



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ
ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ

ΟΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ ΣΤΗ
ΓΕΩΡΓΙΑ



ΧΡΙΣΤΙΑΝΑ ΘΕΟΧΑΡΙΔΟΥ

Επιβλέπων: Βασίλειος Παπασωτηρόπουλος, Καθηγητής

ΑΜΑΛΙΑΔΑ 2022

Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της παρούσας πτυχιακής εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω αρχικά, τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Βασίλη Παπασωτηρόπουλο για την στήριξη και τις πολύτιμες συμβουλές του κατά τη διάρκεια της εκπόνησης.

Επιπλέον, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στην οικογένειά μου, για την αμέριστη υποστήριξη που μου παρείχαν καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Περίληψη

Τις τελευταίες δεκαετίες παρατηρείται μεγάλη αύξηση της θερμοκρασίας, εξαιτίας διάφορων παραγόντων, όπως είναι η ατμοσφαιρική ρύπανση, η αποψίλωση των δασών, οι ανθρώπινες δραστηριότητες και η καύση ορυκτών καυσίμων. Οι ενέργειες αυτές έχουν οδηγήσει στην κλιματική αλλαγή, μέσω της οποίας δημιουργούνται κίνδυνοι όχι μόνο για τη διασφάλιση της βιωσιμότητας του περιβάλλοντος, αλλά και για τον ίδιο τον άνθρωπο. Ένας από τους τομείς που συμβάλλει στην κλιματική αλλαγή και επηρεάζεται και ο ίδιος από αυτή, είναι η Γεωργία. Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η μελέτη των επιπτώσεων που έχει η κλιματική αλλαγή στη Γεωργία. Η εκπόνηση της πτυχιακής εργασίας στηρίχθηκε στη βιβλιογραφική ανασκόπηση του θέματος. Από την επεξεργασία των πληροφοριών, διαπιστώθηκε ότι, η κλιματική αλλαγή επηρεάζει σημαντικά το γεωργικό κλάδο, εξαιτίας των αρνητικών συνεπειών της, όπως είναι η δημιουργία ακραίων καιρικών φαινομένων. Μεταξύ των κυριότερων αρνητικών επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στη γεωργία, περιλαμβάνονται η ευπάθεια των καλλιεργειών, η μείωση της απόδοσης, η αύξηση των ασθενειών σε φυτά και ζώα, κ.α. Παρόλο που η πλειοψηφία των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στη Γεωργία είναι δυσμενείς, υπάρχουν και ορισμένες θετικές επιπτώσεις όπως για παράδειγμα η αύξηση της βλαστικής περιόδου. Για το λόγο αυτό, η κλιματική αλλαγή αποτελεί βασικό πυλώνα των στρατηγικών σχεδίων στον γεωργικό τομέα, όπου επιδιώκεται η δημιουργία μιας έξυπνης και βιώσιμης γεωργίας.

Abstract

In recent decades observed a large increase in temperature, due to various factors, such as air pollution, deforestation, human activities and the burning of fossil fuels. These actions have led to climate change, which creates risks for the environmental sustainability and for the humans. One of the sectors that contributes with climate change and affected by climate change is agriculture. The aim of this thesis is to study the role of plant genetic improvement in addressing the effects of climate change in agriculture. The elaboration of the thesis was based on the bibliographic review of the issue. From the bibliographic review was found that climate change significantly affects the agricultural sector, due to its negative consequences, such as the creation of extreme weather phenomena. Among the main negative impacts of climate change on agriculture are the vulnerability of crops, the reduction of yield, the increase of diseases in plants and animals, etc. Although the majority of the effects of climate change in agriculture are negative, there are also some positive effects such as an increase in the growing season. For this reason, climate change is a key pillar of strategic plans in the agricultural sector, where intended the creation of a smart and sustainable agriculture.

Πίνακας Περιεχομένων

Περίληψη.....	3
Abstract	4
Πίνακας Περιεχομένων	5
Κατάλογος Εικόνων	7
Κατάλογος Πινάκων.....	8
Κατάλογος Γραφημάτων	9
Εισαγωγή.....	10
Κεφάλαιο 1	13
Η κλιματική αλλαγή.....	13
1.1 Η έννοια της κλιματικής αλλαγής.....	13
1.2 Παράγοντες που ενισχύουν την κλιματική αλλαγή.....	15
1.3 Οι συνέπειες της κλιματικής αλλαγής	18
1.4 Στατιστικά στοιχεία για την κλιματική αλλαγή	19
Κεφάλαιο 2	22
Η Ελληνική Γεωργία.....	22
2.1 Η έννοια της Γεωργίας.....	22
2.2 Γεωργικός πληθυσμός και υφιστάμενη κατάσταση της γεωργίας.....	23
2.3 Στρατηγικές ανάπτυξης της γεωργίας.....	24
2.4 Η Εθνική Στρατηγική για την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή.....	26
2.4.1 Τομεακές πολιτικές προσαρμογής.....	26
2.4.2 Ακραία καιρικά φαινόμενα.....	27
Κεφάλαιο 3	30
Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στη Γεωργία.....	30
3.1 Η επίδραση της κλιματικής αλλαγής στη γεωργία.....	30
3.2 Επιπτώσεις σε επίπεδο παραγωγής και στην οικονομία	31
3.3 Κλιματικοί δείκτες για τη Γεωργία	32
3.4 Επίδραση της κλιματικής αλλαγής σε γεωργικές και κτηνοτροφικές περιοχές	38
3.5 Προκλήσεις για το μέλλον.....	41
Κεφάλαιο 4	43
Ο ρόλος της φύσης στην αντιμετώπιση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής.....	43
4.1 Ο ρόλος των φυτών στην αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής.....	43
4.2 Τρόποι αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής μέσω σύγχρονων τεχνολογιών στη Γεωργία	47

4.3 Η προώθηση της καινοτομίας και της επιχειρηματικότητας ως μέτρα αντιμετώπισης των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στη Γεωργία.....	51
Συμπεράσματα	56
Βιβλιογραφία.....	60
Ελληνόγλωσση	60
Ξενόγλωσση	64
Διαδικτυακές πηγές.....	66

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1. Συνοπτική απεικόνιση κύκλου του άνθρακα.....	14
Εικόνα 2. Μεταβολή μέσης ετήσιας θερμοκρασίας τις περιόδους 2026-2045 (αριστερά) και 2046-2065 (δεξιά) σε σχέση με την περίοδο 1971-2000, σύμφωνα με το σενάριο RCP 4.5	34
Εικόνα 3. Ποσοστιαία μεταβολή της ετήσιας βροχόπτωσης τις περιόδους 2026-2045 (αριστερά) και 2046-2065 (δεξιά) σε σχέση με την περίοδο 1971-2000, σύμφωνα με το σενάριο RCP 4.5	35
Εικόνα 4. Διαφορά στη μέση εδαφική υγρασία την περίοδο 2026-2045 σε σχέση με την περίοδο 1971-2000 (αριστερά) και την περίοδο 2046-2065 σε σχέση με την περίοδο 2026-2045 (δεξιά), σύμφωνα με το σενάριο RCP 8.5	36
Εικόνα 5. Μεταβολή των βαθμοημερών ανάπτυξης τις περιόδους 2026-2045 (αριστερά) και 2046-2065 (δεξιά) σε σχέση με την περίοδο 1971-2000, σύμφωνα με το σενάριο RCP 4.5	37
Εικόνα 6. Μεταβολή της βλαστικής περιόδου (σε ημέρες) για τις περιόδους 2026-2045 (αριστερά) και 2046-2065 (δεξιά) σε σχέση με την περίοδο 1971-2000, σύμφωνα με το σενάριο RCP 4.5	37
Εικόνα 7. Πιθανή μεταβολή στις αποδόσεις των καλλιεργειών σε σχέση με το 1990, με (αριστερά) και χωρίς την επίδραση (δεξιά) του διοξειδίου του άνθρακα.....	40
Εικόνα 8. Συμβολή των δασών στη μείωση της επίδρασης των έντονων καιρικών φαινομένων	45

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1. Δράσεις της Εθνικής στρατηγικής για την κλιματική αλλαγή, στους τομείς της γεωργία, της βιοποικιλότητας και του δομημένου περιβάλλοντος	28
Πίνακας 2. Κλιματικές παράμετροι για την καταγραφή των μέσω και ακραίων κλιματικών συνθηκών.....	32

Κατάλογος Γραφημάτων

Γράφημα 1. Εκπομπές αερίων για το διάστημα 2000-2018 (% επί του έτους 2000) και ΑΕΠ για τις χώρες της ΕΕ-28	17
Γράφημα 2. Συμβολή εκπομπών αερίων για τις χώρες της ΕΕ-28, ανά τομέα δραστηριότητας για το έτος 2018	20
Γράφημα 3. Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα που σχετίζονται με την ενέργεια παγκοσμίως από το 1975 έως το 2021 (σε δισεκατομμύρια μετρικούς τόνους)	21
Γράφημα 4. Εξέλιξη της απασχόλησης ως συνέπεια της κλιματικής αλλαγής	21

Εισαγωγή

Σκοπός της πτυχιακής εργασίας είναι η μελέτη των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στη γεωργία. Η κλιματική αλλαγή επιφέρει διάφορες καταπονήσεις (ξηρασίες, αυξημένες θερμοκρασίες, αλατότητα, αυξημένη καταπόνηση λόγω βιοτικών παραγόντων). Σύμφωνα με μελέτες, η θερμοκρασία της γης κατά την τελευταία εποχή των παγετώνων ήταν μόνο περίπου 4 °C ψυχρότερη από ό,τι στα τέλη του 19^{ου} αιώνα. Στην πορεία των ετών οι μεγαλύτερες αλλαγές παρουσιάστηκαν στο κλίμα του πλανήτη, το οποίο έχει αλλάξει δραματικά. Σταδιακά έχουμε όλο και μεγαλύτερες χρονικές περιόδους από πιο ζεστό κλίμα ή πιο κρύο. Ιδιαίτερα τον τελευταίο αιώνα οι θερμοκρασίες έχουν αυξηθεί κατά πολύ. Σε αυτό έχει συμβάλει ο ανθρώπινος παράγοντας. Ορισμένες αιτίες που μπορεί να συμβαίνει αυτή η αλλαγή στο κλίμα είναι η αποψίλωση των δασών και η μετατροπή τους σε γεωργικές εκτάσεις, η καύση ορυκτών καυσίμων για την παραγωγή ενέργειας, όπου διοχετεύουν στην ατμόσφαιρα αέρια.

Η αύξηση της θερμοκρασίας είναι το αποτέλεσμα της αύξησης ολοένα και περισσότερων εκπομπών αερίων προς την ατμόσφαιρα. Όσο αυξάνεται η ζήτηση για προϊόντα, για ενέργεια τόσο πολλαπλασιάζεται και η εκπομπή αερίων προς την ατμόσφαιρα. Αυτά τα αέρια εγκλωβίζονται με αποτέλεσμα να παγιδεύουν την θερμότητα στην ατμόσφαιρα. **Η συγκεκριμένη διεργασία αποτελεί το φαινόμενο του θερμοκηπίου.**

Ένας ακόμη πολύ σημαντικός παράγοντας ο οποίος έχει συμβάλει στην αλλαγή του κλίματος είναι η γεωργία. Μέσω της αύξησης του πληθυσμού και κατά συνέπεια αύξηση της ζήτησης ολοένα και περισσότερων προϊόντων, τροφίμων, αυξάνονται και οι καλλιέργειες. Για να συμβεί αυτό, οι δασικές εκτάσεις μετατρέπονται σε καλλιεργήσιμες εκτάσεις. Ιδιαίτερα, η καλλιέργεια ρυζιού και η εκτροφή των ζώων, συμβάλλει άμεσα στην παραγωγή αερίων. Το 2019 σημειώθηκε αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη κατά 1,5 °C από ότι ήταν τα τέλη του 19ου αιώνα και αναμένεται να αυξηθεί ακόμα περισσότερο. Για παράδειγμα η Αρκτική έχει γίνει θερμότερη τα τελευταία 60 χρόνια και σύμφωνα με ορισμένες μελέτες, έως το 2040 ίσως να μην έχει καθόλου πάγο. Το έδαφος, τα δάση, τα φυτά, οι υγρότοποι και οι ωκεανοί παίζουν σημαντικό ρόλο στην απορρόφηση και αποθήκευση άνθρακα,

απορροφώντας τις μισές περίπου εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, προστατεύοντας από την κλιματική αλλαγή (European Union, 2020).

Επιπλέον, οι κοινωνικοοικονομικές συνθήκες που επικρατούν μπορεί να επηρεάσουν τις πολιτικές για την πράσινη ανάπτυξη. Η οικονομική ύφεση που έπληξε τη χώρα κατά την προηγούμενη 10ετία, καθώς και η πανδημία, μπορεί να επηρεάσουν την ανάπτυξη στρατηγικών καταπολέμησης της κλιματικής αλλαγής. Για παράδειγμα, σε περιόδους έξαρσης της πανδημίας Covid-19, το σύστημα προμήθειας τροφίμων για τον πληθυσμό ορισμένων χωρών επηρεάστηκε σημαντικά, με αποτέλεσμα να διαταραχθεί η διατροφική ασφάλεια των χωρών. Κατ' επέκταση, προκειμένου να υπάρχει επάρκεια ως προς την ποσότητα των τροφίμων, οι στρατηγικές ανάπτυξης προάγουν την παραγωγή τροφίμων σε τοπικό επίπεδο. Από την άλλη πλευρά, η οικονομική ύφεση είχε ως αποτέλεσμα την έλλειψη χρηματοδότησης και αδυναμία πρόσβασης σε επενδυτικά κεφάλαια, με αποτέλεσμα ο πρωτογενής τομέας να μην είναι εκσυγχρονισμένος όσο θα έπρεπε.

Η κλιματική αλλαγή από την πλευρά της, έχει μεταβάλλει σημαντικά τον τομέα της γεωργίας, μιας και έχει θέσει νέους κινδύνους για την παραγωγική δραστηριότητα. Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής σχετίζονται με τις ολοένα και πιο συχνές καταστροφές της παραγωγής, των υποδομών και την απώλεια εισοδήματος. Παράλληλα, επιδιώκεται η μεταστροφή προς μιας πράσινη και έξυπνη γεωργία, η οποία θα έχει μειωμένες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και δεν θα συμβάλλει περαιτέρω στην υποβάθμιση του περιβάλλοντος (Πανελλήνια Ένωση Αγροτικών Συνεταιρισμών και Ενώσεων Συνεργασίας Αγροτικών Συνεταιρισμών, 2021). Βάσει των παραπάνω, είναι σημαντικό να διαπιστωθούν τόσο οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στη γεωργία, αλλά και τρόποι τους οποίους θα ελαχιστοποιηθούν οι αρνητικές επιδράσεις της.

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αποτελείται από 4 επιμέρους κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η έννοια της κλιματικής αλλαγής, οι παράγοντες που την προκαλούν, οι επιπτώσεις της, καθώς και στατιστικά στοιχεία σε εθνικό και διεθνές επίπεδο. Στο δεύτερο κεφάλαιο της πτυχιακής εργασίας παρουσιάζεται ο τομέας της γεωργίας. Ειδικότερα, δίνεται η έννοια της γεωργίας, αποτυπώνεται η υφιστάμενη κατάσταση, καταγράφονται και στρατηγικές ανάπτυξης για τη γεωργία, ενώ περιγράφεται και η Εθνική στρατηγική για την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή,

όπου καταγράφονται οι στόχοι της στρατηγικής, οι τομείς προτεραιότητας, καθώς και η σημασία των ακραίων καιρικών φαινομένων, στο σχεδιασμό της στρατηγικής για την κλιματική αλλαγή. Αντικείμενο μελέτης του τρίτου κεφαλαίου είναι οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στη Γεωργία. Αρχικά, καταγράφεται η επίδραση της κλιματικής αλλαγής στη γεωργία, οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής σε επίπεδο παραγωγής και οικονομίας, οι κλιματικοί δείκτες, καθώς και οι μελλοντικές προκλήσεις. Στο τέταρτο κεφάλαιο της πτυχιακής εργασίας περιγράφεται ο ρόλος της φύσης στην αντιμετώπιση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής, όπου αναπτύσσεται ο ρόλος των φυτών, οι τρόποι αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής μέσω σύγχρονων τεχνολογιών και η προώθηση της καινοτομίας και επιχειρηματικότητας.

Κεφάλαιο 1

Η κλιματική αλλαγή

1.1 Η έννοια της κλιματικής αλλαγής

Η κλιματική αλλαγή συνδέεται με τις αλλαγές που γίνονται στη θερμοκρασία, την αυξημένη - ταχύτατη ροή του αέρα, τις έντονες βροχοπτώσεις και τις αλλαγές που γίνονται στο περιβάλλον. Τα οικοσυστήματα τροποποιούνται και τα φυτά και τα ζώα τείνουν προς εξαφάνιση. Ακόμη και τα τρόφιμα, λόγω της αύξησης του πληθυσμού σε συνδυασμό με τη μείωση του γεωργικού πληθυσμού, είναι πιθανό να αναδείξουν φαινόμενα έλλειψης επάρκειας. Επίσης, σε πολλούς τομείς οι ανθρώπινες δραστηριότητες έχουν ως αποτέλεσμα τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα κι άλλων αερίων στην ατμόσφαιρα.

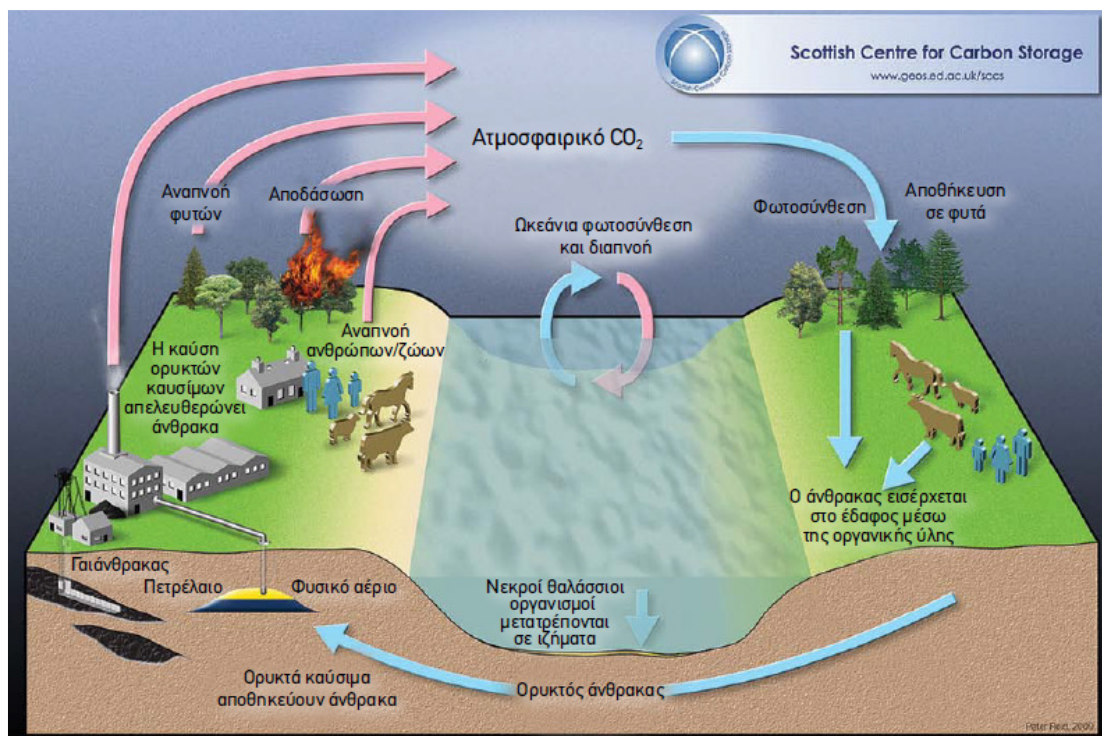
Σύμφωνα με την NASA, η κλιματική αλλαγή αποτελεί «ένα ευρύ φάσμα παγκόσμιων φαινομένων που δημιουργούνται κυρίως από την καύση ορυκτών καυσίμων τα οποία προσθέτουν αέρια που παγιδεύουν τη θερμότητα στην ατμόσφαιρα της γης. Αυτά τα φαινόμενα περιλαμβάνουν τις αυξημένες τάσεις της θερμοκρασίας που περιγράφονται από την υπερθέρμανση του πλανήτη, την άνοδο της στάθμης της θάλασσας, την απώλεια της μάζας του πάγου στην Γροιλανδία, την Ανταρκτική, τη μετατόπιση της ανθοφορίας των φυτών, αλλά και τα ακραία καιρικά φαινόμενα. Αναγκαίος είναι ο διαχωρισμός της κλιματικής αλλαγής με την υπερθέρμανση του πλανήτη, καθώς η δεύτερη έννοια περιγράφει μόνο την αύξηση της θερμοκρασίας στην επιφάνεια της γης» (Youmatter, 2020).

Οι κλιματικές συνθήκες στη γη, καθορίζονται από μια συνεχή ροή της θερμικής ενέργειας από τον ήλιο, η οποία διαπερνά την ατμόσφαιρα. Η ατμόσφαιρα συμβάλλει στην προστασία των ανθρώπων και του περιβάλλοντος, μιας και απορροφά την ηλιακή ακτινοβολία, θερμαίνει την επιφάνειά της μέσα από την παρακράτηση της θερμότητας και βοηθά στην εξισορρόπηση της θερμοκρασίας μεταξύ ημέρας και νύχτας. Όσο αυξάνεται η θερμοκρασία, η γη στέλνει θερμική ενέργεια στην ατμόσφαιρα, με τη μορφή υπέρυθρης ακτινοβολίας. Ένα μέρος της θερμικής ακτινοβολίας απορροφάται από τα «αέρια του θερμοκηπίου», όπως το διοξείδιο άνθρακα (CO₂), το μεθάνιο (CH₄),

το υποξείδιο του αζώτου (N_2O) και τους υδρατμούς, παγιδεύοντας έτσι την ενέργεια και διατηρώντας τη μέση θερμοκρασία της γης περίπου στους $15^{\circ}C$.

Με δεδομένο ότι αυτά είναι τα απαραίτητα επίπεδα θερμοκρασίας για τη διατήρηση της ζωής για ανθρώπους, φυτά και ζώα, η έλλειψη των αέριων αυτών, θα δημιουργούσε σοβαρά προβλήματα στη θερμοκρασία της γης, η οποία θα μπορούσε να πέσει στους $-18^{\circ}C$, παγώνοντας τις περισσότερες μορφές ζωής. Από τα παραπάνω, το διοξείδιο του άνθρακα αποτελεί το πιο σημαντικό από τα αέρια για τη διατήρηση των επιθυμητών επιπέδων θερμοκρασίας της γης (Demertzis, 2019).

Στην εικόνα που ακολουθεί, παρουσιάζεται συνοπτικά ο κύκλος του άνθρακα. Παρατηρείται ότι το οικοσύστημα διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στον ομαλό κύκλο του άνθρακα και την εξάλειψη αρνητικών επιδράσεων. Παράλληλα, ενέργειες όπως η αποδάσωση έχουν ως αποτέλεσμα την αύξηση των επιπέδων διοξειδίου του άνθρακα που ελκύεται στην ατμόσφαιρα (Κωστόπουλος, 2014).



Εικόνα 1. Συνοπτική απεικόνιση κύκλου του άνθρακα

Πηγή: Κωστόπουλος, 2014

Η αύξηση CO₂ στην ατμόσφαιρα ενισχύει τη φωτοσύνθεση, με αποτέλεσμα την αύξηση πρόσληψης άνθρακα από τα φυτά. Επιπλέον, υψηλές συγκεντρώσεις CO₂ βοηθούν τα φυτά σε ξηρές περιοχές να χρησιμοποιούν το νερό του εδάφους πιο αποτελεσματικά, αυξάνοντας την βιομάζα στη βλάστηση και στα εδάφη και τροφοδοτώντας μεγαλύτερες ποσότητες άνθρακα στην ξηρά (Κατσαφάδος & Μαυροματίδης, 2015).

Επισημαίνεται ότι, ενώ το CO₂ είναι ένα από τα σημαντικότερα αέρια που διατηρούν τα επιθυμητά επίπεδα θερμοκρασίας στη γη, οι ανθρώπινες δραστηριότητες είναι πιθανό να αυξήσουν τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, διαταράσσοντας τη φυσική ισορροπία μεταξύ ποσότητας που εκπέμπεται και ποσότητας που απορροφάται. Κάτι τέτοιο βέβαια, θα έχει αρνητικό αντίκτυπο περιβάλλον και θα ενισχύει την κλιματική αλλαγή (Demertzis, 2019).

1.2 Παράγοντες που ενισχύουν την κλιματική αλλαγή

Η κλιματική αλλαγή επηρεάζεται από διάφορες κλιματικές συνθήκες και παράγοντες, οι οποίοι υπήρχαν εδώ και πάρα πολλά χρόνια. Πέρα από τις φυσικές διεργασίες, υπάρχουν πολλοί ανθρωπογενείς παράγοντες που φέρουν ευθύνη για την κλιματική αλλαγή. Αναφορικά με φυσικά αίτια της πρόκλησης της κλιματικής αλλαγής, μελέτες έχουν δείξει πως σε χιλιάδες χρόνια προβλέπεται η αλλαγή της τροχιάς της γης γύρω από τον ήλιο που θα φέρει μεγαλύτερη ποσότητα ακτινοβολίας. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται φαινόμενο Μιλάνοβιτς και δημιουργεί αλλαγές κυκλικής φύσης. Άλλος παράγοντας είναι οι εκρήξεις που γίνονται από τα ηφαίστεια διαμοιράζοντας ποσότητες διοξειδίου του θείου και αερίου στην ατμόσφαιρα που την επιβαρύνουν για πάρα πολλά χρόνια. Η ηφαιστειακή δραστηριότητα στο διάστημα 1890 και 2010 αύξησε κατά 0,1 βαθμούς Κελσίου τη συνολική θέρμανση. Τα ηφαίστεια εκπέμπουν διοξείδιο του άνθρακα και φέρουν σωματίδια στην ανώτερη ατμόσφαιρα.

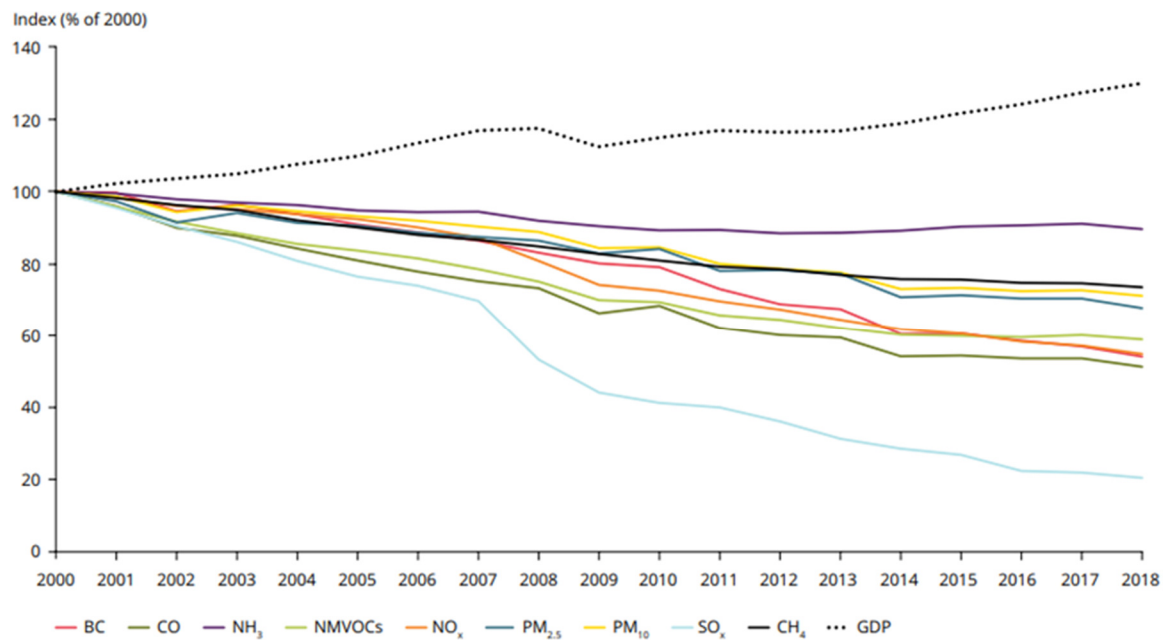
Ωστόσο η ανθρώπινη δραστηριότητα εκπέμπει 100 φορές περισσότερο διοξείδιο του άνθρακα από ότι τα ηφαίστεια ετησίως. Η μεγάλη αύξηση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και ορυκτών καυσίμων από τη βιομηχανία, τη γεωργία, την ταχεία αποψίλωση των δασών δημιουργεί το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Γίνεται

δηλαδή δέσμευση της ηλιακής ακτινοβολίας στην επιφάνεια της γης και έτσι αυξάνεται η θερμοκρασία (European Commission, Causes of climate change).

Οι συγκεντρώσεις των αερίων του θερμοκηπίου από την βιομηχανική επανάσταση έχουν αυξηθεί. Διοξείδιο του άνθρακα, μεθάνιο και υποξείδιο του αζώτου συγκεντρώνονται στην ατμόσφαιρα. Ακόμη η καύση ορυκτών έχει αρνητική επίπτωση στο κλίμα. Πιο συγκεκριμένα, από τις ανθρώπινες ενασχολήσεις απελευθερώνονται περισσότεροι από 30 δισεκατομμύρια τόνοι διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα κάθε χρόνο. Το μεθάνιο τον 20^ο αιώνα διπλασιάστηκε εν συγκρίσει με την προβιομηχανική περίοδο. Το οξείδιο του αζώτου έχει αυξηθεί περίπου 20% προς τα τέλη του 20^{ου} αιώνα. Το ηλιακό φως το οποίο απορροφάται από τον πλανήτη αγγίζει το 70%, γεγονός που συμβάλλει στο λιώσιμο του θαλάσσιου πάγου και στην κλιματική αλλαγή (United States Environmental Protection, 2021).

Συμπεραίνεται λοιπόν ότι, η ατμοσφαιρική ρύπανση αποτελεί ίσως το σημαντικότερο παράγοντα που ενισχύει την κλιματική αλλαγή και σε συνδυασμό με την υπερθέρμανση του πλανήτη μπορεί να έχει αρνητικές επιπτώσεις και στην υγεία των ανθρώπων. Αν και η ατμόσφαιρα διαθέτει φυσικοχημικούς μηχανισμούς απομάκρυνσης των ατμοσφαιρικών ρύπων, τα επεισόδια ρύπανσης οφείλονται κυρίως σε «δυσμενείς» μετεωρολογικές συνθήκες οι οποίες περιορίζουν σημαντικά την ικανότητα της ατμόσφαιρας να αραιώσει τους ρύπους, ενώ κάποιες από τις συνθήκες αυτές λειτουργούν επίσης ως επιταχυντές στην δημιουργία της ατμοσφαιρικής ρύπανσης (Demertzis, 2019).

Ακολούθως, παρουσιάζεται η εξέλιξη των σημαντικότερων ρύπων που συμβάλλουν στην ατμοσφαιρική ρύπανση, για το διάστημα από το 2000 έως το 2018, με έτος σύγκρισης το έτος 2000.



Γράφημα 1. Εκπομπές αερίων για το διάστημα 2000-2018 (% επί του έτους 2000) και ΑΕΠ για τις χώρες της ΕΕ-28

Πηγή: European Environment Agency, 2020

Παρατηρείται ότι, οι ρύποι στην ατμόσφαιρα ακολουθούν πτωτική τάση σε σχέση με τα επίπεδα του 2000, αποτυπώνοντας την προσπάθεια όλων των κρατών να διασφαλίσουν την προστασία του περιβάλλοντος και να εντείνουν τα σχέδια για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής. Επιπλέον, μέσα από το παραπάνω γράφημα μπορούν να εξαχθεί ένα γενικότερο συμπέρασμα ότι, σε επιχειρηματικό επίπεδο, οι επιχειρήσεις έχουν στραφεί προς μια πράσινη ανάπτυξη, γεγονός που αποφέρει κέρδος, τόσο για το περιβάλλον όσο και για την οικονομία. Αυτό διαπιστώνεται από το γεγονός ότι, ενώ η ατμοσφαιρική ρύπανση μειώνεται με την πάροδο των ετών, το Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν, των χωρών της Ε.Ε. ακολουθεί ανοδική πορεία (European Environment Agency, 2020).

Αρνητική επίδραση στο περιβάλλον έχει και η αποψίλωση των δασών, τα οποία βοηθούν στη ρύθμιση του κλίματος και απορροφούν το διοξείδιο του άνθρακα. Το γεγονός ότι κόβονται, επιβαρύνει σημαντικά το περιβάλλον μιας και χάνονται οι ευεργετικές τους δράσεις, εγκλωβίζεται στην γη ο άνθρακας κι απελευθερώνεται πάλι στην ατμόσφαιρα.

1.3 Οι συνέπειες της κλιματικής αλλαγής

Από την κλιματική αλλαγή επηρεάζονται τόσο το περιβάλλον όσο και οι άνθρωποι, σε παγκόσμιο επίπεδο. Η δεκαετία από το 2011 έως το 2020 αποτέλεσε την πιο θερμή δεκαετία που καταγράφηκε σε παγκοσμίως. Συνδέεται με αρνητικές συνέπειες τόσο για το περιβάλλον όσο και την ανθρώπινη υγεία. Ο ανθρώπινος παράγοντας διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην επιρροή που ασκεί στο κλίμα και στη θερμοκρασία της γης.

Όπως αναφέρθηκε, το φαινόμενο του θερμοκηπίου αποτελεί την κυριότερη αιτία κι έχει τις σοβαρότερες συνέπειες. Δημιουργούνται αέρια στην ατμόσφαιρα που λειτουργούν ως γυαλί εμποδίζοντας την θερμότητα του ήλιου να επιστρέψει στο διάστημα. Έτσι προκαλείται υπερθέρμανση του πλανήτη. Εν συγκρίσει με το 1750, το 2020 η συγκέντρωση αερίων στην ατμόσφαιρα αυξήθηκε κατά 48%.

Η υπερθέρμανση του πλανήτη οδηγεί στην τήξη των πολικών παγετώνων. Οι επιπτώσεις της επηρεάζουν όλο τον πλανήτη. Η Νότια και Κεντρική Ευρώπη αντιμετωπίζουν πιο συχνά κύματα καύσωνα, δασικές πυρκαγιές και ξηρασίες. Η Βόρεια Ευρώπη έχει υψηλές βροχοπτώσεις με τις αστικές περιοχές να εκτίθενται σε κύματα καύσωνα πλημμύρες, χωρίς να είναι προετοιμασμένες για να προστατευτούν και να προσαρμοστούν στην κλιματική αλλαγή. Οι υποανάπτυκτες χώρες βάλονται περισσότερο. Στο μεγαλύτερο ποσοστό τους εξαρτώνται από το φυσικό περιβάλλον για την επιβίωσή τους και είναι δύσκολο να αντιμετωπίσουν το μεταβαλλόμενο κλίμα. Στη Μεσόγειο παρατηρείται έντονη ξηρασία και δασικές πυρκαγιές.

Τα ακραία καιρικά φαινόμενα αναμένεται να αυξηθούν στις επόμενες δεκαετίες. Οι συνέπειες παρουσιάζονται στις κοινωνικές και οικονομικές δομές, καθώς είναι αναγκαία επιτακτικά οικονομικά μέτρα για να αντιμετωπιστούν οι ζημιές σε περιουσίες και υποδομές. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι ότι πλημμύρες που έγιναν από το 1980 έως το 2011 οδήγησαν σε οικονομικές απώλειες περίπου 90 εκατομμυρίων ευρώ και έπληξαν 5,5 εκατομμύρια ανθρώπους. Παράλληλα ο τουρισμός, η γεωργία, η δασοκομία επηρεάζονται βαθύτατα (European Commission. Causes of climate change).

Μια από τις σημαντικότερες επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής είναι ότι, επηρεάζει το έδαφος. Η συνεχής μείωση της υγρασίας του εδάφους μπορεί να εντείνει την ανάγκη άρδευσης στη γεωργία και κατ' επέκταση να συμβάλλει σε μικρότερη σοδειά και υποβάθμιση της γης. Οι μεταβολές στις εποχικές θερμοκρασίες μπορούν επίσης να μεταβάλουν τους ετήσιους κύκλους των φυτών και των ζώων, οδηγώντας σε μικρότερες σοδειές. Για παράδειγμα, η άνοιξη μπορεί να έρχεται νωρίτερα και τα δέντρα μπορεί να ανθίζουν προτού οι επικονιαστές γονιμοποιήσουν τα άνθη τους μεταφέροντας τη γύρη (Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος, 2019). Σύμφωνα με έρευνες προβλέπεται πως οι κόκκοι του ρυζιού μπορεί να μειωθούν κατά 10% όταν η θερμοκρασία αυξάνεται κατά 1°C άνω των 32 °C. Επίσης, η έντονη βροχόπτωση μπορεί να οδηγήσει σε σοβαρή διάβρωση του εδάφους.

Η διαθεσιμότητα του νερού αναμένεται να μειωθεί λόγω της αυξημένης θερμοκρασίας. Τα αποθέματα του νερού μπορεί να εκλείψουν ανά περιοχές και να επηρεάσουν και το επισιτιστικό κομμάτι. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η Ινδία η οποία αναμένεται να έχει μείωση κατά 20% στο ρύζι λόγω των συνθηκών κλιματικής αλλαγής, των μουσώνων και των βροχοπτώσεων. Από την άλλη πλευρά, η αύξηση της στάθμης του νερού θέτει σε κίνδυνο την επισιτιστική ασφάλεια καθώς το θαλασσίνο νερό δύναται να επηρεάσει το γλυκό υδάτινο νερό και να προωθήσει συνθήκες λειψυδρίας.

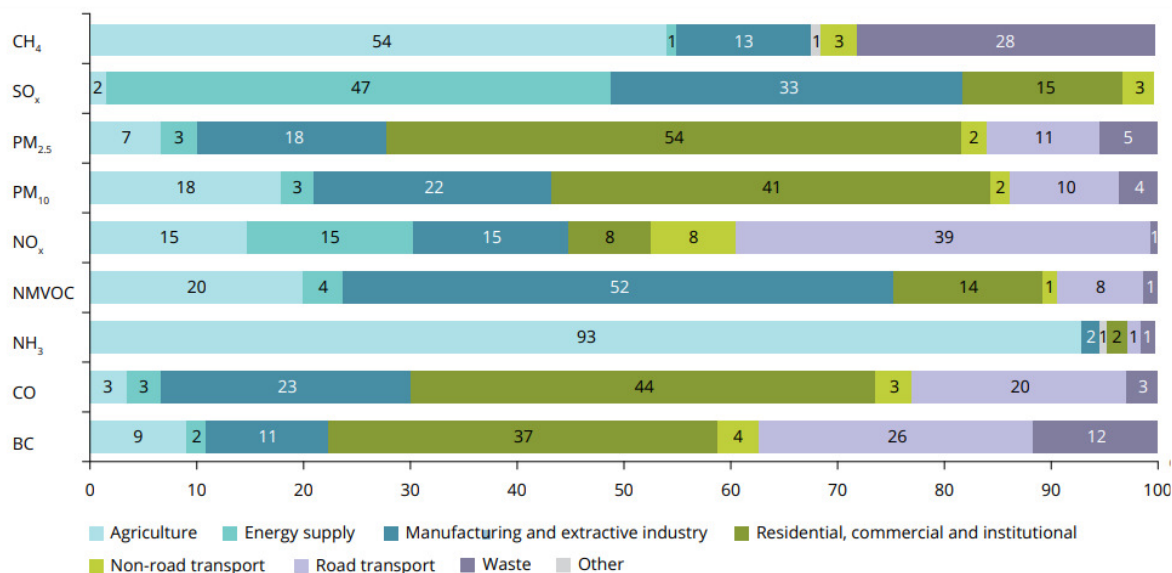
Επιπρόσθετα, τα είδη ζώων και φυτών εξαφανίζονται με 100 φορές ταχύτερο ρυθμό ως αποτέλεσμα τόσο της κλιματικής αλλαγής όσο και της ανθρώπινης δραστηριότητας. Ακόμη, υπάρχει μεγάλος κίνδυνος ασθενειών, καθώς παράσιτα, ζιζάνια, δημιουργούν αλληλένδετες ασθένειες, μπορούν να επεκταθούν και να έχουν ταχεία μετάδοση στον πληθυσμό (Youmatter, 2020).

1.4 Στατιστικά στοιχεία για την κλιματική αλλαγή

Στην παρούσα ενότητα, παρουσιάζονται βασικά μεγέθη που συντελούν στην εξέλιξη και κατανόηση της κλιματικής αλλαγής, αλλά και των επιδράσεων που μπορεί να έχουν στο περιβάλλον, αλλά και τον ίδιο τον άνθρωπο.

Στο πρώτο γράφημα, παρουσιάζονται οι εκπομπές των αερίων του προκαλούν ατμοσφαιρική ρύπανση, για τις χώρες της ΕΕ (28), για το έτος 2018. Η αποτύπωση των

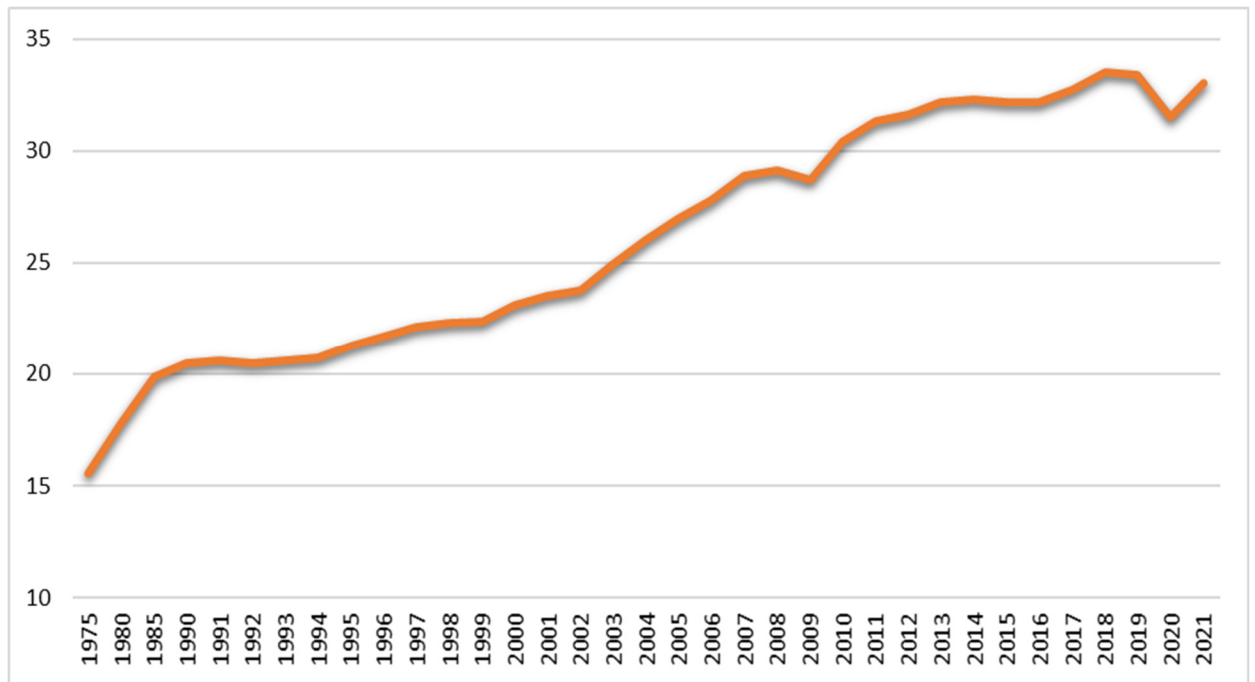
εκπομπών πραγματοποιείται ανά τομέα δραστηριότητας, γεγονός που συμβάλλει ώστε να κατανοηθεί ο ρόλος της γεωργίας στην κλιματική αλλαγή.



Γράφημα 2. Συμβολή εκπομπών αερίων για τις χώρες της ΕΕ-28, ανά τομέα δραστηριότητας για το έτος 2018

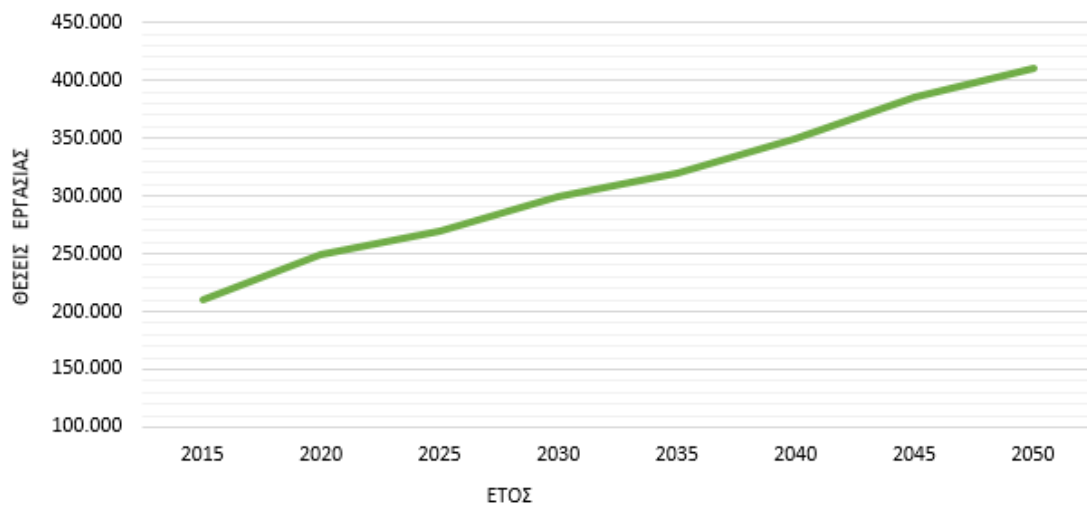
Πηγή: European Environment Agency, 2020

Κατόπιν, παρουσιάζεται η εξέλιξη των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα σε παγκόσμιο επίπεδο, για τα έτη 1975 έως και το 2021.



Γράφημα 3. Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα που σχετίζονται με την ενέργεια παγκοσμίως από το 1975 έως το 2021 (σε δισεκατομμύρια μετρικούς τόνους)

Πηγή: Statista, 2022



Γράφημα 4. Εξέλιξη της απασχόλησης ως συνέπεια της κλιματικής αλλαγής

Πηγή: Syndicat European Trade Union, 2020

Κεφάλαιο 2

Η Ελληνική Γεωργία

2.1 Η έννοια της Γεωργίας

Κατά τις τελευταίες 4 δεκαετίες, η έννοια της γεωργίας έχει επαναπροσδιοριστεί. Ενώ αρχικά αναφερόταν στις καλλιέργειες, την κτηνοτροφία και τη γενικότερη χλωρίδα και πανίδα ενός οικοσυστήματος, εντούτοις έχουν προκύψει και άλλοι παράγοντες που εμπεριέχονται στην έννοια της γεωργίας. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι η βιοποικιλότητα και οι φυσικοί ανανεώσιμοι πόροι, αποτελούν μέρος της γεωργίας και όχι ανεξάρτητους τομείς.

Για την εννοιολογική προσέγγιση της γεωργίας, έχει αναπτυχθεί ο όρος, βάσει του οποίου, η «γεωργία» **περιλαμβάνει την συσσωρευμένη και εξελισσόμενη γνώση και πράξη χειρισμού των φυτών και των ζώων, της χλωρίδας και πανίδας, τα οποία με πρόσθετες υπηρεσίες μετασυλλεκτικού χειρισμού τους, καθίστανται προϊόντα διατροφής ανθρώπων και ζώων, αλλά και δημόσιων περιβαλλοντικών αγαθών, με αυξανόμενη ζήτηση από το σύνολο της κοινωνίας.**

Συμπεραίνεται λοιπόν ότι, η γεωργία αποτελεί μια σύνθετη παραγωγική δραστηριότητα, η οποία έχει ορισμένα βασικά χαρακτηριστικά και είναι τα εξής:

- α. Στηρίζεται στο βιολογικό φαινόμενο της φωτοσυνθετικής λειτουργίας των φυτών, στο έδαφος, στο νερό, στην εκάστοτε διαθέσιμη γεωργική τεχνολογία και στην εργασία όχι μόνον του ενεργού «γεωργικού πληθυσμού» αλλά και όλων όσων ασχολούνται στην αγροδιατροφική αλυσίδα που αυτή προσδιορίζει.
- β. Προάγει την αειφορία των ανανεώσιμων φυσικών πόρων και υποστηρίζει τον τουρισμό με εποχικό ανθρώπινο δυναμικό, τρόφιμα και με ένα ελκυστικό φυσικό περιβάλλον.
- γ. Παρουσιάζει υψηλό βαθμό κινδύνου και αβεβαιότητας, λόγω ότι υπόκειται στην παραγωγική δυναμικότητα της υπαίθρου, καθώς επίσης και σε μη ελεγχόμενες καιρικές συνθήκες. Προς αυτήν την κατεύθυνση, κρίνεται αναγκαίο να λαμβάνονται συνεχώς μέτρα για την προστασία της γης.

- Δεδομένης μάλιστα της διατροφικής αξίας που παρέχει στον άνθρωπο η γεωργία, η προστασία της αποτελεί υποχρέωση από τους φορείς ενός κράτους.
- δ. Αποτελεί ένα δείκτη κοινωνικοοικονομικής και οικολογικής ανάπτυξης. Μια ανεπτυγμένη ύπαιθρος, προϋποθέτει την ύπαρξη ανεπτυγμένης γεωργίας και το αντίστροφο (Βακάκης, 2015).

Στην Ελλάδα, η γεωργία αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους πυλώνες της οικονομίας. Σε αυτό συμβάλλουν οι ευνοϊκές κλιματικές συνθήκες που επικρατούν, σε συνδυασμό με την ποικιλότητα του αγροτικού περιβάλλοντος της χώρας, δημιουργώντας με αυτόν τον τρόπο, τις προϋποθέσεις για την ανάπτυξη του αγροτικού τομέα. Σήμερα, η ελληνική γεωργία βρίσκεται στο στάδιο της μετάβασης από τις παραδοσιακές καλλιεργητικές και λοιπές τεχνικές, προς μια ψηφιακή γεωργία, στόχος της οποίας είναι η βελτίωση της παραγωγής και η επίτευξη της αειφορίας (Πανελλήνια Ένωση Αγροτικών Συνεταιρισμών και Ενώσεων Συνεργασίας Αγροτικών Συνεταιρισμών, 2021).

2.2 Γεωργικός πληθυσμός και υφιστάμενη κατάσταση της γεωργίας

Ο γεωργικός πληθυσμός αποτελείται από άτομα των οποίων η απασχόληση και το εισόδημα προκύπτουν από τις γεωργικές δραστηριότητες (Βακάκης, 2015). Η ελληνική γεωργία συγκροτείται από ένα μεγάλο αριθμό αυτοαπασχολούμενων, γεγονός που αναδεικνύει τη σπουδαιότητα της υλοποίησης στρατηγικών για την ανάπτυξη του γεωργικού τομέα. Μέσα από την ανάπτυξη της γεωργίας παρέχονται σημαντικά οφέλη στις κοινωνίες. Πέρα από την εκπλήρωση βιολογικών αναγκών των ανθρώπων και την οικονομική ανάπτυξη των χωρών, η ανάπτυξη πολιτικών στον τομέα της γεωργίας έχει θετικό αντίκτυπο στο περιβάλλον και το κλίμα. Η εφαρμογή νέων προτύπων γεωργικής πολιτικής συμβάλλει μεταξύ άλλων στην προστασία της βιοποικιλότητας, τη βιωσιμότητα των γεωργικών εκμεταλλεύσεων, τη διατήρηση της ποιότητας του εδάφους, τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, κ.λπ. (Ευρωπαϊκή Ένωση, 2019).

Ωστόσο, παρά το γεγονός ότι η γεωργία αποτελεί σημαντικό μέρος για την ανάπτυξη μιας κοινωνίας, σύμφωνα με τα τελευταία δημοσιοποιημένα στοιχεία της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής, ο γεωργικός πληθυσμός μειώνεται, ενώ παράλληλα ολοένα και περισσότεροι νέοι απασχολούνται δευτερευόντως με τις γεωργικές

καλλιέργειες (Ελληνική Στατιστική Αρχή, 2018; Ιωαννίδης & Οξούζη, 2015). Λόγω ότι η γεωργία συμβάλλει με καλές πρακτικές στην αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από την κλιματική αλλαγή, είναι σημαντικό ο αριθμός του εργατικού δυναμικού να μην μειώνεται, ενώ παράλληλα να εφαρμόζονται καινοτόμες δράσεις και τεχνολογίες φιλικές προς το περιβάλλον.

Όσον αφορά την υφιστάμενη κατάσταση της γεωργίας, τις τελευταίες δεκαετίες έχει συνδεθεί με την εισροή σημαντικών οικονομικών πόρων, οι οποίοι να μεν βελτίωσαν το επίπεδο κοινωνικής ευημερίας του γεωργικού πληθυσμού, δεν συνέβαλλαν όμως στη βελτίωση του γεωργικού προϊόντος. Η απουσία μέτρων αξιολόγησης των αποτελεσμάτων, η διακοπή των χρηματοδοτικών ενισχύσεων από την παραγωγή και η χρηματοδότηση με αποκλειστικό γνώμονα την ενσωμάτωση της καινοτομίας στην παραγωγική διαδικασία, συνέβαλλαν στην αποδυνάμωση του παραγωγικού δυναμικού της χώρας. Παράλληλα, η έλλειψη γνώσεων και δεξιοτήτων από τον γεωργικό πληθυσμό, σε συνδυασμό με τη θέσπιση περιβαλλοντικών περιορισμών, είχαν ως αποτέλεσμα την μείωση της ανταγωνιστικότητας των ελληνικών γεωργικών προϊόντων και επομένως την πτωτική πορεία του γεωργικού τομέα (Βακάκης, 2015).

2.3 Στρατηγικές ανάπτυξης της γεωργίας

Οι στρατηγικές για την ανάπτυξη της γεωργίας, στηρίζονται στις τρέχουσες εξελίξεις και ως εκ τούτου σημαντικό ρόλο διαδραματίζει τόσο η αξιοποίηση της τεχνολογίας, όσο και η εφαρμογή καινοτόμων δράσεων για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής. Η νέα ευρωπαϊκή πολιτική για την πράσινη γεωργία με χαμηλότερες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, είναι προσανατολισμένη στην χρήση των ΤΠΕ για την δημιουργία μιας «έξυπνης» γεωργίας. Από τη μια πλευρά, η κλιματική αλλαγή προκαλεί ολοένα και περισσότερες και πιο σοβαρές καταστροφές στην παραγωγή και τις υποδομές, με αρνητικό αντίκτυπο στο εισόδημα του γεωργικού πληθυσμού. Από την άλλη πλευρά, η κλιματική αλλαγή απαιτεί την αλλαγή στον τρόπο άσκησης των γεωργικών δραστηριοτήτων. Αυτό συμβαίνει εξαιτίας της χρήσης χημικών φυτοφαρμάκων και λιπασμάτων, παράγοντες οι οποίοι συμβάλλουν στη υποβάθμιση του περιβάλλοντος και ενέχουν κινδύνους για την βιοποικιλότητα.

Η κλιματική αλλαγή αποτελεί βασικό πυλώνα των στρατηγικών σχεδίων της γεωργίας για την επόμενη δεκαετία. Αναφέρεται ότι, στα επιδιωκόμενα αποτελέσματα της περιόδου 2020-2040 σχετικά με την γεωργική ανάπτυξη, περιλαμβάνονται τα εξής:

- Μείωση κατά 50% στη συνολική χρήση χημικών φυτοφαρμάκων και για τα επικίνδυνα φυτοφάρμακα η μείωση να πραγματοποιηθεί μέχρι το 2030.
- Μείωση της χρήσης του λιπασμάτων, τουλάχιστον κατά 20%.
- Βελτίωση της ποιότητας του νερού.
- Μείωσης της απώλειας των θρεπτικών συστατικών των προϊόντων της γεωργίας, τουλάχιστον κατά 50% μέσα στην πρώτη δεκαετία.
- Αύξηση της γη για βιοποικιλότητα.
- Ολοκλήρωση γρήγορης ευρυζωνικής σύνδεσης για πρόσβαση στο Διαδίκτυο των αγροτικών περιοχών.
- Ευφυή συστήματα (drones), IoT, οι αισθητήρες, κ.λπ.

Προηγουμένως, στην αγροτική πολιτική για την προγραμματική περίοδο 2014-2020, η κλιματική αλλαγή αποτελούσε έναν από τους κύριους στόχους της. Συνοπτικά, οι στόχοι της συγκεκριμένης περιόδου, μέσα από την εφαρμογή σχεδίων στην γεωργία, ήταν οι ακόλουθοι:

- Η μείωση των χημικών εισροών για τη φυτοπροστασία.
- Η μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων.
- Η εξοικονόμηση ενέργειας και η βελτίωση του μικροκλίματος.
- Η βελτίωση της ποιότητας του αέρα και η προστασία του περιβάλλοντος.
- Η βελτίωση της ποιότητας και ποσότητας των παραγόμενων αγαθών, μέσα από την αποτελεσματικότερη διαχείριση του εξοπλισμού και την παραγωγή «πράσινων» προϊόντων.
- Η ενσωμάτωση των τεχνολογιών πληροφορικής στην παραγωγική διαδικασία.
- Η βελτίωση της ποιότητας ζωής του γεωργικού και αγροτικού πληθυσμού, η αύξηση των θέσεων εργασίας και η αποκέντρωση (Κουρέτας & Κίττας, 2016).

2.4 Η Εθνική Στρατηγική για την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή

2.4.1 Τομεακές πολιτικές προσαρμογής

Οι τομείς που περιλαμβάνονται στην εθνική στρατηγική για την κλιματική αλλαγή είναι οι κάτωθι:

- Γεωργία και κτηνοτροφία
- Δασοπονία
- Βιοποικιλότητα και οικοσυστήματα
- Αλιεία
- Υδατοκαλλιέργειες
- Υδάτινοι πόροι
- Παράκτιες ζώνες
- Τουρισμός
- Ενέργεια
- Υποδομές και μεταφορές
- Υγεία
- Δομημένο περιβάλλον
- Εξορυκτική βιομηχανία
- Πολιτιστική κληρονομιά
- Ασφαλιστικός τομέας

Η αγροτική παραγωγή αποτελεί τομέα δραστηριότητας που θα επηρεαστεί σημαντικά από την κλιματική αλλαγή, καθώς το είδος, η ποσότητα και η ποιότητα των γεωργικών προϊόντων εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από το κλίμα. Οι κλιματικές μεταβλητές που κυρίως επηρεάζουν την παραγωγικότητα των καλλιεργειών είναι η θερμοκρασία του αέρα, η ένταση και η διάρκεια έκθεσης στην ηλιακή ακτινοβολία, η συγκέντρωση του CO₂ της ατμόσφαιρας, καθώς και η διάρκεια και ένταση των ακραίων φαινομένων. Επιπλέον, σημαντικό ρόλο αναμένεται να παίζει η υποβάθμιση των γεωργικών εδαφών λόγω της διατήρησης ή επαύξησης του φαινομένου της ερημοποίησης.

2.4.2 Ακραία καιρικά φαινόμενα

Σύμφωνα με μελέτη της Τράπεζας της Ελλάδος, μια από τις σημαντικότερες επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην Ελλάδα, θα είναι η μεταβολή της έντασης και συχνότητας των ακραίων καιρικών φαινομένων. Αυτό βέβαια θα έχει αρνητικές επιπτώσεις τόσο στις κοινωνίες, όσο και στα οικοσυστήματα, μιας και θα είναι εκτεθειμένα σε περιβαλλοντικούς κινδύνους.

Ειδικότερα, εκτιμάται ότι οι καύσωνες θα γίνουν πιο συχνοί, ενώ παράλληλα θα έχουν μεγαλύτερη διάρκεια και ένταση. Από την άλλη πλευρά, αναμένονται λιγότερα έντονα φαινόμενα ψύχους, ωστόσο, περιστασιακές έντονες ψυχρές περιόδους θα εξακολουθήσουν να εμφανίζονται. Η καλοκαιρινή ξηρασία αναμένεται να αυξηθεί ακόμα περισσότερο οδηγώντας σε επιμήκυνση των περιόδων ξηρασίας και σε πιέσεις στα υδατικά αποθέματα περιοχών με ήδη αυξημένη ευπάθεια. Παράλληλα, οι υψηλής έντασης βροχοπτώσεις αναμένεται να γίνουν πιο συχνές στα επόμενα 70 χρόνια, με συνέπεια στις αστικές περιοχές οι ξαφνικές πλημμύρες, λόγω των έντονων τοπικών βροχοπτώσεων, να γίνονται όλο και πιο συχνές.

Οι αλλαγές σε αυτά τα ακραία φαινόμενα αναμένεται να επηρεάσουν ιδιαίτερα τομείς όπως η γεωργία, η αλιεία, η ανθρώπινη υγεία, η βιοποικιλότητα, τα οικοσυστήματα και η ενέργεια. Ως εκ τούτου, η προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή όσον αφορά στα ακραία φαινόμενα, αποτελεί σημαντικό μέρος της εθνικής στρατηγικής. Ως ένα πρώτο βήμα για την επίτευξη της προσαρμογής, είναι η οργάνωση και ανάπτυξη ενός ενιαίου συστήματος παρατήρησης του κλίματος και μιας εθνικής βάσης δεδομένων κλίματος. Με τον τρόπο αυτό, θα είναι δυνατή η δημιουργία μιας άριστης πηγής τεκμηριωμένων χρονοσειρών των κλιματολογικών μεταβλητών από την αρχή του 20^{ου} αιώνα μέχρι σήμερα, οι οποίες θα συμβάλουν στη συνεχή επικαιροποίηση των δεδομένων και σχεδιασμό πρακτικών με βάση τις πραγματικές ανάγκες (Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας, 2016).

Στον πίνακα που ακολουθεί, αποτυπώνονται οι δράσεις για τη στρατηγική ανάπτυξη της γεωργίας, της βιοποικιλότητας και του δομημένου περιβάλλοντος, με γνώμονα την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή. Πραγματοποιείται σύντομη αναφορά στους συγκεκριμένους τομείς, για το λόγο ότι αποτελεί αντικείμενο μελέτης της παρούσας πτυχιακής εργασίας (Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας, 2016).

Πίνακας 1. Δράσεις της Εθνικής στρατηγικής για την κλιματική αλλαγή, στους τομείς της γεωργίας, της βιοποικιλότητας και του δομημένου περιβάλλοντος

Τομέας	Δράση
Γεωργία και κτηνοτροφία	Πρόσκτηση καινοτόμου γνώσης και διάδοσή της στους εκπαιδευτές και στους τελικούς αποδέκτες του αγροτικού χώρου
	Προώθηση του σχεδιασμού των Περιφερειών με βάση τα επίπεδα τρωτότητας και τα νέα δεδομένα
	Θεσμοθέτηση ή βελτίωση υφισταμένων συστημάτων καταγραφής (monitoring) κρίσιμων παραμέτρων, με βάση τη νέα γνώση σχετικά με τις επιδράσεις της κλιματικής αλλαγής στις συνιστώσες του παραγωγικού συστήματος
	Αειφόρος διαχείριση φυσικών πόρων
	Αλλαγές στο βιολογικό υλικό και στις καλλιεργητικές τεχνικές
	Διαχείριση κινδύνων από καταστροφές λόγω κλιματικής αλλαγής
Βιοποικιλότητα και οικοσυστήματα	Βελτίωση της γνώσης για τη βιοποικιλότητα της Ελλάδας και της επίδρασης της κλιματικής αλλαγής σε αυτή και στις οικοσυστημικές υπηρεσίες
	Ενίσχυση προσαρμογής στοιχείων της βιοποικιλότητας στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής
	Ενίσχυση οικοσυστημικών λειτουργιών
	Ρυθμίσεις χρήσεων γης
	Εκπαίδευση, ενημέρωση, ευαισθητοποίηση, κατάρτιση, ανάδειξη και προώθηση εναλλακτικών μορφών τουρισμού

	Ενσωμάτωση της κλιματικής αλλαγής στα αναπτυξιακά σχέδια και στα εργαλεία παρακολούθησης της βιοποικιλότητας
Δομημένο περιβάλλον	Προσαρμογή του αστικού σχεδιασμού στην κλιματική αλλαγή και βελτίωση του θερμικού περιβάλλοντος στις πόλεις με την αλλαγή του μικροκλίματος του δομημένου περιβάλλοντος
	Μείωση των θερμικών και ενεργειακών αναγκών των κτηρίων προς την κατεύθυνση του μηδενικού ενεργειακού αποτυπώματος
Πηγή: Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας, 2016	

Κεφάλαιο 3

Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στη Γεωργία

3.1 Η επίδραση της κλιματικής αλλαγής στη γεωργία

Η ανθρώπινη παρέμβαση στη φύση, έχει συντελέσει στην κλιματική αλλαγή. Η καύση ορυκτών καυσίμων, η διαρκής αποψίλωση των δασών, η χρήση λιπασμάτων και η διάθεση των απορριμμάτων, αποτελούν ορισμένους από τους βασικούς παράγοντες που συμβάλλουν στην αύξηση των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα. Όλα αυτά, έχουν προκαλέσει την αλλαγή του κλίματος, τα αποτελέσματα της οποίας είναι ήδη ορατά. Σύμφωνα με έρευνα του WWF (2009), υπάρχουν πολλά είδη πανίδας και χλωρίδας που τείνουν να εξαφανιστούν, ενώ περισσότερο από το 30% των οικοσυστημάτων του πλανήτη κινδυνεύει.

Βάσει εκτιμήσεων, οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στον πλανήτη θα είναι ιδιαίτερα σημαντικές και ενδεχομένως να είναι αμετάκλητες. Στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής δεν περιλαμβάνονται μόνο αυτές στο φυσικό περιβάλλον, αλλά και στον άνθρωπο. Οι εκτιμήσεις από τη συγκεκριμένη έρευνα, θεωρούν ότι η επερχόμενη αλλαγή του κλίματος θα έχει αισθητό αντίκτυπο στα αποθέματα νερού, καθώς έως 3 δισεκατομμύρια άνθρωποι δεν θα έχουν ικανοποιητική πρόσβαση σε νερό, ενώ η γεωργία θα αντιμετωπίσει μεγάλο πρόβλημα ωθώντας στη λιμοκτονία έως 120 εκατομμύρια ανθρώπους. Επιπλέον, το κόστος της υπερθέρμανσης του πλανήτη στην παγκόσμια οικονομία μπορεί να φτάσει το 20% του παγκόσμιου ΑΕΠ, αν δεν ληφθούν άμεσα μέτρα. Τέλος, η έρευνα καταλήγει στο συμπέρασμα ότι, σχεδόν 250 εκατομμύρια άνθρωποι θα αναγκαστούν να μεταναστεύσουν εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής. Σημειώνεται ότι, ο βαθμός των αρνητικών συνεπειών, καθορίζεται με βάση τον ρυθμό εξέλιξης των αλλαγών (WWF Ελλάς, 2009).

Ένας από τους τομείς που επηρεάζει σημαντικά η κλιματική αλλαγή είναι η γεωργία. Μάλιστα, ο γεωργικός τομέας θεωρείται ως ο πλέον ευάλωτος τομέας στις κλιματικές διακυμάνσεις. Συνοπτικά, αναφέρεται ότι η κλιματική αλλαγή συμβάλλει στην αύξηση της θερμοκρασίας στη στεριά και τη θάλασσα, στην ύπαρξη κινδύνων από τη διάβρωση των ακτών, στην ύπαρξη περισσότερης ξηρασίας, στην ενίσχυση των φυσικών καταστροφών, καθώς επίσης και στην ταχύτερη ανάπτυξη των καλλιεργειών.

Στην προκειμένη περίπτωση, η καλλιεργητική περίοδος θα χαρακτηρίζεται από μικρότερους βιολογικούς κύκλους, οι οποίοι θα έχουν αντίκτυπο στην ποσότητα και ποιότητα των καλλιεργούμενων ειδών, αλλά και τη διατάραξη της προσφοράς και ζήτησης στον διατροφικό κλάδο (Δαλέζιος, 2015).

Από την άλλη πλευρά, η κλιματική αλλαγή μπορεί να έχει θετική επίδραση στη γεωργία. Σε ορισμένες περιπτώσεις, διακρίνονται οφέλη από την αύξηση της θερμοκρασίας, όπως χαρακτηριστικά είναι: α) η επιμήκυνση της βλαστικής περιόδου για κάποιες καλλιέργειες, β) η δυνατότητα ανάπτυξης νέων καλλιεργειών (π.χ. οι αυξημένες θερμοκρασίες ευνοούν την καλλιέργεια βαμβακιού) και γ) μειώνεται ο κίνδυνος για την καταστροφή των καλλιεργειών από παγετό (Δαλέζιος, 2015; Καρτάλης, 2017).

3.2 Επιπτώσεις σε επίπεδο παραγωγής και στην οικονομία

Η αλλαγή του κλίματος έχει ήδη επηρεάσει αρνητικά τον γεωργικό τομέα τόσο σε ευρωπαϊκό όσο και σε εθνικό επίπεδο. Συνοπτικά αναφέρεται ότι, οι μεταβολές στη θερμοκρασία και οι βροχοπτώσεις, καθώς και τα ακραία καιρικά και κλιματικά φαινόμενα έχουν άμεσο αντίκτυπο στην απόδοση των καλλιεργειών και την παραγωγικότητα (συμπεριλαμβάνεται και ο κτηνοτροφικός τομέας). Αυτό είναι φυσικό επακόλουθο της ανεπαρκούς κάλυψης των καλλιεργειών με νερό, της αύξησης των αναγκών των φυτών σε νερό, την μεταβολή των πρακτικών ποτίσματος, αλλά και τη διαφοροποίηση των συνθηκών αποθήκευσης και μεταφοράς. Η λειψυδρία, τα κύματα καύσωνα, οι έντονες βροχοπτώσεις και τα άλλα ακραία καιρικά και κλιματικά φαινόμενα αναμένεται να οδηγήσουν σε χαμηλότερες γεωργικές αποδόσεις. Οι αλυσιδωτές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής δύνανται επίσης να επηρεάσουν την τιμή, την ποσότητα και την ποιότητα των προϊόντων και, κατά συνέπεια, τις εμπορικές ροές, οι οποίες με τη σειρά τους αναμένεται να επηρεάσουν το γεωργικό εισόδημα όχι μόνο σε εθνικό αλλά και σε ευρωπαϊκό επίπεδο (Πανελλήνια Ένωση Αγροτικών Συνεταιρισμών και Ενώσεων Συνεργασίας Αγροτικών Συνεταιρισμών, 2021).

Από τις πιο διαδεδομένες μεθόδους για την αξιολόγηση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στον γεωργικό τομέα, είναι η αποτύπωση των εκροών των γεωργικών προϊόντων, μέσα από τη σύγκριση με κάποιο έτος βάσης. Για παράδειγμα, εάν η παραγόμενη ποσότητα σε ένα προϊόν (π.χ. βαμβάκι) είναι μειωμένη κατά 20%

εξαιτίας των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής, τότε θα υπάρξει ανάλογη μείωση και στο εισόδημα του παραγωγού. Η εν λόγω μείωση αντικατοπτρίζει το κόστος για τη μη λήψη μέτρων απέναντι στην κλιματική αλλαγή και συνεπάγεται ένα κόστος που επιβαρύνει τον παραγωγό. Ένα δεύτερο σενάριο είναι η χρήση λιπασμάτων για την αύξηση της απόδοσης της καλλιέργειας σε επίπεδα πριν την κλιματική αλλαγή. Στην περίπτωση αυτή, το κόστος παραγωγής θα είναι υψηλότερο και αποκαλείται κόστος προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή (Καραμάνος, Σκούρτος, Βουδουλάκης, Κοντογιάννη, & Μαχλέρας, 2011).

Σε γενικές γραμμές, η κλιματική αλλαγή έχει αρνητική επίδραση όχι μόνο στο περιβάλλον και τη γεωργία, αλλά και σημαντικό αντίκτυπο στο εισόδημα, την απασχόληση και εν γένει ευημερία του γεωργικού και αστικού πληθυσμού (Σκούρτος, Μαχλέρας, & Κοντογιάννη, 2011).

3.3 Κλιματικοί δείκτες για τη Γεωργία

Οι κυριότερες παράμετροι που επηρεάζουν τον γεωργικό και κτηνοτροφικό κλάδο σχετίζονται με τις μεταβολές της θερμοκρασίας, τις βροχοπτώσεις, την υγρασία, καθώς και την εκδήλωση ακραίων καιρικών φαινομένων. Για τη μελέτη των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στη γεωργία και την κτηνοτροφία, έχουν διαμορφωθεί κάποιοι δείκτες, μέσα από τους οποίους καταγράφονται οι σημαντικότερες παράμετροι που την επηρεάζουν. Οι εν λόγω δείκτες παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 2. Κλιματικές παράμετροι για την καταγραφή των μέσω και ακραίων κλιματικών συνθηκών

Μέσες κλιματικές συνθήκες	
Θερμοκρασία	°C
Βροχόπτωση	mm/ημέρα
Εδαφική υγρασία	Kg/m ²
Βαθμοημέρες ανάπτυξης	Βαθμοημέρες

Διάρκεια βλαστικής περιόδου	Ημέρες
Ακραίες κλιματικές συνθήκες	
Ημέρες παγετού και ολικού παγετού	Ημέρες ανά έτος
Ημέρες ψυχρών επεισοδίων	Ημέρες ανά έτος
Ημέρες με μέγιστη θερμοκρασία > 37 °C	Ημέρες ανά έτος
Συνεχόμενες ημέρες βροχόπτωσης	Ημέρες ανά έτος
Ημέρες με βροχόπτωση > 20mm	Ημέρες ανά έτος
Δείκτης τυποποιημένης βροχόπτωσης	-
Δείκτης τυποποιημένης βροχόπτωσης-εξαμισοδιαπνοής	-
Πηγή: Καρτάλης, 2021	

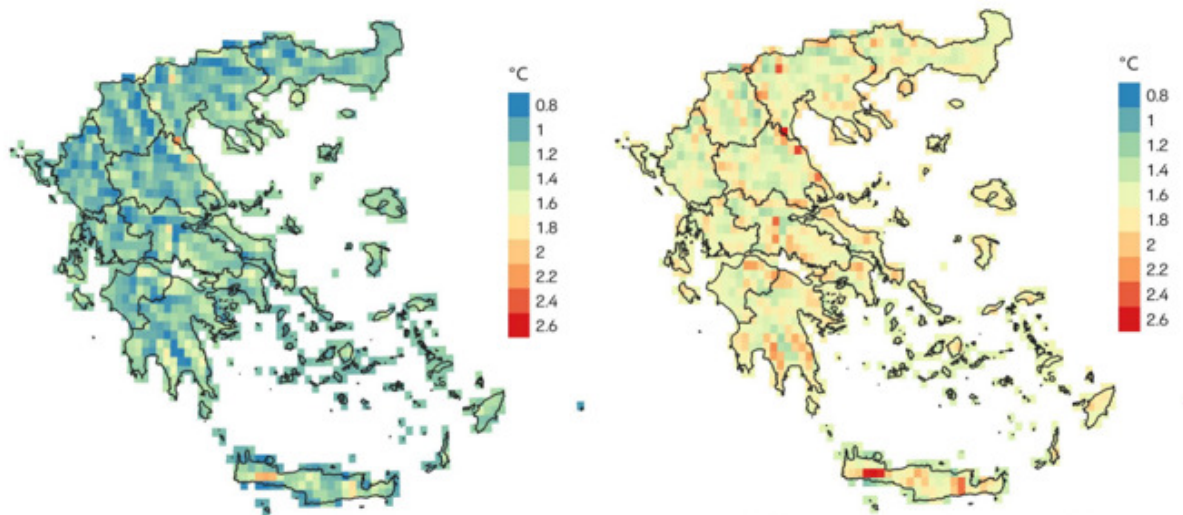
Για την εκτίμηση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στη γεωργία, έχουν αναπτυχθεί διάφορα κλιματικά σενάρια, προκειμένου να αποτυπώσουν πως θα είναι ο κόσμος στο μέλλον, ανάλογα με το κλίμα που θα επικρατεί (Καραμάνος & Βουλουδάκης, 2011). Στα πλαίσια της παρούσας πτυχιακής εργασίας παρουσιάζονται τα κλιματικά σενάρια της ομάδας RCP (Representative Concentration Pathways) τα οποία δίνουν πληροφορίες για τις συγκεντρώσεις και εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, αιωρούμενων σωματιδίων και κλιματικών μηχανισμών, που οφείλονται σε ανθρώπινες δραστηριότητες. Ουσιαστικά, τα εν λόγω σενάρια δεν λαμβάνουν υπόψη μεταβολές που μπορεί να οφείλονται σε φυσικούς μηχανισμούς όπως η ηλιακή και ηφαιστειακή δραστηριότητα και φυσικές εκπομπές (Καρτάλης, 2021). Τα κλιματικά σενάρια περιλαμβάνουν προβλέψεις ως το 2100 και διακρίνονται σε 4 σενάρια, τα οποία είναι τα εξής:

- RCP 2.6, όπου είναι το ευνοϊκότερο σενάριο και βασίζεται στην υπόθεση ότι το μέγιστο των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου θα πραγματοποιηθεί έως το 2040 και στη συνέχεια θα ακολουθήσει σημαντική μείωση.

- RCP 4.5 και RCP 6, τα οποία αποτελούν μετριοπαθή σενάρια και οι εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου θα αυξάνονται μέχρι το 2040 και εν συνεχεία θα μειώνονται με αργούς ρυθμούς και θα σταθεροποιηθούν μετά το 2100.
- RCP 8.5, το οποίο είναι και το πιο ακραίο σενάριο και οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου θα αυξάνονται συνεχώς ως το 2100.

Σημειώνεται ότι, ο αριθμός που δηλώνει τα κλιματικά σενάρια προκύπτει από τον κλιματικό εξαναγκασμό (radiating forcing) που προβλέπεται για το 2100 (Κιτσάρα, 2020; Σοφιάδης, 2017).

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται οι κλιματικοί δείκτες για τις μέσες κλιματικές συνθήκες, σύμφωνα με τις προβλέψεις των μετριοπαθών ή ακραίων σεναρίων. Ως περίοδος αναφοράς θεωρείται το διάστημα 1971-2000. Το σημαντικότερο στοιχείο για τον καθορισμό του κλίματος μιας περιοχής είναι η θερμοκρασία του αέρα, ενώ διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο και στην επιλογή του κατάλληλου είδους αγροτικής καλλιέργειας. Η χωρική κατανομή της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας για τις υποπεριόδους 2026-2045 και 2046-2065 παρουσιάζεται στην ακόλουθη εικόνα, όπου παρατηρείται αύξηση της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας στο σύνολο της χώρας (Καρτάλης, 2021).

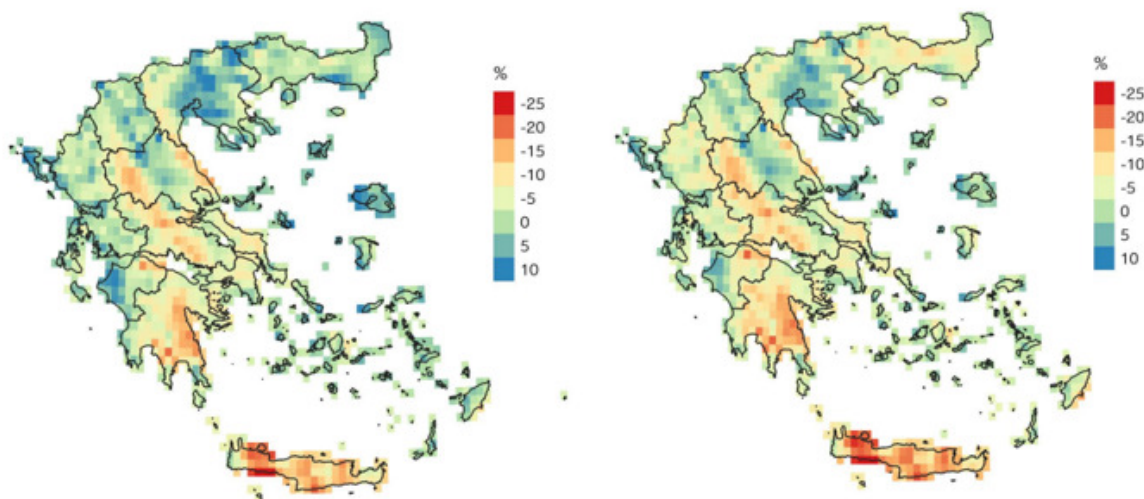


Εικόνα 2. Μεταβολή μέσης ετήσιας θερμοκρασίας τις περιόδους 2026-2045 (αριστερά) και 2046-2065 (δεξιά) σε σχέση με την περίοδο 1971-2000, σύμφωνα με το σενάριο RCP 4.5

Πηγή: Καρτάλης, 2021

Σημειώνεται ότι, η αύξηση της θερμοκρασίας μπορεί να έχει είτε θετική είτε αρνητική επίδραση στη συγκομιδή της καλλιέργειας και εξαρτάται από το είδος της. Γενικότερα, η αύξηση της θερμοκρασίας έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της βλαστικής περιόδου (Malmgren & Nyström, 2022). Στην κτηνοτροφία, η αύξηση της θερμοκρασίας μπορεί να μειώσει την ανθεκτικότητα των εκτρεφόμενων ζώων και να οδηγήσει σε μείωση της παραγωγής (Καρτάλης, 2021).

Στη συνέχεια παρουσιάζεται η εξέλιξη της ετήσιας βροχόπτωσης για τις αντίστοιχες υποπεριόδους και με το κλιματικό σενάριο RCP 4.5. Διαπιστώνεται ότι, τη δεύτερη υποπερίοδο υπάρχει μια μείωση στο επίπεδο βροχοπτώσεων σε ορισμένες περιοχές (Δυτική Ελλάδα, Μακεδονία, Στερεά Ελλάδα, Νοτιοανατολική Πελοπόννησο), η οποία οφείλεται στην αύξηση της συγκέντρωσης των αερίων του θερμοκηπίου.

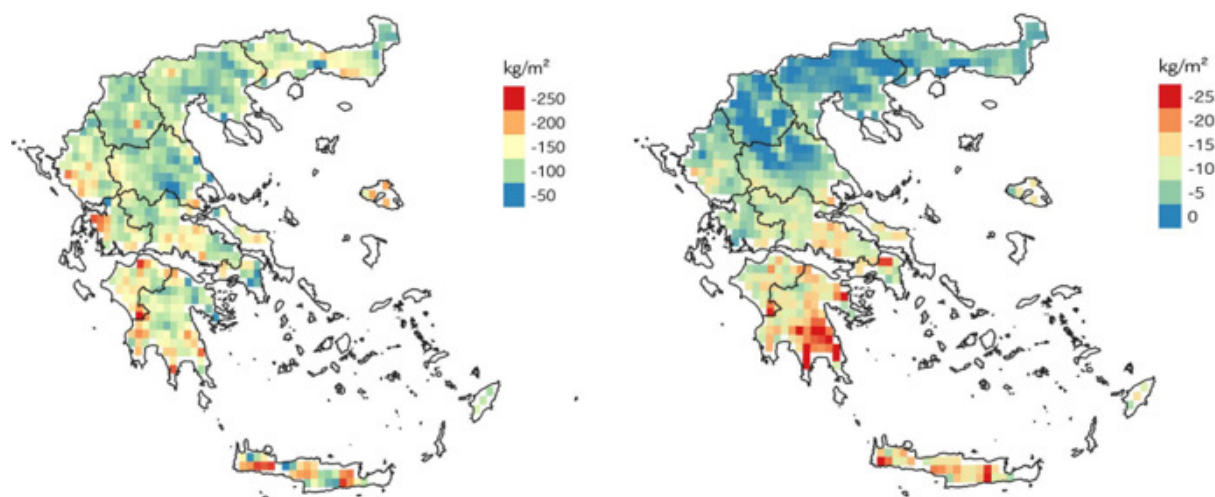


Εικόνα 3. Ποσοστιαία μεταβολή της ετήσιας βροχόπτωσης τις περιόδους 2026-2045 (αριστερά) και 2046-2065 (δεξιά) σε σχέση με την περίοδο 1971-2000, σύμφωνα με το σενάριο RCP 4.5

Πηγή: Καρτάλης, 2021

Η εδαφική υγρασία μπορεί να χαρακτηριστεί ως η κρίσιμότερη παράμετρος για τη γεωργική παραγωγή δεδομένου ότι μπορεί να επηρεάσει την απόδοση των καλλιεργειών. Στην εικόνα που ακολουθεί παρουσιάζεται η κατανομή της εδαφικής υγρασίας στην Ελλάδα για τις δύο επιμέρους περιόδους και με βάση το σενάριο RCP 8.5. Παρατηρείται ότι, οι μέγιστες τιμές εδαφικής υγρασίας συνδέονται με τις περιοχές

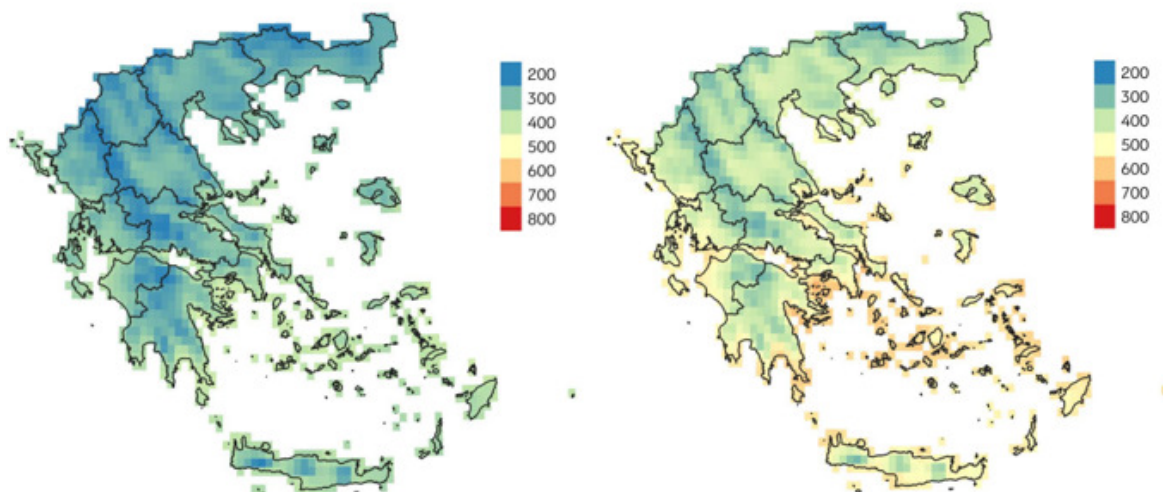
που παρουσιάζουν υψηλότερα επίπεδα βροχόπτωσης (π.χ. Δυτική Ελλάδα), ενώ με βάση το ακραίο σενάριο, αναμένεται μείωση μεταξύ των δύο υποπεριόδων, κυρίως στη Δυτική και Νότια Ελλάδα (Καρτάλης, 2021).



Εικόνα 4. Διαφορά στη μέση εδαφική υγρασία την περίοδο 2026-2045 σε σχέση με την περίοδο 1971-2000 (αριστερά) και την περίοδο 2046-2065 σε σχέση με την περίοδο 2026-2045 (δεξιά), σύμφωνα με το σενάριο RCP 8.5

Πηγή: Καρτάλης, 2021

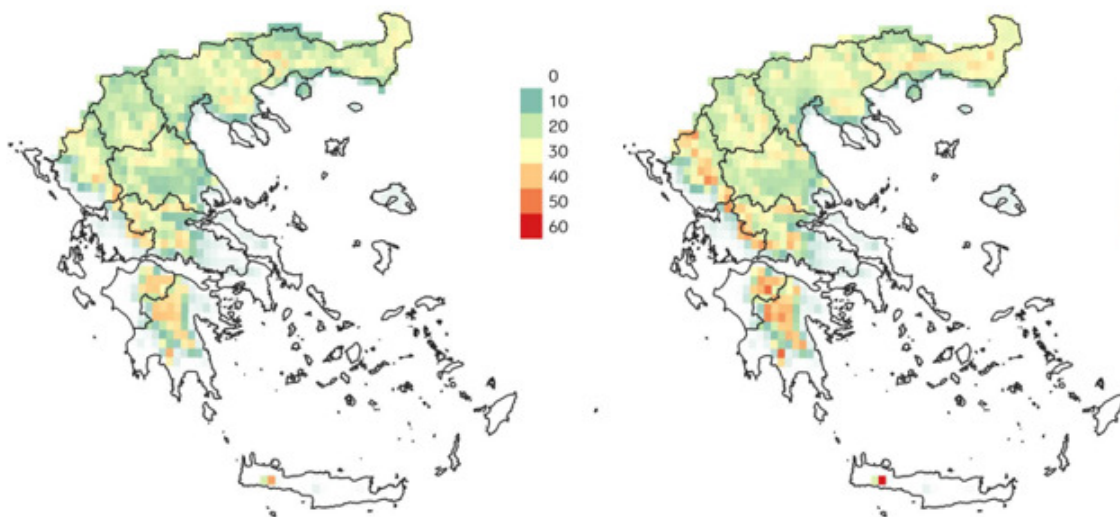
Κατόπιν, αποτυπώνονται οι βαθμοημέρες ανάπτυξης, οι οποίες αποτελούν έναν γεωργικό δείκτη που χρησιμοποιείται προκειμένου να διερευνηθεί η επίδραση της θερμοκρασίας στην ανάπτυξη των καλλιεργειών και κατ' επέκταση να διαπιστωθεί κατά πόσο οι περιοχές είναι κατάλληλες για την παραγωγή συγκεκριμένων καλλιεργειών. Από την εικόνα που παρατίθεται στη συνέχεια, διαπιστώνεται ότι με βάση το κλιματικό σενάριο RCP 4.5, θα υπάρξει αύξηση των βαθμοημερών ανάπτυξης, γεγονός που διαμορφώνει ένα ευνοϊκό κλίμα για τις καλλιέργειες στην Ελλάδα (μεγαλύτερες καλλιεργητικές περιόδους).



Εικόνα 5. Μεταβολή των βαθμοημερών ανάπτυξης τις περιόδους 2026-2045 (αριστερά) και 2046-2065 (δεξιά) σε σχέση με την περίοδο 1971-2000, σύμφωνα με το σενάριο RCP 4.5

Πηγή: Καρτάλης, 2021

Τέλος, η διάρκεια βλαστικής περιόδου αποτυπώνει τη διάρκεια που απαιτείται για την ανάπτυξη των καλλιεργειών.



Εικόνα 6. Μεταβολή της βλαστικής περιόδου (σε ημέρες) για τις περιόδους 2026-2045 (αριστερά) και 2046-2065 (δεξιά) σε σχέση με την περίοδο 1971-2000, σύμφωνα με το σενάριο RCP 4.5

Πηγή: Καρτάλης, 2021

Από το παραπάνω σενάριο εκτιμάται ότι η βλαστική περίοδος θα αυξηθεί, δημιουργώντας ευνοϊκές συνθήκες για την καλλιέργεια στην Ελλάδα, ενώ είναι πιθανό να αυξηθούν οι περιοχές που θα είναι κατάλληλες προς καλλιέργεια (Καρτάλης, 2021).

3.4 Επίδραση της κλιματικής αλλαγής σε γεωργικές και κτηνοτροφικές περιοχές

Η κλιματική αλλαγή αναμένεται να έχει τόσο αρνητικές όσο και θετικές επιπτώσεις στο γεωργικό και κτηνοτροφικό τομέα. Κατά κύριο λόγο οι επιπτώσεις είναι αρνητικές. Όπως ήδη αναφέρθηκε, η αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα, η μείωση των βροχοπτώσεων και η μείωση της εδαφικής υγρασίας, θα δημιουργήσουν ακραία φαινόμενα που θα επηρεάσουν τις καλλιέργειες (Γεωργακόπουλος, 2021). Γενικότερα, οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στις γεωργικές καλλιέργειες είναι οι ακόλουθες:

- Η αύξηση της θερμοκρασίας συμβάλλει στην αύξηση ασθενειών σε φυτά και ζώα και έξαρση παρασίτων.
- Η αύξηση της θερμοκρασίας επηρεάζει την απόδοση της καλλιέργειας, εξαιτίας της αρνητικής επίπτωσης του διοξειδίου του άνθρακα.
- Οι καλλιέργειες γίνονται πιο ευπαθείς σε πλημμύρες.
- Γίνεται μετατόπιση των βέλτιστων ζωνών καλλιέργειας (Hawkins, Sharrock, & Havens, 2008).

Αξίζει να αναφερθεί ότι, οι αρνητικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στη γεωργία μπορεί να διαφέρουν μεταξύ των περιοχών. Σύμφωνα με έρευνα του Γεωργακόπουλου (2021), οι καλλιέργειες και η κτηνοτροφία στις περιοχές της Κρήτης, της Ηλείας, της Κορινθίας και της Λάρισας, αναμένεται να επηρεαστούν περισσότερο σε σχέση με άλλες περιοχές. Στις βορειότερες χώρες η αύξηση της θερμοκρασίας θα συμβάλλει στη βελτίωση των αποδόσεων μιας και θα αυξηθεί η βλαστική περίοδος, ενώ θα μπορούν να καλλιεργηθούν και είδη που μέχρι σήμερα δεν έχουν τη δυνατότητα.

Από την άλλη πλευρά, σε νότιες περιοχές, μεταξύ των οποίων περιλαμβάνεται και η Ελλάδα, η μείωση των βροχοπτώσεων και η αύξηση των ημερών με καύσωνα, θα περιορίσουν τις καλλιέργειες και θα αυξήσουν την ανάγκη για νερό. Στις περιοχές

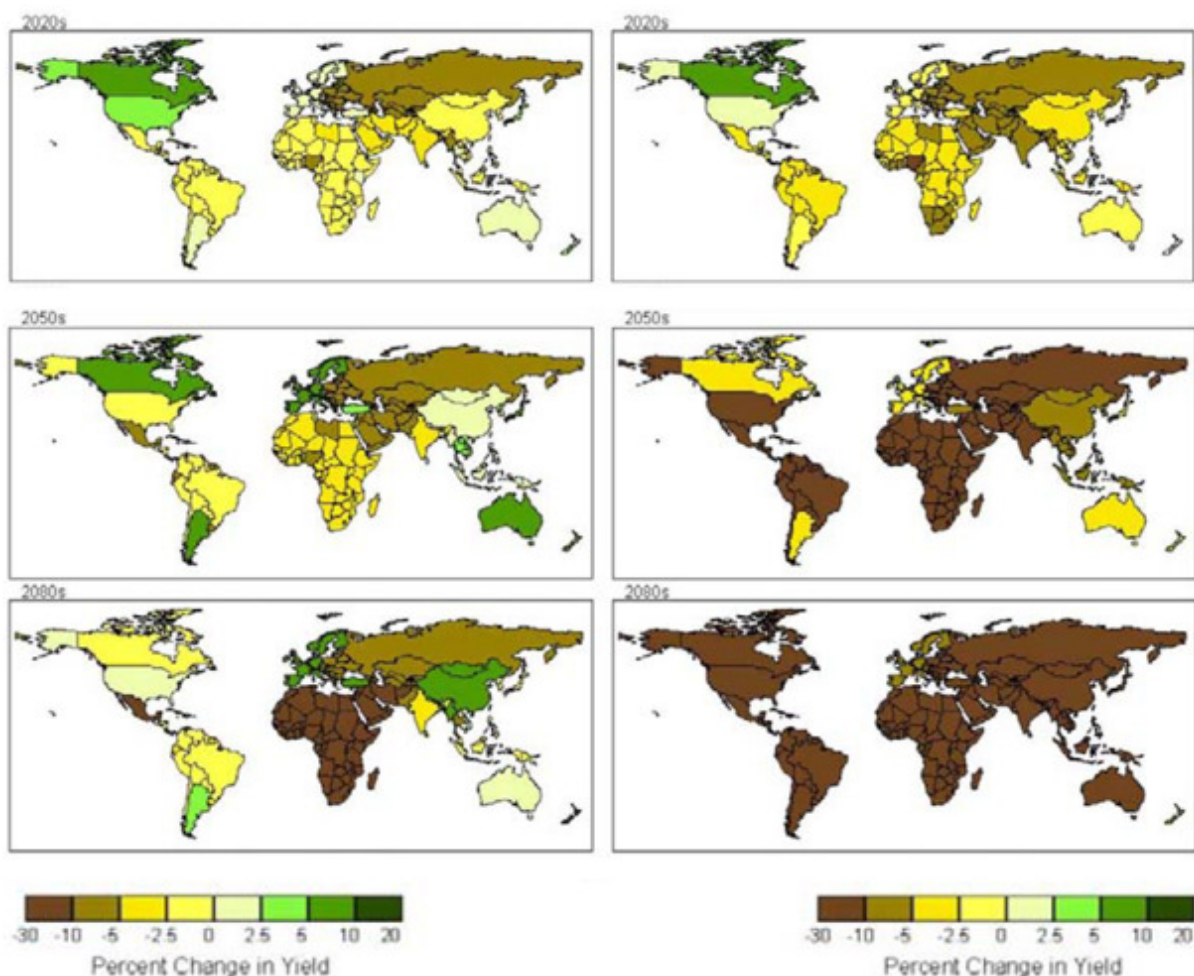
αυτές, οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής μπορούν να θεωρηθούν δυσμενείς μιας και θα σχετίζονται με μείωση των αποδόσεων, διάβρωση του εδάφους από τα έντονα καιρικά φαινόμενα, ακόμη και ερημοποίηση των περιοχών λόγω της μείωσης της γονιμότητας των χωραφιών και της έλλειψης φυσικών πόρων (Γέμτος, 2022). Παράλληλα, η αύξηση των ακραίων καιρικών φαινομένων θα έχει σοβαρό αντίκτυπο και σε κοινωνικοοικονομικό επίπεδο, δεδομένου ότι θα οδηγήσει σε αύξηση των τιμών των αγαθών και τον επηρεασμό των εμπορικών ισοζυγίων μεταξύ των κρατών.

Ιδιαίτερα σημαντικές θεωρούνται και οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην χλωρίδα. Ως προς τις αρνητικές επιδράσεις της κλιματικής αλλαγής στα φυτά, ορισμένες από τις πιο σημαντικές, είναι οι εξής:

- ❖ Σε πρώτη φάση, παρόλο που τα φυτά ανταποκρίνονται στις υψηλότερες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα, στη συνέχεια, η φωτοσυνθετική τους δυναμικότητα μειώνεται, θα γίνει συσσώρευση υδατανθράκων στους ιστούς του φυτού και εν τέλει δεν θα αναπτυχθεί κανονικά.
- ❖ Η μειωμένη ικανότητα της φωτοσύνθεσης που δημιουργείται μακροπρόθεσμα εξαιτίας του διοξειδίου του άνθρακα, συμβάλλει στη χαμηλότερη θρεπτική αξία των καλλιεργούμενων προϊόντων.
- ❖ Μειωμένη στοματική πυκνότητα των φυτών, αύξηση του πάχους και της επιφάνειας των φύλλων.
- ❖ Μειωμένη διαπνοή.
- ❖ Η αύξηση της θερμοκρασίας επιταχύνει το ρυθμό ανάπτυξης των φυτών. Ωστόσο, καθώς οι θερμοκρασίες αυξάνονται, επιτυγχάνεται ένα βέλτιστο επίπεδο, που ακολουθείται από μια (συνήθως απότομη) πτώση, όπου η βλάβη στον φυτικό ιστό οδηγεί στη διακοπή της ανάπτυξης και στον τελικό θάνατο του φυτού.
- ❖ Ο απρόβλεπτος καιρός μπορεί να προκαλέσει σημαντικές ζημιές στα φυτά. Αξίζει να αναφερθεί όμως ότι, το χιόνι σε ορισμένες περιπτώσεις (π.χ. φυτά των Άλπεων) μπορεί να έχει θετική επίδραση στα φυτά, μιας και βοηθά ώστε να κρατήσουν τη θερμοκρασία τους και να προστατευθούν κατά τη διάρκεια του χειμώνα (Hawkins, Sharrock, & Havens, 2008).
- ❖ Η αύξηση της θερμοκρασίας μπορεί να έχει σαν αποτέλεσμα τη μετακίνηση παθογόνων μεταξύ των περιοχών, με αποτέλεσμα οι ασθένειες των φυτών να

μεταναστεύουν σε διάφορες γεωγραφικές περιοχές. Κάτι τέτοιο θα έχει σαν αποτέλεσμα, να δημιουργηθούν κίνδυνοι από εχθρούς και ασθένειες στα φυτά, που δεν υπήρχαν προηγουμένως (Pourkheirandish, et al., 2020).

Στη συνέχεια παρουσιάζεται ένα κλιματικό σενάριο το οποίο στηρίζεται στις εκτιμήσεις για το αν το κλίμα θα είναι το θερμότερο όλων, ή πιο ψυχρό και με βάση την αύξηση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι, στο σενάριο A1FI, όπου το κλίμα είναι το θερμότερο μεταξύ όλων των σεναρίων και η αύξηση του CO₂ η υψηλότερη (810ppm), για το 2080 προβλέπεται σημαντική μείωση των αποδόσεων στις καλλιέργειες, έως και 30%, ιδιαίτερα στην Αφρική και στην Ασία. Η εξέλιξη των αποδόσεων παρουσιάζεται στην ακόλουθη εικόνα (Καραμάνος & Βουλουδάκης, 2011).



Εικόνα 7. Πιθανή μεταβολή στις αποδόσεις των καλλιεργειών σε σχέση με το 1990, με (αριστερά) και χωρίς την επίδραση (δεξιά) του διοξειδίου του άνθρακα

Πηγή: Καραμάνος & Βουλουδάκης, 2011

3.5 Προκλήσεις για το μέλλον

Το μέλλον για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής, είναι άμεσα συνυφασμένο με τη διατήρηση της βιοποικιλότητας των οικοσυστημάτων. Οι τυρφώνες, οι υγρότοποι, το έδαφος, τα δάση και οι ωκεανοί διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στην απορρόφηση και αποθήκευση άνθρακα, παρέχοντάς μας προστασία από την κλιματική αλλαγή.

Οι προκλήσεις για την κλιματική αλλαγή, στηρίζονται σε 3 βασικούς πυλώνες. Σε πρώτη φάση, είναι απαραίτητη η συνεργασία του ανθρώπου με τη φύση. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι, δράσεις όπως η αύξηση του πρασίνου στις πόλεις, συμβάλλουν στη βελτίωση του μικροκλίματος, ενώ η χρήση κατάλληλων γεωργικών πρακτικών μπορεί να συμβάλλει στην αύξηση της ικανότητας του εδάφους να κατακρατεί νερό και στη μείωση της ξηρασίας. Σημειώνεται ότι, τα οικοσυστήματα παρέχουν από μόνα τους φυσικές παγίδες άνθρακα, χωρίς να απαιτείται ιδιαίτερο κόστος. Στις προκλήσεις λοιπόν για το μέλλον είναι η περαιτέρω ανάπτυξη και εφαρμογή των νέων τεχνολογιών για τον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής, μέσα από την αποκατάσταση και προστασία ενός υποβαθμισμένου οικοσυστήματος.

Ο δεύτερος πυλώνας σχετίζεται με τα οφέλη που αποκομίζει ο άνθρωπος από το οικοσύστημα. Χαρακτηριστικά αναφέρεται η περίπτωση των τροπικών δασών, τα οποία καλύπτουν μόλις το 6% της συνολικής επιφάνειας της γης, αλλά εκεί ζουν τα μισά από τα χερσαία είδη του πλανήτη. Τα τροπικά δάση εξαφανίζονται με ρυθμό 13 εκατομμυρίων εκταρίων ανά έτος. Η αποψίλωση των δασών έχει ως αποτέλεσμα την έκλυση άνθρακα (περίπου 0,8-2,2 Gt) σε ετήσια βάση, ποσότητα που αντιστοιχεί περίπου στο 20% των παγκόσμιων εκπομπών CO₂. Η απώλεια και η καταστροφή οικοσυστημάτων μειώνει την ικανότητά τους για δέσμευση και αποθήκευση άνθρακα. Το κλιματικό σύστημα έχει σημεία ανατροπής, στα οποία τα οικοσυστήματα μπορεί να έχουν απρόβλεπτες αντιδράσεις και να χάσουν την προσαρμοστικότητά τους, με αποτέλεσμα οι δεξαμενές αποθήκευσης άνθρακα να μετατρέπονται σε πηγές άνθρακα.

Ο τρίτος πυλώνας αναφέρεται στην καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής μέσα από την προστασία της φύσης. Η προστασία της βιοποικιλότητας πολλές φορές ταυτίζεται με την προστασία των απειλούμενων ειδών προς εξαφάνιση, με αποτέλεσμα να μην λαμβάνεται υπόψη ο κρίσιμος ρόλος της φύσης στην καταπολέμηση της

κλιματικής αλλαγής. Τα υγιή οικοσυστήματα έχουν την ικανότητα να αντιστέκονται σε ακραία καιρικά φαινόμενα και επανακάμπουν πιο εύκολα.

Σύμφωνα με τους επιστήμονες, εάν δεν επιτευχθούν οι στόχοι για την κλιματική αλλαγή, θα υπάρχει σοβαρός αντίκτυπος στη βιοποικιλότητα και στα οικοσυστήματα. Προς αυτήν την κατεύθυνση, η κλιματική αλλαγή θα πρέπει να αντιμετωπιστεί στο πλαίσιο της ευρύτερης πρόκλησης που αφορά τη διατήρηση της ικανότητας των παγκόσμιων οικοσυστημάτων να συνεχίσουν να λειτουργούν ως δεξαμενές αποθήκευσης των αερίων θερμοκηπίου (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2009).

Όσον αφορά τον γεωργικό τομέα, αξίζει να αναφερθεί ότι η εξέλιξη της επιστήμης αυξάνει συνεχώς τις γνώσεις για το σύστημα αλληλεπίδρασης μεταξύ ανθρώπου και φύσης, επηρεάζοντας τη γεωργική παραγωγή. Ο τομέας της αγροκλιματολογίας εξελίσσεται ραγδαία τα τελευταία χρόνια και δημιουργεί περισσότερο αξιόπιστα πρότυπα ανάπτυξης καλλιεργειών (AquaCrop, νέα πειράματα FACE-Free Air CO₂ Enrichment), εμπλουτίζοντας διαρκώς τις πληροφορίες και βελτιώνοντας την ακρίβεια προβλέψεων για τις μελλοντικές αποδόσεις των γεωργικών εκμεταλλεύσεων (Καραμάνος, Σκούρτος, Βουδουλάκης, Κοντογιάννη, & Μαχλέρας, 2011).

Κεφάλαιο 4

Ο ρόλος της φύσης στην αντιμετώπιση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής

4.1 Ο ρόλος των φυτών στην αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής

Η κλιματική αλλαγή έχει αρνητική επίδραση στα φυτά. Σύμφωνα με μελέτες, το 37% των φυτών σε παγκόσμιο επίπεδο, θεωρούνται σπάνια και είναι ευάλωτα στην κλιματική αλλαγή. Τα σπάνια είδη φυτών, τα οποία συναντώνται σε λιγότερες από 5 περιοχές στον πλανήτη, εκτιμώνται σε 435.000, γεγονός που αποδίδει μεγάλη σημασία στη λήψη μέτρων για την προστασία του περιβάλλοντος από την κλιματική αλλαγή (Δρακόπουλος, 2019).

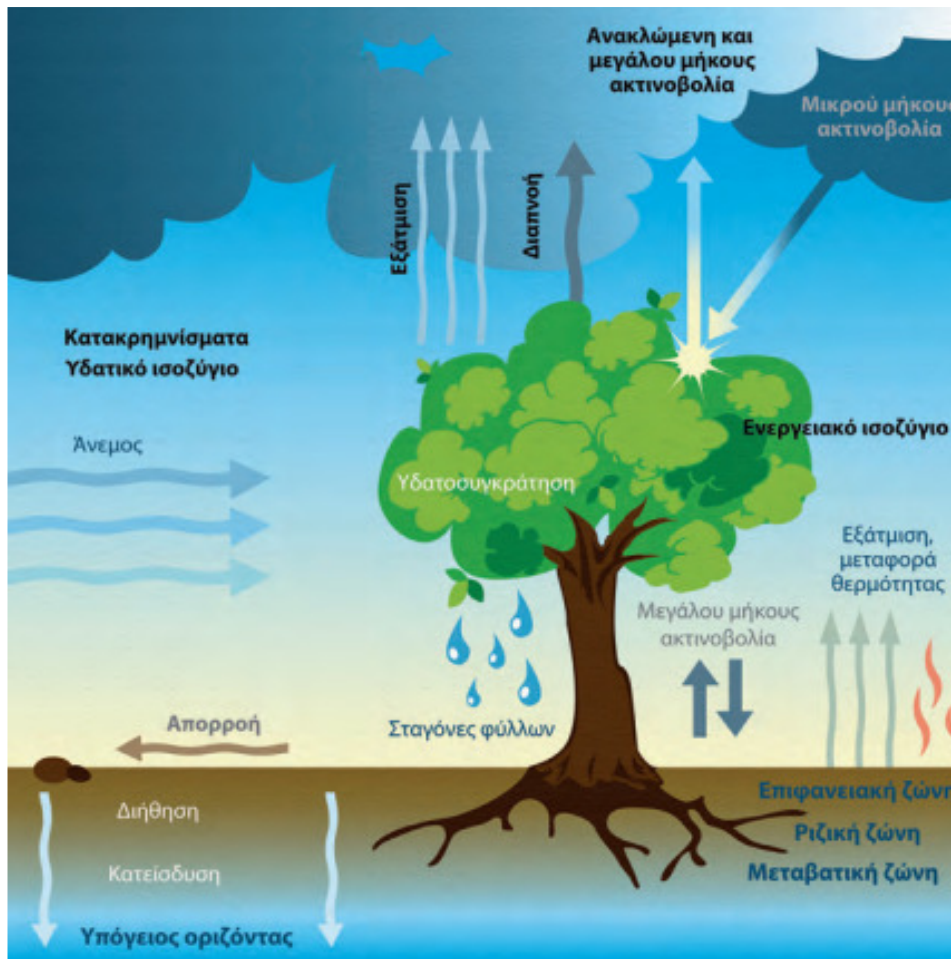
Ωστόσο, ο ρόλος των φυτών είναι πολύ σημαντικός στην αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής. Η Ελλάδα παρουσιάζει υψηλή βιοποικιλότητα σε φυτά και ζώα και αποτελεί ένα από τα κυριότερα οικοσυστήματα της Ευρώπης. Η χώρα μας διαθέτει περισσότερα από 6.000 είδη και υποείδη φυτών, εκ των οποίων, 300 είδη έχουν χαρακτηριστεί ως σπάνια και απειλούμενα προς εξαφάνιση. Η πλούσια χλωρίδα αντικατοπτρίζεται στο μεγάλο εύρος δασικών εκτάσεων, οι οποίες καλύπτουν περίπου το ένα τέταρτο της συνολικής έκτασης της χώρας. Όπως ήδη αναφέρθηκε, η κλιματική αλλαγή αποτελεί ένα φαινόμενο με ιδιαίτερα δυσάρεστες επιπτώσεις στο οικοσύστημα. Ωστόσο, θα πρέπει να τονιστεί ότι, το οικοσύστημα και συγκεκριμένα τα δάση, έχουν θετική επίπτωση στην προστασία του περιβάλλοντος, μιας και αμβλύνουν τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής. Αυτό επιτυγχάνεται μέσα από:

- α. Τη δέσμευση διοξειδίου του άνθρακα και τη μετατροπή του σε βιομάζα. Με τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης, τα δάση αποθηκεύουν μεγάλες ποσότητες CO₂ ετησίως, περιορίζοντας με αυτόν τον τρόπο τα αέρια του θερμοκηπίου και απελευθερώνοντας οξυγόνο O₂ (Regato, 2010). Μάλιστα, τα περισσότερα φυτά μπορούν να ανταποκριθούν σε υψηλές ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα, μέσω της αυξημένης φωτοσύνθεσης. Ωστόσο, η αλληλεπίδραση των διάφορων κλιματικών και περιβαλλοντικών παραγόντων θα καθορίσει εάν και πότε τα φυτά είναι σε θέση να αποθηκεύσουν περισσότερη ποσότητα διοξειδίου του

άνθρακα, γεγονός το οποίο διαδραματίζει βασικό ρόλο στη διαμόρφωση του τρέχοντος και του μελλοντικού κλίματος του πλανήτη (Haggerty & Mazer, 2008; Hawkins, Sharrock, & Havens, 2008).

- β. Τη διαπνοή. Πρόκειται για το φαινόμενο της εξάτμισης του νερού από τα φυτά και προϋποθέτει τη μετακίνηση του νερού μέσω του φυτού στις εξατμιζόμενες επιφάνειες. Το νερό των φυτών απορροφάται από το έδαφος μέσα από τις ρίζες και, μέσω του αγγειακού συστήματος, οδηγείται στους πόρους των φυλλωμάτων, γνωστούς ως στόματα, απ' όπου διαπνέεται (Δαλέζιος, 2015). Η εξατμισοδιαπνοή, όπως αλλιώς αποκαλείται αποτελεί δείκτη μέτρησης του κλίματος, μιας και αποτυπώνεται η απευθείας εξάτμιση νερού από τις υγρές επιφάνειες των φυτών (Κωστόπουλος, 2014).
- γ. Επιτυγχάνεται μείωση της επίδρασης των ακραίων καιρικών φαινομένων. Οι κόμρες των δένδρων και η βλάστηση, γενικότερα, λειτουργούν ως ένα πρώτο εμπόδιο που μετριάξει την ορμή του νερού (π.χ. καταιγίδες), ενώ, παράλληλα, απορροφούν και μέρος της ποσότητας που πέφτει. Επίσης, απορρόφηση νερού πραγματοποιείται και από το ριζικό σύστημα των φυτών, το οποίο επιδρά εξίσου θετικά και στη διήθηση των κατακρημνισμάτων, αφού διασωληνώνει το έδαφος, αυξάνοντας το πορώδες του. Επομένως, το δάσος συγκρατεί το νερό της βροχής, εμπλουτίζει τον υδροφόρο ορίζοντα και βελτιώνει την ποιότητα του νερού. Παράλληλα, το φύλλωμα των δέντρων απορροφά τις υπεριώδεις ακτινοβολίες και απελευθερώνει μεγάλου μήκους ακτινοβολία προς το έδαφος, με αποτέλεσμα να λειτουργεί ως φυσικό φίλτρο για τη μείωση της θερμοκρασίας. Επιπρόσθετα, το φύλλωμα συγκρατεί αιωρούμενα μικροσωματίδια του αέρα, με αποτέλεσμα να απορρυπαίνει την ατμόσφαιρα (Regato, 2010).

Στην επόμενη εικόνα, παρουσιάζεται σχηματικά η συμβολή των φυτών – δασών στην αντιμετώπιση έντονων καιρικών φαινομένων.



Εικόνα 8. Συμβολή των δασών στη μείωση της επίδρασης των έντονων καιρικών φαινομένων

Πηγή: Regato, 2010

Αναφέρθηκε προηγουμένως ότι, μέσα από την καλλιέργεια φυτών απομακρύνεται διοξείδιο του άνθρακα από την ατμόσφαιρα, το οποίο χρησιμοποιείται από αυτά για τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης (Cho, 2011). Σύμφωνα με τον ΟΗΕ, η αποκατάσταση των εδαφών που είναι υποβαθμισμένα (μέσω της φύτευσης), θα μπορούσε να συμβάλει στην απομάκρυνση έως και 63 δισεκατομμυρίων τόνων άνθρακα, η οποία θα μπορούσε να αντισταθμίσει ένα μικρό αλλά σημαντικό ποσοστό των παγκόσμιων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Επιπλέον, μέσω των φυτών, τα υγιή εδάφη διατηρούν τον άνθρακα στο εσωτερικό τους, ενώ σε αρκετές περιοχές τα φυτά λειτουργούν ως μηχανισμοί πρόληψης των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής (Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος, 2019).

Η άνοδος της θερμοκρασίας έχει σαν αποτέλεσμα τα φυτά να απελευθερώνουν αέρια τα οποία σχηματίζουν σύννεφα και εν συνεχεία, συμβάλλουν στην μείωση της θερμοκρασίας. Κάτι τέτοιο συμβαίνει για το λόγο ότι περιορίζουν την ηλιακή ακτινοβολία που φθάνει στην επιφάνεια της γης. Σύμφωνα με την επιστημονική κοινότητα, το εν λόγω φαινόμενο μπορεί να συμβάλλει ως ένα βαθμό στη μετρίαση της αύξησης της θερμοκρασίας, σε περιοχές όμως του πλανήτη όπου η ατμόσφαιρα δεν έχει επιβαρυνθεί από ανθρωπογενή αιωρούμενα σωματίδια. Σε μελέτη του Raasonen και συνεργατών (2013), αναλύθηκαν δεδομένα για τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος και την απελευθέρωση σωματιδίων, από διάφορες τοποθεσίες με διαφορετικά χαρακτηριστικά (απομονωμένες, υψηλά γεωγραφικά πλάτη, περιοχές με καθαρό αέρα, υψηλά επίπεδα ρύπανσης, κ.λπ.). Παράλληλα, κατέγραψαν τις συγκεντρώσεις αιωρούμενων σωματιδίων και αερίων που εκπέμπουν τα φυτά και πραγματοποίησαν συσχετίσεις. Από τη μελέτη τους προέκυψαν ευρήματα όπως το γεγονός ότι όσο αυξάνεται η θερμοκρασία, τόσο αυξάνονται τα αέρια που ελκύονται από τα φυτά. Σύμφωνα με τους ίδιους, αυτό μπορεί να συμβαίνει επειδή τα ίδια τα φυτά αυξάνουν την παραγωγή και την απελευθέρωση κολλωδών συστατικών, τα οποία ενώνονται μεταξύ τους σχηματίζοντας σωματίδια αρκετά μεγάλα, ώστε να συμπυκνώνουν πάνω τους νερό. Σε ένα χαμηλό στρώμα της ατμόσφαιρας, τα σωματίδια και τα αέρια αναμιγνύονται αποτελεσματικά και λειτουργούν ως ασπίδα κατά της κλιματικής αλλαγής. Οι ίδιοι οι επιστήμονες που διεξήγαγαν την έρευνα, διατύπωσαν το συμπέρασμα ότι η δράση των αερίων που προέρχονται από τα φυτά, προς το κλίμα είναι μικρή, καθώς αντισταθμίζει περίπου το 1% της κλιματικής αλλαγής, με το ποσοστό να είναι αρκετά μεγαλύτερο σε συγκεκριμένες περιοχές με πυκνά δάση (naftemporiki.gr, 2013).

Τα φυτά διαδραματίζουν ένα πολύ σημαντικό ρόλο στην δημιουργία μιας βιώσιμης και ανταγωνιστικής γεωργίας, η οποία θα επιφέρει μεταξύ άλλων και περιβαλλοντικά οφέλη. Η αντιμετώπιση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής και η ενίσχυση της βιοποικιλότητας, μπορεί να επιτευχθεί και μέσα από τη δημιουργία φυτικών ζωνών ασφαλείας. Οι φυτικές ζώνες ασφαλείας έχουν ως στόχο την προστασία του εδάφους και των υδάτων, καθώς και την ενίσχυση της βιοποικιλότητας. Οι φυτικές ζώνες ασφαλείας διακρίνονται στις ακόλουθες κατηγορίες:

- ❖ ζώνες για την παροχή νέκταρ και γύρης για τους επικονιαστές,

- ❖ λωρίδες ασφαλείας για την προστασία των υδάτων,
- ❖ ζώνες χαμηλής εισροής χημικών για την προστασία σπάνιων φυτικών ειδών και πουλιών που αναζητούν τροφή στις καλλιέργειες,
- ❖ χειμερινές ζώνες παροχής τροφής σε πουλιά που ενδημούν στις καλλιέργειες (Syngenta, 2022).

Ολοκληρώνοντας, θεωρείται σκόπιμο να αναφερθεί ότι, οι διαφορές στα χαρακτηριστικά των φυτών, στην προσαρμοστικότητά τους στο περιβάλλον, στην απόκρισή τους στη θερμοκρασία και στις ανάγκες τους στην ποιότητα και ποσότητα του φωτός, επηρεάζουν την ικανότητά τους να δεσμεύσουν το διοξείδιο του άνθρακα, να παραμείνουν υγιή και εν τέλει να συμβάλλουν προς την παρεμπόδιση της κλιματικής αλλαγής.

Προς αυτήν την κατεύθυνση, έχει αναδειχθεί ότι, οι στρατηγικές για την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή, θα πρέπει να περιλαμβάνουν πιο ακριβή δεδομένα, αλλά και δείκτες μέτρησης για την αντιστοίχιση της φαινολογίας με τη κλιματική προσαρμογή (Haggerty & Mazer, 2008; Hawkins, Sharrock, & Havens, 2008).

4.2 Τρόποι αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής μέσω σύγχρονων τεχνολογιών στη Γεωργία

Στον τομέα της γεωργίας, η κλιματική αλλαγή αποτελεί μια απειλή για την απόδοση αλλά και παραγωγικότητα των καλλιεργειών. Γενικότερα, ο γεωργικός τομέας μπορεί να επηρεαστεί κυρίως από δύο παράγοντες, οι οποίοι είναι η πληθυσμιακή αύξηση και η κλιματική αλλαγή. Πρώτα απ' όλα οι εκτιμήσεις για τα επόμενα χρόνια αναφέρουν ότι ο παγκόσμιος πληθυσμός θα ξεπεράσει τα 10 δισεκατομμύρια ανθρώπους, γεγονός που θα αυξήσει τις ανάγκες για την κατανάλωση προϊόντων του γεωργικού τομέα.

Από την άλλη πλευρά, η αύξηση της θερμοκρασίας, η αλλαγή στη συχνότητα, ένταση και περίοδο των βροχοπτώσεων, καθώς και η αύξηση των επιπέδων διοξειδίου του άνθρακα, λόγω της κλιματικής αλλαγής, αναμένεται να επηρεάσουν σημαντικά όχι μόνο την παραγωγικότητα, αλλά και την ποιότητα των γεωργικών προϊόντων. Παράλληλα, οι μεταβολές στη θερμοκρασία και τις βροχοπτώσεις, ενθαρρύνουν την ανάπτυξη παθογόνων και εχθρών των καλλιεργειών. Έχει διαπιστωθεί ότι, εξαιτίας της

κλιματικής αλλαγής, υπάρχει μείωση στην απόδοση βασικών καλλιεργειών όπως το καλαμπόκι, το σιτάρι και το ρύζι, κατά 10-25%, γεγονός που έχει αναδείξει την ανάγκη για εύρεση τρόπων για τη βελτίωση της γεωργίας και συμβολή της κατ' επέκταση στην αντιμετώπιση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής.

Οι τρόποι για την βελτίωση της γεωργίας και αντιστάθμισης των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής, συνδέονται με τη μετάβαση προς μια κλιματικά «έξυπνη» γεωργία. Ουσιαστικά, η έξυπνη γεωργία περιλαμβάνει την αξιοποίηση της τεχνολογίας από τον γεωργικό κλάδο και την υιοθέτηση αρχών και στρατηγικών για την ανάπτυξη ποικιλιών φυτών που θα μπορούν να ανταπεξέλθουν στις πιέσεις του κλίματος, όπως είναι η αλατότητα, η ζέστη, το κρύο, η ξηρασία, οι επιθέσεις εντόμων, κ.λπ. Με τον τρόπο αυτό, θα ενισχυθούν οι θετικές επιπτώσεις των φυτών προς το περιβάλλον, συμβάλλοντας επομένως όσο το δυνατόν περισσότερο, στην αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής.

Αρχικά, σημειώνεται ότι, η αξιοποίηση της τεχνολογίας μπορεί να συμβάλλει προς την απεικόνιση φαινοτύπων χιλιάδων φυτών και την καταγραφή των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών τους, του τρόπου που αντιδρούν στις περιβαλλοντικές συνθήκες, κ.λπ. Με τον τρόπο αυτό, η εφαρμογή της τεχνολογίας μπορεί να αναδείξει φαινότυπους που συμβάλλουν σε καλλιέργειες με υψηλότερη απόδοση. Συστήματα που μπορεί να συμβάλλουν προς αυτήν την κατεύθυνση είναι, η ρομποτική, οι αισθητήρες, η ανάπτυξη λογισμικών συστημάτων, τα drones, οι πλατφόρμες σάρωσης πεδίου, οι θερμικοί αισθητήρες, κ.λπ. Τα παραπάνω μέσα εκτελούν πληθώρα λειτουργιών όπως ενδεικτικά είναι, η λήψη και ανάλυση εικόνων σε τακτά χρονικά διαστήματα, η εφαρμογή μοντέλων για τον προσδιορισμό του ρυθμού φωτοσύνθεσης, του ύψους του φυτού, κ.λπ. Μέσα από την καταγραφή των φαινοτύπων, μπορούν να αξιολογηθούν όλα τα χαρακτηριστικά των φυτών και να κατανοηθεί πως οι φαινότυποι σχετίζονται με βιοτικές και αβιοτικές καταπονήσεις, τα διάφορα χαρακτηριστικά του εδάφους, τις συνθήκες καλλιέργειας, καθώς και να αποτυπωθεί πόσο εύκολα οι καλλιέργειες προσαρμόζονται στις φυσικές συνθήκες (Razzaq, Kaur, Akhter, Hussain Waini, & Saleem, 2021). Όπως ήδη αναφέρθηκε, μέσω της ψηφιακής γεωργίας, θα είναι δυνατή η ανάπτυξη καλλιεργειών υψηλότερης απόδοσης, μιας και θα μπορεί να επιτευχθεί βελτίωση ως προς τα εξής:

- ανοχή στο αβιοτικό στρες (κρύο, ξηρασία, εμβάπτιση, αλατότητα),

- ανοχή στο βιοτικό στρες (μύκητες, βακτήρια, ιοί),
- αποδοτικότητα χρήσης των θρεπτικών ουσιών,
- διαχείριση της αρχιτεκτονικής του φυτού και της προόδου (μέγεθος, σχήμα, αριθμός, και θέση, χρονική στιγμή της εξέλιξης, γήρανση)
- διάκριση των μεταβολιτών (επαναπροσανατολισμός της ροής του άνθρακα μέσω υφιστάμενων μονοπατιών, ή μετακίνηση σε νέες οδούς) (BioTech-GO, 2022).

Με βάση τα παραπάνω, μπορούμε να αναφέρουμε ότι η αξιοποίηση της τεχνολογίας σε συνδυασμό με το φαινότυπο των φυτών, αποτελούν μια τεχνική που έχει πολύ σημαντική επίδραση στη βελτίωση της κλιματικής αλλαγής μέσω της γεωργίας. Ο φαινότυπος υψηλής απόδοσης, όπως αποκαλείται, δίνει τη δυνατότητα καταγραφής πολλών αγρονομικών βασικών χαρακτηριστικών των φυτών, αλλά και της αντίδρασής τους στους περιβαλλοντικούς και λοιπούς παράγοντες. Το περιβάλλον και το μικροκλίμα αλλάζουν σημαντικά κατά τη διάρκεια της ημέρας και επηρεάζουν το φυτό άμεσα, όπως για παράδειγμα λόγω της σκίασης. Επιπλέον, οι συνθήκες φωτός δεν είναι ισοδύναμες με τα επίπεδα ακτινοβολίας που χαρακτηρίζουν τις φυσικές συνθήκες του ήλιου. Υπάρχει λοιπόν μεγάλη ανάγκη να μελετηθούν οι τάσεις των φυτών σε διάφορες περιβαλλοντικές συνθήκες για να κατανοηθεί πλήρως η εικόνα των αντιδράσεων στις καταπονήσεις των φυτών. Κάτι τέτοιο επιτυγχάνεται μέσα από τη διαδικασία φαινοτύπησης υψηλής απόδοσης (high-throughput phenomics), όπου παρέχεται η δυνατότητα καταγραφής πληροφοριών γονότυπων για πολύ μεγάλο αριθμό φυτών (χιλιάδες διαφορετικά είδη φυτών) (Pourkheirandish, et al., 2020).

Επίσης, μέσω της έξυπνης γεωργίας και ειδικότερα μέσω της γονιδιωματικής, μπορεί να επιτευχθεί η ορθολογική βελτίωση των φυτών. Η πρόοδος στην γνώση της λειτουργίας όλων των φυτικών γονιδίων (χάρη στην αξιοποίηση των ΤΠΕ), θα συμβάλλει στην ανάπτυξη ενός γενετικού μοντέλου μέσα από το οποίο θα είναι δυνατή η κατανόηση της γενετικής και μοριακής βάσης όλων των βιολογικών διεργασιών των φυτών, ανάλογα με το είδος τους. Η συγκεκριμένη διαδικασία θα πραγματοποιείται μέσω της ανάλυσης του γονιδιώματος, της χαρτογράφησης και του φαινοτυπικού προσδιορισμού των χαρακτηριστικών των φυτών, και θα συμβάλλει στην ανάπτυξη

νέων ποικιλιών φυτών, με καλύτερη ποιότητα και χαμηλότερο οικονομικό και περιβαλλοντικό κόστος. Τα χαρακτηριστικά που θεωρούνται πρωταρχικής σημασίας είναι η αντοχή σε παθογόνα και αβιοτικό στρες, τα χαρακτηριστικά ποιότητας για τα φυτά, τα αναπαραγωγικά χαρακτηριστικά που καθορίζουν την παραγωγή, η απόκριση των φυτών στο διοξείδιο του άνθρακα, κ.λπ.. Ως εκ' τούτου, ένα πρόγραμμα γονιδιοματικής μπορεί να θεωρηθεί ως ένα εξαιρετικά σημαντικό εργαλείο για τη βελτίωση των φυτών, την ανάπτυξη καλλιεργειών που θα είναι πιο ανθεκτικές στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, ενώ ταυτόχρονα θα βοηθήσει στην μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου εξαιτίας της μειωμένης ανάγκης για τεχνικές αύξησης της απόδοσης, επιπρόσθετης λίπανσης του εδάφους, κ.λπ. (BioTech-GO, 2022; Glaszmann, 2015).

Μια ακόμη μέθοδος που φαίνεται να συμβάλει αποτελεσματικά στη διαχείριση της γεωργίας και την αντιμετώπιση των επιδράσεων της κλιματικής αλλαγής στην απόδοση των καλλιεργειών, είναι η αειφορική γεωργία (sustainable agriculture). Στην ουσία πρόκειται για ένα σύστημα διαχείρισης των αγροκτημάτων, το οποίο στηρίζεται: α) στη χρήση μακροχρόνιων αμειψισπόρων, β) στον περιορισμό της διατάραξης του εδάφους μέσω της κατεργασίας και γ) στη χρήση καλλιεργειών φυτοκάλυψης του εδάφους. Αναφορικά με τη φυτοκάλυψη του εδάφους, στόχος της καλλιέργειας είναι το έδαφος να φέρει βλάστηση και/ή φυτικά υπολείμματα καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, γεγονός που θα παρέχει προστασία από τη θερμοκρασία, ενώ θα ελαχιστοποιείται ο κίνδυνος ξηρασίας (Γέμτος, 2022).

Τέλος, ως μέθοδος για την καλύτερη συμβολή της έξυπνης γεωργίας στην ανάπτυξη των φυτών, αλλά και την αντιμετώπιση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στη γεωργία είναι, η εφαρμογή μιας στρατηγικής ταχείας αναπαραγωγής καλλιεργειών. Στη μέθοδο της ταχείας αναπαραγωγής, τα φυτά υποβάλλονται σε εκτεταμένη φωτοπερίοδο περίπου 22 ωρών, χρησιμοποιώντας ένα συνδυασμό διαφορετικών πηγών φωτός. Αυτό συμβαίνει προκειμένου να παρέχεται εκτεταμένη διάρκεια ημέρας με βέλτιστη ένταση φωτός. Σε συνδυασμό με την ελεγχόμενη θερμοκρασία για την αύξηση της δραστηριότητας φωτοσύνθεσης, η καλλιέργεια οδηγείται σε γρήγορη ανθοφορία και πρόωμη ανάπτυξη των σπόρων και επομένως σε μείωση του χρόνου παραγωγής (Razzaq, et al, 2021). Η μέθοδος της ταχείας αναπαραγωγής συμβάλλει ώστε να επιταχυνθούν οι δραστηριότητες αναπαραγωγής

των καλλιεργειών, η άμεση ταυτοποίηση των γονιδίων, η χαρτογράφηση των καλλιεργειών, καθώς και στην αξιολόγηση του κινδύνου των καλλιεργειών που έχουν υποστεί γονιδιακή επεξεργασία σε πολλαπλές γενιές. Αναφέρεται ότι, σε μια συμβατική καλλιέργεια, μπορούν να επιτευχθούν 1 έως 2 γενιές ανά εποχή οποιασδήποτε καλλιέργειας, ενώ σε ταχεία αναπαραγωγή της καλλιέργειας, έως και 4 ή 6 γενιές (Singh Bakala, Singh, & Srivastava, 2020). Ένα ακόμη σημαντικό χαρακτηριστικό της συγκεκριμένης τεχνικής είναι ότι, παρέχει τη δυνατότητα κατάδειξης των σημαντικών γονιδίων που μπορούν να προσφέρουν στον έλεγχο από ασθένειες, προβλήματα, λήθαργο, κ.λπ. Αυτό βοηθά στην ταχύτερη και αποτελεσματικότερη καλλιέργεια των φυτών. Σημειώνεται ότι, όταν η συγκεκριμένη μέθοδος συνδυάζεται με αξιοποίηση της τεχνολογίας, όπως η χρήση τεχνικών γονιδιώματος ακριβείας, τότε η καλλιέργεια μπορεί να αναπτυχθεί σε πολύ συντομότερο χρονικό διάστημα (Pourkheirandish, et al., 2020).

4.3 Η προώθηση της καινοτομίας και της επιχειρηματικότητας ως μέτρα αντιμετώπισης των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στη Γεωργία

Σύμφωνα με Έκθεση της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τη βελτίωση των φυτών (Paulsen, 2014), προκειμένου οι κοινωνίες να ανταπεξέλθουν στις προκλήσεις και μελλοντικές ανάγκες για την επισιτιστική ασφάλεια και την κλιματική αλλαγή, είναι ιδιαίτερα σημαντικό να αναπτύξουν καινοτόμες δράσεις στον τομέα της γεωργίας.

Μια καινοτομία για τη βελτίωση της γεωργίας προς όφελος των φυτών και την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής είναι, η κατασκευή έξυπνων μηχανών με τεχνητή νοημοσύνη (AI). Η τεχνητή νοημοσύνη περιλαμβάνει μοντέλα αλγορίθμων όπως το βαθύ νευρωνικό δίκτυο (Deep Neural Network - DNN), το τεχνητό νευρωνικό δίκτυο (Artificial Neural Network - ANN) και το διαδίκτυο των πραγμάτων (Internet of Things - IoT). Πρόκειται για ένα σύστημα υψηλής τεχνολογίας με άπειρες εφαρμογές στη γεωργία το οποίο δημιουργεί νέους ορίζοντες για την ψηφιακή γεωργία. Τα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης σχεδιάζονται για να βοηθήσουν τους επιστήμονες της γεωργίας για την καλύτερη κατανόηση της συμπεριφοράς των φυτών κάτω από διαφορετικές κλιματικές συνθήκες. Αναφέρεται ότι, η εφαρμογή συστημάτων τεχνητής νοημοσύνης, έχει συμβάλει στην ακριβέστερη πρόβλεψη της απόδοσης καλλιεργειών, μέσα από την χρησιμοποίηση μοντέλων πολλαπλής παλινδρόμησης με δείκτες

κλίματος και βλάστησης (Razzaq, et al, 2021). Ένα ακόμη όφελος από τα συστήματα έξυπνης γεωργίας είναι ότι, θα μπορεί μια καλλιέργεια να αναπτυχθεί σε σύντομη χρονική περίοδο, μιας και θα υπάρχει ακριβέστερη αντιστοίχιση των φαινοτύπων ποικιλιών και πρόβλεψης των συνθηκών (φωτοπερίοδος, θερμοκρασία, υγρασία), ενώ επίσης θα μπορεί να επιλεγεί προς καλλιέργεια ποικιλία φυτών που θα προσαρμόζονται καλύτερα στις συνθήκες και βιοτικούς/ αβιοτικούς παράγοντες (Ceccarelli, et al., 2010).

Η καλλιέργεια νέων ποικιλιών φυτών, αποτελεί επίσης βασική επιδίωξη για τη διασφάλιση μιας βιώσιμης γεωργίας, η οποία όχι μόνο θα μπορεί να ανταποκριθεί στις ανάγκες που δημιουργούνται από τη ραγδαία αύξηση του πληθυσμού, αλλά και στις συνέπειες της κλιματικής αλλαγής. Η γενετική βελτίωση των φυτών παρέχει σημαντικά οφέλη στην αντιμετώπιση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στη Γεωργία, όπως χαρακτηριστικά είναι:

- Η δημιουργία γονότυπων που θα είναι ανθεκτικοί στην ξηρασία και τις υψηλές θερμοκρασίες
- Η δημιουργία γονότυπων που είναι ανθεκτικοί σε παθογόνους παράγοντες
- Η δημιουργία γονότυπων που μπορούν να ανταπεξέλθουν στο νερό άρδευσης και τις συνθήκες αλατότητας
- Η δημιουργία ποικιλιών φυτών που μπορούν να αξιοποιηθούν στην παραγωγή βιοκαυσίμων
- Η δημιουργία ποικιλιών φυτών που ανταπεξέρχονται στις υψηλές συγκεντρώσεις σωματιδίων (π.χ. διοξείδιο του άνθρακα, άζωτο, αέρια του θερμοκηπίου) (Singh Bakala, Singh, & Srivastava, 2020).

Μέχρι πρόσφατα, η δημιουργία νέων ποικιλιών πραγματοποιούνταν μέσα από κλασσικές τεχνικές βελτίωσης, όπου γίνονταν επιλογή από ήδη υπάρχουσες ποικιλίες (Heisey & Rubenstein, 2015). Σε έρευνα που διεξήχθη σε γεωργούς από 19 αναπτυσσόμενες χώρες, για να διερευνηθούν οι στάσεις τους απέναντι στην κλιματική αλλαγή, διαπιστώθηκε ότι, λαμβάνουν υπόψη τις κλιματικές προκλήσεις κατά την καλλιέργεια φυτών, προτού το ζήτημα λάβει πολύ μεγάλες διαστάσεις. Προς αυτήν την κατεύθυνση, παρατηρήθηκε ότι ο επικρατέστερος τύπος σπόρων που χρησιμοποιούσαν για τις καλλιέργειες είναι οι ελίτ-προηγμένες ποικιλίες, ενώ ακολουθούν οι σπόροι που προέρχονται από τοπικές ποικιλίες. Ένα σημαντικό συμπέρασμα που προέκυψε από τη

συγκεκριμένη μελέτη ήταν η ελλιπής αξιοποίηση της τεχνολογίας για την ανάπτυξη νέων ποικιλιών και η εκμετάλλευση του συνόλου των φυτών, συμπεριλαμβανομένων και των άγριων συγγενών των καλλιεργειών (Galluzzi, Seyoum, Halewood, Lopez Noriega, & Welch, 2020).

Τις τελευταίες δεκαετίες, η γενετική μηχανική και οι τεχνητές μεταλλάξεις έχουν συμβάλλει στην παραλλακτικότητα των ποικιλιών, όπου δίνεται η δυνατότητα μεταφοράς των γονιδίων πέρα από το είδος που ανήκουν, σε μια διευρυμένη γενετική βάση φυτών (Πολύδωρος, 2020). Σήμερα, πέρα από την επιλογή γονιδίων από το ίδιο είδος, η δημιουργία νέων ποικιλιών μπορεί να επιτευχθεί μέσα από τη χρήση καινοτόμων τεχνικών όπως είναι οι εξής:

- τεχνολογίες κατευθυνόμενης νουκλεάσης,
- τεχνητές μεταλλάξεις με ακτίνες X, Γ,
- εφαρμογή χημικών μεταλλαξογόνων,
- εμβολιασμός σε γενετικά τροποποιημένο υποκείμενο,
- αντίστροφη βελτίωση,
- συνθετική γονιδιωματική π.χ. CRISPR/Cas
- Αγρο- διήθηση (Πολύδωρος, 2016).

Οι εν λόγω τεχνικές αποτελούν τις «νέες τεχνικές βελτίωσης» των φυτών, οι οποίες διαφέρουν συγκριτικά με τις κλασσικές τεχνικές ως προς τον τρόπο εισαγωγής των χαρακτηριστικών σε έναν οργανισμό. Οι νέες τεχνικές βελτίωσης επιτρέπουν στους ερευνητές να εισάγουν με μεγαλύτερη ακρίβεια και πιο γρήγορα τα επιθυμητά χαρακτηριστικά σε σχέση με τις κλασσικές τεχνικές (Πολύδωρος, 2020).

Για παράδειγμα, έχει διαπιστωθεί ότι, η δημιουργία μιας νέας ποικιλίας μπορεί να διαρκέσει για μεγάλο χρονικό διάστημα. Ενδεικτικό παράδειγμα αποτελούν η δημιουργία ποικιλίας σιταριού και κράμβης που μπορεί να διαρκέσουν περισσότερο από 10 έτη. Στην προκειμένη περίπτωση, είναι πολύ σημαντικό να αξιοποιηθεί η διαθέσιμη τεχνολογία στον τομέα της γεωργίας, έτσι ώστε να υιοθετούνται οι νέες τεχνικές βελτίωσης των φυτών οι οποίες και θα ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις της κοινωνίας και της γεωργίας (Paulsen, 2014).

Αξίζει να γίνει μια σύντομη αναφορά στα εργαλεία CRISPR, τα οποία εντάσσονται στην κατηγορία της συνθετικής γονιδιοματικής και μπορούν να μελετήσουν τα χαρακτηριστικά πολλαπλών γονότυπων και να ενισχύσουν την ταχύτητα ανάπτυξης και επομένως, την απόδοση. Για παράδειγμα, για την καλλιέργεια ρυζιού ικανού να αναπτυχθεί σε διαφορετικά κλίματα, θα πρέπει να μελετηθούν τα γενικά χαρακτηριστικά του όπως είναι η αντοχή στο κρύο, τη ζέστη και την ξηρασία, καθώς και δευτερεύοντα χαρακτηριστικά. Στους δευτερεύοντες παράγοντες περιλαμβάνονται τα χαρακτηριστικά των φύλλων, της ρίζας των φυτών, κ.α., τα οποία είναι χρήσιμα για τη δημιουργία ποικιλιών με βελτιωμένη ανοχή στις εδαφικές και κλιματολογικές συνθήκες.

Στην προκειμένη περίπτωση, τα εργαλεία CRISPR θα μπορούσαν να έχουν πολύ θετικό αντίκτυπο και στη διερεύνηση άγριων συγγενικών γονιδίων, τα οποία παρουσιάζουν υψηλή αντοχή στο αβιοτικό στρες. Η επεξεργασία του γονιδιώματος έχει επίσης τεράστιες δυνατότητες να επιταχύνει την εξημέρωση νέων καλλιεργειών από άγριες συγγενείς ποικιλίες, ή ακόμη και δευτερεύουσες καλλιεργείες με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που βοηθούν στην αντιμετώπιση ακραίων κλιματικών φαινομένων. Συμπεραίνεται λοιπόν ότι, η γονιδιοματική επεξεργασία μπορεί να καταστεί πολύ αποτελεσματική σε πιθανές νέες καλλιεργείες, μιας και θα ενισχύσει τις ήδη υπάρχουσες δεξαμενές γονιδίων, και ως εκ' τούτου να μεγιστοποιηθεί η χρήση γενετικά βελτιωμένων φυτών τα οποία θα είναι προσαρμοσμένα στην κλιματική αλλαγή (Singh Bakala, Singh, & Srivastava, 2020).

Σε επιχειρηματικό επίπεδο, οι τεχνολογία και τα ψηφιακά μέσα έχουν διευσύνει σε μεγάλο βαθμό στις γεωργικές επιχειρήσεις. Η αξιοποίηση των ΤΠΕ στη γεωργία έχει θετικό αντίκτυπο όχι μόνο για τις επιχειρήσεις (π.χ. μείωση του κόστους παραγωγής, βελτίωση της ποιότητας, κ.λπ.), αλλά και για το ίδιο το κοινωνικοοικονομικό και φυσικό περιβάλλον, μιας και προάγεται η έξυπνη και βιώσιμη γεωργία (Salampasis & Theodoridis, 2013).

Σε επιστημονικό επίπεδο, έχουν διεξαχθεί μελέτες με στόχο να διαπιστωθεί ο βαθμός διείσδυσης και χρήσης της τεχνολογίας σε γεωργικές και κτηνοτροφικές επιχειρήσεις. Ενδεικτικά αναφέρεται, η έρευνα των Botsiou και Daglieli (2013), η οποία είχε ως στόχο να διερευνηθεί η χρήση και εξοικείωση των γεωργών και κτηνοτρόφων με τις ΤΠΕ. Διαπιστώθηκε ότι, το 55% των παραγωγών χρησιμοποιεί τις

νέες τεχνολογίες στην παραγωγική διαδικασία, ενώ το 35% παρόλο που αξιοποιεί την τεχνολογία δήλωσε ότι υπολείπεται σε γνώσεις και ψηφιακές δεξιότητες. Χαρακτηριστικό είναι μάλιστα το 10% των συμμετεχόντων στην έρευνα που δήλωσαν ότι δεν χρησιμοποιούν τις ΤΠΕ στην γεωργική ή κτηνοτροφική τους απασχόληση.

Η ύπαρξη γνώσεων και δεξιοτήτων θεωρείται ως ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες για την εισαγωγή καινοτόμων πρακτικών στο γεωργικό κλάδο, ώστε να βελτιωθεί η ποιότητα και απόδοση των γεωργικών προϊόντων, αλλά και να αντιμετωπιστούν οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής. Προς αυτή την κατεύθυνση, οι επιχειρηματικές πρωτοβουλίες που υλοποιούνται, λαμβάνουν υπόψη το συγκεκριμένο παράγοντα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν τα προγράμματα εγκατάστασης νέων γεωργών, τα οποία θέτουν ηλικιακά κριτήρια. Απώτερος σκοπός των συγκεκριμένων προγραμμάτων είναι η δημιουργία νέων επιχειρηματιών γεωργών μέσω της της ηλικιακής ανανέωσης, οι οποίοι θα διαθέτουν τα κατάλληλα εφόδια (επαγγελματικά προσόντα, γνώσεις) για τη δημιουργία βιώσιμων καλλιεργειών (Γενική Γραμματεία Ενωσιακών Πόρων και Υποδομών, 2022)

Συμπεράσματα

Σκοπός της πτυχιακής εργασίας ήταν η μελέτη της κλιματικής αλλαγής, των επιπτώσεων στη γεωργία και ο ρόλος της φύσης στη βελτίωση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής. Η έννοια της κλιματικής αλλαγής προσδιορίζεται μέσα από ένα φάσμα διεργασιών που πραγματοποιούνται στο περιβάλλον και συμβάλλουν στην αύξηση της θερμοκρασίας και την υπερθέρμανση του πλανήτη.

Η κλιματική αλλαγή επηρεάζεται από διάφορες συνθήκες και παράγοντες. Μέσα από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση διαπιστώθηκε ότι, οι παράγοντες που επιδρούν προς την κλιματική αλλαγή μπορεί να είναι είτε φυσικοί, είτε να οφείλονται στην ανθρώπινη παρέμβαση. Μεταξύ των δύο κατηγοριών, η ανθρώπινη δραστηριότητα έχει περίπου 100 φορές πιο μεγάλη επίδραση στην κλιματική αλλαγή. Από τις ανθρώπινες δραστηριότητες προκύπτουν πολύ υψηλές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και ορυκτών καυσίμων, με αποτέλεσμα να διοχετεύονται στην ατμόσφαιρα αέρια που προκαλούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Πέρα όμως από την ατμοσφαιρική ρύπανση, αρνητικό αντίκτυπο στο περιβάλλον έχει και η αποψίλωση των δέντρων, τα οποία βοηθούν στη ρύθμιση του κλίματος και απορροφούν το διοξείδιο του άνθρακα.

Η κλιματική αλλαγή φέρει σημαντικές επιπτώσεις τόσο στο περιβάλλον, όσο και ως προς το ίδιο τον άνθρωπο. Χαρακτηριστικά αναφέρονται φαινόμενα όπως ο καύσωνας, η ξηρασία, η πλημμύρα, η δασική πυρκαγιά, κ.λπ. Στις σημαντικότερες βέβαια επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής εντάσσεται η υπερθέρμανση του πλανήτη, η άνοδος της στάθμης της θάλασσας και ακραία καιρικά φαινόμενα. Ειδικότερα, τα ακραία καιρικά φαινόμενα εκτιμάται ότι θα αποτελέσουν μια από τις σημαντικότερες επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην Ελλάδα. προβλέπεται ότι οι καύσωνες θα γίνουν πιο συχνοί, θα έχουν μεγαλύτερη διάρκεια και ένταση, ενώ τα φαινόμενα ψύχους θα είναι λιγότερο έντονα.

Μια εξίσου σημαντική επίπτωση της κλιματικής αλλαγής είναι ότι, επηρεάζει το έδαφος. Η συνεχής μείωση της υγρασίας του εδάφους μπορεί να εντείνει την ανάγκη άρδευσης στη γεωργία και κατ' επέκταση να συμβάλλει σε μικρότερη σοδειά και

υποβάθμιση της γης. Οι μεταβολές στις εποχικές θερμοκρασίες μπορούν επίσης να μεταβάλουν τους ετήσιους κύκλους των φυτών και των ζώων, οδηγώντας σε μικρότερες σοδειές.

Στο σημείο αυτό, επισημαίνεται ότι, η γεωργία αποτελεί έναν από τους κλάδους που επηρεάζει, αλλά και επηρεάζεται από την κλιματική αλλαγή. Στην Ελλάδα, η γεωργία αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους πυλώνες της οικονομίας. Σε αυτό συμβάλλουν οι ευνοϊκές κλιματικές συνθήκες που επικρατούν, σε συνδυασμό με την ποικιλότητα του αγροτικού περιβάλλοντος της χώρας. Από τη μια πλευρά, οι γεωργικές δραστηριότητες συμβάλλουν σε υψηλές ποσότητες εκπομπών αερίων και μικροσωματιδίων, με αποτέλεσμα να ενισχύεται η κλιματική αλλαγή.

Στον αντίποδα, η κλιματική αλλαγή, έχει ιδιαίτερα αρνητικό αντίκτυπο στη γεωργία, με χαρακτηριστικές επιπτώσεις, την αύξηση των ασθενειών σε φυτά και ζώα εξαιτίας της αύξησης της θερμοκρασίας, την μειωμένη ικανότητα φωτοσύνθεσης των φυτών, την ευπάθεια των καλλιεργειών σε πλημμύρες και την μειωμένη διαπνοή των φυτών. Για τη μελέτη των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στη γεωργία, έχουν αναπτυχθεί δείκτες όπως, η βροχόπτωση, η διάρκεια της βλαστικής περιόδου, οι ημέρες παγετού, οι συνεχόμενες ημέρες βροχόπτωσης και οι ημέρες με μέγιστη θερμοκρασία μεγαλύτερη από 37°C.

Πέρα από τη γεωργία, η κλιματική αλλαγή έχει και κοινωνικοοικονομικές συνέπειες. Η μείωση της παραγωγικής δραστηριότητας συμβάλλει στην μείωση του εισοδήματος μεγάλου ποσοστού του πληθυσμού και ως εκ τούτου επηρεάζει την ποιότητα της ζωής τους. Παράλληλα, η μείωση της παραγωγής, συμβάλλει στην μείωση του εργατικού δυναμικού, δημιουργώντας με τη σειρά του ένα ντόμινο εξελίξεων στον τομέα της απασχόλησης. Σύμφωνα με εκτιμήσεις, το 2050 θα έχουν χαθεί περισσότερες από 400.000 θέσεις εργασίας εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής. Επιπλέον, υπάρχει περιβαλλοντικός κίνδυνος, με αποτέλεσμα τα προϊόντα της παραγωγής να μην είναι υψηλής διατροφικής αξίας, ενέχοντας κινδύνους για την υγεία του ανθρώπου.

Η κλιματική αλλαγή αποτελεί βασικό πυλώνα των στρατηγικών σχεδίων της γεωργίας για την επόμενη δεκαετία, έχοντας θέσει στόχους όπως η μείωση της χρήσης των φυτοφαρμάκων, η αύξηση της γης για βιοποικιλότητα, η βελτίωση της ποιότητας

του νερού και η μείωση της απώλειας των θρεπτικών συστατικών από τα παραγόμενα προϊόντα.

Σύμφωνα με κλιματικά σενάρια και την εξέλιξη κλιματικών δεικτών της γεωργίας, η μεταβολή της θερμοκρασίας, η εξέλιξη των βροχοπτώσεων και η εδαφική υγρασία αποτελούν παράγοντες που μπορούν να έχουν είτε αρνητικό είτε θετικό αντίκτυπο στον γεωργικό τομέα. Από τη μια πλευρά, η αύξηση της θερμοκρασίας συμβάλλει στη δημιουργία ακραίων καιρικών φαινομένων και η εδαφική υγρασία μπορεί να επηρεάσει την απόδοση των καλλιεργειών, ωστόσο, στις θετικές επιπτώσεις συμπεριλαμβάνονται η αύξηση της βλαστικής περιόδου αλλά και των περιοχών που μπορεί να είναι κατάλληλες προς καλλιέργεια.

Για το λόγο αυτό είναι πολύ σημαντική η ανάληψη πρωτοβουλιών για την αντιμετώπιση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής και την αποκόμιση των θετικών στοιχείων, βάσει των κλιματικών σεναρίων. Σημαντικό ρόλο στην άμβλυση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής διαδραματίζουν και τα φυτά. Τα φυτά αποτελούν ένα φυσικό φίλτρο για τη μείωση της θερμοκρασίας και την βελτίωση του γεωργικού περιβάλλοντος, μιας και δεσμεύουν το διοξείδιο του άνθρακα, διοχετεύουν με οξυγόνο την ατμόσφαιρα, διατηρούν νερό στο έδαφος και συμβάλλουν στη μείωση της επίδρασης ακραίων καιρικών φαινομένων. Όπως διαπιστώθηκε, η έξυπνη γεωργία και η αξιοποίηση της τεχνολογίας μπορούν να συμβάλλουν σημαντικά στη βελτίωση των καλλιεργειών και φυτών και επομένως, να βελτιώσουν τη γεωργία και κατ' επέκταση να περιορίσουν τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής σε αυτήν. Χαρακτηριστικά παραδείγματα εφαρμογών που συμβάλλουν στη βελτίωση των φυτών είναι, η γονιδιωματική διαδικασία και η αξιοποίηση της τεχνητής νοημοσύνης. Γενικότερα, η αξιοποίηση των ΤΠΕ στον γεωργικό κλάδο μπορεί να καταστεί ωφέλιμη για την αντιμετώπιση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής, δεδομένου ότι μέσω αυτών υιοθετούνται μοντέλα έξυπνης και βιώσιμης γεωργίας.

Συνοψίζοντας, διαπιστώνεται ότι η κλιματική αλλαγή έχει κάνει ήδη ορατές τις επιπτώσεις της στη γη και η υιοθέτηση στρατηγικών για την προσαρμογή του περιβάλλοντος είναι επιβεβλημένη. Η γεωργία διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην ενίσχυση της κλιματικής αλλαγής, ενώ αντίστοιχα είναι ένας από τους τομείς με τις πιο δυσμενείς επιπτώσεις. Για την αντιμετώπιση των επιπτώσεων στη γεωργία, έχουν σχεδιαστεί αρκετές δράσεις στην Εθνική Στρατηγική για την κλιματική προσαρμογή.

Στόχος είναι να υπάρξει αλληλεπίδραση και συνεργασία όλων των εμπλεκόμενων μερών, ώστε να μην χάνεται πολύτιμος χρόνος στο σχεδιασμό και υλοποίηση πρακτικών για την αναβάθμιση του κλίματος.

Βιβλιογραφία

Ελληνόγλωσση

Δαλέζιος, Ν. (2015). *Αγρομετεωρολογία: ανάλυση και προσομοίωση*. Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών.

Ελληνική Στατιστική Αρχή. (2018). *Έρευνα διάρθρωσης γεωργικών και κτηνοτροφικών εκμεταλλεύσεων, έτους 2016*. Δελτίο τύπου.

Ευρωπαϊκή Ένωση. (2019). *Η κοινή γεωργική πολιτική μετά το 2020: περιβαλλοντικά οφέλη και απλούστευση*. Ευρωπαϊκή Ένωση. Γεωτεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας.

Ευρωπαϊκή Επιτροπή. (2009). *Ο ρόλος της φύσης στην κλιματική αλλαγή*. Ευρωπαϊκή Ένωση.

Ιωαννίδης, Α., & Οξούζη, Ε. (2015). *Δημογραφικά χαρακτηριστικά, απασχόληση, φτώχεια και συνθήκες διαβίωσης του γεωργικού πληθυσμού της Ελλάδας*. Αθήνα: Παρατηρητήριο Οικονομικών και Κοινωνικών Εξελίξεων.

Καραμάνος, Α., & Βουλουδάκης, Δ. (2011). *Η επίδραση της κλιματικής μεταβολής στη γεωργία και τα γεωργικά εδάφη*. Αθήνα: Επιτροπή Μελέτης Επιπτώσεων Κλιματικής Αλλαγής.

Καραμάνος, Α., Σκούρτος, Μ., Βουδουλάκης, Δ., Κοντογιάννη, Α., & Μαχλέρας, Α. (2011). *Επίδραση της κλιματικής αλλαγής στη γεωργία*. Στο: Τράπεζα της Ελλάδος 'Οι περιβαλλοντικές, οικονομικές και κοινωνικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην Ελλάδα' (σελ. 204-2016).

Καρτάλης, Κ. (2017). *Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην ανάπτυξη*. Αθήνα: διαΝΕΟσις, Οργανισμός Έρευνας & Ανάλυσης.

Καρτάλης, Κ. (2021). *Ενσωματώνοντας την κλιματική αλλαγή στον μετασχηματισμό του αναπτυξιακού μοντέλου της Ελλάδας*. Αθήνα: διαΝΕΟσις, Οργανισμός Έρευνας & Ανάλυσης.

Κατσαφάδος, Π., & Μαυροματιδής, Η. (2015). *Εισαγωγή στη φυσική της ατμόσφαιρας και την κλιματική αλλαγή*. Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών.

Κιτσάρα, Γ. (2020). *LIFE-IP AdaptinGR: Ενισχύοντας την εφαρμογή πολιτικής για την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή στην Ελλάδα*. Αθήνα: Ινστιτούτο Περιβάλλοντος και Βιώσιμης Ανάπτυξης.

Κουρέτας, Δ., & Κίττας, Κ. (2016). *Πρότυπα αγροκτήματα. Ανάγκη δημιουργίας σε κάθε περιφέρεια*. *Επί Γης*, 6, σελ. 40.

Κωστόπουλος, Β. (2014). *Το περιβάλλον και εγώ*. Αθήνα: Ίδρυμα Ευγενίδου.

Πανελλήνια Ένωση Αγροτικών Συνεταιρισμών και Ενώσεων Συνεργασίας Αγροτικών Συνεταιρισμών. (2021). *Ελληνική γεωργία 2040: αναπτυξιακοί πυλώνες ενός βιώσιμου οικοσυστήματος*.

Πολύδωρος, Α. (2016). Νέες τεχνολογίες βελτίωσης των φυτών: αξιοποίηση της γενετικής μηχανικής στη διαδικασία και όχι στο προϊόν. *16^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Γενετικής Βελτίωσης Φυτών «Η συμβολή της βελτίωσης των φυτών στην έξοδο από την οικονομική κρίση»* (Περιλήψεις Εργασιών), σελ. 39.

Regato, P. (2010). *Τα μεσογειακά δάση απέναντι στην παγκόσμια κλιματική αλλαγή*. Αθήνα: WWF Ελλάς.

Σκούρτος, Μ., Μαχλέρας, Α., & Κοντογιάννη, Α. (2011). *Η οικονομική αποτίμηση των επιπτώσεων της κλιματικής μεταβολής στη γεωργία και τα γεωργικά εδάφη*. Αθήνα: Τράπεζα της Ελλάδος.

Σοφιάδης, Ι. (2017). *Μελέτη της κλιματικής αλλαγής πάνω από την Ευρώπη τον 21^ο αιώνα με χρήση περιοχικής κλιματικής προσομοίωσης οδηγούμενης από το σενάριο RCP8.5*. Διπλωματική Εργασία. Θεσσαλονίκη: Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Syndicat European Trade Union. (2020). *Προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή και ο κόσμος της εργασίας*.

WWF Ελλάς. (2009). *Το αύριο της Ελλάδας. Επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην Ελλάδα κατά το άμεσο μέλλον*. Αθήνα: WWF Ελλάς.

Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας. (2016). *Εθνική Στρατηγική για την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή.*

Ξενόγλωσση

Botsiou, M., & Dagdilelis, V. (2013). Aspects of incorporation of ICT in the Greek agricultural enterprises: the case of a prefecture. *6th International Conference on Information and Communication Technologies in Agriculture, Food and Environment*, 8, 387-396.

Ceccarelli, S., Grando, S., Maatougui, M., Michael, M., Slash, M., Haghparast, R., Rahmanian, M., Taheri, A., Al- Yassin, A., Benbelkacem, A., Labdi, M., Mimoun, H., & Nachit, M. (2010). Plant breeding and climate changes. *Journal of Agricultural Sciences*, 148, 627-637.

European Environment Agency. (2020). *Air quality in Europe — 2020 report*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.

Galluzzi, G., Seyoum, A., Halewood, M., Lopez Noriega, I., & Welch, E. (2020). The role of genetic resources in breeding for climate change: the case of public breeding programmes in eighteen developing countries. *Plants*, 9(1129), 1-19.

Haggerty, B., & Mazer, S. (2008). *The phenology handbook a guide to phenological monitoring for students, teachers, families, and nature enthusiasts*. Santa Barbara: University of California.

Hawkins, B., Sharrock, S., & Havens, K. (2008). *Plants and climate change: which future?* Richmond: Botanic Conservation International.

Heisey, P., & Rubenstein, D. (2015). *Using crop genetic resources to help agriculture adapt to climate change: economics and policy*. U.S.: Department of Agriculture, Economic Research Service.

Paasonen, P., et al. (2013). Warming-induced increase in aerosol number concentration likely to moderate climate change. *Nature Geoscience*, 6, 438-442.

Paulsen, M. (2014). Έκθεση σχετικά με τη βελτίωση των φυτών: ποιες δυνατότητες υπάρχουν για τη βελτίωση της ποιότητας και μεγαλύτερη απόδοση; Επιτροπή Γεωργίας και Ανάπτυξης της Υπαίθρου: Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο.

Pourkheirandish, M., Golicz, A., Bhalla, P., & Sindh, M. (2020). Global Role of Crop Genomics in the Face of Climate Change. *Frontiers in Plant Science*, 11(922), 1-16.

Razzaq, A., Kaur, P., Akhter, N., Hussain Waini, S., & Saleem, F. (2021). Next-generation breeding strategies for climate – ready crops. *Frontiers in Plant Science*, 12(620420), 1-27.

Salampasis, M., & Theodoridis, A. (2013). Information and communication technology in agricultural development. *6th International Conference on Information and Communication Technologies in Agriculture, Food and Environment*, 8, 1-3.

Singh Bakala, H., Singh, G., & Srivastava, P. (2020). *Smart breeding for climate resilient agriculture*. In: Abdurakhmonov, I.Y., (Ed.) 'Plant breeding - current and future views'. London: IntechOpen.

Διαδικτυακές πηγές

BioTech-GO. (2022). *Ο ρόλος της βιοπληροφορικής στη γεωργία*. Ανακτήθηκε από, <https://biotechgo.org/el/training/advanced-level?view=article&id=323&catid=129>

Γέμτος, Φ. (2022). *Συμβολή της Γεωργίας στην αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής*. Ανακτήθηκε από, <https://www.ypethe.gr/archive/klimatiki-allagi-0>

Γενική Γραμματεία Ενωσησικών Πόρων και Υποδομών. (2022). *Εγκατάσταση νέων γεωργών*. Ανακτήθηκε από, <http://www.agrotikianaptixi.gr/el/content/ypometro-61-egkatastasi-neon-georgon>

Γεωργακόπουλος, Θ. (2021). *Οι συνέπειες της κλιματικής αλλαγής στην Ελλάδα – μια έρευνα*. Ανακτήθηκε από, <https://www.dianeosis.org/2021/10/oi-synepeies-tis-klimatikis-allagis-stin-ellada/>

Cho, R. (2011). *How plants could impact global warming*. Retrieved from, <https://news.climate.columbia.edu/2011/02/12/how-plants-could-impact-global-warming/>

Demertzis, K. (2019). *Κλιματική αλλαγή*. Ανακτήθηκε από, https://www.researchgate.net/publication/332539194_Klimatike_Allage

Δρακόπουλος, Π. (2019). *Κλιματική αλλαγή: Τα ανθεκτικά φυτά – Starbucks και τα 435.000 απειλούμενα είδη του πλανήτη*. Ανακτήθηκε από,

<https://hellasjournal.com/2019/11/klimatiki-allagi-ta-anthektika-fyta-starbucks-kai-ta-435-000-apeiloymena-eidi-toy-planiti/>

Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος. (2019). *Εδαφος, γη και κλιματική αλλαγή*. Ανακτήθηκε από, <https://www.eea.europa.eu/el/simata-eop-2010/simata-2019/arhra/edafos-gi-kai-klimatiki-allagi>

European Commission. *Causes of climate change*. Retrieved from, https://ec.europa.eu/clima/climate-change/causes-climate-change_en

European Union. (2020). *What is climate change?* Retrieved from, https://europa.eu/youth/get-involved/sustainable-development/what-climate-change_en

Glaszmann, J. C. (2015). *Plant breeding for climate-smart agriculture*. Retrieved from, <https://agritrop.cirad.fr/576580/1/OP%2077-80%20de%20L2%20Climate-smart%20Strategies%281%29.pdf>

Malmgren, S., & Nyström, H. (2022). *Orchid Propagation*. Ανακτήθηκε από, <http://www.lidaforsgarden.com/orchids/engelsk.htm>

naftemporiki.gr. (2013). *Πως τα φυτά μετριάζουν(ελαφρώς) την υπερθέρμανση*. Ανακτήθηκε από, <https://m.naftemporiki.gr/story/646685>

Πολύδωρος, Α. (2020). *Νέες τεχνολογίες βελτίωσης φυτών και κλιματική αλλαγή: μπορούμε να είμαστε αισιόδοξοι;* Ανακτήθηκε από, https://www.agro.auth.gr/uploads/agrotica_abst.pdf

Statista. (2022). *Energy-related carbon dioxide emissions worldwide from 1975 to 2021*(in billion metric tons)*. Retrieved from, <https://www.statista.com/statistics/526002/energy-related-carbon-dioxide-emissions-worldwide/>

Syngenta. (2022). *Αειφόρος γεωργία*. Ανακτήθηκε από, <https://www.syngenta.gr/aeiforos-georgia>

United States Environmental Protection. (2021). *Causes of Climate Change*. Retrieved from, <https://www.epa.gov/climatechange-science/causes-climate-change>

Youmatter. (2020). *Climate change: meaning, definition, causes, examples and consequences*. Retrieved from, <https://youmatter.world/en/definition/climate-change-meaning-definition-causes-and-consequences/>