

# Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών

*ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ*

*ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ*

## Μεταπτυχιακή Διατριβή



*Εκτίμηση της απώλειας οικοσυστημικών υπηρεσιών σε  
δασικά οικοσυστήματα μετά την πυρκαγιά.*

*Περίπτωση Μελέτης: Περιοχή Δάσους Σολέας*

**Φραγκίσκος Φραγκίσκου**

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια: Δρ. Παρασκευή Μανωλάκη

Μάιος 2022

# Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ**

**ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

## Μεταπτυχιακή Διατριβή

***Εκτίμηση της απώλειας οικοσυστημικών υπηρεσιών σε  
δασικά οικοσυστήματα μετά την πυρκαγιά.***

***Περίπτωση: Περιοχής Σολέας***

**Φραγκίσκος Φραγκίσκου**

**Επιβλέπουσα Καθηγήτρια: Δρ. Παρασκευή Μανωλάκη**

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή υποβλήθηκε προς μερική εκπλήρωση των απαιτήσεων για απόκτηση μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών στη Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος από τη Σχολή Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών του Ανοικτού Πανεπιστημίου Κύπρου.

**Μάιος 2022**



## Περίληψη

Μια από τις σημαντικότερες συνέπειες που προκαλούνται λόγω της κλιματικής αλλαγής και των αερίων του θερμοκηπίου είναι η αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη.

Η αύξηση της θερμοκρασίας έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του αριθμού, καθώς και της έκτασης και έντασης, των πυρκαγιών και την καταστροφή μεγάλου μέρους των δασικών οικοσυστημάτων και της βιοποικιλότητας τους κάθε χρόνο. Τα δασικά οικοσυστήματα, συμβάλουν στην προστασία της βιοποικιλότητας και στη ρύθμιση του κλίματος μέσω της δέσμευσης του ατμοσφαιρικού άνθρακα και της μετατροπής του σε βιομάζα, έχοντας ως μακροπρόθεσμο αποτέλεσμα την επιβράδυνση της αλλαγής του κλίματος.

Στα πλαίσια της Ευρωπαϊκής Στρατηγικής για τη Βιοποικιλότητα (ΕΣΒ) με ορίζοντα το 2030, η οποία αποτελεί ένα ολοκληρωμένο σχέδιο για την προστασία της φύσης και της βιοποικιλότητας και την αλλαγή της πορείας της υποβάθμισης των οικοσυστημάτων και των οικοσυστημικών υπηρεσιών (ΟΥ), έχουν τεθεί στόχοι για τη μείωση του ρυθμού υποβάθμισης καθώς και αναστροφής αυτής της αρνητικής πορείας.

Στόχος αυτής της μεταπτυχιακής διατριβής είναι η αποτίμηση της απώλειας ΟΥ μετά την πυρκαγιά και η συμβολή στην επιστημονική γνώση η οποία απαιτείται σχετικά με την αποτίμηση και τη χαρτογράφηση των ΟΥ που παρέχονται από την ρύθμιση του κλίματος, και αξιολόγηση της κατάστασης των δασικών οικοσυστημάτων σε εθνικό επίπεδο.

Για το σκοπό αυτό, γίνεται αποτίμηση σε μια από τις σημαντικότερες λειτουργίες που επιτελούν τα δασικά οικοσυστήματα, τη δέσμευση ατμοσφαιρικού άνθρακα ως ζωντανή βιομάζα καθώς και στη «δεξαμενή» του εδάφους. Στα πλαίσια αυτής της προσπάθειας έγινε η εκτίμηση του αποθηκευμένου άνθρακα σε ένα δασικό οικοσύστημα, περιοχής που υπέστη απώλεια ΟΥ έπειτα από πυρκαγιά. Σαν τελικό αποτέλεσμα επιδιώκεται η εκτίμηση και ο υπολογισμός του αποθηκευμένου άνθρακα στον οικότοπο 9540 της Τραχείας πεύκης (*Pinus brutia*) στην κοιλάδα της Σολέας, στο Δάσος Αδελφοί της Δασικής Περιφέρειας Τροόδους (περιοχή μελέτης) η οποία έγινε με δύο διαφορετικές μεθόδους της εργαλειοθήκης «Tessa». Ο πρώτος με τη χρήση διεθνούς κλίμακας δεδομένων (global scale data) και ο δεύτερος με τη χρήση τοπικής κλίμακας δεδομένων πεδίου (local scale data) πριν από την πυρκαγιά. Μετέπειτα, γίνεται η σύγκριση των αποτελεσμάτων των αποθεμάτων του αποθηκευμένου άνθρακα στο εν λόγω δασικό οικοσύστημα και σαν αποτέλεσμα παρατηρήθηκαν διαφορές στις συνολικές τιμές μεταξύ τους. Ο αποθηκευμένος άνθρακας της υπέργειας βιομάζας (Above-Ground live Biomass carbon stock – AGBC) με τον πρώτο τρόπο εκτιμήθηκε  $60 \text{ t.C.ha}^{-1}$  ενώ με το δεύτερο τρόπος  $22,10$

t.C.ha<sup>-1</sup>, της υπόγειας βιομάζας (Below-Ground Biomass carbon stock – BGBC) 17,4 t.C.ha<sup>-1</sup> με 6,20 t.C.ha<sup>-1</sup> και του εδαφικού άνθρακα (Soil organic carbon - SoilC) 38 t.C.ha<sup>-1</sup> με 122,61 t.C.ha<sup>-1</sup> αντίστοιχα. Ακολούθως, έγιναν εισηγήσεις για ενέργειες που θα μπορούσαν να έχουν σαν αποτέλεσμα μια μελλοντική αύξηση του ποσοστού δέσμευσης άνθρακα από τα δασικά οικοσυστήματα της Κύπρου και την συμβολή στην παγκόσμια προσπάθεια για μετριασμό των επιπτώσεων του φαινομένου του θερμοκηπίου.

## **Summary**

One of the major consequences of climate change and greenhouse gases is the increase in global average temperature.

The increase in temperature, results in an increase in the number, as well as the extent and intensity, of fires and the destruction of much of the forest ecosystems and their biodiversity each year. Forest ecosystems contribute to the protection of biodiversity and climate regulation through the sequestration of atmospheric carbon and its conversion into biomass, with the long-term effect of slowing down climate change.

As part of the European Biodiversity Strategy (ESR) for 2030, which is a comprehensive plan to protect nature and biodiversity and change the course of ecosystems and GHGs, targets have been set to reduce rate of degradation as well as reversing this negative course.

The aim of this master's thesis is to assess the loss of ES after the fire and to contribute to the scientific knowledge required regarding the assessment and mapping of ESs provided by climate regulation, and to assess the state of forest ecosystems at national level.

For this purpose, an assessment is made in one of the most important functions performed by forest ecosystems, the sequestration of atmospheric carbon as living biomass as well as in the "reservoir" of soil. As part of this effort, the stored carbon was estimated in a forest ecosystem, in an area that lost its ES after a fire. The final result is the assessment and calculation of the stored carbon in the habitat 9540 of the Scots Pine (*Pinus brutia*) in the valley of Solea, in the Adelphi Forest of the Troodos Forest Region (study area) which was done with two different methods of the toolbox «Tessa». The first with the use of global scale data and the second with the use of local scale data before the fire. Subsequently, the results of the stored coal stocks in the said forest ecosystem are compared and as a result, differences were observed between them in their total prices. The stored carbon of the above ground biomass (Above-Ground live Biomass carbon stock - AGBC) in the first way was estimated  $60 \text{ t.C.ha}^{-1}$  while in the second way  $22.10 \text{ t.C.ha}^{-1}$ , of the underground biomass (Below-Ground Biomass carbon stock) - BGBC)  $17.4 \text{ t.C.ha}^{-1}$  to  $6.20 \text{ t.C.ha}^{-1}$  and soil carbon (SoilC)  $38 \text{ t.C.ha}^{-1}$  to  $122.61 \text{ t.C.ha}^{-1}$  respectively. Subsequently, suggestions were made for actions that could result in a future increase in the rate of carbon sequestration from the forest ecosystems of Cyprus and the contribution to the global effort to mitigate the effects of the greenhouse effect.



*«Κάθε χρόνο θα θυμόμαστε τον μαύρο εκείνο Ιούνιο φίλοι μου  
καλοί...Μαύρισε ο τόπος...μαύρισε και η ψυχή μας!!!*

*Ας είναι ελαφρύ το χώμα που σας σκεπάζει!!!»*

*Αφιερωμένη στους δύο φίλους μας που έχασαν  
την ζωή του στην πυρκαγιά της Σολέας.*



## **Ευχαριστίες**

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών «Διαχείριση και Προστασία Περιβάλλοντος» της σχολής Θετικών και Εφαρμοσμένων Επιστημών του Ανοικτού Πανεπιστημίου Κύπρου.

Με την ολοκλήρωση αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω θερμά την επιβλέπουσα καθηγήτρια Δρ. Παρασκευή Μανωλάκη για την πολύτιμη επιστημονική και εκπαιδευτική καθοδήγηση καθ όλη τη διάρκεια εκπόνησης της μεταπτυχιακής διατριβής.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω και όλους τους υπολοίπους διδάσκοντες ακαδημαϊκούς των υπόλοιπων θεματικών ενοτήτων για την πολύτιμη γνώση που μας πρόσφεραν και χρησιμοποιήθηκε στην ολοκλήρωση της παρούσας διατριβής.

Ιδιαίτερη ευγνωμοσύνη εκφράζω στην αγαπημένη μου σύζυγο Μαρία και τα υπόλοιπα μέλη της οικογένειας αφού χωρίς τη δική της ηθική στήριξη και συμπαράσταση δεν θα κατόρθωνα να ολοκληρώσω τις μεταπτυχιακές μου σπουδές.

# Περιεχόμενα

Περίληψη .....	iv
Summary .....	vi
Ευχαριστίες.....	ix
<b>1 Εισαγωγή.....</b>	<b>1</b>
1.1 Εισαγωγή.....	1
1.2 Καταγραφή του προβλήματος .....	4
1.3 Σημασία και αναγκαιότητα της μελέτης .....	6
1.4 Σκοπός και στόχοι.....	8
1.5 Ερευνητικά ερωτήματα.....	9
1.6 Διατύπωση των κεντρικών εννοιών.....	9
1.6.1 Οικοσυστημικές υπηρεσίες.....	9
1.6.2 Δάσος και Δασικό οικοσύστημα .....	10
1.6.3 Αξιολόγηση Οικοσυστημάτων και Αποτίμηση ΟΥ .....	10
1.6.4 Δέσμευση, αποθήκευση και δασικός κύκλος του άνθρακα .....	11
<b>2 Βιβλιογραφική Ανασκόπηση.....</b>	<b>12</b>
2.1 Εισαγωγή Βιβλιογραφικής Ανασκόπησης.....	12
2.2 Ιστορική αναδρομή Οικοσυστημικών υπηρεσιών .....	12
2.3 Θεωρητικό πλαίσιο .....	13
2.3.1 Κλιματική αλλαγή και φαινόμενο του θερμοκηπίου.....	13
2.3.2 Επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής και δασικά οικοσυστήματα .....	16
2.3.3 Επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στη βιοποικιλότητα.....	17
2.3.4 Δασικές πυρκαγιές και κλιματική αλλαγή .....	18
2.3.5 Αποτίμηση ΟΥ.....	19
2.3.6 Εργαλεία αξιολόγησης/ αποτίμησης ΟΥ.....	20
2.3.7 Εργαλειοθήκη «Tessa» (Toolkit for Ecosystem Service Site Assessment) .....	21
2.4 Βιβλιογραφική ανασκόπηση.....	22
2.5 Διεθνή πραγματικότητα.....	28
2.6 Κυπριακή πραγματικότητα .....	29
2.7 Συμπεράσματα.....	30
<b>3 Μεθοδολογία .....</b>	<b>32</b>
3.1 Σκοποι και στόχοι.....	32
3.2 Ερευνητικά ερωτήματα.....	33
3.3 Σχεδιασμός μελέτης .....	33

3.3.1	Περιοχή μελέτης.....	33
3.3.2	Επιλογή μεθόδου χαρτογράφησης της εδαφοκάλυψης και ΟΥ .....	36
3.3.3	Επιλογή ΟΥ και δεικτών .....	40
3.4	Περιγραφή ερευνητικών μεθόδων .....	41
3.4.1	Μέθοδος υπολογισμού αποθηκευμένου άνθρακα με την χρήση διεθνούς κλίμακας δεδομένων (global scale data). .....	41
3.4.2	Μέθοδος υπολογισμού αποθηκευμένου άνθρακα με την χρήση τοπικής κλίμακας δεδομένων πεδίου (local – field scale data). .....	46
3.5	Ανάλυση, επεξεργασία δεδομένων και παρουσίαση αποτελεσμάτων.....	52
<b>4</b>	<b>Αποτελέσματα.....</b>	<b>54</b>
4.1	Γενικά .....	54
4.2	Εκτίμηση ποσότητας αποθηκευμένου άνθρακα με δεδομένα διεθνούς κλίμακας (global scale data). 54	
4.2.1	Εκτίμηση άνθρακα Υπέργειας Βιομάζας (AGBC) με δεδομένα διεθνούς κλίμακας (global scale data).....	54
4.2.2	Εκτίμηση άνθρακα Υπόγειας Βιομάζας (BGBC) με δεδομένα διεθνούς κλίμακας (global scale data). .....	55
4.2.3	Εκτίμηση οργανικού άνθρακα στο έδαφος (SoilC) με δεδομένα διεθνούς κλίμακας (global scale data).....	56
4.2.4	Εκτίμηση άνθρακα νεκρής οργανικής ύλης (DOMC) με δεδομένα διεθνούς κλίμακας (global scale data).....	56
4.3	Εκτίμηση ποσότητας αποθηκευμένου άνθρακα με δεδομένα τοπικής κλίμακας πεδίου (local-field scale data) για την περιοχή του οικότοπου 9540. ....	58
4.3.1	Εκτίμηση άνθρακα υπέργειας βιομάζας (AGBC) με δεδομένα τοπικής κλίμακας πεδίου (local-field scale data) για την περιοχή του οικότοπου 9540. ....	58
4.3.2	Εκτίμηση άνθρακα υπόγειας βιομάζας (BGBC) με δεδομένα τοπικής κλίμακας πεδίου (local-field scale data) για την περιοχή του οικότοπου 9540. ....	59
4.3.3	Εκτίμηση οργανικού άνθρακα στο έδαφος (SoilC) με δεδομένα τοπικής κλίμακας πεδίου (local-field scale data) για την περιοχή του οικότοπου 9540. ....	59
4.3.4	Συνολικά αποτελέσματα περιοχής μελέτης (οικότοπου 9540) και με τις δύο μεθόδους υπολογισμού.....	60
4.4	Διαθεσιμότητα δεδομένων και περιορισμοί. ....	63
<b>5</b>	<b>Συζήτηση, συμπεράσματα, εισηγήσεις. ....</b>	<b>64</b>
5.1	Συζήτηση - Συμπεράσματα.....	64
5.2	Εκτίμηση και υπολογισμός αποθηκευμένου άνθρακα στη περιοχή μελέτης.....	64
5.3	Συμπεράσματα από την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων .....	67
5.4	Εισηγήσεις.....	68

## Κατάλογος Χαρτών

Χάρτης 1. Περιοχή μελέτης.....	35
Χάρτης 2. Περιοχή Μελέτης και Διοικητικά Όρια Κοινοτήτων.....	36
Χάρτης 3. Περιοχή Μελέτης και Φυσικό Απόθεμα, Natura 2000.....	36
Χάρτης 4. Ισοϋψείς καμπύλες στην περιοχή μελέτης.....	37
Χάρτης 5. Εδαφολογικό και Γεωλογικό προφίλ της περιοχή μελέτης.....	37
Χάρτης 6. Κλιματική ζώνη της περιοχής μελέτης.....	38
Χάρτης 7. Υδρογραφικό δίκτυο και λεκάνες απορροής.....	38
Χάρτης 8. Χρήσεις γης σύμφωνα με το CORINE 2012.....	39
Χάρτης 9. Χάρτης ξυλώδους βλάστησης της περιοχής μελέτης.....	39
Χάρτης 10. Οικότοπος 9540 τραχείας πεύκης.....	40
Χάρτης 11. Όριο κρατικού δάσους.....	40
Χάρτης 12. Προεπιλεγμένες δειγματοληπτικές επιφάνειες απογραφής 2011.....	48
Χάρτης 13. Περιοχή μελέτης (Οικότοπος 9540).....	51
Χάρτης 14. Συνολικός Άνθρακας Ζωντανής Βιομάζας στην Περιοχή Μελέτης.....	2

## Κατάλογος εικόνων

Εικόνα 1. Διοξειδίου του άνθρακα από το 1950 και μετά. (NASA, 2022).....	15
--	----

## Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1. «Climate M2» Εκτίμηση αποθέματος άνθρακα υπέργειας βιομάζας (AGBC) στην περιοχή μελέτης με την χρήση διεθνούς κλίμακας δεδομένων (global scale data).....	43
Πίνακας 2. «Climate M5» Μετατροπή Υπέργειας βιομάζας σε Υπόγεια βιομάζα.....	44
Πίνακας 3. «Climate M5» εκτίμηση αποθέματος άνθρακα της Υπόγειας βιομάζας (BGBC) στην περιοχή μελέτης με την χρήση διεθνούς κλίμακας δεδομένων (global scale data).....	44
Πίνακας 4. «Climate M6» Εκτίμηση αποθέματος νεκρής οργανικής ύλης (DOMC) στην περιοχή μελέτης με την χρήση διεθνούς κλίμακας δεδομένων (global scale data).....	45
Πίνακας 5.«Climate M7» Εκτίμηση οργανικού άνθρακα στο έδαφος (SoilC) στην περιοχή μελέτης με την χρήση διεθνούς κλίμακας δεδομένων (global scale data). .....	46
Πίνακας 6. Μέσος όρος αποθηκευμένου άνθρακα και τυπική απόκλιση από τον μέσο όρο.....	50
Πίνακας 7. Εφαρμογή της εξίσωσης για τον υπολογισμό απαιτούμενο αριθμού δειγματοληπτικών επιφανειών.....	50
Πίνακας 8. «Climate M4» Εκτίμηση άνθρακα AGBC για τις 39 δειγματοληπτικές επιφάνειες με απευθείας μετρήσεις. ....	52
Πίνακας 9. «Climate M4» Εκτίμηση άνθρακα BGBC για τις 39 δειγματοληπτικές επιφάνειες με απευθείας μετρήσεις. ....	52
Πίνακας 10. Αποθέματα άνθρακα υπέργειας βιομάζας στην περιοχή μελέτης (AGBC) με «global scale data». ....	55
Πίνακας 11. Αποθέματα άνθρακα υπόγειας βιομάζας στην περιοχή μελέτης (BGBC) με «global scale data». ....	56
Πίνακας 12. Αποθέματα οργανικού άνθρακα στο έδαφος στην περιοχή μελέτης (SoilC) με «global scale data». ....	56
Πίνακας 13. Αποθέματα άνθρακα νεκρής οργανικής ύλης στην περιοχή μελέτης (DOMC) με «global scale data». ....	57

<b>Πίνακας 14.</b> Συγκεντρωτικό απόθεμα άνθρακα στην περιοχή μελέτης με «global scale data»....	57
<b>Πίνακας 15</b> Αποθέματα άνθρακα υπέργειας βιομάζας στην περιοχή μελέτης (AGBC) με «local-field scale data».....	58
<b>Πίνακας 16.</b> Αποθέματα άνθρακα υπόγειας βιομάζας στην περιοχή μελέτης (BGBC) (οικότοπος 9540) με «local-field scale data» .....	59
<b>Πίνακας 17.</b> Αποθέματα αποθηκευμένου άνθρακα ζωντανής βιομάζας στην περιοχή μελέτης (οικότοπος 9540) με «local-field scale data». ....	59
<b>Πίνακας 18.</b> Συνολικό Αποθέματα άνθρακα στο έδαφος στην περιοχή μελέτης (SoilC) (οικότοπος 9540 ) με «local-field scale data» .....	60
<b>Πίνακας 19</b> Συγκεντρωτικό απόθεμα άνθρακα στην περιοχή του οικότοπου 9540 με «local-field scale data». ....	60
<b>Πίνακας 20.</b> Συγκριτικά αποτελέσματα εκτίμησης αποθεμάτων άνθρακα περιοχής μελέτης. ....	61
<b>Πίνακας 24.</b> Πίνακας δεδομένων πεδίου 39 δειγματοληπτικών επιφανειών .....	3
<b>Πίνακας 25.</b> Πίνακας συνολικών δεδομένων πεδίου 39 δειγματοληπτικών επιφανειών.....	28
<b>Πίνακας 26.</b> Δεδομένα πεδίου (local field data) για την διενέργεια Independent T-Test .....	29
<b>Πίνακας 27.</b> Διεθνούς κλίμακας δεδομένα (global scale data) για την διενέργεια Independent T-Test .....	30

## **Κατάλογος Ιστογραμμάτων**

<b>Ιστόγραμμα 1.</b> Συγκριτικά αποτελέσματα εκτίμησης αποθεμάτων άνθρακα περιοχής μελέτης.	61
<b>Ιστόγραμμα 2.</b> Σύγκριση αποτελεσμάτων εκτίμησης αποθηκευμένου άνθρακα και με τις δύο μεθόδους στις τρεις «δεξαμενές» αποθήκευσης στην περιοχή μελέτης. ....	62
<b>Ιστόγραμμα 3</b> Σύγκριση περιοχής μελέτης με χώρες ανά το παγκόσμιο (FAO, 2020).....	62

# Κεφάλαιο 1

## Εισαγωγή

### 1.1 Εισαγωγή

Η πυρκαγιά είναι μια από τις συχνότερες και σοβαρότερες διαταραχές σε οικοσυστήματα μεσογειακού τύπου (Moreno, Vazquez and Vezel, 1998) και κυρίως στα δασικά οικοσυστήματα που έχουν σαν αποτέλεσμα αλλαγές στις χρήσεις καθώς και καλύψεις της γης προκαλώντας μεταβολές στα ισοζύγια νερού, ενέργειας και άνθρακα. Η αξία και η καλή κατάσταση των δασικών οικοσυστημάτων είναι αδιαμφισβήτητη και απαραίτητη τόσο για την υγεία και την διαβίωση όσο και για την οικονομική και κοινωνική ευημερία του ανθρώπου. Παρόλη την αδιαμφισβήτητη αξία τους, η καταστροφή, η υποβάθμιση και απώλεια των οικοτόπων και γενικά των οικοσυστημάτων ανά το παγκόσμιο συνεχίζεται με αμείωτη και αυξανόμενη ένταση.

Η κατάσταση των δασικών οικοσυστημάτων στη Μεσόγειο και σε ολόκληρη την Ευρώπη δέχεται τις επιπτώσεις των διαφόρων περιβαλλοντικών αλλαγών με αποτέλεσμα να κινδυνεύει η αειφορική τους διαχείριση και οι οικοσυστημικές και πολιτιστικές υπηρεσίες που προσφέρουν. (Heinz, 2003).

Η μεγάλη αξία των οικοσυστημάτων (περιβαλλοντική, κοινωνική, οικονομική) θα μπορούσε κάτω από τις κατάλληλες προϋποθέσεις να λειτουργήσει σαν κίνητρο για μια καλύτερη και πιο αειφόρο διαχείριση των φυσικών πόρων, παρόλα αυτά η έννοια «αειφόρος διαχείριση» βρίσκεται ακόμα σαν μελλοντικός στόχος για υλοποίηση στις ατζέντες των κυβερνήσεων όλων σχεδόν των χωρών της υφηλίου.

Όπως αναφέρεται και στο «Σχέδιο Στρατηγικής Ανάπτυξης της Δασοπονίας 2018 – 2038» από το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας της Ελλάδας σαν αειφόρος διαχείριση και πιο συγκεκριμένα «Αειφόρος Διαχείριση των Δασών» ορίζεται η διαχείριση των δασικών οικοσυστημάτων με τέτοια ένταση και ρυθμό που να επιτρέπεται η διατήρηση της

βιοποικιλότητας, της ζωτικότητας καθώς και η ικανότητα αναγέννησης τους και επίσης να προάγεται η απρόσκοπτη παροχή των οικοσυστημικών τους υπηρεσιών στο παρόν και στο μέλλον χωρίς να επιβαρύνει άλλα οικοσυστήματα (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2018).

Η αειφόρος διαχείριση των Δασικών οικοσυστημάτων θα οδηγήσει σε μια πιο οικοσυστημική προσέγγιση για την προστασία της βιοποικιλότητας στοχεύοντας σε μια μελλοντική επίτευξη ισορροπίας μεταξύ των στόχων για τη διατήρηση της, τη βιώσιμη χρήση και δίκαιη κατανομή των φυσικών πόρων. Η οικοσυστημική προσέγγιση συμπεριλαμβάνει επίσης όλες τις ουσιώδεις διεργασίες, λειτουργίες και αλληλεπιδράσεις μεταξύ των οργανισμών και του περιβάλλοντος τους.

Γενικά, δασικό οικοσύστημα ορίζεται ως το σύνολο φυτών και ζώων στο οποίο κυριαρχεί η δενδρώδης δασική βλάστηση και όπου όλοι οι ζωντανοί οργανισμοί αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους, καθώς και με το έδαφος και το κλίμα.

Σαν οικοσύστημα το δάσος αποτελεί απαραίτητο στοιχείο για τη διατήρηση της ζωής του ανθρώπου και παίζει σημαντικό ρόλο στο μετριασμό των επιπτώσεων από την κλιματική αλλαγή επιδρώντας στη θερμοκρασία του αέρα και του εδάφους. Ακόμα, έχει μεγάλη συμβολή στον υδρολογικό κύκλο καθώς και στον κύκλο του άνθρακα. Επίσης, προστατεύει το έδαφος από τη διάβρωση, την υποβάθμιση και την ερημοποίηση και συμβάλλει στην προστασία και διατήρηση της βιοποικιλότητας (Παπαγεωργίου, Καρέτσος και Κατσαδωράκης, 2012).

Επιπρόσθετα, τα δασικά οικοσυστήματα προσφέρουν οφέλη τα οποία χαρακτηρίζονται ως δασικές οικοσυστημικές υπηρεσίες (ΟΥ), εννοώντας την συμβολή των δομών και των λειτουργιών των οικοσυστημάτων, και των αλληλεπιδράσεων μεταξύ τους, στη διατήρηση και βελτίωση της ποιότητας ζωής του ανθρώπου (Burkhard και Maes, 2017). Κάποιες από τις αλληλεπιδράσεις αυτές είναι η διήθηση του νερού, η φωτοσύνθεση, η οξείδωση και η απονιτροποίηση. Μέσα από τη ροή αυτών των οικοσυστημικών υπηρεσιών γίνεται μια σύνδεση μεταξύ των κοινωνικοοικονομικών συστημάτων και των φυσικών οικοσυστημάτων έχοντας σαν αποτέλεσμα μια πιο ολοκληρωμένη οικοσυστημική προσέγγιση για την αειφόρο διαχείριση τους. Σύμφωνα με το

CICES (The Common International Classification of Ecosystem Services) οι οικοσυστημικές υπηρεσίες χωρίζονται σε τρεις κύριες κατηγορίες τις προμηθευτικές ή υπηρεσίες παροχής, τις πολιτισμικές και τις ρυθμιστικές ή διατήρησης (Cices, 2021). Μια από τις κυριότερες αιτίες καταστροφής αυτών των οικοσυστημάτων και κατ' επέκταση των οικοσυστημικών υπηρεσιών είναι οι πυρκαγιές.

Κυριότερη και ίσως η πιο σημαντική από τις ρυθμιστικές οικοσυστημικές υπηρεσίες είναι η ρύθμιση του κλίματος και οι λειτουργίες με τις οποίες τα δασικά οικοσυστήματα την προσφέρουν θεωρείται η απορρόφηση, δέσμευση και αποθήκευση του ατμοσφαιρικού άνθρακα μέσω της φωτοσύνθεσης κατά την οποία τα δέντρα λειτουργούν ως καταβόθρες για το διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) δεσμεύοντας άνθρακα και στην συνέχεια τον αποθηκεύουν ως βιομάζα από την οποία ένα ποσοστό θα επιστρέψει στην ατμόσφαιρα μέσω της αναπνοής ή της αποσύνθεσής ή κάποιας διαταραχής, ανθρώπινης ή φυσικής. Όπως αναφέρουν και οι (Jandl et al., 2007) τα δασικά οικοσυστήματα αποθηκεύουν περισσότερο από το 80% όλου του χερσαίου υπέργειου άνθρακα (C) και περισσότερο από το 70% του συνόλου του οργανικού C του εδάφους. Επίσης, δεσμεύουν 5-7 φορές περισσότερο άνθρακα από το ποσοστό που δεσμεύει το έδαφος αλλά τα τελευταία χρόνια οι τιμές αυτές μειώθηκαν σε δασικά οικοσυστήματα της Ευρώπης κατά μέσο όρο 0.1 μεγατόνους (Gigatons) ετησίως λόγω των πυρκαγιών (Heinz, 2003).

Η αποθήκευση του ατμοσφαιρικού άνθρακα στη δασική βιομάζα είναι βασικό χαρακτηριστικό γνώρισμα ενός σταθερού δασικού οικοσυστήματος και του παγκόσμιου κύκλου του άνθρακα. Ένα μεγάλο ποσοστό του άνθρακα αποθηκεύεται υπό τη μορφή ξυλώδους βιομάζας (κορμός, ρίζες, κλαδιά) και ένα άλλο ποσοστό σε οργανική ύλη και στο χώμα. Η δασική βιομάζα χωρίζεται σε υπέργεια βιομάζα (Above-Ground live Biomass carbon stock – AGBC), υπόγεια βιομάζα (Below-Ground Biomass carbon stock – BGBC), Νεκρή οργανική ύλη (Dead Organic Matter - DOMC), Δασικός ξυροτάπιτας (Forest floor litter), και οργανικός άνθρακας του εδάφους (Soil organic carbon - SoilC).

Παρόλη την σημαντικότητα της συγκεκριμένης λειτουργίας που επιτελούν τα οικοσυστήματα (δέσμευση άνθρακα) η προστασία τους δεν είναι σε ικανοποιητικό βαθμό γεγονός που οδηγεί τα τελευταία χρόνια σε αυξανόμενο ρυθμό απώλειας των δασών με



αποτέλεσμα την απώλεια αποθηκευμένου άνθρακα σε όλες τις μορφές του και την αύξηση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου προκαλώντας την υπερθέρμανση του πλανήτη. Στην Κύπρο τα τελευταία χρόνια παρουσιάζεται μια ανοδική τάση τόσο για τον αριθμό των δασικών πυρκαγιών στο νησί όσο και για την συνολική καμένη έκταση ανά χρονιά. Όπως φαίνεται από τα δεδομένα του Τμήματος Δασών για την περίοδο 2017 – 2020 παρατηρείται μια άνοδος της τάξεως του 19,5% στον αριθμό των πυρκαγιών και 86,8% στην συνολική καμένη έκταση. Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στη Κύπρο φαίνονται επίσης και από την ανοδική τάση που εμφανίζει η μέση ετήσια θερμοκρασία καθώς επίσης την αύξηση των ημερών με ακραίες ψηλές θερμοκρασίες πάνω από 40°C και την αύξηση της συχνότητας των ακραίων καιρικών φαινομένων (Τμήμα Αναπτύξεως Υδάτων, 2015).

Στην παρούσα έρευνα γίνεται προσπάθεια εκτίμησης της απώλειας οικοσυστημικών υπηρεσιών σε δασικά οικοσυστήματα μετά την πυρκαγιά. Επίσης, η αποτίμηση συγκεκριμένης οικοσυστημικής υπηρεσίας, της δέσμευσης ατμοσφαιρικού άνθρακα από δασικά οικοσυστήματα, πριν από μια μεγάλη διατάραξη όπως είναι η πυρκαγιά. Αυτό που επιδιώκεται σαν τελικό αποτέλεσμα είναι η εκτίμηση του βαθμού επίδρασης της απώλειας δασικών ενδιαιτημάτων στις παραγόμενες οικοσυστημικές υπηρεσίες και πιο συγκεκριμένα την δέσμευση και αποθήκευση του ατμοσφαιρικού άνθρακα. Επίσης γίνεται σύγκριση μεταξύ δύο διαφορετικών μεθόδων υπολογισμού του αποθηκευμένου άνθρακα στη περιοχή μελέτης, της μεθόδου με την χρησιμοποίηση διεθνούς κλίμακας δεδομένων (global scale data) και την μέθοδο με την χρησιμοποίηση τοπικής κλίμακας δεδομένων πεδίου (local – field scale data).

## **1.2 Καταγραφή του προβλήματος**

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι μια φυσική διαδικασία με την οποία επιτυγχάνεται η θέρμανση του πλανήτη. Σε αυτό το φαινόμενο κυριότερο αέριο είναι το διοξείδιο του άνθρακα, όμως η υπερβολική αύξηση του στην ατμόσφαιρα έχει αλυσιδωτές επιπτώσεις. Οι συγκεντρώσεις του διοξειδίου άνθρακα στην ατμόσφαιρα παρουσιάζουν σταθερά αυξητικές τάσεις τουλάχιστον από το 1958 και μετά (Jones και Wigley, 1990). Οι προβλέψεις αναφέρουν ότι μέχρι το 2030 η αύξηση θα αγγίξει το 16% και θα έχει διπλασιαστεί μέχρι τα μέσα του επόμενου αιώνα, καθώς και η μέση ετήσια παγκόσμια θερμοκρασία θα παρουσιάσει αύξηση, μεταξύ 2 και 5 °C (UN, 2021).

Η παγκόσμια αύξηση της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση των δασικών πυρκαγιών τις τελευταίες δεκαετίες, και αναμένεται να αυξηθούν ακόμα περισσότερο και ειδικότερα στις χώρες της Μεσογείου (Moreira et al., 2010). Αξίζει να αναφερθεί πως ένα ποσοστό του 85% της καμένης έκτασης της Ευρώπης βρίσκεται στις Μεσογειακές χώρες (San Miquel, Moreno και Camia, 2013).

Οι δασικές πυρκαγιές αποτελούν ίσως τον σημαντικότερο κίνδυνο για τα χερσαία οικοσυστήματα ανά το παγκόσμιο (Mitsopoulos και Mallinis, 2017) έχοντας τεράστιο αντίκτυπο στο περιβάλλον και στις οικοσυστημικές του υπηρεσίες καθώς και στην απώλεια των ενδιαιτημάτων.

Αν και οι πυρκαγιές, σε ένα μικρό ποσοστό, αποτελούν αναπόφευκτα φυσικό μέρος ενός υγιούς οικοσυστήματος και ο πλήρης αποκλεισμός της πυρκαγιάς μπορεί να φέρει αρνητικά αποτελέσματα (Penafort, 2001), η φωτιά φυσική ή διαχειριζόμενη, είναι μια πολύ σημαντική διαταραχή που επηρεάζει σε αρκετά μεγάλο βαθμό τα αποθέματα του αποθηκευμένου άνθρακα για μεγάλο χρονικό διάστημα μετά.

Η κλιματική αλλαγή επηρεάζει τη συχνότητα και τη σοβαρότητα των πυρκαγιών, με αποτέλεσμα να εμφανίζονται μεγαλύτερες και συχνότερες πυρκαγιές με ακραία αποτελέσματα (Future Earth, The Earth League και WCRP, 2021). Όπως επίσης χαρακτηριστικά αναφέρεται στη αναφορά για την κλιματική αλλαγή και τις μέγα - πυρκαγιές, υπήρξαν αυξήσεις στην έκταση, στην ένταση καθώς και στην διάρκεια των πυρκαγιών δημιουργώντας μεγάλης έκτασης δασικές πυρκαγιές (Mega fires) οι οποίες εξαπλώνονται ανεξέλεγκτα και γίνονται ολοένα πιο συχνές προκαλώντας τεράστιες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου.

Οι δασικές πυρκαγιές και κατά κύριο λόγο οι μέγα πυρκαγιές μειώνουν τα αποθέματα του αποθηκευμένου άνθρακα ελευθερώνοντας τον στην ατμόσφαιρα μέσω της καύσης και ενισχύοντας τα αέρια του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα. Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται μια κατακόρυφη αύξηση στη συχνότητα και ένταση των μέγα πυρκαγιών παγκοσμίως καθώς και στην ποσότητα της βιομάζας που καίγεται. Όπως πολύ χαρακτηριστικά αναφέρουν οι (Shiraishi και Hirata, 2021) για την περίοδο 2019 - 2020 κατά την οποία σημειώθηκαν μέγα πυρκαγιές στην Αυστραλία, καταγράφηκε η

υψηλότερη μηνιαία εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα στη χώρα την τελευταία δεκαετία. Πιο συγκεκριμένα για την περίοδο Μάρτιο 2019 μέχρι τον Φεβρουάριο 2020 το εκτιμώμενο CO<sub>2</sub> ανήλθε στα 806 ± 69,7 Tg CO<sub>2</sub> που ισοδυναμεί με 1,5 φορές τις συνολικές ετήσιες εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου στην χώρα. Επίσης, αναφέρεται ότι οι εκπομπές κατά το 2019 ήταν 674 ± 57,6 Tg CO<sub>2</sub> το οποίο είναι 2,4 φορές μεγαλύτερο από τις μέσες ετήσιες εκπομπές τις περιόδου 2001 – 2018.

Η ένταση και η συχνότητα των μέγα πυρκαγιών μεγαλώνει κάθε χρόνο και περισσότερο, και οι καταστροφικές πυρκαγιές του 2021 στην Ελλάδα και στην Σιβηρία υπολογίζεται ότι ελευθέρωσαν στην ατμόσφαιρα 1,7 δισεκατομμύρια τόνους διοξειδίου του άνθρακα το οποίο ισοδυναμεί με 50% της συνολικής χρονιαίας εκπομπής ολόκληρης της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Ainger, 2021).

Τα φυτά που αποτελούν ένα δασικό οικοσύστημα διαθέτουν μηχανισμούς προσαρμογής στη φωτιά και κυρίως κατά την σύντομη περίοδο μετά την πυρκαγιά. Οι μηχανισμοί αυτοί ενεργοποιούνται αμέσως μετά τη φωτιά και βοηθούν τη βλάστηση να επανέλθει το συντομότερο δυνατό. Στους πιο σημαντικούς μηχανισμούς συγκαταλέγεται η διατήρηση σε λήθαργο σπερμάτων στο έδαφος τα οποία θα ενεργοποιηθούν με τη φωτιά ή με την θερμότητα ή με πρεμνοβλαστήματα (Keeley, 1995).

Η επιστροφή της βλάστησης εκτός από φυσική αναγέννηση μπορεί να γίνει και με τεχνητή αναδάσωση. Η αναδάσωση καθώς και η αναγέννηση μπορούν να ανατρέψουν την υποβάθμιση του εδάφους, την επαναφορά του χαμένου άνθρακα, την ενίσχυση των φυσικών δεξαμενών του και μετριασμό των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής. Η αναδάσωση μετά από αποψίλωση ή διαταραχή μπορεί να αυξήσει πολλές οικοσυστημικές υπηρεσίες που βασίζονται στον άνθρακα, όπως την δέσμευση άνθρακα και την παραγωγή σε ξυλώδη βιομάζα και την ρύθμιση και μετριασμό της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και της κλιματικής αλλαγής με την δέσμευση του διοξειδίου του άνθρακα και την αποθήκευση του για μεγάλα χρονικά διαστήματα (Nave et al., 2018).

### 1.3 Σημασία και αναγκαιότητα της μελέτης

Τα τελευταία χρόνια ανά το παγκόσμιο παρουσιάζεται όλο και εντονότερα το φαινόμενο των μέγα-πυρκαγιών και η επιστημονική κοινότητα συσχετίζει το φαινόμενο με την υπερθέρμανση του πλανήτη και με το φαινόμενο του θερμοκηπίου (Struzik, 2020).

Οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ της υπερθέρμανσης του πλανήτη και γενικότερα της κλιματικής αλλαγής και της δασικής βιοποικιλότητας μπορεί να χαρακτηριστεί ως μια

κλιματική σχέση με αλυσιδωτές επιπτώσεις οι οποίες θα επηρεάζουν άμεσα τη συχνότητα και τη σοβαρότητα των πυρκαγιών. Η κλιματική αλλαγή θα επηρεάσει άμεσα την σύνθεση των σημερινών δασικών οικοσυστημάτων, μετατοπίζοντας τα σε μεγαλύτερα υψόμετρα και σε συνδυασμό με την αύξηση του αριθμού και της έντασης των πυρκαγιών θα έχει ως αποτέλεσμα την μείωση της ανθεκτικότητας (resilience) και της ικανότητας ανάκαμψης (recovery) των οικοσυστημάτων (Nitschke και Innes, 2006).

Όπως αναφέρεται και στην Ευρωπαϊκή Στρατηγική για τη Βιοποικιλότητα (ΕΣΒ) η ακόμα συνεχιζόμενη πανδημία COVID-19 καθιστά την ανάγκη για προστασία και αποκατάστασης των οικοσυστημάτων ακόμα πιο επιτακτική παραλληλίζοντας την ανθρώπινη υγεία με την υγεία της φύσης, των φυσικών πόρων και των οικοσυστημάτων (European Commission, 2020a).

Στα πλαίσια της Στρατηγικής της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την Βιοποικιλότητα με ορίζοντα το 2030 , η οποία αποτελεί να ολοκληρωμένο σχέδιο για την προστασία της φύσης και την αλλαγή της πορείας της υποβάθμισης των οικοσυστημάτων και των οικοσυστημικών υπηρεσιών η εργασία αυτή αναμένεται να συμβάλει στην επιστημονική γνώση η οποία απαιτείται σχετικά με την αποτίμηση και χαρτογράφηση τους.

Η Στρατηγική για τη Βιοποικιλότητα στην Κύπρο ξεκίνησε να αναπτύσσεται στα πλαίσια της εναρμόνισης της Κύπρου με τις υποχρεώσεις που πηγάζουν από τη Σύμβαση των Ηνωμένων Εθνών για τη Βιοποικιλότητα (Convention on Biological Diversity) όπως επίσης και από την Ευρωπαϊκή Στρατηγική για τη Βιοποικιλότητα (ΕΣΒ) θέτοντας στόχους προς εκπλήρωση για τη διατήρηση, προστασία και αειφόρο χρήση της βιοποικιλότητας. Για την εκπλήρωση των στόχων αυτών, έχουν τεθεί δεκατρείς στρατηγικοί στόχοι για την Κύπρο οι οποίοι μεταξύ των άλλων αφορούν την διατήρηση και αποκατάσταση της βιοποικιλότητας, αποδοτική διαχείριση προστατευόμενων περιοχών καθώς και την αποτίμηση, προβολή και διατήρηση οικοσυστημικών υπηρεσιών (Υπουργείο Γεωργίας Αγροτικής Ανάπτυξης Και Περιβάλλοντος, 2020).

Συγκεκριμένα, ο πρώτος στόχος και το όραμα της Ευρωπαϊκής Ένωσης το οποίο περνάει μέσα από το σκοπό της Ευρωπαϊκή Στρατηγική για τη Βιοποικιλότητα (ΕΣΒ) είναι να σταματήσει η απώλεια βιοποικιλότητας και των υπηρεσιών οικοσυστήματος τόσο εντός ΕΕ όσο και στην υφήλιο. Ο δεύτερος στόχος της ΕΣΒ (δράση 5) είναι η διατήρηση και βελτίωση των οικοσυστημάτων και των υπηρεσιών που παρέχουν και αυτό απαιτεί τη

χαρτογράφηση και αξιολόγηση της κατάστασης των οικοσυστημάτων και των υπηρεσιών τους σε εθνικό επίπεδο και την οικονομική αποτίμηση των υπηρεσιών.

Μέσα από ανασκόπηση της διαθέσιμης διεθνούς βιβλιογραφίας, παρατηρήθηκε να παρουσιάζεται ένα κενό όσο αφορά τα δασικά οικοσυστήματα και τις οικοσυστημικές τους υπηρεσίες, και πιο συγκεκριμένα την δέσμευση του ατμοσφαιρικού άνθρακα καθώς και την αποτίμηση και χαρτογράφηση της. Επίσης κενό παρουσιάζετε στον υπολογισμό και τον βαθμό επηρεασμού του αποθηκευμένου άνθρακα μετά από μέγα πυρκαγιές και την δυνατότητα και το ποσοστό εναποθήκευσης του μετά από ένα μεγάλο χρονικό διάστημα.

Η παρούσα λοιπόν εργασία αναμένεται να συμβάλει στο σκοπό αυτό, την εκτίμηση της ποσότητας του αποθηκευμένου άνθρακα που απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα μετά από μια δασική μέγα πυρκαγιά.

#### **1.4 Σκοπός και στόχοι**

Σκοπός της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής είναι η εκτίμηση της απώλειας των ΟΥ καθώς και της ποσότητας του αποθηκευμένου άνθρακα που βρισκόταν υπό μορφή βιομάζας καθώς και στο έδαφος (carbon stock) σε ένα δασικό οικοσύστημα πριν από μια μεγάλη διαταραχή όπως η μέγαπυρκαγιά. Η εκτίμηση αυτή θα γίνει με την χρήση δύο διαφορετικών μεθόδων α: με τη χρήση διεθνούς κλίμακας δεδομένων (global scale data) και β: τοπικής κλίμακας δεδομένων πεδίου (local-field scale data) το οποίο θα αποτελέσει και βάση για συγκρίσεις για αποτίμηση μελλοντικών αλλαγών . Σαν επιμέρους στόχοι ορίζονται οι πιο κάτω:

- Η χαρτογράφηση της έκτασης του δασικού οικοσυστήματος πριν την πυρκαγιά, το 2011
- Η χωρική ανάλυση και η εκτίμηση του αποθηκευμένου άνθρακα στη απογραφή του 2011.
- Η εκτίμηση του αποθηκευμένου άνθρακα με τη χρήση διεθνούς κλίμακας δεδομένων (global scale data) αλλά και τοπικών δεδομένων (regional scale data) και σύγκριση των αποτελεσμάτων.
- Ο υπολογισμός της απώλειας άνθρακα από την περιοχή μελέτης που προκλήθηκε από την πυρκαγιά και η σύγκριση των δύο μεθόδων υπολογισμού του.

Στην παρούσα διατριβή εξετάζεται η αποτίμηση και χαρτογράφηση της οικοσυστημικής υπηρεσίας για τη ρύθμιση του κλίματος με τη χρησιμοποίηση των δεικτών της απορρόφησης, δέσμευσης και μετατροπής του ατμοσφαιρικού άνθρακα σε βιομάζα σε μια περιοχή όπου πλήγηκε στο παρελθόν από μια μέγα - πυρκαγιά. Βασική ερευνητική υπόθεση της εργασίας είναι ότι, η απώλεια σημαντικής έκτασης του δασικού ενδιαίτηματος η οποία προκλήθηκε λόγω της πυρκαγιάς οδήγησε σε μείωση των υπηρεσιών του οικοσυστήματος. Στόχος λοιπόν της εργασίας είναι να γίνει εκτίμηση της απώλειας συγκεκριμένης οικοσυστημικής υπηρεσίας λόγω της πυρκαγιάς στο δάσος Σολέας.

### **1.5 Ερευνητικά ερωτήματα**

Τα Ερευνητικά ερωτήματα που προκύπτουν από τους πιο πάνω στόχους είναι τα ακόλουθα:

1. Σε πιο βαθμό επηρεάστηκε η δέσμευση και αποθήκευση σε βιομάζα του ατμοσφαιρικού άνθρακα από το δασικό οικοσύστημα (περιοχή μελέτης) λόγω της μεγάλης έκτασης πυρκαγιάς,
2. Τι ποσοστό του άνθρακα καταστράφηκε και μετατράπηκε σε διοξείδιο του άνθρακα αυξάνοντας την ατμοσφαιρική δεξαμενή.
3. Ποια τα αποτελέσματα της σύγκρισης των δύο διαφορετικών μεθόδων εκτίμησης του αποθηκευμένου άνθρακα;

### **1.6 Διατύπωση των κεντρικών εννοιών**

Αν και ένας πολύ γενικός αλλά περιεκτικός ορισμός στο τι είναι οικοσύστημα αναφέρεται από τους Maes *et al.*, (2005) οι οποίοι ορίζουν το οικοσύστημα ως το σύνολο των βιοτικών και αβιοτικών στοιχείων μιας περιοχής και τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ τους.

#### **1.6.1 Οικοσυστημικές υπηρεσίες**

Οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των βιοτικών και αβιοτικών στοιχείων μιας περιοχής έχουν ως αποτέλεσμα την παραγωγή ΟΥ οι οποίες ορίζονται ως ροές ή συνεισφορές της δομής και της λειτουργίας του οικοσυστήματος με στόχο την ανθρώπινη ευημερία και την οικονομική ευμάρεια. Οι συγκεκριμένες ροές μπορούν να υπολογιστούν μέσα από στοιχεία, παρατηρήσεις και μετρήσεις. (Burkhard και Maes, 2017).

### 1.6.2 Δάσος και Δασικό οικοσύστημα

«Δασικό οικοσύστημα» ορίζεται ως το σύνολο φυτών και ζώων στο οποίο κυριαρχεί η δενδρώδης δασική βλάστηση και όπου όλοι οι ζωντανοί οργανισμοί αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους, καθώς και με το έδαφος και το κλίμα. Ακόμα σύμφωνα με τους (Παπαγεωργίου, Καρέτσος και Κατσαδωράκης, 2012) «Δάσος» θεωρείται το δασικό οικοσύστημα που σε ικανοποιητικό ποσοστό επιφάνειας γης συνυπάρχουν δέντρα, θάμνοι καθώς και ποώδης βλάστηση και σε συνδυασμό με άλλους ζωικούς οργανισμούς δημιουργούν αλληλεπιδράσεις και αλληλεξαρτήσεις μεταξύ τους.

Τα δάση είναι τα πιο μεγάλα και κύρια χερσαία οικοσυστήματα στον πλανήτη με συνολική έκταση τεσσάρων δις εκταρίων προσφέροντας καταφύγιο στη χερσαία βιοποικιλότητα, θεωρούνται ο κύριος άξονας των βιοχημικών κύκλων της γης και αποτελούν πηγή ΟΥ για την ευημερία του ανθρώπινου γένους (Pan *et al.*, 2013).

Το Δάσος στην Κύπρο χωρίζεται σε πέντε υποκατηγορίες ανάλογα με τη σύσταση του οι οποίες είναι τα πευκοδάση, τα παραποτάμια δάση, τα δάση αείφυλλων σκληρόφυλλων ή maquis, τα χαμηλά δάση φρύγανων και αείφυλλων σκληρόφυλλων και τέλος τα άλλα ψηλά δάση (Τμήμα Δασών, 2007).

Η αξία του δασικού οικοσυστήματος είναι αδιαμφισβήτητη προσφέροντας διάφορες ΟΥ (παροχής, ρυθμιστικές καθώς και πολιτισμικές). Επίσης προσφέρουν προστασία του εδάφους από τη διάβρωση, εμπλουτισμό των υπογείων υδάτων, βελτίωση της ποιότητας της ατμόσφαιρας, προστασία της βιοποικιλότητας και άλλα. Όπως προαναφέρθηκε μια από τις σημαντικότερες λειτουργίες ενός δασικού οικοσυστήματος είναι η απορρόφηση και η δέσμευση άνθρακα από την ατμόσφαιρα έχοντας σαν αποτέλεσμα την ρύθμιση του κλίματος.

### 1.6.3 Αξιολόγηση Οικοσυστημάτων και Αποτίμηση ΟΥ

Η αποτίμηση αναφέρεται στη χωρική μοντελοποίηση των ΟΥ με σκοπό την παροχή πληροφοριών για τις παραγόμενες υπηρεσίες (Burkhard *et al.*, 2013). Η χαρτογράφηση και η αξιολόγηση των ΟΥ ορίζεται ως η χωρική απεικόνιση των αποτελεσμάτων των αλληλεπιδράσεων. Επίσης η χαρτογράφηση και η αξιολόγηση της κατάστασης του οικοσυστήματος μπορεί να βοηθήσει στον καθορισμό προτεραιοτήτων, για τη λήψη αποφάσεων και τη διαχείριση με βάση τη βιώσιμη ανάπτυξη (Crossman *et al.*, 2013). Η αξιολόγηση των ΟΥ περιλαμβάνει τον καθορισμό συγκεκριμένων ιδιοτήτων του

οικοσυστήματος, οι οποίες θα πρέπει επίσης να προσδιοριστούν με μια οικοσυστημική προσέγγιση που σχετίζεται με τις ΟΥ (Burkhard *et al.*, 2013).

#### **1.6.4 Δέσμευση, αποθήκευση και δασικός κύκλος του άνθρακα**

Τα δασικά οικοσυστήματα διαδραματίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στον παγκόσμιο κύκλο του άνθρακα καθώς αποθηκεύουν τεράστιες ποσότητες άνθρακα και επίσης παράγουν και μεγάλες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα (Bonan, 2008). Όπως αναφέρθηκε και στην εισαγωγή, η κύρια αποθήκευση άνθρακα στα δασικά οικοσυστήματα γίνεται με την μορφή ζωντανής βιομάζας.

Ο δασικός κύκλος του άνθρακα διαχωρίζεται σε βιολογικό κύκλο (δασικό οικοσύστημα) και σε βιομηχανικό κύκλο (δασικά προϊόντα). Μεταξύ των δύο η έρευνα έχει επικεντρωθεί στο βιολογικό κύκλο και όχι αδίκως. Τα δάση καλύπτουν το 65% της συνολικής επιφάνειας της γης και περιέχουν το 80% του αποθηκευμένου άνθρακα σε χερσαία οικοσυστήματα (Gower, 2003). Οι πιο μεγάλες πιέσεις που δέχεται ο βιολογικός κύκλος του άνθρακα είναι από την κοινωνία και την αυξημένη ζήτηση για δασικά προϊόντα και την μετατροπή δασικής γης σε άλλες χρήσεις. Άλλες μεγάλες πιέσεις δέχεται από διαταραχές όπως πυρκαγιές και άλλες φυσικές διεργασίες των δασικών οικοσυστημάτων (Flannigan *et al.*, 1998).

Ο βιολογικός κύκλος του άνθρακα είναι η ανταλλαγή διοξειδίου του άνθρακα μεταξύ της ατμόσφαιρας και του δάσους. Ξεκινά με την απορρόφηση και αφομοίωση του από τα φυτά και την μετατροπή του σε υδατάνθρακες, με τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης οι οποίοι θα χρησιμοποιηθούν από τα φυτά για τη δημιουργία οργανικής ύλης. Στην συνέχεια με την αναπνοή και την βοήθεια του οξυγόνου γίνεται η οξείδωση των υδατανθράκων και η απελευθέρωση διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Η διαφορά μεταξύ των δύο διεργασιών θα καθορίσει και το ποσοστό του αποθηκεύσιμου άνθρακα, αν δεν υπάρξει κάποια εξωγενής διαταραχή (Gower, 2003).



# Κεφάλαιο 2

## Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

### 2.1 Εισαγωγή Βιβλιογραφικής Ανασκόπησης

Λόγω της αύξησης της παγκόσμιας θερμοκρασίας που οφείλεται στην υπέρμετρη παραγωγή των αέριων του θερμοκηπίου (Nowak και Crane, 2001) παρατηρήθηκε αλλοίωση στην σύνθεση των οικοσυστημάτων με την μετατόπιση τους σε ψηλότερα υψόμετρα και γεωγραφικά πλάτη με τις αλλαγές αυτές να είναι εντονότερες κυρίως σε βόρεια γεωγραφικά πλάτη. Η αλλοίωση και η μετατόπιση των οικοσυστημάτων έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση στον αριθμό και στο μέγεθος (σε έκταση και ένταση) των δασικών πυρκαγιών καθώς και την δημιουργία νέων οικοσυστημάτων μειωμένης ανθεκτικότητας (resilience) και ικανότητας ανάκαμψης (recovery) επιφέροντας αρνητικές συνέπειες τόσο στην δομή των οικοσυστημάτων όσο και στη βιοποικιλότητας τους (Nitschke και Innes, 2006). Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την καταστροφή δασικών οικοσυστημάτων, ενδιαιτημάτων και την απελευθέρωση διοξειδίου του άνθρακα πίσω στην ατμόσφαιρα επηρεάζοντας τις παραγόμενες ΟΥ.

### 2.2 Ιστορική αναδρομή Οικοσυστημικών υπηρεσιών

Η σύγχρονη ιστορία των ΟΥ ξεκινά να γράφεται τα τέλη της δεκαετίας του 1970 με τη χρήση του όρου ως τρόπου αύξησης του ενδιαφέροντος του κοινού για τα προβλήματα και τη διατήρηση της βιοποικιλότητας (Gomez *et al.*, 2010).

Μετέπειτα, χρησιμοποιήθηκαν για πρώτη φορά το 1974 οι όροι «φυσικές υπηρεσίες» και «δημόσιες υπηρεσίες» θέλοντας να ορίσουν τις υπηρεσίες που προσφέρονται από το φυσικό περιβάλλον προς τον άνθρωπο, παράγωγα των φυσικών του διεργασιών (Holdren και Ehrlich, 1974)

Στην συνέχεια το 1990 νέο ενδιαφέρον δόθηκε στις ΟΥ όταν έγινε η προσπάθεια για την οικονομική τους αποτίμηση (Costanza *et al.*, 1997) και ακόμα περισσότερο το 2003 με το «Millennium Ecosystem Assessment» το οποίο κατέδειξε πως οι προκαλούμενες από τους ανθρώπους οικοσυστημικές αλλαγές επηρεάζουν την κοινωνική ευημερία, οι ΟΥ

χρησιμοποιούνται πλέον σε όλες τις πολιτικές ατζέντες παγκοσμίως (Fisher, Turner και Morling, 2009).

«Λειτουργίες του οικοσυστήματος» ορίζονται ως οι διεργασίες που διαδραματίζονται μέσα σε ένα οικοσύστημα και «υπηρεσίες» ορίζονται όλα όσα επωφελείται ο άνθρωπος από τις λειτουργίες αυτές (Costanza *et al.*, 1997).

Τα τελευταία χρόνια οι ΟΥ να διαδραματίζουν σημαντικότατο ρόλο στις οικονομικές και πολιτικές αποφάσεις χωρών παγκοσμίως για την διατήρηση, θεσπίζοντας επίσης τις λεγόμενες «πληρωμές για ΟΥ» (Engle, Pagiola και Wunder, 2008).

Το 2001, ξεκίνησε και ολοκληρώθηκε το 2005, από τα Ηνωμένα Έθνη η «Αξιολόγηση των Οικοσυστημάτων της Χιλιετίας» το «Millennium Ecosystem Assessment» με το οποίο αξιολογήθηκαν οι επιπτώσεις από την αλλαγή χρήσης των οικοσυστημάτων για υπερεκμετάλλευση τους από τον άνθρωπο, και επικεντρώνεται στα οφέλη που αποκομίζουν οι άνθρωποι από τα οικοσυστήματα, γνωστά ως Οικοσυστημικές Υπηρεσίες (ΟΥ). Επίσης γίνεται προσπάθεια εντοπισμού πώς οι αλλαγές στις ΟΥ έχουν επηρεάσει την ανθρώπινη ευημερία στο παρελθόν, πώς οι αλλαγές μπορεί να επηρεάσουν τους ανθρώπους στο μέλλον και τι μπορούμε να κάνουμε σε τοπικό, εθνικό και παγκόσμιο επίπεδο για τη βελτίωση της διαχείρισης του οικοσυστήματος με σκοπό την προώθηση της ανθρώπινης ευημερίας (MEA, 2005).

## **2.3 Θεωρητικό πλαίσιο**

### **2.3.1 Κλιματική αλλαγή και φαινόμενο του θερμοκηπίου**

Ο όρος κλιματική αλλαγή αναφέρεται στις στατιστικά σημαντικές μεταβολές της μέσης κατάστασης ή στις διακυμάνσεις των μέσων όρων μετεωρολογικών στοιχείων κυρίως θερμοκρασίας και βροχόπτωσης που είναι αποτέλεσμα μετρήσεων και παρατηρήσεων για διάστημα μεγαλύτερο των 30 χρόνων (Ahrens, 2003). Οι μεταβολές αυτές μπορεί να οφείλονται σε ανθρωπογενείς ή φυσικούς λόγους.

Όπως αναφέρεται από τους (Karl, Melillo και Peterson, 2009) οι κυριότερες φυσικές αιτίες που ευθύνονται για την κλιματική αλλαγή είναι η ηφαιστειακή δραστηριότητα και η επίδραση από την ηλιακή ακτινοβολία. Παρόλα αυτά, οι ρυθμοί αύξησης της θερμοκρασίας του πλανήτη δεν μπορούν να αποδοθούν πλήρως σε αυτούς τους δύο λόγους.

Ο κυριότερος παράγοντας, στον οποίο αποδίδεται από όλη την επιστημονική κοινότητα, η αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη είναι από ανθρωπογενείς λόγους και είναι το «φαινόμενο του θερμοκηπίου».

Το «φαινόμενο του θερμοκηπίου» είναι ένα παρερμηνευμένο φυσικό φαινόμενο το οποίο χρονολογείται όσο και ολόκληρος ο πλανήτης και έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας (Katsafados and Mavromatidis, 2015). Αρκετοί επιστήμονες υποστηρίζουν πως χωρίς το φαινόμενο του θερμοκηπίου η ζωή στη γη δεν θα ήταν δυνατή, καθώς η θερμοκρασία στην επιφάνεια της γης θα ήταν πολύ χαμηλότερη από πολικές θερμοκρασίες (Katsafados and Mavromatidis, 2015). Η αύξηση της θερμοκρασίας προκαλείται από συγκεκριμένα αέρια που απορροφούν μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας που αντανακλάται από την γη. Τα αέρια με το μεγαλύτερο ποσοστό συνεισφοράς στο «φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι το διοξείδιο του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ), το μεθάνιο ( $\text{CH}_4$ ), οι χλωροφθοράνθρακες (CFCs), το όζον ( $\text{O}_3$ ) και οι υδρατμοί (IPCC, 2019).

Η αρχή της λειτουργίας του φαινομένου βασίζεται στο ότι ένα μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας που εισέρχεται στην ατμόσφαιρα, περίπου το 30%, αντανακλάται πίσω στο διάστημα υπό την μορφή υπέρυθρης ή θερμικής ακτινοβολίας. Τα προαναφερθέντα αέρια απορροφούν την ανακλώμενη υπέρυθρη ακτινοβολία παγιδεύοντας την θερμική ενέργεια εντός της ατμόσφαιρας, η υπέρμετρη όμως αύξηση του ποσοστού τους στην ατμόσφαιρα οδηγεί με αργούς ρυθμούς στην παγκόσμια αύξηση της μέσης θερμοκρασίας με όλες τις αλυσιδωτές συνέπειες σε οικοσυστήματα, οικοσυστημικές υπηρεσίες, βιοποικιλότητα και κατ' επέκταση στον άνθρωπο (Katsafados και Mavromatidis, 2015).

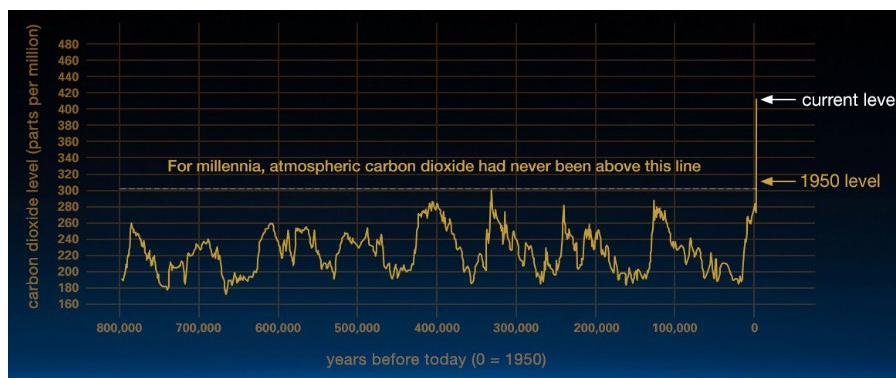
Αέρια που βρίσκονται στην ατμόσφαιρα σε μεγάλες ποσότητες, όπως άζωτο και οξυγόνο, δεν επηρεάζουν την ανακλώμενη ακτινοβολία από τη γη, δηλαδή δεν απορροφούν μέρος της και έτσι δεν συμβάλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Σε αντίθεση με άλλα αέρια, που βρίσκονται σε μικρότερες ποσότητες όπως το διοξείδιο του άνθρακα και οι υδρατμοί απορροφούν μέρος της ανακλώμενης ακτινοβολίας (Katsafados και Mavromatidis, 2015).

Οι συγκεντρώσεις αερίων στην ατμόσφαιρα όπως μεθάνιο, οξείδια του αζώτου και κυρίως διοξείδιο του άνθρακα παρουσιάζουν αυξήσεις τα τελευταία χρόνια μέχρι και 30% εξαιτίας της βιομηχανικής επανάστασης και καταστροφής των δασικών οικοσυστημάτων παγκοσμίως (Katsafados και Mavromatidis, 2015). Όπως φαίνεται και από την εικόνα 2, τα επίπεδα του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα είναι στο υψηλότερο σημείο

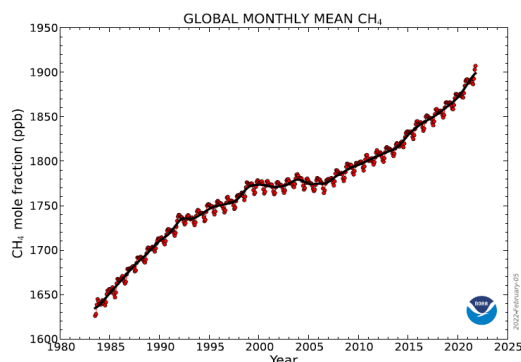
που καταγράφηκε ποτέ και χαρακτηριστικά παρουσιάζει πολύ μεγάλη άνοδο από το 1950, με την αρχή της τρίτης βιομηχανικής επανάστασης μέχρι και σήμερα. Όπως χαρακτηριστικά αναφέρεται και από τους (Peñuelas *et al.*, 2013) λόγω της αποψίλωσης των δασών και της καύσης ορυκτών καυσίμων η συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα έχει αυξηθεί από 280ppm πριν από την βιομηχανική επανάσταση σε 394ppm μέχρι το 2013.

Στις εικόνες 3 και 4 παρουσιάζεται η ανοδική τάση που επικρατεί στην παραγωγή των δύο πιο κύριων αερίων για το φαινόμενο του θερμοκηπίου του διοξειδίου του άνθρακα και του μεθανίου στην ατμόσφαιρα από το 1980 μέχρι σήμερα.

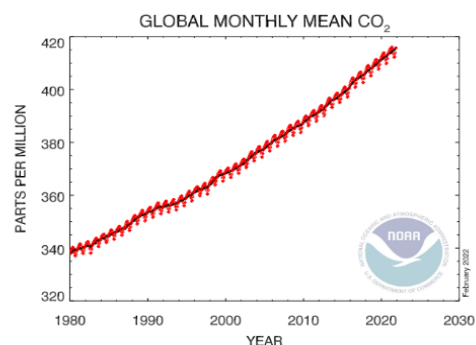
Οι ανθρώπινες δραστηριότητες και κατά κύριο λόγο η χρήση ορυκτών καυσίμων, η χρήση λιπασμάτων και καταστροφή ή αποψίλωση των δασών και η μετατροπή τους σε άλλες χρήσεις γης είχαν σαν αποτέλεσμα την αύξηση των αερίων του θερμοκηπίου και την αύξηση της παγκόσμια μέσης θερμοκρασίας (Simpson, 2011). Αυτό είχε ως φυσικό συνεπακόλουθο την αύξηση του αριθμού, της έντασης και του μεγέθους των πυρκαγιών.



**Εικόνα 1.** Διοξειδίου του άνθρακα από το 1950 και μετά. (NASA, 2022)



**Εικόνα 2.** Παγκόσμια μέση μηνιαία παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα(GML, 2021)



**Εικόνα 3.** Παγκόσμια μέση μηνιαία παραγωγή μεθανίου (GML, 2021)

### 2.3.2 Επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής και δασικά οικοσυστήματα

Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής παρουσιάζονται σε όλους τους τομείς της ανθρωπότητας, όπως περιβαλλοντικούς αλλά και κοινωνικοοικονομικούς (Mercy Corps, 2022). Σε κοινωνικοοικονομικό επίπεδο, τα ακραία καιρικά φαινόμενα και φυσικές καταστροφές που προκαλούνται από την κλιματική αλλαγή επηρεάζουν κυρίως χώρες του τρίτου κόσμου, καθώς η οικονομία και ευημερία τους στηρίζεται σε μεγαλύτερο ποσοστό στην γεωργία και στο φυσικό τους περιβάλλον παρά σε άλλες χώρες περισσότερο ανεπτυγμένες (Worland, 2016).

Η συχνότητα και η ένταση των κλιματικών αλλαγών καθώς και των ακραίων καιρικών φαινομένων γίνεται όλο και συχνότερη, γεγονός που καθιστά τη μελλοντική ανάπτυξη και αειφορία των δασικών οικοσυστημάτων όλο και περισσότερο εύθραυστη. Ακραία καιρικά φαινόμενα ως συνέπεια της κλιματικής αλλαγής, όπως ανομβρίες μεγαλύτερης διάρκειας, καύσωνες μεγαλύτερης διάρκειας και έντασης, έντονες και παρατεταμένες βροχοπτώσεις,

Έντονες επιπτώσεις δέχεται η Νότια και Κεντρική Ευρώπη με συχνότερες πολύ ψηλές θερμοκρασίες, ξηρασίες και δασικές πυρκαγιές καθώς επίσης και η περιοχή της Μεσογείου κάνοντας την ακόμα πιο ευάλωτη (Worland, 2016).

Λόγω της κλιματικής αλλαγής και της αύξησης του μέσου όρου της παγκόσμιας θερμοκρασίας έχει παρατηρηθεί μετανάστευση ειδών σε υψηλότερα υψόμετρα και γεωγραφικά πλάτη. Η μετατόπιση αυτή σε συνδυασμό με τις ψηλότερες μέσες θερμοκρασίες καθιστούν την ανθεκτικότητα σε διαταραχές όπως η πυρκαγιά και τον ρυθμός ανάκαμψης των δασικών οικοσυστημάτων δυσκολότερο (Nitschke και Innes, 2006). Μετατόπιση του φάσματος ειδών σε περιοχές που δεν υπήρχαν προηγούμενος ως ξενικά με επιπτώσεις εις βάρος ιθαγενών φυτών των συγκεκριμένων περιοχών καθώς και της βιοποικιλότητας (Moore, 2021). Όπως χαρακτηριστικά αναφέρει και ο (Scheller, 2020) η κλιματική αλλαγή μπορεί να δημιουργήσει νέους οικότοπους για νέα είδη και να κάνει τους υφιστάμενους ακατάλληλους και ως συνέπεια αυτού κάποια είδη ενδέχεται να εξαφανιστούν.

Επίσης, όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω η κλιματική αλλαγή προκαλεί ψηλότερες θερμοκρασίες, εντονότερες και μεγαλύτερες ξηρασίες και ως εκ τούτου ξηρότερη βλάστηση έχοντας σαν αποτέλεσμα αύξηση της έντασης και της συχνότητας των πυρκαγιών (Scheller, 2020).

Μετά από έρευνες που έγιναν, διαφάνηκε ότι ως αποτέλεσμα των ψηλότερων θερμοκρασιών και της παρατεταμένης ξηρασίας τα δέντρα, με τους μηχανισμούς τους, ανταποκρίνονται και κλείνοντας τους πόρους τους περιορίζοντας στο ελάχιστο τις λειτουργίες τους, οδηγώντας τα μακροπρόθεσμα σε ξήρανση (Moore, 2021). Επίσης, κατά την διάρκεια μιας έντονης ξηρασίας τα δέντρα χάνουν πολύ γρηγορότερα νερό και αυτό θα έχει ως συνέπεια τον σχηματισμό φυσαλίδων αέρα εμποδίζοντας την μεταφορά νερού και θρεπτικών συστατικών από τις ρίζες στα φύλλα, κάτι που επίσης θα οδηγήσει μακροπρόθεσμα σε ξήρανση τους (Moore, 2021).

Ακόμα, μετά το πέρας μιας διαταραχής, όπως πυρκαγιάς ή παρατεταμένης ξηρασίας τα δέντρα γίνονται πιο ευάλωτα σε παράσιτα και παθογόνα, λόγω της μείωσης της ανθεκτικότητας τους και της ικανότητας ανάκαμψης, και παράλληλά με τις κλιματικές αλλαγές σε θερμοκρασία, βροχόπτωση και υγρασία μπορεί να διευρυνθεί το εύρος των δασικών παρασίτων. (Scheller, 2020).

Οι επιπτώσεις της παγκόσμιας κλιματικής αλλαγής, τα αυξημένα ποσοστά διοξειδίου του άνθρακα CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα, η υπερθέρμανση του πλανήτη με την αύξηση της μέσης θερμοκρασίας καθώς και οι αλλαγές στα ποσοστά της κατακρήμνισης, του όζοντος και οποιεσδήποτε διαταράξεις στον κύκλο του άνθρακα δημιουργούν ένα σύνολο πιέσεων για τα δασικά οικοσυστήματα (Hui *et al.*, 2020).

Επιπλέον, η κλιματική αλλαγή θα επιφέρει και οικονομική αβεβαιότητα στη βιομηχανία δασικών προϊόντων, καθώς μεγάλες ρυπογόνες εταιρείες θέτοντας ως στόχο να επιτύχουν μηδενικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου μέχρι το 2050 προσπαθούν να εξισορροπήσουν την παραγωγή αυτών των αερίων με τις αναδασώσεις περιοχών για την δέσμευση και αποθήκευση άνθρακα. Αυτό σε λίγες δεκαετίες, όχι μόνο θα δημιουργήσει μεγάλο ανταγωνισμό για την αγορά γης αλλά και θα προκαλέσει μια οικονομική αβεβαιότητα στις τιμές όλων των παραγόμενων δασικών προϊόντων (Moore, 2021).

### **2.3.3 Επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στη βιοποικιλότητα**

Είναι γενικώς αποδεκτό ότι οι ακραίες καιρικές συνθήκες που συνέβησαν στο παρελθόν λόγω της κλιματικής αλλαγής έχουν επηρεάσει αρνητικά την κατανομή και την εξέλιξη των ειδών καθώς επίσης και την φαινολογία τους (Hanna, 2010). Επίσης, σύμφωνα με την Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC) παρουσιάστηκαν αλλαγές σε θέματα φυτών και ζώων που αφορούν το εύρος κατανομής τους, την αλλαγή στους

αριθμούς των πληθυσμών τους, την φαινολογία τους και αλλαγές στις αλληλεπιδράσεις μεταξύ τους (Rosenzweig *et al.*, 2007).

Όπως αναφέρεται από το (IPBES, 2019), οι κυριότερες αιτίες που προκαλούν την απώλεια της βιοποικιλότητας σε παγκόσμιο επίπεδο είναι:

- Αλλαγές στη χρήση γης και θάλασσας
- Κλιματική αλλαγή
- Άμεση εκμετάλλευση των οργανισμών
- Ρύπανση
- Χωροκατακτητικά ξένα είδη

Η αύξηση της θερμοκρασίας και η αύξηση της έντασης και της συχνότητας των πυρκαγιών καθώς επίσης και των περιόδων ξηρασίας είναι ένας πολύ σημαντικός αντίκτυπος της κλιματικής αλλαγής στην βιοποικιλότητα. Υπολογίζεται ότι ο αριθμός των απειλούμενων ειδών σε μια περιοχή αυξήθηκε κατά 14% τα τελευταία χρόνια λόγω των πυρκαγιών (The Royal Society, 2022).

Όπως πολύ χαρακτηριστικά αναφέρει ο (Thomas, 2011) αν συνεχιστεί η περεταίρω αύξηση της κλιματικής αλλαγής και η καταστροφή ενδιαιτημάτων με την αλλαγή των χρήσεων γης θα έχει καταστροφικές συνέπειες για πολλά είδη καθώς οι αλλαγές αυτές γίνονται με γρηγορότερο ρυθμό από την αφομοίωση και τον συμβιβασμό των ειδών με αυτές τις αλλαγές.

#### **2.3.4 Δασικές πυρκαγιές και κλιματική αλλαγή**

Οι δασικές πυρκαγιές είναι η κύρια διαταραχή που επηρεάζει τη σύνθεση και τη δομή της βλάστησης ενός δασικού οικοσυστήματος και μεταξύ των άλλων επηρεάζει και τους βιοχημικούς κύκλους όπως τον κύκλο του άνθρακα (Nitschke και Innes, 2006).

Ο καιρός και το κλίμα είναι οι δύο πιο βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν χαρακτηριστικά της πυρκαγιάς όπως συχνότητα και ένταση και αυτοί οι παράγοντες αλλάζουν λόγω της κλιματικής αλλαγής που προκαλείται από τον άνθρωπο (Flannigan *et al.*, 2005)

Όπως αναφέρει και η Διακυβερνητική Επιτροπή για την Αλλαγή του Κλίματος (Intergovernmental Panel on Climate Change / IPSS) η μέση θερμοκρασία στην επιφάνεια της γης αναμένεται να αυξηθεί από 1,4 μέχρι 5,8 °C μέχρι το τέλος του 21<sup>ο</sup> αιώνα (Biju

Kumar και Ravinesh, 2017). Λόγω αυτής της αύξησης θα παρατηρηθεί ένα θερμότερο κλίμα και θα έχει σαν αποτέλεσμα πιο έντονες πυρκαγιές, περισσότερες καμένες περιοχές και μεγαλύτερη αντιπυρική περίοδο (Flannigan et al., 1998). Το πιο πάνω επιβεβαιώνεται και με τους (Flannigan και Wotton, 2001) οι οποίοι αναφέρουν πως αρκετές από τις πιο μεγάλες πυρκαγιές (mega fires) συμβαίνουν σε μέρες με ακραίες καιρικές συνθήκες με εξαιρετικά ψηλό δείκτη για το ξέσπασμα πυρκαγιάς. Στην Μεσόγειο, μια από τις σοβαρότερες διαταράξεις των δασικών οικοσυστημάτων είναι η πυρκαγιές ο αριθμός των οποίων ξεπερνά τις 5000 καταστρέφοντας μια μέση έκταση των 600.000 – 800.000 εκταρίων κάθε χρόνο (European Commission, 2020b).

Μέσα από μελέτες και πειράματα που έκαναν οι (Flannigan et al., 1998) κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι μέχρι το τέλος του 21ο αιώνα η καμένη γη θα αυξηθεί από 74-118% λόγω της αύξησης της έντασης και της συχνότητας των πυρκαγιών σαν αποτέλεσμα της αύξησης της μέσης παγκόσμια θερμοκρασίας, των ακραίων καιρικών συνθηκών και γενικότερα της κλιματικής αλλαγής. Επίσης χαρακτηριστικά αναφέρουν ότι η υπερθέρμανση του κλίματος σαν επίπτωση της κλιματικής αλλαγής αναμένεται να κάνει μεγαλύτερες τις περιόδους πυρκαγιών κατά 22% ή 30 μέρες.

### 2.3.5 Αποτίμηση ΟΥ

Στις ΟΥ έχουν αποδοθεί διάφορα πλαίσια ταξινόμησης με την πάροδο των χρόνων από πολλούς συγγραφείς (Burkhard και Maes, 2017) και έχει σημειωθεί σημαντική πρόοδος στις μεθόδους ποσοτικοποίησης και χαρτογράφησης τους (Vihevaara et al., 2010). Οι ΟΥ δέχονται πολλές πιέσεις ανά το παγκόσμιο και η βιωσιμότητα τους εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις ανθρώπινες δραστηριότητες (Syrbe et al., 2017).

Η στρατηγική της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ) για τη βιοποικιλότητα μέχρι το 2030 υποχρεώνει τα κράτη μέλη να χαρτογραφήσουν και να αξιολογήσουν την κατάσταση των οικοσυστημάτων τους (Δράση 5). Πολλές παράμετροι παίζουν ρόλο στη παροχή και στην χρήση των ΟΥ, οι οποίες μπορούν να χαρτογραφηθούν, να αξιολογηθούν και να παρακολουθούνται μέσα από δείκτες και εκτιμήσεις (Lorilla, 2020).

Η αποτίμηση των ΟΥ περιλαμβάνει τον καθορισμό συγκεκριμένων ιδιοτήτων και συνθηκών του οικοσυστήματος, οι οποίες πρέπει επίσης να προσδιοριστούν με μια οικοσυστημική προσέγγιση. Η παροχή ΟΥ είναι η βάση για τη χαρτογράφηση τους, καθώς αναφέρεται στην ικανότητα μιας συγκεκριμένης περιοχής να προσφέρει ένα



συγκεκριμένο σύνολο ΟΥ σε μια δεδομένη χρονική περίοδο (Burkhard *et al.*, 2013). Η ποσότητα των προσφερόμενων ΟΥ εξαρτάται όχι μόνο από φυσικούς παράγοντες αλλά και από ανθρώπινους όπως οι χρήσεις γης και η τεχνολογία. Από την άλλη, η ζήτηση των ΟΥ ορίζεται ως το ποσοστό που απαιτείται για συγκεκριμένες ΟΥ και εξαρτάται από διάφορους κοινωνικοοικονομικούς παράγοντες (Syrbe *et al.*, 2017).

Σαν αποτέλεσμα της χαρτογράφησης των ΟΥ δημιουργούνται οι χάρτες των ΟΥ, οι οποίοι θεωρούνται ως σημαντικά εργαλεία για να παρέχουν χρήσιμες πληροφορίες για λήψη αποφάσεων διαχείρισης, προσδιορίζοντας ποιες περιοχές είναι πιο αποδοτικές από πλευράς προσφοράς ΟΥ (Balvanera *et al.*, 2001). Τα πλεονεκτήματα από τη δημιουργία και την χρησιμοποίηση των χαρτών των ΟΥ αναλύονται από τους Maes *et al.*, (2012) οι οποίοι αναφέρουν την σημαντικότητα τους σε θέματα λήψης πολιτικών αποφάσεων, συμβιβασμούς ΟΥ, εκτίμησης και αξιολόγησης και απειλών κατά της βιοποικιλότητας, καθώς και εκτιμήσεις για την αποτίμηση τους. Οι μέθοδοι χαρτογράφησης τους ποικίλουν ανάλογα με την προσφορά και την ζήτηση καθώς και το είδος των διαθέσιμων στοιχείων προς μελέτη.

### **2.3.6 Εργαλεία αξιολόγησης/ αποτίμησης ΟΥ**

Εργαλεία που χρησιμοποιούνται ανά το παγκόσμιο για την αποτίμηση, την εκτίμηση και τη χαρτογράφηση της κατάστασης των οικοσυστημάτων και των παραγόμενων ΟΥ υπάρχουν αρκετά και η επιλογή του καταλληλότερου γίνεται μεταξύ των άλλων βάση των διαθέσιμων στοιχείων που υπάρχουν για μελέτη. Επίσης τα αποτελέσματα των διαφόρων εργαλείων αποτίμησης είναι δύσκολο να συγκριθούν μεταξύ τους λόγω της διαφορετικής μεθοδολογίας που χρησιμοποιείται για το καθένα ξεχωριστά και λόγω της μεγάλης χρονικής μεταβλητότητας που μπορεί να εμπεριέχεται σε κάθε διαφορετική μεθοδολογία (Valentini *et al.*, 2000).

Με σκοπό τον καλύτερο καθορισμό των στόχων διατήρησης όπου είναι περισσότερο αναγκαίος, οι υπεύθυνοι λήψης αποφάσεων χρειάζονται όσο περισσότερες πληροφορίες είναι δυνατό για τις παραγόμενες ΟΥ και τα οικοσυστήματα γενικότερα (Luck, Chan και Klien, 2012). Για το λόγο αυτό, πολλά εργαλεία έχουν αναπτυχθεί τα τελευταία χρόνια για την χωρική αξιολόγηση των οικοσυστημάτων και των ΟΥ για χρήση σε διάφορους περιβαλλοντικούς στόχους διατήρησης (Tallis και Polasky, 2009) αλλά και κοινωνικοοικονομικούς όπως επιχειρήσεων (Hanson *et al.*, 2012) και πολιτικής (Pickard *et al.*, 2015). Κάποια από τα πιο συχνά χρησιμοποιούμενα εργαλεία αποτίμησης ΟΥ είναι

το Toolkit for Ecosystem Service Site-based Assessment «Tessa», το οποίο αξιολογεί τις υπηρεσίες που παράγονται από το οικοσύστημα για τον άνθρωπο σε συγκεκριμένες τοποθεσίες (K. Peh et al., 2013) με τη χρησιμοποίηση διεθνούς κλίμακας δεδομένων (global scale data). Επιπρόσθετα εργαλεία είναι το Artificial Intelligence for Ecosystem Services «ARIES» με την οποία γίνεται μια κοινωνικοοικονομική και περιβαλλοντική μοντελοποίηση ΟΥ (Bagstad et al., 2011), το Multiscale Integrated Model of Ecosystem Services «MIMES» (Boumans et al., 2015), το Costing Nature (Muller, 2015) καθώς και για υδάτινα οικοσυστήματα του γλυκού νερού το Water World.

Όλα αυτά τα εργαλεία διαφέρουν μεταξύ τους τόσο στα απαιτούμενα δεδομένα όσο και για το χρονολογικό σημείο που είναι κατάλληλη για την χρήση τους καθώς και επίπεδο της απαιτούμενης εξειδίκευσης του χρήστη με το αντικείμενο (Neugarten et al., 2016).

### **2.3.7 Εργαλειοθήκη «Tessa» (Toolkit for Ecosystem Service Site Assessment)**

Για τη διεκπεραίωση της διπλωματικής και την αποτίμηση της επιλεγμένης ΟΥ, της δέσμευσης του άνθρακα, χρησιμοποιήθηκε η εργαλειοθήκη «Tessa». Το «Tessa» δημιουργήθηκε για να καλύψει το κενό της έλλειψης κατάλληλων μεθόδων και εργαλείων για την αξιολόγηση και αποτίμηση των ΟΥ που δεν χρειάζονται μεγάλους προϋπολογισμούς ως πόρους ή κάποιες εξειδικευμένες γνώσεις και στηρίζονται σε υπάρχοντα δεδομένα από το πεδίο (K. S. H. Peh et al., 2013).

Η εργαλειοθήκη «Tessa» χρησιμοποιείται ευρέως σε όλο τον κόσμο και έχει εγκριθεί από την ΕΕ για χρήση σε περιπτώσεις αξιολόγησης ΟΥ στα πλαίσια του προγράμματος «LIFE».

Με βάση τα πιο πάνω η «Tessa» κρίθηκε σαν η καταλληλότερη μέθοδος για χρήση στο σε αυτή την διατριβή.

Όπως αναφέρουν και οι Peh et al., (2013) η εργαλειοθήκη βοηθά με προσιτές μεθόδους στο προσδιορισμό των ΟΥ και την αξιολόγηση των αναμενόμενων αποτελεσμάτων που θα αποκομίσουν οι άνθρωποι με την συγκεκριμένη χρήση του οικοσυστήματος σε σύγκριση με άλλες χρήσεις γης. Οι μέθοδοι αξιολόγησης και αποτιμήσεις της δέσμευσης άνθρακα επιλέχθηκαν από το «Tessa» οι οποίες θα αναλυθούν πιο κάτω σε άλλο κεφάλαιο της διατριβής.

## 2.4 Βιβλιογραφική ανασκόπηση

Τα δάση διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στον παγκόσμιο κύκλο του άνθρακα καθώς δεσμεύουν μεγάλες ποσότητες ατμοσφαιρικού άνθρακα και τα αποθηκεύουν σαν βιομάζα (Powers *et al.*, 2013). Είναι ευρέως αποδεκτό ότι, τα δασικά οικοσυστήματα είναι η μεγαλύτερη χερσαία δεξαμενή άνθρακα καθώς αντιπροσωπεύουν περισσότερο από το 50% του παγκόσμιου αποθηκευμένου άνθρακα. Οι επιδράσεις της κλιματικής αλλαγής στα δασικά οικοσυστήματα παρουσιάζουν σημαντικές επιπτώσεις για τον παγκόσμιο κύκλο του άνθρακα (Hui *et al.*, 2020) Επίσης, η φωτιά διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην αποθήκευση του και γενικότερα προκαλεί αλλαγές στον κύκλο του (Scarascia-Mugnozza *et al.*, 2000) καθώς είναι το κύριο μέσο ανανέωσης του.

Ακόμα, τα δασικά οικοσυστήματα προσφέρουν μια πληθώρα ΟΥ όπως την παροχή οικοτόπων για την χλωρίδα και την πανίδα, μετριασμό του κλίματος, φιλτράρισμα των υπογείων νερών καθώς και δέσμευση και αποθήκευση άνθρακα από την ατμόσφαιρα υπό μορφή δασικής βιομάζας (FAO, 2012)

Η δασική βιομάζα θεωρείται σαν η κύρια δεξαμενή άνθρακα καθώς ο άνθρακας που δεσμεύεται από αυτή ανέρχεται στα 359 δισεκατομμύρια τόνους (Allen *et al.*, 2010) και υπολογίζεται ότι είναι διπλάσια από την ποσότητα του άνθρακα στην ατμόσφαιρα (Lal, 2005). Η ικανότητα αυτή των δασικών οικοσυστημάτων ανά το παγκόσμιο και η αναγνώριση της μεγάλης συμβολής τους στον περιορισμό της αύξησης του ποσοστού διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα μέσω του Πρωτοκόλλου του Κιότο (UNFCCC, 2022) αποτέλεσε έναυσμα για πολλές μελέτες σχετικά με τις δυνατότητες ενίσχυσης και διατήρησης της δέσμευσης αυτής (Nabuurs και Schelhaas, 2002)

Όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω, τα φυτά κατά την φωτοσύνθεση τους προσλαμβάνουν CO<sub>2</sub> και απελευθερώνουν οξυγόνο. Το άθροισμα των παραγόμενων της φωτοσύνθεσης ονομάζεται ακαθάριστη πρωτογενής παραγωγή (gross primary production / GPP). Στην συνέχεια ο άνθρακας που δημιουργείτε μεταφέρεται στα διάφορα μέρη του φυτού για ανάπτυξη. Ένα μέρος του παραγόμενου άνθρακα χάνεται με την αναπνοή των φυτών και το αποτέλεσμα που μένει ονομάζεται καθαρή πρωτογενής παραγωγικότητα (net primary productivity / NPP) και θεωρείτε ως ο πραγματικός παραγόμενος άνθρακας που θα αποθηκευτεί σαν βιομάζα ζωντανών φυτών, νεκρής φυτικής ύλης και στο έδαφος (Pan, Birdsey, *et al.*, 2011).

Ο ατμοσφαιρικός άνθρακας μετά την μετατροπή του σε βιομάζα αποθηκεύεται σε διάφορα μέρη ενός δασικού οικοσυστήματος και κατά κύριο λόγο σε ξύλο. Σύμφωνα με αρκετούς μελετητές μια συγκέντρωση ατμοσφαιρικού άνθρακα σε ποσοστό 50% βρίσκεται στην βιομάζα των δέντρων και αυτό είναι ευρέως αποδεκτό από την επιστημονική κοινότητα. (Dewar και Cannell, 1992). Μέσα από την έρευνα διαφάνηκε επίσης ότι μπορεί να υπάρχει διαφοροποίηση της περιεκτικότητας σε άνθρακα ανάμεσα σε διαφορετικά είδη δέντρων και ενδεχόμενος να επηρεάζετε από διάφορα περιβαλλοντικά ζητήματα και διαταράξεις (Thomas και Martin, 2012).

Ένα από τα πιο σημαντικά είδη στην συσσώρευση και αποθήκευση άνθρακα με μεγάλη οικονομική και περιβαλλοντική αξία είναι το “Scotspine” (*Pinus sylvestris*) (Giuggiola *et al.*, 2013) αναγκάζοντας πολλούς μελετητές να το μελετήσουν σε συστάδες πεύκων σε διάφορες χώρες σε ολόκληρη την Ευρώπη (Wegiel και Polowy, 2020) όπως Βέλγιο (Janssens *et al.*, 1999), Πολωνία (Bembenek *et al.*, 2015) και Τουρκία (Erkan και Güner, 2018).

Επίσης οι (Ruiz-Reinado *et al.*, 2017) μετά από μακροχρόνιες μελέτες αναφέρουν μετρήσεις σε δασικά μεσογειακά οικοσυστήματα κυρίως κωνοφόρων ειδών και την ποσότητα του δεσμευμένου άνθρακα που περιέχει το κάθε είδος, ανάλογα πρακτική αναγέννησης (τεχνητή αναγέννηση ή φυσική), την ηλικία καθώς και οποιεσδήποτε δασοκομικές εργασίες προηγήθηκαν. Χαρακτηριστικά αναφέρουν μετρήσεις για δυο είδη πεύκων (*Pinus pinaster* και *Pinus sylvestris*) καθώς και για ένα είδος ερυθρελάτης (*Picea abies*). Οι τιμές κυμαίνονται από 129,2 ως 206,8 Mg C/ha σε ζωντανή βιομάζα για τα είδη πεύκων και από 112,6 ως 185,2 Mg C/ha για το είδος ερυθρελάτης.

Ένα μικρός αριθμός μελετητών έχει επικεντρωθεί στο κατά πόσο η ανάμιξη ειδών σε ένα δασικό οικοσύστημα επηρεάζει την δέσμευση και αποθήκευση του ατμοσφαιρικού άνθρακα (Ruiz-Benito *et al.*, 2014). Μέσα από τις μελέτες αυτές καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι σε μεσογειακά οικοσυστήματα, περισσότερη παραγωγικότητα αναφέρεται σε μικτές συστάδες παρά σε μονοειδές (Riofrío, Del Río and Bravo, 2017).

Τόσο το ποσοστό αποθήκευσης όσο και της δέσμευσης διαφέρουν και εξαρτώνται από διάφορες παραμέτρους όπως το κλίμα, τον τύπο του οικοσυστήματος καθώς και την διαταραχή και τις πρακτικές διαχείρισης της γης (Bonan, 2008). Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι το ποσοστό δέσμευσης στις ΗΠΑ αυξήθηκε κατά 33% από το 1990 μέχρι

το 2000 και αυτό σαν αποτέλεσμα της αύξησης της δασικής γης που είχε ανακάμψει από διαταραχές του παρελθόντος (Pan, Kaupri, *et al.*, 2011).

Για μετριασμό της κατάστασης και στρατηγικές ανάκαμψης από διαταραχές όπως η φωτιά έχουν εφαρμοστεί διάφορες ,μεταξύ των οποίων δασώσεις, αναδασώσεις και άλλες δασοκομικές τεχνικές με σκοπό την αύξηση την πυκνότητας του αποθηκευμένου άνθρακα στα δάση (Fahey *et al.*, 2010). Ωστόσο, οι (Dore *et al.*, 2008) υποστηρίζουν ότι τέτοιες διαχειρίσεις με σκοπό την αύξηση του αποθηκευμένου άνθρακα μπορεί να αυξήσει την υπέργεια και υπόγεια βιομάζα και ως αποτέλεσμα την αύξηση του καυσίμου με κίνδυνο τον πολλαπλασιασμό των πυρκαγιών.

Η πυρκαγιά και γενικότερα η φωτιά έχει άμεση επίδραση στον αποθηκευμένο άνθρακα μετατρέποντας τα μακροχρόνια αποθέματα του δάσους σε ατμοσφαιρικό άνθρακα. Αποθέματα που θα χρειαστούν εκατοντάδες χρόνια για να επανέλθουν στην προ-πυρκαγιά κατάσταση και πολύ πιθανόν αυτό να μην είναι ποτέ εφικτό (French *et al.*, 2000). Η επίδραση της φωτιάς στον αποθηκευμένο άνθρακα χωρίζεται σε τρία μέρη.

Κατά το πρώτο στάδιο ο αποθηκευμένος άνθρακας σε βιομάζα χάνεται μέσω της άμεσης καύσης, και το μεγαλύτερο μέρος αποτελείται από διοξείδιο του άνθρακα και μικρότερες ποσότητες μονοξειδίου του άνθρακα, μεθανίου, υδρογονανθράκων καθώς και σωματίδια άνθρακα υπό την μορφή ύλης. Επίσης ένα ποσοστό από αέρια του θερμοκηπίου ελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα (Flannigan *et al.*, 1998).

Το δεύτερο στάδιο είναι η αποσύνθεση της καμένης ύλης. Ανάλογα με την ένταση της πυρκαγιάς, καταναλώνεται από την φωτιά ένα ποσοστό από τα λεπτότερα φυτικά υλικά της υπέργειας βιομάζας (Above-Ground live Biomass carbon stock – AGBC) και το πάνω μέρος του δασικού ξυροτάπιτα (Forest floor litter). Παραμένουν πίσω τα πιο χοντρά υλικά. Η τρίτη διαδικασία είναι η διαδικασία της βλάστησης ή της αναγέννησης μετά την πυρκαγιά (Flannigan *et al.*, 1998).

Επίσης, οι πυρκαγιές όπως αναφέρεται και από τους Donato *et al.*, (2006) στο πέρασμα τους αφήνουν μεγάλες ποσότητες καμένης ξυλείας που η οποία διαχειρίζεται με διάφορους οικολογικούς, οικονομικούς ή διαχειριστικούς τρόπους με αποτέλεσμα την αύξηση της παραγωγικότητας και παράλληλα τις εκπομπές άνθρακα λόγω της αποσύνθεσης τους. Με μια πρώτη ματιά, η κυριότερη απώλεια από τις δασικές πυρκαγιές στα δασικά αποθέματα άνθρακα είναι η ολική η μερική καταστροφή της υπέργειας

βιομάζας ενός δασικού οικοσυστήματος. Πολύ σοβαρό αντίκτυπο δέχεται και ο οργανικός άνθρακας που βρίσκεται αποθηκευμένος στο χώμα και το μέγεθος εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως η ένταση και η ενέργεια που απελευθερώνει η πυρκαγιά, η σοβαρότητα της καθώς και τα χαρακτηριστικά του εδάφους (Ruiz-Peinado *et al.*, 2017). Η άλλη άποψη από τους Johnson and Curtis, (2001) υποστηρίζει ότι υπήρξε αύξηση στα αποθέματα του άνθρακα σε εδάφη στα οποία είχαν εκδηλωθεί πυρκαγιές σε διάστημα περισσότερο των 10 ετών και αυτό οφείλεται στη ποσότητα της εναπομείνουσας ξυλείας μετά την πυρκαγιά (ολικώς καμένη, μερικώς ή και καθόλου).

Σε περιπτώσεις μεσογειακών δασικών οικοσυστημάτων οι Caon *et al.*, (2014) αναφέρουν ότι η ποσότητα του άνθρακα του εδάφους μειώθηκε μετά από πυρκαγιά τόσο βραχυπρόθεσμα όσο και μακροπρόθεσμα. Επίσης, τονίζουν ότι η απώλεια άνθρακα από το έδαφος σε τέτοιου είδους οικοσυστήματα μπορεί να συνεχιστεί και μετά την μεταπυρική περίοδο λόγω της μορφολογίας και της διάβρωσης του εδάφους, στην οποία είναι ευάλωτα τα μεσογειακά δασικά οικοσυστήματα. Ως εκ τούτου, το καθαρό ισοζύγιο του άνθρακα μετά από μια πυρκαγιά ακόμα και μετά από σχετικά αρκετό μεγάλο χρονικά διάστημα μπορεί να διαφέρει ανάλογα με τον τρόπο διαχείρισης της καμένης έκτασης και ξυλείας (Stark, Arsenault και Brandfield, 2016).

Όπως αναφέρουν οι (Van de Wer, Rkaierson και Collatz, 2003) οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) στην ατμόσφαιρα αμέσως μετά μια πυρκαγιά μπορεί εύλογα να υπολογισθούν. Σε αντίθεση με οποιεσδήποτε μακροπρόθεσμες επιπτώσεις στο ισοζύγιο άνθρακα σε ένα μεγάλο σχετικά χρονικά διάστημα μετά, κατά τη διάρκεια της αναγέννηση του οικοσυστήματος το οποίο είναι δυσκολότερο καθώς επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες όπως αυξημένα ποσοστά διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) στο έδαφος και επίσης μεγάλες αλλαγές στον ρυθμό φωτοσύνθεσης αρκετούς μήνες μετά τη πυρκαγιά (Santos *et al.*, 2003).

Όπως προαναφέρθηκε, αρκετά φυτά διαθέτουν μηχανισμούς προσαρμογής στη φωτιά και κυρίως κατά την σύντομη περίοδο μετά την πυρκαγιά με σκοπό ώστε η βλάστηση να αναγεννηθεί το συντομότερο δυνατό, φυσικά ή τεχνητά, αποτελώντας μια φωτοσυνθετική δεξαμενή άνθρακα.

Έρευνες που έγιναν τα τελευταία χρόνια μέχρι και σήμερα, κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι τα δασικά οικοσυστήματα αποτελούν πηγές αποθηκευμένου άνθρακα

αμέσως μετά την πυρκαγιά και μετατρέπονται σε δεξαμενές άνθρακα δεκαετίες μετά (Flannigan *et al.*, 1998).

Κατά την δεκαετία του 1990 εκτιμήθηκε ότι η αποθηκευμένη ποσότητα άνθρακα στα παγκόσμια χερσαία οικοσυστήματα παρουσίαζε μια μέση αύξηση της τάξεως του 0,7 PgC ετησίως. Η μέση αύξηση του 0,7 PgC ετησίως είναι ως αποτέλεσμα της υψηλής δέσμευσης της τάξεως του 2,3 PgC ετησίως κυρίως στα τροπικά δάση (IPCC, 2015). Στο πιο πάνω συμφωνούν και οι (Pan, Kaupri, *et al.*, 2011) οι οποίοι αναφέρουν ότι η ακαθάριστη ποσότητα που δεσμεύεται από τα υφιστάμενα δάση ανά το παγκόσμιο ανέρχεται σε 2,4 PgC ετησίως. Άλλοι μελετητές όπως (Friedlingstein *et al.*, 2020) αναφέρουν εκτιμήσεις από 2,3 ως και 3,0 PgC ετησίως. Ακόμα το 2011 εκτιμήθηκε ότι το παγκόσμιο δασικό απόθεμα άνθρακα σε 861 PgC, κατατάσσοντας σαν κυριότερες δεξαμενές άνθρακα το έδαφος με 44% και την ζωντανή βιομάζα στο 42%(Pan, Kaupri, *et al.*, 2011)

Από τη διαχείριση μιας περιοχής καταστραμμένης από μια διαταραχή όπως η πυρκαγιά μπορεί να επηρεαστούν οι ροές άνθρακα μεταξύ του δασικού οικοσυστήματος και της ατμόσφαιρας και ως αποτέλεσμα αυτού να εξαρτηθεί ο ρόλος και ο χαρακτηρισμός του οικοσυστήματος είτε ως πηγής απελευθέρωσης άνθρακα είτε ως καταβόθρα αποθήκευσης του. Η επαναδέσμευση άνθρακα από ένα δασικό οικοσύστημα μετά την πυρκαγιά θα εξαρτηθεί από το ποσοστό αναγέννησης και την αναγεννητική ικανότητα της βλάστησης στην περιοχή η οποία θα καθορίσει την καθαρή πρωτογενή παραγωγή (Serrano-Ortiz *et al.*, 2011)

Όπως αναφέρουν και οι Magnani *et al.*, (2007) η αναδάσωση αμέσως μετά την πυρκαγιά αυξάνει τον ρυθμό μετατροπής του δασικού οικοσυστήματος από πηγή απελευθέρωσης άνθρακα στην ατμόσφαιρα σε καταβόθρα αποθήκευσης του. Από την άλλη ο (Amiro, 2001) υποστηρίζει ότι το ίδιο αποτέλεσμα αύξησης της δέσμευσης άνθρακα μπορεί να επιτευχθεί με την εφαρμογή της φυσικής αναγέννησης σε ένα δασικό οικοσύστημα.

Διάφοροι παράγοντες που επηρεάζουν τη δέσμευση ατμοσφαιρικού άνθρακα κυρίως στα δασικά οικοσυστήματα και μελετώνται εκτενέστερα κατά τα τελευταία χρόνια είναι η ένταση και η συχνότητα της διαταραχής καθώς και η προετοιμασία του

χώρου σε περίπτωση τεχνητής αναγέννησης (Mjöfors *et al.*, 2017), η ένταση της μετέπιπτα αραίωσης (Ruiz-Peinado *et al.*, 2016) και οι μέθοδοι διαχείρισης (Wegiel *et al.*, 2018).

Η πιο ταχέως εναλλασσόμενη από αυτές τις δεξαμενές άνθρακα είναι η δεξαμενή της υπέργειας ζωντανής βιομάζας (Above-Ground live Biomass carbon stock – AGBC), η οποία μπορεί να υπολογισθεί μέσω πολλών προσεγγίσεων (Young, 2007) σε σύγκριση με τις υπόλοιπες δεξαμενές στις οποίες η ποσοτικοποίηση των αλλαγών είναι πιο δύσκολη. Η μέτρηση της μέσης υπόγειας ζωντανής βιομάζας (Below-Ground Biomass carbon stock – BGBC) είναι δυσκολότερη και συνήθως γίνεται υπολογισμός αναλογία με την AGBC (0,26) (Cairns *et al.*, 1997). Ο οργανικός άνθρακας του εδάφους (Soil organic carbon - SoilC) θεωρείται η μεγαλύτερη δεξαμενή αποθήκευσης άνθρακα σε δασικά εδάφη στην οποία οποιεσδήποτε αλλαγές στο ποσοστό αποθηκευμένου άνθρακα λόγω αποψιλώσεις ή αναδασώσεις είναι δύσκολο να ποσοτικοποιηθούν (Paul *et al.*, 2002). Ακόμα, ο δασικός ξυροτάπιτας (Forest floor litter) αποθηκεύει λιγότερη ποσότητα άνθρακα από ότι το έδαφος. Επίσης σε ένα δασικό οικοσύστημα μεγάλες ποσότητες άνθρακα αποθηκεύονται σε νεκρή οργανική ύλη (Dead Organic Matter - DOMC) οι οποίες όμως είναι κατά πολύ μικρότερες από την ποσότητα του αποθηκευμένου άνθρακα στην υπέργεια βιομάζα (Above-Ground live Biomass carbon stock – AGBC) (Woodall, Heath και Smith, 2008).

Όπως αναφέρουν και οι (Hui, Tian και Deng, 2015) υπάρχουν διάφορες μέθοδοι για την εκτίμηση του άνθρακα στη δασική βιομάζα ανάλογα με τις διαθέσιμες πληροφορίες και μετρήσεις:

- Μέθοδος που έχει ως βάση τις μετρήσεις πεδίου και δεδομένων δασικής απογραφής
- Μέθοδος που βασίζεται στην τηλεπισκόπηση
- Μέθοδος που βασίζεται σε μικρομετεωρολογικές τεχνικές
- Μέθοδος που βασίζεται σε μεγάλης κλίμακας οικοσυστημικά μοντέλα .

Όπως είναι φυσικό, κάθε μέθοδος έχει τα δικά της πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα (Nabuurs *et al.*, 2009).

Οι περισσότερες χώρες στην Ευρώπη χρησιμοποιούν μέθοδο που έχει ως βάση μετρήσεις πεδίου και δεδομένα από δασικές απογραφές οι οποίες γίνονται με διάστημα



πέντε ετών, έχοντας συγκεντρώσει ένα σύνολο από 260.000 δειγματοληπτικές επιφανείς (Nabuurs *et al.*, 2009).

Στην περιοχή μελέτης που όπως προαναφέρθηκε πρόκειται για μια περιοχή 19 τετραγωνικών χιλιομέτρων η οποία καταστράφηκε το 1996 από μεγάλη έκτασης πυρκαγιάς (mega-fire) θα χρησιμοποιηθεί η εργαλειοθήκη «Tessa» (Toolkit for Ecosystem Service Site Assessment) της οποίας η χρήση της έχει σαν στόχο την αξιολόγηση και αποτίμηση ΟΥ σε τοποθεσίες με μεγάλη περιβαλλοντική αξία με σκοπό την διατήρηση της βιοποικιλότητας (K. S. H. Peh *et al.*, 2013).

Όπως πολύ χαρακτηριστικά αναφέρουν οι (Houghton, Byers και Nassikas, 2015) η φυσική αναγέννηση ενός δασικού οικοσυστήματος θεωρείται ως ένας πολύ αποδοτικός τρόπος με χαμηλό κόστος για την δέσμευση άνθρακα. Επίσης οι (Ovideo *et al.*, 2014) τονίζουν ότι τα μικτά δασικά οικοσυστήματα εμφανίζουν πολύ μεγάλα οφέλη όσο αφορά παραγόμενες ΟΥ.

Ακόμα οι (Chazdon *et al.*, 2016) τονίζουν ότι, αναγεννημένα νεαρά φυτά ηλικίας από 1 μέχρι 20 χρονών έχουν την δυνατότητα δέσμευσης άνθρακα μέχρι και δύο φορές γρηγορότερα από φυτά μεγαλύτερων ηλικιών.

Στην συγκεκριμένη μελέτη με την χρήση του «Tessa» θα γίνει η εκτίμηση και η σύγκριση των αποτελεσμάτων του αποθηκευμένου άνθρακα με δύο διαφορετικές μεθόδους εκτίμησης κατά πριν από την καταστροφική μεγάλων διαστάσεων πυρκαγιά (mega fire) περίοδο.

## 2.5 Διεθνής πραγματικότητα

Ανά το παγκόσμιο η μεγαλύτερη προσπάθεια για να σταματήσει η υπερθέρμανση του πλανήτη μέσω της μείωσης των εκπομπών των αέριων του θερμοκηπίου και κατ' επέκταση μείωση της κλιματικής αλλαγής ξεκίνησε στην σύγχρονη ιστορία το 1997 με την υπογραφή του πρωτοκόλλου του «Kyoto». Το πρωτόκολλο ουσιαστικά ήταν μια επέκταση της διεθνούς συμφωνία των Ηνωμένων Εθνών του 1992 για την Κλιματική αλλαγή.

Το πρωτόκολλο υπογράφηκε από 84 χώρες και τέθηκε σε εφαρμογή το 2005 έχοντας σαν στόχο να σταματήσει την υπερθέρμανση του πλανήτη μειώνοντας τα αέρια που προκαλούν τον φαινόμενο του θερμοκηπίου σε επίπεδα που η ανθρωπογενής παρέμβαση στο κλιματικό σύστημα δεν θα είναι επικίνδυνη. Σήμερα απαριθμούνται 192 χώρες.

Βασίστηκε στις κοινές αρχές, αλλά και στις διαφορετικές υποχρεώσεις της κάθε χώρας ξεχωριστά για εναρμόνιση με του στόχους του πρωτοκόλλου.

Τα πιο κύρια από αυτά τα αέρια είναι όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω είναι διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>), μεθάνιο (CH<sub>4</sub>). Επίσης το υποξείδιο του αζώτου (N<sub>2</sub>O), υδροφθοράνθρακες (HFCs), υπερφθοράνθρακες (PFCs), εξαφθοριούχο θείο (SF<sub>6</sub>), τριφθοριούχο άζωτο (NF<sub>3</sub>) θεωρούνται αέρια που επηρεάζουν το φαινόμενο και βρίσκονται στο πρωτόκολλο του «Kyoto».

Το 2015, η ΕΕ και όλα τα κράτη μέλη έχουν υπογράψει την Συμφωνία των Παρισίων, με την οποία συμφώνησαν ότι μέχρι το 2050 η ΕΕ θα μειώσει τις εκπομπές των αερίων που προκαλούν την κλιματική αλλαγή και θα καταστεί η πρώτη κλιματικά ουδέτερη κοινωνία και οικονομία.

Η προστασία του περιβάλλοντος και τον Δασικών οικοσυστημάτων από την κλιματική αλλαγή και από τις όποιες επιπτώσεις της άρχισε τα τελευταία χρόνια να γίνεται επιτακτική ανάγκη ανά το παγκόσμιο. Η Ευρωπαϊκή Οικονομική και Κοινωνική Επιτροπή (ΕΟΚΕ) επικροτεί την επιτακτικότητα και την προσοχή που δίνεται στις στρατηγικές για την καλύτερη και γρηγορότερη προσαρμογή στη κλιματική αλλαγή, δεδομένου ότι η παγκόσμια υπερθέρμανση επηρεάζει την κατάσταση ολόκληρων των δασικών οικοσυστημάτων και συνδέεται άρρηκτα με όλες τις δασικές καταστροφές. Ακόμα τονίζετε ότι τέτοιες καταστροφές δεν θα έχουν τεράστιες συνέπειες μόνο για το περιβάλλον αλλά και για την οικονομία, υπογραμμίζοντας την σημασία μιας ολιστικής προσέγγισης για την προστασία της βιοποικιλότητας των δασών καθώς και των ΟΥ τους υπηρεσιών (Schweng, 2021).

Όπως πολύ χαρακτηριστικά αναφέρει και η (Schweng, 2021), η δέσμευση άνθρακα είναι ζήτημα ανάπτυξης των δασών και ισχυρής φωτοσύνθεσης και για τον λόγο αυτό η σωστή και αειφόρος διαχείριση των δασών και ανανέωση τους είναι απαραίτητη εκτός από την δάσωση και την αναδάσωση.

## **2.6 Κυπριακή πραγματικότητα**

Στην Κύπρο η αποτίμηση και ποσοτικοποίηση των ΟΥ που προσφέρονται από τα οικοσυστήματα της είναι ακόμα σε σχετικά αρχικό στάδιο. Οι (Vogiatzakis *et al.*, 2020) καθόρισαν τις κατηγορίες των οικοσυστημάτων της Κύπρου και τις ΟΥ που παρέχονται.

Έγινε επίσης και ορισμός ομάδων δεικτών για την ποσοτικοποίηση των εν λόγω ΟΥ (MAES).

Με βάση το CLC2018 τα χερσαία οικοσυστήματα στην Κύπρο διαχωρίζονται σε πέντε κατηγορίες οι οποίες είναι η γεωργική γη, τα βοσκοτόπια, τα δάση, η μακκία βλάστηση/θάμνοι και τα οικοσυστήματα γλυκού νερού.

Η ανάπτυξη και εφαρμογή μιας εθνικής βάσης για αξιολόγηση και αποτίμηση των ΟΥ και εναρμόνιση με τον στόχο 2 της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την βιοποικιλότητα, δράση 5, αποτελεί υποχρέωση για την Κύπρο, μιας και είναι στα πρώτα δέκα θερμά σημεία βιοποικιλότητας (biodiversity hot spots) της Μεσογείου βάση του ενδημισμού και τον πλούτο των ειδών.

## **2.7 Συμπεράσματα**

Τα δάση και τα δασικά οικοσυστήματα γενικότερα διαδραματίζουν ένα πολύ σημαντικό ρόλο τόσο στο περιβάλλον όσο και στην κοινωνικοοικονομική κατάσταση μιας χώρας. Η καλή κατάσταση και η αειφόρος διαχείριση τους είναι υψίστης σημασίας για περιβαλλοντικούς και κλιματικούς λόγους καθώς και για οικονομικούς όσο και λόγους ευημερίας των ανθρώπων.

Εκτός από όλες τις παραγόμενες υπηρεσίες που προσφέρει ένα δασικό οικοσύστημα (ΟΥ), τα δάση διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο σε όλους τους φυσικούς κύκλους της φύσης (νερού, άνθρακα, θρεπτικών συστατικών). Επίσης είναι απαραίτητο για την προστασία και διατήρηση της βιοποικιλότητας, καθώς και για την διαμόρφωση του εδάφους.

Τα δάση και γενικά τα δασικά οικοσυστήματα είναι πολύ ευάλωτα στις κλιματικές αλλαγές και συνάμα παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στον μετριασμό τους. Ένας από τους κύριους τρόπους μετριασμού της κλιματικής αλλαγής επιτυγχάνεται μέσω της δέσμευσης και αποθήκευσης άνθρακα σε βιομάζα. Όπως αναφέρουν και στοιχεία της ΕΕ, η έκταση της δασικής γης έχει αυξηθεί τις τελευταίες δεκαετίες αποτελώντας μια μεγάλη και σημαντική καταβόθρα άνθρακα. Λόγω των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής αυξήθηκε και η μέση παγκόσμια θερμοκρασία με παράλληλη αύξηση του αριθμού και της έντασης των πυρκαγιών.

Η αλληλένδετη σχέση μεταξύ δάσους και άνθρακα είναι μια επιβεβλημένη σχέση που πρέπει να γίνει κατανοητή στον υπέρτατο βαθμό για μια πιο σωστή προστασία και αειφόρο διαχείριση τους. Τα δασικά οικοσυστήματα έχουν την δυνατότητα να προσθέτουν, μέσω της αποψίλωσης, της αποσύνθεσης και της καύσης τους, στην παγκόσμια δεξαμενή του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα, και να αφαιρούν από αυτή μέσω της απορρόφησης του και μετατροπής του σε βιομάζα. (Penafort, 2001)

Ακόμα όπως αναφέρει και η (Penafort, 2001), λόγω αυτής της σχέσης, υπάρχουν τρόποι διαχείρισης των δασών που θα οδηγούσαν σε αποθήκευση περισσότερης ποσότητας άνθρακα και, συνεπώς, στη μείωση του διοξειδίου του άνθρακα της ατμόσφαιρας. Αυτοί οι τρόποι, μεταξύ των άλλων περιλαμβάνουν, την αύξηση της δασικής έκτασης με αναδασώσεις (φυσικές ή τεχνητές), αύξηση της παραγωγικότητας των υφιστάμενων δασικών εκτάσεων με συγκεκριμένες δασοκομικές εργασίες καθώς και τη μείωση της καύσης και την αποψίλωση των δασών με την εφαρμογή μιας πιο οικοσυστημικής προσέγγισης που θα έχει σαν στόχο μια πιο αειφόρο διαχείριση τους.

Επίσης, μέσα από την έρευνα που έκαναν οι Ruiz-Reinado *et al.*, (2017) σε δασικά Μεσογειακά οικοσυστήματα έδειξαν ότι η διαχείριση των δασών μπορεί σαφώς να βελτιώσει τις δασικές ποσότητες δέσμευσης άνθρακα. Αναφέρουν χαρακτηριστικά ότι η διαχείριση είναι ένας αποτελεσματικός τρόπος διατήρησης και ενίσχυσης των υψηλών ποσοστών δέσμευσης άνθρακα προκειμένου να αντιμετωπιστεί η κλιματική αλλαγή και η παροχή των ΟΥ τους.

# Κεφάλαιο 3

## Μεθοδολογία

### 3.1 Σκοποι και στόχοι

Σκοπός της μεταπτυχιακής διατριβής είναι η αποτίμηση και χαρτογράφηση της οικοσυστημικής υπηρεσίας για τη ρύθμιση του κλίματος με τη χρησιμοποίηση των δεικτών της απορρόφησης, δέσμευσης και μετατροπής του ατμοσφαιρικού άνθρακα σε βιομάζα σε μια περιοχή όπου πλήγηκε στο παρελθόν από μια μέγα – πυρκαγιά. Για τον υπολογισμό των δεικτών χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα της υπέργειας βιομάζας (Above-Ground live Biomass carbon stock – AGBC), της υπόγειας βιομάζας (Below-Ground Biomass carbon stock – BGBC), του εδαφικού άνθρακα (Soil organic carbon - SoilC) καθώς και της Νεκρής οργανικής ύλης (Dead Organic Matter - DOMC). Επίσης, έγινε ο υπολογισμός του άνθρακα που ήταν αποθηκευμένος υπό μορφή βιομάζας με δύο μεθόδους υπολογισμού με διαφορετικά δεδομένα. Οι επιμέρους στόχοι είναι:

- Η χαρτογράφηση της έκτασης της περιοχής μελέτης και της βλάστησης πριν από την πυρκαγιά του 2016
- Η χωρική ανάλυση και εκτίμηση του αποθηκευμένου άνθρακα με δυο διαφορετικές μεθόδους της εργαλειοθήκης «Tessa» α: με την χρήση διεθνούς κλίμακας δεδομένων (global scale data) και β: με την χρήση τοπικής κλίμακας δεδομένων πεδίου (field – local scale data).
- Ο υπολογισμός του αποθηκευμένου άνθρακα υπό μορφή βιομάζας σε κάθε είδος βλάστησης και δεξαμενή αποθήκευσης ξεχωριστά καθώς και το ποσοστό απώλειας.
- Σύγκριση των αποτελεσμάτων των δύο μεθόδων υπολογισμού αποθηκευμένου άνθρακα.

- Ανάλυση των αποτελεσμάτων, εξαγωγή συμπερασμάτων και προτεινόμενων πιθανών μέτρων για μελλοντική αύξηση του ποσοστού δέσμευσης άνθρακα υπό μορφή βιομάζας.

### 3.2 Ερευνητικά ερωτήματα

1. Σε πιο βαθμό επηρεάστηκε η δέσμευση και αποθήκευση σε βιομάζα του ατμοσφαιρικού άνθρακα από το δασικό οικοσύστημα (περιοχή μελέτης) λόγω της μεγάλης έκτασης πυρκαγιάς,
2. Ποια τα αποτελέσματα της σύγκρισης των δύο διαφορετικών τρόπων εκτίμησης του αποθηκευμένου άνθρακα;

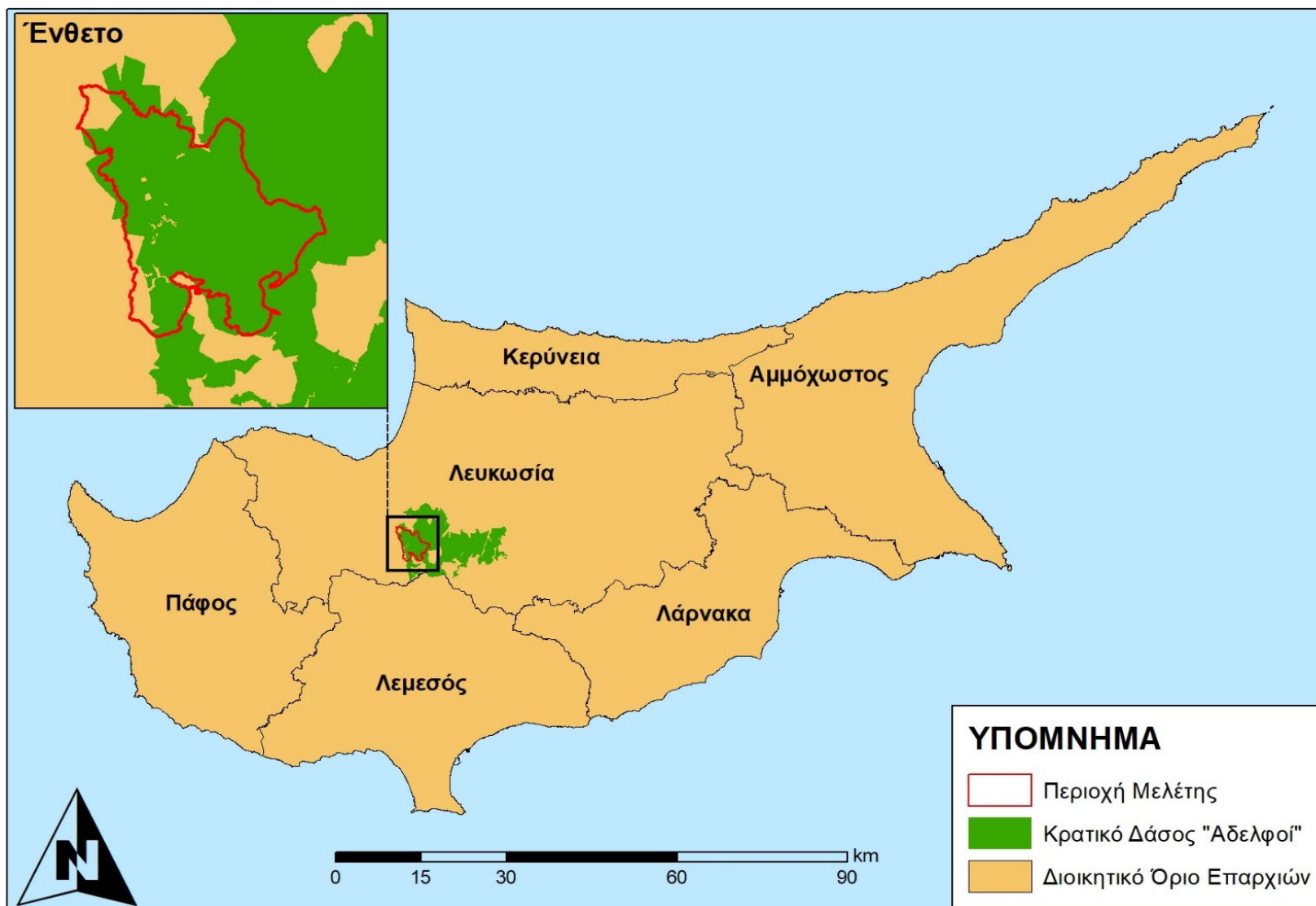
### 3.3 Σχεδιασμός μελέτης

Ο σχεδιασμός της μελέτης έγινε με σκοπό τον υπολογισμό του αποθηκευμένου ατμοσφαιρικού άνθρακα σε ένα δασικό οικοσύστημα που χάνετε μετά από μια μεγάλης έκτασης πυρκαγιά (mega fire). Η βλάβιση στην περιοχή μελέτης όπως προαναφέρθηκε καταστράφηκε το 2016 και αυτό αποτέλεσε, περιοριστικό παράγοντα όσο αφορά τα διαθέσιμα δεδομένα προς μελέτη. Ο απαιτούμενος ανθρωποχρόνος και περιορισμένος προϋπολογισμός αποτέλεσε επίσης περιοριστικό παράγοντα. Η μικρή διαθεσιμότητα των δεδομένων ξεπεράστηκε με στοιχεία που αντλήθηκαν από το Τμήμα Δασών, το Τμήμα Γεωλογικής Επισκόπησης καθώς και άλλες εμπλεκόμενες υπηρεσίες. Κατά τον σχεδιασμό έγινε αποτίμηση της ΟΥ και ο υπολογισμός του αποθηκευμένου άνθρακα ακολουθώντας βήματα της εργαλειοθήκης «Tessa» με δύο διαφορετικές μεθόδους. Με τη χρήση διεθνούς κλίμακας δεδομένων (global scale data) έγινε ακολούθως η επανεκτίμηση του αποθηκευμένου άνθρακα με χρήση τοπικής κλίμακας δεδομένων πεδίου (field – local scale data) που καταγράφηκαν από το Τμήμα Δασών κατά την διάρκεια της απογραφής του οικότοπου της Τραχείας πεύκης (9540) το 2011. Τα δεδομένα πεδίου για την εκπόνηση της συγκεκριμένης μεταπτυχιακής διατριβής λήφθηκαν με προσωπική συμμετοχή στην μια εκ των δύο ομάδων του Τμήματος Δασών που επισκέφθηκαν την περιοχή μελέτης για της ανάγκες της απογραφής του οικότοπου 9540 της Τραχείας πεύκης. Στην συνέχεια έγινε η ετοιμασία των χαρτών με την χρήση του προγράμματος ARCGIS καθώς και η ανάλυση των δεδομένων.

#### 3.3.1 Περιοχή μελέτης

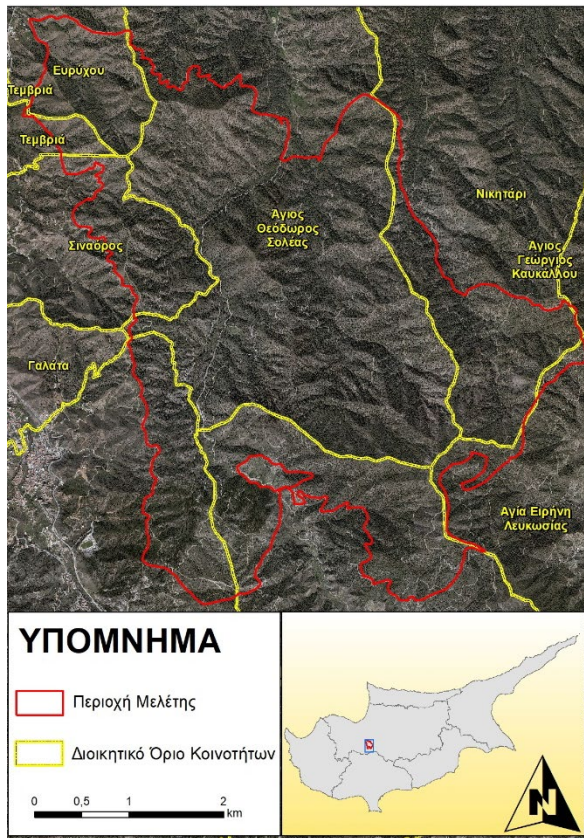
Η περιοχή μελέτης βρίσκεται Βορειοδυτικά της οροσειράς του Τροόδους, στην κοιλάδα της Σολέας της δασικής περιφέρειας Τροόδους του δάσους Αδερφοί, μεγέθους 1904

εκταρίων (Χάρτης 1). Διοικητικά εμπίπτει μέσα στα διοικητικά όρια 8 κοινοτήτων, της Ευρύχου, Άγιος Θεόδωρος Σολέας, Νικητάρι, Αγία Ειρήνη Λευκωσίας, Κακοπετριάς, Σπήλιά, Σινάορος, Τεμβριά (Χάρτης 2). Η περιοχή έκτασης 19 τετραγωνικών χιλιομέτρων καταστράφηκε ολοσχερώς από μία μεγάλης έκτασης πυρκαγιά τον Ιούνιο του 2016. Η βλάστηση αποτελείτο από δέντρα κυρίως πεύκους (*Pinus brutia*) αλλά και πλάτανοι (*Platanus orientalis*), θάμνοι όπως αντροκλιές (*Arbutus adrachne*), και λατζιές (*Quercus alinfolia*) και φρύγανα.

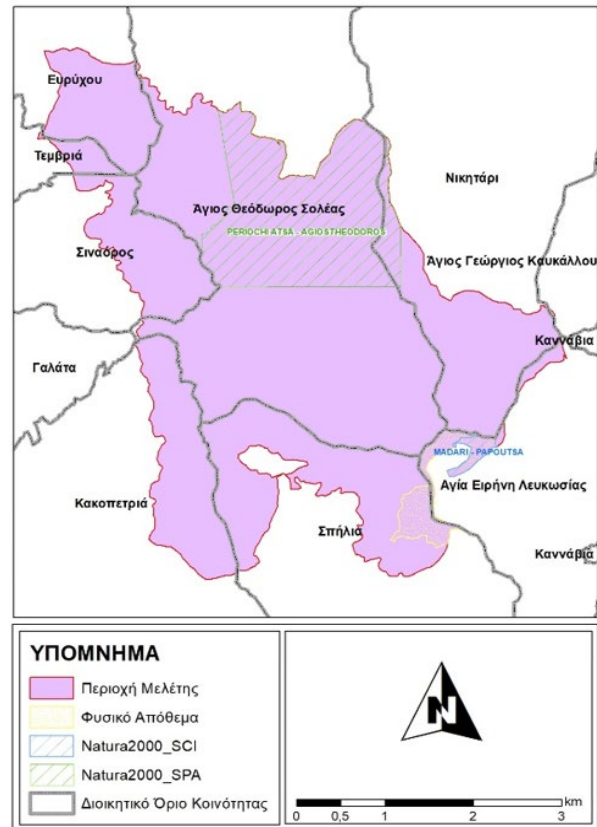


Χάρτης 1. Περιοχή μελέτης





**Χάρτης 2.** Περιοχή Μελέτης και Διοικητικά Όρια Κοινοτήτων



**Χάρτης 3.** Περιοχή Μελέτης και Φυσικό Απόθεμα, Natura 2000

### 3.3.2 Επιλογή μεθόδου χαρτογράφησης της εδαφοκάλυψης και ΟΥ

Τα στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν αντλήθηκαν από την χαρτογραφημένη περιοχή μελέτης η οποία έγινε μετά από επιτόπιες επισκέψεις από το Τμήμα Δασών και χρήση του λογισμικού ARCIS. Για πληροφορίες σχετικά με τις χρήσεις γης στην περιοχή μελέτης χρησιμοποιήθηκε το CORINE 2012 το οποίο χωρίζει την περιοχή σε τρεις διαφορετικές χρήσεις γης με κλίμακα 1 : 100.000 και ελάχιστη χαρτογραφική μονάδα επιφάνειας 25 εκταρίων καθώς και χρήση του Google Earth Pro.

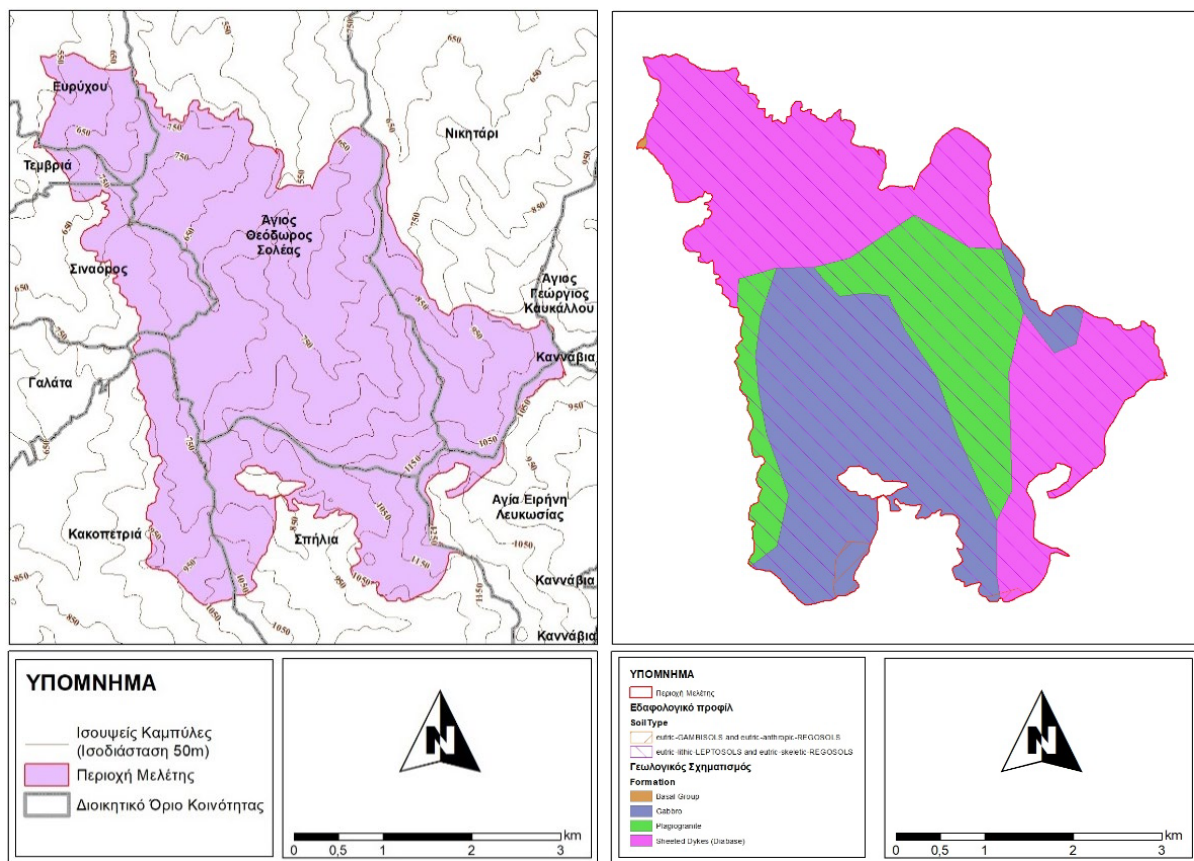
Λόγω περιορισμένης διαθεσιμότητας δεδομένων για τη χαρτογράφηση της ΟΥ, η χαρτογράφηση και ο υπολογισμός του αποθηκευμένου άνθρακα σε βιομάζα και έδαφος έγινε όσο αφορά την (α) μέθοδο εκτίμησης, με διεθνούς κλίμακας δεδομένα και για την (β) μέθοδο, με τοπικής κλίμακας δεδομένα πεδίου της περιοχής μελέτης σε συνδυασμό με χωρικές πληροφορίες από τους θεματικούς χάρτες της περιοχής μελέτης.

Ένα μέρος της περιοχής 292 εκτάρων ανήκει στην κατηγορία ΖΕΠ (Ζώνες Ειδικής Προστασίας) (SPA / Special Protection Area) του δικτύου προστατευόμενων περιοχών

Natura 2000 για την ορνιθοπανίδα σύμφωνα με την οδηγία 79/409/ΕΚ για την διατήρηση των άγριων πτηνών. Επίσης 10 εκτάρια ανήκουν σε τόπους Κοινοτικής Σημασίας ΤΚΣ (Site of Community Importance / SCI) επίσης του δικτύου προστατευόμενων περιοχών Natura 2000 όπως ορίζονται στην οδηγία για τους οικότοπους 92/43/ΕΟΚ και 11 εκτάρια στις περιοχές φυσικού αποθέματος (Nature Reserve Areas) (Χάρτης 3). Οι κυριότερες πιέσεις που δέχεται η περιοχή είναι κυρίως από ανθρωπογενής παράγοντες και δραστηριότητες οι οποίες θέτουν σε κίνδυνο ολόκληρη την περιοχή καθώς και το παρακείμενο δάσος Τροόδους.

### 3.3.2.1 Αβιοτικά και βιοτικά χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης

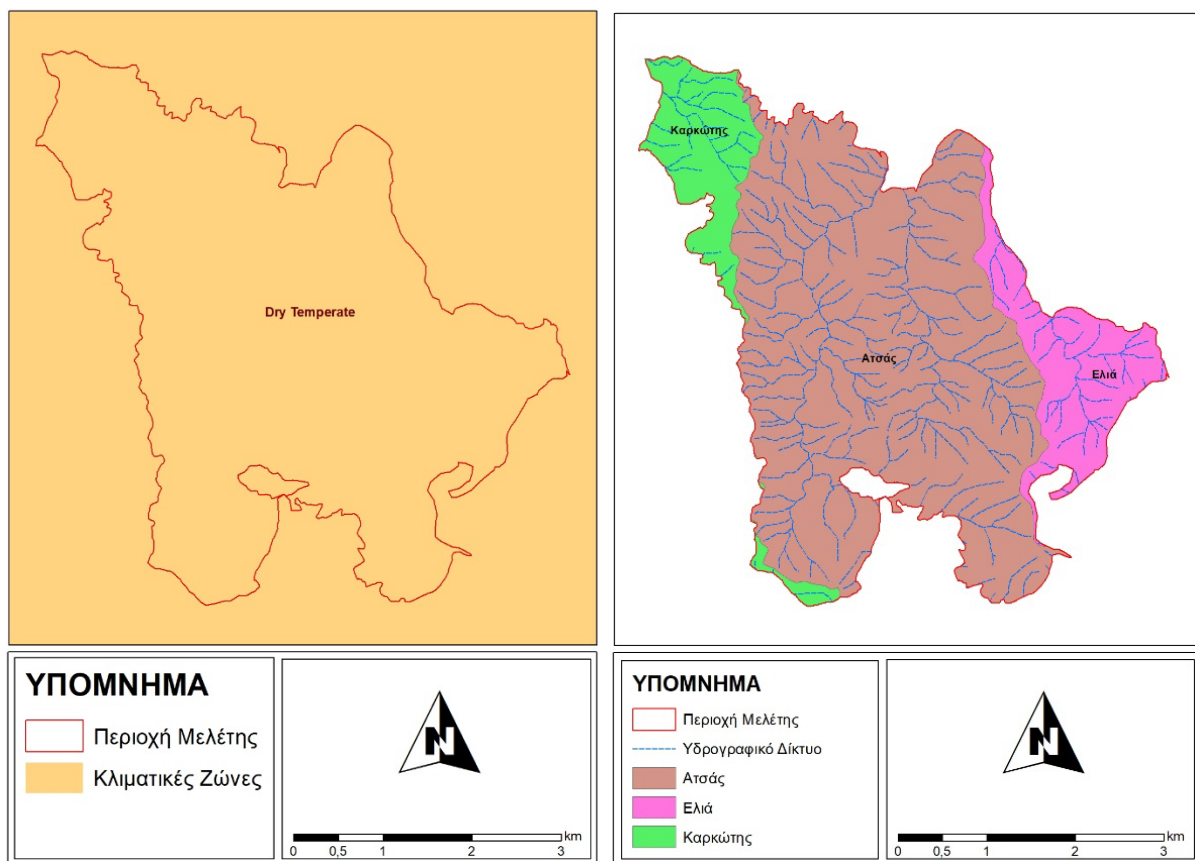
Υψομετρικά η περιοχή κυμαίνεται από 550 μέτρα πάνω από το επίπεδο της θάλασσας έως και 1250 μέτρα με μέτριες κλίσεις όπως φαίνεται και στο Χάρτη 4.



**Χάρτης 4.** Ισοϋψείς καμπύλες στην περιοχή μελέτης **Χάρτης 5.** Εδαφολογικό και Γεωλογικό προφίλ της περιοχής μελέτης

Γεωλογικά χωρίζεται σε τέσσερις κατηγορίες πετρωμάτων τα διαβασικά, πλαγιογρανίτης, γαύρος και πετρώματα βάσης (Χάρτης 5) . Εδαφολογικά στην περιοχή μελέτης παρουσιάζονται δύο εδαφικές ζώνες. Το μεγαλύτερο μέρος είναι «eutric-lithic-LEPTOSOLS and eutric-skeletal- REGOSOLS» (LP.li.eu-RG.le.eu) και ένα μικρό κομμάτι στα νότια της

περιοχής «eutric-GAMBISOLS and eutric-anthropic-REGOSOLS» (CM.eu-RG.ah.eu). Το μητρικό υλικό των eutric-Gambisols είναι μέτριο ως λεπτόκοκκο υλικό από ποτάμια ή αιολικές εναποθέσεις και δέχονται διάβρωση. Έχουν αργιλώδη σύνθεση και υφή και αποτελούνται από ήλη και άμμο. Συναντιούνται κυρίως σε δασικές περιοχές αλλά λόγω της παραγωγικότητας του χρησιμοποιούνται αρκετά και στην γεωργία (Τμήμα Γεωλογικής Επισκόπησης, 2010). Τα eutric – lithic Leptosols καθώς και τα eutric skeletal Regosols που όπως φαίνεται και από τον χάρτη 4 κατέχουν το μεγαλύτερο κομμάτι της περιοχής μελέτης είναι αβαθή, νερά και μη ανεπτυγμένα εδάφη με συνεχόμενο βράχο και λιγότερο από 10% λεπτόκοκκο υλικό. Αποτελούνται κυρίως από αποσαθρωμένα πετρώματα, είναι πολύ ευάλωτα στην διάβρωση και η ικανότητα τους για συγκράτηση νερού είναι πολύ μικρή (Τμήμα Περιβάλλοντος, 2013).



**Χάρτης 6.** Κλιματική ζώνη της περιοχής μελέτης

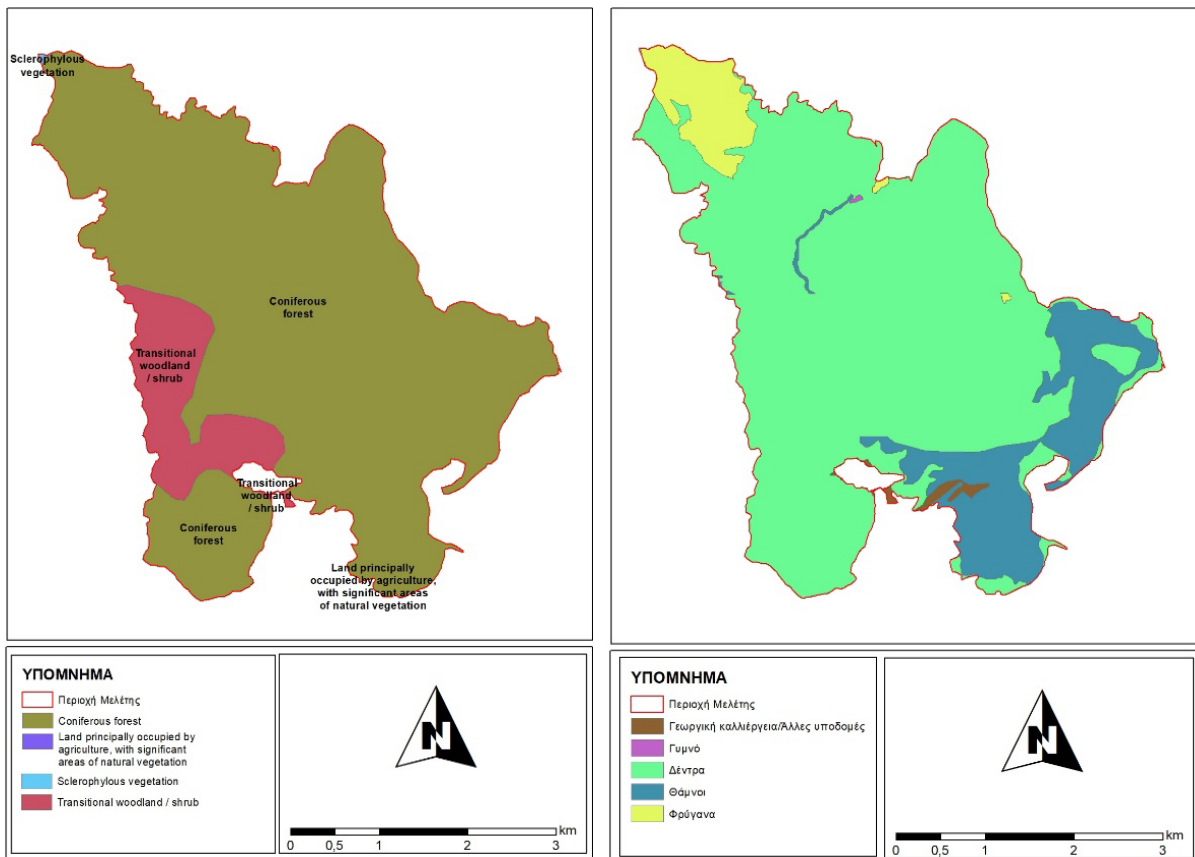
**Χάρτης 7.** Υδρογραφικό δίκτυο και λεκάνες απορροής

Κλιματολογικά, σύμφωνα με την Μετεωρολογική υπηρεσία Κύπρου η περιοχή μελέτης κατατάσσεται στην κλιματολογική ζώνη ξηρή εύκρατη (Dry temperate) (Χάρτης 6).



Επίσης η περιοχή χωρίζεται σε τρεις λεκάνες απορροής, την λεκάνη απορροής του «Ατσά», της «Ελιάς» και του «Καρκώτη» (Χάρτης 7) και η μέση ετήσια βροχόπτωση της περιοχής κυμαίνεται γύρω στα 450 χιλιοστόμετρα (Τμήμα Μετεωρολογίας Κύπρου, 2014).

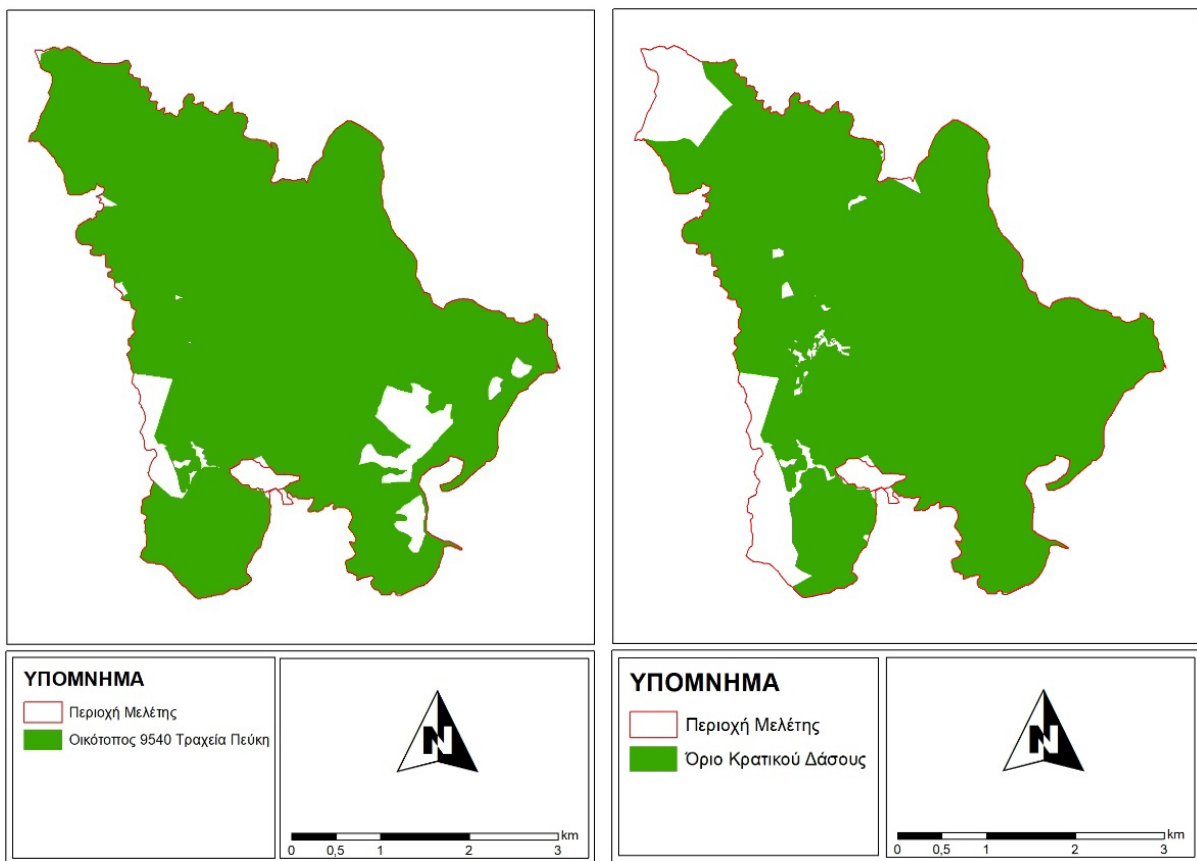
Σύμφωνα με το CORINE 2012 οι χρήσεις γης στις περιοχές χωρίζονται σε τέσσερις κατηγορίες (Χάρτης 8)



**Χάρτης 8.** Χρήσεις γης σύμφωνα με το CORINE **Χάρτης 9.** Χάρτης ξυλώδους βλάστησης της περιοχής μελέτης

Η βλάστηση της περιοχής σύμφωνα και με τον χάρτη ξυλώδους βλάστησης χωρίζεται σε τέσσερις κατηγορίες 79% δενδρώδες δασική έκταση, 14,7 % είναι θαμνώνες, 5,6 % φρύγανα και 0,7 % διάφορες γεωργικές καλλιέργειες. (Χάρτης 9). Το κύριο είδος της δενδρώδους βλάστησης είναι «*Pinus brutia*» όπως φαίνεται και από τον χάρτη οικότοπου 9540 του «*Pinus brutia*» στην περιοχή μελέτης (Χάρτης 10). Ο οικότοπος 9540 καλύπτει έκταση 1504 εκτάρια και το μεγαλύτερο μέρος του βρίσκεται σε κρατική έκταση. Οι χερσαίοι οικότοποι είναι περιοχές που διακρίνονται για τα βιοτικά και αβιοτικά γεωγραφικά χαρακτηριστικά τους και χωρίζονται σε εξολοκλήρου φυσικές ή ημιφυσικές. Στο Παράρτημα I, της Οδηγίας 92/43/ΕΟΚ συμπεριλήφθηκαν φυσικοί οικότοποι που

κινδυνεύουν υπό εξαφάνιση από την περιοχή φυσικής τους κατανομής, ή η εξάπλωση τους είναι περιορισμένη, ή αποτελούν δείγματα κάποιας από τις βιογεωγραφικές ζώνες της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Στην Κύπρο, μέχρι σήμερα, αναγνωρίστηκαν 42 χερσαίοι οικοτόποι, εκ των οποίων 11 χαρακτηρίστηκαν ως «προτεραιότητας» δηλαδή οικοτόπων που απειλούνται με εξαφάνιση. Αναφέρονται χαρακτηριστικά μέσα από τους 42 χερσαίους οικοτόπους τα Μεσογειακά πευκοδάση με ενδημικά είδη πεύκων της Μεσογείου και στην Κύπρο της τραχείας Πεύκης (9540, οικοτόπος *Pinus brutia*), τα δάση της μαύρης Πεύκης (9530, οικοτόπος *Pinus nigra subsp. Palassiana*), δάση ελιάς και χαρουπιάς (9320) και άλλα (Τμήμα Δασών, 2022).



**Χάρτης 10.** Οικότοπος 9540 τραχείας πεύκης. **Χάρτης 11.** Όριο κρατικού δάσους

### 3.3.3 Επιλογή ΟΥ και δεικτών

Η ΟΥ που επιλέχθηκε για την περιοχή μελέτης και την εκπλήρωση των στόχων αυτής της διατριβής είναι η υπηρεσία ρύθμισης του κλίματος με την μείωση των αερίων του θερμοκηπίου και πιο συγκεκριμένα του ατμοσφαιρικού άνθρακα. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε ως δείκτης η δεσμευμένη ποσότητα άνθρακα υπό μορφή βιομάζας στα φυτά καθώς και η δέσμευση και αποθήκευση του στο έδαφος.

### 3.4 Περιγραφή ερευνητικών μεθόδων

#### 3.4.1 Μέθοδος υπολογισμού αποθηκευμένου άνθρακα με τη χρήση διεθνούς κλίμακας δεδομένων (global scale data).

Η επιλογή της κατάλληλης μεθοδολογίας έγινε με τη χρήση του εργαλείου «Tessa» v.2.0. (Toolkit for Ecosystem Services Site-based Assessment) το οποίο καθοδηγεί τον χρήστη για την σωστή επιλογή προσιτών μεθόδων για την αποτίμηση ΟΥ σε συγκεκριμένες τοποθεσίες ανάλογα με τα χαρακτηριστικά τους Peh *et al.*, (2013). Επίσης, η επιλογή μεθόδων και εργαλείων έγινε μετά από μελέτη και ανασκόπηση της βιβλιογραφίας καθώς και των διαθέσιμων πληροφοριών από χάρτες βλάστησης και επί τόπου εξέταση της περιοχής.

Με τη χρήση της εργαλειοθήκης «Tessa» και το «δέντρο αποφάσεων C5» επιλέχθηκαν ανάλογα με τα διαθέσιμα δεδομένα και πληροφορίες οι καταλληλότερες μέθοδοι εκτίμησης των αποθεμάτων άνθρακα (Climate 1 – 14) Υπέργειας βιομάζας (Above-Ground live Biomass carbon stock – AGBC), Υπόγειας βιομάζας (Below-Ground Biomass carbon stock – BGBC), Νεκρής οργανικής ύλης (Dead Organic Matter - DOMC), Δασικός ξυροτάπιτας (Forest floor litter), και οργανικός άνθρακας του εδάφους (Soil organic carbon - SoilC) με βάση μια σειρά κατευθυντήριων ερωτήσεων που σχετίζονται με την περιοχή μελέτης, χαρακτηριστικά και διαθεσιμότητα των δεδομένων. Η ανάλυση των δεδομένων έγινε με το στατιστικό πρόγραμμα «IBM SPSS Statistics 26» καθώς και με την χρήση του εργαλείου «Data Analysis» της «Microsoft Excel» ώστε να εξαχθούν συμπεράσματα που θα συμβάλλουν στην τεκμηρίωση των στοιχείων καθώς και στην παραγωγή μιας εμπειριστατωμένης ανάλυσης.

Οι βασικοί τύποι βλάστησης της περιοχής μελέτης βασίστηκαν στον χάρτη ξυλώδους βλάστησης από το Τμήμα Δασών. Μετέπειτα, έγινε η εφαρμογή της επιλεχθείσας μεθοδολογίας και εξαγωγή αποτελεσμάτων σχετικά με την λειτουργία της δέσμευσης ατμοσφαιρικού άνθρακα και τον υπολογισμό των αποθεμάτων του. Για τη δημιουργία των χαρτών χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα ARCGIS και στρώσεις δεδομένων (layers) που παραχωρήθηκαν από το Τμήμα Δασών και άλλες αρμόδιες υπηρεσίες όπως το Τμήμα Γεωλογικής επισκόπησης, Τμήμα Μετεωρολογίας και Τμήμα κτηματολογίου και χωρομετρίας.

#### 3.4.1.1 «*Climate M1*» Ταξινόμηση επιπέδων διαταραχής στην περιοχή μελέτης

Ανάλογα με τα στοιχεία και πληροφορίες για την περιοχή μελέτης έγινε ταξινόμηση των επιπέδων διαταραχής με σκοπό των καθορισμό κατά πόσο εντός της περιοχής μελέτης υπάρχουν οποιεσδήποτε διαταράξεις «χαμηλές» «μέτριες» ή «υψηλές».

Όπως φάνηκε από τις επιτόπιες επισκέψεις στην περιοχή μελέτης κατά την διάρκεια που στην ευρύτερη περιοχή της περιοχής μελέτης καθώς και από στοιχεία του Τμήματος Δασών τα τελευταία χρόνια υπήρχε εξόρυξη μικρής ποσότητας καυσόξυλων λόγω και των παρακείμενων κοινοτήτων της περιοχής μελέτης. Στην περιοχή υπήρχαν σημάδια εξαγωγής καυσόξυλων καθώς και αποφλοιωμένοι κορμοί των δέντρων. Επίσης ελαφριά σημάδια βόσκησης καθώς και λίγο ποσοστό (0.7%) γεωργικών εκτάσεων. Με βάση τα πιο πάνω στοιχεία η περιοχή μελέτης χαρακτηρίζεται ως περιοχή με «μέτρια» διατάραξη (Peh *et al.*, 2013).

#### 3.4.1.2 «*Climate M2*» εκτίμηση AGBC

Με την μέθοδο αυτή εκτιμήθηκε το απόθεμα άνθρακα της Υπέργειας βιομάζας (Above-Ground live Biomass carbon stock – AGBC) χρησιμοποιώντας υπολογισμούς από την εργαλειοθήκη «Tessa» (Peh *et al.*, 2013) και από τις κατευθυντήριες γραμμές για απογραφή των αερίων του φαινομένου του θερμοκηπίου από την IPCC (“IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories”) (IPCC, 2006) .

Η περιοχή μελέτης, όπως φαίνεται και από το χάρτη ξυλώδους βλάστησης και από τον χάρτη του οικότοπου της τραχείας πεύκης (*Pinus brutia*) (Χάρτης 9 και Χάρτης 10 αντίστοιχα) έχει σαν κυρίαρχο τύπο βλάστησης «Δάσος κωνοφόρων» και δεντροκαλυμμένη κατά ένα ποσοστό του 79% με κύριο είδος «*Pinus brutia*» φυσικής αναγέννησης. Με τη βοήθεια του πίνακα 4.7 επιλέγεται για την υπέργεια βιομάζα στην οικολογική ζώνη του εύκρατου ηπειρωτικού δάσους (Temperate continental forest) η τιμή των 120 tonnes d.m.ha<sup>-1</sup>(dry mass per ha) (IPCC, 2003). Η έκταση αυτού του τύπου βλάστησης είναι 1504 εκτάρια. Η συνολική υπέργεια βιομάζα πολλαπλασιάζεται με τον συντελεστή μετατροπής που δίνεται από το «Climate 2» του «Tessa» ο οποίος για έκταση όπου υπερσχύει η δενδρώδης βλάστηση είναι 0,5 για τον υπολογισμό της αποθηκευμένης ποσότητας άνθρακα στην βιομάζα. (Peh *et al.*, 2013).

Στην περιοχή μελέτης αναφέρονται επίσης 279 εκτάρια θαμνώδεις (14,7%), 108 (5,6%) εκτάρια φρύγανα και 12 (0,7%)εκτάρια γεωργικές καλλιέργειες. Για τις γεωργικές καλλιέργειες, όπως αναφέρετε στον πίνακα 5.2 της εργαλειοθήκης «Tessa» (Estimated

Value of biomass and mineral soil organic matter) η υπέργεια βιομάζα για ξυλώδη πολυετή φυτά (woody perennial) είναι  $10 \text{ Mg.d.m.ha}^{-1}$  ( $\text{Mg.d.m.ha}^{-1} = \text{T.d.m. ha}^{-1}$ ) και ο συντελεστής μετατροπής είναι επίσης 0.5 για τον υπολογισμό της αποθηκευμένης ποσότητας άνθρακα στην βιομάζα. (Peh *et al.*, 2013). Καθώς στον πίνακα 4.7 δεν αναφέρεται η υπέργεια βιομάζα ανά εκτάριο για τους υπόλοιπους τύπους βλάστησης της περιοχής μελέτης θα θεωρηθούν και τα υπόλοιπα 388 εκτάρια με υπέργεια βιομάζα ανά εκτάριο  $120 \text{ t.d.m.ha}^{-1}$  όπως για την Δασική Δενδρώδη βλάστηση.

**Πίνακας 1.** «Climate M2» Εκτίμηση αποθέματος άνθρακα υπέργειας βιομάζας (AGBC) στην περιοχή μελέτης με την χρήση διεθνούς κλίμακας δεδομένων (global scale data).

Τύπος Βλάστησης	Οικολογική ζώνη	Υπέργεια Βιομάζα ανά εκτάριο ( $\text{t.d.m.ha}^{-1}$ )	Έκταση (Εκτάρια) (ha)	Υπέργεια Βιομάζα (t.d.m.)	Συντελεστής Μετατροπής
Δενδρώδης βλάστηση	Temperate continental forest	120	1.504	180.480	0,5
Θαμνώδεις Φρύγανα	Temperate continental forest	120	388	46.560	0,5
Γεωργικές καλλιέργειες	Temperate woody perennial	10	12	120	0,5
Συνολικό	-	-	1.904	-	-

#### 3.4.1.3 «Climate M5» εκτίμηση BGBC

Με την μέθοδο «Climate M5» της εργαλειοθήκης «Tessa» έγινε η εκτίμηση του αποθέματος άνθρακα της Υπόγειας βιομάζας (Below-Ground Biomass carbon stock – BGBC) με την χρήση συντελεστών μετατροπής της IPCC. Η υπόγεια βιομάζα υπολογίστηκε με αναλογία της ως προς την υπέργεια βιομάζα από τον πίνακα 4.4 του IPCC «Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories» IPCC (IPCC, 2006).

Όπως φάνηκε και από τη χαρτογράφηση της ξυλώδους βλάστησης στην περιοχή μελέτης (χάρτης 9) ο κυρίαρχος τύπος βλάστησης είναι δενδρώδης βλάστηση και η υπέργεια βιομάζα ανά εκτάριο για τον συγκεκριμένο τύπο βλάστησης δίνεται ως  $120 \text{ t.d.m.ha}^{-1}$  (Πίνακας 4.7 «Above ground live biomass»)(Orians και Millar, 1992) Για το λόγο αυτό και σύμφωνα με το «Climate 5» της εργαλειοθήκης «Tessa» χρησιμοποιήθηκε ο συντελεστής μετατροπής του πίνακα 4.4. «Ratio of below-ground biomass to above-ground biomass (R)» για εύκρατα κωνοφόρα δάση με υπέργεια βιομάζα  $50 - 150 \text{ tonnes ha}^{-1}$ . Ο συντελεστής μετατροπής (R) δίνεται ως 0,29 (Mokany, Raison and Prokushkin, 2006). Έτσι η υπόγεια βιομάζα της έκτασης των κωνοφόρων στην περιοχή μελέτης υπολογίζεται ως ο λόγος της υπόγειας βιομάζας προς την υπέργεια βιομάζα με την χρησιμοποίηση του συντελεστή



μετατροπής 0,29 (Λόγος R). Όσο αφορά τις γεωργικές καλλιέργειες της περιοχής μελέτης η υπέργεια βιομάζα ανά εκτάριο που δίνεται από τον πίνακα «Estimated values of biomass and mineral soil organic matter» (K. S. H. Peh *et al.*, 2013) είναι 10 Mg.d.m.ha<sup>-1</sup> και η μετατροπή γίνεται με συντελεστή μετατροπής 0,46 (Λόγος R).

**Πίνακας 2.** «Climate M5» Μετατροπή Υπέργειας βιομάζας σε Υπόγεια βιομάζα.

Τύπος Βλάστησης	Οικολογική ζώνη	Υπέργεια Βιομάζα (t.d.m)	Συντελεστής Μετατροπής Λόγος (R)	Υπόγεια Βιομάζα (t.d.m)
Δενδρώδης βλάστηση	Temperate continental forest	180.480	0,29	52.339,2
Θαμνώδεις Φρύγανα	Temperate continental forest	46.560	0,29	13.502,4
Γεωργικές καλλιέργειες	Temperate woody perennial	120	0,46	55,2
Συνολικό	-	-	-	65.896,8

Ακολούθως σύμφωνα με το «Climate 5» της εργαλειοθήκης «Tessa» γίνεται ο υπολογισμός του αποθέματος άνθρακα της Υπόγειας βιομάζας (Below-Ground Biomass carbon stock – BGBC) με τον πολλαπλασιασμό της υπόγειας βιομάζας με τον συντελεστή μετατροπής ο οποίος είναι 0,5 (Peh *et al.*, 2013).

**Πίνακας 3.** «Climate M5» εκτίμηση αποθέματος άνθρακα της Υπόγειας βιομάζας (BGBC) στην περιοχή μελέτης με την χρήση διεθνούς κλίμακας δεδομένων (global scale data).

Τύπος Βλάστησης	Οικολογική ζώνη	Υπόγεια Βιομάζα ανά εκτάριο (t.d.m.ha <sup>-1</sup> )	Έκταση (Εκτάρια) (ha)	Υπόγεια Βιομάζα (t.d.m)	Συντελεστής Μετατροπής
Δενδρώδης βλάστηση	Temperate continental forest	17,4	1.504	52.339,2	0,5
Θαμνώδεις Φρύγανα	Temperate continental forest	17,4	388	13.502,4	0,5
Γεωργικές καλλιέργειες	Temperate woody perennial	2,3	12	55,2	0,5
Συνολικό	-	-	1.904	-	-

#### 3.4.1.4 «Climate M6» εκτίμηση DOMC

Με την μέθοδο αυτή γίνεται η εκτίμηση του αποθέματος άνθρακα στην Νεκρή οργανική ύλη (Dead Organic Matter - DOMC). Η νεκρή οργανική ύλη αποτελείται από το δασικό ξυροτάπιτα (forest floor litter) και την νεκρή οργανική ξυλεία (Dead wood organic matter). Στην περιοχή μελέτης ο κυρίαρχος τύπος βλάστησης είναι δενδρώδης και η

εκτίμηση έγινε σύμφωνα με το «Climate 6» της εργαλειοθήκης «Tessa» και τον πίνακα 2,2 του κεφαλαίου 2 του IPCC, 2006. Εδώ να σημειωθεί ότι η εργαλειοθήκη «Tessa» δεν παρέχει δεδομένα για υπολογισμό της βιομάζας και του αποθέματος άνθρακα στο νεκρό οργανικό ξύλο (Dead wood) για δεντροκυριαρχούμενες περιοχές (Peh *et al.*, 2013).

Το κλίμα της περιοχής σύμφωνα με τον χάρτη 6 είναι «Warm Temperate, Dry» και σε συνδυασμό με πληροφορίες από τους χάρτες της ξυλώδους βλάστησης και τον χάρτη του οικοτόπου της τραχείας πεύκης (*Pinus brutia*) (Χάρτης 9 και χάρτης 10 αντίστοιχα) υπολογίστηκε το συνολικό απόθεμα.

**Πίνακας 4.** «Climate M6» Εκτίμηση αποθέματος νεκρής οργανικής ύλης (DOMC) στην περιοχή μελέτης με την χρήση διεθνούς κλίμακας δεδομένων (global scale data).

Τύπος Βλάστησης	Κλιματική ζώνη	Litter carbon stock (t.C.ha <sup>-1</sup> )	Deadwood carbon stock	Έκταση (Εκτάρια)
Needleleaf evergreen	Warm Temperate, Dry	20,3	n.a.	1.504
Broadleaf deciduous	Warm Temperate, Dry	28,2	n.a.	12
Θαμνώδεις	Warm Temperate, Dry	0	0	280
Φρύγανα	Warm Temperate, Dry	0	0	108
Συνολικό	-	-	-	1.904

#### 3.4.1.5 «Climate M7» εκτίμηση SoilC

Με την μέθοδο «Climate 7» γίνεται η εκτίμηση των αποθεμάτων οργανικού άνθρακα σε οργανικά ή ορυκτά εδάφη. Η περιοχή όπως φάνηκε και πιο πάνω είναι κυρίως δεντροκυριαρχούμενη και όπως φαίνεται και από τον χάρτη 7 το έδαφος της περιοχής μελέτης (Regosols) θεωρείται ορυκτό (mineral) (Meek, Chesworth and Spaargaren, 2008) και εμπίπτει στην κατηγορία εδαφών με ψηλή περιεκτικότητα σε άργιλο (HAC : Soils with high activity clay) (IPCC, 2006). Ακολουθώντας το «Climate 7» της εργαλειοθήκης «Tessa» (K. S. H. Peh *et al.*, 2013) και τον πίνακα 2.3 του κεφαλαίου 2 του IPCC 2006 (IPCC, 2006) έγινε η εκτίμηση του αποθέματος του οργανικού άνθρακα στο έδαφος.

**Πίνακας 5.** «Climate M7» Εκτίμηση οργανικού άνθρακα στο έδαφος (SoilC) στην περιοχή μελέτης με την χρήση διεθνούς κλίμακας δεδομένων (global scale data).

Τύπος Βλάστησης	Κλιματική ζώνη	Τύπος Εδάφους	Αποθέματα εδαφικού οργανικού άνθρακα (t.C.ha <sup>-1</sup> ) (in 0-30 cm depth)	Έκταση (Εκτάρια)
Δεντροκυριαρχούμενη (Οικότοπος 9540 <i>Pinus brutia</i> )	Warm Temperate, Dry	HAC soils	38	1.504
Θαμνώδεις Φρύγανα	Warm Temperate, Dry	HAC soils	38	388
Γεωργικές καλλιέργειες	Warm Temperate, Dry	HAC soils	38	12
Συνολικό	-	-	38	1.904

### 3.4.2 Μέθοδος υπολογισμού αποθηκευμένου άνθρακα με την χρήση τοπικής κλίμακας δεδομένων πεδίου (local – field scale data).

Η επιλογή της κατάλληλης μεθοδολογίας έγινε με την καθοδήγηση του εργαλείου «Tessa» v.2.0. (Toolkit for Ecosystem Services Site-based Assessment). Στην συγκεκριμένη μέθοδο υπολογισμού του αποθηκευμένου άνθρακα έγινε η χρήση δεδομένων τοπικής κλίμακας πεδίου που συλλεκτικά με προσωπική συμμετοχή στην μια εκ των δύο ομάδων του Τμήματος Δασών που επισκέπτονταν την περιοχή μελέτης για της ανάγκες της απογραφής του οικότοπου 9540 της Τραχείας πεύκης το 2011.

Κατά την απογραφή συλλέγονται στοιχεία από δειγματοληπτικές επιφάνειες που βρίσκονται διάσπαρτες στον οικότοπο 9540. Για τον λόγο αυτό ο υπολογισμός του αποθηκευμένου άνθρακα επικεντρώθηκε αποκλειστικά στον οικότοπο 9540 της Τραχείας πεύκης (*Pinus brutia*). Τα στοιχεία αφορούν ύψος και στηθαία διάμετρο για όλα τα δέντρα πάνω είναι πάνω από 10 εκ. διάμετρο στο 1.30μ. από το έδαφος. Στην συνέχεια υπολογίστηκε ο απαιτούμενος αριθμός δειγματοληπτικές επιφάνειες , ανάλογα με το μέγεθος της περιοχής μελέτης, με τον τρόπο που περιγράφεται πιο κάτω. Μέσα από όλα τα δεδομένα της απογραφής επιλέγηκε αριθμός δειγματοληπτικές επιφάνειες που υπολογίστηκαν για την περιοχή του οικότοπου 9540 και τα στοιχεία αυτά, που επισυνάπτονται στο Πίνακα 17 των παραρτημάτων, χρησιμοποιήθηκαν στην συνέχεια για τον υπολογισμό της Υπέργειας βιομάζας (ξυλαπόθεμα) για το κάθε δέντρο ξεχωριστά με την μέθοδο που χρησιμοποιεί και το Τμήμα Δασών δηλαδή με την χρησιμοποίηση μετρήσεων ύψους και στηθαίας διαμέτρου. Από την τιμή της Υπέργειας Βιομάζας (ξυλαπόθεμα) υπολογίστηκε η Υπόγεια βιομάζα και ακολούθως ο αποθηκευμένος άνθρακας στην Υπέργεια Βιομάζα (Above-Ground live Biomass carbon stock – AGBC)

καθώς και στην Υπόγεια βιομάζα (Below-Ground Biomass carbon stock – BGBC) με την χρήση σταθερών συντελεστών από (FAO, 2015) .

#### 3.4.2.1 **«Climate M4» Εκτίμηση AGBC με απευθείας μετρήσεις στον οικότοπο 9540 της Τραχείας πεύκης.**

Με την μέθοδο «Climate M4» γίνεται η εκτίμηση του αποθέματος άνθρακα στην υπέργεια βιομάζα του οικότοπου 9540 με τη χρήση δεδομένων από απευθείας μετρήσεις. Λόγω του γεγονότος ότι η βλάστηση της περιοχή μελέτης καταστράφηκε από την μέγα-πυρκαγιά του 2016 θα χρησιμοποιηθούν οι τελευταίες διαθέσιμες μετρήσεις της απογραφής του οικότοπου, που έγινε από το Τμήμα Δασών το 2011. Σε αυτή την μέθοδο όπως αναφέρεται στο «Tessa» τα μεταβλητά δεδομένα που χρειάζονται είναι η στηθαία περίμετρος του δέντρου στο 1.30 μέτρα από το έδαφος και το ύψος του δέντρου (K. S. H. Peh *et al.*, 2013).

### 3.4.2.2 Υπολογισμός του αριθμού των αναγκαίων δειγματοληπτικών επιφανειών (δ.ε)

Με σκοπό την όσο το δυνατόν περισσότερη ακρίβεια της εκτίμησης του αποθέματος άνθρακα γίνεται εκ των προτέρων υπολογισμός του αριθμού των απαραίτητων δειγματοληπτικές επιφάνειες ανάλογα με το μέγεθος της περιοχής μελέτης αλλά και του επιθυμητού ποσοστού ακριβείας.



Μέσα από τις από το «Climate M4» «Tessa» γίνεται η από έξι ως δέκα επιφάνειες στην τον υπολογισμό του απαιτούμενου συνολικού αριθμού τους.

**Χάρτης 12.** Προεπιλεγμένες δειγματοληπτικές επιφάνειες απογραφής 2011

οδηγίες που δίνονται της εργαλειοθήκης προεγκατάσταση δειγματοληπτικές περιοχή μελέτης για

Όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω, λόγω της καταστροφής της βλάστησης από την πυρκαγιά στην περιοχή μελέτης δεν είναι δυνατόν η επιτόπου εγκατάσταση και η μέτρηση δεδομένων, έτσι θα χρησιμοποιηθεί το πρόγραμμα ARGGIS για την ψηφιοποίηση των συντεταγμένων και δεδομένων των επιφανειών στην περιοχή μελέτης. Στον Χάρτη 12 φαίνονται οι δέκα επιλεγμένες δειγματοληπτικές επιφάνειες. Η επιλογή τους έγινε με σκοπό την όσο καλύτερη κάλυψη της περιοχής μελέτης και ακολουθώντας τις οδηγίες από το «Climate 4» για τις την καλύτερη οργάνωση και δημιουργία τους (Peh *et al.*, 2013).

Στις οδηγίες του «Tessa» συστήνεται οι δειγματοληπτικές επιφάνειες να είναι μακρόστενες διαστάσεων 5 μέτρων πλάτος και 100 μέτρων μήκος, εμβαδού 500

τετραγωνικών μέτρων, ή αν ο μελετητής επιθυμεί μπορεί να χρησιμοποιήσει εναλλακτική μέθοδο. Στην προκειμένη περίπτωση της περιοχής μελέτης χρησιμοποιήθηκε η επιλογή του Τμήματος Δασών που είναι σχήματος κυκλικού με ακτίνα 24,25 μέτρων δηλαδή εμβαδού 1,846 τετραγωνικών μέτρων (0,1846 εκτάρια). Επίσης αναφέρεται πως η απόσταση μεταξύ τους πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 200 μέτρα. Οι μετρήσεις αφορούν δέντρα μεγαλύτερης ή ίσης στηθαία διαμέτρου στο 1,30 μέτρα των 10 εκατοστόμετρών.

Για τον υπολογισμό της βιομάζας της υπέργειας ξυλείας χρησιμοποιήθηκε το ξυλαπόθεμα του κάθε δέντρου ξεχωριστά το οποίο υπολογίστηκε από το Τμήμα Δασών στην απογραφή του οικοτόπου της Τραχείας πεύκης το 2011, και ο πολλαπλασιασμός του με το «Biomass expansion factor» που είναι 1.3 για την συμπερίληψη στην ολική βιομάζα του όγκου των κλαδιών και του φυλλώματος των δέντρων σύμφωνα με τον πίνακα 5.8 των οδηγιών της FAO 2015 (FAO, 2015). Μετέπειτα έγινε ο πολλαπλασιασμός του αποτελέσματος με την σταθερά 0,46 η οποία αντιπροσωπεύει την πυκνότητα του ξύλου για το είδος *Pinus brutia* όπως αναφέρεται από τους (Crivellaro and Schweingruber, 2013) για μετατροπή του παραγόμενου όγκου σε βιομάζα. Για τον υπολογισμό της υπόγειας βιομάζας πολλαπλασιάζεται η βιομάζα της υπέργειας ξυλείας με τον συντελεστή «Root to shoot» που ισούται με 0,28. Στην συνέχεια ο δεσμευμένος άνθρακας υπολογίζεται με τον πολλαπλασιασμό της βιομάζας με τον συντελεστή «Carbon Fraction» 0,47 σύμφωνα με τον πίνακα 5.2 των οδηγιών της FAO (FAO, 2015). Τα αποτελέσματα φαίνονται στο Παράρτημα Α. Στην συνέχεια με το στατιστικό πρόγραμμα ανάλυσης δεδομένων SPSS έγινε η επεξεργασία και ανάλυση των αποτελεσμάτων.

Η εξίσωση η οποία χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό του αναγκαίου αριθμού δειγματοληπτικές επιφάνειες για την περιοχή μελέτης και δίνεται μέσω του «Climate M4» της εργαλειοθήκης «Tessa» (K. S. H. Peh *et al.*, 2013) αναφέρεται στον πιο κάτω πίνακα.

Μέσα από το «SPSS» όπως φαίνεται στον πίνακα 6 υπολογίστηκε ο μέσος όρος του δεσμευμένου άνθρακα ποσότητα του δεσμευμένου άνθρακα στην υπέργειας βιομάζα των δέκα προεπιλεγμένων δειγματοληπτικών επιφανειών ο οποίος είναι 3,365 t C ανά δειγματοληπτική επιφάνεια μεγέθους 0,18 εκταρίων το οποίο αντιστοιχεί σε 19,97 t.C.ha<sup>-1</sup>.

**Εξίσωση 1.** Εξίσωση υπολογισμού απαιτούμενου αριθμού δειγματοληπτικών επιφανειών

$n = \frac{(N * s)^2}{\frac{N^2 * E^2}{t^2} + N * S^2}$	n= ο απαιτούμενος αριθμός δειγματοληπτικές επιφάνειες
	N= ολική έκταση σε εκτάρια διαιρούμενη με την έκταση της δειγματοληπτικές επιφάνειες (0,18 εκ.)
	s= Τυπική απόκλιση από τον μέσο όρο αποθηκευμένου άνθρακα (Standard deviation)
t= Στατιστική σταθερά από την κανονική κατανομή για 95% ακρίβεια. Συνήθως επιλέγεται το νούμερο 2.	E= Μέσος όρος αποθηκευμένου άνθρακα πολλαπλασιασμένος με την επιθυμητή ακρίβεια (10%: 0,1)

**Πίνακας 6.** Μέσος όρος αποθηκευμένου άνθρακα και τυπική απόκλιση από τον μέσο όρο.

Descriptive Statistics				
	N	Mean	Std. Deviation	
	Statistic	Statistic	Std. Error	Statistic
Plots	10	3.599198	.3551965	1.1232299
Valid N (listwise)	10			

Επίσης, έγινε και ο υπολογισμός της μέση απόκλιση από τον μέσο όρο (standard deviation) του αποθηκευμένου άνθρακα το οποίο είναι 1,123 t C ανά δειγματοληπτική επιφάνεια το οποίο αντιστοιχεί σε 6,23 t.C.ha<sup>-1</sup>.

Ακόμα κατά την εφαρμογή της φόρμουλας για τον υπολογισμό των απαιτούμενων δειγματοληπτικών επιφανειών καθορίστηκε και η επιθυμητή ακρίβεια ή το ποσοστό λάθους το οποίο στην προκειμένη περίπτωση ορίστηκε το ελάχιστο ως 10%.

**Πίνακας 7.** Εφαρμογή της εξίσωσης για τον υπολογισμό απαιτούμενο αριθμού δειγματοληπτικών επιφανειών

Εμβαδόν περιοχής μελέτης (οικότοπος 9540)	1.504 εκτάρια
Μέγεθος δειγματοληπτικής επιφάνειας	0,18 εκτάρια
Μέσο απόθεμα αποθηκευμένου άνθρακα	19,97 t.C.ha <sup>-1</sup>
Μέση απόκλιση από το μέσο όρο	6,23 t.C.ha <sup>-1</sup>
N: 1,504 / 0.18	8,355.55
Επιθυμητή ακρίβεια	10%
E: 19.92 x 0.1	1,99
$n = \frac{(8,355.55 * 6.23)^2}{\frac{8,355.55^2 * 1.99^2}{2^2} + 8,355.55 * 6.23^2}$	39 δειγματοληπτικές επιφάνειες

Σαν αποτέλεσμα της εκτέλεση εξίσωσης φάνηκε ότι ο απαιτούμενος αριθμός δειγματοληπτικές επιφάνειες για το μέγεθος της περιοχής μελέτης είναι 39 (Χάρτης 17).



**Χάρτης 13.** Περιοχή μελέτης (Οικότοπος 9540) και οι δειγματοληπτικές επιφάνειες.

Μέσα από τα δεδομένα της απογραφής του 2011 για τον οικότοπο 9540 της Τραχείας Πεύκης έγινε ο υπολογισμός της υπέργειας καθώς και την υπόγειας βιομάζας και ακολούθως του ποσοστού υπέργειου και υπόγειου αποθηκευμένου άνθρακα σε κάθε δέντρο ξεχωριστά των 39 δειγματοληπτικών επιφανειών που φαίνονται στο Χάρτη 17. Μετέπειτα έγινε ο υπολογισμός του συνολικού αποθέματος υπέργειου άνθρακα σε κάθε δειγματοληπτική επιφάνεια ξεχωριστά και ο υπολογισμός του μέσου όρου αποθηκευμένου άνθρακα ανά δειγματοληπτική επιφάνεια. Τα συνολικά αποτελέσματα του αποθηκευμένου άνθρακα για όλες τις 39 δειγματοληπτικές επιφάνειες ,στην υπέργεια βιομάζα καθώς και στην υπόγεια φαίνονται στον πίνακα 24. Ακολούθως έγινε η μετατροπή του σε ποσοστό αποθηκευμένου άνθρακα ανά εκτάριο αναλογικά όπως φαίνεται στους πίνακες 8 και 9.



**Πίνακας 8.** «Climate M4» Εκτίμηση άνθρακα AGBC για τις 39 δειγματοληπτικές επιφάνειες με απευθείας μετρήσεις.

Τύπος Βλάστησης	Οικολογική ζώνη	Συνολικός Άνθρακας Υπέργειας Βιομάζα (t.d.m)	Έκταση (Εκτάρια) (ha)	Άνθρακας Υπέργειας βιομάζας Ανά εκτάριο (t.C.ha <sup>-1</sup> )
Δενδρώδης βλάστηση	Temperate continental forest	155,42	7,02	22,10

**Πίνακας 9.** «Climate M4» Εκτίμηση άνθρακα BGBC για τις 39 δειγματοληπτικές επιφάνειες με απευθείας μετρήσεις.

Τύπος Βλάστησης	Οικολογική ζώνη	Συνολικός Άνθρακας Υπόγειας Βιομάζα (t.d.m)	Έκταση (Εκτάρια) (ha)	Άνθρακας Υπόγειας βιομάζας Ανά εκτάριο (t.C.ha <sup>-1</sup> )
Δενδρώδης βλάστηση	Temperate continental forest	43,50	7,02	6,20

### 3.4.2.3 *Επιλογή κατάλληλης φόρμουλας για μετατροπή της βιομάζας σε ποσότητα αποθηκευμένου άνθρακα.*

Για την μετατροπή της υπέργειας βιομάζας σε ποσότητα αποθηκευμένου άνθρακα σύμφωνα με το «Tessa» υπάρχουν πολλές απλές μέθοδοι χρησιμοποιώντας μεταβλητές όπως την διάμετρο στο 1.30 ή και το ύψος. Στην προκειμένη περίπτωση χρησιμοποιήθηκαν σταθερές από τον πίνακα 5.2 του «Guide for country reporting for FRA» (FAO, 2015)

### 3.4.2.1 *Εκτίμηση SoilC*

Η εκτίμηση του αποθέματος οργανικού άνθρακα στο χώμα έγινε με την χρήση δεδομένων από χάρτη υψηλής ευκρίνειας που ετοιμάστηκε τους (Zissimos and Christoforoy, 2019). Ο χάρτης με κλίμακα 1:25,000 ψηφιοποιήθηκε σε ψηφιδωτή (raster) μορφή σε κελιά μεγέθους 25 X 25 m<sup>2</sup> και στην συνέχεια με το ARCGIS αποκόπηκε η περιοχή μελέτης. Με την εντολή «clip raster by mask layer» απομονώθηκε η περιοχή μελέτης από τον υπόλοιπο χάρτη και με την εντολή «raster layer unique value report» παράχθηκε ο πίνακας στον οποίο παρουσιάζεται η ποσότητα αποθηκευμένου άνθρακα σε κάθε κυψέλη του χάρτη.

## 3.5 **Ανάλυση, επεξεργασία δεδομένων και παρουσίαση αποτελεσμάτων**

Τα δεδομένα και οι μετρήσεις από την απογραφή του 2011 της κάθε δειγματοληπτικές επιφάνειες ξεχωριστά επεξεργάστηκαν και εξήχθησαν αποτελέσματα

για ερμηνεία. Μετέπειτα, έγινε η σύγκριση των αποτελεσμάτων των δύο μεθόδων για υπολογισμό αποθηκευμένου άνθρακα στην βιομάζα. Τα αποτελέσματα της πρώτης μεθόδου αφορούσαν τον αποθηκευμένο άνθρακα σε Υπέργεια βιομάζα (AGBC), σε Υπόγεια βιομάζα (BGBC), σε Νεκρή οργανική ύλη (DOMC), στο Δασικός ξυροτάπιτας (Forest floor litter), και τον οργανικό άνθρακα του εδάφους (SoilC) με την εργαλειοθήκη «Tessa» και την χρήση σταθερών τιμών από τους πίνακες του IPCC 2006 «Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories» (IPCC, 2006) (Climate M2). Η δεύτερη μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για υπολογισμό του αποθηκευμένου άνθρακα έγινε είναι με την χρήση δεδομένων πεδίου από επιτόπου μετρήσεις (Climate M4). Υπολογίσθηκε και παρουσιάζεται ο αποθηκευμένος άνθρακας σε ζωντανή βιομάζα υπέργεια καθώς και υπόγεια για τον οικότοπο 9540 της Τραχείας Πεύκης. Έγινε επίσης υπολογισμός του αποθέματος οργανικού άνθρακα στο χώμα σύμφωνα με τον χάρτη υψηλής ανάλυσης τύπων εδάφους και φυσικών ιδιοτήτων των (Camera *et al.*, 2016).

Η παρουσίαση των αποτελεσμάτων έγινε με την δημιουργία πινάκων για τα αποτελέσματα των δύο τρόπων υπολογισμού του αποθηκευμένου άνθρακα καθώς και χαρτών μέσω του ARCGIS δείχνοντας την κατανομή του συνολικού άνθρακα σε ολόκληρη την έκταση του οικότοπου της Τραχείας Πεύκης.

# Κεφάλαιο 4

## Αποτελέσματα

### 4.1 Γενικά

Μετά από την εφαρμογή και των δύο μεθόδων εκτίμησης του αποθηκευμένου άνθρακα στην περιοχή μελέτης, εξήχθησαν αποτελέσματα τα οποία αναφέρονται πιο κάτω και για τις δυο μεθόδους και δεξαμενές άνθρακα ξεχωριστά.

### 4.2 Εκτίμηση ποσότητας αποθηκευμένου άνθρακα με δεδομένα διεθνούς κλίμακας (global scale data).

Η πρώτη μέθοδος υπολογισμού έγινε εξολοκλήρου με την χρήση διεθνών δεδομένων της εργαλειοθήκης «Tessa» και σταθερές τιμές από τους πίνακες του IPCC 2006 «Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories» (IPCC, 2006). Μέσα από την μέθοδο του «Tessa»/Climate M2» παράχθηκαν αποτελέσματα όσο αφορά τον αποθηκευμένο άνθρακα σε υπέργεια βιομάζα (AGBC) σε ολόκληρη την περιοχή μελέτης. Η υπόγεια βιομάζα (BGBC), υπολογίσθηκε με το «Climate M5 της εργαλειοθήκης «Tessa» και του εδάφους (SoilC) με το «Climate M7», καθώς και της νεκρής οργανικής ύλης (DOMC) με το «Climate M6».

#### 4.2.1 Εκτίμηση άνθρακα Υπέργειας Βιομάζας (AGBC) με δεδομένα διεθνούς κλίμακας (global scale data).

Όπως φαίνεται και από τον Πίνακα 10, για ολόκληρη την περιοχή μελέτης ο συνολικός άνθρακας στην υπέργεια βιομάζα της ανέρχεται σε 113.580 τόνους που αντιστοιχεί σε 59.6 τόνους ανά εκτάριο.

**Πίνακας 10.** Αποθέματα άνθρακα υπέργειας βιομάζας στην περιοχή μελέτης (AGBC) με «global scale data».

Τύπος Βλάστησης	Έκταση (Εκτάρια) (ha)	Αποθηκευμένος άνθρακας Υπέργειας βιομάζας ανά εκτάριο (t.C.ha <sup>-1</sup> )	Σύνολο αποθηκευμένου άνθρακα Υπέργειας Βιομάζας (t.C.)
Δενδρώδης βλάστηση (Οικότοπος 9540)	1.504	60	90.240
Θαμνώδες Φρύγανα	388	60	23.280
Γεωργικές καλλιέργειες	12	5	60
Συνολικό	1.904	-	113.580

Στην δενδρώδη βλάστηση της περιοχής μελέτης δηλαδή στον οικότοπο 9540 της Τραχείας Πεύκης η περιεκτικότητα σε άνθρακα της συνολικής υπέργειας βιομάζας (AGBC) εκτιμήθηκε σε 90.240 τόνους άνθρακα σε σύνολο 1.504 εκταρίων που ισοδυναμεί σε 60 τόνους άνθρακα ανά εκτάριο. Για τον τύπο βλάστησης «θαμνώδες, φρύγανα σε 23.280 τόνους ή 60 τόνους ανά εκτάριο και για τις γεωργικές καλλιέργειες σε 60 τόνους ή 5 τόνους ανά εκτάριο.

#### 4.2.2 Εκτίμηση άνθρακα Υπόγειας Βιομάζας (BGBC) με δεδομένα διεθνούς κλίμακας (global scale data).

Τα αποτελέσματα του υπολογισμού του άνθρακα της υπόγειας βιομάζας (BGBC) για ολόκληρη την περιοχή μελέτης αναφέρονται στον Πίνακα 11. Όπως φαίνεται για ολόκληρη την περιοχή μελέτης ο συνολικός άνθρακας στην υπόγεια βιομάζα της ανέρχεται σε 32.948,4 τόνους που αντιστοιχεί σε 17,3 τόνους ανά εκτάριο.

Στην δενδρώδη βλάστηση της περιοχής μελέτης δηλαδή στον οικότοπο 9540 της Τραχείας Πεύκης η περιεκτικότητα σε άνθρακα της συνολικής υπόγειας βιομάζας (BGBC) εκτιμήθηκε σε 26.169,6 τόνους σε σύνολο 1.504 εκταρίων που ισοδυναμεί σε 17,4 τόνους άνθρακα ανά εκτάριο. Για τον τύπο βλάστησης «θαμνώδες, φρύγανα σε 6.751,2 τόνους ή 17,4 τόνους ανά εκτάριο και για τις γεωργικές καλλιέργειες σε 27,6 τόνους ή 2,3 τόνους ανά εκτάριο.

**Πίνακας 11.** Αποθέματα άνθρακα υπόγειας βιομάζας στην περιοχή μελέτης (BGBC) με «global scale data».

Τύπος Βλάστησης	Έκταση (Εκτάρια) (ha)	Αποθηκευμένος άνθρακας Υπόγειας βιομάζας ανά εκτάριο (t.C.ha <sup>-1</sup> )	Σύνολο αποθηκευμένου άνθρακα Υπόγειας Βιομάζας (t.C.)
Δενδρώδης βλάστηση (Οικότοπος 9540)	1.504	17,4	26.169,6
Θαμνώδες/Φρύγανα	388	17,4	6.751,2
Γεωργικές καλλιέργειες	12	2,3	27,6
Συνολικό	1.904	-	32.948,4

#### 4.2.3 Εκτίμηση οργανικού άνθρακα στο έδαφος (SoilC) με δεδομένα διεθνούς κλίμακας (global scale data).

Η συνολική περιεκτικότητα σε άνθρακα του εδάφους (SoilC) εκτιμήθηκε για ολόκληρη την περιοχή μελέτης σε 72.352 τόνους άνθρακα ή 38 τόνους ανά εκτάριο. Για τον οικότοπο 9540 της Τραχειάς Πεύκης σε 57.152 τόνους που αντιστοιχεί επίσης σε 38 τόνους ανά εκτάριο, για τον τύπο βλάστησης Θαμνώδες/φρύγανα σε 14.744 τόνους καθώς και για τις γεωργικές καλλιέργειες με συνολικό άνθρακα 456 τόνων.

**Πίνακας 12.** Αποθέματα οργανικού άνθρακα στο έδαφος στην περιοχή μελέτης (SoilC) με «global scale data».

Τύπος Βλάστησης	Έκταση (Εκτάρια) (ha)	Τύπος Εδάφους	Αποθηκευμένος άνθρακας στο έδαφος ανά εκτάριο (t.C.ha <sup>-1</sup> )	Συνολικό αποθηκευμένου άνθρακα στο έδαφος (t.C)
Δενδρώδης βλάστηση (Οικότοπος 9540)	1.504	HAC soils	38	57.152
Θαμνώδες/Φρύγανα	388	HAC soils	38	14.744
Γεωργικές καλλιέργειες	12	HAC soils	38	456
Συνολικό	1.904	HAC soils	38	72.352

#### 4.2.4 Εκτίμηση άνθρακα νεκρής οργανικής ύλης (DOMC) με δεδομένα διεθνούς κλίμακας (global scale data).

Τα αποτελέσματα εκτίμησης του αποθηκευμένου άνθρακα στην νεκρή οργανική ύλη (DOMC), αναφέρονται στον Πίνακα 13.

**Πίνακας 13.** Αποθέματα άνθρακα νεκρής οργανικής ύλης στην περιοχή μελέτης (DOMC) με «global scale data».

Τύπος Βλάστησης	Έκταση (Εκτάρια) (ha)	Deadwood carbon stock	Αποθηκευμένος άνθρακας Litter carbon stock ανά εκτάριο (t.C.ha <sup>-1</sup> )	Συνολικό απόθεμα «Litter and dead wood carbon stock» (t.C.)
Δενδρώδης βλάστηση (Οικότοπος 9540) Needleleaf evergreen	1.504	n.a.	20,3	30.531,2
Θαμνώδες/Φρύγανα	388	n.a.	0	0
Γεωργικές καλλιέργειες Broadleaf deciduous	12	0	28,2	338,4
Συνολικό	1.904	0	-	30.869,6

#### 4.2.4.1 Εκτίμηση άνθρακα νεκρού οργανικού ξύλου (Deadwood) με δεδομένα διεθνούς κλίμακας (global scale data).

Όσο αφορά τον υπολογισμό του αποθέματος άνθρακα στο νεκρό οργανικό ξύλο (Dead wood) η εργαλειοθήκη «Tessa» όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω δεν παρέχει δεδομένα για δεντροκυριαρχούμενες περιοχές (K. S. H. Peh *et al.*, 2013) και ως εκ τούτου μέσω της εργαλειοθήκης «Tessa» δεν κατέστη δυνατή.

Το συνολικό απόθεμα αποθηκευμένου άνθρακα σε ολόκληρη την περιοχή μελέτης υπολογίσθηκε σε 249.77,6 τόνους άνθρακα ή σε 131,2 τόνους ανά εκτάριο. Στην περιοχή του οικότοπου 9540 της Τραχείας Πεύκης η συνολική αποθηκευμένη ποσότητα άνθρακα ανέρχεται σε 204.092,8 τόνους ή 135,7 τόνους ανά εκτάριο (Πίνακας 14).

**Πίνακας 14.** Συγκεντρωτικό απόθεμα άνθρακα στην περιοχή μελέτης με «global scale data».

Τύπος Βλάστησης	Έκταση (ha)	AGBC (t.C.)	BGBC (t.C.)	SoilC (t.C.)	DOMC (t.C.)		Σύνολο t.C.	Αποθικ. άνθρακας ανά εκτάριο (t.C.ha <sup>-1</sup> )
					Litter carbon stock (t.C.)	Deadwood carbon stock (t.C.)		
Δενδρώδης βλάστηση (οικότοπος 9540) (Needle leaf evergreen)	1.504	90.240	26.169,6	57.152	30.531,2	n.a.	204.092,8	135,7
Θαμνώδες. Φρύγανα	388	23.280	6.751,2	14.744	0	0	44.775,2	115,4
Γεωργικές καλλιέργειες	12	60	27,6	456	338,4	n.a.	909,6	75,8

(Broadleaf deciduous)								
Σύνολο	1.904	-	-	-	-	-	-	
	-	113.580	32.976	72.352	30.869,6	-	249.777,6	131,2

### 4.3 Εκτίμηση ποσότητας αποθηκευμένου άνθρακα με δεδομένα τοπικής κλίμακας πεδίου (local-field scale data) για την περιοχή του οικότοπου 9540.

Όσο αφορά την δεύτερη μέθοδο για τον υπολογισμό του αποθηκευμένου άνθρακα στην περιοχή μελέτης με διαθέσιμα δεδομένα πεδίου μικρής κλίμακας, λόγω της περιορισμένης διαθεσιμότητας τους, έγινε μόνο ο υπολογισμός του άνθρακα της ζωντανής βιομάζας, της υπέργειας και ακολούθως της υπόγειας βιομάζας του οικότοπου 9540 της Τραχείας πεύκης. Υπολογισμός έγινε επίσης και για τα αποθέματα οργανικού άνθρακα στο χώμα. Τα δεδομένα αφορούσαν ύψος, στηθαία διάμετρο (dbh), και ξυλαπόθεμα 970 δέντρων σε 39 δειγματοληπτικές επιφάνειες. Στην συνέχεια παράχθηκε σαν αποτέλεσμα η ζωντανή βιομάζα (υπέργεια και υπόγεια) καθώς και ο δεσμευμένος άνθρακας τους. Τα δεδομένα και τα αποτελέσματα επισυνάπτονται στον πίνακα 21 του Παραρτήματος Α.

#### 4.3.1 Εκτίμηση άνθρακα υπέργειας βιομάζας (AGBC) με δεδομένα τοπικής κλίμακας πεδίου (local-field scale data) για την περιοχή του οικότοπου 9540.

Ο άνθρακας της υπέργειας βιομάζας (AGBC) όπως υπολογίστηκε με το «Climate M4» σε συνδυασμό με τα δεδομένα πεδίου των 39 δειγματοληπτικές επιφάνειες συνολικού μεγέθους 7,02 εκταρίων ανέρχεται σε 155,18 τόνους.

Μετά από αναγωγή σε ολόκληρη την έκταση του οικότοπου μεγέθους 1.504 εκταρίων το συνολικό απόθεμα αποθηκευμένου άνθρακα υπέργειας βιομάζας (AGBC) ανέρχεται σε 33.238 τόνους ή 22,10 τόνους ανά εκτάριο (πίνακας 15).

**Πίνακας 15** Αποθέματα άνθρακα υπέργειας βιομάζας στην περιοχή μελέτης (AGBC) με «local-field scale data».

Τύπος Βλάστησης	Έκταση (Εκτάρια) (ha)	Αποθηκευμένος άνθρακας Υπέργειας βιομάζας ανά εκτάριο (t.C.ha <sup>-1</sup> )	Σύνολο αποθηκευμένου άνθρακα Υπέργειας Βιομάζας (t.C.)
Δενδρώδης βλάστηση (Οικότοπος 9540)	1.504	22,10	33.238

#### 4.3.2 Εκτίμηση άνθρακα υπόγειας βιομάζας (BGBC) με δεδομένα τοπικής κλίμακας πεδίου (local-field scale data) για την περιοχή του οικότοπου 9540.

Ο άνθρακας υπόγειας βιομάζας (BGBC) υπολογίστηκε και από τις 39 δειγματοληπτικές επιφάνειες σε 43,50 τόνους. Για ολόκληρη την περιοχή του οικότοπου 9540 ανέρχεται σε 9.325 τόνους που αντιστοιχεί σε 6,20 τόνους ανά εκτάριο. (Πίνακας 16)

**Πίνακας 16.** Αποθέματα άνθρακα υπόγειας βιομάζας στην περιοχή μελέτης (BGBC) (οικότοπος 9540) με «local-field scale data»

Τύπος Βλάστησης	Έκταση (Εκτάρια) (ha)	Αποθηκευμένος άνθρακας Υπόγειας βιομάζας ανά εκτάριο (t.C.ha <sup>-1</sup> )	Σύνολο αποθηκευμένου άνθρακα Υπόγειας Βιομάζας (t.C.)
Δενδρώδης βλάστηση (Οικότοπος 9540)	1.504	6,20	9.324,8

**Πίνακας 17.** Αποθέματα αποθηκευμένου άνθρακα ζωντανής βιομάζας στην περιοχή μελέτης (οικότοπος 9540) με «local-field scale data».

Τύπος Βλάστησης	Έκταση (Εκτάρια) (ha)	AGBC ανά εκτάριο (t.C.ha <sup>-1</sup> )	BGBC ανά εκτάριο (t.C.ha <sup>-1</sup> )	Αποθηκευμένος άνθρακας ζωντανής βιομάζας ανά εκτάριο (t.C.ha <sup>-1</sup> )
Δενδρώδης βλάστηση (Οικότοπος 9540) 39 δειγματοληπτικές επιφάνειες	7,02	22,10	6,20	28,30

Τα συνολικά αποτελέσματα για τον αποθηκευμένο άνθρακα στη ζωντανή βιομάζα της Δενδρώδους ξυλώδους βλάστησης του Οικότοπου 9540 για κάθε δειγματοληπτικές επιφάνειες φαίνονται στο Χάρτη Αποτελεσμάτων (Χάρτης 14) του Παραρτήματος Α.

Ο συνολικός αποθηκευμένος άνθρακας στην ζωντανή βιομάζα του οικότοπου 9540 υπολογίστηκε στους 42.563,2 τόνους.

#### 4.3.3 Εκτίμηση οργανικού άνθρακα στο έδαφος (SoilC) με δεδομένα τοπικής κλίμακας πεδίου (local-field scale data) για την περιοχή του οικότοπου 9540.

Όσο αφορά τον οργανικό άνθρακα εδάφους μετά από επεξεργασία του χάρτη υψηλής ανάλυσης τύπων εδάφους και φυσικών ιδιοτήτων των (Zissimos and Christoforoy, 2019) και των δεδομένων του υπολογίστηκε το απόθεμα στη περιοχής μελέτης το οποίο ανέρχεται σε 233,461 τόνους ή 122,61 τόνους ανά εκτάριο. Ο συνολικός αποθηκευμένος



άνθρακας στο χώμα για τον οικότοπο 9540 της Τραχείας Πεύκης υπολογίστηκε στους 184.405,4 τόνους.

**Πίνακας 18.** Συνολικό Αποθέματα άνθρακα στο έδαφος στην περιοχή μελέτης (SoilC) (οικότοπος 9540) με «local-field scale data»

Τύπος Βλάστησης	Έκταση (Εκτάρια) (ha)	Αποθηκευμένος άνθρακας στο έδαφος ανά εκτάριο (t.C.ha <sup>-1</sup> )	Σύνολο αποθηκευμένου άνθρακα στο έδαφος (t.C.)
Δενδρώδης βλάστηση (Οικότοπος 9540)	1.504	122,61	184.405,4

Στον πίνακα 19 φαίνονται τα συνολικά αποτελέσματα του υπολογισμού του αποθηκευμένου άνθρακα στην περιοχή μελέτης, τον οικότοπο 9540 της Τραχείας πεύκης με δεδομένα τοπικής κλίμακας πεδίου (local-field scale data) και για τις τρεις επιλεγμένες δεξαμενές αποθήκευσης Υπέργειας βιομάζα, Υπόγεια βιομάζα καθώς και στο έδαφος.

**Πίνακας 19** Συγκεντρωτικό απόθεμα άνθρακα στην περιοχή του οικότοπου 9540 με «local-field scale data».

Τύπος Βλάστησης	Έκταση (ha)	AGBC (t.C.)	BGBC (t.C.)	SoilC (t.C.)	DOMC (t.C.)		Σύνολο t.C.	Αποθκ. άνθρακας ανά εκτάριο (t.C.ha <sup>-1</sup> )
					Litter carbon stock (t.C.)	Deadwood carbon stock (t.C.)		
Δενδρώδης βλάστηση (Needle leaf evergreen)	1.504	33.238	9.324,8	184.405,4	n.a	n.a	226.968,2	150,9

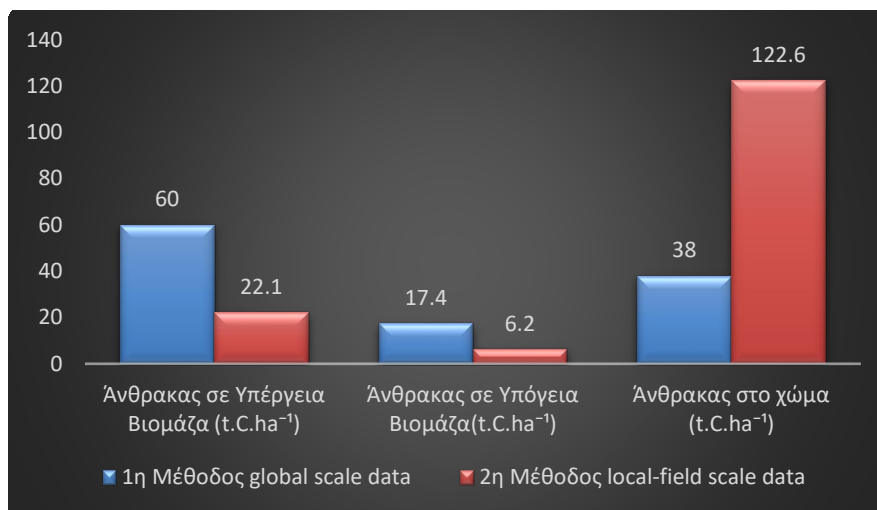
#### 4.3.4 Συνολικά αποτελέσματα περιοχής μελέτης (οικότοπου 9540) και με τις δύο μεθόδους υπολογισμού.

Τα συνολικά αποτελέσματα και των δύο τρόπων υπολογισμού φαίνονται πιο κάτω στον πίνακα 20 και στα ιστογράμματα 1 και 2. Το απόθεμα άνθρακα στην δεξαμενή της υπέργειας βιομάζας (AGBC) με την μέθοδο εκτίμησης άνθρακα με την χρήση διεθνούς κλίμακας δεδομένα (global scale data) εκτιμήθηκε στους 60 τόνους ανά εκτάριο ενώ με την μέθοδο εκτίμησης άνθρακα με τοπικής κλίμακας δεδομένα πεδίου (local-field scale data) στους 22,10 τόνους ανά εκτάριο. Επίσης, η εκτίμηση του αποθέματος άνθρακα στην δεξαμενή της υπόγειας βιομάζας (BGBC) με την μέθοδο εκτίμησης άνθρακα με την χρήση διεθνούς κλίμακας δεδομένα (global scale data) εκτιμήθηκε στους 17,40 t.C.ha<sup>-1</sup> ενώ με την μέθοδο εκτίμησης άνθρακα με τοπικής κλίμακας δεδομένα πεδίου (local-field scale data) στους 6,20 t.C.ha<sup>-1</sup>. Όπως φαίνεται και από τον πίνακα 20 η αποθηκευμένη

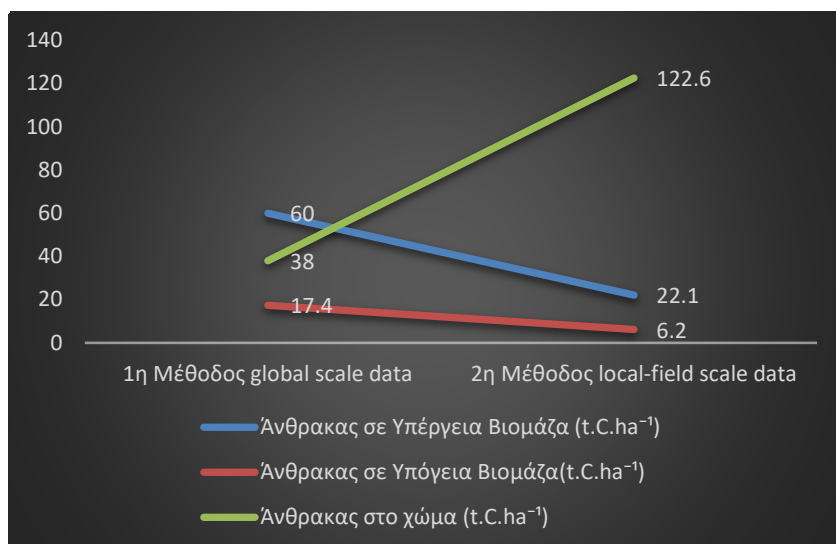
ποσότητα στο χώμα εκτιμήθηκε με την 1<sup>η</sup> μέθοδο εκτίμησης (global scale data) στους 38 t.C.ha<sup>-1</sup> και με την 2<sup>η</sup> μέθοδο εκτίμησης (local-field scale data) στους 122,61 t.C.ha<sup>-1</sup>.

**Πίνακας 20.** Συγκριτικά αποτελέσματα εκτίμησης αποθεμάτων άνθρακα περιοχής μελέτης.

Τύπος Βλάστησης	Δενδρώδης βλάστηση (Οικότοπος 9540)	Έκταση (ha)	AGBC	BGBC	SoilC
		1504			
Μέθοδος εκτίμησης άνθρακα με διεθνούς κλίμακας δεδομένα (global scale data) σε t.C.ha <sup>-1</sup>			60	17,40	38
Συνολικό απόθεμα του οικότοπου 9540 σε t.C.			90.240	26.169,6	57.152
Μέθοδος εκτίμησης άνθρακα με τοπικής κλίμακας δεδομένα πεδίου (local-field scale data) σε t.C.ha <sup>-1</sup>			22,10	6,20	122,61
Συνολικό απόθεμα του οικότοπου 9540 σε t.C.			33.238	9.324,8	184.405,4

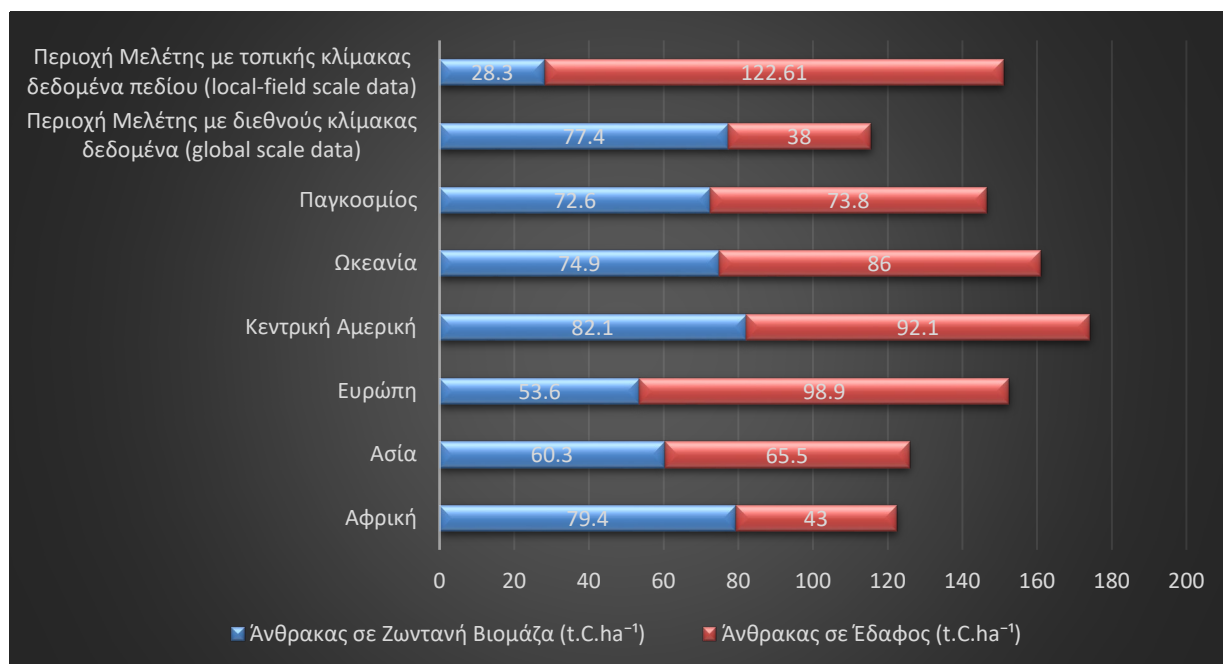


**Ιστόγραμμα 1.** Συγκριτικά αποτελέσματα εκτίμησης αποθεμάτων άνθρακα περιοχής μελέτης.



**Ιστόγραμμα 2.** Σύγκριση αποτελεσμάτων εκτίμησης αποθηκευμένου άνθρακα και με τις δύο μεθόδους στις τρεις «δεξαμενές» αποθήκευσης στην περιοχή μελέτης.

Ακόμα, στο Ιστόγραμμα 3 φαίνεται η σύγκριση των αποτελεσμάτων και των δύο μεθόδων υπολογισμού του αποθηκευμένου άνθρακα στις δεξαμενές της ζωντανής βιομάζας (Υπέργεια βιομάζα και υπόγεια βιομάζα) και του εδάφους μεταξύ της περιοχής μελέτης και άλλων περιοχών ανά το παγκόσμιο σε διαφορετικές ηπείρους.



**Ιστόγραμμα 3** Σύγκριση περιοχής μελέτης με χώρες ανά το παγκόσμιο (FAO, 2020).

#### 4.4 Διαθεσιμότητα δεδομένων και περιορισμοί.

Η χαρτογράφηση της περιοχής μελέτης αλλά και της ευρύτερης περιοχής καθώς και της ξυλώδους βλάστησης έγινε από το Τμήμα Δασών το 2011 με επισκέψεις στο πεδίο και την καταγραφή της βλάστησης σε πίνακες ανάλογα με την εδαφοκάλυψη του κάθε είδους. Ακολούθως με το πρόγραμμα ARCGIS έγινε η ψηφιοποίηση και η χαρτογράφηση της εδαφοκάλυψης της περιοχής. Η μεθοδολογία και ο υπολογισμός του αποθηκευμένου άνθρακα σε βιομάζα αλλά και σε έδαφος έγινε με την χρήση του «Tessa» tool kit V2.0 (Peh *et al.*, 2013), τις “κατευθυντήριες γραμμές για απογραφή των αερίων του φαινομένου του θερμοκηπίου” από την IPCC (“IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories”) (IPCC, 2006) καθώς και τις “καλές πρακτικές και καθοδήγηση για χρήση γης, αλλαγές χρήσης γης και δασοκομία” επίσης από την IPCC (IPCC, 2003). Ωστόσο στην περίπτωση των θαμνώνων παρουσιάζεται ένα κενό στην εργαλειοθήκη «Tessa» όσο αφορά τον υπολογισμό του αποθηκευμένου άνθρακα σε αυτές. Για τον λόγο αυτό η θαμνώδης περιοχή συμπεριλαμβάνεται και θεωρείται ισόποση της δασική δενδρώδη έκτασης.

Επίσης, λόγω περιορισμένης διαθεσιμότητας των δεδομένων δεν έγινε η περαιτέρω στατιστική ανάλυση για σύγκριση των αποτελεσμάτων και από τις δύο μεθόδους υπολογισμού του αποθηκευμένου άνθρακα.

Ακόμα, περιορισμοί παρουσιάστηκαν και στην χρήση του CORINE για την συγκεκριμένη περιοχή μελέτης καθώς τα τελευταία διαθέσιμα δεδομένα χρήσεις γης είναι πριν από την πυρκαγιά το 2011. Για αυτό τον λόγο η χρησιμοποίηση πιο πρόσφατων δεδομένων από το CORINE όσο αφορά τις χρήσεις γης δεν ήταν δυνατόν.

# Κεφάλαιο 5

## Συζήτηση, συμπεράσματα, εισηγήσεις.

### 5.1 Συζήτηση - Συμπεράσματα

Σε αυτή την μεταπτυχιακή διατριβή έγινε μια προσπάθεια εκτίμησης της απώλειας οικοσυστημικών υπηρεσιών σε δασικά οικοσυστήματα μετά την πυρκαγιά. Επίσης, πραγματοποιήθηκε εκτίμηση του αποθηκευμένου οργανικού άνθρακα στο εν λόγω δασικό οικοσύστημα και υπολογισμού της ποσότητας που χάνεται από μια μεγάλη διατάραξη όπως η πυρκαγιά.

Η αποθήκευση άνθρακα στη δασική βιομάζα είναι βασικό χαρακτηριστικό των σταθερών δασικών οικοσυστημάτων και βασικό στοιχείο σύνδεσης στον παγκόσμιο κύκλο του άνθρακα, αφού το διοξείδιο του άνθρακα μετά την μετατροπή του σε οργανική ύλη μέσω της φωτοσύνθεσης αποθηκεύεται ως άνθρακας στα δασικά οικοσυστήματα σε διάφορες μορφές για μια χρονική περίοδο μέχρι να γίνει εναλλαγή «δεξαμενής» και να επιστρέψει πίσω στην ατμόσφαιρα μέσω της αναπνοής και της αποσύνθεσης ή μια διαταραχής όπως είναι η πυρκαγιά. Ένα άλλο μικρότερο ποσοστό καταλήγει ως οργανική ύλη στο δασικό ξυροτάπιτα καθώς και στο έδαφος (USEPA, 2018).

Μακροπρόθεσμα, τα δασικά μπορούν να φτάσουν σε μια θεωρητική ισορροπία μεταξύ των εναλλαγών αυτών παράλληλα με μικροδιαταραχές. Μόνο σε ενδεχόμενη περίπτωση όπου ο ρυθμός αυτών των διαταραχών αλλάζει τότε η θεωρητική ισορροπία χάνεται (Nabuurs and Schelhaas, 2002).

### 5.2 Εκτίμηση και υπολογισμός αποθηκευμένου άνθρακα στη περιοχή μελέτης.

Στην παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή η εκτίμηση και ο υπολογισμός της ποσότητας του αποθηκευμένου άνθρακα στις τέσσερις «δεξαμενές» του δασικού οικοσυστήματος (υπέργεια βιομάζας, υπόγεια βιομάζας, νεκρής οργανικής ύλης και του εδάφους) της

περιοχής μελέτης έγινε με δύο διαφορετικές μεθόδους της εργαλειοθήκης «Tessa» (Peh *et al.*, 2013). Η πρώτη μέθοδος έγινε με τη χρησιμοποίηση διεθνούς κλίμακας δεδομένων (global scale data) και σταθερών από τους πίνακες του IPCC 2006 (IPCC, 2006) και η δεύτερη μέθοδος με την χρησιμοποίηση τοπικής κλίμακας δεδομένων πεδίου (local field data) τα οποία πάρθηκαν από την απογραφή του Τμήματος Δασών το 2011 στον οικότοπο 9540 της Τραχείας πεύκης όπου είναι και η περιοχή μελέτης.

Με τον τρόπο εκτίμησης χρησιμοποιώντας διεθνούς κλίμακας δεδομένα (global scale data) και την εργαλειοθήκη «Tessa» παρατηρήθηκε μέσα από τα αποτελέσματα μια πιο ομοιόμορφη κατανομή της ποσότητας αποθηκευμένου άνθρακα στην περιοχή σε αντίθεση με τον τρόπο υπολογισμού με την χρησιμοποίηση τοπικών διαθέσιμων δεδομένων πεδίου όπου παρατηρήθηκε μια πιο ακανόνιστη διάταξη των τιμών αποθηκευμένου άνθρακα στη περιοχή μελέτης. Αυτό φαίνεται και μέσα από το Χάρτη αποτελεσμάτων (Χάρτης 14) του Παραρτήματος Α όπου αναγράφονται οι υπολογιζόμενες τιμές για τον συνολικό άνθρακα ζωντανής βιομάζας για κάθε δειγματοληπτική επιφάνεια ξεχωριστά. Οι διαφορές στα αποτελέσματα του αποθηκευμένου άνθρακα ανά δειγματοληπτικές επιφάνειες οφείλονται σε παράγοντες όπως η κλίση, το υψόμετρο καθώς και στον προσανατολισμό της όψης. Σε μελέτη που έκανα οι (Liu and Zhao, 2018) στο οροπέδιο «Loess» στην Κίνα με την χρήση της εργαλειοθήκης «INVEST», τον δείκτη βλάστησης NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) και ένα ψηφιακό υψομετρικό μοντέλο της περιοχή ανέλυσαν δεδομένα αποθηκευμένου άνθρακα σε δασική βλάστηση από διαφορετικές όψεις προσανατολισμού και 26 διαφορετικές κλίσης και κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η βλάστηση σε μεγαλύτερη κλίση και νότια και νοτιοανατολική όψη είχαν μεγαλύτερα αποθέματα αποθηκευμένου άνθρακα στην ζωντανή βιομάζα τους.

Ένας από του επιμέρους στόχους και ένα από τα ερευνητικά ερωτήματα που τέθηκαν από την αρχή της διατριβής ήταν κατά πόσο διαφέρουν τα αποτελέσματα του αποθηκευμένου άνθρακα μεταξύ των δύο μεθόδων υπολογισμού. Με μια πρώτη ματιά, όπως φαίνεται και από τα ιστογράμματα 1 και 2 το απόθεμα του άνθρακα στη ζωντανή βιομάζα της περιοχής μελέτης δηλαδή του οικότοπου 9540 της Τραχείας πεύκης όταν υπολογίστηκε με δεδομένα πεδίου τοπικής κλίμακας (local- field scale data) ήτανε  $28,3 \text{ t.C.ha}^{-1}$  ενώ με διεθνούς κλίμακας δεδομένα (global scale data)  $77,4 \text{ t.C.ha}^{-1}$ . Παρουσιάζει μια διαφορά της τάξεως του 92,9% ενώ στην περίπτωση του εδαφικού άνθρακα το απόθεμα υπολογίστηκε με δεδομένα πεδίου τοπικής κλίμακας (local- field scale data) σε

122,61 t.C.ha<sup>-1</sup> ενώ με διεθνούς κλίμακας δεδομένα (global scale data) από τους πίνακες της εργαλειοθήκης «Tessa» στα 38 t.C.ha<sup>-1</sup>. Εδώ παρουσιάζεται μια μείωση του ποσοστού εδαφικού άνθρακα της τάξεως του 105,4 %.

Η ποσότητα αποθηκευμένου άνθρακα στη ζωντανή βιομάζα αλλά και στο έδαφος των δασικών οικοσυστημάτων μπορεί να διαφέρει ανάλογα με την τοποθεσία και τις καιρικές συνθήκες σε ολόκληρη την Ευρώπη (Nabuurs and Schelhaas, 2002) και στον κόσμο (FAO, 2020) (Ιστόγραμμα 2).

Στην διεθνή βιβλιογραφία, αναφέρεται από αρκετούς μελετητές (Solomon, Brown and Houghton, 1994), (Sun and Liu, 2020), ότι μεγαλύτερη από όλες τις δεξαμενές αποθήκευσης άνθρακα σε ένα δασικό οικοσύστημα είναι η δεξαμενή του εδάφους. Αυτό έρχεται σε αντίθεση με τα αποτελέσματα την εκτίμηση του άνθρακα με διεθνή δεδομένα στην εργαλειοθήκη «Tessa» όπου σύμφωνα με τα οποία η μεγαλύτερη δεξαμενή στην περιοχή μελέτης είναι η δεξαμενή της υπέργειας βιομάζας. Την πιο πάνω διαπίστωση των (Solomon, Brown and Houghton, 1994) και (Sun and Liu, 2020) ενισχύουν και τα αποτελέσματα του υπολογισμού των αποθεμάτων άνθρακα στις δεξαμενές της ζωντανής βιομάζας (Υπέργειας και Υπόγειας) καθώς και του εδάφους στην περιοχή μελέτης με την χρήση τοπικών δεδομένων πεδίου (διάγραμμα 1). Μέσα από τα αποτελέσματα αυτά άλλα και από το διάγραμμα 1 το οποίο περιέχει δεδομένα για τα αποθέματα των δεξαμενών άνθρακα σε δασικά οικοσυστήματα σε διάφορες ηπείρους αλλά και παγκόσμια (FAO, 2020) παρατηρείται ότι η μεγαλύτερη δεξαμενή άνθρακα σε δασικά οικοσυστήματα είναι το έδαφος.

Εκτός από τους πιο πάνω παράγοντες που αναφέρθηκαν ότι επηρεάζουν το ποσοστό αποθήκευσης ατμοσφαιρικού άνθρακα στην ζωντανή βιομάζα αλλά και στο έδαφος αναφέρεται από τους Canedoli *et al.*, (2020) είναι και το είδος του φυτού. Σε μελέτη που έγινε με την συλλογή δειγμάτων από 87 δειγματοληπτικές επιφάνειες έγινε με στο Εθνικό Δασικό Πάρκο «Gran Paradiso» στις Ιταλικές Άλπεις έδειξε ότι ο τύπος του οικότοπου επηρεάζει σημαντικά την αποθήκευση οργανικού άνθρακα στο έδαφος καθώς και στην ζωντανή βιομάζα του φυτού. Επίσης, στην ίδια μελέτη, αναφέρεται ότι τα δάση πλατύφυλλων έχουν την δυνατότητα περισσότερης αποθήκευσης οργανικού άνθρακα στο έδαφος από τα μικτά δάση κωνοφόρων, δάση ελάτης και πεύκου. Αντίθετη άποψη όμως φαίνεται να εκφέρουν οι Torres *et al.*, (2021) αναφέροντας σε μελέτη τους που έγινε

στην Ιταλία, ότι τα πεύκα (*Pinus pinaster*, *Pinus halepensis*, *Pinus pinea*) είναι ταχέως αναπτυσσόμενα αποθηκεύοντας μεγάλες ποσότητες άνθρακα στο ξύλο τους καθώς και στο έδαφος. Ο ρυθμός αποθήκευσης ανέρχεται σε 132,8 τόνους ανά εκτάριο, τιμή που είναι ψηλότερη από την αντίστοιχη των περισσότερων Μεσογειακών πλατύφυλλων.

Η υπολογισμένη ποσότητα υπόγειας βιομάζας υπολογίσθηκε μέσο του ποσοστού της υπέργεια βιομάζας με την χρήση σταθεράς διεθνούς κλίμακας. Η σταθερή αυτή επίσης μπορεί να επηρεάζεται ανάλογα με την τοποθεσία και τις καιρικές συνθήκες. Σύμφωνα με τους Brunner et al., (2015) είδη δέντρων που είναι προσαρμοσμένα στην ξηρασία έχουν την τάση να αποθηκεύουν περισσότερη βιομάζα στο ριζικό του σύστημα ούτως ώστε να φθάσουν σε μεγαλύτερα βάθη για αντιμετώπιση της, έχοντας σαν αποτέλεσμα μεγαλύτερη αποθήκευση άνθρακα στην υπόγεια τους βιομάζα. Επίσης αναφέρετε ότι ο ακριβής υπολογισμός της υπόγειας βιομάζας με απευθείας μετρήσεις πεδίου παρουσιάζει δυσκολίες λόγω της περιορισμένης πρόσβασης.

### **5.3 Συμπεράσματα από την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων**

Τα συμπεράσματα από που εξάγονται από την διεξαγωγή της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής είναι ότι παρουσιάζεται μια αρκετά μεγάλη διαφορά ανάμεσα στα αποτελέσματα εκτίμησης αποθεμάτων άνθρακα με τους δυο τρόπους υπολογισμού. Αυτό πολύ πιθανόν να οφείλεται στην διαφορετικότητα των αρχικών δεδομένων μεταξύ τους καθώς και η περιοχή εφαρμογής τους.

Επίσης, μέσα από την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων διαφαίνεται η μεγάλη ποσότητα του άνθρακα που υπό μορφή ζωντανής βιομάζας αλλά και στο έδαφος επηρεάστηκε από την καταστροφική μέγα- πυρκαγιά.

Η περιοχή μελέτης μετά την μεγάλη διαταραχή που υπέστηκε το 2016, έτυχε διαφόρων τρόπων διαχείρισης. Ένα μεγάλο μέρος αφέθηκε να αναγεννηθεί φυσικά και άλλο με τεχνητή αναγέννηση όπως σπορά ή φύτευση. Όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω, η αναδάσωση αμέσως μετά από μια τόσο μεγάλης έκτασης διαταραχή όπως είναι μια μέγα-πυρκαγιά αυξάνει τον ρυθμό δέσμευσης του ατμοσφαιρικού άνθρακα από ένα δασικό οικοσύστημα (Magnani *et al.*, 2007). Αντίθετη άποψη αναφέρει ο (Amiro, 2001) ο οποίος τονίζει ότι η αύξηση της δέσμευσης άνθρακα μπορεί να επιτευχθεί με την εφαρμογή της φυσικής αναγέννησης σε ένα δασικό οικοσύστημα παρά την τεχνητή αναγέννηση που θα



επηρεάσει ένα δασικό οικοσύστημα και σε άλλους τομείς και που επίσης μειονεκτεί και οικονομικά. Την άποψη αυτή υποστηρίζουν και οι (Houghton, Byers και Nassikas, 2015) που αναφέρουν ότι η φυσική αναγέννηση ενός δασικού οικοσυστήματος θεωρείται ως ένας πολύ αποδοτικός τρόπος με χαμηλό κόστος για την δέσμευση άνθρακα.

Με μια επιτόπια εξέταση έξι χρόνια μετά μπορεί κανείς να διαπιστώσει ότι η αναγέννηση της περιοχή έχει στεφθεί με αρκετά μεγάλη επιτυχία. Η ποσότητα του άνθρακα που επαναδεσμεύτηκε αφορά κυρίως θαμνώδη βλάστηση καθώς η μεγαλύτερη δενδρώδεις βλάστηση δεν πρόλαβε να επανέλθει. Μέσα από την μελέτη των (Nabuurs and Schelhaas, 2002) σε 16 διαφορετικούς τύπους δασών σε ολόκληρη την Ευρώπη, χρησιμοποιώντας τον μοντέλο «CO<sub>2</sub>FIX» αναφέρουν ότι η κορύφωση του ποσοστού δέσμευσης άνθρακα μεγιστοποιείται περίπου στα 38 χρόνια ζωής με μια μέση τιμή δέσμευση 2.98 t.C.ha<sup>-1</sup> ετησίως. Σε υπερήλικα δέντρα κοντά στην ηλικία των 200 χρόνων η δέσμευση φτάνει σε κορεσμό και μειώνεται στα 0,8 t.C.ha<sup>-1</sup> ετησίως (Nabuurs and Schelhaas, 2002). Επίσης, οι Chazdon *et al.*, (2016) τονίζουν ότι, αναγεννημένα νεαρά φυτά ηλικίας μέχρι 20 χρονών έχουν την δυνατότητα απορρόφησης άνθρακα μέχρι και δύο φορές γρηγορότερα από φυτά μεγαλύτερων ηλικιών.

Για τον υπολογισμό του επαναδεσμευμένου άνθρακα στην περιοχή μελέτης θα χρειαστούν επιπρόσθετες μετρήσεις τα επόμενα χρόνια για να διαπιστωθεί κατά πόσο το δασικό οικοσύστημα μπορεί να επιστρέψει στα επίπεδα δεσμευμένου άνθρακα που υπήρχαν πριν την διαταραχή.

#### 5.4 Εισηγήσεις

Από την διαχείριση μιας περιοχής καταστραμμένης από μια διαταραχή όπως η πυρκαγιά μπορεί να επηρεαστούν οι ροές άνθρακα μεταξύ του δασικού οικοσυστήματος και της ατμόσφαιρας και ως αποτέλεσμα αυτού να εξαρτηθεί ο ρόλος και ο χαρακτηρισμός του οικοσυστήματος είτε ως πηγής απελευθέρωσης άνθρακα είτε ως καταβόθρα αποθήκευσης του. Η επαναδέσμευση άνθρακα από ένα δασικό οικοσύστημα μετά την πυρκαγιά θα εξαρτηθεί από το ποσοστό αναγέννησης και την αναγεννητική ικανότητα της βλάστησης στην περιοχή η οποία θα καθορίσει την καθαρή πρωτογενή παραγωγή (Serrano-Ortiz *et al.*, 2011)

Όπως φαίνεται και από την μελέτη της βιβλιογραφίας η αποθήκευση άνθρακα μπορεί να προκύψει από τη φυσική αναδάσωση ή από την ενεργό φύτευση δέντρων και πρακτικές

διαχείρισης που οδηγούν σε αυξημένος ρυθμός ανάπτυξης και τελικά αύξηση της βιομάζας.

Ακόμα, φαίνεται ότι διάφορες δασοκομικές πρακτικές μπορούν να βοηθήσουν στην αύξηση του ρυθμού δέσμευσης και αποθήκευσης του άνθρακα σε βιομάζα αλλά μπορούν επίσης να έχουν αρνητικά αποτελέσματα αν δεν εφαρμοστούν στην κατάλληλη ηλικία. Σε πείραμα που έκαναν οι (Jimenez *et al.*, 2011) σε τεχνητά αναγεννημένη συστάδα πεύκων (*Pinus pinaster*) μετά από πυρκαγιά έδειξε ότι μια πρόιμη αραίωση σε διάστημα 5-8 χρόνων μετά την φύτευση έχει αρνητικές επιπτώσεις στον ρυθμό αποθήκευσης άνθρακα της συστάδας.

Μια φυσική επιστροφή και αναγέννηση της βλάστησης στην περιοχή μελέτης με μικτές συστάδες ειδών και διαφόρων κλάσεων ηλικιών θα έχει αυξημένου ρυθμούς δέσμευσης άνθρακα καθώς η σύσταση της συστάδας, η διάρκεια του κύκλου ζωής καθώς και η ηλικιακή δομή επηρεάζουν τα αποθέματα και τους ρυθμούς δέσμευσης του (Del Río *et al.*, 2017).

# Βιβλιογραφία

- Ahrens, D. (2003) *Meteorology today: an introduction to weather, climate, and the environment*.
- Ainger, J. (2021) 'Wildfires in 2021 Spewed CO<sub>2</sub> Equal to Half of EU's Annual Emissions'.
- Allen, C. D. *et al.* (2010) 'A global overview of drought and heat-induced tree mortality reveals emerging climate change risks for forests', *Forest Ecology and Management*, 259(4), pp. 660–684. doi: 10.1016/j.foreco.2009.09.001.
- Amiro, B. D. (2001) 'Carbon flux early post-fire successional forests in Saskatchewan.pdf'.
- Bagstad, K. *et al.* (2011) 'ARIES Artificial Intelligence for Ecosystem Services'.
- Balvanera, P. *et al.* (2001) 'Conserving Biodiversity and Ecosystem Services'.
- Bembenek, M. *et al.* (2015) 'Carbon content in Juvenile and mature wood of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.)', *Baltic Forestry*, 21(2), pp. 279–284.
- Biju Kumar, A. and Ravinesh, R. (2017) 'Climate change and biodiversity', *Bioresources and Bioprocess in Biotechnology*, pp. 99–124. doi: 10.1007/978-981-10-3573-9\_5.
- Bonan, G. (2008) 'Forests and Climate Change: Forcings, Feedbacks, and the Climate Benefits of Forests'.
- Boumans, R. *et al.* (2015) 'The Multi scale Integrated Model of Ecosystem Services (MIMES): Simulating the interactions of coupled human and natural systems'.
- Brunner, I. *et al.* (2015) 'How tree roots respond to drought'.
- Burkhard, B. *et al.* (2013) 'Mapping and modelling ecosystem services for science, policy and practice'.
- Burkhard, B. and Maes, J. (2017) *Edited By, High Throughput Screening*. doi: 10.1201/9781482269802-30.
- Cairns, M. A. *et al.* (1997) 'Root biomass allocation in the world's upland forests', *Oecologia*, pp. 1–11. doi: 10.1007/s004420050201.
- Camera, C. *et al.* (2016) 'A high resolution map of soil types and physical properties for Cyprus: A digital soil mapping optimization'.
- Canedoli, C. *et al.* (2020) 'Evaluation of ecosystem services in a protected mountain area: Soil organic carbon stock and biodiversity in alpine forests and grasslands', *Ecosystem Services*, 44(January 2021).
- Caon, L. *et al.* (2014) 'Effects of wildfire on soil nutrients in Mediterranean ecosystems', *Earth-Science Reviews*, pp. 47–58. doi: 10.1016/j.earscirev.2014.09.001.
- Chazdon, R. L. *et al.* (2016) 'Carbon sequestration potential of second-growth forest regeneration in the Latin American tropics', *Science Advances*, 2(5). doi: 10.1126/sciadv.1501639.
- Cices (2021). Available at: <http://cices.eu/>.
- Costanza, R. *et al.* (1997) 'The value of the world's ecosystem services and natural capital'.

- Crivellaro, A. and Schweingruber, F. H. (2013) 'Atlas of Wood , Bark and Pith Anatomy of Eastern Mediterranean Trees and Shrubs Atlas of Wood , Bark and Pith Anatomy of Eastern Mediterranean Trees and Shrubs with a Special Focus on Cyprus', p. 583.
- Crossman, N. *et al.* (2013) 'A blueprint for mapping and modelling ecosystem services'.
- Dewar, R. C. and Cannell, M. G. R. (1992) 'Carbon sequestration in the trees, products and soils of forest plantations: an analysis using UK examples', *Tree Physiology*, 11(1), pp. 49–71. doi: 10.1093/treephys/11.1.49.
- Donato, D. *et al.* (2006) 'Post-Wildfire Logging Hinders Regeneration and Increases Fire Risk', *Science*, 313(5787), pp. 615–615. doi: 10.1126/science.1127481.
- Dore, S. *et al.* (2008) 'Long term impact of a stand replacing fire on ecosystem CO<sub>2</sub> exchange of a Ponderosa pine forest'.
- Engle, S., Pagiola, S. and Wunder, S. (2008) 'Designing payments for environmental services in theory and practice: an overview of the issue'.
- European Commission (2020a) 'Communication from the commission to the European Parliament, the council, the European economic and social committee and the committee of the regions'.
- European Commission (2020b) *JRC TECHNICAL REPORT Forest Fires in Europe, Middle East and North Africa 2020*.
- Fahey, T. J. *et al.* (2010) 'Forest carbon storage: ecology, management, and policy', *Frontiers in Ecology and the Environment*, pp. 245–252. Available at: [c:%5CPDFs%5C2010\\_0347.pdf](c:%5CPDFs%5C2010_0347.pdf).
- FAO (2012) *Global forest land-use change 1990–2005 (FAO Forestry Paper No. 169)*, Fao. Available at: <http://www.fao.org/docrep/017/i3110e/i3110e.pdf>.
- FAO (2015) 'Guide for country reporting for FRA 2015'.
- FAO (2020) 'Global Forest Resources Assessment'.
- Fisher, B., Turner, R. and Morling, P. (2009) 'Defining and classifying ecosystem services for decision making'.
- Flannigan, M. *et al.* (2005) 'Forest Fires and Climate Change in the 21st century'.
- Flannigan, M. . *et al.* (1998) 'Future wildfire in circumboreal forests in relation to global warming'.
- Flannigan, M. and Wotton, B. (2001) 'Forests, health and climate change'.
- French, N. H. F. *et al.* (2000) 'Carbon Release from Fires in the North American Boreal Forest', pp. 377–388. doi: 10.1007/978-0-387-21629-4\_21.
- Friedlingstein, P. *et al.* (2020) *Global Carbon Budget 2020*. Available at: <https://doi.org/10.5194/essd-12-3269-2020>.
- Future Earth, The Earth League and WCRP (2021) '10 New Insights in Climate Science'.
- Giuggiola, A. *et al.* (2013) 'Reduction of stand density increases drought resistance in xeric Scots pine forests', *Forest Ecology and Management*, 310(March 2020), pp. 827–835. doi: 10.1016/j.foreco.2013.09.030.
- GML (2021) *Trends in Atmospheric Carbon Dioxide, Global Monitoring Laboratory*. Available at:

<https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/>.

Gomez, E. *et al.* (2010) 'The history of ecosystem services in economic theory and practice: from early notions to markets and payment schemes, *Ecological Economics*'.

Gower, S. (2003) 'Patterns and mechanisms of the forest carbon cycle'.

Hanna, L. (2010) *Climate Change Biology*. doi: <https://doi.org/10.1016/C2009-0-01619-5>.

Hanson, C. *et al.* (2012) 'WRI 2008 The Corporate Ecosystem Services Review: Guidelines for identifying business risks & opportunities arising from ecosystem change'.

Heinz, G. (2003) 'Η κατάσταση των δασών στην Ευρώπη'.

Holdren, J. and Ehrlich, P. (1974) 'Human Population and the Global Environment: Population growth, rising per capita material consumption, and disruptive technologies have made civilization a global ecological force'.

Houghton, R. A., Byers, B. and Nassikas, A. A. (2015) 'A role for tropical forests in stabilizing atmospheric CO<sub>2</sub>', *Nature Climate Change*, pp. 1022–1023. doi: 10.1038/nclimate2869.

Hui, D. *et al.* (2020) *Handbook of Climate Change Mitigation and Adaptation, Handbook of Climate Change Mitigation and Adaptation*. doi: 10.1007/978-1-4614-6431-0.

Hui, D., Tian, H. and Deng, Q. (2015) 'Carbon Sequestration in Forest Ecosystems under Climate Change.pdf'.

IPBES (2019) 'The global assessment report on biodiversity and ecosystem services'.

IPCC (2003) 'Good Practice Guidance for Land Use, Land - Use Change and Forestry'.

IPCC (2006) 'IPCC Guidelines for National Green house inventories'.

IPCC (2015) 'Land use, land use change and forestry', *Land Use, Land-use Change and Forestry*, pp. 1–160. doi: 10.4337/9781849805834.00023.

IPCC (2019) 'SCENARIO PROCESS FOR AR5'.

Jandl, R. *et al.* (2007) 'How strongly can forest management influence soil carbon sequestration?', *Geoderma*, 137(3–4), pp. 253–268. doi: 10.1016/j.geoderma.2006.09.003.

Janssens, I. A. *et al.* (1999) 'Above- and belowground phytomass and carbon storage in a Belgian Scots pine stand', *Annals of Forest Science*, 56(2), pp. 81–90. doi: 10.1051/forest:19990201.

Jimenez, E. *et al.* (2011) 'Is pre-commercial thinning compatible with carbon sequestration? A case study in a maritime pine stand in northwestern Spain'.

Johnson, D. W. and Curtis, P. S. (2001) 'Effects of forest management on soil C and N storage: Meta analysis', *Forest Ecology and Management*, pp. 227–238. doi: 10.1016/S0378-1127(00)00282-6.

Jones, D. P. and Wigley, M. L. (1990) 'Global Warming Trends'.

Karl, T., Melillo, J. and Peterson, T. (2009) 'Global Climate Change Impacts in the United States'.

Katsafados, P. and Mavromatidis, I. (2015) 'Εισαγωγή στη φυσική της ατμόσφαιρας και την κλιματική αλλαγή'.

- Keeley, J. (1995) 'Seed-germination patterns in fire-prone mediterranean-climate regions'.
- Lal, R. (2005) 'Forest soils and carbon sequestration', *Forest Ecology and Management*, 220(1–3), pp. 242–258. doi: 10.1016/j.foreco.2005.08.015.
- Liu, G. and Zhao, Z. (2018) 'Analysis of carbon storage and its contributing factors-a case study in the loess plateau (China)', *Energies*. doi: 10.3390/en11061596.
- Lorilla, R. (2020) 'MAPPING AND VALUATION OF ECOSYSTEM SERVICES FOR INFORMED DECISION MAKING IN SPATIAL PLANNING'.
- Luck, G. W., Chan, K. M. A. and Klien, C. J. (2012) 'Identifying spatial priorities for protecting ecosystem services', *F1000Research*. doi: 10.12688/f1000research.1-17.v1.
- Maes, J. *et al.* (2005) 'Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services'.
- Maes, J. *et al.* (2012) 'Mapping ecosystem services for policy support and decision making in the European Union'.
- Magnani, F. *et al.* (2007) 'The human footprint in the carbon cycle of temperate and boreal forests', *Nature*, pp. 848–850. doi: 10.1038/nature05847.
- MEA (2005) 'Ecosystems and Human Well-Being'.
- Meek, B. D., Chesworth, W. and Spaargaren, O. (2008) 'Redox reactions and diagrams in soil', *Encyclopedia of Earth Sciences Series*, pp. 600–604. doi: 10.1007/978-1-4020-3995-9\_477.
- Mercy Corps (2022) 'The facts: How climate change affects people living in poverty'. Available at: <https://europe.mercycorps.org/en-gb/blog/climate-change-poverty>.
- Mitsopoulos, I. and Mallinis, G. (2017) 'A data-driven approach to assess large fire size generation in Greece'.
- Mjöfors, K. *et al.* (2017) 'Indications that site preparation increases forest ecosystem carbon stocks in the long term', *Scandinavian Journal of Forest Research*, 32(8), pp. 717–725. doi: 10.1080/02827581.2017.1293152.
- Mokany, K., Raison, R. J. and Prokushkin, A. S. (2006) 'Critical analysis of root: Shoot ratios in terrestrial biomes', *Global Change Biology*, 12(1), pp. 84–96. doi: 10.1111/j.1365-2486.2005.001043.x.
- Moore, A. (2021a) '5 Ways Climate Change Impacts Forests From droughts and wildfires to pests and pathogens, climate change is wreaking havoc on the world's forests.' Available at: <https://cnr.ncsu.edu/news/2021/08/5-ways-climate-change-impacts-forests/>.
- Moore, A. (2021b) '5 Ways Climate Change Impacts Forests From droughts and wildfires to pests and pathogens, climate change is wreaking havoc on the world's forests.'
- Moreira, F. *et al.* (2010) 'Size-dependent pattern of wildfire ignitions in Portugal: when do ignitions turn into big fires?'
- Moreno, M. J., Vazquez, A. and Vezel, R. (1998) *Recent history of forest fires in Spain*.
- Muller, S. (2015) 'Values Methods for integratin ecosystem services Costing Nature'.
- Nabuurs, G. J. *et al.* (2009) 'European forest carbon balance assessed with inventory based methods'.
- Nabuurs, G. J. and Schelhaas, M. J. (2002) 'Carbon profiles of typical forest types across Europe

assessed with CO2FIX’.

NASA (2022) *Climate Change: How Do We Know?*, *Climate.nasa.gov*. Available at: <https://climate.nasa.gov/evidence/>.

Nave, L. *et al.* (2018) ‘The role of reforestation in carbon sequestration’.

Neugarten, R. A. *et al.* (2016) ‘Rapid assessment of ecosystem service co-benefits of biodiversity priority areas in Madagascar’, *PLoS ONE*. doi: 10.1371/journal.pone.0168575.

Nitschke, C. R. and Innes, J. L. (2006) ‘Interactions between fire, climate change and forest biodiversity’, *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources*, 1(June 2014). doi: 10.1079/PAVSNNR20061060.

Nowak, D. and Crane, D. (2001) ‘Carbon storage and sequestration by urban trees in the USA’.

Orians, G. H. and Millar, C. I. (1992) ‘Forest lands’, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, pp. 125–140. doi: 10.1016/0167-8809(92)90023-5.

Ovideo, A. *et al.* (2014) ‘European Mixed Forests definition and research perspectives.pdf’.

Pan, Y., Birdsey, R., *et al.* (2011) ‘A large and persistent carbon sink in the world’s forests’, *Science*, pp. 988–993.

Pan, Y., Kaupi, P., *et al.* (2011) ‘A Large and Persistent Carbon Sink in the World’s Forests’.

Pan, Y. *et al.* (2013) ‘The Structure, Distribution, and Biomass of the World’s Forests’.

Paul, K. I. *et al.* (2002) ‘Change in soil carbon following afforestation’, *Forest Ecology and Management*, pp. 241–257. doi: 10.1016/S0378-1127(01)00740-X.

Peh, K. *et al.* (2013) ‘TESSA: A tool kit for rapid assessment of ecosystem services at sites of biodiversity conservation importance’.

Peh, K. S. H. *et al.* (2013) ‘TESSA: A toolkit for rapid assessment of ecosystem services at sites of biodiversity conservation importance’, *Ecosystem Services*, pp. 51–57. doi: 10.1016/j.ecoser.2013.06.003.

Penafort, T. (2001) ‘What Effects fo Forest Fires have on Storage of Carbon?’

Peñuelas, J. *et al.* (2013) ‘Evidence of current impact of climate change on life: A walk from genes to the biosphere’, *Global Change Biology*, 19(8), pp. 2303–2338. doi: 10.1111/gcb.12143.

Pickard, B. *et al.* (2015) ‘EnviroAtlas: A new geospatial tool to foster ecosystem services science and resource management’.

Powers, E. *et al.* (2013) ‘Post-fire management regimes affect carbon sequestration and storage.pdf’.

Del Río, M. *et al.* (2017) ‘Mediterranean Pine Forests: Management Effects on Carbon Stocks’.

Riofrío, J., Del Río, M. and Bravo, F. (2017) ‘Mixing effects on growth efficiency in mixed pine forests’, *Forestry*, pp. 381–392. doi: 10.1093/forestry/cpw056.

Rosenzweig, C. *et al.* (2007) ‘Assessment of observed changes and responses in natural and managed systems’, *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.*, pp. 79–131. doi: Milandre climat.

- Ruiz-Benito, P. *et al.* (2014) 'Diversity increases carbon storage and tree productivity in Spanish forests', *Global Ecology and Biogeography*, pp. 311–322. doi: 10.1111/geb.12126.
- Ruiz-Peinado, R. *et al.* (2016) "'Carbon stocks in a Scots pine afforestation under different thinning intensities management'", *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 21(7), pp. 1059–1072. doi: 10.1007/s11027-014-9585-0.
- Ruiz-Peinado, R. *et al.* (2017) 'Forest management and carbon sequestration in the Mediterranean region: A review', *Forest Systems*. doi: 10.5424/fs/2017262-11205.
- San Miquel, J., Moreno, M. J. and Camia, A. (2013) 'Analysis of large fires in European Mediterranean landscapes: Lessons learned and perspectives'.
- Santos, A. J. B. *et al.* (2003) 'Effects of fire on surface carbon, energy and water vapour fluxes over campo sujo savanna in central Brazil', *Functional Ecology*, pp. 711–719. doi: 10.1111/j.1365-2435.2003.00790.x.
- Scarascia-Mugnozza, G. *et al.* (2000) 'Forests of the Mediterranean region: Gaps in knowledge and research needs', *Forest Ecology and Management*, 132(1), pp. 97–109. doi: 10.1016/S0378-1127(00)00383-2.
- Scheller, R. M. (2020) 'Managing Landscapes for Change', p. 111.
- Schweng, C. (2021) 'Νέα Δασική Στρατηγική της ΕΕ για το 2030.pdf'.
- Serrano-Ortiz, P. *et al.* (2011) 'Post-fire salvage logging reduces carbon sequestration in Mediterranean coniferous forest', *Forest Ecology and Management*, pp. 2287–2296. doi: 10.1016/j.foreco.2011.08.023.
- Shiraishi, T. and Hirata, R. (2021) 'Estimation of carbon dioxide emissions from the megafires of Australia in 2019–2020', *Scientific Reports*. doi: 10.1038/s41598-021-87721-x.
- Simpson, M. J. (2011) 'Global Climate Change Impacts in the United States', *Journal of Environmental Quality*, pp. 279–279. doi: 10.2134/jeq2010.0010br.
- Solomon, A., Brown, S. and Houghton, R. (1994) 'Carbon Pools and Flux of Global Forest Ecosystems'.
- Stark, K., Arsenault, A. and Brandfield, G. (2016) 'Soil seed banks and plant community assembly following disturbances by fire and logging in Interior Douglas-fir forests of south-central British Columbia'.
- Struzik, E. (2020) *The Age of Megafires: The World Hits a Climate Tipping Point*.
- Sun, W. and Liu, X. (2020) 'Review on carbon storage estimation of forest ecosystem and applications in China'.
- Syrbe, R. *et al.* (2017) 'What to map? In Mapping ecosystem services'.
- Tallis, H. and Polasky, S. (2009) 'Mapping and valuing ecosystem services as an approach for conservation and natural-resource management', *Annals of the New York Academy of Sciences*, pp. 265–283. doi: 10.1111/j.1749-6632.2009.04152.x.
- The Royal Society (2022) 'How does climate change affect biodiversity?' Available at: <https://royalsociety.org/topics-policy/projects/biodiversity/climate-change-and-biodiversity/>.
- Thomas, C. (2011) 'Translocation of species, climate change, and the end of trying to recreate past



ecological communities'. doi: 10.1016/j.tree.2011.02.006.

Thomas, S. C. and Martin, A. R. (2012) 'Carbon content of tree tissues: A synthesis', *Forests*, 3(2), pp. 332–352. doi: 10.3390/f3020332.

Torres, I. *et al.* (2021) 'Ecosystem Services Provided by Pine Forests', (October), pp. 617–629. doi: 10.1007/978-3-030-63625-8\_29.

UN (2021) 'Emission Gap Report 2021'.

UNFCCC (2022) *United Nations Climate Change - What is the Kyoto Protocol*. Available at: [https://unfccc.int/kyoto\\_protocol](https://unfccc.int/kyoto_protocol).

USEPA (2018) 'Carbon storage in forests'.

Valentini, R. *et al.* (2000) 'Respiration as the main determinant of carbon balance in European forests', *Nature*, pp. 861–865. doi: 10.1038/35009084.

Vihevaara, P. *et al.* (2010) 'A tool for sustainable management of human–environment systems. Case study Finnish Forest Lapland'.

Vogiatazakis, I. N. *et al.* (2020) 'Towards implementing mapping and assessment of ecosystems and their services in cyprus: A first set of indicators for ecosystem management', *One Ecosystem*. doi: 10.3897/oneeco.5.e47715.

Węgiel, A. *et al.* (2018) 'Determination of elements removal in different harvesting scenarios of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands', *Scandinavian Journal of Forest Research*, 33(3), pp. 261–270. doi: 10.1080/02827581.2017.1352019.

Węgiel, A. and Polowy, K. (2020) 'Aboveground carbon content and storage in mature scots pine stands of different densities', *Forests*, 11(2). doi: 10.3390/f11020240.

Van de Wer, G., Randerson, J. and Collatz, G. (2003) 'Carbon emissions from fires in tropical and subtropical ecosystems.pdf'.

Woodall, C. W., Heath, L. S. and Smith, J. E. (2008) 'National inventories of down and dead woody material forest carbon stocks in the United States: Challenges and opportunities'.

Worland, J. (2016) 'How Climate Change Unfairly Burdens Poorer Countries'. Available at: <https://time.com/4209510/climate-change-poor-countries/>.

Young, D. R. (2007) 'Estimating Aboveground Net Primary Production in Shrub-Dominated Ecosystems', *Principles and Standards for Measuring Primary Production*. doi: 10.1093/acprof:oso/9780195168662.003.0004.

Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας (2018) 'Σχέδιο Στρατηγικής Ανάπτυξης της Δασοπονίας 2018-2038 (Εθνική Στρατηγική για τα Δάση)'.

Zissimos, A. and Christoforoy, I. (2019) 'Spatial distribution and controls on organic and inorganic carbon in the soils of Cyprus'.

Παπαγεωργίου, Α., Καρέτσος, Γ. and Κατσαδωράκης, Γ. (2012) 'Το Δάσος: Μια ολοκληρωμένη Προσέγγιση'.

Τμήμα Αναπτύξεως Υδάτων (2015) 'ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ ΑΝΑΘΕΩΡΗΣΗ ΤΟΥ ΣΧΕΔΙΟΥ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΗΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ'.

Τμήμα Γεωλογικής Επισκόπησης (2010) 'Study of the Geomorphology of Cyprus'.

Τμήμα Δασών (2022) *Οικότοποι*. Available at:

[http://www.moa.gov.cy/moa/fd/fd.nsf/fd68\\_gr/fd68\\_gr?OpenDocument](http://www.moa.gov.cy/moa/fd/fd.nsf/fd68_gr/fd68_gr?OpenDocument) (Accessed: 19 April 2022).

Τμήμα Δασών (2007) 'Η Βλάστηση και η Χλωρίδα της Κύπρου'.

Τμήμα Μετεωρολογίας Κύπρου (2014) *Τμήμα Μετεωρολογίας Κύπρου*.

Τμήμα Περιβάλλοντος (2013) 'Στρατηγική Μελέτη Εκτίμησης των Επιπτώσεων στο Περιβάλλον για την Προτεινόμενη Βιοτεχνική Περιοχή της Κοινότητας Λινούζ'. Available at:

<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:0b6i8Hb8sRgJ:www.moa.gov.cy/moa/environment/environmentnew.nsf/All/D044497EAE778169C2257F290075813A/%24file/M20131001.pdf%3FOpenElement+%&cd=3&hl=el&ct=clnk&gl=cy#21>.


Υπουργείο Γεωργίας Αγροτικής Ανάπτυξης Και Περιβάλλοντος (2020) 'Στρατηγική και Σχέδιο Δράσης για τη Βιοποικιλότητα στην Κύπρο'.

# Παράρτημα Α



## ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Δειγματοληπτικές Επιφάνειες

 Περιοχή Μελέτης

PLOT_No	Συνολικός Άνθρακας Ζωντανής Βιομάζας
434	4,977
433	5,039
432	5,702
435	5,653
431	5,175
436	10,397
411	3,032
408	5,754
410	4,737
409	6,606
406	3,633
426	7,806
427	4,786
417	3,994
420	4,247
418	3,072
422	4,634
421	5,564
423	4,126
419	1,865
425	5,032
356	2,496
424	13,987
412	2,671
403	5,048
404	3,441
405	4,125
399	3,942
398	5,549
396	2,676
430	7,736
429	3,229
365	3,738
361	5,686
360	5,644
355	4,68
393	5,828
392	6,666
391	5,508

Χάρτης 14. Συνολικός Άνθρακας Ζωντανής Βιομάζας στην Περιοχή Μελέτης

**Πίνακας 21.** Πίνακας δεδομένων πεδίου 39 δειγματοληπτικών επιφανειών

		cm	m	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	t.C.	m <sup>3</sup>	t.C.
Plot_ID	Tree_ID	dbh	T_Height	Vol2011/ΕΥΛΑΠ ΟΘΕΜΑ	Biomass Expansion Factor	Βιομάζα υπέργειας ξυλείας	Δεσμευμένος Άνθρακας Υπέργειας Ξυλείας	Βιομάζα Υπόγειας Ξυλείας	Δεσμευμένος Άνθρακας Υπόγειας Ξυλείας
355	355_1	47.8	16	1.215	1.5795	0.727	0.341	0.203	0.096
355	355_2	27.0	8	0.205	0.2665	0.123	0.058	0.034	0.016
355	355_3	44.5	11	0.827	1.0751	0.495	0.232	0.138	0.065
355	355_4	39.9	13	0.722	0.9386	0.432	0.203	0.121	0.057
355	355_5	36.4	13	0.594	0.7722	0.355	0.167	0.099	0.047
355	355_6	26.8	12	0.298	0.3874	0.178	0.084	0.050	0.023
355	355_7	29.8	14	0.421	0.5473	0.252	0.118	0.070	0.033
355	355_8	53.4	18	1.644	2.1372	0.983	0.462	0.275	0.129
355	355_9	18.9	8	0.106	0.1378	0.063	0.030	0.018	0.008
355	355_10	28.4	9	0.256	0.3328	0.153	0.072	0.043	0.020
355	355_11	27.8	10	0.270	0.351	0.161	0.076	0.045	0.021
355	355_12	47.9	12	1.027	1.3351	0.614	0.289	0.172	0.081
355	355_13	25.5	8	0.181	0.2353	0.108	0.051	0.030	0.014
355	355_14	35.5	12	0.530	0.689	0.317	0.149	0.089	0.042
355	355_15	57.6	9	1.368	1.7784	0.818	0.384	0.229	0.108
355	355_16	45.6	11	0.875	1.1375	0.523	0.246	0.147	0.069
355	355_17	31.0	9	0.313	0.4069	0.187	0.088	0.052	0.025
355	355_18	34.0	8	0.356	0.4628	0.213	0.100	0.060	0.028
355	355_19	26.8	10	0.250	0.325	0.150	0.070	0.042	0.020
355	355_20	42.3	12	0.778	1.0114	0.465	0.219	0.130	0.061
355	355_21	29.8	11	0.340	0.442	0.203	0.096	0.057	0.027
355	355_22	32.2	12	0.431	0.5603	0.258	0.121	0.072	0.034
<b>Total</b>				<b>13.007</b>	<b>16.9091</b>	<b>7.778</b>	<b>3.656</b>	<b>2.178</b>	<b>1.024</b>
356	356_1	13.4	7	0.074	0.096	0.044	0.021	0.012	0.006
356	356_2	26.0	12	0.281	0.365	0.168	0.079	0.047	0.022
356	356_3	45.2	14	0.992	1.290	0.593	0.279	0.166	0.078
356	356_4	13.9	9	0.097	0.126	0.058	0.027	0.016	0.008
356	356_5	26.4	11	0.266	0.346	0.159	0.075	0.045	0.021
356	356_6	31.3	11	0.377	0.490	0.225	0.106	0.063	0.030
356	356_7	26.8	10	0.250	0.325	0.150	0.070	0.042	0.020
356	356_8	40.9	10	0.643	0.836	0.385	0.181	0.108	0.051
356	356_9	35.9	11	0.509	0.662	0.304	0.143	0.085	0.040
356	356_10	27.3	9	0.235	0.306	0.141	0.066	0.039	0.018
356	356_11	37.0	14	0.650	0.845	0.389	0.183	0.109	0.051
356	356_12	19.2	6	0.076	0.099	0.045	0.021	0.013	0.006
356	356_13	23.6	7	0.133	0.173	0.080	0.037	0.022	0.010
356	356_14	46.9	16	1.168	1.518	0.698	0.328	0.196	0.092

		cm	m	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	t.C.	m <sup>3</sup>	t.C.
Plot_ID	Tree_ID	dbh	T_Height	Vol2011/ΕΥΛΑΠ ΟΘΕΜΑ	Biomass Expansion Factor	Βιομάζα υπέργειας ξυλείας	Δεσμευμένος Άνθρακας Υπέργειας Ξυλείας	Βιομάζα Υπόγειας Ξυλείας	Δεσμευμένος Άνθρακας Υπόγειας Ξυλείας
356	356_15	26.0	7	0.166	0.216	0.099	0.047	0.028	0.013
356	356_16	27.9	12	0.322	0.419	0.193	0.091	0.054	0.025
356	356_17	38.9	12	0.647	0.841	0.387	0.182	0.108	0.051
356	356_18	13.7	5	0.051	0.066	0.030	0.014	0.009	0.004
<b>Total</b>				<b>6.937</b>	<b>9.018</b>	<b>4.148</b>	<b>1.950</b>	<b>1.162</b>	<b>0.546</b>
360	360_1	45.8	14	1.021	1.3273	0.611	0.287	0.171	0.080
360	360_2	43.6	14	0.919	1.1947	0.550	0.258	0.154	0.072
360	360_3	41.8	15	0.881	1.1453	0.527	0.248	0.148	0.069
360	360_4	19.0	7	0.091	0.1183	0.054	0.026	0.015	0.007
360	360_5	17.6	8	0.098	0.1274	0.059	0.028	0.016	0.008
360	360_6	31.6	15	0.501	0.6513	0.300	0.141	0.084	0.039
360	360_7	28.5	15	0.413	0.5369	0.247	0.116	0.069	0.033
360	360_8	24.8	10	0.214	0.2782	0.128	0.060	0.036	0.017
360	360_9	15.6	6	0.063	0.0819	0.038	0.018	0.011	0.005
360	360_10	27.3	9	0.235	0.3055	0.141	0.066	0.039	0.018
360	360_11	26.5	8	0.197	0.2561	0.118	0.055	0.033	0.016
360	360_12	31.1	9	0.315	0.4095	0.188	0.089	0.053	0.025
360	360_13	51.9	17	1.497	1.9461	0.895	0.421	0.251	0.118
360	360_14	21.9	9	0.153	0.1989	0.091	0.043	0.026	0.012
360	360_15	62.6	18	2.280	2.964	1.363	0.641	0.382	0.179
360	360_16	41.8	14	0.840	1.092	0.502	0.236	0.141	0.066
360	360_17	38.1	14	0.691	0.8983	0.413	0.194	0.116	0.054
360	360_18	46.0	17	1.168	1.5184	0.698	0.328	0.196	0.092
360	360_19	31.1	11	0.372	0.4836	0.222	0.105	0.062	0.029
360	360_20	65.0	18	2.464	3.2032	1.473	0.693	0.413	0.194
360	360_21	31.8	13	0.449	0.5837	0.269	0.126	0.075	0.035
360	360_22	21.3	10	0.164	0.2132	0.098	0.046	0.027	0.013
360	360_23	23.8	10	0.198	0.2574	0.118	0.056	0.033	0.016
360	360_24	34.5	11	0.466	0.6058	0.279	0.131	0.078	0.037
<b>Total</b>				<b>15.690</b>	<b>20.397</b>	<b>9.383</b>	<b>4.410</b>	<b>2.627</b>	<b>1.235</b>
361	361_1	43.2	14	0.901	1.171	0.539	0.253	0.151	0.071
361	361_2	39.1	15	0.767	0.997	0.459	0.216	0.128	0.060
361	361_3	23.5	12	0.235	0.306	0.141	0.066	0.039	0.018
361	361_4	35.2	15	0.620	0.806	0.371	0.174	0.104	0.049
361	361_5	28.0	14	0.375	0.488	0.224	0.105	0.063	0.030
361	361_6	44.5	17	1.092	1.420	0.653	0.307	0.183	0.086
361	361_7	32.1	13	0.457	0.594	0.273	0.128	0.077	0.036
361	361_8	52.6	19	1.648	2.142	0.986	0.463	0.276	0.130
361	361_9	23.2	9	0.169	0.220	0.101	0.047	0.028	0.013

		cm	m	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	t.C.	m <sup>3</sup>	t.C.
Plot_ID	Tree_ID	dbh	T_Height	Vol2011/ΕΥΛΑΠ ΟΘΕΜΑ	Biomass Expansion Factor	Βιομάζα υπέργειας ξυλείας	Δεσμευμένος Άνθρακας Υπέργειας Ευλείας	Βιομάζα Υπόγειας Ευλείας	Δεσμευμένος Άνθρακας Υπόγειας Ευλείας
361	361_10	36.8	13	0.608	0.790	0.364	0.171	0.102	0.048
361	361_11	36.7	11	0.535	0.696	0.320	0.150	0.090	0.042
361	361_12	37.0	16	0.720	0.936	0.431	0.202	0.121	0.057
361	361_13	34.5	13	0.531	0.690	0.318	0.149	0.089	0.042
361	361_14	57.0	15	1.698	2.207	1.015	0.477	0.284	0.134
361	361_15	24.6	10	0.211	0.274	0.126	0.059	0.035	0.017
361	361_16	24.9	8	0.172	0.224	0.103	0.048	0.029	0.014
361	361_17	46.0	18	1.214	1.578	0.726	0.341	0.203	0.096
361	361_18	52.0	16	1.449	1.884	0.867	0.407	0.243	0.114
361	361_19	47.0	18	1.268	1.648	0.758	0.356	0.212	0.100
361	361_20	45.0	18	1.162	1.511	0.695	0.327	0.195	0.091
361	361_21	32.5	15	0.529	0.688	0.316	0.149	0.089	0.042
Total				16.361	21.269	9.784	4.598	2.739	1.288
365	365_1	41.7	13	0.795	1.034	0.475	0.223	0.133	0.063
365	365_2	25.5	10	0.226	0.294	0.135	0.064	0.038	0.018
365	365_3	21.1	6	0.089	0.116	0.053	0.025	0.015	0.007
365	365_4	45.5	16	1.097	1.426	0.656	0.308	0.184	0.086
365	365_5	48.3	13	1.095	1.424	0.655	0.308	0.183	0.086
365	365_6	41.5	10	0.665	0.865	0.398	0.187	0.111	0.052
365	365_7	20.3	10	0.152	0.198	0.091	0.043	0.025	0.012
365	365_8	31.7	9	0.329	0.428	0.197	0.092	0.055	0.026
365	365_9	29.2	12	0.352	0.458	0.210	0.099	0.059	0.028
365	365_10	14.6	6	0.062	0.081	0.037	0.017	0.010	0.005
365	365_11	30.0	12	0.372	0.484	0.222	0.105	0.062	0.029
365	365_12	13.8	6	0.062	0.081	0.037	0.017	0.010	0.005
365	365_13	18.8	6	0.074	0.096	0.044	0.021	0.012	0.006
365	365_14	15.0	8	0.087	0.113	0.052	0.024	0.015	0.007
365	365_15	12.5	4	0.044	0.057	0.026	0.012	0.007	0.003
365	365_16	14.1	5	0.051	0.066	0.030	0.014	0.009	0.004
365	365_17	36.8	12	0.573	0.745	0.343	0.161	0.096	0.045
365	365_18	22.0	9	0.154	0.200	0.092	0.043	0.026	0.012
365	365_19	22.9	9	0.165	0.215	0.099	0.046	0.028	0.013
365	365_20	25.0	6	0.129	0.168	0.077	0.036	0.022	0.010
365	365_21	51.1	12	1.187	1.543	0.710	0.334	0.199	0.093
365	365_22	22.2	9	0.156	0.203	0.093	0.044	0.026	0.012
365	365_23	40.9	14	0.802	1.043	0.480	0.225	0.134	0.063
365	365_24	51.4	20	1.626	2.114	0.972	0.457	0.272	0.128
365	365_25	12.6	4	0.044	0.057	0.026	0.012	0.007	0.003
Total				10.388	13.504	6.212	2.920	1.739	0.818

		cm	m	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	t.C.	m <sup>3</sup>	t.C.
Plot_ID	Tree_ID	dbh	T_Height	Vol2011/ΕΥΛΑΠ ΟΘΕΜΑ	Biomass Expansion Factor	Βιομάζα υπέργειας ξυλείας	Δεσμευμένος Άνθρακας Υπέργειας Ξυλείας	Βιομάζα Υπόγειας Ξυλείας	Δεσμευμένος Άνθρακας Υπόγειας Ξυλείας
391	391_1	53.1	9	1.128	1.466	0.675	0.317	0.189	0.089
391	391_2	27.7	11	0.292	0.380	0.175	0.082	0.049	0.023
391	391_3	56.0	14	1.575	2.048	0.942	0.443	0.264	0.124
391	391_4	29.1	9	0.271	0.352	0.162	0.076	0.045	0.021
391	391_5	52.4	14	1.364	1.773	0.816	0.383	0.228	0.107
391	391_6	47.5	17	1.247	1.621	0.746	0.350	0.209	0.098
391	391_7	36.9	11	0.541	0.703	0.324	0.152	0.091	0.043
391	391_8	36.3	16	0.693	0.901	0.414	0.195	0.116	0.055
391	391_9	44.5	15	1.004	1.305	0.600	0.282	0.168	0.079
391	391_10	42.0	14	0.848	1.102	0.507	0.238	0.142	0.067
391	391_11	17.6	9	0.113	0.147	0.068	0.032	0.019	0.009
391	391_12	50.6	18	1.473	1.915	0.881	0.414	0.247	0.116
391	391_13	45.4	7	0.685	0.891	0.410	0.193	0.115	0.054
391	391_14	45.4	15	1.047	1.361	0.626	0.294	0.175	0.082
391	391_15	69.3	19	2.892	3.760	1.729	0.813	0.484	0.228
391	391_16	20.6	9	0.138	0.179	0.083	0.039	0.023	0.011
391	391_17	16.0	6	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
<b>Total</b>				<b>15.311</b>	<b>19.904</b>	<b>9.156</b>	<b>4.303</b>	<b>2.564</b>	<b>1.205</b>
392	392_1	31.8	12	0.419	0.545	0.251	0.118	0.070	0.033
392	392_2	27.6	15	0.390	0.507	0.233	0.110	0.065	0.031
392	392_3	25.0	11	0.240	0.312	0.144	0.067	0.040	0.019
392	392_4	30.8	15	0.477	0.620	0.285	0.134	0.080	0.038
392	392_5	26.2	13	0.309	0.402	0.185	0.087	0.052	0.024
392	392_6	40.0	14	0.765	0.995	0.457	0.215	0.128	0.060
392	392_7	19.7	9	0.129	0.168	0.077	0.036	0.022	0.010
392	392_8	51.3	15	1.356	1.763	0.811	0.381	0.227	0.107
392	392_9	29.5	11	0.333	0.433	0.199	0.094	0.056	0.026
392	392_10	19.9	13	0.199	0.259	0.119	0.056	0.033	0.016
392	392_11	14.1	8	0.085	0.111	0.051	0.024	0.014	0.007
392	392_12	23.0	14	0.267	0.347	0.160	0.075	0.045	0.021
392	392_13	32.8	14	0.508	0.660	0.304	0.143	0.085	0.040
392	392_14	19.2	6	0.076	0.099	0.045	0.021	0.013	0.006
392	392_15	22.3	10	0.177	0.230	0.106	0.050	0.030	0.014
392	392_16	65.7	21	2.738	3.559	1.637	0.770	0.458	0.215
392	392_17	54.4	20	1.821	2.367	1.089	0.512	0.305	0.143
392	392_18	41.7	18	0.998	1.297	0.597	0.280	0.167	0.079
392	392_19	53.0	16	1.508	1.960	0.902	0.424	0.252	0.119
392	392_20	30.6	7	0.247	0.321	0.148	0.069	0.041	0.019
392	392_21	20.1	8	0.116	0.151	0.069	0.033	0.019	0.009



		cm	m	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	t.C.	m <sup>3</sup>	t.C.
Plot_ID	Tree_ID	dbh	T_Height	Vol2011/ΕΥΛΑΠ ΟΘΕΜΑ	Biomass Expansion Factor	Βιομάζα υπέργειας ξυλείας	Δεσμευμένος Άνθρακας Υπέργειας Ξυλείας	Βιομάζα Υπόγειας Ξυλείας	Δεσμευμένος Άνθρακας Υπόγειας Ξυλείας
392	392_22	23.3	10	0.191	0.248	0.114	0.054	0.032	0.015
392	392_23	29.3	10	0.302	0.393	0.181	0.085	0.051	0.024
392	392_24	33.2	11	0.428	0.556	0.256	0.120	0.072	0.034
392	392_25	55.3	11	1.359	1.767	0.813	0.382	0.228	0.107
392	392_26	29.4	16	0.464	0.603	0.277	0.130	0.078	0.037
392	392_27	25.8	9	0.209	0.272	0.125	0.059	0.035	0.016
392	392_28	13.9	6	0.062	0.081	0.037	0.017	0.010	0.005
392	392_29	16.1	9	0.104	0.135	0.062	0.029	0.017	0.008
392	392_30	21.5	9	0.148	0.192	0.089	0.042	0.025	0.012
392	392_31	13.0	6	0.063	0.082	0.038	0.018	0.011	0.005
392	392_32	33.8	16	0.603	0.784	0.361	0.169	0.101	0.047
392	392_33	30.0	12	0.372	0.484	0.222	0.105	0.062	0.029
392	392_34	17.0	11	0.137	0.178	0.082	0.039	0.023	0.011
392	392_35	25.5	15	0.339	0.441	0.203	0.095	0.057	0.027
392	392_36	21.7	9	0.150	0.195	0.090	0.042	0.025	0.012
392	392_37	26.0	13	0.304	0.395	0.182	0.085	0.051	0.024
392	392_38	26.7	12	0.296	0.385	0.177	0.083	0.050	0.023
392	392_39	23.9	9	0.179	0.233	0.107	0.050	0.030	0.014
392	392_40	32.6	11	0.412	0.536	0.246	0.116	0.069	0.032
<b>Total</b>				<b>19.280</b>	<b>25.064</b>	<b>11.529</b>	<b>5.419</b>	<b>3.228</b>	<b>1.517</b>
393	393_1	39.3	16	0.813	1.057	0.486	0.229	0.136	0.064
393	393_2	28.5	11	0.310	0.403	0.185	0.087	0.052	0.024
393	393_3	38.7	13	0.677	0.880	0.405	0.190	0.113	0.053
393	393_4	23.3	7	0.130	0.169	0.078	0.037	0.022	0.010
393	393_5	34.1	12	0.486	0.632	0.291	0.137	0.081	0.038
393	393_6	25.8	12	0.277	0.360	0.166	0.078	0.046	0.022
393	393_7	58.0	17	1.886	2.452	1.128	0.530	0.316	0.148
393	393_8	49.6	16	1.313	1.707	0.785	0.369	0.220	0.103
393	393_9	13.2	7	0.074	0.096	0.044	0.021	0.012	0.006
393	393_10	38.9	11	0.609	0.792	0.364	0.171	0.102	0.048
393	393_11	28.1	11	0.301	0.391	0.180	0.085	0.050	0.024
393	393_12	32.7	13	0.475	0.618	0.284	0.134	0.080	0.037
393	393_13	15.8	10	0.116	0.151	0.069	0.033	0.019	0.009
393	393_14	19.8	8	0.113	0.147	0.068	0.032	0.019	0.009
393	393_15	56.7	13	1.558	2.025	0.932	0.438	0.261	0.123
393	393_16	31.1	8	0.286	0.372	0.171	0.080	0.048	0.023
393	393_17	25.2	12	0.266	0.346	0.159	0.075	0.045	0.021
393	393_18	35.0	11	0.481	0.625	0.288	0.135	0.081	0.038
393	393_19	34.5	11	0.466	0.606	0.279	0.131	0.078	0.037

		cm	m	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	t.C.	m <sup>3</sup>	t.C.
Plot_ID	Tree_ID	dbh	T_Hei ght	Vol201 1/ ΕΥΛΑΠ ΟΘΕΜΑ	Biomass Expansio n Factor	Βιομάζα υπέργεια ς ξυλείας	Δεσμευμέν ος Άνθρακας Υπέργειας Ευλείας	Βιομάζ α Υπόγει ας Ευλείας	Δεσμευμέν ος Άνθρακας Υπόγειας Ευλείας
393	393_20	14.2	5	0.050	0.065	0.030	0.014	0.008	0.004
393	393_21	25.8	8	0.186	0.242	0.111	0.052	0.031	0.015
393	393_22	53.8	10	1.220	1.586	0.730	0.343	0.204	0.096
393	393_23	50.5	16	1.363	1.772	0.815	0.383	0.228	0.107
393	393_24	49.2	14	1.191	1.548	0.712	0.335	0.199	0.094
393	393_25	43.8	15	0.971	1.262	0.581	0.273	0.163	0.076
393	393_26	37.1	12	0.583	0.758	0.349	0.164	0.098	0.046
<b>Total</b>				<b>16.201</b>	<b>21.061</b>	<b>9.688</b>	<b>4.553</b>	<b>2.713</b>	<b>1.275</b>
396	396_1	21.6	7	0.112	0.146	0.067	0.031	0.019	0.009
396	396_2	33.4	10	0.403	0.524	0.241	0.113	0.067	0.032
396	396_3	15.2	6	0.062	0.081	0.037	0.017	0.010	0.005
396	396_4	16.0	7	0.077	0.100	0.046	0.022	0.013	0.006
396	396_5	62.0	10	1.695	2.204	1.014	0.476	0.284	0.133
396	396_6	29.2	11	0.326	0.424	0.195	0.092	0.055	0.026
396	396_7	35.8	11	0.506	0.658	0.303	0.142	0.085	0.040
396	396_8	31.3	7	0.262	0.341	0.157	0.074	0.044	0.021
396	396_9	38.7	14	0.714	0.928	0.427	0.201	0.120	0.056
396	396_10	26.6	8	0.199	0.259	0.119	0.056	0.033	0.016
396	396_11	29.1	7	0.218	0.283	0.130	0.061	0.037	0.017
396	396_12	14.6	6	0.062	0.081	0.037	0.017	0.010	0.005
396	396_13	19.5	10	0.144	0.187	0.086	0.040	0.024	0.011
396	396_14	24.0	8	0.159	0.207	0.095	0.045	0.027	0.013
396	396_15	35.7	8	0.402	0.523	0.240	0.113	0.067	0.032
396	396_16	27.5	8	0.214	0.278	0.128	0.060	0.036	0.017
396	396_17	24.4	7	0.143	0.186	0.086	0.040	0.024	0.011
396	396_18	36.3	11	0.522	0.679	0.312	0.147	0.087	0.041
396	396_19	44.2	8	0.683	0.888	0.408	0.192	0.114	0.054
396	396_20	37.8	10	0.535	0.696	0.320	0.150	0.090	0.042
<b>Total</b>				<b>7.438</b>	<b>9.669</b>	<b>4.448</b>	<b>2.091</b>	<b>1.245</b>	<b>0.585</b>
398	398_1	26.5	3	0.079	0.103	0.047	0.022	0.013	0.006
398	398_2	16.2	6	0.064	0.083	0.038	0.018	0.011	0.005
398	398_3	54.5	8	1.143	1.486	0.684	0.321	0.191	0.090
398	398_4	47.8	13	1.070	1.391	0.640	0.301	0.179	0.084
398	398_5	53.0	6	0.958	1.245	0.573	0.269	0.160	0.075
398	398_6	18.1	9	0.116	0.151	0.069	0.033	0.019	0.009
398	398_7	25.2	9	0.199	0.259	0.119	0.056	0.033	0.016
398	398_8	31.4	10	0.351	0.456	0.210	0.099	0.059	0.028
398	398_9	36.5	14	0.632	0.822	0.378	0.178	0.106	0.050
398	398_10	35.1	16	0.649	0.844	0.388	0.182	0.109	0.051

		cm	m	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	t.C.	m <sup>3</sup>	t.C.
Plot_ID	Tree_ID	dbh	T_Hei ght	Vol201 1/ ΕΥΛΑΠ ΟΘΕΜΑ	Biomass Expansio n Factor	Βιομάζα υπέργεια ς ξυλείας	Δεσμευμέν ος Άνθρακας Υπέργειας Ευλείας	Βιομάζ α Υπόγει ας Ευλείας	Δεσμευμέν ος Άνθρακας Υπόγειας Ευλείας
398	398_11	25.5	8	0.181	0.235	0.108	0.051	0.030	0.014
398	398_12	30.2	8	0.267	0.347	0.160	0.075	0.045	0.021
398	398_13	68.7	16	2.609	3.392	1.560	0.733	0.437	0.205
398	398_14	31.2	11	0.375	0.488	0.224	0.105	0.063	0.030
398	398_15	55.6	12	1.434	1.864	0.858	0.403	0.240	0.113
398	398_16	31.7	7	0.271	0.352	0.162	0.076	0.045	0.021
398	398_17	28.6	10	0.286	0.372	0.171	0.080	0.048	0.023
398	398_18	31.3	13	0.435	0.566	0.260	0.122	0.073	0.034
398	398_19	27.5	12	0.313	0.407	0.187	0.088	0.052	0.025
398	398_20	21.6	10	0.168	0.218	0.100	0.047	0.028	0.013
398	398_21	28.5	12	0.336	0.437	0.201	0.094	0.056	0.026
398	398_22	13.6	10	0.107	0.139	0.064	0.030	0.018	0.008
398	398_23	35.1	5	0.286	0.372	0.171	0.080	0.048	0.023
398	398_24	39.0	16	0.800	1.040	0.478	0.225	0.134	0.063
398	398_25	32.3	13	0.463	0.602	0.277	0.130	0.078	0.036
398	398_26	16.3	10	0.119	0.155	0.071	0.033	0.020	0.009
398	398_27	14.2	10	0.109	0.142	0.065	0.031	0.018	0.009
398	398_28	60.5	10	1.602	2.083	0.958	0.450	0.268	0.126
<b>Total</b>				<b>15.422</b>	<b>20.049</b>	<b>9.222</b>	<b>4.335</b>	<b>2.582</b>	<b>1.214</b>
399	399_1	23.9	10	0.200	0.260	0.120	0.056	0.033	0.016
399	399_2	14.7	7	0.074	0.096	0.044	0.021	0.012	0.006
399	399_3	42.6	15	0.916	1.191	0.548	0.257	0.153	0.072
399	399_4	25.5	10	0.226	0.294	0.135	0.064	0.038	0.018
399	399_5	15.5	8	0.089	0.116	0.053	0.025	0.015	0.007
399	399_6	32.4	14	0.496	0.645	0.297	0.139	0.083	0.039
399	399_7	32.8	12	0.448	0.582	0.268	0.126	0.075	0.035
399	399_8	27.6	9	0.241	0.313	0.144	0.068	0.040	0.019
399	399_9	26.3	13	0.311	0.404	0.186	0.087	0.052	0.024
399	399_10	28.3	12	0.331	0.430	0.198	0.093	0.055	0.026
399	399_11	32.0	13	0.454	0.590	0.271	0.128	0.076	0.036
399	399_12	30.3	6	0.214	0.278	0.128	0.060	0.036	0.017
399	399_13	25.3	10	0.223	0.290	0.133	0.063	0.037	0.018
399	399_14	13.5	8	0.085	0.111	0.051	0.024	0.014	0.007
399	399_15	19.2	7	0.092	0.120	0.055	0.026	0.015	0.007
399	399_16	30.5	11	0.357	0.464	0.213	0.100	0.060	0.028
399	399_17	29.3	11	0.328	0.426	0.196	0.092	0.055	0.026
399	399_18	14.3	4	0.039	0.051	0.023	0.011	0.007	0.003
399	399_19	30.3	8	0.269	0.350	0.161	0.076	0.045	0.021
399	399_20	17.7	5	0.054	0.070	0.032	0.015	0.009	0.004

		cm	m	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	t.C.	m <sup>3</sup>	t.C.
Plot_ID	Tree_ID	dbh	T_Height	Vol2011/ΕΥΛΑΠ ΟΘΕΜΑ	Biomass Expansion Factor	Βιομάζα υπέργειας ξυλείας	Δεσμευμένος Άνθρακας Υπέργειας Ξυλείας	Βιομάζα Υπόγειας Ξυλείας	Δεσμευμένος Άνθρακας Υπόγειας Ξυλείας
399	399_21	32.8	11	0.417	0.542	0.249	0.117	0.070	0.033
399	399_22	20.6	7	0.103	0.134	0.062	0.029	0.017	0.008
399	399_23	35.2	15	0.620	0.806	0.371	0.174	0.104	0.049
399	399_24	32.4	10	0.376	0.489	0.225	0.106	0.063	0.030
399	399_25	33.8	12	0.477	0.620	0.285	0.134	0.080	0.038
399	399_26	25.5	14	0.317	0.412	0.190	0.089	0.053	0.025
399	399_27	37.3	17	0.767	0.997	0.459	0.216	0.128	0.060
399	399_28	46.8	19	1.304	1.695	0.780	0.367	0.218	0.103
399	399_29	27.5	17	0.436	0.567	0.261	0.123	0.073	0.034
399	399_30	21.2	7	0.108	0.140	0.065	0.030	0.018	0.008
399	399_31	15.0	7	0.075	0.098	0.045	0.021	0.013	0.006
399	399_32	28.3	11	0.305	0.397	0.182	0.086	0.051	0.024
399	399_33	27.0	8	0.205	0.267	0.123	0.058	0.034	0.016
<b>Total</b>				<b>10.957</b>	<b>14.244</b>	<b>6.552</b>	<b>3.080</b>	<b>1.835</b>	<b>0.862</b>
403	403_1	32.0	12	0.425	0.553	0.254	0.119	0.071	0.033
403	403_2	24.4	14	0.294	0.382	0.176	0.083	0.049	0.023
403	403_3	15.5	11	0.127	0.165	0.076	0.036	0.021	0.010
403	403_4	50.4	17	1.409	1.832	0.843	0.396	0.236	0.111
403	403_5	20.5	14	0.225	0.293	0.135	0.063	0.038	0.018
403	403_6	47.8	15	1.167	1.517	0.698	0.328	0.195	0.092
403	403_7	21.3	15	0.256	0.333	0.153	0.072	0.043	0.020
403	403_8	29.5	13	0.386	0.502	0.231	0.108	0.065	0.030
403	403_9	32.5	11	0.409	0.532	0.245	0.115	0.068	0.032
403	403_10	24.0	12	0.244	0.317	0.146	0.069	0.041	0.019
403	403_11	20.4	8	0.119	0.155	0.071	0.033	0.020	0.009
403	403_12	35.3	14	0.590	0.767	0.353	0.166	0.099	0.046
403	403_13	36.3	13	0.590	0.767	0.353	0.166	0.099	0.046
403	403_14	38.3	11	0.588	0.764	0.352	0.165	0.098	0.046
403	403_15	31.7	13	0.446	0.580	0.267	0.125	0.075	0.035
403	403_16	25.7	7	0.161	0.209	0.096	0.045	0.027	0.013
403	403_17	29.3	10	0.302	0.393	0.181	0.085	0.051	0.024
403	403_18	26.6	9	0.222	0.289	0.133	0.062	0.037	0.017
403	403_19	36.7	13	0.604	0.785	0.361	0.170	0.101	0.048
403	403_20	19.6	7	0.095	0.124	0.057	0.027	0.016	0.007
403	403_21	26.2	9	0.215	0.280	0.129	0.060	0.036	0.017
403	403_22	17.8	8	0.099	0.129	0.059	0.028	0.017	0.008
403	403_23	16.6	6	0.065	0.085	0.039	0.018	0.011	0.005
403	403_24	19.6	7	0.095	0.124	0.057	0.027	0.016	0.007
403	403_25	28.4	12	0.333	0.433	0.199	0.094	0.056	0.026

		cm	m	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	t.C.	m <sup>3</sup>	t.C.
Plot_ID	Tree_ID	dbh	T_Height	Vol2011/ΕΥΛΑΠ ΟΘΕΜΑ	Biomass Expansion Factor	Βιομάζα υπέργεια ξυλείας	Δεσμευμένος Άνθρακας Υπέργειας Ξυλείας	Βιομάζα Υπόγειας Ξυλείας	Δεσμευμένος Άνθρακας Υπόγειας Ξυλείας
403	403_26	39.8	13	0.719	0.935	0.430	0.202	0.120	0.057
403	403_27	28.7	11	0.314	0.408	0.188	0.088	0.053	0.025
403	403_28	39.6	15	0.787	1.023	0.471	0.221	0.132	0.062
403	403_29	50.5	16	1.363	1.772	0.815	0.383	0.228	0.107
403	403_30	27.8	11	0.295	0.384	0.176	0.083	0.049	0.023
403	403_31	23.7	9	0.176	0.229	0.105	0.049	0.029	0.014
403	403_32	40.7	17	0.912	1.186	0.545	0.256	0.153	0.072
<b>Total</b>				<b>14.032</b>	<b>18.242</b>	<b>8.391</b>	<b>3.944</b>	<b>2.350</b>	<b>1.104</b>
404	404_1	53.8	14	1.444	1.877	0.864	0.406	0.242	0.114
404	404_2	57.2	19	1.953	2.539	1.168	0.549	0.327	0.154
404	404_3	23.5	7	0.132	0.172	0.079	0.037	0.022	0.010
404	404_4	31.5	16	0.527	0.685	0.315	0.148	0.088	0.041
404	404_5	19.4	12	0.176	0.229	0.105	0.049	0.029	0.014
404	404_6	22.4	13	0.237	0.308	0.142	0.067	0.040	0.019
404	404_7	48.8	15	1.219	1.585	0.729	0.343	0.204	0.096
404	404_8	46.0	14	1.030	1.339	0.616	0.289	0.172	0.081
404	404_9	38.8	10	0.569	0.740	0.340	0.160	0.095	0.045
404	404_10	14.7	9	0.099	0.129	0.059	0.028	0.017	0.008
404	404_11	28.5	14	0.387	0.503	0.231	0.109	0.065	0.030
404	404_12	41.5	14	0.827	1.075	0.495	0.232	0.138	0.065
404	404_13	19.4	9	0.127	0.165	0.076	0.036	0.021	0.010
404	404_14	35.6	12	0.533	0.693	0.319	0.150	0.089	0.042
404	404_15	30.6	9	0.303	0.394	0.181	0.085	0.051	0.024
<b>Total</b>				<b>9.563</b>	<b>12.432</b>	<b>5.719</b>	<b>2.688</b>	<b>1.601</b>	<b>0.753</b>
405	405_1	45.4	13	0.956	1.243	0.572	0.269	0.160	0.075
405	405_2	26.6	11	0.270	0.351	0.161	0.076	0.045	0.021
405	405_3	42.8	14	0.883	1.148	0.528	0.248	0.148	0.069
405	405_4	18.3	3	0.025	0.033	0.015	0.007	0.004	0.002
405	405_5	35.9	10	0.475	0.618	0.284	0.134	0.080	0.037
405	405_6	15.8	8	0.090	0.117	0.054	0.025	0.015	0.007
405	405_7	59.4	18	2.046	2.660	1.224	0.575	0.343	0.161
405	405_8	22.6	11	0.201	0.261	0.120	0.056	0.034	0.016
405	405_9	42.7	17	1.004	1.305	0.600	0.282	0.168	0.079
405	405_10	26.1	14	0.330	0.429	0.197	0.093	0.055	0.026
405	405_11	27.9	7	0.196	0.255	0.117	0.055	0.033	0.015
405	405_12	55.0	23	2.035	2.646	1.217	0.572	0.341	0.160
405	405_13	47.3	19	1.332	1.732	0.797	0.374	0.223	0.105
405	405_14	21.2	8	0.126	0.164	0.075	0.035	0.021	0.010
405	405_15	25.8	9	0.209	0.272	0.125	0.059	0.035	0.016

		cm	m	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	t.C.	m <sup>3</sup>	t.C.
Plot_ID	Tree_ID	dbh	T_Height	Vol2011/ΕΥΛΑΠ ΟΘΕΜΑ	Biomass Expansion Factor	Βιομάζα υπέργειας ξυλείας	Δεσμευμένος Άνθρακας Υπέργειας Ξυλείας	Βιομάζα Υπόγειας Ξυλείας	Δεσμευμένος Άνθρακας Υπόγειας Ξυλείας
405	405_16	22.7	9	0.163	0.212	0.097	0.046	0.027	0.013
405	405_17	22.5	13	0.238	0.309	0.142	0.067	0.040	0.019
405	405_18	36.8	11	0.538	0.699	0.322	0.151	0.090	0.042
405	405_19	31.4	10	0.351	0.456	0.210	0.099	0.059	0.028
<b>Total</b>				<b>11.468</b>	<b>14.908</b>	<b>6.858</b>	<b>3.223</b>	<b>1.920</b>	<b>0.902</b>
406	406_1	38.3	11	0.588	0.764	0.352	0.165	0.098	0.046
406	406_2	45.0	14	0.983	1.278	0.588	0.276	0.165	0.077
406	406_3	27.5	12	0.313	0.407	0.187	0.088	0.052	0.025
406	406_4	18.3	8	0.102	0.133	0.061	0.029	0.017	0.008
406	406_5	27.6	8	0.216	0.281	0.129	0.061	0.036	0.017
406	406_6	35.1	12	0.517	0.672	0.309	0.145	0.087	0.041
406	406_7	21.3	8	0.127	0.165	0.076	0.036	0.021	0.010
406	406_8	58.3	13	1.657	2.154	0.991	0.466	0.277	0.130
406	406_9	39.8	10	0.603	0.784	0.361	0.169	0.101	0.047
406	406_10	34.7	10	0.440	0.572	0.263	0.124	0.074	0.035
406	406_11	58.3	14	1.719	2.235	1.028	0.483	0.288	0.135
406	406_12	35.9	9	0.441	0.573	0.264	0.124	0.074	0.035
406	406_13	60.2	15	1.908	2.480	1.141	0.536	0.319	0.150
406	406_14	17.2	9	0.110	0.143	0.066	0.031	0.018	0.009
406	406_15	32.3	10	0.374	0.486	0.224	0.105	0.063	0.029
<b>Total</b>				<b>10.098</b>	<b>13.127</b>	<b>6.039</b>	<b>2.838</b>	<b>1.691</b>	<b>0.795</b>
408	408_1	55.6	23	2.078	2.701	1.243	0.584	0.348	0.164
408	408_2	38.8	17	0.829	1.078	0.496	0.233	0.139	0.065
408	408_3	31.2	15	0.489	0.636	0.292	0.137	0.082	0.038
408	408_4	18.1	9	0.116	0.151	0.069	0.033	0.019	0.009
408	408_5	57.6	19	1.981	2.575	1.185	0.557	0.332	0.156
408	408_6	18.7	11	0.152	0.198	0.091	0.043	0.025	0.012
408	408_7	34.8	13	0.540	0.702	0.323	0.152	0.090	0.042
408	408_8	23.4	11	0.213	0.277	0.127	0.060	0.036	0.017
408	408_9	70.7	13	2.531	3.290	1.514	0.711	0.424	0.199
408	408_10	24.5	9	0.188	0.244	0.112	0.053	0.031	0.015
408	408_11	36.6	13	0.601	0.781	0.359	0.169	0.101	0.047
408	408_12	24.2	12	0.247	0.321	0.148	0.069	0.041	0.019
408	408_13	19.5	12	0.177	0.230	0.106	0.050	0.030	0.014
408	408_14	65.1	15	2.256	2.933	1.349	0.634	0.378	0.178
408	408_15	68.3	17	2.654	3.450	1.587	0.746	0.444	0.209
408	408_16	40.5	18	0.942	1.225	0.563	0.265	0.158	0.074
<b>Total</b>				<b>15.994</b>	<b>20.792</b>	<b>9.564</b>	<b>4.495</b>	<b>2.678</b>	<b>1.259</b>
409	409_1	23.7	13	1.193	1.5509	0.713	0.335	0.200	0.094

		cm	m	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	t.C.	m <sup>3</sup>	t.C.
Plot_ID	Tree_ID	dbh	T_Height	Vol2011/ΕΥΛΑΠ ΟΘΕΜΑ	Biomass Expansion Factor	Βιομάζα υπέργειας ξυλείας	Δεσμευμένος Άνθρακας Υπέργειας Ξυλείας	Βιομάζα Υπόγειας Ξυλείας	Δεσμευμένος Άνθρακας Υπόγειας Ξυλείας
409	409_2	34.3	13	0.074	0.0962	0.044	0.021	0.012	0.006
409	409_3	14.0	7	0.469	0.6097	0.280	0.132	0.079	0.037
409	409_4	45.3	9	0.632	0.8216	0.378	0.178	0.106	0.050
409	409_5	43.4	15	2.078	2.7014	1.243	0.584	0.348	0.164
409	409_6	34.5	17	0.829	1.0777	0.496	0.233	0.139	0.065
409	409_7	44.6	18	0.489	0.6357	0.292	0.137	0.082	0.038
409	409_8	25.4	12	0.116	0.1508	0.069	0.033	0.019	0.009
409	409_9	20.1	12	1.981	2.5753	1.185	0.557	0.332	0.156
409	409_10	31.6	12	0.152	0.1976	0.091	0.043	0.025	0.012
409	409_11	41.5	15	0.540	0.702	0.323	0.152	0.090	0.042
409	409_12	45.2	16	0.213	0.2769	0.127	0.060	0.036	0.017
409	409_13	32.3	12	2.531	3.2903	1.514	0.711	0.424	0.199
409	409_14	29.3	13	0.188	0.2444	0.112	0.053	0.031	0.015
409	409_15	52.2	12	0.601	0.7813	0.359	0.169	0.101	0.047
409	409_16	60.2	11	0.247	0.3211	0.148	0.069	0.041	0.019
409	409_17	19.3	9	0.177	0.2301	0.106	0.050	0.030	0.014
409	409_18	43.5	13	2.256	2.9328	1.349	0.634	0.378	0.178
409	409_19	23.1	11	2.654	3.4502	1.587	0.746	0.444	0.209
409	409_20	46.1	13	0.942	1.2246	0.563	0.265	0.158	0.074
<b>Total</b>				<b>18.362</b>	<b>23.8706</b>	<b>10.980</b>	<b>5.161</b>	<b>3.075</b>	<b>1.445</b>
410	410_1	19.2	11	0.157	0.204	0.094	0.044	0.026	0.012
410	410_2	16.1	13	0.158	0.205	0.094	0.044	0.026	0.012
410	410_3	30.8	12	0.393	0.511	0.235	0.110	0.066	0.031
410	410_4	38.8	19	0.904	1.175	0.541	0.254	0.151	0.071
410	410_5	34.2	15	0.585	0.761	0.350	0.164	0.098	0.046
410	410_6	28.8	13	0.369	0.480	0.221	0.104	0.062	0.029
410	410_7	50.1	17	1.392	1.810	0.832	0.391	0.233	0.110
410	410_8	27.3	14	0.357	0.464	0.213	0.100	0.060	0.028
410	410_9	17.3	13	0.169	0.220	0.101	0.047	0.028	0.013
410	410_10	23.0	13	0.247	0.321	0.148	0.069	0.041	0.019
410	410_11	42.7	17	1.004	1.305	0.600	0.282	0.168	0.079
410	410_12	41.8	18	1.003	1.304	0.600	0.282	0.168	0.079
410	410_13	51.1	19	1.555	2.022	0.930	0.437	0.260	0.122
410	410_14	52.4	24	1.907	2.479	1.140	0.536	0.319	0.150
410	410_15	28.8	14	0.395	0.514	0.236	0.111	0.066	0.031
410	410_16	43.8	18	1.101	1.431	0.658	0.309	0.184	0.087
410	410_17	13.6	8	0.085	0.111	0.051	0.024	0.014	0.007
410	410_18	45.8	22	1.387	1.803	0.829	0.390	0.232	0.109
<b>Total</b>				<b>13.168</b>	<b>17.118</b>	<b>7.874</b>	<b>3.701</b>	<b>2.205</b>	<b>1.036</b>

		cm	m	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	t.C.	m <sup>3</sup>	t.C.
Plot_ID	Tree_ID	dbh	T_Height	Vol2011/ΕΥΛΑΠ ΟΘΕΜΑ	Biomass Expansion Factor	Βιομάζα υπέργειας ξυλείας	Δεσμευμένος Άνθρακας Υπέργειας Ξυλείας	Βιομάζα Υπόγειας Ξυλείας	Δεσμευμένος Άνθρακας Υπόγειας Ξυλείας
411	411_1	41.9	15	0.885	1.151	0.529	0.249	0.148	0.070
411	411_2	20.8	10	0.158	0.205	0.094	0.044	0.026	0.012
411	411_3	32.3	8	0.314	0.408	0.188	0.088	0.053	0.025
411	411_4	55.3	12	1.417	1.842	0.847	0.398	0.237	0.112
411	411_5	21.5	9	0.148	0.192	0.089	0.042	0.025	0.012
411	411_6	19.0	7	0.091	0.118	0.054	0.026	0.015	0.007
411	411_7	15.8	6	0.063	0.082	0.038	0.018	0.011	0.005
411	411_8	12.5	7	0.075	0.098	0.045	0.021	0.013	0.006
411	411_9	22.1	8	0.136	0.177	0.081	0.038	0.023	0.011
411	411_10	47.4	11	0.955	1.242	0.571	0.268	0.160	0.075
411	411_11	43.3	10	0.734	0.954	0.439	0.206	0.123	0.058
411	411_12	27.3	8	0.211	0.274	0.126	0.059	0.035	0.017
411	411_13	52.4	13	1.310	1.703	0.783	0.368	0.219	0.103
411	411_14	18.5	9	0.119	0.155	0.071	0.033	0.020	0.009
411	411_15	43.9	11	0.802	1.043	0.480	0.225	0.134	0.063
411	411_16	45.6	14	1.011	1.314	0.605	0.284	0.169	0.080
<b>Total</b>				<b>8.429</b>	<b>10.958</b>	<b>5.041</b>	<b>2.369</b>	<b>1.411</b>	<b>0.663</b>
412	412_1	70.1	15	2.644	3.437	1.581	0.743	0.443	0.208
412	412_2	31.2	13	0.432	0.562	0.258	0.121	0.072	0.034
412	412_3	45.0	15	1.027	1.335	0.614	0.289	0.172	0.081
412	412_4	36.0	5	0.308	0.400	0.184	0.087	0.052	0.024
412	412_5	36.6	7	0.393	0.511	0.235	0.110	0.066	0.031
412	412_6	44.4	13	0.911	1.184	0.545	0.256	0.153	0.072
412	412_7	26.6	11	0.270	0.351	0.161	0.076	0.045	0.021
412	412_8	30.2	12	0.377	0.490	0.225	0.106	0.063	0.030
412	412_9	41.5	14	0.827	1.075	0.495	0.232	0.138	0.065
412	412_10	17.5	10	0.127	0.165	0.076	0.036	0.021	0.010
412	412_11	17.4	9	0.111	0.144	0.066	0.031	0.019	0.009
<b>Total</b>				<b>7.427</b>	<b>9.655</b>	<b>4.441</b>	<b>2.087</b>	<b>1.244</b>	<b>0.584</b>
417	417_1	12.1	8	0.085	0.111	0.051	0.024	0.014	0.007
417	417_2	18.7	8	0.105	0.137	0.063	0.030	0.018	0.008
417	417_3	38.4	12	0.629	0.818	0.376	0.177	0.105	0.050
417	417_4	15.3	7	0.075	0.098	0.045	0.021	0.013	0.006
417	417_5	32.4	5	0.227	0.295	0.136	0.064	0.038	0.018
417	417_6	31.8	12	0.419	0.545	0.251	0.118	0.070	0.033
417	417_7	22.2	8	0.137	0.178	0.082	0.039	0.023	0.011
417	417_8	19.0	8	0.107	0.139	0.064	0.030	0.018	0.008
417	417_9	16.7	9	0.107	0.139	0.064	0.030	0.018	0.008
417	417_10	14.5	5	0.050	0.065	0.030	0.014	0.008	0.004



		cm	m	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	t.C.	m <sup>3</sup>	t.C.
Plot_ID	Tree_ID	dbh	T_Height	Vol2011/ΕΥΛΑΠ ΟΘΕΜΑ	Biomass Expansion Factor	Βιομάζα υπέργεια ξυλείας	Δεσμευμένος Άνθρακας Υπέργειας Ξυλείας	Βιομάζα Υπόγειας Ξυλείας	Δεσμευμένος Άνθρακας Υπόγειας Ξυλείας
417	417_11	12.2	8	0.085	0.111	0.051	0.024	0.014	0.007
417	417_12	27.4	15	0.384	0.499	0.230	0.108	0.064	0.030
417	417_13	46.5	14	1.054	1.370	0.630	0.296	0.176	0.083
417	417_14	15.2	3	0.025	0.033	0.015	0.007	0.004	0.002
417	417_15	17.2	7	0.081	0.105	0.048	0.023	0.014	0.006
417	417_16	24.7	9	0.191	0.248	0.114	0.054	0.032	0.015
417	417_17	15.8	8	0.090	0.117	0.054	0.025	0.015	0.007
417	417_18	19.8	11	0.164	0.213	0.098	0.046	0.027	0.013
417	417_19	24.3	13	0.270	0.351	0.161	0.076	0.045	0.021
417	417_20	35.7	14	0.604	0.785	0.361	0.170	0.101	0.048
417	417_21	20.2	8	0.117	0.152	0.070	0.033	0.020	0.009
417	417_22	35.6	12	0.533	0.693	0.319	0.150	0.089	0.042
417	417_23	23.8	9	0.178	0.231	0.106	0.050	0.030	0.014
417	417_24	44.8	11	0.840	1.092	0.502	0.236	0.141	0.066
417	417_25	13.3	6	0.063	0.082	0.038	0.018	0.011	0.005
417	417_26	32.8	10	0.387	0.503	0.231	0.109	0.065	0.030
417	417_27	13.5	9	0.096	0.125	0.057	0.027	0.016	0.008
417	417_28	29.5	8	0.252	0.328	0.151	0.071	0.042	0.020
417	417_29	21.3	7	0.109	0.142	0.065	0.031	0.018	0.009
417	417_30	19.2	7	0.092	0.120	0.055	0.026	0.015	0.007
417	417_31	20.4	9	0.136	0.177	0.081	0.038	0.023	0.011
417	417_32	18.6	7	0.088	0.114	0.053	0.025	0.015	0.007
417	417_33	15.4	8	0.088	0.114	0.053	0.025	0.015	0.007
417	417_34	21.6	8	0.130	0.169	0.078	0.037	0.022	0.010
417	417_35	45.3	12	0.907	1.179	0.542	0.255	0.152	0.071
417	417_36	20.5	8	0.119	0.155	0.071	0.033	0.020	0.009
417	417_37	20.7	8	0.121	0.157	0.072	0.034	0.020	0.010
417	417_38	16.3	8	0.091	0.118	0.054	0.026	0.015	0.007
417	417_39	30.7	9	0.306	0.398	0.183	0.086	0.051	0.024
417	417_40	16.8	11	0.136	0.177	0.081	0.038	0.023	0.011
417	417_41	45.4	15	1.047	1.361	0.626	0.294	0.175	0.082
417	417_42	19.2	9	0.125	0.163	0.075	0.035	0.021	0.010
417	417_43	13.2	7	0.074	0.096	0.044	0.021	0.012	0.006
417	417_44	15.4	8	0.088	0.114	0.053	0.025	0.015	0.007
417	417_45	15.5	8	0.089	0.116	0.053	0.025	0.015	0.007
<b>Total</b>				<b>11.101</b>	<b>14.431</b>	<b>6.638</b>	<b>3.120</b>	<b>1.859</b>	<b>0.874</b>
418	418_1	48.2	17	1.285	1.671	0.768	0.361	0.215	0.101
418	418_2	44.8	17	1.107	1.439	0.662	0.311	0.185	0.087
418	418_3	15.2	7	0.075	0.098	0.045	0.021	0.013	0.006

		cm	m	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	t.C.	m <sup>3</sup>	t.C.
Plot_ID	Tree_ID	dbh	T_Height	Vol2011/ΕΥΛΑΠ ΟΘΕΜΑ	Biomass Expansion Factor	Βιομάζα υπέργειας ξυλείας	Δεσμευμένος Άνθρακας Υπέργειας Ξυλείας	Βιομάζα Υπόγειας Ξυλείας	Δεσμευμένος Άνθρακας Υπόγειας Ξυλείας
418	418_4	25.5	14	0.317	0.412	0.190	0.089	0.053	0.025
418	418_5	21.5	12	0.204	0.265	0.122	0.057	0.034	0.016
418	418_6	23.5	11	0.214	0.278	0.128	0.060	0.036	0.017
418	418_7	25.8	15	0.346	0.450	0.207	0.097	0.058	0.027
418	418_8	61.2	20	2.308	3.000	1.380	0.649	0.386	0.182
418	418_9	34.2	16	0.617	0.802	0.369	0.173	0.103	0.049
418	418_10	32.0	11	0.395	0.514	0.236	0.111	0.066	0.031
418	418_11	41.5	15	0.867	1.127	0.518	0.244	0.145	0.068
418	418_12	22.3	13	0.235	0.306	0.141	0.066	0.039	0.018
418	418_13	33.7	15	0.568	0.738	0.340	0.160	0.095	0.045
<b>Total</b>				<b>8.538</b>	<b>11.099</b>	<b>5.106</b>	<b>2.400</b>	<b>1.430</b>	<b>0.672</b>
419	419_15	19.2	8	0.108	0.140	0.065	0.030	0.018	0.008
419	419_16	17.2	9	0.110	0.143	0.066	0.031	0.018	0.009
419	419_17	47.5	13	1.056	1.373	0.631	0.297	0.177	0.083
419	419_18	24.1	12	0.245	0.319	0.147	0.069	0.041	0.019
419	419_19	39.4	14	0.741	0.963	0.443	0.208	0.124	0.058
419	419_20	20.0	10	0.149	0.194	0.089	0.042	0.025	0.012
<b>Total</b>				<b>19.485</b>	<b>25.331</b>	<b>11.652</b>	<b>5.476</b>	<b>3.263</b>	<b>1.533</b>
420	420_1	17.2	8	0.096	0.125	0.057	0.027	0.016	0.008
420	420_2	41.5	14	0.827	1.075	0.495	0.232	0.138	0.065
420	420_3	21.7	12	0.207	0.269	0.124	0.058	0.035	0.016
420	420_4	44.2	18	1.121	1.457	0.670	0.315	0.188	0.088
420	420_5	45.2	18	1.172	1.524	0.701	0.329	0.196	0.092
420	420_6	13.8	8	0.085	0.111	0.051	0.024	0.014	0.007
420	420_7	41.5	18	0.989	1.286	0.591	0.278	0.166	0.078
420	420_8	38.0	16	0.760	0.988	0.454	0.214	0.127	0.060
420	420_9	29.1	12	0.350	0.455	0.209	0.098	0.059	0.028
420	420_10	38.6	16	0.784	1.019	0.469	0.220	0.131	0.062
420	420_11	41.0	16	0.886	1.152	0.530	0.249	0.148	0.070
420	420_12	31.5	15	0.498	0.647	0.298	0.140	0.083	0.039
420	420_13	34.6	16	0.631	0.820	0.377	0.177	0.106	0.050
420	420_14	25.6	16	0.364	0.473	0.218	0.102	0.061	0.029
420	420_15	45.0	18	1.162	1.511	0.695	0.327	0.195	0.091
420	420_16	33.6	21	0.753	0.979	0.450	0.212	0.126	0.059
420	420_17	31.5	22	0.701	0.911	0.419	0.197	0.117	0.055
420	420_18	22.7	22	0.419	0.545	0.251	0.118	0.070	0.033
<b>Total</b>				<b>11.805</b>	<b>15.347</b>	<b>7.059</b>	<b>3.318</b>	<b>1.977</b>	<b>0.929</b>
421	421_1	37.4	13	0.629	0.818	0.376	0.177	0.105	0.050
421	421_2	49.8	12	1.120	1.456	0.670	0.315	0.188	0.088

		cm	m	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	t.C.	m <sup>3</sup>	t.C.
Plot_ID	Tree_ID	dbh	T_Height	Vol2011/ΕΥΛΑΠ ΟΘΕΜΑ	Biomass Expansion Factor	Βιομάζα υπέργειας ξυλείας	Δεσμευμένος Άνθρακας Υπέργειας Ξυλείας	Βιομάζα Υπόγειας Ξυλείας	Δεσμευμένος Άνθρακας Υπόγειας Ξυλείας
421	421_3	29.7	12	0.365	0.475	0.218	0.103	0.061	0.029
421	421_4	26.2	13	0.309	0.402	0.185	0.087	0.052	0.024
421	421_5	51.0	24	1.811	2.354	1.083	0.509	0.303	0.143
421	421_6	21.4	8	0.128	0.166	0.077	0.036	0.021	0.010
421	421_7	16.6	9	0.107	0.139	0.064	0.030	0.018	0.008
421	421_8	53.6	18	1.656	2.153	0.990	0.465	0.277	0.130
421	421_9	63.6	31	3.263	4.242	1.951	0.917	0.546	0.257
421	421_10	41.0	16	0.886	1.152	0.530	0.249	0.148	0.070
421	421_11	32.8	20	0.691	0.898	0.413	0.194	0.116	0.054
421	421_12	43.8	13	0.884	1.149	0.529	0.248	0.148	0.070
421	421_13	15.0	5	0.050	0.065	0.030	0.014	0.008	0.004
421	421_14	48.5	19	1.400	1.820	0.837	0.393	0.234	0.110
421	421_15	15.3	7	0.075	0.098	0.045	0.021	0.013	0.006
421	421_16	20.2	9	0.134	0.174	0.080	0.038	0.022	0.011
421	421_17	27.7	10	0.268	0.348	0.160	0.075	0.045	0.021
421	421_18	27.8	13	0.345	0.449	0.206	0.097	0.058	0.027
421	421_19	28.2	13	0.354	0.460	0.212	0.099	0.059	0.028
421	421_20	41.3	13	0.778	1.011	0.465	0.219	0.130	0.061
421	421_21	23.5	11	0.214	0.278	0.128	0.060	0.036	0.017
<b>Total</b>				<b>15.467</b>	<b>20.107</b>	<b>9.249</b>	<b>4.347</b>	<b>2.590</b>	<b>1.217</b>
422	422_1	15.3	7	0.075	0.098	0.045	0.021	0.013	0.006
422	422_2	24.2	10	0.205	0.267	0.123	0.058	0.034	0.016
422	422_3	30.3	13	0.407	0.529	0.243	0.114	0.068	0.032
422	422_4	30.6	12	0.387	0.503	0.231	0.109	0.065	0.030
422	422_5	15.2	6	0.062	0.081	0.037	0.017	0.010	0.005
422	422_6	31.8	11	0.390	0.507	0.233	0.110	0.065	0.031
422	422_7	29.3	11	0.328	0.426	0.196	0.092	0.055	0.026
422	422_8	20.7	11	0.175	0.228	0.105	0.049	0.029	0.014
422	422_9	33.4	15	0.558	0.725	0.334	0.157	0.093	0.044
422	422_10	38.6	12	0.636	0.827	0.380	0.179	0.106	0.050
422	422_11	27.6	12	0.315	0.410	0.188	0.089	0.053	0.025
422	422_12	23.1	12	0.228	0.296	0.136	0.064	0.038	0.018
422	422_13	23.9	12	0.242	0.315	0.145	0.068	0.041	0.019
422	422_14	31.2	12	0.403	0.524	0.241	0.113	0.067	0.032
422	422_15	13.0	7	0.074	0.096	0.044	0.021	0.012	0.006
422	422_16	15.3	7	0.075	0.098	0.045	0.021	0.013	0.006
422	422_17	17.5	8	0.097	0.126	0.058	0.027	0.016	0.008
422	422_18	19.2	8	0.108	0.140	0.065	0.030	0.018	0.008
422	422_19	36.5	9	0.459	0.597	0.274	0.129	0.077	0.036

		cm	m	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	t.C.	m <sup>3</sup>	t.C.
Plot_ID	Tree_ID	dbh	T_Height	Vol2011/ΕΥΛΑΠ ΟΘΕΜΑ	Biomass Expansion Factor	Βιομάζα υπέργειας ξυλείας	Δεσμευμένος Άνθρακας Υπέργειας Ξυλείας	Βιομάζα Υπόγειας Ξυλείας	Δεσμευμένος Άνθρακας Υπόγειας Ξυλείας
422	422_20	20.9	7	0.105	0.137	0.063	0.030	0.018	0.008
422	422_21	20.1	8	0.116	0.151	0.069	0.033	0.019	0.009
422	422_22	39.3	13	0.699	0.909	0.418	0.196	0.117	0.055
422	422_23	72.5	16	2.924	3.801	1.749	0.822	0.490	0.230
422	422_24	20.0	11	0.166	0.216	0.099	0.047	0.028	0.013
422	422_25	24.5	12	0.253	0.329	0.151	0.071	0.042	0.020
422	422_26	20.8	7	0.104	0.135	0.062	0.029	0.017	0.008
422	422_27	39.5	8	0.517	0.672	0.309	0.145	0.087	0.041
422	422_28	54.3	18	1.701	2.211	1.017	0.478	0.285	0.134
422	422_29	30.5	13	0.413	0.537	0.247	0.116	0.069	0.033
422	422_30	16.2	7	0.077	0.100	0.046	0.022	0.013	0.006
422	422_31	34.7	10	0.440	0.572	0.263	0.124	0.074	0.035
422	422_32	22.6	8	0.142	0.185	0.085	0.040	0.024	0.011
<b>Total</b>				<b>12.881</b>	<b>16.745</b>	<b>7.703</b>	<b>3.620</b>	<b>2.157</b>	<b>1.014</b>
423	423_1	16.3	9	0.105	0.137	0.063	0.030	0.018	0.008
423	423_2	35.0	14	0.580	0.754	0.347	0.163	0.097	0.046
423	423_3	41.4	15	0.863	1.122	0.516	0.243	0.145	0.068
423	423_4	15.7	13	0.154	0.200	0.092	0.043	0.026	0.012
423	423_5	19.5	12	0.177	0.230	0.106	0.050	0.030	0.014
423	423_6	27.7	15	0.392	0.510	0.234	0.110	0.066	0.031
423	423_7	43.8	20	1.187	1.543	0.710	0.334	0.199	0.093
423	423_8	72.7	20	3.275	4.258	1.958	0.920	0.548	0.258
423	423_9	25.5	12	0.271	0.352	0.162	0.076	0.045	0.021
423	423_10	23.4	9	0.172	0.224	0.103	0.048	0.029	0.014
423	423_11	44.2	16	1.033	1.343	0.618	0.290	0.173	0.081
423	423_12	23.9	13	0.263	0.342	0.157	0.074	0.044	0.021
423	423_13	50.4	19	1.512	1.966	0.904	0.425	0.253	0.119
423	423_14	24.6	11	0.233	0.303	0.139	0.065	0.039	0.018
423	423_15	15.8	9	0.103	0.134	0.062	0.029	0.017	0.008
423	423_16	41.4	18	0.984	1.279	0.588	0.277	0.165	0.077
423	423_17	19.9	11	0.165	0.215	0.099	0.046	0.028	0.013
<b>Total</b>				<b>11.469</b>	<b>14.910</b>	<b>6.858</b>	<b>3.223</b>	<b>1.920</b>	<b>0.903</b>
424	424_1	69.5	25	3.381	4.395	2.022	0.950	0.566	0.266
424	424_2	44.2	16	1.033	1.343	0.618	0.290	0.173	0.081
424	424_3	22.8	11	0.204	0.265	0.122	0.057	0.034	0.016
424	424_4	40.4	18	0.938	1.219	0.561	0.264	0.157	0.074
424	424_5	35.8	16	0.675	0.878	0.404	0.190	0.113	0.053
424	424_6	35.2	17	0.686	0.892	0.410	0.193	0.115	0.054
424	424_7	40.1	16	0.847	1.101	0.507	0.238	0.142	0.067

		cm	m	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	t.C.	m <sup>3</sup>	t.C.
Plot_ID	Tree_ID	dbh	T_Hei ght	Vol201 1/ ΕΥΛΑΠ ΟΘΕΜΑ	Biomass Expansio n Factor	Βιομάζα υπέργεια ς ξυλείας	Δεσμευμέν ος Άνθρακας Υπέργειας Ξυλείας	Βιομάζ α Υπόγει ας Ξυλείας	Δεσμευμέν ος Άνθρακας Υπόγειας Ξυλείας
424	424_8	17.3	11	0.140	0.182	0.084	0.039	0.023	0.011
424	424_9	46.9	18	1.262	1.641	0.755	0.355	0.211	0.099
424	424_10	25.3	14	0.312	0.406	0.187	0.088	0.052	0.025
424	424_11	31.5	17	0.556	0.723	0.332	0.156	0.093	0.044
424	424_12	39.6	20	0.978	1.271	0.585	0.275	0.164	0.077
424	424_13	21.4	14	0.239	0.311	0.143	0.067	0.040	0.019
424	424_14	35.8	18	0.742	0.965	0.444	0.209	0.124	0.058
424	424_15	28.6	16	0.441	0.573	0.264	0.124	0.074	0.035
424	424_16	56.7	28	2.459	3.197	1.470	0.691	0.412	0.194
424	424_17	45.9	18	1.209	1.572	0.723	0.340	0.202	0.095
424	424_18	22.6	15	0.279	0.363	0.167	0.078	0.047	0.022
424	424_19	31.5	20	0.643	0.836	0.385	0.181	0.108	0.051
424	424_20	75.8	30	4.450	5.785	2.661	1.251	0.745	0.350
424	424_21	44.8	29	1.641	2.133	0.981	0.461	0.275	0.129
424	424_22	63.6	27	2.984	3.879	1.784	0.839	0.500	0.235
424	424_23	44.3	21	1.257	1.634	0.752	0.353	0.210	0.099
424	424_24	13.7	9	0.096	0.125	0.057	0.027	0.016	0.008
424	424_25	73.7	28	4.048	5.262	2.421	1.138	0.678	0.319
424	424_26	55.2	27	2.281	2.965	1.364	0.641	0.382	0.180
424	424_27	45.8	28	1.661	2.159	0.993	0.467	0.278	0.131
424	424_28	56.2	26	2.300	2.990	1.375	0.646	0.385	0.181
424	424_29	12.2	10	0.105	0.137	0.063	0.030	0.018	0.008
424	424_30	39.9	21	1.031	1.340	0.617	0.290	0.173	0.081
<b>Total</b>				<b>38.878</b>	<b>50.541</b>	<b>23.249</b>	<b>10.927</b>	<b>6.510</b>	<b>3.060</b>
425	425_1	16.4	7	0.078	0.101	0.047	0.022	0.013	0.006
425	425_2	27.3	5	0.137	0.178	0.082	0.039	0.023	0.011
425	425_3	39.7	10	0.600	0.780	0.359	0.169	0.100	0.047
425	425_4	60.3	15	1.915	2.490	1.145	0.538	0.321	0.151
425	425_5	54.4	14	1.480	1.924	0.885	0.416	0.248	0.116
425	425_6	47.3	14	1.094	1.422	0.654	0.307	0.183	0.086
425	425_7	15.7	7	0.076	0.099	0.045	0.021	0.013	0.006
425	425_8	17.7	8	0.098	0.127	0.059	0.028	0.016	0.008
425	425_9	22.3	9	0.157	0.204	0.094	0.044	0.026	0.012
425	425_10	27.0	9	0.230	0.299	0.138	0.065	0.039	0.018
425	425_11	26.4	12	0.289	0.376	0.173	0.081	0.048	0.023
425	425_12	19.9	10	0.148	0.192	0.089	0.042	0.025	0.012
425	425_13	16.8	10	0.122	0.159	0.073	0.034	0.020	0.010
425	425_14	41.8	15	0.881	1.145	0.527	0.248	0.148	0.069
425	425_15	21.7	7	0.113	0.147	0.068	0.032	0.019	0.009

		cm	m	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	t.C.	m <sup>3</sup>	t.C.
Plot_ID	Tree_ID	dbh	T_Height	Vol2011/ΕΥΛΑΠ ΟΘΕΜΑ	Biomass Expansion Factor	Βιομάζα υπέργειας ξυλείας	Δεσμευμένος Άνθρακας Υπέργειας Ξυλείας	Βιομάζα Υπόγειας Ξυλείας	Δεσμευμένος Άνθρακας Υπόγειας Ξυλείας
425	425_16	28.3	10	0.280	0.364	0.167	0.079	0.047	0.022
425	425_17	24.6	10	0.211	0.274	0.126	0.059	0.035	0.017
425	425_18	33.5	10	0.406	0.528	0.243	0.114	0.068	0.032
425	425_19	22.8	10	0.184	0.239	0.110	0.052	0.031	0.014
425	425_20	25.1	6	0.131	0.170	0.078	0.037	0.022	0.010
425	425_21	19.0	5	0.058	0.075	0.035	0.016	0.010	0.005
425	425_22	38.6	11	0.599	0.779	0.358	0.168	0.100	0.047
425	425_23	15.6	5	0.050	0.065	0.030	0.014	0.008	0.004
425	425_24	39.6	14	0.749	0.974	0.448	0.211	0.125	0.059
425	425_25	23.5	12	0.235	0.306	0.141	0.066	0.039	0.018
425	425_26	46.6	12	0.966	1.256	0.578	0.272	0.162	0.076
425	425_27	58.2	18	1.961	2.549	1.173	0.551	0.328	0.154
425	425_28	34.0	10	0.420	0.546	0.251	0.118	0.070	0.033
425	425_29	23.3	11	0.211	0.274	0.126	0.059	0.035	0.017
425	425_30	19.0	8	0.107	0.139	0.064	0.030	0.018	0.008
<b>Total</b>				<b>13.986</b>	<b>18.182</b>	<b>8.364</b>	<b>3.931</b>	<b>2.342</b>	<b>1.101</b>
426	426_1	27.1	18	0.450	0.585	0.269	0.126	0.075	0.035
426	426_2	48.3	19	1.389	1.806	0.831	0.390	0.233	0.109
426	426_3	40.4	18	0.938	1.219	0.561	0.264	0.157	0.074
426	426_4	43.1	25	1.363	1.772	0.815	0.383	0.228	0.107
426	426_5	59.6	23	2.380	3.094	1.423	0.669	0.399	0.187
426	426_6	48.5	21	1.499	1.949	0.896	0.421	0.251	0.118
426	426_7	57.6	20	2.043	2.656	1.222	0.574	0.342	0.161
426	426_8	39.1	19	0.917	1.192	0.548	0.258	0.154	0.072
426	426_9	46.2	20	1.317	1.712	0.788	0.370	0.221	0.104
426	426_10	18.1	8	0.101	0.131	0.060	0.028	0.017	0.008
426	426_11	50.4	16	1.357	1.764	0.811	0.381	0.227	0.107
426	426_12	25.0	11	0.240	0.312	0.144	0.067	0.040	0.019
426	426_13	28.7	12	0.340	0.442	0.203	0.096	0.057	0.027
426	426_14	38.5	16	0.780	1.014	0.466	0.219	0.131	0.061
426	426_15	15.0	6	0.062	0.081	0.037	0.017	0.010	0.005
426	426_16	55.8	18	1.799	2.339	1.076	0.506	0.301	0.142
426	426_17	48.7	14	1.165	1.515	0.697	0.327	0.195	0.092
426	426_18	55.8	19	1.857	2.414	1.110	0.522	0.311	0.146
426	426_19	41.1	14	0.810	1.053	0.484	0.228	0.136	0.064
426	426_20	38.5	19	0.891	1.158	0.533	0.250	0.149	0.070
<b>Total</b>				<b>21.698</b>	<b>28.207</b>	<b>12.975</b>	<b>6.098</b>	<b>3.633</b>	<b>1.708</b>
427	427_1	44.5	16	1.048	1.362	0.627	0.295	0.175	0.082
427	427_2	46.4	16	1.142	1.485	0.683	0.321	0.191	0.090

		cm	m	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	t.C.	m <sup>3</sup>	t.C.
Plot_ID	Tree_ID	dbh	T_Height	Vol2011/ΕΥΛΑΠ ΟΘΕΜΑ	Biomass Expansion Factor	Βιομάζα υπέργειας ξυλείας	Δεσμευμένος Άνθρακας Υπέργειας Ξυλείας	Βιομάζα Υπόγειας Ξυλείας	Δεσμευμένος Άνθρακας Υπόγειας Ξυλείας
427	427_3	22.3	14	0.254	0.330	0.152	0.071	0.043	0.020
427	427_4	32.5	15	0.529	0.688	0.316	0.149	0.089	0.042
427	427_5	35.2	15	0.620	0.806	0.371	0.174	0.104	0.049
427	427_6	23.2	9	0.169	0.220	0.101	0.047	0.028	0.013
427	427_7	41.8	12	0.758	0.985	0.453	0.213	0.127	0.060
427	427_8	19.5	12	0.177	0.230	0.106	0.050	0.030	0.014
427	427_9	25.6	10	0.228	0.296	0.136	0.064	0.038	0.018
427	427_10	49.9	15	1.278	1.661	0.764	0.359	0.214	0.101
427	427_11	44.5	23	1.357	1.764	0.811	0.381	0.227	0.107
427	427_12	46.2	18	1.225	1.593	0.733	0.344	0.205	0.096
427	427_13	41.2	16	0.895	1.164	0.535	0.252	0.150	0.070
427	427_14	31.8	12	0.419	0.545	0.251	0.118	0.070	0.033
427	427_15	33.4	16	0.589	0.766	0.352	0.166	0.099	0.046
427	427_16	43.6	17	1.048	1.362	0.627	0.295	0.175	0.082
427	427_17	51.3	19	1.567	2.037	0.937	0.440	0.262	0.123
<b>Total</b>				<b>13.303</b>	<b>17.294</b>	<b>7.955</b>	<b>3.739</b>	<b>2.227</b>	<b>1.047</b>
429	429_1	41.7	14	0.835	1.086	0.499	0.235	0.140	0.066
429	429_2	45.4	15	1.047	1.361	0.626	0.294	0.175	0.082
429	429_3	51.0	16	1.391	1.808	0.832	0.391	0.233	0.109
429	429_4	58.3	15	1.781	2.315	1.065	0.501	0.298	0.140
429	429_5	44.6	16	1.053	1.369	0.630	0.296	0.176	0.083
429	429_6	51.5	12	1.208	1.570	0.722	0.340	0.202	0.095
429	429_7	56.4	15	1.660	2.158	0.993	0.467	0.278	0.131
<b>Total</b>				<b>8.975</b>	<b>11.668</b>	<b>5.367</b>	<b>2.523</b>	<b>1.503</b>	<b>0.706</b>
430	430_1	45.7	17	1.153	1.499	0.689	0.324	0.193	0.091
430	430_2	38.7	22	1.011	1.314	0.605	0.284	0.169	0.080
430	430_3	37.1	14	0.654	0.850	0.391	0.184	0.110	0.051
430	430_4	27.5	16	0.412	0.536	0.246	0.116	0.069	0.032
430	430_5	38.7	15	0.751	0.976	0.449	0.211	0.126	0.059
430	430_6	34.8	22	0.834	1.084	0.499	0.234	0.140	0.066
430	430_7	30.1	10	0.320	0.416	0.191	0.090	0.054	0.025
430	430_8	19.9	9	0.131	0.170	0.078	0.037	0.022	0.010
430	430_9	38.8	16	0.792	1.030	0.474	0.223	0.133	0.062
430	430_10	47.8	19	1.360	1.768	0.813	0.382	0.228	0.107
430	430_11	22.9	15	0.285	0.371	0.170	0.080	0.048	0.022
430	430_12	16.7	7	0.079	0.103	0.047	0.022	0.013	0.006
430	430_13	42.8	20	1.135	1.476	0.679	0.319	0.190	0.089
430	430_14	34.1	18	0.677	0.880	0.405	0.190	0.113	0.053
430	430_15	47.6	20	1.397	1.816	0.835	0.393	0.234	0.110

		cm	m	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	t.C.	m <sup>3</sup>	t.C.
Plot_ID	Tree_ID	dbh	T_Height	Vol2011/ΕΥΛΑΠ ΟΘΕΜΑ	Biomass Expansion Factor	Βιομάζα υπέργειας ξυλείας	Δεσμευμένος Άνθρακας Υπέργειας Ξυλείας	Βιομάζα Υπόγειας Ξυλείας	Δεσμευμένος Άνθρακας Υπόγειας Ξυλείας
430	430_16	25.3	18	0.402	0.523	0.240	0.113	0.067	0.032
430	430_17	29.7	12	0.365	0.475	0.218	0.103	0.061	0.029
430	430_18	40.2	23	1.123	1.460	0.672	0.316	0.188	0.088
430	430_19	42.6	20	1.125	1.463	0.673	0.316	0.188	0.089
430	430_20	16.0	10	0.117	0.152	0.070	0.033	0.020	0.009
430	430_21	23.5	14	0.276	0.359	0.165	0.078	0.046	0.022
430	430_22	43.9	20	1.192	1.550	0.713	0.335	0.200	0.094
430	430_23	20.2	12	0.186	0.242	0.111	0.052	0.031	0.015
430	430_24	31.1	18	0.572	0.744	0.342	0.161	0.096	0.045
430	430_25	54.3	21	1.871	2.432	1.119	0.526	0.313	0.147
430	430_26	36.5	17	0.736	0.957	0.440	0.207	0.123	0.058
430	430_27	38.0	16	0.760	0.988	0.454	0.214	0.127	0.060
430	430_28	42.9	19	1.098	1.427	0.657	0.309	0.184	0.086
430	430_29	35.1	11	0.484	0.629	0.289	0.136	0.081	0.038
430	430_30	24.3	10	0.206	0.268	0.123	0.058	0.034	0.016
<b>Total</b>				<b>21.504</b>	<b>27.955</b>	<b>12.859</b>	<b>6.044</b>	<b>3.601</b>	<b>1.692</b>
431	431_1	19.6	11	0.162	0.211	0.097	0.046	0.027	0.013
431	431_2	25.1	11	0.242	0.315	0.145	0.068	0.041	0.019
431	431_3	22.5	10	0.180	0.234	0.108	0.051	0.030	0.014
431	431_4	24.5	11	0.231	0.300	0.138	0.065	0.039	0.018
431	431_5	31.6	10	0.356	0.463	0.213	0.100	0.060	0.028
431	431_6	12.7	6	0.064	0.083	0.038	0.018	0.011	0.005
431	431_7	20.3	7	0.100	0.130	0.060	0.028	0.017	0.008
431	431_8	22.3	12	0.216	0.281	0.129	0.061	0.036	0.017
431	431_9	18.3	8	0.102	0.133	0.061	0.029	0.017	0.008
431	431_10	28.2	13	0.354	0.460	0.212	0.099	0.059	0.028
431	431_11	44.5	10	0.783	1.018	0.468	0.220	0.131	0.062
431	431_12	13.6	7	0.074	0.096	0.044	0.021	0.012	0.006
431	431_13	57.2	21	2.075	2.698	1.241	0.583	0.347	0.163
431	431_14	12.5	6	0.064	0.083	0.038	0.018	0.011	0.005
431	431_15	22.7	10	0.182	0.237	0.109	0.051	0.030	0.014
431	431_16	26.7	9	0.224	0.291	0.134	0.063	0.038	0.018
431	431_17	17.8	9	0.114	0.148	0.068	0.032	0.019	0.009
431	431_18	15.5	9	0.101	0.131	0.060	0.028	0.017	0.008
431	431_19	24.6	10	0.211	0.274	0.126	0.059	0.035	0.017
431	431_20	13.7	6	0.062	0.081	0.037	0.017	0.010	0.005
431	431_21	18.4	9	0.118	0.153	0.071	0.033	0.020	0.009
431	431_22	18.4	9	0.118	0.153	0.071	0.033	0.020	0.009
431	431_23	21.0	12	0.197	0.256	0.118	0.055	0.033	0.016



		cm	m	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	t.C.	m <sup>3</sup>	t.C.
Plot_ID	Tree_ID	dbh	T_Height	Vol2011/ΕΥΛΑΠ ΟΘΕΜΑ	Biomass Expansion Factor	Βιομάζα υπέργειας ξυλείας	Δεσμευμένος Άνθρακας Υπέργειας Ξυλείας	Βιομάζα Υπόγειας Ξυλείας	Δεσμευμένος Άνθρακας Υπόγειας Ξυλείας
431	431_24	16.2	7	0.077	0.100	0.046	0.022	0.013	0.006
431	431_25	17.5	10	0.127	0.165	0.076	0.036	0.021	0.010
431	431_26	18.8	9	0.121	0.157	0.072	0.034	0.020	0.010
431	431_27	26.5	13	0.315	0.410	0.188	0.089	0.053	0.025
431	431_28	13.5	6	0.063	0.082	0.038	0.018	0.011	0.005
431	431_29	26.7	13	0.320	0.416	0.191	0.090	0.054	0.025
431	431_30	23.7	10	0.197	0.256	0.118	0.055	0.033	0.016
431	431_31	22.5	9	0.160	0.208	0.096	0.045	0.027	0.013
431	431_32	14.3	9	0.097	0.126	0.058	0.027	0.016	0.008
431	431_33	30.1	13	0.402	0.523	0.240	0.113	0.067	0.032
431	431_34	35.5	12	0.530	0.689	0.317	0.149	0.089	0.042
431	431_35	35.2	15	0.620	0.806	0.371	0.174	0.104	0.049
431	431_36	14.8	8	0.087	0.113	0.052	0.024	0.015	0.007
431	431_37	25.7	7	0.161	0.209	0.096	0.045	0.027	0.013
431	431_38	19.3	8	0.109	0.142	0.065	0.031	0.018	0.009
431	431_39	33.4	10	0.403	0.524	0.241	0.113	0.067	0.032
431	431_40	12.5	7	0.075	0.098	0.045	0.021	0.013	0.006
431	431_41	18.7	7	0.089	0.116	0.053	0.025	0.015	0.007
431	431_42	41.5	15	0.867	1.127	0.518	0.244	0.145	0.068
431	431_43	30.9	11	0.367	0.477	0.219	0.103	0.061	0.029
431	431_44	12.3	7	0.075	0.098	0.045	0.021	0.013	0.006
431	431_45	25.6	11	0.251	0.326	0.150	0.071	0.042	0.020
431	431_46	41.5	14	0.827	1.075	0.495	0.232	0.138	0.065
431	431_47	22.0	12	0.211	0.274	0.126	0.059	0.035	0.017
431	431_48	39.4	11	0.627	0.815	0.375	0.176	0.105	0.049
431	431_49	23.3	12	0.232	0.302	0.139	0.065	0.039	0.018
431	431_50	13.5	6	0.063	0.082	0.038	0.018	0.011	0.005
431	431_51	33.2	16	0.583	0.758	0.349	0.164	0.098	0.046
<b>Total</b>				<b>14.386</b>	<b>18.702</b>	<b>8.603</b>	<b>4.043</b>	<b>2.409</b>	<b>1.132</b>
432	432_1	57.4	17	1.845	2.399	1.103	0.519	0.309	0.145
432	432_2	74.8	14	2.951	3.836	1.765	0.829	0.494	0.232
432	432_3	58.8	11	1.562	2.031	0.934	0.439	0.262	0.123
432	432_4	30.8	14	0.449	0.584	0.269	0.126	0.075	0.035
432	432_5	28.9	8	0.240	0.312	0.144	0.067	0.040	0.019
432	432_6	66.1	16	2.404	3.125	1.438	0.676	0.403	0.189
432	432_7	28.2	8	0.227	0.295	0.136	0.064	0.038	0.018
432	432_8	37.9	7	0.430	0.559	0.257	0.121	0.072	0.034
432	432_9	39.1	11	0.616	0.801	0.368	0.173	0.103	0.048
432	432_10	15.8	5	0.050	0.065	0.030	0.014	0.008	0.004

		cm	m	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	t.C.	m <sup>3</sup>	t.C.
Plot_ID	Tree_ID	dbh	T_Height	Vol2011/ΕΥΛΑΠ ΟΘΕΜΑ	Biomass Expansion Factor	Βιομάζα υπέργειας ξυλείας	Δεσμευμένος Άνθρακας Υπέργειας Ξυλείας	Βιομάζα Υπόγειας Ξυλείας	Δεσμευμένος Άνθρακας Υπόγειας Ξυλείας
432	432_11	38.3	13	0.662	0.861	0.396	0.186	0.111	0.052
432	432_12	50.7	12	1.166	1.516	0.697	0.328	0.195	0.092
432	432_13	46.0	6	0.662	0.861	0.396	0.186	0.111	0.052
432	432_14	63.1	17	2.248	2.922	1.344	0.632	0.376	0.177
432	432_15	33.3	8	0.338	0.439	0.202	0.095	0.057	0.027
<b>Total</b>				<b>15.850</b>	<b>20.605</b>	<b>9.478</b>	<b>4.455</b>	<b>2.654</b>	<b>1.247</b>
433	433_1	41.8	15	0.881	1.145	0.527	0.248	0.148	0.069
433	433_2	67.3	19	2.724	3.541	1.629	0.766	0.456	0.214
433	433_3	45.0	12	0.893	1.161	0.534	0.251	0.150	0.070
433	433_4	41.5	16	0.908	1.180	0.543	0.255	0.152	0.071
433	433_5	44.8	15	1.018	1.323	0.609	0.286	0.170	0.080
433	433_6	25.3	7	0.156	0.203	0.093	0.044	0.026	0.012
433	433_7	32.3	11	0.404	0.525	0.242	0.114	0.068	0.032
433	433_8	15.4	10	0.114	0.148	0.068	0.032	0.019	0.009
433	433_9	15.8	7	0.076	0.099	0.045	0.021	0.013	0.006
433	433_10	33.4	10	0.403	0.524	0.241	0.113	0.067	0.032
433	433_11	26.5	12	0.292	0.380	0.175	0.082	0.049	0.023
433	433_12	16.8	6	0.065	0.085	0.039	0.018	0.011	0.005
433	433_13	27.7	9	0.243	0.316	0.145	0.068	0.041	0.019
433	433_14	30.5	13	0.413	0.537	0.247	0.116	0.069	0.033
433	433_15	14.6	8	0.086	0.112	0.051	0.024	0.014	0.007
433	433_16	23.0	9	0.166	0.216	0.099	0.047	0.028	0.013
433	433_17	25.4	10	0.224	0.291	0.134	0.063	0.038	0.018
433	433_18	25.4	10	0.224	0.291	0.134	0.063	0.038	0.018
433	433_19	21.6	9	0.149	0.194	0.089	0.042	0.025	0.012
433	433_20	21.9	8	0.134	0.174	0.080	0.038	0.022	0.011
433	433_21	24.4	10	0.208	0.270	0.124	0.058	0.035	0.016
433	433_22	32.7	13	0.475	0.618	0.284	0.134	0.080	0.037
433	433_23	34.7	11	0.472	0.614	0.282	0.133	0.079	0.037
433	433_24	17.6	6	0.068	0.088	0.041	0.019	0.011	0.005
433	433_25	14.5	5	0.050	0.065	0.030	0.014	0.008	0.004
433	433_26	17.5	7	0.082	0.107	0.049	0.023	0.014	0.006
433	433_27	17.7	7	0.083	0.108	0.050	0.023	0.014	0.007
433	433_28	28.3	13	0.357	0.464	0.213	0.100	0.060	0.028
433	433_29	26.3	9	0.217	0.282	0.130	0.061	0.036	0.017
433	433_30	38.4	19	0.886	1.152	0.530	0.249	0.148	0.070
433	433_31	26.9	10	0.252	0.328	0.151	0.071	0.042	0.020
433	433_32	25.3	14	0.312	0.406	0.187	0.088	0.052	0.025
433	433_33	13.3	8	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

		cm	m	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	t.C.	m <sup>3</sup>	t.C.
Plot_ID	Tree_ID	dbh	T_Height	Vol2011/ΕΥΛΑΠ ΟΘΕΜΑ	Biomass Expansion Factor	Βιομάζα υπέργειας ξυλείας	Δεσμευμένος Άνθρακας Υπέργειας Ξυλείας	Βιομάζα Υπόγειας Ξυλείας	Δεσμευμένος Άνθρακας Υπόγειας Ξυλείας
433	433_34	42.9	16	0.972	1.264	0.581	0.273	0.163	0.076
<b>Total</b>				<b>14.007</b>	<b>18.209</b>	<b>8.376</b>	<b>3.937</b>	<b>2.345</b>	<b>1.102</b>
434	434_1	37.6	12	0.600	0.780	0.359	0.169	0.100	0.047
434	434_2	43.5	9	0.700	0.910	0.419	0.197	0.117	0.055
434	434_3	40.0	10	0.610	0.793	0.365	0.171	0.102	0.048
434	434_4	16.5	5	0.051	0.066	0.030	0.014	0.009	0.004
434	434_5	28.4	8	0.231	0.300	0.138	0.065	0.039	0.018
434	434_6	33.5	6	0.281	0.365	0.168	0.079	0.047	0.022
434	434_7	39.3	14	0.737	0.958	0.441	0.207	0.123	0.058
434	434_8	23.6	14	0.278	0.361	0.166	0.078	0.047	0.022
434	434_9	15.4	6	0.063	0.082	0.038	0.018	0.011	0.005
434	434_10	43.6	16	1.005	1.307	0.601	0.282	0.168	0.079
434	434_11	18.3	8	0.102	0.133	0.061	0.029	0.017	0.008
434	434_12	50.4	13	1.203	1.564	0.719	0.338	0.201	0.095
434	434_13	46.2	9	0.809	1.052	0.484	0.227	0.135	0.064
434	434_14	21.5	6	0.092	0.120	0.055	0.026	0.015	0.007
434	434_15	54.3	14	1.474	1.916	0.881	0.414	0.247	0.116
434	434_16	63.8	21	2.581	3.355	1.543	0.725	0.432	0.203
434	434_17	58.7	17	1.933	2.513	1.156	0.543	0.324	0.152
434	434_18	21.8	7	0.114	0.148	0.068	0.032	0.019	0.009
434	434_19	39.8	8	0.526	0.684	0.315	0.148	0.088	0.041
434	434_20	31.9	10	0.363	0.472	0.217	0.102	0.061	0.029
434	434_21	17.4	7	0.082	0.107	0.049	0.023	0.014	0.006
<b>Total</b>				<b>13.835</b>	<b>17.986</b>	<b>8.273</b>	<b>3.888</b>	<b>2.317</b>	<b>1.089</b>
435	435_1	41.0	14	0.806	1.048	0.482	0.227	0.135	0.063
435	435_2	29.6	12	0.362	0.471	0.216	0.102	0.061	0.028
435	435_3	16.3	7	0.078	0.101	0.047	0.022	0.013	0.006
435	435_4	39.4	11	0.627	0.815	0.375	0.176	0.105	0.049
435	435_5	23.2	10	0.189	0.246	0.113	0.053	0.032	0.015
435	435_6	32.1	16	0.546	0.710	0.327	0.153	0.091	0.043
435	435_7	40.7	10	0.636	0.827	0.380	0.179	0.106	0.050
435	435_8	30.8	12	0.393	0.511	0.235	0.110	0.066	0.031
435	435_9	34.5	13	0.531	0.690	0.318	0.149	0.089	0.042
435	435_10	29.5	8	0.252	0.328	0.151	0.071	0.042	0.020
435	435_11	30.5	8	0.273	0.355	0.163	0.077	0.046	0.021
435	435_12	17.4	8	0.097	0.126	0.058	0.027	0.016	0.008
435	435_13	14.1	4	0.039	0.051	0.023	0.011	0.007	0.003
435	435_14	22.2	5	0.079	0.103	0.047	0.022	0.013	0.006
435	435_15	28.8	6	0.186	0.242	0.111	0.052	0.031	0.015

		cm	m	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	t.C.	m <sup>3</sup>	t.C.
Plot_ID	Tree_ID	dbh	T_Height	Vol2011/ΕΥΛΑΠ ΟΘΕΜΑ	Biomass Expansion Factor	Βιομάζα υπέργειας ξυλείας	Δεσμευμένος Άνθρακας Υπέργειας Ξυλείας	Βιομάζα Υπόγειας Ξυλείας	Δεσμευμένος Άνθρακας Υπόγειας Ξυλείας
435	435_16	16.5	6	0.065	0.085	0.039	0.018	0.011	0.005
435	435_17	19.9	6	0.080	0.104	0.048	0.022	0.013	0.006
435	435_18	22.7	3	0.044	0.057	0.026	0.012	0.007	0.003
435	435_19	56.9	13	1.571	2.042	0.939	0.442	0.263	0.124
435	435_20	21.5	9	0.148	0.192	0.089	0.042	0.025	0.012
435	435_21	30.2	13	0.405	0.527	0.242	0.114	0.068	0.032
435	435_22	36.4	10	0.490	0.637	0.293	0.138	0.082	0.039
435	435_23	32.7	11	0.414	0.538	0.248	0.116	0.069	0.033
435	435_24	40.4	12	0.703	0.914	0.420	0.198	0.118	0.055
435	435_25	12.6	7	0.074	0.096	0.044	0.021	0.012	0.006
435	435_26	41.5	16	0.908	1.180	0.543	0.255	0.152	0.071
435	435_27	29.4	13	0.384	0.499	0.230	0.108	0.064	0.030
435	435_28	36.8	15	0.678	0.881	0.405	0.191	0.114	0.053
435	435_29	32.8	13	0.478	0.621	0.286	0.134	0.080	0.038
435	435_30	35.8	15	0.641	0.833	0.383	0.180	0.107	0.050
435	435_31	27.3	10	0.260	0.338	0.155	0.073	0.044	0.020
435	435_32	29.7	13	0.392	0.510	0.234	0.110	0.066	0.031
435	435_33	18.5	9	0.119	0.155	0.071	0.033	0.020	0.009
435	435_34	39.4	15	0.779	1.013	0.466	0.219	0.130	0.061
435	435_35	24.0	14	0.286	0.372	0.171	0.080	0.048	0.023
435	435_36	20.4	10	0.154	0.200	0.092	0.043	0.026	0.012
435	435_37	21.5	11	0.185	0.241	0.111	0.052	0.031	0.015
435	435_38	39.4	13	0.703	0.914	0.420	0.198	0.118	0.055
435	435_39	29.3	14	0.408	0.530	0.244	0.115	0.068	0.032
<b>Total</b>				<b>15.463</b>	<b>20.102</b>	<b>9.247</b>	<b>4.346</b>	<b>2.589</b>	<b>1.217</b>
436	436_1	16.6	7	0.079	0.103	0.047	0.022	0.013	0.006
436	436_2	32.9	17	0.603	0.784	0.361	0.169	0.101	0.047
436	436_3	41.2	22	1.135	1.476	0.679	0.319	0.190	0.089
436	436_4	42.2	24	1.270	1.651	0.759	0.357	0.213	0.100
436	436_5	27.9	14	0.372	0.484	0.222	0.105	0.062	0.029
436	436_6	42.1	19	1.058	1.375	0.633	0.297	0.177	0.083
436	436_7	25.2	11	0.243	0.316	0.145	0.068	0.041	0.019
436	436_8	43.4	12	0.824	1.071	0.493	0.232	0.138	0.065
436	436_9	27.2	11	0.282	0.367	0.169	0.079	0.047	0.022
436	436_10	54.0	20	1.794	2.332	1.073	0.504	0.300	0.141
436	436_11	23.9	10	0.200	0.260	0.120	0.056	0.033	0.016
436	436_12	38.9	18	0.871	1.132	0.521	0.245	0.146	0.069
436	436_13	40.4	20	1.016	1.321	0.608	0.286	0.170	0.080
436	436_14	49.5	17	1.358	1.765	0.812	0.382	0.227	0.107

		cm	m	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	t.C.	m <sup>3</sup>	t.C.
Plot_ID	Tree_ID	dbh	T_Height	Vol2011/ΕΥΛΑΠ ΟΘΕΜΑ	Biomass Expansion Factor	Βιομάζα υπέργειας ξυλείας	Δεσμευμένος Άνθρακας Υπέργειας Ξυλείας	Βιομάζα Υπόγειας Ξυλείας	Δεσμευμένος Άνθρακας Υπόγειας Ξυλείας
436	436_15	31.5	13	0.440	0.572	0.263	0.124	0.074	0.035
436	436_16	15.9	11	0.130	0.169	0.078	0.037	0.022	0.010
436	436_17	45.0	18	1.162	1.511	0.695	0.327	0.195	0.091
436	436_18	27.0	11	0.278	0.361	0.166	0.078	0.047	0.022
436	436_19	19.8	12	0.181	0.235	0.108	0.051	0.030	0.014
436	436_20	46.3	16	1.137	1.478	0.680	0.320	0.190	0.089
436	436_21	16.1	10	0.117	0.152	0.070	0.033	0.020	0.009
436	436_22	23.0	12	0.227	0.295	0.136	0.064	0.038	0.018
436	436_23	44.2	19	1.165	1.515	0.697	0.327	0.195	0.092
436	436_24	20.9	11	0.177	0.230	0.106	0.050	0.030	0.014
436	436_25	46.2	18	1.225	1.593	0.733	0.344	0.205	0.096
436	436_26	53.2	17	1.576	2.049	0.942	0.443	0.264	0.124
436	436_27	34.7	15	0.602	0.783	0.360	0.169	0.101	0.047
436	436_28	106.8	26	8.057	10.474	4.818	2.265	1.349	0.634
436	436_29	23.2	13	0.250	0.325	0.150	0.070	0.042	0.020
436	436_30	43.2	18	1.071	1.392	0.640	0.301	0.179	0.084
<b>Total</b>				<b>28.900</b>	<b>37.570</b>	<b>17.282</b>	<b>8.123</b>	<b>4.839</b>	<b>2.274</b>

**Πίνακας 22.** Πίνακας συνολικών δεδομένων πεδίου 39 δειγματοληπτικών επιφανειών

Plot ID	Βιομάζα Υπέργ. Ξυλείας	Άνθρακας Υπεργ. Βιομ.	Βιομάζα Υπόγ. Ξυλείας	Άνθρακας Υπόγ. Βιομ.	Συνολικός άνθρακας ξυλώδους βιομάζας
355	7,778	3,656	2,178	1,024	4,68
356	4,148	1,95	1,162	0,546	2,496
360	9,383	4,41	2,627	1,234	5,644
361	9,784	4,598	2,739	1,288	5,886
365	6,212	2,92	1,739	0,818	3,738
391	9,156	4,303	2,564	1,205	5,508
392	11,529	5,149	3,228	1,517	6,666
393	9,688	4,553	2,713	1,275	5,828
396	4,448	2,091	1,245	0,585	2,676
398	9,222	4,335	2,582	1,214	5,549
399	6,552	3,08	1,835	0,862	3,942
403	8,391	3,944	2,35	1,104	5,048
404	5,791	2,688	1,601	0,753	3,441
405	6,858	3,223	1,92	0,902	4,125
406	6,039	2,838	1,691	0,795	3,633
408	9,564	4,495	2,678	1,259	5,754
409	10,98	5,161	3,074	1,445	6,606
410	7,874	3,701	2,205	1,036	4,737
411	5,041	2,369	4,411	0,663	3,032
412	4,441	2,087	1,244	0,584	2,671
417	6,638	3,12	1,859	0,874	3,994
418	5,106	2,4	1,43	0,672	3,072
419	3,101	1,457	0,868	0,408	1,865
420	7,059	3,318	1,977	0,929	4,247
421	9,249	4,347	2,59	1,217	5,564
422	7,703	3,62	2,157	1,014	4,634
423	6,858	3,223	1,92	0,903	4,126
424	23,249	10,927	6,51	3,06	13,987
425	8,367	3,931	2,342	1,101	5,032
426	12,975	6,098	3,633	1,708	7,806
427	7,955	3,739	2,227	1,047	4,786
429	5,367	2,523	1,503	0,706	3,229
430	12,859	6,044	3,601	1,692	7,736
431	8,603	4,043	2,409	1,132	5,175
432	9,478	4,455	2,654	1,247	5,702
433	8,376	3,937	2,345	1,102	5,039
434	8,273	3,888	2,317	1,089	4,977
435	9,247	4,436	2,589	1,217	5,653
436	17,282	8,123	4,839	2,274	10,397
Συν.	330,624	155,18	95,556	43,501	198,681

**Πίνακας 23.** Δεδομένα πεδίου (local field data) για την διενέργεια Independent T-Test

Plot ID	Άνθρακας Υπερ. Ξυλείας (t.C./plot)	Άνθρακας Υπόγ. Ξυλείας (t.C./plot)	Έδαφος (Soil) (t.C./plot)
351	3.704	1.037	122.61
356	1.95	0.546	122.61
361	4.598	1.288	122.61
365	2.92	0.818	122.61
391	4.303	1.205	122.61
392	5.149	1.517	122.61
393	4.553	1.275	122.61
396	2.091	0.585	122.61
397	3.725	1.043	122.61
398	4.335	1.214	122.61
399	3.08	0.862	122.61
403	3.944	1.104	122.61
404	2.688	0.753	122.61
405	3.223	0.902	122.61
406	2.838	0.795	122.61
408	4.495	1.259	122.61
410	3.701	1.036	122.61
411	2.369	0.663	122.61
412	2.087	0.584	122.61
414	0.925	0.259	122.61
417	3.12	0.874	122.61
419	1.457	0.408	122.61
420	3.318	0.929	122.61
421	4.347	1.217	122.61
422	3.62	1.014	122.61
423	3.223	0.903	122.61
424	10.927	3.06	122.61
425	3.931	1.101	122.61
426	6.098	1.708	122.61
427	3.739	1.047	122.61
429	2.523	0.706	122.61
430	6.044	1.692	122.61
431	4.043	1.132	122.61
432	4.455	1.247	122.61

Plot ID	Άνθρακας Υπερ. Ευλείας (t.C./plot)	Άνθρακας Υπόγ. Ευλείας (t.C./plot)	Έδαφος (Soil) (t.C./plot)
433	3.937	1.102	122.61
434	3.888	1.089	122.61
435	4.436	1.217	122.61
436	8.123	2.274	122.61

**Πίνακας 24.** Διεθνούς κλίμακας δεδομένα (global scale data) για την διενέργεια Independent T-Test

Plot ID	Άνθρακας Υπερ. Ευλείας (t.C./plot)	Άνθρακας Υπόγ. Ευλείας (t.C./plot)	Έδαφος (Soil) (t.C./plot)
351	10.80	3.13	6.84
356	10.80	3.13	6.84
361	10.80	3.13	6.84
365	10.80	3.13	6.84
391	10.80	3.13	6.84
392	10.80	3.13	6.84
393	10.80	3.13	6.84
396	10.80	3.13	6.84
397	10.80	3.13	6.84
398	10.80	3.13	6.84
399	10.80	3.13	6.84
403	10.80	3.13	6.84
404	10.80	3.13	6.84
405	10.80	3.13	6.84
406	10.80	3.13	6.84
408	10.80	3.13	6.84
410	10.80	3.13	6.84
411	10.80	3.13	6.84
412	10.80	3.13	6.84
414	10.80	3.13	6.84
417	10.80	3.13	6.84
419	10.80	3.13	6.84
420	10.80	3.13	6.84
421	10.80	3.13	6.84



Plot ID	Άνθρακας Υπερ. Ευλείας (t.C./plot)	Άνθρακας Υπόγ. Ευλείας (t.C./plot)	Έδαφος (Soil) (t.C./plot)
422	10.80	3.13	6.84
423	10.80	3.13	6.84
424	10.80	3.13	6.84
425	10.80	3.13	6.84
426	10.80	3.13	6.84
427	10.80	3.13	6.84
429	10.80	3.13	6.84
430	10.80	3.13	6.84
431	10.80	3.13	6.84
432	10.80	3.13	6.84
433	10.80	3.13	6.84
434	10.80	3.13	6.84
435	10.80	3.13	6.84
436	10.80	3.13	6.84