

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΓΕΝΙΚΟ ΤΜΗΜΑ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ: ΘΕΤΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΣΤΗ ΓΕΩΠΟΝΙΑ

ΚΛΑΔΟΣ: ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ

**ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ
ΓΙΑ ΤΗΝ ΟΡΙΟΘΕΤΗΣΗ ΠΕΡΙΟΧΩΝ
ΦΥΣΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΗΤΗΣ ΑΝΑΓΕΝΝΗΣΗΣ ΣΤΟ ΔΑΣΟΣ ΤΑΪΓΕΤΟΥ**

Μεταπτυχιακή Διατριβή

ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ Γ. ΑΓΓΕΛΟΠΟΥΛΟΣ

Δασολόγος

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

Επιβλέπων: **Νικόλαος Λορέντζος, Καθηγητής Γ.Π.Α.**

Συνεπιβλέποντες: **Βασιλική Κόλλια-Κουσουρή, Καθηγήτρια Γ.Π.Α.**

Διονύσιος Καλύβας, Επίκουρος Καθηγητής Γ.Π.Α.

ΑΘΗΝΑ ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2010

Ευχαριστίες

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια των εκπαιδευτικών υποχρεώσεων του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών (Π.Μ.Σ.) «Θετικές Επιστήμες στη Γεωπονία» του Γενικού Τμήματος του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών, στο Κλάδο της Γεωπληροφορικής.

Αντικείμενο της εργασίας είναι η διερεύνηση της εφαρμογής των μεθόδων της Αναλυτικής Ιεραρχικής Διαδικασίας (Analytic Hierarchy Process-A.H.P.) και του Διατεταγμένου Σταθμισμένου Μέσου (Ordered Weighted Averaging-O.W.A.) σε συνδυασμό με τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (Geographical Information System-G.I.S.), ως συστατικό στοιχείο λήψης απόφασης και βασικό εργαλείο στην διαχείριση διαταραγμένων οικολογικά περιοχών και ιδιαιτέρως κατεστραμμένων από πυρκαγιά εκτεταμένων δασικών οικοσυστημάτων, των οποίων η αποκατάσταση χρίζει προσεκτικών και μελετημένων διαχειριστικών μέτρων. Η εφαρμογή των παραπάνω μεθόδων έγινε στην περιοχή του Δημόσιου Δάσους Ταυγέτου του Ν. Μεσσηνίας του οποίου σημαντική έκταση καταστράφηκε από πυρκαγιά το έτος 2007 και έχει ήδη ξεκινήσει η τιτάνια προσπάθεια για την αναδημιουργία και αποκατάστασή του.

Από τη θέση αυτή θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τόσο τον επιβλέποντα Καθηγητή μου κύριο Νίκο Λορέντζο όσο και τους συνεπιβλέποντες Καθηγητές κυρία Βασιλική Κόλλια-Κουσουρή και τον Επίκουρο Καθηγητή Διονύση Καλύβα για την απλόχερη βοήθεια που μου έδωσαν, για τις χρήσιμες συμβουλές τους σε όλα τα στάδια εκπόνησης της μεταπτυχιακής εργασίας καθώς και για τις εύστοχες παρατηρήσεις τους επί του τελικού κειμένου. Οι ευχαριστίες αυτές δεν εμπνέονται μόνο από το σεβασμό προς το λειτούργημα που ασκούν αλλά και της υπομονής που έδειξαν μέχρι να ολοκληρωθεί αυτή η εργασία.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου, τη σύζυγο μου Αναστασία και το γιό μου Κωνσταντίνο για την μέγιστη κατανόηση που έδειξαν όλο αυτό το χρονικό διάστημα προκειμένου να αφοσιωθώ απρόσκοπτα στην εκπόνηση της παρούσας εργασίας.

Τέλος δεν μπορώ να μην εκφράσω τις ευχαριστίες μου σε όλους τους, συναδέλφους και μη, που με τις απόψεις και τους προβληματισμούς που κατέθεσαν, το προηγούμενο χρονικό διάστημα, με βοήθησαν να κατανοήσω πιο βαθιά τα ζητήματα που προκύπτουν κατά την διαδικασία αποκατάστασης των διαταραγμένων δασικών οικοσυστημάτων.

Παναγιώτης Γ. Αγγελόπουλος, Δεκέμβριος 2010

**«ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΟΡΙΟΘΕΤΗΣΗ ΠΕΡΙΟΧΩΝ
ΦΥΣΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΗΤΗΣ ΑΝΑΓΕΝΝΗΣΗΣ ΣΤΟ ΔΑΣΟΣ ΤΑΪΓΕΤΟΥ»**

ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ Γ. ΑΓΓΕΛΟΠΟΥΛΟΣ

*Μεταπτυχιακή Διατριβή που κατατέθηκε στο Γενικό Τμήμα του
Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών*

*Στη σύζυγο μου Αναστασία
και στο γιό μου Κωνσταντίνο*

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία αποτελεί μια μικρή συμβολή στον πειραματισμό που πραγματοποιείται συνεχώς και αφορά στους τρόπους και στις μεθόδους για την ορθολογικότερη αποκατάσταση διαταραγμένων δασικών οικοσυστημάτων, με κύρια έμφαση στα κατεστραμμένα από πυρκαγιά οικοσυστήματα, συνηθισμένο φαινόμενο των χερσαίων εκτάσεων της Μεσογειακής λεκάνης. Η μέθοδος που περιγράφεται εφαρμόστηκε στην περιοχή του καμένου Δάσους του Ταϊγέτου που καταστράφηκε στην διάρκεια των μεγάλων πυρκαγιών της Πελοποννήσου, το θέρους του 2007 και βασίζεται στη γνωστή θεωρία της *Πολυκριτηριακής Ανάλυσης Προβλημάτων (MCA)*, η οποία εφαρμόζεται σε περιβάλλον Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών. Στην ανάλυση χρησιμοποιήθηκαν οι μέθοδοι της *Αναλυτικής Ιεραρχικής Διαδικασίας (A.H.P)* και του *Διατεταγμένου Σταθμισμένου Μέσου (O.W.A)*, οι οποίες εφαρμόζονται συνδυαστικά μέσα από μια ειδική επέκταση λογισμικού, το MCA-FLOWA, στο περιβάλλον του προγράμματος Arc-GIS 9.3 της ESRI. Δημιουργήθηκε κατάλληλο πολυκριτηριακό μοντέλο, βασισμένο στους κλιμεταδαφικούς και οικολογικούς παράγοντες που επηρεάζουν την φυσική και τεχνητή αναγέννηση του κατεστραμμένου δάσους. Δημιουργήθηκαν επτά (7) διαφορετικά σενάρια αποκατάστασης, των οποίων τα θεωρητικά αποτελέσματα συγκρίθηκαν με τα αποτελέσματα που προέκυψαν από 127 θέσεις δειγματοληψίας, κατανεμημένων σε όλη την μελετώμενη περιοχή. Η σύγκριση έδειξε ότι κατάλληλα σενάρια είναι τα μετριοπαθή που αντιστοιχούν στους ασαφείς γλωσσικούς ποσοδείκτες *half* και *many* του λογισμικού FLOWA. Τα αποτελέσματα των παραπάνω σεναρίων δείχνουν ότι αναμένεται φυσική αναγέννηση σε ποσοστό 37-40%, εφαρμογή σποράς σε ποσοστό 22-38% και, τέλος, εφαρμογή τεχνητών φυτεύσεων σε ποσοστό 22-40% της καμένης επιφάνειας του δάσους.

Λέξεις κλειδιά: Γ.Π.Σ., Αναδάσωση, Πολυκριτηριακή Ανάλυση, MCA, AHP, OWA, FLOWA

ABSTRACT

This MsC Thesis represents a small contribution to an experimentation that continuously takes place and concerns ways and methods for a more rational restoration of disordered forest ecosystems, with main emphasis to fire-destroyed ecosystems, an ordinary phenomenon of the terrestrial areas of the Mediterranean basin. The method described was applied to the region of the burnt Forest of Taygetos, which was destroyed by the big fires of Peloponnese, in Greece, during the summer of 2007. The method is based on the known theory of Multi-Criteria Analysis (MCA), which is applied in Geographic Information Systems environments. The analysis made use of the Analytic Hierarchy Process (A.H.P.) and the Ordered Weighted Averaging (O.W.A.) methods, which are applied in combination in a special software extension, the MCA-FLOWA, in the Arc-GIS of 9.3 ESRI environment. A suitable multi-criteria model was developed, based on the on the environmental and ecological factors which affect the natural and artificial restoration of a destroyed forest. Seven (7) distinct restoration scenarios were developed, whose theoretical results were compared with the results obtained from 127 sample positions, which had been distributed in the whole area under study. The comparison showed that suitable scenarios are those *moderate*, which correspond to the fuzzy linguistic quantifiers *half* and *many* of the FLOWA software. The results of the above scenarios show that, in the burnt area of the forest, the expectations are for a 37-40% natural restoration, a 22-38% application of seeding and, finally, a 22-40% of artificial planting.

Key words: G.I.S., Forest restoration, Multi-Criteria Analysis, AHP, OWA, FLOWA

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	9
1.1 Ορισμός του Προβλήματος	9
1.2 Βασικά Ζητήματα για την Αναδημιουργία των Δασών	10
1.3 Συσχέτιση του Προβλήματος με τις Μεθόδους Πολυκριτηριακών Αναλύσεων	13
1.4 Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών.....	13
1.5 Σκοπός της Μελέτης.....	14
1.6 Δομή Εργασίας	15
2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ-ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ	17
2.1 ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΔΑΣΟΣ-ΙΔΙΑΙΤΕΡΟΤΗΤΕΣ-ΑΝΑΓΕΝΝΗΣΗ.....	17
2.1.1 Εισαγωγή.....	17
2.1.2 Μεσογειακό Δάσος και Παράγοντες Ανάπτυξης	18
2.1.3 Διαδοχή και Εξέλιξη Δασικών Οικοσυστημάτων	23
2.1.4 Αναγέννηση- Αναδημιουργία των Δασών.....	24
2.2 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.....	29
2.2.1 Εισαγωγή.....	29
2.2.2 Ορισμός-Γενική Περιγραφή των Γ.Σ.Π.....	30
2.2.3 Λειτουργικότητα των Γ.Σ.Π. στη διαχείριση των Φυσικών Πόρων και του Περιβάλλοντος.....	33
2.2.4 Γ.Σ.Π. και Δασοπονία.....	35
2.3 ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	37
2.3.1 Εισαγωγή.....	37
2.3.2 Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία.....	39
2.3.4 Η Μέθοδος του Διατεταγμένου Σταθμισμένου Μέσου.....	45
2.3.5 Α.Η.Ρ., Ο.Ω.Α και Γ.Σ.Π.....	51
3. ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΡΕΥΝΑΣ- ΥΛΙΚΑ-ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	56
3.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	56
3.1.1 Γενική περιγραφή.....	56

3.1.2 Γενική περιγραφή του Δάσους του Ταυγέτου	57
3.1.3 Ιστορικό του Δάσους Ταυγέτου	59
3.1.4 Καθορισμός Περιοχής Μελέτης	61
3.1.5 Γεωλογικό υπόβαθρο.....	64
3.1.6 Έδαφος.....	64
3.1.7 Κλίμα	66
3.1.8 Βλάστηση-Φυτοκοινωνιολογική Κατάταξη.....	74
3.1.9 Πανίδα.....	78
3.1.10 Επιπτώσεις από την Πυρκαγιά του 2007.....	78
3.2 ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΔΑΣΟΠΟΝΙΚΩΝ ΕΙΔΩΝ	79
3.2.1 Εισαγωγικά.....	79
3.2.2 Μαύρη Πεύκη.....	80
3.2.3 Κεφαλληνιακή Ελάτη.....	83
3.3 ΥΛΙΚΑ-ΔΕΔΟΜΕΝΑ	84
3.4 ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ.....	86
3.4.1 Εισαγωγή.....	86
3.4.2 Μέθοδος Δειγματοληψίας.....	87
3.4.3 Στατιστική Ανάλυση	88
3.4.2 Συμπεράσματα Δειγματοληψίας	100
3.5 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	101
3.5.1 Εισαγωγικά.....	101
3.5.2 Περιγραφή της μεθόδου.....	104
3.5.3 Παράγοντες-Κριτήρια του Πολυκριτηριακού Μοντέλου	105
4. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ- ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	117
4.1 Έναρξη Διαδικασίας.....	117
4.2 Εφαρμογή Αναλυτικής Ιεραρχικής Διαδικασίας	117
4.3 Χρησιμοποίηση Γλωσσικών Ποσοδεικτών	119

4.4 Αξιολόγηση Σεναρίων	128
4.5 Σενάρια και Σχεδιασμός Αποκατάστασης του Δάσους.....	133
5. ΣΥΝΟΨΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	136
5.1 Συζήτηση	136
5.2 Συμπεράσματα	138
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	140

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Ορισμός του Προβλήματος

Το διαχειριζόμενο Δάσος Ταυγέτου εξαπλώνεται κυρίως στις δυτικές κορυφογραμμές του ομώνυμου ορεινού όγκου και είναι δάσος κωνοφόρων συντιθέμενο από αμιγείς συστάδες Μαύρης Πεύκης(*Pinus nigra*, J.F.Arnold) και Κεφαλληνιακής Ελάτης(*Abies cephalonica*, J.W.Loudon) αλλά και από μικτές συστάδες μεταξύ των δύο δασοπονικών ειδών. Εξαπλώνεται από το υψόμετρο των 750 μ. μέχρι εκείνο των 1850 μ. Η έκταση του δάσους είναι περίπου 130.000 στρέμματα (13.000 εκτάρια).

Το δάσος υφίσταται διαχείριση όλο το διάστημα μετά τον Β' παγκόσμιο πόλεμο, με βάση διαχειριστικές μελέτες που εκπονούνται περίπου κάθε 10 χρόνια. Παρά το μεγάλο υψόμετρο στο οποίο αναπτύσσεται, τα τελευταία χρόνια έχουν συμβεί αρκετές καταστροφές από πυρκαγιές. Το τελευταίο περιστατικό, τον Αύγουστο-Σεπτέμβριο του 2007, ήταν το καταστρεπτικότερο όλων, αφού έκαψε 45.000 στρέμματα, μεταξύ των οποίων περιλαμβάνεται και η τεχνητή και φυσική αναγέννηση που είχε προκύψει μετά την πυρκαγιά του έτους 1998. Η πυρκαγιά του 2007, εκτός του νεαρού δάσους που είχε προκύψει από φυσική και τεχνητή αναγέννηση, κατέκαψε υψηλό παραγωγικό δάσος μεγάλης ηλικίας, σε έκταση περίπου 25.000 στρεμμάτων, αποτελούμενο κυρίως από συστάδες Μαύρης Πεύκης.

Μετά από τέτοιου μεγέθους καταστροφές, ένα από τα κυρίαρχα ζητήματα που πρέπει να αντιμετωπιστούν είναι πώς και με ποιό τρόπο θα αναδημιουργηθεί το δάσος. Ο σχεδιασμός της αποκατάστασης στηρίζεται στην απάντηση μιας σειράς ερωτημάτων. Η αποκατάσταση του φυτικού κεφαλαίου μπορεί να στηριχτεί μόνο στη φυσική αναγέννηση; Το αναμενόμενο ποσοστό φυσικής αναγέννησης είναι τέτοιο ώστε αυτή θα πρέπει να υποβοηθηθεί με τεχνητή αναγέννηση (τεχνητές φυτεύσεις ή σπορές); Πού θα πρέπει να αναμένουμε φυσική αναγέννηση και Πού πρέπει να επέμβουμε τεχνητά;

Οι απαντήσεις στα παραπάνω ερωτήματα έχουν να κάνουν κυρίως με την κατάσταση του εδάφους μετά το πέρασμα της φωτιάς, τις κλιματικές συνθήκες, την μορφολογία του εδάφους, την έκθεση ως προς τον ορίζοντα, την απόσταση από ώριμες μη καταστραμμένες συστάδες του δάσους, τη σύσταση του εδάφους κ.α.

Το σύνολο της επιφάνειας του δάσους που κάηκε δεν έχει ομοιόμορφα χαρακτηριστικά. Γι' αυτό και πρέπει να γίνει μία επί μέρους κατηγοριοποίηση, ανάλογα με τα επί μέρους χαρακτηριστικά που έχουν οι επιμέρους επιφάνειες.

Η κατηγοριοποίηση αυτή αρκετές φορές γίνεται εμπειρικά και με μεγάλο βαθμό αυθαιρεσίας, με αποτέλεσμα να παρατηρούνται κατά την πορεία αποκατάστασης του δάσους διάφορα προβλήματα. Ενδεικτικά σε επιφάνειες που έχουν επιλεγεί για φυσική αναγέννηση δεν παρατηρούνται τα αναμενόμενα αποτελέσματα (μικρό ποσοστό παρουσίας νεαρών φυταρίων) ή εφαρμόζονται τεχνητές φυτεύσεις σε επιφάνειες που δεν χρειάζεται διότι η επιτυχία της φυσικής αναγέννησης θεωρείται εξασφαλισμένη ή επιλέγεται η τεχνική της σποράς σε επιφάνειες στις οποίες δεν ενδείκνυται. Όλα τα παραπάνω προβλήματα έχουν ως συνέπεια σημαντικές καθυστερήσεις στην αποκατάσταση του δάσους ή άσκοπη σπατάλη χρημάτων και εργασίας για την αναδάσωση μιας επιφάνειας την στιγμή που θα μπορούσαν τα παραπάνω μέσα να διατεθούν σε άλλη επιφάνεια που πραγματικά το έχει ανάγκη.

Χωρίς να παραγνωρίζεται η διάκριση επιμέρους επιφανειών επέμβασης με τον παραδοσιακό εμπειρικό τρόπο, μία διάκριση με αυτοματοποιημένες μεθόδους χωρικής ανάλυσης μπορεί να συμβάλει τα μέγιστα στον ορθολογικό σχεδιασμό της αποκατάστασης των υπό αναγέννηση εκτάσεων. Η εφαρμογή τέτοιων μεθόδων σε ένα περιβάλλον Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών, με την χρησιμοποίηση μάλιστα διάφορων κριτηρίων-παραμέτρων, μπορεί να αποδειχτεί βασικό εργαλείο για τον μελλοντικό χειρισμό της καμένης περιοχής και την επίτευξη του τελικού σκοπού, που είναι η επαναδημιουργία του δάσους.

1.2 Βασικά Ζητήματα για την Αναδημιουργία των Δασών

Η αναδημιουργία του δάσους ή αλλιώς η αναγέννηση, στις περισσότερες των περιπτώσεων αποτελεί ένα δύσκολο, τεχνικά και οικολογικά, εγχείρημα και αυτό γιατί η επιτυχία δεν είναι από τα πριν εξασφαλισμένη, εξαρτάται από πολλούς βιοτικούς και αβιοτικούς παράγοντες και, το κυριότερο και ειδικά για τα υψηλά δάση, είναι μια χρονοβόρα διαδικασία με χρονική περίοδο αναφοράς, σε κάποιες περιπτώσεις άνω των 50-80 ετών (π.χ. αναγέννηση Ελάτης). Αυτό συμβαίνει γιατί τα δασικά οικοσυστήματα υφίστανται διαχείριση με μεγάλες περιόδους αναφοράς και τα τελικά αποτελέσματα του αρχικού δασοπονικού σχεδιασμού θα διαπιστωθούν μετά από 50 με 60 έτη. Είναι κατανοητό ότι ένας λαθεμένος διαχειριστικός

σχεδιασμός θα αποτιμηθεί και αξιολογηθεί πολλά χρόνια αργότερα και οι πιθανές αστοχίες θα έχουν κοστίζει ακριβά, τόσο οικολογικά όσο και οικονομικά. Στην Δασοπονία δεν υπάρχει η πολυτέλεια εφαρμογής τεχνικών που εφαρμόζονται στην Γεωργία, διότι τα δασικά δέντρα μεγαλώνουν αργά σε σχέση με τα γεωργικά φυτά (δεν υφίσταται για παράδειγμα θέμα εναλλαγής καλλιεργειών), αναπτύσσονται σε εκτεταμένες, σε σχετικά απρόσιτες και με μεγάλη κλίση εκτάσεις, ούτε βέβαια μπορούν να εφαρμοστούν στα δάση υποβοηθητικές εργασίες για την θρέψη των φυτών (λιπάνσεις, επιχωματώσεις, βελτιώσεις εδαφικών ιδιοτήτων, εκτεταμένες αρδεύσεις, κ.α.).

Η επιτυχής επαναδημιουργία του δάσους έχει να κάνει με την επιτυχή σύμπλευση των διάφορων παραγόντων αναγέννησης, ως ένα σημείο αλληλοεξαρτώμενων μεταξύ των, αλλά και με την δυνατότητα που διαθέτει το ίδιο το οικοσύστημα να ανταπεξέλθει στην δυσμενή για αυτό σημαντική και συνήθως απότομη αρνητική εξέλιξη. Από τους παράγοντες που καθορίζουν την επιτυχή επαναδημιουργία του δάσους, οι κυριότεροι είναι το κλίμα, το έδαφος, η βιοκλιματική ζώνη εξάπλωσης, οι βιολογικές απαιτήσεις των ειδών που συνθέτουν το δάσος, η δυνατότητα αυτών των ειδών να ανταπεξέλθουν σε δυσμενείς γι' αυτά συνθήκες κ.α. (Ντάφης, 1986).

Η πιο σοβαρή απειλή για τα δασικά οικοσυστήματα της χώρας μας είναι οι πυρκαγιές, οι οποίες υποβοηθούμενες από τις ευνοϊκές καιρικές συνθήκες της θερινής περιόδου έχουν την δυνατότητα να καταστρέψουν σε μικρό σχετικά χρόνο ό,τι η φύση με κόπο δημιούργησε για χρονικό διάστημα αιώνων. Ειδικότερα, σε μεγάλα σε έκταση γεγονότα πυρκαγιάς, οι καταστροφές είναι εκτεταμένες αγγίζοντας όχι μόνο τα δασικά οικοσυστήματα αλλά και την τοπική οικονομία, αφού καταστρέφονται γεωργικές καλλιέργειες, οικισμοί και υποδομές ενώ δεν λείπουν και οι απώλειες σε ανθρώπινες ζωές. Πέραν των άμεσων καταστροφών από τέτοια γεγονότα πυρκαγιών, προκύπτουν και σοβαρές δευτερογενείς επιπτώσεις όπως είναι η διάβρωση και η μείωση της παραγωγικής ικανότητας του εδάφους, οι καταστροφές από τις πλημμύρες κατά την επερχόμενη χειμερινή περίοδο, το δυσανάλογο για την Εθνική Οικονομία κόστος αποκατάστασης, οι κίνδυνοι οπισθοδρομικής διαδοχής των οικοσυστημάτων κ.α.

Για την αντιμετώπιση των επιπτώσεων από τέτοιες καταστροφές, λαμβάνονται άμεσα (βραχυπρόθεσμα) και μακροπρόθεσμα μέτρα. Όσον αφορά την ανόρθωση του δασικού οικοσυστήματος που καταστράφηκε, τα άμεσα μέτρα στοχεύουν στην προστασία της επιφάνειας που κάηκε, ώστε να αποτραπεί όσο γίνεται περισσότερο η διάβρωση διότι, όπως

είναι πρόδηλο, κανένα δάσος δεν πρόκειται να αναπτυχθεί σε ένα γυμνό και πλήρως σκελετωμένο έδαφος. Στα βραχυπρόθεσμα μέτρα περιλαμβάνεται και ο πρώτος σχεδιασμός, σε επίπεδο μελέτης, αποκατάστασης του δάσους, ο οποίος είναι δυνατόν να τροποποιηθεί τα επόμενα 5-10 χρόνια ανάλογα με το βαθμό αντίδρασης της φύσης. Εκ των υστέρων ουκ άνευ τίθεται βέβαια η αυστηρή προστασία της καμένης επιφάνειας από καταπατήσεις, επεμβάσεις και από την άσκηση ελεύθερης κτηνοτροφίας. Στα μακροπρόθεσμα μέτρα περιλαμβάνεται η υλοποίηση των μέτρων που προβλέπονται από το σχεδιασμό αποκατάστασης του οικοσυστήματος.

Ο σχεδιασμός της αποκατάστασης στηρίζεται στην αποτίμηση των βλαβών που υπέστη το δασικό οικοσύστημα, στην κατάσταση που ήταν αυτό πριν την καταστροφή και στην διερεύνηση των δυνατοτήτων να αποκαταστήσει από μόνο του τη ζημιά. Καταρχήν, αν υπάρχει αυξημένη δυνατότητα αυτό-αποκατάστασης τότε ο σχεδιασμός περιορίζεται μόνο στα μέτρα της απόλυτης προστασίας της έκτασης. Έτσι και αλλιώς συνίσταται η οποιαδήποτε επέμβαση να γίνεται 4 με 5 χρόνια μετά την φωτιά, ώστε να δούμε τον βαθμό αντίδρασης του οικοσυστήματος στην απότομη μεταβολή και κατόπιν να επέμβουμε όπου αυτό καθίσταται αναγκαίο. Είναι δε παραδεκτό ότι το φυτάριο που έχει δημιουργήσει η φύση είναι χίλιες φορές καλύτερο από οποιοδήποτε φυτάριο έχει εγκατασταθεί τεχνητά στην περιοχή (Λ.Απατσιδης-προφορική επικοινωνία).

Το ζήτημα της επιτυχούς επαναδημιουργίας του δάσους, εφόσον μιλάμε για εγκατάσταση φυτικών ειδών που προϋπήρχαν στην καμένη περιοχή και αυτό βέβαια επιδιώκεται, είναι κυρίως ζήτημα αξιολόγησης της δυνατότητας του εδάφους να μπορέσει απρόσκοπτα να αναπτύξει καινούργια φυτά, είτε δια μέσου της φυσικής αναγέννησης είτε δια μέσου της σποράς ή, σε πιο δυσμενείς περιπτώσεις, με την φύτευση βλοφύτων (φύτευση έτοιμων φυταρίων). Για την πρώτη περίπτωση βέβαια που είναι και η πιο επιθυμητή καθίσταται απαραίτητη και η ύπαρξη ικανού αριθμού σπερμάτων (σπόρων) στο έδαφος ή ο συνεχής ανεφοδιασμός αυτού με σπόρους από πιθανώς ζωντανούς δένδρα-σπορείς, που έχουν απομείνει. Στην περίπτωση έλλειψης πολλαπλασιαστικού υλικού, η δεύτερη πιο επιθυμητή περίπτωση είναι η διάθεση του από εμάς, δια μέσου της σποράς η οποία όμως κατά κανόνα δεν μπορεί να καλύψει όλη την καμένη επιφάνεια, αλλά τα πιο ευνοϊκά για το σκοπό αυτό μικροπεριβάλλοντα. Στις περισσότερες μάλιστα των περιπτώσεων δεν υπάρχει τόσο μεγάλο απόθεμα σπόρων ώστε να μπορέσουμε να καλύψουμε πολύ μεγάλες καμένες επιφάνειες. Η

φύτευση έτοιμων φυταρίων από την άλλη ναι μεν μπορεί να μας δώσει πιο άμεσα αποτελέσματα, όμως στοιχίζει οικονομικά και οικολογικά παρουσιάζει αρκετά μειονεκτήματα (Χατζηστάθης & Ντάφης 1989).

1.3 Συσχέτιση του Προβλήματος με τις Μεθόδους Πολυκριτηριακών Αναλύσεων

Προβλήματα όπως αυτό δύνανται να προσεγγιστούν με την διαδικασία της πολυκριτηριακής ανάλυσης διότι στην επίλυση τους συμμετέχει πληθώρα παραγόντων και διότι σε ένα σύνθετο πρόβλημα δεν υπάρχει μία μόνο λύση. Μολονότι είναι δύσκολο γενικά να «μοντελοποιήσουμε» τη Φύση, η πολυκριτηριακή ανάλυση προσφέρει ένα πλαίσιο μεθοδολογίας καλά ορισμένο, το οποίο μπορεί να προσαρμοστεί στα δεδομένα σύνθετων προβλημάτων και να μας δώσει ένα ορθολογικό πλαίσιο λύσεων. Από την άλλη, με την εφαρμογή της πολυκριτηριακής ανάλυσης αποφεύγεται σε μεγάλο βαθμό ο υποκειμενισμός ο οποίος ελλοχεύει σε κάθε φάση της διαδικασίας που ακολουθείται εμπειρικά. Χρησιμοποιώντας ως κριτήρια τις μεταβλητές των στοιχείων του περιβάλλοντος μιας καμένης περιοχής, μπορούμε να οδηγηθούμε σε ένα σύνολο ενδεδειγμένων λύσεων προκειμένου να πετύχουμε καλύτερα τον τελικό μας στόχο που είναι η επαναδημιουργία του καμένου δάσους με έναν *οικολογικότερο* και *οικονομικότερο* τρόπο. Η χρησιμοποίηση της πολυκριτηριακής ανάλυσης σε ένα περιβάλλον Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών προσφέρει τα μέγιστα, δεδομένου ότι το Γ.Π.Σ. μπορεί να καταδείξει την οποιαδήποτε λύση χωρικά, εξετάζοντας τους παράγοντες-κριτήρια, σε κάθε θέση και ιδιαίτερο σταθμό (τόπο) της καμένης περιοχής.

1.4 Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών

Τα ιδιαίτερος διαδομένα στις μέρες μας Γεωγραφικά Πληροφοριακά Συστήματα (Γ.Π.Σ.) έχουν αποδειχθεί ιδεώδη εργαλεία στην διαχείριση και αξιοποίηση Φυσικών Πόρων, με την δυνατότητα που διαθέτουν να επεξεργάζονται και να αναλύουν πολυεπίπεδα χωρικά δεδομένα. Τα Γ.Π.Σ. έχουν δημοφιλή εφαρμογή στην διαχείριση του Περιβάλλοντος και των Φυσικών πόρων διότι παρέχουν τη δυνατότητα να μελετώνται στοιχεία που μεταβάλλονται

στο χώρο. Δεν είναι τυχαίο ότι αξιοποιήθηκαν κυρίως στις διαδικασίες παρακολούθησης (monitoring), ανάλυσης και διαχείρισης φυσικών πόρων και περιβαλλοντικών προβλημάτων (Καρτέρης 1999, Κουτσόπουλος 2002, κ.α.).

Οι διαδικασίες επεξεργασίας και ανάλυσης που λαμβάνουν χώρα σε αυτή την εργασία έχουν σαν κύριο φορέα τα Γ.Σ.Π. με λογισμικό εφαρμογής το Arc-GIS της ESRI στο οποίο έχει ενσωματωθεί η ειδική επέκταση λογισμικού MCA/FLOWA των μεθόδων πολυκριτηριακής ανάλυσης A.H.P. (Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία) και O.W.A. (Διατεταγμένου Σταθμισμένου Μέσου).

Σημειώνεται ότι η εργασία αυτή δεν φιλοδοξεί να υποκαταστήσει την εδώ και 100 χρόνια συσσωρευμένη δασολογική εμπειρία και γνώση γύρω από τα θέματα των πρακτικών αναδημιουργίας των δασών, τουναντίον αξιοποιώντας αυτήν, έρχεται να συμβάλει στην προσπάθεια ανόρθωσης των δασικών οικοσυστημάτων με ένα πιο σύγχρονο τρόπο. Εξάλλου, η βαθμονόμηση των παραγόντων-κριτηρίων στην εφαρμογή των παραπάνω μεθόδων πολυκριτηριακής ανάλυσης της εργασίας, στηρίχθηκε ακριβώς στην συγκεκριμένη δασολογική εμπειρία και γνώση που έχει αναπτυχθεί μέχρι σήμερα για την Ελληνική πραγματικότητα.

1.5 Σκοπός της Μελέτης

Σκοπός αυτής της εργασίας είναι να διερευνήσει και να συστήσει μία μέθοδο αξιολόγησης των παραγόντων εκείνων που παίζουν ρόλο στην αναδημιουργία των δασών, με έμφαση στην διαδικασία αποκατάστασης μετά από εκτεταμένες καταστροφές, όπως είναι αυτές που συντελούνται κατά τις πυρκαγιές. Στην εργασία καταβάλλεται ιδιαίτερη προσπάθεια στην εφαρμογή Πολυκριτηριακών μεθόδων ανάλυσης προβλημάτων που σχετίζονται με το δασικό οικοσύστημα και πώς αυτά μπορούν να επιλυθούν, μέσα από ένα πλαίσιο μεθοδολογίας, που στην βάση της διαπνέεται από την κατά χώρο μεταβλητότητα των παραγόντων του περιβάλλοντος (κλιματεδαφικοί παράγοντες), λαμβάνοντας υπόψη την μεταβλητότητα προσπαθεί να δώσει ένα ορθά τεκμηριωμένο σύνολο εναλλακτικών λύσεων.

Το πολυκριτηριακό μοντέλο δομείται στην βάση του με την επιλογή των παραγόντων-κριτηρίων που ασκούν σημαντική επίδραση στην αναδημιουργία του δάσους του Ταυγέτου

σημαντικό μέρος του οποίου καταστράφηκε από την εκτεταμένη πυρκαγιά του έτους 2007. Επίσης, ένας από τους σκοπούς της μελέτης είναι να αξιολογήσει τα αποτελέσματα της εφαρμοζόμενης μεθοδολογίας, καταδεικνύοντας χωρικά τις κατάλληλες περιοχές για την εφαρμογή της φυσικής αναγέννησης, της σποράς ή της φύτευσης συμβάλλοντας κατ' αυτό το τρόπο στον σχεδιασμό της αποκατάστασης του δάσους. Συνοπτικά, η παρούσα διατριβή προσπαθεί να δώσει απαντήσεις στο παρακάτω ερώτημα:

Είναι δυνατόν ένα πολυπαραγοντικό πρόβλημα, όπως η αναδημιουργία καταστραφέντων δασών, να επιλυθεί και σε ποιο βαθμό, με την εφαρμογή της πολυκριτηριακής ανάλυσης μέσα σε περιβάλλον Γ. Σ. Π.; Μπορεί η προτεινόμενη μεθοδολογία να ανταποκριθεί στην επιλογή της κατάλληλης λύσης ή να καταδείξει ένα πακέτο ορθολογικών λύσεων συμβάλλοντας έτσι στο σχεδιασμό αποκατάστασης του δάσους;

1.6 Δομή Εργασίας

Η παρούσα μελέτη δομείται σε πέντε (5) κεφάλαια παρουσιάζοντας εκτενώς τόσο τις βασικές πτυχές του προβλήματος που τέθηκε όσο και τις αντίστοιχες πτυχές των αποτελεσμάτων της μεθοδολογίας που αναπτύχθηκε. Το υπόλοιπο της παρούσας εργασίας δομείται ως εξής:

Στο δεύτερο κεφάλαιο περιγράφονται και αναλύονται, μέσα από την ανασκόπηση της σχετικής βιβλιογραφίας τα θεωρητικά ζητήματα του Μεσογειακού δάσους, τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του, οι επιδράσεις και αλληλεπιδράσεις των παραγόντων του περιβάλλοντος στην ανάπτυξη των δασικών οικοσυστημάτων και ο τρόπος που αυτοί επιδρούν στην αναγέννηση και την αναδημιουργία των δασών. Επίσης αναπτύσσονται οι βασικές αρχές της μεθοδολογίας των πολυκριτηριακών αναλύσεων, περιγράφονται τα βασικά χαρακτηριστικά των Γ.Σ.Π. και αναλύεται ο τρόπος εφαρμογής μεθόδων Πολυκριτηριακής Ανάλυσης μέσα σ' αυτό το περιβάλλον, με ιδιαίτερη έμφαση στην επεξεργασία και ανάλυση χωρικών δεδομένων.

Στο τρίτο κεφάλαιο περιγράφεται η περιοχή μελέτης (περιοχή εφαρμογής της μεθόδου), τα βασικά χαρακτηριστικά του αυτής και του περιβάλλοντος χώρου. Επίσης αναφέρονται τα υλικά και τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν, η μέθοδος δειγματοληψίας και τα βασικά αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης των στοιχείων αυτής. Επίσης, περιγράφεται το

μοντέλο της εφαρμοζόμενης μεθοδολογίας και οι παράγοντες-κριτήρια που χρησιμοποιήθηκαν στην ανάλυση.

Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζονται, αναλυτικά, η εφαρμογή της μεθοδολογίας, τα αποτελέσματα αυτής και η αξιολόγηση αυτών. Τα αποτελέσματα συνιστούν ένα σύνολο εναλλακτικών λύσεων (σεναρίων) και αξιολογούνται σε σχέση με την επίδρασή τους στον σχεδιασμό αποκατάστασης του δάσους μέσα από την χωροθέτηση των τριών μεθόδων αναδημιουργίας, φυσικής αναγέννησης, σποράς και φύτευσης σε όλη την περιοχή μελέτης

Τέλος στο πέμπτο κεφάλαιο αναφέρονται τα προς συζήτηση ζητήματα ενώ στο έκτο κεφάλαιο παρουσιάζονται συνοπτικά τα βασικά συμπεράσματα της εργασίας.

2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ-ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

2.1 ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΔΑΣΟΣ-ΙΔΙΑΙΤΕΡΟΤΗΤΕΣ-ΑΝΑΓΕΝΝΗΣΗ

2.1.1 Εισαγωγή

Τα μεσογειακά δάση, όντας αναπτυσσόμενα σε μια περιοχή του πλανήτη που έχει γνωρίσει από τα προϊστορικά χρόνια την εντονότατη δράση του ανθρώπου, έχουν αντιμετωπίσει στη διάρκεια των αιώνων καταλυτικές αρνητικές επιδράσεις, ίσως τη μεγαλύτερη που έχουν αντιμετωπίσει τα δασικά-φυσικά οικοσυστήματα ανά την υφήλιο. Δεν είναι μόνο το ιδιόμορφο κλίμα που διαμορφώνεται γύρω από αυτή την κλειστή θαλάσσια λεκάνη αλλά και το γεγονός ότι στην ουσία αποτελεί το γεωγραφικό χώρο ανάπτυξης του ανθρώπινου πολιτισμού που σημαίνει διαρκής, έντονη έως ληστρική αξιοποίηση των φυσικών πόρων προκειμένου να «οικοδομηθούν» τα θεμέλια μιας σειράς πολιτισμών που αναπτύχθηκαν και μεσουράνησαν στη διάρκεια των αιώνων. Η ανάπτυξη της γεωργίας, της οικοδομικής, της ναυσιπλοΐας και των αμυντικών και πολεμικών τεχνικών προϋπόθεταν την αξιοποίηση πρώτα απ' όλα των εδαφικών πόρων και βέβαια αυτών που αναπτύσσονταν επάνω ή και κάτω από αυτούς. Για να αναπτυχθεί η γεωργία έπρεπε να εξευρεθεί η κατάλληλη σε ποιότητα και μέγεθος εδαφική επιφάνεια που δεν ήταν άλλη από αυτή που καταλάμβαναν μέχρι τότε τα αρχέγονα και παρθένα δάση, στην αρχή πλησίον των οικισμών και, με την πάροδο των αιώνων, όλο και μακρύτερα από αυτούς. Ταυτόχρονα με την ανάπτυξη της γεωργίας, είτε με την μορφή καλλιεργειών είτε με την μορφή της κτηνοτροφίας, επήλθε και η αύξηση των πληθυσμών, ως αποτέλεσμα της βελτίωσης των συνθηκών διατροφής. Αυτό προϋπόθετε την εξεύρεση κατάλληλων εδαφών για εποικισμό και βέβαια την έντονη εκμετάλλευση του πρώτου δομικού υλικού, του ξύλου. Η ευκολία κατεργασίας του ξύλου, το έκανε δημοφιλές στην καθημερινή χρήση, χώρια που χρησιμοποιούνταν ως καύσιμη ύλη ακόμη και από τους πρωτόγονους. Η ανακάλυψη της ναυσιπλοΐας και η εφαρμογή της στην μεταφορά προϊόντων, στο εμπόριο και στις πολεμικές επιχειρήσεις προέταξε το ξύλο ως υλικό υπεροχής μεταξύ των ανθρώπινων κοινωνιών.

Τα παραπάνω είχαν ως αποτέλεσμα την διαρκή και ταχεία αποδάσωση της Μεσογειακής περιοχής η οποία συνεπικουρείτο και από τα εμφανιζόμενα συχνά, λόγω κλίματος, φαινόμενα πυρκαγιών, τεχνητώς ή φυσικώς δημιουργηθέντων. Είναι γνωστό από τους

παλαιότερους χρόνους ότι η φωτιά χρησιμοποιήθηκε για την απόδοση εδαφών στη γεωργία και στη κτηνοτροφία.

Οι μακράιωνες αυτές επιδράσεις επί των δασικών οικοσυστημάτων ήταν και παραμένουν ακόμα τόσο δύσκολο αναστρεψιμές, ώστε και σήμερα αν, σε θεωρητικό επίπεδο, διακόπτονταν απότομα οι ανθρωπογενείς επιδράσεις επί αυτών, θα χρειαζόνταν χρονικό διάστημα αιώνων αν όχι χιλιετιών για να αποκατασταθούν. Μερικά τρανά παραδείγματα αυτών των επιπτώσεων είναι τα διάφορα φαλακροποιημένα βουνά του Ελληνικού χώρου, οι κίνδυνοι ερημοποίησης που έχουν διάφορες περιοχές της νότιας και νησιωτικής Ελλάδας, ο υποβιβασμός σε υψόμετρο των δασο-ορίων των βουνών, η εκτεταμένη επικράτηση ξηροφυτικών και φρυγανικών φυτικών διαπλάσεων, εκεί που άλλοτε φύονταν εκτεταμένα Μεσογειακά δάση αειφύλλων πλατυφύλλων, η απώλεια υδάτινων πόρων κ.α.

2.1.2 Μεσογειακό Δάσος και Παράγοντες Ανάπτυξης

Το κλίμα της Μεσογείου, ως ιδιαίτερο στο κόσμο, αναγνωρίζεται παγκόσμια με την δική του ταυτότητα, ονομαζόμενο ως Μεσογειακό (Μαυρομάτης, 1980). Αποτελεί μια ιδιαίτερη κατηγορία των κλιμάτων των εύκρατων ζωνών της υδρογείου. Η επίδραση του κλίματος αυτού στην φυσική βλάστηση αντικατοπτρίζεται άμεσα με την ζωνοποίηση της βλάστησης, τόσο με την αύξηση του γεωγραφικού πλάτους όσο και του υψομέτρου. Το κλίμα τείνει από μεσογειακό προς ηπειρωτικό τύπο όσο αυξάνεται το γεωγραφικό πλάτος, όσο απομακρυνόμαστε από την ακτογραμμή (μειώνεται η επίδραση της θάλασσας) και όσο ανεβαίνουμε σε υψόμετρο. Ηπειρωτικό ή υπο-ηπειρωτικό κλίμα επικρατεί στις κορυφές των μεγάλων βουνών επί των οποίων η επίδραση των θαλάσσιων ανέμων είναι πολύ μικρή ή μηδαμινή (π.χ. εσωτερικές κορυφές της Πίνδου).

Τις παραπάνω επιδράσεις και την έντονη ζωνοποίηση της βλάστησης την διακρίνουμε άμεσα και στον Ελληνικό χώρο. Επιπροσθέτως και άλλα χαρακτηριστικά του Ελληνικού χώρου επιδρούν άμεσα στην φυσιολογία της φυσικής βλάστησης, όπως είναι το έντονο και πολυπτυχομένο ανάγλυφο, οι μεγάλες σε μήκος ακτογραμμές, το πολυποίκιλο γεωλογικό υπόθεμα και οι έντονες ανθρωπογενείς επιδράσεις. Αποτέλεσμα όλων αυτών είναι, σε σχετικά μικρές οριζόντιες αποστάσεις, να παρατηρείται ποικιλία τύπων βλάστησης, ως αποτέλεσμα διαφορετικών τύπων βιοκλίματος που απαντώνται. Στον ελληνικό χώρο συναντά

κανείς τις ξηροφυτικές φυτοκοινωνίες των φρυγάνων και των ημίθαμνων, των εκτεταμένων διαπλάσεων των αειφύλλων πλατυφύλλων και των παραθαλάσσιων κωνοφόρων, των κατά τόπους πυκνών δρυοδασών και των άλλων φυλλοβόλων πλατυφύλλων, την διάπλαση των ορεινών κωνοφόρων μέχρι και τη διάπλαση των ορεινών ψυχρόβιων κωνοφόρων, της οποίας οι κλιματικές συνθήκες προσομοιάζουν με εκείνες της Μεσευρώπης. Για αυτήν εξάλλου τη ποικιλία οικοτόπων, ο Ελληνικός χώρος έχει χαρακτηριστεί ο βοτανικός κήπος της Ευρώπης αφού τα φυτικά είδη που απαντώνται εδώ είναι τα περισσότερα σε σχέση με οποιαδήποτε άλλη χώρα της ηπείρου. Μέσα σε αυτό το κλιματεδαφικό περιβάλλον αναπτύσσονται τα διάφορα δασοπονικά είδη, σχηματίζοντας αμιγή ή μικτά δάση, ομήλικα ή ανομήλικα, αραιά ή πυκνά ανάλογα με τις τοπικές συνθήκες και την ένταση των ανθρωπογενών επιδράσεων. Η ανάπτυξη των δασοπονικών ειδών και κατά συνέπεια του δάσους καθορίζονται από μια σειρά παραγόντων που κατά τον Ντάφη (1986) συνοψίζονται στον πίνακα 2.1 :

<i>Παράγοντες του Περιβάλλοντος (Σταθμός ή τόπος)</i>	<i>Παράγοντες που επιδρούν άμεσα στα φυτά</i>
Κλιματικοί Ακτινοβολία, θερμοκρασία αέρος, βροχοπτώσεις, σχετική υγρασία, ομίχλη, άνεμος, φωτισμός κ.λ.π.	Φως Ως πηγή ενέργειας κατά τη φωτοσύνθεση
Τοπογραφικοί Γεωγραφική θέση, φυσιογνωμία, έκθεση, κλίση	Θερμότητα Ως πηγή ενέργειας στις διαδικασίες μεταβολισμού
Εδαφικοί Μητρικό πέτρωμα, υφή, δομή, pH, στάθμη υπόγειων υδάτων, θερμοκρασία εδάφους, ορυκτά συστατικά, χούμος κ.λ.π.	Νερό Διατήρηση της λειτουργίας των κυττάρων, μεταφορά θρεπτικών συστατικών
Βιοτικοί Συνοικούντα φυτά, ζώα που ζουν επάνω ή μέσα στο έδαφος, άνθρωπος	Χημικοί CO ₂ , O ₂ , pH, τοξικές ουσίες, θρεπτικά συστατικά
	Μηχανικοί Φορτίσεις από ανέμους, χιόνια, ζώα, πυρκαγιές

Πίνακας 2.1 Παράγοντες που επιδρούν στην ανάπτυξη των δασοπονικών ειδών

Τα δασοπονικά είδη, ανάλογα με τις ιδιαίτερες απαιτήσεις που έχουν σε φως, θερμότητα, υγρασία, θρεπτικά συστατικά, αντοχή στον ανταγωνισμό κ.α. καταλαμβάνουν ή όχι έναν σταθμό ή τόπο. Αν η εσωτερική ικανότητα ενός είδους είναι κατάλληλη τότε επικρατεί σε έναν τόπο και σχηματίζει εκτεταμένες φυτικές ενώσεις, αφήνοντας περιορισμένο ή ελάχιστο διαθέσιμο χώρο για τα άλλα ανώτερα φυτικά είδη, τα οποία περιορίζονται στον υπόροφο του κυρίαρχου είδους ή σε μικροπεριβάλλοντα του ίδιου τόπου, που δεν μπορούν να εποικιστούν από το κυρίαρχο είδος (π.χ. τα υδρόφιλα είδη απαντώνται μόνο στις ρεματιές). Στα μεσογειακά οικοσυστήματα η εκτεταμένη εξάπλωση ενός είδους σε ένα τόπο δεν ταυτίζεται πάντα με την έννοια του δάσους, καθώς μια σειρά δυσμενών κλιματεδαφικών περιβαλλόντων έχουν δημιουργήσει δάση φρυγάνων (ασφακώνες, αφανότοποι κ.α.) τα οποία είναι αποτέλεσμα οπισθοδρομικής διαδοχής που οφείλετε κυρίως στις αλόγιστες ανθρωπογενείς επιδράσεις του παρελθόντος.

Κατά κανόνα τα δασοπονικά είδη (ανώτερα ξηλώδη φυτά) αν αφεθούν αδιατάρακτα δημιουργούν εκτεταμένα δάση, ανάλογα βέβαια με τις ιδιαίτερες βιολογικές απαιτήσεις του κάθε είδους και ανάλογα με τις δυνατότητες ανάπτυξης και διατροφής του κάθε τόπου. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως η φυσική βλάστηση διακρίνεται από μια κατακόρυφη ή οριζόντια ζωνοποίηση την οποία ακολουθούν στην σύνθεση τους τα εναπομείναντα δάση μας. Αρχίζοντας από τα χαμηλά υψόμετρα και τα μικρότερα γεωγραφικά πλάτη, διακρίνουμε καταρχήν τα παραθαλάσσια δάση των θερμόβιων κωνοφόρων, συντιθέμενα από Χαλέπιο Πεύκη (*Pinus halepensis*), Τραχεία Πεύκη (*Pinus brutia*) και Κουκουναριά (*Pinus pinea*). Εκεί που λείπουν αυτά ξεκινούν οι ενώσεις της μακίας βλάστησης, δηλαδή των πυκνών θαμνώνων με αείφυλλα πλατύφυλλα, όπως πουνράρι (*Quercus coccifera*), φιλίκι (*Phillyrea spp.*), ερείκη (*Erica spp.*), κουμαριά (*Arbutus spp.*) κ.α. με τις τοπικές εδώ και εκεί παραλλαγές τους. Η ζώνη της μακίας βλάστησης ανέρχεται ως το υψόμετρο των 600-800 μέτρων περίπου και διακόπτεται σε συγκεκριμένες περιοχές από την ζώνη των δρυοδασών (*Quercus spp.*) και των άλλων φυλλοβόλων πλατυφύλλων, όπως είναι η καστανιά (*Castanea sativa*), ο φράξος (*Fraxinus spp.*), η οξυά (*Fagus spp.*), κ.α. Η ζώνη αυτή ανέρχεται κατά θέσεις έως το υψόμετρο των 1.000 μέτρων περίπου. Από εκεί και πάνω επικρατεί η ζώνη των ορεινών παραμεσόγειων κωνοφόρων στην οποία σχηματίζονται εκτεταμένα δάση με κυρίαρχα είδη την Ελάτη (*Abies spp.*) και την Μαύρη Πεύκη (*Pinus nigra*). Η ζωνοποίηση της δενδρώδους βλάστησης καταλήγει στην μικρή, σε εξάπλωση στον Ελληνικό χώρο, ζώνη των ψυχρόβιων κωνοφόρων η οποία απαντάται σε μεγάλα υψόμετρα ορισμένων από τα ψηλότερα βουνά της Κεντρικής και

Βόρειας Ελλάδας στην οποία απαντώνται μεμονωμένες ενώσεις με Δασική Πεύκη (*Pinus sylvestris*), Λευκόδερμη Πεύκη (*Pinus leucodermis*), Ερυθρελάτη (*Picea abies*) κ.α.

Τέλος, παρατηρούνται αποκλίσεις κατά θέσεις του παραπάνω τυπικού μοντέλου. Απαντώνται για παράδειγμα άτομα ή συστάδες ενός είδους, σε περιοχές εκτός των παραδεκτών ορίων γεωγραφικής του εξάπλωσης. Τούτο παρατηρείται διότι σε μερικούς σταθμούς, λόγω των συνθηκών που επικρατούν, συμβαίνει ένας παράγοντας του περιβάλλοντος να υποκαθίσταται μερικώς από συνδυασμούς άλλων παραγόντων με τέτοιο τρόπο ώστε να ευνοείται τοπικά η ανάπτυξη ενός είδους που διαφορετικά δεν θα μπορούσε να αναπτυχθεί. Ισχύει δηλαδή ο νόμος της *οικολογικής αντιρροπίας* (Ντάφης 1986). Έτσι κατά τον Bach (1950) όπως αναφέρουν οι Χατζηστάθης Α. και Σπ.Ντάφης (1986), κάποιοι κλιματικοί και εδαφικοί παράγοντες μπορούν να υποκατασταθούν όπως φαίνεται στο Πίνακα 2.2:

Είναι λοιπόν κατανοητό ότι δεν αρκεί η απλή παράθεση των κλιματεδαφικών παραγόντων ενός τόπου για να διαπιστώσουμε την πιθανή εξάπλωση ενός δασοπονικού είδους σε αυτόν, αλλά χρειάζεται μια ανάλυση των συνεπιδράσεων μεταξύ αυτών, η οποία πρέπει ενδεχομένως να είναι ιδιαίτερη σε κάθε επιμέρους περιοχή και θέση. Επίσης δεν είναι δυνατόν να παραβλεφθεί από την όποια ανάλυση και οι σχέσεις ανταγωνισμού ή συνέργειας που δημιουργούνται μεταξύ των διάφορων φυτικών ειδών και ιδιαίτερα μεταξύ των δασοπονικών ειδών ενός τόπου. Για παράδειγμα είναι γνωστό ότι η Ελάτη, ως κατεξοχήν σκιανθεκτικό είδος, αναγεννάται εύκολα υπό την κόμη άλλων φωτόφιλων ειδών όπως είναι η Μαύρη Πεύκη. Δεν συμβαίνει όμως και το αντίστροφο. Η Ελάτη, ως ευαίσθητη στην άμεση ηλιακή ακτινοβολία κατά τα πρώτα χρόνια του βίου της, δύναται να αξιοποιήσει το ευνοϊκό γι' αυτή μικροπεριβάλλον που δημιουργείται από την κομοστέγη της Μαύρης Πεύκης. Μόλις μεγαλώσει ανέρχεται και αναδεικνύεται σε κυρίαρχο είδος, καταπιέζοντας με την σκιά της τη Μαύρη Πεύκη, η οποία δεν έχει μεγάλη αντοχή στη σκίαση. Τούτο έχει σαν αποτέλεσμα στα μικτά δάση Ελάτης-Μαύρης Πεύκης, η πρώτη να εκτοπίζει την δεύτερη μέχρι βαθμού πλήρους επικράτησης της. Η διαδικασία αυτή ενδέχεται να διακοπεί απότομα από έκτακτα φαινόμενα (πυρκαγιές, ανεμοριψίες, χιονοριψίες, εκχερσώσεις κ.α.) και ο ίδιος κύκλος να ξεκινήσει από την αρχή. Γι' αυτό το λόγο, σε όλες τις διαχειριστικές μελέτες του δάσους του Ταυγέτου προβλεπόταν ο μερικός περιορισμός της Ελάτης, ώστε να μην εκτοπίζεται τελείως η Μαύρη Πεύκη και το δάσος να παραμείνει μικτό.

I.Κλιματικοί παράγοντες που μπορούν να υποκατασταθούν	
Υγρόψυχρο γενικό κλίμα	Σκιαζόμενες στενές κοιλάδες, βόρειες κλιτύες, υπήνεμες θέσεις
Θερμόξηρο γενικό κλίμα	Προστατευόμενες νότιες κλιτύες, προσήνεμες θέσεις
Άφθονα κατακρημνίσματα	Υψηλή υγρασία αέρα
Ολίγα κατακρημνίσματα	Ξηροί άνεμοι
Υψηλές θερμοκρασίες	Χαμηλή υγρασία αέρα, χαμηλές βροχοπτώσεις
II.Κλιματικοί παράγοντες που μπορούν να υποκατασταθούν από εδαφικούς	
Υψηλές βροχοπτώσεις	Μεγαλύτερη υδατοϊκανότητα, μικρή διαπερατότητα εδάφους
Υψηλή υγρασία αέρα	Ομοίως όπως παραπάνω
Χαμηλή θερμοκρασία	Ομοίως όπως παραπάνω
Ξηροί άνεμοι	Μικρότερη υδατοϊκανότητα, μεγαλύτερη διαπερατότητα, μικρότερο βάθος εδάφους
Μεγάλη ηλιακή ακτινοβολία	Σκοτεινή επιφάνεια εδάφους
III.Εδαφικές ιδιότητες που μπορούν να υποκατασταθούν	
Υψηλή περιεκτικότητα σε άργιλλο	Υψηλή περιεκτικότητα σε χούμο
Υψηλή υδατοϊκανότητα	Υψηλή στάθμη υπόγειων υδάτων
Μικρή υδατοϊκανότητα	Μικρό βάθος εδάφους, ράχες
Χονδρόκοκκα εδάφη	Μεγαλύτερη συσσωματώματα ή διασφήνωση από ζώα διαβιούντα μέσα στο έδαφος
Υψηλή περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά	Μεγαλύτερο βάθος εδάφους, υπεδάφειο νερό υψηλής περιεκτικότητας σε θρεπτικά συστατικά

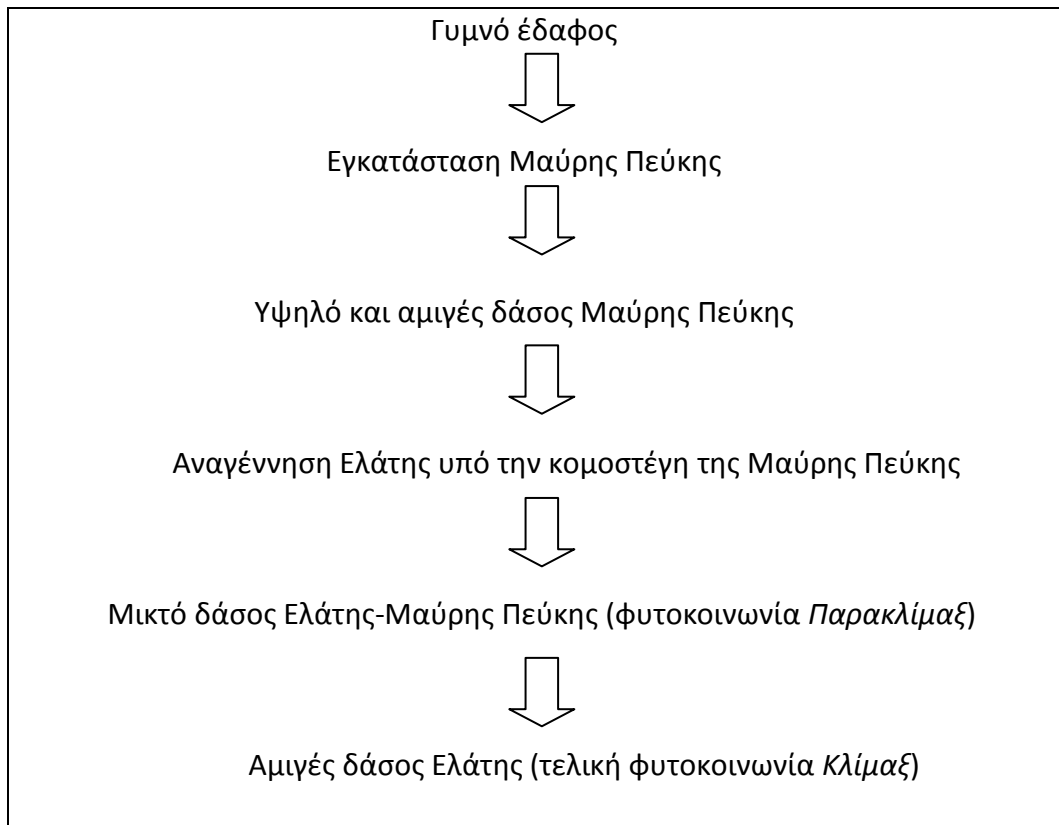
Πίνακας 2.2 Κλιματικοί και Εδαφικοί παράγοντες που μπορούν να υποκατασταθούν

Τέτοιες σχέσεις συνέργειας και ανταγωνισμού παρατηρούνται σε όλα τα δασικά οικοσυστήματα, τόσο στον άμεσο εναέριο χώρο όσο και στον άμεσο εδαφικό χώρο (ριζόσφαιρα) όπου πλέον η διαπάλη γίνεται για την πρόσληψη θρεπτικών συστατικών και

νερού. Παράδειγμα τέτοιου ανταγωνισμού παρατηρείται κατά την διαδικασία της φυσικής αναγέννησης, όπου τα νεαρά αρτίφυτρα δέχονται ισχυρό ανταγωνισμό για την πρόσληψη νερού και θρεπτικών συστατικών από την παρεδαφιαία βλάστηση και τα θαμνώδη είδη, μέχρι αυτά να μεγαλώσουν και να επικρατήσουν πλήρως επί των αρχικών ανταγωνιστών τους (Σπ.Ντάφης 1986).

2.1.3 Διαδοχή και Εξέλιξη Δασικών Οικοσυστημάτων

Όπως έχει αρχίσει να γίνεται κατανοητό από την προηγούμενη ανάλυση τα δασικά οικοσυστήματα δεν παραμένουν αναλλοίωτα στο χρόνο αλλά μεταβάλλονται ανάλογα με τις ιδιαίτερες απαιτήσεις και ικανότητες των ειδών που τα συνθέτουν. Οι μεταβολές αυτές λαμβάνουν χώρα ακόμη και όταν οι παράγοντες του περιβάλλοντος μένουν για χρόνια ή αιώνες σταθεροί. Συμβαίνει αυτό που στην δασική οικολογία ονομάζεται **διαδοχή**, η οποία ορίζεται ως η αντικατάσταση ενός δασικού οικοσυστήματος από ένα άλλο, το οποίο μπορεί να είναι είτε δασικό είτε διαφορετικής φύσης, όπως λιβαδικό ή γεωργικό (Σπ.Ντάφης, 1986). Η **διαδοχή** μπορεί να οφείλεται σε εσωτερικούς παράγοντες του οικοσυστήματος ή σε απότομη μεταβολή κάποιων παραγόντων του περιβάλλοντος ή ακόμη και σε ανθρωπογενείς. Λόγω αυτού του χαρακτηριστικού τους σε κάθε δασικό οικοσύστημα και ανάλογα της κλιματικής ζώνης που αυτό αναπτύσσεται ορίζεται σε κάθε ένα από αυτά, με δεδομένη την σταθερή επίδραση των κλιματεδαφικών παραγόντων, ένα τελικό στάδιο εξέλιξης το οποίο ορίζεται σαν το τελικό οικοσύστημα ή οικοσύστημα **κλίμαξ**. Η κατάσταση **κλίμαξ** μπορεί να οριστεί ως η τελικώς διαμορφούμενη κατάσταση ισορροπίας η οποία δημιουργείται κάτω από την επίδραση του κλίματος εξέλιξη του εδάφους, της βλάστησης και της πανίδας ενός τόπου. Η συνεχής εξέλιξη ενός οικοσυστήματος προς το οικοσύστημα **κλίμαξ** ονομάζεται προοδευτική (θετική) διαδοχή. Αντίθετα η οποιαδήποτε αντίστροφη εξέλιξη, εξ αιτίας επίδρασης αρνητικών μεταβολών στο περιβάλλον, καλείται οπισθοδρομική (αρνητική) διαδοχή. Η προοδευτική διαδοχή των οικοσυστημάτων του παραδείγματος της προηγούμενης παραγράφου (Ελάτης-Μαύρης Πεύκης) δίδεται στο Σχήμα 2.1.



Σχήμα 2.1: Προοδευτική διαδοχή σε οικοσύστημα Μαύρης Πεύκης-Ελάτης

Αρνητικές διαδοχές παρατηρούνται συνήθως στα Μεσογειακά οικοσυστήματα μετά την εκδήλωση πυρκαγιών και εξαρτάται κυρίως από την μεταπυρική διαχείριση του εδάφους κατά πόσο το οικοσύστημα θα αντιδράσει και θα ξεκινήσει πάλι η θετική διαδοχή. Υπάρχουν βέβαια περιπτώσεις μεσογειακών οικοσυστημάτων τα οποία, μετά από αλληπάλληλες πυρκαγιές ή άλλες επεμβάσεις, έχουν υποβαθμιστεί τελείως με αποτέλεσμα να μην μπορούν πλέον να αναλάβουν, δεδομένου ότι έχει απομείνει μόνο το μητρικό πέτρωμα. Τέτοιες περιπτώσεις υποβάθμισης παρατηρούνται συχνά-πυκνά στον Ελληνικό αλλά και στον ευρύτερο Μεσογειακό χώρο.

2.1.4 Αναγέννηση- Αναδημιουργία των Δασών

Είναι προφανές ότι οι ίδιοι παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη των δασοπονικών ειδών είναι αυτοί που παίζουν επίσης αποφασιστικό ρόλο τόσο στην φύτευση των σπερμάτων όσο και στην παραπέρα ανάπτυξη των νεαρών αρτιφύτρων, ανάλογα με τις

βιολογικές απαιτήσεις του κάθε είδους, την παραγωγικότητα του σταθμού και την ικανότητα που διαθέτει το κάθε είδος να ανταπεξέλθει στις δυσκολίες που παρουσιάζονται κατά τη φάση της μικρής ηλικίας. Κατά τους Α.Χατζηστάθη και Σπ.Ντάφη (1986) για τη φυσική δάσωση (φυσική αναγέννηση) παίζουν αποφασιστικό ρόλο οι παρακάτω παράγοντες:

I. Η ικανότητα αποδημίας ή φυσικής εξάπλωσης των διαφόρων δασοπονικών ειδών.

Ελαφρόσπορα είδη των οποίων οι σπόροι μεταφέρονται με τον άνεμο όπως οι ιτιές, τα είδη πεύκης, η σημύδα κ.λ.π. έχουν μεγάλη ικανότητα διασποράς και εγκαθίστανται συνήθως ως πρόδρομα είδη. Αντίθετα, βαρύσπορα είδη, όπως τα διάφορα είδη δρυός, η οξυά και η ελάτη, οι σπόροι των οποίων διασπείρονται σε μικρή μόνο απόσταση από την προβολή της κόμης των δένδρων δεν διαθέτουν την παραπάνω ικανότητα.

II. Οι απαιτούμενες προϋποθέσεις για την φύτευση των σπόρων των επί μέρους δασοπονικών ειδών

III. Οι ιδιότητες του σταθμού (σταθμολογικές συνθήκες-κλίμα-έδαφος)

IV. Η καταλληλότητα των διάφορων ειδών για το συγκεκριμένο σταθμό

V. Η προσιτότητα του σταθμού. Ένας σταθμός (τόπος) είναι δυνατόν να είναι κατάλληλος για την εγκατάσταση και ευδοκίμηση περισσότερων δασοπονικών ειδών, αλλά να μην είναι προσιτός για ορισμένα από αυτά.

VI. Η ανταγωνιστική ικανότητα των διαφόρων δασοπονικών ειδών. Βραχυχρόνια επικρατούν τα ταχυαυξέστερα κατά τη νεαρή ηλικία, ανθεκτικά στις ακραίες συνθήκες, φωτόφυτα είδη. Μακροχρόνια όμως επικρατούν τα ανθεκτικά στη σκιά ή τη μακροβιότητα δασοπονικά είδη (ελάτη, οξυά, ερυθρελάτη, δρυς).

VII. Η απόσταση των σπορέων των συγκεκριμένων ειδών από την γυμνή ή καμένη επιφάνεια, σε συνδυασμό με την ικανότητα διασποράς των σπόρων.

VIII. Η συχνότητα ή η αφθονία των σπορέων (ζώντων ώριμων δένδρων) και η κατανομή αυτών μέσα στην υπό αναδάσωση επιφάνεια.

Είναι συνεπώς αυτονόητο λοιπόν ότι η φυσική αναγέννηση (φυσική δάσωση) εξαρτάται από την κατάσταση του εδάφους, από τα υπάρχοντα γεινιάζοντα δασοπονικά είδη και από την ύπαρξη ικανού αριθμού κατανεμημένων σπορέων.

Σύμφωνα με την δασοπονική πρακτική όταν ο σταθμός, μετά την πάροδο εύλογου χρονικού διαστήματος (συνήθως 4-5 ετών), δεν φέρει ικανοποιητικά ποσοστά φυσικής αναγέννησης ή αυτή λείπει εντελώς, τότε πρέπει να σχεδιάσουμε την επόμενη μα κίνηση, που δεν είναι άλλη από την εφαρμογή μέτρων τεχνητής επανίδρυσης του δάσους, μετά από προσεκτικό σχεδιασμό και προσεκτική αξιολόγηση των οικολογικών συνθηκών που έχουν επικρατήσει μετά την βίαιη αποδάσωση του σταθμού. Ειδικότερα στην περίπτωση των πυρκαγιών τα πρώτα έτη παρατηρούνται τα παρακάτω προβλήματα:

- Στην επιφάνεια του εδάφους παρατηρούνται υψηλές θερμοκρασίες, διότι αυτό δέχεται μεγάλο ποσοστό της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας, με αποτέλεσμα και η εξάτμιση της εδαφικής υγρασίας να επιτείνεται και τα νεαρά φυτάρια να υποφέρουν από τις υψηλές θερμοκρασίες.
- Τα μέχρι πριν την πυρκαγιά, καταπιεζόμενα από τα δένδρα, είδη της παρεδαφιαίας βλάστησης (ποώδη, φρύγανα, χαμηλοί θάμνοι, φτέρη κ.α.) βρίσκουν ευνοϊκό περιβάλλον για να αναπτυχθούν, με αποτέλεσμα τα νεαρά αρτίφυτρα να υποφέρουν από την έλλειψη φωτός, εδαφικής υγρασίας και θρεπτικών συστατικών.
- Οι Καϊλίδης Δ. και Σπ. Ντάφης αναφέρουν ότι μετά το πέρασμα της φωτιάς, κατά τα πρώτα έτη, δημιουργείται στο έδαφος ένα «υδρόφοβο» στρώμα που αποτρέπει ως ένα βαθμό την κατείσδυση του νερού της βροχής με αποτέλεσμα και ο κίνδυνος της διάβρωσης να αυξάνεται και η εδαφική υγρασία να μειώνεται.

Τα παραπάνω προβλήματα δε τα αντιμετωπίζουν τα νεαρά φυτάρια, είτε έχουν προκύψει από φυσική αναγέννηση είτε από τεχνητή αναδάσωση.

Όσον αφορά τη τεχνητή αναδάσωση σε αυτή περιλαμβάνονται δύο μέθοδοι, η πρώτη αφορά την σπορά στην οριστική θέση, με σπόρους από τα κατάλληλα δασοπονικά είδη είτε με φύτευση φυταρίων ή δενδρυλλίων παραχθέντων σε φυτώριο από σπόρους. Γενικά η τεχνητή αναδάσωση διέπεται από τις παρακάτω αρχές (Χατζηστάθης Α.1989):

I. Μια επιτυχημένη τεχνητή αναδάσωση είναι δυνατή μόνο εκεί, όπου ο σταθμός θα μπορούσε να αναδασωθεί και μόνος του φυσικά

II. Η φυσική δάσωση αποτελεί το ιδεώδες αρχικό στάδιο της αναδάσωσης

III. Η αναδάσωση(τεχνητή) πρέπει να ακολουθεί ή να εκμεταλλεύεται κατά το δυνατόν τη φυσική διαδοχή, να τη συντομεύει και να την οδηγεί σε τρόπο ώστε να ανταποκρίνεται καλύτερα στις δικές μας απαιτήσεις

IV. Κατά τις αναδασώσεις πρέπει να χρησιμοποιούνται κατά το δυνατόν ενδημικά προς την περιοχή είδη

V. Κατά τις αναδασώσεις πρέπει να χρησιμοποιούνται προελεύσεις από όμοιους ή ανάλογους σταθμούς(τόπους) με εκείνους της υπό αναδάσωση περιοχής

VI. Κατά τις αναδασώσεις πρέπει να λαμβάνονται υπ ' όψη και οι σταθμολογικές συνθήκες που προκύπτουν μετά την προκύπτουσα καταστροφή της φυσικής βλάστησης (πυρκαγιά, εκχέρσωση κ.α.)

Η τελευταία αρχή έχει μεγάλη σημασία διότι πολλές φορές το έδαφος λόγω διάβρωσης, βοσκής και ανθρωπογενών επεμβάσεων υποβαθμίζεται και εμφανίζει δυσμενείς φυσικές και χημικές ιδιότητες.

Στις περιπτώσεις εκτεταμένων καμένων επιφανειών και λόγω της τοπικής μεταβλητότητας των κλιματεδαφικών συνθηκών(παραγόντων) πρέπει κατά τις αναδασώσεις η μελετώμενη έκταση να διαχωριστεί σε επιμέρους τμήματα που επιδέχονται αναδάσωση και σε τμήματα μη επιδεχόμενα (βραχώδη ή αβαθή εδάφη, μονίμως κατακλιζόμενα με νερό, άγονα κ.α.). Επίσης τέτοιοι διαχωρισμοί πρέπει να γίνονται και σε σχέση με την κατά χώρο εφαρμογή των μεθόδων τεχνητής αναδάσωσης, δηλαδή της σποράς ή της φύτευσης.

Οι Α.Χατζηστάθης και Σπ.Ντάφης (1986), συγκρίνοντας αυτές τις δύο μεθόδους τεχνητής αναδάσωσης παραθέτουν τα παρακάτω πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα σε συνδυασμό με τους παράγοντες που επηρεάζουν την επιτυχία τους:

I.Δαπάνη και καταβολή εργασίας

Σπορά: Η καταβολή εργασίας γι' αυτή κάθε αυτή τη σπορά είναι μικρότερη, για την εξασφάλιση όμως της νεοφυτείας είναι μεγαλύτερη.

Φύτευση: Η καταβολή εργασίας είναι μεγαλύτερη όμως οι καλλιεργητικές φροντίδες μετά την φύτευση είναι μικρότερες σε σχέση με εκείνες της σποράς.

II.Ιδιότητες δασοπονικών ειδών

Σπορά: Κατάλληλα είδη για σπορά είναι εκείνα που καρποφορούν άφθονα και συχνά (σημύδα, σκλήθρο, πεύκα, γαύρος, σφένδαμος). Επίσης η σπορά ενδείκνυται για είδη που αναπτύσσουν βαθύ ριζικό σύστημα από τον πρώτο χρόνο (κουκουναριά, δρυς).

Φύτευση: Ενδείκνυται για δασοπονικά είδη που καρποφορούν κατά αραιά χρονικά διαστήματα και για είδη των οποίων οι σπόροι στοιχίζουν πολύ.

III.Κίνδυνοι νεοφυτειών

Σπορά: Η σπορά αποκλείεται όταν οι σπόροι και τα αρτίφυτρα κινδυνεύουν να φαγωθούν από τρωκτικά, πτηνά ή άλλα άγρια ζώα. Επίσης, η σπορά δεν ενδείκνυται σε χορτομανείς σταθμούς.

Φύτευση: Ισχυρά φυτευθέντα φυτάρια αντέχουν περισσότερο στις ζημιές από το ζωϊκό περιβάλλον και τον ανταγωνισμό της παρεδαφιαίας βλάστησης.

IV.Σταθμολογικές συνθήκες

Σπορά: Τις καλύτερες προοπτικές επιτυχίας για την σπορά τις έχουμε σε μέτριας ποιότητας σταθμούς. Τόσο τα βαριά γόνιμα εδάφη, που έχουν την τάση να χορταριάζουν έντονα, όσο και τα ελαφρά άγονα εδάφη (αμμώδη) είναι ακατάλληλα για σπορά.

Φύτευση: Η φύτευση μπορεί να προσαρμοστεί σε όλες τις εδαφικές συνθήκες αλλά τίθεται θέμα προσιτότητας κάποιων σταθμών σε μεταφορές φυταρίων ή άλλων υλικών.

V.Δασοκομικές απόψεις

Σπορά: Η σπορά είναι μια φυσική μέθοδος αναδάσωσης. Σε σταθμούς που ευνοείται η σπορά η νεοφυτεία εξελίσσεται καλύτερα, προσομοιάζει με τη φυσική αναγέννηση και οδηγεί σε μια ανεμπόδιστη και σύμφωνα με τις ιδιότητες του κάθε είδους διαμόρφωση της ρίζας.

Φύτευση: Η φύτευση σημαίνει κέρδος χρόνου και αύξησης, όχι όμως και χρήματος. Η συμπλήρωση κενών της φυσικής αναγέννησης γίνεται καλύτερα με τη φύτευση ισχυρότερων φυταρίων που συναρθρώνονται ευκολότερα με τα ήδη αυξηθέντα γειτονικά τους.

Όπως εύκολα γίνεται κατανοητό, η σπορά υπερέχει *οικολογικά* έναντι της φύτευσης, δεν έχει όμως τις ίδιες πιθανότητες επιτυχίας σε σχέση με τη δεύτερη. Η απόφαση για τις θέσεις στις οποίες θα εφαρμοστούν σπορές ή φυτεύσεις έχει να κάνει με την αξιολόγηση των κατά

τόπους μικροπεριβαλλόντων που επικρατούν και πρέπει ταυτόχρονα να αξιολογηθεί το ενδεχόμενο φυσικής αναγέννησης.

2.2 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ

2.2.1 Εισαγωγή

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (Γ.Σ.Π.), γνωστά και ως GIS (Geographical Information Systems), είναι πληροφοριακά συστήματα που παρέχουν την δυνατότητα συλλογής, διαχείρισης, αποθήκευσης, επεξεργασίας, ανάλυσης και οπτικοποίησης, σε ψηφιακό περιβάλλον, των δεδομένων που σχετίζονται με τον χώρο και των συσχετισμένων ιδιοτήτων τους.

Στην πιο αυστηρή μορφή τους είναι ψηφιακά συστήματα, ικανά να ενσωματώσουν, αποθηκεύσουν, προσαρμόσουν, αναλύσουν και παρουσιάσουν γεωγραφικώς συσχετισμένα δεδομένα. Σε πιο γενική μορφή, ένα Γ.Σ.Π. είναι ένα εργαλείο *έξυπνου χάρτη* ή ένα εργαλείο *λήψης απόφασης*, το οποίο επιτρέπει στους χρήστες του να αποτυπώσουν μια περίληψη του πραγματικού κόσμου, να δημιουργήσουν διαδραστικά(interactive) ερωτήσεις χωρικού ή περιγραφικού χαρακτήρα (αναζητήσεις δημιουργούμενες από τον χρήστη), να αναλύσουν τα χωρικά δεδομένα (spatial data), να τα προσαρμόσουν και να τα αποδώσουν σε αναλογικά μέσα (εκτυπώσεις χαρτών και διαγραμμάτων) ή σε ψηφιακά μέσα (αρχεία χωρικών δεδομένων, διαδραστικοί χάρτες στο διαδίκτυο).

Τα Γ.Σ.Π. αποτυπώνουν χωρικά δεδομένα σε γεωγραφικό σύστημα συντεταγμένων. Βασικό χαρακτηριστικό τους είναι ότι τα χωρικά δεδομένα μεταβάλλονται στο χρόνο και συνδέονται και με περιγραφικά δεδομένα, π.χ. μια ομάδα σημείων που αναπαριστούν θέσεις πόλεων συνδέεται με ένα πίνακα όπου κάθε εγγραφή εκτός από τη θέση περιέχει πληροφορίες όπως ονομασία, πληθυσμός κλπ. (<http://el.wikipedia.org/wiki>).

Τα Γ.Σ.Π. στην ολότητα τους αποτελούν φυσική μετεξέλιξη των Συστημάτων Πληροφοριών τα οποία κατά τον Μ.Καρτέρη (1999) αποτελούν το μέσο ή σύστημα μέσων συλλογής, οργάνωσης, αποθήκευσης και ανάλυσης δεδομένων καθώς και εξαγωγής και διανομής πληροφοριών. Κατά τον ίδιο, η κατάλληλη διαχείριση των δεδομένων και η εξαγωγή

ενημερωμένων (επικαιροποιημένων) πληροφοριών είναι ουσιώδης για τη λήψη ορθολογικών αποφάσεων.

Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούνται ευρέως σε πολλές διοικητικές και παραγωγικές δραστηριότητες, οι οποίες ταξινομούνται σε τρεις βασικές κατηγορίες:

1. Κοινωνικοοικονομικές εφαρμογές (πολεοδομικός, και χωροταξικός σχεδιασμός, κτηματολόγιο, αρχαιολογία, ανάλυση αγοράς κτλ),
2. Περιβαλλοντικές εφαρμογές (φυσικοί πόροι, δασοπονία, έλεγχος πυρκαγιών, έλεγχος επιδημιών κτλ),
3. Εφαρμογές διαχείρισης (οργάνωση δικτύων ύδρευσης, επικοινωνιών και ενέργειας, μεταφορές, πλοήγηση πλοίων και αεροπλάνων κτλ).

Ο ρόλος των Γ.Π.Σ. στις παραπάνω εφαρμογές είναι να προσφέρουν, στους χρήστες και υπεύθυνους για τη λήψη αποφάσεων, ισχυρά εργαλεία για την επίλυση των σύνθετων και όχι πάντα πλήρως δομημένων χωρικών προβλημάτων. Επιπλέον, τα συστήματα αυτά οφείλουν να έχουν μια αποτελεσματική απόδοση, ώστε να υποστηρίζουν τις ανάγκες των χρηστών σε ένα περιβάλλον παραγωγής (Στεφανάκης, 2003).

2.2.2 Ορισμός-Γενική Περιγραφή των Γ.Σ.Π.

Υπάρχει πλήθος ορισμών για τα Γ.Σ.Π., μάλιστα ο Κ.Κουτσόπουλος (2005) αναφέρει ότι παρά την τρομερή εξέλιξη που παρατηρείται τα τελευταία τριάντα χρόνια στην εφαρμογή των Γ.Σ.Π., οι προσπάθειες για ένα σαφή και κοινά αποδεκτό ορισμό για το τι είναι Γ.Σ.Π. και κυρίως ποιες είναι οι εφαρμογές τους, δεν έχουν ακόμη ευοδωθεί. Συνεχίζοντας διακρίνει τρεις ξεχωριστές ομάδες ορισμών οι οποίες είναι αλληλένδετες μεταξύ τους. Η πρώτη ομάδα αφορά τη Διαχειριστική προσέγγιση και βασικός σκοπός της είναι η δημιουργία και διαχείριση χωρικών στοιχείων. Η διαχειριστική προσέγγιση διακρίνεται στην υπο-ομάδα της Χαρτογραφικής προσέγγισης και στη υπο-ομάδα της Πληροφορικής προσέγγισης. Η δεύτερη ομάδα αναφέρεται ως Προσέγγιση Χωρικής Ανάλυσης, η οποία υποστηρίζει τη σπουδαιότητα της Γεωγραφικής (Χωρικής) Ανάλυσης. Τέλος, η τρίτη ομάδα αναφέρεται στη Σχεδιαστική Προσέγγιση και εστιάζεται στην επίλυση χωρικών προβλημάτων, δηλαδή να συμμετέχουν ενεργά στο χωρικό σχεδιασμό.

Μερικοί από τους δοθέντες ορισμούς των Γ.Σ.Π. είναι οι παρακάτω:

Κατά τον Burrough (1983), τα Γ.Σ.Π. αντιπροσωπεύουν «ένα ισχυρό σύνολο εργαλείων για τη συλλογή, αποθήκευση, ανάληψη ανά πάσα στιγμή, μετασχηματισμό και απεικόνιση χωρικών στοιχείων του πραγματικού κόσμου».

Σύμφωνα με τον Parker (1986), τα Γ.Σ.Π. «είναι ένα ισχυρό σύνολο εργαλείων για συλλογή, αποθήκευση, ανάκτηση μετασχηματισμό και απεικόνιση των χωρικών δεδομένων από τον πραγματικό κόσμο».

Κατά τον Κουτσόπουλο (2002), τα Γ.Σ.Π. «είναι μια οργανωμένη συλλογή μηχανικών υπολογιστικών μηχανημάτων (*hardware*), λογισμικών συστημάτων (*software*), χωρικών δεδομένων και ανθρώπινου δυναμικού, με σκοπό τη συλλογή, καταχώρηση, ενημέρωση, διαχείριση, ανάλυση και απόδοση, κάθε μορφής πληροφορίας που αφορά στο γεωγραφικό περιβάλλον».

Κατά τον Carter (1989) τα Γ.Σ.Π. «είναι όλα εκείνα τα πληροφοριακά συστήματα τα οποία εστιάζουν σε χωρικά ενδιαφέροντα και φαινόμενα σε κλίμακες από όλη τη γη μέχρι τη μοναδιαία ιδιοκτησία (*land parcel*)».

Σύμφωνα με έναν ακριβέστερο ορισμό από την Federation Internationale des Geometres, «Σύστημα Πληροφοριών Γης είναι ένα εργαλείο για λήψη αποφάσεων νομικής, διοικητικής και οικονομικής υφής και ένα όργανο για το σχεδιασμό και την ανάπτυξη, το οποίο αποτελείται από μια Βάση Δεδομένων που περιέχει για μια έκταση στοιχεία προσδιορισμένα στο χώρο, τα οποία σχετίζονται με τη γη και από διαδικασίες και τεχνικές για τη συστηματική συλλογή, ενημέρωση, επεξεργασία και διανομή των στοιχείων. Η Βάση ενός Γ.Σ.Π. είναι ένα ενιαίο σύστημα (γεωγραφικής) αναφοράς, το οποίο επίσης διευκολύνει τη σύνδεση των στοιχείων μεταξύ τους καθώς και με άλλα συστήματα που περιέχουν στοιχεία για τη γη» (Μανιάτης,1996).

Η ίδια πολυπλοκότητα που παρατηρείται στους διάφορους ορισμούς των Γ.Σ.Π. διακρίνεται και στην περιγραφή των βασικών στοιχείων ή των επιμέρους στοιχείων ενός Γεωγραφικού Πληροφοριακού Συστήματος. Κατά τον Κουτσόπουλο (2005) τα βασικά συστατικά των Γ.Σ.Π. είναι τρία, τα μηχανήματα (*hardware*), οι αλγόριθμοι (*software-προγράμματα εφαρμογής*) και τα διαθέσιμα (*resourceware*). Στην κατηγορία των διαθέσιμων κατατάσσονται η πρωτογενής

μορφή των στοιχείων που καταγράφονται, οι μέθοδοι και ο τρόπος συλλογής, η οργανωτική υποδομή και, το κυριότερο, το ανθρώπινο δυναμικό, εξειδικευμένο και μη, το οποίο θα αξιολογήσει και θα διαχειριστεί τη διαθέσιμη πληροφορία.

Κατά τον Καρτέρη (1999) Γ.Σ.Π. είναι συνολικά ένα νέο επιστημονικό πεδίο το οποίο χειρίζεται χωρικά και μη χωρικά δεδομένα και αποτελούνται από τρία βασικά μέρη:

- Το ηλεκτρονικό σύστημα οργάνων
- Το λογισμικό και
- Τα δεδομένα

Κατά την Β.Κόλλια-Κουσουρή (Γεωγραφικά Πληροφοριακά Συστήματα-Σημειώσεις διδασκαλίας) τα μέρη ενός Γ.Σ.Π. είναι:

- Το Υλικό
- Το Λογισμικό
- Τα δεδομένα
- Η Οργανωτική Δομή
- Το Δίκτυο/Διαδίκτυο

Με δεδομένη, στις μέρες μας, την ευχέρεια προσφοράς και διάθεσης υλικού και λογισμικού, το βασικό πρόβλημα των εφαρμογών των Γ.Σ.Π. είναι η συλλογή των πρωτογενών δεδομένων ή στοιχείων και η μεθοδευμένη, στα πλαίσια της επιστήμης και της τεχνικής, παραπέρα επεξεργασία, αξιολόγηση και αξιοποίηση αυτών.

Τα δεδομένα αποτελούν αναπόσπαστο τμήμα κάθε πληροφοριακού συστήματος. Τα Γ.Σ.Π. διαχειρίζονται και επεξεργάζονται τα χωρικά ή γεωγραφικά δεδομένα (spatial data) με χωρική και θεματική διάσταση, τα οποία ενδέχεται να μεταβάλλονται στον χρόνο. Περιέχουν στοιχεία για τη θέση (location) των φαινομένων που παρατηρούνται στον πραγματικό κόσμο, τα χαρακτηριστικά (attributes) αυτών των φαινομένων καθώς και στοιχεία για την αλληλοσυσχέτισή τους, η οποία περιγράφει τον τρόπο σύνδεσης αυτών των δεδομένων και ονομάζεται τοπολογία (Δ. Μιχελάκης, 2010/www.gistech.gr/-gis.html, 2010).

Οι αρχικές πληροφορίες ή δεδομένα συνήθως διακρίνονται σε γεωγραφικά-χωρικά δεδομένα και σε περιγραφικά (Καλύβας, 2007). Κατά τον Καρτέρη (1999) τα χωρικά δεδομένα

χαρακτηρίζονται αποκλειστικά από τη θέση τους στο χώρο σε σχέση με κάποιο σύστημα συντεταγμένων ενώ τα μη χωρικά (περιγραφικά) δεδομένα σχετίζονται ή περιγράφουν τα χαρακτηριστικά ή τις ιδιότητες της υπόψη χωρικής θέσης. Παραδείγματος χάρη, η θέση ενός δρόμου πάνω στο χάρτη είναι χωρική πληροφορία, ενώ ο χαρακτηρισμός του ως δασικού β' κατηγορίας είναι περιγραφική.

Τα χωρικά δεδομένα διακρίνονται σε τέσσερις βασικές μορφές (Καρτέρης, 1999):

- Τα σημειακά (Point Features),
- Τα γραμμικά (Line Features),
- Τα επιφανειακά ή πολυγωνικά (Polygon Features) και
- Τα τρισδιάστατα ή ανάγλυφου (TINs)

Τα χωρικά δεδομένα από πλευράς δομής διαιρούνται σε δύο μεγάλες κατηγορίες, τα διανυσματικά (vector) και τα πλεγματικά (raster ή grid) (Κόλλια-Κουσουρή). Η πρώτη χαρακτηρίζεται από τον αυστηρό καθορισμό της γεωμετρίας και της διάστασης των αντικειμένων ενώ η πλεγματική χαρακτηρίζεται από την πινακοειδή διαμερισματοποίηση του χώρου με την ακρίβεια των στοιχείων να εξαρτάται άμεσα από το μέγεθος του κάθε φαινομένου του πίνακα. Κάθε δομή έχει τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της και συνήθως η χρησιμοποίηση της μιας ή της άλλης εξαρτάται από το είδος της εφαρμογής.

2.2.3 Λειτουργικότητα των Γ.Σ.Π. στη διαχείριση των Φυσικών Πόρων και του Περιβάλλοντος

Η προστασία του περιβάλλοντος και των φυσικών πόρων, σε συνδυασμό με την αρχή της αειφόρου ανάπτυξης, απασχολούν τις τελευταίες δεκαετίες τους επιστημονικούς και όχι μόνο κύκλους. Η ανάγκη της διαχείρισης του περιβάλλοντος, καθώς και η ανάγκη της πρόβλεψης των αλλαγών που θα συμβούν στο μέλλον, από την ανθρώπινη δραστηριότητα, οδήγησε το επιστημονικό ενδιαφέρον στην μελέτη των διεργασιών που λαμβάνουν χώρα και την συγκέντρωση των απαραίτητων δεδομένων, με σκοπό την χωρική μοντελοποίηση αυτών των διεργασιών (Διαβαλκανικό Κέντρο Περιβάλλοντος, www.balcenv.gr, 2010). Η χρησιμοποίηση των Γ.Σ.Π. στο τομέα της προστασίας του Περιβάλλοντος εκτινάχθηκε από την παράλληλη

ανάπτυξη του τομέα της Τηλεπισκόπησης που, κατά την Κόλλια-Κουσουρή αποτελεί σήμερα την πρωτεύουσα πηγή δεδομένων και την οποία η ίδια θεωρεί συγγενής προς τα Γ.Σ.Π. και ίσως και ιδιαίτερο κλάδο αυτών.

Τα Γ.Σ.Π. μπορούν να διαχειριστούν μεγάλο όγκο δεδομένων τα οποία προέρχονται από τους τοπογραφικούς χάρτες, το κτηματολόγιο, τα χωροταξικά σχέδια, τα πληθυσμιακά δεδομένα, τις χρήσεις γης, τους εδαφολογικούς και γεωλογικούς χάρτες, το φυσικό περιβάλλον, την υδρολογία και πολλές άλλες πηγές. Η Πληροφορική, σε συνδυασμό με τις σύγχρονες τεχνολογίες που έχουν αναπτυχθεί, επιτρέπουν την αποθήκευση τεράστιου όγκου δεδομένων σε ηλεκτρονικές βάσεις, τη δυνατότητα γρήγορης ενημέρωσης (επικαιροποίησης) θεματικών χαρτών και δεδομένων, την ταχεία ανάκτηση τους, την διαχείρισή τους και την εφαρμογή σεναρίων με άμεση οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων. Είναι σημαντική η συνεισφορά τους στην πρόληψη πυρκαγιών, στην καταγραφή (ποιοτικά και ποσοτικά) των συνεπειών καταστροφικών φαινομένων, κ.λπ. Με τη καταγραφή δεδομένων υψομέτρου, ανάγλυφου, χρήσεων και καλύψεων γης και με την ανάλυση δορυφορικών εικόνων επιτυγχάνεται η παραγωγή πληροφορίας από δεδομένα καθώς και η συλλογή στοιχείων τα οποία είναι συμπληρωματικά και απαραίτητα στον σχεδιασμό πολιτικών στρατηγικής (Διαβαλκανικό Κέντρο Περιβάλλοντος, www.balcenv.gr, 2010).

Εφαρμογές των Γ.Σ.Π. είναι δυνατό να βρεθούν σε διάφορα επιστημονικά πεδία όπως στη δασοπονία, στην γεωπονία, στη γεωλογία, στην εδαφολογία, στη γεωγραφία, στην τοπογραφία, στην χαρτογραφία κ.λπ. Ο Κουτσόπουλος (2005) αναφέρει ότι τα Γ.Σ.Π. μπορούν να συμβάλλουν ως ολοκληρωμένα εργαλεία χωρικής ανάλυσης και σχεδιασμού στους ενδεικτικούς παρακάτω τομείς:

- Περιφερειακός Προγραμματισμός-Σχεδιασμός
- Αστικός Προγραμματισμός-Σχεδιασμός
- Συγκοινωνίες-Μεταφορές
- Τεχνική Υποδομή
- Περιβάλλον
- Φορολογία
- Εκπαίδευση και Υγεία-Πρόνοια
- Δασική Υπηρεσία, Πυροσβεστική, Αστυνομία
- Ανάλυση Αγοράς

- Αγορά Εργασίας
- Δίκτυα διανομών, Πωλήσεων και Χωροθετήσεις κατανομών

Κατά την Κόλλια-Κουσουρή οι πιο σημαντικές εφαρμογές των Γ.Σ.Π. με ιδιαίτερη έμφαση στο τομέα των Γεωεπιστημών είναι:

- Εδαφολογικές μελέτες
- Υδρολογικές μελέτες
- Γεωλογικές μελέτες
- Περιβαλλοντικές μελέτες
- Δημογραφικές και κοινωνικο-οικονομικές μελέτες
- Αρχαιολογικές μελέτες
- Μελέτες έργων κοινής ωφέλειας
- Συγκοινωνιακές μελέτες
- Μελέτες αναπτυξιακού σχεδιασμού
- Εμπορικές μελέτες

2.2.4 Γ.Σ.Π. και Δασοπονία

Τα τελευταία χρόνια τα φυσικά οικοσυστήματα έχουν γίνει σ' όλο τον κόσμο οι πλέον πολύτιμοι πόροι και αυτοί που υφίστανται την πλέον προσεκτική διαχείριση. Γι' αυτό το λόγο αρκετά Γ.Σ.Π. αναφέρονται στο σχεδιασμό και τη διαχείριση των δασικών-φυσικών οικοσυστημάτων (Καρτέρης-Καραμανώλης, 1996). Κατ' αυτούς η αναγκαιότητα εφαρμογής των Γ.Π.Σ. στη διαχείριση των φυσικών και δασικών οικοσυστημάτων προέκυψε από το γεγονός ότι η διαχείριση είναι μια περίπλοκη διαδικασία με απαιτήσεις πολλαπλής χρήσης σε ένα φυσικό περιβάλλον που σιγά-σιγά υποβαθμίζεται.

Η διαχείριση φυσικών οικοσυστημάτων γίνεται πιο περίπλοκη καθώς οι λήπτες αποφάσεων αγωνίζονται να εξισορροπήσουν πολλές ανταγωνιστικές απαιτήσεις. Αυτές περιλαμβάνουν:

- Τις απαιτήσεις για περισσότερη εισαγωγή στοιχείων στη διαδικασία λήψης αποφάσεων και πιο ανοιχτή επικοινωνία.
- Τη διεθνή πίεση προς τις βιομηχανίες επεξεργασίας φυσικών πόρων, για περισσότερη περιβαλλοντική ενημέρωση.
- Την αειφορική ανάπτυξη.

- Τη συντήρηση βιοποικιλότητας, αν και δύσκολο να την καθορίσουμε και να τη μετρήσουμε ποσοτικά.
- Τη διαχείριση αξιών πολλαπλών πόρων σε βιοφυσικές περιοχές, όπως σε ένα οικοσύστημα ή λεκάνη απορροής.
- Την αύξηση των περιορισμών προϋπολογισμού.

Παράδειγμα πεδίου εφαρμογής των Γ.Π.Σ. και της Τηλεπισκόπησης για το περιβάλλον είναι η εύρεση των περιοχών που έχουν υποστεί ερημοποίηση. Είναι γνωστό ότι οι περισσότεροι παράγοντες, οι οποίοι επιδρούν στην ερημοποίηση, είναι εδαφικοί και φυσιογραφικοί (εκτός βεβαίως του κλίματος). Αυτό σημαίνει ότι η παράλληλη διαχρονική καταγραφή των χρήσεων και καλύψεων γης θα αποτελούσε ένα επιπρόσθετο στοιχείο για τον εντοπισμό περιοχών οι οποίες έχουν υποστεί, σε κάποιο βαθμό, τις συνέπειες της ερημοποίησης, καθώς επίσης και τον προσδιορισμό των περιοχών οι οποίες παρουσιάζουν βραχυπρόθεσμο, μεσοπρόθεσμο ή μακροπρόθεσμο κίνδυνο υποβάθμισης (Μαλλίνης, 2009).

Παρακάτω παρατίθενται μερικές εφαρμογές των Γ.Π.Σ. και της Τηλεπισκόπησης στη διαχείριση και προστασία των δασικών οικοσυστημάτων:

- Απογραφή Δασών
- Διαχείριση Άγριας Πανίδας
- Δασοπροστασία και Διαχείριση πυρκαγιών
- Καταγραφή Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων στους Ελληνικούς Υγροβιοτόπους
- Διαχείριση φυσικών οικοσυστημάτων
- Διαχείριση Δασών

Ειδικότερα για την δημιουργία μιας Ολοκληρωμένης Βάσης δεδομένων ενός φυσικού οικοσυστήματος πρέπει να περιλαμβάνει (Καρτέρης-Καραμανώλης, 1996):

- Απογραφή φυσικών πόρων, π.χ. ξύλο
- Τοπογραφία, εδαφολογία, γεωλογία
- Πληροφορίες μεταφοράς, όπως δρόμοι και σιδηρόδρομοι
- Υδρολογικές πληροφορίες, ποτάμια, λίμνες, κ.λ.π.
- Χαρτογράφηση οικοσυστημάτων και λεκανών απορροής
- Πληροφορίες δασικών λειτουργιών (διαχειριζόμενες περιοχές, κέντρα υλοτομιών, δρόμοι, οχετοί, γέφυρες κ.λ.π.)
- Διάφοροι περιορισμοί, όπως είναι οι περιοχές ενδιαφέροντος, τα φυτικά είδη και οι χώροι υπό κίνδυνο

- Συγκομιδή ξύλου και άλλες δασοκομικές καταγραφές
- Πληροφορίες αύξησης και απόδοσης με επιτόπια εργασία, έρευνα και ανάλυση
- Αξίες πόρων όπως είναι η άγρια πανίδα, ιδιαίτεροι βιότοποι κ.α.
- Ψηφιακή ορθοφωτογραφία
- Ψηφιακά μοντέλα εδάφους
- Μελέτες εδάφους

2.3 ΠΟΛΥΚΡΙΤΗΡΙΑΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.3.1 Εισαγωγή

Η διαδικασία λήψης αποφάσεων είναι ένα θέμα που απασχολεί τον άνθρωπο από τα χρόνια της αρχαιότητας. Πολλοί στοχαστές ανά τους αιώνες έχουν στρέψει την προσοχή τους στο θέμα αυτό και αρκετοί επιστήμονες έχουν προσπαθήσει να προσεγγίσουν τον τρόπο με τον οποίο οι άνθρωποι λαμβάνουν αποφάσεις (κανονιστικές/κατευθυντήριες προσεγγίσεις) ή οφείλουν να λαμβάνουν (πρότυπες/δεοντολογικές προσεγγίσεις) αποφάσεις. Οι μεγάλοι φιλόσοφοι Πλάτωνας και Αριστοτέλης ασχολήθηκαν με τη δυνατότητα του ανθρώπου να λάβει αποφάσεις και υποστήριξαν πως η δυνατότητα του αποφασίζει κατόπιν στοχασμού είναι αυτό που διακρίνει τον άνθρωπο από τα ζώα (Figueira από Παναγιωτόπουλο, 2007).

Η *Λήψη Απόφασης Πολλαπλών Κριτηρίων* (Multi-Criteria Decision Making ή MCDM) είναι ένας πολύ γνωστός κλάδος της Λήψης Απόφασης. Ανήκει σε μια γενική κατηγορία ερευνητικών επιχειρησιακών μοντέλων που εξετάζουν τα προβλήματα απόφασης κάτω από την παρουσία διάφορων κριτηρίων. Η ανάπτυξη των μεθόδων αυτών επιβλήθηκε από τη διαπίστωση ότι η επίλυση πολύπλοκων και σημαντικών προβλημάτων λήψης αποφάσεων δεν είναι επιτρεπτό να βασίζεται σε μία μονόπλευρη και μονοδιάστατη ανάλυση. Συχνότερα χρησιμοποιείται ο όρος *Πολυκριτηριακή Ανάλυση* (Multi-Criteria Analysis ή MCA) (Ανδρουλακάκης κ.α., 2009).

Εξαιτίας της πολυπλοκότητάς τους, τα προβλήματα που αφορούν χωρικές και όχι μόνο, αποφάσεις, απαιτούν την ικανοποίηση λίγων, μερικών ή αρκετών επιμέρους μεταβλητών ή απαιτήσεων (εκπλήρωση συνθηκών). Πολλές φορές η απόσταση μεταξύ της άριστης και της

λανθασμένης λύσης είναι παρά πολύ μικρή. Τα επιμέρους εναλλακτικά σενάρια που ενδέχεται να προκύψουν μπορεί να ικανοποιούν τον ορίζοντα των ελάχιστων απαιτήσεων που έχουν τεθεί ή να είναι όλα αποδεκτά, αλλά το καθένα έχει μεγαλύτερες ή μικρότερες συνέπειες ή επιπτώσεις και συνεπώς πρέπει να εφαρμοστεί μια ορθολογική ανάλυση που θα μας δείξει, κατά το δυνατόν, την ορθή λύση(Σπανός, 2004).

Ένα πρόβλημα πολυκριτηριακής ανάλυσης αφορά ένα σύνολο εναλλακτικών λύσεων οι οποίες αξιολογούνται χωριστά σε μια βάση ορισμού κριτηρίων, τα οποία μπορεί να αλληλοσυγκρούονται ή να είναι δυσανάλογα μεταξύ τους. Η Πολυκριτηριακή Ανάλυση είναι ένα εργαλείο λήψης αποφάσεων που έχει αναπτυχθεί για σύνθετα προβλήματα πολλαπλών κριτηρίων τα οποία περιλαμβάνουν ποιοτικές ή ποσοτικές πτυχές ενός προβλήματος κατά την διαδικασία λήψης αποφάσεων. Σε μια κατάσταση όπου περιλαμβάνονται πολλαπλάσια κριτήρια επιλογής ή λήψης απόφασης, μπορεί να προκύψει σύγχυση εάν δεν ακολουθείται μια λογική και καλά δομημένη διαδικασία λήψης αποφάσεων (Malczewski, 1999).

Η πολυκριτηριακή λήψη αποφάσεων (MCDM) ορίζεται από την International Society on Multiple Criteria Decision Making, ως εξής:

«Η Πολυκριτηριακή Λήψη Αποφάσεων είναι η μελέτη των μεθόδων και των διαδικασιών αυτών με τις οποίες το ενδιαφέρον για πολλαπλά αλληλοσυγκρουόμενα κριτήρια μπορεί επισήμως να ενσωματωθεί στη διαδικασία διοικητικού προγραμματισμού» (Παναγιωτόπουλος, 2007).

Στη βιβλιογραφία παρουσιάζονται πάρα πολλές πολυκριτηριακές μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν και χρησιμοποιούνται στο τομέα Λήψης Απόφασης. Μερικές από αυτές είναι:

- Μέθοδος *Multi-Attribute Utility Theory* (M.A.U.T).
- Μέθοδος *Multi-Attribute Value Theory* (M.A.V.T.).
- Μέθοδος *Utility Theory Additive* (U.T.A.).
- Μέθοδος STEM.
- Μέθοδος *Simple MultiAttribute Rating Technique* (SMART).
- Μέθοδος *Simple Additive Weighting* (SAW).
- Μέθοδος *The Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution* (T.O.P.S.I.S.).
- Μέθοδος *Data Envelopment Analysis* (D.E.A.).

- Μέθοδος ELECTRE
- Μέθοδος PROMETHEE
- Μέθοδος *Analytical Hierarchy Process* (A.H.P.).
- Μέθοδος *Ordered Weighted Averaging* (O.W.A.).

Από το σύνολο των παραπάνω μεθόδων πολυκριτηριακής ανάλυσης, στην παρούσα εργασία αναλύονται και εφαρμόζονται, η Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία (A.H.P.) και η μέθοδος του Διατεταγμένου Σταθμισμένου Μέσου(O.W.A.). Αμφότερες χρησιμοποιούνται διεθνώς στην επίλυση χωρικών προβλημάτων καθώς μπορούν να εφαρμοστούν σε περιβάλλον Γ.Π.Σ. όπου και μπορούν να επεξεργαστούν και να αναλύσουν χωρικά δεδομένα και να δώσουν λύσεις χωρικής διάστασης. Μάλιστα στην παρούσα εργασία χρησιμοποιείται ένα συνδυαστικό μοντέλο A.H.P. και O.W.A. μέσα από μια ειδική επέκταση λογισμικού, του M.C.E-FLOWA, των Boroushaki S. και Malczewski J. (2007-2008), το οποίο εφαρμόζεται στο λογισμικό των Γ.Π.Σ. Arc-GIS της εταιρείας ESRI.

2.3.2 Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία

Η Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία (A.H.P.) αναπτύχθηκε και προτάθηκε ως μέθοδος πολυκριτηριακής ανάλυσης από τον Thomas Saaty, στα τέλη της δεκαετίας του 1970 . Αυτή η μέθοδος προσεγγίζει τη λήψη αποφάσεων με τη διάταξη των σημαντικών συστατικών ενός προβλήματος σε μια ιεραρχική δομή, παρόμοια με εκείνη του οικογενειακού δέντρου (Κουτσόπουλος κ.α.,2009).

Η AHP στηρίζεται σε συγκροτημένη μαθηματική θεωρία, αποτελεί αντικείμενο συνεχών βελτιώσεων και, σχετικά πρόσφατα, γενικεύθηκε στην Analytic Network Process (Αναγνωστόπουλος κ.α., 2001). Βασίζεται στην ανάλυση ενός περίπλοκου προβλήματος σε μια ιεραρχία με τον στόχο να βρίσκεται στην κορυφή της ιεραρχίας. Κριτήρια και υποκριτήρια βρίσκονται σε επίπεδα και υπο-επίπεδα της ιεραρχίας. Οι εναλλακτικές αποφάσεις βρίσκονται στο κατώτατο σημείο της ιεραρχίας. Τα στοιχεία ενός επιπέδου ιεραρχίας συγκρίνονται ανά ζεύγη, για να αξιολογηθεί η σχετική τους προτίμησή σε σχέση με κάθε ένα από τα στοιχεία στο αμέσως υψηλότερο επίπεδο (Δερμεντζίδου, 2006).

Η μέθοδος A.H.P. αναλύει μία σύνθετη απόφαση σε μια σειρά απλών συγκρίσεων, των *Διαδικών Συγκρίσεων* (Pairwise comparisons) μεταξύ των στοιχείων της Ιεραρχίας απόφασης. Η μέθοδος των δυαδικών συγκρίσεων σε ένα σύνολο δεικτών για κάθε κριτήριο, επιμερίζει

ένα σύνθετο πρόβλημα κριτηρίων και δεικτών, σε μια σειρά από κρίσεις ένα προς ένα των κριτηρίων, σχετικών με κάποιο κριτήριο που περιγράφει (Κουτσόπουλος κ.α., 2009).

Κατά τον Forman (1993) η σημαντική υπεροχή και δύναμη της AHP εστιάζεται ακριβώς στη δυνατότητα των δυαδικών λεκτικών συγκρίσεων μεταξύ οποιονδήποτε στοιχείων, ποσοτικών και μη ποσοτικών.

Ο Saaty (1980) κατά την παρουσίαση της μεθόδου A.H.P. εισήγαγε μια θεμελιώδη κλίμακα λεκτικών όρων που παίρνουν τιμές από το 1 έως το 9. Η κλίμακα αυτή χρησιμοποιείται για να αξιολογηθεί η προτίμηση μεταξύ δύο στοιχείων. Η τιμή 1 δείχνει ίση σημασία (ισοτιμία) μεταξύ τους, η τιμή 3 δείχνει μέτρια σημαντικότητα του ενός έναντι του άλλου, η τιμή 5 δείχνει έντονη σημαντικότητα του ενός έναντι του άλλου, η τιμή 7 δείχνει πολύ έντονη σημαντικότητα και η τιμή 9 δείχνει εξαιρετικά μεγαλύτερη σημαντικότητα. Οι τιμές 2, 4, 6 και 8 αποτελούν ενδιάμεσες τιμές που δίνονται ανάμεσα σε δύο παραπλήσιες κρίσεις. Αυτή η κλίμακα και η χρήση των λεκτικών συγκρίσεων χρησιμοποιούνται για τη στάθμιση των διάφορων στοιχείων είτε προσδιορίζονται ποσοτικά είτε και μη-ποσοτικά (Saaty, 1987). Η κλίμακα του Saaty παρουσιάζεται στο Πίνακας 2.3.

ΕΝΤΑΣΗ ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΗΤΑΣ	ΟΡΙΣΜΟΣ/ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
1	Ίση Σημαντικότητα
3	Μέτρια σημαντικότητα του ενός παράγοντα έναντι του άλλου
5	Ισχυρά σημαντικός παράγοντας έναντι του άλλου
7	Πολύ ισχυρά σημαντικός παράγοντας έναντι του άλλου
9	Εξαιρετικά σημαντικός παράγοντας έναντι του άλλου
2,4,6 και 8	Ενδιάμεσες τιμές ανάμεσα σε δύο παρακείμενες κρίσεις

Πίνακας 2.3. Θεμελιώδης κλίμακα αξιολόγησης της A.H.P. (Saaty, 1987)

Οι L. Bodin και S. Gass (2003) αναφέρουν ότι η θεμελιώδης κλίμακα αξιολόγησης του Saaty, λειτουργεί εξαιρετικά καλά. Επίσης αναφέρουν ότι ο Saaty πριν αποφασίσει να προτείνει τη θεμελιώδη κλίμακα 1-9, ερεύνησε ένα ευρύ φάσμα πιθανών αριθμητικών κλιμάκων για την σύγκριση μεταξύ δύο στοιχείων. Παρότι άλλοι ερευνητές έχουν προτείνει κατά καιρούς διάφορες άλλες κλίμακες, με τη χρησιμοποίηση λογαρίθμων, γεωμετρικών δυνάμεων, αρνητικών αριθμών κ.α., η κλίμακα 1-9 έχει αποδειχθεί ότι αποτελεί επαρκέστατη κλίμακα μέτρησης, που επιτρέπει σε ένα αναλυτή να προσεγγίσει τα άγνωστα βάρη των παραγόντων που εξετάζει σε μια ευρύτερη κατηγορία προβλημάτων.

Κατά τον L.Vargas (1990) η A.H.P. σαν μέθοδος λήψης αποφάσεων διέπεται από τα παρακάτω αξιώματα:

Αξίωμα 1 (Reciprocal comparison): Ο αναλυτής του προβλήματος πρέπει να διαθέτει την ικανότητα να δημιουργεί διμερείς συγκρίσεις κριτηρίων που να βασίζονται σε επαρκή και σαφή δεδομένα και έγκυρες πηγές. Η ένταση της προτίμησής του πρέπει να ικανοποιεί και την αντίστροφη συνθήκη (Εάν το A προτιμάται x φορές έναντι του B τότε το B προτιμάται $1/x$ φορές έναντι του).

Αξίωμα 2 (Homogeneity): Η τήρηση της ομοιογένειας είναι σημαντική κατά τη διαδικασία σύγκρισης παραγόντων ως προς ένα χαρακτηριστικό. Για παράδειγμα, είναι δύσκολο να συγκρίνουμε ένα πορτοκάλι με ένα κόκκο άμμου διότι διαφέρουν στο μέγεθος. Για αυτό το λόγο, τοποθετούμε τα δυο στοιχεία σε διαφορετικές ομάδες (clusters) συγκρίσιμου μεγέθους.

Αξίωμα 3 (Independence): Κατά την διατύπωση των προτιμήσεων, τα κριτήρια είναι ανεξάρτητα από τα υποκριτήρια και τις εναλλακτικές λύσεις. Η σύγκριση των στοιχείων γίνεται από τα χαμηλότερα επίπεδα προς τα υψηλότερα και διαφαίνεται εξάρτηση των μεταβλητών των κατώτερων επιπέδων από τις μεταβλητές που τοποθετούνται υψηλότερα στην ιεραρχία και καλείται *εξωτερική εξάρτηση* (outer dependence).

Αξίωμα 4 (Expectations): Αντικειμενική επιδίωξη του αναλυτή θεωρείται η ολοκλήρωση της ιεραρχικής δομής με την χρησιμοποίηση όλων των κριτηρίων, υποκριτηρίων και εναλλακτικών λύσεων.

Η ιεραρχική ανάλυση ενός προβλήματος ολοκληρώνεται σε τέσσερα στάδια (Saaty, 1987) :

Στάδιο 1 : Ιεραρχική ανάλυση του προβλήματος σε στοιχεία απόφασης (decision elements).

Στάδιο 2 : Συλλογή από τον αναλυτή των προτιμήσεων των σχετικών με τα στοιχεία απόφασης.

Στάδιο 3 : Εκτίμηση των σχετικών βαρών (weights) των στοιχείων.

Στάδιο 4 : Σύνθεση των σχετικών βαρών για την εξαγωγή των γενικών προτεραιοτήτων των εναλλακτικών λύσεων.

Στο πρώτο στάδιο, ο αναλυτής δομεί το πρόβλημα σε ιεραρχικά επίπεδα. Στην κορυφή της ιεραρχίας τοποθετείται ο επιδιωκόμενος στόχος του υπό μελέτη προβλήματος απόφασης, σύμφωνα με την ικανοποίηση του αποφασίζοντος, τόσο σε ποιότητα όσο και σε κόστος. Στη συνέχεια, ο απώτερος στόχος αναλύεται σε επιμέρους υποστόχους (υποκριτήρια), οι οποίοι εξειδικεύονται σε ένα πλήθος συγκεκριμένων εναλλακτικών λύσεων.

Στο δεύτερο στάδιο, εκφράζονται οι προτιμήσεις του αναλυτή μέσω διμερών συγκρίσεων όλων των στοιχείων-παραγόντων ενός ιεραρχικού επιπέδου. Οι μεταβλητές ενός επιπέδου συγκρίνονται ανά ζεύγη ως προς το βαθμό προτίμησης της μιας έναντι της άλλης, σε σχέση με το κριτήριο του αμέσως ανωτέρου επιπέδου (γόνιμο στοιχείο απόφασης). Έτσι, δημιουργούνται πίνακες απόφασης (response matrices), των οποίων ο αριθμός ταυτίζεται με το πλήθος των κόμβων της ιεραρχίας, εξαιρούμενων των εναλλακτικών δράσεων (Saaty, 1987).

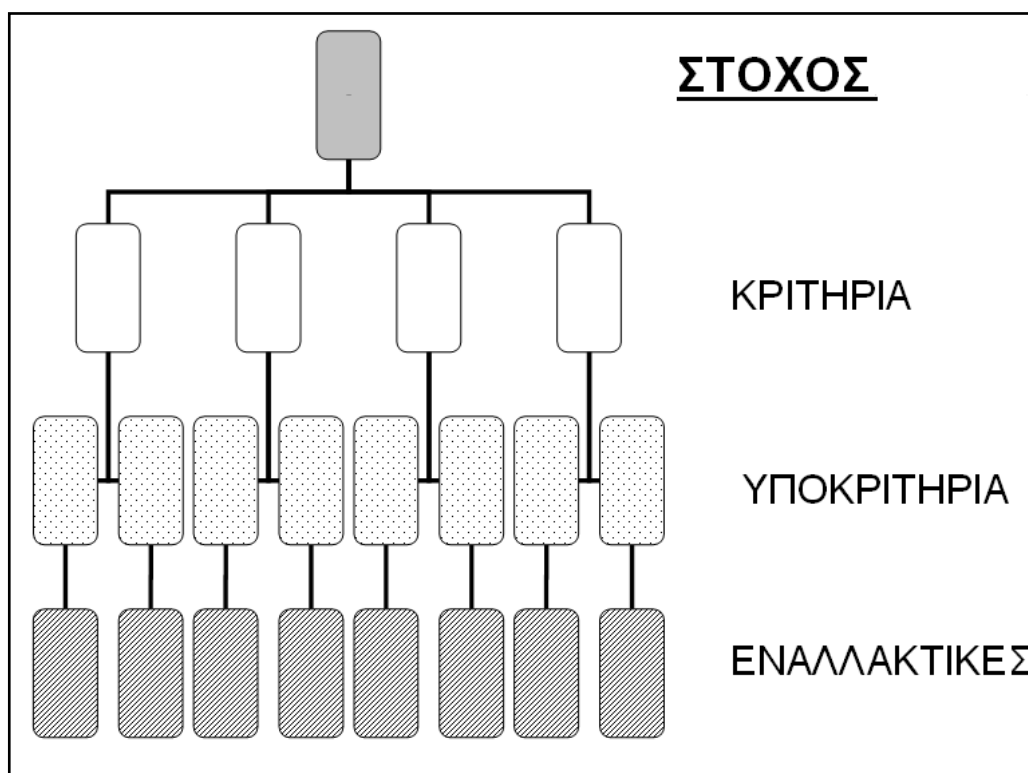
Στο τρίτο στάδιο υπολογίζονται, για κάθε πίνακα συγκρίσεων που δομείται για την επίλυση ενός συγκεκριμένου προβλήματος, τα σχετικά βάρη των συγκρινόμενων μεταβλητών ενός επιπέδου σε σχέση με τα στοιχεία του ανωτέρω επιπέδου. Ο υπολογισμός των σχετικών βαρών γίνεται με βάση τις προτιμήσεις του αποφασίζοντα ή του ιθύνοντα.

Στο τέταρτο και τελευταίο στάδιο της μεθόδου γίνεται σύνθεση των σχετικών βαρών για την εξαγωγή των σχετικών προτεραιοτήτων των εναλλακτικών λύσεων. Δηλαδή, υπολογίζεται η τελική βαθμολογία των εναλλακτικών λύσεων ή σεναρίων. Κατόπιν γίνεται πολλαπλασιασμός μεταξύ των πινάκων με τα βάρη ακολουθώντας την αντίστροφη ιεραρχική δομή (από κάτω προς τα πάνω), ώστε να εκφραστούν οι προτεραιότητες των εναλλακτικών λύσεων ως προς το γενικό στόχο (Saaty από Τσερκεζοπούλου, 2010).

Η δόμηση της Ιεραρχίας στην διαδικασία επίλυσης ενός προβλήματος με την χρησιμοποίηση της Α.Η.Ρ. δίδεται στο Σχήμα 2.2.

Η Α.Η.Ρ. είναι αρκετά δημοφιλής και εφαρμόζεται αρκετά συχνά στην επίλυση πραγματικών προβλημάτων αντιμετωπιζόμενη ταυτόχρονα ως ένα σημαντικό πεδίο έρευνας στις θεωρητικές και εφαρμοσμένες επιστήμες. Στη σχετική βιβλιογραφία αναφέρεται η εφαρμογή της μεθόδου σε πάρα πολλούς τομείς όπως (Vargas, 1990) :

- Σε προβλήματα οικονομίας και διοίκησης (Σχεδιασμός, Marketing, Μακροοικονομικές προβλέψεις, Σχεδιασμός Παραγωγής, Κατανομή πόρων κ.α.)
- Σε προβλήματα Πολιτικής (Έλεγχος οπλικών συστημάτων, Αξιολόγηση ασφάλειας, Πολιτικές συγκρούσεις, Παγκόσμια επιρροή, κ.λ.π.)
- Σε κοινωνικά προβλήματα(Περιβαλλοντικά προβλήματα, Εκπαίδευση, Υγεία, Δυναμική Πληθυσμών, Διαχείριση Υδάτων, Υπηρεσίες Δημόσιου Τομέα κ.λ.π.)
- Σε τεχνολογικά προβλήματα(Μεταφορά Τεχνολογίας, Επιλογές αγορών, Θέματα Ενέργειας κ.α.)



Σχήμα 2.2 Ιεραρχική Ανάλυση Προβλήματος

Οι πίνακες (μήτρες) συγκρίσεων είναι διαστάσεων $n \times n$, όπου n είναι το πλήθος των μεταβλητών ή παραγόντων που συγκρίνονται. Σε ένα τέτοιο πίνακα τα στοιχεία της πρώτης διαγωνίου έχουν την τιμή 1, διότι κάθε μεταβλητή συγκρίνεται με τον εαυτό της. Επίσης το γινόμενο των συμμετρικών, ως προς τη κύρια διαγώνια, στοιχείων του πίνακα ισούνται με ένα.

Συνεπώς η μορφή του πίνακα είναι:

$$A = (\alpha_{ij}) = \begin{pmatrix} 1 & b_1/b_2 & \dots & b_1/b_n \\ b_2/b_1 & 1 & \dots & b_2/b_n \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ b_n/b_1 & b_n/b_2 & \dots & 1 \end{pmatrix}$$

Κατά την διαδικασία υπολογισμού των βαρών (weights) με την χρησιμοποίηση των πινάκων σύγκρισης είναι ενδεχόμενο να εξαχθούν ασυνεπείς κρίσεις. Η Α.Η.Ρ. μας επιτρέπει να εκτιμήσουμε το βαθμό αβεβαιότητας υπολογίζοντας το Δείκτη Συνέπειας (CI-consistency index) και το Λόγο Συνέπειας (CR- consistency ratio). Γενικά με τον όρο Συνέπεια (consistency) εννοούμε ότι όταν έχουμε προσδιορίσει ένα βασικό ποσοστό δεδομένων μιας σειράς ενός πίνακα σύγκρισης, όλα τα υπόλοιπα δεδομένα μπορούν να εξαχθούν λογικά από αυτό. Το πραγματικό μέτρο του βαθμού συνέπειας ή ασυνέπειας ενός πίνακα είναι ο λόγος συνέπειας (CR) ο οποίος ορίζεται ως εξής:

$$CR = CI/RI$$

Όπου CI είναι ο δείκτης συνέπειας που ορίζεται :

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

Όπου λ_{max} να αντιπροσωπεύει την πρωτεύουσα ιδιοτιμή της μήτρας σύγκρισης. Ο παράγοντας RI (*Random index*) είναι ο δείκτης συνέπειας μιας τυχαία παραγόμενης αντίστροφης μήτρας, ίδιου μεγέθους (n) με την αρχική. Για να θεωρηθεί μια μήτρα σύγκρισης συνεπής ο λόγος συνέπειας CR πρέπει να έχει τιμή μικρότερη ή ίση του 0,10. Σε διαφορετική περίπτωση, ο αναλυτής ή ο απαφασίζων πρέπει να αναθεωρήσει τις τιμές εισόδου της μήτρας (Saaty, 1980- Bouroushaki & Malczewski, 2007).

2.3.4 Η Μέθοδος του Διατεταγμένου Σταθμισμένου Μέσου

Η Μέθοδος του Διατεταγμένου Σταθμισμένου Μέσου (Ordered Weighted Averaging- O.W.A.) προτάθηκε από τον Yager (1988) ως ομάδα (οικογένεια) τελεστών συνάθροισης για να χρησιμοποιηθεί σε μεθόδους πολυκριτηριακής ανάλυσης (Malczewski, 2006). Συγκεκριμένα ένας τελεστής *O.W.A.* διάστασης n είναι μια απεικόνιση

$$f: \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}$$

που κάνει χρήση ενός διανύσματος βαρών $w = [w_1, w_2, \dots, w_n]$ τέτοιων ώστε $w_i \in [0, 1]$

για $i = 1, 2, \dots, n$ και $\sum_{i=1}^n w_i = 1$.

έστω $\alpha_i \in \mathbb{R}$, με $i=1, \dots, n$ τότε η παραπάνω συνάρτηση f προσδιορίζεται ως εξής:

$$f(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n) = \sum_{i=1}^n w_i b_i = w_1 b_1 + w_2 b_2 + \dots + w_n b_n$$

με b_i το μεγαλύτερο στοιχείο του συνόλου των δεδομένων (α_i), n το πλήθος των δεδομένων και w_i το διατεταγμένο βάρος. Συνεπώς το βάρος w_i δεν σχετίζεται με μια τιμή α_i αλλά με το i -στο μεγαλύτερο στοιχείο. Η f είναι η συνδυασμένη άριστη εκτίμηση μιας εναλλακτικής απόφασης (εναλλακτικού σεναρίου), εφόσον τα δεδομένα έχουν αξιολογηθεί με σεβασμό στα κριτήρια n . Οποιαδήποτε εναλλακτική λύση με υψηλότερη τιμή από την f θα θεωρούνταν η πιο προτιμώμενη απόφαση. Σημειώνεται ότι τα επιμέρους συστατικά του διανύσματος εισαγωγής έχουν διαταχθεί πριν το πολλαπλασιασμό τους με τα διατεταγμένα βάρη (Zarghami-Szidarovszky, 2008).

Σε σύγκριση με την A.H.P., η O.W.A. υπολογίζει όχι μόνο τη σημασία κάθε μεταβλητής σε όλες τις θέσεις αλλά και σε κάθε θέση ξεχωριστά. Η O.W.A. περιλαμβάνει δύο σύνολα βαρών, τα σχετικά βάρη μεταβλητών (variable weights) και τα διατεταγμένα βάρη (order weights). Τα

βάρη των μεταβλητών (U_i) αναφέρονται στη σχετική σπουδαιότητα ανάμεσα στις μεταβλητές σε όλες τις θέσεις. Τα διατεταγμένα βάρη (w_i) σχετίζονται με τις τιμές των μεταβλητών σε κάθε θέση (Malczewski, 2006).

Οι τελεστές O.W.A. αποτελούν μια ολόκληρη οικογένεια (set-operator) καθοριζόμενων από την επιλογή του σταθμισμένου διανύσματος w . Κατά συνέπεια, με επιλογή διαφορετικών βαρών μπορούμε να εφαρμόσουμε κάθε φορά διαφορετικούς τελεστές συνάθροισης (aggregation). Τοποθετώντας τα περισσότερα από τα βάρη κοντά στην κορυφή του διανύσματος w , δίνουμε έμφαση στις υψηλές βαθμολογίες, ενώ τοποθετώντας τα βάρη κοντά στη βάση του w , δίνουμε έμφαση στις χαμηλές βαθμολογίες της συνάθροισης. Οι δύο αυτοί ακραίοι τελεστές \max & \min της συνάθροισης στην ουσία αποτελούν την έκφραση των γνωστών τελεστών OR και AND με τον πρώτο να αντιστοιχεί στη βαθμολογία \max και τον δεύτερο στη \min (Yager, 1999). Το παραπάνω εύρος στο οποίο «κινείται» η ομάδα τελεστών της O.W.A. περιγράφεται μαθηματικά ως εξής:

$$\text{MIN} [\alpha_i] \leq F(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n) \leq \text{MAX} [\alpha_i]$$

Μια χαρακτηριστική κατάσταση δημιουργείται όταν ανατίθενται ίσα βάρη διάταξης σε όλες τις μεταβλητές, δηλαδή

$$U_1 = U_2 = \dots = U_n = 1/n$$

Σ' αυτή τη περίπτωση καταλήγουμε σε ένα σταθμισμένο γραμμικό συνδυασμό (Weighted Linear Combination - WLC) ο οποίος είναι τοποθετημένος στο μέσον της συνεχούς κλίμακας από το \min μέχρι το \max (Malczewski, 2006). Αυτή η ειδική περίπτωση των τελεστών O.W.A. αναφέρεται ως *Μέσος* (Kuncheva κ.α., 2001).

Στη βιβλιογραφία αναφέρονται πληθώρα εφαρμογών που χρησιμοποιούν τους τελεστές O.W.A. Μία από τις σημαντικότερες είναι αυτή που χρησιμοποιείται στην πολυκριτηριακή ανάλυση για τη λήψη αποφάσεων. Κεντρικό ρόλο στη χρήση αυτή της O.W.A. παίζει η δυνατότητα της αντιστοίχισης των τελεστών με τους λεγόμενους γλωσσικούς ποσοδείκτες ή ποσοτικοποιητές (linguistic quantifiers), όπως είναι οι *as most*, *some* και *many*. Αυτή η δυνατότητα μας επιτρέπει να χρησιμοποιήσουμε τους τελεστές O.W.A. στη διαδικασία δόμησης των στοιχείων απόφασης και αποκαλείται η με ποσοδείκτες-καθοδηγημένη συνάθροιση (quantifier guided aggregation). Χρησιμοποιώντας αυτή τη διαδικασία, ένας

αναλυτής μπορεί να διευκρινίσει τον κανόνα απόφασης με όρους της φυσικής γλώσσας. Με αυτόν τον στοχευόμενο χειρισμό της O.W.A. είμαστε σε θέση να μετατρέψουμε τους γλωσσικούς προσδιορισμούς σε μαθηματικό τύπο, με τον οποίο μπορούμε να συγκρίνουμε τις εναλλακτικές λύσεις (Yager, 1999).

Ένας γλωσσικός ποσοδείκτης Q, έχει τη μορφή ενός ασαφούς συνόλου Q(r) πάνω στο σύνολο I = [0, 1], όπου I δηλώνει το μέρος (ποσοστό) των αντικειμένων και για κάθε r στο I, Q(r) είναι ο βαθμός κατά τον οποίο το μέρος r των αντικειμένων που ικανοποιεί την έννοια που δηλώνει ο ποσοδείκτης Q. Ο βαθμός ικανοποίησης δίδεται ως μια τιμή που κυμαίνεται στο διάστημα [0, 1] όπου 0 σημαίνει ότι η έννοια του Q δεν ικανοποιείται καθόλου και 1 σημαίνει ότι ικανοποιείται πλήρως. Τιμές του Q(r) μεταξύ 0 και 1 δηλώνουν ότι η έννοια του Q ικανοποιείται μερικώς. Για τον γλωσσικό ποσοδείκτη “all” αυτό σημαίνει ότι η έννοια του Q δεν μπορεί να ικανοποιηθεί παρά μόνο όταν r=1 (δηλαδή όταν το μέρος των αντικειμένων που είναι 100%). Για τον ποσοδείκτη “at least one” ικανοποιεί την έννοια Q για κάθε r>0, ενώ ο ποσοδείκτης “most” ικανοποιείται σταδιακά όσο αυξάνεται η τιμή του r (ποσοστό) (Βρεττός, 2007).

Ο Yager εισήγαγε επίσης το μέτρο ORness για τον χαρακτηρισμό των τελεστών OWA, που ορίζεται από τον τύπο:

$$ORness = \sum_{i=0}^n \frac{n-i}{n-1} w_i$$

Μπορούμε να δούμε ότι το ORness του τελεστή max (Or) είναι 1, το ORness του τελεστή min (And) είναι 0 ενώ του αριθμητικού μέσου ισούται με 0.5. Αντίστοιχες τιμές ανάμεσα στο 0 και 1 λαμβάνουν οι διάφοροι τελεστές OWA ανάλογα εάν βρίσκονται εγγύτερα στο Or ή το And τελεστή. Μπορούμε επίσης να ορίσουμε το συμπληρωματικό μέτρο ANDness με βάση τον τύπο:

$$ANDness(w) = 1 - ORness(w)$$

Επιπλέον, για την διαφοροποίηση των βαρών με δεδομένο ORness, ο Yager εισήγαγε την έννοια της διασποράς (dispersion) και υπολογίζεται από τον τύπο:

$$Disp(w) = - \sum_{i=0}^n w_i \ln(w_i), \text{ όπου } 0 \leq Disp(w) \leq \ln(w)$$

Το μέτρο αυτό παρέχει ένα βαθμό χρησιμοποίησης της πληροφορίας των βαρών. Έτσι όταν $OR_{ness} = 0$ ή 1 (για τελεστές μεγίστου και ελαχίστου αντίστοιχα) η dispersion είναι μηδέν, ενώ όταν έχουμε ομοιόμορφη κατανομή η dispersion είναι μέγιστη ($Disp(w) = \ln(n)$) (Βρεττός, 2007).

Ειδικά για την εφαρμογή της μεθόδου σε περιβάλλον Γ.Π.Σ., ο Malczewski (2006) αναφέρει ότι παρέχεται ένα ευρύ φάσμα στρατηγικών απόφασης με την θέση των τελεστών OWA να κυμαίνεται από το γλωσσικό ποσοδείκτη “all” μέχρι “at least”. Κατ’ αυτόν, συνήθως υπάρχουν δύο μετρικές παράμετροι για τη θέση του τελεστή O.W.A. που ακολουθείται κάθε φορά, το TRADEOFF και το OR_{ness} . Η παράμετρος TRADEOFF είναι μια εκτίμηση της αντιστάθμισης μεταξύ των μεταβλητών και υποδεικνύει το βαθμό διασποράς των βαρών τους. Κατά τον Valente (2008) η παράμετρος TRADEOFF είναι ταυτόσημη έννοια με αυτή της παραμέτρου Dispersion και δείχνει την *εντροπία* των διατεταγμένων βαρών. Όσο περισσότερο κατανεμημένα είναι τα διατεταγμένα βάρη τόσο μεγαλύτερος είναι ο όγκος πληροφορίας που χρησιμοποιείται στη διαδικασία εξαγωγής των συνδυασμών των κριτηρίων.

Μια βασική συνιστώσα για οποιαδήποτε λήψη απόφασης είναι η διάθεση του αποφασίζοντος έναντι του κινδύνου. Όταν ο λήπτης της απόφασης διαθέτει χαμηλή προδιάθεση (*risk-averse*), έναντι του κινδύνου αποτυχίας, τότε σταθμίζει τα αρνητικά αποτελέσματα υπερβολικά αρνητικά και αντιστρόφως, ένας λήπτης που διαθέτει υψηλή προδιάθεση (*risk-taking*) είναι πιθανόν να σταθμίσει τα θετικά αποτελέσματα, υπερβολικά θετικά. Η παράμετρος OR_{ness} αναγνωρίζεται ως μια εκτίμηση του βαθμού αισιοδοξίας του λήπτη απόφασης. Αν το OR_{ness} ισούται με 0,5 τότε ο αποφασίζων είναι αδιάφορος έναντι του ρίσκου απόφασης (Malczewski, 2006 από Μωράκο, 2009).

Σε ό,τι αφορά τον υπολογισμό των βαρών των μεταβλητών, κατά τον Malczewski (2006) προκύπτουν από τον παρακάτω τύπο:

$$U_i = \frac{n - r_i + 1}{\sum_{i=1}^n (n - r_i + 1)}$$

Όπου r_i είναι η i -th μεταβλητή. Η κατάταξη του i από το 1 έως το n βασίζεται στη σχετική σπουδαιότητα των μεταβλητών. Για αυτό το λόγο το r_i είναι η πιο σημαντική παράμετρος ενώ το r_n είναι η ελάχιστα σημαντική.

Τα διατεταγμένα βάρη w_i προκύπτουν από τα βάρη των μεταβλητών και ελέγχουν τη μέθοδο μέσα στην οποία συναθροίζονται οι σταθμισμένες μεταβλητές. Υπολογίζονται από τον τύπο:

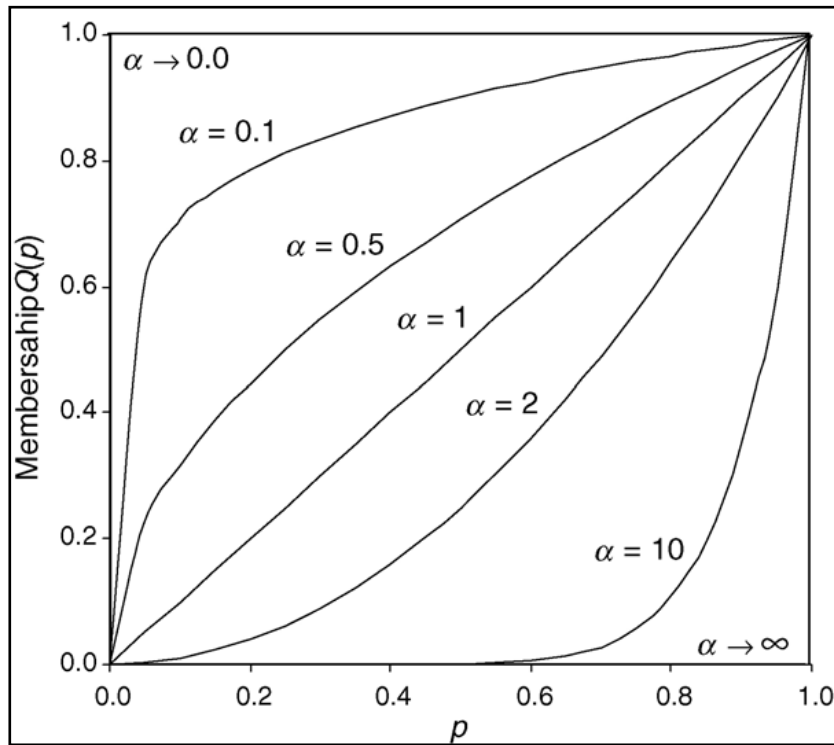
$$w_i = \left(\sum_{k=1}^n w_k \right)^\alpha - \left(\sum_{k=1}^{i-1} w_k \right)^\alpha$$

Οι γλωσσικοί ποσοδείκτες που χρησιμοποιούνται στην O.W.A. είναι της μορφής RIM (Regularly Increasing Monotonic) δηλαδή κανονικοί αύξοντες μονοτονικοί ποσοδείκτες. Συνήθως υποδεικνύουν ένα αναλογικό μέγεθος (σχετικοί) για παράδειγμα “*at least one*”, “*few*”, “*most*”, “*half*”, “*all*”, “*almost all*”, “*at least*”, “*a few*”, “*at least x%*”, “*more than x*” κ.α. (Bouroushaki- Malczewski, 2008).

Θεωρώντας ως Q ένα γλωσσικό ποσοδείκτη, τότε αυτός απεικονίζει ένα ασαφές υποσύνολο που κυμαίνεται στο διάστημα $[0, 1]$ όπου για κάθε $p \in [0, 1]$ (p είναι ο αριθμός των αντικειμένων στην ιεραρχία). Ο βαθμός συμμετοχής $Q(p)$ δείχνει το βαθμό συμβατότητας του p . Τότε μια από τις συνήθεις μεθόδους για την διερεύνηση των ποσοδεικτών (παραγωγή RIM ποσοδεικτών) είναι η εξής (Malczewski, 2008):

$$Q_{(p)} = p^\alpha, \text{ με } \alpha > 0$$

Η παράμετρος α καθοδηγεί τον αποφασίζοντα σε μια αλληλουχία αποφάσεων που κυμαίνονται από το πιο απαισιόδοξο (*all*) προς το πιο αισιόδοξο (*at least one*) σχέδιο δράσης. Η σχέση του παράγοντα α με τους RIM γλωσσικούς ποσοδείκτες δείχνεται στο Σχήμα 2.3 και στο Πίνακα 2.4.

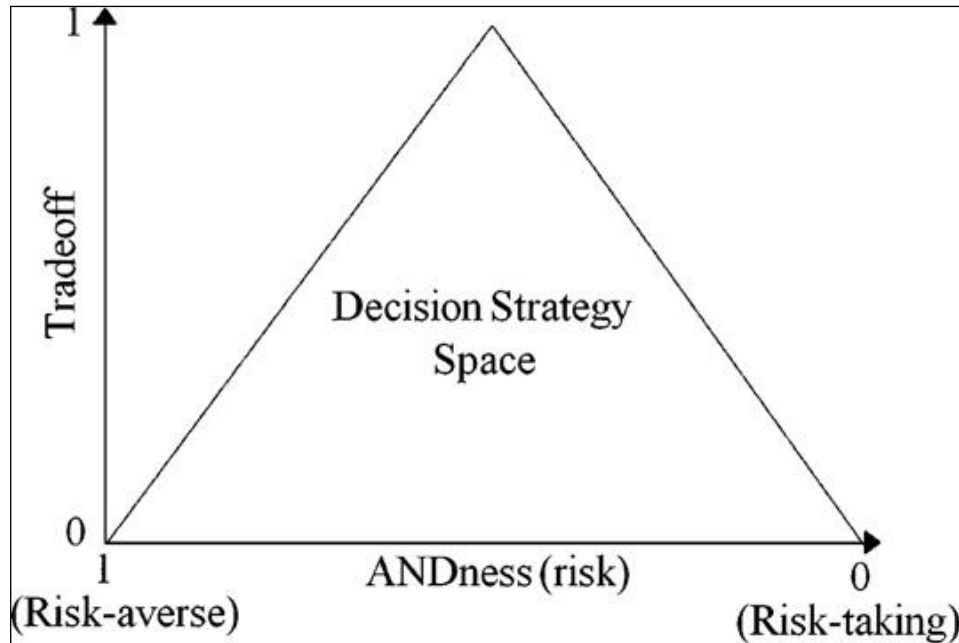


Σχήμα 2.3. RIM ποσοδείκτες (Malczewski 2006)

Γλωσσικοί ποσοδείκτες	At least one	Few	Some	Half	Many	Most	All
α	0,0001	0,1	0,5	1	2	10	1000

Πίνακας 2.4 Αντιστοιχία RIM ποσοδεικτών με επιλεγμένες τιμές του α

Τα διατεταγμένα βάρη ελέγχουν τον τρόπο με τον οποίο τα σταθμισμένα κριτήρια συναθροίζονται, ενώ συνδέονται με τις τιμές κριτηρίου, θέση προς θέση, και προσδιορίζονται για τις τιμές της ιδιότητας μιας θέσης κατά φθίνουσα σειρά χωρίς να εξετάζουν από ποια ιδιότητα προέρχεται η τιμή. Ενώ τα βάρη σημασίας σχετίζονται με τη σχετική σημασία ενός ιδιαίτερου κριτηρίου για το σύνολο της απόφασης ελέγχοντας τη θέση του τελεστή συναθροίσεως σε μια συνέχεια μεταξύ των άκρων AND(risk-averse) και OR(risk-taking) καθώς επίσης και του βαθμού ανταλλαγής (TRADEOFF). Σε σύστημα ορθογώνιων συντεταγμένων με άξονες τις παραμέτρους TRADEOFF και ORness (ή ANDness), δημιουργείται ένας γεωμετρικός χώρος ο οποίος καλείται Στρατηγικός Χώρος Απόφασης (decision strategy space) (Τσερκεζοπούλου, 2010). Κατά τους Valente και Vettorazzi (2008) ο χώρος αυτός παίρνει τη μορφή του Σχήματος 2.4.



Σχήμα 2.4 Χώρος Στρατηγικής Απόφασης στην O.W.A.

Ο τρόπος με τον οποίο τα βάρη διάταξης ορίζονται εντός του παραπάνω τριγωνικού χώρου αποφάσεων θα καθορίσει και την διάσταση του κινδύνου. Επιλέγοντας θέσεις πλησίον ή ακριβώς της τιμής 0 του ANDness (μηδενίζοντας τον κίνδυνο) στην ουσία επιλέγουμε ελάχιστη ή μηδαμινή ανταλλαγή μεταξύ των κριτηρίων αξιολόγησης. Ο χάρτης που αντιπροσωπεύει αυτή τη λύση δείχνει ότι στην ανάλυση μας υπάρχει ένα τουλάχιστον κριτήριο με σταθμισμένη μηδενική τιμή, σε κάθε θέση. Η στρατηγική που αντιστοιχεί στην τιμή του ANDness = 0,5 αντιπροσωπεύει μια ουδέτερη τοποθέτηση αλλά ταυτόχρονα υπονοεί και την μέγιστη δυνατή ανταλλαγή μεταξύ των κριτηρίων. Στις περιπτώσεις που επιλέγονται τιμές του ANDness πλησίον ή ακριβώς στο 1, τότε πάλι ελαχιστοποιείται ή μηδενίζεται η ανταλλαγή μεταξύ των κριτηρίων, το οποίο, κατά τον Malczewski, υπονοεί την αυξημένη πιθανότητα να προσδιορίζονται με υψηλές τιμές τα ταξινομημένα κριτήρια.

2.3.5 A.H.P., O.W.A και Γ.Σ.Π.

Η ενσωμάτωση τεχνικών εφαρμογής των Πολυκριτηριακών αναλύσεων (MCDM) για την λήψη απόφασης σε περιβάλλον Γ.Σ.Π. έχουν προχωρήσει αρκετά τα τελευταία χρόνια κυρίως με τη μέθοδο της επικάλυψης και του συνδυασμού διάφορων πλεγματικών αρχείων που το

καθένα από αυτά αντιπροσωπεύει διάφορες τιμές μιας ιδιότητας ή ενός παράγοντα στο χώρο.

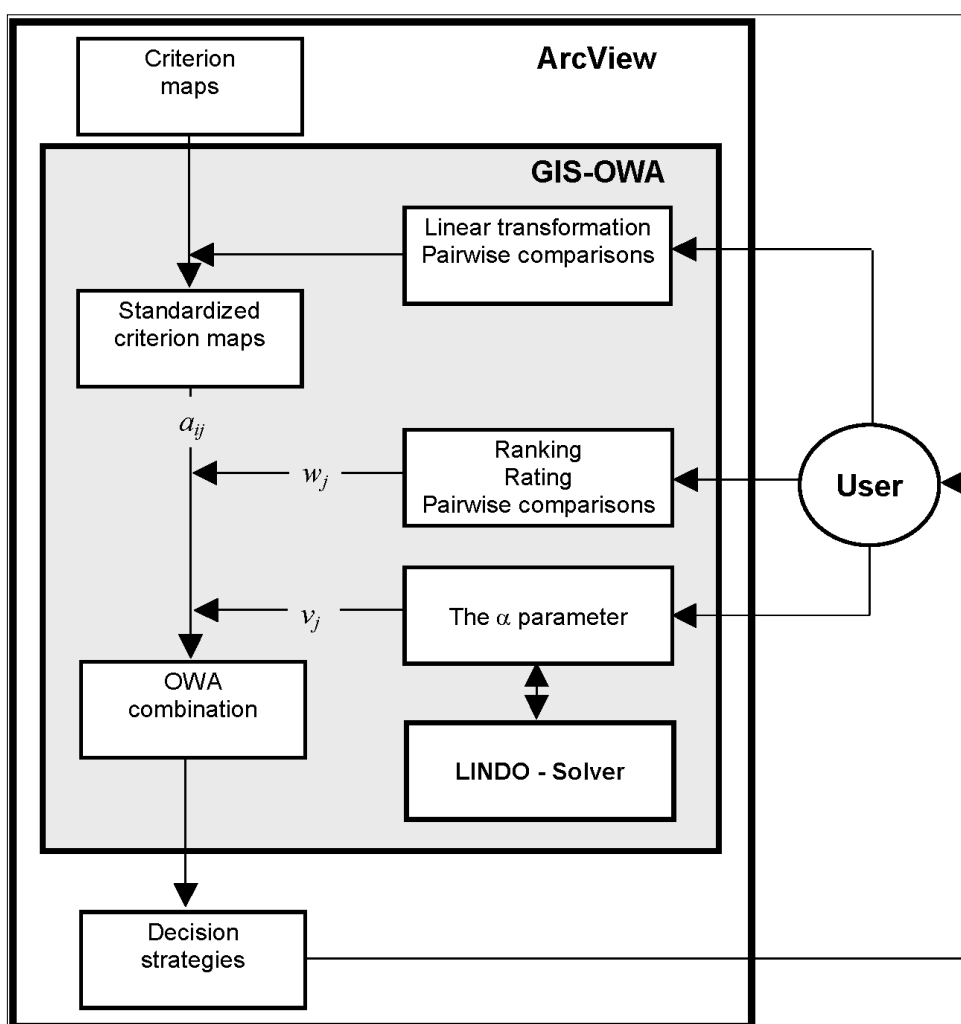
Οι πολυκριτηριακές αναλύσεις βασισμένες στα Γ.Σ.Π. μπορούν να θεωρηθούν ως διαδικασίες που συνδυάζουν και μετασχηματίζουν χωρικά και μη δεδομένα σε μία προκύπτουσα απόφαση, δηλαδή τα ενσωματωμένα στο περιβάλλον των Γ.Σ.Π. module των διάφορων μεθόδων πολυκριτηριακής ανάλυσης καθορίζουν τη σχέση μεταξύ των χαρτών εισόδου και των χαρτών εξόδου. Οι διαδικασίες αυτές αφορούν στην αξιοποίηση των γεωγραφικών δεδομένων, τις προτιμήσεις του αναλυτή απόφασης, την επεξεργασία των δεδομένων και τις προτιμήσεις (αποτελέσματα) που εξάγονται σύμφωνα με τους προκαθορισμένους κανόνες απόφασης. Ως εκ τούτου, δύο είναι τα βασικά ζητήματα που έχουν κρίσιμη σημασία στη χωρική πολυκριτηριακή ανάλυση (spatial MCDA):

- Οι δυνατότητες του συστήματος Γ.Σ.Π. στην συλλογή, αποθήκευση, ανάκτηση, επεξεργασία και ανάλυση των δεδομένων και
- Οι δυνατότητες των ειδικών λογισμικών (modules) των Πολυκριτηριακών μεθόδων στο συνδυασμό και στην σύνθεση των γεωγραφικών δεδομένων και τις προτιμήσεις του αναλυτή αποφάσεων στις μονοδιάστατες τιμές των εναλλακτικών (Malczewki, 2004)

Οι μέθοδοι A.H.P. και O.W.A., ως πολυκριτηριακές μέθοδοι ανάλυσης αποφάσεων εδώ και μια σχεδόν δεκαετία έχει επιχειρηθεί να ενσωματωθούν σε περιβάλλον Γ.Σ.Π. ώστε να χρησιμοποιούνται στην επίλυση χωρικών προβλημάτων. Για πρώτη φορά, ο Eastman (1997) ενσωμάτωσε την O.W.A στο λογισμικό GIS-IDRISI, ως τμήμα του “decision support model”. Μεταγενέστερα οι Jiang και Eastman (2000) χρησιμοποίησαν το GIS-OWA για την ταξινόμηση και κατάταξη των χρήσεων γης.

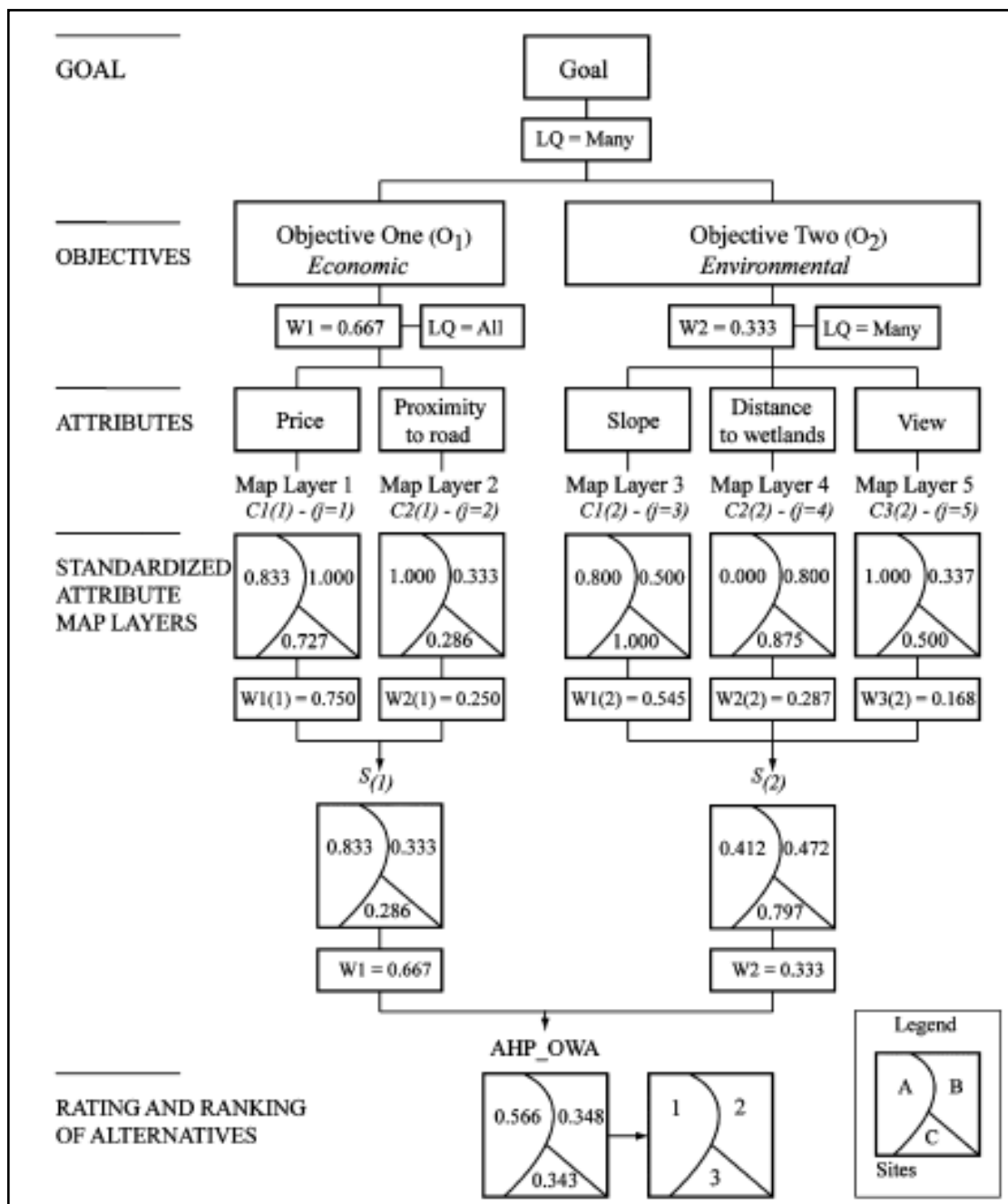
Ο Jankowski κ.α. το 2001 (Malczewki, 2004) παρουσίασαν ένα πρωτότυπο λογισμικό, το DECADE το οποίο υποστηρίζει την δόμηση και ανάλυση χωρικών προβλημάτων που τα προσεγγίζει με πολυκριτηριακή ανάλυση. Οι διαδραστικοί χάρτες που δημιουργούνται χρησιμοποιούνται ως *οπτικοί δείκτες* για την εξέταση εναλλακτικών λύσεων και την ταξινόμηση των κριτηρίων προτεραιότητας. Μετεξέλιξη του λογισμικού DECADE είναι το σύστημα CommonGIS, εντός του οποίου ενσωματώθηκαν τεχνικές οι οποίες προσεγγίζουν τις διαδικασίες O.W.A. Ένα τέτοιο σύστημα προτάθηκε και περιγράφηκε από τους Rinner και Malczewki το 2002 (Rinner & Malczewki, 2002) δημιουργώντας μία ιδιαίτερη διεπαφή (user

interface) για την μέθοδο O.W.A. εντός του CommonGIS. Μάλιστα στη διεπαφή (interface) υπήρχε και ο στρατηγικός χώρος απόφασης (Decision strategy space) που επέτρεπε στο χρήστη να επιλέξει τη στρατηγική που θα ακολουθήσει. Το όλο σύστημα είχε διαδικτυακή εφαρμογή που επέτρεπε στους χρήστες να εισάγουν στοιχεία για οποιοδήποτε χωρικό πρόβλημα κάθε φορά. Το έτος 2003 οι Malczewki και Makrooulos παρουσίασαν μία εφαρμογή της OWA σε περιβάλλον Arc View, την οποία ο πρώτος τη βελτιώνει το 2006 και την εντάσσει στην έκδοση Arc-View 3.2, την οποία ονομάζει GIS-OWA module και τα βασικά του στοιχεία φαίνεται στο Σχήμα 2.5.



Σχήμα 2.5 Η Δομή του module GIS-OWA

Το έτος 2007 οι S.Boroushaki και J.Malczewski δημιουργούν και παρουσιάζουν το συνδυαστικό μοντέλο της εφαρμογής AHP_OWA (module FLOWA) το οποίο εντάσσουν εντός του λογισμικού ArcGIS 9x. Το ειδικό αυτό λογισμικό χρησιμοποιεί πλεγματικά αρχεία. Αφού εισαχθούν τα πλεγματικά αρχεία, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να δημιουργήσει την ιεραρχική δομή του προβλήματος επιλέγοντας τους χάρτες κριτηρίου και τους ενδιάμεσους στόχους. Με δεδομένη τη ιεραρχική δομή του προβλήματος μπορούν να γίνουν σε δεύτερο στάδιο οι δυαδικές συγκρίσεις κατά ζεύγη των στόχων (αντικειμένων) και των αντίστοιχων κριτηρίων. Στα επόμενα βήματα ο χρήστης μπορεί να αλλάξει ή να βελτιώσει τα υπολογιζόμενα βάρη για τους στόχους και των αντίστοιχων κριτηρίων. Στο τελευταίο στάδιο, με την δυνατότητα αλλαγής των γλωσσικών ποσοδεικτών που συνδέονται με τους στόχους(αντικείμενα) και τα χαρακτηριστικά δημιουργείται ένα ευρύ φάσμα σεναρίων απόφασης. Στο Σχήμα 2.6 παρουσιάζεται ένα παράδειγμα εφαρμογής του module AHP_OWA σχετικά με την αξιολόγηση καταλληλότητας εδαφικών τμημάτων το οποίο χρησιμοποίησαν κατά την αρχική εφαρμογή, οι Bouroushaki και Malczewski (2007).



Σχήμα 2.6 Παράδειγμα εφαρμογής του AHP_OWA

3. ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΡΕΥΝΑΣ- ΥΛΙΚΑ-ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

3.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

3.1.1 Γενική περιγραφή

Ο Ταΰγετος ήταν από την αρχαιότητα πολύ γνωστό βουνό, συνδεδεμένο με τη μυθολογία, αλλά κυρίως για τις μάχες και τις αντεκδικήσεις μεταξύ των Σπαρτιατών και των Μεσσηνίων. Οι πρώτες αναφορές του ονόματος Ταΰγετος ξεκινούν από τον Όμηρο και συνεχίζονται στον Ηρόδοτο και αργότερα στο Στράβωνα. Το όνομα μάλλον προήλθε από την κόρη του Άτλαντα Ταϋγέτη, η οποία συχνά αποτελούσε και μέλος της συνοδείας της θέας Αρτέμιδος. Η ετυμολογία του ονόματος είναι πολύ πιθανόν να προήλθε από το αρχαίο λεκτικό τύπο Ταϋς (Ταϋς=μέγας), λήμμα που παραπέμπει στην εντυπωσιακή όψη που έχει το βουνό λόγω του ύψους του, του όγκου του και ιδιαίτερα του μήκους του. Το βουνό κατά τους βυζαντινούς χρόνους λέγονταν και Πενταδάχτυλος (Α.Κουτσιλιέρης, www.mani.org.gr).

Το όρος του Ταΰγέτου αποτελεί ένα εντυπωσιακό ορεινό όγκο ο οποίος δεσπόζει στη νότια περιοχή της Πελοποννήσου και είναι ταυτόχρονα το πιο ψηλό της βουνό. Στην ουσία πρόκειται για έναν εκτεταμένο σε μήκος ορεινό όγκο ο οποίος εξαπλώνεται σε τρεις νομούς της Πελοποννήσου, Αρκαδίας, Μεσσηνίας και Λακωνίας. Ξεκινώντας από το νότιο κράσπεδο του οροπεδίου της Μεγαλόπολης, ανυψώνεται με κατεύθυνση νοτιοανατολική προς την οριογραμμή των νομών Μεσσηνίας και Λακωνίας και από κει συνεχίζει ανυψούμενος μέχρι την υψηλότερη κορυφή του (Προφήτης Ηλίας, 2.404 μ.). Από εκεί κατέρχεται με κατεύθυνση νότια και καταλήγει στο ακρωτήριο Ταίναρο, στην περιοχή επαφής του Αιγαίου και με το Ιόνιο Πέλαγος. Σαν αποτέλεσμα της έντονης τεκτονικής δράσης κατά τη διάρκεια των γεωλογικών αιώνων, ο Ταΰγετος εμφανίζεται αρκετά καρστικοποιημένος, με μεγάλες ορθοπλαγιές και πολυάριθμες μικρές ή μεγάλες χαραδρώσεις. Είναι χαρακτηριστικό ότι ανορθώνεται σχεδόν απότομα από το Μεσσηνιακό κόλπο και την Λακωνική πεδιάδα δείχνοντας με έμμεσο τρόπο την ένταση των δυνάμεων που τον δημιούργησαν. Σε αυτό το πολυπτυχωμένο ανάγλυφο, με την ιδιαίτερη ορογραφική διαμόρφωση, τα υψηλά δάση δεν εμφανίζονται σε όλη του την έκταση, συνεπεία του εκτεταμένου και κατά θέσεις αποπλυμένου ασβεστολιθικού υποβάθρου και της μακραιώνης σε αυτό, δράσης του ανθρώπου. Τα υψηλά δάση του Ταΰγέτου εμφανίζονται από το υψόμετρο των 800 μ. μέχρι αυτό των 1700 περίπου, αξιοποιώντας την μερική εμφάνιση ευνοϊκών κλιματεδαφικών περιβαλλόντων. Το

σημαντικότερο από αυτά και το πιο εκτεταμένο είναι αυτό που στην δασική πράξη ονομάζεται *Δάσος του Ανατολικού και Δυτικού Ταϋγέτου*. Ο όρος έχει επικρατήσει ιστορικά (έτσι απογράφεται από παλιά στους πίνακες απογραφής της Κεντρικής Δασικής Υπηρεσίας). Με καθαρά γεωγραφικά κριτήρια, αποτελεί δάσος της κεντρικής περιοχής του Ταϋγέτου, εκτεινόμενο στις ανατολικές και δυτικές πλαγιές αυτού, μεγάλη περιοχή του οποίου υπάγεται στο Ν. Μεσσηνίας αλλά και σε επιμέρους εκτάσεις των Νομών Αρκαδίας και Λακωνίας. Στην παρούσα εργασία αναφέρεται απλά ως Δάσος Ταϋγέτου. Αποτελεί όπως προαναφέραμε υψηλό δάσος κωνοφόρων, συντιθέμενο από Μαύρη Πεύκη (*Pinus nigra*) και Κεφαλληνιακή Ελάτη (*Abies Cephalonica*). Σημειώνεται εδώ ότι ο Ταϋγετος στη Ελλάδα και το όρος Τρόδος στην Κύπρο αποτελούν τα νοτιότερα όρια εξάπλωσης της Μαύρης Πεύκης στην Ευρώπη. Επίσης ο Ταϋγετος αποτελεί το νοτιότερο όριο εξάπλωσης της Ελάτης στο Βαλκανικό χώρο.

3.1.2 Γενική περιγραφή του Δάσους του Ταϋγέτου

Το δάσος του Ταϋγέτου καταλαμβάνει έκταση, σύμφωνα με την τελευταία διαχειριστική έκθεση της περιόδου 2005-2014, εμβαδού 132.632 στρεμμάτων ή 13.263,20 εκταρίων (Ha). Κατά την περίοδο σύνταξης της παραπάνω μελέτης (2003-2004) το δάσος εμφάνιζε την παρακάτω την εδαφοκάλυψη του Πίνακα 3.1.

α/α	Κατηγορία	Έκταση	Ποσοστό
1	Αμιγές δάσος Ελάτης	45.030	34,0%
2	Αμιγές δάσος Μαύρης πεύκης	24.383	18,4%
3	Μικτό δάσος Ελάτης-Μαύρης	19.545	14,7%
4	Αείφυλλα πλατύφυλλα	16.627	12,5%
5	Γεωργικές καλλιέργειες	10.522	7,9%
6	Καστανιά & Πλάτανος	1.823	1,4%
7	Λοιπά κωνοφόρα (κυπαρίσσια)	113	0,1%
8	Άγονες και Χορτολιβαδικές εκτάσεις	4.414	3,3%
9	Οικισμοί-Κατασκηνώσεις	269	0,2%
10	Αναδασωτέες εκτάσεις - Τεχνητές	9.906	7,5%
	Άθροισμα	132.632	100,0

Πίνακας 3.1 Εδαφοκάλυψη Δάσους Ταϋγέτου

Τα διοικητικά όρια του δάσους έχουν τεθεί από παλαιότερες διαχειριστικές μελέτες και κυρίως από την διαχειριστική μελέτη που συντάχθηκε το έτος 1968 από το δασολόγο Σ. Ξενόπουλο, στην οποία όλα τα δασικά τμήματα του Ανατολικού και Δυτικού Ταυγέτου συνενώθηκαν σε ένα δασικό σύμπλεγμα. Από πλευράς δασικής διοίκησης το δάσος το διαχειρίζεται ενιαία το Δασαρχείο Καλαμάτας και η Διεύθυνση Δασών Μεσσηνίας.

Το δάσος του Ταυγέτου ξεκινάει από βορρά από το νομό Αρκαδίας ($37^{\circ}23' \text{ B}$, $22^{\circ}22' \text{ A}$) περικλείοντας εδάφη των δημοτικών διαμερισμάτων Δυρραχίου και Νεοχωρίου και με κατεύθυνση ΝΑ εισέρχεται από τη θέση Μαλεβός στους Νομούς Λακωνίας και Μεσσηνίας. Στο νομό Λακωνίας καταλαμβάνει τα ορεινά εδάφη των δημοτικών διαμερισμάτων Καστορείου και Σουσιάνων, όπου δρίσκεται το ανατολικότερο σημείο του ($37^{\circ} 11' \text{ B}$, $22^{\circ} 32' \text{ A}$). Στο νομό Μεσσηνίας, εισερχόμενο από τη θέση Μαλεβός κατευθύνεται Ν-ΝΑ και επάνω στην κεντρική κορυφογραμμή του Ταυγέτου, καταλαμβάνει τα ορεινά εδάφη των δημοτικών διαμερισμάτων Αλαγονίας, Αρτεμισίας, Πηγών, Λαδά, Καρβελίου, Πηγαδίων, Ελαιοχωρίου, Βέργας και καταλήγει στα εδάφη του δημοτικού διαμερίσματος Αλτομιρών όπου βρίσκεται το νοτιότερο σημείο του ($36^{\circ} 96' \text{ B}$, $22^{\circ} 24' \text{ A}$). Τα δυτικά του όρια ακολουθούν τα χαμηλότερα σε υψόμετρο δενδρόρια της Ελάτης και της Μαύρης Πεύκης ή απότομες βραχώδεις εξάρσεις. Το δυτικότερο σημείο του εντοπίζεται στη στέψη του ασβεστολιθικού πρανούς το Καλαθίου όρους στην περιοχή του δημοτικού διαμερίσματος Βέργας, πλησίον της Καλαμάτας ($37^{\circ} 00' \text{ B}$, $22^{\circ} 17' \text{ A}$).

Η συνολική επιφάνεια του δάσους κατανέμεται σε 57 τμήματα και σε 150 συστάδες. Ως *συστάδα* ορίζεται η μικρότερη σε έκταση αυτοτελής διαχειριστική μονάδα ενός δάσους, στην οποία εφαρμόζονται ενιαία διαχειριστικά μέτρα. Οι συστάδες με τη σειρά τους συνενώνονται σε μεγαλύτερες ενώσεις, τα *δασικά τμήματα*. Πλέον του παραπάνω διαχωρισμού, το δάσος έχει διαχωριστεί από παλιά σε τρεις διαχειριστικές κλάσεις, της αμιγούς *Ελάτης*, της αμιγούς *Μαύρης Πεύκης* και την διαχειριστική κλάση του *μικτού δάσους Μαύρης Πεύκης-Ελάτης*. Η πρώτη κλάση περιλαμβάνει 54 συστάδες, η δεύτερη 63 και η τρίτη 33.

3.1.3 Ιστορικό του Δάσους Ταυγέτου

Οι πρώτες αναφορές για την συστηματική διαχείριση του Δάσους ξεκινούν πριν το Β΄ Παγκόσμιο Πόλεμο με αφορμή την εκμετάλλευσή του για Ξυλοπονικούς κυρίως σκοπούς μιας και το δάσος συντίθεται με κατάλληλα γι' αυτό το σκοπό δασοπονικά φυτικά είδη (Μαύρη Πεύκη και Ελάτη). Συγκεκριμένα, όπως αναφέρεται στην πιο παλαιά Διαχειριστική Έκθεση του Δασικού Συμπλέγματος Ταυγέτου (Καραμπάτσος, 1958) που σώζεται ακόμα στο αρχείο του Δασαρχείου Καλαμάτας, μέχρι το έτος 1926 το δάσος υφίσταντο διαχείριση που βασιζόταν σε πρόχειρους πίνακες υλοτομίας. Οι Πίνακες αυτοί συντάσσονταν με σκοπό την απόληψη ξυλώδους λήμματος, κυρίως για κάλυψη αναγκών των κατοίκων των παραδασόβιων κοινοτήτων ή για τις ανάγκες μικροεπαγγελματιών της ευρύτερης περιοχής και της πόλεως της Καλαμάτας. Είναι βέβαιο ότι το δάσος κάλυψε κατά καιρούς διάφορες ανάγκες του νεοελληνικού κράτους, από την περίοδο της Ελληνικής Επανάστασης και εντεύθεν, όπως αυτές για τη ναυπήγηση πλοιαρίων, την προμήθεια της απαραίτητης ξυλείας για τις ανάγκες του στρατού κατά την περίοδο των πολέμων, την παραγωγή ξυλοκάρβουνων και ασβέστη, την παραγωγή στρωτήρων για την κατασκευή των σιδηροδρόμων κ.α. (Γρίσπος, 1973). Μία ένδειξη της διαχείρισης του δάσους κατά τις αρχές του 20^{ου} αιώνα μας δίνει ο Νικ. Λάζος το 1929 στο εγχειρίδιο «Δημόσια Δάση της Ελλάδος» (Υπουργείο Γεωργίας, 1929) σύμφωνα με το οποίο το έτος 1900 από το δάσος εξήχθησαν 36,8 κ.μ. χρήσιμης ξυλείας, 115.222 οκάδες ξυλανθράκων και 23.792 στατήρες ασβέστη. Από το πίνακα λείπει η ποσότητα των καυσόξυλων μη δυνάμενη προφανώς να εκτιμηθεί αφού η συλλογή αυτών ασκούνταν ελεύθερα σχεδόν και χωρίς κανένα περιορισμό. Στο παραπάνω εγχειρίδιο αναφέρεται, εκτός των άλλων, ότι κατά την περίοδο αυτή το δασικό σύμπλεγμα εκαλύπτετο από υψηλό δάσος εμβαδού 78.400 στρ. εκ των οποίων τα 30.970 στρ. ήσαν δάσος Ελάτης και τα 47.340 στρ. ήσαν δάσος Μαύρης Πεύκης. Από τον πίνακα αυτό απουσιάζουν τα δάση Ελάτης και Πεύκης των κοινοτήτων Δυραχίου και Νεοχωρίου του Νομού Αρκαδίας και των κοινοτήτων Σουσιάνων και Καστορείου του Νομού Λακωνίας τα οποία σήμερα, μαζί με τα δάση των κοινοτήτων του Ν. Μεσσηνίας, αποτελούν το ενιαίο δασικό σύμπλεγμα Ταυγέτου.

Το έτος 1926 συντάχθηκε το πρώτο πρόγραμμα εκμετάλλευσης του Δάσους, το οποίο ίσχυσε για την περίοδο 1926-1930. Η πρώτη διαχειριστική έκθεση (δασοπονική μελέτη) συντάσσεται το 1929 από το Δασάρχη Πανταζόπουλο και αφού αναθεωρήθηκε το 1934 από το Δασάρχη Αλεβιζάκη, ίσχυσε για την χρονική περίοδο 1934-1944. Ταυτόχρονα με τα παραπάνω πρώτα

και δειλά βήματα ώστε το δάσος να τεθεί υπό επιστημονική και ορθολογική διαχείριση, αναπτύχθηκαν στην ευρύτερη περιοχή εκτεταμένα έργα δασοτεχνικής διευθέτησης του χειμάρρου Νέδοντα, ο οποίος, με τις συχνές πλημμύρες του προκαλούσε, σχεδόν κάθε χρόνο, εκτεταμένες καταστροφές στην πόλη της Καλαμάτας και στις υποδομές του εμπορικού της λιμανιού. Μεγάλο μέρος της λεκάνης απορροής του χειμάρρου βρίσκεται εντός του δάσους και όπως είναι φυσικό μια μεγάλη κατηγορία έργων αφορούσε στην εκτεταμένη αναδάσωση γυμνών, επικλινών και ευδιάβρωτων εδαφών, ώστε να μειωθεί στο ελάχιστο το χειμαρρικό στερεο-φορτίο. Τα δύο παραπάνω στοιχεία συντέλεσαν ώστε το δάσος να αποκτάει σιγά-σιγά την τυπική εικόνα των μεγάλων δασικών συμπλεγμάτων διότι μέχρι τότε υπέφερε από την ανεξέλεγκτη υλοτομία, τις εκτεταμένες ζημιές από την έντονη βόσκηση, τα κατά καιρούς σοβαρά γεγονότα πυρκαγιάς κ.α. Η σύντομη αυτή περίοδος ανορθώσεως του δάσους διακόπηκε απότομα με την έναρξη του πολέμου 1940-1941 και τα γεγονότα που ακολούθησαν. Με την έλευση των στρατευμάτων κατοχής, το δάσος υπέστη ανεξέλεγκτη εκμετάλλευση ενώ μέχρι το πέρας της κατοχής αρκετά τμήματα του πυρπολήθηκαν π.χ. μεγάλο μέρος της κεντρικής του περιοχής από τους Ιταλούς. Τα ίδια συνέβησαν λίγο ως πολύ και κατά την περίοδο του εμφυλίου πολέμου μιας και ο χώρος του Ταυγέτου απετέλεσε σημείο συγκρούσεων και επιχειρήσεων.

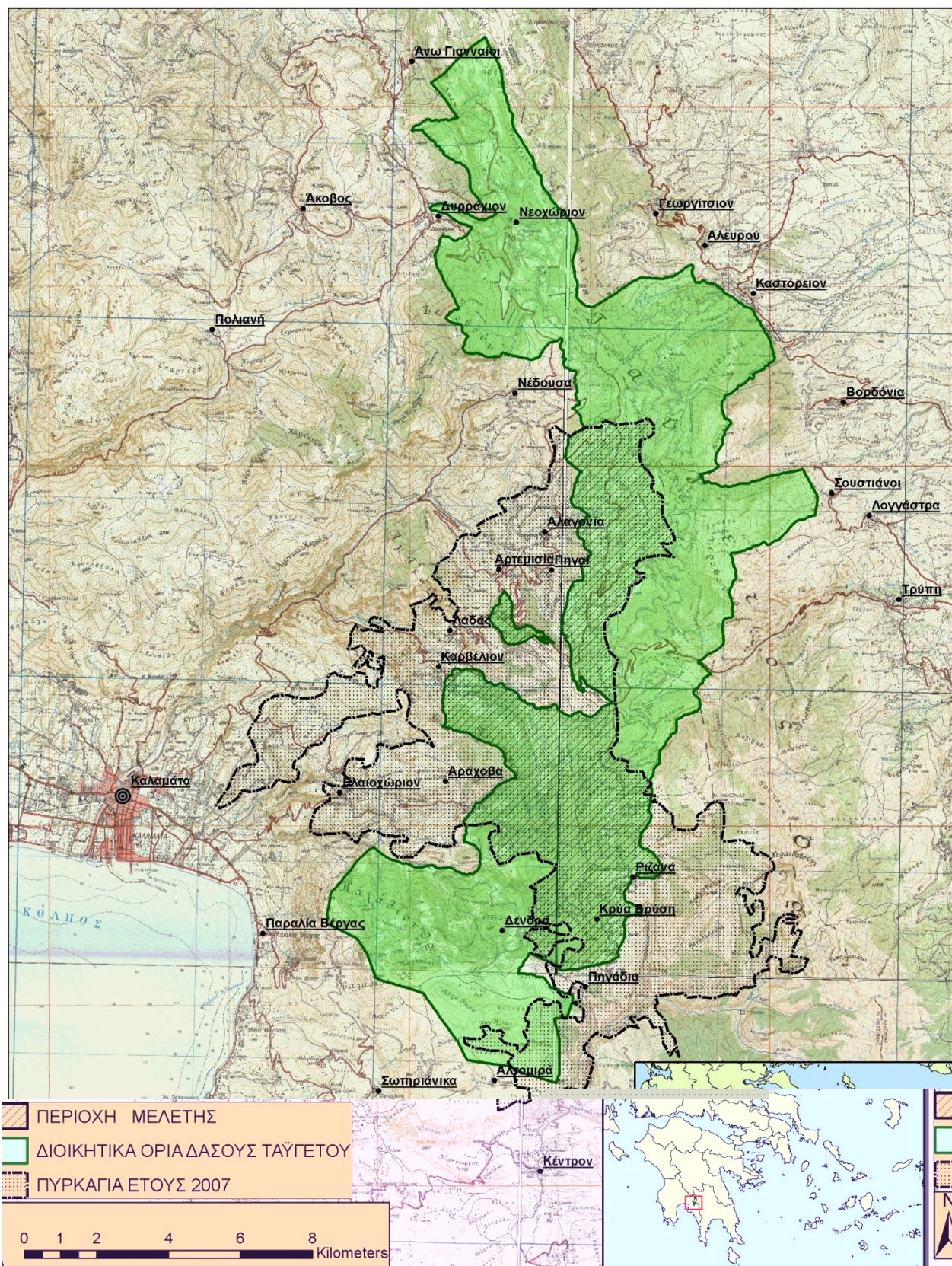
Η νέα διαχειριστική περίοδος του δάσους ξεκίνησε μετά το 1950. Για τις ανάγκες της διαχείρισης εφαρμόστηκε διαχειριστική έκθεση που συντάχθηκε εν τω μεταξύ τη περίοδο 1942-1943 από τους Δασολόγους Π. Χατζόπουλο & Αρ. Παπαδόπουλο, εγκρίθηκε το 1950 και τελικά ίσχυσε μέχρι το 1957. Το 1958 συντάχθηκε διαχειριστική έκθεση του Δασολόγου Β. Καραμπάτσου που αναφέρθηκε παραπάνω, η οποία ίσχυσε μέχρι το 1968. Το 1969 συντάχθηκε η τέταρτη κατά σειρά διαχειριστική έκθεση του δάσους από τον Σ. Ξενοπούλο. Την διετία 1979-1980 συντάσσεται η πέμπτη από τους Δασολόγους Π. Μπαζίγο και Ηλ. Πιεράκο. Για ένα διάστημα από το 1991 έως το έτος 2005 το δάσος έμεινε χωρίς διαχειριστική έκθεση. Ο γράφων ξεκίνησε μια προσπάθεια το έτος 1991 η οποία όμως δεν ολοκληρώθηκε. Κατά την περίοδο αυτή παρατηρείται μεγάλη στασιμότητα στους δασοκομικούς χειρισμούς εντός του δάσους, που οφειλόταν επίσης στις διαρκώς μειούμενες πιστώσεις και των συνεχώς μειούμενων πιστώσεων. Ακριβώς σ' αυτή την περίοδο λαμβάνει χώρα και η μεγάλη πυρκαγιά του 1998. Τέλος τη διετία 2004-05 εκπονήθηκε από ομάδα ελεύθερων επαγγελματιών Δασολόγων (Ηλ. Αποστολίδης-Νικ Πάγκας κ.α.) η τελευταία διαχειριστική έκθεση η οποία έχει ισχύ μέχρι 2014. Όμως το έτος 2007 έλαβε χώρα η πιο

καταστρεπτική πυρκαγιά του συγκεκριμένου δασικού χώρου της οποίας τις επιπτώσεις καλούμαστε να θεραπεύσουμε σήμερα.

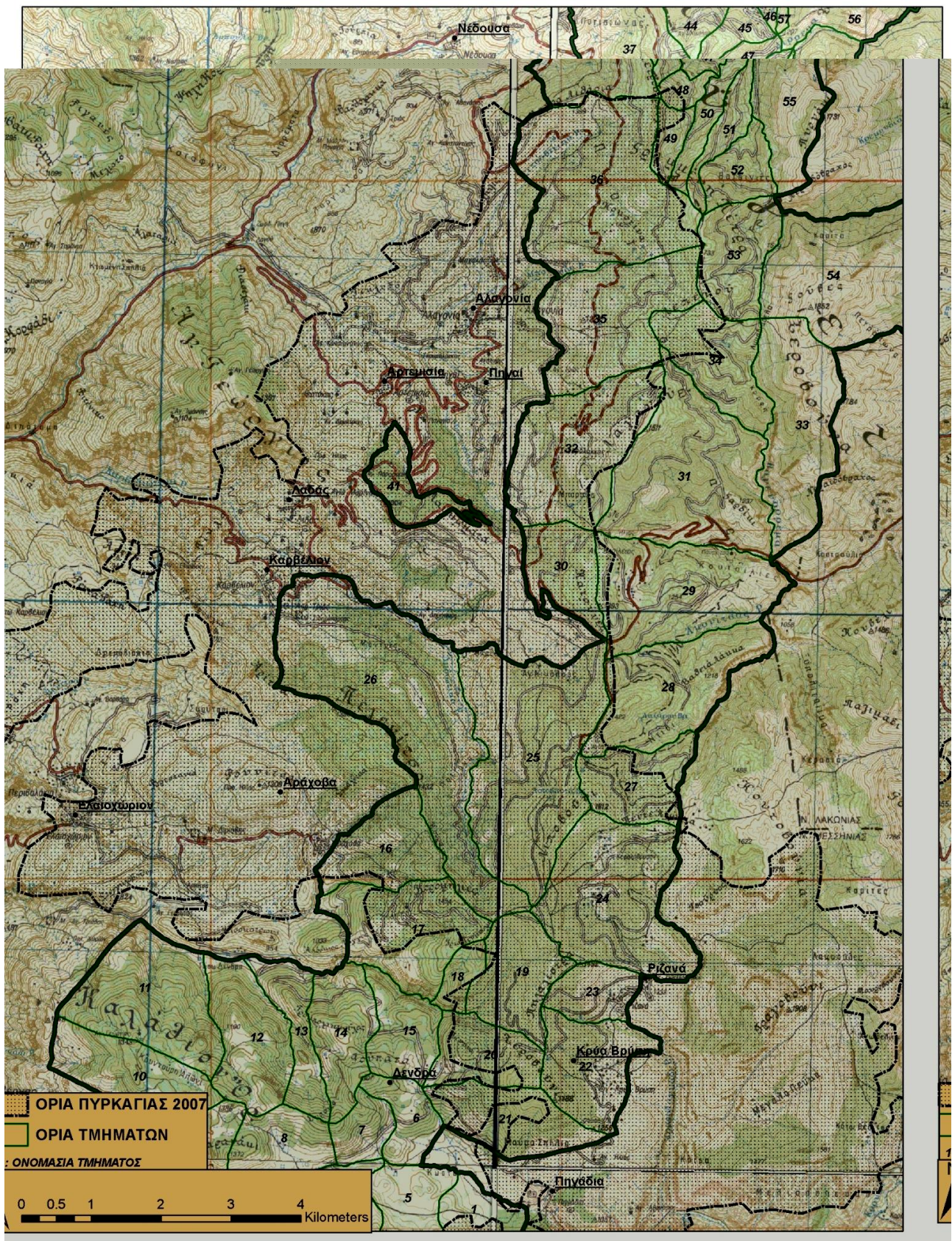
3.1.4 Καθορισμός Περιοχής Μελέτης

Για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας, η περιοχή μελέτης καθορίστηκε ως η επιφάνεια τομής δύο γεωγραφικών χώρων. Ο πρώτος ορίζεται από τα διοικητικά όρια του Δάσους. Ο δεύτερος ορίζεται από το περίγραμμα της περιοχής που κάηκε κατά την πυρκαγιά του 2007, συνολικού εμβαδού 115.000 στρεμμάτων. Ο μελετώμενος γεωγραφικός χώρος καταλαμβάνει εμβαδόν περίπου 40.000 στρεμμάτων, δηλαδή το 35% της συνολικής επιφάνειας του δασικού συμπλέγματος. Η περιοχή μελέτης αποτελείται από δύο επιμέρους διακριτές επιφάνειες. Η πρώτη, που θεωρείται ως κύρια, καταλαμβάνει το κεντρικό τμήμα του δάσους. Σ' αυτή περιλαμβάνονται το σύνολο των δασικών τμημάτων 35, 36, 32, 30, 25, 26, 24, 16, 19, 23 και 22 ενώ εν μέρει περιλαμβάνονται εκτάσεις των δασικών τμημάτων 34, 28, 27, 20 και 21. Η δεύτερη περιλαμβάνει το σύνολο του απομονωμένου δασικού τμήματος 41. Στη κύρια περιοχή μελέτης. Στο Χάρτη 3.1 εμφανίζεται η περιοχή μελέτης έτσι όπως ορίστηκε παραπάνω και στο Χάρτη 3.2 τα καμένα τμήματα του δάσους. Η περιοχή μελέτης, αποτελώντας ουσιώδες συστατικό στοιχείο του ορεινού όγκου του Ταυγέτου, δεν θα μπορούσε παρά να διαθέτει παρόμοια χαρακτηριστικά με εκείνα της ευρύτερης περιοχής, δηλαδή το ιδιαίτερο ανάγλυφο, τις πολυποίκιλες πτυχώσεις, τις βαθιές χαραδρώσεις και την πλούσια παρουσία υδροφορίας η οποία δημιουργεί περίπλοκο υδρογραφικό δίκτυο. Μορφολογικά, η περιοχή μελέτης καταλαμβάνει πλαγιές που περιλαμβάνονται στις επιμέρους ορεινές ενότητες του Κορφοβουνίου (υψ. 1597 μ.), της Λεπενούς (υψ. 1597 μ.), του Λιποβουνίου (υψ. 1612 μ.) και της Πελενίτσας (υψ. 1432 μ.), με μέτριες έως μεγάλες κατά θέσεις κλίσεις, ανάλογα με το γεωλογικό υπόβαθρο, σχιστολιθικό ή ασβεστολιθικό, της κάθε περιοχής. Η γενική έκθεση της καμένης περιοχής του δάσους είναι δυτική αλλά είναι ευνόητο ότι τοπικά παρατηρούνται και όλες οι άλλες κατηγορίες ανάλογα με τον γενικό προσανατολισμό κάθε ορεινής ενότητας, όπως στη Πελενίτσα όπου επικρατούν οι βόρειες εκθέσεις και στο Λιποβούνι οι νότιες και οι ανατολικές.

Το μεγαλύτερο μέρος της περιοχής μελέτης αποστραγγίζεται από πληθώρα ρεμάτων που αποτελούν το κατώτερης τάξης υδρογραφικό δίκτυο του Χειμάρου Νέδοντα ο οποίος διαμέσου της Καλαμάτας, εκβάλλει στο Μεσσηνιακό κόλπο.



Χάρτης 3.1 Περιοχή Μελέτης-Χάρτης Προσανατολισμού



Χάρτης 3.2 Τα καμένα Τμήματα του Δάσους Ταυγέτου

Η λεκάνη απορροής του Νέδοντα, στην οποία υπάγεται το μεγαλύτερο μέρος της περιοχής έρευνας, είναι γνωστή διαβρωσιγενής περιοχή επί της οποίας έγιναν εκτεταμένα έργα αντιδιαβρωτικής προστασίας (φυτοτεχνικά, κ.α.) από το 1930 και μετά, προκειμένου να αποτραπούν οι πλημμύρες στην πόλη της Καλαμάτας και οι σοβαρές ζημιές που προκαλούνταν κατά καιρούς στο λιμάνι της.

3.1.5 Γεωλογικό υπόβαθρο

Στη περιοχή μελέτης παρουσιάζονται δύο κυρίαρχοι βασικοί γεωλογικοί σχηματισμοί, οι φυλλίτες (σχιστόλιθοι) και τα ανθρακικά (ασβεστόλιθοι και δολομίτες). Γενικά, τα πετρώματα της περιοχής μελέτης κατατάσσονται στις κατηγορίες των:

- Σχιστολιθικών σχηματισμών,
- Ασβεστολιθικών σχηματισμών και
- Φλυσχικών σχηματισμών.

Από την εξάπλωση των παραπάνω σχηματισμών, προκύπτει ότι τα πετρώματα τα οποία εμφανίζονται σε μεγαλύτερο βαθμό και κυριαρχούν στην περιοχή μελέτης είναι οι φυλλίτες. Οι κύριες μορφές εμφάνισης των φυλλιτών είναι αυτή του μαρμαρυγιακού σχιστόλιθου και του μαρμαρυγιακού γνεύσιου. Επί των σχιστολιθικών σχηματισμών αναπτύσσονται οι καλύτερες συστάδες Μαύρης Πεύκης. Οι ασβεστόλιθοι εμφανίζονται στο νότιο μέρος της περιοχής μελέτης (Πελενίτσα και Ξεροβούνι Πηγαδίων) και παρουσιάζονται ως δολομιτικοί, κρυσταλλικοί ή άλλης μορφής ασβεστόλιθοι. Ιδιαίτερη μορφή ασβεστολιθικών σχηματισμών αποτελούν τα διάφορα πλευρικά κορήματα που εμφανίζονται στις πλαγιές της Πελενίτσας, αποτελούμενα από ποικίλης διαβάθμισης υλικό, με ανάλογο ποικίλο υλικό φυτοκάλυψης. Ο φλύσχος παρουσιάζεται σε λίγες θέσεις κυρίως στα νοτιοανατολικά της περιοχής μελέτης (περιοχή Ριζανών και Κρύας Βρύσης), εμφανίζεται στην τυπική του μορφή, ως αδιαίρετος φλύσχος (ft) και αποτελείται από εναλλαγές τεφρών μαργών, ψαμμιτών με ενστρώσεις ή φακούς ασβεστόλιθων και κροκαλοπαγών.

3.1.6 Έδαφος

Το έδαφος είναι το χαλαρό τμήμα στο ανώτερο στρώμα του φλοιού της γης που, με τη σύνθεσή του, μπορεί να στηρίξει την ανάπτυξη της βλάστησης. Προέρχεται από την αποσάθρωση των μητρικών πετρωμάτων και εξελίσσεται με την επίδραση των παραγόντων

της εδαφογένεσης οι οποίοι είναι το κλίμα, το μητρικό υλικό, οι οργανισμοί (φυτικοί και ζωικοί), το ανάγλυφο και ο χρόνος. Επομένως, είναι ένα δυναμικό στρώμα μέσα στο οποίο συμβαίνουν πολύπλοκες χημικές, φυσικές και βιολογικές διεργασίες. Είναι ένας ζωντανός οργανισμός που αναπτύσσεται, προσαρμόζεται στις κλιματικές, τις τοπογραφικές και βλαστητικές συνθήκες μιας περιοχής και αλλάζει όταν οι συνθήκες αυτές μεταβληθούν. Ο βασικότερος παράγοντας εδαφογένεσης είναι το κλίμα. Αυτό σημαίνει ότι οποιαδήποτε μεταβολή του μακροκλίματος συνεπάγεται μεταβολή του εδάφους, καθώς σε κάθε κλιματική ζώνη αντιστοιχεί διαφορετικός τύπος εδάφους.

Όπως είδαμε στη περιοχή μελέτης, τα κυριότερα πετρώματα τα οποία απαντώνται είναι οι φυλλίτες και οι ασβεστόλιθοι. Τα εδάφη τα οποία προήλθαν από φυλλίτη, ο οποίος είναι μεταμορφωμένο πέτρωμα, έχουν διαμορφωθεί από φυσική αποσάθρωση του πετρώματος σε συνδυασμό με την δράση του νερού και των παγετών. Τα εδάφη αυτά είναι από τα παραγωγικότερα εδάφη της Ελλάδας, διότι εμφανίζουν μικρές κλίσεις, μεγάλο βάθος με ευνοϊκό κλίμα. Σε αυτά ασκείται έντονη δασοπονία με παραγωγικά δάση οξιάς και δρυός στην Βόρεια Ελλάδα, και Μαύρης Πεύκης και Ελάτης, στην Νότια Ελλάδα. Στον Ταΰγετο εμφανίζονται και τα δύο βασικά πετρώματα που αποτελούν τον φυλλίτη, ο μαρμαρυγιακός σχιστόλιθος και ο γνεύσιος. Το βάθος του εδάφους είναι μεγάλο σε περιοχές που δεν έχουν μεγάλες κλίσεις και δεν έχουν υποβαθμιστεί από πυρκαγιά ή από ανθρώπινη παρέμβαση. Το είδος το οποίο επικρατεί στα εδάφη αυτά είναι η Μαύρη Πεύκη. Το μεγαλύτερο ποσοστό της περιοχής μελέτης αποτελείται από τέτοια εδάφη, κατάλληλα για την ανάπτυξη της Μαύρης Πεύκης με το σχηματιζόμενο βάθος να εξαρτάται κυρίως από τις κλίσεις που επικρατούν.

Αντίθετα με τα εδάφη τα οποία έχουν προέλθει από φυλλιτικά πετρώματα, τα εδάφη που επικάθονται στους ασβεστόλιθους έχουν μικρό βάθος και μέτρια έως μικρή γονιμότητα, ανάλογα με τις επικρατούσες κλίσεις και τις ανθρωπογενείς επιδράσεις που έχουν υποστεί. Στην περιοχή μελέτης τα ασβεστολιθικά εδάφη είναι μέτριας ποιότητας σε θρεπτικά συστατικά και οργανική ουσία και η οξύτητά τους είναι μικρή. Φιλοξενούν ως επί το πλείστον συστάδες ελάτης και σποραδικά όπου το βάθος του εδάφους είναι κατάλληλο μπορεί να εμφανίζονται και μεμονωμένα άτομα Μαύρης Πεύκης. Τα ασβεστολιθικά εδάφη έχουν εμφανή σημάδια διαβρωτικών φαινομένων και συχνά εμφανίζονται απογυμνωμένα με αποτέλεσμα η όποια δενδρώδης βλάστηση αναπτύσσεται σε αυτά να υποφέρει από έλλειψη υγρασίας και θρεπτικών συστατικών και να είναι γενικά καχεκτική. Τέλος τα εδάφη που

επικάθονται επί του φλύσχη γενικά εμφανίζουν ευνοϊκές συνθήκες για την ανάπτυξη της βλάστησης αν και, όπως προείπαμε, έχουν πολύ μικρή εμφάνιση στη περιοχή μελέτης.

3.1.7 Κλίμα

Τα κλιματολογικά στοιχεία διαμορφώνουν τον υδρολογικό κύκλο μιας περιοχής και συμβάλλουν στην ορθή διαχείριση των υδατικών πόρων της. Το κλίμα μιας περιοχής διαμορφώνεται από τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα (βροχή, χιόνι και χαλάζι), τη θερμοκρασία και την υγρασία.

Στην έκταση της περιοχής μελέτης το κλίμα ποικίλει σημαντικά, καθώς το υψομετρικό εύρος είναι μεγάλο (εκτείνεται από τα 600 μ. έως τα 1.800 μ. περίπου) και οι εναλλαγές στο γεωλογικό και το εδαφολογικό υπόβαθρο καθώς και στις ζώνες βλάστησης είναι σημαντικός παράγοντας για τη δημιουργία διαφορετικών κλιματικών ζωνών. Δυστυχώς, τα μετεωρολογικά στοιχεία για την περιοχή δεν είναι επαρκή, διότι δεν υπάρχουν σ' αυτή αρκετοί μετεωρολογικοί σταθμοί. Υπάρχει μόνο ο Μετεωρολογικός Σταθμός Αρτεμισίας του Ινστιτούτου Δασικών Ερευνών Αθηνών (Ινστιτούτο Μεσογειακών Δασικών Οικοσυστημάτων και Τεχνολογίας Δασικών Προϊόντων) ο οποίος όμως δεν δίνει αρκετά δεδομένα για το κλίμα του Ταυγέτου. Αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίο χρησιμοποιούνται συμπληρωματικά τα δεδομένα από τον Μετεωρολογικό Σταθμό της Καλαμάτας ο οποίος ανήκει στην Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (EMY).

Ο μετεωρολογικός σταθμός Αρτεμισίας βρίσκεται σε υψόμετρο 760 μ., σε επαφή με την περιοχή μελέτης, πλησίον του δασικού τμήματος 41, η ακριβής θέση του ορίζεται από το γεωγραφικό μήκος (λ) $22^{\circ} 14'$ και το γεωγραφικό πλάτος (ϕ) $37^{\circ} 05'$. Δεν διαθέτει όλα τα απαραίτητα όργανα και, για το λόγο αυτό, τα στοιχεία που μας δίνει είναι ελλιπή. Λόγω της θέσης του, κάποια δεδομένα είναι αντιπροσωπευτικά και πλήρη όπως είναι για παράδειγμα η μέση θερμοκρασία αέρα, η υγρασία και το ύψος των βροχοπτώσεων. Οι καταγραφές του σταθμού αφορούν τα έτη 1960 – 2003 με διακοπές, για διάφορα χρονικά διαστήματα, με κυριότερη αυτή των ετών 1988 – 1994.

Όσον αφορά τη θέση του Μετεωρολογικού Σταθμού Καλαμάτας, αυτός βρίσκεται σε υψόμετρο 6,4 μ. , σε γεωγραφικό μήκος (λ) $22^{\circ} 06'$ και γεωγραφικό πλάτος (ϕ) $37^{\circ} 04'$. Διαθέτει ακριβείς και πλήρεις μετρήσεις για την χρονική περίοδο 1956 – 1997, καθώς έχει όλο τα απαραίτητα όργανα. Για την ορθή χρησιμοποίηση των μετεωρολογικών δεδομένων του

σταθμού αυτού και την εξαγωγή συμπερασμάτων για το κλίμα της περιοχής μελέτης, είναι αναγκαίο να γίνουν οι κατάλληλες αναγωγές των ληφθέντων στοιχείων, δεδομένου ότι ο σταθμός της Καλαμάτας βρίσκεται σε πεδιάδα, πολύ κοντά στη θάλασσα και απέχει γύρω στα 20 χιλιόμετρα δυτικά από την περιοχή μελέτης. Στους Πίνακες 3.1. και 3.2. δίδονται οι μέσες μηνιαίες τιμές για τη θερμοκρασία, την σχετική υγρασία και το ύψος βροχής για τους δύο μετεωρολογικούς σταθμούς, της Αρτεμισίας και της Καλαμάτας, συγκεντρωτικά για όλα τα χρόνια λειτουργίας τους.

ΜΗΝΑΣ	ΜΕΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)	ΣΧΕΤΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (%)	ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ (mm)
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	6,2	78,0	167,8
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	6,6	76,0	145,6
ΜΑΡΤΙΟΣ	8,5	70,0	96,7
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	12,2	67,0	66,2
ΜΑΙΟΣ	17,7	62,0	41,0
ΙΟΥΝΙΟΣ	21,9	56,0	17,6
ΙΟΥΛΙΟΣ	24,4	52,0	15,3
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	23,8	54,0	16,8
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	20,5	63,0	43,4
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	15,8	69,0	91,5
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	11,6	74,0	168,9
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	7,8	78,0	206,5
Μ.Ο. Έτους	14,7° C	67,0 %	1.077,2 mm

Πίνακας 3.1 Στοιχεία Μ.Σ. Αρτεμισίας (1960 – 2003)

ΜΗΝΑΣ	ΜΕΣΗ	ΣΧΕΤΙΚΗ	ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ
Ιανουάριος	10,2	72,6	111,7
Φεβρουάριος	10,6	71,7	94,1
Μάρτιος	12,3	71,2	73,0
Απρίλιος	15,2	70,4	48,5
Μάιος	19,7	66,3	25,6
Ιούνιος	24,1	58,6	7,5
Ιούλιος	26,4	58,0	4,2
Αύγουστος	26,3	61,1	31,3
Σεπτέμβριος	23,2	65,2	29,1
Οκτώβριος	18,9	69,3	85,3
Νοέμβριος	14,8	74,8	137,4
Δεκέμβριος	11,7	75,0	152,6
Μ.Ο. Έτους	17,7° C	67,8 %	800,3 mm

Πίνακας 3.2 Στοιχεία Μ.Σ. Καλαμάτας (1956 – 1997)

– Ύψος Βροχής

Λαμβάνοντας υπόψη τα δεδομένα που είναι διαθέσιμα και από τους δύο μετεωρολογικούς σταθμούς, διαπιστώνεται ότι το μέσο ετήσιο ύψος βροχής είναι 1077,2 χιλιοστά από τον μετεωρολογικό σταθμό Αρτεμισίας και 800,3 χιλιοστά από τον μετεωρολογικό σταθμό Καλαμάτας. Είναι αξιοσημείωτο ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των βροχοπτώσεων λαμβάνουν μέρος κατά τη διάρκεια των έξι χειμερινών μηνών. Ο Ιούλιος φαίνεται να είναι ο μήνας με τη μεγαλύτερη ξηρασία και από τους δύο σταθμούς με τιμές 15,3 χιλιοστά για τον σταθμό Αρτεμισίας και 4,2 χιλιοστά για τον σταθμό της Καλαμάτας, ενώ ο μήνας με το μεγαλύτερο ύψος βροχοπτώσεων είναι ο Δεκέμβριος. Οι τιμές που δίνονται από τον μετεωρολογικό σταθμό Αρτεμισίας είναι 206,5 χιλιοστά και από τον μετεωρολογικό σταθμό Καλαμάτας είναι 152,6 χιλιοστά.

Όσον αφορά την υγρασία, και από τους δύο σταθμούς προκύπτει ότι ο Ιούλιος είναι ο μήνας με το μικρότερο ποσοστό, με τιμές 52% για τον μετεωρολογικό σταθμό Αρτεμισίας και 58% για τον μετεωρολογικό σταθμό Καλαμάτας, ενώ τα μεγαλύτερα ποσοστά εμφανίζονται στους μήνες Δεκέμβριο και Ιανουάριο.

– Άνεμος

Τα μοναδικά δεδομένα τα οποία είναι διαθέσιμα για τους ανέμους είναι αυτά από τον μετεωρολογικό σταθμό της Καλαμάτας, τα οποία δεν μπορούν να είναι αντιπροσωπευτικά, αλλά λαμβάνονται υπόψη ενδεικτικά, για την περιοχή μελέτης.

ΜΗΝΑΣ	ΕΠΙΚΡΑΤΟΥΝΤΕΣ	ΜΕΣΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΣΕ ΚΛΙΜΑΚΑ Beaufort
Ιανουάριος	B	1,3
Φεβρουάριος	B	1,1
Μάρτιος	B	1,0
Απρίλιος	B	0,5
Μάιος	N	0,2
Ιούνιος	N	0,3
Ιούλιος	N	0,2
Αύγουστος	N	0,2
Σεπτέμβριος	B	0,2
Οκτώβριος	B	0,4
Νοέμβριος	B	0,5
Δεκέμβριος	B	1,2

Πίνακας 3.3 Ανεμολογικά στοιχεία Μ.Σ. Καλαμάτας (1956 – 1997)

Από τον παραπάνω πίνακα προκύπτει ότι η μέση μέγιστη ταχύτητα των βόρειων ανέμων στην περιοχή είναι 1,3 Beaufort, ενώ η μέση μέγιστη ταχύτητα των Νότιων ανέμων είναι 0,3 Beaufort. Σύμφωνα με την Ειδική Περιβαλλοντική Μελέτη και την Μελέτη προστασίας και διαχείρισης του Δημόσιου Δάσους του δυτικού και ανατολικού Ταΰγετου, στον Ταΰγετο οι άνεμοι είναι συχνοί, με μεγάλες εντάσεις, γεγονός που οφείλεται στην ορεογραφική διαμόρφωση της περιοχής και των υψομέτρων που επικρατούν. Κατά τη διάρκεια του χειμώνα σημειώνεται ο μεγαλύτερος αριθμός ημερών με μέγιστη ταχύτητα μεγαλύτερη από έξι (6) Beaufort. Ο μετεωρολογικός Σταθμός της Καλαμάτας δεν δίνει περισσότερες από δέκα (10) ημέρες το χρόνο με τέτοιας έντασης ανέμους, αλλά στον Ταΰγετο οι μέρες αυτές είναι περισσότερες.

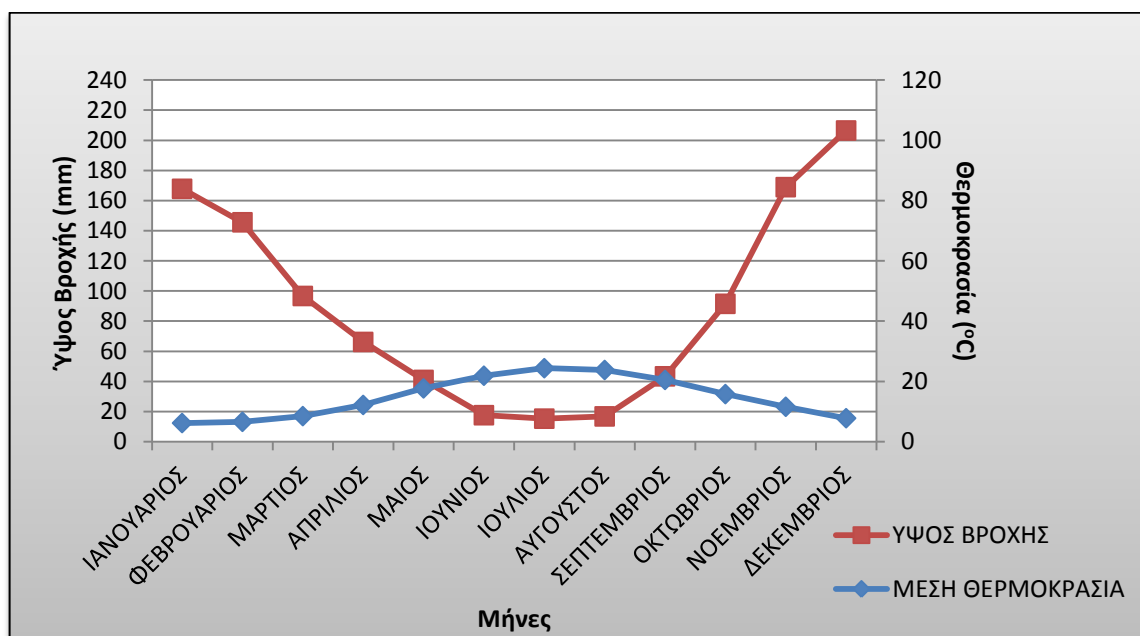
Ιδιαίτερη αναφορά πρέπει να γίνει για τους αυχένες του βουνού, μεταξύ της «Λαγκάδας Τρύπης» και «Αρτεμισίας», όπου ο αέρας έχει γενικά μεγαλύτερη ένταση και η κατεύθυνσή του, λόγω του τοπικού ανάγλυφου, αλλάζει συχνά, με αποτέλεσμα να μην μπορεί να προβλεφθεί εύκολα και με ακρίβεια η κίνησή του. Στο συγκεκριμένο σημείο, κατά την κίνηση του ανέμου και μεταξύ των πεδιάδων της Μεσσηνίας και της Λακωνίας δημιουργείται το *φαινόμενο του σιφωνίου*.

– **Θερμοκρασία**

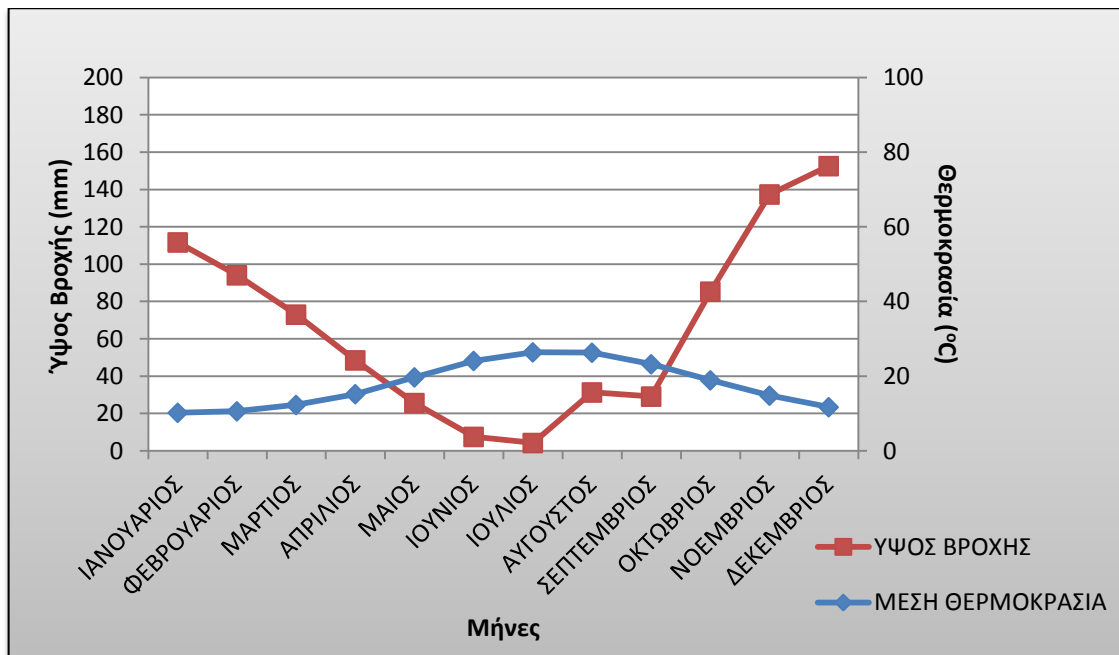
Λαμβάνοντας υπόψη τα μετεωρολογικά δεδομένα που είναι διαθέσιμα από τους δύο μετεωρολογικούς σταθμούς, της Αρτεμισίας και της Καλαμάτας, παρατηρείται ότι η μέση ετήσια θερμοκρασία του αέρα είναι 14,7 °C για τον πρώτο σταθμό και 17,7 °C για τον δεύτερο. Η διαφορά μεταξύ της μέσης μέγιστης και μέσης ελάχιστης θερμοκρασίας είναι 18,2 °C και 16,2 °C για τους σταθμούς της Αρτεμισίας και της Καλαμάτας, αντίστοιχα. Παρατηρείται ότι ο θερμότερος μήνας στην περιοχή μελέτης είναι ο Ιούλιος, με θερμοκρασίες 24,4 °C και 26,4 °C, έτσι όπως μετρήθηκαν από τους μετεωρολογικούς σταθμούς της Αρτεμισίας και της Καλαμάτας, αντίστοιχα. Αντίστοιχες θερμοκρασίες σημειώθηκαν και για τον μήνα Αύγουστο, με τιμές 23,8 °C και 26,3 °C για τους δύο σταθμούς της περιοχής. Ψυχρότερος μήνας σημειώνεται ο Ιανουάριος, με μέση τιμή θερμοκρασίας για τον σταθμό της Αρτεμισίας 6,2 °C και 10,2 °C για τον σταθμό της Καλαμάτας. Πρέπει να σημειωθεί ότι από την ανάλυση των δεδομένων για την θερμοκρασία του αέρα στην περιοχή, προκύπτει ότι τα καλοκαίρια είναι δροσερά και οι χειμώνες ψυχροί (Μελέτη προστασίας και διαχείρισης Δημόσιου Δάσους δυτικού και ανατολικού Ταΰγετου, 2004).

– Ομβροθερμικά διαγράμματα

Από τους πίνακες που είναι διαθέσιμοι με στοιχεία για την μέση θερμοκρασία, την σχετική υγρασία και το ύψος βροχής από τους μετεωρολογικούς σταθμούς της Αρτεμισίας και της Καλαμάτας, καταρτίζεται το ομβροθερμικό διάγραμμα των Bagnouls & Gausсен που στηρίζεται στην εύρεση, το χαρακτηρισμό και την έκταση της περιόδου ξηρασίας ενός ημερολογιακού έτους. Σύμφωνα με τον Gausсен (Μαυρομάτης, 1980) ένας μήνας χαρακτηρίζεται ως ξηρός, όταν το σύνολο των κατακρημνισμάτων (P) του μήνα αυτού είναι ίσο ή μικρότερο από το διπλάσιο της μέσης θερμοκρασίας (T) του, δηλαδή όταν είναι $P \leq 2 * T$. Η ξηρή περίοδος του έτους αποτελείται από το σύνολο των διαδοχικών μηνών που έχουν χαρακτηριστεί ως ξηροί.



Διάγραμμα 3.1 Ομβροθερμικό Διάγραμμα Μ. Σ. Αρτεμισίας



Διάγραμμα 3.2 Ομβροθερμικό Διάγραμμα Μ. Σ. Καλαμάτας

Στα δύο Διαγράμματα 3.1 και 3.2 απεικονίζονται οι καμπύλες των μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών και των βροχοπτώσεων των Μ.Σ. Αρτεμισίας και Καλαμάτας. Τα σημεία τομής των καμπυλών των δύο σχεδιαγραμμάτων δείχνουν το χρονικό σημείο όπου $P=2T$. Όπου η καμπύλη των βροχοπτώσεων βρίσκεται κάτω από την καμπύλη των θερμοκρασιών, ισχύει $P<2T$. Η επιφάνεια που περικλείεται από τις δύο αυτές καμπύλες μεταξύ των δύο σημείων τομής ($P=2T$) δείχνει τη διάρκεια της ξηρής περιόδου. Από τα διαγράμματα φαίνεται πως η ξηρή περίοδος στην περιοχή μελέτης διαρκεί από τα μέσα Μαρτίου έως περίπου τα μέσα Οκτωβρίου.

– Λοιπά καιρικά φαινόμενα

Το χειμώνα είναι πολύ συχνό φαινόμενο η εμφάνιση ομίχλης, κυρίως στον κεντρικό αυχένα του δάσους που το διαπερνά από το νότο προς το βορρά. Επίσης, ανάλογα με την δριμύτητα του χειμώνα, είναι πολύ συχνό φαινόμενο η εμφάνιση χιονιού. Η χιονόπτωση όμως στην περιοχή μελέτη είναι μικρή και δεν δημιουργεί προβλήματα στις μετακινήσεις και τις μεταφορές.

– Κλιματική Κατάταξη

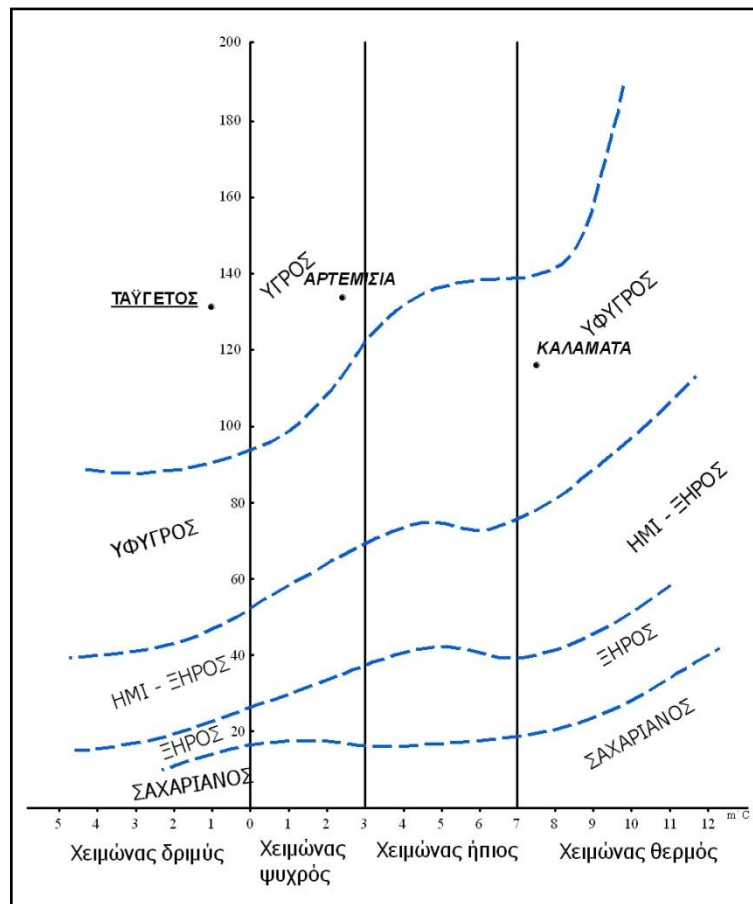
Για την κλιματική κατάταξη της περιοχής μελέτης χρησιμοποιείται ο τύπος Emberger, ο οποίος λαμβάνει υπόψη του τις θερμοκρασίες και τις ετήσιες βροχοπτώσεις μιας μεσογειακής περιοχής, ο οποίος είναι

$$Q = \frac{2000 * P}{M^2 - m^2}$$

όπου

- P είναι η μέση ετήσια βροχόπτωση, σε χιλιοστά
- M είναι η μέση τιμή των μέγιστων θερμοκρασιών του θερμότερου μήνα, σε βαθμούς Kelvin
- m είναι η μέση τιμή των ελάχιστων θερμοκρασιών του ψυχρότερου μήνα, σε βαθμούς Kelvin

Για τον Ταΰγετο (περιοχή του Δάσους) έγινε αναγωγή των δεδομένων που μας δίνει ο Μετεωρολογικός Σταθμός Αρτεμισίας για το ύψος βροχής και τη θερμοκρασία. Θέσαμε ως κατακόρυφη βροχοβαθμίδα την τιμή +2 χιλιοστά βροχής ανά 100 μ. (αύξηση των κατακρημνισμάτων με την αύξηση του υψομέτρου), και ως κατακόρυφη θερμοβαθμίδα την τιμή – 1° C ανά 100 μ. (μείωση της θερμοκρασίας με την αύξηση του υψομέτρου). Εν τέλει με βάση τη διαφορά υψομέτρου μεταξύ του Μετεωρολογικού Σταθμού Αρτεμισίας και το μέσο υψόμετρο του Δάσους και της καμένης περιοχής αυτού (1200-1300 μ.) τιμές που θα χρησιμοποιήσουμε είναι P = 1090 mm, M = 29 ° C και m = -1 ° C. Έτσι ο παραπάνω τύπος μας δίνει αποτέλεσμα 126,6. Η τιμή του Q χρησιμοποιείται ως τεταγμένη σε άξονες συντεταγμένων των οποίων τετμημένη είναι ο δείκτης m, εκφρασμένος αυτή τη φορά σε βαθμούς °C. Οι παραπάνω τιμές τοποθετούνται σε άξονες προκατασκευασμένου Σχεδιαγράμματος που διακρίνει τους βιοκλιματικούς ορόφους (Μαυρομάτης, 1980).



Διάγραμμα Emberger – Sauvage για τους Μ.Σ. Καλαμάτας, Αρτεμισίας & του Δάσους Ταϊγέτου

Με βάση το κλιματικό διάγραμμα του Emberger και το αποτέλεσμα από τον παραπάνω τύπο, ο Ταϊγέτος (η μεγαλύτερη περιοχή του δάσους) φαίνεται να έχει υγρό κλίμα με δριμείς χειμώνες. Στο παραπάνω διάγραμμα Emberger – Sauvage η κατάταξη των Μετεωρολογικών Σταθμών Καλαμάτας και Αρτεμισίας έχει γίνει, μαζί με άλλους 103 Σταθμούς της χώρας, από τον Μαυρομάτη στην εργασία του « Το Βιοκλίμα της Ελλάδος- Σχέσεις Κλίματος και Φυσικής Βλαστήσεως»

Για την εύρεση του βιοκλίματος της περιοχής μελέτης χρησιμοποιείται ο παρακάτω τύπος ο οποίος υπολογίζει τις βιολογικά ξηρές ημέρες:

$$X_m = \left[J_m - \left(J_p + \frac{J_{r,\beta}}{2} \right) \right] * th$$

όπου:

- X_m είναι ο μηνιαίος ξηροθερμικός δείκτης,
- J_m = Ημέρες του μήνα,
- J_p = Ημέρες βροχής του μήνα,
- $J_{r,\beta}$ = Ημέρες δροσιάς ή ομίχλη του μήνα,
- th = συντελεστής σχετικής υγρασίας του μήνα.

Για την εύρεση του μέσου όρου, για την περιοχή μελέτης, είναι αναγκαίο να γίνουν οι κατάλληλες αναγωγές. Το αποτέλεσμα το οποίο μας δίνει ο παραπάνω τύπος είναι 85 ξηρές ημέρες, όσες και ο ξηροθερμικός δείκτης. Λαμβάνοντας υπόψη το αποτέλεσμα αυτό και συνδυάζοντας το με τους χαρακτηρισμούς του Μεσογειακού κλίματος από την UNESCO –FAO, συμπεραίνεται ότι το βιοκλίμα του Ταϋγέτου είναι έντονα Μεσομεσογειακό (Μελέτη προστασίας και διαχείρισης Δημόσιου Δάσους δυτικού και ανατολικού Ταϋγέτου, Δασαρχείου Καλαμάτας Νομού Μεσσηνίας, 2004).

3.1.8 Βλάστηση-Φυτοκοινωνιολογική Κατάταξη

Σύμφωνα με την επικρατέστερη ζωνοποίηση της βλάστησης στον ελλαδικό χώρο, όπως έχει διαμορφωθεί από το Σπ.Ντάφη (Αθανασιάδης, 1986), η περιοχή μελέτης περιλαμβάνει τις εξής ζώνες:

– Παραμεσογειακή ζώνη βλάστησης (*Quercetalia pubescentis*)

Εμφανίζεται σε λίγες θέσεις όπου κυριαρχούν τα αείφυλλα πλατύφυλλα, γενικά σε υψόμετρο από 600μ. και πάνω έως περίπου το υψόμετρο των 1000 μ., εμφανιζόμενη πολλές φορές και σαν υπόροφος στην αμέσως επόμενη ζώνη των ορεινών παραμεσόγειων κωνοφόρων (*Fagetalia*). Πρόκειται για τον αυξητικό χώρο του *Cocciferetum* της υποζώνης *Ostrygo-Carpinion*, που εμφανίζεται στο κεντρικό και νότιο τμήμα της χώρας και πολλές φορές συγγέεται με την ευμεσογειακή ζώνη, γιατί χαρακτηρίζεται από την απουσία της ανατολικής γαύρου. Το πουρνάρι είναι το κυρίαρχο είδος, υπάρχουν ακόμη φυλλίκι (*Phillyrea angustifolia*), αριά (*Quercus ilex*), ρείκια (*Erica arboea*, *Erica manipuliflora*), αγριόκεδρο (*Juniperus oxycedrus*), σπάρτο (*Spartium junceum*), γλυστροκουμαριά (*Arbutus andrachne*) και κουμαριά (*Arbutus unedo*), ανατολικό σφενδάμι (*Acer sempervirens*), κοκορεβυθιά

(*Pistacia terebinthus*), χρυσόξυλο (*Rhus cotinus*), μελιός (*Fraxinus ornus*), κουτσουπιά (*Cercis siliquastrum*) και σπανιότερα χνοώδης δρυς (*Quercus rubescens*). Στοιχεία της ζώνης αυτής παρουσιάζονται στις κατώτερες θέσεις της Πελενίτσας καθώς και στις δυτικότερες θέσεις των δασικών τμημάτων 36, 35 και 32 άνωθεν των οικισμών της Αλαγονίας.

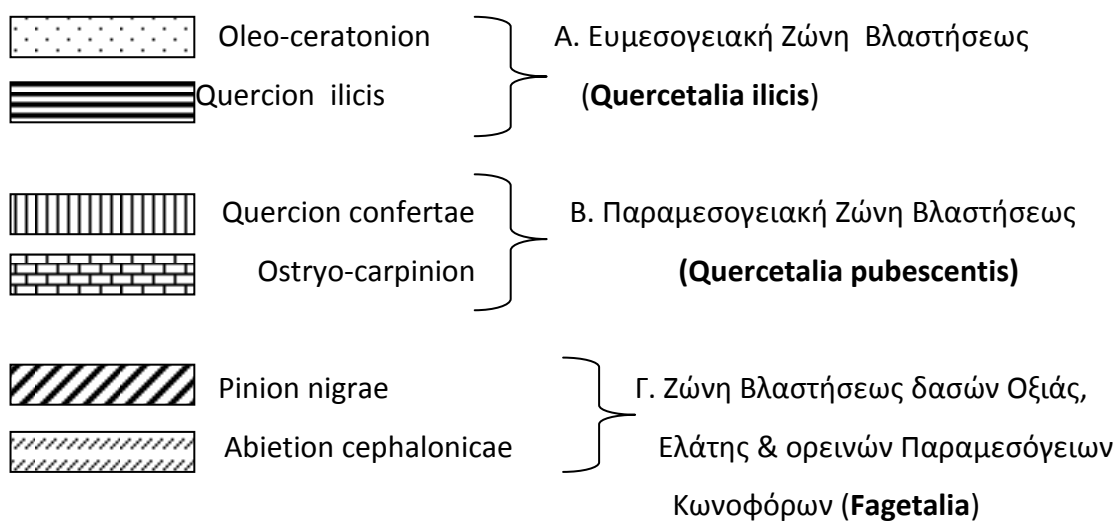
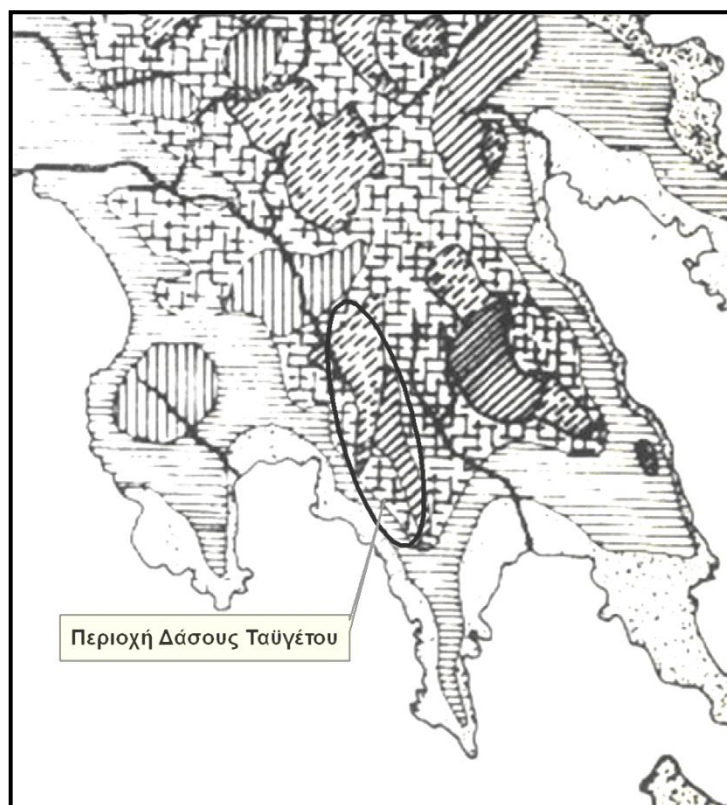
– Ζώνη παραμεσόγειων ορεινών κωνοφόρων (*Fagetalia*)

Εμφανίζεται από τα 700 μ ως τα άνω δασόρια στα 1800μ. περίπου. Στη Νότια Ελλάδα απουσιάζουν οι οξιές και, ειδικά στον Ταΰγετο, η ζώνη αντιπροσωπεύεται από δύο αυξητικούς χώρους, τα δάση Κεφαλληνιακής ελάτης (*Abietion cerhalonicae*) και τα δάση της Μαύρης Πεύκης (*Pinetum nigrae*).

Η ελάτη βρίσκεται στο νοτιότερο σημείο εξάπλωσής της στην Ευρώπη. Σε βόρειες εκθέσεις διάσπαρτα άτομα αναπτύσσονται ακόμη και χαμηλότερα από 700 μ., ενώ στις νότιες εκθέσεις εμφανίζονται σε πολλές περιπτώσεις από τα 1100 μ. και πάνω. Ο αυξητικός χώρος *Abietion cerhalonicae* των ορεινών δασών της ενδημικής, στην Ελλάδα, Κεφαλληνιακής ελάτης (*Abies cerhalonica*), απαντάται στην Πελοπόννησο, Στερεά Ελλάδα και Κεφαλλονιά. Το κλίμα σε αυτή τη ζώνη είναι ορεινό μεσογειακό και πλησιάζει, ειδικά στη βόρειο Ελλάδα, το κλίμα της κεντρικής Ευρώπης.

Στη ζώνη αυτή υπάγεται το μεγαλύτερο τμήμα της περιοχής μελέτης όπου απαντιόνταν, πριν τις πυρκαγιές του 1998 και 2007, οι καλύτερες συστάδες Μαύρης Πεύκης. Σε αυτή τη ζώνη υπάγονται οι συστάδες Ελάτης όπως και το μεγαλύτερο ποσοστό του δάσους του Ταΰγétου. Μέσα στη ζώνη αυτή απαντώνται τοπικά, φυλλοβόλα πλατύφυλλα δενδρώδη είδη όπως η καστανιά (*Castanea sativa*) και ο ψευδοπλάτανος (*Acer pseudoplatanus*), που προσδίδουν ιδιαιτερότητα στο δασικό τοπίο και ποικιλότητα στο οικοσύστημα. Η καστανιά είναι σε ημιαυτοφυή - ημικαλλιεργούμενη μορφή.

Στο Χάρτη 3.3 παρατίθεται ο φυτοκοινωνιολογικός χάρτης βλάστησης στον οποίο φαίνεται η περιοχή μελέτης και η διάκριση των βλαστητικών ζωνών της ευρύτερης περιοχής.



Χάρτης 3.3 Χάρτης Ζωνών Βλάστησης Νότιας Πελοποννήσου κατά Σπ.Ντάφη

Η βλάστηση της περιοχής μελέτης είναι αντιπροσωπευτική των παραπάνω ζωνών βλάστησης και ιδιαίτερα της δεύτερης. Επικρατέστερα φυτικά είδη βέβαια είναι αυτά της Μαύρης Πεύκης και της Κεφαλληνιακής Ελάτης. Στο Πίνακα 3.4 παρατίθεται αντιπροσωπευτικός κατάλογος των κυριότερων δέντρων και θάμνων της περιοχής μελέτης.

Είδος	Κοινό όνομα
<i>Abies cephalonica</i>	Κεφαλληνιακή Ελάτη
<i>Acer pseudoplatanus</i>	Σφενδάμι ψευδοπλάτανος
<i>Acer sempervirens</i>	Σφενδάμι αειθαλές
<i>Castanea sativa</i>	Καστανιά
<i>Pinus nigra</i>	Μαύρη Πεύκη
<i>Quercus pubescens</i>	Χνοώης Δρυς
<i>Quercus coccifera</i>	Πουρνάρι
<i>Quercus ilex</i>	Αριά
<i>Carpinus orientalis</i>	Γαύρος
<i>Ostrya carpinifolia</i>	Οστρυά
<i>Alnus glutinosa</i>	Σκλήθρο
<i>Erica arborea</i>	Ρείκι
<i>Juniperus oxycedrus</i>	Άρκευθος
<i>Juniperus communis</i>	Αγριόκερδο
<i>Arbutus unedo</i>	Κουμαριά
<i>Arbutus andrachne</i>	Γλιστροκουμαριά
<i>Fraxinus ornus</i>	Φράξος
<i>Pistacia terebinthus</i>	Κοκορεβιθιά
<i>Cotinus coccygria</i>	Χρυσόξυλο
<i>Cercis siliquastrum</i>	Κουτσουπιά
<i>Populus tremula</i>	Λεύκη η τρέμουλα
<i>Ulmus minor</i>	Φτελιά
<i>Platanus orientalis</i>	Πλάτανος ανατολικός
<i>Cupressus sempervirens</i>	Κυπαρίσσι
<i>Laurus nobilis</i>	Δάφνη Απόλλωνος
<i>Spartium junceum</i>	Σπάρτο
<i>Phillyrea angustifolia</i>	Φυλλίκι
<i>Pyrus amygdaliformis</i>	Γκορτσιά
<i>Cistus incanus</i>	Λαδανιά
<i>Thymus capitatus</i>	Θυμάρι
<i>Salvia fruticosa</i>	Φασκομηλιά
<i>Phlomis fruticosa</i>	Ασφάκα
<i>Genista acanthoclada</i>	Αφάνα
<i>Sarcopoterium spinosum</i>	Αστοιβίδα
<i>Euphorbia spp.</i>	Γαλατσίδα
<i>Calycotome villosa</i>	Ασπάλαθος
<i>Crataegus monogyna</i>	Κράταιγος
<i>Rosa canina</i>	Αγριοτριανταφυλλιά
<i>Colutea arborescens</i>	Φούσκα
<i>Pteridium aquilinum</i>	Φτέρη
<i>Rubus ulmifolius</i>	Βατομουριά
<i>Smilax aspera</i>	Αρκουδόβατος

Πίνακας 3.4 Τα κυριότερα είδη δένδρων και θάμνων του δάσους Ταυγέτου

3.1.9 Πανίδα

Σύμφωνα με κάποιες ιστορικές αναφορές στον ορεινό όγκο του Ταΰγετου υπήρχαν μέχρι τον 15^ο αιώνα μ.Χ. πληθυσμοί μεγάλων θηλαστικών που σήμερα έχουν εξαφανισθεί όπως το ελάφι, το ζαρκάδι, το αγριογούρουνο και ενδεχομένως η αρκούδα (Μελέτη προστασίας και διαχείρισης δημόσιου Δάσους Ταΰγετου, 2004). Σήμερα τα θηλαστικά αντιπροσωπεύονται από τον ασβό, την αλεπού, το κουνάβι, το λαγό, το σκαντζόχοιρο και το μυωξό. Επίσης υπάρχουν διάφορα μικρά τρωκτικά και νυχτερίδες. Μέχρι πριν 20-30 χρόνια είχαν αναφερθεί ο λύγκας και το τσακάλι. Πριν 10 χρόνια περίπου, έγινε απελευθέρωση αγριογούρουνων σε περιοχές του Ν. Αρκαδίας και αυτό οδήγησε στη διασπορά του είδους σε όλη την Πελοπόννησο και βέβαια στον Ταΰγετο. Ο πληθυσμός του είδους σήμερα βρίσκεται σε συνεχή ανοδική τάση μιας και απουσιάζει κάποιος φυσικός εχθρός αυτού, με εξαίρεση βέβαια τον άνθρωπο.

Η πτηνοπανίδα θεωρείται αρκετά πλούσια και απαντώνται σημαντικά αρπακτικά όπως ο σπιζαετός, ο φιδαιτός, ο πετρίτης, το διπλοσάϊνο, ο μπούφος, ο γκιώνης, η κουκουβάγια κ.α.. Παλιότερα υπήρχαν αναφορές για πιθανή παρουσία χρυσαετού χωρίς αυτό να έχει επιβεβαιωθεί.

Από τις υπόλοιπες κατηγορίες της πτηνοπανίδας, σημαντική είναι η παρουσία της πέρδικας, του δρυοκολάπτη, του κικινεζιού, του πετροχελίδονου, των κορακοειδών, των δεντρότσιχλων, κ.α.

Στην κατηγορία των ερπετών ξεχωρίζουν η κρασπεδωτή χελώνα, τα δύο είδη ενδημικών σαυρών της Πελοποννήσου, *Lacerta graeca* και *Podacris peloponnesiaca*, οι οχιές κ.α.

3.1.10 Επιπτώσεις από την Πυρκαγιά του 2007

Η πυρκαγιά του 2007 ξεκίνησε στις 23-8-2007 με σημείο έναρξης πλησίον της θέσης Σταυρωτό Δενδρί, ανάμεσα στα δασικά τμήματα 41 και 30. Υποβοηθούμενη από τις ιδιαίτερες επικρατούσες καιρικές συνθήκες, υψηλές θερμοκρασίες, άνεμους μεγάλης έντασης και χαμηλής σχετικής υγρασίας, εξαπλώθηκε γρήγορα εντός του δάσους και κατέκαψε μεγάλο μέρος αυτού αλλά και μεγάλες εκτάσεις εκτός αυτού. Συντηρούμενη από την μεγάλη ποσότητα καύσιμης ύλης που έβρισκε στη πορεία της, εξαπλώθηκε σε διάφορες διευθύνσεις φθάνοντας μέχρι τα βόρεια προάστια της Καλαμάτας και καταστρέφοντας τμήματα οικισμών,

γεωργικές καλλιέργειες, εκτεταμένες δασικές εκτάσεις κ.α. Συνολικά, η πυρκαγιά διήρκησε 10 με 15 ημέρες και οι καταστροφές που προκάλεσε συνοψίζονται παρακάτω:

Συνολικό εμβαδόν καμένης περιοχής: 113.000 στρ.

- Καμένες γεωργικές καλλιέργειες: 20.000 στρ. (Ελιές-Καστανιές-Κερασιές-Αμπελώνες κ.λ.π.)
- Καμένα Δάση και δασικές εκτάσεις: 93.000 στρ. εκ των οποίων
 - 45.000 στρ. από το μέρος του δάσους που υφίσταται διαχείριση
 - 48.000 στρ. δασικών εκτάσεων εκτός διαχείρισης
- Καταστροφές οικιών εντός των οικισμών Αλαγονίας, Πηγών, Μαχαλά, Πηγαδίων, Ελαιοχωρίου, Λαδά και Καρβελίου
- Καταστροφή του Κρατικού Ξυλοπριστηρίου Αρτεμισίας και του Δασονομείου Αλαγονίας.

Ειδικότερα οι καταστροφές που προκλήθηκαν στο δασικό οικοσύστημα θεωρούνται τεράστιες και ανυπολόγιστες. Η προκληθείσα οπισθοδρόμηση του οικοσυστήματος εκτιμάται σε 100-150 χρόνια αν συνυπολογίσει κανείς την δυσκολία αναγέννησης της Ελάτης στα φτωχά ασβεστολιθικά εδάφη. Στην περίπτωση της Μαύρης Πεύκης η οπισθοδρόμηση είναι μικρότερης διάρκειας μιας και το είδος αυτό μπορεί να αναγεννηθεί πιο εύκολα, είτε φυσικά είτε τεχνικά. Καταστράφηκαν ώριμες συστάδες της περιοχής Λιποβοντά (Λιποβούνι), μέσης ηλικίας 80 χρόνων περίπου και οι αναδασώσεις των δασικών τμημάτων 41, 30, 32, 35 και 36, οι οποίες είχαν πραγματοποιηθεί για να αποκαταστήσουν την καμένη από την πυρκαγιά του έτους 1998 περιοχή.

3.2 ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΔΑΣΟΠΟΝΙΚΩΝ ΕΙΔΩΝ

3.2.1 Εισαγωγικά

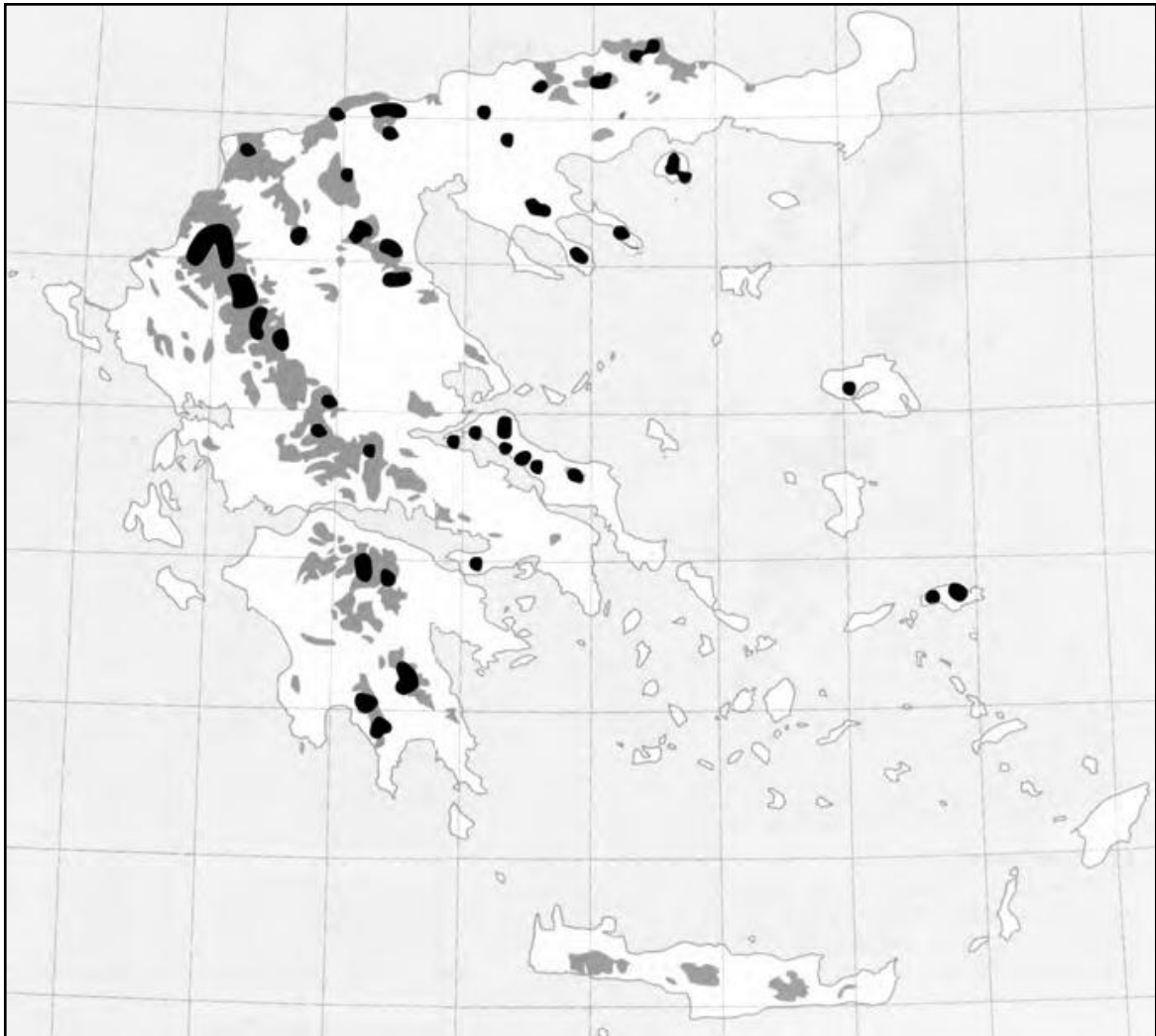
Από τα μέχρι τώρα παρατεθέντα, διακρίνεται πρόδηλα ότι το ζήτημα της αναγέννησης και αναδημιουργίας του δάσους είναι από τη φύση του πολυκριτηριακό και πολυπαραγοντικό θέμα, διαπερνάται σε μεγάλο βαθμό από τις ιδιαιτερότητες της περιοχής έρευνας και τα ειδικά μικροπεριβάλλοντα που δημιουργούνται πολλές μάλιστα φορές η πορεία αποκατάστασης σχετίζεται σε μεγάλο βαθμό από την φυσιολογία των δασοπονικών ειδών που συμμετέχουν στη σύνθεση του δάσους. Ειδικότερα, η φυσιολογία των ειδών παίζει

σημαντικό ρόλο στις συνθήκες που δημιουργούνται μετά από μία πυρκαγιά (μεταπυρικό περιβάλλον), δεδομένου ότι η διαδοχή των οικοσυστημάτων διακόπτεται απότομα και η διαδικασία πρέπει να αρχίσει πάλι από την αρχή με κίνδυνο, όπως προαναφέρθηκε, το δημιουργούμενο μετά την πυρκαγιά περιβάλλον να είναι τέτοιο ώστε να μην μπορεί να οδηγηθεί σε θετική διαδοχή αλλά σε αρνητική (π.χ. μετατροπή Δασών σε θαμνότοπους ή φρυγανότοπους κ.α.). Στην περιοχή έρευνας έχουν αναφερθεί από παλαιότερες διαχειριστικές μελέτες (Καραμπάτσος, 1958) περιπτώσεις θέσεων εντός του δάσους όπου, μετά από πυρκαγιές, το δάσος εξέπεσε σε θαμνολίβαδο από ρείκια ή φρύγανα και μόνον με την διανέργεια φυτεύσεων ήταν δυνατή η επανίδρυση του. Τέτοιες περιπτώσεις υποβάθμισης των δασών μετά από πυρκαγιές αναφέρονται από πολλούς ερευνητές (Καρέτσος, 2002). Στην περιοχή έρευνας, η καμένη περιοχή του Δάσους συνετίθετο από Μαύρη Πεύκη και Κεφαλληνιακή Ελάτη. Ως εκ τούτου κρίνεται σκόπιμο να περιγραφούν τα δύο αυτά δασοπονικά είδη, αλλά, κυρίως να εξετασθούν οι βιολογικές απαιτήσεις τους και να συσχετιστούν με τις επικρατούσες, μετά την πυρκαγιά, κλιματεδαφικές συνθήκες που επικρατούν στην συγκεκριμένη περιοχή.

3.2.2 Μαύρη Πεύκη

Η Μαύρη Πεύκη (*Pinus nigra* Arnold) είναι ένα κατεξοχήν πολύμορφο είδος, το οποίο διασπάται σε πολλά υποείδη, ποικιλίες και οικότυπους, με χαρακτηριστική γεωγραφική εξάπλωση. Ξεχωρίζουν η Μαύρη Πεύκη του Salzmann (*Pinus nigra* subsp. *salzmannii*), η μαύρη πεύκη της Κορσικής (*Pinus nigra* subsp. *corsicana*), η μαύρη Πεύκη της Καλαβρίας (*Pinus nigra* subsp. *calabrica* ή *Iaricio*) και η μαύρη πεύκη της Αυστρίας (*Pinus nigra* subsp. *austriaca* ή *nigricans*). Στη χώρα μας είχαν διακριθεί παλαιότερα οι ποικιλίες *Pinus nigra* var. *pallasiana* (παλλασσιανή μαύρη πεύκη) και *Pinus nigra* var. *austriaca* ή *nigricans*. Σήμερα δεχόμαστε ότι υπάρχουν δύο μόνο υποείδη, (α) η μαύρη πεύκη του Salzmann (*Pinus nigra* subsp. *salzmannii*), η οποία απαντά στη Δ. Μεσόγειο (ΒΔ Αφρική, Ιβηρική χερσόνησο, Ν. Γαλλία, Κορσική, Ν. Ιταλία και Σικελία) και (β) η μαύρη πεύκη η αυστριακή (*Pinus nigra* subsp. *nigra*), που απαντά στη ΝΑ Ιταλία, την Αυστρία και τη Βαλκανική χερσόνησο, την Ανατολία και την Κριμαία. Στην Ελλάδα απαντά η Καραμανική ποικιλία (*Pinus nigra* subsp. *nigra* var. *caratanica*). Στη χώρα μας απαντούν τρεις σαφώς διαχωριζόμενοι πληθυσμοί-οικότυποι της μαύρης πεύκης, (α) ο πληθυσμός της Πελοποννήσου, της Εύβοιας και της Στερεάς Ελλάδας, (β) ο πληθυσμός της Πίνδου και (γ) ο πληθυσμός του Ολύμπου, της Όσσας, του Κάτω

Ολύμπου, των Πιερίων και του Βερμίου. Απαντούν, επίσης, κάποιοι μεμονωμένοι πληθυσμοί, όπως αυτοί της Ροδόπης, της Θάσου, της Σιθωνίας, του Αγίου Όρους, της Λέσβου και της Σάμου (Ντάφης, 2009). Ο χάρτης 3.4 δείχνει τη γεωγραφική εξάπλωση του είδους στον Ελληνικό χώρο (Γκανάτσας, 2009).



Χάρτης 3.4 Γεωγραφική εξάπλωση Μαύρης Πεύκης στον Ελληνικό Χώρο

Η Μαύρη Πεύκη είναι δένδρο με ύψος που φθάνει τα 40 έως 50 μέτρα, με κλαδιά σε σπόνδυλους, ευθυτενή στις περισσότερες περιπτώσεις κορμό και διάμετρο που μπορεί να ξεπεράσει τα 1,20 μέτρα. Η κόμη σε νεαρή ηλικία είναι πυραμιδοειδούς μορφής ενώ σε ώριμη ηλικία έχει μορφή ομπρελλοειδή. Οι βελόνες εκπτύσσονται ανά δύο σε βραχυκλάδια, βαθυπράσινου χρώματος με μήκος 8-15 εκατοστά και διάρκεια ζωής 4-5 έτη. Είναι είδος

μόνοικο με τα αρσενικά άνθη να διατάσσονται σε ίουλους, στη βάση των ετησίων βλαστών, και τα θηλυκά σε κόκκινους όρθιους κωνίσκους, στις άκρες των ετησίων βλαστών. Η άνθιση παρουσιάζεται κατά την περίοδο Μάιου-Ιουνίου και τα σπέρματα ωριμάζουν κατά το Νοέμβριο του δεύτερου έτους από εκείνο της άνθισης. Οι κώνοι έχουν μήκος 5-8 εκ. και εκφύονται κάθετα στα κλαδιά, σε ομάδες των 2 ή 4. Ο φλοιός της είναι σκούρος σταχτής, μεγάλου σχετικά πάχους, με βαθιά σχισμένο ξηρόφλοιο (Αθανασιάδης 1986, Απατσιδής 1977, Αραμπατζής 1998, κ.α.). Το μεγάλο πάχος του φλοιού προστατεύει το είδος από τις έρπουσες πυρκαγιές ενώ, αντίθετα, έναντι των επικόρυφων πυρκαγιών το είδος δεν έχει αναπτύξει κάποιο μηχανισμό προσαρμογής (Ντάφης 2009, Γκανάτσας 2009, Αριανούτσου 2009).

Ο πολλαπλασιασμός (αναγέννηση) του είδους γίνεται με σπόρους, οι οποίοι πέφτουν από τους κώνους τον Μάρτιο-Απρίλιο του έτους ωρίμανσης και διασπείρονται με τον άνεμο. Όταν το δέντρο φύτευται μεμονωμένο, καρποφορεί από την ηλικία των (10) 15-20 ετών ενώ σε συστάδες από την ηλικία των 20-40 ετών. Η περίοδος πληροκαρπίας του είδους είναι 2-3 έτη (Αθανασιάδης 1986, Μπούσιος 2008, Γκανάτσας 2009). Η φυτρωτική ικανότητα των σπόρων είναι υψηλή και διατηρείται μέχρι και 5 έτη μετά την ωρίμανση (Παϊταρίδου κ.α, 2005).

Η Μαύρη Πεύκη φύτευται σε περιοχές με ύψος βροχής πάνω από 700 χιλ., με μέση θερμοκρασία 9-16 °C και σχετική υγρασία πάνω από 60%. Εμφανίζεται σχεδόν σε όλη την ημιορεινή-ορεινή Ελλάδα, από το υψόμετρο των 500 μέτρων έως τα δασο-όρια (1600-1800 μ.). Εξάιρεση αποτελούν οι περιοχές του Σουφλίου και της Σιθωνίας Χαλκιδικής, όπου απαντάται στο υψόμετρο των 200-300 μ. Κατά τον Γκανάτσα (2009) το άριστο της εξάπλωσης παρουσιάζεται μεταξύ των 900 και των 1.300 μ. Σχηματίζει εκτεταμένα δάση, αμιγή ή μικτά, εξαπλούμενα στην Παραμεσογειακή Ζώνη βλάστησης (*Quercetalia pubescentis*) και στη ζώνη δασών οξιάς-ελάτης και ορεινών παραμεσόγειων κωνοφόρων (*Fagetalia*), με τις φυτοκοινωνίες αυτής που σχηματίζονται να είναι γεωλογικά ή εδαφικά εξαρτώμενες (Ντάφης 1973, Αθανασιάδης 1986). Γενικά, περιγράφεται ως είδος λιτοδίαιτο, ανθεκτικό στους παγετούς και την ξηρασία και μπορεί να αναπτυχθεί σε ξηρά και φτωχά εδάφη ανεξάρτητα από το υπεδάφιο πέτρωμα, είναι ημισκιάφυτο είδος και αντέχει στη σκιά περισσότερο από όλα τα ελληνικά πεύκα, εκτός από τη βαλκανική πεύκη (Αθανασιάδης, 1986). Δημιουργεί βαθύ και εκτεταμένο ριζικό σύστημα, που στην αρχή είναι πασσαλώδες και αργότερα εξελίσσεται σε καρδιόμορφο με χονδρές πλάγιες ρίζες που εκτείνονται αρκετά μακριά, γεγονός που την καθιστά ανθεκτική στους ισχυρούς ανέμους. Επίσης είναι πολύ

ευπροσάρμοστο είδος, έχοντας τη δυνατότητα να αντλεί νερό από τα βαθύτερα στρώματα του εδάφους. Προστατεύει και βελτιώνει το έδαφος (Αθανασιάδης 1986, Μπούσιος 2008).

Η οικονομική σημασία του είδους είναι ιδιαίτερα μεγάλη, καθώς σχηματίζει υψηλά παραγωγικά δάση σε πολλές περιοχές της Ελλάδας. Το ξύλο της Μαύρης Πεύκης είναι καλής ποιότητας και έχει ευρεία χρήση. Χρησιμοποιείται στην οικοδομική, στη μεταλλευτική, στην κιβωτοποιία, για στρωτήρες σιδηροδρόμων, εμποτιζόμενο για στύλους Δ.Ε.Η. και Ο.Τ.Ε. και ως βιομηχανικό (θρυμματισμός, παραγωγή νοβοπάν, κ.α.). Η Μαύρη Πεύκη έχει, επίσης, μεγάλη δασοκομική αξία, καθώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αξιοποίηση γυμνών εδαφών, σχετικά φτωχών σε υγρασία και θρεπτικά συστατικά και σε πολλές περιπτώσεις ως πρόδρομο είδος (Γκανάτσας 2009).

Στον Ταΰγετο, η Μαύρη Πεύκη απαντάται στο κεντρικό και ανατολικό τμήμα του ομώνυμου δάσους και στο Δάσος της Βασιλικής που βρίσκεται στις νότιες πλαγιές της κορυφής του Ταυγέτου, σχηματίζοντας και στις δύο περιοχές εκτεταμένα δάση σε μίξη πολλές φορές με την Κεφαλληνιακή Ελάτη. Το είδος αναπτύσσεται από το υψόμετρο των 600 μ. περίπου έως αυτό των 1.800 μ.

3.2.3 Κεφαλληνιακή Ελάτη

Η Κεφαλληνιακή Ελάτη (*Abies cephalonica* Loud.) είναι δένδρο ύψους 15-30 μ. με πυραμιδοειδή κόμη, κορμό ευθυτενή που μπορεί να φθάσει μέχρι τη διάμετρο των 80 εκ και, σε καλούς σταθμούς, του 1 μέτρου. Τα κλαδιά αναπτύσσονται σπονδυλωτά και κάθετα γύρω από τον κορμό. Τα φύλλα είναι βελονοειδή, μήκους 15-28 χιλιοστών, κεντρίζοντα στην άκρη τους με διάρκεια ζωής 10-12 έτη. Το είδος είναι μόνικο με άνθη μονογενή. Τα αρσενικά διατάσσονται σε κυλινδρικούς κόκκινους ίουλους που εκφύονται στο κάτω μέρος των ετήσιων βλαστών. Τα θηλυκά αναπτύσσονται στο άκρο των ετήσιων βλαστών με την μορφή όρθιων κιτρινοπράσινων κωνίσκων. Η άνθηση γίνεται κατά το διάστημα Μάιος-Ιούνιος. Οι κώνοι κατά την ωρίμανση τους, τον Σεπτέμβριο με Οκτώβριο του έτους ανθήσεως, είναι όρθιοι, στεκόμενοι εν είδει κερών, κυλινδρικοί, πρασινοκάστανοι, μήκους 12-20 εκ, περιχυμένοι με αρκετή ποσότητα ρητίνης. Κατά την ωρίμανση των κώνων, τα καρπόφυλλα αυτών πέφτουν και απελευθερώνουν τους σπόρους. Η φυτρωτική ικανότητα των σπόρων είναι μέτρια (60-70%) και διατηρούν την ικανότητα αυτή για περίπου 6 μήνες. Η καθ' ύψος αύξηση έχει αργό

ρυθμό μέχρι την ηλικία των 10 ετών, επιταχύνεται μετά την ηλικία αυτή και σταματάει στην ηλικία των 80 ετών (Αθανασιάδης, 1986). Η αναπαραγωγική ηλικία σε μεμονωμένα δένδρα εμφανίζεται στην ηλικία των 20-25 ετών ενώ σε συστάδες δένδρων εμφανίζεται στην ηλικία των 30-35 ετών. Η περίοδος πληροκαρπίας είναι 2-4 έτη (Καρέτσος, 2007).

Η Ελάτη είναι σκιοφύτο είδος, αναγεννάται κυρίως σε υπόσκια περιβάλλοντα και έχει εκφραστεί η άποψη ότι κατά την φάση της νεαρής ηλικίας το είδος υποφέρει από την άμεση ηλιακή ακτινοβολία, η οποία προσβάλλει το τρυφερό φλοιό και προκαλεί ζημιές στο κάμβιο του νεαρού φυταρίου (Κωνσταντινίδης, 2007). Ως σκιοφύτο και σκιοφύλο είδος, μπορεί να αντέξει σε συνθήκες σκίασης και καταπίεσης και πέρα των 60 χρόνων και όταν εξασφαλίσει το απαραίτητο φως έχει την δυνατότητα να αναπτυχθεί κανονικά (Καρέτσος, 2002). Σε ό,τι αφορά τις βιολογικές της απαιτήσεις προτιμά βαθύ, γόνιμο, χαλαρό και σχετικά υγρό έδαφος, μπορεί όμως να αναπτυχθεί και σε αβαθή και ξηρά εδάφη, ιδιαίτερα σε αυτά που αναπτύσσονται επί ασβεστολιθικών πετρωμάτων, διότι οι ρίζες εισχωρούν βαθιά μέσα στις ρωγμές αυτών των πετρωμάτων και εξασφαλίζουν υγρασία και τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά (Αθανασιάδης, 1986). Παρά τις δυσκολίες που συναντάει στην φυσική αναγέννηση, γενικά εμφανίζεται, πιο ανθεκτική από την Μαύρη Πεύκη, σχηματίζει μικτά με αυτή δάση και ως σκιοφύτο έχει την τάση να την περιορίζει.

Η Κεφαλληνιακή Ελάτη συνιστά εκτεταμένα δάση στην Πελοπόννησο, Κεφαλονιά και Στερεά Ελλάδα στα βόρεια της οποίας (όρη Τυμφρηστός και Οξυά) σταματάει για να αρχίσει, στα μεγαλύτερα γεωγραφικά πλάτη, η εξάπλωση της Υβριδογενούς Ελάτης (*Abies borisii regis* Mattf.). Απαντάται στην Παραμεσογειακή Ζώνη βλάστησης (*Quercetalia pubescentis*) και στη ζώνη δασών οξιάς – ελάτης και ορεινών παραμεσόγειων κωνοφόρων (*Fagetalia*).

3.3 ΥΛΙΚΑ-ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Στα πλαίσια διαδικασία της παρούσας εργασίας, και με στόχο την εφαρμογή της χωρικής πολυκριτηριακής ανάλυσης, για την διάκριση περιοχών φυσικής και τεχνητής αναγέννησης στο, κατεστραμμένο από πυρκαγιά, δάσος του Ταυγέτου χρησιμοποιήθηκαν διάφορα υλικά-εργαλεία κυρίως σε επίπεδο λογισμικού και εξοπλισμού και τα οποία παρατίθενται παρακάτω:

- Το λογισμικό ΓΠΣ Arc-GIS 9.3 της εταιρείας ESRI, το οποίο χρησιμοποιήθηκε ως κύριος φορέας επεξεργασίας και ανάλυσης των γεωγραφικών δεδομένων.
- Η επέκταση του λογισμικού AHP_OWA (MCE-FLOWA) των Soheil Boroushaki και Jacek Malczewski του Τμήματος Γεωγραφίας του Πανεπιστημίου του Δυτικού Οντάριο του Καναδά. Το module διατίθεται από το τμήμα τεχνικής υποστήριξης στην ιστοσελίδα της εταιρείας ESRI (www.esri.com). Με την χρήση του module, μέσα από τη βασική διεπαφή του Arc-GIS 9.3. (ArcMap) κατέστη δυνατό να δημιουργηθούν και να συνδυαστούν οι κατάλληλοι πλεγματικοί χάρτες για τα κριτήρια που χρησιμοποιήθηκαν στην ανάλυση, και να παραχθούν οι χάρτες-αποτελέσματα, που επέτρεψαν να αξιολογήσουμε τις διάφορες εναλλακτικές λύσεις.
- Φορητή συσκευή GPS της εταιρείας Magellan τύπου Gold (Εικόνα 3.1), η οποία χρησιμοποιήθηκε για τις γεωγραφικές συντεταγμένες των κέντρων των θέσεων δειγματοληψίας που πραγματοποιήθηκε στην περιοχή έρευνας (Διατέθηκε από τη Διεύθυνση Δασών Μεσσηνίας).
- Το λογισμικό SPSS-Statistics 17.0, το οποίο χρησιμοποιήθηκε για την στατιστική επεξεργασία των στοιχείων της δειγματοληψίας.

Επίσης κρίθηκαν απαραίτητα και αξιοποιήθηκαν σχεδόν σε όλες τις φάσεις εκπόνησης της εργασίας διάφορα δεδομένα, κυρίως χωρικά, που αφορούν την περιοχή έρευνας. Αυτά είναι:

- Αποσπάσματα δορυφορικών εικόνων από τη διαδικτυακή εφαρμογή google Earth
- Οι χάρτες Γενικής Χρήσεως, κλίμακας 1: 50.000, της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού (Φύλλα Χάρτη «ΚΑΛΑΜΑΤΑ» και «ΣΠΑΡΤΗ»)
- Κλιματικά δεδομένα από το Μετεωρολογικό Σταθμό Καλαμάτας της Ε.Μ.Υ.
- Κλιματικά δεδομένα από το Μετεωρολογικό Σταθμό Αρτεμισίας του Ινστιτούτου Μεσογειακών Οικοσυστημάτων και Τεχνολογίας Δασικών Προϊόντων του ΕΘ.Ι.Α.Γ.Ε.
- Δορυφορικές εικόνες της περιοχής μελέτης, που λήφθηκαν μετά την πυρκαγιά του 2007 (Νοέμβριος 2007) και μας διατέθηκαν από το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών.
- Διάφορα γεωγραφικά δεδομένα σε ψηφιακή μορφή που δημιουργήθηκαν κατά την εκπόνηση της τελευταίας Διαχειριστικής Έκθεσης του δάσους (Ψηφιακό μοντέλο εδάφους, μορφές κάλυψης του δάσους, κ.α.)
- Εδαφολογικός Χάρτης Ελλάδας, Δασική Υπηρεσία (Φύλλα Χάρτη «ΚΑΛΑΜΑΤΑ» και «ΣΠΑΡΤΗ»)
- Γεωλογικός Χάρτης Ελλάδας, Ι.Γ.Μ.Ε. (Φύλλα Χάρτη «ΚΑΛΑΜΑΤΑ» και «ΣΠΑΡΤΗ»)



Εικόνα 3.1 Μέτρηση με GPS σε Δοκιμαστική Επιφάνεια

3.4 ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ

3.4.1 Εισαγωγή

Με δεδομένη την πολυπαραγοντική διάσταση της αναγέννησης της Μαύρης Πεύκης κρίθηκε αναγκαίο, για την καλύτερη και την πιο τεκμηριωμένη βαθμονόμηση των παραγόντων κατά την διαδικασία ανάπτυξης του μοντέλου της πολυκριτηριακής ανάλυσης, να διεξαχθεί δειγματοληψία σε όλη την καμένη έκταση, με κύριο ζητούμενο το πλήθος των αρτιφύτρων (ειδικότερα της Μαύρης Πεύκης) στην καμένη περιοχή. Πέραν αυτού η δειγματοληψία απέβλεπε επίσης στην εξαγωγή συμπερασμάτων για το τρόπο επίδρασης τοπικά των διάφορων παραγόντων του κλιματεδαφικού περιβάλλοντος στην φυσική αναγέννηση, μιας και είναι γνωστό ότι σε κάθε τόπο, κάτω από την μακροχρόνια επίδραση των παραγόντων, δημιουργούνται τοπικές προσαρμογές των δασοπονικών ειδών, οι γεωγραφικές προελεύσεις ή οικότυποι, οι

οποίοι αντιδρούν ελαφρώς διαφορετικά στις μεταβολές των συνθηκών του περιβάλλοντος από τις τυπικές συμπεριφορές του δασοπονικού είδους στο σύνολο του όπως αυτές περιγράφονται από τη σχετική βιβλιογραφία (Ντάφης, 1986). Τούτο έχει ιδιαίτερη σημασία για την Μαύρη Πεύκη καθώς όπως προαναφέρθηκε η εμφάνιση του είδους στον Ταΰγετο είναι η νοτιότερη στη Βαλκανική χερσόνησο και είναι αναμενόμενο να έχει δημιουργήσει τοπικές προσαρμογές. Στον Ελληνικό χώρο, η Μαύρη Πεύκη της Πελοποννήσου (Ταΰγετος, Πάρνωνας, κ.α.), της Εύβοιας και της Στερεάς Ελλάδας θεωρούνται ως ιδιαίτερη γεωγραφική προέλευση (Ντάφης-Γκανάτσας, 2009).

3.4.2 Μέθοδος Δειγματοληψίας

Για να προσαρμοστεί το πολυκριτηριακό μοντέλο στις τοπικές συνθήκες του δάσους και να βαθμονομηθούν κατάλληλα οι διάφοροι παράγοντες, επιλέχθηκαν 127 δειγματοληπτικές επιφάνειες σε όλη την περιοχή μελέτης. Η μέθοδος δειγματοληψίας ήταν τυχαία και προσανατολισμένη ώστε να αντιπροσωπευθούν όλοι οι πιθανοί συνδυασμοί των τοπικών οικολογικών συνθηκών, αβιοτικών και μη. Κάθε δειγματοληπτική επιφάνεια (plot) ήταν τετραγωνικής μορφής, 2μ.χ2μ. Η δειγματοληψία έγινε στο διάστημα από τον Απρίλιο μέχρι τον Αύγουστο του 2010, δηλαδή 2,5 με 3 χρόνια μετά την εκδήλωση της πυρκαγιάς του 2007. Σε κάθε επιφάνεια δειγματοληψίας καταγράφησαν τα παρακάτω στοιχεία:

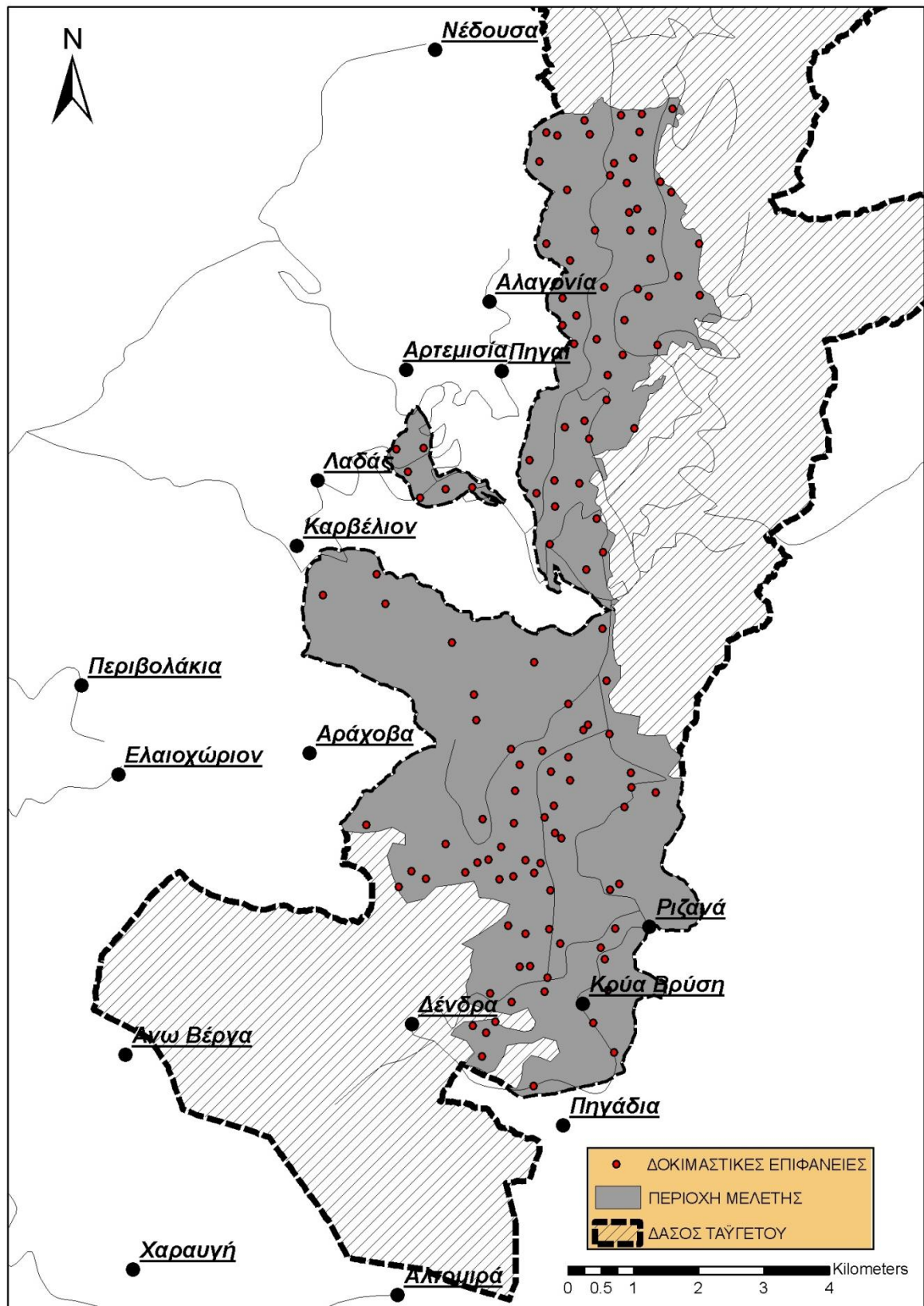
- Η γεωγραφικές συντεταγμένες Χ, Υ, της επιφάνειας με τη φορητή συσκευή GPS
- Το πλήθος των νεαρών φυταρίων Μαύρης Πεύκης ανεξαρτήτως ηλικίας (μονοετή, διετή ή τριετή).
- Το πλήθος των νεαρών φυταρίων Ελάτης.
- Η γενική κλίση της πλαγιάς (θέσης) στην οποία λαμβάνονταν η επιφάνεια.
- Η έκθεση της πλαγιάς ως προς τον ορίζοντα.
- Η καταγραφή του είδους της υποβλάστησης της επιφάνειας και της παρουσίας άλλων δασοπονικών ειδών. Καταγραφόταν ιδιαίτερα η παρουσία πρεμνοβλαστημάτων Δρυός, Καστανιάς, αειφύλλων πλατυφύλλων αφού είναι γνωστό ότι η παρουσία ή η απουσία κάποιων από αυτά τα φυτικά είδη είναι δείκτης του βιοκλιματικού ορόφου του τόπου και των ειδικών συνθηκών αύξησης των φυτών. Για παράδειγμα η παρουσία πρεμνοβλαστήματος Καστανιάς δείχνει ένα πιο υγρό και πιο ψυχρό σταθμό σε σχέση με έναν άλλο όπου παρουσιάζεται η δρυς ή το πουρνάρι.

- Η καταγραφή της εκτίμησης του βαθμού κάλυψης του εδάφους από τη Φτέρη η οποία με την παρουσία της επηρεάζει την ικανότητα φύτευσης των σπόρων της Μαύρης Πεύκης και της ανάπτυξης των αρτιφύτρων. Η εκτίμηση του βαθμού κάλυψης σε φτέρη έγινε με βάση την διάκριση τεσσάρων διαβαθμίσεων κάλυψης, μηδενική, χαμηλή, μέτρια και μεγάλη (ποιοτική κατάταξη).
- Καταγραφή της κατ' εκτίμηση οριζόντιας απόστασης της δειγματοληπτικής επιφάνειας από εναπομείναντα στην καμένη περιοχή ζώντα δένδρα σπορείς (άκαυτα δένδρα ή άκαυτες νησίδες) ικανών να διασπείρουν ώριμους για τη φυσική αναγέννηση σπόρους (πλαγιοσπορά). Εννοείται ότι στην περίπτωση που η δειγματοληπτική επιφάνεια βρίσκονταν κοντά στην ζώνη διαχωρισμού καμένου-άκαυτου δάσους καταγραφόταν επίσης η απόσταση από τα κρασπεδικά (περιφερειακά) ζώντα δένδρα.
- Η Καταγραφή της κατάστασης του εδάφους σε ό,τι αναφορά την κατάταξη του σε γαιώδες, πετρώδες ή βραχώδες καθώς και του είδους του μητρικού πετρώματος (σχιστόλιθος, ασβεστόλιθος ή φλύσχης).

Στη δειγματοληψία στα δεδομένα κάθε θέσης προστέθηκε επίσης το υψόμετρο της δειγματοληπτικής επιφάνειας όπως αυτό μας δίνονταν από το ψηφιακό μοντέλο εδάφους (D.E.M.). Η ενημέρωση των τιμών υψομέτρου από το D.E.M. θεωρείται πιο ακριβής τρόπος αφού οι φορητές συσκευές GPS μας δίνουν πληροφορία υψομέτρου με σημαντική σχετικά απόκλιση. Στο Χάρτη 3.5 δίδεται η κατανομή των δειγματοληπτικών επιφανειών στην περιοχή μελέτης.

3.4.3 Στατιστική Ανάλυση

Τα δεδομένα που προέκυψαν κατά την δειγματοληψία αναλύθηκαν στατιστικά, ώστε να καταδειχθεί το μέγεθος και ο τρόπος της επίδρασης των παραμέτρων-μεταβλητών που εξετάσθηκαν στην φυσική αναγέννηση. Κύριο ζητούμενο στη στατιστική επεξεργασία ήταν να βρεθεί ο βαθμός συσχέτισης (regression) μεταξύ της φυσικής αναγέννησης και των διάφορων μεταβλητών. Στην στατιστική ανάλυση που έγινε με το πρόγραμμα SPSS υπολογίσθηκε ο βαθμός συσχέτισης μεταξύ της εξαρτημένης μεταβλητής που είναι το πλήθος φυταρίων Μαύρης Πεύκης, και των παρακάτω ανεξάρτητων μεταβλητών:



Χάρτης 3.5 Κατανομή των Δοκιμαστικών Επιφανειών στη Περιοχή Μελέτης

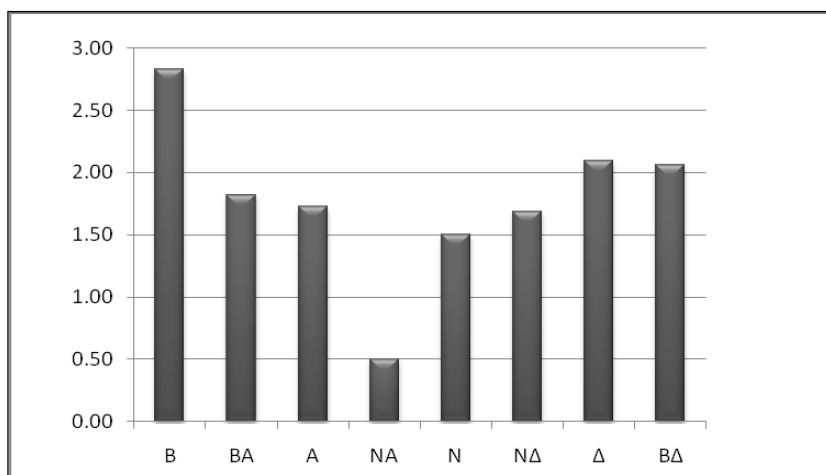
- Έκθεση
- Κλίση
- Μητρικό Πέτρωμα
- Υψόμετρο
- Βαθμός κάλυψης σε φτέρη
- Απόσταση από ζώντα ώριμα δένδρα(σπορείς)
- Κατάσταση υποβλάστησης (ύπαρξη πρεμνοβλαστημάτων αιψύλλων πλατυφύλλων κ.λ.π. ή όχι)

Για την Ελάτη δεν έγινε στατιστική επεξεργασία, δεδομένου ότι όπως αναμενόταν τα φυτάρια που βρέθηκαν ήταν ελάχιστα. Μόνο σε δύο (2) δοκιμαστικές επιφάνειες βρέθηκαν φυτάρια Ελάτης.

Για μια πιο εξισορροπημένη αξιολόγηση του τρόπου συσχέτισης των παραπάνω μεταβλητών με την φυσική αναγέννηση (πλήθος φυταρίων), κρίθηκε σκόπιμο να γίνει ομαδοποίηση των δεδομένων κατά κλάσεις και σύγκριση των μέσων όρων. Τα αποτελέσματα και η συσχέτιση αυτών με το πλήθος φυταρίων Μαύρης Πεύκης ανά παράγοντα έχουν ως εξής:

- Για την Έκθεση

Η μεταβλητή έκθεση διαχωρίστηκε σε οκτώ (8) κατηγορίες, με βάση τις 8 κύριες διευθύνσεις, δηλαδή Βόρειες (B), Βορειοανατολικές (BA), Ανατολικές (A), Νοτιοανατολικές (NA), Νότιες (N), Νοτιοδυτικές (ND), Δυτικές (Δ) και Βορειοδυτικές (BD) εκθέσεις. Με βάση την μέση τιμή του πλήθους των φυταρίων ανά κατηγορία έκθεσης δημιουργήθηκε το Σχεδιάγραμμα 3.3.



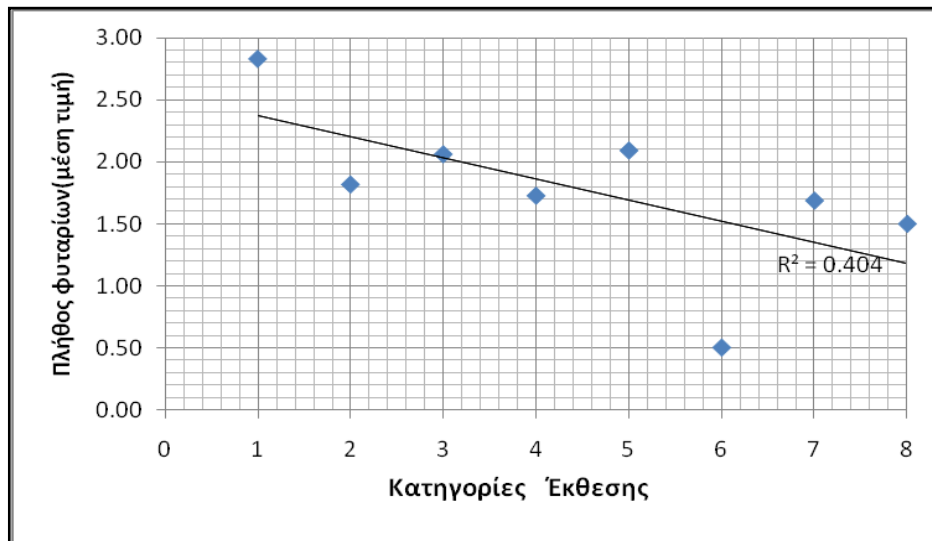
Σχεδιάγραμμα 3.3 Ιστόγραμμα κατανομής μέσου πλήθους φυταρίων ανά κατηγορία Έκθεσης

Από το παραπάνω ιστόγραμμα διακρίνεται χαρακτηριστικά η υπεροχή της βόρειας έκθεσης έναντι των άλλων. Σύμφωνα με τα δεδομένα, η πιο δυσμενής κατηγορία έκθεσης φαίνεται ότι είναι η Νοτιοανατολική ενώ, σε θεωρητικό επίπεδο (με βάση τη βιβλιογραφία), θα έπρεπε να είναι η Νότια, που εδώ ταξινομείται ως η δεύτερη πιο χειρότερη έκθεση. Η θεωρητική προσέγγιση του παράγοντα έκθεση βαθμολογεί τους διάφορους προσανατολισμούς κατά σειρά θετικής συσχέτισης με την φυσική αναγέννηση ως: B(1), BA(2), BΔ(3), A(4), Δ(5), NA(6), NΔ(7) και N(8). Εντός των ορίων του στατιστικού σφάλματος, εκτιμούμε ότι το θεωρητικό πρότυπο προσαρμόζεται στα δεδομένα μας. Διατηρώντας ως σειρά σημαντικότητας τη θεωρητική προσέγγιση, βρίσκουμε συντελεστή γραμμικής συσχέτισης (συντελεστής pearson), $r = 0,636$ ($r^2 = 0,404$). Η συσχέτιση αυτή του μέσου πλήθους φυταρίων Μαύρης Πεύκης με τις κατηγορίες προσανατολισμού (έκθεσης) φαίνεται στο Σχεδιάγραμμα 3.4. Σε αντίθεση με την συσχέτιση των μέσων τιμών ανά κατηγορία έκθεσης, η συσχέτιση δειγματικών τιμών δεν δείχνει μεγάλο βαθμό συσχέτισης. Ο συντελεστής συσχέτισης r αυτή τη περίπτωση είναι $r = 0,099$ ($r^2 = 0,01$).

– Για την Κλίση

Η μεταβλητή Κλίση καταγράφηκε σε ποσοστό επί τοις (%) εκατό. Η καταγραφή έγινε ανά 5 εκατοστιαίες μονάδες (5, 10, 15,...κ.λ.π.) και στο τέλος έγινε διαχωρισμός σε 5 κλάσεις με διαβάθμιση αντίστοιχη με εκείνη του Ντάφη (1986) για τα δασικά εδάφη, η οποία είναι: 0-10 % οριζόντια ή πολύ ήπιας κλίσης εδάφη (1), 11-20% ήπιας κλίσης εδάφη (2), 21-35% εδάφη

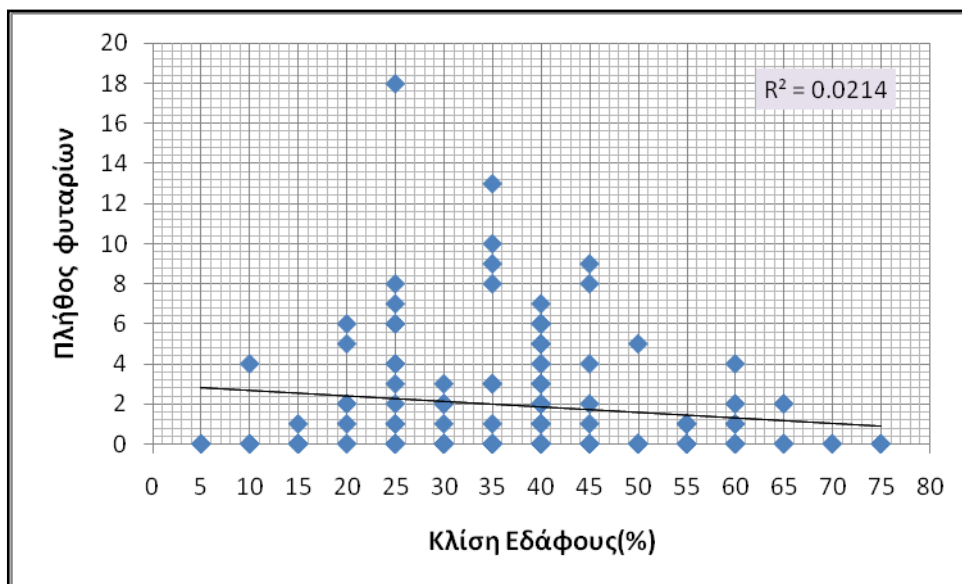
με μέτρια κλίση (3), 36-50% εδάφη με ισχυρή κλίση (4), 51-75% εδάφη με πολύ ισχυρή κλίση(5) και άνω της κλίσης 76% εδάφη απότομα ή απόκρημνα.



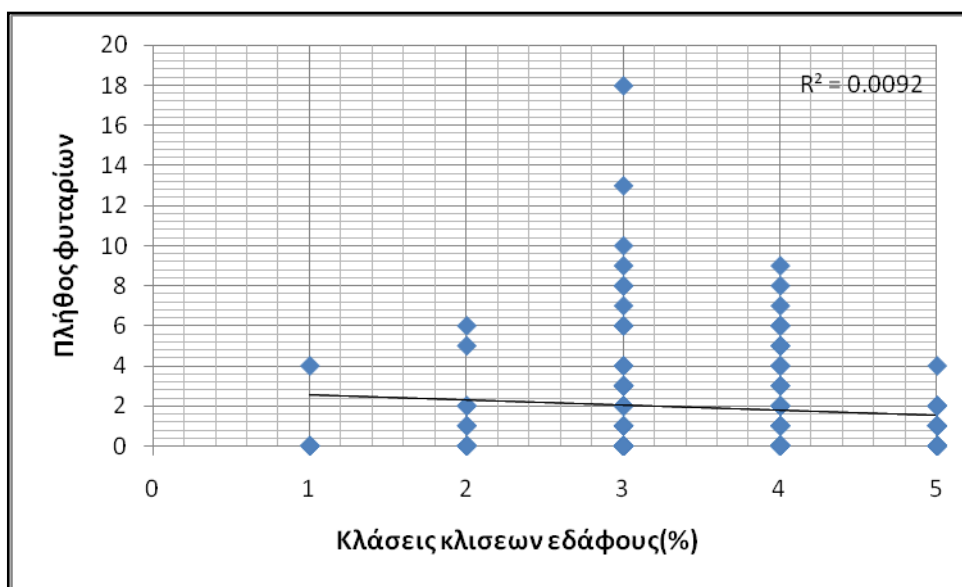
Σχεδιάγραμμα 3.4 Συσχέτιση μέσου πλήθους φυταρίων και έκθεσης

Η τελευταία διαβάθμιση δεν αντιπροσωπεύτηκε στο δείγμα. Οι παρατηρήσεις έδειξαν μία μέτρια βαθμού γραμμική συσχέτιση της κλίσης με την φυσική αναγέννηση, με τον συντελεστή συσχέτισης (Pearson) να είναι $r = -0,146$ ($r^2 = 0,0214$), όπως φαίνεται στο Σχεδιάγραμμα 3.5.

Ο βαθμός συσχέτισης μεταξύ φυσικής αναγέννησης και κλίσης μειώθηκε αρκετά όταν οι παρατηρήσεις που αφορούσαν στην κλίση ομαδοποιήθηκαν σε 5 κλάσεις, σύμφωνα με τη παραπάνω διαβάθμιση. Σε αυτή τη περίπτωση, ο συντελεστής συσχέτισης βρέθηκε $r = -0,096$ ($r^2 = 0,0214$), όπως φαίνεται στο Σχεδιάγραμμα 3.6.



Σχεδιάγραμμα 3.5 Συσχέτιση κλίσεων με το πλήθος των φυταρίων

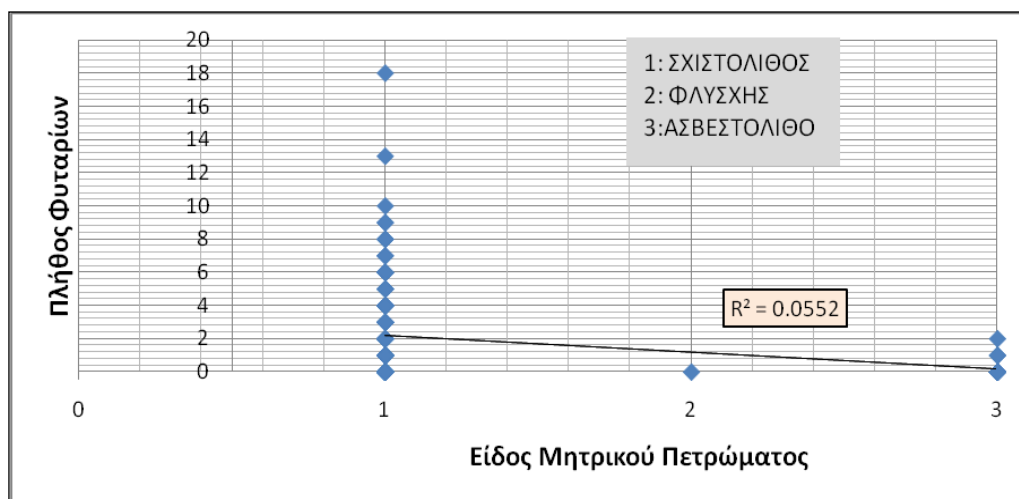


Σχεδιάγραμμα 3.6 Συσχέτιση πλήθους φυταρίων και κλάσεων κλίσεων εδάφους

– Για το Μητρικό Πέτρωμα

Όπως προαναφέρθηκε, οι φυσικές και χημικές ιδιότητες του εδάφους καθορίζονται στις περισσότερες των περιπτώσεων από το είδος του πετρώματος από το οποίο έχουν προέλθει, σε πολλές μάλιστα περιπτώσεις η χωρική κατανομή των πετρωμάτων καθορίζει και την αντίστοιχη χωρική εξάπλωση δασοπονικών ειδών ή φυτοκοινωνιών. Στη περιοχή έρευνας απαντώνται (3) τρεις κατηγορίες πετρωμάτων, οι σχιστόλιθοι, τα ανθρακικά (ασβεστόλιθοι-

δολομίτες) και ο φλύσχης. Για την αναγέννηση της Μαύρης Πεύκης, πιο σημαντική θέση έχουν οι σχιστόλιθοι (1), ακολουθεί ο φλύσχης (2) και στην τελευταία θέση βρίσκονται τα ανθρακικά (3). Ο βαθμός γραμμικής συσχέτισης ήταν μέτριος, $r = 0,235$ ($r^2 = 0,055$) όπως φαίνεται στο Σχεδιάγραμμα 3.7.



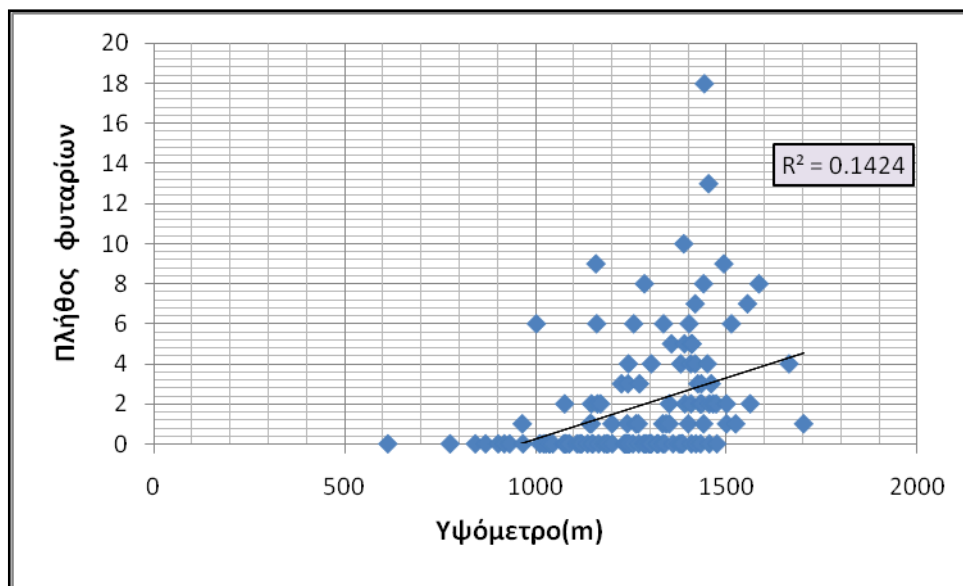
Σχεδιάγραμμα 3.7 Συσχέτιση πλήθους φυταρίων με το Μητρικό Πέτρωμα

Ο συντελεστής μη γραμμικής συσχέτισης (Spearman) βρέθηκε ελαφρά πιο αυξημένος από τον προηγούμενο με $r = 0,294$ ενώ η αντίστοιχη στατιστική δοκιμασία που έγινε έδειξε ότι η συσχέτιση αυτή είναι στατιστικώς σημαντική σε επίπεδο 1%.

– Για το Υψόμετρο

Η επίδραση του υψόμετρου στην εξάπλωση της Μαύρης Πεύκης στο Ταΰγετο είναι καταλυτική. Με δεδομένο το μικρό γεωγραφικό πλάτος του Ταΰγέτου, το σχετικά μεγάλο για τα Ελληνικά δεδομένα, υψόμετρο έρχεται να αντισταθμίσει ως ένα βαθμό το επίπεδο των υψηλών θερμοκρασιών και το μικρό ύψος των βροχοπτώσεων. Όπως είναι γνωστό, με την αύξηση του υψόμετρου μεταβάλλονται αισθητά οι συνθήκες θερμοκρασίας του αέρα και του εδάφους, το ύψος και η κατανομή των βροχοπτώσεων, η ένταση και η σύνθεση του φωτός, οι συνθήκες νέφωσης και ομίχλης, η σχετική υγρασία κ.λ.π. (Ντάφης, 1986). Οι μεταβολές αυτές κατά κάποιο τρόπο αντικατοπτρίζονται στην διαμόρφωση και την εξάπλωση των

διάφορων ζωνών βλάστησης. Οι παρατηρήσεις έδειξαν ικανοποιητικό βαθμό γραμμικής συσχέτισης της φυσικής αναγέννησης με την αύξηση του υψομέτρου (θετική συσχέτιση), με συντελεστή συσχέτισης $r = 0,377$ ($r^2 = 0,1424$), όπως φαίνεται στο Σχεδιάγραμμα 3.8



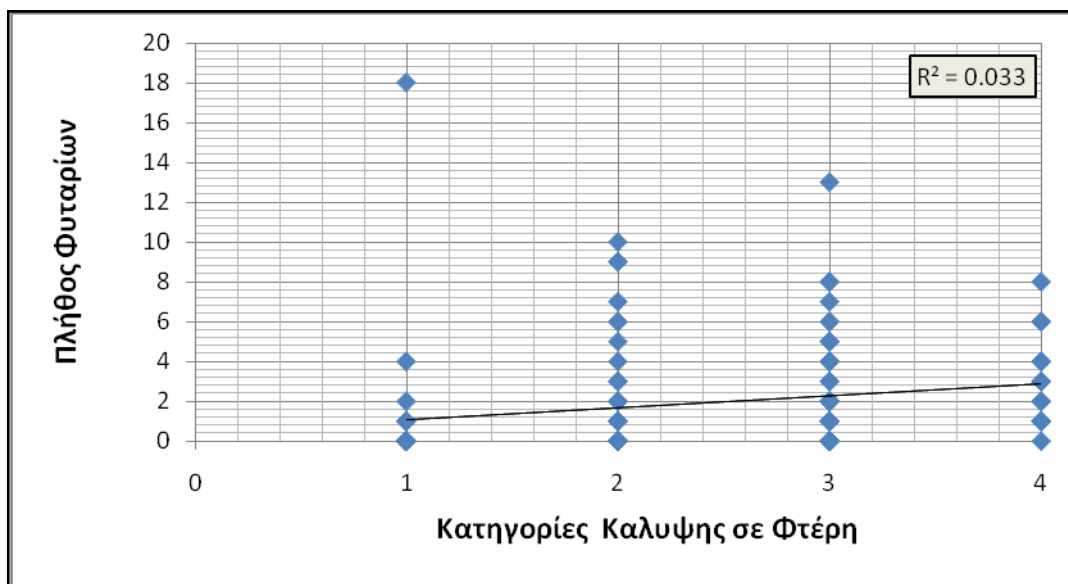
Σχεδιάγραμμα 3.8 Συσχέτιση πλήθους φυταρίων και υψομέτρου

Ο συντελεστής εμφανίστηκε πιο αυξημένος για την μη γραμμική συσχέτιση με τιμή $r = 0,502$. Ο στατιστικός έλεγχος έδειξε ότι η συσχέτιση υψομέτρου και φυσικής αναγέννησης είναι στατιστικώς σημαντική σε επίπεδο 1%.

– Για το βαθμό κάλυψης σε φτέρη (*Pteridium aquilinum*)

Η επίδραση της φτέρης, ως βασικού στοιχείου της παρεδαφιαίας βλάστησης, παίζει θα λέγαμε διαφορούμενο ρόλο σε σχέση με την αναγέννηση της Μαύρης Πεύκης. Οι απόψεις στη βιβλιογραφία διίστανται, καθώς δεν φαίνεται να έχει ξεκαθαριστεί αν η παρουσία είναι δυσμενής ή ευμενής. Κατά τους περισσότερους ερευνητές, η παρουσία της επιδρά αρνητικά στην φύτευση των σπόρων και στην ανάπτυξη των αρτιφύτρων όταν πρόκειται για φωτόφιλα ή ελαφρώς φωτόφιλα είδη (Ντάφης, 1986 - Χατζηστάθης 1989). Ο Απατσίδης (1977) όμως, με σχετική έρευνα που έκανε στην περιοχή της Κεντρικής Πίνδου (Κρανέα Γρεβενών), διαπίστωσε ότι η παρουσία φτέρης και αγρωστωδών ύψους 1μ., με πυκνότητα 80% περίπου, δεν παρεμπόδισαν την ύπαρξη αρτιφύτρων Μαύρης Πεύκης. Αυτό συμφωνεί και με τις

παρατηρήσεις από την δειγματοληψία που διενεργήθηκε, καθώς διαπιστώθηκε θετική γραμμική συσχέτιση μεταξύ της παρουσίας της φτέρης και της φυσικής αναγέννησης με συντελεστή συσχέτισης $r = 0,182$ ($r^2 = 0,033$) σε επίπεδο σημαντικότητας 5%, όπως φαίνεται στο σχεδιάγραμμα 3.9.



Σχεδιάγραμμα 3.9 Συσχέτιση πλήθους φυταρίων με την κάλυψη σε Φτέρη

Στο σχεδιάγραμμα 3.9, η κατηγορία 1 αντιστοιχεί στη μηδενική παρουσία φτέρης, η κατηγορία 2 στη χαμηλή, η κατηγορία 3 στην μέση και η κατηγορία 4 στην υψηλή παρουσία. Ο συντελεστής μη γραμμικής συσχέτισης εμφανίζεται πιο αυξημένος, με τιμή $r = 0,350$ και στατιστικώς σημαντικός, σε επίπεδο σημαντικότητας 1%.

Η θετική συσχέτιση φτέρης και φυσικής αναγέννησης εξηγείται ενδεχομένως και από το γεγονός ότι η παρουσία αυτής συνδέεται με καλές ποιότητες τόπου (αρκετή εδαφική υγρασία, ικανοποιητικό βάθος εδάφους κ.λ.π.). Χαρακτηριστική είναι η Εικόνα 3.2, από την υπ' αριθμ. 47 δοκιμαστική επιφάνεια όπου με υψηλή παρουσία φτέρης βρέθηκαν αρκετά τριετή και διετή φυτάρια.



Εικόνα 3.2 Διετές ή τριετές φυτάριο Μαύρης Πεύκης σε θέση με πυκνή φτέρη (Δ.Ε.47)

– Για την απόσταση από ζώντα δένδρα (Σπορείς)

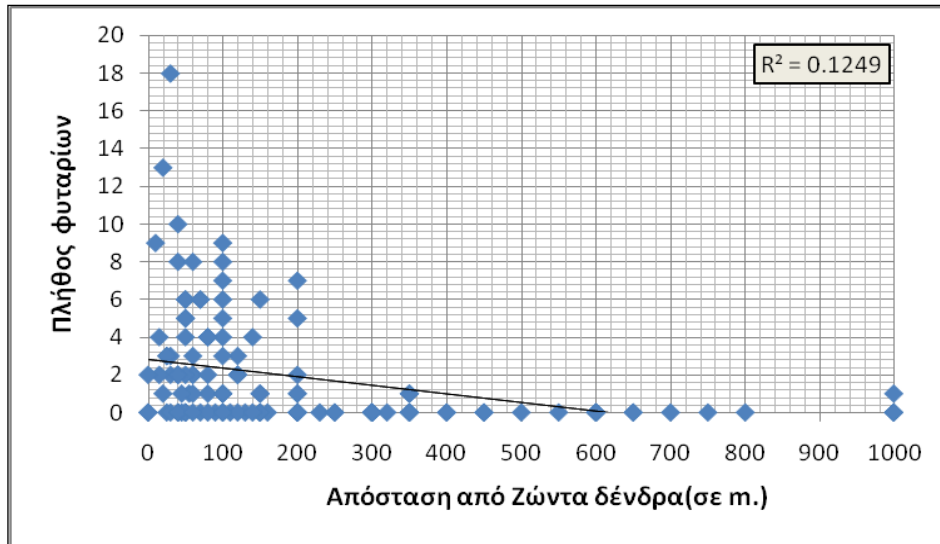
Η σημαντικότητα του παράγοντα αυτού είναι προφανής. Αν δεν υπάρχει αρκετό πολλαπλασιαστικό υλικό (σπόροι), που να διασπείρεται τακτικά στο έδαφος, δεν υπάρχει περίπτωση να εκπτυχθεί φυσική αναγέννηση, έστω και αν όλοι οι άλλοι παράγοντες είναι ευνοϊκοί (άριστες εδαφικές συνθήκες, ευνοϊκές καιρικές συνθήκες τα πρώτα χρόνια μετά την πυρκαγιά κ.τ.λ.). Η ύπαρξη συνεπώς εναπομεινάντων δένδρων, μεμονωμένων ή σε ομάδες και λόχμες (νησίδες) είναι καθοριστικής σημασίας, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις που η καμένη επιφάνεια είναι μεγάλη και οι αποστάσεις από το εναπομείναν δάσος είναι τέτοιες που δεν μας επιτρέπουν να έχουμε βάσιμες ελπίδες για τον εφοδιασμό με σπόρους της υπό αναδάσωση περιοχής. Το ίδιο συμβαίνει ακόμη και σε περιπτώσεις που η απόσταση οριζοντιογραφικά είναι μικρή, πλην όμως δεν καθίσταται ευχερής η πλαγιοσπορά διότι οι καμένες από τις ζώσες επιφάνειες βρίσκονται στις αντίθετες πλαγιές ορεινών εξάρσεων.

Οι περισσότεροι ερευνητές συμφωνούν ότι η μέγιστη ωφέλιμη απόσταση για την επιτυχή πλαγιοσπορά είναι αυτή των 100 μέτρων (Γκανάτσας 2009, Αριανούτσου 2009), άλλοι καθορίζουν την ωφέλιμη απόσταση στα 2-3 ύψη δένδρων (Απατσιδής 1977) ενώ ο Κοράκης το 2009 στις καμένες εκτάσεις του Πάρνωνα βρήκε φυτάρια Μαύρης Πεύκης σε αποστάσεις όχι μεγαλύτερες των 50 μέτρων από υγιή δένδρα-σπορείς. Στις παρατηρήσεις όμως που διενεργήθηκαν κατά την φάση της δειγματοληψίας σε 16 δοκιμαστικές επιφάνειες, οι οποίες απείχαν από υγιή δένδρα πάνω από 100 μέτρα, βρέθηκε να διαθέτουν τουλάχιστον ένα φυτάριο Μαύρης Πεύκης. Συνεκτιμώντας το ενδεχόμενο πρόδηλου σφάλματος, εκτιμούμε ότι τρεις μπορεί να είναι οι πιθανοί λόγοι γι' αυτό:

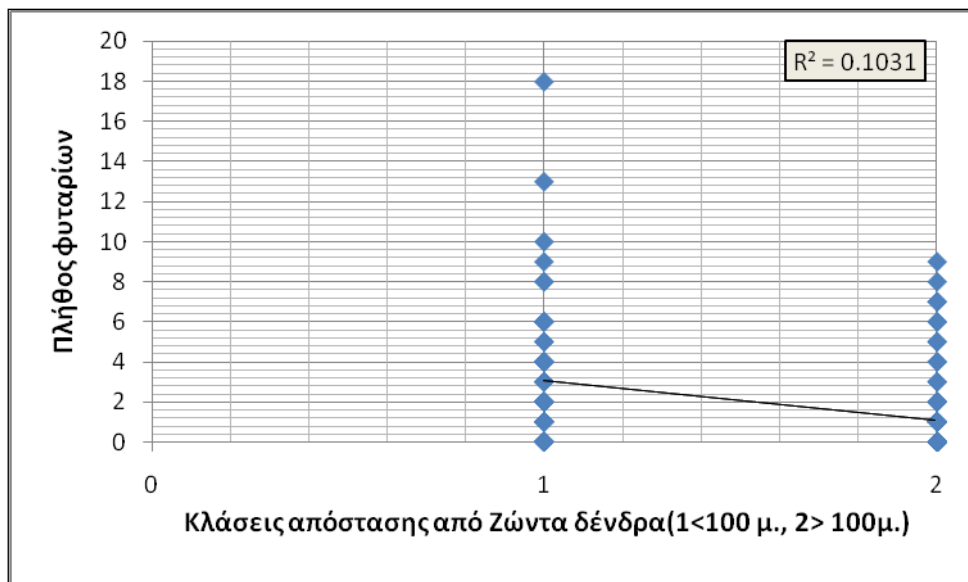
- Οι σπόροι μεταφέρθηκαν στις θέσεις φύτευσης με την βοήθεια του νερού από τα ανάντι (επιφανειακή υδρομεταφορά), μαζί με επιφανειακό έδαφος.
- Με την βοήθεια πλάγιων μεταφορών ημικατεστραμμένων κλάδων που έφεραν ώριμους κώνους Μαύρης Πεύκης από ημιθανή δένδρα, κατά τη φάση συγκομιδής του καμένου ξύλου από τα συνεργεία υλοτόμων (μην ξεχνάμε ότι μετά την πυρκαγιά συγκομίσθηκαν περίπου 100.000 κ.μ. τεχνηκού και βιομηχανικού ξύλου).
- Η φύτευση οφείλεται σε πολλαπλασιαστικό υλικό που προϋπήρχε της πυρκαγιάς. Αυτό έρχεται σε αντίθεση με τις μέχρι τώρα προσεγγίσεις του θέματος (Καρέτσος 2008, Ντάφης 2008, Αριανούτσου 2009 κ.α.) που υποστηρίζουν την ανυπαρξία τράπεζας σπόρων στο έδαφος μετά την διέλευση πυρκαγιάς. Πιθανόν σε μερικές θέσεις και ειδικότερα κατά τη διάρκεια της νύχτας το πέρασμα της φωτιάς να έγινε με μικρή ένταση και ενδεχομένως κάποιοι σπόροι να επέζησαν, σε συνδυασμό με μικρή ποσότητα καύσιμης ύλης που είχε η συγκεκριμένη θέση κατά την φάση της πυρκαγιάς.

Με δεδομένα τα παραπάνω, στην παρούσα στατιστική ανάλυση τέθηκε ως καθοριστικό μέτρο η απόσταση των 100 μ. προκειμένου να βρεθεί ο βαθμός συσχέτισης του παράγοντα αυτού με τη φυσική αναγέννηση. Η συσχέτιση της απόστασης, ως απλή δειγματική τιμή, βρέθηκε σημαντική με συντελεστή συσχέτισης $r = - 0,353$ ($r^2 = 0,1249$), όπως φαίνεται στο Σχεδιάγραμμα 3.10. Ακόμα πιο αυξημένος βρέθηκε ο συντελεστής μη γραμμικής συσχέτισης με τιμή $r = - 0,497$. Η συσχέτιση αυτή βρέθηκε στατιστικώς σημαντική, σε επίπεδο 1%.

Όταν οι τιμές ομαδοποιήθηκαν σε δύο κλάσεις με όριο τα 100 μ. (αποστάσεις μεγαλύτερες ή μικρότερες των 100 μ.) ο συντελεστής γραμμικής συσχέτισης μειώθηκε (Σχεδιάγραμμα 3.11), με $r = -0,321$ ($r^2 = 0,1031$), παρέμεινε όμως στατιστικά σημαντικός, σε επίπεδο 1%.



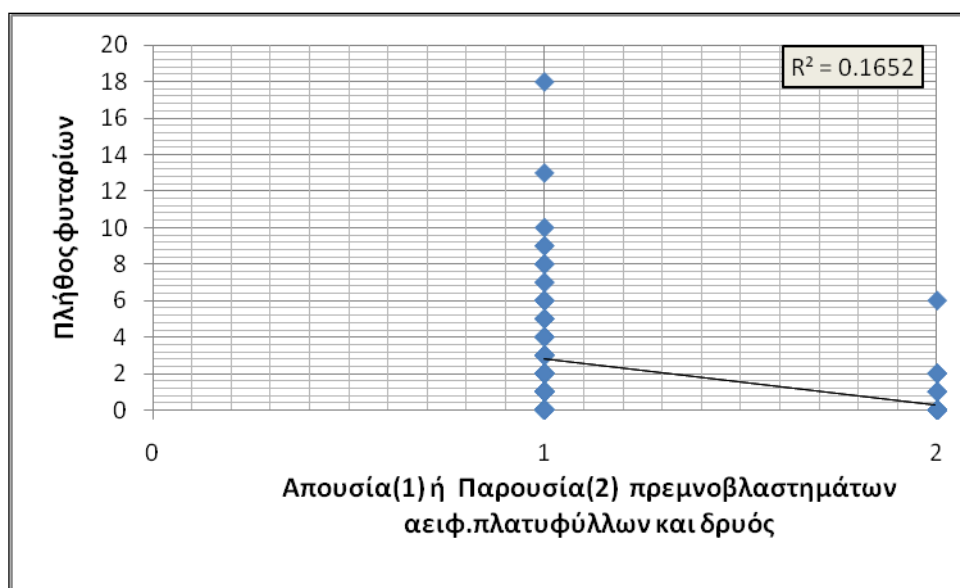
Σχεδιάγραμμα 3.10 Συσχέτιση Πλήθους φυταρίων με την Απόσταση από Ζώντα δένδρα



Σχεδιάγραμμα 3.11 Συσχέτιση Πλήθους φυταρίων με την Απόσταση από Ζώντα δένδρα (ομαδοποιημένες τιμές)

– Για την ύπαρξη ή μη πρεμνοβλαστημάτων αειφύλλων πλατυφύλλων ή δρυός

Η καταγραφή του στοιχείου αυτού έγινε κυρίως για να δείξει την άμεση σχέση της Μαύρης Πεύκης με τους βιοκλιματικούς ορόφους μιας, και όπως είδαμε, το δασοπονικό αυτό είδος και ειδικά σε χαμηλά γεωγραφικά πλάτη αναπτύσσεται κυρίως στη ζώνη των λιγότερο θερμόβιων παραμεσόγειων κωνοφόρων. Έγινε ομαδοποίηση των παρατηρήσεων σε δύο κλάσεις, εκ των οποίων η πρώτη (1) αφορούσε τις δειγματοληπτικές επιφάνειες στις οποίες δεν εμφανίζονταν πρεμνοβλαστήματα αειφύλλων πλατυφύλλων (πουρναριού, κουμαριάς, φιλικιού κ.α.) ή δρυός (*Quercus rubescens*) και η δεύτερη (2) αυτή που σημειώνονταν παρουσία των παραπάνω ειδών. Ο συντελεστής συσχέτισης βρέθηκε αυξημένος σε σχέση με τις τιμές των άλλων παραγόντων που εξετάστηκαν, με $r = 0,406$ ($r^2 = 0,1652$), όπως φαίνεται στο Σχεδιάγραμμα 3.12.



Σχεδιάγραμμα 3.12 Συσχέτιση πλήθους φυταρίων με την παρουσία αειφύλλων πλατυφύλλων και δρυός

3.4.2 Συμπεράσματα Δειγματοληψίας

Η στατιστική ανάλυση έδειξε ότι όλοι οι παράγοντες που εξετάστηκαν κατά την φάση της δειγματοληψίας έχουν μέτριο ως ικανοποιητικό βαθμό συσχέτισης με την φυσική αναγέννηση (πλήθος νεαρών φυταρίων Μαύρης Πεύκης). Δεν πρέπει όμως να διαφεύγει της προσοχής

μας ότι οι δειγματοληπτικές τιμές δεν είχαν την ίδια πιθανότητα να παρατηρηθούν σε όλες τις θέσεις της καμένης επιφάνειας. Είναι δεδομένο, για παράδειγμα, ότι στην περιοχή που είχε καεί πάλι στην πυρκαγιά του 1998, η πιθανότητα να βρεθούν νεαρά φυτάρια ήταν ελάχιστη συγκρινόμενη με την αντίστοιχη πιθανότητα της περιοχής που κήκε για πρώτη φορά το 2007. Το ίδιο επίσης συμβαίνει με δειγματοληπτικές επιφάνειες που βρίσκονταν πλησίον δένδρων-σπορέων σε σχέση με αυτές που βρίσκονταν σε πιο απομακρυσμένες θέσεις. Για τους παραπάνω λόγους, τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης λήφθησαν μεν υπόψη για την αξιολόγηση των παραγόντων κατά την εφαρμογή του πολυκριτηριακού μοντέλου αλλά δεν καθόρισαν ακριβώς την παραμετροποίηση του μοντέλου. Το τελικό μοντέλο δομήθηκε κυρίως με βάση τη θεωρητική προσέγγιση, όπως αυτή πηγάζει από τη σχετική έρευνα και τη βιβλιογραφία και όπου κρίθηκε αναγκαίο σταθμίστηκε με βάση τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης των στοιχείων δειγματοληψίας.

3.5 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

3.5.1 Εισαγωγικά

Προσπαθώντας να επιλύσουμε το ζήτημα της φυσικής αναγέννησης στη περιοχή μελέτης, θέσαμε καταρχάς σε προτεραιότητα το θέμα ότι βασικός στόχος είναι ή θα πρέπει να είναι η αναδημιουργία του δάσους στην μορφή που ήταν πριν την εκδήλωση της πυρκαγιάς του 2007, αν και στην πραγματικότητα, για ένα μεγάλο τμήμα του δάσους, ενδιαφερόμαστε για την επαναφορά του δάσους στην μορφή που βρισκόταν πριν την εκδήλωση της πυρκαγιάς του 1998. Σημειώνεται ότι η αποκατάσταση των καταστροφών του 1998 είχε σχεδόν επιτευχθεί, πλην όμως η μεγάλη σε έκταση καταστροφή του 2007 ματαίωσε όλη την προσπάθεια, ανθρώπων και φύσης, που είχε σημειωθεί μέχρι τότε. Το καταστραμμένο συνεπώς από τη τελευταία πυρκαγιά οικοσύστημα έπρεπε να «αναλάβει» από την αρχή δράση, με την ανθρώπινη επικουρία των μέτρων διαχείρισης, ώστε να ανταπεξέλθει στα δύσκολα μετά την πυρκαγιά έτη και να προσπαθήσει να ακολουθήσει το δρόμο της θετικής διαδοχής. Όπως περιγράφηκε από την αρχή της παρούσας εργασίας, το θέμα της αναδημιουργίας του δάσους είναι πολυσύνθετο πρόβλημα, πρέπει από την αρχή που προκύπτει να τίθενται επιμέρους στόχοι και, προχωρώντας προς τα κάτω ιεραρχικά, να

αποσυντίθεται στις πιο απλές του δομές και να ιχνογραφούνται οι παράγοντες-κριτήρια που επιδρούν στο φαινόμενο, όπως και μια αξιολόγηση της σημαντικότητας αυτών.

Αναλύοντας το πρόβλημα ιεραρχικά για την περιοχή μελέτης και έχοντας σαν βασικό-αρχικό στόχο την αναδημιουργία του δάσους, διαπιστώνεται πρόδηλα ότι το αμέσως δευτερεύον ζήτημα και ερώτημα ταυτόχρονα είναι η μορφή δάσους: Μας ενδιαφέρει το Δάσος Μαύρης Πεύκης, το Δάσος Ελάτης, ή το μικτό δάσος από Μαύρη Πεύκη και Ελάτη; Στο συγκεκριμένο ερώτημα είχε απαντήσει η φύση πριν από εμάς, δημιουργώντας σε άλλες θέσεις συστάδες Πεύκης, σε άλλες θέσεις Ελάτης και σε άλλες μικτές συστάδες, συντιθέμενες και από τα δύο είδη. Επομένως η απάντηση στο ερώτημα είναι και Μαύρη Πεύκη και Ελάτη. Αναλύοντας το θέμα στις κατιούσες μορφές του, τίθεται ιεραρχικά το ζήτημα της δυνατότητας της φύσης και του τρόπου να επανεποικιστεί με αυτά τα δύο είδη, το οποίο μετασχηματίζεται στο ποιο από τα δύο θα έχει την δυνατότητα της άμεσης εγκατάστασης στην καμένη επιφάνεια, έχοντας σαν όπλο την εγγενή δυνατότητα του και την φυσιολογία του. Όπως ήδη αναφέραμε τα δύο είδη δεν έχουν την ίδια φυσιολογία και ούτε βέβαια την ίδια δυνατότητα να εποικίσουν την καμένη περιοχή. Η Μαύρη Πεύκη, ως ημι-σκιόφυτο είδος, έχει γενικά περισσότερες πιθανότητες να εγκατασταθεί σε σχέση με την Ελάτη, χωριά βέβαια από το γεγονός ότι μέσα στην καμένη περιοχή η συντριπτική πλειοψηφία των εναπομειναντών ζωντανών νησίδων είναι εκείνο της Μαύρης Πεύκης. Γενικά, η Μαύρη Πεύκη εγκαθίσταται εύκολα σε γυμνές επιφάνειες και έχει χρησιμοποιηθεί ευρύτατα στην Ελλάδα για αναδασώσεις. Εξ' άλλου, στην περιοχή μελέτης η αποκατάσταση της καμένης από την πυρκαγιά του έτους 1998 περιοχής είχε στηριχθεί στο συγκεκριμένο δασοπονικό είδος όπου εφαρμόστηκαν φυτεύσεις φυταρίων και σπορές με μεγάλη επιτυχία και οι οποίες υποβοήθησαν σε πολλά σημεία τη παρατηρούμενη φυσική αναγέννηση.

Το θέμα της άμεσης αναγέννησης ή της φύτευσης της ελάτης σε καμένες-γυμνές επιφάνειες δεν έχει ακόμη διευκρινιστεί (Καρέτσος 2007, Κωνσταντινίδης 2007, Ντάφης 2007, κ.α.). Εκτεταμένες αναδασώσεις σε γυμνό έδαφος με Ελάτη δεν έχουν εφαρμοσθεί στη χώρα, εκτός από τοπικές συμπληρώσεις φυσικής αναγέννησης ή στα διάκενα εντός του δάσους (Καρέτσος 2007). Ο Μπρόφας (2007) αναφέρει ότι σε πειραματικές επιφάνειες στις περιοχές Παρνασσού και Γκιώνας φυτεύθηκαν σε γυμνές επιφάνειες τριετή φυταρία Ελάτης την προηγούμενη δεκαετία και σήμερα παρουσιάζουν βαθμό επιβίωσης από 51% έως 90%. Ο Καρέτσος (2007) αναφέρει ότι στην περιοχή του Μαινάλου Αρκαδίας σε αναδασώσεις Ελάτης σε καμένες

δασικές εκτάσεις κατά το έτος 2002, τα φυτάρια της το 2007 επιβίωναν μεν αλλά δεν ξεπερνούσαν σε ύψος τα 15 εκατοστά. Επίσης, από πολλούς ερευνητές σημειώνεται η βραδεία διαδικασία εγκατάστασης της Ελάτης σε εγκαταλελειμμένες γεωργικές εκτάσεις πλησίον των ορίων διάφορων ελατοδασών (Ντάφης 2007, κ.α.). Στον Εθνικό Δρυμό της Πάρνηθας, σε καμένες εκτάσεις από την πυρκαγιά του 2007 και σε κλιματεδαφικό περιβάλλον παραπλήσιο με αυτό του Ταϊγέτου, έχουν γίνει αναδασώσεις με φυτάρια Ελάτης και, χωρίς να έχει ακόμα ανακοινωθεί κάτι επίσημα οι πρώτες πληροφορίες μιλούν για ικανοποιητική επιτυχία (Καρέτσος κ.α., προφορική επικοινωνία). Όπως και να έχει, η αναγέννηση της Ελάτης σε καμένες ή γυμνές επιφάνειες παραμένει ακόμη ένα ζήτημα προς διερεύνηση και επί του παρόντος θα αντιμετωπίσουμε το θέμα ως δευτερεύον, υπολογίζοντας σε μεγάλο βαθμό στην στρατηγική της φύσης, δηλαδή πρώτα απ' όλα την επιτυχή εγκατάσταση της Μαύρης Πεύκης και μετά από κάποιο χρονικό διάστημα την εγκατάσταση της Ελάτης κάτω από την κόμη της Μαύρης Πεύκης.

Με βάση συνεπώς όλα τα παραπάνω το πρόβλημα ανασυντίθεται σε πρόβλημα επιτυχούς εγκατάστασης της Μαύρης Πεύκης. Ας μην μας διαφευγει το γεγονός ότι η συντριπτική πλειονότητα της περιοχής που επλήγη αποτελείτο από σχεδόν αμιγείς συστάδες Μαύρης Πεύκης. Συνεπώς το πολυκριτηριακό μοντέλο που δημιουργήθηκε δομήθηκε με βάση αυτό το βασικό στόχο (Goal). Η εκπλήρωση αυτού του βασικού στόχου μπορεί να ολοκληρωθεί με τρεις μεθόδους ή τρεις εναλλακτικούς τρόπους που είναι η φυσική αναγέννηση, η σπορά και τέλος η φύτευση νεαρών φυταρίων. Στα δασικά οικοσυστήματα σε λίγες μόνο περιπτώσεις δεν είναι δυνατόν να λάβουν χώρα και οι τρεις αυτές εναλλακτικές μέθοδοι. Ως εξαίρεση μπορούν να αναφερθούν οι περιπτώσεις στις οποίες προσπαθούμε να εγκαταστήσουμε ένα δασοπονικό είδος σε μια περιοχή στην οποία αυτό δεν υπήρχε πριν (Χατζηστάθης, Ντάφης 1989) και δεν υπάρχουν φυσικοί του σπορείς ή σε δυσμενή περιβάλλοντα στα οποία ενδείκνυται φύτευση φυταρίων (π.χ. λατομεία, μεγάλα πρηνή Εθνικών οδών κ.α.). Στην περιοχή μελέτης, είναι δυνατό να λάβουν χώρα και οι τρεις (3) μέθοδοι, όπως άλλωστε είχαν εφαρμοστεί και στην διαδικασία αποκατάστασης από την πυρκαγιά του 1998.

Από την ανάλυση επίσης του Κεφαλαίου 2 της Εργασίας, διαπιστώνεται ότι η σειρά προτίμησης ή αξιολόγησης μεταξύ αυτών των τριών μεθόδων είναι:

- 1^η προτίμηση: Φυσική Αναγέννηση

- 2^η προτίμηση: Σπορά
- 3^η προτίμηση: Τεχνητές Φυτεύσεις

Η κατά χώρο εφαρμογή της μιας ή της άλλης μεθόδου εξαρτάται από τους κλιματεδαφικούς παράγοντες της περιοχής μελέτης, τις ιδιαίτερες συνθήκες που έχουν προκύψει μετά την πυρκαγιά στην καμένη περιοχή και τις δυνατότητες που έχει το είδος της Μαύρης Πεύκης να αποικίσει ξανά την πληγείσα περιοχή. Με την εφαρμογή συνεπώς του πολυκριτηριακού μοντέλου που αναφέρεται στο παρόν Κεφάλαιο οι χρησιμοποιούμενοι παράγοντες-κριτήρια συνδυάζονται και είναι δυνατόν να μας δείξουν χωρικά τις θέσεις στις οποίες αναμένουμε να έχουμε φυσική αναγέννηση, τις θέσεις όπου μπορούν να διεξαχθούν σπορές και βέβαια τις θέσεις όπου πρέπει να διεξαχθούν φυτεύσεις επειδή οι δύο άλλες μέθοδοι δεν έχουν μεγάλες πιθανότητες επιτυχίας.

3.5.2 Περιγραφή της μεθόδου

Στην αφετηρία της η εφαρμογή της μεθόδου αναλύει ιεραρχικά το πρόβλημα σε βασικό στόχο (goal), κατόπιν ορίζονται οι επιμέρους στόχοι (sub-goals) και στη βάση της ιεραρχίας τίθενται τα κριτήρια (criteria) που θα επιλεγούν για να συνδυαστούν και να καταδείξουν τις ενδεδειγμένες λύσεις για το πρόβλημα. Σ' αυτή τη φάση διερευνάται επίσης η πιθανότητα της ομαδοποίησης των κριτηρίων, όποτε μπορεί να δημιουργηθούν ομάδες κριτηρίων ή αντικειμένων (objectives) η χρησιμοποίηση των οποίων δεν είναι πάντα απαραίτητη. Στη συγκεκριμένη περίπτωση η μέθοδος συγκεκριμενοποιείται ως εξής:

Ως βασικός στόχος της αναδημιουργίας του Δάσους, ορίζεται η επανεγκατάσταση της Μαύρης Πεύκης.

Ως επιμέρους στόχοι, ορίζονται ιεραρχικά η φυσική αναγέννηση, η σπορά και η φύτευση.

Στη βάση της μεθόδου τίθεται το θέμα της επιλογής των Παραγόντων-κριτηρίων (criteria ή attributes) που καθορίζουν ή επηρεάζουν την επιτυχή επανεγκατάσταση της Μαύρης Πεύκης στη καμένη επιφάνεια.

Ο τρόπος που συνδυάζονται τα κριτήρια καθώς και ο βαθμός ανταλλαγής μεταξύ των κριτηρίων γίνεται μέσω της χρησιμοποίησης των γλωσσικών ποσοδεικτών (linguistic quantifiers) που περιγράφηκαν στο Κεφάλαιο 2. Στο τελικό στάδιο, τα διαφορετικά σενάρια

που προκύπτουν, αποτελούν τις εναλλακτικές λύσεις (alternatives), και από αυτά επιλέγεται το πιο κατάλληλο ή τα πιο κατάλληλα. Ιδιαιτερότητα στην εφαρμογή της μεθόδου αποτελεί ο τρόπος αξιολόγησης των εναλλακτικών λύσεων της παρούσας Εργασίας. Συγκεκριμένα, εφαρμόστηκαν υποβοηθητικές μέθοδοι και εργαλεία της στατιστικής, ώστε να σταθμίσουμε όσο γίνεται περισσότερο τα σενάρια που προέκυψαν από την εφαρμογή της AHP_OWA (FLOWA). Αυτό επιτεύχθηκε με την συσχέτιση των στοιχείων της δειγματοληψίας που διενεργήθηκε στην περιοχή έρευνας και των τιμών των διάφορων σεναρίων που προέκυψαν σε κάθε θέση δειγματοληψίας.

3.5.3 Παράγοντες-Κριτήρια του Πολυκριτηριακού Μοντέλου

Για την δόμηση του πολυκριτηριακού μοντέλου ελήφθησαν υπόψη επτά (7) παράγοντες-κριτήρια τα οποία, σύμφωνα με την σχετική βιβλιογραφία αλλά και τα αποτελέσματα της δειγματοληψίας, διαπιστώθηκε ότι παίζουν κάποιο ρόλο, στην φυσική αναγέννηση, καθώς και στην κατά χώρο και θέση επιτυχία της σποράς και κατόπιν της φύτευσης. Οι παράγοντες αυτοί είναι:

- **Παράγοντας 1: Η απόσταση** κάθε θέσης της περιοχής μελέτης από τα ζωντανά-δένδρα σπορείς Μαύρης Πεύκης που έχουν απομείνει εντός αυτής (νησίδες). Η μορφή αυτών ποικίλει, μπορεί να κυμαίνεται από μικρή λόχμη δένδρων έως μεγάλα τμήματα συστάδας στα οποία η φωτιά ήταν έρπουσα και δεν προκάλεσε εκτεταμένες νεκρώσεις στα ώριμα δένδρα. Σε αυτό επίσης το κριτήριο συνυπολογίσθηκε η απόσταση από τα κράσπεδα του άκαυτου δάσους, προκειμένου να εντοπισθούν οι θέσεις της καμένης περιοχής που θα επηρεαστούν από τα κρασπεδικά δένδρα του υγιούς δάσους. Στην ουσία, με αυτό το κριτήριο σκιαγραφείται το εύρος διασποράς του πολλαπλασιαστικού υλικού, των σπόρων δηλαδή της Μαύρης Πεύκης, μέσα από το οποίο καταδεικνύεται η «ενεργή επιφάνεια» φυσικής αναγέννησης της περιοχής μελέτης. Για την δημιουργία του πλεγματοτικού χάρτη του κριτηρίου ψηφιοποιήθηκαν οι εναπομείνουσες νησίδες και τα κράσπεδα υγιούς ώριμου δάσους και ακολούθως ορίσθηκαν κλάσεις απόστασης από αυτά, δημιουργώντας τις αντίστοιχες ζώνες επιρροής (buffer zones). Η πρώτη ζώνη επιρροής ορίσθηκε στα 50 μέτρα, θεωρώντας ότι μέσα σε αυτή την απόσταση η διασπορά των σπόρων θα είναι ιδιαίτερος αυξημένη. Η επόμενη ζώνη ορίσθηκε από τα 50 έως τα 100 μέτρα, στην οποία θεωρούμε ότι η διασπορά των σπόρων θα είναι μέτρια. Η τρίτη κατά σειρά ζώνη επιρροής

ορίσθηκε από τα 100 έως 200 μέτρα, στην οποία θεωρούμε ότι η διασπορά των σπόρων θα είναι από μειωμένη έως ελάχιστη, όχι όμως και μηδαμινή. Τέλος, η υπόλοιπη περιοχή ευρισκόμενη σε απόσταση μεγαλύτερη των 200 μέτρων, (< 200 μ.) υπάχθηκε στην τέταρτη και τελευταία ζώνη επιρροής, στην οποία η διασπορά των σπόρων θεωρείται μηδαμινή ή, αν συμβεί, θα είναι τυχαία. Η βαθμολογία κάθε ζώνης ορίσθηκε ως εξής:

- **Οι εναπομείνουσες ζωντανές νησίδες δάσους και η ζώνη των 50 μέτρων γύρω από αυτές (όπως και 50 μ. από τα κράσπεδα του υγιούς δάσους): 3**
- **Η ζώνη επιρροής από 50 έως 100 μ. : 2**
- **Η ζώνη επιρροής από 100 έως 200 μ.: 1**
- **Η ζώνη επιρροής από 200 μ. και πάνω: 0**

Σχηματικά, ο πλεγματικός χάρτης του κριτηρίου *απόσταση*, δίδεται στο Χάρτη 3.6.

– **Παράγοντας 2: Το μητρικό πέτρωμα** σε κάθε θέση της περιοχής μελέτης. Όπως καταδείχθηκε τόσο από τη βιβλιογραφία όσο και από την δειγματοληψία, υπάρχει σαφής συσχέτιση του μητρικού υλικού του εδάφους με την Μαύρη Πεύκη. Οι σχιστόλιθοι και τα εδάφη που σχηματίζονται πάνω σε αυτούς ευνοούν την φυσική αναγέννηση του είδους ενώ απ' ό,τι φαίνεται τα ασβεστολιθικά εδάφη της περιοχής μελέτης δεν είναι ευνοϊκά. Ενδιάμεσα σε αυτά τα δύο πετρώματα φαίνεται ότι βρίσκεται ο φλύσχη. Συνεπώς, ο πλεγματικός χάρτης του κριτηρίου αυτού έχει τρεις (3) διαβαθμίσεις, η πρώτη αναφέρεται στα σχιστολιθικά εδάφη, η δεύτερη στα εδάφη που έχουν ως μητρικό υλικό το φλύσχη και η τρίτη αναφέρεται στα εδάφη που σχηματίζονται στα ανθρακικά πετρώματα (ασβεστόλιθοι, δολομίτες). Η βαθμολογία των τριών αυτών διαβαθμίσεων έχουν ως εξής:

- **Οι θέσεις που παρατηρούνται Σχιστόλιθοι : 3**
- **Οι θέσεις που παρατηρείται Φλύσχη: 2**
- **Οι θέσεις που παρατηρούνται Ανθρακικά: 1**

Ο πλεγματικός χάρτης του κριτηρίου εμφανίζεται στο Χάρτη 3.7.

– **Παράγοντας 3: Το υψόμετρο** σε κάθε θέση της περιοχής μελέτης. Στα προηγούμενα αναφέρθηκε ήδη η συσχέτιση υψομέτρου και ανάπτυξης της Μαύρης Πεύκης. Ειδικότερα, για το Ταΰγετο η σχέση αυτή φαίνεται να είναι πιο καθοριστική καθώς, όπως προαναφέραμε, η Μαύρη Πεύκη βρίσκεται στο νοτιότερο σημείο εξάπλωσης της στην Βαλκανική. Συνδυάζοντας τα δεδομένα της βιβλιογραφικής έρευνας και τα αποτελέσματα της δειγματοληψίας διαχωρίσαμε την περιοχή σε τρεις κλάσεις. Η πρώτη, που κατά τη γνώμη μας αποτελεί τον άριστο τρόπο της ανάπτυξης της Μαύρης Πεύκης στην περιοχή μελέτης, αφορά τις θέσεις της περιοχής μελέτης από το υψόμετρο των 1000 μέτρων έως αυτό των 1500 μέτρων. Στη δεύτερη κλάση υπήχθησαν οι θέσεις με υψόμετρο από 900 μ. έως 1000 μ. καθώς και οι θέσεις από 1500 μ. και πάνω. Σ' αυτή τη κλάση θεωρήθηκε ότι η μέτρια αύξηση της Μαύρης Πεύκης οφείλεται στην μεν πρώτη ενότητα (900-1000μ.) λόγω ξηρότητας και υψηλών σχετικά θερμοκρασιών, στην δε δεύτερη (άνω των 1500 μ.) λόγω των χαμηλών θερμοκρασιών. Τέλος, η τρίτη κλάση αναφέρεται στις περιοχές με υψόμετρο κάτω των 900 μ., όπου μάλλον η ανάπτυξη της Μαύρης Πεύκης καθίσταται μάλλον προβληματική και μόνο η εφαρμογή φυτεύσεων θα έχει αποτέλεσμα. Εκτιμούμε, για παράδειγμα, ότι η δυσκολία αναγέννησης της Μαύρης Πεύκης, στην απομονωμένη από το υπόλοιπο δάσος, συστάδα 41^α στον χάρτη....., οφείλεται μάλλον στην παραπάνω αιτία. Η παρουσία δένδρων Πεύκης τα τελευταία 30-40 χρόνια στη συγκεκριμένη συστάδα οφείλεται στις συνεχείς φυτεύσεις που είχαν διενεργηθεί εκεί από παλιά, μιας και η συστάδα έχει προστατευτικό ρόλο για τον οικισμό της Αρτεμισίας, που βρίσκεται ακριβώς αποκάτω. Η βαθμολογία που δόθηκε στις τρεις αυτές διαβαθμίσεις υψομέτρου είναι η εξής:

- **Οι θέσεις με υψόμετρο από 1000 μ. έως 1500 μ.: 3**
- **Οι θέσεις με υψόμετρο από 900μ. έως 1000 μ. & πάνω από 1500 μ. (>1500 μ.): 2**
- **Οι θέσεις με υψόμετρο μικρότερο των 900 μ. (< 900μ.): 1**

Ο πλεγματικός χάρτης του κριτηρίου εμφανίζεται στο Χάρτη 3.8.

➤ **Παράγοντας 4: Το βάθος εδάφους**, σε κάθε θέση της περιοχής μελέτης. Πηγή της ιδιότητας αυτής ήταν ο Χάρτης Γαιών που έχει συνταχθεί από το Ινστιτούτο Δασικών Ερευνών και ο οποίος, πέραν των άλλων παραμέτρων που περιγράφει, είναι και το βάθος εδάφους (Νάκος κ.α., 1988) ως κατηγορική μεταβλητή. Από τις εννέα κατηγορίες της

ιδιότητας βάθος του εδάφους που περιέχει η συγκεκριμένη έκδοση χαρτών μόνο οι πέντε (5) εμφανίζονται στη περιοχή μελέτης. Αυτές βαθμολογήθηκαν ως εξής:

- **Βαθύ έδαφος : 5**
- **Βαθύ και Αβαθές έδαφος: 4**
- **Αβαθές έδαφος: 3**
- **Αβαθές έδαφος και Βράχος: 2**
- **Βράχος και Αβαθές έδαφος: 1**

Ο πλεγματικός χάρτης του κριτηρίου εμφανίζεται στο Χάρτη 3.9.

➤ **Παράγοντας 5: Οι εκθέσεις του ανάγλυφου** της περιοχής μελέτης. Οι διάφοροι προσανατολισμοί των πλαγιών του εδάφους σε σχέση με τον Βορά προήλθαν αυτόματα, χρησιμοποιώντας ως πηγαίο αρχείο το ψηφιακό μοντέλο εδάφους (D.E.M.) με την εφαρμογή των γνωστών εντολών, μέσα από την επέκταση 3D-Analyst του λογισμικού του Arc-GIS. Οι οκτώ κύριοι προσανατολισμοί που προέκυψαν βαθμολογήθηκαν ως εξής:

- **Βόρειες εκθέσεις : 8**
- **Βορειοανατολικές εκθέσεις: 7**
- **Βορειοδυτικές εκθέσεις: 6**
- **Ανατολικές εκθέσεις: 5**
- **Δυτικές εκθέσεις: 4**
- **Νοτιοανατολικές εκθέσεις: 3**
- **Νοτιοδυτικές εκθέσεις: 2**
- **Νότιες εκθέσεις: 1**

Ο πλεγματικός χάρτης του κριτηρίου εμφανίζεται στο Χάρτη 3.10.

➤ **Παράγοντας 6: Οι κλίσεις των πλαγιών του εδάφους** της περιοχής μελέτης. Αυτό το κριτήριο επίσης εξήχθη με την χρησιμοποίηση του ψηφιακού μοντέλου εδάφους.

Διακρίθηκαν πέντε κλάσεις κλίσεων, αντίστοιχες της διάκρισης που κάνει ο Ντάφης (1986). Αυτές βαθμολογήθηκαν ως εξής:

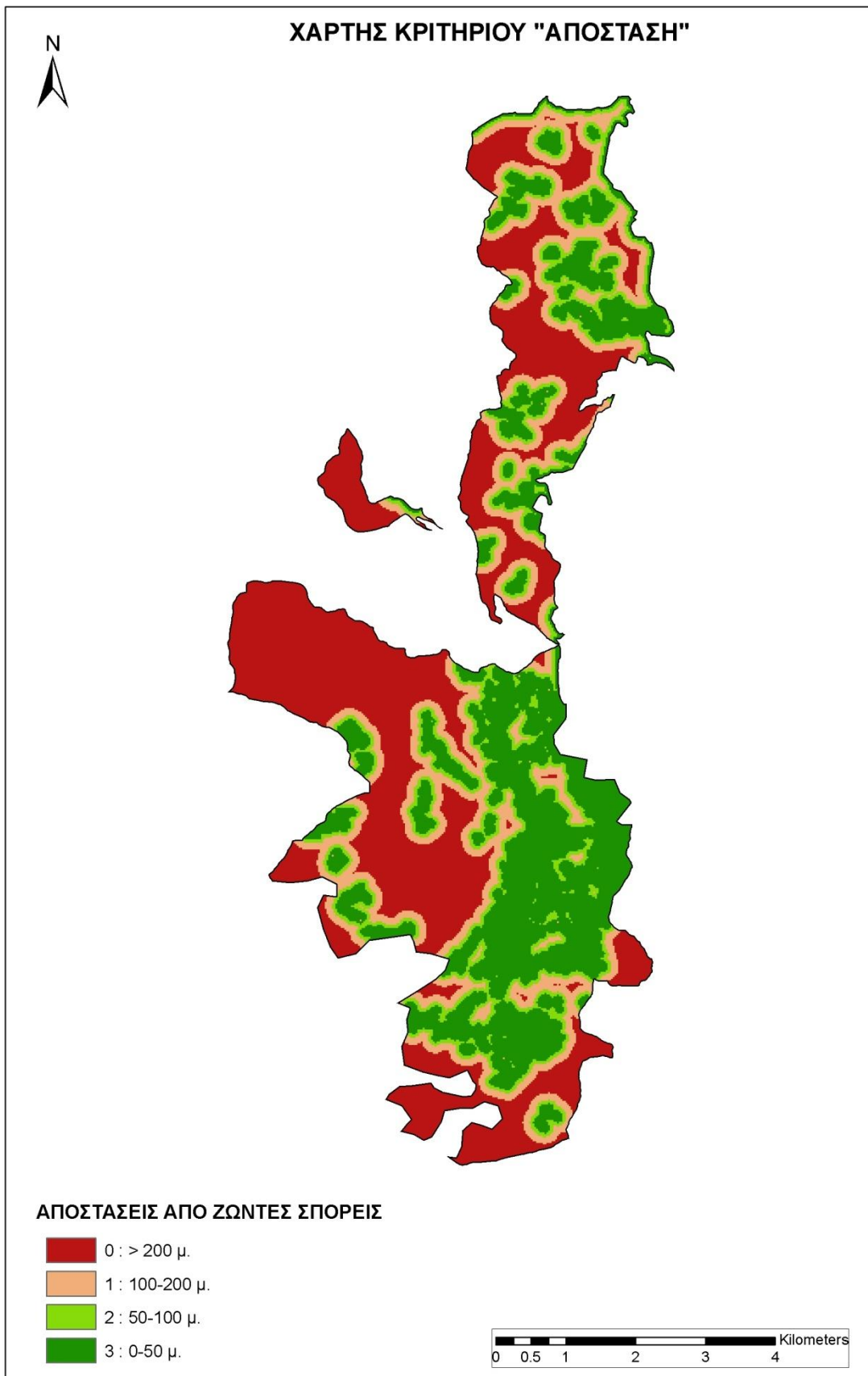
- **Οριζόντιες ή πολύ ήπιες κλίσεις (0-10 %): 5**
- **Ήπιες κλίσεις (11-20 %): 4**
- **Μέτριες κλίσεις (21-35 %): 3**
- **Ισχυρές κλίσεις (36-50 %): 2**
- **Πολύ Ισχυρές κλίσεις (51-75 %): 1**

Κλίσεις μεγαλύτερες από 75 % δεν εξήχθησαν από την ανάλυση του ψηφιακού μοντέλου εδάφους. Ο πλεγματικός χάρτης του κριτηρίου εμφανίζεται στο Χάρτη 3.11.

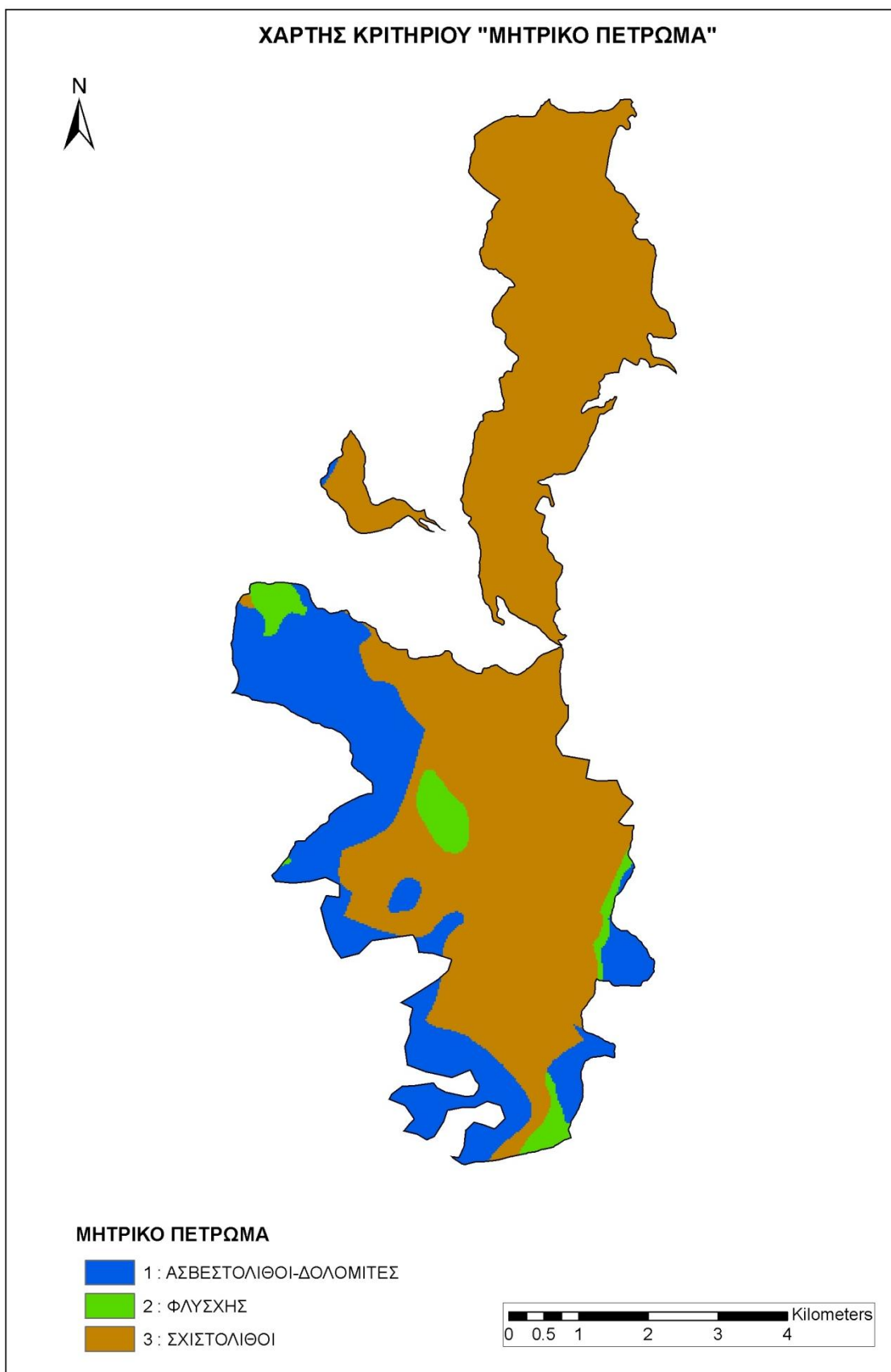
➤ **Παράγοντας 7: Το ποσοστό κάλυψης σε φτέρη.** Στο κεφάλαιο της δειγματοληψίας αναφέρθηκε ο τρόπος που επιδρά η παρουσία της φτέρης. Μάλιστα, διαπιστώθηκε ότι μια μέση κάλυψη σε φτέρη επιδρά θετικά στην φυσική αναγέννηση (Απασιδης, 1977). Η ιδιότητα καταγράφηκε ως κατηγορική μεταβλητή με βάση τα στοιχεία των δειγματοληπτικών επιφανειών και εφαρμογή χωρικής παρεμβολής με τη μέθοδο Kriging, μέσα από την επέκταση Geostatistical-Analyst του λογισμικού του Arc-GIS. Διακρίθηκαν τέσσερις κατηγορίες κάλυψης σε φτέρη, οι οποίες βαθμολογήθηκαν ως εξής:

- **Μέση κάλυψη σε φτέρη: 4**
- **Χαμηλή κάλυψη σε φτέρη: 3**
- **Μηδενική κάλυψη σε φτέρη: 2**
- **Υψηλή κάλυψη σε φτέρη: 1**

Ο πλεγματικός χάρτης του κριτηρίου εμφανίζεται στο Χάρτη 3.12.

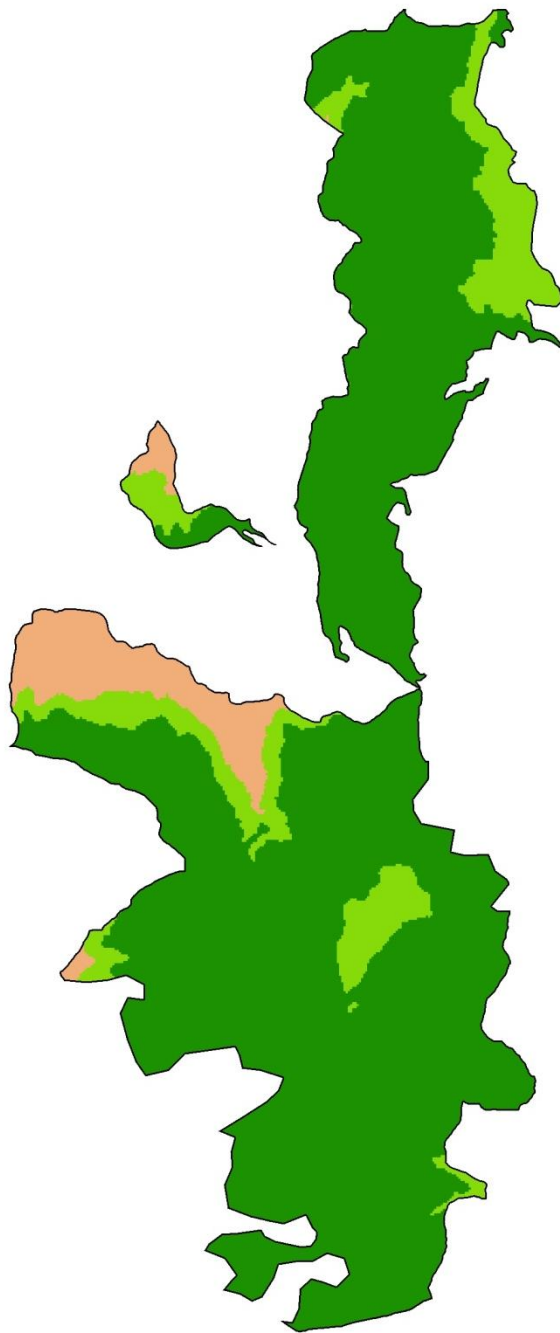


Χάρτης 3.6






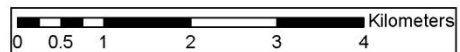
Χάρτης 3.7

ΧΑΡΤΗΣ ΚΡΙΤΗΡΙΟΥ "ΥΨΟΜΕΤΡΟ"



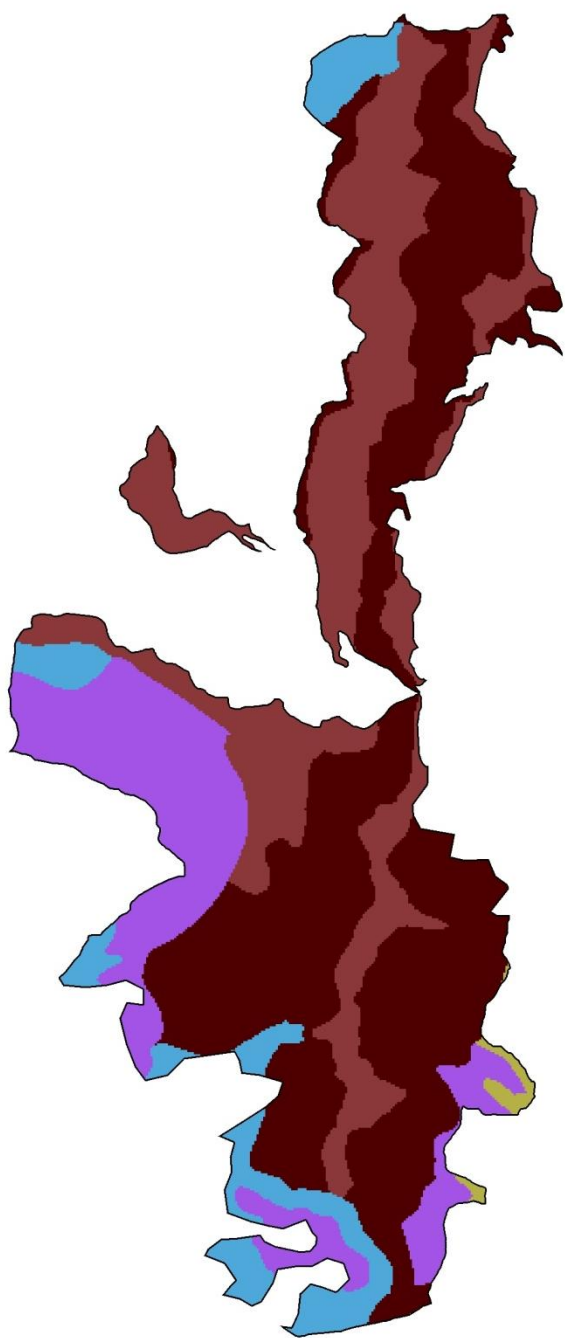
ΚΛΑΣΕΙΣ ΥΨΟΜΕΤΡΟΥ

-  1 : < 900 μ.
-  2 : 900-1000 μ. & > 1500 μ.
-  3 : 1000-1500 μ.






Χάρτης 3.8

ΧΑΡΤΗΣ ΚΡΙΤΗΡΙΟΥ "ΒΑΘΟΣ ΕΔΑΦΟΥΣ"



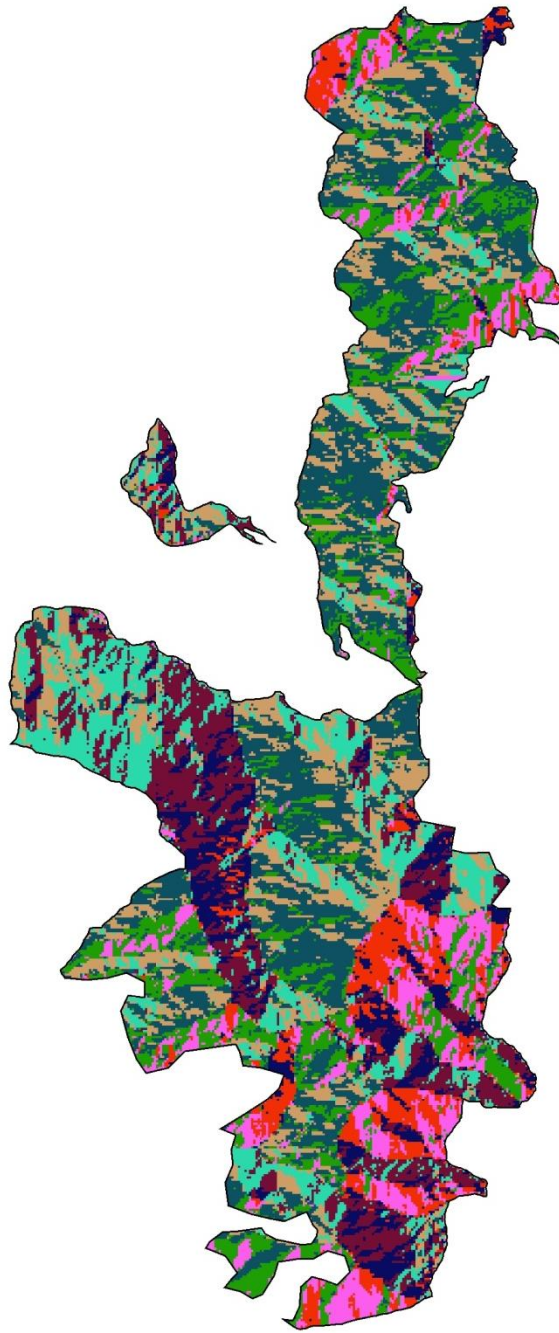
ΚΛΑΣΕΙΣ ΒΑΘΟΥΣ ΕΔΑΦΟΥΣ

-  1 : ΒΡΑΧΟΣ & ΑΒΑΘΕΣ
-  2 : ΑΒΑΘΕΣ & ΒΡΑΧΟΣ
-  3 : ΑΒΑΘΕΣ
-  4 : ΒΑΘΥ & ΑΒΑΘΕΣ
-  5 : ΒΑΘΥ











Χάρτης 3.9

ΧΑΡΤΗΣ ΚΡΙΤΗΡΙΟΥ "ΕΚΘΕΣΗ"

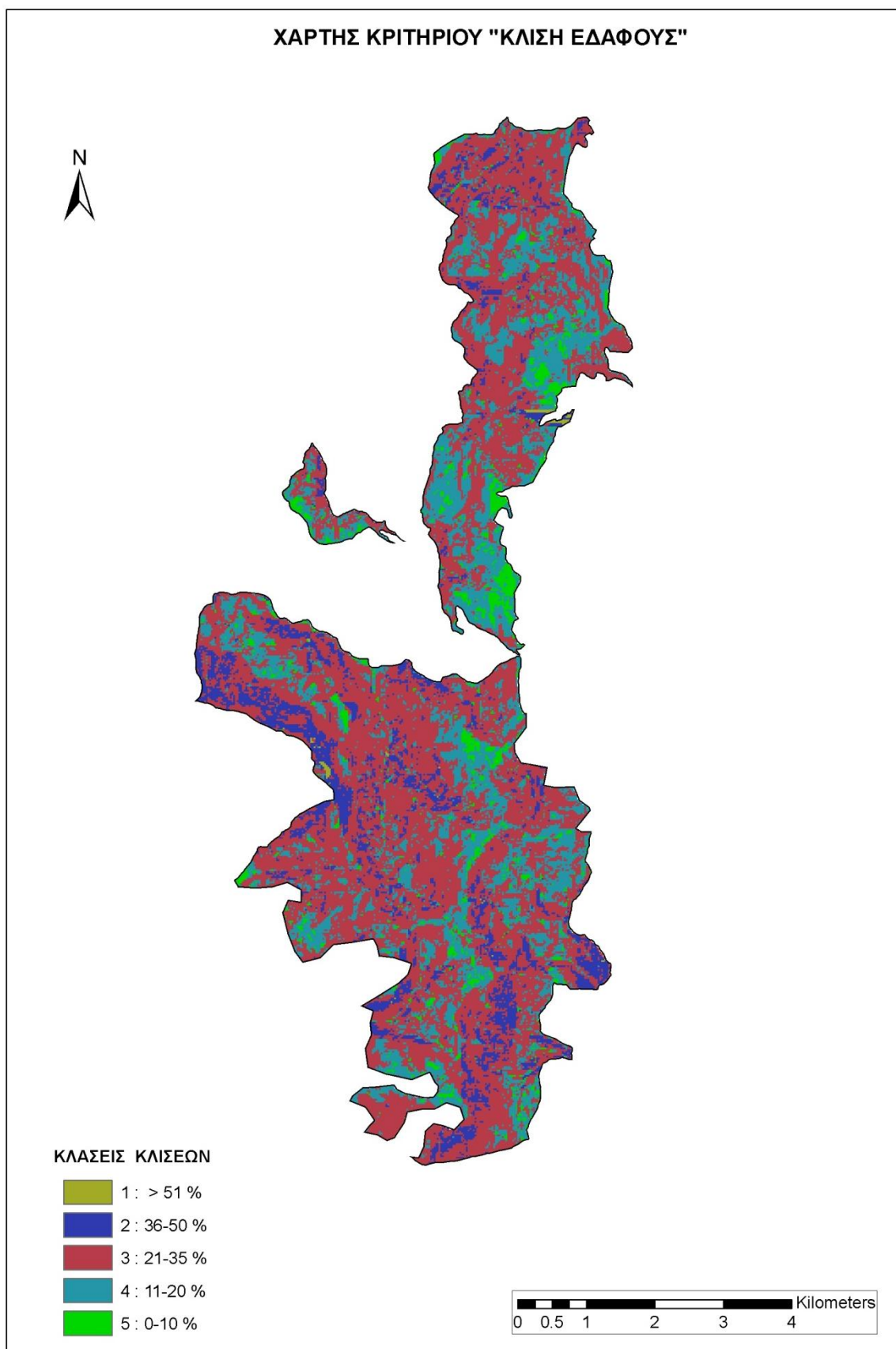


ΚΛΑΣΕΙΣ ΕΚΘΕΣΕΩΝ

-  1 : N
-  2 : ΝΔ
-  3 : ΝΑ
-  4 : Δ
-  5 : Α
-  6 : ΒΔ
-  7 : ΒΑ
-  8 : Β

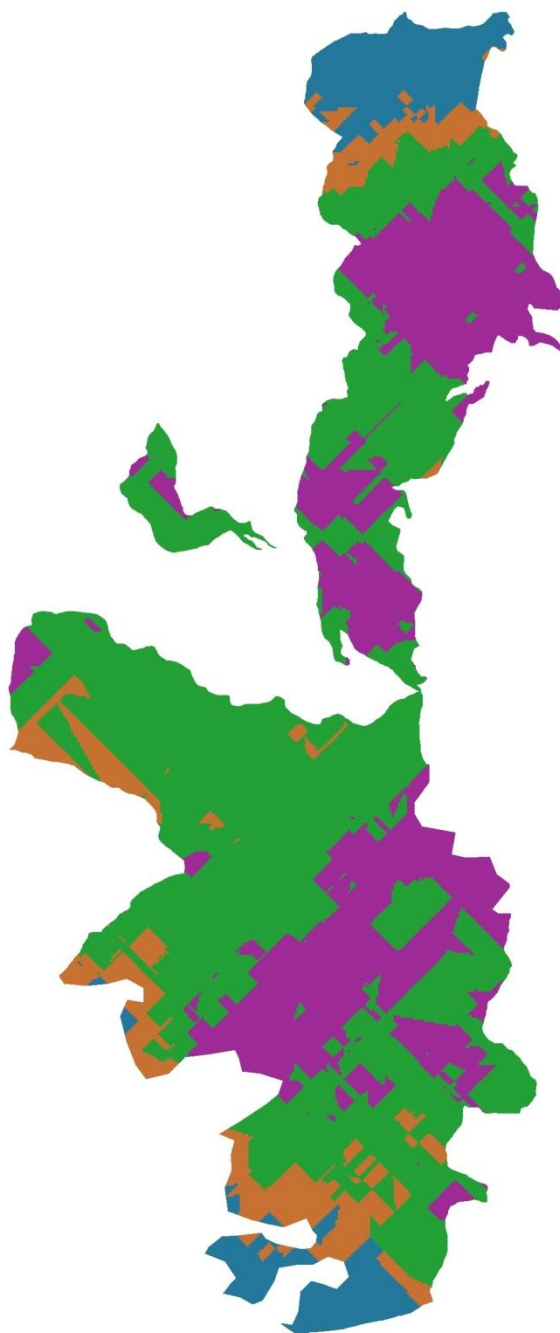


Χάρτης 3.10







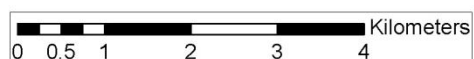
Χάρτης 3.11

ΧΑΡΤΗΣ ΚΡΙΤΗΡΙΟΥ "ΚΑΛΥΨΗ ΦΤΕΡΗΣ"



ΚΛΑΣΕΙΣ ΚΑΛΥΨΗΣ ΣΕ ΦΤΕΡΗ

-  1 : ΥΨΗΛΟ ΠΟΣΟΣΤΟ ΚΑΛΥΨΗΣ
-  2 : ΜΗΔΑΜΙΝΗ ΚΑΛΥΨΗ
-  3 : ΧΑΜΗΛΟ ΠΟΣΟΣΤΟ ΚΑΛΥΨΗΣ
-  4 : ΜΕΣΟ ΠΟΣΟΣΤΟ ΚΑΛΥΨΗΣ



Χάρτης 3.12

4. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ- ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

4.1 Έναρξη Διαδικασίας

Σε συνέχεια της δημιουργίας των πλεγματικών αρχείων που περιγράφηκε στο Κεφάλαιο 3.5 η εφαρμογή της διαδικασίας ξεκινάει με την εισαγωγή των πλεγματικών αρχείων στο λογισμικό A.H.P._O.W.A.(FLOWA) μέσα στο περιβάλλον του προγράμματος Arc-GIS 9.3. Όπως αναφέρθηκε στα προηγούμενα όλα τα πλεγματικά αρχεία των κριτηρίων είχαν το ίδιο μέγεθος ψηφίδας, τετραγωνικής μορφής και διάστασης 25 X 25 μ.

Σε δεύτερο στάδιο όλα τα πλεγματικά αρχεία μετασχηματίστηκαν αυτόματα από το ίδιο το πρόγραμμα στη κλίμακα του διαστήματος από το 0 έως το 1. Σ' αυτό το στάδιο τα πλεγματικά αρχεία κανονικοποιήθηκαν (standardized map layer) ώστε να αποκτήσουν ισοδυναμία στις συγκρίσεις που θα γίνουν στο επόμενο στάδιο.

Στο τρίτο στάδιο έρχεται η σειρά της εφαρμογής της Αναλυτικής Ιεραρχικής Διαδικασίας κατά την οποία τα 7 κριτήρια αξιολογήθηκαν με την εφαρμογή του πίνακα δυαδικών συγκρίσεων (pairwise comparison).

4.2 Εφαρμογή Αναλυτικής Ιεραρχικής Διαδικασίας

Με την εφαρμογή των δυαδικών συγκρίσεων καθορίστηκε η σχετική σημασία των 7 κριτηρίων και στο τέλος υπολογίσθηκαν από το πρόγραμμα τα αντίστοιχα βάρη (weights) με τα οποία το κάθε κριτήριο θα συμμετάσχει στο τελικό στάδιο κατά το οποίο θα προκύψουν τα σενάρια επίλυσης του προβλήματος. Στο συγκεκριμένο πρόβλημα χρησιμοποιήθηκαν και τα 7 κριτήρια μαζί χωρίς να ομαδοποιηθούν μεταξύ τους σε αντικείμενα (objectives). Στην περίπτωση που χρησιμοποιούνταν objectives τότε έπρεπε πρώτα να δημιουργηθεί η μήτρα δυαδικών συγκρίσεων μεταξύ αυτών και κατόπιν να δημιουργηθεί η μήτρα δυαδικών συγκρίσεων μεταξύ των κριτηρίων κάθε αντικειμένου(objectives). Η μήτρα των δυαδικών συγκρίσεων που δημιουργήθηκε για τα 7 κριτήρια που επιλέχθηκαν για την λύση του συγκεκριμένου προβλήματος διακρίνεται στον Πίνακα 4.1.

Στην συνέχεια υπολογίσθηκαν τα βάση σημαντικότητας (weights) για κάθε κριτήριο τα οποία εμφανίζονται στο Πίνακα 4.2.

Όπως αναφέρθηκε στο κεφάλαιο 2, δείκτης αξιοπιστίας (συνέπειας) των βαρών των κριτηρίων είναι ο λόγος συνέπειας C.R. ο οποίος πρέπει να έχει τιμή < 0.1 . Πράγματι ο λόγος συνέπειας που υπολογίσθηκε από τα βάρη των 7 κριτηρίων στο συγκεκριμένο πρόβλημα ισούται με 0,078, τιμή μικρότερη από το κρίσιμο όριο του 0,1. Άρα τα βάρη όπως υπολογίσθηκαν είναι συνεπή, δεν χρειάζεται να αναβαθμολογήσουμε ξανά τα κριτήρια και μπορούμε να προχωρήσουμε στο επόμενο στάδιο.

	Απόσταση από ζώντες σπορείς	Πέτρωμα	Υψόμετρο	Βάθος Εδάφους	Έκθεση	Κλίση	Κάλυψη Φτέρης
Απόσταση από ζώντες σπορείς	1	2	3	5	6	7	7
Πέτρωμα	0,5	1	2	3	5	6	7
Υψόμετρο	0,333	0,5	1	2	4	5	5
Βάθος Εδάφους	0,2	0,333	0,5	1	3	5	6
Έκθεση	0,167	0,2	0,25	0,333	1	2	3
Κλίση	0,143	0,167	0,2	0,2	0,5	1	2
Κάλυψη Φτέρης	0,143	0,143	0,2	0,167	0,333	0,5	1

Πίνακας 4.1 Μήτρα δυαδικών συγκρίσεων των 7 κριτηρίων

	Απόσταση από ζώντες σπορείς	Πέτρωμα	Υψόμετρο	Βάθος Εδάφους	Έκθεση	Κλίση	Κάλυψη Φτέρης
Βάρη (weights)	0,402	0,229	0,141	0,091	0,055	0,043	0,039
C.R. = 0,078							

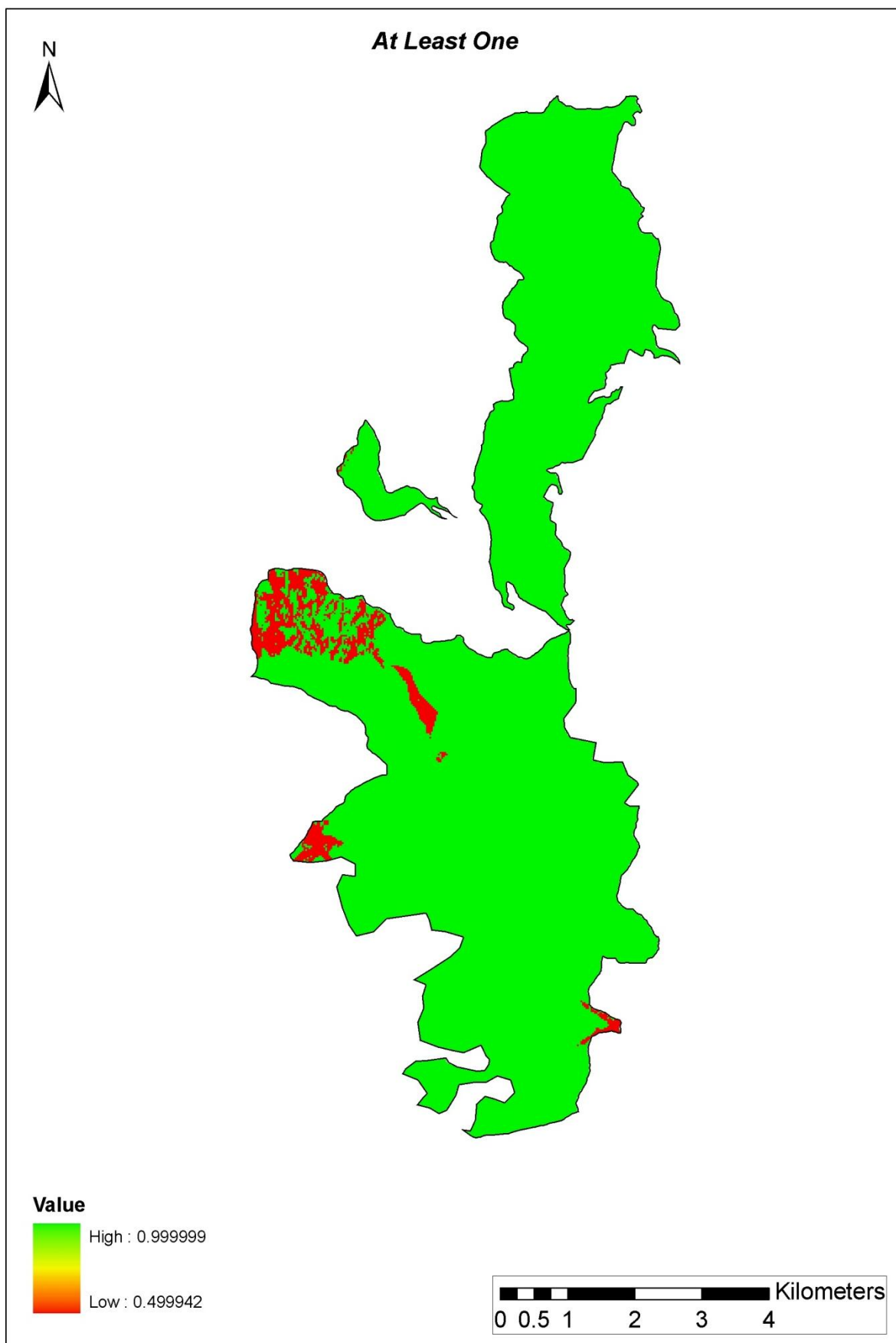
Πίνακας 4.2. Τα βάρη σημαντικότητας των κριτηρίων (criterion weights) και ο λόγος συνέπειας (C.R.)

4.3 Χρησιμοποίηση Γλωσσικών Ποσοδεικτών

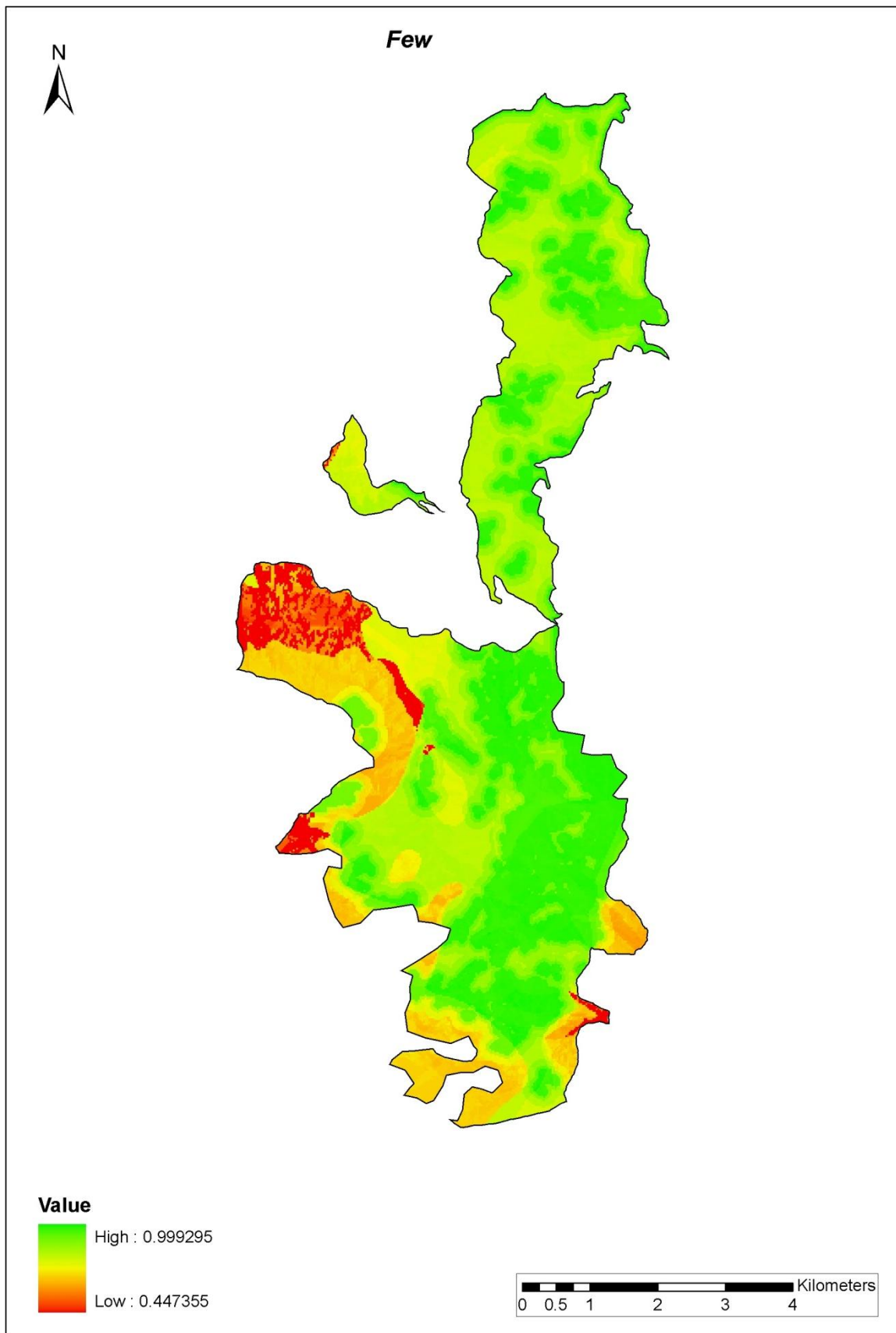
Στο τελευταίο στάδιο της διαδικασίας εφαρμόζονται οι γλωσσικοί ποσοδείκτες (linguistic quantifier) της O.W.A. και το module έχει την δυνατότητα να μας αποδώσει το αντίστοιχο κάθε φορά σενάριο. Το module έχει ενσωματωμένους 7 διαφορετικούς γλωσσικούς ποσοδείκτες και δίνεται η ευχέρεια στο χρήστη να επιλέξει ποιόν ή ποιους από όλους θα χρησιμοποιήσει. Οι ποσοδείκτες αυτοί είναι κατά σειρά: *At least One, Few, Some, Half, Many, Most & All*. Για την περιοχή μελέτης επιλέχθηκε η δημιουργία και των 7 σεναρίων που στην ουσία αποτελούν τις 7 εναλλακτικές (alternatives) λύσεις του προβλήματος της αναδημιουργίας του Δάσους στην καμένη περιοχή του Ταυγέτου. Για κάθε σενάριο παράχθηκε και ο αντίστοιχος πλεγματικός χάρτης, με διάσταση ψηφίδας ίδιας με αυτής των πηγαίων χαρτών (25 X 25 μ.) και με τιμές των ψηφίδων (ψηφιοτιμές) που κυμαίνονται στο διάστημα από 0 έως το 1. Στις θέσεις της περιοχής μελέτης με ψηφιοτιμές κοντά στο 1 υπάρχουν μεγαλύτερες πιθανότητες να εκπληρωθεί ο βασικός στόχος (αναδημιουργία του δάσους) δια μέσου της φυσικής αναγέννησης. Στις θέσεις με μέσες ψηφιοτιμές οι πιθανότητες για την εκπλήρωση του βασικού στόχου δια μέσου της φυσικής αναγέννησης μετριάζονται, οπότε θα πρέπει να εφαρμοστούν οι δύο άλλες μέθοδοι εκπλήρωσης του βασικού στόχου, δηλαδή, ιεραρχικά, η σπορά και κατόπιν η φύτευση φυταρίων. Στις θέσεις με χαμηλές ψηφιοτιμές οι πιθανότητες εκπλήρωσης του βασικού στόχου με την εφαρμογή σποράς είναι μειωμένες, οπότε εφαρμόζεται υποχρεωτικά η μέθοδος της φύτευσης φυταρίων.

Οι χάρτες που παράχθηκαν με τους γλωσσικούς ποσοδείκτες παρατίθενται στις επόμενες σελίδες με τον ίδιο χρωματικό συνδυασμό ώστε να μπορεί να γίνει και οπτική σύγκριση.

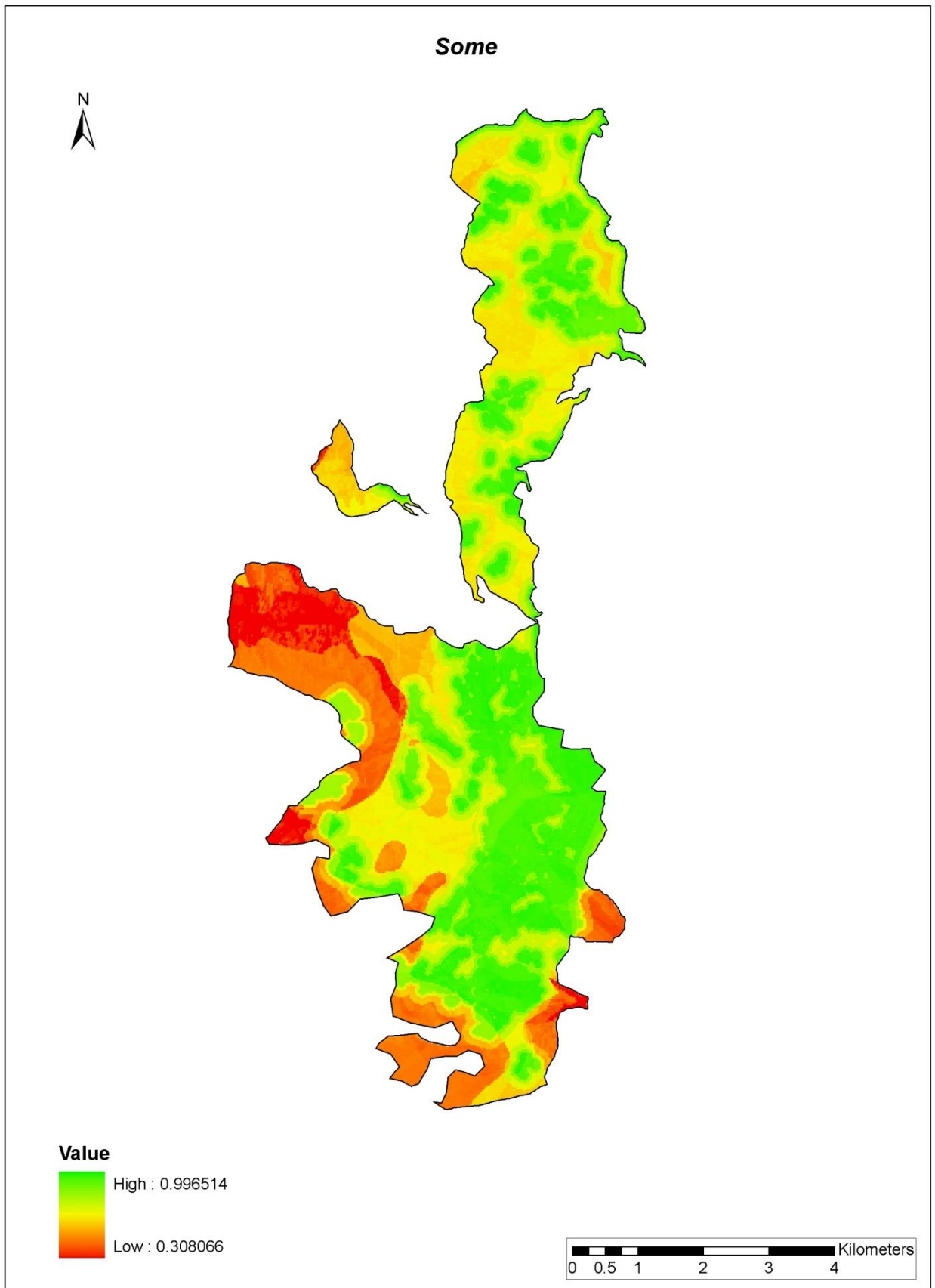
- Στο χάρτη 4.1 για τα σενάρια *At least one*
- Στο χάρτη 4.2 για τα σενάρια *Few*
- Στο χάρτη 4.3 για τα σενάρια *Some*
- Στο χάρτη 4.4 για τα σενάρια *Half*
- Στο χάρτη 4.5 για τα σενάρια *Many*
- Στο χάρτη 4.6 για τα σενάρια *Most*
- Στο χάρτη 4.7 για το σενάριο *All*



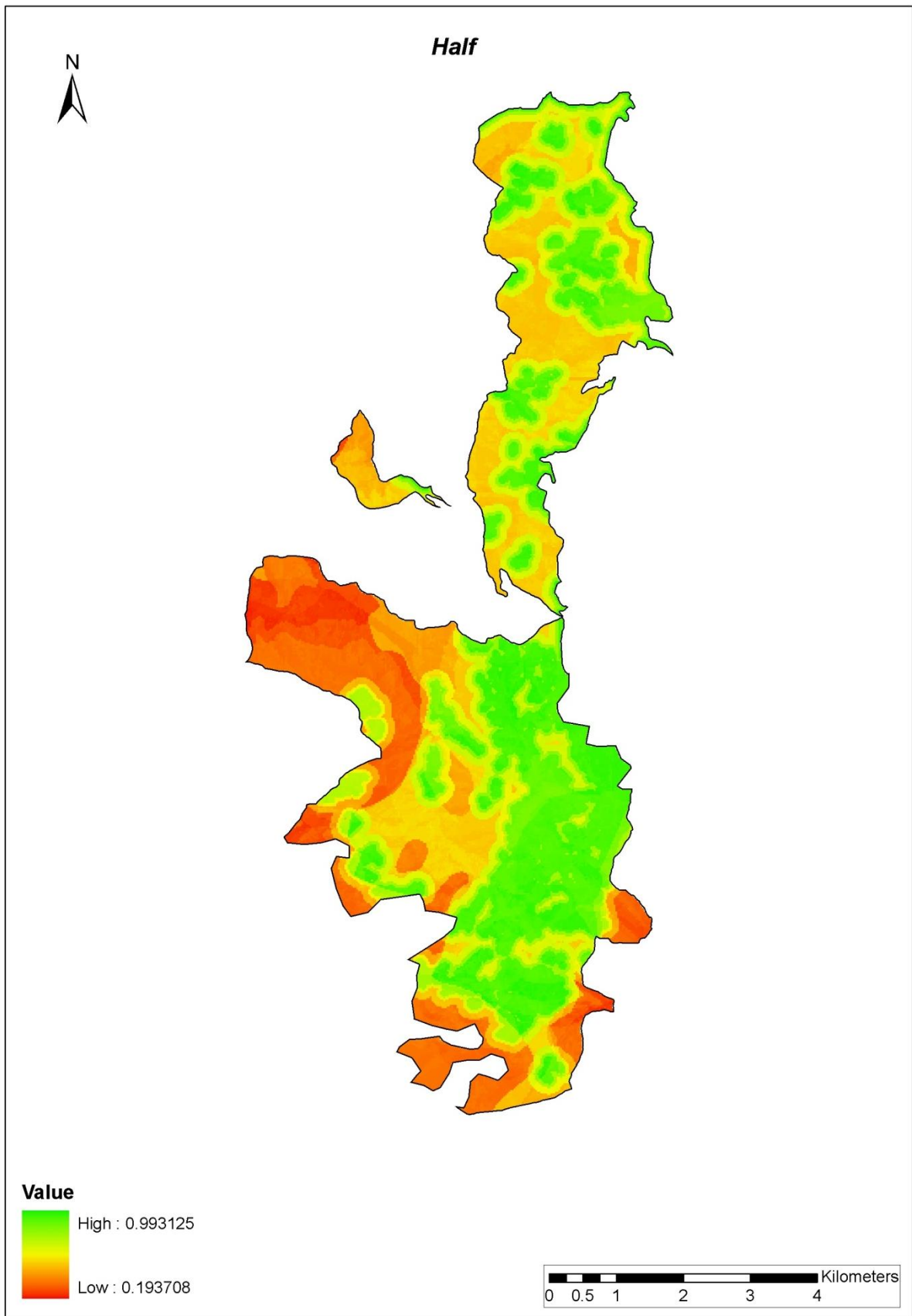
Χάρτης 4.1 Το πλεγματικό αρχείο του σεναρίου At least one



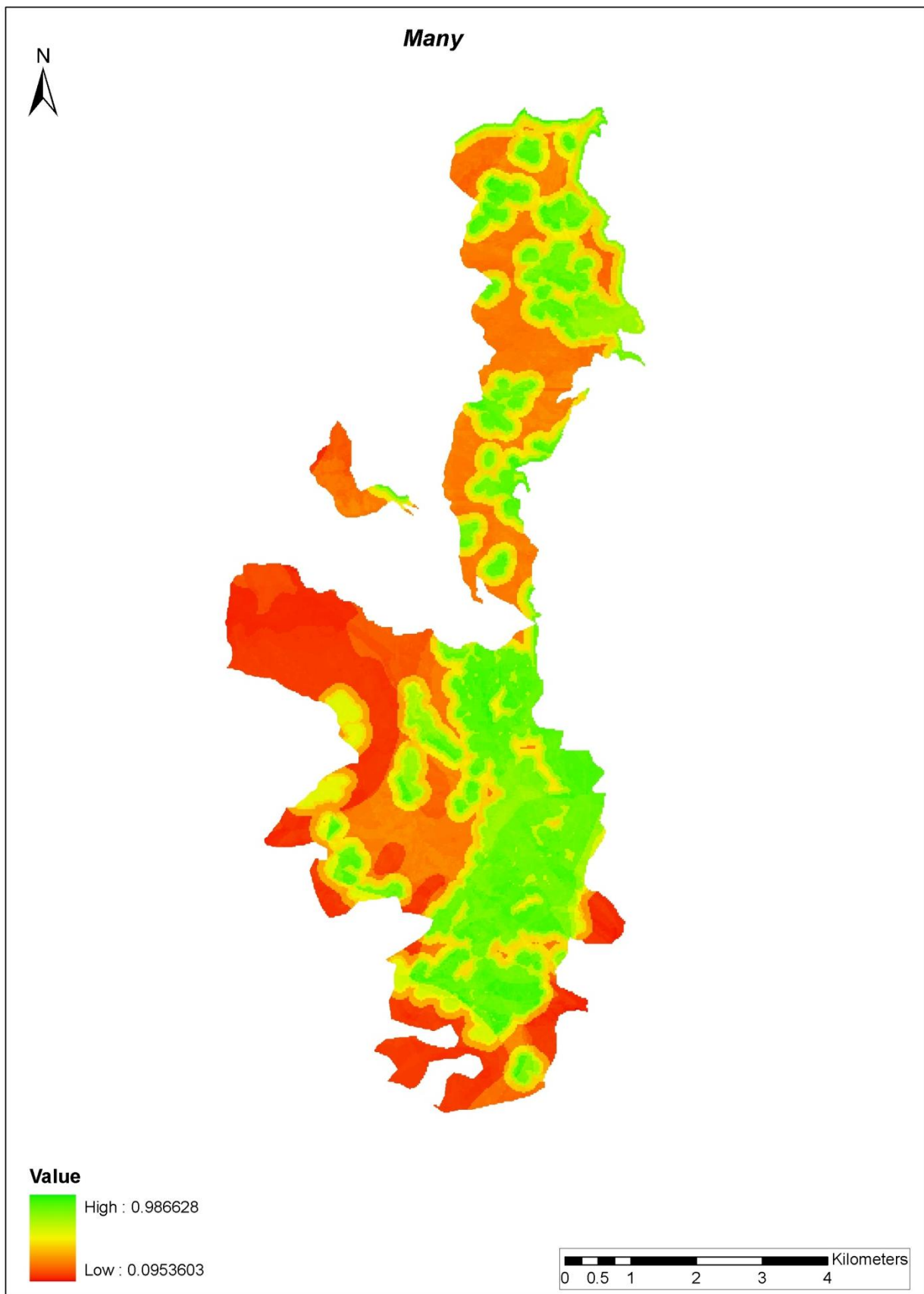
Χάρτης 4.2 Το πλεγματικό αρχείο του σεναρίου Few



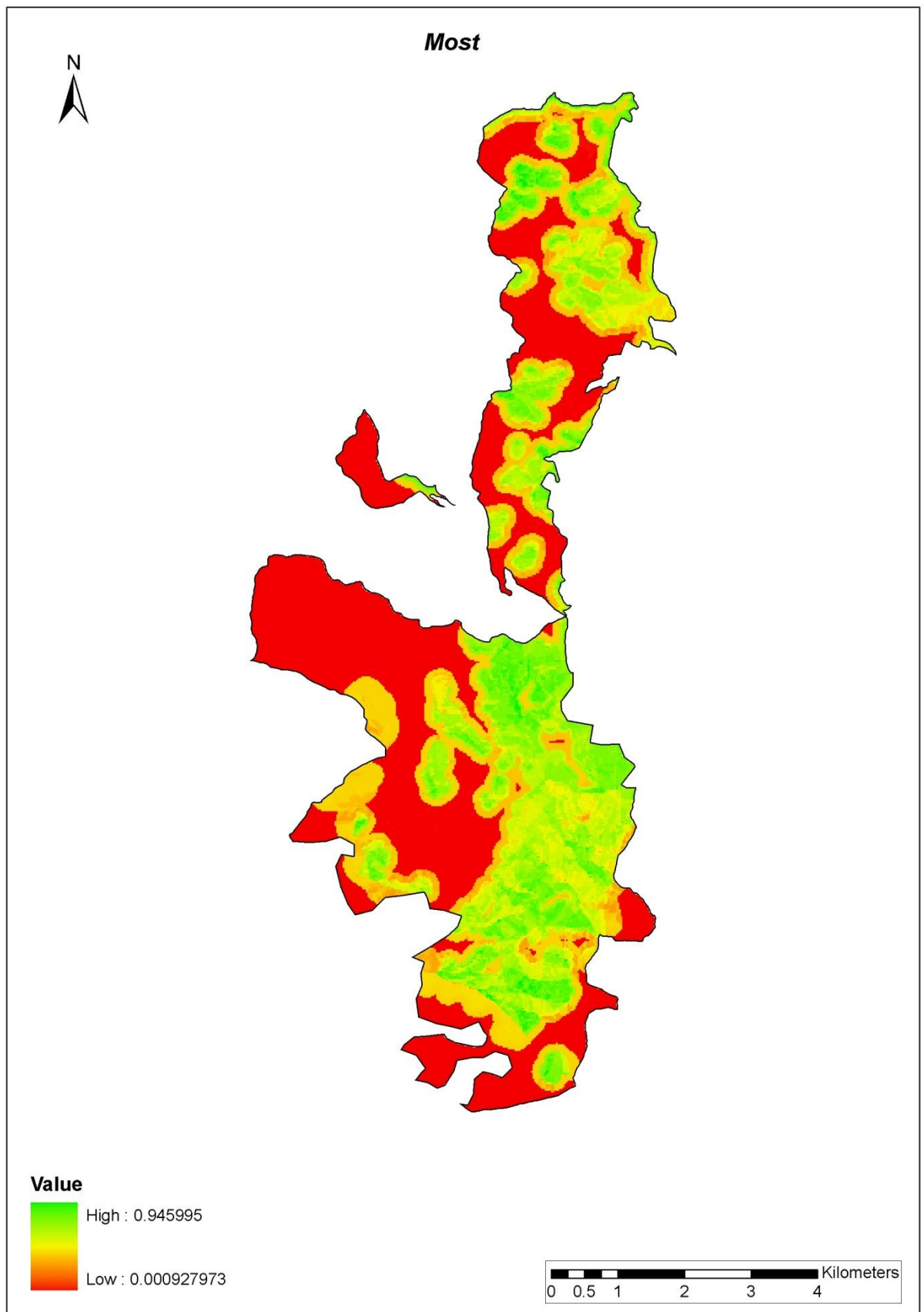
Χάρτης 4.3 Το πλεγματικό αρχείο του σεναρίου Some



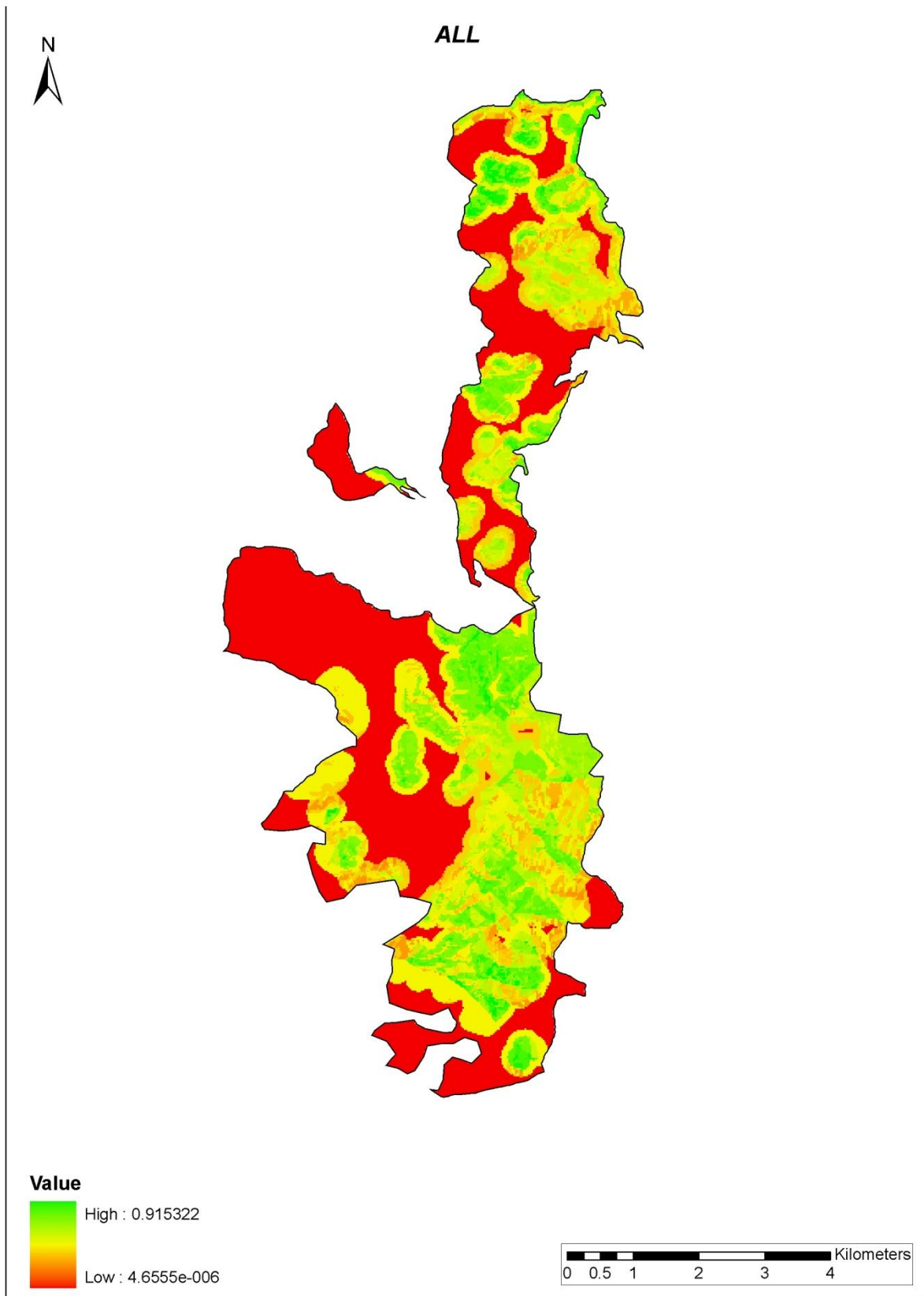
Χάρτης 4.4 Το πλεγματικό αρχείο του σεναρίου Half



Χάρτης 4.5 Το πλεγματικό αρχείο του σεναρίου Many



Χάρτης 4.6 Το πλεγματικό αρχείο του σεναρίου Most



Χάρτης 4.7 Το πλεγματικό αρχείο του σεναρίου ALL

4.4 Αξιολόγηση Σεναρίων

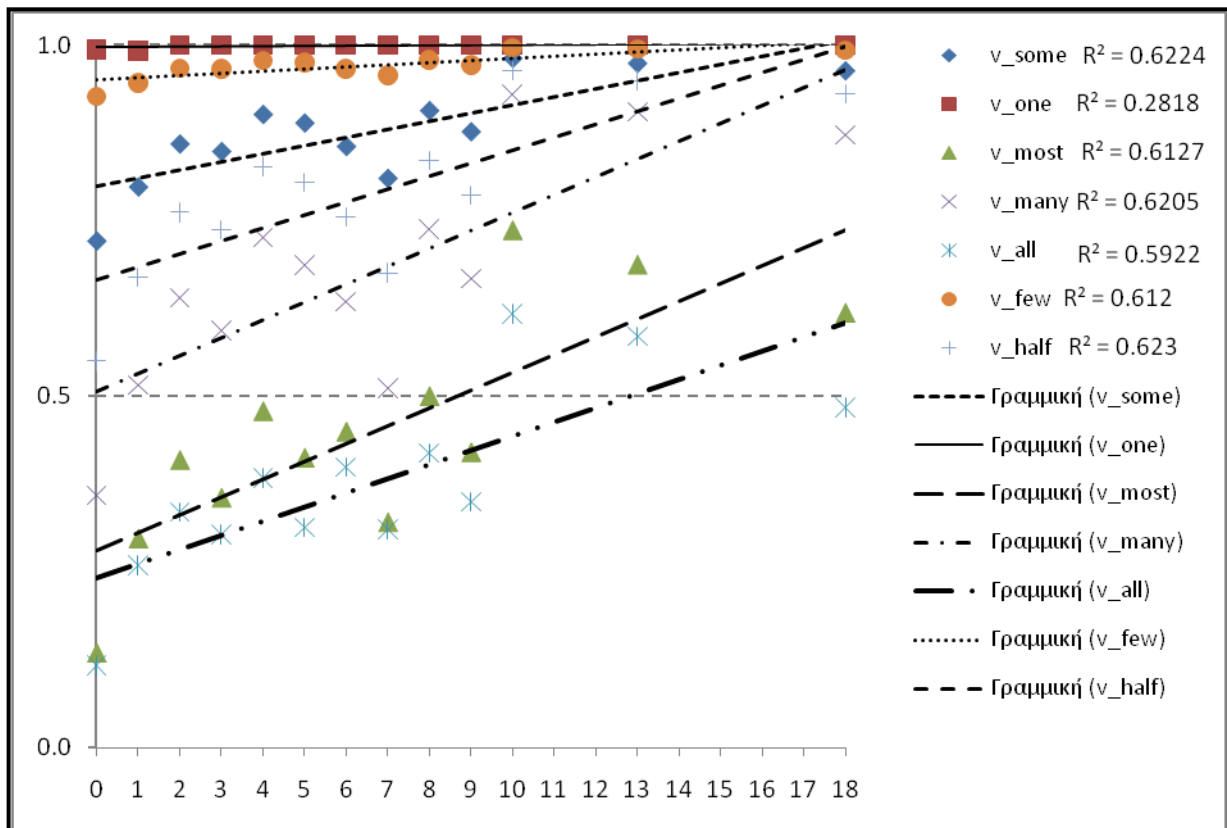
Με μία πρώτη παρατήρηση των εναλλακτικών σεναρίων που δημιουργήθηκαν, διαπιστώνεται ότι αυτά δεν καταδεικνύουν ένα παρόμοιο ή παραπλήσιο πλαίσιο λύσεων. Όπως αναμένονταν και περιγράφηκε θεωρητικά στο Κεφάλαιο 2, άλλα σενάρια χαρακτηρίζονται από μεγάλο βαθμό αισιοδοξίας και άλλα από μεγάλο βαθμό μετριοπάθειας ή απαισιοδοξίας. Η περίπτωση του σεναρίου At least one διακρίνεται αμέσως ότι είναι πολύ ακραία καθώς αποδίδει στην συντριπτική πλειοψηφία της περιοχής μελέτης αδικαιολόγητα μεγάλες τιμές, δημιουργώντας την πεποίθηση ότι το σύνολο σχεδόν της περιοχής μελέτης θα αναδασωθεί φυσικά. Από την άλλη, το σενάριο ALL φαίνεται να μην αφήνει πολλά περιθώρια φυσικής αναγέννησης, την οποία περιορίζει στην πολύ άμεση περιοχή γύρω από τις νησίδες του δάσους που έχουν απομείνει ενώ αντίθετα και αποδίδει στην υπόλοιπη περιοχή χαμηλές τιμές, όπου χωρεί μόνο η διενέργεια φυτεύσεων.

Με τα υπόλοιπα σενάρια να βρίσκονται ανάμεσα στις παραπάνω δύο ακραίες περιπτώσεις, γεννάται το ερώτημα ποιο σενάριο θα καταδειχθεί ως το ικανότερο να προβλέψει την κατά χώρο οργάνωση των εργασιών στο κατεστραμμένο τμήμα του Δάσους. Ας μη λησμονούμε ότι εν πολλοίς η επιλογή του πλέον κατάλληλου σεναρίου στην ουσία θα καθορίσει ή μπορεί να καθορίσει την προτεραιότητα που έχουν κάποιες περιοχές έναντι άλλων στην εφαρμογή μέτρων διαχείρισης για την ανασυγκρότηση του οικοσυστήματος.

Η σχετική μεθοδολογία έτσι όπως περιγράφηκε στην αφετηρία της από τους Boroushaki & Malczewski (2007) δεν αναφέρει κάποιο τρόπο αξιολόγησης των εξαγόμενων από την διαδικασία σεναρίων ούτε έχει αναφερθεί στη σχετική βιβλιογραφία από το 2008 έως σήμερα κάποιο μέτρο σύγκρισης. Κατά κάποιο τρόπο η επιλογή του ενός σεναρίου ή του άλλου επαφίεται στην διακριτική ευχέρεια του μελετητή.

Στην περίπτωση της συγκεκριμένης εργασίας, έγινε η σκέψη ότι ίσως θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν για αυτό το σκοπό τα δεδομένα της δειγματοληψίας, με την παράλληλη χρήση εργαλείων της στατιστικής. Συνδυάζοντας τα δεδομένα της δειγματοληψίας με τα αποτελέσματα των σεναρίων του πολυκριτηριακού μοντέλου στις αντίστοιχες θέσεις, θα μπορούσε να γίνει μία συσχέτιση για να εξετασθεί, κατά πόσο οι θεωρητικές τιμές είναι συγκρίσιμες με τις πραγματικές. Συγκεκριμένα, εξετάσθηκε αν οι κλάσεις των παρατηρούμενων τιμών εμφάνισης φυταρίων Μαύρης Πεύκης αντιστοιχούν σε ανάλογο

μεγέθους ψηφιοτιμές των σεναρίων. Διερευνήθηκε επίσης αν υπάρχει γραμμική συσχέτιση ανάμεσα σε αυτά τα δύο είδη τιμών. Με αυτό τον τρόπο δημιουργήθηκε το Σχεδιάγραμμα 4.1 στο οποίο στον οριζόντιο άξονα τοποθετήθηκαν οι κλάσεις εμφάνισης φυταρίων Μαύρης Πεύκης στις 127 θέσεις δειγματοληψίας και στον άλλον άξονα τοποθετήθηκαν οι μέσες τιμές των ψηφιοτιμών (pixel-value) στις αντίστοιχες θέσεις, για κάθε σενάριο.



Σχεδιάγραμμα 4.1 Συσχέτιση μέσω ψηφιοτιμών στις θέσεις δειγματοληψίας και των 7 σεναρίων με τις κλάσεις των παρατηρούμενων τιμών εμφάνισης φυταρίων Μαύρης Πεύκης.

Στο διάγραμμα διακρίνονται οι γραμμές συσχέτισης και οι τιμές R^2 , των συντελεστών συσχέτισης, για κάθε ένα από τα σεναρία. Η υπεραισιοδοξία του σεναρίου At least one αλλά και η μετριοπάθεια του σεναρίου ALL, είναι εμφανής. Επίσης, είναι εμφανές ότι οι γραμμές συσχέτισης των υπόλοιπων σεναρίων βρίσκονται ανάμεσα στις γραμμές αυτών των δύο σεναρίων.

Με εξαίρεση ενδεχομένως του σεναρίου At least one, παρατηρούμε ότι γενικά και στα επτά (7) σεναρία οι γραμμές συσχέτισης έχουν θετική συσχέτιση με τις ομαδοποιημένες τιμές των

δεδομένων δειγματοληψίας. Αυξημένες δηλαδή τιμές ψηφιοτιμών των σεναρίων αντιστοιχούν σε μεγάλες κλάσεις τιμών φυταρίων Μαύρης Πεύκης, όπως αυτές ταξινομήθηκαν ανά τιμή παρατήρησης. Αυτό είναι μία ακόμη ένδειξη ότι το πολυκριτηριακό μοντέλο που δομήθηκε προσαρμόστηκε αρκετά καλά στις συνθήκες του προβλήματος της παρούσας εργασίας.

Σκιαγραφώντας το παραπάνω διάγραμμα, είναι προφανές ότι το σενάριο *At least one* δεν μπορεί να περιλαμβάνεται στα προτιμητέα, διότι, καθώς όπως παρατηρούμε στον αντίστοιχο Χάρτη 4.1 δίνει ίδιο ύψος τιμών σχεδόν σε όλη την καμένη περιοχή, χωρίς να έχει κάποια ευαισθησία στην έντονη μεταβλητότητα των τοπικών κλιματεδαφικών παραγόντων, που αποτελούν αναπόσπαστο χαρακτηριστικό τόσο του δασικού οικοσυστήματος της περιοχής μελέτης όσο και γενικά των δασικών οικοσυστημάτων της χώρας. Εξ' άλλου με συντελεστή συσχέτισης $r = 0,53$ ($r^2 = 0,2818$) το σενάριο ούτως ή άλλως είναι απορριπτέο. Ο όποιος σχεδιασμός αποκατάστασης που θα στηριχθεί σε αυτό το σενάριο είναι καταδικασμένος σε αποτυχία.

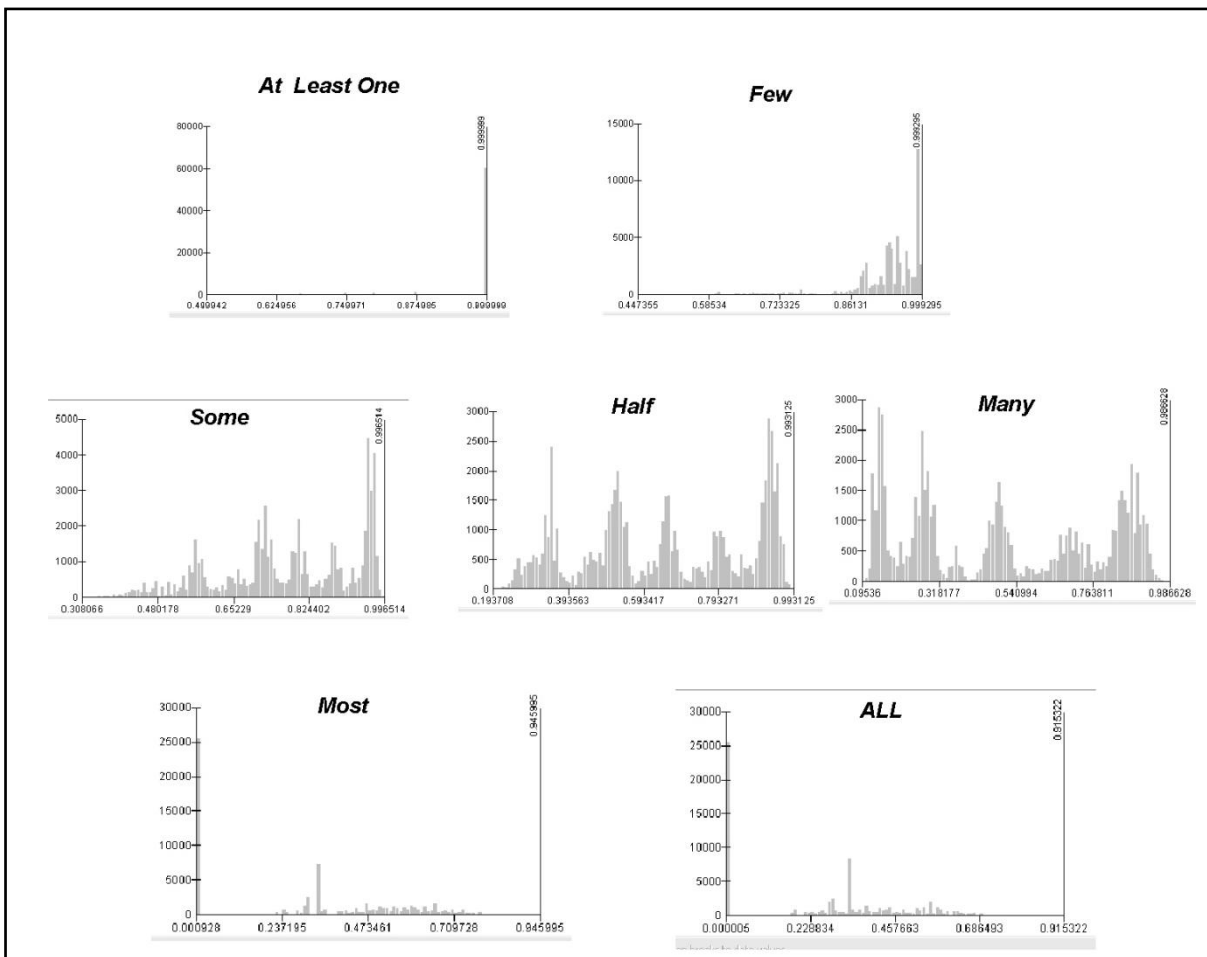
Ως αρκετά αισιόδοξο πρέπει επίσης να θεωρηθεί και το σενάριο *Few*, μολονότι το Σχεδιάγραμμα 4.1 μας δίνει ένα αυξημένο συντελεστή συσχέτισης $r = 0,782$ ($r^2 = 0,612$). Στο σενάριο αυτό παρατηρείται μια συσσώρευση των μέσων τιμών των ψηφιοτιμών στο πάνω μέρος του διαγράμματος και, προφανώς, ούτε αυτό μπορεί να αντιμετωπίσει ικανοποιητικά την μεταβλητότητα των κλιματεδαφικών παραγόντων. Θα λέγαμε ότι εννοιολογικά το σενάριο μπορεί να βαπτιστεί ως αυτό της επικράτησης της φυσικής αναγέννησης και ιδίως της σποράς, με την φύτευση να περιορίζεται σε πολύ λίγες θέσεις.

Τα επόμενα στη σειρά τρία σενάρια, *Some*, *Half* και *Many*, διαπνέονται από σχεδόν ίδια χαρακτηριστικά και μπορούμε να πούμε ότι δημιουργούν μια ομάδα σεναρίων μέσου κινδύνου και μέγιστης ανταλλαγής μεταξύ των κριτηρίων. Τα τρία αυτά σενάρια παρουσιάζουν τους τρεις πιο υψηλούς συντελεστές συσχέτισης, με τιμές $r(\text{some}) = 0,788$, $r(\text{Half}) = 0,789$ και $r(\text{many}) = 0,787$. Παρατηρώντας το Σχεδιάγραμμα 4.1 διαπιστώνεται ότι τα τρία αυτά σενάρια είναι ικανά να προβλέψουν επιτυχώς τόσο τις χαμηλές τιμές εμφάνισης φυταρίων Μαύρης Πεύκης όσο και τις αντίστοιχες υψηλές. Θα λέγαμε ότι είναι τα σενάρια που συστήνουν την εφαρμογή και των τριών μεθόδων αναδημιουργίας του δάσους στο Ταΰγετο, δηλαδή της φυσικής αναγέννησης, της σποράς και της φύτευσης, διαταγμένων κατάλληλα στο χώρο, ανάλογα με τις ιδιαιτερότητες και δυνατότητες της κάθε θέσης της

περιοχής μελέτης. Τούτο διακρίνεται οπτικά μέσα από την παρατήρηση των αντίστοιχων πλεγματικών Χαρτών 4.3, 4.4 & 4.5.

Τα δύο τελευταία σενάρια, Most και All, μπορούν να αποτελέσουν μία διαφορετική ομάδα σεναρίων, που χαρακτηρίζονται από μέτριο ως υψηλό βαθμό απαισιοδοξίας. Δείχνουν μια τάση καθήλωσης των υψηλών και μέσων ψηφιοτιμών προς τις χαμηλότερες τιμές. Θα τα χαρακτηρίζαμε ως σενάρια τεχνητής φύτευσης μιας και στην ουσία αυτό συστήνουν, για το μεγαλύτερο μέρος της περιοχής μελέτης. Οι τιμές των συντελεστών συσχέτισης αυτών των σεναρίων δεν είναι άσχημες, $r(\text{most})=0,782$ και $r(\text{half})=0,769$, πλην όμως στο Σχεδιάγραμμα 4.1 αποτελούν τις δύο πλέον χαμηλές γραμμές συσχέτισης, δίνοντας μικρότερες τιμές σε θέσεις όπου η ίδια η φύση δίνει υψηλότερες. Παρατηρώντας τους αντίστοιχους πλεγματικούς χάρτες αυτών των δύο (2) σεναρίων διαπιστώνεται η έντονη παρουσία των χαμηλών τιμών (κόκκινος χρωματισμός) ενώ είναι χαρακτηριστικό ότι ακόμα και σε κάποιες θέσεις εντός των νησίδων που απέμειναν δεν αποδίδουν τιμές που να αντιστοιχούν σε φυσική αναγέννηση, πράγμα που φυσιολογικά θεωρείται ως δεδομένο στο μελλοντικό σχεδιασμό αποκατάστασης.

Μια άλλη προσέγγιση στο θέμα της αξιολόγησης μπορεί να δώσει και η παράθεση των ιστογραμμάτων όλων των σεναρίων σε όλη την περιοχή μελέτης και όχι μόνο στις θέσεις δειγματοληψίας. Με τα ιστογράμματα των σεναρίων μπορούμε να έχουμε μια συνολική εικόνα για τα εύρη των ψηφιοτιμών, την κατανομή τους στο διάστημα $[0, 1]$ και την εμφάνιση των τοπικών μεγίστων κάθε ιστογράμματος. Τα ιστογράμματα των επτά (7) σεναρίων διακρίνονται στο Σχεδιάγραμμα 4.2, όπως αυτά δημιουργήθηκαν από το λογισμικό Arc-GIS 9.3.



Σχεδιάγραμμα 4.2 Τα Ιστογράμματα των 7 σεναρίων

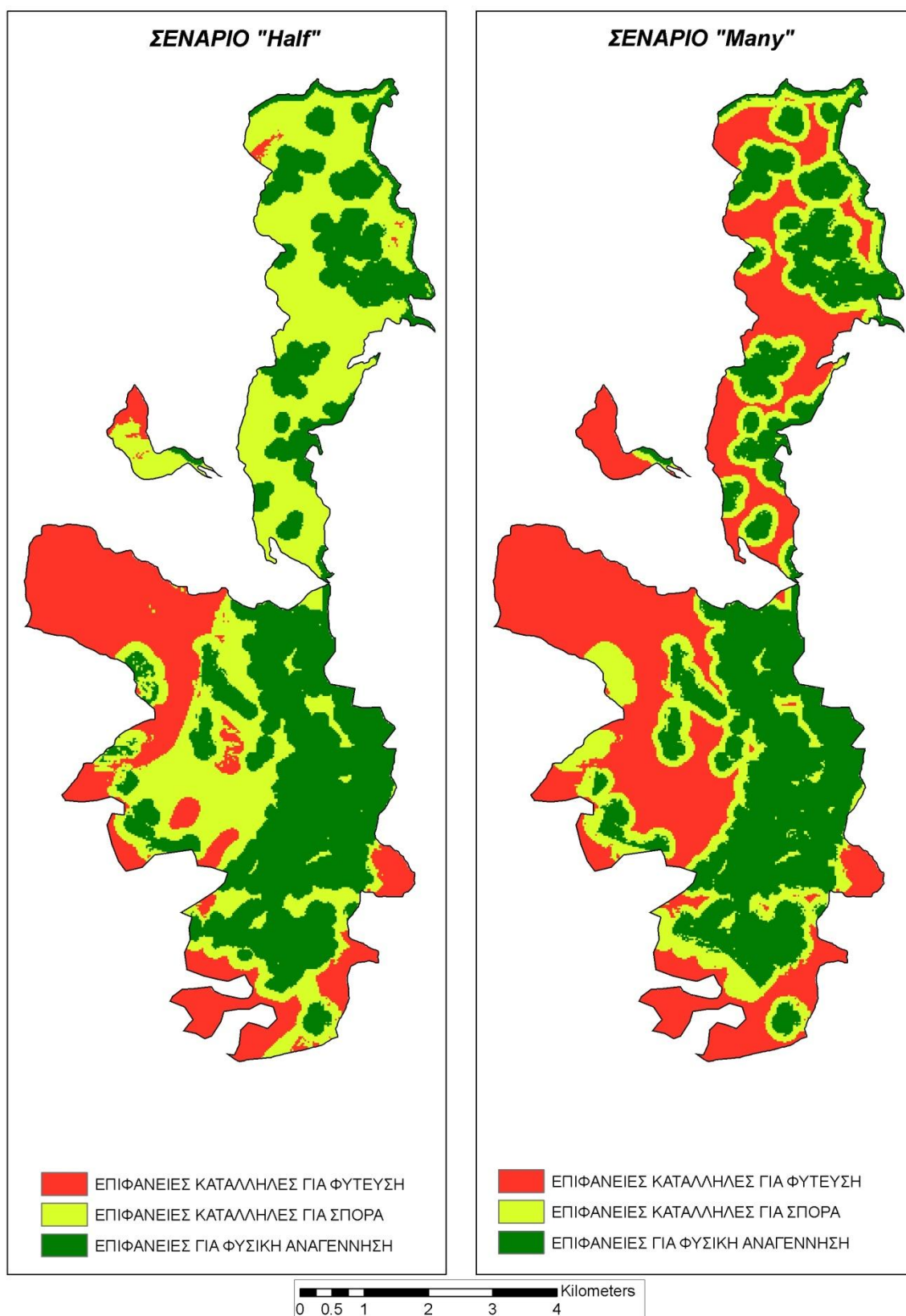
Από την πρώτη ματιά είναι εμφανής ο «πλούτος» των σεναρίων της μεσαίας ομάδας (Some, Half και Many) σε σχέση με την «ένδυα» των σεναρίων των άλλων δύο ομάδων (At least one-Few και Most-All). Στην μεσαία ομάδα διακρίνονται 4-5 μέγιστα (pick) σε κάθε σενάριο γεγονός που μας δίνει μεγάλα περιθώρια ελιγμών στο να προσαρμόσουμε τον σχεδιασμό αποκατάστασης του δάσους με παράγοντες που δεν δύναται να υπολογιστούν από την αρχή δόμησης του πολυκριτηριακού μοντέλου. Τέτοιοι παράγοντες μπορεί να είναι οικονομικής φύσεως (έλλειψη χρηματοδότησης, έλλειψη προσωπικού κ.α), μπορεί να είναι ζητήματα ύπαρξης απαραίτητων για την αποκατάσταση του δάσους υλικών (έλλειψη σπόρων ή φυταρίων) ή ακόμα μπορεί να είναι ζητήματα που έχουν να κάνουν με έκτακτα γεγονότα (π.χ. διαδοχικές θερινές περιόδους με μεγάλη ξηρασία, έναρξη νέων πυρκαγιών κ.α.)

Αξιολογώντας όλα τα παραπάνω, καταλήξαμε στο συμπέρασμα ότι το κατάλληλο σενάριο θα πρέπει να αναζητηθεί ανάμεσα σε αυτά της δεύτερης ομάδας, δηλαδή της ομάδας των

σεναρίων Some, Half και Many. Τα σενάρια της ομάδας αυτής δείχνουν μεγάλη ευαισθησία στην αξιολόγηση των μεταβλητών του περιβάλλοντος της περιοχής μελέτης και δύνανται να θέσουν προτεραιότητες στον χειρισμό των διάφορων περιοχών ώστε να επιτευχθεί άμεσα η αποκατάσταση του δάσους. Ανάμεσα στα τρία αυτά σενάρια εκείνο που φαίνεται ως επικρατέστερο, αν και είναι λίγο αισιόδοξο, είναι το Half. Ως δεύτερη επιλογή θα επιλέγαμε το σενάριο Many το οποίο είναι λίγο πιο απαισιόδοξο από το πρώτο. Τέλος ως τρίτη επιλογή θα επιλέγαμε το σενάριο Some, το οποίο παρουσιάζει παρόμοια χαρακτηριστικά με το σενάριο Half.

4.5 Σενάρια και Σχεδιασμός Αποκατάστασης του Δάσους

Προσπαθώντας να δοθεί, με την εργασία αυτή, ένα πιο απτό πλαίσιο ενδεδειγμένων λύσεων και θέλοντας να περιγράψουμε με περισσότερη λεπτομέρεια, τα θέματα που προκύπτουν από την υιοθέτηση των ενδεδειγμένων σεναρίων, Half, Many ή Some, επιχειρήθηκε να συνδεθεί το επιλεχθέν ή τα επιλεχθέντα σενάρια με τον σχεδιασμό αποκατάστασης του δάσους του Ταϋγέτου και να διερευνηθεί αν είναι δυνατόν, με βάση το σενάριο, ο καθορισμός προτεραιοτήτων στη διαχείριση κάποιων επιμέρους επιφανειών ή ακόμα και συστάδων. Για να εκτιμηθεί η επίδραση που μπορεί να έχει η επιλογή του ενός ή του άλλου σεναρίου, επιχειρήθηκε να κατηγοριοποιηθεί καθένα από τα δύο επικρατέστερα σενάρια, δηλαδή το Half και το Many, σε τρεις ενότητες, ανάλογα με το εύρος των ψηφιοτιμών. Οι τρεις ενότητες αντιστοιχούν στις τρεις μεθόδους για την αναδημιουργία του δάσους, φυσική αναγέννηση, σπορά και τεχνητή φύτευση. Η ενότητα με την μεγαλύτερη βαθμολογία αντιστοιχεί στην φυσική αναγέννηση, η ενότητα με την μέση βαθμολογία στη σπορά και η ενότητα με την χαμηλή βαθμολογία στη φύτευση. Ο διαχωρισμός των πλεγματικών αρχείων των δύο σεναρίων έγινε με την μέθοδο Natural Break (μέθοδος Άριστου Διαχωρισμού) του λογισμικού Arc-GIS. Σ' αυτή τη μέθοδο το λογισμικό έχει ως είσοδο το ιστόγραμμα του πλεγματικού αρχείου και, με βάση τον ορισμένο από το χρήστη αριθμό ενοτήτων, βρίσκει και επιστρέφει τον καλύτερο δυνατό διαχωρισμό, σε μορφή πλεγματικού αρχείου (ESRI, ArcGIS Desktop Help, 2008). Με τον τρόπο αυτό μια συνεχής μεταβλητή, οριζόμενη στο διάστημα [0, 1], γίνεται κατηγορική και μας επιτρέπει να καθορίσουμε ομοειδή τμήματα της μελετώμενης περιοχής. Στο Χάρτη 4.8 φαίνονται πώς η περιοχή μελέτης διαχωρίστηκε σε τρεις (3) ενότητες (τρεις διαφορετικοί χειρισμοί) σε καθένα από τα δύο επικρατέστερα σενάρια.



Χάρτης 4.8 Διαχωρισμός των σεναρίων Half και Many σε 3 διαφορετικούς χειρισμούς

Με τη διανυσματοποίηση των πλεγματικών αρχείων (Raster to Vector) μπορούμε πλέον να υπολογίσουμε το εμβαδόν κάθε ενότητας τόσο συνολικά σε όλη την περιοχή μελέτης όσο και σε επίπεδο συστάδας. Τα στοιχεία αυτά είναι σημαντικά καθώς σχετίζονται άμεσα με το οικονομικό κόστος της αποκατάστασης του δάσους που αποτελεί βασικό παράγοντα σχεδιασμού καθώς είναι γνωστό ότι στο τομέα της Δασοπονίας στη χώρα μας, δεν δίνονται οι κατάλληλες χρηματοδοτήσεις. Για τα δύο επικρατέστερα σενάρια και για το σύνολο της καμένης επιφάνειας, τα ποσοτικά μεγέθη δίνονται στο Πίνακα 4.3.

ΧΕΙΡΙΣΜΟΙ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ	ΣΕΝΑΡΙΟ MANY		ΣΕΝΑΡΙΟ HALF	
	ΕΚΤΑΣΗ (σε Ha)	ΠΟΣΟΣΤΟ(%)	ΕΚΤΑΣΗ (σε Ha)	ΠΟΣΟΣΤΟ(%)
<i>Φύτευση</i>	1633.04	41.40	877.49	22.25
<i>Σπορά</i>	859.47	21.79	1502.17	38.08
<i>Φυσική Αναγέννηση</i>	1451.77	36.81	1564.90	39.67

Πίνακας 4.3 Εμβαδομετρικά στοιχεία που προκύπτουν για την εφαρμογή των 2 επικρατέστερων σεναρίων για το σύνολο της καμένης περιοχής του δάσους (ανά κατηγορία χειρισμού)

Με τον ίδιο τρόπο, μπορούν να εξαχθούν στοιχεία για κάθε συστάδα του δάσους εφόσον προτιμηθεί ο κατά συστάδα σχεδιασμός αποκατάστασης.

5. ΣΥΝΟΨΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

5.1 Συζήτηση

Όπως και προηγούμενα αναφέρθηκε οι χειρισμοί που πρέπει να λάβουν χώρα σε ένα διαχειριζόμενο Δάσος από αρχής της Δασολογικής πράξης διαπνέονταν έτσι και αλλιώς από μια μεθοδολογία που στη βάση της μπορεί να θεωρηθεί Πολυκριτηριακή. Οι κλιματεδαφικοί παράγοντες του τόπου θέτουν πάντα ένα καθορισμένο πλαίσιο πρακτικών στη διαχείριση του δάσους πόσο δε μάλλον όταν σκοπός των διαχειριστικών πρακτικών είναι η αναδημιουργία του δάσους μετά από μια μεγάλη καταστροφή. Η αξιολόγηση λοιπόν του πώς επιδρούν συνολικά οι παράγοντες σε κάθε ιδιαίτερο τόπο ενός δασικού οικοσυστήματος ήταν πάντα ένα ζητούμενο για τους ανθρώπους που είχαν την ευθύνη διαχείρισης του. Η μέθοδος που περιγράφηκε και εφαρμόστηκε στην παρούσα εργασία έρχεται να συμβάλει ακριβώς σ' αυτή τη προσπάθεια.

Τα αποτελέσματα της εφαρμογής της μεθόδου A.H.P._O.W.A. προσφέρουν ένα πολυδιάστατο πλαίσιο λύσεων για την αποκατάσταση του δάσους. Μπορεί με τον τρόπο που εφαρμόστηκε η μέθοδος στο πρόβλημα της περιοχής του δάσους Ταυγέτου να προσέφερε ένα κατάλογο 7 σεναρίων, κυμαινόμενων από το πιο απαισιόδοξο μέχρι το πιο αισιόδοξο, όμως το πολυκριτηριακό μοντέλο μπορεί εύκολα να αναδομηθεί, είτε εισάγοντας και άλλους παράγοντες-κριτήρια στην πολυκριτηριακή ανάλυση είτε δημιουργώντας ομάδες παραγόντων (objectives). Με αυτόν όμως τον τρόπο, το πολυκριτηριακό μοντέλο γίνεται πιο σύνθετο, παράγει ένα μεγαλύτερο πλούτο σεναρίων και παρατηρούνται δυσκολίες κατά την τελική φάση της μεθόδου, που είναι η επιλογή του πλέον κατάλληλου σεναρίου από ένα ενδεχομένως χαοτικό σύνολο. Για παράδειγμα, πειραματιζόμενοι κατά την φάση εφαρμογής της μεθόδου, δημιουργήθηκε μοντέλο με τα ίδια κριτήρια-παράγοντες τα οποία όμως ήσαν διαταγμένα σε δύο objectives, A & B, με το κριτήριο «Απόσταση από Ζώντες σπορείς» να τοποθετείται στον objective A και όλα τα υπόλοιπα στο B. Στην περίπτωση αυτά τα πιθανά σενάρια που ενδέχεται να προκύψουν από την εφαρμογή του λογισμικού A.H.P._O.W.A. ανέρχονται στον αριθμό 343 (7^3), αφού η εφαρμογή των επτά (7) γλωσσικών ποσοδεικτών εφαρμόζεται σε 3 επίπεδα, μία φορά για κάθε objective και μία φορά για το βασικό στόχο (Goal). Είναι κατανοητό ότι με ένα σύνολο 343 σεναρίων η δυσκολία επιλογής για το πλέον κατάλληλο σενάριο πολλαπλασιάζονται.

Στο πρόβλημα που τέθηκε στη παρούσα εργασία πειραματιστήκαμε και με μια άλλη παραλλαγή του συνδυασμού των κριτηρίων. Συγκεκριμένα, εφαρμόσθηκε η διαδικασία A.H.P._O.W.A με την συμμετοχή των 6 από τα 7 κριτήρια, με την εξαίρεση του κριτηρίου της απόστασης από ζώντες σπορείς, θέλοντας κατ' αυτόν το τρόπο να αξιολογήσουμε την δυνατότητα του κάθε τόπου στη φυσική αναγέννηση με την παραδοχή ότι όλες οι θέσεις της περιοχής μελέτης έχουν την ίδια πιθανότητα να διασπαρθούν με πολλαπλασιαστικό υλικό (σπόρους). Και σε αυτήν όμως την περίπτωση τα πλεγματικά αρχεία που προέκυψαν έδειξαν μεγάλη μεταβλητότητα, η οποία αντικατοπτρίζει την αντίστοιχη μεταβλητότητα των οικολογικών παραγόντων στις διάφορες θέσεις του μελετώμενης περιοχής. Τα παραγόμενα με αυτό τον τρόπο σενάρια εμφανίζουν μία αντιστοιχία με αυτά που τελικά παρουσιάστηκαν στο Κεφάλαιο 4.

Εκτιμούμε ότι ο τρόπος που τελικά επιλέχθηκε, στην παρούσα εργασία, δηλαδή να συνδυαστούν τα επτά (7) κριτήρια μεταξύ τους (μοντέλο εφαρμογής του module A.H.P._O.W.A.) είναι κατάλληλος και μπορεί να καλύψει όλες τις πτυχές του σχεδιασμού αποκατάστασης της καμένης περιοχής του δάσους του Ταυγέτου. Επιλέγοντας ως επικρατέστερα σενάρια το Half και Many, είδαμε πώς κατανέμονται σε όλη την επιφάνεια οι τρεις πιθανοί χειρισμοί για την αποκατάσταση του δάσους. Ο διαχωρισμός των αντίστοιχων πλεγματικών αρχείων με την μέθοδο Natural Break, δεν είναι ο μοναδικός. Μπορεί επίσης να εφαρμοστεί και η μέθοδος των ίσων διαστημάτων (equal interval), ή της ίσης επιφάνειας(equal area) ή ακόμη και η μέθοδος με την οποία επιλέγονται κατευθείαν από το χρήστη (Manual reclassification) οι τιμές διαχωρισμού, αντιστοιχώντας τρεις (3) άνισα διαστήματα στις τρεις (3) μεθόδους αναδημιουργίας του δάσους, *φυσική αναγέννηση, σπορά και φύτευση*. Στο Κεφάλαιο 4 είδαμε τα αποτελέσματα που προκύπτουν με τη μέθοδο Natural Break. Διαφορετικά αποτελέσματα θα εξαχθούν με τη χρήση της μεθόδου equal area ή equal interval.

Όσον αφορά το θέμα της εφαρμογής, του οποίου από τα δύο πιο επικρατέστερα σενάρια επιλεγεί, θα πρέπει να αναφερθεί ότι και στα δύο σενάρια, Half και Many, το εμβαδόν της περιοχής όπου αναμένεται να έχουμε φυσική αναγέννηση είναι παραπλήσιο. Εκείνο που σαφώς διαφοροποιεί τα δύο σενάρια είναι τα εμβαδά των περιοχών που προτείνονται για σπορά και τεχνητή φύτευση. Το Half ως πιο αισιόδοξο σενάριο, κλίνει αποφασιστικά προς την σπορά, ενώ το αντίθετο συμβαίνει με το σενάριο Many, το οποίο προτάσσει τη φύτευση

έναντι της σποράς. Πρέπει εδώ να σημειωθεί ότι επιφάνειες που έχουν επιλεγεί για σπορά είναι επίσης κατάλληλες και για φύτευση ενώ δεν αναμένεται να έχουμε σοβαρές πιθανότητες να επιτύχει η σπορά σε επιφάνειες που είναι κατάλληλες μόνο για φύτευση. Τούτο είναι ένα χρήσιμο στοιχείο τόσο για τον αρχικό σχεδιασμό αποκατάστασης του δάσους όσο και για την ενδεχόμενη στο μέλλον τροποποίηση του, εφόσον αυτό επιβληθεί από τις συνθήκες που θα έχουν επικρατήσει στο δάσος αλλά και εκείνες που θα έχουν διαμορφωθεί σε διοικητικό και οικονομικό επίπεδο.

5.2 Συμπεράσματα

Στη μελέτη αυτή επιχειρήθηκε, με βάση την μεθοδολογία της Πολυκριτηριακής Ανάλυσης, να αξιολογήσει τους παράγοντες που επιδρούν, που αλληλοεπιδρούν σε ένα διαταραγμένο δασικό οικοσύστημα και να προτείνει ένα μοντέλο για να διερευνήσει το βαθμό αντίδρασης του οικοσυστήματος στις αρνητικές επιδράσεις που προήλθαν από την πυρκαγιά.

Η αξιολόγηση αυτή έγινε στο καμένο, από την πυρκαγιά του έτους 2007, τμήμα του δάσους του Ταυγέτου το οποίο αποτελείται από τα δασοπονικά είδη Μαύρης Πεύκης (*Pinus nigra*) και Κεφαλληνιακής Ελάτης (*Abies cerhalonica*). Η αξιολόγηση των παραγόντων και η εφαρμογή της μεθοδολογίας αφορά το είδος της Μαύρης Πεύκης καθώς, με βάση τη φυσιολογία της είναι το είδος που θα αντιδράσει πρώτο στην αρνητική επίδραση ενώ για την Ελάτη αναμένεται μια σοβαρή υστέρηση αντίδρασης.

Η μεθοδολογία στηρίχθηκε αρχικά στον προσδιορισμό του βασικού στόχου που στην συγκεκριμένη περίπτωση ήταν η αναδημιουργία του Δάσους. Ακολουθώντας μια ιεράρχηση, αυτός αποσυντέθηκε σε επιμέρους υπο-στόχους, καταλήγοντας στο πιο κατώτερο ιεραρχικά επίπεδο της επιλογής των κατάλληλων παραγόντων-κριτηρίων και το τρόπου που συνδυάζονται στην προσπάθεια να υλοποιηθούν οι επιμέρους στόχοι και στο τέλος να υλοποιηθεί ο βασικός (Goal).

Διαπιστώθηκε ότι ο βασικός στόχος μπορεί να υλοποιηθεί με την εφαρμογή τριών ταυτόχρονων μεθόδων, την φυσική αναγέννηση, τη σπορά και την τεχνητή φύτευση φυταρίων, οι οποίες ορίστηκαν ως επιμέρους στόχοι και αξιολογήθηκαν μεταξύ τους ιεραρχικά, με την σειρά που αναφέρονται. Επιλέχθηκαν επτά (7) παράγοντες-κριτήρια τα

οποία συνδυαζόμενα και με δεδομένη την μεταβλητότητα τους στο χώρο, καθόρισαν τις περιοχές στις οποίες θα πρέπει να εφαρμοσθεί η κάθε μία από αυτές τις μεθόδους.

Η ακολουθούμενη μεθοδολογία εφαρμόστηκε σε περιβάλλον Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών, κάνοντας χρήση του ειδικού λογισμικού M.C.E.-FLOWA το οποίο συνδυάζει τις μεθόδους Πολυκριτηριακής Ανάλυσης A.H.P. (Αναλυτική Ιεραρχική Διαδικασία) και O.W.A. (Διατεταγμένου Σταθμισμένου Μέσου). Για την παραμετροποίηση του πολυκριτηριακού μοντέλου, που χρησιμοποιήθηκε, διενεργήθηκε δειγματοληψία κατά την οποία συλλέχθηκαν κατάλληλα στοιχεία από 127 δειγματοληπτικές επιφάνειες, κατανεμημένες κατάλληλα σε όλη την περιοχή μελέτης.

Από την εφαρμογή της μεθόδου προέκυψαν 7 διαφορετικά σενάρια τα οποία αντιστοιχούν στους 7 διαφορετικούς γλωσσικούς ποσοδείκτες (Linguistic quantifiers) που διαθέτει το λογισμικό FLOWA (A.H.P._O.W.A.) και οι οποίοι είναι οι At least one, Few, Some, Half, Many, Most και ALL. Από αυτά αξιολογήθηκαν ως κατάλληλα, κατά σειρά, για την συγκεκριμένη περίπτωση τα σενάρια Half και Many και διερευνήθηκαν οι προτεινόμενες ενέργειες που πρέπει να ακολουθήσει ο σχεδιασμός αποκατάστασης του δάσους μέσα από την υιοθέτηση του ενός ή του άλλου σεναρίου.

Βασικό συμπέρασμα είναι ότι η εφαρμογή της συγκεκριμένης μεθοδολογίας, με το συγκεκριμένο πλαίσιο ανάλυσης και σύνθεσης που διαθέτει, μπορεί να χρησιμοποιηθεί όχι μόνο στο σχεδιασμό αποκατάστασης διαταραγμένων οικοσυστημάτων αλλά και σε άλλους τομείς της διαχείρισης αυτών αφού στη βάση τους τα προβλήματα που τίθενται κάθε φορά έχουν πρώτα απ' όλα έχουν πολυκριτηριακή διάσταση. Μάλιστα τα προβλήματα αυτά συνήθως δεν είναι ομοειδή, πηγάζουν τόσο από τα οικολογικά και περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά μιας περιοχής όσο και από αυτά που σχετίζονται με την οικονομία και τη διοίκηση. Η Πολυκριτηριακή Ανάλυση μπορεί να αναλύσει και να συνθέσει, όλα αυτά τα διαφορετικής φύσης, προβλήματα και να καταδείξει τις πλέον κατάλληλες λύσεις. Μένει να συνεχιστεί ο πειραματισμός και να προταθούν τα κατάλληλα πολυκριτηριακά μοντέλα.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Bodin L.-Saul I. Gass, 2003, **On teaching the Analytic Hierarchy Process**. Computers & Operations Research, Vol. 30, p. 1487–1497
- Boroushaki S.- Malczewski J., 2008, **Implementing an extension of the Analytical Hierarchy Process using Ordered Weighted Averaging Operators with Fuzzy Quantifiers in ArcGIS**, Computers & Geosciences, Vol. 34, p. 399–410
- Boroushaki S.- Malczewski J., 2010, **Measuring consensus for collaborative decision-making: A GIS-based approach**. Computers. Environment and Urban Systems, Vol.34, p.322-332
- Boroushaki S.- Malczewski J., 2010, **Using the fuzzy majority for GIS-Based multicriteria group decision-making**. Computers & Geosciences, Vol.36, p.302-312
- Burrough A. P.- McDonnell A., 1998, **Principles of Geographical Information Systems**. Oxford University Press
- Carter J., 1989, **On Defining the Geographical Information System**. Ripple W.(ed) Fundamentals of Geographic Information System: A Compendium, p. 3-7
- De Oliveira Avena Valente- Vettorazzi Carlos Alberto, 2008, **Definition of priority areas for forest conservation through the ordered weighted averaging method**. Forest Ecology and Management, Vol. 256, p. 1408–1417
- Eastman J.R., 1997, **IDRISI for Windows**. Version 2.0, Tutorial Exercises, Clark Labs, Clark University, 950 Main Street, Worcester, MA, 01610-1477 USA
- Eastman J. R., 2006, **IDRISI Andes Tutorial**. Clark Labs, Clark University, 950 Main Street, Worcester, MA, 01610-1477 USA
- Eastman J. R., 2006, **IDRISI Andes Guide to GIS and Image Processing**. Clark Labs, Clark University, 950 Main Street, Worcester, MA, 01610-1477 USA
- Forman H. E., 1993, **Facts and Fictions about the Analytic Hierarchy Process**. Mathematical and Computer Modelling, Vol. 17, p. 19-26
- Gamini Herath, 2004, **Incorporating community objectives in improved wetland management: the use of the analytic hierarchy process**. Journal of Environmental Management, Vol. 70, p. 263–273

- Jankowski P., Andrienko N., Andrienko G., (2001), **Map-centered exploratory approach to multiple criteria spatial decision making**. International Journal of Geographical Information Science, Vol. 15(2), p. 101–127
- Jiang H. - Eastman J.R., 2000, **Application of fuzzy measures in multi-criteria evaluation in GIS**. International Journal of Geographical Information Systems, Vol. 14, p. 173–184.
- Kuncheva L.I., J.C. Bezdek, Duin R.P.W., 2001, **Decision templates for multiple classifier fusion**. Pattern Recognition, Vol. 34(2), p.299-314
- Makropoulos C. K.-Butler D., 2006, **Spatial ordered weighted averaging: incorporating spatially variable attitude towards risk in spatial multi-criteria decision-making**. Environmental Modelling and Software, Vol. 21, p. 69-84
- Malczewski J., 1999, **GIS and Multicriteria Decision Analysis**. John Wiley, New York.
- Malczewski J., 2004, **GIS-based land-use suitability analysis: a critical overview**. Progress in Planning, Vol. 62, p. 3-65
- Malczewski J., 2006, **Integrating multicriteria analysis and geographic information systems: the ordered weighted averaging (OWA) approach**. Environmental Technology and Management, Vol. 6, Nos. 1/2, p. 7-19
- Malczewski J., 2006, **Ordered Weighted Averaging with fuzzy quantifiers: GIS-based multicriteria evaluation for land-use suitability analysis**. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, Vol. 8, p. 270–277
- Malczewski J., 2006, **GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature**. International Journal of Geographical Information Science, Vol. 20, Number 7, p. 270–277
- Parker H.D., 1988, **The unique of a Geographic Information System: a commentary**. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol.54(11)
- Reformat M. - Yager R. R., 2008, **Building ensemble classifiers using belief functions and OWA operators**. Soft Computing – A Fusion of Foundations, Methodologies and Applications, Vol. 12, Number 6, p. 543-558, Springerlink
- Rinner C.- Malczewski J., 2007, **Web-enabled spatial decision analysis using Ordered Weighted Averaging (OWA)**. Earth and Environmental Science, Vol. 11, Number 4, p. 407-429
- Saaty T.L., 1980, **The Analytic Hierarchy Process**. McGraw-Hill, New York
- Saaty T.L., 1994, **Highlights and critical points in the theory and application of the Analytic Hierarchy Process**. European Journal of Operational Research, Vol. 74, p. 426-447

- Saaty W. R., 1987, **The Analytic Hierarchy Process - What it is and how it is used.** Mathematical Modelling, Vol. 9, p. 161-176
- Vargas G. L., 1990, **An overview of the Analytic Hierarchy Process and its Applications.** European Journal of Operational Research , Vol. 48, p. 2-8
- Yager R.R., 1988, **On ordered weighted averaging aggregation operators in multicriteria decision making.** IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics- Part B: Cybernetics, vol. 18(1), p. 183-190
- Yager R. R, 1999, **Non monotonic OWA operators.** Soft computing, Vol. 3, p. 187-196, Springerlink
- Yager R. R, 2004, **Soft Aggregation Methods in Case Based Reasoning.** Applied Intelligence, Vol. 21, Number 3, p. 277-288
- Zarghami M.- Szidarovszky F., 2008, **Fuzzy quantifiers in sensitivity analysis of OWA operator.** Computers & Industrial Engineering, Vol. 54, p. 1006–1018
- Zarghami M.- Szidarovszky F., 2009, **Revising the OWA operator for multi- criteria decision making problems under uncertainty.** European Journal of Operational Research, Vol. 198, p. 259–265
- Αθανασιάδης Ν., 1985, **Δασική Βοτανική (Συστηματική Σπερματοφύτων), Μέρος Ι,** Θεσσαλονίκη.
- Αθανασιάδης Ν., 1986, **Δασική φυτοκοινωνιολογία,** Εκδόσεις Γιαχούδη-Γιαπούλη, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη.
- Αναγνωστόπουλος Π.-Βαρβάτσικος Α., **Πολυκριτηριακές Μέθοδοι και Ασαφείς Επεκτάσεις τους σε Συστήματα Στήριξης Αποφάσεων,** Τμήμα Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης, Δ.Π.Θ., Ξάνθη.
- Ανδρουλακάκης Ν.-Κοντάκος Η.-Κουτσόπουλος Κ., 2009, **Πολυκριτηριακή Ανάλυση.** Ειδικές εκπαιδευτικές σημειώσεις, Αθήνα.
- Απατζίδης Λ., 1977, **Φυσική αναγέννηση Μαύρης Πεύκης. Αναζήτηση κατάλληλων μεθόδων αναγέννησης σε σχέση με τις σταθμολογικές - οικολογικές συνθήκες,** Διδακτορική Διατριβή. Γεωπονική και Δασολογική Σχολή. Α.Π.Θ., Αθήνα.
- Αποστολίδης Η.-Πάγκας Ν.-Εταιρεία ΥΛΗ, 2004, **Μελέτη Προστασίας και Διαχείρισης του δασικού συμπλέγματος του δημοσίου δάσους Ανατολικού και Δυτικού Ταυγέτου.**
- Αριανούτσου Μ., 2009, **Κριτήρια επιλογής σκοπών και μέτρων μεταπτυρικής διαχείρισης των δασών Μαύρης Πεύκης με βάση την επιστήμη της οικολογίας.** Πρακτικά Διεθνούς

- Συνεδρίου με θέμα «Νέες προσεγγίσεις στην αποκατάσταση δασών μαύρης πεύκης», Σπάρτη 15-16 Οκτωβρίου 2009. ΕΚΒΥ-Περιφέρεια Πελοποννήσου-Φορέας Διαχείρισης Όρους Πάρνωννα και Υγρότοπου Μούστου.
- Βρεττός Σ., 2007, **Ανάπτυξη Ευφυών Τεχνικών Αναζήτησης και Ανάλυσης Πληροφορίας σε Διαδραστικά Περιβάλλοντα**, Διδακτορική Διατριβή, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Ηλεκτρονικών Υπολογιστών. Ε.Μ.Π., Αθήνα.
 - Γκανάτσας Π., 2009, **Δασοκομικά χαρακτηριστικά των οικοσυστημάτων Μαύρης Πεύκης και αποκατάσταση καμένων συστάδων**. Πρακτικά Διεθνούς Συνεδρίου με θέμα «Νέες προσεγγίσεις στην αποκατάσταση δασών μαύρης πεύκης», Σπάρτη 15-16 Οκτωβρίου 2009. ΕΚΒΥ-Περιφέρεια Πελοποννήσου-Φορέας Διαχείρισης Όρους Πάρνωννα και Υγρότοπου Μούστου.
 - Γρίσπος Π., 1973, **Δασική Ιστορία της Νεωτέρας Ελλάδας**. Αυτοτελής έκδοση της Υπηρεσίας Δασικών Εφαρμογών και Εκπαιδεύσεως της Γενικής Διεύθυνσης Δασών, Αθήνα.
 - Δερμεντζίδου Ε., 2006, **Διερεύνηση Πολυκριτηριακών Μεθόδων για την Υποστήριξη Αποφάσεων Ενεργειακού Σχεδιασμού**, Μεταπτυχιακή Διατριβή, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Ηλεκτρονικών Υπολογιστών. Ε.Μ.Π., Αθήνα.
 - Καραμπάτσος Β., 1958, **Δασοπονική Μελέτη Δασικού Συμπλέγματος Δυτικού Ταυγέτου της Επαρχίας Καλαμών**. Αυτοτελής έκδοση Δασαρχείου Καλαμάτας, Καλαμάτα.
 - Καρέτσος Γ., 2002, **Μελέτη της οικολογίας και της βλάστησης του όρους Οίτη**, Διδακτορική διατριβή. Τμήμα Βιολογίας, Πανεπιστήμιο Πατρών.
 - Καρέτσος Γ., 2007, **Αρχικές απόψεις για την αποκατάσταση του καμένου Ελατοδάσους του Εθνικού Δρυμού Πάρνηθας**. Πρακτικά Επιτροπής ΓΕΩΤ.Ε.Ε. για την αποκατάσταση της Πάρνηθας, Έκδοση ΓΕΩΤ.Ε.Ε Θεσσαλονίκη Μάιος 2008.
 - Καρτέρης Μ. - Καραμανώλης Δ., 1996, **Συμβολή των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών στη Διαχείριση Φυσικών Οικοσυστημάτων**. Εκπαιδευτικές Σημειώσεις, Τμήμα Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη.
 - Καρτέρης Μ., 1999, **Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών Περιβάλλοντος**. Εκπαιδευτικές Σημειώσεις, Τμήμα Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη.
 - Καρτέρης Μ., 1999, **Ανάλυση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών. Εφαρμογές στη Δασοπονία**. Ανατύπωση από τα Πρακτικά του Συνεδρίου «Χρήση και Αξιολόγηση

Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών Στη Δασοπονία» Ινστιτούτο Δασικών Ερευνών, Θεσσαλονίκη.

- Κόλλια-Κουσούρη Β., **Γεωγραφικά Πληροφοριακά Συστήματα**. Εκτύπωση Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών.
- Κοράκης Γ.-Χανλίδου Ε.-Καρούσου Ρ.-Μίνογλου Δ., 2001, **Φυτά του Ταϊγέτου**. Ειδική έκδοση Περιφέρειας Πελοποννήσου και εταιρείας ΟΙΚΟΤΟΠΙΑ, Θεσσαλονίκη.
- Κουτσόπουλος Κ., 2002, **Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών και Ανάλυση χώρου**. Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα.
- Κουτσόπουλος Κ., 2006, **Ανάλυση χώρου**. Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα.
- Κωνσταντινίδης Π., 2007, **Το πρόβλημα της αποκατάστασης των καιγόμενων δασών στην Ελλάδα**. Πρακτικά Επιτροπής ΓΕΩΤ.Ε.Ε. για την αποκατάσταση της Πάρνηθας, Έκδοση ΓΕΩΤ.Ε.Ε, Θεσσαλονίκη Μάιος 2008.
- Λάζος Ν., 1929, **Τα Δημόσια Δάση της Ελλάδος-Η κατανομή και παραγωγή αυτών μετά πινάκων εκμεταλλεύσεως και εργατικής κινήσεως**. Έκδοση Διεύθυνσης Δασών, Τμήμα Γ', Υπουργείου Γεωργίας, Εθνικό Τυπογραφείο, Αθήνα.
- Μαυρομάτης Γ., 1980, **Το βιοκλίμα της Ελλάδος, Σχέσεις κλίματος και φυσικής βλαστήσεως, Βιοκλιματικοί χάρτες**. Δασική Έρευνα, Τόμος 1, Παράρτημα, Αθήνα.
- Μανιάτης Γ., 1993, **Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών**, Εκδόσεις 'ΖΗΤΗ', Θεσσαλονίκη
- Μαλλίνης Γ., 2009, **Τηλεπισκόπηση και Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών στη Διαχείριση των Φυσικών Οικοσυστημάτων**, Θέματα Δασολογίας και Διαχείρισης Περιβάλλοντος και Φ.Π., 1ος Τόμος: Εισαγωγή στη Δασολογική και Περιβαλλοντική Επιστήμη, Περιοδική Έκδοση Τμήματος Δασολογίας και Διαχείρισης Περιβάλλοντος, Δ. Π. Θ.
- Μπαζίγος Π. - Πιεράκος Η., 1981, **Διαχειριστική έκθεση των δημόσιων δασών δυτικού και μέρους του ανατολικού Ταϊγέτου για τη διαχειριστική περίοδο 1981-90**. Αυτοτελής έκδοση Δασαρχείου Καλαμάτας, Καλαμάτα.
- Μπούσιος Σ., 2008, **Δασοκομική Έρευνα σε Συστάδες Μαύρης Πεύκης στο Δημόσιο Δάσος Καταφυγίου-Αγίας Κυριακής Νομού Κοζάνης**, Μεταπτυχιακή Διατριβή. Σχολή Δασολογίας και Φ.Περ/ντος, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη
- Μωράκος Ι., 2009, **Χωροθέτηση ζωνών προτεραιότητας για την προστασία του εθνικού δρυμού Σουνίου με τη χρήση G.I.S. και των πολυκριτηριακών μεθόδων O.W.A. και**

- A.H.P.** Μεταπτυχιακή Διατριβή. Τμήμα Α.Φ.Π. & Γ.Μ., Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα.
- Ντάφης Σ., 1972, **Δασική φυτοκοινωνιολογία**. Θεσσαλονίκη
 - Ντάφης Σ., 1973, **Ταξινόμησης της δασικής βλάστησης της Ελλάδος**. Επιστημονική Επετηρίδα. Γεωπονοδασολογική Σχολή. Α.Π.Θ. Τόμος ΙΕ'. Τεύχος Β., Θεσσαλονίκη.
 - Ντάφης Σ., 1986, **Δασική Οικολογία**. Εκδόσεις Γιαχούδη-Γιαπούλη. Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη
 - Ντάφης Σ., 1990, **Εφαρμοσμένη Δασοκομική**. Εκδόσεις Γιαχούδη –Γιαπούλη. Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη
 - Ντάφης Σ., 2007, **Η ζωή επιστρέφει στα καμένα της Πάρνηθας. Πλατύφυλλα δέντρα και πεύκα αναγεννώνται χωρίς παρέμβαση-Αναδάσωση για την ελάτη**. Πρακτικά Επιτροπής ΓΕΩΤ.Ε.Ε. για την αποκατάσταση της Πάρνηθας, Έκδοση ΓΕΩΤ.Ε.Ε Θεσσαλονίκη Μάιος 2008.
 - Ντάφης Σ., 2009, **Το πρόβλημα της αποκατάστασης των καμένων δασών της μαύρης πεύκης-Αρχές αποκατάστασης δασικών οικοσυστημάτων**. Πρακτικά Διεθνούς Συνεδρίου με θέμα «Νέες προσεγγίσεις στην αποκατάσταση δασών μαύρης πεύκης», Σπάρτη 15-16 Οκτωβρίου 2009. ΕΚΒΥ-Περιφέρεια Πελοποννήσου-Φορέας Διαχείρισης Όρους Πάρνωνα και Υγρότοπου Μούστου.
 - Ξενόπουλος Σ., 1969, **Διαχειριστική Έκθεση των Δημοσίων Δασών Δυτικού και μέρους του Ανατολικού Ταυγέτου περιφέρειας Δασαρχείου Καλαμάτας**. Αυτοτελής έκδοση Δασαρχείου Καλαμάτας, Καλαμάτα.
 - Παναγιωτόπουλος Π., 2007, **Εφαρμογή Πολυκριτήριας Μεθοδολογίας ΑΗΡ για την Επιλογή ERP**, Μεταπτυχιακή Διατριβή, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών. Ε.Μ.Π., Αθήνα.
 - Σπανός Σ., 2004, **Αναλυτική Μελέτη Πολυκριτηριακών Μεθόδων Λήψης Απόφασης**, Διπλωματική Εργασία, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Ηλεκτρονικών Υπολογιστών. Ε.Μ.Π., Αθήνα.
 - Στεφανάκης Ε., 2003, **Βάσεις Γεωγραφικών Δεδομένων και Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών**, Εκδόσεις 'ΠΑΠΑΣΩΤΗΡΙΟΥ', Αθήνα.
 - Τσερκεζοπούλου Α., 2010, **Ασαφές πλαίσιο για τη χωρική πολυκριτηριακή αξιολόγηση γεωργικών εδαφών για αμπελοκαλλιέργεια σε περιβάλλον Γ.Π.Σ. για αμπελουργικές περιοχές της Πελοποννήσου**. Μεταπτυχιακή Διατριβή. Τμήμα Α.Φ.Π. & Γ.Μ., Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα.

- Χατζηστάθης Α.-Ντάφης Σ., 1986, **Αναδασώσεις-Δασικά Φυτώρια**. Εκδόσεις Γιαχούδη-Γιαπούλη, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη.

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΙΣ

<http://www.balcenv.gr>

<http://el.wikipedia.org/wiki>

<http://www.esri.com>

<http://www.gis.com>

<http://www.gistech.gr/-gis.html>

<http://www.gisdevelopment.net/index.htm>

www.mani.org.gr

www.sciencedirect.com

www.springerlink.com

<http://www.clarklabs.org>