



**ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ, ΔΑΣΟΛΟΓΙΑΣ & ΦΥΣΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**  
**ΤΜΗΜΑ ΔΑΣΟΛΟΓΙΑΣ & ΦΥΣΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**  
**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΔΑΣΟΚΟΜΙΑΣ**

## **ΤΕΛΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ ΠΑΡΑΔΟΤΕΩΝ**

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΕΡΓΟ ΜΕ ΤΙΤΛΟ:

ΕΡΕΥΝΑ ΤΗΣ ΜΑΚΡΟΧΡΟΝΙΑΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΟΥ ΒΑΘΜΟΥ ΑΡΑΙΩΣΗΣ ΣΕ  
ΣΥΣΤΑΔΕΣ ΔΡΥΟΣ ΥΠΟ ΤΟ ΠΡΙΣΜΑ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ



## Μέλη ερευνητικής ομάδας

<b>Όνοματεπώνυμο</b>	<b>Ειδικότητα</b>
<b>Γκανάτσας Πέτρος</b>	Καθηγητής Α.Π.Θ, Επιστημονικός Υπεύθυνος του Έργου
<b>Τσακαλδήμη Μαριάνθη</b>	Δρ. Δασολόγος, ΕΔΙΠ, ΑΠΘ
<b>Καρυδόπουλος Θεόδωρος</b>	Δασολόγος - Περιβαλλοντολόγος
<b>Φορμόζης Γεώργιος</b>	Msc Δασολόγος - Περιβαλλοντολόγος

## Περιεχόμενα

Κατάλογος Εικόνων.....	4
1 Εισαγωγή.....	5
2 Μελέτη της σύγχρονης βιβλιογραφίας.....	5
3 Ανάπτυξη μεθοδολογίας και Δειγματοληψία στοιχείων πεδίου.....	6
3.1 Μεθοδολογία λήψης στοιχείων πεδίου.....	6
3.2 Διενέργεια Επισκέψεων στο Πεδίο – Συλλογή Στοιχείων Πεδίου.....	7
3.3. Διεξαγωγή εργαστηριακών αναλύσεων - Επεξεργασία των στοιχείων.....	17
4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	18
4.1 Επίδραση των αραιώσεων στη δομή των συστάδων.....	23
4.1.1 Στατιστικά δεδομένα της δομής των συστάδων.....	23
4.1.2 Επίδραση των αραιώσεων στην κατανομές των δένδρων.....	23
4.2 Κατανομή της υπέργειας ζωντανής βιομάζας.....	28
4.2.1. Επίδραση των αραιώσεων στην κατανομή της ζωντανής υπέργειας βιομάζας.....	28
4.3 Επίδραση των αραιώσεων στη συσσώρευση άνθρακα στη φυλλάδα.....	29
4.4 Επίδραση των αραιώσεων στη συσσώρευση άνθρακα στο δασικό έδαφος.....	30
5 Οικονομική Διαχείριση Έργου.....	31
6 Αποκλίσεις.....	32
7 Βιβλιογραφία.....	33

## Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα Εξωφύλλου: Άποψη της 1 <sup>ης</sup> πειραματικής επιφάνειας.....	1
Εικόνα 1: Παχυμέτρηση των δένδρων.....	9
Εικόνα 2: Τεμαχισμός κορμοτεμαχίου.....	9
Εικόνα 3: Τεμαχισμός δένδρου σε κατηγορίες.....	9
Εικόνα 4,5,6,7,8,9,10: Ζύγιση συστατικών δένδρου.....	10,11,12
Εικόνα 11,12: Άποψη ζύγισης τμημάτων του δένδρου.....	13
Εικόνα 13: Κορμικοί δίσκοι.....	14
Εικόνα 14,15,16: Δειγματοληψία της δασικής φυλλάδας για τον προσδιορισμό της συσσώρευσης άνθρακα στο δασικό τάπητα.....	14,15
Εικόνα 17,18: δειγματοληψία εδάφους για τον προσδιορισμό της αποθήκης άνθρακα στο δασικό έδαφος.....	16
Εικόνα 19,20: Σήμανση των ορίων των πειραματικών επιφανειών.....	17
Εικόνα 21: Χάρτης 1. Το σχέδιο των πειραματικών επιφανειών.....	17
Εικόνα 22: Εγκατάσταση ενημερωτικής πινακίδας στη θέση του πειράματος.....	18
Εικόνα 23: Άποψη της 1 <sup>ης</sup> πειραματικής επιφάνειας.....	19

## 1 Εισαγωγή

Το παρόν ερευνητικό έργο αφορά την εκτίμηση δασικών παραμέτρων στο Πανεπιστημιακό Δάσος του Ταξιάρχη Χαλκιδικής για την Έρευνα της μακροχρόνιας επίδρασης του βαθμού αραίωσης σε συστάδες δρυός υπό το πρίσμα της κλιματικής αλλαγής και χρηματοδοτήθηκε από το Τ.Δ.Δ.Π. Δασών.

Πιο συγκεκριμένα, οι επιμέρους στόχοι της έρευνας είναι:

1. Μελέτη της σύγχρονης σχετικής βιβλιογραφίας
2. Ανάπτυξη μεθοδολογίας και Δειγματοληψία στοιχείων πεδίου
3. Διεξαγωγή εργαστηριακών αναλύσεων και ανάλυση δεδομένων
4. Αποτελέσματα επίδρασης του βαθμού αραίωσης στις συστάδες δρυός
5. Εξαγωγή συμπερασμάτων για την επίδραση των αραιώσεων.

Η Μελέτη της σύγχρονης βιβλιογραφίας αφορά την ανάλυση της βιβλιογραφίας, τη μελέτη της τρέχουσας κατάστασης δεσμεύσεων της χώρας για το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής και την συσσώρευση άνθρακα στα δασικά οικοσυστήματα αλλά και η δυνατότητα ανόρθωσης τους.

Η Ανάπτυξη μεθοδολογίας και δειγματοληψία στοιχείων πεδίου περιλαμβάνει την ανάπτυξη μεθοδολογίας για την λήψη των απαραίτητων στοιχείων από το πεδίο. Το πείραμα εγκαταστάθηκε το 1973 και περιλαμβάνει τη διενέργεια διαφορετικού βαθμού αραιώσεων σε συστάδες δρυός στο Πανεπιστημιακό Δάσος του Ταξιάρχη. Η Διεξαγωγή εργαστηριακών αναλύσεων αφορούσε την ανάλυση των δειγμάτων που συλλέχθηκαν στο πεδίο και η ανάλυση δεδομένων αφορά την επεξεργασία όλων των στοιχείων που συλλέχθηκαν.

Τα αποτελέσματα του έργου προέκυψαν από τις δράσεις του έργου και από την επεξεργασία των δεδομένων που συλλέχθηκαν.

Τέλος αναφέρονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν καθώς και οι κύριες βιβλιογραφικές πηγές στις οποίες στηρίχθηκε το παρόν έργο.

## 2 Μελέτη της σύγχρονης βιβλιογραφίας

Κατά το πρώτο χρονικό διάστημα έγινε ενδελεχή μελέτη της τρέχουσας διεθνούς βιβλιογραφίας, αλλά και της τρέχουσας κατάστασης και δεσμεύσεων της χώρας για την κλιματική αλλαγή και τη συσσώρευση άνθρακα στα δασικά οικοσυστήματα. Ειδικότερα μελετήθηκαν σε παγκόσμιο επίπεδο τα ερευνητικά δεδομένα σχετικά με τις επιδράσεις των δασοκομικών χειρισμών στα δασικά οικοσυστήματα και την ικανότητα τους σε συσσώρευση άνθρακα, υπό το πρίσμα των κλιματικών αλλαγών.

Είναι αναμφισβήτητο γεγονός ότι το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής είναι πλέον αποδεδειγμένο και έχει ιδιαίτερες μακροχρόνιες επιπτώσεις στα δασικά οικοσυστήματα (Gordon 2018). Ταυτόχρονα τα δασικά οικοσυστήματα μπορούν να συνεισφέρουν σημαντικά στη μείωση

του φαινομένου του θερμοκηπίου μέσω της δέσμευσης σημαντικών ποσοτήτων του CO<sub>2</sub> μέσω της αφομοίωσης των δασικών φυτικών ειδών (Whitehead, 2011, Lee *et al.* 2018, Pukkala 2019). Για την κατανόηση του φαινομένου της δέσμευσης αυτής αποτελεσματικής σημασίας είναι η εγκατάσταση μακροπρόθεσμων πειραμάτων πεδίου, καθώς τα αποτελέσματα των μετρήσεων σ' αυτά είναι ιδιαίτερα χρήσιμα για την δασολογική επιστήμη από πολλαπλή σκοπιά. Δυστυχώς, και παρότι είναι πολύ σημαντικά, τέτοια πειράματα είναι ελάχιστα στην Ελλάδα, ενώ άλλες προηγμένες χώρες έχουν εγκαταστήσει τέτοιου είδους πειράματα εδώ και πολλές δεκαετίες.

Τα δασικά οικοσυστήματα των δρυοδασών καταλαμβάνουν εκτεταμένες περιοχές στην Ελλάδα (22,6% των ελληνικών δασών, Σμύρης και Γκανάτσας 1994), αλλά και στην Ευρώπη, και μέχρι σήμερα χαρακτηρίζονται από έντονη υποβάθμιση λόγω των μακροχρόνιων ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Αυτή η υποβάθμιση είναι αποτέλεσμα της μακροχρόνιας παρουσίας του ανθρώπου, η οποία έχει οδηγήσει στο μεγαλύτερο ποσοστό των δασών αυτών να είναι χαμηλής παραγωγικότητας πρεμνοφυή δάση (Dafis 1973).

Η ανόρθωση των οικοσυστημάτων αυτών είναι ιδιαίτερα σημαντική γιατί αυξάνει τη βιοποικιλότητα και τις λειτουργίες των οικοσυστημάτων (Aronson *et al.* 2006), με ιδιαίτερα υψηλή συνεισφορά στην μείωση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής (Vilà-Cabrera *et al.* 2018), με την αναμενόμενη μεγάλη συσσώρευση βιομάζας, δηλαδή δέσμευσης άνθρακα στα ανορθωμένα οικοσυστήματα (Bagdon *et al.* 2014). Ενώ η εφαρμογή αραιώσεων επιδρά σημαντικά στην απόδοση των συστάδων, άρα στην ικανότητα δέσμευσης και συσσώρευσης άνθρακα των συστάδων (Aldea *et al.* 2017; Bravo-Oviedo *et al.* 2015), και αποτελούν ένα αποτελεσματικό μέσο για τη βελτίωση της απόδοσης και της ικανότητας προσαρμογής των συστάδων στην κλιματική αλλαγή (Ameztegui *et al.* 2017). Κατά αυτό τον τρόπο η ανόρθωση και η αναγωγή των πρεμνοφυών δασών σε υψηλά δάση μπορεί να συμβάλλει σημαντικά στην κάλυψη των υποχρεώσεων της χώρας που προκύπτουν από τις διεθνείς συμβάσεις (Σύμβαση των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή, Πρωτόκολλο Κιότο κλπ.).

Η ανόρθωσή τους σε υψηλά δάση μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε με φυσικές καλλιεργητικές μεθόδους ή με τεχνητές παρεμβάσεις (αναδασώσεις) (Zagas *et al.* 1998, Tsitsoni *et al.* 1999). Στην περίπτωση των πρεμνοφυών δασών η αποτελεσματικότερη μέθοδος ανόρθωσης, και η πιο ενδεδειγμένη οικολογικά μέθοδος είναι μέσω της διενέργειας εξευγενιστικών αραιώσεων (Ντάφης 1990), με απώτερο στόχο την αναγωγή των συστάδων σε υψηλά δάση, με διατήρηση του είδους, βελτίωση της ποιότητας του ξυλαποθέματος και αύξηση τη συσσώρευσης βιομάζας και άνθρακα στις ανορθωμένες συστάδες.

### **3 Ανάπτυξη μεθοδολογίας και Δειγματοληψία στοιχείων πεδίου**

#### **3.1 Μεθοδολογία λήψης στοιχείων πεδίου**

Αντικείμενο του έργου αποτελεί η έρευνα της κατάστασης των τεσσάρων πειραματικών επιφανειών, οι οποίες το βρίσκονται στην περιοχή του Πανεπιστημιακού Δάσους Ταξιάρχη, και συγκεκριμένα εντός της συστάδας 53. Το πείραμα εγκαταστάθηκε 1973 και περιλαμβάνει τη

διενέργεια διαφορετικού βαθμού αραιώσεων σε συστάδες δρυός, και την παρακολούθηση της εξέλιξης των συστάδων κάτω από την επίδραση διαφορετικών βαθμών αραιώσης, με σκοπό την αξιολόγηση και την εκτίμηση της επίδρασης στα δασοκομικά χαρακτηριστικά των συστάδων, με ιδιαίτερη έμφαση στην αύξηση των δένδρων, καθώς και στα δασοποδοτικά δεδομένα και την απόδοση των συστάδων, τόσο σε όγκο όσο και σε συνολική βιομάζα.

Σήμερα υπό το πρίσμα της κλιματικής αλλαγής και της συμβολής των δασών στο μετριασμό των επιπτώσεων (Pukkala 2019), το πείραμα προσανατολίζεται και προς την εκτίμηση των αποθηκών άνθρακα, στα διάφορα μέρη του οικοσυστήματος.

Με βάση τα παραπάνω, και ακολουθώντας τις διεθνώς αναγνωρισμένες μεθοδολογικές προσεγγίσεις ακολουθήθηκε η παρακάτω μεθοδολογική προσέγγιση για τη συλλογή των στοιχείων πεδίου.

### 3.2 Διενέργεια Επισκέψεων στο Πεδίο – Συλλογή Στοιχείων Πεδίου

Για το σκοπό του έργου πραγματοποιήθηκαν επανειλημμένες επισκέψεις στην περιοχή καθ' όλη τη χρονική περίοδο υλοποίησής του. Αναλυτικά:

1. Αρχικά πραγματοποιήθηκε αναγνωριστική επίσκεψη στην περιοχή με σκοπό την εκτίμηση της κατάστασης των πειραματικών επιφανειών. Στη συνέχεια, έγινε σήμανση των γωνιών και περιμετρικά των επιφανειών με ταινία οδοποιίας. Ακολούθησε μόνιμη σήμανση των ορίων με λαδομπογιά.
2. Λήφθηκαν οι συντεταγμένες όλων των γωνιών και έγινε χαρτογράφηση του πειραματικού σχεδίου, και όλων των πειραματικών επιφανειών, σε υπόβαθρο Google map. Υπολογίστηκαν με ακρίβεια το εμβαδόν της κάθε επιφάνειας και το υψομετρικό τους εύρος.
3. Έγινε προμήθεια και τοποθετήθηκε σε εμφανή θέση, από την πλευρά του επαρχιακού δρόμου, σχετική ενημερωτική πινακίδα με τα στοιχεία του ερευνητικού έργου.
4. Έγινε πλήρης καταγραφή της χλωριδικής σύνθεσης των τεσσάρων πειραματικών επιφανειών, η οποία περιλάμβανε τις παρακάτω μετρήσεις: καταγραφή όλων των φυτικών ειδών, ανά όροφο (δένδρων, θάμνων, ποών), σύνθεση βλάστησης, συνολική φυτοκάλυψη, κάλυψη των ξυλωδών και των ποωδών φυτών.
5. Ακολούθησε η διενέργεια των παρακάτω μετρήσεων στις πειραματικές επιφάνειες, για την εκτίμηση των δασοκομικών χαρακτηριστικών των συστάδων:
  - Έγινε πλήρης παχυμέτρηση και υψομέτρηση όλων των δένδρων με στηθαία διάμετρο άνω των 4 εκ. , σε όλες (4) τις πειραματικές επιφάνειες (Εικόνα 1).



*Εικόνα 1. Παχυμέτρηση των δένδρων.*

- Επίσης πραγματοποιήθηκε μέτρηση του σημείου έναρξης ζωντανής κόμης και του μήκους της κόμης όλων των δένδρων, σε όλες τις πειραματικές επιφάνειες.
6. Πραγματοποιήθηκαν αναλυτικές μετρήσεις και δειγματοληψία για τον προσδιορισμό της βιομάζας (και στη συνέχεια των αποθηκών άνθρακα), στο ζωντανό τμήμα των δένδρων (ζωντανή υπέργεια βιομάζα), όπως περιγράφεται στη συνέχεια.
- Έγινε υλοτομία αντιπροσωπευτικών κορμών ιστάμενων δένδρων δρυός, από όλους τους διαφορετικούς χειρισμούς και τις διαφορετικές κλάσεις διαμέτρου, ακολουθώντας την παρακάτω διαδικασία.
  - Αρχικά επιλέχθηκαν τα δένδρα για δειγματοληψία. Στη συνέχεια το κάθε δένδρο παχυμετρήθηκε, υλοτομήθηκε και μετρήθηκε το συνολικό ύψος.





*Εικόνα 2: Τεμαχισμός κορμοτεμαχίου*

- Το κάθε δένδρο διαχωρίστηκε σε τρεις κατηγορίες κατά τα διεθνή πρότυπα, σε κορμό (κύριο κορμό), κλαδιά και φύλλωμα.



*Εικόνα 3: Τεμαχισμός δένδρου σε κατηγορίες*

- Όλα τα συστατικά του κάθε δένδρου ζυγίσθηκαν επί τόπου, τμηματικά σε ζυγαριά ακριβείας και βρέθηκε το συνολικό πραγματικό χλωρό βάρος του κάθε δένδρου ανά κατηγορία (κορμός, κλαδιά, φύλλωμα).











*Εικόνα 4,5,6,7,8,9,10: Ζύγιση συστατικών δένδρου*

- Ακολούθησε δειγματοληψία από κάθε κατηγορία από κάθε δένδρο, με λήψη δείγματος από 300 γρ. έως 2000 γρ., τα οποία αφού ζυγίσθηκαν επί τόπου σε εργαστηριακό ζυγό ακριβείας, καταγράφηκε του νωπό βάρος του κάθε δείγματος.
- Στη συνέχεια το κάθε δείγμα τοποθετήθηκε σε πλαστική σακούλα, αφού έγινε ειδική αρίθμηση, και μεταφέρθηκε στο Εργαστήριο για ξήρανση και εύρεση του ξηρού βάρους (βιομάζας).



*Εικόνα 11,12: άποψη ζύγισης τμημάτων του δένδρου*

- Επίσης λήφθηκαν κορμικοί δίσκοι για την μέτρηση της ετήσιας κατά πάχος αύξησης των δένδρων και τον προσδιορισμό της επίδρασης των αραιώσεων στην τρέχουσα προσαύξηση των δένδρων.





Εικόνα 13: Κορμικοί δίσκοι

7. Πραγματοποιήθηκε δειγματοληψία, για τον υπολογισμό της συσσώρευσης άνθρακα στον δασικό τύππητα και στις τέσσερις πειραματικές επιφάνειες.

Η δειγματοληψία περιλάμβανε τη λήψη δειγμάτων από τρεις θέσεις σε κάθε επιφάνεια. Τα δείγματα λήφθηκαν σύμφωνα με την τρέχουσα διεθνή επιστημονική βιβλιογραφία (Jonarda *et al.* 2017), ως ακολούθως (Εικόνα 14,15,16):







*Εικόνα 14,15 και 16: Δειγματοληψίας της δασικής φυλλάδας για τον προσδιορισμό της συσσώρευσης άνθρακα στο δασικό τάπητα.*

- b. Το μέγεθος της κάθε δειγματοληπτικής θέσης ήταν 50 εκ. X 50 εκ.
  - c. Έγινε λήψη δειγμάτων από τις διαφορετικές στρώσεις, κατά τα διεθνή πρότυπα, των οριζόντων Oi, Of και Oh.
  - d. Τα δείγματα που συλλέχθηκαν τοποθετήθηκαν σε πλαστικές σακούλες και μεταφέρθηκαν στο Εργαστήριο Δασοκομίας, όπου πραγματοποιήθηκε προσδιορισμός του περιεχομένου άνθρακα, με βάση τη σύγχρονη μεθοδολογία (IPPC 2006, 2013).
  - e. Στη συνέχεια έγινε αναγωγή στο εκτάριο και υπολογίσθηκαν οι αποθήκες άνθρακα στο δασικό τάπητα, και πως αυτές διαφοροποιούνται ανάλογα με τον χειρισμό των συστάδων.
8. Πραγματοποιήθηκε δειγματοληψία, για τον υπολογισμό της συσσώρευσης άνθρακα στο δασικό έδαφος και στις τέσσερις πειραματικές επιφάνειες.

Η δειγματοληψία περιλάμβανε τη λήψη δειγμάτων από τρεις θέσεις σε κάθε επιφάνεια. Τα δείγματα λήφθηκαν σύμφωνα με την τρέχουσα διεθνή επιστημονική βιβλιογραφία, ως ακολούθως (Εικόνα: 16 και 17):



*Εικόνα 17 και 18. Δειγματοληψία εδάφους για τον προσδιορισμό της αποθήκης άνθρακα στο δασικό έδαφος.*

- a. Το βάθος της κάθε εδαφοτομής ήταν 50 εκ.
- b. Έγινε λήψη δειγμάτων από δύο διαφορετικά βάθη 0-20 εκ. και 20-50 εκ., κατά τα διεθνή πρότυπα.
- c. Τα δείγματα που συλλέχθηκαν τοποθετήθηκαν σε πλαστικές σακούλες και μεταφέρθηκαν στο Εργαστήριο Δασοκομίας, όπου πραγματοποιήθηκε προσδιορισμός του περιεχομένου άνθρακα, με βάση τη σύγχρονη μεθοδολογία (IPPC 2006, 2013).
- d. Στη συνέχεια έγινε αναγωγή στο εκτάριο και υπολογίστηκαν οι αποθήκες άνθρακα στο δασικό έδαφος, και πως αυτές διαφοροποιούνται ανάλογα με τον χειρισμό των συστάδων.

### **3.3. Διεξαγωγή εργαστηριακών αναλύσεων - Επεξεργασία των στοιχείων**



Το επόμενο διάστημα πραγματοποιήθηκαν στο Εργαστήριο Δασοκομίας όλες οι απαραίτητες αναλύσεις των δειγμάτων που λήφθηκαν, όπως αυτές αναφέρονται αναλυτικά στη συνέχεια.

- e. Προετοιμασία των δειγμάτων που λήφθηκαν από τα δένδρα που υλοτομήθηκαν, ξηράνσεις των δειγμάτων, και ακριβείς μετρήσεις στο Εργαστήριο για τον υπολογισμό της βιομάζας.
- f. Εργαστηριακές αναλύσεις των δειγμάτων της φυλλάδας στο Εργαστήριο και προσδιορισμός του περιεχομένου άνθρακα στη δασική φυλλάδα των συστάδων, με βάση τη σύγχρονη μεθοδολογία.
- g. Εργαστηριακές αναλύσεις των δειγμάτων του εδάφους στο Εργαστήριο και προσδιορισμός του περιεχομένου άνθρακα στο έδαφος των συστάδων, με βάση τη σύγχρονη μεθοδολογία.

Τέλος έγινε επεξεργασία των δεδομένων που συλλέχθηκαν, τα αποτελέσματα των οποίων παρουσιάζονται στη συνέχεια.

Αναλυτικά, πραγματοποιήθηκε πλήρη στατιστική ανάλυση των στοιχείων που συλλέχθηκαν, προκειμένου να διαπιστωθεί η ύπαρξη διαφορών μεταξύ των διαφορετικών δασοκομικών χειρισμών (αραιώσεων) στα δασοκομικά χαρακτηριστικά των συστάδων, στη δομή, στα δασοαποδοτικά χαρακτηριστικά, στη συσσωρευμένη βιομάζα και στις αποθήκες άνθρακα, ώστε να εξαχθούν κατάλληλα συμπεράσματα για την περαιτέρω εξέλιξη των συστάδων.

#### 4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Από την ανάλυση των δράσεων και των δεδομένων που συλλέχθηκαν έχουν προκύψει τα παρακάτω αποτελέσματα-παραδοτέα:

1. Έγινε οριοθέτηση των τεσσάρων επιφανειών, με σήμανση των ορίων με λαδομπογιά (Εικόνα 18 και 19).



*Εικόνα 19 και 20: Σήμανση των ορίων των πειραματικών επιφανειών.*

2. Έγινε παραγωγή αναλυτικού, λεπτομερούς, και ακριβούς χάρτη του σχεδίου των πειραματικών επιφανειών, που περιλαμβάνει τις συντεταγμένες όλων των γωνιών και τις διαστάσεις όλων των πειραματικών επιφανειών, σε υπόβαθρο Google map, όπως φαίνεται στον παρακάτω χάρτη (Εικόνα 20: Χάρτης 1).

Υπολογίστηκαν με ακρίβεια το εμβαδόν της κάθε πειραματικής επιφάνειας και το υψομετρικό τους εύρος.



Εικόνα 21: Χάρτης 1. Το σχέδιο των πειραματικών επιφανειών.

3. Κατασκευάστηκε και τοποθετήθηκε σε εμφανές σημείο, από την πλευρά του επαρχιακού δρόμου, η (παρακάτω) ενημερωτική μεταλλική πινακίδα, στην οποία αναγράφονται τα στοιχεία του ερευνητικού έργου, ο φορέας χρηματοδότησης και το Εργαστήριο υλοποίησης της έρευνας (Εικόνα 21).



Εικόνα 22. Εγκατάσταση ενημερωτικής πινακίδας στη θέση του πειράματος.



4. Έγινε αξιολόγηση της οικολογικής κατάστασης των συστάδων (πειραματικών επιφανειών) που εφαρμόστηκαν οι διαφορετικοί χειρισμοί, η οποία δείχνει ότι:
- Οι τέσσερις πειραματικές επιφάνειες βρίσκονται σε καλή κατάσταση, χωρίς ιδιαίτερες ζημιές (Εικόνα 21). Το πείραμα περιλαμβάνει ένα σχέδιο τεσσάρων πειραματικών επιφανειών, έκτασης 3 στρεμμάτων η κάθε μια (διαστάσεις 50X60 μ.), οι οποίες εγκαταστάθηκαν το 1973.
  - Σε κάθε μία από αυτές εφαρμόστηκε διαφορετικός βαθμός αραίωσης (εξευγενιστικές αραιώσεις) και η τέταρτη οριοθετήθηκε ως μάρτυρας. Μέχρι σήμερα, διενεργήθηκαν αραιώσεις τα έτη 1973, 1978, 1983 και 1990. Τα ίδια έτη πραγματοποιήθηκαν και αντίστοιχες μετρήσεις των μορφολογικών, δασοκομικών και δασοαποδοτικών στοιχείων των συστάδων.



Εικόνα 23: Άποψη της 1<sup>ης</sup> πειραματικής επιφάνειας

5. Σύμφωνα με τα στοιχεία της δειγματοληψίας των φυτικών ειδών, η χλωρίδα της περιοχής μπορεί να χαρακτηριστεί ως τυπική της σύνθεσης των (φυλλοβόλων) ελληνικών δρυοδασών, ενώ η χλωριδική σύνθεση των συστάδων στους τέσσερις χειρισμούς δεν παρουσιάζει ιδιαίτερες διαφορές, εκτός της πολύ υψηλότερης παρουσίας της κοινής φτέρης (*Pteridium aquilinum*) στον χειρισμό της ισχυρής αραίωσης.

Αναλυτικά τα φυτικά είδη που εμφανίζονται εντός των πειραματικών επιφανειών

παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.1.

Πίνακας 4.1: Φυτικά είδη σε κάθε όροφο

A/A	Όροφος Δένδρων	Όροφος Θάμνων	Όροφος Ποών
1	<i>Quercus frainetto</i>	<i>Quercus frainetto</i>	<i>Pteridium aquilinum</i>
2		<i>Juniperus oxycedrus</i>	<i>Rosa arvensis</i>
3		<i>Fraxinus ornus</i>	<i>Rubus canescens</i>
4		<i>Cornus mas</i>	<i>Fragaria vesca</i>
5		<i>Crataegus monogyna</i>	<i>Clinopodium vulgare</i>
6		<i>Fagus sylvatica</i>	<i>Dactylis glomerata</i>
7		<i>Ilex aquifolium</i>	<i>Lapsana communis</i>
8		<i>Sorbus aucuparia</i>	<i>Aremonia agrimonoides</i>
9			<i>Brachypodium sylvaticum</i>
10			<i>Helleborus cyclophyllus</i>
11			<i>Veronica chamaedrys</i>
12			<i>Roa nemoralis</i>
13			<i>Viola alba</i>
14			<i>Viola reichenbachiana</i>
15			<i>Galium sylvaticum</i>
16			<i>Lathyrus laxiflorus</i>
17			<i>Vicia cracca</i>
18			<i>Trifolium campestre</i>
19			<i>Silene italica</i>
20			<i>Astragalus glycyphyllos</i>
21			<i>Anthoxanthum odoratum</i>
22			<i>Melica uniflora</i>
23			<i>Mercurialis perrenis</i>
24			<i>Muscari neglectum</i>
25			<i>Cyclamen hederifolium</i>
26			<i>Colchicum autumnale</i>
27			<i>Hedera helix</i>
28			<i>Geum urbanum</i>
29			<i>Mycelis muralis</i>
30			<i>Prunella alba</i>
31			<i>Teucrium chamaedrys</i>
32			<i>Mentha sp.</i>
33			<i>Verbascum sp</i>

34	<i>Quercus frainetto</i> (ώς Φυσική Αναγέννηση)
35	<i>Pinus nigra</i> (ώς Φυσική Αναγέννηση)
36	<i>Abies borissi-regis</i> (ώς Φυσική Αναγέννηση)

---

## 4.1 Επίδραση των αραιώσεων στη δομή των συστάδων

### 4.1.1 Στατιστικά δεδομένα της δομής των συστάδων

Από την επεξεργασία των δεδομένων πεδίου προέκυψαν τα στατιστικά στοιχεία των δένδρων των συστάδων, ανά βαθμό αραιώσης, τα οποία παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.1.1 Από την ανάλυση των στοιχείων διαπιστώνεται ότι τα υψηλότερα και χοντρότερα δένδρα παρατηρούνται στη συστάδα που εφαρμόστηκε η ισχυρή αραιώση, καθώς ο μέσος όρος των διαμέτρων είναι 18,58 εκ., αρκετά μεγαλύτερος από αυτόν στους άλλους χειρισμούς, όπως και για το ύψος, τα οποία έχει μέση τιμή 12,97 μ., υψηλότερη των άλλων χειρισμών, και ακολουθεί η μέτρια αραιώση.

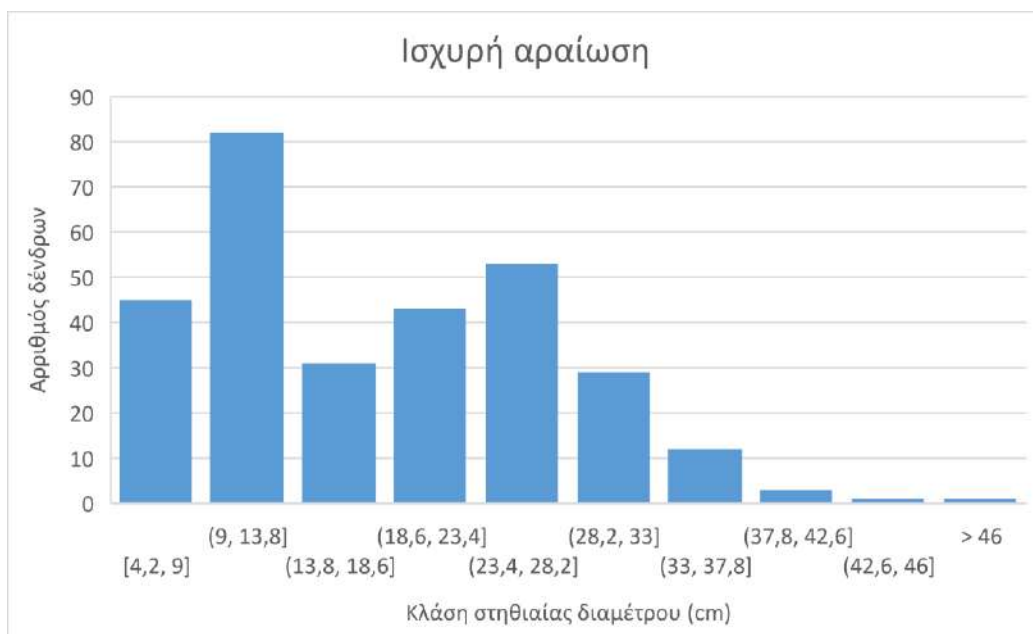
**Πίνακας 4.1.1 Δασοκομικά χαρακτηριστικά των δένδρων στους τέσσερις χειρισμούς.**

Χειρισμός	Μέση στηθιαία Διάμετρος (cm)	Μέσο Ύψος (m)	Μέσο Μήκος κόμης (m)	Όγκος μέσου κορμού (m <sup>3</sup> )
Ισχυρή αραιώση	18,58	12,97	5,14	0,26
Μέτρια αραιώση	17,68	10,91	7,54	0,18
Ασθενής αραιώση	15,69	10,12	6,24	0,15
Μάρτυρας	15,31	10,88	7,08	0,12

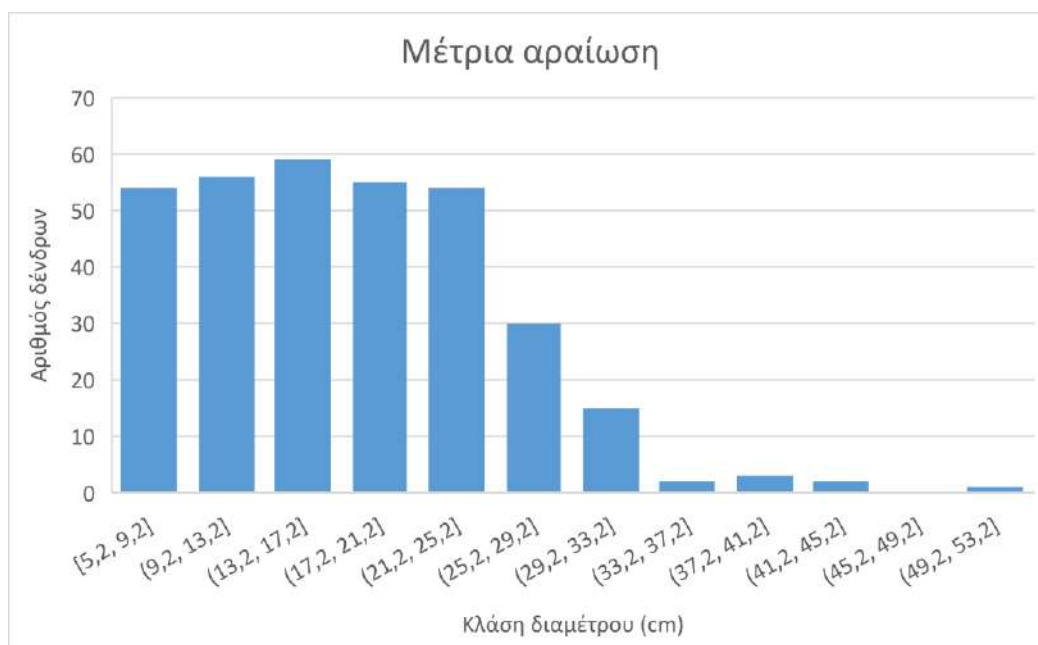
### 4.1.2 Επίδραση των αραιώσεων στην κατανομή των δένδρων

#### Επίδραση στην κατανομή των διαμέτρων των δένδρων

Η ανάλυση των μετρήσεων πεδίου έδειξε ότι η κατανομή των δένδρων ως προς τη στηθιαία διάμετρό τους διαφοροποιείται μεταξύ των τεσσάρων χειρισμών (Σχήματα 4.1.2.1 - 4.1.2.2 - 4.1.2.3 - 4.1.2.4). Η ένταση των αραιώσεων φαίνεται ότι επηρεάζει θετικά την αύξηση των δένδρων, έτσι στην ισχυρή αραιώση παρατηρείται μια μετατόπιση των κλάσεων διαμέτρων προς τις μεγαλύτερες κλάσεις (χονδρότεροι κορμοί). Η ίδια τάση παρατηρείται και στην μέτρια αραιώση, αλλά σε μικρότερη κλίμακα.

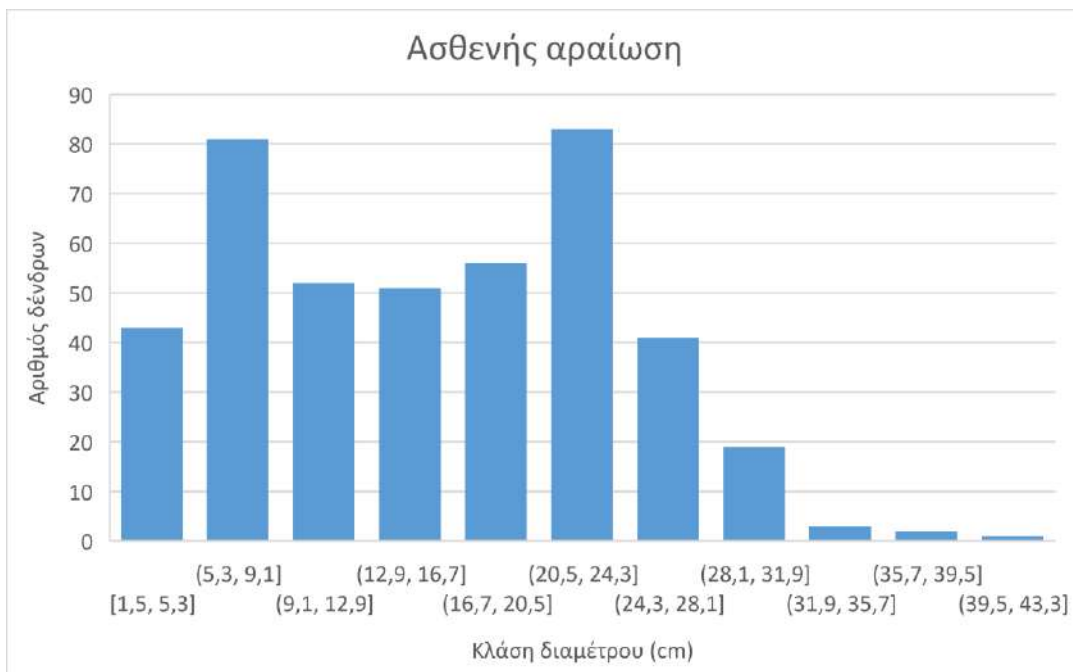


Σχήμα 4.1.2.1 Κατανομή των διαμέτρων των δένδρων στη συστάδα με ισχυρή αραίωση.

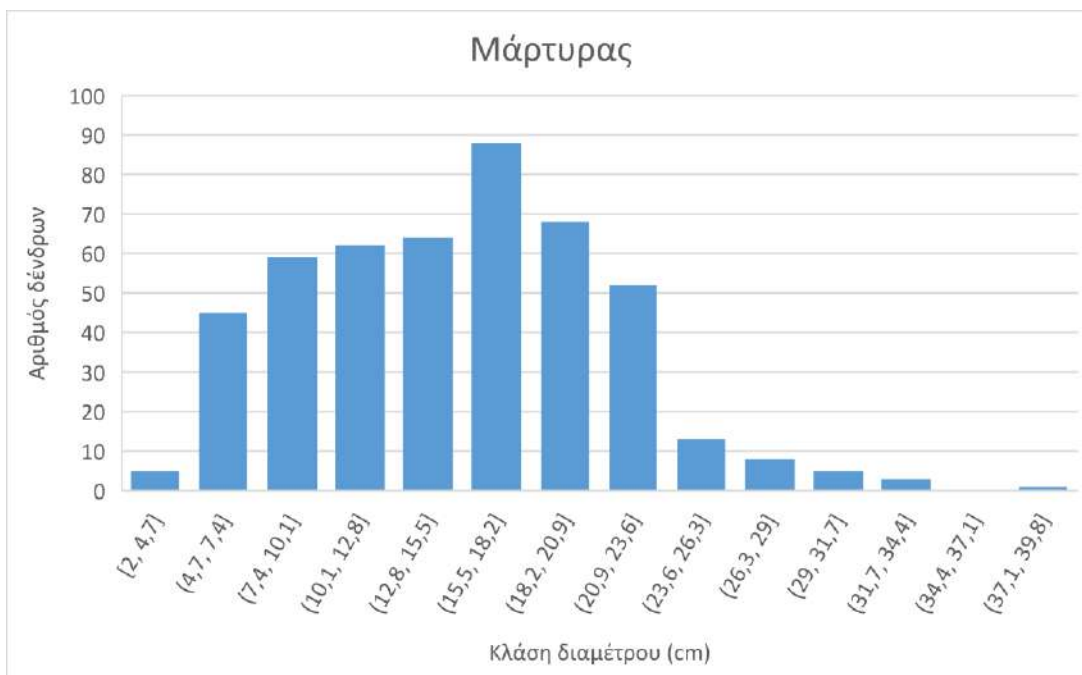


Σχήμα 4.1.2.2 Κατανομή των διαμέτρων των δένδρων στη συστάδα με μέτρια αραίωση.





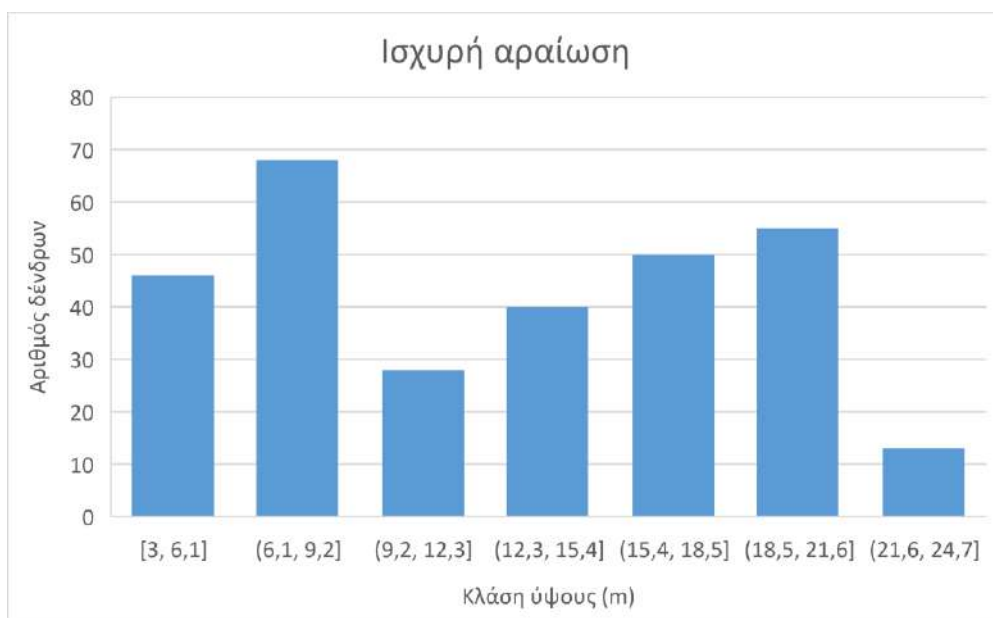
Σχήμα 4.1.2.3 Κατανομή των διαμέτρων των δένδρων στη συστάδα με ασθενή αραιώση.



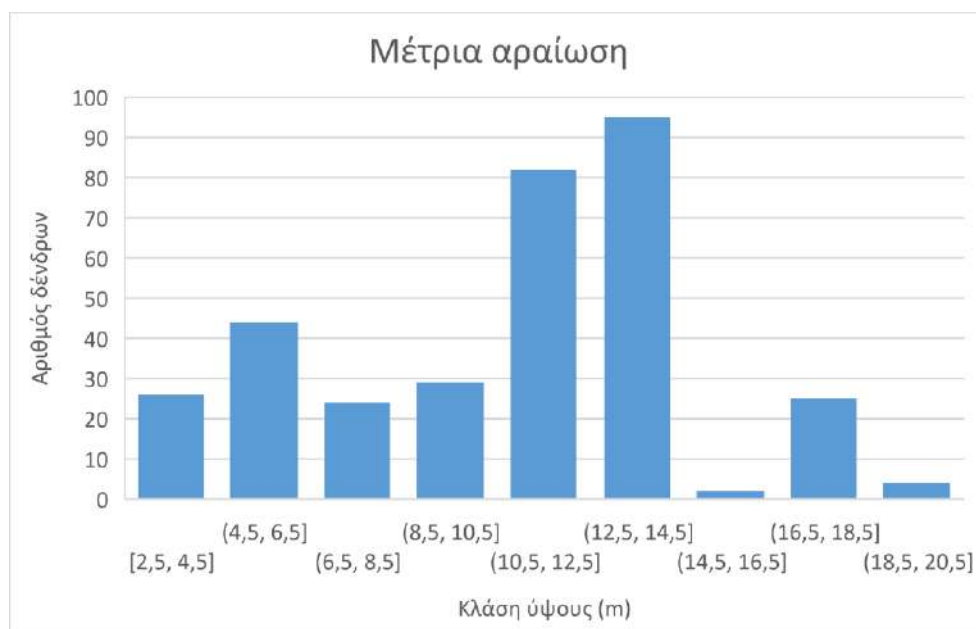
Σχήμα 4.1.2.4 Κατανομή των διαμέτρων των δένδρων στη συστάδα που δεν εφαρμόστηκε κανένας χειρισμός (μάρτυρας).

### Επίδραση στην κατανομή των υψών των δένδρων

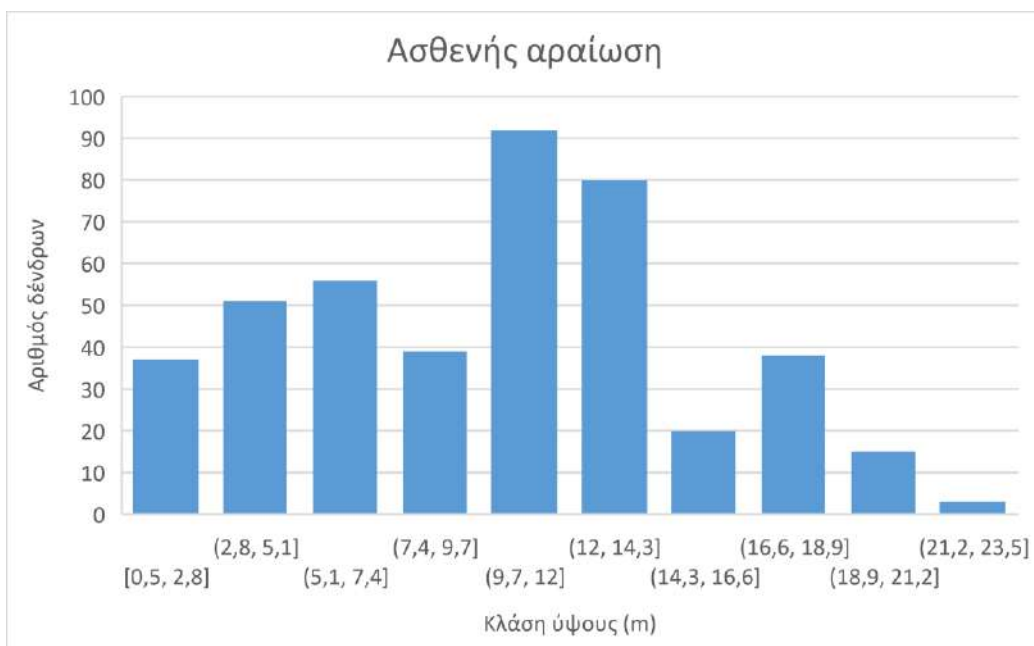
Παρόμοια επίδραση με τη διάμετρο των δένδρων παρατηρήθηκε και στην κατανομή των υψών των δένδρων. Σύμφωνα με την ανάλυση των μετρήσεων πεδίου, η κατανομή των δένδρων ως προς το ύψος τους διαφοροποιείται μεταξύ των τεσσάρων χειρισμών (Σχήματα 4.1.2.5 – 4.1.2.6 – 4.1.2.7 – 4.1.2.8), αλλά σε μικρότερο βαθμό. Η ένταση των αραιώσεων φαίνεται ότι επηρεάζει θετικά την αύξηση σε ύψος των δένδρων, έτσι στην ισχυρή και στη μέτρια αραιώση παρατηρείται μια μετατόπιση των κλάσεων διαμέτρων προς τις μεγαλύτερες κλάσεις (ψηλότερα δένδρα).



Σχήμα 4.1.2.5 Κατανομή των υψών των δένδρων στη συστάδα με ισχυρή αραιώση.



Σχήμα 4.1.2.6 Κατανομή των υψών των δένδρων στη συστάδα με μέτρια αραιώση.



Σχήμα 4.1.2.7 Κατανομή των υψών των δένδρων στη συστάδα με ασθενή αραίωση.



Σχήμα 4.1.2.8 Κατανομή των υψών των δένδρων στη συστάδα που δεν εφαρμόστηκε κανένας χειρισμός (μάρτυρας).

## 4.2 Κατανομή της υπέργειας ζωντανής βιομάζας

Με βάση των ανάλυση των υλοτομηθέντων κορμών, η κατανομή βιομάζας και του άνθρακα στα διάφορα τμήματα του δένδρου, μαζί με τα ποσοστά περιεχόμενης υγρασίας παρουσιάζονται στον επόμενο πίνακα (Πίνακας 4.2.1). Διαπιστώνεται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό βιομάζας και άνθρακα (πάνω από τα  $\frac{3}{4}$  και συγκεκριμένα 76,5%) συσσωρεύεται στον κορμό των δένδρων. Αντίθετα στο φύλλωμα συσσωρεύεται μόνο ένα μικρό ποσοστό βιομάζας και άνθρακα (7,25%). Κατά μέσο όρο βρέθηκε ότι συσσωρεύονται 265,8 kg βιομάζας και 124,91 kg άνθρακα σε κάθε δένδρο δρυός, με βάση τα δένδρα που υλοτομήθηκαν.

**Πίνακας 4.2.1** Κατανομή της υπέργειας ζωντανής βιομάζας, ποσότητας άνθρακα και ισοδύναμου άνθρακα, στα διάφορα μέρη των δένδρων δρυός.

Τμήμα δένδρου	Φρέσκο βάρος		Περιεχόμεν η υγρασία (%)	Ξηρό βάρος (βιομάζα)		Ποσότητα άνθρακα kg	Ισοδύναμο CO2 kg
	kg	(%)		kg	(%)		
Κορμός	324.44	74.25	58.61	203.24	76.47	95.53	350.57
Κλαδιά	72.94	16.69	70.98	43.26	16.28	20.33	74.61
Φύλλωμα	39.57	9.06	107.39	19.27	7.25	9.06	33.24
Σύνολο	436.95	100	64.4	265.77	100	124.91	458.42

### 4.2.1. Επίδραση των αραιώσεων στην κατανομή ζωντανής υπέργειας βιομάζας

Με βάση την κατανομή βιομάζας και άνθρακα στα διάφορα τμήματα του δένδρου, έγινε αναγωγή των ποσοτήτων στο εκτάριο, και υπολογίστηκε η κατανομή της ζωντανής υπέργειας βιομάζας στους τέσσερις χειρισμούς (Πίνακας 4.2.2) καθώς και του αντίστοιχου άνθρακα (Πίνακας 4.2.3). Διαπιστώνεται ότι η μεγαλύτερη ποσότητα βιομάζας και άνθρακα βρέθηκε συσσωρευμένη στη συστάδα που εφαρμόστηκε ισχυρή αραιώση, ακολουθούμενη κατά σειρά από την μέτρια αραιώση, ασθενή και τον μάρτυρα.

**Πίνακας 4.2.2 Κατανομή ζωντανής βιομάζας στους τέσσερις χειρισμούς.**

Χειρισμός	Συνολική υπέργεια βιομάζα (t/ha)	Βιομάζα κορμού δένδρων (t/ha)	Βιομάζα κλαδιών δένδρων (t/ha)	Βιομάζα φυλλώματος δένδρων (t/ha)
Ισχυρή αραίωση	266,0519	203,45	43,31	19,29
Μέτρια αραίωση	257,8469	197,18	41,98	18,69
Ασθενής αραίωση	245,5398	187,76	39,97	17,80
Μάρτυρας	227,5835	174,03	37,05	16,50

**Πίνακας 4.2.3 Κατανομή ποσοτήτων άνθρακα που υπάρχει συσσωρευμένος στη ζωντανή υπέργεια βιομάζα, στους τέσσερις χειρισμούς.**

Χειρισμός	Συνολική ποσότητα άνθρακα (Mg/ha)	Συσσωρευμένος άνθρακας στον κορμό των δένδρων (Mg /ha)	Συσσωρευμένος άνθρακας στα κλαδιά των δένδρων (Mg /ha)	Συσσωρευμένος άνθρακας στο φύλλωμα των δένδρων (Mg /ha)
Ισχυρή αραίωση	125,0444	95,6215	20,3557	9,0663
Μέτρια αραίωση	121,1880	92,6746	19,7306	8,7843
Ασθενής αραίωση	115,4037	88,2472	18,7859	8,366
Μάρτυρας	106,9642	81,7941	17,4135	7,755

#### 4.3 Επίδραση των αραιώσεων στη συσσώρευση άνθρακα στη φυλλάδα

Η ένταση της αραιώσης επηρεάζει τη συσσώρευση άνθρακα στη δασική φυλλάδα (Πίνακας 4.3.1). Οι μεγαλύτερες ποσότητες βιομάζας και άνθρακα συσσωρεύονται στην ισχυρή και μέτρια αραίωση, περίπου 37 τόνους βιομάζας ή 13,7 Mg άνθρακα στο εκτάριο. Ενώ η ασθενής αραίωση

και ο μάρτυρας συσσωρεύουν μικρότερες ποσότητες βιομάζας και άνθρακα, 25,3 τόνους βιομάζας και 9,38 Mg άνθρακα αντίστοιχα.

**Πίνακας 4.3.1 Ποσότητα συσσωρευμένης βιομάζας και άνθρακα στη δασική φυλλάδα στους τέσσερις χειρισμούς.**

Χειρισμός	Μέση ποσότητα βιομάζας (t/ha)	Μέση ποσότητα άνθρακα(Mg/ha)	Ισοδύναμο CO <sub>2</sub> (Mg/ha)
Ισχυρή αραίωση	36,96	13,67	50,18
Μέτρια αραίωση	36,88	13,64	50,08
Ασθενής αραίωση	25,32	9,37	34,38
Μάρτυρας	25,36	9,38	34,44
Μ.Ο.	31,13	11,51	42,27

#### 4.4 Επίδραση των αραίωσεων στη συσσώρευση άνθρακα στο δασικό έδαφος

Η ένταση της αραίωσης δεν φαίνεται να επηρεάζει τη συσσώρευση άνθρακα στο δασικό έδαφος (Πίνακας 4.4.1). Ωστόσο ελαφρώς μεγαλύτερες ποσότητες βιομάζας και άνθρακα συσσωρεύονται στην ισχυρή και μέτρια αραίωση, περίπου 77 τόνους οργανικής ουσίας και 164 Mg ισοδύναμου CO<sub>2</sub> στο εκτάριο.

**Πίνακας 4.4.1 Ποσότητα συσσωρευμένου άνθρακα στο δασικό έδαφος στους τέσσερις χειρισμούς.**

Χειρισμός	Βάθος εδάφους	Μέση ποσότητα οργανικής ουσίας (t/ha)	Ισοδύναμο CO <sub>2</sub> (Mg/ha)
Ισχυρή αραίωση	0-20 εκ.	42,09	89,59
	20-50 εκ.	35,01	74,52
	Σύνολο	77,10	164,11
Μέτρια αραίωση	0-20 εκ.	42,88	91,27
	20-50 εκ.	34,18	72,76
	Σύνολο	77,06	164,03
Ασθενής αραίωση	0-20 εκ.	41,36	88,04
	20-50 εκ.	34,01	72,39
	Σύνολο	75,37	160,43

Μάρτυρας	0-20 εκ.	40,53	86,27
	20-50 εκ.	33,37	71,03
	<b>Σύνολο</b>	<b>73,90</b>	<b>157,30</b>
Μ.Ο.	0-20 εκ.	41,72	88,814
	20-50 εκ.	34,14	72,666
	<b>Σύνολο</b>	<b>75,86</b>	<b>161,480</b>

## 5 Οικονομική Διαχείριση Έργου

Το ποσό χρηματοδότησης του έργου αφορά αμοιβές μεταπτυχιακών φοιτητών, έξοδα μετακινήσεων στα πλαίσια των απαιτούμενων δράσεων και μετρήσεων πεδίου και διάφορα αναλώσιμα και λοιπές δαπάνες, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

<b>Κατηγορία Δαπάνης</b>	<b>Προϋπολογισμός (€)</b>
Αμοιβές μεταπτυχιακών φοιτητών	1000,00
Δαπάνες Μετακινήσεων	1440,00
Αναλώσιμα – Λοιπά	928,32
Γενικά Έξοδα (κρατήσεις ΕΛΚΕ)	374,26
<b>Σύνολο</b>	<b>3.742,58</b>

## **6 Αποκλίσεις**

Ουσιαστικές αποκλίσεις από το αρχικό χρονοδιάγραμμα δεν παρατηρήθηκαν, παρά μόνο αυτές που οφείλονταν στην πανδημία της COVID -19 και στις συνθήκες έκτακτης ανάγκης που δημιουργήθηκαν και οδήγησαν στην καθυστέρηση ορισμένων εργασιών.

Έτσι, λόγω της COVID-19 και της απαγόρευσης των μετακινήσεων, ορισμένες εργασίες πεδίου πραγματοποιήθηκαν με καθυστέρηση, όπως και οι αντίστοιχες εργαστηριακές αναλύσεις.

Αυτό όμως δεν επηρέασε την αποτελεσματικότητα του έργου καθώς πραγματοποιήθηκαν όλες οι προβλεπόμενες δράσεις και εξήχθησαν όλα τα προβλεπόμενα συμπεράσματα.



## 7 Βιβλιογραφία

- Aldea, J., Bravo, F., Bravo-Oviedo, A., Ruiz-Peinado, R., Rodríguez, F., del Río, M., 2017. Thinning enhances the species-specific radial increment response to drought in Mediterranean pine-oak stands. *Agric. For. Meteorol.* 237–8: 371–383. doi:10.1016/j.agrformet.2017.02.009.
- Ameztegui, A., Cabon, A., de Caceres, M., Coll, L., 2017. Managing stand density to enhance the adaptability of Scots pine stands to climate change: A modelling approach. *Ecol. Modell.* doi:10.1016/j.ecolmodel.2009.03.015
- Aronson J, Clewell AF, Blignaut JN, Milton SJ (2006) Ecological restoration: A new frontier for nature conservation and economics. *Journal for Nature Conservation* 14: 135—139.
- Bagdon Benjamin & Ching-Hsun Huang (2014) Carbon Stocks and Climate Change: Management Implications in Northern Arizona Ponderosa Pine Forests. *Forests*, 5(4), pp. 620-642, doi.org/10.3390/f5040620
- Bravo-Oviedo, A., Ruiz-Peinado, R., Modrego, P., Alonso, R., Montero, G., 2015. Forest thinning impact on carbon stock and soil condition in Southern European populations of *Pinus sylvestris* L. *For. Ecol. Manage.* 357: 259–267. doi:10.1016/j.foreco.2015.08.005
- Dafis S. (1973) Classification of forest vegetation of Greece. *Sch. Agric. and For. Sci. Yearb* 15: 75-90 (in Greek).
- Gordon Bonan (2018) Forests and Climate Change: Forcings, Feedbacks, and the Climate Benefits of Forests. *Science* 320, Issue 5882, pp. 1444-1449, DOI: 10.1126/science.1155121
- Magguran AE (1988) Ecological Diversity and its Measurement. Univ. Press, Cambridge.
- Mathieu Jonarda, Manuel Nicolas, David A. Coomes, Isabelle Caigneta, Anaïs Saenger, Quentin Ponette, 2017. Forest soils in France are sequestering substantial amounts of carbon. *Science of the Total Environment* 574: 616-628.
- Ντάφης 1990. Εφαρμοσμένη Δασοκομική. Εκδόσεις Γιαχούδη-Διαπούλη. Θεσσαλονίκη.
- Ozdemir Emrah, Ender Makineci, Ersel Yilmaz, Meric Kumbasli, Servet Caliskan, Vedat Beskardes, Akif Keten, Hayati Zengin, Hatice Yilmaz, 2019. Biomass estimation of individual trees for coppice-originated oak forests. *European Journal of Forest Research* 138: 623–637.
- Pukkala Timo, 2019. At what carbon price forest cutting should stop. *J. For. Res.* <https://doi.org/10.1007/s11676-020-01101-1>.
- Σμύρης Π. και Γκανάτσας Π., (1994) Αποτελέσματα αναγωγής δρυοδασών στο Χολομώντα Χαλκιδικής. *Πρακτικά βου Πανελληνίου Δασολογικού Συνεδρίου*, Χανιά, 6-8 Απριλίου 1994: 303-317.
- Sun Jeoung Lee, Jong Su Yim, Yeong Mo Son, Yowhan Son and Raehyun Kim, 2018. Estimation of Forest Carbon Stocks for National Greenhouse Gas Inventory Reporting in South Korea. *Forests* 2018, 9, 625; doi:10.3390/f9100625.
- Tsitsoni T, Ganatsas P, Zagas T, Hatzistathis A (1999) Rehabilitation of degraded forest ecosystems. ATh, Thessaloniki, Greece, Technical Report, 16 p.
- Tutin TG., Heywood VH, Burges NA, Moore DM, et al. (1993) *Flora Europaea* 2<sup>nd</sup> edn. Vol. 1-5, Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- Vilà-Cabrera, A., Coll, L., Martínez-Vilalta, J., Retana, J. (2018) Forest management for adaptation to climate change in the Mediterranean basin: A synthesis of evidence. *Forest Ecology and Management* 407: 16-22.

- Whitehead, D., 2011. Forests as carbon sinks-benefits and consequences. *Tree Physiology* **31**(9): 893-902. DOI: 10.1093/treephys/tpr063.
- Zagas T, Hatzistathis A, Tsitsoni T, Ganatsas P (1998) Degradation of Mediterranean forest ecosystems and silvicultural measures for their restoration. *European Environmental Research* 1(2): 53-60.