

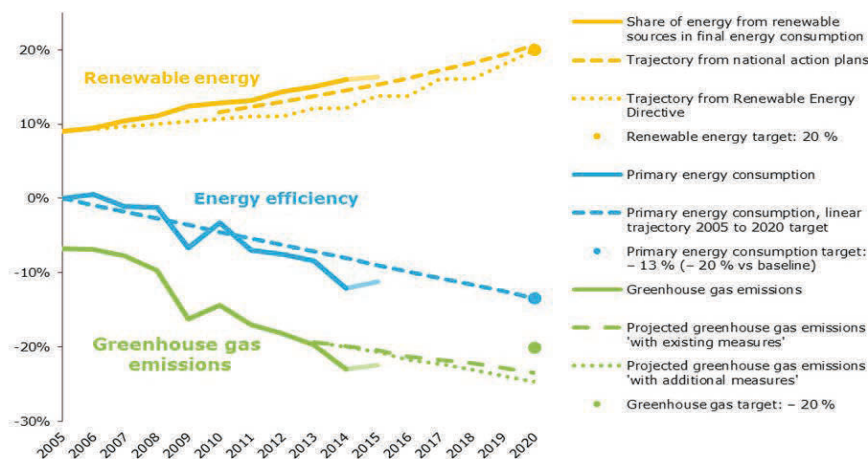
ΤΟ ΑΝΘΡΑΚΙΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ ΩΣ ΔΕΙΚΤΗΣ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΑΝΘΡΩΠΟΓΕΝΩΝ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ

Γιαμά Ε.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα τελευταία χρόνια η Ευρώπη, στο γενικότερο παγκόσμιο πλαίσιο, αντιμετωπίζει προκλήσεις στον ενεργειακό και οικονομικό τομέα. Το ευμετάβλητο οικονομικό κλίμα αποτελεί έντονη πηγή διαταραχών και τροχοπέδη στην βιώσιμη ανάπτυξη αρκετών Ευρωπαϊκών χωρών, ειδικά νοτίων. Παράλληλα με την συνεχόμενη αύξηση της κατανάλωσης, καταγράφεται και σημαντική αύξηση των αέριων ρύπων (CO₂, SO₂ και NO_x) με σημαντικές επιπτώσεις στο κλίμα και στην ποιότητα του αερίου περιβάλλοντος (π.χ φαινόμενο του θερμοκηπίου). Η ανάγκη για χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε συνδυασμό με την απαίτηση για υψηλότερη ποιότητα διαβίωσης και τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων αναδεικνύουν σε μείζονα σκοπό την ανάπτυξη και ενσωμάτωση τεχνολογιών που προωθούν την αξιοποίηση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και υιοθετούν βέλτιστες πρακτικές ορθολογικής χρήσης ενέργειας. Στην προσπάθεια αυτή, η Ευρωπαϊκή ένωση παίζει κυρίαρχο ρόλο μέσα από μία σειρά δράσεων και πρωτοβουλιών (Target 20-20-20) προκειμένου να βασιστεί αλλά και να διασφαλιστεί η ανάπτυξη σε γερές οικονομικές, κοινωνικές και περιβαλλοντικές βάσεις. Πιο συγκεκριμένα, η Ευρώπη έχει θέσει ως στόχο, το 20% της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης να προέρχεται από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) ως το 2020, με ακόμη πιο φιλόδοξους στόχους ως το 2030. Άλλωστε όπως είναι φανερό από το σχήμα 1, είμαστε κοντά στην εκπλήρωση των στόχων του 2020 με μικρές αποκλίσεις ανά περίπτωση.

Η Βιώσιμη Ανάπτυξη είναι η πρόκληση του 21ου αιώνα. Η εξέλιξη της ιδέας των βιώσιμων έργων σε όλους τους τομείς δραστηριοτήτων έγινε σταδιακά: Αρχικά, κυριαρχούσε το μοντέλο της παραδοσιακής υλοποίησης έργων με βασικά κριτήρια το κόστος, την ποιότητα και το χρόνο ολοκλήρωσης. Στη συνέχεια, η ιδέα της βιωσιμότητας αναπτύχθηκε σε τοπική κλίμακα εισάγοντας κριτήρια στο σχεδιασμό και στην κατασκευή που αφορούσαν στη χρήση πόρων, στις εκλυόμενες εκπομπές και στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις στο φυσικό οικοσύστημα. Τα κριτήρια αυτά ήρθαν να συνυπολογιστούν στα κριτήρια των παραδοσιακών μεθόδων υλοποίησης τεχνικών έργων και διεργασιών εισάγοντας την έννοια τη περιβαλλοντικής διάστασης σε όλους τους τομείς δραστηριοτήτων.



Σχήμα 1. Στόχοι “20-20-20” και πρόοδος της Ευρωπαϊκής Ένωσης στον τομέα της ενέργειας [Πηγή: EEA, 2017]

Επιπλέον, όλα τα συστήματα (τεχνικά έργα, κατασκευές, οργανισμοί) αποτελούν συστήματα διεργασιών που σε ολόκληρο τον κύκλο ζωής τους από το σχεδιασμό και την κατασκευή μέχρι τη λειτουργία και την αποδόμησή τους συνδέονται με τη χρήση ενέργειας, φυσικών πόρων και υλικών. Πολλές από τις διεργασίες αυτές όπως για παράδειγμα οι διεργασίες που αφορούν τις κατασκευές των κτιρίων συμπεριλαμβάνουν εκτός των άλλων και παραμέτρους που σχετίζονται με κοινωνικά θέματα. Δεν αποτελούν δηλαδή απλώς τεχνικά έργα, αλλά εκφράζουν ανάγκες, τρόπο ζωής, επιθυμία για ποιότητα και πολιτισμό. Ένα κτίριο είναι ένα σύστημα διεργασιών, το οποίο είναι σκόπιμο να εξεταστεί και να αξιολογηθεί όχι μόνο βάσει οικονομικών και κατασκευαστικών κριτηρίων αλλά και βάσει παραμέτρων που αφορούν στο περιβάλλον, την υγιεινή, την ασφάλεια και την ποιότητα ζωής των χρηστών του. Ένα κτίριο είναι ένα δυναμικό σύστημα που βρίσκεται σε διαρκή αλληλεπίδραση με το περιβάλλον.

Λαμβάνοντας λοιπόν υπόψη τη συνθετότητα του ζητήματος ολοκληρωμένης αξιολόγησης πλέον των υπό μελέτη συστημάτων αλλά και τις σύγχρονες απαιτήσεις και επιδιώξεις και πολιτικές έχουν αναπτυχθεί και υιοθετηθεί διάφορα εργαλεία και μεθοδολογίες που στόχο έχουν το συνυπολογισμό του περιβαλλοντικού και κοινωνικού κριτηρίου στη λήψη αποφάσεων. Τέτοιο εργαλείο είναι και η μεθοδολογία του Ανθρακικού Αποτυπώματος και τα Συστήματα Περιβαλλοντικής Διαχείρισης που έχουν ως στόχο τη βιωσιμότητα με παράλληλα οικονομικά και κοινωνικά οφέλη. Αποτελούν ολοκληρωμένα συστήματα αξιολόγησης, τα οποία στηρίζονται και συνεργάζονται με άλλες μεθοδολογίες και διαχειριστικά εργαλεία ενώ παράλληλα εναρμονίζονται με την ισχύουσα περιβαλλοντική νομοθεσία και πολιτική εθνική και κοινοτική.

ΤΟ ΑΝΘΡΑΚΙΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ

Περιγραφή μεθοδολογίας

Το Ανθρακικό Αποτύπωμα αντιπροσωπεύει το σύνολο των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου οι οποίες προκαλούνται άμεσα ή έμμεσα από τις δραστηριότητες ενός οργανισμού. Το αποτύπωμα συμπεριλαμβάνει τις εκπομπές έξι αερίων του θερμοκηπίου του Πρωτοκόλλου του Κιότο (Διοξείδιο του άνθρακα - CO₂, Μεθάνιο - CH₄, Νιτρώδες Οξείδιο - N₂O, Υδροφθοράνθρακες (HFCs), Υπερφθοράνθρακες (PFCs) και Εξαφθοριούχο θείο (SF₆)) και μετριέται σε τόνους ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα (tCO₂e) [1]. Ο υπολογισμός του Ανθρακικού Αποτυπώματος, εκτός του ότι αναδεικνύει τα συγκριτικά πλεονεκτήματα και τις ελλείψεις του οργανισμού σε σχέση με την περιβαλλοντική του επίδοση και τη διαχείριση των κλιματικών επιβαρύνσεων, αποτελεί σημαντικό παράγοντα βελτίωσης της ενεργειακής αποδοτικότητας, της καλύτερης διαχείρισης πόρων και κατ' επέκταση της μείωσης του κόστους. Ο βασικός στόχος της μεθοδολογίας του Ανθρακικού Αποτυπώματος είναι ο προσδιορισμός της περιβαλλοντικής επίδοσης του οργανισμού. Η περιβαλλοντική επίδοση αφορά στον υπολογισμό των εκπομπών του αερίου του Θερμοκηπίου (αποτύπωμα άνθρακα/ carbon foot print) από τις διεργασίες που περιλαμβάνει το υπό μελέτη σύστημα.

Οι παραγόμενες εκπομπές του υπό μελέτη συστήματος χωρίζονται σε τρία (3) πεδία [2]. Εκπομπές Πεδίου 1: Περιλαμβάνουν τις άμεσες εκπομπές από τη λειτουργία του οργανισμού και πηγάζουν από δραστηριότητες όπως η καύση ορυκτών πόρων από σταθερές πηγές, η χρήση οχημάτων, διαφυγόντα αέρια από συσκευές κλιματισμού-ψύξης κλπ, και αποτελούν το μεγαλύτερο ποσοστό του ανθρακικού αποτυπώματος. Πιο αναλυτικά:

Σταθερές πηγές: Εκπομπές από καυστήρες, γεννήτριες, αντλίες και άλλες συσκευές εσωτερικής καύσης, που λειτουργούν εντός των ορίων του υπό μελέτη συστήματος, για την παραγωγή ηλεκτρισμού, θερμότητας ή ατμού. Στο πεδίο αυτό χρησιμοποιούνται πρωτογενή δεδομένα που σχετίζονται με την κατανάλωση καυσίμων, σε φυσικές μονάδες (λίτρα ή κυβικά μέτρα), καθώς και οι αντίστοιχοι συντελεστές εκπομπής ανά τύπο καυσίμου.

Κινητές πηγές: Εκπομπές από αυτοκινούμενα οχήματα που διέρχονται εντός των ορίων του υπό μελέτη συστήματος (π.χ. Ι.Χ. επιβατικά, φορτηγά ελαφράς < 3.5t και βαριάς χρήσης > 3.5t, δίκυκλα, λοιπά οχήματα) καθώς και από ιδιόκτητα ή μισθωμένα οχήματα. Επίσης στο πεδίο αυτό περιλαμβάνονται και εκπομπές από ειδικά οχήματα (π.χ. εκσκαφείς, φορτηγά, γερανοί, εκχιονιστικά κτλ) που χρησιμοποιούνται για εργασίες που αφορούν στο υπό μελέτη σύστημα.

Διαφυγόντα αέρια: Ψυκτικά αέρια και φθοριούχες ενώσεις που εκπέμπονται από κινητές ή σταθερές μονάδες κλιματισμού και ψύξης. Θα υπολογιστούν πολλαπλασιάζοντας την ποσότητα του αερίου που διαφεύγει στην ατμόσφαιρα με το αντίστοιχο Δυναμικό Θέρμανσης (GWP).

Ο υπολογισμός των εκπομπών του Πεδίου 2 που αφορά στα οχήματα, βασίζεται στην μεθοδολογία που ακολουθείται από δύο διεθνή Πρότυπα [3]:

α) Τον Οδηγό Απογραφής Αερίων Εκπομπών της Ευρωπαϊκής Υπηρεσίας Περιβάλλοντος (EMEP/EEA air pollutant emission inventory guide book 2013, Category 1.A.3.b – Exhaust emissions from road transport).

β) Το Ευρωπαϊκό Πρότυπο DIN16258:2012 για τον υπολογισμό ενεργειακής κατανάλωσης και εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από υπηρεσίες μεταφορών

(DIN16258:2012 Methodology for calculation and declaration of energy consumption and GHG emissions of transport services (freight and passengers))

Τα δύο αυτά πρότυπα ακολουθούν κοινή μεθοδολογία, προσδιορίζοντας τρεις εναλλακτικές μεθόδους (Tier 1, Tier 2 και Tier 3) για τον υπολογισμό εκπομπών από την οδική κυκλοφορία, με βάση τα στοιχεία δραστηριότητας που υπάρχουν διαθέσιμα (activity data). Τα δεδομένα που αφορούν στη δραστηριότητα των οχημάτων όπως κυκλοφοριακοί φόρτοι, σύνθεση στόλου οχημάτων, μέση ταχύτητα κίνησης ανά κατηγορία οχήματος, μέσες διανυθείσες διαδρομές ανά κατηγορία οχήματος, συντελεστές τριβής οδοστρώματος κλπ. Χρησιμοποιούνται εναλλακτικά στην περίπτωση που δεν υπάρχουν δεδομένα καταναλώσεων καυσίμων των οχημάτων του που μελέτη συστήματος.

Εκπομπές Πεδίου 2: Σύμφωνα με το Πρότυπο του GHG Protocol (Corporate Accounting and Reporting Standard), περιλαμβάνουν τις έμμεσες εκπομπές από την αγορά ηλεκτρικής ενέργειας ή θερμότητας που παράγεται εκτός ορίων του υπό μελέτη συστήματος, αλλά καταναλώνεται εντός ορίων του συστήματος.

Αγορά ηλεκτρικής ενέργειας: Περιλαμβάνει το σύνολο της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται από το υπό μελέτη σύστημα και αποτελεί σημαντικό μέρος της απογραφής του Ανθρακικού Αποτυπώματος του οργανισμού. Τα πρωτογενή στοιχεία δραστηριότητας που απαιτούνται για τον υπολογισμό των εκπομπών περιλαμβάνουν την συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ανά έτος σε κιλοβατώρες (kWh), και το συντελεστή εκπομπής που αναπαριστά το μείγμα καυσίμου που χρησιμοποιείται από τις μονάδες παραγωγής ηλεκτρισμού των παρόχων και που είναι αντιπροσωπευτικός της γεωγραφικής περιοχής. Τα δύο είδη πρωτογενών δεδομένων αναμένεται να είναι άμεσα διαθέσιμα από τις υπηρεσίες του εκάστοτε οργανισμού του οποίου το σύστημα μελετάται και του διαχειριστή του δικτύου διανομής ηλεκτρικής ενέργειας (ΔΕΔΔΗΕ). Οι εκπομπές αυτές διαχωρίζονται σε επιμέρους κατηγορίες ακολουθώντας το πρότυπο του GHG Protocol (Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard). Ανάλογα με τα όρια του υπό μελέτη συστήματος οι κύριες πηγές εκπομπών του Πεδίου 3 που συστήνεται κατά τον υπολογισμό του Ανθρακικού Αποτυπώματος είναι οι εξής:

- Εκπομπές υπεργολάβων
- Μετακινήσεις και ταξίδια προσωπικού
- Διάθεση απορριμμάτων
- Απώλειες κατά την μεταφορά και διανομή ηλεκτρικής ενέργειας

Η πλειοψηφία των πρωτογενών δεδομένων για τις δραστηριότητες του Πεδίου 3 αναμένεται να είναι διαθέσιμη από τις υπηρεσίες του υπό μελέτη οργανισμού και των υπεργολάβων που εμπλέκονται στις διεργασίες του συστήματος.

Η βασική διαδικασία που προτείνεται για τον υπολογισμό των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, ανά Πεδίο και πηγή εκπομπής είναι η εξής [4]:

Βήμα 1ο: Ανάπτυξη χάρτη διεργασιών εντός συστήματος. Καθορισμός πρωτογενών δεδομένων που απαιτούνται για τον υπολογισμό εκπομπών (π.χ. κατανάλωση καυσίμου, ηλεκτρικής ενέργειας) ανά διεργασία

Βήμα 2ο: Συλλογή των πρωτογενών δεδομένων από το εμπλεκόμενο προσωπικό του οργανισμού

Βήμα 3ο: Επιλογή αντίστοιχων συντελεστών εκπομπών από αξιόπιστες βάσεις δεδομένων, βάσει των πρωτογενών στοιχείων που έχουν συλλεχθεί

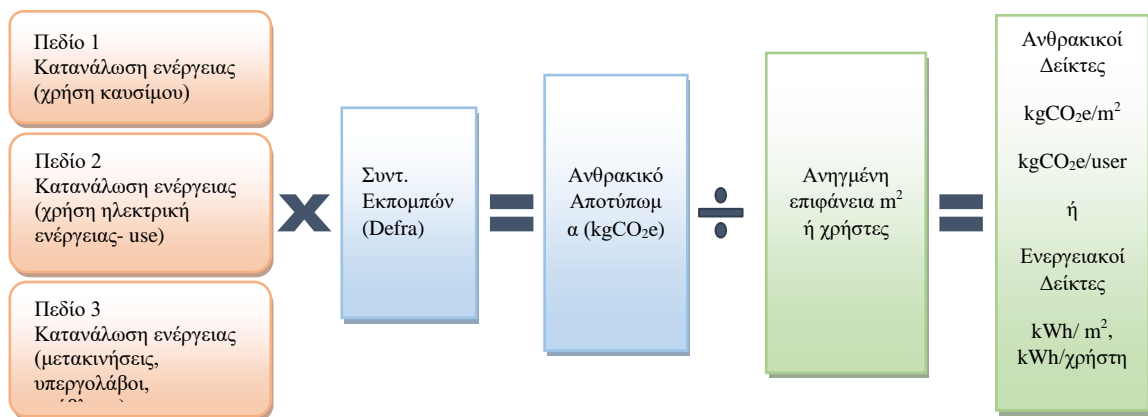
Βήμα 4ο: Υπολογισμός εκπομπών ανά αέριο θερμοκηπίου με χρήση των κατάλληλων συντελεστών εκπομπής από τη βάση δεδομένων.

Βήμα 5ο: Μετατροπή των εκπομπών σε ισοδύναμους τόνους CO₂, (tCO₂e), χρησιμοποιώντας το Δυναμικό Θέρμανσης του Πλανήτη (GWP).

Μεθοδολογία υπολογισμού εκπομπών και ανθρακικών δεικτών

Το συνολικό ανθρακικό αποτύπωμα του υπό μελέτη συστήματος θα προκύψει από το άθροισμα των επιμέρους εκπομπών ανά διεργασία και θα χρησιμοποιηθούν δεδομένα που μετρώνται ή καταγράφονται από το φορέα. Για διεργασίες που δεν υπάρχουν πρωτογενή δεδομένα ή τα διαθέσιμα δεδομένα είναι ατελή, τότε χρησιμοποιείται προσεγγιστική μεθοδολογία υπολογισμού και εκτιμήσεις από τη βιβλιογραφία από αντίστοιχα συστήματα που έχουν υπολογιστεί ή από βάση δεδομένων υπολογιστικών εργαλείων. Η μεθοδολογία για τον υπολογισμό εκπομπών ανά πεδίο παρουσιάζεται συνοπτικά και στο σχήμα 2 που ακολουθεί.

Η βασική μεθοδολογία υπολογισμού ακολουθεί τα σημεία που περιγράφηκαν παραπάνω (παράγραφος 2.1) παρόλα αυτά ανάλογα με τις ιδιαιτερότητες του εκάστοτε συστήματος που μελετάται και των επιμέρους διεργασιών που περιλαμβάνει το σύστημα διαφοροποιούνται οι εκπομπές ανά πεδίο. Πρωτόκολλα υπολογισμού του ανθρακικού αποτυπώματος είναι διεθνώς αναγνωρισμένες μεθοδολογίες μέτρησης όπως: Green House Gas Protocol, ISO 14064, EN 16258/2012, EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory [5,6].



Σχήμα 2. Μεθοδολογία υπολογισμού Ανθρακικού Αποτυπώματος ανά πεδίο

Βασικά σημεία που χρίζουν ιδιαίτερης προσοχής κατά τον υπολογισμό του Ανθρακικού Αποτυπώματος είναι ο προσδιορισμός του έτους αναφοράς και ο προσδιορισμός του υπό μελέτη συστήματος και των επιμέρους διεργασιών. Είναι σημαντική η οριοθέτηση του συστήματος και η καταγραφή των διεργασιών που περιλαμβάνει καθώς και η σαφής περιγραφή των ορίων του ελέγχου και των υπό συστημάτων που περιλαμβάνονται (πληροφορίες αναφορικά με τη χρήση και το πλήθος των κτιρίων / εγκαταστάσεων / διεργασιών / στόλου οχημάτων).

Άλλο ένα σημαντικό σημείο είναι ο προσδιορισμός ανθρακικών δεικτών, οι δείκτες αυτοί μπορεί να αφορούν την παραγωγή/δραστηριότητα και το μέγεθος του οργανισμού (τόνοι της παραγωγής, τον αριθμό των εργαζομένων, κ.λπ.). Οι δείκτες αυτοί επιτρέπουν τη σύγκριση των διαφορετικών συστημάτων. Για το υπό μελέτη σύστημα και το έτος αναφοράς καταγράφονται η χρήση φυσικών πόρων ενέργειας και νερού

καθώς και τα απορρίμματα, αναλυτικότερα συλλέγονται δεδομένα που αφορούν συνοπτικά:

- Στο συνολικό αριθμό και τα χαρακτηριστικά του στόλου οχημάτων του οργανισμού.
- Στη συνολική εγκατεστημένη ισχύ (ηλεκτρική, θερμική).
- Στη συνολική εγκατεστημένη ισχύ ανά χρήση (θέρμανση, ψύξη, φωτισμό, κλπ).
- Στην κατανάλωση ανά τύπο ενεργειακού προϊόντος (ηλεκτρική ενέργεια-kWh, πετρέλαιο θέρμανσης-tn, diesel-tn, φυσικό αέριο-Nm³).
- Στην ισχύ και τα χαρακτηριστικά των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας ή/και ΣΗΘ, αν υπάρχουν.
- Στοιχεία μεταφορών. Τα στοιχεία μεταφορών αφορούν στην μετακίνηση των χρηστών, των πελατών και των προμηθευτών. Για το λόγο αυτό καταγράφονται: α) το πλήθος των χρηστών, των προμηθευτών και των πελατών, β) το είδος του μεταφορικού μέσου και γ) η χιλιομετρική απόσταση ή το είδος και η ποσότητα του καυσίμου.
- Κατανάλωση νερού.
- Είδος και ποσότητα απορριμμάτων.

Στη συνέχεια και με βάση το αναγνωρισμένο πρότυπο με το οποίο θα γίνει ο υπολογισμός του ανθρακικού αποτυπώματος γίνονται οι απαραίτητοι υπολογισμοί (με χρήση ή χωρίς εξειδικευμένου λογισμικού) ενώ θα πρέπει να αναφέρονται σε κάθε περίπτωση και οι συντελεστές εκπομπών που χρησιμοποιήθηκαν.

Στο τέλος του υπολογισμού της περιβαλλοντικής επίδοσης που αποτελεί στόχο της μεθοδολογίας του Ανθρακικού Αποτυπώματος συντάσσεται αναλυτική έκθεση τελικών αποτελεσμάτων που περιλαμβάνει:

- α) τη μεθοδολογία συλλογής δεδομένων
- β) την αναλυτική περιγραφή της υφιστάμενης κατάστασης
- γ) τη μεθοδολογία υπολογισμού, το πρότυπο, το λογισμικό και τους συντελεστές εκπομπών που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό του ανθρακικού αποτυπώματος
- δ) τα αποτελέσματα των υπολογισμών και της περιβαλλοντικής επίδοσης του υπό μελέτη συστήματος
- ε) τη βελτίωση της υφιστάμενης κατάστασης και τη μείωση του ανθρακικού αποτυπώματος με εφαρμογή μέτρων/ παρεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας και φυσικών πόρων.

Με την έκθεση τελικών αποτελεσμάτων γνωστοποιείται η περιβαλλοντική επίδοση του υπό μελέτη οργανισμού στην αγορά και στο ευρύ κοινό.

Τέλος, προτείνεται μετά τον υπολογισμό του Ανθρακικού Αποτυπώματος η μοντελοποίηση των υπολογισμών σε ένα δυναμικό σύστημα ώστε να μπορούν να επαναυπολογίζονται οι ανθρακικοί δείκτες κάθε έτους ανάλογα με τα δεδομένα εισόδου κάθε φορά.

Στο στάδιο της μοντελοποίησης του ανθρακικού αποτυπώματος, ενσωματώνεται η μεθοδολογία που περιγράφεται στην παράγραφο 2.1. Για κάθε κατηγορία εκπομπών δημιουργούνται πίνακες δεδομένων εισόδου (inventories), όπου καταγράφονται οι διεργασίες του υπό μελέτη συστήματος, οι πηγές δεδομένων και η μεθοδολογία που θα ακολουθηθεί για τον υπολογισμό των εκπομπών, και αυτά θα αποτελούν τα δεδομένα εισόδου στο μοντέλο. Η μοντελοποίηση των υπολογισμών με ένα γραφικό περιβάλλον φιλικό προς τους χρήστες υλοποιεί τον αλγόριθμο της μεθοδολογίας 2.2, περιλαμβάνει μενού εισαγωγής για τις βασικές παραμέτρους ανά Πεδίο και διεργασία (π.χ. εκπομπές από κινητές πηγές του Πεδίου 1) και αυτοματοποιεί τους υπολογισμούς των εκπομπών. Συνοψίζοντας το Ανθρακικό Αποτύπωμα αποτελεί μια μεθοδολογία ποσοτικοποίησης

των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα που παράγονται άμεσα ή έμμεσα από μία δραστηριότητα είτε συσσωρεύονται κατά τα στάδια ζωής ενός προϊόντος, ενός αγαθού ή μιας διεργασίας. Μπορεί να αναφέρεται σε άτομα, προϊόντα, επιχειρήσεις, οργανισμούς ή κράτη. Για παράδειγμα, σε ατομικό επίπεδο το ανθρακικό αποτύπωμα προκύπτει από την ενέργεια που καταναλώνει το άτομο για οικιακές δραστηριότητες(θέρμανση, ψύξη, φωτισμός κ.τ.λ.), από τον τρόπο μετακίνησής του (λεωφορείο, αυτοκίνητο κ.τ.λ.), από τα προϊόντα που καταναλώνει αλλά και τις συσκευές που χρησιμοποιεί. Αντίστοιχα, για κάποια επιχείρηση λαμβάνονται υπόψη το ποσό και το είδος της ενέργειας που χρησιμοποιεί, ο αριθμός των υπαλλήλων και των προμηθευτών της, ο εξοπλισμός που διαθέτει καθώς και ο αριθμός των οχημάτων που χρησιμοποιούνται για τις δραστηριότητές της.

ΤΟ ΑΝΘΡΑΚΙΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ ΚΑΙ Η ΣΥΝΕΡΓΙΑ ΜΕ ΆΛΛΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

Όπως ήδη αναφέρθηκε στην εισαγωγή για να συμπεριληφθεί το περιβαλλοντικό κριτήριο στο σχεδιασμό και στη λήψη αποφάσεων διαφορά εργαλεία περιβαλλοντικής αξιολόγησης έχουν αναπτυχθεί και εφαρμόζονται ανάλογα με τις επιδιώξεις του μελετητή και το είδος του έργου. Οι δυο βασικές κατηγορίες εργαλείων είναι τα εργαλεία διεργασιών όπως το Ανθρακικό Αποτύπωμα και η Ανάλυση Κύκλου Ζωής (AKZ) ενώ αναλυτικά εργαλεία ανήκουν τα Συστήματα Περιβαλλοντικής Διαχείρισης (EMAS, ISO 14001).

Η AKZ από τις αρχές του 1980 υπήρξε από τις πλέον διαδεδομένες μεθόδους περιβαλλοντικής αξιολόγησης διεργασιών και προϊόντων υπολογίζοντας την περιβαλλοντική επίδοση του υπό μελέτη συστήματος από την «κούνια ως το θάνατο», σε όλο τον κύκλο ζωής από την εξόρυξη/ κατασκευή μέχρι και την τελική διάθεση. Κατά την εφαρμογή της μεθοδολογίας AKZ εκτιμώνται όλες οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που σχετίζονται με τα δεδομένα εισροών (χρήση πρώτων/ βοηθητικών υλών και ενέργειας) όπως οι αέριες εκπομπές, η χρήση γης, τα στερεά και υγρά απόβλητα. Στη συνέχεια και από τα δεδομένα εκροών που υπολογίστηκαν (αέριες εκπομπές, χρήση γης, στερεά και υγρά απόβλητα) εκτιμώνται οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Η εφαρμογή της μεθοδολογίας της AKZ στηρίζεται στα πρότυπα ISO 14040- 14043 και υπολογίζει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι στην προσπάθεια απλοποίησης της μεθοδολογίας η οποία είναι αρκετά περίπλοκη καθώς χρειάζονται για την εφαρμογή της πληθώρα πρωτογενών δεδομένων έχει υιοθετηθεί η προσέγγιση της “cradle to gate approach” η οποία περιορίζει την ανάλυση από την «κούνια» μέχρι και την «πύλη» αποκλείοντας από το υπό μελέτη σύστημα τη διεργασία της τελικής διάθεσης.

Το Ανθρακικό Αποτύπωμα σε σύγκριση με την AKZ ενώ ακολουθεί την ίδια λογική είναι πιο εύκολη ως μεθοδολογία στην εφαρμογή και εστιάζει στον υπολογισμό των εκπομπών του αερίου του θερμοκηπίου και στην περιβαλλοντική επίπτωση της κλιματικής αλλαγής. Στους πίνακες 1 και 2 που ακολουθούν παρουσιάζεται μια ποιοτική συγκριτική αξιολόγηση του Ανθρακικού Αποτυπώματος με την Ανάλυση Κύκλου Ζωής και άλλα εργαλεία περιβαλλοντικής αξιολόγησης [7].

Τα Συστήματα Περιβαλλοντικής Διαχείρισης Κτιρίων έχουν συγκεκριμένη στοχοθεσία, που είναι η επίτευξη βιώσιμων κατασκευών, με παράλληλα οικονομικά και κοινωνικά οφέλη. Αποτελούν ολοκληρωμένα συστήματα αξιολόγησης, τα οποία στηρίζονται σε

άλλες μεθοδολογίες και διαχειριστικά εργαλεία ενώ παράλληλα εναρμονίζονται με την ισχύουσα περιβαλλοντική νομοθεσία.

Η δομή τους στηρίζεται στον προσδιορισμό επιμέρους πτυχών (περιοχών περιβαλλοντικούς ενδιαφέροντος) και ορισμένων κριτηρίων ανά πτυχή, ανάλογα με την πλήρωση των οποίων συγκεντρώνονται μονάδες, από το άθροισμα των οποίων αξιολογείται το κτίριο. Τα συστήματα έχουν σχεδιαστεί για να μπορούν να αξιολογούν την περιβαλλοντική επίδοση τόσο νεόδμητων όσο και υφιστάμενων κτιρίων, με βάση συγκεκριμένα πρότυπα αξιολόγησης. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στο ότι ο βιώσιμος σχεδιασμός στοχεύει στην αξιολόγηση των περιβαλλοντικών πτυχών σε όλο τον κύκλο ζωής των κτιρίων.

Εργαλείο	Τύπος	Προσέγγιση	Εφαρμογή
Ανάλυση Κύκλου Ζωής (AKZ)/ Life Cycle Analysis (LCA)	Μεθοδολογία διεργασιών		ανά διεργασία/ προϊόν
Ανθρακικό Αποτύπωμα/ Carbon Footprint Analysis	Μεθοδολογία διεργασιών	Από την κούνια ως το θάνατο ή από την κούνια ως την πύλη (cradle to grave or cradle to gate)	ανά άνθρωπο/ νοικοκυριό/ διεργασία/ προϊόν
Οικολογικό Σήμα	Μεθοδολογία διεργασιών	Από την κούνια ως το θάνατο (cradle to grave)	ανά προϊόν
Συστήματα Περιβαλλοντικής Διαχείρισης	Αναλυτικό εργαλείο	Αξιολόγηση όλων των περιβαλλοντικών πτυχών ενός οργανισμού	ανά οργανισμό

Πίνακας 1. Σύγκριση μεθοδολογιών με βάση την προσέγγιση και την εφαρμογή

Εργαλεία	Εκπομπές /επιπτώσεις	Πρότυπα	Προτεινόμενοι Δείκτες παρακολούθησης
AKZ	Αέριες εκπομπές στερεά και υγρά απόβλητα	ISO 14040 -14044 ISO14031	Λειτουργικοί Δείκτες/ Operational Performance Indicator (OPI): Ενέργεια (kWh/kg υλικού) Θέρμανση (lt/kg υλικού) Πρώτες ύλες (kg/kg υλικού) Υλικό συσκευασιών (kg/ kg υλικού)
	Κλιματική αλλαγή, Οξείνιση, Ευτροφισμός, Νέφος, Στερεά απόβλητα		Περιβαλλοντικοί Δείκτες/ Environmental Condition Indicators (ECI): CO2 equivalent, SO2 equivalent, PO4 equivalent, SPM equivalent, C2H4 equivalent/ kg παραγόμενου προϊόντος
Ανθρακικό Αποτύπωμα	Αέρια Θερμοκηπίου	PAS 2050 ISO 14064-65 ISO 14031	Λειτουργικοί Δείκτες/ Operational Performance Indicator (OPI): Ενέργεια (kWh/kg υλικού) Θέρμανση (lt/kg υλικού) Πρώτες ύλες (kg/kg υλικού) Υλικό συσκευασιών (kg/ kg υλικού)
	Κλιματική Αλλαγή		Περιβαλλοντικοί Δείκτες/ Environmental Condition Indicators (ECI): CO2 equivalent/ kg παραγόμενου προϊόντος

Πίνακας 2. Ανάλυση Κύκλου Ζωής και Ανθρακικό Αποτύπωμα – Επιπτώσεις και δείκτες παρακολούθησης

Για το σκοπό αυτό έχουν αναπτυχθεί αρκετά συστήματα περιβαλλοντικής αξιολόγησης της περιβαλλοντικής απόδοσης των κτιρίων, με σημαντικότερα το Βρετανικό BREEAM και το Αμερικανικό LEED.

Το Βρετανικό πρότυπο Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology (BREEAM) είναι το παλαιότερο σύστημα που διαμορφώθηκε για τον προσδιορισμό της περιβαλλοντικής επίδοσης των κτιρίων. Στη δομή του στηρίχθηκαν όλα τα μεταγενέστερα συστήματα αξιολόγησης ενώ η αναγνωρισιμότητα του είναι παγκόσμια. Επιπλέον, προσαρμόζει τις προδιαγραφές εφαρμογής των κριτηρίων ανάλογα με τη ισχύουσα νομοθεσία του κράτους στο οποίο βρίσκεται το υπό μελέτη κτίριο και έχει ενσωματώσει στη δομή του τις αρχές προτύπων ISO όπως το ISO 14001 (Συστήματα Περιβαλλοντικής Διαχείρισης), το ISO 14040-14043 (Ανάλυση Κύκλου Ζωής) ενώ βρίσκεται σε συμβατότητα με τη σειρά των νέων προτύπων ISO (21931-1:2010) για τη «βιωσιμότητα στην κατασκευή κτιρίων» καθώς και με τα ευρωπαϊκά υπό κατασκευή πρότυπα CEN / TC 350 [8,9].

Αντίστοιχα, το πρότυπο Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) από τις Η.Π.Α. είναι και αυτό από τα πιο ώριμα συστήματα που έχουν αναπτυχθεί για τον προσδιορισμό της περιβαλλοντικής επίδοσης των κτιρίων, η δε δομή του στηρίχτηκε στο Βρετανικό BREEAM. Η αναγνωρισιμότητά του είναι παγκόσμια και ένα από τα βασικά του πλεονεκτήματα σε σχέση και με τα υπόλοιπα συστήματα αξιολόγησης είναι οι εύχρηστες διαδικτυακές φόρμες επικοινωνίας που διευκολύνουν την εφαρμογή του σε χώρες εκτός Βορείου Αμερικής.

Από τα πλέον πιο πρόσφατα συστήματα στο διεθνή χώρο είναι το γερμανικό DGNB-Zertifikat, το οποίο χορηγείται από τη Γερμανική Εταιρεία για την Αειφόρο Δόμηση (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen). Εφαρμόζεται κυρίως στη Γερμανία, στην Αυστρία, στη Δανία και στην Ελβετία, ενώ εκπροσωπείται μέσω συνεργασιών και σε άλλες δέκα περίπου χώρες.

Η δομή των συστημάτων αυτών στηρίζεται στη συλλογή μονάδων και έχουν σχεδιαστεί για να αξιολογούν την περιβαλλοντική επίδοση νέων και υφιστάμενων κτιρίων με βάση συγκεκριμένο πρότυπο αξιολόγησης. Ο βιώσιμος σχεδιασμός στοχεύει στην αξιολόγηση των περιβαλλοντικών πτυχών στον κύκλο ζωής των κτιρίων. Η ουσιαστική διαφοροποίηση των συστημάτων έγκειται στους βαθμούς που δίνει το εκάστοτε σύστημα αξιολόγησης ανά κριτήριο και περιβαλλοντική πτυχή. Ο βασικός όμως στόχος της αξιολόγησης της περιβαλλοντικής επίδοσης και της ολιστικής προσέγγισης του περίπλοκου ζητήματος της περιβαλλοντικής αξιολόγησης των κτιρίων παραμένει κοινός για όλα τα συστήματα.

Η σημαντική τους διαφοροποίηση με τα άλλα εργαλεία και τις μεθοδολογίες περιβαλλοντικής αξιολόγησης είναι ότι εστιάζουν στο κτίριο και δεν μπορούν να εφαρμοστούν σε άλλα συστήματα. Οι βασικοί στόχοι των συστημάτων περιβαλλοντικής αξιολόγησης κατά LEED και BREEAM, που αποτελούν παράλληλα και κίνητρο για την εφαρμογή τους στα κτίρια είναι η βελτίωση της περιβαλλοντικής επίδοσης των κτιρίων στον κύκλο ζωής τους, η αναγνωσιμότητα στην ελεύθερη αγορά των κτιρίων με μειωμένες περιβαλλοντικές επιπτώσεις, η συμμόρφωση με την περιβαλλοντική νομοθεσία και τα διεθνή πρότυπα πιστοποίησης, η μείωση των λειτουργικών εξόδων στα κτίρια, η βελτίωση των συνθηκών εργασίας και της ποιότητας ζωής των χρηστών στα κτίρια, η ευαισθητοποίηση για τη βιωσιμότητα των κτιρίων και την υιοθέτηση καινοτόμων και παράλληλα οικονομικά αποδεκτών πρακτικών για την περιβαλλοντική και ενεργειακή βελτίωση των κτιρίων και η ποσοτικοποίηση της περιβαλλοντικής επίδοσης κτιρίων και σύνδεσή της με οικονομικά και κοινωνικά οφέλη.

Το σημαντικό είναι πως όλα τα εργαλεία και οι μεθοδολογίες που στοχεύουν στο συνυπολογισμό του περιβαλλοντικού κριτηρίου στη λήψη αποφάσεων λαμβάνουν ως κριτήριο στη διαδικασία αξιολόγησης και τον χρήστη εκτός δηλαδή από περιβαλλοντικά είναι αναμφισβήτητα και ανθρωποκεντρικά εργαλεία. Αλλά και το αντίστροφο στοχεύουν στη βελτίωση της ποιότητας ζωής των χρηστών αλλά τα αποτελέσματα της περιβαλλοντικής αξιολόγησης είναι άρρηκτα συνδεδεμένα με την ποιότητα ζωής αλλά και με τις ανθρώπινες διεργασίες που περιλαμβάνονται στο υπό μελέτη σύστημα.

ΑΝΘΡΑΚΙΚΟ ΑΠΟΤΥΠΩΜΑ ΚΑΙ ΑΝΘΡΩΠΟΓΕΝΕΙΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ

Όσον αφορά τη συνεισφορά των τομέων στις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου οι δραστηριότητες που έχουν σχέση με την ενέργεια αποτελούν τη μεγαλύτερη πηγή των αερίων του θερμοκηπίου σε ποσοστό 77,9%. Από το ποσοστό αυτό το 95% περιλαμβάνουν κυρίως εκπομπές CO₂ και σε πολύ μικρότερο ποσοστό μεθάνιο και υποξείδιο του αζώτου (1,5% και 3,5% αντίστοιχα). Οι άλλοι τομείς σε σχέση με τον τομέα της ενέργειας συνεισφέρουν αισθητά λιγότερο στις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου συγκεκριμένα ο τομέας της γεωργίας συνεισφέρει σε ποσοστό περίπου 8%, οι βιομηχανικές διεργασίες σε ποσοστό περίπου 10%, τα απόβλητα σε ποσοστό 4%. Είναι σημαντική η διαφορά συγκρινόμενη με την χρήση ενέργειας. Φαίνεται λοιπόν ακόμα πιο ξεκάθαρα πόσο αλληλένδετη είναι η χρήση ενέργειας με το περιβάλλον και το ανθρακικό αποτύπωμα άρα πόσο συνδεδεμένες είναι όλες οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες που σχετίζονται με κατανάλωση ενέργειας με τις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου και η συμβολή αυτών σε περιβαλλοντικές επιπτώσεις όπως είναι η κλιματική αλλαγή και το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

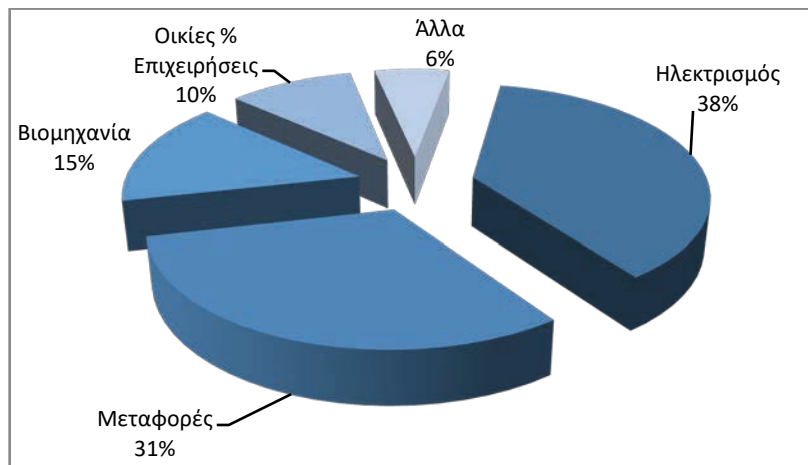
Είναι σημαντικό να δούμε τις παραμέτρους που επηρεάζουν τις ενεργειακές καταναλώσεις και κατά συνέπεια και το ανθρακικό αποτύπωμα. Μια σημαντική παράμετρος που επηρεάζει την ενεργειακή κατανάλωση είναι τα δημογραφικά στοιχεία μιας χώρας, ο πληθυσμός, ο αριθμός των νοικοκυριών, ο αριθμός των μελών των νοικοκυριών. Η εξέλιξη του πληθυσμού και των νοικοκυριών αποτελεί βασική παράμετρος της ενεργειακής κατανάλωσης γιατί επηρεάζει πολλούς τομείς τον κτιριακό, τον τριτογενή και τις μεταφορές. Άλλοι σημαντικοί παράγοντες που επηρεάζουν την ενεργειακή κατανάλωση είναι οι καιρικές συνθήκες, τα μακροοικονομικά μεγέθη, οι τιμές και η φορολογία των καυσίμων καθώς και το νομοθετικό πλαίσιο και οι πολιτικές που υιοθετούνται στον τομέα της ενέργειας και των καυσίμων.

Το βέβαιο είναι ότι η τελική κατανάλωση ενέργειας ανά τομέα είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της οικονομικής ανάπτυξης της χώρας. Οι βασικοί τομείς οικονομικής δραστηριότητας είναι ο βιομηχανικός, ο τομέας μεταφορών, ο οικιακός, ο τριτογενής και ο αγροτικός. Με στόχο τη μείωση του ανθρακικού αποτυπώματος και των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου προτείνονται και εφαρμόζονται στην Ελλάδα ανά τομέα ορισμένα μέτρα. Αναλυτικότερα για τον κτιριακό/ οικιακό τομέα παρεμβάσεις που προτείνονται είναι: η βελτίωση του κελύφους των υφιστάμενων κτιρίων, η βελτίωση της θερμικής συμπεριφοράς των κτιρίων του οικιακού τομέα αλλά και του τριτογενή, η ενεργειακή αναβάθμιση του εξοπλισμού, η αλλαγή και η σωστή συντήρηση των ενεργειακών συστημάτων, η αντικατάσταση των πεπαλαιωμένων λεβήτων κεντρικής θέρμανσης, ο σκιασμός και η εκμετάλλευση του νυχτερινού αερισμού, η αναβάθμιση των

συστημάτων φωτισμού καθώς και των ηλεκτρικών συσκευών, η εισαγωγή τεχνολογιών μειωμένων εκπομπών CO₂ η διείσδυση των ΑΠΕ και των αυτοματισμών τόσο στο φωτισμό όσο και στα ενεργειακά συστήματα.

Στον τομέα των μεταφορών σημαντική παράμετρος για τη μείωση των ενεργειακών καταναλώσεων και τη μείωση του ανθρακικού αποτυπώματος από τις μεταφορές είναι οι ορθολογική συντήρηση του στόλου των οχημάτων και η ανανέωση αυτού όποτε κρίνεται σκόπιμη, η χρήση μέσων μαζικής μεταφοράς, η χρήση νέων καυσίμων, η εκπαίδευση τόσο για βελτίωση στην οδηγική συμπεριφορά όσο και για την αύξηση στη χρήση αστικών συγκοινωνιών αλλά και εναλλακτικών τρόπων μεταφοράς (ποδήλατο, car-pooling).

Στον βιομηχανικό τομέα η προώθηση της χρήσης φυσικού αερίου, ηλιακών συστημάτων, η αξιοποίηση της βιομάζας σε θερμικές χρήσεις και γενικότερα η διείσδυση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι ο βασικός πυλώνας του εθνικού σχεδίου για την ενέργεια. Στη διαχείριση απορριμμάτων εξετάζεται η ορθολογική λειτουργία των ΧΥΤΑ. Στον τομέα της Γεωργίας εξετάζονται μέτρα που εξετάζονται μέτρα που στοχεύουν άμεσα στη μείωση των αερίων του θερμοκηπίου όπως συστήματα διαχείρισης ζωικών αποβλήτων, η προώθηση των βιολογικών καλλιεργειών και η μείωση χρήσης αζωτούχων λιπασμάτων,



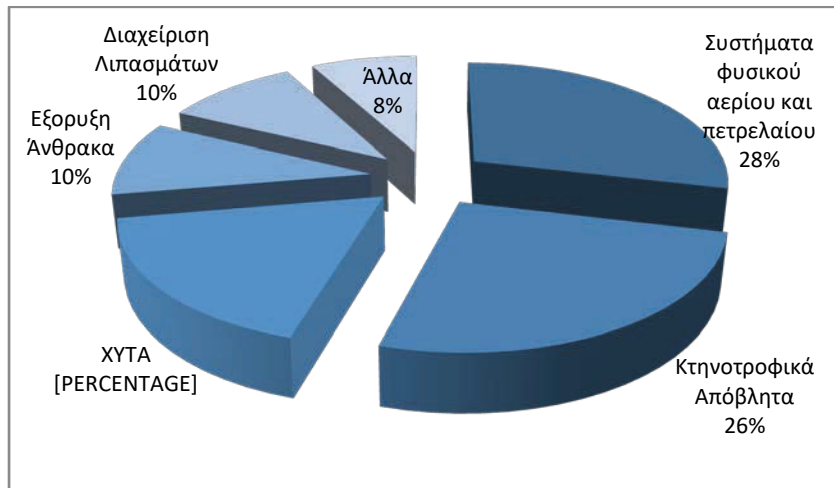
Σχήμα 3. Πηγές προέλευσης διοξειδίου του άνθρακα. [Πηγή: ΕΕΑ]

Αναλυτικότερα και ανά κύρια εκπομπή παρουσιάζεται η προέλευση του αερίου του θερμοκηπίου και η σύνδεση αυτού με το ανθρωπογενές περιβάλλον.

Το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) αποτελεί ίσως το κυριότερο αέριο του θερμοκηπίου. Μπορεί να προέρχεται είτε από φυσικές πηγές όπως οι πυρκαγιές, τα ηφαίστεια, η αποικοδόμηση οργανικών ενώσεων και άλλα, είτε από ανθρωπογενείς δραστηριότητες με κυριότερες την καύση ορυκτών καυσίμων (κυρίως για παραγωγή ηλεκτρισμού και τις μεταφορές όπως φαίνεται και στο σχήμα 3) και η αποψίλωση των δασών. Οι δυο τελευταίες οφείλονται κατά κύριο λόγο για την αύξηση της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα από το 1750, εποχή που ξεκίνησε περίπου η βιομηχανική επανάσταση, και μετά [10].

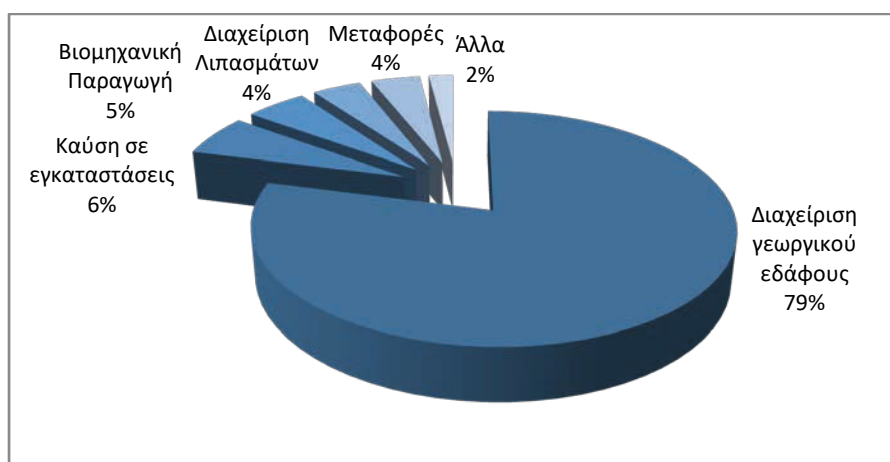
Το μεθάνιο (CH₄) αποτελεί και αυτό βασικό αέριο του θερμοκηπίου, παρά τη μικρή του συγκέντρωση. Μπορεί να παραχθεί από φυσικές πηγές με κυριότερη τη σήψη οργανικής ύλης υπό την επίδραση μεθανογόνων βακτηρίων κάτω από απουσία οξυγόνου και σε σχετικά υψηλές θερμοκρασίες. Το φυσικό αέριο περιέχει μεγάλες ποσότητες μεθανίου και παράγεται όταν αποσυντίθενται μικροοργανισμοί και φυτικές

ύλες υπό αναερόβιες συνθήκες. Παράλληλα, εκπέμπεται στην ατμόσφαιρα και ως αποτέλεσμα διάφορων ανθρωπογενών δραστηριοτήτων, όπως είναι η άντληση πετρελαίου, η κτηνοτροφία (μέσω των αποβλήτων των ζώων) και οι χώροι υγειονομικής ταφής. Η αύξηση των δραστηριοτήτων των παραπάνω κλάδων, έχει οδηγήσει σε μεγάλη αύξηση του μεθανίου, που είναι πλέον στο 253% της τιμής που είχε πριν το 1750 [10].



Σχήμα 4. Πηγές προέλευσης μεθανίου. [Πηγή: ΕΕΑ]

Το υποξείδιο του αζώτου (N_2O) είναι αέριο του θερμοκηπίου με την ικανότητα να απορροφά την υπέρυθη ακτινοβολία (δηλ. ικανότητα "παγίδευσης" της θερμότητας) περίπου 300 φορές εντονότερα σε σύγκριση με το διοξείδιο του άνθρακα. Έρχεται τρίτο σε σειρά σπουδαιότητας από άποψη συμβολής αέριων ουσιών ανθρωπογενούς προέλευσης μετά το διοξείδιο του άνθρακα και το μεθάνιο, αντιπροσωπεύοντας περίπου το 6%, σε σχέση με τα άλλα αέρια του θερμοκηπίου, της συνολικής συνεισφοράς του ανθρώπου στην αύξηση των αέριων θερμοκηπίου. Εκπέμπεται κυρίως από τη χρήση συνθετικών, λιπασμάτων σε γεωργικές καλλιέργειες, ενώ σε μικρότερο ποσοστό από τα καυσαέρια αυτοκινήτων και την παραγωγή (κυρίως παραγωγή nylon σε εργοστάσια). Ο ρυθμός αύξησης του είναι αρκετά μικρότερος σε σύγκριση με τα δύο προηγούμενα αέρια του θερμοκηπίου (0,25% έτος) και από το 1750 έως σήμερα αυξήθηκε από 270 σε 325 ppb, αύξηση περίπου 20%.



Σχήμα 5. Πηγές προέλευσης υποξειδίου του αζώτου. [Πηγή: ΕΕΑ]