

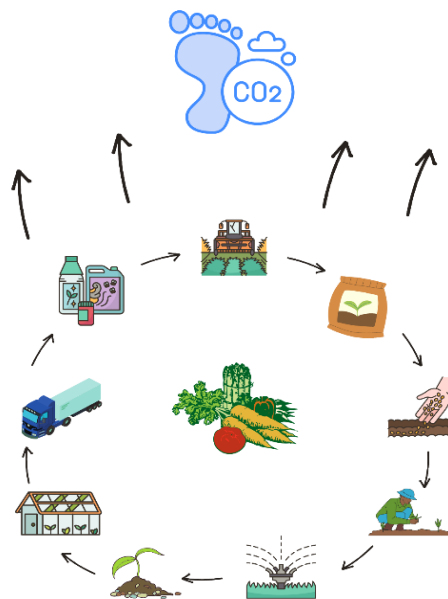


ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΚΑΙΝΟΤΟΜΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΗΝ ΑΕΙΦΟΡΙΚΗ ΓΕΩΡΓΙΑ,
ΣΤΗ ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΦΥΤΩΝ & ΣΤΗΝ ΑΓΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑ

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

**Υπολογισμός και αξιολόγηση αποτυπώματος άνθρακα σε καλλιέργεια
βιομηχανικής τομάτας στον νομό Ηλείας**



Αικατερίνη Ε. Τσελά

Επιβλέπουσα καθηγήτρια:
Ιωάννα Κακαμπούκη, Καθηγήτρια ΓΠΑ

ΑΘΗΝΑ, 2024

**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΑΣ**

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

Υπολογισμός και αξιολόγηση αποτυπώματος άνθρακα σε καλλιέργεια
βιομηχανικής τομάτας στον νομό Ηλείας

Quantification and assessment of the Carbon Footprint of processing tomato
cultivation in geographical region of Helis

Αικατερίνη Ε. Τσελά

Εξεταστική Επιτροπή:

Κακαμπούκη Ιωάννα, Καθηγήτρια ΓΠΑ (επιβλέπουσα)

Μπιλάλης Δημήτριος, Καθηγητής ΓΠΑ

Οικονόμου Γαρυφαλλιά, Καθηγήτρια ΓΠΑ

Υπολογισμός και αξιολόγηση αποτυπώματος άνθρακα σε καλλιέργεια βιομηχανικής τομάτας στον νομό Ηλείας

*ΠΜΣ Καινοτόμες Εφαρμογές στην Αειφορική Γεωργία, στη Βελτίωση Φυτών & στην Αγρομετεωρολογία
Τμήμα Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής
Εργαστήριο Γεωργίας*

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική μελέτη άπτεται με τη ποσοτικοποίηση των Αερίων του Θερμοκηπίου σε καλλιέργεια Βιομηχανικής τομάτας στη περιοχή της Ηλείας. Ένα μείζον ζήτημα στη σημερινή εποχή είναι η άμβλυνση της κλιματικής αλλαγής και των επιπτώσεων που έχει φέρει. Οι επιπτώσεις της επηρεάζουν πολυάριθμους τομείς, αναφορικά με την οικονομία, τη ποιότητα ζωής και την ασφάλεια των ζώντων οργανισμών. Ο αγροτικός τομέας είναι ιδιάζουσα περίπτωση. Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής που επηρεάζουν αρνητικά τον αγροτικό τομέα είναι αρκετές, όπως τα ακραία καιρικά φαινόμενα, η αλλαγή στη κατανομή των βροχοπτώσεων και οι παρατεταμένες ξηρασίες. Εξαιτίας αυτού παρατηρείται αύξηση των εισροών στη γεωργία, προκειμένου να παραμείνει ίδια η απόδοση και η ποιότητα των καλλιεργειών.

Επομένως, οι εκπομπές Αερίων του Θερμοκηπίου από τον αγροτικό τομέα είναι υψηλές, αποτελώντας σχεδόν το 1/3 των συνολικών εκπομπών ΑτΘ. Η ποσοτικοποίηση των εκπομπών ΑτΘ από τα καλλιεργητικά συστήματα είναι υψίστης σημασίας, ώστε να βρεθούν οι μεγαλύτερες πηγές εκπομπών. Με τον εντοπισμό των πηγών δύναται η σωστή διαχείριση της καλλιέργειας για να μετριαστεί το ανθρακικό αποτύπωμα, ενώ θα παραμείνει σταθερή η παραγωγή. Σκοπός της μελέτης είναι η ποσοτικοποίηση των εκπομπών ΑτΘ σε επίπεδο προϊόντος στη καλλιέργεια βιομηχανικής τομάτας, προς αξιολόγηση και μετριασμό τους. Για την ποσοτικοποίηση χρησιμοποιήθηκαν ερωτηματολόγια, τα οποία δόθηκαν σε ομάδα παραγωγών βιομηχανικής τομάτας στη περιοχή της Ηλείας. Στο ερωτηματολόγιο συμπληρώθηκαν ερωτήσεις αναφορικά με όλες τις καλλιεργητικές τεχνικές που έλαβαν χώρα κατά την καλλιεργητική περίοδο του 2023 και για τη μεταφορά του τελικού προϊόντος.

Η ποσοτικοποίηση των εκπομπών ΑτΘ από τη στιγμή της σποράς μέχρι και την προσέλευση του προϊόντος στο τελικό προορισμό αποτέλεσε τα όρια του συστήματος. Με τη χρήση της ηλεκτρονικής πλατφόρμας Cool Farm Tool υπολογίσθηκαν οι εκπομπές ΑτΘ στη καλλιέργεια (ανθρακικό αποτύπωμα) σε επίπεδο προϊόντος. Στη συνέχεια, ακολούθησε αξιολόγηση των αποτελεσμάτων για εντοπισμό των μεγαλύτερων πηγών εκπομπών. Βρέθηκε ότι οι περισσότερες εκπομπές πραγματοποιήθηκαν στη παραγωγή και χρήση των λιπασμάτων, καθώς και κατά την χρήση ενέργειας για τις καλλιεργητικές πρακτικές. Τέλος, παρατέθηκαν προτεινόμενες μέθοδοι μείωσης του ανθρακικού αποτυπώματος με στόχο τη διατήρηση της απόδοσης και της ποιότητας του τελικού προϊόντος.

Επιστημονική περιοχή: Φυτική παραγωγή

Λέξεις κλειδιά: κλιματική αλλαγή, βιομηχανική τομάτα, αποτύπωμα άνθρακα, εκπομπές Αερίων του Θερμοκηπίου

Quantification and assessment of the Carbon Footprint of processing tomato cultivation in geographical region of Helis

*MSc Innovative Applications in Sustainable Agriculture, in Plant Improvement & in Agrometeorology
Department of Crop Science
Laboratory of Agronomy*

Abstract

The present study deals with the quantification of Greenhouse Gases in the cultivation of Industrial (processing) tomatoes in the geographic area of Ilia. A major issue in modern times is the mitigation of climate change and its effects. The negative effects of climate change affect numerous sectors, regarding the economy, the quality of life and the safety of living organisms. The agricultural sector is a special case. The effects that negatively affect the agricultural sector are several, such as extreme weather events, changes in the distribution of rainfall and prolonged droughts. Because of this, an increase has occurred in the inputs to agriculture in order to keep the yield and quality of the crops the same.

However, GHG emissions from the agricultural sector are high, accounting for almost 1/3 of total GHG emissions. Therefore, the quantification of GHG emissions from cropping systems is of utmost importance in order to find the largest sources of emissions. By identifying the sources, the crop can be properly managed to mitigate the carbon footprint, while production will remain stable. The purpose of the study is the quantification of GHG emissions at the product level in the cultivation of industrial tomatoes to evaluate and mitigate them. Questionnaires were used for the quantification, which were given to a group of industrial tomato producers in the area of Ilia. The questionnaire was filled with questions regarding all cultivation techniques that took place during the 2023 cultivation season and the transportation of the final product.

The quantification of GHG emissions from the moment of sowing until the arrival of the product at the destination constituted the system boundaries of the study. Using the online platform Cool Farm Tool, GHG emissions during farm practices (carbon footprint) were calculated at the product level. This was followed by an evaluation of the results to identify the largest emission sources. It was found that most emissions occurred in the production and use of fertilizers, as well as in the use of energy for farming practices. Afterwards, suggested methods of reducing the carbon footprint with the aim of maintaining the yield and quality of the final product were listed.

Scientific area: Crop Faculty

Keywords: climate change, industrial tomato, carbon footprint, greenhouse gas emissions

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την τριμελή μου επιτροπή για την πολύτιμη βοήθεια που μου προσέφερε καθ' όλη τη διάρκεια της διπλωματικής μου μελέτης. Στη συνέχεια, θα ήθελα να πω ένα μεγάλο ευχαριστώ στον συνεργάτη και φίλο μου Παντελεήμων Σταυρόπουλο, του οποίου η βοήθεια ήταν καθοριστική.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου, που με στηρίζει από την έναρξη της ακαδημαϊκής μου πορείας και ιδιαίτερα την Παρασκευή Σπηλιώτου, την γιαγιά μου.

Με την άδειά μου, η παρούσα εργασία ελέγχθηκε από την Εξεταστική Επιτροπή μέσα από λογισμικό ανίχνευσης λογοκλοπής που διαθέτει το ΓΠΑ και διασταυρώθηκε η εγκυρότητα και η πρωτοτυπία της.

Στον Γιάννη & την Ειρήνη

Περιοχόμενα

Περίληψη	3
Abstract	4
Ευχαριστίες	5
Εισαγωγή	9
Κεφάλαιο 1: Η καλλιέργεια της βιομηχανικής τομάτας	15
1.1 Ταξινόμηση και μορφολογικά χαρακτηριστικά	15
1.2 Χρήσεις και φυσικοχημικές ιδιότητες	16
1.3 Εδαφοκλιματικές συνθήκες	18
Κεφάλαιο 2: Ποσοτικοποίηση και αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων σε επίπεδο προϊόντος	20
2.1 Ανθρακικό αποτύπωμα	20
2.2 Διεθνή πρότυπα για τον υπολογισμό του ανθρακικού αποτυπώματος	21
2.3 ΓΛΩΣΣΑΡΙΟ	22
2.4 Αρχές για τη ποσοτικοποίηση του ανθρακικού αποτυπώματος	25
2.5 Όρια συστήματος- System Boundary	26
2.6 Λειτουργική μονάδα	34
2.7 Χρονική περίοδος	34
Κεφάλαιο 3: Ερευνητική μεθοδολογία-Υλικά και μέθοδοι	34
3.1 Παραγωγοί και τοποθεσία	34
3.2 Συλλογή απαιτούμενων δεδομένων και στοιχείων	35
3.3 Πλατφόρμα ποσοτικοποίησης εκπομπών ΑτΘ	37
3.3.1 Cool Farm Tool	37
3.3.2 Σενάριο «what-if»	38
3.3.3 Δεδομένα προς συμπλήρωση	39
3.4 Παράθεση αποτελεσμάτων	46
3.5 Γεωργικό σύστημα παραγωγής της ομάδας παραγωγών βιομηχανικής τομάτας υπό μελέτη	47
Κεφάλαιο 4: Αποτελέσματα	50
Συζήτηση	53
Βιβλιογραφία	58
Παράρτημα	67

Περιεχόμενα εικόνων

Εικόνα 1: Κόκκινοι φρέσκοι καρποί τομάτας (Πηγή: pexels).....	15
Εικόνα 2: Απεικόνιση γεωγραφικής τοποθεσίας των καλλιεργούμενων εκτάσεων βιομηχανικής τομάτας που αξιολογήθηκαν στο πλαίσιο της μεταπτυχιακής μελέτης (Πηγή: Google Earth).	35
Εικόνα 3: Απεικόνιση της ενότητας 1 στο Cool Farm Tool (Πηγή: Προσωπικό αρχείο).	40
Εικόνα 4: Απεικόνιση της ενότητας 2 στο Cool Farm Tool (Πηγή: Προσωπικό αρχείο).	41
Εικόνα 5: Απεικόνιση της ενότητας 3 στο Cool Farm Tool (Πηγή: Προσωπικό αρχείο).	42
Εικόνα 6: Απεικόνιση της ενότητας 4 στο Cool Farm Tool (Πηγή: Προσωπικό αρχείο).	42
Εικόνα 7: Απεικόνιση της ενότητας 5 στο Cool Farm Tool (Πηγή: Προσωπικό αρχείο).	43
Εικόνα 8: Απεικόνιση της ενότητας 5 στο Cool Farm Tool (Πηγή: Προσωπικό αρχείο).	44
Εικόνα 9: Απεικόνιση της ενότητας 6 στο Cool Farm Tool (Πηγή: Προσωπικό αρχείο).	45
Εικόνα 10: Απεικόνιση της ενότητας 7 στο Cool Farm Tool (Πηγή: Προσωπικό αρχείο).	45
Εικόνα 11: Παρουσίαση του τρόπου παράθεσης των αποτελεσμάτων ύστερα από την εκτίμηση του ανθρακικού αποτυπώματος στη πλατφόρμα Cool Farm Tool (Πηγή: Προσωπικό αρχείο).	46
Εικόνα 12: Παράθεση του αναλυτικού πίνακα ΑτΘ σε κιλά ανά κατηγορία/μεταχείριση για κάθε εκτάριο καλλιεργούμενης έκτασης και για κάθε τόνο παραγόμενου προϊόντος (Πηγή: Προσωπικό αρχείο).	47
Εικόνα 13: Υπολογισμός Μέσου Όρου των αγροτεμαχίων και των ανθρακικών αποτυπωμάτων.	67

Περιεχόμενα διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1: Παρουσίαση των παραγόντων του τομέα AFOLU που συμβάλλουν στην εκπομπή ΑτΘ (Tubiello et al., 2021, Petrescu et al., 2020).	11
Διάγραμμα 2: Ποσοστιαία κατανομή της συμβολής των καλλιεργητικών πρακτικών στην εκπομπή ΑτΘ από τον τομέα AFOLU παγκοσμίως για το έτος 2021 (FAOSTAT, 2024).	12
Διάγραμμα 3: Η ταξινόμηση των αροτραίων καλλιεργειών αναλόγως την εμπορική χρήση τους (Scavo, A., & Mauromicale, G., 2020).	14
Διάγραμμα 4: Διάγραμμα ροής αναφορικά με τις εκπομπές ΑτΘ από τις πρακτικές που λαμβάνουν μέρος στο πλαίσιο διαχείρισης μίας καλλιεργούμενης έκτασης και του τελικού προϊόντος (Liu et al., 2016). ...	33
Διάγραμμα 5: Συνολικές εκπομπές ΑτΘ ανά πηγή εκπομπών με το μεγαλύτερο ανθρακικό αποτύπωμα στο σύνολο των αγροτεμαχίων (t CO ₂ e).	51

Περιεχόμενα πινάκων

Πίνακας 1: Η θρεπτική αξία της φρέσκιας και επεξεργασμένης τομάτας ανά 100 γραμμάρια προϊόντος (USDA, 2019).	17
Πίνακας 2: Άμεσες εκπομπές ΑτΘ και πηγές εκπομπών από τον αγροτικό τομέα, σύμφωνα με το διεθνές πρότυπο ISO 14064-1:2018.	29
Πίνακας 3: Έμμεσες εκπομπές ΑτΘ από εισαγόμενη ενέργεια από τον αγροτικό τομέα, σύμφωνα με το διεθνές πρότυπο ISO 14064-1:2018.	30
Πίνακας 4: Έμμεσες εκπομπές ΑτΘ και πηγές εκπομπών από τις κατηγορίες 3 και 4 στον αγροτικό τομέα, σύμφωνα με το διεθνές πρότυπο ISO 14064-1:2018.	31
Πίνακας 5: Άμεσες βιογενείς εκπομπές ΑτΘ και πηγές εκπομπών από τον αγροτικό τομέα, σύμφωνα με το διεθνές πρότυπο ISO 14064-1:2018.	32
Πίνακας 6: Παρουσίαση των αποτελεσμάτων των εκπομπών ΑτΘ στο μέσο όρο της συνολικής καλλιεργούμενης έκτασης στο σύνολο των καλλιεργειών, ανά εκτάριο καλλιεργούμενης έκτασης, ανά τόνο και ανά κιλό του παραγόμενου προϊόντος.	50
Πίνακας 7: Ποσοστιαία απεικόνιση των συνολικών εκπομπών ΑτΘ από κάθε πηγή εκπομπών.	53

Εισαγωγή

Η μέση παγκόσμια θερμοκρασία της επιφάνειας της γης τη χρονική περίοδο 2011-2020 έδειξε αύξηση 1.09°C σε σύγκριση με τις τιμές της περιόδου 1850-1900. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα ερευνών που δημοσιεύθηκαν στην 6^η Έκθεση Αξιολόγησης της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Κλιματική Αλλαγή (Sixth Assessment Report of IPCC), υφίσταται υψηλή πιθανότητα (>50%) η υπερθέρμανση του πλανήτη να φτάσει ή ξεπεράσει την αύξηση κατά 1.5°C σύντομα ακόμα και σε περίπτωση μείωσης των εκπομπών Αερίων του Θερμοκηπίου (ΑτΘ) (Masson-Delmotte et al., 2021). Οι ακανόνιστες και ευμετάβλητες καιρικές συνθήκες, το λιώσιμο στρωμάτων πάγου, και κατ' επέκταση η αύξηση της στάθμης της θάλασσας είναι μερικές από τις πιο γνωστές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής παγκοσμίως (Lipczynska-Kochany 2018; Michel et al. 2021; Murshed and Dao 2022). Η κλιματική αλλαγή ορίζεται ως οποιαδήποτε κλιματική “ανακολουθία” και πιο συγκεκριμένα οποιαδήποτε σημαντική αλλαγή στις μέσες τιμές δεικτών μετεωρολογικών παρατηρήσεων, όπως η θερμοκρασία, οι βροχοπτώσεις και η σχετική υγρασία, οι οποίοι προσμετρώνται για μεγάλες χρονικές περιόδους (WMO, 1992).

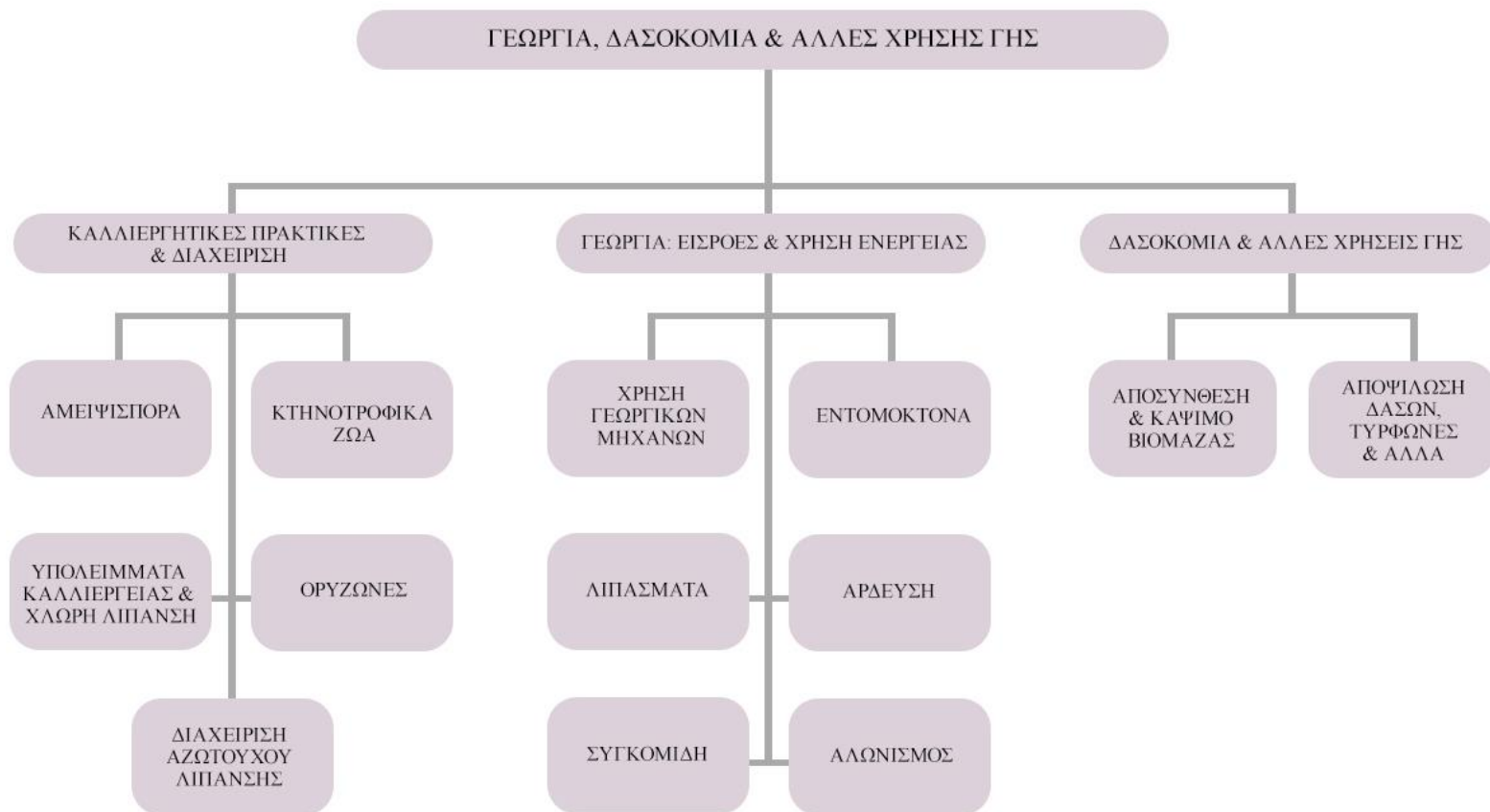
Τα κύρια ατμοσφαιρικά αέρια που ευθύνονται για την υπερθέρμανση του πλανήτη και κατ' επέκταση για την κλιματική κρίση είναι το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), το μεθάνιο (CH₄), το υποξείδιο του αζώτου (N₂O), οι υδροφθοράνθρακες (HFCs), οι υπερφθοράνθρακες (PFCs), το εξαφθοριούχο θείο (SF₆) και οι χλωροφθοράνθρακες (CFCs) (UNEP, 2021, Nayak et al., 2020). Τα αίτια και οι πηγές έκλυσης αυτών των αερίων, γνωστών και ως Αέρια του Θερμοκηπίου (ΑτΘ) μπορεί να είναι φυσικά ή να έχουν προκληθεί από ανθρωπογενείς δραστηριότητες (Nayak et al., 2020). Οι εκπομπές ΑτΘ από ανθρωπογενείς δραστηριότητες έχουν αποτελέσει μείζονος σημασίας αίτιο της υπερθέρμανσης του πλανήτη από το 1850 (Lee et al., 2023, IPCC, 2019).

Προκειμένου να ελεγχθεί η υπέρογκη εκπομπή ΑτΘ και να μετριαστούν οι επιπτώσεις της κλιματικής κρίσης η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει λάβει πολυάριθμα μέτρα. Η Ευρωπαϊκή πράσινη συμφωνία (European Green Deal) προτάθηκε τον Δεκέμβριο του 2019 από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή. Σκοπός της είναι η προώθηση της «πράσινης» μετάβασης της Ευρώπης και της βιωσιμότητας θέτοντας ως στόχο την επίτευξη της κλιματικής ουδετερότητας μέχρι το 2050. Στο πλαίσιο του Green Deal τον Ιούλιο του 2021 δημοσιεύθηκε ένα πακέτο προτάσεων με το όνομα «Fit for 55», το οποίο έθεσε νομοθετικές πρωτοβουλίες (μέτρα) για την υλοποίηση του τελικού στόχου της πράσινης συμφωνίας.

Σκοπός του πακέτου μέτρων είναι η διασφάλιση μίας δικαίας πράσινης μετάβασης της Ευρώπης, στήριξη της καινοτομίας και της οικονομίας, καθώς και ο μετριασμός των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής. Το σύνολο των στόχων που θέτει το πακέτο μέτρων αποσκοπεί στη μείωση των καθαρών εκπομπών ΑτΘ συγκριτικά με τα επίπεδα του 1990 κατά 55% μέχρι το 2030. Επίσης, στο πλαίσιο της Πράσινης Συμφωνίας τέθηκε η στρατηγική «Farm to fork», που υποστηρίζει το στόχο της κλιματικής ουδετερότητας μέχρι το 2050, μετατρέποντας το τωρινό Ευρωπαϊκό σύστημα παραγωγής τροφίμων σε ένα πιο βιώσιμο μοντέλο. Συγκεκριμένα εξασφαλίζει τη διαθεσιμότητα θρεπτικών τροφίμων σε προσιτές τιμές και υποστηρίζει τη βιώσιμη παραγωγή τροφίμων.

Εκτός από την Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία άλλη μία προσπάθεια της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τη μείωση των εκπομπών ΑτΘ είναι η νέα Κοινή Αγροτική Πολιτική που υιοθετήθηκε το 2021 και τέθηκε σε ισχύ τον Ιανουάριο του 2023. Η μεταρρυθμισμένη Κοινή Αγροτική Πολιτική (ΚΑΠ) 2023-2027 υποστηρίζει έναν πιο βιώσιμο αγροτικό τομέα υποστηρίζοντας τα συστήματα μικρής παραγωγής και προσαρμόζοντας τις νομοθεσίες εκάστης ευρωπαϊκής χώρας στις τοπικές συνθήκες. Τα οικολογικά προγράμματα (Eco-schemes) είναι μέρος της στρατηγικής της νέας ΚΑΠ για την οικονομική στήριξη των παραγωγών. Τα Eco-schemes προωθούν την υιοθέτηση βιώσιμων γεωργικών πρακτικών με στόχο τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τον αγροτικό τομέα, ενώ ταυτοχρόνως οι τιμές των τελικών προϊόντων παραμένουν σταθερές για την επίτευξη ενός βιώσιμου συστήματος τροφίμων (Lampkin et al., 2020).

Όπως φαίνεται από τις προαναφερθείσες νομικές πρωτοβουλίες της Ευρωπαϊκής Επιτροπής η πράσινη μετάβαση του πρωτογενούς τομέα του συστήματος παραγωγής τροφίμων είναι απαραίτητη. Τα ΑτΘ που εκλύονται γεωργικές δραστηριότητες, τη δασοκομία και την Αλλαγή Χρήσης Γης (ΑΧΓ) αποτελούν περίπου το 1/3 των συνολικών εκλυόμενων ΑτΘ από ανθρωπογενείς δραστηριότητες σε παγκόσμια κλίμακα (IPCC, 2019, Lee et al., 2023). Ο τομέας της Γεωργίας, της Δασοπονίας και της Χρήσης Γης (Agriculture, Forestry and Other Land Use- AFOLU) περιλαμβάνει πάμπολλες πρακτικές που συμβάλλουν στην εκδήλωση και επιδείνωση της κλιματικής αλλαγής, όπως παρουσιάζεται στο Διάγραμμα 1.



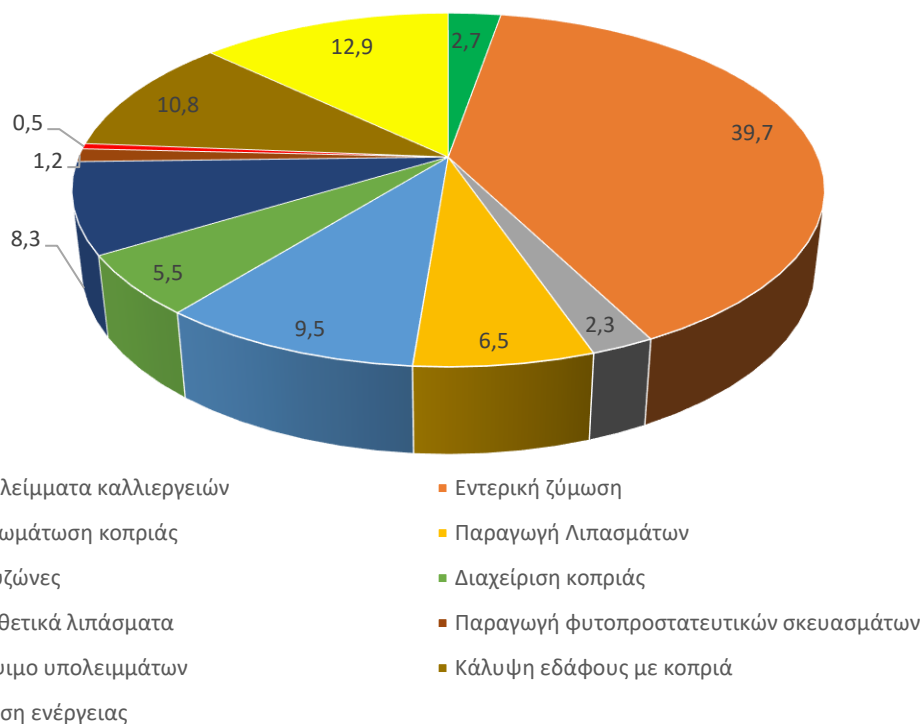
Διάγραμμα 1: Παρουσίαση των παραγόντων του τομέα AFOLU που συμβάλλουν στην εκπομπή ΑτΘ (Tubiello et al., 2021, Petrescu et al., 2020).

Η σχέση μεταξύ της γεωργίας και της κλιματικής αλλαγής είναι αμφιλεγόμενη και επίμαχη. Η γεωργία, ως κλιματικά-εξαρτώμενος τομέας, εμφανίζει υψηλή ευαλωτότητα στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής (Banna et al., 2016, Masud et al., 2017). Η αγροτική παραγωγή σε περιοχές με μεσαίο και χαμηλό γεωγραφικό πλάτος, όπως η Ασία, η Ευρώπη και η Λατινική Αμερική, έχει μειωθεί εμφανώς τα τελευταία 50 χρόνια εξαιτίας της υπερθέρμανσης του πλανήτη (Bezner Kerr et al., 2022). Οι αυξανόμενες θερμοκρασίες, η μειωμένη διαθεσιμότητα φυσικών πόρων (Cadro et al., 2019, Simunic et al., 2019) και τα ακραία καιρικά φαινόμενα έχουν αλλάξει την κατανομή εκμεταλλεύσιμων γεωργικά εκτάσεων γης, της εκδήλωσης των φαινολογικών σταδίων και έχουν αυξήσει την αστάθεια του χρόνου συγκομιδής ανά καλλιεργητική περίοδο. Ως αποτέλεσμα, έχει μειωθεί η διαθεσιμότητα τροφίμων, ενώ οι τιμές τους έχουν αυξηθεί σημαντικά, συμβάλλοντας αρνητικά στην επισιτιστική ασφάλεια παγκοσμίως (Bezner Kerr et al., 2022).

Από την άλλη πλευρά, λόγω της υψηλής ζήτησης σε τρόφιμα παγκοσμίως, οι μονάδες γεωργικών εκμεταλλεύσεων πρέπει να αυξήσουν τη παραγωγή τους. Κατά συνέπεια, τα γεωργικά

συστήματα παραγωγής έχουν εντατικοποιηθεί και εκβιομηχανιστεί αυξάνοντας τις εισροές και προωθώντας την μονοκαλλιέργεια (Agonino et al., 2019). Σε κάθε στάδιο της παραγωγής εκπέμπονται ΑτΘ, από τη προετοιμασία της σποροκλίνης έως τη συγκομιδή (Gołasa et al., 2021). Στο διάγραμμα 2 παρατίθενται τα ποσοστά συμβολής καλλιεργητικών πρακτικών στην εκπομπή ΑτΘ παγκοσμίως.

Ποσοστιαία κατανομή της συμβολής των καλλιεργητικών πρακτικών στην εκπομπή ΑτΘ από τον τομέα AFOLU παγκοσμίως για το έτος 2021.



Διάγραμμα 2: Ποσοστιαία κατανομή της συμβολής των καλλιεργητικών πρακτικών στην εκπομπή ΑτΘ από τον τομέα AFOLU παγκοσμίως για το έτος 2021 (FAOSTAT, 2024).

Η πλειοψηφία των εκτάσεων γης στην Ευρώπη ανήκουν στον τομέα της γεωργικής παραγωγής (Bezner Kerr et al., 2022). Η Ευρώπη συμμετέχει στο παγκόσμιο δίκτυο παραγωγής τροφίμων, καθώς το 1/3 των παραγόμενων τροφίμων εξάγεται σε διάφορες χώρες σε όλο τον κόσμο (FAOSTAT, 2019). Τις τελευταίες δεκαετίες η ευρωπαϊκή σύγχρονη γεωργία έχει εξελιχθεί σε έναν ειδικευμένο τομέα, ο οποίος ειδικεύεται κυρίως στη κτηνοτροφία και τις αροτραίες καλλιέργειες, λόγω πολιτικών και οικονομικών απαιτήσεων. Πρωταρχικός στόχος της γεωργίας αποτελεί η αύξηση της παραγωγής, προκειμένου να υφίσταται επάρκεια τροφίμων (Lammerts van Bueren et al., 2018). Συνεπώς, ο ευρωπαϊκός γεωργικός τομέας απαιτεί μεγάλες ποσότητες ορυκτών καυσίμων, ηλεκτρικής ενέργειας (Gołasa et al., 2021), λιπασμάτων και αρδευόμενου

νερού (Harsányi et al., 2021) με αποτέλεσμα την υψηλή εκπομπή ΑτΘ, όπως παρατηρείται και σε παγκόσμιο επίπεδο (Wezel et al., 2018).

Λόγω της επιτακτικής ανάγκης του μετριασμού των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) υποχρεώνει τα μέλη της να μετρούν και να αναφέρουν τις εκπομπές ΑτΘ (Commission Implementing Regulation, 2014). Επιπλέον, η ΕΕ υποχρεώνει τομείς της οικονομίας, συμπεριλαμβανομένου του γεωργικού τομέα, να συμβάλλουν στο μετριασμό των εκπομπών ΑτΘ, ώστε να επιτευχθεί κλιματική ουδετερότητα έως το 2050 (Erbach, G., 2021). Ως πυκνοκατοικημένη ήπειρος, η ΕΕ αντιμετωπίζει αρκετές δυσκολίες στη προσπάθεια αύξησης της παραγωγής με περιβαλλοντικά βιώσιμο τρόπο (Francaviglia et al., 2020). Επομένως, η ποσοτικοποίηση των εκλυόμενων ΑτΘ από τις στρατηγικές και μείζονος σημασίας καλλιέργειες στην Ευρώπη και στην Ελλάδα είναι απαραίτητη, ώστε να αξιολογηθούν και να διερευνηθεί ο βέλτιστος τρόπος μείωσης τους.

Οι αροτραίες μεγάλες καλλιέργειες περιλαμβάνουν πολλά εκατοντάδες φυτικά είδη παγκοσμίως και πολλά από αυτά έχουν μεγάλη οικονομική σημασία. Η ταξινόμηση των μεγάλων αροτραίων καλλιεργειών μπορεί να γίνει αναλόγως την εμπορική σημασία τους, όπως φαίνεται στο διάγραμμα 3:



Διάγραμμα 3: Η ταξινόμηση των αροτραίων καλλιεργειών αναλόγως την εμπορική χρήση τους (Scavo, A., & Mauromicale, G., 2020).

Στη κατηγορία των βιομηχανικών φυτών ανήκει και η καλλιέργεια της βιομηχανικής τομάτας. Η τομάτα (*Lycopersicon esculentum* Mill.) αποτελεί ένα από τα πιο ευρέως παραγόμενα και καταναλισκόμενα λαχανικά παγκοσμίως υπερβαίνοντας τα 4,9 εκατομμύρια καλλιεργούμενα εκτάρια το 2022 (FAO, 2024). Λόγω της υψηλής περιεκτικότητας της σε αντιοξειδωτικά και των ευεργετικών της ιδιοτήτων, προτείνεται η κατανάλωση περίπου 30 κιλών τομάτας ανά ενήλικα ετησίως (Viskelis et al., 2015). Ένα πολύ υψηλό ποσοστό καλλιεργούμενης τομάτας λαμβάνεται από επεξεργασμένη ή αλλιώς «βιομηχανική» τομάτα σε μορφές όπως χυμός, τοματοπολτός, κέτσαπ και κονσέρβα (Bilalis et al., 2018).

Η παγκόσμια παραγωγή, αλλά και κατανάλωση, της βιομηχανικής τομάτας δείχνει συνεχή αύξηση εκτιμώντας ότι έφτασε τους 43 εκατομμύρια τόνους το 2023 παρουσιάζοντας αύξηση κατά 14% συγκριτικά με το μέσο όρο των τελευταίων 5 χρόνων. Η Ευρώπη δείχνει σταθερή παραγωγή στους περίπου 10,5 εκατομμύρια τόνους φέροντας το 24% της παγκόσμιας

παραγωγής για το 2023 (European Commission, 2023). Στη Μεσόγειο οι ανάγκες της καλλιέργειας βιομηχανικής τομάτας σε νερό και θρεπτικά συστατικά είναι μεγαλύτερες και κατ' επέκταση το περιβαλλοντικό αντίκτυπο υψηλότερο. Σκοπός της παρούσας διπλωματικής μελέτης είναι η ποσοτικοποίηση και αξιολόγηση του ανθρακικού αποτυπώματος και κατ' επέκταση του περιβαλλοντικού αντικτύπου της καλλιέργειας βιομηχανικής τομάτας στη δυτική Ηλεία.

Κεφάλαιο 1: Η καλλιέργεια της βιομηχανικής τομάτας

1.1 Ταξινόμηση και μορφολογικά χαρακτηριστικά

Η καλλιεργούμενη τομάτα (*Solanum lycopersicum* L.) είναι ένα ετήσιο, αυτογονιμοποιούμενο φυτό, που ανήκει στην οικογένεια των Σολανώδων (Solanaceae) και στο γένος *Solanum* με αριθμό χρωμοσωμάτων $2n = 2x = 24$ (Peralta et al, 2008). Η τομάτα προέρχεται από τη περιοχή των Άνδεων στην Αμερική, δηλαδή από τη Βολιβία, τη Χιλή, τη Κολομβία, το Εκουαδόρ και το Περού (Blanca et al., 2012). Η πλειονότητα των καταγεγραμμένων στοιχείων υποδεικνύουν ότι η καλλιεργούμενη τομάτα εξημερώθηκε και καλλιεργήθηκε αρχικά στο Μεξικό (Rick et al., 1974). Στη συνέχεια, ακολούθησε η εξάπλωση της στην Ευρώπη και από εκεί μετέπειτα σε όλο τον κόσμο (Blanca et al., 2012). Στη σύγχρονη εποχή η τομάτα καταλαμβάνει ένα πολύ σημαντικό ρόλο στη διατροφή του ανθρώπου και καλλιεργείται ευρέως σε παγκόσμιο επίπεδο τόσο για φρέσκο προϊόν, καθώς και για τομάτα προς επεξεργασία (βιομηχανική τομάτα) (Nowicki et al, 2013).



Εικόνα 1: Κόκκινοι φρέσκοι καρποί τομάτας (Πηγή: rexels).

Ο καρπός της τομάτας ποικίλλει σε μέγεθος και σχήμα, από πολύ μικρό και στρογγυλό έως πολύ μεγάλο με διάφορα σχήματα. Ένα χαρακτηριστικό του καρπού που διευκόλυνε στην εξημέρωση και διάκριση της καλλιεργούμενης ποικιλίας τομάτας είναι το επίμηκες σχήμα του

καρπού. Ο κύριος παράγοντας που προκαλεί αυτό το σχήμα σε καρπούς τομάτας σε κάποιες ποικιλίες είναι η έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία (Van der Knaap et al., 2002, 2004).

1.2 Χρήσεις και φυσικοχημικές ιδιότητες

Η τομάτα είναι ένα παγκοσμίως καταναλισκόμενο λαχανικό με την παγκόσμια παραγωγή το 2022 να φτάνει τους 186.107.972,48 τόνους (FAOSTAT, 2024). Από την συνολική ποσότητα αυτή για το 2022 περίπου οι 39,44 εκατομμύρια τόνοι ήταν καλλιέργεια βιομηχανικής τομάτας (WPTC, 2022). Η κατανάλωση της βιομηχανικής τομάτας είναι υψηλή, καθώς η συσκευασία της σε κονσέρβες την καθιστά διατηρήσιμη για μεγάλα χρονικά διαστήματα σε αντίθεση με το φρέσκο προϊόν. Από τις χώρες που ανήκουν γεωγραφικά στην Ευρώπη, τη μεγαλύτερη παραγωγή βιομηχανικής τομάτας κατά σειρά φέρουν η Ιταλία, η Τουρκία, η Ισπανία, η Πορτογαλία και μετά η Ελλάδα (WPTC, 2022).

Οι χρήσεις της τομάτας (φρέσκια ή επεξεργασμένη) είναι πολυάριθμες. Χρησιμοποιείται στη μαγειρική ως φρέσκο προϊόν ή ως επεξεργασμένο, υπό μορφή πάστας, σκόνης, κέτσαπ, πολτού και χυμού. Επίσης, καταναλώνεται ως φρέσκο προϊόν ή επεξεργασμένο υπό μορφή πίκλας. Αποτελεί τροφή καλής θρεπτικής αξίας, καθώς και φέρει πολλά οφέλη για την υγεία λόγω της υψηλής περιεκτικότητας της σε λυκοπένιο, το οποίο έχει άριστη αντιοξειδωτική δράση (Giovannucci et al., 1995). Επιπλέον, φέρει αρκετές φυσικοχημικές ιδιότητες λόγω της χημικής της σύστασης.

Θεωρούνται πολύτιμη προσθήκη στη καθημερινή διατροφή το ανθρώπου λόγω της χαμηλής τους περιεκτικότητας σε λιπαρά και υποβοηθούν στη μείωση της LDL χοληστερόλης. Φέρει υψηλή περιεκτικότητα σε βιταμίνη Α, ασκορβικό οξύ, κάλιο και φυλλικό οξύ. Άλλες χημικές ουσίες με ενεργητικές ιδιότητες για την υγεία του ανθρώπου είναι τα καροτενοειδή (λυκοπένιο, β-καροτένιο) και οι πολυφαινόλες (φλαβονοειδή, φλαβόνες) που εντοπίζονται σε μεγάλες ποσότητες στη τομάτα. (Tan et al. 2010). Στον παρακάτω πίνακα παρατίθεται η θρεπτική αξία της τομάτας είτε σε νωπή ή επεξεργασμένη μορφή.

Πίνακας 1: Η θρεπτική αξία της φρέσκιας και επεξεργασμένης τομάτας ανά 100 γραμμάρια προϊόντος (USDA, 2019).

Θρεπτικό συστατικό	Μονάδα μέτρησης	Φρέσκια νωπή τομάτα	Επεξεργασμένη τομάτα
Νερό	g	94.52	89.4
Φρουκτόζη	g	1.37	2.34
Ενέργεια	Kcal	18	32
Ενέργεια	kJ	74	134
Πρωτεΐνη	g	0.88	1.64
Συνολικά λιπαρά	g	0.2	0.28
Υδατάνθρακες	g	3.89	7.29
Φυτικές ίνες	g	1.2	1.9
Σάκχαρα	g	2.63	4.4
Γλυκόζη	g	1.25	2.03
Ασβέστιο, Ca	mg	10	34
Σίδηρος, Fe	mg	0.27	1.3
Μαγνήσιο, Mg	mg	11	20
Φωσφόρος, P	mg	24	32
Κάλιο, K	mg	237	293
Νάτριο, Na	mg	5	186
Ψευδάργυρος, Zn	mg	0.17	0.27
Χαλκός, Cu	mg	0.059	0.183
Μαγγάνιο, Mn	mg	0.114	0.183
Σελήνιο, Se	μg	0	0.6
Φθόριο, F	μg	2.3	–
Βιταμίνη C, συνολικό ασκορβικό οξύ	mg	13.7	9.2
Θιαμίνη	mg	0.037	0.075
Ριβοφλαβίνη	mg	0.019	0.052
Νιασίνη	mg	0.594	1.22
Βιταμίνη B-5 (παντοθενικό οξύ)	mg	0.089	0.278
Βιταμίνη B-6	mg	0.08	0.15
Φυλλικό οξύ	μg	15	13
Χολίνη	mg	6.7	12.9
Βιταμίνη A	μg	42	11
B-καροτένιο	μg	449	129

Α-καροτένιο	μg	101	0
Λυκοπένιο	μg	2573	5110
βιταμίνη E	mg	0.54	1.25
βιταμίνη K	μg	7.9	5.3
Λιπαρά οξέα	g	0.028	0.04
Γλουταμινικό οξύ	g	0.431	0.57
Τρυπτοφάνη	g	0.006	0.012
Θρεονίνη	g	0.027	0.04
Ισολευκίνη	g	0.018	0.037
Λευκίνη	g	0.025	0.057
Λυσίνη	g	0.027	0.057
Μεθιονίνη	g	0.006	0.013
Κυστίνη	g	0.009	0.02
Φαινυλανίνη	g	0.027	0.04
Τυροσίνη	g	0.014	0.027
Βαλίνη	g	0.018	0.04
Ναριγκενίνη	mg	0.7	0
Καμφερόλη	mg	0.1	0

Η τομάτα είναι διαδεδομένη για την αντιοξειδωτική, αντιφλεγμονώδη, αντιμεταλλαξιογόνο και αντικαρκινική της δράση (Rafi et al. 2007; Scolastici et al. 2007, 2008; Polínková et al. 2010; Feng et al. 2010). Μάλιστα, αρκετά δεδομένα από ερευνητικές μελέτες έχουν δείξει ότι η κατανάλωση τομάτας συμβάλλει στη πρόληψη ασθενειών που οδηγούν σε βλάβη της όρασης, ασθένειες του αναπνευστικού συστήματος, καρδιοαγγειακές παθήσεις και του καρκίνου (Agarwal and Rao 2000; Sesso et al. 2004; Tan et al. 2010). Επιπλέον, έχει βρεθεί ότι συμβάλλει στη πρόληψη των μεταλλάξεων του DNA (Hazewindus et al. 2014).

1.3 Εδαφοκλιματικές συνθήκες

Η τομάτα είναι μία απαιτητική καλλιέργεια σε εισροές Ronga et al. (2019a, b). Καταρχάς, προκειμένου να αναπτυχθεί σωστά απαιτεί αρκετές ποσότητες νερού. Η επαρκής άρδευση φέρει μείζονος σημασία ρόλο στην ανάπτυξη των φυτών, στο ρυθμό φωτοσύνθεσης, στη ποσότητα και τη ποιότητα της τελικής παραγωγής (Chand et al., 2021). Για αυτό το λόγο η άρδευση της καλλιέργειας είναι απαραίτητη και συνήθως πραγματοποιείται με σύστημα στάγδην άρδευσης (Singh et al., 2013). Η στάγδην άρδευση είναι κατάλληλη για την συγκεκριμένη καλλιέργεια, συμβάλλει στην εξοικονόμηση νερού, καθώς και δίνει τη δυνατότητα της υδρολίπανσης αν και

εφόσον κρίνεται απαραίτητη (Singh et al., 2013). Η προτεινόμενη ποσότητα άρδευσης σε καλλιέργεια τομάτας κυμαίνεται περίπου από 400 έως 600 mm.

Επιπλέον, η τομάτα φέρει υψηλές ανάγκης λίπανσης. Συγκεκριμένα, είναι πολύ σημαντική η αζωτούχα λίπανση, αναλόγως του αναπτυξιακού σταδίου της καλλιέργειας. Οι μεγαλύτερες απαιτήσεις αζωτούχου λίπανσης εμφανίζονται κατά τη βλαστητική ανάπτυξη, όπου χρειάζονται περίπου 30 κιλά το στρέμμα ($30 \text{ kg στρέμμα}^{-1}$) (Ronga et al., 2017). Η επάρκεια αζώτου με τη σειρά της επηρεάζει τη καλλιέργεια της βιομηχανικής τομάτας τόσο στην ανάπτυξη της, στο ρυθμό φωτοσύνθεσης, καθώς και στη ποιότητα του παραγόμενου καρπού (Wang et al., 2010; Ronga et al., 2015). Λόγω των υψηλών αναγκών αζώτου κατά τα αναπτυξιακά στάδια του φυτού ως επιφανειακή λίπανση είναι πολύ χρήσιμη η υδρολίπανση, προκειμένου να αξιοποιείται το λίπασμα με τον καλύτερο δυνατό τρόπο (Wei et al., 2018).

Η καλλιέργεια της τομάτας αντιμετωπίζει αρκετά μεγάλο πρόβλημα με πολυάριθμους εχθρούς κατά την καλλιεργητική περίοδο. Συγκεκριμένα, περισσότεροι από 200 εχθροί και ασθένειες είναι αναγνωρισμένα ότι προσβάλλουν τη τομάτα προκαλώντας τεράστιες απώλειες στη τελική παραγωγή άμεσα ή έμμεσα (Nowicki et al. 2013). Οι ασθένειες αυτές προκαλούνται από μύκητες, βακτήρια, νηματώδεις και ιούς. Όταν οι καλλιέργειες προσβάλλονται από τέτοιες ασθένειες δεν υποβαθμίζεται μόνο η παραγωγή αλλά προκαλείται πρόβλημα στην οικονομία και στην ασφάλεια των καταναλωτών. Κάποια παραδείγματα τέτοιων παθογόνων που προκαλούν υψηλής σημασίας προσβολές στη τομάτα είναι η Σληρωτίνια (*Sclerotinia sp*), το Φουζάριο (*Fusarium sp*) και η σήψη της ρίζας (*Pyrenochaeta lycopersici*). Ακόμη, αξίζει να σημειωθεί ότι τεράστια οικονομική ζημιά προκαλεί το έντομο τούτα (*Tuta absoluta*) και ο μύκητας φυτόφθορα (*Phytophthora infestans*) οδηγώντας σε μείωση των οικονομικών απολαβών από 20 έως 70% (Foolad et al. 2008; Nowicki et al. 2012, 2013).

Η βιομηχανική τομάτα δεν δύναται να καλλιεργηθεί σε θερμοκηπιακές μονάδες, αλλά μόνο στην ύπαιθρο. Επομένως, λόγω των υψηλών αναγκών του φυτού σε θρεπτικά και νερό, την ευαισθησία του στις ακραίες κλιματικές συνθήκες και τους πολυάριθμους εχθρούς του, απαιτεί πολλή φροντίδα και μεγάλες ποσότητες εισροών. Ενόψει των επιπτώσεων της κλιματικής κρίσης και της επιτακτικής ανάγκης για μείωση των εκπομπών ΑτΘ η καλλιέργεια της βιομηχανικής τομάτα πρέπει να μελετηθεί για το περιβαλλοντικό της αντίκτυπο. Η ποσοτικοποίηση του ανθρακικού αποτυπώματος της καλλιέργειας και ο εντοπισμός των καλλιεργητικών τεχνικών που

αυξάνουν τις τελικές εκπομπές ΑτΘ είναι απαραίτητα εφόδια για τη μείωση τους. Η καλλιέργεια της τομάτας είναι σημαντική τόσο για τη διατροφή των ανθρώπων, όσο και για την οικονομία. Επομένως, η μετάβαση της σε μία βιώσιμη καλλιέργεια, χωρίς τη μείωση των τελικών αποδόσεων, απαιτεί την αξιολόγηση και βελτίωση του συστήματος παραγωγής της.

Κεφάλαιο 2: Ποσοτικοποίηση και αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων σε επίπεδο προϊόντος

2.1 Ανθρακικό αποτύπωμα

Για την αξιολόγηση της βιωσιμότητας και του περιβαλλοντικού αντικτύπου των διεργασιών και των προϊόντων ενός καλλιεργητικού συστήματος παραγωγής χρησιμοποιείται ως δείκτης το Αποτύπωμα Άνθρακα (Carbon Footprint-CF) (Al-Mansour, F., & Jejcic, V., 2017). Το διεθνές πρότυπο επαλήθευσης ISO 14067 παραθέτει σαφείς οδηγίες και μεθοδολογία για την ορθή ποσοτικοποίηση όλων των εκπομπών ΑτΘ και απορροφήσεων άνθρακα από τις διεργασίες ολόκληρης της αλυσίδας παραγωγής εκφρασμένες σε ισοδύναμα διοξειδίου του άνθρακα (CO₂e) (International Organization for Standardization, 2017).

Επομένως, το Αποτύπωμα Άνθρακα αποτελεί ένα πολύτιμο εργαλείο ή δείκτη για την αξιολόγηση της διαχείρισης εκπομπών ΑτΘ ενός συστήματος (Xu et al., 2013; Xu and Lan, 2016) προσδιορίζοντας τις διαδικασίες και ενέργειες με τις μεγαλύτερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις (Robinson et al., 2018). Αξίζει να σημειωθεί ότι η πλειοψηφία των ερευνητικών μελετών που άπτονται με τον υπολογισμό του αποτυπώματος άνθρακα τείνουν να θέτουν τα όρια του συστήματος στο “cradle to farm gate” (Peter, C. et al., 2017), δηλαδή στο τελικό αποτέλεσμα συμπεριλαμβάνονται οι εκπομπές ΑτΘ και απορροφήσεις άνθρακα μόνο από τις πρακτικές και διαδικασίες που πραγματοποιούνται εντός της καλλιεργούμενης έκτασης.

Ο Εθνικός Κλιματικός Νόμος (National Climate Law) θέτει το νομικό πλαίσιο και δίνει τις κατευθυντήριες οδηγίες για τον τρόπο διαχείρισης της μείωσης των εκπομπών ΑτΘ και τη συμμόρφωση με τις υποδείξεις της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Συγκεκριμένα, θέτει ενδιάμεσους στόχους για το 2030 και το 2040 υποχρεώνοντας τη μείωση των εκπομπών ΑτΘ κατά 55 και 80% συγκριτικά με τα επίπεδα τους το 1990. Επίσης, παραθέτει πολιτικές ενίσχυσης της πράσινης μετάβασης της χώρας, καθώς και τους τρόπους αξιολόγησης. Σκοπός όλων των προαναφερθέντων είναι η ομαλή μετάβαση της χώρας σε μία κλιματικά ουδέτερη Ευρώπη.

Μάλιστα, αναγράφει κατευθυντήριες οδηγίες για τη ποσοτικοποίηση του ανθρακικού αποτυπώματος στην Ελλάδα. Σύμφωνα με την νομοθεσία οι μέθοδοι ποσοτικοποίησης του CF πρέπει να ακολουθούν τις υποδείξεις και τις ακριβείς οδηγίες κάποιου αναγνωρισμένου προτύπου ή πρωτοκόλλου. Συγκεκριμένα απαιτούνται ένα από τα εξής:

- Πρότυπο ISO 14064-1:2018 Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals (ISO 14064-1:2018)
- Πρότυπο «GHG Protocol - WORLD RESOURCES INSTITUTE» (Bhatia, P., et al., 2011)
- Πρότυπο «2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories» (IPCC 2006)

2.2 Διεθνή πρότυπα για τον υπολογισμό του ανθρακικού αποτυπώματος

Στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής μελέτης αξιοποιήθηκαν τα δεδομένα και από τα τρία πρότυπα, προκειμένου να επιτευχθεί το βέλτιστο και ορθότερο αποτέλεσμα. Ωστόσο, το πρότυπο ISO 14064-1:2018 παρέχει κατευθυντήριες οδηγίες για τη ποσοτικοποίηση των εκπομπών ΑτΘ και των απορροφήσεων άνθρακα σε επίπεδο οργανισμού. Πρακτικά αυτό σημαίνει ότι η ποσότητα των ΑτΘ και των απορροφήσεων που προσμετρώνται αφορούν το σύνολο των δραστηριοτήτων ενός οργανισμού (εταιρία, επιχείρησης, δραστηριότητας, υπηρεσίας κλπ.) που λαμβάνουν χώρα εντός των οργανωτικών ορίων του. Τα οργανωτικά όρια του οργανισμού μπορεί να είναι:

- Όλες οι δραστηριότητες που πραγματοποιούνται εντός εγκαταστάσεων, στις οποίες ο οργανισμός φέρει οικονομικό ή λειτουργικό έλεγχο ή
- Μέρος των δραστηριοτήτων που πραγματοποιούνται εντός εγκαταστάσεων. Το μέρος των εκπομπών ΑτΘ και απορροφήσεων που αναλογούν στον οργανισμό είναι ανάλογος της δραστηριότητας και του τελικού προϊόντος που λαμβάνει.

Στη παρούσα μελέτη σκοπός ήταν η ποσοτικοποίηση του ανθρακικού αποτυπώματος σε επίπεδο προϊόντος και το πρότυπο ISO 14067:2018- Greenhouse gases — Carbon footprint of products — Requirements and guidelines for quantification, που αντικατοπτρίζει ακριβώς αυτή τη διαδικασία δεν είναι ακόμα αναγνωρισμένο σύμφωνα με τον Εθνικό Κλιματικό Νόμο. Παρομοίως, οι κατευθυντήριες οδηγίες του IPCC παρέχουν πληροφορίες για τη ποσοτικοποίηση του ανθρακικού αποτυπώματος, χωρίς να το προσδιορίζουν σε προϊόντικό επίπεδο. Για αυτό το λόγο για την διαμόρφωση της ακριβούς διαδικασίας χρησιμοποιήθηκε το GHG PROTOCOL.

Ωστόσο, μέρος της διαδικασίας διαμορφώθηκε σύμφωνα με κάποιες κατευθυντήριες οδηγίες από το ISO 14064-1:2018 και τα guidelines του IPCC.

Το GHG Protocol Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard, δηλαδή το πρότυπο για τον υπολογισμό και την αναφορά του κύκλου ζωής ενός προϊόντος, παρέχει σε εταιρίες και οργανισμούς τις απαιτήσεις και κατευθυντήριες οδηγίες για την ορθή ποσοτικοποίηση, απογραφή και αναφορά των εκπομπών ΑτΘ και απορροφήσεων άνθρακα σε επίπεδο προϊόντος. Πρωταρχικός στόχος του προτύπου είναι να προσφέρει ένα γενικό πλαίσιο οργανισμούς για την ορθή αξιολόγηση των δραστηριοτήτων τους προς μείωση του τελικού ανθρακικού αποτυπώματος του προϊόντος.

Γενικώς, η μεθοδολογία επικεντρώνεται στις εκπομπές και απορροφήσεις που πραγματοποιούνται κατά τον κύκλο ζωής του προϊόντος και δεν περιλαμβάνει αποφεύγουσες εκπομπές και δραστηριότητες προς μείωση των εκλυόμενων αερίων. Αντιστοίχως, δεν προορίζεται για χρήση προς υπολογισμό μείωσης εκπομπών από αντισταθμίσεις ή διαμόρφωση ισχυρισμών για κλιματική ουδετερότητα. Επομένως, αποτελεί ένα «τεχνικό» πρότυπο, το οποίο είναι κατάλληλο για την δημιουργία μίας έκθεσης απογραφής των εκπομπών ΑτΘ και απορροφήσεων. Από την έκθεση απογραφής κάθε οργανισμός δύναται να αξιολογήσει τις εκπομπές και κατ' επέκταση τις δραστηριότητες του για την εύρεση του βέλτιστου τρόπου μείωσης του ανθρακικού του αποτυπώματος.

Στη συνέχεια, θα ακολουθήσει η επεξήγηση της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε, ώστε να πραγματοποιηθεί η ποσοτικοποίηση στο ανθρακικό αποτύπωμα της καλλιέργειας βιομηχανικής τομάτας σε επίπεδο προϊόντος στη δυτική Ηλεία. Προκειμένου να γίνουν πιο σαφείς οι χρησιμοποιούμενοι όροι παρακάτω παρατίθεται γλωσσάριο αναφορικά με το ανθρακικό αποτύπωμα, τις εκπομπές ΑτΘ και τις απορροφήσεις άνθρακα.

2.3 ΓΛΩΣΣΑΡΙΟ

Cradle-to-gate inventory-απογραφή: Μέρος του κύκλου ζωής ενός προϊόντος από την απόκτηση των υλικών έως την αποχώρηση του τελικού προϊόντος από τα όρια της εγκατάστασης

Cradle-to-grave inventory-απογραφή: Απορροφήσεις και εκπομπές ενός προϊόντος από την απόκτηση των υλικών έως «το τέλος ζωής του» (end-of-life).

End-of-life stage-Στάδιο τέλους ζωής: Ένα στάδιο του κύκλου ζωής που ξεκινάει με την απόρριψη του προϊόντος από τον καταναλωτή έως την επιστροφή του στη φύση ή την κατανομή του στον κύκλο ζωής άλλου προϊόντος.

Άμεσες εκπομπές: Εκπομπές ΑτΘ εκλυόμενες από πηγές εκπομπών που ανήκουν ή ελέγχονται από τον οργανισμό

Άμεση αλλαγή χρήσης γης (direct Land Use Change-dLUC): Αλλαγή στην χρήση γης εντός των ορίων του οργανισμού

Ανάλυση Κύκλου Ζωής (Life Cycle Assessment): Αξιολόγηση των εισροών, εκροών και πιθανών περιβαλλοντικών επιπτώσεων από το σύστημα παραγωγής και χρήσης ενός προϊόντος καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του

Ανθρωπογενείς εκπομπές βιογενών ΑτΘ: Εκπομπές ΑτΘ από βιογενή υλικά που προκαλούνται από ανθρωπογενείς δραστηριότητες

Αποθήκη άνθρακα: Η συνολική ποσότητα άνθρακα αποθηκευμένη σε συγκεκριμένη έκταση γης μέσω κάποιας καταβόθρας, όπως υπέργεια ή υπόγεια βιομάζα, νεκρή οργανική ύλη και εδαφική οργανική ουσία. Οι αλλαγές στον αποθηκευμένο άνθρακα μπορεί να σημαίνουν αύξηση της ποσότητας άνθρακα στη καταβόθρα ή έκλυση ποσότητας διοξειδίου του άνθρακα προς την ατμόσφαιρα.

Απορρόφηση ΑτΘ: Δέσμευση ΑτΘ από την ατμόσφαιρα από δεξαμενές ΑτΘ

Βιογενές CO₂: Διοξείδιο του άνθρακα που λαμβάνεται από την οξείδωση βιογενούς άνθρακα

Βιογενές: Υλικό ή προϊόν από βιομάζα, παραγόμενο από ζωντανούς μικροοργανισμούς ή από βιολογικές διεργασίες, αποκλείοντας υλικά σε γεωλογικούς σχηματισμούς και υλικά από απολιθώματα και ορυκτά

Δεξαμενή ΑτΘ: Διαδικασία που αφαιρεί ΑτΘ από την ατμόσφαιρα

Δυναμικό υπερθέρμανσης του πλανήτη (global warming potential): Δείκτης GWP, που μετρά τη ποσότητα της υπέρυθρης ακτινοβολίας που απορροφά ένα συγκεκριμένο ΑτΘ σε δεδομένο χρονικό διάστημα, αφότου εκλυθεί στην ατμόσφαιρα

Έκθεση απογραφής ΑτΘ: έκθεση που περιλαμβάνει το σύνολο των πηγών ΑτΘ, τις εκλυόμενες ποσότητες ΑτΘ και των απορροφήσεων άνθρακα (εάν εφαρμόζεται)

Εκπομπή ΑτΘ: Έκλυση ΑτΘ στην ατμόσφαιρα από οποιαδήποτε διαδικασία

Έμμεσες εκπομπές: Εκπομπές ΑτΘ που είναι αποτέλεσμα διεργασιών και δραστηριοτήτων του οργανισμού, αλλά εκλύονται από πηγές που δεν ανήκουν ή ελέγχονται από τον οργανισμό

Επίπτωση ΑτΘ: Το αποτέλεσμα από τον πολλαπλασιασμό της ποσότητας ΑτΘ με το αντίστοιχο Δυναμικό Υπερθέρμανσης του Πλανήτη

Ισοδύναμο διοξειδίου του άνθρακα (CO₂e): Μονάδα σύγκρισης της επίδρασης ενός ΑτΘ στο ενεργειακό ισοζύγιο του πλανήτη (Radiative Forcing-RF) με την επίδραση του διοξειδίου του άνθρακα

*Το ισοδύναμο διοξειδίου του άνθρακα υπολογίζεται πολλαπλασιάζοντας τη μάζα (ποσότητα) ενός ΑτΘ με το δυναμικό υπερθέρμανσης του πλανήτη για το συγκεκριμένο αέριο

Καταβόθρα ΑτΘ: Οποιοδήποτε μέσο, εκτός από την ατμόσφαιρα, που έχει τη δυνατότητα δέσμευσης ΑτΘ, αποθήκευσης και έκλυσης τους

*π.χ. ο ωκεανός, το έδαφος και τα δάση

Καταναλωτής: Κάποιος που αγοράζει, καταναλώνει ή χρησιμοποιεί το προϊόν

Λειτουργική μονάδα: Η λειτουργική μονάδα χρησιμοποιείται για τη ποσοτικοποίησή της επίδοσης του υπό μελέτη προϊόντος.

Μείωση ΑτΘ: Συγκεκριμένες διαδικασίες και πρωτοβουλίες από έναν οργανισμό για την μείωση ή αποφυγή πραγματοποίησης άμεσων και έμμεσων εκπομπών ΑτΘ ή ενίσχυση των άμεσων και έμμεσων απορροφήσεων

Μη ανθρωπογενείς βιογενείς εκπομπές ΑτΘ: Εκπομπές ΑτΘ από βιογενή υλικά προερχόμενες από φυσικές καταστροφές, όπως φωτιά, ή από φυσική εξέλιξη, όπως αποσύνθεση βιολογικών υλικών

Οργανισμός: Μεμονωμένο άτομο ή ομάδα ατόμων, που πραγματοποιεί διαδικασίες και χρησιμοποιεί υπηρεσίες, προκειμένου να επιτύχει τον τελικό στόχο, όπως τη παραγωγή βιομηχανικής τομάτας

*Ένας οργανισμός μπορεί να είναι μεμονωμένο άτομο, ομάδα παραγωγών, επιχείρηση, ίδρυμα κα. Για τις ανάγκες της μελέτης οργανισμός ορίζεται η ομάδα παραγωγών βιομηχανικής τομάτας στη δυτική Ηλεία

Οργανωτικά όρια: Τα όρια των διαδικασιών και υπηρεσιών που συμπεριλαμβάνονται στην απογραφή ΑτΘ και απορροφήσεων ως πηγές εκπομπών, στις οποίες ένας οργανισμός ασκεί οικονομικό ή λειτουργικό έλεγχο, ή φέρει μερίδιο ευθύνης

Όρια αναφοράς: Τα όρια των εκπομπών ΑτΘ και απορροφήσεων άνθρακα που αναφέρονται εντός των οργανωτικών ορίων ενός οργανισμού, δηλαδή οι εκπομπές και οι απορροφήσεις που παρουσιάζονται στην έκθεση απογραφής

Πηγή ΑτΘ: Διαδικασία που εκλύει ΑτΘ στην ατμόσφαιρα

Συντελεστής εκπομπών ΑτΘ: Συντελεστής εκπομπών που συνδέει τα ενεργά δεδομένα ΑτΘ με τις εκπομπές ΑτΘ

Τελικό προϊόν: Το προϊόν που είναι έτοιμο προς αποστολή στον τελικό αποδέκτη ή στον καταναλωτή από τον οργανισμό χωρίς να υποστεί περαιτέρω επεξεργασία από τον ίδιο

Χρήση γης: Διαχείριση εκτάσεων γης από ανθρώπινο παράγοντα

Χρόνος βάσης: Επιλεγμένη χρονική περίοδος που θα χρησιμοποιηθεί για συγκριτικούς σκοπούς στο μέλλον προς αξιολόγηση της μείωσης των εκλυόμενων ΑτΘ.

*Στη παρούσα διπλωματική μελέτη χρόνος βάσης θα αποτελέσει το έτος 2023, που είναι και το έτος της μελέτης, εφόσον δεν υφίσταται προηγούμενη ποσοτικοποίηση και θα χρησιμεύσει για μελλοντικές μελέτες

2.4 Αρχές για τη ποσοτικοποίηση του ανθρακικού αποτυπώματος

Κατά τη διαδικασία υπολογισμού του ανθρακικού αποτυπώματος ενός οργανισμού απαιτείται να τηρούνται κάποιες αρχές. Στο πλαίσιο της παρούσας μεταπτυχιακής μελέτης τηρούνται οι παρακάτω αρχές, σύμφωνα με το GHG Protocol (Bhatia, P., & Ranganathan, J., 2004):

Σχετικότητα/Συνάφεια: Τα όρια του συστήματος για τη ποσοτικοποίηση και αναφορά των εκπομπών ΑτΘ πρέπει να είναι σχετικά με τις εκπομπές του οργανισμού, καθώς και να αντανακλούν τους στόχους του.

Πληρότητα: Πρέπει να αναφέρονται το σύνολο των πηγών εκπομπών εντός των ορίων του οργανισμού.

Συνέπεια: Πρέπει να εξασφαλίζεται ότι σε όλα τα χρησιμοποιούμενα δεδομένα δύναται να εντοπιστεί η πηγή τους με τη πάροδο του χρόνου, να πραγματοποιηθεί σύγκριση και ότι χρησιμοποιούνται ορθές και ανανεωμένες μέθοδοι και πρακτικές.

Διαφάνεια: Καθ' όλη τη διάρκεια υπολογισμού και αναφοράς πρέπει να υφίστανται διαφάνεια, όπως κατά την αξιολόγηση των διαδικασιών, την συλλογή δεδομένων και την ποσοτικοποίηση.

Ακρίβεια: Η συλλογή των δεδομένων και πληροφοριών πρέπει να είναι ακριβής και να αποφεύγονται πιθανές αβεβαιότητες και ανακρίβειες.

2.5 Όρια συστήματος- System Boundary

Πριν από την έναρξη υπολογισμού του ανθρακικού αποτυπώματος για ένα σύστημα και προϊόν είναι μείζονος σημασίας ο προσδιορισμός των ορίων του συστήματος. Θέτοντας τα όρια του συστήματος εξασφαλίζεται η συμπερίληψη όλων των εκπομπών ΑτΘ και απορροφήσεων που μας ενδιαφέρουν για την μελέτη (Wang, H., et al., 2015). Καταρχάς, όσον αφορά τα οργανωτικά όρια για τις ανάγκες της μελέτης έχουν συμπεριληφθεί διαδικασίες στις οποίες ο οργανισμός ασκεί οικονομικό και λειτουργικό έλεγχο (Εφαρμογή λιπασμάτων, φυτοπροστατευτικών, άρδευση, εδαφοκατεργασία κλπ.), καθώς και διαδικασίες στις οποίες φέρει μερίδιο ευθύνης (παραγωγή λιπασμάτων, φυτοπροστατευτικών, ηλεκτρικής ενέργειας κλπ.).

Στη συνέχεια, θα οριστούν τα όρια αναφοράς. Τα όρια αναφοράς για την ποσοτικοποίηση του ανθρακικού αποτυπώματος της καλλιέργειας βιομηχανικής τομάτας στη δυτική Ηλεία λήφθηκαν υπόψη οι κατηγορίες εκπομπών του ISO 14064-1:2018, καθώς και τα scopes του GHG PROTOCOL. Οι κατηγορίες του ISO 14064-1:2018 είναι οι εξής:

1. Άμεσες εκπομπές ΑτΘ και απορροφήσεις
2. Έμμεσες εκπομπές ΑτΘ από εισαγόμενη ενέργεια

3. Έμμεσες εκπομπές ΑτΘ από μεταφορές
4. Έμμεσες εκπομπές ΑτΘ από προϊόντα που χρησιμοποιούνται από τον οργανισμό
5. Έμμεσες εκπομπές ΑτΘ από τη χρήση προϊόντων από τον οργανισμό
6. Έμμεσες εκπομπές από άλλες πηγές

Σε κάθε κατηγορία η αναφορά των βιογενών εκπομπών από ανθρωπογενή ή μη δραστηριότητα (εάν υπολογιστούν) πρέπει να αναφέρονται ξεχωριστά. Κατά την έκθεση απογραφής ο οργανισμός πρέπει να καταγράφει και αναφέρει τις εκπομπές CO₂, CH₄, N₂O, NF₃, SF₆ ξεχωριστά από άλλες εκπομπές ΑτΘ, όπως HFCs, PFCs. Όλες οι εκπομπές αναφέρονται σε τόνους ισοδύναμων διοξειδίου του άνθρακα (CO₂e).

Το GHG PROTOCOL διαχωρίζει τις εκπομπές σε Scopes. Συγκεκριμένα υφίστανται 3 κατηγορίες, οι οποίες είναι οι εξής (Bhatia, P., & Ranganathan, J., 2004):

Scope 1: Άμεσες εκπομπές ΑτΘ

Πρόκειται για ΑτΘ που προέρχονται από πηγές, οι οποίες ελέγχονται ή ανήκουν στον οργανισμό. Για παράδειγμα τέτοιες εκπομπές είναι προερχόμενες από καύση σε λέβητες, καθώς και καύση από τη λειτουργία οχημάτων που ανήκουν ή ελέγχονται από τον οργανισμό. Άμεσες εκπομπές από καύση βιομάζας δεν περιλαμβάνονται στο Scope 1, αλλά πρέπει να αναφέρονται ξεχωριστά. Παρομοίως, ΑτΘ που δεν περιλαμβάνονται στο Πρωτόκολλο του Κιότο, όπως οι χλωροφθοράνθρακες (CFCs) πρέπει να αναφέρονται ξεχωριστά.

Scope 2: Έμμεσες εκπομπές ΑτΘ από ηλεκτρική ενέργεια

Πρόκειται για έμμεσες εκπομπές ΑτΘ από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, η οποία αγοράζεται και χρησιμοποιείται από τον οργανισμό. Η αγορασμένη ηλεκτρική ενέργεια είναι αυτή που αγοράζεται και χρησιμοποιείται εντός των ορίων του οργανισμού.

Scope 3: Άλλες έμμεσες εκπομπές ΑτΘ

Πρόκειται για μία κατηγορία έμμεσων εκπομπών από άλλες πηγές εκτός της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Η κατηγορία αυτή σύμφωνα με το πρότυπο δεν είναι υποχρεωτικό να συμπεριληφθεί κατά τον υπολογισμό του ανθρακικού αποτυπώματος, σε αντίθεση με τις δύο προηγούμενες. Αφορά εκπομπές από ενέργειες που πραγματοποιούνται για τον οργανισμό, αλλά

δεν ανήκουν ή ελέγχονται από τον ίδιο. Για παράδειγμα τέτοιες εκπομπές είναι από τη μεταφορά αγορασμένων καυσίμων και από την παραγωγή προϊόντων που αγοράζονται από τον οργανισμό.

Το πρότυπο ISO 14064-1:2018 παρέχει ένα ξεχωριστό παράρτημα αναφορικά με τις εκπομπές ΑτΘ και απορροφήσεις από τον αγροτικό τομέα. Σύμφωνα με αυτό το παράρτημα οι εκπομπές ΑτΘ και απορροφήσεις από τον αγροτικό τομέα αφορούν:

- Άμεσες εκπομπές
- Έμμεσες εκπομπές
- Βιογενείς εκπομπές και απορροφήσεις, οι οποίες αναφέρονται ξεχωριστά

Στο πλαίσιο της παρούσας μεταπτυχιακής μελέτης αποφασίστηκε οι απορροφήσεις άνθρακα να μην συμπεριληφθούν. Επομένως, το ανθρακικό αποτύπωμα αφορά αποκλειστικά τις εκπομπές ΑτΘ. Στους παρακάτω πίνακες παρατίθενται οι πιθανές εκπομπές ΑτΘ από τον αγροτικό τομέα, σύμφωνα με το πρότυπο ISO 14064-1:2018.

Πίνακας 2: Άμεσες εκπομπές ΑτΘ και πηγές εκπομπών από τον αγροτικό τομέα, σύμφωνα με το διεθνές πρότυπο ISO 14064-1:2018.

ΑΜΜΕΣΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΑτΘ: Κατηγορία 1			
Πηγές εκπομπών ΑτΘ		Παραδείγματα	Αέρια του Θερμοκηπίου
1.1	Άμεσες εκπομπές ΑτΘ από σταθερή καύση		
	Σταθερός εξοπλισμός-καύση ορυκτών	Γεννήτριες, λέβητες, μηχανές άλεσης (μύλοι), στεγνωτήρια, άρδευση	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, CO ₂ e
	Σταθερός εξοπλισμός-καύση βιογενών υλικών	Γεννήτριες, λέβητες, μηχανές άλεσης (μύλοι), στεγνωτήρια, άρδευση	CH ₄ , N ₂ O, CO ₂ e
1.2	Άμεσες εκπομπές ΑτΘ από κινητή καύση		
	Κινητός εξοπλισμός-καύση ορυκτών	Εδαφοκατεργασία, σπορά, συγκομιδή, μεταφορά	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, CO ₂ e
	Κινητός εξοπλισμός-καύση βιογενών υλικών	Εδαφοκατεργασία, σπορά, συγκομιδή, μεταφορά	CH ₄ , N ₂ O, CO ₂ e
1.3	Βιομηχανικές διεργασίες	Μη εφαρμόσιμο	Μη εφαρμόσιμο
1.4	Άμεσες διαφεύγουσες εκπομπές εξαιτίας της εκπομπής ΑτΘ από ανθρωπογενείς ενέργειες		
	Ψύξη, κλιματισμός	Καταψύκτες, ψύκτες, ψυγεία	HFCs, PFCs, CO ₂ e
	Προσθήκη λιπασμάτων και βοηθητικών σκευασμάτων	Συνθετικά λιπάσματα π.χ. άνυδρη αμμωνία ή νιτρικό αμμώνιο, ουρία	N ₂ O, CO ₂ e
	Προσθήκη ζωικών απορριμμάτων ως εδαφοβελτιωτικά	Κοπριά	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, CO ₂ e

	Προσθήκη φυτικών υπολειμμάτων	Υπολείμματα από καλαμπόκι, σιτάρι, κλαδέματα	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, CO ₂ e
	Εδαφοκατεργασία και αποστράγγιση εδαφών	Όργωμα, αποστράγγιση	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, CO ₂ e
	Εντερική ζύμωση	Μηρυκαστικά	CO ₂ e, CH ₄
	Προσθήκη ασβέστου στο έδαφος		CO ₂ , CO ₂ e
	Καλλιέργεια ρυζιού	N ₂ O, CO ₂ e	CO ₂ e, CH ₄
	Άφηση φυτικών υπολειμμάτων στην καλλιεργούμενη έκταση		CH ₄ , N ₂ O, CO ₂ e
	Αναερόβια πέψη		CH ₄ , N ₂ O, CO ₂ e
	Κομποστοποίηση οργανικών υπολειμμάτων		CH ₄ , CO ₂ e
1.5	Άμεσες εκπομπές από την Χρήση Γης, την Αλλαγή Χρήσης Γης και την Δασοκομία		
	Άμεση Αλλαγή Χρήσης Γης	Εκπομπές CO ₂ από την μετατροπή των δασών σε καλλιεργούμενες εκτάσεις και των υγροτόπων σε καλλιεργούμενες εκτάσεις	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, CO ₂ e

Πίνακας 3: Έμμεσες εκπομπές ΑτΘ από εισαγόμενη ενέργεια από τον αγροτικό τομέα, σύμφωνα με το διεθνές πρότυπο ISO 14064-1:2018.

ΕΜΜΕΣΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΑτΘ			
Κατηγορία 2: Έμμεσες εκπομπές από την εισαγόμενη ενέργεια			
2.1	Έμμεσες εκπομπές από εισαγόμενη ηλεκτρική ενέργεια		CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, CO ₂ e

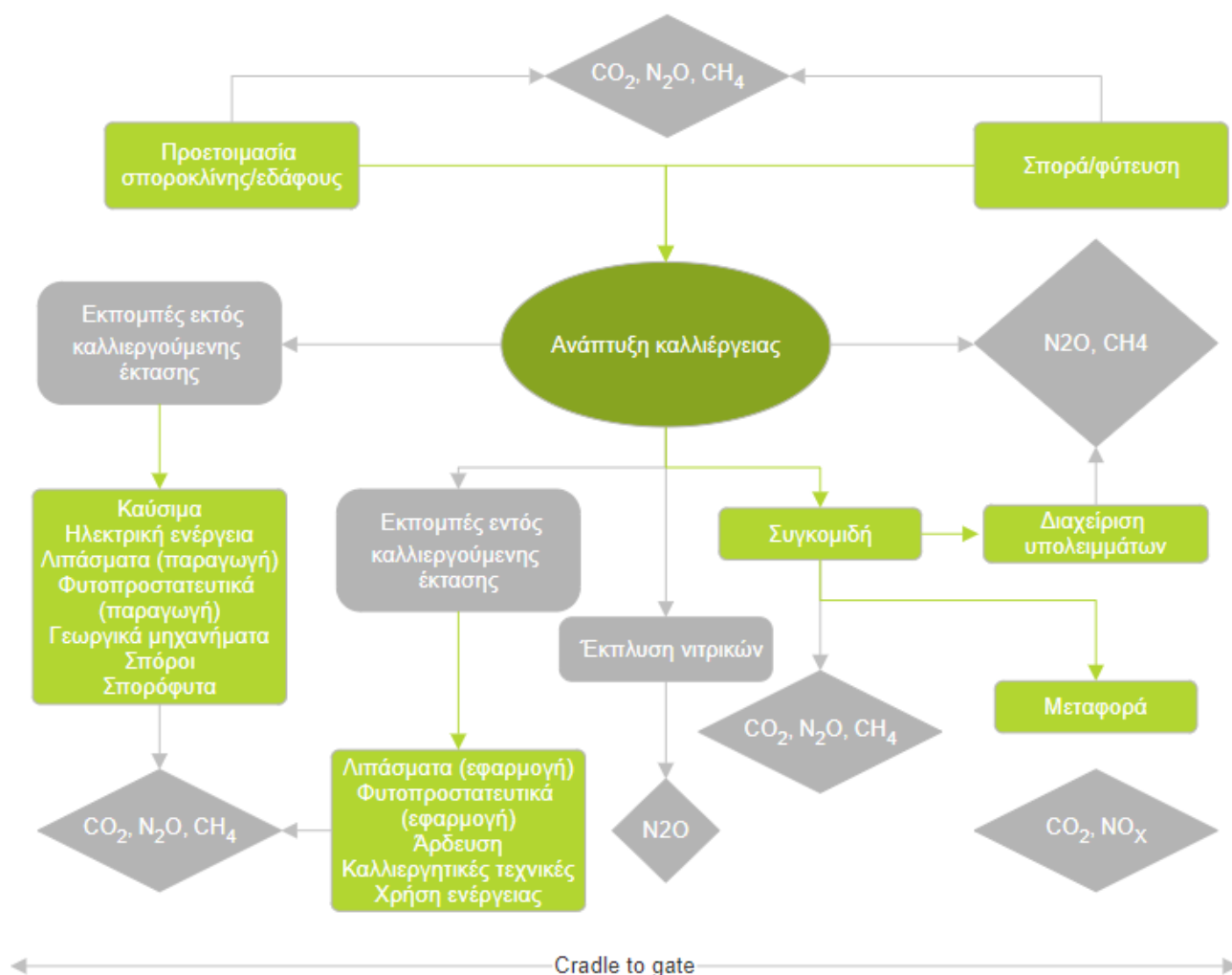
Πίνακας 4: Έμμεσες εκπομπές ΑτΘ και πηγές εκπομπών από τις κατηγορίες 3 και 4 στον αγροτικό τομέα, σύμφωνα με το διεθνές πρότυπο ISO 14064-1:2018.

ΑΛΛΕΣ ΕΜΜΕΣΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΑτΘ			
3	Κατηγορία 3: Έμμεσες εκπομπές ΑτΘ από μεταφορές		
	Εκπομπές ΑτΘ από μεταφορές και διανομή προϊόντων	Φορτηγά, μεταφορά σε αποθήκες	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, CO ₂ e
4	Κατηγορία 4: Έμμεσες εκπομπές ΑτΘ από προϊόντα που χρησιμοποιούνται από τον οργανισμό		
	Εκπομπές ΑτΘ από αγορασμένα προϊόντα		
	Παραγωγή ενέργειας	Ορυκτά καύσιμα	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, CO ₂ e
	Παραγωγή λιπασμάτων	Άζωτο, ουρία, φωσφόρος, κάλιο	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, CO ₂ e
	Παραγωγή ζωοτροφών	Άλεση, ξήρανση	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, CO ₂ e
	Παραγωγή αγροχημικών	Εντομοκτόνα, μυκητοκτόνα, ζιζανιοκτόνα	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, CO ₂ e

Πίνακας 5: Άμεσες βιογενείς εκπομπές ΑτΘ και πηγές εκπομπών από τον αγροτικό τομέα, σύμφωνα με το διεθνές πρότυπο ISO 14064-1:2018.

ΒΙΟΓΕΝΕΙΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΑτΘ			
Πηγές εκπομπών ΑτΘ		Παραδείγματα	Αέρια του Θερμοκηπίου
Κατηγορία 1: Άμεσες εκπομπές ΑτΘ			
1.1	Άμεσες εκπομπές από την χρήση γης, την αλλαγή χρήσης γης και την δασοκομία-Διαχείριση γης	Καύση υπολειμμάτων, διαχείριση ξύλου	CO ₂ , CO ₂ e
1.2	Άμεσες εκπομπές από καύσεις σε σταθερό εξοπλισμό	Καύση βιοκαυσίμων: γεννήτριες, λέβητες, μηχανή άλεσης, ξηραντήρας, άρδευση	CO ₂ , CO ₂ e
	Άμεσες εκπομπές από καύσεις σε κινητό εξοπλισμό	Καύση βιοκαυσίμων: εδαφοκατεργασία, σπορά, συγκομιδή, μεταφορές	CO ₂ , CO ₂ e
1.3	Άμεσες διαφεύγουσες εκπομπές εξαιτίας της εκπομπής ΑτΘ από ανθρωπογενείς ενέργειες	Κομποστοποίηση οργανικών υπολειμμάτων	CO ₂ , CO ₂ e

Τα όρια του συστήματος για τον υπολογισμό του ανθρακικού αποτυπώματος στη παρούσα ερευνητική μελέτη παρουσιάζονται στο παρακάτω διάγραμμα:



Διάγραμμα 4: Διάγραμμα ροής αναφορικά με τις εκπομπές ΑτΘ από τις πρακτικές που λαμβάνουν μέρος στο πλαίσιο διαχείρισης μίας καλλιεργούμενης έκτασης και του τελικού προϊόντος (Liu et al., 2016).

Επομένως, οι εκπομπές που λαμβάνονται υπόψη προέρχονται από όλες τις καλλιεργητικές πρακτικές που λαμβάνουν χώρα στην καλλιεργούμενη έκταση από την έναρξη της καλλιεργητικής περιόδου έως το τέλος της, δηλαδή από τη σπορά έως τη συγκομιδή. Σε αυτές περιλαμβάνονται η χρησιμοποιούμενη ηλεκτρική ενέργεια και παραγωγή της, τα χρησιμοποιούμενα ορυκτά και βιογενή καύσιμα και η παραγωγή τους, καθώς και η χρήση όλων των σκευασμάτων και η παραγωγή τους. Επιπλέον, περιλαμβάνονται μόνο οι μεταφορές του προϊόντος (βιομηχανική τομάτα) στα σημεία διανομής.

2.6 Λειτουργική μονάδα

Στις μελέτες υπολογισμού και αξιολόγησης του αποτυπώματος άνθρακα η λειτουργική μονάδα (Functional Unit-FU) αποτελεί τη μονάδα αναφοράς, στην οποία εκλύεται μία συγκεκριμένη ποσότητα ΑτΘ (BSI, 2012). Η λειτουργική μονάδα ουσιαστικά υποδεικνύει τη κλιματική επίπτωση του προϊόντος συμπεριλαμβάνοντας όλες τις πηγές εκπομπών εντός των ορίων του συστήματος (Peters, G. P., 2010). Ωστόσο, το ανθρακικό αποτύπωμα δύναται να αξιολογηθεί για διάφορες λειτουργικές μονάδες, αναλόγως τις διαφορετικές μεθόδους (Gao et al., 2014). Για τη συγκεκριμένη μελέτη η λειτουργική μονάδα που επιλέχθηκε ήταν τα κιλά ισοδύναμων διοξειδίου του άνθρακα ανά τόνο προϊόντος ($\text{kg of CO}_2\text{e tn}^{-1}$ βιομηχανικής τομάτας).

2.7 Χρονική περίοδος

Ο υπολογισμός του ανθρακικού αποτυπώματος του προϊόντος πραγματοποιείται για συγκεκριμένα οργανωτικά όρια, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως. Συγκεκριμένα πραγματοποιείται από την έναρξη της καλλιεργητικής περιόδου έως τη μεταφορά στα σημεία διανομής. Επομένως, η χρονική περίοδος για την οποία υπολογίζεται το αποτύπωμα άνθρακα ορίζεται περίπου μία καλλιεργητική περίοδος.

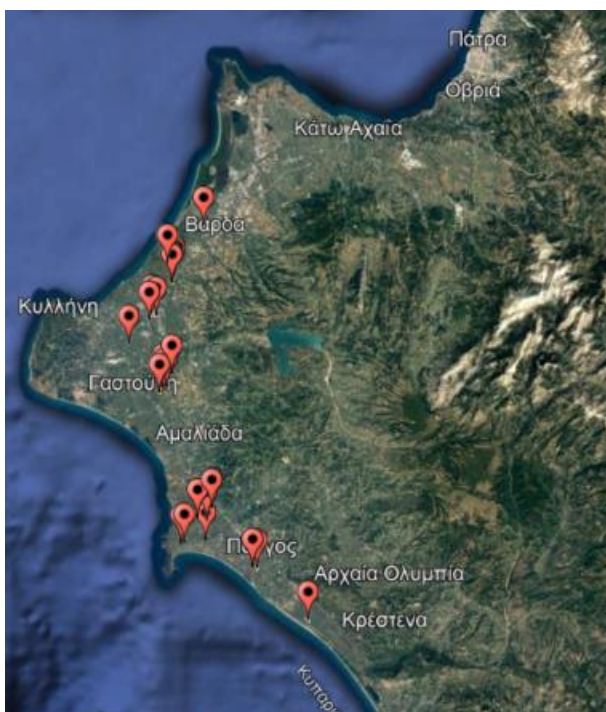
Κεφάλαιο 3: Ερευνητική μεθοδολογία-Υλικά και μέθοδοι

3.1 Παραγωγή και τοποθεσία

Για τον υπολογισμό του ανθρακικού αποτυπώματος ήταν απαραίτητη η συλλογή όλων των στοιχείων που αφορούσαν την καλλιεργητική περίοδο. Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι η εκτίμηση του αποτυπώματος άνθρακα σε επίπεδο προϊόντος για την καλλιεργητική περίοδο βιομηχανικής τομάτας σε ομάδα παραγωγών στη περιοχή της Ηλείας για το έτος 2023. Η ομάδα παραγωγών περιλαμβάνει 12 παραγωγούς, οι οποίοι στο σύνολο έχουν 30 αγροτεμάχια.

Η γεωγραφική διασπορά των αγροτεμαχίων που επιλέχθηκαν για την μελέτη αντιπροσωπεύει όλες τις περιοχές της Ηλείας, όπου υφίστανται καλλιέργειες βιομηχανικής τομάτας. Ως αποτέλεσμα, εντοπίζεται διαφοροποίηση στις εδαφικές και κλιματικές συνθήκες και το τελικό αποτέλεσμα θα είναι αντιπροσωπευτικό για το σύνολο της περιοχής για τη συγκεκριμένη καλλιέργεια.

Παρακάτω παρατίθεται χάρτης που υποδεικνύει τη γεωγραφική τοποθεσία των αγροτεμαχίων.



Εικόνα 2: Απεικόνιση γεωγραφικής τοποθεσίας των καλλιεργούμενων εκτάσεων βιομηχανικής τομάτας που αξιολογήθηκαν στο πλαίσιο της μεταπτυχιακής μελέτης (Πηγή: Google Earth).

3.2 Συλλογή απαιτούμενων δεδομένων και στοιχείων

Για τον υπολογισμό του CF ήταν απαραίτητη η συλλογή όλων των στοιχείων που αφορούσαν τη καλλιεργητική περίοδο και την μεταφορά του τελικού προϊόντος. Στην αρχή της μελέτης δημιουργήθηκε ένα ερωτηματολόγιο, που διανεμήθηκε σε κάθε παραγωγό ξεχωριστά προς συμπλήρωση. Για κάθε αγροτεμάχιο συμπληρώθηκε ένα διαφορετικό ερωτηματολόγιο. Οι πληροφορίες και τα δεδομένα που ζητούσε το ερωτηματολόγιο είναι τα εξής:

1. Γενικά στοιχεία:
 - a. Ονοματεπώνυμο παραγωγού
 - b. Ονομασία αγροτεμαχίου
 - c. Καλλιεργούμενη έκταση (στρ.)
 - d. Καθαρή στρεμματική απόδοση αγροτεμαχίου
 - e. Υπάρχουσα πιστοποίηση καλλιέργειας

2. Διαχείριση υπολειμμάτων καλλιέργειας
3. Έδαφος
 - a. Φυσικοχημική παράμετρος
 - i. Κοκκομετρική σύσταση
 - ii. Οργανική ουσία
 - iii. pH
 - b. Μονάδες μέτρησης
 - c. Αποτελέσματα ανάλυσης
4. Εισροές
 - a. Εισροές λίπανσης
 - i. Ημ/νία
 - ii. Σκεύασμα
 - iii. Τύπος Λιπάσματος
 - iv. Περιεκτικότητα
 - v. Συνολική Ποσότητα
 - vi. Μονάδα μέτρησης
 - vii. Εξοπλισμός
 - viii. Μέθοδος εφαρμογής
 - b. Εισροές φυτοπροστασίας
 - i. Προφυτρωτικές εφαρμογές
 1. Ημ/νία
 2. Σκεύασμα
 3. Δραστική ουσία
 4. Αιτία Εφαρμογής
 5. Δόση
 6. Μονάδα μέτρησης
 7. Εξοπλισμός
 8. Μέθοδος εφαρμογής
 - ii. Μεταφυτρωτικές εφαρμογές
 1. Ημ/νία
 2. Σκεύασμα
 3. Δραστική ουσία
 4. Αιτία Εφαρμογής
 5. Δόση
 6. Μονάδα μέτρησης
 7. Εξοπλισμός
 8. Μέθοδος εφαρμογής
5. Καύσιμα
 - a. Άμεση χρήση ενέργειας
 - i. Πηγή ενέργειας
 - ii. Ποσότητα
 - b. Χρήση ενέργειας για γεωργικές εργασίες
 - i. Επανάληψη κατεργασίας

- ii. Κατεργασία
 - iii. Κατανάλωση κατεργασίας σε lt ανά στρέμμα
 - iv. Συνολική κατανάλωση σε lt ανά στρέμμα
 - v. ΣΥΝΟΛΟ
- 6. Συγκομιδή (lt στρ⁻¹)
- 7. Χρήση νερού
 - a. Μέθοδος
 - b. Πηγή υδάτων
 - c. Βάθος άντλησης
 - d. Οριζόντια απόσταση
 - e. Πηγή ενέργειας
 - f. Περιπτώσεις άρδευσης
 - i. Ημ/νία
 - ii. Ενέργεια
 - iii. Διάρκεια και ποσότητα
- 8. Αλλαγές στο αποτύπωμα άνθρακα
 - a. Αλλαγές εντός της καλλιεργούμενης έκτασης
 - b. Αλλαγές εκτός της καλλιεργούμενης έκτασης
- 9. Μεταφορά
 - a. Μέσο
 - b. Απόσταση χωράφι - εργοστάσιο (km)
 - c. Αριθμός φορτίου
 - d. Κιλά προϊόντος

3.3 Πλατφόρμα ποσοτικοποίησης εκπομπών ΑτΘ

3.3.1 Cool Farm Tool

Για την ποσοτικοποίηση των εκπομπών ΑτΘ σε επίπεδο προϊόντος χρησιμοποιήθηκε η διαδικτυακή πλατφόρμα Cool Farm Tool (CFT). Η πλατφόρμα CFT αποτελεί ένα online εργαλείο υπολογισμού το ανθρακικού αποτυπώματος σε ισοδύναμα διοξειδίου του άνθρακα σε επίπεδο προϊόντος. Το εργαλείο αυτό δημιουργήθηκε από την Cool Farm Alliance (CFA). Η Cool Farm Alliance συνίσταται από 157 μέλη και 9 συνεργάτες. Τα μέλη της CFA περιλαμβάνουν οργανισμούς, εταιρίες αγροδιατροφής, συμβουλευτικές εταιρίες, εταιρίες τροφών και ποτών, λιανοπωλητές και Μη Κυβερνητικές Οργανώσεις. Μερικά από τα πιο γνωστά μέλη της είναι η BAYER, η BASF, η BEN & JERRY'S, η CONTROL UNION, η Fertilizers Europe, η ECOM, η FAIR TRADE INTERNATIONAL, η Gold Standard, η FRONTIER, η Heineken, Lavazza, η PEPSICO, τα Starbucks, η YARA, η RAINFOREST ALLIANCE και η Unilever. Όλα τα μέλη

της CFA προβήκαν στη συμμετοχή τους στη συμμαχία λόγω της ανάγκης τους για ορθή και εύκολη ποσοτικοποίηση του περιβαλλοντικού τους αντικτύπου.

Το CFT από την αρχή της ίδρυσης του έχει χρησιμοποιηθεί σε πολυάριθμες καλλιέργειες και οργανισμούς σε όλο τον κόσμο. Για παράδειγμα έχει χρησιμοποιηθεί σε καλλιέργειες τομάτας, μαρουλιού, φασολιού, μπρόκολου πατάτας για οργανισμούς όπως η Unilever, η Costco, το Marks and Spencer, το Stonyfield, η Ecom, η Sysco και η Heinz. Το εργαλείο αυτό είναι βασισμένο σε ένα μεγάλο εύρος της παγκόσμιας δημοσιευμένης βιβλιογραφίας, πληθώρας ερευνητικών μελετών με αξιολόγηση από ομότιμους και στη μεθοδολογία της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Κλιματική Αλλαγή (Intergovernmental Panel for Climate Change-IPCC), ώστε να προσφέρει σωστούς υπολογισμούς.

Το εργαλείο χρησιμοποιείται από επιχειρήσεις, παραγωγούς, επιστήμονες, ακαδημαϊκό προσωπικό και οποιονδήποτε ενδιαφέρεται για τη ποσοτικοποίηση του ανθρακικού του αποτυπώματος και τη προώθηση της βιωσιμότητας. Δύναται να χρησιμοποιηθεί μέσω του διαδικτύου, παρέχεται δωρεάν και είναι πολύ εύκολο στη χρήση. Η πλατφόρμα δύναται να χρησιμοποιηθεί για υπολογισμό εκπομπής ΑτΘ σε καλλιέργειες σε επίπεδο αγρού (δηλαδή δεν ενδείκνυται για υδροπονία και θερμοκήπια), σε κτηνοτροφικές μονάδες, καθώς και για τον υπολογισμό του υδατικού αποτυπώματος και τη προώθηση της βιοποικιλότητας.

3.3.2 Σενάριο «what-if»

Η πλατφόρμα μετά το τέλος υπολογισμού του ανθρακικού αποτυπώματος δίνει τη δυνατότητα δημιουργίας αντιγράφου της μελέτης και τέλεση σεναρίων «what-if». Τα σενάρια «what-if» παρέχουν τη δυνατότητα πειραματισμού σε μία συγκεκριμένη αξιολόγηση. Δηλαδή, δίνεται η επιλογή αλλαγής συγκεκριμένων πρακτικών για τη δημιουργία διαφορετικού αποτελέσματος. Μέσω αυτής της επιλογής ο αξιολογητής μπορεί να εντοπίσει πηγές με μείζονος σημασίας εκπομπές ΑτΘ. Κατ'επέκταση δύναται να αξιολογήσει πιο μεθοδικά και ολοκληρωμένα το ανθρακικό αποτύπωμα, καθώς και να βελτιώσει τις πρακτικές με τον καλύτερο τρόπο, για να μειωθούν οι συνολικές εκπομπές ΑτΘ.

3.3.3 Δεδομένα προς συμπλήρωση

Για την εκτίμηση του ανθρακικού αποτυπώματος με τη χρήση της πλατφόρμας είναι απαραίτητη η συλλογή συγκεκριμένων δεδομένων από τους παραγωγούς, αναφορικά με τις πρακτικές που εφάρμοσαν καθ' όλη τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου του 2023, καθώς και κατά τη μεταφορά του τελικού προϊόντος. Προκειμένου να συλλεχθούν τα δεδομένα αυτά, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, δημιουργήθηκε ένα ερωτηματολόγιο. Τα δεδομένα που λαμβάνονται από το ερωτηματολόγιο συμπίπτουν με τα δεδομένα που ζητά η πλατφόρμα ποσοτικοποίησης. Συγκεκριμένα το CFT απαιτεί δεδομένα από τις εξής παραμέτρους για κάθε αγροτεμάχιο:

- I. Καλλιέργεια
- II. Έδαφος
- III. Εισροές
- IV. Καύσιμα και ενέργεια
- V. Άρδευση
- VI. Άνθρακας
- VII. Μεταφορά

Στο παράρτημα «Στοιχεία της καλλιέργειας», όπως φαίνεται παρακάτω, συμπληρώνονται τα στοιχεία του παραγωγού, του αγροτεμαχίου (έκταση), η ποσότητα του φρέσκου προϊόντος, η ποσότητα του τελικού προϊόντος (απόδοση), καθώς και η ποσότητα των φυτικών υπολειμμάτων της καλλιέργειας και ο τρόπος διαχείρισης τους (κάψιμο, ενσωμάτωση στο αγροτεμάχιο, διανομή στο αγροτεμάχιο, διατήρηση στο αγροτεμάχιο σε σωρούς ή λάκκους, απομάκρυνση από το αγροτεμάχιο).

1. Crop details

Crop name	Tomato		
Harvest year	2023		
Crop area	10.5	hectares	
Harvested amount (total)	892.5	tonnes	
Farm-gate ready amount	892.5	tonnes	
Assessment name			

1.2 Crop residue management

Residue amount here is above-ground plant residue and must be entered as "dry weight". Default values for dry matter weights are provided for most crops. If you have better data, you can overwrite the default value.

This section only considers emissions from residue management. Any increase of soil organic carbon due to residues can be indicated in the carbon tab.

Residue amount	1,938	kg / ha	Reset Residue Amount
Residue management	Left distributed on field, OR incorporated, OR mu		

Εικόνα 3: Απεικόνιση της ενότητας 1 στο Cool Farm Tool (Πηγή: Προσωπικό αρχείο).

Στο παράρτημα «Εδαφος», όπως φαίνεται παρακάτω, συμπληρώνονται όλα τα χαρακτηριστικά του εδάφους, τα οποία λαμβάνονται από εδαφική ανάλυση. Τα χαρακτηριστικά που πρέπει να συμπληρωθούν είναι η σύσταση του εδάφους, η εδαφική υγρασία, η οργανική ουσία, η αποστράγγιση του εδάφους (καλή, πτωχή) και το εδαφικό pH.

2. Soil characteristics

Specify the soil characteristics of the field in your assessment.

Nb. CFT is currently only suitable for assessments on mineral soils with a Soil Organic Carbon content of less than 12%.

Soil texture	clay (fine)	
Soil moisture average	Dry	
Soil organic matter %	SOM <= 1.72	
Soil organic carbon	0.50%	
Soil drainage	good	
Soil pH	5.5 < pH <= 7.3	
Your field name	clay (fine), dry	

User notes

Add comments about this section

Εικόνα 4: Απεικόνιση της ενότητας 2 στο Cool Farm Tool (Πηγή: Προσωπικό αρχείο).

Στην παράμετρο «Εισροές», όπως φαίνεται παρακάτω, απαιτείται η συμπλήρωση όλων των λιπασμάτων και των φυτοπροστατευτικών προϊόντων που εφαρμόστηκαν κατά τη συγκεκριμένη καλλιεργητική περίοδο. Συγκεκριμένα για τα λιπάσματα απαιτείται η συμπλήρωση της σύνθεσης του λιπάσματος (N%, P₂O₅%, K₂O%), η περιοχή προέλευσης, η δόση εφαρμογής, ο τρόπος εφαρμογής (διάλυμα, διασπορά, ενσωμάτωση, υδρολίπανση) και η ημερομηνία εφαρμογής. Όσον αφορά τα φυτοπροστατευτικά προϊόντα απαιτείται η συμπλήρωση της κατηγορίας του σκευάσματος (προσπαρτικό, προφυτρωτικό και μεταφυτρωτικό), ο τύπος (μυκητοκτόνο, ζιζανιοκτόνο, βακτηριοκτόνο, εντομοκτόνο), η δόση εφαρμογής και το ενεργό συστατικό επί τοις %.

Fertiliser Application 1
X Remove

Fertiliser type

Compound NPK - 15% N / 15% K₂O / 15% P₂O₅ (mixed-ac

(225.00 kg / ha N)

Manufactured in

Europe 2014

i

Application rate

1,500

kg / ha

i

Fertiliser weight, or units?

product

i

Application method

Broadcast

i

Date of application

10/05/2023

i

Emissions inhibitors

None

Εικόνα 5: Απεικόνιση της ενότητας 3 στο Cool Farm Tool (Πηγή: Προσωπικό αρχείο).

Στην παράμετρο «Καύσιμα και ενέργεια», όπως φαίνεται παρακάτω, απαιτείται η συμπλήρωση όλων των δεδομένων αναφορικά με την κατανάλωση ενέργειας εντός του αγροτεμαχίου. Επομένως, απαιτείται για κάθε γεωργική πρακτική η συμπλήρωση του γεωργικού μηχανήματος (άροτρο, μηχανή συγκομιδής, φρέζα, σπαρτική κλπ.), το είδος του καυσίμου (βενζίνη, πετρέλαιο, βιοντίζελ, ορυκτό πετρέλαιο), λειτουργίες μηχανήματος (αριθμός περασμάτων στον αγρό) και η κατανάλωση (σε λίτρα).

Fuel use 1
X Remove

Machine category

Tillage

189.00

litre

Machine

chisel plough

Fuel use

diesel (100% mineral c

Number of operations

2

i

Custom

☐

Label

Add label

i

Εικόνα 6: Απεικόνιση της ενότητας 4 στο Cool Farm Tool (Πηγή: Προσωπικό αρχείο).

Στην παράμετρο «Άρδευση», όπως φαίνεται παρακάτω, απαιτούνται όλα τα στοιχεία που αφορούν τη χρήση νερού εντός της καλλιεργητικής περιόδου. Συγκεκριμένα απαιτείται η συμπλήρωση του αριθμού των αρδεύσεων, η μέθοδος άρδευσης (στάγδην, καταιονισμός, κατάκλιση), η πηγή υδάτων (κύρια παροχή, πηγάδι, γεώτρηση, ποταμός, λίμνη), βάθος άντλησης, οριζόντια απόσταση από τη πηγή υδάτων και το είδος της ενέργειας που χρησιμοποιείται για την άντληση (βαρύτητα, πετρέλαιο, ορυκτό πετρέλαιο, ηλεκτρική ενέργεια). Επιπλέον, για κάθε περίπτωση άρδευσης απαιτείται η συμπλήρωση της συνολικής ποσότητας νερού που χρειάστηκε για τη συγκεκριμένη περίπτωση και το ποσοστό αρδευόμενης έκτασης.

Emissions based on	Volume, pumping dep ▼		
Events	47		
Method	Drip ▼		
Default water source and water pumping parameters.			
Water source	Main supply ▼		
Pumping depth	0	metres ▼	
Horizontal distance	2	metres ▼	
Power source	Electric ▼		

Εικόνα 7: Απεικόνιση της ενότητας 5 στο Cool Farm Tool (Πηγή: Προσωπικό αρχείο).

	Total water added		% area irrigated	litre / ha	Use source and pump defaults?	
event 1	47.25	litres	100	4.50	Yes	change
event 2	21	litres	100	2.00	Yes	change
event 3	21	litres	100	2.00	Yes	change
event 4	21	litres	100	2.00	Yes	change
event 5	21	litres	100	2.00	Yes	change
event 6	21	litres	100	2.00	Yes	change
event 7	21	litres	100	2.00	Yes	change
event 8	21	litres	100	2.00	Yes	change

Εικόνα 8: Απεικόνιση της ενότητας 5 στο Cool Farm Tool (Πηγή: Προσωπικό αρχείο).

Στην παράμετρο «Άνθρακας», όπως φαίνεται παρακάτω, απαιτείται η καταγραφή οποιασδήποτε Αλλαγής Χρήσης Γης που έχει πραγματοποιηθεί στο αγροτεμάχιο τα τελευταία 20 έτη, καθώς και στοιχεία αναφορικά με δένδρα που υφίστανται εντός της καλλιεργούμενης έκτασης. Στη συγκεκριμένη ομάδα παραγωγών βιομηχανικής τομάτας, στους οποίους πραγματοποιήθηκε η παρούσα μελέτη, δεν υπήρξε καμία μεταχείριση που αφορά την παράμετρο αυτή.

6.1 In Crop carbon changes

Tick the relevant boxes below if you have made changes to land use, tillage, or carbon inputs in your assessment area during the last 20 years.

We appreciate that many crops are grown in rotation. As such, this guidance is for the field over the last twenty years - but the practices must be undertaken at least every three years to qualify.

Enter changes starting from the most recent intervention, working backwards to the first intervention undertaken.

The 'From' state of your oldest change is your baseline (i.e. the state prior to your first intervention).

☐ Has any part of the field management practice changed between tillage, land use or inputs in the last 20 years?

6.2 Out of crop biomass changes

Add annual changes for the biomass of trees growing within or immediately adjacent to the field assessment area. Ensure these are not counted in adjoining crop assessments to prevent double counting. As per GHG Protocol, you should only account for increased biomass if the biomass is permanent and additional. Trees or orchards that have been there > 20 years or the lifecycle of the perennial crop should not be included. If unsure, be conservative and do not include.

[+ Add a tree species](#)

Εικόνα 9: Απεικόνιση της ενότητας 6 στο Cool Farm Tool (Πηγή: Προσωπικό αρχείο).

Στην παράμετρο «Μεταφορά», όπως φαίνεται παρακάτω, απαιτείται η συμπλήρωση κάθε μεταφοράς προϊόντος ξεχωριστά. Για κάθε μεταφορά του προϊόντος απαιτείται η καταγραφή του τύπου του οχήματος (βαρέα επαγγελματικά οχήματα, τρένο, πλοίο, αερομεταφορά κλπ.), της ποσότητας του τελικού προϊόντος που μεταφέρεται (βάρος) και η απόσταση που διένυσε μέχρι το σημείο παράδοσης.

Transport entry 1		X Remove
Mode	road HGV (average heavy goods vehicle)	
Weight	21,776 kilograms	
Distance	13.3 kilometres	
Label	Add label	
+ Duplicate		

Εικόνα 10: Απεικόνιση της ενότητας 7 στο Cool Farm Tool (Πηγή: Προσωπικό αρχείο).

3.4 Παράθεση αποτελεσμάτων

Τα αποτελέσματα κάθε εκτίμησης του ανθρακικού αποτυπώματος για κάθε αγροτεμάχιο εκφράζονται με τρεις διαφορετικούς τρόπους, σε συνολικές εκπομπές (κιλά ισοδύναμων διοξειδίου του άνθρακα), σε εκπομπές αναφορικά με την εδαφική καλλιεργούμενη έκταση (κιλά ισοδύναμων διοξειδίου του άνθρακα ανά εκτάριο) και σε εκπομπές σε επίπεδο προϊόντος (κιλά ισοδύναμων διοξειδίου του άνθρακα ανά τόνο παραγόμενου προϊόντος). Παρακάτω παρατίθεται ο τρόπος παρουσίασης των αποτελεσμάτων έπειτα από τον υπολογισμό του ανθρακικού αποτυπώματος.

Total emissions	Emissions per hectare	Emissions per tonne
44.46k kg CO ₂ e	4.23k kg CO ₂ e	49.81 kg CO ₂ e

Εικόνα 11: Παρουσίαση του τρόπου παράθεσης των αποτελεσμάτων ύστερα από την εκτίμηση του ανθρακικού αποτυπώματος στη πλατφόρμα Cool Farm Tool (Πηγή: Προσωπικό αρχείο).

Επιπλέον, παρατίθεται ένας πίνακας με την τελική ανάλυση του συνολικού ανθρακικού αποτυπώματος. Συγκεκριμένα παρατίθενται οι εκπομπές ΑτΘ για κάθε κατηγορία/μεταχείριση χωριστά σε κιλά ανά εκτάριο και ανά τόνο παραγόμενου προϊόντος. Επιπλέον, σε κάθε κατηγορία/μεταχείριση οι εκπομπές χωρίζονται στα αντίστοιχα ΑτΘ (CO₂, N₂O, CH₄). Παρακάτω παρατίθεται ο πίνακας που παρουσιάζεται ύστερα από κάθε εκτίμηση ανθρακικού αποτυπώματος.

Detailed data (all values in kg)

[Hide data](#)

Sources	CO ₂	N ₂ O	CH ₄	Total CO ₂ eq	Per ha	Per tonne
Seed production	0	0	0	0	0	0
Residue management	0	5.66	0	1.55k	147.16	1.73
Fertiliser production*	11.94k	0	0	11.94k	1.14k	13.38
Soil / fertiliser	86.75	23.58	0	6.52k	621.36	7.31
Paddy methane	0	0	0	0	0	0
Crop protection	408.95	0	0	408.95	38.95	0.46
Carbon stock changes	0	0	0	0	0	0
Energy use (field)	22.76k	0	0	22.76k	2.17k	25.50
Energy use (processing)	0	0	0	0	0	0
Waste water	0	0	0	0	0	0
Off-farm transport	1.28k	0	0	1.28k	122.20	1.44

* Calculated with validated default values for fertiliser production.

Εικόνα 12: Παράθεση του αναλυτικού πίνακα ΑτΘ σε κιλά ανά κατηγορία/μεταχείριση για κάθε εκτάριο καλλιεργούμενης έκτασης και για κάθε τόνο παραγόμενου προϊόντος (Πηγή: Προσωπικό αρχείο).

Ακόμη, δίνεται η δυνατότητα σύγκρισης ανθρακικών αποτυπωμάτων μεταξύ τους, αξιολόγησης του κόστους και της απόδοσης του συστήματος καλλιέργειας. Ωστόσο, στο πλαίσιο της παρούσας μεταπτυχιακής μελέτης δεν χρησιμοποιήθηκε κάποια από τις προαναφερόμενες δυνατότητες.

3.5 Γεωργικό σύστημα παραγωγής της ομάδας παραγωγών βιομηχανικής τομάτας υπό μελέτη

Οι στρεμματικές εκτάσεις της ομάδας παραγωγών στον νομό Ηλείας, οι οποίες μελετήθηκαν στο πλαίσιο της διπλωματικής εργασίας, κυμαίνονται από 23 έως 128 στρέμματα. Όλοι οι παραγωγοί ακολουθούν συμβατικές γεωργικές πρακτικές. Καταρχάς, αναφορικά με τη μεταχείριση των υπολειμμάτων της καλλιέργειας, το σύνολο των παραγωγών είτε τα ενσωμάτωσε στο αγροτεμάχιο, είτε τα διέσπειρε σε ολόκληρη την έκταση. Αναφορικά με το έδαφος, τα αγροτεμάχια εμφανίζουν τη σύσταση και τα εδαφικά χαρακτηριστικά των εκτάσεων της περιοχής της Ηλείας. Πρόκειται για αμμοαργιλοπηλώδη, αργιλοπηλώδη και πηλώδη εδάφη με pH από 6 έως 8 μονάδες περίπου. Η οργανική ουσία κυμαίνεται ως επί το πλείστον από 1-1,5%. Όλα τα αγροτεμάχια χαρακτηρίζονται ως «στεγνά», ωστόσο με καλή αποστράγγιση.

Αναφορικά με τις εισροές όλοι οι παραγωγοί ακολούθησαν συμβατική λίπανση και φυτοπροστασία και κάποια βιολογικά σκευάσματα. Τα πιο συχνά λιπάσματα που χρησιμοποιήθηκαν από τη πλειονότητα των παραγωγών είναι τα εξής:

- Λίπασμα NPK (15-15-15)
- Ουρία (46-0-0)
- Χαλκός
- Λίπασμα NPK (20-20-20)
- Νιτρικό ασβέστιο
- Νιτρικό κάλιο
- Νιτρική αμμωνία
- Λίπασμα NPK (0-52-34)
- Λίπασμα NPK (0-0-30)
- Φωσφορική ουρία
- Θεική αμμωνία
- Θεικό κάλιο
- Νιτρικό μαγνήσιο
- Θεικό μαγνήσιο
- BIONIC SUPRA
- Χούμος

Τα συχνότερα φυτοπροστατευτικά προϊόντα που χρησιμοποιήθηκαν στην υπό μελέτη καλλιεργητική περίοδο είναι τα εξής:

- Ζιζανιοκτόνο Sencor 600 SC
- Ζιζανιοκτόνο RUSH WG
- Εντομοκτόνο Alverde 24 SC
- Διασυστηματικό Εντομοκτόνο Movento 150 OD
- Μυκητοκτόνο Orondis Ultra
- Εντομοκτόνο επαφής Altacor 35 WG
- Εντομοκτόνο επαφής Dicarzol 50 SP
- Εντομοκτόνο-ακαρεοκτόνο στομάχου και επαφής VALMEC 1,8 EC
- Εντομοκτόνο Exalt 25 SC
- Μυκητοκτόνο Orvego 30/22,5 SC
- Τοπικά διασυστηματικό μυκητοκτόνο Curzate 60WG
- Εντομοκτόνο-ακαρεοκτόνο επαφής και στομάχου Valmec 1,8 EC
- Μυκητοκτόνο Salvor SC

- Διασυστηματικό μυκητοκτόνο Aliette 80 WG
- Μυκητοκτόνο Orondis Ultra
- Εντομοκτόνο με εκλεκτική δράση Bacillus chemia WP
- Εντομοκτόνο με εκλεκτική δράση Bactoil SC

Αναφορικά με τα καύσιμα και την ενέργεια που καταναλώθηκε κατά την καλλιεργητική περίοδο όλοι οι παραγωγοί χρησιμοποίησαν τα ίδια γεωργικά μηχανήματα και τις ίδιες γεωργικές πρακτικές, αλλά με διαφορετικό αριθμό περασμάτων. Οι γεωργικές πρακτικές που ακολούθησαν είναι οι εξής:

- Όργωμα με άροτρο
- Πέρασμα με καταστροφέα
- Φρεζάρισμα
- Διασπορά λιπασμάτων με λιπασματοδιανομέα
- Στάγδην σύστημα άρδευσης
- Πέρασμα για φύτευση
- Πέρασμα με φρεζάκι και σκάλισμα
- Ψεκασμός
- Συγκομιδή

Η πηγή ενέργειας όλων των παραγωγών ήταν πετρέλαιο.

Στη περίπτωση της άρδευσης όλοι οι παραγωγοί ακολούθησαν το σύστημα της στάγδην άρδευσης, ενώ για τη πρώτη άρδευση έγινε ριζοπότισμα. Η πηγή ενέργειας για το σύστημα άρδευσης είναι ο ηλεκτρισμός. Η πηγή των υδάτων ήταν γεώτρηση και κεντρική παροχή. Η οριζόντια απόσταση και το βάθος γεώτρησης ποίκιλλε ανάμεσα στους παραγωγούς και κυμάνθηκαν από 20-500 μέτρα και 0-20 μέτρα αντιστοίχως. Οι αρδεύσεις ήταν περίπου 40 ανά παραγωγό και για κάθε μεταχείριση χρειάζονταν κατά μέσο όρο περίπου 360 κυβικά εκατοστά νερού ανά στρέμμα.

Κανένας από τους παραγωγούς δεν είχε αλλαγές στη χρήση γης, εντός ή εκτός της καλλιεργούμενης έκτασης, αλλά ούτε και δένδρα. Για τη μεταφορά του προϊόντος χρησιμοποιήθηκαν βαρέος τύπου οχήματα άνω των 3,5 τόνων. Για έκαστο παραγωγό χρειάστηκαν πολλαπλές μεταφορές από 15 έως 64, αναλόγως τη στρεμματική απόδοση κάθε αγροτεμαχίου. Το

καύσιμο των οχημάτων σε όλες τις περιπτώσεις ήταν πετρέλαιο. Η χιλιομετρική απόσταση που διένυσαν τα οχήματα, καθώς και το βάρος του προϊόντος σε κάθε μεταφορά έφερε μεγάλη ετερογένεια.

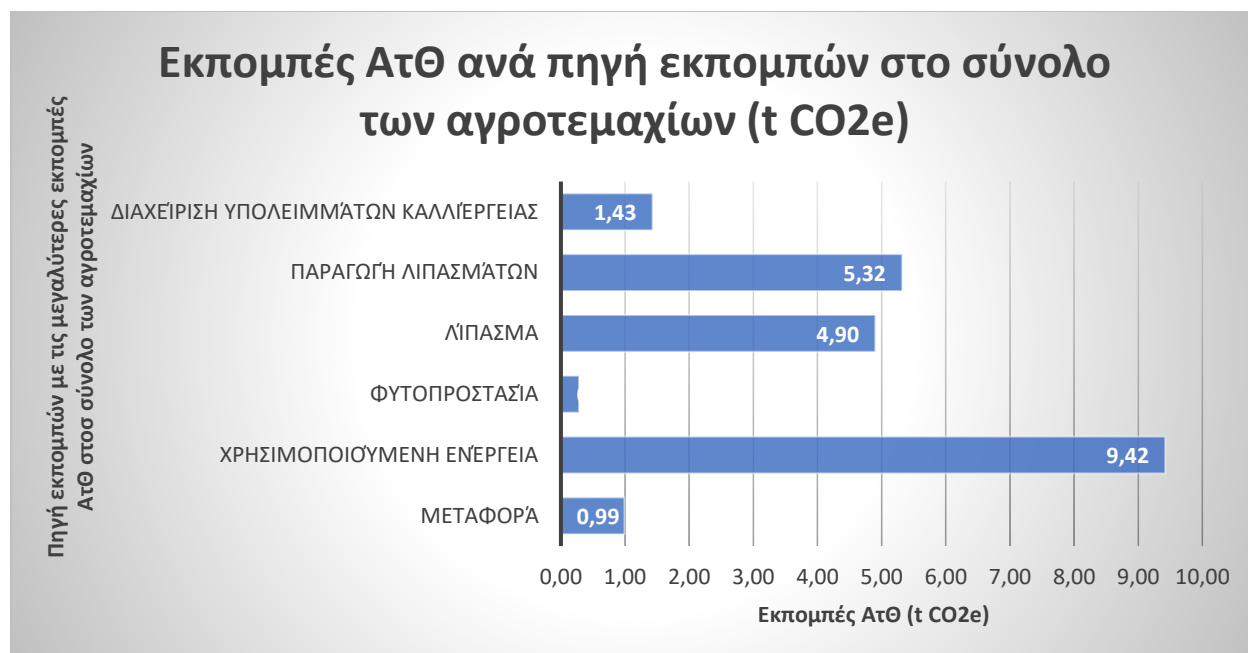
Κεφάλαιο 4: Αποτελέσματα

Από τη χρήση του CFT συνολικά προέκυψαν 30 αποτελέσματα εκπομπών ΑτΘ για ένα αγρατεμάχιο. Τα αποτελέσματα αυτά εκφράστηκαν σε μέσο όρο εκπομπών ΑτΘ σε συνολικές εκπομπές ΑτΘ, ανά εκτάριο, ανά τόνο και ανά κιλό παραγόμενης βιομηχανικής τομάτας (εκφρασμένα σε κιλά ισοδύναμων διοξειδίου του άνθρακα). Όλοι οι παραγωγοί εφόσον ανήκουν στην ίδια ομάδα παραγωγών χρησιμοποίησαν τις ίδιες καλλιεργητικές πρακτικές, παρουσιάζοντας ελάχιστες διαφορές στο τρόπο διαχείρισης των αγρατεμαχίων τους. Επομένως, η αξιολόγηση του τελικού ανθρακικού αποτυπώματος στο μέσο όρο της συνολικής καλλιεργούμενης έκτασης ήταν επιτρεπτή. Στον παρακάτω πίνακα παρατίθενται τα τελικά αποτελέσματα.

Πίνακας 6: Παρουσίαση των αποτελεσμάτων των εκπομπών ΑτΘ στο μέσο όρο της συνολικής καλλιεργούμενης έκτασης στο σύνολο των καλλιεργειών, ανά εκτάριο καλλιεργούμενης έκτασης, ανά τόνο και ανά κιλό του παραγόμενου προϊόντος

Μέσος όρος συνολικής έκτασης αγρατεμαχίων (στρέμματα)	Μέσος όρος συνολικών εκπομπών ΑτΘ (kg CO ₂ e)	Μέσος όρος συνολικών εκπομπών ΑτΘ ανά εκτάριο (kg CO ₂ e ha ⁻¹)	Μέσος όρος συνολικών εκπομπών ΑτΘ ανά τόνο προϊόντος (kg CO ₂ e t ⁻¹ παραγόμενου προϊόντος)	Μέσος όρος συνολικών εκπομπών ΑτΘ ανά κιλό προϊόντος (kg CO ₂ e kg ⁻¹ παραγόμενου προϊόντος)
56,78	22.499	3.947	46,87	0,047

Στη συνέχεια, στο παρακάτω διάγραμμα παρατίθενται οι καλλιεργητικές πρακτικές ανά κατηγορία υπό τις οποίες εκτέλεθηκε η μεγαλύτερη ποσότητα ΑτΘ στην υπό μελέτη καλλιεργητική περίοδο σε όλα τα αγρατεμάχια. Στο παράρτημα της μελέτης δύναται να βρεθούν οι εκπομπές ΑτΘ ανά πηγή εκπομπών για κάθε μεμονωμένο παραγωγό. Στο διάγραμμα δύναται να παρατηρηθεί η ποσότητα εκπομπών ΑτΘ σε τόνους ισοδύναμων διοξειδίου του άνθρακα ανά καλλιεργητική πρακτική (μεταφορά, ενέργεια, φυτοπροστασία, εδαφοκατεργασία και λιπάσματα, παραγωγή λιπασμάτων και διαχείριση υπολειμμάτων).



Διάγραμμα 5: Συνολικές εκπομπές ΑτΘ ανά πηγή εκπομπών με το μεγαλύτερο ανθρακικό αποτύπωμα στο σύνολο των αγροτεμαχίων (t CO₂e).

Όπως φαίνεται στο διάγραμμα 5, η καύση των ορυκτών καυσίμων που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη καλλιεργητική περίοδο αποτέλεσε τη μεγαλύτερη πηγή εκπομπών. Η υψηλή ποσότητα εκπομπών ΑτΘ είναι λογική, εφόσον πραγματοποιήθηκαν πολυάριθμες καλλιεργητικές πρακτικές εδαφοκατεργασίας και μεταχειρίσεων στη καλλιεργούμενη έκταση (λίπανση και φυτοπροστασία), οι οποίες απαίτησαν τη χρήση γεωργικών μηχανημάτων. Επιπλέον, η χρήση των λιπασμάτων, αλλά και η παραγωγή τους αποτέλεσαν τις επόμενες πηγές εκπομπών με αξιοσημείωτο ανθρακικό αποτύπωμα. Τα ΑτΘ που εκπέμπονται ως επί το πλείστον από τη παραγωγή των λιπασμάτων είναι το υποξείδιο του αζώτου (N₂O), το μεθάνιο (CH₄) και το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) (Walling, E., & Vaneckhaute, C., 2020). Μάλιστα, αξίζει να σημειωθεί ότι η παγκόσμια παραγωγή αζωτούχων λιπασμάτων καταναλώνει περίπου το 2% της παγκόσμιας χρησιμοποιούμενης ενέργειας (Kongshaug and Tech, 1998, Sutton et al., 2013). Λόγω των υψηλών απαιτήσεων της καλλιέργειας βιομηχανικής τομάτας οι εφαρμογές λίπανσης κατά την καλλιεργητική περίοδο ήταν αρκετές σε όλα τα αγροτεμάχια υπό μελέτη. Επομένως, η μεγάλη ποσότητα εκλυόμενων ΑτΘ ήταν αναμενόμενη.

Η χρήση και παραγωγή σκευασμάτων φυτοπροστασίας δεν αποτέλεσε πηγή εκπομπών με υψηλό ανθρακικό αποτύπωμα, σε σύγκριση με τις πηγές που παρατίθενται στο διάγραμμα 5. Ωστόσο, αυτό δεν σημαίνει ότι δεν συντέλεσαν στις εκλυόμενες εκπομπές ΑτΘ. Η χρήση και η παραγωγή των φυτοπροστατευτικών προϊόντων δεν επέφερε μεγάλες εκπομπές ΑτΘ, αλλά συντέλεσε στη μεγάλη ποσότητα εκπομπών στη χρησιμοποιούμενη ενέργεια. Τα σκευάσματα που χρησιμοποιήθηκαν σε ένα αγροτεμάχιο κατά την καλλιεργητική περίοδο ήταν αρκετά και απαίτησαν χρήση γεωργικών μηχανών για την εφαρμογή τους. Αναφορικά με τη μικρή ποσότητα εκλυόμενων ΑτΘ στη διαχείριση των υπολειμμάτων της καλλιέργειας ήταν φυσικό επακόλουθο εφόσον όλοι οι παραγωγοί άφησαν τα υπολείμματα στο αγροτεμάχιο.

Από τη λήψη των αποτελεσμάτων του υπολογισμού του ανθρακικού αποτυπώματος της καλλιεργητικής περιόδου, καθώς και από την αξιολόγηση τους δύναται να εντοπιστούν τρόποι μείωσης των εκπομπών. Όπως φαίνεται από τα προαναφερθέντα, οι δύο κύριες παράμετροι που χρήζουν άμεση βελτίωση των πρακτικών τους στη καλλιέργεια της βιομηχανικής τομάτας είναι τα χρησιμοποιούμενα λιπάσματα και η χρήση ενέργειας. Στη περίπτωση των λιπασμάτων οι αλλαγές μπορούν επιφέρουν μεγάλη μείωση των συνολικών εκπομπών ΑτΘ στη συγκεκριμένη καλλιέργεια, λαμβάνοντας υπόψη ότι στο σύνολο των αγροτεμαχίων η παραγωγή και εφαρμογή των λιπασμάτων επέφερε το 45,74% των συνολικών εκπομπών. Συγκεκριμένα για τη λίπανση εκπέμφθηκαν 10,22 τόνοι CO₂e. Από τη χρήση ενέργειας αντιστοίχως εκπέμφθηκαν 9,42 τόνοι CO₂e, που αποτέλεσαν το 42,15% των συνολικών εκπομπών ΑτΘ για τη καλλιεργητική περίοδο του 2023. Στον παρακάτω πίνακα παρατίθενται οι ποσοστιαίες εκλύσεις ΑτΘ από κάθε αξιοσημείωτη πηγή εκπομπών αναφορικά με τον μέσο όρο των εκλυόμενων εκπομπών στο σύνολο των αγροτεμαχίων.

Πίνακας 7: Ποσοστιαία απεικόνιση των συνολικών εκπομπών ΑτΘ από κάθε πηγή εκπομπών.

	Διαχείριση Υπολειμμάτων	Παραγωγή Λιπασμάτων	Λιπάσμα	Φυτοπροστασία	Ενέργεια	Μεταφορά
Μ.Ο. συνολικών εκκλύμενων εκπομπών ΑτΘ ανά πηγή εκπομπών (kg CO₂e)	1,43	5,32	4,90	0,28	9,42	0,99
Ποσοστιαίες εκπομπές ΑτΘ ανά πηγή εκπομπών (%)	6,42	23,80	21,94	1,26	42,15	4,43

Συζήτηση

Όπως φαίνεται και από τα αποτελέσματα της διπλωματικής μελέτης η ποσοτικοποίηση των εκπομπών ΑτΘ σε επίπεδο προϊόντος υποβοηθά στον εντοπισμό των πρακτικών που συμβάλλουν στην αύξηση του αποτυπώματος κατά τη διάρκεια της παραγωγής. Στη προκειμένη περίπτωση εντοπίστηκε ότι για την καλλιέργεια βιομηχανικής τομάτας με συμβατικό καλλιεργητικό σύστημα, οι κύριες πηγές εκπομπών ΑτΘ είναι τα λιπάσματα και η χρήση ενέργειας. Ύστερα από τον εντοπισμό των κύριων πηγών δύναται να προσδιοριστούν οι κατάλληλοι τρόποι μείωσης του ανθρακικού αποτυπώματος, ώστε να υφίσταται ένα πιο βιώσιμο σύστημα παραγωγής, ενώ ταυτόχρονα η απόδοση να παραμένει σταθερή.

Η εφαρμογή λιπασμάτων αποτελεί μείζονος σημασίας καλλιεργητική τεχνική για την βέλτιστη ανάπτυξη μιας καλλιέργειας και κατ' επέκταση για τη μεγιστοποίηση της παραγωγής. Μέσω της λίπανσης η καλλιέργεια λαμβάνει όλα τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά από το έδαφος. Ωστόσο, όπως φάνηκε προηγουμένως, η παραγωγή τους, καθώς και η χρήση τους σε υψηλές ποσότητες και σε συχνά χρονικά διαστήματα οδηγεί στην αυξημένη έκλυση ΑτΘ. Συγκεκριμένα όταν εφαρμόζονται στο έδαφος αζωτούχα συνθετικά λιπάσματα, μία ποσότητα τους μετατρέπεται σε επιβλαβείς προς το περιβάλλον μορφές του αζώτου εξαιτίας της μικροβιακής δραστηριότητας οργανισμών.

Μέσω της μικροβιακής δραστηριότητας λαμβάνουν χώρα δύο σημαντικές δραστηριότητες, της νιτροποίησης και της απονιτροποίησης. Κατά την νιτροποίηση η αμμωνία και το αμμώνιο μετατρέπονται σε νιτρικό ανιόν, το οποίο είναι ευκόλως απορροφήσιμο από τα φυτά. Ωστόσο, σε μεγάλες ποσότητες κάποιο μέρος του που δεν αφομοιώνεται, δεν δύναται να προσροφηθεί από τα εδαφικά κολλοειδή με αποτέλεσμα να εκπλύνεται στον υδροφόρα ορίζοντα και να μολύνει τα υπόγεια ύδατα. Αντιθέτως κατά τη διαδικασία απονιτροποίησης μέσω της μικροβιακής δραστηριότητας των οργανισμών τα νιτρικά ανιόντα μετατρέπονται σε ατμοσφαιρικό άζωτο και υποξείδιο του αζώτου, τα οποία απελευθερώνονται στο περιβάλλον ως ΑτΘ (Stein, L. Y., & Klotz, M. G., 2016).

Στη περίπτωση των λιπασμάτων καλίου η κύρια πηγή εκπομπών ΑτΘ είναι κατά τη παραγωγή τους εξαιτίας της αυξημένης χρήσης ενέργειας. Παρομοίως, για τη παραγωγή των φωσφορικών λιπασμάτων απαιτείται η χημική διεργασία φυσικών πετρωμάτων φωσφορικών αλάτων. Εκτός του γεγονότος ότι τα φωσφορικά ορυκτά είναι μη ανανεώσιμη πηγή, κατά τη διεργασία που απαιτείται, εκπέμπονται μεγάλες ποσότητες ΑτΘ, ειδικά στις περιπτώσεις που απαιτείται χρήση αμμωνίας (Chataut et al., 2023).

Η χρήση των αζωτούχων λιπασμάτων αποτελεί τη κύρια αιτία ρύπανσης του περιβάλλοντος, τόσο στην ατμόσφαιρα, αλλά και στα υπόγεια ύδατα (και κατ' επέκταση στην ατμόσφαιρα). Καταρχάς, η φυτική κάλυψη του εδάφους καθ' όλη τη διάρκεια του έτους είναι πολύ σημαντική, ώστε να μην ευνοείται η νιτροποίηση του αζώτου. Συγκεκριμένα τους μήνες με τις υψηλότερες βροχοπτώσεις το έδαφος δεν πρέπει να μένει γυμνό.

Μία καλή πρακτική είναι η αντικατάσταση των συνθετικών λιπασμάτων με οργανικά λιπάσματα. Με την εφαρμογή οργανικών λιπασμάτων προστίθεται στο έδαφος οργανική ουσία και τα θρεπτικά συστατικά που χρειάζεται η καλλιέργεια. Επιπλέον, τα οργανικά λιπάσματα προωθούν την ανακύκλωση και αξιοποίηση βιομάζας, η οποία θα έμενε ανεκμετάλλευτη. Το άζωτο από τα οργανικά λιπάσματα απελευθερώνεται με αργό ρυθμό, οπότε αφομοιώνεται με καλύτερο τρόπο και σε μεγαλύτερη ποσότητα συγκριτικά με τα συνθετικά λιπάσματά. Ωστόσο, στη περίπτωση των οργανικών λιπασμάτων απαιτούνται μεγαλύτερες ποσότητες. Επομένως, είναι επιθυμητό να προμηθεύεται από κοντινές τοποθεσίες για να μην αυξάνονται οι εκπομπές από τη μεταφορά του.

Μία ακόμα καλή πρακτική είναι η ενσωμάτωση των φυτικών υπολειμμάτων στο έδαφος. Μέσω της ενσωμάτωσης θα βελτιωθεί η δομή του εδάφους και θα εμπλουτιστεί με θρεπτικά συστατικά εφόσον είναι ένα είδος οργανικής λίπανσης (Sánchez et al., 2016). Ύστερα, από τη συγκομιδή της κύριας καλλιέργειας πολύ καλή πρακτική είναι η εφαρμογή συστήματος αμειψισποράς. Εάν το πρόγραμμα αμειψισποράς γίνει προσεκτικά και στρατηγικά με την επιλογή των κατάλληλων ειδών για τη περιοχή, μπορεί να αποδειχθεί πολύ αποτελεσματική τεχνική. Η επιλογή των ειδών πρέπει να περιλαμβάνει κατά προτίμηση είδη που δημιουργούν συμβιωτική σχέση με αζωτοδεσμευτικά βακτήρια (π.χ. ψυχανθή), που προάγουν τον εμπλουτισμό της εδαφικής οργανικής ύλης. Ωστόσο, τα είδη αυτά πρέπει να είναι ανθεκτικά στις τοπικές εδαφοκλιματικές συνθήκες, ώστε να μην απαιτούν πολλές γεωργικές πρακτικές. Σε αυτή τη περίπτωση το αποτέλεσμα θα ήταν το αντίθετο από το επιθυμητό (Ingram et al., 2014).

Μία άλλη λύση είναι η χρήση λιπασμάτων με παρεμποδιστές, τα οποία δύνανται να χρησιμοποιηθούν σε πληθώρα εδαφο-κλιματικών συνθηκών (Akiyama et al., 2010, Gilsanz et al., 2016). Τα λιπάσματα με παρεμποδιστές νιτροποίησης παρεμποδίζουν τη διαδικασία νιτροποίησης από τους εδαφικούς μικροοργανισμούς, απενεργοποιώντας το ένζυμο που είναι απαραίτητο για το πρώτο βήμα της διαδικασίας. Χρησιμοποιώντας λιπάσματα με παρεμποδιστές νιτροποίησης δύναται να μειωθούν οι εκπομπές υποξειδίου του αζώτου έως και στο 50% (Huérfano et al., 2015). Ένα βασικό αρνητικό των νέων αυτών λιπασμάτων είναι η αυξημένη τιμή. Ωστόσο, λόγω της αποτελεσματικής λίπανσης και αφομοίωσης του αζώτου από τα φυτά οι απαιτούμενες ποσότητες αζωτούχου λιπάσματος θα είναι μικρότερες.

Επιπλέον, τα λιπάσματα με παρεμποδιστές δίνουν τη δυνατότητα μείωσης των εφαρμογών λιπασμάτων. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι δεν επιτρέπουν τη νιτροποίηση και δεν εκπλύνονται, παρέχοντας την επιλογή εφαρμογής μεγαλύτερων ποσοτήτων. Ως αποτέλεσμα, ο παραγωγός θα χρησιμοποιεί λιγότερο τα γεωργικά μηχανήματα. Η εξοικονόμηση καυσίμων από τη χρήση των γεωργικών μηχανημάτων θα επιφέρει μικρότερο κόστος και μείωση των εκλυόμενων ΑτΘ (Linzmeier et al., 2001). Επιπλέον, αποτελεσματική χρήση του αζώτου επιφέρουν και τα λιπάσματα με παρεμποδιστή ουρεάσης, τα οποία επιβραδύνουν τη διάσπαση της ουρίας (Abalos et al., 2014). Βέβαια, μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο στη περίπτωση χρήσης λιπασμάτων που περιέχουν ουρία.

Αναφορικά με τη χρήση ενέργειας, η μείωση της εδαφοκατεργασίας του εδάφους είναι μία μέθοδος που αποκτάει περισσότερη αναγνώριση με τη πάροδο του χρόνου. Με την εφαρμογή μειωμένης εδαφοκατεργασίας (reduced tillage) ή μηδενικής εδαφοκατεργασίας-ακαλλιέργεια (no-tillage) μειώνονται άμεσα τα ορυκτά καύσιμα που χρησιμοποιούνται στο πλαίσιο της καλλιεργητικής περιόδου. Ωστόσο, η ακατεργασία του εδάφους επιφέρει επιπλέον πλεονεκτήματα. Έχει βρεθεί ότι προωθεί τη σταθεροποίηση της οργανικής ουσίας του εδάφους (Plaza-Bonilla et al., 2010). Επιπλέον, ενισχύει την συγκράτηση νερού από το έδαφος, εφόσον η εξάτμιση του είναι μειωμένη, λόγω της συνεχής εδαφοκάλυψης του εδάφους με φυτικά υπολείμματα (Lampurlanés et al., 2016).

Γενικά οι παραγωγοί πρέπει να ακολουθούν Ορθές Γεωργικές Πρακτικές σε όλες τις μεταχειρίσεις και εφαρμογές στη καλλιέργεια τους. Όλες οι λιπάνσεις, οι εφαρμογές φυτοπροστασίας, οι αρδεύσεις και η εδαφοκατεργασία πρέπει να πραγματοποιούνται όταν είναι απαραίτητες και με ορθό τρόπο. Για βελτίωση των εφαρμοζόμενων τεχνικών οι παραγωγοί μπορούν να χρησιμοποιήσουν ευφυή γεωργικά συστήματα. Η ευφυής γεωργία προωθεί την εκμετάλλευση και αξιοποίηση σύγχρονων τεχνολογιών. Οι τεχνολογίες αυτές συμβάλλουν στην πραγματοποίηση ορθών αποφάσεων, την εξοικονόμηση των φυσικών πόρων και την σωστή εφαρμογή εισροών. Μέσω τέτοιων συστημάτων έκαστος παραγωγός θα μπορεί να γνωρίζει τη σωστή χρονική στιγμή εδαφοκατεργασίας, λίπανσης και φυτοπροστασίας. Αποτέλεσμα αυτού είναι η υιοθέτηση ενός βιώσιμου οικονομικά και περιβαλλοντικά συστήματος καλλιέργειας, το οποίο θα φέρει τη μέγιστη απόδοση.

Ένας ακόμη ενδιαφέρον τρόπος μείωσης των εκπομπών ΑτΘ εκτός από την αποφυγή των εκπομπών, είναι η ενίσχυση των απορροφήσεων άνθρακα. Δηλαδή, να γίνει αντιστάθμιση των εκπομπών ΑτΘ με τις απορροφήσεις άνθρακα. Η απορρόφηση άνθρακα, που αναφέρθηκε στο υποκεφάλαιο 2.3 είναι η δέσμευση διοξειδίου του άνθρακα σε διάφορα μέσα, που καλούνται καταβόθρες. Οι καταβόθρες δεσμεύουν διοξείδιο του άνθρακα από την ατμόσφαιρα και το αποθηκεύουν για μεγάλα χρονικά διαστήματα ή μόνιμα. Σε ένα σύστημα καλλιέργειας μία περίπτωση καταβόθρας είναι τα δένδρα. Ωστόσο, στη περίπτωση της βιομηχανικής τομάτας η ενσωμάτωση δένδρων εντός της καλλιεργούμενης έκτασης δεν είναι δυνατή.

Στη συγκεκριμένη καλλιέργεια το καλλιεργητικό σύστημα της ανθρακοδεσμευτικής γεωργίας θα μπορούσε να επιφέρει καλά αποτελέσματα. Η ανθρακοδεσμευτική γεωργία

περιλαμβάνει καλλιεργητικές τεχνικές, οι οποίες στοχεύουν στη δέσμευση άνθρακα στο έδαφος και στα φυτά, όπως εφαρμογή χλωρής λίπανσης, συνεχούς εδαφοκάλυψης, αμειψισποράς, η συνεχής ακαλλιέργεια του εδάφους κλπ. Μία μελλοντική ερευνητική μελέτη αναφορικά με την εφαρμογή ανθρακοδεσμευτικής γεωργίας σε καλλιέργειες βιομηχανικής τομάτας και ποσοτικοποίηση του ανθρακικού τους αποτυπώματος θα είχε μεγάλο ενδιαφέρον. Ακόμη, η σύγκριση των αποτελεσμάτων της παρούσας διπλωματικής μελέτης με τα αποτελέσματα της μελέτης για την ανθρακοδεσμευτική γεωργία θα μπορούσε να δείξει τις διαφορές που επιφέρει αυτό το σύστημα.

Βιβλιογραφία

Abalos, D., Jeffery, S., Sanz-Cobena, A., Guardia, G., & Vallejo, A. (2014). Meta-analysis of the effect of urease and nitrification inhibitors on crop productivity and nitrogen use efficiency. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 189, 136-144.

Abalos, D., Jeffery, S., Sanz-Cobena, A., Guardia, G., & Vallejo, A. (2014). Meta-analysis of the effect of urease and nitrification inhibitors on crop productivity and nitrogen use efficiency. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 189, 136-144.

Abbasi, P. A., & Weselowski, B. (2015). Efficacy of *Bacillus subtilis* QST 713 formulations, copper hydroxide, and their tank mixes on bacterial spot of tomato. *Crop Protection*, 74, 70-76.

Agarwal, S., & Rao, A. V. (2000). Tomato lycopene and its role in human health and chronic diseases. *Cmaj*, 163(6), 739-744.

Agovino, M., Casaccia, M., Ciommi, M., Ferrara, M., & Marchesano, K. (2019). Agriculture, climate change and sustainability: The case of EU-28. *Ecological Indicators*, 105, 525-543.

Akiyama, H., Yan, X., & Yagi, K. (2010). Evaluation of effectiveness of enhanced-efficiency fertilizers as mitigation options for N₂O and NO emissions from agricultural soils: meta-analysis. *Global Change Biology*, 16(6), 1837-1846.

Al-Mansour, F., & Jecic, V. (2017). A model calculation of the carbon footprint of agricultural products: The case of Slovenia. *Energy*, 136, 7-15.

Banna, H., Afroz, R., Masud, M. M., Rana, M. S., Koh, E. H., & Ahmad, R. (2016). Financing an efficient adaptation programme to climate change: a contingent valuation method tested in Malaysia. *Cahiers Agricultures*, 25(2), 25003.

Bezner Kerr, R., Hasegawa, T., & Lasco, R. (2022). Food, fibre, and other ecosystem products Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change ed HO Pörtner et al. Preprint at.

Bhatia, P., & Ranganathan, J. (2004). The Greenhouse Gas Protocol.

Bhatia, P., Cummis, C., Draucker, L., Rich, D., Lahd, H., & Brown, A. (2011). Greenhouse gas protocol product life cycle accounting and reporting standard.

Bilalis, D., Krokida, M., Roussis, I., Papastylianou, P., Travlos, I., Cheimona, N., & Dede, A. (2018). Effects of organic and inorganic fertilization on yield and quality of processing tomato (Mill.). *Folia Horticulturae*, 30(2), 321-332.

Blanca, J., Cañizares, J., Cordero, L., Pascual, L., Diez, M. J., & Nuez, F. (2012). Variation revealed by SNP genotyping and morphology provides insight into the origin of the tomato. *PLoS one*, 7(10), e48198.

BSI, P. (2012). 2050-1: 2012 Assessment of Life Cycle Greenhouse Gas Emissions from Horticultural Products—Supplementary Requirements for the Cradle to Gate Stages of GHG Assessments of Horticultural Products Undertaken in Accordance with PAS 2050. *British Standards Institution, London, UK*.

Cadro, S., Uzunović, M., Cherni-Cadro, S., Zurovec, J. (2019). Changes in the water balance of Bosnia and Herzegovina as a result of climate change. *Agriculture and Forestry*, 65 (3): 19-33

Chand, J. B., Hewa, G., Hassanli, A., & Myers, B. (2021). Deficit irrigation on tomato production in a greenhouse environment: A review. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 147(2), 04020041.

Chataut, G., Bhatta, B., Joshi, D., Subedi, K., & Kafle, K. (2023). Greenhouse gases emission from agricultural soil: A review. *Journal of Agriculture and Food Research*, 11, 100533.

Chaudhary, P., Sharma, A., Singh, B., & Nagpal, A. K. (2018). Bioactivities of phytochemicals present in tomato. *Journal of food science and technology*, 55, 2833-2849.

Commission Implementing Regulation (EU) No 749/2014 of 30 June 2014 on Structure, Format, Submission Processes and Review of Information Reported by Member States Pursuant to Regulation (EU) No 525/2013 of the European Parliament and of the Council. Available online: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014R0749&from=EN>

Commission, Proposal for a REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL establishing a Union certification framework for carbon removals, Brussels, 30.11.2022 COM(2022) 672 final, EXPLANATORY MEMORANDUM, 3. RESULTS OF EX-POST EVALUATIONS, STAKEHOLDER CONSULTATIONS AND IMPACT ASSESSMENTS: Impact assessment and opinion of the Regulatory Scrutiny Board

Common Agricultural Policy For 2023-2027 28 Cap Strategic Plans At A Glance, European Commission, December 2022, https://agriculture.ec.europa.eu/document/download/a435881e-d02b-4b98-b718-104b5a30d1cf_en?filename=csp-at-a-glance-eu-countries_en.pdf

Council of the European Union, European Green Deal, Available Online: [European Green Deal - Consilium \(europa.eu\)](https://consilium.europa.eu/en/european-green-deal/)

Erbach, G. (2021). European climate law. *Regulation (EU)*, 1119.

European Commission (2022) The tomato market in the EU:Vol. 1: Production and area statisticshttps://agriculture.ec.europa.eu/document/download/9009f062-44b8-4c2a-9234-713d24d7b521_en?filename=tomatoes-production_en.pdf

European Commission Directorate-General For Agriculture And Rural Development, Minutes Meeting Of The Expert Group Fruit And Vegetables Market Observatory, 17/11/2023, Brussels, AGRI.E2/JM/pgg (2023)11389456
https://agriculture.ec.europa.eu/document/download/1c90f3c9-2a15-40e3-a5b6-7188ebf39366_en?filename=minutes-fv-mo-tomatoes-2023-10-26_en.pdf

European Commission, Common Agricultural Policy: Eco-schemes, Available Online: [Eco-schemes - European Commission \(europa.eu\)](https://ec.europa.eu/economy_finance/eu-ecf/eu-ecf_en)

European Commission, Completion of key “Fit for 55” legislation PRESS RELEASE, Available Online: [Completion of key ‘Fit for 55’ legislation \(europa.eu\)](https://ec.europa.eu/economy_finance/eu-ecf/eu-ecf_en)

European Commission, Farm to Fork strategy, Available Online: [f2f action-plan 2020 strategy-info en.pdf \(europa.eu\)](https://ec.europa.eu/economy_finance/eu-ecf/eu-ecf_en)

European Commission, The Common Agricultural Policy 2023-2027, Available Online: [CAP 2023-27 - European Commission \(europa.eu\)](https://ec.europa.eu/economy_finance/eu-ecf/eu-ecf_en)

European Union Law, 2021, Regulation (EU) 2021/2115 of the European Parliament and of the Council of 2 December 2021 establishing rules on support for strategic plans to be drawn up by Member States under the common agricultural policy (CAP Strategic Plans) and financed by the European Agricultural Guarantee Fund (EAGF) and by the European Agricultural Fund for Rural Development (EAFRD) and repealing Regulations (EU) No 1305/2013 and (EU) No 1307/2013

FAO. (2016). *The state of food and agriculture 2016: Climate change, agriculture and food security*. UN.

FAOSTAT, 2019: FAO Online Database. Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO, Rome, <http://faostat.fao.org>

FAOSTAT, 2024 <https://www.fao.org/faostat/en/#data/GT>

FAOSTAT, 2024 <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>

FAOSTAT, Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2024. Available online: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>

FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2024. Available online: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>

Feng, D., Ling, W. H., & Duan, R. D. (2010). Lycopene suppresses LPS-induced NO and IL-6 production by inhibiting the activation of ERK, p38MAPK, and NF-κB in macrophages. *Inflammation Research*, 59, 115-121.

Foolad, M. R., Merk, H. L., & Ashrafi, H. (2008). Genetics, genomics and breeding of late blight and early blight resistance in tomato. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 27(2), 75-107.

Francaviglia, R., Álvaro-Fuentes, J., Di Bene, C., Gai, L., Regina, K., & Turtola, E. (2020). Diversification and management practices in selected European regions. A data analysis of arable crops production. *Agronomy*, 10(2), 297.

Gao, T., Liu, Q., & Wang, J. (2014). A comparative study of carbon footprint and assessment standards. *International Journal of Low-Carbon Technologies*, 9(3), 237-243.

Gilsanz, C., Báez, D., Misselbrook, T. H., Dhanoa, M. S., & Cárdenas, L. M. (2016). Development of emission factors and efficiency of two nitrification inhibitors, DCD and DMPP. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 216, 1-8.

Giovannucci, E., Ascherio, A., Rimm, E. B., Stampfer, M. J., Colditz, G. A., & Willett, W. C. (1995). Intake of carotenoids and retino in relation to risk of prostate cancer. *JNCI Journal of the National Cancer Institute*, 87(23), 1767-1776.

Gołasa, P., Wysokiński, M., Bieńkowska-Gołasa, W., Gradziuk, P., Golonko, M., Gradziuk, B., ... & Gromada, A. (2021). Sources of greenhouse gas emissions in agriculture, with particular emphasis on emissions from energy used. *Energies*, 14(13), 3784.

Harsányi, E., Bashir, B., Almhamad, G., Hijazi, O., Maze, M., Elbeltagi, A., ... & Szabó, S. (2021). GHGs emission from the agricultural sector within EU-28: a multivariate analysis approach. *Energies*, 14(20), 6495.

Hazewindus, M., Haenen, G. R., Weseler, A. R., & Bast, A. (2014). Protection against chemotaxis in the anti-inflammatory effect of bioactives from tomato ketchup. *PLoS One*, 9(12), e114387.

Huerfano, X., Fuertes-Mendizabal, T., Dunabeitia, M. K., Gonzalez-Murua, C., Estavillo, J. M., & Menendez, S. (2015). Splitting the application of 3, 4-dimethylpyrazole phosphate (DMPP): Influence on greenhouse gases emissions and wheat yield and quality under humid Mediterranean conditions. *European Journal of Agronomy*, 64, 47-57.

Ingram, J., Mills, J., Frelih-Larsen, A., Davis, M., Merante, P., Ringrose, S., ... & Bindi, M. (2014). Managing soil organic carbon: a farm perspective. *EuroChoices*, 13(2), 12-19.

International Organization for Standardization. (2017). *Greenhouse Gases: Carbon Footprint of Products: Requirements and Guidelines for Quantification and Communication*. International Organization for Standardization.

INTERNATIONAL STANDARD, ISO 14064-1:2018 Greenhouse gases — Part 1: Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals, Second edition 2018-12

IPCC 2006, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan

IPCC, Change, I. C., & Land—An, I. P. C. C. (2019). Special Report on Climate Change. *Desertification, Land Degradation, Sustainable Land Management, Food Security, and Greenhouse Gas Fluxes in Terrestrial Ecosystems*.

Kongshaug, G. (1998). Energy consumption and greenhouse gas emissions in fertilizer production. In IFA Tech. Conf., Marrakech, Morocco, 1998. Int. Fertilizer Industry Assoc..

- Lammerts van Bueren, E. T., Struik, P. C., van Eekeren, N., & Nuijten, E. (2018). Towards resilience through systems-based plant breeding. A review. *Agronomy for sustainable development*, 38, 1-21.
- Lampkin, N., Stolze, M., Meredith, S., De Porras, M., Haller, L., & Mészáros, D. (2020). Using Eco-schemes in the new CAP: a guide for managing authorities.
- Lampurlanés, J., Plaza-Bonilla, D., Álvaro-Fuentes, J., & Cantero-Martínez, C. (2016). Long-term analysis of soil water conservation and crop yield under different tillage systems in Mediterranean rainfed conditions. *Field Crops Research*, 189, 59-67.
- Lee, H., Calvin, K., Dasgupta, D., Krinner, G., Mukherji, A., Thorne, P., ... & Park, Y. (2023). IPCC, 2023: Climate Change 2023: Synthesis Report, Summary for Policymakers. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland.
- Linzmeier, W., Gutser, R., & Schmidhalter, U. (2001). Nitrous oxide emission from soil and from a nitrogen-15-labelled fertilizer with the new nitrification inhibitor 3, 4-dimethylpyrazole phosphate (DMPP). *Biology and fertility of soils*, 34, 103-108.
- Lipczynska-Kochany, E. (2018). Effect of climate change on humic substances and associated impacts on the quality of surface water and groundwater: A review. *Science of the total environment*, 640, 1548-1565.
- Liu, C., Cutforth, H., Chai, Q., & Gan, Y. (2016). Farming tactics to reduce the carbon footprint of crop cultivation in semiarid areas. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 36, 1-16.
- Lorenz, K., & Lal, R. (2016). Environmental impact of organic agriculture. *Advances in agronomy*, 139, 99-152.
- Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pirani, S., Connors, C., Péan, S., Berger, N., ... Scheel Monteiro, P. M. (2021). IPCC, 2021: Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. Retrieved from <http://hdl.handle.net/10204/12710>
- Masud, M. M., Azam, M. N., Mohiuddin, M., Banna, H., Akhtar, R., Alam, A. F., & Begum, H. (2017). Adaptation barriers and strategies towards climate change: Challenges in the agricultural sector. *Journal of cleaner production*, 156, 698-706.
- Michel, D., Eriksson, M., & Klimes, M. (2021). Climate change and (in) security in transboundary river basins. In *Handbook of Security and the Environment* (pp. 62-75). Edward Elgar Publishing.
- Murshed, M., & Dao, N. T. T. (2022). Revisiting the CO2 emission-induced EKC hypothesis in South Asia: the role of Export Quality Improvement. *GeoJournal*, 87(2), 535-563.
- Nayak, H., Yadav, S. P., & Yadav, D. K. (2020). Contribution of Natural and Anthropogenic Activities in Greenhouse Gases Emission. *Energy*, 4(2).

- Nowicki M, Kozik EU, Foolad MR (2013) Late blight of tomato. Translational genomics for crop breeding, volume I: biotic stress. 1st edn. Varshney RK, Tuberosa R (eds) Wiley, Hoboken
- Nowicki, M., Foolad, M. R., Nowakowska, M., & Kozik, E. U. (2012). Potato and tomato late blight caused by *Phytophthora infestans*: an overview of pathology and resistance breeding. *Plant disease*, 96(1), 4-17.
- Nowicki, M., Kozik, E. U., & Foolad, M. R. (2013). Late blight of tomato. *Translational Genomics for crop breeding: Biotic stress*, 1, 241-265.
- Peralta, I. E., Spooner, D. M., & Knapp, S. (2008). Taxonomy of wild tomatoes and their relatives (*Solanum* sect. *Lycopersicoides*, sect. *Juglandifolia*, sect. *Lycopersicon*; Solanaceae).
- Peter, C., Helming, K., & Nendel, C. (2017). Do greenhouse gas emission calculations from energy crop cultivation reflect actual agricultural management practices?—A review of carbon footprint calculators. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 67, 461-476.
- Peters, G. P. (2010). Carbon footprints and embodied carbon at multiple scales. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 2(4), 245-250.
- Petrescu, A. M. R., Peters, G. P., Janssens-Maenhout, G., Ciais, P., Tubiello, F. N., Grassi, G., ... & Dolman, A. J. (2020). European anthropogenic AFOLU greenhouse gas emissions: a review and benchmark data. *Earth System Science Data*, 12(2), 961-1001.
- Plaza-Bonilla, D., Cantero-Martínez, C., & Álvaro-Fuentes, J. (2010). Tillage effects on soil aggregation and soil organic carbon profile distribution under Mediterranean semi-arid conditions. *Soil Use and Management*, 26(4), 465-474.
- Polívková, Z., Šmerák, P., Demová, H., & Houška, M. (2010). Antimutagenic effects of lycopene and tomato purée. *Journal of Medicinal Food*, 13(6), 1443-1450.
- Rafí, M. M., Yadav, P. N., & Reyes, M. (2007). Lycopene inhibits LPS-induced proinflammatory mediator inducible nitric oxide synthase in mouse macrophage cells. *Journal of Food Science*, 72(1), S069-S074.
- Rick, C. M., Zobel, R. W., & Fobes, J. F. (1974). Four peroxidase loci in red-fruited tomato species: genetics and geographic distribution. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 71(3), 835-839.
- Robinson, O. J., Tewkesbury, A., Kemp, S., & Williams, I. D. (2018). Towards a universal carbon footprint standard: A case study of carbon management at universities. *Journal of Cleaner Production*, 172, 4435-4455.
- Ronga, D., Francia, E., Rizza, F., Badeck, F. W., Caradonia, F., Montevecchi, G., & Pecchioni, N. (2019). Changes in yield components, morphological, physiological and fruit quality traits in processing tomato cultivated in Italy since the 1930's. *Scientia Horticulturae*, 257, 108726.

- Ronga, D., Lovelli, S., Zaccardelli, M., Perrone, D., Ulrici, A., Francia, E., ... & Pecchioni, N. (2015). Physiological responses of processing tomato in organic and conventional Mediterranean cropping systems. *Scientia Horticulturae*, 190, 161-172.
- Ronga, D., Parisi, M., Pentangelo, A., Mori, M., & Di Mola, I. (2019). Effects of nitrogen management on biomass production and dry matter distribution of processing tomato cropped in southern Italy. *Agronomy*, 9(12), 855.
- Ronga, D., Zaccardelli, M., Lovelli, S., Perrone, D., Francia, E., Milc, J., ... & Pecchioni, N. (2017). Biomass production and dry matter partitioning of processing tomato under organic vs conventional cropping systems in a Mediterranean environment. *Scientia horticulturae*, 224, 163-170.
- Sánchez, B., Iglesias, A., McVittie, A., Álvaro-Fuentes, J., Ingram, J., Mills, J., ... & Kuikman, P. J. (2016). Management of agricultural soils for greenhouse gas mitigation: Learning from a case study in NE Spain. *Journal of environmental management*, 170, 37-49.
- Scavo, A., & Mauromicale, G. (2020). Integrated weed management in herbaceous field crops. *Agronomy*, 10(4), 466.
- Scolastici, C., de Lima, R. A., Barbisan, L. F., Ferreira, A. L. D. A., Ribeiro, D. A., & Salvadori, D. M. F. (2008). Antigenotoxicity and antimutagenicity of lycopene in HepG2 cell line evaluated by the comet assay and micronucleus test. *Toxicology in Vitro*, 22(2), 510-514.
- Scolastici, C., De Lima, R. A., Barbisan, L. F., Ferreira, A. L., Ribeiro, D. A., & Salvadori, D. M. F. (2007). Lycopene activity against chemically induced DNA damage in Chinese hamster ovary cells. *Toxicology in Vitro*, 21(5), 840-845.
- Sesso, H. D., Buring, J. E., Norkus, E. P., & Gaziano, J. M. (2004). Plasma lycopene, other carotenoids, and retinol and the risk of cardiovascular disease in women. *The American journal of clinical nutrition*, 79(1), 47-53.
- Simunic, I., Likso, T., Miseckaite, O., Orlović-Leko, P., Ciglencčki, I., Spalević, V. (2019). Climate changes and soil water regime. *Agriculture and Forestry*, 65(3): 05-18. DOI: 10.17707/AgricultForest.65.3.01
- Singh, A., Gulati, I. J., & Chopra, R. (2013). Effect of various fertigation schedules and organic manures on tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) yield under arid condition. *The Bioscan*, 8(4), 1261-1264.
- Stein, L. Y., & Klotz, M. G. (2016). The nitrogen cycle. *Current Biology*, 26(3), R94-R98.
- Sutton, M. A., Bleeker, A., Howard, C. M., Erisman, J. W., Abrol, Y. P., Bekunda, M., ... & Zhang, F. S. (2013). Our nutrient world. The challenge to produce more food & energy with less pollution. Centre for Ecology & Hydrology.

Tan, H. L., Thomas-Ahner, J. M., Grainger, E. M., Wan, L., Francis, D. M., Schwartz, S. J., ... & Clinton, S. K. (2010). Tomato-based food products for prostate cancer prevention: what have we learned?. *Cancer and Metastasis Reviews*, 29, 553-568.

Tan, H. L., Thomas-Ahner, J. M., Grainger, E. M., Wan, L., Francis, D. M., Schwartz, S. J., ... & Clinton, S. K. (2010). Tomato-based food products for prostate cancer prevention: what have we learned?. *Cancer and Metastasis Reviews*, 29, 553-568.

Tubiello, F. N., Rosenzweig, C., Conchedda, G., Karl, K., Gütschow, J., Xueyao, P., ... & Sandalow, D. (2021). Greenhouse gas emissions from food systems: building the evidence base. *Environmental Research Letters*, 16(6), 065007.

UNEP. (2021). *Emissions Gap Report 2021: The Heat Is On-A World of Climate Promises Not Yet Delivered*. UN.

United States Department of Agriculture, USDA, FOODDATACENTRAL, Tomatos, canned, crushed, 2019, Available online: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/170501/nutrients>

United States Department of Agriculture, USDA, FOODDATACENTRAL, Tomatos, red, rip, raw, 2019, Available online: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/170457/nutrients>

Van der Knaap, E., Lippman, Z. B., & Tanksley, S. D. (2002). Extremely elongated tomato fruit controlled by four quantitative trait loci with epistatic interactions. *Theoretical and Applied Genetics*, 104, 241-247.

Van der Knaap, E., Sanyal, A., Jackson, S. A., & Tanksley, S. (2004). High-resolution fine mapping and fluorescence in situ hybridization analysis of sun, a locus controlling tomato fruit shape, reveals a region of the tomato genome prone to DNA rearrangements. *Genetics*, 168(4), 2127-2140.

Viskelis, P., Radzevicius, A., Urbonaviciene, D., Viskelis, J., Karkleliene, R., & Bobinas, C. (2015). Biochemical parameters in tomato fruits from different cultivars as functional foods for agricultural, industrial, and pharmaceutical uses. *Plants for the Future*, 11, 45.

Walling, E., & Vaneeckhaute, C. (2020). Greenhouse gas emissions from inorganic and organic fertilizer production and use: A review of emission factors and their variability. *Journal of Environmental Management*, 276, 111211.

Wang, H., Yang, Y., Zhang, X., & Tian, G. (2015). Carbon footprint analysis for mechanization of maize production based on life cycle assessment: A case study in Jilin Province, China. *Sustainability*, 7(11), 15772-15784.

Wang, Y., Liu, F., Andersen, M. N., & Jensen, C. R. (2010). Improved plant nitrogen nutrition contributes to higher water use efficiency in tomatoes under alternate partial root-zone irrigation. *Functional Plant Biology*, 37(2), 175-182.

Wei, Z., Du, T., Li, X., Fang, L., & Liu, F. (2018). Interactive effects of elevated CO₂ and N fertilization on yield and quality of tomato grown under reduced irrigation regimes. *Frontiers in Plant Science*, 9, 328.

Wezel, A., Goris, M., Bruil, J., Félix, G. F., Peeters, A., Bàrberi, P., ... & Migliorini, P. (2018). Challenges and action points to amplify agroecology in Europe. *Sustainability*, 10(5), 1598.

World Meteorological Organization. *International Meteorological Vocabulary*, 2nd ed.; WMO: Geneva, Switzerland, 1992.

World Processing Tomato Council, 2022, Available online: <https://www.wptc.to/production/>

Xu, X., & Lan, Y. (2016). A comparative study on carbon footprints between plant-and animal-based foods in China. *Journal of Cleaner Production*, 112, 2581-2592.

Xu, X., Zhang, B., Liu, Y., Xue, Y., & Di, B. (2013). Carbon footprints of rice production in five typical rice districts in China. *Acta Ecologica Sinica*, 33(4), 227-232.

Εθνικός Κλιματικός Νόμος, Βουλή των Ελλήνων, 26 Μαΐου 2022, Available Online: <https://www.hellenicparliament.gr/UserFiles/bcc26661-143b-4f2d-8916-0e0e66ba4c50/11973789.pdf>

Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, Εθνικός Κλιματικός Νόμος, Available Online: <https://ypen.gov.gr/perivallon/klimatiki-allagi/ethnikos-klimatikos-nomos/>

Παράρτημα

Όνομα παραγωγού	Αγροτεμάχιο	Έκταση (στρέμματα)	Συνολικές εκπομπές CO ₂ e (kg)	Εκπομπή CO ₂ e ανά εκτάριο (kg CO ₂ e / ha)	Εκπομπή CO ₂ e ανά τόνο προϊόντος (kg / tn προϊόντος)
Αρβανιτάκης	Νεύρος μεγάλο 2022	93	41060	4420	40,69
Δημητρακόπουλος	Φρετζάδος 2022	32,5	12290	3780	108,75
Νάνος	Τεμάχιο 50 2022	94	39310	4180	38,58
Ανδριοπούλου	Μετόχι 2022	45	18510	4110	32,14
	Μετόχι 2023	79	32940	4170	30,9
	Μπους	60	24070	4010	30,39
	Σκαλτσάς	93	22890	2460	19,38
Αρβανιτάκης	Αεροπορία μεγάλο	42,5	17890	4210	46,77
	Νεύρος μεγάλο 2023 38 στρέμματα	38	15830	4170	73,3
	Νεύρος μεγάλο 2023 55 στρέμματα	55	23960	4360	76,41
Δημητρακόπουλος	Φρετζάδος 2023	32	11880	3710	33,45
	Αβραμίδης	53	19380	3660	36,94
Μαυρογιάννης	Λουλούμπα	40	13440	3360	48,05
Κακαλέτρης	Μανωλά	62,3	23620	3790	50,59
	Σπήλιου	45	17460	3880	48,5
	Μαντριά	43	17150	3990	40,28
	Σόμου	44	16120	3660	43,61
	Τσελέικα	48	18210	3790	41,25
	Παρασκευά	50	18860	3770	49,63
Καγκελάρης	Φουσακρίνι	50	24600	4920	39,68
	Αεροδρόμιο Τακαν	105	49410	4710	55,36
	Αεροδρόμιο Όμηρος	126	60190	4780	63,69
	Κανελίτσα 2Α	32,5	14840	4570	76,12
Βαρζελιώτης	Κάστα Α	30	11550	3850	29,86
	Κάστα Γ	28	10390	3710	33,43
	Τομαράκος	45	16450	3660	31,51
	Χαρίτος	33,5	14090	4210	38,25
	Μπαλάσκας 1	58	21340	3680	33,45
Νάνος	Τεμάχιο 70	123	38750	3150	67,03
Ντίνος	Λυκουργιώτης	23	8490	3690	47,96
	Μ.Ο.	56,78	22499,00	3947,00	46,87

Εικόνα 13: Υπολογισμός Μέσου Όρου των αγροτεμαχίων και των ανθρακικών αποτυπωμάτων.

Ερωτηματολόγιο προς συμπλήρωση από τους παραγωγούς:

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΟΥ ΚΑΙ ΑΓΡΟΥ :

ΟΝΟΜΑ ΠΑΡΑΓΩΓΟΥ:		
ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ:		
ΕΤΟΣ:		
ΕΚΤΑΣΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ (ha):		
ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΦΡ. ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ		
(tn):		
ΠΟΣ. ΤΕΛΙΚΟΥ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ (tn):		
ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΥΠΟΛ/ΜΑΤΩΝ		
(tn/ha):		
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΠΟΛ/ ΜΑΤΩΝ:	1. Απομάκρυνση από τον αγρό για χρήση ή προς πώληση	
	2. Κάψιμο στο αγροτεμάχιο	
	3. Ενσωμάτωση	
	4. Δημιουργία κομπόστ	
	5. Διατήρηση σε σωρούς	
ΥΠΗΡΧΑΝ ΣΥΝ - ΠΡΟΪΟΝΤΑ	ΝΑΙ	ΌΧΙ

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΕΔΑΦΟΥΣ:

ΥΦΗ ΕΔΑΦΟΥΣ	ΑΡΓΙΛΩΔΕΣ
	ΙΛΥΩΔΕΣ
	ΑΜΜΩΔΕΣ
ΥΓΡΑΣΙΑ	ΞΗΡΟ
	ΥΓΡΟ
ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΟΥΣΙΑ	
ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΗ	ΚΑΛΗ
	ΦΤΩΧΗ
pH	

Σημειώσεις / Παρατηρήσεις:.....

ΕΙΣΡΟΕΣ ΛΙΠΑΝΣΗΣ:

ΤΥΠΟΣ ΛΙΠΑΣΜΑΤΟΣ		
ΔΟΣΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ		
ΜΕΘΟΔΟΣ		
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ		
ΠΕΡΙΕΙΧΕ ΑΝΑΣΤΟΛΕΑ	ΝΑΙ	ΌΧΙ

***Για περισσότερες εφαρμογές λίπανσης ακολουθήστε το παραπάνω πρότυπο**

ΕΙΣΡΟΕΣ ΦΥΤΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ:

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΠΟΡΟΥ
	ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΕΔΑΦΟΥΣ
	ΜΕΤΑΦΥΤΡΩΤΙΚΑ
ΤΥΠΟΣ	ΦΥΤΟΦΑΡΜΑΚΟ
	ΕΝΤΟΜΟΚΤΟΝΟ
	ΜΥΚΗΤΟΚΤΟΝΟ
	ΖΙΖΑΝΙΟΚΤΟΝΟ
ΔΟΣΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ	
ΕΝΕΡΓΟ ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ (%)	

***Για περισσότερες εφαρμογές φυτοπροστασίας ακολουθήστε το παραπάνω πρότυπο**

ΧΡΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΓΙΑ ΓΕΩΡΓΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ:

ΠΗΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ
ΧΡΗΣΗ – ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ (L)

ΓΕΩΡΓΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ	ΜΗΧΑΝΗΜΑ	ΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

***Για περισσότερες καλλιεργητικές εργασίες ακολουθήστε το παραπάνω πρότυπο**

ΑΡΔΕΥΣΗ:

ΠΗΓΗ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

ΠΟΤΙΣΜΑΤΑ

ΜΕΘΟΔΟΣ

ΠΗΓΗ ΥΔΑΤΩΝ

ΒΑΘΟΣ ΑΝΤΛΗΣΗΣ

ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΑΠΟΣΤΑΣΗ

ΠΗΓΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ ΑΝΑ ΑΡΔΕΥΣΗ

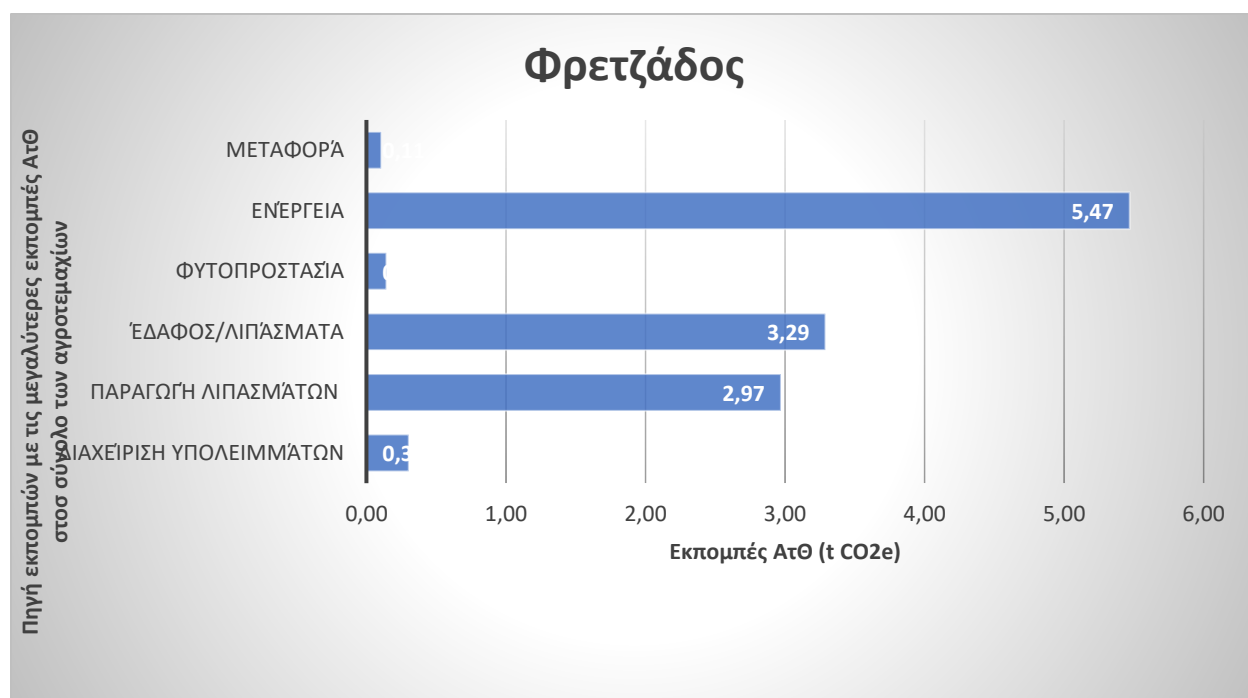
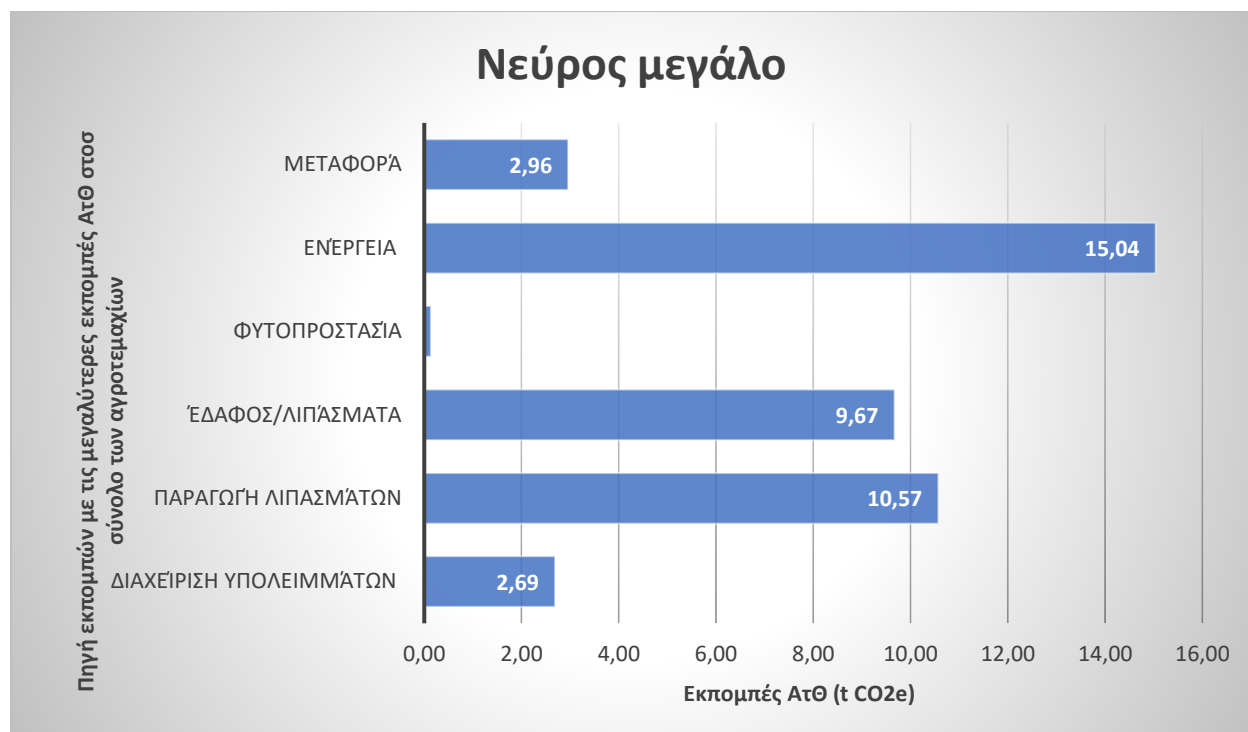
ΜΕΤΑΦΟΡΑ:

ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ

ΤΥΠΟΣ ΟΧΗΜΑΤΟΣ

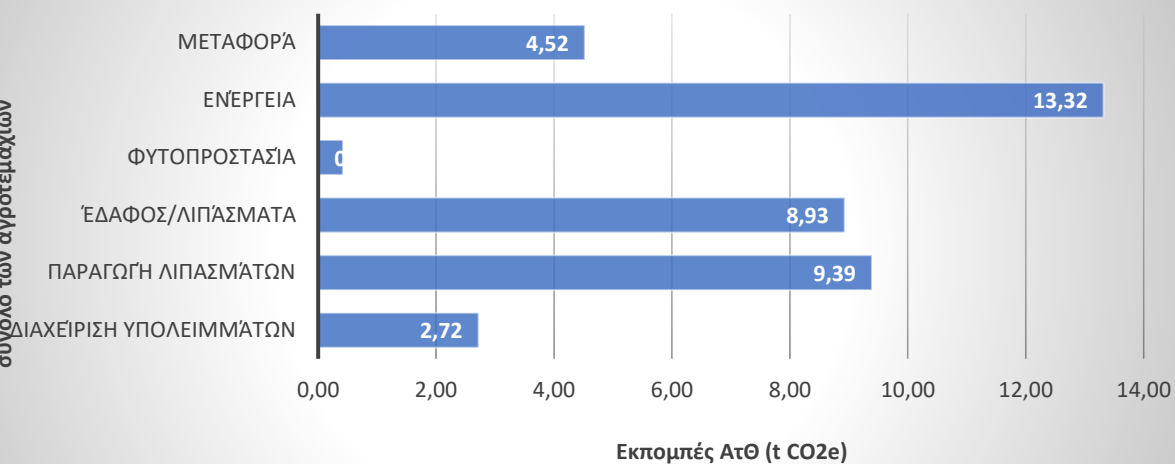
ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ

Παράθεση Διαγραμμάτων εκπομπών ΑτΘ ανά πηγή εκπομπών σε κάθε αγροτεμάχιο



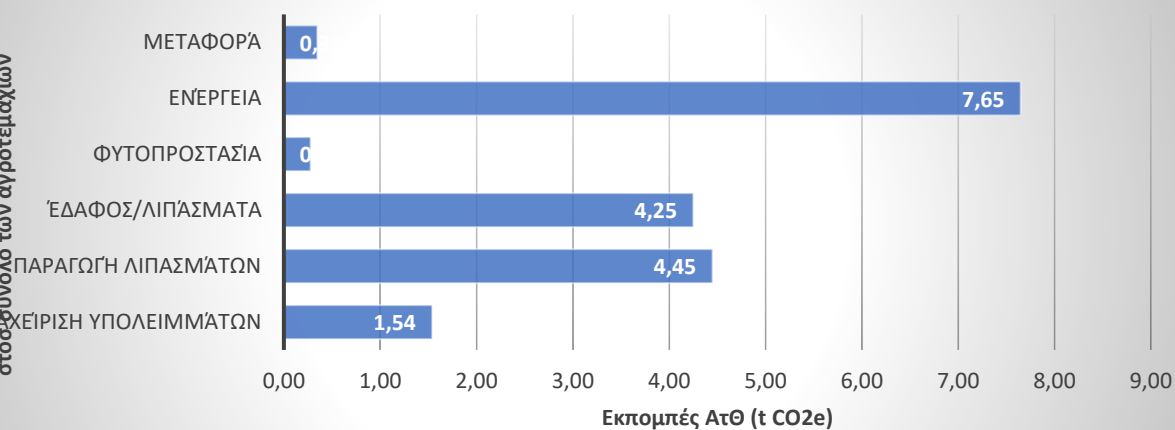
Τεμάχιο 50

Πηγή εκπομπών με τις μεγαλύτερες εκπομπές ΑτΘ στο σόσολο των αγροτεμαχίων



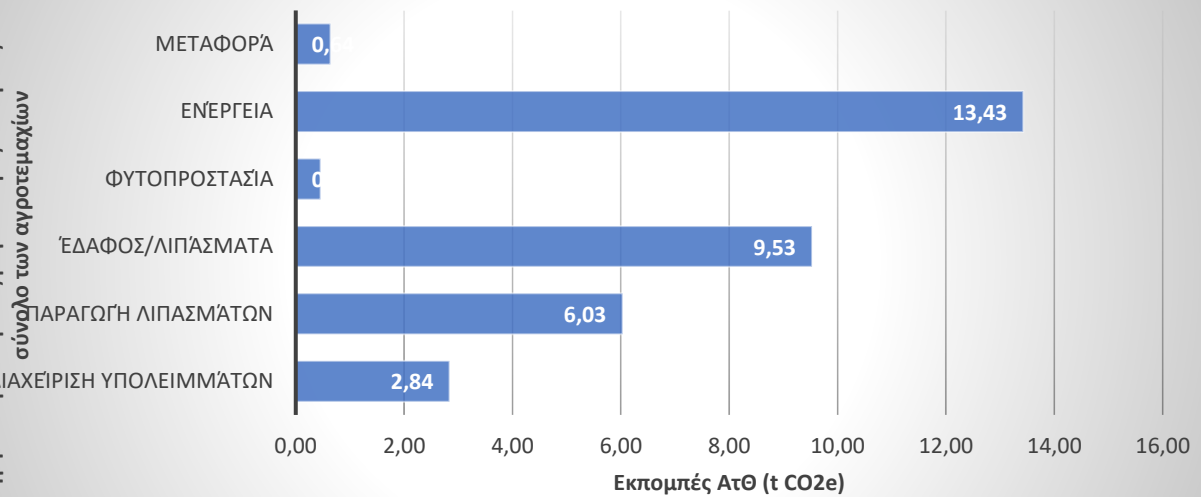
Μετόχι

Πηγή εκπομπών με τις μεγαλύτερες εκπομπές ΑτΘ στο σόσολο των αγροτεμαχίων



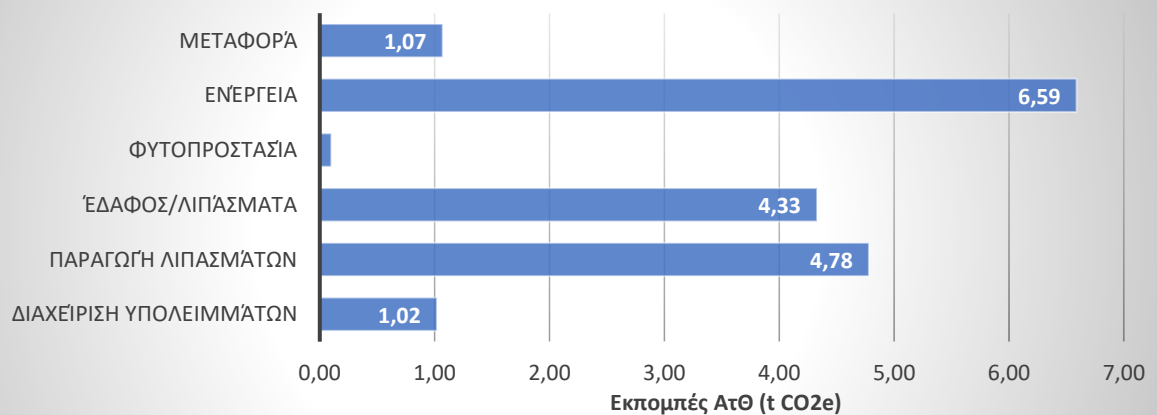
ΜΕΤΟΧΙ 79

Πηγή εκπομπών με τις μεγαλύτερες εκπομπές ΑτΘ στο
σύνολο των αγροτεμαχίων



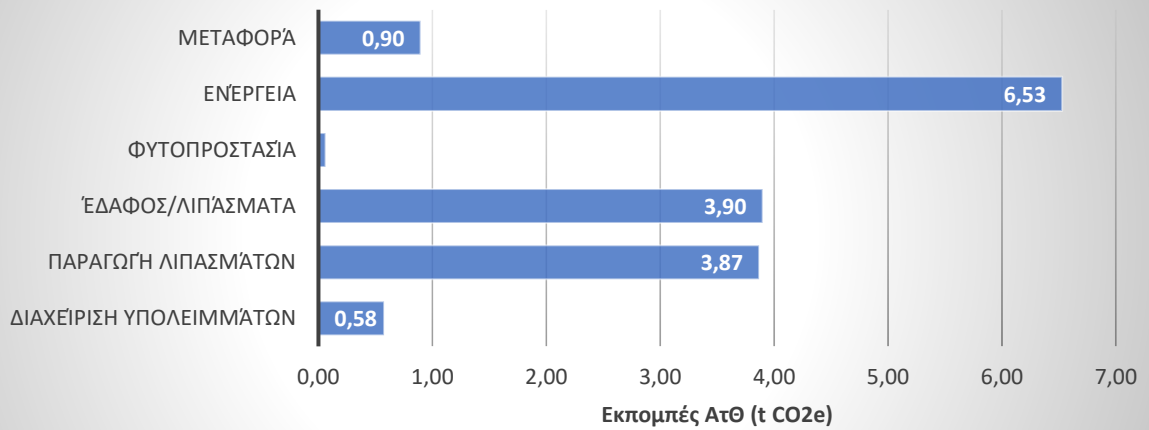
ΑΡΒΑΝΙΤΑΚΗΣ ΑΕΡΟΠΟΡΙΑ

Πηγή εκπομπών με τις μεγαλύτερες εκπομπές ΑτΘ
στο σύνολο των αγροτεμαχίων



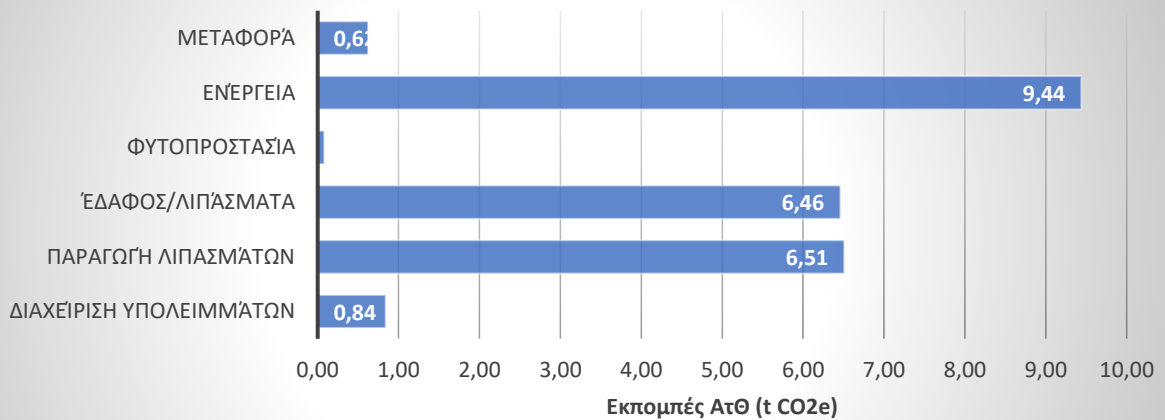
ΑΡΒΑΝΙΤΑΚΗΣ ΝΕΥΡΟΣ 38 ΣΤΡ

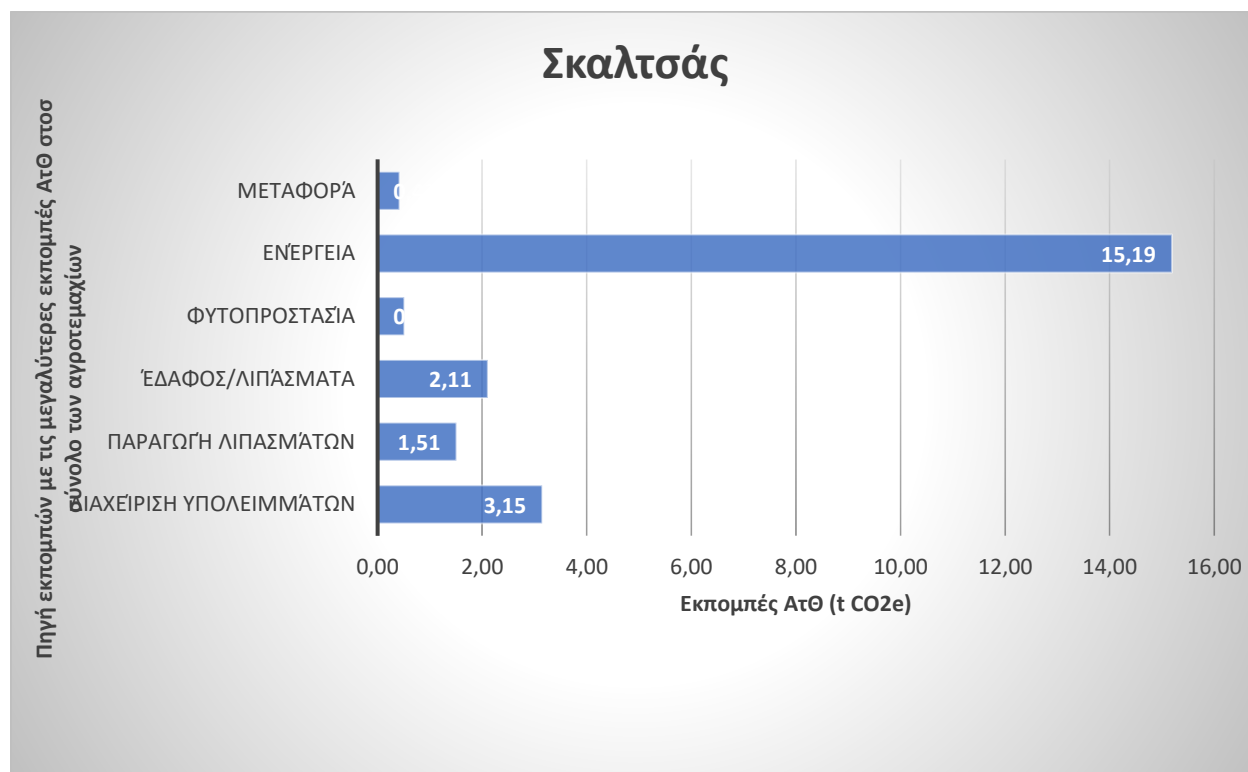
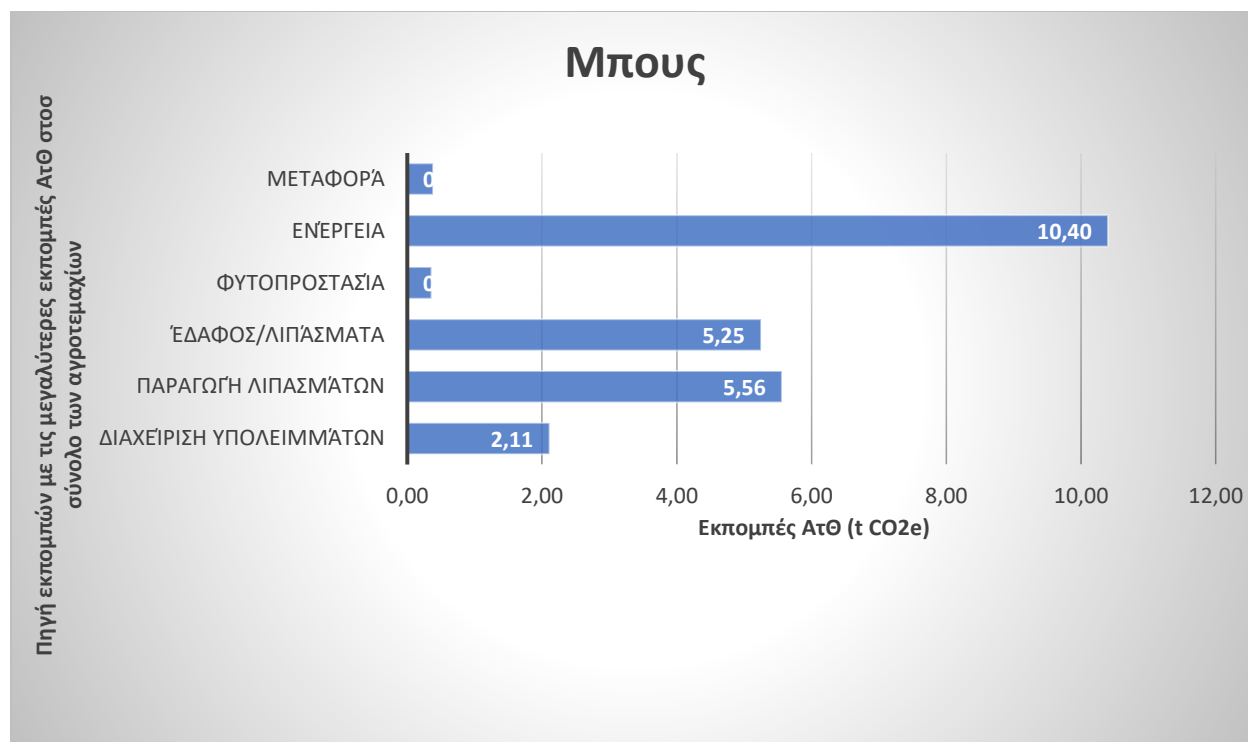
Πηγή εκπομπών με τις μεγαλύτερες εκπομπές ΑτΘ στο
σύνολο των αγροτεμαχίων

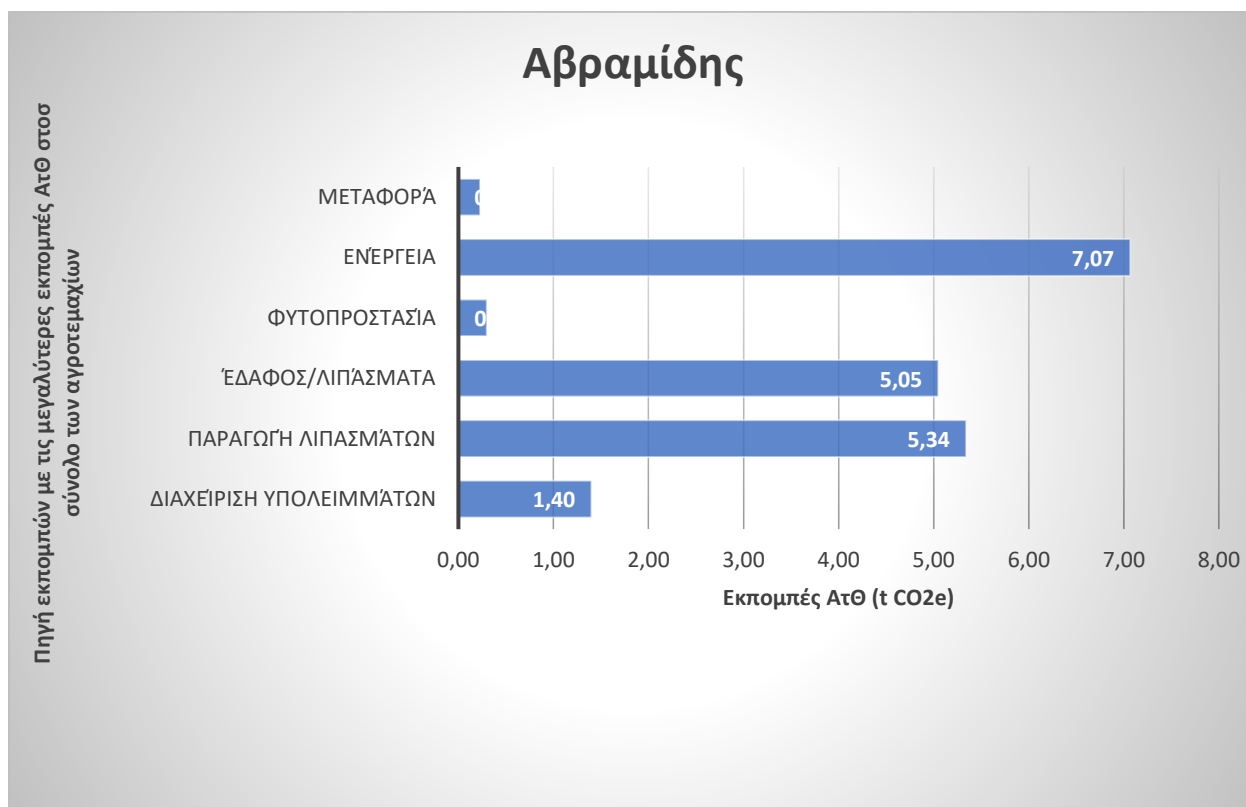
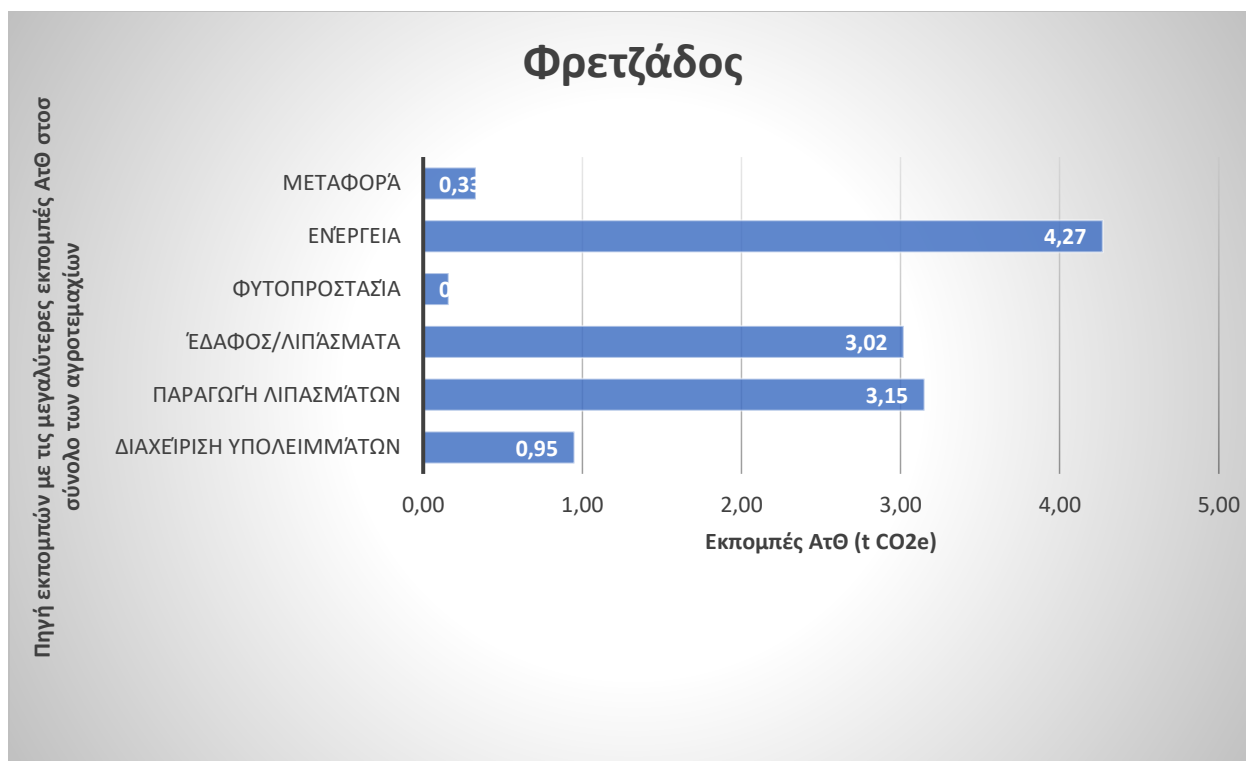


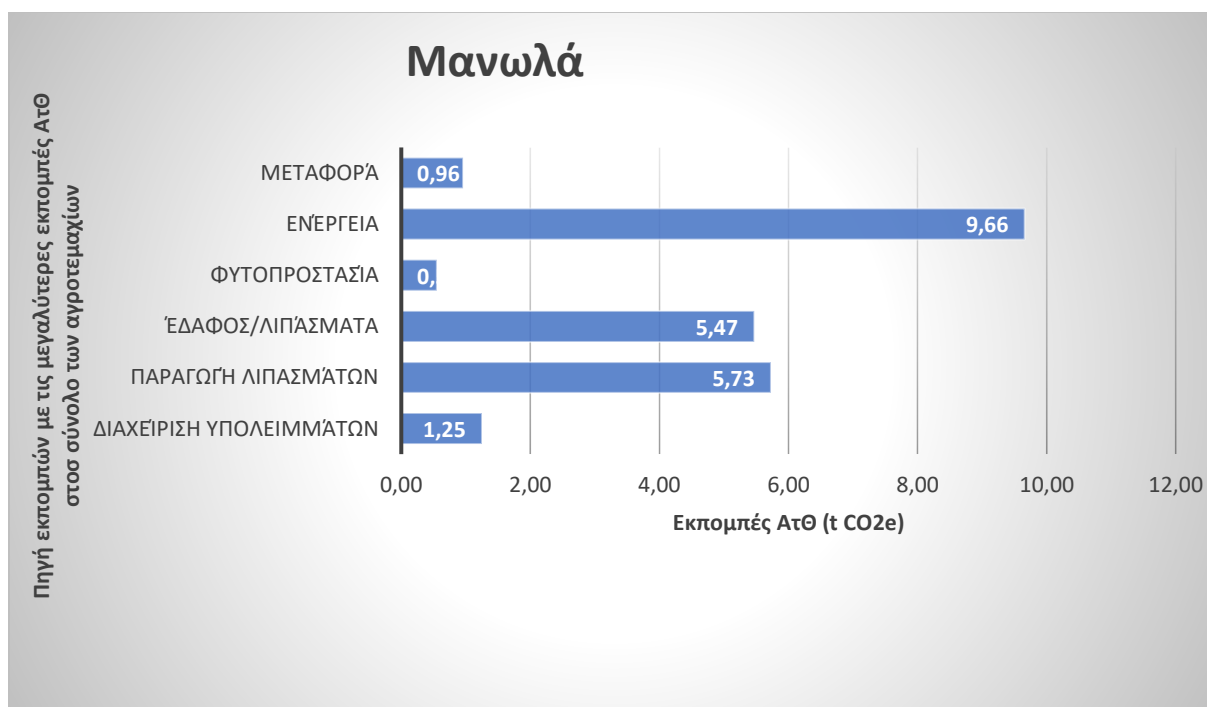
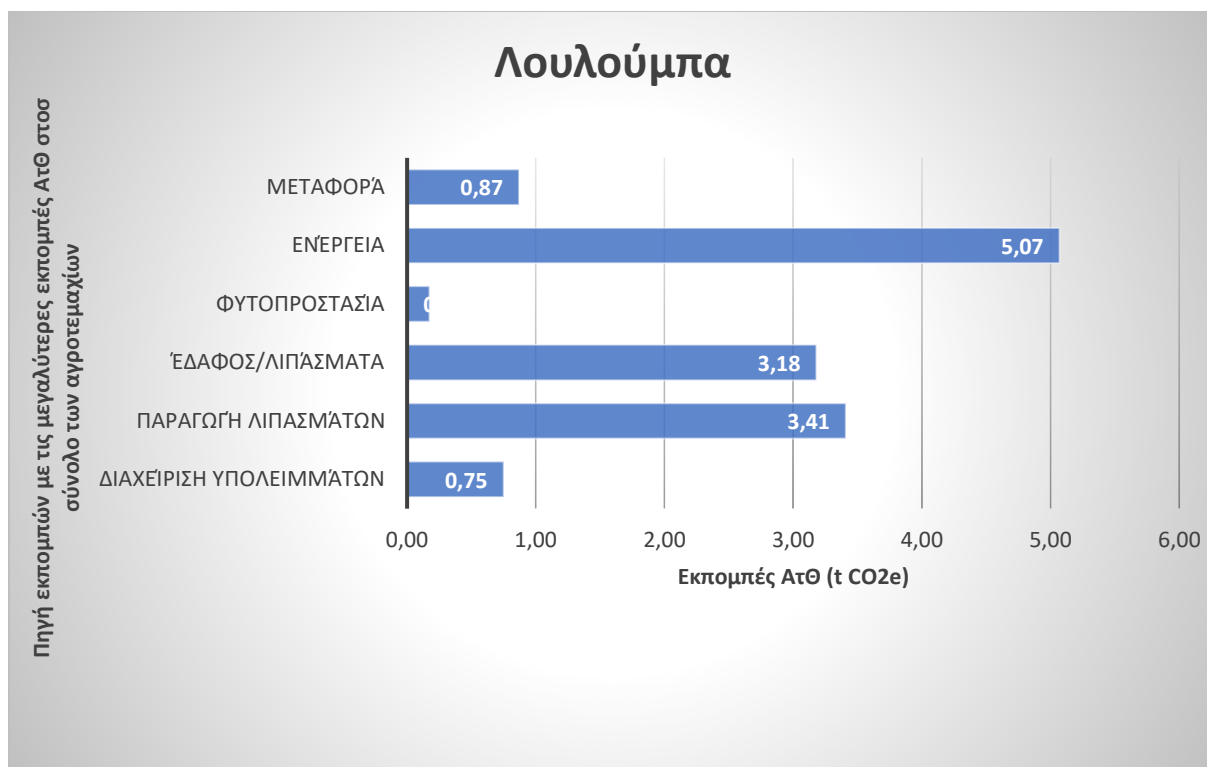
ΑΡΒΑΝΙΤΑΚΗΣ ΝΕΥΡΟΣ 55

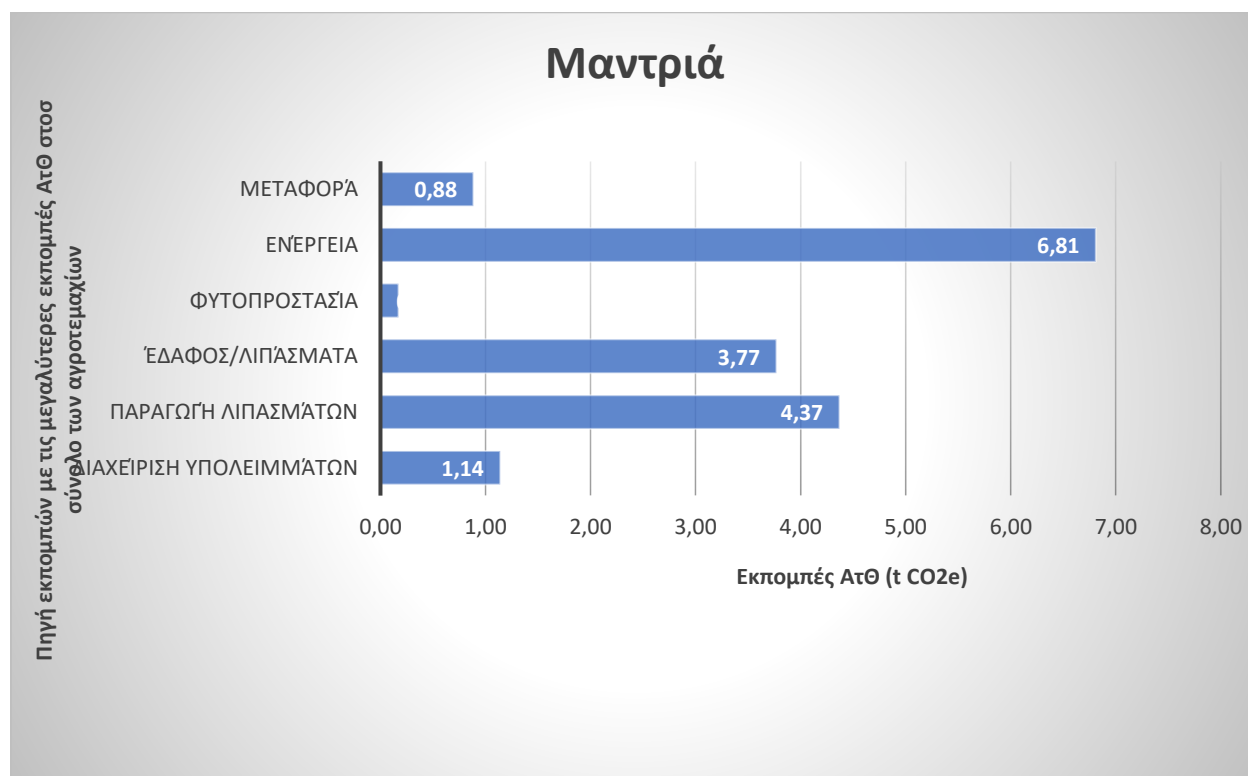
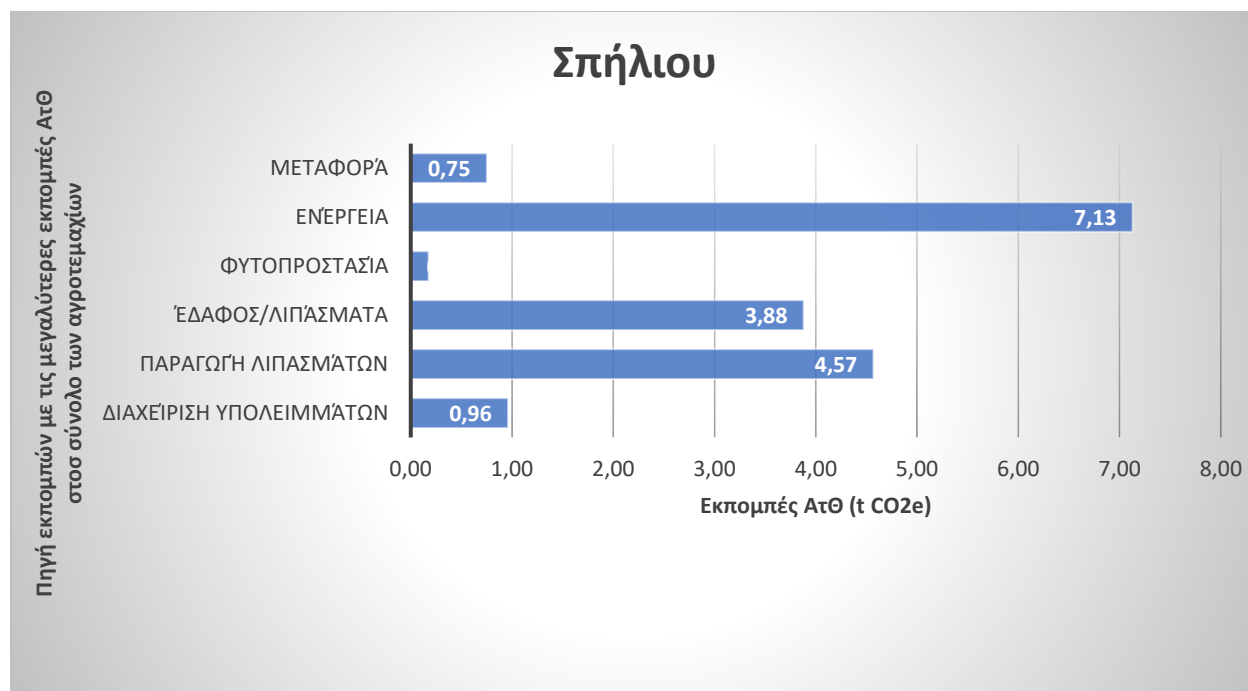
Πηγή εκπομπών με τις μεγαλύτερες εκπομπές ΑτΘ
στο σύνολο των αγροτεμαχίων

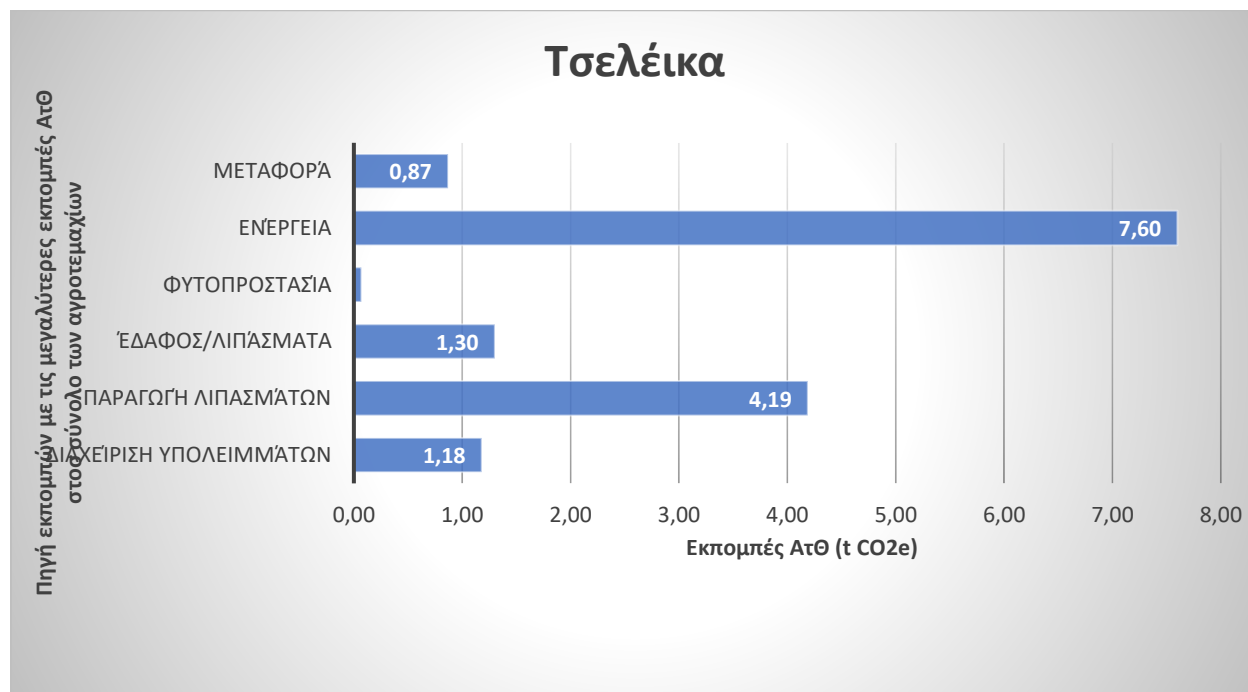
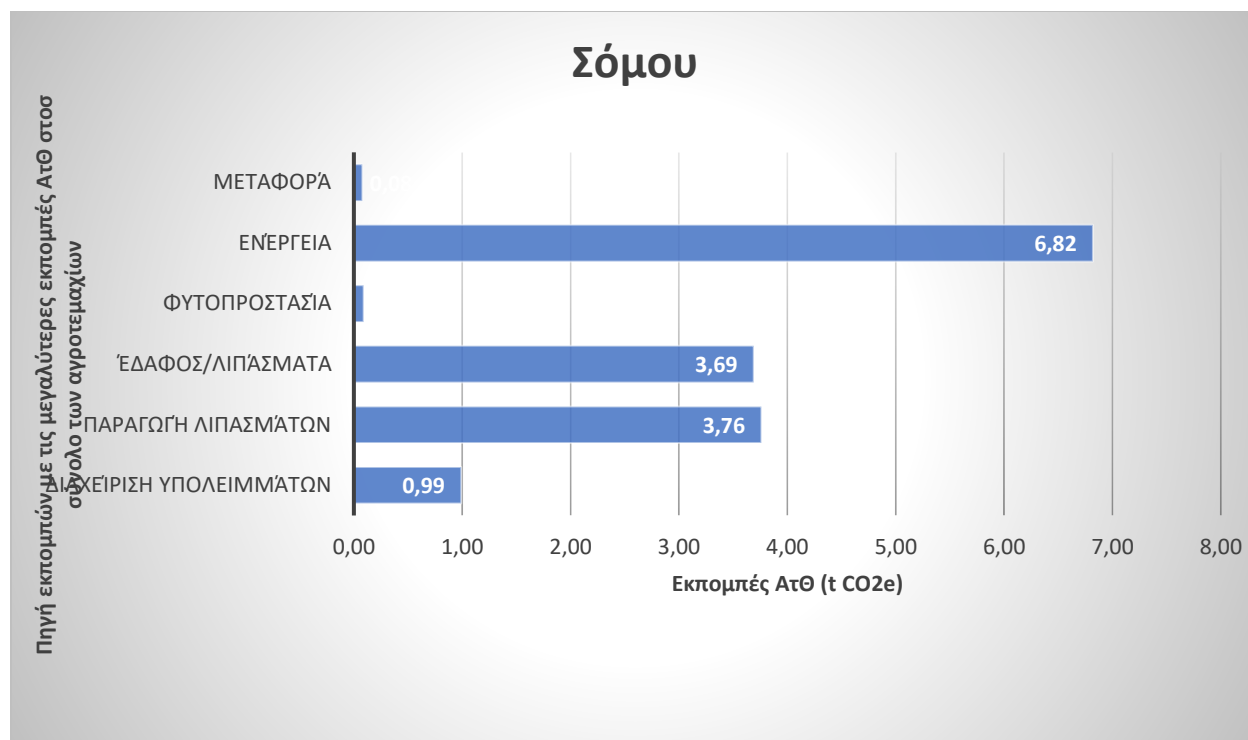


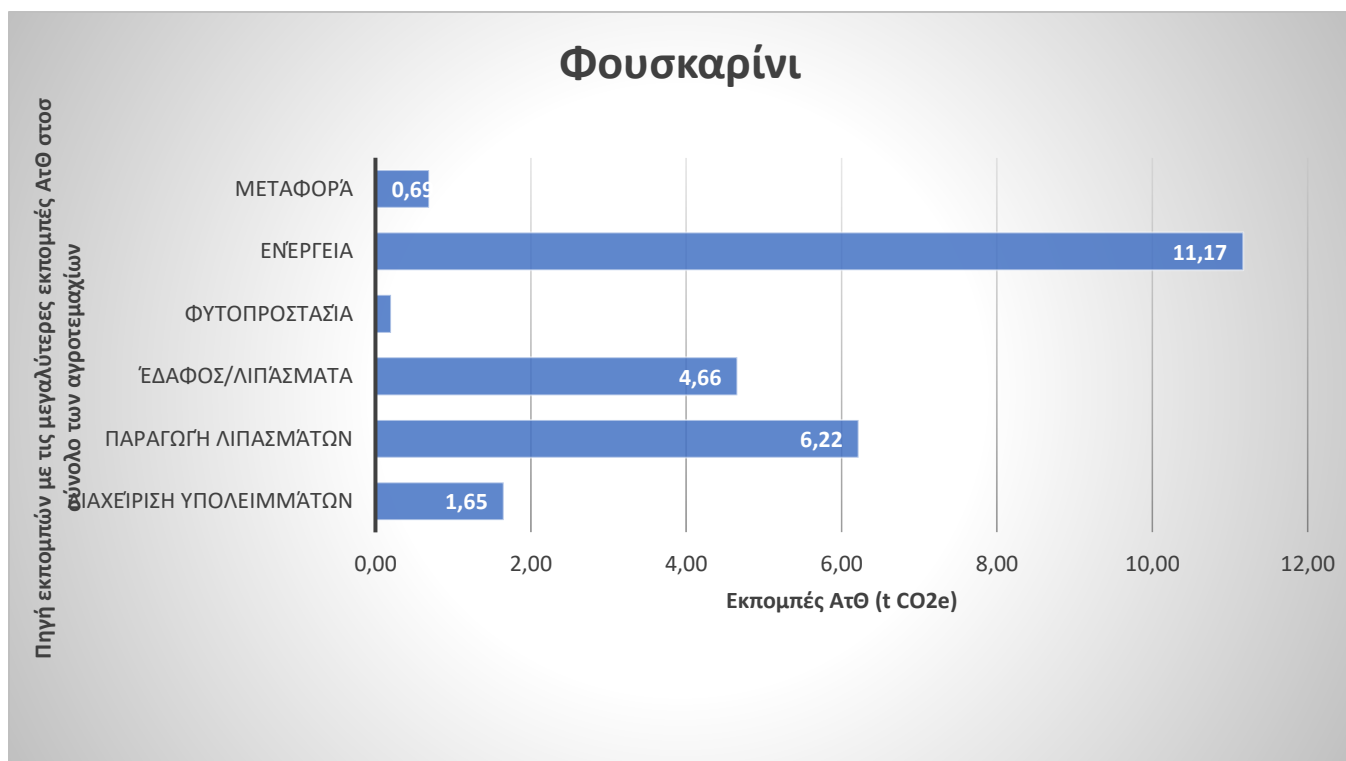
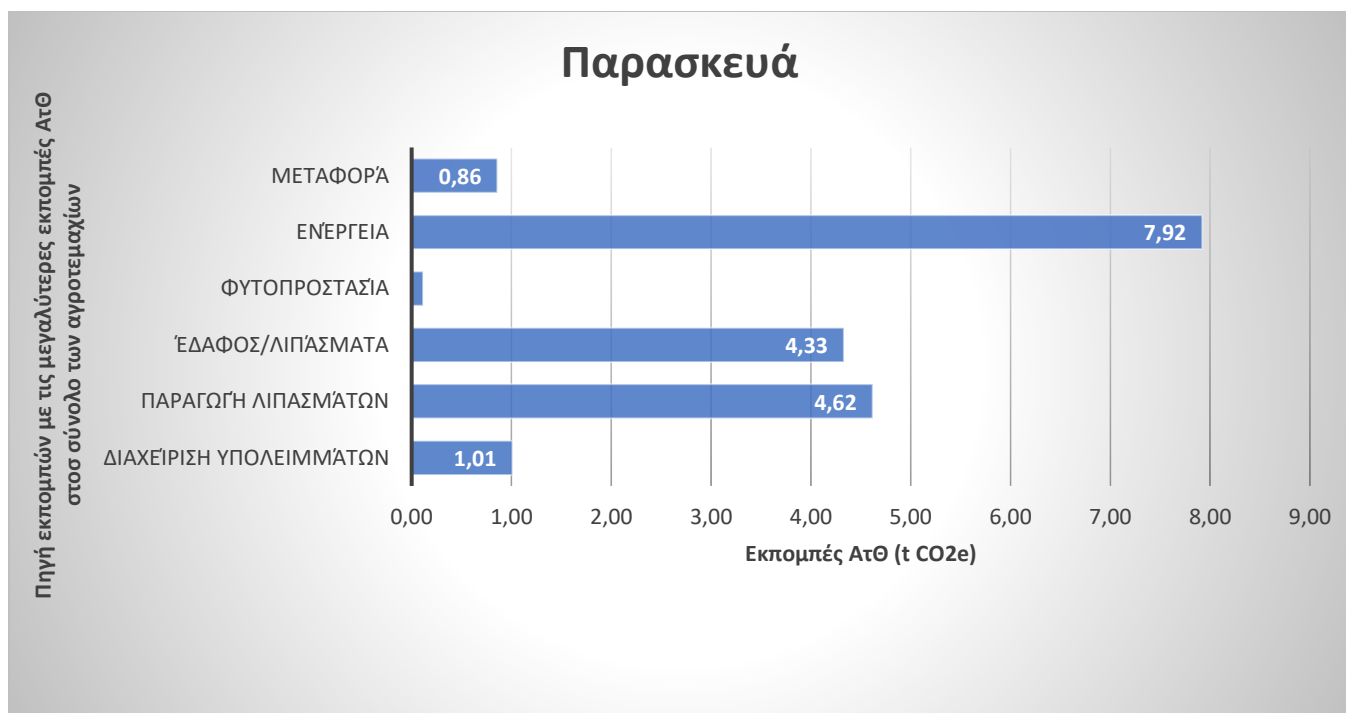


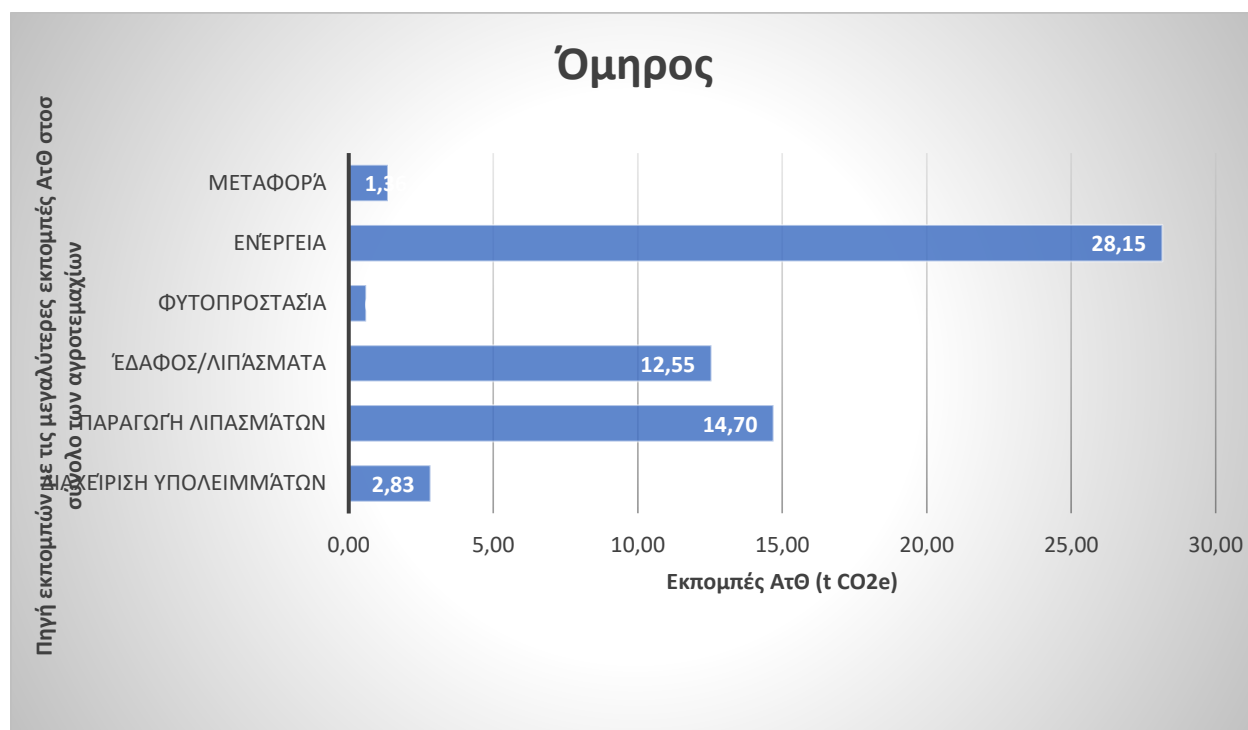
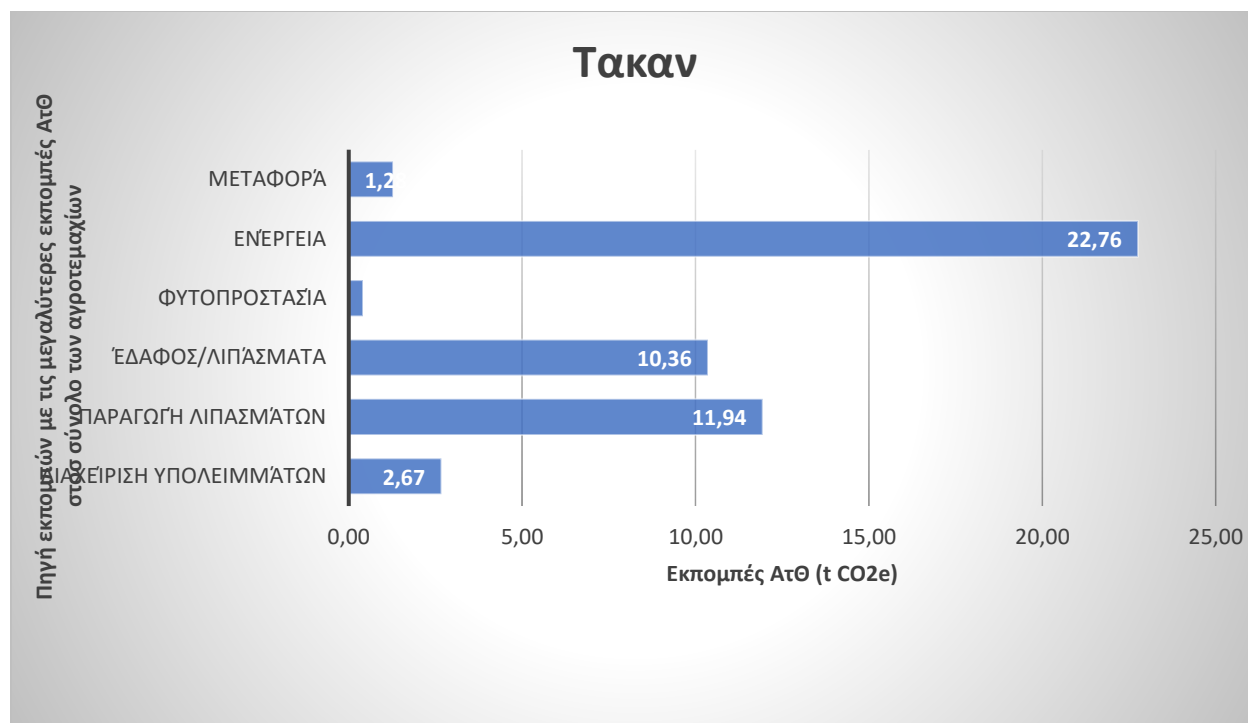


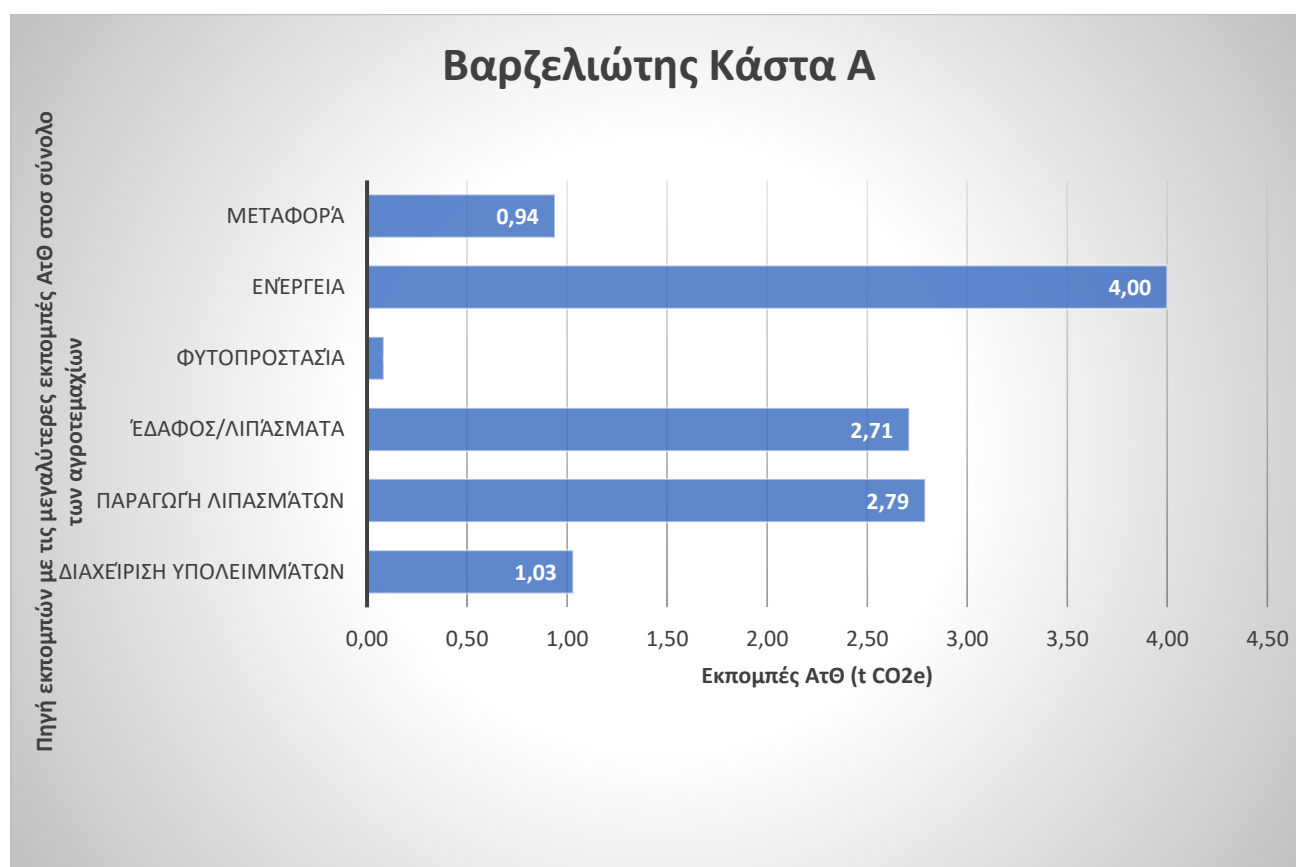
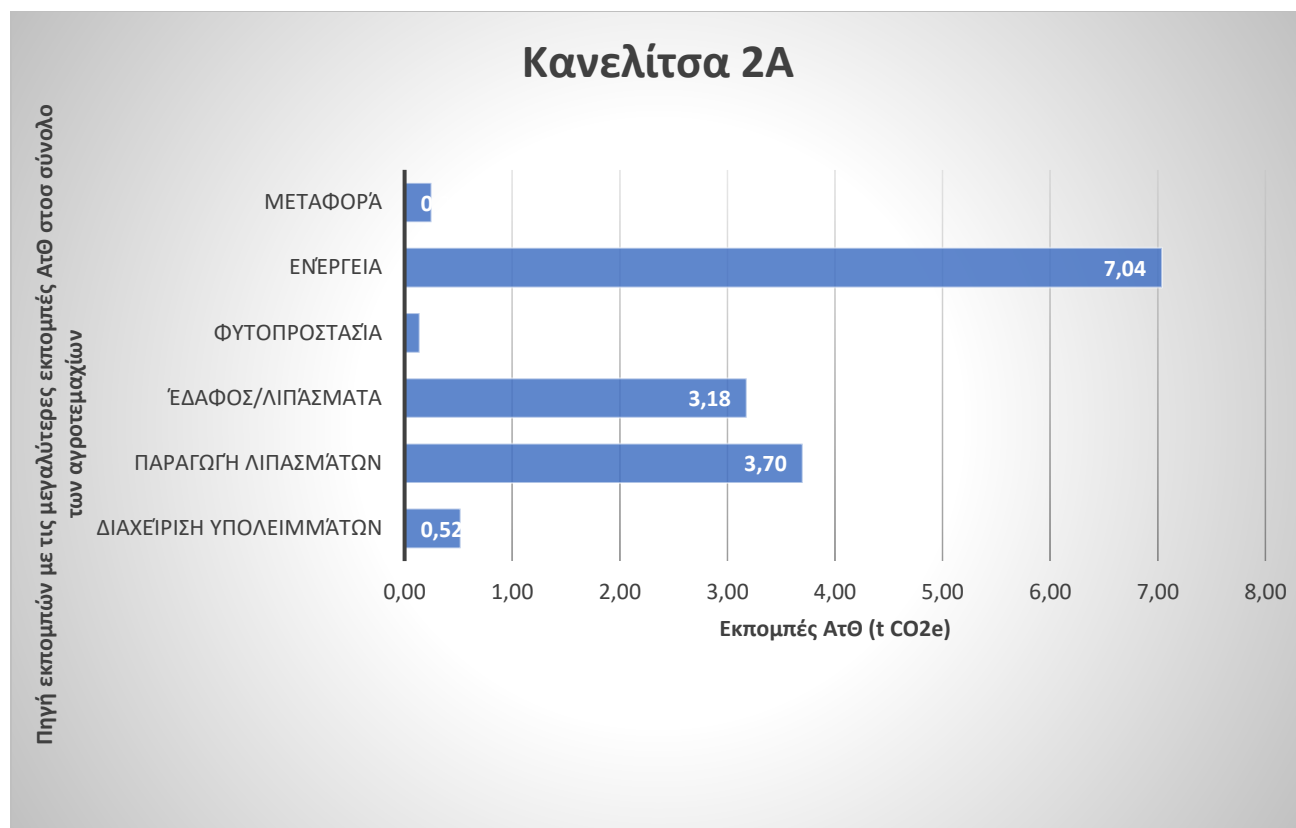






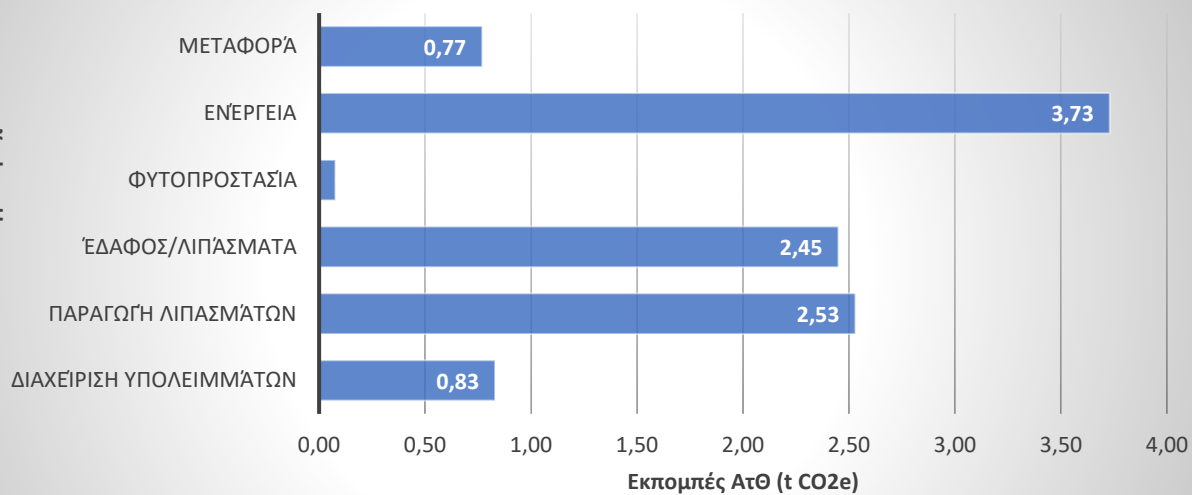






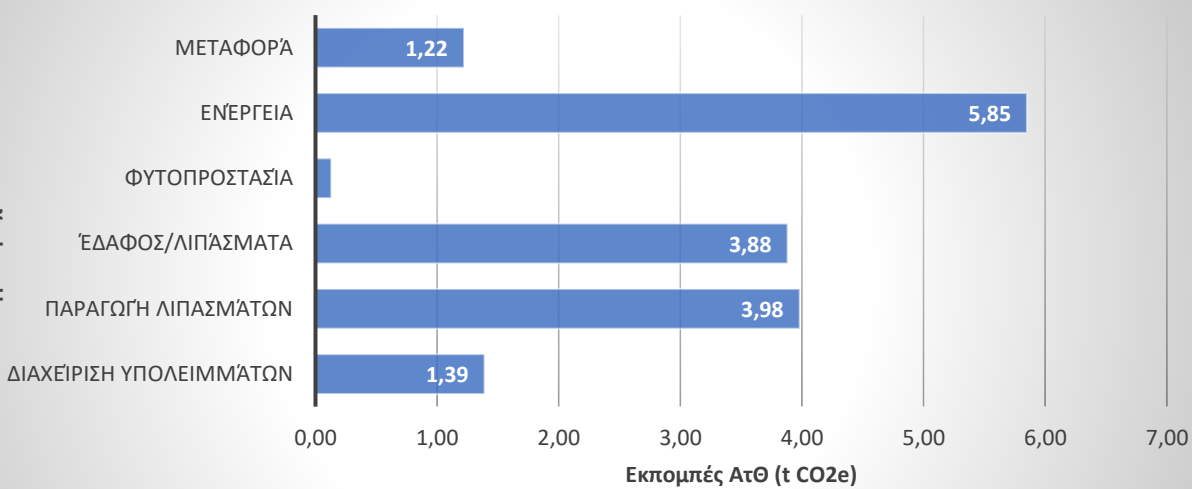
Βαρζελιώτης Κάστα Γ

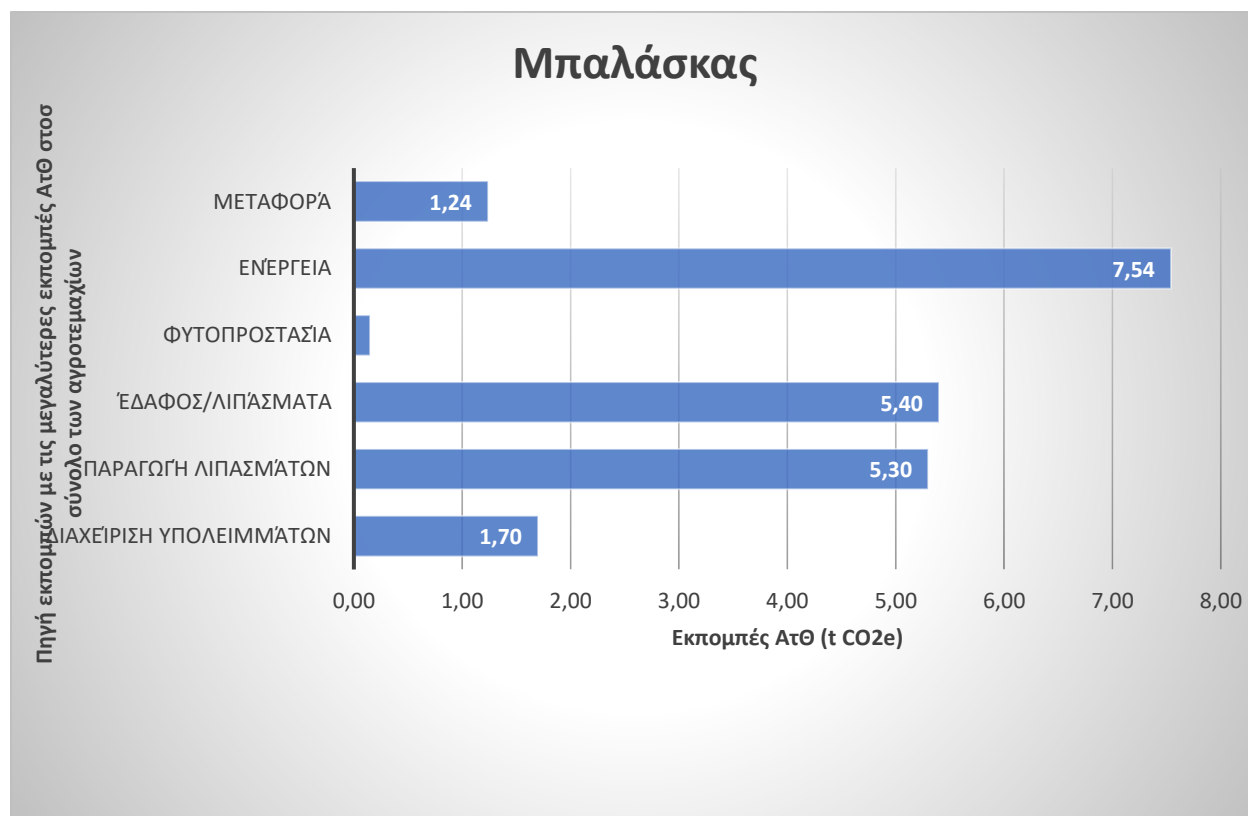
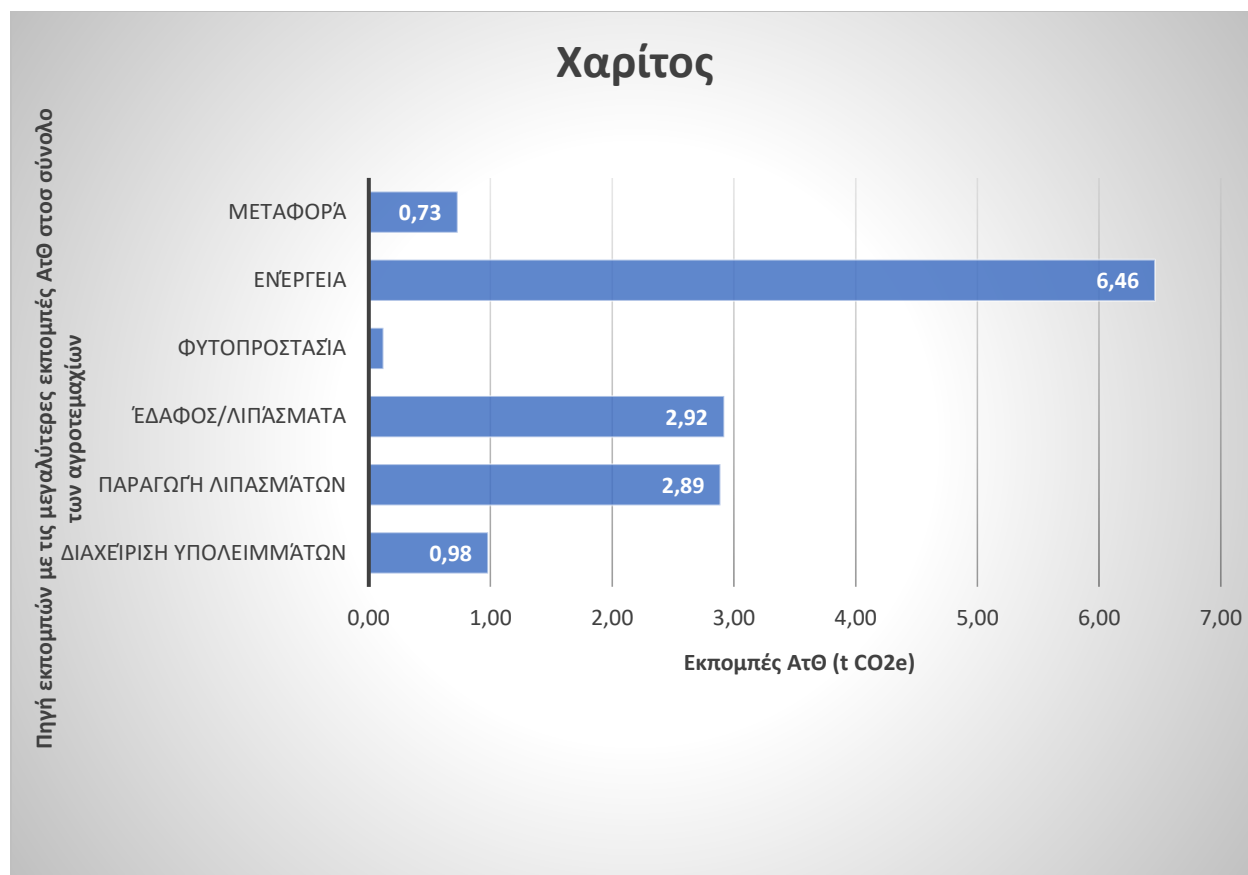
Πηγή εκπομπών με τις μεγαλύτερες εκπομπές ΑτΘ στο σύνολο των αγροτεμαχίων



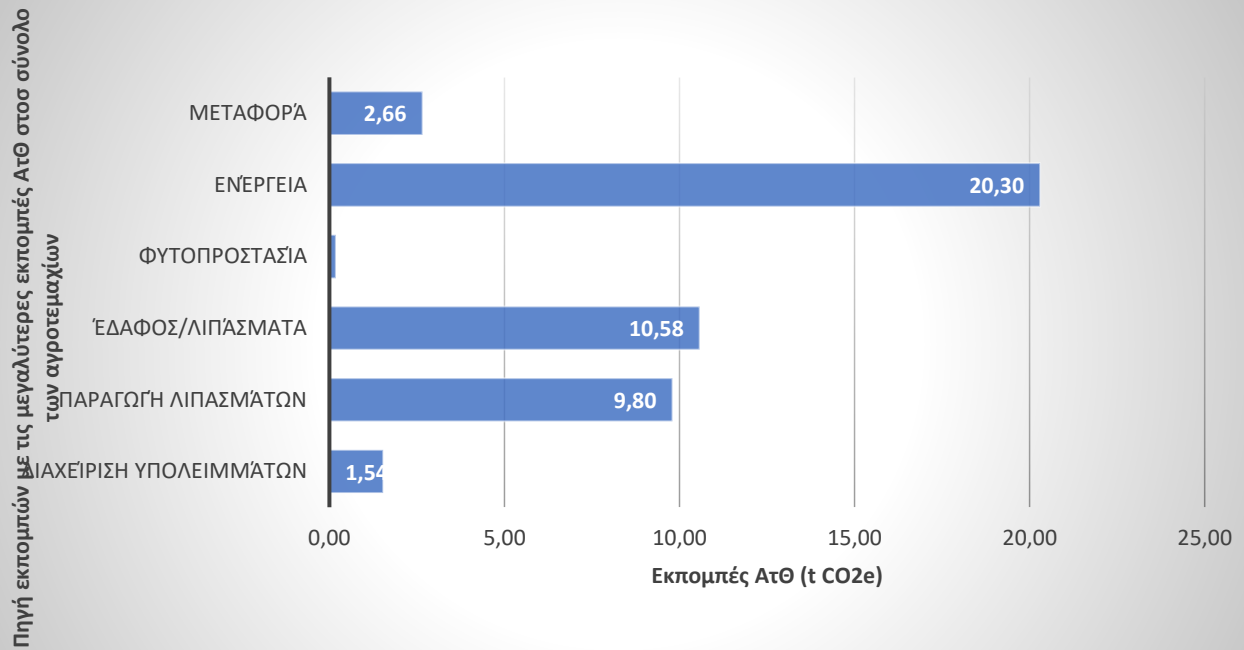
Τομαράκος

Πηγή εκπομπών με τις μεγαλύτερες εκπομπές ΑτΘ στο σύνολο των αγροτεμαχίων





Τεμάχιο 70



ΝΤΙΝΟΣ

