



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΔΗΜΟΣΙΑΣ ΥΓΕΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΔΗΜΟΣΙΑΣ ΥΓΕΙΑΣ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΣΤΗΝ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΥΓΕΙΑ
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΥΓΙΕΙΝΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
2021-2022**

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

«Κλιματική Κρίση και Επισιτιστική Ασφάλεια στην Ευρώπη»

Μεταπτυχιακός Φοιτητής:

Χρήστος Τσαπόγας

ΑΜ: 21051

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια:

Λευκοθέα Εβρένογλου

Αθήνα, Μάρτιος 2023



**UNIVERSITY OF WEST ATTICA
SCHOOL OF PUBLIC HEALTH
DEPARTMENT OF PUBLIC HEALTH POLICIES
MSc IN OCCUPATIONAL AND ENVIRONMENTAL
HEALTH
SPECIALIZATION IN ENVIRONMENTAL HYGIENE
2021-2022**

Diploma Thesis

«Climate Crisis and Food Security in Europe»

Student name and surname:

Christos Tsapogas

Registration Number: 21051

Supervisor name and surname:

Lefkothea Evrenoglou

Athens, March 2023



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΔΗΜΟΣΙΑΣ ΥΓΕΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΔΗΜΟΣΙΑΣ ΥΓΕΙΑΣ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΣΤΗΝ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΥΓΕΙΑ
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΥΓΙΕΙΝΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
2021-2022**

**Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία
«Κλιματική Κρίση και Επισιτιστική Ασφάλεια στην Ευρώπη»**

Μέλη Εξεταστικής Επιτροπής συμπεριλαμβανομένης και της Εισηγήτριας

Η μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία εξετάστηκε επιτυχώς από την κάτωθι Εξεταστική Επιτροπή:

Α/α	ΟΝΟΜΑ ΕΠΩΝΥΜΟ	ΒΑΘΜΙΔΑ/ΙΔΙΟΤΗΤΑ	ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ
1.	Λευκοθέα Εβρένογλου	Αναπληρώτρια Καθηγήτρια	
2.	Όλγα Κάβουρα	Επίκουρη Καθηγήτρια	
3.	Ιωάννα Δαμικούκα	Επίκουρη Καθηγήτρια	

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος **Τσαπόγας Χρήστος** του Αντωνίου, με αριθμό μητρώου **μεργ21051**, φοιτητής του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών στην Επαγγελματική και Περιβαλλοντική Υγεία (Ειδίκευση Υγιεινής Περιβάλλοντος), του Τμήματος Πολιτικών Δημόσιας Υγείας της Σχολής Δημόσιας Υγείας του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της μεταπτυχιακής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς, είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από εμένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας, τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Ο δηλών



Χρήστος Τσαπόγας

Περίληψη

Η μέση παγκόσμια θερμοκρασία έχει αυξηθεί κατά περίπου 1°C, σε σχέση με την προβιομηχανική περίοδο, ενώ είναι πολύ πιθανό ότι θα ξεπεράσει τους 1,5°C – 2°C, μέχρι το τέλος του τρέχοντος αιώνα. Η κλιματική κρίση, που οδηγεί σταδιακά στην κλιματική αλλαγή, επηρεάζει όλες τις διαστάσεις της επισιτιστικής ασφάλειας, δρώντας ως πολλαπλασιαστές πιέσεων, ενώ οι παρατηρηθείσες και προβλεπόμενες επιπτώσεις είναι, κατά κύριο λόγο, αρνητικές. Όσο αυξάνεται η παγκόσμια θέρμανση, τόσο περισσότεροι και πιο σύνθετοι είναι οι κίνδυνοι που εγκυμονούνται για την επισιτιστική ασφάλεια.

Η κλιματική κρίση ενέχει κινδύνους για τη διαθεσιμότητα των τροφίμων, επηρεάζοντας την παραγωγικότητα του αγροτικού τομέα, για την πρόσβαση των πληθυσμών σε επαρκή τρόφιμα, επηρεάζοντας τα εισοδήματα, τις τιμές των τροφίμων και τα μεταναστευτικά μοτίβα, για την αξιοποίηση των τροφίμων, εγκυμονώντας κινδύνους για την ασφάλεια των τροφίμων και του νερού, καθώς και για τη σταθερότητα της παροχής τροφίμων, αυξάνοντας τη συχνότητα και την ένταση των ακραίων καιρικών φαινομένων και των φυσικών καταστροφών.

Η Ευρώπη χαρακτηρίζεται από καλά επίπεδα επισιτιστικής ασφάλειας, συγκριτικά με τις περισσότερες ηπείρους. Παρ' όλα αυτά, δεδομένου ότι για την επίτευξη της επισιτιστικής ασφάλειας, θα πρέπει να πληρούνται οι προϋποθέσεις όλων των διαστάσεων της ταυτοχρόνως, υπάρχουν σημαντικά ζητήματα που αφορούν την τρέχουσα και μελλοντική επισιτιστική ασφάλεια των πληθυσμών της Ευρώπης, ενώ παράλληλα οι διάφοροι κίνδυνοι δεν είναι ίσα κατανομημένοι στις διάφορες περιοχές, σε παγκόσμια κλίμακα, αλλά και εντός της ευρωπαϊκής ηπείρου.

Η άμεση ανάπτυξη μηχανισμών μετριασμού και προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή είναι καίριας σημασίας για την προστασία της επισιτιστικής ασφάλειας και της Δημόσιας Υγείας γενικότερα. Δεδομένου ότι ο κλιματικός κίνδυνος είναι διασυνοριακός, οι δράσεις θα πρέπει να λαμβάνουν χώρα σε παγκόσμια κλίμακα.

Λέξεις – κλειδιά:

Κλιματική κρίση, κλιματική αλλαγή, υπερθέρμανση του πλανήτη, επισιτιστική ασφάλεια, επισιτιστική ανασφάλεια, διαθεσιμότητα τροφίμων, Ευρώπη

Abstract

The average global temperature has increased by approximately 1°C, relative to the pre-industrial period and it is very likely that it will exceed 1,5° – 2°C, until the end of this century. Climate crisis, which is gradually leading to climate change, affects all dimensions of food security, acting as a stress multiplier, while the observed and projected impacts are mainly negative. As global warming increases, the risks to food security become more numerous and complex.

Climate crisis poses risks to food availability, affecting the productivity of the agricultural sector, to food access, affecting incomes, food prices and migration patterns, to food utilization, posing risks to food and water safety, as well as to food stability, increasing the frequency and intensity of extreme weather events and natural disasters.

Europe is characterized by good levels of food security, compared to most continents. However, given the fact that in order to achieve food security, the conditions of all dimensions should be met simultaneously, there are important issues concerning current and future food security of Europe's populations, while at the same time the various risks are not equally distributed in the different regions, on a global scale, but also within the European continent.

Immediate development of climate change mitigation and adaptation mechanisms is crucial for the protection of food security and Public Health in general. Given the fact that climate risk is transboundary, actions should take place on a global scale.

Keywords:

Climate crisis, climate change, global warming, food security, food insecurity, food availability, Europe

Πίνακας Περιεχομένων

Περίληψη.....	v
Abstract	vi
Πίνακας Περιεχομένων	vii
Πίνακας Περιεχομένων Γραφημάτων & Διαγραμμάτων	ix
Πίνακας Περιεχομένων Εικόνων & Πινάκων	x
Πρόλογος	xi
Εισαγωγή	1
Κεφάλαιο 1 ^ο Η έννοια της επισιτιστικής ασφάλειας	2
1.1 Διαστάσεις και επίπεδα της επισιτιστικής ασφάλειας	2
1.2 Διασύνδεση επισιτιστικής ανασφάλειας, φτώχειας και πείνας.....	6
1.3 Παράγοντες κινδύνου για την επισιτιστική ασφάλεια.....	9
1.3.1 Αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού.....	9
1.3.2 Αστικοποίηση και οικονομική ανάπτυξη.....	10
1.3.3 Αλλαγές στις διατροφικές συνήθειες.....	10
1.3.4 Βίαιες συγκρούσεις και κρίσεις στον τομέα της υγείας.....	12
1.3.5 Οικονομικές πιέσεις, ενέργεια και τιμές τροφίμων.....	15
1.3.6 Πιέσεις στους φυσικούς πόρους.....	16
1.3.7 Κλιματική κρίση	17
1.4 Η κατάσταση της επισιτιστικής ασφάλειας	17
1.4.1 Επισιτιστική ανασφάλεια σε παγκόσμια κλίμακα	18
1.4.2 Επισιτιστική ανασφάλεια στην Ευρώπη	22
Κεφάλαιο 2 ^ο Ο παράγοντας της κλιματικής κρίσης	25
2.1 Αίτια και επιπτώσεις της κλιματικής κρίσης.....	25
2.2 Παρατηρηθείσες και προβλεπόμενες επιπτώσεις στην Ευρώπη	30
Κεφάλαιο 3 ^ο Επιπτώσεις της κλιματικής κρίσης στην επισιτιστική ασφάλεια	37
3.1 Επιπτώσεις στη διαθεσιμότητα των τροφίμων	37
3.1.1 Επιπτώσεις στον τομέα της γεωργίας	38
3.1.2 Επιπτώσεις στον τομέα της κτηνοτροφίας	55
3.1.3 Επιπτώσεις στους τομείς της αλιείας και των υδατοκαλλιεργειών	67
3.2 Επιπτώσεις στην πρόσβαση σε τρόφιμα	77
3.2.1 Επιπτώσεις στη φυσική πρόσβαση σε τρόφιμα	77

3.2.2	Επιπτώσεις στην οικονομική και κοινωνική πρόσβαση σε τρόφιμα	78
3.2.3	Το φαινόμενο της κλιματικής μετανάστευσης	87
3.3	Επιπτώσεις στην αξιοποίηση των τροφίμων	91
3.3.1	Επιπτώσεις στην ασφάλεια των τροφίμων	91
3.3.2	Επιπτώσεις στην ασφάλεια του νερού	106
3.4	Επιπτώσεις στη σταθερότητα της παροχής τροφίμων.....	111
Κεφάλαιο 4 ^ο Αντιμέτωπιση των επιπτώσεων της κλιματικής κρίσης στην επισιτιστική ασφάλεια της Ευρώπης		113
4.1	Μετριασμός της κλιματικής αλλαγής	113
4.2	Προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή	118
4.2.1	Μέτρα προσαρμογής στον αγροτικό τομέα	118
4.2.2	Μέτρα προσαρμογής για την πρόσβαση σε τρόφιμα.....	134
4.2.3	Μέτρα προσαρμογής για την αξιοποίηση των τροφίμων.....	138
4.2.4	Μέτρα προσαρμογής στα ακραία καιρικά φαινόμενα	143
Κεφάλαιο 5 ^ο Συζήτηση		145
Κεφάλαιο 6 ^ο Συμπεράσματα		152
Βιβλιογραφία.....		158

Πίνακας Περιεχομένων Γραφημάτων & Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1.1 Διαστάσεις και επίπεδα της επισιτιστικής ασφάλειας.....	4
Διάγραμμα 1.2 Διασύνδεση επισιτιστικής ανασφάλειας, φτώχειας και πείνας.....	7
Γράφημα 1.1 Διαχρονική εξέλιξη της αύξησης του παγκόσμιου πληθυσμού και της μείωσης του ετήσιου ρυθμού ανάπτυξης, από το έτος 1950 έως το έτος 2020 και αντίστοιχες προβλέψεις, μέχρι το έτος 2100	9
Διάγραμμα 1.3 Οι βίαιες συγκρούσεις ως παράγοντας κινδύνου για την επισιτιστική ασφάλεια.....	13
Γράφημα 1.2 Διαχρονική εξέλιξη της επικράτησης του υποσιτισμού και της μέτριας ή σοβαρής επισιτιστικής ανασφάλειας, σε παγκόσμια κλίμακα.....	17
Γράφημα 1.3 Διαχρονική εξέλιξη της επικράτησης της μέτριας και σοβαρής επισιτιστικής ανασφάλειας, ανά περιοχή.....	20
Γράφημα 1.4 Διαχρονική εξέλιξη δεικτών της επισιτιστικής ασφάλειας που αφορούν τη διατροφή, σε παγκόσμια κλίμακα.....	21
Γράφημα 2.1 Διαχρονική εξέλιξη των συγκεντρώσεων των κύριων αερίων του θερμοκηπίου	26
Γράφημα 2.2 Διαχρονική εξέλιξη της μέσης παγκόσμιας υπερθέρμανσης, σε σχέση με την προβιομηχανική περίοδο (1850 – 1900) και αντίστοιχα σενάρια πρόβλεψης μέχρι το έτος 2100.....	27
Γράφημα 3.3 Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από τον κτηνοτροφικό τομέα, ανά κατηγορία	56
Γράφημα 3.4 Διαχρονική αύξηση των απωλειών τροφίμων που σχετίζονται με ξηρασίες και άλλους κλιματικούς παράγοντες (IPCC, 2022).....	112

Πίνακας Περιεχομένων Εικόνων & Πινάκων

Πίνακας 1.1 Διαχρονική εξέλιξη της επικράτησης του υποσιτισμού, ανά περιοχή	19
Πίνακας 1.2 Διαχρονική εξέλιξη της επικράτησης του υποσιτισμού στην Ευρώπη	22
Πίνακας 1.3 Διαχρονική εξέλιξη του αριθμού των ανθρώπων που αντιμετωπίζουν προβλήματα μέτριας ή σοβαρής επισιτιστικής ανασφάλειας στην Ευρώπη	23
Πίνακας 2.1 Σενάρια πρόβλεψης των επιπέδων της μέσης παγκόσμιας υπερθέρμανσης, ανά χρονική περίοδο, συγκριτικά με την προβιομηχανική περίοδο	28
Εικόνα 2.1 Γεωγραφική υποδιαίρεση των χερσαίων (a,b,c,d) και θαλάσσιων (i,ii,iii) περιοχών της Ευρωπαϊκής ηπείρου	30
Εικόνα 2.2 Κατάσταση των συνθηκών ξηρασίας στην Ευρώπη το έτος 2022	33
Εικόνα 2.3 Παρατηρηθείσες επιπτώσεις της κλιματικής κρίσης στους κλιματικούς παράγοντες και αντίστοιχες προβλέψεις, με βάση τα επίπεδα θέρμανσης, σε όλες τις υποπεριοχές και τις θάλασσες της ευρωπαϊκής ηπείρου	36
Εικόνα 3.3 Προβλεπόμενες αλλαγές στον αριθμό ημερών ακραίου στρες των διάφορων κτηνοτροφικών ειδών ζώων, με βάση τις προβλεπόμενες αλλαγές στη θερμοκρασία και τη σχετική υγρασία, μέχρι το τέλος του τρέχοντος αιώνα	61
Εικόνα 3.4 Προβλεπόμενες αλλαγές στις αλιευτικές δυνατότητες, υπό το σενάριο RCP8.5 και στην αναλογία των ψαριών στα τρόφιμα ζωικής προέλευσης ανθρώπινης κατανάλωσης.....	71
Εικόνα 3.5 Τρωτότητα στην κλιματική κρίση α) των συστημάτων αλιείας των ευρωπαϊκών ακτών, β) των υδατοκαλλιεργειών της Ευρώπης.....	75
Εικόνα 3.6 Επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην παραγωγικότητα των εργαζομένων στον βιομηχανικό τομέα (αριστερά) και στον τομέα των κατασκευών (δεξιά), υπό το σενάριο RCP8.5, μέχρι το έτος 2070.....	80
Εικόνα 3.7 Προβλεπόμενες αλλαγές στην αξία των γεωργικών εκτάσεων της Ευρώπης, υπό την κλιματική κρίση, μέχρι τα έτη 2071-2100, σε σύγκριση με τα έτη 1961-1990	86
Εικόνα 3.8 Χάρτης πρόβλεψης της γεωγραφικής κατανομής της Αφλατοξίνης Α σε καλλιέργειες αραβόσιτου στην Ευρώπη, μέχρι το έτος 2100, σε σχέση με την αύξηση της θερμοκρασίας υπό την κλιματική αλλαγή α) σταθερή θερμοκρασία, β) + 2°C, γ) +5°C.....	98
Εικόνα 3.9 Παγκόσμια κατανομή των PSP τοξινών το έτος 2017, σε σύγκριση με το έτος 1970.....	100
Εικόνα 3.10 Προβλέψεις για τις πιέσεις στους υδατικούς πόρους στην Ευρώπη, υπό 3°C υπερθέρμανση	109
Εικόνα 4.1 Κατανομή των παγκόσμιων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, ανά τομέα δραστηριότητας, για το έτος 2016	114
Πίνακας 5.1 Σύνοψη κυριότερων επιπτώσεων της κλιματικής κρίσης στον κτηνοτροφικό τομέα	147
Πίνακας 5.2 Σύνοψη κυριότερων επιπτώσεων της κλιματικής κρίσης στους τομείς της αλιείας και των υδατοκαλλιεργειών	148
Πίνακας 5.3 Μελέτες συσχέτισης της αύξησης της θερμοκρασίας με την αύξηση των περιστατικών τροφιογενών νοσημάτων	149
Πίνακας 5.4 Μέτρα προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή αναφορικά με τον γεωργικό τομέα.. ..	151

Πρόλογος

Η παρούσα μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια της φοίτησής μου στο Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών στην Επαγγελματική και Περιβαλλοντική Υγεία, με κατεύθυνση Υγιεινής Περιβάλλοντος, του Τμήματος Πολιτικών Δημόσιας Υγείας του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής.

Η εκπόνηση της εργασίας πραγματοποιήθηκε υπό την επίβλεψη της Κας Λευκοθέας Εβρένογλου, αναπληρώτριας καθηγήτριας του Τμήματος Πολιτικών Δημόσιας Υγείας, του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής.

Η επιλογή του θέματος της εργασίας «Κλιματική Κρίση και Επισιτιστική Ασφάλεια στην Ευρώπη», έγινε με βάση τη σημαντικότητα δύο ζητημάτων παγκόσμιας αυξανόμενης ανησυχίας, ήτοι της κλιματικής κρίσης και της επισιτιστικής ασφάλειας, για τη Δημόσια Υγεία, καθώς και των σημαντικών εξελίξεων που έχουν λάβει χώρα στους εν λόγω τομείς, κατά τα τελευταία χρόνια. Η σημαντικότητα της διπλωματικής εργασίας έγκειται στη συγκέντρωση των πιο πρόσφατων δεδομένων σχετικά με την επίδραση της κλιματικής κρίσης στην επισιτιστική ασφάλεια της Ευρώπης, με σκοπό τον καθορισμό των πιο σημαντικών μέτρων που πρέπει να ληφθούν άμεσα για την προστασία της επισιτιστικής ασφάλειας και της Δημόσιας Υγείας γενικότερα.

Στο σημείο αυτό αισθάνομαι την ανάγκη να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες σε όλους όσους συνέβαλαν στην ολοκλήρωση της μεταπτυχιακής διπλωματικής μου εργασίας και ακολούθως της φοίτησής μου στο Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών. Πιο συγκεκριμένα, θα ήθελα να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα καθηγήτρια, Κα Λευκοθέα Εβρένογλου, για την εμπιστοσύνη στην ανάληψη του συγκεκριμένου θέματος και για την συνολική υποστήριξη κατά την εκπόνηση της εργασίας, τις καθηγήτριες και τους καθηγητές του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών, τον κ. Δημήτριο Μπέντο και τον κ. Ιωάννη Φωτόπουλο, που εμπιστεύτηκαν τη φοίτησή μου στο εν λόγω Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών, καθώς και τους κοντινούς μου ανθρώπους.

Εισαγωγή

Η επισιτιστική ανασφάλεια αποτελεί ένα παγκόσμιο πρόβλημα αυξανόμενης ανησυχίας, που συνδέεται άμεσα με τη φτώχεια και την πείνα. Η αύξηση της επισιτιστικής ανασφάλειας, που εντείνεται κατά τα τελευταία χρόνια, οφείλεται σε ποικίλους παράγοντες, οι οποίοι αλληλεπιδρούν μεταξύ τους. Η κλιματική κρίση αποτελεί έναν τέτοιο παράγοντα, που εγκυμονεί άμεσες αρνητικές επιπτώσεις για την επισιτιστική ασφάλεια, αλλά και έμμεσες επιπτώσεις, μέσω της αλληλεπίδρασης με άλλους παράγοντες, δρώντας ως πολλαπλασιαστής πιέσεων.

Πλέον αντιμετωπίζουμε μία πρωτοφανή περίοδο στην ανθρώπινη ιστορία, ως αποτέλεσμα των ανθρωπογενών πιέσεων στον πλανήτη. Η περίοδος αυτή χαρακτηρίζεται από ιδιαίτερα επικίνδυνες τάσεις, όπως η κλιματική κρίση, που οδηγεί σταδιακά στην κλιματική αλλαγή, η απώλεια βιοποικιλότητας και τα φαινόμενα ρύπανσης. Οι εν λόγω τάσεις έχουν σύνθετες επιδράσεις στην ανθρώπινη ασφάλεια, σημαντικό μέρος της οποίας αποτελεί και η επισιτιστική ασφάλεια, με αποτέλεσμα να προκαλούνται κοινωνικές ανισοροπίες με τη μορφή ανισοτήτων, κοινωνικών εντάσεων και φτώχειας.

Η παρούσα μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία στοχεύει στη διασύνδεση μεταξύ της κλιματικής κρίσης και της επισιτιστικής ασφάλειας, με εστίαση στην ευρωπαϊκή ήπειρο. Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στην έννοια της επισιτιστικής ασφάλειας, στη διασύνδεσή της με τις έννοιες της φτώχειας και της πείνας, στους παράγοντες κινδύνου, καθώς και στην κατάσταση της επισιτιστικής ασφάλειας, σε παγκόσμιο επίπεδο, αλλά και στην Ευρώπη.

Στο δεύτερο κεφάλαιο αναλύονται τα αίτια και οι επιπτώσεις της κλιματικής κρίσης, καθώς και οι σημαντικότερες παρατηρηθείσες και προβλεπόμενες επιπτώσεις της στην ευρωπαϊκή ήπειρο.

Στο τρίτο κεφάλαιο αναλύονται οι κυριότερες επιπτώσεις της κλιματικής κρίσης σε όλες τις διαστάσεις της επισιτιστικής ασφάλειας, τόσο σε παγκόσμια κλίμακα, όσο και εντός της ευρωπαϊκής ηπείρου.

Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στα απαιτούμενα μέτρα μετριασμού και προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή, με σκοπό την προστασία της επισιτιστικής ασφάλειας και της Δημόσιας Υγείας γενικότερα.

Κεφάλαιο 1^ο

Η έννοια της επισιτιστικής ασφάλειας

1.1 Διαστάσεις και επίπεδα της επισιτιστικής ασφάλειας

Η επισιτιστική ασφάλεια αποτελεί έννοια πολυεπίπεδη και πολυδιάστατη, ένα επίκαιρο ζήτημα παγκόσμιας αυξανόμενης ανησυχίας του τρέχοντος αιώνα. Πρόκειται για μία έννοια ευέλικτη, της οποίας ο ορισμός ξεκίνησε να διαμορφώνεται στις αρχές της δεκαετίας του 1970, σε μία περίοδο παγκόσμιας επισιτιστικής κρίσης. Τα χαρακτηριστικά αυτά της έννοιας της επισιτιστικής ασφάλειας αντανακλώνονται από τις πολλές διαχρονικές προσπάθειες για την προσέγγιση ενός κατάλληλου και ολοκληρωμένου ορισμού, ενώ ακόμα και πριν από δύο δεκαετίες, είχαν καταγραφεί πάνω από 200 ορισμοί της επισιτιστικής ασφάλειας σε δημοσιευμένα κείμενα. Το γεγονός αυτό υποδηλώνει ότι τα εν λόγω χαρακτηριστικά του ορισμού της επισιτιστικής ασφάλειας εξαρτώνται, σε μεγάλο βαθμό, από το επιστημονικό πλαίσιο του κειμένου, στο οποίο κάθε φορά χρησιμοποιείται (Peng and Berry, 2018).

Ο πλέον ευρέως αποδεκτός ορισμός της επισιτιστικής ασφάλειας, αναφέρεται στην «κατάσταση που υπάρχει όταν όλοι οι άνθρωποι, ανά πάσα στιγμή, έχουν φυσική, κοινωνική και οικονομική πρόσβαση σε επαρκή, ασφαλή και θρεπτικά τρόφιμα, που ανταποκρίνονται στις διατροφικές τους ανάγκες και προτιμήσεις, για μία ενεργό και υγιή ζωή» (FAO, 2009). Από τον εν λόγω ορισμό μπορούν να αναγνωριστούν οι τέσσερις βασικές διαστάσεις που περικλείει η έννοια της επισιτιστικής ασφάλειας, ήτοι η διαθεσιμότητα των τροφίμων (Availability), η πρόσβαση σε τρόφιμα (Access), η αξιοποίηση των τροφίμων (Utilization) και η σταθερότητα των τριών αυτών διαστάσεων στον χρόνο (Stability) (El Bilali et al., 2020).

Η φυσική διαθεσιμότητα των τροφίμων αφορά την ύπαρξη επαρκών ποσοτήτων τροφίμων, που παράγονται και παρέχονται σε σταθερή βάση, με αποτέλεσμα να καθορίζεται από τα επίπεδα της εγχώριας παραγωγής τροφίμων, των αποθεμάτων τροφίμων, της επισιτιστικής βοήθειας και του εμπορικού ισοζυγίου, που μπορεί να περιλαμβάνει εισαγωγές και εξαγωγές τροφίμων. Ως εκ τούτου, η διάσταση αυτή της διαθεσιμότητας των τροφίμων αφορά το εθνικό επίπεδο της επισιτιστικής ασφάλειας (Peng and Berry, 2018).

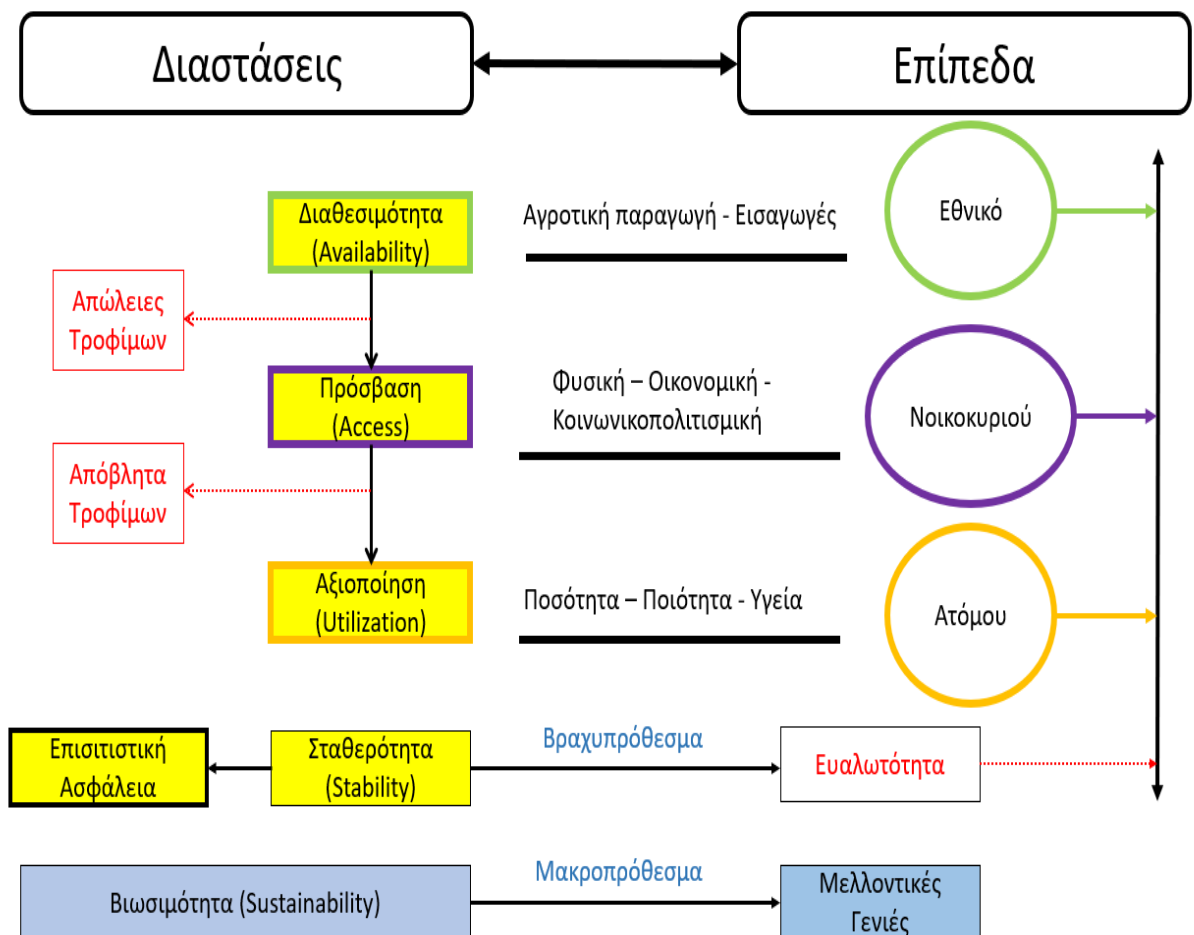
Η διάσταση της πρόσβασης σε επαρκή τρόφιμα αφορά τη φυσική, οικονομική και κοινωνική ικανότητα προσβασιμότητας των ανθρώπων σε αυτά. Η φυσική πρόσβαση σχετίζεται με την ύπαρξη κατάλληλων μεταφορικών και άλλων υποδομών, που καθιστούν δυνατή τη μεταφορά των τροφίμων στους καταναλωτές (Peng and Berry, 2018). Η οικονομική πρόσβαση αναφέρεται στην ύπαρξη επαρκών οικονομικών πόρων και προσιτών τιμών των τροφίμων, έτσι ώστε να είναι σταθερή η δυνατότητα αγοράς τους. Έτσι, οι παράγοντες των σταθερών μέσων διαβίωσης, του εισοδήματος και των σταθερών προσιτών τιμών των τροφίμων, καθορίζουν την οικονομική πρόσβαση των ανθρώπων σε επαρκή τρόφιμα (Gitz et al., 2016).

Στη διάσταση της πρόσβασης σε τρόφιμα, έχει προστεθεί και το κοινωνικοπολιτισμικό επίπεδο, που αναφέρεται στην εξασφάλιση ότι τα τρόφιμα είναι πολιτισμικώς αποδεκτά και ότι υπάρχουν δίκτυα κοινωνικής προστασίας, για την υποστήριξη των πιο ευάλωτων κοινωνικών ομάδων. Ως εκ τούτου, η διάσταση της πρόσβασης σε τρόφιμα αφορά το επίπεδο νοικοκυριού, το οποίο είναι ιδιαίτερα σημαντικό, καθώς ακόμα και η επαρκής διαθεσιμότητα των τροφίμων σε παγκόσμιο ή εθνικό επίπεδο, δεν εγγυάται την επισιτιστική ασφάλεια σε επίπεδο νοικοκυριού (Peng and Berry, 2018).

Η διάσταση της αξιοποίησης των τροφίμων σχετίζεται με την κατάλληλη χρήση τους, με βάση τις βασικές γνώσεις, σχετικά με τον τρόπο με τον οποίο το σώμα αξιοποιεί τα διάφορα θρεπτικά συστατικά των τροφίμων. Η κατανάλωση των τροφίμων και η αξιοποίησή τους στο σώμα εξαρτάται από τις φυσιολογικές ανάγκες του κάθε ατόμου, την κατάσταση της υγείας του, τη διαθεσιμότητα της πρόσβασης σε ασφαλές καθαρό νερό και ασφαλή τρόφιμα, τις συνθήκες και πρακτικές υγιεινής και σίτισης και τη φροντίδα υγείας (Peng and Berry, 2018). Η κατανάλωση επαρκών ποσοτήτων τροφίμων, για την κάλυψη των πρωτεϊνικών και ενεργειακών αναγκών, αλλά και επαρκών μικροθρεπτικών συστατικών, για μία ισορροπημένη και θρεπτική διατροφή, δηλαδή ποιότητας τροφίμων και διαιτητικής ποικιλομορφίας, είναι αναγκαία για την επίτευξη καλύτερης διατροφικής κατάστασης και τελικά της επισιτιστικής ασφάλειας (FAO, 2008). Έτσι, η διάσταση της αξιοποίησης των τροφίμων καλύπτει το επίπεδο του ατόμου (Peng and Berry, 2018).

Η σταθερότητα των ανωτέρω διαστάσεων, ήτοι της διαθεσιμότητας των τροφίμων, της πρόσβασης σε τρόφιμα και της αξιοποίησης των τροφίμων, στον χρόνο, αποτελεί την τέταρτη διάσταση της επισιτιστικής ασφάλειας. Πρόκειται, στην ουσία, για μία χρονική

διάσταση, που επηρεάζει όλα τα επίπεδα και αφορά την ικανότητα ενός έθνους, νοικοκυριού ή ατόμου να αντέχει τις αιφνίδιες ταραχές που προκύπτουν στα συστήματα της τροφικής αλυσίδας, οι οποίες μπορεί να οφείλονται σε φυσικές και ανθρωπογενείς καταστροφές, αλλά και να μην επηρεάζεται αρνητικά από φυσικούς, οικονομικούς, πολιτικούς και κοινωνικούς παράγοντες (Peng and Berry, 2018). Συνεπώς, δεν μπορεί να υπάρξει επισιτιστική ασφάλεια, όταν ένα άτομο δεν έχει επαρκή πρόσβαση σε τρόφιμα σε περιοδική βάση, καθώς θέτει σε κίνδυνο τη διατροφική του κατάσταση, με αποτέλεσμα η πολιτική αστάθεια, οι δυσμενείς καιρικές συνθήκες και κοινωνικοοικονομικοί παράγοντες, όπως η ανεργία και η αύξηση των τιμών των τροφίμων, να έχουν άμεσο αντίκτυπο στην κατάσταση της επισιτιστικής ασφάλειας των πληθυσμών (FAO, 2008). Οι διαστάσεις της επισιτιστικής ασφάλειας, καθώς και οι αλληλεπιδράσεις τους, αποτυπώνονται στο διάγραμμα 1.1.



Διάγραμμα 1.1 Διαστάσεις και επίπεδα της επισιτιστικής ασφάλειας (Peng and Berry, 2018)

Για την επίτευξη της επισιτιστικής ασφάλειας, θα πρέπει να πληρούνται οι προϋποθέσεις και των τεσσάρων διαστάσεων ταυτοχρόνως. Οι διαστάσεις της επισιτιστικής ασφάλειας

δεν είναι στατικές και ξεχωριστές, αλλά αντιθέτως είναι, σε μεγάλο βαθμό, αλληλένδετες και αλληλοεξαρτώμενες. Παράλληλα, όλα τα στοιχεία της επισιτιστικής ασφάλειας δεν αντιστοιχούν στον ίδιο βαθμό σημαντικότητας, ενώ η στάθμισή τους εξαρτάται κάθε φορά από το υπό μελέτη πλαίσιο και τα χαρακτηριστικά κάθε συγκεκριμένης χώρας. Έτσι, ενώ σε μία αναπτυσσόμενη χώρα μπορεί να παρατηρούνται προβλήματα φυσικής πρόσβασης σε τρόφιμα, λόγω της έλλειψης κατάλληλων μεταφορικών υποδομών, στις περισσότερες αναπτυγμένες χώρες, η οικονομική πρόσβαση είναι αυτή που απειλεί, κυρίως, την επίτευξη της επισιτιστικής ασφάλειας, λόγω ανισοτήτων στη διανομή του εισοδήματος, αλλά και άλλων κοινωνικοοικονομικών και πολιτικών παραγόντων (Peng and Berry, 2018).

Με βάση την πολυδιάστατη αυτή κατηγοριοποίηση, η επισιτιστική ασφάλεια μπορεί να οριστεί σε διάφορα επίπεδα, ήτοι ατόμου, νοικοκυριού, κοινότητας ή πληθυσμιακής ομάδας, αλλά και σε επίπεδο τοπικό, εθνικό ή σε επίπεδο περισσότερων χωρών. Η επίτευξη της επισιτιστικής ασφάλειας σε ένα από τα επίπεδα αυτά, δεν καθορίζει απαραίτητα την επίτευξή της στα υπόλοιπα επίπεδα. Έτσι, μία χώρα που χαρακτηρίζεται από εθνική επισιτιστική ασφάλεια, περιλαμβάνει άτομα που δεν είναι επισιτιστικά ασφαλή. Αντίστοιχα, μία χώρα που δεν χαρακτηρίζεται από εθνική επισιτιστική ασφάλεια, περιλαμβάνει πληθυσμούς ανθρώπων, των οποίων οι διατροφικές ανάγκες καλύπτονται, σε βαθμό που μπορούν να θεωρούνται επισιτιστικά ασφαλείς. Με τον ίδιο τρόπο, σε ένα νοικοκυριό που δεν είναι επισιτιστικά ασφαλές, μπορεί κάποιο μέλος του να καλύπτει πλήρως τις διατροφικές του ανάγκες και έτσι να είναι επισιτιστικά ασφαλές σε ατομικό επίπεδο, αλλά όχι σε επίπεδο νοικοκυριού (Thomson and Metz, 1999).

Οι πιο πρόσφατες επιστημονικές εξελίξεις τονίζουν συνεχώς την ανάγκη της προσάρτησης μίας πέμπτης διάστασης στο εννοιολογικό πλαίσιο της επισιτιστικής ασφάλειας, δηλαδή τη διάσταση της βιωσιμότητας, που μπορεί να θεωρηθεί ως η μακροπρόθεσμη χρονική διάσταση της επισιτιστικής ασφάλειας. Η βιωσιμότητα περιλαμβάνει δείκτες σε υπερεθνικό και τοπικό επίπεδο, αναφορικά με την κλιματική αλλαγή, την οικολογία, τη βιοποικιλότητα, καθώς και κοινωνικοπολιτισμικούς και οικονομικούς παράγοντες. Η μεγάλη σημαντικότητα της διάστασης αυτής έγκειται στο γεγονός ότι οι εν λόγω παράγοντες θα επηρεάσουν την επισιτιστική ασφάλεια των μελλοντικών γενεών (Peng and Berry, 2018).

1.2 Διασύνδεση επισιτιστικής ανασφάλειας, φτώχειας και πείνας

Η ύπαρξη προβλημάτων σε οποιαδήποτε διάσταση και επίπεδο της επισιτιστικής ασφάλειας, που μπορεί να αφορά όλη την αλυσίδα τροφίμων, από την παραγωγή, μέχρι και την τελική κατανάλωση αυτών, οδηγεί στην κατάσταση της επισιτιστικής ανασφάλειας. Η εν λόγω κατάσταση αντιμετωπίζεται όταν υπάρχει ανεπάρκεια στην ποσότητα και το είδος των τροφίμων που απαιτούνται για μία ενεργό και υγιή ζωή, αβεβαιότητα σχετικά με τη μελλοντική διαθεσιμότητα και πρόσβαση σε τρόφιμα ή όταν το άτομο αναγκάζεται να χρησιμοποιήσει μη κοινωνικώς αποδεκτά μέσα για την απόκτηση των τροφίμων. Εκτός από τον πιο συνηθισμένο περιορισμό, που αφορά την έλλειψη οικονομικών πόρων, η επισιτιστική ανασφάλεια μπορεί να προκύψει ακόμα και όταν τα τρόφιμα είναι διαθέσιμα και προσβάσιμα, αλλά δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν, λόγω φυσικών ή άλλων περιορισμών (Peng and Berry, 2018).

Η κατάσταση της επισιτιστικής ανασφάλειας μπορεί να είναι χρόνια ή παροδική. Η χρόνια μορφή της είναι μακροπρόθεσμη και επίμονη και παρατηρείται όταν οι άνθρωποι δεν είναι σε θέση να ανταποκριθούν στις ελάχιστες απαιτήσεις σε τροφή, για μία παρατεταμένη χρονική περίοδο. Η εν λόγω κατάσταση μπορεί να είναι αποτέλεσμα παρατεταμένων περιόδων φτώχειας, έλλειψης περιουσιακών στοιχείων και μη επαρκούς πρόσβασης σε παραγωγικούς και οικονομικούς πόρους (FAO, 2008).

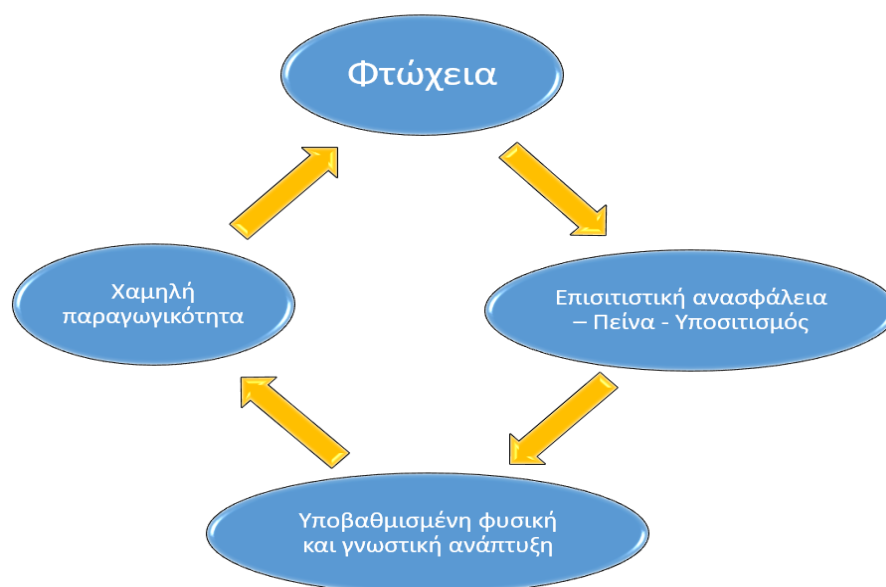
Η παροδική επισιτιστική ανασφάλεια είναι βραχυπρόθεσμη και μπορεί να παρατηρηθεί όταν υπάρχει ξαφνική πτώση στην ικανότητα για παραγωγή ή πρόσβαση σε επαρκή τρόφιμα, για τη διατήρηση καλής διατροφικής κατάστασης. Μπορεί να είναι αποτέλεσμα βραχυπρόθεσμων αιφνίδιων ταραχών και διακυμάνσεων στη διαθεσιμότητα των τροφίμων, στην πρόσβαση σε τρόφιμα, συμπεριλαμβανομένων των διαφοροποιήσεων, από έτος σε έτος, στην εγχώρια παραγωγή τροφίμων, στις τιμές των τροφίμων και στα εισοδήματα των νοικοκυριών. Η εν λόγω μορφή επισιτιστικής ανασφάλειας είναι σχετικά απρόβλεπτη και μπορεί να αναδυθεί ξαφνικά, με αποτέλεσμα οι στρατηγικές για την αντιμετώπισή της να είναι πιο περίπλοκες (FAO, 2008).

Η έννοια της εποχικής επισιτιστικής ανασφάλειας βρίσκεται μεταξύ των δύο ανωτέρων μορφών επισιτιστικής ανασφάλειας, αφενός επειδή είναι συνήθως προβλέψιμη και ακολουθεί μία σειρά γνωστών γεγονότων, όπως η χρόνια επισιτιστική ανασφάλεια και αφετέρου επειδή έχει περιορισμένη διάρκεια, όπως η παροδική επισιτιστική ανασφάλεια.

Παρατηρείται όταν υπάρχει ένα κυκλικό μοτίβο ανεπαρκούς διαθεσιμότητας και πρόσβασης σε τρόφιμα, το οποίο μπορεί να συνδέεται με εποχικές διακυμάνσεις στο κλίμα, στις καλλιέργειες, στη ζήτηση εργασίας και στις ασθένειες (FAO, 2008).

Οι έννοιες της επισιτιστικής ασφάλειας και της επισιτιστικής ανασφάλειας είναι δυναμικές, αμοιβαίες και εξαρτώμενες από τον χρόνο. Η προκύπτουσα κατάσταση εξαρτάται από την αλληλεπίδραση μεταξύ των πιέσεων της επισιτιστικής ανασφάλειας και των στρατηγικών αντιμετώπισής τους. Οι πιέσεις αυτές μπορεί να λάβουν χώρα σε όλες τις διαστάσεις της επισιτιστικής ασφάλειας, Αντίστοιχα, η αντιμετώπιση μπορεί να αφορά στρατηγικές σε εθνικό επίπεδο, επίπεδο νοικοκυριού και επίπεδο ατόμου (Peng and Berry, 2018).

Η έννοια της επισιτιστικής ανασφάλειας συνδέεται άμεσα με τις έννοιες της φτώχειας, της πείνας και του υποσιτισμού, σύμφωνα με το διάγραμμα 1.2 (FAO, 2008). Η φτώχεια αποτελεί μία από τις κύριες αιτίες της επισιτιστικής ανασφάλειας, καθώς περιλαμβάνει πολλές διαστάσεις της στέρησης, στις οποίες συμπεριλαμβάνεται και η κατανάλωση τροφίμων. Ως εκ τούτου, τα νοικοκυριά που δεν έχουν επαρκείς οικονομικούς πόρους, για να ανταποκριθούν στις διατροφικές ανάγκες όλων των μελών τους, βρίσκονται σε κατάσταση επισιτιστικής ανασφάλειας, λόγω της έλλειψης των εν λόγω οικονομικών πόρων. Παράλληλα, η φτώχεια, πέρα από αιτία της επισιτιστικής ανασφάλειας, μπορεί να αποτελέσει και συνέπεια του υποσιτισμού που έχει προκύψει ως αποτέλεσμα χρόνιας επισιτιστικής ανασφάλειας (Broca, 2002).



Διάγραμμα 1.2 Διασύνδεση επισιτιστικής ανασφάλειας, φτώχειας και πείνας (FAO, 2008)

Ο υποσιτισμός αναφέρεται σε «μία διατροφική κατάσταση που χαρακτηρίζεται από ανεπάρκεια ή περίσσεια ενέργειας, πρωτεϊνών και μικροθρεπτικών συστατικών, που προκαλεί δυσμενείς επιπτώσεις στους ανθρώπινους ιστούς ή τη μορφή του ανθρωπίνου σώματος, αλλά και στη λειτουργία του οργανισμού, με πιθανότητα κλινικής έκβασης» (Younis, Ahmad and Badra, 2015). Ο χρόνιος υποσιτισμός, που συνδέεται στενά με την επισιτιστική ανασφάλεια, αποτελεί παράγοντα για τη διαίωνηση της φτώχειας. Ένα άτομο που βρίσκεται σε κατάσταση υποσιτισμού φθάνει σε υποβαθμισμένο επίπεδο φυσικής και γνωστικής ανάπτυξης, ενώ παράλληλα η ικανότητά του για εργασία περιορίζεται, ιδιαίτερα λόγω της έλλειψης ενέργειας (Broca, 2002).

Η έννοια της πείνας αναφέρεται σε «μία κατάσταση, που χαρακτηρίζεται από την ανεπαρκή κατανάλωση τροφίμων, για την παροχή της ενέργειας και των θρεπτικών συστατικών που απαιτούνται για μία πλήρως παραγωγική ζωή» (Hoddinott, Rosegrant and Torero, 2014). Πρόκειται για τη στέρηση τροφής, που προκαλεί άβολη και επώδυνη αίσθηση στα άτομα που την αντιμετωπίζουν. Όλοι οι άνθρωποι που βρίσκονται σε κατάσταση πείνας είναι επισιτιστικά ανασφαλείς (FAO, 2008). Ωστόσο, η απουσία της κατάστασης της πείνας, δεν εξασφαλίζει την επισιτιστική ασφάλεια. Όλοι οι επισιτιστικά ανασφαλείς άνθρωποι δεν βρίσκονται απαραίτητα σε κατάσταση πείνας, καθώς υπάρχουν και άλλες αιτίες της επισιτιστικής ανασφάλειας, με χαρακτηριστικό παράδειγμα την ανεπαρκή πρόσληψη μικροθρεπτικών ουσιών (FAO, 2008).

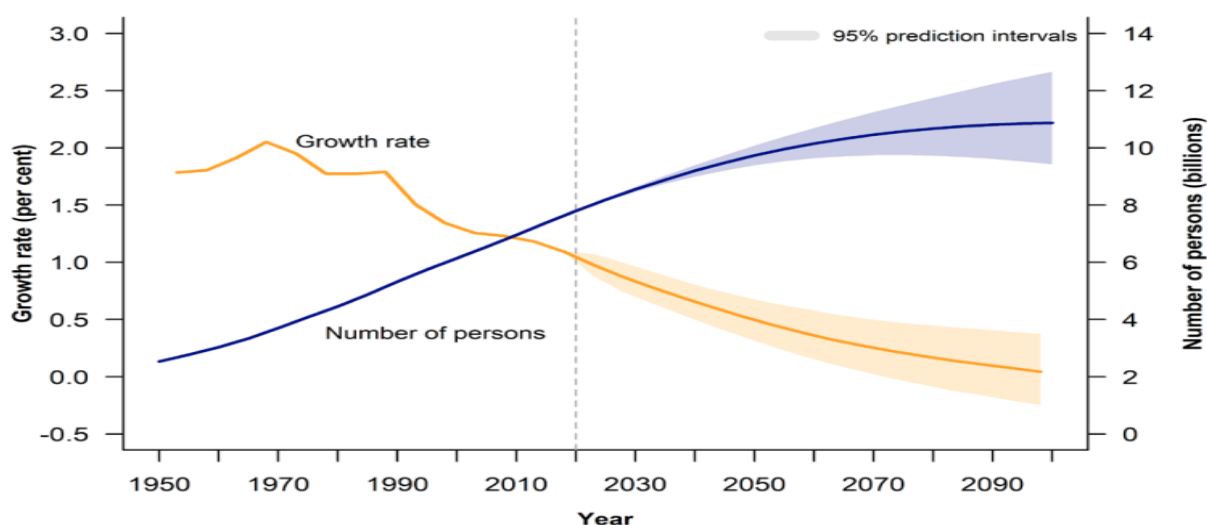
Η παχυσαρκία αποτελεί μία κατάσταση, που μπορεί να συνυπάρχει με την πείνα και τον υποσιτισμό. Ακόμα και με περίσσεια πρόσληψη θερμίδων, ένα άτομο μπορεί να είναι υποσιτισμένο, αναφορικά με σημαντικά μικροθρεπτικά συστατικά, όπως βιταμίνες, μέταλλα και ιχνοστοιχεία (Fróna, 2020). Η υπερβολική εξάρτηση από τρόφιμα με ενεργειακή πυκνότητα, αλλά φτωχό περιεχόμενο σε θρεπτικά συστατικά, που συχνά σχετίζεται με οικονομικούς παράγοντες, μπορεί να οδηγήσει σε διατροφική κατάσταση που χαρακτηρίζεται από παχυσαρκία και επιβαρύνσεις στην υγεία, με επιπτώσεις για τη Δημόσια Υγεία, αποτελώντας παράγοντα κινδύνου για μη μεταδοτικές ασθένειες, όπως ο διαβήτης, οι καρδιαγγειακές νόσοι και ο καρκίνος, με αποτέλεσμα το άτομο να είναι επισιτιστικά ανασφαλές, καθώς επηρεάζεται η διάσταση της ενεργού και υγιούς ζωής (Hoddinott, Rosegrant and Torero, 2014).

1.3 Παράγοντες κινδύνου για την επισιτιστική ασφάλεια

Η επισιτιστική ανασφάλεια αποτελεί σύμπτωμα της δυσλειτουργίας του παγκόσμιου συστήματος τροφίμων, το οποίο βρίσκεται υπό την πρωτόγνωρη συρροή ποικίλων πιέσεων, που θα καταστήσουν την επίτευξη της παγκόσμιας επισιτιστικής ασφάλειας μία από τις πιο κρίσιμες προκλήσεις, κατά τις επόμενες δεκαετίες (El Bilali et al., 2020). Αν και οι περισσότεροι υποσιτισμένοι άνθρωποι ζουν σε αναπτυσσόμενες χώρες, υπάρχουν σημαντικές διαφορές που παρατηρούνται από περιοχή σε περιοχή, οι οποίες αποδίδονται σε ποικίλους περιορισμούς και σχετίζονται άμεσα με πολιτικές, οικονομικές, κοινωνικές και περιβαλλοντικές μεταβλητές, αλλά και με τις αλληλεπιδράσεις αυτών (Maggio, Van Criekinge and Malingreau, 2015).

1.3.1 Αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού

Είναι γεγονός ότι ο παγκόσμιος πληθυσμός τριπλασιάστηκε κατά τον 20^ο αιώνα, φθάνοντας περίπου τα 8 δισεκατομμύρια ανθρώπους, το έτος 2022 (United Nations, 2022a). Μέσω κοινωνικών και δημογραφικών αλλαγών, προβλέπεται ότι ο παγκόσμιος πληθυσμός θα αυξηθεί σε 9,7 δισεκατομμύρια ανθρώπους, μέχρι το έτος 2050 (Gurry and Anderson, 2017). Η συνεχής αυτή αύξηση του πληθυσμού αναμένεται να κορυφωθεί κατά το έτος 2100 και προβλέπεται ότι θα φθάσει τα 11 δισεκατομμύρια ανθρώπους, όπως φαίνεται στο γράφημα 1.1, ενώ το μεγαλύτερο μέρος της αύξησης αυτής, θα λάβει χώρα σε αναπτυσσόμενες χώρες χαμηλού εισοδήματος, που ήδη αντιμετωπίζουν προβλήματα που σχετίζονται με την επισιτιστική ασφάλεια (United Nations, 2022a).



Γράφημα 1.1 Διαχρονική εξέλιξη της αύξησης του παγκόσμιου πληθυσμού και της μείωσης του ετήσιου ρυθμού ανάπτυξης, από το έτος 1950 έως το έτος 2020 και αντίστοιχες προβλέψεις, μέχρι το έτος 2100 (United Nations, 2022a)

Με βάση τις εκτιμήσεις αυτές, σε παγκόσμια κλίμακα θα πρέπει να πραγματοποιείται παροχή τροφίμων σε 1,6 δισεκατομμύρια περισσότερους ανθρώπους, μέχρι το έτος 2030 και σε επιπλέον 2,38 δισεκατομμύρια ανθρώπους, μέχρι το έτος 2050. Έτσι, μέχρι το έτος 2050, λόγω της αύξησης του παγκόσμιου πληθυσμού, οι απαιτήσεις σε τρόφιμα δύνανται να αυξηθούν ακόμα και κατά 80-100% (Maggio, Van Criekinge and Malingreau, 2015).

1.3.2 Αστικοποίηση και οικονομική ανάπτυξη

Παράλληλα με την αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού, θα ενταθεί και το φαινόμενο της αστικοποίησης, σε επίπεδο διπλασιασμού των ανθρώπων που θα διαβιούν σε αστικές περιοχές, μέχρι το έτος 2050 (Gurpy and Anderson, 2017). Ο παγκόσμιος αστικός πληθυσμός αναμένεται να αυξάνεται πολύ ταχύτερα, σε σχέση με τον αγροτικό πληθυσμό, ενώ μέχρι το έτος 2050, περισσότερο από το 65% του πληθυσμού αναμένεται να ζει σε αστικά περιβάλλοντα και όπως παρατηρείται στον παράγοντα της αύξησης του παγκόσμιου πληθυσμού, το φαινόμενο θα είναι ιδιαίτερα έντονο σε αναπτυσσόμενες χώρες. Το εν λόγω φαινόμενο, σε συνδυασμό με την οικονομική ανάπτυξη, θα αποτελέσει κύριο παράγοντα που θα επηρεάσει τις απαιτήσεις σε τρόφιμα και ως εκ τούτου την επισιτιστική ασφάλεια. Ως εκ τούτου, η αγροτική παραγωγή θα πρέπει να αυξηθεί, ενώ ιδιαίτερα στις αναπτυσσόμενες χώρες θα πρέπει να φθάσει ακόμα και σε επίπεδα διπλασιασμού (Maggio, Van Criekinge and Malingreau, 2015).

1.3.3 Αλλαγές στις διατροφικές συνήθειες

Οι διατροφικές αλλαγές, που σχετίζονται με την αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού, το φαινόμενο της ταχείας αστικοποίησης και την οικονομική ανάπτυξη, θα έχουν σημαντικές επιπτώσεις στο παγκόσμιο σύστημα τροφίμων (Maggio, Van Criekinge and Malingreau, 2015). Οι αλλαγές στις καταναλωτικές συνήθειες, σε παγκόσμια κλίμακα, που επηρεάζονται άμεσα από τη διαδεδομένη δυτική διατροφή, έχουν οδηγήσει, πρωταρχικά, σε αυξημένη κατανάλωση κρέατος, αυγών, γαλακτοκομικών προϊόντων, φρούτων και λαχανικών, γεγονός που εγκυμονεί σοβαρές περιβαλλοντικές επιπτώσεις και ζητήματα βιωσιμότητας της επισιτιστικής ασφάλειας (Fróna, 2020).

Η παραγωγή ορισμένων προϊόντων τροφίμων, όπως το κρέας, θα απαιτήσει περισσότερους πόρους, σε σύγκριση με τις βασικές καλλιέργειες, όπως το σιτάρι, ο αραβόσιτος και το ρύζι. Το φαινόμενο της στροφής προς πηγές τροφίμων ζωικής προέλευσης και η ταχέως αυξανόμενη απαίτηση σε κρέας, έχει προβλεφθεί ότι θα

ανυψωθεί, μέχρι το έτος 2050, τόσο στις χώρες υψηλού εισοδήματος, από τα 37 κιλά ανά άτομο το έτος, σε 52 κιλά ανά άτομο το έτος, όσο και στις χώρες χαμηλού εισοδήματος, από 26 κιλά ανά άτομο το έτος, σε 44 κιλά ανά άτομο το έτος (Maggio, Van Criekinge and Malingreau, 2015). Η αύξηση αυτή αποδίδεται, σε μεγάλο ποσοστό, στην κατανάλωση πουλερικών, καθώς, λόγω των μεταβολών στις διατροφικές συνήθειες, ένα αυξημένο ποσοστό ανθρώπων καταναλώνει κοτόπουλο, ιδιαίτερα λόγω του γεγονότος ότι μπορεί να παραχθεί σχετικά γρήγορα, φθηνά και η κατανάλωσή του δεν περιορίζεται από κοινωνικοπολιτισμικούς παράγοντες. Ωστόσο, η εν λόγω τάση εγκυμονεί περιβαλλοντικές επιπτώσεις που εντείνουν το φαινόμενο της κλιματικής κρίσης (Fróna, 2020).

Οι μελλοντικές καταναλωτικές συνήθειες, που επηρεάζονται θεμελιωδώς από κοινωνικοοικονομικές πτυχές της ανάπτυξης, επηρεάζουν την απαίτηση σε αγροτικές εκτάσεις γης. Ως εκ τούτου, παρατηρείται το φαινόμενο του ανταγωνισμού για τη χρήση γης, αναφορικά με τις καλλιέργειες τροφίμων, τις καλλιέργειες κτηνοτροφικών φυτών για ζωοτροφές και τις ενεργειακές καλλιέργειες. Τα μοτίβα της κατανάλωσης τροφίμων διαρκώς μεταβάλλονται προς προϊόντα υψηλότερης προστιθέμενης αξίας, όπως προϊόντα ζωικής προέλευσης και γαλακτοκομικά προϊόντα, η παραγωγή των οποίων θα αυξήσει σημαντικά την ανάγκη για καλλιέργειες κτηνοτροφικών φυτών (Fróna, 2020). Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η κατανάλωση γαλακτοκομικών προϊόντων στις αναπτυσσόμενες χώρες, για την οποία υπάρχει πρόβλεψη αύξησης κατά 70% μεταξύ των ετών 2000 και 2050. Έτσι, ένα αυξανόμενο ποσοστό δημητριακών και ελαιούχων σπόρων θα χρησιμοποιείται για τη διατροφή των ζώων και η γεωργική παραγωγή θα πρέπει να αυξηθεί, ακόμα και σε επίπεδα διπλασιασμού, εάν ληφθεί υπόψη το γεγονός ότι απαιτούνται περίπου 8 κιλά σιτηρών για την παραγωγή 1 κιλού κρέατος (Maggio, Van Criekinge and Malingreau, 2015).

Οι αλλαγές στις διατροφικές συνήθειες μπορεί να έχουν πιο σημαντικές επιπτώσεις, αναφορικά με τις χρήσεις γης, σε σχέση με την αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού. Αυτό αναδεικνύεται από το γεγονός της διαχρονικής μείωσης της παγκόσμιας κατά κεφαλήν καλλιεργήσιμης γης, αλλά και από το γεγονός ότι το 66% των αγροτικών εκτάσεων στην Ευρωπαϊκή Ένωση, χρησιμοποιείται για κτηνοτροφικούς σκοπούς. Σε παγκόσμια κλίμακα, το ποσοστό αυτό ανέρχεται στο 40%, ενώ αναμένεται να αυξηθεί περαιτέρω μέχρι το έτος 2050 (Fróna, 2020).

1.3.4 Βίαιες συγκρούσεις και κρίσεις στον τομέα της υγείας

Οι πιο κοινές επιπτώσεις των βίαιων συγκρούσεων, στις οποίες μπορεί να συμπεριλαμβάνονται εμφύλιες αναταραχές, πολιτικές κρίσεις, εσωτερική βία, διακρατικές συγκρούσεις και πόλεμοι, στην επισιτιστική ασφάλεια, είναι η καταστροφή των αγροτικών περιοχών, των συστημάτων άρδευσης των καλλιεργήσιμων εκτάσεων και των υποδομών. Παράλληλα, οι μετατοπίσεις πληθυσμών και η μαζική πείνα, ως αποτέλεσμα των βίαιων συγκρούσεων, έχουν αρνητικές και συχνά μακροπρόθεσμες επιπτώσεις στην επισιτιστική ασφάλεια των πληγέντων πληθυσμών. Η χρόνια επισιτιστική ανασφάλεια μπορεί, με τη σειρά της, να αποτελέσει καθοριστικό παράγοντα για την παράταση ή και εντατικοποίηση των βίαιων συγκρούσεων, υποκινώντας έτσι έναν φαύλο κύκλο, που χαρακτηρίζεται από βία και πείνα (Kemmerling, Schetter and Wirkus, 2022).

Το έτος 2020, περισσότεροι από 99 εκατομμύρια άνθρωποι σε 23 χώρες, επηρεάστηκαν από προβλήματα επισιτιστικής κρίσης, ως αποτέλεσμα βίαιων συγκρούσεων. Οι κύριοι τρόποι με τους οποίους τέτοιου είδους συγκρούσεις επηρεάζουν αρνητικά την επισιτιστική ασφάλεια, είναι οι καταστροφές, οι μετατοπίσεις πληθυσμών, ο έλεγχος των παραγωγικών περιοχών και μέσων, καθώς και η χρήση της κατάστασης της πείνας για τους σκοπούς του πολέμου (Kemmerling, Schetter and Wirkus, 2022).

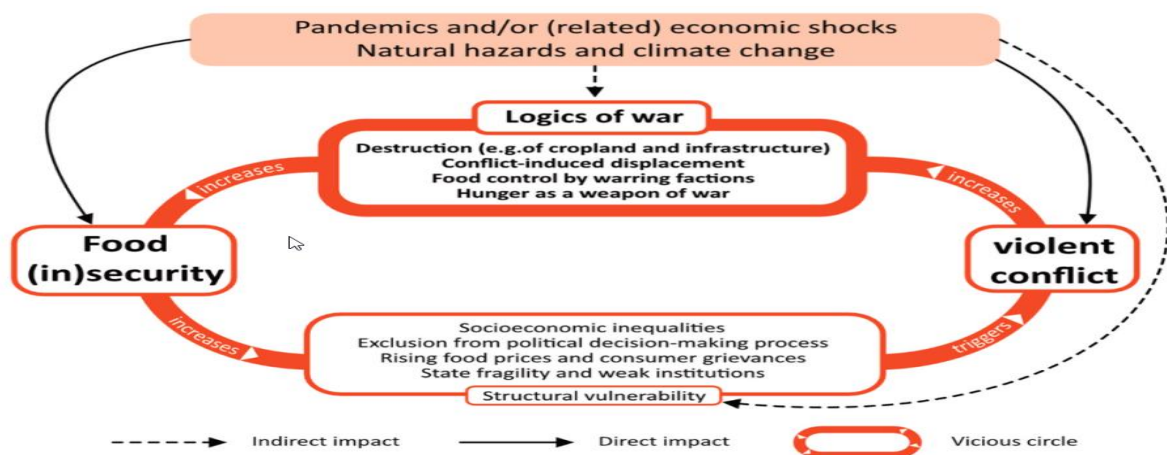
Η καταστροφή ή η ρύπανση των αγροτικών περιοχών, καθώς και η κατεδάφιση των υποδομών, όπως τα συστήματα άρδευσης, τα μηχανήματα, οι δρόμοι, οι γέφυρες, οι αποθηκευτικοί χώροι τροφίμων και τα κτίρια, οδηγούν σε μεγάλες απώλειες αγροτικής παραγωγής, αλλά πολλές φορές και στην εγκατάλειψη των παραγωγικών περιοχών. Η έλλειψη πρόσβασης σε σπόρους, λιπάσματα και άλλες γεωργικές εισροές, δηλαδή σε οτιδήποτε απαιτείται για τις καλλιέργειες, που δεν είναι φυσικά διαθέσιμο, η απώλεια οικονομικών πόρων, η αβεβαιότητα πρόσβασης σε αγοραστές και αγορές, καθώς και οι μετατοπίσεις ή οι δολοφονίες των πληθυσμών, εντείνουν σε μεγάλο βαθμό το πρόβλημα της επισιτιστικής ανασφάλειας στις περιοχές αυτές (Kemmerling, Schetter and Wirkus, 2022).

Όταν υπάρχουν βίαιες συγκρούσεις, οι πολίτες συχνά στερούνται τις πηγές εισοδημάτων τους και ωθούνται προς οξεία επισιτιστική ανασφάλεια. Τα συστήματα τροφίμων και οι αγορές διαταράσσονται, με αποτέλεσμα την αύξηση των τιμών των τροφίμων, οδηγώντας πολλές φορές σε ανεπαρκή πρόσβαση σε τρόφιμα, νερό και καύσιμα. Οι συγκρούσεις

εμποδίζουν τη λειτουργία των επιχειρήσεων και αποδυναμώνουν την εθνική οικονομία, περιορίζοντας τις ευκαιρίες για εργασία, αυξάνοντας τα επίπεδα φτώχειας, ενώ παράλληλα οι κρατικές δαπάνες προσανατολίζονται προς τις πολεμικές προσπάθειες. (FSIN, 2020).

Οι μετατοπίσεις των πληθυσμών, λόγω των βίαιων συγκρούσεων, όχι μόνο οδηγούν σε κατάρρευση της αγροτικής παραγωγής, αλλά διαταράσσουν ή εμποδίζουν τις τοπικές και περιφερειακές εφοδιαστικές αλυσίδες, αυξάνοντας τις τιμές των τροφίμων στις τοπικές αγορές (Kemmerling, Schetter and Wirkus, 2022). Οι μετατοπισμένοι πληθυσμοί εγκαταλείπουν τα μέσα βιοπορισμού τους, ως παραγωγοί τροφίμων, με αποτέλεσμα να είναι εκτεθειμένοι στην επισιτιστική ανασφάλεια. Η εγκατάσταση των πληθυσμών αυτών στις νέες περιοχές, συχνά συνεπάγεται περιορισμένη πρόσβαση σε βασικές υπηρεσίες και αδυναμία κάλυψης των διατροφικών τους αναγκών (FSIN, 2020). Παράλληλα, επηρεάζεται αρνητικά και η επισιτιστική ασφάλεια των περιοχών υποδοχής των εν λόγω πληθυσμών (Kemmerling, Schetter and Wirkus, 2022).

Ο έλεγχος των περιοχών παραγωγής και η χρήση της κατάστασης της πείνας για τους σκοπούς της σύγκρουσης, επηρεάζουν άμεσα την επισιτιστική ασφάλεια των πληθυσμών. Παράλληλα, πολλές φορές παρατηρείται και το φαινόμενο της παρεμπόδισης της ανθρωπιστικής βοήθειας. Οι φυσικές καταστροφές επηρεάζουν σε πολύ μεγαλύτερο βαθμό τους ανθρώπους, σε περίοδο πολέμου, δυσχεραίνοντας την πρόσβαση σε τρόφιμα. Ως εκ τούτου, η επισιτιστική ανασφάλεια δεν αποτελεί απλά ένα υποπροϊόν του πολέμου, αλλά βρίσκεται στο επίκεντρο αυτού (Kemmerling, Schetter and Wirkus, 2022). Η αλληλεπίδραση μεταξύ των παραγόντων αυτών αποτυπώνεται στο διάγραμμα 1.3.



Διάγραμμα 1.3 Οι βίαιες συγκρούσεις ως παράγοντας κινδύνου για την επισιτιστική ασφάλεια (Kemmerling, Schetter and Wirkus, 2022)

Οι κρίσεις στον τομέα της υγείας αποτελούν, επίσης, σημαντικό παράγοντα που επιδρά στην επισιτιστική ασφάλεια, με χαρακτηριστικό παράδειγμα τις εξάρσεις ασθενειών, που δύνανται να προκαλούν επιδημίες και πανδημίες. Οι τελευταίες, επηρεάζουν την ικανότητα των ανθρώπων να εκτελούν τις δραστηριότητές τους, που μπορεί να σχετίζονται άμεσα με τον βιοπορισμό τους, ενώ σε περίπτωση ευρείας μετάδοσης, δύνανται να επηρεάζουν τις αγορές και τις εφοδιαστικές αλυσίδες (FSIN, 2020).

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα, που αναδεικνύει την επίδραση τέτοιων κρίσεων στην επισιτιστική ασφάλεια, αποτελεί η πανδημία COVID-19, καθώς από τις αρχές του έτους 2020, σχετίζεται με αρκετούς περιορισμούς για την προστασία της Δημόσιας Υγείας, σε παγκόσμια κλίμακα, που περιλαμβάνουν φυσική και κοινωνική απόσταση, περιορισμούς ταξιδιών και κλείσιμο των μη βασικών υπηρεσιών. Τέτοιου είδους περιορισμοί αποτέλεσαν σημαντικό παράγοντα για την επιβράδυνση του ρυθμού μετάδοσης της νόσου, μειώνοντας τη θνησιμότητα. Ωστόσο, έχουν επηρεάσει αρνητικά όλες τις διαστάσεις της επισιτιστικής ασφάλειας (Kent et al., 2022).

Σε μία περίοδο υγειονομικής κρίσης, συχνά παρατηρείται το φαινόμενο σοβαρών ελλείψεων σε τρόφιμα, ως αποτέλεσμα του πανικού, που οδηγεί σε αγορά υπερβολικών ποσοτήτων τροφίμων, αλλά και ζητημάτων τεχνικών και μεταφοράς των τροφίμων, σε όλο το μήκος της αλυσίδας παροχής αυτών, γεγονός που δύναται να έχει επιπτώσεις στην επισιτιστική ασφάλεια νοικοκυριών και κοινοτήτων. Το ζήτημα αυτό της διαθεσιμότητας των τροφίμων, μπορεί να είναι ιδιαίτερα σοβαρό σε αγροτικές περιοχές, όπου υπάρχουν λιγότερες επιλογές σχετικά με την πρόσβαση και αγορά των τροφίμων (Kent et al., 2022).

Η αύξηση της ανεργίας, η απώλεια πηγών εισοδήματος και η έλλειψη επαρκών οικονομικών πόρων, που εντείνονται από τα περιοριστικά μέτρα, απειλούν την οικονομική πρόσβαση των πολιτών σε επαρκή τρόφιμα. Αντίστοιχα, προστατευτικές πολιτικές, όπως η απαγόρευση των εξαγωγών, προκαλούν αύξηση των τιμών των τροφίμων, ενώ οι χώρες που βασίζονται σε μεγάλο βαθμό στις εισαγωγές τροφίμων, για να καλύψουν τις απαιτήσεις των πληθυσμών τους σε τρόφιμα, δύνανται να αντιμετωπίζουν σοβαρό πρόβλημα επισιτιστικής κρίσης. Η επισιτιστική ανασφάλεια των αγροτικών πληθυσμών, των μεταναστών και προσφύγων, καθώς και των νοικοκυριών που αντιμετωπίζουν ζητήματα έλλειψης οικονομικών πόρων, εντείνεται και εγκυμονεί άμεσους κινδύνους για την υγεία των εν λόγω ευάλωτων πληθυσμιακών ομάδων (FSIN, 2020).

1.3.5 Οικονομικές πιέσεις, ενέργεια και τιμές τροφίμων

Κατά το παρελθόν, η παγκόσμια παραγωγή των βασικών τροφίμων έχει χαρακτηριστεί από την τάση να αυξάνεται γρηγορότερα, σε σχέση με την κατανάλωση, με αποτέλεσμα τη μείωση των τιμών των τροφίμων. Παρ' όλα αυτά, αυτή η τάση έχει γίνει πιο αργή, λόγω των περιορισμών στην παραγωγή και της αύξησης του παγκόσμιου πληθυσμού, με συνεπακόλουθη αύξηση στις απαιτήσεις σε τρόφιμα, που επιδεινώνεται από τις αλλαγές στις διατροφικές συνήθειες (EASAC, 2017).

Οι οικονομικές πιέσεις μπορούν να επηρεάσουν την επισιτιστική ασφάλεια σε επίπεδο νοικοκυριού ή ατόμου, μέσω ποικίλων τρόπων. Οι μακροοικονομικές πιέσεις, που χαρακτηρίζονται από υψηλό πληθωρισμό, σημαντική υποτίμηση του νομίσματος, υψηλά ποσοστά ανεργίας, απώλεια εισοδήματος και αρνητικές επιπτώσεις στις εισαγωγές και εξαγωγές των τροφίμων, τείνουν να συμπίπτουν με την επισιτιστική ανασφάλεια. Οι αυξήσεις στις τιμές των βασικών σιτηρών, του πετρελαίου και των γεωργικών εισροών, μπορούν να επηρεάσουν τη διαθεσιμότητα των τροφίμων, τις τιμές των τροφίμων και τα εισοδήματα. Οι μικροοικονομικές πιέσεις, που χαρακτηρίζονται από αύξηση στις τιμές των τροφίμων, έλλειψη πηγών εισοδήματος και μείωση της αγοραστικής δύναμης, επηρεάζουν την επισιτιστική ασφάλεια, ιδιαίτερα σε επίπεδο νοικοκυριού (FSIN, 2020).

Οι αλλαγές στις τιμές των τροφίμων επηρεάζουν άμεσα την ποσότητα και την ποιότητα των τροφίμων, τα οποία είναι διαθέσιμα στους πληθυσμούς. Σε αναπτυσσόμενες χώρες, όπου μεγάλο μέρος του εισοδήματος των νοικοκυριών χρησιμοποιείται για την αγορά τροφίμων, ακόμα και μικρές αλλαγές στις τιμές αυτών, αποτελούν ιδιαίτερα κρίσιμο παράγοντα για την επισιτιστική ασφάλεια. Το ίδιο συμβαίνει και με τα νοικοκυριά ανεπτυγμένων χωρών, που αντιμετωπίζουν ζητήματα ανεπαρκούς πρόσβασης σε οικονομικούς πόρους (Fróna, 2020). Οι επιπτώσεις των αλλαγών στις τιμές των τροφίμων για την επισιτιστική ασφάλεια είναι περίπλοκες και ετερογενείς ανάμεσα στις διάφορες περιοχές και τα νοικοκυριά (Maggio, Van Criekinge and Malingreau, 2015).

Οι αλλαγές στις τιμές του πετρελαίου και γενικότερα στις τιμές της ενέργειας, μπορεί να αποτελέσουν κρίσιμο παράγοντα για τις τιμές άλλων προϊόντων, όπως λιπασμάτων, μηχανημάτων και εντομοκτόνων. Καταρχάς, οι υψηλές τιμές πετρελαίου αυξάνουν την απαίτηση σε εναλλακτικές πηγές ενέργειας, με χαρακτηριστικό παράδειγμα τα βιοκαύσιμα. Οι αλλαγές αυτές, με τη σειρά τους, αυξάνουν την απαίτηση σε πρώτες ύλες,

που μπορούν να μεταβάλλουν την κατανομή μεταξύ τροφίμων, ζωοτροφών και καυσίμων, με χαρακτηριστικό παράδειγμα την ανακατεύθυνση των καλλιεργειών, όπως ο αραβόσιτος και οι ελαιούχοι σπόροι, από τον τομέα των τροφίμων, στην αλυσίδα παραγωγής βιοκαυσίμων (Maggio, Van Criekinge and Malingreau, 2015). Παράλληλα, οι υψηλότερες τιμές πετρελαίου οδηγούν σε υψηλότερα κόστη παραγωγής, που μειώνουν τη σταθερότητα της παροχής τροφίμων μακροπρόθεσμα (Fróna, 2020). Ο αγροτικός τομέας και το σύστημα τροφίμων ευθύνονται περίπου για το 30% της κατανάλωσης ενέργειας, καθώς περιλαμβάνουν ιδιαίτερα ενεργοβόρους τομείς (EASAC, 2017).

1.3.6 Πιέσεις στους φυσικούς πόρους

Οι προτεραιότητες που τίθενται για την αύξηση της παραγωγής σε όλους τους τομείς πρέπει να λαμβάνουν υπόψη τις πιέσεις σε κρίσιμους πόρους, ιδιαίτερα του εδάφους, του νερού και της ενέργειας, υπό το πρίσμα της επίδρασης της κλιματικής κρίσης. Είναι γεγονός ότι η καλλιεργήσιμη έκταση έχει αυξηθεί περίπου κατά 8%, τα τελευταία 30 χρόνια, ενώ οι εκτιμήσεις υποδεικνύουν ότι το σύνολο της διαθέσιμης καλλιεργήσιμης έκτασης μπορεί να επεκταθεί, μόνο κατά 4,3%, μέχρι το έτος 2050 (Maggio, Van Criekinge and Malingreau, 2015).

Το φαινόμενο της αστικοποίησης, το ανεπαρκές έδαφος και οι πρακτικές διαχείρισης του νερού, που οδηγούν σε απώλεια της γονιμότητας και σε φαινόμενα αλάτωσης και διάβρωσης, αποτελούν κύριους παράγοντες υποβάθμισης του εδάφους. Υπολογίζεται ότι κάθε χρόνο χάνονται περίπου 100 εκατομμύρια στρέμματα καλλιεργήσιμες έκτασης, λόγω της διάβρωσης του εδάφους, ενώ παράλληλα, άλλα 100 εκατομμύρια στρέμματα εγκαταλείπονται, λόγω των φαινομένων αλάτωσης και αλκαλοποίησης (Maggio, Van Criekinge and Malingreau, 2015).

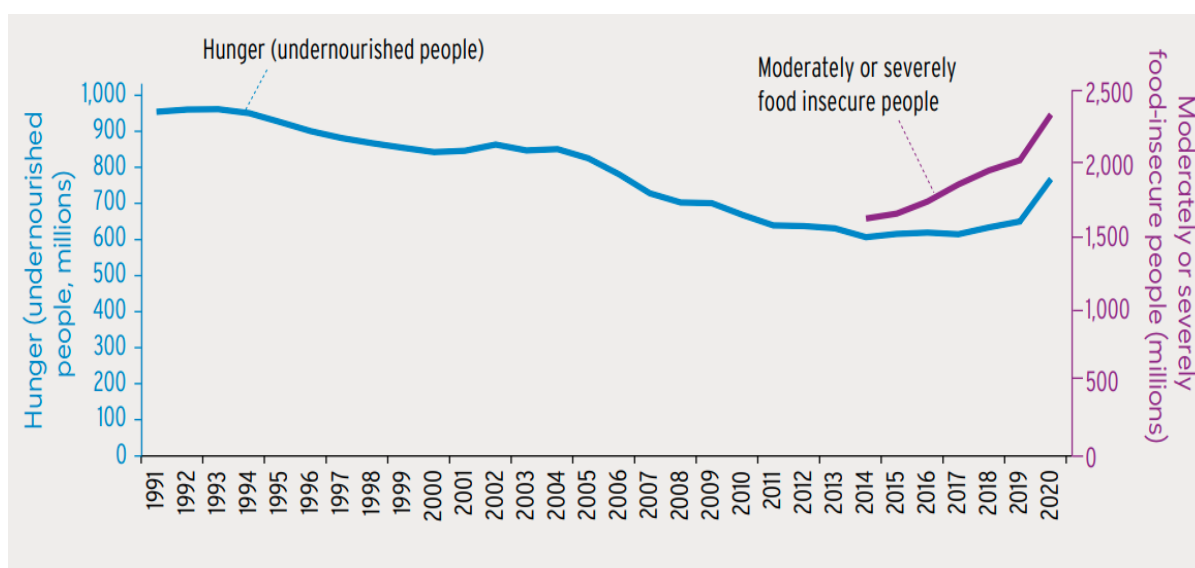
Η αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού, η αστικοποίηση και η κοινωνικοοικονομική ανάπτυξη προβλέπεται ότι θα αυξήσουν την απαίτηση σε υδατικούς πόρους και θα συμβάλλουν στη σημαντική αύξηση των ανθρώπων που αντιμετωπίζουν προβλήματα που σχετίζονται με τη λειψυδρία. Στον τομέα της γεωργίας, που καταλαμβάνει περίπου το 40% της έκτασης της γης και το 70% της παγκόσμιας χρήσης των πόρων γλυκού νερού, οι απαιτήσεις σε νερό άρδευσης θα αυξηθούν κατά 100%, μέχρι το έτος 2025 (EASAC, 2017).

1.3.7 Κλιματική κρίση

Οι παράγοντες της κλιματικής κρίσης, που οδηγούν σταδιακά στην κλιματική αλλαγή, επηρεάζουν όλες τις διαστάσεις της επισιτιστικής ασφάλειας, άμεσα και έμμεσα. Οι εν λόγω παράγοντες, αλλά και οι επιπτώσεις τους στην επισιτιστική ασφάλεια, που αναλύονται στα επόμενα κεφάλαια, αλληλεπιδρούν με όλους τους ανωτέρω παράγοντες κινδύνου, με αποτέλεσμα να εγκυμονούν σύνθετους κινδύνους για την επισιτιστική ασφάλεια και τη Δημόσια Υγεία γενικότερα (Maggio, Van Crieking and Malingreau, 2015). Η κλιματική κρίση και τα συστήματα τροφίμων είναι αλληλένδετα, καθώς επηρεάζουν το ένα το άλλο, είτε αρνητικά, είτε θετικά (Tumwesigye, 2019).

1.4 Η κατάσταση της επισιτιστικής ασφάλειας

Η έννοια της επισιτιστικής ασφάλειας υπήρξε κεντρική στη συζήτηση και τον καθορισμό των στόχων της βιώσιμης ανάπτυξης (Sustainable Development Goals – SDGs). Πιο συγκεκριμένα, το έτος 2015 ο Οργανισμός Ηνωμένων Εθνών χαρακτήρισε «το τέλος της πείνας, την επίτευξη επισιτιστικής ασφάλειας και βελτιωμένης διατροφής και την προώθηση της βιώσιμης γεωργίας», ως τον δεύτερο στόχο (SDG 2), μεταξύ των 17 στόχων της βιώσιμης ανάπτυξης, για το έτος 2030, δίνοντας ιδιαίτερη έμφαση στην επισιτιστική ασφάλεια. Παρ' όλα αυτά, ο παγκόσμιος υποσιτισμένος πληθυσμός αυξάνεται σταδιακά, σύμφωνα με το γράφημα 1.2, ενώ η επίδραση ποικίλων παραγόντων, συμπεριλαμβανομένης της κλιματικής κρίσης, καθιστά ιδιαίτερα δύσκολη και περίπλοκη την επίτευξη του στόχο, μέχρι το έτος 2030 (United Nations, 2022b).



Γράφημα 1.2 Διαχρονική εξέλιξη της επικράτησης του υποσιτισμού και της μέτριας ή σοβαρής επισιτιστικής ανασφάλειας, σε παγκόσμια κλίμακα (Ghorai and Tariq, 2022)

1.4.1 Επισιτιστική ανασφάλεια σε παγκόσμια κλίμακα

Από το τέλος του 20^{ου} αιώνα, μέχρι και το έτος 2015, καταγράφηκε μία διαχρονική τάση προοδευτικής μείωσης της επισιτιστικής ανασφάλειας, σε παγκόσμια κλίμακα. Παρ' όλα αυτά, ο πληθυσμός που πλήττεται από την πείνα αυξήθηκε, από 607 εκατομμύρια ανθρώπους το έτος 2014, σε 768 εκατομμύρια ανθρώπους το έτος 2020, σύμφωνα με το γράφημα 1.2 (Ghorai and Taria, 2022). Για το έτος 2021 εκτιμάται ότι μεταξύ 702 και 828 εκατομμύρια άνθρωποι, σε παγκόσμια κλίμακα, αντιμετώπισαν την κατάσταση της πείνας, ποσοστό που αντιστοιχεί στο 8,9% και 10,5% του παγκόσμιου πληθυσμού, αντίστοιχα (FAO et al., 2022).

Σύμφωνα με τον πίνακα 1.1, καταγράφηκε διαχρονική αύξηση του δείκτη επικράτησης του υποσιτισμού (SDG Indicator 2.1.1), σε παγκόσμια κλίμακα, από το 8% το έτος 2019, στο 9,3% το έτος 2020, ενώ το έτος 2021 έφθασε το 9,8%. Η κατάσταση της πείνας επηρέασε περίπου 46 εκατομμύρια περισσότερους ανθρώπους το έτος 2021, σε σχέση με το έτος 2020 και συνολικά 150 εκατομμύρια περισσότερους ανθρώπους, σε σχέση με το 2019, δηλαδή από την περίοδο πριν την έξαρση της πανδημίας COVID-19 (FAO et al., 2022).

Περίπου ένας στους δέκα ανθρώπους, σε παγκόσμια κλίμακα, υποφέρει από την κατάσταση της πείνας (United Nations, 2022b). Αν και η πανδημία COVID-19 αποτελεί παράγοντα που ευθύνεται, σε μεγάλο βαθμό, για το μεγαλύτερο μέρος της εν λόγω αύξησης, η αυξητική τάση είχε καταγραφεί πριν από την έξαρση της πανδημίας, καθώς από το έτος 2015 έως το έτος 2019, περίπου 43 εκατομμύρια περισσότεροι άνθρωποι πλήττονταν από την κατάσταση της πείνας, σύμφωνα με το γράφημα 1.2 (Ghorai and Taria, 2022).

Όλοι οι δείκτες που αφορούν την επισιτιστική ασφάλεια παρουσιάζουν έντονες χωρικές ανισότητες, με την Αφρική να αποτελεί την ήπειρο που αντιμετωπίζει τα μεγαλύτερα προβλήματα επισιτιστικής ανασφάλειας. Πιο συγκεκριμένα, σύμφωνα με τον πίνακα 1.1, ένας στους πέντε ανθρώπους στην Αφρική, δηλαδή το 20,2% του πληθυσμού της, αντιμετώπισε το πρόβλημα της κατάστασης της πείνας, το έτος 2021, σε σχέση με το 9,1% της Ασίας, το 8,6% της Λατινικής Αμερικής και Καραϊβικής, το 5,8% της Ωκεανίας και το λιγότερο από 2,5% της Βόρειας Αμερικής και της Ευρώπης.

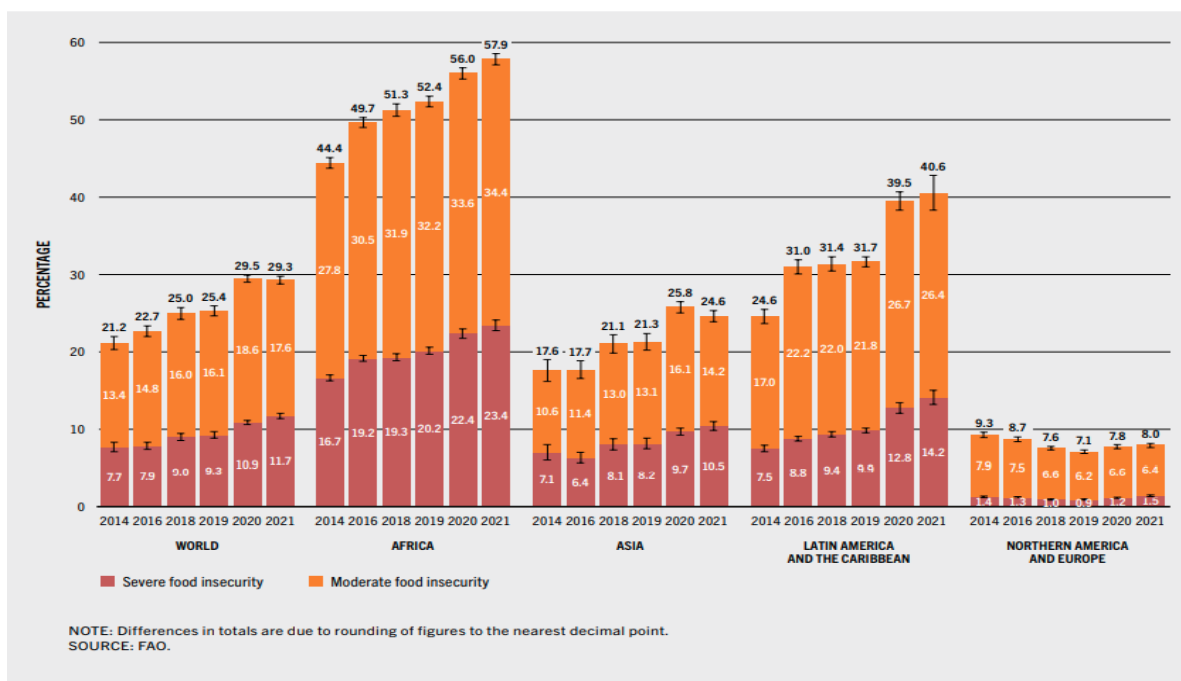
Πίνακας 1.1 Διαχρονική εξέλιξη της επικράτησης του υποσιτισμού, ανά περιοχή (FAO et al., 2022)

Αριθμός υποσιτισμένων ανθρώπων σε εκατομμύρια (επικράτηση του υποσιτισμού %)									
	2005	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Παγκόσμια Κλίμακα	805,5 (12,3%)	601,3 (8,6%)	588,6 (8%)	585,1 (7,8%)	573,3 (7,6%)	590,6 (7,7%)	618,4 (8%)	721,7 (9,3%)	767,9 (9,8%)
Αφρική	189,9 (20,7%)	171,0 (16,5%)	187,4 (15,8%)	198,0 (16,3%)	203,5 (16,4%)	216,8 (17,0%)	227,5 (17,4%)	262,8 (19,6%)	278,0 (20,2%)
Ασία	552,5 (13,9%)	381,5 (9,1%)	356,4 (8%)	336,2 (7,5%)	320,8 (7,1%)	323,1 (7,1%)	339,9 (7,4%)	398,2 (8,6%)	424,5 (9,1%)
Λατινική Αμερική και Καραϊβική	51,7 (9,3%)	39,1 (6,6%)	35,9 (5,8%)	42,5 (6,7%)	40,7 (6,4%)	42,5 (6,6%)	43,3 (6,7%)	52,3 (8%)	56,5 (8,6%)
Ωκεανία	(6,8%)	(6,2%)	(5,7%)	(5,8%)	(5,8%)	(5,7%)	(5,6%)	(5,4%)	(5,8%)
Β. Αμερική και Ευρώπη	(<2,5%)	(<2,5%)	(<2,5%)	(<2,5%)	(<2,5%)	(<2,5%)	(<2,5%)	(<2,5%)	(<2,5%)

Σύμφωνα με το γράφημα 1.3, ο δείκτης που αφορά την επικράτηση της μέτριας ή σοβαρής επισιτιστικής ανασφάλειας στους πληθυσμούς (SDG Indicator 2.1.2), υποδεικνύει ότι ο αριθμός των μέτρια ή σοβαρά επισιτιστικά ανασφαλών ανθρώπων αυξήθηκε κατά 400 εκατομμύρια ανθρώπους, κατά τα έτη 2015-2019 και κατά 320 εκατομμύρια ανθρώπους, το έτος 2020. Το έτος 2021, περίπου 2,3 δισεκατομμύρια άνθρωποι, δηλαδή περίπου το 29,3% του παγκόσμιου πληθυσμού, αντιμετώπισαν προβλήματα μέτριας ή σοβαρής επισιτιστικής ανασφάλειας, δηλαδή δεν είχαν πρόσβαση σε επαρκή τρόφιμα. Περίπου 923 εκατομμύρια άνθρωποι, δηλαδή το 11,7% του παγκόσμιου πληθυσμού, αντιμετώπισαν την κατάσταση της σοβαρής επισιτιστικής ανασφάλειας, δηλαδή προβλήματα έλλειψης τροφίμων και πείνας, ενώ στις πιο ακραίες περιπτώσεις, πέρασαν μέρες χωρίς κατανάλωση τροφίμων. (FAO et al., 2022).

Σύμφωνα με το ίδιο γράφημα, το 57,9% του πληθυσμού της Αφρικής αντιμετώπισε προβλήματα μέτριας ή σοβαρής επισιτιστικής ανασφάλειας, το έτος 2021, σε σχέση με το 40,6% της Λατινικής Αμερικής και Καραϊβικής, το 24,6% της Ασίας και το 8% της Βόρειας Αμερικής και Ευρώπης. Από τα 2,3 δισεκατομμύρια ανθρώπους που αντιμετώπισαν τέτοια

προβλήματα επισιτιστικής ανασφάλειας, τα 1,15 δισεκατομμύρια, δηλαδή περίπου οι μισοί, αφορούσαν πληθυσμούς της Ασίας, τα 795 εκατομμύρια πληθυσμούς της Αφρικής, τα 268 εκατομμύρια πληθυσμούς της Λατινικής Αμερικής και Καραϊβικής και τα 89 εκατομμύρια πληθυσμούς της Βόρειας Αμερικής και της Ευρώπης (FAO et al., 2022).



Γράφημα 1.3 Διαχρονική εξέλιξη της επικράτησης της μέτριας και σοβαρής επισιτιστικής ανασφάλειας, ανά περιοχή (FAO et al., 2022)

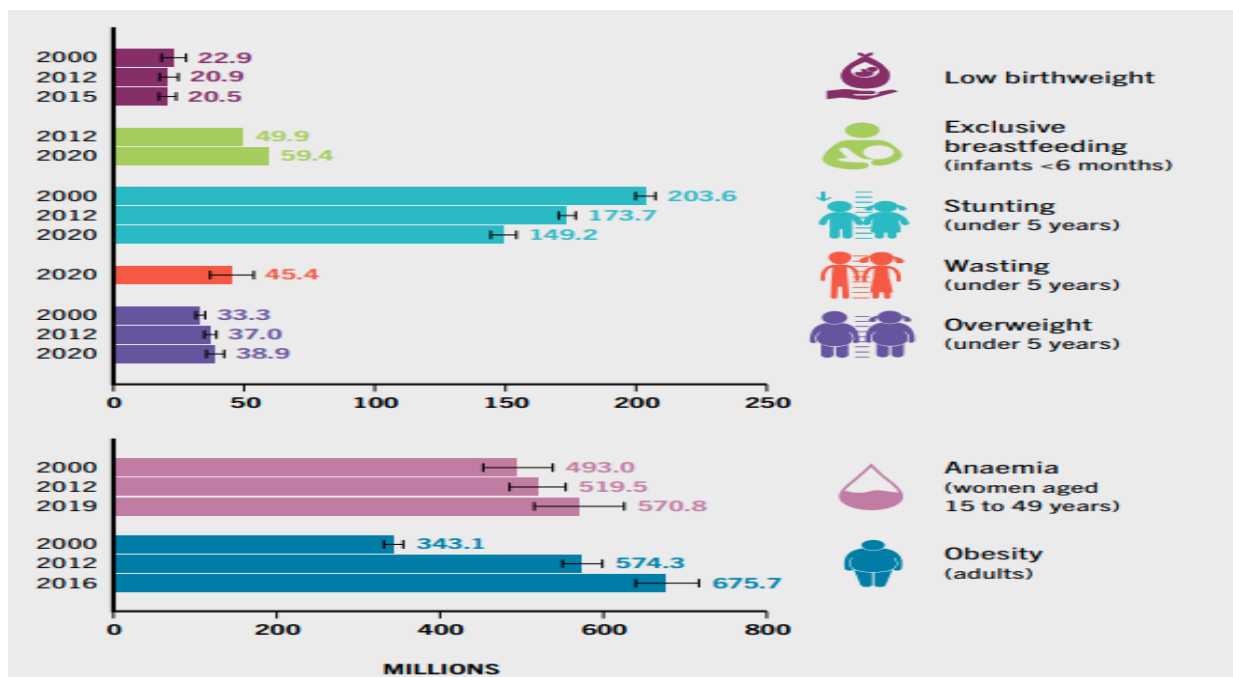
Ο αριθμός των ανθρώπων που δεν έχουν οικονομική πρόσβαση σε υγιεινή διατροφή, σε παγκόσμια κλίμακα, αυξήθηκε από τα 112 εκατομμύρια ανθρώπους, σε περίπου 3,1 δισεκατομμύρια ανθρώπους, αντανακλώντας τις επιπτώσεις των αυξήσεων στις τιμές των τροφίμων, αλλά και άλλων κοινωνικοοικονομικών παραγόντων (FAO et al., 2022). Η αύξηση των τιμών των τροφίμων, το έτος 2020, επηρέασε περίπου το 47% των χωρών, σε παγκόσμια κλίμακα, ενώ ένας στους τρεις ανθρώπους αντιμετωπίζει προβλήματα τακτικής πρόσβασης σε επαρκή τρόφιμα (United Nations, 2022b).

Η πανδημία COVID-19 έκανε περισσότερο αισθητές τις αδυναμίες στα παγκόσμια αγροδιατροφικά συστήματα, καθώς και τις ανισότητες στις κοινωνίες, με αποτέλεσμα την αύξηση της παγκόσμιας πείνας και της σοβαρής επισιτιστικής ανασφάλειας. Αν και η αύξηση της επισιτιστικής ανασφάλειας αποδίδεται σε πολλαπλούς παράγοντες, η αύξηση που αφορά την περίοδο πριν από την πανδημία COVID-19, συνδέεται άμεσα με

κοινωνικούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες, ενώ η κλιματική κρίση διαδραματίζει έναν ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο στο εν λόγω φαινόμενο (Ghorai and Tariq, 2022).

Οι προβλέψεις υποδεικνύουν ότι περίπου 670 εκατομμύρια άνθρωποι, σε παγκόσμια κλίμακα, δηλαδή περίπου το 8% του παγκόσμιου πληθυσμού, θα συνεχίσουν να αντιμετωπίζουν την κατάσταση της πείνας, μέχρι το έτος 2030, με αποτέλεσμα να μην επιτευχθεί ο δεύτερος στόχος της βιώσιμης ανάπτυξης (FAO et al., 2022).

Η διατροφή αποτελεί κεντρικό ζήτημα των στόχων της βιώσιμης ανάπτυξης και αναπόσπαστο κομμάτι της επισιτιστικής ασφάλειας. Σύμφωνα με το γράφημα 1.4, σε παγκόσμια κλίμακα, το έτος 2020, ανάμεσα στα παιδιά κάτω των πέντε ετών, υπήρχαν περίπου 149 εκατομμύρια, δηλαδή το 22% του αντίστοιχου πληθυσμού, που βρίσκονταν σε κατάσταση καθυστερημένης ανάπτυξης, 45 εκατομμύρια, δηλαδή το 6,7% του αντίστοιχου πληθυσμού, που είχαν πολύ χαμηλότερο βάρος σε σχέση με το ύψος τους, ενώ παράλληλα, 39 εκατομμύρια παιδιά, δηλαδή το 5,7% του αντίστοιχου πληθυσμού, ήταν υπέρβαρα. Αν και διαχρονικά σημειώθηκε μείωση των παιδιών που βρίσκονται σε κατάσταση καθυστερημένης ανάπτυξης, επιδεινώθηκε το πρόβλημα της παιδικής παχυσαρκίας. Το ποσοστό της παχυσαρκίας των ενηλίκων βρίσκεται σε συνεχή άνοδο, σε όλες τις περιοχές, το οποίο σχεδόν διπλασιάστηκε, από το 8,7% το έτος 2000, στο 13,1% το έτος 2016 (FAO et al., 2022).



Γράφημα 1.4 Διαχρονική εξέλιξη δεικτών της επισιτιστικής ασφάλειας που αφορούν τη διατροφή, σε παγκόσμια κλίμακα (FAO et al., 2022)

1.4.2 Επισιτιστική ανασφάλεια στην Ευρώπη

Η Ευρώπη αποτελεί μία από τις ηπείρους με τα καλύτερα επίπεδα επισιτιστικής ασφάλειας, σε σύγκριση με τις υπόλοιπες περιοχές. Ο δείκτης της επικράτησης του υποσιτισμού έχει παραμείνει σταθερά κάτω από το 2,5%, για σχεδόν δύο δεκαετίες, όπως φαίνεται στον πίνακα 1.2, με εξαίρεση ορισμένες περιοχές των Δυτικών Βαλκανίων, που παρουσιάζουν μικρές αυξήσεις κατά τα τελευταία χρόνια (FAO, 2021).

Πίνακας 1.2 Διαχρονική εξέλιξη της επικράτησης του υποσιτισμού στην Ευρώπη (FAO, 2021)

Αριθμός υποσιτισμένων ανθρώπων σε εκατομμύρια (επικράτηση του υποσιτισμού %)						
	2000	2010	2014	2015	2019	2020
Κοινοπολιτεία Ανεξάρτητων Κρατών (CIS Europe)*	9,7 (4,6%)	(<2,5%)	(<2,5%)	(<2,5%)	(<2,5%)	(<2,5%)
ΕΥ27 και Ηνωμένο Βασίλειο	(<2,5%)	(<2,5%)	(<2,5%)	(<2,5%)	(<2,5%)	(<2,5%)
Ευρωπαϊκή Ζώνη Ελεύθερων Συναλλαγών (ΕΦΤΑ)**	(<2,5%)	(<2,5%)	(<2,5%)	(<2,5%)	(<2,5%)	(<2,5%)
Δυτικά Βαλκάνια***	0,8 (4,0%)	0,5 (2,7%)	0,6 (3,6%)	0,6 (3,5%)	0,5 (2,7%)	0,6 (3,4%)

*Ουκρανία, Μολδαβία, Λευκορωσία, Ρωσία **Ισλανδία, Νορβηγία, Ελβετία
***Αλβανία, Σερβία, Βοσνία και Ερζεγοβίνη, Μαυροβούνιο

Αν και ο δείκτης επικράτησης του υποσιτισμού βρίσκεται σε καλά επίπεδα, υπάρχουν ακόμα σημαντικά ζητήματα που αφορούν την επισιτιστική ανασφάλεια, ως ευρύτερη έννοια, σε όλη την ευρωπαϊκή ήπειρο, με σημαντικές διακυμάνσεις στα επίπεδα επισιτιστικής ασφάλειας, στις διάφορες υποπεριοχές της. Πιο συγκεκριμένα, σύμφωνα με τον πίνακα 1.3, εντός των χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης και του Ηνωμένου Βασιλείου, υπολογίζεται ότι για το έτος 2020, υπήρχαν 32 εκατομμύρια άνθρωποι που αντιμετώπισαν προβλήματα μέτριας ή σοβαρής επισιτιστικής ανασφάλειας, δηλαδή το 6,2% του πληθυσμού των εν λόγω χωρών. Αντίστοιχα, στις Ευρωπαϊκές χώρες της Κοινοπολιτείας Ανεξάρτητων Κρατών, το ποσοστό αυτό αυξήθηκε σε 34,2 εκατομμύρια ανθρώπους, που αντιστοιχεί στο 16,8% του πληθυσμού των εν λόγω χωρών, ενώ για τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ζώνης Ελεύθερων Συναλλαγών, το ποσοστό βρισκόταν στο 2,2%. Στις χώρες των Δυτικών Βαλκανίων καταγράφεται το μεγαλύτερο ποσοστό, που αντιστοιχεί στο 17,6% του πληθυσμού των εν λόγω χωρών, δηλαδή 3,1 εκατομμύρια άνθρωποι. Για το έτος 2020, σημειώθηκε παράλληλη αύξηση και των ανθρώπων που αντιμετώπισαν

προβλήματα σοβαρής επισιτιστικής ανασφάλειας, με το υψηλότερο ποσοστό να αντιστοιχεί και πάλι στις χώρες των Δυτικών Βαλκανίων και συγκεκριμένα το 5,4% του πληθυσμού των εν λόγω χωρών (FAO, 2021).

Πίνακας 1.3 Διαχρονική εξέλιξη του αριθμού των ανθρώπων που αντιμετωπίζουν προβλήματα μέτριας ή σοβαρής επισιτιστικής ανασφάλειας στην Ευρώπη (FAO, 2021)

Αριθμός μέτρια ή σοβαρά επισιτιστικά ανασφαλών ανθρώπων σε εκατομμύρια (επικράτηση της επισιτιστικής ανασφάλειας %)						
	Μέτρια ή Σοβαρή Επισιτιστική Ανασφάλεια			Σοβαρή Επισιτιστική Ανασφάλεια		
	2014	2019	2020	2014	2019	2020
Κοινοπολιτεία Ανεξάρτητων Κρατών (CIS Europe)*	17,3 (8,5%)	24,0 (11,8%)	34,2 (16,8%)	1,5 (0,7%)	2,7 (1,3%)	4,7 (2,3%)
ΕΥ27 και Ηνωμένο Βασίλειο	44,1 (8,7%)	30,6 (6,0%)	32,0 (6,2%)	9,3 (1,8%)	5,4 (1,1%)	7,1 (1,4%)
Ευρωπαϊκή Ζώνη Ελεύθερων Συναλλαγών (ΕΦΤΑ)**	0,7 (5,1%)	0,4 (3,1%)	0,3 (2,2%)	0,2 (1,6%)	0,1 (0,7%)	0,1 (0,5%)
Δυτικά Βαλκάνια***	2,9 (16,2%)	2,6 (14,7%)	3,1 (17,6%)	0,5 (3,0%)	0,5 (2,8%)	0,9 (5,4%)

*Ουκρανία, Μολδαβία, Λευκορωσία, Ρωσία **Ισλανδία, Νορβηγία, Ελβετία
***Αλβανία, Σερβία, Βοσνία και Ερζεγοβίνη, Μαυροβούνιο

Αναφορικά με τους δείκτες της επισιτιστικής ασφάλειας που αφορούν τη διατροφή, υπάρχουν διακυμάνσεις μεταξύ των διάφορων περιοχών της ευρωπαϊκής ηπείρου. Ο δείκτης της επικράτησης του αριθμού των παιδιών κάτω των πέντε ετών, με καθυστερημένη ανάπτυξη, αν και βρίσκεται σε χαμηλά επίπεδα στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης και του Ηνωμένου Βασιλείου, με ποσοστό 2,8% για το έτος 2020, το οποίο βρισκόταν στο 3,8% το έτος 2000, στις Ευρωπαϊκές χώρες της Κοινοπολιτείας Ανεξάρτητων Κρατών, το αντίστοιχο ποσοστό μειώθηκε από το 18,9% του έτους 2000, στο 13,1% το έτος 2020, το οποίο είναι χαμηλότερο από τον παγκόσμιο μέσο όρο, αλλά υψηλότερο από τον μέσο όρο στην Ευρώπη. Αντίστοιχα, το ποσοστό στις χώρες των Δυτικών Βαλκανίων μειώθηκε από το 14,9%, το έτος 2000, στο 6,8%, το έτος 2020. Ο

δείκτης της επικράτησης του αριθμού των παιδιών κάτω των πέντε ετών, με πολύ χαμηλότερο βάρος σε σχέση με το ύψος τους, για το έτος 2020, καταγράφηκε σε ποσοστά 0,7% για τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης και του Ηνωμένου Βασιλείου και 2,5% για τις χώρες των Δυτικών Βαλκανίων (FAO, 2021).

Ο δείκτης επικράτησης του αριθμού των υπέρβαρων παιδιών, μεταξύ των παιδιών κάτω των πέντε ετών, αν και έχει μειωθεί διαχρονικά, βρίσκεται ακόμα σε ανησυχητικά ποσοστά, με το ποσοστό για το έτος 2020 να βρίσκεται στο 14,4% για τις Ευρωπαϊκές χώρες της Κοινοπολιτείας Ανεξάρτητων Κρατών, στο 11,8% για τις χώρες των Δυτικών Βαλκανίων και στο 5,7% για τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης και του Ηνωμένου Βασιλείου (FAO, 2021).

Ο δείκτης επικράτησης της παχυσαρκίας των ενηλίκων παρουσιάζει, επίσης, αύξηση σε όλες τις περιοχές της Ευρώπης και συγκεκριμένα για το έτος 2020, τα ποσοστά αφορούν το 23,3% για τις Ευρωπαϊκές χώρες της Κοινοπολιτείας Ανεξάρτητων Κρατών, το 22,9% για τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης και του Ηνωμένου Βασιλείου, το 20,9% για τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ζώνης Ελεύθερων Συναλλαγών και το 20,9% για τις χώρες των Δυτικών Βαλκανίων (FAO, 2021).

Η επισιτιστική ανασφάλεια σε επίπεδο νοικοκυριού, αποτελεί σημαντικό ζήτημα Δημόσιας Υγείας, ακόμα και σε χώρες υψηλού εισοδήματος. Στην Ευρώπη, συνήθως γίνεται εστίαση στην παραγωγή τροφίμων και όχι στους παράγοντες που επηρεάζουν την πρόσβαση των ανθρώπων σε επαρκή τρόφιμα. Συχνά χρησιμοποιούνται διαφορετικές μέθοδοι για την εκτίμηση της κατάστασης της επισιτιστικής ασφάλειας (Michalis and Costarelli, 2021).

Αν και τα γενικότερα επίπεδα επισιτιστικής ασφάλειας στην ευρωπαϊκή ήπειρο είναι καλύτερα, σε σχέση άλλες περιοχές, η συρροή ποικίλων πιέσεων, όπως η πανδημία COVID-19 και οι βίαιες συγκρούσεις, απειλεί την επισιτιστική ασφάλεια των χωρών της Ευρώπης. Η παρούσα διπλωματική εργασία εστιάζει στην επίδραση ενός τέτοιου παράγοντα, που αφορά την κλιματική κρίση, η οποία αλληλεπιδρά με τις υπόλοιπες πιέσεις και εγκυμονεί σύνθετες επιπτώσεις για την επισιτιστική ασφάλεια της Ευρώπης.

Κεφάλαιο 2^ο

Ο παράγοντας της κλιματικής κρίσης

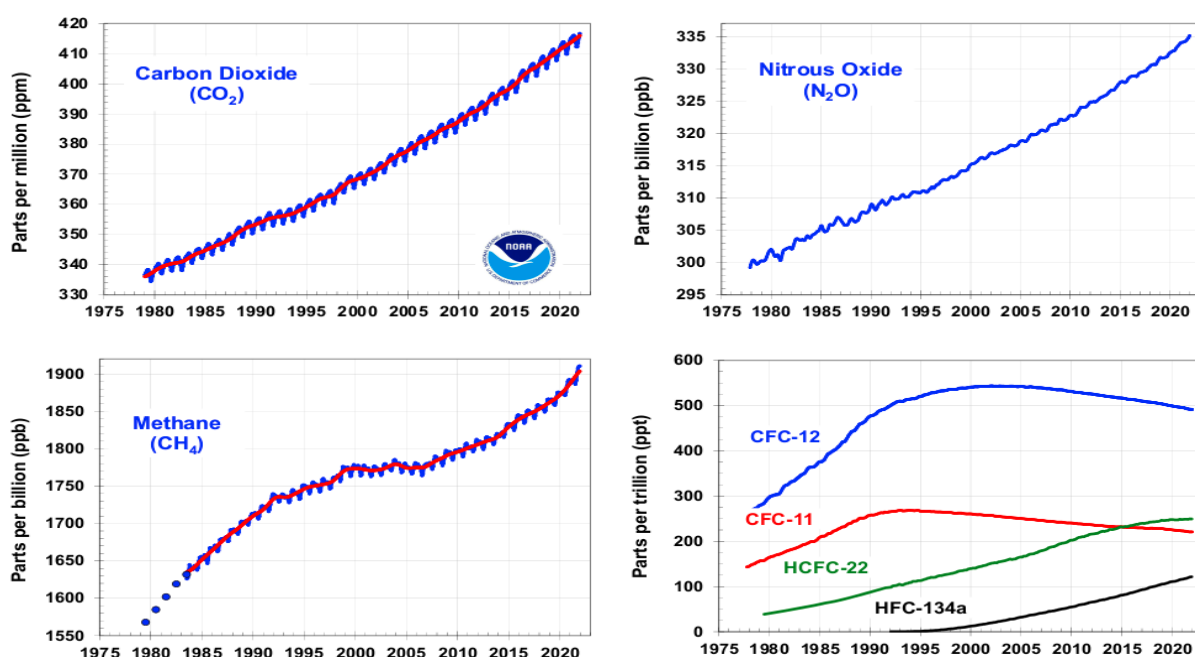
2.1 Αίτια και επιπτώσεις της κλιματικής κρίσης

Το φαινόμενο της κλιματικής κρίσης, που οδηγεί σταδιακά στην κλιματική αλλαγή, αποτελεί ένα επίκαιρο και ανησυχητικό ζήτημα παγκόσμιας κλίμακας, το οποίο πέρα από την περιβαλλοντική και οικολογική διάσταση, που επηρεάζει όλα τα φυσικά οικοσυστήματα, έχει σοβαρές επιπτώσεις στην παγκόσμια ανάπτυξη (FAO, 2020). Η κύρια αιτία της κλιματικής αλλαγής, η οποία χαρακτηρίζεται από μακροπρόθεσμη αλλαγή στις στατιστικές ιδιότητες του κλιματικού συστήματος, είναι η εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου, ενώ οι κλιματικοί παράγοντες που επηρεάζονται είναι η θερμοκρασία, η σχετική υγρασία, οι κατακρημνίσεις και η υπεριώδης ακτινοβολία, με αποτέλεσμα το φαινόμενο της κλιματικής μεταβλητότητας (Duchenne-Moutien and Neetoo, 2021).

Σημαντική αλλαγή στις μεταβλητές των κλιματικών παραγόντων, μπορεί να προκαλέσει μετεωρολογικούς κινδύνους, όπως ακραία καιρικά φαινόμενα, με καιρικές μεταβλητές και συχνότητα σε υψηλότερα ή χαμηλότερα επίπεδα από τον σταθερό μέσο όρο, καθώς και φυσικές καταστροφές, που αναδύονται ξαφνικά, ως υδρολογικά, γεωφυσικά, μετεωρολογικά ή κλιματικά συμβάντα. Τα ακραία καιρικά φαινόμενα και οι φυσικές καταστροφές, που συνήθως έχουν συχνότητα μικρότερη του 5%, δύνανται να γίνουν πιο επαναλαμβανόμενα, με αύξηση της συχνότητας και της έντασης αυτών. Έτσι, πολλά τέτοια φαινόμενα, όπως πλυμμήρες, κύματα καύσωνα και ξηρασίες, έχουν καταγραφεί παγκοσμίως, τις τελευταίες δύο δεκαετίες. (Duchenne-Moutien and Neetoo, 2021).

Το κύριο αποτέλεσμα της αυξημένης συγκέντρωσης αερίων του θερμοκηπίου, στα οποία συμπεριλαμβάνονται το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), το μεθάνιο (CH_4), οι υδρατμοί (H_2O) το υποξείδιο του αζώτου (N_2O), τα φθοριούχα αέρια (HFCs, PFCs) και το τροποσφαιρικό όζον (O_3), στον ατμοσφαιρικό αέρα, η οποία φαίνεται χαρακτηριστικά στο γράφημα 2.1, είναι η παγίδευση της θερμότητας στην ατμόσφαιρα της Γης, με αποτέλεσμα την υπερθέρμανση του πλανήτη, συμβάλλοντας σε μεγάλο βαθμό στην κλιματική κρίση (Kweku et al., 2018). Η εν λόγω αύξηση της θερμοκρασίας έχει αντίκτυπο σε όλες τις σφαίρες της Γης, ήτοι ατμόσφαιρα, γεώσφαιρα, υδρόσφαιρα και βιόσφαιρα. Ορισμένες από τις κύριες περιβαλλοντικές επιπτώσεις της κλιματικής κρίσης, περιλαμβάνουν υψηλότερες θερμοκρασίες, μεταβολές στον κύκλο του νερού και στα παγκόσμια πρότυπα

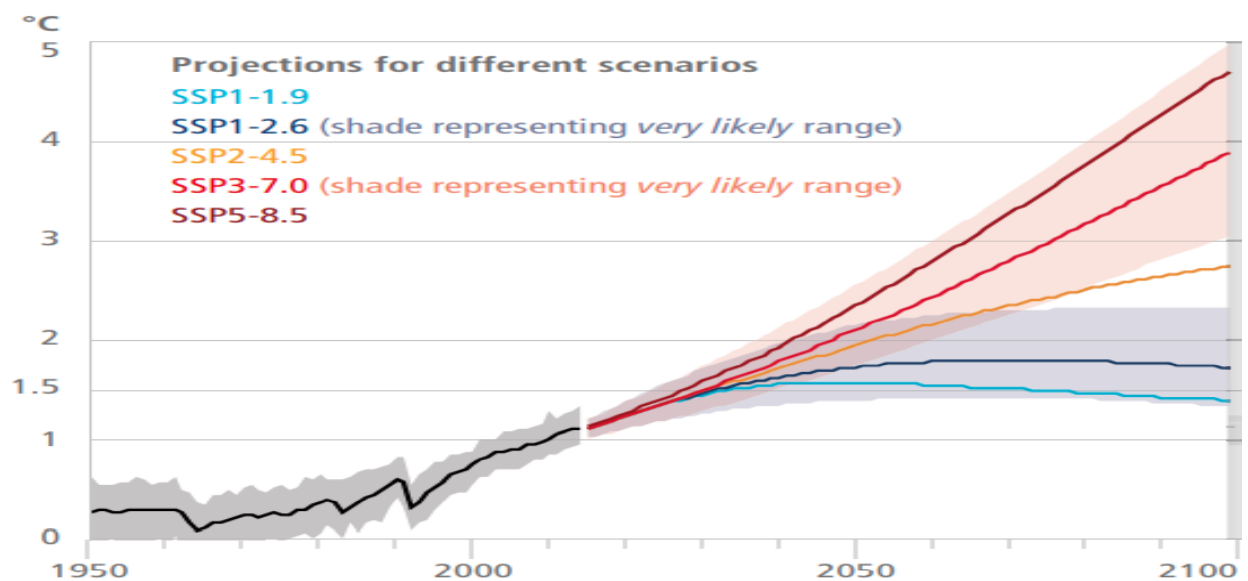
βροχοπτώσεων, καθώς και πιο συχνά και έντονα ακραία καιρικά φαινόμενα, συμπεριλαμβανομένων των πλημμυρών, των κυμάτων καύσωνα και των ξηρασιών. Με τη σειρά της, η υπερθέρμανση του πλανήτη έχει ως συνέπεια τη θέρμανση και οξίνιση των ωκεανών, το λιώσιμο του μόνιμου παγετού, την άνοδο της στάθμης της θάλασσας και την αυξημένη διάβρωση και αλατότητα των εδαφών. Όλοι αυτοί οι παράγοντες έχουν άμεσες συνδυαστικές επιπτώσεις, μεταξύ άλλων και στην παγκόσμια επισιτιστική ασφάλεια (Duchenne-Moutien and Neetoo, 2021).



Γράφημα 2.1 Διαχρονική εξέλιξη των συγκεντρώσεων των κύριων αερίων του θερμοκηπίου (NOAA, n.d.)

Οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες έχουν συμβάλει ουσιαστικά στη διαδικασία της θέρμανσης, ενώ περίπου το 80% των συγκεντρώσεων των αερίων του θερμοκηπίου, σχετίζονται με αυτές. Τέτοιες δραστηριότητες έχουν προκαλέσει εκτεταμένες και ταχείες αλλαγές σε όλες τις σφαίρες της Γης. Ιδιαίτερα σημαντικός είναι ο ρόλος τους στη μεγάλη αύξηση των συγκεντρώσεων των αερίων του θερμοκηπίου, σε σύγκριση με την προβιομηχανική περίοδο. Οι συγκεντρώσεις CO₂ έχουν γίνει υψηλότερες από οποιαδήποτε χρονική περίοδο των τελευταίων 2 εκατομμυρίων ετών, πλησιάζοντας τον ετήσιο μέσο όρο των 410ppm, το έτος 2019, ενώ οι συγκεντρώσεις του CH₄ και N₂O έχουν γίνει υψηλότερες από οποιαδήποτε χρονική περίοδο των τελευταίων, περίπου, ενός εκατομμυρίου ετών, πλησιάζοντας τους ετήσιους μέσους όρους των 1866 ppb και 332 ppb, αντίστοιχα, το έτος 2019 (Farooq et al., 2022).

Τα τελευταία 40 έτη, η διαδικασία της θέρμανσης του πλανήτη έχει επιταχυνθεί, ενώ πλέον τα επίπεδά της βρίσκονται στο υψηλότερο σημείο, σε σχέση με οποιαδήποτε χρονική στιγμή, μετά την προβιομηχανική περίοδο, σύμφωνα με το γράφημα 2.2. Η μέση παγκόσμια θερμοκρασία κατά τα έτη 2001 – 2020, ήταν υψηλότερη κατά 0,99°C, σε σχέση με τα έτη 1850 – 1900. Αντίστοιχα, η μέση παγκόσμια θερμοκρασία κατά τα έτη 2011 – 2020, ήταν υψηλότερη κατά 1,09°C, σε σχέση με τα έτη 1850 – 1900, με ταχεία θέρμανση στην επιφάνεια της Γης, που φτάνει σε επίπεδο 1,59°C, σε σχέση με τη θέρμανση των ωκεανών, που φτάνει σε επίπεδο 0,88°C (Farooq et al., 2022).



Γράφημα 2.2 Διαχρονική εξέλιξη της μέσης παγκόσμιας υπερθέρμανσης, σε σχέση με την προβιομηχανική περίοδο (1850 – 1900) και αντίστοιχα σενάρια πρόβλεψης μέχρι το έτος 2100 (IPCC, 2022)

Η παγκόσμια υπερθέρμανση είναι πολύ πιθανό ότι θα φθάσει τους +1,5°C μεταξύ των ετών 2030 και 2052, με δεδομένους τους τρέχοντες ρυθμούς αύξησής της. Η μέση παγκόσμια θέρμανση θα συνεχίσει να αυξάνεται, τουλάχιστον μέχρι το μέσο του αιώνα, όπως υποδεικνύουν όλα τα σενάρια εκπομπών, σύμφωνα με τον πίνακα 2.1. Τα τελευταία, υποδεικνύουν ότι η μέση παγκόσμια θέρμανση θα ξεπεράσει τους +1,5°C με +2,0°C, κατά τον 21^ο αιώνα, εκτός εάν πολύ σημαντικές μειώσεις των εκπομπών CO₂, καθώς και άλλων αερίων του θερμοκηπίου, λάβουν χώρα κατά τις επόμενες δεκαετίες (IPCC, 2022).

Με την περαιτέρω θέρμανση του πλανήτη, κάθε περιοχή προβλέπεται ότι θα αντιμετωπίσει ταυτόχρονες πολλαπλές αλλαγές στους παράγοντες που επηρεάζονται από το κλίμα, με αποτέλεσμα να εγκυμονούνται κίνδυνοι και για την επισιτιστική ασφάλεια. Τέτοιες αλλαγές θα είναι πιο διαδεδομένες στην περίπτωση της αύξησης της

θερμοκρασίας κατά 2°C, σε σχέση με την αύξηση κατά 1,5°C, ενώ η περαιτέρω αύξησή της συνεπάγεται περισσότερους και πιο σύνθετους κινδύνους (IPCC, 2022). Οι εν λόγω κίνδυνοι δεν είναι ίσα κατανεμημένοι στις διάφορες περιοχές, με αποτέλεσμα ορισμένες περιοχές να απειλούνται σε μεγαλύτερο βαθμό από τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής (Farooq et al., 2022).

Πίνακας 2.1 Σενάρια πρόβλεψης των επιπέδων της μέσης παγκόσμιας υπερθέρμανσης, ανά χρονική περίοδο, συγκριτικά με την προβιομηχανική περίοδο (IPCC, 2022)

Σενάριο	2021 – 2040	2041 – 2060	2081 – 2100
Πρόβλεψη	Βραχυπρόθεσμα	Μεσοπρόθεσμα	Μακροπρόθεσμα
RCP2.6	1,1°C – 2,2 °C	1,0°C – 2,3 °C	0,9°C – 2,3 °C
RCP4.5	1,1°C – 2,2 °C	1,4°C – 2,7 °C	1,8°C – 3,3 °C
RCP6.0	1,0°C – 2,0 °C	1,3°C – 2,5 °C	2,3°C – 3,6 °C
RCP8.5	1,1°C – 2,6 °C	1,7°C – 3,7 °C	3,0°C – 6,2 °C
SSP1-1.9	1,0°C – 2,4 °C	1,1°C – 2,7 °C	1,0°C – 2,5 °C
SSP1-2.6	1,0°C – 2,4 °C	1,2°C – 2,9 °C	1,3°C – 3,1 °C
SSP2-4.5	0,9°C – 2,5 °C	1,3°C – 3,3 °C	1,9°C – 4,4 °C
SSP3-7.0	1,0°C – 2,6 °C	1,5°C – 3,7 °C	2,7°C – 6,2 °C
SSP5-8.5	1,0°C – 2,7 °C	1,6°C – 4,0 °C	3,1°C – 7,2 °C

Στην 6^η έκθεση της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Αλλαγή του Κλίματος (IPCC), χρησιμοποιείται η ομάδα σεναρίων SSPs (Shared Socio-economic pathways), που συνδυάζουν την ομάδα σεναρίων RCPs (Representative Concentration Pathways) και άλλες κλιματικές προβλέψεις, για την υποστήριξη των επικυρωμένων πολιτικών των διάφορων κρατών, όπως αυτές που αφορούν τη Συμφωνία του Παρισιού για την κλιματική αλλαγή (Mate et al., 2020).

Η κλιματική κρίση έχει ήδη επηρεάσει τη συχνότητα και την ένταση των ακραίων καιρικών φαινομένων και των φυσικών καταστροφών, σε παγκόσμια κλίμακα. Τέτοια φαινόμενα αφορούν κύματα καύσωνα, συχνές και ακανόνιστες βροχοπτώσεις, πλημμύρες, ξηρασίες, τροπικούς κυκλώνες και δασικές πυρκαγιές, ενώ έχουν ενισχυθεί τα στοιχεία για την απόδοσή τους στην ανθρωπογενή δραστηριότητα (Farooq et al., 2022).

Αυξητική τάση έχει παρατηρηθεί, επίσης, στη συχνότητα και την ένταση των φαινομένων σοβαρής βροχόπτωσης, ενώ η κλιματική κρίση ολοένα και μεταβάλλει τα πρότυπα των βροχοπτώσεων, σε παγκόσμια κλίμακα, αναφορικά με την ποσότητα, τη διάρκεια και τη χρονική περίοδο εκδήλωσής τους. Αυτή η ακανόνιστη αλλαγή στις ετήσιες βροχοπτώσεις, αλλά και στα περιστατικά συχνών κυμάτων καύσωνα, οδηγεί σε φαινόμενα ξηρασίας, σε διάφορες περιοχές του πλανήτη, που ενισχύονται λόγω της αυξημένης εξατμισοδιαπνοής. Αυξητική τάση παρατηρείται και στα φαινόμενα των δασικών πυρκαγιών και των έντονων πλημμυρών (Farooq et al., 2022).

Σε σχέση με προηγούμενες δεκαετίες, η ετήσια επικράτηση των φυσικών καταστροφών έχει τριπλασιαστεί, ως αποτέλεσμα των ακανόνιστων επιπτώσεων της κλιματικής κρίσης. Χαρακτηριστικά, τη δεκαετία του 2010, περίπου 360 ξεχωριστές καταστροφές έλαβαν χώρα, κάθε έτος, σε σχέση με τις περίπου 100 καταστροφές τη δεκαετία του 1980 (Ghorai and Taria, 2022). Στον τομέα της γεωργίας αντιστοιχεί το μεγαλύτερο ποσοστό των επιπτώσεων των φυσικών καταστροφών, ενώ οι μεγαλύτεροι κίνδυνοι αφορούν πληθυσμούς φτωχών και λιγότερο ανεπτυγμένων χωρών (Farooq et al., 2022). Οι επιπτώσεις των φυσικών καταστροφών, που εντείνονται υπό την κλιματική κρίση, αντιμετωπίζονται από όλους τους τομείς που αφορούν την παραγωγή τροφίμων, με άμεσους κινδύνους για την επισιτιστική ασφάλεια (Ghorai and Taria, 2022).

Οι αρνητικές επιπτώσεις της κλιματικής κρίσης στον βιοπορισμό των πληθυσμών και στην επισιτιστική ασφάλεια αποτελούν μία από τις κύριες απειλές του τρέχοντος αιώνα, σε παγκόσμια κλίμακα, καθώς ο κλιματικός κίνδυνος είναι διασυνοριακός και ενέχει κρίσιμες επιπτώσεις σε ένα ευρύ φάσμα κοινωνικοοικονομικών παραγόντων, όπως για τους βιοφυσικούς πόρους, τις χρηματοοικονομικές ροές, το εμπόριο, τις υποδομές και την ανθρώπινη ασφάλεια, της οποίας σημαντικό μέρος αποτελεί η επισιτιστική ασφάλεια (Adams et al., 2021). Η αντιμετώπιση των επιπτώσεων αυτών είναι απαραίτητη για την ικανοποίηση των μελλοντικών απαιτήσεων σε τρόφιμα. Έχει προβλεφθεί ότι οι αναπτυσσόμενες και υποανάπτυκτες χώρες θα υποστούν το μεγαλύτερο μέρος των επιπτώσεων της αναμενόμενης κλιματικής αλλαγής, ιδιαίτερα λόγω της μικρότερης προσαρμοστικής τους ικανότητας, ενώ σε περιφερειακό επίπεδο, οι επιπτώσεις θα αφορούν, κυρίως τις ευάλωτες ομάδες πληθυσμού, όπως τους φτωχούς (Farooq et al., 2022).

2.2 Παρατηρηθείσες και προβλεπόμενες επιπτώσεις στην Ευρώπη

Οι διαχρονικές αξιολογήσεις των επιπτώσεων της κλιματικής κρίσης στην Ευρώπη έχουν επισημάνει τις επιπτώσεις της θέρμανσης και των διακυμάνσεων στις βροχοπτώσεις, καθώς και των ακραίων καιρικών φαινομένων στην εν λόγω ήπειρο, ανάλογα με τη γεωγραφική υποδιαίρεση των χερσαίων και θαλάσσιων περιοχών της, σύμφωνα με την εικόνα 2.1. Στις αξιολογήσεις αυτές, υπήρχε η πρόβλεψη ότι σε περίπτωση υπερθέρμανσης του πλανήτη κατά 2°C, το 9% του πληθυσμού της Ευρώπης θα είναι εκτεθειμένο σε επιδεινωμένες καταστάσεις λειψυδρίας, ενώ παράλληλα το 8% των εδαφών της ευρωπαϊκής ηπείρου χαρακτηρίστηκε ότι έχει υψηλή ή πολύ υψηλή ευαισθησία σε φαινόμενα ερημοποίησης. Τέτοιες επιπτώσεις οφείλονται σε μεγάλο βαθμό σε αλλαγές στη θερμοκρασία, στις βροχοπτώσεις, στις εξελίξεις στον τομέα της άρδευσης, στις πολιτικές που υιοθετούνται στους πρωτογενείς τομείς παραγωγής, στην ανάπτυξη του πληθυσμού και στις αγορές (Bednar-Friedl et al., 2022).

Geographical subdivision of land and ocean regions of Europe

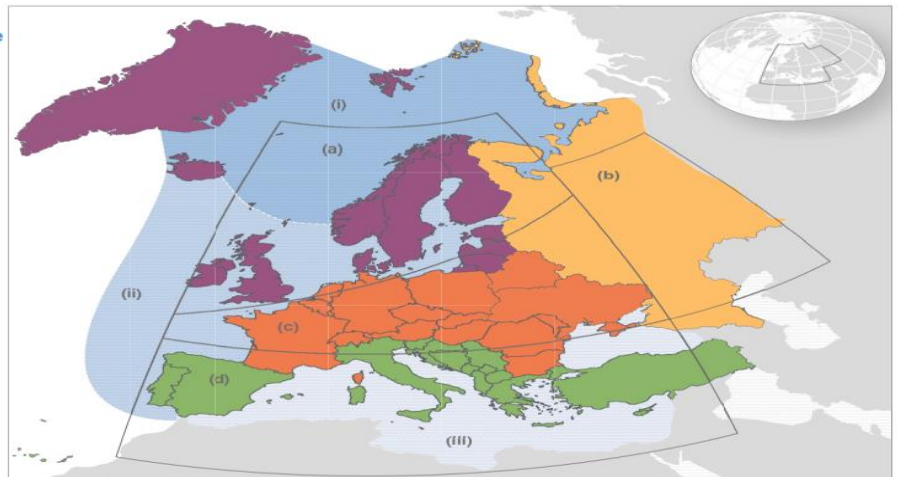
Polygon delineations represent the boundaries used for the regional synthesis of historical trends and future climate change projections used in the Assessment Reports of the IPCC WGI.

- (a) Northern Europe (NEU)
- (b) Eastern Europe (EEU)
- (c) Western and Central Europe (WCE)
- (d) Southern Europe (SEU) *

European marine sub-regions

- (i) Northern European Seas (NEUS)
- (ii) Temperate European Seas (TEUS)
- (iii) Southern European Seas (SEUS)

* Different from the WGI Mediterranean (MED) which includes also the eastern and southern countries bordering the Mediterranean.



Εικόνα 2.1 Γεωγραφική υποδιαίρεση των χερσαίων (a,b,c,d) και θαλάσσιων (i,ii,iii) περιοχών της Ευρωπαϊκής ηπείρου (Bednar-Friedl et al., 2022)

Το φαινόμενο της θέρμανσης αποτελεί σημαντικό κίνδυνο για τα οικοσυστήματα μεγάλου γεωγραφικού πλάτους, δηλαδή τις περιοχές που βρίσκονται σε μεγάλη απόσταση από τον Ισημερινό. Είναι γεγονός ότι η πλειονότητα των ορεινών παγετώνων έχασε μάζα κατά τις τελευταίες δεκαετίες, ενώ παράλληλα ο μόνιμος παγετός στις ευρωπαϊκές Άλπεις και τη Σκανδιναβία μειώνεται. Αντίστοιχα, υπάρχει πρόβλεψη απώλειας του 60-80% της μάζας των ορεινών παγετώνων στην Κεντρική Ευρώπη, στη Σκανδιναβία και στον Καύκασο, μέχρι το τέλος του 21^{ου} αιώνα (Bednar-Friedl et al., 2022).

Οι διαχρονικές αξιολογήσεις αποτυπώνουν ότι οι συνδυαστικές επιπτώσεις σε διάφορους τομείς, όπως στη γεωργία, στην ενέργεια, στην υγεία, στον τουρισμό και στις υποδομές, θα καταστήσουν τη Νότια Ευρώπη ιδιαίτερα ευάλωτη στην κλιματική κρίση και θα αυξήσουν τους κινδύνους για τους πληθυσμούς των αστικών της περιοχών. Οι αξιολογήσεις αυτές υποδηλώνουν ότι η ικανότητα προσαρμογής της Ευρώπης στην κλιματική αλλαγή είναι υψηλότερη, σε σύγκριση με άλλες ηπείρους, αλλά υπάρχουν όρια στην προσαρμογή, που αφορούν φυσικούς, κοινωνικοοικονομικούς και τεχνολογικούς παράγοντες. Παράλληλα, η διατήρηση του επιπέδου της παγκόσμιας θέρμανσης κάτω από τους 1,5°C, θα αύξανε σημαντικά την ικανότητα της Ευρώπης για προσαρμογή στο φαινόμενο της κλιματικής κρίσης (Bednar-Friedl et al., 2022).

Αλλαγές σε αρκετούς παράγοντες που επηρεάζουν το κλίμα έχουν αναδυθεί σε όλες τις περιοχές της Ευρώπης και συγκεκριμένα αυξήσεις στη μέση θερμοκρασία και τα φαινόμενα ακραίας ζέστης, με παράλληλες μειώσεις των ημερών με χαμηλές θερμοκρασίες. Οι πάγοι λιμνών και ποταμών έχουν μειωθεί στη Βόρεια Ευρώπη, στη Δυτική και Κεντρική Ευρώπη και στη Μεσόγειο, ενώ παράλληλα έχει μειωθεί και ο πάγος στις θάλασσες της Βόρειας Ευρώπης. Η σταδιακή αύξηση της θέρμανσης προσδίδει μεγαλύτερη εμπιστοσύνη στις προβλέψεις για άλλους παράγοντες της κλιματικής κρίσης (Bednar-Friedl et al., 2022).

Τόσο οι μέσες, όσο και οι μέγιστες θερμοκρασίες, η συχνότητα των θερμών ημερών και νυκτών και τα κύματα καύσωνα, έχουν αυξηθεί από το έτος 1950, ενώ οι αντίστοιχοι δείκτες που αφορούν χαμηλές θερμοκρασίες έχουν μειωθεί. Προβλέπεται ότι η μέση αύξηση της θερμοκρασίας θα είναι μεγαλύτερη, σε σχέση με την παγκόσμια μέση τιμή, σε όλη την Ευρώπη, με μεγαλύτερη αύξηση της θερμοκρασίας κατά τους χειμερινούς μήνες στη Βόρεια Ευρώπη και στην Ανατολική Ευρώπη και τη μεγαλύτερη αύξηση της θερμοκρασίας κατά τους καλοκαιρινούς μήνες στη Μεσόγειο. Ως εκ τούτου, οι προβλέψεις υποδεικνύουν ουσιαστική μείωση των ευρωπαϊκών παγετώνων και της χιονοκάλυψης, κάτω από το υψόμετρο των 1500 – 2000 μέτρων, καθώς και περαιτέρω απόψυξη και υποβάθμιση του μόνιμου παγετού, κατά τον 21^ο αιώνα, ακόμα και σε χαμηλά επίπεδα υπερθέρμανσης (Bednar-Friedl et al., 2022).

Η θέρμανση της ατμόσφαιρας οδηγεί σε αύξηση της εξάτμισης του νερού, στα χαμηλότερα 10 περίπου χιλιόμετρα αυτής. Το γεγονός αυτό τροφοδοτεί τα συστήματα καταιγίδων με

επιπρόσθετη ενέργεια, η οποία, όταν απελευθερώνεται ως βροχοπτώσεις, ενισχύει την ένταση των φαινομένων ισχυρής βροχόπτωσης. Η ικανότητα της ατμόσφαιρας να κρατάει υδρατμούς αυξάνεται κατά 7% περίπου, για κάθε 1°C αύξηση της θερμοκρασίας, ενώ η τάση αυτή αυξάνεται περαιτέρω σε υψηλότερες θερμοκρασίες. Αυτή η αυξημένη ατμοσφαιρική υγρασία τροφοδοτεί τις καταιγίδες σε όλες τις χωρικές κλίμακες με περισσότερους υδρατμούς και ακόμα και αν οι υπόλοιποι παράγοντες δεν επιδέχονται αλλαγή, οι βροχοπτώσεις αυξάνονται. Τα φαινόμενα έντονης βροχόπτωσης δύνανται να γίνουν πιο συχνά, ακόμα και σε περιοχές όπου παρατηρείται μείωση της ολικής βροχόπτωσης (Hov et al., 2013).

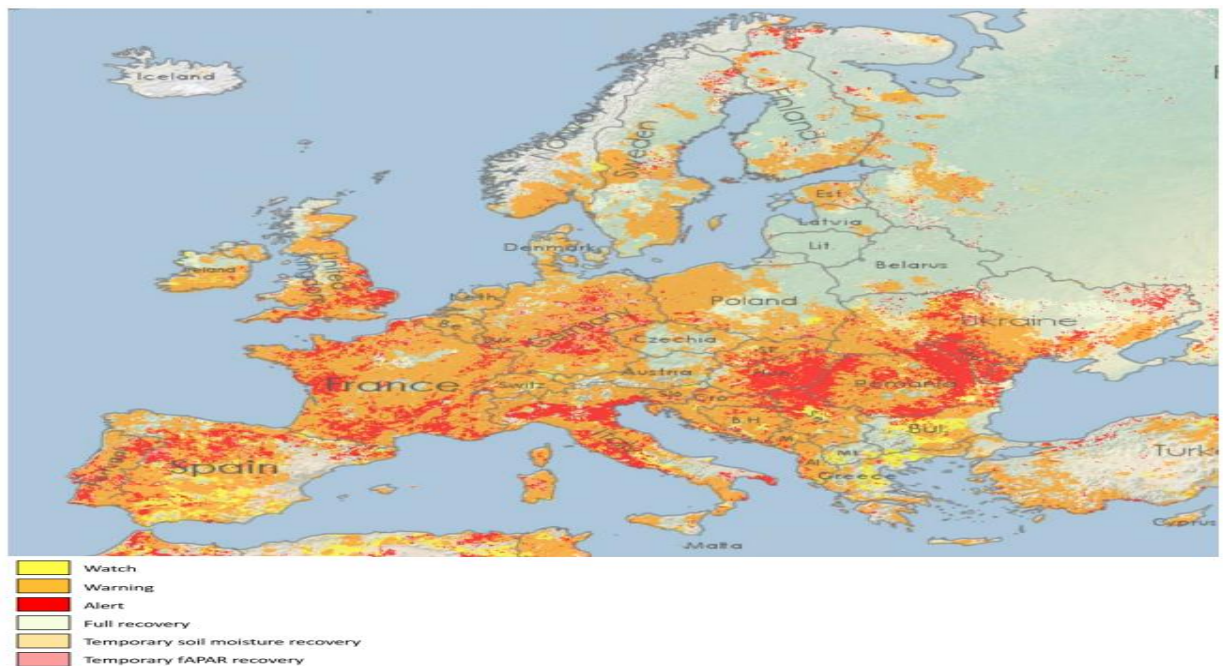
Κατά τις πρόσφατες δεκαετίες, η μέση βροχόπτωση έχει αυξηθεί στη Βόρεια Ευρώπη, στη Δυτική και Κεντρική Ευρώπη και στην Ανατολική Ευρώπη, ενώ, όσον αφορά τις περιοχές της Μεσογείου, το μέγεθος και το πρόσημο των παρατηρούμενων τάσεων εξαρτάται, σε μεγάλο βαθμό, από την περιοχή και τη χρονική περίοδο της μελέτης. Τα φαινόμενα ακραίας βροχόπτωσης έχουν αυξηθεί στη Βόρεια Ευρώπη και στην Ανατολική Ευρώπη, ποικίλουν χωρικά στη Δυτική και Κεντρική Ευρώπη, ενώ δεν έχουν αλλάξει στη Μεσόγειο. Υπερθέρμανση μεγαλύτερη των 2°C, συνεπάγεται αύξηση της μέσης βροχόπτωσης στη Βόρεια Ευρώπη, κατά τους χειμερινούς μήνες, και αντίστοιχη μείωση στη Μεσόγειο κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Παράλληλα, προβλέπεται ότι για υπερθέρμανση μεγαλύτερη των 2°C, τα φαινόμενα ακραίας βροχόπτωσης θα αυξηθούν σε όλες τις υποπεριοχές της Ευρωπαϊκής ηπείρου, εκτός από τη Μεσόγειο, όπου δεν προβλέπονται αλλαγές ή μειώσεις σε μερικές περιοχές (Bednar-Friedl et al., 2022).

Τα φαινόμενα όλων των τύπων ξηρασίας, προβλέπεται ότι θα αλλάξουν στη Βόρεια Ευρώπη, στη Δυτική και Κεντρική Ευρώπη και στην Ανατολική Ευρώπη, ακόμα και στο επίπεδο της υπερθέρμανσης κατά 1,5°C. Η Μεσόγειος προβλέπεται ότι θα επηρεαστεί περισσότερο από όλες τις περιοχές της Ευρώπης, με όλους τους τύπους ξηρασίας να αυξάνονται σε επίπεδα υπερθέρμανσης 1,5°C - 4°C. Για υπερθέρμανση 4°C, οι υδρολογικού τύπου ξηρασίες θα αυξηθούν στη Βόρεια Ευρώπη, στη Δυτική και Κεντρική Ευρώπη και στην Ανατολική Ευρώπη (Bednar-Friedl et al., 2022).

Τα φαινόμενα ξηρασίας αφορούν ασυνήθιστη και προσωρινή έλλειψη στη διαθεσιμότητα του νερού, όταν οι διαθέσιμοι υδατικοί πόροι είναι ανεπαρκείς για την ικανοποίηση των μακροπρόθεσμων απαιτήσεων σε νερό (ΕΕΑ, 2019). Αποτελούν έναν ιδιαίτερα επιζήμιο

τύπο φυσικού κινδύνου μακροπρόθεσμα, με σοβαρές δυνητικές επιπτώσεις στη γεωργία, στην παραγωγή τροφίμων και στην παροχή νερού (Hon et al., 2013). Τα σοβαρά φαινόμενα ξηρασίας, που επηρεάζουν πολλές περιοχές της Ευρώπης από την αρχή του έτους 2022, επεκτείνονται περαιτέρω και επιδεινώνονται. Οι εν λόγω συνθήκες, που αποτυπώνονται στην εικόνα 2.2., σχετίζονται με μία ευρεία και επίμονη έλλειψη βροχοπτώσεων, σε συνδυασμό με μία ακολουθία κυμάτων καύσωνα, που καταγράφηκαν από τον μήνα Μάιο και μετά (Toreti et al., 2022).

Μέχρι και τις πρώτες δέκα ημέρες του Αυγούστου του έτους 2022, το 47% των ευρωπαϊκών περιοχών κατατάχτηκαν σε προειδοποιητικές συνθήκες, ενώ το 17% σε συνθήκες συναγερμού, αναφορικά με τις συνθήκες ξηρασίας. Ο κίνδυνος ξηρασίας έχει αυξηθεί, ιδιαίτερα στην Πορτογαλία, την Ισπανία, την Ιταλία, το Ηνωμένο Βασίλειο, την Ιρλανδία, τη Γαλλία, τη Γερμανία, το Βέλγιο, την Ολλανδία, την Ουγγαρία, τη Ρουμανία, την Ουκρανία, τη Μολδαβία και τη Σερβία. Οι υπόλοιπες περιοχές της Ευρώπης, που είχαν ήδη επηρεαστεί από φαινόμενα ξηρασίας, διατηρούν σταθερό το επίπεδο σοβαρότητας των συνθηκών ξηρασίας (Toreti et al., 2022). Οι ξηρές περίοδοι αναμένεται να συμβαίνουν τρεις φορές πιο συχνά στο τέλος του αιώνα, αλλά και να διαρκούν περισσότερο κατά 1-3 ημέρες, σε σύγκριση με την περίοδο 1971-2000 (EEA, 2019). Τα κύματα καύσωνα προβλέπεται ότι θα γίνουν πιο συχνά, πιο έντονα και θα διαρκούν για μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα (Lake et al., 2012).



Εικόνα 2.2 Κατάσταση των συνθηκών ξηρασίας στην Ευρώπη το έτος 2022 (Toreti et al., 2022)

Τις τελευταίες δεκαετίες έχει παρατηρηθεί η θέρμανση της επιφάνειας της θάλασσας μεταξύ 0,25°C και 1°C, σε όλες τις περιοχές της Ευρώπης, ενώ προβλέπεται η αυξητική τάση του φαινομένου, ιδιαίτερα στις θάλασσες της Νότιας και Βόρειας Ευρώπης. Παράλληλα, έχει αυξηθεί η αλατότητα στις θάλασσες της Νότιας Ευρώπης, ενώ έχει μειωθεί στις θάλασσες της Βόρειας Ευρώπης και προβλέπεται ότι αυτή η ανισόρροπη τάση θα συνεχιστεί. Αύξηση παρατηρείται και στην οξίνιση των νερών της ευρωπαϊκής ηπείρου, που έχει ως αποτέλεσμα τη μέση μείωση του pH της επιφάνειας των υδάτων περίπου κατά 0,1 και 0,3 μονάδων, σε υπερθέρμανση 1,5°C και 3°C, αντίστοιχα, με τις μεγαλύτερες αλλαγές να αφορούν τις περιοχές μεγάλου γεωγραφικού πλάτους (Bednar-Friedl et al., 2022).

Η σχετική στάθμη της θάλασσας έχει ανέβει κατά μήκος των ευρωπαϊκών ακτογραμμών. Το φαινόμενο αυτό είναι πιθανό ότι θα συνεχίσει να αυξάνεται κατά τον 21^ο αιώνα, με αποκλίσεις από τη μέση παγκόσμια άνοδο της στάθμης της θάλασσας. Ως εκ τούτου, προβλέπονται ακραία επίπεδα στάθμης της θάλασσας, παράκτιες πλημμύρες και ύφεση της αμμώδους ακτογραμμής, κατά μήκος πολλών ευρωπαϊκών ακτογραμμών, ακόμα και κατά 100 μέτρα, υπό το σενάριο της υπερθέρμανσης κατά 4°C (Bednar-Friedl et al., 2022). Ο κίνδυνος πλημμυρών και η ευάλωτοτητα των πληθυσμών σε αυτόν αυξάνεται, λόγω ενός ευρέως φάσματος κλιματικών και μη κλιματικών παραγόντων, με υψηλή εξάρτηση από τις συνθήκες που επικρατούν σε κάθε συγκεκριμένη περιοχή, αλλά και την αλληλεπίδραση των παραγόντων αυτών (Hov et al., 2013).

Ο κίνδυνος πλημμυρών κατά μήκος των χαμηλών ακτών της Ευρώπης θα αυξηθεί, υπό την έλλειψη κατάλληλων μέτρων προσαρμογής, λόγω της ανόδου της στάθμης της θάλασσας, σε συνδυασμό με φαινόμενα έντονης βροχόπτωσης, καταιγίδων και απορροών ποταμών. Περίπου 50 εκατομμύρια άνθρωποι της ευρωπαϊκής ηπείρου ζουν περιοχές με απόσταση μέχρι 10 μέτρα πάνω από τη μέση στάθμη της θάλασσας, με αποτέλεσμα να είναι ιδιαίτερα ευάλωτοι σε πλημμυρικά φαινόμενα, ενώ υπό το σενάριο RCP8.5, προβλέπεται ότι ο αριθμός αυτός θα αυξηθεί ακόμα και κατά δέκα εκατομμύρια περισσότερους ανθρώπους, μέχρι το έτος 2100. Υπό την κλιματική αλλαγή, ο εν λόγω κίνδυνος εκδήλωσης πλημμυρών προβλέπεται ότι μπορεί να αυξηθεί ακόμα και κατά ένα τρίτο, μέχρι το έτος 2150, λόγω των αυξημένων ρυθμών ανόδου της στάθμης της θάλασσας, που προέρχονται από την ταχεία τήξη του μόνιμου παγετού, στην περιοχή της Ανταρκτικής. Παράλληλα,

προβλέπεται ότι θα αυξηθούν σημαντικά και οι άμεσες ζημιές που προκαλούνται από τα εν λόγω πλημμυρικά φαινόμενα, οι οποίες εξαρτώνται άμεσα από το επίπεδο υπερθέρμανσης και την κοινωνικοοικονομική ανάπτυξη (Bednar-Friedl et al., 2022).

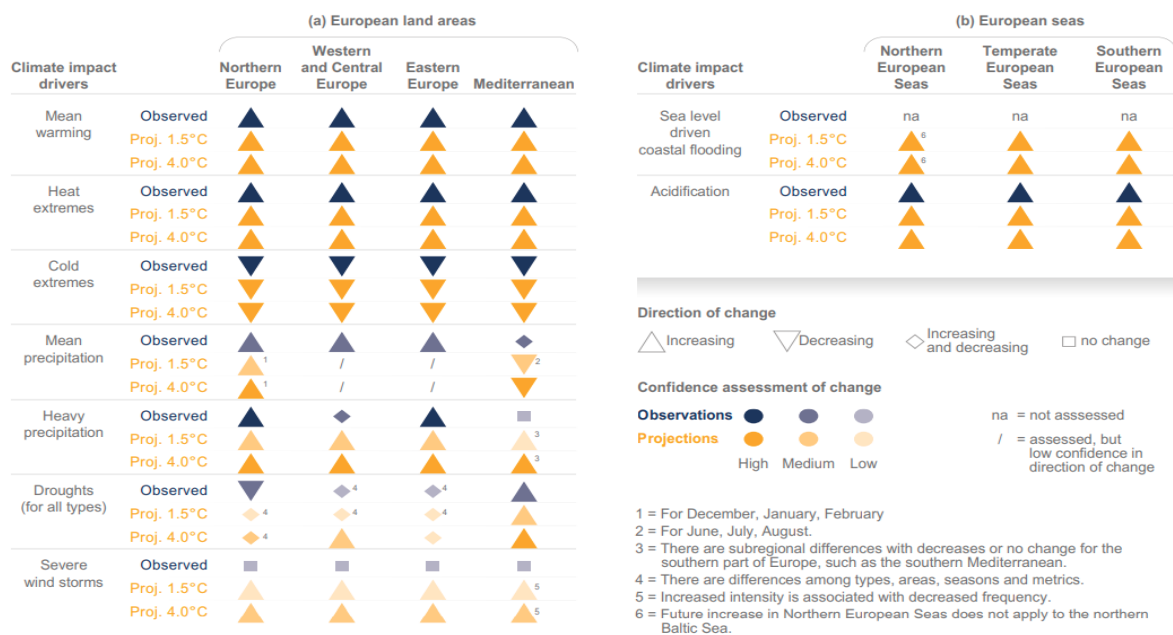
Κατά τα τελευταία 30 χρόνια έχει καταγραφεί ο υψηλότερος αριθμός πλημμυρικών φαινομένων στην ευρωπαϊκή ήπειρο, αναφορικά με τους τελευταίους πέντε αιώνες, με σημαντικές αυξήσεις κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Η τάση αυτή προβλέπεται ότι θα συνεχιστεί, με αποτέλεσμα η Ευρώπη να καθίσταται μία από τις πιο ευάλωτες ηπείρους, σχετικά με τον κίνδυνο πλημμυρών. Ως εκ τούτου, χωρίς την λήψη κατάλληλων μέτρων προσαρμογής, οι ζημιές που προκαλούνται από τα εν λόγω φαινόμενα προβλέπεται ότι θα τριπλασιαστούν, υπό 1,5°C υπερθέρμανση, θα τετραπλασιαστούν, υπό 2°C υπερθέρμανση, ενώ θα εξαπλασιαστούν, υπό 3°C υπερθέρμανση. Στην Ευρώπη, περίπου το 56% των πλημμυρικών φαινομένων, μεταξύ των ετών 1860 και 2016, αφορούσε την εκδήλωση ξαφνικών πλημμυρών, που οφείλονται στις έντονες βροχοπτώσεις, ενώ τέτοια φαινόμενα είναι ιδιαίτερα συχνά στη Νότια Ευρώπη. Έτσι, η πρόβλεψη της αύξησης της συχνότητας και της έντασης των ισχυρών βροχοπτώσεων δύναται να εντείνει τους κινδύνους που αφορούν την εκδήλωση πλημμυρικών φαινομένων, σε πολλές περιοχές της Ευρώπης (Bednar-Friedl et al., 2022).

Οι παράγοντες της κλιματικής κρίσης επηρεάζουν τους δείκτες υγείας του εδάφους, με χαρακτηριστικό παράδειγμα την περιεκτικότητα σε οργανική ύλη. Έτσι, τα ακραία φαινόμενα βροχόπτωσης, που εντείνονται υπό την κλιματική αλλαγή, δύνανται να μειώνουν τις βιολογικές λειτουργίες του εδάφους και να αυξάνουν τις επιφανειακές πλημμύρες, τα φαινόμενα υπερχειλίσης, τη διάβρωση του εδάφους και την ευαισθησία σε φαινόμενα αλάτωσης (Bezner Kerr et al., 2022). Η διαδικασία της υποβάθμισης του εδάφους, λόγω των φαινομένων διάβρωσης του εδάφους, αποτελεί μία φυσική διαδικασία, που εγκυμονεί σημαντικούς κινδύνους στην Ευρώπη, ιδιαίτερα στην περιοχή της Μεσογείου (EEA, 2019).

Η υποβάθμιση του εδάφους, που οδηγεί στη μετατροπή των γόνιμων εκτάσεων σε λιγότερο γόνιμες ή μη παραγωγικές εκτάσεις, υπό την κλιματική κρίση δύναται να συνδυάζεται με φαινόμενα ξηρασίας και να οδηγεί σε φαινόμενα ερημοποίησης. Στην Ευρώπη, οι κύριες διαδικασίες ερημοποίησης που λαμβάνουν χώρα, σχετίζονται άμεσα με διάβρωση εδαφών, απώλεια οργανικού άνθρακα του εδάφους, φαινόμενα ρύπανσης,

αλάτωση και απώλεια βιοποικιλότητας του εδάφους, με αποτέλεσμα τα φαινόμενα ερημοποίησης να επιδεινώνονται υπό την κλιματική κρίση. Στην εν λόγω ήπειρο, εκτενείς διαδικασίες ερημοποίησης λαμβάνουν χώρα, τόσο στην περιοχή της Μεσογείου, όσο και στην Ανατολική και στην Κεντρική Ευρώπη. Οι προβλέψεις που αφορούν την αύξηση της συχνότητας και της έντασης των φαινομένων ξηρασίας και των έντονων βροχοπτώσεων, υποδεικνύουν ότι θα αυξηθεί παράλληλα και ο κίνδυνος μελλοντικών διαδικασιών ερημοποίησης στην Ευρώπη (EEA, 2019).

Διαχρονικά, έχει παρατηρηθεί σημαντική αύξηση των φυσικών καταστροφών, που σχετίζονται άμεσα με τον καιρό, στην Ευρώπη και η τάση αυτή αποτυπώνεται στην εικόνα 2.3. Μεταξύ των ετών 1980 – 1989 καταγράφηκαν στην Ευρώπη 335 φυσικές καταστροφές, ενώ τη δεκαετία του 1990 καταγράφηκαν 545 φυσικές καταστροφές (Hon et al., 2013). Μεταξύ των ετών 2001 – 2020 καταγράφηκαν στην Ευρώπη 999 φυσικές καταστροφές, εκ των οποίων οι 951 σχετίζονται με τον καιρό. Συνδυαστικά, οι εν λόγω καταστροφές προκάλεσαν τον θάνατο σε περισσότερους από 150.000 ανθρώπους, επηρέασαν περισσότερους από 11 εκατομμύρια ανθρώπους, ενώ παράλληλα είχαν καταστροφικές οικονομικές επιπτώσεις. Τα εν λόγω συμβάντα αφορούσαν κατά 41% πλημμύρες, κατά 27% καταιγίδες και κατά 23% ακραίες θερμοκρασίες, ενώ τα υπόλοιπα αφορούσαν φαινόμενα ξηρασίας και δασικές πυρκαγιές (Below and van Loenhout, 2021).



Εικόνα 2.3 Παρατηρηθείσες επιπτώσεις της κλιματικής κρίσης στους κλιματικούς παράγοντες και αντίστοιχες προβλέψεις, με βάση τα επίπεδα θέρμανσης, σε όλες τις υποπεριοχές και τις θάλασσες της ευρωπαϊκής ηπείρου (Bednar-Friedl et al., 2022)

Κεφάλαιο 3^ο

Επιπτώσεις της κλιματικής κρίσης στην επισιτιστική ασφάλεια

Οι πολυσύνθετες επιπτώσεις της κλιματικής κρίσης, οι οποίες προβλέπεται ότι θα ενταθούν κατά τα επόμενα χρόνια, καθώς και η ευπάθεια των διάφορων περιοχών, σε παγκόσμια κλίμακα, στις εν λόγω επιπτώσεις, θα επηρεάσουν την επισιτιστική ασφάλεια με διάφορους τρόπους, άμεσα και έμμεσα, ενώ οι επιπτώσεις αυτές προβλέπεται ότι θα αφορούν όλες τις διαστάσεις της επισιτιστικής ασφάλειας, ήτοι τη διαθεσιμότητα των τροφίμων, την πρόσβαση σε τρόφιμα, την αξιοποίηση των τροφίμων και τελικά τη σταθερότητα στην παροχή τροφίμων. Οι περισσότερες μελέτες που αφορούν τις επιπτώσεις της κλιματικής κρίσης στην επισιτιστική ασφάλεια, σε παγκόσμια κλίμακα, αλλά και στην Ευρώπη, προσεγγίζουν τις πιο άμεσες επιπτώσεις, στη διάσταση της διαθεσιμότητας των τροφίμων (Gitz et al., 2016).

3.1 Επιπτώσεις στη διαθεσιμότητα των τροφίμων

Οι παράγοντες της κλιματικής κρίσης επηρεάζουν άμεσα και έμμεσα τη διάσταση της επισιτιστικής ασφάλειας που αφορά τη διαθεσιμότητα των τροφίμων, μέσω επιπτώσεων στους πρωτογενείς τομείς παραγωγής τροφίμων. Οι περισσότερες μελέτες σε παγκόσμιο επίπεδο, αλλά και στην ευρωπαϊκή ήπειρο, αφορούν τις επιπτώσεις των παραγόντων αυτών στις αποδόσεις των βασικών καλλιεργειών του γεωργικού τομέα, όπως το σιτάρι, ο αραβόσιτος και το ρύζι, καθώς οι καλλιέργειες αυτές συμβάλλουν, σε μεγάλο βαθμό, στην παγκόσμια επισιτιστική ασφάλεια. Ωστόσο, η κλιματική κρίση ενέχει επιπτώσεις και για τα υπόλοιπα είδη καλλιεργειών και για τα δασικά προϊόντα. Παράλληλα, οι επιπτώσεις αφορούν τόσο τον κτηνοτροφικό τομέα, με επιπτώσεις στην παραγωγικότητα των ζώων, όσο και τους τομείς της αλιείας και των υδατοκαλλιεργειών, με επιπτώσεις στην παραγωγικότητα από τους εν λόγω τομείς (El Bilali et al., 2020).

Οι ανωτέρω επιπτώσεις συμβάλλουν καθοριστικά στη διαθεσιμότητα των τροφίμων της κάθε χώρας και επηρεάζουν τις υπόλοιπες διαστάσεις της επισιτιστικής ασφάλειας και το παγκόσμιο σύστημα τροφίμων. Ως εκ τούτου, η αξιολόγηση των επιπτώσεων της κλιματικής κρίσης στη διαθεσιμότητα των τροφίμων είναι καίριας σημασίας.

3.1.1 Επιπτώσεις στον τομέα της γεωργίας

Οι παγκόσμιες αποδόσεις των κύριων καλλιεργειών έχουν περίπου τριπλασιαστεί από το έτος 1960. Σημαντικό ρόλο σε αυτό διαδραματίζουν οι εξελίξεις στα συστήματα καλλιεργειών, λίπανσης, άρδευσης και ολοκληρωμένης διαχείρισης παρασίτων. Παρ' όλα αυτά, οι πρόσφατες κλιματικές τάσεις ενέχουν σημαντικές επιπτώσεις στις αποδόσεις των καλλιεργειών, σε παγκόσμια κλίμακα (Bezner Kerr et al., 2022). Η αναζήτηση των δυνητικών επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στην παγκόσμια επισιτιστική ασφάλεια είναι ιδιαίτερα σημαντική, καθώς τα τρόφιμα αποτελούν παγκόσμιο αγαθό και όσα από αυτά καταναλώνονται σε ένα μέρος του κόσμου, μπορεί να έχουν παραχθεί χιλιάδες χιλιόμετρα μακριά. Επιπροσθέτως, οι διάφορες χώρες προμηθεύονται τρόφιμα από μία παγκόσμια αγορά, με αποτέλεσμα αλλαγές στην παραγωγή τροφίμων σε μία περιοχή να επηρεάζουν τη διαθεσιμότητα και τις τιμές των τροφίμων που παράγονται σε άλλες περιοχές (Lake et al., 2012).

Η κλιματική αλλαγή προσδίδει πολυπλοκότητα στο ήδη περίπλοκο παγκόσμιο σύστημα τροφίμων, μέσω της αύξησης του κινδύνου διαταραχών της σταθερότητας της αγροτικής παραγωγής (Horn, Ferreira and Kalantari, 2021). Ο αγροτικός τομέας αποτελεί έναν από τους περισσότερο εξαρτώμενους από το κλίμα κοινωνικοοικονομικούς τομείς, τόσο βραχυπρόθεσμα, καθώς αυξάνεται η συχνότητα και η ένταση των ακραίων καιρικών φαινομένων και των φυσικών καταστροφών, όσο και μακροπρόθεσμα, λόγω ευρύτερων αλλαγών στα κλιματικά μοτίβα, συμπεριλαμβανομένων των θερμοκρασιών και των βροχοπτώσεων (Adams et al., 2021).

Το μεγαλύτερο μέρος της παραγωγικότητας και της ποιότητας των γεωργικών προϊόντων εξαρτάται άμεσα και σε μεγάλο βαθμό από τους διαφορετικούς κλιματικούς παράγοντες. Παράλληλα, ο αγροτικός τομέας συμβάλλει καθοριστικά στην κλιματική κρίση, λόγω των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και των αλλαγών στις χρήσεις γης. Η κλιματική κρίση ήδη επηρεάζει τον τομέα της γεωργίας, ενώ οι επιπτώσεις της στον εν λόγω τομέα είναι άνισα κατανεμημένες μεταξύ των διάφορων περιοχών, σε παγκόσμια κλίμακα, αλλά και μεταξύ των υποπεριοχών της ευρωπαϊκής ηπείρου (EEA, 2019).

Οι επιπτώσεις της κλιματικής κρίσης στα συστήματα αγροτικής παραγωγής μπορεί να είναι άμεσες και έμμεσες. Οι άμεσες επιπτώσεις είναι αυτές που προκαλούνται από την τροποποίηση φυσικών χαρακτηριστικών, όπως τα επίπεδα θερμοκρασιών, ενώ οι έμμεσες

επιπτώσεις είναι εκείνες που επηρεάζουν την παραγωγή, μέσω αλλαγών σε άλλα είδη, όπως τα παράσιτα, τα ζιζάνια, οι επικονιαστές και οι φορείς ασθενειών. Οι άμεσες επιπτώσεις είναι πιο εύκολο να προβλεφθούν, διότι μπορούν να προσομοιωθούν ή και να μοντελοποιηθούν σχετικά εύκολα, ενώ οι έμμεσες επιπτώσεις, που μπορούν να διαδραματίζουν κύριο ρόλο, ιδιαίτερα σε λιγότερο ελεγχόμενα περιβάλλοντα, είναι πολύ πιο δύσκολο να προβλεφθούν, λόγω του μεγάλου αριθμού των παραμέτρων που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους (Gitz et al., 2016).

3.1.1.1 Παρατηρηθείσες και προβλεπόμενες επιπτώσεις

Οι παρατηρηθείσες επιπτώσεις των κλιματικών τάσεων του παρελθόντος στην παραγωγή καλλιεργειών είναι εμφανείς, σε αρκετές περιοχές, σε παγκόσμια κλίμακα, με τις αρνητικές επιπτώσεις να είναι πιο συχνές (Gitz et al., 2016). Τα τελευταία 20 – 50 έτη, οι επιπτώσεις του μεταβαλλόμενου κλίματος διαφέρουν, τόσο ανά περιοχή, όσο και ανά τύπο καλλιεργειών. Έτσι, ενώ έχουν αναγνωριστεί ορισμένες θετικές επιπτώσεις για το ρύζι και το σιτάρι στην Ανατολική Ασία και για το σιτάρι στη Βόρεια Ευρώπη, οι επιπτώσεις είναι κατά κύριο λόγο αρνητικές στην Υποσαχάρια Αφρική, τη Νότια Αμερική, τη Νότια Ασία, καθώς και τη Δυτική και Νότια Ευρώπη (Bezner Kerr et al., 2022). Το γεγονός ότι η κλιματική κρίση μπορεί να επηρεάσει θετικά το αγροτικό σύστημα ορισμένων περιοχών, κατά τις επόμενες δεκαετίες, δεν εξασφαλίζει την μελλοντική μακροπρόθεσμη επισιτιστική ασφάλεια των εν λόγω περιοχών (Horn, Ferreira and Kalantari, 2021).

Υπάρχουν στοιχεία που αναδεικνύουν ότι η κλιματική κρίση έχει ήδη επηρεάσει αρνητικά τις αποδόσεις των καλλιεργειών σιταριού και αραβόσιτου, σε πολλές περιοχές, σε παγκόσμιο επίπεδο (Gitz et al., 2016). Το σιτάρι και το ρύζι βρίσκονται μεταξύ των κύριων καλλιεργειών που έχουν επηρεαστεί αρνητικά από την παγκόσμια θέρμανση, κατά τις τελευταίες τρεις δεκαετίες (Farooq et al., 2022). Οι κλιματικοί παράγοντες που επηρέασαν τις μακροπρόθεσμες τάσεις απόδοσης, επίσης, διαφέρουν μεταξύ των διάφορων περιοχών (Bezner Kerr et al., 2022).

Οι κύριες καλλιέργειες, όπως το σιτάρι, ο αραβόσιτος και το ρύζι αποτελούν σημαντική πηγή τροφίμων για μεγάλο μέρος του πληθυσμού, σε παγκόσμια κλίμακα, με αποτέλεσμα οι μελέτες που αφορούν τις επιπτώσεις της κλιματικής κρίσης στον τομέα της γεωργίας, να εστιάζουν στις αποδόσεις των καλλιεργειών αυτών (Bezner Kerr et al., 2022). Οι εν λόγω καλλιέργειες επηρεάζονται από αυξήσεις ή μειώσεις στις θερμοκρασίες, αλλαγές στις

βροχοπτώσεις, αλλά και από άλλους αβιοτικούς παράγοντες, με αποτέλεσμα τη μεταβολή των βιολογικών ρυθμίσεων, όπως ο κύκλος των καλλιεργειών, οι περίοδοι ανάπτυξης και η δραστηριότητα εντόμων, παρασίτων και ασθενειών. (Farooq et al., 2022).

Καλλιέργειες, όπως τα δημητριακά, τα φρούτα, τα λαχανικά, οι ρίζες, οι κόνδυλοι και η ζάχαρη αντιπροσωπεύουν περίπου το 80% της διατροφικής παροχής ενέργειας, με αποτέλεσμα οι κίνδυνοι που αναδύονται για τις αποδόσεις αυτών, λόγω της κλιματικής κρίσης, να αποτελούν ένα όλο και πιο ανησυχητικό ζήτημα για την επισιτιστική ασφάλεια και διατροφή του παγκόσμιου πληθυσμού (Bezner Kerr et al., 2022).

Οι υψηλότερες θερμοκρασίες έχουν ωφελήσει τον τομέα της γεωργίας στα μεγάλα γεωγραφικά πλάτη, με χαρακτηριστικά παραδείγματα την επέκταση των καλλιεργήσιμων εκτάσεων προς τους πόλους και τη μείωση του ψυχρού στρες, σε περιοχές όπως στην Ανατολική Ασία, τη Βόρεια Αμερική και τη Βόρεια Ευρώπη. Ωστόσο, πρόσφατες τάσεις θέρμανσης έχουν, σε γενικές γραμμές, μειώσει τον κύκλο ζωής των κύριων καλλιεργειών, με αποτέλεσμα να εγκυμονούνται σημαντικοί κίνδυνοι για την παγκόσμια επισιτιστική ασφάλεια (Bezner Kerr et al., 2022). Η κλιματική κρίση έχει ήδη επηρεάσει την καταλληλότητα των καλλιεργειών σε πολλές περιοχές, σε παγκόσμια επίπεδο, συμπεριλαμβανομένης της Ευρώπης, με αποτέλεσμα αλλαγές στα επίπεδα παραγωγής των κύριων καλλιεργειών (Horn, Ferreira and Kalantari, 2021).

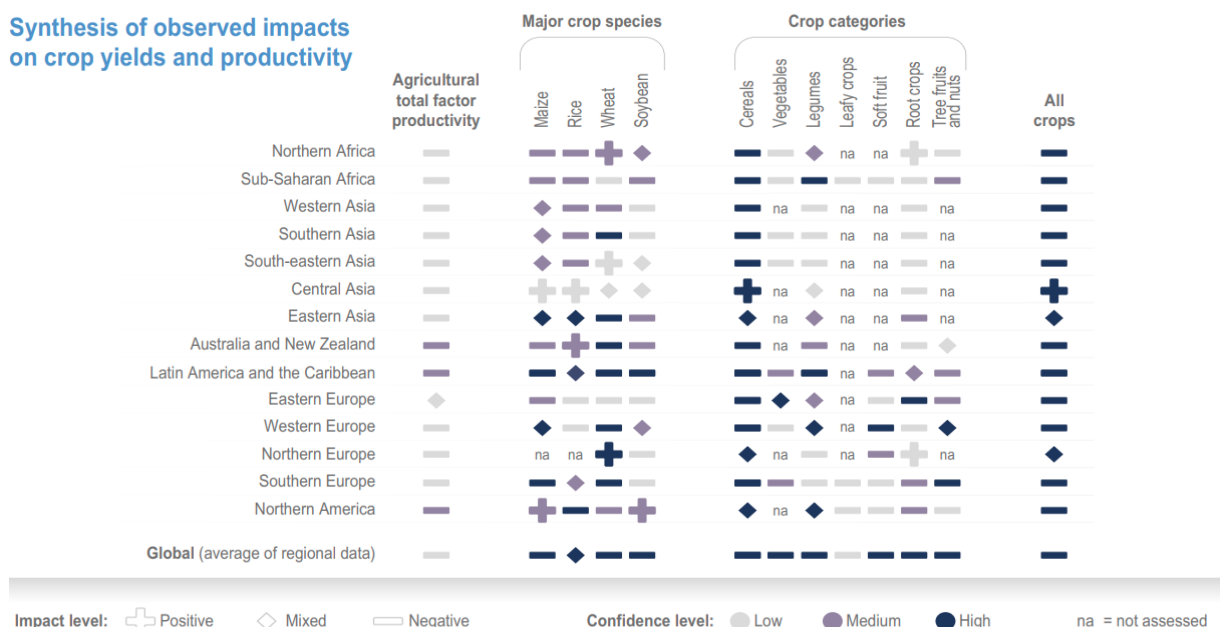
Η κλιματική μεταβλητότητα αποτελεί κύρια αιτία της διακύμανσης στη γεωργική παραγωγή και οι επιπτώσεις που παρατηρούνται είναι πιο ανησυχητικές στις παραγωγικές περιοχές, σε σχέση με τις λιγότερο παραγωγικές περιοχές. Παρ' όλα αυτά, η μεταβλητότητα στις αποδόσεις των καλλιεργειών στις λιγότερο παραγωγικές περιοχές, συνεπάγεται σοβαρές επιπτώσεις στην επισιτιστική ασφάλεια και στον βιοπορισμό, ιδιαίτερα σε τοπικό επίπεδο. Οι αντίθετες επιπτώσεις μεταξύ περιοχών μεγάλου και μικρού γεωγραφικού πλάτους, αλλά και άλλες χωρικές διαφορές, υποδεικνύουν ότι η κλιματική κρίση δύναται να επιδεινώσει τις ήδη υπάρχουσες ανισοροπίες μεταξύ ανεπτυγμένων και αναπτυσσόμενων χωρών, σε ζητήματα επισιτιστικής ασφάλειας (Gitz et al., 2016).

Οι κίνδυνοι που σχετίζονται με το κλίμα και προκαλούν απώλειες καλλιεργειών, έχει παρατηρηθεί ότι αυξάνονται. Τα ακραία καιρικά φαινόμενα και οι φυσικές καταστροφές, που αναδύονται ως αποτέλεσμα της κλιματικής κρίσης, αποτελούν χαρακτηριστικό

παράδειγμα τέτοιων κινδύνων. Απώλειες στις αποδόσεις καλλιεργειών που σχετίζονται με φαινόμενα ξηρασίας, έχουν παρατηρηθεί περίπου στο 75% της παγκόσμιας καλλιεργούμενης έκτασης, με σημαντική αύξηση κατά τα τελευταία έτη. Αντίστοιχα, τα κύματα καύσωνα έχουν μειώσει τις αποδόσεις του σιταριού και του ρυζιού. Οι συνδυαστικές επιπτώσεις των φαινομένων ξηρασίας και των κυμάτων καύσωνα έχουν μειώσει τις παγκόσμιες μέσες αποδόσεις του αραβόσιτου, της σόγιας και του σιταριού, κατά 11,6%, 12,4% και 9,2%, αντίστοιχα. Στην Ευρώπη, οι απώλειες καλλιεργειών τριπλασιάστηκαν κατά τις τελευταίες πέντε δεκαετίες, λόγω φαινομένων ξηρασίας και κυμάτων καύσωνα. Σε παγκόσμια κλίμακα, οι πλημμύρες έχουν, επίσης, αυξηθεί, προκαλώντας άμεσες ζημιές στις καλλιέργειες, αλλά και έμμεσα με μειωμένες αποδόσεις, λόγω καθυστέρησης στη διαδικασία της φύτευσης (Bezner Kerr et al., 2022).

Λιγότερο μελετημένες είναι οι επιπτώσεις της κλιματικής κρίσης σε άλλα είδη καλλιεργειών, όπως τα λαχανικά και τα φρούτα. Αν και υπάρχουν αναφορές θετικών επιπτώσεων σε ορισμένες περιπτώσεις, συνολικά οι παρατηρηθείσες επιπτώσεις είναι αρνητικές σε όλες τις κατηγορίες τέτοιων καλλιεργειών, όπως φαίνεται στην εικόνα 3.1, με άμεσους κινδύνους για την επισιτιστική ασφάλεια και τη διατροφή των πληθυσμών (Bezner Kerr et al., 2022).

Synthesis of observed impacts on crop yields and productivity



Εικόνα 3.1 Παρατηρηθείσες επιπτώσεις της κλιματικής κρίσης στις αποδόσεις των κύριων και άλλων καλλιεργειών, ανά περιοχή (Bezner Kerr et al., 2022)

Στις εύκρατες περιοχές, οι παράγοντες της κλιματικής κρίσης μπορεί να έχουν ως αποτέλεσμα υψηλότερες αποδόσεις καλλιεργειών, ενώ στις υποτροπικές και τροπικές

περιοχές παρατηρούνται αρνητικές επιπτώσεις, λόγω της επικράτησης κυμάτων καύσωνα και φαινομένων ξηρασίας. Παρ' όλα αυτά, είναι γεγονός ότι διαφορετικά είδη έχουν διαφορετικές ευαισθησίες στη θερμότητα, στην ξηρασία, αλλά και στους συνδυασμούς διαφορετικών πιέσεων. Τα υπέργεια λαχανικά είναι ιδιαίτερα ευάλωτα στις πιέσεις της θερμότητας και της ξηρασίας κατά τη διαδικασία της επικονίασης και του σχηματισμού των καρπών, με αποτέλεσμα αρνητικές επιπτώσεις στην απόδοση και την ποιότητα της συγκομιδής (Bezner Kerr et al., 2022).

Τα λαχανικά που βρίσκονται κάτω από το έδαφος, στα οποία περιλαμβάνονται αμυλώδεις ρίζες και κόνδυλοι, αποτελούν σημαντική πηγή τροφίμων σε πολλά μέρη τροπικών και υποτροπικών περιοχών. Η θέρμανση και η κλιματική μεταβλητότητα έχουν μεταβάλλει το ρυθμό ανάπτυξης των κονδύλων, με επιπτώσεις στις αποδόσεις να ποικίλουν από περιοχή σε περιοχή, συμπεριλαμβανομένων αυξήσεων, σε μερικές περιπτώσεις. Οι εν λόγω καλλιέργειες θεωρούνται ανεκτικές σε πιέσεις, αλλά είναι πιο ευαίσθητες σε φαινόμενα ξηρασίας, σε σχέση με τα δημητριακά. Οι επιπτώσεις της κλιματικής κρίσης στη διαθεσιμότητα του νερού είναι κρίσιμες, καθώς οι καλλιέργειες ριζών είναι απαιτητικές σε νερό για μακρά χρονικά διαστήματα, ενώ παράλληλα είναι ευαίσθητες σε φαινόμενα ξηρασίας και κυμάτων καύσωνα (Bezner Kerr et al., 2022).

Μεταξύ των πολυετών δενδρωδών καλλιεργειών, σημαντική έρευνα, αναφορικά με τις επιπτώσεις της κλιματικής κρίσης, έχει γίνει μόνο στα αμπέλια, στις ελιές, στις αμυγδαλιές, στις μηλιές και στα δέντρα καφέ και κακάο. Οι καλλιέργειες αυτές είναι ιδιαίτερα ευάλωτες στις επιπτώσεις στις κλιματικής κρίσης, καθώς είναι εκτεθειμένες καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, με μικρή δυνατότητα ρύθμισης της χρονικής περιόδου ή της περιοχής φύτευσης. Στα σπυροφόρα δέντρα, η θέρμανση και η κλιματική μεταβλητότητα έχουν ήδη επηρεάσει την ποιότητα των φρούτων, όπως την οξύτητα και την υφή στα μήλα. Η αξιοπιστία και η σταθερότητα των συγκομιδών έχει επηρεαστεί από την κλιματική μεταβλητότητα και από αλλαγές στην κατανομή των παρασίτων και των παθογόνων παραγόντων (Bezner Kerr et al., 2022).

Το τροποσφαιρικό όζον αποτελεί αέριο ρύπο και αέριο του θερμοκηπίου, που επηρεάζει την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα και το παγκόσμιο κλίμα. Πρόκειται για ένα ισχυρό οξειδωτικό, που μειώνει τις φυσιολογικές λειτουργίες, τις αποδόσεις και την ποιότητα των καλλιεργειών και των ζώων, με αποτέλεσμα να επιδεινώνει τις αρνητικές επιπτώσεις της

κλιματικής αλλαγής (Bezner Kerr et al., 2022). Οι συγκεντρώσεις του έχουν διαχρονικά αυξηθεί σημαντικά, σε επίπεδο διπλασιασμού, σε σχέση με την προβιομηχανική περίοδο, ενώ σε ορισμένες περιοχές και χρονικές περιόδους φθάνει σε επίπεδα που είναι επιβλαβή για τα φυτά, τα ζώα και τους ανθρώπους (Leisner, 2020).

Οι απώλειες καλλιεργειών κατά τα έτη 2010 – 2012, που αποδόθηκαν στην επίδραση του τροποσφαιρικού όζοντος, ήταν κατά μέσο όρο για τη σόγια, το σιτάρι, το ρύζι και τον αραβόσιτο, στο 12,4%, 7,1%, 4,4% και 6,1%, αντίστοιχα. Οι περιοχές με μεγάλες απώλειες καλλιεργειών που αποδίδονται στο τροποσφαιρικό όζον βρίσκονται, παράλληλα, σε μεγάλο κίνδυνο απωλειών στις αποδόσεις και από άλλες πιέσεις. Οι καλλιέργειες λαχανικών είναι ευάλωτες στην επίδραση του όζοντος, με αποτέλεσμα να εγκυμονούνται σοβαρές αρνητικές επιπτώσεις στην ποσότητα και την ποιότητα της παραγωγής. Ένας ανησυχητικός παράγοντας είναι το γεγονός ότι οι εκτιμήσεις στις απώλειες αυτές δεν περιλαμβάνουν τις αλληλεπιδράσεις με άλλους κλιματικούς παράγοντες. Χαρακτηριστικά, οι αυξημένες θερμοκρασίες βελτιώνουν, τόσο την παραγωγή όζοντος, όσο και την πρόσληψή του από τα φυτά, επιδεινώνοντας τις αρνητικές επιπτώσεις στις αποδόσεις και την ποιότητα των καλλιεργειών (Bezner Kerr et al., 2022).

Οι διαχρονικές μελέτες υποδεικνύουν τις πιο συχνές εξάρσεις, αλλά και την επέκταση των περιοχών επίδρασης των παρασίτων και των ασθενειών, αν και υπάρχουν σημαντικές δυσκολίες στην αξιολόγηση των αλληλεπιδράσεων μεταξύ διαφορετικών ειδών. Παρ' όλα αυτά, έχει παρατηρηθεί σημαντική επέκταση πολλών σημαντικών ομάδων παρασίτων και παθογόνων παραγόντων των καλλιεργειών, με κατεύθυνση προς τους πόλους, ιδιαίτερα μετά το έτος 1960 (Bezner Kerr et al., 2022). Τα παράσιτα μπορούν να οριστούν ως «κάθε είδος, στέλεχος ή βιότυπος φυτού, ζώου ή παθογόνου παράγοντα, που είναι επιβλαβές για τα φυτά ή τα προϊόντα τους» (Gitz et al., 2016). Τα παράσιτα ευθύνονται για το 20 – 40% των παγκόσμιων απωλειών στην παραγωγή των καλλιεργειών (FAO, 2020).

Πληθυσμοί διαφορετικών ειδών παρασίτων ανταποκρίνονται διαφορετικά στα τρέχοντα επίπεδα των παραγόντων της κλιματικής κρίσης και η ανταπόκριση αυτή μπορεί να περιλαμβάνει την αλλαγή, τον περιορισμό ή την επέκταση του τρέχοντος εύρους κατανομής τους, ενώ ορισμένα είδη παραμένουν ή εξαφανίζονται από το εν λόγω εύρος τους. Αυτές οι ανισόρροπες αλλαγές στην κατανομή των παρασίτων μπορούν να δημιουργήσουν νέους συνδυασμούς ειδών ή να αποσυνδέσουν υπάρχοντες

συνδυασμούς. Ωστόσο, οι επιπτώσεις των αλλαγών αυτών στη μελλοντική παραγωγή των καλλιεργειών και την επισιτιστική ασφάλεια, στο σύνολό της, είναι δύσκολο να προβλεφθούν. Παράλληλα, η παγκόσμια υπερθέρμανση αυξάνει την ανάγκη για χρήση παρασιτοκτόνων. Ως εκ τούτου, η ταχεία και μεγάλης κλίμακας διασπορά των παρασίτων αποτελεί, ήδη, κύρια απειλή για την επισιτιστική ασφάλεια, με χαρακτηριστικό παράδειγμα τις απώλειες καλλιεργειών από τις εξάρσεις της ακρίδας της ερήμου (*Schistocerca gregaria*) (Bezner Kerr et al., 2022).

Τα ζιζάνια αποτελούν σημαντικό περιορισμό για την παραγωγή καλλιεργειών και ευθύνονται για σημαντικές απώλειες καλλιεργειών, ενώ η κλιματική κρίση δύναται να ευνοήσει την ανάπτυξη αυτών, σε βάρος των επιθυμητών καλλιεργειών. Οι αλλαγές στη θερμοκρασία και τις βροχοπτώσεις μεταβάλλουν το εύρος, τη σύνθεση και την ανταγωνιστικότητα των αυτοφυών ζιζανίων και άλλων χωροκατακτητικών ειδών. Παράλληλα, οι αυξημένες συγκεντρώσεις CO₂ βελτιώνουν την ανάπτυξη των φυτών C₃, στα οποία συμπεριλαμβάνεται περίπου το 85% των ειδών των φυτών και στα οποία ανήκουν πολλά ζιζάνια, ενώ ταυτόχρονα αυξάνουν την αποδοτικότητα στη χρήση του νερού, με δυνητικά σοβαρές επιπτώσεις, που αφορούν την εγκατάσταση τέτοιων ζιζανίων. Οι αυξημένες συγκεντρώσεις CO₂ και άλλοι παράγοντες της κλιματικής κρίσης, δύνανται να μειώνουν την απόδοση των ζιζανιοκτόνων. Ως εκ τούτου, ο χημικός έλεγχος των ζιζανίων γίνεται ένα όλο και πιο ανησυχητικό ζήτημα, υπό την κλιματική, καθώς επηρεάζονται όλες οι πτυχές της βιολογίας των ζιζανίων, ήτοι η εγκατάσταση, ο ανταγωνισμός, η κατανομή και η διαχείριση (Bezner Kerr et al., 2022).

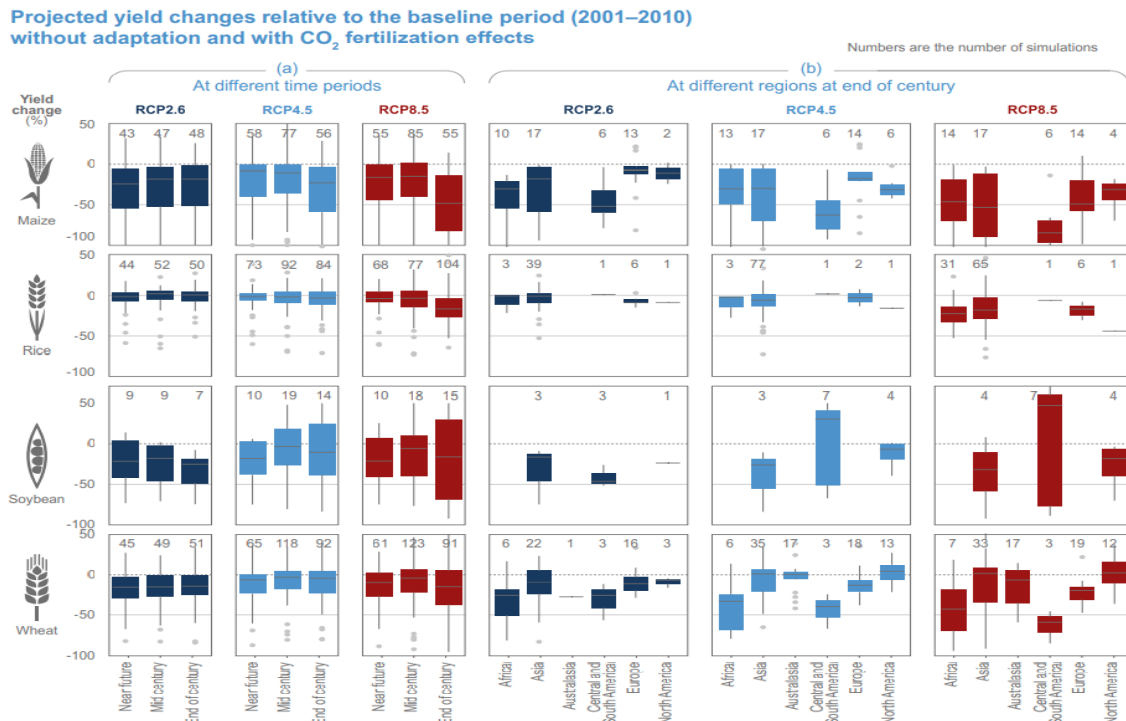
Η κλιματική αλλαγή αναμένεται ότι θα μεταβάλει θεμελιωδώς τα παγκόσμια μοτίβα παραγωγής τροφίμων. Οι χωρικές και χρονικές αλλαγές στις κλιματικές μεταβλητές, παράλληλα με την αυξημένη συχνότητα και ένταση των ακραίων καιρικών φαινομένων, εγκυμονούν σημαντικούς κινδύνους για τη μελλοντική παραγωγή τροφίμων (Leisner, 2020). Οι παράγοντες της κλιματικής κρίσης εγκυμονούν μειώσεις στην παραγωγή των κύριων καλλιεργειών, ιδιαίτερα για το σιτάρι, τον αραβόσιτο και το ρύζι, στις περιοχές χαμηλού γεωγραφικού πλάτους και στις τροπικές περιοχές, ακόμα και σε χαμηλά επίπεδα θέρμανσης, δεδομένου ότι παράγοντες όπως η συνολική καλλιεργούμενη έκταση, τα επίπεδα διαχείρισης και η τεχνολογία, παραμένουν στα τρέχοντα επίπεδα (Gitz et al., 2016).

Αν και η θέρμανση μπορεί να ευνοήσει την αγροτική παραγωγή των πιο ψυχρών περιοχών στα μεσαία προς μεγάλα γεωγραφικά πλάτη, οι πιο θερμές και ξηρές συνθήκες, οι κίνδυνοι περιορισμού των υδατικών πόρων για τη διαδικασία της άρδευσης και η αυξημένη δραστηριότητα παρασίτων και ασθενειών, δύνανται να περιορίσουν την αγροτική παραγωγή στις περιοχές αυτές. Οι αλλαγές στους κλιματικούς παράγοντες μπορούν να οδηγήσουν σε απώλειες καλλιεργήσιμων εκτάσεων και μείωση στην παγκόσμια απόδοση των σημαντικών, για την επισιτιστική ασφάλεια, καλλιεργειών (Duchenne-Moutien and Neetoo, 2021).

Τα στοιχεία των πιο πρόσφατων ερευνών υποδεικνύουν ότι η κλιματική αλλαγή θα επηρεάσει δυσανάλογα τις αποδόσεις καλλιεργειών, μεταξύ των διάφορων περιοχών, ενώ αναμένονται περισσότερες αρνητικές επιπτώσεις στο μεγαλύτερο ποσοστό των περιοχών. Εκτιμάται ότι θα υπάρξει συνολική διάμεση μείωση, ανά δεκαετία, στις αποδόσεις καλλιεργειών, κατά 3,3% για τη σόγια, 2,3% για τον αραβόσιτο, 1,3% για το σιτάρι και 0,7% για το ρύζι, δεδομένου ότι δεν λαμβάνονται μέτρα προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή. Οι προβλέψεις για τις επιπτώσεις αυτές ποικίλουν μεταξύ των διαφορετικών καλλιεργειών, του χρονικού πλαισίου, αλλά και του σεναρίου πρόβλεψης. Αν και οι διαφορές στις προβλεπόμενες επιπτώσεις μεταξύ των σεναρίων RCPs δεν είναι σαφείς μέχρι το μέσο του τρέχοντος αιώνα, κατά το δεύτερο μισό του αιώνα γίνεται αισθητός ο κίνδυνος για τις αποδόσεις των κύριων καλλιεργειών (Bezner Kerr et al., 2022).

Οι διαφορές που παρατηρούνται ανά περιοχή, χρονικό πλαίσιο και σενάριο πρόβλεψης, όπως αποτυπώνονται και στο γράφημα 3.1 για τις κύριες καλλιέργειες, σχετίζονται με τα τρέχοντα επίπεδα θερμοκρασιών και τον βαθμό της παγκόσμιας θέρμανσης. Οι προβλεπόμενες επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής είναι θετικές, όταν οι τρέχουσες μέσες ετήσιες θερμοκρασίες είναι μικρότερες των 10°C, αλλά γίνονται αρνητικές όταν οι μέσες ετήσιες θερμοκρασίες είναι μεγαλύτερες των 15°C (Bezner Kerr et al., 2022). Οι περισσότερες αγρονομικές καλλιέργειες στην Ευρώπη είναι ευαίσθητες σε επεισόδια υψηλών και θερμοκρασίες μεταξύ 35°C και 40°C δύνανται να είναι επιζήμιες εάν διαρκέσουν περισσότερο από 30 λεπτά. Η ευπάθεια των καλλιεργειών στις επιπτώσεις των υψηλών θερμοκρασιών ποικίλουν ανάλογα με το στάδιο ανάπτυξης του φυτού, με το αναπαραγωγικό στάδιο να καθιστά τις καλλιέργειες ιδιαίτερα ευάλωτες στην κλιματική κρίση (Iglesias et al., 2009). Αντίστοιχα, οι πιέσεις των χαμηλών θερμοκρασιών, ως

αποτέλεσμα της κλιματικής κρίσης, αποτελούν σημαντική απειλή, ιδιαίτερα για την παραγωγή καλλιεργειών, με μειώσεις στις αποδόσεις ορισμένων δημητριακών να φθάνουν ακόμα και σε ολοκληρωτική απώλεια της παραγωγής (Farooq et al., 2022).



Γράφημα 3.1 Προβλεπόμενες αλλαγές στις αποδόσεις των κύριων καλλιεργειών α) σε διαφορετικές χρονικές περιόδους και β) σε διαφορετικές περιοχές (Bezner Kerr et al., 2022)

Για τον αραβόσιτο, οι αρνητικές επιπτώσεις παρουσιάζονται σχεδόν σε όλες τις θερμοκρασιακές ζώνες. Έχει εκτιμηθεί ότι για τις τέσσερις μεγαλύτερες σε εξαγωγές αραβόσιτου χώρες, η πιθανότητα ταυτόχρονων απωλειών παραγωγής, μεγαλύτερων του 10%, που συμβαίνουν κάθε έτος, αυξάνεται από 0% έως 7%, υπό 2°C υπερθέρμανση, ενώ ανέρχεται μέχρι το 86%, υπό 4°C υπερθέρμανση. Παράλληλα, έχει εκτιμηθεί ότι οι ταυτόχρονες αποτυχίες στην καλλιέργεια αραβόσιτου θα αυξηθούν από 6% σε 40%, υπό 1,5°C υπερθέρμανση και σε 54%, υπό 2°C υπερθέρμανση. Ως εκ τούτου, παγκόσμια υπερθέρμανση μεγαλύτερη των 1,5°C συνεπάγεται σημαντικούς κινδύνους για τις αποδόσεις των κύριων καλλιεργειών (Bezner Kerr et al., 2022).

Οι αυξημένες συγκεντρώσεις CO₂ στον ατμοσφαιρικό αέρα, διεγείρουν τις διαδικασίες της φωτοσύνθεσης και της συσσώρευσης βιομάζας των φυτών, με αποτέλεσμα να αυξάνεται ο ρυθμός φωτοσύνθεσης των φύλλων, ενώ παράλληλα βελτιώνεται η αποδοτικότητα στη χρήση νερού, ιδιαίτερα για τις καλλιέργειες C₃, κατά τη φωτοσύνθεση των οποίων το πρώτο προϊόν δέσμευσης του CO₂ είναι μία ένωση με τρία άτομα άνθρακα

(κύκλος του Calvin) και στις οποίες συμπεριλαμβάνονται οι περισσότερες καλλιέργειες, όπως το σιτάρι, το κριθάρι, η βρώμη, το ρύζι, το ζαχαρότευτλο, η σόγια, το σπανάκι και οι περισσότερες δενδρώδεις καλλιέργειες (FAO, 2016). Παρ' όλα αυτά, η επίδραση άλλων παραγόντων της κλιματικής κρίσης, όπως τα φαινόμενα ξηρασίας και τα αυξημένα επίπεδα θερμοκρασιών δύνανται να αντισταθμίζουν τις θετικές επιπτώσεις των αυξημένων συγκεντρώσεων CO₂ (Leisner, 2020). Χαρακτηριστικά, οι θετικές επιπτώσεις των αυξημένων συγκεντρώσεων CO₂ μειώνονται σημαντικά από τις υψηλότερες θερμοκρασίες για τη σόγια, το σιτάρι και το ρύζι. Για τα υπέργεια λαχανικά, οι αυξημένες συγκεντρώσεις CO₂ μπορούν σε ορισμένες περιπτώσεις να μειώσουν την επίδραση άλλων κλιματικών παραγόντων, ενώ σε ορισμένα από αυτά, οι αρνητικές επιπτώσεις αβιοτικών παραγόντων αντισταθμίζουν το δυνητικό όφελος των αυξημένων συγκεντρώσεων CO₂ (Bezner Kerr et al., 2022).

Υπάρχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ διαφορετικών ποικιλιών, αναφορικά με την επίδραση των αυξημένων συγκεντρώσεων CO₂, στην απόδοση αυτών. Οι αυξημένες συγκεντρώσεις CO₂ προκαλούν μείωση σημαντικών θρεπτικών στοιχείων, όπως πρωτεϊνών, σιδήρου και ψευδαργύρου. Το γεγονός αυτό εγκυμονεί σημαντικούς κινδύνους για την επισιτιστική ασφάλεια και διατροφή, δεδομένης της σημαντικότητας τροφίμων, όπως τα φρούτα και τα λαχανικά, για την ανθρώπινη διατροφή (Bezner Kerr et al., 2022). Έχει αναφερθεί σημαντική μείωση αρκετών μετάλλων στους ιστούς των φυτών C3, συμπεριλαμβανομένων των βρώσιμων μερών τους, που φθάνει περίπου το 8%, καθώς και μείωση κατά 3-17% στις συγκεντρώσεις πρωτεϊνών, ψευδαργύρου και σιδήρου, υπό αυξημένες συγκεντρώσεις CO₂. Παρ' όλα αυτά, οι περίπλοκες αλληλεπιδράσεις μεταξύ των διαφορετικών πιέσεων της κλιματικής κρίσης αναδεικνύονται από το γεγονός ότι άλλες αβιοτικές πιέσεις, σε συνδυασμό με τις αυξημένες συγκεντρώσεις CO₂, μπορούν να περιορίσουν τη μείωση στη διατροφική ποιότητα, που παρατηρείται από τις εν λόγω αυξημένες συγκεντρώσεις CO₂ (Leisner, 2020).

Έχει εκτιμηθεί ότι μέχρι το έτος 2100, οι επιπτώσεις της κλιματικής κρίσης στις αποδόσεις των καλλιεργειών, υπό ένα σενάριο υψηλών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, θα βρίσκονται μεταξύ του -20% και -45% για τον αραβόσιτο, μεταξύ του -5% και -50% για το σιτάρι, μεταξύ του -20% και -30% για το ρύζι και μεταξύ του -30% και -60% για τη σόγια. (Gitz et al., 2016).

Οι μελλοντικές συγκεντρώσεις τροποσφαιρικού όζοντος είναι εξαιρετικά αβέβαιες. Ωστόσο, προβλέπεται ότι θα αυξηθούν υπό το σενάριο RCP8.5, ενώ θα μειωθούν υπό όλα τα υπόλοιπα σενάρια. Αυτό εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις εκπομπές CH₄, που αποτελεί σημαντική πρόδρομη ένωση για το σχηματισμό του όζοντος και το οποίο συμβάλλει καθοριστικά στη μείωση των αποδόσεων των καλλιεργειών. Έχει εκτιμηθεί ότι οι απώλειες στις αποδόσεις των κύριων καλλιεργειών, υπό το σενάριο RCP8.5, μέχρι το έτος 2100, θα είναι 25±11%, ως αποτέλεσμα της θετικής επίδρασης των αυξημένων συγκεντρώσεων CO₂ (15±2%), αλλά και των αρνητικών επιπτώσεων της υπερθέρμανσης (35±10%) και των αυξημένων συγκεντρώσεων όζοντος (4±2%). Παράλληλα, εκτιμήθηκε ότι το 62% των απωλειών στις αποδόσεις οφείλεται στο CH₄ (Bezner Kerr et al., 2022).

Εκτός από τις κύριες καλλιέργειες, αρνητικές επιπτώσεις της κλιματικής κρίσης προβλέπονται και για άλλα είδη καλλιεργειών, όπως δημητριακά, φρούτα, λαχανικά, ρίζες και κόνδυλοι. Πέρα από τις άμεσες επιπτώσεις των αυξημένων συγκεντρώσεων CO₂, οι περισσότερες αλλαγές αναμένεται ότι θα έχουν αρνητικές επιπτώσεις στην παραγωγή τέτοιων καλλιεργειών. Αλλαγές στη θερμοκρασία και τις βροχοπτώσεις είναι οι πιο συχνά αναφερόμενοι κλιματικοί παράγοντες που αναμένεται ότι θα επηρεάσουν τις αποδόσεις των καλλιεργειών αυτών, αλλά οι αναμενόμενες αλλαγές στη φαινολογία, τα παράσιτα και τις ασθένειες αποτελούν, επίσης, κρίσιμους παράγοντες (Bezner Kerr et al., 2022).

Έχουν προβλεφθεί αλλαγές στην απόδοση των εν λόγω καλλιεργειών της τάξεως του +22% (+11,6% με 32,5%) για αύξηση της συγκέντρωσης του CO₂ κατά 250ppm, -34,7% (-44,6% με -24,9%) για μείωση 50% της διαθεσιμότητας του νερού, -8,9% (-15,6% με -2,2%) για αύξηση κατά 25% της συγκέντρωσης του τροποσφαιρικού όζοντος και -31,5% για αύξηση της θερμοκρασίας κατά 4°C. Για τα φρούτα και τα λαχανικά δεν έχουν γίνει εκτεταμένες και κατευθυνόμενες προβλέψεις αναφορικά με τις επιπτώσεις της κλιματικής κρίσης στις αποδόσεις τους, ενώ υπάρχει έλλειψη συστηματικών αξιολογήσεων και για τις καλλιέργειες ριζών (Bezner Kerr et al., 2022).

Για τις πολυετείς καλλιέργειες, οι μελέτες υποδεικνύουν αρνητικές επιπτώσεις της κλιματικής κρίσης, λόγω θέρμανσης, αυξημένης συγκέντρωσης τροποσφαιρικού όζοντος, μειωμένης διαθεσιμότητας νερού και αυξημένης αλατότητας του εδάφους. Οι αυξημένες συγκεντρώσεις CO₂, αναμένεται ότι θα αυξήσουν τις αποδόσεις, αλλά μόνο υπό την προϋπόθεση ότι οι υπόλοιποι παράγοντες δεν υποβληθούν σε αλλαγές. Τέτοιου είδους

καλλιέργειες συχνά αναπτύσσονται σε ξηρές περιοχές, στις οποίες οι βροχοπτώσεις και η άρδευση αποτελούν κρίσιμους παράγοντες. Χαρακτηριστικά, έχει εκτιμηθεί ότι οι απώλειες απόδοσης στην περιοχή της Μεσογείου, υπό ένα σενάριο θερμό και ξηρό, μέχρι τα έτη 2041-2070, θα προέρχονται σε μεγάλο βαθμό από τις μειωμένες βροχοπτώσεις, με μέγιστη εκτιμώμενη απώλεια απόδοσης στο 5,4% για τα σταφύλια, 14,9% για τις ελιές και 27,2% για τα αμύγδαλα (Bezner Kerr et al., 2022).

Οι βροχοπτώσεις αποτελούν έναν από τους πιο σημαντικούς παράγοντες που καθορίζουν την παραγωγικότητα των καλλιεργειών, καθώς αποτελούν την κύρια πηγή υγρασίας του εδάφους. Η κλιματική κρίση οδηγεί σε αλλαγές στις ολικές εποχιακές βροχοπτώσεις, στα πρότυπα βροχοπτώσεων εντός της ίδιας εποχής, αλλά και στη μεταβλητότητα μεταξύ των εποχών. Για την παραγωγή καλλιεργειών, αλλαγές στα πρότυπα των βροχοπτώσεων μπορεί να είναι πιο σημαντικές από την αλλαγή στις συνολικές ετήσιες βροχοπτώσεις. Το φαινόμενο της ανόδου της στάθμης της θάλασσας, υπό την κλιματική κρίση, μπορεί να οδηγήσει στο πλημμύρισμα παράκτιων αγροτικών περιοχών και στην αλάτωση του νερού που προορίζεται για άρδευση των καλλιεργειών (Iglesias et al., 2009).

Τα μοντέλα που χρησιμοποιούνται για τις προβλέψεις των αποδόσεων καλλιεργειών, σε γενικές γραμμές δεν λαμβάνουν υπόψη τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής σε λειτουργίες των οικοσυστημάτων, όπως η ισορροπία μεταξύ καλλιεργειών, παρασίτων, ζιζανίων και επικονιαστών. Οι επιπτώσεις αυτές μπορεί να έχουν μεγάλο αντίκτυπο και να αντισταθμίσουν τις άμεσες θετικές προβλεπόμενες επιπτώσεις σε ορισμένες περιοχές, με χαρακτηριστικό παράδειγμα τις περιοχές μεγάλου γεωγραφικού πλάτους, στις οποίες η κλιματική κρίση θα ευνοήσει τον πολλαπλασιασμό των παρασίτων (Gitz et al., 2016).

Η κλιματική κρίση προβλέπεται ότι θα αυξήσει τις αρνητικές επιπτώσεις των παρασίτων, μέσω της μετακίνησής τους σε περιοχές που δεν είναι προετοιμασμένες για την παρουσία τους, των μεγαλύτερων ρυθμών αναπαραγωγής τους, καθώς και της αυξημένης ευπάθειας των φυτών, ενώ παράλληλα το φαινόμενο του αυξημένου όγκου αγαθών που εξάγονται σε αυξημένο αριθμό χωρών, επιδεινώνει τις αρνητικές επιπτώσεις των παρασίτων (Gitz et al., 2016). Με βάση τη θερμοκρασιακή απόκριση των πληθυσμών των παρασιτικών εντόμων και της μεταβολικής τους διαδικασίας, προβλέπεται ότι θα αυξηθούν οι παγκόσμιες απώλειες στις αποδόσεις του σιταριού, του αραβόσιτου και του ρυζιού κατά 10-25%, για κάθε 1°C υπερθέρμανση (Bezner Kerr et al., 2022).

Η κλιματική κρίση ενέχει αλλαγές στην κατανομή και τις ιδιότητες των επικονιαστών, αλλά και άλλων ειδών, που συνεισφέρουν ουσιαστικά στην παραγωγή, μέσω την υπηρεσιών που παρέχουν στα οικοσυστήματα. Περίπου το 80% των ανθοφόρων ειδών φυτών γονιμοποιούνται από ζώα, κυρίως από έντομα. Οι επικονιαστές, όπως οι μέλισσες, επηρεάζουν περίπου το 35% της παγκόσμιας παραγωγής καλλιεργειών, αυξάνοντας την παραγωγή 87 κύριων καλλιεργειών τροφίμων, σε παγκόσμια κλίμακα, αλλά και πολλών φαρμάκων φυτικής προέλευσης. Παράλληλα, συνεισφέρουν στην απόδοση και την ποιότητα τουλάχιστον του 70% των παγκόσμιων κύριων καλλιεργειών, ιδιαίτερα πολλών διατροφικά σημαντικών φρούτων και λαχανικών (Gitz et al., 2016).

Η διαδικασία της επικονίασης εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη συμβίωση μεταξύ των ειδών. Σε πολλές περιπτώσεις αφορά το αποτέλεσμα των περίπλοκων σχέσεων μεταξύ φυτών και ζώων, ενώ η μείωση ή απώλεια κάποιου από αυτά, επηρεάζει την επιβίωση και των δύο. Ως εκ τούτου, η κλιματική κρίση αποτελεί σημαντική απειλή για την εν λόγω συμβίωση των ειδών, μέσω της ευαισθησίας των επικονιαστών και των καλλιεργειών στις υψηλές θερμοκρασίες και τα φαινόμενα ξηρασίας. Χαρακτηριστικά, στις τροπικές περιοχές, οι περισσότεροι επικονιαστές βρίσκονται ήδη κοντά στο βέλτιστο εύρος θερμοκρασιακής αντοχής, με αποτέλεσμα οι αυξανόμενες θερμοκρασίες, υπό την κλιματική κρίση, να απειλούν άμεσα τα είδη των εν λόγω περιοχών (Gitz et al., 2016).

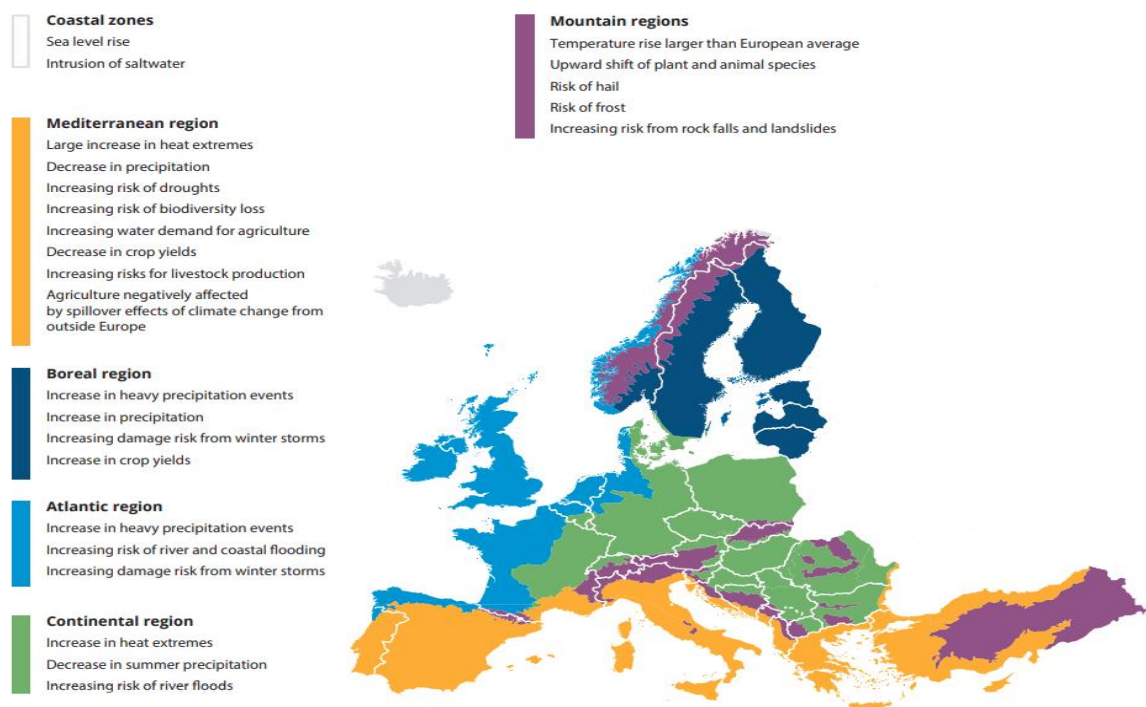
Έχει εκτιμηθεί ότι η ολοκληρωτική απώλεια των επικονιαστών θα μπορούσε να μειώσει την παγκόσμια παροχή φρούτων κατά 23%, λαχανικών κατά 16%, καθώς και ξηρών καρπών και σπόρων κατά 22%, οδηγώντας σε σημαντικό κίνδυνο για την επισιτιστική ασφάλεια και διατροφή (Bezner Kerr et al., 2022).

3.1.1.2 Επιπτώσεις στην Ευρώπη

Ο αγροτικός τομέας αποτελεί την κύρια χρήση γης στην ευρωπαϊκή ήπειρο και το έτος 2016 κάλυπτε το 40% των εδαφών της Ευρώπης. Το συνολικό μερίδιο της κάλυψης της αγροτικής έκτασης ποικίλει σημαντικά μεταξύ των διάφορων περιοχών της. Η αγροτική έκταση της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι σε μεγάλο βαθμό συγκεντρωμένη στη Γαλλία (16%), στην Ισπανία (14%), στο Ηνωμένο Βασίλειο (10%) και στη Γερμανία (9%). Η Πολωνία, η Ρουμανία και η Ιταλία περιλαμβάνουν περίπου το 22,7% των αγροτικών καλλιεργειών, ενώ περίπου το 28,6% των αγροτικών καλλιεργειών παρέχονται από τις υπόλοιπες χώρες (ΕΕΑ, 2019).

Η παραγωγικότητα της ευρωπαϊκής γεωργίας έχει αυξηθεί σημαντικά από το έτος 1950 και σημαντικό ρόλο σε αυτό διαδραμάτισαν η εντατικοποίηση και η εξειδίκευση στον τομέα της γεωργίας (EEA, 2019). Η Ευρώπη παρείχε το έτος 2013 το 28% των δημητριακών, το 59% των ζαχαρότευτλων και το 60% του κρασιού, που παρήχθησαν σε παγκόσμιο επίπεδο, ενώ παράλληλα αποτέλεσε σημαντικό μέρος του παγκόσμιου συστήματος τροφίμων, με το ένα τρίτο των εμπορευμάτων που παράγονται και καταναλώνονται στην Ευρώπη, να εξάγονται διεθνώς (Bednar-Friedl et al., 2022).

Οι αλλαγές στους παράγοντες της κλιματικής κρίσης έχουν ήδη επηρεάσει τις αποδόσεις καλλιεργειών στην Ευρώπη. Όπως φαίνεται στην εικόνα 3.2, οι επιπτώσεις αυτές μπορεί να είναι θετικές ή αρνητικές, ανάλογα με τα είδη και τις γεωγραφικές περιοχές και εξαρτώνται από πολλαπλούς παράγοντες, όπως φυσικές επιπτώσεις, που καθορίζονται από αλλαγές στη θερμοκρασία, στις βροχοπτώσεις και στις συγκεντρώσεις CO₂, από αλλαγές στα αγρο-οικοσυστήματα, όπως η δραστηριότητα παρασίτων, ζιζανίων και ασθενειών, καθώς και από τις αποκρίσεις προσαρμογής των ανθρώπινων συστημάτων στις αλλαγές αυτές (EEA, 2019).



Εικόνα 3.2 Κύριες επιπτώσεις της κλιματικής κρίσης για τον αγροτικό τομέα των κύριων βιογεωγραφικών περιοχών της Ευρώπης (EEA, 2019)

Οι παρατηρηθείσες επιπτώσεις της κλιματικής κρίσης στην Ευρώπη ποικίλουν ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος, τα είδη καλλιεργειών και τις ποικιλίες τους. Η αύξηση στη διάρκεια

της καλλιεργητικής περιόδου μπορεί να βελτιώσει την καταλληλότητα των καλλιεργειών στη Βόρεια Ευρώπη, ενώ οι αρνητικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής δύνανται να οδηγήσουν σε απώλειες στις αποδόσεις των καλλιεργειών σε ολόκληρη την ευρωπαϊκή ήπειρο και ιδιαίτερα στη Νότια Ευρώπη (EEA, 2019).

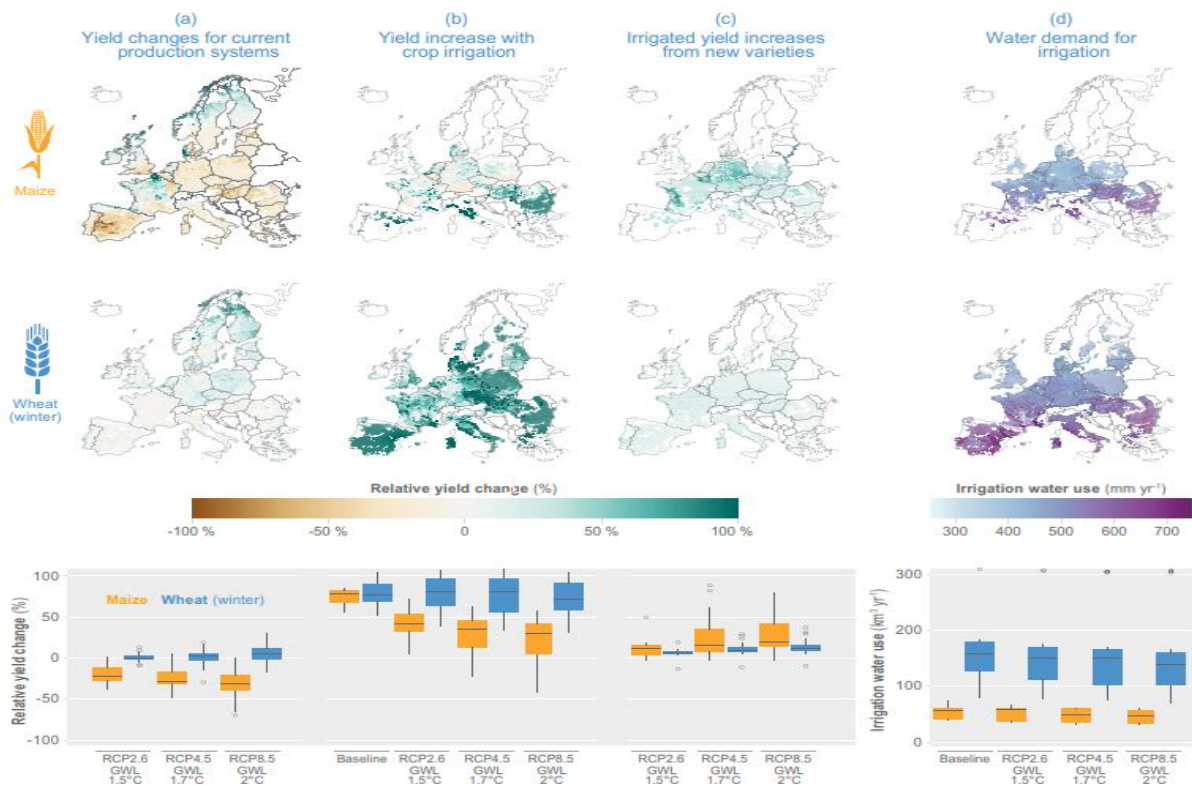
Οι παρατηρηθείσες επιπτώσεις της κλιματικής κρίσης στην Ευρώπη, έχουν οδηγήσει σε μετακίνηση των αγροκλιματικών ζωνών προς το βορρά, αλλά και στην πρόωπη έναρξη της καλλιεργητικής περιόδου. Η θέρμανση και οι αλλαγές στις βροχοπτώσεις από το έτος 1990 και μετά, ευθύνονται, σε μεγάλο βαθμό, για τις μειώσεις στην απόδοση του σιταριού και κριθαριού, αλλά και τις αυξήσεις στην απόδοση του αραβόσιτου και του ζαχαρότευτλου, σε ολόκληρη την ήπειρο. Το φαινόμενο του θερμικού στρες των καλλιεργειών έχει αυξηθεί την άνοιξη στη Νότια Ευρώπη, το καλοκαίρι σε όλη την Κεντρική και Νότια Ευρώπη, ενώ πρόσφατα επεκτάθηκε στο νότιο τμήμα της Βόρειας Ευρώπης (Bednar-Friedl et al., 2022).

Οι σύνθετοι κίνδυνοι των φαινομένων υπερβολικής βροχόπτωσης, κυμάτων καύσωνα και ξηρασίας, έχουν προκαλέσει οικονομικές απώλειες στις ετήσιες και μόνιμες καλλιέργειες, συμπεριλαμβανομένων απωλειών στην παραγωγή σιταριού στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης και της Ανατολικής Ευρώπης. Η σοβαρότητα των επιπτώσεων των φαινομένων ξηρασίας και των ακραίων θερμοκρασιών έχει επιδεινωθεί κατά τα τελευταία 50 χρόνια, φθάνοντας σε επίπεδα τριπλασιασμού (Bednar-Friedl et al., 2022). Οι πιέσεις από τα κύματα καύσωνα και τις ξηρασίες, συνήθως, επιδρούν ταυτοχρόνως, με τον έναν παράγοντα να συνεισφέρει στην επίδραση του άλλου. Συχνά συνοδεύονται από υψηλή ηλιακή ακτινοβολία. Όταν οι καλλιέργειες υποβάλλονται σε συνθήκες ξηρασίας, τα στόματά τους κλείνουν, με αποτέλεσμα τη μείωση της διαπνοής και την αύξηση της θερμοκρασίας τους (Iglesias et al., 2009).

Κατά τα έτη 2012, 2016 και 2018, τα ακραία μετεωρολογικά φαινόμενα, που ήταν αποτέλεσμα των σύνθετων επιδράσεων των χαμηλών θερμοκρασιών κατά τη διάρκεια του χειμώνα, των εκτεταμένων βροχοπτώσεων κατά το φθινόπωρο και την άνοιξη, αλλά και των συνθηκών ξηρασίας κατά το καλοκαίρι, προκάλεσαν απώλειες παραγωγής στην Ευρώπη, έως και 30% μεγαλύτερες, σε σχέση με τις αναμενόμενες. Οι απώλειες αυτές ήταν πολύ μεγαλύτερες, σε σχέση με αυτές που έχουν παρατηρηθεί τις τελευταίες δεκαετίες στην ευρωπαϊκή ήπειρο (Bednar-Friedl et al., 2022).

Σε περιφερειακό επίπεδο, η θέρμανση έχει προκαλέσει αυξήσεις στις αποδόσεις καρποφόρων λαχανικών, μειώσεις στις αποδόσεις ριζικών λαχανικών, αγγουριών και τοματών, καθώς και πρώιμη ανθοφορία των ελαιόδεντρων. (Bednar-Friedl et al., 2022). Η κλιματική αλλαγή αναμένεται ότι θα βελτιώσει την καταλληλότητα των καλλιεργειών στη Βόρεια Ευρώπη, ενώ θα μειώσει την παραγωγικότητα των καλλιεργειών σε μεγάλα κομμάτια της Νότιας Ευρώπης. Αρκετές περιοχές της Μεσογείου δύνανται να καταστούν ακατάλληλες για ορισμένα είδη καλλιεργειών. Παράλληλα, τα δυνητικά οφέλη της επέκτασης της καλλιεργητικής περιόδου στη Βόρεια και Ανατολική Ευρώπη δύνανται να εξισορροπούνται συχνά από τον κίνδυνο του όψιμου παγετού, καθώς και της αύξησης των πρώιμων ανοιξιάτικων και καλοκαιρινών κυμάτων καύσωνα (EEA, 2019).

Υπό 1,5°C υπερθέρμανση, τα σύνθετα κλιματικά γεγονότα που οδήγησαν στις πρόσφατες μεγάλες απώλειες σιταριού, προβλέπεται ότι θα γίνουν κατά 12% πιο συχνά. Σε κάθε περίπτωση, οι προβλεπόμενες αλλαγές στις αποδόσεις του σιταριού και του αραβόσιτου, εξαρτώνται άμεσα από πολλούς παράγοντες, με χαρακτηριστικό παράδειγμα τις αλλαγές στα παραγωγικά συστήματα και τη διαδικασία της άρδευσης, όπως φαίνεται στο γράφημα 3.2 (Bednar-Friedl et al., 2022).



Γράφημα 3.2 Προβλεπόμενες αλλαγές στις αποδόσεις των καλλιεργειών αραβόσιτου και σιταριού στην Ευρώπη, υπό την κλιματική αλλαγή (Bednar-Friedl et al., 2022)

Υπό 2°C υπερθέρμανση, προβλέπεται ότι οι αγροκλιματικές ζώνες της Ευρώπης θα μετακινηθούν προς το βορρά κατά 25-135 χιλιόμετρα ανά δεκαετία, με ταχείς ρυθμούς στην Ανατολική Ευρώπη. Οι αρνητικές επιπτώσεις της θέρμανσης και της ξηρασίας δύνανται να μειώνονται ή να αντισταθμίζονται από τις αυξημένες συγκεντρώσεις CO₂ για ορισμένες καλλιέργειες, όπως ορισμένες ποικιλίες σιταριού, με συνέπεια μερικές αυξήσεις στις αποδόσεις, σε ορισμένες περιοχές. Οι μειώσεις στις αποδόσεις των αγροτικών καλλιεργειών θα είναι υψηλότερες στις νότιες περιοχές της Ευρώπης, υπό 4°C υπερθέρμανση, με λιγότερες απώλειες ή οφέλη στις βόρειες περιοχές. Οι μεγαλύτερες επιπτώσεις της θέρμανσης προβλέπεται ότι θα αφορούν τον αραβόσιτο στη Νότια Ευρώπη, με απώλεια αποδόσεων σε ολόκληρη την Ευρώπη κατά 10-25%, υπό 1,5°C – 2°C υπερθέρμανση και 50-100%, υπό 4°C υπερθέρμανση (Bednar-Friedl et al., 2022).

Το φαινόμενο της θέρμανσης προκαλεί επέκταση του εύρους κατανομής, αλλά και αλλαγές στις σχέσεις παθογόνου και ξενιστή, των παρασίτων, των ζιζανίων και των ασθενειών, επηρεάζοντας άμεσα την υγεία των ευρωπαϊκών καλλιεργειών, με υψηλό κίνδυνο επιμόλυνσης των δημητριακών. Η πρόβλεψη της μείωσης των βροχοπτώσεων σε περιφερειακό επίπεδο, μπορεί να οδηγήσει σε προβλήματα που σχετίζονται με την παραμονή των ζιζανιοκτόνων (Bednar-Friedl et al., 2022).

Μελέτες υποδεικνύουν τη μελλοντική αλλαγή του εύρους δράσης των παρασιτικών ειδών στην Ευρώπη, υπό την κλιματική αλλαγή, προς τα μεγαλύτερα γεωγραφικά πλάτη, με ταυτόχρονη αύξηση των παρασιτικών γενεών στην Κεντρική Ευρώπη, ενώ σε αντίθεση, στις πιο νότιες χώρες της Ευρώπης προβλέπεται μείωση των παρασιτικών γενεών, ως αποτέλεσμα της ανεπαρκούς υγρασίας. Σε γενικές γραμμές, οι κίνδυνοι που σχετίζονται με την επέκταση των παρασίτων και των ασθενειών αναμένονται να είναι μικρότεροι υπό 1,5°C υπερθέρμανση, σε σχέση με 2°C υπερθέρμανση. Χαρακτηριστικά παραδείγματα τέτοιων κινδύνων αποτελούν η πυραλίδα του καλαμποκιού (*Ostrinia nubilalis*), ένα σημαντικό παράσιτο του αραβόσιτου, το οποίο, υπό την κλιματική αλλαγή, μπορεί να επεκτείνει το εύρος του στην Κεντρική και Βόρεια Ευρώπη, καθώς και ο δάκος της ελιάς. Αντίστοιχα, προβλέπεται ότι, υπό την κλιματική αλλαγή, θα προκληθούν υψηλότερα επίπεδα ζημιών στην Ευρώπη από έντομα, όπως η ευδεμίδα και ασθένειες, όπως η ασθένεια του βοτρυτή σε οπωροφόρα δέντρα (EEA, 2019).

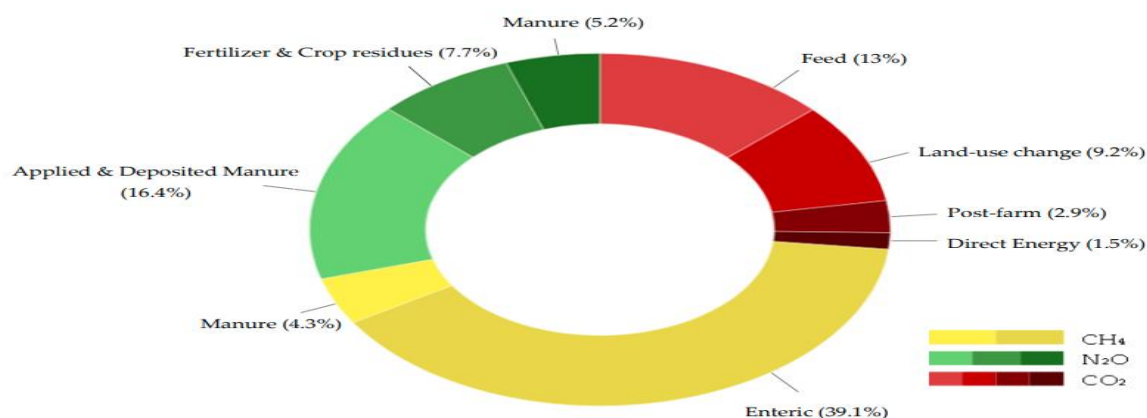
3.1.2 Επιπτώσεις στον τομέα της κτηνοτροφίας

Ο τομέας της κτηνοτροφίας συνεισφέρει ουσιαστικά στην παροχή τροφίμων, στα εισοδήματα και τον βιοπορισμό των πληθυσμών και συνολικά στην επισιτιστική ασφάλεια και διατροφή, καθώς τα προϊόντα που παράγονται από τον εν λόγω τομέα, ήτοι κρέας, γαλακτοκομικά προϊόντα και αυγά, παρέχουν το 33% των πρωτεϊνών και το 17% των θερμίδων που καταναλώνονται, σε παγκόσμιο επίπεδο, ενώ οι κτηνοτροφικές δραστηριότητες αποτελούν πηγή εισοδήματος για περισσότερους από 844 εκατομμύρια ανθρώπους. Παράλληλα, οι κτηνοτροφικές δραστηριότητες καταλαμβάνουν περίπου το 26% των εδαφών που δεν καλύπτονται από πάγο, με το ένα τρίτο των καλλιεργήσιμων εκτάσεων να χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ζωοτροφών. Στην κτηνοτροφική παραγωγή αντιστοιχεί περίπου το 40% του παγκόσμιου ακαθάριστου εγχώριου προϊόντος του αγροτικού τομέα (Cheng, McCarl and Fei, 2022).

Τα κτηνοτροφικά συστήματα απαντώνται ευρέως μεταξύ όλων των περιοχών, σε παγκόσμια κλίμακα και μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε διάφορες κατηγορίες, ήτοι βιομηχανικά συστήματα, συστήματα που περιλαμβάνουν βοσκότοπους με ελάχιστες ή και καθόλου γεωργικές καλλιέργειες, μικτά συστήματα μη αρδευόμενων καλλιεργειών και ζώων και μικτά συστήματα αρδευόμενων καλλιεργειών και ζώων (Bezner Kerr et al., 2022). Η κλιματική κρίση αποτελεί κύρια ανησυχία για τα κτηνοτροφικά συστήματα, σε παγκόσμια κλίμακα. Η παγκόσμια θέρμανση και οι σχετικές με αυτήν αλλαγές στις κλιματικές μεταβλητές, όπως οι αλλαγές στα πρότυπα των βροχοπτώσεων και τα πιο συχνά και έντονα ακραία καιρικά φαινόμενα και φυσικές καταστροφές, επηρεάζουν την υγεία των ζώων και την παραγωγή των κτηνοτροφικών προϊόντων, καθώς και την παραγωγή των ζωοτροφών και τους υδατικούς πόρους, ενώ παράλληλα έχουν επιπτώσεις στην επεξεργασία, την αποθήκευση, τη μεταφορά, την πώληση και την κατανάλωση των κτηνοτροφικών προϊόντων (Godde et al., 2021).

Ο κτηνοτροφικός τομέας συμβάλλει ουσιαστικά στην εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου και εκτιμάται ότι το 14,5% των ανθρωπογενών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου αποδίδονται στις κτηνοτροφικές δραστηριότητες, όπως αποτυπώνονται στο γράφημα 3.3. Οι εκπομπές αυτές αφορούν κατά κύριο λόγο CH₄, N₂O και CO₂, ενώ αναφορικά με τα είδη, το 62% των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από τον κτηνοτροφικό τομέα αποδίδεται

στα βοοειδή, το 10,1% στους χοίρους, το 9,8% στα κοτόπουλα, το 9,5% στα βουβάλια και το 7,4% σε μικρά μηρυκαστικά (Cheng, McCarl and Fei, 2022).



Γράφημα 3.3 Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από τον κτηνοτροφικό τομέα, ανά κατηγορία (Cheng, McCarl and Fei, 2022)

Οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου πραγματοποιούνται άμεσα από την εκτροφή των ζώων, με χαρακτηριστικό παράδειγμα την εντερική ζύμωση, που λαμβάνει χώρα στο πεπτικό σύστημα, κυρίως των μηρυκαστικών ζώων και κατά την οποία παράγεται CH₄, το οποίο εκπέμπεται με την εκπνοή και με άλλα μέσα. Η πρόσληψη και η ποιότητα της τροφής αποτελούν τους σημαντικότερους παράγοντες που επηρεάζουν την ποσότητα των εν λόγω εκπομπών. Η κοπριά συνεισφέρει, επίσης, στις άμεσες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, με τη μορφή CH₄ και N₂O, καθώς η αναερόβια αποσύνθεση της οργανικής ύλης απελευθερώνει CH₄, ενώ το N₂O απελευθερώνεται, κυρίως, από την αποσύνθεση της αμμωνίας (Cheng, McCarl and Fei, 2022).

Οι έμμεσες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου προέρχονται, κυρίως, από την παραγωγή ζωοτροφών και τις σχετιζόμενες αλλαγές στις χρήσεις γης. Οι εκπομπές που σχετίζονται με την παραγωγή ζωοτροφών, την επεξεργασία και τις μεταφορές, αποτελούν το 45% των εκπομπών που σχετίζονται με τον κτηνοτροφικό τομέα και αφορούν εκπομπές CH₄, N₂O και CO₂. Το τελευταίο προέρχεται από την παραγωγή λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων, την επεξεργασία και τη μεταφορά των ζωοτροφών, τα καύσιμα που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή και τις σχετιζόμενες αλλαγές στις χρήσεις γης (Cheng, McCarl and Fei, 2022).

Οι αλλαγές στις χρήσεις γης για την παραγωγή ζωοτροφών, οφείλονται για το 9,2% των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από τον κτηνοτροφικό τομέα, καθώς μέχρι το έτος 2050, η παγκόσμια παραγωγή κρέατος προβλέπεται ότι θα αυξηθεί κατά 76% και η

παραγωγή γάλακτος κατά 63%, σε σχέση με το έτος 2005, με συνεπακόλουθη πρόβλεψη για αύξηση της εντατικοποίησης της βόσκησης κατά 70%, με τις απαιτήσεις για ζωοτροφές να διπλασιάζονται. Η αυξημένη παραγωγή κτηνοτροφικών προϊόντων και ζωοτροφών έχει επηρεάσει σε μεγάλο βαθμό τις χρήσεις γης, με σημαντικές επιδράσεις στον κύκλο του άνθρακα (Cheng, McCarl and Fei, 2022).

Είναι γεγονός ότι η απαίτηση σε κτηνοτροφικά προϊόντα αυξάνεται με ταχείς ρυθμούς, ιδιαίτερα λόγω της αύξησης του παγκόσμιου πληθυσμού. Ωστόσο, η αλληλεπίδραση μεταξύ της τρέχουσας κλιματικής κρίσης και των αυξημένων απαιτήσεων για την παραγωγή κτηνοτροφικών προϊόντων, αποτελεί σημαντική πρόκληση, καθώς πρέπει να αυξηθεί η κτηνοτροφική παραγωγή, ενώ παράλληλα πρέπει να μειωθούν οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου (Cheng, McCarl and Fei, 2022).

3.1.2.1 Παρατηρηθείσες και προβλεπόμενες επιπτώσεις

Η κλιματική κρίση επηρεάζει τα κτηνοτροφικά συστήματα με πολλαπλούς τρόπους, άμεσα και έμμεσα. Οι άμεσες επιπτώσεις αφορούν την επίδραση των παραγόντων της κλιματικής κρίσης στη διαδικασία της θερμορύθμισης, στο μεταβολισμό και στη λειτουργία του ανοσοποιητικού συστήματος των ζώων και συνεπώς στην παραγωγή των κτηνοτροφικών προϊόντων. Οι έμμεσες επιπτώσεις αφορούν την επίδραση στην παραγωγή ζωοτροφών, στη διαθεσιμότητα του νερού και στη δραστηριότητα των παρασίτων και των παθογόνων παραγόντων (Cheng, McCarl and Fei, 2022).

Μία από τις πιο άμεσες αρνητικές επιπτώσεις της αύξησης της θερμοκρασίας, υπό την κλιματική κρίση, είναι η πρόκληση θερμικού στρες στα ζώα, που οδηγεί σε αυξημένους αναπνευστικούς και καρδιακούς ρυθμούς, σε συνδυασμό με αυξημένες θερμοκρασίες του σώματος των ζώων. Οι επιπτώσεις αυτές συνεπάγονται μειωμένη πρόσληψη τροφής, παραγωγή γάλακτος και αναπαραγωγική ικανότητα, καθώς και αλλαγές στη λειτουργία του ανοσοποιητικού συστήματος και στη θνησιμότητα των ζώων. Όταν η θερμοκρασία της ατμόσφαιρας αυξάνεται, σε επίπεδα πάνω από τη ζώνη θερμικής άνεσης των ζώων, τότε απαιτείται περισσότερη ενέργεια για τη διαδικασία της θερμορύθμισης, ενώ οι παραγωγικές διαδικασίες γίνονται λιγότερο αποτελεσματικές (Cheng, McCarl and Fei, 2022). Η ευαλωτότητα στο θερμικό στρες ποικίλει ανάλογα με παράγοντες, όπως το είδος, το γένος, το μέγεθος, το στάδιο ζωής και η διατροφική κατάσταση του ζώου, ενώ αυτά

που έχουν υψηλές ενεργειακές απαιτήσεις και ακολούθως συμβάλλουν περισσότερο στην παραγωγή των κτηνοτροφικών προϊόντων, είναι τα πιο ευάλωτα (Godde et al., 2021).

Τα περισσότερα κτηνοτροφικά είδη ζώων παρουσιάζουν ζώνη θερμικής άνεσης στο εύρος μεταξύ 10-30°C, ενώ σε υψηλότερες θερμοκρασίες παρουσιάζουν μειωμένη πρόσληψη τροφής, περίπου 3-5% λιγότερη για κάθε επιπλέον 1°C αύξηση της θερμοκρασίας, με αποτέλεσμα τη μείωση της παραγωγικότητας και της γονιμότητας (Bezner Kerr et al., 2022). Η μειωμένη πρόσληψη τροφής, ως απόκριση των ζώων στις αυξημένες θερμοκρασίες, οδηγεί σε μείωση του ρυθμού ανάπτυξης και συνεπώς σε μείωση της παραγωγής κρέατος, γάλακτος και αυγών. Το φαινόμενο αυτό παρατηρείται σε όλα τα ζώα των κτηνοτροφικών συστημάτων (Cheng, McCarl and Fei, 2022).

Οι αγελάδες γαλακτοπαραγωγής παρουσιάζουν μείωση της πρόσληψης τροφής, όταν η θερμοκρασία της ατμόσφαιρας υπερβαίνει τους 25-26°C, ενώ ραγδαίες μειώσεις καταγράφονται όταν η θερμοκρασία γίνεται μεγαλύτερη των 30°C. Αντίστοιχα, οι χοίροι που εκτίθενται σε θερμικό στρες, παρουσιάζουν αύξηση της θερμοκρασίας του σώματός τους και η πρόσληψη τροφής μειώνεται κατά 10,9%, όταν η θερμοκρασία της ατμόσφαιρας αυξάνεται από τους 25°C στους 35°C, ενώ τέτοιες επιπτώσεις παραμένουν ακόμα και μετά την περίοδο της έκθεσης των ζώων στο θερμικό στρες. Στα πουλερικά, αύξηση της θερμοκρασίας από τους 21,1°C στους 32,2°C, οδηγεί σε μείωση της πρόσληψης τροφής κατά 9,5% (Cheng, McCarl and Fei, 2022).

Το θερμικό στρες που προκαλείται στα κτηνοτροφικά είδη ζώων, ως αποτέλεσμα της κλιματικής κρίσης, επηρεάζει άμεσα την επισιτιστική ασφάλεια. Η μείωση της πρόσληψης τροφής από τις αγελάδες γαλακτοπαραγωγής, οδηγεί σε μείωση της παραγωγής γάλακτος (Cheng, McCarl and Fei, 2022). Η στασιμότητα που παρατηρείται κατά τα τελευταία χρόνια στην παραγωγή γαλακτοκομικών προϊόντων, σε πολλές περιοχές, σε παγκόσμια κλίμακα, ιδιαίτερα στην Αφρική και την Ασία, σχετίζεται και με τις αυξημένες περιόδους υψηλών ημερήσιων θερμοκρασιών. Εκτιμήσεις απωλειών στην παραγωγή του γάλακτος, υπό την κλιματική κρίση, σε περιοχές των ΗΠΑ, του Ηνωμένου Βασιλείου και της Δυτικής Αφρικής, μέχρι το τέλος του αιώνα, ποικίλουν από 1% μέχρι 17%, ενώ πολύ μεγαλύτερες απώλειες γάλακτος και βοείου κρέατος προβλέπονται για πολλά μέρη τροπικών και υποτροπικών περιοχών, που φθάνουν το 5-14% της παραγωγής των εν λόγω αγαθών (Bezner Kerr et al., 2022).

Υπό το σενάριο πρόβλεψης RCP8.5, μέχρι το μέσο του τρέχοντος αιώνα, η καταλληλότητα των συστημάτων για την κτηνοτροφική παραγωγή θα μειωθεί, λόγω της αύξησης της επικράτησης του θερμικού στρες, σε περιοχές μεσαίου και μικρού γεωγραφικού πλάτους, ενώ αύξηση της καθαρής πρωτογενούς παραγωγικότητας προβλέπεται για τις περιοχές μεγάλου γεωγραφικού πλάτους, όπως οι ΗΠΑ και ο Καναδάς (Bezner Kerr et al., 2022).

Το θερμικό στρες επηρεάζει την παραγωγή κρέατος για όλα τα κύρια εμπορικά είδη, καθώς οδηγεί σε μειωμένο μέγεθος σώματος, βάρος σφαγίων και πάχος λίπους (Cheng, McCarl and Fei, 2022). Παράλληλα, δύναται να επηρεάσει και την ποιότητα των ζωικών προϊόντων, μειώνοντας τις περιεχόμενες πρωτεΐνες και τα λιπαρά του γάλακτος, μειώνοντας το μέγεθος των αυγών και μεταβάλλοντας το χρώμα και την ικανότητα συγκράτησης νερού του κόκκινου και λευκού κρέατος. Οι αλλαγές αυτές μπορούν να καταστήσουν τα προϊόντα λιγότερο ελκυστικά, να αυξήσουν τα απόβλητα τροφίμων, αλλά και να επηρεάσουν τις τιμές των τροφίμων (Godde et al., 2021).

Οι παράγοντες της κλιματικής κρίσης επηρεάζουν άμεσα τη βιοποικιλότητα και προβλέπεται ότι αύξηση της θερμοκρασίας κατά 2-3°C, σε σχέση με τα προβιομηχανικά επίπεδα, μπορεί να οδηγήσει σε 20-30% απώλεια της βιοποικιλότητας ζώων και φυτών, ενώ κατά τις τελευταίες δεκαετίες έχει ήδη παρατηρηθεί απώλεια ορισμένων γενών κτηνοτροφικών ζώων (Rojas-Downing et al., 2017).

Πέρα από τη μείωση της παραγωγικότητας των ζώων, το θερμικό στρες μπορεί να οδηγήσει και στη μείωση του αριθμού των ζώων, καθώς επηρεάζει άμεσα την ικανότητα αναπαραγωγής και οδηγεί σε αυξημένη θνησιμότητα των ζώων. Οι επιπτώσεις μπορεί να είναι άμεσες και μακροχρόνιες, ενώ μπορεί να επηρεάσουν τους απογόνους των κτηνοτροφικών ειδών, πριν τη γέννησή τους (Godde et al., 2021). Τις τελευταίες δεκαετίες, σε αρκετές χώρες, ιδιαίτερα στην Αφρική, έχουν καταγραφεί απώλειες ζώων που φτάνουν το 20-60%, κατά τη διάρκεια σοβαρών φαινομένων ξηρασίας (Gitz et al., 2016).

Συνθήκες υψηλής θερμοκρασίας και υγρασίας παρουσιάζουν μεγαλύτερους κινδύνους για τη διαβίωση των αγελάδων και των χοίρων, σε σχέση με τις ξηρές συνθήκες, ενώ θερμοκρασία μεγαλύτερη των 37,7°C, με ταυτόχρονη σχετική υγρασία μεγαλύτερη του 50%, έχει παρουσιάσει καταστρεπτικές συνέπειες. Τα πουλερικά είναι πιο ευαίσθητα στις αυξημένες θερμοκρασίες. Αν και μπορούν να λειτουργούν φυσιολογικά υπό θερμοκρασία της ατμόσφαιρας μέχρι 27°C, μία αύξηση κατά 4°C της θερμοκρασίας του σώματός τους,

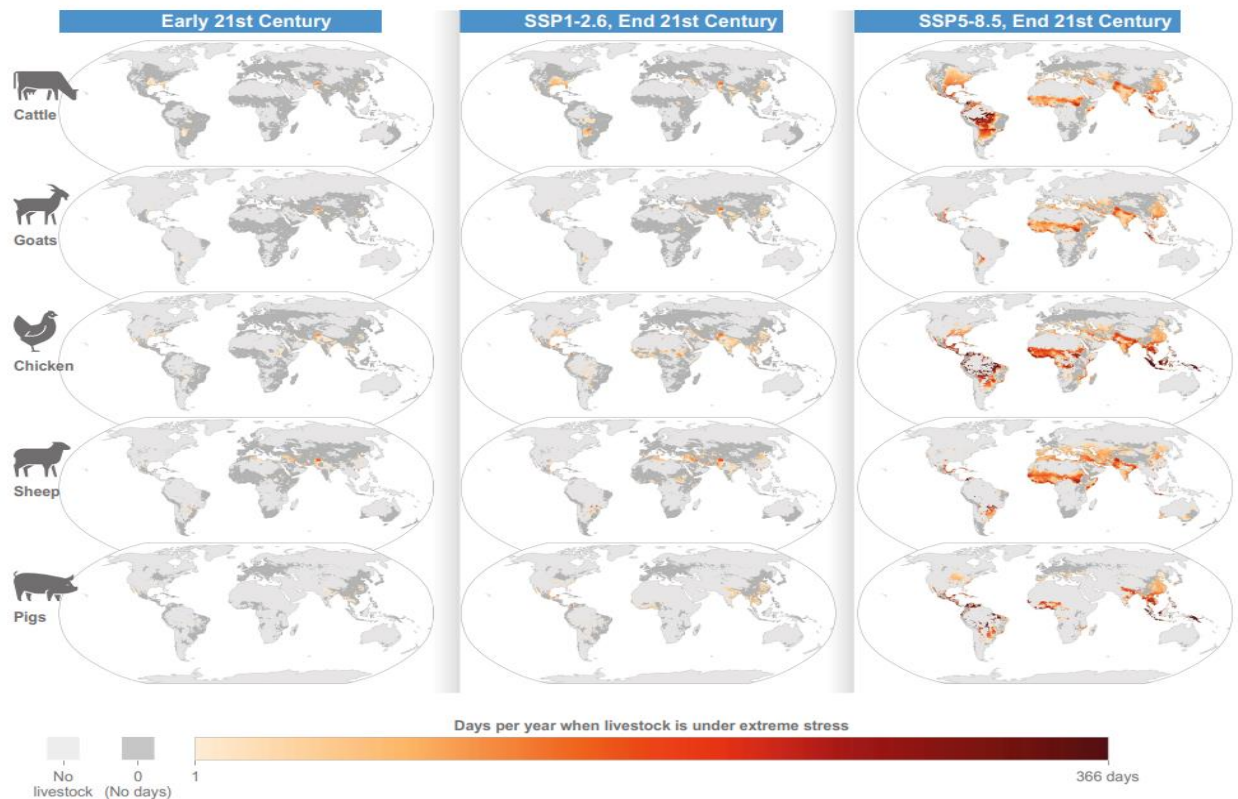
μπορεί να επιφέρει το θάνατο, με αποτέλεσμα η κλιματική κρίση να εγκυμονεί σοβαρούς κινδύνους για τα κτηνοτροφικά συστήματα (Cheng, McCarl and Fei, 2022).

Το θερμικό στρες επηρεάζει αρνητικά τις λειτουργίες του ανοσοποιητικού και ενδοκρινικού συστήματος των ζώων. Υπό την κλιματική κρίση, ο συνδυασμός των αυξημένων θερμοκρασιών και των αλλαγών στις βροχοπτώσεις, μπορούν να καταστήσουν τα διάφορα κτηνοτροφικά είδη πιο ευάλωτα σε ασθένειες και παράσιτα (Bezner Kerr et al., 2022). Παράλληλα, δύνανται να αυξήσουν τη συχνότητα και τη σοβαρότητα ορισμένων ασθενειών, με χαρακτηριστικό παράδειγμα τη μαστίτιδα, οδηγώντας σε αυξημένη θνησιμότητα, με παράλληλη επίδραση στη χωρική κατανομή, το φορτίο και τους ετήσιους και εποχικούς κύκλους των παρασίτων και των ασθενειών που μεταδίδονται με διαβιβαστές, των μεταδοτικών ασθενειών αλλά και την εισαγωγή νέων ασθενειών στα κτηνοτροφικά συστήματα (Cheng, McCarl and Fei, 2022). Έτσι, ασθένειες όπως ο ιός του Δυτικού Νείλου, ο καταρροϊκός πυρετός, η βορρελίωση και η σχιστοσωμίαση, προβλέπεται ότι θα επεκταθούν σε νέες περιοχές, επηρεάζοντας τα κτηνοτροφικά συστήματα (Gitz et al., 2016). Χαρακτηριστικά, υπό τα σενάρια πρόβλεψης RCP4.5 και RCP8.5, η μία έξαρση καταρροϊκού πυρετού στα 20 χρόνια, που αντιπροσωπεύει τα τρέχοντα επίπεδα θερμοκρασιών, προβλέπεται ότι θα αυξηθεί σε συχνότητα, σε μία έξαρση στα 5 χρόνια έως μία έξαρση στα 7 χρόνια (Bezner Kerr et al., 2022).

Αρκετές μεταδοτικές ασθένειες των κτηνοτροφικών ειδών είναι ευαίσθητες στις αλλαγές του κλίματος, ιδιαίτερα της θερμοκρασίας, της σχετικής υγρασίας και των βροχοπτώσεων. Οι ασθένειες που μεταδίδονται με διαβιβαστές, οι τροφιμογενείς και οι υδατογενείς ασθένειες προβλέπεται ότι θα επηρεαστούν περισσότερο από την κλιματική αλλαγή (Godde et al., 2021). Κατά τα τελευταία 75 χρόνια, έχουν αναγνωριστεί περισσότερες από 220 αναδυόμενες ζωνόσοι, εκ των οποίων ορισμένες σχετίζονται με τα κτηνοτροφικά είδη ζώων και αρκετές μπορούν να επηρεαστούν από την κλιματική αλλαγή, ιδιαίτερα οι ασθένειες που μεταδίδονται με διαβιβαστές (Bezner Kerr et al., 2022). Έτσι, η κλιματική κρίση αποτελεί απειλή για τον κτηνοτροφικό τομέα, μέσω της εξάπλωσης εντόμων διαβιβαστών, όπως μύγες, κουνούπια και κρότωνα, αλλά και των τρωκτικών, των πτηνών και των θηλαστικών που μπορούν να μεταδώσουν ασθένειες στα διάφορα κτηνοτροφικά είδη, όπως τα μηρυκαστικά, οι χοίροι και τα πουλερικά (Godde et al., 2021).

Ο αριθμός των ημερών κατά τις οποίες τα ζώα θα επηρεάζονται από επίπεδα ακραίου θερμικού στρες, προβλέπεται ότι θα αυξηθεί σημαντικά κατά τον τρέχοντα αιώνα, για διάφορα είδη, όπως βοοειδή, κασίκες, πρόβατα, χοίροι και πουλερικά, υπό το σενάριο πρόβλεψης SSP5-8.5, αλλά θα είναι πολύ μικρότερος υπό το σενάριο SPP1-2.6, όπως φαίνεται στην εικόνα 3.3. Ανάλογες θα είναι και οι επιπτώσεις στην κτηνοτροφική παραγωγή και την παραγωγικότητα των διάφορων ειδών (Bezner Kerr et al., 2022).

Temperature and humidity driven “extreme stress” for livestock



Εικόνα 3.3 Προβλεπόμενες αλλαγές στον αριθμό ημερών ακραίου στρες των διάφορων κτηνοτροφικών ειδών ζώων, με βάση τις προβλεπόμενες αλλαγές στη θερμοκρασία και τη σχετική υγρασία, μέχρι το τέλος του τρέχοντος αιώνα (Bezner Kerr et al., 2022)

Η διατροφή των διάφορων κτηνοτροφικών ειδών αποτελείται από σιτηρά και ελαιούχους σπόρους, ιδιαίτερα στα συστήματα πουλερικών, χοίρων και στα εντατικά συστήματα μηρυκαστικών, βρώσιμα μέρη φυτών, που αποτελούν τροφή για ζώα που βοσκούν, τα υπολείμματα καλλιεργειών, καθώς και αυτοφυή και σπαρμένα φυτά για τη βόσκηση των ζώων. Η κλιματική αλλαγή επηρεάζει την ποσότητα και την ποιότητα των εν λόγω ζωοτροφών, μέσω πολύπλοκων αλληλεπιδράσεων μεταξύ των αυξημένων συγκεντρώσεων CO₂ και τροποσφαιρικού όζοντος, αλλά και των αλλαγών στις θερμοκρασίες και στις βροχοπτώσεις, ενώ η σημαντικότητα των επιπτώσεων εξαρτάται

από το κτηνοτροφικό σύστημα, την τοποθεσία και τα είδη των ζώων (Godde et al., 2021). Τα πρότυπα βροχοπτώσεων και τα ακραία καιρικά φαινόμενα σχετίζονται άμεσα με την μεταβλητότητα στην παραγωγή (Cheng, McCarl and Fei, 2022).

Οι επιπτώσεις της κλιματικής κρίσης στην παραγωγή των ζωοτροφών είναι παρόμοιες με αυτές που αφορούν την παραγωγή των καλλιεργειών του γεωργικού τομέα. Αν και οι αυξημένες συγκεντρώσεις CO₂ δύνανται να αυξήσουν τις αποδόσεις των φυτών που αποτελούν τροφή για τα ζώα, επηρεάζουν παράλληλα την ποιότητα των ζωοτροφών, με χαρακτηριστικό παράδειγμα τις συγκεντρώσεις πρωτεϊνών και μετάλλων, ενώ σταδιακά, η παραγωγικότητα των οικοσυστημάτων προβλέπεται ότι θα κυριαρχείται από τις αρνητικές επιπτώσεις των υψηλών θερμοκρασιών και των συνθηκών ξηρασίας, όπως υποδεικνύουν τα σενάρια πρόβλεψης (Godde et al., 2021).

Υπό την κλιματική κρίση, οι αλλαγές στις θερμοκρασίες και τη διαθεσιμότητα του νερού μπορούν να επηρεάσουν σε μεγάλο βαθμό τις αποδόσεις και την ποιότητα των καλλιεργειών που αποτελούν πηγή τροφής για τα ζώα των κτηνοτροφικών συστημάτων. Οι υψηλές θερμοκρασίες συνήθως συνδυάζονται με πιέσεις στους υδατικούς πόρους. Σε υψηλά επίπεδα θέρμανσης, οι αποδόσεις των καλλιεργειών που προορίζονται για ζωοτροφές, προβλέπεται ότι θα μειωθούν, ιδιαίτερα στις περιοχές μικρού γεωγραφικού πλάτους, με δυνητικές αυξήσεις στις περιοχές μεγάλου γεωγραφικού πλάτους (Godde et al., 2021). Οι επιπτώσεις της κλιματικής κρίσης στην παραγωγή ζωοτροφών προβλέπεται ότι θα συντελέσουν σε μείωση του αριθμού των ζώων κατά 7-10%, μέχρι το έτος 2050, υπό 2°C υπερθέρμανση (Bezner Kerr et al., 2022). Συνθήκες αυξημένων θερμοκρασιών και σχετικής υγρασίας προβλέπεται ότι θα συντελέσουν σε αυξημένες απώλειες, λόγω των ανεπαρκών συνθηκών αποθήκευσης (Godde et al., 2021).

Οι αλλαγές στην ακολουθία των ακραίων καιρικών φαινομένων, όπως των φαινομένων ξηρασίας και του αριθμού των συνεχόμενων θερμών ημερών, μπορεί να έχει σημαντικές επιπτώσεις για τον κτηνοτροφικό τομέα. Παράλληλα, άλλοι τέτοιοι κίνδυνοι, όπως οι πυρκαγιές, οι καταιγίδες και οι πλημμύρες διαταράσσουν την ανάπτυξη των καλλιεργειών, μειώνουν την καλλιεργήσιμη γη και περιορίζουν την πρόσβαση των ζώων σε βρώσιμα μέρη φυτών. Οι αυξημένες θερμοκρασίες και οι αλλαγές στα καιρικά μοτίβα συμβάλλουν στην αλλαγή της κατανομής των παρασίτων και των ασθενειών, επιπτώσεις από τις οποίες επηρεάζεται άμεσα και ο γεωργικός τομέας (Godde et al., 2021).

Αλλαγές στα πρότυπα βροχόπτωσης δύνανται να επηρεάζουν την αλατότητα των εδαφών, με επιπτώσεις στην αγροτική παραγωγή, στις περιοχές βόσκησης των κτηνοτροφικών ειδών. Η αύξηση της συχνότητας, της διάρκειας και της έντασης των βροχοπτώσεων, των περιόδων ξηρασίας και η άνοδος της στάθμης της θάλασσας, θα αυξήσουν την έκθεση του νερού, των καλλιεργήσιμων εκτάσεων και των βοσκότοπων σε ρύπους, με δυνητικές αρνητικές επιπτώσεις στην ποσότητα και την ποιότητα των ζωοτροφών. Υπό το σενάριο RCP8.5, προβλέπεται ότι το 74% των παγκόσμιων βοσκότοπων θα αντιμετωπίσει μείωση της βιομάζας, με επιπτώσεις για την κτηνοτροφική παραγωγή. Η διαχρονική κλιματική μεταβλητότητα προβλέπεται ότι θα αυξηθεί, σε παγκόσμια κλίμακα, με συνολικά αρνητικές επιπτώσεις για την παραγωγή ζωοτροφών (Godde et al., 2021).

Περίπου το 70% των πόρων γλυκού νερού χρησιμοποιείται από τον αγροτικό τομέα. Σε παγκόσμια κλίμακα, αντιμετωπίζονται ζητήματα έλλειψης νερού, ενώ η σχέση παροχής και απαιτήσεων των υδατικών πόρων, καθορίζει το μέγεθος του προβλήματος που αντιμετωπίζουν οι διάφορες περιοχές. Στον κτηνοτροφικό τομέα αντιστοιχεί περίπου το 30% των υδατικών πόρων που χρησιμοποιούνται στον αγροτικό τομέα, ενώ η χρήση αυτή αφορά την κατανάλωση από τα ζώα, την άρδευση των καλλιεργειών που προορίζονται για ζωοτροφές και την επεξεργασία προϊόντων (Bezner Kerr et al., 2022). Λόγω της αύξησης του παγκόσμιου πληθυσμού και ακολούθως των απαιτήσεων σε κτηνοτροφικά προϊόντα, φαινόμενα έλλειψης υδατικών πόρων γίνονται όλο και πιο πιεστικά ζητήματα, που περιορίζουν την αγροτική παραγωγή (Cheng, McCarl and Fei, 2022).

Η κλιματική κρίση προβλέπεται ότι θα επηρεάσει τη διαθεσιμότητα του νερού, αλλά και τη χρήση του στα κτηνοτροφικά συστήματα (Cheng, McCarl and Fei, 2022). Θερμότερες και ξηρότερες συνθήκες, είναι πιθανό να αυξήσουν τις απαιτήσεις των φυτών και των ζώων σε νερό, αυξάνοντας τις πιέσεις στους υδατικούς πόρους. Οι υψηλότερες θερμοκρασίες και τα φαινόμενα πλημμυρών και ξηρασιών, δύνανται να υποβαθμίσουν την ποιότητα του νερού που προορίζεται για κατανάλωση από τα ζώα, λόγω αύξησης της συγκέντρωσης σε παθογόνους παράγοντες, άλατα, ιζήματα και διάφορους ρυπαντές (Godde et al., 2021). Η αλάτωση του νερού, που μπορεί να προέρχεται και από την άνοδο της στάθμης της θάλασσας, επηρεάζει το μεταβολισμό, τη γονιμότητα και την πέψη των ζώων, ενώ χημικοί ρυπαντές και βαρέα μέταλλα ενέχουν επιπτώσεις για την υγεία των ζώων και την ασφάλεια των προϊόντων (Rojas-Downing et al., 2017).

3.1.2.2 Επιπτώσεις στην Ευρώπη

Τα κτηνοτροφικά συστήματα απαντώνται σχεδόν σε όλες τις περιοχές της ευρωπαϊκής ηπείρου, με μεγάλη ποικιλία παραγωγικών συστημάτων, ανάλογα με το γεωγραφικό και κοινωνικοοικονομικό πλαίσιο της κάθε περιοχής. Ο κτηνοτροφικός τομέας συνεισφέρει ουσιαστικά στην οικονομία, στο εμπορικό ισοζύγιο και στην επισιτιστική ασφάλεια της Ευρώπης. Τα συστήματα κτηνοτροφικής παραγωγής είναι μείζονος σημασίας στην Ευρώπη, αντιπροσωπεύοντας το 28% της χρήσης γης το έτος 2016, με σχετικά σταθερό πληθυσμό κτηνοτροφικών ειδών ζώων μεταξύ των ετών 2010 και 2016 (EEA, 2019).

Ο κτηνοτροφικός τομέας της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι ο μεγαλύτερος, σε παγκόσμια κλίμακα, από πλευράς οικονομικής δραστηριότητας και αντιστοιχεί στο 48% της συνολικής οικονομικής δραστηριότητας του αγροτικού τομέα της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Χαρακτηρίζεται από μεγάλη ετερογένεια μεταξύ των διάφορων χωρών, αλλά και μεταξύ των συστημάτων παραγωγής και της παραγωγικότητας των ζώων, ενώ σημαντικό ρόλο σε αυτό διαδραματίζουν οι διαφορετικές βιοφυσικές και οικονομικές συνθήκες, οι αγροτικές πρακτικές και οι τεχνολογίες που εφαρμόζονται (Hart et al., 2017). Περίπου 47 εκατομμύρια τόνοι γαλακτοκομικών προϊόντων καταναλώνονται ετησίως στην Ευρωπαϊκή Ένωση, ενώ το έτος 2016 παρήχθησαν περίπου 168 εκατομμύρια τόνοι γάλακτος, το 97% των οποίων προήλθαν από βοοειδή (Hempel et al., 2019). Παράλληλα, ο κτηνοτροφικός τομέας στην Ευρώπη οφείλεται για μεγάλο μέρος των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από τον αγροτικό τομέα (Hart et al., 2017).

Υπό την κλιματική κρίση, η θέρμανση, σε συνδυασμό με την υγρασία, επηρεάζουν τα κτηνοτροφικά είδη της ευρωπαϊκής ηπείρου, όπως τις αγελάδες γαλακτοπαραγωγής και τις κασίκες, που εκτίθενται άμεσα στους εν λόγω παράγοντες, καθώς βρίσκονται σε ανοιχτές εγκαταστάσεις και σε εξωτερικούς χώρους (Bednar-Friedl et al., 2022). Οι αγελάδες αποτελούν σημαντικό κομμάτι του κτηνοτροφικού τομέα της Ευρώπης και κατά κύριο λόγο βρίσκονται σε φυσικώς αεριζόμενα κτίρια, που είναι ιδιαίτερα επιρρεπή στην κλιματική αλλαγή. Παράλληλα, οι αγελάδες μεγάλης παραγωγικότητας είναι οι πιο ευάλωτες στο θερμικό στρες, υπό συνθήκες αυξημένων θερμοκρασιών και σχετικής υγρασίας (Hempel et al., 2019). Ως εκ τούτου, η κλιματική κρίση επηρεάζει την υγεία των ζώων, την πρόσληψη τροφής, τη συμπεριφορά και την ευημερία, καθώς επίσης και την παραγωγικότητα και την ποιότητα των ζωικών προϊόντων.

Οι μελέτες υποδεικνύουν ότι οι επιπτώσεις των προβλεπόμενων αυξήσεων των θερμοκρασιών και της πρόκλησης θερμικού στρες στα ζώα, ποικίλουν ανάλογα με την περιοχή, το αγρόκτημα, αλλά και το μοντέλο πρόβλεψης. Σε γενικές γραμμές, προβλέπεται αύξηση του αριθμού και της διάρκειας των περιστατικών θερμικού στρες στα ζώα της Ευρώπης, ενώ ο αριθμός των ετήσιων περιστατικών θερμικού στρες αναμένεται ότι θα αυξηθεί μέχρι και 2000 ώρες, αναφορικά με τις αγελάδες γαλακτοπαραγωγής, μέχρι το τέλος του τρέχοντος αιώνα. Έτσι, η απόδοση στην παραγωγή του γάλακτος μπορεί να μειωθεί κατά 3,5%, με συνεπακόλουθες απώλειες εισοδημάτων και επιπτώσεις στην επισιτιστική ασφάλεια της Ευρώπης. Οι εν λόγω επιπτώσεις αναμένεται να είναι πιο έντονες στις περιοχές της Νότιας Ευρώπης (Hempel et al., 2019). Παράλληλα, οι παράγοντες της κλιματικής κρίσης επηρεάζουν την παραγωγή ζωοτροφών, τη σύνθεση και την ποιότητα των βοσκότοπων, ιδιαίτερα στη Νότια Ευρώπη και στην Ανατολική Ευρώπη (Bednar-Friedl et al., 2022).

Η Νότια Ευρώπη είναι ευάλωτη και στα κτηνοτροφικά συστήματα χοίρων και πουλερικών, καθώς επικρατούν τα ανοιχτά συστήματα, ενώ στις περισσότερες περιοχές της Ευρώπης προβλέπεται ότι ο θερμοκρασιακός έλεγχος των συστημάτων είναι επαρκής και οι επιπτώσεις θα είναι μικρότερες, αναφορικά με τα εν λόγω είδη ζώων (Bednar-Friedl et al., 2022). Παρ' όλα αυτά, στην Ευρωπαϊκή Ένωση, η στέγαση των χοίρων είναι εξοπλισμένη κυρίως μόνο με συστήματα μηχανικού αερισμού, τα οποία δεν παρέχουν ανακούφιση από τη θέρμανση, με αποτέλεσμα κατά τους καλοκαιρινούς μήνες η θερμοκρασία συχνά να υπερβαίνει τη ζώνη θερμικής άνεσης των χοίρων (Renaudeau and Dourmad, 2021). Το έτος 2013, καταγράφηκαν χιλιάδες θάνατοι χοίρων στην Ευρώπη, ως αποτέλεσμα καλοκαιρινού κύματος καύσωνα, κατά το οποίο η θερμοκρασία της ατμόσφαιρας ήταν κατά 3,5°C υψηλότερη, σε σχέση με τις κανονικές συνθήκες, για χρονικό διάστημα 2 εβδομάδων. Ως εκ τούτου, η κλιματική κρίση επηρεάζει τα εν λόγω συστήματα, με επιπτώσεις για τον κτηνοτροφικό τομέα της Ευρώπης.

Οι επιπτώσεις της κλιματικής κρίσης στον γεωργικό τομέα της Ευρώπης συνδέονται και επηρεάζουν άμεσα και τον κτηνοτροφικό τομέα. Η θέρμανση αυξάνει την καλλιεργητική περίοδο των βοσκότοπων στη Βόρεια Ευρώπη και στις περιοχές με μεγάλο γεωγραφικό πλάτος. Ωστόσο, μεγαλύτερης διάρκειας φαινόμενα ξηρασίας και φαινόμενα έντονων καταιγίδων, δύνανται να οδηγήσουν σε σταδιακή εγκατάλειψη απομακρυσμένων

βοσκότοπων, ενώ η μεταβολή της επικράτησης, της κατανομής και του φορτίου των παθογόνων παραγόντων, των παρασίτων και των διαβιβαστών τους, δύνανται να απειλήσουν τις διάφορες περιοχές της Ευρώπης, με επέκταση προς τις βόρειες περιοχές. Έχει εκτιμηθεί ότι μεγάλος αριθμός παθογόνων παραγόντων που απαντώνται στην Ευρώπη, είναι ιδιαίτερα ευαίσθητος στις αλλαγές του κλίματος, όπως η θερμοκρασία και οι βροχοπτώσεις (Bednar-Friedl et al., 2022).

Υπό 2°C – 4°C υπερθέρμανση, η παραγωγή βιομάζας στους βοσκότοπους θα αυξηθεί στη Βόρεια Ευρώπη και στις Βόρειες Άλπεις, ενώ θα μειωθεί στη Νότια Ευρώπη και στις Νότιες Άλπεις, ιδιαίτερα λόγω των κυμάτων καύσωνα και των φαινομένων λειψυδρίας, οδηγώντας σε περιφερειακές μειώσεις στην παραγωγή γάλακτος στη Δυτική και Κεντρική Ευρώπη και στη Νότια Ευρώπη (Bednar-Friedl et al., 2022). Έτσι, η θέρμανση στις χώρες της Νότιας Ευρώπης έχει οδηγήσει τις αγελάδες γαλακτοπαραγωγής να βρίσκονται υπό θερμικό στρες, για χρονικό διάστημα μεγαλύτερο των 12 ωρών την ημέρα, με αποτέλεσμα την απώλεια στην παραγωγή γάλακτος που φθάνει τα 5,5 κιλά ανά αγελάδα την ημέρα. Αντίστοιχα, στην Ιταλία έχουν καταγραφεί υψηλές θερμοκρασίες, σε συνδυασμό με υψηλή σχετική υγρασία, που θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε 60% αύξηση της θνησιμότητας των βοοειδών (Gitz et al., 2016). Σε πολλές περιοχές της Ευρώπης, έχει καταγραφεί αυξημένη θνησιμότητα των διάφορων κτηνοτροφικών ειδών, ως αποτέλεσμα της αύξησης της θερμοκρασίας και των κυμάτων καύσωνα, που οδήγησαν στην πρόκληση θερμικού στρες στα ζώα (Rojas-Downing et al., 2017).

Επί του παρόντος, τα μέτρα προσαρμογής που εφαρμόζονται στα συστήματα κτηνοτροφικής παραγωγής στην Ευρώπη δεν είναι επαρκή για την αποτελεσματική αντιμετώπιση των κλιματικών κινδύνων, όπως τα κύματα καύσωνα και οι ξηρασίες κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού (EEA, 2019).

Οι αναδυόμενες ασθένειες που σχετίζονται με χωρικές αλλαγές στα οικοσυστήματα, υπό την κλιματική αλλαγή, επηρεάζουν άμεσα τα συστήματα κτηνοτροφικής παραγωγής στην Ευρώπη. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί ο καταρροϊκός πυρετός, που πλέον παρατηρείται σε κοπάδια προβάτων σε ολόκληρη την Ευρώπη, καθώς οι παράγοντες της κλιματικής κρίσης ευνοούν την παρουσία των φορέων του, η οποία κατά το παρελθόν περιοριζόταν σε περιοχές χαμηλού γεωγραφικού πλάτους στην ευρωπαϊκή ήπειρο (EEA, 2019).

3.1.3 Επιπτώσεις στους τομείς της αλιείας και των υδατοκαλλιεργειών

Σε παγκόσμιο επίπεδο, τα ψάρια και άλλα θαλασσινά είδη παρέχουν σε περισσότερους από 3,3 δισεκατομμύρια ανθρώπους, το 20% της μέσης κατά κεφαλήν πρόσληψης ζωικών πρωτεϊνών και το ποσοστό αυτό φθάνει ακόμα και πάνω από το 50% σε μερικές χώρες. Παράλληλα, τα εν λόγω είδη τροφίμων παρέχουν σημαντικές βιταμίνες, μέταλλα και πολυακόρεστα λιπαρά οξέα, με αποτέλεσμα να διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο για την επισιτιστική ασφάλεια και διατροφή. Η συνεισφορά τους αυτή αναδεικνύεται και από το γεγονός ότι ο βιοπορισμός του 10-12% του παγκόσμιου πληθυσμού, εξαρτάται από τους τομείς της αλιείας και των υδατοκαλλιεργειών (Bezner Kerr et al., 2022).

Η αλιευτική παραγωγή έφθασε τους 96,4 εκατομμύρια τόνους το έτος 2018, ενώ το 87% της παραγωγής προέρχεται από τα θαλάσσια περιβάλλοντα, σε σχέση με το 13% της αλιείας εσωτερικών υδάτων. Παρ' όλα αυτά, η αλιεία εσωτερικών υδάτων απαντάται σε όλες τις ηπείρους, με εξαίρεση την Ανταρκτική, συμβάλλοντας στην επισιτιστική ασφάλεια των διάφορων χωρών (Bezner Kerr et al., 2022).

Ο τομέας των υδατοκαλλιεργειών αποτελεί έναν ταχέως αναπτυσσόμενο τομέα των τροφίμων, που συνεχίζει να αναπτύσσεται ταχύτερα από τους υπόλοιπους τομείς ζωικής παραγωγής τροφίμων (Phukan et al., 2018). Μεταξύ των ετών 1961-2016, η σημαντική αύξηση της παγκόσμιας μέσης ετήσιας κατανάλωσης θαλασσινών ειδών, αποδίδεται σε μεγάλο βαθμό στην παραγωγή των υδατοκαλλιεργειών (FAO, 2018).

Η παγκόσμια παραγωγή των υδατοκαλλιεργειών έφθασε τους 82 εκατομμύρια τόνους τροφίμων ψαριών, οστρακοειδών και άλλων υδρόβιων ζώων, το έτος 2018. Παράλληλα, στον τομέα των υδατοκαλλιεργειών απασχολούνται περισσότεροι από 20,5 εκατομμύρια άνθρωποι. Το ποσοστό των δύο αυτών τομέων που αντιστοιχεί στο ακαθάριστο εγχώριο προϊόν, ποικίλει από 0,01% μέχρι και 10%, με τα μεγαλύτερα ποσοστά να παρατηρούνται, συνήθως, σε χώρες χαμηλού εισοδήματος (Bezner Kerr et al., 2022).

Τα αλιευτικά συστήματα και τα συστήματα υδατοκαλλιεργειών αντιμετωπίζουν ήδη πολλαπλές προκλήσεις λόγω παραγόντων, όπως η υπεραλίευση, η απώλεια οικοτόπων και η μη αποτελεσματική διαχείριση, με αποτέλεσμα οι νέες προκλήσεις που αναδύονται από το φαινόμενο της κλιματικής κρίσης, να απειλούν την παραγωγή από τους εν λόγω τομείς και ακολούθως την επισιτιστική ασφάλεια των πληθυσμών (Phukan et al., 2018).

3.1.3.1 Παρατηρηθείσες και προβλεπόμενες επιπτώσεις

Η κλιματική κρίση έχει ήδη αρχίσει να μεταβάλλει την αφθονία, την κατανομή, την παραγωγικότητα και τη φαινολογία των έμβιων θαλάσσιων οργανισμών (Payne et al., 2021). Η τρωτότητα των τομέων της αλιείας και των υδατοκαλλιεργειών στην κλιματική αλλαγή, αποτελεί σύνθετο ζήτημα, που αντικατοπτρίζει έναν συνδυασμό όλων των παραγόντων που σχετίζονται με την παραγωγική διαδικασία (Phukan et al., 2018). Η κλιματική κρίση, η κλιματική μεταβλητότητα και τα συνεπακόλουθα ακραία καιρικά φαινόμενα, αποτελούν σύνθετες απειλές για τη βιωσιμότητα της παραγωγικότητας των τομέων της αλιείας και των υδατοκαλλιεργειών, τόσο στα θαλάσσια συστήματα, όσο και στα συστήματα γλυκού νερού, με άμεσες επιπτώσεις για τη διάσταση της επισιτιστικής ασφάλειας που αφορά την διαθεσιμότητα των τροφίμων (Gitz et al., 2016).

Οι επιπτώσεις της κλιματικής κρίσης στους εν λόγω τομείς, προκύπτουν ως αποτέλεσμα της σταδιακής υπερθέρμανσης, αλλά και των σχετιζόμενων με αυτήν αλλαγών στα υδάτινα περιβάλλοντα, οι οποίες είναι φυσικές, όπως η θερμοκρασία στην επιφάνεια της θάλασσας, η ωκεάνια κυκλοφορία και τα συστήματα καταιγίδων, καθώς και χημικές, όπως η οξίνιση, η αλατότητα και η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου (Gitz et al., 2016).

Στην επιφάνεια των ωκεανών, η θερμοκρασία έχει κατά μέσο όρο αυξηθεί κατά 0,88°C και συγκεκριμένα από 0,68°C έως 1,01°C, σε σχέση με την προβιομηχανική περίοδο, μέχρι τα έτη 2011-2020. Τα κύματα καύσωνα στο θαλάσσιο περιβάλλον έχουν διπλασιαστεί από τη δεκαετία του 1980, ενώ παράλληλα έχει αυξηθεί η ένταση και η διάρκεια αυτών. Οι πιο υψηλές θερμοκρασίες επηρεάζουν την αφθονία, την κατανομή και τις μετακινήσεις αρκετών θαλάσσιων ειδών. Η αλιευτική παραγωγή μειώνεται σε διάφορες περιοχές, γεγονός που μπορεί εν μέρη να αποδοθεί στην κλιματική κρίση, σε συνδυασμό με την υπεραλίευση και άλλους κοινωνικοοικονομικούς παράγοντες. Έχει εκτιμηθεί ότι από το έτος 1930 έως το έτος 2010, η ποσότητα αρκετών ειδών ψαριών, που μπορούν να συγκομίζονται με βιώσιμο τρόπο, έχει μειωθεί κατά 4,1%, σε παγκόσμια κλίμακα, λόγω της θέρμανσης των ωκεανών, ενώ σε ορισμένες περιοχές, οι απώλειες είναι ουσιαστικές και φθάνουν το 15-35% (Bezner Kerr et al., 2022).

Το pH της επιφάνειας των ωκεανών έχει μειωθεί, σε παγκόσμιο επίπεδο, κατά τα τελευταία 40 έτη, κατά 0,003 – 0,026 μονάδες, για κάθε δεκαετία, ενώ μείωση έχει παρατηρηθεί και στο εσωτερικό όλων των ωκεάνιων λεκανών, κατά τα τελευταία 30 έτη.

Υπό την κλιματική κρίση, έχει μειωθεί το διαλυμένο οξυγόνο των ωκεανών κατά 0,5% - 3,3%, μεταξύ των ετών 1970 και 2010, αναφορικά με το στρώμα βάρους 0-1000 μέτρων (Bezner Kerr et al., 2022). Τα πιο θερμά νερά διατηρούν λιγότερο οξυγόνο, ενώ παράλληλα αυξάνουν την απαίτηση των έμβιων οργανισμών σε οξυγόνο. Η εν λόγω θέρμανση του νερού, μειώνει τη διαδικασία της ανάμιξης μεταξύ των στρωμάτων και επηρεάζει την παροχή του οξυγόνου, με αποτέλεσμα τη μείωση του οξυγόνου στο ανώτερο στρώμα, παράλληλα με επέκταση των υποξικών ζωνών. Υπό την κλιματική κρίση, το φαινόμενο αυτό επιδεινώνεται και από την επιβλαβή άνθηση φυκών, λόγω φαινομένων ευτροφισμού (Scholaert, 2021).

Όλες αυτές οι νέες φυσικές, χημικές και βιολογικές συνθήκες, επηρεάζουν τη φυσιολογία των θαλάσσιων οργανισμών, την κατανομή και την οικολογία τους, με μία συνολική αλλαγή στη σύνθεση των ειδών και της βιομάζας, επηρεάζοντας τη δομή και τη λειτουργία του οικοσυστήματος. Υπό την κλιματική κρίση, τα οικοσυστήματα γλυκού νερού είναι σε μεγάλο βαθμό εκτεθειμένα σε φαινόμενα ευτροφισμού, εισβολή ειδών και αυξημένες θερμοκρασίες. Η κλιματική κρίση επιδεινώνει τις πιέσεις στον αλιευτικό τομέα στα οικοσυστήματα γλυκού νερού, όπως τις αλλαγές στις χρήσεις γης, τη διαθεσιμότητα του νερού και τη ρύπανση. Η μείωση του διαλυμένου οξυγόνου είναι 2,75 έως 9,3 φορές μεγαλύτερη σε τέτοια συστήματα, σε σχέση με τους ωκεανούς και ως εκ τούτου, τα συστήματα αυτά είναι πιο ευάλωτα στη μεταβλητότητα των κλιματικών παραγόντων (Bezner Kerr et al., 2022). Αντίστοιχα, τα οικοσυστήματα των ποταμών είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα σε αλλαγές στην ποσότητα και τον χρονισμό των ρών νερού, τα οποία προβλέπεται ότι θα μεταβληθούν (Gitz et al., 2016).

Η παραγωγή τροφίμων από τις θαλάσσιες υδατοκαλλιέργειες επηρεάζεται άμεσα και έμμεσα από τους παράγοντες της κλιματικής αλλαγής, οι οποίοι επηρεάζουν και την παραγωγή από τον τομέα της αλιείας, ήτοι η αύξηση της παγκόσμιας θέρμανσης και των ακραίων καιρικών φαινομένων, η άνοδος της στάθμης της θάλασσας και η μείωση των επιπέδων pH και διαλυμένου οξυγόνου (Bezner Kerr et al., 2022).

Η αύξηση της θερμοκρασίας των υδάτων και τα φαινόμενα επιβλαβούς άνθησης φυκών έχουν οδηγήσει σε μαζική θνησιμότητα ψαριών. Παράλληλα, η οξίνιση των ωκεανών έχει αρνητικές επιπτώσεις στη βιωσιμότητα της παραγωγής των υδατοκαλλιεργειών, με παρατηρηθείσες επιπτώσεις στα οστρακοειδή, που έχουν προκαλέσει σημαντικές

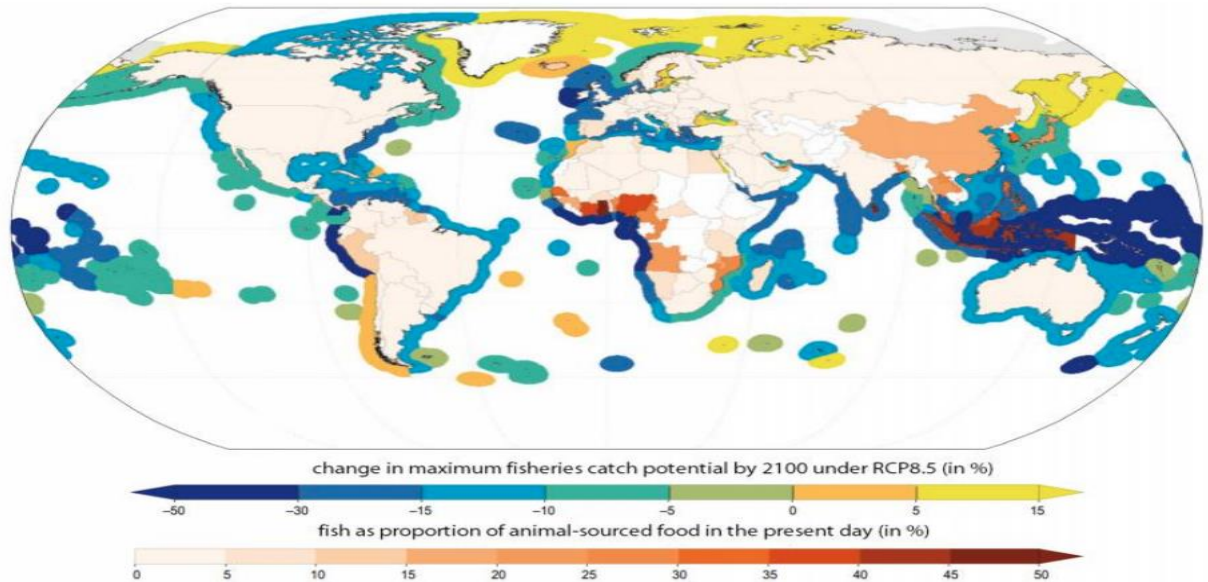
μειώσεις στην παραγωγή, σε διάφορες περιοχές, σε παγκόσμια κλίμακα. Η μείωση των συγκεντρώσεων διαλυμένου οξυγόνου οδηγεί σε αρνητικές επιπτώσεις στη φυσιολογία, την ανάπτυξη, τη συμπεριφορά και την τρωτότητα των ψαριών σε ταυτόχρονες πιέσεις. Παράλληλα, έχει παρατηρηθεί αύξηση των παρασιτώσεων από θαλάσσιες ψείρες, σε ψάρια, όπως ο σολομός, λόγω των θερμότερων νερών και της υψηλότερης αλατότητας, υπό την κλιματική κρίση (Bezner Kerr et al., 2022).

Οι παρατηρηθείσες επιπτώσεις στα συστήματα εσωτερικών υδάτων, σχετίζονται άμεσα με συγκεκριμένες περιοχές και τοποθεσίες. Οι παρεισφρήσεις αλατότητας στα συστήματα υδατοκαλλιέργειών γλυκού νερού, έχουν οδηγήσει σε αλλαγές των συγκεντρώσεων οξυγόνου και της ποιότητας του νερού, προκαλώντας αυξημένα ποσοστά θνησιμότητας των υδρόβιων οργανισμών των εν λόγω περιοχών. Οι ταχείες αλλαγές στη θερμοκρασία και στα φαινόμενα βροχοπτώσεων, ξηρασιών, πλημμυρών, διάβρωσης και επιβλαβούς άνθησης φυκών έχουν, επίσης, επηρεάσει αρνητικά τη βιομάζα των ψαριών και έχουν οδηγήσει σε απώλειες παραγωγής (Bezner Kerr et al., 2022).

Οι έμμεσες παρατηρηθείσες επιπτώσεις της κλιματικής κρίσης στον τομέα των υδατοκαλλιέργειών αφορούν ακραία καιρικά φαινόμενα, που προκαλούν ζημιές στις υποδομές των παράκτιων συστημάτων υδατοκαλλιέργειας, αλλά και πλημμύρες, που οδηγούν σε διαφυγή των ειδών, αλληλεπιδράσεις με άλλα είδη και τελικά αρνητικές επιπτώσεις για την επισιτιστική ασφάλεια και τον βιοπορισμό (Bezner Kerr et al., 2022).

Η κλιματική αλλαγή προβλέπεται ότι θα μειώσει την παγκόσμια αλιευτική παραγωγή, με τις σημαντικότερες μειώσεις να αφορούν τις τροπικές και υποτροπικές περιοχές, ενώ αυξήσεις προβλέπονται στις περιοχές κοντά στους πόλους, όπως φαίνεται στην εικόνα 3.4. Η μέση παγκόσμια ζωική βιομάζα στους ωκεανούς έχει εκτιμηθεί ότι θα μειωθεί κατά 5%, υπό το σενάριο RCP2.6 και κατά 17%, υπό το σενάριο RCP8.5, μέχρι το έτος 2100, με μέση μείωση 5% για κάθε 1°C υπερθέρμανση, επηρεάζοντας σε μεγάλο βαθμό τη διαθεσιμότητα των τροφίμων. Παράλληλα, έχει προβλεφθεί ότι υπό το σενάριο RCP8.5, θα παρατηρηθεί, μέχρι το έτος 2100, μείωση της συνολικής βιομάζας των θαλάσσιων ειδών κατά 15-30% στον Βόρειο και Νότιο Ατλαντικό ωκεανό, στον Ειρηνικό ωκεανό και στον Ινδικό ωκεανό, ενώ στις πολικές ωκεάνιες λεκάνες θα παρατηρηθεί αύξηση κατά 20-80% (Bezner Kerr et al., 2022). Οι σημαντικότερες αρνητικές επιπτώσεις προβλέπεται ότι θα σημειωθούν στις τροπικές περιοχές, με τριπλασιασμό των απωλειών των αλιευμάτων.

Τα συστήματα αλιείας μικρής κλίμακας θα επηρεαστούν στο μεγαλύτερο βαθμό, με απώλειες που θα φθάσουν το 20%, μέχρι το έτος 2050 και το 50%, μέχρι το έτος 2100 (Scholaert, 2021).



Εικόνα 3.4 Προβλεπόμενες αλλαγές στις αλιευτικές δυνατότητες, υπό το σενάριο RCP8.5 και στην αναλογία των ψαριών στα τρόφιμα ζωικής προέλευσης ανθρώπινης κατανάλωσης (Bindoff et al., 2019)

Η θέρμανση έχει άμεσες επιπτώσεις σε όλους τους παράγοντες της παραγωγής. Θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 30°C αποτρέπουν τα ψάρια από την πρόσληψη τροφής και επιβραδύνουν το ρυθμό ανάπτυξής τους. Παράλληλα, η θέρμανση συμβάλλει στη μείωση του διαλυμένου οξυγόνου, στην αύξηση της επιβλαβούς άνθησης φυκών, που απελευθερώνουν τοξίνες στα ύδατα και προκαλούν το θάνατο στα ψάρια, καθώς και στην προσβολή των θαλασσινών ειδών από παράσιτα και άλλα είδη (Phukan et al., 2018).

Οι περισσότεροι υδρόβιοι οργανισμοί είναι ποικιλόθερμοι, με αποτέλεσμα να μην μπορούν να διατηρήσουν τη θερμοκρασία του σώματός τους και έτσι οι μεταβολικοί τους ρυθμοί εξαρτώνται άμεσα από εξωτερικούς περιβαλλοντικούς παράγοντες, ιδιαίτερα από τη θερμοκρασία και το διαθέσιμο οξυγόνο. Αλλαγές σε τέτοιους παράγοντες μπορούν να έχουν σημαντικές επιπτώσεις στους αναπαραγωγικούς κύκλους των ψαριών και έτσι η κατανομή τους στους υδάτινους αποδέκτες είναι πρωταρχικά εξαρτώμενη από τέτοιους παράγοντες (Gitz et al., 2016). Ως εκ τούτου, η κλιματική αλλαγή προβλέπεται ότι θα οδηγήσει σε μετακινήσεις ψαριών σε νερά που είναι πιο κατάλληλα για τη διαβίωσή τους, λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας (Phukan et al., 2018). Πιο συγκεκριμένα, τόσο τα είδη

που διαβιούν σε κρύα νερά, όσο και αυτά που διαβιούν σε πιο θερμά νερά, προβλέπεται ότι θα μετακινηθούν, με κατεύθυνση προς τους πόλους (Rahman et al., 2022).

Η μείωση των συγκεντρώσεων του διαθέσιμου οξυγόνου, που σχετίζεται με τη θέρμανση της επιφάνειας του νερού, υπό την κλιματική κρίση, δύναται να προκαλέσει μείωση του μέγιστου σωματικού βάρους των ψαριών, με συνεπακόλουθη μείωση της ποσότητας των διαθέσιμων ψαριών που προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση. Τα είδη που είναι μη ανεκτικά στην υποξία, με χαρακτηριστικό παράδειγμα τον τόνο, θα υποστούν συρρίκνωση των οικοτόπων τους, με παράλληλη μείωση της παραγωγικότητας (Gitz et al., 2016).

Η παραγωγικότητα των υδάτινων αποδεκτών εξαρτάται από τους πληθυσμούς φυτοπλαγκτού, οι οποίοι με τη σειρά τους εξαρτώνται από τη διαθεσιμότητα του φωτός, αλλά και θρεπτικών ουσιών, που επηρεάζεται από τις απορροές και τις διεργασίες ανάμιξης στους ωκεανούς. Υπό την κλιματική αλλαγή, προβλέπεται ότι ο παράγοντας των αυξημένων θερμοκρασιών θα μεταβάλλει τη θερμική στρωμάτωση των υδάτινων αποδεκτών, γεγονός που μπορεί να επηρεάσει την καθαρή ανταλλαγή αερίων και θρεπτικών ουσιών στην επιφάνεια του νερού, που με τη σειρά του μπορεί να προκαλέσει αλλαγές στην τροφική αλυσίδα, οι οποίες σταδιακά δύναται να προκαλέσουν αλλαγές στα είδη, λόγω των αλλαγών στη διαθεσιμότητα της τροφής, ευαλωτότητα σε ασθένειες και μεταβολές στην ανταγωνιστικότητα των ειδών, με επιπτώσεις για την επισιτιστική ασφάλεια (Phukan et al., 2018).

Τα φαινόμενα μεταβλητότητας, όπως το φαινόμενο Ελ Νίνιο και οι αλλαγές στη συχνότητα και την ένταση των ακραίων καιρικών φαινομένων, ως αποτέλεσμα της υπερθέρμανσης, που διαταράσσει τον υδρολογικό κύκλο, θα προκαλέσουν, επίσης, μεταβολές στα θαλάσσια οικοσυστήματα και την παραγωγικότητα (FAO, 2018). Τα κύματα καύσωνα μπορούν να οδηγήσουν σε σοβαρές και παρατεταμένες επιπτώσεις, με χαρακτηριστικό παράδειγμα τη μαζική θνησιμότητα των βενθικών κοινοτήτων, με παράλληλη μείωση των αλιευμάτων. Τα εν λόγω κύματα καύσωνα προβλέπεται ότι, λόγω της θέρμανσης του ατμοσφαιρικού αέρα και των ωκεανών, θα γίνουν ακόμα πιο συχνά και έντονα, ενώ παράλληλα θα αυξηθεί η χωρική τους έκταση και η διάρκειά τους, μέχρι το έτος 2100, σύμφωνα με τα σενάρια πρόβλεψης RCP4.5 και RCP8.5 (Scholaeert, 2021).

Τα συστήματα των κοραλλιογενών υφάλων, που φιλοξενούν περίπου το 25% των θαλάσσιων ειδών, αλλά και τα συστήματα μαγκρόβιων, παρέχουν υπηρεσίες απαραίτητες

για την επισιτιστική ασφάλεια. Υπό την κλιματική κρίση, τα εν λόγω συστήματα βρίσκονται σε αυξημένο κίνδυνο, ιδιαίτερα λόγω της διπλής πίεσης των αυξημένων θερμοκρασιών και της οξίνισης των νερών, αλλά και των ακραίων καιρικών φαινομένων, όπως οι κυκλώνες, με αποτέλεσμα να παρατηρούνται φαινόμενα μαζικής λεύκανσης κοραλλιών, ιδιαίτερα σε τροπικές περιοχές, που επηρεάζουν άμεσα τη συνεισφορά τους στην επισιτιστική ασφάλεια (Gitz et al., 2016). Ακόμα και υπό το σενάριο της υπερθέρμανσης κατά 1,5°C, υπάρχει μεγάλος κίνδυνος απώλειας ακόμα και του 70-90% των κοραλλιογενών υφάλων, καθώς και των σχετιζόμενων υπηρεσιών που προσφέρουν για την επισιτιστική ασφάλεια, καθώς η απώλειά τους θα οδηγήσει σε απώλεια και των θαλάσσιων ειδών, των οποίων η διαβίωση εξαρτάται από αυτά (Scholaert, 2021).

Οι παράγοντες που επηρεάζονται από την κλιματική αλλαγή, όπως, μεταξύ άλλων, η αύξηση της θερμοκρασίας, η άνοδος της στάθμης της θάλασσας, η οξίνιση, τα πρότυπα βροχοπτώσεων, καθώς και τα φαινόμενα υποξίας, θα έχουν μακροπρόθεσμες επιπτώσεις στον τομέα των υδατοκαλλιεργειών σε όλες τις κλίμακες, από επίπεδο οργανισμού σε επίπεδο συστήματος και από εθνική κλίμακα, σε παγκόσμια κλίμακα (FAO, 2018).

Η προβλεπόμενη άνοδος της στάθμης της θάλασσας, σε συνδυασμό με την προβλεπόμενη αύξηση της θερμοκρασίας και τις αλλαγές στα πρότυπα βροχοπτώσεων, μπορούν να οδηγήσουν σε παράκτιες πλημμύρες, επηρεάζοντας τα συστήματα υδατοκαλλιεργειών, με αρνητικές επιπτώσεις για την παραγωγή. Οι προβλέψεις της θέρμανσης και της οξίνισης των ωκεανών υποδεικνύουν οφέλη για ορισμένα είδη ψαριών και οστρακοειδών, μέσω της επέκτασης των κατάλληλων οικοτόπων και της βραχυπρόθεσμης ανάπτυξής τους, αλλά μέχρι το έτος 2090, προβλέπεται ότι τα οφέλη αυτά θα αντισταθμιστούν και θα επικρατήσουν οι αρνητικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, λόγω της υπέρβασης της θερμικής αντοχής, αλλά και άλλων περιορισμών για την παραγωγικότητα των υδρόβιων οργανισμών. Ως εκ τούτου, προβλέπεται ότι πολλά συστήματα υδατοκαλλιεργειών, προκειμένου να διατηρήσουν την παραγωγικότητά τους, θα πρέπει να μετακινηθούν σε πιο βόρειες περιοχές (Bezner Kerr et al., 2022).

Η παγκόσμια θέρμανση και η προβλεπόμενη αύξηση της συχνότητας, της έντασης και της διάρκειας των κυμάτων καύσωνα, προβλέπεται ότι θα επηρεάσουν ακόμα περισσότερο τη διαλυτότητα του οξυγόνου, με αρνητικές επιπτώσεις για τα συστήματα υδατοκαλλιεργειών αρκετών ειδών, ενώ ο συνδυασμός τους με τα αυξανόμενα

περιστατικά επιβλαβούς άνθησης φυκών, δύναται να οδηγήσει σε αρνητικές επιπτώσεις για την επισιτιστική ασφάλεια, τη διατροφή και την ανθρώπινη υγεία. Παράλληλα, οι παράγοντες αυτοί της κλιματικής αλλαγής, προβλέπεται ότι θα επηρεάσουν τη συχνότητα και τη σοβαρότητα ασθενειών των διάφορων υδρόβιων οργανισμών, που θα οδηγήσουν σε αυξημένα ποσοστά θνησιμότητας αυτών. Η ανταγωνιστικότητα για προϊόντα διατροφής των διάφορων ειδών, μεταξύ των συστημάτων υδρόβιας και χερσαίας παραγωγής τροφίμων, επηρεάζεται από την κλιματική κρίση, με πιθανές συνέπειες για τη μελλοντική διαθεσιμότητα των τροφίμων (Bezner Kerr et al., 2022).

3.1.3.2 Επιπτώσεις στην Ευρώπη

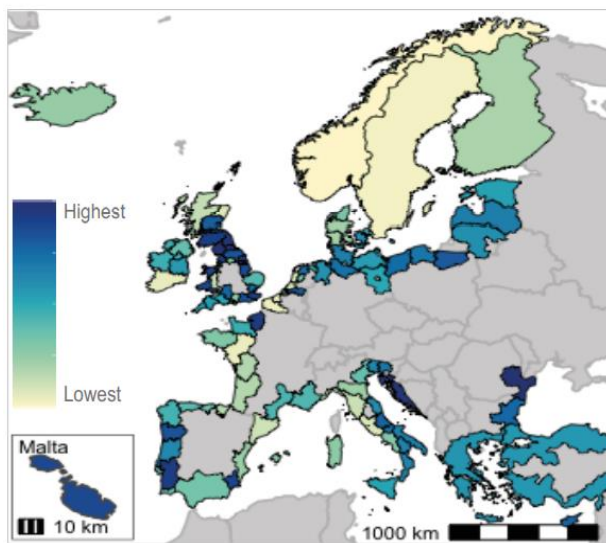
Στην ευρωπαϊκή ήπειρο, ο τομέας της αλιείας συνεισφέρει κατά 80% στην ευρωπαϊκή παραγωγή θαλασσινών ειδών τροφίμων, ενώ ο τομέας των υδατοκαλλιέργειών κατά 20% (Bednar-Friedl et al., 2022). Στην Ευρωπαϊκή Ένωση το έτος 2018 υπήρχαν περίπου 150.000 συστήματα αλιείας και το έτος 2016 περίπου 75.000 υδατοκαλλιέργειες (Scholaert, 2021). Οι εν λόγω τομείς παρέχουν εργασία σε περισσότερους από 250.000 ανθρώπους, με μεγάλο ποσοστό στη Νότια Ευρώπη (Bednar-Friedl et al., 2022). Στην Ευρώπη, καταγράφονται οι μεγαλύτερες εισαγωγές θαλασσινών ειδών, σε παγκόσμιο επίπεδο, ενώ παράλληλα οι πληθυσμοί της καταναλώνουν θαλασσινά είδη, σε ποσότητες που ξεπερνούν τον παγκόσμιο μέσο όρο. Για την Ευρωπαϊκή Ένωση, οι ποσότητες αυτές έφθασαν, το έτος 2018, τα 25kg ανά άτομο (Scholaert, 2021). Οι ευρωπαϊκές θάλασσες παρέχουν περίπου το ένα όγδοο των παγκόσμιων θαλάσσιων αλιευμάτων και έτσι συμβάλλουν στην παγκόσμια επισιτιστική ασφάλεια (Payne et al., 2021).

Στην Ευρώπη, το μεγαλύτερο ζήτημα στον τομέα της αλιείας αφορά τη διαδικασία της εξαγωγής των εμπορικά σημαντικών αποθεμάτων ψαριών, με το 69% αυτών να έχουν επηρεαστεί από τον παράγοντα της υπεραλίευσης και το 51% να βρίσκεται εκτός των ασφαλών βιολογικών ορίων. Η κλιματική κρίση έχει, επίσης, επηρεάσει την παραγωγή θαλασσινών ειδών στην ευρωπαϊκή ήπειρο. Η Βόρεια Θάλασσα, η Ιβηρική Θάλασσα και η Κελτική Θάλασσα βρίσκονται μεταξύ των περισσότερο αρνητικά επηρεασμένων από την υπερθέρμανση περιοχών, σε παγκόσμιο επίπεδο, με απώλειες 15-35% στις μέγιστες βιώσιμες αποδόσεις, κατά τις τελευταίες δεκαετίες. Η εν λόγω υπερθέρμανση έχει προκαλέσει μία συνεχιζόμενη κίνηση των ψαριών του Βορειοανατολικού Ατλαντικού προς τα βόρεια (Bednar-Friedl et al., 2022).

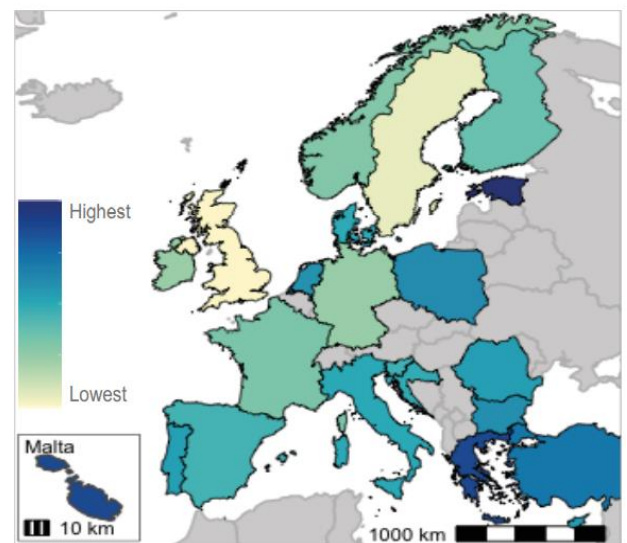
Υπάρχουν αρκετές προκλήσεις αναφορικά με τις επιπτώσεις της κλιματικής κρίσης στους τομείς της αλιείας και των υδατοκαλλιεργειών στην ευρωπαϊκή ήπειρο, λόγω του μεγάλου εύρους των ειδών, των βιογεωγραφικών ζωνών και των ενδιαιτημάτων που συνδέονται με αλληλένδετες δομές διαχείρισης (Payne et al., 2021). Στην ευρωπαϊκή ήπειρο η τρωτότητα των συστημάτων αλιείας και υδατοκαλλιεργειών αυξάνεται με την μείωση του γεωγραφικού πλάτους. Στην εν λόγω ήπειρο, τα συστήματα γλυκού νερού είναι λιγότερο ευάλωτα (Bednar-Friedl et al., 2022).

Στον τομέα της αλιείας, η τρωτότητα των αλιευτικών κοινοτήτων είναι μεγαλύτερη στη Νότια Ευρώπη και στο Ηνωμένο Βασίλειο, ενώ στον τομέα των υδατοκαλλιεργειών είναι μεγαλύτερη στη Νότια Ευρώπη και σε ορισμένες χώρες της Βόρειας Ευρώπης και της Δυτικής και Κεντρικής Ευρώπης, σύμφωνα με την εικόνα 3.5. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η Νορβηγία, όπου ο τομέας των υδατοκαλλιεργειών είναι ιδιαίτερα ευάλωτος, λόγω της υψηλής ευαισθησίας των καλλιεργειών σολωμού στη θέρμανση, δεδομένης της υψηλής κατά κεφαλήν παραγωγής του εν λόγω είδους ψαριού (Bednar-Friedl et al., 2022).

(a) Risk to fisheries in European coastal regions



(b) Vulnerability of national European aquaculture sectors



Εικόνα 3.5 Τρωτότητα στην κλιματική κρίση α) των συστημάτων αλιείας των ευρωπαϊκών ακτών, b) των υδατοκαλλιεργειών της Ευρώπης (Bednar-Friedl et al., 2022)

Οι προβλεπόμενες επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στους τομείς της αλιείας και των υδατοκαλλιεργειών ποικίλουν μεταξύ των διάφορων θαλασσινών ειδών. Υπό 1,5°C – 4°C υπερθέρμανση, τα σενάρια πρόβλεψης υποδεικνύουν μείωση κατά 35% στην αφθονία των εμπορικών αποθεμάτων ψαριών στους υδάτινους αποδέκτες της Ευρώπης, δεδομένου ότι λαμβάνονται μέτρα διαχείρισης των μέγιστων βιώσιμων αποδόσεων. Η εν

λόγω μείωση μπορεί να φθάσει ακόμα και το 90% για ορισμένα είδη θαλασσινών ειδών. (Bednar-Friedl et al., 2022).

Το φαινόμενο της οξίνισης των νερών υπό τους 4°C υπερθέρμανση, δύναται να αποτελέσει σημαντικό κίνδυνο για την παραγωγή των θαλασσινών ειδών τροφίμων στην Ευρώπη, επηρεάζοντας αρκετά σημαντικά θαλασσινά είδη, με χαρακτηριστικό παράδειγμα τα διάφορα είδη ψαριών στη Δυτική Βαλτική Θάλασσα και στη Θάλασσα του Μπάρεντς, στα οποία μπορεί να παρατηρηθεί μείωση κατά 8% και 24%, αντίστοιχα. Η οξίνιση προβλέπεται ότι θα επηρεάσει αρνητικά και την παραγωγή οστρακοειδών, αλλά και άλλων ειδών υδατοκαλλιέργειών στην ευρωπαϊκή ήπειρο (Bednar-Friedl et al., 2022).

Αναφορικά με τις ακτές του Ατλαντικού ωκεανού, αν και οι προβλέψεις ποικίλουν σε μεγάλο βαθμό, σε γενικές γραμμές προβλέπεται ότι η παραγωγή θα μειωθεί περίπου κατά 10% κατά τον τρέχοντα αιώνα, με ελάχιστες εξαιρέσεις περιοχών. Μειώσεις στην παραγωγή προβλέπονται και για τη Βόρεια Θάλασσα και την Βαλτική Θάλασσα. Στην περιοχή της Μεσογείου, η παραγωγή προβλέπεται ότι θα αυξηθεί στο δυτικό μέρος της, ενώ στο ανατολικό μέρος της δύναται να αυξηθεί υπό το σενάριο RCP4.5, αλλά θα παραμείνει σταθερή υπό το σενάριο RCP8.5 (Peck et al., 2020).

Οι μετακινήσεις ψαριών προς τους πόλους θα οδηγήσουν στην εμφάνιση νέων ειδών στα πιο θερμά συστήματα και τα υπάρχοντα υποτροπικά είδη δύναται να αυξήσουν τη σχετικότητά τους. Αυτό θα επηρεάσει τα οικοσυστήματα, με συνέπειες που δεν μπορούν ακόμα να συμπεριληφθούν ολοκληρωτικά στα μοντέλα πρόβλεψης. Η κατανομή των ειδών κρύου νερού μεταβάλλεται, ενώ τα είδη αυτά έχουν αρχίσει να μετακινούνται προς τους πόλους (Peck et al., 2020). Στη Μεσόγειο έχει παρατηρηθεί ότι είδη θαλασσινών ειδών από χαμηλότερα γεωγραφικά πλάτη έχουν φθάσει κατά τα τελευταία χρόνια στα νερά της εν λόγω περιοχής, με ρυθμό μίας εισαγωγής ανά τέσσερις εβδομάδες. Τα περισσότερα μη αυτόχθονα είδη παρατηρείται ότι μετακινούνται προς το βορρά με ένα μέσο όρο 300 χιλιομέτρων, από το έτος 1980, σε μία προσπάθεια να ακολουθήσουν τις φυσιολογικές συνθήκες του χημικού και φυσικού τους περιβάλλοντος (Gitz et al., 2016). Ως εκ τούτου, η άφιξη μη αυτόχθονων ειδών ψαριών στη Μεσόγειο, αλλά και η εγκατάλειψη των ειδών που υπάρχουν στη Μεσόγειο, με κατεύθυνση προς το βορρά, θα προκαλέσουν προβλήματα στα συστήματα αλιείας και υδατοκαλλιέργειών (Scholaert, 2021).

3.2 Επιπτώσεις στην πρόσβαση σε τρόφιμα

Οι παράγοντες της κλιματικής κρίσης επηρεάζουν τη διάσταση της επισιτιστικής ασφάλειας που αφορά την πρόσβαση σε τρόφιμα, με αρνητικές επιπτώσεις τόσο στην φυσική όσο και στην οικονομική και κοινωνική πρόσβαση των πληθυσμών σε τρόφιμα. Αν και η αύξηση της συχνότητας των ακραίων καιρικών φαινομένων και των φυσικών καταστροφών, υπό την κλιματική κρίση, ενέχει αρνητικές επιπτώσεις στη φυσική πρόσβαση των πληθυσμών σε τρόφιμα, ιδιαίτερα σε απομονωμένες περιοχές, οι περισσότερες μελέτες εστιάζουν στις επιπτώσεις της κλιματικής κρίσης στην οικονομική και κοινωνική πρόσβαση σε τρόφιμα (El Bilali et al., 2020).

Οι αρνητικές επιπτώσεις των παραγόντων της κλιματικής κρίσης στα εισοδήματα και τις τιμές των τροφίμων αντικατοπτρίζουν άμεσα τις επιπτώσεις της κλιματικής κρίσης στα νοικοκυριά (Jafino et al., 2020). Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής μεταφράζονται σε οικονομικές και κοινωνικές επιπτώσεις, που συντελούν σε αλλαγές στα εισοδήματα, στις αγορές τροφίμων, στις τιμές των τροφίμων, στα εμπορικά μοτίβα και στα μοτίβα των επενδύσεων. Οι εν λόγω επιπτώσεις προβλέπεται ότι θα ενταθούν με την πάροδο του χρόνου και θα εξαρτηθούν άμεσα από το επίπεδο της παγκόσμιας υπερθέρμανσης, ενώ θα ποικίλουν μεταξύ διαφορετικών περιοχών και πληθυσμών (Gitz et al., 2016).

3.2.1 Επιπτώσεις στη φυσική πρόσβαση σε τρόφιμα

Οι παράγοντες της κλιματικής κρίσης δύνανται να έχουν αρνητικές επιπτώσεις στη διάσταση της φυσικής πρόσβασης σε τρόφιμα, ιδιαίτερα σε απομονωμένες περιοχές, σε παγκόσμια κλίμακα (El Bilali et al., 2020). Η κύρια οδός, μέσω της οποίας η κλιματική κρίση επηρεάζει την εν λόγω διάσταση, είναι η αύξηση της συχνότητας και της έντασης των ακραίων καιρικών φαινομένων και των φυσικών καταστροφών, με χαρακτηριστικά παραδείγματα τα φαινόμενα ακραίων καταιγίδων, πλημμυρών, τυφώνων και πυρκαγιών, τα οποία, εκτός από τις οικονομικές επιπτώσεις που εγκυμονούν για τους πληθυσμούς, ενέχουν και σημαντικές καταστροφές σε δρόμους, γέφυρες και άλλες μεταφορικές υποδομές, επηρεάζοντας άμεσα τη διανομή τροφίμων, τη λειτουργία των αγορών και την εφοδιαστική αλυσίδα (El Bilali et al., 2020).

Σε πολλές περιοχές, σε παγκόσμια κλίμακα, οι δρόμοι, τα κτίρια, οι δεξαμενές νερού, τα φράγματα, οι αποθηκευτικοί χώροι τροφίμων και το σύνολο των υποδομών είναι επιρρεπή στις αρνητικές επιπτώσεις των ακραίων καιρικών φαινομένων και φυσικών

καταστροφών, που εντείνονται υπό την κλιματική αλλαγή. Ως εκ τούτου, προβλέπεται ότι τέτοιες καταστροφές θα επηρεάσουν τις υπηρεσίες που εξυπηρετούν οι εν λόγω υποδομές, με αποτέλεσμα την παρεμπόδιση της παροχής τροφίμων, αλλά και άλλων αγαθών που σχετίζονται άμεσα με την αλυσίδα τροφίμων, όπως το πετρέλαιο. Τα εν λόγω φαινόμενα αλληλεπιδρούν με κοινωνικές συνθήκες, οδηγώντας σε ευρείες αρνητικές επιπτώσεις, μεταξύ άλλων και στην επισιτιστική ασφάλεια (Thakur and Bajagain, 2019).

3.2.2 Επιπτώσεις στην οικονομική και κοινωνική πρόσβαση σε τρόφιμα

Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής εγκυμονούν άμεσους κινδύνους για την οικονομική και κοινωνική πρόσβαση των πληθυσμών σε τρόφιμα, επηρεάζοντας, σε σημαντικό βαθμό, τον βιοπορισμό των ευάλωτων κοινωνικών ομάδων. Οι κύριες οδοί μέσω των οποίων η κλιματική αλλαγή δύναται να επηρεάσει την οικονομική και κοινωνική πρόσβαση των ανθρώπων σε τρόφιμα, είναι οι επιπτώσεις που εγκυμονεί για τα εισοδήματα αρκετών πληθυσμιακών ομάδων, αλλά και για τις τιμές των τροφίμων στην παγκόσμια αγορά (Gitz et al., 2016).

Οι παρατηρηθείσες και προβλεπόμενες αρνητικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στη διαθεσιμότητα των τροφίμων και ιδιαίτερα οι μειωμένες αποδόσεις των καλλιεργειών, η μειωμένη παραγωγικότητα των κτηνοτροφικών ειδών ζώων, αλλά και οι μειωμένες αποδόσεις στους τομείς της αλιείας και των υδατοκαλλιεργειών, συνεπάγονται άμεσες αρνητικές επιπτώσεις και στα εισοδήματα και τον βιοπορισμό των ανθρώπων που εργάζονται στους εν λόγω τομείς (Gitz et al., 2016). Παράλληλα, οι επιπτώσεις αυτές επηρεάζουν τα εισοδήματα και τον βιοπορισμό και άλλων εργαζομένων, η εργασία των οποίων σχετίζεται με τον τομέα των τροφίμων, όπως στους τομείς της επεξεργασίας των τροφίμων και της πώλησης των τελικών προϊόντων (Karoor et al., 2021).

Στην ευρωπαϊκή ήπειρο, ο αγροτικός τομέας παρέχει θέσεις εργασίας και μέσα βιοπορισμού σε πολλούς ανθρώπους, ενώ μόνο στην Ευρωπαϊκή Ένωση περίπου 22 εκατομμύρια άνθρωποι απασχολούνται άμεσα στον εν λόγω τομέα, ενώ ο βιοπορισμός περίπου 44 εκατομμυρίων ανθρώπων στηρίζεται στον ευρύτερο τομέα των τροφίμων (EEA, 2019). Ορισμένες χώρες είναι περισσότερο εξαρτημένες από τον αγροτικό τομέα, ο οποίος απασχολεί μεγάλο μέρος του εργατικού δυναμικού τους, με χαρακτηριστικά παραδείγματα το 23% της Ρουμανίας, το 17,5% της Βουλγαρίας και το 10,7% της Ελλάδας (Schuh et al., 2019).

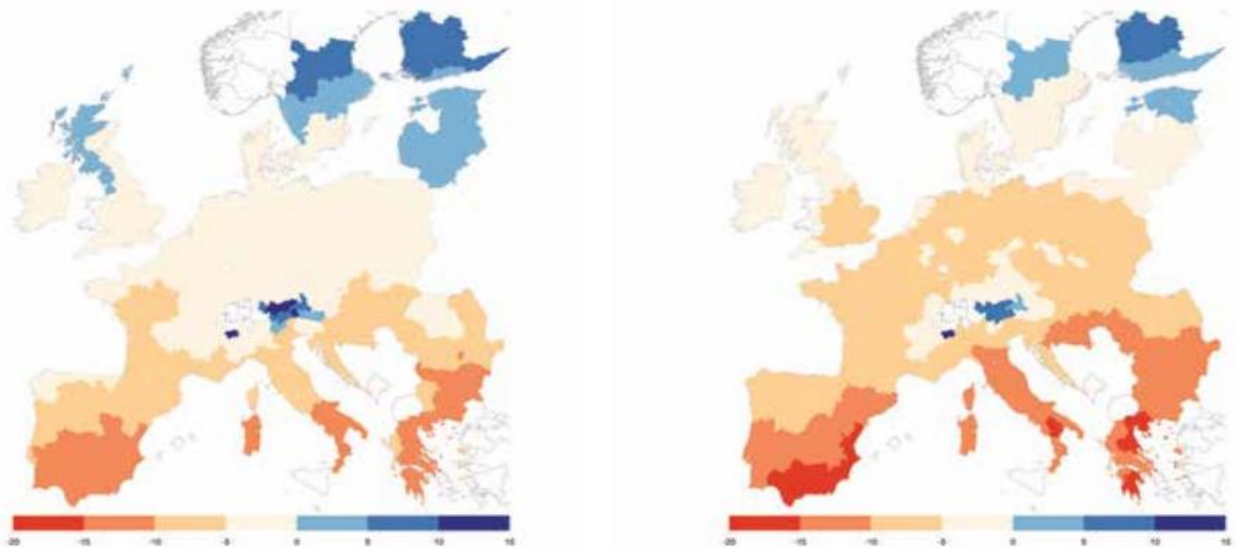
Οι συνολικές οικονομικές απώλειες για τον αγροτικό τομέα στην Ευρώπη, λόγω της επίδρασης της κλιματικής αλλαγής, εξαρτώνται από τα σενάρια εκπομπών, με τις απώλειες να αυξάνονται, με την αύξηση του επιπέδου υπερθέρμανσης. Αναφορικά με τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, οι βόρειες χώρες μπορούν δυνητικά να αυξήσουν το ακαθάριστο εγχώριο προϊόν τους, υπό την κλιματική κρίση, στις χώρες της Κεντρικής Ευρώπης μπορεί να παρατηρηθούν μέτριες αλλαγές, ενώ στις χώρες της Νότιας Ευρώπης μειώσεις του ακαθάριστου εγχώριου προϊόντος. Συνολικά, οι επιπτώσεις στο ακαθάριστο εγχώριο προϊόν ακολουθούν τις αλλαγές στην παραγωγή, που αντικατοπτρίζονται από τις διακυμάνσεις στις αποδόσεις και έτσι ο συνδυασμός όλων των παραγόντων της κλιματικής κρίσης, δύναται να επηρεάσει αρνητικά όλες τις περιοχές της ευρωπαϊκής ηπείρου και ακολούθως τα εισοδήματα, τον βιοπορισμό και την επισιτιστική ασφάλεια των πληθυσμών της (EEA, 2019).

Τα εισοδήματα και ο βιοπορισμός των εργαζομένων στον αγροτικό τομέα στην Ευρώπη εξαρτώνται άμεσα από το επίπεδο υπερθέρμανσης. Υπό τα σενάρια υψηλής θέρμανσης, αρνητικές επιπτώσεις στα εισοδήματα και τον βιοπορισμό εργαζομένων αναμένονται τόσο σε χώρες της Νότιας Ευρώπης, όπως η Ιταλία, η Ισπανία, η Πορτογαλία, η Ελλάδα, η Βουλγαρία, η Κύπρος, η Κροατία και η Σλοβενία, όσο και σε χώρες της Κεντρικής Ευρώπης, όπως η Αυστρία, η Τσεχία, η Γαλλία, η Ουγγαρία, η Ρουμανία και η Σλοβακία (EEA, 2019).

Τα εισοδήματα και ο βιοπορισμός εργαζομένων σε άλλους τομείς, που δεν σχετίζονται με την αλυσίδα τροφίμων, δύναται να επηρεάζονται, επίσης, από τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, με χαρακτηριστικό παράδειγμα τους εργαζόμενους σε εξωτερικούς χώρους, των οποίων η απόδοση μπορεί να μειωθεί από την επίδραση κλιματικών παραγόντων, όπως οι αυξημένες θερμοκρασίες (Karoor et al., 2021). Σύμφωνα με την εικόνα 3.6, η παραγωγικότητα των εργαζομένων στον βιομηχανικό και κατασκευαστικό τομέα θα μειωθούν κατά 2,7% και 3,1%, αντίστοιχα, υπό το σενάριο RCP4.5 και κατά 4,3% και 6,6%, αντίστοιχα, υπό το σενάριο RCP8.5, μέχρι το τέλος του τρέχοντος αιώνα, ως αποτέλεσμα των παραγόντων της κλιματικής κρίσης και ιδιαίτερα των κυμάτων καύσιμων (COACCH, 2019).

Οι μεγαλύτερες μειώσεις προβλέπονται για χώρες της Νότιας Ευρώπης, όπως η Ελλάδα, η Ιταλία, η Ισπανία και η Πορτογαλία, με πιθανές επιπτώσεις στα εισοδήματα των

εργαζομένων, ενώ ορισμένες θετικές επιπτώσεις αναμένονται σε πιο βόρειες χώρες, όπως η Αυστρία, η Φινλανδία, η Σουηδία και η Εσθονία (COACCH, 2019).



Εικόνα 3.6 Επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην παραγωγικότητα των εργαζομένων στον βιομηχανικό τομέα (αριστερά) και στον τομέα των κατασκευών (δεξιά), υπό το σενάριο RCP8.5, μέχρι το έτος 2070 (COACCH, 2019)

Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής δύνανται να προκαλέσουν περιφερειακές και εποχικές αλλαγές στις ροές των τουριστών σε παγκόσμια κλίμακα, με επιπτώσεις για τον βιοπορισμό των εργαζομένων στον τουριστικό τομέα, αλλά και για την εθνική οικονομία (Thakur and Bajagain, 2019). Ως εκ τούτου, η κλιματική αλλαγή δύνανται να επηρεάσει την πρόσβαση σε τρόφιμα, πολλών πληθυσμιακών ομάδων, μέσω των κινδύνων που ενέχει για τα εισοδήματα αυτών. Ιδιαίτερα στην Ευρώπη, ο τουρισμός αποτελεί σημαντική οικονομική δραστηριότητα, με αποτέλεσμα να εγκυμονούνται άμεσοι κίνδυνοι για τα εισοδήματα των εργαζομένων, ιδιαίτερα στις χώρες της Νότιας Ευρώπης. (COACCH, 2019).

Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στα εισοδήματα των πληθυσμών και ως εκ τούτου στην οικονομική πρόσβαση σε τρόφιμα, επηρεάζουν δυσανάλογα τις περιοχές οι οποίες αντιμετωπίζουν ήδη σημαντικά ζητήματα επισιτιστικής ανασφάλειας, καθώς και τις χώρες των οποίων η εθνική οικονομία στηρίζεται στον αγροτικό τομέα (Gitz et al., 2016). Οι απώλειες στην αγροτική παραγωγή αντιστοιχούν σε απώλειες εισοδήματος των εργαζομένων, αλλά και εσόδων για τις εθνικές οικονομίες, καθώς ο αγροτικός τομέας παρέχει σε πολλούς ανθρώπους θέσεις εργασίας, πηγές εισοδήματος και μέσα

βιοπορισμού, ενώ παράλληλα αποτελεί σημαντικό συντελεστή στο ακαθάριστο εγχώριο προϊόν πολλών χωρών (El Bilali et al., 2020).

Υπάρχουν στοιχεία που υποδεικνύουν ότι η παγκόσμια υπερθέρμανση έχει ήδη επιδεινώσει τις παγκόσμιες ανισότητες στα εισοδήματα των πληθυσμών από τη δεκαετία του 1960. Οι αλλαγές στη θερμοκρασία επιβαρύνουν την οικονομική ανάπτυξη και τα εισοδήματα στις πιο θερμές χώρες μικρού και μεσαίου γεωγραφικού πλάτους, ενώ ορισμένες θετικές επιπτώσεις παρατηρούνται στις πιο ψυχρές χώρες, μεγάλου γεωγραφικού πλάτους. Έτσι, ορισμένες χώρες και νοικοκυριά είναι πιο εκτεθειμένα στις απειλές που σχετίζονται με την κλιματική αλλαγή, γεγονός που οφείλεται εν μέρη στην γεωγραφική και την τομεακή κατανομή της οικονομικής δραστηριότητας, αλλά και των κινδύνων που σχετίζονται με το κλίμα. Οι μεταβολές στο κλίμα τείνουν να προκαλούν μεγαλύτερες απώλειες εισοδήματος στις χώρες χαμηλού εισοδήματος και ιδιαίτερα μεταξύ των πιο φτωχών νοικοκυριών, τα οποία χαρακτηρίζονται από μικρότερη ικανότητα ανταπόκρισης και προσαρμογής στις μεταβολές αυτές, ιδιαίτερα λόγω της έλλειψης οικονομικών πόρων (Cevik and Jalles, 2022).

Στην Ευρώπη, η πρόβλεψη της αύξησης της θερμοκρασίας σε μεγαλύτερο επίπεδο, σε σχέση με την παγκόσμια μέση τιμή, υπό την κλιματική αλλαγή, εγκυμονεί άμεσους κινδύνους για την παραγωγικότητα και ως εκ τούτου για τα εισοδήματα και την οικονομική πρόσβαση των πληθυσμών σε επαρκή τρόφιμα. Η μετακίνηση των αγροκλιματικών ζωνών προς τον βορρά, η βελτίωση της καταλληλότητας των καλλιεργειών στη Βόρεια Ευρώπη και η παράλληλη μείωση της παραγωγικότητας των καλλιεργειών σε μεγάλα κομμάτια των υπόλοιπων περιοχών της, συνεπάγονται επιπτώσεις στην οικονομική και κοινωνική πρόσβαση των πληθυσμών της σε τρόφιμα. Αν και η κλιματική κρίση δύναται να οδηγήσει σε θετικές επιπτώσεις στα εισοδήματα πληθυσμών της Βόρειας Ευρώπης, η οικονομική πρόσβαση πληθυσμών σε χώρες, που ήδη αντιμετωπίζουν ζητήματα επισιτιστικής ανασφάλειας, δύναται να επιδεινωθεί, λόγω των αρνητικών επιπτώσεων στην παραγωγικότητα του αγροτικού τομέα (Bezner Kerr et al., 2022).

Οι ανισότητες στα εισοδήματα, που εντείνονται υπό την κλιματική κρίση, εγκυμονούν άμεσες κοινωνικές επιπτώσεις στα πιο φτωχά νοικοκυριά, περιορίζοντας την ικανότητα να ανταποκριθούν αποτελεσματικά σε άλλες δαπάνες, όπως για την υγεία και την

εκπαίδευση, με αποτέλεσμα να διαιωνίζεται ο κύκλος της επισιτιστικής ανασφάλειας, της φτώχειας και της πείνας, με άμεσες επιπτώσεις για τη Δημόσια Υγεία (Gitz et al., 2016).

Οι αρνητικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στον αγροτικό τομέα, που συνεπάγονται μειώσεις στη συνολική παραγωγή τροφίμων, πέρα από την επίδραση στα εισοδήματα, επηρεάζουν την οικονομική και κοινωνική πρόσβαση των ανθρώπων σε επαρκή τρόφιμα, μέσω της αύξησης των τιμών των τροφίμων (Tumwesigye, 2019). Τα περισσότερα μοντέλα πρόβλεψης υποδεικνύουν μελλοντικές αυξήσεις στις τιμές των τροφίμων, καθώς η κλιματική κρίση επηρεάζει αρνητικά τη διαθεσιμότητα των τροφίμων, ενώ παράλληλα άλλοι παράγοντες, όπως η αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού, αυξάνουν τις απαιτήσεις σε τρόφιμα. Τα εν λόγω μοντέλα πρόβλεψης υποδεικνύουν ότι η αύξηση του επιπέδου της παγκόσμιας υπερθέρμανσης συνεπάγεται αύξηση των αρνητικών επιπτώσεων στην παγκόσμια παραγωγή τροφίμων και ως εκ τούτου, περισσότερους κινδύνους που σχετίζονται με αυξήσεις των τιμών των τροφίμων στην παγκόσμια αγορά (Gitz et al., 2016).

Η αύξηση των τιμών των τροφίμων, υπό την κλιματική κρίση, εγκυμονεί σοβαρούς κινδύνους για την επισιτιστική ασφάλεια, ιδιαίτερα των φτωχών αγροτικών και αστικών πληθυσμών, οι οποίοι ήδη ξοδεύουν μεγάλο μέρος του εισοδήματός τους για την αγορά τροφίμων και την ανταπόκριση στις διατροφικές τους ανάγκες. Ως εκ τούτου, τέτοιες αυξήσεις στις τιμές των τροφίμων, δύνανται να επηρεάσουν εκατομμύρια ανθρώπους, σε παγκόσμια κλίμακα, αυξάνοντας τον κίνδυνο της επισιτιστικής ανασφάλειας, της φτώχειας και της πείνας (El Bilali et al., 2020). Αναφορικά με την οικονομική και κοινωνική πρόσβαση των ανθρώπων σε επαρκή τρόφιμα, οι παράγοντες της κλιματικής αλλαγής θα επηρεάσουν δυσανάλογα τις πιο φτωχές χώρες, με άμεσες επιπτώσεις για τα πιο φτωχά νοικοκυριά αυτών, αλλά και τα νοικοκυριά που αντιμετωπίζουν προβλήματα πρόσβασης σε οικονομικούς πόρους στις πιο ανεπτυγμένες χώρες (Jafino et al., 2020).

Η αστάθεια των τιμών των τροφίμων μπορεί να είναι αποτέλεσμα των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής, με κορυφώσεις στις τιμές των τροφίμων να παρατηρούνται ως αποτέλεσμα ακραίων καιρικών φαινομένων και φυσικών καταστροφών, σε κύριες παραγωγικές περιοχές, που εκδηλώνονται με μεγαλύτερη συχνότητα και ένταση, υπό την κλιματική κρίση. Οι παράγοντες της κλιματικής κρίσης δύνανται να οδηγούν τις διάφορες χώρες στην εφαρμογή πολιτικών, όπως οι απαγορεύσεις των εξαγωγών τροφίμων, με αποτέλεσμα να εντείνεται το φαινόμενο των αυξήσεων και της αστάθειας των τιμών των

τροφίμων, αλλά και οι αναταραχές στο σύνολο του εμπορικού συστήματος (Gitz et al., 2016).

Οι τιμές των τροφίμων γίνονται όλο και περισσότερο εξαρτώμενες από τις τιμές της ενέργειας, με αποτέλεσμα η αστάθεια στις αγορές ενέργειας να προκαλούν αστάθεια στις αγορές τροφίμων (Gitz et al., 2016). Στην Ευρώπη, η θερμοκρασία αποτελεί έναν από τους κύριους παράγοντες ενεργειακής απαίτησης. Η μελλοντική απαίτηση σε ενέργεια, που επηρεάζεται άμεσα από την κλιματική αλλαγή, αναμένεται να έχει επιπτώσεις και στην επισιτιστική ασφάλεια των πληθυσμών της εν λόγω ηπείρου (COACCH, 2019).

Οι διαταραχές στην παραγωγή των τελικών προϊόντων τροφίμων σε μία χώρα δύνανται να επηρεάζουν άλλες χώρες, μέσω του συστήματος της εφοδιαστικής αλυσίδας, οδηγώντας σε σημαντικές αλλαγές στις μακροοικονομικές επιπτώσεις στις εν λόγω χώρες. Η Ευρωπαϊκή Ένωση, λόγω της ενιαίας αγοράς και του ισχυρού προσανατολισμού στις εξαγωγές τροφίμων, λαμβάνει περισσότερες αναταραχές στο σύστημα της εφοδιαστικής αλυσίδας από το εξωτερικό, σε σχέση με άλλες περιοχές, σε παγκόσμια κλίμακα. Η κλιματική κρίση επηρεάζει τις εξαγωγές τροφίμων και ως εκ τούτου εγκυμονεί κινδύνους που σχετίζονται με την αστάθεια και την αύξηση των τιμών των τροφίμων, με πιθανές επιπτώσεις για την επισιτιστική ασφάλεια των πληθυσμών της Ευρώπης (COACCH, 2019).

Περισσότερες εξαγωγές από την Ευρώπη μέχρι το τέλος του αιώνα θα σήμαιναν υψηλότερο κόστος παραγωγής, με αρνητικές επιπτώσεις για τις εγχώριες τιμές. Τα κέρδη των παραγωγών τελικά αναμένονται να είναι σχεδόν ισοδύναμα με τα κόστη για τους καταναλωτές. Ως εκ τούτου, η Ευρώπη επηρεάζεται αρνητικά από την αστάθεια των τιμών των τροφίμων και τις αναταραχές στο εμπόριο, ενώ τα νοικοκυριά των περιοχών της Μεσογείου είναι πιο επιρρεπή στις επιπτώσεις της κλιματικής κρίσης στην οικονομική πρόσβαση σε τρόφιμα, λόγω της υψηλής εξάρτησης σε εισαγωγές τροφίμων, αλλά και του πιο κύριου ρόλου του τομέα των τροφίμων για την οικονομία των χωρών (EEA, 2019).

Το φαινόμενο της αύξησης των τιμών των τροφίμων, που εντείνεται υπό την κλιματική αλλαγή, ενέχει κινδύνους και για την επισιτιστική ασφάλεια και διατροφή, επιδρώντας στη διατροφική ποικιλομορφία και στην ποιότητα της διατροφής. Οι αυξήσεις και η αστάθεια στις τιμές των τροφίμων ωθούν τα νοικοκυριά στην αγορά των πιο φθηνών ειδών τροφίμων, γεγονός που συνεπάγεται επιπτώσεις για τη διατροφική κατάσταση και την υγεία των ανθρώπων. Συχνά, η αγορά των πιο φθηνών τροφίμων αντιστοιχεί σε

λιγότερο υγιεινές επιλογές τροφίμων, ενώ ιδιαίτερη ανησυχία αποτελούν τα τρόφιμα πυκνής ενεργειακής πυκνότητας, που συνήθως αποτελούν περισσότερο επεξεργασμένα τρόφιμα, με υψηλή περιεκτικότητα σε σάκχαρα και λιπαρά. Λόγω του χαμηλότερου κόστους, τα εν λόγω τρόφιμα μπορεί να καταναλώνονται σε τακτική βάση, με αποτέλεσμα την υποβάθμιση της διατροφικής κατάστασης των πληθυσμών, την πρόκληση ελλείψεων σε σημαντικά μικροθρεπτικά συστατικά, την αύξηση του κινδύνου εκδήλωσης προβλημάτων υγείας, όπως η παχυσαρκία και ο διαβήτης και συνολικά την αύξηση των επιπέδων επισιτιστικής ανασφάλειας (Lake et al., 2012).

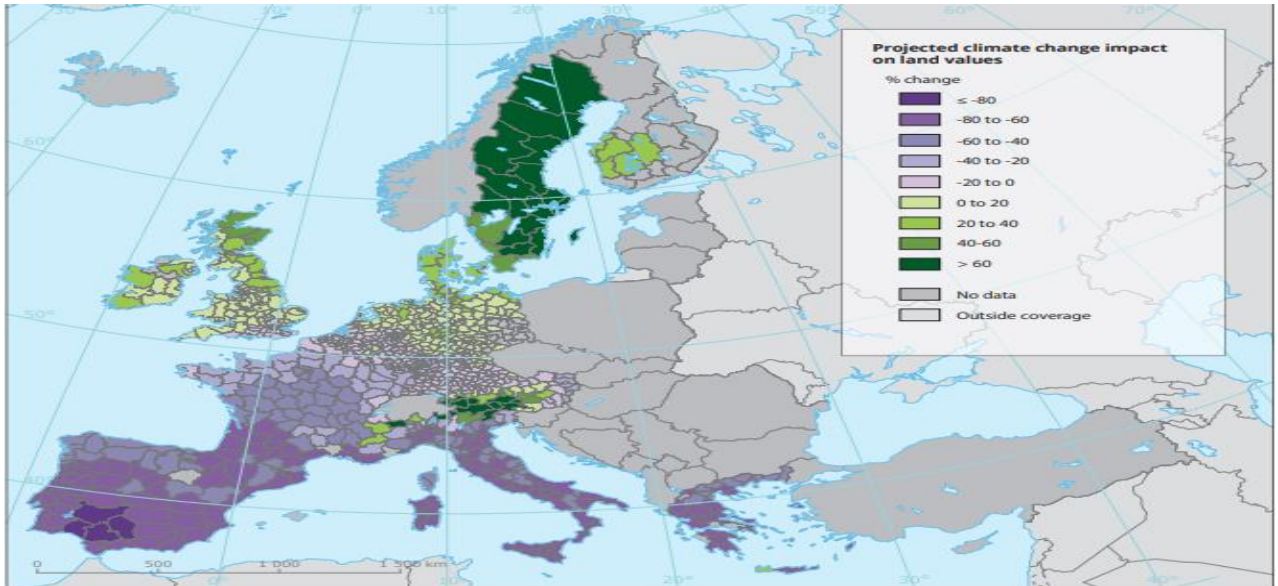
Αν και κατά τις τελευταίες δεκαετίες οι παρατηρηθείσες πτώσεις στις τιμές των τροφίμων, με την παράλληλη αύξηση των εισοδημάτων, έχουν ενισχύσει την αγοραστική δύναμη σε πολλές χώρες, συμπεριλαμβανομένων αναπτυσσόμενων χωρών, η αστάθεια των τελευταίων ετών στις αγορές έχει τονίσει την ευαλωτότητα των φτωχών και περιθωριακών νοικοκυριών στις αναταραχές της παγκόσμιας αγοράς τροφίμων. Μέχρι το έτος 2050, οι τιμές των τροφίμων δύνανται να αυξηθούν ακόμα και κατά 87-106% για τον αραβόσιτο, 55-78% για το ρύζι, 54-58% για το σιτάρι, σε σχέση με τις τιμές του έτους 2010, ως αποτέλεσμα της επίδρασης των παραγόντων της κλιματικής αλλαγής (Krishnamurthy, Lewis and Choularton, 2012). Αντίστοιχες αυξήσεις προβλέπονται και για τα ζωικά προϊόντα του κτηνοτροφικού τομέα, αλλά και του τομέα της αλιείας και των υδατοκαλλιεργειών, οι οποίες εντείνονται και από την αυξημένη απαίτηση για τα εν λόγω είδη τροφίμων (Gitz et al., 2016).

Μία άλλη οδός, μέσω της οποίας οι παράγοντες της κλιματικής κρίσης μπορούν να επιδρούν στην οικονομική και κοινωνική πρόσβαση σε τρόφιμα, αναφορικά με τον αγροτικό τομέα, είναι η αποθάρρυνση για επενδύσεις. Οι αλλαγές στα μοτίβα επενδύσεων μπορούν να έχουν ως συνέπεια τη μείωση της μακροπρόθεσμης παραγωγικότητας, αλλά και της αντοχής των συστημάτων στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, τόσο σε εθνικό επίπεδο, όσο και σε επίπεδο νοικοκυριού. Έτσι, παράγοντες όπως η στροφή προς καλλιέργειες χαμηλής απόδοσης και χαμηλού κινδύνου, οι μεταβολές στις γεωργικές εισροές, η μικρότερη πιθανότητα υιοθέτησης νέων τεχνολογιών, καθώς και οι μικρότερες επενδύσεις στο σύνολο των αγροτικών συστημάτων, συνεπάγονται χαμηλότερο επίπεδο μελλοντικών εισοδημάτων μακροπρόθεσμα, με επιπτώσεις για την επισιτιστική ασφάλεια όλων των συντελεστών των εν λόγω συστημάτων (Gitz et al., 2016).

Υπό την κλιματική κρίση, τα ακραία καιρικά φαινόμενα και οι φυσικές καταστροφές, διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στις αρνητικές επιπτώσεις της οικονομικής και κοινωνικής πρόσβασης των πληθυσμών σε τρόφιμα. Η προβλεπόμενη αύξηση της συχνότητας και της έντασης αυτών, μπορεί να επηρεάσει τα εισοδήματα και τις τιμές των τροφίμων, τόσο μέσω της μείωσης της συνολικής παραγωγής αγροτικών προϊόντων, όσο και από τις άμεσες καταστροφές που δύνανται να προκαλούν στα περιουσιακά στοιχεία των πληθυσμών, στα σπίτια, στους χώρους εργασίας και στις εγκαταστάσεις αγροτικής παραγωγής. Ο συνδυασμός της υποβάθμισης των μέσων βιοπορισμού και της αύξησης των τιμών των τροφίμων περιορίζει την οικονομική δυνατότητα αγοράς των τροφίμων και ωθεί τους πληθυσμούς στην κατάσταση της επισιτιστικής ανασφάλειας (Gitz et al., 2016).

Το σύνολο των φυσικών καταστροφών που καταγράφηκαν στην Ευρώπη κατά τα έτη 2001-2020, είχαν ως αποτέλεσμα μεγάλης κλίμακας οικονομικές επιπτώσεις, ενώ το 50% περίπου των εν λόγω οικονομικών επιπτώσεων, αφορούσαν φαινόμενα πλημμυρών (Below and van Loenhout, 2021). Στην εν λόγω ήπειρο, οι πλημμύρες, σε συνδυασμό με άλλες επιπτώσεις της ανόδου της στάθμης της θάλασσας, όπως η διάβρωση, προβλέπεται ότι, υπό την κλιματική κρίση, θα οδηγήσουν σε σημαντικές οικονομικές ζημιές, που εκτιμώνται σε 135 δισεκατομμύρια ευρώ και 145 δισεκατομμύρια ευρώ, μέχρι το έτος 2050, υπό τα σενάρια RCP2.6 και RCP4.5, αντίστοιχα, ενώ δύνανται να αυξηθούν σε 450 δισεκατομμύρια ευρώ και 650 δισεκατομμύρια ευρώ, αντίστοιχα, μέχρι το έτος 2080. Οι εν λόγω επιπτώσεις θα επηρεάσουν σε μεγάλο βαθμό χώρες όπως το Βέλγιο, τη Γαλλία, τη Γερμανία, το Ηνωμένο Βασίλειο και την Ολλανδία, με άμεσες επιπτώσεις για τα εισοδήματα των εργαζομένων, την αστάθεια στις τιμές των τροφίμων και την επισιτιστική ασφάλεια των πληθυσμών (COACC, 2019).

Αύξηση της παγκόσμιας θερμοκρασίας κατά 1°C, θα μπορούσε να αυξήσει την αξία των εκτάσεων της Δυτικής Ευρώπης κατά 8%, ενώ σημαντικά μεγαλύτερη θα ήταν η αύξηση σε χώρες της Βόρειας Ευρώπης. Ωστόσο, οι γεωργικές εκτάσεις στη Νότια Ευρώπη θα μπορούσαν να υποστούν μειώσεις στην αξία τους μέχρι και κατά 9%. Με βάση τις προβλέψεις αυτές, η αξία των γεωργικών εκτάσεων στις περιοχές της Νότιας Ευρώπης αναμένεται να μειωθούν κατά περισσότερο από 80%, μέχρι το έτος 2100, όπως φαίνεται στην εικόνα 3.7 (EEA, 2019).



Εικόνα 3.7 Προβλεπόμενες αλλαγές στην αξία των γεωργικών εκτάσεων της Ευρώπης, υπό την κλιματική κρίση, μέχρι τα έτη 2071-2100, σε σύγκριση με τα έτη 1961-1990 (ΕΕΑ, 2019)

Σε παγκόσμιο επίπεδο, οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής επηρεάζουν σε μεγαλύτερο βαθμό τους μικροκαλλιεργητές, σε σχέση με τους μεγάλης κλίμακας καλλιεργητές, ενώ σημαντικό ρόλο σε αυτό διαδραματίζουν οι περιορισμένες πολιτικές, υποδομές και θεσμική υποστήριξη, αλλά και η μικρή πρόσβαση σε οικονομικούς πόρους. Οι εργάτες στον αγροτικό τομέα αποτελούν, επίσης, ιδιαίτερα ευάλωτη πληθυσμιακή ομάδα, καθώς συχνά βιώνουν δύσκολες συνθήκες εργασίας, ανασφάλεια στην εργασία και στο εισόδημα και ως εκ τούτου επισιτιστική ανασφάλεια και φτώχεια. Οι επιπτώσεις της κλιματικής κρίσης μπορούν να επιδεινώσουν τις συνθήκες εργασίας, μέσω αυξημένης θερμοκρασίας και υγρασίας, καθώς και αύξησης της αναξιοπιστίας της εργασίας, λόγω των ακανόνιστων βροχοπτώσεων και των ακραίων καιρικών φαινομένων (Bezner Kerr et al., 2022).

Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής θέτουν σε σημαντικό κίνδυνο γηγενείς πληθυσμούς, των οποίων η επισιτιστική ασφάλεια εξαρτάται από το περιβάλλον και τη βιοποικιλότητα, ενώ παράλληλα επιδεινώνουν τις κοινωνικές ανισότητες, με χαρακτηριστικό παράδειγμα την ανισότητα των φύλων (Gitz et al., 2016). Ως εκ τούτου, οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής εντείνουν τις ανισότητες και στον τομέα της επισιτιστικής ασφάλειας, καθώς για τις ευάλωτες ομάδες πληθυσμού αυξάνεται η έκθεση σε κλιματικούς κινδύνους, αλλά και η επιρρέπεια στις ζημιές που προκαλούνται από τους εν λόγω κλιματικούς κινδύνους, ενώ παράλληλα μειώνεται η ικανότητα αντιμετώπισης και ανάκαμψης από τις εν λόγω ζημιές (Islam and Winkel, 2017).

3.2.3 Το φαινόμενο της κλιματικής μετανάστευσης

Οι επιπτώσεις της κλιματικής κρίσης αναμένεται ότι θα επηρεάσουν τις μετακινήσεις των πληθυσμών, κυρίως λόγω της αύξησης της συχνότητας και της έντασης των ακραίων καιρικών φαινομένων και φυσικών καταστροφών, της απώλειας κατοικήσιμων και καλλιεργούμενων εκτάσεων, αλλά και των αρνητικών επιπτώσεων στο σύνολο των οικοσυστημάτων (McMichael, 2014). Οι άνθρωποι που αναγκάζονται να εγκαταλείψουν τις περιοχές όπου διαμένουν, θεωρούνται πρόσφυγες και αναπόσπαστο κομμάτι της προσφυγικής κρίσης. Παράλληλα, υπάρχουν άνθρωποι που επιλέγουν να μετακινηθούν σε άλλες περιοχές, με σκοπό την αναζήτηση καλύτερων συνθηκών διαβίωσης, οι οποίοι θεωρούνται μετανάστες και αναπόσπαστο κομμάτι της μεταναστευτικής κρίσης. Η κλιματική αλλαγή δύναται να επηρεάσει τόσο τις ροές προσφύγων, όσο και τις ροές μεταναστών. Ως εκ τούτου, αναδύεται το ζήτημα της κλιματικής ή περιβαλλοντικής μετανάστευσης, που ενέχει επιπτώσεις για την παγκόσμια επισιτιστική ασφάλεια (Θοκίς et al., 2021).

Είναι ιδιαίτερα δύσκολο να γίνει διαχωρισμός του παράγοντα της κλιματικής αλλαγής από τους υπόλοιπους παράγοντες που επηρεάζουν την απόφαση των πληθυσμών να μετακινηθούν σε άλλες περιοχές, όπως οι βίαιες συγκρούσεις, η καταπίεση και η αναζήτηση καλύτερων συνθηκών διαβίωσης (van Schaik and Bakker, 2017). Παρ' όλα αυτά, έχει εκτιμηθεί ότι για κάθε έτος, μεταξύ των ετών 2008-2016, κατά μέσο όρο 21,5 εκατομμύρια άνθρωποι αναγκάστηκαν να μετατοπιστούν, λόγω της ανάδυσης ξαφνικών κινδύνων που σχετίζονται με τον καιρό και παράλληλα χιλιάδες ακόμα άνθρωποι λόγω κλιματικών κινδύνων που αναδύονται με πιο αργούς ρυθμούς, υπό την κλιματική αλλαγή. Οι εν λόγω επιπτώσεις, δύνανται να εντείνουν το φαινόμενο και να οδηγήσουν δεκάδες χιλιάδες ανθρώπους σε μετανάστευση, κατά τα επόμενα 20-30 χρόνια (USA Govt., 2021).

Η μετανάστευση, ως απόκριση στις επιπτώσεις της κλιματικής κρίσης, μπορεί να έχει τη μορφή προληπτικού μέτρου προσαρμογής στο μεταβαλλόμενο περιβάλλον, αλλά σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να αποτελεί την έσχατη λύση απέναντι σε κινδύνους που απειλούν τη ζωή, με χαρακτηριστικό παράδειγμα την άνοδο της στάθμης της θάλασσας σε νησιά και παράκτιες περιοχές (van Schaik and Bakker, 2017). Τα δύο τρίτα των παγκόσμιων πόλεων με πληθυσμό μεγαλύτερο από 5 εκατομμύρια ανθρώπους, είναι τουλάχιστον μερικώς τοποθετημένες σε παράκτιες ζώνες, συμπεριλαμβανομένων

μεγάλων αστικών κέντρων της Ασίας και της Αφρικής. Σε παγκόσμια κλίμακα, περισσότεροι από 220 εκατομμύρια άνθρωποι ζουν σε παράκτιες ζώνες χαμηλού υψομέτρου στα μεγαλύτερα δέλτα ποταμών, με αποτέλεσμα να είναι ιδιαίτερα ευάλωτοι στις επιπτώσεις της κλιματικής κρίσης και ως εκ τούτου βρίσκονται υπό την απειλή του φαινομένου της κλιματικής μετανάστευσης (McMichael, 2014).

Οι μετακινήσεις των πληθυσμών μπορούν να αφορούν περιοχές σε κοντινές αποστάσεις, εντός των συνόρων της ίδιας της χώρας, αλλά και περιοχές άλλων χωρών. Υπάρχει πρόβλεψη ότι η κλιματική αλλαγή θα μπορούσε να οδηγήσει σχεδόν το 3% του παγκόσμιου πληθυσμού, δηλαδή περισσότερους από 143 εκατομμύρια ανθρώπους, τριών βασικών περιοχών, ήτοι της Υποσαχάριας Αφρικής, της Νότιας Ασίας και της Λατινικής Αμερικής, σε μετακινήσεις που αφορούν τα σύνορα των ίδιων περιοχών, μέχρι το έτος 2050. Αν και οι περισσότεροι άνθρωποι που μεταναστεύουν λόγω των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής, τείνουν να παραμένουν εντός των συνόρων της χώρας τους, οι παρατηρηθείσες τάσεις της κλιματικής κρίσης, που εντείνονται με την πάροδο του χρόνου, θα μπορούσαν να επηρεάσουν άμεσα την αύξηση του φαινομένου της κλιματικής μετανάστευσης σε άλλες χώρες ή και ηπείρους (USA Govt., 2021).

Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής δύνανται να δρουν ως πολλαπλασιαστές των υπόλοιπων πιέσεων και απειλών που οδηγούν τους ανθρώπους σε μετακινήσεις, οι οποίες σχετίζονται με τη φτώχεια, τις αποτυχίες στη διακυβέρνηση, τις βίαιες συγκρούσεις, την αστάθεια και την έλλειψη ανθρώπινης ασφάλειας (Noonan and Rusu, 2022). Ως εκ τούτου, η κλιματική μετανάστευση και η επισιτιστική ασφάλεια είναι ζητήματα αλληλένδετα και η σοβαρότητα της επισιτιστικής ανασφάλειας αυξάνεται με την πιθανότητα διεθνών μεταναστευτικών μοτίβων. Υπάρχει ισχυρή συσχέτιση μεταξύ της επισιτιστικής ανασφάλειας και των βίαιων συγκρούσεων, καθώς η επισιτιστική ανασφάλεια από μόνη της μπορεί να αποτελέσει αιτία τέτοιων συγκρούσεων, αλλά και να επιδεινώσει τις ήδη υπάρχουσες (Đokić et al., 2021).

Η μετανάστευση μπορεί να είναι προσωρινή, εποχική, κυκλική ή μόνιμη. Τα ακραία καιρικά φαινόμενα και οι φυσικές καταστροφές, σε συνδυασμό με τις βίαιες συγκρούσεις, αποτελούν τους κυριότερους παράγοντες που προκαλούν μαζική μετανάστευση και μαζί ευθύνονται για την ετήσια μετακίνηση περίπου 30 εκατομμυρίων ανθρώπων. Υπάρχει ισχυρή συσχέτιση μεταξύ χωρών και περιοχών που είναι πιο ευάλωτες στις επιπτώσεις της

κλιματικής αλλαγής και αυτών που αντιμετωπίζουν βίαιες συγκρούσεις. Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής δύνανται να πιέσουν περαιτέρω τις ευάλωτες πληθυσμιακές ομάδες, αυξάνοντας τον κίνδυνο συγκρούσεων και μετατοπίσεων, υπό την απουσία αποτελεσματικών προληπτικών μέτρων (USA Govt., 2021).

Παράλληλα, η κλιματική αλλαγή μπορεί να προκαλέσει ή να επιδεινώσει την έλλειψη σε πόρους, που μπορεί να οδηγήσει σε άμεση σύγκρουση και να προκαλέσει μετακινήσεις πληθυσμών, προκειμένου να εξασφαλίσουν ασφάλεια και μέσα βιοπορισμού σε άλλες περιοχές (USA Govt., 2021). Υπό την παγκόσμια υπερθέρμανση, αυξάνεται η πιθανότητα ταυτόχρονων καταστροφών. Η πρόσβαση σε τρόφιμα και νερό θα καταστεί πιο δυσχερής σε αρκετές περιοχές. Χαρακτηριστικά, μέχρι το έτος 2030, οι πιέσεις στους υδατικούς πόρους, που εντείνονται υπό την κλιματική κρίση, θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε μετατοπίσεις περισσότερων από 700 εκατομμυρίων ανθρώπων (Noonan and Rusu, 2022).

Η άνοδος της στάθμης της θάλασσας, η υποβάθμιση των εδαφών και η επιταχυνόμενη ερημοποίηση θα οδηγήσουν σε αύξηση του φαινομένου της κλιματικής μετανάστευσης, με αποτέλεσμα την άφιξη μεγάλου αριθμού μεταναστών και προσφύγων πέρα από τα σύνορα του τόπου διαβίωσής τους, γεγονός που ενέχει σημαντικές προκλήσεις, τόσο για τους ίδιους, όσο και για τις περιοχές υποδοχής, με αύξηση στις πιέσεις των υπηρεσιών και των υποδομών (Noonan and Rusu, 2022).

Η εγκατάσταση των κλιματικών μεταναστών στις νέες περιοχές, δύναται να εντείνει ήδη ανησυχητικά προβλήματα, όπως ο υπερπληθυσμός σε ορισμένες περιοχές, αλλά και το φαινόμενο της αστικοποίησης. Η ανάδυση των προβλημάτων αυτών με τη σειρά της, μπορεί να εντείνει κοινωνικοοικονομικές διαταραχές και να θέσει σε κίνδυνο την επισιτιστική ασφάλεια και την υγεία των πληθυσμών. Η απαίτηση σε περισσότερες εκτάσεις και υποδομές μπορεί να επιδεινώσει την αποψίλωση των δασών και να οδηγήσει σε αυξημένες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, επιδρώντας στο φαινόμενο της κλιματικής κρίσης (Duchenne-Moutien and Neetoo, 2021).

Η εγκατάσταση των ανθρώπων σε νέες περιοχές συχνά συνεπάγεται επισιτιστική ανασφάλεια. Ιδιαίτερα σε προσφυγικούς καταυλισμούς, η μαζική συγκέντρωση οδηγεί σε ακραίες συνθήκες έλλειψης τροφίμων, υποσιτισμού, κακών συνθηκών υγιεινής, ασθενειών και ρύπανσης. Σε αστικά περιβάλλοντα, η εγκατάσταση των ανθρώπων αυτών σε απομακρυσμένες περιοχές, μακριά από βασικές κοινωνικές υπηρεσίες, προκαλεί

κοινωνικές ανισότητες, ενώ οι εμπορικές, κοινωνικές και περιβαλλοντικές συνθήκες υπό τις οποίες εξασφάλιζαν στο παρελθόν τα απαιτούμενα τρόφιμα, διαφέρουν στις νέες περιοχές εγκατάστασης (McMichael, 2014). Οι περιορισμοί στις μετακινήσεις, στην εργασία και στο εμπόριο υπονομεύουν άμεσα τις προσπάθειες των εν λόγω πληθυσμών για εξασφάλιση επισιτιστικής ασφάλειας (Θοκίς et al., 2021).

Σε γενικές γραμμές, η Ευρώπη αντιμετωπίζει το χαμηλότερο επίπεδο οικολογικής απειλής, σε σχέση με άλλες ηπείρους, αλλά οι χώρες της Μέσης Ανατολής και της Βόρειας Αφρικής είναι ιδιαίτερα ευάλωτες στην κλιματική αλλαγή και βρίσκονται πολύ κοντά στην ευρωπαϊκή ήπειρο. Ως εκ τούτου, η Ευρώπη αποτελεί επιθυμητό προορισμό για μεγάλο αριθμό κλιματικών μεταναστών (Noonan and Rusu, 2022). Η κλιματική αλλαγή μπορεί να οδηγήσει σε μαζική μετακίνηση εκατομμυρίων δυνητικών μεταναστών στα σύνορα της Ευρώπης και έτσι απαιτείται η ύπαρξη μίας ολοκληρωμένης ευρωπαϊκής πολιτικής και η ανθρώπινη κινητικότητα πρέπει να περιλαμβάνεται στις στρατηγικές προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή (Blocher, 2015).

Μέσω οικονομικών μοντέλων προβλέπεται ότι οι αιτήσεις ασύλου στην Ευρωπαϊκή Ένωση μπορεί να αυξηθούν κατά ένα τρίτο, υπό 2,5°C παγκόσμια υπερθέρμανση, ενώ μπορεί να διπλασιαστούν, υπό 4°C παγκόσμια υπερθέρμανση, μέχρι το τέλος του τρέχοντος αιώνα. Η μετανάστευση των πληθυσμών εντός της Ευρώπης πυροδοτείται, κυρίως, από οικονομικές ανισότητες μεταξύ των χωρών της εν λόγω ηπείρου, ενώ υπάρχουν περιορισμένα στοιχεία που αποδίδουν τις μετακινήσεις αυτές σε κλιματικούς παράγοντες, με χαρακτηριστικό παράδειγμα τις μικρής κλίμακας μετατοπίσεις πληθυσμών σε μικρές αποστάσεις, ως αποτέλεσμα πλυμμηρών και φαινομένων ξηρασίας (Bednar-Friedl et al., 2022).

Η άνιση κατανομή των μελλοντικών κλιματικών κινδύνων και της ικανότητας προσαρμογής μεταξύ των περιοχών της Ευρώπης μπορεί να αυξήσει την πίεση για εσωτερική μετανάστευση. Έτσι, η προβλεπόμενη άνοδος της στάθμης της θάλασσας μπορεί να οδηγήσει σε μετεγκατάσταση των πληθυσμών παράκτιων οικισμών και εσωτερική μετανάστευση στο Ηνωμένο Βασίλειο, την Ολλανδία και τις περιοχές της Βόρειας Μεσογείου, ενώ ο αριθμός των ανθρώπων που ζουν σε υψηλού κινδύνου περιοχές στην Ευρώπη προβλέπεται ότι θα αυξηθεί λόγω των μελλοντικών επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής (Bednar-Friedl et al., 2022).

3.3 Επιπτώσεις στην αξιοποίηση των τροφίμων

Οι παράγοντες της κλιματικής κρίσης επηρεάζουν τη διάσταση της αξιοποίησης των τροφίμων. Η παρούσα διπλωματική εργασία εστιάζει στις επιπτώσεις της κλιματικής κρίσης σε δύο σημαντικά ζητήματα Δημόσιας Υγείας της εν λόγω διάστασης, ήτοι στην ασφάλεια των τροφίμων και στην ασφάλεια του νερού.

Η ασφάλεια των τροφίμων, δηλαδή η διαβεβαίωση ότι τα τρόφιμα δεν έχουν αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία του καταναλωτή, από την παραγωγή, μέχρι και την τελική κατανάλωση, αποτελεί ζήτημα άμεσα συνδεδεμένο με την επισιτιστική ασφάλεια, καθώς δεν μπορεί να υπάρξει επισιτιστική ασφάλεια χωρίς την ύπαρξη αποδεκτών προτύπων ασφάλειας τροφίμων, που καθιστούν τα τρόφιμα κατάλληλα για ανθρώπινη κατανάλωση. Η κλιματική κρίση επηρεάζει βιολογικούς και χημικούς κινδύνους, εγκυμονώντας σύνθετους κινδύνους για την παγκόσμια ασφάλεια των τροφίμων. Σε παγκόσμιο επίπεδο, περίπου το 14% των τροφίμων χάνεται κατά το παραγωγικό στάδιο, πριν φθάσει στους καταναλωτές, ενώ μέρος των εν λόγω απωλειών αποδίδεται σε ζητήματα μόλυνσης και ρύπανσης των τροφίμων (FAO, 2020).

Η ασφάλεια του νερού αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της επισιτιστικής ασφάλειας, καθώς το νερό είναι αναγκαίο για τη διατήρηση της ζωής και διαδραματίζει κύριο ρόλο στην αλυσίδα τροφίμων, από την παραγωγή, μέχρι και την τελική κατανάλωση αυτών. Οι παράγοντες της κλιματικής κρίσης επηρεάζουν τη διαθεσιμότητα των πόρων γλυκού νερού και εντείνουν τις πιέσεις που αφορούν τους υδατικούς πόρους (Caretta et al., 2022).

3.3.1 Επιπτώσεις στην ασφάλεια των τροφίμων

3.3.1.1 Βιολογικοί κίνδυνοι

3.3.1.1.1 Μικροβιολογικοί κίνδυνοι

Τα τροφιμογενή νοσήματα αποτελούν ένα άμεσα συνδεδεμένο με την ασφάλεια των τροφίμων ζήτημα Δημόσιας Υγείας, τόσο στις ανεπτυγμένες, όσο και στις αναπτυσσόμενες χώρες (FAO, 2020). Τα τροφιμογενή παθογόνα αφορούν συνήθως βακτήρια, ιούς και παράσιτα, των οποίων η παρουσία στα τρόφιμα μπορεί να προκαλέσει στον άνθρωπο τροφιμογενή νοσήματα, ύστερα από την κατανάλωση των μολυσμένων τροφίμων, συχνά υπό την μορφή και συμπτωματολογία των τροφικών δηλητηριάσεων. Η κλιματική κρίση επιδρά στην ασφάλεια των τροφίμων, αναφορικά με τα τροφιμογενή νοσήματα. Αυτό αποδίδεται στο γεγονός ότι ορισμένες καιρικές και κλιματικές παράμετροι της κλιματικής

αλλαγής, μπορούν δυνητικά να βελτιώσουν τη βιωσιμότητα, τη σταθερότητα, τους ρυθμούς αναπαραγωγής και μετάδοσης των τροφιμογενών παθογόνων, επηρεάζοντας παράλληλα και τους τρόπους έκθεσης των πληθυσμών στις νόσους που προκαλεί η κατανάλωση των μολυσμένων τροφίμων (Duchenne-Moutien and Neetoo, 2021).

Η κλιματική κρίση μπορεί να συμβάλλει στη μόλυνση των τροφίμων σε όλα τα στάδια, από την παραγωγή, μέχρι και την τελική κατανάλωση αυτών. Αλλαγές στο κλίμα μπορούν να επηρεάσουν την επιδημιολογική τριάδα του ξενιστή, του παράγοντα και του περιβάλλοντος, ενώ οι κυριότεροι παράγοντες της κλιματικής αλλαγής που δύνανται να επηρεάσουν την παρουσία των παθογόνων παραγόντων στο περιβάλλον και που έχουν τη μεγαλύτερη επιρροή στα περιστατικά τροφιμογενών νόσων, είναι η θερμοκρασία και οι βροχοπτώσεις (Tirado et al., 2010).

Η θερμοκρασία αποτελεί έναν από τους πιο βασικούς εξωγενείς παράγοντες που επηρεάζουν τη μικροβιακή ανάπτυξη (Montville and Matthews, 2010). Αρκετές μελέτες υποδεικνύουν ότι η αύξηση της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας είναι πιθανό να οδηγήσει σε αύξηση των περιστατικών τροφικής δηλητηρίασης, ιδιαίτερα σε εύκρατες περιοχές. Τροφιμογενή παθογόνα με χαμηλή μολυσματική δόση, όπως εντερικοί ιοί, *Escherichia coli* O157:H7, *Shigella* spp., καθώς και αυτά που παρουσιάζουν υψηλή αντοχή στο περιβάλλον, με χαρακτηριστικό παράδειγμα τη *Salmonella* spp., δύνανται να προκαλέσουν έξαρση που ενισχύεται από περιβαλλοντικές αλλαγές που οφείλονται στην κλιματική αλλαγή. Ιδιαίτερα οι υψηλές θερμοκρασίες ενθαρρύνουν υψηλότερους ρυθμούς αναπαραγωγής της σαλμονέλας και άλλων παθογόνων μικροοργανισμών (FAO, 2020).

Οι ιοί δεν αναπτύσσονται στα τρόφιμα και πολλοί από τους ιούς που προκαλούν γαστρεντερίτιδα στον άνθρωπο δεν επηρεάζονται άμεσα από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Ωστόσο, τρεις κύριες οδοί μόλυνσης των τροφίμων, ήτοι τα ανθρώπινα απόβλητα, η επιμόλυνση από χειριστές τροφίμων και τα ζώα, αναφορικά με ζωνόσους, επηρεάζονται άμεσα από τις αλλαγές στο κλίμα (Herrera et al., 2016).

Η αύξηση της θερμοκρασίας συνεπάγεται επιπτώσεις στο θερμικό φορτίο σε όλα τα συστήματα της αλυσίδας ψύξης. Αύξηση κατά 2-3°C μπορεί να μειώσει το χρόνο ζωής των κατεψυγμένων προϊόντων και να οδηγήσει σε αύξηση των αλλοιώσεων των τροφίμων, που υποβαθμίζουν την ποιότητα και την ασφάλεια αυτών (Duchenne-Moutien and Neetoo, 2021). Για την ανταπόκριση των συστημάτων της αλυσίδας ψύξης στις αυξημένες

θερμοκρασίες, απαιτείται αυξημένη κατανάλωση ενέργειας, γεγονός που συνεπάγεται αύξηση των εκπομπών CO₂, ενώ παράλληλα η αναβάθμιση των εν λόγω συστημάτων προϋποθέτει υψηλές οικονομικές δαπάνες (James and James, 2010).

Οι παράγοντες της κλιματικής κρίσης δύνανται να τροποποιούν τα εποχικά μοτίβα εξάρσεων των τροφιμογενών νόσων (Herrera et al., 2016). Η ύπαρξη εποχικών διακυμάνσεων στα τροφιμογενή και υδατογενή παθογόνα στο περιβάλλον και στα περιστατικά ασθενειών σε ανθρώπους και ζώα βασίζεται, μεταξύ άλλων, σε κλιματικούς παράγοντες, όπως η θερμοκρασία και οι βροχοπτώσεις, ενώ η εποχική σχέση ποικίλει ανάλογα με τον παθογόνο παράγοντα. Αρκετές μελέτες υποστηρίζουν ότι υπάρχει ισχυρή σχέση μεταξύ περιστατικών τροφιμογενών ασθενειών και των θερμοκρασιών που επικράτησαν τον προηγούμενο από αυτά μήνα (FAO, 2020).

Η πρόκληση θερμικού στρες στα ζώα, υπό την κλιματική κρίση, οδηγεί σε αυξημένη έκχυση εντερικών παθογόνων, τα οποία μπορούν να κατακλύσουν τα συστήματα ελέγχου των τροφίμων και να εισέλθουν στην τροφική αλυσίδα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η έκχυση στελεχών *Escherichia coli* που παράγουν Shiga-τοξίνη, υπό την επίδραση του θερμικού στρες, όπως καταγράφηκε σε κοπάδια βοοειδών στο Michigan των ΗΠΑ (FAO, 2020). Αντίστοιχα, στα φυτά έχει παρατηρηθεί αύξηση του βιοτικού στρες, με αποτέλεσμα να ευνοούνται οι ασθένειες αυτών, οι οποίες τα καταστούν πιο ευαίσθητα σε μολύνσεις από ανθρώπινα παθογόνα, τα οποία θέτουν σε κίνδυνο την ασφάλεια των τροφίμων (Duchenne-Moutien and Neetoo, 2021).

Πιο έμμεσα, παρατεταμένες θερμές περιόδους επηρεάζουν τη συμπεριφορά και τις πρακτικές των καταναλωτών που σχετίζονται με το χειρισμό και την αποθήκευση των τροφίμων, γεγονός που μπορεί να αυξήσει την έκθεση σε τροφιμογενή παθογόνα (Tirado et al., 2010). Οι περιβαλλοντικοί στρεσογόνοι παράγοντες σχετίζονται με αύξηση των παραβιάσεων της υγειονομικής νομοθεσίας και των καλών πρακτικών υγιεινής, καθώς και μείωση των επιθεωρήσεων σε επιχειρήσεις υγειονομικού ενδιαφέροντος που διαχειρίζονται τρόφιμα (Obradovich, Tingley and Rahwam, 2018).

Οι αλλαγές στα πρότυπα των βροχοπτώσεων, καθώς και οι έντονες βροχοπτώσεις, που εντείνονται υπό την κλιματική κρίση, επιδρούν στην ασφάλεια των τροφίμων. Ύστερα από έντονες βροχοπτώσεις, τα επίπεδα των βακτηρίων στον ατμοσφαιρικό αέρα μπορούν να αυξηθούν ακόμα και κατά 30 φορές στις αγροτικές καλλιέργειες, με αποτέλεσμα να

προκαλούν βακτηριακή μόλυνση των φρέσκων προϊόντων μέσω της διασποράς τους (Duchenne-Moutien and Neetoo, 2021). Το ζήτημα της έλλειψης πόρων γλυκού νερού, στο οποίο επιδρούν οι παράγοντες της κλιματικής κρίσης, μπορεί να έχει αντίκτυπο στη μετάδοση τροφιμογενών παθογόνων, όπως *Listeria monocytogenes*, με την παραμέληση των συνθηκών υγιεινής σε βιομηχανίες επεξεργασίας τροφίμων και την ελλιπή εξυγίανση των μηχανημάτων. Η έλλειψη αυτή του διαθέσιμου νερού, μπορεί να οδηγήσει στην προσφυγή των αγροτών σε πότισμα των καλλιεργειών με επιφανειακό νερό που περιέχει παθογόνους μικροοργανισμούς, ενώ το πρόβλημα της έλλειψης καθαρού νερού εντοπίζεται και στον καθημερινό χειρισμό τροφίμων στα νοικοκυριά (FAO, 2020).

Η υποβάθμιση της ποιότητας του νερού ενέχει κίνδυνο για την ασφάλεια των τροφίμων στη βιομηχανία επεξεργασίας τροφίμων, ενώ παράλληλα φυσικές καταστροφές, όπως πλημμύρες, υποβαθμίζουν την ποιότητα του νερού στις πληγείσες περιοχές, ιδιαίτερα σε περιοχές όπου οι βασικές δημόσιες υποδομές υγιεινής είναι ανεπαρκείς. Σε τέτοιες περιοχές, οι έντονες βροχοπτώσεις και οι πλημμύρες μπορούν, επίσης, να προκαλέσουν απορροές από την ανθρώπινη αποχέτευση στα φυσικά υδάτινα ρεύματα και υπερχειλίση μη επεξεργασμένων ανθρώπινων αποβλήτων, μολύνοντας το νερό που χρησιμοποιείται για την άρδευση των καλλιεργειών. (Duchenne-Moutien and Neetoo, 2021).

Η αύξηση της συχνότητας και της έντασης των ακραίων καιρικών φαινομένων και των φυσικών καταστροφών, που δύνανται να προκαλούν διακοπές ρεύματος, επηρεάζει άμεσα την ασφάλεια των τροφίμων, προκαλώντας προβλήματα στα συστήματα ψύξης και κατάψυξης, καθώς και στη διαδικασία μαγειρέματος, με αποτέλεσμα να ευνοείται ο πολλαπλασιασμός των παθογόνων μικροοργανισμών και να αυξάνεται ο κίνδυνος επιμόλυνσης και αλλοίωσης των τροφίμων, με παράλληλη αύξηση των παρατηρηθέντων διαρροϊκών περιστατικών (FAO, 2020).

Η κλιματική κρίση επηρεάζει και άλλους μικροβιολογικούς παράγοντες που αφορούν την ασφάλεια των τροφίμων, με χαρακτηριστικό παράδειγμα τα παράσιτα. Έντονες βροχοπτώσεις, καθώς και αλλαγές στα πρότυπα βροχόπτωσης, επηρεάζουν την επίδραση των παρασιτικών τροφιμογενών και υδατογενών νοσημάτων που μεταδίδονται από πρωτοζωικά παράσιτα, όπως η κρυπτοσποριδίωση (*Cryptosporidium*) και η λαμβλίαση (*Giardia lamblia*) (Tirado et al., 2010).

Μεγαλύτερα επίπεδα υπερθέρμανσης μπορούν να επηρεάσουν τον κύκλο μετάδοσης των τρηματωδών παρασίτων. Τροφιμογενείς νόσοι από τρηματώδη παράσιτα καταγράφονται, παγκοσμίως, σε περισσότερους από 40 εκατομμύρια ανθρώπους το χρόνο. Τα παράσιτα αυτά μπορούν να μεταδοθούν με την κατανάλωση ωμών ή μη επαρκούς θερμικής επεξεργασίας νωπών ψαριών, καβουριών, καραβίδων και λαχανικών. Είναι γνωστά περίπου 70 είδη τέτοιων παρασίτων που μολύνουν τους ανθρώπους (Tirado et al., 2010).

Στα όρια των θερμοκρασιών που ο ξενιστής και το παράσιτο μπορούν να επιβιώνουν, η αύξηση της θερμοκρασίας συνεπάγεται αύξηση των παραγόμενων προνυμφών. Μικρή αύξηση της θερμοκρασίας του ατμοσφαιρικού αέρα και του νερού, μπορεί να προωθήσει τον πολλαπλασιασμό των μολυσματικών σταδίων σε πολλά οικοσυστήματα (Tirado et al., 2010). Η κλιματική αλλαγή μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα την αποδημία παρασίτων σε νέους ξενιστές, αποσταθεροποιώντας τα οικοσυστήματα (FAO, 2020).

3.3.1.1.2 Μακροβιολογικοί κίνδυνοι

Ο παράγοντας της θερμοκρασίας επηρεάζει τη δραστηριότητα σημαντικών φορέων των τροφιμογενών παθογόνων, όπως εντόμων υγειονομικής σημασίας και τρωκτικών. Αυξημένες θερμοκρασίες, αλλά και άλλοι παράγοντες, όπως αλλαγές στις βροχοπτώσεις και τους ανέμους, υπό την κλιματική κρίση, συνεπάγονται αυξημένη δραστηριότητα των φορέων αυτών, με αποτέλεσμα την αύξηση της πιθανότητας πρόκλησης επιμολύνσεων στα τρόφιμα (Herrera et al., 2016).

Ορισμένες ασθένειες που μεταδίδονται μέσω κάποιου φορέα, όπως έντομα (Vector-borne diseases), έχει αποδειχθεί ότι μεταδίδονται και μέσω των τροφίμων, ενώ η κλιματική αλλαγή αποτελεί κύριο παράγοντα για τη μετάδοση αυτή. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η αμερικανική τρυπανοσωμίαση (Chagas disease) που προκαλείται από το παράσιτο *Trypanosoma cruzi* και μεταδίδεται μέσω εντόμων (τριάτομινες). Η αυξημένη θερμοκρασία επιταχύνει την ανάπτυξη του παρασίτου στις τριάτομινες (Tirado et al., 2010). Η εν λόγω τροπική νόσος έχει προβλεφθεί ότι θα επεκταθεί σε περιοχές με πιο εύκρατο κλίμα, λόγω αλλαγών στην κατανομή των φορέων, που προκύπτουν από την κλιματική αλλαγή (FAO, 2020).

Η κλιματική κρίση αποτελεί σημαντικό παράγοντα για τα νοσήματα που μεταδίδονται μέσω φορέων, προκαλώντας νέες λειτουργίες στον τρόπο μετάδοσης και αλλαγές στα είδη των ξενιστών. Τα παθογόνα μπορούν να μεταφέρονται μέσω φορέων που

ανταποκρίνονται πιο άμεσα στην κλιματική αλλαγή, με χαρακτηριστικά ταχείας αναπαραγωγής, υψηλής κινητικότητας και ποικίλων βιότοπων. Περιοχές με εύκρατο κλίμα γίνονται πιο ευάλωτες σε εισβολές φορέων που παρατηρούνται σε τροπικές περιοχές (Tirado et al., 2010). Μελέτες υποδεικνύουν ότι η θέρμανση των ωκεανών παίζει ρόλο στη μεταφορά των παρασίτων σε νέες περιοχές, με χαρακτηριστικό παράδειγμα το *Toxoplasma gondii* (Iqbal et al., 2018).

3.3.1.1.3 Μικροβιακή αντοχή

Η υπερβολική και ανεξέλεγκτη χρήση αντιβιοτικών από τους ανθρώπους, αλλά και η ευρεία χρήση τους στον αγροτικό τομέα, έχει προκαλέσει τον πολλαπλασιασμό ανθεκτικών μικροοργανισμών, με αποτέλεσμα την επιτάχυνση της ανάπτυξης μικροβιακής αντοχής. Περίπου το 73% της παγκόσμιας χρήσης αντιβιοτικών, αφορά την παραγωγή κρέατος, με αποτέλεσμα να αυξάνεται συνεχώς η μικροβιακή αντοχή των παθογόνων μικροοργανισμών στα ζώα που εκτρέφονται για την παραγωγή τροφίμων (FAO, 2020). Το έτος 2010, η παγκόσμια κατανάλωση αντιβιοτικών στον τομέα της κτηνοτροφίας εκτιμήθηκε στους 63.151 τόνους, ενώ για το έτος 2030, υπάρχει πρόβλεψη αύξησης κατά 67%, ήτοι 105.596 τόνους (Van Boeckel et al., 2015). Τροφιμογενή και υδατογενή παθογόνα, συμπεριλαμβανομένων των *Vibrio cholerae*, *Campylobacter* spp., *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* spp. και *Escherichia coli*, παρουσιάζουν αυξητική τάση αντοχής σε σημαντικά αντιβιοτικά (FAO, 2020).

Τα τρόφιμα μπορούν να επιμολυνθούν με ανθεκτικούς παθογόνους παράγοντες με πολλούς τρόπους. Τα προϊόντα κρέατος μπορούν να περιέχουν ανθεκτικά βακτήρια, λόγω επιμόλυνσης με περιττώματα κατά τη σφαγή ή λόγω άμεσης επαφής μεταξύ ζώων και χειριστών τροφίμων. Οι καλλιέργειες μπορούν, επίσης, να φέρουν ανθεκτικά βακτήρια, που προέρχονται από το πότισμα με μολυσμένο νερό από ανθρώπινα ή ζωικά λύματα. Παρόμοια βακτήρια υπάρχουν και στο έδαφος, με αποτέλεσμα η άμεση επαφή των βρώσιμων μερών των καλλιεργειών με το χώμα, να οδηγεί στην επιμόλυνση των τροφίμων. Τα τροφιμογενή παθογόνα μπορούν να επιβιώνουν ποικίλες επεξεργασίες και τεχνικές συντήρησης τροφίμων, μέσω της ενεργοποίησης μιας σειράς μικροβιακών μηχανισμών προσαρμογής (FAO, 2020).

Υπάρχει μεγάλη ανησυχία σχετικά με τα αντιβιοτικά που χάνουν την αποτελεσματικότητά τους σε αρκετούς τομείς, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση των

αντιμικροβιακών παραγόντων για την αντιμετώπιση ασθενειών. Ο ρόλος της κλιματικής αλλαγής στο φαινόμενο αυτό, αφορά την αύξηση του εύρους της γεωγραφικής κατανομής των παθογόνων μικροοργανισμών και των παρασίτων, λόγω των περιβαλλοντικών αλλαγών, που αποτελούν συνέπειες αυτής, με αποτέλεσμα την πιθανότητα της παράλληλης αύξησης του φορτίου των ασθενειών και της χρήσης αντιβιοτικών (Duchenne-Moutien and Neetoo, 2021).

3.3.1.2 Χημικοί κίνδυνοι

3.3.1.2.1 Μυκοτοξίνες

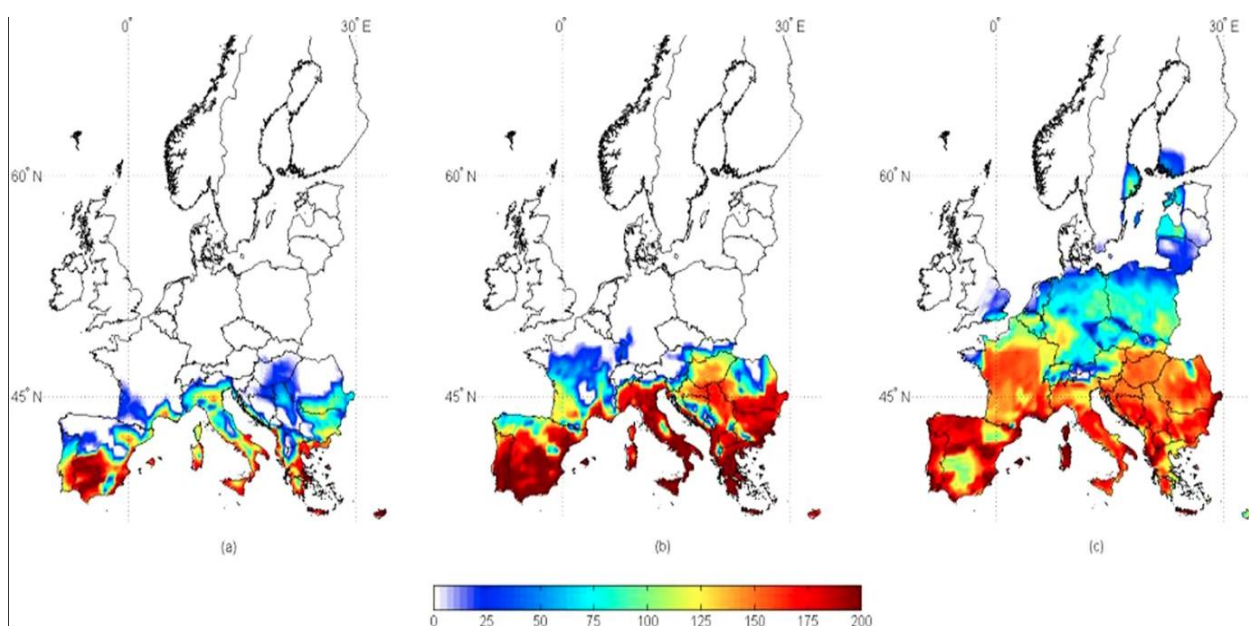
Οι μυκοτοξίνες αποτελούν δευτερογενείς μεταβολίτες των μυκήτων, που αναπτύσσονται στις αγροτικές καλλιέργειες και δύνανται να προκαλούν ασθένειες σε ανθρώπους και ζώα, ενώ παράλληλα έχουν καρκινογενείς και ανοσοκατασταλτικές ιδιότητες. Οι μύκητες που παράγουν μυκοτοξίνες, μπορούν να μολύνουν βασικές καλλιέργειες, όπως τον αραβόσιτο και το ρύζι, καθώς και άλλα δημητριακά, ξηρούς καρπούς, φρούτα, λαχανικά, καφέ και ζωοτροφές (Duchenne-Moutien and Neetoo, 2021). Τα σημαντικότερα τοξικογόνα είδη μυκήτων που παρατηρούνται στα τρόφιμα είναι των γενών *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium* και *Claviceps*. Οι πιο σημαντικές μυκοτοξίνες στον τομέα της γεωργίας είναι η αφλατοξίνη, η ωχρατοξίνη Α, η φουμονισίνη, η ζεραλενόνη και η δεοξυνιβαλενόλη. Σε γενικές γραμμές, οι μυκοτοξίνες δεν εξουδετερώνονται με τις περισσότερες μεθόδους επεξεργασίας τροφίμων, με αποτέλεσμα να αποτελούν σοβαρό κίνδυνο για την ασφάλεια των τροφίμων (FAO, 2020).

Η έκθεση του ανθρώπου στις μυκοτοξίνες γίνεται μέσω της κατανάλωσης μολυσμένων τροφίμων ή έμμεσα από προϊόντα ζώων, όπως το γάλα, από ζώα που έχουν καταναλώσει μολυσμένη τροφή, ενώ είναι εφικτή η έκθεση σε πολλαπλές μυκοτοξίνες (Tirado et al., 2010). Παράγοντες της κλιματικής αλλαγής, όπως οι υψηλές θερμοκρασίες, οι αλλαγές στα πρότυπα βροχοπτώσεων, τα φαινόμενα ξηρασίας και πλημμυρών, αυξάνουν τον κίνδυνο συσσώρευσης των μυκοτοξινών στις καλλιέργειες, αλλά και μετά το στάδιο της συγκομιδής, συμπεριλαμβανομένων κάθε είδους αποθηκευτικές εγκαταστάσεις. Οι παράγοντες αυτοί έχουν ήδη τροποποιήσει την κατανομή των μυκήτων που παράγουν μυκοτοξίνες σε καλλιέργειες, σε παγκόσμια κλίμακα (FAO, 2020).

Τυπικά, οι μυκοτοξίνες αυξάνονται με σχετική υγρασία μεγαλύτερη του 75% και όταν υπάρχει απόκλιση στη θερμοκρασία κάτω από τους 12°C ή πάνω από τους 32°C. Ωστόσο,

κάποιοι μύκητες που παράγουν μυκοτοξίνες, μπορούν να ευδοκιμούν σε αντίξοες συνθήκες. Έχει προβλεφθεί ότι μέχρι το έτος 2050, το κλίμα στη Βόρεια Ευρώπη θα παρουσιάζει υψηλότερα ποσοστά υγρασίας, με αποτέλεσμα τη μετατόπιση της χλωρίδας των ειδών *Fusarium* στους σπόρους δημητριακών (Duchenne-Moutien and Neetoo, 2021).

Οι αφλατοξίνες, που στο παρελθόν θεωρούνταν αποκλειστικό πρόβλημα στα εισαγόμενα τρόφιμα, αποτελούν πλέον μόνιμο πρόβλημα σε ορισμένες περιοχές της Ευρώπης. Η κλιματική αλλαγή μπορεί να επηρεάσει το βαθμό που κάποιες περιοχές, σε παγκόσμιο επίπεδο, είναι κατάλληλες για συγκεκριμένες καλλιέργειες και το αντίθετο, επηρεάζοντας ακόμα περισσότερο την κατανομή των μυκήτων, όπως φαίνεται στην εικόνα 3.8 για την Ευρώπη. Καθώς οι θερμοκρασίες αυξάνονται στην εύκρατη αγροτική ζώνη, αυτές οι περιοχές μπορεί να γίνουν πιο επιρρεπείς σε ζημιές από αφλατοξίνες. Θερμοάντοχα είδη μυκήτων που προσαρμόζονται σε πιο θερμό κλίμα, όπως ο μύκητας *Aspergillus flavus*, που παράγει αφλατοξίνη, μπορεί να αποτελέσει σημαντικότερο πρόβλημα από άλλους μύκητες, με αποτέλεσμα να υπάρχει ανάγκη αλλαγής των στρατηγικών διαχείρισης κινδύνου, αναφορικά με την ασφάλεια των τροφίμων (Herrera et al., 2016).



Εικόνα 3.8 Χάρτης πρόβλεψης της γεωγραφικής κατανομής της Αφλατοξίνης Α σε καλλιέργειες αραβόσιτου στην Ευρώπη, μέχρι το έτος 2100, σε σχέση με την αύξηση της θερμοκρασίας υπό την κλιματική αλλαγή a) σταθερή θερμοκρασία, b) + 2°C, c) +5°C (Battilani et al., 2016)

Υπό την κλιματική κρίση, τα αυξημένα επίπεδα συγκέντρωσης CO₂ στον ατμοσφαιρικό αέρα, έχουν αντίκτυπο στην ευαισθησία των καλλιεργειών και στην πρόκληση μυκητιάσεων, με αποτέλεσμα την παραγωγή μυκοτοξινών. Η ευαισθησία των

καλλιιεργειών επηρεάζεται άμεσα και από τα φαινόμενα ξηρασίας, όπως παρατηρήθηκε το έτος 2012 στη Σερβία, όπου οι ακραίες συνθήκες ξηρασίας είχαν ως αποτέλεσμα τη μόλυνση από αφλατοξίνη του 70% περίπου του αραβόσιτου που παράχθηκε το έτος αυτό. Παράλληλα, η αφλατοξίνη M1 στο γάλα και στα γαλακτοκομικά προϊόντα έχει βρεθεί ως αποτέλεσμα μολυσμένου φαγητού των ζώων στην Ευρώπη. Η αύξηση της συχνότητας και της έντασης των πλημμυρών, υπό την κλιματική αλλαγή, δύναται να επηρεάσει τις εγκαταστάσεις αποθήκευσης και τις καλλιέργειες, αυξάνοντας τον κίνδυνο που σχετίζεται με τις μυκοτοξίνες (FAO, 2020).

3.3.1.2.2 Επιβλαβής άνθηση φυκών – φυκοτοξίνες

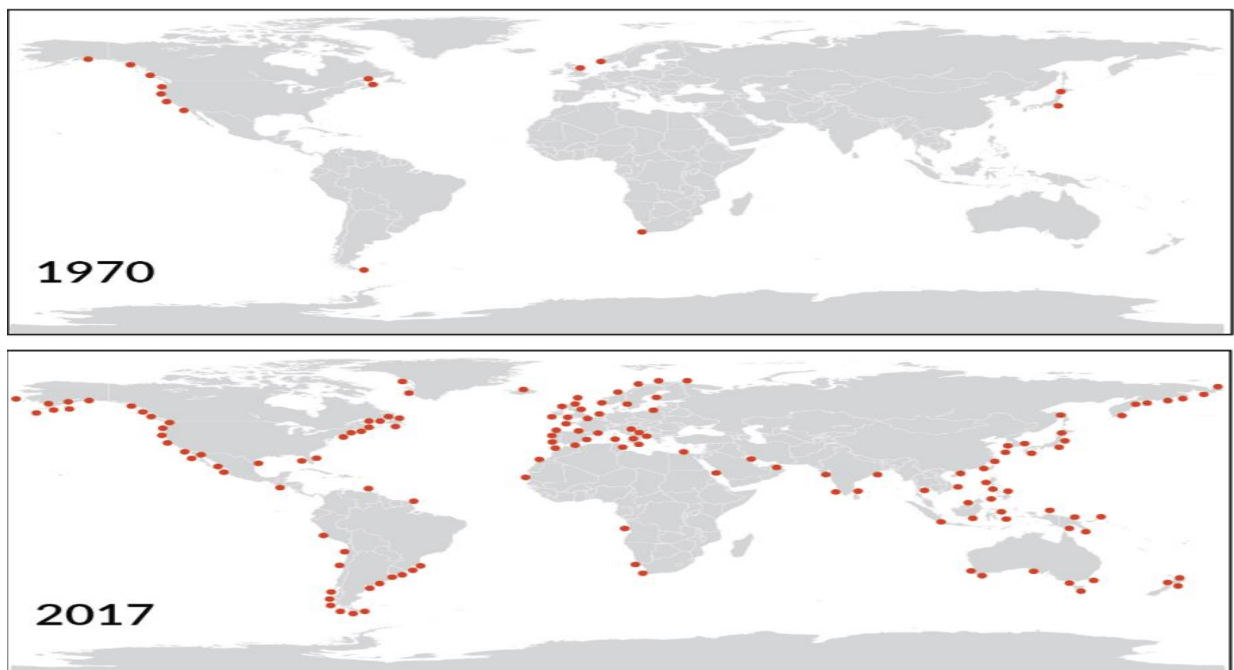
Τα φύκη μπορούν να ταξινομηθούν στα μικροφύκη και στα μακροφύκη. Η πρώτη κατηγορία αφορά μονοκύτταρους οργανισμούς και η δεύτερη πολυκύτταρους, ενώ μαζί παράγουν περισσότερο από το μισό οξυγόνο του ατμοσφαιρικού αέρα. Η ανάπτυξη των φυκών μπορεί να φτάσει σε επίπεδα άνθησης, δηλαδή ραγδαίο πολλαπλασιασμό, που μπορεί να φτάσει εκατομμύρια κύτταρα ανά λίτρο νερού, όταν συνυπάρχουν ορισμένες παράμετροι περιβαλλοντικών παραγόντων, όπως θερμοκρασία, αλατότητα, ηλιακή ακτινοβολία, διαθεσιμότητα θρεπτικών ουσιών και ιχνοστοιχείων και αλληλεπιδράσεις με πληθυσμούς θαλάσσιων βακτηρίων, ιών, ζωοπλαγκτόν και φυτοφάγων ψαριών. Το φαινόμενο της άνθησης των φυκών συμβαίνει περιοδικά στους υδάτινους αποδέκτες, ανάλογα με τις απαιτήσεις ανάπτυξης των διάφορων ειδών στην περιοχή. Στους υδάτινους αποδέκτες αποτελούν κύριους πρωτογενείς παραγωγούς, παίζουν σημαντικό ρόλο στον κύκλο του άνθρακα, του θείου και άλλων στοιχείων, συμβάλλουν στη διατήρηση της αλυσίδας και έχουν αρκετές άλλες εμπορικές εφαρμογές (FAO, 2020).

Έχει υπολογιστεί ότι από τα 5.000 περίπου είδη φυκών που έχουν αναγνωρισθεί, περίπου τα 300 από αυτά εμπλέκονται στην πρόκληση επιβλαβούς άνθησης φυκών (Harmful Algal Bloom). Τα τελευταία χρόνια η αύξηση των φαινομένων του ευτροφισμού, των υψηλότερων θερμοκρασιών του νερού, της οξίνισης των ωκεανών και των μεταβολών στους τροφικούς ιστούς, που εντείνονται υπό την κλιματική κρίση, έχουν οδηγήσει σε αυξημένη επικράτηση της επιβλαβούς άνθησης φυκών, σε παγκόσμιο επίπεδο (FAO, 2020). Η κατανάλωση θαλασσινών ειδών και ρυπασμένου πόσιμου νερού, αποτελεί την κύρια πηγή έκθεσης του ανθρώπου σε φυκοτοξίνες, που παράγονται από τα φύκη. Προκαρυωτικά μικροφύκη, όπως τα κυανοβακτήρια, παράγουν κυανοτοξίνες, ενώ τα

δινοφύκη και διάτομα, που είναι ευκαρυωτικά, παράγουν θαλάσσιες βιοτοξίνες. Ο πολλαπλασιασμός των ειδών που προκαλούν επιβλαβή άνθηση μπορεί να προκαλέσει μεγάλης κλίμακας θνησιμότητα ψαριών και επιδράσεις ή καταστροφή οστρακοειδών (Duchenne-Moutien and Neetoo, 2021).

Υπάρχει ένας αριθμός ασθενειών που προκαλούνται από την κατανάλωση θαλασσινών ειδών, κυρίως οστρακοειδών, τα οποία περιέχουν τοξίνες, που έχουν παραχθεί από την επιβλαβή άνθηση φυκών. Οι ασθένειες αυτές περιλαμβάνουν δηλητηρίαση από οστρακοειδή παραλυτικού τύπου (PSP), η κατανομή των οποίων αποτυπώνεται στην εικόνα 3.9, διαρροϊκού τύπου (DSP), νευροτοξικού τύπου (NSP), δηλητηρίαση από αζασπειροξέα (AZP), δηλητηρίαση από ψάρια που περιέχουν την τοξίνη Ciguatera και δηλητηρίαση από κυανοτοξίνες.

Οι φυκοτοξίνες μπορούν να βιοσυσσωρεύονται στα ψάρια και στα οστρακοειδή και ακολούθως να προκαλούν τοξικά σύνδρομα στους ανθρώπους που τα καταναλώνουν, ενώ τα συμπτώματα μπορεί να είναι είτε πιο ήπια, είτε πιο σοβαρά, που μπορούν να προκαλέσουν ακόμα και άμεσο θάνατο. Επειδή οι τοξίνες αυτές είναι άγευστες, άοσμες και έχουν αντοχή στη θερμοκρασία και στην οξύτητα, οι απλές διαδικασίες προετοιμασίας και ελέγχου των τροφίμων δεν μπορούν να αποτρέψουν τη δηλητηρίαση, εάν αυτές οι τοξίνες περιέχονται στα ψάρια ή τα οστρακοειδή (Tirado et al., 2010).



Εικόνα 3.9 Παγκόσμια κατανομή των PSP τοξινών το έτος 2017, σε σύγκριση με το έτος 1970 (U.S. National Office for Harmful Algal Blooms, n.d.)

Οι παράγοντες της κλιματικής κρίσης, όπως η αύξηση της θερμοκρασίας, οι αλλαγές στα πρότυπα βροχοπτώσεων, η οξίνιση ωκεανών και η αύξηση αλατότητας, είναι πιθανό ότι θα επηρεάσουν τη συχνότητα, την ένταση και τη γεωγραφική έκταση της επιβλαβούς άνθησης φυκών. Η τελευταία εμφανίζεται σε περισσότερους υδάτινους αποδέκτες, σε μεγαλύτερες ποσότητες και πιο νωρίς το καλοκαίρι, σε σχέση με τα προηγούμενα έτη (FAO, 2020). Παράλληλα υπάρχει πρόβλεψη ότι ο μέσος αριθμός των ημερών με επιβλαβή άνθηση κυανοβακτηριδίων θα αυξηθεί, από 7 φορές το έτος για έναν υδάτινο αποδέκτη, σε 16-23 ημέρες, το έτος 2050 και 18-39 ημέρες, το έτος 2090 (Charpa et al., 2017).

Η υπέρμετρη χρήση λιπασμάτων οδηγεί σε αυξημένες συγκεντρώσεις θρεπτικών συστατικών στους υδάτινους αποδέκτες, γεγονός που συχνά αποτελεί αιτία άνθησης φυκών σε αυτούς. Οι επιπτώσεις του ευτροφισμού επιδεινώνονται από ποικίλους περιβαλλοντικούς παράγοντες που προκύπτουν από την κλιματική αλλαγή (FAO, 2020).

3.3.1.2.3 Βαρέα μέταλλα

Τα βαρέα μέταλλα αποτελούν μεταλλικά στοιχεία με πυκνότητα πολύ μεγαλύτερη από αυτή του νερού και η ρύπανση από βαρέα μέταλλα είναι τεκμηριωμένο ότι έχει δυσμενείς επιπτώσεις στα θαλάσσια οικοσυστήματα και στην ανθρώπινη υγεία (Duchenne-Moutien and Neetoo, 2021). Τα βαρέα μέταλλα που αποτελούν κύριες τοξικές ουσίες, ακόμα και σε χαμηλά επίπεδα έκθεσης και ως εκ τούτου αποτελούν τη μεγαλύτερη ανησυχία για τη Δημόσια Υγεία είναι ο μόλυβδος (Pb), το κάδμιο (Cd), ο υδράργυρος (Hg), το αρσενικό (As) και το χρώμιο (Cr). Κάθε στοιχείο έχει τις δικές του φυσικοχημικές ιδιότητες και σε συγκεκριμένα επίπεδα συγκέντρωσης, ασκεί ορισμένες τοξικολογικές επιδράσεις στον ανθρώπινο οργανισμό. Τα βαρέα μέταλλα εισέρχονται στον ανθρώπινο οργανισμό, πρωταρχικά μέσω της κατανάλωσης τροφίμων και ορισμένα από αυτά δύνανται να βιοσυσσωρεύονται, ιδιαίτερα όταν συγκεκριμένα είδη τροφίμων, με χαρακτηριστικό παράδειγμα τα θαλασσινά, καταναλώνονται τακτικά (FAO, 2020).

Τα βαρέα μέταλλα βιοσυγκεντρώνονται σε κάθε τροφικό επίπεδο της αλυσίδας των θαλασσινών. Κατά την τακτική κατανάλωση θαλασσινών, τα βαρέα μέταλλα εισέρχονται στον ανθρώπινο οργανισμό και μπορούν να συσσωρεύονται σε συγκεκριμένα όργανα, όπως τα νεφρά και το ήπαρ. Οι παράγοντες της κλιματικής αλλαγής που επηρεάζουν την κατάληξη των βαρέων μετάλλων είναι η θερμοκρασία και οι αλλαγές στις βροχοπτώσεις. Πιο συχνές και πιο έντονες βροχοπτώσεις ευνοούν τη μεταφορά των βαρέων μετάλλων,

βελτιώνοντας τη διαδικασία απορροής από το χώμα και αυξάνοντας τους ρυθμούς απόθεσής τους στους υδάτινους αποδέκτες (Duchenne-Moutien and Neetoo, 2021).

Η απορρόφηση των βαρέων μετάλλων από τις καλλιέργειες αποτελεί σημαντικό ζήτημα για την ασφάλεια των τροφίμων, καθώς με την κατανάλωση των εν λόγω προϊόντων, τα βαρέα μέταλλα εισέρχονται τελικά στην τροφική αλυσίδα (Duchenne-Moutien and Neetoo, 2021). Το ρύζι αποτελεί σημαντική καλλιέργεια που προσλαμβάνει και βιοσυσσωρεύει το As από το χώμα ή από το νερό άρδευσης. Η βιοσυσσώρευση αυτή του As ενέχει σοβαρούς κινδύνους για την υγεία εκατομμυρίων ανθρώπων σε παγκόσμιο επίπεδο, καθώς το ρύζι αποτελεί καλλιέργεια που παράγεται και καταναλώνεται, σε μεγάλο βαθμό, σε πολλές αναπτυσσόμενες χώρες. Ένας σημαντικός παράγοντας που καθορίζει την πρόσληψη As είναι η θερμοκρασία του εδάφους, η οποία αναμένεται να αυξηθεί, υπό την επίδραση της κλιματικής αλλαγής. Έτσι, η προβλεπόμενη αύξηση της θερμοκρασίας του εδάφους, καθώς και του αέρα, ιδιαίτερα κατά το τελευταίο στάδιο ωρίμανσης του ρυζιού, μπορεί να αυξήσει το περιεχόμενο As στο ρύζι, ακόμα και σε επίπεδα διπλασιασμού. Αυτός ο συνδυασμός των αλλαγών των κλιματικών συνθηκών και του αυξημένου περιεχόμενου As στο χώμα, προβλέπεται ότι θα μειώσει την παραγωγή ρυζιού κατά 39% μέχρι το 2100 (Muehe et al., 2019).

Η ρύπανση του πόσιμου νερού από As αποτελεί κύρια ανησυχία σε αρκετές χώρες. Έχει υπολογιστεί ότι περίπου 140 εκατομμύρια άνθρωποι, σε περισσότερες από 50 χώρες, καταναλώνουν πόσιμο νερό με επίπεδα αρσενικού που είναι αρκετά υψηλότερα από τα προβλεπόμενα όρια. Παράγοντες της κλιματικής αλλαγής, όπως οι έντονες βροχοπτώσεις, προβλέπεται ότι θα επιδεινώσουν το φαινόμενο της ρύπανσης του πόσιμου νερού από βαρέα μέταλλα. Η αύξηση της συχνότητας και της έντασης των ακραίων καιρικών φαινομένων που προκαλούν πλημμύρες, μπορούν να οδηγήσουν σε υπερχειλίση τοξικών αποβλήτων και μεταβολή στην κατανομή των ρυπαντών στις πληγείσες περιοχές, όπως για παράδειγμα οι πλυμμήρες σε περιοχές αποθήκευσης τέφρας άνθρακα, που περιέχει βαρέα μέταλλα, τα οποία δύνανται να μεταφερθούν σε υδάτινους αποδέκτες (FAO, 2020).

Οι έντονες βροχοπτώσεις σε συνδυασμό με την οξίνιση του εδάφους, αυξάνουν τον κίνδυνο τα βαρέα μέταλλα να βρεθούν στην τροφική αλυσίδα, καθώς η μείωση του pH επηρεάζει τη βιοδιαθεσιμότητα και την κινητικότητα των βαρέων μετάλλων, τα οποία, μέσω των βροχοπτώσεων, καταλήγουν τελικά στους υδάτινους αποδέκτες, από όπου και

απορροφούνται από θαλάσσιους οργανισμούς που αποτελούν πηγή τροφίμων για τον άνθρωπο. Παράλληλα, οι αυξημένες θερμοκρασίες ευνοούν την τήξη του μόνιμου παγετού, μέσω της οποίας μπορεί να απελευθερωθούν παγιδευμένα βαρέα μέταλλα στους υδάτινους αποδέκτες, όπως οι ωκεανοί, αυξάνοντας τα επίπεδα έκθεσης των θαλάσσιων οργανισμών σε αυτά (FAO, 2020).

Υπό αυξημένες συγκεντρώσεις CO₂, υπάρχει μεγαλύτερη βιοσυσσώρευση βαρέων μετάλλων σε καλλιέργειες, όπως ρυζιού, καθώς και σε θαλάσσιους οργανισμούς. Το χαμηλό pH, προωθεί το σχηματισμό ανόργανου As, το οποίο είναι πιο τοξικό από το οργανικό (FAO, 2020). Η αλατότητα μπορεί να επηρεάσει την τοξικότητα αρκετών βαρέων μετάλλων, για παράδειγμα λόγω βιοδιαθεσιμότητας, και μπορεί να είναι αποτέλεσμα αλλαγών στις βροχοπτώσεις και στα μοτίβα ροής των ρευμάτων. Η θερμοκρασία αποτελεί και αυτή παράγοντα για τη βιοσυσσώρευση των βαρέων μετάλλων, καθώς έχει παρατηρηθεί ότι η αύξηση της θερμοκρασίας του νερού, αυξάνει τη βιοσυσσώρευση αυτών σε θαλάσσιους οργανισμούς (Herrera et al., 2016).

Ιδιαίτερη σημασία για την ασφάλεια των τροφίμων έχει ο Hg. Αν και όλες οι μορφές του είναι τοξικές, ο μεθυλδράργυρος (MeHg) αποτελεί τη μεγαλύτερη ανησυχία, καθώς βιοσυσσωρεύεται στον υδάτινο τροφικό ιστό και έχει αναπτυξιακή νευροτοξική δράση. Η μεθυλίωση του Hg στους ωκεανούς, που επηρεάζει την έκθεση του ανθρώπου στον MeHg, μέσω της υδάτινης τροφικής αλυσίδας, είναι ανάλογη της ποσότητας Hg που αποτίθεται στα υδάτινα οικοσυστήματα από ποικίλες πηγές (FAO, 2020).

Οι παράμετροι της κλιματικής αλλαγής δύνανται να επηρεάσουν τη βιοσυσσώρευση του MeHg στα υδάτινα οικοσυστήματα, με συνέπειες για την ασφάλεια των τροφίμων. Η μεθυλίωση του Hg εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη θερμοκρασία. Έχει υπολογιστεί ότι συγκεντρώσεις MeHg σε διαφορετικά είδη ψαριών, μπορεί να αυξηθούν κατά 3-5%, για κάθε 1°C αύξηση της θερμοκρασίας του νερού (FAO, 2020).

Αυξημένες τοπικές βροχές που προκύπτουν από την κλιματική αλλαγή, θα βελτιώσουν την απόθεση ανόργανου υδραργύρου στους υδάτινους αποδέκτες, δυνητικά προκαλώντας μεγαλύτερα επίπεδα μεθυλίωσης. Αλλαγές στις βροχοπτώσεις δύνανται να αυξήσουν κατά 20-30% την ποσότητα οργανικής ύλης που αποτίθεται στους υδάτινους αποδέκτες, λόγω μεγάλης κλίμακας απορροών. Επίσης, έχει υπολογιστεί ότι αύξηση κατά 15-20% της περιεχόμενης οργανικής ύλης των απορροών, μπορεί να επταπλασιάσει τη συγκέντρωση

MeHg στο φυτοπλαγκτόν. Η μείωση του pH αυξάνει την μικροβιακή πρόσληψη του υδραργύρου, ιδιαίτερα υπό την παρουσία διαλυμένου οργανικού άνθρακα. Ως εκ τούτου, η οξίνιση των ωκεανών, που οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στις αυξημένες συγκεντρώσεις CO₂, θα συμβάλλει στις συγκεντρώσεις MeHg στα ψάρια, με συνέπειες για την ασφάλεια των τροφίμων και την ανθρώπινη υγεία (FAO, 2020).

Σε παγκόσμιο επίπεδο, οι πυρκαγιές τείνουν να απελευθερώνουν στον ατμοσφαιρικό αέρα μεγάλες ποσότητες Hg που υπάρχουν στα χερσαία οικοσυστήματα, οι οποίες εν συνεχεία μπορεί να βρεθούν στην τροφική αλυσίδα, ενώ υπάρχει πρόβλεψη αύξησης των εκπομπών υδραργύρου κατά 14% μεταξύ των ετών 2000 και 2050, λόγω των πυρκαγιών. Παράλληλα, υπάρχει μεγάλη πιθανότητα απελευθέρωσης μεγάλης ποσότητας υδραργύρου από το λιώσιμο του μόνιμου παγετού, λόγω της παγκόσμιας υπερθέρμανσης (FAO, 2020).

3.3.1.2.4 Φυτοφάρμακα

Με τον όρο φυτοφάρμακα καλύπτεται ένας μεγάλος όγκος σκευασμάτων, ήτοι ζιζανιοκτόνα, εντομοκτόνα, μυκητοκτόνα, τρωκτικοκτόνα και ρυθμιστές ανάπτυξης φυτών. Η υπέρμετρη και κακή χρήση των ουσιών αυτών, ιδιαίτερα όσων αποδομούνται με αργούς ρυθμούς, έχει σημαντική επίδραση στο περιβάλλον και στην ποιότητα του νερού, με τοξικές επιπτώσεις στην υγεία των ζώων και των ανθρώπων. Ιδιαίτερα στον άνθρωπο, η έκθεση σε φυτοφάρμακα έχει συσχετιστεί με προβλήματα υγείας, όπως ενδοκρινικές και αναπαραγωγικές διαταραχές, βλάβες στο νευρικό σύστημα και καρκίνο. Τα φυτοφάρμακα βρίσκονται στην τροφή του ανθρώπου υπό τη μορφή υπολειμμάτων στις καλλιέργειες ή μέσω βιοσυσσώρευσης των χημικών στα ζώα και στα ψάρια από την τροφή τους ή τους υδάτινους αποδέκτες, καθώς και από ρυπασμένο πόσιμο νερό. Επειδή η κλιματική αλλαγή αναμένεται να αλλάξει την γεωγραφική κατανομή, τον κύκλο ζωής και τον πληθυσμό των παρασίτων και των παθογόνων παραγόντων του αγροτικού τομέα, έχει προβλεφθεί η αύξηση στη χρήση, τη δοσολογία και τη συχνότητα διενέργειας εφαρμογών με τις εν λόγω χημικές ουσίες (Duchenne-Moutien and Neetoo , 2021).

Υψηλότερες θερμοκρασίες ευνοούν την ταχεία αύξηση του πληθυσμού παθογόνων μικροοργανισμών, παρασίτων και εντόμων που εντοπίζονται στις καλλιέργειες. Σε πολλούς τομείς της γεωργίας, οι υψηλές θερμοκρασίας και η υγρασία διευκολύνουν την ανάπτυξη μυκήτων και τις μολύνσεις, με αποτέλεσμα την επιτακτική ανάγκη χρήσης

φυτοφαρμάκων σε περιοχές με πιο θερμό κλίμα (Duchenne-Moutien and Neetoo, 2021). Υψηλότερες θερμοκρασίες συνεπάγονται περισσότερες εφαρμογές με φυτοφάρμακα. Οι πληθυσμοί των εντόμων και κατά συνέπεια οι ζημιές στις καλλιέργειες, εξαρτώνται, σε μεγάλο βαθμό, από τη θερμοκρασία, όπως τα αφιδοειδή που δύνανται να αναπαράγονται πέντε επιπλέον φορές το έτος, για αύξηση της θερμοκρασίας κατά 2°C (FAO, 2020).

Έχει υπολογιστεί ότι για αύξηση της παγκόσμιας θερμοκρασίας κατά 2°C, η απώλεια παραγωγής θα αυξηθεί, λόγω της χρήσης φυτοφαρμάκων, κατά 46% για το σιτάρι, 19% για το ρύζι και 31% για τον αραβόσιτο (FAO, 2020). Οι αυξημένες θερμοκρασίες σε συνδυασμό με τα αυξημένα επίπεδα συγκέντρωσης CO₂ και την άμεση έκθεση σε ηλιακή ακτινοβολία, μπορούν να προκαλέσουν διάλυση, μετατόπιση ατμών και τελική απόθεση σε περιοχές μακριά από το σημείο εφαρμογής, με επιπτώσεις στα φυτά και την υγεία ζώων και ανθρώπων. Παράλληλα, μειώνονται οι συγκεντρώσεις των χημικών ουσιών για την εφαρμογή που χρησιμοποιήθηκαν, με αποτέλεσμα να μην είναι τόσο αποτελεσματικά, να απαιτούνται περαιτέρω εφαρμογές και να αυξάνεται η συνολική ποσότητα των φυτοφαρμάκων που καταλήγουν στο περιβάλλον (Duchenne-Moutien and Neetoo, 2021).

Η αλόγιστη χρήση των φυτοφαρμάκων επιταχύνει την ανάπτυξη αντοχής σε αυτά, που οφείλεται σε μία σειρά βιοχημικών μηχανισμών και καθιστά πολλές χημικές ουσίες μη αποτελεσματικές. Παράλληλα, αρκετά φυτοφάρμακα έχουν περιορισμένη χρήση σε ξηρές συνθήκες, με αποτέλεσμα να απαιτούνται μεγαλύτερες δόσεις, πιο συχνές εφαρμογές ή αλλαγή των χρησιμοποιούμενων σκευασμάτων (Tirado et al., 2010). Κακές πρακτικές αποθήκευσης και διαχείρισης των χημικών ουσιών, προκαλούν διαρροές στο περιβάλλον, ενώ η κλιματική αλλαγή αναμένεται να επηρεάσει τον τρόπο με τον οποίο αυτά καταλήγουν από τους χώρους αποθήκευσης στα υδάτινα οικοσυστήματα, γεγονός που εγκυμονεί κινδύνους για την παρουσία τους στο νερό και στα τρόφιμα (FAO, 2020).

Οι αλλαγές στα πρότυπα των βροχοπτώσεων επηρεάζουν άμεσα την αποτελεσματικότητα των ζιζανιοκτόνων που εφαρμόζονται στο έδαφος. Αύξηση σε βροχοπτώσεις συνεπάγεται αύξηση της διάλυσης των ζιζανιοκτόνων, που καταλήγουν στα υπόγεια ύδατα ή πραγματοποιείται απορροή τους από το έδαφος, ρυπαίνοντας τους υδάτινους αποδέκτες, ενώ και σε αυτήν την περίπτωση αυξάνεται η ανάγκη διενέργειας περαιτέρω εφαρμογών. Τα φαινόμενα ξηρασίας επηρεάζουν, επίσης, την έκθεση στις χημικές αυτές ουσίες, λόγω

υψηλότερων συγκεντρώσεων στους υδάτινους αποδέκτες, καθώς υπάρχει μειωμένο επίπεδο νερού (Duchenne-Moutien and Neetoo, 2021).

Το λιώσιμο του μόνιμου παγετού, ως συνέπεια της κλιματικής αλλαγής, επηρεάζει τις συγκεντρώσεις των φυτοφαρμάκων στους υδάτινους αποδέκτες. Η μεγάλης κλίμακας χρήση οργανοχλωριωμένων φυτοφαρμάκων, όπως τα πολυχλωριωμένα διφαινύλια (PCBs), κατά τις προηγούμενες δεκαετίες, οδήγησε, στην απόθεση και παραμονή αυτών των ενώσεων σε απομονωμένες πολικές και των ορεινές περιοχές. Οι χημικές αυτές ουσίες που είναι παγιδευμένες στον μόνιμο παγετό, υπό την επίδραση της κλιματικής αλλαγής επανακινητοποιούνται, καθώς λιώνει ο μόνιμος παγετός, στον οποίο είχαν αποτεθεί. Το γεγονός αυτό βελτιώνει την κατανομή τέτοιου είδους ρυπαντών στους υδάτινους αποδέκτες, αλλά επιπλέον επηρεάζει τη βιοσυσσώρευσή τους στα ψάρια και σε άλλους θαλάσσιους οργανισμούς. Ως εκ τούτου, αυξάνεται ο κίνδυνος έκθεσης του ανθρώπου μέσω της κατανάλωσης τροφίμων (FAO, 2020).

3.3.2 Επιπτώσεις στην ασφάλεια του νερού

Το νερό αποτελεί θεμελιώδη παράγοντα για τη διατήρηση της ζωής και αναπόσπαστο κομμάτι της επισιτιστικής ασφάλειας. Η ασφάλεια του νερού μπορεί να οριστεί ως «η ικανότητα ενός πληθυσμού να εξασφαλίζει βιώσιμη πρόσβαση σε επαρκείς ποσότητες αποδεκτής ποιότητας νερού για τη διατήρηση των μέσων διαβίωσης, της ανθρώπινης ευεξίας και της κοινωνικοοικονομικής ανάπτυξης, για την εξασφάλιση της προστασίας έναντι της υδατογενούς ρύπανσης και των καταστροφών που σχετίζονται με το νερό, καθώς και για τη διατήρηση των οικοσυστημάτων, σε ένα κλίμα ειρήνης και πολιτικής σταθερότητας». Η ασφάλεια του νερού διαδραματίζει κεντρικό ρόλο στη βιώσιμη ανάπτυξη, καθώς οι περισσότεροι στόχοι για την επίτευξή της, δεν μπορούν να επιτευχθούν χωρίς να υπάρχει πρόσβαση σε επαρκείς ποσότητες αποδεκτής ποιότητας νερού (Caretta et al., 2022).

Τα φαινόμενα λειψυδρίας, όπου η απαίτηση σε υδατικούς πόρους υπερβαίνει τη διαθεσιμότητα αυτών, αποτελούν καθοριστικό παράγοντα για την ασφάλεια του νερού. Πολλοί πληθυσμοί, σε παγκόσμια κλίμακα, αντιμετωπίζουν προβλήματα που σχετίζονται με την έλλειψη νερού. Η συνεχής αύξηση του πληθυσμού, το φαινόμενο της αστικοποίησης και οι συνθήκες της κοινωνικοοικονομικής ανάπτυξης, αναμένεται ότι θα αυξήσουν τις απαιτήσεις σε νερό κατά 400% από τον τομέα της βιομηχανίας και κατά

130% από την οικιακή χρήση στα νοικοκυριά, μέχρι το έτος 2050, με αποτέλεσμα το νερό να γίνεται ένα όλο και πιο πιεστικό κοινωνικό και γεωπολιτικό ζήτημα. Σε ορισμένες περιοχές, το πρόβλημα αυτό αποτελεί, ήδη, εθνική ανησυχία, ενώ μέχρι το έτος 2035, περίπου το 40% του παγκόσμιου πληθυσμού, θα ζει σε περιοχές που αντιμετωπίζουν σοβαρή έλλειψη νερού (Gurpy et al., 2017). Η κλιματική κρίση αποτελεί ιδιαίτερα σημαντικό παράγοντα που θα επηρεάσει τη χωρική και χρονική κατανομή της διαθεσιμότητας του νερού, ενώ θα αυξήσει τον αστικό πληθυσμό που υπόκειται σε προβλήματα που σχετίζονται με την έλλειψη νερού κατά 4,6% (He et al., 2021).

Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στον υδρολογικό κύκλο εγκυμονούν σημαντικούς κινδύνους για την ασφάλεια του νερού. Παράγοντες όπως οι αλλαγές στα πρότυπα των βροχοπτώσεων, η επιταχυνόμενη τήξη του μόνιμου παγετού, η άνοδος της στάθμης της θάλασσας, οι αλλαγές στη συχνότητα, την ένταση και τον χρονισμό των πλημμυρών και των φαινομένων ξηρασίας, η μείωση των υπόγειων υδάτων και του ρυθμού ανανέωσής τους, καθώς και η υποβάθμιση της ποιότητας του νερού, λόγω των ακραίων καιρικών φαινομένων, προβλέπεται ότι θα οδηγήσουν σε αύξηση του πληθυσμού που υπόκειται σε προβλήματα έλλειψης υδατικών πόρων, τα οποία μπορεί να είναι εποχιακά ή μόνιμα. Χαρακτηριστικά, υπό 2°C υπερθέρμανση, προβλέπεται ότι μεταξύ 0,9 και 3,9 δισεκατομμύρια άνθρωποι, θα βρίσκονται σε αυξημένη έκθεση σε πιέσεις που σχετίζονται με τους υδατικούς πόρους, ανάλογα με τα περιφερειακά μοτίβα της κλιματικής αλλαγής και τα κοινωνικοοικονομικά σενάρια πρόβλεψης (Caretta et al., 2022).

Υπό την κλιματική κρίση, η αύξηση της θερμοκρασίας θα προκαλέσει αυξημένη απαίτηση νερού για τις καλλιέργειες και θα οδηγήσει σε πιο ταχεία εξάντληση της υγρασίας του εδάφους (Gitz et al., 2016). Οι αλλαγές στα πρότυπα βροχοπτώσεων, που χαρακτηρίζονται από μείωση βροχοπτώσεων στις πιο ξηρές περιοχές, θα επηρεάσουν δυσανάλογα τη διαθεσιμότητα του νερού μεταξύ των διάφορων περιοχών, με σημαντικές επιπτώσεις στα υδρολογικά συστήματα (Duchenne-Moutien and Neetoo, 2021). Παράλληλα, η αύξηση της θερμοκρασίας οδηγεί στην τήξη του μόνιμου παγετού, που συχνά παίζει σημαντικό ρόλο στην παροχή ροών στα ποτάμια, ενώ η αύξηση της στάθμης της θάλασσας ενέχει επιπτώσεις στην αλατότητα των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων παράκτιων περιοχών. Οι έντονες βροχοπτώσεις μπορεί να αυξήσουν το ρυπογόνο φορτίο, που επηρεάζει άμεσα την ποιότητα του νερού που χρησιμοποιείται στον αγροτικό και

βιομηχανικό τομέα, αλλά και του πόσιμου νερού, επιδεινώνοντας τα υπάρχοντα προβλήματα πρόσβασης και ποιότητας (Gitz et al., 2016).

Η κλιματική αλλαγή προβλέπεται ότι θα μειώσει τα ανανεώσιμα επιφανειακά νερά και τα υπόγεια νερά σε σημαντικό βαθμό, στις περισσότερες ξηρές υποτροπικές περιοχές. Η μείωση των βροχοπτώσεων σε άνυδρες και ημιάνυδρες περιοχές μεταφράζεται σε πιο μεγάλη μείωση των απορροών σε ποτάμια. Γενικά, προβλέπεται αύξηση του ετήσιου μέσου όρου βροχόπτωσης, των απορροών και της διαθεσιμότητας του νερού σε περιοχές μεγάλου γεωγραφικού πλάτους, με παράλληλη μείωση στις περιοχές μικρού και μεσαίου γεωγραφικού πλάτους. Η αυξημένη ένταση και μεταβλητότητα των βροχοπτώσεων, προβλέπεται ότι θα αυξήσει τον κίνδυνο φαινομένων πλημμυρών και ξηρασίας, αυξάνοντας τις πιέσεις στους υδατικούς πόρους (Gitz et al., 2016). Οι πλυμμήρες υποβαθμίζουν την ποιότητα του νερού στις πληγείσες περιοχές, αυξάνοντας την πιθανότητα έκθεσης σε υδατογενείς ασθένειες (Duchenne-Moutien and Neetoo, 2021).

Η κλιματική κρίση επηρεάζει, παράλληλα, τις απαιτήσεις νερού σε όλους τους κύριους τομείς της οικονομικής δραστηριότητας. Η ευαλωτότητα στις επιπτώσεις της κλιματικής κρίσης που σχετίζονται με το νερό, είναι ήδη αισθητή στον αγροτικό και τον βιομηχανικό τομέα, αλλά και στον τομέα της ενέργειας, ενώ προβλέπεται ότι θα ενταθεί στο μέλλον. Η κλιματική κρίση εγκυμονεί σημαντικούς κινδύνους, τόσο για τη διαθεσιμότητα του νερού, όσο και για την παραγωγή τροφίμων, καθώς αυτή εξαρτάται από τους υδατικούς πόρους. Ο άμεσος κίνδυνος αναδεικνύεται από το γεγονός ότι το 10% των λεκανών, σε παγκόσμια κλίμακα, που βρίσκονται υπό τις πιο σοβαρές πιέσεις που σχετίζονται με το νερό, αντιστοιχούν στο 35% της παγκόσμιας αρδευόμενης παραγωγής (Caretta et al., 2022).

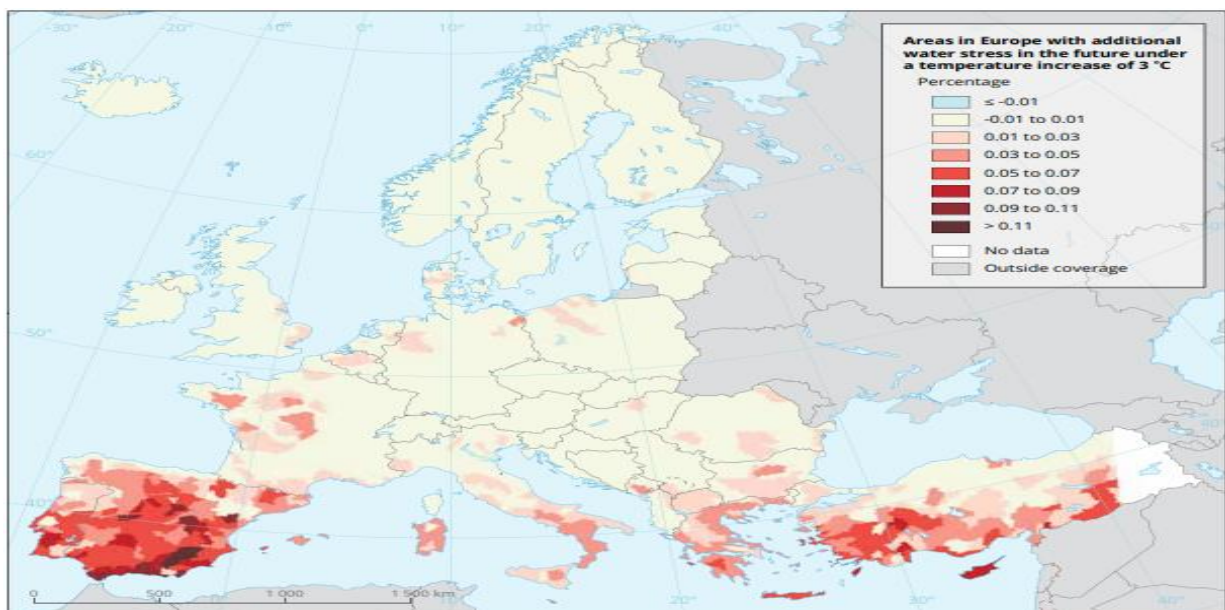
Αναφορικά με την ευρωπαϊκή ήπειρο, οι πιέσεις στους υδατικούς πόρους επηρεάζουν περίπου το 20% της έκτασης και το 30% του πληθυσμού, κάθε χρόνο (ΕΕΑ, 2021). Η συχνότητα και η σοβαρότητα των χαμηλών ροών προβλέπεται ότι θα αυξηθούν στη Νότια Ευρώπη και στη Δυτική και Κεντρική Ευρώπη, καθιστώντας τα φαινόμενα λειψυδρίας πιο σοβαρά, ενώ προβλέπεται ότι θα μειωθούν στο μεγαλύτερο μέρος της Βόρειας Ευρώπης, με εξαίρεση το νότιο τμήμα του Ηνωμένου Βασιλείου (Bednar-Friedl et al., 2022).

Η διαθεσιμότητα των πόρων γλυκού νερού αναμένεται να μειωθεί περαιτέρω σε μερικές περιοχές της Ευρώπης, όπως στην Ιβηρική Χερσόνησο, κυρίως λόγω της προβλεπόμενης μείωσης των βροχοπτώσεων, καθώς και της αύξησης της θερμοκρασίας και της

εξατμισοδιαπνοής, ενώ η κατάσταση μπορεί να επιδεινωθεί από την ανάδυση φαινομένων ξηρασίας, τα οποία γίνονται πιο συχνά και έντονα, υπό την κλιματική κρίση. Στη Βόρεια Ευρώπη, η διαθεσιμότητα των πόρων γλυκού νερού αναμένεται να αυξηθεί, κυρίως λόγω της προβλεπόμενης αύξησης των βροχοπτώσεων, αλλά η ανάδυση φαινομένων πλημμυρών και ξηρασιών εγκυμονεί σημαντικά προβλήματα (ΕΕΑ, 2021).

Υπό 1,5°C υπερθέρμανση, ο αριθμός των ημερών λειψυδρίας προβλέπεται ότι θα αυξηθεί σε μικρό επίπεδο στη Νότια Ευρώπη, αλλά θα συντελέσει στην έκθεση του 18% του πληθυσμού των χωρών της σε τουλάχιστον μέτρια λειψυδρία, ενώ το ποσοστό αυτό προβλέπεται ότι θα αυξηθεί σε 54%, υπό 2°C υπερθέρμανση. Αντίστοιχα προβλήματα λειψυδρίας αναδύονται και σε μερικές περιοχές της Δυτικής και Κεντρικής Ευρώπης, ενώ προβλέπεται ότι υπό 2°C υπερθέρμανση, θα επηρεαστεί το 16% του πληθυσμού των εν λόγω περιοχών (Bednar-Friedl et al., 2022).

Σύμφωνα με την εικόνα 3.10, υπό 3°C υπερθέρμανση, οι συνθήκες σημαντικής πίεσης στους υδατικούς πόρους θα επεκταθούν και θα ενταθούν στη Νότια Ευρώπη, καθώς και σε άλλα μέρη της Ευρώπης, συμπεριλαμβανομένων χωρών, όπως η Βουλγαρία, η Ρουμανία, η Πολωνία, η Γερμανία, η Γαλλία και το Βέλγιο. Παράλληλα, προβλέπεται ότι θα αυξηθεί και η διάρκεια των εποχικών πιέσεων στους υδατικούς πόρους ακόμα και μέχρι ένα μήνα, με τη μεγαλύτερη αύξηση να αφορά την Ιβηρική Χερσόνησο και άλλες περιοχές της Μεσογείου (ΕΕΑ, 2021).



Εικόνα 3.10 Προβλέψεις για τις πιέσεις στους υδατικούς πόρους στην Ευρώπη, υπό 3°C υπερθέρμανση (ΕΕΑ, 2021)

Η Νότια Ευρώπη αποτελεί την πιο επηρεασμένη ζώνη της Ευρώπης, καθώς το 30% περίπου του πληθυσμού της ζει σε περιοχές με μόνιμη πίεση στους υδατικούς πόρους και το 70% του πληθυσμού της ζει σε περιοχές με εποχική πίεση στους υδατικούς πόρους, κατά τη διάρκεια των καλοκαιρινών μηνών. Παράλληλα, το νερό που καταναλώνεται σε κύριους τομείς της οικονομικής δραστηριότητας, όπως ο αγροτικός τομέας, η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και ο τομέας του τουρισμού, είναι σε σχετικά υψηλά επίπεδα, σε σχέση με τους τοπικούς ανανεώσιμους πόρους γλυκού νερού (EEA, 2019).

Οι ρυθμοί άντλησης των υπόγειων υδάτων φθάνουν σε σημαντικά επίπεδα στη Νότια Ευρώπη και στην Δυτική και Κεντρική Ευρώπη. Παράλληλα, οι χαμηλοί ρυθμοί ανανέωσης, οδηγούν σε εξάντληση των υπόγειων υδάτινων πόρων σε περιοχές των εν λόγω ευρωπαϊκών ζωνών, αυξάνοντας τις επιπτώσεις στα φαινόμενα λειψυδρίας, ιδιαίτερα στη Νότια Ευρώπη. Η άντληση των υπόγειων υδάτων και οι μειώσεις στην πλήρωσή τους, ήδη απειλούν τα όρια των περιβαλλοντικών ροών σε πολλές λεκάνες απορροής στην Ευρώπη, ιδιαίτερα στη Νότια Ευρώπη και το φαινόμενο αυτό προβλέπεται ότι θα επεκταθεί σχεδόν σε όλες τις λεκάνες και υπολεκάνες, εντός των επόμενων 30-50 ετών (Bednar-Friedl et al., 2022).

Η συνδυαστική επίδραση της αύξησης των απαιτήσεων υδατικών πόρων και των διαδοχικών ξηρών κλιματικών συνθηκών, επιδεινώνει περαιτέρω την εξάντληση των υπόγειων υδάτων και μειώνει τα επίπεδά τους, τόσο στη Νότια Ευρώπη, όσο και στη Δυτική και Κεντρική Ευρώπη. Μειώσεις στην ανανέωση των υπόγειων υδάτων αυξάνουν περαιτέρω την εξάντληση των υδατικών πόρων, ενώ ιδιαίτερα στη Νότια Ευρώπη και στις άνυδρες και ημιάνυδρες περιοχές, οι μειώσεις αυτές φθάνουν ακόμα και το 30%. Ακόμα και σε περιοχές της Δυτικής και Κεντρικής Ευρώπης, αλλά και της Βόρειας Ευρώπης, οι προβλεπόμενες αυξήσεις στην άντληση των υπόγειων υδάτων, θα επηρεάσουν την πλήρωση αυτών, με κίνδυνο για τις περιβαλλοντικές ροές (Bednar-Friedl et al., 2022).

Όλα τα σενάρια πρόβλεψης υποδεικνύουν ότι οι κίνδυνοι των φαινομένων ξηρασίας για την υγρασία του εδάφους, θα αυξηθούν στη Νότια Ευρώπη και στη Δυτική και Κεντρική Ευρώπη. Υπό 3°C υπερθέρμανση, οι περιοχές που υπόκεινται σε φαινόμενα ξηρασίας, θα αυξηθούν κατά 40%, με παράλληλη αύξηση κατά 42% του πληθυσμού που θα τα αντιμετωπίσει, σε σύγκριση με το σενάριο 1,5°C υπερθέρμανσης, ενώ η Νότια Ευρώπη θα επηρεαστεί στο μεγαλύτερο βαθμό από τα εν λόγω φαινόμενα (Bednar-Friedl et al., 2022).

3.4 Επιπτώσεις στη σταθερότητα της παροχής τροφίμων

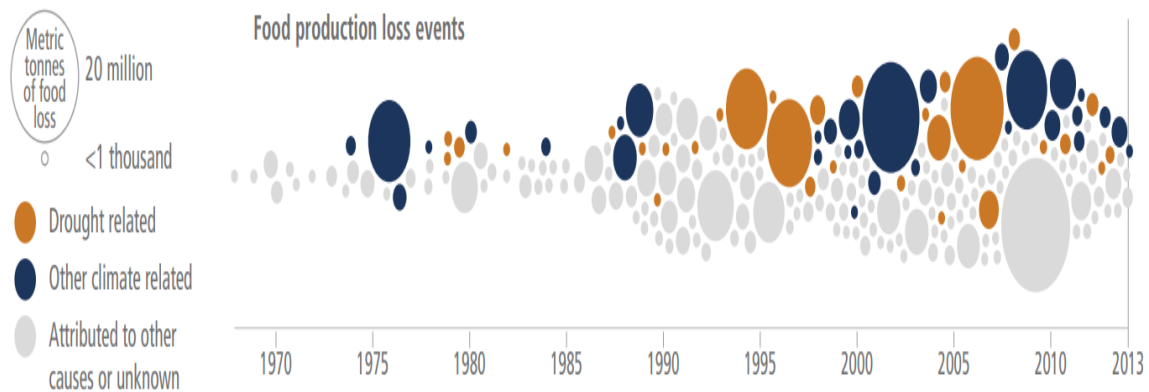
Το φαινόμενο της κλιματικής μεταβλητότητας και η αύξηση της συχνότητας και της έντασης των ακραίων καιρικών φαινομένων και των φυσικών καταστροφών, επηρεάζουν άμεσα τη χρονική διάσταση της σταθερότητας των υπόλοιπων διαστάσεων της επισιτιστικής ασφάλειας. Η σταθερότητα της παροχής τροφίμων θα επηρεαστεί κυρίως από αλλαγές στην εποχικότητα, αυξημένες διακυμάνσεις στην παραγωγικότητα του οικοσυστήματος, καθώς και αυξημένους κινδύνους και μειωμένη προβλεψιμότητα της παροχής τροφίμων. Παράλληλα, οι εν λόγω παράγοντες κινδύνου εγκυμονούν επιπτώσεις στα κόστη της εφοδιαστικής αλυσίδας, αλλά και στις τιμές των τροφίμων (Gitz et al., 2016).

Η κλιματική αλλαγή δύναται να επηρεάζει όλα τα στοιχεία και τις δραστηριότητες που αφορούν το παγκόσμιο σύστημα τροφίμων, με κλιμακωτές και μακροπρόθεσμες επιπτώσεις για την επισιτιστική ασφάλεια, σε όλα τα επίπεδα. Οι βραχυπρόθεσμες επιπτώσεις παραγόντων, όπως η αύξηση της θερμοκρασίας και η μεταβλητότητα των βροχοπτώσεων στις αποδόσεις των καλλιεργειών, δύνανται να εγκυμονούν μακροπρόθεσμες επιπτώσεις για τη σταθερότητα του παγκόσμιου συστήματος τροφίμων (El Bilali et al., 2020).

Η κλιματική κρίση έχει αυξήσει ουσιαστικά την πιθανότητα εκδήλωσης ακραίων καιρικών φαινομένων στην Ευρώπη (EEA, 2019). Όπως αποτυπώνεται στο γράφημα 3.4, σοβαρά φαινόμενα αναταραχών στην παραγωγή που προκαλούνται από ακραία καιρικά φαινόμενα και διαταράσσουν την παγκόσμια παραγωγή τροφίμων, ενώ κατά το παρελθόν λάμβαναν χώρα μία φορά στα 100 χρόνια, δύνανται, υπό την επίδραση της κλιματικής αλλαγής, να συμβαίνουν πιο συχνά, ακόμα και μία φορά ανά 30 χρόνια (Gitz et al., 2016). Οι φυσικές καταστροφές συνεπάγονται προβλήματα σε όλες τις διαστάσεις της επισιτιστικής ασφάλειας (Peng and Berry, 2018).

Τα ακραία καιρικά φαινόμενα επηρεάζουν άμεσα τη συνολική απόδοση της παραγωγικότητας του αγροτικού τομέα. Η προβλεπόμενη αύξηση της συχνότητας και της έντασης των κυμάτων καύσωνα, πέρα από τις άμεσες αρνητικές επιπτώσεις στις αποδόσεις των καλλιεργειών, μπορεί να προκαλέσει μεταβολές στις καλλιεργητικές περιόδους, ενώ ο συνδυασμός των κυμάτων καύσωνα με μικρότερες καλλιεργητικές περιόδους, συνεπάγεται μείωση της αγροτικής έκτασης που είναι κατάλληλη για γεωργικές δραστηριότητες, με επιπτώσεις για την επισιτιστική ασφάλεια (EEA, 2019).

Τα φαινόμενα ξηρασίας, που εκδηλώνονται πιο συχνά και σε περισσότερες περιοχές της ευρωπαϊκής ηπείρου, εγκυμονούν αρνητικές επιπτώσεις στην παραγωγή καλλιεργειών και ζωοτροφών, ενώ παράλληλα εντείνουν το πρόβλημα της έλλειψης υδατικών πόρων και επιδρούν αρνητικά στην καταλληλότητα των αγροτικών εκτάσεων για παραγωγή καλλιεργειών. Η εκδήλωση τέτοιων φαινομένων είναι και σε αυτήν την περίπτωση ιδιαίτερα έντονη στη Νότια Ευρώπη, επηρεάζοντας την επισιτιστική ασφάλεια (ΕΕΑ, 2019).



Γράφημα 3.4 Διαχρονική αύξηση των απωλειών τροφίμων που σχετίζονται με ξηρασίες και άλλους κλιματικούς παράγοντες (IPCC, 2022)

Υπό την κλιματική κρίση, η άνοδος της στάθμης της θάλασσας, τα φαινόμενα έντονων βροχοπτώσεων, οι πλημμύρες και τα φαινόμενα διάβρωσης των εδαφών, συνεπάγονται κινδύνους για την αγροτική παραγωγή, μέσω διάφορων οδών, όπως των άμεσων καταστροφών στις καλλιέργειες και της καθυστέρησης της φύτευσης και της συγκομιδής. Η υποβάθμιση των εδαφών στην Ευρώπη εγκυμονεί σοβαρούς κινδύνους για όλες τις διαστάσεις της επισιτιστικής ασφάλειας, μέσω επιπτώσεων στην παραγωγή τροφίμων, στην ποιότητα του πόσιμου νερού και στη βιοποικιλότητα (ΕΕΑ, 2019).

Η κλιματική αλλαγή αποτελεί απειλή για τη βιωσιμότητα της επισιτιστικής ασφάλειας. Ένα βιώσιμο σύστημα τροφίμων είναι «ένα σύστημα τροφίμων που εξασφαλίζει την επισιτιστική ασφάλεια και διατροφή σε όλους, με τρόπο που δεν διακυβεύονται οι οικονομικές, κοινωνικές και περιβαλλοντικές βάσεις για την παραγωγή της επισιτιστικής ασφάλειας και διατροφής των μελλοντικών γενεών» (Peng and Berry, 2018). Η αναγνώριση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής σε όλες τις διαστάσεις της επισιτιστικής ασφάλειας, απαιτεί την υιοθέτηση μίας ολιστικής προσέγγισης του συστήματος τροφίμων (El Bilali et al., 2020).

Κεφάλαιο 4^ο

Αντιμετώπιση των επιπτώσεων της κλιματικής κρίσης στην επισιτιστική ασφάλεια της Ευρώπης

Η αντιμετώπιση των επιπτώσεων της κλιματικής κρίσης, που οδηγεί σταδιακά στην κλιματική αλλαγή, έγκειται στην άμεση λήψη μέτρων, παράλληλα σε δύο επίπεδα, ήτοι μέτρα για τον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής, αλλά και μέτρα για την προσαρμογή στις αναπόφευκτες μεταβολές που παρατηρούνται στο κλίμα. Ο μετριασμός αφορά την άμβλυνση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής, μέσω της μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, αλλά και μέτρων για την απορρόφηση αυτών. Ωστόσο, καθώς οι συγκεντρώσεις των αερίων του θερμοκηπίου βρίσκονται σε υψηλά επίπεδα, τα μέτρα μετριασμού της κλιματικής αλλαγής, αποκλειστικά, δεν επαρκούν για την αντιμετώπιση του προβλήματος, με αποτέλεσμα να εγκυμονούνται σημαντικοί κίνδυνοι, μεταξύ άλλων και για την παγκόσμια επισιτιστική ασφάλεια. Ως εκ τούτου, είναι αναγκαία η λήψη μέτρων προετοιμασίας ενόψει των υφιστάμενων και των μελλοντικών επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής, δηλαδή η πρόβλεψη των δυσμενών επιπτώσεων και η λήψη επαρκών μέτρων, με σκοπό την πρόληψη ή την ελαχιστοποίηση των ζημιών που δύνανται να προκληθούν από αυτές (EEA, n.d.).

4.1 Μετριασμός της κλιματικής αλλαγής

Προκειμένου να καταστεί εφικτή η διαχείριση της παγκόσμιας υπερθέρμανσης, οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου θα πρέπει να μειωθούν τουλάχιστον κατά 50%, κατά τα επόμενα 50 χρόνια, ενώ οι δράσεις μετριασμού θα πρέπει να λαμβάνουν υπόψη την κατανομή των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, ανά τομέα δραστηριότητας, που αποτυπώνονται στην εικόνα 4.1 (Duchenne-Moutien and Neetoo, 2021). Η υιοθέτηση της Συμφωνίας του Παρισιού (UNFCCC COP21, 2015), που επικυρώθηκε από την Ευρωπαϊκή Ένωση το έτος 2016, αποτελεί ορόσημο στην παγκόσμια δράση για το κλίμα, με την κύρια φιλοδοξία να έγκειται στον περιορισμό της αύξησης της παγκόσμιας υπερθέρμανσης, κάτω από τους 2°C, σε σχέση με τα προβιομηχανικά επίπεδα, με συνεχείς προσπάθειες για περαιτέρω περιορισμό, κάτω από 1,5°C (Hart et al., 2017).

Με στόχο τη διατήρηση του επιπέδου της παγκόσμιας υπερθέρμανσης κάτω από τους 2°C, μέχρι το τέλος του αιώνα, οι εκπομπές πρέπει να μειωθούν κατά περίπου 25% μέχρι το έτος 2030, σε σχέση με τα επίπεδα του έτους 2010, ενώ μηδενικές εκπομπές πρέπει να

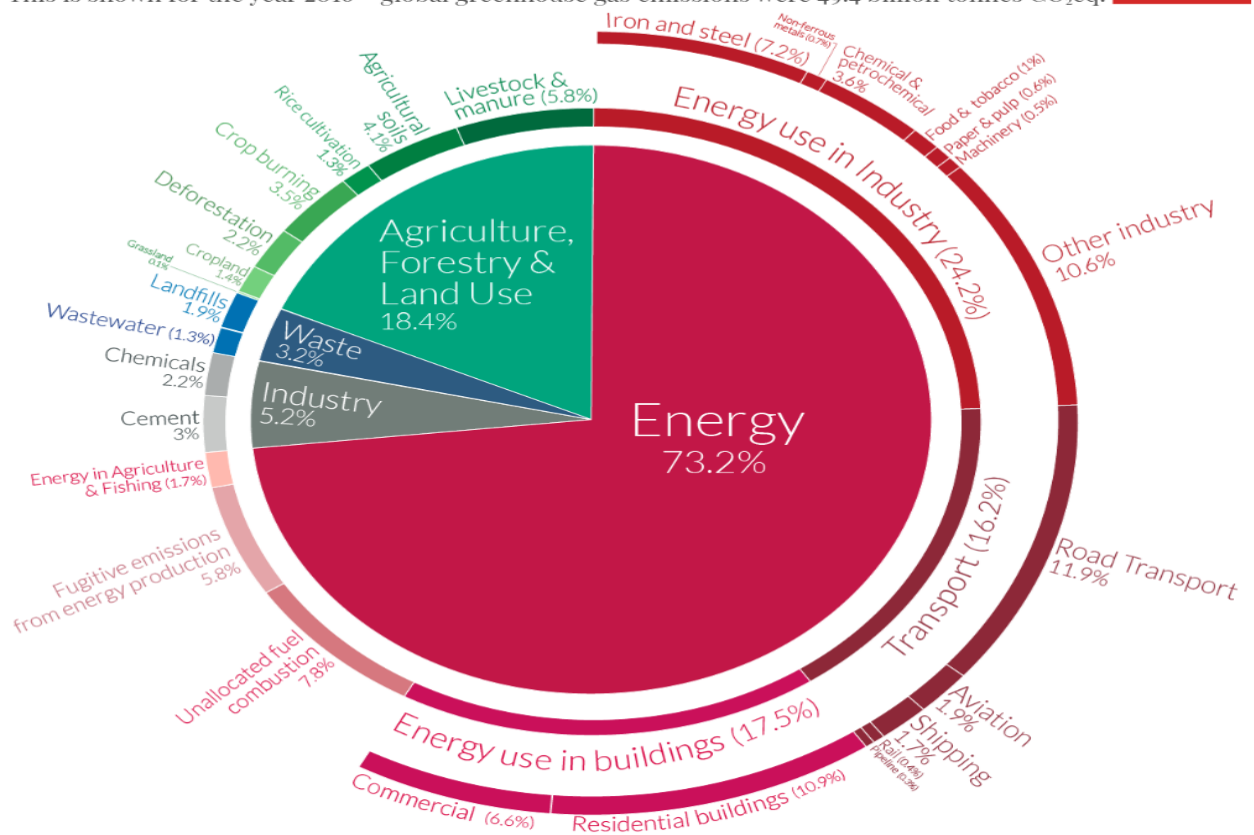
επιτευχθούν, μέχρι το έτος 2070. Αντίστοιχα, για τη διατήρηση του επιπέδου της παγκόσμιας υπερθέρμανσης κάτω από 1,5°C, οι εκπομπές πρέπει να μειωθούν κατά 45%, μέχρι το έτος 2030, ενώ μηδενικές εκπομπές πρέπει να επιτευχθούν, μέχρι το έτος 2050. Παρ' όλα αυτά, υπάρχουν στοιχεία που επιβεβαιώνουν ότι τα τρέχοντα επίπεδα προσπαθειών μετριασμού της κλιματικής αλλαγής, καθώς και οι δεσμεύσεις για μελλοντικές μειώσεις εκπομπών, δεν επαρκούν για την επίτευξη του θερμοκρασιακού στόχου (Fawzy et al., 2020).

Αν και η δεσμευτική φύση της Συμφωνίας του Παρισιού σημαίνει ότι οι χώρες που την επικυρώνουν, δεσμεύονται νομικά να τηρούν τις υποχρεώσεις που ορίζονται σε αυτήν, δεν υπάρχουν συγκεκριμένες υποχρεώσεις μείωσης εκπομπών για κάθε συγκεκριμένη χώρα και είναι περισσότερο εξαρτώμενη στις συνεισφορές και την προθυμία των διάφορων χωρών (Hart et al., 2017). Οι υποχρεώσεις που απορρέουν από αυτήν, προωθούν τη βιώσιμη ανάπτυξη και την καθιέρωση επαρκών μέτρων μετριασμού και προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή (Fawzy et al., 2020).

Global greenhouse gas emissions by sector

Our World
in Data

This is shown for the year 2016 – global greenhouse gas emissions were 49.4 billion tonnes CO₂eq.



Εικόνα 4.1 Κατανομή των παγκόσμιων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, ανά τομέα δραστηριότητας, για το έτος 2016 (Ritchie, Roser and Rosado, 2020)

Αν και οι προτεραιότητες που αφορούν τη δράση για τον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής στις πιο ανεπτυγμένες χώρες, αφορούν την εστίαση στους τομείς της ενέργειας, της βιομηχανίας, των μεταφορών και των κτιρίων, μέτρα μετριασμού απαιτούνται και στον αγροτικό τομέα (Fawzy et al., 2020). Ο αγροτικός τομέας, καθώς και οι σχετιζόμενες με αυτόν αλλαγές στις χρήσεις γης, ευθύνονται για το περίπου ένα πέμπτο των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, σε παγκόσμιο επίπεδο, ενώ σε συνδυασμό με το συνολικό σύστημα τροφίμων για το ένα τρίτο των αντίστοιχων εκπομπών (El Bilali et al., 2020). Καθώς η αποδοτικότητα στην παραγωγή ενέργειας βελτιώνεται, παράλληλα με την αλλαγή των μεθόδων και της τεχνολογίας, το μερίδιο των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από τον αγροτικό τομέα θα αυξηθεί, ενώ το φαινόμενο αυτό θα γίνεται σταδιακά όλο και πιο πιεστικό (Fawzy et al., 2020).

Η Ευρωπαϊκή Ένωση, πέρα από την επικύρωση της Συμφωνίας του Παρισιού, στα πλαίσια της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας, υιοθέτησε το έτος 2020 τον Ευρωπαϊκό Κλιματικό Νόμο, που θέτει ως στόχο τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 55%, μέχρι το έτος 2030, σε σχέση με τα επίπεδα του έτους 1990, καθώς και την επίτευξη μηδενικών εκπομπών, μέχρι το έτος 2050, έτσι ώστε η Ευρώπη να καταστεί η πρώτη κλιματικά ουδέτερη ήπειρος (Erbach, 2021). Σημαντικό ρόλο στις προσπάθειες της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής, διαδραματίζουν οι στρατηγικές που έχει θεσπίσει, όπως η στρατηγική «από το αγρόκτημα στο πιάτο», καθώς και η στρατηγική για την βιοποικιλότητα (European Commission, 2020).

Αναφορικά με τα μέτρα μετριασμού της κλιματικής αλλαγής, υπάρχουν τρεις κύριες προσεγγίσεις, ήτοι συμβατικά μέτρα μετριασμού, τεχνολογίες αρνητικών εκπομπών ή τεχνολογίες αφαίρεσης άνθρακα, καθώς και μέτρα διαχείρισης της ηλιακής και της γήινης ακτινοβολίας. Η πρώτη προσέγγιση αφορά τη χρήση τεχνολογιών και τεχνικών που μειώνουν τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, με χαρακτηριστικά παραδείγματα την αλλαγή των χρησιμοποιούμενων καυσίμων, τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης, καθώς και τη δέσμευση, αποθήκευση και αξιοποίηση του άνθρακα (Fawzy et al., 2020).

Η δεύτερη προσέγγιση αφορά νέες τεχνολογίες και μεθόδους, που χρησιμοποιούνται για τη δέσμευση του άνθρακα από την ατμόσφαιρα, με χαρακτηριστικά παραδείγματα τη χρήση βιοενέργειας με δέσμευση και αποθήκευση του άνθρακα, δασώσεις και

αναδασώσεις, δημιουργία και αποκατάσταση υγροτόπων, τη χρήση του άνυδρου ξυλάνθρακα (biochar), την επιταχυνόμενη αποσάθρωση, τη λίπανση των ωκεανών και την αύξηση της αλκαλικότητας και τη δέσμευση του άνθρακα στο έδαφος. Οι εν λόγω τεχνολογίες και τεχνικές, πρέπει να θεωρούνται ως συμπληρωματικές στις συμβατικές μεθόδους και όχι ως υποκατάστατο αυτών (Fawzy et al., 2020).

Η τρίτη προσέγγιση αφορά τεχνικές που βρίσκονται σε θεωρητικό ή πολύ πρώιμο στάδιο. Πρόκειται για τεχνικές γεωμηχανικής, που περιστρέφονται γύρω από την αρχή της μεταβολής της ισορροπίας της ακτινοβολίας της γης, με κύριο στόχο τη σταθεροποίηση ή μείωση της θερμοκρασίας, χωρίς όμως τη μεταβολή των συγκεντρώσεων αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα. Τέτοια παραδείγματα είναι η στρατοσφαιρική έγχυση αερολύματος, η σπορά νεφών και οι διαστημικοί καθρέπτες (Fawzy et al., 2020).

Αναφορικά με τα συμβατικά μέτρα μετριασμού της κλιματικής αλλαγής, είναι πολύ σημαντική η μετατόπιση από την οικονομία του άνθρακα, σε μία βιώσιμη ενεργειακή οικονομία. Η χρήση εναλλακτικών πηγών ενέργειας, μπορεί να συμβάλλει καθοριστικά σε αυτό, με χαρακτηριστικά παραδείγματα την ηλιακή, την υδροηλεκτρική, την αιολική, τη γεωθερμική και την πυρηνική ενέργεια, καθώς και την ενέργεια βιοκαυσίμων. Χαρακτηριστικά, η υδροηλεκτρική ενέργεια παράγει περίπου το 24% της ηλεκτρικής ενέργειας σε παγκόσμιο επίπεδο, ενώ η αιολική ενέργεια θα μπορούσε να παρέχει 40 φορές τις τρέχουσες απαιτήσεις για ηλεκτρισμό και περίπου 5 φορές την παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας. Ωστόσο, κάθε μία από αυτές τις μορφές ενέργειας έχει μειονεκτήματα, τα οποία πρέπει να αντιμετωπιστούν για την αποτελεσματική προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή (Duchenne Moutien and Neetoo, 2021).

Πέρα από τον τομέα της ενέργειας, οι ανανεώσιμες μορφές ενέργειας μπορούν να χρησιμοποιηθούν στον βιομηχανικό τομέα, στα κτίρια και στις μεταφορές. Οι τελευταίες αποτελούν έναν από τους τομείς με την μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας και έτσι υπάρχει ανάγκη βελτίωσης της αποδοτικότητας των καυσίμων, καθώς και η αυξημένη χρήση μικρότερων και ελαφρύτερων οχημάτων, με χαρακτηριστικά παραδείγματα τα ηλεκτρικά και τα υβριδικά αυτοκίνητα (Duchenne Moutien and Neetoo, 2021).

Η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης είναι ιδιαίτερα σημαντική για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Μπορεί να επιτευχθεί σε όλους τους τομείς και υποστηρίζεται από τις τεχνολογικές εξελίξεις, ενώ μπορούν να υιοθετηθούν και

στρατηγικές, όπως ο φόρος άνθρακα, αλλά και οικονομικά κίνητρα για την εξοικονόμηση ενέργειας (Duchenne Moutien and Neetoo, 2021).

Η δέσμευση, αποθήκευση και αξιοποίηση του άνθρακα περιλαμβάνει τεχνολογίες για τον διαχωρισμό και τη δέσμευση του άνθρακα, από διαδικασίες που βασίζονται σε ορυκτά καύσιμα, με το δεσμευμένο CO₂ να μεταφέρεται και να αποθηκεύεται σε γεωλογικές δεξαμενές, όπως σε εξαντλημένα κοιτάσματα πετρελαίου, για μακρά χρονικά διαστήματα. Στον αγροτικό τομέα η εφαρμογή καλών πρακτικών μπορεί να συμβάλει καθοριστικά στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, ενώ συνδυάζουν και σημαντικά οφέλη προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή (Fawzy et al., 2020).

Αναφορικά με την προσέγγιση των αρνητικών εκπομπών, η χρήση βιοενέργειας με δέσμευση και αποθήκευση του άνθρακα, καθώς και οι διαδικασίες της δάσωσης και αναδάσωσης είναι επί του παρόντος τα χρησιμοποιούμενα μέτρα. Ο μετριασμός της κλιματικής αλλαγής που βασίζεται στα δάση, περιλαμβάνει και άλλα οφέλη, όπως για τη βιοποικιλότητα, τον έλεγχο των πλημμυρών και τη βελτίωση της ποιότητας του εδάφους, του νερού και του αέρα, αλλά και για την επισιτιστική ασφάλεια (Fawzy et al., 2020).

Αναγκαίες για τον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής είναι οι προσπάθειες μεταβολής της ανθρώπινης συμπεριφοράς, αναφορικά με τη μείωση των αποβλήτων τροφίμων, αλλά και τη διαφοροποίηση της διατροφής (European Commission, 2020). Η έννοια της βιώσιμης διατροφής συνδέει τη βιωσιμότητα με την επισιτιστική ασφάλεια, με σκοπό την εξασφάλιση ολιστικών βιώσιμων συστημάτων τροφίμων. Οι βιώσιμες διατροφές πρέπει να προστατεύουν τα οικοσυστήματα και τη βιοποικιλότητα, να είναι προσβάσιμες από φυσική, οικονομική και πολιτισμική πλευρά, να είναι ασφαλείς, υγιείς και να βελτιστοποιούν τη χρήση των φυσικών πόρων (Peng and Berry, 2018).

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση, περίπου το 20% των τροφίμων μετατρέπεται σε απόβλητα τροφίμων, ενώ παράλληλα αυξάνονται και τα επίπεδα παχυσαρκίας. Ως εκ τούτου, είναι αναγκαία η μείωση των αποβλήτων τροφίμων και η στροφή προς διατροφές που βασίζονται σε περισσότερα φρούτα και λαχανικά και λιγότερο κρέας, με σκοπό τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων του συστήματος τροφίμων, αλλά και τη βελτίωση της ανθρώπινης υγείας (European Commission, 2020).

4.2 Προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή

Η άμεση λήψη μέτρων για την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή είναι επιτακτική, καθώς παρά τις μειώσεις των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, που μπορούν να επιτευχθούν από τα μέτρα μετριασμού της κλιματικής αλλαγής, οι μέσες θερμοκρασίες θα συνεχίσουν να αυξάνονται, λόγω των ήδη υπάρχοντων υψηλών επιπέδων αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα. Ως εκ τούτου, η λήψη μέτρων για τον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής, αν και είναι καίριας σημασίας, από μόνη της δεν είναι εφικτό να εξαλείψει τους κινδύνους που εγκυμονούνται για την επισιτιστική ασφάλεια. Έτσι, σε παγκόσμια κλίμακα, πρέπει να ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα, με σκοπό την προσαρμογή στις αναπόφευκτες αλλαγές του κλίματος (Duchenne-Moutien and Neetoo, 2021).

4.2.1 Μέτρα προσαρμογής στον αγροτικό τομέα

Ο αγροτικός τομέας αποτελεί κύριο συντελεστή της κλιματικής αλλαγής, λόγω των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από τους πρωτογενείς τομείς παραγωγής τροφίμων, αλλά παράλληλα αποτελεί και έναν από τους πιο επηρεασμένους από την κλιματική αλλαγή τομείς. Ο αγροτικός τομέας αποτελεί πιθανώς τον περισσότερο εξαρτημένο από το κλίμα τομέα ανθρώπινης δραστηριότητας, υπόκειται στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, αλλά παράλληλα εντείνει το εν λόγω φαινόμενο. Παρ' όλα αυτά, ο αγροτικός τομέας μπορεί να αποτελέσει βιώσιμη λύση για τα προβλήματα που αναδύονται από την κλιματική κρίση, μέσω της λήψης κατάλληλων μέτρων (El Bilali et al., 2020).

Τα μέτρα προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή, αναφορικά με τον αγροτικό τομέα, μπορούν να λάβουν χώρα σε διάφορες χωρικές κλίμακες, συμπεριλαμβανομένων του εθνικού και περιφερειακού επιπέδου, αλλά και του επιπέδου αγροκτήματος. Η ευθύνη για τη λήψη των εν λόγω μέτρων προσαρμογής διαφοροποιείται μεταξύ των διάφορων συντελεστών, όπως αγρότες, ιδιωτικές βιομηχανίες και κυβερνήσεις. Ορισμένα μέτρα για την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή πρέπει να υλοποιούνται σε εθνικό και περιφερειακό επίπεδο, έτσι ώστε να αφορούν το σύνολο των αγροκτημάτων και των εργαζομένων στους εν λόγω τομείς. Τα μέτρα προσαρμογής που υλοποιούνται σε επίπεδο αγροκτήματος εστιάζουν σε τεχνικά μέτρα, που μεταβάλλουν τις μεθόδους, τα μοτίβα, τις αγροτικές δομές και τις στρατηγικές παραγωγής (EEA, 2019).

Σε εθνικό και περιφερειακό επίπεδο, τα μέτρα προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή, αναφορικά με τον αγροτικό τομέα, αφορούν μέτρα ευαισθητοποίησης και παροχής

συμβουλών, σχετικά με τα μέτρα που πρέπει να υλοποιηθούν για την καλύτερη προσαρμογή σε επίπεδο αγροκτήματος, παροχή κλιματικών υπηρεσιών, βελτίωση της ασφάλισης των αγροτικών εκτάσεων, μέτρα προσαρμογής που βασίζονται στην κοινότητα, μέτρα βελτίωσης της αποδοτικότητας της άρδευσης, καθώς και μέτρα για την πρόληψη και διαχείριση φυσικών καταστροφών, όπως οι πλημμύρες (EEA, 2019).

Σε συνδυασμό με την ανάπτυξη συμβουλευτικών συστημάτων, οι κλιματικές υπηρεσίες δύνανται να βοηθούν στην παραγωγή, μετάφραση, επικοινωνία και χρήση των κλιματικών πληροφοριών στις διαδικασίες λήψης αποφάσεων και έτσι μπορούν να συμβάλλουν καθοριστικά στις προσπάθειες προσαρμογής των αγροτικών συστημάτων στην κλιματική αλλαγή. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της παροχής πληροφοριών κατάλληλα προσαρμοσμένων για την υλοποίηση αποτελεσματικών μέτρων προσαρμογής, για τις συγκεκριμένες συνθήκες που επικρατούν σε κάθε αγρόκτημα (Bezner Kerr et al., 2022).

Η ασφάλιση των αγροτικών εκτάσεων αποτελεί ένα οικονομικό μέτρο προσαρμογής, που χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο στον αγροτικό τομέα. Οι αγρότες εκτίθενται σε διαφορετικούς τύπους κινδύνων, που επηρεάζουν τις αγροτικές δραστηριότητες. Επί του παρόντος, η αγροτική ασφάλιση εστιάζει, κυρίως, σε μεμονωμένους κινδύνους, όπως το χαλάζι, ενώ η ασφάλιση για πολλαπλούς κινδύνους είναι διαθέσιμη σε μερικές χώρες, συμπεριλαμβανομένων χωρών της Ευρώπης. Τα ασφάλιστρα στον αγροτικό τομέα είναι αρκετά υψηλά και έτσι πολλές χώρες παρέχουν επιχορήγηση για ασφάλιση (EEA, 2019).

Μία σχετικά νέα προσέγγιση στον αγροτικό ασφαλιστικό κίνδυνο είναι η χρήση παράγωγων χρηματοοικονομικών προϊόντων, όπως η αγροτική ασφάλιση βάση δεικτών (Index-based agricultural insurance). Τέτοιου είδους ασφάλιση στηρίζεται σε εύκολα παρατηρήσιμους δείκτες καιρού, όπως η θερμοκρασία και οι βροχοπτώσεις και έτσι οι πληρωμές της ασφάλισης λαμβάνονται, όταν επιτευχθεί ο μετρικός κανόνας για μία συγκεκριμένη περιοχή, εξαλείφοντας την ανάγκη συλλογής συγκεκριμένων για κάθε αγρόκτημα πληροφοριών. Ως εκ τούτου, μειώνονται τα κόστη συναλλαγών και γίνεται πιο προσιτή η ασφάλιση και των μικρών αγροτικών εκτάσεων (Bezner Kerr et al., 2022).

Οι στρατηγικές προσαρμογής που βασίζονται στην κοινότητα (Community-based adaptation) αφορούν προσεγγίσεις προσαρμογής, που στηρίζονται στη συμμετοχή τοπικών συντελεστών στις διαδικασίες σχεδιασμού και υλοποίησης των μέτρων προσαρμογής, η οποία βελτιώνει την ικανότητα των κοινοτήτων για παρακολούθηση και

ανταπόκριση στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στα συστήματα τροφίμων και στην επισιτιστική ασφάλεια, δεδομένου ότι υπάρχουν επαρκείς πόροι και κατάλληλη γνώση, αναφορικά με την κλιματική κρίση (Bezner Kerr et al., 2022). Σε ένα τέτοιο πλαίσιο, οι παραγωγοί τροφίμων συμμετέχουν σε συστήματα παρακολούθησης κινδύνων, μοιράζονται καλές πρακτικές και εμπειρίες, πληροφορούν και πληροφορούνται, με αποτέλεσμα να βελτιώνεται το δυναμικό προσαρμογής (Gitz et al., 2016).

Η παρακολούθηση των δασών, των κοραλλιογενών υφάλων και των μαγκρόβιων, σε επίπεδο κοινότητας, αποτελούν παραδείγματα αξιολόγησης των τοπικών φυσικών πόρων, που μπορούν να υποστηρίξουν την επισιτιστική ασφάλεια και τα μέσα βιοπορισμού, ενώ παράλληλα παρέχουν σημαντικές πληροφορίες για τον περιφερειακό και εθνικό σχεδιασμό των στρατηγικών αντιμετώπισης των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής. Η συμμετοχική παρακολούθηση των εν λόγω επιπτώσεων και η ανάπτυξη σεναρίων για τη βελτίωση των κοινοτικών πλάνων δράσης, δύνανται να ενισχύουν την προετοιμασία και ανταπόκριση στις κλιματικές επιπτώσεις, σε τοπικό επίπεδο (Bezner Kerr et al., 2022).

Η ενίσχυση των τοπικών και περιφερειακών συστημάτων τροφίμων, ακολουθώντας την προσέγγιση της επισιτιστικής κυριαρχίας, αναφορικά με την πρόσβαση σε πόρους, όπως το νερό, το έδαφος και οι σπόροι, καθώς και συντομευμένες τροφικές αλυσίδες, δύνανται να αποτελέσει σημαντική στρατηγική προσαρμογής. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της αυξημένης τοπικής ικανότητας και δύναμης για αποτελεσματική δράση εντός των συστημάτων τροφίμων. Σε ένα τέτοιο πλαίσιο, αυξάνονται τα κίνητρα για επενδύσεις σε ανθεκτικές στο κλίμα υποδομές, καθώς και για βιώσιμες πρακτικές διαχείρισης του εδάφους των αγροτικών εκτάσεων. Παράλληλα, η μείωση των εξωτερικών εισροών μπορεί να ευνοήσει τις διαδικασίες προσαρμογής, αλλά και την αποδοτικότητα στη χρήση των πόρων, με χαρακτηριστικό παράδειγμα τη δημιουργία κοινοτικών τραπεζών σπόρων και δικτύων ενίσχυσης των τοπικών συστημάτων σπόρων (Bezner Kerr et al., 2022).

Η ενίσχυση των τοπικών και περιφερειακών συστημάτων τροφίμων μπορεί να επιτευχθεί μέσω καινοτόμων θεσμικών στρατηγικών, όπως τα συλλογικά εμπορικά σήματα και τα συμμετοχικά συστήματα εγγύησης, ενώ σε αστικά πλαίσια μπορούν να αναπτυχθούν συστήματα που στηρίζονται στη μείωση της εξάρτησης στο διεθνές εμπόριο και τη σχετιζόμενη με αυτό αστάθεια, με παράλληλη ενίσχυση της λήψης αποφάσεων σε τοπικό επίπεδο. Τα συστήματα αυτά περιλαμβάνουν ένα δίκτυο εντός μίας περιφερειακής

περιοχής, γύρω από ένα αστικό κέντρο, καθώς και των γύρω περιαστικών και αγροτικών περιοχών (Bezner Kerr et al., 2022).

4.2.1.1 Μέτρα στον τομέα της γεωργίας

Αναφορικά με τις βασικές καλλιέργειες, οι πρακτικές διαχείρισης καλλιεργειών αποτελούν τις περισσότερο μελετημένες επιλογές προσαρμογής, αλλά οι ποσοτικές αξιολογήσεις περιορίζονται, κυρίως, σε ήδη υπάρχοντα αγρονομικά μέτρα, όπως αλλαγές στις ποικιλίες, στα χρονοδιαγράμματα φύτευσης και στη διαδικασία της άρδευσης. Υπολογίζεται ότι το συνολικό δυναμικό προσαρμογής των ήδη υπάρχοντων πρακτικών διαχείρισης καλλιεργειών, έτσι ώστε να μειώσουν τις απώλειες στις αποδόσεις των καλλιεργειών, θα βρίσκεται κατά μέσο όρο στο 8%, μέχρι το μέσο του τρέχοντος αιώνα και στο 11%, μέχρι το τέλος του αιώνα, ποσοστά τα οποία είναι ανεπαρκή για να αντισταθμίσουν τις αρνητικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, ιδιαίτερα στις πιο θερμές περιοχές, σε παγκόσμια κλίμακα. Ακόμα και στις περιοχές όπου οι πρακτικές διαχείρισης είναι αποτελεσματικές, θα πρέπει η εν λόγω αποτελεσματικότητα να αξιολογείται, υπό τις προβλεπόμενες επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής (Bezner Kerr et al., 2022).

Οι αλλαγές στα χρονοδιαγράμματα φύτευσης δίνουν τη δυνατότητα εκμετάλλευσης των πρώιμων συνθηκών υγρασίας και της παρατεταμένης καλλιεργητικής περιόδου, ελαχιστοποιώντας τον κίνδυνο που προκύπτει από τα φαινόμενα ξηρασίας (EEA, 2019). Σε συνδυασμό με την επιλογή ποικιλιών πρώιμης ωρίμανσης, το τελευταίο στάδιο ανάπτυξης των καλλιεργειών ολοκληρώνεται ή βρίσκεται κοντά στην ολοκλήρωση, προτού οι συνθήκες θερμικού στρες και ξηρασίας γίνουν ιδιαίτερα έντονες (Mylonas et al., 2020). Επίσης, η καθυστέρηση της διαδικασίας της φύτευσης μπορεί να είναι χρήσιμη για την πιο αποδοτική χρήση του νερού της βροχής και της υγρασίας του εδάφους. Λόγω των υψηλότερων αποδόσεων και της μεγάλης ποσότητας υπολειμμάτων καλλιεργειών, όταν εφαρμόζονται αλλαγές στα χρονοδιαγράμματα φύτευσης, η δέσμευση του άνθρακα στο έδαφος αυξάνεται, συντελώντας στον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής (EEA, 2019).

Η στροφή προς διαφορετικές καλλιέργειες, που προσαρμόζονται καλύτερα στις νέες κλιματικές συνθήκες ή η χρήση αντίστοιχων ποικιλιών, θα μπορούσε να μειώσει τις επιπτώσεις της ξηρασίας και της λειψυδρίας (EEA, 2019). Μελέτες υποδεικνύουν ότι η προσαρμογή μέσω αλλαγών στις ποικιλίες, μπορεί να αντισταθμίσει τις παγκόσμιες απώλειες, μέχρι 2°C υπερθέρμανση. Ωστόσο, υπερθέρμανση μεγαλύτερη των 2°C, θα

αυξήσει ουσιαστικά το κόστος προσαρμογής και τις ζημιές στις κύριες καλλιέργειες (Bezner Kerr et al., 2022).

Η παραγωγή καλλιεργειών συχνά χαρακτηρίζεται από συστήματα μονοκαλλιεργειών και μικρών εναλλαγών. Οι πρακτικές αυτές συνεπάγονται φαινόμενα διάβρωσης και απώλειας γονιμότητας του εδάφους, περισσότερες εξάρσεις παρασίτων και ασθενειών των καλλιεργειών, φαινόμενα ρύπανσης, καθώς και απώλεια βιοποικιλότητας, ενώ οι κίνδυνοι αυτοί αυξάνουν την ευαλωτότητα στις απρόβλεπτες επιπτώσεις που αφορούν τις αγορές και το κλίμα (European Commission, 2021). Η λήψη μέτρων που βασίζονται στη φύση, τα οποία εστιάζουν σε οικολογικές προσεγγίσεις, καθώς και στη διατήρηση της βιοποικιλότητας, έχει αποδειχθεί ότι μπορεί να ενισχύσει την ανθεκτικότητα των οικοσυστημάτων στις μεταβολές του κλίματος (Bezner Kerr et al., 2022).

Η Αγροοικολογία αποτελεί μία ολιστική προσέγγιση που «παρέχει τις βασικές οικολογικές αρχές για τον τρόπο μελέτης, σχεδιασμού και διαχείρισης των οικοσυστημάτων, που είναι τόσο παραγωγικά, με εστίαση στην διατήρηση των φυσικών πόρων, όσο και πολιτισμικά ευαίσθητα, κοινωνικά δίκαια και οικονομικά βιώσιμα» (Gitz et al., 2016). Επηρεάζει μεγάλο μέρος των αγροτικών πρακτικών, υποστηρίζει τη βιώσιμη γεωργική παραγωγή και μπορεί να συμβάλει στη μετάβαση προς συστήματα τροφίμων που είναι φιλικά προς το κλίμα (European Commission, 2021). Οι αγροοικολογικές προσεγγίσεις δύνανται να αυξήσουν την ανθεκτικότητα των συστημάτων τροφίμων, ενώ παράλληλα, ορισμένες από τις πρακτικές που εφαρμόζονται, με χαρακτηριστικό παράδειγμα την Αγροδασοπονία, παρέχουν λύσεις για τον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής. Σε γενικές γραμμές, τέτοιες προσεγγίσεις μπορούν να οδηγήσουν σε αύξηση της αποτελεσματικότητας της διαδικασίας προσαρμογής, μέσω υποστήριξης των υπηρεσιών του οικοσυστήματος, βελτίωσης της σταθερότητας των αποδόσεων, μείωσης των κινδύνων και του κόστους των εισροών, καθώς και βελτίωσης της επισιτιστικής ασφάλειας (Bezner Kerr et al., 2022).

Η διαφοροποίηση των αγροτικών συστημάτων, που συνιστά βασική πτυχή της Αγροοικολογίας, αποτελεί στρατηγική προσαρμογής, που μπορεί να ενισχύσει την ανθεκτικότητα στην κλιματική αλλαγή, με περιβαλλοντικά και κοινωνικοοικονομικά οφέλη, που ποικίλουν ανάλογα με το κοινωνικό και οικολογικό πλαίσιο που εφαρμόζεται (Bezner Kerr et al., 2022). Η στρατηγική αυτή εφαρμόζεται ήδη για την αντιμετώπιση προκλήσεων στην παραγωγή καλλιεργειών και περιλαμβάνει τη φύτευση περισσότερων

της μίας καλλιέργειας σε μία περιοχή, αλλά μπορεί να επιτευχθεί με την προσθήκη διαφορετικών ποικιλιών ή μέσω της αλλαγής του καλλιεργητικού συστήματος. Επίσης, μπορεί να περιλαμβάνει την αντικατάσταση εμπορευμάτων χαμηλής αξίας με εμπορεύματα υψηλής αξίας, όπως φρούτα και λαχανικά, αλλά και την ενσωμάτωση καλλιεργειών και ζώων σε μικτά αγροτικά συστήματα (Walia, 2020).

Η διαφοροποίηση καλλιεργειών περιλαμβάνει πολλές πτυχές, όπως ποικιλομορφία των ειδών καλλιεργειών, των ποικιλιών τους, αλλά και γενετική ποικιλομορφία των καλλιεργειών. Οι πτυχές αυτές καθιστούν τη διαφοροποίηση των αγροτικών συστημάτων ένα από τα πιο εφικτά και οικονομικά αποδοτικά μέτρα για το κτίσιμο ανθεκτικότητας των αγροτικών συστημάτων, έναντι των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής (Walia, 2020). Η εφαρμογή μέτρων διαφοροποίησης καλλιεργειών, καθιστά ευκολότερη την αντιμετώπιση μίας αποτυχίας συγκομιδής, ιδιαίτερα λόγω κάποιου ακραίου καιρικού φαινομένου, καθώς διαφορετικές καλλιέργειες ανταποκρίνονται διαφορετικά στον καιρό και στο κλίμα, ενώ παράλληλα επιτρέπει τη διαφοροποίηση των πηγών εισοδήματος και την ικανοποίηση μεγαλύτερου εύρους καταναλωτικών απαιτήσεων (EIP-AGRI, 2021).

Η διαφοροποίηση καλλιεργειών μπορεί να εφαρμοστεί σε διάφορες κλίμακες διαφορετικών συστημάτων, όπως στα συστήματα καλλιεργειών που στηρίζονται στο νερό της βροχής, στα αρδευόμενα συστήματα, ακόμα και στα αστικά περιβάλλοντα, σε πολλαπλές ρυθμίσεις χωρικής και χρονικής κλίμακας, όπως μικτή φύτευση, διακαλλιέργειες, αμειψισπορά, Αγροδασοπονία και ολοκληρωμένα συστήματα καλλιεργειών και ζώων. Οι πρακτικές αυτές βελτιώνουν τη ρύθμιση και την υποστήριξη των υπηρεσιών των οικοσυστημάτων, με χαρακτηριστικά παραδείγματα την υγεία και τη γονιμότητα του εδάφους, την κυκλοφορία των θρεπτικών συστατικών και τη δέσμευση του άνθρακα στο έδαφος, τη διαχείριση των παρασίτων, την επικονίαση, τη ρύθμιση των υδατικών πόρων και των ακραίων θερμοκρασιών, που με τη σειρά τους μπορούν να ενισχύσουν τη σταθερότητα των αποδόσεων και να μειώσουν τον κίνδυνο απωλειών των καλλιεργειών (Bezner Kerr et al., 2022). Χαρακτηριστικά, η παραγωγή σιτηρών αυξάνεται κατά 16% σε ένα σύστημα αμειψισποράς, σε σχέση με τα συστήματα μονοκαλλιέργειας (Mylonas et al., 2020). Παράλληλα, μειώνεται η ανάγκη χρήσης φυτοφαρμάκων, λιπασμάτων και βαρέων μηχανημάτων (European Commission, 2021).

Η διαφοροποίηση των καλλιεργειών, μέσω της φύτευσης μίξης καλλιεργειών, μπορεί να οδηγήσει στην καταστολή της ανάπτυξης ζιζανίων, τη μείωση της ανάγκης χρήσης λιπασμάτων, καθώς και τη μείωση της εκδήλωσης προβλημάτων που οφείλονται σε παράσιτα και ασθένειες, που συνεπάγεται μειωμένη χρήση φυτοφαρμάκων (European Commission, 2021). Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η εισαγωγή οσπρίων στις αμειψισπορές, που συμβάλλει στη δέσμευση περισσότερου αζώτου, με αποτέλεσμα να μειώνεται η ανάγκη χρήσης λιπασμάτων, στην αύξηση της υγρασίας του εδάφους και στη μείωση των πιέσεων ασθενειών και ζιζανίων (Mylonas et al., 2020). Η ποικιλομορφία, που ενισχύεται με τον τρόπο αυτό, παρέχει σημαντικούς πόρους που απαιτούνται για τη διαδικασία της επικονίασης και τους φυσικούς εχθρούς των παρασίτων. Ως εκ τούτου, λόγω της πιο αποδοτικής χρήσης των πόρων, η φύτευση μίξης καλλιεργειών μπορεί να οδηγεί σε μεγαλύτερες αποδόσεις, σε σχέση με τα συστήματα μονοκαλλιέργειας, ιδιαίτερα υπό το πρίσμα των επιπτώσεων της κλιματικής κρίσης, που ευνοούν την εξάπλωση παρασίτων και ασθενειών (European Commission, 2021).

Η βιώσιμη εντατικοποίηση της γεωργικής παραγωγής αποτελεί σημαντικό στόχο της βιώσιμης ανάπτυξης, δεδομένων παραγόντων, όπως η αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού και οι επιπτώσεις της κλιματικής κρίσης (Maggio, Van Crielinge and Malingreau, 2015). Η προσέγγιση της κλιματικά έξυπνης γεωργίας μπορεί να βοηθήσει στην αύξηση της παραγωγικότητας και των εισοδημάτων του αγροτικού τομέα, με βιώσιμο τρόπο, αλλά παράλληλα και στο κτίσιμο ανθεκτικότητας έναντι των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής. Οι πρακτικές που στηρίζονται στην κλιματικά έξυπνη γεωργία εστιάζουν σε τρόπους μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, στη μείωση των γεωργικών εισροών, όπως ενέργεια, καύσιμα, εντομοκτόνα και λιπάσματα, στη βελτίωση της αποδοτικότητας της χρήσης των πόρων, καθώς και στη διαδικασία δέσμευσης του άνθρακα στο έδαφος (EIP-AGRI, 2021).

Οι κλιματικά έξυπνες πρακτικές μπορούν να συμβάλλουν στην περαιτέρω μείωση του κλιματικού αποτυπώματος και στη βελτίωση της παραγωγικότητας, με παράλληλη μείωση του κόστους. Στον αγροτικό τομέα υπάρχει υψηλό δυναμικό αποθήκευσης οργανικού άνθρακα στο έδαφος, τα φυτά και τα δέντρα, μειώνοντας τις εκπομπές CO₂. Οι γεωργικές πρακτικές που περιλαμβάνονται στην Αγροοικολογία, όπως η διαφοροποίηση

καλλιεργειών και η γεωργία διατήρησης, αποτελούν χαρακτηριστικά παραδείγματα κλιματικά έξυπνης γεωργίας (EIP-AGRI, 2021).

Η γεωργία διατήρησης μπορεί να συμβάλλει στη βιώσιμη παραγωγή καλλιεργειών και χαρακτηρίζεται από βιώσιμη διαχείριση του εδάφους, προστασία του περιβάλλοντος και προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή. Προωθεί τη συνεχή κάλυψη του εδάφους με τη μορφή καλλιεργειών ή υπολειμμάτων αυτών και περιλαμβάνει κάθε μέθοδο καλλιέργειας που αφήνει υπολείμματα καλλιεργειών του προηγούμενου έτους στο αγρόκτημα, με σκοπό την ελάττωση της διάβρωσης του εδάφους και των απορροών, εξασφαλίζοντας ότι τουλάχιστον το 30% της επιφάνειας του εδάφους καλύπτεται με υπολείμματα καλλιεργειών μετά τη φύτευση. Χαρακτηρίζεται από μείωση της έντασης, αλλά και των εφαρμογών άρσης, ενώ μπορεί να περιλαμβάνει και μηδενική άρση, βελτιώνοντας τη δομή του εδάφους, επηρεάζοντας τη χλωρίδα και την πανίδα, με αποτέλεσμα τη μείωση των πιέσεων που αφορούν ασθένειες καλλιεργειών. Παράλληλα, μειώνονται οι αρνητικές επιπτώσεις της διάβρωσης του εδάφους, των απωλειών νερού και των φαινομένων ξηρασίας, που εντείνονται υπό την κλιματική κρίση, ενώ η μειωμένη χρήση καυσίμων συνεπάγεται μείωση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, συμβάλλοντας στον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής (Mylonas et al., 2020).

Η γεωργία ακριβείας περιλαμβάνει τεχνολογίες και πρακτικές που αποσκοπούν στη διαχείριση της χωρικής και χρονικής μεταβλητότητας των αγροκτημάτων, μέσω της βελτίωσης των αποδόσεων και της εφαρμογής των εισροών. Μπορεί να περιλαμβάνει αυτόνομα γεωργικά μηχανήματα, όπως μηχανήματα ρομποτικής, για τον έλεγχο των ζιζανίων και των συγκομιδών, τη χρήση έξυπνων τηλεφώνων για την ανίχνευση παρασίτων και ασθενειών των καλλιεργειών, εξελίξεις στη διαχείριση των μεγάλων δεδομένων, καθώς και δορυφορικά συστήματα εντοπισμού θέσης και drones, σε συνδυασμό με άλλα συστήματα διάγνωσης και εφαρμογής, που συνδέουν τα δεδομένα για την αξιολόγηση των συνθηκών του εδάφους και των καλλιεργειών και παρέχουν πληροφορίες για προσαρμοσμένες ποσότητες νερού, φυτοφαρμάκων ή λιπασμάτων. Τα συστήματα αυτά μπορούν να προβλέπουν καιρικά μοτίβα, επιτρέποντας περισσότερη ακρίβεια στις διαδικασίες της φύτευσης και της φροντίδας των καλλιεργειών (EASAC, 2017).

Τέτοιες τεχνολογίες και πρακτικές γεωργίας ακριβείας δημιουργούν περισσότερες ευκαιρίες για την παρακολούθηση του περιεχομένου στο έδαφος άνθρακα και κάνουν πιο

αποδοτική τη χρήση πόρων, όπως των υδατικών πόρων και των λιπασμάτων, μέσω της χρήσης αποδεκτών σε κόστος εργαλείων και ως εκ τούτου μπορούν να συμβάλλουν καθοριστικά στη μείωση των επιπτώσεων της κλιματικής κρίσης (EIP-AGRI, 2021). Η μείωση στην εφαρμογή και ως εκ τούτου στην παραγωγή των λιπασμάτων, αλλά και στην κατανάλωση ενέργειας, συμβάλλουν στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, παρέχοντας ευκαιρίες μετριασμού της κλιματικής αλλαγής. Η αποδοτική και συγκεκριμένη για κάθε αγρόκτημα εφαρμογή λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων, ο περιορισμός στη χρήση μηχανημάτων και η αφαίρεση των ζιζανίων με πρακτικές ακριβείας, συμβάλλουν συνολικά στην προσαρμογή, μέσω της θετικής επίδρασης στη δομή του εδάφους, της μείωσης του κινδύνου φαινομένων ρύπανσης και της πρόληψης της ανάπτυξης ανθεκτικότητας των καλλιεργειών σε φυτοφάρμακα (ΕΕΑ, 2019).

Η διαδικασία βελτίωσης των ποικιλιών διαφορετικών καλλιεργειών μπορεί να αποτελέσει στρατηγική προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή. Πρόκειται για την εφαρμοσμένη γενετική επιστήμη, που αξιοποιεί τις αρχές της κληρονομικότητας, μέσω της φαινοτυπικής παραλλακτικότητας που είτε προϋπάρχει, είτε δημιουργείται με νέους γονιδιακούς συνδυασμούς. Η στρατηγική αυτή στοχεύει στην ανάπτυξη νέων ποικιλιών με υψηλότερο δυναμικό αποδόσεων, βελτιωμένη αντοχή και ανθεκτικότητα σε βιοτικές πιέσεις, όπως τα παράσιτα και οι παθογόνοι παράγοντες, αλλά και σε αβιοτικές πιέσεις, όπως οι υψηλές θερμοκρασίες και οι συνθήκες ξηρασίας (Sade and Peleg, 2020).

Τα μέτρα προσαρμογής που εφαρμόζονται στην Ευρώπη αφορούν κυρίως αλλαγές στα χρονοδιαγράμματα φύτευσης και συγκομιδής, στην άρδευση και στις ποικιλίες των καλλιεργειών, καθώς και στην επιλογή εναλλακτικών καλλιεργειών. Η άρδευση είναι αποτελεσματική, αναφορικά με τη μείωση των απωλειών στις αποδόσεις των καλλιεργειών, ιδιαίτερα λόγω του θερμικού στρες και των φαινομένων ξηρασίας, αλλά συνεπάγεται αυξημένη απαίτηση σε υδατικούς πόρους. Υπό 2°C υπερθέρμανση, προβλέπεται ότι στο μεγαλύτερο μέρος της ηπείρου, η άρδευση κύριων καλλιεργειών, όπως το σιτάρι, μπορεί να αντιστρέψει τις μειώσεις των αποδόσεων, υπό την προϋπόθεση ότι υπάρχουν επαρκείς ποσότητες νερού και κατάλληλες υποδομές. Υπό τις ίδιες προϋποθέσεις, οι μειώσεις στις αποδόσεις του αραβόσιτου στη Νότια Ευρώπη, μπορούν να μειωθούν από το 80% στο 11% (Bezner Kerr et al., 2022).

Τα εκτεταμένα φαινόμενα ξηρασίας που καταγράφονται στην Ευρώπη κατά τις τελευταίες δεκαετίες, έχουν προκαλέσει μείωση της παραγωγής σε πολλά αρδευόμενα συστήματα της Νότιας Ευρώπης, υποδεικνύοντας περιορισμένη ικανότητα προσαρμογής σε κλιματικές παραμέτρους, τα φαινόμενα ξηρασίας. Έτσι, απαιτούνται πρακτικές που περιλαμβάνουν τη βελτίωση στην αποδοτικότητα της χρήσης των υδατικών πόρων, της άρδευση και της διαχείρισης των υπόγειων υδάτων, καθώς και την ανακατανομή των υδατικών πόρων μεταξύ των διάφορων καλλιεργειών (Bezner Kerr et al., 2022).

Αλλαγές στα χρονοδιαγράμματα φύτευσης και στις ποικιλίες καλλιεργειών δύνανται να μειώνουν τις απώλειες στις αποδόσεις, αλλά οι πρακτικές αυτές είναι ανεπαρκείς για την πλήρη αντιστάθμιση των απωλειών, που προβλέπονται υπό υπερθέρμανση μεγαλύτερη των 3°C. Μέτρα προσαρμογής που αφορούν την πρώιμη ωρίμανση μειώνουν τις απώλειες στις αποδόσεις, ιδιαίτερα μέσω της μετακίνησης του κύκλου προς ένα πιο ψυχρό μέρος του έτους, ενώ παράλληλα μειώνουν τις απαιτήσεις υδατικών πόρων για τη διαδικασία της άρδευσης (Bezner Kerr et al., 2022).

4.2.1.2 Μέτρα στον τομέα της κτηνοτροφίας

Τα κτηνοτροφικά είδη ζώων δύνανται να προσαρμόζονται, ως έναν βαθμό, στις επιπτώσεις της κλιματικής κρίσης, μέσω φυσιολογικών, βιοχημικών, ανοσολογικών, ανατομικών και συμπεριφορικών αποκρίσεων, όπως η αναζήτηση σκιάς, η μειωμένη πρόσληψη τροφής και η αυξημένη ποσότητα και συχνότητα πρόσληψης νερού. Ωστόσο, λόγω των επιπτώσεων των εν λόγω αποκρίσεων, όπως η μειωμένη παραγωγικότητα, αλλά και του γεγονότος ότι συνήθως οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής είναι σωρευτικές και δρουν ως πολλαπλασιαστές πιέσεων, είναι αναγκαία η ανθρώπινη παρέμβαση, μέσω στρατηγικών προσαρμογής, που περιλαμβάνουν τη βελτίωση των συνθηκών εκτροφής των ζώων, τη γενετική βελτίωση των ζώων, τη διαφοροποίηση των κτηνοτροφικών ειδών, τη βελτίωση της διαχείρισης των βοσκότοπων και των πρακτικών σίτισης των ζώων, την πρόληψη ασθενειών και τη διαχείριση παρασίτων, καθώς και τη στροφή προς μικτά αγροτικά συστήματα (Cheng, McCarl and Fei, 2022).

Η βελτίωση των συνθηκών εκτροφής των ζώων περιλαμβάνει φυσικές τροποποιήσεις του περιβάλλοντος, τόσο για τα ζώα που εκτρέφονται σε εξωτερικούς χώρους, όσο και για αυτά που διατηρούνται σε εσωτερικούς χώρους. Αναφορικά με τα ζώα που παραμένουν σε εξωτερικούς χώρους, όπως βοσκότοπους, η παροχή σκιάς αποτελεί ένα αποδοτικό σε

κόστος μέτρο προσαρμογής, καθώς μειώνει την έκθεση σε ηλιακή ακτινοβολία και συνεπώς στο θερμικό στρες. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την κατασκευή κατάλληλων σκέπαστρων, αλλά και με τη φύτευση δέντρων. Ο συνδυασμός της παροχής σκιάς με τη χρήση ανεμιστήρων ή ψεκαστήρων, μπορεί να παρέχει σημαντικά οφέλη για την αντιμετώπιση του θερμικού στρες στα ζώα (Cheng, McCarl and Fei, 2022). Το πιο συχνό μπάνιο των ζώων, ακόμα και αρκετές φορές την ημέρα, μπορεί να συμβάλλει στην αντιμετώπιση της εν λόγω πίεσης (Bezner Kerr et al., 2022).

Αναφορικά με τα ζώα που διατηρούνται σε εσωτερικούς χώρους, τα μέτρα προσαρμογής μπορούν να περιλαμβάνουν τη χρήση οικοδομικών υλικών που μειώνουν τη θερμότητα, την κατάλληλη μόνωση, τη χρήση κατάλληλων συστημάτων εξαερισμού, ανεμιστήρων, ψεκαστήρων, κλιματισμού ή άλλων συστημάτων ψύξης και κυκλοφορίας του αέρα (Cheng, McCarl and Fei, 2022). Η βελτίωση των συνθηκών εκτροφής έχει και οφέλη μετριασμού της κλιματικής αλλαγής, καθώς οδηγεί μειωμένες εκπομπές CH₄, λόγω της μείωσης της θερμοκρασίας, ενώ παράλληλα η βελτίωση της υγείας των ζώων, βελτιώνει την αποδοτικότητα στη χρήση ζωοτροφών. Στα συστήματα παραγωγής γαλακτοκομικών προϊόντων, οι εκπομπές CH₄ και N₂O μειώνονται με την αύξηση της παραγωγικότητας, ενώ οι εκπομπές CO₂ αυξάνονται, αλλά σε μικρότερη κλίμακα (EEA, 2019).

Η υιοθέτηση κατάλληλων πρακτικών σίτισης των ζώων, μπορεί να ενισχύσει τις αποδόσεις τους, υπό τις πιέσεις της κλιματικής κρίσης. Τέτοιες πρακτικές περιλαμβάνουν τροποποιήσεις στη διατροφική σύνθεση, αλλαγές στον χρόνο και τη συχνότητα σίτισης, αλλά και την κατάλληλη διαχείριση των υδατικών πόρων. Η αύξηση στην πρόσληψη θρεπτικών συστατικών, συγκεκριμένων μετάλλων, ηλεκτρολυτών και γενικότερα η αύξηση του ενεργειακού περιεχομένου, σε συνδυασμό με τη διατήρηση του ισοζυγίου του νερού, μπορούν να συντελέσουν στην ανακούφιση από το θερμικό στρες (Cheng, McCarl and Fei, 2022). Παράλληλα, η κατάλληλη εκπαίδευση των παραγωγών στην παραγωγή και τη συντήρηση των ζωοτροφών για διαφορετικές αγροοικολογικές ζώνες, μπορεί να συμβάλλει στη διαδικασία προσαρμογής (Rojas-Downing et al., 2017).

Η βελτίωση της ποιότητας των ζωοτροφών βελτιώνει την παραγωγικότητα και μειώνει το ποσοστό της ενέργειας που χάνεται ως CH₄. Οι εκπομπές CH₄, θα μπορούσαν να μειωθούν και με την εισαγωγή περισσότερων συμπυκνωμένων ζωοτροφών (EEA, 2019). Αντίστοιχα οφέλη μετριασμού της κλιματικής αλλαγής, μέσω της βελτίωσης των πρακτικών σίτισης,

αφορούν τις εκπομπές από την εντερική ζύμωση, που μπορούν να μειωθούν ακόμα και κατά 2,5-15%, ανά μονάδα παραγωγής γάλακτος, μέσω της βελτίωσης της πεπτικότητας των ζωοτροφών. Πρόσθετα και συμπληρώματα ζωοτροφών μπορούν να συμβάλλουν, επίσης, στην μείωση της εντερικής εκπομπής CH₄ (Cheng, McCarl and Fei, 2022). Αύξηση κατά 1% του διαιτητικού λίπους μπορεί να μειώσει τις εντερικές εκπομπές CH₄ κατά 4-5%. Η παροχή ζωοτροφών υψηλότερης ποιότητας και η αύξηση του πρωτεϊνικού τους περιεχομένου μπορούν, επίσης, να μειώσουν τις εν λόγω εκπομπές, λόγω της αύξησης της πεπτικότητας (Rojas-Downing et al., 2017).

Η βελτίωση της διατροφής των ζώων συντελεί και σε μία άλλη προσέγγιση μετριασμού της κλιματικής αλλαγής, που αφορά τη διαχείριση της κοπριάς, λόγω της μεταβολής του όγκου και της σύνθεσης αυτής. Πέρα από τη βελτίωση της διατροφής, οι περισσότερες πρακτικές περιλαμβάνουν μείωση του χρόνου και της θερμοκρασίας αποθήκευσης, εφαρμογή αναερόβιας χώνεψης και διαχωρισμό υγρών – στερεών. Μέσω της αναερόβιας χώνεψης, οι μικροοργανισμοί διασπούν την κοπριά, υπό την απουσία οξυγόνου, παράγοντας μίξη βιοαερίου, κυρίως CH₄ και CO₂, το οποίο μπορεί να δεσμευθεί και να χρησιμοποιηθεί ως βιοενέργεια, για την παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας (Cheng, McCarl and Fei, 2022). Άλλες πρακτικές, όπως η μείωση του χρόνου αποθήκευσης, η βελτίωση των συστημάτων διαχείρισης της κοπριάς και ο διαχωρισμός υγρών-στερεών, που μειώνει τις εκπομπές CH₄, αποτελούν πιο οικονομικά εφικτά μέτρα, αλλά απαιτούν περισσότερο χρόνο και προσπάθεια από τους παραγωγούς (Rojas-Downing et al., 2017).

Η διαφοροποίηση των κτηνοτροφικών ειδών μπορεί να συμβάλλει στη διαδικασία της προσαρμογής. Η εκτροφή πολλαπλών ειδών μπορεί να βελτιώσει την ικανότητα των παραγωγών να αντιμετωπίσουν τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, βελτιώνοντας τη βιωσιμότητα των κτηνοτροφικών συστημάτων (Cheng, McCarl and Fei, 2022). Η αλλαγή των ειδών ή των φυλών εκτροφής αποτελεί, επίσης, μέτρο προσαρμογής, όπως η εναλλαγή από μεγάλα μηρυκαστικά σε κασίκες, που είναι πιο ανθεκτικές στη θερμότητα, για την παραγωγή γαλακτοκομικών προϊόντων (Bezner Kerr et al., 2022).

Η γενετική βελτίωση των ζώων έχει χρησιμοποιηθεί για τη βελτίωση της αποδοτικότητας στην κτηνοτροφική παραγωγή και έχει συντελέσει στην μεγάλη αύξησή της. Κάποιες φυλές επηρεάζονται σε μικρότερο βαθμό από το θερμικό στρες, με χαρακτηριστικό παράδειγμα τα μικρά και ανοιχτού χρώματος ζώα, ενώ ορισμένες φυλές μπορεί να

παρουσιάζουν μεγαλύτερη φυσική προσαρμογή στην εν λόγω πίεση. Εάν τέτοιου είδους χαρακτηριστικά κληρονομηθούν, η επιλογή των φυλών για την αντοχή στη θερμότητα, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για τη βελτίωση της προσαρμογής των ζώων σε κλιματικές πιέσεις (Cheng, McCarl and Fei, 2022). Η γενετική βελτίωση μπορεί να αφορά και άλλους κινδύνους, όπως τις ασθένειες (Rojas-Downing et al., 2017).

Η βελτίωση της διαχείρισης των κτηνοτροφικών συστημάτων περιλαμβάνει τη διαφοροποίηση των ζώων και των καλλιεργειών, τη μετάβαση προς μικτά αγροτικά συστήματα, που περιλαμβάνουν κτηνοτροφία, παραγωγή καλλιεργειών και δασοπονία, καθώς και την αλλαγή των χρονοδιαγραμμάτων και των περιοχών που λαμβάνουν χώρα οι αγροτικές δραστηριότητες. Η διαφοροποίηση των κτηνοτροφικών ειδών και των ποικιλιών των καλλιεργειών, μπορούν να αυξήσουν την αντοχή στο θερμικό στρες και τα φαινόμενα ξηρασίας, αλλά και την παραγωγικότητα των ζώων. Στα μικτά συστήματα, η αποδοτικότητα βελτιώνεται, μέσω της παραγωγής περισσότερων τροφίμων, σε μικρότερες εκτάσεις και με τη χρήση λιγότερων πόρων (Rojas-Downing et al., 2017).

Τα μικτά συστήματα κτηνοτροφίας και παραγωγής καλλιεργειών, επιτρέπουν την αξιοποίηση των οφελών που παρέχουν τα μέτρα προσαρμογής που υλοποιούνται στον γεωργικό τομέα. Η εφαρμογή μέτρων που εντάσσονται στην αγροοικολογική προσέγγιση, συμβάλλουν στη διατήρηση της ισορροπίας μεταξύ αγροτικής παραγωγής, προστασίας του περιβάλλοντος και δέσμευσης του άνθρακα. Η ενσωμάτωση της αγροδασοπονίας σε τέτοια συστήματα μπορεί να αυξήσει την παραγωγικότητα, να βελτιώσει τη βιοποικιλότητα, καθώς και να μειώσει τις εξάρσεις ασθενειών και παρασίτων. Έτσι, το όφελος της μετάβασης προς μικτά συστήματα, έγκειται στις θετικές συνεργιστικές επιπτώσεις στους ανωτέρω παράγοντες (Rojas-Downing et al., 2017).

Αναγκαία για την προσαρμογή των κτηνοτροφικών συστημάτων στις επιπτώσεις της κλιματικής κρίσης, είναι η λήψη μέτρων πρόληψης των εξάρσεων ήδη υπαρχόντων, αλλά και αναδυόμενων, ασθενειών και παρασίτων. Τέτοια μέτρα περιλαμβάνουν τη βελτίωση της επιτήρησης και της αντιμετώπισης αυτών, της ικανότητας πρόβλεψης κλιματικά ευαίσθητων ασθενειών και των υπηρεσιών που σχετίζονται με την υγεία και ευεξία των ζώων, καθώς και την ολοκληρωμένη διαχείριση των παρασίτων. Τα μέτρα αυτά συντελούν καθοριστικά στη μείωση του χρόνου ανταπόκρισης και στην αντιμετώπιση των αρνητικών επιπτώσεων στην παραγωγή των τροφίμων (EEA, 2019).

Αναφορικά με τα κτηνοτροφικά συστήματα στην Ευρώπη, οι πρακτικές προσαρμογής εστιάζουν, κυρίως, στη διαχείριση των χρονοδιαγραμμάτων σίτισης, στον έλεγχο των συστημάτων ψύξης και στην παροχή σκιάς. Οι πρακτικές αυτές, αν και μπορούν να χρησιμοποιηθούν στα συστήματα όπου τα ζώα εκτρέφονται σε εσωτερικούς χώρους, η εφαρμογή τους σε βοσκότοπους είναι περιορισμένη. Τα μέτρα ανταπόκρισης στις ανεπαρκείς ποσότητες, αλλά και την ποιότητα των ζωοτροφών, περιλαμβάνουν αλλαγή των πρακτικών σίτισης των ζώων, πρόσθετα ζωοτροφών, την εισαγωγή ζωοτροφών, τις βιολογικές καλλιέργειες, καθώς και μετεγκατάσταση ζώων για βελτιωμένη διαχείριση των βοσκότοπων. Οι στρατηγικές ελέγχου των παθογόνων παραγόντων και των φορέων, περιλαμβάνουν εσωτερική ή εξωτερική εκτροφή, εφαρμογή διαγνωστικών εργαλείων και φαρμάκων, αλλά και κανονισμών για την εξασφάλιση του ασφαλούς εμπορίου και τη μείωση του κινδύνου εισαγωγής ή επέκτασης των παρασίτων. Η βελτίωση καλλιεργειών, ζωοτροφών και ζώων μπορεί να αποτελέσει αποτελεσματική μακροπρόθεσμη στρατηγική προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή (Bednar-Friedl et al., 2022).

4.2.1.3 Μέτρα στους τομείς της αλιείας και των υδατοκαλλιεργειών

Τα μέτρα προσαρμογής στον τομέα της αλιείας εστιάζουν στη διακυβέρνηση και στη διαχείριση, αλλά αφορούν, κυρίως, την κοινωνικοοικονομική διάσταση. Τα μέτρα προσαρμογής στις χερσαίες και υδάτινες εγκαταστάσεις υδατοκαλλιεργειών περιλαμβάνουν, τόσο μέτρα διακυβέρνησης, όσο και αλλαγές στους συντελεστές παραγωγής (Bezner Kerr et al., 2022). Έτσι, σε αντίθεση με τον τομέα της αλιείας, τα μέτρα προσαρμογής του τομέα των υδατοκαλλιεργειών στην κλιματική αλλαγή, είναι περισσότερο προσανατολισμένα στην τεχνολογία και η καινοτομία διαδραματίζει σημαντικό ρόλο για την υλοποίησή τους. Το γεγονός ότι τα συστήματα υδατοκαλλιεργειών αποτελούν χερσαία δραστηριότητα ή δραστηριότητα που πραγματοποιείται κοντά στην ακτή, προσδίδει περισσότερα περιθώρια ελέγχου, σε σχέση με τα συστήματα αλιείας. Παράλληλα, στον τομέα των υδατοκαλλιεργειών υπάρχει και μεγαλύτερη διαφοροποίηση μεταξύ των μέτρων ελέγχου, σε σχέση με τον τομέα της αλιείας (Peck et al., 2020).

Αναφορικά με τον τομέα της αλιείας, η μείωση των πιέσεων στα θαλάσσια οικοσυστήματα είναι αναγκαία για τη μείωση της ευαλωτότητάς τους στην κλιματική αλλαγή, αλλά και για το κτίσιμο ανθεκτικότητας. Το φαινόμενο της υπεραλίευσης, αν και δεν αποτελεί κλιματικό παράγοντα, επηρεάζει άμεσα τη βιωσιμότητα της αλιείας. Ως εκ τούτου, τα

μέτρα που λαμβάνονται για τη βελτίωση της διαχείρισης του εν λόγω προβλήματος, αποτελούν άμεση στρατηγική προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή, με σκοπό τη διατήρηση των αποθεμάτων ψαριών σε αποδεκτά επίπεδα (Bezner Kerr et al., 2022).

Τα μέτρα προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή πρέπει να εστιάζουν στη θέσπιση πολιτικών και σχεδίων δράσης, που λαμβάνουν υπόψη τα μοντέλα πρόβλεψης των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής, με σκοπό την αύξηση της ευελιξίας, αναφορικά με την αλλαγή των θαλάσσιων ειδών στόχων, την προώθηση εναλλακτικών ειδών, όπως διάφορων θερμόφιλων ειδών, έτσι ώστε τα αποθέματα των ειδών που αποτελούν στόχο να διατηρούνται σε αποδεκτά επίπεδα. Αναπόσπαστο κομμάτι της εν λόγω στρατηγικής είναι και η ευαισθητοποίηση και εκπαίδευση των καταναλωτών, αναφορικά με τα είδη που απειλούνται και τη διατροφική αλλαγή των ειδών (Peck et al., 2020).

Οι πολιτικές και τα σχέδια δράσης πρέπει να περιλαμβάνουν μέτρα ελέγχου, αναφορικά με το δικαίωμα πρόσβασης σε αποθέματα και την προστασία των ποσοστώσεων. Πέρα από την υιοθέτηση παγκόσμιας και ευρωπαϊκής νομοθεσίας για τον έλεγχο της κλιματικής αλλαγής, η νομοθεσία σε τοπικό επίπεδο είναι σημαντική για τη μείωση των πιέσεων στα συστήματα αλιείας, την επανεξέταση των ορίων και των σημείων αναφοράς, καθώς και την προώθηση αλλαγών στην παρουσία και κατανομή των ειδών, με χαρακτηριστικά παραδείγματα τη λειτουργία ή όχι αλιευτικών συστημάτων, καθώς και τη ρύθμιση ενός συστήματος αλιείας που στοχεύει σε έναν νέο πόρο (Peck et al., 2020). Η μεγάλης κλίμακας κατανομή και οι αλλαγές στην παραγωγή των εμπορικών ειδών ψαριών, απαιτούν την ικανότητα υλοποίησης αλιευτικών στρατηγικών συνεργασίας, αλλά και τη ρύθμιση πολυμερών συμβάσεων και άλλων νόμιμων οργάνων, που χρησιμοποιούνται για τη διαχείριση κοινών διασυνοριακών συστημάτων (Bezner Kerr et al., 2022).

Η διαχείριση των συστημάτων αλιείας περιλαμβάνει την προστασία των ενδιαιτημάτων των θαλάσσιων ειδών, καθώς και την τροποποίηση των ποσοστώσεων και των αγορών των αλιευμάτων. Ως εκ τούτου, απαιτούνται καλύτερες μέθοδοι αξιολόγησης των αποθεμάτων των διάφορων ειδών, για τη θέσπιση περισσότερο αυστηρών μέτρων διαχείρισης, με σκοπό τη διατήρηση των εν λόγω αποθεμάτων και τη βιωσιμότητα της αλιείας. Για την προσαρμογή στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής απαιτούνται ευέλικτα χωρικά όρια για τη βελτίωση των ενδιαιτημάτων και της παραγωγικότητας, συμπεριλαμβανομένων μέτρων που ορίζουν ζώνες απαγόρευσης, χρονικές απαγορεύσεις,

καθώς και θαλάσσιες προστατευόμενες περιοχές. Η προώθηση της οικολογικής μηχανικής μπορεί να ενισχύσει τις προσπάθειες προσαρμογής, μέσω της ανανέωσης των αποθεμάτων απειλούμενων ειδών (Peck et al., 2020).

Οι υδατοκαλλιέργειες μπορούν να θεωρηθούν ως μέτρο προσαρμογής για τις μειώσεις των αποθεμάτων θαλασσινών ειδών που παρατηρούνται στον τομέα της αλιείας, με αποτέλεσμα να ενισχύουν την επισιτιστική ασφάλεια από τις απώλειες που οφείλονται στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής. Οι καλές πρακτικές διαχείρισης αποτελούν σημαντικό παράγοντα για τη μείωση των κινδύνων που αναδύονται από την κλιματική αλλαγή για τις υδατοκαλλιέργειες, τη μείωση μη κλιματικών πιέσεων, αλλά και την αύξηση της ανθεκτικότητας (Bezner Kerr et al., 2022).

Για την προσαρμογή στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής είναι αναγκαία η ύπαρξη συστημάτων παρακολούθησης σε πραγματικό χρόνο, αλλά και έγκαιρης προειδοποίησης καιρικών και κλιματικών φαινομένων. Οι εποχικές προβλέψεις, καθώς και τα συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης, παρέχουν πολύτιμες πληροφορίες κινδύνου, που μπορούν να αξιοποιηθούν, τόσο σε περιφερειακό επίπεδο, όσο και σε επίπεδο μονάδας υδατοκαλλιέργειας (Bezner Kerr et al., 2022). Τέτοιες πληροφορίες αφορούν την ποιότητα του νερού για την πρόβλεψη της μαζικής θνησιμότητας, την επιβλαβή άνθηση φυκών και φαινόμενα ρύπανσης (Peck et al., 2020). Τα συστήματα αυτά πρέπει να είναι ακριβή, έγκαιρα και αποδοτικά σε κόστος (Bezner Kerr et al., 2022).

Η προώθηση των χερσαίων εγκαταστάσεων υδατοκαλλιέργειας, σε σχέση με τις πλωτές μονάδες, μπορεί να μειώσει την έκθεση σε ακραία κλιματικά φαινόμενα, ιδιαίτερα λόγω του καλύτερου ελέγχου του περιβάλλοντος εκτροφής, να μειώσει τη χρήση υδατικών πόρων, καθώς και να προφυλάξει από τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, μέσω βελτίωσης της διατροφής. Η γεωγραφική επιλογή της τοποθεσίας των εγκαταστάσεων μπορεί να αποτρέψει τις μειώσεις στην παραγωγικότητα που οφείλονται στους παράγοντες της κλιματικής αλλαγής, ιδιαίτερα για τη θνησιμότητα των ειδών που αποδίδεται στις υψηλές θερμοκρασίες, τα φαινόμενα επιβλαβούς άνθησης φυκών και τα ακραία καιρικά φαινόμενα. Η τεχνολογία μπορεί να συμβάλει καθοριστικά στη διαδικασία προσαρμογής, μέσω εργαλείων, όπως τα συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών, σε συνδυασμό με τη διαδικασία αξιολόγησης (Bezner Kerr et al., 2022).

Η προσαρμογή στις επιπτώσεις των ακραίων καιρικών φαινομένων και των φυσικών καταστροφών, όπως τα κύματα καταιγίδας και οι πλημμύρες, που περιλαμβάνουν αυξημένη θνησιμότητα και διαφυγή των ειδών, έγκειται στο κτίσιμο παράκτιων υποδομών προστασίας και στην εισαγωγή πιο ανθεκτικών κλουβιών και συστημάτων πρόσδεσης. Άλλα μέτρα προσαρμογής αφορούν τη διαφοροποίηση σε μικτά συστήματα φυτών και ζώων, τη μετατροπή υδατοκαλλιεργειών γλυκού νερού σε υδατοκαλλιέργειες σε υφάλμυρα ή αλατούχα νερά, το κτίσιμο φραγμάτων και αναχωμάτων, καθώς και την εντατικοποίηση της εκτροφής γαρίδας, καθώς και διάφορων ψαριών, που μειώνουν τη χρήση υδατικών πόρων και τη χρήση γης (Bezner Kerr et al., 2022).

Σε παράκτιες περιοχές, οι στρατηγικές προσαρμογής μπορούν να αφορούν και προσεγγίσεις προστασίας των ακτογραμμών, μέσω φυσικής βλάστησης, άμμου και πετρών. Τα κύρια οφέλη αφορούν τη δέσμευση του άνθρακα από την υδάτινη βλάστηση, την παροχή σημαντικών ενδιαιτημάτων, τη μείωση της δύναμης των κυμάτων και των πλημμυρικών νερών, καθώς και τη διατήρηση των ακτογραμμών ή την αποκατάσταση των διαβρωμένων ακτογραμμών (Rahman et al., 2022).

Η επιλογή περισσότερο ανθεκτικών στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής ειδών, όπως στη θερμοκρασία και τις ασθένειες, αποτελεί μέτρο προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή (Peck et al., 2020). Η διαφοροποίηση των ειδών, όπως μέσω ολοκληρωμένων συστημάτων υδατοκαλλιεργειών και γεωργίας, με χαρακτηριστικό παράδειγμα τον συνδυασμό ρυζιού με ψάρια, μπορεί να διατηρήσει τη μακροπρόθεσμη απόδοση και βιωσιμότητα (Bezner Kerr et al., 2022). Όπως παρατηρείται στους τομείς της γεωργίας και της κτηνοτροφίας, η βελτίωση των ειδών μπορεί να συμβάλλει στην κλιματική ανθεκτικότητα. Σε κάθε περίπτωση, η ανάπτυξη εναλλακτικών στόχων εκτροφής, θα πρέπει να περιλαμβάνει αυξημένη εκτροφή χορτοφάγων και παμφάγων θαλασσινών ειδών (Peck et al., 2020).

4.2.2 Μέτρα προσαρμογής για την πρόσβαση σε τρόφιμα

Τα προβλήματα φυσικής πρόσβασης σε τρόφιμα, που παρατηρούνται, κυρίως, σε αναπτυσσόμενες περιοχές, μπορούν να αντιμετωπιστούν μέσω της λήψης μέτρων που αφορούν το κτίσιμο κλιματικά ανθεκτικών υποδομών, αλλά και την κατάρτιση ολοκληρωμένων σχεδίων δράσης για την αντιμετώπιση των ακραίων καιρικών φαινομένων και φυσικών καταστροφών, με στόχο τον περιορισμό των ζημιών. Οι ζημιές αυτές αφορούν, τόσο τα μέσα παραγωγής, όσο και τα περιουσιακά στοιχεία των

πληγέντων πληθυσμών, με αποτέλεσμα να απειλείται άμεσα η φυσική και οικονομική πρόσβαση αυτών σε τρόφιμα (Thakur and Bajagain, 2019).

Στην Ευρώπη, οι επιπτώσεις της κλιματικής κρίσης στην οικονομική πρόσβαση σε τρόφιμα, είναι αυτές που απειλούν, στον μεγαλύτερο βαθμό, την εν λόγω διάσταση της επισιτιστικής ασφάλειας (Bezner Kerr et al., 2022). Οι παράγοντες της κλιματικής αλλαγής ενέχουν αρνητικές επιπτώσεις στα μέσα βιοπορισμού των ευάλωτων κοινωνικών ομάδων, που χαρακτηρίζονται από κλιματική ευαλωτότητα, όπως των μικροκαλλιεργητών, των αλιευτικών κοινοτήτων, των αυτόχθονων πληθυσμών, καθώς και των φτωχών αστικών νοικοκυριών, ενώ οι κυριότεροι κίνδυνοι που αναδύονται για τις ομάδες αυτές, είναι η απώλεια εισοδήματος και οι αλλαγές στις τιμές των τροφίμων (Birkmann et al., 2022).

Τα μέτρα προσαρμογής στον αγροτικό τομέα μπορούν να αντισταθμίσουν τις απώλειες στα εισοδήματα και τις αυξήσεις στις τιμές των τροφίμων, ενισχύοντας την οικονομική πρόσβαση των πληθυσμών σε τρόφιμα. Παράλληλα, η κατάρτιση ολοκληρωμένων σχεδίων δράσης για την αντιμετώπιση των ακραίων καιρικών φαινομένων και φυσικών καταστροφών, δύναται να συμβάλλει στον μετριασμό του φαινομένου της αστάθειας των εισοδημάτων και των τιμών των τροφίμων (Bezner Kerr et al., 2022).

Οι κίνδυνοι που αναδύονται από την κλιματική αλλαγή για την κατανομή των εισοδημάτων, πρέπει να αντιμετωπιστούν ακόμα και στις πιο ευάλωτες χώρες. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με τη βελτίωση των δικτύων κοινωνικής ασφάλειας και της πρόσβασης σε υπηρεσίες φροντίδας υγείας, έτσι ώστε να αυξάνεται η ικανότητα των φτωχών κοινωνικών ομάδων να αντιμετωπίσουν τις αναταραχές που προκύπτουν από τις αλλαγές στο κλίμα, αλλά και να μην διαιωνίζεται ο κύκλος της επισιτιστικής ανασφάλειας, της φτώχειας και της πείνας. Παράλληλα, θα πρέπει να γίνεται εφαρμογή πολιτικών ανάπτυξης, που είναι συνεπείς με τους στόχους μετριασμού και προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή, βελτίωση της ανθεκτικότητας, μέσω επενδύσεων σε έξυπνες υποδομές, ενδυνάμωση της οικονομικής ανθεκτικότητας, μέσω καλύτερης ασφάλισης και οικονομικών προϊόντων, καθώς και μεταρρυθμίσεων για μεγαλύτερη αύξηση της παραγωγικότητας και μεγαλύτερη οικονομική διαφοροποίηση (Cevik and Jalles, 2022).

Η διαφοροποίηση των δραστηριοτήτων του αγροτικού εισοδήματος μπορεί να αποτελέσει σημαντική στρατηγική προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή. Τα μικτά παραγωγικά συστήματα μπορούν να αυξήσουν την παραγωγικότητα και την αποδοτικότητα,

αναφορικά με τη χρήση νερού και άλλων πόρων, να προστατέψουν από την υποβάθμιση του εδάφους, που εντείνεται υπό την κλιματική κρίση και να οδηγήσουν σε βελτιωμένη απόδοση στη χρήση θρεπτικών συστατικών. Τέτοια συστήματα ανταποκρίνονται σε στόχους που αφορούν τη δέσμευση του άνθρακα, ενώ τα αγροτικά και δασικά υπολείμματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για παραγωγή ενέργειας, παρέχοντας οφέλη μετριασμού της κλιματικής αλλαγής. Στην Ευρωπαϊκή Ένωση, περίπου το 12% των αγροκτημάτων λαμβάνουν εισόδημα από διαφοροποιημένες δραστηριότητες στο αγρόκτημα, όπως η επεξεργασία των αγροτικών προϊόντων (EEA, 2019).

Ο σχεδιασμός των πολιτικών μετριασμού και προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη της ανισότητες στα εισοδήματα, για την προστασία των πιο ευάλωτων κοινωνικών ομάδων, με στόχο την εξάλειψη της φτώχειας και της επισιτιστικής ανασφάλειας (Cevik and Jalles, 2022). Ως εκ τούτου, κάθε επένδυση που εστιάζει στην προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή, θα πρέπει να γίνεται με βάση τις ήδη υπάρχουσες, αλλά και με την εισαγωγή νέων ανισοτήτων (Birkmann et al., 2022). Καθώς η κλιματική αλλαγή αλληλεπιδρά με πολλούς άλλους παράγοντες της φτώχειας, δρώντας ως πολλαπλασιαστής πιέσεων, η βελτίωση της κοινωνικής θέσης των φτωχών πληθυσμών, μπορεί να αυξήσει την κλιματική ανθεκτικότητα (Bednar-Friedl et al., 2022).

Η κλιματική μετανάστευση αποτελεί μία μορφή προσαρμογής στις αρνητικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής (Blocher, 2015). Ωστόσο, αποτελεί και ένα φαινόμενο που εγκυμονεί κινδύνους για την ανθρώπινη ασφάλεια, συμπεριλαμβανομένης της επισιτιστικής ασφάλειας, τόσο για τους κλιματικούς μετανάστες, όσο και για τους πληθυσμούς των περιοχών υποδοχής. Ως εκ τούτου, για να καταστεί η κλιματική μετανάστευση αποτελεσματικό μέτρο προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή, θα πρέπει να γίνεται προσεκτική διαχείριση, με γνώμονα όλες τις διαστάσεις της ανθρώπινης ασφάλειας (USA Govt., 2021). Οι διασυνδέσεις μεταξύ κλιματικής αλλαγής, υποβάθμισης του περιβάλλοντος και ανθρώπινης κινητικότητας, θα πρέπει να εξετάζονται σε ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο, που θα στηρίζεται στη βιώσιμη ανάπτυξη (Blocher, 2015).

Τα μέτρα προσαρμογής που αφορούν την κλιματική μετανάστευση, σχετίζονται αφενός με μέτρα που στοχεύουν στη μείωση των κινδύνων των φυσικών καταστροφών και ακολούθως στη μείωση του αριθμού των κλιματικών μεταναστών και αφετέρου με την ενίσχυση της προσαρμογής και της ανθεκτικότητας των νοικοκυριών (Blocher, 2015). Ο

αριθμός των κλιματικών μεταναστών μπορεί να μειωθεί μέσω της αποτελεσματικής λήψης μέτρων προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή, ιδιαίτερα αναφορικά με την ανθεκτικότητα σε φυσικές καταστροφές, στις περισσότερο ευάλωτες στην κλιματική αλλαγή περιοχές. Η ομαλή ένταξη των κλιματικών μεταναστών στις περιοχές υποδοχής, αφορά κυρίως μέτρα κοινωνικοοικονομικής διάστασης και τη θέσπιση κατάλληλου νομικού πλαισίου (Noonan and Rusu, 2022).

Λαμβάνοντας υπόψη τη μεγάλη διασύνδεση μεταξύ του κλίματος, της μετανάστευσης και της ανθρώπινης ασφάλειας, με άλλα αναπτυξιακά προβλήματα, όπως η αστικοποίηση, η ανεργία και η φτώχεια, είναι αναγκαία η υλοποίηση μίας μακροπρόθεσμης ολοκληρωμένης παγκόσμιας στρατηγικής, που θα περιλαμβάνει την επένδυση στη διαχείριση των φυσικών πόρων, τη χρήση εναλλακτικών πηγών ενέργειας και την αποκατάσταση του φυσικού τοπίου, με σκοπό την πρόληψη του μεγάλου αριθμού κλιματικών μεταναστών, που συνεπάγεται μικρότερο κόστος (van Schaik and Bakker, 2017).

Μέσω κατάλληλης ρύθμισης των πολιτικών, η Ευρώπη μπορεί να συμβάλλει καθοριστικά στην ενίσχυση της ανθεκτικότητας των ευάλωτων περιοχών, με σκοπό την αντιμετώπιση των βασικών αιτιών της μετανάστευσης που σχετίζεται με την κλιματική αλλαγή και την αυξημένη έλλειψη των φυσικών πόρων (van Schaik and Bakker, 2017). Ο ρόλος της Ευρώπης έγκειται στην βελτίωση της συνεργασίας με συντελεστές από ευάλωτες στο κλίμα περιοχές, στην παροχή υποστήριξης, μεταφοράς τεχνολογίας και γνώσης, καθώς και σε επενδύσεις που στοχεύουν στη βελτίωση της ικανότητας προσαρμογής τέτοιων περιοχών (Noonan and Rusu, 2022).

Αύξηση της ανθεκτικότητας μπορεί να επιτευχθεί μέσω έργων για την αναγνώριση των κοινών κινδύνων, ανάπτυξης κοινών συστημάτων παρακολούθησης και συστημάτων έγκαιρης προειδοποίησης των επιπτώσεων της κλιματικής κρίσης, καθώς και σχεδιασμού κατευθυντήριων οδηγιών που βασίζονται στις μελλοντικές προβλέψεις για την κλιματική αλλαγή (Noonan and Rusu, 2022). Για όλα τα ανωτέρω, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη όλες οι ιδιαίτερες συνθήκες και η ευαλωτότητα κάθε περιοχής, καθώς και να υπάρχει συνεργασία όλων των συντελεστών, συμπεριλαμβανομένων των κυβερνήσεων, των τοπικών αρχών, των κοινοτήτων και των επιστημόνων (USA Govt., 2021).

Το παγκόσμιο και το ευρωπαϊκό νομικό πλαίσιο θα πρέπει να υποστηρίζει με ολοκληρωμένο τρόπο τους κλιματικούς μετανάστες. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί μέσω επενδύσεων για αναπτυξιακό και ανθρωπιστικό προγραμματισμό, για την παροχή βοήθειας σε ανθρώπους που εκτοπίζονται, αρωγής για ανάκαμψη και ασφαλή επιστροφή στους τόπους κατοικίας, όταν αυτό είναι εφικτό, υποστήριξης δράσεων μείωσης κλιματικών κινδύνων και αντιμετώπισης των κύριων αιτιών μετανάστευσης, υποστήριξης της προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή σε όλα τα επίπεδα, καθώς και επενδύσεων κοινωνικής προστασίας.

Τα προγράμματα θα πρέπει να περιλαμβάνουν αξιολογήσεις για την εξασφάλιση της επισιτιστικής ασφάλειας, την πρόσβαση σε υπηρεσίες υγείας, την παροχή εκπαίδευσης και επαγγελματικής κατάρτισης, για διαφοροποίηση των μέσων βιοπορισμού, την πολιτική ένταξη των εκτοπισμένων πληθυσμών, αλλά και την εκπαίδευση των κοινοτήτων υποδοχής για αντιμετώπιση της ξενοφοβίας και του ρατσισμού (USA Govt., 2021).

4.2.3 Μέτρα προσαρμογής για την αξιοποίηση των τροφίμων

4.2.3.1 Μέτρα για την ασφάλεια των τροφίμων

Για την προστασία της επισιτιστικής ασφάλειας από τις επιπτώσεις της κλιματικής κρίσης, είναι απαραίτητη η λήψη μέτρων προσαρμογής για την ασφάλεια των τροφίμων. Αναφορικά με τα τροφιμογενή νοσήματα, απαιτείται διατομεακή και ολοκληρωμένη επιτήρηση, παρακολούθηση και διαφανής ανταλλαγή δεδομένων. Αυτό προϋποθέτει την εφαρμογή νέων επιστημονικών εργαλείων για τη βελτίωση της ικανότητας χαρακτηρισμού πολύπλοκων μικροβιακών κοινοτήτων, για την παρακολούθηση των τροφιμογενών παθογόνων και των ασθενειών που προκαλούνται από αυτά, καθώς και την ενίσχυση της επιτήρησης της υγείας των ζώων και τη βελτίωση της συνεργασίας μεταξύ των υπηρεσιών για την ασφάλεια των τροφίμων, τη Δημόσια Υγεία και την Κτηνιατρική. Τα συστήματα Δημόσιας Υγείας πρέπει να είναι ικανά να ανταποκρίνονται άμεσα σε αναδυόμενα ή επανεμφανιζόμενα τροφιμογενή νοσήματα (Tirado et al., 2010).

Τα μέτρα προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή, που αφορούν τον αγροτικό τομέα, συμβάλλουν καθοριστικά και στην ενίσχυση της ασφάλειας των τροφίμων. Πιο συγκεκριμένα, η εφαρμογή μέτρων που βασίζονται στη φύση και μέτρων γεωργίας ακριβείας, συμβάλλουν στην αντιμετώπιση κινδύνων για την ασφάλεια των τροφίμων, όπως η χρήση φυτοφαρμάκων και λιπασμάτων (FAO, 2020). Αντίστοιχα, τα μέτρα

προσαρμογής που αφορούν τη βελτίωση της υγείας των κτηνοτροφικών ειδών, οδηγούν στη μείωση του κινδύνου που αφορά τη χρήση αντιβιοτικών στα ζώα (Tirado et al., 2010).

Η προσαρμογή στο πρόβλημα των μυκοτοξινών αφορά τη θέσπιση κανονισμών για τον έλεγχο τους στα τρόφιμα και τις ζωοτροφές, ιδιαίτερα σε χώρες όπου τέτοιου είδους κανονισμοί είναι ανεπαρκείς ή αφορούν μόνο τα εμπορεύματα τροφίμων εξαγωγής και οι οποίες είναι ιδιαίτερα επιρρεπείς στους παράγοντες της κλιματικής κρίσης που ευνοούν την ανάπτυξη μυκοτοξινών (FAO, 2020). Η εκτίμηση κινδύνου αποτελεί αναγκαίο μέτρο, που παρέχει επιστημονική βάση στην ανάπτυξη και υιοθεσία προτύπων για την ασφάλεια των τροφίμων (Tirado et al., 2010). Στα μέτρα προσαρμογής περιλαμβάνονται η ευαισθητοποίηση των αγροτών και των χειριστών τροφίμων, σχετικά με τις μεθόδους πρόληψης και προσαρμογής της ρύπανσης από μυκοτοξίνες, τη χρήση ανθεκτικών σε μυκοτοξίνες καλλιεργειών και ποικιλιών, τις επενδύσεις για εγκαταστάσεις, όπως χώρους αποθήκευσης, καθώς και τον συντονισμό των εθνικών συστημάτων παρακολούθησης (FAO, 2020).

Ο χημικός κίνδυνος της επιβλαβούς άνθησης φυκών, απαιτεί την καθιέρωση παγκόσμιων συστημάτων επιτήρησης και την ανάπτυξη μοντέλων πρόβλεψης του σχηματισμού άνθησης φυκών, υπό τα μελλοντικά σενάρια της κλιματικής αλλαγής. Η θέσπιση κανονισμών για τον έλεγχο, σε τακτά χρονικά διαστήματα, των φυκοτοξινών και κυανοτοξινών σε περιοχές που γίνονται επιρρεπείς στην άνθηση φυκών, καθώς και η ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ των χωρών, είναι ιδιαίτερα σημαντικά για τη διαδικασία προσαρμογής. Στα μέτρα προσαρμογής εντάσσεται και η αύξηση της αποδοτικότητας του αζώτου στα λιπάσματα, με παράλληλη μείωση της συνολικής χρήσης τους. Παράλληλα, υπάρχουν και ορισμένες στρατηγικές καταστολής ή μείωσης της άνθησης φυκών, όπως μηχανική, βιολογική, χημική και γενετική (FAO, 2020).

Ο χημικός κίνδυνος των βαρέων μετάλλων, υπό την κλιματική κρίση, μπορεί να προσεγγιστεί με φυσικές, χημικές και βιολογικές μεθόδους αποκατάστασης, για την αφαίρεση των βαρέων μετάλλων από ρυπασμένες περιοχές, με χαρακτηριστικό παράδειγμα τη φυτοαποκατάσταση, ενώ πολύ σημαντική είναι η προσπάθεια για ανάπτυξη συνδυασμού μεθόδων. Στα μέτρα προσαρμογής περιλαμβάνεται η θέσπιση πιο αυστηρών κανονισμών, αναφορικά με τη διαχείριση των βαρέων μετάλλων, καθώς και η καθιέρωση επαρκώς συντονισμένων συστημάτων παρακολούθησης (FAO, 2020).

4.2.3.2 Μέτρα για την ασφάλεια του νερού

Οι προκλήσεις που σχετίζονται με τις πιέσεις στους υδατικούς πόρους, τις οποίες επιβαρύνει περαιτέρω η κλιματική κρίση, απαιτούν μία συστηματική προσέγγιση κατάλληλης διαχείρισης των υδατικών πόρων, τόσο στον αγροτικό και βιομηχανικό τομέα, όσο και στα αστικά περιβάλλοντα. Οι κύριες στρατηγικές προσαρμογής στις πιέσεις αυτές, αφορούν τη μείωση της απαίτησης νερού, την προσωρινή αποθήκευση του νερού σε περιόδους αφθονίας, την αποδοχή των ελλείψεων και εστίαση στην αντιμετώπιση των επιπτώσεων, καθώς και την αύξηση της διαθεσιμότητας ή της παροχής νερού (ΕΕΑ, 2021). Στα αστικά περιβάλλοντα, απαιτείται στροφή προς συγκεκριμένες προδιαγραφές πολεοδομικού σχεδιασμού και αστικής διαχείρισης του νερού, ώστε οι πόλεις να καταστούν πράσινες, ανθεκτικές και κυκλικές, που χαρακτηρίζονται από έξυπνη διαχείριση των υδατικών πόρων (van Hattum et al., 2017).

Αναφορικά με τον αγροτικό τομέα, απαραίτητη προϋπόθεση για την προσαρμογή είναι η βελτίωση της βιώσιμης παραγωγικότητας του νερού σε όλους τους υποτομείς, μέσω μέτρων για τη μεγιστοποίηση της αποδοτικότητας στη χρήση του. Οι καλές αγροτικές πρακτικές, που βασίζονται στη διαχείριση του νερού και του εδάφους, με χαρακτηριστικό παράδειγμα την άρδευση ακριβείας, μπορούν να βελτιώσουν την παραγωγικότητα του νερού. Η τελευταία μπορεί να βελτιωθεί και μέσω άλλων πρακτικών άρδευσης, όπως η ελλειμματική άρδευση, μέσω εστίασης στην άρδευση στις περιόδους ξηρασίας, χωρίς να μειώνεται η συνολική παραγωγή καλλιεργειών. Στον τομέα της κτηνοτροφίας, οι καλές πρακτικές σίτισης των ζώων, συμβάλλουν στη βελτίωση της παραγωγικότητας του νερού, ενώ στον τομέα των υδατοκαλλιεργειών απαιτείται μείωση των απωλειών νερού που αφορούν την παραγωγή ζωοτροφών και τη ρύπανση των υδάτων (FAO, 2016).

Άλλα μέτρα προσαρμογής αφορούν την αλλαγή των καλλιεργητικών μοτίβων, με την εισαγωγή καλλιεργειών μικρότερης απαίτησης σε νερό, αλλαγές στα χρονοδιαγράμματα φύτευσης και συγκομιδής, λόγω των μεταβολών στα πρότυπα βροχοπτώσεων, καθώς και υιοθέτηση βελτιωμένων καλλιεργειών και ποικιλιών, με χαρακτηριστικά ανθεκτικότητας σε παράγοντες της κλιματικής κρίσης, όπως τα φαινόμενα ξηρασίας. Τα μέτρα αυτά μπορεί να είναι αποδοτικά, αλλά η απόδοσή τους μειώνεται υπό υπερθέρμανση μεγαλύτερη από 1,5°C (Caretta et al., 2022).

Στη μείωση των πιέσεων μπορεί να συμβάλλει καθοριστικά η αποκατάσταση, ο εκσυγχρονισμός και η βελτίωση των υποδομών άρδευσης. Ο κατάλληλος σχεδιασμός και η διαχείριση υποδομών, όπως για την αποθήκευση νερού σε δεξαμενές και λίμνες, καθώς και για την παροχή νερού, όπως φράγματα, κανάλια και πράσινες υποδομές, μπορούν να καταστήσουν τη χρήση υδατικών πόρων πιο αποδοτική. Η χρήση εναλλακτικών πηγών υδατικών πόρων, όπως η επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων λυμάτων και η αφαλάτωση του νερού, μπορούν να συμβάλλουν στην προσαρμογή, αλλά θα πρέπει να εξασφαλίζεται ότι δεν διακυβεύεται η ασφάλεια των τροφίμων και η προστασία του περιβάλλοντος (FAO, 2016). Χαρακτηριστικά, ο συνολικός όγκος νερού που μπορεί να χρησιμοποιηθεί μέσω της επαναχρησιμοποίησης για τη διαδικασία της άρδευσης, μπορεί να μειώσει τις πιέσεις στους υδατικούς πόρους ακόμα και κατά 10% (EEA, 2021).

Στα μέτρα προσαρμογής περιλαμβάνονται η παρακολούθηση του νερού, μέσω μετρητών και συστημάτων έγκαιρης προειδοποίησης για φαινόμενα ξηρασίας, αλλά και μέτρα για την εξοικονόμηση νερού, όπως η επισκευή διαρροών, η κατάλληλη εκπαίδευση των αγροτών και η παροχή κινήτρων για εξοικονόμηση και αποδοτική χρήση των υδατικών πόρων (Bednar-Friedl et al., 2022). Για τη μεταφορά του νερού απαιτείται βελτίωση της απόδοσης μεταφοράς, μέσω της επένδυσης ανοικτών καναλιών, που μπορεί να μειώσει τις απώλειες νερού ακόμα και κατά 60-80%, μέσω της εισχώρησης του νερού στο έδαφος, της αντικατάστασης ανοικτών καναλιών με συστήματα σωληνώσεων χαμηλής πίεσης, για τη μείωση απωλειών λόγω διαρροών και εξάτμισης, της κατάλληλη μέτρηση του νερού, για την ευαισθητοποίηση στη χρήση του, καθώς και της αυτοματοποίησης του απομακρυσμένου ελέγχου (EEA, 2019).

Η ολοκληρωμένη πρόληψη και ο έλεγχος της ρύπανσης του νερού αποτελεί σημαντικό παράγοντα προσαρμογής, καθώς η ρύπανση των υδάτων μειώνει τον συνολικό όγκο του νερού, που είναι διαθέσιμος για ασφαλή χρήση. Στη μείωση των πιέσεων στους υδατικούς πόρους μπορούν να συμβάλλουν, τόσο η εξασφάλιση περισσότερο αποδοτικής χρήσης του νερού κατά μήκος της αλυσίδας τροφίμων, όπως στην επεξεργασία των τροφίμων, όσο και η μείωση των απωλειών τροφίμων και των αποβλήτων τροφίμων (FAO, 2016).

Η αστική ανάπτυξη έχει μεγάλο αντίκτυπο στην βιωσιμότητα των πόλεων και ασκεί μεγάλη πίεση στη διαθεσιμότητα του νερού, των τροφίμων και των υλικών (van Hattum et al., 2017). Η έξυπνη διαχείριση του νερού στις πόλεις, έχει ως στόχο την αξιοποίηση του

νερού, σε περιφερειακό επίπεδο ή σε επίπεδο πόλης, με βάση τα ιδανικά της βιωσιμότητας και της αυτάρκειας, μέσω της χρήσης καινοτόμων τεχνολογιών, όπως η ανακύκλωση του νερού, άλλες τεχνολογίες για την επεξεργασία του νερού, τεχνολογίες πληροφοριών, παρακολούθησης και ελέγχου, καθώς και μέσω της υλοποίησης ενός συστήματος καταγραφής του κύκλου του νερού (Ramos et al., 2019).

Η διαχείριση του νερού σε ένα αστικό περιβάλλον που διαχειρίζεται βιώσιμα τους υδατικούς πόρους, απαιτεί τη λήψη των μέτρων παράλληλα σε τρία επίπεδα, ήτοι επίπεδο κτιρίου, επίπεδο δρόμου ή περιοχής και ολοκληρωμένο επίπεδο πόλης. Στο πρώτο επίπεδο, επιτυγχάνεται η μείωση της χρήσης του νερού, μέσω ευαισθητοποίησης και εκπαίδευσης, βελτίωσης της αποδοτικότητας των κτιρίων, όπως αποχωρητήρια εξοικονόμηση νερού, κατακράτησης βρόχινου νερού, σε τaráτσες με μπλε και πράσινες υποδομές, βελτίωσης της ικανότητας κατείσδυσης, μέσω μείωσης των αδιαπέραστων πλακόστρωτων επιφανειών, αποθήκευσης βρόχινου νερού σε δεξαμενές, καθώς και επαναχρησιμοποίησης βρόχινου νερού και γκρίζων λυμάτων (van Hattum et al., 2017).

Σε επίπεδο δρόμου ή περιοχής, τα ανωτέρω μέτρα, όπως η αποθήκευση του νερού της βροχής, υλοποιούνται σε ευρύτερη κλίμακα, ενώ περιλαμβάνουν και την επεξεργασία των όμβριων υδάτων, πριν την οικιακή χρήση ή πριν την κατείσδυση στο έδαφος, τη διαχείριση της στάθμης των υδάτων και τη δημιουργία ανοιχτών συστημάτων νερού για αποθήκευση και μεταφορά νερού. Η υλοποίηση των μέτρων σε επίπεδο πόλης, χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη, σε όλη την έκτασή της, πράσινων και μπλε υποδομών, αστικών δασών, με μέριμνα για την αποκατάσταση υγροτόπων σε περιαστικές ζώνες. Ένας τέτοιος σχεδιασμός συμβάλλει και στην πρόληψη πλημμυρών (van Hattum et al., 2017).

Μέσω της κατάλληλης εφαρμογής λύσεων, συστημάτων και προϊόντων, που αφορούν Τεχνολογίες Πληροφοριών και Επικοινωνίες, καθίσταται πιο αποτελεσματική η διαχείριση των υδατικών πόρων. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν τα δίκτυα αισθητήρων, οι έξυπνοι αγωγοί και μετρητές, η μοντελοποίηση και ανάλυση, η διάδοση δεδομένων, η επεξεργασία και αποθήκευση δεδομένων, η διαχείριση και ο έλεγχος, όπως εργαλεία βελτιστοποίησης και το σύστημα SCADA, καθώς και οπτικοποίηση και υποστήριξη στη λήψη αποφάσεων (Gebrechorkos and Intosh, 2014).

4.2.4 Μέτρα προσαρμογής στα ακραία καιρικά φαινόμενα

Τα ακραία καιρικά φαινόμενα επηρεάζουν άμεσα όλες τις διαστάσεις τις επισιτιστικής ασφάλειας. Το γεγονός ότι οι παράγοντες της κλιματικής κρίσης τείνουν να αυξάνουν τη συχνότητα και την ένταση των ακραίων καιρικών φαινομένων, καθιστά αναγκαία τη λήψη μέτρων προσαρμογής για την πρόληψη ή ελαχιστοποίηση των ζημιών που προκαλούνται από αυτά, σε όλες τις διαστάσεις που αφορούν την επισιτιστική ασφάλεια. Τα φαινόμενα ξηρασίας απειλούν την παραγωγή τροφίμων και έτσι η λήψη μέτρων προσαρμογής στον αγροτικό τομέα, όπως οι αλλαγές στα χρονοδιαγράμματα φύτευσης, στις ποικιλίες, καθώς και στη διαδικασία της άρδευσης, παράλληλα με τα μέτρα για τον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής, είναι απαραίτητα για την αντιστάθμιση των αρνητικών επιπτώσεων στην επισιτιστική ασφάλεια (Mylonas et al., 2020).

Η άνοδος της στάθμης της θάλασσας και οι πλημμύρες αποτελούν ιδιαίτερα σημαντικούς κινδύνους για την επισιτιστική ασφάλεια, που χρήζουν λήψης κατάλληλων μέτρων προσαρμογής. Στην Ευρώπη, η συνολική αστική περιοχή που είναι εκτεθειμένη σε φαινόμενα πλημμυρών, έχει αυξηθεί κατά 1000%, κατά τα τελευταία 150 έτη. Οι αποτελεσματικές στρατηγικές προσαρμογής σε τέτοια φαινόμενα, απαιτούν συνδυασμό αντιπλημμυρικών υποδομών, μέτρων που βασίζονται στη φύση, συστημάτων έγκαιρης προειδοποίησης, μέσω κοινωνικής προστασίας και χρηματοδότησης κινδύνου, καθώς και χωροταξικού σχεδιασμού με βάση την αξιολόγηση του κινδύνου (Jongman, 2018).

Τα μέτρα φυσικής αντιπλημμυρικής προστασίας, όπως τα προστατευτικά αναχώματα, αποτελούν οικονομικά αποδοτικά μέτρα σε περιοχές με υψηλή πληθυσμιακή πυκνότητα, όπως η Ολλανδία (Jongman, 2018). Τέτοια μέτρα φυσικής αντιπλημμυρικής προστασίας, είναι τα περισσότερο χρησιμοποιούμενα μέτρα προσαρμογής στην Ευρώπη, ενώ εκτιμάται ότι τουλάχιστον το 83% των ζημιών που προκαλούνται από παράκτιες πλημμύρες, θα μπορούσαν να αποφευχθούν, μέσω της ανύψωσης των αναχωμάτων, κατά μήκος περίπου του 23-32% της ευρωπαϊκής ακτογραμμής, μέχρι το έτος 2100, ακόμα και υπό δυσχερή σενάρια εκπομπών (Bednar-Friedl et al., 2022).

Τα μέτρα προσαρμογής που βασίζονται στη φύση, περιλαμβάνουν την προστασία και την επέκταση των υγροτόπων, την αποκατάσταση και διεύρυνση των φυσικών πλημμυρικών πεδιάδων, την αποκατάσταση των κοραλλιογενών και άλλων υφάλων, καθώς και την επένδυση σε αστικές πράσινες υποδομές, με σκοπό τη μείωση των απορροών. Τέτοιες

λύσεις μπορούν να έχουν σημαντικά οφέλη, όπως διατήρηση του οικοσυστήματος και αποθήκευση του άνθρακα (Jongman, 2018). Χαρακτηριστικά, οι παράκτιοι υγρότοποι θα μπορούσαν να είναι αποτελεσματικοί στη μείωση του ύψους των κυμάτων και τη δημιουργία οικοτόπων, αλλά η εφικτότητα και η αποδοτικότητα περιορίζεται σε πυκνοκατοικημένες περιοχές, λόγω παραγόντων όπως ο ανταγωνισμός για τη χρήση γης και η απορροή ρύπανσης (Bednar-Friedl et al., 2022). Ο συνδυασμός γκρι και πράσινων υποδομών, σε υβριδικά συστήματα, έχουν το μεγαλύτερο δυναμικό προστασίας και προσαρμογής στα πλημμυρικά φαινόμενα (Jongman, 2018).

Άλλα μέτρα προσαρμογής αφορούν τον περιορισμό της περαιτέρω ανάπτυξης σε περιοχές που είναι ιδιαίτερα επιρρεπείς σε πλημμυρικά φαινόμενα, τη θέσπιση ζωνών αποκλεισμού, καθώς και την προγραμματισμένη μετεγκατάσταση. Το τελευταίο μέτρο, αν και δεν έχει εφαρμοστεί ακόμα στην Ευρώπη, μπορεί να έχει σημαντικότερα οφέλη, σε σχέση με τα μέτρα προστασίας, ιδιαίτερα σε λιγότερο κατοικημένες περιοχές της Ευρώπης (Bednar-Friedl et al., 2022).

Αναφορικά με τις πλημμύρες ποταμών και τις ξαφνικές πλημμύρες, που οφείλονται στις έντονες βροχοπτώσεις, οι αντιπλημμυρικές υποδομές, όπως τα αναχώματα, θεωρούνται οικονομικά αποδοτικά μέτρα σε πυκνοκατοικημένες περιοχές, τα οποία μπορούν να μειώσουν τις ζημιές κατά περίπου 45%, υπό 1,5°C υπερθέρμανση και κατά 70%, υπό 3°C υπερθέρμανση. Μέτρα που βασίζονται στη φύση, όπως η αποκατάσταση των δασών και οι περιοχές φυσικής συγκράτησης, μπορούν να αποτελέσουν αποδοτικά μέτρα προσαρμογής (Bednar-Friedl et al., 2022).

Η μείωση του κινδύνου πλημμυρών μπορεί να επιτευχθεί μέσω πράσινων υποδομών στις πόλεις, με χαρακτηριστικά παραδείγματα τις λίμνες συγκράτησης, χώρους πρασίνου, πράσινες οροφές κτιρίων και κατάλληλη στεγανοποίηση κτιρίων. Οι αστικές υποδομές αποχέτευσης θα πρέπει να είναι σχεδιασμένες με βάση τις προβλεπόμενες αυξήσεις στην ένταση των ξαφνικών πλημμυρών, που οφείλονται στις έντονες βροχοπτώσεις (Bednar-Friedl et al., 2022). Το κτίσιμο συστημάτων συλλογής βρόχινου νερού, με σκοπό την ανακούφιση από τις ζημιές που προκαλούνται από τις πλημμύρες, αλλά και την επαναχρησιμοποίηση του νερού αυτού, κατά τη διάρκεια ξηρών περιόδων, αποτελεί μέτρο που μπορεί να εφαρμοστεί, τόσο σε αστικά περιβάλλοντα, όσο και στον αγροτικό τομέα (Duchenne-Moutien and Neetoo, 2021).

Κεφάλαιο 5^ο Συζήτηση

Σύμφωνα με τις ετήσιες εκθέσεις και τις δημοσιεύσεις διεθνών οργανισμών, τα τελευταία χρόνια έχει καταγραφεί διαχρονική αύξηση των ανθρώπων που πλήττονται από την πείνα και την μέτρια ή σοβαρή επισιτιστική ανασφάλεια, σε παγκόσμια κλίμακα (FAO et al., 2022; United Nations, 2022b). Τα εν λόγω δεδομένα, σε συνδυασμό με τις πιο πρόσφατες κοινωνικοοικονομικές και περιβαλλοντικές εξελίξεις, συνεπάγονται τη μη επίτευξη του δεύτερου στόχου της βιώσιμης ανάπτυξης, αναφορικά με το τέλος της πείνας και την επίτευξη επισιτιστικής ασφάλειας και βελτιωμένης διατροφής. Στις διαχρονικές έρευνες και δημοσιεύσεις υπάρχει συμφωνία ότι σημαντικό ρόλο στο εν λόγω φαινόμενο διαδραματίζει η κλιματική κρίση, που επηρεάζει όλες τις διαστάσεις της επισιτιστικής ασφάλειας, ενώ οι παρατηρηθείσες και προβλεπόμενες επιπτώσεις είναι, κατά κύριο λόγο, αρνητικές, τόσο σε παγκόσμια κλίμακα, όσο και στην ευρωπαϊκή ήπειρο (Gitz et al., 2016; El Bilali et al., 2020; IPCC, 2022).

Σύμφωνα με την ετήσια έκθεση της Διεθνούς Οργάνωσης Τροφίμων και Γεωργίας (FAO), η Ευρώπη χαρακτηρίζεται από καλά επίπεδα επισιτιστικής ασφάλειας, συγκριτικά με τις περισσότερες ηπείρους (FAO, 2021). Παρ' όλα αυτά, δεδομένου ότι για την επίτευξη της επισιτιστικής ασφάλειας θα πρέπει να πληρούνται οι προϋποθέσεις όλων των διαστάσεων της ταυτοχρόνως, σύμφωνα με τον πλέον ευρέως αποδεκτό ορισμό της επισιτιστικής ασφάλειας, στον οποίο στηρίζονται οι επιστημονικές έρευνες, υπάρχουν ακόμα σημαντικά ζητήματα που αφορούν την τρέχουσα και μελλοντική επισιτιστική ασφάλεια των πληθυσμών της Ευρώπης (FAO, 2009; IPCC, 2022).

Στην παγκόσμια βιβλιογραφία, υπάρχει συμφωνία ότι όσο αυξάνεται η παγκόσμια θέρμανση, τόσο περισσότεροι και πιο σύνθετοι είναι οι κίνδυνοι που εγκυμονούνται για την επισιτιστική ασφάλεια (Gitz et al., 2016; EEA, 2019; IPCC, 2022). Στην τελευταία έκθεση της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Αλλαγή του Κλίματος (IPCC), υπάρχει πρόβλεψη ότι στην Ευρώπη, η μέση αύξηση της θερμοκρασίας θα είναι μεγαλύτερη, σε σχέση με την παγκόσμια μέση τιμή (IPCC, 2022). Παράλληλα, οι εν λόγω κίνδυνοι δεν κατανέμονται ίσα στις διάφορες περιοχές, με αποτέλεσμα ορισμένες περιοχές να καθίστανται πιο ευάλωτες στην κλιματική αλλαγή και να εντείνονται οι ανισότητες. Το φαινόμενο αυτό παρατηρείται σε παγκόσμιο επίπεδο, αλλά και εντός της ευρωπαϊκής ηπείρου. Οι περιοχές της Νότιας

Ευρώπης προβλέπεται ότι θα υποστούν τις σημαντικότερες επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, αναφορικά με την ευρωπαϊκή ήπειρο, γεγονός που θα εντείνει τις προϋπάρχουσες ανισότητες μεταξύ των χωρών του αναπτυγμένου βορρά και του λιγότερου ανεπτυγμένου νότου (Gitz et al., 2016; EEA, 2019; Michalis and Costarelli, 2021; IPCC, 2022).

Οι διαχρονικές έρευνες και δημοσιεύσεις εστιάζουν στις σημαντικότερες επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην επισιτιστική ασφάλεια, που αφορούν τις επιπτώσεις στον αγροτικό τομέα, που αποτελεί έναν τομέα ανθρώπινης δραστηριότητας, που είναι άμεσα εξαρτημένος από το κλίμα, υπόκειται στις επιπτώσεις της κλιματικής κρίσης, αλλά παράλληλα εντείνει και το εν λόγω φαινόμενο, λόγω των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, από τους διάφορους υποτομείς.

Σε γενικές γραμμές, οι επιπτώσεις της κλιματικής κρίσης στον αγροτικό τομέα έχουν επηρεάσει και προβλέπεται ότι συνεχίσουν να επηρεάζουν αρνητικά τις περιοχές μικρού και μεσαίου γεωγραφικού πλάτους, ενώ ορισμένα οφέλη παρατηρούνται σε περιοχές μεγάλου γεωγραφικού πλάτους, σε παγκόσμια κλίμακα. Αντίστοιχα, στην Ευρώπη παρατηρούνται αρνητικές επιπτώσεις στις περιοχές μικρού και μεσαίου γεωγραφικού πλάτους, ιδιαίτερα στη Νότια Ευρώπη, αλλά και στη Δυτική και Κεντρική Ευρώπη και την Ανατολική Ευρώπη, ενώ ορισμένα οφέλη παρατηρούνται στις περιοχές μεγάλου γεωγραφικού πλάτους, δηλαδή στη Βόρεια Ευρώπη. Παρ' όλα αυτά, λόγω των πολλών παραγόντων που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους, τα δυνητικά οφέλη της κλιματικής κρίσης στις περιοχές της Βόρειας Ευρώπης, μπορούν να αντισταθμιστούν και να επικρατήσουν οι αρνητικές επιπτώσεις (Gitz et al., 2016; EEA, 2019; IPCC, 2022).

Οι διαχρονικές έρευνες αναγνωρίζουν τις ανωτέρω επιπτώσεις, πρωταρχικά στον τομέα της γεωργίας, τόσο σε παγκόσμια κλίμακα, όσο και στην Ευρώπη. Ο κίνδυνος για την επισιτιστική ασφάλεια έγκειται στη μείωση της απόδοσης των καλλιεργειών, που εντείνεται με την αύξηση της παγκόσμιας υπερθέρμανσης, που συνεπάγεται αύξηση της μέσης θερμοκρασίας, της συχνότητας και της έντασης των ακραίων καιρικών φαινομένων και φυσικών καταστροφών, αλλά και μεταβολές στην κατανομή των παρασίτων και των ασθενειών (Iglesias et al., 2009; Gitz et al., 2016, EEA, 2019; FAO, 2020; IPCC, 2022).

Υπάρχουν αρκετές μελέτες που υποδεικνύουν τις επιπτώσεις της κλιματικής κρίσης στον κτηνοτροφικό τομέα, τόσο σε παγκόσμια κλίμακα, όσο και στην Ευρώπη, με το θερμικό

στρες να αναφέρεται ως κύρια επίπτωση για τη μείωση της παραγωγικότητας σε όλες τις εν λόγω μελέτες (Rojas-Downing et al., 2017; Hempel et al., 2019; Godde et al., 2021; Renaudeau and Dourmad, 2022). Οι εν λόγω επιπτώσεις συνοψίζονται στον πίνακα 5.1.

Πίνακας 5.1 Σύνοψη κυριότερων επιπτώσεων της κλιματικής κρίσης στον κτηνοτροφικό τομέα (Gitz et al., 2016; Cheng, McCarl and Fei, 2022)

Παράγοντες επιρροής	Επιπτώσεις στα ζώα	Επιπτώσεις στις ζωοτροφές
Αύξηση θερμοκρασίας	<p>Θερμικό στρες</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Μείωση πρόσληψης τροφής ○ Μείωση παραγωγικότητας (κρέας – γάλα) ○ Μείωση αναπαραγωγικής ικανότητας ○ Αρνητική επίδραση στο μεταβολισμό και το ανοσοποιητικό σύστημα ○ Αύξηση θνησιμότητας <p>Ασθένειες</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Κατανομή και μετάδοση μέσω παθογόνων παραγόντων, παρασίτων και διαβιβαστών ○ Μειωμένη αντίσταση και αυξημένη ευαλωτότητα ○ Επέκταση σε νέες περιοχές ○ Αύξηση συχνότητας και σοβαρότητας ○ Ανάδυση νέων ασθενειών <p>Απώλεια βιοποικιλότητας</p> <p>Πιέσεις στους υδατικούς πόρους</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Μείωση διαθεσιμότητας νερού ○ Αύξηση χρήσης νερού 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Μείωση αποδόσεων ○ Υποβάθμιση ποιότητας ○ Αλλαγές στη σύνθεση των βοσκότοπων
Μεταβλητότητα στις βροχοπτώσεις	<p>Πιέσεις στους υδατικούς πόρους</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Μείωση διαθεσιμότητας νερού <p>Ασθένειες</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Αύξηση παθογόνων, παρασίτων και διαβιβαστών ○ Αλλαγές στην κατανομή και τη μετάδοση ○ Ανάδυση νέων ασθενειών 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Μείωση αποδόσεων ○ Υποβάθμιση ποιότητας ○ Αλλαγές στη σύνθεση των βοσκότοπων ○ Αλλαγές στα συστήματα παραγωγής
Αύξηση συγκεντρώσεων CO₂		<ul style="list-style-type: none"> ○ Αλλαγές στις αποδόσεις ○ Υποβάθμιση ποιότητας ○ Αλλαγές στη σύνθεση των βοσκότοπων
Πιο συχνά και έντονα ακραία καιρικά φαινόμενα	Μεγαλύτερη εποχική μεταβλητότητα στη διαθεσιμότητα των πόρων	

Διαχρονικές έρευνες και δημοσιεύσεις τονίζουν και τις επιπτώσεις της κλιματικής κρίσης στην επισιτιστική ασφάλεια, μέσω της μείωσης της παραγωγικότητας στους τομείς της αλιείας και των υδατοκαλλιεργειών (Phukan, 2011; FAO, 2018; Peck et al., 2020; Payne et al., 2021; Scholaert, 2021; Rahman et al., 2022). Οι εν λόγω επιπτώσεις συνοψίζονται στον πίνακα 5.2.

Πίνακας 5.2 Σύνοψη κυριότερων επιπτώσεων της κλιματικής κρίσης στους τομείς της αλιείας και των υδατοκαλλιεργειών (Peck et al., 2020; FAO, 2018)

Παράγοντες επιρροής	Επιπτώσεις στα θαλασσινά είδη (αλιεία – υδατοκαλλιέργειες)
Αύξηση Θερμοκρασίας	<ul style="list-style-type: none"> ○ Επίδραση στους μεταβολικούς ρυθμούς και τους αναπαραγωγικούς κύκλους ○ Μειωμένη πρόσληψη τροφής – επιβράδυνση ρυθμού ανάπτυξης ○ Μετακινήσεις πληθυσμών με κατεύθυνση προς τους πόλους ○ Επίδραση στη φαινολογία (αύξηση ασθενειών) ○ Απώλεια κοραλλιογενών υφάλων ○ Αύξηση θνησιμότητας θαλασσινών ειδών ○ Μείωση της παραγωγής από τους τομείς αλιείας και υδατοκαλλιεργειών
Μείωση Διαλυμένου Οξυγόνου	<ul style="list-style-type: none"> ○ Επίδραση στη φυσιολογία, την ανάπτυξη, τη συμπεριφορά και την ευαλωτότητα των ψαριών σε ταυτόχρονες πιέσεις ○ Επίδραση στους μεταβολικούς ρυθμούς και τους αναπαραγωγικούς κύκλους ○ Μείωση μέγιστου σωματικού βάρους των ψαριών ○ Είδη μη ανεκτικά στην υποξία – συρρίκνωση οικοτόπων ○ Αύξηση θνησιμότητας θαλασσινών ειδών ○ Μείωση παραγωγικότητας και ποσότητας των διαθέσιμων ψαριών που προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση.
Μείωση pH (οξίνιση)	<ul style="list-style-type: none"> ○ Αρνητικές επιπτώσεις στη βιωσιμότητα της παραγωγής των υδατοκαλλιεργειών, με παρατηρηθείσες επιπτώσεις στα οστρακοειδή ○ Επίδραση στην επιβίωση και στην ανάπτυξη στα πρώιμα στάδια ορισμένων ψαριών και οστρακοειδών ○ Απώλεια κοραλλιογενών υφάλων ○ Αύξηση θνησιμότητας θαλασσινών ειδών ○ Μείωση της παραγωγής από τους τομείς αλιείας και υδατοκαλλιεργειών
Αύξηση αλατότητας	<ul style="list-style-type: none"> ○ Αλλαγές των επιπέδων οξυγόνου και της ποιότητας του νερού ○ Μεταβολές στο ρυθμό ανάπτυξης και στην επιβίωση θαλάσσιων ειδών ○ Αυξημένα ποσοστά θνησιμότητας θαλάσσιων ειδών ○ Μείωση της παραγωγής από τους τομείς αλιείας και υδατοκαλλιεργειών
Ακραία καιρικά φαινόμενα (αύξηση συχνότητας, έντασης, διάρκειας)	<ul style="list-style-type: none"> ○ Πρόκληση ζημιών στις υποδομές των παράκτιων συστημάτων υδατοκαλλιέργειας ○ Διαφυγή ειδών - αλληλεπιδράσεις με άλλα είδη ○ Απώλεια κοραλλιογενών υφάλων ○ Μαζική θνησιμότητα βενθικών κοινοτήτων ○ Μείωση της παραγωγής από τους τομείς αλιείας και υδατοκαλλιεργειών

Πέρα από τη διαθεσιμότητα των τροφίμων, η κλιματική κρίση επηρεάζει τη διάσταση της φυσικής, οικονομικής και κοινωνικής πρόσβασης των ανθρώπων σε τρόφιμα. Στις διαχρονικές μελέτες γίνεται εστίαση στις επιπτώσεις που εγκυμονούνται για τα

εισοδήματα αρκετών πληθυσμιακών ομάδων, αλλά και για τις τιμές των τροφίμων στην παγκόσμια αγορά, ενώ παράλληλα εκφράζεται ο έντονος προβληματισμός, αναφορικά με την επιδείνωση των ήδη υπαρχόντων ανισοτήτων, αλλά και τη ανάδυση περισσότερων ανισοτήτων (Islam and Winkel, 2017; Jafino et al., 2020; Cevik and Jalles, 2022; IPCC, 2022). Ευρωπαϊκοί και διεθνείς οργανισμοί, καθώς και ποικίλες δημοσιεύσεις, τονίζουν το αναδυόμενο πρόβλημα της κλιματικής μετανάστευσης, που προβλέπεται να ενταθεί, υπό την κλιματική κρίση, καθώς και την ανάγκη παγκόσμιας συνεργασίας και δράσης για την αντιμετώπιση των κινδύνων που αναδύονται από αυτό (McMichael, 2014; van Schaik and Bakker, 2017; Đokić et al., 2021; USA Govt., 2021; IPCC, 2022; Noonan and Rusu, 2022).

Η κλιματική κρίση επηρεάζει τη διάσταση της αξιοποίησης των τροφίμων, τόσο αναφορικά με την ασφάλεια των τροφίμων, όσο και την ασφάλεια του νερού. Οι διαχρονικές μελέτες υποδεικνύουν τους βιολογικούς κινδύνους και ιδιαίτερα την αύξηση των περιστατικών τροφιμογενών νοσημάτων, παραδείγματα των οποίων παρατίθενται στον πίνακα 5.3.

Πίνακας 5.3 Μελέτες συσχέτισης της αύξησης της θερμοκρασίας με την αύξηση των περιστατικών τροφιμογενών νοσημάτων

Παθογόνο	Περιοχή μελέτης	Μεταβολές στην θερμοκρασία	Αποτέλεσμα
Salmonella spp.	Ευρωπαϊκές Χώρες (Kovats et al., 2004)	Αύξηση της μέσης εβδομαδιαίας θερμοκρασίας του ατμοσφαιρικού αέρα κατά 1°C	5-10% αύξηση των περιστατικών σαλμονέλωσης
Salmonella spp.	Αυστραλία (Bi et al., 2009)	Αύξηση της μέσης εβδομαδιαίας θερμοκρασίας του ατμοσφαιρικού αέρα κατά 1°C	7% αύξηση των περιστατικών σαλμονέλωσης
Campylobacter spp.	Ισραήλ (Rosenberg et al., 2018)	Αύξηση της θερμοκρασίας κατά 1°C πάνω από τους 27° C στο διάστημα 1999-2010	Αύξηση μολύνσεων από <i>Campylobacter jejuni</i> κατά 16,1% και 18,8% από <i>Campylobacter coli</i> σε όλες τις ηλικιακές ομάδες
Campylobacter spp.	Καναδάς (Allard et al., 2011)	Πρόβλεψη αύξησης της μέσης θερμοκρασίας κατά 4,5° C μέχρι το 2055	Πρόβλεψη αύξησης κατά 23% των περιστατικών καμπυλοβακτηριδίων, δηλαδή 4000 περισσότερα ετήσια περιστατικά
Rotavirus	Μπαγκλαντές (Hashizume et al., 2008)	Αύξηση της θερμοκρασίας κατά 1° C πάνω από τους 29°C	Αύξηση κατά 40,2% των περιστατικών διαρροϊκής νόσου από ροταϊό
Vibrio parahaemolyticus	Αλάσκα (Martinez-Urtaza et al., 2010)	Υψηλότερη θερμοκρασία νερού	Συσχέτιση με εξάρσεις <i>V. parahaemolyticus</i>

Μελέτες εστιάζουν και σε χημικούς κινδύνους, όπως των μυκοτοξινών, της επιβλαβούς άνθησης φυκών, των βαρέων μετάλλων και των φυτοφαρμάκων (Herrera et al., 2016; Chapra et al., 2017; FAO, 2020; Duchenne-Moutien and Neetoo, 2021). Αύξηση της παγκόσμιας υπερθέρμανσης συνεπάγεται αυξημένα προβλήματα έλλειψης υδατικών πόρων, τόσο σε παγκόσμια κλίμακα, όσο και στην Ευρώπη, με άμεσες επιπτώσεις για την επισιτιστική ασφάλεια των πληθυσμών (Gurry et al., 2017; EEA, 2021; IPCC, 2022).

Η αύξηση της συχνότητας και της έντασης των ακραίων καιρικών φαινομένων και των φυσικών καταστροφών, υπό την κλιματική αλλαγή, συνεπάγεται προβλήματα σε όλες τις διαστάσεις της επισιτιστικής ασφάλειας. Τέτοια φαινόμενα αφορούν κύματα καύσωνα, φαινόμενα ξηρασίας, άνοδο στάθμης της θάλασσας, καταιγίδες και πλημμύρες, τα οποία αυξάνονται διαχρονικά, τόσο σε παγκόσμια κλίμακα, όσο και στην Ευρώπη, όπως υποδεικνύουν οι πιο πρόσφατες εκθέσεις οργανισμών και οι διάφορες μελέτες (Hon et al., 2013; Below and van Loenhout, 2021; IPCC, 2022).

Η άμεση ανάπτυξη βιώσιμων μηχανισμών μετριασμού και προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή είναι καίριας σημασίας. Η διαχρονική αύξηση της παγκόσμιας μέσης θερμοκρασίας, όπως καταγράφεται στην ετήσια έκθεση της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Αλλαγή του Κλίματος (IPCC), υποδεικνύει ότι οι τρέχουσες προσπάθειες μετριασμού της κλιματικής αλλαγής, δεν επαρκούν για την επίτευξη του θερμοκρασιακού στόχου που έχει τεθεί στη Συμφωνία του Παρισιού (UNFCCC COP21, 2015; Erbach, 2021; IPCC, 2022). Ο κλιματικός κίνδυνος είναι διασυνοριακός και έτσι στην παγκόσμια βιβλιογραφία υπάρχει συμφωνία ότι η αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής για την προστασία της ανθρώπινης ασφάλειας, πρέπει να αφορά δράσεις σε παγκόσμια κλίμακα (Adams et al., 2021, IPCC, 2022). Σύμφωνα με αρκετές αξιολογήσεις οργανισμών και μελετητών, η ικανότητα προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή είναι υψηλότερη στην Ευρώπη, συγκριτικά με άλλες ηπείρους και αυξάνεται σε σημαντικό βαθμό με τη διατήρηση της παγκόσμιας υπερθέρμανσης κάτω από τους 1,5°C (Hart et al., 2017; EEA, 2019, IPCC, 2022).

Δεν υπάρχει καθορισμένη λύση για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής, αλλά υπάρχουν ποικίλες τεχνολογίες και τεχνικές μετριασμού και προσαρμογής, οι οποίες εφόσον είναι εφικτές από τεχνολογικής και οικονομικής πλευράς, θα πρέπει να εφαρμόζονται. Ως εκ τούτου, απαραίτητη προϋπόθεση για την αντιμετώπιση της

κλιματικής αλλαγής είναι η αντιμετώπιση των προκλήσεων που αφορούν τις κοινωνικές ανισότητες, την έλλειψη χρηματοδότησης, πρωτοβουλιών, κινήτρων και συνεργασίας μεταξύ των συντελεστών σε πολλαπλές κλίμακες, την ανάγκη θεσμικής υποστήριξης και θέσπισης αποτελεσματικών πολιτικών, αλλά και την περαιτέρω έρευνα για την κάλυψη των κενών στην απαιτούμενη γνώση (Gitz et al., 2016; FAO, 2020; Fawzy et al., 2020; Mylonas et al., 2020; EIP-AGRI, 2021; Farooq et al., 2022; IPCC, 2022). Στον πίνακα 5.4 συνοψίζονται τα σημαντικότερα, κοινώς αναφερόμενα στην παγκόσμια και ευρωπαϊκή βιβλιογραφία, μέτρα προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή, αναφορικά με τον γεωργικό τομέα, με σκοπό της προστασία της επισιτιστικής ασφάλειας και της Δημόσιας Υγείας γενικότερα.

Πίνακας 5.4 Μέτρα προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή αναφορικά με τον γεωργικό τομέα (Bezner Kerr et al., 2022; Gitz et al., 2016)

Κατηγορίες μέτρων προσαρμογής	Επιλογές μέτρων προσαρμογής
Τεχνολογικά και Υποδομές	<ul style="list-style-type: none"> • Βελτίωση αποδοτικότητας άρδευσης • Πρόληψη και διαχείριση φυσικών καταστροφών (π.χ. πλημμύρες)
Κοινωνικά, οικονομικά και θεσμικά	<ul style="list-style-type: none"> • Ευαισθητοποίηση και παροχή συμβουλών • Συμμετοχή σε συστήματα παρακολούθησης κινδύνων • Κλιματικές υπηρεσίες • Ασφάλιση • Διαφοροποίηση μέσων βιοπορισμού • Μετανάστευση • Κλιματικά έξυπνες στρατηγικές • Μέτρα προσαρμογής που βασίζονται στην κοινότητα (Community-based adaptation) • Επισιτιστική κυριαρχία – ενδυνάμωση τοπικών και περιφερειακών συστημάτων τροφίμων
Μέτρα προσαρμογής που βασίζονται στη φύση (Nature-based adaptation)	<ul style="list-style-type: none"> • Ρύθμιση της ημερομηνίας φύτευσης • Μεταβολή τοποθεσίας συγκομιδής • Διαφοροποίηση καλλιεργειών και ποικιλιών • Αμειψισπορά • Διακαλλιέργεια • Αγροοικολογία • Αγροδασοπονία • Μικτά συστήματα καλλιεργειών και ζώων
Βιώσιμη εντατικοποίηση παραγωγής	<ul style="list-style-type: none"> • Βελτίωση καλλιεργειών και ειδών • Γεωργία ακριβείας • Αποδοτική χρήση λιπασμάτων • Γεωργία διατήρησης • Μείωση της άροσης • Καλλιέργειες κάλυψης • Βιώσιμη παραγωγή σε θερμοκήπια

Κεφάλαιο 6° Συμπεράσματα

Η κλιματική κρίση επηρεάζει όλες τις διαστάσεις της επισιτιστικής ασφάλειας, ενώ οι παρατηρηθείσες και προβλεπόμενες επιπτώσεις είναι, κατά κύριο λόγο, αρνητικές. Παράλληλα, η κλιματική κρίση αλληλεπιδρά με άλλους παράγοντες κινδύνου για την επισιτιστική ασφάλεια, όπως η αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού και οι βίαιες συγκρούσεις, με αποτέλεσμα οι κίνδυνοι που εγκυμονούνται για την επισιτιστική ασφάλεια, να καθίστανται πιο σύνθετοι.

Η μέση παγκόσμια θερμοκρασία έχει αυξηθεί περίπου κατά 1°C, σε σχέση με την προβιομηχανική περίοδο, ενώ όλα τα σενάρια εκπομπών υποδεικνύουν ότι θα συνεχίσει να αυξάνεται, τουλάχιστον μέχρι το μέσο του τρέχοντος αιώνα. Μέχρι το τέλος του αιώνα, η μέση παγκόσμια θερμοκρασία, είναι πολύ πιθανό ότι θα ξεπεράσει τους 1,5°C - 2°C. Όσο αυξάνεται η παγκόσμια θέρμανση, τόσο περισσότεροι και πιο σύνθετοι είναι οι κίνδυνοι που εγκυμονούνται για την ανθρώπινη ασφάλεια, συμπεριλαμβανομένης της επισιτιστικής ασφάλειας. Παράλληλα, οι εν λόγω κίνδυνοι δεν κατανέμονται ίσα στις διάφορες περιοχές, με αποτέλεσμα ορισμένες περιοχές να καθίστανται πιο ευάλωτες στην κλιματική αλλαγή και να εντείνονται οι ανισότητες. Το φαινόμενο αυτό παρατηρείται σε παγκόσμιο επίπεδο, αλλά και εντός της ευρωπαϊκής ηπείρου. Οι περιοχές της Νότιας Ευρώπης προβλέπεται ότι θα υποστούν τις σημαντικότερες επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, αναφορικά με την ευρωπαϊκή ήπειρο, γεγονός που θα εντείνει τις προϋπάρχουσες ανισότητες μεταξύ των χωρών του αναπτυγμένου βορρά και του λιγότερου ανεπτυγμένου νότου.

Οι κύριες επιπτώσεις της κλιματικής κρίσης στον αγροτικό τομέα αφορούν τη μείωση των αποδόσεων των κύριων και άλλων καλλιεργειών, τη μείωση της παραγωγικότητας των ζώων στα κτηνοτροφικά συστήματα, αλλά και τη μείωση της παραγωγικότητας στους τομείς της αλιείας και των υδατοκαλλιεργειών. Σε γενικές γραμμές, οι επιπτώσεις της κλιματικής κρίσης στον αγροτικό τομέα, έχουν επηρεάσει και προβλέπεται ότι συνεχίσουν να επηρεάζουν αρνητικά τις περιοχές μικρού και μεσαίου γεωγραφικού πλάτους, ενώ ορισμένα οφέλη παρατηρούνται σε περιοχές μεγάλου γεωγραφικού πλάτους, σε παγκόσμια κλίμακα, αλλά και στην ευρωπαϊκή ήπειρο.

Πέρα από τους κινδύνους που εγκυμονούνται για τη διαθεσιμότητα των τροφίμων, η κλιματική αλλαγή ενέχει επιπτώσεις και για την κοινωνικοοικονομική πρόσβαση των ανθρώπων σε τρόφιμα, επηρεάζοντας τα εισοδήματα και τις τιμές των τροφίμων, αλλά και για την ασφάλεια των τροφίμων και του νερού. Το γεγονός ότι η Ευρώπη αντιμετωπίζει χαμηλότερο επίπεδο οικολογικής απειλής, σε σχέση με άλλες ηπείρους, την καθιστά επιθυμητό προορισμό για μεγάλο αριθμό κλιματικών μεταναστών και προσφύγων, που προέρχονται από περιοχές που είναι ιδιαίτερα επιρρεπείς στην κλιματική αλλαγή.

Η αντιμετώπιση των επιπτώσεων της κλιματικής κρίσης, που οδηγεί σταδιακά στην κλιματική αλλαγή, έγκειται στην άμεση λήψη μέτρων, παράλληλα σε δύο επίπεδα, ήτοι μέτρα για τον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής και μέτρα για την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή. Οι τρέχουσες προσπάθειες μετριασμού της κλιματικής αλλαγής, δεν επαρκούν για την επίτευξη του θερμοκρασιακού στόχου που έχει τεθεί στη Συμφωνία του Παρισιού. Οι χώρες που επί του παρόντος ευθύνονται για τα υψηλότερα επίπεδα εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, αφορούν τις πιο ανεπτυγμένες χώρες. Σε αντίθεση, οι επιπτώσεις της κλιματικής κρίσης αντιμετωπίζονται, πρωταρχικά, από τις αναπτυσσόμενες και τις λιγότερο αναπτυγμένες χώρες, καθώς και από τις περισσότερο ευάλωτες πληθυσμιακές ομάδες, όπως τους φτωχούς, σε όλες τις περιοχές.

Για να γίνει εφικτή η διαχείριση της παγκόσμιας υπερθέρμανσης, οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου πρέπει να μειωθούν σε σημαντικό βαθμό. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την εφαρμογή συμβατικών μέτρων μετριασμού, όπως η χρήση εναλλακτικών πηγών ενέργειας, η αλλαγή των χρησιμοποιούμενων καυσίμων, η βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης, καθώς και μέσω μεθόδων δέσμευσης, αποθήκευσης και αξιοποίησης του άνθρακα. Παράλληλα, πρέπει να γίνουν περισσότερες μελέτες και έρευνες, αναφορικά με νέες τεχνολογίες αρνητικών εκπομπών ή αφαίρεσης άνθρακα, που επί του παρόντος μπορούν να χρησιμοποιούνται μόνο συμπληρωματικά στις συμβατικές μεθόδους.

Στην Ευρώπη θα πρέπει να γίνουν περαιτέρω προσπάθειες για την επίτευξη των στόχων των στρατηγικών, αλλά και του Κλιματικού Νόμου, έτσι ώστε η Ευρώπη να καταστεί η πρώτη κλιματικά ουδέτερη ήπειρος. Η λήψη μέτρων για τον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής, αν και είναι καίριας σημασίας, από μόνη της δεν είναι εφικτό να εξαλείψει τους κινδύνους που εγκυμονούνται για την επισιτιστική ασφάλεια. Έτσι, σε παγκόσμια κλίμακα, πρέπει να ληφθούν μέτρα προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή. Η ικανότητα

προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή είναι υψηλότερη στην Ευρώπη, συγκριτικά με άλλες ηπείρους και αυξάνεται σε σημαντικό βαθμό με τη διατήρηση της παγκόσμιας υπερθέρμανσης κάτω από τους 1,5°C.

Ο αγροτικός τομέας μπορεί να αποτελέσει βιώσιμη λύση για τα προβλήματα που αναδύονται από την κλιματική κρίση. Ορισμένα μέτρα για την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή πρέπει να υλοποιούνται σε εθνικό και περιφερειακό επίπεδο, έτσι ώστε να αφορούν το σύνολο των αγροκτημάτων, όπως μέτρα ευαισθητοποίησης και παροχής συμβουλών, παροχή κλιματικών υπηρεσιών, βελτίωση της ασφάλισης των αγροτικών εκτάσεων, μέτρα προσαρμογής που βασίζονται στην κοινότητα, μέτρα βελτίωσης της αποδοτικότητας της άρδευσης, καθώς και μέτρα για την πρόληψη και διαχείριση των φυσικών καταστροφών, όπως οι πλημμύρες.

Τα μέτρα προσαρμογής που υλοποιούνται σε επίπεδο αγροκτήματος, εστιάζουν σε τεχνικά μέτρα, που μεταβάλλουν τις μεθόδους, τα μοτίβα, τις αγροτικές δομές και τις στρατηγικές παραγωγής. Τέτοια μέτρα στον τομέα της γεωργίας, αφορούν αλλαγές στα χρονοδιαγράμματα φύτευσης, διαφοροποίηση καλλιεργειών και ποικιλιών, Αγροοικολογία, Αγροδοσοπονία, αμειψισπορά, διακαλλιέργειες, μικτά συστήματα καλλιεργειών και ζώων, βελτίωση καλλιεργειών, γεωργία ακριβείας και γεωργία διατήρησης.

Αντίστοιχα, στον τομέα της κτηνοτροφίας μπορούν να εφαρμοστούν μέτρα, όπως η βελτίωση των συνθηκών εκτροφής των ζώων, η γενετική βελτίωση των ζώων, η διαφοροποίηση των κτηνοτροφικών ειδών, η βελτίωση της διαχείρισης των βοσκότοπων και των πρακτικών σίτισης των ζώων, η πρόληψη ασθενειών και η διαχείριση παρασίτων, καθώς και η στροφή προς μικτά αγροτικά συστήματα. Στον τομέα της αλιείας τα μέτρα προσαρμογής περιλαμβάνουν μέτρα για τη διαχείριση του προβλήματος της υπεραλίευσης, θέσπιση πολιτικών και σχεδίων δράσης για αύξηση της ευελιξίας, αναφορικά με την αλλαγή των θαλασσιών ειδών στόχων και την προώθηση εναλλακτικών ειδών, μέτρα ελέγχου στο δικαίωμα πρόσβασης σε αποθέματα, νομοθεσίες σε τοπικό επίπεδο, μέτρα προστασίας ενδιαιτημάτων των θαλάσσιων ειδών, καθώς και μέτρα που ορίζουν ζώνες απαγόρευσης, χρονικές απαγορεύσεις αλιείας και θαλάσσιες προστατευόμενες περιοχές.

Τα συστήματα υδατοκαλλιέργειών αποτελούν μέτρο προσαρμογής για τις μειώσεις των αποθεμάτων θαλασσινών ειδών. Περαιτέρω μέτρα προσαρμογής στον εν λόγω τομέα, αφορούν την ύπαρξη και βελτίωση των συστημάτων παρακολούθησης και έγκαιρης προειδοποίησης κλιματικών κινδύνων, την προώθηση των χερσαίων εγκαταστάσεων υδατοκαλλιέργειας, σε σχέση με τις πλωτές μονάδες, τη γεωγραφική επιλογή της τοποθεσίας των εγκαταστάσεων, το κτίσιμο παράκτιων υποδομών προστασίας, όπως φράγματα και αναχώματα, αλλά και την εισαγωγή πιο ανθεκτικών κλουβιών και συστημάτων πρόσδεσης, προσεγγίσεις προστασίας των ακτογραμμών, επιλογή περισσότερο ανθεκτικών στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής ειδών, διαφοροποίηση ειδών, καθώς και βελτίωση ειδών.

Αναφορικά με τη διάσταση της πρόσβασης σε τρόφιμα, τα μέτρα προσαρμογής αφορούν την κατάρτιση ολοκληρωμένων σχεδίων δράσης για την αντιμετώπιση των φυσικών καταστροφών, τη βελτίωση των δικτύων κοινωνικής ασφάλειας, την εφαρμογή πολιτικών ανάπτυξης που είναι συνεπείς με τους στόχους μετριασμού και προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή, τη βελτίωση της ανθεκτικότητας, μέσω επενδύσεων σε έξυπνες υποδομές, τη βελτίωση της ασφάλισης, τη διαφοροποίηση των δραστηριοτήτων του αγροτικού εισοδήματος και την προώθηση μικτών παραγωγικών συστημάτων.

Η κλιματική μετανάστευση αποτελεί μία μορφή προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή. Η αποτελεσματικότητά της προϋποθέτει τη λήψη μέτρων που στοχεύουν στη μείωση των φυσικών καταστροφών και στην αύξηση της ανθεκτικότητας των ευάλωτων περιοχών, αλλά και κατάλληλων πολιτικών και επενδύσεων για την παροχή βοήθειας σε κλιματικούς μετανάστες και πρόσφυγες.

Η διάσταση της αξιοποίησης των τροφίμων απαιτεί τη λήψη μέτρων για την προστασία της ασφάλειας των τροφίμων και του νερού. Έτσι, απαιτούνται μέτρα που αφορούν βιολογικούς και χημικούς κινδύνους, που εγκυμονούν άμεσους κινδύνους για την ασφάλεια των τροφίμων. Παράλληλα, απαιτείται μία συστηματική προσέγγιση κατάλληλης διαχείρισης των υδατικών πόρων, τόσο στον αγροτικό και βιομηχανικό τομέα, όσο και στα αστικά περιβάλλοντα. Καίριας σημασίας είναι και τα μέτρα προσαρμογής που αφορούν τα ακραία καιρικά φαινόμενα και τις φυσικές καταστροφές, όπως οι πλημμύρες. Οι αποτελεσματικές στρατηγικές προσαρμογής απαιτούν συνδυασμό αντιπλημμυρικών υποδομών, μέτρων που βασίζονται στη φύση, συστημάτων έγκαιρης προειδοποίησης,

μέσω κοινωνικής προστασίας και χρηματοδότησης κινδύνου, καθώς και χωροταξικού σχεδιασμού που βασίζεται στην αξιολόγηση του κινδύνου.

Για να καταστεί εφικτή η αντιμετώπιση των επιπτώσεων της κλιματικής κρίσης στην ανθρώπινη ασφάλεια, συμπεριλαμβανομένης της επισιτιστικής ασφάλειας, θα πρέπει να υπάρχει συνεργασία πολλαπλών συντελεστών, σε πολλαπλές κλίμακες. Με σκοπό την επίτευξη του θερμοκρασιακού στόχου που τέθηκε στη Συμφωνία του Παρισιού, θα πρέπει να γίνουν συστηματικές προσπάθειες μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, ιδιαίτερα από τις πιο αναπτυγμένες χώρες, που συμβάλλουν περισσότερο στις εν λόγω εκπομπές. Ο ρόλος της Ευρώπης έγκειται στην συστηματική προσπάθεια για επίτευξη των στόχων που έχουν τεθεί στον Κλιματικό Νόμο, αλλά και στις στρατηγικές της Ευρωπαϊκής Ένωσης, καθώς και σε διεθνείς προσπάθειες συνεργασίας, έτσι ώστε οι χώρες, σε παγκόσμια κλίμακα, που είναι ευάλωτες στην κλιματική αλλαγή, να καταστούν περισσότερο ανθεκτικές, με παράλληλη στήριξη των ευάλωτων νοικοκυριών, που αντιμετωπίζουν ζητήματα επισιτιστικής ανασφάλειας, τόσο στις αναπτυγμένες, όσο και στις αναπτυσσόμενες χώρες.

Η μετάβαση προς την κλιματική ανθεκτικότητα, προϋποθέτει την αντιμετώπιση των κοινωνικών ανισοτήτων στα συστήματα τροφίμων. Η αντιμετώπιση των κοινωνικών ανισοτήτων, όπως εθνικότητας, φύλου, ηλικίας, εισοδήματος και γεωγραφικής περιοχής, είναι καίριας σημασίας, καθώς η εφαρμογή μέτρων μετριασμού και προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή που δεν τις λαμβάνουν υπόψη, μπορούν να τις επιδεινώσουν. Τα εν λόγω μέτρα θα πρέπει να μην θέτουν σε κίνδυνο τις προσπάθειες για τον τερματισμό της επισιτιστικής ανασφάλειας, της φτώχειας και της πείνας.

Η προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή αποτελεί μία κοστοβόρα διαδικασία. Τα οικονομικά εμπόδια περιορίζουν την εφαρμογή μέτρων προσαρμογής σε όλους τους υποτομείς του αγροτικού τομέα. Έτσι, απαιτούνται η ανάπτυξη οικονομικών στρατηγικών, περισσότερες μελέτες και έρευνες, αναφορικά με την αξιολόγηση του κόστους προσαρμογής στις κλιματικές επιπτώσεις, βελτίωση των πληροφοριακών συστημάτων, ενίσχυση των κινήτρων προσαρμογής, αναβάθμιση των κανονισμών και των πολιτικών για την υποστήριξη των μέσων χρηματοδότησης της διαδικασίας προσαρμογής, βελτιωμένη ανταλλαγή πληροφοριών και μεταβίβαση χρηματοδότησης σε τοπικούς φορείς, με ιδιαίτερη μέριμνα για τις περιοχές που είναι ευάλωτες στην κλιματική αλλαγή.

Δεδομένου ότι οι τρέχουσες τροχιές προς την επίτευξη των στόχων της βιώσιμης ανάπτυξης και οι δεσμεύσεις των χωρών υπό τη Συμφωνία του Παρισιού, είναι αργές, απαιτείται μετασχηματισμός των συστημάτων τροφίμων. Υπάρχει ανάγκη επέκτασης των προγραμμάτων προσαρμογής, ώστε να λαμβάνουν υπόψη την πολυλειτουργικότητα του αγροτικού τομέα. Η θεσμική υποστήριξη είναι αναγκαία, με σκοπό την παροχή ολοκληρωμένων συστημάτων προσαρμογής, που παρέχουν στους αγρότες συμβουλές σχετικά με τα μέτρα που πρέπει να υλοποιηθούν, για την καλύτερη προσαρμογή σε επίπεδο αγροκτήματος, τη βελτίωση της ασφάλισης των αγροκτημάτων και τον βελτιωμένο σχεδιασμό και την παροχή κλιματικών υπηρεσιών. Παράλληλα, υπάρχει ανάγκη θέσπισης πολιτικών σε όλους τους υποτομείς του αγροτικού τομέα.

Η λήψη των κατάλληλων μέτρων προσαρμογής απαιτεί την εκπόνηση περισσότερων μελετών και ερευνών σε όλο το μήκος της αλυσίδας παραγωγής τροφίμων, με σκοπό την κάλυψη των κενών γνώσης, τα οποία θα πρέπει να εκτιμώνται ολοκληρωτικά και όχι μόνο ποιοτικά, ενώ θα πρέπει να εκτιμάται και η αποτελεσματικότητα του συνδυασμού μέτρων. Οι προσεγγίσεις προσαρμογής θα πρέπει να είναι ολιστικές, να μειώνουν τις αβεβαιότητες των μοντέλων πρόβλεψης, να λαμβάνουν υπόψη την γηγενή και τοπική γνώση και να ενσωματώνουν όλα τα απαιτούμενα μέτρα για την προσαρμογή στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, με γνώμονα τα διαφορετικά χαρακτηριστικά και την ευαλωτότητα κάθε περιοχής, ώστε να προωθούνται τα αγροτικά συστήματα που είναι ανθεκτικά και βιώσιμα.

Τα τρόφιμα και ο αγροτικός τομέα θα πρέπει να είναι κεντρικά στις παγκόσμιες προσπάθειες για τον μετριασμό και την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή. Η καθυστέρηση του μετασχηματισμού του αγροτικού τομέα, θα ωθήσει τις πιο φτωχές χώρες στην αντιμετώπιση των επιπτώσεων της κλιματικής κρίσης, της φτώχειας και της επισιτιστικής ανασφάλειας. Ο ρόλος της Ευρώπης πρέπει να είναι κεντρικός στις εν λόγω προσπάθειες, για την προστασία της επισιτιστικής ασφάλειας, τόσο σε παγκόσμια κλίμακα, όσο και εντός των διάφορων κλιματικών ζωνών της.

Βιβλιογραφία

- Adams, K.M., Benzie, M., Croft, S. and Sadowski, S. (2021). *Climate Change, Trade and Global Food Security: A Global Assessment of Transboundary Climate Risks in Agricultural Commodity Flows*. SEI Report. Stockholm Environment Institute, Stockholm. DOI: [10.51414/sei2021.009](https://doi.org/10.51414/sei2021.009)
- Battilani, P., Toscano, P., Van der Fels-Klerx, H.J., Moretti, A., Camardo Leggieri, M., Brera, C., Rortais, A., Goumperis, T. and Robinson, T. (2016). *Aflatoxin B₁ contamination in maize in Europe increases due to climate change*. *Scientific Reports*, 6 (1), 24328. DOI: [10.1038/srep24328](https://doi.org/10.1038/srep24328)
- Bednar-Friedl, B., Biesbroek, R., Schmidt, D.N., Alexander, P., Børshem, K.Y., Carnicer, J., Georgopoulou, E., Haasnoot, M., Le Cozannet, G., Lionello, P., Lipka, O., Möllmann, C., Muccione, V., Mustonen, T., Piepenburg, D. and Whitmarsh, L. (2022). *Europe*. In: *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution on Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Pörtner, H.-O., Roberts, D.C., Tignor, M., Poloczanska, E.S., Mintenbeck, K., Alegría, A., Craig, M., Langsdorf, S., Löschke, S., Möller, V., Okem, A. and Rama, B. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 1817-1927. DOI: [10.1017/9781009325844.015](https://doi.org/10.1017/9781009325844.015)
- Below, R. and van Loenhout, J. (2021). *Extreme weather events in Europe*. United States Agency for International Development Université Catholique de Louvain and Centre for Research on the Epidemiology of Disasters, Issue No.64. Available at: <https://www.preventionweb.net/> [Accessed 8 January 2023].
- Bezner Kerr, R., Hasegawa, T., Lasco, R., Bhatt, I., Deryng, D., Farrell, A., Gurney-Smith, H., Ju, H., Lluch-Cota, S., Meza, F., Nelson, G., Neufeldt, H. and Thornton, P. (2022). *Food, Fibre, and Other Ecosystem Products*. In: *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution on Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Pörtner, H.-O., Roberts, D.C., Tignor, M., Poloczanska, E.S., Mintenbeck, K., Alegría, A., Craig, M., Langsdorf, S., Löschke, S., Möller, V., Okem, A. and Rama, B. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 713-906. DOI: [10.1017/9781009325844.007](https://doi.org/10.1017/9781009325844.007)
- Bindoff, N.L., Cheung, W.W.L., Kairo, J.G., Arístegui, J., Guinder, V.A., Hallberg, R., Hilmi, N.M Jiao, N., Karim, M.S., Levin, L., O'Donoghue, S., Purca Cuicapsusa, S.R., Rinkevich, B., Suga, T., Tagliabue, A. and Williamson, P. (2019). *Changing Ocean, Marine Ecosystems and Dependent Communities*. In: *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate* [Pörtner, H.-O., Roberts, D.C., Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Tignor, M., Poloczanska, E., Mintenbeck, K., Alegría, A., Nicolai, M., Okem, A., Petzold, J., Rama, B., Weyer, N.M (EDS)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 447-587. DOI: [10.1017/9781009157964.007](https://doi.org/10.1017/9781009157964.007)
- Birkmann, J., Liwenga, E., Pandey, R., Boyd, E., Djalante, R., Gemenne, F., Leal Filho, W., Pinho, P.F., Stringer, L. and Wrathall, D. (2022). *Poverty, Livelihoods and Sustainable Developments*. In: *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution on Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Pörtner, H.-O., Roberts, D.C., Tignor, M., Poloczanska, E.S., Mintenbeck, K., Alegría, A., Craig, M., Langsdorf, S., Löschke, S., Möller, V., Okem, A. and Rama, B. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 1171-1274. DOI: [10.1017/9781009325844.010](https://doi.org/10.1017/9781009325844.010)
- Blocher, J. (2015). *Climate Change and Environment related Migration in the European Union Policy: An Organizational Shift towards Adaptation and Development*. In book: *Organizational Perspectives on Environmental Migration* (1st ed.), Rosenow-Williams, K. and Gemenne, F. (Eds). DOI: [10.4324/9781315674803](https://doi.org/10.4324/9781315674803)
- Broca, S.S. (2002). *Food insecurity, Poverty and Agriculture: A Concept Paper*. ESA Working paper NO. 02-15, September 2022. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/5021708> [Accessed 8 January 2023].

- Caretta, M.A., Mukherji, A., Arfanuzzaman, M., Betts, R.A., Gelfan, A., Hirabayashi, Y., Lissner, T.K., Liu, J., Lopez Gunn, E., Morgan, R., Mwanga, S. and Supratid, S. (2022). *Water*. In: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution on Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Pörtner, H.-O., Roberts, D.C., Tignor, M., Poloczanska, E.S., Mintenbeck, K., Alegría, A., Craig, M., Langsdorf, S., Lösschke, S., Möller, V., Okem, A. and Rama, B. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 551-712. DOI: [10.1017/9781009325844.006](https://doi.org/10.1017/9781009325844.006)
- Cevik, S. and Jalles, J.T. (2022). *For Whom the Bell Tolls: Climate Change and Income Inequality*. IMF Working Paper, WP/22/103, European Department. DOI: [10.5089/9798400208126.001](https://doi.org/10.5089/9798400208126.001)
- Chapra, S.C., Boehlert, B., Fant, C., Bierman, V.J., Henderson, J., Mills, D., Mas, D.M.L., Rennels, L., Jantarasami, L., Martinich, J., Strzepek, K.M. and Paerl, H.W. (2017). *Climate change impacts on harmful algal blooms in US freshwaters: A screening-level assessment*. Environmental Science & Technology, 51 (16), pp. 8933-8943. DOI: [10.1021/acs.est.7b01498](https://doi.org/10.1021/acs.est.7b01498)
- Cheng, M., McCarl, B. and Fei, C. (2022). *Climate Change and Livestock Production: A Literature Review*. Atmosphere, 13 (1), 140. DOI: [10.3390/atmos13010140](https://doi.org/10.3390/atmos13010140)
- COACCH (2019). *The Economic Cost of Climate Change in Europe: Synthesis Report on Interim Results*. Policy brief by the COACCH project. Editors: Watkiss, P., Troeltzsch, J., McGlade, K. and Watkiss, M. Available at: <https://coacch.eu> [Accessed 6 January 2023].
- Đokić, D., Matkovski, B., Jurjević, Ž. and Zekić, S. (2021). *Food security and European migrant crisis: Case of Mediterranean area*. New Medit, 20 (2), pp. 53-64. DOI: [10.30682/nm2102d](https://doi.org/10.30682/nm2102d)
- Duchenne-Moutien, R.A. and Neetoo, H. (2021). *Climate Change and Emerging Food Safety Issues: A Review*. Journal of Food Protection, 84 (11), pp. 1884-1897. DOI: [10.4315/JFP-21-141](https://doi.org/10.4315/JFP-21-141)
- EIP-AGRI – Agricultural European Innovation Partnership (2021). *Climate -smart agriculture: Solutions for resilient farming and forestry*. Available at: <https://ec.europa.eu/> [Accessed 7 January 2023].
- El Bilali, H., Bassole, I.H.N., Dambo, L. and Berjan, S. (2020). *Climate change and food security*. Agriculture and Forestry, 66 (3), pp. 197-210. DOI: [10.17707/AgricultForest.66.3.16](https://doi.org/10.17707/AgricultForest.66.3.16)
- Erbach, G. (2021). *European climate law*. European Parliamentary Research Service, European Union, 2021. Available at: <https://climate.ec.europa.eu/> [Accessed 7 January 2023].
- European Academies' Science Advisory Council (2017). *Opportunities and challenges for research on food and nutrition security and agriculture in Europe*. EASAC policy report 34. Available at: <https://easac.eu/> [Accessed 6 January 2023].
- European Commission (2020). *Farm to Fork Strategy: For a fair, healthy and environmentally-friendly food system*. European Union, 2021. Available at: <https://food.ec.europa.eu/> [Accessed 6 January 2023].
- European Commission, Directorate-General for Agriculture and Rural Development, European Research Executive Agency, Publications Office of the European Union (2021). *CORDIS results pack on agroecology: Transitioning toward sustainable, climate and ecosystem-friendly farming and food systems*. Publications Office of the European Union, 2021. DOI: [doi/10.2830/762843](https://doi.org/10.2830/762843)
- European Environmental Agency (no date). *What is the difference between adaptation and mitigation?* Available at: <https://www.eea.europa.eu/> [Accessed 6 January 2023].
- European Environment Agency (2019). *Climate change adaptation in the agriculture sector in Europe*. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2019, EEA Report No 04/2019. DOI: [10.2800/537176](https://doi.org/10.2800/537176)

- European Environment Agency (2021). *Water resources across Europe – confronting water stress: an updated assessment*. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2021, EEA Report No 12/2021. DOI: [10.2800/320975](https://doi.org/10.2800/320975)
- FAO (2008). *An Introduction to the Basic Concepts of Food Security*. Available at: <https://www.fao.org> [Accessed 8 January 2023].
- FAO (2009). *World Summit on Food Security*. Declaration of the world summit on food security, Rome, 16-18 November, 2009. Available at: <https://www.fao.org> [Accessed 8 January 2023].
- FAO (2016). *Coping with water scarcity in agriculture: a global framework for action in a changing climate*. Available at: <https://www.fao.org> [Accessed 8 January 2023].
- FAO (2018). *Impacts of climate change on fisheries and aquaculture: Synthesis of current knowledge, adaptation and mitigation options*. FAO, ROME, 2018. Available at: <https://www.fao.org> [Accessed 6 January 2023].
- FAO (2020). *Climate change: Unpacking the burden on food safety*. Food safety and quality series No.8. Rome. DOI: [10.4060/ca8185en](https://doi.org/10.4060/ca8185en)
- FAO (2021). *Europe and Central Asia – Regional Overview of Food Security and Nutrition 2021: Statistics and trends*. Budapest. DOI: [10.4060/cb7493en](https://doi.org/10.4060/cb7493en)
- FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO (2022). *The State of Food Security and Nutrition in the World 2022. Repurposing food and agricultural policies to make healthy diets more affordable*. Rome, FAO. DOI: [10.4060/cc0639en](https://doi.org/10.4060/cc0639en)
- Farooq, M.S., Uzair, M., Raza, A., Habib, M., Xu, Y., Yousuf, M., Yang, S.H. and Ramzan Khan, M. (2022). *Uncovering the Research Gaps to Alleviate the Negative Impacts of Climate Change on Food Security: A Review*. *Front. Plant. Sci.*, vol.13, 927535. DOI: [10.3389/fpls.2022.927535](https://doi.org/10.3389/fpls.2022.927535)
- Fawzy, S., Osman, A.I., Doran, J. and Rooney, D.W. (2020). *Strategies for mitigation of climate change: a review*. *Environmental Chemistry Letters*, 18 (5), pp. 2069-2094. DOI: [10.1007/s10311-020-01059-w](https://doi.org/10.1007/s10311-020-01059-w)
- Food Security Information Network (2020). *Global Report on Food Crises 2020*. Available at: <https://www.fsinplatform.org/global-report-food-crises-2020> [Accessed 6 January 2023].
- Fróna, D. (2020). *Factors affecting food security*. *The annals of the University of Oradea. Economic Sciences*, 29 (1), pp. 39-49.
- Gebrechorkos, S. and Intosh, A. (2014). *Partnering for solutions: Information and Communication Technologies (ICTs) in Smart Water Management*. International Telecommunication Union, 2014. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/279852325> [Accessed 7 January 2023].
- Ghorai, M. and Tapia, H. (2022). *Climate change, food insecurity, and poverty: a turning point?* Available at: <https://www.un.org/> [Accessed 6 January 2023].
- Gitz, V., Meybeck, A., Lipper, L., de Young, C. and Braatz, S. (2016). *Climate change and food security: risks and responses*. FAO. Available at: <https://www.fao.org/3/i5188e/i5188e.pdf> [Accessed 6 January 2023].
- Godde, C.M., Mason – D’Croz, D., Mayberry, D.E., Thornton, P.K. and Herrero, M. (2021). *Impacts of climate change on the livestock food supply chain; A review of the evidence*. *Global Food Security*, vol 28, 100488. DOI: [10.1016/j.gfs.2020.100488](https://doi.org/10.1016/j.gfs.2020.100488)
- Government of the United States of America (2021). *Report on the impact of Climate Change on Migration*. A report by the White House. Available at: <https://reliefweb.int/> [Accessed 6 January 2023].

- Guppy, L., Anderson, K., Mehta, P., Nagabhatla, N. and Qadir, M. (2017). *Water Crisis Report*. United Nations University Institute for Water, Environment and Health, Hamilton, Canada. Available at: <https://inweh.unu.edu/> [Accessed 6 January 2023].
- Hart, K., Allen, B., Keenleyside, C., Nanni, S., Maréchal, A., Paquel, K., Nesbit, M. and Ziemann, J. (2017). *Research for Agri Committee – The Consequences of Climate Change for EU Agriculture: Follow-up to the COP21 – UN Paris Climate Change Conference*. IIEP, European Union, 2017. Available at: <http://www.europarl.europa.eu/supporting-analyses> [Accessed 6 January 2023].
- He, C., Liu, Z., Wu, J., Pan, X., Fang, Z., Li, J. and Bryan, B. (2021). *Future global urban water scarcity and potential solutions*. *Nature Communications*, vol.12, 4667. DOI: [10.2800/320975](https://doi.org/10.2800/320975)
- Hempel, S., Menz, C., Pinto, S., Galán, E., Janke, D., Estellés, F., Müschner-Siemensm T., Wang, X., Heinicke, J., Zhang, G., Amon, B., del Prado, A. and Amon, T. (2019). *Heat stress risk in European dairy cattle husbandry under different climate change scenarios – uncertainties and potential impacts*. *Earth Syst. Dynam. Discuss.* DOI: [10.5194/esd-2019-15](https://doi.org/10.5194/esd-2019-15)
- Herrera, M., Anadón, R., Iqbal, S.Z. and Ariño, A. (2016). *Climate Change and Food Safety*. In: Selamat, J., Iqbal, S. (eds) *Food Safety*. Springer, Cham., pp. 149-160 DOI: [10.1007/978-3-319-39253-0_8](https://doi.org/10.1007/978-3-319-39253-0_8)
- Hoddinott, J., Rosegrant, M. and Torero, M. (2014). *Hunger and Malnutrition*. In book: *Global Problems, Smart Solutions*, Publisher: Cambridge University Press, Editors: B. Lomborg, Chapter 6, pp. 332-367.
- Horn, B., Ferreira, C. and Kalantari, Z. (2022). *Links between food trade, climate change and food security in developed countries: A case study of Sweden*. *Ambio*, vol.55, pp. 943-954. DOI: [10.1007/s13280-021-01623-w](https://doi.org/10.1007/s13280-021-01623-w)
- Hov, O., Cubasch, U., Fischer, E.M., Hoppe, P., Iversen, T., Kvamsto, N.G., Kundzewicz, Z.W., Rezacova, D., Rios, D., Santos, F.D., Schadler, B., Veisz, O., Zerefos, C., Benestad, R.E., Norton, M. and Murlis, J. (2013). *Trends in extreme weather events in Europe: implications for national and European Union adaptation strategies*. EASAC policy report 22. Available at: <https://easac.eu/> [Accessed 8 January 2023].
- Iglesias, A., Garrote, L., Quiroga, S. and Moneo M. (2009). *Impacts of climate change in agriculture in Europe. PESETA-Agriculture study*. European Commission, Joint Research Centre, Institute for Prospective Technological Studies. DOI: [10.2791/33218](https://doi.org/10.2791/33218)
- IPCC (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contribution on Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Pörtner, H.-O., Roberts, D.C., Tignor, M., Poloczanska, E.S., Mintenbeck, K., Alegría, A., Craig, M., Langsdorf, S., Lösschke, S., Möller, V., Okem, A. and Rama, B. (eds.)]. Cambridge University Press. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA. DOI: [10.1017/9781009325844](https://doi.org/10.1017/9781009325844).
- Iqbal, A., Measures, L., Lair, S. and Dixon, B. (2018). *Toxoplasma gondii infection in stranded St. Lawrence Estuary beluga Delphinapterus leucas in Quebec, Canada*. *Diseases of Aquatic Organisms*, 130 (3), pp. 165-175. DOI: [10.3354/dao03262](https://doi.org/10.3354/dao03262)
- Islam, S.N. and Winkel, J. (2017). *Climate Change and Social Inequality*. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, DESA Working Paper No. 152. Available at: <https://www.un.org/development/desa/publications/working-paper/wp152> [Accessed 6 January 2023].
- Jafino, B.A., Walsh, B., Rozenberg, J. and Hallegatte, S. (2020). *Revised Estimates of the Impact of Climate Change on Extreme Poverty by 2030*. World Bank Group, Climate Change Group & Global Facility for Disaster Reduction and Recovery, Policy Research Working Paper 9417. Available at: <https://documents.worldbank.org/> [Accessed 6 January 2023].

- James, S.J. and James, C. (2010). *The food cold-chain and climate change*. Food research International, 43 (7), pp. 1944-1956. DOI: [10.1016/j.foodres.2010.02.001](https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.02.001)
- Jongman, B. (2018). *Effective adaptation to rising flood risk*. Nature Communications, vol.9, 1986. DOI: [10.1038/s41467-018-04396-1](https://doi.org/10.1038/s41467-018-04396-1)
- Kapoor, A., Alcayna, T., de Boer, T., Gleason, K., Bhandari, B. and Heinrich, D. (2021). *Climate Change Impacts on Health and Livelihoods: Afghanistan Assessment*. Available at: <https://www.climatecentre.org/publications/5905> [Accessed 6 January 2023].
- Kemmerling, B., Schetter, C. and Wirkus, L. (2022). *The logics of war and food (in)security*. Global Food Security, 33 (3), 100634. DOI: [10.1016/j.gfs.2022.100634](https://doi.org/10.1016/j.gfs.2022.100634)
- Kent, K., Alston, L., Murray, S., Honeychurch, B., Visentin, D. (2022). *The impact of the COVID-19 Pandemic on Rural Food Security in High Income Countries: A systematic Literature Review*. Int. J. Environ. Res. Public Health, 19 (6), 3235. DOI: [10.3390/ijerph19063235](https://doi.org/10.3390/ijerph19063235)
- Krishnamurthy, P.K., Lewis, K. and Choularton, R.J. (2012). *Climate impacts on food security and nutrition*. Met Office and WFP'S Office for Climate Change, Environment and Disaster Risk Reduction. Available at: <https://www.unclearn.org/> [Accessed 6 January 2023].
- Kweku, D., Bismark, O., Maxwell, A., Desmond, K., Danso, K., Oti-Mensah, E., Quachie, A. and Adormaa, B. (2018). *Greenhouse Effect: Greenhouse Gases and Their Impact on Global Warming*. Journal of Scientific Research and Reports, 17 (6), pp. 1-9. DOI: [10.9734/JSRR/2017/39630](https://doi.org/10.9734/JSRR/2017/39630)
- Lake, I.R., Hooper, L., Abdelhamid, A., Bentham, G., Boxall, A.B.A., Draper, A., Fairweather-Tait, S., Hulme, M., Hunter, P.R., Nichols, G. and Waldron, K.W. (2012). *Climate Change and Food Security: Health Impacts in Developed Countries*. Environmental Health Perspectives, 120 (11), pp. 1520-1526. DOI: [10.1289/ehp.1104424](https://doi.org/10.1289/ehp.1104424)
- Leisner, C.P. (2020). *Review: Climate change impacts on food security – focus on perennial cropping systems and nutritional value*. Plant Science, vol.293, 110412. DOI: [10.1016/j.plantsci.2020.110412](https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2020.110412)
- Maggio, A., Van Criekinge, T. and Malingreau, J.P. (2015). *Global Food Security 2030: Assessing trends with a view to guiding future EU policies*. European Commission, Joint Research Centre, Publications Office of the European Union, 2015. Available at: <https://data.europa.eu/doi/10.2788/5992> [Accessed 6 January 2023].
- Mate, D., Rabbi, M.F., Novotny, A. and Kovacs, S. (2020). *Grand Challenges in Central Europe: The Relationship of Food Security, Climate Change and Energy Use*. Energies, 13 (20), 5422. DOI: [10.3390/en13205422](https://doi.org/10.3390/en13205422)
- McMichael, C. (2014). *Climate Change and Migration: Food Insecurity as a Driver and Outcome of Climate Change-Related Migration*. In: Malik, A., Grohmann, E. and Akhtar, R. (eds) Environmental Deterioration and Human Health, Springer, Dordrecht. DOI: [10.1007/978-94-007-7890-0_12](https://doi.org/10.1007/978-94-007-7890-0_12)
- Michalis, A. and Costarelli, V. (2021). *Food Security research in selected Southern European and Eastern Mediterranean countries: a narrative review*. Nutrition & Food Science, 51 (4), pp. 690-703. DOI: [10.1108/NFS-07-2020-0251](https://doi.org/10.1108/NFS-07-2020-0251)
- Montville, T.J. and Matthews, K.R. (2010). *Μικροβιολογία τροφίμων*. Εκδόσεις ΙΟΝ, Επιμέλεια: Σπηλιώτης, Β. και Γιαβάσης, Ι., σελίδα 22.
- Muehe, E.M., Wang, T., Kerl, C.F., Planer-Friedrich, B. and Fendorf, S. (2019). *Rice production threatened by coupled stresses of climate and soil arsenic*. Nature Communications, 10 (1), 4985. DOI: [10.1038/s41467-019-12946-4](https://doi.org/10.1038/s41467-019-12946-4)
- Mylonas, I., Stavrakoudis, D., Katsantonis, D. and Korpetis, E. (2020). *Better farming practices to combat climate change*. In: Climate change and Food Security with Emphasis on Wheat, Academic Press, 2020, Ozturk, M. and Gul, A. (Eds). DOI: [10.1016/B978-0-12-819527-7.00001-7](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819527-7.00001-7)

- National Oceanic and Atmospheric Administration (no date). *The NOAA Annual Greenhouse Gas Index (AGGI)*. Global Monitoring Laboratory, Earth System Research Laboratories (online). Available at: <https://gml.noaa.gov/aggi/aggi.html> [Accessed 8 January 2023].
- Noonan, E. and Rusu, A. (2022). *The future of climate migration*. European Parliamentary Research Service, Strategic Foresight and Capabilities Unit. Available at: <https://www.europarl.europa.eu/> [Accessed 6 January 2023].
- Obradovich, N., Tingley, D. and Rahwan, I. (2018). *Effects of environmental stressors on daily governance*. Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA, 115 (35), pp. 8710-8715. DOI: [10.1073/pnas.1803765115](https://doi.org/10.1073/pnas.1803765115)
- Paudel, B., Wang, Z., Zhang, Y., Rai, M.K. and Paul, P.K. (2021). *Climate Change and Its Impacts on Farmer's Livelihood in Different Physiographic Regions of the Trans-Boundary Koshi River Basin, Central Himalayas*. Int. J. Environ. Public Health, 18 (13), 7142. DOI: [10.11648/j.wros.20190804.12](https://doi.org/10.11648/j.wros.20190804.12)
- Payne, M.R., Kudahl, M., Engelhard, G.H., Peck, M.A. and Pinnegar, J.K. (2021). *Climate risk to European fisheries and coastal communities*. PNAS, 118 (40), e2018086118. DOI: [10.1073/pnas.2018086118](https://doi.org/10.1073/pnas.2018086118)
- Peck, M.A., Catalán, I.A., Damalas, D., Elliott, M., Ferreira, J.G., Hamon, K.G., Kamermans, P., Kay, S., Kreiß, C.M., Pinnegar, J.K., Saille, S.F., Taylor, N.G.H., Cowx, I.G., Cubillo, A.M., Döring, R., Doyle, T.K., Kennerley, A.S., Payne, M.R., Papathanasopoulou, E. and Stelzenmüller, V. (2020). *Climate Change and European Fisheries and Aquaculture: 'CERES' Project Synthesis Report*. Hamburg. DOI: [10.25592/uhhfdm.804](https://doi.org/10.25592/uhhfdm.804)
- Peng, W. and Berry, E.M. (2019). *The Concept of Food Security*. In: Ferranti, P., Berry, E.M., Anderson, J.R. (Eds.), *Encyclopedia of Food Security and Sustainability*, vol.2, pp. 1-7. DOI: [10.1016/B978-0-08-100596-5.22314-7](https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.22314-7)
- Phukan, B., Baishya, S. and Bordoloi, R. (2011). *Climate Change – Impacts on Fisheries and Aquaculture*. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/326913566> [Accessed 6 January 2023].
- Rahman, M.A., Islam, M.Z., Mojumdar, S., Kanon, K.F., Ashik, A., Habibur, M. and Molla, R. (2022). *Impacts of Climate Change on Aquaculture and Fisheries: An Integrated Approach for Adaptation and Mitigation*. 3rd International Conference on Food, Nutrition, Environment and Agricultural Sciences (ICFNEAS22) At: Istanbul, Turkey. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/360054506> [Accessed 6 January 2023].
- Ramos, H., McNabola, A., Lopez-Jimenez, P.A. and Perez-Sanchez, M. (2019). *Smart Water Management towards Future Water Sustainable Networks*. Water, 12 (1), 58. DOI: [10.3390/w12010058](https://doi.org/10.3390/w12010058)
- Renaudeau, D. and Dourmad, J.Y. (2022). *Review: Future consequences of climate change for European Union pig production*. Animal, vol.16, 100372. DOI: [10.1016/j.animal.2021.100372](https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100372)
- Richie, H., Roser, M. and Rosado, P. (2020). CO₂ and Greenhouse Gas Emission. Published online at OurWorldInData.org. Available at: <https://ourworldindata.org/emissions-by-sector> [Accessed 7 January 2023].
- Rojas-Downing, M.M., Nejadhashemi, A.P., Harrigan, T. and Woznicki, S.A. (2017). *Climate change and livestock: Impacts, adaptation and mitigation*. Climate Risk Management, vol.16, pp. 145-163. DOI: [10.1016/j.crm.2017.02.001](https://doi.org/10.1016/j.crm.2017.02.001)
- Sade, N. and Peleg, Z. (2020). *Future challenges for global food security under climate change*. Plant Science, vol.295, 110467. DOI: [10.1016/j.plantsci.2020.110467](https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2020.110467)

- Scholaert, F. (2021). *EU climate action in ocean governance and fisheries policy*. European Parliamentary Research Service, European Union, 2021. Available at: <https://www.europarl.europa.eu> [Accessed 6 January 2023].
- Schuh, B. et al., (2019). *Research for AGRI Committee – The EU farming employment: current challenges and future prospects*. European Parliament, Policy Department for Structural and Cohesion Policies, Brussels. Available at: <https://www.europarl.europa.eu/> [Accessed 6 January 2023].
- Thakur, S.B. and Bajagain, A. (2019). *Impacts of Climate Change on Livelihood and Its Adaptation Needs*. Journal of Agriculture and Environment, vol.20, pp. 173-185. DOI: [10.3126/aej.v20i0.25067](https://doi.org/10.3126/aej.v20i0.25067)
- Thomson, A. and Metz, M. (1999). *Implications of Economic Policy for Food Security: A Training Manual*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Training Materials for Agricultural Planning 40, Rome, 1998. Available at: <https://www.fao.org/> [Accessed 8 January 2023].
- Tirado, M.C., Clarke, R., Jaykus, L.A., McQuatters-Gollop, A. and Frank, J.M. (2010). *Climate Change and Food Safety: A Review*. Food Research International, 43 (7), pp. 1745-1765. DOI: [10.1016/j.foodres.2010.07.003](https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.07.003)
- Toreti, A., Bavera, D., Acosta Navarro, J., Cammalleri, C., de Jager, A., Di Ciollo, C., Hrast Essenfelder, A., Maetens, W., Magni, D., Masante, D., Mazzeschi, M., Niemeyer, S., Spinoni, J. (2022). *Drought in Europe August 2022*. Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2022. DOI: [10.2760/264241](https://doi.org/10.2760/264241) (online)
- Tumwesigye, W. (2019). *Impact of Climate change on food systems*. Journal of Water Resources and Ocean Science, 8 (4), pp. 50-55. DOI: [10.11648/j.wros.20190804.12](https://doi.org/10.11648/j.wros.20190804.12)
- United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Wilmoth, J., Menozzi, C. and Bassarsky, L. (2022a). *UN DESA Policy Brief No. 130: Why population growth matters for sustainable development*. Available at: <https://www.un.org/> [Accessed 6 January 2023].
- United Nations (2022b). *The Sustainable Development Goals Report 2022*. Available at: <https://unstats.un.org/sdgs/report/2022/> [Accessed 6 January 2023].
- van Boeckel, T.P., Brower, C., Gilbert, M., Grenfell, B.T., Levin, S.A., Robinson, T.P., Teillant, A. and Laxminarayan, R. (2015). *Global trends in antimicrobial use in food animals*. Proceedings of the National Academy of sciences of the USA, 112 (18), pp. 5649-5654. DOI: [10.1073/pnas.1503141112](https://doi.org/10.1073/pnas.1503141112)
- van Hattum, T., Blauw, M., Jensen, M. and Bruin, K. (2017). *Towards Water Smart Cities*. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/313504987> [Accessed 7 January 2023].
- van Schaik, L. and Bakker, T. (2017). *Climate-migration-security: Making the most of a contested relationship*. Planetary Security Initiative. Available at: <https://www.clingendael.org/> [Accessed 6 January 2023].
- Walia, M. (2020). *Crop Diversification*. University of Nevada, Reno, FS-20-28. Available at: <https://extension.unr.edu/publication.aspx?PubID=3816> [Accessed 7 January 2023].
- Younis, K., Ahmad, S., Badpa, A. (2015). *Malnutrition: Causes and Strategies*. Journal of Food Processing & Technology, 6 (4). DOI: [10.4172/2157-7110.1000434](https://doi.org/10.4172/2157-7110.1000434)