.* **81**: 129-140.
- Korhonen, K., 1978. Intersterility and clonal size in the *Armillariella mellea* complex. *Karstenia* **18**: 31-42.
- Korhonen, K., 1995. *Armillaria* since Elias Fries. *Acta Univ. Ups. Symb Ups.* **XXX** (3): 153-161.
- Korhonen, K. & Hintika, V., 1974. Cytological evidence for somatic diploidization in dikaryotic cells of *Armillaria mellea*. *Arch. Microbiol.* **95**:187-192.
- Lamoure, D. & Guillaumin, J.J., 1985. Le cycle caryologique des Armillaires du group mellea. *Eur. J. For. Path.* **15**: 288-293.
- Legrand, P., Ghahari, S. & Guillaumin, J.J., 1996. Occurrence of genets of *Armillaria* spp. in four mountain forests in Central France: the colonisation strategy of *Armillaria ostoyae*. *New Phytol.* **133**: 321-332.
- Mohammed, C., Guillaumin J.J. & Berthaley, S., 1994a. *Armillaria* species identified in China and Japan.

- Mycol. Res. **98**: 607-613
- Mohammed, C., Guillaumin J.J., Botton, B. & Intini, M., 1994β. Species of *Armillaria* in tropical Africa. In: Johansson, M. & Stenlid, J. eds. Proceedings of the 8th international conference on root and butt rots, August 9-16, 1993, Wik, Sweden and Haikko, Finland, IUFRO: 402-410.
- Morrison, D. J., Chu, D. & Johnson A.L.S., 1985. Species of *Armillaria* in British Columbia. Can. J. Plant Path. **7**: 242-246.
- Morrison, D. J., Thomson, A.J. & Chu, D., 1984. Characterisation of *Armillaria* intersterility groups by isozyme patterns. In: Kile, G.A., ed. Proceedings of the 6th international conference on root and Butt rots. Melbourn, Victoria, and Gympie, Australia, IUFRO: 2-11.
- Munda, A., 1997. Research on honey fungus (*Armillaria*[Fr.:Fr.] Staude) in Slovenia (in Slovenian). In: Proceedings on the occasion of 50 years of the Slovenian Forestry Institute, Ljubljana, Slovenia, pp. 211-220.
- Ota, Y., Matsuhita, N., Nagasawa, E., Terashita, T., Fukuda, K., and Suzuki, K. 1998. Biological species of *Armillaria* in Japan. Plant Dis. **82**:537-543.
- Peabody, D.C., Motta, J.J., & Therrien, C.D. 1978. Cytophotometric evidence for heteroploidy in the life cycle of *Armillaria mellea*. Mycologia **70**:487-498.
- Peabody, R.B. & Peabody, D.C., 1987. Haploid monokaryotic basidiocarpe tissues in species of *Armillaria*. Can. J. Bot. **65**: 69-71.
- Priestley, R., Mohammed, C., & Dewey F.M. 1994. The development of monoclonal antibody based ELISA and dip-stick assays for the detection and identification of wood infected with European species of *Armillaria*. In: Johansson, M. & Stenlid, J. eds. Proceedings of the 8th international conference on root and butt rots, August 9-16, 1993, Wik, Sweden and Haikko, Finland, IUFRO: 498-503.
- Raabe, R.D. 1962. Host list of the root fungus, *Armillaria mellea*. Hilgardia **33**: 25-88.
- Raper, J.R., 1966. Genetics of sexuality in higher fungi. Ronald Press, N.Y., p. 283.
- Rayner, A.D.M., 1991. The challenge of the individualistic mycelium. Mycologia **83**: 48-71.
- Rishbeth, J., 1986. Some characteristics of English *Armillaria* species in culture. Trans. Br. Mycol. Soc. **85**: 213-218.
- Rizzo, D.M., & Harrington, T.C., 1992. Nuclear migration in diploid-haploid pairings of *Armillaria ostoyae* Mycologia **84**: 863-869
- Romagnesi, H., 1970. Observations sur les *Armillariella*, (I). Bulletin de la Societe Mycologique de France **86**: 257-265.
- Romagnesi, H., 1973. Observations sur les *Armillariella*, (II). Bulletin de la Societe Mycologique de France **86**: 257-265.
- Romagnesi, H. & Marxmuller, H., 1983. Itude complementaire sur les Armillaires annees. Bull.Soc. Mycol. France **99**: 301-324.
- Singer, R., 1956. The *Armillaria mellea* group. Lloydia **19**: 176-178.
- Singer, R., 1978. Keys for the identification of the species of Agaricales I. Sydowia **30**:192-279.
- Smith, M. L., Bruhn, J. N. & Anderson, J. B. 1992. The fungus *Armillaria bulbosa* is among the largest and the oldest living organisms. Nature **356**: 428-431.
- Suzuki, K, Luisi, N., Shiga, Y., Matsuhita, N. & Terashita, T., 1994. Identification of Japanese biological species of *Armillaria* by isozyme patterns. In: Johansson, M. & Stenlid, J. eds. Proceedings of the 8th international conference on root and butt rots, August 9-16, 1993, Wik, Sweden and Haikko, Finland, IUFRO: 376-382.
- Tommerup, I.C. & Broadbent, D., 1975. Nuclear fusion, meiosis and the origin of dikaryotic hyphae in *Armillaria mellea*. Arch. Microbiol. **103**: 279-282.
- Τσόπελας, Π., 1997. Μελέτη των παρασιτικών ειδών του γένους *Armillaria* στον ελληνικό χώρο. Διδακτορική διατριβή, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, σελ. 201.
- Volk, J.T. & Burdsall, H.H. Jr., 1995. A nomenclatural study of *Armillaria* and *Armillariella* species

- (Basidiomycotina, Tricholomataceae). Synopsis Fungorum 8. Fungiflora - Oslo - Norway. p. 121.
- Volk, J.T. & Burdsall, H.H., Jr. & Banik, M.T., 1996. *Armillaria nabsona*, a new species from western North America. Mycologia **88**: 484-491.
- Wargo, P.M. & Shaw, C.G., 1985. *Armillaria* root rot: the puzzle is being solved. Plant Dis. **69**: 826-832.
- Watling, R., Kile, G.A., & Burrsall, H.H. Jr., 1991. Nomenclature, taxonomy, and identification. In Shaw, C.G. & Kile, G.A., eds. *Armillaria* root disease. Agriculture Handbook No 691, USDA Forest Service, Washington, D.C.:1-9.
- Watling, R., Kile, G.A., & Gregory, N.M., 1982. The genus *Armillaria*-nomenclature, typification, the identity of *Armillaria mellea* and species differentiation. Trans. Br. Myc. Soc. **78**: 271-285.
- Zervakis, G. & Balis, C., 1996. A pluralistic approach in the study of *Pleurotus* species with emphasis on compatibility and physiology of the European morphotaxa. Mycol. Res. **100**: 717-731.