

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΑΙ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

***ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΥ
ΑΠΟΤΥΠΩΜΑΤΟΣ ΔΙΕΘΝΩΝ ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΩΝ***

CALCULATION AND EVALUATION
OF THE ENVIRONMENTAL FOOTPRINT OF INTERNATIONAL AIRPORTS

Επιβλέπων Καθηγητής: Παπαευθυμίου Σπυρίδων



Γαβαλάς Ιωάννης

(Αριθμός Μητρώου : 2010010048)

Επιτροπή αξιολόγησης και έγκρισης της Διπλωματικής Διατριβής του Προπτυχιακού Φοιτητή Γαβαλά Ιωάννη με Α.Μ. 2010010048, συγκροτούμενη από τους Κ.Κ. :

Παπαευθυμίου Σπυρίδων

Κονσολάκη Μιχαήλ

Αραμπατζή Γεώργιο

Εγκρίθηκε από την ανωτέρων τριμελή εξεταστική επιτροπή την «Ημερομηνία» 2018.

ΘΕΜΑ: «Υπολογισμός και Αξιολόγηση Περιβαλλοντικού Αποτυπώματος Διεθνών Αερολιμένων»

Αγγλικός Τίτλος: «Calculation and Evaluation of the Environmental Footprint of International Airports»

Copyright © Γαβαλάς Ιωάννης, 2018

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος, All rights reserved.

Οι απόψεις, οι προτάσεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο, εκφράζουν το συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν επίσημες θέσεις.

Ευχαριστίες

Ευχαριστώ,

Τους Καθηγητές μου, για τις πολύτιμες γνώσεις και εμπειρίες που αποκόμισα στη διάρκεια της προσπάθειας μου για την ολοκλήρωση του Προπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών στο τμήμα Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης του Πολυτεχνείου Κρήτης.

Τους Συμφοιτητές μου, για τις όμορφες και δύσκολες στιγμές που περάσαμε μαζί σε όλα τα χρόνια της φοίτησης μας στο Πολυτεχνείο Κρήτης.

Την Οικογένεια μου, για την αμέριστη στήριξη, συμπαράσταση και υπομονή σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Διανύοντας μόλις την τρίτη δεκαετία του 21^{ου} αιώνα τα σημάδια της ανθρώπινης παρέμβασης στο περιβάλλον είναι ήδη ανεξίτηλα. Η επιτάχυνση της κλιματικής αλλαγής, η οποία προκαλούμε καθημερινά, έχει αυξηθεί κατακόρυφα και η ανάγκη για αντιμετώπιση φαντάζει πιο επιτακτική από ποτέ άλλοτε.

Ο τομέας των μεταφορών έχει σημαντική συμμετοχή στη ρύπανση του πλανήτη. Σε αυτόν οφείλεται το 14% των παγκόσμιων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (Green House Gasses). Τα αντίστοιχα ποσοστά εκπομπών αυξάνουν ακόμα περισσότερο όταν αναφερόμαστε σε άλλες ρυπογόνους ουσίες όπως τα οξείδια του αζώτου (NO_x), το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), το διοξείδιο του θείου (SO_2), τα μικρά και υπέρλεπτα σωματίδια (PM) και οι οργανικές πτητικές ενώσεις (VOCs).

Η αεροπλοΐα είναι ένας από τους ταχύτερα αναπτυσσόμενους κλάδους του τομέα των μεταφορών, ο οποίος έχει σημαντική και αυξανόμενη συμβολή στο σύνολο των εκπομπών στο σύνολο των εκπομπών του. Κέντρα των διεργασιών και δραστηριοτήτων της αεροπλοΐας αποτελούν τα αεροδρόμια.

Στη παρούσα έρευνα – διπλωματική εργασία γίνεται ανάλυση των εκπομπών των αερολιμένων. Εξετάζονται αναλυτικά οι πηγές ρύπανσης που υπάρχουν σε αυτά (αεροσκάφη, μονάδες τροφοδοσίας αεροσκαφών, επίγειος εξοπλισμός υποστήριξης) και η συμβολή κάθε μία από αυτές στο σύνολο των εκπομπών. Ακολουθώντας παρουσιάζεται και αναλύεται η μεθοδολογία υπολογισμού (μαθηματικά μοντέλα εξισώσεων) των εκπομπών ανάλογα με την προέλευση τους. Βασικό πλεονέκτημα της είναι η δυνατότητα υπολογισμού όλο των οχημάτων και μηχανημάτων που εκπέμπουν ρυπογόνες ουσίες εισάγοντας σε αυτή τα κατάλληλα δεδομένα. Απαραίτητα στοιχεία εισαγωγής αποτελούν οι συντελεστές εκπομπών των μηχανών που φέρουν, ο χρόνος λειτουργίας αυτών και η απόδοση τους κατά το χρονικό διάστημα λειτουργίας.

Στη συνέχεια παραθέτονται ποσοτικά και ποιοτικά αποτελέσματα περιπτώσεων αερολιμένων που μελετήθηκαν με τις ίδιες μεθόδους και μέσω αυτών εξάγονται χρήσιμα συμπεράσματα για τη δημιουργία στρατηγικών αντιμετώπισης και μείωσης των εκπομπών των αερολιμένων.

Τέλος μελετάται η περίπτωση του Διεθνή Αερολιμένα Ηρακλείου «Νίκος Καζαντζάκης» με τη χρήση του λογισμικού υπολογισμού ανθρακικού αποτυπώματος ACERT. Εισάγοντας τα δεδομένα πτήσεων, λειτουργίας, κατανάλωσης ενέργειας και καυσίμου του έτους 2017 γίνεται μία εκτίμηση του ανθρακικού αποτυπώματος του αεροδρομίου.

ABSTRACT

Being in the third decade of the 21st century the signs of human intervention in the environment are already indelible. The acceleration of climate change, which we cause every day, has risen sharply, and the need for treatment seems more imperative than ever before.

The transport sector has a major contribution to global pollution. It accounts for 14% of the world's greenhouse gas emissions (Green House Gasses). The correlatively emission rates are being increased when referring to other pollutants such as NO_x, CO, SO₂, PM and organic volatile compounds (VOCs).

Civil aviation is one of the fastest growing sectors of the transport sector, which has a significant and growing contribution to total emissions in its total emissions. The activities of air navigation are being held in airports.

In this research - diploma thesis is being analyzed the emissions of the airports. We analyze the sources of pollution in them (aircraft, aircraft feeders, ground support equipment) and the contribution of each of them to the total emissions. Subsequently, the calculation methodology (mathematical models of equations) of emissions is presented and analyzed according to their origin. Its main advantage is the ability to calculate all vehicles and machinery that emit pollutants by entering the appropriate data. Necessary input elements are the emission factors of the engines they carry, their operating time and their performance over the period of operation.

The following quantitative and qualitative results are presented in case of airports studied using the same methods and they draw useful conclusions for the establishment of strategies for addressing and reducing emissions of airports.

Finally, the case of Heraklion International Airport "Nikos Kazantzakis" is being studied using the ACERT carbon footprint software. By entering flight, operating, fuel and energy data for the year 2017, an estimation of the carbon footprint of the airport is made.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	V
ABSTRACT	VII
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	IX
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ	XI
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	XIII
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	XV
1. Εισαγωγή	1
2. Γενικά.....	3
2.1. Πρωτόκολλα συνεργασίας – Διεθνείς συμφωνίες.....	3
2.2 Ευρωπαϊκό Πρόγραμμα Κλιματικής Αλλαγής	7
2.2.1 Σύστημα διαχείρισης δικαιωμάτων εκπομπής	9
2.2.2 Συστήματα Συλλογής και Αποθήκευσης Άνθρακα.....	11
2.3 Αεροπλοΐα και εκπομπές	13
3. Ενεργειακή Διαπίστευση Αεροδρομίων – Airport Carbon Accreditation (ACA)	19
3.1 Χαρτογράφηση – Mapping.....	19
3.2 Μείωση – Reduction	21
3.3 Βελτιστοποίηση – Optimization	22
3.4 Ουδετερότητα – Neutrality	23
3.5 Αποτελεσματικότητα.....	24
4. Ενεργειακό – Περιβαλλοντικό Αποτύπωμα	27
4.1 Γενικά.....	27
4.2 Οφέλη Αερολιμένων	28
4.3 Μεθοδολογία υπολογισμού.....	29
4.3.1 Γενικά.....	29
4.3.2 Ο κύκλος LTO	31
4.3.3 Μοντέλα υπολογισμού	32
4.3.3.1 Αεροσκάφη.....	32
4.3.3.2 APU – GSE – Επίγεια μέσα μεταφοράς	33
4.3.4 Airport Carbon and Emissions Reporting Tool – ACERT	35
4.3.5 Aviation Environmental Design Tool - AEDT.....	35
5. Αποτελέσματα ερευνών - Συμπεράσματα	37
5.1 Γενικά.....	37
5.2 Ανάλυση Αποτελεσμάτων	37
6. Case study: Κρατικός Αερολιμένας Ηρακλείου «Νίκος Καζαντζάκης»	49

6.1	Ιστορική Αναδρομή	49
6.2	Γενικά Στοιχεία	50
6.3	Βασικά στοιχεία αερολιμένα.....	51
6.4	Προσωπικό	51
6.5	Στατιστικά στοιχεία	52
6.6	Υπολογισμός Ενεργειακού Αποτυπώματος	56
6.6.1	Εισαγωγή Στοιχείων	56
6.6.2	Αποτελέσματα	61
7.	Συμπεράσματα	65
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	67

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1: Υπερθέρμανση του Πλανήτη.....	3
Σχήμα 2: Παγκόσμιος Χάρτης Συμμετοχής στη Θέρμανση του Πλανήτη	5
Σχήμα 3: Παγκόσμιες εκπομπές GHG ανά κάτοικο.....	7
Σχήμα 4: Εκπομπές Ευρωπαϊκής Ένωσης.....	8
Σχήμα 5: Παγκόσμια ανταλλακτήρια εκπομπών	11
Σχήμα 6: Στόχοι μείωσης Παγκόσμιων Εκπομπών.....	12
Σχήμα 7: Εκπομπές GHG ανά τομέα στην Ευρωπαϊκή Ένωση	13
Σχήμα 8: Εκπομπές Μέσων Μεταφοράς ανά Επιβάτη	15
Σχήμα 9: Αέρια του Θερμοκηπίου	20
Σχήμα 10: Διαλαμβανόμενες Δραστηριότητες Αεροδρομίων	21
Σχήμα 11: Δυνατότητες Μείωσης Εκπομπών Αερολιμένων	22
Σχήμα 12: Εξοικονόμηση Εκπομπών μέσω ΑΠΕ	23
Σχήμα 13: Διαπιστευμένα Αεροδρόμια Παγκοσμίως	25
Σχήμα 14: Ευρωπαϊκές Συμμετοχές και Επίπεδα Διαπίστευσης	26
Σχήμα 15: Διάγραμμα Μεθόδου Υπολογισμού Εκπομπών	30
Σχήμα 16: Κύκλος LTO με Ενδεικτικούς Χρόνους[16]	32
Σχήμα 17: Τα μεγαλύτερα αεροδρόμια της Ν. Κορέας.....	38
Σχήμα 18: Εκπομπές Διεθνούς Αεροδρομίου Κοπεγχάγης.....	47
Σχήμα 19: Αεροπορικές Κινήσεις Αεροδρομίων	54
Σχήμα 20: Επιβατικές Κινήσεις Αεροδρομίων	55

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Συμβολή των χωρών στις παγκόσμιες εκπομπές	6
Πίνακας 2: Διαχείριση Εκπομπών των Χωρών της ΕΕ.....	9
Πίνακας 3: Εκπομπές Μέσων Μεταφοράς στην Ευρώπη	17
Πίνακας 4: Global Warming Potential	27
Πίνακας 5: Διεργασίες και Δείκτες Εκπομπών	30
Πίνακας 6: Κύκλοι LTO στα αεροδρόμια της Ν.Κορέας	39
Πίνακας 7: Κύκλοι LTO ανά Αεροσκάφος.....	40
Πίνακας 8: Εκπομπές Αεροδρομίων Ν.Κορέας	41
Πίνακας 9: Ανάλυση Εκπομπών GHG κύκλου LTO	43
Πίνακας 10: Ανάλυση Εκπομπών non-GHG κύκλου LTO	44
Πίνακας 11: Στατιστικά στοιχεία αεροδρομίων Ελλάδος	53
Πίνακας 12: Ενεργειακό Αποτύπωμα Αερολιμένα Ηρακλείου	62
Πίνακας 13: Πηγές Εκπομπών Αερολιμένα.....	63
Πίνακας 14: Εκπομπές Λειτουργίας Εγκαταστάσεων Αερολιμένα	63

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Εγκατάσταση Φωτοβολταϊκών στο Αεροδρόμιο Αθηνών	24
Εικόνα 2: Αεροφωτογραφία Κρατικού Αερολιμένα Ηρακλείου	51

1. Εισαγωγή

Η αεροπλοΐα είναι ένας κλάδος του τομέα μεταφορών ο οποίος με την πάροδο του χρόνου απέκτησε καίριο ρόλο τόσο στην παγκόσμια οικονομική ανάπτυξη, όσο και στην βελτίωση της ποιότητας ζωής των ανθρώπων. Καθημερινά με τη βοήθεια της αεροπλοΐας μετακινούνται χιλιάδες άνθρωποι και μεταφέρονται χιλιάδες τόνοι αποσκευών και εμπορευμάτων. Δεν θα μπορούσε λοιπόν ένας τέτοιος κλάδος να μην επηρεαστεί από τους θεσμούς και την κοινή πλεύση της παγκόσμιας κοινότητας αναφορικά με το περιβάλλον. Με τη βοήθεια της επιστημονικής κοινότητας, η αεροπλοΐα προσπαθεί να μειώσει την άκρατη εκμετάλλευση των φυσικών πόρων και να περιορίσει τη ρύπανση του φυσικού περιβάλλοντος, μέσα στα πλαίσια θεσμοθετημένων ενεργειών και κοινών προσπάθειών ώστε να περιοριστούν και να αναστραφούν στη συνέχεια οι ραγδαίες καταστροφές που έχουν προκληθεί.

Το μερίδιο της αεροπλοΐας στο σύνολο των αερίων του θερμοκηπίου-GHG ανέρχεται στο ποσοστό της τάξης του 5% περίπου, όπου αντίστοιχα ένα ποσοστό της τάξεως του 4% αυτού αντιστοιχεί στις υποδομές των αεροδρομίων. Η λειτουργία και η διαχείριση των αεροδρομίων δεν θα μπορούσε να έχει αντίθετη πλεύση από αυτή της παγκόσμιας κοινότητας, η οποία προσπαθεί να αντιστρέψει την κλιματική αλλαγή.

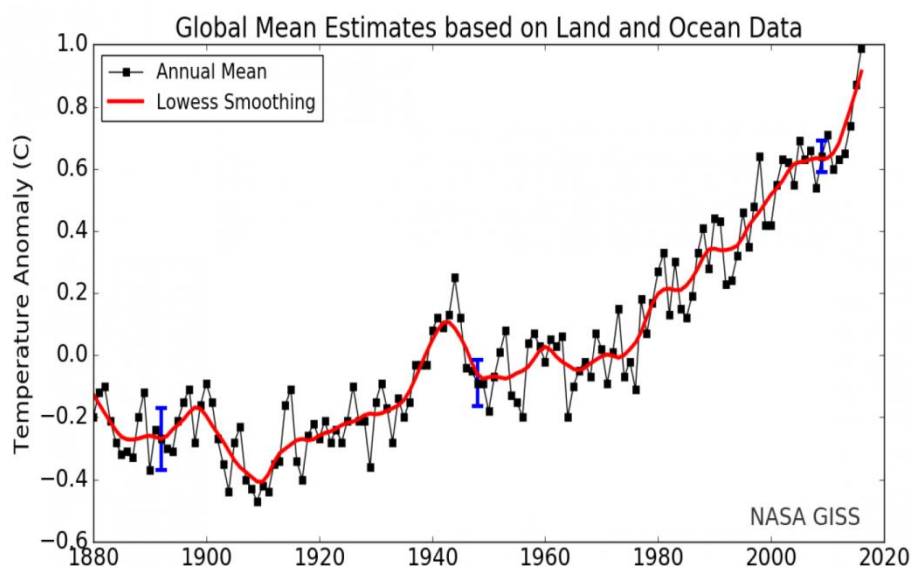
Βρισκόμαστε σε μία εποχή όπου οι υπηρεσίες του κλάδου των μεταφορών παρουσιάζουν συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση, μολονότι βρισκόμαστε εν μέσω παγκόσμιας οικονομικής κρίσης. Ο κλάδος, συνεχώς, αναπτύσσεται και εξελίσσεται, εισάγοντας καινοτόμα μέσα και τρόπους διαχείρισης της ζήτησης. Με την πάροδο του χρόνου νέα, μεγαλύτερα, ταχύτερα και πιο αποδοτικά αεροπλάνα αντικαθιστούν τα παλαιότερα για να καλυφτούν οι ανάγκες του κλάδου. Ωστόσο απαιτούν και νέες εγκαταστάσεις οι οποίες θα μπορούν να τα φιλοξενήσουν και να τα καταστήσουν πλήρως λειτουργικά. Οι νέες εγκαταστάσεις εκτός από μεγαλύτερες και πιο σύγχρονες, θα πρέπει να είναι και ενεργειακά ουδέτερες επιβαρύνοντας όσο το δυνατόν λιγότερο το περιβάλλον. Επιπροσθέτως θα πρέπει να είναι οικονομικά βιώσιμες χωρίς να επιβαρύνουν με υπέρογκους φόρους και τέλη τις μετακινήσεις, λόγω του υψηλού κόστους κατασκευής, της διαχείρισης και της λειτουργίας τους. Χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα του κεντρικού κρατικού αερολιμένα της χώρας «Ελευθέριος Βενιζέλος», ο οποίος, παρά τις πολύ υψηλές και πρωτόγνωρες για τα ελληνικά δεδομένα, υπηρεσίες που προσφέρει, έχει επιβαρύνει το κόστος μετακίνησης σχεδόν στο διπλάσιο του κόστους των ναύλων.

Με στόχο και ταυτόχρονη ανάγκη για αειφόρο ανάπτυξη και προς αποφυγή περισσότερων οικονομικών επιβαρύνσεων, στόχος των αερολιμένων θα πρέπει να είναι αφενός να βελτιώσουν τις υπηρεσίες που παρέχουν χωρίς να εκτοξεύουν το κόστος αυτών και αφετέρου να λειτουργούν και να διαχειρίζονται με τρόπο ο οποίος θα τάσσεται υπέρ της κλιματικής αλλαγής.

2. Γενικά

2.1. Πρωτόκολλα συνεργασίας – Διεθνείς συμφωνίες

Η βασική διεθνής συμφωνία στον τομέα της δράσης για το κλίμα είναι η σύμβαση-πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για τις κλιματικές μεταβολές (UNFCCC¹). Στις αρχές τις δεκαετίας του 90 ο κίνδυνος μεγάλων επικειμένων κλιματικών αλλαγών και η ανεξέλεγκτη άνοδος της θερμοκρασίας ήταν ορατός. Στο Σχήμα 1 παρουσιάζεται η άνοδος της θερμοκρασίας του πλανήτη από το 1880 και έπειτα. [1] Η ανάγκη λήψης μέτρων από την παγκόσμια κοινότητα άρχισε να γίνεται πράξη το 1992. Όπου στη σύνοδο του Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών (ΟΗΕ) στο Ρίο, κατά τη διάρκεια της συνόδου κορυφής για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη, υπογράφηκε από 154 χώρες (συμπεριλαμβανομένης και της Ελλάδας), η σύμβαση – πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών (ΗΕ) για τις κλιματικές αλλαγές. Η συμφωνία δεν δέσμευε καμία από της προσωπογραφούσες χώρες νομικά, ωστόσο έθεσε τη γενική αρχή για την μετέπειτα υιοθέτηση δεσμεύσεων και τις βάσεις για περαιτέρω δράση στο μέλλον από τα κράτη – μέλη. Σήμερα ο αριθμός των χωρών που έχουν ασπαστεί το διεθνές πλαίσιο ανέρχεται στις 195.



Σχήμα 1: Υπερθέρμανση του Πλανήτη

Η αρχική σύμβαση – πλαίσιο προέβλεπε για όλα τα κράτη τα παρακάτω (όπως ακριβώς αυτά αναφέρονται στην ηλεκτρονική ιστοσελίδα του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ανάπτυξης) [2]:

α. την ανάπτυξη, τακτική ενημέρωση και δημοσιοποίηση εθνικών απογραφών των ανθρωπογενών εκπομπών βάσει συγκρίσιμων μεθοδολογιών.

¹ United Nations Framework Convention on Climate Change – <http://www.unfccc.int>

β. τη δημοσίευση, αναθεώρηση και εφαρμογή εθνικών προγραμμάτων για την αντιμετώπιση των κλιματικών αλλαγών.

γ. την υιοθέτηση πολιτικών και μέτρων με στόχο την επαναφορά των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου στα επίπεδα του έτους 1990 μέχρι το 2000 για τα Κράτη που περιλαμβάνονται στο Παράρτημα Ι της Σύμβασης (ανεπτυγμένα κράτη). Η σύμβαση δίνει τη δυνατότητα ο στόχος αυτός να επιτευχθεί από κάθε κράτος ξεχωριστά ή από κοινού με άλλα.

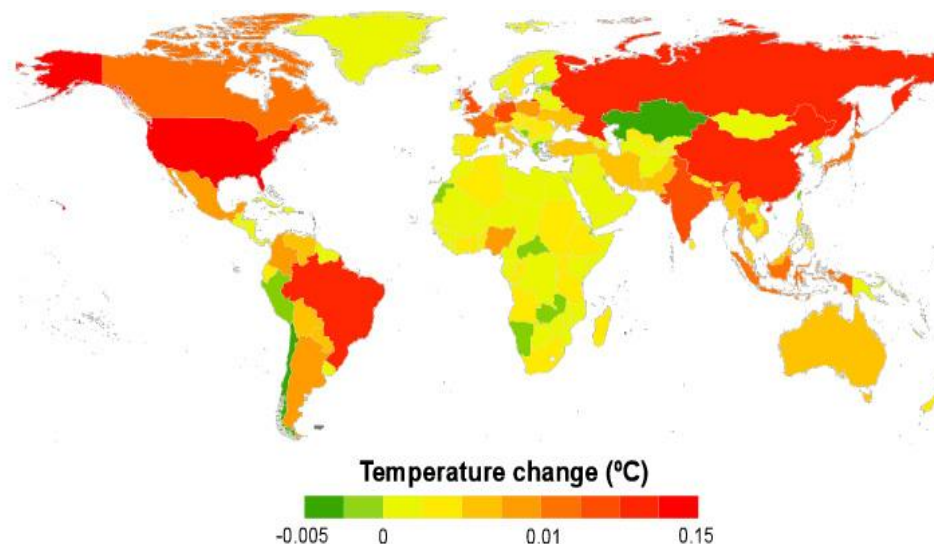
Αξιολογώντας οι χώρες που είχαν υπογράψει τη συμφωνία ότι απαιτούνται αυστηρότερες διατάξεις για την επίτευξη των στόχων που είχαν θέσει αναφορικά με το Περιβάλλον και την Κλιματική Αλλαγή, οδηγήθηκαν σε μία νέα σύνοδο. Το 1997 στο Κιότο της Ιαπωνίας και στην σύνοδο που έλαβε χώρα, υπογράφηκε το ομώνυμο πρωτόκολλο, το οποίο έφερε νομικά δεσμευτικούς όρους για τη μείωση των εκπομπών για τις ανεπτυγμένες χώρες. Βασικός στόχος του πρωτοκόλλου του Κιότο ήταν η μείωση των εκπομπών (και πιο συγκεκριμένα 6 αερίων του θερμοκηπίου όπως αυτά ονομάζονται στο παράρτημα Β του Πρωτοκόλλου) κατά 5%, κατά το διάστημα που ορίζεται από τα έτη 2008 έως 2012 σε σύγκριση με τα επίπεδα εκπομπών του 1990. Το Πρωτόκολλο του Κιότο τέθηκε σε ισχύ το 2005.

Ο κύκλος που όριζε το Πρωτόκολλο του Κιότο ολοκληρώθηκε με επιτυχία. Αυτό οδήγησε στην πραγματοποίηση μιας νέας συνόδου στη Ντόχα το 2012, από την οποία το Πρωτόκολλο έλαβε και την ονομασία «Τροποποίηση της Ντόχα» και ανανεώθηκε για ένα δεύτερο κύκλο, ο οποίος ορίζεται από τα έτη 2013 – 2020. Σε αυτή τη δεύτερη συμφωνία συμμετέχουν 38 ανεπτυγμένες χώρες μεταξύ των οποίων και οι 28 χώρες – μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ). Στόχος – δέσμευση των μερών της συμφωνίας αυτής είναι η μείωση των εκπομπών σε ποσοστό της τάξης του 18% σε σχέση με τα αντίστοιχα επίπεδα του 1990. Παράλληλα αποφασίστηκε και η ίδρυση ενός ταμείου στήριξης προς τα αναπτυσσόμενα κράτη τα οποία τάσσονται υπέρ της προσπάθειας για την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής. Η δημιουργία του ταμείου έγινε πράξη ένα χρόνο μετά, το 2013 στη Βαρσοβία της Πολωνίας. Τα ανεπτυγμένα κράτη δεσμεύτηκαν να παρέχουν οικονομική στήριξη η οποία ανέρχεται στα 100 δις ετησίως προς τις αναπτυσσόμενες χώρες έως και το 2020.

Ωστόσο, μία βασική διαφορά αλλά και αδυναμία ταυτόχρονα του δεύτερου πρωτοκόλλου σε σχέση με την αρχική συμφωνία είναι ότι, οι Ηνωμένες Πολιτείες, η Ρωσία, ο Καναδάς και η Ιαπωνία, χώρες οι οποίες έχουν μέγιστη συμβολή στην υπερθέρμανση του πλανήτη όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 2 [3], δεν υπέγραψαν την τροποποιητική συμφωνία με αποτέλεσμα να μην συμμετέχουν στο δεύτερο κύκλο δεσμεύσεων. Λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι το Πρωτόκολλο απευθύνεται και δεσμεύει τις χώρες που ορίζονται ως ανεπτυγμένες, το Πρωτόκολλο του Κιότο αφορά πλέον μόνο το 14% των παγκόσμιων εκπομπών.

Στις 30 Νοεμβρίου του 2015 συγκεντρώθηκαν στο Παρίσι για να συμμετάσχουν στην κρίσιμη πλέον 21^η Διάσκεψη των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική αλλαγή, αντιπρόσωποι όλων των χωρών του ΟΗΕ, μεταξύ των οποίων και η Ελλάδα. Η κρισιμότητα της Διάσκεψης των Παρισίων έγκειται στο γεγονός ότι το Πρωτόκολλο του Κιότο περατώθηκε το 2012 και συνεπώς ήταν αναγκαίο, δεδομένων και των ιδιαιτεροτήτων που αφορούν την «Τροποποίηση της Ντόχα», τα μέλη να συμφωνήσουν ώστε να υιοθετηθεί μια νέα παγκόσμια συμφωνία για το κλίμα που θα τεθεί σε ισχύ μετά το 2020. Η συμφωνία που επετεύχθη στις 12 Δεκεμβρίου του 2015, αποτελεί ένα σχέδιο δράσης για τη συγκράτηση

της αύξησης της θερμοκρασίας του πλανήτη σε χαμηλότερο επίπεδο από τους 2 βαθμούς Κελσίου και καλύπτει την περίοδο από το 2020 και έπειτα. Οι χώρες που μετείχαν στη συμφωνία ήταν υποχρεωμένες να υποβάλουν ολοκληρωμένα εθνικά σχέδια κλιματικής δράσης με στόχο τη μείωση των εκπομπών τους.



Σχήμα 2: Παγκόσμιος Χάρτης Συμμετοχής στη Θέρμανση του Πλανήτη

Η τελευταία έως σήμερα Διάσκεψη των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική αλλαγή πραγματοποιήθηκε στη Βόννη της Γερμανίας στο πρώτο μισό του Νοεμβρίου του 2017. Σε αυτήν παρουσιάστηκε πρόοδος στο πρόγραμμα εργασιών της Διάσκεψης των Παρισίων, όπως και στο σύνολο των κανόνων που πρόκειται να εγκριθούν μέχρι το τέλος του 2018 με στόχο την υλοποίηση του προγράμματος που είχε συμφωνηθεί.

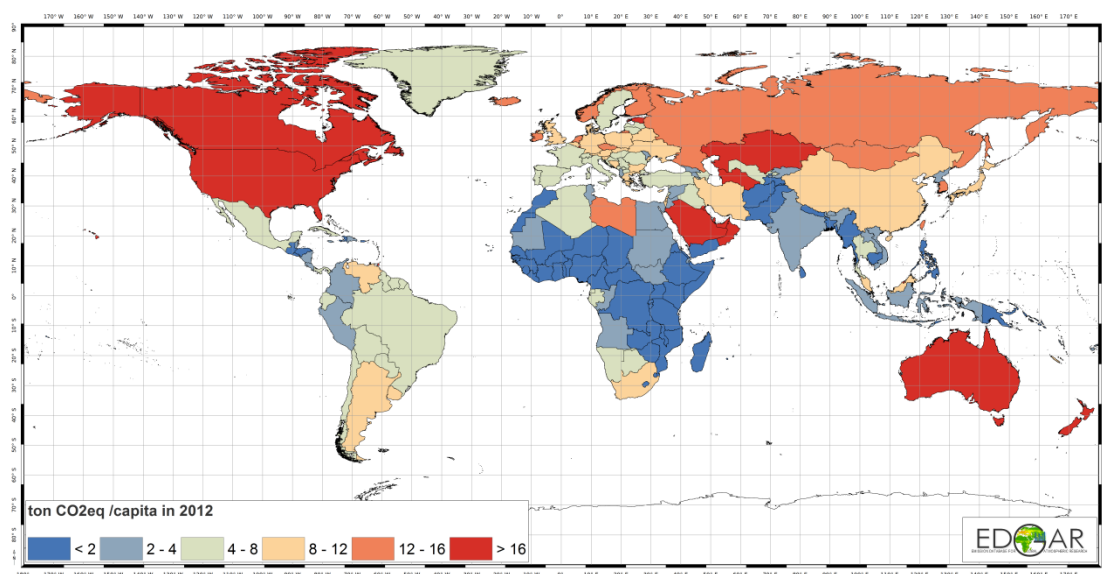
Πρέπει να τονισθεί ότι η Ευρωπαϊκή Ένωση και τα κράτη μέλη της διαδραμάτισαν καθοριστικό ρόλο στην επίτευξη των προαναφερθέντων συμφωνιών – αποτελεσμάτων, λαμβάνοντας ηγετικό ρόλο σε αυτό το οργανωμένο κίνημα ενάντια στην Κλιματική Αλλαγή. Τόσο με την αυστηρή υλοποίηση των δεσμεύσεων που έλαβε, όσο και με την οικονομική ενίσχυση που χορήγησε η Ε.Ε. στις αναπτυσσόμενες χώρες με στόχο να αντιμετωπίσουν την κλιματική αλλαγή.

Ωστόσο για να επιτύχουν οι χώρες – μέλη τους στόχους που έχουν θέσει είναι επιτακτική ανάγκη να σταθούν άκαμπτες απέναντι στις όποιες προκλήσεις, αλλά και να εντείνουν τις προσπάθειες τους για την εξασφάλιση ισχυρών κανόνων εφαρμογής της διάσκεψης των Παρισίων πριν από τη λήξη της προσυμφωνημένης προθεσμίας που ορίζεται ως το τέλος του 2018.

Στον πίνακα (Πίνακας 1)[\[3\]](#) και στο σχήμα (Σχήμα 3) [\[4\]](#) που ακολουθούν παρουσιάζονται αντίστοιχα, οι εκπομπές ανά χώρα των αερίων του θερμοκηπίου όπως αυτά ονομάζονται στο παράρτημα Β του πρωτοκόλλου και οι παγκόσμιες εκπομπές ανά κάτοικο.

Rank	Country	Total	Fossil Fuel CO ₂	Land-use CO ₂	All CO ₂	Non-CO ₂ GHG	All GHG	Aerosols
1	United States	0.151	0.143	0.026	0.170	0.044	0.213	-0.063
2	China	0.063	0.042	0.036	0.078	0.049	0.127	-0.065
3	Russia	0.059	0.059	0.014	0.072	0.020	0.092	-0.034
4	Brazil	0.049	0.004	0.032	0.036	0.018	0.054	-0.005
5	India	0.047	0.013	0.025	0.037	0.025	0.062	-0.015
6	Germany	0.033	0.035	-0.000	0.035	0.008	0.042	-0.009
7	United Kingdom	0.032	0.031	0.001	0.033	0.007	0.040	-0.007
8	France	0.016	0.014	-0.000	0.014	0.007	0.021	-0.005
9	Indonesia	0.015	0.003	0.013	0.015	0.006	0.021	-0.006
10	Canada	0.013	0.011	0.007	0.017	0.005	0.023	-0.009
11	Japan	0.013	0.021	0.001	0.022	0.002	0.024	-0.011
12	Mexico	0.010	0.006	0.008	0.014	0.003	0.017	-0.007
13	Thailand	0.009	0.002	0.006	0.008	0.004	0.012	-0.002
14	Columbia	0.009	0.001	0.006	0.007	0.003	0.010	-0.001
15	Argentina	0.009	0.002	0.003	0.005	0.005	0.010	-0.001
16	Poland	0.007	0.010	0.001	0.011	0.003	0.014	-0.007
17	Nigeria	0.007	0.001	0.001	0.002	0.005	0.007	0.000
18	Venezuela	0.007	0.002	0.002	0.004	0.003	0.008	-0.001
19	Australia	0.006	0.005	0.002	0.007	0.006	0.014	-0.007
20	Netherlands	0.006	0.004	0.000	0.004	0.002	0.006	-0.001

Πίνακας 1: Συμβολή των χωρών στις παγκόσμιες εκπομπές



Σχήμα 3: Παγκόσμιες εκπομπές GHG ανά κάτοικο

2.2 Ευρωπαϊκό Πρόγραμμα Κλιματικής Αλλαγής

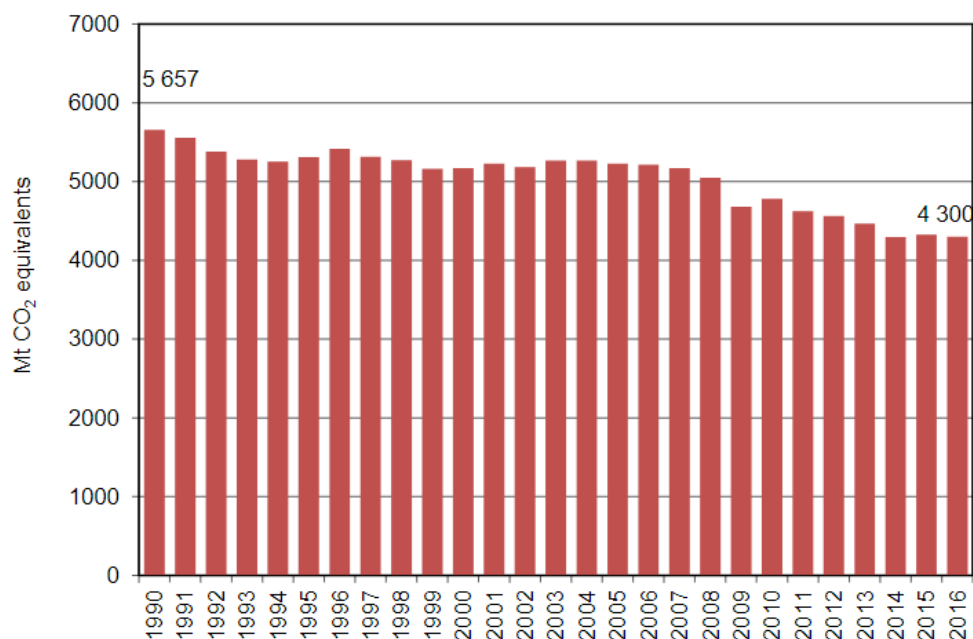
Όπως προαναφέρθηκε παραπάνω, ο ρόλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης στην επίτευξη των διεθνών συμφωνιών και στη θεσμοθέτηση κανόνων που θα τις διασφαλίζουν ήταν καταλυτικός. Όλα τα μέλη – κράτη της ΕΕ αναζητούν συνεχώς τρόπους μείωσης των εκπομπών παρακινώντας ταυτοχρόνως τις αναπτυσσόμενες χώρες να πλεύσουν προς την ίδια κατεύθυνση. Για την ΕΕ το κόστος, κυριολεκτικά και μεταφορικά, των προσπαθειών – ενεργειών μείωσης των εκπομπών μπορεί να είναι κατά πολύ μικρότερο από το κόστος της καταστροφής η οποία θα επέλθει σε ενδεχόμενη αδράνεια της μπροστά στην κλιματική αλλαγή. Προσπαθώντας να αξιοποιήσει, την τελευταία δεκαετία κυρίως, τις δυνατότητες που προσφέρει πλέον η ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας οδεύει προς ένα μέλλον ανεξαρτητοποίησης σε ενεργειακό επίπεδο. Έχοντας ως κύριο άξονα επενδύσεων τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, οι χώρες της Ευρώπης ήδη αρχίζουν να κερδίζουν την ενεργειακή τους ανεξαρτησία. Σε οικονομικό επίπεδο αυτό εξαργυρώνεται με νέες θέσεις εργασίας αλλά και φθηνότερη ενέργεια για τον καταναλωτή. Επιπλέον όλες οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας έχουν ως κοινό παρονομαστή το θετικό περιβαλλοντικό αποτύπωμα το οποία στη συνέχεια διαμορφώνει ένα υγιές περιβάλλον διαβίωσης για τους κατοίκους. Από το 1991 και έπειτα η Ευρωπαϊκή Επιτροπή έχει προβεί σε μία σειρά ενεργειών με στόχο τον περιορισμό των εκπομπών άνθρακα και την στροφή σε υιοθέτηση αποδοτικότερων ενεργειακά τεχνολογιών. Κύριοι άξονες που ακολουθεί η ΕΕ είναι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, η μείωση εκπομπών του CO₂ στον τομέα των μεταφορών και κυρίως στις αυτοκινητοβιομηχανίες κατά 25% και η στροφή προς την

φορολόγηση των προϊόντων ανάλογα με την ενεργειακή τους απόδοση. Ωστόσο παρά τις προσπάθειες και τις ενέργειες που έχουν γίνει μέχρι τώρα υπάρχουν ακόμα μεγάλα περιθώρια βελτίωσης, ώστε να επιτευχθούν οι στόχοι που τέθηκαν από το Πρωτόκολλο του Κιότο.

Δύο από τις σημαντικότερες κινήσεις που έγιναν ώστε να επιτευχθεί ο απώτερος στόχος ήταν η δημιουργία των :

1. Σύστημα Διαχείρισης Δικαιωμάτων Εκπομπής – EU Emissions Trading System
2. Συστήματα Συλλογής και Αποθήκευσης Άνθρακα – Carbon Capture and Geological Storage

Στο Σχήμα 4 [\[5\]](#) που ακολουθεί εμφανίζεται η μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από τις χώρες της ΕΕ και η φθίνουσα πορεία που ακολουθούν μετά την εφαρμογή του Πρωτοκόλλου και στον Πίνακα 2 [\[5\]](#) ο τρόπος που διαχειρίστηκαν οι χώρες της ΕΕ τις εκπομπές τους.



Σχήμα 4: Εκπομπές Ευρωπαϊκής Ένωσης

	1990 (million tonnes)	2016 (million tonnes)	2015 - 2016 (million tonnes)	Change 2015 - 2016 (%)	Change 1990-2016 (%)
Austria	78.7	79.7	0.8	1.0%	1.2%
Belgium	146.7	117.7	0.1	0.1%	-19.7%
Bulgaria	104.0	59.1	-2.7	-4.4%	-43.2%
Croatia	31.9	24.3	0.1	0.5%	-23.8%
Cyprus	5.6	8.8	0.4	5.3%	56.9%
Czech Republic	199.6	130.3	1.9	1.5%	-34.7%
Denmark	70.4	50.5	2.0	4.1%	-28.3%
Estonia	40.4	19.6	1.6	8.7%	-51.4%
Finland	71.3	58.8	3.4	6.1%	-17.6%
France	546.4	458.2	0.1	0.0%	-16.1%
Germany	1251.6	909.4	2.7	0.3%	-27.3%
Greece	103.1	91.6	-3.7	-3.9%	-11.1%
Hungary	93.8	61.5	0.5	0.7%	-34.5%
Ireland	55.5	61.5	2.1	3.6%	10.9%
Italy	518.4	427.9	-5.0	-1.2%	-17.5%
Latvia	26.5	11.3	0.0	-0.2%	-57.3%
Lithuania	48.1	20.1	-0.1	-0.5%	-58.3%
Luxembourg	12.8	10.0	-0.2	-2.4%	-21.6%
Malta	2.1	1.9	-0.3	-14.2%	-9.1%
Netherlands	221.3	195.2	0.5	0.2%	-11.8%
Poland	467.3	395.8	10.7	2.8%	-15.3%
Portugal	59.9	67.8	-1.8	-2.6%	13.1%
Romania	246.7	112.5	-3.7	-3.2%	-54.4%
Slovakia	74.0	41.0	0.1	0.3%	-44.5%
Slovenia	18.6	17.7	0.9	5.1%	-4.9%
Spain	287.7	324.7	-11.1	-3.3%	12.9%
Sweden	71.5	52.9	-0.9	-1.6%	-26.0%
United Kingdom	796.6	482.8	-25.1	-4.9%	-39.4%
EU-28	5650.4	4292.7	-26.7	-0.6%	-24.0%
Iceland	3.6	4.7	-0.1	-1.7%	28.5%
United Kingdom (KP)	799.1	485.5	-25.0	-4.9%	-39.2%
EU-28 + ISL	5656.5	4300.1	-26.8	-0.6%	-24.0%

Πίνακας 2: Διαχείριση Εκπομπών των Χωρών της ΕΕ

2.2.1 Σύστημα διαχείρισης δικαιωμάτων εκπομπής

Το Σύστημα Διαχείρισης Δικαιωμάτων Εκπομπής (EU Emissions Trading System - EU ETS) είναι ίσως η πιο αξιόλογη και κύρια προσπάθεια στα πλαίσια της πολιτικής που ακολουθεί η ΕΕ για την μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (Green House Gasses - GHG) και μάλιστα με κερδοφόρο τρόπο. Σε αυτό το σύστημα οι εκπομπές ρύπων

αντιμετωπίζονται όπως τα λοιπά κοινά αγαθά και διακινούνται με τον ίδιο ακριβώς τρόπο. Κάθε χώρα έχει το δικαίωμα να εκπέμπει ένα συγκεκριμένο όγκο αέριων ρύπων. Οι χώρες οι οποίες δεν μπορούν ή δεν έχουν ανάγκη να εκπέμψουν, πωλούν τα δικαιώματα εκπομπών τους σε άλλες χώρες οι οποίες τα έχουν ανάγκη και εκπέμπουν περισσότερο. Τα αέρια τα οποία καλύπτει αυτή η αγορά είναι το CO₂, τα νιτρικά οξείδια και οι υπερφθοράνθρακες.

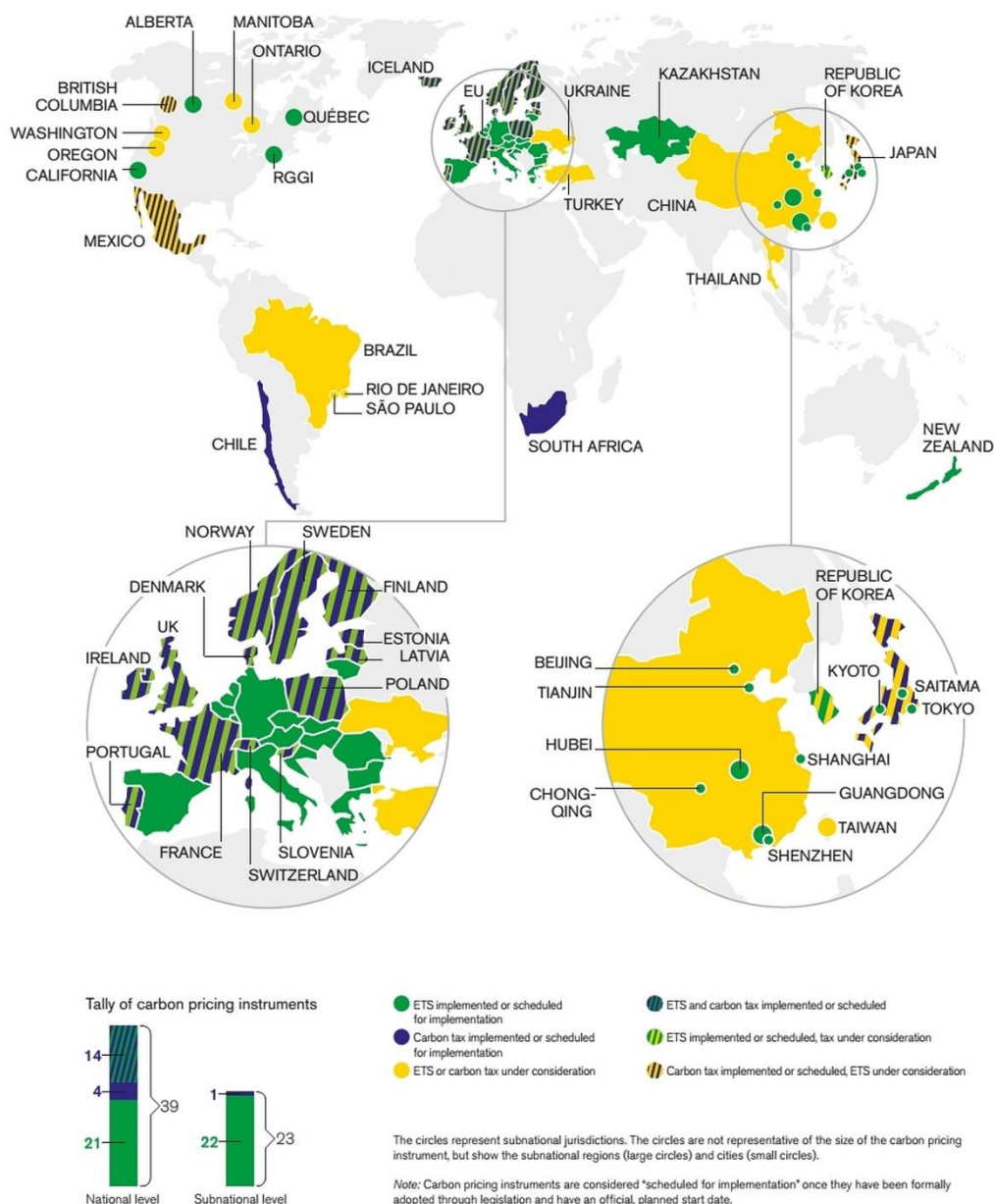
Ακολουθούν τα Σχήματα 5 & 6 [\[6\]](#) όπου εμφανίζονται τα παγκόσμια ανταλλακτήρια εκπομπών και οι στόχοι μείωσης των παγκόσμιων εκπομπών ανά χώρα αντίστοιχα.

Το EU ETS είναι ένα σύστημα το οποίο θεωρητικά θα βοηθήσει τις οικονομικά αδύνατες χώρες να αναπτυχθούν, ωστόσο πρακτικά αυτό που πετυχαίνει στην ουσία είναι οι χώρες με την μεγαλύτερη κατανάλωση να συνεχίσουν να καταναλώνουν με αμείωτο ρυθμό αγοράζοντας με την πάροδο των χρόνων όλο και φθηνότερα τα δικαιώματα εκπομπών, οι τιμές των οποίων διαμορφώνονται από τους νόμους της ελεύθερης αγοράς.

Μία άλλη πτυχή του συστήματος που κρίζει αναφοράς είναι ότι η μεταφορά και οι εκπομπές των ρύπων σε ένα άλλο μέρος της γης είναι εικονική. Έτσι το πρόβλημα των εκπομπών σε κάποια μέρη της Ευρώπης οξύνεται αφού κατ' ουσία αυξάνονται και οι συγκεντρώσεις των ρύπων σε αυτά.

Στον τομέα της αεροπλοΐας έχει συμφωνηθεί ότι αυτό το σύστημα θα μπορεί να έχει πρακτική εφαρμογή μόνο σε πτήσεις οι οποίες διεξάγονται μεταξύ αεροδρομίων τα οποία ανήκουν στην Ευρωπαϊκή Οικονομική Ζώνη (European Economic Area - EEA).

Τα αποτελέσματα που έχει λάβει ως τώρα η Ευρωπαϊκή Επιτροπή παρουσιάζουν το EU ETS ως ένα λειτουργικό σύστημα το οποίο έχει καταφέρει να μειώσει τις εκπομπές ως τώρα σε ποσοστό μεγαλύτερο του 8%, ποσοστό το οποίο ήταν και ο αρχικός στόχος. Υπολογίζεται ότι οι εκπομπές των τομέων που συμπεριλαμβάνονται στο σύστημα (EU ETS) θα είναι 21% λιγότερες έως το 2020 και 43% λιγότερες έως το 2030 σε σχέση με τα δεδομένα του 2005.
































Σχήμα 5: Παγκόσμια ανταλλακτήρια εκπομπών

2.2.2 Συστήματα Συλλογής και Αποθήκευσης Άνθρακα

Ένα Σύστημα Συλλογής και Αποθήκευσης Άνθρακα (Carbon Collection and Storage - CCS) αποτελεί μία τεχνική με την οποία συλλέγεται το διοξείδιο του άνθρακα από κάποιες μεγάλες πηγές εκπομπής του, όπως για παράδειγμα οι σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής

ενέργειας, στη συνέχεια συμπιέζεται και με τα κατάλληλα μέσα εγχέεται στο έδαφος. Είναι μία τεχνική η οποία έχει τη δυνατότητα να στηρίξει την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής κυρίως σε χώρες οι οποίες έχουν μεγάλα αποθέματα σε ορυκτά καύσιμα και ταυτοχρόνως ταχύτατα αυξανόμενη ζήτηση σε ενέργεια. Τα συστήματα αυτά βρίσκονται ακόμα σε νεογνό στάδιο και εφόσον το κόστος λειτουργίας τους καταστεί βιώσιμο θα αποτελέσουν χρήσιμα εργαλεία ενάντια στην κλιματική αλλαγή.

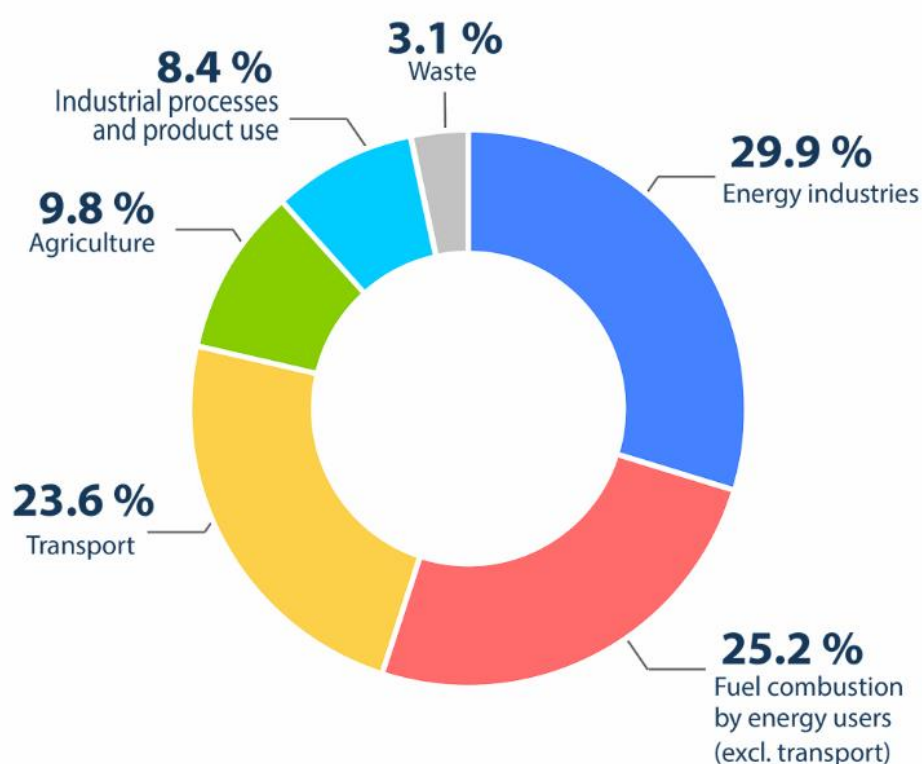
ANDORRA 37% below BAU levels by 2030		REPUBLIC OF KOREA 37% below BAU levels by 2030	
AUSTRALIA 26-28% below 2005 levels by 2030		LIECHTENSTEIN 40% below 1990 levels by 2030	
BENIN Cumulative emission reductions of 163 MtCO ₂ e over 2020 - 2030 through forestry sinks		MACEDONIA, FYR Reduce CO ₂ emissions from fossil fuels combustion for 30%, that is, for 36% at a higher level of ambition, by 2030 compared to BAU levels	
CANADA 30% below 2005 levels by 2030		MARSHALL ISLANDS 32% below 2010 levels by 2025	
CHINA Achieve the peaking of CO ₂ emissions at around 2030 and making best efforts to peak early Lower CO ₂ emissions per unit of GDP by 60-65% from the 2005 level by 2030		MEXICO 22% below BAU levels by 2030	
CONGO, DEM. REP. 17% below BAU levels by 2030		MONACO 50% below 1990 levels by 2030	
DJIBOUTI 40% below BAU levels by 2030		MOROCCO 13% below BAU levels by 2030	
DOMINICAN REPUBLIC 25% below 2010 levels by 2030		NEW ZEALAND 30% below 2005 levels by 2030	
ETHIOPIA 64% below BAU levels by 2030		NORWAY At least 40% below 1990 levels by 2030	
EU At least 40% below 1990 levels by 2030		RUSSIAN FEDERATION 25-30% below 1990 levels by 2030	
GABON At least 50% below BAU levels by 2025		SERBIA 9.8% below 1990 levels by 2030	
ICELAND 40% below 1990 levels by 2030		SINGAPORE 36% reduction in emissions intensity from 2005 levels by 2030	
JAPAN 26% below 2013 levels by 2030		SWITZERLAND 50% below 1990 levels by 2030	
KENYA 30% below BAU levels by 2030		TRINIDAD AND TOBAGO 30% reduction in public transportation emissions below BAU levels by 2030	
		UNITED STATES 26-28% below 2005 levels by 2025	

Σχήμα 6: Στόχοι μείωσης Παγκόσμιων Εκπομπών

2.3 Αεροπλοΐα και εκπομπές

Όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 7 [7] τομέας των Μεταφορών είναι υπεύθυνος για το 24% των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου όλης της Ευρώπης. Σε αντίθεση με άλλους τομείς, όπως η βιομηχανία, οι μονάδες παραγωγής ενέργειας και η γεωργία, τα επίπεδα των εκπομπών βρίσκονται αναλογικά σε υψηλότερο επίπεδο σε σχέση με το 1990 και η πρώτη πτωτική τάση που σημείωσαν οι εκπομπές των αερίων παρουσιάστηκε το 2007.

Share of EU greenhouse gas emission by source, 2015



Σχήμα 7: Εκπομπές GHG ανά τομέα στην Ευρωπαϊκή Ένωση

Η Αεροπλοΐα είναι ένας από τους ταχύτερα αναπτυσσόμενους τομείς στην παραγωγή GHG. Οι εκπομπές αερίων της ανέρχονται σε ποσοστό 3% σε Ευρωπαϊκό επίπεδο και 2% σε παγκόσμιο επίπεδο. Το ποσοστό αυτό κάθε άλλο παρά μικρό είναι, αν αναλογιστεί κανείς ότι αν αναφερόμασταν σε χώρα θα την κατατάσσαμε στη 10^η θέση παγκοσμίως στον αντίστοιχο πίνακα. Με τους ρυθμούς ανάπτυξης που έχει ο τομέας ο Διεθνής Οργανισμός Πολιτικής Αεροπορίας (International Civil Aviation Organization – ICAO) προβλέπει ότι τα επίπεδα εκπομπών θα είναι μέχρι το 2020 70% αυξημένα από τα

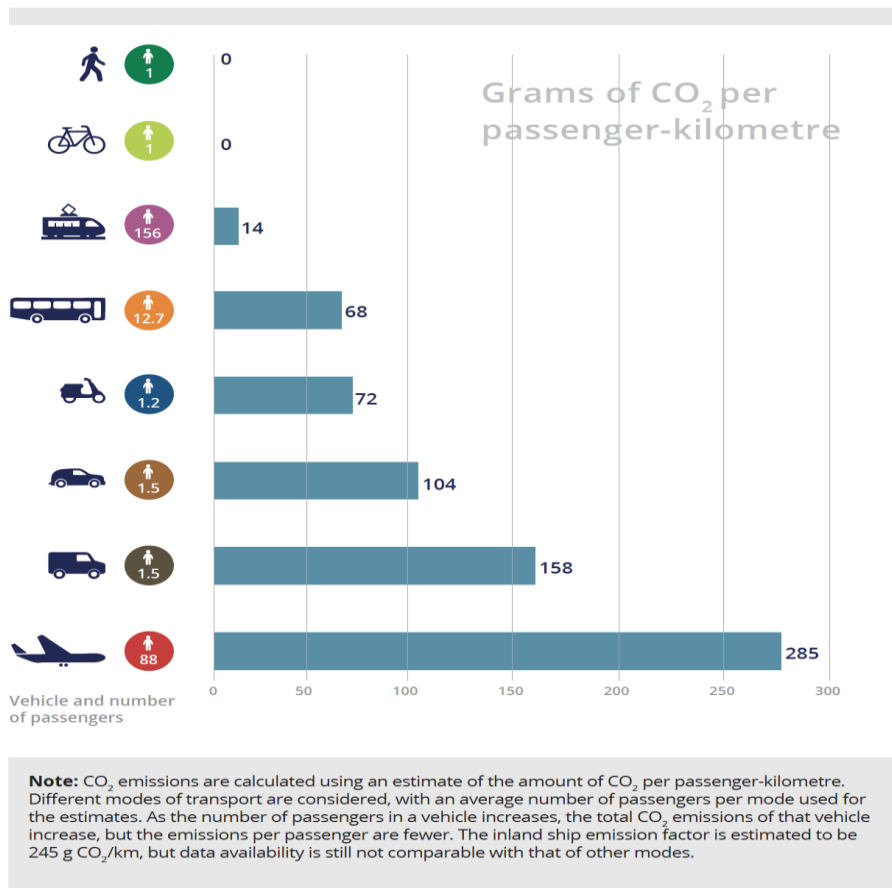
αντίστοιχα του 2005. Το ποσοστό αυξάνεται εκθετικά αν κοιτάξουμε σε βάθος 30 ετών από σήμερα. [\[8\]](#)

Οι εκπομπές της αεροπλοΐας από το 2012 και έπειτα συμπεριλαμβάνονται στο EU ETS. Υπό την εποπτεία του οποίου, όλες οι εταιρίες οι οποίες εκτελούν πτήσεις εντός του Ευρωπαϊκού οικονομικού χώρου είναι υποχρεωμένες να ελέγχουν, να παρουσιάζουν και να επικυρώνουν τις εκπομπές τους, παραδίδοντας παράλληλα δικαιώματα εκπομπών αντίστοιχα των στοιχείων που παρουσιάζουν. Η απόφαση της αεροπλοΐας στο EU ETS αποφασίστηκε αφού κρίθηκε ως πιο αποδοτική και περιβαλλοντικά αποτελεσματική επιλογή για τον έλεγχο των εκπομπών από τις αερομεταφορές. Επιπλέον, η λήψη επιχειρησιακών μέτρων όπως ο εκσυγχρονισμός και η βελτίωση των τεχνολογιών διαχείρισης της κυκλοφορίας θα έχει άμεση συμβολή στη μείωση των εκπομπών των αερομεταφορών.

Οι εκπομπές των αερομεταφορών αποτελούν το 15% των συνολικών εκπομπών του τομέα των μεταφορών. Αυτό συμβαίνει διότι ο κύριος όγκος των επιβατικών αλλά και των εμπορικών μετακινήσεων γίνεται κυρίως με διαφορετικά μέσα (οδικώς, σιδηροδρομικά ή δια θαλάσσης). Οι εκπομπές των αερομεταφορών είναι υπέρογκες αναλογικά με τα διανυθέντα χιλιόμετρα είτε αναφερόμαστε σε επιβατική κίνηση είτε σε εμπορεύσιμα αγαθά. (Σχήμα 8 [\[5\]](#)) Για παράδειγμα για να μετακινηθεί ένας άνθρωπος από το Λονδίνο προς τη Νέα Υόρκη και να επιστρέψει πίσω παράγει σχεδόν την ίδια ποσότητα άνθρακα που χρειάζεται ο μέσος άνθρωπος στην Ευρώπη για να ζεστάνει το σπίτι του για ένα χρόνο.

Carbon dioxide emissions from passenger transport

A wide range of transport options exists, but choosing the one with lowest emissions is not always straightforward. One way to measure your environmental impact is to look at the CO₂ emissions per passenger kilometre travelled.



Source: Estimates are based on the TRACCS database, 2013, and the TERM 027 indicator.

Σχήμα 8: Εκπομπές Μέσων Μεταφοράς ανά Επιβάτη

Η προσπάθεια για τη μείωση των αερίων του θερμοκηπίου βρήκε ένθερμο υποστηρικτή και συντονιστή των ενεργειών σε παγκόσμιο επίπεδο τα τελευταία χρόνια τον Διεθνή Οργανισμό Πολιτικής Αεροπορίας (ICAO). Με την άρρηκτη στήριξη ιδιωτικών φορέων όπως η IATA (Διεθνής Ένωση Αερομεταφορέων) και η ACI (Διεθνής Ένωση Διαχειριστών Αεροδρομίων) καταβάλουν έμπρακτα προσπάθειες ώστε να βοηθήσουν τα μέλη τους να μειώσουν το ενεργειακό και περιβαλλοντικό αποτύπωμα.

Τον Οκτώβριο του 2016 ο ICAO κατέληξε στη λύση της δημιουργίας μιας παγκόσμιας αγοράς εκπομπών, ένα σύστημα το οποίο θα είναι ανάλογο του EU ETS αλλά θα έχει παγκόσμια εμβέλεια με κύριο στόχο να μειώσει τις εκπομπές άνθρακα στον τομέα

της διεθνούς πολιτικής αεροπορίας. Το συμφωνηθέν ψήφισμα ορίζει τα αντικειμενικά και βασικά στοιχεία σχεδιασμού του παγκόσμιου συστήματος καθώς και έναν οδικό χάρτη για την ολοκλήρωση των εργασιών και τις λεπτομέρειες εφαρμογής. Οι αεροπορικές εταιρίες θα είναι υποχρεωμένες, κατά τη διάρκεια αυτού του έργου, να μπορούν να ανιχνεύουν και να υπολογίζουν όλες τις πηγές εκπομπών καυσαερίων σε εγχώριες και διεθνής πτήσεις.

Εκτός από τα GHGs ο τομέας των μεταφορών και κατά συνέπεια και η αεροπλοΐα είναι υπεύθυνη και για άλλους ρυπαντές. Οι βασικοί από αυτούς είναι τα οξείδια του αζώτου (NO_x), το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), το διοξείδιο του θείου (SO_2), τα οποία συγκαταλέγονται στα ανόργανα αέρια, οι πτητικές οργανικές ενώσεις (volatile organic compounds - VOCs) και τα υλικά σωματίδια (Particulate Matter - PM).

Οι πτητικές οργανικές ενώσεις είναι μια πολύ μεγάλη ομάδα οργανικών ενώσεων, που εμφανίζονται κυρίως σε αέρια κατάσταση. Κάποιες από αυτές είναι καρκινογόνες, ενώ άλλες απλά προκαλούν ερεθισμό ματιών και αεραγωγών. Πηγή των VOCs στα αεροδρόμια είναι κυρίως τα εξατμιζόμενα καύσιμα κατά τη διάρκεια των ανεφοδιασμών ή προϊόντα της ατελούς καύσης των καυσίμων ή της μερικής τους καύσης στις εξατμίσεις.





Το διοξείδιο του θείου (SO_2) είναι ένα ανόργανο αέριο το οποίο παράγεται κατά την καύση των καυσίμων εξ αιτίας της υψηλής περιεκτικότητας τους σε θείο. Στα καύσιμα Jet που χρησιμοποιούν τα αεροσκάφη οι συγκεντρώσεις του θείου μπορεί να είναι και 100 φορές μεγαλύτερες από ότι στα καύσιμα diesel.

Τα οξείδια του αζώτου (NO_x) περιλαμβάνουν το μονοξείδιο του αζώτου (NO) και το διοξείδιο του αζώτου (NO_2). Παρά το γεγονός ότι το πρώτο δεν είναι επιβλαβές σε κανονικές συγκεντρώσεις δεν ισχύει το ίδιο και για το δεύτερο. Ο σχηματισμός του επέρχεται όταν το ελεύθερο άζωτο οξειδώνεται κάτω από πάρα πολύ υψηλές θερμοκρασίες.

Τα υλικά σωματίδια (PM), ή απλά σωματίδια είναι στερεά ύλη που μεταφέρεται μέσω του αέρα. Η ταξινόμηση των σωματιδίων γίνεται ανάλογα με το μέγεθος τους. Σε αυτή την περίπτωση εξετάζονται τα λεπτά σωματίδια ($\text{PM}_{2,5}$) και τα υπέρλεπτα σωματίδια ($\text{PM}_{0,1}$). Τα πρώτα μετριοούνται σε μάζα ενώ τα δεύτερα σε αριθμό. Η χημική σύνθεση και των δύο είναι συνήθως κρίσιμης σημασίας λόγω των τοξικών τους ιδιοτήτων. Συνήθως είναι υψηλής περιεκτικότητας σε άνθρακα ή θείο και έχουν εύκολη πρόσβαση στον ανθρώπινο οργανισμό μέσω των ματιών, του αναπνευστικού συστήματος και του δέρματος.

Στα τέλη του 2016 το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο ενέκρινε και έθεσε ως στόχο τη μείωση των επιτρεπόμενων εθνικών ορίων για τις εκπομπές βασικών ρύπων μέχρι το 2030, συμπεριλαμβανομένων και των οξειδίων του αζώτου, των σωματιδίων και του διοξειδίου του θείου. Γεγονός που επηρεάζει άμεσα ολόκληρο τον τομέα των μεταφορών καθώς το μεγαλύτερο μέρος των εκπομπών οξειδίων του αζώτου προέρχεται από αυτόν. Επίσης είναι υπεύθυνος για μεγάλο μέρος των εκπομπών οξειδίων του θείου και σωματιδίων. Στον Πίνακα 3 [\[9\]](#) που ακολουθεί παρουσιάζονται οι εκπομπές των μέσων μεταφοράς στην Ευρώπη.

LOCAL AIR QUALITY EMISSIONS (EUROPE)

					NON-TRANSPORT	
NO _x	32.9%	0.9%	19.1%	4.5%	NO _x	42.6%
CO	26.6%	0.2%	2.3%	0.7%	CO	70.2%
SO _x	0.1%	0.0%	20.9%	0.5%	SO _x	78.5%
VOLATILE ORGANIC COMPOUNDS	15.4%	0.14%	2.52%	0.40%	VOLATILE ORGANIC COMPOUNDS	81.54%
FINE PARTICLES (PM _{2.5})	14.2%	0.4%	11.4%	0.6%	FINE PARTICLES (PM _{2.5})	73.4%

In % of total emissions | source: European Environment Agency, 2013

THANKS TO IMPROVEMENTS IN AIRCRAFT TECHNOLOGY, THE IMPACT OF AIRCRAFT EMISSIONS ON LOCAL AIR QUALITY IS RELATIVELY LOW COMPARED TO OTHER SOURCES.

Πίνακας 3: Εκπομπές Μέσων Μεταφοράς στην Ευρώπη

3. Ενεργειακή Διαπίστευση Αεροδρομίων – Airport Carbon Accreditation (ACA)

Στις αρχές του έτους 2008 έπειτα από την ετήσια συνέλευση των μελών του, το ACI προχώρησε σε ένα ψήφισμα το οποίο ακόμα και σήμερα αποτελεί ορόσημο στην εναντίωση της κλιματικής αλλαγής. Όλα τα μέλη του οργανισμού δεσμεύτηκαν να ακολουθήσουν μία κοινή πλεύση ώστε να μειωθούν οι εκπομπές του CO₂ των δραστηριοτήτων τους με στόχο το ισοζύγιο του άνθρακα να τείνει προς το ουδέτερο. Ως επακόλουθο αυτού την επόμενη χρονιά στην ετήσια συνέλευση του ACI Europe ξεκίνησε το πρόγραμμα Ενεργειακής Διαπίστευσης Αεροδρομίων (Airport Carbon Accreditation - ACA) [\[10\]](#).

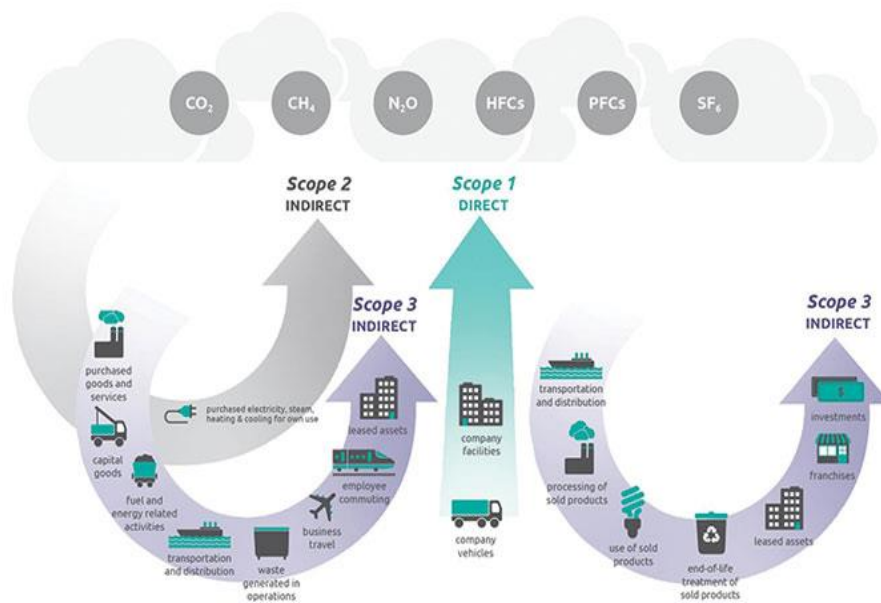
Το ACA μέσω μιας ακολουθίας διαδικασιών παρέχει στα αεροδρόμια τη διαχείριση του άνθρακα θέτοντας ποσοτικούς στόχους. Με αυτό τον τρόπο γίνεται αξιολόγηση παράλληλα των προσπαθειών για τη διαχείριση και μείωση των εκπομπών του CO₂ από το σύνολο των λειτουργιών του αεροδρομίου. Προκειμένου να αναγνωριστεί η απόδοση του αερολιμένα υπάρχουν τέσσερα επίπεδα διαπίστευσης :

- **χαρτογράφηση** (mapping)
- **μείωση** (reduction)
- **βελτιστοποίηση** (optimization)
- **ουδετερότητα** (neutrality)

3.1 Χαρτογράφηση – Mapping

Το πρώτο στάδιο της ενεργειακής διαπίστευσης αφορά την αναλυτική μέτρηση του αποτυπώματος άνθρακα του αερολιμένα. Αρχικά γίνεται αποτύπωση των εκπομπών άνθρακα που προέρχονται από όλες τις δραστηριότητες του αεροδρομίου και των υπαλλήλων που απασχολούνται σε αυτό. Η αποτύπωση μπορεί να γίνει από οποιονδήποτε ανεξάρτητο συνεργάτη επιλέξει ο εκάστοτε αερολιμένας. Στη συνέχεια τα αποτελέσματα των μετρήσεων υποβάλλονται στην ACA και πιστοποιούνται από την WSP Environmental & Energy Services που αποτελεί άμεσο συνεργάτη της ACA.

Σύμφωνα με το Green House Gas Protocol οι εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου κατανέμονται σε τρεις τάξεις - πεδία ανάλογα με την προέλευση τους. Στο πρώτο από αυτά περιλαμβάνονται όλες οι άμεσες εκπομπές, το δεύτερο περιλαμβάνει τις έμμεσες εκπομπές από κατανάλωση ενέργειας, θερμότητας ή ατμού και στο τρίτο πεδίο εμπεριέχονται διάφορες άλλες έμμεσες εκπομπές όπως η εξόρυξη, παραγωγή και μεταφορά υλικών και καυσίμων, δραστηριότητες σχετικές με τον τομέα των μεταφορών που όμως δεν ανήκουν στο φορέα, στην περίπτωση αυτή τους αερολιμένες για παράδειγμα διάθεση αποβλήτων, διαχείριση νερού κτλ. Όπως φαίνονται στο Σχήμα 9.



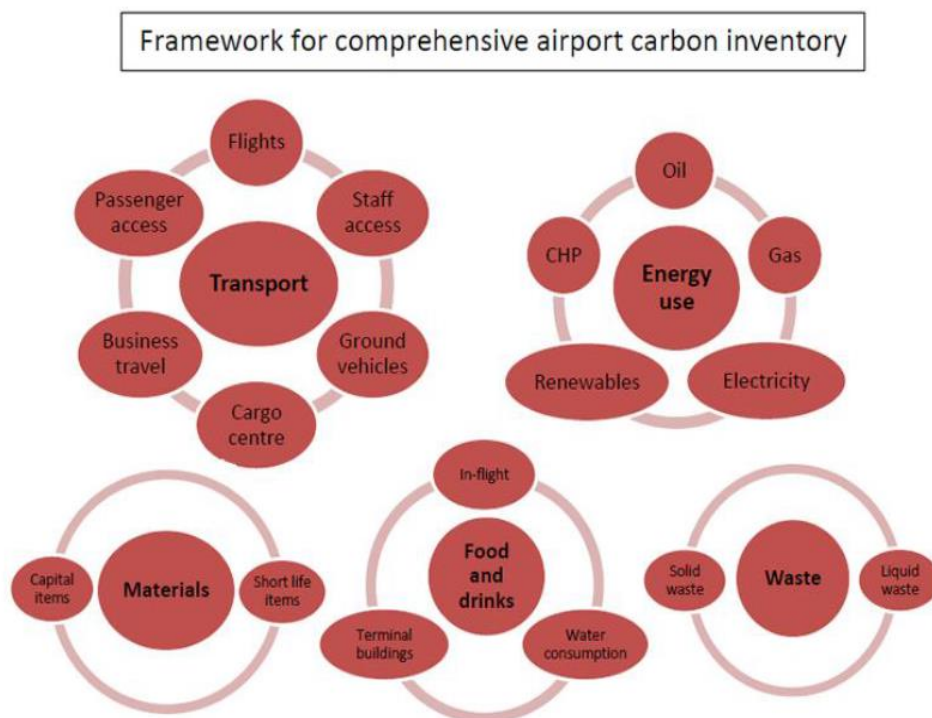
Σχήμα 9: Αέρια του Θερμοκηπίου

Αναφορικά με τους αερολιμένες η τρίτη τάξη των εκπομπών χωρίζεται σε δύο βασικές κατηγορίες. Η πρώτη από αυτές συμπεριλαμβάνει τις εκπομπές που μπορεί να επηρεάσει ο διαχειριστής του αεροδρομίου παρά το γεγονός ότι οι πηγές τους δρουν ανεξάρτητα και η δεύτερη κατηγορία εκείνες τις πηγές που δεν επηρεάζονται καθόλου από το διαχειριστή.

Στο στάδιο αυτό οι μετρήσεις των εκπομπών εστιάζονται στα σημαντικότερα αέρια του θερμοκηπίου τα οποία ευθύνονται κυρίως για την κλιματική αλλαγή και τα οποία είναι το διοξείδιο του άνθρακα, το μεθάνιο, τα οξείδια του αζώτου, οι χλωροφθοράνθρακες, οι υπερφθοράνθρακες και το εξαφθορειούχο θείο.

Απαραίτητες προϋποθέσεις για να επιτύχει ένα αεροδρόμιο αυτό το επίπεδο διαπίστευσης αποτελούν: καθορισμός επιχειρησιακών ορίων αλλά και των πηγών εκπομπών για τα πεδία 1 & 2, συλλογή και λεπτομερής καταγραφή ετήσιων εκπομπών των πηγών που καθορίστηκαν, σύνταξη έκθεσης εκπομπών και υποβολή της.

Στο Σχήμα 10 που ακολουθεί παρουσιάζονται οι δραστηριότητες που επιτελούνται σε ένα αεροδρόμιο [\[10\]](#).

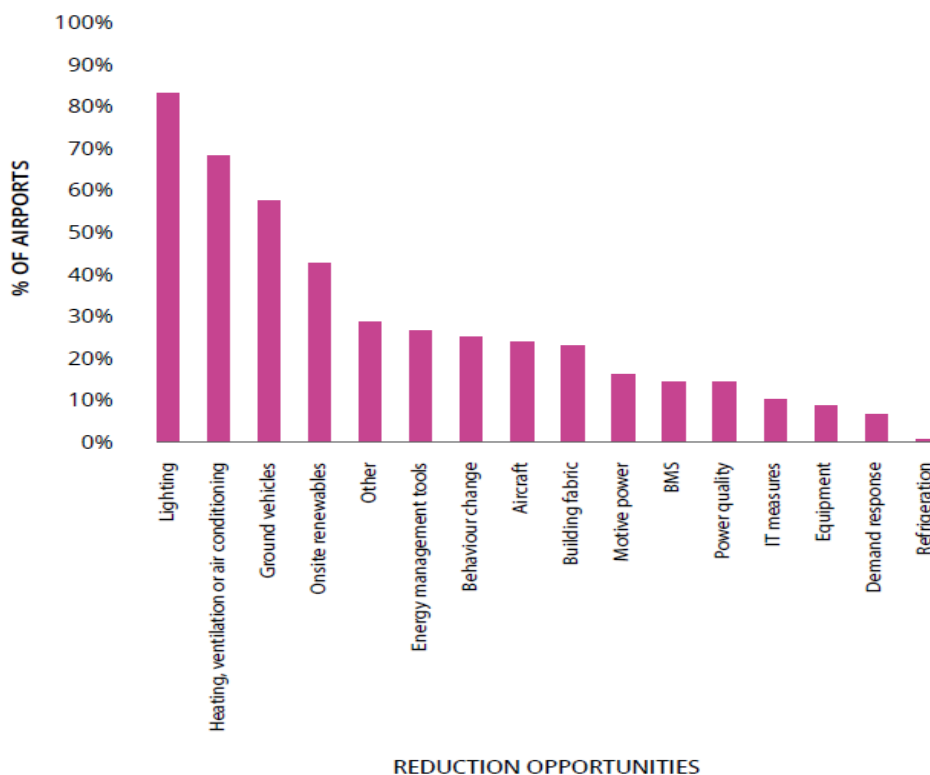


Σχήμα 10: Διαλαμβανόμενες Δραστηριότητες Αεροδρομίων

3.2 Μείωση – Reduction

Το επόμενο στάδιο που ακολουθεί είναι εκείνο της μείωσης των εκπομπών. Στόχος αυτού είναι η κατά το δυνατόν καλύτερη διαχείριση των πηγών των εκπομπών ώστε να προκύψει όσο το δυνατόν μικρότερο ανθρακικό αποτύπωμα. Για την υλοποίηση αυτού του επιπέδου διαπίστευσης ο αερολιμένας θα πρέπει να παρέχει αποδεικτικά στοιχεία αποτελεσματικών διαδικασιών διαχείρισης άνθρακα, συμπεριλαμβανομένης και της στοχοθέτησης εκπομπών, ώστε μέσω αποτελεσμάτων διαδοχικών ετών να αποδεικνύεται ότι έχουν επιτευχθεί οι στόχοι μείωσης του αποτυπώματος του.

Αναλυτικότερα θα πρέπει να ακολουθεί μία πολιτική χαμηλών εκπομπών συνολικά και να έχει ένα φορέα διασφάλισης και υλοποίησης της πολιτικής αυτής. Επιπλέον θα πρέπει να υιοθετήσει μεθόδους ακριβούς υπολογισμού του αποτυπώματος και να έχει ξεκάθαρη στοχοθεσία αναφορικά με τη μείωση των εκπομπών. Βασικές προϋποθέσεις αποτελούν επίσης η παρακολούθηση της κατανάλωσης καυσίμων και ενέργειας και η ενημέρωση του προσωπικού και των φορέων που δραστηριοποιούνται στο αεροδρόμιο για τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και την πολιτική μείωσης τους. Δεν θα πρέπει ωστόσο να εξαιρούνται τυχόν επενδύσεις που γίνονται στο αεροδρόμιο και θα πρέπει να υπάρχουν οι κατάλληλοι μηχανισμοί ώστε να ελέγχονται οι διαδικασίες τους και τα αποτελέσματά τους.



Σχήμα 11: Δυνατότητες Μείωσης Εκπομπών Αερολιμένων

Στο Σχήμα 11 εμφανίζονται οι πηγές εκπομπών ενός αεροδρομίου και οι δυνατότητες που έχει η κάθε μία από αυτές, με κατάλληλη διαχείριση να μειώσει τις εκπομπές της. Για παράδειγμα η ηλεκτροδότηση, η θέρμανση/ψύξη των εγκαταστάσεων οι οποίες καταλαμβάνουν τις πρώτες θέσεις χρήζουν μεγάλης βελτίωσης στη διαχείριση τους [\[11\]](#).

3.3 Βελτιστοποίηση – Optimization

Με τον όρο βελτιστοποίηση αναφερόμαστε στη διαδικασία στην οποία με την εμπλοκή τρίτων γίνεται προσπάθεια μείωσης του ανθρακικού αποτυπώματος. Τρίτα πρόσωπα αποτελούν οι αεροπορικές εταιρίες και οι διάφοροι φορείς παροχής υπηρεσιών οι οποίοι δραστηριοποιούνται στο χώρο του αεροδρομίου. Σε αυτούς συμπεριλαμβάνονται οι εξυπηρετητές εδάφους και ελέγχου της εναέριας κυκλοφορίας ακόμα και τα καταστήματα τα οποία στεγάζονται στους χώρους του αεροδρομίου. Περιλαμβάνει επίσης και τους διάφορους τρόπους πρόσβασης με τις αντίστοιχες υπηρεσίες αλλά και τους χρήστες.

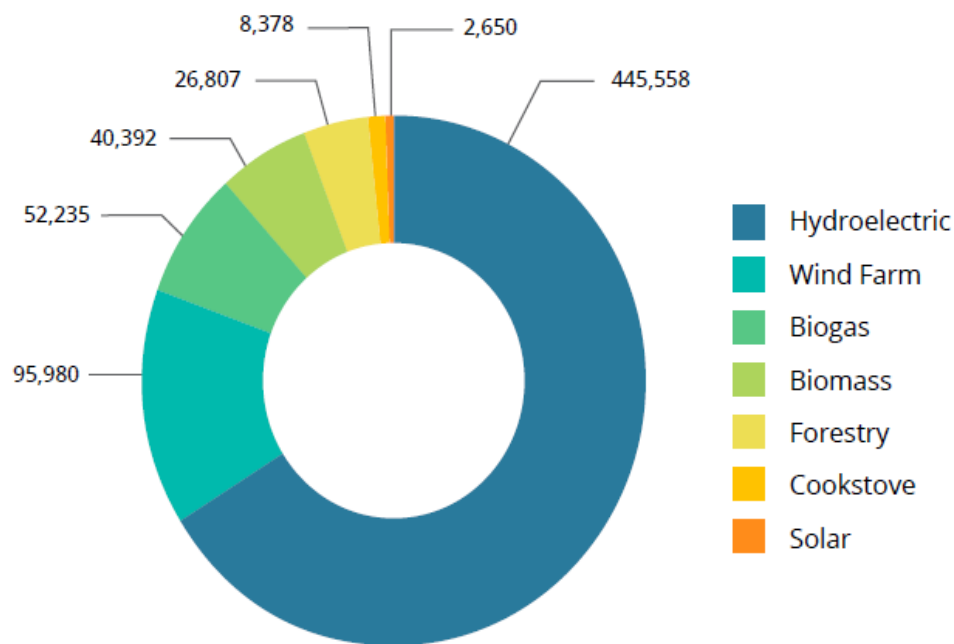
Διευρύνει το πεδίο μέτρησης του αποτυπώματος με σκοπό να περιλαμβάνει εκπομπές από το τρίτο πεδίο του GHG. Οι μετρήσεις εκπομπών περιλαμβάνουν:

- κινήσεις αεροσκαφών
- πρόσβαση στο αεροδρόμιο επιβατών και προσωπικού

- εκπομπές επιχειρησιακών μετακινήσεων προσωπικού
- τυχόν άλλες εκπομπές του πεδίου 3 που θεωρούνται σημαντικές από το αεροδρόμιο

3.4 Ουδετερότητα – Neutrality

Η ουδετερότητα αποτελεί το ανώτατο επίπεδο διαπίστευσης. Για να φτάσει ένας αερολιμένας σε αυτό θα πρέπει να αντισταθμίσει τις υπερβάλλουσες εκπομπές των πεδίων 1 & 2, που μπορεί να ελέγξει, χρησιμοποιώντας διεθνώς αναγνωρισμένες πρακτικές. Πρακτικά ουδετερότητα σημαίνει το ανθρακικό ισοζύγιο ανά έτος να είναι μηδενικό. Η επίτευξη αυτού του στόχου δεν μπορεί να επέλθει χωρίς τη βοήθεια εξωγενών παραγόντων με ταυτόχρονες δραστικές αλλαγές όπως για παράδειγμα η εγκατάσταση μονάδων Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) στα αεροδρόμια και η εκμετάλλευσή τους. Στο Σχήμα 12 που ακολουθεί παρουσιάζονται οι εκπομπές (t CO_{2e}) που εξοικονομούνται με τη χρήση ΑΠΕ στα αεροδρόμια παγκοσμίως σύμφωνα με στοιχεία από αεροδρόμια που συμμετέχουν στο πρόγραμμα [\[12\]](#).



Σχήμα 12: Εξοικονόμηση Εκπομπών μέσω ΑΠΕ

Το 2009 το αεροδρόμιο «Arlanda» της Στοκχόλμης ήταν το πρώτο το οποίο πιστοποιήθηκε στο μέγιστο επίπεδο, αντικατοπτρίζοντας με αυτό τον τρόπο τις προσπάθειες των Σουηδών για μείωση κατά 50% των εκπομπών τους σε σχέση με το 2004 [\[12\]](#)

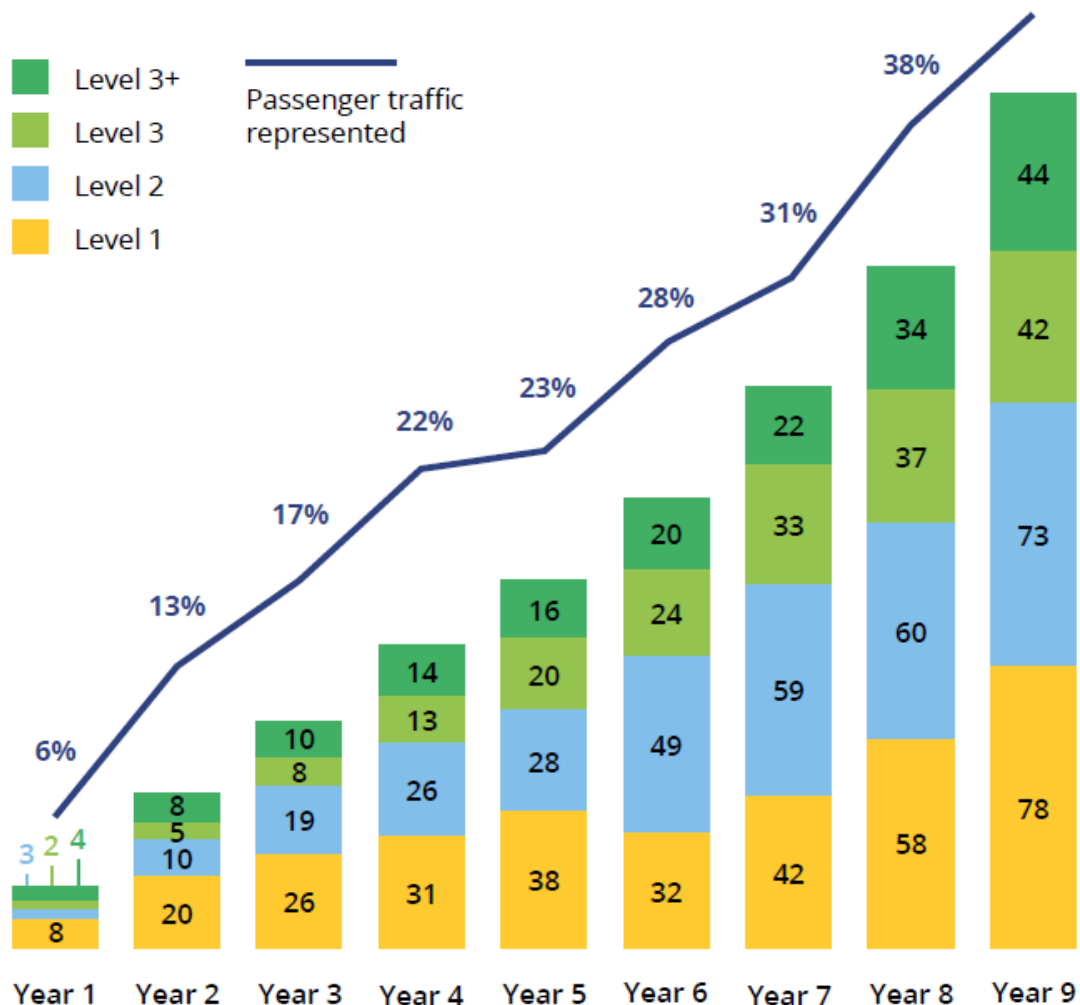


Εικόνα 1: Εγκατάσταση Φωτοβολταϊκών στο Αεροδρόμιο Αθηνών

Ο διεθνής αερολιμένας «Ελευθέριος Βενιζέλος» των Αθηνών αποτελεί ένα από τα πρώτα μέλη της προσπάθειας αυτής από το 2009. Από την ημέρα που άνοιξε τις πύλες του μέσω συνεχούς βελτίωσης και εκσυγχρονισμού κατάφερε το 2017 να αναγνωριστεί με το ανώτατο επίπεδο ενεργειακής διαπίστευσης από το ACA. Ένα από τα σημεία αναφοράς είναι η τεράστια επένδυση που έγινε από το αεροδρόμιο στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Ο αερολιμένα διατηρεί πλέον ένα φωτοβολταϊκό πάρκο το οποίο καλύπτει μεγάλο μέρος των ενεργειακών του αναγκών αξιοποιώντας τα υψηλά επίπεδα ηλιοφάνειας της χώρας κατά το βέλτιστο δυνατό τρόπο [\[13\]](#).

3.5 Αποτελεσματικότητα

Αναφορικά με την αποτελεσματικότητα του προγράμματος, τον Οκτώβριο του 2018, στην τελευταία έκθεση του ACA [\[11\]](#), παγκοσμίως συμμετέχουν συνολικά 237 αεροδρόμια τα οποία εξυπηρέτησαν το περασμένο έτος 43% του παγκόσμιου επιβατικού κοινού με τα 44 από αυτά να έχουν φτάσει στο ανώτατο επίπεδο ενεργειακής διαπίστευσης. (Σχήμα 13) Παράλληλα επετεύχθη μείωση των εκπομπών αυτών των αεροδρομίων κατά 347.000 t CO₂ το περασμένο έτος. Επιπλέον τα 44 αεροδρόμια με το ανώτερο επίπεδο διαπίστευσης κατάφεραν μέσω ενεργειών τους να απορροφήσουν 672.000 t του εκπεμπόμενου CO₂.



Σχήμα 13: Διαπιστευμένα Αεροδρόμια Παγκοσμίως

Στον Ευρωπαϊκό χώρο παρατηρείτε η μεγαλύτερη κινητικότητα και δραστηριοποίηση αναφορικά με το πρόγραμμα. Το πλήθος των αεροδρομίων που συμμετέχουν σε αυτό ανέρχεται στα 133 αντιπροσωπεύοντας το 56% του συνόλου που συμμετέχει στο πρόγραμμα και εξυπηρετεί το 65% του επιβατικού κοινού και των αεροπορικών κινήσεων. (Σχήμα 14) Κατά το τελευταίο έτος αναφοράς τα αεροδρόμια της Ευρώπης μείωσαν τις εκπομπές τους κατά 169.065 t CO₂ και οι εκπομπές ανά επιβάτη κατέβηκαν στο 1.48 Kg CO_{2e} το οποίο αποτελεί μείωση κατά 16% σε σχέση με το μέσο όρο των τριών προηγούμενων ετών.



Σχήμα 14: Ευρωπαϊκές Συμμετοχές και Επίπεδα Διαπίστευσης

4. Ενεργειακό – Περιβαλλοντικό Αποτύπωμα

4.1 Γενικά

Το ενεργειακό αποτύπωμα ορίζεται ως το σύνολο των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου οι οποίες προκαλούνται άμεσα ή έμμεσα από ένα άτομο, οργανισμό, προϊόν ή δραστηριότητα. Στην περίπτωση ενός αερολιμένα, το ενεργειακό αποτύπωμα ορίζεται το σύνολο των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου για το σύνολο των υπηρεσιών που αποσκοπούν στην εξυπηρέτηση των πολιτών οι οποίοι μετακινούνται χρησιμοποιώντας αεροπορικά μέσα μετακίνησης σε ένα συγκεκριμένο αερολιμένα.

Το αποτύπωμα συμπεριλαμβάνει τα έξι αέρια του θερμοκηπίου τα οποία ορίζει το Πρωτόκολλο του Κιότο: Διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), Μεθάνιο (CH_4), Μονοξείδιο του αζώτου (N_2O), Υδροφθοράνθρακες (HFCs), Υπερφθοράνθρακες (PFCs) και Εξαφθοριούχο θείο (SF_6).

Το ανθρακικό αποτύπωμα μετρείται σε τόνους ισοδύναμου του διοξειδίου του άνθρακα (tCO_2e). Το ισοδύναμο του διοξειδίου του άνθρακα δίνει τη δυνατότητα στα διάφορα αέρια του θερμοκηπίου να είναι συγκρίσιμα μεταξύ τους με μία κοινή βάση υπολογισμού και με μια κοινή μονάδα μέτρησης η οποία τις περισσότερες φορές είναι η μία μονάδα διοξειδίου του άνθρακα (CO_2). Για τον υπολογισμό του ισοδύναμου (CO_2e) πολλαπλασιάζουμε τις εκπομπές καθενός από τα έξι αέρια του θερμοκηπίου, με το Δυναμικό Θέρμανσης του Πλανήτη (Global Warming Potential– GWP) εντός της περιόδου των τελευταίων 100 ετών (Πίνακας 4) [14].

Greenhouse Gas (GHG)	Atmospheric Lifetime (yrs)	Global Warming Potential (GWP)	Primary Current Sources
Carbon dioxide (CO_2)	50-200	1	Fossil fuel use, land use, cement
Methane (CH_4)	12±3	21	Fossil fuel use, agriculture
Nitrous oxide (N_2O)	120	310	Mostly agriculture, ~1/3 are anthropogenic
Hydrofluorocarbons (HFCs)	1.5 to 209	150 to 11,700	Alternative to ozone depleting substances
Perfluorocarbons (PFCs)	2,600 to 50,000	6,500 to 9,200	Primary aluminum production; semiconductor manufacturing
Sulfur Hexafluoride (SF_6)	3,200	23,900	Used in electric power transmission, magnesium and semiconductor industries

} High GWP gases

Πίνακας 4: Global Warming Potential

Στις έρευνες που γίνονται και στα αποτελέσματα των εκθέσεων υπολογισμού, εκφράζεται σε όρους συνολικού βάρους διοξειδίου του άνθρακα για μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο (συνήθως ανά έτος) ή του ισοδύναμου του και των υπολοίπων αερίων του θερμοκηπίου, τα οποία απελευθερώνονται στο περιβάλλον.

Μέχρι και το 2016 το πρωτόκολλο του Κιότο εξαιρούσε τις εκπομπές της διεθνούς αεροπλοΐας. Ωστόσο τώρα οι αεροπορικές εταιρίες και οι αερολιμένες είναι υποχρεωμένοι να τις συμπεριλαμβάνουν και αυτές στις μετρήσεις τους σύμφωνα με της νέες διατάξεις, κυρίως της ΕΕ.

Στο περιβαλλοντικό αποτύπωμα ωστόσο συμπεριλαμβάνονται και άλλες ρυπογόνες ουσίες όπως τα οξείδια του αζώτου (NO_x), το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), το διοξείδιο του θείου (SO_2), οι οργανικές πτητικές ενώσεις (VOCs) και τα μικρά σωματίδια. Ουσίες που αποτελούν κίνδυνο τόσο για την ανθρώπινη υγεία όσο και για την καταστροφή του περιβάλλοντος. Από τα πιο κοινά και γνωστά προβλήματα που γνωρίζουμε ότι προκαλούν αυτές οι χημικές ενώσεις είναι η καταστροφή του όζοντος στην στρατόσφαιρα και για την δημιουργία του στην τροπόσφαιρα από τα οξείδια του αζώτου (NO_x) και η συμβολή στη δημιουργία της όξινης βροχής. Για να γίνει ευκολότερα αντιληπτό καταστρέφουν το «καλό» όζον και δημιουργούν «κακό» όζον. Επιπλέον αυτές οι ουσίες αποτελούν καρκινογόνους παράγοντες και πρόσφατες μελέτες έχουν δείξει ότι περισσότεροι από 400 χιλιάδες θάνατοι παγκοσμίως ανά έτος τα τελευταία χρόνια προκαλούνται από αυτά τα στοιχεία.

4.2 Οφέλη Αερολιμένων

Οι αερολιμένες μπορούν να έχουν πολλά οφέλη από την προσπάθεια διαχείρισης και μείωσης των εκπομπών τους. Η πλεύση προς αυτή την κατεύθυνση μπορεί να γίνει είτε εθελοντικά είτε να είναι απόρροια κάποιων κανονισμών ή νομοθετικών πλαισίων.

Η ενεργειακή αποδοτικότητα και εξοικονόμηση πόρων αποτελεί έναν από τους κύριους λόγους που ένας αερολιμένας θα πρέπει να ελέγχει τακτικά τις εκπομπές του. Η ηλεκτρική ενέργεια που χρησιμοποιείται για τον φωτισμό, τη θέρμανση και την ψύξη, αλλά και τον εξαερισμό των χώρων, όπως και για το σταθερό επίγειο εξοπλισμό υποστήριξης των αεροσκαφών αποτελούν ένα από τα κύρια έξοδα λειτουργίας ενός αερολιμένα. Επιπλέον τα καύσιμα που καταναλώνει ο επίγειος εξοπλισμός υποστήριξης των αερολιμένων (π.χ. λεωφορεία μεταφοράς επιβατών, οχήματα μεταφοράς αποσκευών, οχήματα ανεφοδιασμού) παράγουν υψηλά επίπεδα CO_2 . Και οι δύο πηγές ενέργειας, καύσιμα και ηλεκτρική ενέργεια, μπορούν να συνεισφέρουν σημαντικά στο ενεργειακό αποτύπωμα ενός αεροδρομίου.

Η υιοθέτηση προγραμμάτων για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, ο εκσυγχρονισμός εγκαταστάσεων και οχημάτων επίγειας υποστήριξης και η βελτιστοποίηση στη χρήση αυτών μπορούν να κάνουν τον αερολιμένα ενεργειακά αποδοτικότερο μειώνοντας παράλληλα σε σημαντικό βαθμό τις εκπομπές των αέριων ρύπων, έχοντας ταυτόχρονα χρόνο απόσβεσης που ισοδυναμεί με μερικές περιόδους λειτουργίας μόνο.

Η Εταιρική Κοινωνική Ευθύνη (Corporate Social Responsibility – CSR) είναι η αποδοχή από την εταιρία της ευθύνης των επιπτώσεων που έχει η επιχειρηματική δραστηριότητα της στο περιβάλλον και στην τοπική κοινωνία. Σε εταιρικό επίπεδο θα λέγαμε ότι έχει κοινούς άξονες πλεύσης με τον όρο της αειφόρου ανάπτυξης. Σε αυτά τα πλαίσια δράσης ένας αερολιμένας μπορεί να ελέγχει τόσο τις δικές του εκπομπές όσο και τις εκπομπές εκείνων που δραστηριοποιούνται στους χώρους του, διαμορφώνοντας μια καλύτερη εικόνα για τον επισκέπτη της εκάστοτε πόλης ή χώρας.

Ένα αεροδρόμιο αποτελεί συνήθως ένα σύμπλεγμα επιχειρήσεων το οποίο διαδραματίζει αρκετά σημαντικό ρόλο στην τοπική κοινότητα, ιδιαίτερα όταν αναφερόμαστε στους αερολιμένες επαρχιακών πόλεων. Έχει την ευκαιρία να παίξει ηγετικό ρόλο στην προσπάθεια αναστροφής της κλιματικής αλλαγής που προκαλείται τις τελευταίες δεκαετίες, ελέγχοντας τις περιβαλλοντικές και κοινωνικές επιπτώσεις των δραστηριοτήτων του.

Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενη παράγραφο ιδιαίτερη ανησυχία έχουν προκαλέσει τα τελευταία χρόνια τα εμφανή πλέον αποτελέσματα των εκπομπών αερίων ρύπων και στον τομέα της υγείας. Στα πλαίσια της κοινωνικής ευαισθητοποίησης είναι σημαντικό να ελέγχονται οι εκπομπές των αερολιμένων και η συνεχής προσπάθεια μείωσης αυτών στα πλαίσια της προσπάθειας για τη διατήρηση ενός περιβάλλοντος μη τοξικού για τους πολίτες. Ιδιαίτερα σε περιπτώσεις όπου οι αερολιμένες είναι εγκατεστημένοι πολύ κοντά σε κατοικημένες περιοχές (π.χ. «Ν. Καζαντζάκης», Κρατικός Αερολιμένας Ηρακλείου Κρήτης).

Έτσι σε πολλές περιπτώσεις απαιτείται η καταγραφή και αναφορά των εκπομπών. Όσον αφορά τα κράτη που ανήκουν στην ΕΕ η αναφορά των εκπομπών των αεροδρομίων είναι υποχρεωτική στην ετήσια αναφορά που κάνουν τα κράτη – μέλη. Επίσης για τις μεγάλες εγκαταστάσεις προβλέπεται και από το σύστημα EU ETS η αναφορά των εκπομπών αναλυτικά.

4.3 Μεθοδολογία υπολογισμού

4.3.1 Γενικά

Οι πρώτες απόπειρες για τον υπολογισμό των αερίων ρύπων και κατά κύριο λόγο των αερίων του θερμοκηπίου ξεκίνησαν στα τέλη της περασμένης χιλιετίας παρακινούμενες από το ρεύμα ενάντια στην κλιματική αλλαγή που ξεκίνησε με το Πρωτόκολλο του Κιότο.

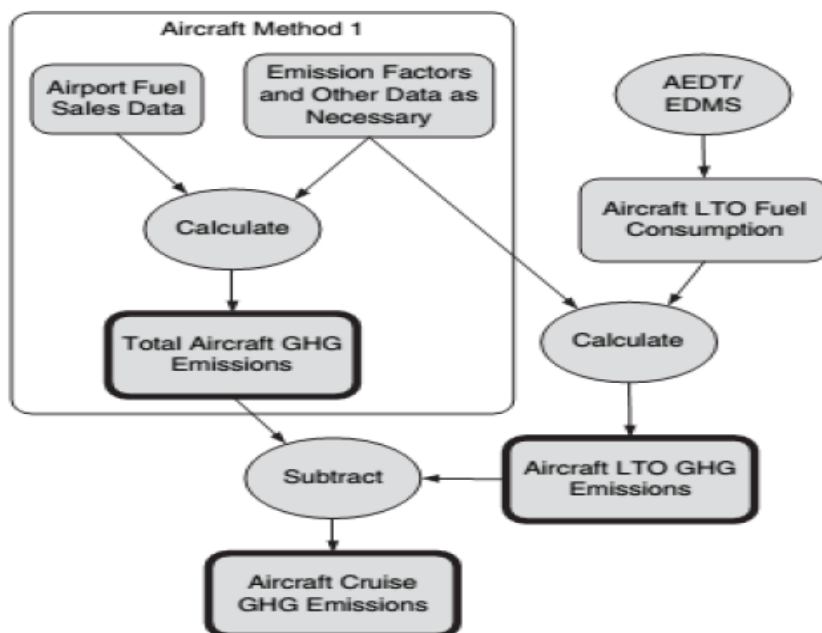
Αναφερόμενοι στους ρύπους των αεροδρομίων εύλογα κανείς θα σκεφτεί μόνο τα αεροσκάφη. Ωστόσο οι εκπομπές του αεροδρομίου περιλαμβάνουν όλες τις εκπομπές από τις διεργασίες που σχετίζονται με τη λειτουργία και τη χρήση του, συμπεριλαμβανομένου του εξοπλισμού επίγειας υποστήριξης, παραγωγής ενέργειας και επίγειας μεταφοράς επιβατών, προσωπικού, αποσκευών και καυσίμων. Με αυτό το σκεπτικό ξεκίνησαν και οι πρώτες έρευνες και βασίστηκαν οι πρώτες μεθοδολογίες για τον υπολογισμό των αερίων

ρύπων που προκαλούσαν τα αεροσκάφη και κατ' επέκταση και τα αεροδρόμια. Οι αρχικές εκτιμήσεις ως προς την ποσότητα των ρύπων που παρήγαγε ένα αεροδρόμιο προέκυπταν από την ποσότητα του καταναλισκόμενου καυσίμου για όλες τις διεργασίες του αερολιμένα και τον ανεφοδιασμό των αεροσκαφών ανά έτος ή κάποιο άλλο συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Ο υπολογισμός προκύπτει ανάλογα με τον τύπο της διεργασίας που λαμβάνει, χρησιμοποιώντας τον αντίστοιχο δείκτη εκπομπών όπως παρουσιάζεται στον ακόλουθο πίνακα. (Πίνακας 5)

Διεργασία	Δείκτης Εκπομπών
lbs ή lt ή gal κατανάλωσης καυσίμου	lbs ή kg CO ₂ / lb ή lit ή gal καυσίμου
Διανυθέντα km (οχήματα)	gr CO ₂ / km
kwh που καταναλώθηκαν	gr CO ₂ / kwh
hr λειτουργίας	gr CO ₂ / hr

Πίνακας 5: Διεργασίες και Δείκτες Εκπομπών

Λίγα χρόνια αργότερα αναπτύχθηκε η μεθοδολογία, στην οποία βασίστηκε το Emission Dispersion Modeling System – EDMS, [15] με την οποία υπολογίζονται μέχρι σήμερα οι ρύποι των αεροσκαφών και η οποία προσφέρει μεγαλύτερη ακρίβεια σε σχέση με τις υπόλοιπες γι' αυτό και επικράτησε έναντι των υπολοίπων. Η μεθοδολογία αυτή είναι παγκοσμίως αποδεκτή και έχει τη δυνατότητα να υπολογίζει ξεχωριστά του ρύπους αεροσκαφών, Auxiliary Power Units – APUs και Επίγειου εξοπλισμού υποστήριξης των αερολιμένων (Ground Support Equipment - GSE) παρέχοντας ταυτόχρονα μεγάλη ακρίβεια.



Σχήμα 15: Διάγραμμα Μεθόδου Υπολογισμού Εκπομπών

Βάση αυτής της μεθοδολογίας είναι οι χρόνοι λειτουργίας των εξεταζομένων αντικειμένων ώστε να εκτιμηθούν οι τελικές ποσότητες των εκπομπών. Βασική προϋπόθεση ώστε να γίνει χρήση αυτής της μεθόδου είναι οι χρόνοι λειτουργίας των κινητήρων των αεροσκαφών και των επίγειων οχημάτων εξυπηρέτησης του αερολιμένα που εξετάζουμε σε κάθε περίπτωση.

Ο πρώτος τρόπος εκτίμησης των εκπομπών χρησιμοποιείται κυρίως όταν εξετάζουμε τις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου αποκλειστικά, ενώ ο δεύτερος τρόπος υπολογισμού που αναφέρθηκε και θα αναλυθεί στη συνέχεια χρησιμοποιείται όταν εξετάζουμε όλους τους ρυπαντές ενός αερολιμένα ή αποκλειστικά αυτούς που δεν ανήκουν στα αέρια του θερμοκηπίου.

4.3.2 Ο κύκλος LTO

Στο αποτύπωμα του αεροδρομίου περιλαμβάνονται οι ρύποι μόνο του κύκλου από-προσγειώσεων (Landing Take Off Cycle - LTO). Ο τυπικός κύκλος LTO, όπως αυτός ορίζεται από τον ICAO ξεκινάει όταν το αεροσκάφος κατέρχεται από τα 3000 πόδια (ft) καθώς προσεγγίζει το αεροδρόμιο κατά την κάθοδο του από το επίπεδο πτήσης, την προσγείωση του και την τροχοδρόμηση μέχρι τη πίστα εξυπηρέτησης ή την πύλη του αερολιμένα. Ο κύκλος έχει και δεύτερο σημείο εκκίνησης, με την τροχοδρόμηση του αεροσκάφους προς τον εν χρήσει διάδρομο όπου ακολουθεί η απογείωση του και η άνοδος μέχρι τα 3000 πόδια (ft) όπου και αποχωρεί από τα όρια του κύκλου LTO έτσι ώστε να προσεγγίσει το τελικό επίπεδο πτήσης του. Ένας τυπικός κύκλος LTO ισοδυναμεί με μία προσγείωση και μια απογείωση. Συνοπτικά οι τέσσερις φάσεις του κύκλου LTO είναι οι : Προσέγγιση, Τροχοδρόμηση, Απογείωση, Άνοδος. Ο κύριος λόγος που γίνεται αυτός ο διαχωρισμός όπως θα αναλυθεί στη συνέχεια είναι τα διαφορετικά επίπεδα λειτουργίας - απόδοσης των κινητήρων σε κάθε φάση από αυτές, επομένως και οι διαφορετικές ποσότητες εκπομπών.

- **Προσέγγιση (30% ισχύς):** αναφέρεται στο κομμάτι της πτήσης όπου το αεροπλάνο φτάνει το ύψος των 3000 ποδιών (ft) μέχρι την επαφή του με το διάδρομο προσγείωσης.
- **Τροχοδρόμηση (7% ισχύς):** αναφέρεται στο χρόνο όπου το αεροπλάνο κινείται προς κάποια πύλη ή προς την πίστα και συμπεριλαμβάνει και το χρόνο κατά τον οποίο βρίσκεται σε στάση με τους κινητήρες σε λειτουργία.
- **Απογείωση (100% ισχύς):** αναφέρεται στη διαδρομή εντός του διαδρόμου απογείωσης και την άνοδο μέχρι το ύψος των 1000 ποδιών (ft).
- **Άνοδος (85% ισχύς):** αναφέρεται στο τμήμα της αναχώρησης από την απογείωση μέχρι το ύψος των 3000 ποδιών (ft).

Τα ποσοστά ισχύος παρά το γεγονός ότι χρησιμοποιούνται αυτούσια στους υπολογισμούς εμπεριέχουν σε πολλές περιπτώσεις μεγάλα επίπεδα σφαλμάτων. Κύρια αίτια αυτού του γεγονότος αποτελούν συνήθως δυσμενείς καιρικές συνθήκες, μεγάλη κυκλοφοριακή συμφόρηση του αερολιμένα και διαφορά στη πληρότητα του αεροσκάφους [8].



Σχήμα 16: Κύκλος LTO με Ενδεικτικούς Χρόνους[16]

4.3.3 Μοντέλα υπολογισμού

Αναφερόμενοι σε μοντέλα υπολογισμού εκπομπών, εννοούμε ένα σύνολο δυναμικών εξισώσεων οι οποίες χρησιμοποιώντας λεπτομερή στοιχεία εισαγωγής των εξεταζόμενων αντικειμένων (αεροσκαφών, οχημάτων, μονάδες παροχής ενέργειας), όπως πλήθος μηχανών λειτουργίας, επίπεδα απόδοσης λειτουργίας μηχανών και τους κατάλληλους συντελεστές εκπομπών αυτών, υπολογίζουν αναλυτικά το σύνολο των ρυπαντών που παράγουν.

4.3.3.1 Αεροσκάφη

Στη συνέχεια ακολουθεί η εξίσωση με την οποία υπολογίζεται ξεχωριστά ο κάθε ρύπος για ένα αεροσκάφος κατά τη διάρκεια του κύκλου LTO. Επαναλαμβάνοντας αυτή τη διαδικασία και γενικεύοντας την εξίσωση μπορούμε να κάνουμε υπολογισμούς για μεγάλο πλήθος αεροσκαφών και για όσο χρονικό διάστημα είναι επιθυμητό [17].

$$E_{i,m} = \sum_a a \sum_e n_a l_{a,e} F_{a,e,m} E_{e,m,i} t_{m,a}$$

Όπου:

$E_{i,m}$: ετήσια εκπομπή του ρύπου i σε κατάσταση λειτουργίας m (kg/year)

N_a : αριθμός κινητήρων αεροπλάνου a

$L_{a,e}$: αριθμός κύκλων LTO ανά έτος που κάνει κάθε αεροπλάνο a με κινητήρες e

$F_{a,e,m}$: κατανάλωση καυσίμου αεροπλάνου a με κινητήρες e σε κατάσταση λειτουργίας m

$E_{e,m,l}$: συντελεστής εκπομπών του κινητήρα e σε κατάσταση λειτουργίας m για τον ρύπο l (g/kg)

$T_{m,a}$: χρόνος του αεροπλάνου a σε κατάσταση λειτουργίας m (s)

Με την πάροδο των χρόνων, οι μελέτες και οι δοκιμές που γίνονται στους κινητήρες των αεροσκαφών οδήγησαν στη δημιουργία μίας τράπεζας πληροφοριών από τον ICAO γνωστή ως Aircraft Engine Emissions Databank [\[16\]](#) . Η τράπεζα αυτή περιέχει στοιχεία, όπως τους συντελεστές εκπομπών για παλιούς και νέους κινητήρες αεροσκαφών και η οποία ανανεώνεται συνεχώς. Γίνεται διαχωρισμός για τα τέσσερα στάδια του κύκλου LTO για τα οποία αναφέρονται ανά κινητήρα, η απόδοση του, η ποσότητα (συνήθως σε γραμμάρια - gr) των εκπομπών και η συνολική κατανάλωση των καυσίμων.

Βασική προϋπόθεση επιπλέον ώστε τα αποτελέσματα της μεθοδολογίας να είναι όσο το δυνατόν πιο ακριβή, είναι οι λεπτομερές καταγραφή των χρόνων λειτουργίας του αεροπλάνου στις τέσσερις καταστάσεις του LTO. Παρόλο που ο ICAO παρέχει ένα πίνακα με ενδεικτικούς χρόνους για κάθε μια φάση συχνά οι αποκλίσεις είναι μεγάλες. Οι παράγοντες που καθορίζουν τους χρόνους είναι ακριβώς οι ίδιοι με τους παράγοντες που επηρεάζουν την ισχύ του κινητήρα ανά δεδομένη χρονική στιγμή.

4.3.3.2 APU – GSE – Επίγεια μέσα μεταφοράς

Τα αεροσκάφη είναι η κύρια πηγή ρύπανσης ενός αερολιμένα, ωστόσο οι εκπομπές τους δεν περιορίζονται μόνο σε αυτά, αλλά περιλαμβάνουν και όλες τις εκπομπές που προέρχονται από τις διεργασίες που σχετίζονται με τη λειτουργία και τη χρήση του. Συμπεριλαμβάνουν τον εξοπλισμό επίγεια υποστήριξης (Ground Support Equipment - GSE), τον εξοπλισμό παραγωγής ενέργειας, τη μονάδα παροχής ενέργειας (Auxiliary Power Units - APUs) και τα επίγεια μέσα μεταφοράς (επιβατικά, αποσκευών, καυσίμων).

Η μονάδα παροχής ενέργειας (Auxiliary Power Unit), είναι μια μονάδα παροχής ισχύος στο αεροσκάφος για κάποιο από το χρονικό διάστημα το οποίο βρίσκεται στο αεροδρόμιο. Ο κύριος ρόλος τους είναι να παρέχουν ηλεκτρική ενέργεια, να διοχετεύουν κρύο ή ζεστό αέρα στο αεροσκάφος κατά τη διάρκεια που βρίσκεται στο έδαφος ώστε να μην λειτουργούν οι κύριες μηχανές και η παροχή αέρα για την εκκίνηση των κύριων μηχανών λίγα λεπτά πριν την απογείωση. Τις δύο αυτές παροχές μπορεί να τις λάβει το αεροσκάφος και από τον υποστηρικτικό εξοπλισμό του αεροδρομίου και τις σταθερές ή κινητές μονάδες παροχής ενέργειας που διαθέτει (GSE). Ωστόσο τα APU λειτουργούν για αυτούς τους σκοπούς που αναφέρθηκαν έως το GSE να τεθεί σε λειτουργία. Υπάρχουν ωστόσο φορές που είτε το αεροσκάφος αναχωρεί σχεδόν άμεσα από τον αερολιμένα ή που στον αερολιμένα υπάρχει μεγάλη κυκλοφοριακή συμφόρηση. Σε αυτές τις περιπτώσεις το όλο βάρος της παροχής ενέργειας το επωμίζεται το σύστημα APU.

Εξ αιτίας της μεγάλης κατανάλωσης καυσίμου της οποίας έχουν παράγουν σημαντικά ποσοστά εκπομπών. Γι' αυτό το λόγο πολλά αεροδρόμια έχουν θεσπίσει σαν κανονισμό τα αεροσκάφη να μπορούν να χρησιμοποιούν τα APU μόλις για δέκα λεπτά, για

πέντε λεπτά μετά την προσγείωση και για πέντε λεπτά πριν την απογείωση (κάτι το οποίο δεν είναι πάντα εφικτό κυρίως στα μεγάλα αεροδρόμια). Παρόλα αυτά στις περισσότερες μετρήσεις που γίνονται οι εκπομπές των APU δεν υπολογίζονται ξεχωριστά αλλά συμπεριλαμβάνονται στις συνολικές εκπομπές.

Η μεθοδολογία που ακολουθείται είναι παρόμοια με εκείνη για τον υπολογισμό των εκπομπών των αεροσκαφών. Βασίζεται στα επίπεδα λειτουργίας του APU, το χρόνο και κατά συνέπεια το καταναλισκόμενο καύσιμο. Πληροφορίες που μπορεί να συλλέξει το ίδιο το αεροσκάφος με τα όργανα μετρήσεων και παρατήρησης που διαθέτει. Σε πολλές μάλιστα περιπτώσεις τα APU είναι προγραμματισμένα με χρονοδιακόπτες να λειτουργούν για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα.

Η εξίσωση που υπολογίζει τις συνολικές εκπομπές των APU είναι η παρακάτω: [\[18\]](#)

$$E = \sum_i [(mf) * (dt) * (El)]$$

E : Οι συνολικές εκπομπές σε γραμμάρια (gr).

mf : Η ροή της μάζας του καυσίμου που καταναλώνεται σε κιλά ανά ώρα (kg/h).

El : Ο δείκτης εκπομπής του ρυπαντικού αερίου , για το οποίο κάνουμε τον υπολογισμό σε γραμμάρια ή κιλά (gr/kg).

Dt : Ο χρόνος λειτουργίας του APU σε μία δεδομένη κατάσταση, σε ώρες (h).

Ο εξοπλισμός στήριξης εδάφους (GSE) απαρτίζεται από όλα τα μηχανήματα και τα οχήματα τα οποία βρίσκονται στους χώρους του αεροδρομίου και τα κύριο λόγο στην πίστα και τους χώρους στάθμευσης των αεροσκαφών και συμμετέχουν στην εξυπηρέτησή τους. Η χρήση του εξοπλισμού αυτού κυρίως γίνεται για παροχή ενέργειας στα αεροσκάφη, την μετακίνηση τους από και προς τους χώρους στάθμευσης και τη μεταφορά επιβατών και αποσκευών από τα κτήρια των αερολιμένων στα αεροσκάφη και αντίστροφα.

Τα GSEs όπως και τα αεροσκάφη καταναλώνουν καύσιμο ώστε να παράγουν το απαιτούμενο έργο. Τα στοιχεία των μηχανημάτων αυτών όπως η κατανάλωση καυσίμου και τα επίπεδα εκπομπών τους ανά αντίστοιχη απόδοση λειτουργίας των μηχανών τους είναι γνωστά από τις εταιρίες κατασκευής, ανεξαρτήτως του καυσίμου το οποίο καταναλώνουν. Σε πολλές περιπτώσεις διαθέτουν και χρονόμετρα λειτουργίας (π.χ. φορτηγά ανεφοδιασμού), οπότε και ο υπολογισμός των εκπομπών τους είναι αρκετά γρήγορος και εύκολος [\[19\]](#) .

Emission substance [g] = **engine size** [kW]* **load factor** [%] ***emission factor** [g/kWh] ***time** [h] ***margins** (%)

Η μέθοδος υπολογισμού όπως παρατηρούμε και σε αυτή την περίπτωση δεν διαφέρει σε σχέση με τις δύο αντίστοιχες προηγούμενες που αναφέραμε.

Σχετικά με τα επίγεια μέσα μεταφοράς αναφερόμαστε σε όλα τα οχήματα είτε ιδιωτικά είτε μέσα μαζικής μεταφοράς με τα οποία γίνεται η μετακίνηση των επιβατών από και προς το αεροδρόμιο. Η επιλογή της τοποθεσίας κατασκευής του αερολιμένα μπορεί να είναι καταλυτική για το σύνολο του ενεργειακού του αποτυπώματος. Ακριβής μεθοδολογία υπολογισμού δεν υπάρχει και αυτό συμβαίνει διότι η ποικιλομορφία των οχημάτων είναι πάρα πολύ μεγάλη και επιπλέον δεν μπορεί να ελεγχτεί ο ακριβής αριθμός των οχημάτων που εισέρχονται στην ακτίνα ενός αερολιμένα, παρά μόνο στους επίσημους χώρους στάθμευσης του. Ωστόσο για τους υπολογισμούς μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο μέσος όρος των διανυθέντων χιλιομέτρων και ο αντίστοιχος συντελεστής εκπομπών για το μέσο όχημα κάθε κατηγορίας οχημάτων (Ι.Χ., φορτηγά, λεωφορεία). Είτε συγκεκριμένα για κάθε όχημα εφόσον αυτό καταγράφεται από τα συστήματα του αερολιμένα.

4.3.4 Airport Carbon and Emissions Reporting Tool – ACERT

Το Διεθνές Συμβούλιο Αεροδρομίων προσπαθώντας να παρέχει τη μέγιστη δυνατή στήριξη στα αεροδρόμια και με στόχο την καλύτερη εξυπηρέτηση τους, δημιούργησε ένα εργαλείο το οποίο συνοψίζει τις μεθοδολογίες που αναλύθηκαν παραπάνω και με την εισαγωγή συγκεκριμένων στοιχείων καταγραφής υπολογίζει τις εκπομπές GHGs ενός αεροδρομίου. Απαραίτητα στοιχεία εισαγωγής για την λειτουργία του προγράμματος είναι εκείνα που αφορούν την κατανάλωση του καυσίμου, ανά είδος καυσίμου και το σκοπό χρησιμοποίησής του. Το ACERT αποτελεί ένα πάρα πολύ χρήσιμο εργαλείο στα χέρια των αερολιμένων που συμμετέχουν στο πρόγραμμα ενεργειακής διαπίστευσης [\[20\]](#).

4.3.5 Aviation Environmental Design Tool - AEDT

Το Aviation Environmental Design Tool ή AEDT είναι το εργαλείο το οποίο στα μέσα του 2015 κλήθηκε να αντικαταστήσει το λογισμικό EDMS, το οποίο βασιζόταν στην activity-based formula. Το πρόγραμμα αυτό είναι ικανό να προσεγγίσει με μεγάλη ακρίβεια τους ρύπους που παράγει ένα αεροσκάφος κατά τη διάρκεια πτήσης του. Είναι ικανό να δημιουργήσει ένα άκρως ρεαλιστικό περιβάλλον πτήσης για κάθε συγκεκριμένο αεροσκάφος και να προσεγγίσει με πολύ μεγάλη ακρίβεια την απόδοση που έχουν οι μηχανές του ανά πάσα στιγμή από την ώρα που ξεκινάει η λειτουργία των μηχανών μέχρι τη στιγμή που σβήνουν. Χάρη σε αυτό μπορεί να υπολογίσει με μεγάλη ακρίβεια την κατανάλωση καυσίμου, τις εκπομπές και τα επίπεδα θορύβου που παράγει οποιοδήποτε αεροσκάφος για μία δεδομένη πτήση του [\[21\]](#).

5. Αποτελέσματα ερευνών - Συμπεράσματα

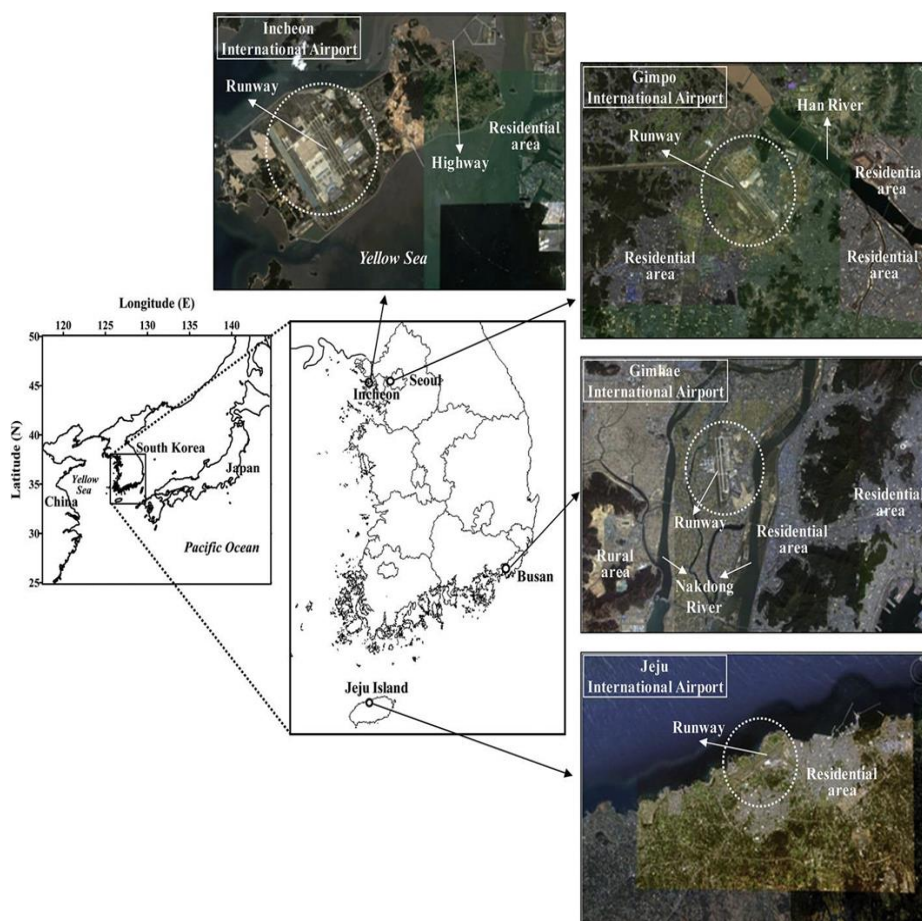
5.1 Γενικά

Από τη στιγμή που διαπιστώθηκε ότι το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής είναι πλέον ένα σοβαρό ζήτημα, στον τομέα της αεροπλοΐας έγιναν αρκετές προσπάθειες για τη μελέτη των ρύπων που παράγουν τα αεροσκάφη και τα αεροδρόμια. Οι έρευνες – μελέτες αρχικά είχαν ως στόχο τον υπολογισμό μόνο του ανθρακικού αποτυπώματος, ωστόσο στη συνέχεια απέκτησαν περισσότερο ανθρωποκεντρικό χαρακτήρα εστιάζοντας περισσότερο την προσοχή τους σε ρυπαντές όπως τα οξείδια του αζώτου (NO_x) τα οποία έχουν άμεση επίδραση τόσο στο περιβάλλον όσο και την ανθρώπινη υγεία.

Όλες οι μελέτες, από τις οποίες θα αντλήσουμε στοιχεία και αποτελέσματα λαμβάνουν ως κοινό γνώμονα την μεθοδολογία που εφαρμόζει το Emission Dispersion Modeling System (EDMS) όπως και αναλύθηκε στην προηγούμενη ενότητα, διατηρώντας παράλληλα κάθε μία, δικά της μοναδικά χαρακτηριστικά και ιδιαιτερότητες. Το γεγονός αυτό συνεπάγεται από τις ιδιαιτερότητες που εμφανίζει κάθε περίπτωση μελέτης.

5.2 Ανάλυση Αποτελεσμάτων

Η Νότιος Κορέα αποτελεί μία από της πρωτοπόρες χώρες παγκοσμίως τον τομέα της τεχνολογικής καινοτομίας και ανάπτυξης [\[17\]](#). Μία χώρα με μικρό πληθυσμό αναλογικά με τους γείτονες της, που όμως πάντα είναι ενεργή σε ερευνητικό επίπεδο. Σε αυτή την περίπτωση δεν θα μπορούσε να μείνει αμέτοχη και αδιάφορη, τη στιγμή μάλιστα που οι κύριες πύλες εισόδου και εξόδου της χώρας είναι οι τέσσερις μεγάλοι αερολιμένες της. Τα τέσσερα μεγάλα αυτά αεροδρόμια είναι τα διεθνή αεροδρόμια : Incheon, Gimpo, Gimhae, Jeju. Στη συνέχεια οι τέσσερις αερολιμένες θα αναφέρονται με την κωδική ονομασία που τους έχει αποδοθεί από τον ICAO, RKSI, RKSS, RPKK και RKPC αντίστοιχα. Το πρώτο από αυτά μάλιστα σύμφωνα με τα στατιστικά στοιχεία πτήσεων τα οποία συλλέγονται από όλα τα αεροδρόμια παγκοσμίως καταταγεί 9^ο στη σχετική λίστα με τις περισσότερες εισερχόμενες και εξερχόμενες πτήσεις ανά έτος. Επιπλέον, κοινός γνώμονας των αερολιμένων αυτών εξαιρουμένου του Incheon, το οποίο αποτελεί μία από τις πλέον σύγχρονες και καινοτόμες κατασκευές αερολιμένων παγκοσμίως, είναι ότι βρίσκονται πολύ κοντά σε κατοικημένες περιοχές (<15 Km).



Σχήμα 17: Τα μεγαλύτερα αεροδρόμια της Ν. Κορέας

Στόχος της μελέτης που έγινε το έτος 2012 ήταν η εκτίμηση των εκπομπών GHGs : CO_2 , N_2O , CH_4 , H_2O και άλλων τεσσάρων ρυπαντών που ήταν στοιχεία : NO_x , CO , VOCs , PM κοντά στα όρια των αστικών περιοχών. Για την εγκυρότητα της μελέτης τα στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν προέρχονται από δύο διαδοχικά έτη 2009 και 2010. Για να επιτευχθεί αυτός ο στόχος χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα όπως ο αναλυτικός αριθμός πτήσεων που έλαβαν χώρα σε κάθε ένα από τους αερολιμένες για κάθε μήνα των δύο ετών μελέτης ξεχωριστά, ο τύπος και συχνότητα των αεροσκαφών που επισκέφθηκαν τα αεροδρόμια. Δεδομένου ότι η Νότιος Κορέα δεν συγκαταλέγεται στους πολυσύχναστους τουριστικούς προορισμούς παγκοσμίως τα επίπεδα ενεργητικότητας των αεροδρομίων παρουσίαζαν πολύ μικρές διαφοροποιήσεις από μήνα σε μήνα. Επιπλέον η δραστηριότητα τους βασίζεται σε μικρού και μεσαίου μεγέθους αεροσκάφη όπως το Boeing 737 και τα Airbus 319,320,321.

Month	Airport							
	RKSS		RKPK		RKPC		RKSI	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010
1	9.080	9493	4978	5083	7066	8162	16,993	17,069
2	7.955	9091	4401	4671	6257	7629	15,190	15,816
3	9.284	10,004	4900	5096	7456	8472	16,748	17,284
4	9.374	10,070	5026	5107	7766	9004	16,268	17,115
5	10.327	10,275	5229	5431	8868	9189	16,819	18,168
6	9.800	9622	5121	5022	8383	8300	15,839	17,564
7	9.981	9607	5348	5199	8864	8453	17,095	18,834
8	10.541	9956	5555	5438	9672	8874	17,706	19,382
9	9.537	9686	4908	5173	8325	8521	16,292	18,293
10	10.162	10,508	5291	5480	9250	9456	16,740	18,669
11	9.671	9967	5159	5118	8688	8759	16,451	17,976
12	10,183	10,235	5255	5407	8728	8607	16,777	18,665
Total	115,895	118,514	61,171	62,225	99,323	103,426	198,918	214,835

Πίνακας 6: Κύκλοι LTO στα αεροδρόμια της Ν.Κορέας

	RKPK		RKSS		RKPC		RKSI	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010
B737	39,868	43,089	70,585	72,059	55,550	60,255	27,671	33,445
B747	5	2	2919	2598	2	11	36,844	37,885
B757	730	656	634	612	0	0	1926	963
B767	1102	72	845	484	204	78	16,532	17,478
B777	10	13	1467	1580	29	21	32,077	34,728
A319	366	438	0	0	225	442	1924	1488
A320	6137	7983	4810	11,313	6099	8197	19,178	17,355
A321	2633	1775	13,495	11,214	12,059	12,811	18,416	22,152
A300	3842	3453	12,000	13,419	13,671	16,512	1584	1118
A330	3954	3634	4709	4184	3004	3270	34,051	39,018
A340	306	548	0	0	0	20	2575	2144
Q400	1914	258	4429	1045	8332	1768	0	0
Others ^a	304	304	2	6	148	41	6140	7061
Total	61,171	62,225	115,895	118,514	99,323	103,426	198,918	214,835

Πίνακας 7: Κύκλοι LTO ανά Αεροσκάφος

Για την εκτίμηση των εκπομπών με την μεθοδολογία EDMS απαιτείται να είναι γνωστοί οι χρόνοι λειτουργίας για κάθε φάση του κύκλου LTO. Τα δεδομένα αυτά για χάριν της μελέτης αυτής λήφθηκαν από τη Διεθνή Ομοσπονδία Αεροδρομίων της Κορέας για τα τρία από τα τέσσερα αεροδρόμια, ενώ για τον αερολιμένα του Incheon από την Incheon International Airport Corporation που αποτελεί και την εταιρία διαχείρισης του διεθνούς αερολιμένα. Οι αντίστοιχοι χρόνοι των φάσεων λειτουργίας ήταν 7 και 19 λεπτά για την τροχοδρόμηση μετά την προσγείωση και πριν την απογείωση αντίστοιχα. Ενώ για τις φάσεις τις απογείωσης, της ανόδου, της καθόδου και της θέρμανσης - έναρξης των κινητήρων ήταν 0.7, 2.2, 4 και 1 λεπτά αντιστοίχως. Οι συντελεστές εκπομπών που χρησιμοποιήθηκαν για τις εκτιμήσεις είναι αυτές που ορίζει και η μεθοδολογία EDMS και είναι πλέον κοινώς αποδεκτές από το ευρύ κοινό της επιστημονικής κοινότητας, οι οποίοι παρουσιάζονται αυτούσιοι στην τράπεζα δεδομένων του ICAO. Για τον υπολογισμό των εκπομπών H₂O χρησιμοποιήθηκε ένας σταθερός συντελεστής ανεξαρτήτως φάσης λειτουργίας των αεροσκαφών ο οποίος ορίζεται στα 1228g ανά κιλό καταναλισκόμενου καυσίμου. Στα συνολικά ποσά των εκπομπών συμπεριλαμβάνονται και οι εκπομπές από τον επίγειο εξοπλισμό υποστήριξης των αεροσκαφών.

Τα αποτελέσματα ανά έτος έδειξαν μια μικρή άνοδο των εκπομπών η οποία ήταν ανάλογη της μικρής αύξησης της κινητικότητας των αεροδρομίων το 2010 σε σχέση με το 2009. Οι εκπομπές συνολικά ανά έτος παρουσιάζονται στον Πίνακα 8 [\[17\]](#) που ακολουθεί και τα ποσά έχουν ως μονάδα μέτρησης τους κιλοτόνους ανά έτος (kt/year).

Εκπομπές Ρυπαντών ανά Έτος		
GHGs	CO ₂	1,11 *10 ³ Kt/year
	N ₂ O	1,76*10 ⁻²
	CH ₄ ²	-1,85*10 ⁻³
	H ₂ O	3,84*10 ⁸
Other pollutants	NO _x	5,20 Kt/year
	CO	4,12
	VOCs	7,46*10 ⁻¹
	PM	3,37*10 ⁻²

Πίνακας 8: Εκπομπές Αεροδρομίων Ν.Κορέας

Ακολουθώς παρουσιάζονται οι πίνακες με τις εκπομπές των GHGs και των τεσσάρων άλλων ρυπαντών που δεν ανήκουν σε αυτά. Στους πίνακες γίνεται διαχωρισμός των εκπομπών ανά έτος, αεροδρόμιο και κατά φάση του κύκλου LTO. Η διαδικασία εκκίνησης των μηχανών του αεροσκάφους ορίζεται ως ξεχωριστή φάση για τους υπολογισμούς των εκτιμήσεων.

Ο Πίνακας 9 παρουσιάζει τις εκπομπές των τεσσάρων αερίων του θερμοκηπίου.

² Το αρνητικό πρόσημο το οποίο υπάρχει μπροστά στις εκπομπές του CH₄ συμβολίζει την κατανάλωση ατμοσφαιρικού CH₄ από τους κινητήρες.

Ο Πίνακας 10 αναφέρεται στους τέσσερις σημαντικότερους ρυπαντές που έχουν ως προέλευση τους αερολιμένες και δεν ανήκουν στα αέρια του θερμοκηπίου.

	Operational mode	CO ₂		N ₂ O		CH ₄		H ₂ O	
		2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010
RKPK	Approach	1.76E þ 07	1.76E þ 07	3.11E þ 02	3.11E þ 02	2.83E þ 02	2.83E þ 02	6.52E þ 06	6.81E þ 06
	Climb out	2.70E þ 07	2.71E þ 07	1.96E þ 02	1.96E þ 02	4.95E þ 02	4.94E þ 02	1.00E þ 07	1.05E þ 07
	Startup	e	e	3.78E þ 00	3.90E þ 00	6.63E þ 00	6.83E þ 00	2.33E þ 04	2.53E þ 04
	Takeoff	1.04E þ 07	1.04E þ 07	6.56E þ 01	6.54E þ 01	1.94E þ 02	1.93E þ 02	3.85E þ 06	4.02E þ 06
	Taxi in	1.11E þ 07	1.13E þ 07	3.13E þ 02	3.17E þ 02	2.32E þ 02	2.35E þ 02	4.12E þ 06	4.38E þ 06
	Taxi out	3.03E þ 07	3.07E þ 07	8.51E þ 02	8.61E þ 02	6.31E þ 02	6.39E þ 02	1.12E þ 07	1.19E þ 07
	Total	9.64E þ 07	9.71E þ 07	1.74E þ 03	1.75E þ 03	1.03E þ 02	8.88E þ 01	3.57E þ 07	3.76E þ 07
RKSS	Approach	3.64E þ 07	3.74E þ 07	6.20E þ 02	6.41E þ 02	5.64E þ 02	5.84E þ 02	1.30E þ 07	1.41E þ 07
	Climb out	5.64E þ 07	5.81E þ 07	3.95E þ 02	4.09E þ 02	9.95E þ 02	1.03E þ 03	2.02E þ 07	2.18E þ 07
	Startup	e	e	7.57E þ 00	7.89E þ 00	1.33E þ 01	1.38E þ 01	4.70E þ 04	5.13E þ 04
	Takeoff	2.18E þ 07	2.25E þ 07	1.33E þ 02	1.38E þ 02	3.92E þ 02	4.06E þ 02	7.84E þ 06	8.45E þ 06
	Taxi in	2.27E þ 07	2.35E þ 07	6.19E þ 02	6.44E þ 02	4.59E þ 02	4.78E þ 02	8.19E þ 06	8.89E þ 06
	Taxi out	6.16E þ 07	6.38E þ 07	1.68E þ 03	1.75E þ 03	1.25E þ 03	1.30E þ 03	2.22E þ 07	2.41E þ 07
	Total	1.99E þ 08	2.05E þ 08	3.46E þ 03	3.59E þ 03	2.32E þ 02	2.31E þ 02	7.16E þ 07	7.74E þ 07
RKPC	Approach	2.78E þ 07	3.06E þ 07	4.93E þ 02	5.44E þ 02	4.49E þ 02	4.96E þ 02	1.04E þ 07	1.19E þ 07
	Climb out	4.26E þ 07	4.73E þ 07	3.11E þ 02	3.46E þ 02	7.85E þ 02	8.72E þ 02	1.60E þ 07	1.85E þ 07
	Startup	e	e	5.90E þ 00	6.62E þ 00	1.03E þ 01	1.16E þ 01	3.66E þ 04	4.30E þ 04
	Takeoff	1.64E þ 07	1.83E þ 07	1.04E þ 02	1.16E þ 02	3.08E þ 02	3.43E þ 02	6.18E þ 06	7.14E þ 06
	Taxi in	1.76E þ 07	1.95E þ 07	4.98E þ 02	5.51E þ 02	3.70E þ 02	4.08E þ 02	6.61E þ 06	7.60E þ 06
	Taxi out	4.78E þ 07	5.29E þ 07	1.35E þ 03	1.49E þ 03	1.00E þ 03	1.11E þ 03	1.80E þ 07	2.06E þ 07
	Total	1.52E þ 08	1.69E þ 08	2.77E þ 03	3.06E þ 03	1.59E þ 02	1.82E þ 02	5.72E þ 07	6.58E þ 07
RKSI	Approach	1.17E þ 08	1.25E þ 08	1.72E þ 03	1.86E þ 03	1.57E þ 03	1.69E þ 03	3.75E þ 07	4.08E þ 07
	Climb out	1.91E þ 08	2.05E þ 08	1.15E þ 03	1.24E þ 03	2.90E þ 03	3.13E þ 03	6.10E þ 07	6.63E þ 07
	Startup	e	e	2.06E þ 01	2.21E þ 01	3.60E þ 01	3.86E þ 01	1.33E þ 05	1.43E þ 05
	Takeoff	7.52E þ 07	8.07E þ 07	3.95E þ 02	4.26E þ 02	1.16E þ 03	1.26E þ 03	2.41E þ 07	2.62E þ 07
	Taxi in	6.62E þ 07	7.11E þ 07	1.56E þ 03	1.69E þ 03	1.15E þ 03	1.25E þ 03	2.13E þ 07	2.32E þ 07
	Taxi out	1.80E þ 08	1.93E þ 08	4.23E þ 03	4.57E þ 03	3.13E þ 03	3.39E þ 03	5.78E þ 07	6.31E þ 07
	Total	6.28E þ 08	6.75E þ 08	9.07E þ 03	9.81E þ 03	1.30E þ 03	1.40E þ 03	2.02E þ 08	2.20E þ 08

Πίνακας 9: Ανάλυση Εκπομπών GHG κύκλου LTO

	Operational mode	CO		NO _x		VOCs		PM	
		2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010
RKPK	Approach	9.63E þ 04	1.03E þ 05	4.95E þ 04	4.88E þ 04	2.10E þ 04	2.26E þ 04	1.35E þ 03	1.42E þ 03
	Climb out	2.14E þ 04	2.27E þ 04	1.54E þ 05	1.51E þ 05	7.40E þ 02	6.65E þ 02	6.99E þ 02	6.96E þ 02
	Startup	e	e	e	e	9.96E þ 03	1.03E þ 04	e	e
	Takeoff	8.16E þ 03	8.67E þ 03	7.40E þ 04	7.30E þ 04	2.80E þ 02	2.54E þ 02	2.67E þ 02	2.69E þ 02
	Taxi in	1.13E þ 05	1.17E þ 05	1.56E þ 04	1.60E þ 04	1.86E þ 04	1.90E þ 04	2.78E þ 02	2.86E þ 02
	Taxi out	3.08E þ 05	3.18E þ 05	4.23E þ 04	4.33E þ 04	5.04E þ 04	5.16E þ 04	7.54E þ 02	7.77E þ 02
	Total	5.47E þ 05	5.70E þ 05	3.35E þ 05	3.32E þ 05	1.01E þ 05	1.04E þ 05	3.35E þ 03	3.45E þ 03
RKSS	Approach	1.72E þ 05	1.75E þ 05	1.06E þ 05	1.11E þ 05	3.75E þ 04	3.82E þ 04	2.62E þ 03	2.66E þ 03
	Climb out	3.83E þ 04	3.93E þ 04	3.51E þ 05	3.68E þ 05	1.52E þ 03	1.53E þ 03	1.54E þ 03	1.57E þ 03
	Startup	e	e	e	e	1.99E þ 04	2.08E þ 04	e	e
	Takeoff	1.47E þ 04	1.50E þ 04	1.74E þ 05	1.82E þ 05	5.78E þ 02	5.88E þ 02	5.71E þ 02	5.90E þ 02
	Taxi in	2.14E þ 05	2.18E þ 05	3.21E þ 04	3.37E þ 04	3.36E þ 04	3.37E þ 04	5.93E þ 02	6.15E þ 02
	Taxi out	5.82E þ 05	5.93E þ 05	8.71E þ 04	9.16E þ 04	9.13E þ 04	9.14E þ 04	1.61E þ 03	1.67E þ 03
	Total	1.02E þ 06	1.04E þ 06	7.50E þ 05	7.86E þ 05	1.84E þ 05	1.86E þ 05	6.94E þ 03	7.10E þ 03
RKPC	Approach	1.36E þ 05	1.47E þ 05	7.75E þ 04	8.64E þ 04	2.95E þ 04	3.18E þ 04	2.02E þ 03	2.21E þ 03
	Climb out	3.06E þ 04	3.33E þ 04	2.46E þ 05	2.78E þ 05	1.13E þ 03	1.16E þ 03	1.13E þ 03	1.28E þ 03
	Startup	e	e	e	e	1.55E þ 04	1.74E þ 04	e	e
	Takeoff	1.17E þ 04	1.27E þ 04	1.19E þ 05	1.35E þ 05	4.20E þ 02	4.44E þ 02	4.17E þ 02	4.75E þ 02
	Taxi in	1.71E þ 05	1.86E þ 05	2.40E þ 04	2.69E þ 04	2.74E þ 04	2.84E þ 04	4.73E þ 02	5.30E þ 02
	Taxi out	4.64E þ 05	5.05E þ 05	6.52E þ 04	7.30E þ 04	7.43E þ 04	7.71E þ 04	1.28E þ 03	1.44E þ 03
	Total	8.13E þ 05	8.84E þ 05	5.32E þ 05	6.00E þ 05	1.48E þ 05	1.56E þ 05	5.33E þ 03	5.94E þ 03
RKSI	Approach	1.13E þ 05	1.29E þ 05	4.35E þ 05	4.66E þ 05	2.15E þ 04	2.45E þ 04	3.49E þ 03	3.82E þ 03
	Climb out	2.94E þ 04	3.28E þ 04	1.70E þ 06	1.82E þ 06	7.12E þ 03	7.39E þ 03	6.39E þ 03	6.77E þ 03
	Startup	e	e	e	e	5.41E þ 04	5.81E þ 04	e	e
	Takeoff	1.14E þ 04	1.27E þ 04	9.00E þ 05	9.63E þ 05	2.78E þ 03	2.89E þ 03	2.60E þ 03	2.74E þ 03
	Taxi in	3.91E þ 05	4.25E þ 05	1.01E þ 05	1.08E þ 05	5.72E þ 04	5.95E þ 04	1.26E þ 03	1.31E þ 03
	Taxi out	1.06E þ 06	1.15E þ 06	2.73E þ 05	2.94E þ 05	1.55E þ 05	1.61E þ 05	3.41E þ 03	3.56E þ 03
	Total	1.61E þ 06	1.75E þ 06	3.41E þ 06	3.65E þ 06	2.98E þ 05	3.14E þ 05	1.71E þ 04	1.82E þ 04

Πίνακας 10: Ανάλυση Εκπομπών non-GHG κύκλου LTO

Από τα δεδομένα που λαμβάνουμε από τους πίνακες μπορούμε να εξάγουμε χρήσιμες πληροφορίες και συμπεράσματα. Αρχικά παρατηρείται μία αύξηση στην κινητικότητα των αεροδρομίων από το ένα έτος στο άλλο. Τη μεγαλύτερη αύξηση παρουσιάζει το διεθνές αεροδρόμιο του Incheon με ποσοστό αύξησης των κύκλων LTO που καταγράφηκαν στο αεροδρόμιο κατά 8.0%. Η μικρότερη άνοδο στην κινητικότητα των αεροδρομίων παρατηρήθηκε στο διεθνές αεροδρόμιο του Gimhae, με το ποσοστό αύξησης των κύκλων LTO που καταγράφηκαν να ανέρχεται στο ποσοστό του 1.7%. Ανάλογες ήταν και οι αυξήσεις των εκπομπών που εκτιμήθηκαν. Για τα αέρια του θερμοκηπίου η αύξηση των εκπομπών δεν ξεπέρασε το 4%. Αναφορικά με τους άλλους τέσσερις ρυπαντές η αύξηση στα οξείδια του αζώτου (NO_x) δεν ξεπέρασε το ποσοστό του 7%, εκτός από το διεθνές αεροδρόμιο Jeju στο οποίο το αντίστοιχο ποσοστό ήταν 13%. Η αύξηση των εκπομπών των οργανικών πτητικών ενώσεων δεν ξεπέρασε το 5%, ενώ για τα σωματίδια το ποσοστό αύξησης περιορίστηκε σε επίπεδα λιγότερα από 6%. Στην τελευταία κατηγορία στο διεθνές αεροδρόμιο του Jeju η αύξηση των εκπομπών ήταν ξανά λίγο μεγαλύτερη αγγίζοντας το 11%. Τα ποσοστά κατά τα οποία αυξήθηκαν οι εκπομπές σε σχέση με την αύξηση της κινητικότητας στα τέσσερα αυτά αεροδρόμια θεωρείται φυσιολογική και αναμενόμενη.

Τα πιο χρήσιμα και ενδιαφέροντα συμπεράσματα έρχονται ακολούθως, τα οποία αναφέρονται στις διαφοροποιήσεις των εκπομπών ανά στάδιο του κύκλου LTO και τις μεγάλες διαφορές στο είδος των εκπομπών που παρουσιάζονται ανάλογα με το στάδιο του κύκλου και τα ποσοστά απόδοσης λειτουργίας του κινητήρα. Για τα αέρια του θερμοκηπίου δεν παρατηρούνται ιδιαίτερες διαφοροποιήσεις στις εκπομπές. Είναι ανάλογες του χρόνου λειτουργίας σε κάθε φάση και της απόδοσης του κινητήρα που απαιτείται σε αυτή. Τα υψηλότερα επίπεδα εκπομπών παρατηρούνται κατά τη διαδικασία της τροχοδρόμησης πριν την απογείωση, ενώ ακολουθούν κατά σειρά η άνοδος, η κάθοδος ή προσέγγιση, η τροχοδρόμηση μετά την προσγείωση και τέλος η απογείωση.

Από τους πίνακες των αποτελεσμάτων των εκτιμήσεων παρατηρούμε ότι σε κάποια στάδια του κύκλου LTO οι τιμές που λαμβάνει το μεθάνιο (CH_4) είναι άλλοτε θετικές και άλλοτε αρνητικές. Το μεθάνιο απορροφάτε από την ατμόσφαιρα κατά τη λειτουργία των μηχανών ενός αεροσκάφους. Όταν τα επίπεδα απόδοσης των μηχανών είναι χαμηλά όπως στην κατάσταση της τροχοδρόμησης που τα επίπεδα απόδοσης των κινητήρων ανέρχονται ~7%, τότε οι τιμές που παρουσιάζει το μεθάνιο είναι θετικές. Οι τιμές ξεκινούν και παρουσιάζουν αρνητικό πρόσημο όταν τα επίπεδα απόδοσης των μηχανών του αεροσκάφους ξεπεράσουν το 30%.

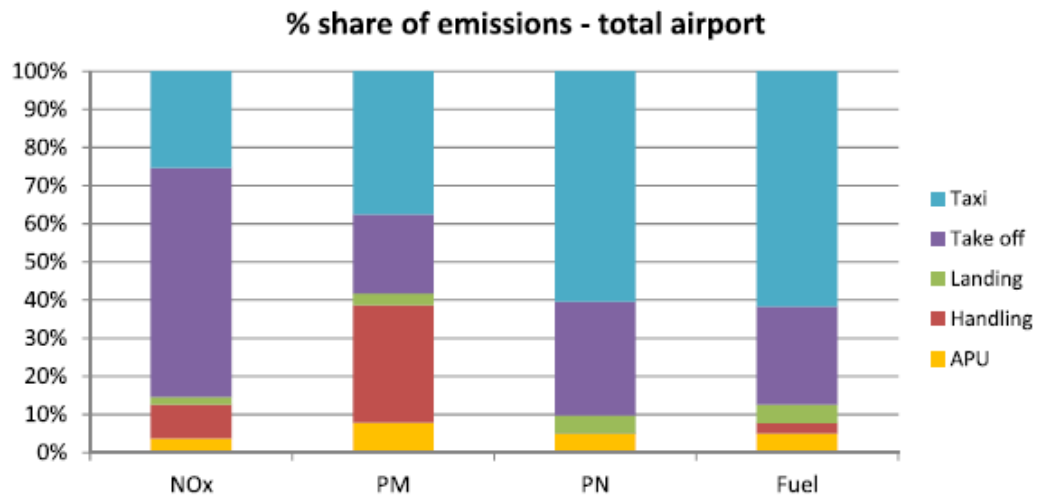
Οι μεγάλες διαφοροποιήσεις στις εκπομπές παρουσιάζονται στα NO_x , CO, VOCs και PM. Τα υψηλότερα επίπεδα εκπομπών σε VOCs και CO παρουσιάστηκαν κατά το στάδιο της τροχοδρόμησης προς την απογείωση των αεροσκαφών. Τα αντίστοιχα υψηλότερα επίπεδα των NO_x παρουσιάστηκαν κατά τη φάση της ανόδου, ενώ κατά την κάθοδο των αεροπλάνων κορυφώθηκαν οι εκπομπές των PM. Οι διαφορές φαντάζουν ακόμα μεγαλύτερες αν κοιτάξουμε πιο προσεκτικά τα στάδια της τροχοδρόμησης, της ανόδου και της καθόδου των αεροπλάνων. Κατά το στάδιο της τροχοδρόμησης προς την απογείωση το ποσοστό των εκπομπών των NO_x ως προς το σύνολο είναι μόλις 8.0% τη στιγμή που το αντίστοιχο για το CO ανέρχεται στο 65.8%. Μεγάλες διαφοροποιήσεις παρουσιάζονται

επίσης και σε άλλα δύο στάδια του κύκλου LTO, την άνοδο και την κάθοδο. Κατά το στάδιο της ανόδου το ποσοστό συμβολής των VOCs επί των συνολικών εκπομπών είναι μόλις 0.6% ενώ οι εκπομπές των NO_x αγγίζουν το 50%. Κατά τη διάρκεια της καθόδου οι μικρότερες ποσότητες εκπομπών ανήκουν στο CO με ποσοστό επί του συνόλου μόλις 7.0% και το μεγαλύτερο ποσοστό των εκπομπών να ανήκει, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως στα PM (42%).

Παρατηρείται ότι στις φάσεις της τροχοδρόμησης των αεροσκαφών παρά το γεγονός ότι τα επίπεδα λειτουργίας των μηχανών είναι πολύ χαμηλά έχουμε πολύ υψηλά επίπεδα εκπομπών. Υπενθυμίζουμε ότι για τις εκτιμήσεις οι τιμές τροχοδρόμησης των αεροσκαφών μετά την προσγείωση (taxi-in) και πριν την απογείωση (taxi-out) θεωρήθηκαν σταθερές στα 7 και 19 λεπτά αντιστοίχως. Η παρατεταμένη λειτουργία των μηχανών του αεροσκάφους, ακόμα και σε πολύ χαμηλά επίπεδα απόδοσης, μπορεί να είναι τρομερά ζημιογόνα. Ο τριπλάσιος χρόνος παρουσίας των αεροσκαφών στη φάση του Taxi-out σε σχέση με το Taxi-in είναι αρκετός ώστε να κατατάξουν το Taxi-out ως την πιο ρυπογόνο φάση του κύκλου LTO.

Η σημασία των αποτελεσμάτων αυτών είναι ύψιστη. Αρκεί να αναλογιστούμε ότι ο χρόνος που περνάει το αεροσκάφος σε κάθε στάδιο του κύκλου LTO είναι σχεδόν προκαθορισμένος, εκτός από τα στάδια του taxi-in και του taxi-out στα οποία, η ανθρώπινη παρέμβαση μπορεί να έχει καταλυτικό ρόλο, για το χρόνο που βρίσκεται σε αυτά.

Ένα χρόνο αργότερα σε μελέτη για τις εκπομπές του Διεθνούς Αεροδρομίου της Κοπεγχάγης [22] επιβεβαίωσε και ενίσχυσε αυτά τα συμπεράσματα. Και σε αυτή την περίπτωση το μεγαλύτερο ποσοστό εκπομπής NO_x παρατηρήθηκε κατά τη διαδικασία της απογείωσης με αυτό να ανέρχεται στο 60%. Τα σωματίδια και τα υπέρλεπτα σωματίδια κατείχαν το μεγαλύτερο ποσοστό στη φάση της τροχοδρόμησης όπου παρουσιάζεται και η μεγαλύτερη κατανάλωση καυσίμου κατά τον κύκλο του LTO. Το νέο στοιχείο που παρουσιάστηκε σε αυτή τη μελέτη ήταν η κατανάλωση καυσίμου και οι αντίστοιχες εκπομπές σε σχέση με τις μονάδες APU και τον επίγειο εξοπλισμό υποστήριξης των αεροσκαφών. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα το 93% της κατανάλωσης τους καυσίμου κατά τη διάρκεια της περιόδου που συμπεριλήφθηκε στους υπολογισμούς έγινε από τους κύριους κινητήρες των αεροσκαφών, οι μονάδες APU κατείχαν το 5% και ο επίγειος εξοπλισμός υποστήριξης μόλις το 2%. Ανάλογες της κατανάλωσης του καυσίμου ήταν και οι εκπομπές των NO_x, PN και PM, οι ρυπαντές που αποτέλεσαν αντικείμενο μελέτης σε αυτή την περίπτωση. (Σχήμα 18)



Σχήμα 18: Εκπομπές Διεθνούς Αεροδρομίου Κοπεγχάγης

6. Case study: Κρατικός Αερολιμένας Ηρακλείου «Νίκος Καζαντζάκης»

Χρησιμοποιώντας στοιχεία από το αεροδρόμιο του Ηρακλείου, θα υπολογίσουμε με απλό τρόπο το ενεργειακό αποτύπωμα ενός αεροδρομίου. Συγκεκριμένα θα εξετάσουμε τον Κρατικό Αερολιμένα Ηρακλείου «Νίκος Καζαντζάκης» και τις πτήσεις αεροσκαφών πολιτικής αεροπορίας που εκτελούνται σε αυτό. Στις πτήσεις αυτές δεν συμπεριλαμβάνονται τα στοιχεία των στρατιωτικών πτήσεων πρώτον λόγω της διαβάθμισης των πληροφοριών που αφορούν τις στρατιωτικές δραστηριότητες και δεύτερον λόγω της εξαίρεσης των στοιχείων που αφορούν τις ένοπλες δυνάμεις των κρατών μελών από τον υπολογισμό των εκπομπών.

6.1 Ιστορική Αναδρομή

Το έτος 1936 λήφθηκε από την κυβέρνηση της Ελλάδος η απόφαση για την κατασκευή αερολιμένα στο Ηράκλειο Κρήτης. Με τα έργα να ξεκινούν ένα χρόνο αργότερα χρειάστηκε παραπάνω από ένας χρόνος για να τελεσφορήσουν και να ξεκινήσει η λειτουργία του το 1939. Στον αερολιμένα Ηρακλείου που διέθετε υποτυπώδη μέσα εξυπηρέτησης αεροσκαφών και επιβατών πραγματοποιείται στις 2 Απριλίου του 1939 η πρώτη επιτυχής προσγείωση αεροσκάφους. Το αεροδρόμιο λειτούργησε για δύο χρόνια διαθέτοντας ως εγκαταστάσεις 3 σκηνές και έναν αεροδιάδρομο, ο οποίος αποτελεί το βασικό κορμό του αερολιμένα μέχρι και σήμερα, έως τη διακοπή της πολιτικής του λειτουργίας το 1941 λόγω του 2^{ου} Παγκοσμίου πολέμου. Το 1946 τίθεται ξανά σε λειτουργία και λίγα χρόνια αργότερα ξεκινούν και τα πρώτα έργα επέκτασης του αεροδιαδρόμου χάριν των αναγκών. Το 1968 ξεκινά η κατασκευή των νέων κτηρίων του αεροσταθμού και ολοκληρώνονται το 1971, την ίδια χρονιά που πραγματοποιείται και η προσγείωση της πρώτης πτήσης charter από το εξωτερικό και την εταιρία British Airways. Έκτοτε και ανά τακτά χρονικά διαστήματα έγιναν σημαντικές επεκτάσεις στις εγκαταστάσεις του «Νίκος Καζαντζάκης» διότι κλήθηκε να εξυπηρετήσει ολοένα και μεγαλύτερο κοινό από το εσωτερικό και κυρίως το εξωτερικό με την πάροδο των χρόνων. Τα πιο πρόσφατα έργα που σήμαναν την ανακαίνιση των εγκαταστάσεων του αερολιμένα και την επέκτασή του, ολοκληρώθηκαν το 2018. Αποτέλεσμα των οποίων ήταν η επέκταση του τερματικού σταθμού κατά 2.900 μ, η ανακαίνιση των χώρων του ισογείου, του πρώτου ορόφου, η αναδιαμόρφωση και εξοικονόμηση χώρου με αποτέλεσμα τη δημιουργία νέων καταστημάτων εστίασης και αφορολογήτων ειδών και τη δημιουργία νέων πυλών εισόδου – εξόδου. Η εικόνα που έμοιαζε με μεγάλο αγρό όταν ξεκίνησε τη λειτουργία της το 1939 σήμερα εξυπηρετεί πάνω από 7 εκατομμύρια επιβάτες ανά έτος.

6.2 Γενικά Στοιχεία

Το αεροδρόμιο του Ηρακλείου ονομάζεται επίσημα Διεθνές Αεροδρόμιο Ηρακλείου «Νίκος Καζαντζάκης», προς τιμή του διάσημου Κρητικού συγγραφέα και αποτελεί το δεύτερο μεγαλύτερο της χώρας και το μεγαλύτερο της νήσου Κρήτης. Βρίσκεται στην περιοχή της Νέας Αλικαρνασσού και η απόσταση του από το κέντρο της πόλης είναι μόλις τέσσερα χιλιόμετρα. Εξυπηρετεί την ευρύτερη περιοχή τόσο του νομού Ρεθύμνου όσο και του νομού Λασιθίου. Αποτελεί τον κύριο και πολλές φορές μοναδικό πόλο σύνδεσης της Κρήτης με αρκετές χώρες του εξωτερικού, ιδιαίτερα τους θερινούς μήνες. Το Ηράκλειο συνδέεται αεροπορικώς απευθείας με 21 ευρωπαϊκές χώρες ενώ υπάρχουν και μισθωμένα δρομολόγια (Chartered) με αρκετούς προορισμούς εντός και εκτός Ευρώπης.

Ο αερολιμένας του Ηρακλείου έχει και πολιτικό και στρατιωτικό χαρακτήρα. Το πολιτικό τμήμα και τις δραστηριότητες τους της διαχειρίζεται η Υπηρεσία Πολιτικής Αεροπορίας – ΥΠΑ [\[23\]](#) ενώ για το στρατιωτικό κομμάτι είναι υπεύθυνο το Γενικό Επιτελείο Αεροπορίας – ΓΕΑ. Τα τελευταία χρόνια ωστόσο η στρατιωτική δραστηριότητα έχει μεταφερθεί σχεδόν ολοκληρωτικά στο Καστέλλι Ηρακλείου και την 133 Σμηναρχία Μάχης. Το αεροδρόμιο επισκέπτονται ετησίως 50 διαφορετικές αεροπορικές εταιρίες από την Ευρώπη αλλά και τις άλλες ηπείρους. Η εξυπηρέτηση των αεροσκαφών (Catering) πραγματοποιείται από έξι (6) ιδιωτικές εταιρίες όπως και ο ανεφοδιασμός των αεροσκαφών και των λοιπών οχημάτων του αεροδρομίου με καύσιμα από δύο (2) ιδιωτικές εταιρίες. Η ασφάλεια όσον αφορά τον έλεγχο των επιβατών και των αποσκευών έχει ανατεθεί σε ιδιωτική εταιρία. Στο χώρο του αεροδρομίου λειτουργεί πληθώρα εμπορικών καταστημάτων καθώς και κατάστημα αφορολογήτων ειδών. Στον περιβάλλοντα χώρο δραστηριοποιούνται επτά (7) ιδιωτικές εταιρίες μεταφορών και ενοικίασης οχημάτων.



Εικόνα 2: Αεροφωτογραφία Κρατικού Αερολιμένα Ηρακλείου

6.3 Βασικά στοιχεία αερολιμένα

Το σύνολο των εγκαταστάσεων του αερολιμένα καταλαμβάνουν έκταση 2.781 στρεμμάτων. Υπάρχουν δύο αεροδιάδρομοι από-προσγειώσεων, ένας κύριος ο οποίος υπήρχε από την κατασκευή του αεροδρομίου με συνολικό μήκος 2.714 μ και διεύθυνση 09/27, ο δευτερεύον ο οποίος είναι και μικρότερο έχει μήκος 1.566 μ και διεύθυνση 12/30. Επιπλέον διαθέτει 25 θέσεις στάθμευσης και εξυπηρέτησης αεροσκαφών. Η επιφάνεια των κτηριακών εγκαταστάσεων του αεροδρόμιου καλύπτει 26.000 m². Στις εγκαταστάσεις του αεροδρομίου συμπεριλαμβάνονται ένας επιβατικός αεροσταθμός και ένας πυροσβεστικός σταθμός. Η κατηγορία πυρασφάλειας του αερολιμένα είναι βαθμίδας 8 (VIII).

6.4 Προσωπικό

Η λειτουργία και εποπτεία του αερολιμένα γίνεται από το προσωπικό της ΥΠΑ. Λειτουργούν 2 εταιρίες καυσίμων (ΕΚΟ, GISSCO) με σκοπό τον ανεφοδιασμό των αεροσκαφών ενώ παράλληλα δραστηριοποιούνται 6 εταιρίες (Goldair Handling, Skyserv, Swissport, Olympic Catering, Newrest Catering, Proton air and Tourism Services) με στόχο την εξυπηρέτηση της επιβατικής και εμπορευματικής κίνησης. Ταυτόχρονα υπάρχουν 5 φορείς (Aegian, Aerocandia, Athens Aeroservices, Blue bird, Sky Express) υπεύθυνοι για την παροχή υπηρεσιών συντήρησης αεροσκαφών. Τέλος στους χώρους του αεροδρομίου στεγάζονται και δραστηριοποιούνται επίσης αντιπρόσωποι των μεγαλύτερων εταιριών τακτικών πτήσεων στο Ηράκλειο, τόσο ελληνικών όσο και ξένων (Aegean Airlines, Sky

Express, MINOAN AIR, BLUEBIRD, ELINAIR, EASYJET). Εκτιμάτε ότι το προσωπικό ιδιαίτερα σε περιόδους αυξημένης κίνησης ξεπερνάει τα 1.500 άτομα.

6.5 Στατιστικά στοιχεία

Το σύνολο της αεροπορικής κίνησης, έχοντας αφήσει πλέον στο παρελθόν την πτωτική τάση που δημιούργησε η οικονομική κρίση τα πρώτα χρόνια εμφάνισης της, συνεχίζει πλέον σταθερά την ανοδική πορεία του.

ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ ΑΕΡΟΠΟΡΙΑΣ						ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ-ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2017
ΤΜΗΜΑ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗΣ						
	Ε Μ Π Ο Ρ Ι Κ Η Κ Ι Ν Η Σ Η					
	ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ			ΣΥΝ. ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ		
	Α/ΦΗ	ΕΠΙΒΑΤΕΣ		Α/ΦΗ	ΕΠΙΒΑΤΕΣ	
	Αφ-Αν	Αφίξ.	Αναχ.	Αφ-Αν	Αφίξ.	Αναχ.
ΑΡΑΞΟΥ	34	184	30	1224	75401	75206
ΑΚΤΙΟΥ	984	6427	6344	3792	270825	262054
ΑΛΕΞΑΝΔ/ΛΗΣ	2369	82570	84754	31	441	849
ΑΣΤΥΠΑΛΛΙΑΣ	696	5907	6582	0	0	0
ΑΓΧΙΑΛΟΥ	21	40	51	349	15142	15155
ΖΑΚΥΝΘΟΥ	2059	39957	43064	9814	787807	769853
ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ	11142	534647	598621	39972	3120510	3083005
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ	22569	1182135	1232664	29906	1971612	1940763
ΙΚΑΡΙΑΣ	1400	19361	22160	0	0	0
ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ	1360	43775	45366	62	3213	3231
ΚΑΒΑΛΑΣ	1369	37318	37469	1943	130140	125621
ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ	1150	15671	17732	2236	120968	122192
ΚΑΛΥΜΝΟΥ	864	5772	6217	0	0	0
ΚΑΡΠΑΘΟΥ	2070	29414	29461	1280	81883	82054
ΚΑΣΟΥ	524	1330	1718	0	0	0
ΚΑΣΤΕΛΟΡΙΖΟΥ	418	2745	2737	0	0	0
ΚΑΣΤΟΡΙΑΣ	312	2294	2571	2	47	47
ΚΕΡΚΥΡΑΣ	3218	141707	149874	16982	1309200	1288355
ΚΕΦΑΛΟΝΙΑΣ	1454	37853	38528	3648	267160	264211
ΚΟΖΑΝΗΣ	298	1674	2074	0	0	0
ΚΥΘΗΡΩΝ	834	14139	15745	50	2923	912
ΚΩ	3778	111524	116127	13087	1051374	1019179
ΛΕΡΟΥ	1396	13092	14514	0	0	0
ΛΗΜΝΟΥ	2089	33065	34494	145	8596	8850
ΜΗΛΟΥ	1368	24189	22521	0	0	0
ΜΥΚΟΝΟΥ	4849	231635	237961	5990	347225	345394
ΜΥΤΙΛΗΝΗΣ	4783	160903	168422	716	44958	44996
ΝΑΞΟΥ	1756	26697	29950	0	0	0
ΠΑΡΟΥ	3187	73526	86845	37	1572	1030
ΡΟΔΟΥ	8304	429578	425472	27166	2225303	2150806
ΣΑΜΟΥ	3619	74434	79519	1694	115293	110669
ΣΑΝΤΟΡΙΝΗΣ	8873	485286	533351	6490	430434	442837
ΣΗΤΕΙΑΣ	1184	9808	10708	88	6061	5902
ΣΚΙΑΘΟΥ	1130	21004	21361	2696	182344	177397
ΣΚΥΡΟΥ	669	7098	7793	19	1122	1129
ΣΥΡΟΥ	942	8987	12410	0	0	0
ΧΑΝΙΩΝ	5538	414851	415564	13209	1105054	1070025
ΧΙΟΥ	4968	103015	110888	32	768	800
ΑΘΗΝΩΝ	79314	3749211	3559558	108577	7144637	7216015
ΣΥΝΟΛΟ	192892	8182823	8231220	291237	20822013	20628537

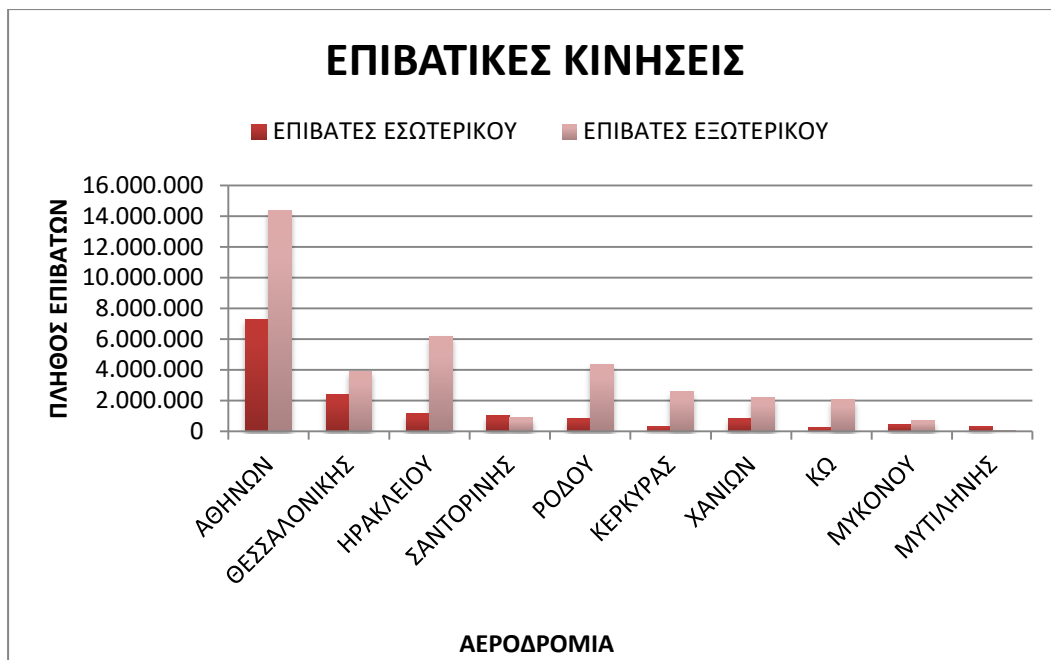
Πίνακας 11: Στατιστικά στοιχεία αεροδρομίων Ελλάδος

Οι κύριοι αερολιμένες της χώρας κατά το έτος 2017 εξυπηρέτησαν περίπου 58 εκατομμύρια επιβάτες, αριθμός που αποτελεί περίπου 5 φορές τον πληθυσμό της χώρας (Πίνακας 11 [\[23\]](#)).

Η κύρια πύλη εισόδου της χώρας είναι ο Διεθνής Αερολιμένας Αθηνών «Ελευθέριος Βενιζέλος», ο οποίος ταυτόχρονα αποτελεί και το μόνο σταθμό μετεπιβίβασης της Ελλάδας. Πλέον εξυπηρετεί περισσότερες από 180 χιλιάδες κινήσεις αεροσκαφών ενώ ο αριθμός των επιβατών που μεταβαίνουν από και προς αυτόν αγγίζει τα 22 εκατομμύρια ανά έτος. Ακολουθεί ο αερολιμένας του Ηρακλείου «Νίκος Καζαντζάκης» αφού αποτελεί το κύριο αεροδρόμιο της Κρήτης που εκτός από το μεγαλύτερο νησί της χώρας είναι και ένας εκ των κύριων τουριστικών προορισμών της. Με την κίνηση να αυξάνεται ραγδαία στο συγκεκριμένο αεροδρόμιο πλέον εξυπηρετεί πάνω από 50 χιλιάδες κινήσεις αεροσκαφών ετησίως και διέρχονται από αυτό σχεδόν 8 εκατομμύρια επιβάτες. Στα σχήματα που ακολουθούν παρουσιάζεται η αεροπορική και η επιβατική κίνηση στα μεγαλύτερα αεροδρόμια της χώρας βάση κινήσεων (Σχήμα 19 & 20) [\[23\]](#).



Σχήμα 19: Αεροπορικές Κινήσεις Αεροδρομίων



Σχήμα 20: Επιβατικές Κινήσεις Αεροδρομίων

Η επιβατική κίνηση στο αεροδρόμιο του Ηρακλείου αυξάνεται συνεχώς τα τελευταία χρόνια. Το τελευταίο έτος σημειώθηκε αύξηση της επιβατικής κίνησης κατά 9% και κατά 6% της αντίστοιχης των αεροσκαφών. Η μικρή απόκλιση που υπάρχει στα ποσοστά των δύο αυξήσεων οφείλεται στον κορεσμό των υφιστάμενων εγκαταστάσεων. Αυτός είναι ο λόγος που πραγματοποιήθηκαν επεκτατικά έργα στο αεροδρόμιο του Ηρακλείου προσπαθώντας να δώσουν μία νέα πνοή σε αυτό. Ωστόσο δεν αναμένεται να επιλυθεί πλήρως το πρόβλημα που υπάρχει. Οι επεκτάσεις που έχουν γίνει τόσο στην πίστα όσο και τις κτηριακές εγκαταστάσεις είναι βασισμένες στην ξεπερασμένη σχεδίαση της υπάρχουσας εγκατάστασης και επειδή δεν εισάγεται καμία καινοτομία στον τρόπο διαχείρισης επιβατών και αεροσκαφών αναμένεται να καταστεί ανεπαρκής σύντομα.

Το αεροδρόμιο του Ηρακλείου, αποτελώντας το κυριότερο αεροδρόμιο της Κρήτης προσπαθεί να καλύψει το μεγαλύτερο ποσοστό πτήσεων που έχουν ως προορισμό την Κρήτη. Τη χειμερινή περίοδο η λειτουργία του διεξάγεται ομαλά χωρίς προβλήματα, ωστόσο κατά τη θερινή όπου η ζήτηση αυξάνεται κατακόρυφα λόγω της τουριστικής περιόδου, φαινόμενα όπως καθυστερήσεις πτήσεων, συνωστισμός επιβατών και οχημάτων εντός και στους περιβάλλοντες χώρους του αεροδρομίου αποτελούν συχνά φαινόμενα.

Το μεγαλύτερο μέρος της αεροπορικής κίνησης, διεξάγεται κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου η σύνδεση με την Αθήνα γίνεται με πτήσεις σχεδόν ανά δύο ώρες, ενώ υπάρχει και καθημερινή σύνδεση με τη Θεσσαλονίκη και κάποιους κεντρικούς Ευρωπαϊκούς προορισμούς, ενώ η πληρότητα των πτήσεων αγγίζει πολύ υψηλά επίπεδα.

Η πληρότητα των αεροσκαφών είναι αρκετά μεγαλύτερη κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, αφού η Κρήτη αποτελεί ένας από τους κυριότερους τουριστικούς προορισμούς της

χώρας. Σε σχέση με τα ακτοπλοϊκά ναύλα, τα αεροπορικά είναι σε πολλές περιπτώσεις φθηνότερα και αν αναλογιστεί κανείς την πληθώρα των επιλογών στις πτήσεις, αλλά και την άνεση και την συντομία του αεροπορικού ταξιδιού, είναι εμφανές γιατί όλο και περισσότεροι επιβάτες επιλέγουν την εναέρια μετακίνηση.

Για τον υπολογισμό του αποτυπώματος του κρατικού αερολιμένα Ηρακλείου Κρήτης «Νίκος Καζαντζάκης» χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο – λογισμικό υπολογισμού εκπομπών Airport Carbon and Emission Report Tool – ACERT v5.1 [20] το οποίο διατίθεται από την ACA. Μετά από επικοινωνία με την ACA μας δόθηκε η τελευταία ανανεωμένη έκδοση του ACERT, η οποία και χρησιμοποιήθηκε. Πρόκειται για ένα φύλλο υπολογισμού – Excel στο οποίο εισάγονται τα κατάλληλα δεδομένα και λαμβάνονται αναλυτικά αποτελέσματα σχετικά με το αποτύπωμα του αερολιμένα που εξετάζουμε. Έπειτα από σχεδόν μια δεκαετία εξέλιξης και βελτιστοποίησης του εργαλείου, είναι ικανό να αποδώσει αποτελέσματα μεγάλης ακρίβειας και αξιοπιστίας.

6.6 Υπολογισμός Ενεργειακού Αποτυπώματος

6.6.1 Εισαγωγή Στοιχείων

Αρχικά εισάγουμε στο φύλλο τα απαραίτητα στοιχεία αναγνώρισης του αεροδρομίου, καθώς επίσης και τα βασικά στοιχεία: κινήσεις αεροσκαφών, επιβατική κίνηση και μεταφορά φορτίου σε τόνους, κατά το έτος που εξετάζεται το αποτύπωμα του αεροδρομίου.

STEP 1 - GENERAL AIRPORT INFORMATION			
Airport Name:	Nikos Kazantzakis	IATA Identifier:	HER (3 letters)
Airport Operator:		Date of Report:	20/10/2018
City:	Heraklion	Year of Inventory:	2017
Select Country/Region:	Greece	First month of year:	January
	ACI Region: Europe		
	Region may also specify State, Province, Territory or Electricity Grid Region		
Inventory compiled by:		Number of Airport Operator Staff:	1250 Full Time Equiv.
Position:		Aircraft movements in inventory year:	50.612 movements
email:		Passengers movements in inventory year:	7.336.783 passengers
		Cargo in inventory year:	660 tonnes
		Number of Tenant/concessionaire Staff:	Employees
Have you ever conducted a more detailed GHG inventory?	No	① 1 landing and 1 take-off (LTO) = 2 movements	
Most recent year	2014		

Στη συνέχεια εισάγουμε τα στοιχεία που αφορούν την κατανάλωση καυσίμου για τα οχήματα και όλα τα ειδικά μηχανήματα τα οποία λειτουργούν στο χώρο του αερολιμένα προς εξυπηρέτηση των πτήσεων, των αεροσκαφών και των επιβατών. Στα στοιχεία εισαγωγής συμπεριλαμβάνονται όλα τα καύσιμα τα οποία καταναλώθηκαν ακόμα και για σκοπούς όπως οι ασκήσεις πυρόσβεσης και ετοιμότητας που λαμβάνουν χώρα στον αερολιμένα αλλά και τα καύσιμα που καταναλώνουν οι γεννήτριες παραγωγής ηλεκτρικής

ενέργειας σε έκτακτες περιπτώσεις ανάγκης. Τα καταναλωθέντα καύσιμα εισάγονται ξεχωριστά ανά τύπο.

2.1 Fuel used in vehicles, including airside transport, machinery, ground service equipment (GSE), de-icing trucks, etc

Total Fuel used in Vehicles	Airport Owned Vehicles	Non-Airport, Tenant, or Airline Vehicles	Unit	
Gasoline	5.000	23.000	litre	
Diesel	1.000	210.000	litre	
CNG			kg	
Propane			litre	
Biofuels: E-85 (corn)			litre	
E-85 (cellulose)			litre	
B-20			litre	Emission Factor:
Input other fuels: Fuel A			unit	kg CO ₂ / unit
Fuel B			unit	kg CO ₂ / unit

2.2 Fuel used for fire training

Fuel	Airport Owned Fire Services	Non-Airport Owned Fire Services	Unit
Kerosene			litre
Butane			kg
Propane			kg
Diesel			litre
Jet A			litre
Jet B			litre
Wood			kg

2.2b CO₂-extinguisher used for training or fire fighting systems

CO ₂ -ext.	50	kg
-----------------------	----	----

2.3 Fuel used for Stationary Emergency Power Generation Units

Fuel	Airport Owned Equipment	Tenant Owned Equipment	Unit
Diesel	500		litre
Jet A			litre
Natural gas			m ³
Propane			kg

2.4 De-icing chemicals for aircraft and surface de-icing

De-icing	Airport Operator	Contractor or Airline Operator (Non-airport)	Unit
Glycol / Aircraft			litre diluted
Glycol / Surfaces			litre diluted
Potassium-Acetate			litre

Στο επόμενο βήμα ακολουθεί η εισαγωγή των στοιχείων κατανάλωσης καυσίμου για την παραγωγή ενέργειας και θέρμανσης των εγκαταστάσεων του αεροδρομίου. Επίσης εισάγονται στοιχεία σχετικά με το ποσό της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώθηκε από το αεροδρόμιο και αγοράστηκε από παρόχους ηλεκτρικής ενέργειας.

STEP 3 - FUEL USED FOR HEATING BUILDINGS AND GENERATING ELECTRICITY

3,1 Annual carburant used for electricity and heat generation (buildings or heating plant)

Carburant	Airport Owned and Operated Furnaces and Power/Heat Plant	Non-Airport Owned and Operated Furnaces and Power/Heat Plant	Unit (Choose for Natural Gas)
	Total Amount	Total Amount	Unit (Choose)
Natural gas			m ³
Fuel/Diesel Oil	30.000	150	litre
Coal			kg
Propane			litre
LPG			litre
Input other fuels:	Fuel C		unit
	Fuel D		unit

Emission Factor:

3,2 Renewable heat energy production (geothermal)

Heat source	for use in airport owned buildings	for use in non-airport owned buildings	Unit
	value	value	
Geothermal			kW/h
Aquifer			kW/h
Total	0	0	kW/h

STEP 4 - ELECTRICITY PRODUCED OR PURCHASED FROM OFF-SITE GENERATION

	Amount	Unit
4,1 Electricity purchased by airport from off-site supplier:	5.123.650	kWh
4,2 Amount from 4.1 that is resold to tenants:	700.000	kWh
4,3 Electricity generated fossil by airport and self used		kWh
4,4 Electricity generated fossil by airport and sold to tenants		kWh
4,5 Electricity purchased by tenants directly from off-site		kWh
4.6a For your area Greece the default EF is 895,3 (do not overwrite)		g CO ₂ /kWh
4.6b If you have more accurate, national or Location-based EF, enter here		g CO ₂ /kWh
4.6c If you have a purchase agreement or Market-based EF, enter here	22,3	g CO ₂ /kWh
4.6d Select which EF to use in the Output table and Graphics	Market-based EF	
4,7 Electricity generated renewably by airport and directly self-used		kWh
4,8 Electricity generated renewably by airport and sold to 3rd party/grid		kWh
4,9 Upstream electricity transmission & distribution losses		g CO ₂ /kWh

Ακολουθεί η εισαγωγή κίνησης των αεροσκαφών στο αεροδρόμιο. Στο παρόν βήμα το ACERT προσφέρει δύο επιλογές. Η πρώτη είναι η εισαγωγή της κίνησης των αεροσκαφών χρησιμοποιώντας γενικούς τύπους αεροπλάνων.

STEP 7 - AIRCRAFT ACTIVITY		
7.1.A Skip this section on Generic Aircraft.		
Generic Aircraft Type	Annual Mvmts	Example Aircraft
Large: 2-aisle, long-haul	600	A340, B747, B777, A380
Medium: 2-aisle, medium-haul	900	A330, B767, B787
Small: 1-aisle, small/medium haul	14.300	A320, B737
Regional: 1-aisle, short-haul	7.600	EMB170/190, CRJ70/90, RJ85
Business: 2-eng biz jets	800	C56X, C525, F90, Gulfstream, etc
Turboprop (all engines)	600	ATR, Saab2000, Dash8
Piston (all engines)	460	Cessna, Piper, Diamond, etc
Heli small (1 engine/turbine)	340	
Heli large (2 engine/turbine)	400	
		Sum of Aircraft Movements Input: Above declared Movements:

Η δεύτερη η οποία εξάγει και πιο ακριβή αποτελέσματα, είναι να εισάγουμε όλους τους συγκεκριμένους τύπους αεροσκαφών αναλυτικά εφόσον έχουμε αυτά τα στοιχεία στη διάθεσή μας.

STEP 7 - AIRCRAFT ACTIVITY							
7.1.B Skip this section for Detailed Aircraft Movements.							
Aircraft Type	Annual Mvmts	Aircraft Type	Annual Mvmts	Aircraft Type	Annual Mvmts	Aircraft Type	Annual Mvmts
A109	18	Boeing 777	278	EMB 135/145	120	Piaggio P180	
A119		Boeing 787	26	EMB 170/175	14	Pilatus PC-12	
Airbus 300		C-130 Hercules	62	EMB 190/195	162	Pilatus PC-21	
Airbus 310		C-27 Spartan		EMB 314		Pilatus PC-9	
Airbus 318/319	2.104	Canadair Challenger		EMB Legacy		Piper PA31 Cheyenne	14
Airbus 320	18.547	Casa C-212		Eurocopter AS332		Piper PA32 Saratoga	
Airbus 321	4.561	Casa CN-235		Eurocopter AS350		Piper PA34 Seneca	
Airbus 321 Neo		Cessna 172	692	Eurocopter AS365		Piper PA46 Malibu	8
Airbus 330	124	Cessna 182	22	Eurocopter EC130/135		REIMS F406 Caravan	
Airbus 340	8	Cessna 208B	28	Eurocopter EC145/155		RJ85 (Avro)	148
Airbus 350		Cessna 402		Falcon 2000	4	Robinson R22/44	
Airbus 380		Cessna 525	128	Falcon 50	8	S-70A	
An-124		Cessna 560XL	220	Falcon 7X	10	S-76C	
An-70		Cessna 680	78	Falcon 900EX		Saab 2000	
AN-72/74		Cessna 750	18	Fokker F100	22	Saab 340	
ATR-42-300	2.741	Cessna Citation		Fokker F27		SH-60 Seahawk	
ATR-72-200	330	CH-47		Fokker F28		Shorts 330	
BAe 146-300	218	Cirrus SR22		Fokker F50		Shorts 360	
BAe ATP		CL300	80	Fokker F70		Super Lynx 300	
BAe Jetstream 41		CL415		Galaxy / AN124		Swearingen SJ30	
Beech 1900D	6	CL604	108	GLEX		TB-200 Tobago	
Beech 300	2	CRJ200	32	Global 5000		TB-360 Tangara	
Beech Super King 200B		CRJ700		Gulfstream G200		TBM 700	
Beech Super King 350	26	CRJ900		Gulfstream V	12	TU-204	106
Beech T-6A Texan		C-Series 1000		Hawker 800		Other generic aircraft	
Bell 206B		Dash 7		Hawker Horizon		1-engine helicopter	
Bell 230		Dash 8-400		HS125-700		2-engine helicopter	
Bell 407/MDD 600N	4	DHC-6 Twin Otter		IL76		1-eng piston aircraft	
Bell 430		Diamond DA-42		Learjet 45	48	2-eng piston aircraft	
Bell AB119		Dornier 228	4	Learjet 60	122	2-engine bizjets	
Boeing 717	208	Dornier 328 (Jet)	8	MBB BK117		1 turboprop aircraft	
Boeing 737 (300-500)	3.071	Dornier 328 (TP)		MD 900		2 turboprop aircraft	
Boeing 737 (600-900)	14.470	Eclipse 500		MD11		3 turboprop aircraft	
Boeing 747 (400)	18	EH 101		MD83 (80-87)	72	4 turboprop aircraft	
Boeing 757	1.138	EMB 120		MD95			
Boeing 767-300	364						
					Sum of Aircraft Movements Input:		50.612
					Above declared Movements:		50.612
					Input movements =		100,0%

Για τον υπολογισμό του αποτυπώματος είναι επιπλέον απαραίτητη η εισαγωγή του μέσου χρόνου τροχοδρόμησης των αεροσκαφών εισαγωγής όπως επίσης και ο μέσος χρόνος που λειτουργούν οι μονάδες APU πριν και μετά από κάθε πτήση.

Enter Taxi times and APU usage data here			
7.2 Average Aircraft Taxi Time (in+out)			
	<input type="text" value="15"/>	min/LTO	
7.3 Average Duration of APU Operation before and after flights			
Small-Med. Aircraft	<input type="text" value="70"/>	min/LTO	Typical single-aisle aircraft such as A321, B757 and smaller
Large Aircraft	<input type="text" value="95"/>	min/LTO	Typical double-aisle aircraft such as A330, B767 and larger

Εναλλακτικά υπάρχει η δυνατότητα εισαγωγής της συνολικής ποσότητας αεροπορικού καυσίμου που διατέθηκε και η εκτίμηση με αναγωγή των εκπομπών του αερολιμένα. Αναλόγως το είδος εισαγωγής των στοιχείων που επιλέγεται το πρόγραμμα εξάγει διαφορετικά αποτυπώματα.

Skip this section on Fuel Dispensed to Aircraft.			
7.4 Total Fuel Dispensed to Aircraft			
AvGas	<input type="text"/>	m ³ (=1,000 litres)	
Jet Fuel	<input type="text" value="238.809"/>	m ³ (=1,000 litres)	

Τέλος ακολουθεί η εισαγωγή των στοιχείων επίγειας πρόσβασης στο αεροδρόμιο. Στα στοιχεία αυτά περιλαμβάνονται η μέση απόσταση από τους κύριους προορισμούς κατεύθυνσης επιβατών αλλά και εργαζομένων του αεροδρομίου, όπως και κάποια στοιχεία πρόσβασης τους. Επιπλέον αναφέρονται μέσα σταθερής τροχιάς από και προς το αεροδρόμιο, είτε δημόσια είτε ιδιωτικά.

9.1 Input Approximate Ground Transport Activity Data Here

① Fill in white boxes. Leave default answer if you do not know.
② If data not available, make best judgement estimate of percentages or leave default sample data.

Estimate **distance of average trip** (staff, passenger, delivery) to or from airport km

① Use of the and the m use the rad 90% of the

Select the best description of this distance

9.2 Definition of People Activity

a) Passenger Traffic Ground Transport

Percent of Passengers taking connecting flights These passengers change planes and do not use ground transport.
Percent of Passengers travelling on Public Transport Includes those on regular services of shuttles/vans, buses or trains
Excludes those in cars, taxis, vans, minibuses.

b) Airport Operator and Tenant Staff

Number of Airport Operator Employees: Taken from Step 1
Number of Tenant Employees: Taken from Step 1

c) Visitor Traffic

Number of Tenants at airport: Include airlines, government, contractors, shops, restaurants, facilities
Average daily visitors or deliveries to each tenant:

9.3 Definition of Vehicles and Fuels

a) Vehicles Used by Staff/Visitors/Passengers

Car:	<input type="text" value="85%"/>	Includes vehicles <2 tonnes
Truck/SUV/Light duty vehicle:	<input type="text" value="13%"/>	Includes vans and small buses typically <20 seats or 2-3.5 tonnes
Motorcycle:	<input type="text" value="2%"/>	
Bus/Train/Bicycle/Walk:	<input type="text" value="0%"/>	These have either zero emissions or are counted elsewhere
	<input type="text" value="100.00%"/>	Total % is OK

b) Fuel used by vehicles: Percentage of different fuel types for all cars and light duty vehicles:

	Cars	Light duty vehicles
Gasoline:	<input type="text" value="60%"/>	<input type="text" value="15%"/>
Diesel:	<input type="text" value="28%"/>	<input type="text" value="85%"/>
Natural Gas:	<input type="text" value="5%"/>	
Hybrid:	<input type="text" value="5%"/>	
Electric/Biofuel:	<input type="text" value="2%"/>	
	<input type="text" value="100.00%"/>	<input type="text" value="100.00%"/>
	Total % is OK	Total % is OK

9.4 Definitions of Public Transportation Activity

a) Bus Traffic Hotel/shared shuttle and commuter buses that have regular services

Bus Type	Total number of round trips/day (or 0).	One-way Distance (km)	Days per Year Services Operate
Hotel Shuttle/Vans (<20 seats)	<input type="text" value="20"/>	<input type="text" value="15"/>	<input type="text" value="365"/>
Commuter Bus/Coach (>20 seats)	<input type="text" value="16"/>	<input type="text" value="30"/>	<input type="text" value="365"/>

Fuel used by shuttle vans and commuter buses

	Hotel Shuttle/Vans	Bus/Coach
Gasoline:	<input type="text" value="15%"/>	<input type="text" value="2%"/>
Diesel:	<input type="text" value="80%"/>	<input type="text" value="98%"/>
Natural Gas:		
Hybrid:	<input type="text" value="5%"/>	
Electric/Biofuel:		
	<input type="text" value="100.00%"/>	<input type="text" value="100.00%"/>
	Total % is OK	Total % is OK

b) Train Movements

Rail Type	Total number of round trips/day (or 0).	One-Way Distance (km)	Typical Train Speed (km/h)	Days per Year	Electricified Trains (%)
Train / Line Haul	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>		<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0%"/>
Subway/Metro/Light Rail/Railcars	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>		<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0%"/>

Select the best description of train distances:

6.6.2 Αποτελέσματα

Το αποτύπωμα του Διεθνή Κρατικού Αερολιμένα Ηρακλείου «Νίκος Καζαντζάκης» για το έτος 2017 ανέρχεται 626.561 t CO_{2e}. Αναλογιζόμενοι ότι αποτελεί το 3^ο πιο πολυσύχολο αεροδρόμιο της χώρας σχετικά με τις πτήσεις εσωτερικού και το 2^ο στην αντίστοιχη κατηγορία του εξωτερικού το αποτέλεσμα αυτό είναι πολύ σημαντικό. Επειδή πρόκειται για ένα αεροδρόμιο το οποίο βρίσκεται στον πυρήνα του μεγαλύτερου τουριστικού νησιού της χώρας παρουσιάζει αυξημένη κίνηση από τον Ιούνιο έως και τον Οκτώβριο. Κατά συνέπεια οι εκπομπές δεν είναι ισόποσα κατανεμημένες μέσα σε ένα έτος αλλά ακολουθούν τις διακυμάνσεις που παρουσιάζουν οι δείκτες των κινήσεων. Επιπλέον λόγω των ιδιοτεροτήτων που παρουσιάζει ο κάθε αερολιμένας είναι δύσκολο και κάποιες φορές ανούσιο να συγκρίνεται το περιβαλλοντικό τους αποτύπωμα. Ωστόσο είναι χρήσιμο να

εξάγονται στοιχεία όπως οι εκπομπές ανά επιβάτη που μετακινήθηκε αλλά και το ποσό ενέργειας που καταναλώθηκε ανά επιβάτη αντίστοιχα. Τα στοιχεία αυτά μπορούν να αποτελέσουν χρήσιμα εργαλεία στη βελτίωση της διαχείρισης και της αποδοτικότητας ενός αεροδρομίου.

Το αεροδρόμιο για το έτος 2017 παρήγαγε :

0,08593 t CO_{2e} ανά επιβάτη που μετακινήθηκε

12,37969 t CO_{2e} ανά κίνηση αεροσκάφους που καταγράφηκε

949,33484 t CO_{2e} ανά τόνο φορτίου που μετακινήθηκε

0.69835 KWh ανά επιβάτη που μετακινήθηκε

1. Greenhouse Gas Emission Inventory							
Entity	Source	Scope	Greenhouse Gases (tonnes)				CO _{2e} %
			CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO _{2e}	
Airport	Vehicles (incl. airside transport, machinery and GSE)	1*	14,1	0,003	0,001	14,5	0,00%
Airport	Buildings (gas/oil/coal)	1*	80,3	0,011	0,001	80,7	0,01%
Airport	Fire Training	1*	0,1	-	-	0,1	0,00%
Airport	Emergency Generator	1*	1,3	0,000	0,000	1,4	0,00%
Airport	De-icing/Glycol	1*	-	-	-	-	0,00%
Airport	Process Emissions (on-site: waste, water, refrigerants)	1*/1	-	-	-	-	0,00%
Subtotal	Airport Scope 1		95,8	0,014	0,002	96,7	0,02%
Airport	Electricity purchased	Market-based 2*	98,6	-	-	98,6	0,02%
Airport	Heat Purchase	2*	-	-	-	-	0,00%
Subtotal	Airport Scope 2		98,6	-	-	98,6	0,02%
Airport Operator Sub-total (Scopes 1 & 2)						195,3	0,03%
Airport Operator Carbon Offsets			***	-	-	-	-
Net Airport Operator Sub-total (Scopes 1+2, staff business travel)						195,3	
Tenant	Aircraft (from total fuel)	3**	605.142,0	19.211	-	605.545,4	96,65%
Tenant	Aircraft APU	3**	-	-	-	-	0,00%
Tenant	Aircraft Engine Run-ups	3	-	-	-	-	0,00%
Tenant	De-icing/Glycol	3	-	-	-	-	0,00%
Tenant	Vehicles (incl. airside transport, machinery and GSE)	3**	611,9	0,033	0,035	623,5	0,10%
Tenant	Buildings (gas/oil/coal)	3**	0,4	0,000	0,000	0,4	0,00%
Tenant	Electricity purchased	Market-based 3**	15,6	-	-	15,6	0,00%
Tenant	Heat Purchase	3**	-	-	-	-	0,00%
Tenant	Emergency Generator	3**	-	-	-	-	0,00%
Tenant	Fire Training	3**	-	-	-	-	0,00%
Tenant/3rd party	Process Emissions (off-site/third party: waste, water, refrigerant)	3**	217,8	16,751	0,235	642,4	0,10%
3rd party	Airport Constructions (contractors)	3	12,7	-	-	12,7	0,00%
Tenant	Tenant Staff/Visitor Vehicles	3**	1.404,9	0,425	0,115	1.449,4	0,23%
Airport	Airport Employee Commuting	3**	413,3	0,129	0,034	426,4	0,07%
Airport	Airport Staff Business Travel	3**	-	-	-	-	0,00%
Public Access	Cars, taxi	3**	16.463,7	5,231	1,358	16.994,4	2,71%
	Bus, shuttles	3**	639,2	0,022	0,051	655,5	0,10%
	Rail	3**	-	-	-	-	0,00%
Subtotal	Airport Scope 3		624.921	42	2	626.366	99,97%
Total gross CO_{2e} emissions (tonnes)						626.561	100,00%
Total net CO _{2e} emissions (tonnes)			625.116	42	2	626.561	

Πίνακας 12: Ενεργειακό Αποτύπωμα Αερολιμένα Ηρακλείου

Κοιτάζοντας κανείς τα αποτελέσματα κατά απόλυτες τιμές θα έλεγε ότι το «Νίκος Καζαντζάκης» βρίσκεται σε πάρα πολύ καλό επίπεδο αναλογιζόμενος την αυξημένη κίνηση που παρουσιάζει κατά τη θερινή περίοδο, δεδομένου παράλληλα και του μικρού μεγέθους που έχει σε σχέση με το φόρτο εργασιών και κινήσεων που παρουσιάζονται σε αυτό. Ωστόσο κάτι τέτοιο δεν ισχύει σε πολλές των περιπτώσεων. Η σημασία των εκπομπών σε αυτή την ιδιαίτερη περίπτωση αποκτά μείζων σημασία διότι αναφερόμαστε σε ένα αεροδρόμιο το οποίο είναι εγκατεστημένο ουσιαστικά μέσα σε κατοικημένη περιοχή επηρεάζοντας άμεσα τους κατοίκους και την ποιότητα ζωής τους, ιδιαίτερα τους θερινούς μήνες όπου η κίνηση είναι αυξημένη και οι δείκτες εκπομπών αγγίζουν “κόκκινες” τιμές.

Source Group Break Down:		
Airport Operator (Scopes 1/2)	(t CO ₂ e)	195,3
Aircraft (engine, APU)	(t CO ₂ e)	605.545,4
Public Ground Access	(t CO ₂ e)	17.650,0
Rest of Scope 3 (incl. staff business travels)	(t CO ₂ e)	3.170,5

Πίνακας 13: Πηγές Εκπομπών Αερολιμένα

Ένα από τα κύρια προβλήματα του αεροδρομίου επίσης, είναι το μέγεθος του σε σχέση με τις κινήσεις οι οποίες διέπονται από αυτό. Ιδιαίτερα στις λεγόμενες τουριστικές περιόδους παρατηρείται μεγάλος συνωστισμός τόσο μέσα όσο και γύρω από το αεροδρόμιο. Το πλήθος και το μέγεθος των αεροδιαδρόμων δεν είναι σε καμία περίπτωση επαρκείς ώστε να καλύψουν ικανοποιητικά αυτό το φόρτο. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι καθυστερήσεις των πτήσεων να είναι συχνό φαινόμενο και παρά τις προσπάθειες του προσωπικού για την καλύτερη δυνατή εξυπηρέτηση των επιβατών, εκείνοι να φεύγουν δυσαρεστημένοι σε πολλές περιπτώσεις. Επιπλέον η διεύρυνση του χρονικού πλαισίου που ένα αεροσκάφος παραμένει στη πίστα σε κατάσταση αναμονής εκτοξεύει κατακόρυφα τα επίπεδα εκπομπών του. Όπως αυτά παρουσιάζονται στον Πίνακα 13.

Airport Operator Source Break Down:			
Airside Vehicles, GSE	Scope 1	(t CO ₂ e)	14,5
Buildings (gas/oil/coal)	Scope 1	(t CO ₂ e)	80,7
Fire Training	Scope 1	(t CO ₂ e)	0,1
Emergency Generator	Scope 1	(t CO ₂ e)	1,4
Glycol	Scope 1	(t CO ₂ e)	-
Process (Waste/Water)	Scope 1	(t CO ₂ e)	-
Electricity purchased	Scope 2	(t CO ₂ e)	98,6
Heat Purchase	Scope 2	(t CO ₂ e)	-
Total Scopes 1+2		(t CO₂e)	195,3

Πίνακας 14: Εκπομπές Λειτουργίας Εγκαταστάσεων Αερολιμένα

Τέλος ένας τομέας του αεροδρομίου που χρήζει άμεσα βελτίωση είναι αυτός των εγκαταστάσεων. Τα τελευταία δύο χρόνια γίνονται προσπάθειες για τον εκσυγχρονισμό των υποδομών του «Νίκος Καζαντζάκης». Οι μέχρι τώρα παλιές εγκαταστάσεις πέρα από τη δυσφορία και την κακή πρώτη εντύπωση για τον τόπο που έφερναν στο επιβατικό κοινό δημιουργούσαν και πιο πρακτικά προβλήματα. Οι παλιές εγκαταστάσεις απαιτούσαν μεγαλύτερα ποσά ενέργειας για να συντηρηθούν και να λειτουργήσουν. Ιδιαίτερα τη θερινή περίοδο όπου σε μία πόλη όπως το Ηράκλειο οι θερμοκρασίες είναι ιδιαίτερα υψηλές και οι ανάγκες για ψύξη των χώρων εξίσου μεγάλες.

Με γνώμονα αυτά τα προβλήματα και έχοντας ως πρότυπο λειτουργίας το Διεθνές Αεροδρόμιο Αθηνών «Ελευθέριος Βενιζέλος» έχουν ξεκινήσει σταδιακά και γίνονται αλλαγές και βελτιώσεις στο αεροδρόμιο του Ηρακλείου οι οποίες θα βελτιώσουν τόσο το ενεργειακό και περιβαλλοντικό του αποτύπωμα αλλά και το βιοτικό επίπεδο των κατοίκων

που ζουν κοντά σε αυτό, δημιουργώντας παράλληλα μια καλύτερη πρώτη εντύπωση για τον επιβάτη που επισκέπτεται την πόλη του Ηρακλείου.

7. Συμπεράσματα

Η ακόρεστη εκμετάλλευση πάσης φύσεως διαθέσιμων πηγών στον πλανήτη από τον άνθρωπο μπορεί να οδηγήσει σε ολέθρια αποτελέσματα για το ανθρώπινο είδος. Η συνειδητοποίηση της ανθρώπινης επίδρασης πάνω στον πλανήτη, πρέπει να ωθήσει την παγκόσμια κοινότητα στην εντατικοποίηση των προσπάθειών για αναστροφή της κλιματικής αλλαγής που ξεκινήσαμε στον πλανήτη και τη βελτίωση του ανθρώπινου αποτυπώματος στο περιβάλλον.

Οι πρωτοβουλίες που ξεκίνησαν έχοντας έναν ελεύθερο και εθελοντικό χαρακτήρα χρειάζεται να εντατικοποιηθούν και να πλαισιωθούν από την κατάλληλη νομοθεσία ώστε να έχουν πραγματικά αποτελέσματα. Αυτό αποτελεί επιτακτική ανάγκη ώστε να περιοριστεί η αλόγιστη ανθρώπινη δραστηριότητα.

Συστήματα όπως το σύστημα διαχείρισης των εκπομπών CO₂ θεωρητικά λειτουργούν σαν χρήσιμα εργαλεία ελέγχου των εκπομπών, ενώ στην πραγματικότητα επιτρέπουν σε εκείνους που κατέχουν αγοραστική δύναμη να αγοράζουν το δικαίωμα να εκπέμπουν αλόγιστα, συσσωρεύοντας παράλληλα μεγάλες ποσότητες ρυπαντών σε εστίες κοντά σε κατοικημένες περιοχές, κυρίως των πιο ανεπτυγμένων χωρών.

Η ανάγκη για αναζήτηση νέων πιο πρακτικών λύσεων φαντάζει επιτακτική. Η στρόφη σε νέου είδους καύσιμα τα οποία όμως δεν θα λύνουν το πρόβλημα των εκπομπών εις βάρος άλλων τομέων της ανθρωπότητας, όπως τα βιοκαύσιμα. Η χρήση της τεχνολογίας και της τεχνογνωσίας, ώστε η χρήση των μέσων μεταφοράς να γίνει όσο το δυνατόν πιο αποδοτική, θα πρέπει να αποτελεί μονόδρομο. Παράλληλα οποιαδήποτε στρόφη σε νέα τεχνολογία εκτός από τη μείωση των εκπομπών θα πρέπει να έχει κοινό γνώμονα τον άνθρωπο, χωρίς να του δημιουργεί επιπλέον προβλήματα.

Ωστόσο η αλλαγή του κλίματος και η αντιστροφή της κλιματικής αλλαγής που φαντάζει πλέον πιο αναγκαία από ποτέ, απαιτεί αλλαγές και από εμάς τους ίδιους. Πρέπει να δείξουμε σεβασμό και στο είδος μας αλλά και στο περιβάλλον ταυτόχρονα, να εκτιμήσουμε τις συνθήκες τις οποίες ζούμε και να αναλογιστούμε πόσο άσχημα μπορούν να γίνουν τα πράγματα αν διαταράξουμε ακόμα περισσότερο τις ισορροπίες του πλανήτη. Ενός πλανήτη ο οποίος δεν μας ανήκει αλλά μας φιλοξενεί.

Υπό αυτές τις προϋποθέσεις οι προσπάθειες που έχουμε ξεκινήσει σαν είδος μπορούν να τελεσφορήσουν. Τόσο οι μεμονωμένες προσπάθειες όσο και αυτές που γίνονται μαζικά μπορούν να έχουν αποτέλεσμα, μπορούν να αντιστρέψουν την κλιματική αλλαγή, μπορούν να δημιουργήσουν καλύτερες συνθήκες, μπορούν να δημιουργήσουν ένα καλύτερο αύριο για το ανθρώπινο είδος από αυτό που προδιαγράφεται.

Για τους παραπάνω λόγους και η προσπάθεια ελέγχου των εκπομπών των αερολιμένων παρά το γεγονός ότι φαντάζει ασήμαντη μπροστά στο συνολικό πρόβλημα των εκπομπών είναι σημαντική. Αποτελεί ένα μέτρο που οδηγεί προς τη σωστή κατεύθυνση, επηρεάζει θετικά την κοινωνία ανυψώνοντας το αίσθημα κοινωνικής και περιβαλλοντικής ευθύνης που φέρουμε όλοι.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] *Hannah Hickey, Listen to the Earth smash another global temperature record, January 2017*
- [2] Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας – <http://www.ypeka.gr>
- [3] *H Damon Matthews et al: National contributions to observed global warming 2014*
- [4] European Environment Agency – <http://www.eea.europa.eu>
- [5] European Commission – <http://ec.europa.eu>
- [6] *World Bank State and Trends of Carbon Pricing 2017*
- [7] Eurostat – <http://ec.europa.eu/eurostat>
- [8] ICAO International Civil Aviation Organization - <http://www.icao.int>
- [9] IATA International Air Travel Association – <http://www.iata.org>
- [10] ACA Airport Carbon Accreditation – <http://www.airportcarbonaccreditation.org>
- [11] *ACA Annual report 2017 – 2018*
- [12] *ACA Global climate action by airports up 25% in the past year 2018*
- [13] *ACA Athens International Airport becomes carbon neutral 2017*
- [14] *European Environment Agency Greenhouse Gas Inventory Full Report 2018*
- [15] EPA United States Environmental Protection Agency – <http://www.epa.gov>
- [16] European Aviation Safety Agency <https://www.easa.europa.eu>
- [17] *Sang-Keun Song, Zang-Ho Shon, Emissions of greenhouse gases and air pollutants form commercial aircraft at international airports in Korea, 2012*
- [18] *Anil Padhra, Emissions from auxiliary power units and ground power unites during intraday aircraft turnarounds at European airports*
- [19] *Emanuel Fleuti Aircraft Ground Handling Emissions Methodology and Emission Factors Zurich Airport, 2013*
- [20] Airport Council International <https://aci.aero>
- [21] Federal Aviation Administration <https://www.faa.gov>

[22] Morten Winther et al : Emissions of NO_x, particle mass and particle numbers from aircraft main engines, APU's and handling equipment at Copenhagen Airport, 2014

[23] Υπηρεσία Πολιτικής Αεροπορίας – <http://www.hcaa.gr>