

ΚΛΙΜΑΤΟΠΙΑ: ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΑΥΤΟΚΑΘΟΔΗΓΟΥΜΕΝΗΣ ΜΑΘΗΣΗΣ



CLIMATOPIA



Με τη συγχρηματοδότηση
της Ευρωπαϊκής Ένωσης

Με τη χρηματοδότηση της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Οι απόψεις και οι γνώμες που διατυπώνονται εκφράζουν αποκλειστικά τις απόψεις των συντακτών και δεν αντιπροσωπεύουν κατ'ανάγκη τις απόψεις της Ευρωπαϊκής Ένωσης ή του Ευρωπαϊκού Εκτελεστικού Οργανισμού Εκπαίδευσης και Πολιτισμού (ΕΑΣΕΑ). Η Ευρωπαϊκή Ένωση και ο ΕΑΣΕΑ δεν μπορούν να θεωρηθούν υπεύθυνοι για τις εκφραζόμενες απόψεις.

Τίτλος Έργου: «Κόμικς, Λογοτεχνία και Παιχνίδι για την Κλιματική Αλλαγή στη Δευτεροβάθμια/Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση»

Ακρωνύμιο: CLIMATORIA

Κωδικός Έργου: 2021-1-LV01-KA220-SCH-000032830

Δήλωση Αποποίησης Ευθύνης

Με τη χρηματοδότηση της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Οι απόψεις και οι γνώμες που διατυπώνονται εκφράζουν αποκλειστικά τις απόψεις των συντακτών και δεν αντιπροσωπεύουν κατ'ανάγκη τις απόψεις της Ευρωπαϊκής Ένωσης ή του Ευρωπαϊκού Εκτελεστικού Οργανισμού Εκπαίδευσης και Πολιτισμού (ΕΑΕΑ). Η Ευρωπαϊκή Ένωση και ο ΕΑΕΑ δεν μπορούν να θεωρηθούν υπεύθυνοι για τις εκφραζόμενες απόψεις.

Άδεια Χρήσης

Ανθρώπινες Ανάγκες και Στρατηγικές Εκπλήρωσής τους για Αυτοκατευθυνόμενους Αυτόνομους Μαθητές. Κεφάλαιο 3: Δραστηριότητες, από τη σύμπραξη Climatoria, διατίθεται με άδεια χρήσης Αναφορά Δημιουργού - Μη Εμπορική Χρήση - Παρόμοια Διανομή 4.0 Διεθνές (CC BY-NC-SA 4.0).

Για να δείτε ένα αντίγραφο αυτής της άδειας, επισκεφθείτε τη διεύθυνση

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.el>

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Κεφάλαιο 1: Βασικές επιστημονικές έννοιες σχετικά με την κλιματική αλλαγή

1. ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΚΑΙ ΑΙΤΙΟΛΟΓΗΣΗ	5
1.1 Γιατί υπάρχει ανάγκη να μάθουμε και να διδάξουμε για την κλιματική αλλαγή....	5
1.2 Συντονισμός της επιστημονικής προσπάθειας για τη μελέτη της κλιματικής αλλαγής	7
1.3 Συνοπτική επιστημονική τεκμηρίωση της κλιματικής αλλαγής	9
1.4 Μπορούμε να καταπολεμήσουμε την κλιματική αλλαγή;	12
2. Ιστορικές μεταβολές του κλίματος και φυσικά αίτια	14
2.1 Οι επιπτώσεις των κύκλων Milankovitch στο κλίμα της Γης.....	14
2.2 Η επίδραση της ηλιακής μεταβλητότητας	16
2.3 Επίδραση των ηφαιστειών	17
3. Βασικές πληροφορίες για την κλιματική αλλαγή	20
3.1 Διαφορές μεταξύ των εννοιών καιρού και κλίματος.....	20
3.2 Τι είναι το φυσικό φαινόμενο του θερμοκηπίου;.....	21
Επεξήγηση του μηχανισμού	21
3.3 Τι είναι το ενισχυμένο φαινόμενο του θερμοκηπίου;.....	22
3.4 Η υπερθέρμανση του πλανήτη έναντι της κλιματικής αλλαγής.....	23
Αέρια θερμοκηπίου: σύντομη περιγραφή.....	23
Πώς μετράμε τα αέρια του θερμοκηπίου	26
Αποτύπωμα άνθρακα	29
3.5 Πώς κάνουμε μελλοντικές προβλέψεις για την κλιματική αλλαγή;	30
Σενάρια εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου: μοτίβα μελλοντικών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου	32
4. Ποιες είναι οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής;	35
4.1 Οικοσυστήματα και βιοποικιλότητα.....	35
4.2 Ακραία καιρικά φαινόμενα.....	36
4.3 Διατροφικά συστήματα, επισιτιστική ασφάλεια και δασοκομία	37
4.4 Συστήματα ύδρευσης και ασφάλεια νερού	37
4.5 Υγεία και καλή διαβίωση	38
4.6 Μετανάστευση και εκτόπιση πληθυσμών	39

4.7 Τρωτότητα πληθυσμών	40
4.8 Πόλεις, οικισμοί και υποδομές	40
4.9 Οικονομικές απώλειες.....	41
Ποιες αλλαγές αναμένονται στο μέλλον;	43
5. Προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή	45
6. Παραδείγματα τρόπων προσαρμογής της κλιματικής κρίσης	46
7. Μετριασμός της κλιματικής αλλαγής.....	48
Ενέργειες για τον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής.....	48
Κεφάλαιο 2: Οδηγίες για το πώς να συνεχίσετε το κόμικ.....	51
Κεφάλαιο 3: Ανοιχτοί εκπαιδευτικοί πόροι για τη δημιουργία κόμικς	55

Κεφάλαιο 1: Βασικές επιστημονικές έννοιες σχετικά με την κλιματική αλλαγή

Δρ. ΔΙΑΜΑΝΤΩ ΒΛΑΧΟΓΙΑΝΝΗ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ «ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ»

1. ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΚΑΙ ΑΙΤΙΟΛΟΓΗΣΗ

1.1 Γιατί υπάρχει ανάγκη να μάθουμε και να διδάξουμε για την κλιματική αλλαγή

Το κλίμα της Γης είναι ένα πολύπλοκο δυναμικό σύστημα, δηλαδή ένα σύστημα το οποίο τοπικά μεταβάλλεται με τον χρόνο. Διαφορετικές διεργασίες (ατμοσφαιρικές, ωκεάνιες, βιολογικές, γεωλογικές κ.λπ.) συνδέουν μεταξύ τους έναν τεράστιο αριθμό υποσυστημάτων, που όλα μαζί συμμετέχουν στη δημιουργία του κλίματος και προκαλούν τις διακυμάνσεις και μεταβολές του. Σύμφωνα με τη διεθνή επιστημονική έρευνα που έχει οικοδομηθεί τις τελευταίες δεκαετίες και τη συναίνεση δημοσιευμένων, αξιολογημένων μελετών από ερευνητικές ομάδες σε όλο τον κόσμο, υπάρχει ένα σημαντικό σύνολο ανεξάρτητων στοιχείων τα οποία αποδεικνύουν ότι η **ανθρωπογενής κλιματική αλλαγή** λαμβάνει χώρα. Το κλίμα είναι ζωτικής σημασίας, ως εκ τούτου, είναι απαραίτητο για όλους μας να έχουμε ακριβή κατανόηση των πορισμάτων της κλιματικής επιστήμης: **η κλιματική αλλαγή είναι ένα από τα πιο κρίσιμα ζητήματα του 21ου αιώνα**. Είναι σημαντικό να γνωρίζουμε τι συμβαίνει με το τοπικό και το παγκόσμιο κλίμα χρησιμοποιώντας σταθμούς παρακολούθησης, δορυφόρους και κατάλληλα επιστημονικά εργαλεία για να δούμε πόσο καλά ανταποκρίνονται οι πολιτικές μετριασμού του κλίματος.

Η κλιματική αλλαγή θεωρείται ένα ιδιαίτερα διεπιστημονικό πεδίο μελέτης. Η αναγνώριση της πολυπλοκότητας της κλιματικής αλλαγής και η ανάγκη για την εξεύρεση βιώσιμων λύσεων μέσω της αντιμετώπισης του προβλήματος με βαθύτερη, συγκεκριμένη και εφαρμόσιμη γνώση απαιτεί συνεργασία μεταξύ των επιστημονικών κλάδων των φυσικών, κοινωνικών και ανθρωπιστικών επιστημών. Υπάρχει, ωστόσο, επιστημονική αβεβαιότητα για αμέτρητες λεπτομέρειες, όπως οι ρυθμοί αλλαγής και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των διαφορετικών παραγόντων που συνθέτουν το κλιματικό σύστημα, όμως αυτή είναι η φύση της έρευνας για όλα τα πολύπλοκα συστήματα, η οποία είναι σημαντικό να κατανοηθεί ως

μια πτυχή των επιστημονικών πρακτικών. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο η γνώση για το κλίμα και τις αλλαγές του επικαιροποιείται συνεχώς με βάση τα νέα επιστημονικά ευρήματα. Θα πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι αυτά που γνωρίζουμε σήμερα ξεπερνούν κατά πολύ αυτά που γνωρίζαμε πριν από δέκα ή ακόμη και πέντε χρόνια.

Η επιστήμη καθιστά σαφές ότι η κλιματική αλλαγή είναι το μεγαλύτερο ζήτημα που αντιμετωπίζει η κοινωνία σήμερα. Μια υγιής κοινωνία εξαρτάται από ένα αρκετά σταθερό κλίμα, βιώσιμα οικοσυστήματα, παροχή ενέργειας και νερού, καθαρά θαλάσσια ύδατα για αλιευτικά προϊόντα, καθώς και καλής ποιότητας έδαφος για γεωργική παραγωγή. Όλοι αυτοί οι τομείς είναι αλληλένδετοι, ενώ το κλίμα αποτελεί καθοριστικό στοιχείο για τη διασφάλιση της βιωσιμότητάς τους. Ως εκ τούτου, η αλλαγή του κλίματος θα έχει δυσμενείς αλυσιδωτές επιπτώσεις για ένα μεγάλο μέρος του πλανήτη. Για παράδειγμα, τα όλο και πιο συχνά ακραία καιρικά φαινόμενα θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε μεγαλύτερη επισιτιστική ανασφάλεια και αναγκαστική μετακίνηση ανθρώπων, με επακόλουθες επιπτώσεις σε ολόκληρες περιοχές και στην παγκόσμια οικονομία. Επίσης, οι επιπτώσεις δεν περιορίζονται στον ευάλωτο τόπο όπου συμβαίνουν. Προκαλούν μια αλληλουχία κλιματικών κινδύνων που έχουν παγκόσμιο χαρακτήρα ή τουλάχιστον καλύπτουν εκτεταμένες περιοχές (π.χ. πλημμύρες, ξηρασίες, πυρκαγιές).

Οι επιπτώσεις των κλιματικών κινδύνων και η ικανότητά μας να τις αντιμετωπίσουμε, θα εξαρτηθούν από την ανθεκτικότητα ή την ευπάθεια των κοινωνιών μας. Οι κλιματικοί κίνδυνοι θα επηρεάσουν τις κοινωνίες σε διαφορετικό βαθμό, καθώς υπάρχουν σαφώς ανθεκτικές και ευάλωτες περιοχές στον κόσμο. Οι πλουσιότερες χώρες, συμπεριλαμβανομένων των ευρωπαϊκών κρατών, θα μπορούσαν να διαχειριστούν εύκολα ένα πλημμυρικό φαινόμενο αποφεύγοντας μόνιμες επιπτώσεις στην τοπική γεωργία και τον εφοδιασμό τροφίμων. Στην ίδια κατεύθυνση, τα προηγμένα συστήματα άρδευσης και οι υποδομές ύδρευσης διευκολύνουν την αντιστάθμιση των χαμηλών βροχοπτώσεων κατά τη διάρκεια περιόδων ξηρασίας. Επίσης, μια ανεπτυγμένη χώρα μπορεί να αντιμετωπίσει ένα χτύπημα μιας κλιματικής επίπτωσης όπως η ξηρασία. Από την άλλη πλευρά, οι λιγότερο ανεπτυγμένες χώρες δεν μπορούν εύκολα να αντιμετωπίσουν μια ξηρασία που προκαλεί αποτυχία των καλλιεργειών, διαταραχή του εφοδιασμού με τρόφιμα και αύξηση της φτώχειας. Ως εκ τούτου, περισσότεροι άνθρωποι αδυνατούν να ανταπεξέλθουν, επιβαρύνοντας περαιτέρω τους πόρους, πράγμα που σημαίνει ότι οι ευάλωτες κοινότητες γίνονται ακόμη πιο ευάλωτες, δημιουργώντας έναν φαύλο κύκλο. Ένα τέτοιο αποτέλεσμα δεν περιορίζεται εντός της ευάλωτης περιοχής, αλλά μπορεί να διαπεράσει τα σύνορα και τα

κράτη, δημιουργώντας συγκρούσεις, διαταράσσοντας τις χρηματοπιστωτικές αγορές και το διεθνές εμπόριο και προκαλώντας μετανάστευση πληθυσμών¹.

Από τα παραπάνω συμπεραίνεται ότι είναι επιτακτική ανάγκη η νέα γενιά να προετοιμαστεί με τις γνώσεις και τα εργαλεία κριτικής σκέψης που θα χρειαστεί για να αντιμετωπίσει αυτό το αναπόφευκτο πρόβλημα της κλιματικής αλλαγής και των επιπτώσεών της. Η εκπαίδευση αποτελεί ουσιαστικό παράγοντα στον όλο και πιο επείγοντα παγκόσμιο αγώνα κατά της κλιματικής αλλαγής. Οι γνώσεις σχετικά με την κλιματική αλλαγή που προσφέρονται μέσα από την εκπαίδευση στους νεότερους μπορούν:

1) Να τους βοηθήσουν να κατανοήσουν την έκταση του προβλήματος και να αντιμετωπίσουν τις συνέπειες της υπερθέρμανσης του πλανήτη.

2) Να τους ενθαρρύνουν να αλλάξουν τις καθημερινές τους δραστηριότητες και τον τρόπο ζωής τους για να μετριάσουν τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής.

3) Να τους παροτρύνουν να προσαρμοστούν σε αυτό που είναι ήδη μια παγκόσμια κατάσταση έκτακτης ανάγκης.

Επιπλέον, η εκπαίδευση για το κλίμα είναι ενθαρρυντική για τους μαθητές, καθώς τους βοηθά να διερευνήσουν τη διασύνδεση μεταξύ των τοπικών γεγονότων και των παγκόσμιων επιπτώσεων, να διαπλέξουν τις γνώσεις από διάφορα επιστημονικά αντικείμενα και να αναλογιστούν την ευρύτερη εικόνα της κατάστασης του περιβάλλοντος στο μέλλον. Η εκπαίδευση της νέας γενιάς με τη διδασκαλία της επιστήμης του κλίματος στα σχολεία και η ευαισθητοποίηση σχετικά με την κλιματική αλλαγή είναι ένα σημαντικό βήμα για την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής τα επόμενα χρόνια. Επίσης, η νέα γενιά του σήμερα θα γίνει ο φορέας λήψης αποφάσεων και χάραξης πολιτικής στο άμεσο μέλλον.

1.2 Συντονισμός της επιστημονικής προσπάθειας για τη μελέτη της κλιματικής αλλαγής

Η κλιματική αλλαγή αντιμετωπίζεται από διεθνείς οργανισμούς και συμφωνίες που δείχνουν σαφώς την επείγουσα ανάγκη για άμεση δράση από όλα τα κράτη παγκοσμίως. Αυτές οι διεθνείς συνθήκες αποσκοπούν στην ευαισθητοποίηση του κοινού για την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής. Περισσότερες πληροφορίες σχετικά με αυτές παρέχονται παρακάτω:

Η Σύμβαση-πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την κλιματική αλλαγή², United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), που υπογράφηκε το 1992 και

¹<https://www.chathamhouse.org/2021/10/which-near-term-impacts-climate-change-are-most-worrying>

επικυρώθηκε από 197 χώρες, αποτελεί την πρώτη συμφωνία για το κλίμα. Η Σύμβαση θέσπισε τη Διάσκεψη των Συμβαλλομένων Κρατών-Μερών (γνωστή ως COP), τη γραμματεία και επικουρικά όργανα, που επιβλέπουν την εφαρμογή της Σύμβασης και των συναφών μέσων στο πλαίσιο της εντολής της. Οι διασκέψεις των Κρατών-Μερών πραγματοποιούνται κάθε δύο χρόνια, για να αξιολογηθεί η πρόοδος στην αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και να ανανεωθεί η αλληλεγγύη μεταξύ των χωρών στην προσπάθεια αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής. Η UNFCCC έχει θεσπίσει μια διαδικασία για τις χώρες να αναρτούν και να μοιράζονται δεδομένα σχετικά με την παραγωγή των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.

Το Πρωτόκολλο του Κιότο³ είναι το πρώτο σύνολο διεθνών κανόνων που σχεδιάστηκε για την εφαρμογή της UNFCCC. Το Κιότο είναι το όνομα της ιαπωνικής πόλης, στην οποία έγινε η διαπραγμάτευση του πρωτοκόλλου, αλλά πλέον χρησιμοποιείται συνήθως στις συζητήσεις για την κλιματική αλλαγή για να αναφερθεί στο ίδιο το πρωτόκολλο. Το Πρωτόκολλο του Κιότο τέθηκε σε ισχύ μετά την επικύρωσή του από τη Ρωσία τον Φεβρουάριο του 2005 και δεσμεύει τις βιομηχανικές χώρες και τις οικονομίες σε μετάβαση, να περιορίσουν και να μειώσουν τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου σύμφωνα με τους συμφωνημένους στόχους.

Η Συμφωνία του Παρισιού⁴ (**Paris Agreement**) είναι η πρώτη νομικά δεσμευτική παγκόσμια συνθήκη για την κλιματική αλλαγή, η οποία συμφωνήθηκε στο Παρίσι το 2015 από 196 Κράτη-Μέρη και τέθηκε σε ισχύ τον Νοέμβριο του 2016. Η Συμφωνία του Παρισιού έχει μια προσέγγιση "από κάτω προς τα πάνω", όπου οι χώρες αποφασίζουν μεμονωμένα κατά πόσο θα μειώνουν τις εθνικές τους εκπομπές κάθε χρόνο. Φιλοδοξεί να περιορίσει την υπερθέρμανση του πλανήτη σε επίπεδα πολύ κάτω των 2 βαθμών Κελσίου, κατά προτίμηση στους 1,5 βαθμούς Κελσίου, σε σύγκριση με τα προβιομηχανικά επίπεδα. Οι χώρες, που υπέγραψαν τη Συμφωνία του Παρισιού, δεσμεύονται να ευθυγραμμίσουν τις χρηματοδοτικές ροές με "μια πορεία προς χαμηλές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και ανάπτυξη ανθεκτική στην κλιματική αλλαγή".

Ο Παγκόσμιος Μετεωρολογικός Οργανισμός (ΠΜΟ) (World Meteorological Organisation-WMO), ως εξειδικευμένος οργανισμός των Ηνωμένων Εθνών, είναι αφιερωμένος στον διεθνή συντονισμό και τη συνεργασία των Κρατών-Μερών σχετικά με την κατάσταση της ατμόσφαιρας της Γης, την αλληλεπίδρασή της με την ξηρά και τους ωκεανούς, τον καιρό και το κλίμα, καθώς και την κατανομή των υδάτινων πόρων. Εδρεύει στη Γενεύη και έχει μέλη όλες σχεδόν τις χώρες του κόσμου. Αποστολή του ΠΜΟ είναι η συνεχής παρακολούθηση του καιρού μέσω ενός ολοκληρωμένου δικτύου παρατηρήσεων

² <https://www.iccwbo.gr/news-media/press/283->

³ <https://ypen.gov.gr/perivallon/klimatiki-allagi/diethneis-diapragmatefseis/protokollo-tou-kyoto/>

⁴ <https://eur-lex.europa.eu/content/paris-agreement/paris-agreement.html?locale=el>

μετεωρολογικών οργάνων καθώς και η διευκόλυνση της συντήρησης κέντρων διαχείρισης δεδομένων και τηλεπικοινωνιακών συστημάτων, για την παροχή και την ταχεία ανταλλαγή δεδομένων σχετικά με τον καιρό, το κλίμα και τα ύδατα.

Ο ΠΜΟ αναφέρει μετεωρολογικά γεγονότα, που βασίζονται σε στοιχεία παρατήρησης σχετικά με την κατάσταση του κλίματος και τις αλλαγές του, στους φορείς λήψης αποφάσεων, ενώ ο οργανισμός **Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή (Intergovernmental Panel on Climate Change-IPCC)**, ο οποίος είναι η κορυφαία επιστημονική αρχή στον κόσμο για την κλιματική αλλαγή, τις συμπληρώνει με επιστημονικές εκθέσεις που βασίζονται σε επικαιροποιημένες επιστημονικές πληροφορίες.

1.3 Συνοπτική επιστημονική τεκμηρίωση της κλιματικής αλλαγής

Τα επιστημονικά δεδομένα που λαμβάνονται από φυσικές πηγές (όπως πυρήνες πάγου, πετρώματα και δακτύλιοι δέντρων) και από σύγχρονο εξοπλισμό (όπως δορυφόροι και όργανα) αποκαλύπτουν τα σημάδια της αλλαγής του κλίματος. Σύμφωνα με την τελευταία επιστημονική έκθεση της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC -AR6⁵), ορισμένα παρατηρούμενα στοιχεία για την αλλαγή του κλίματος θα μπορούσαν να συνοψιστούν στα ακόλουθα:

1. Το κλίμα της Γης έχει αλλάξει καθ' όλη τη διάρκεια της ιστορίας της αλλά η σημερινή αύξηση της θερμοκρασίας συμβαίνει με ένα ρυθμό που δεν έχει παρατηρηθεί τα τελευταία 10.000 χρόνια! Κάθε μία από τις τελευταίες τέσσερις δεκαετίες ήταν διαδοχικά θερμότερη από οποιαδήποτε προηγούμενη δεκαετία από το 1850. **Η Παγκόσμια Μέση Θερμοκρασία της επιφάνειας της Γης (ΠΜΘ) αυξάνεται.** Είναι ένας παγκόσμιος μέσος όρος που καλύπτει τις ακραίες διακυμάνσεις των θερμοκρασιών σε διάφορες περιοχές και εποχές. Το 2021, η ΠΜΘ ήταν κατά $1,11^{\circ} \pm 0,13^{\circ}\text{C}$ (βαθμούς Κελσίου) θερμότερη από την προβιομηχανική περίοδο αναφοράς (1850-1900). Το μεγαλύτερο μέρος της αύξησης της θερμοκρασίας σημειώθηκε τα τελευταία 40 χρόνια.

Η ΠΜΘ μετράται χρησιμοποιώντας έναν συνδυασμό της θερμοκρασίας του αέρα στην ξηρά και της θερμοκρασίας της επιφάνειας της θάλασσας στις περιοχές των ωκεανών, η οποία συνήθως εκφράζεται ως «ανωμαλία» από μια περίοδο βάσης.

⁵ IPCC, 2022: *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. Lössche, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 3056 pp., doi:10.1017/9781009325844.

2. Οι ατμοσφαιρικές συγκεντρώσεις των αερίων του θερμοκηπίου - κυρίως του διοξειδίου του άνθρακα, CO_2 , του μεθανίου, CH_4 , του υποξειδίου του αζώτου, N_2O , των χλωροφθορανθράκων, CFC , του όζοντος, O_3 , και των υδρατμών, H_2O - αντανακλούν το σύνολο των εκπομπών από τη φύση (βιογενείς) και τις ανθρώπινες δραστηριότητες (ανθρωπογενείς), τις πηγές και τις απορροφήσεις από φυσικές διεργασίες, γνωστές και ως καταβόθρες. Η αύξηση των επιπέδων των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα λόγω των ανθρώπινων δραστηριοτήτων αποτελεί σημαντικό παράγοντα της κλιματικής αλλαγής, διότι αυξάνουν την παγκόσμια μέση θερμοκρασία. Τα χερσαία οικοσυστήματα και οι ωκεανοί απορροφούν περίπου το ήμισυ του CO_2 που εκπέμπεται και λειτουργούν ως ρυθμιστές (καταβόθρες) έναντι ακόμη μεγαλύτερης αύξησης της θερμοκρασίας. Υπάρχει όμως ο κίνδυνος αυτές οι καταβόθρες να είναι ίσως λιγότερο αποτελεσματικές στο μέλλον.

Το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) είναι το πιο διαδεδομένο αέριο του θερμοκηπίου και η ατμοσφαιρική του συγκέντρωση μετράται σε μέρη ανά εκατομμύριο ατμοσφαιρικών σωματιδίων (parts per million - ppm). Το μεθάνιο (CH_4) και το υποξείδιο του αζώτου (N_2O) είναι επίσης εξαιρετικά σημαντικά για το παγκόσμιο κλίμα και μετριοούνται με βάση τα μέρη ανά δισεκατομμύριο ατμοσφαιρικών σωματιδίων (parts per billion - ppb).

Επί του παρόντος, οι παρατηρούμενες (μετρούμενες) συγκεντρώσεις και οι αυξήσεις των αερίων του θερμοκηπίου είναι οι ακόλουθες:

- CO_2 : **418.81ppm = 150% των προβιομηχανικών επιπέδων** [Για χιλιετίες, το CO_2 δεν ξεπέρασε ποτέ τα ~300 ppm].

- CH_4 : **1889±2 ppb = 262% των προβιομηχανικών επιπέδων**

- N_2O : **333,2±0,1 ppb = 123% των προβιομηχανικών επιπέδων.**

3. Η βροχόπτωση πάνω από τα κανονικά επίπεδα που παρατηρείται σε διάφορες περιοχές. Πρόσφατα, μεγάλες περιοχές με βροχοπτώσεις πάνω από το κανονικό ταυτοποιήθηκαν να είναι η Ανατολική Ευρώπη, η Νοτιοανατολική Ασία, περιοχές της βόρειας περιοχής της Νότιας Αμερικής και της νοτιοανατολικής Βόρειας Αμερικής. Από την άλλη, οι περιοχές με έλλειμμα βροχόπτωσης βρέθηκαν να είναι η νοτιοδυτική Ασία και η Μέση Ανατολή, τμήματα της νότιας Αφρικής, νότια τμήματα της Νότιας Αμερικής και η κεντρική Βόρεια Αμερική.

4. Οι καύσωνες, που είναι ακραία καιρικά φαινόμενα, έχουν γίνει πιο συχνά και πιο έντονοι στις περισσότερες αγροτικές περιοχές από τη δεκαετία του 1950, ενώ τα **ακραία φαινόμενα ψύχους** εμφανίζονται λιγότερο συχνά και λιγότερο έντονα.

5. Υπάρχουν σημαντικές ενδείξεις ότι οι σημαντικοί τροπικοί κυκλώνες (κατηγορία 3 έως 5) έχουν αυξηθεί σε παγκόσμιο επίπεδο τις τελευταίες τέσσερις δεκαετίες.

6. Ο πάγος στην επιφάνεια της Γης περιλαμβάνει τους **θαλάσσιους πάγους, τους παγετώνες και τα ηπειρωτικά στρώματα πάγου**, τα οποία συνολικά συγκρατούν περίπου το 2% του νερού στη Γη. Οι επιστήμονες αναφέρονται σε αυτό το σύστημα συνολικά ως κρούσφαιρα. Η υπερθέρμανση του πλανήτη προκαλεί το λιώσιμο των πάγων. Και τα δύο μεγάλα στρώματα πάγου της Γροιλανδίας και της Ανταρκτικής χάνουν μάζα πάγου τουλάχιστον από το 1990, με τον υψηλότερο ρυθμό απώλειας κατά την τελευταία δεκαετία (2010-2019). Επίσης, οι θαλάσσιοι πάγοι της Αρκτικής μειώνονται. Τόσο η έκταση όσο και το πάχος των θαλάσσιων πάγων της Αρκτικής έχουν μειωθεί ραγδαία τις τελευταίες δεκαετίες. Η μείωση ήταν 40% τον Σεπτέμβριο και 10% τον Μάρτιο.

7. Το σύνολο των δεδομένων συμφωνούν ότι οι **ρυθμοί θέρμανσης των ωκεανών** παρουσιάζουν ιδιαίτερα έντονη αύξηση τις τελευταίες δύο δεκαετίες. Από το 1969, τα 100 ανώτερα μέτρα των ωκεανών παρουσιάζουν αύξηση της θερμοκρασίας κατά 0,33 βαθμούς Κελσίου. Οι ωκεανοί καλύπτουν περίπου το 70% της επιφάνειας της Γης. Οι ωκεανοί έχουν μεγάλο ρόλο στο περιβάλλον της Γης και στο παγκόσμιο κλίμα. Καθώς η ατμόσφαιρα της Γης θερμαίνεται, το νερό στους ωκεανούς απορροφά ενέργεια (θερμότητα) και τη διανέμει πιο ομοιόμορφα στον πλανήτη, στα διαφορετικά μέρη του κόσμου και στην ατμόσφαιρα, μέσω κινήσεων που είναι γνωστές ως ωκεάνια ρεύματα. Οι ωκεανοί απορροφούν επίσης διοξείδιο του άνθρακα από την ατμόσφαιρα της Γης. Η πρόσθετη θερμότητα και το διοξείδιο του άνθρακα στους ωκεανούς μπορούν να αλλάξουν το περιβάλλον της πανίδας και της χλωρίδας της θάλασσας. Τα ανώτερα μέτρα των ωκεανών (κοντά στην επιφάνεια) αποθηκεύουν τόση θερμότητα όση ολόκληρη η ατμόσφαιρα της Γης. Έτσι, καθώς ο πλανήτης θερμαίνεται, οι ωκεανοί είναι αυτοί που λαμβάνουν το μεγαλύτερο μέρος της επιπλέον ενέργειας. Περισσότερο από το 90% της υπερθέρμανσης του πλανήτη καταλήγει στους ωκεανούς. Το θερμότερο νερό διαστέλλεται και ανεβαίνει. Ακόμη, το επιπλέον νερό από το λιώσιμο των πάγων προκαλεί άνοδο της στάθμης της θάλασσας, που μπορεί να επηρεάσει τις παράκτιες περιοχές.

Η NASA αναφέρει ότι ένα παιδί που γεννιέται σήμερα μπορεί να περιμένει ότι η στάθμη των ωκεανών θα ανέβει μεταξύ 0,3 και 1,2 μέτρων. Το 2021, η παγκόσμια μέση στάθμη της θάλασσας έφτασε σε νέο ρεκόρ. Ωστόσο, η στάθμη της θάλασσας δεν αυξάνεται εξίσου παντού: η αλλαγή της στάθμης της θάλασσας σε διαφορετικά τμήματα του πλανήτη επηρεάζεται από τις τοπικές θερμικές αλλαγές και την αλατότητα των ωκεανών. Οι ωκεανοί απορροφούν περίπου το ένα τέταρτο του CO₂ που δημιουργεί ο άνθρωπος από την καύση ορυκτών καυσίμων (πετρέλαιο, άνθρακας και φυσικό αέριο). Όμως το υπερβολικό διοξείδιο του άνθρακα στους ωκεανούς προκαλεί ένα πρόβλημα που ονομάζεται οξίνιση των ωκεανών, η οποία μπορεί να είναι επιβλαβής για τα φυτά και τα ζώα των ωκεανών.

8. Η χιονοκάλυψη μειώνεται. Οι δορυφορικές παρατηρήσεις αποκαλύπτουν ότι η ποσότητα της εαρινής χιονοκάλυψης στο βόρειο ημισφαίριο της Γης έχει μειωθεί τις τελευταίες πέντε δεκαετίες και το χιόνι λιώνει νωρίτερα. Είναι σχεδόν βέβαιο ότι η χιονοκάλυψη θα μειωθεί στις περισσότερες χερσαίες περιοχές κατά τη διάρκεια του 21ου αιώνα, όσον αφορά το ισοδύναμο νερού, την έκταση και την ετήσια διάρκεια.

9. Με λίγες εξαιρέσεις, οι ορεινοί **παγετώνες** έχουν υποχωρήσει από το δεύτερο μισό του 19ου αιώνα. Η συμπεριφορά αυτή είναι πρωτοφανής τουλάχιστον τα τελευταία 2.000 χρόνια. Η προκληθείσα από την υπερθέρμανση του πλανήτη προγενέστερη έναρξη της εαρινής τήξης του χιονιού και η αυξημένη τήξη των παγετώνων έχουν ήδη συμβάλει σε εποχιακές αλλαγές της ροής των παγετώνων στις ορεινές λεκάνες απορροής με χαμηλό υψόμετρο.

Όλες οι προαναφερθείσες αλλαγές θέτουν άμεσα προκλήσεις για την εξασφάλιση παροχής νερού, την παραγωγή ενέργειας, την ακεραιότητα των οικοσυστημάτων, την αλεία, τη γεωργική και δασική παραγωγή, την ετοιμότητα για καταστροφές και τον τουρισμό.

Βασικό μήνυμα

Η άνοδος της παγκόσμιας θερμοκρασίας έχει συμβάλει σε **συχνότερα και σοβαρότερα ακραία καιρικά φαινόμενα** σε όλο τον κόσμο, όπως **κύματα ψύχους και καύσωνα, πλημμύρες, ξηρασίες, πυρκαγιές και καταιγίδες.**

Τα οικοσυστήματα - συμπεριλαμβανομένων των χερσαίων, γλυκών υδάτων, παράκτιων και θαλάσσιων οικοσυστημάτων - και οι υπηρεσίες που παρέχουν, επηρεάζονται από την αλλαγή του κλίματος και ορισμένα είναι πιο ευάλωτα από άλλα. Τα οικοσυστήματα **υποβαθμίζονται με πρωτοφανή ρυθμό**, περιορίζοντας την ικανότητά τους να υποστηρίζουν την ανθρώπινη ευημερία και βλάπτοντας την προσαρμοστική τους ικανότητα για την οικοδόμηση της ανθεκτικότητάς τους.

Σύμφωνα με τη Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC), στο εγγύς μέλλον θα υπάρξουν πιο σοβαρά και συχνά ακραία καιρικά φαινόμενα, όπως πλημμύρες, ξηρασίες, πυρκαγιές και τυφώνες.

Ένα κλάσμα του ενός βαθμού στη μέση υπερθέρμανση του πλανήτη μπορεί να έχει τεράστιες συνέπειες.

1.4 Μπορούμε να καταπολεμήσουμε την κλιματική αλλαγή;

Οι πρόσφατες εκθέσεις του ΠΜΟ ενημέρωσαν το κοινό ότι το μήνυμα της επιστημονικής κοινότητας σχετικά με την κλιματική αλλαγή έχει ακουστεί και οι υπεύθυνοι λήψης αποφάσεων είναι πρόθυμοι να λύσουν το πρόβλημα αυτό. Οι διεθνείς συμφωνίες και τα πρωτόκολλα για την κλιματική αλλαγή, που έχουν υπογραφεί από τις περισσότερες χώρες, φανερώνουν τη γενική συναίνεση για τον επείγοντα χαρακτήρα και την αντιμετώπιση του προβλήματος. Σύμφωνα με το Σημείωμα Δράσης του Περιβαλλοντικού Προγράμματος των Ηνωμένων Εθνών⁶ (United Nations Environmental Programme -UNEP), ο κόσμος βρίσκεται σε κατάσταση έκτακτης ανάγκης για το κλίμα. Βρισκόμαστε σε πορεία ανόδου της θερμοκρασίας μέχρι το τέλος του αιώνα που διανύουμε, πολύ πάνω από τους στόχους της Συμφωνίας του Παρισιού των 1,5-2 °C. Εάν σταματήσουμε να εκπέμπουμε αέρια του θερμοκηπίου, η παγκόσμια μέση θερμοκρασία θα σταματήσει να αυξάνεται μετά από λίγα χρόνια, αλλά θα παραμείνει αυξημένη για πολλούς αιώνες. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τα αέρια του θερμοκηπίου ζουν για πολλά χρόνια στην ατμόσφαιρα. Ωστόσο, μπορεί να μην είναι πολύ αργά για να αποφύγουμε ή να μειώσουμε τις χειρότερες επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής. Τέτοιες ενέργειες συνοψίζονται στα εξής:

1. **Μετριασμός:** μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα
2. **Προσαρμογή:** αντιμετώπιση και προσαρμογή στο μεταβαλλόμενο κλίμα.

Πολλές χώρες έχουν θέσει στόχους «ουδέτερου ισοζυγίου άνθρακα» για τον μετριασμό των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής. Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θέσει ως στόχο μηδενικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου έως το 2050. Όμως οι φιλοδοξίες αυτές πρέπει να μετατραπούν σε δράσεις. Πρέπει να επανεξετάσουμε τη βιομηχανική λειτουργία, τα συστήματα παραγωγής ενέργειας και μεταφορών και γενικότερα, ολόκληρο τον τρόπο ζωής. Πρέπει να αναλάβουμε δράση για το καλό του πλανήτη μας και του μέλλοντος της ανθρωπότητας.

⁶ <https://unric.org/el/4312-2/>

2. Ιστορικές μεταβολές του κλίματος και φυσικά αίτια

Το κλίμα της Γης έχει αλλάξει κατά τη διάρκεια της ιστορίας της. Μόνο τα τελευταία 800.000 χρόνια, υπήρξαν οκτώ κύκλοι παγετώνων και θερμότερων περιόδων, με το τέλος της τελευταίας εποχής των παγετώνων πριν από περίπου 11.700 χρόνια να σηματοδοτεί την έναρξη της σύγχρονης κλιματικής εποχής και του ανθρώπινου πολιτισμού. Οι περισσότερες από αυτές τις κλιματικές αλλαγές αποδίδονται σε πολύ μικρές μεταβολές στην τροχιά της Γης (γνωστές ως κύκλοι Milankovitch), που μεταβάλλουν την ποσότητα της ηλιακής ενέργειας που λαμβάνει ο πλανήτης μας. Επίσης, η μεταβολή της ακτινοβολίας που εκπέμπεται από τον Ήλιο και που εισέρχεται στη Γη λόγω των ηλιακών κύκλων ή άλλης ηλιακής μεταβλητότητας μπορεί να διαδραματίσει κάποιο ρόλο στο κλίμα της Γης. Αυτοί οι δύο τύποι φυσικών μεταβολών του κλίματος εξετάζονται παρακάτω.

2.1 Οι επιπτώσεις των κύκλων Milankovitch στο κλίμα της Γης

Υπάρχουν τρεις περιοδικές κινήσεις της Γης, γνωστές ως κύκλοι Milankovitch, οι οποίες συμβάλλουν σε ένα καλά μαθηματικά προβλέψιμο ποσό διακύμανσης του κλίματος του πλανήτη σε διαφορετικά χρονικά πλαίσια, που κυμαίνονται από δεκάδες χιλιάδες έως εκατοντάδες χιλιάδες χρόνια. Οι κύκλοι Milankovitch περιλαμβάνουν το σχήμα της τροχιάς της Γης (την εκκεντρότητά της), τη γωνία που γέρνει ο άξονας της σε σχέση με το επίπεδο της τροχιάς (την λοξότητα της) και την κατεύθυνση προς την οποία στρέφεται ο άξονας περιστροφής της (την μετάπτωση της). Αυτοί οι κύκλοι επηρεάζουν την ποσότητα του ηλιακού φωτός και, επομένως, της ενέργειας που απορροφά η Γη από τον Ήλιο. Παρέχουν ένα ισχυρό πλαίσιο για την κατανόηση των μακροπρόθεσμων αλλαγών στο κλίμα της Γης, συμπεριλαμβανομένης της έναρξης και του τέλους των παγετώνων σε όλη την ιστορία της Γης. Οι τρεις κύκλοι περιγράφονται συνοπτικά παρακάτω:

1. Το σχήμα της τροχιάς της Γης γύρω από τον Ήλιο, γνωστό ως εκκεντρότητα (κύκλοι 100.000 ετών). Η ετήσια τροχιά της Γης γύρω από τον Ήλιο δεν είναι απόλυτα κυκλική. Με την πάροδο του χρόνου, η έλξη της βαρύτητας από τους δύο μεγαλύτερους αέριους γίγαντες πλανήτες του ηλιακού μας συστήματος, τον Δία και τον Κρόνο, προκαλεί το σχήμα της τροχιάς της Γης να μεταβάλλεται από σχεδόν κυκλικό σε ελαφρώς ελλειπτικό. Η εκκεντρότητα μετρά πόσο το σχήμα της τροχιάς της Γης αποκλίνει από έναν τέλειο κύκλο. Αυτές οι διακυμάνσεις επηρεάζουν την απόσταση μεταξύ της Γης και του Ήλιου.

Όταν η γήινη τροχιά είναι στην πιο ελλειπτική της μορφή, περίπου 23% περισσότερη εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία φτάνει στη Γη κατά την πλησιέστερη προσέγγιση της στον Ήλιο κάθε χρόνο, από ό,τι κατά την πιο απομακρυσμένη θέση της από τον Ήλιο. Επί του παρόντος, η εκκεντρότητα της Γης είναι κοντά στη λιγότερο ελλειπτική της (πιο κυκλική) και μειώνεται πολύ αργά, σε έναν χρονικό κύκλο που εκτείνεται σε περίπου 100.000 χρόνια. Κάθε ~400.000 χρόνια, αυτή η αλλαγή στην εκκεντρότητα είναι ακόμη πιο έντονη.

Η συνολική μεταβολή της παγκόσμιας ετήσιας ηλιακής ακτινοβολίας λόγω του κύκλου της εκκεντρότητας είναι πολύ μικρή. Επειδή οι μεταβολές στην εκκεντρότητα της Γης είναι αρκετά μικρές, είναι ένας σχετικά μικρός παράγοντας στις ετήσιες εποχιακές διακυμάνσεις του κλίματος.

2. Ο άξονας περιστροφής της Γης έχει κλίση καθώς κινείται γύρω από τον Ήλιο, γνωστή ως λοξότητα (κύκλοι 41.000 ετών). Η λοξότητα είναι ο λόγος για τον οποίο η Γη έχει εποχές. Κατά τα τελευταία εκατομμύρια χρόνια, η γωνία λόξωσης κυμαίνεται μεταξύ 22,1 και 24,5 μοίρες σε σχέση με το επίπεδο τροχιάς της Γης, κάθε ~41.000 χρόνια. Ο άξονας της Γης είναι κεκλιμένος λόγω της μη ομοιόμορφης κατανομής της ξηράς στον πλανήτη, η οποία καθιστά το βόρειο ημισφαίριο βαρύτερο. Η κλίση της Γης επηρεάζει το πόσο απορροφάται η ηλιακή ακτινοβολία από τον πλανήτη στα διάφορα γεωγραφικά πλάτη. Όταν ο άξονας της Γης είναι πιο κάθετος ως προς το επίπεδο περιστροφής (με μικρότερη γωνία κλίσης), οι πόλοι δέχονται λιγότερη ηλιακή ακτινοβολία.

Όσο μεγαλύτερη είναι η γωνία αξονικής κλίσης της Γης, τόσο πιο ακραίες είναι οι εποχές του χρόνου. Συνεπώς κάθε ημισφαίριο δέχεται περισσότερη ηλιακή ακτινοβολία κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, όταν το ημισφαίριο έχει κλίση προς τον Ήλιο, και λιγότερη κατά τη διάρκεια του χειμώνα, όταν έχει κλίση αντίθετα. Οι μεγαλύτερες γωνίες κλίσης ευνοούν τις περιόδους αποπαγοποίησης (το λιώσιμο και την υποχώρηση των παγετώνων και των στρώσεων πάγου). Οι επιπτώσεις της κλίσης δεν είναι ομοιόμορφες σε παγκόσμιο επίπεδο -- τα υψηλότερα γεωγραφικά πλάτη δέχονται μεγαλύτερη μεταβολή στη συνολική ηλιακή ακτινοβολία από ό,τι οι περιοχές που βρίσκονται πιο κοντά στον ισημερινό.

3. Καθώς η Γη περιστρέφεται, ταλαντεύεται ελαφρώς πάνω στον άξονά της, γνωστή ως αξονική μετάπτωση (26.000 χρόνια κύκλων). Αυτή η ταλάντωση οφείλεται στις παλιρροϊκές δυνάμεις που προκαλούνται από τις βαρυτικές επιδράσεις του Ήλιου και της Σελήνης, οι οποίες προκαλούν διόγκωση της Γης στον ισημερινό, επηρεάζοντας την περιστροφή της. Ο κύκλος της αξονικής μετάπτωσης διαρκεί περίπου 26.000 χρόνια.

Πρέπει να τονιστεί ότι οι κύκλοι του Milankovitch δεν μπορούν να εξηγήσουν όλες τις κλιματικές αλλαγές που έχουν συμβεί τα τελευταία 2,5 εκατομμύρια χρόνια περίπου. Και το πιο σημαντικό, δεν μπορούν να εξηγήσουν την τρέχουσα περίοδο ταχείας αύξησης της θερμοκρασίας που βιώνει η Γη από την προ-βιομηχανική περίοδο (την περίοδο μεταξύ 1850 και 1900), και ιδιαίτερα από τα μέσα του 20ού αιώνα. Οι επιστήμονες είναι βέβαιοι ότι η πρόσφατη αύξηση της θερμοκρασίας της Γης οφείλεται κυρίως στις ανθρώπινες δραστηριότητες - συγκεκριμένα, στην άμεση εισαγωγή διοξειδίου του άνθρακα στη γήινη ατμόσφαιρα από την καύση ορυκτών καυσίμων.

Πώς ξέρουμε ότι οι κύκλοι Milankovitch δεν προκαλούν την τρέχουσα αλλαγή;

Οι κύκλοι Milankovitch λειτουργούν σε πολύ μεγάλες χρονικές κλίμακες, που κυμαίνονται από δεκάδες χιλιάδες έως εκατοντάδες χιλιάδες χρόνια. Αντίθετα, η σημερινή αύξηση της θερμοκρασίας της Γης έχει λάβει χώρα σε χρονικές κλίμακες δεκαετιών έως αιώνων. Τα τελευταία 150 χρόνια, οι κύκλοι Milankovitch δεν έχουν αλλάξει πολύ την ποσότητα της ηλιακής ενέργειας που απορροφάται από τη Γη. Στην πραγματικότητα, οι δορυφορικές παρατηρήσεις της NASA δείχνουν ότι τα τελευταία 40 χρόνια η ηλιακή ακτινοβολία έχει σε κάποιο βαθμό μειωθεί.

Τέλος, η Γη βρίσκεται σήμερα σε μια μεσοπαγετώδη περίοδο (περίοδος ηπιότερου κλίματος μεταξύ των παγετώνων). Αν δεν υπήρχαν ανθρώπινες επιδράσεις στο κλίμα, οι επιστήμονες μας πληροφορούν πως οι τρέχουσες τροχιακές θέσεις της Γης στο πλαίσιο των κύκλων Milankovitch προβλέπουν ότι ο πλανήτης μας θα έπρεπε να ψύχεται, όχι να θερμαίνεται, συνεχίζοντας μια μακροπρόθεσμη τάση ψύξης που ξεκίνησε πριν από 6.000 χρόνια.

2.2 Η επίδραση της ηλιακής μεταβλητότητας

Ο Ήλιος είναι μια γιγαντιαία σφαίρα θερμών αερίων που περιστρέφεται με εξαιρετικά γρήγορο ρυθμό. Τα αέρια του Ήλιου κινούνται συνεχώς. Αυτή η κίνηση δημιουργεί μεγάλη δραστηριότητα στην επιφάνεια του Ήλιου, που ονομάζεται ηλιακή δραστηριότητα και παράγει ακτινοβολία και συνεπώς ενέργεια. Μερικές φορές η επιφάνεια του Ήλιου είναι πολύ ενεργή. Άλλες φορές, τα πράγματα είναι λίγο πιο ήσυχα. Η ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας αλλάζει ανάλογα με τα στάδια του ηλιακού κύκλου. Η ηλιακή δραστηριότητα

μπορεί να έχει επιπτώσεις στη Γη, γι' αυτό οι επιστήμονες παρακολουθούν στενά την ηλιακή δραστηριότητα κάθε μέρα.

Η επιστημονική κοινότητα χρησιμοποιεί μια μετρική που ονομάζεται Συνολική Ηλιακή Ακτινοβολία (Total Solar Irradiance, TSI) για να μετρήσουν τις αλλαγές στην ενέργεια που δέχεται η Γη από τον Ήλιο. Η TSI ενσωματώνει τον 11ετή ηλιακό κύκλο και τις ηλιακές εκλάμψεις/καταιγίδες από την επιφάνεια του Ήλιου. Μελέτες δείχνουν ότι η ηλιακή μεταβλητότητα έχει παίξει ρόλο στις προηγούμενες κλιματικές αλλαγές. Για παράδειγμα, η μείωση της ηλιακής δραστηριότητας σε συνδυασμό με την αυξημένη ηφαιστειακή δραστηριότητα στη Γη συνέβαλε στην πρόκληση της Μικρής Εποχής των Παγετώνων, μιας περιόδου ψύξης σε εκτεταμένες περιοχές, ιδιαίτερα έντονης στην περιοχή του Βόρειου Ατλαντικού, που έλαβε χώρα από τις αρχές του 14ου αιώνα έως τα μέσα του 19ου αιώνα.

Διάφορα στοιχεία δείχνουν ότι η τρέχουσα υπερθέρμανση του πλανήτη δεν μπορεί να εξηγηθεί από αλλαγές στην ενέργεια του ήλιου, όπως συνοψίζονται παρακάτω:

- Από το 1750, η μέση ποσότητα ενέργειας από τον Ήλιο είτε παρέμεινε σταθερή είτε αυξήθηκε ελαφρά.

- Αν ένας πιο ενεργός Ήλιος προκαλούσε την αύξηση της θερμοκρασίας, οι επιστήμονες θα ανέμεναν θερμότερες θερμοκρασίες σε όλα τα στρώματα της ατμόσφαιρας. Αντ' αυτού, έχουν παρατηρήσει ψύξη στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας και θέρμανση στην επιφάνεια και στα κατώτερα τμήματα της ατμόσφαιρας. Αυτό συμβαίνει επειδή τα αέρια του θερμοκηπίου επιβραδύνουν την απώλεια θερμότητας από τα κατώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας, επειδή την παγιδεύουν.

- Τα κλιματικά μοντέλα που περιλαμβάνουν αλλαγές στην ηλιακή ακτινοβολία δεν μπορούν να αναπαράγουν την παρατηρούμενη τάση της θερμοκρασίας κατά τον τελευταίο αιώνα ή και περισσότερο, χωρίς να περιλαμβάνουν την αύξηση των αερίων του θερμοκηπίου

2.3 Επίδραση των ηφαιστειών

Τα ηφαίστεια μπορούν να επιδράσουν στο κλίμα και να επηρεάσουν την κλιματική αλλαγή. Κατά τη διάρκεια μεγάλων εκρηκτικών εκρήξεων, τεράστιες ποσότητες ηφαιστειακού υλικού (αέριο, σταγονίδια αερολύματος και τέφρα) διοχετεύονται πολύ ψηλά στην ατμόσφαιρα (φτάνοντας σε ένα ατμοσφαιρικό στρώμα που ονομάζεται "στρατόσφαιρα"- η στρατόσφαιρα είναι το στρώμα της ατμόσφαιρας που εκτείνεται από περίπου 10 χμ έως 50 χμ (6-30 μίλια) π'ανω από την επιφάνεια της Γης. Στη συνέχεια, η διοχετευόμενη τέφρα πέφτει γρήγορα από τη στρατόσφαιρα προς το έδαφος - το μεγαλύτερο μέρος της απομακρύνεται

μέσα σε μερικές ημέρες έως εβδομάδες - και έχει μικρή επίδραση στην αλλαγή του κλίματος. Αλλά τα ηφαιστειακά αέρια, όπως το διοξείδιο του θείου (SO₂), μπορούν να παραμείνουν σε μεγάλα ατμοσφαιρικά ύψη και να μειώσουν τη θερμοκρασία του αέρα προκαλώντας παγκόσμια ψύξη, ενώ το ηφαιστειακό διοξείδιο του άνθρακα, ένα αέριο του θερμοκηπίου, έχει τη δυνατότητα να προάγει την υπερθέρμανση του πλανήτη.

Το διοξείδιο του θείου που απελευθερώνεται σε σύγχρονες ηφαιστειακές εκρήξεις έχει κατά καιρούς προκαλέσει ανιχνεύσιμη παγκόσμια ψύξη της κατώτερης ατμόσφαιρας, αλλά το διοξείδιο του άνθρακα που απελευθερώνεται σε σύγχρονες ηφαιστειακές εκρήξεις δεν έχει προκαλέσει ποτέ ανιχνεύσιμη παγκόσμια θέρμανση της ατμόσφαιρας. Παραδείγματα από τις πιο αξιοσημείωτες εκρήξεις του 20ού αιώνα που οδήγησαν στα πιο σημαντικά γεγονότα ψύξης της ατμόσφαιρας είναι η έκρηξη του Novarupta (Αλάσκα, 6 Ιουνίου 2012) και του όρους Pinatubo (Φιλιππίνες, 2 Απριλίου 1991).

Δεν υπάρχει αμφιβολία ότι οι πολύ μεγάλες ηφαιστειακές εκρήξεις μπορούν να διοχετεύσουν σημαντικές ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Η έκρηξη του όρους Αγία Ελένη το 1980 απελευθέρωσε περίπου 10 εκατομμύρια τόνους CO₂ στην ατμόσφαιρα σε μόλις 9 ώρες. Ωστόσο, σήμερα η ανθρωπότητα χρειάζεται μόνο 2,5 ώρες για να εκπέμψει την ίδια ποσότητα. Ενώ μεγάλες εκρηκτικές εκρήξεις όπως αυτή είναι σπάνιες και συμβαίνουν παγκοσμίως μόνο κάθε 10 χρόνια περίπου, οι εκπομπές της ανθρωπότητας είναι αδιάκοπες και αυξάνονται κάθε χρόνο.

Βασικό μήνυμα

Η τρέχουσα τάση αύξησης της θερμοκρασίας εξελίσσεται με ρυθμό που δεν έχει παρατηρηθεί τις τελευταίες χιλιετίες. Η σχολαστική ανάλυση των παλαιοκλιματικών δεδομένων από δακτυλίους δέντρων, ωκεάνια ιζήματα, κοραλλιογενείς υφάλους, στρώματα ιζηματογενών πετρωμάτων και πυρήνες πάγου (Ανταρκτική, Γροιλανδία και ορεινοί παγετώνες) καταλήγει στα ακόλουθα συμπεράσματα:

1) Το κλίμα ανταποκρίνεται στις μεταβολές των ατμοσφαιρικών συγκεντρώσεων των αερίων του θερμοκηπίου.

2) Η σημερινή αύξηση της θερμοκρασίας συμβαίνει περίπου 10 φορές ταχύτερα από τον μέσο ρυθμό αύξησης της θερμοκρασίας μετά από μια εποχή των παγετώνων.

3) Ο ετήσιος ρυθμός αύξησης του ατμοσφαιρικού διοξειδίου του άνθρακα τα τελευταία 60 χρόνια είναι περίπου 100 φορές ταχύτερος από προηγούμενες αυξήσεις λόγω φυσικών φαινομένων, όπως αυτές που σημειώθηκαν στο τέλος της τελευταίας εποχής των παγετώνων πριν από 11.000-17.000 χρόνια.

Είναι αδιαμφισβήτητο⁷ ότι τα αέρια του θερμοκηπίου που εκπέμπονται από τις ανθρώπινες δραστηριότητες παγιδεύουν περισσότερη ηλιακή ενέργεια στην ατμόσφαιρα. Οι δορυφόροι σε τροχιά γύρω από τη Γη, τα δίκτυα παρακολούθησης της επιφάνειας και οι νέες τεχνολογίες έχουν επιτρέψει στους επιστήμονες να οικοδομήσουν γνώσεις σχετικά με το σύστημα της Γης, συλλέγοντας δεδομένα για πολλά χρόνια που αποκαλύπτουν τα σημάδια και τα μοτίβα ενός μεταβαλλόμενου κλίματος.

Ο ισχυρισμός ότι η κλιματική αλλαγή δεν συμβαίνει είναι πολύ δύσκολο να υποστηριχθεί, δεδομένου ότι τα χερσαία και δορυφορικά δεδομένα δείχνουν σαφώς την άνοδο της μέσης θερμοκρασίας της θάλασσας και της ξηράς και τη συρρίκνωση των μαζών πάγου παγκοσμίως.

⁷ https://climate-pact.europa.eu/about/climate-change_el

3. Βασικές πληροφορίες για την κλιματική αλλαγή

Στην παρούσα ενότητα παρέχονται ορισμένες βασικές πληροφορίες για την κατανόηση των εννοιών της ατμόσφαιρας, του καιρού, του κλίματος, του φυσικού φαινομένου του θερμοκηπίου και του ενισχυμένου από τις ανθρώπινες δραστηριότητες φαινομένου του θερμοκηπίου, με στόχο να διευκρινιστεί η έννοια της κλιματικής αλλαγής.

3.1 Διαφορές μεταξύ των εννοιών καιρού και κλίματος

Ο καιρός αναφέρεται στις ατμοσφαιρικές συνθήκες που εμφανίζονται τοπικά σε σύντομες χρονικές περιόδους - από λεπτά έως ώρες ή ημέρες. Οι περισσότεροι άνθρωποι σκέφτονται τον καιρό από την άποψη της θερμοκρασίας, της υγρασίας, της βροχόπτωσης, της συννεφιάς, της φωτεινότητας, της ορατότητας, του ανέμου και της ατμοσφαιρικής πίεσης, όπως η υψηλή και η χαμηλή πίεση.

Από την άλλη πλευρά, το κλίμα αναφέρεται στις μακροπρόθεσμες (συνήθως τουλάχιστον 30 χρόνια) τοπικές, περιφερειακές ή ακόμη και παγκόσμιες μέσες τιμές της θερμοκρασίας, της υγρασίας και των βροχοπτώσεων κατά τη διάρκεια εποχών, ετών ή δεκαετιών. Έτσι, το κλίμα είναι ο μέσος όρος των καιρικών συνθηκών στο χρόνο και στο χώρο. Εν ολίγοις, το κλίμα είναι η περιγραφή της μακροπρόθεσμης κατάστασης του καιρού σε μια συγκεκριμένη περιοχή.

Όταν οι επιστήμονες μιλούν για το κλίμα, εξετάζουν τους μέσους όρους των βροχοπτώσεων, της θερμοκρασίας, της υγρασίας, της ηλιοφάνειας, της ταχύτητας του ανέμου, φαινομένων όπως η ομίχλη, ο παγετός και οι καταιγίδες χαλαζιού και άλλων μετρήσεων του καιρού που συμβαίνουν για μεγάλο χρονικό διάστημα σε ένα συγκεκριμένο μέρος.

Για παράδειγμα, αφού εξετάσουν τα δεδομένα των βροχομέτρων (μετεωρολογικά όργανα), τα επίπεδα των λιμνών και των ταμιευτήρων και τα δορυφορικά δεδομένα, οι επιστήμονες μπορούν να καταλάβουν αν, κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, μια περιοχή ήταν ξηρότερη από το μέσο όρο. Εάν συνεχίζει να είναι ξηρότερη από το κανονικό κατά τη διάρκεια πολλών καλοκαιριών, τότε αυτό πιθανόν να υποδηλώνει μια αλλαγή στο κλίμα. Εκτός από τη μακροπρόθεσμη κλιματική αλλαγή, υπάρχουν και βραχυπρόθεσμες κλιματικές μεταβολές. Αυτή η λεγόμενη κλιματική μεταβλητότητα μπορεί να αντιπροσωπεύεται από περιοδικές ή διαλείπουσες αλλαγές που σχετίζονται με φαινόμενα όπως το Ελ Νίνιο, Λα Νίνια, ηφαιστειακές εκρήξεις ή άλλες αλλαγές στο γήινο σύστημα.

Όταν μιλάμε για **κλιματική** αλλαγή, μιλάμε για αλλαγές στους μακροπρόθεσμους μέσους όρους των **καιρικών** συνθηκών.

3.2 Τι είναι το φυσικό φαινόμενο του θερμοκηπίου;

Η ατμόσφαιρα της Γης αποτελείται κυρίως από ένα μείγμα λίγων μόνο αερίων - αζώτου, οξυγόνου και αργού- τα τρία αυτά αέρια μαζί αποτελούν πάνω από το 99,5% όλων των μορίων αερίων της ατμόσφαιρας. Αυτά τα αέρια που είναι τα πιο άφθονα στην ατμόσφαιρα δεν έχουν σχεδόν καμία επίδραση στη θέρμανση της Γης και της ατμόσφαιράς της, καθώς δεν απορροφούν την ορατή ή την υπέρυθρη ακτινοβολία. Ωστόσο, υπάρχουν δευτερεύοντα αέρια, που αποτελούν μόνο ένα μικρό μέρος της ατμόσφαιρας (περίπου το 0,43% όλων των μορίων του αέρα, τα περισσότερα από τα οποία είναι υδρατμοί με ποσοστό 0,39%), τα οποία απορροφούν υπέρυθρη ακτινοβολία. Αυτά τα "ιχνοστοιχεία" (πολύ μικρές ποσότητες) αερίων συμβάλλουν σημαντικά στην αύξηση της θερμοκρασίας της επιφάνειας και της ατμόσφαιρας της Γης λόγω του χαρακτηριστικού τους, να απορροφούν την υπέρυθρη ακτινοβολία που εκπέμπεται από τη Γη (βλ. παρακάτω για λεπτομέρειες σχετικά με το φαινόμενο του θερμοκηπίου). Δεδομένου ότι αυτά τα αέρια επιτρέπουν τη διέλευση της ακτινοβολίας αλλά ταυτόχρονα την εγκλωβίζουν, επηρεάζουν τη Γη με τρόπο που μοιάζει με τη λειτουργία ενός θερμοκηπίου (βλ. παρακάτω), αναφέρονται ως αέρια θερμοκηπίου (GreenHouse Gases - GHGs).

Επεξήγηση του μηχανισμού

Είναι γνωστό ότι ένα θερμοκήπιο επιτρέπει την είσοδο του ηλιακού φωτός, ενώ διατηρεί τη θερμότητα που δημιουργείται για να ζεστάνει τα φυτά και τον αέρα στο εσωτερικό του ακόμη και κατά τη διάρκεια της νύχτας. Το ατμοσφαιρικό φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι παρόμοιο με αυτό, αλλά αντί για τους γυάλινους τοίχους και την οροφή ενός θερμοκηπίου, ορισμένα ατμοσφαιρικά αέρια απορροφούν ή αλλιώς παγιδεύουν το ηλιακό φως, δηλαδή την ενέργεια από τον ήλιο.

Πιο συγκεκριμένα, σχεδόν η μισή φωτεινή ενέργεια που φτάνει στην ατμόσφαιρα της Γης περνάει μέσα από τον αέρα και τα σύννεφα προς στην επιφάνεια, όπου απορροφάται και ακτινοβολείται με τη μορφή υπέρυθρης θερμότητας. Το μεγαλύτερο μέρος αυτής της θερμότητας (~ 90%) απορροφάται από τα ατμοσφαιρικά αέρια, τα οποία ονομάζουμε αέρια του θερμοκηπίου (GHGs), και στη συνέχεια εκπέμπεται εκ νέου προς όλες τις κατευθύνσεις

στην ατμόσφαιρα θερμαίνοντας τη Γη. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται φυσικό φαινόμενο του θερμοκηπίου και είναι ευεργετική, καθώς διατηρεί ευνοϊκές συνθήκες διαβίωσης για τους μικροβιακούς, ζωικούς και φυτικούς οργανισμούς. Λόγω αυτού του φαινομένου, η Γη είναι πολύ θερμότερη από ό,τι θα ήταν χωρίς ατμόσφαιρα, καθώς η θερμότητα δεν μπορεί να διαφύγει στο διάστημα, διατηρώντας τη μέση θερμοκρασία της Γης περίπου στους 15.0 βαθμούς Κελσίου.

Τα φυσικά αέρια του θερμοκηπίου είναι το διοξείδιο του άνθρακα, CO₂, το μεθάνιο, CH₄, το οξείδιο του αζώτου, N₂O, το όζον, O₃, και οι υδρατμοί, H₂O.

Βασικό μήνυμα

Η ατμόσφαιρα είναι σημαντική για τη διατήρηση της θερμότητας στην επιφάνεια της Γης. Χωρίς τα φυσικά αέρια του θερμοκηπίου της ατμόσφαιρας, η μέση θερμοκρασία της Γης θα ήταν περίπου -18 βαθμούς Κελσίου αντί για τους ~+15 βαθμούς Κελσίου που είναι τώρα.

3.3 Τι είναι το ενισχυμένο φαινόμενο του θερμοκηπίου;

Οι αλλαγές που παρατηρούνται στο κλίμα της Γης, από τα μέσα του 20ου αιώνα, οφείλονται στις ανθρώπινες δραστηριότητες.

Οι ανθρώπινες δραστηριότητες - ιδίως η καύση ορυκτών καυσίμων (άνθρακα, πετρελαίου και φυσικού αερίου), η γεωργία και η εκχέρσωση της γης (π.χ. αποψίλωση των δασών) - αυξάνουν τις συγκεντρώσεις των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα. Οι ανθρώπινες δραστηριότητες δεν αυξάνουν μόνο τα φυσικά αέρια του θερμοκηπίου (CO₂, CH₄, N₂O, O₃, H₂O), όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, αλλά εισάγουν και νέες χημικές ενώσεις που απορροφούν θερμότητα στην ατμόσφαιρα, όπως οι χλωροφθοράνθρακες (chlorofluorocarbons-CFC). Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις αερίων του θερμοκηπίου παγιδεύουν περισσότερη θερμότητα στην ατμόσφαιρα, δρουν σαν μια κουβέρτα που μονώνει τη Γη, προκαλώντας μεγαλύτερη υπερθέρμανση του πλανήτη, αυξάνοντας τη μέση θερμοκρασία της Γης και ενισχύοντας έτσι το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Από την προβιομηχανική περίοδο, οι ανθρώπινες δραστηριότητες εκτιμάται ότι έχουν αυξήσει την παγκόσμια μέση θερμοκρασία της Γης κατά περίπου 1 βαθμό Κελσίου, αριθμός που σήμερα αυξάνεται κατά περισσότερο από 0,2 βαθμούς Κελσίου ανά δεκαετία. Ο τρέχων ρυθμός υπερθέρμανσης του πλανήτη είναι αναμφισβήτητα αποτέλεσμα της ανθρώπινης

δραστηριότητας από τη δεκαετία του 1950 και μετά και εξελίσσεται με πρωτοφανή ταχύτητα σε σύγκριση με τις προηγούμενες χιλιετίες.

3.4 Η υπερθέρμανση του πλανήτη έναντι της κλιματικής αλλαγής

Ο όρος "υπερθέρμανση του πλανήτη" δεν ταυτίζεται με τον όρο "κλιματική αλλαγή".

Η υπερθέρμανση του πλανήτη οδηγεί στην κλιματική αλλαγή.

Η θερμότητα είναι ενέργεια και όταν προστίθεται περισσότερη ενέργεια σε οποιοδήποτε σύστημα, το διαταράσσει προκαλώντας αλλαγές. Το παγκόσμιο κλίμα εξαρτάται από διάφορα συστήματα της Γης (ατμόσφαιρα, ωκεανός, ξηρά και οικοσυστήματα) που είναι αλληλένδετα. Έτσι, η προσθήκη θερμικής ενέργειας σε ένα σύστημα, όπως η ατμόσφαιρα, προκαλεί αλλαγή του παγκόσμιου κλίματος στο σύνολό του.

Οι ωκεανοί καλύπτουν περισσότερο από το 70 % της επιφάνειας της Γης. **Οι ωκεανοί ανταλλάσσουν θερμότητα με την ατμόσφαιρα και θερμαίνονται.** Η αυξημένη θέρμανση λόγω της υπερθέρμανσης του πλανήτη προκαλεί την εξάτμιση περισσότερου νερού και τον σχηματισμό νεφών προκαλώντας περισσότερες σε αριθμό και πιο ενεργοβόρες καταιγίδες. Μια θερμότερη ατμόσφαιρα κάνει τους παγετώνες, τα στρώματα πάγου, το χιόνι στα βουνά και τα πολικά καλύμματα πάγου να λιώνουν, αυξάνοντας τη στάθμη της θάλασσας. Επίσης, οι αλλαγές στη θερμοκρασία μεταβάλλουν την παγκόσμια κυκλοφορία των ανέμων που φέρνουν, για παράδειγμα, τους μουσώνες στην Ασία και τη βροχή και το χιόνι σε όλο τον κόσμο.

Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο οι επιστήμονες σταμάτησαν να εστιάζουν μόνο στην υπερθέρμανση του πλανήτη και τώρα επικεντρώνονται στο ευρύτερο θέμα της κλιματικής αλλαγής.

Αέρια θερμοκηπίου: σύντομη περιγραφή

Τα διάφορα αέρια του θερμοκηπίου μπορούν να έχουν διαφορετικές επιπτώσεις στην αύξηση της θερμοκρασίας της Γης. Δύο βασικοί τρόποι με τους οποίους αυτά τα αέρια διαφέρουν μεταξύ τους είναι η ικανότητά τους να απορροφούν τη θερμότητα από τον ήλιο (δηλαδή ενέργεια) (γνωστή ως "απόδοση ακτινοβολίας") και το πόσο καιρό παραμένουν

στην ατμόσφαιρα (γνωστή ως "διάρκεια ζωής"). Ένας άλλος όρος που συναντάμε συχνά, όταν συζητάμε για τα αέρια του θερμοκηπίου, είναι αυτός του "δυναμικού υπερθέρμανσης του πλανήτη", ΔΥΠ (Global Warming Potential-GWP).

Ο όρος δυναμικό υπερθέρμανσης του πλανήτη αναπτύχθηκε για να επιτρέπει συγκρίσεις των επιπτώσεων των διαφόρων αερίων του θερμοκηπίου στην υπερθέρμανση του πλανήτη.

Παρέχει ένα μέτρο για το πόση ενέργεια θα απορροφήσουν οι εκπομπές 1 τόνου ενός αερίου του θερμοκηπίου σε μια δεδομένη χρονική περίοδο, σε σχέση με τις εκπομπές 1 τόνου διοξειδίου του άνθρακα (CO₂).

Όσο μεγαλύτερο είναι το ΔΥΠ, τόσο περισσότερο θερμαίνει τη Γη ένα δεδομένο αέριο του θερμοκηπίου σε σύγκριση με το CO₂ κατά τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Η χρονική περίοδος που χρησιμοποιείται συνήθως για το ΔΥΠ είναι τα 100 έτη.

Το πιο κοινό αέριο του θερμοκηπίου είναι το διοξείδιο του άνθρακα. Στην πραγματικότητα, επειδή είναι τόσο κοινό, οι επιστήμονες το χρησιμοποιούν ως σημείο αναφοράς ή μέτρο των πραγμάτων που θερμαίνουν την ατμόσφαιρα.

Τα πιο σημαντικά αέρια του θερμοκηπίου είναι:

Το διοξείδιο του άνθρακα, CO₂, ένα πολύ σημαντικό συστατικό της ατμόσφαιρας, απελευθερώνεται μέσω φυσικών διεργασιών (όπως ηφαιστειακές εκρήξεις, εκροές από τους ωκεανούς, αναπνοή ζώων και φυτών, αποσύνθεση οργανικής ύλης, δασικές πυρκαγιές) και μέσω ανθρώπινων δραστηριοτήτων κάθε φορά που καίγεται κάτι (κυρίως η καύση ορυκτών καυσίμων όπως ο άνθρακας, το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο για την παραγωγή ενέργειας). Τα ορυκτά καύσιμα, όπως ο άνθρακας και το πετρέλαιο, περιέχουν άνθρακα που τα φυτά απέσυραν από την ατμόσφαιρα μέσω της φωτοσύνθεσης επί πολλά εκατομμύρια χρόνια. Με την καύση ορυκτών καυσίμων επιστρέφουμε αυτόν τον άνθρακα στην ατμόσφαιρα σε μόλις μερικές εκατοντάδες χρόνια. Οι ανθρώπινες δραστηριότητες έχουν αυξήσει την ποσότητα του CO₂ στην ατμόσφαιρα κατά 50% από την έναρξη της βιομηχανικής επανάστασης (1750). Αυτή η απότομη αύξηση του CO₂ είναι ο σημαντικότερος παράγοντας αλλαγής του κλίματος τον τελευταίο αιώνα. Το CO₂ μπορεί να παραμείνει στην ατμόσφαιρα για μεγάλο χρονικό διάστημα μεταξύ 300 και 1000 ετών. Στο διοξείδιο του άνθρακα αποδίδεται ένα δυναμικό υπερθέρμανσης του πλανήτη, ΔΥΔΠ, της τάξης του 1.

Το μεθάνιο, CH₄, ένα σημαντικό αέριο του θερμοκηπίου, προέρχεται τόσο από φυσικές όσο και από ανθρωπογενείς πηγές. Το μεθάνιο απελευθερώνεται κατά τη διάσπαση της

φυτικής ύλης στους υδροβιότοπους και από τους χώρους υγειονομικής ταφής απορριμμάτων και την καλλιέργεια ρυζιού. Τα ζώα εκπέμπουν μεθάνιο από την πέψη και την κοπριά τους. Οι διαρροές από την παραγωγή και τη μεταφορά ορυκτών καυσίμων είναι μια άλλη σημαντική πηγή μεθανίου, ενώ το φυσικό αέριο αποτελείται κατά 70% έως 90% από μεθάνιο. Ως ενιαίο μόριο, το μεθάνιο είναι πολύ πιο αποτελεσματικό αέριο του θερμοκηπίου από το διοξείδιο του άνθρακα, αλλά είναι σε μικρότερη συγκέντρωση στην ατμόσφαιρα. Η ποσότητα του μεθανίου στην ατμόσφαιρά μας έχει υπερδιπλασιαστεί από την προβιομηχανική εποχή. Το μεθάνιο παραμένει στην ατμόσφαιρα περίπου 10 χρόνια, αλλά είναι πρόδρομος του όζοντος (δηλαδή συμβάλλει στη δημιουργία του όζοντος). Το CH₄ έχει ΔΥΠ 28-36.

Το μονοξείδιο του αζώτου, N₂O, είναι ένα ισχυρό αέριο του θερμοκηπίου που παράγεται από τις γεωργικές εργασίες και απελευθερώνεται κατά την παραγωγή και χρήση εμπορικών και οργανικών λιπασμάτων. Το οξείδιο του αζώτου προέρχεται επίσης από την καύση ορυκτών καυσίμων και την καύση της βλάστησης. Σημειώνεται ότι έχει αυξηθεί κατά 18% τα τελευταία 100 χρόνια. Το οξείδιο του αζώτου παραμένει στην ατμόσφαιρα κατά μέσο όρο 114 χρόνια. Το N₂O έχει ΔΥΠ 265-298.

Οι χλωροφθοράνθρακες, CFC, είναι τεχνητές χημικές ενώσεις και είναι εξ ολοκλήρου βιομηχανικής προέλευσης. Χρησιμοποιούνται ως ψυκτικά μέσα, διαλύτες (ουσία που διαλύει άλλες ουσίες) και προωθητικά σπρέι. Μια διεθνής συμφωνία, γνωστή ως Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ⁸, ρυθμίζει πλέον τα CFC επειδή βλάπτουν τη στιβάδα του όζοντος. Παρά το γεγονός αυτό, οι εκπομπές ορισμένων τύπων CFC αυξήθηκαν για περίπου πέντε χρόνια λόγω παραβιάσεων της διεθνούς συμφωνίας. Μόλις τα μέλη της συμφωνίας ζήτησαν άμεση δράση και καλύτερη επιβολή, οι εκπομπές μειώθηκαν απότομα από το 2018. Οι χλωροφθοράνθρακες μπορούν να παραμείνουν στην ατμόσφαιρα για 40-150 χρόνια. Οι τιμές ΔΥΠ για αυτά τα αέρια μπορεί να είναι χιλιάδες ή δεκάδες χιλιάδες.

Οι υδρατμοί, H₂O, εμφανίζουν μεγαλύτερη συγκέντρωση από τα υπόλοιπα αέρια του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα. Επειδή η αύξηση της θερμοκρασίας των ωκεανών αυξάνει την ποσότητά τους στην ατμόσφαιρά μας θεωρείται μεν ότι ενισχύουν την κλιματική αλλαγή που βρίσκεται ήδη σε εξέλιξη χωρίς όμως να θεωρείται ως άμεση αιτία αυτής (της κλιματικής αλλαγής). Τα σύννεφα και ο υετός (βροχή ή χιόνι) ανταποκρίνονται επίσης στις αλλαγές της θερμοκρασίας και μπορούν επίσης να αποτελέσουν σημαντικούς μηχανισμούς ανάδρασης.

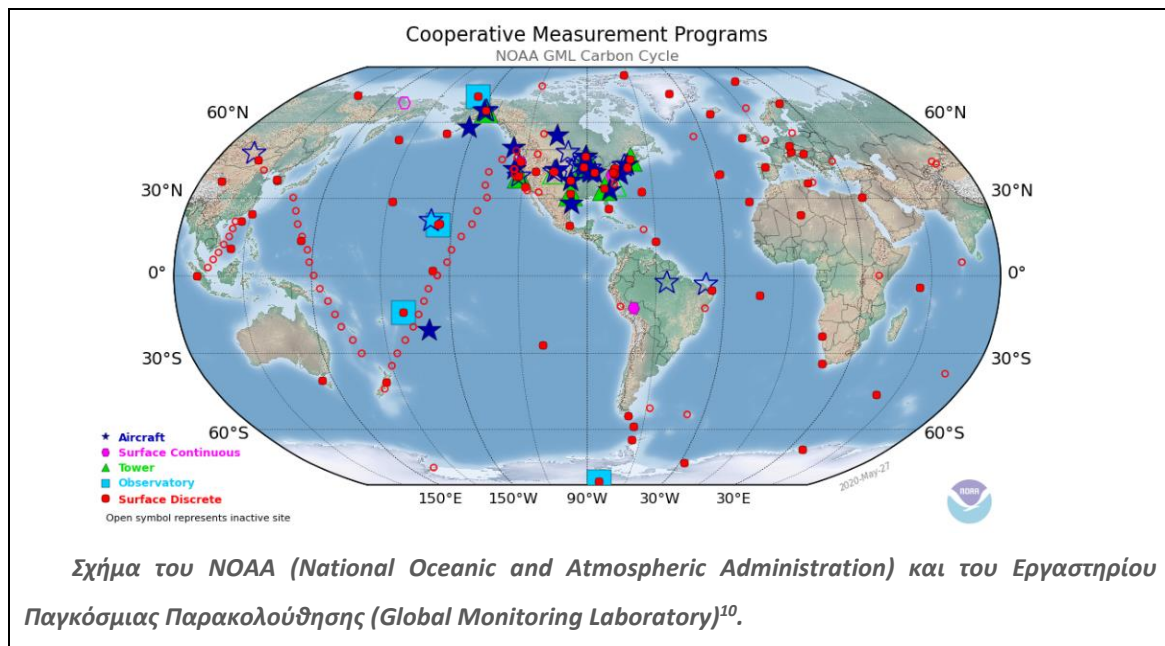
⁸ <https://www.unep.org/ozonaction/who-we-are/about-montreal-protocol>

Ο μαύρος άνθρακας, BC, έχει τη μορφή στερεών σωματιδίων μικροσκοπικής διαμέτρου (όχι αερίου) και θεωρείται ο δεύτερος μεγαλύτερος παράγοντας που συμβάλλει στην υπερθέρμανση του πλανήτη μετά το CO₂, καθώς απορροφά τη θερμότητα του ήλιου εκατομμύρια φορές περισσότερο από το CO₂. Προκύπτει από την ατελή καύση ορυκτών καυσίμων και βιοκαυσίμων (βιομηχανία, μεταφορές), και βιομάζας (πυρκαγιές, παραδοσιακές οικιακές πυρκαγιές). Αφού απελευθερωθεί στην ατμόσφαιρα, παραμένει μερικές ημέρες εκεί και στη συνέχεια εναποτίθεται στην επιφάνεια της Γης. Ο μαύρος άνθρακας απαντάται παγκοσμίως, αλλά η παρουσία και ο αντίκτυπός του είναι ιδιαίτερα έντονος στην Ασία. Οι συγκεντρώσεις του BC στον αέρα προκαλούν επίσης πρόωρη ανθρώπινη θνησιμότητα και αναπηρία καθώς περνούν από τους πνεύμονες στην κυκλοφορία του αίματος. Οι τιμές ΔΥΠ του BC κυμαίνονται από 1,055-2,240 έτη.

Πώς μετράμε τα αέρια του θερμοκηπίου

Οι επιστήμονες μετρούν συνεχώς τις συγκεντρώσεις των αερίων του θερμοκηπίου παγκοσμίως χρησιμοποιώντας ένα σύστημα παρατήρησης που βασίζεται σε συνδυασμό διαστημικών παρατηρήσεων και επίγειων δικτύων παρακολούθησης. Οι μετρήσεις πραγματοποιούνται έτσι με διαφορετικούς τρόπους χρησιμοποιώντας δορυφόρους, επίγειους σταθμούς και όργανα που είναι τοποθετημένες σε πλοία, σημαδούρες στη θάλασσα και αεροπλάνα (σε κανονικά επιβατικά αεροσκάφη)⁹. Έχουν δημιουργηθεί διάφορα δίκτυα που περιλαμβάνουν τεράστιο αριθμό επίγειων σταθμών παγκοσμίως για την καταγραφή των συγκεντρώσεων των αερίων του θερμοκηπίου. Ένα παράδειγμα είναι το Παγκόσμιο Δίκτυο Αναφοράς Αερίων του Θερμοκηπίου, που απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα, το οποίο παρακολουθεί την ατμοσφαιρική κατανομή και τις συγκεντρώσεις των τριών κύριων μακροπρόθεσμων παραγόντων της κλιματικής αλλαγής, του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), του μεθανίου (CH₄) και του οξειδίου του αζώτου (N₂O).

⁹ Pinty B., P. Ciais, et al. (2019) An Operational Anthropogenic CO₂ Emissions Monitoring & Verification Support Capacity – Needs and high level requirements for in situ measurements, doi: 10.2760/182790, European Commission Joint Research Centre, EUR 29817 EN.

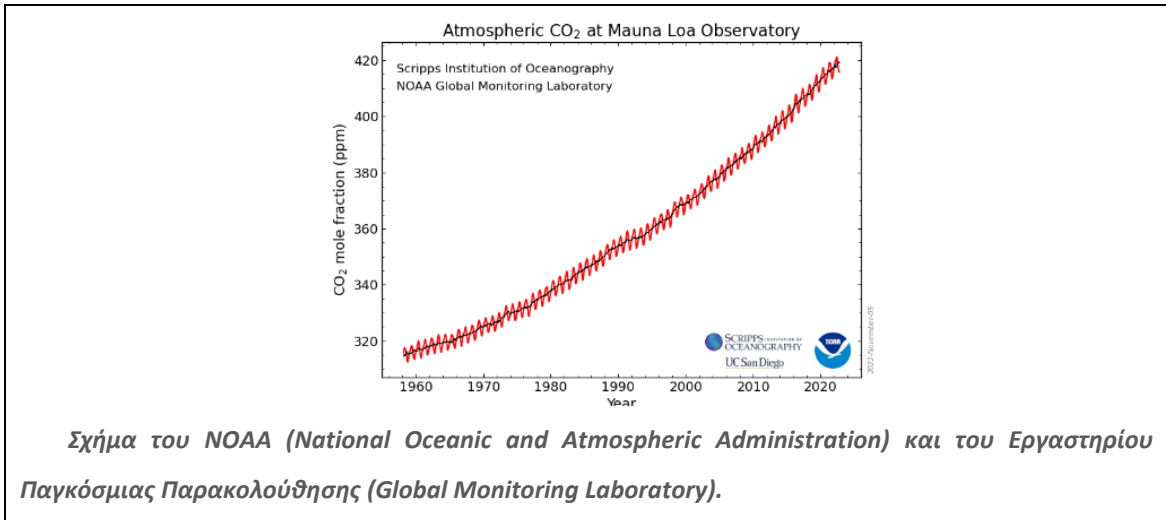


Ωστόσο, αυτό που μετράται από τα επιστημονικά όργανα είναι η συνολική συγκέντρωση των αερίων που εκπέμπονται και από τους δύο τύπους πηγών, τις φυσικές και τις ανθρωπογενείς. Για να εξάγουν με τη μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια την ανθρωπογενή συμβολή στην αύξηση των συγκεντρώσεων των αερίων του θερμοκηπίου, οι επιστήμονες εστιάζουν συνεχώς τις προσπάθειές τους στην αντιμετώπιση των περιορισμών που προκύπτουν από τη διαθεσιμότητα των μετρήσεων και τις μεθόδους παρατήρησης.

Η σύγχρονη καταγραφή των ατμοσφαιρικών επιπέδων CO₂ ξεκίνησε με τις παρατηρήσεις που καταγράφηκαν στο Παρατηρητήριο Mauna Loa¹¹ (σε υψόμετρο 3.400 m) στη Χαβάη, στα τέλη της δεκαετίας του 1950. Το παρακάτω σχήμα δείχνει πώς αυξάνονται κάθε χρόνο οι συγκεντρώσεις του CO₂. Ο οριζόντιος άξονας απεικονίζει τον μήνα της μέτρησης και ο κάθετος άξονας τη συγκέντρωση CO₂. Η κόκκινη γραμμή δείχνει τις μέσες μηνιαίες τιμές CO₂- η μεταβλητότητα της κόκκινης γραμμής οφείλεται στη φωτοσύνθεση των φυτών. Καθώς τα φυτά αρχίζουν να φωτοσυνθέτουν την άνοιξη και το καλοκαίρι, απορροφούν CO₂ από την ατμόσφαιρα και τελικά το χρησιμοποιούν ως πηγή άνθρακα για την ανάπτυξη και την αναπαραγωγή τους. Αυτό προκαλεί τη μείωση των επιπέδων CO₂ στην ατμόσφαιρα που αρχίζει κάθε χρόνο τον Μάιο. Μόλις έρθει ο χειμώνας, τα φυτά εξοικονομούν ενέργεια μειώνοντας τη φωτοσύνθεση. Η μαύρη γραμμή στο σχήμα, η οποία είναι ο μέσος όρος της κόκκινης γραμμής, δείχνει ότι υπάρχει μια επιταχυνόμενη ανοδική τάση στα επίπεδα του CO₂.

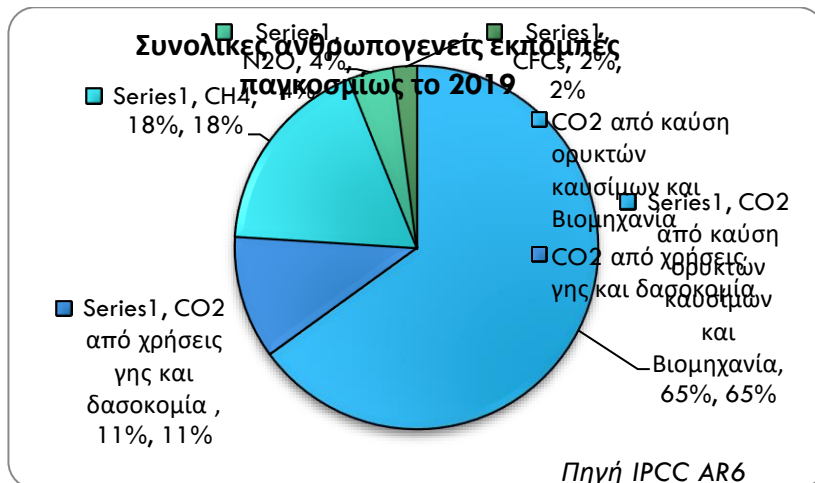
¹⁰ <https://gml.noaa.gov/ccgg/about.html>

¹¹ <https://gml.noaa.gov/obop/mlo/>



Από τα μέσα του 20ου αιώνα, οι ετήσιες εκπομπές από την καύση ορυκτών καυσίμων αυξάνονται κάθε δεκαετία, από 11 δισεκατομμύρια τόνους διοξειδίου του άνθρακα κατά μέσο όρο ετησίως τη δεκαετία του 1960 σε 35 δισεκατομμύρια τόνους διοξειδίου του άνθρακα ετησίως τη δεκαετία του 2010, σύμφωνα με το Global Carbon Update 2021¹².

Σύμφωνα με την έκθεση της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC AR6, 2019)¹³, οι συνολικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από ανθρωπογενείς πηγές στην ατμόσφαιρα εκτιμήθηκαν περίπου σε 59 δισεκατομμύρια τόνους, σχεδόν 59% υψηλότερες από τα επίπεδα του 1990 και 12% υψηλότερες από εκείνες του 2010. Το παρακάτω κυκλικό διάγραμμα δείχνει γραφικά την ποσοστιαία συνεισφορά κάθε αερίου του θερμοκηπίου στις συνολικές εκπομπές στην ατμόσφαιρα από ανθρώπινες δραστηριότητες.

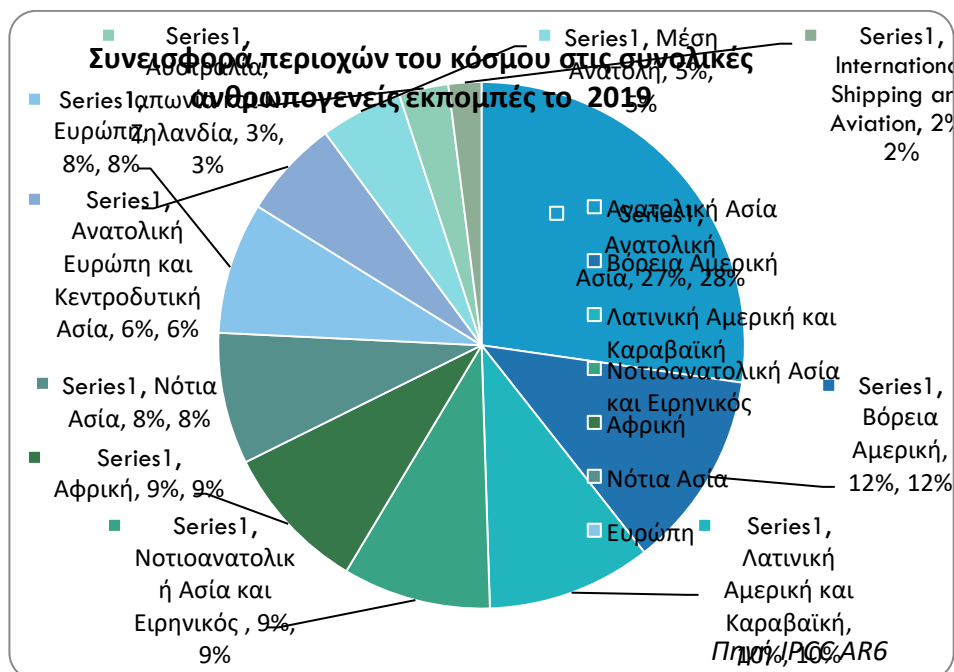


Ποσοστιαία συνεισφορά κάθε αερίου του θερμοκηπίου στις συνολικές εκπομπές στην ατμόσφαιρα από ανθρώπινες δραστηριότητες το 2019. Πηγή IPCC AR6.

¹² [ESSD - Global Carbon Budget 2021 \(earth-system-science-data.net\)](https://www.earth-system-science-data.net)

¹³ https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/downloads/report/IPCC_AR6_WGIII_SPM.pdf

Οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου έχουν αυξηθεί στις περισσότερες περιοχές του κόσμου, αλλά κατανέμονται άνισα (βλ. διάγραμμα παρακάτω), τόσο σήμερα όσο και σωρευτικά από το 1850.



Ποσοστιαία συνεισφορά διαφορετικών περιοχών του κόσμου στις συνολικές ανθρωπογενείς εκπομπές το 2019. Πηγή: IPCC AR6.

Αποτύπωμα άνθρακα

Το αποτύπωμα άνθρακα είναι οι συνολικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα που προκύπτουν από τις δραστηριότητες μεμονωμένων ανθρώπων, οργανισμών, κρατών, νοικοκυριών κ.λπ., εκφρασμένες ως ισοδύναμο CO₂, για μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο (μήνας, έτος, δεκαετία κ.λπ.).

Το ισοδύναμο CO₂ είναι ένα μοναδικό μέτρο που χρησιμοποιείται για τη σύγκριση και το σύνολο των εκπομπών όλων των αερίων του θερμοκηπίου (τα οποία έχουν διαφορετικό δυναμικό υπερθέρμανσης του πλανήτη -ΔΥΠ- ενώ το ΔΥΠ του CO₂ είναι 1).

Υπάρχουν πολλές απλές διαθέσιμες εφαρμογές που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον υπολογισμό του αποτυπώματος άνθρακα. Ακολουθεί ένα παράδειγμα διαδικτυακής εφαρμογής που διατίθεται στην πλατφόρμα Αντιστάθμισης Άνθρακα του ΟΗΕ:

<https://offset.climateneutralnow.org/footprintcalc>

Το μέσο αποτύπωμα άνθρακα για ένα άτομο στις Ηνωμένες Πολιτείες είναι 16 τόνοι, ένα από τα υψηλότερα ποσοστά στον κόσμο ενώ σε παγκόσμιο επίπεδο, το μέσο αποτύπωμα άνθρακα είναι περίπου 4 τόνοι. Για να έχουμε τις καλύτερες πιθανότητες να αποφύγουμε μια αύξηση της παγκόσμιας θερμοκρασίας κατά 2 °C, το μέσο παγκόσμιο αποτύπωμα άνθρακα ανά έτος πρέπει να μειωθεί κάτω από τους 2 τόνους μέχρι το 2050 .

Μπορούμε να μειώσουμε το αποτύπωμα άνθρακα ξεκινώντας να κάνουμε μικρές αλλαγές στην καθημερινή μας ζωή. Όλοι μας χρησιμοποιούμε τα μέσα μεταφοράς, φοράμε ρούχα, τρώμε φαγητό, καταναλώνουμε ηλεκτρική ενέργεια και άλλα αγαθά της σύγχρονης εποχής που συμβάλλουν στην παραγωγή και αύξηση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Ωστόσο, οι επιλογές που κάνει ο καθένας μας μπορούν να κάνουν τη διαφορά. Πιο συγκεκριμένα, παραδείγματα δραστηριοτήτων που θα μπορούσαμε να ακολουθήσουμε, για τη μείωση του αποτυπώματος του άνθρακα, περιγράφονται λεπτομερώς στην τελευταία ενότητα.

3.5 Πώς κάνουμε μελλοντικές προβλέψεις για την κλιματική αλλαγή;

Είναι πολύ σημαντικό να γνωρίζουμε πώς θα εξελιχθεί το κλιματικό σύστημα στο μέλλον, προκειμένου να λαμβάνουμε έγκαιρα αποφάσεις για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και την προσαρμογή στις αλλαγές. Οι επιστήμονες αντλούν πολύτιμες πληροφορίες για την κατανόηση του κλιματικού μηχανισμού της Γης και των αλλαγών του, εκτελώντας πειράματα και συλλέγοντας και αναλύοντας συνεχώς μετρήσεις από συστήματα παρατήρησης. Οι γνώσεις αυτές μεταφράζονται στη συνέχεια σε έναν υπολογιστικό κώδικα/πρόγραμμα, που ονομάζεται Κλιματικό Μοντέλο με τη χρήση μιας γλώσσας προγραμματισμού, το οποίο μιμείται τον τρόπο με τον οποίο μεταβάλλονται τα καιρικά φαινόμενα σε μεγάλες χρονικές περιόδους. Από πολλές απόψεις, η μοντελοποίηση του κλίματος είναι απλώς μια επέκταση της πρόγνωσης του καιρού που, αντί να γίνεται για μερικές δεκάδες ώρες, εστιάζει στις αλλαγές σε μεγαλύτερη χρονική κλίμακα όπως μήνες, έτη ή δεκαετίες.

Υπάρχουν δύο παραλλαγές παγκόσμιων κλιματικών μοντέλων, τα Μοντέλα Γενικής Κυκλοφορίας, ΜΓΚ, (General Circulation Model -GCM) και το Μοντέλο Συστήματος της Γης, ΜΣΓ, (Earth System Model -ESM). Ένα ΜΓΚ αναπαριστά γενικά τις φυσικές διεργασίες που συμβαίνουν στην ατμόσφαιρα, στους ωκεανούς, την κρυόσφαιρα και τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ αυτών, συμπεριλαμβανομένων των ηλιακών μεταβολών. Από την άλλη, εκτός από την αναπαράσταση της ωκεάνιας και ατμοσφαιρικής δυναμικής/κίνησης, τα ΜΣΓ περιλαμβάνουν επιπρόσθετα πληροφορίες σχετικά με τους βιογεωχημικούς κύκλους στα χερσαία και θαλάσσια οικοσυστήματα. Ως εκ τούτου, ένα ΜΣΓ μπορεί να προσομοιώσει τον τρόπο με τον οποίο αυτές οι συνιστώσες μεταβάλλονται με την πάροδο του χρόνου ως απόκριση στην ανθρωπογενή δραστηριότητα και στις μεταβαλλόμενες κλιματικές συνθήκες. Υπάρχουν επίσης κλιματικά μοντέλα που καλύπτουν μόνο τμήματα ή περιοχές του κόσμου, τα λεγόμενα «περιφερειακά κλιματικά μοντέλα» (regional climate models, RCM), τα οποία χρησιμοποιούνται για τη μελέτη του τρόπου με τον οποίο η κλιματική αλλαγή επηρεάζει σε αυτές τις περιοχές τομείς όπως η γεωργία, οι ασθένειες και συγκεκριμένα οικοσυστήματα, καθώς και για την κατάρτιση σχεδίων για την προσαρμογή στη μελλοντική κλιματική αλλαγή.

Πιο συγκεκριμένα, οι επιστήμονες χρησιμοποιούν τα κλιματικά μοντέλα για να προσομοιώσουν το κλίμα στο παρελθόν και να προβλέψουν πώς μπορεί να αλλάξει το κλίμα στο μέλλον, ιδίως καθώς οι ανθρώπινες ενέργειες, όπως η προσθήκη αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα, αλλάζουν τις βασικές συνθήκες του πλανήτη μας. Τα κλιματικά μοντέλα συμφωνούν με τις παρατηρήσεις των δορυφόρων και των επίγειων σταθμών σε μεγάλο βαθμό σχετικά με το κλίμα που παρατηρούμε. Για παράδειγμα, τα μοντέλα δείχνουν αξιόπιστα ότι η προσθήκη περισσότερων αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα θα προκαλέσει αύξηση της μέσης θερμοκρασίας. Τα μοντέλα προσπαθούν επίσης να προβλέψουν πώς η κλιματική αλλαγή θα επηρεάσει τις βροχοπτώσεις, τη στάθμη της θάλασσας, την παγοκάλυψη και άλλα τμήματα του φυσικού κόσμου.

Τα κλιματικά μοντέλα εκτελούνται σε τεράστιους υπερυπολογιστές (supercomputers) επειδή απαιτούν τεράστια υπολογιστική ισχύ. Απλούστερες μορφές κλιματικών μοντέλων κατασκευάστηκαν στα τέλη της δεκαετίας του 1950 και με την πάροδο του χρόνου αυξήθηκαν σε πολυπλοκότητα. Για την κατασκευή και τη βελτίωση ενός κλιματικού μοντέλου χρειάστηκαν πολλά χρόνια από εκατοντάδες επιστήμονες διαφορετικών ειδικοτήτων. Ωστόσο, το κλίμα της Γης είναι πολύ περίπλοκο και δεν υπάρχει τέλειο μοντέλο για να το περιγράψει. Όπως τα σύγχρονα μοντέλα καιρού δεν μπορούν να μας πουν με βεβαιότητα αν θα βρέξει την επόμενη εβδομάδα, έτσι και τα κλιματικά μοντέλα μπορούν να προβλέψουν μόνο ένα πιθανό εύρος μεταβολών.

Παρόλα αυτά, τα κλιματικά μοντέλα αποτελούν ένα εργαλείο καίριας σημασίας για την κατανόηση της κλιματικής αλλαγής και γίνονται συνεχώς πιο λεπτομερή και ακριβή. Οι νέες ανακαλύψεις στην επιστήμη του κλίματος βελτιώνουν την κατανόηση των φυσικών κλιματικών διεργασιών και επιτρέπουν την παροχή περισσότερων δεδομένων από τον πραγματικό κόσμο σχετικά με το κλιματικό σύστημα της Γης. Όλα αυτά παρέχουν τη δυνατότητα για ακριβέστερες προσομοιώσεις πολύπλοκων φαινομένων όπως τα σύννεφα, ο κύκλος του νερού, τα ωκεάνια ρεύματα και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των διαφόρων μερών της Γης. Ταυτόχρονα, οι εξελίξεις στην τεχνολογία των υπολογιστών καθιστούν δυνατή την προσομοίωση των καιρικών και κλιματικών προτύπων σε λεπτότερες χωρικές και χρονικές κλίμακες από ποτέ άλλοτε¹⁴.

Σενάρια εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου: μοτίβα μελλοντικών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου

Για να περιγράψουν την ανθρωπογενή δραστηριότητα στα κλιματικά μοντέλα με ποσοτικούς όρους, οι επιστήμονες έχουν καταρτίσει σενάρια για τις συγκεντρώσεις των αερίων του θερμοκηπίου που μεταβάλλονται με την πάροδο του χρόνου, ανάλογα με μια σειρά διαφορετικών παραδοχών για τις επικείμενες αλλαγές στις κοινωνικοοικονομικές δραστηριότητες σε παγκόσμιο επίπεδο. Τα σενάρια αυτά αποτελούν, επομένως, εκτιμήσεις για τις ποσοτικές μεταβολές των εκπομπών όλων των αερίων του θερμοκηπίου - γνωστές ως «αντιπροσωπευτικές διαδρομές συγκέντρωσης» (Representative Concentration Pathways)- από τη σημερινή εποχή έως το τέλος του 21ου αιώνα. Οι εκτιμήσεις αυτές βασίζονται στην αύξηση του πληθυσμού, την αστικοποίηση, την παγκόσμια παραγωγή ενέργειας, των χρήσεων γης, το εμπόριο, την τεχνολογική πρόοδο και την παγκόσμια οικονομία¹⁵.

Οι πιο επικαιροποιημένες διαδρομές συγκέντρωσης αερίων του θερμοκηπίου που αναπτύχθηκαν από τη Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC) και έχουν κεντρικό ρόλο στις εργασίες των εκθέσεων του ΟΗΕ για το κλίμα είναι οι Κοινές Κοινωνικοοικονομικές Διαδρομές (ΚΚΔ), (Shared Socioeconomic Pathways -SSPs). Υπάρχουν πέντε βασικές ΚΚΔ1-ΚΚΔ5 (SSP1-SSP5) που χρησιμοποιούνται στην έρευνα, οι οποίες διαφέρουν ως προς τις υποθέσεις τους σχετικά με την κοινωνικοοικονομική και τεχνολογική ανάπτυξη κατά τις επόμενες δεκαετίες. Ουσιαστικά παρουσιάζουν βασικές γραμμές για το πώς θα ήταν τα πράγματα χωρίς να ασκηθούν πολιτικές αποφάσεις για το κλίμα και επιτρέπουν στους ερευνητές να εξετάσουν τα εμπόδια και τις ευκαιρίες για τον μετριασμό

¹⁴ <https://climate.mit.edu/explainers/climate-models>

¹⁵ <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-atmospheric-carbon-dioxide>

του κλίματος και την προσαρμογή σε κάθε πιθανό μελλοντικό κόσμο, όταν συνδυάζονται με στόχους μετριασμού¹⁶.

Περισσότερες λεπτομέρειες σχετικά με τις Κοινές Κοινωνικοοικονομικές Διαδρομές ΚΚΔ, τις προκύπτουσες εκπομπές και τις μεταβολές της παγκόσμιας μέσης θερμοκρασίας ακολουθούν παρακάτω.

■ ΚΚΔ1 Αειφορία - Πράσινος δρόμος

Η ΚΚΔ1 παρέχει το πιο θετικό σενάριο τόσο για την ανθρώπινη ανάπτυξη όσο και για την περιβαλλοντική δράση. Ο κόσμος προχωρά σταδιακά προς μια πιο βιώσιμη πορεία. Συνεχίζουμε να βλέπουμε βελτιώσεις στην εκπαίδευση και την υγεία σε όλο τον κόσμο, μεγάλη μείωση της φτώχειας και συρρίκνωση των παγκόσμιων ανισοτήτων. Πρόκειται για ένα σενάριο στο οποίο οι ερευνητές οραματίζονται ταυτόχρονα ότι ο κόσμος κινείται προς μια πολύ πιο βιώσιμη κατεύθυνση.

Κατά την ΚΚΔ1, οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου κορυφώνονται μεταξύ 2040 και 2060 - ακόμη και χωρίς ειδικές πολιτικές για το κλίμα, μειούμενες σε περίπου 22 έως 48 γιγατόνους CO₂ (gigatonnes GtCO₂) ετησίως έως το 2100. Η ΚΚΔ1 οδηγεί σε αύξηση της θερμοκρασίας κατά 3,0-3,5 °C έως το 2100.

■ ΚΚΔ2 Μέση κατάσταση

Ο κόσμος ακολουθεί μια πορεία κατά την οποία οι κοινωνικές, οικονομικές και τεχνολογικές τάσεις δεν διαφοροποιούνται σημαντικά από τα ιστορικά πρότυπα. Η ανάπτυξη και η αύξηση του εισοδήματος εξελίσσονται άνισα, με ορισμένες χώρες να σημειώνουν σχετικά καλή πρόοδο, ενώ άλλες να υπολείπονται των προσδοκιών. Οι παγκόσμιοι και εθνικοί θεσμοί εργάζονται προς την κατεύθυνση της βιώσιμης ανάπτυξης αλλά σημειώνουν αργή πρόοδο στην επίτευξη των στόχων τους.

Κατά την ΚΚΔ2, οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου συνεχίζουν να αυξάνονται μέχρι το τέλος του αιώνα, φθάνοντας μεταξύ 65 GtCO₂ και 85 GtCO₂, με επακόλουθη αύξηση της θερμοκρασίας κατά 3,8-4,2 °C.

■ ΚΚΔ3 Περιφερειακή αντιπαλότητα - Ένας βραχύδης δρόμος

Η αναζωπύρωση του εθνικισμού, οι ανησυχίες για την ανταγωνιστικότητα και την ασφάλεια και οι περιφερειακές συγκρούσεις ωθούν τις χώρες να επικεντρώνονται όλο και περισσότερο σε εσωτερικά ή, το πολύ-πολύ, περιφερειακά ζητήματα. Οι χώρες

¹⁶ <https://www.carbonbrief.org/explainer-how-shared-socioeconomic-pathways-explore-future-climate-change/>

επικεντρώνονται στην επίτευξη στόχων ενεργειακής και επισιτιστικής ασφάλειας εντός των δικών τους περιοχών εις βάρος της ευρύτερης ανάπτυξης. Η οικονομική ανάπτυξη είναι αργή, η κατανάλωση υλικών εντείνεται και οι ανισότητες παραμένουν ή επιδεινώνονται με την πάροδο του χρόνου. Η αύξηση του πληθυσμού είναι χαμηλή στις αναπτυσσόμενες χώρες και υψηλή στις αναπτυσσόμενες. Η χαμηλή διεθνής προτεραιότητα για την αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών προβλημάτων οδηγεί σε έντονη περιβαλλοντική υποβάθμιση σε ορισμένες περιοχές. Η ΚΚΔ3 αντιπροσωπεύει ένα απαισιόδοξο σενάριο.

Κατά την ΚΚΔ3, η αύξηση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου εκτιμάται να κυμανθεί περίπου στους 76 με 86 GtCO₂ μέχρι το 2100 με επακόλουθη αύξηση της θερμοκρασίας που εκτιμάται σε 3,9-4,6°C.

■ ΚΚΔ4 Ανισότητα - Ένας δρόμος διχασμένος

Οι εξαιρετικά άνισες επενδύσεις στο ανθρώπινο κεφάλαιο, σε συνδυασμό με τις αυξανόμενες ανισότητες στις οικονομικές ευκαιρίες και την πολιτική εξουσία, οδηγούν σε αυξανόμενες ανισότητες και διαστρωμάτωση τόσο μεταξύ των χωρών όσο και στο εσωτερικό τους. Με την πάροδο του χρόνου, διευρύνεται το χάσμα μεταξύ μιας διεθνώς διασυνδεδεμένης κοινωνίας που συμβάλλει σε τομείς έντασης γνώσης και κεφαλαίου της παγκόσμιας οικονομίας και μιας κατακερματισμένης κοινωνίας με χαμηλότερο εισόδημα και χαμηλό μορφωτικό επίπεδο που εργάζεται σε μια οικονομία έντασης εργασίας και ανεπαρκής τεχνολογίας. Η τεχνολογική ανάπτυξη είναι υψηλή στην οικονομία και τους τομείς υψηλής τεχνολογίας. Η ΚΚΔ4 αντιπροσωπεύει ένα απαισιόδοξο σενάριο.

Κατά την ΚΚΔ4, οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου κυμαίνονται από 34 GtCO₂ έως 45 GtCO₂ έως το 2100, με αύξηση της θερμοκρασίας κατά 3,5-3,8°C.

■ ΚΚΔ5 Ανάπτυξη που τροφοδοτείται με ορυκτά καύσιμα

Η ΚΚΔ5 είναι παρόμοια αισιόδοξη με την ΚΚΔ1 όσον αφορά την ανάπτυξη, αλλά το επιτυγχάνει μέσω της μεγάλης χρήσης ορυκτών καυσίμων. Αυτό οδηγεί επομένως σε συνεχείς μεγάλες αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον.

Κατά την ΚΚΔ5, οι υψηλότερες εκπομπές κυμαίνονται από 104 GtCO₂ έως 126 GtCO₂ το 2100, με αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας κατά 4,7-5,1°C.

4. Ποιες είναι οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής;

Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής συμβαίνουν και έχουν γίνει πλέον σημαντικές, καθώς αλληλεπιδρούν με τα διάφορα συστήματα της φύσης και τους τομείς της κοινωνίας προκαλώντας σημαντικές αλλαγές. Σύμφωνα με την Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC), οι παρατηρούμενες επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής συνοψίζονται στους ακόλουθους τομείς¹⁷:

1. Οικοσυστήματα και βιοποικιλότητα
2. Ακραία καιρικά φαινόμενα
3. Συστήματα τροφίμων, επισιτιστική ασφάλεια και δάση
4. Υδατικά συστήματα και υδατική ασφάλεια
5. Υγεία και ευημερία
6. Μετανάστευση και εκτοπισμός
7. Ανθρώπινη ευαλωτότητα
8. Πόλεις, οικισμοί και υποδομές
9. Οικονομικοί τομείς

Παρακάτω ακολουθεί μια σύντομη συζήτηση για τις προαναφερθείσες επιπτώσεις.

4.1 Οικοσυστήματα και βιοποικιλότητα

Σύμφωνα με επιστημονικά στοιχεία, τα οικοσυστήματα σε όλο τον κόσμο έχουν επηρεαστεί από την κλιματική αλλαγή. Οι αλλαγές έχουν μεταβάλει τα θαλάσσια, χερσαία και γλυκού-νερού οικοσυστήματα σύμφωνα με την τελευταία έκθεση της IPCC. Οι επιπτώσεις είναι μεγαλύτερες με πιο εκτεταμένες συνέπειες από ό,τι αναμενόταν. Η βιοποικιλότητα είναι ένας όρος που σημαίνει την ποικιλία της ζωής στη Γη, σε όλες τις μορφές της. Οι αντιδράσεις της βιολογικής ποικιλομορφίας, συμπεριλαμβανομένων των αλλαγών στη φυσιολογία, την ανάπτυξη, την αφθονία, τη γεωγραφική τοποθέτηση και τη μετατόπιση του εποχιακού χρόνου, συχνά δεν επαρκούν για να αντιμετωπίσουν την πρόσφατη κλιματική αλλαγή. Η κλιματική αλλαγή έχει προκαλέσει αύξηση των εκτάσεων που καίγονται από πυρκαγιές και την απώλεια τοπικών ειδών της χλωρίδας και της πανίδας, αύξηση των ασθενειών και οδηγεί

¹⁷ https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC_AR6_WGII_TechnicalSummary.pdf

σε μαζική θνησιμότητα φυτών και ζώων, με αποτέλεσμα τις πρώτες εξαφανίσεις που οφείλονται στο κλίμα που αλλάζει.

Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στα οικοσυστήματα¹⁸ έχουν προκαλέσει μετρήσιμες οικονομικές απώλειες και απώλειες μέσων διαβίωσης και έχουν επίσης μεταβάλει τις πολιτιστικές πρακτικές και τις δραστηριότητες αναψυχής σε όλο τον κόσμο.

Στην ξηρά, οι υψηλότερες θερμοκρασίες έχουν προκαλέσει μια μετακίνηση ζώων και φυτών προς μεγαλύτερα υψόμετρα ή υψηλότερα γεωγραφικά πλάτη, πολλά από αυτά προς τους πόλους της Γης, με εκτεταμένες συνέπειες για τα οικοσυστήματα. Ο κίνδυνος εξαφάνισης ειδών αυξάνεται με κάθε βαθμό αύξησης της θερμοκρασίας.

Στους ωκεανούς, η άνοδος της θερμοκρασίας αυξάνει τον κίνδυνο μη αναστρέψιμης απώλειας των θαλάσσιων και παράκτιων οικοσυστημάτων. Οι ζωντανοί κοραλλιογενείς ύφαλοι, για παράδειγμα, έχουν μειωθεί σχεδόν στο μισό τα τελευταία 150 χρόνια και η περαιτέρω αύξηση της θερμοκρασίας απειλεί να καταστρέψει σχεδόν όλους τους εναπομείναντες υφάλους.

Συνολικά, η κλιματική αλλαγή επηρεάζει την υγεία των οικοσυστημάτων, επηρεάζοντας τις μετατοπίσεις στην κατανομή των φυτών, των ζώων, ακόμη και των ανθρώπινων οικισμών. Αυτό μπορεί να δημιουργήσει αυξημένες πιθανότητες για τα ζώα να μεταφέρουν ασθένειες και μέσω των ιών να μεταδοθούν στον άνθρωπο. Η ανθρώπινη υγεία μπορεί επίσης να επηρεαστεί από τη μειωμένη απόδοση των οικοσυστημάτων, δηλαδή από τη μείωση των τροφίμων, φαρμάκων και μέσων διαβίωσης που παρέχει η φύση.

4.2 Ακραία καιρικά φαινόμενα

Η ανθρωπογενής κλιματική αλλαγή έχει αυξήσει τη συχνότητα ή/και την ένταση ή/και τη διάρκεια των ακραίων καιρικών φαινομένων, συμπεριλαμβανομένων της ξηρασίας, των πυρκαγιών, των χερσαίων και θαλάσσιων καυσώνων, των κυκλώνων και των πλημμυρών που προκαλούν εκτεταμένες και σοβαρές απώλειες και ζημιές στους ανθρώπινους πληθυσμούς και τα φυσικά συστήματα. Ορισμένα οικολογικά συστήματα δεν έχουν την ανθεκτικότητα (resilience) έτσι ώστε να αντιμετωπίσουν τις επιπτώσεις των ακραίων καιρικών φαινομένων. Επιπλέον, τα ακραία φαινόμενα μπορούν να υποβάλλουν σε δοκιμασία την ικανότητα προσαρμογής (adaptation) άλλων συστημάτων και κοινωνιών.

Τα ακραία φαινόμενα που σχετίζονται με το κλίμα έχουν επηρεάσει την παραγωγικότητα των τομέων της γεωργίας, της δασοκομίας και της αλιείας. Η ξηρασία, οι πλημμύρες, οι

¹⁸ https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC_AR6_WGII_CCP1.pdf

πυρκαγιές και οι θαλάσσιοι καύσωνες συμβάλλουν στη μειωμένη διαθεσιμότητα τροφίμων και στην αύξηση των τιμών των τροφίμων, απειλώντας την επισιτιστική ασφάλεια και τα μέσα διαβίωσης εκατομμυρίων ανθρώπων σε όλες τις περιοχές.

Ακραία κλιματικά φαινόμενα έχουν παρατηρηθεί σε όλες τις κατοικημένες περιοχές, με πολλές περιοχές να βιώνουν πρωτοφανείς συνέπειες, ιδίως όταν πολλαπλοί κίνδυνοι συμβαίνουν ταυτόχρονα ή στον ίδιο χώρο. Τα ακραία γεγονότα που σχετίζονται με το κλίμα ακολουθούνται από αρνητικές επιπτώσεις στην ψυχική υγεία, την ευημερία, την ευτυχία, τις γνωστικές επιδόσεις και επιθετικότητα στους εκτεθειμένους πληθυσμούς.

4.3 Διατροφικά συστήματα, επισιτιστική ασφάλεια και δασοκομία

Η κλιματική αλλαγή ήδη επιβαρύνει τα διατροφικά συστήματα και τη δασοκομία, με αρνητικές συνέπειες για τα μέσα διαβίωσης, την επισιτιστική ασφάλεια και τη διατροφή εκατοντάδων εκατομμυρίων ανθρώπων, ιδίως στα χαμηλά (περιοχές κοντά στον ισημερινό της Γης) και στα μεσαία γεωγραφικά πλάτη. Το παγκόσμιο επισιτιστικό σύστημα αποτυγχάνει να αντιμετωπίσει την επισιτιστική ανασφάλεια και τον υποσιτισμό με περιβαλλοντικά βιώσιμο τρόπο.

Πιο συγκεκριμένα, οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής επηρεάζουν αρνητικά τη γεωργία, τη δασοκομία, την αλιεία και τις υδατοκαλλιέργειες, παρεμποδίζοντας όλο και περισσότερο τις προσπάθειες ικανοποίησης των ανθρώπινων αναγκών. Η αύξηση της θερμοκρασίας επηρεάζει αρνητικά την ποιότητα των καλλιεργειών και των βοσκοτόπων και τη σταθερότητα της συγκομιδής. Οι θερμότερες και ξηρότερες συνθήκες έχουν μειώσει τη διάρκεια ζωής των δέντρων και αυξήσει τις διαταραχές των δασών σε πολλούς εύκρατους και βόρειους βιοτόπους. Η υπερθέρμανση των ωκεανών μείωσε τις βιώσιμες αποδόσεις ορισμένων πληθυσμών άγριων ψαριών κατά 4,1% μεταξύ 1930 και 2010. Η οξίνιση των ωκεανών και η αύξηση της θερμοκρασίας έχουν ήδη επηρεάσει τα εκτρεφόμενα υδρόβια είδη. Γενικότερα, οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στα διατροφικά συστήματα μας επηρεάζουν όλους, αλλά ορισμένες ομάδες είναι πιο ευάλωτες.

4.4 Συστήματα ύδρευσης και ασφάλεια νερού

Επί του παρόντος, περίπου ο μισός πληθυσμός του πλανήτη αντιμετωπίζει σοβαρή λειψυδρία για τουλάχιστον 1 μήνα το χρόνο λόγω κλιματικών και άλλων παραγόντων. Η ανασφάλεια όσον αφορά το νερό εκδηλώνεται μέσω της λειψυδρίας και των κινδύνων που προκαλούνται από το κλίμα και επιδεινώνεται περαιτέρω από την ανεπαρκή διαχείριση των

ποσοτήτων του νερού. Τα ακραία φαινόμενα και η υποκείμενη τρωτότητα των συστημάτων ύδρευσης έχουν εντείνει τις κοινωνικές επιπτώσεις της ξηρασίας και των πλημμυρών, έχουν επηρεάσει αρνητικά τη γεωργία και την παραγωγή ενέργειας και έχουν αυξήσει τη συχνότητα εμφάνισης ασθενειών που μεταδίδονται από το νερό. Οι οικονομικές και κοινωνικές επιπτώσεις που αφορούν στην ασφάλεια του νερού είναι πιο έντονες στις χώρες με χαμηλό εισόδημα από ό,τι στις χώρες με μεσαίο και υψηλό εισόδημα.

Η κλιματική αλλαγή έχει εντείνει τον παγκόσμιο υδρολογικό κύκλο, προκαλώντας διάφορες κοινωνικές επιπτώσεις, οι οποίες γίνονται δυσανάλογα αισθητές από ευάλωτους πληθυσμούς. Παγκοσμίως, οι άνθρωποι βιώνουν όλο και περισσότερο ασυνήθη μοτίβα βροχοπτώσεων, συμπεριλαμβανομένων ακραίων βροχοπτώσεων. Επιπλέον, οι παγετώνες λιώνουν με πρωτοφανείς ρυθμούς, προκαλώντας αρνητικές κοινωνικές επιπτώσεις στις κοινότητες που εξαρτώνται από τις υδάτινες πηγές της κρυόσφαιρας. Η αλλαγή του συστήματος της κρυόσφαιρας έχει επηρεάσει τα οικοσυστήματα, τους υδάτινους πόρους, τα μέσα διαβίωσης και γενικότερα τις χρήσεις του νερού σε όλες τις περιοχές του κόσμου που εξαρτώνται από αυτό.

Οι αλλαγές στον υδρολογικό κύκλο έχουν επηρεάσει αρνητικά τα οικοσυστήματα γλυκού νερού και τα χερσαία οικοσυστήματα. Πιο συγκεκριμένα, η μεταβλητότητα στις τάσεις των θερμοκρασιών και των βροχοπτώσεων καθώς και στα ακραία φαινόμενα προκαλούν αλλαγές στον κύκλο του νερού, οι οποίες επηρεάζουν θετικά και αρνητικά τη γεωργική παραγωγή, όμως με τις αρνητικές επιπτώσεις να υπερτερούν των θετικών. Οι ξηρασίες, οι πλημμύρες και η μεταβλητότητα των βροχοπτώσεων έχουν συμβάλει στη μειωμένη διαθεσιμότητα τροφίμων και στην αύξηση των τιμών των τροφίμων, απειλώντας την επισιτιστική και διατροφική ασφάλεια και τα μέσα διαβίωσης εκατομμυρίων ανθρώπων παγκοσμίως. Τα έτη ξηρασίας έχουν μειώσει την παραγωγή θερμοηλεκτρικής και υδροηλεκτρικής ενέργειας κατά περίπου 4-5% σε σύγκριση με τον μακροπρόθεσμο μέσο όρο παραγωγής από τη δεκαετία του 1980.

Οι αλλαγές στη θερμοκρασία, τις βροχοπτώσεις και τις καταστροφές που σχετίζονται με το νερό συνδέονται με αυξημένα περιστατικά υδατογενών ασθενειών, όπως η χολέρα, ιδίως σε περιοχές με περιορισμένη πρόσβαση σε υποδομές ασφαλούς νερού, αποχέτευσης και υγιεινής.

4.5 Υγεία και καλή διαβίωση

Η κλιματική αλλαγή έχει ήδη βλάψει τη σωματική και ψυχική υγεία του ανθρώπου. Οι γυναίκες, τα παιδιά, οι ηλικιωμένοι, οι ιθαγενείς, τα νοικοκυριά με χαμηλό εισόδημα και οι κοινωνικά περιθωριοποιημένες ομάδες εντός πόλεων, οικισμών, περιφερειών και χωρών είναι οι πιο ευάλωτες. Η παρατηρούμενη θνησιμότητα από πλημμύρες, ξηρασία και

καταιγίδες είναι 15 φορές υψηλότερη για τις χώρες που κατατάσσονται ως ιδιαίτερα ευάλωτες σε σύγκριση με τις λιγότερο ευάλωτες χώρες την τελευταία δεκαετία. Οι προκλήσεις για την ψυχική υγεία αυξάνονται με την αύξηση της θερμοκρασίας, τα τραύματα που συνδέονται με τα ακραία καιρικά φαινόμενα και την απώλεια μέσω διαβίωσης και πολιτισμού.

Οι αυξανόμενες θερμοκρασίες και οι καύσωνες έχουν αυξήσει τη θνησιμότητα και τη νοσηρότητα, με επιπτώσεις που ποικίλλουν ανάλογα με την ηλικία, το φύλο, την αστικοποίηση και τους κοινωνικοοικονομικούς παράγοντες. Τα ακραία κλιματικά φαινόμενα έχουν συμβάλει καθοριστικά στην αύξηση του υποσιτισμού εκατομμυρίων ανθρώπων, κυρίως στην Αφρική και την Κεντρική Αμερική. Οι κίνδυνοι για την ασφάλεια των τροφίμων που σχετίζονται με το κλίμα έχουν αυξηθεί παγκοσμίως. Αυτοί οι κίνδυνοι περιλαμβάνουν λοιμώξεις από σαλμονέλα, καμπυλοβακτηρίδιο και κρυπτοσπορίδιο, μυκοτοξίνες που σχετίζονται με καρκίνο και καχεξία στα παιδιά, καθώς και μόλυνση των θαλασσιών με θαλάσσιες τοξίνες και παθογόνα.

Οι υψηλότερες θερμοκρασίες, οι έντονες βροχοπτώσεις και οι πλημμύρες συνδέονται με την αύξηση των υδατογενών ασθενειών, ιδίως των διαρροϊκών ασθενειών, συμπεριλαμβανομένης της χολέρας και άλλων γαστρεντερικών λοιμώξεων (υψηλή εμπιστοσύνη) σε χώρες υψηλού, μεσαίου και χαμηλού εισοδήματος. Οι μετατοπίσεις των περιοχών εξάπλωσης της άγριας πανίδας λόγω της κλιματικής αλλαγής, η εκμετάλλευση της άγριας πανίδας και η υποβάθμιση της ποιότητας των βιοτόπων έχουν αυξήσει τις πιθανότητες εξάπλωσης παθογόνων μικροοργανισμών από την άγρια πανίδα στους ανθρώπινους πληθυσμούς, με αποτέλεσμα την αύξηση της εμφάνισης ζωονοσογόνων ασθενειών (που μεταδίδονται στον άνθρωπο από τα ζώα), επιδημιών και πανδημιών. Ζωνόσοι, που ιστορικά ήταν σπάνιοι ή δεν είχαν καταγραφεί ποτέ στις αρκτικές και υποαρκτικές περιοχές της Ευρώπης, της Ασίας και της Βόρειας Αμερικής, εμφανίζονται ως αποτέλεσμα των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στο περιβάλλον. Επίσης, αρκετές χρόνιες, μη μεταδοτικές ασθένειες του αναπνευστικού συστήματος είναι ευαίσθητες στο κλίμα με βάση τις οδούς έκθεσής τους (π.χ. ζέστη, κρύο, σκόνη, μικρά σωματίδια, όζον, καπνός πυρκαγιάς και αλλεργιογόνα), αν και η κλιματική αλλαγή δεν είναι ο κυρίαρχος παράγοντας σε όλες τις περιπτώσεις.

4.6 Μετανάστευση και εκτόπιση πληθυσμών

Οι κλιματικοί κίνδυνοι που συνδέονται με ακραία φαινόμενα (ξηρασία, τροπικές καταιγίδες και τυφώνες, έντονες βροχοπτώσεις και πλημμύρες) και γενικότερα η

μεταβλητότητα του κλίματος δρουν ως άμεσοι παράγοντες ακούσιας μετανάστευσης και εκτοπισμού και ως έμμεσοι παράγοντες μέσω της επιδείνωσης των ευαίσθητων στο κλίμα μέσων διαβίωσης. Οι περισσότερες εκτοπίσεις και μετακινήσεις που σχετίζονται με το κλίμα συμβαίνουν εντός των εθνικών συνόρων, ενώ οι διεθνείς μετακινήσεις λαμβάνουν χώρα κυρίως μεταξύ χωρών με συνεχόμενα σύνορα. Από το 2008, κατά μέσο όρο πάνω από 20 εκατομμύρια άνθρωποι εκτοπίζονται εσωτερικά ετησίως λόγω ακραίων καιρικών φαινομένων, με τις καταιγίδες και τις πλημμύρες να είναι τα πιο συνηθισμένα.

Τα ακραία κλιματικά φαινόμενα δρουν τόσο ως άμεσοι παράγοντες (π.χ. καταστροφή σπιτιών από τροπικούς κυκλώνες) όσο και ως έμμεσοι παράγοντες (π.χ. απώλειες αγροτικού εισοδήματος κατά τη διάρκεια παρατεταμένων ξηρασιών) της ακούσιας μετανάστευσης και του εκτοπισμού. Ο μεγαλύτερος απόλυτος αριθμός ανθρώπων που εκτοπίζονται από ακραία καιρικά φαινόμενα κάθε χρόνο εμφανίζεται στην Ασία (Νότια, Νοτιοανατολική και Ανατολική), ακολουθούμενη από την υποσαχάρια Αφρική. Σημειώνεται ότι τα μικρά νησιωτικά κράτη στην Καραϊβική και τον Νότιο Ειρηνικό πλήττονται δυσανάλογα σε σχέση με το μικρό μέγεθος του πληθυσμού τους.

4.7 Τρωτότητα πληθυσμών

Η τρωτότητα καθορίζει σημαντικά τον τρόπο με τον οποίο οι κοινωνίες και οι κοινότητες βιώνουν τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής. Η τρωτότητα στην κλιματική αλλαγή είναι ένα πολυδιάστατο, δυναμικό φαινόμενο που διαμορφώνεται από διασταυρούμενες ιστορικές και σύγχρονες πολιτικές, οικονομικές και πολιτισμικές διαδικασίες περιθωριοποίησης. Οι κοινωνίες με υψηλά επίπεδα ανισότητας είναι λιγότερο ανθεκτικές στην κλιματική αλλαγή. Περίπου 3,3 δισεκατομμύρια άνθρωποι ζουν σε χώρες με υψηλή ανθρώπινη ευπάθεια στην κλιματική αλλαγή.

Η μεταβλητότητα του κλίματος και τα ακραία φαινόμενα συνδέονται με πιο παρατεταμένες συγκρούσεις μέσω της αύξησης των τιμών των τροφίμων, της επισιτιστικής και υδατικής ανασφάλειας, της απώλειας εισοδήματος και της απώλειας μέσων διαβίωσης, με πιο συνεπή στοιχεία για την οργανωμένη βία χαμηλής έντασης εντός των χωρών παρά για τις μεγάλες ή διεθνείς ένοπλες συγκρούσεις.

4.8 Πόλεις, οικισμοί και υποδομές

Οι πόλεις και οι οικισμοί (ιδίως οι αυθαίρετοι οικισμοί) καθώς και οι παράκτιες και ορεινές περιοχές συνέχισαν να αναπτύσσονται με ταχείς ρυθμούς και παραμένουν κρίσιμοι

ως συγκεντρωμένοι τόποι αυξημένης έκθεσης σε κινδύνους και αυξανόμενης ευπάθειας. Από την προηγούμενη δεκαετία, ολοένα και περισσότεροι άνθρωποι, βασικά περιουσιακά στοιχεία και υποδομές σε πόλεις και οικισμούς εκτίθενται στις επιπτώσεις που προκαλούνται από την αλλαγή του κλίματος. Τέτοιες επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής είναι η άνοδος της στάθμης της θάλασσας, οι καύσωνες, οι ξηρασίες, οι αλλαγές στην απορροή, οι πλημμύρες, οι πυρκαγιές και η απόψυξη του μόνιμου πάγου που προκαλούν διαταραχές σε βασικές υποδομές και υπηρεσίες, όπως η παροχή και η μεταφορά ενέργειας, οι επικοινωνίες, η παροχή τροφίμων και νερού και τα συστήματα μεταφορών μέσα και μεταξύ αστικών και περιαστικών περιοχών. Η ταχύτερη αύξηση της αστικής ευπάθειας και έκθεσης έχει αναφερθεί σε πόλεις και οικισμούς όπου η ικανότητα προσαρμογής είναι περιορισμένη, συμπεριλαμβανομένων των αυθαίρετων οικισμών σε κοινότητες χαμηλού και μεσαίου εισοδήματος και σε μικρότερες και μεσαίες αστικές κοινότητες.

4.9 Οικονομικές απώλειες

Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής έχουν παρατηρηθεί σε διάφορους οικονομικούς τομείς, αν και το μέγεθος των ζημιών ποικίλλει ανά τομέα και ανά περιοχή. Τα πρόσφατα ακραία καιρικά φαινόμενα και τα γεγονότα που προκαλούνται από το κλίμα έχουν συνδεθεί με μεγάλο κόστος μέσω της καταστροφής της περιουσίας και των υποδομών και των διαταραχών της αλυσίδας εφοδιασμού. Οι δυσμενείς επιπτώσεις των ακραίων καιρικών φαινομένων στην οικονομική ανάπτυξη έχουν εντοπιστεί κυρίως στις αναπτυσσόμενες χώρες. Οι εκτεταμένες κλιματικές επιπτώσεις έχουν υπονομεύσει τα οικονομικά μέσα διαβίωσης, ιδίως μεταξύ των ευάλωτων πληθυσμών. Οι κλιματικές επιπτώσεις και οι προβλεπόμενοι κίνδυνοι δεν έχουν ενσωματωθεί επαρκώς στις πρακτικές σχεδιασμού και κατάρτισης του προϋπολογισμού του ιδιωτικού και του δημόσιου τομέα και στη χρηματοδότηση της προσαρμογής.

Βασικό μήνυμα

Οι αλλαγές στη θερμοκρασία, τις βροχοπτώσεις και τα ακραία καιρικά φαινόμενα έχουν αυξήσει τη συχνότητα και την εξάπλωση ασθενειών στην άγρια πανίδα, τη γεωργία και τους ανθρώπους. Βλέπουμε επιμήκυνση της περιόδου πυρκαγιών και αύξηση των καμένων εκτάσεων. Περίπου το ήμισυ του παγκόσμιου πληθυσμού αντιμετωπίζει σήμερα σοβαρή έλλειψη νερού σε κάποια στιγμή κατά τη διάρκεια του έτους, εν μέρει λόγω της κλιματικής αλλαγής και των ακραίων φαινομένων, όπως οι πλημμύρες και οι ξηρασίες. Οι συνθήκες ξηρασίας έχουν γίνει πιο συχνές σε πολλές περιοχές, επηρεάζοντας αρνητικά τη γεωργία και την παραγωγή ενέργειας από υδροηλεκτρικά εργοστάσια.

Οι άνθρωποι που ζουν σήμερα στις πόλεις αντιμετωπίζουν υψηλότερους κινδύνους θερμικής καταπόνησης, μειωμένης ποιότητας αέρα λόγω πυρκαγιών, έλλειψης νερού, έλλειψης τροφίμων και άλλων επιπτώσεων που προκαλούνται από την κλιματική αλλαγή και την επίδρασή της στις αλυσίδες εφοδιασμού, τα δίκτυα μεταφορών και άλλες κρίσιμες υποδομές. Σε παγκόσμιο επίπεδο, η κλιματική αλλαγή προκαλεί όλο και περισσότερο τραυματισμούς, ασθένειες, υποσιτισμό, απειλές για τη σωματική και ψυχική υγεία και ευημερία, ακόμη και θανάτους. Κάνει ακόμη πιο ζεστές τις θερμές περιοχές και μειώνει δραστικά τον χρόνο που οι άνθρωποι μπορούν να περνούν έξω, πράγμα που σημαίνει ότι ορισμένοι εργαζόμενοι σε εξωτερικούς χώρους δεν θα μπορούν να εργαστούν τις απαιτούμενες ώρες και συνεπώς θα κερδίζουν λιγότερα.

Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής αναμένεται να ενταθούν με την περαιτέρω αύξηση της θερμοκρασίας. Είναι επίσης διαπιστωμένο γεγονός ότι αλληλεπιδρούν με πολλαπλές άλλες κοινωνικές και περιβαλλοντικές προκλήσεις.

Σύμφωνα με την τελευταία έκθεση αξιολόγησης της IPCC (AR6), πολλές αλλαγές στο κλιματικό σύστημα θα γίνουν μεγαλύτερες λόγω της αυξανόμενης υπερθέρμανσης του πλανήτη. Μια περίληψη των προβλεπόμενων αλλαγών παρατίθεται παρακάτω:

- Σύμφωνα με όλα τα εξεταζόμενα σενάρια εκπομπών, η μέση παγκόσμια επιφανειακή θερμοκρασία θα συνεχίσει να αυξάνεται τουλάχιστον μέχρι τα μέσα του αιώνα. Η υπερθέρμανση του πλανήτη κατά 1,5°C και 2°C θα ξεπεραστεί κατά τη διάρκεια του 21ου αιώνα, εκτός εάν οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου μειωθούν σημαντικά τις επόμενες δεκαετίες. Η τελευταία φορά που η θερμοκρασία της επιφάνειας του πλανήτη ήταν 2,5°C ή περισσότερο πάνω από το επίπεδο του 1850-1900 ήταν πριν από 3 εκατομμύρια χρόνια.
- Πιο συγκεκριμένα, σε σύγκριση με το 1850-1900, η παγκόσμια επιφανειακή θερμοκρασία είναι πολύ πιθανό να αυξηθεί κατά 1,0°C έως 1,8°C κατά μέσο όρο κατά τα έτη 2081-2100 σύμφωνα με ένα σενάριο που προβλέπει πολύ χαμηλές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Με μέτριες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, η θερμοκρασία θα αυξηθεί κατά 2,1°C έως 3,5°C. Στο σενάριο με πολύ υψηλές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, η αύξηση θα αυξηθεί κατά περίπου 3,3°C έως 5,7°C.
- Οι αλλαγές στο κλίμα περιλαμβάνουν την αύξηση της συχνότητας και της έντασης των ακραίων κυμάτων καύσωνα, των ισχυρών βροχοπτώσεων και, σε ορισμένες περιοχές, της γεωργικής και οικολογικής ξηρασίας. Σε παγκόσμια κλίμακα, προβλέπεται ότι τα ακραία ημερήσια φαινόμενα βροχόπτωσης θα αυξηθούν κατά περίπου 7% ανά 1°C υπερθέρμανσης του πλανήτη.
- Προβλέπεται αύξηση του ποσοστού των έντονων τροπικών κυκλώνων και μείωση των θαλάσσιων πάγων της Αρκτικής, της χιονοκάλυψης και του μόνιμου πάγου.
- Είναι σχεδόν βέβαιο ότι η μέση παγκόσμια στάθμη της θάλασσας θα συνεχίσει να αυξάνεται τον 21ο αιώνα. Σε σύγκριση με την περίοδο 1995-2014, η πιθανή αύξηση της μέσης παγκόσμιας στάθμης της θάλασσας μέχρι το 2100 είναι 0,28-0,55 μέτρα στο σενάριο με πολύ χαμηλές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, στο σενάριο με μέτριες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου 0,44-0,76 μέτρα και με πολύ υψηλές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου η αύξηση θα είναι 0,63-1,01 μέτρα.

- Στα επόμενα χρόνια, η παγκόσμια μέση στάθμη της θάλασσας θα αυξηθεί κατά περίπου 2 έως 3 μέτρα, αν η υπερθέρμανση του πλανήτη περιοριστεί στον 1,5°C. Θα αυξηθεί κατά 2 έως 6 m αν περιοριστεί στους 2°C και κατά 19 έως 22 m αν αυξηθεί στους 5°C.
- Πολλές αλλαγές που οφείλονται στις παρελθούσες και μελλοντικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου είναι μη αναστρέψιμες για αιώνες ή χιλιετίες - ιδίως οι αλλαγές στους ωκεανούς, στους πάγους/παγετώνες και στην παγκόσμια στάθμη της θάλασσας. Μακροπρόθεσμα, λόγω της συνεχιζόμενης αύξησης της θερμοκρασίας των ωκεανών και της απώλειας μάζας των παγετώνων, η στάθμη της θάλασσας θα αυξηθεί για αιώνες έως χιλιετίες και θα παραμείνει αυξημένη για χιλιάδες χρόνια.

Βασικό μήνυμα

Η κλιματική αλλαγή θα επηρεάσει την ποιότητα και τη διαθεσιμότητα του νερού για την υγιεινή και την παραγωγή τροφίμων καθώς και τα οικοσυστήματα λόγω ακραίων φαινομένων που προκαλούν πλημμύρες και ξηρασίες.

Πολλαπλοί κλιματικοί κίνδυνοι θα συμβαίνουν ταυτόχρονα πιο συχνά στο μέλλον. Μπορεί να αλληλο-ενισχύονται και να οδηγήσουν σε αυξημένες επιπτώσεις και κινδύνους για τη φύση και τον άνθρωπο, οι οποίοι είναι πιο σύνθετοι και πιο δύσκολα διαχειρίσιμοι.

Οι αρνητικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής θα συνεχίσουν να αυξάνονται εάν καθυστερήσουν περαιτέρω οι δραστικές περικοπές των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Αλλά η επιστήμη είναι επίσης σαφής: με άμεση δράση τώρα, οι δυσμενείς επιπτώσεις μπορούν ακόμη να αποτραπούν.

5. Προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή

Οι κίνδυνοι και οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής μπορούν να μειωθούν, εντός ορίων, εάν οι άνθρωποι και η φύση προσαρμοστούν στις μεταβαλλόμενες συνθήκες. Η κλίμακα και το εύρος των δράσεων για τη μείωση των κλιματικών κινδύνων (προσαρμογή) έχουν αυξηθεί παγκοσμίως. Τα άτομα και τα νοικοκυριά μαζί με τις κοινότητες, τις επιχειρήσεις, τις θρησκευτικές ομάδες και τα κοινωνικά κινήματα προσαρμόζονται ήδη στην κλιματική αλλαγή. Ωστόσο, η τελευταία έκθεση της IPCC (AR6) εντοπίζει μεγάλα κενά μεταξύ των τρεχουσών προσπαθειών και της προσαρμογής που απαιτείται για την αντιμετώπιση των σημερινών επιπέδων θέρμανσης, με την κλίμακα της πρόκλησης να ποικίλλει στις διάφορες περιοχές. Η έκθεση υπογραμμίζει επίσης ότι η αποτελεσματικότητα των διαθέσιμων επιλογών προσαρμογής μειώνεται με κάθε αύξηση της θερμοκρασίας. Η επιτυχής προσαρμογή απαιτεί επείγουσα, πιο φιλόδοξη και επιταχυνόμενη δράση και, ταυτόχρονα, ταχείες και βαθιές περικοπές στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Όσο ταχύτερα και περισσότερο μειωθούν οι εκπομπές, τόσο μεγαλύτερα περιθώρια προσαρμογής υπάρχουν για τους ανθρώπους και τη φύση γενικότερα.

Ο περιορισμός της ανθρωπογενούς υπερθέρμανσης του πλανήτη σε ένα ορισμένο επίπεδο απαιτεί τον περιορισμό των σωρευτικών εκπομπών CO₂ και άλλων αερίων του θερμοκηπίου. Στο ελάχιστο, πρέπει να επιτευχθεί μια καθαρή μηδενική τιμή για τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου!

Προσαρμογή για τα φυτά και τα ζώα σημαίνει είτε προσαρμογή στην αλλαγή του κλίματος και στις επιπτώσεις του, δαπανώντας περισσότερο χρόνο και ενέργεια για μέτρα διατήρησης της ζωής (όπως η ρύθμιση της θερμοκρασίας του σώματός τους, η επιλογή δροσερότερων θέσεων ή η ενυδάτωση) είτε, αν είναι δυνατόν, μετακίνηση σε περιοχές όπου οι περιβαλλοντικές συνθήκες εξακολουθούν να βρίσκονται στο κλιματικό εύρος που οι οργανισμοί έχουν συνηθίσει. Για τους ανθρώπους και την κοινωνία, η προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή σημαίνει την προσαρμογή της συμπεριφοράς μας (π.χ. πού επιλέγουμε να ζούμε, τον τρόπο που σχεδιάζουμε τις πόλεις και τους οικισμούς μας) και την προσαρμογή των υποδομών μας (π.χ. πρασίνισμα των αστικών περιοχών για την αποθήκευση νερού) ώστε να αντιμετωπίσουμε το μεταβαλλόμενο κλίμα - σήμερα και στο μέλλον.

Η επιτυχής προσαρμογή απαιτεί ανάλυση των κινδύνων που προκαλούνται από την κλιματική αλλαγή και την έγκαιρη εφαρμογή μέτρων για τη μείωση αυτών των κινδύνων. Τα

καλά νέα είναι ότι η ευαισθητοποίηση και η αξιολόγηση των σημερινών και μελλοντικών κλιματικών κινδύνων έχουν αυξηθεί παγκοσμίως. Οι εθνικές και τοπικές κυβερνήσεις, καθώς και οι επιχειρήσεις και η κοινωνία των πολιτών αναγνωρίζουν την αυξανόμενη ανάγκη για προσαρμογή.

6. Παραδείγματα τρόπων προσαρμογής της κλιματικής κρίσης

Οι κοινωνίες και οι οικονομίες μας πρέπει να γίνουν πιο ανθεκτικές στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής. Αυτό θα απαιτήσει προσπάθειες μεγάλης κλίμακας, πολλές από τις οποίες θα πρέπει να ενορχηστρωθούν από τις κυβερνήσεις. Τα Εθνικά Σχέδια Προσαρμογής (Εθνική Στρατηγική για την Προσαρμογή στην Κλιματική Αλλαγή)¹⁹ είναι ένας κρίσιμος μηχανισμός διακυβέρνησης για τις χώρες ώστε να σχεδιάζουν το μέλλον και να δίνουν στρατηγικές προτεραιότητες στις ανάγκες προσαρμογής. Το Περιβαλλοντικό Πρόγραμμα του ΟΗΕ και οι εταίροι του εγκαινίασαν ένα παγκόσμιο κίνημα για την αποκατάσταση των οικοσυστημάτων του πλανήτη το 2021 με την ονομασία "Δεκαετία του ΟΗΕ για την αποκατάσταση των οικοσυστημάτων"²⁰. Αυτή η παγκόσμια προσπάθεια αποκατάστασης όχι μόνο θα απορροφήσει τον άνθρακα αλλά και θα αυξήσει τις "οικοσυστημικές υπηρεσίες" για την προστασία από τις πιο καταστροφικές επιπτώσεις του. Μερικά παραδείγματα προσαρμογής παρατίθενται παρακάτω:

Οι δρόμοι και οι γέφυρες μπορεί να χρειαστεί να κατασκευαστούν ή να προσαρμοστούν ώστε να αντέχουν σε υψηλότερες θερμοκρασίες και ισχυρότερες καταιγίδες. Ορισμένες πόλεις στις ακτές μπορεί να χρειαστεί να δημιουργήσουν συστήματα για την πρόληψη πλημμυρών στους δρόμους και τις υπόγειες μεταφορές. Οι ορεινές περιοχές μπορεί να χρειαστεί να βρουν τρόπους να περιορίσουν τις κατολισθήσεις και την υπερχειλίση από το λιώσιμο των παγετώνων. Η αναδάσωση των ορεινών πλαγιών προστατεύει τις κοινότητες από κατολισθήσεις και χιονοστιβάδες που προκαλούνται από την αλλαγή του κλίματος. Ορισμένες κοινότητες μπορεί ακόμη και να χρειαστεί να μετακομίσουν σε νέες τοποθεσίες επειδή θα είναι πολύ δύσκολο να προσαρμοστούν. Αυτό συμβαίνει ήδη σε ορισμένες νησιωτικές χώρες που αντιμετωπίζουν την άνοδο της στάθμης των θαλασσών.

Επιστημονικές μελέτες αναφέρουν ότι μέχρι το 2030²¹, ένας στους δύο ανθρώπους αναμένεται να αντιμετωπίσει σοβαρή έλλειψη νερού. Η επένδυση σε πιο αποτελεσματική άρδευση θα είναι ζωτικής σημασίας, καθώς η γεωργία αντιπροσωπεύει το 70% του συνόλου

¹⁹ <http://www.opengov.gr/minenv/?p=12280>

²⁰ <https://www.decadeonrestoration.org/>

²¹ <https://www.unep.org/news-and-stories/press-release/half-world-face-severe-water-stress-2030-unless-water-use-decoupled>

των παγκόσμιων απολήψεων γλυκού νερού. Στα αστικά κέντρα, περίπου 100-120 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα νερού θα μπορούσαν να εξοικονομηθούν παγκοσμίως έως το 2030 με τη μείωση των διαρροών. Στις πόλεις, η αποκατάσταση των αστικών πάρκων/δασών δροσίζει τον αέρα και μειώνει τις επιπτώσεις των κυμάτων καύσωνα. Τα άτομα μπορούν να λάβουν ορισμένα απλά μέτρα. Θα μπορούσε κανείς να φυτέψει ή να διατηρήσει δέντρα γύρω από το σπίτι του, για παράδειγμα, για να κρατήσει τις θερμοκρασίες πιο δροσερές στο εσωτερικό του. Σε μια κανονική ηλιόλουστη ημέρα, ένα μόνο δέντρο παρέχει ένα αποτέλεσμα ψύξης ισοδύναμο με δύο οικιακά κλιματιστικά που λειτουργούν για 24 ώρες. Ένας ιδιοκτήτης επιχείρησης μπορεί να αρχίσει να σχεδιάζει την αντιμετώπιση των πιθανών κλιματικών κινδύνων, όπως οι ζεστές ημέρες που εμποδίζουν τους εργαζόμενους να κάνουν εξωτερικές εργασίες.

Όλοι θα πρέπει να γνωρίζουν τις μεγαλύτερες πιθανότητες φυσικών καταστροφών στον τόπο διαμονής τους και τους πόρους που μπορούν να διατεθούν σε περίπτωση που αυτές συμβούν. Αυτό μπορεί να σημαίνει την εκ των προτέρων αγορά ασφάλισης ή να γνωρίζει πού μπορεί να λάβει πληροφορίες για καταστροφές και βοήθεια κατά τη διάρκεια μιας κρίσης.

Τα στοιχεία δείχνουν ότι ένας από τους ισχυρότερους τρόπους προσαρμογής στην κλιματική αλλαγή είναι η επένδυση σε υπηρεσίες έγκαιρης προειδοποίησης (Early Warning Systems-EWS), ώστε να γνωρίζουμε εκ των προτέρων πότε έρχεται καταιγίδα, ψυχρή περίοδος, καύσωνας, πλημμύρα ή ξηρή περίοδος. Με την ανάπτυξη αυτών των υπηρεσιών, μπορούμε να αποφύγουμε ανθρώπινες και οικονομικές απώλειες. Έρευνες δείχνουν ότι μόλις 24 ώρες προειδοποίησης για έναν επερχόμενο καύσωνα ή καταιγίδα μπορούν να μειώσουν τις επακόλουθες ζημιές κατά 30%²². Τα συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης που παρέχουν κλιματικές προβλέψεις είναι ένα από τα πιο οικονομικά αποδοτικά μέτρα προσαρμογής, αποδίδοντας περίπου εννέα δολάρια συνολικού οφέλους για κάθε δολάριο που επενδύεται.

²² https://gca.org/wp-content/uploads/2019/09/GlobalCommission_Report_FINAL.pdf

7. Μετριασμός της κλιματικής αλλαγής

Τα μέτρα για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και την ενίσχυση των καταβόθρων αναφέρονται ως "μετριασμός". Πολλά από αυτά τα μέτρα αφορούν την ενεργειακή απόδοση στον κατασκευαστικό κλάδο, τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, τη βιώσιμη χρήση των δασών και τις αποτελεσματικότερες μεταφορές κ.λπ. Για τη διατήρηση ενός βιώσιμου κλίματος, οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου πρέπει να μειωθούν κατά το ήμισυ έως το 2030 και να μηδενιστούν έως το 2050. Όμως, η μετάβαση σε έναν κόσμο με χαμηλές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα απαιτεί επίσης τη συμμετοχή των πολιτών - ιδίως στις προηγμένες οικονομίες.

Η μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου σε ολόκληρο τον ενεργειακό τομέα απαιτεί σημαντικές μεταβάσεις, συμπεριλαμβανομένης της ουσιαστικής μείωσης της συνολικής χρήσης ορυκτών καυσίμων, της ανάπτυξης ενεργειακών πηγών χαμηλών εκπομπών, της μετάβασης σε εναλλακτικούς φορείς ενέργειας, της ενεργειακής απόδοσης και της εξοικονόμησης ενέργειας. Τα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας που τροφοδοτούνται κυρίως από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας καθίστανται όλο και πιο βιώσιμα²³.

Ενέργειες για τον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής

Περίπου τα δύο τρίτα των παγκόσμιων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου συνδέονται με τα ιδιωτικά νοικοκυριά. Η ηλεκτρική ενέργεια που χρησιμοποιούμε, η τροφή που τρώμε, ο τρόπος που ταξιδεύουμε και τα πράγματα που αγοράζουμε, όλα συμβάλλουν στο "αποτύπωμα άνθρακα" ενός ατόμου, δηλαδή την ποσότητα των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου που συνδέονται με τις δραστηριότητες ενός ατόμου. Ακολουθούν ορισμένες προτάσεις σχετικά με το τι μπορεί να κάνει κάθε άτομο για να συμβάλει στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου:

- Μειώστε το αποτύπωμα άνθρακα από την οδήγηση. Χρησιμοποιήστε το ποδήλατο ή τα μέσα μαζικής μεταφοράς αντί του αυτοκινήτου, όποτε είναι δυνατόν. Οδηγήστε ένα όχημα χαμηλών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα δεν εκπέμπουν καθόλου CO₂, αν φορτίζονται με καθαρή ηλεκτρική ενέργεια (από ανανεώσιμες πηγές).

²³ <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/>

- Παίρνετε λιγότερες πτήσεις με ανταπόκριση.
- Χρησιμοποιήστε λιγότερη ενέργεια μειώνοντας τη θέρμανση και τη ψύξη σας, αλλάζοντας σε ενεργειακά αποδοτικές ηλεκτρικές συσκευές, πλένοντας τα ρούχα σας με κρύο νερό ή κρεμώντας τα πράγματα για στέγνωμα αντί να χρησιμοποιείτε στεγνωτήριο. Αντικαταστήστε τους παλιούς λαμπτήρες με σύγχρονους λαμπτήρες LED. που καταναλώνουν λιγότερη ενέργεια, παράγουν την ίδια ποσότητα φωτός και διαρκούν πολύ περισσότερο.
- Βεβαιωθείτε ότι ρυθμίζετε σωστά τη θερμοκρασία στους θερμοστάτες μιας συσκευής θερμορύθμισης. Κλείστε αμέσως την πόρτα του ψυγείου. Βελτιώστε την ενεργειακή απόδοση του σπιτιού σας, μέσω καλύτερης μόνωσης.
- Κλείστε τα φώτα, τις τηλεοράσεις και τους υπολογιστές όταν δεν τα χρειάζεστε.
- Αποσυνδέστε όλους τους φορτιστές από τις πρίζες του ηλεκτρικού ρεύματος.
- Τρώτε τοπικά παραγόμενα και βιολογικά τρόφιμα. Υψηλές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου προκύπτουν από την παραγωγή και τη μεταφορά τροφίμων. Η μεταφορά των τροφίμων απαιτεί καύσιμα με βάση το πετρέλαιο και πολλά λιπάσματα βασίζονται επίσης σε ορυκτά καύσιμα.
- Μειώστε το βόειο κρέας και τα γαλακτοκομικά προϊόντα. Χρειάζονται πολλοί πόροι για την εκτροφή αγελάδων, και είναι ιδιαίτερα κακό αν αγοράζετε βοδινό κρέας από μέρη όπως η Βραζιλία, όπου βόσκουν σε γη που ήταν τροπικό δάσος αλλά εκχερσώθηκε για γεωργική χρήση. Η αποψίλωση των δασών είναι ένας από τους κύριους παράγοντες που συμβάλλουν στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και συνεπώς στην κλιματική αλλαγή.
- Πετάζτε λιγότερα τρόφιμα. Όταν πετάτε τρόφιμα, σπαταλάτε επίσης τους πόρους και την ενέργεια που χρησιμοποιήθηκαν για την καλλιέργεια, την παραγωγή, τη συσκευασία και τη μεταφορά τους. Και όταν τα τρόφιμα σαπίζουν σε μια χωματερή, παράγουν μεθάνιο, ένα ισχυρό αέριο του θερμοκηπίου. Γι' αυτό χρησιμοποιήστε το πολύ ό,τι αγοράζετε και κομποστοποιήστε ό,τι περισσεύει.
- Επαναχρησιμοποιήστε και ανακυκλώστε όποτε είναι δυνατόν. Σημαντικό μέρος των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου προκύπτει από την "παροχή αγαθών", δηλαδή την εξόρυξη πόρων, την κατασκευή, τη μεταφορά και την τελική διάθεση "αγαθών" που περιλαμβάνουν καταναλωτικά προϊόντα και συσκευασίες, δομικά στοιχεία και επιβατικά οχήματα (αλλά εξαιρούνται τα τρόφιμα). Αγοράζοντας μεταχειρισμένα προϊόντα και μεταπωλώντας ή ανακυκλώνοντας αντικείμενα που δεν χρησιμοποιείτε πλέον, μειώνετε δραματικά το αποτύπωμα άνθρακα από την "παροχή αγαθών".

- Χρησιμοποιήστε όσο το δυνατόν λιγότερο χαρτί, γιατί έτσι μπορείτε να σώσετε τα δέντρα.
- Χρησιμοποιήστε όσο το δυνατόν περισσότερο νερό βρύσης. Πάρτε μαζί σας νερό σε ανακυκλώσιμα μπουκάλια. Κάντε επιλογές για αποδοτική χρήση νερού όταν αγοράζετε κεφαλές ντους, βρύσες, τουαλέτες, πλυντήρια πιάτων και πλυντήρια ρούχων.
- Αγοράστε προϊόντα που δεν απαιτούν στιβαρή συσκευασία.
- Φυτέψτε ένα δέντρο.
- Εγκαταστήστε ηλιακούς συλλέκτες στην οροφή για να παράγετε ενέργεια για το σπίτι σας.
- Υποστηρίξτε τις καθαρές πηγές ενέργειας. Όποτε μπορείτε, υποστηρίξτε καθαρές εναλλακτικές λύσεις για τα ορυκτά καύσιμα, όπως η αιολική, η ηλιακή και η γεωθερμική ενέργεια, καθώς και κατάλληλα σχεδιασμένα έργα υδροηλεκτρικής ενέργειας και βιομάζας.

Κεφάλαιο 2: Οδηγίες για το πώς να να συνεχίσετε το κόμικ

Ερευνητική Ομάδα Κλιματόπια

Πανεπιστήμιο Αιγαίου

Ελλάδα

Σε αυτό το κεφάλαιο οι εκπαιδευτικοί θα βρουν χρήσιμες οδηγίες για το πώς να βοηθήσουν τους μαθητές τους να δημιουργήσουν τα δικά τους κόμικς.

Το μήκος των κόμικς θα αποφασιστεί από τους μαθητές. Ανάλογα με τα διαθέσιμα μέσα και τις προτιμήσεις τους οι μαθητές μπορούν να επιλέξουν είτε να χρησιμοποιήσουν χαρτί, μολύβι, μελάνι και χρώματα είτε μια εφαρμογή που τους επιτρέπει να δημιουργήσουν ένα ψηφιακό κόμικ.

Οι εκπαιδευτικοί θα πρέπει να γνωρίζουν από την αρχή ότι:

- Τα κόμικς είναι ανεπίσημα και συχνά διαβάζονται για διασκέδαση.
- Τα κόμικς είναι ένα μοναδικό μείγμα δυναμικής εικονογράφησης και περιγραφικού κειμένου.
- Τα κόμικς μπορεί να είναι πλούσια λογοτεχνικά/καλλιτεχνικά πηγές.
- Τα κόμικς αφηγούνται ιστορίες.

Κόμικς με Χαρτί και Μολύβι

Ο κλασικός τρόπος δημιουργίας ενός κόμικ είναι η χρήση χαρτιού και μολυβιού. Σε επίπεδο τάξης ο/η εκπαιδευτικός λέει στα παιδιά:

"Το κόμικ δεν έχει τελειώσει. Εσείς θα αποφασίσετε ποιο θα είναι το τέλος της ιστορίας. Οι τρεις φίλοι μαζί με τα άλλα παιδιά φεύγουν από το Κέντρο Έρευνας και επιστρέφουν στα σπίτια τους. Έχουν βιώσει πολλά και έχουν κατανοήσει σε βάθος το πρόβλημα της κλιματικής αλλαγής. Ακολούθησαν τα Τέσσερα Στοιχεία σε έξι διαφορετικά περιβάλλοντα (σπίτι, σχολείο, εργασία, Δημαρχείο, Συνάντηση των Χωρών της Μέσης Ηπείρου και Διάσκεψη των 20) και ανακάλυψαν κάποια σημαντικά προβλήματα που σχετίζονται με αυτά τα περιβάλλοντα, σχετικά με την κλιματική κρίση στην Κλιματοπία. Είναι βαθιά πεπεισμένοι ότι οι νέοι πρέπει να αναλάβουν δράση για να αλλάξουν το μέλλον της Κλιματοπίας. Θα κάνουν κάτι γι' αυτό; Θα καταφέρουν να αποτρέψουν μελλοντικές κρίσεις; Ας ταξιδέψουμε στο χρόνο και ας δούμε αυτά τα έξι διαφορετικά περιβάλλοντα σε δύο μελλοντικές στιγμές: μετά από 10 χρόνια και μετά από 80 χρόνια. Φανταστείτε τι θα συμβεί στα δύο σπίτια, στα δύο σχολεία, στο αγρόκτημα, τι θα συζητούν οι δημοτικοί σύμβουλοι και οι ηγέτες των χωρών σε αυτές τις δύο μελλοντικές στιγμές".

Στη συνέχεια, ο/η εκπαιδευτικός ζητά από τους/τις μαθητές/τριες να συνεχίσουν το κόμικ ακολουθώντας οκτώ βήματα.

Βήμα 1: Απόφαση για το πλαίσιο του κόμικ (το μέλλον της Κλιματοπίας;)

Σε επίπεδο τάξης ο/η εκπαιδευτικός ζητά από τους/τις μαθητές/τριες να φανταστούν το μέλλον της Κλιματοπίας. Οι μαθητές/τριες καλούνται να δώσουν απαντήσεις:

- a. Ποιο θα ήταν το μέλλον της Κλιματοπίας; Οι Κλιματόπιοι θα λάβουν μέτρα για ένα καλύτερο μέλλον ή ο πλανήτης οδεύει προς μια ολοκληρωτική κλιματική καταστροφή;
- β. Ποιος θα ήταν ο ρόλος των τριών φίλων και των άλλων παιδιών; Θα προσπαθήσουν να ενημερώσουν και να ενεργοποιήσουν τις κοινότητές τους και τον κόσμο ώστε να λάβουν δραστικά μέτρα και να σώσουν την Κλιματοπία ή θα αποτύχουν και η ζωή στην Κλιματοπία θα γίνει ανυπόφορη;"

Βήμα 2: Δημιουργία ομάδας

Οι μαθητές/τριες χωρίζονται σε ομάδες. Ανάλογα με τον αριθμό τους κάθε ομάδα θα αναλάβει να συνεχίσει την ιστορία του κόμικ σε ένα ή δύο από τα έξι περιβάλλοντα. Ο/η εκπαιδευτικός ρωτάει:

"Τώρα που αποφασίσατε ποιο θα είναι το μέλλον της Κλιματοπίας, πρέπει να συνεχίσετε το κόμικ. Κάθε ομάδα θα συνεχίσει μία (ή δύο) από τις ιστορίες. Πρέπει να φανταστείτε τι θα συνέβαινε στους κλιματόπιους στα έξι διαφορετικά περιβάλλοντα σε δύο διαφορετικές μελλοντικές στιγμές (μετά από 10 και μετά από 80 χρόνια)".

Βήμα 3: Ανάπτυξη της πλοκής

Με βάση τη γενική ιδέα για το πώς θα ήταν το μέλλον της Κλιματοπίας, οι μαθητές/τριες κάθε ομάδας γράφουν την πλοκή. Η πλοκή θα πρέπει να δίνει απαντήσεις στα ερωτήματα: α. πότε διαδραματίζεται η πλοκή (10 ή 80 χρόνια μετά την επιστροφή των μαθητών στα σπίτια τους), β. πού συμβαίνει (π.χ. στο πλούσιο σχολείο, στο Δημαρχείο κ.λπ.), γ. ποιοι εμπλέκονται, δηλαδή ποιοι είναι οι χαρακτήρες της ιστορίας και δ. τι κάνουν και τι λένε οι χαρακτήρες. Οι μαθητές μπορούν να συζητήσουν και να αποφασίσουν σχετικά με την πλοκή. Ένας/μία από αυτούς αναλαμβάνει την ευθύνη να γράψει ολόκληρη την πλοκή ή απλώς να κάνει σύντομες σημειώσεις.

Βήμα 4: Συγγραφή σεναρίου

Ένα ή δύο μέλη της ομάδας γράφουν το σενάριο, δηλαδή αναλύουν την πλοκή σε μια ακολουθία σκηνών. Γράφουν μια σύντομη περιγραφή κάθε σκηνής, συμπεριλαμβανομένων των διαλόγων. Οι διάλογοι πρέπει να είναι αρκετά σύντομοι ώστε να χωράνε στα "μπαλόνια" (τα πλαίσια όπου τα παιδιά γράφουν τα λόγια των χαρακτήρων). Το σενάριο αποτελεί τη βάση για όλα όσα ακολουθούν.

Βήμα 5. Σχέδιο με μολύβι

Τα μέλη της ομάδας που είναι πιο ικανά στο σκιτσάρισμα παράγουν το κόμικ με βάση το σενάριο. Αρχικά, χωρίζουν τη σελίδα σε ίσα πλαίσια. Εάν χρησιμοποιούνται σελίδες A4, θα

μπορούσαν να χωριστούν σε έξι ή οκτώ ίσα πλαίσια, αν και μερικές φορές μπορεί να απαιτούνται μερικά μεγαλύτερα πλαίσια για μεγαλύτερες σκηνές. Τα πλαίσια δεν πρέπει να εφάπτονται, αλλά πρέπει να υπάρχει ένα μικρό κενό μεταξύ τους.

Στη συνέχεια, αποτυπώνουν τις σκηνές στα πλαίσια χρησιμοποιώντας μολύβι, ακολουθώντας το σενάριο και τις προφορικές οδηγίες των σεναριογράφων (φυσικά, οι "σκισσογράφοι" θα μπορούσαν να είναι και σεναριογράφοι). Τα σκίτσα πρέπει να σχεδιάζονται αχνά, ώστε να μπορούν να γίνουν εύκολα διορθώσεις και να σβηστούν οι περιττές γραμμές, όταν ολοκληρωθεί το βήμα 6 ("χρήση μελανιού").

Ο σκισσογράφος δεν πρέπει να ανησυχεί υπερβολικά για τις σχεδιαστικές του ικανότητες. Ακόμα και απλές φιγούρες με έναν κύκλο για το κεφάλι και γραμμές για το σώμα και τα άκρα αρκούν. Μια ιδέα είναι τα παιδιά να αντιγράψουν τους χαρακτήρες του κόμικ. Αν θέλουν να προσθέσουν περισσότερους χαρακτήρες, μπορούν να δοκιμάσουν τα παρακάτω απλά βήματα για το πώς να σχεδιάσουν χαρακτήρες κόμικ:

- Ξεκινήστε με έναν απλό κύκλο
- Σχεδιάστε δύο κύκλους για τα μάτια, ένα στόμα και μια μικροσκοπική καμπύλη κουκκίδα για τη μύτη.
- Σχεδιάστε οποιοδήποτε πρόχειρο χτένισμα.
- Σχεδιάστε ένα ορθογώνιο ή τρίγωνο για το σώμα.
- Σχεδιάστε πρόχειρα τα πόδια και τα παπούτσια.
- Προσθέστε τα χέρια του χαρακτήρα.

Βήμα 6: Μελάνι

Τώρα που οι σκηνές έχουν αποτυπωθεί στα πλαίσια, το βασικό μέρος του κόμικ έχει ήδη ολοκληρωθεί. Ένα άλλο μέλος της ομάδας, είναι υπεύθυνος/η να δημιουργήσει την τελική γραμμή του κόμικ με μελάνι. Δεν περνάει με μελάνι όλες τις γραμμές του σκίτσου, αλλά αποφασίζει ποιες γραμμές είναι απαραίτητες για την τελική εικόνα. Όταν στεγνώσει το μελάνι, οι περιττές γραμμές μπορούν να αφαιρεθούν με μια μαλακή γόμα.

Βήμα 7: Χρωματισμός

Στη συνέχεια, ένας/μια μαθητής/τρια αναλαμβάνει να χρωματίσει τις ασπρόμαυρες εικόνες με χρωματιστά μολύβια ή μαρκαδόρους. Αυτό το βήμα μπορεί να παραλειφθεί εάν η ομάδα αποφασίσει να φτιάξει ένα ασπρόμαυρο κόμικ.

Βήμα 8: Γράμματα

Τέλος, ένα άλλο μέλος της ομάδας, σχεδιάζει «μπαλόνια διαλόγου» στα πάνελ του κόμικ και πλαίσια κειμένου. Οι διάλογοι περικλείονται σε μπαλόνια, ενώ τα κείμενα με πληροφορίες περικλείονται σε ορθογώνια πλαίσια διαφορετικού μεγέθους. Από το στάδιο του σκισσαρίσματος (βήμα 5) πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ότι θα υπάρχει αρκετός χώρος για τη σωστή τοποθέτηση των μπαλονιών/ορθογώνιων πλαισίων, ώστε να μην καλύπτουν το σκίτσο.

Ο/η μαθητής/τρια γράφει πρώτα το κείμενο και στη συνέχεια το περικλείει σε ένα μπαλόνι/ορθογώνιο, ώστε να μη στριμωχτεί το κείμενο. Και στην περίπτωση αυτή, τα κείμενα γράφονται πρώτα μολύβι και στη συνέχεια με μελάνι.

Ψηφιακό κόμικ

Υπάρχουν δωρεάν εφαρμογές που μπορούν εύκολα να χρησιμοποιηθούν από τους/τις μαθητές/τριες για να συνεχίσουν το κόμικ αναπτύσσοντας ένα ψηφιακό κόμικ. Οι εφαρμογές κόμικ παρέχουν συλλογές αντικειμένων όπως χαρακτήρες, φόντα, μπαλόνια κ.λπ. που μπορούν να εισαχθούν στα πλαίσια. Σε αυτή την περίπτωση οι μαθητές/τριες θα κληθούν να ακολουθήσουν τα 4 πρώτα βήματα και όταν τα σενάρια γραφτούν θα είναι έτοιμοι/ες να χρησιμοποιήσουν την εφαρμογή για να αναπτύξουν το ψηφιακό τους κόμικ. Όλες οι εφαρμογές παρέχουν λεπτομερείς περιγραφές που βοηθούν ακόμη και τους νεαρούς χρήστες να τις χρησιμοποιήσουν.

Κεφάλαιο 3: Ανοιχτοί εκπαιδευτικοί πόροι για τη δημιουργία κόμικς

Ερευνητική Ομάδα Κλιματόπια

Fundación Siglo22

Ισπανία

Εισαγωγή

Η χρήση ανοικτών εκπαιδευτικών πόρων για τη δημιουργία κόμικς έχει πολλά οφέλη. Όλο και περισσότεροι εκπαιδευτικοί χρησιμοποιούν τη δημιουργία κόμικς στις τάξεις τους για να ενθαρρύνουν έναν πιο δυναμικό και διασκεδαστικό τρόπο μάθησης.

Σε αυτό το κεφάλαιο παρέχουμε μια σειρά από δωρεάν εκπαιδευτικά εργαλεία για τη δημιουργία κόμικς στην τάξη:

- Make Beliefs Comix
- Pixton
- Smilebox
- Creately
- Canva

Οφέλη των κόμικς στην τάξη

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει, η δημιουργία κόμικς αναπτύσσει δεξιότητες και ικανότητες που μπορούν να είναι πολύ ωφέλιμες στην τάξη. Μερικά από τα οφέλη που διαπιστώνουμε είναι τα εξής:

- Πιο δυναμική και διασκεδαστική μάθηση.
- Αναστοχασμός πάνω σε πιθανές καταστάσεις της πραγματικής ζωής.
- Μαθησιακά μαθήματα σχετικά με διάφορα θέματα (περιβάλλον, κλιματική αλλαγή, εκφοβισμός...).
- Εργασία πάνω στις κοινωνικές δεξιότητες και τη συζήτηση.
- Απόκτηση νέου λεξιλογίου.
- Εργασία πάνω στη γραφή και σε ό,τι σχετίζεται με αυτήν: γραμματική, ορθογραφία, λεξιλόγιο...
- Ενθάρρυνση της δημιουργικότητας και της φαντασίας, καθώς μπορούμε να απεικονίσουμε άλλες εποχές, τόπους, ακόμα και να δημιουργήσουμε τα δικά μας avatars και αυτά των φίλων μας.
- Πιθανή εξάσκηση σε μια ξένη γλώσσα.

- Χρήση αυτού του είδους των δημιουργικών εργαλείων για την ανάπτυξη ιστοριών, παραμυθιών ή προσωπικών εμπειριών.

Αυτά είναι μερικά μόνο από τα οφέλη της χρήσης των κόμικς ως εκπαιδευτικού εργαλείου.

Make Beliefs Comix

Το [Make Beliefs Comix](#) είναι μια διαδικτυακή εφαρμογή για τη δημιουργία κόμικς και ιστοριών. Λειτουργεί με πολύ απλό τρόπο ακολουθώντας μια αφηγηματική ακολουθία που σχηματίζεται από βινιέτες. Αυτές οι βινιέτες προσφέρουν εικόνες και κείμενο.

Προσφέρει επίσης άλλους πόρους όπως: ιδέες δραστηριοτήτων για μαθητές με ειδικές εκπαιδευτικές ανάγκες, εκτυπώσιμους πόρους ή δωρεάν ηλεκτρονικά βιβλία στα αγγλικά.

Αυτή η διαδικτυακή εφαρμογή διαθέτει διάφορα χαρακτηριστικά που την καθιστούν πολύ εύκολη στη χρήση:

- Η πρόσβαση σε αυτήν είναι δωρεάν.
- Δεν χρειάζεται να δημιουργήσετε λογαριασμό για να εγγραφείτε.
- Διαθέτει διάφορες γλώσσες, είναι πολύγλωσση.
- Έχετε τη δυνατότητα να εκτυπώσετε τα κόμικς που δημιουργείτε ή να τα στείλετε ταχυδρομικώς.

Από την άλλη πλευρά, έχει ορισμένα μικρά, εύκολα επιλύσιμα μειονεκτήματα που μπορεί να περιορίσουν τη χρήση του:

- Απαιτεί σύνδεση στο διαδίκτυο.
- Έχει περιορισμένες επιλογές για τη δημιουργία κόμικς, που σχετίζονται με χαρακτήρες, περιβάλλοντα, τοπία, αντικείμενα ή χρώματα.
- Χρειάζεται να έχετε εγκαταστήσει προγράμματα υπολογιστή, όπως το Paint ή το Photoshop.
- Δεν σας επιτρέπει να αποθηκεύσετε τα κόμικς στο σύννεφο, αν δεν εγγραφείτε ως χρήστης.

Pixton

Το [Pixton](#) είναι ένα εργαλείο web 2.0 που χρησιμοποιείται για τη δημιουργία κόμικς μέσω της ανάπτυξης γλωσσικών δεξιοτήτων, της κατανόησης της ανάγνωσης και της δημιουργικότητας.

Αποτελείται από μια εργαλειοθήκη που λειτουργεί σε όλα τα προγράμματα περιήγησης και τις πλατφόρμες, όπως MAC, Windows, Linux, iOS και Android.

Διαθέτει διαφορετικά επίπεδα εγγραφής, όπου το πιο βασικό, που ονομάζεται "Pixton for fun", είναι δωρεάν και για ατομική χρήση. Υπάρχει επίσης το "Pixton for classrooms", το

οποίο προορίζεται για εκπαιδευτικά κέντρα και είναι επί πληρωμή. Ή το "Pixton for business", το οποίο προορίζεται για εταιρείες και είναι επίσης επί πληρωμή.

Το Pixton έχει ορισμένα χαρακτηριστικά που πρέπει να γνωρίζετε πριν αρχίσετε να το χρησιμοποιείτε:

- Προσφέρει πρότυπα, σχήματα και προεπιλογές, αν δεν θέλετε να ξεκινήσετε από το μηδέν.
- Σας επιτρέπει να ανεβάσετε τις δικές σας φωτογραφίες, ώστε να μπορείτε να τις προσαρμόσετε όπως θέλετε.
- Σας επιτρέπει να επεξεργάζεστε το σχήμα και τη θέση κάθε πάνελ του κόμικ.
- Σας επιτρέπει να δημιουργήσετε κείμενο και φυσαλίδες ομιλίας για τους χαρακτήρες.
- Επιτρέπει στους χρήστες να δημιουργούν τα δικά τους κόμικς, καθώς και να τα μοιράζονται με άλλους.
- Είναι δωρεάν για ατομικούς λογαριασμούς και αυτή η έκδοση περιέχει πολλές επιλογές.
- Προσφέρει απεριόριστο εύρος εκφράσεων.

Πριν ξεκινήσετε, θυμηθείτε να συνδεθείτε ή να εγγραφείτε με λογαριασμό ηλεκτρονικού ταχυδρομείου και κωδικό πρόσβασης. Μόλις μπειτε, πρέπει να επιλέξετε τη μορφή κόμικς που θέλετε να δημιουργήσετε από τις ακόλουθες: γρήγορο κόμικς, κλασικό, κυριακάτικα αστεία, μεγάλο σχήμα, pixtor avatar, 4-kroma, super long, freestyle.

Smilebox

Το [Smilebox](#) είναι ένα πρόγραμμα δημιουργίας κόμικς για να δημιουργήσετε κόμικς δωρεάν, εύκολα και μέσα σε λίγα λεπτά. Διαθέτει προεπιλεγμένα πρότυπα τα οποία μπορείτε να επεξεργαστείτε και να αλλάξετε σύμφωνα με τις προτιμήσεις σας.

Μπορείτε να επιλέξετε πρότυπα για επιστολές, προσκλήσεις, παρουσιάσεις διαφανειών, κολάζ, φυλλάδια, ανακοινώσεις και άλλα.

Πρέπει να δημιουργήσετε έναν λογαριασμό για να εγγραφείτε, αρκεί μια διεύθυνση ηλεκτρονικού ταχυδρομείου και ένας κωδικός πρόσβασης.

- Ακολουθήστε τέσσερα εύκολα βήματα για να δημιουργήσετε κόμικς με το Smilebox:
- Επιλέξτε ένα δωρεάν πρότυπο για κόμικς και κάντε κλικ στο "Προσαρμογή".
- Ανεβάστε τις φωτογραφίες σας. Μπορείτε να προσθέσετε φωτογραφίες στο πρότυπό σας κάνοντας κλικ στο "add more photos" για να αποκτήσετε πρόσβαση στις εικόνες που είναι αποθηκευμένες στη συσκευή σας ή στους λογαριασμούς σας στα μέσα κοινωνικής δικτύωσης.
- Προσαρμόστε το κόμικ σας. Αλλάξτε και επεξεργαστείτε το πρότυπο σύμφωνα με τις προτιμήσεις σας για να προσθέσετε το δικό σας κείμενο, χαρακτήρες και εικόνες.

- Μοιραστείτε το. Μπορείτε να κάνετε προεπισκόπηση και να αποθηκεύσετε το κόμικ στη συσκευή σας. Μοιραστείτε το ή στείλτε το μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου ή κοινωνικών δικτύων.

Creately

Το [Creately](#) είναι ένα πρόγραμμα δημιουργίας κόμικς για να δημιουργήσετε κόμικς δωρεάν, εύκολα και μέσα σε λίγα λεπτά. Διαθέτει προεπιλεγμένα πρότυπα τα οποία μπορείτε να επεξεργαστείτε και να αλλάξετε σύμφωνα με τις προτιμήσεις σας. Δεν απαιτείται εγγραφή για να δοκιμάσετε τη δοκιμαστική έκδοση και να χρησιμοποιήσετε οποιοδήποτε από τα πρότυπά του.

Εάν εγγραφείτε, έχετε διαφορετικά πακέτα με διαφορετικές επιλογές:

- Δωρεάν: με έναν λογαριασμό ηλεκτρονικού ταχυδρομείου και το δωρεάν πακέτο έχετε τη δυνατότητα να δημιουργήσετε 3 καμβάδες με μέγιστο αριθμό 60 στοιχείων, έναν φάκελο, περιορισμένο αποθηκευτικό χώρο και εξαγωγές μόνο εικόνων ράστερ.
- Starter: 5\$ ανά μήνα, συνιστάται για μεμονωμένα άτομα ή μικρές ομάδες. Έχετε απεριόριστους καμβάδες, καθώς και απεριόριστα στοιχεία, 20 φακέλους, 5gb αποθηκευτικού χώρου, όλες τις μορφές για εξαγωγή, βασική συνεργασία με άτομα και υποστήριξη μέσω email.
- Στα 90\$ και πάνω έχετε άλλα οφέλη που σχετίζονται με περισσότερο αποθηκευτικό χώρο, περισσότερο εξοπλισμό, περισσότερους λογαριασμούς και περισσότερες μορφές εξαγωγής.

Για να δημιουργήσετε ένα Comic Strip με το Creately πρέπει να ακολουθήσετε τα παρακάτω βήματα:

- Επιλέξτε ένα πρότυπο που σας ταιριάζει με βάση την ιδέα ή το σενάριο που θέλετε να ακολουθήσετε.
- Εισάγετε εικόνες από οποιαδήποτε πηγή, τη συσκευή σας ή τα προγράμματα περιήγησης.
- Προσθέστε κείμενο στις φυσαλίδες ομιλίας.
- Προσαρμόστε με τα διαθέσιμα χρώματα και στυλ για να κάνετε το κόμικ σας πιο δημιουργικό.
- Εξάγετε σε μορφή JPEG, PNG, PDF και SVG ή ενσωματώστε έναν σύνδεσμο για να τον μοιραστείτε αυτόματα με οποιονδήποτε ή να τον κατεβάσετε σε υψηλή ανάλυση για εκτύπωση.

Canva

Το [Canva](#) είναι μια απλή διαδικτυακή εφαρμογή γραφιστικής σχεδίασης με πολλαπλές επιλογές για τη δημιουργία πόρων και στοιχείων. Διαθέτει διαφορετικά πακέτα, αλλά έχει ένα πολύ πλήρες δωρεάν πακέτο.

Προσφέρει τη δυνατότητα να ζωντανέψετε ιστορίες μέσω ενός γραφικού μυθιστορήματος. Μπορείτε να βρείτε εκατοντάδες πρότυπα με προσχεδιασμένα πάνελ για να τα επεξεργαστείτε και να προσθέσετε τον διάλόγό σας. Έχετε επίσης τη δυνατότητα να δημιουργήσετε το κόμικ σας από το μηδέν με μια κενή διάταξη.

Η εφαρμογή προσφέρει πέντε εύκολα βήματα για να δημιουργήσετε ένα κόμικ στο Canva:

- Ανοίξτε τη διαδικτυακή εφαρμογή και εγγραφείτε. Στη συνέχεια, αναζητήστε την επιλογή "comic".
- Αναζητήστε ένα πρότυπο.
- Πειραματιστείτε με τις λειτουργίες που προσφέρει το Canva για την επεξεργασία των σεναρίων σας.
- Προσαρμόστε το κόμικ σας. Χρησιμοποιήστε το δικό σας συνδυασμό χρωμάτων, στυλ γραμματοσειράς, αναμείξτε αυτοκόλλητα, εικονίδια και εικονογραφήσεις. Τοποθετήστε τα μπαλόνια διαλόγου και τα πλαίσια όπως νομίζετε ή ανεβάστε τις δικές σας εικόνες.
- Δημοσιεύστε και μοιραστείτε. Μπορείτε να το κατεβάσετε, να το μοιραστείτε στα κοινωνικά δίκτυα ή μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου.



CLIMATOPIA



UNIVERSITY
OF LATVIA

blick
punktidentität

