



Εκπαιδευτικό Πρόγραμμα για την Κλιματική Αλλαγή 1ο Τεύχος

Σεβαστή – Σοφία Ανθοπούλου, Πολυχρονίτσα Ιωαννίδου,
Θάλεια Μαυράκου, Βάσω Σερέπα,
Δημήτριος Ι. Σωτηρόπουλος, Αλεξάνδρα Τσίγκου

Αθήνα
2024

Υλοποίηση:



Ίδρυμα Λαμπράκη

Χρηματοδότηση:



Κοινωφελές Ίδρυμα
Ιωάννη Σ. Λάτση



Ίδρυμα
Αθηνάς Ι.
Μαρτίνου

ΕΝΕΡΓΩ ΓΙΑ ΤΟΝ ΠΛΑΝΗΤΗ

Εκπαιδευτικό πρόγραμμα για την κλιματική αλλαγή

Οδηγός για την/τον Εκπαιδευτικό – Τεύχος 1

Αθήνα 2024

Οι Οδηγοί για την/τον Εκπαιδευτικό παρουσιάστηκαν στην πρώτη τους μορφή το 2023 και υποστήριξαν την πιλοτική εφαρμογή του προγράμματος «Ενεργώ για τον Πλανήτη».

Συγγραφή: Σεβαστή-Σοφία Ανθοπούλου, Πολυχρονίτσα Ιωαννίδου, Θάλεια Μαυράκου, Βάσω Σερέπα, Δημήτριος Ι. Σωτηρόπουλος, Αλεξάνδρα Τσίγκου

Σύνθεση: Μαρία Ξανθοπούλου, Ειρήνη Σολωμού

Γλωσσική επιμέλεια: Ελένη Φραγκάκη

Λογότυπο: Δήμητρα Χαντζάκου

Γραφιστική επιμέλεια: Βάσω Καλαμά

ISBN:

Εκδότης: Ίδρυμα Λαμπράκη

Το εκπαιδευτικό πρόγραμμα «**Ενεργώ για τον Πλανήτη**» σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε από το [Ίδρυμα Λαμπράκη](#) στο πλαίσιο των δράσεων της [Πρωτοβουλίας 21](#), με χρηματοδότηση από το [Κοινωνικό Ίδρυμα Ιωάννη Σ. Λάτση](#), [Ίδρυμα Αθηνάς Ι. Μαρτίνου](#) και το [Ίδρυμα Λαμπράκη](#).

Όλα τα δικαιώματα πνευματικής ιδιοκτησίας και άλλα δικαιώματα διανοητικής ιδιοκτησίας σε όλα τα κείμενα και το λοιπό υλικό σε αυτόν τον Οδηγό (**Ενεργώ για τον Πλανήτη – Οδηγός για την/τον εκπαιδευτικό**) που τον συνοδεύουν αποτελούν ιδιοκτησία του **Ιδρύματος Λαμπράκη (ΝΠΙΔ)**, που εδρεύει στην Αθήνα, οδός Αναγνωστοπούλου, αρ. 5, Τ.Κ. 10673, ή περιλαμβάνονται με την άδεια του σχετικού ιδιοκτήτη.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1	1. Εισαγωγή	6
	1.1 Το Πρόγραμμα «Ενεργώ για τον Πλανήτη»	6
	1.2 Το Εκπαιδευτικό Υλικό «Ενεργώ για τον Πλανήτη»	7
2	2. Τι είναι κλιματική αλλαγή	9
	2.1 Το κλίμα μεταβάλλεται ή αλλάζει;	10
	2.2 Στοιχεία αλλαγής του κλίματος - Πώς ξέρουμε ότι συμβαίνει η κλιματική αλλαγή;	12
	2.2.1 Αύξηση της παγκόσμιας θερμοκρασίας	12
	2.2.2 Οι ωκεανοί θερμαίνονται	14
	2.2.3 Οι παγετώνες υποχωρούν - Η χιονοκάλυψη μειώνεται	15
	2.2.4 Ο πάγος της Αρκτικής Θάλασσας μειώνεται	17
	2.2.5 Η στάθμη της θάλασσας ανεβαίνει	18
	2.2.6 Τα ακραία γεγονότα αυξάνονται σε συχνότητα	19
	2.2.7 Η οξίνιση των ωκεανών αυξάνεται	22
3	3. Αιτίες της κλιματικής αλλαγής	24
	3.1 Τα αέρια του θερμοκηπίου	24
	3.2 Εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου ανά χώρα	30
	3.2.1 Συνολικές εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου	30
	3.2.2 Εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου ανά τομέα ανθρώπινων δραστηριοτήτων	32
	3.3 Αλλαγή χρήσης της γης - Αποψίλωση των δασών	36

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

4

4. Επιστήμη, Πολιτικές και κλιματική αλλαγή 40

4.1 Μετριασμός και προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή 40

4.2 Δράσεις και διαπραγματεύσεις για την κλιματική αλλαγή 42

4.3 Κλιματικά Μοντέλα 45

4.4 Διερεύνηση της μελλοντικής κλιματικής αλλαγής 46

4.4.1 Μελλοντικές κλιματικές μεταβολές στην Ελλάδα 49

5

5. Επιπτώσεις και κίνδυνοι Κλιματικής Αλλαγής 51

5.1 Περιβάλλον 52

5.1.1 Θαλάσσιο Περιβάλλον 52

5.1.2 Δάση 55

5.1.3 Υδατικοί πόροι 60

5.1.4 Αστικό Περιβάλλον 65

5.2 Κοινωνία και Οικονομία 70

5.2.1 Ενέργεια 70

5.2.2 Κλιματικοί μετανάστες 73

5.2.3 Κλιματική δικαιοσύνη 76

5.2.4 Γεωργία-Κτηνοτροφία 77

5.2.5 Επισιτιστική ανασφάλεια 79

5.2.6 Υγεία 83

5.2.7 Πολιτιστική κληρονομιά 85

5.2.8 Τουρισμός 87

5.2.9 Εργασιακή απασχόληση 91

Βιβλιογραφία 93

1. Εισαγωγή

1.1 Το Πρόγραμμα «Ενεργώ για τον Πλανήτη»

Η κλιματική αλλαγή αποτελεί μία από τις μεγαλύτερες απειλές του 21ου αιώνα. Η μέση θερμοκρασία του πλανήτη έχει αυξηθεί κατά περίπου 1 βαθμό Κελσίου από τα τέλη του 19ου αιώνα, κυρίως λόγω των αυξημένων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα και των ανθρώπινων δραστηριοτήτων.

Το μεγαλύτερο μέρος της θέρμανσης σημειώθηκε τα τελευταία 40 χρόνια, με τα 7 πιο πρόσφατα χρόνια να είναι τα θερμότερα. Η επιτακτική ανάγκη αντιμετώπισης της παγκόσμιας αυτής πρόκλησης σε πολιτικό επίπεδο έχει επισημανθεί εδώ και χρόνια. Τελευταία, έχουν ληφθεί και στη χώρα μας νομοθετικά μέτρα και έχουν υιοθετηθεί κάποιες πρακτικές για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής. Παράλληλα, είναι επιτακτική η ανάγκη ενημέρωσης των πολιτών, ώστε να υιοθετήσουν στάσεις και συμπεριφορές που θα συμβάλλουν στον μετριασμό και στην προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή. Η ενημέρωση αυτή δεν μπορεί παρά να ξεκινά από νωρίς, στο σχολείο.

Το εκπαιδευτικό πρόγραμμα «**Ενεργώ για τον Πλανήτη**» απευθύνεται σε μαθητές/τριες της Πρωτοβάθμιας και Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης (από το Νηπιαγωγείο μέχρι και το Λύκειο) με στόχο την εκπαίδευσή τους σχετικά με την κλιματική αλλαγή. Το πρόγραμμα σχεδιάστηκε και υλοποιείται από το [Ίδρυμα Λαμπράκη](#) στο πλαίσιο των δράσεων της [Πρωτοβουλίας 21](#), με χρηματοδότηση από το [Κοινωνικό Ίδρυμα Ιωάννη Σ. Λάτση](#), το

[Ίδρυμα Αθηνάς Ι. Μαρτίνου](#) και και το [Ίδρυμα Λαμπράκη](#).

Στο πλαίσιο του προγράμματος, οι μαθητές/τριες εστιάζουν σε θέματα που συνδέονται με την κλιματική αλλαγή, προσεγγίζοντάς τα ως ενεργοί πολίτες, μέσα από την οπτική των θετικών επιστημών και της τεχνολογίας και αναπτύσσοντας πρακτικές της Επιστήμης των Πολιτών (ΕτΠ). Στόχος είναι να ερευνήσουν και να ενημερωθούν αναλυτικότερα για την κλιματική αλλαγή, τις αιτίες και τις συνέπειές της σε παγκόσμιο, εθνικό, αλλά και τοπικό επίπεδο, καθώς και για τους τρόπους με τους οποίους μπορούν να δραστηριοποιηθούν προκειμένου να ανακόψουν τη ραγδαία εξελισσόμενη κατάσταση ή έστω να λάβουν μέτρα μετριασμού και προσαρμογής.

Οι μαθητές/τριες καταγράφουν τις διεθνείς, ευρωπαϊκές και εθνικές πολιτικές δεσμεύσεις και οδηγίες σχετικά με την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής και προτείνουν λύσεις ξεκινώντας από τη δική τους καθημερινότητα στο σχολείο, στο σπίτι, στην κοινότητα κ.λπ. Κάνουν συγκεκριμένες, ρεαλιστικές και υλοποιήσιμες προτάσεις και δημιουργούν σχέδια δράσης, αξιοποιώντας την τεχνογνωσία ειδικών επιστημόνων και κοινωνικών εταίρων που μπορούν να τους βοηθήσουν σε αυτήν την κατεύθυνση, αναπτύσσοντας συνεργασίες μαζί τους. Στη συνέχεια, καλούν σε δράση συμμαθητές και συμμαθήτριάς τους από το ίδιο ή από γειτονικά σχολεία, νέους/νέες του νομού τους, οικογένειες, επιχειρήσεις, την

κοινή γνώμη, τις τοπικές αρχές κ.ά. Τα σχέδιά τους θα πρέπει να περιλαμβάνουν ξεκάθαρους στόχους, βήματα και πρόβλεψη για την μέτρηση

αντικτύπου της πρωτοβουλίας τους, με την ολοκλήρωση της οποίας γίνεται αξιολόγηση του αποτελέσματος.

1.2 Το Εκπαιδευτικό Υλικό «Ενεργώ για τον Πλανήτη»

Για την επίτευξη των παραπάνω στόχων δημιουργήθηκαν δύο Οδηγοί για τον/την Εκπαιδευτικό. Παρέχεται επίσης δωρεάν επιμόρφωση (τόσο με φυσική παρουσία όσο και εξ αποστάσεως), καθώς και συμβουλευτική υποστήριξη στους/στις συμμετέχοντες/ουσες εκπαιδευτικούς. Επιπλέον, κάθε συμμετέχον σχολείο λαμβάνει τεχνολογικό εξοπλισμό, όπως για παράδειγμα αισθητήρες ρομποτικής, μετεωρολογικών μετρήσεων κ.ά., ο οποίος υποστηρίζει την επιστημονική εργασία στο πλαίσιο του προγράμματος.

Οι Οδηγοί για τον/την Εκπαιδευτικό είναι δύο τεύχη που λειτουργούν συμπληρωματικά. Το παρόν, πρώτο τεύχος αποτελεί το θεωρητικό μέρος των Οδηγών και περιλαμβάνει, σε συνοπτική και ταυτόχρονα αρκετά ολοκληρωμένη μορφή, όλες τις πληροφορίες που χρειάζεται ένας/μία εκπαιδευτικός οποιασδήποτε ειδικότητας και βαθμίδας, προκειμένου να εισηγηθεί το θέμα της κλιματικής αλλαγής στους/στις μαθητές/τριες του/της, αξιοποιώντας το δεύτερο τεύχος.

Το δεύτερο τεύχος του οδηγού περιλαμβάνει βιωματικές, μαθητοκεντρικές και ομαδοσυνεργατικές δραστηριότητες που προσεγγίζονται με μεθόδους ανακαλυπτικής μάθησης και “learning by doing”. Κάθε δραστηριότητα χαρακτηρίζεται ως προς την/ τις τάξη/εις στην/στις οποία/ες απευθύνεται,

τους στόχους, τα μαθησιακά αποτελέσματα, τις δεξιότητες, τη σύνδεσή της με το αναλυτικό πρόγραμμα, καθώς και με τους στόχους βιώσιμης ανάπτυξης (SDGs) του ΟΗΕ. Οι δραστηριότητες στοχεύουν στην κατανόηση της κλιματικής αλλαγής και των αιτιών της και καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα τομέων στους οποίους αποτυπώνονται οι συνέπειές της (φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον, ενέργεια, κοινωνία, υγεία, οικονομία κ.ά.), ενώ παράλληλα διευκολύνουν την κατανόηση των εννοιών της προσαρμογής και του μετριασμού.

Ο/η εκπαιδευτικός μπορεί να επιλέξει δραστηριότητες διαφορετικής δυσκολίας που ταιριάζουν στη μαθησιακή ετοιμότητα, την ηλικία και στα ενδιαφέροντα των μαθητών/τριών του/της. Μπορεί να κάνει παραλλαγές και να τις προσαρμόσει στις ανάγκες της τάξης του/της. Οι δραστηριότητες είναι ανεξάρτητες και μπορούν να πραγματοποιούνται αυτόνομα. Δεν υπάρχει αυστηρή σειρά διαδοχής ενοτήτων και δραστηριοτήτων, αλλά συνίσταται ο/η εκπαιδευτικός να ξεκινήσει με δραστηριότητες που εισάγουν τους/τις μαθητές/τριες στην έννοια της κλιματικής αλλαγής και του φαινομένου του θερμοκηπίου, και στη συνέχεια να προχωρήσει στον δικό του/της σχεδιασμό.

Το πρόγραμμα θεωρεί δεδομένο ότι στους σχολικούς χώρους τηρούνται οι κανόνες

προσβασιμότητας, ασφάλειας και υγιεινής. Οι δραστηριότητες που προτείνονται δεν δημιουργούν επιπλέον κινδύνους και πραγματοποιούνται πάντα με την καθοδήγηση και εποπτεία εκπαιδευτικού. Το «Ενεργώ για τον Πλανήτη» προτείνεται να υλοποιηθεί ως πρόγραμμα σχολικών δραστηριοτήτων, και παράλληλα να ενταχθεί διαθεματικά μέσα στο ωρολόγιο πρόγραμμα. Για τον σκοπό αυτό γίνονται συγκεκριμένες αναφορές και συνδέεται με τα Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών (Α.Π.Σ.).

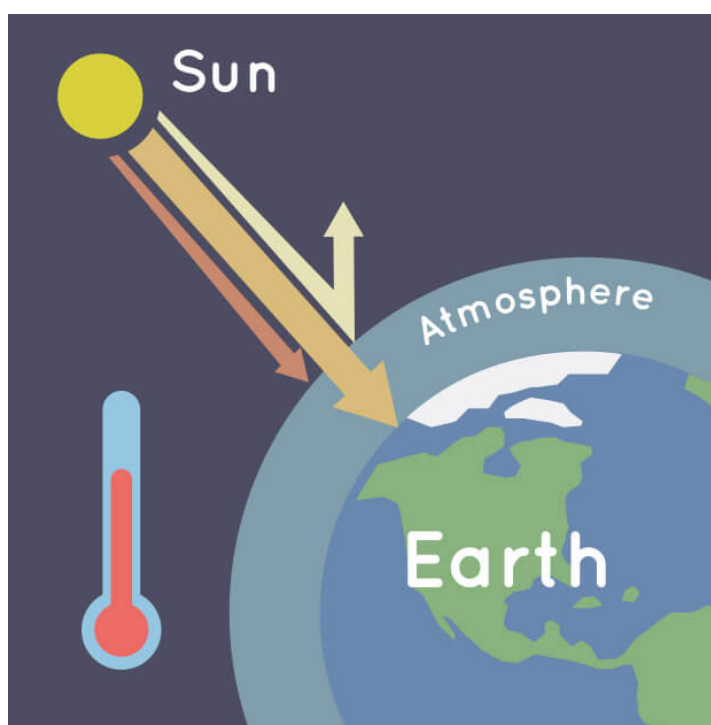
Το «Ενεργώ για τον Πλανήτη» έχει λάβει την έγκριση του Υπουργείου Παιδείας, Θρησκευμάτων και Αθλητισμού (Φ1Α/3388/ΑΠ/ 18087/Δ7) και εφαρμόστηκε πιλοτικά κατά το σχολικό έτος 2023-24 με τη συμμετοχή 133 εκπαιδευτικών από 28 σχολεία της Πρωτοβάθμιας και Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης, τα οποία βρίσκονται σε 16 διαφορετικούς νομούς της Ελλάδας. Το πρόγραμμα προσφέρεται δωρεάν από το Ίδρυμα Λαμπράκη και δεν δημιουργεί δαπάνες για το δημόσιο.

2. Τι είναι κλιματική αλλαγή

Η ατμόσφαιρα, οι ωκεανοί, η επιφάνεια της Γης και η βλάστηση επηρεάζουν το κλίμα και τον καιρό. Η ατμόσφαιρα περιέχει όλα τα απαραίτητα στοιχεία για την εξασφάλιση της ζωής στον πλανήτη. Κοντά στην επιφάνεια της Γης, η ατμόσφαιρα είναι πιο πυκνή, προσφέροντας το απαραίτητο για τη ζωή οξυγόνο.

Στο χαμηλό αυτό στρώμα της ατμόσφαιρας, πλούσιο σε υδατμούς, εκδηλώνονται τα καιρικά φαινόμενα που, με το πέρασμα των χρόνων (περισσότερα από 30 χρόνια), διαμορφώνουν το κλίμα μιας περιοχής. Οι παράμετροι που συνθέτουν το κλίμα μιας περιοχής περιλαμβάνουν μεταξύ άλλων τη θερμοκρασία, το ύψος βροχόπτωσης, τον άνεμο, την υγρασία, κ.ά.

Η ατμόσφαιρα λειτουργεί περίπου όπως ένα θερμοκήπιο, «εγκλωβίζοντας» θερμότητα. Αντίστοιχη είναι και η δράση των αερίων του θερμοκηπίου, τα οποία απορροφούν μέρος της ακτινοβολίας που εκπέμπει η Γη προς το διάστημα και την επανεκπέμπουν προς τη Γη (βλ. Εικόνα 1). Χωρίς τα αέρια του θερμοκηπίου, η μέση θερμοκρασία της Γης θα ήταν περίπου -18 βαθμούς Κελσίου, γεγονός που θα καθιστούσε τον πλανήτη μη βιώσιμο. Ωστόσο, από τη Βιομηχανική Επανάσταση και έπειτα, όλο και περισσότερα αέρια του θερμοκηπίου προστίθενται στην ατμόσφαιρα, παγιδεύοντας ακόμα περισσότερη θερμότητα. Έτσι, αντί το φαινόμενο του θερμοκηπίου να διατηρεί τη Γη σε μια βιώσιμη θερμοκρασία, θερμαίνει τον πλανήτη με πολύ ταχύ ρυθμό. Αυτό ονομάζεται «ενισχυμένο φαινόμενο του θερμοκηπίου» και είναι το κύριο αίτιο της κλιματικής αλλαγής.



Εικόνα 1. Το φαινόμενο του θερμοκηπίου (NASA, n.d.).

2.1 Το κλίμα μεταβάλλεται ή αλλάζει;

Το κλίμα έχει υποστεί μεταβολές για δισεκατομμύρια χρόνια. Οι μεταβολές αυτές μπορεί να οφείλονται είτε σε εσωτερικές φυσικές διεργασίες του κλίματος, όπως τα φαινόμενα El Niño και La Niña, είτε σε εξωτερικούς παράγοντες. Οι εξωτερικοί παράγοντες μπορεί να είναι φυσικοί (όπως η ηλιακή δραστηριότητα, οι αλλαγές στην τροχιά της Γης, οι ηφαιστειακές εκρήξεις) ή ανθρωπογενείς (όπως οι αλλαγές στη σύσταση της ατμόσφαιρας, η αλλαγή χρήσης της γης).

Οι εσωτερικές φυσικές διεργασίες προκαλούν διακυμάνσεις στη θερμοκρασία αλλά δεν μεταβάλλουν τη μέση κλιματική τιμή της. Για παράδειγμα, η αλλαγή της θερμοκρασίας στον Ειρηνικό ωκεανό κατά τη διάρκεια του El Niño μπορεί να προκαλέσει προσωρινές αλλαγές στην παγκόσμια θερμοκρασία, αλλά δεν είναι αρκετή για να προκαλέσει μόνιμη αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη, όπως αυτή που παρατηρείται τις τελευταίες δεκαετίες.

Οι εξωτερικοί παράγοντες επηρεάζουν την ισορροπία μεταξύ της ενέργειας που εισέρχεται και εξέρχεται από το κλιματικό σύστημα και μπορούν να προκαλέσουν μακροχρόνια θέρμανση. Ωστόσο, μόνο οι παράγοντες που συνδέονται με τις ανθρώπινες δραστηριότητες ταιριάζουν με τα χαρακτηριστικά της θέρμανσης που παρατηρείται τα τελευταία χρόνια. Αυτό προκύπτει από τα εξής:

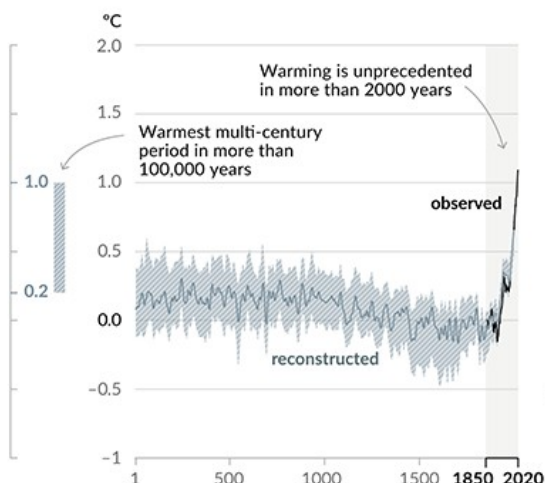
- Οι αλλαγές στην τροχιά της Γης έχουν επηρεάσει το κλίμα στο παρελθόν, αλλά είναι πολύ αργές για να εξηγήσουν την πρόσφατη ταχεία θέρμανση του πλανήτη.
- Εάν υπήρχε αύξηση της θερμότητας που εισέρχεται στη Γη από τον Ήλιο (αλλαγή στην ηλιακή δραστηριότητα), θα καταγραφόταν θέρμανση σε ολόκληρη την ατμόσφαιρα, και όχι μόνο στα κατώτερα στρώματα. Ωστόσο, σήμερα παρατηρείται θέρμανση μόνο της κατώτερης ατμόσφαιρας, κάτι που συνδέεται με το ενισχυμένο φαινόμενο του θερμοκηπίου, όπου τα αέρια του θερμοκηπίου «παγιδεύουν» τη θερμότητα.
- Τα ηφαίστεια εκπέμπουν αέρια του θερμοκηπίου, αλλά οι εκπομπές τους είναι πολύ μικρότερες από εκείνες των ανθρώπινων δραστηριοτήτων και δεν επαρκούν για να προκαλέσουν το επίπεδο θέρμανσης που παρατηρείται. Επιπλέον, η κυρίαρχη επίδραση των ηφαιστειακών εκρήξεων είναι η ψύξη, μέσω της έκλυσης αερολυμάτων στην ατμόσφαιρα, που συμβάλλουν στην ψύξη της επιφάνειας της Γης και όχι στη θέρμανση.

Στην Εικόνα 2 φαίνεται ότι η επίδραση των φυσικών εξωτερικών παραγόντων δεν μπορεί να δικαιολογήσει από μόνη της την αύξηση της θερμοκρασίας που παρατηρείται.

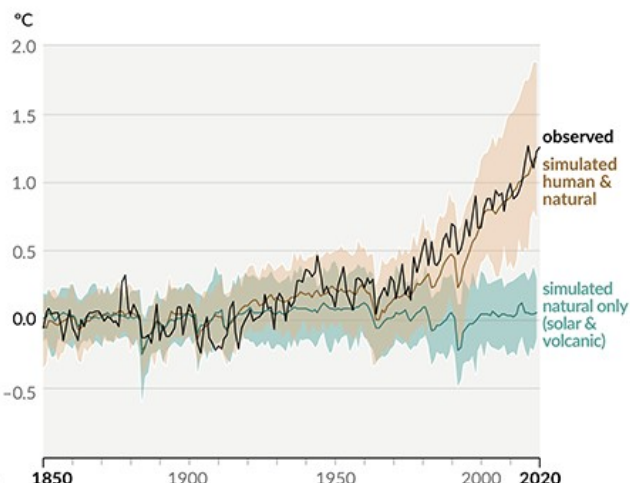
Human influence has warmed the climate at a rate that is unprecedented in at least the last 2000 years

Changes in global surface temperature relative to 1850–1900

(a) Change in global surface temperature (decadal average) as reconstructed (1–2000) and observed (1850–2020)



(b) Change in global surface temperature (annual average) as observed and simulated using human & natural and only natural factors (both 1850–2020)



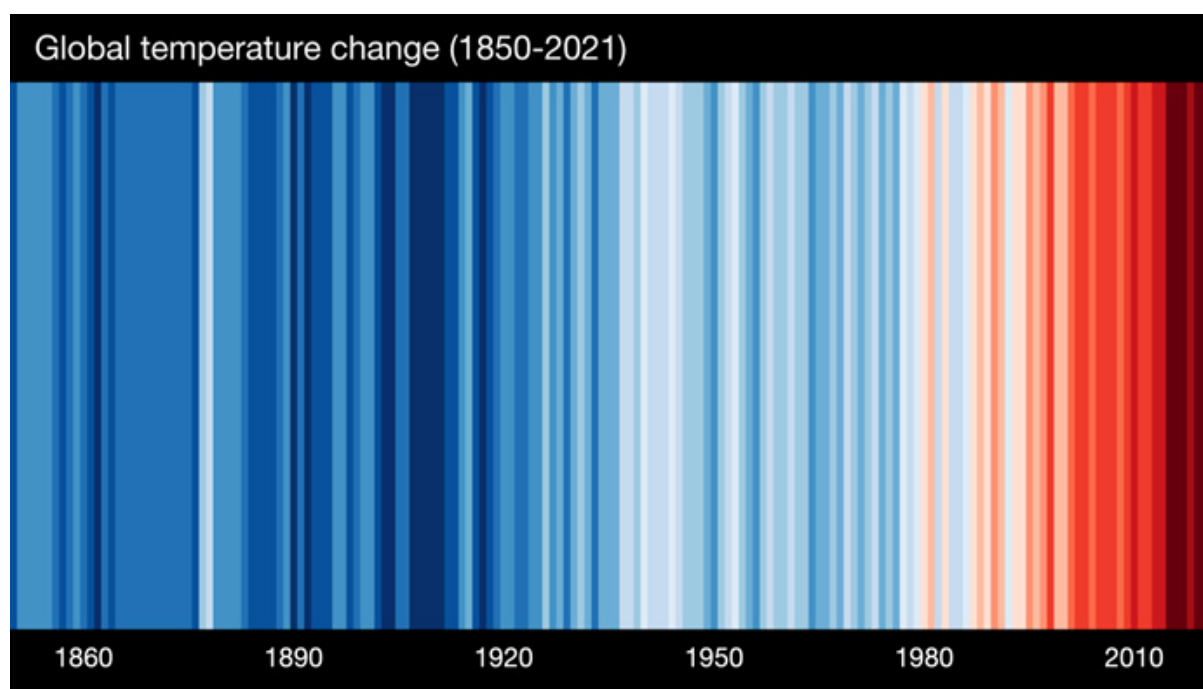
Εικόνα 2. Μεταβολή της θερμοκρασίας της Γης από το 1850 έως το 2020. Μαύρη γραμμή: καταγεγραμμένες τιμές. Πράσινη γραμμή: επίδραση φυσικών παραγόντων (όπως αλλαγές στην τροχιά της Γης, ηλιακή δραστηριότητα, ηφαίστεια). Καφέ γραμμή: επίδραση φυσικών και ανθρωπογενών παραγόντων (IPCC, n.d.a).

Από τα παραπάνω γίνεται εμφανές ότι το κλίμα μπορεί να παρουσιάζει μεταβολές όπου η θερμοκρασία, οι βροχοπτώσεις, ο άνεμος και άλλες κλιματικές παράμετροι ποικίλλουν για δεκαετίες ή ακόμη περισσότερο εξαιτίας φυσικών διεργασιών. Όμως, ο πλανήτης σήμερα βιώνει μια πρωτοφανή ταχεία υπερθέρμανση που δεν οφείλεται σε φυσικά αίτια, αλλά σε ανθρώπινες δραστηριότητες, κυρίως λόγω της καύσης ορυκτών καυσίμων που παράγουν αέρια του θερμοκηπίου. Τα επιστημονικά στοιχεία δείχνουν ότι από τη Βιομηχανική Επανάσταση και έπειτα, η παγκόσμια θερμοκρασία αυξήθηκε με πολύ ταχύτερο ρυθμό.

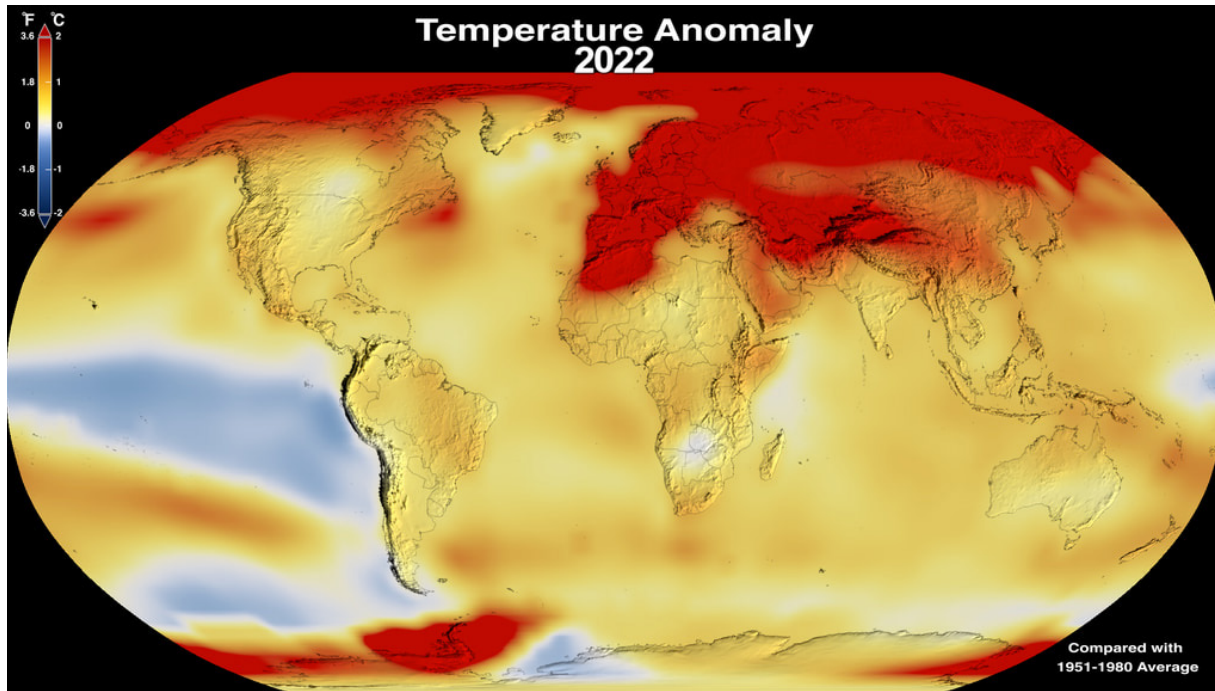
2.2 Στοιχεία αλλαγής του κλίματος - Πώς ξέρουμε ότι συμβαίνει η κλιματική αλλαγή;

2.2.1 Αύξηση της παγκόσμιας θερμοκρασίας

Η μέση θερμοκρασία του πλανήτη έχει αυξηθεί κατά περίπου 1 βαθμό Κελσίου από τα τέλη του 19ου αιώνα (IPCC, 2018). Η αλλαγή αυτή οφείλεται στις αυξημένες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα και σε άλλες ανθρώπινες δραστηριότητες. Το μεγαλύτερο μέρος της θέρμανσης σημειώθηκε τα τελευταία 40 χρόνια, με τα επτά πιο πρόσφατα χρόνια να είναι τα θερμότερα (βλ. Εικόνα 3). Όπως φαίνεται και στην Εικόνα 4 η μεταβολή αυτή της θερμοκρασίας δεν είναι ομοιόμορφη σε όλο τον πλανήτη. Η θερμοκρασία δεν αυξάνεται με τον ίδιο ρυθμό παντού, καθώς μπορεί να αυξηθεί κατά 5 βαθμούς σε μια περιοχή και να πέσει κατά 2 βαθμούς σε μια άλλη. Γενικά, η θέρμανση είναι μεγαλύτερη στην ξηρά παρά στη θάλασσα, επειδή το νερό ανταποκρίνεται πιο αργά στις αλλαγές (θερμική αδράνεια).



Εικόνα 3. Μεταβολή της παγκόσμιας θερμοκρασίας από το 1850 έως το 2021. Κάθε λωρίδα αντιπροσωπεύει τη μέση θερμοκρασία για ένα μόνο έτος, σε σχέση με τη μέση θερμοκρασία κατά τη διάρκεια της περιόδου συνολικά. Οι αποχρώσεις του μπλε υποδηλώνουν ψυχρότερες από τον μέσο όρο χρονιές, ενώ το κόκκινο θερμότερες. Οι έντονες κόκκινες λωρίδες στη δεξιά πλευρά αποτυπώνουν την ταχεία θέρμανση του πλανήτη τις τελευταίες δεκαετίες (Hawkins, E., n.d.).



Εικόνα 4. Μεταβολή της παγκόσμιας επιφανειακής θερμοκρασίας το 2022 σε σύγκριση με την περίοδο 1951-1980 (Schmunk, B., R., 2023).

Γιατί έχει σημασία

Η θερμοκρασία είναι βασικός δείκτης του κλίματος. Η μέση θερμοκρασία μιας περιοχής και η μεταβολή της κατά τη διάρκεια του έτους επηρεάζουν σημαντικά:

- α) τον τρόπο ζωής των ανθρώπων,
- β) τα είδη των καλλιεργειών,
- γ) τις πόλεις, κ.λπ.

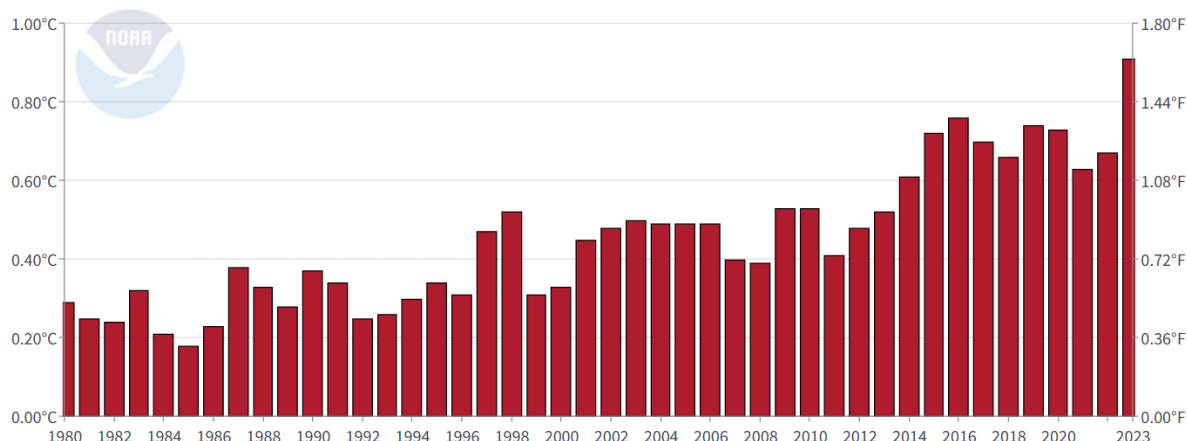
Οι αλλαγές στη θερμοκρασία μπορούν να επηρεάσουν την παραγωγή τροφίμων (γεωργία, κτηνοτροφία) και την εξάπλωση ασθενειών. Οι ακραίες θερμοκρασίες μπορούν να έχουν αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία, την επισιτιστική ασφάλεια και τη ζήτηση ενέργειας.

2.2.2 Οι ωκεανοί θερμαίνονται

Οι ωκεανοί έχουν την ικανότητα να απορροφούν μεγάλα ποσά θερμότητας. Το 90% της επιπλέον ενέργειας του πλανήτη έχει αποθηκευτεί στον ωκεανό (IPCC, 2014a) (σε αντίθεση με την ατμόσφαιρα που έχει απορροφήσει μόνο το 1%) με αποτέλεσμα η μέση θερμοκρασία της θάλασσας να έχει αυξηθεί περίπου κατά 0,6 βαθμούς Κελσίου από το 1980 (Fox-Kemper et al., 2021) (βλ. Εικόνα 5). Η αύξηση της θερμοκρασίας στους ωκεανούς είναι μικρότερη από αυτή του αέρα ή της ξηράς λόγω της υψηλής θερμοχωρητικότητας του νερού, δηλαδή της ικανότητάς του να απορροφά πολλή θερμότητα πριν αρχίσει να ανεβαίνει η θερμοκρασία του. Ο αέρας, από την άλλη πλευρά, δεν είναι τόσο «καλός» στην αποθήκευση θερμότητας με αποτέλεσμα να αποτυπώνεται άμεσα μια αλλαγή στη θερμοκρασία του.

Global Ocean

January-December Average Temperature Anomalies



Εικόνα 5. Μεταβολή της παγκόσμιας θερμοκρασίας των ωκεανών από το 1980 έως το 2022 (NOAA-NCEI, 2024).

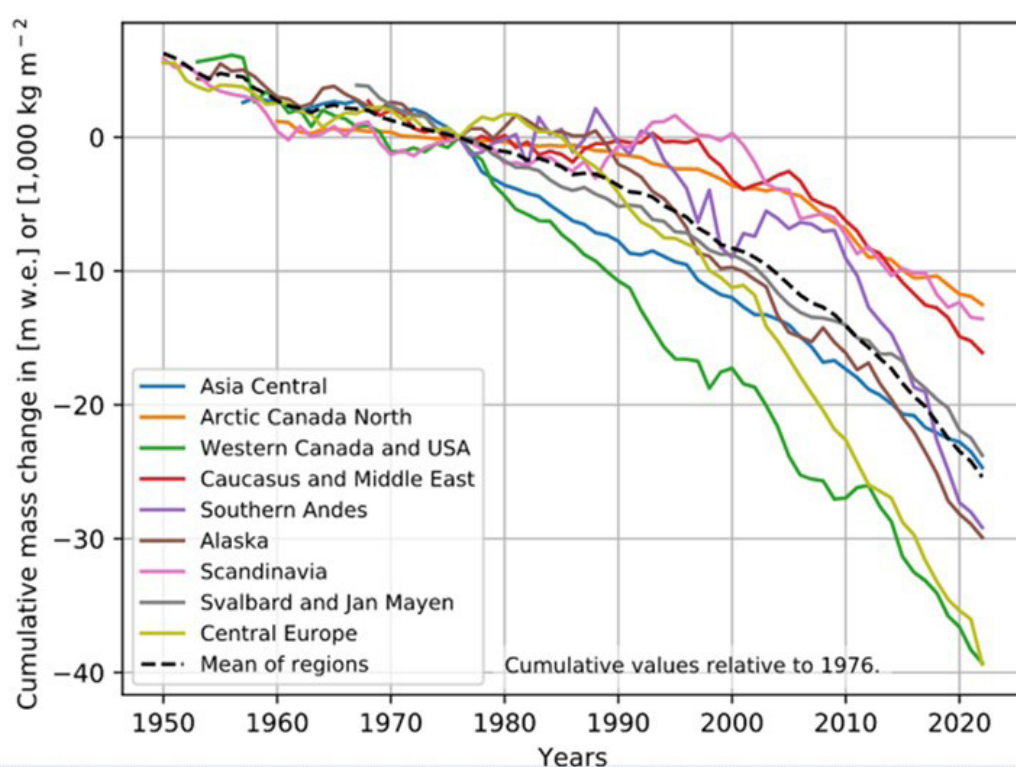
Γιατί έχει σημασία

Οι επιπτώσεις της θέρμανσης των ωκεανών περιλαμβάνουν:

- α) την άνοδο της στάθμης της θάλασσας λόγω θερμικής διαστολής,
- β) την επιταχυνόμενη τήξη των πάγων,
- γ) το σχηματισμό τυφώνων,
- δ) τις αλλαγές στο θαλάσσιο οικοσύστημα (π.χ. λεύκανση κοραλλιών).

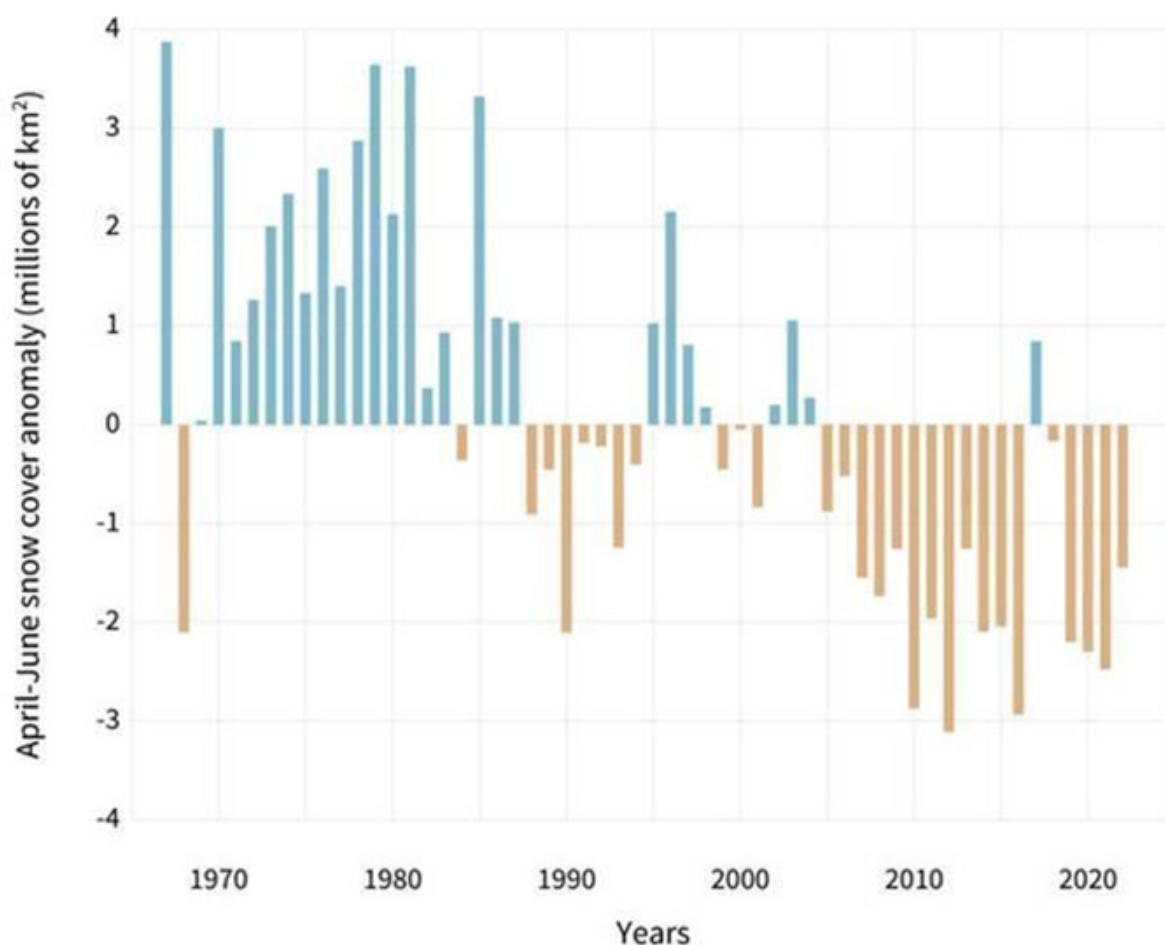
2.2.3 Οι παγετώνες υποχωρούν-Η χιονοκάλυψη μειώνεται

Οι παγετώνες της Γροιλανδίας και της Ανταρκτικής έχουν μειωθεί (Vaughan et al., 2013). Η Γροιλανδία χάνει μάζα πάγου με μέσο ρυθμό περίπου 280 δισεκατομμύρια τόνους ετησίως, ενώ η [Ανταρκτική](#) χάνει με μέσο ρυθμό περίπου 120 δισεκατομμύρια τόνους ετησίως. Οι παγετώνες στις οροσειρές υποχωρούν σχεδόν παντού σε όλο τον κόσμο, συμπεριλαμβανομένων των Άλπεων, των Ιμαλαΐων, των Άνδεων, των Βραχωδών Ορών, της Αλάσκας και της Αφρικής (βλ. Εικόνα 6).



Εικόνα 6. Μεταβολή στη μάζα των παγετώνων συγκριτικά με το 1976 (World Glacier Monitoring Service, n.d.).

Επίσης, έχει παρατηρηθεί μέσω δορυφόρων ότι τις τελευταίες πέντε δεκαετίες έχει μειωθεί η χιονοκάλυψη στο βόρειο ημισφαίριο την άνοιξη, καθώς και το ότι τα χιόνια λιώνουν νωρίτερα (βλ. Εικόνα 7).



Εικόνα 7. Ετήσια έκταση χιονιού την άνοιξη σε σύγκριση με την περίοδο 1981-2010. Με γαλάζιες αποχρώσεις αποτυπώνονται τα έτη με χιονοκάλυψη άνω του μέσου όρου, ενώ με κίτρινες αποχρώσεις αποτυπώνονται τα έτη με χιονοκάλυψη κάτω του μέσου όρου (NOAA, 2022).

Γιατί έχει σημασία

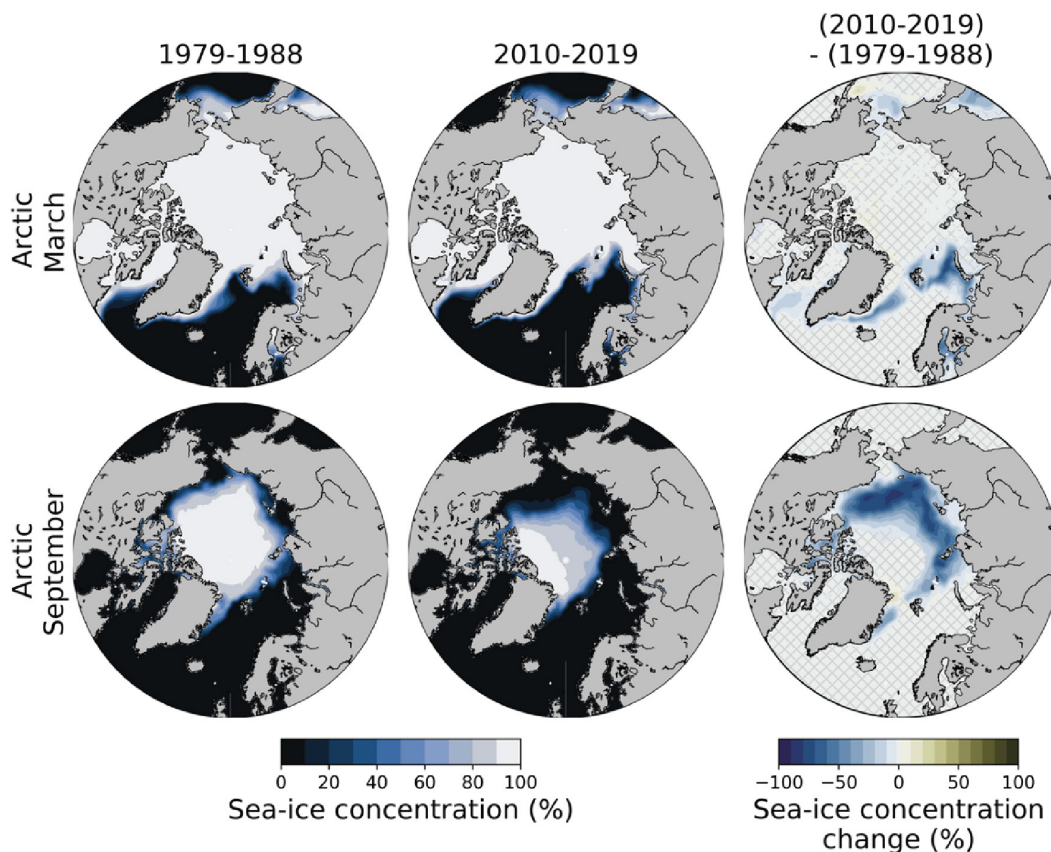
Οι παγετώνες σχηματίζονται στην ξηρά από χιόνι που συσσωρεύεται και συμπιέζεται σε πάγο κατά τη διάρκεια των χρόνων. Οι παγετώνες και η χιονοκάλυψη λειτουργούν ως σημαντικές αποθήκες νερού και ο ρόλος τους είναι πολύ σημαντικός για τον κύκλο του νερού. Η τήξη τους κατά τη θερμή περίοδο του έτους τροφοδοτεί τα υπέργεια και υπόγεια αποθέματα νερού. Εάν οι παγετώνες μειωθούν, αυτό μπορεί να οδηγήσει σε μειωμένη διαθεσιμότητα νερού, επηρεάζοντας αρνητικά τη ζωή πολλών ανθρώπων.

Επιπλέον, το νερό από τους παγετώνες καταλήγει στους ωκεανούς, συνεισφέροντας στην άνοδο της στάθμης της θάλασσας. Αυτό έχει επιπτώσεις στις παράκτιες περιοχές, προκαλώντας πλημμύρες και διάβρωση των ακτών. Επίσης, το γλυκό νερό που εισέρχεται στη θάλασσα μπορεί να επηρεάσει τα ωκεάνια ρεύματα, αλλάζοντας τα μοτίβα κυκλοφορίας των ωκεανών.

Επιπλέον, οι παγετώνες έχουν λευκές επιφάνειες που αντανακλούν τις ακτίνες του Ήλιου, βοηθώντας στη διατήρηση ενός ήπιου κλίματος. Όταν οι παγετώνες λιώνουν, οι πιο σκούρες επιφάνειες που αποκαλύπτονται απορροφούν περισσότερη θερμότητα, οδηγώντας σε περαιτέρω αύξηση της θερμοκρασίας.

2.2.4 Ο πάγος της Αρκτικής Θάλασσας μειώνεται

Τόσο η έκταση όσο και το πάχος του θαλάσσιου πάγου της Αρκτικής έχουν μειωθεί σημαντικά τις τελευταίες δεκαετίες. Από το 1979 μέχρι σήμερα, η επιφάνεια του θαλάσσιου πάγου συρρικνώνεται συνεχώς καθ' όλη τη διάρκεια του έτους (βλ. Εικόνα 8). Όπως φαίνεται, οι απώλειες του πάγου είναι υψηλότερες στα τέλη του καλοκαιριού και στην αρχή του φθινοπώρου. Κατά μέσο όρο, τη δεκαετία 2010–2019, η επιφάνεια του πάγου στην Αρκτική μειώθηκε περίπου κατά 25% σε σύγκριση με την περίοδο 1979–1988 (Fox-Kemper et al., 2021).



Εικόνα 8. Ποσοστό του θαλάσσιου πάγου στην Αρκτική τον Μάρτιο και τον Σεπτέμβριο, που συνήθως είναι οι μήνες της μέγιστης και ελάχιστης επιφάνειας θαλάσσιου πάγου, αντίστοιχα. Πρώτη στήλη: Ποσοστό θαλάσσιου πάγου κατά τη δεκαετία 1979–1988. Δεύτερη στήλη: Ποσοστό θαλάσσιου πάγου κατά τη δεκαετία 2010–2019. Τρίτη στήλη: Μεταβολή στο ποσοστό του θαλάσσιου πάγου (IPCC, 2021).

Γιατί έχει σημασία

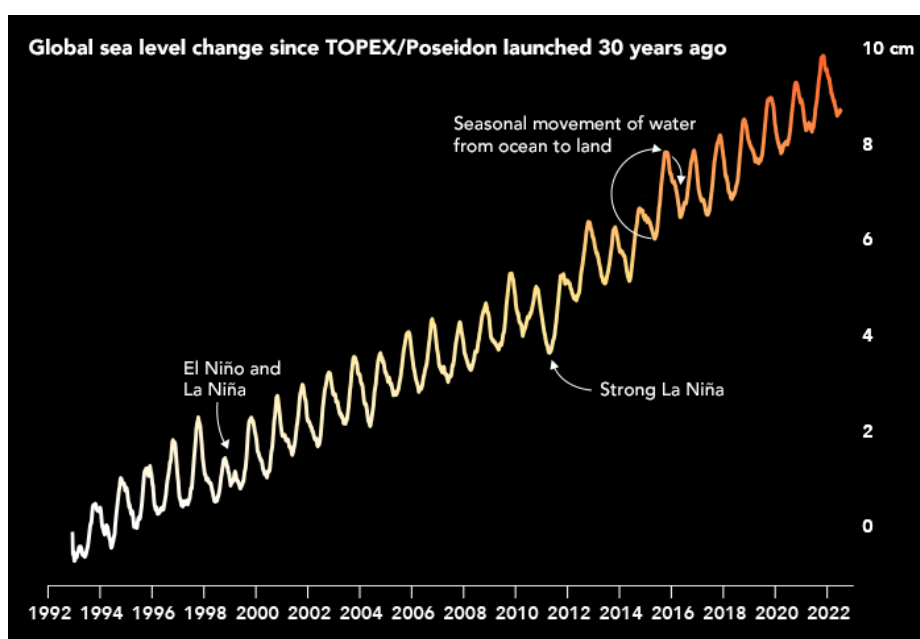
Ο θαλάσσιος πάγος είναι παγωμένο θαλασσινό νερό που επιπλέει στην επιφάνεια του ωκεανού. Σχηματίζεται στις πολικές περιοχές όπου υπάρχει περιορισμένο ηλιακό φως κατά τη διάρκεια του χειμώνα και κάνει αρκετό κρύο, ώστε να παγώσει ο ωκεανός. Σε ορισμένα μέρη, ο θαλάσσιος πάγος μπορεί να διατηρηθεί για αρκετά χρόνια.

Ο θαλάσσιος πάγος ανακλά μεγάλο μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στην επιφάνεια της Γης, σε αντίθεση με το νερό, το οποίο έχει σκούρα επιφάνεια και απορροφά την ακτινοβολία. Επομένως, όταν ο θαλάσσιος πάγος λιώνει, η επιφάνεια του νερού απορροφά περισσότερη ενέργεια, γεγονός που οδηγεί σε αύξηση της θερμοκρασίας.

Επιπλέον, ο θαλάσσιος πάγος είναι ζωτικής σημασίας για τα πολικά οικοσυστήματα, καθώς τα φυτά και τα ζώα σε όλα τα επίπεδα της τροφικής αλυσίδας ζουν μέσα ή γύρω από αυτόν. Σε αντίθεση με τους παγετώνες, οι οποίοι είναι αποθήκες γλυκού νερού στην ξηρά και συμβάλλουν στην άνοδο της στάθμης της θάλασσας όταν λιώνουν, η τήξη του θαλάσσιου πάγου δεν συμβάλλει στην άνοδο της στάθμης της θάλασσας, αφού σχηματίζεται από παγωμένο θαλασσινό νερό.

2.2.5 Η στάθμη της θάλασσας ανεβαίνει

Η στάθμη της θάλασσας έχει ανέβει περίπου 10 εκατοστά από το 1992, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 9. Τις τελευταίες δύο δεκαετίες, η αύξηση είναι πιο έντονη, σχεδόν διπλάσια από τον μέσο όρο της προηγούμενης περιόδου.



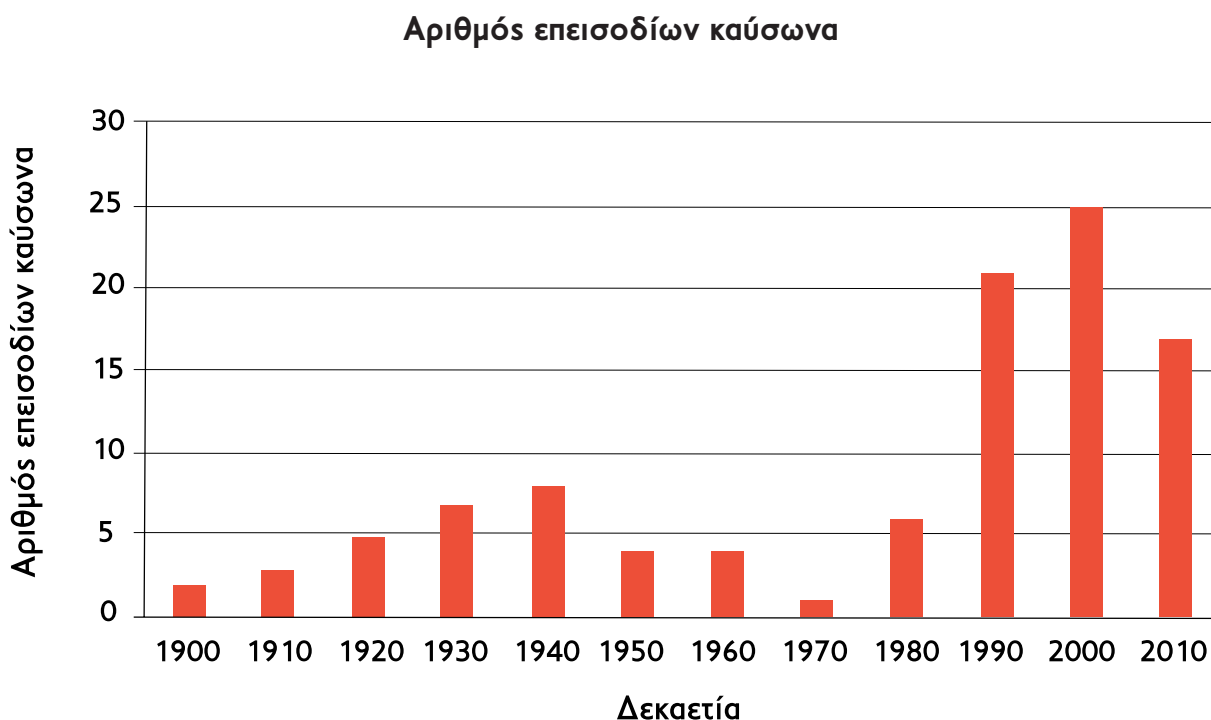
Εικόνα 9. Αύξηση της στάθμης της θάλασσας από το 1992 έως το 2022 (NASA Earth Observatory, 2022).

Γιατί έχει σημασία

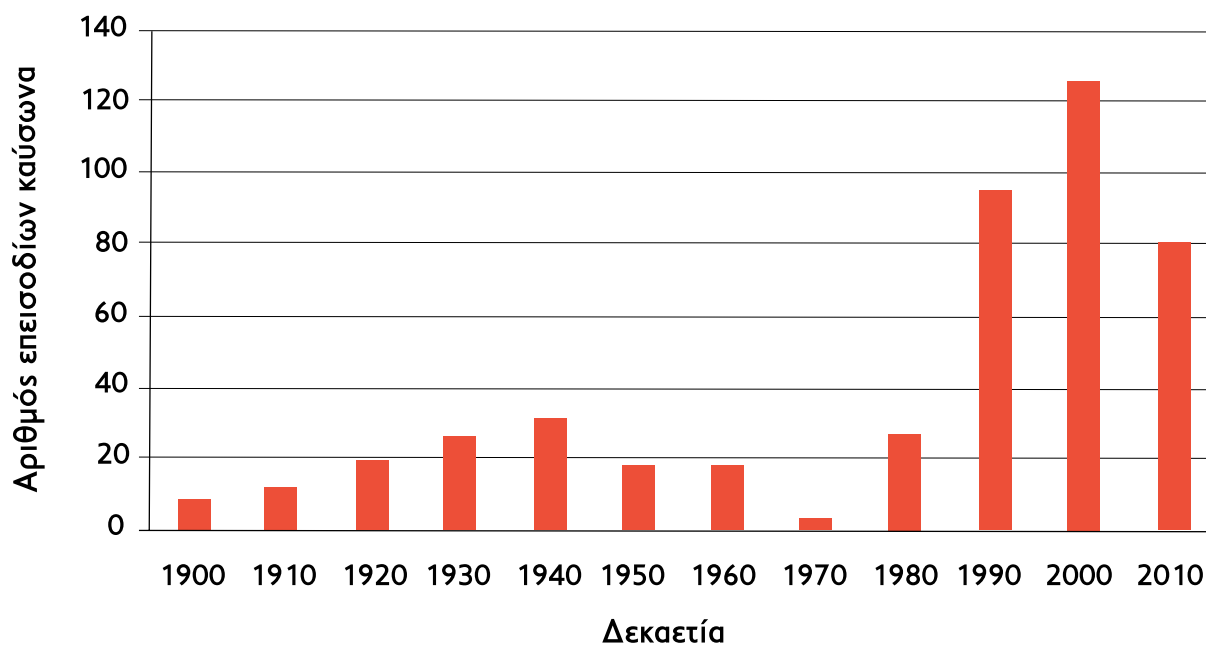
Η άνοδος της στάθμης της θάλασσας επηρεάζει τα οικοσυστήματα, τις υποδομές και τους ανθρώπους που ζουν σε παράκτιες περιοχές. Περιοχές με χαμηλό υψόμετρο θα βιώσουν πιο συχνές πλημμύρες, ενώ οι παράκτιες ή οι περιοχές που βρίσκονται κάτω από το επίπεδο της θάλασσας κινδυνεύουν περισσότερο. Επίσης, η ποιότητα του πόσιμου νερού σε αυτές τις περιοχές θα υποβαθμιστεί, καθώς το αλμυρό νερό θα μπορεί να εισέλθει στα υπόγεια ύδατα που χρησιμοποιούνται ως βασικές πηγές πόσιμου νερού.

2.2.6 Τα ακραία γεγονότα αυξάνονται σε συχνότητα

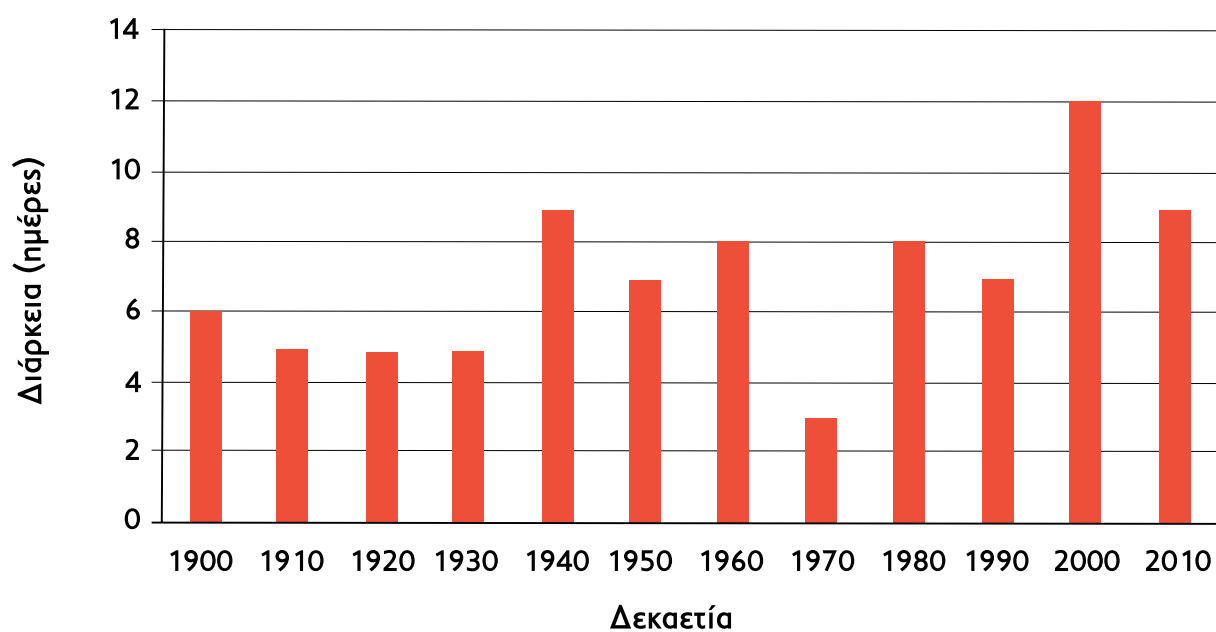
Τα ακραία καιρικά φαινόμενα (όπως καταιγίδες, πλημμύρες, ξηρασίες και καύσωνα) γίνονται συχνότερα και εντονότερα, ενώ η διάρκειά τους αυξάνεται επίσης. Στην Εικόνα 10 αποτυπώνονται, μεταξύ άλλων, η αύξηση των επεισοδίων καύσωνα και των συνολικών ημερών με καύσωνα στην περιοχή της Αθήνας από το 1990 μέχρι το 2019, ανά δεκαετία.



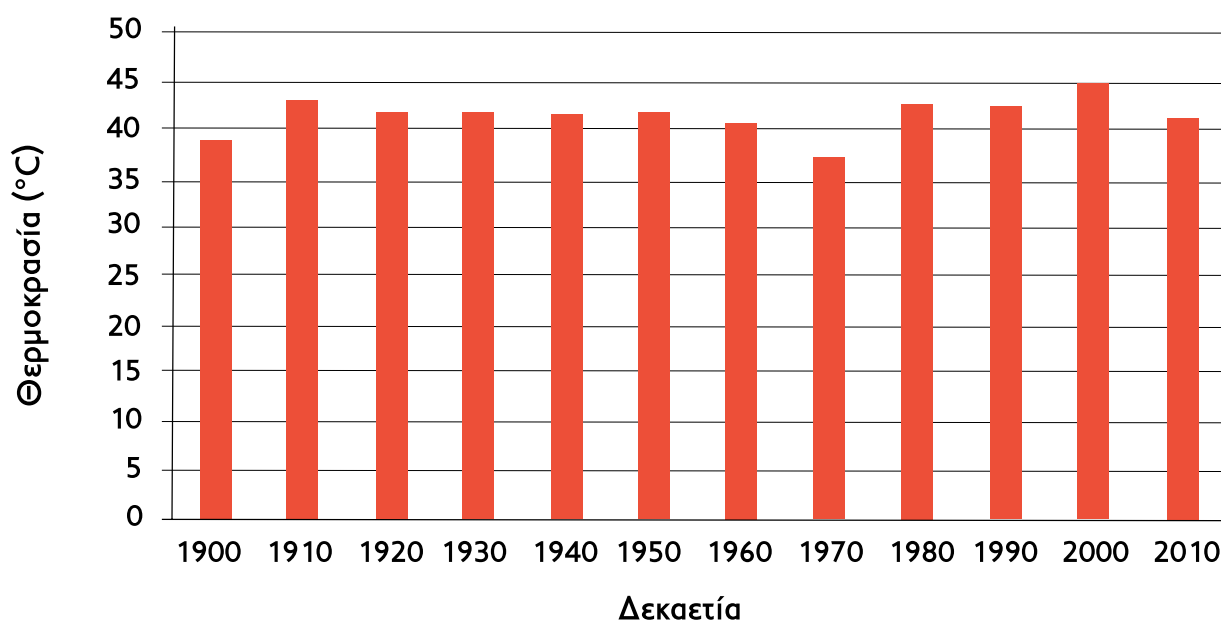
Συνολικό άθροισμα ημερών καύσωνα



Διάρκεια του εντονότερου κύματος καύσωνα (σε ημέρες)



Μέγιστη θερμοκρασία του εντονότερου κύματος καύσωνα (σε °C)



Εικόνα 10. Χαρακτηριστικά επεισοδίων καύσωνα ανά δεκαετία για το διάστημα 1900-2019 στην περιοχή της Αθήνας. (Ιδία επεξεργασία δεδομένων αντλώντας στοιχεία από: ΙΕΠΒΑ, 2023).

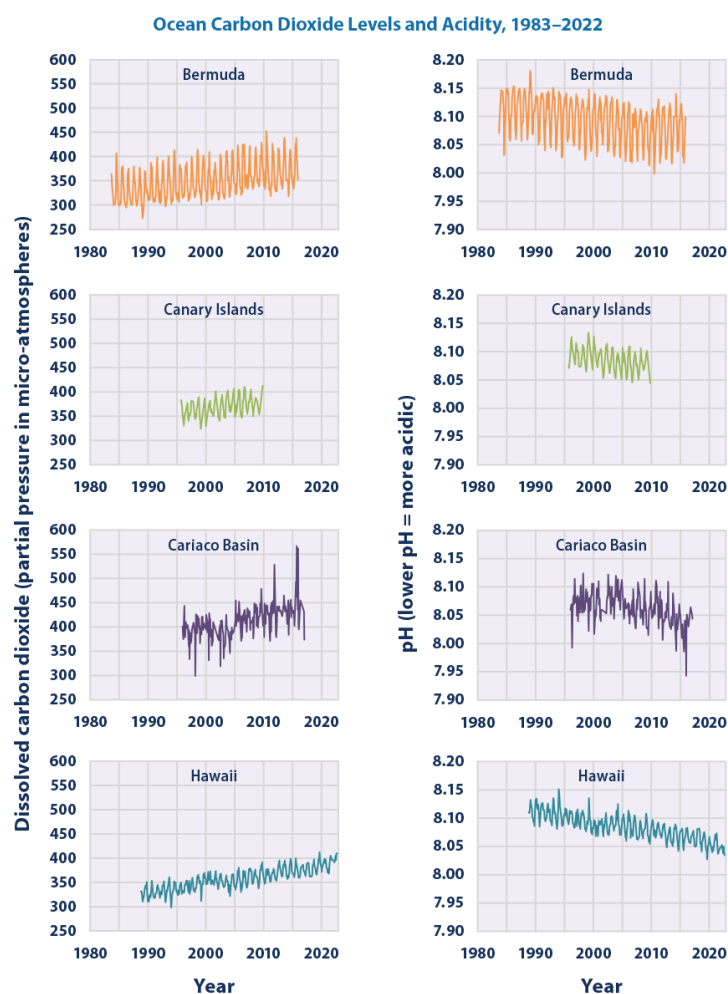
Γιατί έχει σημασία

Τα ακραία καιρικά φαινόμενα επηρεάζουν την κοινωνία και μπορεί να οδηγήσουν σε απώλεια ανθρωπίνων ζωών, στη μετατόπιση πληθυσμών, καθώς επίσης και σε οικονομικές απώλειες. Οι υψηλές θερμοκρασίες, τα ακραία καιρικά φαινόμενα, οι πλημμύρες και οι ξηρασίες μπορούν να βλάψουν τη γεωργική γη και την παραγωγή τροφίμων. Επιπλέον, τα ακραία καιρικά φαινόμενα, ιδιαίτερα η ξηρασία και οι έντονες βροχοπτώσεις, σε συνδυασμό με τις πυρκαγιές και την κακή διαχείριση της γης από τις ανθρώπινες δραστηριότητες (όπως αποψίλωση δασών, υπερβόσκηση, υπερβολική ή μη αποδοτική χρήση υδάτων, κ.ά.), μπορεί να οδηγήσουν σε απώλεια της βλάστησης και τελικά σε ερημοποίηση περιοχών.

2.2.7 Η οξίνιση των ωκεανών αυξάνεται

Το νερό των ωκεανών έχει pH περίπου 8,2 (European Environment Agency, 2024), που σημαίνει ότι είναι αρκετά ουδέτερο και ελαφρώς βασικό. Ωστόσο, τα τελευταία 100-200 χρόνια, από τη Βιομηχανική Επανάσταση και έπειτα, το νερό των ωκεανών έχει γίνει κατά 30% πιο όξινο. Αυτό οφείλεται στη μεγάλη απορρόφηση του διοξειδίου του άνθρακα (CO_2), το οποίο βρίσκεται στην ατμόσφαιρα και προέρχεται από τις αυξημένες εκπομπών των ανθρώπινων δραστηριοτήτων.

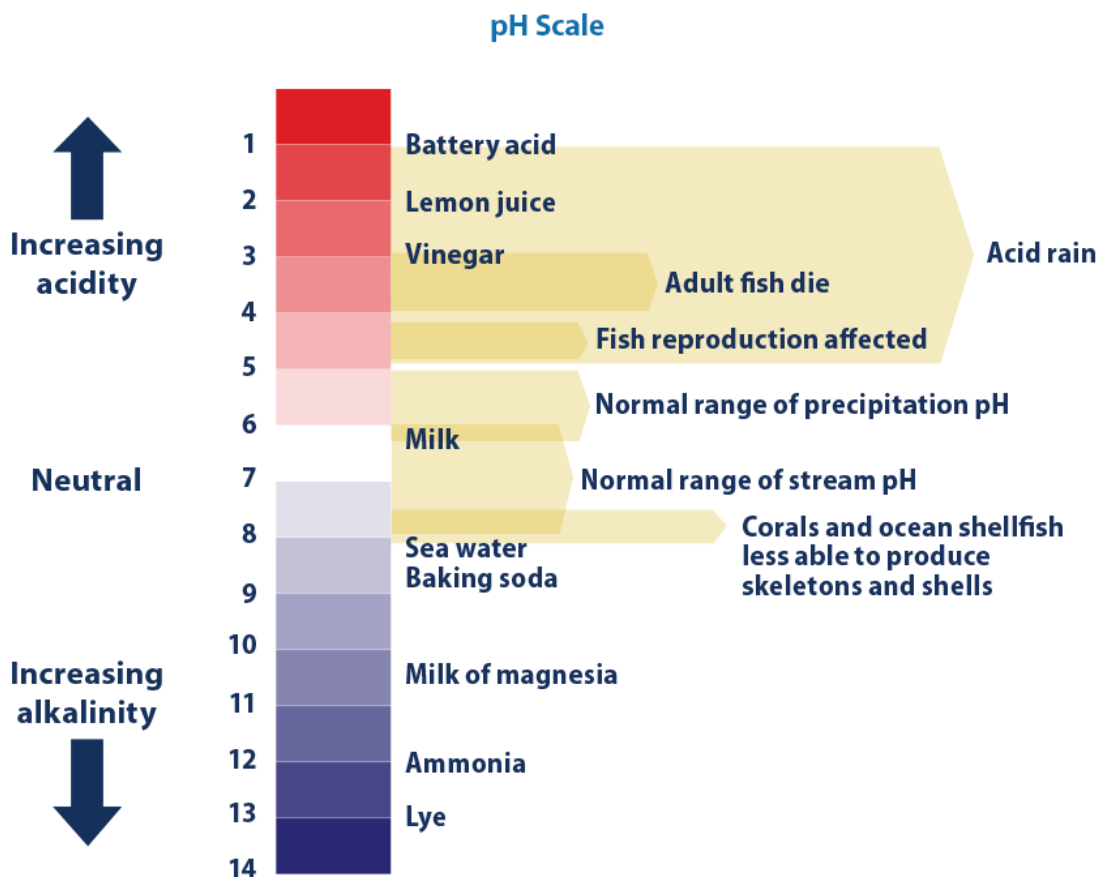
Η Εικόνα 11 αποτυπώνει τη σχέση μεταξύ των αλλαγών στα επίπεδα του διοξειδίου του άνθρακα στον ωκεανό (που μετράται στην αριστερή στήλη) και της οξύτητας (μετρούμενη ως pH στη δεξιά στήλη). Τα δεδομένα προέρχονται από δύο σταθμούς παρατήρησης στον Βόρειο Ατλαντικό Ωκεανό (Βερμούδες και Κανάρια Νησιά), έναν στην Καραϊβική θάλασσα (Καριάκο) και έναν στον Ειρηνικό ωκεανό (Χαβάη). Σε όλους του σταθμούς παρατηρείται μείωση του pH (η αυξομείωση αποτυπώνει τις εποχιακές διακυμάνσεις).



Εικόνα 11. Επίπεδα του διοξειδίου του άνθρακα στον ωκεανό (αριστερή στήλη) και οξύτητα (pH) (δεξιά στήλη) από το 1983 έως το 2018 (EPA, 2024b).

Γιατί έχει σημασία

Η οξίνιση των ωκεανών βλάπτει τη θαλάσσια ζωή, όπως τα ψάρια και τους κοραλλιογενείς υφάλους. Όπως τα οξέα μπορούν να προκαλέσουν βλάβες σε επιφάνειες, έτσι και το όξινο νερό των ωκεανών μπορεί να επηρεάσει τις υποβρύχιες επιφάνειες. Η οξίνιση μπορεί να διασπάσει τα κελύφη των οργανισμών που ζουν στη θάλασσα ή να δυσκολέψει ορισμένα είδη, όπως τα στρείδια και τα μύδια, να δημιουργήσουν ή να διατηρήσουν τα κελύφη τους. Ιδιαίτερα σημαντική είναι η επίδραση της οξίνισης των ωκεανών στα κοράλλια και στους κοραλλιογενείς υφάλους, που αποτελούν φυσικό καταφύγιο πολλών ψαριών και παίζουν σημαντικό ρόλο στη διατήρηση της βιοποικιλότητας, καθώς τα αποδυναμώνει και καθυστερεί την ανάπτυξή τους. Στην Εικόνα 12 φαίνεται η κλίμακα pH και οι συνέπειες του όξινου νερού στα θαλάσσια οικοσυστήματα.



Εικόνα 12. Κλίμακα pH και συνέπειες του όξινου νερού στα θαλάσσια οικοσυστήματα (EPA, 2024b).

3. Αιτίες της κλιματικής αλλαγής

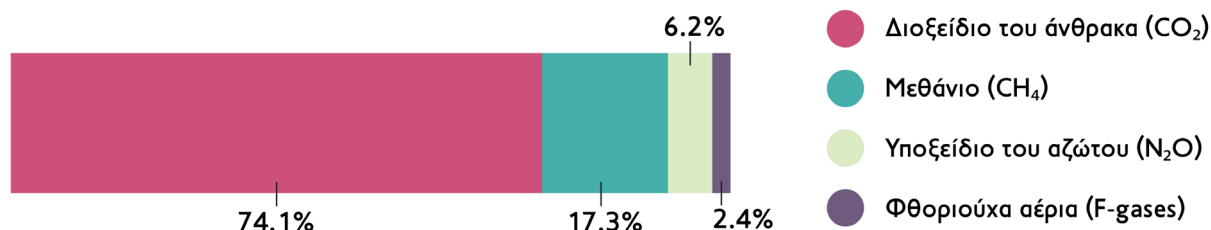
Η κύρια αιτία της κλιματικής αλλαγής είναι το «ενισχυμένο φαινόμενο του θερμοκηπίου», το οποίο προκαλείται από τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Πολλά από τα αέρια που παγιδεύουν τη θερμότητα στην ατμόσφαιρα παράγονται φυσικά, αλλά οι ανθρώπινες δραστηριότητες έχουν αυξήσει την ποσότητα ορισμένων από αυτά, με αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη.

3.1 Τα αέρια του θερμοκηπίου

Τα αέρια του θερμοκηπίου εκπέμπονται από φυσικές ή ανθρωπογενείς πηγές, εισέρχονται στην ατμόσφαιρα και το καθένα από αυτά μπορεί να παραμείνει εκεί για διαφορετικά χρονικά διαστήματα (διάρκεια ζωής), που κυμαίνονται από μερικές ημέρες έως χιλιάδες χρόνια. Επιπλέον, ορισμένα αέρια είναι πιο αποτελεσματικά από άλλα στο να αυξάνουν τη θερμοκρασία του πλανήτη, δηλαδή έχουν μεγαλύτερο δυναμικό θέρμανσης του πλανήτη (EPA, 2023).

Το δυναμικό θέρμανσης είναι ένας τρόπος μέτρησης της συμβολής των αερίων του θερμοκηπίου στην αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη, με βάση: α) τη διάρκεια ζωής του κάθε αερίου στην ατμόσφαιρα και β) την ένταση με την οποία απορροφά ενέργεια.

Το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), το οποίο παράγεται από τις ανθρώπινες δραστηριότητες, είναι ο κυριότερος παράγοντας για την υπερθέρμανση του πλανήτη. Η ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα έχει αυξηθεί κατά 48% από τη Βιομηχανική Επανάσταση (European Commission, 2023). Άλλα αέρια του θερμοκηπίου εκπέμπονται επίσης από ανθρώπινες δραστηριότητες, αλλά σε μικρότερες ποσότητες (βλ. Εικόνα 13).



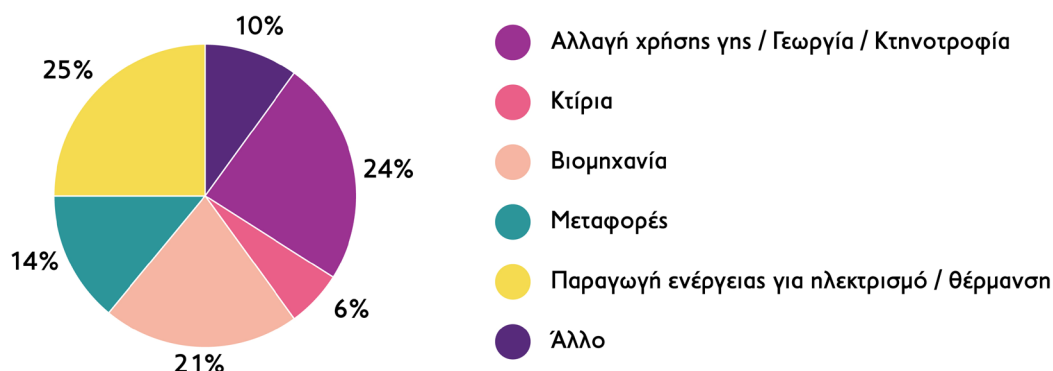
Εικόνα 13. Παγκόσμιες εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου για το 2019 (Ιδία επεξεργασία δεδομένων αντλώντας στοιχεία από: Climate watch, n.d.).

Το μεθάνιο (CH_4), για παράδειγμα, είναι πιο ισχυρό αέριο του θερμοκηπίου από το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) όσον αφορά την απορρόφηση ενέργειας, αλλά έχει μικρότερη διάρκεια ζωής στην ατμόσφαιρα. Το υποξείδιο του αζώτου (N_2O), όπως και το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής στην ατμόσφαιρα και συσσωρεύονται για δεκαετίες μέχρι και αιώνες. Τέλος, τα φθοριούχα αέρια (F-gases) είναι ισχυρά θερμοκηπικά αέρια, αλλά βρίσκονται σε μικρή ποσότητα στην ατμόσφαιρα (βλ. Εικόνα 13).

Οι ανθρώπινες δραστηριότητες που συμβάλλουν στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου περιλαμβάνουν τους εξής τομείς:

- **Μεταφορές:** Εκπομπές από την καύση ορυκτών καυσίμων για οδικές μεταφορές, αεροπλοΐα, ναυσιπλοΐα και σιδηροδρομικές μεταφορές.
- **Κτίρια:** Εκπομπές από καύση ορυκτών καυσίμων σε κτίρια εμπορικής ή οικιακής χρήσης (π.χ. καυστήρας πετρελαίου ή φυσικού αερίου).
- **Παραγωγή ενέργειας για ηλεκτρισμό/θέρμανση:** Εκπομπές από τα εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και θέρμανσης (π.χ. παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας για οικιακή κατανάλωση).
- **Βιομηχανία:** Εκπομπές κατά την παραγωγή αγαθών.
- **Απορρίμματα:** Εκπομπές κατά την επεξεργασία λυμάτων, από χώρους υγειονομικής ταφής, αλλά και από φυσική αποσύνθεση οργανικής ύλης.
- **Εξόρυξη/Μεταφορά ορυκτών καυσίμων:** Εκπομπές κατά την εξόρυξη και μεταφορά ορυκτών καυσίμων, όπως διαρροές αερίων στην ατμόσφαιρα από τις πετρελαιοπηγές.
- **Γεωργία-Κτηνοτροφία:** Εκπομπές από γεωργικές δραστηριότητες, όπως η χρήση λιπασμάτων, καθώς και εκπομπές από κτηνοτροφικές δραστηριότητες, όπως από τις διαδικασίες του πεπτικού συστήματος των βοοειδών και προβάτων.
- **Αλλαγή χρήσης γης:** Αλλαγές στη χρήση γης, όπως πυρκαγιές και αποψίλωση των δασών για γεωργική ή οικιστική χρήση, που επηρεάζουν τις πηγές εκπομπών και τους μηχανισμούς απομάκρυνσης του διοξειδίου του άνθρακα, του μεθανίου αλλά και του υποξειδίου του αζώτου. Ο κτηνοτροφικός τομέας είναι ένας από τους βασικούς μοχλούς αλλαγής χρήσης γης. Κάθε χρόνο, 13 δισεκατομμύρια εκτάρια δασικής έκτασης χάνονται λόγω της μετατροπής γης για γεωργικές χρήσεις, όπως βοσκοτόπια ή καλλιεργήσιμες εκτάσεις, για τη φυτική παραγωγή τροφίμων και ζωοτροφές (FAO, 2012).

Οι συνολικές εκπομπές ανά τομέα παρουσιάζονται στην Εικόνα 14.

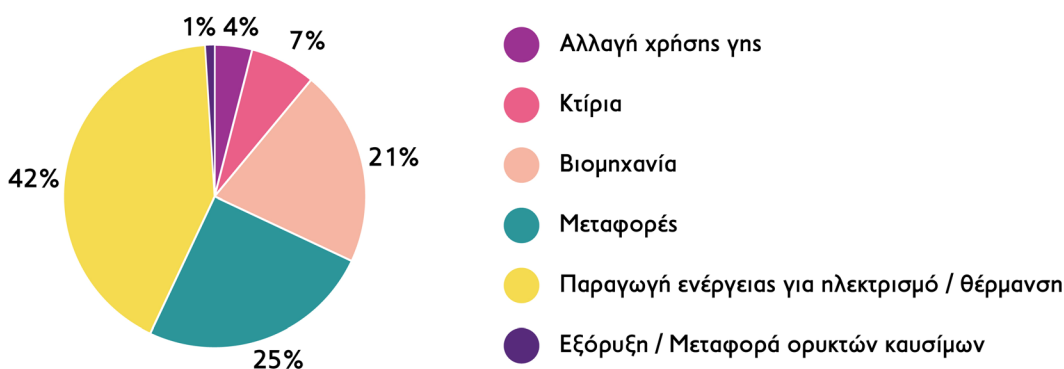


Εικόνα 14. Σηοληκές εκπομπές των αερίων των θερμοληπίου ανά δραστηριότητα/τομέα (Ιδία επεξεργασία δεδομένων αντλώντας στοιχεία από: IPCC, 2014a).

Τα κυριότερα αέρια του θερμοληπίου περιγράφονται παρακάτω μαζί με τις εκπομπές και τους μηχανισμούς απομάκρυνσής τους από την ατμόσφαιρα.

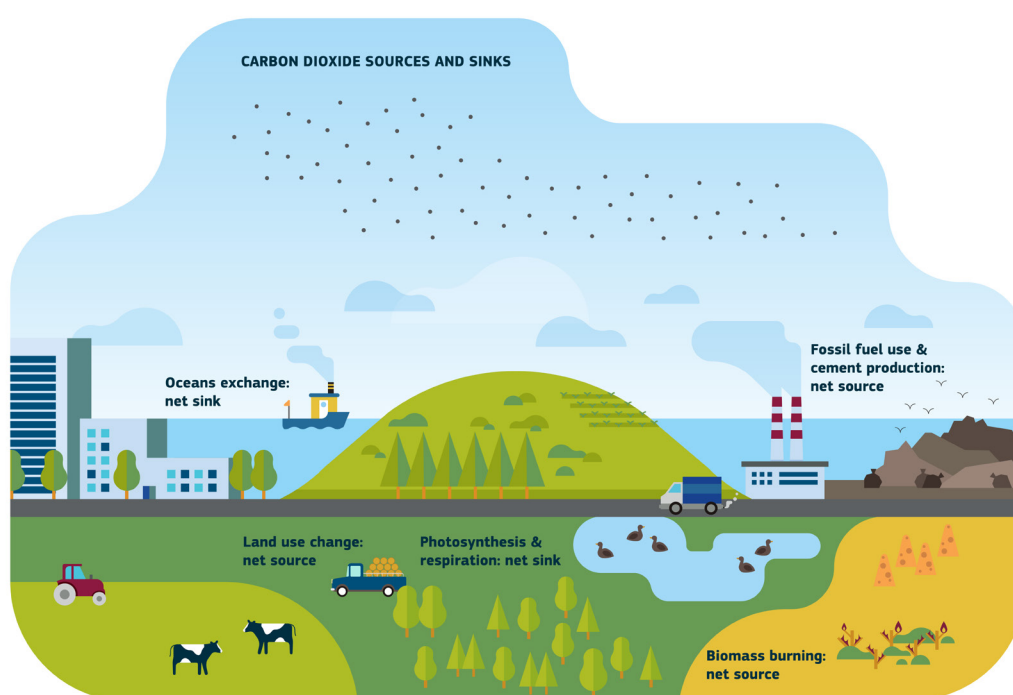
Διοξείδιο του άνθρακα (CO₂): Το διοξείδιο του άνθρακα είναι το κύριο αέριο του θερμοληπίου που εκπέμπεται από την ανθρώπινη δραστηριότητα, κυρίως με την καύση ορυκτών καυσίμων για την παραγωγή ενέργειας (Εικόνα 15). Το διοξείδιο του άνθρακα μπορεί να μείνει στην ατμόσφαιρα για εκατοντάδες χρόνια. Κατά τη διάρκεια της ζωής του, το διοξείδιο του άνθρακα δεν καταστρέφεται, αλλά μετακινείται μεταξύ διαφορετικών τμημάτων του συστήματος: ωκεανός-ατμόσφαιρα-γη.

Εκπομπές: Το διοξείδιο του άνθρακα εισέρχεται στην ατμόσφαιρα κυρίως μέσω της καύσης ορυκτών καυσίμων (π.χ. πετρέλαιο και φυσικό αέριο), στερεών αποβλήτων, δέντρων και άλλων βιολογικών υλικών. Όπως φαίνεται στην Εικόνα 15, οι κύριες δραστηριότητες που συμβάλλουν στην εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα είναι η παραγωγή ενέργειας για τον ηλεκτρισμό και τη θέρμανση, οι μεταφορές και οι βιομηχανικές δραστηριότητες. Οι εκπομπές από κατοικίες και γενικότερα από τα κτίρια (δημόσια, εμπορικά κ.ά.) είναι κατά πολύ μικρότερες.



Εικόνα 15. Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα ανά τομέα. Ιδία επεξεργασία δεδομένων (Ritchie, Rosado and Roser, 2020a).

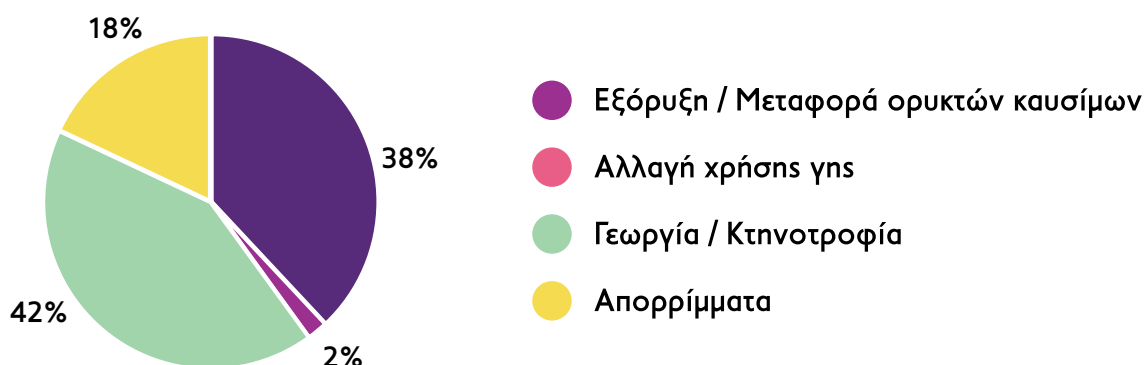
Απομάκρυνση: Το διοξείδιο του άνθρακα μπορεί να απορροφηθεί από τα φυτά μέσω της φωτοσύνθεσης ή να απορροφηθεί από τον ωκεανό, όπου ο αέρας συναντά το νερό. Τα φυτά του ωκεανού προσλαμβάνουν το διοξείδιο του άνθρακα και εκπέμπουν οξυγόνο, όπως και τα φυτά της ξηράς. Ο ωκεανός είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικός στην απορρόφηση διοξειδίου του άνθρακα από τον αέρα, απορροφώντας περίπου το ένα τέταρτο του διοξειδίου του άνθρακα που εκπέμπουν οι ανθρώπινες δραστηριότητες (Watson et al., 1992). Οι πηγές εκπομπής και οι μηχανισμοί απομάκρυνσης του διοξειδίου του άνθρακα φαίνονται σχηματικά στην Εικόνα 16.



Εικόνα 16. Πηγές εκπομπής και μηχανισμοί απομάκρυνσης του διοξειδίου του άνθρακα (Copernicus, 2023).

Μεθάνιο (CH₄): Το μεθάνιο δεν παραμένει στην ατμόσφαιρα όσο το διοξείδιο του άνθρακα, έχει διάρκεια ζωής περίπου 12 έτη, αλλά έχει δυναμικό θέρμανσης του πλανήτη περίπου 27 φορές υψηλότερο από το διοξείδιο του άνθρακα (Smith et al., 2021). Ως εκ τούτου, συμβάλλει σημαντικά στην υπερθέρμανση του πλανήτη. Υπολογίζεται ότι το 60% του μεθανίου που εισέρχεται στην ατμόσφαιρα είναι αποτέλεσμα ανθρώπινων δραστηριοτήτων (Ciais et al., 2013).

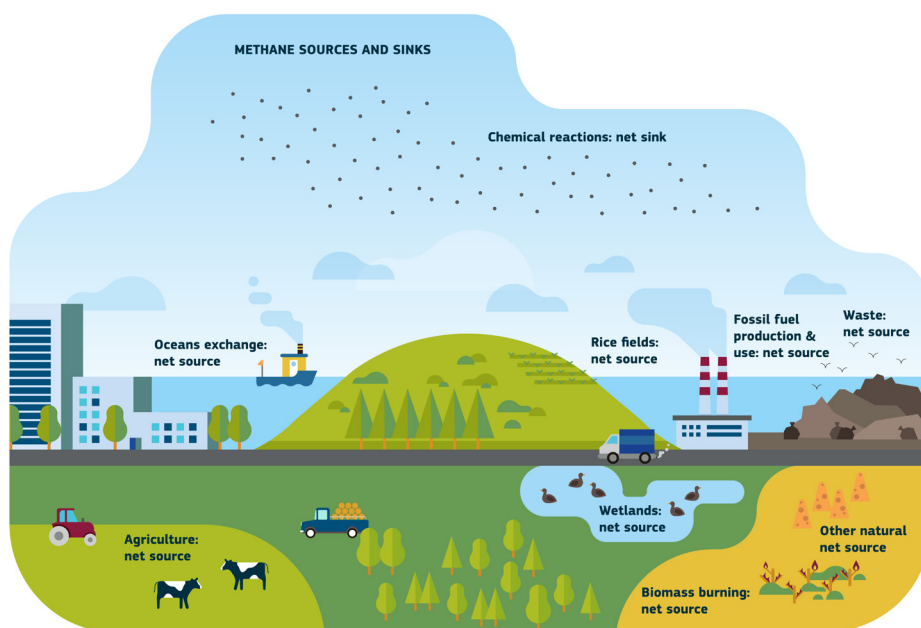
Εκπομπές: Σημαντικές πηγές των εκπομπών του μεθανίου περιλαμβάνουν την κτηνοτροφία (βλ. Εικόνα 17), την εξόρυξη και τη μεταφορά φυσικού αερίου και πετρελαίου, καθώς και την αποσύνθεση των οργανικών και αστικών στερεών αποβλήτων σε χώρους υγειονομικής ταφής και από την αλλαγή χρήσης γης.



Εικόνα 17. Εκπομπές του μεθανίου ανά τομέα. (Ιδία επεξεργασία δεδομένων αντλώντας στοιχεία από: Ritchie, Rosado and Roser, 2020a).

Απομάκρυνση: Ο κύριος μηχανισμός απομάκρυνσης του μεθανίου από την ατμόσφαιρα είναι μέσω χημικών αντιδράσεων.

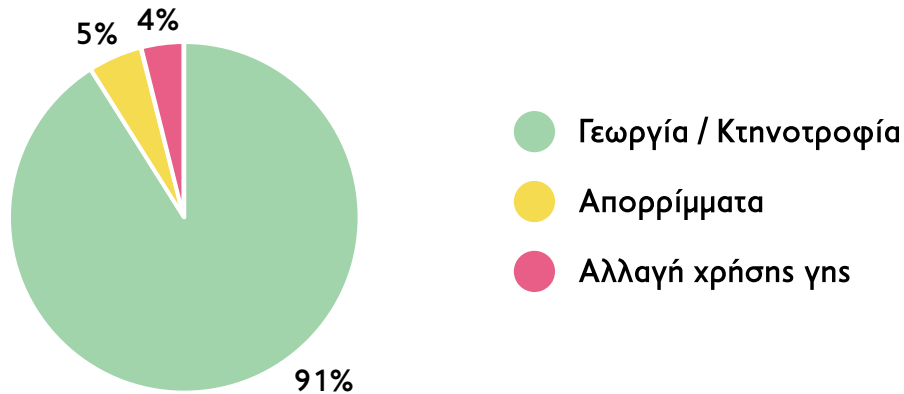
Οι πηγές εκπομπής και μηχανισμοί απομάκρυνσης του μεθανίου φαίνονται σχηματικά στην Εικόνα 18.



Εικόνα 18. Πηγές εκπομπής και απομάκρυνσης του μεθανίου (Copernicus, 2023).

Υποξείδιο του αζώτου (N_2O): Το υποξείδιο του αζώτου έχει δυναμικό θέρμανσης του πλανήτη περίπου 270 φορές υψηλότερο από το διοξείδιο του άνθρακα και χρόνο ζωής στην ατμόσφαιρα περίπου 109 χρόνια (Smith et al., 2021). Οι εκπομπές του υποξειδίου του αζώτου οφείλονται σε μεγάλο βαθμό σε φυσικές διαδικασίες που συμβαίνουν στο έδαφος, στο γλυκό νερό και στον ωκεανό. Ωστόσο, οι ανθρώπινες δραστηριότητες, όπως η χρήση λιπασμάτων στη γεωργία, συμβάλλουν ουσιαστικά στις εκπομπές υποξειδίου του αζώτου, σχεδόν ισότιμα με τις φυσικές πηγές.

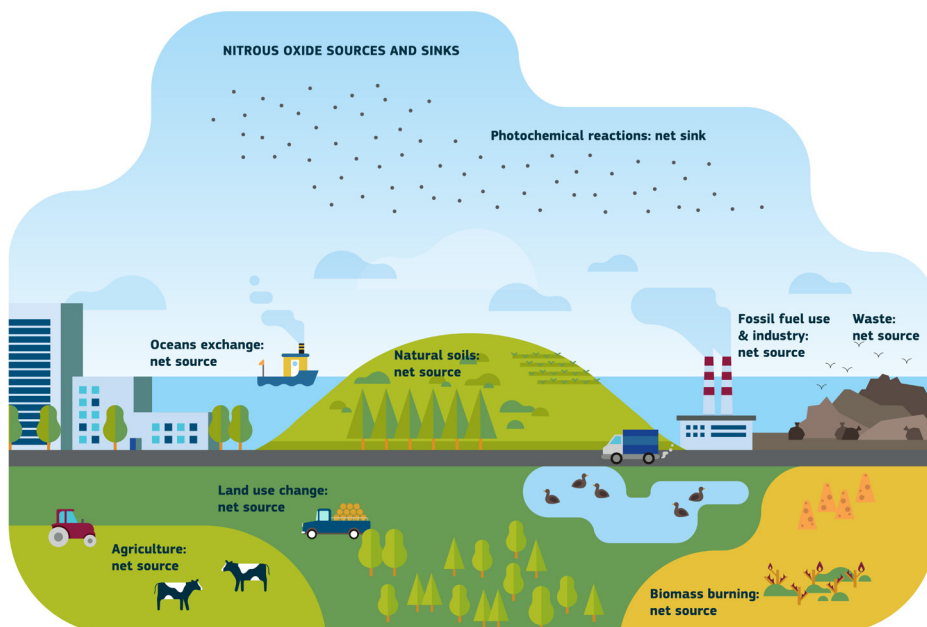
Εκπομπές: Το υποξείδιο του αζώτου εκπέμπεται κατά τη διάρκεια γεωργικών δραστηριοτήτων, αλλαγών στη χρήση γης και κατά την επεξεργασία των λυμάτων (βλ. Εικόνα 19).



Εικόνα 19. Εκπομπές του υποξειδίου του αζώτου ανά τομέα (Ιδία επεξεργασία δεδομένων αντλώντας στοιχεία από: Ritchie, Rosado and Roser, 2020a).

Απομάκρυνση: Ο κύριος μηχανισμός απομάκρυνσης του υποξειδίου του αζώτου είναι η χημική καταστροφή του στα υψηλότερα στρώματα της ατμόσφαιρας (στη στρατόσφαιρα).

Οι πηγές εκπομπής και μηχανισμοί απομάκρυνσης του υποξειδίου του αζώτου φαίνονται σχηματικά στην Εικόνα 20.



Εικόνα 20. Πηγές εκπομπής και απομάκρυνσης του υποξειδίου του αζώτου (Copernicus, 2023).

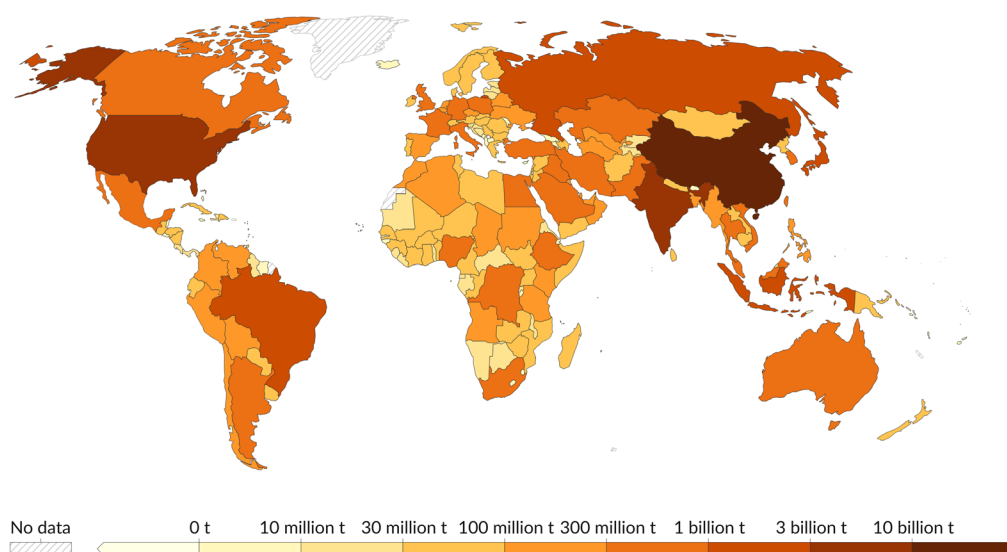
3.2 Εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου ανά χώρα

3.2.1 Συνολικές εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου

Κάθε αέριο του θερμοκηπίου έχει διαφορετική ικανότητα θέρμανσης του πλανήτη (δυναμικό θέρμανσης). Για παράδειγμα, ένας τόνος μεθανίου δεν έχει τον ίδιο αντίκτυπο στη θέρμανση με έναν τόνο διοξειδίου του άνθρακα. Τα ισοδύναμα διοξειδίου του άνθρακα (CO₂e) μετατρέπουν τον αντίκτυπο της θέρμανσης όλων των αερίων του θερμοκηπίου σε μια ενιαία μέτρηση. Αυτό γίνεται πολλαπλασιάζοντας κάθε αέριο με την τιμή του δυναμικού θέρμανσης του πλανήτη. Για παράδειγμα, εάν το μεθάνιο έχει δυναμικό θέρμανσης 28, οι εκπομπές μεθανίου σε τόνους πολλαπλασιάζονται με το 28 για να προκύψουν οι τόννοι σε ισοδύναμα του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂e). Στη συνέχεια, τα συνολικά αέρια του θερμοκηπίου μετρώνται ως το άθροισμα όλων αυτών των αερίων σε CO₂e.

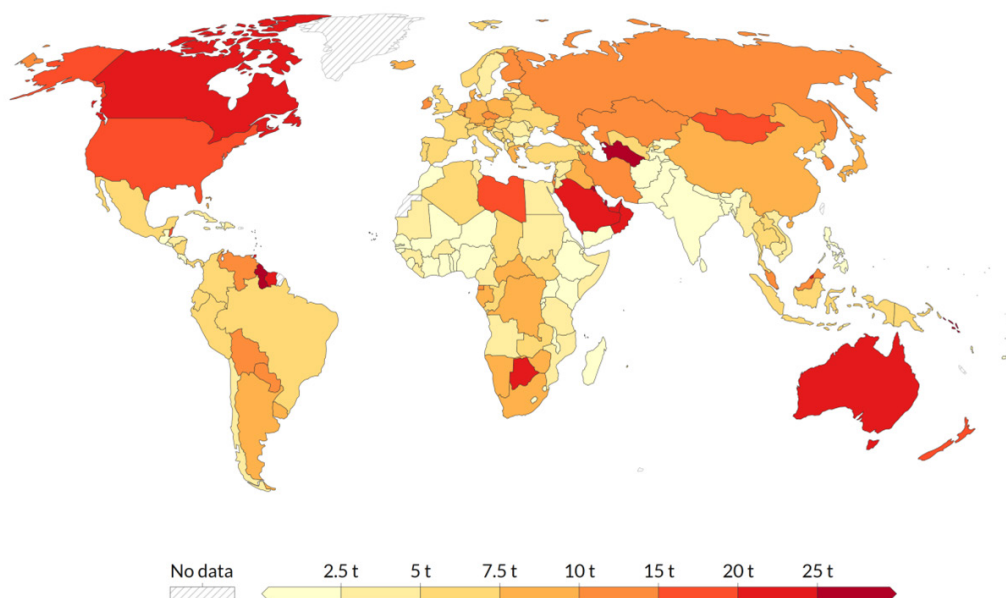
Με βάση τα παραπάνω, οι συνολικές εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου ανά χώρα για το 2019 φαίνονται στην Εικόνα 21. Στις εκπομπές συμβάλλουν περισσότερο η Κίνα και οι Ηνωμένες Πολιτείες. Η Κίνα εκπέμπει περίπου διπλάσια ποσότητα από τις Ηνωμένες Πολιτείες, ενώ ακολουθούν η Ινδία, η Ινδονησία και η Ρωσία. Ωστόσο, αυτό δεν συμβαίνει όταν προσαρμόζουμε τις εκπομπές στον πληθυσμό και εξετάζουμε τις κατά κεφαλήν εκπομπές. Για παράδειγμα, η Κίνα και η Ινδία βρίσκονται στις τρεις πρώτες χώρες εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, αλλά είναι επίσης οι δύο πιο πολυπληθέστερες χώρες στον κόσμο.

Στην Εικόνα 22 αποτυπώνονται οι κατά κεφαλήν εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου ανά χώρα για το 2019. Παρατηρείται ότι πολλές από τις μικρότερες χώρες του κόσμου έχουν τις μεγαλύτερες κατά κεφαλήν εκπομπές. Αυτές οι χώρες, όπως τα Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα και το Κουβέιτ



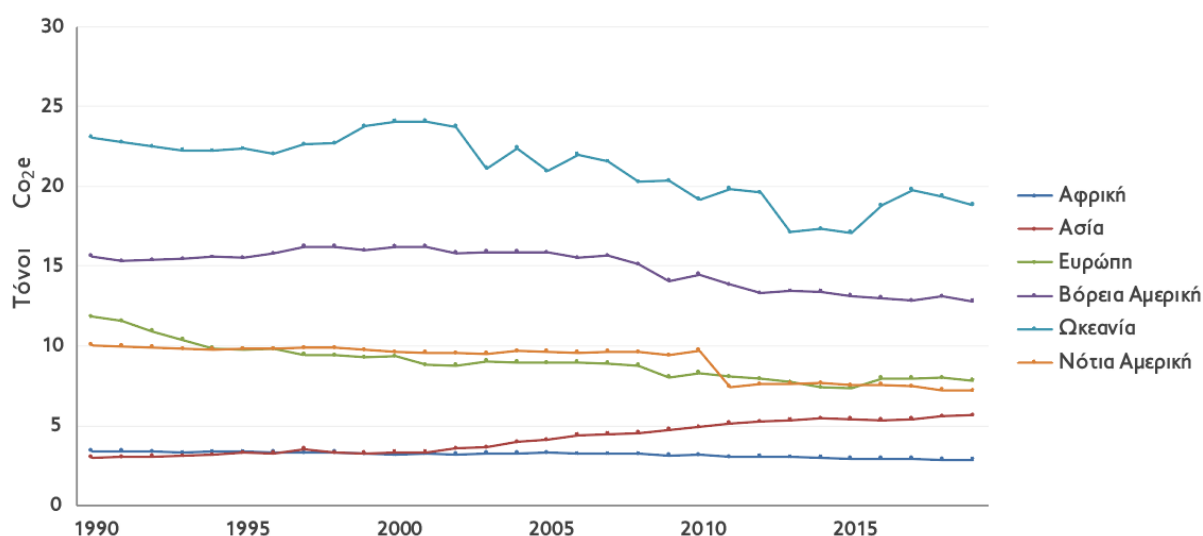
Εικόνα 21. Εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου ανά χώρα για το 2019 σε CO₂e (Ritchie, Rosado and Roser, 2020b).

είναι από τους μεγαλύτερους παραγωγούς πετρελαίου ή/και φυσικού αερίου. Επίσης, μεγάλες διαφορές στις κατά κεφαλήν εκπομπές παρατηρούνται στις χώρες που εκπέμπουν περισσότερο. Στις ΗΠΑ ο μέσος άνθρωπος εκπέμπει περισσότερους από 18 τόνους, στην Κίνα 8 τόνους και στην Ινδία περίπου 2,5 τόνους.



Εικόνα 22. Κατά κεφαλήν εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου ανά χώρα για το 2019 σε CO₂e (Ritchie, Rosado and Roser, 2020b).

Στην Εικόνα 23 αποτυπώνονται οι κατά κεφαλήν εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου σε τόνους CO₂e από το 1990 έως το 2019 ανά ήπειρο. Όπως παρατηρείται, οι συνολικές εκπομπές αερίων τείνουν να έχουν πτωτική τάση σε όλες τις ηπείρους εκτός της Ασίας.



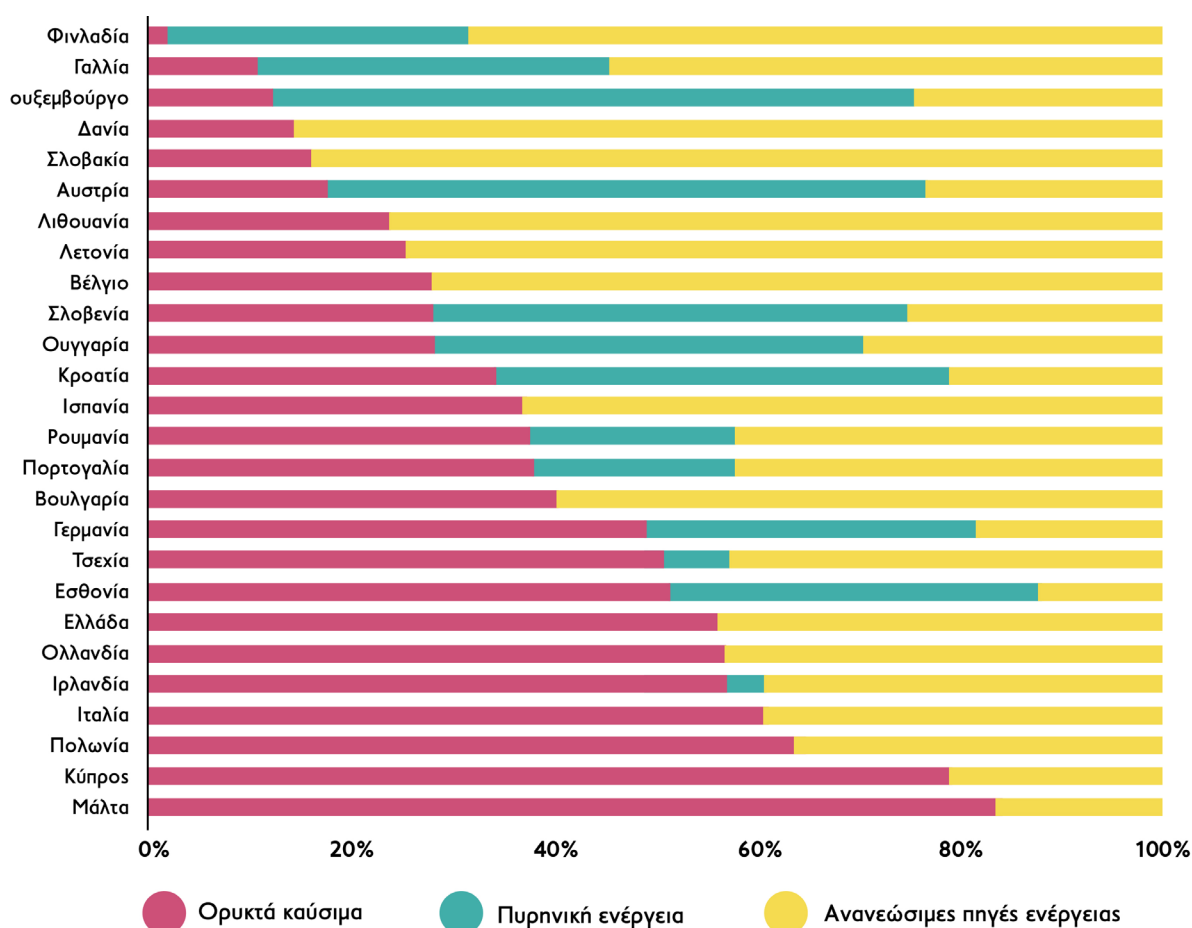
Εικόνα 23. Χρονική εξέλιξη εκπομπής των αερίων του θερμοκηπίου ανά χώρα από το 1990 έως το 2019. (Ιδία επεξεργασία δεδομένων αντλώντας στοιχεία από: Ritchie, Rosado and Roser, 2020a).

3.2.2 Εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου ανά τομέα ανθρώπινων δραστηριοτήτων

Οι σημαντικότεροι τομείς εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου είναι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, η γεωργία, η κτηνοτροφία και η χρήση γης (βλ. Εικόνα 14).

Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας

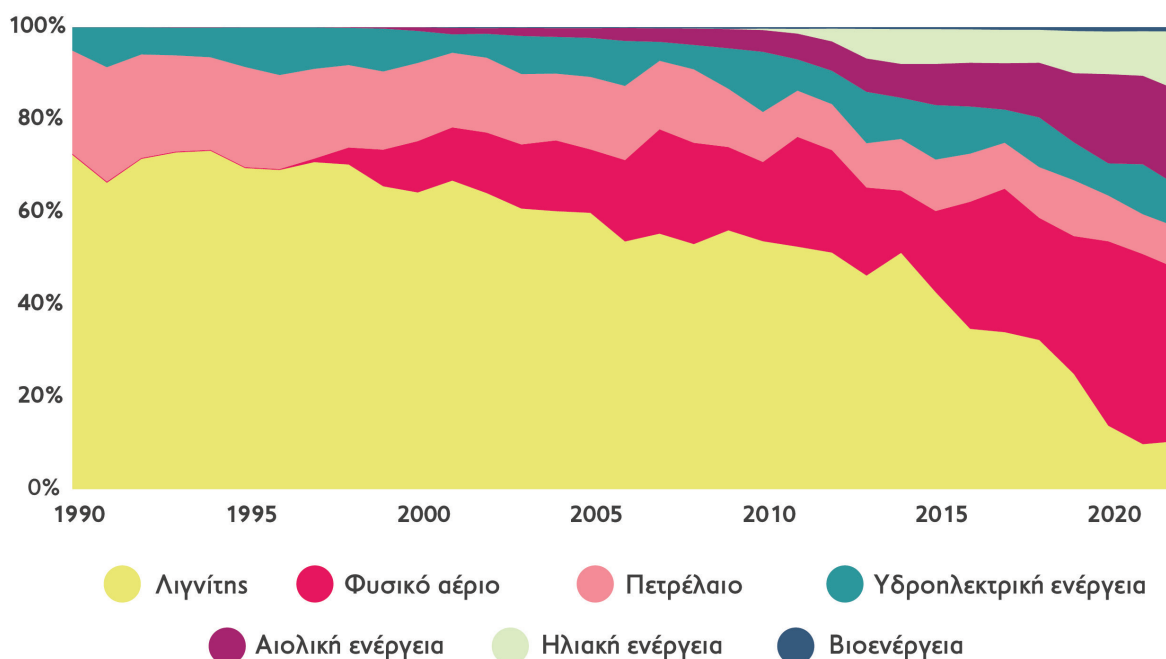
Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας εκλύει παγκοσμίως το μεγαλύτερο ποσοστό διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα με ποσοστό 42% (βλ. Εικόνα 15). Στην Εικόνα 24 φαίνονται οι πηγές που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης για το 2022.



Εικόνα 24. Πηγές ηλεκτρικής ενέργειας για τα κράτη της Ευρωπαϊκής ένωσης για το 2022 (Ιδία επεξεργασία δεδομένων αντλώντας στοιχεία από: Ember, 2024).

Η Ελλάδα το 2022 χρησιμοποίησε σε ποσοστό 57% πηγές ορυκτών καυσίμων και σε 43% ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (βλ. Εικόνα 24) για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, καταλαμβάνοντας την έβδομη θέση στη χρήση ορυκτών καυσίμων. Παράλληλα, από το 1990 η χρήση των ορυκτών καυσίμων έχει μειωθεί κατά 38% (βλ. Εικόνα 25). Αναλυτικότερα, η Ελλάδα την τελευταία δεκαετία χρησιμοποιεί περισσότερες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως η ηλιακή και η αιολική. Για το 2022, τα ποσοστά διαμορφώνονται ως εξής:

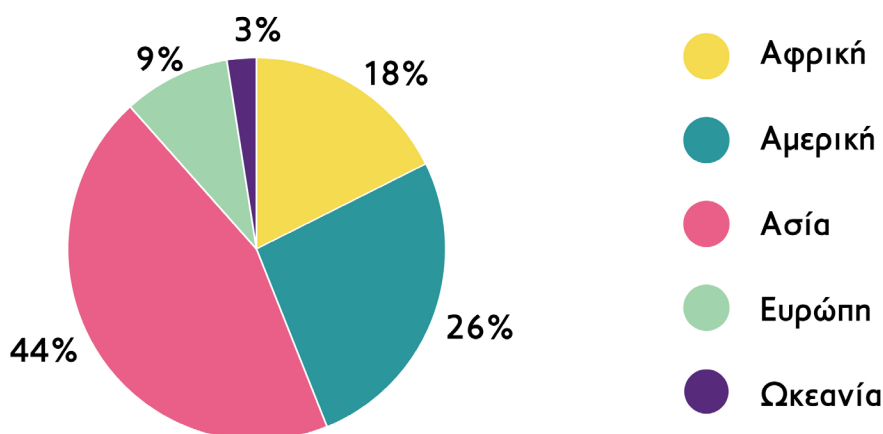
- Φυσικό αέριο: 37%,
- Αιολική ενέργεια: 21%,
- Ηλιακή ενέργεια: 13%,
- Λιγνίτης: 10%,
- Υδροηλεκτρική ενέργεια: 9%,
- Πετρέλαιο: 9%,
- Βιοενέργεια: 1% (βλ. Εικόνα 25).



Εικόνα 25. Χρονική εξέλιξη της παραγωγής ενέργειας στην Ελλάδα ανά πηγή από το 1990 έως το 2022 (Ιδία επεξεργασία δεδομένων αντλώντας στοιχεία από: Ember, 2024).

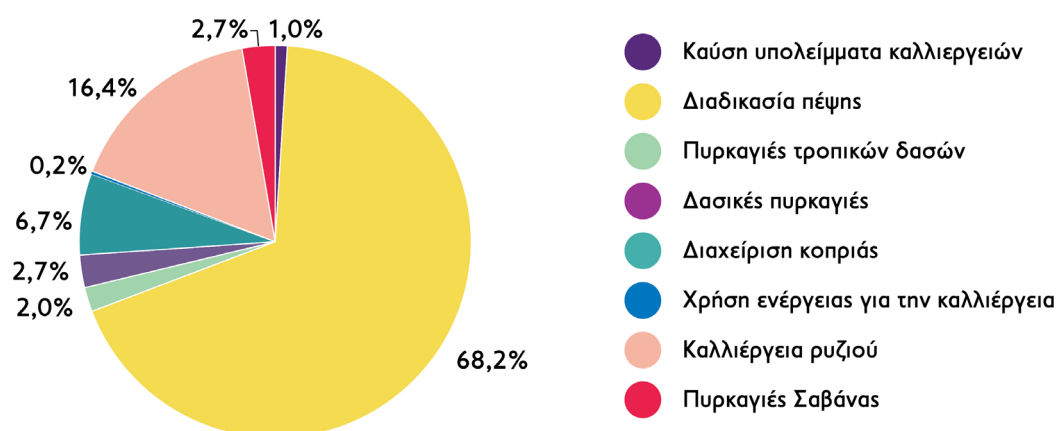
Γεωργία-κτηνοτροφία-χρήση γης

Ο τομέας της γεωργίας-κτηνοτροφίας εκλύει παγκοσμίως το μεγαλύτερο ποσοστό μεθανίου στην ατμόσφαιρα με ποσοστό 42% (βλ. Εικόνα 17). Στην Εικόνα 26 παρουσιάζονται τα ποσοστά εκπομπών μεθανίου στους τομείς της γεωργίας-κτηνοτροφίας και από τη χρήση γης ανά ήπειρο για το 2020. Το 44% των εκπομπών μεθανίου εκπέμπεται από την Ασία, ακολουθούμενη από την Αμερική και την Ευρώπη με ποσοστά 26% και 18% αντίστοιχα.

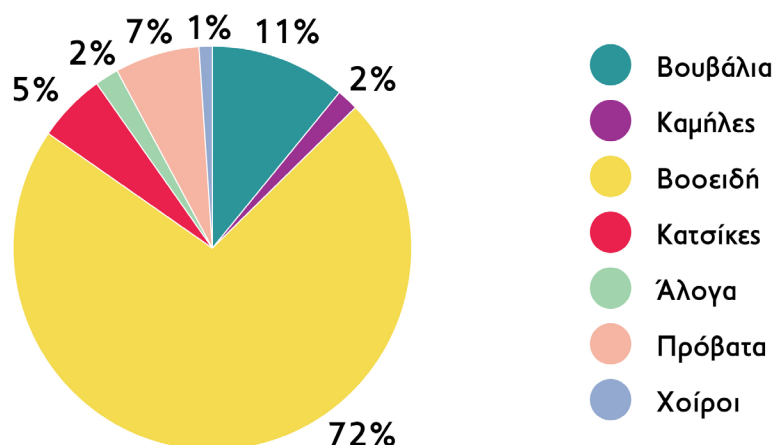


Εικόνα 26. Εκπομπές μεθανίου από τον τομέα της γεωργίας-κτηνοτροφίας και από τη χρήση γης ανά ήπειρο για το 2020 (Ιδία επεξεργασία δεδομένων αντλώντας στοιχεία από: FAO, 2021α).

Το μεγαλύτερο ποσοστό εκπομπών μεθανίου από τον τομέα της γεωργίας-κτηνοτροφίας και αλλαγή χρήσης γης οφείλεται στη διαδικασία πέψης των ζώων με ποσοστό 68.2% (βλ. Εικόνα 27), ενώ το μεγαλύτερο ποσοστό προέρχεται από τα βοοειδή με ποσοστό 72% (βλ. Εικόνα 28).

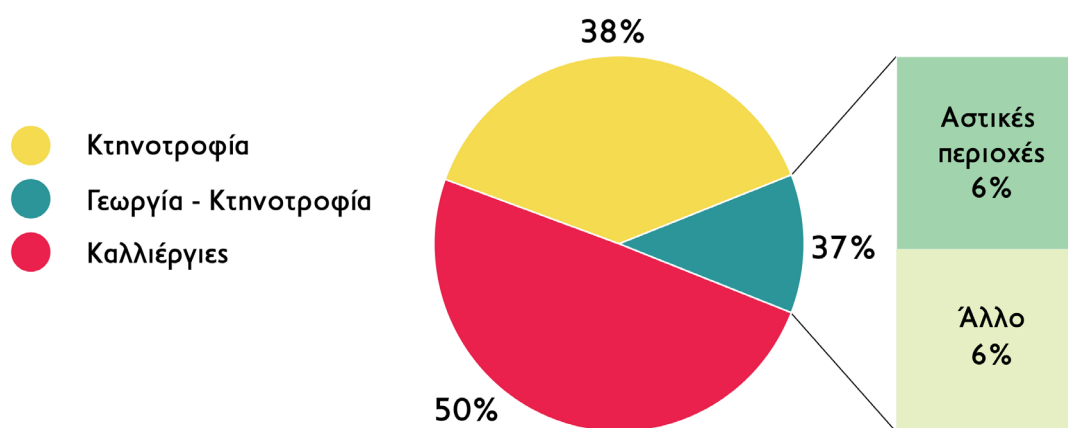


Εικόνα 27. Ποσοστό εκπομπών μεθανίου ανά δραστηριότητα στον τομέα της γεωργίας-κτηνοτροφίας και χρήσης γης για το 2020 (Ιδία επεξεργασία δεδομένων αντλώντας στοιχεία από: FAO, 2021α).



Εικόνα 28. Ποσοστό εκπομπών μεθανίου ανά είδος ζώου για το 2020 (Ιδία επεξεργασία δεδομένων αντλώντας στοιχεία από: FAO, 2021b).

Στην Εικόνα 29 παρουσιάζονται τα ποσοστά χρήσης γης παγκοσμίως για το 2019. Ο τομέας της γεωργίας-κτηνοτροφίας κατέχει το μεγαλύτερο ποσοστό (37%) και είναι ο κύριος παράγοντας για την αλλαγή χρήσης γης και την αποψίλωση των δασών, ενώ χαρακτηριστικό είναι ότι περίπου το 1/4 της παγκόσμιας έκτασης καλύπτεται από βοσκοτόπια.



Εικόνα 29. Παγκόσμια κατανομή της χρήσης γης για το 2019 (Ιδία επεξεργασία δεδομένων αντλώντας στοιχεία από: FAO, 2019).

Η επέκταση των βοσκοτόπων για την εκτροφή βοοειδών ευθύνεται για το περίπου 40% της αποψίλωσης των δασών παγκοσμίως (Pendrill et al., 2019), με αποτέλεσμα τη μείωση της απορρόφησης διοξειδίου του άνθρακα και την εκπομπή περισσότερων αερίων του θερμοκηπίου στον τομέα της γεωργίας-κτηνοτροφίας.

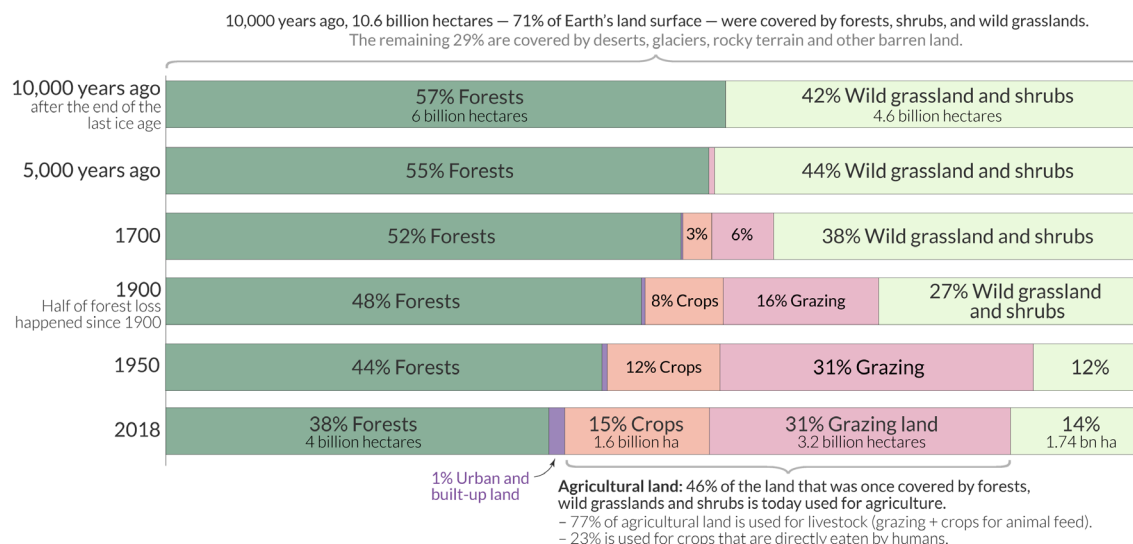
3.3 Αλλαγή χρήσης της γης-Αποψίλωση των δασών

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η κύρια αιτία αλλαγής του κλίματος είναι η συσσώρευση αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα. Τα δέντρα έχουν εξαιρετική ικανότητα να παγιδεύουν και να συσσωρεύουν αέρια του θερμοκηπίου, λειτουργώντας ως δεξαμενές αποθήκευσης και προφυλάσσοντας τον πλανήτη από την υπερθέρμανση. Ωστόσο, η μεγάλη κλίμακα και ανεξέλεγκτη αποψίλωση των δασών (η μετατροπή του δάσους σε άλλες χρήσεις γης, όπως σε γεωργικές εκτάσεις, σε περιοχές εξόρυξης, σε αστικές περιοχές κ.λπ.) αυξάνει τη συγκέντρωση των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα, συμβάλλοντας ουσιαστικά στην αύξηση της θερμοκρασίας και την κλιμάκωση της κλιματικής αλλαγής.

Στην Εικόνα 30 φαίνεται πώς έχει αλλάξει η κάλυψη γης τα τελευταία 10.000 χρόνια, δηλαδή από το τέλος της τελευταίας μεγάλης εποχής των παγετώνων μέχρι σήμερα. Επίσης, διαπιστώνεται ότι η αποψίλωση των δασών δεν είναι ένα νέο πρόβλημα· ακόμα και ο σχετικά μικρός πληθυσμός του παρελθόντος ήταν ικανός να προκαλέσει μεγάλη απώλεια δασών. Επιπλέον, είναι εμφανές το πόσο επιταχύνθηκε η αποψίλωση των δασών τον περασμένο αιώνα. Μέσα σε μόλις 100 χρόνια, ο κόσμος έχασε τόσα δάση όσα τα προηγούμενα 9.000 χρόνια. Από το διάγραμμα φαίνεται ότι αυτό οφείλεται στη συνεχιζόμενη επέκταση της γεωργικής γης και όχι, όπως θα περίμενε κάποιος, λόγω της αστικής επέκτασης.

Humanity destroyed one third of the world's forests by expanding agricultural land

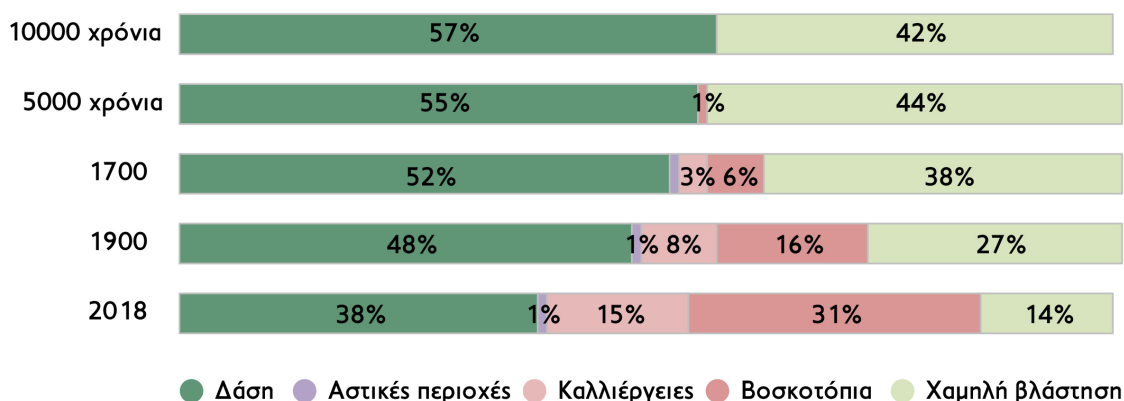
Agriculture is by far the largest driver of deforestation. To bring deforestation to an end humanity has to find ways to produce more food on less land.



Data: Historical data on forests from Williams (2003) – Deforesting the Earth. Historical data on agriculture from The History Database of Global Environment (HYDE). Modern data from the FAO.

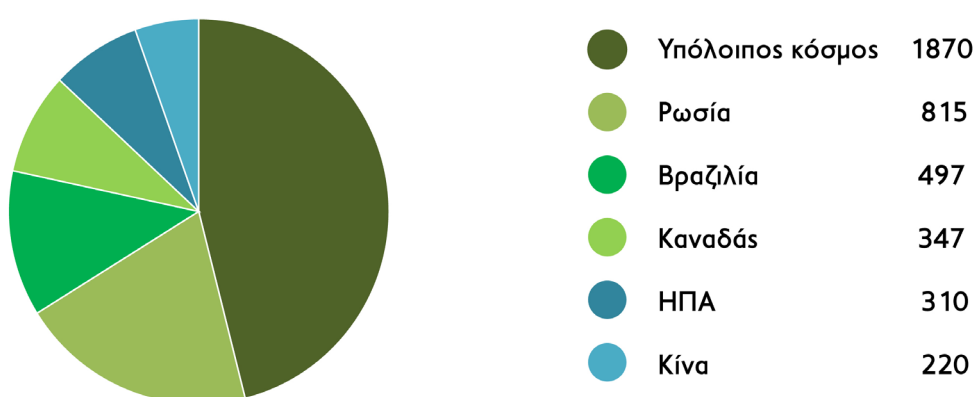
OurWorldinData.org – Research and data to make progress against the world's largest problems.

Licensed under CC-BY by the authors Hannah Ritchie and Max Roser.



Εικόνα 30. Αλλαγή κάλυψης γης τα τελευταία 10.000 χρόνια (Ritchie & Roser, 2021).

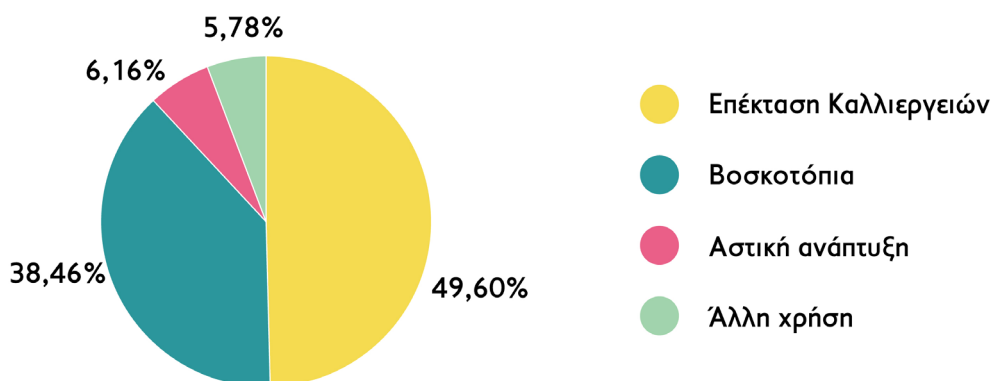
Περισσότερο από το μισό (54%) των δασών του κόσμου βρίσκεται σε μόλις πέντε χώρες: τη Ρωσία, τη Βραζιλία, τον Καναδά, τις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής και την Κίνα (βλ. Εικόνα 31).



Εικόνα 31. Οι πέντε χώρες με τη μεγαλύτερη έκταση δασικών εκτάσεων για το 2020 (σε εκατομμύρια εκτάρια/million ha) (Ιδία επεξεργασία δεδομένων αντλώντας στοιχεία από: FAO, 2020).

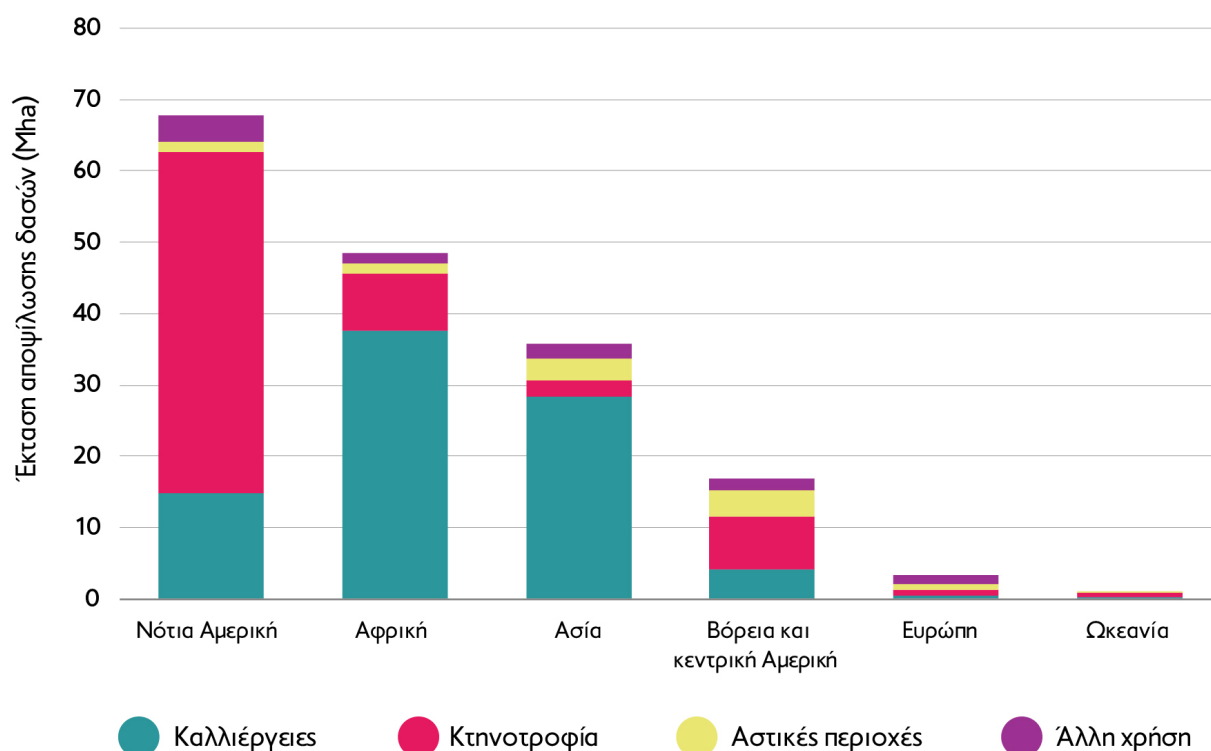
Καθώς τα δάση αυξάνονται, μειώνουν το επίπεδο του διοξειδίου του άνθρακα που βρίσκεται στην ατμόσφαιρα, απορροφώντας διοξείδιο του άνθρακα μέσω της φωτοσύνθεσης και αποθηκεύοντας τον άνθρακα στη βλάστηση και στο έδαφος. Όμως, όταν τα δέντρα κόβονται, καθαρίζονται ή καίγονται και τα δασικά εδάφη οργώνονται ή προετοιμάζονται για τη γεωργία, το διοξείδιο του άνθρακα και άλλα αέρια του θερμοκηπίου (GHGs) απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα.

Υπολογίζεται ότι από το 1990 έως το 2020 έχουν χαθεί 420 εκατομμύρια εκτάρια δάσους παγκοσμίως λόγω της αποψίλωσης των δασών και σχεδόν το 90% οφείλεται στη γεωργία και την κτηνοτροφία (βλ. Εικόνα 32).



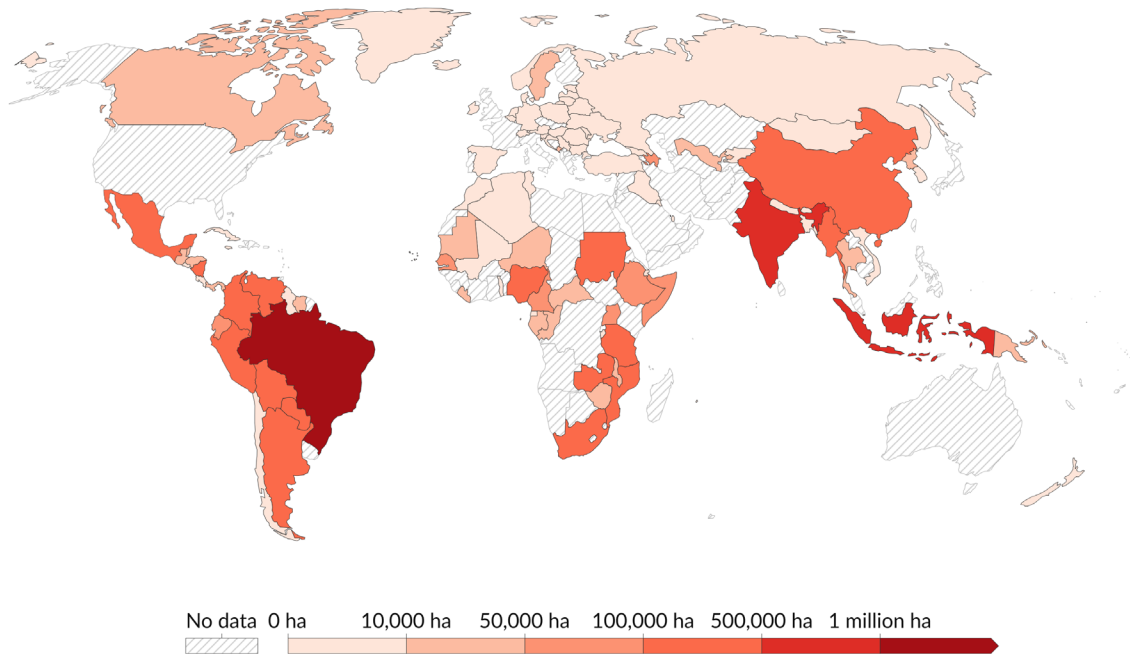
Εικόνα 32. Αιτίες τας παακόσμιας αποψίλωσης δασών για ταν περίοδο 2000-2018 (Ιδία επεξεργασία δεδομένων αντλώντας στοιχεία από: FAO, 2018).

Στν Εικόνα 33 φαίνονται οι εκτάσεις και οι αιτίες αποψίλωσης ανά ήπειρο από το 2000 έως το 2018. Η Νότια Αμερική φαίνεται να έχει χάσει ταν μεγαλύτερη δασική έκταση, η οποία μετατράπηκε κυρίως σε βοσκοτόπια, ακολουθούμενη από ταν Αφρική.



Εικόνα 33. Εκτάσεις και αιτίες αποψίλωσης δασών ανά ήπειρο από το 2000 έως το 2018 (Ιδία επεξεργασία δεδομένων αντλώντας στοιχεία από: FAO, 2020).

Στην Εικόνα 34 παρουσιάζονται τα μέτωπα της αποψίλωσης για το 2018. Ένα από τα κυριότερα μέτωπα είναι το δάσος του Αμαζονίου.



Εικόνα 34. Μέτωπα αποψίλωσης δασών (με κόκκινο χρώμα) για το 2015 (Our world in data, 2015).

Σύμφωνα με τα παραπάνω δεδομένα, το πρόβλημα της αποψίλωσης στην Ευρώπη δεν είναι μείζον. Ωστόσο, η Ευρώπη συμβάλλει στην αποψίλωση των δασών έμμεσα μέσα από την εισαγωγή προϊόντων που προέρχονται από τις αποψιλωμένες περιοχές.

Σύμφωνα με εκτιμήσεις της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, 2022a), τα κύρια προϊόντα που εισάγει η ΕΕ από αποψιλωμένες εκτάσεις είναι τα εξής:

- Φοινικέλαιο 34%
- Σόγια 32,8%
- Ξύλο 8,6%
- Κακάο 7,5%
- Καφές 7%
- Καουτσούκ 3,4%
- Καλαμπόκι 1,6%

Τον Απρίλιο του 2023, το [Κοινοβούλιο](#) ενέκρινε νέους κανονισμούς που υποχρεώνουν τις εταιρείες να επαληθεύουν ότι τα προϊόντα που πωλούνται στην ευρωπαϊκή αγορά δεν έχουν συμβάλει στην αποψίλωση ή την υποβάθμιση των δασών πουθενά στον κόσμο.

4. Επιστήμη, Πολιτικές και κλιματική αλλαγή

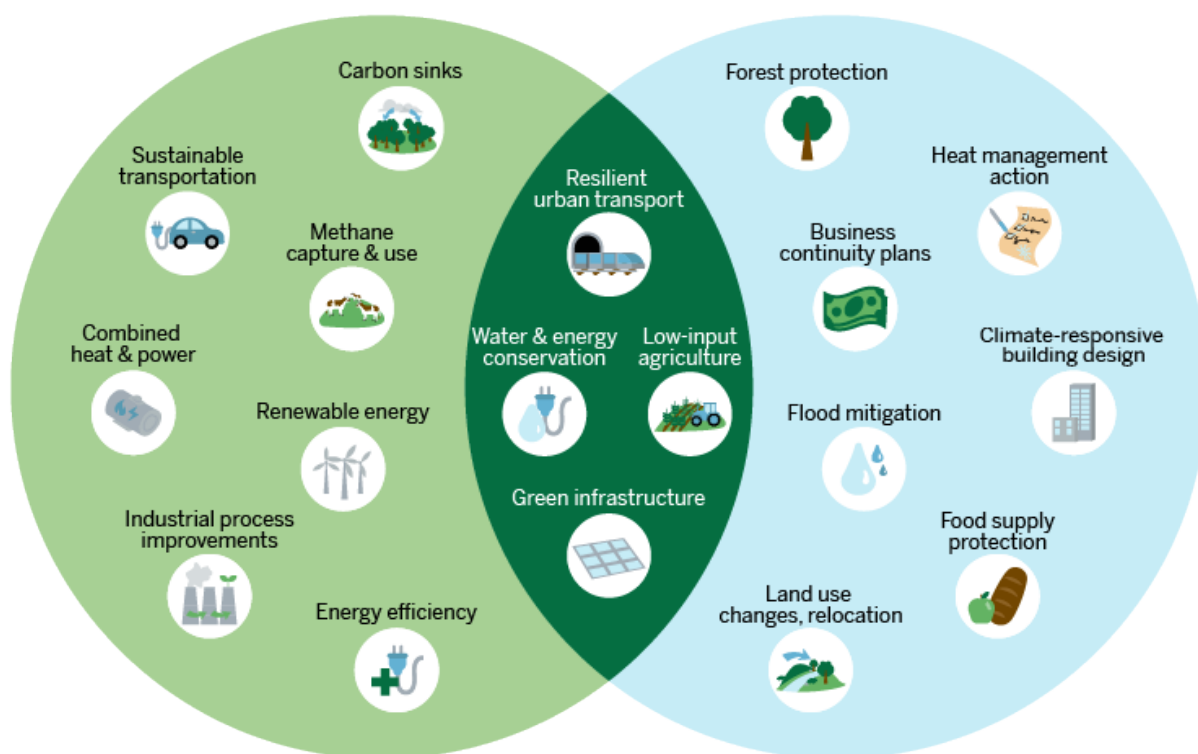
4.1 Μετριασμός και προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή

Καθ'όλη τη διάρκεια της ιστορίας, οι άνθρωποι και οι κοινωνίες αντιμετώπισαν τις κλιματικές αλλαγές και τις ακραίες καταστάσεις με διάφορους βαθμούς επιτυχίας.

Ο μετριασμός περιλαμβάνει δράσεις για τη μείωση ή την εξάλειψη των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, που προκαλούν τη θέρμανση του πλανήτη παγιδεύοντας θερμότητα στην ατμόσφαιρα. Ο μετριασμός μπορεί να επιτευχθεί είτε με τη μείωση των πηγών αυτών των αερίων (για παράδειγμα, την καύση ορυκτών καυσίμων για ηλεκτρική ενέργεια, θερμότητα ή μεταφορά) είτε με την αύξηση της απορρόφησης και αποθήκευσης των αερίων στους ωκεανούς, στα δάση και στο έδαφος. Ο στόχος του μετριασμού είναι η αποφυγή σημαντικής ανθρώπινης παρέμβασης στο κλίμα της Γης, ειδικότερα με τη: «σταθεροποίηση των επιπέδων αερίων του θερμοκηπίου σε ένα χρονικό πλαίσιο που να επιτρέπει στα οικοσυστήματα να προσαρμοστούν φυσικά στην κλιματική αλλαγή, να διασφαλιστεί ότι η παραγωγή τροφίμων δεν απειλείται και η οικονομική ανάπτυξη να προχωρήσει σε βιώσιμο τρόπο» (IPCC, 2014b).

Η προσαρμογή αναφέρεται στις δράσεις που απαιτούνται από άτομα, κοινότητες και χώρες ως απάντηση στην κλιματική αλλαγή. Η προσαρμογή μπορεί να αναφέρεται στο παρόντικό ή/και στο μελλοντικό κλίμα και στοχεύει στη μείωση των κινδύνων από τις επιβλαβείς επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, όπως οι δασικές πυρκαγιές ή η επισιτιστική ανασφάλεια. Περιλαμβάνει επίσης την αξιοποίηση των πιθανών ευεργετικών ευκαιριών που σχετίζονται με την κλιματική αλλαγή, όπως για παράδειγμα αύξηση της τουριστικής περιόδου. Ενώ η κλιματική αλλαγή είναι ένα παγκόσμιο ζήτημα, γίνεται αισθητή σε τοπική κλίμακα, και ως εκ τούτου, οι τοπικές αρχές βρίσκονται στην πρώτη γραμμή της προσαρμογής. Οι πόλεις και οι τοπικές κοινότητες σε όλο τον κόσμο έχουν επικεντρωθεί στην επίλυση των κλιματικών τους προβλημάτων και εργάζονται για να δημιουργήσουν αντιπλημμυρικά μέτρα, να προετοιμαστούν για κύματα καύσωνα και υψηλότερες θερμοκρασίες, να βελτιώσουν την αποθήκευση και χρήση του νερού κ.ά.

Στην Εικόνα 35 αποτυπώνονται συνοπτικά τα προαναφερθέντα και οι δράσεις που συνδέονται με τον μετριασμό και την προσαρμογή αντιστοίχως.



Εικόνα 35. Σχηματική απεικόνιση του μετριασμού (κύκλος στα αριστερά) και της προσαρμογής (κύκλος στα δεξιά) στην κλιματική αλλαγή (Indiana University, n.d.).

4.2 Δράσεις και διαπραγματεύσεις για την κλιματική αλλαγή

Στην Εικόνα 36 περιλαμβάνονται οι κυριότερες δράσεις, συμφωνίες και Σύνοδοι κορυφής για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής με χρονολογική σειρά.

6-20 Δεκεμβρίου 2022	.....	27η Διάσκεψη του ΟΗΕ για την κλιματική αλλαγή (COP27)
7 Οκτωβρίου 2020	.....	Ευρωπαϊκός Κλιματικός Νόμος: Έγκριση από το Κοινοβούλιο
11 Δεκεμβρίου 2019	.....	Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία. Κλιματική Ουδετερότητα έως το 2050
28 Νοεμβρίου 2019	.....	Το ΕΚ κηρύσσει κατάσταση κλιματικής έκτακτης ανάγκης
Οκτώβριος 2018	.....	Δημοσίευση ειδικής έκθεσης της IPCC «Υπερθέρμανση του πλανήτη κατά 1,5 °C»
Δεκέμβριος 2015	.....	Εγκρίνεται η συμφωνία του Παρισιού
Ιανουάριος 2005	.....	Θέσπιση συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής αερίων θερμοκηπίου
1997	.....	Εγκρίνεται το Πρωτόκολλο του Κιότο
1995	.....	1η Διάσκεψη του ΟΗΕ για την κλιματική αλλαγή (COP1)
1990	.....	Η IPCC συντάσσει την πρώτη έκθεση αξιολόγησης
1988	.....	Συγκροτείται η Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC)
1987	.....	Εγκρίνεται το Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ
1979	.....	Παγκόσμια Διάσκεψη για το Κλίμα στη Γενεύη

Εικόνα 36. Οι δράσεις για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής (Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, 2022b).

Διακυβερνητική Επιτροπή για την Αλλαγή του Κλίματος

Η Διακυβερνητική Επιτροπή για την Αλλαγή του Κλίματος (Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC) είναι επιστημονική επιτροπή υπό την αιγίδα του Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών. Ιδρύθηκε το 1988 από τον Παγκόσμιο Μετεωρολογικό Οργανισμό και το Πρόγραμμα Περιβάλλοντος των Ηνωμένων Εθνών. Η αποστολή της IPCC περιλαμβάνει την παροχή τακτικών αξιολογήσεων σχετικά με την επιστημονική βάση της κλιματικής αλλαγής, τις επιπτώσεις της και τους μελλοντικούς κινδύνους, καθώς και επιλογές για προσαρμογή και μετριασμό.

Διάσκεψη του ΟΗΕ για το κλίμα (COP-Conference of the Parties)

Η Διάσκεψη του ΟΗΕ για το κλίμα αποτελεί την ετήσια συνάντηση κορυφής για το κλίμα, η οποία διοργανώνεται από το 1995 και αποτελεί ένα κορυφαίο όργανο λήψης αποφάσεων. Στη διάσκεψη συμμετέχουν 197 έθνη, τα οποία υπέγραψαν τη Σύμβαση των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή το 1992. Ο κύριος στόχος της είναι η ανασκόπηση της προόδου που έχει σημειωθεί από τα μέλη της για τον περιορισμό της κλιματικής αλλαγής, καθώς και η διαπραγμάτευση δεσμεύσεων και μέτρων για την περαιτέρω αντιμετώπισή της. Δύο από τις κυριότερες συμφωνίες που επετεύχθησαν μέσω αυτών των διασκέψεων είναι το πρωτόκολλο του Κιότο και η συμφωνία του Παρισιού.

Πρωτόκολλο Μόντρεαλ

Το Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ αφορά τις ουσίες που καταστρέφουν τη στιβάδα του όζοντος. Εγκρίθηκε στις 16 Σεπτεμβρίου 1987 και αποτελεί σημαντικό περιβαλλοντικό ορόσημο. Σκοπός του είναι η μείωση της παραγωγής και κατανάλωσης σχεδόν 100 ανθρωπογενών χημικών ουσιών που βλάπτουν τη στιβάδα του όζοντος στη στρατόσφαιρα. Η προστασία της στρατόσφαιρας είναι σημαντική, καθώς προστατεύει τον άνθρωπο και το περιβάλλον από τις υπεριώδεις ακτίνες του ήλιου. Σύμφωνα με τα δεδομένα σχετικά με την πρόοδο του Πρωτοκόλλου του Μόντρεαλ, επιβεβαιώνεται η σταδιακή κατάργηση σχεδόν του 99% των απαγορευμένων ουσιών που καταστρέφουν το όζον (United Nations, 2023). Η κατάργηση αυτή οδήγησε στην αξιοσημείωτη ανάκτηση του προστατευτικού στρώματος του όζοντος στη στρατόσφαιρα και σε μειωμένη έκθεση του ανθρώπου στις επιβλαβείς υπεριώδεις ακτίνες του ήλιου.

Πρωτόκολλο Κιότο

Το Πρωτόκολλο του Κιότο είναι μια συμφωνία για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου που απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα από ανθρώπινες δραστηριότητες. Επικυρώθηκε στις 11 Δεκεμβρίου 1997 και ορίζει ότι τα συμβαλλόμενα κράτη πρέπει να μειώσουν τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου κάτω από τα επίπεδα που ήταν το 1990.

Το Πρωτόκολλο του Κιότο ήταν η πρώτη μεγάλη διεθνής προσπάθεια για την επιβράδυνση της παγκόσμιας κλιματικής αλλαγής. Από το 1997, 191 χώρες έχουν υποστηρίξει τη συμφωνία,

με εξαίρεση τις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής. Τα κράτη στον αναπτυσσόμενο κόσμο δεν δεσμεύονται από τους στόχους του Πρωτοκόλλου του Κιότο. Ίσως λόγω της έλλειψης παγκόσμιας υποστήριξής του, το Πρωτόκολλο του Κιότο είχε περιορισμένη επιτυχία, καθώς η παραγωγή των αερίων θερμοκηπίου έχει αυξηθεί από το 1997 και δεν έχει μειωθεί. Παρά το γεγονός ότι δεν εκπλήρωσε τους στόχους του, το Κιότο υπήρξε το πρώτο σημαντικό βήμα στη διεθνή προσπάθεια για την καταπολέμηση της υπερθέρμανσης του πλανήτη.

Σύστημα Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπής Αερίων του Θερμοκηπίου

Το Σύστημα Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών (ΣΕΔΕ) είναι ένα από τα σημαντικότερα εργαλεία της πολιτικής της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής και τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου με οικονομικά αποδοτικό τρόπο. Αποτελεί την πρώτη αγορά εκπομπών άνθρακα παγκοσμίως και παραμένει έως και σήμερα η μεγαλύτερη. Λειτουργεί και στις 28 χώρες της Ε.Ε., καθώς και στην Ισλανδία, στο Λιχτενστάιν και στη Νορβηγία.

Το ΣΕΔΕ θέτει ανώτατο όριο στις ποσότητες του διοξειδίου του άνθρακα που μπορούν να εκπέμπουν η βιομηχανία και οι σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Ο συνολικός όγκος των επιτρεπόμενων εκπομπών ανά κράτος διανέμεται κατάλληλα σε εταιρίες με τη μορφή δικαιωμάτων εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, τα οποία μπορούν να αποτελέσουν και αντικείμενο συναλλαγής. Πιο λεπτομερώς, είναι μια μορφή εμπορίας που επιτρέπει σε χώρες, που διαθέτουν πλεόνασμα δικαιωμάτων εκπομπών (δηλαδή, εκπομπές για τις οποίες έχουν δικαιώματα, αλλά δεν τις πραγματοποιήσαν), να πωλούν την πλεονάζουσα ποσότητα σε χώρες που έχουν έλλειμμα εκπομπών (δηλαδή να πραγματοποιούν περισσότερες εκπομπές από όσα δικαιώματα διαθέτουν). Η εμπορία εκπομπών άνθρακα είναι ένας μηχανισμός που χρησιμοποιούν οι χώρες για να εκπληρώσουν τις υποχρεώσεις που καθορίζονται από το Πρωτόκολλο του Κιότο, δηλαδή τη μείωση των εκπομπών άνθρακα σε μια προσπάθεια μετριασμού της κλιματικής αλλαγής.

Συμφωνία του Παρισιού

Η Συμφωνία του Παρισιού είναι μια διεθνής συμφωνία για την κλιματική αλλαγή. Εγκρίθηκε από 196 μέρη στη Διάσκεψη του ΟΗΕ για την κλιματική αλλαγή (COP21) στις 12 Δεκεμβρίου 2015 στο Παρίσι και τέθηκε σε ισχύ στις 4 Νοεμβρίου 2016. Ο πρωταρχικός της στόχος είναι να περιορίσει την αύξηση της παγκόσμιας θερμοκρασίας κάτω από τους 2 βαθμούς Κελσίου, σε σύγκριση με τα προβιομηχανικά επίπεδα και να συνεχίσει τις προσπάθειες περιορισμού της αύξησης της θερμοκρασίας στους 1,5 βαθμούς Κελσίου.

Η Συμφωνία του Παρισιού αποτελεί ορόσημο, καθώς για πρώτη φορά μια δεσμευτική συμφωνία φέρνει κοντά όλα τα έθνη για την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής και την προσαρμογή στις επιπτώσεις της. Ως συμβολή στους στόχους της συμφωνίας, οι χώρες έχουν υποβάλει ολοκληρωμένα εθνικά σχέδια δράσης για το κλίμα. Αυτά δεν αρκούν ακόμη για την επίτευξη των συμφωνημένων στόχων θερμοκρασίας, αλλά η συμφωνία χαράζει τον δρόμο για περαιτέρω δράση.

Ευρωπαϊκός Κλιματικός Νόμος

Ο *Ευρωπαϊκός Κλιματικός Νόμος* θεσπίζει τον στόχο που ορίζεται στην Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία για την οικονομία και την κοινωνία της Ευρώπης, προκειμένου να γίνουν κλιματικά ουδέτερες έως το 2050. Επίσης, θέτει ως ενδιάμεσο στόχο τη μείωση των καθαρών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά τουλάχιστον 55% έως το 2030, σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990. Η κλιματική ουδετερότητα μέχρι το 2050 σημαίνει επίτευξη μηδενικών εκπομπών αερίων θερμοκηπίου για τις χώρες της ΕΕ στο σύνολό τους, κυρίως μέσω της μείωσης των εκπομπών, της επένδυσης σε πράσινες τεχνολογίες και της προστασίας του φυσικού περιβάλλοντος.

Εθνικός Κλιματικός Νόμος

Ο Εθνικός Κλιματικός Νόμος αποτελεί τη δέσμευση της Ελλάδας για τη μετάβαση στην κλιματική ουδετερότητα και την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή. Περιλαμβάνει διατάξεις για την αντιμετώπιση της κλιματικής κρίσης και της προστασίας του περιβάλλοντος. Σκοπός του νόμου είναι η βελτίωση της προσαρμοστικής ικανότητας και της κλιματικής ανθεκτικότητας της χώρας, καθώς και η διασφάλιση της σταδιακής μετάβασης στην κλιματική ουδετερότητα έως το έτος 2050, με τον πλέον περιβαλλοντικά βιώσιμο, κοινωνικά δίκαιο και οικονομικά αποδοτικό τρόπο.

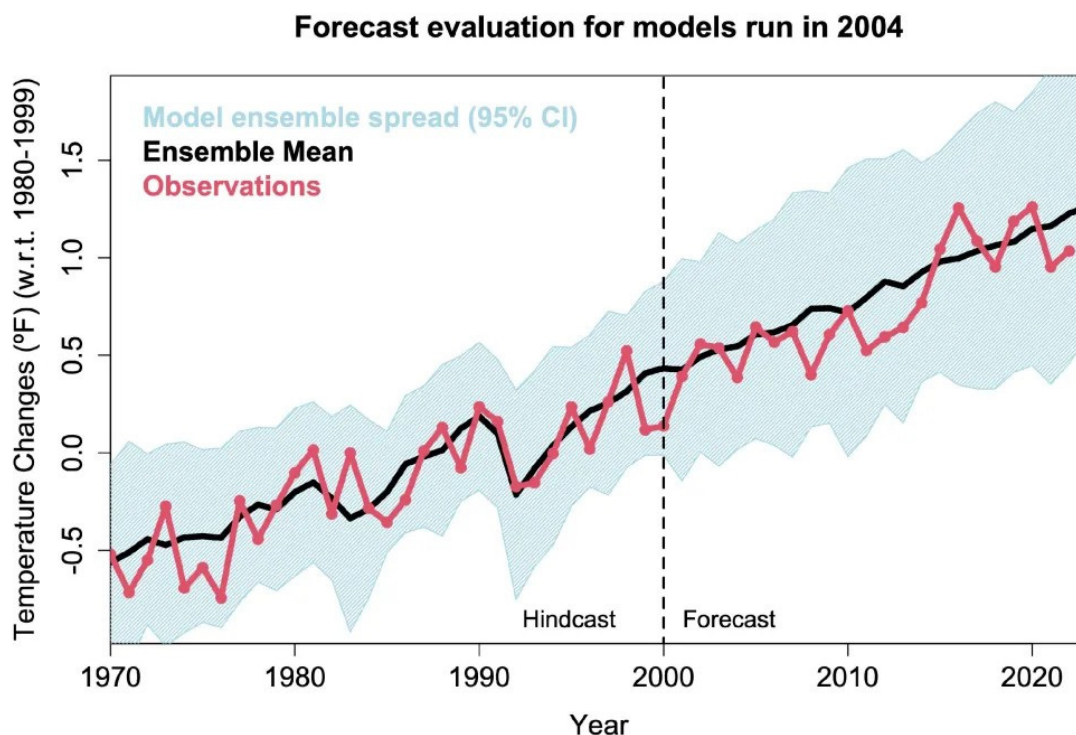
4.3 Κλιματικά Μοντέλα

Για την πρόγνωση του μελλοντικού κλίματος και των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής χρησιμοποιούνται προγράμματα προσομοίωσης του κλίματος, γνωστά ως «κλιματικά μοντέλα». Η προσομοίωση είναι ένας τρόπος να γίνει κατανοητό κάτι που θα ήταν δύσκολο να βιώσουμε στην πραγματική ζωή. Ένα κλιματικό μοντέλο μπορεί να προσομοιώσει όλους τους παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν το κλίμα της Γης, λειτουργώντας ως ένα ψηφιακό εργαστήριο.

Τα κλιματικά μοντέλα επιτρέπουν στους επιστήμονες να μελετήσουν πώς αλληλεπιδρούν διαφορετικοί παράγοντες που επηρεάζουν το κλίμα μιας περιοχής. Για παράδειγμα, ένα κλιματικό μοντέλο, μπορεί να υπολογίσει πώς η αλλαγή της θερμοκρασίας των ωκεανών θα επηρεάσει άλλες κλιματικές παραμέτρους. Στο τέλος του υπολογισμού, το μοντέλο μπορεί να δείξει, για παράδειγμα, ότι ένας ελαφρώς θερμότερος ωκεανός θα μπορούσε να προκαλέσει μεγάλες αλλαγές στο κλίμα της Γης. Επιπλέον, μπορεί να δείξει πώς αυτή η μικρή αλλαγή, θα μπορούσε να επηρεάσει το κλίμα της Γης σε 10, 100 ή σε 500 χρόνια από σήμερα.

Έχει διαπιστωθεί ότι τα κλιματικά μοντέλα προσομοιώνουν το κλίμα της Γης με μεγάλη ακρίβεια. Τα μοντέλα αυτά αξιολογούνται, βάσει της σύγκρισης των προβλέψεών τους με αυτό που πραγματικά συνέβη (βλ. Εικόνα 37). Για παράδειγμα, οι επιστήμονες αξιολόγησαν 14 μοντέλα

για την εκτίμηση της θερμοκρασίας και διαπίστωσαν υψηλή συμφωνία μεταξύ των μετρήσεων (πραγματικές συνθήκες) και των προσομοιώσεων.



Εικόνα 37. Αποτύπωση μετρήσεων θερμοκρασίας (κόκκινη γραμμή) και κλιματικών μοντέλων (μαύρη γραμμή) (Schmidt, G., 2020).

4.4 Διερεύνηση της μελλοντικής κλιματικής αλλαγής

Για να κατανοήσουμε πώς μπορεί να εξελιχθούν οι εκπομπές από τις ανθρώπινες δραστηριότητες και η κλιματική αλλαγή στο μέλλον, πρέπει να γνωρίζουμε πώς θα εξελιχθεί ο κόσμος από κοινωνικοοικονομική και τεχνολογική σκοπιά, καθώς και πώς θα εξελιχθούν οι συγκεντρώσεις των αερίων του θερμοκηπίου. Για τον λόγο αυτό έχει δημιουργηθεί μια σειρά κλιματικών σεναρίων (RCPs- Representative Concentration Pathways) που εκτιμούν την εξέλιξη των συγκεντρώσεων των αερίων του θερμοκηπίου. Τα κλιματικά αυτά σεσάρια ονομάζονται RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 και RCP8.5.

Το σενάριο RCP2.6 (αισιόδοξο σενάριο) βασίζεται σε δεδομένα από αυστηρά μέτρα μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, τα RCP4.5 και RCP6.0 (μετριασθέν σενάρια) αποτελούν ενδιάμεσα σενάρια, ενώ το RCP8.5 (δυσμενές σενάριο) είναι το χειρότερο δυνατό σενάριο για την κλιματική αλλαγή, με πολύ υψηλές μελλοντικές τιμές συγκεντρώσεων αερίων του θερμοκηπίου (IPPC, 2014a).

Τα κυριότερα στοιχεία του κάθε σεναρίου είναι τα ακόλουθα (Καρτάλης, Κ, Κοκκώσης Χ., Φιλιππόπουλος Κ., Πολύδωρος Α., Λάππα Κ. & Μαυράκου, Θ., 2021):

- **RCP2.6:** Άμεση σημαντική μείωση των αερίων του θερμοκηπίου και συγκράτηση της αύξησης θερμοκρασίας παγκοσμίως έως 2°C.
- **RCP4.5:** Αύξηση των αερίων του θερμοκηπίου με τη μέγιστη τιμή το 2040 και στη συνέχεια δραστική μείωση.
- **RCP6.0:** Αυξητική τάση των αερίων έως το 2060 και στη συνέχεια σημαντική μείωση.
- **RCP8.5:** Συνεχής αυξητική τάση των αερίων θερμοκηπίου έως το 2100.

Παράλληλα, έχει δημιουργηθεί μια σειρά πιθανών σεναρίων κοινωνικοοικονομικής εξέλιξης, γνωστών ως *Shared Socioeconomic Pathways (SSPs)* που εξετάζουν πώς η παγκόσμια κοινωνία, τα δημογραφικά και τα οικονομικά στοιχεία μπορεί να αλλάξουν τον επόμενο αιώνα.

Τα SSPs χρησιμοποιούνται:

α) Ως δεδομένα για τα κλιματικά μοντέλα

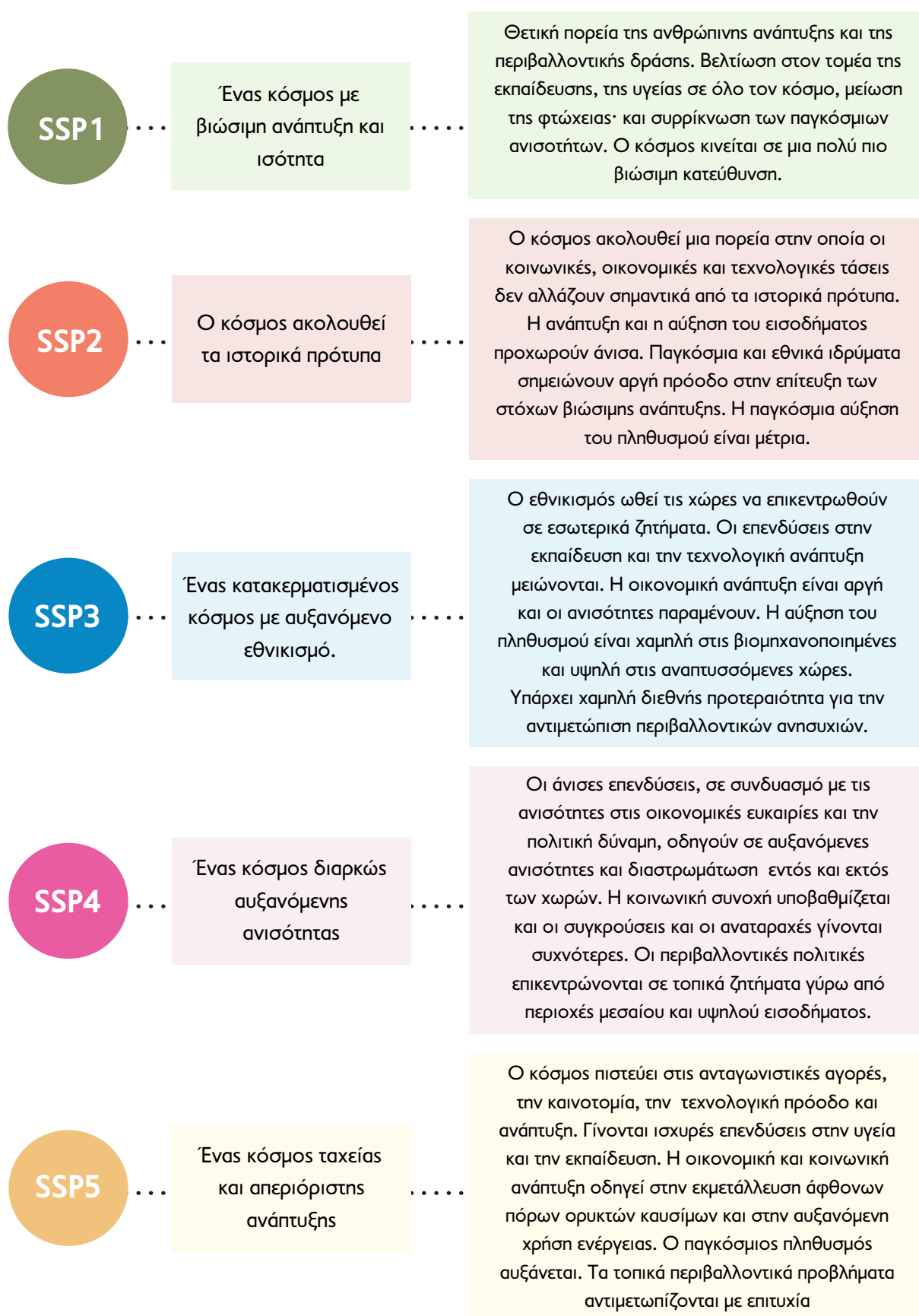
β) Για να διερευνήσουν πώς η εξέλιξη της κοινωνίας θα επηρεάσει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου για την επίτευξη των κλιματικών στόχων της Συμφωνίας του Παρισιού.

Οι κοινωνικοοικονομικοί και τεχνολογικοί παράγοντες που περιλαμβάνουν τα SSPs είναι η αύξηση του πληθυσμού, η οικονομική ανάπτυξη, η αστικοποίηση, το εμπόριο, η ενέργεια, η εκπαίδευση και ο ρυθμός τεχνολογικής ανάπτυξης. Τα σενάρια δείχνουν ότι ο μετριασμός και η προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή θα ήταν πολύ πιο εύκολα σε ορισμένα από τα πιθανά σενάρια κοινωνικοοικονομικής εξέλιξης και λιγότερο σε άλλα. Για παράδειγμα, σε ένα μέλλον που χαρακτηρίζεται από εθνικισμό και κατάρρευση της παγκόσμιας κοινότητας, είναι αδύνατη η εκπλήρωση του στόχου του Παρισιού «κάτω από τους 2 βαθμούς Κελσίου».

Τα πιθανά αυτά σενάρια εξετάζουν πέντε διαφορετικούς τρόπους με τους οποίους μπορεί να εξελιχθεί ο κόσμος και πώς θα μπορούσαν να επιτευχθούν διαφορετικά επίπεδα μετριασμού και προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή.

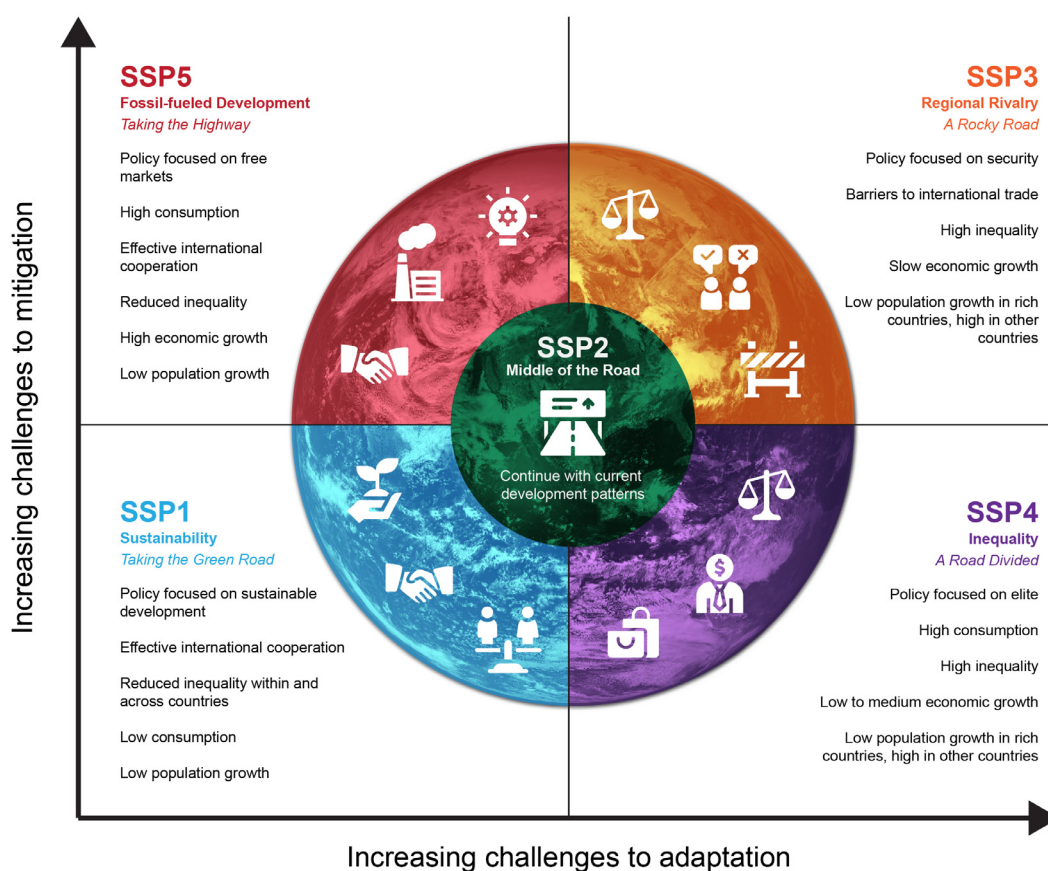
Τα πέντε αυτά σενάρια (βλ. Εικόνα 38) περιλαμβάνουν:

1. Έναν κόσμο ανάπτυξης και ισότητας με επίκεντρο τη βιωσιμότητα (SSP1).
2. Έναν κόσμο όπου οι τάσεις ακολουθούν σε γενικές γραμμές τα ιστορικά πρότυπα (SSP2).
3. Έναν κόσμο που χαρακτηρίζεται από την κατάρρευση της παγκόσμιας κοινότητας και τον εθνικισμό (SSP3).
4. Έναν κόσμο διαρκώς αυξανόμενης ανισότητας (SSP4).
5. Έναν κόσμο ταχείας και απεριόριστης ανάπτυξης στην οικονομική παραγωγή και τη χρήση ενέργειας (SSP5).



Εικόνα 38. Shared Socioeconomic Pathways (SSPs) (Ιδία επεξεργασία δεδομένων).

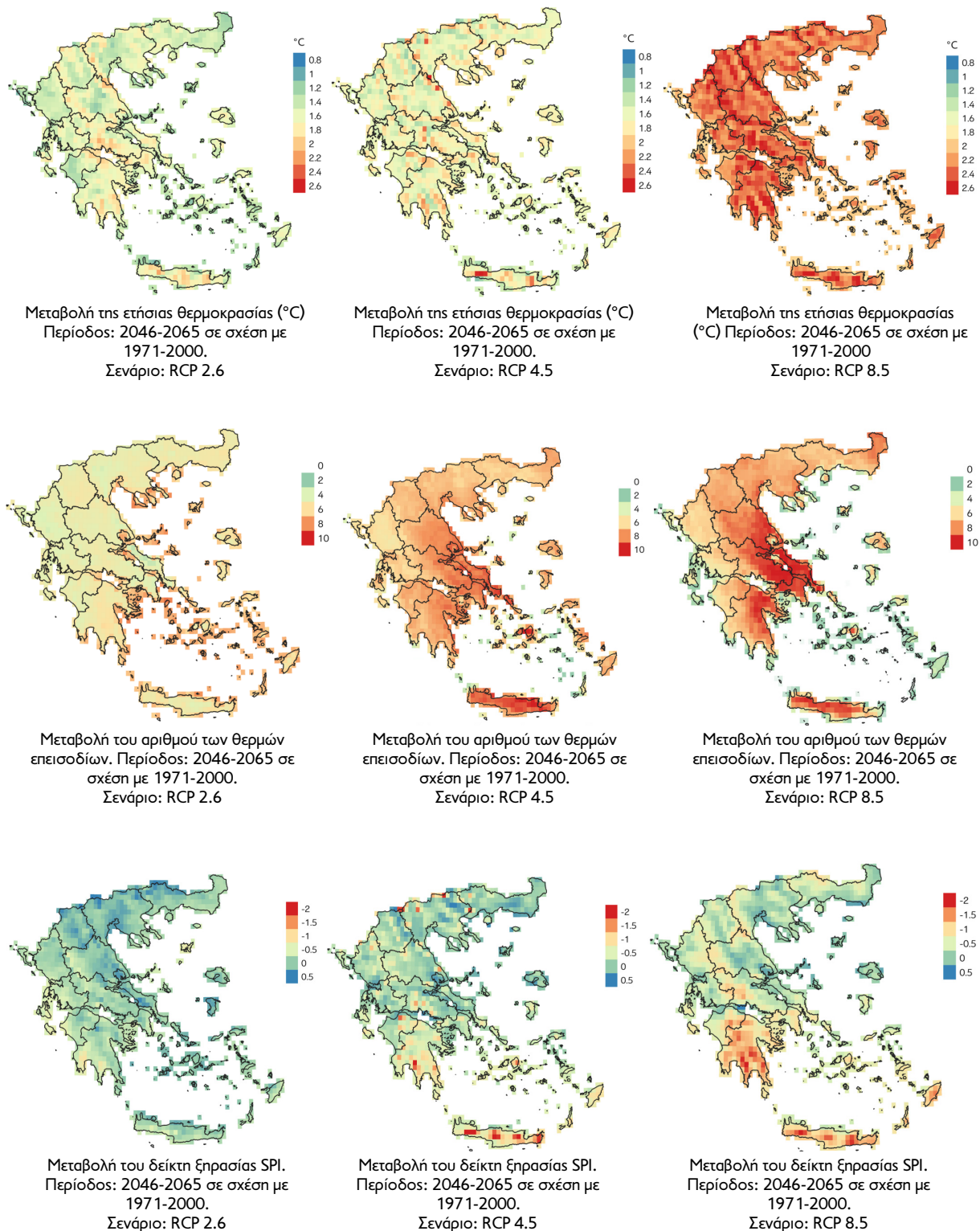
Για κάθε σενάριο, οι προκλήσεις για τον μετριασμό και την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή ποικίλλουν από χαμηλές (εύκολος μετριασμός και προσαρμογή) έως πολύ υψηλές (δύσκολος μετριασμός και προσαρμογή) (βλ. Εικόνα 39). Για παράδειγμα, το SSP1 παρουσιάζει χαμηλές προκλήσεις για τον μετριασμό και την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή, λόγω της ταχείας τεχνολογικής ανάπτυξης, της σχετικής παγκόσμιας ισότητας και της στόχευσης στην περιβαλλοντική βιωσιμότητα. Το SSP4, από την άλλη πλευρά, παρουσιάζει εξίσου χαμηλές προκλήσεις για τον μετριασμό λόγω της ταχείας τεχνολογικής εξέλιξης, αλλά υψηλές προκλήσεις στην προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή, λόγω της ανισότητας και της φτώχειας σε πολλά μέρη του κόσμου.



Εικόνα 39. Οι προκλήσεις για μετριασμό και προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή που αντιστοιχούν σε κάθε σενάριο (Climatedata, 2022).

4.4.1 Μελλοντικές κλιματικές μεταβολές στην Ελλάδα

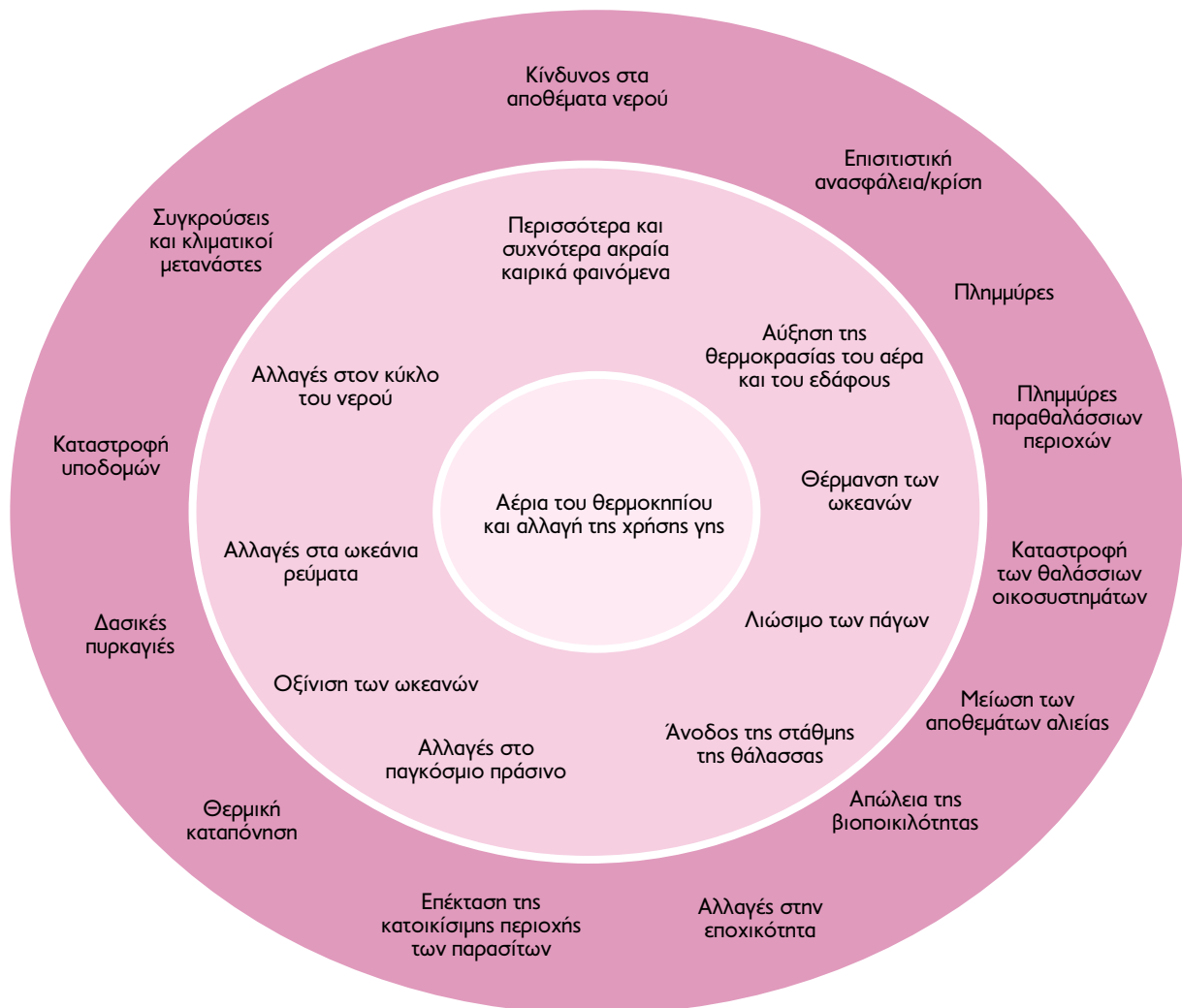
Στην Εικόνα 40 παρουσιάζονται εκτιμήσεις των κλιματικών μοντέλων για ενδεικτικές παραμέτρους για την περιοχή της Ελλάδας. Συγκεκριμένα, παρουσιάζονται οι μεταβολές της θερμοκρασίας, των αριθμών επεισοδίων καύσωνα και οι τιμές του δείκτη ξηρασίας για την περίοδο 2046-2065 για τρία κλιματικά σενάρια (RCP2.6: αισιόδοξο, RCP4.5: μετριοπαθές και RCP8.5: δυσμενές).



Εικόνα 40. Μεταβολή της ετήσιας θερμοκρασίας, του αριθμού επεισοδίων καύσωνα και των τιμών στους δείκτες ξηρασίας για την περίοδο 2046-2065 για τρία πιθανά κλιματικά σενάρια (Καρτάλης, Κ., Κοκκώσης Χ., Φιλιππίδης Κ., Πολύδωρος Α., Λάππα Κ. & Μαυράκου, Θ., 2021).

5. Επιπτώσεις και κίνδυνοι της κλιματικής αλλαγής

Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής συνοψίζονται στην Εικόνα 41. Στο κέντρο των δακτυλίων βρίσκονται τα αίτια που οδηγούν στην κλιματική αλλαγή, δηλαδή η εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου και η αλλαγή στη χρήση της γης. Στον επόμενο δακτύλιο αποτυπώνονται οι αλλαγές στο κλίμα (π.χ. θερμοκρασία, καιρικά φαινόμενα) και στους παράγοντες που επηρεάζουν το κλίμα (ωκεανοί, πάγοι, κ.ά). Τέλος, στον εξωτερικό δακτύλιο παρουσιάζονται οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, οι οποίες θα αναλυθούν στη συνέχεια.



- Αιτίες της κλιματικής αλλαγής
- Αλλαγές στο κλιματικό σύστημα
- Επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής

Εικόνα 41. Αιτίες και επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής (Ιδία επεξεργασία δεδομένων).

5.1 Περιβάλλον

5.1.1 Θαλάσσιο περιβάλλον

Η κλιματική αλλαγή προκαλεί σημαντικές επιπτώσεις στη φυσική και χημική σύνθεση της θάλασσας και των θαλάσσιων οικοσυστημάτων. Για παράδειγμα, η θερμοκρασία του νερού καθορίζει ποια είδη μπορούν να ζήσουν σε μια περιοχή. Η αύξηση της θερμοκρασίας του νερού, η οξίνιση και τα χαμηλά επίπεδα οξυγόνου μπορούν να προκαλέσουν ακραία θαλάσσια γεγονότα, όπως τα θαλάσσια κύματα καύσωνα (MHW), οι νεκρές ζώνες και η λεύκανση των κοραλλιών. Αυτά τα ακραία γεγονότα μπορούν να βλάψουν το θαλάσσιο περιβάλλον και αναμένεται να γίνονται όλο και πιο συχνά και σοβαρά. Η θαλάσσια αλιεία σε ορισμένες περιοχές διατρέχει υψηλό κίνδυνο εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής όσον αφορά το μέγεθος και την κατανομή των πληθυσμών των ψαριών. Η μετακίνηση των ψαριών σε νέες περιοχές διαταράσσει τα οικοσυστήματα.

Προσαρμογή

Οι τρόποι με τους οποίους μπορούμε να συμβάλουμε στη μείωση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στο θαλάσσιο περιβάλλον περιλαμβάνουν τα εξής:

1. Βελτίωση και προσαρμογή της διαχείρισης της αλιείας:

- Αποφυγή υπεραλίευσης: Εφαρμογή αυστηρών κανονισμών και ελέγχων για την αποτροπή της υπεραλίευσης και τη διατήρηση των πληθυσμών των ψαριών σε υγιή επίπεδα.
- Διατήρηση θαλάσσιων οικοσυστημάτων: Υιοθέτηση πρακτικών που διασφαλίζουν την προστασία των θαλάσσιων οικοσυστημάτων, όπως η χρήση βιώσιμων μεθόδων αλιείας και η αποφυγή καταστροφής ευαίσθητων περιοχών.

2. Διαφοροποίηση της αλιείας:

- Υδατοκαλλιέργεια: Προώθηση της υδατοκαλλιέργειας ως εναλλακτική μέθοδο αλίευσης που μπορεί να βοηθήσει στη μείωση της πίεσης στα φυσικά αποθέματα και να ενισχύσει την ανθεκτικότητα των τοπικών κοινωνιών απέναντι στην κλιματική αλλαγή.

3. Εκπαίδευση του πληθυσμού:

- Προστασία των θαλάσσιων οικοσυστημάτων: Εκπαίδευση και ενημέρωση του κοινού σχετικά με την ανάγκη προστασίας των κοραλλιογενών υφάλων και των ευαίσθητων θαλάσσιων περιοχών.
- Αποφυγή χημικών ουσιών: Ευαισθητοποίηση σχετικά με τη χρήση αντλητικών και άλλων χημικών ουσιών που μπορούν να βλάψουν τη θαλάσσια ζωή.

4. Προσαρμογή της αλιείας στις κλιματικές αλλαγές:

Προσαρμογή **στις αλλαγές των ειδών**: Ανάπτυξη στρατηγικών για την προσαρμογή της αλιείας στις αλλαγές της κατανομής και της αφθονίας των θαλάσσιων ειδών λόγω της κλιματικής αλλαγής.

Εκτιμήσεις για τη Μεσόγειο

Σύμφωνα με τη WWF οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στη Μεσόγειο είναι ήδη ορατές και αναμένεται να γίνουν εντονότερες στο μέλλον, είτε επιδεινώνοντας τα υπάρχοντα προβλήματα είτε προκαλώντας νέα (Jeffries & Campogianni, 2021).

1. **Τροπικοποίηση:** Η ανατολική Μεσόγειος θερμαίνεται ταχύτερα, αποκτώντας τροπικά χαρακτηριστικά. Πολλά θαλάσσια είδη είτε έχουν εξαφανιστεί είτε μεταναστεύουν βορειότερα και δυτικότερα προς ψυχρότερες περιοχές, ενώ εισβολικά είδη από θερμότερα νερά τα αντικαθιστούν. Οι περιοχές των υφάλων στη νοτιοανατολική Μεσόγειο είναι πλέον άγονες.
2. **Καταστροφικοί εισβολείς:** Η Μεσόγειος είναι η θάλασσα που δέχεται τα περισσότερα εισβολικά είδη στον κόσμο. Σχεδόν 1.000 ξένα είδη (126 είδη ψαριών) έχουν εισέλθει στα νερά της, κυρίως μέσω της Διώρυγας του Σουέζ, προκαλώντας σημαντικές επιπτώσεις στα τοπικά οικοσυστήματα. Μερικά είδη, όπως ο φυτοφάγος λαγοκέφαλος, είναι εξαιρετικά καταστροφικά, καταναλώνοντας γρήγορα σύνθετα οικοσυστήματα και εξαντλώντας την εγγενή βιοποικιλότητα. Επιπλέον, το λεοντόψαρο, ένα αδηφάγο αρπακτικό, θεωρείται ο πιο καταστροφικός εισβολέας στον κόσμο, καθώς εξαπλώνεται γρήγορα και καταβροχθίζει μεγάλες ποσότητες ψαριών.
3. **Αύξηση των μεδουσών:** Καθώς η Μεσόγειος θάλασσα θερμαίνεται, παρατηρείται μια εκρηκτική αύξηση στον αριθμό των μεδουσών, προκαλώντας διαταραχές στις τροφικές αλυσίδες σε όλη τη λεκάνη της Μεσογείου. Η πολυετής υπεραλίευση έχει αφαιρέσει πολλούς από τους φυσικούς θηρευτές των μεδουσών, εντείνοντας το πρόβλημα. Οι μέδουσες ανταγωνίζονται τα υπόλοιπα θαλάσσια είδη για τροφή, γεμίζουν τα δίκτυα ψαρέματος και κατακλύζουν τις επιχειρήσεις υδατοκαλλιέργειας.
4. **Άνοδος της θερμοκρασίας του νερού:** Η άνοδος της θερμοκρασίας του νερού, η αύξηση της στάθμης της θάλασσας και η εισβολή χωροκατακτητικών τροπικών ειδών υποβαθμίζουν μεγάλες περιοχές των θαλάσσιων λιβαδιών Ποσειδωνίας. Τα λιβάδια Ποσειδωνίας παρέχουν καταφύγιο σε περίπου το 20% των μεσογειακών ειδών, προστατεύουν τις ακτές από τη διάβρωση και απορροφούν τεράστιες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα. Με την παρακμή των λιβαδιών Ποσειδωνίας, οι πολύτιμες αυτές υπηρεσίες μειώνονται, ενώ τα λιβάδια αρχίζουν να απελευθερώνουν διοξείδιο του άνθρακα, επιβαρύνοντας περαιτέρω την κλιματική αλλαγή.
5. **Τα μαλακά κοράλλια πεθαίνουν σε όλη τη Μεσόγειο:** Αυτά τα εντυπωσιακά υποβρύχια δάση προσφέρουν καταφύγιο σε ποικιλία θαλάσσιων ειδών και περιορίζουν την εξάπλωση των επεκτατικών φυκιών, ενώ ταυτόχρονα είναι δημοφιλή στους δύτες, ενισχύοντας έτσι

τις τοπικές οικονομίες. Ωστόσο, η θέρμανση των θαλασσών και οι ακραίες καταιγίδες είναι καταστροφικές για τις αποικίες κοραλλιών, ακόμα και σε μεγάλα βάθη. Μετά την καταστροφή των κοραλλιών, τα φύκια επεκτείνονται, γεγονός που οδηγεί σε σημαντική μείωση της πολυπλοκότητας των οικοσυστημάτων.

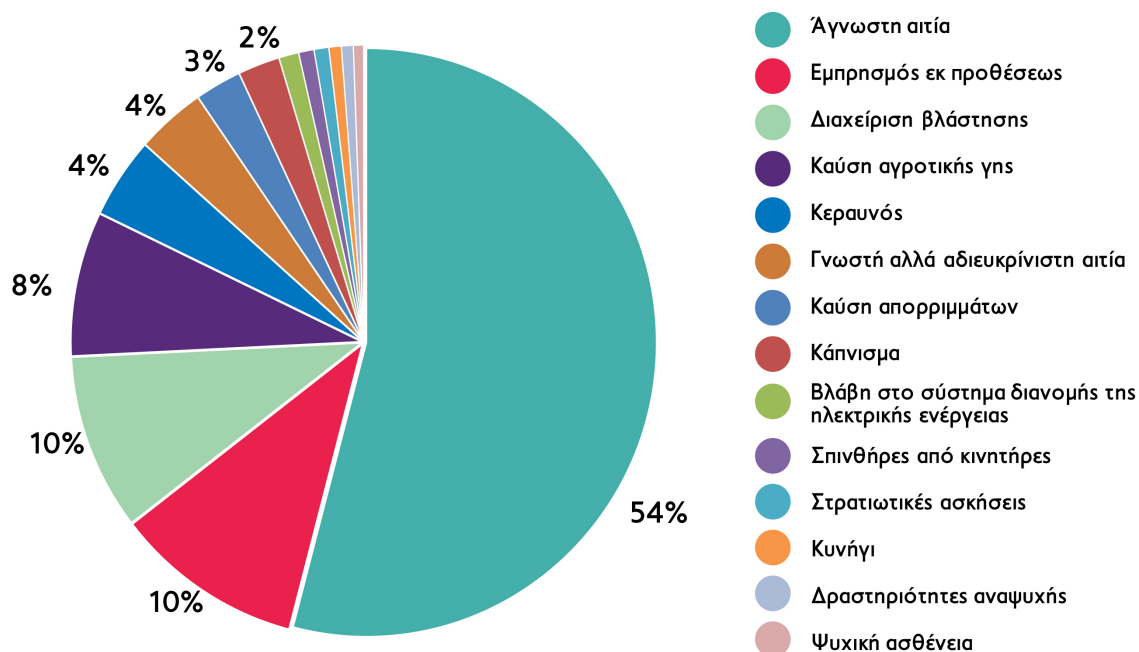
6. **Πίννα (*Pinna nobilis*):** Είναι το μεγαλύτερο ενδημικό δίθυρο στη Μεσόγειο, το οποίο προστατεύεται νομικά. Ωστόσο, μια σειρά από πρόσφατα καταστροφικά γεγονότα μαζικής θνησιμότητας έχουν αποδεκατίσει τους πληθυσμούς της. Η θέρμανση των θαλασσών και η αύξηση της αλατότητας των υδάτων φαίνεται να βοηθούν την εξάπλωση του υπεύθυνου παθογόνου. Οι επιστήμονες πιστεύουν επίσης ότι η κλιματική αλλαγή επηρεάζει αρνητικά τις ικανότητες αναπαραγωγής της Πίννας, θέτοντας σε σοβαρό κίνδυνο τη μελλοντική επιβίωση αυτού του χαρισματικού και οικολογικά σημαντικού είδους.

Προσαρμογή για τη Μεσόγειο

- **Αύξηση των θαλάσσιων προστατευόμενων περιοχών:** Η δημιουργία και επέκταση θαλάσσιων προστατευόμενων περιοχών που αποκλείουν την αλιεία και τις καταδύσεις, μπορούν να ενισχύσουν την ανθεκτικότητα στην κλιματική αλλαγή, μειώνοντας επιπλέον στρεσογόνους παράγοντες. Αυτές οι περιοχές προστατεύουν ευάλωτα οικοσυστήματα όπως η Πίννα, τα μαλακά κοράλλια και τα λιβάδια Ποσειδωνίας. Παρότι δεν μπορούν να αποτρέψουν ακραία φαινόμενα, όπως τα θαλάσσια κύματα καύσωνα, παρέχουν καλύτερες πιθανότητες προσαρμογής στα θαλάσσια φυτά και ζώα.
- **Στοχευμένη αλιεία:** Η αλιεία μπορεί να συντελέσει στη μείωση του πληθυσμού των νέων ξένων ειδών. Η αύξηση των θηρευτών θα βοηθούσε επίσης στον έλεγχο των πληθυσμών ξένων ειδών. Για παράδειγμα, οι σφυρίδες είναι γνωστό ότι καταναλώνουν λεοντόψαρα, αλλά δεκαετίες υπεραλίευσης στη Μεσόγειο έχουν περιορίσει πολλά από τα ψάρια υψηλότερα στην τροφική αλυσίδα, όπως η σφυρίδα.
- **Έλεγχος των μεδουσών:** Η αύξηση των θηρευτών μέσω της μείωσης της υπεραλίευσης μπορεί να βοηθήσει στη μείωση των αυξανόμενων πληθυσμών των μεδουσών. Επίσης, ο περιορισμός του ευτροφισμού μέσω της μείωσης της ρύπανσης των θαλάσσιων υδάτων μπορεί να εξαλείψει τις νεκρές ζώνες στις οποίες ευδοκιμούν οι μέδουσες. Βραχυπρόθεσμα, η εγκατάσταση δικτύων γύρω από δημοφιλείς παραλίες μπορεί να κρατήσει τις μέδουσες μακριά από τους λουόμενους.
- **Προστασία και διαχείριση των λιβαδιών Ποσειδωνίας:** Απαιτείται ενίσχυση της προστασίας και διαχείρισης των λιβαδιών Ποσειδωνίας για την αποφυγή καταστροφής τους από αγκυροβολήσεις και αλιεία.

5.1.2 Δάση

Τα δάση κινδυνεύουν περισσότερο από τις δασικές πυρκαγιές, οι οποίες ξεκινούν όπου υπάρχει διαθέσιμη καύσιμη ύλη και πηγή ανάφλεξης, όπως οι κεραυνοί ή ανθρώπινες δραστηριότητες. Για το 54% των καταγεγραμμένων πυρκαγιών, η αιτία ανάφλεξης παραμένει άγνωστη (βλ. Εικόνα 42).



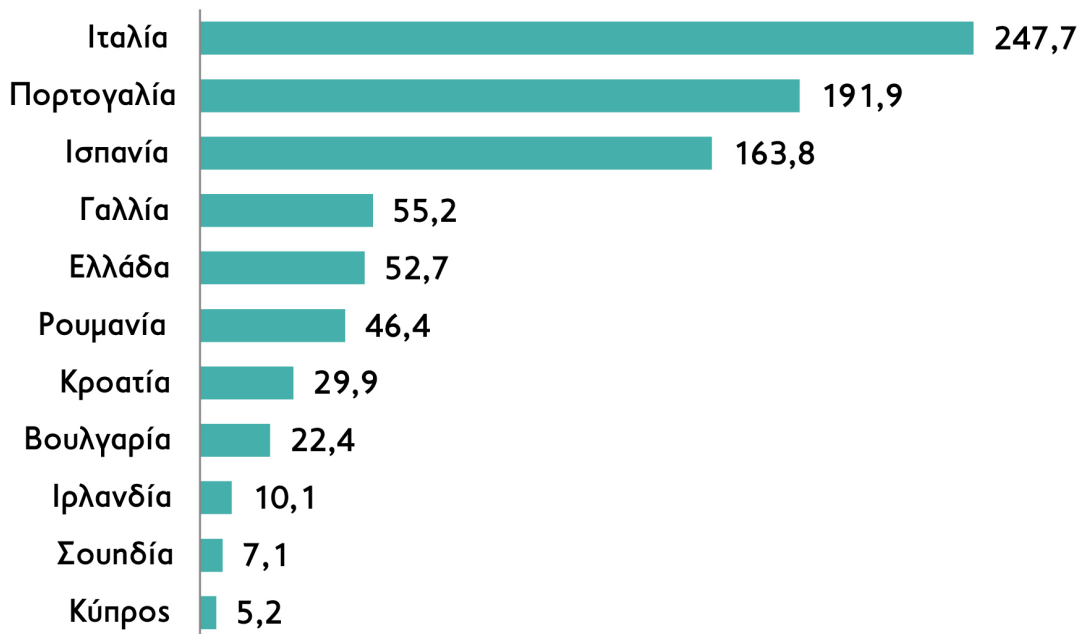
Εικόνα 42. Αιτίες ανάφλεξης δασικών πυρκαγιών. (Ιδία επεξεργασία δεδομένων αντλώντας στοιχεία από: Πυροσβεστικό Σώμα Ελλάδας, n.d.).

Όταν ξεκινήσει μια πυρκαγιά, η εξέλιξή της επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες, όπως ο τύπος και η δομή της βλάστησης, καθώς και η υγρασία της. Η τοπογραφία και οι άνεμοι επίσης παίζουν σημαντικό ρόλο στην κατεύθυνση και την ταχύτητα της εξάπλωσης της φωτιάς.

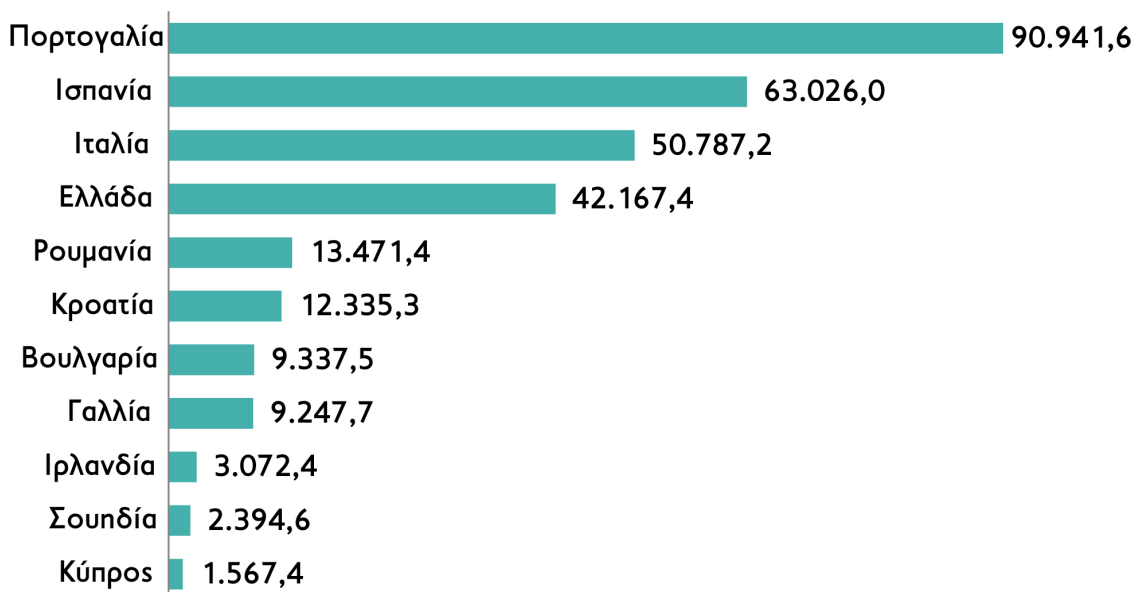
Στην περιοχή της Μεσογείου, οι πυρκαγιές είναι πιο συχνές τους καλοκαιρινούς μήνες, όταν οι υψηλές θερμοκρασίες και η χαμηλή σχετική υγρασία δημιουργούν ευνοϊκές συνθήκες για την καύση της βλάστησης και της οργανικής ύλης του εδάφους. Η ένταση και η συχνότητα των δασικών πυρκαγιών αυξάνονται λόγω της κλιματικής αλλαγής, καθώς οι θερμότερες και ξηρότερες συνθήκες απομακρύνουν την υγρασία από την καύσιμη ύλη των οικοσυστημάτων, αυξάνοντας τον κίνδυνο πυρκαγιών.

Οι καιρικές συνθήκες που ευνοούν τις πυρκαγιές (fire weather), δηλαδή ο συνδυασμός θερμών, ξηρών και θεμελιωδών φαινομένων, έχουν γίνει πιο συχνές σε ορισμένες περιοχές, όπως στη Μεσόγειο. Εκτιμάται ότι στο μέλλον θα γίνουν ακόμα πιο συχνές σε περιοχές με υψηλότερα επίπεδα θέρμανσης του πλανήτη (Seneviratne et al., 2021).

Σύμφωνα με τα δεδομένα, και συγκεκριμένα για τη Μεσόγειο, η Ιταλία είναι η χώρα με τον μεγαλύτερο αριθμό πυρκαγιών στην Ευρώπη (βλ. Εικόνα 43), ακολουθούμενη από την Πορτογαλία, την Ισπανία και τη Γαλλία. Όσον αφορά τις καμένες εκτάσεις στην Ευρώπη, στην πρώτη θέση είναι η Πορτογαλία, ακολουθούμενη από την Ισπανία, την Ιταλία και την Ελλάδα (βλ. Εικόνα 44).

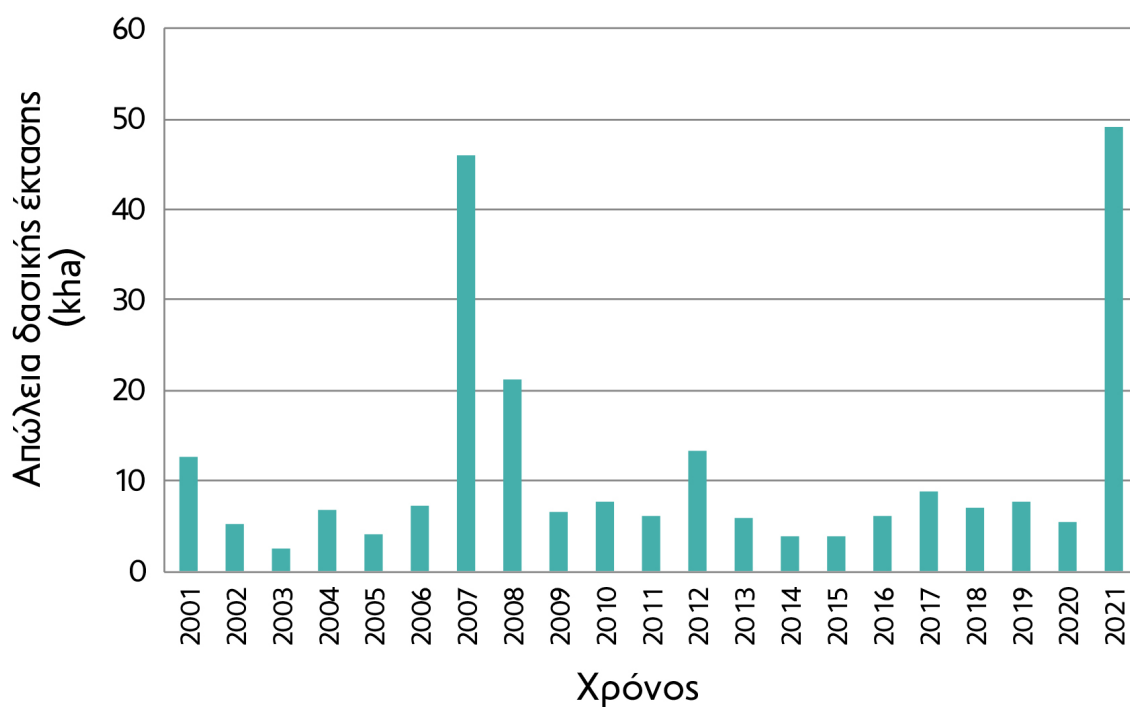


Εικόνα 43. Μέσος αριθμός πυρκαγιών στην Ευρώπη από το 2006-2022. (Ιδία επεξεργασία δεδομένων αντλώντας στοιχεία από: Copernicus, 2021).

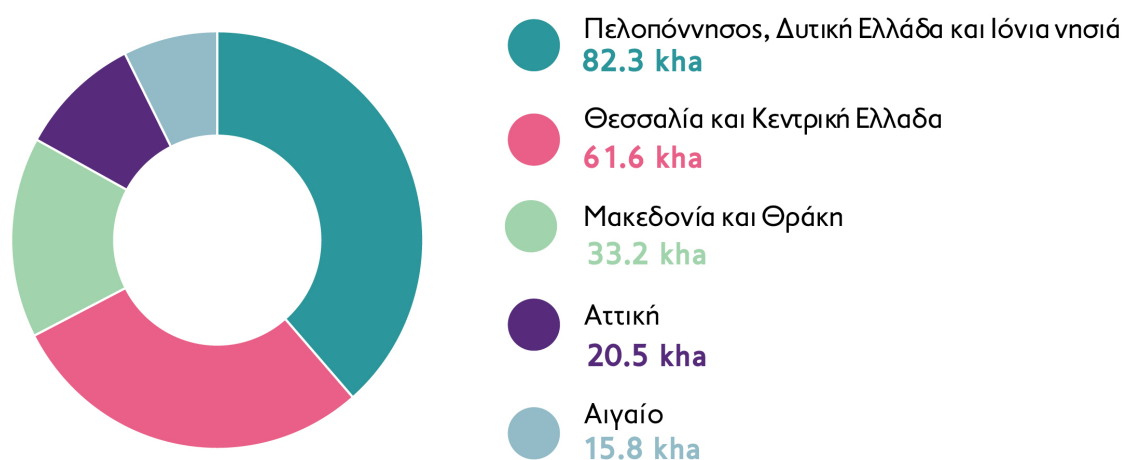


Εικόνα 44. Καμένες εκτάσεις στην Ευρώπη από το 2006-2022 σε ha. (Ιδία επεξεργασία δεδομένων αντλώντας στοιχεία από: Copernicus, 2021).

Όσον αφορά την Ελλάδα, οι περισσότερες καμένες εκτάσεις καταγράφηκαν το 2021 (βλ. Εικόνα 45). Από το 2001 έως το 2021, η Ελλάδα έχει χάσει 237kha δασικές εκτάσεις, που αντιστοιχούν σε μείωση των δασικών εκτάσεων κατά 6,5% από το 2000. Επίσης, οι περιοχές με τις μεγαλύτερες απώλειες δασικών εκτάσεων από το 2001 έως το 2021 είναι η Πελοπόννησος, η Δυτική Ελλάδα και τα Ιόνια νησιά (βλ. Εικόνα 46).

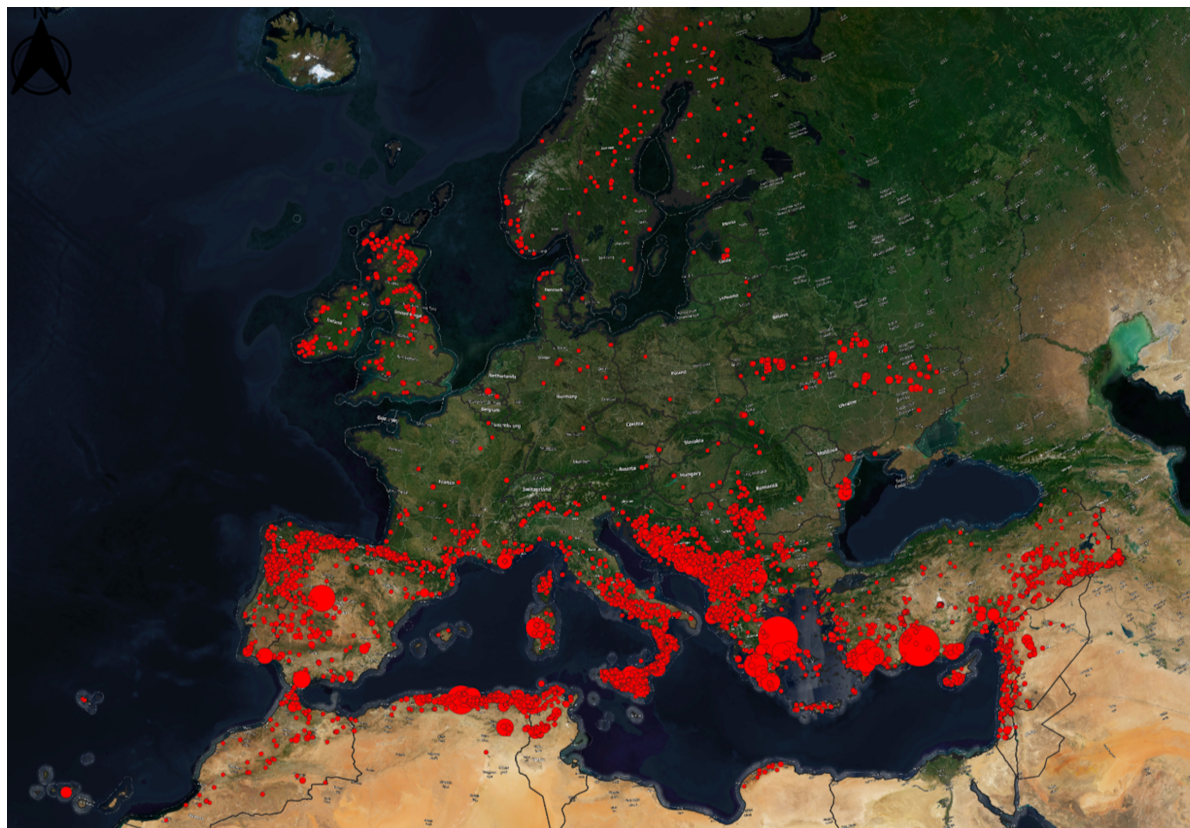


Εικόνα 45. Απώλειες της δασικής έκτασης στην Ελλάδα ανά έτος από το 2001 έως το 2021. (Ιδία επεξεργασία δεδομένων αντλώντας στοιχεία από: Global Forest watch, n.d.).



Εικόνα 46. Οι περιοχές με τις μεγαλύτερες απώλειες δασικής έκτασης. (Ιδία επεξεργασία δεδομένων αντλώντας στοιχεία από: Global Forest watch, n.d.).

Στην Εικόνα 47 αποτυπώνεται η κατανομή και η έκταση των καμένων περιοχών σε όλη την Ευρώπη και τη Μεσόγειο για το 2021, μια χρονιά με ισχυρά και παρατεταμένα επεισόδια καύσινα.



Copernicus Climate Change Service
Climate Indicators



PROGRAMME OF
THE EUROPEAN UNION



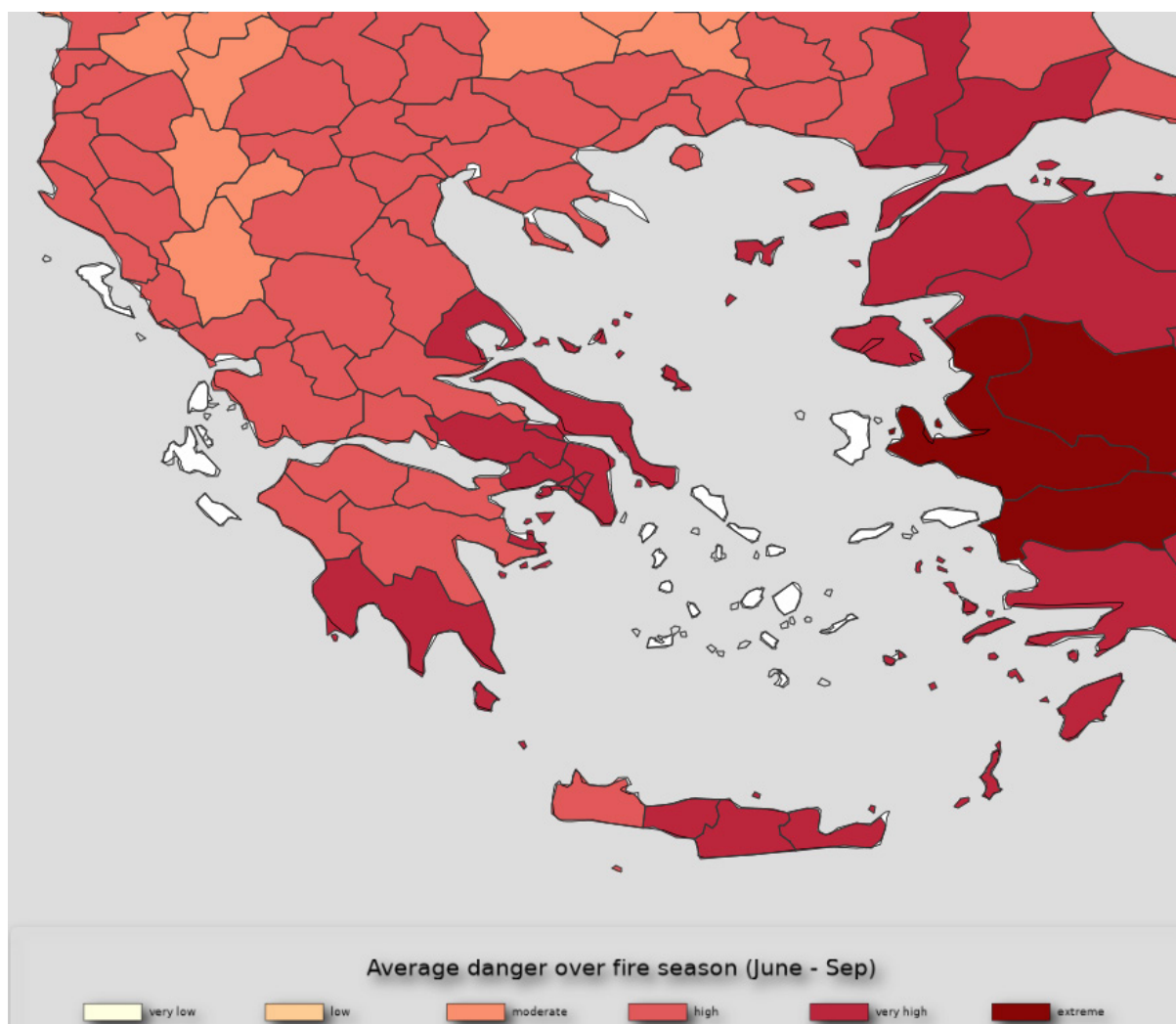
IMPLEMENTED BY

ECMWF

Εικόνα 47. Κατανομή και έκταση των καμένων περιοχών σε όλη την Ευρώπη και τη Μεσόγειο το 2021. Κάθε κόκκινος κύκλος αντιπροσωπεύει ένα γεγονός πυρκαγιάς και το μέγεθος του κύκλου είναι ανάλογο με τη συνολική καμένη περιοχή κάθε πυρκαγιάς (Copernicus, 2021).

Εκτιμήσεις

Ο δείκτης καιρού πυρκαγιάς (Fire Weather Index-FWI) είναι ένας μετεωρολογικός δείκτης που χρησιμοποιείται παγκοσμίως για την εκτίμηση του κινδύνου πυρκαγιάς. Υπολογίζεται από παραμέτρους που συνδέονται με την υγρασία της καύσιμης ύλης (θερμοκρασία, βροχόπτωση) και τον άνεμο, οι οποίες καθορίζουν τη συμπεριφορά και την εξάπλωση της πυρκαγιάς. Όσο υψηλότερος είναι ο δείκτης FWI, τόσο πιο ευνοϊκές είναι οι μετεωρολογικές συνθήκες για την εκδήλωση πυρκαγιάς. Όπως φαίνεται στην Εικόνα 48, ο δείκτης αυτός εκτιμάται ότι θα είναι μέτριος έως υψηλός και πολύ υψηλός για ορισμένες περιοχές της Ελλάδας στο μέλλον. Αυτό υποδηλώνει ότι η συχνότητα, η διάρκεια και η ένταση των πυρκαγιών θα αυξηθούν στο μέλλον με συνέπειες που θα επηρεάσουν το περιβάλλον, τον άνθρωπο, την κοινωνία, την υγεία και την οικονομία.



Εικόνα 48. Δείκτης καιρού πυρκαγιάς για το μέλλον (2041-2060) για το σενάριο RCP4.5 (μετρίως φιλόδοξες πολιτικές μετριασμού) (Corneius, n.d.).

Οι πυρκαγιές επηρεάζουν τον καιρό και το κλίμα, απελευθερώνοντας μεγάλες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα, μονοξειδίου του άνθρακα και σωματιδίων στην ατμόσφαιρα. Επίσης, μπορούν να διαταράξουν τις μεταφορές, τις επικοινωνίες, τις υπηρεσίες ηλεκτρικής ενέργειας και φυσικού αερίου, καθώς και την παροχή νερού. Οδηγούν επίσης σε υποβάθμιση της ποιότητας του αέρα και σε απώλεια ανθρωπίνων ζώων, ζώων, περιουσιών, καλλιεργειών και φυσικών πόρων. Συνεπώς, η προσαρμογή στον αυξημένο κίνδυνο εκδήλωσης πυρκαγιών στο μέλλον είναι αναγκαία.

Προσαρμογή

Τα βασικά εργαλεία προσαρμογής στη φωτιά περιλαμβάνουν (U.S. Forest Service, n.d.):

- **Ενημέρωση και ευαισθητοποίηση πολιτών.**
- **Καταγραφή του κινδύνου:** Ανάπτυξη σχεδίων προστασίας από πυρκαγιές που εντοπίζουν περιοχές κινδύνου και περιγράφουν μεθόδους μείωσης ή μετριασμού του κινδύνου.
- **Έξυπνες πρακτικές δασοκομίας:** Χρήση στρατηγικών διαχείρισης δασών, όπως η αφαίρεση καύσιμης ύλης, το αραίωμα των δέντρων, η δημιουργία αντιπυρικών ζωνών και η διαχείριση ελεγχόμενων πυρκαγιών.
- **Σύστημα εκτίμησης κινδύνου:** Πρόβλεψη εκδήλωσης και εξέλιξης μιας πυρκαγιάς σε διάστημα μερικών ημερών.
- **Σύστημα έγκαιρου εντοπισμού:** Χρήση νέων τεχνολογιών, όπως η δορυφορική τηλεπισκόπηση (εντοπισμός καπνού από δορυφόρους).

Για τους πολίτες:

- **Ενημέρωση κοινού:** Συμμετοχή σε τοπικές ομάδες εθελοντισμού και προστασίας των δασών.
- **Καθαρισμός ιδιωτικών εκτάσεων:** Αφαίρεση καύσιμης ύλης (κλαδιά, νεκρά χόρτα, σπασμένα δέντρα, κ.ά.) και απομάκρυνση εύφλεκτων υλικών.
- **Τήρηση οδηγιών πολιτικής προστασίας:** Σχετικά με τις επιτρεπόμενες ενέργειες που μπορούν να πραγματοποιηθούν εντός ή πλησίον δασικών εκτάσεων (αγροτική καύση υλικών, χρήση εξοπλισμού που προκαλεί σπινθήρες, κ.ά) κατά την αντιπυρική περίοδο.

5.1.3 Υδατικοί πόροι

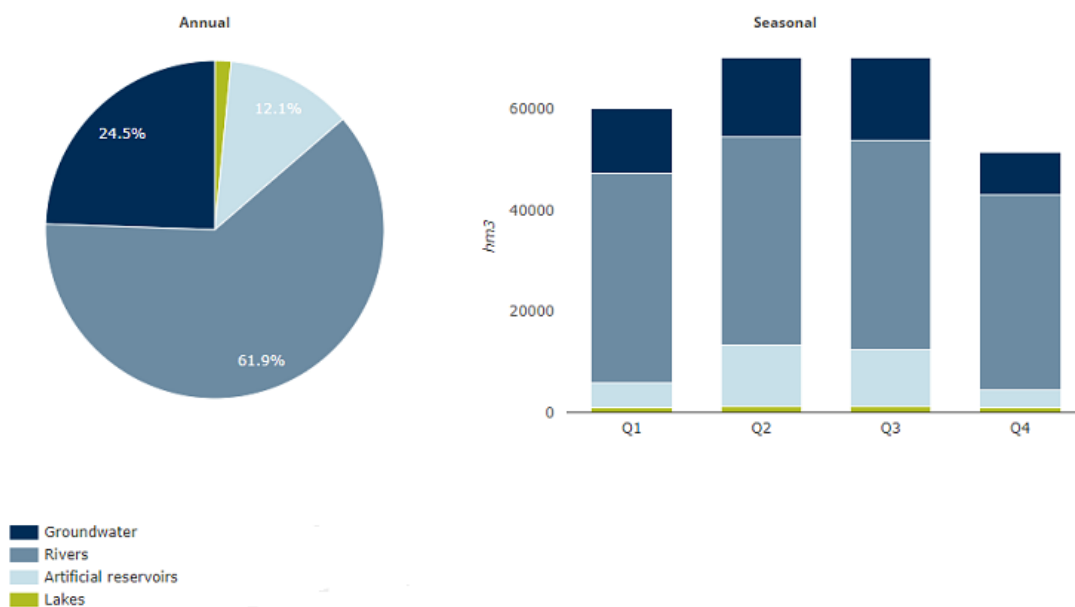
Το νερό περιλαμβάνει τόσο τα υπόγεια όσο και επιφανειακά ύδατα και είναι απαραίτητο για τη ζωή. Οι άνθρωποι, τα φυτά και τα ζώα χρειάζονται νερό για να επιβιώσουν. Το νερό υποστηρίζει επίσης τη γεωργία, την παραγωγή ενέργειας, τη ναυσιπλοΐα, τις κατασκευές, τη βιομηχανία, τον τουρισμό και άλλους τομείς. Επιπλέον, το γλυκό νερό είναι απαραίτητο για τα οικοσυστήματα που παρέχουν καταφύγιο για τα ζώα.

Η κλιματική αλλαγή επηρεάζει τη διαθεσιμότητα του νερού, με τις επιπτώσεις να διαφέρουν ανά περιοχή και να επηρεάζουν αρνητικά την υγεία των ανθρώπων και των οικοσυστημάτων. Οι αλλαγές του κλίματος, όπως η αύξηση των ακραίων φυσικών φαινομένων (πλημμύρες, ξηρασία, κ.ά.), το μειωμένο ποσοστό χιονοπτώσεων και η άνοδος της στάθμης της θάλασσας, αναμένεται να έχουν αρνητική επίδραση στους υδατικούς πόρους. Αυτό περιλαμβάνει την εισβολή θαλασσινού νερού στον υδροφόρο ορίζοντα, την υποβάθμιση της ποιότητας νερού, τις αλλαγές στις εκβολές ποταμών και τη μείωση των αποθεμάτων νερού.

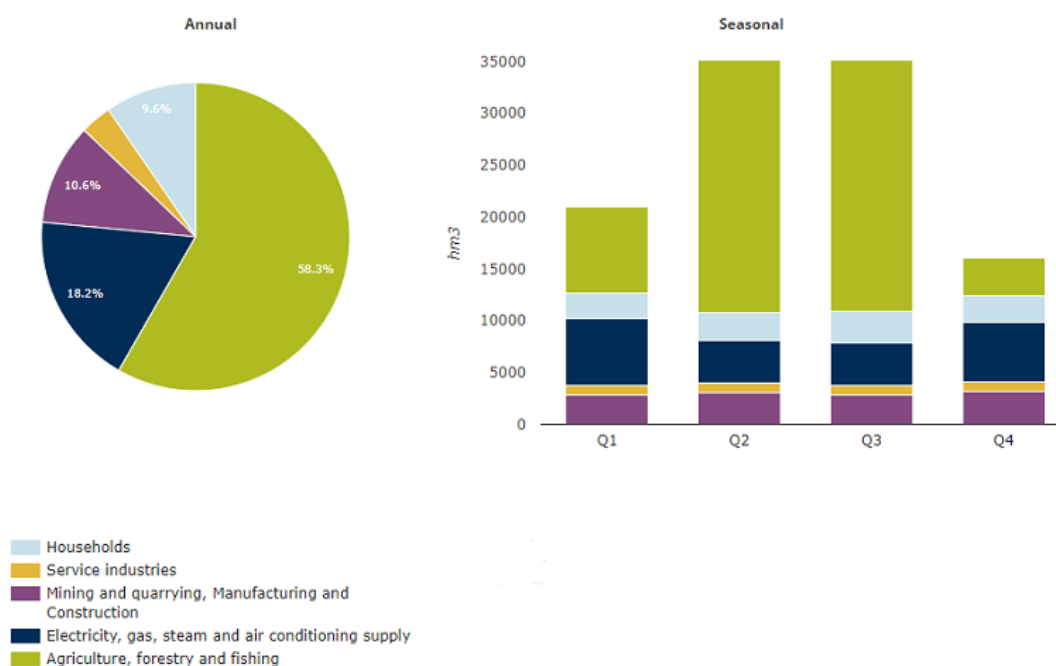
Στην Ευρώπη, το μεγαλύτερο μέρος του νερού αντλείται από επιφανειακά ύδατα, με περίπου το 75% της συνολικής άντλησης νερού να προέρχεται από ποτάμια και ταμιευτήρες και το 25%

από υπόγεια ύδατα. Τα ποσοστά άντλησης είναι υψηλότερα κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου (βλ. Εικόνα 49).

Το νερό χρησιμοποιείται κυρίως για τη γεωργία (58%), την ενεργειακή ψύξη (18%), την εξόρυξη (11%) και την οικιακή χρήση (10%). Η γεωργία καταναλώνει το μεγαλύτερο μερίδιο των υδάτινων πόρων (βλ. Εικόνα 50).

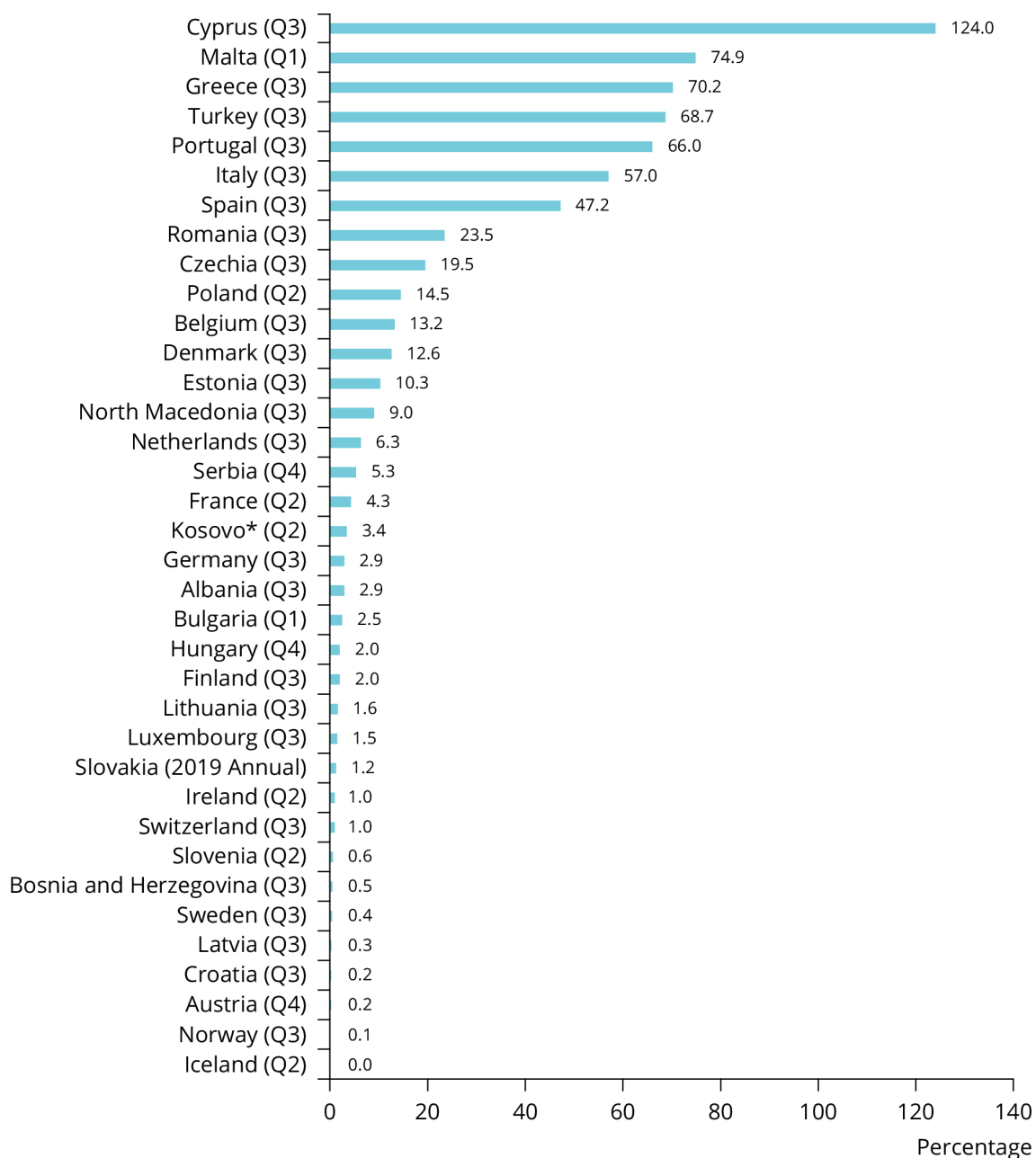


Εικόνα 49. Άντληση γλυκού νερού στην Ευρώπη ανά πηγή για το 2017. (Q1: Ιανουάριος, Φεβρουάριος και Μάρτιος, Q2: Απρίλιος, Μάιος και Ιούνιος, Q3: Ιούλιος, Αύγουστος και Σεπτέμβριος, Q4: Οκτώβριος, Νοέμβριος και Δεκέμβριος) (Wise Freshwater, 2023).



Εικόνα 50. Χρήση νερού στην Ευρώπη ανά οικονομικό τομέα, 2017 (Q1: Ιανουάριος, Φεβρουάριος και Μάρτιος, Q2: Απρίλιος, Μάιος και Ιούνιος, Q3: Ιούλιος, Αύγουστος και Σεπτέμβριος, Q4: Οκτώβριος, Νοέμβριος και Δεκέμβριος) (Wise Freshwater, 2023).

Η διαχείριση των υδατικών αποθεμάτων επηρεάζεται σημαντικά από τις κλιματικές συνθήκες (ξηρασία ή ανομβρία) και τη διαχείριση του νερού, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε λειψυδρία. Συνήθως, η λειψυδρία είναι πιο έντονη στη νότια Ευρώπη, όπου περίπου το 30% του πληθυσμού της ζει σε περιοχές με μόνιμη πίεση στα αποθέματα νερού και έως και το 70% ζει σε περιοχές με προβλήματα λειψυδρίας κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού. Το 2019 η Κύπρος, η Μάλτα, η Ελλάδα, η Πορτογαλία, η Ιταλία, η Ισπανία και η Τουρκία αντιμετώπισαν τις πιο σοβαρές συνθήκες λειψυδρίας σε εποχική κλίμακα, με τον δείκτη λειψυδρίας να ξεπερνάει το 40% κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού (βλ. Εικόνα 52). Για παράδειγμα, η Μάλτα βιώνει συνθήκες μόνιμης λειψυδρίας εν μέρει λόγω των φυσικών κλιματικών της συνθηκών.



Εικόνα 51. Οι χειρότερες εποχικές συνθήκες λειψυδρίας για τις ευρωπαϊκές χώρες το 2019, μετρούμενες από τον δείκτη WEI (European Environment Agency, 2023).

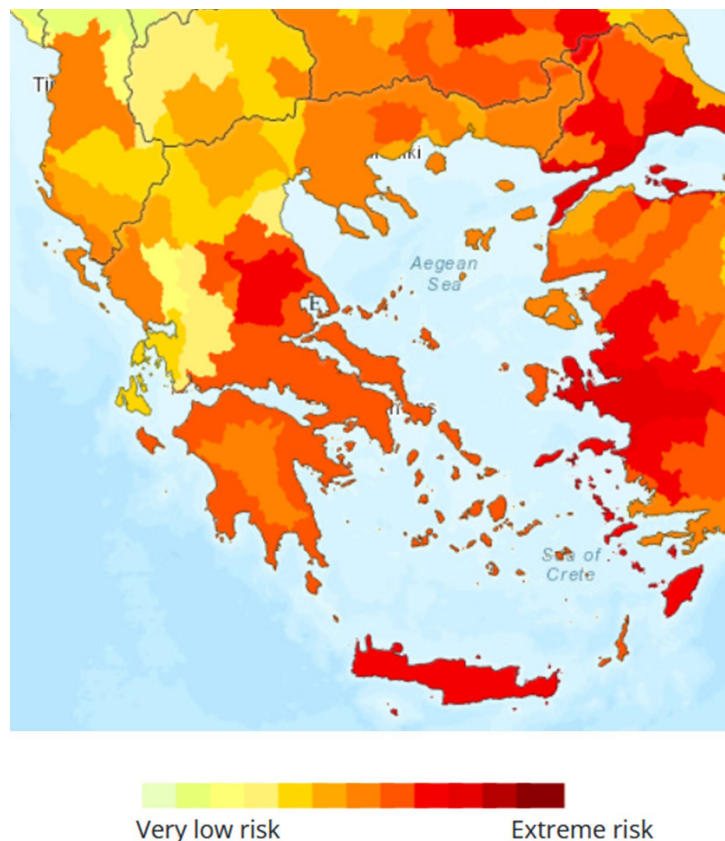
Εκτιμήσεις

Η κλιματική αλλαγή μπορεί να διαταράξει τη διαθεσιμότητα των υδατικών πόρων. Στο πλαίσιο της κλιματικής αλλαγής, αναμένεται αύξηση της εξάτμισης και της διαπνοής, καθώς και αύξηση των αναγκών άρδευσης.

Μειωμένη παροχή νερού

Η κλιματική αλλαγή αναμένεται να αυξήσει τη ζήτηση για νερό, ενώ παράλληλα οι υδατικοί πόροι θα μειωθούν. Μεγάλο μέρος της παροχής νερού προέρχεται από υπόγεια ύδατα. Η αυξημένη ζήτηση για νερό έχει ήδη οδηγήσει στην άντληση των υπόγειων υδάτων με ταχύτερο ρυθμό από την ανανέωσή τους. Η αύξηση της ξηρασίας και η άνοδος της θερμοκρασίας εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής αναμένεται να επιταχύνουν το φαινόμενο σε ορισμένες περιοχές.

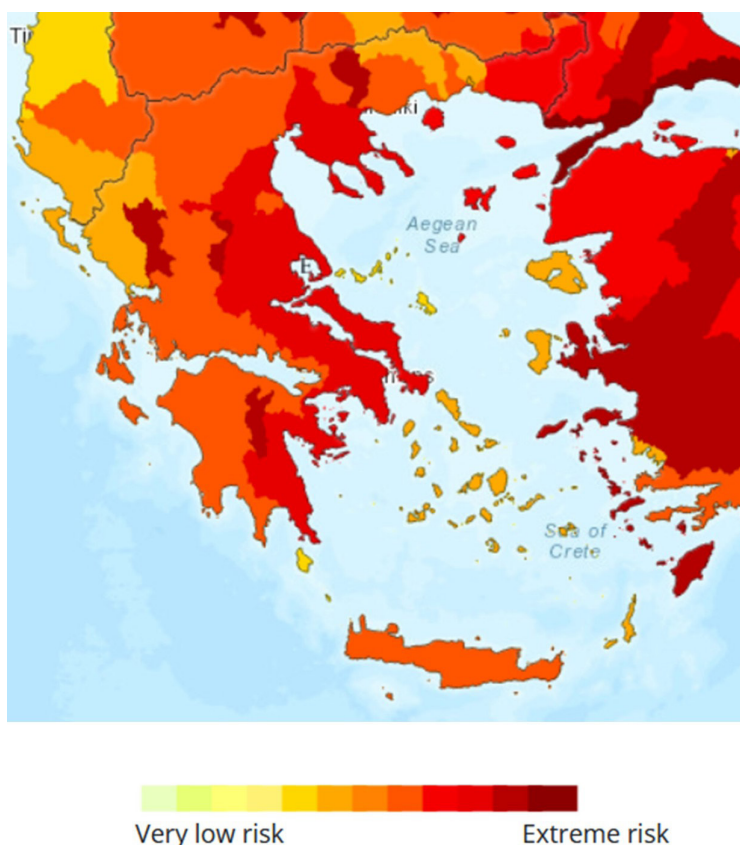
Στις ορεινές περιοχές, η μείωση των χιονοπτώσεων και η αύξηση της θερμοκρασίας προκαλούν νωρίτερα το λιώσιμο του χιονιού, μειώνοντας την τροφοδότηση των υδατικών πόρων. Στα δυσμενέστερα σενάρια, η έλλειψη νερού, σε συνδυασμό με μεταβολές στα χαρακτηριστικά του εδάφους, λόγω της κλιματικής αλλαγής, μπορεί να οδηγήσει σε ερημοποίηση τις επόμενες δεκαετίες. Στην Εικόνα 52 φαίνεται η εκτίμηση του κινδύνου της λειψυδρίας για την περιοχή της Ελλάδας το 2050, σύμφωνα με το μετριοπαθές σενάριο RCP4.5.



Εικόνα 52. Εκτίμηση κινδύνου λειψυδρίας για το 2050 σύμφωνα με το μετριοπαθές κλιματικό σενάριο RCP4.5 (WWF, 2023).

Μειωμένη ποιότητα νερού

Η κλιματική αλλαγή αναμένεται να βλάψει την ποιότητα του νερού. Οι έντονες βροχοπτώσεις μπορεί να οδηγήσουν σε μεγαλύτερη απορροή ρυπαντικών ουσιών στους υδατικούς πόρους. Επιπλέον, η κλιματική αλλαγή απειλεί να αυξήσει την αλατότητα των υπόγειων υδάτων μέσω της διείσδυσης αλμυρού νερού. Η άνοδος της στάθμης της θάλασσας και η αυξημένη ξηρασία μπορούν να επιτρέψουν στο θαλασσινό νερό να εισχωρήσει περισσότερο στις εκβολές ποταμών, στους υδροτόπους και στους υδροφόρους ορίζοντες. Αυτή η υψηλότερη αλατότητα μπορεί να μολύνει τα αποθέματα γλυκού νερού και να βλάψει τα φυτά και ζώα. Αυτές οι επιπτώσεις είναι ιδιαίτερα πιθανό να συμβούν σε περιοχές με χαμηλό υψόμετρο. Στην Εικόνα 53 φαίνεται η εκτίμηση της μειωμένης ποιότητας νερού για την περιοχή της Ελλάδας το 2050, σύμφωνα με το μετριοπαθές σενάριο RCP4.5.



Εικόνα 53. Εκτίμηση μειωμένης ποιότητας νερού για το 2050 σύμφωνα με το μετριοπαθές κλιματικό σενάριο RCP4.5 (WWF, 2023).

Προσαρμογή

Μπορούμε να μειώσουμε τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στους υδάτινους πόρους με διάφορους τρόπους:

- **Αξιολόγηση των κλιματικών κινδύνων και προσδιορισμός των σεναρίων προσαρμογής:** Εφαρμογή ορθολογικής χρήσης του νερού σε τομείς όπως η γεωργία και ο τουρισμός, σε περιοχές που ήδη αντιμετωπίζουν ελλείψεις.
- **Ανανέωση συστημάτων νερού:** Εφαρμογή εργαλείων σχεδιασμού, βέλτιστων πρακτικών και νέων τεχνολογιών
- **Μείωση απορροής και ρύπανσης των υδατικών πόρων:** Περιορισμός της χρήσης λιπασμάτων και άλλων ρυπαντικών ουσιών.
- **Σύνεση στη χρήση νερού:** Οι πολίτες μπορούν να μειώσουν τη χρήση του νερού στα σπίτια και στις αυλές τους, επιδιορθώνοντας διαρροές, φυτεύοντας αυτοφυή φυτά ή βλάστηση ανθεκτική στην ξηρασία, συλλέγοντας βρόχινο νερό για πότισμα κ.ά.

5.1.4 Αστικό περιβάλλον

Σύμφωνα με τον ΟΟΣΑ, σχεδόν ο μισός πληθυσμός του πλανήτη (48%) ζει σε πόλεις, ενώ μόλις το 24% ζει σε αγροτικές περιοχές.

Επεισόδια Καύσωνα και Αστική Θερμική νησίδα

Η αστική θερμική νησίδα είναι το φαινόμενο κατά το οποίο η θερμοκρασία των πόλεων αυξάνεται σε σχέση με τις γύρω μη αστικές περιοχές. Αυτό προκαλείται από την αστικοποίηση, τα θερμικά χαρακτηριστικά των κατασκευαστικών υλικών των πόλεων και την απελευθέρωση θερμότητας από τις ανθρώπινες δραστηριότητες (Oke et al., 2017).

Η αστική θερμική νησίδα ενισχύεται κατά τη διάρκεια των επεισοδίων καύσωνα (Founda & Santamouris, 2017). Η κλιματική αλλαγή ενισχύει την ένταση της αστικής θερμικής νησίδας και ο κίνδυνος ακραίας ζέστης αναμένεται να επηρεάσει περίπου το ήμισυ του αστικού πληθυσμού, προκαλώντας μια σειρά προβλημάτων υγείας.

Αστικές Πλημμύρες

Οι πλημμύρες στις πόλεις προκαλούνται από ακραία καιρικά φαινόμενα, όπως οι έντονες βροχοπτώσεις, προκαλώντας υλικές ζημιές και απώλειες ανθρωπίνων ζωών. Σε παγκόσμιο επίπεδο, η αύξηση στην συχνότητα και την ένταση των έντονων βροχοπτώσεων εξαιτίας της υπερθέρμανσης του πλανήτη, αναμένεται να αυξήσει τη λίστα των πόλεων που θα έρθουν αντιμέτωπες με τον κίνδυνο πλημμύρας (Alfieri et al., 2018).

Ο κίνδυνος αστικής πλημμύρας αυξάνεται επίσης από την αστική επέκταση, την αλλαγή στη χρήση και κάλυψη της γης, καθώς έτσι αυξάνονται οι αδιαπέραστες επιφάνειες (π.χ. ασφαλτός, τσιμέντο) και μειώνοντας την αποστράγγιση των υδάτων. Πόλεις και οικισμοί σε παράκτιες περιοχές με χαμηλό υψόμετρο διατρέχουν μεγαλύτερους κινδύνους από την άνοδο της στάθμης της θάλασσας. Επίσης, πόλεις με λιγότερες υποδομές είναι ιδιαίτερα ευάλωτες στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής.

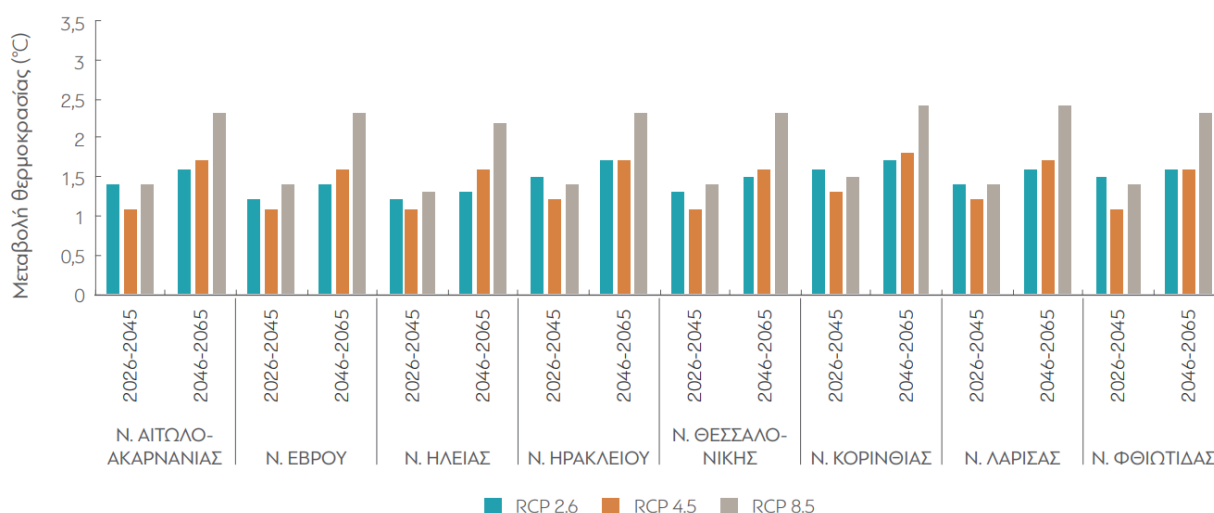
Αστικές Πυρκαγιές

Τα θερμότερα και ξηρότερα κλίματα σε περιοχές όπως στη Μεσόγειο δημιουργούν τις καιρικές συνθήκες που ευνοούν τις πυρκαγιές, θέτοντας σε κίνδυνο τις πόλεις που βρίσκονται σε αυτές τις περιοχές (Ali et al., 2022). Οι πυρκαγιές εκδηλώνονται συνήθως στα όρια των πόλεων που συνορεύουν με δασικές περιοχές ή σε πόλεις που βρίσκονται μέσα σε δεντρόφυτες εκτάσεις.

Εκτιμήσεις

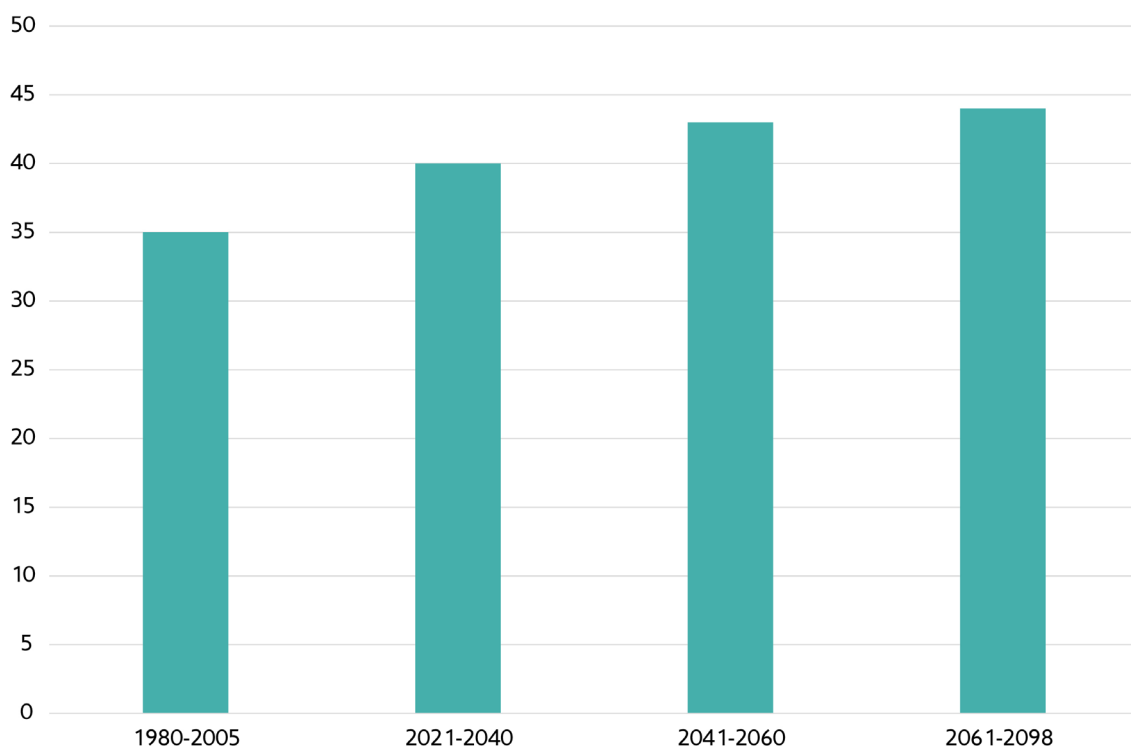
Σε ό,τι αφορά τις μεγαλύτερες πόλεις της Ελλάδας, στην Εικόνα 54 φαίνονται οι εκτιμήσεις για τη μεταβολή της θερμοκρασίας για τρία πιθανά κλιματικά σενάρια κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού. Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις, όλες οι πόλεις θα είναι ευάλωτες σε θερμά επεισόδια, που σχετίζονται με επιβάρυνση στην υγεία των πολιτών, ιδιαίτερα των ευπαθών ομάδων.

Παράλληλα, εκτιμάται ότι θα υπάρξει αύξηση των πλημμυρών σε όλες τις πόλεις, με τις μεγαλύτερες αυξήσεις να εντοπίζονται στη Θεσσαλονίκη, στα Ιωάννινα, στη Λάρισα και στον Βόλο (Καρτάλης et al., 2021).



Εικόνα 54. Μεταβολές της μέσης θερμοκρασίας στη διάρκεια του καλοκαιριού ανά πόλη για τα σενάρια RCP 2.6, RCP 4.5 και RCP 8.5 για τις υποπεριόδους 2026-2045 και 2046-2065 σε σύγκριση με την περίοδο 1971-2000 (Καρτάλης et al., 2021).

Για τις αστικές πυρκαγιές, όπως φαίνεται στην Εικόνα 55, ο δείκτης καιρού πυρκαγιάς εκτιμάται ότι θα αυξηθεί στην περιοχή της Αττικής τα επόμενα 100 χρόνια. Αυτό υποδηλώνει πως η συχνότητα, η διάρκεια αλλά και η ένταση των πυρκαγιών θα αυξηθούν στο μέλλον με συνέπειες που θα επηρεάσουν το περιβάλλον, τον άνθρωπο, την κοινωνία, την υγεία και την οικονομία.



Εικόνα 55. Δείκτης καιρού πυρκαγιάς για το παρελθόν (1980-2005) και το μέλλον (2021-2040, 2041-2060, 2061-2098) για το σενάριο RCP4.5 (μετρίως φιλόδοξες πολιτικές μετριασμού). Ιδία επεξεργασία δεδομένων (Copernicus, n.d.).

Προσαρμογή

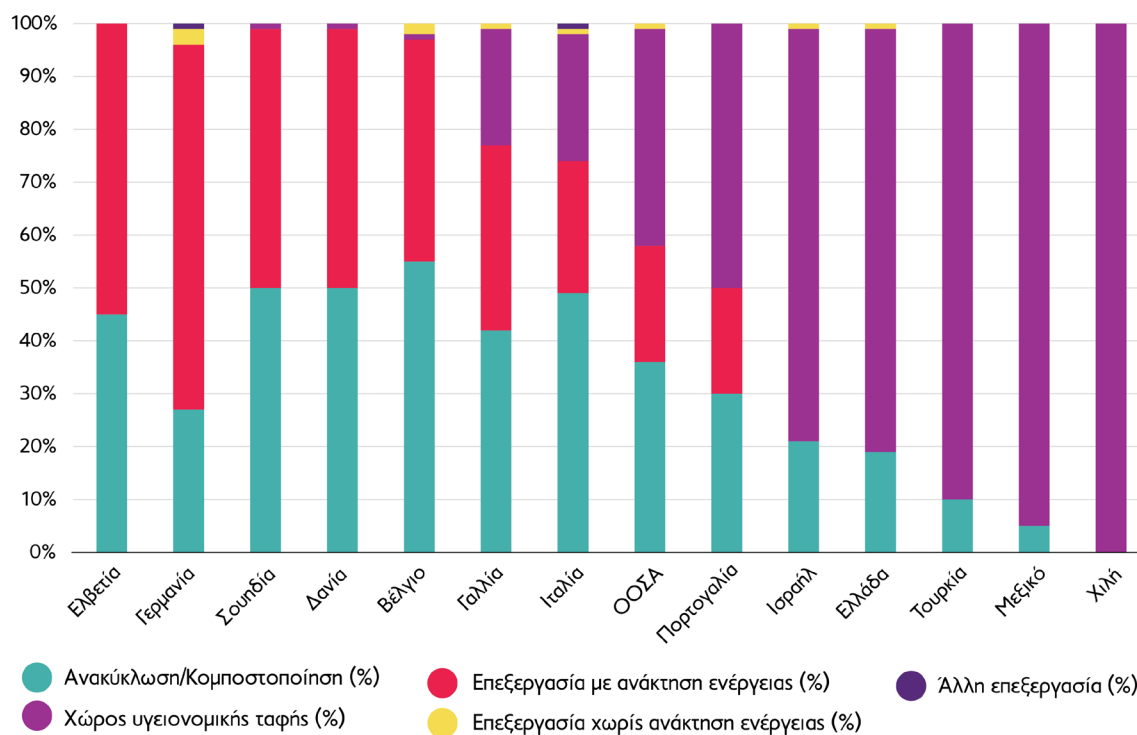
Οι λύσεις προσαρμογής για τη μείωση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στις πόλεις αφορούν τόσο τα υλικά και τις τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται όσο και τις συμπεριφορές των πολιτών και περιλαμβάνουν τα εξής:

- **Αύξηση αστικού πρασίνου και αξιοποίηση ελεύθερων χώρων:** Οι πράσινες στέγες, οι πράσινοι δρόμοι, τα δέντρα και άλλες πράσινες υποδομές συμβάλλουν στη μείωση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας και στην απορρόφηση του νερού της βροχής για την αποφυγή πλημμυρών, προσφέροντας παράλληλα οφέλη όπως βελτιωμένη ποιότητα αέρα.
- **Χρήση καινοτόμων και ενεργειακά φιλικών υλικών στον αστικό σχεδιασμό** (ψυχρά υλικά, διαπερατά υλικά).

- **Δημιουργία σχεδίων προσαρμογής:** Ανάπτυξη σχεδίων για τον εντοπισμό τρωτών σημείων, όπως περιοχές με αυξημένη θερμοκρασία.
- **Έξυπνες πόλεις:** Ο σχεδιασμός των πόλεων πρέπει να λαμβάνει υπόψη την ανθεκτικότητα, εξετάζοντας τις προβλεπόμενες κλιματικές αλλαγές και τις έξυπνες στρατηγικές ανάπτυξης, καθώς και τον σχεδιασμό για φυσικές καταστροφές.
- **Αντιμετώπιση ανισοτήτων:** Οι πόλεις μπορούν να αναλάβουν δράση για να μειώσουν τις κλιματικές επιπτώσεις σε όλους τους πολίτες και να προωθήσουν την περιβαλλοντική δικαιοσύνη. Για παράδειγμα, οι χώροι δροσισμού και οι χώροι πρασίνου πρέπει να χωροθετούνται, έχοντας υπόψη τους ευάλωτους πληθυσμούς.

Μετριασμός

- **Μείωση θερμικών και ενεργειακών αναγκών κτηρίων.**
- **Εκπαίδευση κοινού** με στόχο τη αλλαγή συμπεριφορών που αφορούν την μείωση εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου, για παράδειγμα σχετικά με την εξοικονόμηση ενέργειας, την κυκλική οικονομία, κ.ά.
- **Διαχείριση απορριμμάτων:** Όπως φαίνεται στην Εικόνα 56, η Ελλάδα βρίσκεται ανάμεσα στις 10 πρώτες χώρες με τα μεγαλύτερα ποσοστά χρήσης ΧΥΤΑ στην Ευρώπη. Οι εκπομπές από τη διαχείριση απορριμμάτων, με τα περισσότερα απόβλητα να πηγαίνουν σε ΧΥΤΑ στην Ελλάδα, αντιπροσωπεύουν το 6% των εκπομπών (Leidecker, Bulman, Levin, & Blake, 2023). Η διαχείριση των απορριμμάτων και τα χαμηλά ποσοστά ανακύκλωσης είναι μακροχρόνια ζητήματα στην Ελλάδα. Συνεπώς θα πρέπει να γίνει μια προσπάθεια για:
- **Μείωση απορριμμάτων και αύξηση ανακύκλωσης:** Ισχυρές στρατηγικές για τη μείωση των αερίων του θερμοκηπίου.
- **Πρώθηση της κυκλικής οικονομίας:** Ανταλλαγή, επαναχρησιμοποίηση, επισκευή, ανακαίνιση και ανακύκλωση των υπάρχοντων υλικών και προϊόντων για την παράταση του κύκλου ζωής τους (Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, 2023). Η κυκλική οικονομία υπαγορεύει τη μείωση των αποβλήτων στο ελάχιστο δυνατό επίπεδο. Όταν ένα προϊόν φτάνει στο τέλος της ζωής του, τα υλικά κατασκευής του παραμένουν μέσα στην οικονομία προκειμένου να χρησιμοποιηθούν ξανά και ξανά, δημιουργώντας προστιθέμενη αξία. Αυτό έρχεται σε αντιπαράθεση με το παραδοσιακό μοντέλο οικονομίας, το οποίο βασίζεται στο μοντέλο «αγοράζω-φτιάχνω-καταναλώνω-πετώ».



Εικόνα 56. Επεξεργασία αστικών αποβλήτων για το 2017 (OECD, 2020).

5.2 Κοινωνία και Οικονομία

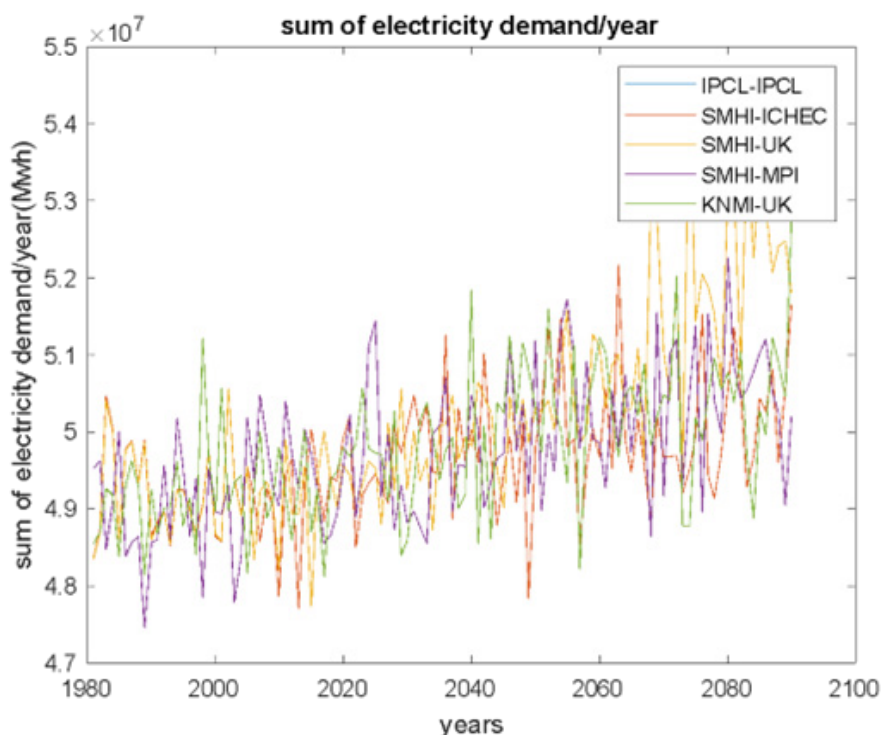
5.2.1 Ενέργεια

Το ενεργειακό σύστημα είναι ευάλωτο στην κλιματική αλλαγή, τόσο ως προς την παραγωγή και ζήτηση ενέργειας, όσο και ως προς τους κινδύνους που διατρέχουν οι ενεργειακές υποδομές από τα ακραία καιρικά φαινόμενα.

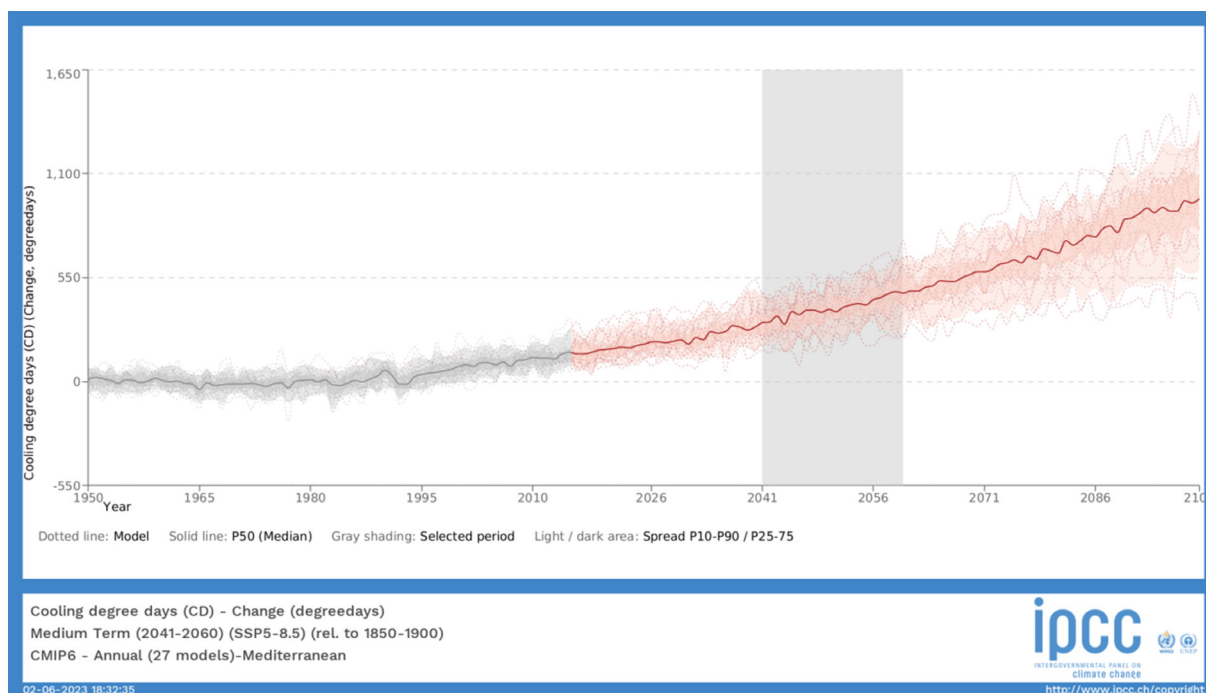
Εκτιμήσεις

Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής αποτυπώνονται στον τομέα της ενέργειας στη ζήτηση (μείωση των αναγκών για θέρμανση και αύξηση των αναγκών για ψύξη), και στην παραγωγή ενέργειας μέσω συμβατικών μεθόδων, αλλά και μέσω ανανεώσιμων πηγών. Για όλα τα κλιματικά σενάρια, η ενεργειακή ζήτηση σημειώνει μεγάλη αύξηση έως το τέλος του αιώνα σε σχέση με τις αρχές του 21ου αιώνα (βλ. Εικόνα 57).

Καθώς το κλίμα θερμαίνεται, αναμένεται αύξηση της χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας για ψύξη. Ειδικά οι δείκτες για τη Μεσόγειο που σχετίζονται με τη ζήτηση λόγω αυξημένης ανάγκης ψύξης των κτηρίων (βαθμομέρες ψύξης) παρουσιάζουν σημαντική αύξηση έως το 2100 (βλ. Εικόνα 58). Στην Ελλάδα, κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού και κυρίως κατά τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο, παρατηρείται σημαντική αύξηση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας, λόγω της χρήσης κλιματισμού.



Εικόνα 57. Εκτιμήσεις ενεργειακής ζήτησης ανά έτος για την Ελλάδα για το δυσμενέστερο κλιματικό σενάριο. (Ιδία επεξεργασία αντλώντας στοιχεία από: Copernicus).



Εικόνα 58. Μεταβολή ενεργειακής ζήτησης ανά έτος λόγω αναγκών για ψύξη στη Μεσόγειο για το δυσμενέστερο κλιματικό σενάριο (IPCC, n.d.b.).

Επίσης:

Τα ακραία καιρικά φαινόμενα αναμένεται να επηρεάσουν τον ενεργειακό εφοδιασμό και το δίκτυο μεταφοράς ενέργειας. Για παράδειγμα, οι γραμμές μεταφοράς είναι επιρρεπείς σε ζημιές κατά τη διάρκεια ακραίων καιρικών φαινομένων (όπως ακραία χιονόπτωση, πυρκαγιές, θυελλώδεις άνεμοι).

- Τα ενεργειακά συστήματα που βρίσκονται κοντά στις ακτές (όπως διυλιστήρια, θερμοηλεκτρικοί σταθμοί, κ.ά.) αντιμετωπίζουν μεγαλύτερο κίνδυνο ζημιών από πλημμύρες λόγω της ανόδου της στάθμης της θάλασσας.
- Η ξηρασία και τα επεισόδια καύσωνα ευνοούν την εκδήλωση πυρκαγιών, οι οποίες μπορούν να προκαλέσουν προβλήματα στο δίκτυο διανομής ενέργειας. Σε ορισμένες περιοχές, ελαττωματικά ή πεσμένα καλώδια ρεύματος (ή γραμμές που έρχονται σε επαφή με δέντρα) μπορούν να προκαλέσουν πυρκαγιές.
- Η χαμηλή παροχή νερού μειώνει την παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας κατά 25% για τη Νότια Ευρώπη.

Παρόλο που τα ακραία καιρικά φαινόμενα μπορεί να οδηγήσουν σε αύξηση της τρωτότητας των εγκαταστάσεων παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, ειδικά στην Ελλάδα η εκτιμώμενη αύξηση της έντασης των ανέμων κατά το καλοκαίρι αναμένεται να οδηγήσει σε αύξηση της παραγωγής αιολικής ενέργειας. Η αύξηση της παραγωγής μπορεί να καλύψει την αύξηση της ζήτησης.

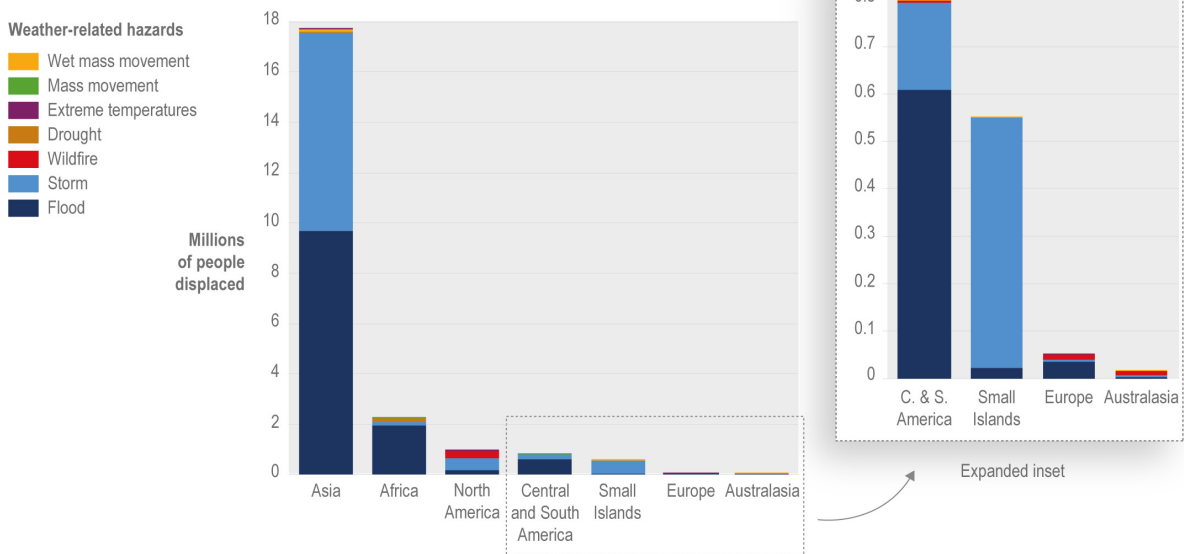
Προσαρμογή

- **Καθαρή ενέργεια:** Η πολιτεία πρέπει να προωθήσει την πρόσβαση των πολιτών σε ηλεκτρική ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως η αιολική και η ηλιακή ενέργεια, για να μειώσει τις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου που συμβάλλουν στην κλιματική αλλαγή.
- **Εκσυγχρονισμός των υποδομών:** Οι επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας και οι κρατικοί φορείς πρέπει να εκσυγχρονίσουν τις ενεργειακές υποδομές για να αυξήσουν την ανθεκτικότητα των συστημάτων στις ακραίες κλιματικές συνθήκες.
- **Αύξηση της ενεργειακής αποδοτικότητας:** Χρήση τεχνολογίας για τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και του ενεργειακού αποτυπώματος.
- **Διασφάλιση ενεργειακής ασφάλειας:** Βελτίωση των υποδομών και της διασύνδεσης, καθώς και ενίσχυση της χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.
- **Επένδυση σε τοπικές υποδομές:** Η επένδυση σε τοπικές ενεργειακές υποδομές είναι σημαντική για να γίνει η προμήθεια ηλεκτρικής ενέργειας πιο ανθεκτική στις ακραίες καιρικές συνθήκες.
- **Υπεύθυνη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και πόρων.**

5.2.2 Κλιματικοί μετανάστες

Η μετανάστευση που σχετίζεται με την κλιματική αλλαγή είναι δύσκολο να καταγραφεί και συνήθως προσεγγίζεται έμμεσα μέσω μεταναστευτικών ροών που οφείλονται στις καιρικές συνθήκες και σε καιρικά φαινόμενα. Σύμφωνα με δεδομένα από το 2008, οι ακραίες καταιγίδες και πλημμύρες είναι τα δύο πιο σημαντικά καιρικά φαινόμενα, τα οποία οδηγούν σε μετανάστευση πληθυσμού (βλ. Εικόνα 59).

Average annual weather-related displacements, 2010–2020



Εικόνα 59. Ετήσια μετανάστευση που σχετίζεται με τις καιρικές συνθήκες και τα ακραία καιρικά φαινόμενα (2010-2020) (IPCC, 2022b).

Εκτιμήσεις

Στον πίνακα που ακολουθεί αποτυπώνονται οι εκτιμήσεις για τους κλιματικούς παράγοντες των μεταναστευτικών ροών στο μέλλον, σύμφωνα με την έκθεση της IPCC (IPCC, 2022b).

Περιοχή	Τρέχουσες κατευθύνσεις των μεταναστευτικών ροών	Τρέχοντες κλιματικοί παράγοντες μετανάστευσης	Αναμενόμενες αλλαγές στους κλιματικούς παράγοντες μετανάστευσης
Ασία	Εντός των χωρών της ίδιας περιοχής, Ευρώπη, Βόρεια Αμερική, Μέση Ανατολή.	Πλημμύρες, ξηρασία, ακραία ζέστη.	Αύξηση του κινδύνου πλημμυρών, αύξηση της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης και των ακραίων βροχοπτώσεων, υψηλότερες μέσες θερμοκρασίες, άνοδος της στάθμης της θάλασσας.
Αφρική	Εντός των χωρών της ίδιας περιοχής, Ευρώπη, Μέση Ανατολή.	Πλημμύρες, ξηρασία, ακραία ζέστη.	Μείωση της ετήσιας βροχόπτωσης, αυξημένος κίνδυνος έντονων βροχοπτώσεων που προκαλούν πλημμύρες, αυξημένος κίνδυνος ξηρασίας, άνοδος της στάθμης της θάλασσας.
Ευρώπη	Εντός Ευρώπης.	Πλημμύρες.	Αυξημένος κίνδυνος πλημμυρών σε όλες τις περιοχές της Ευρώπης εκτός από τις περιοχές της Μεσογείου, υψηλότερος κίνδυνος ξηρασίας και πυρκαγιών στις μεσογειακές περιοχές, άνοδος της στάθμης της θάλασσας.

Βόρεια Αμερική	Εντός των χωρών της ίδιας περιοχής.	Πλημμύρες, τροπικοί κυκλώνες, ανεμοστρόβιλοι, πυρκαγιές.	Αυξημένη συχνότητα γεγονότων έντονων βροχοπτώσεων, εντονότεροι τροπικοί κυκλώνες, αυξημένος κίνδυνος ξηρασίας και πυρκαγιών, άνοδος της στάθμης της θάλασσας.
Κεντρική και Νότια Αμερική	Εντός των χωρών της ίδιας περιοχής, Βόρεια Αμερική.	Πλημμύρες, ακραίες καταιγίδες.	Αυξήσεις στην ετήσια βροχόπτωση και στα ακραία γεγονότα βροχοπτώσεων, αυξημένος κίνδυνος ξηρασίας, εντονότεροι τροπικοί κυκλώνες, άνοδος της στάθμης της θάλασσας.
Αυστραλία και Νέα Ζηλανδία	Μετατόπιση εντός χωρών.	Πυρκαγιές.	Αύξηση της συχνότητας πυρκαγιών, άνοδος της στάθμης της θάλασσας.
Μικρά νησιά	Εντός των χωρών της ίδιας περιοχής (π.χ. Νησιά του Ειρηνικού προς την Αυστραλία και τη Νέα Ζηλανδία, νησιά Καραϊβικής προς ΗΠΑ).	Ακραίες καταιγίδες.	Εντονότεροι τροπικοί κυκλώνες, άνοδος της στάθμης της θάλασσας.

Προσαρμογή

Η μετανάστευση αποτελεί σημαντική στρατηγική προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή όταν τα τοπικά μέτρα και οι ενέργειες της πολιτείας αποδεικνύονται ανεπαρκή. Οι πολιτείες οφείλουν να εστιάσουν στην εκτίμηση των κλιματικών παραγόντων που επηρεάζουν τη μετανάστευση σε διάφορες περιοχές.

5.2.3 Κλιματική δικαιοσύνη

Η κλιματική δικαιοσύνη αναγνωρίζει ότι οι χώρες χαμηλού εισοδήματος και οι κοινωνικά ευάλωτες περιοχές πλήττονται δυσανάλογα από την κλιματική αλλαγή, παρά το γεγονός ότι έχουν μικρότερη ευθύνη για το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής (University of California, 2023).

Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής βιώνονται καθημερινά σε όλο τον κόσμο, με τις πιο περιθωριοποιημένες κοινότητες, που ευθύνονται λιγότερο για την κλιματική κρίση, να αντιμετωπίζουν τις πιο σοβαρές συνέπειες της κλιματικής αλλαγής, ενώ οι χώρες χαμηλού εισοδήματος έχουν συχνά μικρότερη ικανότητα προσαρμογής.

Για να επιταχυνθεί η παγκόσμια πρόοδος προς την κλιματική δικαιοσύνη, οι χώρες χρειάζονται (Leidecker, Bulman, Levin, & Blake, 2023):

- **Κυβερνήσεις** που σέβονται, προστατεύουν και εκπληρώνουν το δικαίωμα σε ένα καθαρό και υγιές περιβάλλον, το οποίο είναι βασικό για τη βιώσιμη ανάπτυξη.
- **Ισχυρά εθνικά νομικά πλαίσια** που θα συμβάλουν στην προώθηση για δίκαιη και βιώσιμη διαχείριση των φυσικών πόρων.
- **Νομικά πλαίσια και θεσμούς δικαιοσύνης** που θα αναγνωρίζουν τα θύματα της κλιματικής αλλαγής και θα επιτρέπουν σε ευάλωτα, αποκλεισμένα και περιθωριοποιημένα άτομα να έχουν πρόσβαση στη δικαιοσύνη, την ενημέρωση και τη συμμετοχή στη λήψη αποφάσεων.

Οι πολίτες μπορούν να συμβάλουν μέσω:

- **Ενημέρωσης και έρευνας για τις ανισότητες** που προκύπτουν από τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής.
- **Υποστήριξης ευάλωτων κοινοτήτων.** Η υποστήριξη αυτή μπορεί να λάβει διάφορες μορφές, όπως για παράδειγμα την προσφορά εθελοντικής βοήθειας.
- **Συνειδητής χρήσης της καταναλωτικής δύναμης** και διερεύνησης των περιβαλλοντικών πρακτικών των εταιρειών πριν τις αγορές.
- **Υποστήριξης της τοπικής οικονομίας**, όπως για παράδειγμα με αγορές από την τοπική αγορά ή απευθείας από μικρές ή μειονοτικές επιχειρήσεις.

5.2.4 Γεωργία-Κτηνοτροφία

Οι τομείς της γεωργίας και της κτηνοτροφίας είναι ευαίσθητοι στις κλιματικές αλλαγές, καθώς βασίζονται σε μεγάλο βαθμό στη γη, στο νερό σε άλλους φυσικούς πόρους που επηρεάζονται από το κλίμα. Σε μερικές περιοχές οι αλλαγές στη θερμοκρασία, στις βροχοπτώσεις και στον χρόνο παγετού μπορεί να είναι ευεργετικές και να επιμηκύνουν την καλλιεργητική περίοδο, ενώ σε άλλες περιοχές μπορούν να καταστήσουν δυσκολότερες τις γεωργικές πρακτικές για ορισμένες καλλιέργειες.

Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στον τομέα της γεωργίας και της κτηνοτροφίας εξαρτώνται από τον ρυθμό και τη σοβαρότητα των αλλαγών, καθώς και από τον βαθμό στον οποίο οι αγρότες και οι κτηνοτρόφοι μπορούν να προσαρμοστούν.

Οι κίνδυνοι για τη γεωργική παραγωγή και την κτηνοτροφία που σχετίζονται με την κλιματική αλλαγή οφείλονται σε μεταβολές στους ακόλουθους παράγοντες (Iglesias, Garrote, Flores, & Moneo, 2007):

- α. Υδάτινοι πόροι και απαιτήσεις άρδευσης,
- β. Περιβαλλοντικές συνθήκες ανάπτυξης, παραγωγικότητα και κατανομή των καλλιεργειών,
- γ. Γονιμότητα εδάφους και διάβρωση,
- δ. Γεωργικά παράσιτα και ασθένειες,
- ε. Βέλτιστες συνθήκες για την κτηνοτροφία.

Εκτιμήσεις

Σύμφωνα με την EPA οι εκτιμήσεις αφορούν τα εξής (Internal Labour Organization, 2018):

- **Αλλαγές στην Αγροτική Παραγωγικότητα**

Η κλιματική αλλαγή μπορεί επίσης να καταστήσει καλύτερες ή χειρότερες τις συνθήκες για τις καλλιέργειες σε διαφορετικές περιοχές. Για παράδειγμα, οι αλλαγές στη θερμοκρασία, στη διάρκεια και στην ένταση των βροχοπτώσεων και στις ημέρες χωρίς παγετό μπορεί να οδηγήσουν σε μεγαλύτερες περιόδους ανάπτυξης.

Μια μεγαλύτερη περίοδος βλάστησης μπορεί να έχει θετικές και αρνητικές επιπτώσεις για τη γεωργική παραγωγή. Μερικοί αγρότες μπορεί να είναι σε θέση να φυτέψουν καλλιέργειες μεγαλύτερης ωρίμανσης ή περισσότερους κύκλους καλλιέργειας συνολικά, ενώ άλλοι μπορεί

να χρειαστεί να παρέχουν περισσότερη άρδευση σε μια μεγαλύτερη, θερμότερη καλλιεργητική περίοδο.

Η κλιματική αλλαγή μπορεί επίσης να αυξήσει την απειλή των δασικών πυρκαγιών, οι οποίες ενέχουν μεγάλους κινδύνους για τις γεωργικές εκτάσεις και τα λιβάδια. Επίσης, οι αλλαγές στη θερμοκρασία και τη βροχόπτωση, πιθανότατα θα διευρύνουν την εμφάνιση και το εύρος των εντόμων, ζιζανίων και ασθενειών. Αυτό θα μπορούσε να οδηγήσει σε μεγαλύτερη ανάγκη για τον έλεγχο των ζιζανίων και παρασίτων. Οι υψηλότερες θερμοκρασίες και η μεταβαλλόμενη βροχόπτωση μπορεί να επηρεάσουν το πότε ανθίζουν τα φυτά και πότε εμφανίζονται επικονιαστές, όπως οι μέλισσες και οι πεταλούδες.

- **Επιπτώσεις στο έδαφος και στους υδάτινους πόρους**

Η κλιματική αλλαγή αναμένεται να αυξήσει τη συχνότητα των έντονων βροχοπτώσεων, οι οποίες μπορούν να βλάψουν τις καλλιέργειες διαβρώνοντας το έδαφος και εξαντλώντας τα θρεπτικά συστατικά του. Οι έντονες βροχοπτώσεις μπορεί επίσης να αυξήσουν την αγροτική απορροή σε ωκεανούς, λίμνες και ρυάκια. Αυτή η απορροή (εναπόθεση λιπασμάτων) μπορεί να βλάψει την ποιότητα του νερού. Σε συνδυασμό με την αύξηση της θερμοκρασίας του νερού που προκαλείται από την κλιματική αλλαγή, η απορροή μπορεί να οδηγήσει σε μειωμένα επίπεδα οξυγόνου στα υδατικά συστήματα, επηρεάζοντας αρνητικά τα έμβια όντα.

Η άνοδος της στάθμης της θάλασσας και οι καταιγίδες αποτελούν επίσης απειλές για τις παράκτιες αγροτικές κοινότητες. Αυτές οι απειλές περιλαμβάνουν τη διάβρωση, τις απώλειες γεωργικής γης και τη διείσδυση αλμυρού νερού, η οποία μπορεί να μολύνει τα αποθέματα νερού.

- **Προκλήσεις για την υγεία των εργαζομένων στη γεωργία και στην κτηνοτροφία**

Οι εργαζόμενοι στη γεωργία αντιμετωπίζουν αρκετούς κινδύνους για την υγεία τους που σχετίζονται με το κλίμα. Αυτοί περιλαμβάνουν την έκθεση στη ζέστη και σε άλλες ακραίες καιρικές συνθήκες, την αυξημένη έκθεση σε φυτοφάρμακα λόγω της εκτεταμένης παρουσίας παρασίτων και σε παράσιτα που μεταφέρουν ασθένειες, όπως τα κουνούπια και τα τσιμπούρια, καθώς και την υποβαθμισμένη ποιότητα του αέρα.

Προσαρμογή

Μπορούμε να μειώσουμε τον αντίκτυπο της κλιματικής αλλαγής στη γεωργία με πολλούς τρόπους, συμπεριλαμβανομένων των εξής:

- Έξυπνες μεθόδους διαχείρισης καλλιέργειας, όπως η γεωργία ακριβείας.
- Μείωση της απορροής, με τη χρήση λιπασμάτων σύμφωνα με καλές πρακτικές.

- Μείωση της χρήσης φυτοφαρμάκων και βελτίωση της επικονίασης.
- Προστασία των παραγωγικών ζώων από τους παράγοντες που προκαλούν ασθένειες με μέτρα προληπτικής υγιεινής ή κατάλληλη θεραπευτική αγωγή.
- Προσαρμογή των συστημάτων στέγασης και διαχείρισης των παραγωγικών ζώων στις νέες περιβαλλοντικές συνθήκες που διαμορφώνονται από την κλιματική αλλαγή.
- Βελτιωμένη απόδοση άρδευσης που μειώνει σημαντικά την αρνητική επιρροή στα υδάτινα οικοσυστήματα και στη βιοποικιλότητα του εδάφους. Λιγότερη χρήση νερού σημαίνει επάρκεια νερού για μεγαλύτερη χρονική περίοδο σε συνθήκες κλιματικής αλλαγής.
- Εκστρατεία ενημέρωσης των καλλιεργητών και των εκτροφέων για τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής και ενημέρωση για το πώς ο κάθε καλλιεργητής και η κάθε κτηνοτροφική εκμετάλλευση μπορούν να κάνουν τη διαφορά στην εξέλιξη του φαινομένου σε τοπικό και εθνικό επίπεδο.

Για τους πολίτες:

- Αποφυγή της σπατάλης τροφίμων με τον προσεκτικό σχεδιασμό των αγορών και τη σωστή αποθήκευση των τροφίμων.
- Προσφορά των τροφίμων που δεν καταναλώθηκαν σε τράπεζες τροφίμων και σε όσους έχουν ανάγκη.
- Προτίμηση των βιολογικών προϊόντων και των τοπικών αγορών.

5.2.5 Επισιτιστική ανασφάλεια

Οι διαθέσιμοι πόροι εξαρτώνται από το κλίμα και τις καιρικές συνθήκες. Οι αυξημένες θερμοκρασίες, η ξηρασία, οι πιέσεις στα αποθέματα νερού, οι ασθένειες και τα ακραία καιρικά φαινόμενα δημιουργούν προκλήσεις στην επισιτιστική ασφάλεια.

Η κλιματική αλλαγή επηρεάζει άμεσα την παραγωγή τροφίμων. Οι επιπτώσεις στη χερσαία και υδροβία παραγωγή τροφίμων θα γίνουν όλο πιο αρνητικές, αν και σε τοπικό επίπεδο ορισμένες αλλαγές μπορεί να είναι ευεργετικές. Ο σύγχρονος τρόπος παραγωγής τροφίμων δεν είναι βιώσιμος, καθώς οδηγεί στην απώλεια της βιοποικιλότητας και την υποβάθμιση του εδάφους και του υδάτινου οικοσυστήματος, χωρίς να προσφέρει ασφάλεια στη διαθεσιμότητα των τροφίμων.

Η υπερθέρμανση του πλανήτη και οι ακραίες βροχοπτώσεις έχουν σημαντικές αρνητικές επιπτώσεις στην παγκόσμια φυτική παραγωγή, μειώνοντας κατά μέσο την απόδοση των φυτικών καλλιεργειών (ρύζι, σιτάρι, κ.λπ.) κατά 5,3% από το 1961 έως το 2017 (EPA, 2024a).

Η κλιματική αλλαγή επηρεάζει ήδη την κτηνοτροφική παραγωγή. Οι επιπτώσεις περιλαμβάνουν τις άμεσες επιπτώσεις της θερμικής καταπόνησης στη θνησιμότητα και την παραγωγικότητα των ζώων, αλλά και τις έμμεσες επιπτώσεις στην ποιότητα των λιβαδιών, στις μεταναστεύσεις των ειδών και στις ασθένειες των ζώων.

Στα υδάτινα οικοσυστήματα, παρατηρούνται μεταναστεύσεις ειδών (κυρίως προς τους πόλους) που προκαλούνται από την υπερθέρμανση του πλανήτη. Σαν αποτέλεσμα είναι η παγκόσμια απώλεια κατά 4,1% αρκετών πληθυσμών θαλάσσιων ψαριών από το 1930 έως το 2010 λόγω της κλιματικής αλλαγής.

Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στις υδατοκαλλιέργειες είναι εμφανείς αλλά ποικίλες, ανάλογα με τους τύπους και τα είδη της υδατοκαλλιέργειας. Η αύξηση της θερμοκρασίας, η οξίνιση, η διείσδυση αλατιού, η ανεπάρκεια οξυγόνου, οι πλημμύρες και οι ξηρασίες έχουν επηρεάσει αρνητικά την παραγωγή.

Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στα τρόφιμα έχουν κλιμακωτές επιπτώσεις (βλ Εικόνα 60) σε βασικά στοιχεία της επισιτιστικής ασφάλειας, όπως οι τιμές των τροφίμων, το εισόδημα των νοικοκυριών, η ασφάλεια των τροφίμων και η διατροφή των ευάλωτων ομάδων.

Τα ακραία φαινόμενα συχνά προκαλούν οξεία επισιτιστική ανασφάλεια. Για παράδειγμα, η ξηρασία στη Νότια Αφρική οδήγησε σε απώλειες φυτικής παραγωγής, προκαλώντας ελλείψεις τροφίμων, αυξήσεις τιμών και οξεία επισιτιστική ανασφάλεια (Free et al., 2019).

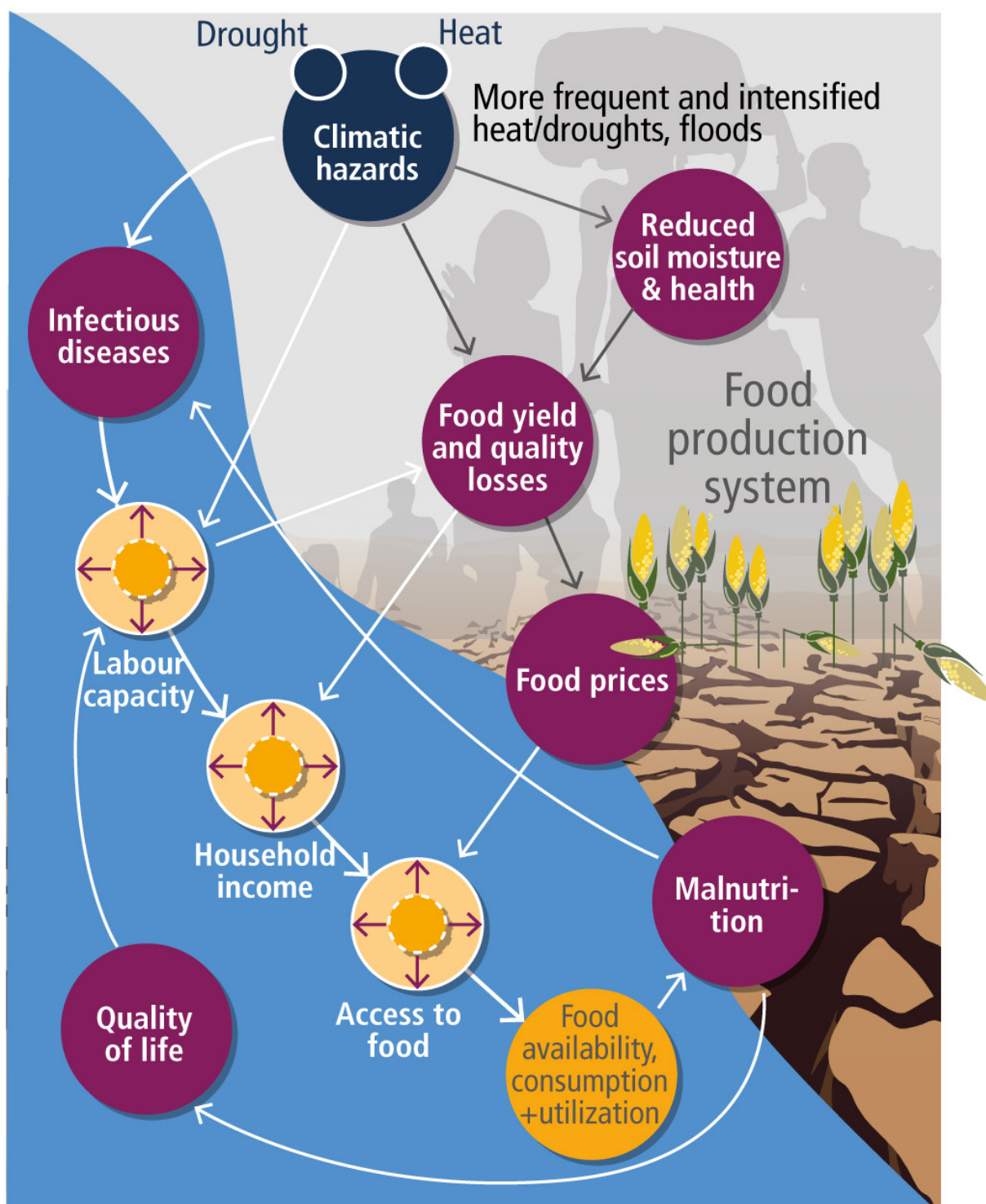
Εκτιμήσεις

Τα τρέχοντα επίπεδα επισιτιστικής ανασφάλειας είναι ήδη υψηλά σε ορισμένα μέρη του κόσμου και συχνά επιδεινώνονται από τις βραχυπρόθεσμες ελλείψεις τροφίμων και τις αυξήσεις των τιμών που προκαλούνται από ακραίες καιρικές συνθήκες που εν μέρει συνδέονται με την κλιματική αλλαγή.

Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής θα αυξήσουν τους υποσιτισμένους πληθυσμούς και τον αριθμό των ανθρώπων που κινδυνεύουν από ασιτία λόγω της μείωσης στην παραγωγή τροφίμων με κλιμακωτές επιπτώσεις στις τιμές των τροφίμων και στα εισοδήματα των νοικοκυριών (Mbow et al., 2019). Γεωγραφικά, σχεδόν το 80% του πληθυσμού που κινδυνεύει από πείνα προβλέπεται να κατοικεί στην Αφρική και την Ασία (Nelson et al., 2018).

Τα ακραία κλιματικά φαινόμενα θα γίνουν πιο συχνά και θα επηρεάσουν σημαντικά την καταλληλότητα των περιοχών για την παραγωγή τροφίμων. Σύμφωνα με τις πιο δυσόιωνες

Cascading impacts of climate hazards on food and nutrition



Εικόνα 60. Κλιμακωτές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην παραγωγή τροφίμων και τη διατροφή (IPCC, 2022a).

προβλέψεις, σε παγκόσμιο επίπεδο, το 10% της σημερινής κατάλληλης έκτασης για την παραγωγή τροφίμων προβλέπεται να είναι ακατάλληλη έως το 2050 και το 31–34% μέχρι το 2100 (Kummu et al., 2021).

Η αύξηση της παγκόσμιας θερμοκρασίας θα επηρεάσει αρνητικά τις συνθήκες εργασίας (θερμικό στρες), οδηγώντας σε αύξηση του κόστους παραγωγής, υπονομεύοντας τη διαθεσιμότητα τροφίμων.

Όσον αφορά την αλιεία και σύμφωνα με το δυσμενέστερο κλιματικό σενάριο έως το 2100, η κλιματική αλλαγή θα έχει αρνητικές επιπτώσεις σε χώρες όπου ζει το 90% του παγκόσμιου πληθυσμού (Thiault et al., 2019).

Η κλιματική αλλαγή δημιουργεί προκλήσεις διαχείρισης για την παροχή ασφαλών τροφίμων, καθώς αναμένεται να οδηγήσει σε αύξηση παθογόνων μικροοργανισμών με σημαντικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία.

Προσαρμογή

Για την παραγωγή τροφίμων, οι στρατηγικές προσαρμογής περιλαμβάνουν λύσεις σε επίπεδο αγρού και αγροκτήματος, όπως η διαχείριση και η διαφοροποίηση των καλλιεργειών. Οι πιο συνηθισμένες επιλογές διαχείρισης αγρού είναι οι αλλαγές στα χρονοδιαγράμματα φύτευσης, στις ποικιλίες των καλλιεργειών, στα λιπάσματα και στην άρδευση. Για παράδειγμα, οι αγρότες μπορούν να αλλάξουν τα χρονοδιαγράμματα φύτευσης σύμφωνα με την έναρξη της περιόδου των βροχών.

Η προσαρμογή στον τομέα της κτηνοτροφίας βασίζεται στην αποτελεσματικότερη χρήση ζωοτροφών, την εκ περιτροπής βόσκηση και την παρακολούθηση για τη διαχείριση της εξάπλωσης παρασίτων και ασθενειών.

Για την αλιεία οι επιλογές προσαρμογής επικεντρώνονται κυρίως στην αύξηση της προσαρμοστικής ικανότητας της αλιείας, εξαλείφοντας την υπεραλίευση και αυξάνοντας ελεγχόμενα τις υδατοκαλλιέργειες (επιλογή προσαρμογής για τη μείωση της αλιείας). Προτείνονται επίσης αλλαγές στη διατροφή σε περιοχές με υπερβολική κατανάλωση θερμίδων και τροφών ζωικής προέλευσης. Η μείωση της σπατάλης τροφίμων θα επεκτείνει περαιτέρω αυτά τα οφέλη.

5.2.6 Υγεία

Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην υγεία περιλαμβάνουν αναπνευστικά και καρδιαγγειακά προβλήματα, καθώς και ασθένειες που σχετίζονται με παράσιτα και με την κατανάλωση ακατάλληλου νερού και τροφίμων (βλ. Εικόνα 6 1). Η υγεία των ανθρώπων, ιδίως των πιο ευάλωτων ομάδων πληθυσμού, παρουσιάζει ευαισθησία στην κλιματική αλλαγή (Woodward et al., 2014)

Οι ειδικές παρατηρήσεις των σημερινών επιπτώσεων περιλαμβάνουν τα εξής:

- α) την εμφάνιση ορισμένων ασθενειών σε περιοχές που δεν είχαν επηρεαστεί προηγουμένως και
- β) αλλαγές στη συχνότητα ορισμένων ασθενειών που μεταδίδονται από τρόφιμα, νερό και φορείς.

Ποιοι κινδυνεύουν περισσότερο;

- Παιδιά
- Ηλικιωμένοι
- Ευάλωτες ομάδες πληθυσμού
- Άτομα με χρόνιες ιατρικές παθήσεις
- Άτομα με αναπηρίες
- Εργαζόμενοι σε εξωτερικούς χώρους
- Γυναίκες κατά τη διάρκεια της εγκυμοσύνης

Εκτιμήσεις

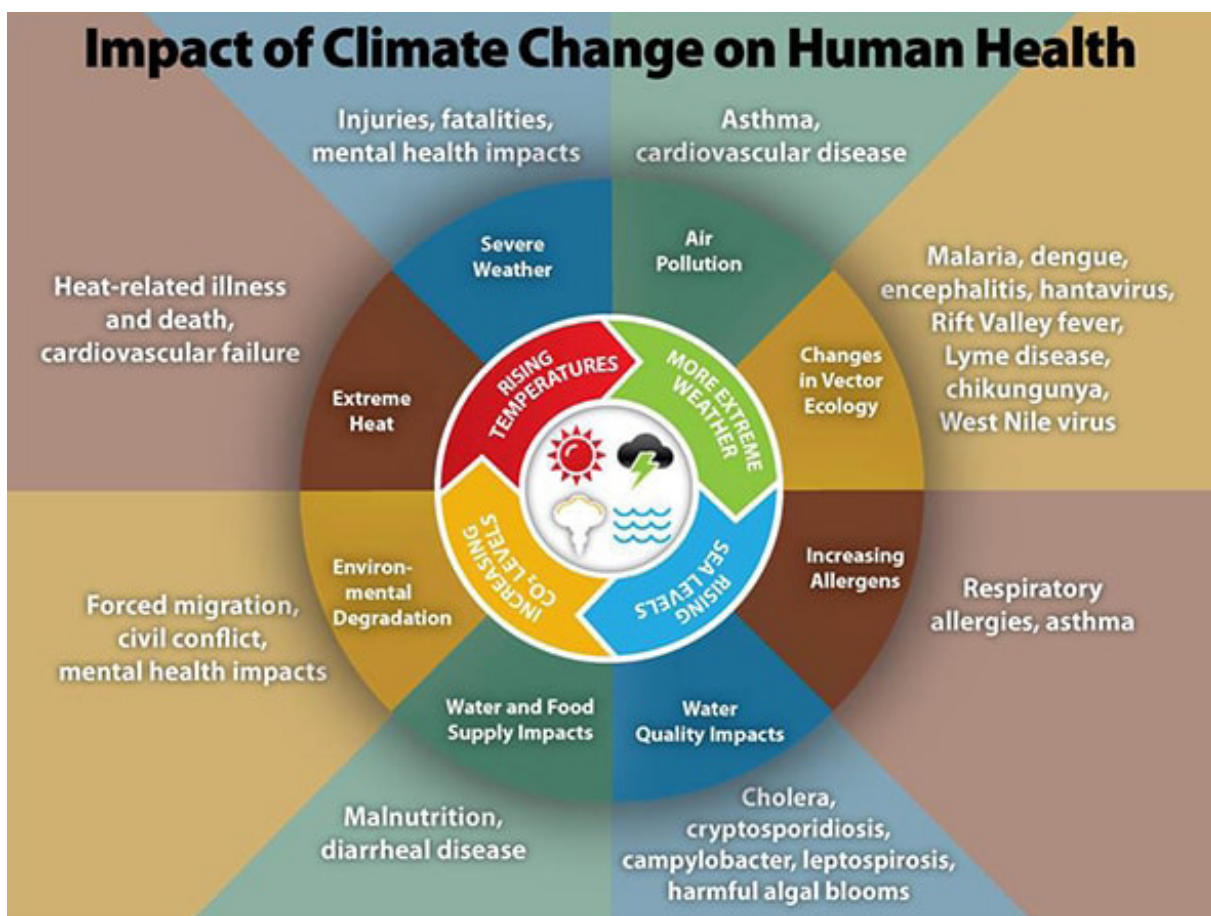
Προβλέπονται αυξανόμενοι κίνδυνοι για την υγεία λόγω εντονότερων επεισοδίων καύσωνα, πυρκαγιών, υποσιτισμού σε ήδη επιβαρυμένες περιοχές, ασθενειών που μεταδίδονται με τρόφιμα και νερό και ασθενειών μεταδιδόμενων από έντομα.

Η κλιματική αλλαγή είναι πολλαπλασιαστής των υφιστάμενων τρωτών σημείων στον τομέα της υγείας, συμπεριλαμβανομένης της επισιτιστικής ανασφάλειας και της περιορισμένης πρόσβασης σε ασφαλές νερό, της υγιεινής του πληθυσμού, της υγειονομικής περίθαλψης και της εκπαίδευσης.

Προσαρμογή

Τα πιο αποτελεσματικά μέτρα για τη μείωση της ευπάθειας βραχυπρόθεσμα περιλαμβάνουν προγράμματα που βελτιώνουν τη δημόσια υγεία. Συγκεκριμένες λύσεις προσαρμογής περιλαμβάνουν:

- Προσαρμογή και των υπόλοιπων τομέων που επηρεάζουν την υγεία (νερό, επισιτιστική ασφάλεια, αστικό περιβάλλον, κ.λπ.).
- Εγκατάσταση συστημάτων έγκαιρης προειδοποίησης κινδύνων.
- Μέτρα υποστήριξης των ευπαθών ομάδων.
- Εκπαίδευση και ενημέρωση του γενικού πληθυσμού και του ιατρικού προσωπικού.
- Προετοιμασία εγκαταστάσεων και προσωπικού για να δεχθούν αυξημένα περιστατικά κατά τους θερινούς μήνες.



Εικόνα 61. Επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στον τομέα της υγείας (CDC, 2016).

5.2.7 Πολιτιστική κληρονομιά

Η κλιματική αλλαγή απειλεί άμεσα και έμμεσα όλες τις μορφές πολιτιστικής κληρονομιάς, είτε πρόκειται για μνημείο παγκόσμιας κληρονομιάς είτε για ένα μικρό παρεκκλήσι στην ύπαιθρο, ένα παλιό χαλυβουργείο ή έναν ιστορικό κήπο. Οι πιο εμφανείς απειλές προέρχονται από ακραία καιρικά φαινόμενα (ισχυρές βροχοπτώσεις, επεισόδια καύσωνα, ξηρασία, ισχυροί άνεμοι, κ.λπ.) τα οποία αναμένεται ότι θα αυξηθούν στο μέλλον.

Τα φαινόμενα αυτά θα έχουν άμεσες συνέπειες, όπως πλημμύρες, δασικές πυρκαγιές και διάβρωση για την υλική και άυλη πολιτιστική κληρονομιά.

Εκτιμήσεις

Στον πίνακα που ακολουθεί αποτυπώνονται οι εκτιμήσεις σχετικά με τους κινδύνους για επιλεγμένους αρχαιολογικούς χώρους της Ελλάδας.

Κίνδυνοι ανά αρχαιολογικό χώρο (1: Πολύ μικρός, 2: Μικρός 3: Μέτριος, 4: Μεγάλος, 5: Πολύ μεγάλος).

	Καύσωνας	Πλημμύρα	Ξηρασία	Πυρκαγιά	Άνοδος της στάθμης της θάλασσας
Δελφοί	3	-	3	4	-
Δήλος	4	-	4	-	3
Επίδαυρος	4	3	4	4	-
Μυστράς	3	3	3	4	-
Ολυμπία	4	4	3	4	-
Φίλιπποι	3	3	3	3	-
Ηραίο	4	4	4	4	3
Βάσσεις	3	-	2	3	-

1: Πολύ μικρός, 2: Μικρός, 3: Μέτριος, 4: Μεγάλος, 5: Πολύ μεγάλος

Πίνακας 2. Ιδία επεξεργασία δεδομένων (Climascope, n.d.).

Προσαρμογή

Ορισμένες κατηγορίες μέτρων προσαρμογής είναι οι εξής ([Climascope](#)):

- **Προστασία του αρχαιολογικού χώρου από τις επιπτώσεις.** Ένα τέτοιο μέτρο δεν εφαρμόζεται απευθείας στον αρχαιολογικό χώρο, αλλά στο ευρύτερο περιβάλλον του. Τα μέτρα αυτής της κατηγορίας μειώνουν την έκθεση του αρχαιολογικού χώρου στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής.

Παραδείγματα: i) Ένα θαλάσσιο τείχος εγκατεστημένο στα όρια ενός ιστορικού τόπου ή ενός αρχαιολογικού χώρου μπορεί να τον προστατεύσει από τη διάβρωση. ii) Ένα φράγμα πλημμύρας που είναι εγκατεστημένο σε έναν ποταμό κοντά σε έναν αρχαιολογικό χώρο μπορεί να τον προστατεύσει από ζημιές που προκαλούνται από πλημμύρες του ποταμού. iii) Η τοποθέτηση σήμανσης για την ενημέρωση των επισκεπτών ενός αρχαιολογικού χώρου προκειμένου να μην τον καταστρέψουν, π.χ. μη σκαρφαλώνοντας.

- **Ενίσχυση/ενδυνάμωση των υλικών του αρχαιολογικού χώρου** ώστε να αντέξουν της επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής. Τέτοια μέτρα προσαρμογής συνήθως εφαρμόζονται στον ιστορικό τόπο που πρέπει να προστατευθεί και πιθανόν να τροποποιήσουν τη μορφή του. Ο κίνδυνος θα συνεχίσει να υφίσταται, αλλά ο αρχαιολογικός χώρος θα αντέξει τις συνέπειες είτε πλήρως είτε τουλάχιστον για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Τα μέτρα αυτά θα μειώσουν την ευαισθησία του τόπου στον κίνδυνο.

Παραδείγματα: Η εγκατάσταση πρόσθετων φερόντων στύλων σε ένα διατηρητέο κτήριο μπορεί να το ενισχύσει, ώστε να αποφευχθεί η κατάρρευσή του λόγω του αυξημένου βάρους από ακραίο φορτίο χιονιού. Επίσης, η εφαρμογή εξωτερικής αδιαβροχοποίησης σε ξύλινα στοιχεία αυξάνει την αντοχή τους στις βροχοπτώσεις.

- **Αποκατάσταση ζημιών στον αρχαιολογικό χώρο.** Τα μέτρα προσαρμογής αποσκοπούν στην αποκατάσταση των ζημιών και τη μείωση των απωλειών μέσω της ανοικοδόμησης, της επισκευής, της διάσωσης και της προσωρινής σταθεροποίησης του κατεστραμμένου υλικού.

Παραδείγματα: i) Εγκατάσταση στηρίγματος σε κατεστραμμένο υλικό για τη μείωση της ζημιάς ή της απώλειας, επιτρέποντας τη διάσωση ή τη διατήρηση του χώρου. ii) Προετοιμασία και εφαρμογή σχεδίων αντιμετώπισης καταστάσεων έκτακτης ανάγκης για την αύξηση της ικανότητας ετοιμότητας και αντίδρασης στις επιπτώσεις ενός συμβάντος κινδύνου. iii) Ψηφιακή καταγραφή του ιστορικού τόπου/μνημείου/αρχαιολογικού χώρου για τη μελλοντική ακριβή ανακατασκευή ή επισκευή.

- **Μετεγκατάσταση/μετατόπιση κινητών στοιχείων του αρχαιολογικού χώρου** για την προστασία τους. Η μετεγκατάσταση είναι ένα προληπτικό μέτρο προσαρμογής, το οποίο αφορά στη μεταφορά στοιχείων του αρχαιολογικού χώρου σε νέα θέση και στην ανακατασκευή του. Η μετεγκατάσταση ενέχει πάντα τον κίνδυνο κάποιας ζημιάς, καθώς και την απώλεια της αυθεντικότητας και τυχόν υλικών στοιχείων.

Παραδείγματα: i) Η μετεγκατάσταση παράκτιων αρχαιοτήτων μπορεί να μειώσει τον κίνδυνο της φθοράς λόγω της μείωσης της έκθεσης στην υγρασία. ii) Η μετεγκατάσταση μιας περίτεχνης επιτύμβιας στήλης σε ένα μουσείο μπορεί να αποτρέψει την καταστροφή των επιφανειών της, μειώνοντας τις επιπτώσεις των καιρικών συνθηκών (Climascope, n.d.).

5.2.8 Τουρισμός

Ο τουρισμός εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις κλιματικές συνθήκες και είναι πολύ επιρρεπής στην κλιματική αλλαγή. Οι κλιματικές συνθήκες επηρεάζουν τα είδη τουρισμού που στηρίζονται σε εξωτερικές δραστηριότητες και καθορίζουν την επισκεψιμότητα μιας τουριστικής περιοχής. Στην Ελλάδα, μια χώρα με πληθώρα τουριστικών προορισμών, ο τουρισμός συνεισφέρει σημαντικά στην οικονομία της χώρας.

Τα τελευταία χρόνια, ο αριθμός των τουριστών έχει αυξηθεί σημαντικά και οι τουριστικοί προορισμοί περιλαμβάνουν εκτός από τα αξιοθέατα στις πόλεις, δραστηριότητες στη θάλασσα, στο βουνό και στο δάσος. Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής και τρόποι μετριασμού της και προσαρμογής σε αυτή.

Επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στον τουρισμό και τρόποι μετριασμού της και προσαρμογής σε αυτή

Είδη τουρισμού	Επιπτώσεις Εκτιμήσεις Κίνδυνοι	Μέτρα μετριασμού	Μέτρα προσαρμογής
Πόλεις	• Οι υποδομές της πόλης είναι εκτεθειμένες σε μια σειρά από επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, όπως η ακραία ζέστη, η έλλειψη νερού και οι πλημμύρες. • Οι παράκτιες πόλεις κινδυνεύουν επιπλέον και από την άνοδο της στάθμης της θάλασσας.	Εκσυγχρονισμός των υφιστάμενων τουριστικών υποδομών, με στόχο τη μείωση του ενεργειακού τους αποτυπώματος. Μείωση των εκπομπών από μεταφορές λόγω τουρισμού με τη χρήση μέσων και καυσίμων φιλικότερων προς το περιβάλλον.	Ανάπτυξη εναλλακτικών μορφών τουρισμού με στόχο τη διεύρυνση της τουριστικής περιόδου. Ενημέρωση και υποστήριξη για την αντιμετώπιση ακραίων φαινομένων και ενδεχόμενων κινδύνων στον τουριστικό προορισμό.

	• Εκτιμάται ότι περίπου 150 εκατομμύρια άνθρωποι ζουν σήμερα σε πόλεις με πολυετή λειψυδρία, αριθμός που θα μπορούσε να ανέλθει σε 1 δισεκατομμύριο έως το 2050.		Αειφόρος χρήση νερού και βελτίωση συστημάτων διαχείρισης νερού με στόχο την αντιμετώπιση της έλλειψης νερού, ιδιαίτερα κατά τους μήνες αιχμής της τουριστικής περιόδου. Αλλαγή συμπεριφοράς των τουριστών προς όφελος του τουριστικού προορισμού (μείωση κατανάλωσης νερού και ενέργειας, αγορά τοπικών προϊόντων, κ.ά.)
Παραλίες-Ακτές	• Η άνοδος της στάθμης της θάλασσας και τα ακραία καιρικά φαινόμενα απειλούν τις παραλίες και τις παράκτιες υποδομές που επισκέπτονται εκατοντάδες εκατομμύρια τουρίστες κάθε χρόνο. • Η στάθμη της θάλασσας εκτιμάται ότι θα αυξηθεί κατά 0,45–0,82 μέτρα μέχρι το τέλος του αιώνα, εάν οι εκπομπές συνεχίσουν να αυξάνονται με τον τρέχοντα ρυθμό.	Τα νέα αεροσκάφη προσφέρουν συνήθως 20-30% βελτιωμένη ενεργειακή απόδοση. Η μετάβαση από την κηροζίνη στα βιοκαύσιμα προσφέρει 30% λιγότερες άμεσες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου.	

Θάλασσα	• Ο συνδυασμός της αύξησης της θερμοκρασίας του νερού και της αυξανόμενης οξίνισης των ωκεανών, που προκαλείται από την απορρόφηση διοξειδίου του άνθρακα, εγκυμονεί ιδιαίτερο κίνδυνο για τα οικοσυστήματα των υφάλων, των κοραλλιών και τον καταδυτικό τουρισμό που υποστηρίζουν. • Η κατανομή των ψαριών και της υπόλοιπης θαλάσσιας πανίδας αλλάζει, καθώς οι ωκεανοί θερμαίνονται, επηρεάζοντας την ψυχαγωγική αλιεία και την παρακολούθηση της θαλάσσιας πανίδας.		
Βουνό	• Τα σπορ στο χιόνι διατρέχουν προφανή κίνδυνο από την άνοδο της θερμοκρασίας, με τα θέρετρα χαμηλότερου υψομέτρου να αντιμετωπίζουν σταδιακά λιγότερο αξιόπιστες χιονοπτώσεις και μικρότερο χρονικό διάστημα κατάλληλο για χειμερινό τουρισμό.		

Δάσος	• Οι υπαίθριες δραστηριότητες θα επηρεαστούν από τη μεγάλη κλίμακα καταστροφή των δασών και τις πιο εκτεταμένες πυρκαγιές που προκαλούνται από την παρατεταμένη ξηρασία και τις υψηλότερες θερμοκρασίες. Οι περίοδοι των πυρκαγιών θα επιμηκυνθούν και θα αυξηθεί ο αριθμός των ημερών υψηλού κινδύνου πυρκαγιάς.	
-------	---	--

Πίνακας 3. Ιδία επεξεργασία δεδομένων (University of Cambridge, 2014).

5.2.9 Εργασιακή απασχόληση

Οι υψηλές θερμοκρασίες, η άνοδος της στάθμης της θάλασσας και τα ακραία καιρικά φαινόμενα μελλοντικά θα επηρεάσουν αρνητικά τις υποδομές, τις επιχειρήσεις και τομείς όπως η γεωργία, η δασοκομία, η αλιεία και ο τουρισμός.

Η ζήτηση για ενέργεια αναμένεται να αυξηθεί, η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας θα γίνει λιγότερο αξιόπιστη και οι πιέσεις στις προμήθειες νερού θα αυξηθούν. Παράλληλα, η κλιματική αλλαγή αναμένεται να προσφέρει κάποιες επιχειρηματικές ευκαιρίες, καθώς θα υπάρχουν περισσότερες δυνατότητες για καθαρή ενέργεια, ανθεκτικά και πράσινα κτίρια και επενδύσεις στην ενεργειακή αποδοτικότητα.

Θέσεις εργασίας και κλιματική αλλαγή

Οι θέσεις εργασίας βασίζονται στις υπηρεσίες που παρέχουν τα οικοσυστήματα, όπως για παράδειγμα στη γεωργία, την αλιεία, τη δασοκομία και στον τουρισμό (Internal Labour Organization, 2018). Η κλιματική αλλαγή απειλεί την παροχή πολλών από αυτές τις ζωτικής σημασίας υπηρεσίες. Οι καλές συνθήκες εργασίας βασίζονται στην απουσία περιβαλλοντικών κινδύνων. Η κλιματική αλλαγή μπορεί να καταστήσει ολόκληρες περιοχές αντιπαραγωγικές και να κάνει τους χώρους εργασίας επισφαλείς για την υγεία των εργαζομένων. Οι κίνδυνοι που συνδέονται με την υποβάθμιση του περιβάλλοντος τείνουν να επηρεάζουν περισσότερο τους ευάλωτους εργαζόμενους, συμπεριλαμβανομένων των γυναικών, των μεταναστών, των ατόμων με αναπηρίες και άλλων μειονοτήτων, οδηγώντας σε ανισότητες.

Ωστόσο, σύμφωνα με τη Διεθνή Οργάνωση Εργασίας (Internal Labour Organization, 2018), τα μέτρα προσαρμογής μπορούν να δημιουργήσουν θέσεις εργασίας:

- Η μετάβαση σε μια οικονομία με μειωμένα αέρια του θερμοκηπίου αναμένεται να οδηγήσει σε δημιουργία θέσεων εργασίας.
- Τα μέτρα προσαρμογής μπορούν να οδηγήσουν σε αύξηση της απασχόλησης και να αποτρέψουν την απώλεια θέσεων εργασίας. Τα στοιχεία δείχνουν ότι στην Ευρώπη περίπου 500.000 πρόσθετες θέσεις εργασίας θα δημιουργηθούν άμεσα και έμμεσα έως το 2050 ως αποτέλεσμα της αύξησης των δραστηριοτήτων που σχετίζονται με την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή.
- Οι επενδύσεις σε υποδομές προσαρμογής είναι πιθανό να έχουν θετικά αποτελέσματα στην απασχόληση, ιδίως λόγω της αυξημένης ζήτησης για κατασκευαστικές εργασίες σε έργα για τη μείωση των κινδύνων που σχετίζονται με το κλίμα.

- Η ανάπτυξη δεξιοτήτων είναι επίσης μια στρατηγική προσαρμογής, διότι βοηθά τους εργαζόμενους να μετακινηθούν σε τομείς όπου υπάρχει αύξηση της απασχόλησης, προστατεύοντάς τους έτσι από την απώλεια εισοδήματος και άλλες δυσμενείς επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής. Σε κάθε περίπτωση, η έλλειψη δεξιοτήτων θα αποτελούσε εμπόδιο στην εφαρμογή μέτρων προσαρμογής και μετριασμού.

Βιβλιογραφία

1. Alfieri, L., Dottori, F., Betts, R., Salamon, P., & Feyen, L. (2018). Multi-model projections of river flood risk in Europe under global warming. *Climate*, 6(1), 6.
2. Ali, E., Cramer, W., Carnicer, J., Georgopoulou, E., Hilmi, N. J. M., Le Cozannet, G., & Lionello, P. (2022). Cross-Chapter Paper 4: Mediterranean Region Supplementary Material. In *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, & B. Rama, Eds.). IPCC. Retrieved from: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC_AR6_WGII_CCP4_SM.pdf. Last accessed: 25/7/2024.
3. CDC (2016). *Impact of climate change on human health* [Image]. Retrieved from: [climate_change_health_impacts600w.jpg \(592×443\) \(cdc.gov\)](https://www.cdc.gov/media/releases/2016/s0601-climate-change-health-impacts600w.jpg). Last accessed: 25/7/2024.
4. Ciais, P., Sabine, C., Bala, G., Bopp, L., Brovkin, V., Canadell, J., Chhabra, A., DeFries, R., Galloway, J., Heimann, M., Jones, C., Le Quéré, C., Myneni, R.B., Piao, S., & Thornton, P. (2013). Carbon and other biogeochemical cycles. In T.F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex, & P.M. Midgley (Eds.), *Climate change 2013: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.
5. Climascope (n.d.). *Εκτίμηση κινδύνων*. Retrieved from: [Climascope](https://climascope.eu/). Last accessed: 25/7/2024.
6. Climatedata (2022.). *The challenges for mitigation and adaptation to climate change corresponding to each scenario*. Retrieved from: [Understanding Shared Socio-economic Pathways \(SSPs\) — ClimateData.ca](https://climate-data.org/understanding-shared-socio-economic-pathways-ssps/). Last accessed: 27/5/2023.
7. Climate watch (n.d.). *Historical GHG Emissions*. Climate watch. Retrieved from: https://www.climatewatchdata.org/ghg-emissions?breakBy=gas&chartType=percentage&end_year=2019§ors=total-including-lucf&source=Climate%20Watch&start_year=1990. Last accessed: 7/2023.
8. Copernicus (2021). *Wildfires* [Image]. Retrieved from: <https://climate.copernicus.eu/esotc/2021/wildfires>. Last accessed: 25/7/2024.
9. Copernicus (2023). *Greenhouse gases* [Image]. Copernicus. Retrieved from: <https://www.copernicus.eu/en/media/image/greenhouse-gases>. Last accessed: 25/7/2024.
10. Copernicus (n.d.). *Fire Weather Index* [Image]. Retrieved from: [Fire Weather Index | Copernicus](https://climate.copernicus.eu/esotc/2021/wildfires). Last accessed: 25/7/2024.

11. Ember (2024). Electricity generation from bioenergy – Ember and Energy Institute [Dataset]. With major processing by Our World in Data. Retrieved from: <https://ourworldindata.org/grapher/electricity-prod-source-stacked?stackMode=relative&country=~GRC>. Last accessed: 25/7/2024.
12. EPA (2023). *Understanding global warming potentials*. Retrieved from: <https://www.epa.gov/ghgemissions/understanding-global-warming-potentials>. Last accessed: 25/7/2024.
13. EPA (2024a). *Climate Change Impacts on Agriculture and Food Supply*. Retrieved from: <https://www.epa.gov/climateimpacts/climate-change-impacts-agriculture-and-food-supply>. Last accessed: 25/7/2024.
14. EPA (2024b). Climate change indicators: Ocean acidity [Image]. EPA. Retrieved from: <https://www.epa.gov/climate-indicators/climate-change-indicators-ocean-acidity>. Last accessed: 25/7/2024.
15. European Commission (2023). *Causes of climate change*. Retrieved from: https://climate.ec.europa.eu/climate-change/causes-climate-change_en. Last accessed: 25/7/2024.
16. European Environment Agency (2023). *Water scarcity conditions in Europe (Water exploitation index plus)* [Image] European Environment Agency. Retrieved from: [Water scarcity conditions in Europe \(Water exploitation index plus\) | European Environment Agency's home page \(europa.eu\)](https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/water-scarcity-conditions-in-europe). Last accessed: 25/7/2024.
17. European Environment Agency (2024). *Ocean acidification*. Retrieved from: <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/ocean-acidification?activeAccordion=ecdb3bcf-bbe9-4978-b5cf-0b136399d9f8>. Last accessed 25/7/2024.
18. Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο (2022a). *Αποψίλωση δασών: οι αιτίες και τα μέτρα της ΕΕ για την καταπολέμησή της*. Retrieved from: <https://www.europarl.europa.eu/topics/el/article/20221019STO44561/apopsilosi-dason-oi-aities-kai-ta-metra-tis-ee-gia-tin-katapolemisi-tis>. Last accessed: 25/7/2024.
19. Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο (2022b). *A guide to climate change negotiations*. Retrieved from: [Interactive timeline: a guide to climate change negotiations | European Parliament \(europa.eu\)](https://www.europarl.europa.eu/interactive/timeline/a-guide-to-climate-change-negotiations). Last accessed: 25/7/2024.
20. Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο (2023). *Κυκλική οικονομία: χρησιμοποιήσε το ξανά!* Retrieved from: https://www.europarl.europa.eu/news/el/headlines/economy/20151201STO05603/kukliki-oikonomia-chrisimopoiise-to-xana?&at_campaign=20234-Economy&at_medium=Google_Ads&at_platform=Search&at_creation=RSA&at_goal=TR_G&at_audience=%CE%BA%CF%85%CE%BA%CE%BB%CE%B9%CE%BA%CE%AE%20%CE%BF%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CE%BD%CE%BF%CE%BC%CE%AF%CE%B1&at_topic=Circular_Economy&at_location=GR&gclid=Cj0KCQjw98ujBhCgARIsAD7QeAieF-kHKaN_RKe7JKuF5TKUuKRPFu3Zz3znznc2icbcQLFvDZxjAWMQaAtB-EALw_wcB. Last accessed: 25/7/2024.

21. FAO (2012). *Sustainability pathways: Livestock and landscapes*. Retrieved from: <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/c93da831-30b3-41dc-9e12-e1ae2963abde/content>. Last accessed: 25/7/2024.
22. FAO (2018). *FAO Remote Sensing Survey reveals: Tropical rainforests under pressure as agricultural expansion drives global deforestation*. Retrieved from: [FAO Remote Sensing Survey reveals tropical rainforests under pressure as agricultural expansion drives global deforestation](#). Last accessed: 25/7/2024.
23. FAO (2019). *Land use statistics and indicators*. Retrieved from: [Land use statistics and indicators \(fao.org\)](#). Last accessed: 25/7/2024.
24. FAO (2020). *Global Forest Resources Assessment 2020: Main report*. Rome. <https://doi.org/10.4060/ca9825en>.
25. FAO (2021a). Emissions totals. FAOSTAT. Retrieved from: <https://www.fao.org/faostat/en/#data>. Last accessed: 25/7/2024.
26. FAO (2021b). *Emissions from Livestock*. Retrieved from: [FAOSTAT](#). Last accessed: 25/7/2024.
27. Founda, D., & Santamouris, M. (2017). Synergies between urban heat island and heat waves in Athens (Greece), during an extremely hot summer (2012). *Scientific reports*, 7(1), 10973.
28. Fox-Kemper, B., Hewitt, H. T., Xiao, C., Aðalgeirsdóttir, G., Drijfhout, S. S., Edwards, T. L., Golledge, N. R., Hemer, M., Kopp, R. E., Krinner, G., Mix, A., Notz, D., Nowicki, S., Nurhati, I. S., Ruiz, L., Sallée, J.-B., Slangen, A. B. A., & Yu, Y. (2021). Ocean, cryosphere and sea level change. In V. Masson-Delmotte, P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B. R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, & B. Zhou (Eds.), *Climate change 2021: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 1211-1362). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009157896.011>.
29. Free, C. M., Thorson, J. T., Pinsky, M. L., Oken, K. L., Wiedenmann, J., & Jensen, O. P. (2019). Impacts of historical warming on marine fisheries production. *Science*, 363(6430), 979-983. Retrieved from: <https://doi.org/10.1126/science.aav4288>. Last accessed: 25/7/2024.
30. Global Forest Watch (n.d.). *Forest Monitoring, land use & deforestation trends* [Image]. Retrieved from: <https://www.globalforestwatch.org/>. Last accessed: 25/7/2024.
31. Hawkins, E. (n.d.). Global temperature change [Image]. Show Your Stripes. Retrieved from: <https://showyourstripes.info>. Last accessed: 25/7/2024.
32. ΙΕΠΒΑ (2023). *Δεδομένα Μετεωρολογικού Σταθμού Θησείου* [Image]. Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών. Retrieved from: IERSD-NOA: Weather On-line (Thissio). Last accessed: 25/7/2024.

33. Iglesias, A., Garrote, L., Flores, F., & Moneo, M. (2007). Challenges to manage the risk of water scarcity and climate change in the Mediterranean. *Water resources management*, 21, 775-788.
34. Indiana University (n.d.). *Resilience Cohort* [Image]. Retrieved from: <https://eri.iu.edu/climate-project/resilience-cohort/index.html>. Last accessed: 25/7/2024.
35. Internal Labour Organization (2018). *The employment impact of climate change adaptation*. Retrieved from: [The employment impact of climate change adaptation – Input Document for the G20 Climate Sustainability Working Group \(ilo.org\)](#). Last accessed: 25/7/2024.
36. IPCC (2014a). Climate change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core writing team, R.K. Pachauri, & L.A. Meyer (Eds.)]. IPCC AR5 Synthesis Report website. Retrieved from: [Topic 1: Observed changes and their causes — IPCC](#). Last accessed: 25/7/2024.
37. IPCC (2014b). Summary for policymakers. In O. Edenhofer, R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel, & J. C. Minx (Eds.), *Climate change 2014: Mitigation of climate change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.
38. IPCC (2018): Summary for Policymakers. In: Global Warming of 1.5°C. *An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 3-24. <https://doi.org/10.1017/9781009157940.001>.
39. IPCC (2021). Figure 9.13 in Chapter 9. In: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Fox-Kemper, B., H.T. Hewitt, C. Xiao, G. Aðalgeirsdóttir, S.S. Drijfhout, T.L. Edwards, N.R. Golledge, M. Hemer, R.E. Kopp, G. Krinner, A. Mix, D. Notz, S. Nowicki, I.S. Nurhati, L. Ruiz, J.-B. Sallée, A.B.A. Slangen, and Y. Yu, 2021: Ocean, Cryosphere and Sea Level Change. In *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1211–1362, doi: [10.1017/9781009157896.011](https://doi.org/10.1017/9781009157896.011).

40. IPCC (2022a). Figure 5.2 in Bezner Kerr, R., T. Hasegawa, R. Lasco, I. Bhatt, D. Deryng, A. Farrell, H. Gurney-Smith, H. Ju, S. Lluch-Cota, F. Meza, G. Nelson, H. Neufeldt, and P. Thornton, 2022: Food, Fibre, and Other Ecosystem Products. In: *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (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).
41. IPCC (2022b). Figure 7.7 in Cissé, G., R. McLeman, H. Adams, P. Aldunce, K. Bowen, D. Campbell-Lendrum, S. Clayton, K.L. Ebi, J. Hess, C. Huang, Q. Liu, G. McGregor, J. Semenza, and M.C. Tirado, 2022: Health, Wellbeing, and the Changing Structure of Communities. In: *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 1041–1170, doi: [10.1017/9781009325844.009](https://doi.org/10.1017/9781009325844.009).
42. IPCC (n.d.a.). *Climate change in data* [Image]. Retrieved from: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/resources/climate-change-in-data>. Last accessed: 25/7/2024.
43. IPCC (n.d.b). *IPCC WGI Interactive Atlas: Regional information (Advanced)* [Image]. Retrieved from: [IPCC WGI Interactive Atlas](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/resources/interactive-atlas). Last accessed: 25/7/2024.
44. Jeffries, E., & Campogianni, S. (2021). *The climate change effect in the Mediterranean. Six stories from an overheating sea*. Retrieved from: https://www.wwf.fr/sites/default/files/doc-2021-06/20210607_Rapport_The-Climate-Change-Effect-In-The-Mediterranean-Six-stories-from-an-overheating-sea_WWF-min.pdf. Last accessed: 25/7/2024.
45. Καρτάλης, Κ., Κοκκώσης Χ., Φιλιππόπουλος Κ., Πολύδωρος Α., Λάππα Κ. & Μαυράκου, Θ. (2021). *Ενσωματώνοντας την κλιματική αλλαγή στον μετασχηματισμό του αναπτυξιακού μοντέλου της Ελλάδας*. Retrieved from: https://www.dianeosis.org/wp-content/uploads/2021/11/climate_change_Version_4-11-2021_Upd.pdf. Last accessed: 25/7/2024.
46. Kummu, M., Heino, M., Taka, M., Varis, O., & Vavrioli, D. (2021). Climate change risks pushing one-third of global food production outside the safe climatic space. *One Earth*, 4(5), 720-729.
47. Leidecker, T., Bulman, T., Levin, I., & Blake, H. (2023). *Transitioning to a green economy in Greece*.
48. Mbow, C., Rosenzweig, C., Barioni, L. G., Benton, T. G., Herrero, M., Krishnapillai, M., ... & Xu, Y. (2019). Food security. In P. R. Shukla, J. Skea, E. C. R. W. S. and S. P. (Eds.), *Climate Change and Land: An IPCC Special Report on Climate Change, Desertification, Land*

Degradation, Sustainable Land Management, Food Security, and Greenhouse Gas Fluxes in Terrestrial Ecosystems (pp. 437-550). IPCC. Retrieved from https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/11/08_Chapter-5.pdf. Last accessed: 25/7/2024.

49. NASA (n.d.). *What is Greenhouse effect?* [Image] Retrieved from: [What Is the Greenhouse Effect? | NASA Climate Kids](#). Last accessed: 25/7/2024.
50. NASA Earth Observatory (2022). *Tracking 30 years of sea level rise* [Image]. NASA Earth Observatory. Retrieved from: <https://earthobservatory.nasa.gov/images/150192/tracking-30-years-of-sea-level-rise>. Last accessed: 25/7/2024.
51. NOAA-NCEI (2024) *Climate at a Glance: Global Time Series* [Image]. Retrieved from: <https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/climate-at-a-glance/global/time-series>. Last accessed: 25/07/2024.
52. NOAA (2022). *Spring snow cover in the Northern Hemisphere* [Image]. NOAA Climate.gov. Retrieved from: <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-spring-snow-cover-northern-hemisphere>. Last accessed: 25/7/2024.
53. OECD (2020). *Greece Highlights 2020* [Image]. OECD Environmental Performance Reviews. Retrieved from: [OECD-EPR-Greece-2020-Highlights-English.pdf](#) (ypen.gov.gr). Last accessed: 25/7/2024.
54. Oke, T. R., Mills, G., Christen, A., & Voogt, J. A. (2017). *Urban climates*. Cambridge University Press.
55. Our world in data (2015). *Annual deforestation* [Image], 2015. Retrieved from: [Annual deforestation, 2015 \(ourworldindata.org\)](#). Last accessed: 25/7/2024.
56. Πυροσβεστικό Σώμα Ελλάδας (n.d.). Ανοικτά δεδομένα. Πυροσβεστική Υπηρεσία. Retrieved from: <https://www.fireservice.gr/el/anoichta-dedomena>. Last accessed: 25/7/2024.
57. Pendrill, F., Persson, U. M., Godar, J., & Kastner, T. (2019). Deforestation displaced: Trade in forest-risk commodities and the prospects for a global forest transition. *Environmental Research Letters*, 14(5), 055003.
58. Ritchie, H., Rosado, P., & Roser, M. (2020a). *Breakdown of carbon dioxide, methane and nitrous oxide emissions by sector*. Our World in Data. Retrieved from: <https://ourworldindata.org/emissions-by-sector>. Last accessed: 25/7/2024.
59. Ritchie, H., Rosado, P. & Roser, M. (2020b). *Greenhouse gas emissions* [Image]. Our World in Data. Retrieved from: [Greenhouse gas emissions - Our World in Data](#) Last accessed: 25/7/2024.
60. Ritchie, H., & Roser, M. (2021). *Forest area* [Image]. Our World in Data. Retrieved from: <https://ourworldindata.org/forest-area>. Last accessed: 25/7/2024.

61. Schmidt, G. (2020). *Study confirms climate models are getting future warming projections right* [Image]. NASA Science. Retrieved from: <https://science.nasa.gov/earth/climate-change/study-confirms-climate-models-are-getting-future-warming-projections-right/>. Last accessed: 25/7/2024.
62. Schmunk, B., R. (2023). *Global Temperature Anomalies from 1880 to 2022 - NASA's Scientific Visualization Studio*. Retrieved from: [NASA SVS | Global Temperature Anomalies from 1880 to 2022](#). Last accessed: 25/7/2024.
63. Seneviratne, S.I., Zhang, X., Adnan, M., Badi, W., Dereczynski, C., Di Luca, A., Ghosh, S., Iskandar, I., Kossin, J., Lewis, S., Otto, F., Pinto, I., Satoh, M., Vicente-Serrano, S. M., Wehner, M. & Zhou, B. (2021). *Weather and Climate Extreme Events in a Changing Climate*. In Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1513–1766, doi: [10.1017/9781009157896.013](https://doi.org/10.1017/9781009157896.013).
64. Smith, C., Nicholls, Z.R.J., Armour, K., Collins, W., Forster, P., Meinshausen, M., Palmer, M.D., & Watanabe, M. (2021). The Earth's energy budget, climate feedbacks, and climate sensitivity supplementary material. In V. Masson-Delmotte, P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, & B. Zhou (Eds.), *Climate change 2021: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Retrieved from: <https://www.ipcc.ch>. Last accessed: 25/7/2024.
65. Thiault, L., Mora, C., Cinner, J. E., Cheung, W. W., Graham, N. A., Januchowski-Hartley, F. A., ... & Claudet, J. (2019). Escaping the perfect storm of simultaneous climate change impacts on agriculture and marine fisheries. *Science Advances*, 5(11), Retrieved from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6881155/s>.
66. United Nations (2023). *Ozone layer recovery is on track, due to success of Montreal Protocol*. UN News. Retrieved from: <https://news.un.org/en/story/2023/01/1132277>. Last accessed: 25/7/2024.
67. University of California (n.d.). *What is Climate Justice?* Retrieved from: [What is Climate Justice? - UC Center for Climate Justice \(universityofcalifornia.edu\)](#). Last accessed: 25/7/2024.
68. University of Cambridge (2014). *Climate Change: Implications for Tourism*. Retrieved from: [Template - Tourism v6.indd \(cam.ac.uk\)](#). Last accessed: 25/7/2024.
69. U.S. Forest Service (n.d.). *Fire Adapted Communities*. U.S. Department of Agriculture. Retrieved from: <https://www.fs.usda.gov/managing-land/fire/fac>. Last accessed: 25/7/2024.

70. Vaughan, D. G., Comiso, J. C., Allison, I., Carrasco, J., Kaser, G., Kwok, R., Mote, P., Murray, T., Paul, F., Ren, J., Rignot, E., Solomina, O., Steffen, K., & Zhang, T. (2013). Observations: Cryosphere. In T. F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex, & P. M. Midgley (Eds.), *Climate change 2013: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.
71. Watson, R. T., Meira Filho, L. G., Sanhueza, E., & Janetos, A. (1992). Greenhouse gases: sources and sinks. *Climate change*, 92, 25-46.
72. Wise Freshwater (2023). *Water resources of Europe* [Image]. Retrieved from: [Water resources of Europe \(europa.eu\)](https://waterresourcesofeurope.europa.eu). Last accessed: 25/7/2024.
73. Woodward, A., Smith, K. R., Campbell-Lendrum, D., Chadee, D. D., Honda, Y., Liu, Q., ... & Haines, A. (2014). Climate change and health: on the latest IPCC report. *The Lancet*, 383(9924), 1185-1189.
74. World Glacier Monitoring Service (WGMS), (2023). *Global Glacier Change Bulletin No. 5 (2020-2021)*. Zemp, M., Gärtner-Roer, I., Nussbaumer, S.U., Welty, E.Z., Dussaillant, I., and Bannwart, J. (eds.), ISC(WDS)/IUGG(IACS)/UNEP/UNESCO/WMO, World Glacier Monitoring Service, Zurich, Switzerland, 134 pp., publication based on database version: doi:10.5904/wgms-fog-2023-09. Retrieved from: <https://wgms.ch/global-glacier-state/>. Last accessed: 25/7/2024.
75. WWF (2023). *Risk filter suite* [Image]. WWF Water Risk Filter. Retrieved from: [WWF Water Risk Filter - Scenarios Maps](https://www.wwf.org.uk/our-work/our-approaches/our-approaches-to-risk). Last accessed: 25/7/2024.

