



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ

"Οικονομία Χαμηλού Άνθρακα: Σχέδιο Δράσης για Διατήρηση/Μείωση της Υπερθέρμανσης του Πλανήτη"

Αποστολάκη Ουρανία Α.Μ. 9883

Μπεκρή Ευσταθία Α.Μ. 122336



Επιβλέπων Καθηγητής: Καυγά Αγγελική

Αμαλιάδα 2021

Περιεχόμενα

ABSTRACT.....	1
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	2
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	3
1.1 Η κλιματική αλλαγή	3
1.2 Το φαινόμενο του θερμοκηπίου	4
2. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ	6
2.1 Πρώτες ενέργειες.....	6
2.2 Διάσκεψη του Τορόντο.....	6
2.3 Διάσκεψη του Ρίο	7
2.4 Πρώτη Σύνοδος Συμβαλλόμενων Μερών	7
2.5 Δεύτερη Σύνοδος Συμβαλλόμενων Μερών.....	8
2.6 Το πρωτόκολλο του Κιότο	8
2.7 Συμφωνία του Παρισιού	10
2.8 Σύνοδος στο Μαρακές (COP 22) 2016	11
3. ΤΑ ΑΕΡΙΑ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ	12
3.1 CO ₂ Διοξείδιο του άνθρακα.....	14
3.2 Το μεθάνιο (CH ₄)	21
3.3. Υδροφθοράνθρακες HFCs.....	22
3.4. Υπερφθοράνθρακες PFCs.....	22
3.5 Οξείδια του αζώτου	23
3.6. Εξαφθοριούχο θείο SF ₆	23
4. ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ ΧΑΜΗΛΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ- ΠΟΛΙΤΙΚΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ	24
4.1 Πλαίσιο και Στόχοι	24
4.2 Πολιτική χαμηλού άνθρακα	33
4.3 Συνέπειες πολιτικών μείωσης εκπομπών.....	34
4.4 Αξιολόγηση Κόστους	35
4.5 Σύστημα εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών.....	35
4.6 Μηχανισμός Καθαρής Ανάπτυξης	36
4.7 Η κοινή εφαρμογή (JI).....	37
5. ΜΕΙΩΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΑΝΘΡΑΚΑ.....	38
5.1 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ).....	38
5.2 Δέσμευση και αποθήκευση CO ₂	41

5.3 Ενεργειακή αποδοτικότητα	42
5.4 Βιοκαύσιμα.....	43
5.5 Φυσικά ψυκτικά και εναλλακτικές τεχνικές ψύξης.....	43
5.6 Προστασία των δασών.....	44
5.7 Πυρηνική ενέργεια	45
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	46
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	48

ABSTRACT

After the Industrial Revolution, humanity is experiencing a period of rapid scientific and technological development. Unfortunately, we now know that this rapid growth, largely based on the energy provided by fossil fuels, has had the side effect of altering the planet's climate by increasing greenhouse gas emissions into the atmosphere.

The period 2011-2020 was the warmest decade ever recorded, as global average temperatures exceeded pre-industrial levels by 1.1 °C in 2019. Anthropogenic global warming is currently increasing at a rate of 0.2 °C per decade. An increase in temperature of 2 °C compared to the pre-industrial era is associated with serious adverse effects on the natural environment and human health. For this reason, the international community has recognized the need for a new low-carbon economy in order to keep temperatures rising well below 2 °C.

In the present work we will describe the problem of climate change and we will present the basic mechanisms that are available to us for the timely reduction of global warming.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Μετά τη βιομηχανική επανάσταση η ανθρωπότητα βιώνει μία περίοδο αλματώδους επιστημονικής και τεχνολογικής ανάπτυξης. Δυστυχώς γνωρίζουμε πλέον ότι η ταχύτατη αυτή ανάπτυξη, βασισμένη σε μεγάλο βαθμό στην ενέργεια που παρέχουν τα ορυκτά καύσιμα, είχε σαν παρενέργεια μέσω της αύξησης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα, την αλλαγή του κλίματος του πλανήτη.

Η περίοδος 2011-2020 ήταν η θερμότερη δεκαετία που έχει καταγραφεί ποτέ, καθώς η παγκόσμια μέση θερμοκρασία ξεπέρασε τα προβιομηχανικά επίπεδα κατά 1,1 °C το 2019. Η ανθρωπογενής υπερθέρμανση του πλανήτη αυξάνεται επί του παρόντος με ρυθμό 0,2 °C ανά δεκαετία. Μια αύξηση της θερμοκρασίας κατά 2 °C σε σχέση με την προβιομηχανική εποχή συνδέεται με σοβαρές αρνητικές επιπτώσεις για το φυσικό περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία. Για τον λόγο αυτό, η διεθνής κοινότητα έχει αναγνωρίσει την ανάγκη μίας νέας οικονομίας χαμηλού άνθρακα έτσι ώστε να διατηρηθεί η αύξηση της θερμοκρασίας αρκετά πιο κάτω από τους 2 °C.

Στην παρούσα εργασία θα περιγράψουμε το πρόβλημα της κλιματικής αλλαγής και θα παρουσιάσουμε τους βασικούς μηχανισμούς που υπάρχουν στην διάθεσή μας για την έγκαιρη μείωση της υπερθέρμανσης του πλανήτη.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Η κλιματική αλλαγή

Το κλίμα παρουσίαζε, και θα παρουσιάζει πάντα, διακυμάνσεις που οφείλονται σε φυσικά αίτια. Πράγματι, η ενέργεια του ήλιου θερμαίνει την επιφάνεια της γης και, καθώς η θερμοκρασία αυξάνεται, η θερμότητα αντανακλάται στην ατμόσφαιρα ως ενέργεια υπεριώδους ακτινοβολίας. Ένα μέρος της ενέργειας απορροφάται στην ατμόσφαιρα από τα «αέρια του θερμοκηπίου». Η ατμόσφαιρα λειτουργεί όπως τα τοιχώματα ενός θερμοκηπίου, αφήνοντας το ορατό ηλιακό φως να εισέλθει και απορροφώντας την εξερχόμενη ενέργεια υπεριώδους ακτινοβολίας, διατηρώντας ζεστό το εσωτερικό του. Αυτή η φυσική διαδικασία ονομάζεται "φαινόμενο του θερμοκηπίου". Χωρίς αυτό, η μέση θερμοκρασία στη γη θα ήταν -8°C , ενώ αυτή τη στιγμή φθάνει τους $+15^{\circ}\text{C}$.

Όμως, τα τελευταία 100 χρόνια, η μέση ατμοσφαιρική θερμοκρασία στην επιφάνεια του πλανήτη αυξήθηκε κατά $0,74^{\circ}\text{C}$ παγκοσμίως και κατά σχεδόν 1°C στην Ευρώπη, γεγονός που συνιστά ασυνήθιστα ταχεία θέρμανση. Μάλιστα, ο 20ός αιώνας ήταν ο θερμότερος αιώνας και η δεκαετία του 1990 ήταν η θερμότερη δεκαετία των τελευταίων 1.000 ετών. Αυτή η τάση υπερθέρμανσης συνεχίζεται: τα έντεκα θερμότερα έτη έχουν καταγραφεί την τελευταία δωδεκαετία.

Η επίσημη επιστημονική θέση πάνω στις κλιματικές μεταβολές, όπως αυτή εκφράζεται από την Διακυβερνητική Επιτροπή για την Αλλαγή του Κλίματος (ΔΕΑΚ) του ΟΗΕ, είναι πως η μέση θερμοκρασία του πλανήτη έχει αυξηθεί $0.6 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$ από τα τέλη του 19ου αιώνα και πως η αύξηση αυτή οφείλεται σημαντικά στην ανθρώπινη δραστηριότητα των τελευταίων 50 ετών.

Μία μειοψηφία επιστημόνων, διαφοροποιείται σε σχέση με την άποψη αυτή, αμφισβητώντας την καταλυτική επίδραση που ενδέχεται να έχει η ανθρώπινη δραστηριότητα σε σχέση με την παγκόσμια θέρμανση.

Σχετικά με τις κλιματικές μεταβολές που αναμένονται μελλοντικά, επικρατεί ένα σημαντικό ποσοστό αβεβαιότητας σε επίπεδο επιστημονικών προβλέψεων. Το θέμα αποτελεί επιπλέον ένα αμφιλεγόμενο πολιτικό ζήτημα, που σχετίζεται με την ανάγκη λήψης πολιτικών μέτρων αντιμετώπισης του προβλήματος της παγκόσμιας θέρμανσης, εκ μέρους των κυβερνήσεων.

Σύμφωνα με επιστημονικές έρευνες της ΔΕΑΚ, η θερμοκρασία της Γης ενδέχεται να αυξηθεί κατά $1.4 - 5.8^{\circ}\text{C}$ εντός της χρονικής περιόδου 1990 και 2100 (Kerr 2005). Μίας τέτοια ενδεχόμενη αύξηση της θερμοκρασίας δύναται να έχει ως συνέπειες την αύξηση της στάθμης των θαλασσών, την δημιουργία ακραίων καιρικών φαινομένων, όπως πλημμύρες ή τυφώνες, και την εξαφάνιση βιολογικών ειδών. Αν και το φαινόμενο της υπερθέρμανσης του πλανήτη αναμένεται να αυξήσει την ένταση και την συχνότητα ακραίων καιρικών φαινομένων, θεωρείται δύσκολο να συνδεθεί ένα μεμονωμένο καιρικό φαινόμενο ως άμεσο αποτέλεσμα της υπερθέρμανσης.

Οι φυσικές αιτίες της κλιματικής αλλαγής συμπεριλαμβάνουν τις ανεπαίσθητες μεταβολές της ηλιακής ακτινοβολίας, τις ηφαιστειακές εκρήξεις, οι οποίες μπορούν να

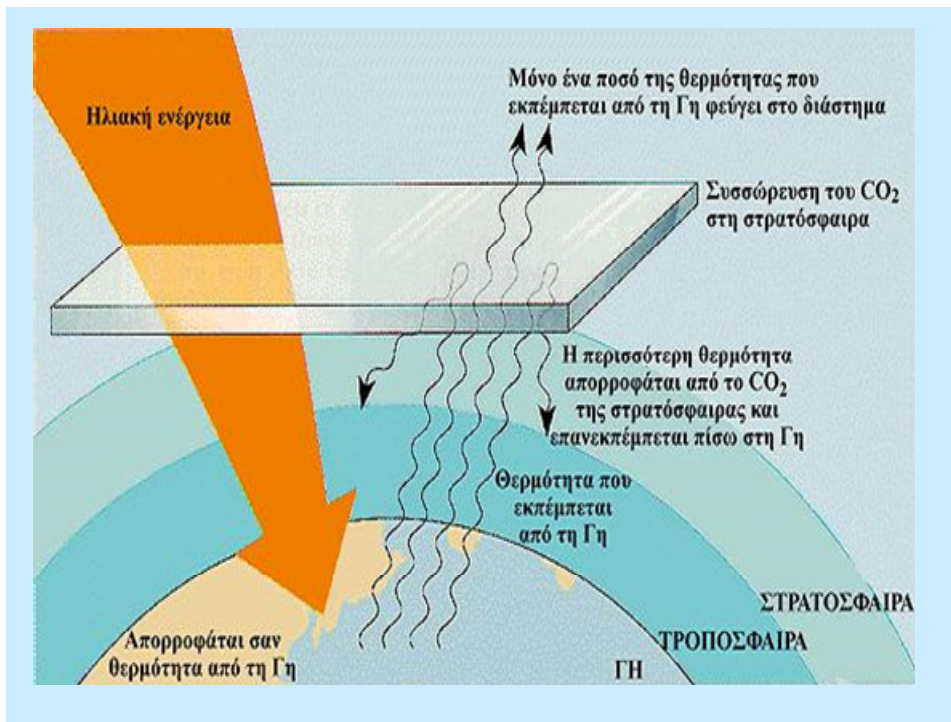
καλύπτουν τη γη με σκόνη που αντανακλά την ηλιακή θερμότητα στο διάστημα, καθώς και τις φυσικές αποκλίσεις του ίδιου του κλιματικού συστήματος. Όμως, οι φυσικές αιτίες μπορούν να εξηγήσουν μόνο ένα μικρό μέρος αυτής της θέρμανσης. Η συντριπτική πλειοψηφία των επιστημόνων συμφωνεί ότι οφείλεται στην αυξανόμενη συγκέντρωση αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα, τα οποία δεσμεύουν τη θερμότητα, και προέρχονται από ανθρώπινες δραστηριότητες. Οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες συντελούν στην αύξηση της συγκέντρωσης στην ατμόσφαιρα αερίων του θερμοκηπίου, ιδιαίτερα διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), μεθανίου και πρωτοξειδίου του αζώτου, τα οποία ενισχύουν το φυσικό φαινόμενο του θερμοκηπίου και αυξάνουν τη θερμοκρασία (Bodansky 1998).

1.2 Το φαινόμενο του θερμοκηπίου

Η γη δέχεται ηλιακή ακτινοβολία, που αντιστοιχεί σε ροή περίπου 1366 W/τετρ. μέτρο στο όριο της ατμόσφαιρας, ενώ το υπόλοιπο διαφεύγει στο διάστημα. Περίπου το 30% της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας ανακλάται, σε ποσοστό 6% από την ατμόσφαιρα, 3% από τα νέφη και 4% από την επιφάνεια της γης.

Το 70% της ηλιακής ακτινοβολίας απορροφάται, κατά 16% από την ατμόσφαιρα (συμπεριλαμβανομένου και του στρατοσφαιρικού στρώματος του όζοντος), κατά 3% από τα νέφη και κατά το μεγαλύτερο ποσοστό 51% από την επιφάνεια και τους ωκεανούς.

Ένα μέρος λοιπόν της ηλιακής ακτινοβολίας κατά την είσοδό της, περνά αναλλοίωτη στην ατμόσφαιρα, φτάνει στην επιφάνεια του εδάφους και ακτινοβολείται προς τα πάνω με μεγαλύτερο μήκος κύματος. Ένα μέρος αυτής απορροφάται από την ατμόσφαιρα, την θερμαίνει και επανεκπέμπεται στην επιφάνεια του εδάφους. Το στρώμα των αερίων του θερμοκηπίου λοιπόν, επιτρέπει την διέλευση της ακτινοβολίας αλλά ταυτόχρονα την εγκλωβίζει, και έτσι μοιάζει με την λειτουργία ενός θερμοκηπίου και ο Γάλλος μαθηματικός Fourier το ονόμασε το 1822 φαινόμενο του θερμοκηπίου. Το στρώμα αυτό βρίσκεται σε απόσταση 25 χιλιομέτρων από το έδαφος είναι αρκετά λεπτό και τα αέρια του είναι σε σχετικά σταθερή αναλογία.



Εικόνα 1. Σχηματική αναπαράσταση του φαινομένου του θερμοκηπίου (πηγή slideplayer.gr)

Περίπου το 86% της κατακρατούμενης από την ατμόσφαιρα γήινης ακτινοβολίας, οφείλεται στην παρουσία υδρατμών (H_2O) & διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) καθώς και νεφών. Οι υδρατμοί αποτελούν το πλέον ενεργό συστατικό, κατά ποσοστό 36-70%, το διοξείδιο του άνθρακα 9-26% ενώ μικρότερη συνεισφορά έχουν και τα αέρια μεθάνιο (CH_4) 4-9%, υποξειδίου του αζώτου (N_2O) και όζοντος (O_3) περίπου 3-7%, αλλά και άλλα αέρια έχουν επιρροή στο φαινόμενο όπως τα φθοριούχα.

Το κλίμα της Γης διαμορφώνεται από μια συνεχή ροή ενέργειας από τον ήλιο. Η θερμική αυτή ενέργεια που προέρχεται από τις ακτίνες του ήλιου, διέρχεται μέσα από την ατμόσφαιρα και θερμαίνει την επιφάνεια της Γης. Έτσι η γη έχει κατά μέσο όρο θερμοκρασία $15^{\circ}C$ στην επιφάνεια του εδάφους. Με τον τρόπο αυτό οι άνθρωποι λαμβάνουμε θερμότητα από τον ήλιο, που είναι απαραίτητη για να επιβιώνουμε στην γη.

Λέγοντας σήμερα φαινόμενο του θερμοκηπίου δεν εννοούμε την φυσική διεργασία αλλά την έξαρση αυτής, λόγω της ρύπανσης της ατμόσφαιρας από ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες είναι αυτές που αυξάνουν τις συγκεντρώσεις των θερμοκηπιακών αερίων και ιδιαίτερα του διοξειδίου του άνθρακα αλλά προκαλούν και την έκλυση νέων ιχνοστοιχείων. Αυτό έχει ως επακόλουθο την συγκράτηση μεγαλύτερης ποσότητας ακτινοβολίας και τελικά την αύξηση της θερμοκρασίας (υπολογίζεται ότι η μέση θερμοκρασία της γης τα επόμενα 100 χρόνια θα ανέβει από $1-4^{\circ}C$). Ειδικότερα το διοξείδιο του άνθρακα αυξήθηκε κατά 31% κατά την περίοδο 1750-1998. Τα $\frac{3}{4}$ της ανθρωπογενούς παραγωγής CO_2 οφείλεται σε χρήση ορυκτών καυσίμων ενώ το υπόλοιπο μέρος προέρχεται από αλλαγές που συντελούνται στο έδαφος, κυρίως μέσω της καταστροφής των δασών (Βασιλικιώτης 1986).

2. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

2.1 Πρώτες ενέργειες

Η πρώτη δράση για την κλιματική πολιτική, η Διάσκεψη των Ηνωμένων Εθνών για το Ανθρώπινο Περιβάλλον (Stockholm Conference - United Nations Conference on the Human Environment), πραγματοποιήθηκε στη Στοκχόλμη από 5 έως 16 Ιουνίου 1972. Οι συμμετέχουσες χώρες επικεντρώθηκαν στην προσπάθεια καθιέρωσης διεθνούς συνεργασίας για το περιβάλλον, καταλήγοντας στην σύνταξη τριών σημαντικών κειμένων. Τη Περιβαλλοντική Διακήρυξη της Στοκχόλμης, η σημαντικότερη αρχή της οποίας ήταν η υποχρέωση ενός κράτους να μην προκαλεί ζημιές στο περιβάλλον άλλων κρατών με τις δικιές του δραστηριότητες. Το πρόγραμμα Δράσης της Στοκχόλμης που ασχολείται με τις εκπαιδευτικές, κοινωνικές και πολιτιστικές επιδράσεις των περιβαλλοντικών ζητημάτων, την ατμοσφαιρική και θαλάσσια ρύπανση και το αγροτικό περιβάλλον. Τα Πέντε Ψηφίσματα αφορούσαν τις δοκιμές πυρηνικών όπλων, σύγκλιση δεύτερης Διάσκεψης των Ηνωμένων Εθνών για το περιβάλλον, την Παγκόσμια Ημέρα για το Περιβάλλον. Ακόμα προτάθηκε η ίδρυση «Γραμματείας Περιβάλλοντος» και «Περιβαλλοντικό Ταμείο», ως τέτοιος φορέας ιδρύθηκε στο Ναϊρόμπι το Περιβαλλοντικό Πρόγραμμα των Ηνωμένων Εθνών (UNEP: United Nations Environmental Program). Ακολούθησε η πρώτη Παγκόσμια Διάσκεψη για το κλίμα στη Γενεύη από 12- 23 Φεβρουαρίου 1979. Συμμετείχαν κυρίως επιστήμονες και οδήγησε στην ίδρυση του Παγκόσμιου Κλιματικού Προγράμματος με αντικείμενο την έρευνα των αιτιών και των επιδράσεων της κλιματικής αλλαγής. Στη δεκαετία του 1980 οργανώθηκαν διεθνείς διασκέψεις και ημερίδες στο Βίλαχ της Αυστρίας και παρουσιάστηκαν σενάρια για την μελλοντική εξέλιξη των αερίων του φαινομένου του θερμοκηπίου. Σε συνάντηση του 1985 που οργανώθηκε από το Περιβαλλοντικό Πρόγραμμα των Ηνωμένων Εθνών, το Διεθνές Συμβούλιο Επιστημονικών Ενώσεων (ISCU: International Scientific Council Unions) και τον Παγκόσμιο Μετεωρολογικό Οργανισμό, ομάδα επιστημόνων διατύπωσε κοινή ανακοίνωση σχετικά με την θέρμανση του πλανήτη και τα προβλήματα που δημιουργεί. Στις αρχές του 1980 δημιουργήθηκε η Παγκόσμια Επιτροπή για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη (WCED: World Commission on Environment and Development) που δημοσίευσε έκθεση με τίτλο «το κοινό μας μέλλον» και ασχολήθηκε με την ανάλυση της βιώσιμης ανάπτυξης σε τρεις συνιστώσες, την προστασία του περιβάλλοντος την οικονομική ανάπτυξη και την κοινωνική ισότητα (Μαυράκης, Κονιδάρη 2008).

2.2 Διάσκεψη του Τορόντο

Η διάσκεψη με τίτλο «Η Μεταβαλλόμενη ατμόσφαιρα - Επιπλοκές για την Παγκόσμια Ασφάλεια», έγινε στο Τορόντο του Καναδά τον Ιούνιο του 1988, συμμετείχαν κυρίως επιστήμονες από 46 χώρες. Επισημαίνεται διότι για πρώτη φορά μπήκε ως στόχος η παγκόσμια μείωση του διοξειδίου του άνθρακα της ατμόσφαιρας και συμφωνήθηκε η μείωση της αποψίλωσης των δασών. Η συζήτηση της διάσκεψης επικεντρώθηκε στην ρύπανση της ατμόσφαιρας, την όξινη βροχή, την μείωση της στοιβάδας του όζοντος

και την κλιματική αλλαγή. Τέλος ιδρύθηκε Παγκόσμιο Ατμοσφαιρικό Ταμείο για την χρηματοδότηση της αντιμετώπισης αποτελεσμάτων της ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

2.3 Διάσκεψη του Ρίο

Η διάσκεψη ξεκίνησε στις 3 Ιουνίου 1992 και ολοκληρώθηκε στις 14 του ίδιου μήνα στο Ρίο ντε Τζανέιρο της Βραζιλίας. Συγκέντρωσε πλήθος επιστημόνων, πολιτικών και ΜΚΟ με επίκεντρο της συζήτησης οι επιπτώσεις των 16 κοινωνικοοικονομικών δραστηριοτήτων στο περιβάλλον και αντίστροφα. Για την προετοιμασία της διάσκεψης φτιάχτηκαν τέσσερις ομάδες εργασίας όπου η πρώτη ασχολήθηκε με την προστασία της ατμόσφαιρας, η δεύτερη με την προστασία της υδρόσφαιρας και την διαχείριση των αποβλήτων, η τρίτη με νομικά και θεσμικά θέματα και η τέταρτη με ζητήματα μεταφοράς τεχνολογίας και οικονομικών πόρων. Τα πορίσματα από τις συζητήσεις μεταξύ των μελών ήταν.

- “Διακήρυξη του Ρίο”, αποτέλεσε συμβουλευτικό κείμενο προς τις συμμετέχουσες χώρες με κεντρική ιδέα ότι η μακροχρόνια οικονομική πρόοδος μπορεί να είναι εφικτή μόνο αν συνδεθεί με την προστασία του περιβάλλοντος.
- “Ατζέντα 21” θα αποτελούσε το παγκόσμιο σχέδιο δράσης για τη βιώσιμη ανάπτυξη.
- “Σύμβαση-Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την κλιματική αλλαγή (UNFCCC: United Nations Framework Convention on Climate Change)” ένα δεσμευτικό κείμενο με στόχο την μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου. Η σύμβαση αυτή αποτέλεσε τη βάση μετέπειτα συζητήσεων αφού δεσμεύτηκα τα Κράτη-Μέλη να συναντιούνται τακτικά.
- “Δήλωση για τις Δασικές Αρχές” αποτελεί μη νομικά δεσμευτικές αρχές για την αειφόρο ανάπτυξη.
- “Δήλωση για την βιοποικιλότητα”, νομικά δεσμευτικές αρχές για την διάσωση της βιοποικιλότητας.

2.4 Πρώτη Σύνοδος Συμβαλλόμενων Μερών

Έγινε από 28 Μαρτίου έως 7 Απριλίου 1995 στο Βερολίνο. Συμμετείχαν αντιπρόσωποι χωρών Κρατών Μελών της Σύμβασης Πλαισίου για την Κλιματική Αλλαγή. Από τις συζητήσεις διατυπώθηκε Εντολή προς ανάληψη δράσεων για την ικανοποίηση των δεσμεύσεων που θα αναλάμβαναν τα Μέρη, για την οποία ιδρύθηκε ειδική ομάδα για να γίνει άμεση ενίσχυση των δεσμεύσεων αναπτυγμένων 17 βιομηχανικά χωρών. Απώτερος στόχος ήταν οι διαπραγματεύσεις να οδηγούσαν στην διατύπωση πρωτοκόλλου. Κατέληξαν σε συμφωνία:

- Προγράμματα «Από Κοινού Εφαρμογής», σε πιλοτική φάση,
- Εγκατάσταση Μόνιμης Γραμματείας, καθώς και τις οικονομικές διαδικασίες που την αφορούν,
- Σύσταση Επικουρικών Φορέων. Υιοθέτησε αποφάσεις της INC-11:
- Προετοιμασία και υποβολή Εθνικών Σχεδίων Δράσης,
- Ετοιμασία Σχεδίων Δράσει για Μέρη που δεν ανήκουν στη Σύμβαση – Πλαίσιο,
- Κατευθύνσεις για πολιτικές και κριτήρια ακαταλληλότητας.

2.5 Δεύτερη Σύνοδος Συμβαλλόμενων Μερών

Έγινε από 8 έως 19 Ιουλίου 1996 στο Βερολίνο. Η συνάντηση αυτή έγινε με σκοπό την ενίσχυση των δεσμεύσεων των βιομηχανοποιημένων χωρών ώστε να μειωθούν οι εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου μετά το 2000. Σε σχέση με το πρωτόκολλο οι ΗΠΑ δήλωσαν υποστήριξη σε νομικά δεσμευτικό πρωτόκολλο ή σε άλλο πολιτικό εργαλείο, κάτι που περιέπλεξε την συζήτηση των αντιπροσώπων και παρέμειναν άλυτα ζητήματα και διαφωνίες. Η ανεπίσημη Ομάδα για την Εντολή του Βερολίνου ολοκλήρωσε όμως τις αναλύσεις για τα στοιχεία ενός πρωτοκόλλου.

2.6 Το πρωτόκολλο του Κιότο

Η Διεθνής Συνθήκη με το όνομα «Πρωτόκολλο του Κιότο» (1997), ήταν η πρώτη συμφωνία παγκοσμίως, για τον περιορισμό του φαινομένου του θερμοκηπίου. Το πρωτόκολλο ήταν ένα δύσκολο πρώτο βήμα για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και αποτελεί τη βάση για το πώς πρέπει να πορευτεί η ανθρωπότητα, για το πώς πρέπει να δράσει σε τοπικό, σε εθνικό και διεθνές επίπεδο ενάντια στην αλλαγή του κλίματος και για τις προσεχείς δεκαετίες. Προκειμένου να αντιμετωπιστεί το φαινόμενο του θερμοκηπίου και η αλλαγή του κλίματος, τα κράτη που υπογράφουν την συμφωνία δεσμεύονται με υποχρεωτικούς στόχους μείωσης των εκπομπών των Αερίων του Φαινομένου του Θερμοκηπίου (ΑΦΘ) μέσω της υπογραφής ενός πρωτοκόλλου.

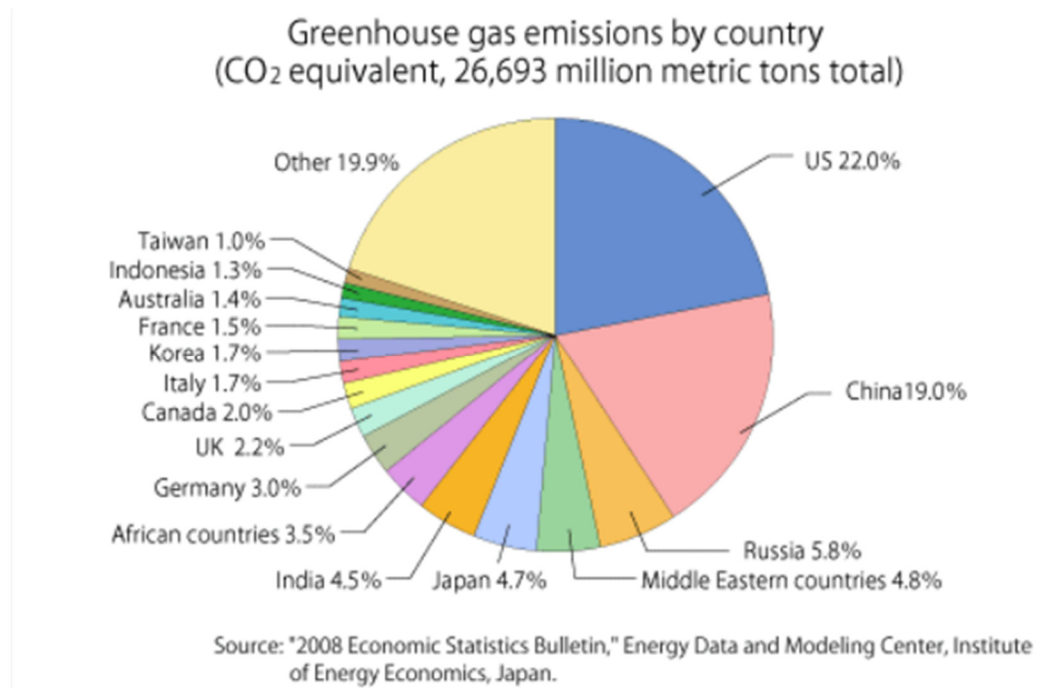
Το Πρωτόκολλο του Κιότο μπήκε σε εφαρμογή το 2005 και επικυρώθηκε συνολικά από 184 χώρες. Στα κράτη που το υπογράφουν αντιστοιχούν εκπομπές στο 63,7% περίπου των συνολικών εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα.



Εικόνα 2. Κινέζος ανθρακωρύχος - διάλειμμα για ένα τσιγάρο. Η Κίνα με τα τεράστια αποθέματα άνθρακα συγκαταλέγεται στις πλέον ρυπογόνες χώρες (πηγή: REUTERS, 2008)

Το Πρωτόκολλο του Κιότο, ορίζει δεσμευτικούς στόχους για μειώσεις των αερίων του θερμοκηπίου. Οι χώρες δεσμεύονται να μειώσουν, στη διάρκεια της περιόδου 2008-

2012, τις εκπομπές των έξι αερίων του θερμοκηπίου [το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), το μεθάνιο (CH₄), το υποξείδιο του αζώτου (N₂O), και οι υδροφθοράνθρακες (HFCs, PFCs, SF₆)], τουλάχιστον κατά 5% σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990. Το πιο σημαντικό από αυτά είναι το διοξείδιο του άνθρακα το οποίο ευθύνεται για το 55% της έντασης του φαινομένου του θερμοκηπίου, ενώ οι Χλωροφθοράνθρακες ευθύνονται για το 25%, το μεθάνιο για το 15% και το Οξείδιο του αζώτου για 5%. Το ποσοστό συμμετοχής του όζοντος δεν έχει ακόμη ποσοτικοποιηθεί. Κύριες πηγές παραγωγής του CO₂ είναι η καύση των ορυκτών καυσίμων (άνθρακας, πετρέλαιο, φυσικό αέριο) για τη βιομηχανία, τις μεταφορές, τη θέρμανση, την παραγωγή ηλεκτρισμού και το μαγείρεμα.



Εικόνα 3. Εκπομπές αερίων θερμοκηπίου ανά χώρα

Κάθε κράτος αναλαμβάνει διαφορετικό ποσοστό μείωσης εκπομπών στο πλαίσιο του γενικού στόχου. Για να επιτευχθεί ο γενικός στόχος δημιουργήθηκαν μια σειρά από «ευέλικτους μηχανισμούς», όπως το Σύστημα Εμπορίας Εκπομπών, ο Μηχανισμός Καθαρής Ανάπτυξης και η από κοινού Υλοποίηση. Ο κύριος μηχανισμός είναι το Εμπόριο Δικαιωμάτων Εκπομπών Αερίων του Θερμοκηπίου και προβλέπει την εθνική υποχρέωση για μείωση των εκπομπών σύμφωνα με βάση ένα εθνικό ανώτατο όριο εκπομπών. Αν μια χώρα δεν εκπέμψει εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου που να φθάνουν το ανώτατο όριο εκπομπών που της αναλογεί, μπορεί να πουλήσει το αχρησιμοποίητο μέρος των εκπομπών της σε κάποια άλλη χώρα που έχει ξεπεράσει το δικό της επιτρεπτό ανώτατο όριο εκπομπών. Κάποιες χώρες συμφώνησαν να μειώσουν τις εκπομπές τους, άλλες να περιορίσουν την αύξησή τους και άλλες να τις κρατήσουν σταθερές σε σχέση με τις εκπομπές τους το 1990. Επίσης, κάθε χώρα μπορεί να αφαιρεί από το ποσοστό-στόχο της το CO₂ που απορροφάται από τις λεγόμενες «καταβόθρες CO₂», όπως είναι τα δάση και η καλλιεργήσιμη γη.

Για την εφαρμογή των απαιτούμενων ρυθμίσεων που επιβάλλει στην κάθε χώρα ή ομάδα χωρών το πρωτόκολλο υπάρχει σημαντική οικονομική επιβάρυνση. Φάνηκαν περιπτώσεις που τα μέτρα ή ήταν ανεπαρκή ή υπερκοστοβόρα για την εκάστοτε χώρα. Οι διαφορές αυτές λύνονται με τρία πολιτικά εργαλεία που εφαρμόστηκαν:

- “Από Κοινού Εφαρμογή” Είναι διεθνή προγράμματα που χρηματοδοτούνται από τις χώρες που υπέγραψαν το πρωτόκολλο. Οδηγούν στην παραγωγή πιστωτικών μονάδων μείωσης ανάλογα με τη διανομή των κερδών μεταξύ των εμπλεκόμενων χωρών και προστίθενται στο ποσό των καθορισμένων ποσοστιαίων μονάδων της επενδύτριας χώρας και αφαιρούνται από το ποσό της χώρας που δέχεται το πρόγραμμα.
- “Μηχανισμός Καθαρής Ανάπτυξης”.¹ Σκοπός του μηχανισμού καθαρής ανάπτυξης είναι να βοηθήσει τα συμβαλλόμενα μέρη που δεν περιλαμβάνονται στο παράρτημα Ι να επιτύχουν την αειφόρο ανάπτυξη και να συμβάλουν έτσι ώστε τα συμβαλλόμενα μέρη που περιλαμβάνονται στο παράρτημα Ι να επιτύχουν τη συμμόρφωσή τους με τον ποσοτικό περιορισμό και τη μείωση των εκπομπών.
- “Εμπορία Εκπομπών” Με το εργαλείο αυτό δίνεται η δυνατότητα σε οποιονδήποτε έχει θετική διαφορά ως προς του στόχους για τους οποίους δεσμεύτηκε, δηλαδή είτε αναφερόμαστε σε μείωση των εκπομπών είτε σε μείωση της αύξησης, τότε την διαφορά αυτή έχει την δυνατότητα να την πουλήσει σε άλλη χώρα.

Για την εφαρμογή του πρωτοκόλλου ιδρύθηκαν δύο φορείς Επικουρικός Φορέας Επιστημονικής και Τεχνολογικής Αρωγής (SBSTA: Subsidiary Body of Scientific and Technological Advice) Επικουρικός Φορέας για την Εφαρμογή (SBI: Subsidiary Body for Implementation).

2.7 Συμφωνία του Παρισιού

Μέχρι το 2016 πραγματοποιήθηκαν συνολικά 21 συναντήσεις των συμβαλλομένων μερών στην προσπάθεια εφαρμογής του πρωτοκόλλου του Κιότο. Παρά τα βήματα που γίνονταν, ήταν εμφανές ότι το πρόβλημα δεν αντιμετωπιζόταν αποτελεσματικά και υπήρχε η ανάγκη για μια νέα συμφωνία.

Ο αντίκτυπος του Κιότο αποδείχθηκε περιορισμένος, καθώς απαιτούσε δράση για τη μείωση των εκπομπών μόνο από τις ανεπτυγμένες χώρες. Επιπλέον, ουδέποτε επικυρώθηκε από τις ΗΠΑ και ο Καναδάς αποσύρθηκε το 2012. Έτσι, η νέα συμφωνία για το κλίμα έλαβε τη μορφή ενός συμφωνημένου αποτελέσματος με νομική ισχύ, που θα ήταν δεσμευτικό για όλα τα συμβαλλόμενα μέρη (195 συμμετέχουσες χώρες) με ποσοτικοποιημένους στόχους για το 2020 κι έπειτα. Το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο επικύρωσε τον δεσμευτικό στόχο της Ευρωπαϊκής Ένωσης για μείωση των εκπομπών της κατά τουλάχιστον 40% συγκριτικά με το 1990, με τη συμμετοχή όλων των κρατών μελών.

Στο Παρίσι το 2016 επιτεύχθηκε μια συμφωνία ορόσημο για την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής και την επιτάχυνση και εντατικοποίηση των δράσεων και των επενδύσεων που απαιτούνται για ένα βιώσιμο μέλλον με χαμηλές εκπομπές άνθρακα. Για πρώτη φορά - φέρνει όλα τα έθνη σε κοινή αιτία για να αναλάβουν φιλόδοξες προσπάθειες για την καταπολέμηση της αλλαγής του κλίματος και να προσαρμοστούν

στα αποτελέσματά της, με ενισχυμένη στήριξη για να βοηθήσει τις αναπτυσσόμενες χώρες να το πράξουν, παρουσιάζει μια νέα πορεία στην παγκόσμια κλιματική προσπάθεια. Ο κεντρικός στόχος είναι η ενίσχυση της παγκόσμιας αντίδρασης στην απειλή της κλιματικής αλλαγής, διατηρώντας την παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας τον αιώνα αυτό αρκετά κάτω από τους 2 βαθμούς Κελσίου.

Τα κύρια στοιχεία της νέας συμφωνίας του Παρισιού:

- μακροπρόθεσμος στόχος: οι κυβερνήσεις συμφώνησαν να διατηρηθεί η αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη αρκετά κάτω από 2°C σε σχέση με τα προβιομηχανικά επίπεδα και να συνεχιστούν οι προσπάθειες για περιορισμό της σε 1,5°C
- συνεισφορές: πριν και κατά τη διάσκεψη του Παρισιού οι χώρες υπέβαλαν ολοκληρωμένα εθνικά σχέδια δράσης για το κλίμα με στόχο τη μείωση των εκπομπών τους
- φιλοδοξία: οι κυβερνήσεις συμφώνησαν να κοινοποιούν κάθε 5 χρόνια τις συνεισφορές τους για τον καθορισμό πιο φιλόδοξων στόχων
- διαφάνεια: δέχθηκαν επίσης να αναφέρουν μεταξύ τους και στο κοινό τις επιδόσεις τους σχετικά με την υλοποίηση των στόχων τους για την εξασφάλιση διαφάνειας και εποπτείας
- αλληλεγγύη: η ΕΕ και οι άλλες ανεπτυγμένες χώρες θα εξακολουθήσουν να παρέχουν χρηματοδότηση για το κλίμα ώστε να βοηθήσουν τις αναπτυσσόμενες χώρες να μειώσουν τις εκπομπές και να θωρακιστούν έναντι των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής.

2.8 Σύνοδος στο Μαρακές (COP 22) 2016

Στη σύνοδο αυτή συμφωνήθηκε η επιτάχυνση της διαδικασίας επικύρωσης της Συμφωνίας του Παρισιού, η οποία θέτει το πλαίσιο της παγκόσμιας δράσης για την κλιματική αλλαγή. Μελετήθηκαν νέες νομοθετικές πρωτοβουλίες για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου σε τομείς που δεν καλύπτονται από το σύστημα εμπορίας εκπομπών (ΣΕΕ), όπως οι μεταφορές, τα κτίρια και τα απόβλητα. Συζητήθηκαν οι προτάσεις της Επιτροπής για την έκδοση δύο κανονισμών που θα αφορούν αντιστοίχως τον επιμερισμό των προσπαθειών και τη χρήση της γης, την αλλαγή της χρήσης της γης και τη δασοπονία (κανονισμός LULUCF). Ενώ επισημάνθηκε η σημασία που έχει η νομοθεσία αυτή για την υλοποίηση της δέσμευσης που έχει αναλάβει η Ε.Ε. στο πλαίσιο της Συμφωνίας των Παρισίων για την κλιματική αλλαγή. Στο Μαραόκο, οι συμβαλλόμενες χώρες προσδιόρισαν το 2018 ως έτος της επόμενης μεγάλης συνάντησης για τις συνομιλίες στο πλαίσιο της Συμφωνίας του Παρισιού και συμφώνησαν επίσης να προσπαθήσουν να ετοιμάσουν το σχετικό εγχειρίδιο κανόνων εκείνη τη χρονιά. Ωστόσο, στις δύο συνεδρίες της Βόννης την άνοιξη και τον χειμώνα του 2017, οι κυβερνήσεις συμφώνησαν να εργαστούν στις πρακτικές λεπτομέρειες της Συμφωνίας.

3. ΤΑ ΑΕΡΙΑ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

Σύμφωνα με το **Πρωτόκολλο του Kyoto**, (1997) 160 κράτη τα οποία παράγουν περίπου το 60% των εκπεμπόμενων αερίων θερμοκηπίου, συμφώνησαν να λάβουν μέτρα με τα οποία σταθεροποιήσουν τις εκπομπές όλων των κύριων "αερίων του θερμοκηπίου" στα επίπεδα του 1990. Το πρωτόκολλο του Kyoto προβλέπει τη δυνατότητα αγοροπωλησίας άδειας εκπομπών μεταξύ των χωρών. Δηλαδή, εάν μια χώρα έχει περιθώρια περαιτέρω αύξησης των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου αλλά δεν προτίθεται να τα αξιοποιήσει, μπορεί τα περιθώρια αυτά να τα "πωλήσει" σε χώρες που δεν έχουν άλλα περιθώρια αύξησης των εκπομπών

Τα αέρια (και ομάδες αερίων) θερμοκηπίου, σύμφωνα με το Πρωτόκολλο του Kyoto είναι τα ακόλουθα:

- 1. Διοξείδιο του άνθρακα CO₂**. Ανθρωπογενείς πηγές: Καύσεις άνθρακα και υδρογονανθράκων.
- 2. Μεθάνιο CH₄** Ανθρωπογενείς πηγές: Ανθρακωρυχεία, διαρροές κατά τη διανομή φυσικού αερίου, χωματερές (βιοαέριο).
- 3. Υποξείδιο του αζώτου NO_x** Ανθρωπογενείς πηγές: Νιτρικά λιπάσματα (παρέχουν N₂O υπό την επίδραση βακτηριδίων), αλλά και από τα οξείδια αζώτου που παράγονται κατά την καύση βενζίνης.
- 4. Υδροφθοράνθρακες HFCs** Ανθρωπογενείς πηγές: Διαρροές ψυκτικών αερίων ψυγείων και κλιματιστικών (αντικαθιστούν πλέον τους απαγορευμένους χλωροφθοράνθρακες).
- 5. Υπερφθοράνθρακες PFCs** Ανθρωπογενείς πηγές: Ανεπιθύμητα παραπροϊόντα κατά την παραγωγή Al και από βιομηχανίες ημιαγωγών.
- 6. Εξαφθοριούχο θείο SF₆** Ανθρωπογενείς πηγές: Διαρροές υποσταθμών διανομής ηλεκτρικού ρεύματος και από μεταλλουργίες Mg και Al.

Οι χλωροφθοράνθρακες (CFCs) είναι αέρια που συμβάλλουν σημαντικά στην επιδείνωση του φαινομένου του θερμοκηπίου, ωστόσο τυπικά δεν υπάγονται στα αέρια θερμοκηπίου που ελέγχει το Πρωτόκολλο του Kyoto, δεδομένου ότι η παραγωγή τους έχει ήδη απαγορευθεί εξαιτίας της καταστρεπτικής τους δράσης στη στιβάδα του όζοντος.

Αποτύπωμα Άνθρακα (Carbon Footprint) αποτελεί το σύνολο των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου που εκλύονται άμεσα και έμμεσα από τις δραστηριότητες ενός ατόμου, μίας επιχείρησης ή ενός οργανισμού, αλλά και από τη διαδικασία παραγωγής ενός προϊόντος ή από τη διαδικασία παροχής μιας υπηρεσίας. Πρόκειται για ένα μέγεθος που υπολογίζεται λαμβάνοντας υπόψη ένα πλήθος παραγόντων. Το αποτέλεσμα ενός τέτοιου υπολογισμού εκφράζεται σε γραμμάρια, κιλά ή τόνους ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα [CO₂e].

Το ισοδύναμο διοξειδίου του άνθρακα (CO₂e) υπολογίζεται πολλαπλασιάζοντας τις εκπομπές καθενός από τα αέρια του θερμοκηπίου με το δείκτη Παγκόσμιας Θέρμανσης (GWP).

Δυναμικό θέρμανσης του πλανήτη: Είναι ένας δείκτης που περιγράφει χαρακτηριστικά ακτινοβολία καλά αναμεμιγμένων αερίων θερμοκηπίου και αντιπροσωπεύει το συνδυασμένο αποτέλεσμα των διαφορετικών χρόνων που τα αέρια αυτά παραμένουν στην ατμόσφαιρα και την σχετική τους αποτελεσματικότητα να απορροφούν εξερχόμενη υπέρυθη ακτινοβολία. Ο δείκτης αυτός προσεγγίζει το αποτέλεσμα θέρμανσης ολοκληρωμένο μέσα στον χρόνο, μιας μοναδιαίας μάζας ενός αερίου του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα σήμερα, σε σχέση με εκείνο του CO₂.

Με τον όρο δυναμικό υπερθέρμανσης του πλανήτη εννοούμε έναν δείκτη που μας δείχνει πόσες φορές ισχυρότερο είναι ένα μόριο μιας ουσίας από τα αέρια του θερμοκηπίου πχ μεθάνιο, σε σχέση με ένα μόριο CO₂ του πιο γνωστού δηλαδή αερίου του θερμοκηπίου.

Δυναμικότητα Παγκόσμιας Θέρμανσης διαφόρων αερίων (σε σχέση με το CO₂)

Χημικός τύπος	Χρόνος ζωής (έτη)	Δυναμικό Θέρμανσης του Πλανήτη (GWP)*		
		(Χρονικός ορίζοντας)		
		20 έτη	100 έτη	500 έτη
CO ₂	μεταβλητός **	1	1	1
CH ₄	12±3	56	21	6,5
N ₂ O	120	280	310	170
CHF ₃	264	9100	11700	9800
CH ₂ F ₂	5,6	2100	650	200
CH ₃ F	3,7	490	150	45
C ₅ H ₂ F ₁₀	17,1	3000	1300	400
C ₂ HF ₅	32,6	4600	2800	920
C ₂ H ₂ F ₄	10,6	2900	1000	310
CH ₂ FCF ₃	14,6	3400	1300	420
C ₂ H ₄ F ₂	1,5	460	140	42
C ₂ H ₃ F ₃	3,8	1000	300	94
C ₂ H ₃ F ₃	48,3	5000	3800	1400
C ₃ HF ₇	36,5	4300	2900	950
C ₃ H ₂ F ₆	209	5100	6300	4700
C ₃ H ₃ F ₅	6,6	1800	560	170
SF₆	3200	16300	23900	34900
CF ₄	50000	4400	6500	10000
C ₂ F ₆	10000	6200	9200	14000
C ₃ F ₈	2600	4800	7000	10100
C ₄ F ₁₀	2600	4800	7000	10100
κυκλο-C ₄ F ₈	3200	6000	8700	12700
C ₅ F ₁₂	4100	5100	7500	11000
C ₆ F ₁₄	3200	5000	7400	10700

Στον παραπάνω πίνακα παρουσιάζεται η σχετική δραστηριότητα (σε σχέση με το CO₂) διάφορων αερίων, όπου φαίνεται η ιδιαίτερα μεγάλη συνεισφορά του SF₆ στο δυναμικό θέρμανσης του πλανήτη (Global Warming Potential, GWP).

Μαθηματικά ο δείκτης GWP ενός αερίου αποδίδεται από την εξίσωση:

$$GWP(x) = \frac{\int_0^{TH} a_x \cdot [x(t)] dt}{\int_0^{TH} a_r \cdot [r(t)] dt}$$

όπου: TH ο **χρονικός ορίζοντας** (time horizon) για τον οποίο εξετάζεται η τιμή GPW, a_x είναι η απόδοση ακτινοβολίας της μονάδας παρουσίας της ουσίας x στη ατμόσφαιρα (π.χ. σε $W m^{-2} kg^{-1}$) και $[x(t)]$ είναι η συνάρτηση που παρέχει τη μεταβολή της περιεκτικότητας της ατμόσφαιρας στην ουσία x. a_r και $[r(t)]$ είναι οι αντίστοιχες παραστάσεις για την ουσία αναφοράς, που είναι το CO₂. Αν δεν αναφέρεται διαφορετικά, ως χρονικός ορίζοντας θεωρούνται τα 100 έτη.

Δυστυχώς αποδείχθηκε ότι το κατά τα άλλα πολύτιμο αέριο SF₆ έχει τη μεγαλύτερη δυναμικότητα συμβολής στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Σύμφωνα με έρευνες, το SF₆ είναι 22.200 φορές πιο δραστικό από το CO₂, δηλαδή 1 kg SF₆ συμβάλει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου όσο 22 τόνοι CO₂ ή όσο η καύση 6 τόνων άνθρακα (Hanley et al 1997).

3.1 CO₂ Διοξείδιο του άνθρακα

Το **διοξείδιο του άνθρακα** (χημικός τύπος : CO₂) είναι χημική ένωση που αποτελείται από δύο άτομα οξυγόνου ενωμένα με ομοιοπολικό δεσμό με ένα άτομο άνθρακα. Είναι γραμμικό μόριο χωρίς διπολική ροπή. Περιέχει 27.3 % w/w άνθρακα και 72.7 % w/w οξυγόνο. Μπορεί να αποδοθεί με το συντακτικό τύπο : O=C=O. Είναι αέριο συστατικό της γήινης ατμόσφαιρας, άχρωμο, άοσμο και άγευστο σε κανονικές συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας και επίσης είναι ένα από τα αέρια του Θερμοκηπίου.

Είναι ίσως το πιο σημαντικό από τα αέρια που διατηρούν ζεστή την ατμόσφαιρά μας. Τέσσερα δεκάτομμύρια χρόνια πριν η συγκέντρωσή του στην ατμόσφαιρα ήταν πολύ υψηλότερη από σήμερα (80% σε σχέση με την συγκέντρωση του σήμερα που είναι 0,03%). Όμως μέσω της φωτοσύνθεσης το ποσοστό της συγκέντρωσής του στην ατμόσφαιρα κατά την διάρκεια του χρόνου ελαττώθηκε κατά πολύ. Όλη αυτή η ποσότητα του διοξειδίου που εγκλωβίστηκε μέσα σε οργανισμούς, που στην συνέχεια σχημάτισαν ορυκτά, όπως οι γαιάνθρακες και το πετρέλαιο, στο στερεό φλοιό της γης. Αποτελεί υποπροϊόν όλων των καύσεων ορυκτών καυσίμων (κάρβουνου, πετρελαίου, βενζίνης, φυσικού αερίου κλπ.), αλλά και του ξύλου, πλαστικών κ.ά. οργανικών ενώσεων. Παράγεται ακόμα από την αποσύνθεση οργανικών ουσιών. Μεγάλες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα εκπέμπονται επίσης από τα ηφαίστεια και από τις θερμές πηγές αλλά και από τη διάλυση των ανθρακικών πετρωμάτων.

Ενωμένο, με τη μορφή ανθρακικών αλάτων βρίσκεται σε μεγάλες ποσότητες στο στερεό φλοιό της γης. Τα κυριότερα ανθρακικά ορυκτά είναι οι διάφορες ποικιλίες του CaCO₃ (ασβεστόλιθοι, ασβεστίτης, μάρμαρο κ.ά.), ο μαγνησίτης MgCO₃, ο σιδηρίτης

FeCO₃, ο δολομίτης CaCO₃.MgCO₃ κ.ά. Παράγεται επίσης κατά την αναπνοή όλων των φυτών και των ζώων και από τους μύκητες και μικροοργανισμούς που εξαρτώνται άμεσα ή έμμεσα από τα φυτά για την τροφή τους.

Κατά την διάρκεια του φυσικού κύκλου του διοξειδίου του άνθρακα, η ποσότητα του CO₂ στην ατμόσφαιρα διατηρείται σε ισορροπία. Μέσω της αναπνοής και της αποσύνθεσης των φυτών αλλά και των ηφαιστειακών εκρήξεων απελευθερώνεται φυσικό CO₂ στην ατμόσφαιρα, όπου παραμένει για 100 περίπου χρόνια. Απομακρύνεται πάλι από την ατμόσφαιρα, μέσω της φωτοσύνθεσης των φυτών και μέσω της διάλυσης του στο νερό (για παράδειγμα στους ωκεανούς).

Η ποσότητα του φυσικά παραγόμενου CO₂ εξισορροπείται σχεδόν απόλυτα από την ποσότητα που αφαιρείται με φυσικό τρόπο. Οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες, όμως έχουν επίδραση σε αυτό το ισοζύγιο, και είναι αυτές που σε μεγάλο βαθμό ευθύνονται για την υπερθέρμανση του πλανήτη και τις κλιματικές αλλαγές.

Η καταστροφή των δασών είτε από πυρκαγιές είτε από παράνομη υλοτόμηση έχει μεγάλες αρνητικές συνέπειες στην απορρόφηση του CO₂. Το 97% των εκπομπών CO₂ από τις βιομηχανικές χώρες προέρχεται από την καύση (με σκοπό την παραγωγή ενέργειας) άνθρακα πετρελαίου και φυσικού αερίου. Παγκόσμια η παραγωγή ηλεκτρισμού ευθύνεται για το 37% των εκπομπών CO₂ ενώ η Ελλάδα για το 43% των αντίστοιχων εκπομπών. Το διοξείδιο του άνθρακα σήμερα ευθύνεται κατά ποσοστό 83% για το φαινόμενο του θερμοκηπίου από ανθρωπογενείς δραστηριότητες (Αλεξάνδρου 1985).

3.1.1 Βιολογικός ρόλος του CO₂

Το διοξείδιο του άνθρακα είναι τελικό προϊόν του μεταβολισμού των οργανισμών που παίρνουν την ενέργειά τους από τη διάσπαση με οξυγόνο των σακχάρων, των λιπών και των αμινοξέων με μια διαδικασία που είναι γνωστή ως κυτταρική αναπνοή. Στους οργανισμούς αυτούς περιλαμβάνονται όλα τα φυτά και τα ζώα, πολλοί μύκητες και ορισμένα βακτήρια. Στους ανώτερους οργανισμούς, το διοξείδιο του άνθρακα μεταφέρεται με το αίμα από τους ιστούς του σώματος στους πνεύμονες, από όπου και εκπνέεται.

3.1.2 Ο ρόλος του CO₂ στη φωτοσύνθεση και στις φυτικές λειτουργίες

Φωτοσύνθεση είναι η διαδικασία κατά την οποία τα φυτά που περιέχουν χλωροφύλλη, με τη βοήθεια του φωτός και με αρχικά αντιδρώντα το νερό και το CO₂, μετατρέπουν ανόργανες ουσίες σε τροφή. Πρόκειται για μια φυσιολογική λειτουργία με την οποία τα πράσινα φυτά προμηθεύονται τον άνθρακα και το οξυγόνο, που είναι απαραίτητα για τη θρέψη τους. Η φωτοσύνθεση είναι μια εξώθερμη διαδικασία, η συνολική χημική αντίδραση της οποίας είναι : $6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 + 2817 \text{ KJ}$.

Ο μηχανισμός της φωτοσύνθεσης σε γενικές γραμμές είναι ο ακόλουθος: το νερό διαλύει και μεταφέρει το διοξείδιο του άνθρακα μέχρι τα κύτταρα και τους χλωροπλάστες των φύλλων. Εκεί με την ενέργεια του φωτός που απορροφά η χλωροφύλλη, διασπάται το νερό στα στοιχεία του. Το οξυγόνο απελευθερώνεται, ενώ το ατομικό υδρογόνο δεσμεύεται από διάφορα ένζυμα. Έπειτα το υδρογόνο συμμετέχει στις αντιδράσεις με το διοξείδιο του άνθρακα: $\text{CO}_2 + \text{H} \rightarrow (\text{CH}_2\text{O})_x$. Στο δεύτερο

στάδιο αντιδράσεων δε χρειάζεται ηλιακή ενέργεια, γι' αυτό οι αντιδράσεις αυτές ονομάζονται "σκοτεινές". Με λίγα λόγια, οι χλωροπλάστες, με την βοήθεια του φωτός και του CO₂, παράγουν οξυγόνο και ενέργεια απορροφώντας CO₂ κατά την φωτοπερίοδο η οποία δεν θα πρέπει να ξεπερνά τις 12 ώρες ημερησίως. Έχει αποδειχθεί ότι τα φυτά μπορούν να αναπτυχθούν μέχρι και 50% ταχύτερα σε συγκεντρώσεις 1000 ppm CO₂. Ορισμένοι επιστήμονες πιστεύουν ότι αν αυξηθεί η συγκέντρωση CO₂ στην ατμόσφαιρα, αυτό θα οδηγήσει σε ταχύτερη ανάπτυξη των φυτών και, επομένως, σε αύξηση της παραγωγής τροφίμων. Μελέτες όμως έχουν δείξει ότι η αύξηση των εκπομπών CO₂ οδηγεί σε μείωση της χρήσης του νερού από τα φυτά και σε ελάττωση της συγκέντρωσης των ιχνοστοιχείων σ' αυτά. Αυτό μπορεί να έχει αλυσιδωτές συνέπειες σε άλλους οργανισμούς των οικοσυστημάτων, όπως τα φυτοφάγα ζώα τα οποία θα πρέπει να τρώνε περισσότερο για να αποκτήσουν την ίδια ποσότητα πρωτεϊνών.

Τα φυτά εκπέμπουν CO₂ κατά τη διαδικασία της αναπνοής. Αν και τα δάση θα μπορούσαν να απορροφήσουν πολλούς τόνους CO₂ κάθε χρόνο, μελέτες αναφέρουν ότι ένα ώριμο δάσος παράγει τόσο πολύ CO₂ κατά την αναπνοή και την αποσύνθεση των νεκρών δένδρων, όσο α χρησιμοποιείται στην βιοσύνθεση και στην καλλιέργεια των φυτών (Γιαννακουδάκης 1986).

3.1.3. Χρήσεις

Το διοξείδιο του άνθρακα χρησιμοποιείται από τη βιομηχανία τροφίμων, τη βιομηχανία πετρελαίου, και τη χημική βιομηχανία. Βρίσκει εφαρμογές σε πολλά καταναλωτικά προϊόντα που απαιτούν πεπιεσμένο αέριο γιατί είναι φθινό και άφλεκτο, και λόγω του ότι μεταβαίνει από την αέρια φάση στην υγρή σε θερμοκρασία δωματίου και σε χαμηλή, σχετικά, πίεση. Τα σωσίβια γιλέκα συχνά περιέχουν CO₂ υπό πίεση. Πωλούνται επίσης μικρές κάψουλες από αλουμίνιο με συμπιεσμένο CO₂ για αεροβόλα όπλα, για φούσκωμα των ελαστικών των ποδηλάτων και για την παρασκευή αναβραζόντων δισκίων φαρμάκων. Η ταχεία εξάτμιση του υγρού διοξειδίου του άνθρακα χρησιμοποιείται για ανατινάξεις σε ορυχεία άνθρακα. Οι υψηλές συγκεντρώσεις διοξειδίου του άνθρακα μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για την εξολόθρευση επιβλαβών εντόμων όπως είναι ο σκόρος των ρούχων.

Ποτά

Το διοξείδιο του άνθρακα χρησιμοποιείται για την παραγωγή αεριούχων ποτών και σόδας. Η περιεκτικότητα των ανθρακούχων ποτών σε CO₂ οφείλεται σε φυσικούς λόγους (ζύμωση), μπορεί όμως να διοχετευθεί ανθρακικό και με τεχνητούς τρόπους. Σύμφωνα με έρευνες του 2009 από το Πανεπιστήμιο της Καλιφόρνια στο Σαν Ντιέγκο και ερευνητών των αμερικανικών Εθνικών Ινστιτούτων Υγείας, τα μόρια διοξειδίου του άνθρακα ενεργοποιούν ένα ένζυμο που υπάρχει στους υποδοχείς της γλώσσας για την γεύση του ξινού, της καρβονική ανυδράση 4, παράγοντας την αίσθηση της αντίστοιχης γεύσης. Επίσης τα μόρια του ενεργοποιούν τους υποδοχείς αφής στο στόμα, αφήνοντας μια χαρακτηριστική αίσθηση.

Τρόφιμα

Μια καραμέλα που ονομάζεται Pop Rocks συμπιέζεται με διοξείδιο του άνθρακα περίπου στα 40 bar. Όταν η καραμέλα μπαίνει στο στόμα, διαλύεται και απελευθερώνει φυσαλίδες αερίου. Η μαγιά της αρτοποιίας παράγει διοξείδιο του άνθρακα από τη ζύμωση των σακχάρων στο εσωτερικό της ζύμης, ενώ άλλα προϊόντα, όπως το baking powder και η μαγειρική σόδα, απελευθερώνουν διοξείδιο του άνθρακα όταν θερμαίνονται ή όταν εκτεθούν σε οξέα.

Πυροπροστασία

Το διοξείδιο του άνθρακα επειδή είναι άφλεκτο χρησιμοποιείται υπό πίεση σε ορισμένους πυροσβεστήρες που είναι σχεδιασμένοι για κατάσβεση πυρκαγιών που οφείλονται σε ηλεκτρικά βραχυκυκλώματα. Επίσης ειδικοί πυροσβεστήρες με CO₂ χρησιμοποιούνται και για την πυροπροστασία πλοίων και μηχανοστασίων. Όμως τα συστήματα πυρασφάλειας που βασίζονται στο διοξείδιο του άνθρακα έχουν συνδεθεί και με πολλούς θανάτους.

Υδραυλικά συστήματα

Το CO₂ είναι ένα από τα πιο συνηθισμένα αέρια που χρησιμοποιούνται κυρίως σε φορητά υδροπνευματικά συστήματα αλλά και σε ρομποτικά συστήματα που χρησιμοποιούν υδραυλικά συστήματα.

Συγκολλήσεις

Το διοξείδιο του άνθρακα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία αδρανούς ατμόσφαιρας μέσα στην οποία γίνονται συγκολλήσεις, αν και στις υψηλές θερμοκρασίες που αναπτύσσονται οξειδώνει τα περισσότερα μέταλλα. Η χρήση του στην αυτοκινητοβιομηχανία είναι πολύ συνηθισμένη επειδή είναι πιο φθηνό από το αέριο αργό ή το ήλιο. Πάντως, οι συγκολλήσεις που γίνονται μέσα σε ατμόσφαιρα CO₂ είναι πιο εύθραυστες από αυτές που πραγματοποιούνται σε πιο αδρανή ατμόσφαιρα, και με το πέρασμα του χρόνου εξασθενούν λόγω σχηματισμού ανθρακικού οξέος.

Απομάκρυνση καφεΐνης

Το υγρό διοξείδιο του άνθρακα είναι καλός διαλύτης για πολλές λιπόφιλες οργανικές ενώσεις, και χρησιμοποιείται για την αφαίρεση καφεΐνης από τον καφέ: Αρχικά οι πράσινοι κόκκοι καφέ εμποτίζονται με νερό και τοποθετούνται στην κορυφή στήλης ύψους 21 m. Στη συνέχεια, υπερκρίσιμο διοξείδιο του άνθρακα σε υγρή μορφή (περίπου 93 °C) διοχετεύεται από το κάτω μέρος της στήλης με αποτέλεσμα η καφεΐνη να διαχέεται από τους κόκκους μέσα στο διοξείδιο του άνθρακα.

Φαρμακευτικές και άλλες χημικές διεργασίες

Το διοξείδιο του άνθρακα έχει αρχίσει να χρησιμοποιείται στις φαρμακοβιομηχανίες ως λιγότερο τοξική εναλλακτική λύση στη θέση παραδοσιακών διαλυτών όπως είναι

το χλωροφόρμιο (CHCl_3) ή άλλες οργανοχλωριωμένες ενώσεις. Επίσης, για τους ίδιους λόγους, χρησιμοποιείται στο ξηρό καθάρισμα των ρούχων στα στεγνοκαθαριστήρια. Στη χημική βιομηχανία, το CO_2 χρησιμοποιείται για την παραγωγή ουρίας ανθρακικών και όξινων ανθρακικών αλάτων και σαλικυλικού νατρίου.

Γεωργικές, βιολογικές και ιατρικές εφαρμογές

Τα φυτά χρειάζονται το CO_2 για τη φωτοσύνθεση. Λόγω της μικρής ατμοσφαιρικής του συγκέντρωσης, το CO_2 είναι πρακτικά ο περιοριστικός παράγοντας της ζωής στη Γη, σε σύγκριση με άλλα δύο εξίσου σημαντικά συστατικά το νερό και το ηλιακό φως. Ενώ τα μη καλλιεργήσιμα ("άγρια") φυτά είναι προσαρμοσμένα στο γεγονός αυτό, μεγάλες εγκαταστάσεις - θερμοκήπια μπορούν να εμπλουτίσουν την ατμόσφαιρα με περίσσεια CO_2 για τη διατήρηση της καλλιεργήσιμης χλωρίδας. Ο εμπλουτισμός με CO_2 δεν πρέπει όμως να είναι υπερβολικός για να μην δηλητηριαστούν τα φυτά. Σε πολύ υψηλές συγκεντρώσεις, το διοξείδιο του άνθρακα μπορεί να είναι τοξικό για τα ζώα. Έτσι η αύξηση της συγκέντρωσης κατά 1% και άνω για αρκετές ώρες, μπορεί να εξαλείψει βλαβερά ζώφια, αράχνες και ακάρεα στο θερμοκήπιο. Στην ιατρική, το CO_2 προστίθεται στο καθαρό οξυγόνο μέχρι ποσοστού 5% για την τόνωση της αναπνοής μετά από επεισόδια άπνοιας για να σταθεροποιηθεί η ισορροπία O_2/CO_2 στο αίμα.

Lasers

Ο συνηθέστερος τύπος βιομηχανικού αέριο Laser είναι το CO_2 .

Πολυμερή και πλαστικά

Το CO_2 μπορεί να συνδυαστεί με το λεμονένιο της φλούδας των πορτοκαλιών ή με άλλα εποξειδία για τη δημιουργία πολυμερών και πλαστικών.

Εξόρυξη πετρελαίου

Το διοξείδιο του άνθρακα χρησιμοποιείται στην άντληση του πετρελαίου συνήθως υπό συνθήκες υπερκρίσιμες. Λειτουργεί ταυτόχρονα ως προωθητικό υπό πίεση αλλά και για να μειώσει σημαντικά το ιξώδες του πετρελαίου επιτρέποντας έτσι την καλύτερη και γρηγορότερη ροή του προς την επιφάνεια της γεώτρησης. Το 97% των εκπομπών CO_2 από τις βιομηχανικές χώρες προέρχεται από την καύση (με σκοπό την παραγωγή ενέργειας) άνθρακα πετρελαίου και φυσικού αερίου. Παγκόσμια η παραγωγή ηλεκτρισμού ευθύνεται για το 37% των εκπομπών CO_2 ενώ η Ελλάδα για το 43% των αντίστοιχων εκπομπών. Το διοξείδιο του άνθρακα σήμερα ευθύνεται κατά ποσοστό 83% για το φαινόμενο του θερμοκηπίου από ανθρωπογενείς δραστηριότητες.

Χρήσεις ως ψυκτικού

Το υγρό και το στερεό διοξείδιο του άνθρακα είναι σημαντικά ψυκτικά μέσα, κυρίως στη βιομηχανία τροφίμων, όπου χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά και αποθήκευση

παγωτών και άλλων κατεψυγμένων προϊόντων. Το στερεό διοξείδιο του άνθρακα ονομάζεται "ξηρός πάγος" και χρησιμοποιείται για μικρές μεταφορές στις οποίες δεν είναι πρακτικά τα ογκώδη ψυγεία. Το υγρό διοξείδιο του άνθρακα (που ονομάζεται στη βιομηχανία R744 ή R-744) χρησιμοποιήθηκε ως ψυκτικό μέσο, πριν από την ανακάλυψη του R-12. Οι φυσικές ιδιότητές του είναι ιδιαίτερα κατάλληλες για κατάψυξη ή και απλή ψύξη. Λόγω της λειτουργίας τους σε πιέσεις μέχρι 130 bar, τα ψυκτικά συστήματα που χρησιμοποιούν CO₂ απαιτούν ιδιαίτερα ανθεκτικά εξαρτήματα. Στους κλιματισμούς των αυτοκινήτων, σε πάνω από το 90% του συνόλου των συνθηκών οδήγησης, το R744 λειτουργεί πιο αποτελεσματικά από τα συστήματα που χρησιμοποιούν R-134a.

Τα περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα του CO₂ (μη τοξικό, μη εύφλεκτο, φθινό) θα μπορούσαν στο μέλλον να αποτελέσουν έναν καλό λόγο για την αντικατάσταση των σημερινών HFCs των ψυκτικών συστημάτων των αυτοκινήτων, των σούπερ-μάρκετ κλπ.

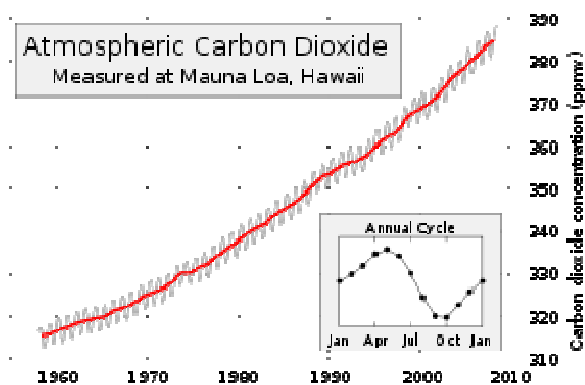
Παραγωγή κρασιού

Το διοξείδιο του άνθρακα με τη μορφή του ξηρού πάγου χρησιμοποιείται συχνά στα οινοποιεία για τη γρήγορη ψύξη των σταφυλιών με σκοπό την αποτροπή της πρόωρης ζύμωσης. Το κύριο πλεονέκτημα της χρήσης του ξηρού πάγου σε σχέση με το παγωμένο νερό είναι ότι ψύχει τα σταφύλια χωρίς προσθήκη νερού το οποίο θα μπορούσε να αραιώσει τα σάκχαρα στο γλεύκος των σταφυλιών και, κατά συνέπεια, να μειώσει τη συγκέντρωση αιθανόλης στο τελικό προϊόν.

Έλεγχος του pH

Το διοξείδιο του άνθρακα χρησιμοποιείται ως μέσο ελέγχου του pH των κολυμβητηρίων. Με τη συνεχή προσθήκη CO₂ στο νερό, διατηρείται το pH σε χαμηλά επίπεδα. Ανάμεσα στα πλεονεκτήματα αυτής της πρακτικής είναι και η αποφυγή χρήσης πιο επικίνδυνων οξέων.

3.1.4 Το CO₂ στην ατμόσφαιρα



Εικόνα 4. Μετρήσεις συγκεντρώσεων CO₂ από το Παρατηρητήριο του Mauna Loa στη Χαβάη

Από το ανθρωπογενές CO₂ που εκπέμπεται από τα ορυκτά καύσιμα: 50% διαλύεται στους ωκεανούς και απορροφάται από τα επίγεια οικοσυστήματα και το 50% διοχετεύεται στην ατμόσφαιρα.

Το διοξείδιο του άνθρακα στη γήινη ατμόσφαιρα θεωρείται ιχνοστοιχείο με μέση συγκέντρωση περίπου 385 ppm. Η συνολική μάζα των ατμοσφαιρικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα είναι περίπου 3×10¹⁵ kg (3000 γιγατόνοι). Η συγκέντρωση κυμαίνεται εποχικά (βλέπε διάγραμμα) αλλά και σε περιφερειακή βάση. Η διακύμανση αυτή οφείλεται κατά κύριο λόγο στην εποχική ανάπτυξη των φυτών στο Βόρειο Ημισφαίριο. Οι συγκεντρώσεις του διοξειδίου του άνθρακα στο βορρά μειώνονται κατά τη διάρκεια της άνοιξης και του καλοκαιριού καθώς το καταναλώνουν τα φυτά και αυξάνονται το φθινόπωρο και το χειμώνα όταν τα φυτά πεθαίνουν και αποσυντίθενται. Στις αστικές περιοχές οι συγκεντρώσεις είναι γενικά υψηλότερες.

Πεντακόσια εκατομμύρια χρόνια πριν, το διοξείδιο του άνθρακα ήταν 20 φορές περισσότερο από ό,τι σήμερα. Κατά τη διάρκεια της Ιουράσιας Περιόδου, μειώθηκε κατά 4 έως 5 φορές, στη συνέχεια παρατηρήθηκε αργή μείωση και μετά πριν 49 εκατομμύρια χρόνια περίπου, ταχεία μείωση.

Οι ανθρώπινες δραστηριότητες, όπως η καύση ορυκτών καυσίμων και η αποψίλωση των δασών έχουν προκαλέσει αύξηση της ατμοσφαιρικής συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα κατά περίπου 35% από την αρχή της εποχής της εκβιομηχάνισης. Έως και το 40% των αερίων που εκπέμπονται από ορισμένες ηφαιστειακές δραστηριότητες είναι διοξείδιο του άνθρακα. Εκτιμάται ότι τα ηφαίστεια απελευθερώνουν περίπου 130-230 εκατομμύρια τόνους CO₂ στην ατμόσφαιρα κάθε χρόνο. Το διοξείδιο του άνθρακα παράγεται επίσης από θερμές πηγές όπως αυτές στο Bossoleto κοντά στην Τοσκάνη της Ιταλίας. Οι εκπομπές του CO₂ από τις ανθρώπινες δραστηριότητες ανέρχονται σήμερα περίπου σε 27 δισ. τόνους ετησίως και είναι πολύ περισσότερες από τις ποσότητες που εκλύονται από τα ηφαίστεια.

Το CO₂ θεωρείται αέριο θερμοκηπίου, αφού διαπερνάται από το ορατό φως αλλά απορροφά έντονα στην υπέρυθη και εγγύς υπέρυθη περιοχή του φάσματος.

3.1.5 Το CO₂ στους ωκεανούς

Η διάλυση του άνθρακα στους ωκεανούς με τη μορφή CO₂, H₂CO₃ και ιόντων HCO₃⁻ και CO₃²⁻ είναι περίπου 50 φορές μεγαλύτερη από ότι στην ατμόσφαιρα. Οι ωκεανοί ενεργούν ως μία τεράστια δεξαμενή άνθρακα, και δέχονται περίπου το ένα τρίτο των εκπομπών CO₂ από τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Η διαλυτότητα του CO₂ μειώνεται καθώς η θερμοκρασία του νερού αυξάνεται. Ένα μέρος του διαλυμένου CO₂ στους ωκεανούς καταναλώνεται για τη φωτοσύνθεση από οργανισμούς στο νερό, και ένα μικρό ποσοστό συντηρεί τον κύκλο του άνθρακα. Η αύξηση του CO₂ στην ατμόσφαιρα έχει οδηγήσει σε αύξηση της οξύτητας του θαλασσινού νερού και υπάρχει ανησυχία ότι αυτό μπορεί να επηρεάσει αρνητικά οργανισμούς με κελύφη που ζουν στο νερό, αφού είναι γνωστό ότι τα οξέα διαλυτοποιούν το ανθρακικό ασβέστιο από το οποίο είναι φτιαγμένο το κέλυφος.

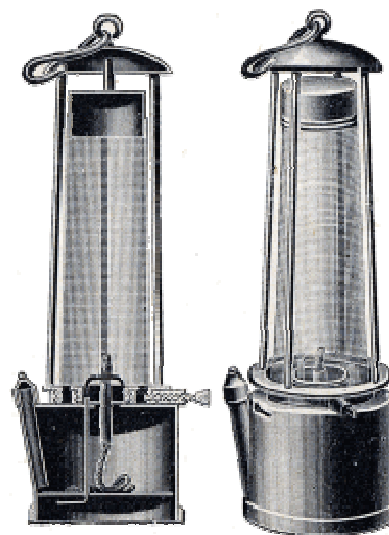
3.2 Το μεθάνιο (CH₄)

Το **μεθάνιο** (CH₄) είναι το μικρότερο σταθερό μόριο υδρογονάνθρακα με ένα άτομο άνθρακα. Είναι αέριο που καίγεται με χαρακτηριστική φλόγα κυανού χρώματος. Βρίσκεται σε αφθονία στη φύση ως κύριο 75-90% συστατικό του φυσικού αερίου.

Το **φυσικό αέριο** (natural gas) δημιουργήθηκε κατά τη διάρκεια εκατομμυρίων χρόνων, όπως και το πετρέλαιο, δηλαδή με αναερόβια αποσύνθεση μικροσκοπικών θαλάσσιων οργανισμών και φυτικών υλών, που εγκλωβίστηκαν σε βαθιά πετρώματα και λάσπες και υπέστησαν υψηλές πιέσεις και θερμοκρασίες. Το φυσικό αέριο εκλύεται κατά τις γεωτρήσεις και από τις πετρελαιοπηγές λόγω των υψηλών πιέσεών του στα υπόγεια στρώματα.

Η φυσική παραγωγή του μεθανίου είναι μια συνεχής διαδικασία και εξακολουθεί να παράγεται ως προϊόν σήψης οργανικής ύλης σε έλη και υδροβιότοπους υπό την επίδραση **μεθανογόνων** (methanogenic) βακτηρίων κάτω από συνθήκες απουσίας οξυγόνου και σχετικά υψηλές θερμοκρασίες. Το "πρόσφατο" μεθάνιο διακρίνεται εύκολα από το "αρχέγονο" με βάση την ισοτοπική περιεκτικότητα σε C-14.

Από τους αρχαιότετους χρόνους ο άνθρωπος χρησιμοποιούσε το μεθάνιο (ως φυσικό αέριο) ως μέσο θέρμανσης. Συστηματική χρήση του γινόταν από τους Κινέζους (10ος αιώνας π.Χ.), οι οποίοι το διαβίβαζαν μέσω καλαμιών μπαμπού και το έκαιγαν με σκοπό την εξάτμιση θαλασσινού νερού για παραγωγή αλατιού. Σε πολλές περιοχές που φυσικό αέριο εκλυόταν από σχισμές του εδάφους, ήταν γνωστό ότι όσοι το ανέπνεαν περιέρχονταν σε κατάσταση ημιαναισθησίας και μιλούσαν ασυνάρτητα. Αυτά τα φαινόμενα αποδίδονταν σε υπερφυσικές δυνάμεις και συχνά στις θέσεις αυτές έκτιζαν ναούς και μαντεία. Φωτιστική χρήση του μεθανίου αναφέρεται να γίνεται από τον 2ο αιώνα μ.Χ



Εικόνα 5. Λυχνία Davy (1815)

Μεθάνιο παράγεται και εκπέμπεται στην ατμόσφαιρα της Γης από **φυσικές** (έλη, τερμίτες) και **ανθρωπογενείς** (πετρελαιοπηγές, κτηνοτροφία, χωματερές) πηγές. Η μέση συγκέντρωσή του στον αέρα είναι πολύ μικρή, της τάξης του 1,6-1,8 ppmv (ppmv: μέρη στο εκατομμύριο κατ' όγκο).

Το μεθάνιο είναι ένα από τα αέρια που συνεισφέρουν σημαντικά στο **φαινόμενο του θερμοκηπίου** (greenhouse effect), δηλαδή στην παγίδευση από την ατμόσφαιρα μέρους της ανακλώμενης από την επιφάνεια της Γης ηλιακής ακτινοβολίας με αποτέλεσμα τη θέρμανση του πλανήτη. Το μεθάνιο είναι κατά **21 φορές δραστικότερο** (σε χρονικό ορίζοντα 100 ετών) από το διοξείδιο του άνθρακα, ως προς την ικανότητα παγίδευσης της θερμότητας. Σημειώνεται ότι το δραστικότερο αέριο είναι το καθαρά

ανθρωπογενούς προέλευσης εξαφθοριούχο θείο (24.000 φορές δραστικότερο από το CO₂).

Η δραστικότητα κάθε αερίου εκφράζεται ως **δυναμικό παγκόσμιας θέρμανσης** (Global Warming Potential, GWP) και εξαρτάται από χαρακτηριστικά όπως: (α) η απορροφητικότητα του αερίου στην υπέρυθη περιοχή του φάσματος, (β) τη φασματοσκοπική περιοχή απορρόφησης και (γ) από τον χρόνο ζωής του αερίου στην ατμόσφαιρα. Η μέση ζωή του μεθανίου στην ατμόσφαιρα έχει εκτιμηθεί στα 12±3 έτη, με κύριο μηχανισμό απομάκρυνσης την οξείδωσή του, μέσω ριζών OH. στην τροπόσφαιρα, προς διοξείδιο του άνθρακα.

Μεταξύ των αερίων θερμοκηπίου που δημιουργούν οι δραστηριότητες του ανθρώπου και συμβάλλουν στην υπερθέρμανση του πλανήτη, το μεθάνιο έρχεται δεύτερο με σχετική συμβολή 9,3%, με πρώτο το διοξείδιο του άνθρακα με σχετική συμβολή 83% (Morrison, Boyd 1991).

3.3. Υδροφθοράνθρακες HFCs

Ανήκουν στην ομάδα των φθοριούχων αερίων και χρησιμοποιούνται σε διάφορους τομείς και εφαρμογές ως ψυκτικά μέσα στον εξοπλισμό ψύξης, κλιματισμού και αντλιών θερμότητας, ως διογκωτικοί παράγοντες για αφρούς, ως μέσα πυρόσβεσης, προωθητικά αερολυμάτων και διαλύτες.

Οι υδροφθοράνθρακες είναι ισχυρότατα αέρια του θερμοκηπίου και εκτός από την μεγάλη συμβολή τους στην αλλαγή του κλίματος, εκφράζονται φόβοι ότι παράγονται τοξικά παραπροϊόντα από την διάσπαση των ουσιών αυτών. Οι πιο γνωστοί HFCs οι οποίοι αντικατέστησαν CFCs είναι οι ακόλουθοι: R 134 a που αντικατέστησε το R12, R407 που αντικατέστησε το R 22, R 410 a είναι μόνο για νέες συσκευές, R 413 a που αντικατέστησε το R12, R 417a που αντικατέστησε το R22, Forane FX 90 το οποίο αντικατέστησε το R22, Isceon 39 TC που αντικατέστησε το R12.

3.4. Υπερφθοράνθρακες PFCs

Ανήκει και αυτό με την σειρά του στα φθοριούχα αέρια του θερμοκηπίου. Χρησιμοποιείται συνήθως στον τομέα των ηλεκτρονικών (για καθαρισμό δίσκων πυριτίου με πλάσμα) καθώς και στον τομέα των καλλυντικών και φαρμακευτικών προϊόντων (εξαγωγή φυσικών προϊόντων, όπως φαρμακοτρόφιμα και αρωματικές ουσίες). Επίσης χρησιμοποιούνται σε μικρό βαθμό σε εξοπλισμό ψύξης ως υποκατάστατα του CFC συχνά σε συνδυασμό με άλλα αέρια. Παλαιότερα είχαν χρησιμοποιηθεί ως μέσα πυρόσβεσης και εξακολουθούν να υπάρχουν ως σήμερα αλλά σε παλαιά συστήματα πυροπροστασίας.

Οι **χλωροφθοράνθρακες** (CFCs) είναι αέρια που συμβάλλουν σημαντικά στην επιδείνωση του φαινομένου του θερμοκηπίου, ωστόσο τυπικά δεν υπάγονται στα αέρια θερμοκηπίου που ελέγχει το Πρωτόκολλο του Κyoto, δεδομένου ότι η παραγωγή τους έχει ήδη απαγορευθεί εξαιτίας της καταστρεπτικής τους δράσης στη στιβάδα του όζοντος.

3.5 Οξείδια του αζώτου

Το υποξείδιο του αζώτου -που δεν περιλαμβανόταν στις ουσίες που απαγόρευσε η συμφωνία του Μόντρεαλ- δημιουργείται από τα αζωτούχα λιπάσματα στο χόμα, την κοπριά των ζώων, την επεξεργασία των αποβλήτων και λυμάτων, τις καύσεις βιομάζας και ορυκτών καυσίμων, καθώς και ορισμένες βιομηχανικές διαδικασίες που εμπλέκουν το άζωτο. Οι ανθρώπινες δραστηριότητες είναι υπεύθυνες για το ένα τρίτο περίπου των συνολικών εκπομπών υποξειδίου του αζώτου στην ατμόσφαιρα. Τα υπόλοιπα δύο τρίτα παράγονται με φυσικό τρόπο, όταν τα βακτήρια στο έδαφος και τους ωκεανούς διασπούν τις ενώσεις που περιέχουν άζωτο. Το εκπεμπόμενο αέριο ανυψώνεται στη στρατόσφαιρα, όπου το μεγαλύτερο μέρος του διασπάται από την ηλιακή ακτινοβολία σε αβλαβή μόρια αζώτου και οξυγόνου. Όμως ένα τμήμα του δεν διασπάται και μπορεί να παραμείνει επί εκατοντάδες χρόνια στην ατμόσφαιρα, όπου αντιδρά με υψηλής ενέργειας άτομα οξυγόνου και παράγει μια πιο καταστροφική ουσία, το μονοξείδιο του αζώτου, το οποίο καταστρέφει το όζον.

Το όζον της Γης μετά την ολοσχερή διακοπή της χρήσης χλωροφθορανθράκων το 1996- βρίσκεται σε φάση αποκατάστασης, τόσο όσον αφορά την "τρύπα" πάνω από τους πόλους, όσον και όσον αφορά το στρώμα του γύρω από όλο τον πλανήτη. Όμως η ανεξέλεγκτη αύξηση του υποξειδίου του αζώτου μπορεί να οδηγήσει σε σοβαρό πισωγύρισμα, ακόμα και επιδείνωση της κατάστασης στο μέλλον. Σημειωτέον ότι κάθε χρόνο, λόγω των ανθρωπίνων δραστηριοτήτων, εκπέμπονται περίπου 10 εκατ. τόνοι υποξειδίου του αζώτου, έναντι μόλις ενός εκατ. τόνου χλωροφθορανθράκων. Από την εποχή της βιομηχανικής επανάστασης, οι εκπομπές υποξειδίου του αζώτου αυξάνονται 0.5% ετησίως (Sanchez-Lugo 2018).

3.6. Εξαφθοριούχο θείο SF₆

Ένα αέριο που δεν το δημιουργεί η φύση, αλλά ο άνθρωπος, δηλαδή ένα ανθρωπογενές αέριο.

Το SF₆ είναι το πιο δραστικό απ' όλα τα ανθρωπογενή αέρια ως προς τη δυναμικότητα επιδείνωσης του γνωστού ως "φαινόμενο του θερμοκηπίου"!

Μέχρι ένα σημείο το φαινόμενο του θερμοκηπίου όχι μόνο είναι ανεκτό αλλά και απαραίτητο για τη ζωή στον πλανήτη μας. Ό,τι όμως το επιτείνει συμβάλλει στην υπερθέρμανση της ατμόσφαιρας με όλα τα επακόλουθα καταστρεπτικά αποτελέσματα (κλιματικές αλλαγές, τήξη παγετώνων και πολικών πάγων, πλημμύρες). Και αυτό που το επιτείνει είναι η υπερβολική εκπομπή αερίων θερμοκηπίου λόγω των δραστηριοτήτων του ανθρώπου.

Αν και τη "μερίδα του λέοντος" στις εκπομπές λόγω ανθρωπίνων δραστηριοτήτων κατέχει το CO₂, ιδιαίτερα δραστικά αποδείχθηκαν και άλλα αέρια τα οποία δεν δημιουργεί η φύση αλλά είναι ουσιαστικά 100% ανθρωπογενούς προέλευσης, όπως είναι διάφορα φθοροπαράγωγα υδρογονανθράκων αλλά και το SF₆.

Η μέχρι στιγμής συγκέντρωση του SF₆ στην ατμόσφαιρα είναι πολύ μικρή και επομένως η συνεισφορά του στο φαινόμενο είναι ακόμη ελάχιστη, όμως φαίνεται ότι υπάρχει τάση αύξησής της (Sanchez-Lugo 2018).

4. ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ ΧΑΜΗΛΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ- ΠΟΛΙΤΙΚΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ

Έχοντας παρουσιάσει την πηγή του προβλήματος της κλιματικής αλλαγής, και τις διεθνείς προσπάθειες συνεργασίας για τον έλεγχο της υπερθέρμανσης του πλανήτη, παρατηρούμε ότι η συνισταμένη όλων των μέχρι τώρα προσπαθειών είναι η μείωση των αερίων του θερμοκηπίου και κυρίως του βασικού από αυτά που είναι το διοξείδιο του άνθρακα. Η συνισταμένη των προσπαθειών αυτών έχει επικρατήσει να ονομάζεται οικονομία χαμηλού άνθρακα.

Μια οικονομία χαμηλών εκπομπών άνθρακα (low-carbon economy) ή οικονομία απαλλαγμένη από άνθρακα (zero-carbon economy) είναι μια οικονομία που βασίζεται σε πηγές ενέργειας χαμηλών εκπομπών άνθρακα και επομένως έχει ελάχιστη παραγωγή εκπομπών αερίων θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα, συγκεκριμένα διοξείδιο του άνθρακα. Οι εκπομπές που οφείλονται σε ανθρωπογενείς δραστηριότητες είναι η κυρίαρχη αιτία της παρατηρούμενης κλιματικής αλλαγής από τα μέσα του 20ού αιώνα. Η συνεχής εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου μπορεί να προκαλέσει μακροχρόνιες αλλαγές σε όλο τον κόσμο, αυξάνοντας την πιθανότητα σοβαρών, διάχυτων και μη αναστρέψιμων επιπτώσεων για τους ανθρώπους και τα οικοσυστήματα.

Η μετάβαση σε μια οικονομία χαμηλών εκπομπών άνθρακα σε παγκόσμια κλίμακα θα μπορούσε να αποφέρει σημαντικά οφέλη τόσο για τις ανεπτυγμένες όσο και για τις αναπτυσσόμενες χώρες. Πολλές χώρες σε όλο τον κόσμο σχεδιάζουν και εφαρμόζουν στρατηγικές ανάπτυξης χαμηλών εκπομπών. Αυτές οι στρατηγικές επιδιώκουν την επίτευξη κοινωνικών, οικονομικών και περιβαλλοντικών στόχων ανάπτυξης μειώνοντας παράλληλα τις μακροπρόθεσμες εκπομπές αερίων θερμοκηπίου και αυξάνοντας την ανθεκτικότητα στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής.

Οι παγκόσμιες οικονομίες χαμηλών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα προτείνονται ως πρόδρομος της πιο προηγμένης οικονομίας μηδενικών εκπομπών άνθρακα. Ο δείκτης γεωπολιτικών κερδών και απωλειών GeGaLo αξιολογεί πώς μπορεί να αλλάξει η γεωπολιτική θέση 156 χωρών εάν ο κόσμος μεταβεί πλήρως σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Οι πρώην εξαγωγείς ορυκτών καυσίμων αναμένεται να χάσουν την ισχύ τους, ενώ αναμένεται να ενισχυθούν οι θέσεις των πρώην εισαγωγέων ορυκτών καυσίμων και των χωρών πλούσιων σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (Mansoori, et al 2016).

4.1 Πλαίσιο και Στόχοι

Η απεξάρτηση της παγκόσμιας οικονομίας από τα ορυκτά καύσιμα δεν είναι σε καμία περίπτωση μία απλή υπόθεση. Για να επιτευχθεί απαιτείται ευρεία συνεργασία κρατών σε ένα πολύπλοκο πλέγμα οικονομικών, πολιτικών και κοινωνικών παραγόντων. Τις βασικές αρχές μιας τέτοιας στρατηγικής περιγράφει η τελευταία (2021) έκθεση του Οργανισμού Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης (ΟΟΣΑ).

4.1.1 Η έκθεση του ΟΟΣΑ

Ευθυγράμμιση των πολιτικών για την ανάπτυξη μίας οικονομίας χαμηλών εκπομπών άνθρακα. Η αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής απαιτεί επείγουσα ανάληψη πολιτικής δράσης που θα καθοδηγήσει μία άνευ προηγουμένου μεταμόρφωση των παγκόσμιων υποδομών και της τεχνολογίας. Περισσότερες χώρες εφαρμόζουν σήμερα βασικές πολιτικές για το κλίμα όπως η τιμολόγηση του άνθρακα και μέσα της αγοράς, η ρυθμιστική παρέμβαση και η στοχοθετημένη στήριξη της καινοτομίας σε αιεφόρες τεχνολογίες χαμηλών εκπομπών άνθρακα. Όμως οι παγκόσμιες εκπομπές αερίων θερμοκηπίου αυξήθηκαν γρήγορα και παραμένουν πολύ υψηλές για να μπορέσουν να αποφευχθούν σοβαρές και μη ανατρέψιμες επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής.

Πολλά είναι τα εμπόδια που αποτελούν τροχοπέδη στην αποτελεσματική πολιτική για το κλίμα. Ανάμεσα στα πιο σημαντικά είναι το γεγονός ότι τα υφιστάμενα πλαίσια πολιτικής και τα οικονομικά συμφέροντα συνεχίζουν να είναι προσανατολισμένα προς τα ορυκτά καύσιμα και τις δραστηριότητες που εκλύουν μεγάλες ποσότητες άνθρακα, καθώς το κάρβουνο, το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο τροφοδότησαν την παγκόσμια οικονομική ανάπτυξη για αιώνες. Ακούσια ή όχι, τούτο προκαλεί αναντιστοιχία μεταξύ των υφιστάμενων πλαισίων πολιτικής και των στόχων για το κλίμα, παρεμποδίζοντας τις επενδύσεις και τις καταναλωτικές επιλογές χαμηλών εκπομπών άνθρακα. Στην έκθεση αυτή παρουσιάζεται η πρώτη ευρεία διάγνωση των αναντιστοιχιών με τους στόχους για το κλίμα σε τομείς που είναι ζωτικής σημασίας για τη μετάβαση στην οικονομία χαμηλών εκπομπών άνθρακα. Επισημαίνονται πολλές αναντιστοιχίες σε τομείς πολιτικής όπως η χρηματοδότηση, η φορολογία, οι πολιτικές εμπορίου, η καινοτομία και η προσαρμογή, καθώς και σε τρεις συγκεκριμένους τομείς: την ηλεκτρική ενέργεια, την αστική κινητικότητα και τη χρήση της γης.

Πέρα από το γεγονός ότι διευκολύνεται η δράση για το κλίμα, η ευθυγράμμιση των πολιτικών αυτών με την οικονομία χαμηλών εκπομπών άνθρακα μπορεί να συμβάλει προς την κατεύθυνση ευρύτερων μεταρρυθμίσεων για πιο πράσινη, πιο ανθεκτική και με λιγότερους αποκλεισμούς ανάπτυξη, όπως οι προοδευτικότεροι φορολογικοί κώδικες, οι μακροπρόθεσμες επενδύσεις υποδομής που ευνοούν την ανάπτυξη, η ενέργεια και τα συστήματα μεταφορών που στηρίζουν τον καθαρότερο αέρα, την καλύτερη υγεία και τη μεγαλύτερη διαφοροποίηση του ενεργειακού εφοδιασμού.

Καλύτερη ευθυγράμμιση των πολιτικών για καλύτερο κλίμα και καλύτερη ανάπτυξη
Κλιμακωτή αύξηση των βιώσιμων επενδύσεων και χρηματοδότησης των χαμηλών εκπομπών άνθρακα. Υφίσταται μία επείγουσα και άνευ προηγουμένου ευκαιρία να διασφαλιστεί ότι οι νέες επενδύσεις σε υποδομές στηρίζουν το θεματολόγιο για το κλίμα, ενισχύοντας παράλληλα την οικονομική ανάπτυξη. Το επιπρόσθετο βραχυπρόθεσμο κόστος της μετάβασης σε χαμηλές εκπομπές άνθρακα θα αποτελέσει ένα μικρό κομμάτι της χρηματοδότησης που απαιτείται για τις υποδομές συνολικά. Τα κεφάλαια δεν λείπουν, όμως θα πρέπει να κινητοποιηθούν νέες πηγές χρηματοδότησης.

Η χρηματοπιστωτική σταθερότητα είναι μία απαραίτητη προϋπόθεση για οποιαδήποτε μορφή επένδυσης, συμπεριλαμβανομένων των επενδύσεων σε χαμηλές εκπομπές άνθρακα. Εντούτοις, οι χρηματοπιστωτικές ρυθμίσεις ενδέχεται να περιορίσουν ακούσια την παροχή μακροπρόθεσμης χρηματοδότησης. Η αντιμετώπιση του δυνητικού αντικτύπου των υφιστάμενων κανόνων του χρηματοπιστωτικού τομέα θα μπορούσε να αποδεσμεύσει τις επενδύσεις σε υποδομές χαμηλών εκπομπών άνθρακα. Η δημόσια χρηματοδότηση και επενδύσεις μπορούν επίσης να λειτουργήσουν ως καταλύτες για τη μετάβαση σε χαμηλές εκπομπές άνθρακα υπό τον όρο ότι οι εθνικές αρχές θα αναθεωρήσουν τη στήριξή τους σε επενδύσεις για δραστηριότητες που εκλύουν μεγάλες ποσότητες αερίων θερμοκηπίου και ότι θα ενσωματώσουν κλιματικούς στόχους στις διαδικασίες δημόσιων συμβάσεων και στην επίσημη αναπτυξιακή βοήθεια.

Αναθεώρηση φόρων που δεν αφορούν μόνο την ενέργεια. Οι επιδοτήσεις και οι φορολογικές δαπάνες που ευνοούν την παραγωγή και τη χρήση ορυκτών καυσίμων επιβραδύνουν την καινοτομία χαμηλών εκπομπών άνθρακα. Όμως οι τρέχουσες χαμηλές τιμές πετρελαίου αποτελούν επίσης ευκαιρία για μεταρρύθμιση. Κάποιοι φόροι και φορολογικές διατάξεις απαιτούν μεγαλύτερη προσοχή (π.χ. φόροι περιουσίας, διάφορες διατάξεις σχετικά με το φόρο εισοδήματος εταιρειών), διότι είναι πιθανόν να ενθαρρύνουν επιλογές υψηλής έντασης άνθρακα. Για παράδειγμα, η φορολογική μεταχείριση των εταιρικών αυτοκινήτων οδηγεί στην αύξηση των εκπομπών CO₂ στις χώρες του ΟΟΣΑ. Οι εθνικές αρχές θα πρέπει επίσης να λάβουν μέτρα για τις συνέπειες της μετάβασης σε χαμηλές εκπομπές άνθρακα στα φορολογικά έσοδα.

Τόνωση της καινοτομίας χαμηλών εκπομπών άνθρακα σε ευρεία κλίμακα. Η σαφής και η αξιόπιστη κυβερνητική δέσμευση σε φιλόδοξα βασικά εργαλεία πολιτικής για το κλίμα είναι ένα σημαντικό κίνητρο για την καινοτομία χαμηλών εκπομπών άνθρακα. Η μετάβαση σε χαμηλές εκπομπές άνθρακα μπορεί να οδηγήσει –και σε μερικές περιπτώσεις οδηγεί ήδη– σε άνθηση της καινοτομίας και των νέων επιχειρήσεων, καθώς και σε μία παράλληλη μεταβολή στις δεξιότητες και το εργατικό δυναμικό. Η καινοτομία για τη μετάβαση σε χαμηλές εκπομπές άνθρακα συνίσταται στη δημιουργία νέων επιχειρήσεων, στην αναδιάρθρωση ή την κατάργηση των παλαιών, στην εμφάνιση νέων τεχνολογιών και επιχειρηματικών μοντέλων, καθώς και στη δημιουργία των σωστών πλαισίων στήριξης για την ευρεία υιοθέτηση των καινοτομιών. Προς τούτο, θα πρέπει να αντιμετωπιστούν τα ενδεχόμενα χάσματα δεξιοτήτων μέσω της εκπαίδευσης, της κατάρτισης και των πολιτικών για την αγορά εργασίας.

Προώθηση φιλικών προς το κλίμα διεθνών εμπορικών συναλλαγών και εθνικών διαδικασιών λήψης αποφάσεων. Το διεθνές εμπορικό σύστημα από μόνο του δεν παρεμποδίζει τις κυβερνήσεις να ακολουθήσουν φιλόδοξες πολιτικές για το κλίμα,

όμως μερικοί διεθνείς εμπορικοί φραγμοί μπορούν να υπονομεύσουν τους κλιματικούς στόχους. Για παράδειγμα, οι εισαγωγικοί δασμοί εξακολουθούν να πλήττουν το εμπόριο σε μερικές τεχνολογίες που απαιτούνται για τη μετάβαση σε χαμηλές εκπομπές άνθρακα. Μία συμφωνία για τα περιβαλλοντικά αγαθά, που βρίσκεται ήδη υπό διαπραγμάτευση, θα βοηθούσε, μεταξύ άλλων, στη μείωση του κόστους των προσπαθειών για την άμβλυνση της κλιματικής αλλαγής. Πολλές χώρες προάγουν πιο πράσινη ανάπτυξη ευνοώντας τους εγχώριους κατασκευαστές τεχνολογιών χαμηλών εκπομπών άνθρακα. Οι χώρες αυτές θα πρέπει να επιδείξουν ιδιαίτερη προσοχή, διότι, εάν τα μέτρα αυτά περιορίζουν το διεθνές εμπόριο, ενδεχομένως να υποβαθμίσουν τις επενδύσεις στο σύνολό τους και να αποθαρρύνουν την υιοθέτηση των αειφόρων τεχνολογιών.

Απεξάρτηση της ενέργειας από τον άνθρακα. Η ηλεκτρική ενέργεια βρίσκεται στο κέντρο της επιτυχημένης ενεργειακής απεξάρτησης από τον άνθρακα. Εντούτοις, οι απελευθερωμένες αγορές ηλεκτρισμού δεν αποστέλλουν το μακροπρόθεσμο σήμα για τις τιμές που είναι απαραίτητο για τις επενδύσεις σε τεχνολογίες χαμηλών εκπομπών άνθρακα, που έχουν υψηλό κεφαλαιουχικό κόστος. Η διασφάλιση ανταγωνιστικών και έγκαιρων επενδύσεων σε λύσεις χαμηλών εκπομπών άνθρακα θα απαιτήσει νέες διευθετήσεις της αγοράς όπως μακροπρόθεσμες συμφωνίες παροχής, καθώς και ένα ισχυρό και σταθερό σήμα της τιμής του CO₂. Οι χώρες με ρυθμιζόμενες αγορές που θέλουν να αυξήσουν τον ανταγωνισμό χρειάζεται να θεσπίσουν ρυθμίσεις της αγοράς που θα ενθαρρύνουν, και δε θα παρεμποδίσουν, τις επενδύσεις σε τεχνολογίες χαμηλών εκπομπών άνθρακα.

Επιλογή βιώσιμων μορφών αστικής κινητικότητας. Τα σημερινά συστήματα μεταφορών, που βασίζονται σε μεγάλο βαθμό στα ορυκτά καύσιμα, επιβάλλουν πολύ υψηλό περιβαλλοντικό κόστος (κλιματική αλλαγή, θόρυβος, ατμοσφαιρική ρύπανση) ιδιαίτερα στις πόλεις. Οι παρεμβάσεις πολιτικής είναι απαραίτητες για την παροχή μορφών κινητικότητας που έχουν μεγαλύτερη ενεργειακή απόδοση και είναι μικρότερης έντασης άνθρακα. Σε πολλές πόλεις, η χρήση της γης και ο σχεδιασμός των μεταφορών είναι ανεπαρκώς συντονισμένα και ενθαρρύνουν μεγαλύτερη χρήση των ιδιωτικών οχημάτων. Η ευθυγράμμιση της δράσης πολιτικής σε όλα τα επίπεδα της κυβέρνησης και μεταξύ των ενδιαφερόμενων φορέων ενδέχεται να συμβάλει σημαντικά στην παροχή μορφών κινητικότητας με λιγότερες εκπομπές άνθρακα. Τα εθνικά πλαίσια και η νομοθεσία μπορούν επίσης να αναθεωρηθούν για να δώσουν στην τοπική αυτοδιοίκηση περισσότερες οικονομικές και πολιτικές δυνατότητες για να προβεί σε επιλογές χαμηλών εκπομπών άνθρακα.

Ενίσχυση των κινήτρων για βιώσιμη χρήση της γης. Οι βιώσιμες πρακτικές διαχείρισης της γης –περιορισμένη αποψίλωση, αποκατάσταση υποβαθμισμένων εδαφών, γεωργικές πρακτικές με χαμηλές εκπομπές άνθρακα και μεγαλύτερη δέσμευση του άνθρακα σε εδάφη και δάση- μπορούν να συμβάλουν τα μέγιστα στη

μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου και παράλληλα να ανταποκριθούν στην αυξανόμενη ζήτηση τροφίμων. Μπορούν επίσης να βελτιώσουν την ανθεκτικότητα των οικονομιών στην κλιματική αλλαγή μέσω της προστασίας των οικοσυστημάτων. Τούτο απαιτεί την υιοθέτηση μίας ολοκληρωμένης προσέγγισης που υπερβαίνει τα στεγανά μεταξύ της άμβλυνσης, της προσαρμογής, της γεωργίας, της επισιτιστικής ασφάλειας, της δασοκομίας και των περιβαλλοντικών πολιτικών. Ειδικότερα, οι χώρες μπορούν να συνεχίσουν τις προσπάθειές τους να καταργήσουν τις ζημιογόνες για το περιβάλλον γεωργικές επιδοτήσεις, να αποδώσουν αξία στις υπηρεσίες οικοσυστήματος, να προστατέψουν τα δάση και να ελαχιστοποιήσουν τη σπατάλη τροφίμων.

Ξεκινώντας τη μετάβαση σε χαμηλές εκπομπές άνθρακα. Η πολιτική για το κλίμα μπορεί να είναι πιο αποτελεσματική εάν όλα τα υπουργεία εντοπίσουν τις σημαντικές αναντιστοιχίες με τη μετάβαση σε χαμηλές εκπομπές άνθρακα στους τομείς ευθύνης τους. Συνεπώς, ένα φιλόδοξο σχέδιο δράσης για το κλίμα θα χρειαστεί νέες προσεγγίσεις της χάραξης πολιτικής στο σύνολο της διοίκησης.

Πέρα από το εθνικό επίπεδο, η καλύτερη ευθυγράμμιση των πολιτικών μεταξύ των χωρών ενδέχεται επίσης να προωθήσει την αποτελεσματικότητα και να μετριάσει τις ανησυχίες σχετικά με τις δυνητικές στρεβλώσεις στον ανταγωνισμό. Μία παγκόσμια συμφωνία για τον περιορισμό των αερίων θερμοκηπίου θα μπορούσε να στείλει ένα ισχυρό σήμα προς αυτήν την κατεύθυνση (ΟΟΣΑ 2021).

4.1.2 Οι στόχοι της Ευρωπαϊκής Ένωσης

Το 2014 η ΕΕ συμφώνησε για μια σαφή δέσμευση: να μειώσει συλλογικά τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου τουλάχιστον κατά 40 % έως το 2030, σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990, σε όλους τους τομείς της οικονομίας.

Όλοι οι τομείς της οικονομίας θα πρέπει να συμβάλουν στην επίτευξη αυτών των μειώσεων εκπομπών. Προκειμένου αυτό να συμβεί με οικονομικά αποδοτικό τρόπο, οι τομείς της βιομηχανίας και της παραγωγής ενέργειας που καλύπτονται από το Σύστημα Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών της ΕΕ (ΣΕΔΕ) θα πρέπει να μειώσουν τις εκπομπές τους κατά 43 % έως το 2030 σε σύγκριση με το 2005. Άλλοι τομείς της οικονομίας, όπως οι μεταφορές, τα κτίρια, η γεωργία, τα απόβλητα, η χρήση της γης και η δασοκομία θα πρέπει να μειώσουν τις εκπομπές τους κατά 30 % έως το 2030 σε σύγκριση με το 2005.

Μαζί με την πρόταση του προηγούμενου έτους για αναθεώρηση του Συστήματος Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών (ΣΕΔΕ) της ΕΕ, οι σημερινές νομοθετικές προτάσεις για το κλίμα θα καθοδηγήσουν τη μετάβαση της Ευρώπης σε χαμηλές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και θα ανταποκριθούν στις δεσμεύσεις που ανέλαβαν οι χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης δυνάμει της συμφωνίας του Παρισιού για την κλιματική αλλαγή. Η Επιτροπή θα αρχίσει τις εργασίες σχετικά με το σχέδιο δράσης για την κινητικότητα χαμηλών εκπομπών, προκειμένου να παρουσιάσει τις υπόλοιπες

πρωτοβουλίες χωρίς καθυστέρηση. Έως το τέλος του έτους, η Επιτροπή σκοπεύει να παρουσιάσει επίσης περαιτέρω πρωτοβουλίες στον τομέα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, της ενεργειακής αποδοτικότητας και της εσωτερικής αγοράς ενέργειας, που αποτελούν τμήμα της στρατηγικής της ΕΕ για την Ενεργειακή Ένωση.

Οι προτάσεις της Ευρωπαϊκής Επιτροπής παρουσιάζουν δεσμευτικούς στόχους σε ετήσια βάση όσον αφορά τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου για τα κράτη μέλη από το 2021 έως το 2030 για τους τομείς των μεταφορών, των κτιρίων, της γεωργίας, των αποβλήτων, της χρήσης της γης και της δασοκομίας ως συντελεστών στη δράση της ΕΕ για το κλίμα (βλ. ενημερωτικά δελτία MEMO/16/2499 και MEMO/16/2496). Το νέο πλαίσιο βασίζεται στις αρχές της δικαιοσύνης, της αλληλεγγύης, της οικονομικής αποδοτικότητας και της περιβαλλοντικής ακεραιότητας. Όλα τα κράτη μέλη εμπλέκονται, καθώς θα βρίσκονται στην πρώτη γραμμή όσον αφορά την επιλογή του τρόπου εφαρμογής των μέτρων προκειμένου να εκπληρωθεί ο συμφωνημένος στόχος για το 2030. Η Επιτροπή παρουσιάζει επίσης στρατηγική για την κινητικότητα χαμηλών εκπομπών, χαράσσοντας την πορεία για την ανάπτυξη μέτρων σε επίπεδο ΕΕ σχετικά με χαμηλές ή μηδενικές εκπομπές και εναλλακτικά καύσιμα χαμηλών εκπομπών (βλ. ενημερωτικό δελτίο MEMO/16/2497).

Στην ΕΕ έχουν ήδη ξεκινήσει προσπάθειες για την ευθυγράμμιση των ιδιωτικών επενδύσεων με τους στόχους για το κλίμα και την αποδοτική χρήση των πόρων. Τα χρηματοδοτικά μέσα της ΕΕ συμβάλλουν σημαντικά στην κλιματική χρηματοδότηση. Πάνω από το 50 % των επενδύσεων που έχουν εγκριθεί μέχρι στιγμής είναι συναφείς με το κλίμα. Στο πλαίσιο του Επενδυτικού Σχεδίου για την Ευρώπη, το Ευρωπαϊκό Ταμείο Στρατηγικών Επενδύσεων βρίσκεται στον σωστό δρόμο προς την υλοποίηση της κινητοποίησης τουλάχιστον 315 δισ. ευρώ για πρόσθετες επενδύσεις στην πραγματική οικονομία μέχρι τα μέσα του 2018. Επιπλέον, η Επιτροπή εργάζεται δραστήρια για να διασφαλιστεί ότι οι δαπάνες του προϋπολογισμού της ΕΕ είναι ευθυγραμμισμένες με τους στόχους που αφορούν το κλίμα. Τουλάχιστον το 20 % του τρέχοντος προϋπολογισμού της ΕΕ προορίζεται ρητά για ενέργειες που αφορούν το κλίμα.

4.1.3 Προσπάθειες της ΕΕ για την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής

Μέσω του πλαισίου για το κλίμα και την ενέργεια για το 2030, που αντανακλά και τη δέσμευσή της στο πλαίσιο της Συμφωνίας του Παρισιού, η ΕΕ δεσμεύτηκε να επιδιώξει την επίτευξη των ακόλουθων στόχων έως το 2030: μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου τουλάχιστον κατά 40% κάτω από τα επίπεδα του 1990, βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης κατά 32,5% και αύξηση του μεριδίου των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο 32% της τελικής κατανάλωσης. Το πλαίσιο για το 2030 αποτελεί τη συνέχεια των «στόχων 20-20-20» που αποφασίστηκαν το 2007 από τους ηγέτες της ΕΕ για το 2020: μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 20%, αύξηση του μεριδίου των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην τελική κατανάλωση ενέργειας κατά 20% και μείωση της συνολικής κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας της ΕΕ κατά 20%

(όλα τα ποσοστά σε σχέση με το 1990). Όλοι αυτοί οι στόχοι έλαβαν τη μορφή δεσμευτικών νομοθετικών μέτρων.

Το σύστημα εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών της ΕΕ (ΣΕΔΕ), η πρώτη και η μεγαλύτερη μέχρι σήμερα διεθνής αγορά άνθρακα, αποτελεί βασικό μέσο πολιτικής της ΕΕ για την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής. Βασίζεται στην αρχή «ανώτατων ορίων και δικαιωμάτων εμπορίας» (cap and trade): τίθεται «ανώτατο όριο» («cap») για τις συνολικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου που μπορούν να προκύψουν από τις περισσότερες από 11.000 εγκαταστάσεις (εργοστάσια, σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, κ.λπ.) που περιλαμβάνονται στο σύστημα. Κάθε εγκατάσταση αγοράζει ή λαμβάνει «δικαιώματα εκπομπών» που τίθενται σε πλειστηριασμό από τα κράτη μέλη. Αυτές οι πιστώσεις εκπομπών — εκ των οποίων κάθε πίστωση αντιστοιχεί σε έναν τόνο εκπομπών CO₂ — μπορούν να αποτελέσουν αντικείμενο εμπορίας με άλλες εγκαταστάσεις, εάν παραμείνουν αχρησιμοποίητες. Με την πάροδο του χρόνου, ο συνολικός αριθμός δικαιωμάτων μειώνεται σταδιακά. Δύο ταμεία, ένα ταμείο εκσυγχρονισμού και ένα ταμείο καινοτομίας, θα συμβάλουν στην αναβάθμιση των ενεργειακών συστημάτων σε οικονομικά ασθενέστερα κράτη μέλη και θα προωθήσουν την καινοτομία μέσω της χρηματοδότησης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, της δέσμευσης και αποθήκευσης διοξειδίου του άνθρακα (CCS) και των σχεδίων για χαμηλές εκπομπές άνθρακα. Το ΣΕΔΕ καλύπτει και τις εκπομπές των αεροπορικών μεταφορών· ωστόσο, η υφιστάμενη απαλλαγή για τις διηπειρωτικές πτήσεις παρατάθηκε έως τα τέλη του 2023, καθώς τότε πρόκειται να αρχίσει η πρώτη φάση του σχεδίου μείωσης και αντιστάθμισης των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα για τις διεθνείς αεροπορικές μεταφορές (CORSIA) του Διεθνούς Οργανισμού Πολιτικής Αεροπορίας (ΔΟΠΑ). Η Ελβετία και η ΕΕ συμφώνησαν να συνδέσουν τα συστήματα εμπορίας εκπομπών τους.

Οι εκπομπές από τομείς που δεν καλύπτονται από το ΣΕΔΕ, όπως οι οδικές μεταφορές, τα απόβλητα, η γεωργία και η κατασκευή κτιρίων, υπόκεινται σε δεσμευτικούς ετήσιους στόχους μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου για κάθε κράτος μέλος, οι οποίοι καθορίζονται στον κανονισμό για τον επιμερισμό των προσπαθειών (ESR). Σε πρόσφατη επικαιροποίηση, το Κοινοβούλιο και το Συμβούλιο συμφώνησαν να θέσουν ελάχιστους στόχους για την περίοδο 2021-2030, ώστε να βοηθήσουν στην επίτευξη του στόχου της ΕΕ να μειωθούν κατά 30%, συγκριτικά με το 2005, τα αέρια του θερμοκηπίου που προκύπτουν από τους τομείς αυτούς και να συνεισφέρουν στην επίτευξη των στόχων της Συμφωνίας του Παρισιού. Επιπλέον, θα πρέπει για πρώτη φορά όλα τα κράτη μέλη να διασφαλίσουν ότι οι εκπομπές από τη χρήση της γης, την αλλαγή στη χρήση της γης και τις δασοκομικές δραστηριότητες (LULUCF) δεν θα υπερβαίνουν την ικανότητα απορρόφησης. Με άλλα λόγια, η διαχείριση των δασών, των καλλιεργήσιμων εκτάσεων και των βοσκοτόπων θα γίνεται με βιώσιμο τρόπο, προκειμένου να απορροφώνται όσο το δυνατόν περισσότερες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από την ατμόσφαιρα, και τουλάχιστον όσες εκλύονται από τον ίδιο τον τομέα («κανόνας της μη επιβάρυνσης»). Με τον τρόπο αυτό θα υπάρξει μια σημαντική συνεισφορά στην καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής.

Η οδηγία για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας έχει ως στόχο να διασφαλίσει ότι έως το 2030 οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως η ηλιακή, η αιολική, η υδροηλεκτρική ενέργεια και η βιομάζα, θα καλύπτουν τουλάχιστον το 32% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας της ΕΕ όσον αφορά την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, τις μεταφορές, τη θέρμανση και την ψύξη. Κάθε κράτος μέλος υιοθετεί το δικό του εθνικό σχέδιο δράσης για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, συμπεριλαμβανομένων τομειακών στόχων. Για να προωθηθεί η χρήση της ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές στον τομέα των μεταφορών, κάθε κράτος μέλος ορίζει υποχρέωση των προμηθευτών καυσίμων να μεριμνούν ώστε το μερίδιο ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές στην ακαθάριστη τελική κατανάλωση ενέργειας στον τομέα των μεταφορών να είναι τουλάχιστον 14 % μέχρι το 2030.

Η αναθεωρημένη οδηγία για την ενεργειακή απόδοση θέτει έναν στόχο ενεργειακής απόδοσης για την ΕΕ της τάξης του 32,5% έως το 2030, με ρήτρα αναθεώρησης του στόχου προς τα πάνω έως το 2023. Επεκτείνει επίσης την υποχρέωση ετήσιας εξοικονόμησης ενέργειας και πέραν του 2020. Επιπρόσθετα, τον Μάιο του 2018 θεσπίστηκε η αναθεωρημένη οδηγία για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων, η οποία περιλαμβάνει μέτρα που θα επιταχύνουν τον ρυθμό ανακαίνισης των κτιρίων για την εφαρμογή συστημάτων μεγαλύτερης ενεργειακής απόδοσης και θα βελτιώσουν την ενεργειακή απόδοση των νέων κτιρίων, με χρήση έξυπνων συστημάτων διαχείρισης ενέργειας.

Επιπλέον, για πρώτη φορά, **ο κανονισμός για τη διακυβέρνηση** εφαρμόζει μια διαδικασία διακυβέρνησης, που διέπεται από διαφάνεια, για την παρακολούθηση της προόδου όσον αφορά τους στόχους της Ενεργειακής Ένωσης και της Δράσης για το Κλίμα της ΕΕ, συμπεριλαμβανομένων των κανόνων για την παρακολούθηση και την υποβολή εκθέσεων. Τα κράτη μέλη υποχρεούνται να υιοθετήσουν ολοκληρωμένα εθνικά σχέδια για το κλίμα και την ενέργεια για το διάστημα 2021-2030. Τον Σεπτέμβριο του 2020 η Επιτροπή αξιολόγησε τα τελικά εθνικά σχέδια για το κλίμα και την ενέργεια και επιβεβαίωσε ότι συνάδουν σε μεγάλο βαθμό με τους στόχους της Ένωσης για το 2030, με εξαίρεση την ενεργειακή απόδοση για την οποία εξακολουθούν να απαιτούνται περαιτέρω προσπάθειες. Η διαδικασία διακυβέρνησης παρέχει επίσης ανά διετία την ευκαιρία επικαιροποίησης των σχεδίων ώστε να αποτυπωθεί οποιαδήποτε αποκτηθείσα εμπειρία και να αξιοποιηθούν οι νέες ευκαιρίες για το υπόλοιπο της δεκαετίας.

Η Στρατηγική της ΕΕ για την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή, του 2013, επιδιώκει να καταστήσει την Ευρώπη **ανθεκτικότερη στην κλιματική αλλαγή**. Ενισχύει τη συνεργασία και την ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ των κρατών μελών και διασφαλίζει ότι όλες οι σχετικές πολιτικές της Ένωσης λαμβάνουν υπόψη την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή.

Η τεχνολογία δέσμευσης και αποθήκευσης διοξειδίου του άνθρακα (CCS) διαχωρίζει το CO₂ από τις ατμοσφαιρικές εκπομπές (που προέρχονται από βιομηχανικές διεργασίες), το συμπιέζει και το μεταφέρει σε τοποθεσία όπου μπορεί να αποθηκευτεί. Σύμφωνα με την Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή

(IPCC), με αυτή την τεχνολογία θα μπορούσε να αποφευχθεί το 80-90% των εκπομπών CO₂ που παράγονται από σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με καύση ορυκτών καυσίμων. Ωστόσο, η υλοποίηση των προβλεπόμενων σχεδίων επίδειξης στην Ευρώπη αποδείχθηκε δυσκολότερη από ό,τι είχε προβλεφθεί αρχικά, καθώς το υψηλό κόστος αποτέλεσε ένα από τα μεγαλύτερα εμπόδια.

Τα **νέα επιβατικά οχήματα** που ταξινομούνται στην ΕΕ πρέπει να πληρούν τις προδιαγραφές όσον αφορά τις εκπομπές CO₂. Ο στόχος που έπρεπε να επιτευχθεί από τα οχήματα το 2015 ήταν κατά μέσο όρο τα 130g CO₂/km, ενώ από το 2021 και έπειτα θα μειωθεί σε 95 g/km. Προκειμένου να δημιουργηθούν κίνητρα για τη βιομηχανία ώστε να επενδύσει σε νέες τεχνολογίες, μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα αποκαλούμενα «πιστωτικά υπερμόρια», σύμφωνα με τα οποία τα πιο καθαρά αυτοκίνητα σε κάθε κατηγορία κατασκευαστή υπολογίζονται ως περισσότερο από ένα αυτοκίνητο κατά τη μέτρηση των μέσων ειδικών εκπομπών CO₂. Υφίσταται παρόμοιος κανονισμός για τα ημιφορητά. Παράλληλα και για πρώτη φορά, έχει οριστεί ένας στόχος μείωσης των εκπομπών CO₂ κατά 30% για τα νέα φορητά, με έναν ενδιάμεσο στόχο ύψους 15% έως το 2025.

Επίσης, και **η ποιότητα των καυσίμων** αποτελεί πολύ σημαντικό στοιχείο όσον αφορά τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Η νομοθεσία της ΕΕ έχει θέσει ως στόχο τη μείωση της έντασης των αερίων θερμοκηπίου των καυσίμων κατά 6% μέχρι το 2020: τούτο θα καταστεί δυνατό, μεταξύ άλλων, με τη χρήση βιοκαυσίμων, τα οποία ωστόσο οφείλουν να συμμορφώνονται με ορισμένα κριτήρια βιωσιμότητας.

Οι εκπομπές CO₂ από τις **διεθνείς θαλάσσιες μεταφορές** είναι σημαντικές και αναμένεται να αυξηθούν αισθητά. Η ΕΕ, ενώ ασκεί πιέσεις για μια παγκόσμια προσέγγιση, έχει στο μεταξύ θεσπίσει ένα πανευρωπαϊκό σύστημα με στόχο την παρακολούθηση, την υποβολή εκθέσεων και την επαλήθευση (ΠΥΕ) των εκπομπών CO₂ από πλοία, ως ένα πρώτο βήμα για τον περιορισμό των εκπομπών. Τα μεγάλα πλοία πρέπει να παρακολουθούν και να ενημερώνουν σε ετήσια βάση σχετικά με τις επαληθευμένες ποσότητες CO₂ που εκλύονται στους λιμένες της Ένωσης κατά την πλεύση από και προς τους λιμένες αυτούς καθώς και εντός τους, μαζί με άλλες σχετικές πληροφορίες.

Μετά την απαγόρευση των χλωροφθορανθράκων (CFCs) στη δεκαετία του 1980 για να σταματήσει η καταστροφή της στιβάδας του όζοντος, χρησιμοποιούνται σήμερα φθοριούχα αέρια ως υποκατάστατα σε ένα ευρύ φάσμα βιομηχανικών εφαρμογών, όπως στα συστήματα κλιματισμού και ψύξης, επειδή τα αέρια αυτά δεν βλάπτουν τη στιβάδα του όζοντος. Ωστόσο, θα μπορούσαν δυνητικά να συμβάλουν στην υπερθέρμανση του πλανήτη 23.000 φορές περισσότερο από ό,τι το CO₂. Για τον λόγο αυτό, η ΕΕ έχει λάβει μέτρα για τον έλεγχο της χρήσης φθοριούχων αερίων και για την απαγόρευση της χρήσης τους σε καινούργιες συσκευές κλιματισμού και ψύξης έως το 2022-2025, ανοίγοντας έτσι τον δρόμο για τη σταδιακή κατάργησή τους σε παγκόσμιο επίπεδο (Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο 2021).

4.2 Πολιτική χαμηλού άνθρακα

Οι κλιματικές πολιτικές μείωσης αναφέρονται στις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου (στην συνέχεια θα αναφέρονται ως ΑΘ). Για να επιτευχθούν οι σκοποί έχουν εξοπλιστεί οι κυβερνήσεις με συγκεκριμένες τεχνικές που ονομάζονται πολιτικά εργαλεία.

4.2.1 Αντικειμενικοί στόχοι

Στοχοθετημένα αποτελέσματα ρητά προσδιορισμένα για να οριστούν οι πολιτικές του εφαρμοζόμενου εργαλείου. Τα αποτελέσματα κατατάσσονται στις εξής κατηγορίες:

- Περιβαλλοντική Αποδοτικότητα: Αναφέρονται στις περιβαλλοντικές αλλαγές που απορρέουν από τα πολιτικά εργαλεία.
- Περιβαλλοντικές Παρενέργειες: Θετικά και αρνητικά αποτελέσματα για τα οποία δεν υπήρξε πρόγνωση κατά τον σχεδιασμό του πολιτικού εργαλείου.
- Ενεργειακή Αποτελεσματικότητα: Σχετική ενεργειακή εξοικονόμηση από την παραγωγή ίδιας ποσότητας προϊόντων (Ζαχαρής, Μπαγινέτας 2017)

4.2.2 Στοχοθετούμενοι Συμμετέχοντες

Οι στοχοθετούμενοι συμμετέχοντες είναι εταιρίες, βιομηχανίες ή μικροί καταναλωτές, ιδιωτικής ή δημόσιας ιδιοκτησίας στους οποίους απευθύνεται το πολιτικό εργαλείο. Τα πολιτικά εργαλεία που τους επιβάλλονται πρέπει να πληρούν τις εξής προϋποθέσεις:

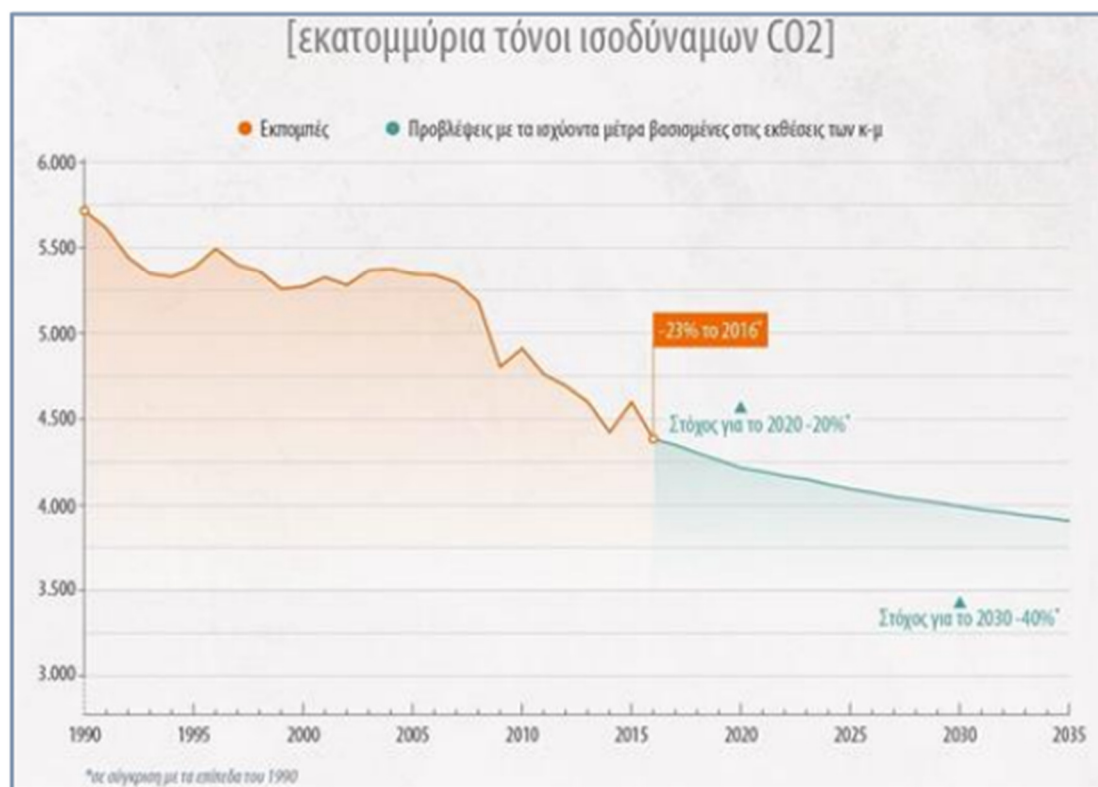
- Ισότητα Δίκαιη διανομή μεταξύ των στοχοθετούμενων συμμετεχόντων των βαρών και ωφελειών, για την πραγματοποίηση των στόχων.
- Οικονομική Αποδοτικότητα Αφορά στην επιβάρυνση λόγω μη συμμόρφωσης με τις απαιτήσεις των πολιτικών εργαλείων.
- Στατική Αποδοτικότητα Βέλτιστη πρακτική συμμόρφωσης για την επίτευξη του απαιτούμενου στόχου με ελάχιστο κόστος. Επιτυγχάνεται εξισώνοντας την οριακή ζημιά με το οριακό κόστος αποφυγής της ζημιάς ή τα έξοδα των λειτουργιών, αποδόσεων και εκπομπών να είναι ελάχιστα.
- Δυναμική Οικονομική Αποδοτικότητα Επιλογές που υποστηρίζουν την έρευνα την καινοτομία και τις νέες πρακτικές.
- Πολιτική Αποδοχή

Οφέλη και κόστη που θα αποκομίσουν οι στοχοθετούμενοι συμμετέχοντες. Συνυπολογίζουμε και τα έμμεσα κόστη όπως η αύξηση των τιμών λόγω χάρη του ρεύματος ως αποτέλεσμα της αύξησης των εξόδων που επιβάλλονται μέσω των πολιτικών εργαλείων. Οι κοινωνικές ομάδες που επηρεάζονται από την επιβολή πολιτικών εργαλείων, αλλά τα εργαλεία αυτά δεν αναφέρονται άμεσα σε αυτές ονομάζονται έμμεσα ενδιαφερόμενοι.

4.2.3 Αντικειμενικοί Στόχοι Πολιτικής Μείωσης

Ο βασικός στόχος για την επίτευξη της κλιματικής πολιτικής είναι η μείωση των εκπομπών του φαινομένου του θερμοκηπίου και δευτερεύον ο οικονομικά

ικανοποιητικός στόχος. Με βάση την Σύμβαση – Πλαίσιο για την κλιματική αλλαγή καθορίζεται το κριτήριο εύρεσης πολιτικού εργαλείου ως οικονομικά αποδοτικότερο.



Εικόνα 6 Τάσεις στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Εκπομπές, προβλέψεις, και στόχοι της ΕΕ, Πηγή: Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος

Τα πολιτικά εργαλεία κατηγοριοποιούνται ως εξής:

- «Επιβολής και ελέγχου». Αυτές οι πολιτικές καθορίζουν ολοκληρωμένα τον στόχο προς επίτευξη και τον τρόπο που θα πρέπει να ακολουθηθεί για να πραγματοποιηθεί.
- Γενικά Πρότυπα, Αποτελέσματα Διαπραγματεύσεων και Συστήματα Εμπορίας Εκπομπών. Στα οποία προσδιορίζεται ο στόχος αλλά δεν υπάρχει κατεύθυνση για την επίτευξη του
- Τεχνολογικά Πρότυπα Διαμορφώνουν όλες τις συγκεκριμένες μεθόδους και μέσα που είναι απαραίτητα για την αξιοποίηση προς όφελος οποιουδήποτε στόχου.
- Φόροι – Κανόνες της αγοράς και Μέτρα Διάχυσης Πληροφορίας Αυτά είναι αυθαίρετα και χρησιμοποιούνται για συγκεκριμένες αλλαγές στην γραμμή που έχουν θέσει τα παραπάνω πολιτικά εργαλεία.

4.3 Συνέπειες πολιτικών μείωσης εκπομπών

Ο υπολογισμός των συνεπειών ενός μέτρου για την μείωση της κλιματικής αλλαγής γίνεται πάντα σχετίζοντας το με τον προκαθορισμένο στόχο που υπολογιζόταν ότι θα επιφέρει. Οι συνέπειες αντιστοιχίζονται σε θετικές ή αρνητικές (Οφέλη και Κόστη) με οικονομικά κριτήρια αλλά χαρακτηρίζονται και από τις αναγκαίες παράπλευρες

επιπτώσεις που προξενούν. Τα οφέλη και τα κόστη καθορίζονται από την πολιτική από την οποία προέκυψαν, αν η πολιτική που τα δημιούργησε έχει κορμό της την μείωση της κλιματικής αλλαγής, αν ήταν παράπλευρα πολιτικά αποτελέσματα ή αν προέκυψαν συνδυαστικά. Ορίζονται έτσι τα βοηθητικά οφέλη που είναι δευτερεύοντες συνέπειες που μπορεί να προκύψουν από την υλοποίηση ενός πολιτικού εργαλείου.

4.4 Αξιολόγηση Κόστους

Το ακριβές μέτρο των κοινωνικών δαπανών είναι η συνολική αξία που η κοινωνία επιθέτει σε αγαθά και υπηρεσίες ως αποτέλεσμα της μετακίνησης πόρων με στόχο την προστασία του κλίματος. Η αξιολόγηση κοινωνικού κόστους πρέπει ιδανικά να περιλαμβάνει όλες τις αλλαγές ευημερίας. Η εκτίμηση γίνεται με βάση δύο ειδικές τιμές:

- Την προθυμία των ατόμων να πληρώσουν για να αγοράσουν τον πόρο (Willing To Pay, WTP).
- Την προθυμία των ατόμων να αποδεχτούν την αποζημίωση για τον πόρο προκειμένου να τον αποχωριστούν (Willing To Accept, WTA).

4.5 Σύστημα εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών

Το Πρωτόκολλο του Κιότο διαθέτει μηχανισμό «εμπορίου εκπομπών». Η εθνική υποχρέωση για μείωση των εκπομπών σύμφωνα με το Πρωτόκολλο καθορίζεται με βάση ένα εθνικό ανώτατο όριο εκπομπών. Αν μια χώρα δεν εκπέμψει εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου που να φθάνουν το ανώτατο όριο εκπομπών που της αναλογεί, μπορεί να πουλήσει το αχρησιμοποίητο μέρος των εκπομπών της σε κάποια άλλη χώρα που έχει ξεπεράσει το δικό της επιτρεπτό ανώτατο όριο εκπομπών.

Τα κράτη που έχουν αναλάβει δεσμεύσεις από το Πρωτόκολλο (Παράρτημα Β') δύνανται να συμμετέχουν σε σύστημα εμπορίας (trading) εκπομπών. Η εφαρμογή του Συστήματος Εμπορίας Δικαιωμάτων Εκπομπών σε διεθνή κλίμακα, σύμφωνα με το Πρωτόκολλο, έχει ξεκινήσει από το 2008 θέτοντας ένα όριο εκπομπών (CAP) (Pew Center on Global Climate Change, 2009). Μια κεντρική αρχή (συνήθως ένα κυβερνητικό σώμα) θέτει ένα όριο (CAP) στο ποσό ενός ρύπου που μπορεί να εκπεμφθεί. Με βάση αυτό το όριο γίνονται αγοροπωλησίες μεταξύ των κρατών που συμμετέχουν μέσω των συστημάτων που ανήκουν. Το όριο (CAP) διατίθεται ή πωλείται στις εταιρίες υπό μορφή δικαιωμάτων εκπομπών που αντιπροσωπεύουν το δικαίωμα να εκπεμφθεί ή να απαλλαχθεί μια ποσότητα ενός συγκεκριμένου ρύπου. Ο συνολικός αριθμός των δικαιωμάτων δεν μπορεί να υπερβεί το όριο, που περιορίζει τις συνολικές εκπομπές σε εκείνο το επίπεδο. Οι εταιρίες που πρέπει να αυξήσουν τον όγκο εκπομπών τους πρέπει να αγοράσουν τα δικαιώματα από εκείνους που απαιτούν λιγότερα δικαιώματα (Talberg and Swoboda, 2013).

4.6 Μηχανισμός Καθαρής Ανάπτυξης

Ο Μηχανισμός Καθαρής Ανάπτυξης (CDM), που ορίζεται στο άρθρο 12 του πρωτοκόλλου, επιτρέπει σε μια χώρα με τη μείωση των εκπομπών ή τη δέσμευση για περιορισμό των εκπομπών βάσει του Πρωτοκόλλου του Κιότο (παράρτημα Β μέρος) να υλοποιεί έργα μείωσης των εκπομπών σε αναπτυσσόμενες χώρες. Τα έργα αυτά μπορούν να κερδίζουν εμπορεύσιμες μονάδες πιστοποιημένης μείωσης εκπομπών (CER / certified emission reduction), όπου κάθε μία ισοδυναμεί με ένα τόνο CO₂, το οποίο μπορεί να συνυπολογίζεται για την επίτευξη των στόχων του Κιότο. Στόχος του CDM είναι: 1. Να βοηθήσει μη μέλη του Παραρτήματος Ι στο να επιτύχουν βιώσιμη ανάπτυξη και 2. Να βοηθήσει μέλη του Παραρτήματος Ι να συμμορφωθούν με τα όρια εκπομπών και τις δεσμεύσεις μείωσης εκπομπών. Οι μονάδες μείωσης εκπομπών που προκύπτουν σε ένα έργο CDM ονομάζονται Βεβαιωμένες Μειώσεις Εκπομπών Αερίων Θερμοκηπίου (Certified Reduction Units, CERs). Ο CDM θα επιτρέψει σε χώρες του Παραρτήματος Ι να επενδύσουν σε έργα μείωσης εκπομπών σε αναπτυσσόμενες χώρες (εκτός Παραρτήματος Ι) και να κερδίσουν μονάδες CERs, τις οποίες μπορούν να χρησιμοποιήσουν για την συμμόρφωση με τις δικές τους δεσμεύσεις. Είναι σχεδιασμένος να μειώσει σημαντικά το κόστος συμμόρφωσης με τους στόχους του Κιότο. Είναι ένα αποτελεσματικό εργαλείο για την προώθηση της χρήσης καθαρών τεχνολογιών στις αναπτυσσόμενες χώρες. Τα βασικά κριτήρια για την εφαρμογή ενός CDM είναι:

- Η διοργανώτρια χώρα πρέπει να επικυρώσει το Πρωτόκολλο του Κιότο.
- Η δραστηριότητα του έργου δεν πρέπει να αφορά σε πυρηνικά.
- Το έργο πρέπει να προκαλεί μείωση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.
- Το έργο πρέπει να δημιουργεί πραγματικά, μετρήσιμα και μακροχρόνια οφέλη στην άμβλυνση της κλιματικής αλλαγής.
- Η διοργανώτρια χώρα πρέπει να συμφωνεί με το έργο.
- Το έργο πρέπει να συνεισφέρει στην επιπλέον μείωση των εκπομπών.
- Το έργο πρέπει να συμβάλλει στους στόχους βιώσιμης ανάπτυξης της διοργανώτριας χώρας.

Επιλέξιμα έργα CDM είναι:

- Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ),
- Ενεργειακή αποδοτικότητα και ενεργειακή διαχείριση,
- Αλλαγή προς καύσιμα με χαμηλότερο περιεχόμενο σε άνθρακα στον τομέα ηλεκτρισμού και θέρμανσης,
- Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από φυσικό αέριο,
- Έργα συμπαραγωγής θερμότητας και ενέργειας,
- Έργα διαχείρισης απορριμμάτων,

Οι προϋποθέσεις για μια χώρα ώστε να μπορέσει να φιλοξενήσει έργα CDM είναι μία ξεκάθαρη πολιτική αφοσίωση στο Πρωτόκολλο του Κιότο και η θεσμική διαβεβαίωση

της CDM επιλογής, με τη μορφή της σύστασης Εθνικής Αρχής για το (επικύρωση, αποδοχή, προσχώρηση ή έγκριση) CDM (Designated National Authority-DNA) ή/και άλλης τοπικής ιδιότητας για το χειρισμό της CDM δραστηριότητας. Γενικά, ένα έργο CDM πρέπει να προβλέπει τη μείωση των εκπομπών που είναι επιπρόσθετες σε ότι θα είχε συμβεί. Τα έργα πρέπει να πληρούν τις προϋποθέσεις μέσω μιας αυστηρής και δημόσιας διαδικασίας εγγραφής και έκδοσης. Η έγκριση δίνεται από τις ορισθείσες εθνικές αρχές. Η δημόσια χρηματοδότηση για CDM δραστηριότητες δεν πρέπει να οδηγήσει σε εκτροπή της επίσημης αναπτυξιακής βοήθειας. Ο μηχανισμός εποπτεύεται από το Διοικητικό Συμβούλιο του CDM, που λογοδοτεί αποκλειστικά στις χώρες που έχουν επικυρώσει το Πρωτόκολλο του Κιότο. Ο CDM λειτουργεί από τις αρχές του 2006 και έχει σήμερα 7670 καταγεγραμμένα έργα και αναμένεται να παράγουν CER που ανέρχονται σε περισσότερα από 3,3 δισεκατομμύρια τόνους ισοδύναμου CO₂ μέχρι το 2020 (Talberg and Swoboda, 2013).

4.7 Η κοινή εφαρμογή (JI)

Ο μηχανισμός που είναι γνωστός ως "κοινή εφαρμογή", ορίζεται στο άρθρο 6 του Πρωτοκόλλου του Κιότο, επιτρέπει κοινά προγράμματα και δραστηριότητες μεταξύ των χωρών του Παραρτήματος I της Σύμβασης. Το μέρος που χρηματοδοτεί κερδίζει μονάδες μείωσης των εκπομπών (ERUs) από τη μείωση των εκπομπών ή απομάκρυνσης των εκπομπών. Κάθε (ERU) ισοδυναμεί με ένα τόνο CO₂, το οποίο μπορεί να συνυπολογίζεται για την επίτευξη του στόχου του Κιότο. Τα σχέδια πρέπει να έχουν την έγκριση του συμβαλλόμενου μέρους υποδοχής. Εάν ένα μέρος υποδοχής πληροί όλες τις απαιτήσεις επιλεξιμότητας για τη μεταφορά ή απόκτηση ERUs, μπορεί να πιστωθεί τις μειώσεις εκπομπών ή ενίσχυσης των απορροφήσεων από ένα έργο JI ως επιπλέον αυτών που θα είχαν επιτύχει. Μετά την επαλήθευση, το μέρος υποδοχής μπορεί να εκδώσει την κατάλληλη ποσότητα μονάδων ERU. Αυτή η διαδικασία αναφέρεται συνήθως ως «Track 1». Εάν ένα μέρος υποδοχής δεν πληροί όλες, αλλά μόνο ένα περιορισμένο σύνολο επί των απαιτήσεων επιλεξιμότητας, για να επαληθευτούν οι μειώσεις εκπομπών ή ενίσχυσης των απορροφήσεων θα πρέπει να γίνει μέσω της διαδικασίας ελέγχου στο πλαίσιο της Κοινής Εφαρμογής Επιτροπής Εποπτείας (JISC). Κάτω από την λεγόμενη διαδικασία «Track 2», μια ανεξάρτητη αρχή διαπιστευμένη από το JISC πρέπει να καθορίσει αν οι σχετικές απαιτήσεις έχουν επιτευχθεί προτού το μέρος υποδοχής μπορέσει να εκδώσει και να μεταφέρει μονάδες ERU.

5. ΜΕΙΩΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΑΝΘΡΑΚΑ

Οποιαδήποτε προσπάθεια για μείωση της έκλυσης των αερίων του θερμοκηπίου συνεπάγεται αντίστοιχη προσπάθεια για περιστολή των δραστηριοτήτων που έχουν άμεση σχέση με τις βιομηχανικές διαδικασίες και την παραγωγή ενέργειας οπότε τελικά τίθεται υπό αμφισβήτηση το σύγχρονο αναπτυξιακό μοντέλο. Και εδώ έγκειται η δυσκολία επίλυσης του προβλήματος αυτού.

Ο αναπτυσσόμενος κόσμος, θα αυξήσει αρκετά τα επίπεδα αερίων του θερμοκηπίου μέσα από την διαδικασία ανάπτυξής του, άρα για να επιτευχθεί μείωσή τους θα πρέπει οι ήδη ανεπτυγμένες βιομηχανικά χώρες περιορίσουν δραστικά τις εκπομπές άνθρακα αναζητώντας εναλλακτικούς τρόπους παραγωγής ενέργειας, καινοτόμες τεχνολογίες, ή αποτελεσματικότερες τεχνικές αξιοποίησης του ενεργειακού δυναμικού.

Τα κυριότερα εργαλεία που έχουμε σήμερα στην διάθεσή μας για να περιορίσουμε το αποτύπωμα άνθρακα της οικονομίας μας οδηγούμενη σε μια πραγματική οικονομία χαμηλού άνθρακα, παρουσιάζονται στην συνέχεια.

5.1 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ)

Οι ήπιες μορφές ενέργειας ή ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ΑΠΕ, ή (νέες πηγές ενέργειας ή πράσινη ενέργεια) είναι μορφές εκμεταλλεύσιμης ενέργειας που προέρχονται από διάφορες φυσικές διαδικασίες, όπως ο άνεμος, η γεωθερμία η κυκλοφορία του νερού και άλλες. Ο όρος «ήπιες» αναφέρεται σε δυο βασικά χαρακτηριστικά τους. Καταρχάς, για την εκμετάλλευσή τους δεν απαιτείται κάποια ενεργητική παρέμβαση, όπως εξόρυξη άντληση ή καύση όπως με τις μέχρι τώρα χρησιμοποιούμενες πηγές ενέργειας, αλλά απλώς η εκμετάλλευση της ήδη υπάρχουσας ροής ενέργειας στη φύση. Δεύτερον, πρόκειται για «καθαρές» μορφές ενέργειας, πολύ «φιλικές» στο περιβάλλον, που δεν αποδεσμεύουν υδρογονάνθρακες διοξείδιο του άνθρακα όπως οι υπόλοιπες πηγές ενέργειας που χρησιμοποιούνται σε μεγάλη κλίμακα. Έτσι οι ΑΠΕ θεωρούνται από πολλούς μία αφετηρία για την επίλυση των οικολογικών προβλημάτων που αντιμετωπίζει η Γη.

Ως «ανανεώσιμες πηγές» θεωρούνται γενικά οι εναλλακτικές των παραδοσιακών πηγών ενέργειας (π.χ. του πετρελαίου ή του άνθρακα), όπως η ηλιακή και η αιολική. Ο χαρακτηρισμός «ανανεώσιμες» είναι κάπως καταχρηστικός, μιας και ορισμένες από αυτές τις πηγές, όπως η γεωθερμική ενέργεια δεν ανανεώνονται σε κλίμακα χιλιετιών. Σε κάθε περίπτωση οι ΑΠΕ έχουν μελετηθεί ως λύση στο πρόβλημα της αναμενόμενης εξάντλησης των (μη ανανεώσιμων) αποθεμάτων ορυκτών καυσίμων. Τελευταία από την Ευρωπαϊκή Ένωση αλλά και από πολλά μεμονωμένα κράτη υιοθετούνται νέες πολιτικές για τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, που προάγουν τέτοιες εσωτερικές πολιτικές και για τα κράτη μέλη. Οι ΑΠΕ αποτελούν τη βάση του μοντέλου οικονομικής ανάπτυξης της πράσινης οικονομίας και κεντρικό σημείο εστίασης της σχολής των οικολογικών οικονομικών, η οποία έχει κάποια επιρροή στο οικολογικό κίνημα.

Οι ήπιες μορφές ενέργειας βασίζονται κατ' ουσίαν στην ηλιακή ακτινοβολία, με εξαίρεση τη γεωθερμική ενέργεια, η οποία είναι ροή ενέργειας από το εσωτερικό του φλοιού της γης, και την ενέργεια απ' τις παλίρροιες που εκμεταλλεύεται τη βαρύτητα. Οι βασιζόμενες στην ηλιακή ακτινοβολία ήπιες πηγές ενέργειας είναι ανανεώσιμες, μιας και δεν πρόκειται να εξαντληθούν όσο υπάρχει ο ήλιος, δηλαδή για μερικά ακόμα δισεκατομμύρια χρόνια. Ουσιαστικά είναι ηλιακή ενέργεια "συσκευασμένη" κατά τον ένα ή τον άλλο τρόπο: η βιομάζα είναι ηλιακή ενέργεια δεσμευμένη στους ιστούς των φυτών μέσω της φωτοσύνθεσης, η αιολική εκμεταλλεύεται τους ανέμους που προκαλούνται απ' τη θέρμανση του αέρα ενώ αυτές που βασίζονται στο νερό εκμεταλλεύονται τον κύκλο εξάτμισης-συμπύκνωσης του νερού και την κυκλοφορία του. Η γεωθερμική ενέργεια δεν είναι ανανεώσιμη, καθώς τα γεωθερμικά πεδία κάποια στιγμή εξαντλούνται.

Χρησιμοποιούνται είτε άμεσα (κυρίως για θέρμανση) είτε μετατρεπόμενες σε άλλες μορφές ενέργειας (κυρίως ηλεκτρισμό ή μηχανική ενέργεια). Υπολογίζεται ότι το τεχνικά εκμεταλλεύσιμο ενεργειακό δυναμικό απ' τις ήπιες μορφές ενέργειας είναι πολλαπλάσιο της παγκόσμιας συνολικής κατανάλωσης ενέργειας. Η υψηλή όμως μέχρι πρόσφατα τιμή των νέων ενεργειακών εφαρμογών, τα τεχνικά προβλήματα εφαρμογής καθώς και πολιτικές και οικονομικές σκοπιμότητες που έχουν να κάνουν με τη διατήρηση του παρόντος στάτους κβο στον ενεργειακό τομέα εμπόδισαν την εκμετάλλευση έστω και μέρους αυτού του δυναμικού. Ειδικά στην Ελλάδα που έχει μορφολογία και κλίμα κατάλληλο για νέες ενεργειακές εφαρμογές, η εκμετάλλευση αυτού του ενεργειακού δυναμικού θα βοηθούσε σημαντικά στην ενεργειακή αυτονομία της χώρας.

Το ενδιαφέρον για τις ήπιες μορφές ενέργειας ανακινήθηκε τη δεκαετία του 1970, ως αποτέλεσμα κυρίως των απανωτών πετρελαϊκών κρίσεων της εποχής, αλλά και της αλλοίωσης του περιβάλλοντος και της ποιότητας ζωής από τη χρήση κλασικών πηγών ενέργειας. Ιδιαίτερα ακριβές στην αρχή, ξεκίνησαν σαν πειραματικές εφαρμογές. Σήμερα όμως λαμβάνονται υπόψη στους επίσημους σχεδιασμούς των ανεπτυγμένων κρατών για την ενέργεια και, αν και αποτελούν πολύ μικρό ποσοστό της ενεργειακής παραγωγής, ετοιμάζονται βήματα για παραπέρα αξιοποίησή τους. Το κόστος δε των εφαρμογών ήπιων μορφών ενέργειας πέφτει συνέχεια τα τελευταία είκοσι χρόνια και ειδικά η αιολική και υδροηλεκτρική ενέργεια, αλλά και η βιομάζα, μπορούν πλέον να ανταγωνίζονται στα ίσα παραδοσιακές πηγές ενέργειας όπως ο άνθρακας και η πυρηνική ενέργεια. Ενδεικτικά, στις ΗΠΑ ένα 6% της ενέργειας προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές, ενώ στην Ευρωπαϊκή Ένωση το 2010 το 25% της ενέργειας θα προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές (κυρίως υδροηλεκτρικά και βιομάζα).

5.1.1 Είδη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας

- **Αιολική ενέργεια.** Χρησιμοποιήθηκε παλιότερα για την άντληση νερού από πηγάδια καθώς και για μηχανικές εφαρμογές (π.χ. την άλεση στους ανεμόμυλους). Έχει αρχίσει να χρησιμοποιείται ευρέως για ηλεκτροπαραγωγή.

- **Ηλιακή ενέργεια.** Χρησιμοποιείται περισσότερο για θερμικές εφαρμογές (ηλιακοί θερμοσίφωνες και φούρνοι) ενώ η χρήση της για την παραγωγή ηλεκτρισμού έχει αρχίσει να κερδίζει έδαφος, με την βοήθεια της πολιτικής προώθησης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας από το ελληνικό κράτος και την Ευρωπαϊκή Ένωση.
- **Υδατοπτώσεις.** Είναι τα γνωστά υδροηλεκτρικά έργα, που στο πεδίο των ήπιων μορφών ενέργειας εξειδικεύονται περισσότερο στα μικρά υδροηλεκτρικά. Είναι η πιο διαδεδομένη μορφή ανανεώσιμης ενέργειας.
- **Βιομάζα.** Χρησιμοποιεί τους υδατάνθρακες των φυτών (κυρίως αποβλήτων της βιομηχανίας ξύλου, τροφίμων και ζωοτροφών και της βιομηχανίας ζάχαρης) με σκοπό την αποδέσμευση Υβριδικό αυτόνομο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας, αποτελούμενο από φωτοβολταϊκή συστοιχία, ανεμογεννήτρια, εφεδρικό Η/Ζ και συσσωρευτές της ενέργειας που δεσμεύτηκε απ' το φυτό με τη φωτοσύνθεση. Ακόμα μπορούν να χρησιμοποιηθούν αστικά απόβλητα και απορρίμματα. Μπορεί να δώσει και βιοαέριο, που είναι καύσιμα πιο φιλικά προς το περιβάλλον από τα παραδοσιακά. Είναι μια πηγή ενέργειας με πολλές δυνατότητες και εφαρμογές που θα χρησιμοποιηθεί πλατιά στο μέλλον.
- **Γεωθερμική ενέργεια.** Προέρχεται από τη θερμότητα που παράγεται απ' τη ραδιενεργό αποσύνθεση των πετρωμάτων της γης. Είναι εκμεταλλεύσιμη εκεί όπου η θερμότητα αυτή ανεβαίνει με φυσικό τρόπο στην επιφάνεια, π.χ. στους θερμοπίδακες ή στις πηγές ζεστού νερού. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε απευθείας για θερμικές εφαρμογές είτε για την παραγωγή ηλεκτρισμού. Η Ισλανδία καλύπτει το 80-90% των ενεργειακών της αναγκών, όσον αφορά τη θέρμανση, και το 20%, όσον αφορά τον ηλεκτρισμό, με γεωθερμική ενέργεια.
- **Ενέργεια από παλίρροιες.** Εκμεταλλεύεται τη βαρύτητα του Ήλιου και της Σελήνης, που προκαλεί ανύψωση της στάθμης του νερού. Το νερό αποθηκεύεται καθώς ανεβαίνει και για να ξανακατέβει αναγκάζεται να περάσει μέσα από μια τουρμπίνα, παράγοντας ηλεκτρισμό. Έχει εφαρμοστεί στην Αγγλία, τη Γαλλία, τη Ρωσία και αλλού.
- **Ενέργεια από κύματα.** Εκμεταλλεύεται την κινητική ενέργεια των κυμάτων της θάλασσας.
- **Ενέργεια από τους ωκεανούς.** Εκμεταλλεύεται τη διαφορά θερμοκρασίας ανάμεσα στα στρώματα του ωκεανού, κάνοντας χρήση θερμικών κύκλων. Βρίσκεται στο στάδιο της έρευνας.

5.1.2. Πλεονεκτήματα ΑΠΕ

- Είναι πολύ φιλικές προς το περιβάλλον, έχοντας ουσιαστικά μηδενικά κατάλοιπα και απόβλητα.
- Δεν πρόκειται να εξαντληθούν ποτέ, σε αντίθεση με τα ορυκτά καύσιμα.
- Μπορούν να βοηθήσουν την ενεργειακή αυτόρκεια μικρών και αναπτυσσόμενων χωρών, καθώς και να αποτελέσουν την εναλλακτική πρόταση σε σχέση με την οικονομία του πετρελαίου.

- Είναι ευέλικτες εφαρμογές που μπορούν να παράγουν ενέργεια ανάλογη με τις ανάγκες του επί τόπου πληθυσμού, καταργώντας την ανάγκη για τεράστιες μονάδες παραγωγής ενέργειας (καταρχήν για την ύπαιθρο) αλλά και για μεταφορά της ενέργειας σε μεγάλες αποστάσεις.
- Ο εξοπλισμός είναι απλός στην κατασκευή και τη συντήρηση και έχει μεγάλο χρόνο ζωής.
- Επιδοτούνται από τις περισσότερες κυβερνήσεις

5.1.3 Μειονεκτήματα ΑΠΕ

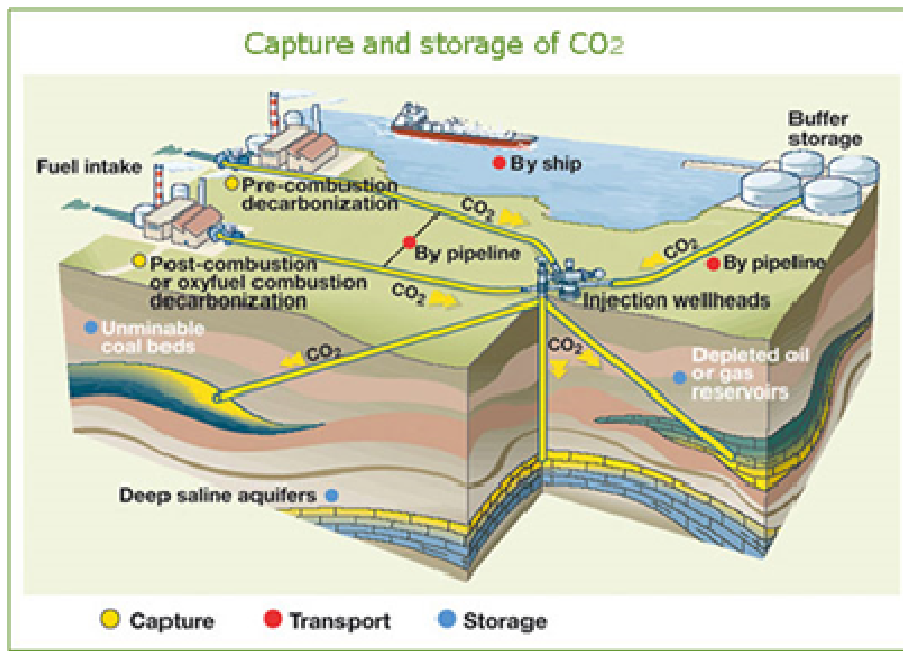
- Έχουν αρκετά μικρό συντελεστή απόδοσης, της τάξης του 30% ή και χαμηλότερο. Συνεπώς απαιτείται αρκετά μεγάλο αρχικό κόστος εφαρμογής σε μεγάλη επιφάνεια γης. Γι' αυτό το λόγο μέχρι τώρα χρησιμοποιούνται σαν συμπληρωματικές πηγές ενέργειας.
- Για τον παραπάνω λόγο προς το παρόν δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κάλυψη των αναγκών μεγάλων αστικών κέντρων.
- Η παροχή και απόδοση της αιολικής, υδροηλεκτρικής και ηλιακής ενέργειας εξαρτάται από την εποχή του έτους αλλά και από το γεωγραφικό πλάτος και το κλίμα της περιοχής στην οποία εγκαθίστανται.
- Για τις αιολικές μηχανές υπάρχει η άποψη ότι δεν είναι κομψές από αισθητική άποψη κι ότι προκαλούν θόρυβο και θανάτους πουλιών. Με την εξέλιξη όμως της τεχνολογίας τους και την προσεκτικότερη επιλογή χώρων εγκατάστασης (π.χ. σε πλατφόρμες στην ανοιχτή θάλασσα) αυτά τα προβλήματα έχουν σχεδόν λυθεί.

Για τα υδροηλεκτρικά έργα λέγεται ότι προκαλούν έκλυση μεθανίου από την αποσύνθεση των φυτών που βρίσκονται κάτω απ' το νερό κι έτσι συντελούν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου (Μαυράκης 2008).

5.2 Δέσμευση και αποθήκευση CO₂

Η δέσμευση και αποθήκευση άνθρακα είναι μέρος μιας τεχνολογίας που αποσκοπεί στη μείωση των εκπομπών ορυκτών καυσίμων με τη δέσμευση του διοξειδίου του άνθρακα που εκπέμπεται από σοβαρούς συντελεστές εκπομπής ρύπων (όπως μονάδες ηλεκτροπαραγωγής με βάση τον άνθρακα και το φυσικό αέριο και τη βιομηχανία χάλυβα) και στην υπόγεια αποθήκευσή του. Η μείωση του κόστους των νέων τεχνολογιών θα επιτρέψει την πλήρη εκμετάλλευση των δυνατοτήτων μείωσης εκπομπών της δέσμευσης και αποθήκευσης άνθρακα και την παροχή βιώσιμης, ασφαλούς και ανταγωνιστικής ενέργειας.

Η πρακτική αυτή χρησιμοποιείται ήδη αλλά χαρακτηρίζεται ως "ανώριμη". Παρόμοιες μονάδες λειτουργούν πειραματικά ήδη στη Νορβηγία, τον Καναδά και την Αλγερία.



Εικόνα 7. Υπόγεια δέσμευση άνθρακα

Καθώς το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) είναι ένα από τα αέρια που επιβαρύνουν σημαντικά την ατμόσφαιρα, η Διακυβερνητική Επιτροπή για τις Κλιματικές Αλλαγές θεωρεί ότι η τεχνολογία δέσμευσης και αποθήκευσης άνθρακα θα μπορέσει να μειώσει σημαντικά την εκπομπή αερίων που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου κατά τις επόμενες δεκαετίες (από 15 έως 55% μέχρι το 2100) και να ενισχύσει τον αγώνα καταπολέμησης της κλιματικής αλλαγής.

Η μέθοδος δέσμευσης και αποθήκευσης του διοξειδίου του άνθρακα είναι αρκετά δαπανηρή (λόγω των εξόδων κατασκευής του εξοπλισμού που θα διαχωρίσει το διοξείδιο του άνθρακα, των υποδομών μεταφοράς του με πλοίο ή αγωγό προς τους κατάλληλους αποθηκευτικούς χώρους).

Άλλο μειονέκτημα της νέας τεχνολογίας είναι το γεγονός ότι καταναλώνει η ίδια ενέργεια, με αποτέλεσμα την απώλεια ενεργειακής απόδοσης. Ένα εργοστάσιο που χρησιμοποιεί αυτή τη μέθοδο χρειάζεται μεταξύ 10 και 40% περισσότερη ενέργεια σε σχέση με την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Υπάρχει βέβαια και ο κίνδυνος διαρροών στην ατμόσφαιρα ή ξαφνικών εκρήξεων, οι οποίες θα μπορούσαν να θέσουν σε κίνδυνο τη δημόσια υγεία, καθώς οι υψηλές συγκεντρώσεις διοξειδίου του άνθρακα είναι επιβλαβείς τόσο για τους ανθρώπους όσο και για τα ζώα (Papadis, Tsatsaronis 2020).

5.3 Ενεργειακή αποδοτικότητα

Ο φθηνότερος, καθαρότερος και ασφαλέστερος τρόπος για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής είναι η ενεργειακή αποδοτικότητα ενός ευρέος φάσματος εξοπλισμού οικιακού αλλά και βιομηχανικού.

Το μέσο νοικοκυριό μπορεί να αποτρέψει την έκλυση έως και 2 τόνων CO_2 ετησίως, απλά και μόνο εξοικονομώντας ενέργεια.

Μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας σε παλιά κτίρια μπορούν να μειώσουν την κατανάλωση ενέργειας έως 60%, ενώ σε νεόδμητα η μείωση μπορεί να φτάσει στο 90% εάν αντικατασταθεί ο καυστήρας πετρελαίου με αέριο εάν τοποθετηθούν κουφώματα με διπλά τζάμια, εάν υπάρχει επαρκής θερμομόνωση κλπ.

Σε μελέτη που διεξήγαγε το 2001 ο ΟΟΣΑ, υπολογίστηκε ότι η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από την κατάσταση αναμονής των ηλεκτρικών συσκευών (stand-by), η οποία είναι ως επί το πλείστον άσκοπη, ανέρχεται σε μέχρι και 13% της οικιακής χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας στις χώρες του ΟΟΣΑ.

5.4 Βιοκαύσιμα

Τα βιοκαύσιμα, με τη μορφή υγρών καυσίμων που προέρχονται από φυτικά υλικά, εισέρχονται στην αγορά, καθοδηγούμενοι από παράγοντες όπως οι αυξήσεις της τιμής του πετρελαίου και η ανάγκη για αυξημένη ενεργειακή ασφάλεια. Ωστόσο, πολλά από τα βιοκαύσιμα που προμηθεύονται σήμερα έχουν επικριθεί για τις δυσμενείς επιπτώσεις τους στο φυσικό περιβάλλον, την επισιτιστική ασφάλεια και τη χρήση της γης.

Η πρόκληση είναι να υποστηρίξουμε την ανάπτυξη βιοκαυσίμων, συμπεριλαμβανομένης της ανάπτυξης νέων τεχνολογιών κυτταρίνης, με υπεύθυνες πολιτικές και οικονομικά μέσα για να διασφαλίσουμε ότι η εμπορευματοποίηση βιοκαυσίμων είναι βιώσιμη. Η υπεύθυνη εμπορευματοποίηση των βιοκαυσίμων αντιπροσωπεύει μια ευκαιρία για την ενίσχυση των βιώσιμων οικονομικών προοπτικών στην Αφρική, τη Λατινική Αμερική και την Ασία.

Τα βιοκαύσιμα έχουν περιορισμένη ικανότητα να αντικαθιστούν ορυκτά καύσιμα και δεν πρέπει να θεωρούνται ως «ασημένια σφαίρα» για την αντιμετώπιση των εκπομπών μεταφορών. Ωστόσο, προσφέρουν την προοπτική αυξημένου ανταγωνισμού στην αγορά και συγκράτησης της τιμής του πετρελαίου. Ο υγιής ανεφοδιασμός εναλλακτικών πηγών ενέργειας θα βοηθήσει στην καταπολέμηση των αιχμών της βενζίνης και θα μειώσει την εξάρτηση από ορυκτά καύσιμα, ειδικά στον τομέα των μεταφορών. Η αποδοτικότερη χρήση των καυσίμων μεταφορών αποτελεί επίσης αναπόσπαστο μέρος μιας βιώσιμης στρατηγικής μεταφορών (Quaiattini 2008).

5.5 Φυσικά ψυκτικά και εναλλακτικές τεχνικές ψύξης

Ως απάντηση στα περιβαλλοντικά προβλήματα που συνδέονται με την χρήση CFCS-HCFC & HCFC έχουν αναπτυχθεί πολλά εναλλακτικά προϊόντα και τεχνικές. Τα σημαντικότερα είδη από αυτά τα προϊόντα και τις τεχνικές είναι τα ακόλουθα : οι υδρογονάνθρακες, η αμμωνία, το διοξείδιο του άνθρακα, το νερό και ο αέρας.

Υδρογονάνθρακες: Έχουν άριστες ψυκτικές ιδιότητες ενώ δεν καταστρέφουν το όζον και δεν συμβάλουν στην υπερθέρμανση του πλανήτη. Επιτυγχάνουν αυξημένη απόδοση των συσκευών ψύξης και κλιματισμού και μπορούν να χρησιμοποιηθούν άμεσα για την υποκατάσταση ψυκτικών σε παλιές συσκευές χωρίς να χρειάζεται να αλλαγή λαδιών ή πολύπλοκες τεχνικές διαδικασίες.

Οι υδρογονάνθρακες είναι εύφλεκτοι αλλά στις πολύ μικρές συγκεντρώσεις που χρησιμοποιούνται στις συσκευές ψύξης δεν είναι δυνατή η ανάφλεξή τους. Οι πιο συχνά χρησιμοποιούμενοι υδ/κες είναι το ισοβουτάνιο (R 600a) και το προπάνιο (R 290) ή και μείγμα των δύο.

Αμμωνία: Η αμμωνία (R 717) χρησιμοποιείται εδώ και δεκαετίες για την ψύξη τροφίμων στην βιομηχανία αλλά και σε κεντρικά συστήματα κλιματισμού. Έχει άριστη συμπεριφορά αλλά το μειονέκτημά της είναι η τοξικότητά της όμως η έντονη οσμή της δρα προληπτικά σε περιπτώσεις ατυχημάτων.

Διοξείδιο του άνθρακα (R 744). Σε ότι αφορά τις επιδόσεις του σε ζητήματα περιβαλλοντικά αλλά και σε ζητήματα ασφαλείας είναι άριστο ως ψυκτικό. Το βασικό μειονέκτημά του είναι ότι λόγω της χαμηλής κρίσιμης θερμοκρασίας, έχει σχετικά μικρό βαθμό απόδοσης. Αναμένεται δε να είναι το κυρίαρχο ψυκτικό μέσο για τα κλιματιστικά αυτοκινήτων και για μικρές κλιματιστικές μονάδες.

5.6 Προστασία των δασών

Η μη επάρκεια του πρασίνου ως πνεύμονας οξυγόνου δημιουργεί ένα περίεργο και συνάμα δυσάρεστο ντόμινο αρνητικών επιπτώσεων αφού έτσι αυξάνεται το διοξείδιο του άνθρακα το μεθάνιο και άλλες επιβλαβείς ουσίες αλλά συνάμα συμβαίνουν συχνότερα επικίνδυνα φαινόμενα όπως οι πλημμύρες ή οι ξηρασίες .

Η αποδάσωση που παρατηρείται για τους σκοπούς της γεωργίας ή των υποδομών αλλά και λόγω των πυρκαγιών έχει σημαντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον, αφού περιορίζει το ποσό του διοξειδίου του άνθρακα το οποίο απορροφούν τα δάση με την διαδικασία της φωτοσύνθεσης, συνεισφέροντας έτσι στην αύξηση του ατμοσφαιρικού CO₂ και ταυτόχρονα αυξάνοντας τις εκπομπές του μεθανίου που προκαλούν οι γεωργικές δραστηριότητες. Η απώλεια δασών αυξάνει την διάβρωση των εδαφών, μειώνει την παραγωγικότητα και την αυτάρκεια της καλλιέργειας ενώ λιγοστεύει τα αποθέματα πόσιμου νερού. Η απώλεια δασών έχει επιπτώσεις στην γενετική ποικιλομορφία των ειδών στην Γη και η καταστροφή μεγάλων τμημάτων θα οδηγήσει στην μείωση δεξαμενής γονιδίων και ειδών.

Η προστασία των δασών παρέχει ολοκληρωμένα οφέλη σε όλους, που κυμαίνονται από την αυξημένη παραγωγή τροφίμων, τη διαφύλαξη των τοπικών μέσων διαβίωσης, την προστασία της βιοποικιλότητας και των οικοσυστημάτων που παρέχονται από τα δάση και τη μείωση της αγροτικής φτώχειας. Η υιοθέτηση στρατηγικών χαμηλών εκπομπών τόσο για τη γεωργική όσο και για τη δασική παραγωγή μετριάξει επίσης ορισμένες από τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής.

Στην οικονομία χαμηλών εκπομπών άνθρακα, οι δασικές εργασίες θα επικεντρωθούν σε πρακτικές χαμηλού αντίκτυπου και σε νέα ανάπτυξη. Οι διαχειριστές δασών θα διασφαλίσουν ότι δεν θα διαταράζουν πολύ τα αποθέματα άνθρακα με βάση το έδαφος. Οι εξειδικευμένες δενδροκαλλιέργειες θα είναι η κύρια πηγή υλικού για πολλά προϊόντα. Οι ποικιλίες δέντρων ταχείας ωρίμανσης θα αναπτυχθούν σε σύντομες περιστροφές προκειμένου να μεγιστοποιηθεί η παραγωγή (Mansoori et al 2016).

5.7 Πυρηνική ενέργεια

Η πυρηνική ενέργεια έχει προσφερθεί ως το κύριο μέσο για την επίτευξη ενός LCE. Όσον αφορά τις μεγάλες βιομηχανικές χώρες, η ηπειρωτική Γαλλία, λόγω κυρίως του 75% της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από πυρηνική ενέργεια, έχει τη χαμηλότερη παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα ανά μονάδα ΑΕΠ στον κόσμο και είναι ο μεγαλύτερος εξαγωγέας ηλεκτρικής ενέργειας στον κόσμο. Πωλεί περίπου 3 δισεκατομμύρια ευρώ ετησίως.

Συχνά εκφράζεται ανησυχία για το θέμα της αποθήκευσης και της ασφάλειας των αναλωμένων πυρηνικών καυσίμων. αν και τα φυσικά ζητήματα δεν είναι μεγάλα, οι πολιτικές δυσκολίες είναι σημαντικές. Ο αντιδραστήρας θειούχου υγρού φθορίου (LFTR) έχει προταθεί ως λύση στις ανησυχίες που θέτει το συμβατικό πυρηνικό.

Η Γαλλία επανεπεξεργάζεται τα αναλωμένα πυρηνικά καύσιμά της στη θέση της Χάγης από το 1976 και επίσης επεξεργάζεται αναλωμένα πυρηνικά καύσιμα από τη Γαλλία, την Ιαπωνία, τη Γερμανία, το Βέλγιο, την Ελβετία, την Ιταλία, την Ισπανία και την Ολλανδία.

Ορισμένοι ερευνητές έχουν διαπιστώσει ότι η επίτευξη ουσιαστικής απαλλαγής από τον άνθρακα και η καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής θα ήταν πολύ πιο δύσκολη χωρίς αύξηση της πυρηνικής ενέργειας. Η πυρηνική ενέργεια είναι μια αξιόπιστη μορφή ενέργειας που είναι διαθέσιμη 24/7, σχετικά ασφαλής και μπορεί να επεκταθεί σε μεγάλη κλίμακα. Οι πυρηνικοί σταθμοί μπορούν να αντικαταστήσουν σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής που βασίζονται σε ορυκτά καύσιμα-μεταβαίνοντας σε οικονομία χαμηλών εκπομπών άνθρακα (Papadis & Tsatsaronis 2020).

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι επιπτώσεις της ανθρώπινης παρέμβασης στο περιβάλλον, ξεκινούν από την αρχαιότητα αλλά οι μεγάλης έκτασης αλλαγές στο κλίμα με την χρήση ορυκτών καυσίμων αλλά και την άναρχη και ανεξέλεγκτη ανάπτυξη. Τα βήματα του ανθρώπου αφήνουν περιβαλλοντικά ίχνη και έχει σημασία στην πορεία ανάπτυξης της κοινωνίας προς ποια κατεύθυνση γίνονται αυτά. Η ανθρώπινη επίδραση στο κλιματικό σύστημα είναι σαφής, και οι πρόσφατες ανθρωπογενείς εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου είναι στο υψηλότερο σημείο στην ιστορία. Οι πρόσφατες αλλαγές του κλίματος έχουν εκτεταμένες συνέπειες στον άνθρωπο αλλά και στα φυσικά οικοσυστήματα. Από το 1950 οι παρατηρούμενες αλλαγές, στο πέρασ των χρόνων είναι πρωτοφανείς. Η ατμόσφαιρα και οι ωκεανοί έχουν θερμανθεί, τα επίπεδα του χιονιού και των πάγων έχουν μειωθεί ενώ η στάθμη της θάλασσας έχει ανέβει. Μπροστά σε ένα υπαρκτό πρόβλημα γίνεται μια μεγάλη συζήτηση για το πώς θα μπορέσουν τα κράτη να αντιμετωπίσουν την κλιματική αλλαγή και παίρνονται μια σειρά μέτρων που εκτιμάται ότι θα βοηθούν προς την κατεύθυνση αυτή. Η όλη αντιπαράθεση για το ποια θα είναι τα μέτρα αυτά ανέδειξαν διαφορετικά «στρατόπεδα» στα οποία παρατάσσονται χώρες με διαφορετικά συμφέροντα. Τα Κράτη-Μέρη των συμφωνιών ήθελαν να βελτιώσουν την οικονομική τους θέση σε διεθνές επίπεδο και να βγουν πιο ενισχυμένα από το αποτέλεσμα της όποιας συμφωνίας. Οι αντιθέσεις τους αυτές ήταν που τράβηξαν τις διαπραγματεύσεις χρόνια και που τελικά έκριναν το αποτέλεσμα των συμφωνιών. Η κύρια αιτία ρύπανσης εντοπίζεται στον τομέα της ενέργειας και πιο συγκεκριμένα την ηλεκτροπαραγωγή, τον οποίο και αφορούν το μεγαλύτερο κομμάτι των μέτρων που παίρνονται.

Τα κύρια μέτρα που αποφασίστηκαν αφορούν το διεθνές εμπόριο δικαιωμάτων εκπομπών και την ίδρυση χρηματιστηρίου του άνθρακα, τον μηχανισμό καθαρής ανάπτυξης και την κοινή εφαρμογή.

Το βασικό πρόβλημα για την εφαρμογή των «καθαρών» τεχνολογιών παραμένει ακόμη είτε το αρκετά υψηλό κόστος είτε η αβεβαιότητα ως προς το αδιατάρακτο του εφοδιασμού (π.χ. φυσικό αέριο) εξαιτίας των γεωπολιτικών παραγόντων είτε το οικονομικοτεχνικώς ασύμφορο της χρήσης (π.χ. ηλιακή ενέργεια, αιολική ενέργεια) ή συνδυασμός όλων αυτών (π.χ. υδρογόνο). Συνεπώς, με βάση το κριτήριο κόστους-οφέλους, συχνά «συμφέρει» τις αναπτυγμένες βιομηχανικά χώρες, αντί να δαπανήσουν τα κατά τεκμήριο πολύ υψηλά κόστη για ανασχεδιασμό των μονάδων τους και την υιοθέτηση «καθαρών» τεχνολογιών, να «επενδύσουν» στην αγορά δικαιωμάτων εκπομπών από μικρότερες χώρες.

Η Σύμβαση των Ηνωμένων Εθνών (UNFCCC), σχετικά με τις κλιματικές μεταβολές και οι ετήσιες διασκέψεις των συμβαλλομένων μερών (COP), που αποτελούν το κύριο όργανο λήψης αποφάσεων της Συνέλευσης, αποτελούν το σημαντικότερο μέσο της διεθνούς συνεργασίας στον τομέα της αντιμετώπισης των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής. Σύμφωνα με τα διαθέσιμα στοιχεία που μας δίνουν:

- Η θερμοκρασία του πλανήτη έχει αυξηθεί κατά σχεδόν έναν βαθμό Κελσίου (1,7 Φαρενάιτ) από το 1880.
- Η θερμοκρασία είναι πιο έντονη στην ξηρά, στην Αρκτική και στην Ανταρκτική.
- Η αύξηση της θερμοκρασίας που έχει λάβει χώρα μετά το 1950 οφείλεται σε ανθρωπογενείς εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου.
- Ο Παγκόσμιος Μετεωρολογικός Οργανισμός ανακοίνωσε, ότι η πενταετία 2011-15 ήταν η θερμότερη που έχει καταγραφεί.
- Αν οι εκπομπές συνεχίσουν να αυξάνονται ανεξέλεγκτα, η θερμοκρασία της Γης θα αυξηθεί κατά σχεδόν 5⁰C, με αποτέλεσμα ο πλανήτης να μην αντέχει τον υπερπληθυσμό.

Με άλλα λόγια, είμαστε με την πλάτη στον τοίχο. Τα περιθώρια για αντιπαραθέσεις έχουν εκλείψει. Οι αμφισβητίες της κλιματικής αλλαγής, πέρα από τα όποια επιστημονικά τους επιχειρήματα, παγίως παραπέμπουν στις οικονομικές συνέπειες μιας ενεργούς πολιτικής καταπολέμησης του φαινομένου. Τα μέτρα περιορισμού των εκπομπών, υποστηρίζουν ότι θα επιβραδύνουν την οικονομική ανάπτυξη και ότι θα θέσουν τις χώρες που τα υιοθετούν σε μειονεκτική θέση έναντι των ανταγωνιστριών τους που δεν διαθέτουν τις αντίστοιχες οικολογικές ευαισθησίες. Τόσο οι ανεπτυγμένες όσο και οι αναπτυσσόμενες χώρες, στις μεταξύ τους διαπραγματεύσεις για την αποτροπή της υπερθέρμανσης του πλανήτη, έχουν αφομοιώσει την ιδέα της αντίστροφης σχέσης μεταξύ ανάπτυξης και περιορισμού του οικολογικού τους αποτυπώματος. Η εκστρατεία υπέρ της ανάγκης λήψης άμεσων μέτρων για την μείωση του φαινομένου δεν θα πετύχει, εάν παράλληλα δεν αναδειχτούν οικονομικώς επωφελή μέτρα.

Χρειαζόμαστε μία οικονομία που να λειτουργεί για τον άνθρωπο χωρίς να προκαλεί προβλήματα στον πλανήτη. Μία οικονομία χαμηλού άνθρακα είναι αυτή την στιγμή η μοναδική επιλογή που έχει η ανθρωπότητα στον αγώνα ενάντια στην κλιματική αλλαγή.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Αλεξάνδρου Ν. Ε. (1985) *Γενική Οργανική Χημεία, Δομή-Φάσματα-Μηχανισμοί*, Τόμοι 1ος και 2ος, Θεσσαλονίκη.
2. Γιαννακουδάκης Δ. Α. (1986) *Φυσική Χημεία Καταστάσεων της Ύλης και Θερμοδυναμική*, εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.
3. Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, Θεματολογικά δελτία για την Ευρωπαϊκή Ένωση
4. <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/el/sheet/72/%CE%BA%CE%B1%CF%84%CE%B1%CF%80%CE%BF%CE%BB%CE%B5%CE%BC%CE%B7%CF%83%CE%B7-%CF%84%CE%B7%CF%82-%CE%BA%CE%BB%CE%B9%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%B7%CF%82-%CE%B1%CE%BB%CE%BB%CE%B1%CE%B3%CE%B7%CF%82>
5. Ζαχαρής Γρηγόριος Α.,Μπαγινέτας Κων/νος Ν., (2017) Κλιματική Αλλαγή. Οι πολιτικές της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την αντιμετώπισή της, baginetas.com
6. Κείμενο Πρωτοκόλλου Κιότο
7. https://el.wikisource.org/wiki/%CE%A0%CF%81%CF%89%CF%84%CF%8C%CE%BA%CE%BF%CE%BB%CE%BB%CE%BF_%CF%84%CE%BF%CF%85_%CE%9A%CE%B9%CF%8C%CF%84%CE%BF
8. Μαυράκης Δημήτρης, Κονιδάρη Πόπη, (2008), *Στοιχεία Κλιματικής Πολιτικής*, Εκδόσεις Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιον Αθηνών, Αθήνα.
9. ΟΟΣΑ. *Aligning Policies for a Low-carbon Economy - Summary in Greek*. OECD iLibrary. Ανακτήθηκε στις 21 Ιουνίου 2021.
10. Bodansky Daniel, (1998), *The History of the Global Climate Change Regime*, Graduate Institute Geneva graduateinstitute.ch
11. Energy Information Administration (EIA), 2000 (USA) Emissions of Greenhouse Gases in the United States 2000
12. European Investment Bank. 2021. *Decarbonising European industry: hydrogen and other solutions* (PDF).
13. European Commission, (2019) EU emissions trading system (EU ETS).
14. https://ec.europa.eu/clima/policies/ets_en
15. European Commission (2018), A Clean Planet for all: a European long-term strategic vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy: in-depth analysis in support of the commission communication COM p. 773 2018
16. https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/docs/pages/com_2018_733_analysis_in_support_en_0.pdf

17. Hanley N., Shogren J.F., White B. (Eds.), (1997), *Environmental Economics in Theory and Practice*, Macmillan Texts in Economics, Macmillan Press Ltd, Houndsmill, Hampshire, Great Britain.
18. Kerr Richard A. (2005) *How hot will the greenhouse world be*, Science vol. 309,
19. Maiss M, Manfield Levin I, Ingeborg (1994) *Global increase of SF6 observed in the atmosphere*, Geophysical Research Letters 21:569-572,
20. Morrison R. T., Boyd R. N. (1991) *Οργανική Χημεία Τόμος 1ος, Μετάφραση: Σακαρέλλος-Πηλίδης-Γεροθανάσης, Ιωάννινα.*
21. Papadis Elisa, Tsatsaronis George (2020) *Challenges in the decarbonization of the energy sector*, Energy Volume 205
22. Quaiattini Gordon (2008) *Biofuels are part of the solution* Canada.com, Retrieved December 23, 2009
23. Rissman Jeffrey, Bataille Chris, Masanet Eric, Aden Nate, Morrow William R., Nan Zhou, Elliott Neal, Dell Rebecca, Heeren Niko, Huckestein Brigitta, Cresko Joe, Miller Sabbie, Joyashree Roy, Fennell Paul, Cremmins Betty, Blank Koch Thomas, Hone David, Williams Ellen D., Stephane de la Rue du Can, Sisson Bill, Williams Mike, Katzenberger John, Burtraw Dallas, Girish Sethi, He Ping, David Danielson, Hongyou Lu, Lorber Tom, Dinkel Jens, Helseth Jonas (2020) *Technologies and policies to decarbonize global industry: Review and assessment of mitigation drivers through 2070*. Applied Energy 266
24. Sanchez-Lugo A. (2018) Global climate report - annual 2018. State of the climate
25. <https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/201813>
26. Talberg A. and Swoboda K. (2013), Emissions trading schemes around the world, Department of Parliamentary Services, Australia