



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

ΣΧΟΛΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ, ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΔΙΕΘΝΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ & ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ: ΜΒΑ ΤΩΜ

Διπλωματική εργασία

**«Οικονομοτεχνική αξιολόγηση της μετατροπής περιφερειακού αεροδρομίου
σε "sustainable airport": Μελέτη περίπτωσης»**

Κάκαρη Στεφανία

Επιβλέπων Καθηγητής: Δημήτριος Α. Γεωργακέλλος

Πειραιάς, 2022



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

ΤΜΗΜΑ ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ

Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών

στη «Διοίκηση Επιχειρήσεων – Ολική Ποιότητα» με διεθνή προσανατολισμό

ΒΕΒΑΙΩΣΗ ΕΚΠΟΝΗΣΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

(περιλαμβάνεται ως ξεχωριστή (δευτέρα) σελίδα στο σώμα της διπλωματικής εργασίας)


Δηλώνω υπεύθυνα ότι η διπλωματική εργασία για τη λήψη του μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών, του Πανεπιστημίου Πειραιώς, στη Διοίκηση Επιχειρήσεων - Ολική Ποιότητα με διεθνή προσανατολισμό με τίτλο:

«Οικονομολογική αξιολόγηση της μεταρρύθμισης
 περιφερειακών αεροδρομίων σε "Sustainable
 airports": Μελέτη Περιπτώσεις.»

έχει συγγραφεί από εμένα αποκλειστικά και στο σύνολό της. Δεν έχει υποβληθεί ούτε έχει εγκριθεί στο πλαίσιο κάποιου άλλου μεταπτυχιακού προγράμματος ή προπτυχιακού τίτλου σπουδών, στην Ελλάδα ή στο εξωτερικό, ούτε είναι εργασία ή τμήμα εργασίας ακαδημαϊκού ή επαγγελματικού χαρακτήρα.

Δηλώνω επίσης υπεύθυνα ότι οι πηγές στις οποίες ανέτρεξα για την εκπόνηση της συγκεκριμένης εργασίας, αναφέρονται στο σύνολό τους, κάνοντας πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου.

Υπογραφή Μεταπτυχιακού Φοιτητή/τριας 

Όνοματεπώνυμο Στεφάνια Κίκαρι

Ημερομηνία 6/09/2022



Η παρούσα εργασία έγινε για εκπαιδευτικούς σκοπούς και ορισμένα από τα στοιχεία που περιέχει ενδέχεται να μην είναι απολύτως ακριβή.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον καθηγητή κ. Δημήτριο Γεωργακέλλο τόσο για την ανάθεση ενός αντικειμένου μελέτης με ιδιαίτερο προσωπικό ενδιαφέρον, όσο και για την άψογη καθοδήγηση του και τις πολύτιμες συμβουλές που μου παρείχε κατά την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Επίσης, οφείλω να ευχαριστήσω τη Διευθύντρια Υποδομών Αεροδρομίων του Υπουργείου Υποδομών & Μεταφορών για την παροχή των σχετικών πληροφοριών για τη διερεύνηση του αντικειμένου.

Τέλος, θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στους γονείς μου για την αμέριστη συμπαράσταση και τη συνεχή στήριξη που μου προσφέρουν σε κάθε μου βήμα.

Περίληψη

Οι υποδομές μεταφορών αποτελούν κρίσιμο παράγοντα για κάθε σύγχρονο αναπτυξιακό μοντέλο, καθώς συνεισφέρουν στη μείωση των αποστάσεων, την επιτάχυνση των μετακινήσεων και τη διευκόλυνση της οικονομικής δραστηριότητας. Με στόχο τη βιωσιμότητα των υποδομών αυτών καθώς και την αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών προκλήσεων κρίνεται απαραίτητη η αναδιαμόρφωση του τρόπου λειτουργίας τους. Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των αεροδρομίων, ο προσδιορισμός των βέλτιστων πρακτικών αντιστάθμισης τους και η χρηματοοικονομική αξιολόγηση της υλοποίησης αυτών μέσα από μια μελέτη περίπτωσης. Τα υψηλά επίπεδα θορύβου που παράγουν τα αεροσκάφη και οι συναφείς λειτουργίες των αερολιμένων αλλά και η υποβάθμιση της ποιότητας του αέρα εξαιτίας των εκπομπών ρύπων αποτελούν κύριες αρνητικές συνέπειες της λειτουργίας των αεροδρομίων. Παράλληλα, κάθε φορέας διαχείρισης αερολιμένων καλείται να ανταποκριθεί σε προκλήσεις που σχετίζονται με τη διαχείριση της ενέργειας και των υδάτινων αποθεμάτων, που απαιτούνται για την ολοκλήρωση των βασικών διαδικασιών και την προσφορά των αεροπορικών υπηρεσιών, καθώς και να περιορίσουν τον αντίκτυπο της λειτουργίας του αεροδρομίου στην άγρια ζωή. Το περιβαλλοντικό αποτύπωμα των αεροδρομίων μπορεί να περιοριστεί μέσα από ένα πλαίσιο συντονισμένων δράσεων και ενεργειών, που θα συμβάλλει παράλληλα στην οικονομική βιωσιμότητά του και θα ενισχύσει την κοινωνική ευθύνη του. Η παρούσα μελέτη καταλήγει στο συμπέρασμα ότι η μετατροπή ενός περιφερειακού αεροδρομίου σε sustainable μέσω της εγκατάστασης ενός αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος είναι μια βιώσιμη οικονομικά λύση και ανοίγει το δρόμο για την υιοθέτηση σχετικών μέτρων που συνάδουν με τη στροφή του αεροδρομίου στη βιωσιμότητα.

Λέξεις-κλειδιά: αεροδρόμιο, sustainable, περιβαλλοντικές επιπτώσεις, αυτόνομο φ/β σύστημα

Abstract

Transport infrastructures are crucial for any modern development model, because they contribute to reduce distances and facilitate economic activity. With a view to infrastructures sustainability as well as tackling environmental challenges, reconfiguration of their function is necessary. The aim of this dissertation is to investigate environmental impacts of airports, to determine effective ways of addressing these negative repercussions and to evaluate financially the implementation of these practices through a case study. High noise levels, that aircrafts and related functions of airports produce and the degradation of the air quality because of pollutant emissions belong to the main environmental impacts. Additionally, management teams of airports have to address challenges such as energy, water resources and wildlife management. The environmental footprint of airports can be reduced through a framework of effective measures, which at the same time can contribute to the financial sustainability and enhancement of social responsibility of airports. The research concludes that the implementation of an off-grid photovoltaic system is an economically viable solution and opens up the way for the adoption of measures related to airports switch to sustainability.

Key words: airport, sustainable, environmental impacts, off-grid photovoltaic system

Πίνακας Περιεχομένων

1. Εισαγωγή	12
1.1. Γενικά στοιχεία	12
1.2. Σκοπός της διπλωματικής εργασίας.....	13
1.3. Μεθοδολογία της διπλωματικής εργασίας	13
1.4. Δομή της διπλωματικής εργασίας.....	14
2. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση	15
2.1. Εισαγωγή.....	15
2.2. Θόρυβος.....	15
2.2.1. Γενικά.....	15
2.2.2. Τεχνικά χαρακτηριστικά	16
2.2.3. Ανθρώπινη υγεία	17
2.2.4. Μέτρα αντιμετώπισης.....	19
2.3. Ποιότητα αέρα.....	23
2.3.1. Γενικά.....	23
2.3.2. Εκπομπές ρύπων	24
2.3.3. Επιπτώσεις στην υγεία	28
2.3.4. Μέτρα αντιμετώπισης.....	30
2.4. Διαχείριση ενέργειας.....	32
2.4.1. Γενικά.....	32
2.4.2. Επίγεια υποδομή.....	33
2.4.3. Εναέρια υποδομή	34
2.4.4. Πρακτικές εξοικονόμησης ενέργειας	34
2.5. Διαχείριση υδάτινων πόρων	37
2.5.1. Γενικά.....	37
2.5.2. Ποιότητα νερού	38
2.5.3. Πρακτικές διαχείρισης και εξοικονόμησης πόρων	39
2.6. Διαχείριση απορριμμάτων.....	41
2.6.2. Παραγωγή απορριμμάτων	42
2.6.3. Πρακτικές διαχείρισης και βελτιστοποίησης.....	45
2.7. Διαχείριση άγριας ζωής	52
2.7.1. Γενικά.....	52
2.7.2. Επιπτώσεις	53
2.7.3. Πρακτικές διαχείρισης.....	54
2.8. Σύνοψη.....	55

3. Μελέτη Περίπτωσης.....	57
3.1. Εισαγωγή.....	57
3.2. Ανάλυση αγοράς και Μάρκετινγκ.....	57
3.2.1. Ορισμός της Αγοράς και Ανάλυση της Δομής της.....	57
3.2.2. Γενικά Χαρακτηριστικά του Κλάδου.....	59
3.2.3. Ανάλυση εγχώριας αγοράς.....	62
3.2.4. Γενικά στοιχεία για το α/δ Πάρου.....	71
3.2.5. Marketing.....	76
3.2.6. Υπολογισμός εσόδων.....	77
3.3. Έξοδα και Κόστος επένδυσης.....	79
3.3.1. Γενικά.....	79
3.3.2. Πρώτες ύλες και εφόδια.....	81
3.3.3. Μηχανολογικός εξοπλισμός και τεχνολογία.....	82
3.3.4. Οργάνωση μονάδας και Γενικά έξοδα.....	87
3.3.5. Ανθρώπινοι πόροι.....	89
3.3.6. Τοποθεσία, Χώρος εγκατάστασης, Περιβάλλον.....	91
3.3.7. Προγραμματισμός εκτέλεσης του έργου.....	93
3.4. Χρηματοοικονομική αξιολόγηση της επένδυσης.....	96
3.4.1. Γενικά στοιχεία.....	96
3.4.2. Κόστος παραγωγής.....	97
3.4.3. Κεφάλαιο κίνησης.....	97
3.4.4. Μέθοδος Καθαρής Παρούσας Αξίας.....	98
3.4.5. Ανάλυση νεκρού σημείου.....	99
3.4.6. Ανάλυση ευαισθησίας.....	100
4. Συμπεράσματα και Προτάσεις.....	102
5. Βιβλιογραφία.....	104

Ευρετήριο πινάκων

Πίνακας 2.3.2.1-Πηγές αέριων ρύπων.....	24
Πίνακας 2.6.2.1-Είδη αστικών απορριμμάτων ανά πηγή.....	42
Πίνακας 2.6.3.1-Πρωτοβουλίες αεροπορικών εταιρειών για τη διαχείριση απορριμμάτων	48
Πίνακας 2.6.3.2-Πρακτικές διαχείρισης απορριμμάτων σε αεροδρόμια.....	49
Πίνακας 2.6.3.3-Πρακτικές παραγωγής ενέργειας από απορρίμματα	51
Πίνακας 2.7.3.1:Βέλτιστες πρακτικές διαχείρισης.....	55
Πίνακας 3.2.3.1-Κίνηση ελληνικών αερολιμένων (2019)	62
Πίνακας 3.2.3.2-Κίνηση ελληνικών αερολιμένων (2020)	64
Πίνακας 3.2.3.3-Ελληνικοί αερολιμένες.....	68
Πίνακας 3.2.3.4- Αεροπορικές εταιρείες στην Ελλάδα [31].....	70
Πίνακας 3.2.4.1-Αποστάσεις α/δ Πάρου από κοντινά α/δ.....	72
Πίνακας 3.2.4.2-Σύγκριση κόστους και διάρκειας σε α/δ Κυκλάδων.....	72
Πίνακας 3.2.4.3-Μηνιαία επιβατική κίνηση α/δ Πάρου	75
Πίνακας 3.2.4.4-Μηνιαίος αριθμός πτήσεων και ποσοστό επί του συνόλου για το α/δ Πάρου	75
Πίνακας 3.2.4.5-Προβλέψεις επιβατικής κίνησης α/δ Πάρου.....	76
Πίνακας 3.2.6.1-Έσοδα α/δ Πάρου (2018).....	78
Πίνακας 3.2.6.2-Προβλέψεις TAX	79
Πίνακας 3.2.6.3-Προβλέψεις ΤΕΑΑ	79
Πίνακας 3.2.6.4-Προβλέψεις συνολικών εσόδων	79
Πίνακας 3.3.2.1-Λειτουργικά έξοδα	81
Πίνακας 3.3.2.2-Προβλέψεις εξόδων	81
Πίνακας 3.3.3.1-Μηνιαία κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (2017)	82
Πίνακας 3.3.3.2-Προβλέψεις κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας.....	83
Πίνακας 3.3.3.3-Κόστος εξοπλισμού	86
Πίνακας 3.3.3.4-Κόστος έργων Πολιτικού Μηχανικού	87
Πίνακας 3.3.4.1-Γενικά έξοδα.....	89
Πίνακας 3.3.4.2-Προβλέψεις γενικών εξόδων	89
Πίνακας 3.3.5.1-Απαιτήσεις ανθρώπινου δυναμικού	90
Πίνακας 3.3.5.2-Κόστος ανθρώπινου δυναμικού.....	90
Πίνακας 3.3.5.3-Προβλέψεις κόστους ανθρώπινου δυναμικού.....	90
Πίνακας 3.3.7.1-Κόστος εκτέλεσης του έργου.....	95
Πίνακας 3.4.1.1:Κόστος επένδυσης	96

Πίνακας 3.4.1.2:Στοιχεία απόσβεσης εξοπλισμού	96
Πίνακας 3.4.2.1:Κόστος παραγωγής για το πρώτος έτος.....	97
Πίνακας 3.4.2.2:Κόστος παραγωγής ανά έτος	97
Πίνακας 3.4.4.1: Υπολογισμός Καθαρών Ταμειακών Ροών	98
Πίνακας 3.4.4.2: Υπολογισμός Καθαρής Παρούσας Αξίας	99
Πίνακας 3.4.5.1:Σταθερά και Μεταβλητά Κόστη για το πρώτο έτος.....	99
Πίνακας 3.4.5.2:Σταθερά και Μεταβλητά Κόστη για κάθε έτος.....	100
Πίνακας 3.4.5.3:Ανάλυση νεκρού σημείου	100
Πίνακας 3.4.6.1:Ανάλυση ευαισθησίας.....	101

Ευρετήριο εικόνων

Εικόνα 2.3.1-Πηγές αέριων ρύπων	26
Εικόνα 2.3.2-LTO Cycle	27
Εικόνα 2.4.1-Εναέρια και επίγεια υποδομή	33
Εικόνα 2.6.1-Ιεραρχία διαδικασιών διαχείρισης απορριμμάτων	46
Εικόνα 3.2.1-Αεροπορικές διαδρομές	59
Εικόνα 3.3.1 - Μονοκρυσταλλικό φ/β πλαίσιο	83
Εικόνα 3.3.2-Μπαταρίες φ/β συστήματος	84
Εικόνα 3.3.3-Φορτιστής μπαταριών φ/β συστήματος	84
Εικόνα 3.3.4-Ρυθμιστής φόρτισης φ/β συστήματος.....	84
Εικόνα 3.3.5-Βάσεις στήριξης φ/β πλαισίων	85
Εικόνα 3.3.6: Κάτοψη αυτόνομου φ/β συστήματος.....	85
Εικόνα 3.3.7-Οργανωτική δομή α/δ Πάρου	88
Εικόνα 3.3.8-Τοποθεσία α/δ Πάρου	91
Εικόνα 3.3.9-Περιορισμός επιφανειών για εγκατάσταση φ/β.....	92
Εικόνα 3.3.10-Χώρος εγκατάστασης αυτόνομου φ/β συστήματος.....	93

Ευρετήριο εξισώσεων

Εξίσωση 3.4.1:Υπολογισμός Παρούσας Αξίας	98
Εξίσωση 3.4.2: Καθαρή Παρούσα Αξία	98
Εξίσωση 3.4.3:Υπολογισμός νεκρού σημείου (BEP) για επιβάτες	100
Εξίσωση 3.4.4:Υπολογισμός νεκρού σημείου (ευρώ)	100

Ευρετήριο διαγραμμάτων

Διάγραμμα 3.2.3.1:Συνολική επιβατική κίνηση ελληνικών α/δ (2011-2021)	65
Διάγραμμα 3.2.3.2: Επιβατική κίνηση ΔΑΑ (2019-2020)	68
Διάγραμμα 3.3.7.1:Προγραμματισμός έργου (Διάγραμμα Gantt)	95

1. Εισαγωγή

1.1. Γενικά στοιχεία

Οι αεροπορικές μεταφορές αποτελούν ένα καθοριστικό παράγοντα ανάπτυξης της οικονομίας και αναβάθμισης της ποιότητας ζωής μέσω της ενδυνάμωσης του εμπορίου και του τουρισμού σε παγκόσμια κλίμακα. Ο ταχέως αναπτυσσόμενος κλάδος των αερομεταφορών παρέχει ένα ευρύ φάσμα σημαντικών οικονομικών και κοινωνικών οφελών, καθώς σήμερα λειτουργούν περισσότερα από 1200 μεγάλα διεθνή αεροδρόμια σε όλο τον κόσμο που εξυπηρετούν περισσότερους από 4 δισεκατομμύρια επιβάτες ετησίως με αποτέλεσμα κάθε γωνιά του κόσμου είναι προσβάσιμη μέσα σε 24 ώρες. Σύμφωνα με στατιστικά στοιχεία μεταφοράς επιβατών (Eurostat, 2018) ο συνολικός αριθμός των αεροπορικών επιβατών που μεταφέρθηκαν έφτασε σχεδόν το 1 δισεκατομμύριο σε επίπεδο ΕΕ-27, ενώ οι αεροπορικές μεταφορές εμπορευμάτων και αλληλογραφίας αυξήθηκαν κατά 1,9% και 2,5% αντίστοιχα το 2018 σε σύγκριση με το 2017. Εάν επιβεβαιωθούν οι προβλέψεις για την ανάπτυξη του κλάδου, η παγκόσμια ζήτηση για αεροπορικά ταξίδια θα διπλασιάζεται κάθε 14 χρόνια για τις υπηρεσίες επιβατών και κάθε 12 χρόνια για τα εμπορεύματα.

Η ανάπτυξη της αεροπορίας υπήρξε ένας από τους κύριους παράγοντες μείωσης του χρόνου ταξιδιού, ωστόσο συμβάλλει καθοριστικά στην υποβάθμιση του περιβάλλοντος σε διάφορα επίπεδα. Οι ανησυχίες σχετικά με αυτές τις επιπτώσεις είναι ήδη έντονες και αναμένεται να ενταθούν αναλογικά με την αύξηση της ζήτησης για αεροπορικές μεταφορές. Για ορισμένους ειδικούς οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις των αεροδρομίων και γενικότερα των αερομεταφορών αποτελούν το σημαντικότερο εμπόδιο στην ανάπτυξη αυτής της βιομηχανίας. Αναφορικά με τα αεροδρόμια, οι περιορισμοί καθιστούν αδύνατη πολλές φορές την αύξηση της χωρητικότητας ώστε να αντιμετωπιστεί η αυξανόμενη ζήτηση, αφού η λειτουργία τους είναι στενά συνυφασμένη με διάφορες μορφές ρύπανσης.

Η ανάπτυξη βιώσιμων μοντέλων λειτουργίας των αεροδρομίων αποτελεί μονόδρομο για την αντιμετώπιση των παραπάνω προκλήσεων. Η βιώσιμη λειτουργία ενός αεροδρομίου ισοδυναμεί με την εξισορρόπηση όλων των δραστηριοτήτων μέσω της μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας, τη μείωση των επιπτώσεων στην ποιότητα του νερού και του αέρα, την ελαχιστοποίηση των αποβλήτων και τον περιορισμό άλλων αρνητικών περιβαλλοντικών συνεπειών. Γενικά, η βιωσιμότητα (sustainability) ενός αεροδρομίου ορίζεται ως «Πρακτικές που διασφαλίζουν την προστασία του περιβάλλοντος, συμπεριλαμβανομένης της διατήρησης των φυσικών πόρων» ενώ

σχετίζεται επίσης με την κοινωνική πρόοδο και την επίτευξη υψηλών και σταθερών επιπέδων οικονομικής ανάπτυξης και απασχόλησης [9]. Η διαμόρφωση ενός τέτοιου αεροδρομίου απαιτεί κατασκευαστικές επεμβάσεις όχι μόνο εντός αυτού αλλά και στην ευρύτερη περιοχή που βρίσκεται ενώ η προσπάθεια αυτή καθίσταται επιτυχής όταν συνδυάζεται οικονομική βιωσιμότητα και αποτελεσματική λειτουργία μέσω της υπεύθυνης χρήσης και διατήρησης των φυσικών πόρων.

1.2. Σκοπός της διπλωματικής εργασίας

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι η οικονομοτεχνική ανάλυση της μετατροπής ενός ελληνικού περιφερειακού αεροδρομίου σε sustainable. Πιο συγκεκριμένα, κύριος στόχος είναι να αναλυθούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις της λειτουργίας των αεροδρομίων και να καταγραφούν πρακτικές, η εφαρμογή των οποίων θα οδηγήσει στη βελτίωση της υπάρχουσας κατάστασης και τη μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος των αερολιμένων. Παράλληλα, ακολουθώντας τις προκείμενες από τη βιβλιογραφία πρακτικές θα αξιολογηθεί η δυνατότητα προσαρμογής ενός αεροδρομίου που βρίσκεται στην ελληνική περιφέρεια σε αυτές και θα παρουσιαστούν τα οφέλη που προκύπτουν από τη διαδικασία αυτή.

1.3. Μεθοδολογία της διπλωματικής εργασίας

Στο πλαίσιο της πρωτοβουλίας που αναλαμβάνει η διεθνής κοινότητα για την αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών προκλήσεων με στόχο την αντιστροφή της κλιματικής κρίσης που καλπάζει με ταχύτερους ρυθμούς και πιο συγκεκριμένα, της προσπάθειας της παγκόσμιας αερολιμενικής βιομηχανίας για τη μείωση των αρνητικών συνεπειών της λειτουργίας των αεροδρομίων στο περιβάλλον ερευνήθηκε η επίδραση των δραστηριοτήτων τους ενώ επιχειρήθηκε η συγκέντρωση βέλτιστων πρακτικών μετριασμού των περιβαλλοντικών επιπτώσεων μέσα από βιβλιογραφική ανασκόπηση. Κατόπιν της ταξινόμησης τους ακολούθησε η διεξαγωγή μελέτης περίπτωσης και ειδικότερα, η οικονομοτεχνική ανάλυση της εφαρμογής μίας εκ των προαναφερθεισών πρακτικών σε ένα περιφερειακό αεροδρόμιο για τη μετατροπή του σε sustainable. Κατά αυτόν τον τρόπο, προέκυψαν χρήσιμα συμπεράσματα τα οποία μπορούν να συμβάλλουν στην προσπάθεια περιορισμού των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των αεροδρομίων καθώς και να αποτελέσουν τη βάση για τη διερεύνηση της υλοποίησης συναφών πρακτικών με στόχο τη δημιουργία sustainable αεροδρομίων.

1.4. Δομή της διπλωματικής εργασίας

Το πρώτο κεφάλαιο αποτελεί την εισαγωγή της εργασίας και λειτουργεί ως βάση για την κατανόησή της. Σημειώνονται ορισμένα γενικά στοιχεία σχετικά με τον κλάδο των αερομεταφορών και τη λειτουργία των αεροδρομίων, το περιβαλλοντικό τους αποτύπωμα καθώς και την προσπάθεια που επιτελείται τα τελευταία χρόνια για τη μετατροπή τους σε φιλικότερες προς το περιβάλλον υποδομές. Περιγράφεται, επίσης, ο απώτερος σκοπός της μελέτης και γίνεται μια σύντομη αναφορά στη μεθοδολογία που ακολουθείται για την εξαγωγή των τελικών συμπερασμάτων ενώ τέλος, το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με την παρουσίαση της δομής της εργασίας.

Στο δεύτερο κεφάλαιο πραγματοποιείται εκτενής ανασκόπηση της βιβλιογραφίας με στόχο την ανάλυση και την εκτίμηση των παραγόντων, που δρουν επιβαρυντικά ως προς το περιβάλλον κατά τη λειτουργία ενός αεροδρομίου. Παράλληλα, αναλύονται οι βασικές ενέργειες αντιμετώπισης των προβλημάτων, παραθέτοντας παραδείγματα που εφαρμόζονται διεθνώς ενώ αποτυπώνονται οι πρακτικές που ακολουθούνται από διάφορα αεροδρόμια ανά τον κόσμο και συμβάλλουν στη βιώσιμη λειτουργία τους.

Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται οικονομοτεχνική ανάλυση της μετατροπής ενός περιφερειακού αεροδρομίου σε sustainable με την εφαρμογή μιας εκ των πρακτικών που αποτελούν απόρροια της βιβλιογραφικής ανασκόπησης και με σκοπό την αξιολόγηση της αποδοτικότητας ενός τέτοιου σχεδίου.

Στο τελευταίο κεφάλαιο αναφέρονται τα κυριότερα συμπεράσματα που προέκυψαν από την πραγματοποίηση της μελέτης περίπτωσης και παρατίθενται προτάσεις για περαιτέρω έρευνα στο συγκεκριμένο αντικείμενο.

2. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

2.1. Εισαγωγή

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, η παρούσα διπλωματική εργασία στοχεύει στην πραγματοποίηση οικονομοτεχνικής ανάλυσης της μετατροπής ενός συμβατικού περιφερειακού αεροδρομίου σε βιώσιμο μέσω μίας μελέτης περίπτωσης. Το κεφάλαιο αυτό περιλαμβάνει τη βιβλιογραφική ανασκόπηση που πραγματοποιήθηκε και περιέχει έρευνες και εκθέσεις συναφείς, τόσο με τη θεματολογία όσο και με τη μεθοδολογία που ακολουθείται. Συγκεκριμένα, παρατίθενται στοιχεία σχετικά με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της φάσης λειτουργίας ενός αεροδρομίου ενώ γίνεται εκτενής αναφορά σε πιθανά μέτρα βελτίωσης και πρακτικές διαχείρισης τους με στόχο την μετατροπή των αεροδρομίων σε φιλικότερα προς το περιβάλλον. Τέλος, γίνεται σύνοψη των μεθόδων που προέκυψαν από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας και συμβάλλουν στη μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος των αερολιμένων.

2.2. Θόρυβος

2.2.1. Γενικά

Ο θόρυβος αποτελεί μια από τις σημαντικότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις, αφού σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας έχει αρνητικό αντίκτυπο στην υγεία, στην ποιότητα ζωής και στην ευημερία. Ο θόρυβος σε έναν αερολιμένα αποτελεί κύριο προϊόν των αεροσκαφών καθώς αυτά προσγειώνονται και απογειώνονται στους διαδρόμους αλλά παράλληλα οφείλεται στη χρήση βοηθητικών οχημάτων καθώς και ηλεκτρικών γεννητριών ενώ δημιουργώντας μια ποικίλη μορφή όχλησης επηρεάζει τις γειτονικές σε ένα αεροδρόμιο αστικές περιοχές, ορισμένα είδη της θαλάσσιας πανίδας ενώ μεγάλη είναι η ενόχληση στα περισσότερα είδη της ορνιθοπανίδας. Παράλληλα, ιδιαίτερη σημασία έχει ο τύπος του αεροδρομίου καθώς ο θόρυβος διαφέρει στα διεθνή, τοπικά ή στρατιωτικά αεροδρόμια αλλά και η χρήση του αναφορικά με τον αριθμό των αεροσκαφών που εξυπηρετεί. Επίσης, η θέση του αεροδρομίου διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στο επίπεδο ενόχλησης των κατοίκων από τον παραγόμενο θόρυβο και πιο συγκεκριμένα όσον αφορά την πυκνότητα του πληθυσμού κάτω από τις διαδρομές πτήσεων. Είναι σύνηθες να παρατηρείται δυσκολία αντιμετώπισης αυτών των συνεπειών σε επεκτάσεις αεροδρομίων, καθώς κατά την αρχική φάση μελέτης δεν είχε ληφθεί υπόψη ο περιβάλλον χώρος και οι μελλοντικές επεκτάσεις των γειτονικών οικισμών.

Από πλευράς θορύβου η φάση απογείωσης περιλαμβάνει την εκκίνηση των κινητήρων του αεροσκάφους, την τροχοδρόμηση (φάση taxi) προς απογείωση κατά μήκος του διαδρόμου έως ότου να χορηγηθεί άδεια από τον Έλεγχο Εναέριας Κυκλοφορίας και τέλος αυτήν καθ' αυτήν την απογείωση. Κατά την προσέγγιση ενός αεροσκάφους ο θόρυβος προκαλείται κατά τις φάσεις πτήσεως από την κάθοδο από τη ζώνη αναμονής (holding), τις φάσεις ενδιάμεσης και τελικής καθόδου, υπερβάσεως του κατωφλίου και επαφής (touch down) με το διάδρομο. Κρίνεται σκόπιμη η αναφορά στην πολυπλοκότητα της μέτρησης του θορύβου τροχοδρόμησης καθώς δεν μεταβάλλεται μόνο η στάθμη του αλλά καθοριστικό ρόλο παίζει μια σειρά άλλων παραγόντων όπως η αναμονή για άδεια από τον πύργο ελέγχου, που μπορεί να καθυστερεί σε περιπτώσεις πυκνής κυκλοφορίας. Οι επιχειρησιακές λειτουργίες εδάφους διακρίνονται σε 3 κατηγορίες:

- α. Λειτουργίες αεροσκαφών, όπως τροχοδρόμηση και εξυπηρέτηση δαπέδων στάθμευσης
- β. Λειτουργίες μηχανολογικών εγκαταστάσεων κτιρίων του αεροδρομίου
- γ. Λοιπές λειτουργίες, όπως χρήση οχημάτων για τη μεταφορά επιβατών, εργαζομένων και αποσκευών.

2.2.2. Τεχνικά χαρακτηριστικά

Ο ήχος αποτελεί μορφή ενέργειας που παράγεται από μία πηγή και μεταδίδεται με τη μορφή κυμάτων που ταξιδεύουν στην ατμόσφαιρα. Ο θόρυβος μπορεί να οριστεί ως ένας ανεπιθύμητος ήχος με μικρό ή μηδενικό περιεχόμενο πληροφορίας [38]. Το υγιές ανθρώπινο αυτί μπορεί να ακούσει ήχους από 0 dB, οι οποίοι γίνονται ελάχιστα αντιληπτοί ακόμη και σε ήσυχο περιβάλλον έως και 120 dB, που αγγίζουν το κατώφλι πρόκλησης πόνου ή βλάβης στο αυτί. Η λογαριθμική κλίμακα μέτρησης έντασης του ήχου έχει προκαλέσει τεράστια σύγχυση στις εξελίξεις σχετικά με το θόρυβο των αεροδρομίων. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι μια μεταβολή της τάξης των 6-10 dB του επιπέδου της έντασης του ήχου γίνεται αντιληπτή ως (υπό)διπλασιασμός της πρότερης τιμής. Έτσι, η μέτρησης της έντασης του θορύβου στα αεροδρόμια υφίσταται μια επιπλέον βαθμονόμηση, η οποία εφαρμόζεται για τις μετρήσεις θορύβου κάθε τύπου μεταφοράς, την A-σταθμισμένη διόρθωση. Οι περισσότεροι ήχοι στο περιβάλλον που ζούμε κυμαίνονται μεταξύ 30-100 dbA.

Οι πιο γνωστές μετρήσεις θορύβου διακρίνονται σε μετρήσεις απλού συμβάντος και σε αθροιστικές μετρήσεις. Η πρώτη κατηγορία αφορά την κίνηση ενός αεροσκάφους και περιλαμβάνει δύο χαρακτηριστικά μεγέθη, τη μέγιστη τιμή ήχου (L_{max}) και το

επίπεδο ηχοέκθεσης (SEL). Στη δεύτερη αποτυπώνονται αθροιστικά οι επιπτώσεις κινήσεων αεροσκαφών για μια δεδομένη χρονική στιγμή και οι αθροιστικές μετρήσεις που χρησιμοποιούνται συχνότερα είναι το ισοδύναμο επίπεδο ήχου ή ισοδύναμη στάθμη θορύβου (Leq) και το μέσο επίπεδο ήχου ημέρας-νύχτας (Ldn). Άξιο αναφοράς είναι ένα επιπλέον μέτρο θορύβου, το πραγματικό αντιληπτό επίπεδο θορύβου (Effective perceived noise level – EPNL) που χρησιμοποιείται για την πιστοποίηση ενός αεροσκάφους σχετικά με το θόρυβο.

Η ανάλυση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων του θορύβου έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός συνόλου ισοθορυβικών καμπυλών. Οι καμπύλες αυτές ορίζουν τις περιοχές γύρω από το αεροδρόμιο που επηρεάζονται από τον θόρυβο όλων των τύπων αεροσκαφών που εξυπηρετεί το αεροδρόμιο αλλά και των λειτουργιών του αερολιμένα όπως τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των διαδρόμων και η συχνότητα χρήσης τους [38].

2.2.3. Ανθρώπινη υγεία

Ο αντίκτυπος του θορύβου εξαιτίας των αερομεταφορών στην υγεία αυξάνεται σημαντικά τα τελευταία χρόνια, αφού τα υψηλά επίπεδά του δεν προκαλούν μόνο ενόχληση αλλά σε αρκετές περιπτώσεις παρατηρείται διαταραχές ύπνου, φθορά του ακουστικού συστήματος, απώλεια ακοής, καρδιαγγειακές παθήσεις και μειωμένη ικανότητα μάθησης. Ο θόρυβος που προκαλείται από τις αερομεταφορές έχει αποδειχθεί πολλές φορές πιο ενοχλητικός από εκείνον των οδικών ή σιδηροδρομικών μεταφορών ενώ μπορεί να επιδρά δυσμενώς στο σύστημα ακοής του ανθρώπου, να επηρεάζει την ανθρώπινη υγεία μέσω μεταβατικών διαδικασιών όπως η πρόκληση άγχους και να επιδεινώνει ήδη υπάρχουσες παθήσεις. Έτσι, οι επιπτώσεις που προκαλούνται στην υγεία διακρίνονται σε αυτές του ανθρώπινου συστήματος ακοής (auditory effects) και σε εκείνες που δεν ανήκουν στο σύστημα ακοής (non-auditory effects). Η πλειοψηφία των ανθρώπων που επηρεάζονται κατά την απογείωση και προσγείωση των αεροσκαφών είναι εκείνοι που κατοικούν ή εργάζονται σε ακτίνα 5-10 μιλίων γύρω από αυτό, με εκείνους που βρίσκονται πολύ κοντά σε διαδρόμους τροχοδρόμησης να ενοχλούνται περισσότερο.

Οι άνθρωποι έχουν τη δυνατότητα να αντιλαμβάνονται ήχους ενώ κοιμούνται αλλά το μέγεθος της επίδρασης του θορύβου εξαρτάται από ένα πλήθος παραγόντων όπως η ευαισθησία στο θόρυβο και το βάθος ύπνου. Η συνεχής όχληση προκαλεί αλλαγές στη συνήθεια του ύπνου αφού συχνά είναι υπεύθυνη για πρώιμες αφυπνίσεις και κακή ποιότητα ύπνου. Βραχυπρόθεσμα μπορεί ακόμη να παρατηρηθεί διαταραγμένη

διάθεση, αυξημένη υπνηλία και εξασθενημένη απόδοση. Παράλληλα, σύμφωνα με μελέτες η έκθεση σε νυχτερινό θόρυβο είναι περισσότερο επιζήμια από την έκθεση κατά τη διάρκεια της ημέρας, πιθανόν επειδή οι άνθρωποι βρίσκονται περισσότερες ώρες στο σπίτι. Επιπρόσθετα, ο θόρυβος μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση της αρτηριακής πίεσης και των καρδιακών παλμών και στην εμφάνιση στρες. Ερευνητές διαπίστωσαν σύνδεση μεταξύ του θορύβου των αεροσκαφών, των καρδιακών παθήσεων και του εγκεφαλικού εξετάζοντας σε πρώτη μελέτη τα ποσοστά νοσηλείας σε 6 εκατομμύρια ενήλικες ηλικίας 65 ετών και άνω που ζούσαν κοντά σε 89 αμερικανικά αεροδρόμια ενώ σε δεύτερη έρευνα μελέτησαν τη συχνότητα νοσηλείας ή θνησιμότητας σε πληθυσμό 3,6 εκατομμυρίων που ενδέχεται να επηρεαστούν από θόρυβο του αεροδρομίου Χίθρου στο Λονδίνο. Ακόμη, η εμφάνιση υπέρτασης σε ενήλικες που κατοικούν κοντά σε αεροδρόμια είναι στενά συνυφασμένη με το θόρυβο που προκαλείται από τις λειτουργίες του. Ιδιαίτερη μνεία αξίζει στη συσχέτιση του θορύβου των αεροσκαφών με την -όχι σταθερή- αύξηση της αρτηριακής πίεσης στα παιδιά όπως αυτή διαπιστώθηκε σε μια σειρά από μελέτες, από τις οποίες το μεγαλύτερο αφορούσε 62 σχολεία γύρω από το αεροδρόμιο Heathrow στο Λονδίνο και το Schiphol στο Άμστερνταμ.

Η σύνδεση μεταξύ της έκθεσης στο θόρυβο και της χαμηλότερης ποιότητας ζωής ή της κακής ψυχολογικής κατάστασης δεν είναι τόσο ισχυρή όσο με άλλες παθήσεις. Μια μελέτη σε 2.300 κατοίκους κοντά στο αεροδρόμιο της Φρανκφούρτης διαπίστωσε ότι η ενόχληση αλλά όχι τα επίπεδα θορύβου των αεροσκαφών έχει ως αποτέλεσμα χαμηλότερη ποιότητα ζωής. Σύμφωνα με την έρευνα HYENA (Hypertension and Exposure to Noise near Airports), η οποία χρηματοδοτήθηκε από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, η αύξηση του θορύβου των αεροσκαφών κατά τη διάρκεια της ημέρας ή της νύχτας αποτελούν αιτία αύξησης κατά 28% στη χρήση φαρμάκων για την καταπολέμηση άγχους αλλά δεν συνδέεται με τη χρήση υπνωτικών ή αντικαταθλιπτικών ενώ σε άλλες μελέτες που πραγματοποιήθηκαν σε σχολεία γύρω από το αεροδρόμιο Heathrow του Λονδίνου δεν διαπιστώθηκε επίδραση του θορύβου στην ψυχολογική κατάσταση των παιδιών.

Σημαντική είναι επίσης η επίδραση του θορύβου των αεροσκαφών στις επιδόσεις των μαθητών στα σχολεία που βρίσκονται κοντά σε αεροδρόμια, αφού διαπιστώνονται χειρότερες επιδόσεις αναφορικά με την ικανότητα ανάγνωσης και απομνημόνευσης. Μια μελέτη μεγάλης κλίμακας (RANCH) που πραγματοποιήθηκε σε 2844 παιδιά ηλικίας 9-10 ετών από 89 σχολεία γύρω από τα αεροδρόμια Heathrow (Λονδίνο), Schiphol (Άμστερνταμ) και Barajas (Μαδρίτη) επιβεβαίωσε τη σύνδεση μεταξύ της

αδυναμίας στην ανάγνωση και την αποστήθιση και του θορύβου των αεροσκαφών. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι μια αύξηση 5 db στο θόρυβο που εκτίθεται κάποιος μαθητής οδηγεί σε καθυστέρηση 2 μηνών στην εκμάθηση της ανάγνωσης [24].

2.2.4. Μέτρα αντιμετώπισης

Οι επιπτώσεις του θορύβου ενός αεροδρομίου μπορούν να αντιμετωπιστούν με ποικίλους τρόπους. Για πρώτη φορά το 1983 η Υπηρεσία Πολιτικής Αεροπορίας των ΗΠΑ (Federal Aviation Administration) εξέδωσε οδηγίες με ρυθμιστικά σχέδια προνοητικού χαρακτήρα με στόχο τον περιορισμό των δυσμενών συνεπειών του θορύβου που παράγεται από το σύνολο των λειτουργιών ενός αεροδρομίου ενώ από το 2001 η Boeing ενημερώνει σε σταθερή βάση για ανάλογες καλές πρακτικές που ακολουθούνται σε 601 αεροδρόμια παγκοσμίως.

Για να μειωθούν οι στάθμες θορύβου στις κατοικημένες περιοχές γύρω από ένα αεροδρόμιο καθώς και κάτω από τις πορείες πτήσεων μπορεί να εφαρμοστεί ένα σύνολο διαδικασιών και μεθόδων που χωρίζεται στις εξής κατηγορίες [38]:

- α. Συστήματα παρακολούθησης θορύβου
- β. Σχέσεις με την τοπική κοινωνία και προγράμματα συμμετοχής
- γ. Πολιτική χρήσεων γης
- δ. Σχεδιαστικές παρεμβάσεις
- ε. Επίγειες και εναέριες λειτουργίες
- στ. Παρεμβάσεις εκτός του αεροδρομίου
- ζ. Περιορισμοί πρόσβασης
- η. Οικονομικά κίνητρα

Αναφορικά με την πρώτη κατηγορία, στο τέλος της δεκαετίας του '90 τα περισσότερα μεγάλα αεροδρόμια σε διεθνές επίπεδο είχαν προβεί στην εγκατάσταση συστήματος παρακολούθησης, μιας και έχει βοηθά καθοριστικά στην ευέλικτη και δυναμική αντιμετώπιση του θορύβου. Αποτελείται από αισθητήρες/μικρόφωνα που τοποθετούνται στρατηγικά γύρω από το αεροδρόμιο σε θέσεις κάτω από τις πορείες των αεροσκαφών ή κοντά σε ευαίσθητες στο θόρυβο τοποθεσίες. Μέσω των αισθητήρων συλλέγονται συμβάντα θορύβου, τα οποία αναλύονται σε συνάρτηση με τις κινήσεις των αεροσκαφών σε πραγματικό χρόνο από έναν κεντρικό υπολογιστή, δίνοντας έτσι τη δυνατότητα στους υπευθύνους διαχείρισης του συστήματος να διαπιστώνουν την παραγωγή ασυνήθιστα υψηλών επιπέδων θορύβου και ακολούθως να απαντούν τεκμηριωμένα σε ενδεχόμενα παράπονα ή να επιστήσουν την προσοχή των αεροπορικών εταιρειών. Τα συστήματα αυτά έχουν υψηλά επίσης κόστη ενώ

απαιτούν την πλήρη απασχόληση προσωπικού διαχείρισης και ανάλυσης δεδομένων αλλά για τη σχετική επικοινωνία αυτών. Στο αεροδρόμιο της Αθήνας έχει εγκατασταθεί σύστημα παρακολούθησης θορύβου (NOise MOnitoring System – NOMOS), το οποίο συνδέεται με ραντάρ της Υπηρεσίας Πολιτικής Αεροπορίας και διευκολύνει το συσχετισμό συμβάντων θορύβου και συγκεκριμένων κινήσεων αεροσκαφών βάσει του πραγματικού ίχνους της πτήσης. Το NOMOS αποτελείται από 10 σταθερούς και 1 κινητό σταθμό που βρίσκονται κάτω από τις πορείες αεροσκαφών σε κατοικημένες περιοχές [32].

Η δεύτερη κατηγορία αφορά στις σχέσεις της διοίκησης του αεροδρομίου με τους κατοίκους καθώς και την οργάνωση προγραμμάτων συμμετοχής του κοινού. Τα προγράμματα αυτά μπορούν να συμβάλλουν στην προώθηση μιας συνεχούς διαδικασίας διαβούλευσης για περιβαλλοντικά θέματα με γειτονικούς δήμους αλλά και αεροπορικές εταιρείες, στην επαφή με μια επιτροπή πολιτών για την ενημέρωση της τοπικής κοινωνίας, στη λειτουργία μια γραμμής επικοινωνίας για την καταγραφή παραπόνων αλλά και στη συμμετοχική διαδικασία σχεδιασμού, όπως για παράδειγμα τη συνεργασία με τεχνικό σύμβουλο που έχει οριστεί από τους πολίτες που μένουν ή εργάζονται σε κοντινή απόσταση με αποτέλεσμα και οι δύο πλευρές να έχουν πρόσβαση σε τεχνικές πληροφορίες. Πρακτικές που ανήκουν σε αυτή την κατηγορία έχουν χρησιμοποιηθεί από την εταιρεία διαχείρισης του αεροδρομίου Logan στη Βοστώνη, η οποία χρηματοδοτεί ένα μέρος των εξόδων για την πρόσληψη τεχνικών συμβούλων εκ μέρους των πολιτών και οι οποίοι παραμένουν αντικειμενικοί και δε διστάζουν να αντιταχθούν σε αποφάσεις της εταιρείας με χαρακτηριστικό παράδειγμα τη διαφωνία τους για την κατασκευή νέου διαδρόμου [38]. Στο πλαίσιο αυτό ο Διεθνής Αερολιμένας Αθηνών έχει δημιουργήσει την ειδική τηλεφωνική γραμμή «Σας ακούμε» για την κατάθεση ερωτήσεων και παραπόνων σχετικά με το θόρυβο, δυνατότητα η οποία παρέχεται και στην ιστοσελίδα του αεροδρομίου, ενώ σημειώνεται ότι το 2019 καταγράφηκαν 39 παράπονα [32].

Η πολιτική χρήσεων γης παρότι μπορεί να συνεισφέρει ουσιαστικά στη μείωση των επιπτώσεων του θορύβου αλλά και να προλάβει την εκδήλωση μελλοντικών προβλημάτων, επιτρέπεται να χρησιμοποιηθεί από τους διαχειριστές ενός αεροδρομίου μόνο σε αραιοκατοικημένες περιοχές ή κατά την κατασκευή ενός νέου αεροδρομίου, που σπάνια σήμερα κατασκευάζονται εξ ολοκλήρου νέα. Σε αυτή την κατηγορία αντιμετώπισης του θορύβου ανήκει η επιβολή περιορισμών πολεοδομικού σχεδίου και η εφαρμογή κανονισμών κατασκευής όπως η πρόβλεψη ηχομόνωσης που μειώνει τη στάθμη του θορύβου εντός των κτιρίων. Έτσι, με δεδομένη την αύξηση

του πληθυσμού στις πόλεις και τη συγκέντρωση των οικονομικών δραστηριοτήτων σε αυτές τα αεροδρόμια και οι πολεοδομικοί φορείς αδυνατούν πολλές φορές να εμποδίσουν δραστηριότητες γύρω από αυτά [38].

Η τέταρτη κατά σειρά κατηγορία αντιμετώπισης του θορύβου σχετίζεται με την εφαρμογή τροποποιήσεων ή προσαρμογών στις υποδομές του αεροδρομίου. Σε αυτές ανήκει η μετατόπιση του κατωφλιού του διαδρόμου, η οποία αν και συχνά προωθείται εξαιτίας της ύπαρξης φυσικών εμποδίων (μειωμένη ορατότητα) έχει ταυτόχρονα και θετικό περιβαλλοντικό αντίκτυπο, αφού τα αεροσκάφη κατά την προσέγγιση (ομοίως και στην απογείωση) ενός αεροδρομίου βρίσκονται σε μεγαλύτερη ύψη πάνω από τις γειτονικές περιοχές. Επιπρόσθετα, η σωστή τοποθέτηση των εξόδων του διαδρόμου λειτουργεί βοηθητικά περιορίζοντας την ανάγκη για ανάστροφη ώση. Η δημιουργία ηχοπετασμάτων αποδεικνύεται κατά κύριο λόγο χρησιμότερη μεταξύ των πιθανών σχεδιαστικών επεμβάσεων, αφού η κατασκευή τοίχων ή άλλων επιφανειών σε στρατηγικά σημεία της περιφέρειας του αεροδρομίου αποτελεί σημαντικό εργαλείο για τη μείωση της ηχοέκθεσης. Ακόμη, μείωση του παραγόμενου θορύβου μπορεί να επιτευχθεί με την αλλαγή της θέσης των διαδρόμων, η οποία συνεπάγεται μετατροπή των τροχιών προσγείωσης και απογείωσης, την κατασκευή νέων τροχοδρόμων ώστε τα αεροσκάφη να κινούνται πιο μακριά από τις γειτονικές περιοχές καθώς και την ανοικοδόμηση κτιρίων που θα λειτουργούν ως φράγμα στη διάδοση του ήχου [38]. Στις περισσότερες περιπτώσεις μόνο ορισμένα εκ των παραπάνω μέτρων -με κυριότερο αυτών η δημιουργία ηχοπετασμάτων- μπορούν να ληφθούν, καθώς ο υπάρχων χώρος των αεροδρομίων είναι περιορισμένος ή το κόστος κρίνεται απαγορευτικό.

Η επέμβαση στις επίγειες και εναέριας λειτουργίες περιλαμβάνει ένα σύνολο περιορισμών, που ήδη επιβάλλεται σε πολλά αεροδρόμια παγκοσμίως με στόχο την αντιμετώπιση του θορύβου. Αναφορικά με τις επίγειες λειτουργίες προτείνεται περιορισμός στη ρυμούλκηση των αεροσκαφών μεταξύ των πυλών αλλά και από τις πύλες στα υπόστεγα καθώς και στη λειτουργία των κινητήρων τους. Στο πλαίσιο αυτό αποτελεσματική θεωρείται επίσης η ορθότερη διαχείρισης της εναέριας κυκλοφορίας από τους ελεγκτές ώστε να μη δημιουργούνται ουρές στους διαδρόμους απογείωσης που έχουν ως αποτέλεσμα τη δημιουργία κυκλοφοριακής συμφόρησης και την παραγωγή περισσότερου θορύβου. Οι αεροπορικές εταιρείες έχουν ήδη συμμορφωθεί με ένα πλαίσιο κανονισμών που εκδίδεται από τις αρμόδιες αρχές σχετικά με τις τιμές ισχύος καθώς και τα γενικότερα χαρακτηριστικά που πρέπει να πληρούν τα αεροσκάφη. Παράλληλα όμως ιδιαίτερα χρήσιμο θα ήταν ο

επαναπροσδιορισμός των τροχιών άφιξης και αναχώρησης των αεροσκαφών ώστε οι κινήσεις να πραγματοποιούνται πάνω από μη κατοικημένες περιοχές ή λιγότερο ευαίσθητες στο θόρυβο. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν το αεροδρόμιο Logan (Boston) όπου η FAA σε συνεργασία με τους διαχειριστές του έχουν προβεί σε αλλαγές συγκεκριμένων τροχιών και πιο συγκεκριμένα, έχει αποφασιστεί ότι στις υπερατλαντικές πτήσεις τα αεροσκάφη μετά την απογείωση τους θα πρέπει να κάνουν μια απότομη αριστερή στροφή με σκοπό να μην πετάξουν πάνω από πυκνοκατοικημένες περιοχές που βρίσκονται στην επέκταση του άξονα του διαδρόμου. Παράλληλα, η χρήση συγκεκριμένων διατάξεων των διαδρόμων ανάλογα με την κίνηση και τις καιρικές συνθήκες θα μπορούσε να συμβάλει στη μείωση του θορύβου. Η επέμβαση αυτή έχει ως αποτέλεσμα οι κινήσεις των αεροσκαφών να μην γίνονται συνεχώς πάνω από τις ίδιες περιοχές, μειώνοντας έτσι την ηχοέκθεση στις τοπικές κοινότητες και αυτό μπορεί να επιτευχθεί τόσο μέσω ενός πλαισίου οδηγιών για τη χρονική στιγμή της χρήσης συγκεκριμένων διατάξεων όσο και μέσω αυτόματου συστήματος λήψης αποφάσεων το οποίο είναι στη διάθεση των ελεγκτών εναέριας κυκλοφορίας. Παράδειγμα αυτής της τακτικής ακολουθείται στο αεροδρόμιο Logan (Βοστώνη), όπου το σύστημα ENPRAS (Enhanced Preferential Runway Assignment System) βοηθά τους ελεγκτές εναέριας κυκλοφορίας να αποφασίσουν για τη χρήση ορισμένων διαδρόμων ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες. Επίσης, στο αεροδρόμιο Schiphol (Amsterdam) με δεδομένα η ορατότητα να είναι μεγαλύτερη από 2 km και η βάση της νέφωσης πάνω από 90 m γίνεται επιλογή της διάταξης των διαδρόμων με αυστηρές προϋποθέσεις την ασφάλεια της κίνησης, την πραγματοποίηση απογειώσεων και προσγειώσεων από άλλους διαδρόμους, την προτίμηση ενός διαδρόμου με ενόργανο σύστημα προσγείωσης ως διάδρομο προσγείωσης, το συνδυασμό επιπτώσεων θορύβου, κριτηρίων διαχείρισης της κίνησης καθώς και των καιρικών συνθηκών για την λήψη της σχετικής απόφασης και τέλος η απόκλιση από τη χρήση των προτεινόμενων διατάξεων μόνο σε περίπτωση ανάγκης μετά από αίτηση του πιλότου.

Οι παρεμβάσεις εκτός αεροδρομίου τείνουν να γίνονται ολοένα και λιγότερο προτιμητέες στις ημέρες μας λόγω του υψηλού κόστους εφαρμογής τους. Σε αυτή την κατηγορία περιλαμβάνεται η ηχομόνωση κατασκευών που βρίσκονται πλησίον του αεροδρομίου όπως για παράδειγμα σχολεία και κρατικά κτίρια καθώς και η απόκτηση γης και η μετατροπή αυτής σε περιοχή συμβατή με το θόρυβο. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι το 2001 το Διεθνές Αεροδρόμιο του Λος Άντζελες δέχθηκε 119\$ εκατομμύρια για την ηχομόνωση και την απόκτηση γης [38].

Η έβδομη κατηγορία επεμβάσεων με στόχο τη μείωση των ενοχλήσεων του παραγόμενου θορύβου αφορά τον περιορισμό πρόσβασης μέσω της εφαρμογής νομοθετικών διατάξεων για συγκεκριμένους τύπους αεροσκαφών ή για συγκεκριμένες χρονικές στιγμές ή και συνδυασμό των δύο. Λόγω της αυξημένης όχλησης εξαιτίας του θορύβου κατά τη διάρκεια της νύχτας πολλές τοπικές κοινότητες απαιτούν συνολική απαγόρευση στις νυχτερινές κινήσεις, κάτι που εξαιτίας της ταχείας ανάπτυξης των μεταφορών είναι δύσκολο να επιτευχθεί. Η μερική απαγόρευση κυκλοφορίας που αντιστοιχεί στον περιορισμό κινήσεων συγκεκριμένων τύπων αεροσκαφών κατά τη διάρκεια της νύχτας είναι περισσότερο εφικτή. Το αεροδρόμιο Schiphol (Amsterdam) εφαρμόζει τέτοιους περιορισμούς λειτουργίας κατά τη θερινή περίοδο, απαγορεύοντας σε αεροσκάφη Chapter 2 να προσγειώνονται/απογειώνονται μεταξύ 23:00 και 06:00. Τέλος, ορισμένα αεροδρόμια στη Βορειοδυτική Ευρώπη και στη Βόρεια Αμερική εφαρμόζουν προϋπολογισμούς θορύβου, δηλαδή θέτουν ανώτατο ετήσιο όριο κινήσεων ή επιβατών, γεγονός που είναι δύσκολο να προβλεφθεί επιτυχώς εξαιτίας της πολυπλοκότητας των συναφών παραγόντων με χαρακτηριστικό παράδειγμα το αεροδρόμιο Schiphol (Amsterdam), το οποίο το 1990 δεσμεύτηκε για προϋπολογισμού θορύβου 44 εκ. επιβάτες ανά έτος έως το 2015 με αποτέλεσμα την αναίρεση του ορίου αυτού μόλις στις αρχές του 2000, όταν δηλαδή η κίνηση προσέγγισε την πρόβλεψη αυτή .

Τέλος, η επιβολή τελών προσγείωσης και προστίμων σε περίπτωση παραβίασης των περιορισμών αποτελούν μέθοδο αντιμετώπισης των επιπτώσεων του θορύβου. Η πρώτη περίπτωση αποτελεί μακροχρόνιο κίνητρο καθώς ωθεί τις εταιρείες στην αντικατάσταση του στόλου τους ή την προσαρμογή αυτού σε πιο αθόρυβη λειτουργία ενώ η δεύτερη περίπτωση χαρακτηρίζεται ως βραχυχρόνιο μέτρο αφού επιτρέπει τη συμμόρφωση των εταιρειών αλλά δεν προκαλεί περαιτέρω εξελίξεις. Τα συστήματα παρακολούθησης θορύβου μπορούν να ανιχνεύσουν πτήσεις που χωρίς λόγο αποκλίνουν από την προτεινόμενη τροχιά κίνησης ή γίνονται σε χρονικές στιγμές απαγόρευσης κυκλοφορίας και να συμβάλλουν στην επιβολή των σχετικών προστίμων [38].

2.3. Ποιότητα αέρα

2.3.1. Γενικά

Η επίδραση των αεροδρομίων στην ποιότητα του αέρα προκαλεί μεγάλη ανησυχία στη διεθνή κοινότητα, μιας και την ίδια στιγμή που οι εκπομπές ρύπων από αυτοκίνητα ή εργοστάσια έχουν πτωτική τάση οι εκπομπές των αεροσκαφών αλλά και

οι λειτουργίες των αεροδρομίων παρέμειναν ίδιες ή αυξήθηκαν με αποτέλεσμα να συμβάλλουν ολοένα και περισσότερο στην ατμοσφαιρική ρύπανση [27]. Τα μεγάλα αεροδρόμια αποτελούν σημαντικές πηγές υποβάθμισης του αέρα στις γειτονικές περιοχές λόγω των εκπομπών που γίνονται κατά την απογείωση/προσγείωση, στις τροχοδρομήσεις των αεροσκαφών καθώς και στην οδική κυκλοφορία που πραγματοποιείται εντός του αεροδρομίου. Οι ρύποι που παράγονται από την κίνηση των αεροσκαφών καθώς και τη λειτουργία των υποδομών του αεροδρομίου περιλαμβάνουν αέρια θερμοκηπίου και σωματίδια επιβλαβή τόσο για το κλίμα όσο και για την ανθρώπινη υγεία.

Οι αερολιμένες επηρεάζουν την ποιότητα της ατμόσφαιρας τόσο ως αίτιο κυκλοφοριακής φόρτισης στο οδικό δίκτυο της γύρω περιοχής όσο και λόγω των αεροπορικών κινήσεων.

2.3.2. Εκπομπές ρύπων

Τα αεροσκάφη αλλά και οι βοηθητικές μονάδες ισχύος αεροσκαφών (APUs), τα οχήματα πρόσβασης εδάφους (GAVs) και ο υποστηρικτικός εξοπλισμός εδάφους (GSE) παράγουν το μεγαλύτερο μέρος των ρύπων σε έναν αερολιμένα και αποτελούν τις κινητές πηγές με εξαίρεση τον εξοπλισμό εδάφους που μπορεί να θεωρηθεί και σταθερός στην περίπτωση των αποτεφρωτηρών απορριμμάτων, λεβήτων και σταθμών ηλεκτροπαραγωγής. Στη συνέχεια παρατίθεται πίνακας με τις πηγές εκπομπής αέριων ρύπων στο αεροδρόμιο καθώς και ο τύπος των ρύπων που παράγουν [22].

Πίνακας 2.3.2.1-Πηγές αέριων ρύπων

Πηγή	Ρύποι
Κινητές	
Μηχανές αεροσκαφών, Βοηθητικές μονάδες ισχύος α/φ	<ul style="list-style-type: none"> • CO, HC/VOC, NO_x, PM₁₀, PM_{2.5}, SO_x • Pb (μόνο α/φ GA με AvGas) • HAPs: VOCs, αλδεΐδες και κετόνες, PAHs, διοξίνες, φουράνια • Σωματίδια υπερτραφίνης (Ultrafine PM) • Άλλα είδη σωματιδίων: μαύρος άνθρακας, νιτρικά, θειικά άλατα
Υποστηρικτικός εξοπλισμός εδάφους (τρόλεϊ αποσκευών, ιμάντας αποσκευών),	<ul style="list-style-type: none"> • CO, HC/VOC, NO_x, PM₁₀, PM_{2.5}, SO_x • HAPs: VOCs, αλδεΐδες και κετόνες, PAHs, διοξίνες, φουράνια

Οχήματα πρόσβασης εδάφους (επιβατικά οχήματα, οχήματα ιδιοκτησίας αεροδρομίου)	<ul style="list-style-type: none"> • Σωματίδια υπερτραφίνης (Ultrafine PM) • Άλλα είδη σωματιδίων: μαύρος άνθρακας, νιτρικά, θειικά άλατα
Σταθερές	
Υποστηρικτικός εξοπλισμός εδάφους (μηχανές καύσης, γεννήτρια ρεύματος, αποτεφρωτήρας), Εκπαιδευτικές ασκήσεις πυρός	<ul style="list-style-type: none"> • CO, HC/VOC, NO_x, PM₁₀, PM_{2.5}, SO_x • HAPs: VOCs, αλδεΐδες και κετόνες, PAHs, διοξίνες, φουράνια, μέταλλα, οξέα • Σωματίδια υπερτραφίνης (Ultrafine PM) • Άλλα είδη σωματιδίων: μαύρος άνθρακας, νιτρικά, θειικά άλατα
Άλλα (εργασίες συντήρησης, βαφής/επικάλυψης, ασφαλτοστρώσεις)	<ul style="list-style-type: none"> • PM₁₀, PM_{2.5} • HAPs: VOCs • Άλλα είδη σωματιδίων: μαύρος άνθρακας, νιτρικά, θειικά άλατα

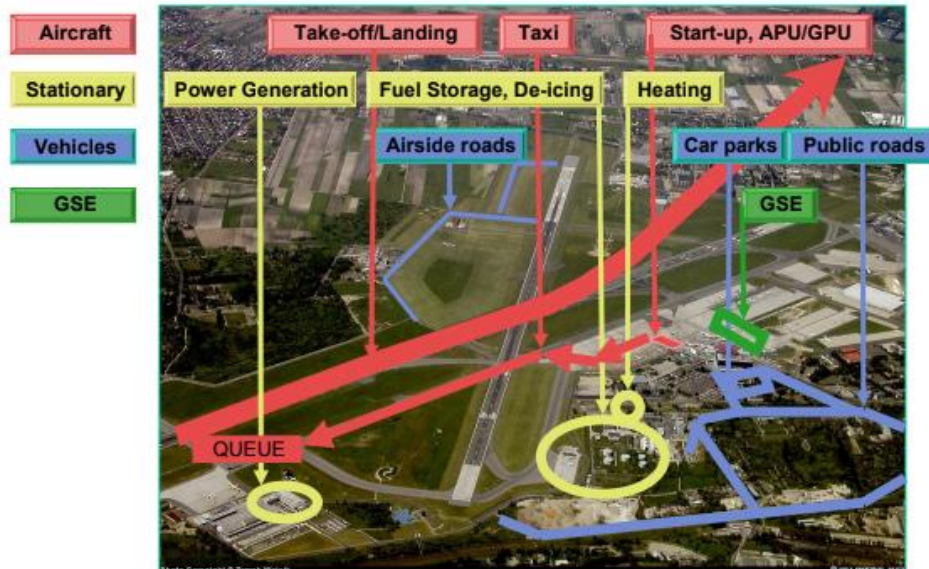
(National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2015)

Οι πηγές εκπομπής ρύπων κατά φθίνουσα σειρά συμβολής στην υποβάθμιση της ποιότητας του αέρα κατατάσσονται ως εξής [22]:

- Αεροσκάφη (LTO)
- Οχήματα που κινούνται στις εσωτερικές οδούς του αεροδρομίου ή στο οδικό δίκτυο γύρω από αυτό
- Υποστηρικτικός εξοπλισμός εδάφους (GSE – Ground Support Equipment)
- Οχήματα πρόσβασης εδάφους (GAVs)
- Βοηθητικές μονάδες ισχύος αεροσκαφών (Auxiliary Power Units)
- Εγκαταστάσεις θέρμανσης και λέβητες
- Απώλειες λόγω εξάτμισης
- Εκπαιδευτικές ασκήσεις πυρός

Διευκρινίζεται ότι η ανωτέρω κατάταξη μπορεί να έχει μικρές διαφορές μεταξύ των αεροδρομίων καθώς οι υποδομές διαφέρουν. Ανάλογα με τη διάταξη, τους τύπους εξοπλισμού και τις λειτουργίες του αεροδρομίου οι εκπομπές μπορεί να είναι διαφορετικές όμως τα αεροσκάφη, ο υποστηρικτικός εξοπλισμός εδάφους και τα οχήματα τείνουν να αποτελούν τις σημαντικότερες πηγές ρύπων σε έναν αεροδρόμιο.

Εικόνα 2.3.1-Πηγές αέριων ρύπων

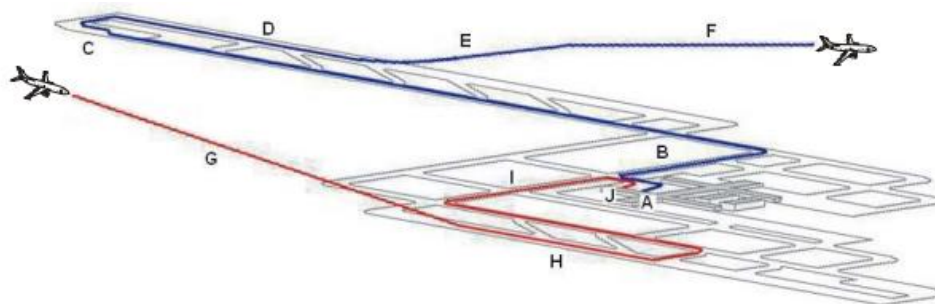


(Celicel, Fuller, Silue, Peeters, & Duchene, 2005)

Ο υπολογισμός των παραγόμενων από κινήσεις αεροσκαφών εκπομπών πραγματοποιείται για τον κύκλο προσγείωσης-απογείωσης (LTO Cycle), ο οποίος διαφέρει ανάλογα με την κατηγορία του αεροσκάφους και περιλαμβάνει τις εξής λειτουργίες:

Αναχώρηση (Landing)		Προσγείωση (Take off)	
Έναρξη κινητήρα	A	Προσέγγιση	G
Λειτουργία σε ρελαντί	B	Επιβράδυνση	H
Αναμονή και λειτουργία σε ρελαντί	C	Κίνηση από το διάδρομο στο δάπεδο στάθμευσης	I
Επιτάχυνση για απογείωση	D	Στάθμευση	J
Ανύψωση	E		
Απογείωση	F		

Εικόνα 2.3.2-LTO Cycle



(International Civil Aviation Organization, Airport Air Quality Manual, 2016)

Οι εκπομπές των ρύπων που προκαλούνται από τα αεροσκάφη παράγονται κατά κύριο λόγο στις ακόλουθες καταστάσεις [17]:

- Αναμονή και λειτουργία σε χαμηλές στροφές (ρελαντί) (idle)
- Απογείωση (take off)
- Ανύψωση στα 3000 πόδια (~ 900 m) (climb out)
- Προσέγγιση εδάφους στα 3000 πόδια (~ 900 m) (approach)
- Προσγείωση (landing)

Στις φάσεις τροχοδρόμησης και αναμονής των αεροσκαφών εκπέμπονται μεγάλες ποσότητες CO καθώς και υδρογονάνθρακες, οι οποίες αποτελούν προϊόντα ατελών καύσεων των κινητήρων των αεροπλάνων και εξαρτώνται από την κίνηση που παρουσιάζει το αεροδρόμιο. Στις φάσεις προσγείωσης και απογείωσης τα αεροσκάφη εκπέμπουν κυρίως NOx, τα οποία σχηματίζονται κατά την οξείδωση του αζώτου της ατμόσφαιρας στις πολύ υψηλές θερμοκρασίες που αναπτύσσονται στον κινητήρα.

Η κατανομή και η διάχυση των ρύπων σε ένα αεροδρόμιο εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τη διάταξη και το πρόγραμμα λειτουργίας του. Οι αερολιμένες έχουν συνήθως ένα πρόγραμμα στο οποίο υπάρχει μια ημέρα και ώρα αιχμής των λειτουργιών του ενώ η επιλογή του διαδρόμου για τις προσγειώσεις/απογειώσεις θα επηρεάσει τη διάχυση των ρύπων βάσει των επικρατούντων ανέμων. Παράλληλα, η φυσική γεωγραφία παίζει σημαντικό ρόλο στη λειτουργία του αεροδρομίου και κατ' επέκταση στη διασπορά των ρύπων. Για παράδειγμα η ύπαρξη οροσειρών συνεπάγεται συγκεκριμένη διαδικασία προσέγγισης ενώ παράλληλα δημιουργεί άλλα μοτίβα ανέμου και καιρικών συνθηκών, που δεν επιτρέπει τη γρήγορη διασπορά των ρύπων. Ακόμη, τις τοπικές συγκεντρώσεις ρύπων επηρεάζουν τα μετεωρολογικά

στοιχεία δηλαδή την κατεύθυνση και την ταχύτητα του ανέμου, το ύψος ανάμειξης¹, τη θερμοκρασία, την υγρασία και την ηλιακή ακτινοβολία. Χαρακτηριστική περίπτωση αποτελεί το αεροδρόμιο του Los Angeles που περικλείεται στα βόρεια και στα ανατολικά από βουνά που παγιδεύουν τους ρύπους σε μια λεκάνη, γεγονός που όταν ο καιρός είναι ζεστός προκαλεί αναστροφή θερμοκρασίας² και μπορεί να οδηγήσει στη δημιουργία φωτοχημικής αιθαλομίχλης. Ομοίως, το αεροδρόμιο της Πόλης του Μεξικό βρίσκεται σε υψόμετρο 7.000 ποδιών και περιτριγυρίζεται από βουνά, με αποτέλεσμα η έντονη ηλιακή ακτινοβολία να προκαλεί πρόβλημα στην ποιότητα του αέρα όσον αφορά τους πρωτογενείς και δευτερογενείς ρύπους. Επιπρόσθετα, οι αλλαγές στη χρήση γης όπως π.χ. η αστική επέκταση μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά την τοπική μετεωρολογία, επιδρώντας έτσι και στη διάχυση των ρύπων. Η απογραφή των εκπομπών σε ένα αεροδρόμιο συνήθως πραγματοποιείται σε ετήσια βάση ενώ οι αξιολογήσεις της ποιότητας του αέρα πραγματοποιούνται συχνότερα και με περισσότερες λεπτομέρειες, έτσι ώστε να είναι εφικτή η σύγκριση τους με δείκτες αναφοράς για την υγεία (π.χ. NAAQS) [22].

2.3.3. Επιπτώσεις στην υγεία

Κάθε ένας από τους ρύπους που προαναφέρθηκαν έχει είτε λιγότερο είτε περισσότερο σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία. Αέριοι ρύποι όπως CO, NO₂ και SO₂ μπορεί να μην έχουν μεγάλη επίδραση στην υγεία ανάλογα με την απόσταση αλλά δύνανται να προκαλέσουν βλάβες στο αναπνευστικό σύστημα. Παράλληλα, αυξανόμενη ανησυχία παρατηρείται για τις επιπτώσεις του μόλυβδου καθώς παρατηρείται πολλές φορές οι εκπομπές του να κινούνται πάνω από τις επιτρεπόμενες τιμές ενώ τα λεπτά σωματίδια έχουν τις σοβαρότερες επιπτώσεις στη ανθρώπινη υγεία. Για την επίδραση των σωματιδίων υπερτραφίνης υπάρχουν λίγα διαθέσιμα δεδομένα παρά τις υψηλές συγκεντρώσεις τους κοντά σε διαδρόμους προσγείωσης ενώ τέλος τα HAP καθίστανται ανησυχητικά εξαιτίας της σοβαρότητας των επιπτώσεών τους. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται αναλυτικά οι πιθανές αρνητικές συνέπειες του κάθε ρύπου [22].

Το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) είναι ένα άχρωμο και άοσμο αέριο που μπορεί να προκαλέσει βλάβες στην κυκλοφορία του αίματος ενώ σε υψηλές συγκεντρώσεις οδηγεί σε ζάλη, απώλεια αισθήσεων και θάνατο. Στις χαμηλές συγκεντρώσεις του αερίου αυτού συχνά παρατηρείται αυξημένος κίνδυνος εμφράγματος του μυοκαρδίου

¹ Ύψος στο οποίο μπορεί να διασκορπιστεί ένας ρύπος, όπως ο καπνός.

² Το ύψος ανάμειξης μηδενίζεται και η διασπορά ρύπων είναι ελάχιστη.

ή άλλες βλάβες σε άτομα που πάσχουν από καρδιαγγειακές νόσους. Ο μόλυβδος (Pb), που ανήκει στην κατηγορία των βαρέων μετάλλων, προκαλεί ανησυχία εξαιτίας της πιθανότητας εμφάνισης νευρολογικών βλαβών σε περίπτωση που κάποιος το εισπνεύσει ή έρθει σε επαφή με αυτό. Παράλληλα, το διοξείδιο του αζώτου (NO₂) συμβάλει στην επιδείνωση αναπνευστικών ασθενειών ενώ το μονοξείδιο του αζώτου (NO), το οποίο αποτελεί πρόδρομο του σχηματισμού του όζοντος (O₃), είναι υπεύθυνο για το σχηματισμό νιτρικών αερολυμάτων που έχουν επιπτώσεις στο αναπνευστικό και καρδιαγγειακό σύστημα. Το όζον (O₃) αν και δεν εκπέμπεται από τις περισσότερες πηγές, αποτελεί προϊόν μιας πολύπλοκης χημικής αντίδρασης μεταξύ του μονοξειδίου του αζώτου και πτητικών οργανικών ενώσεων παρουσία ηλιακού φωτός και επιδρά αρνητικά στο αναπνευστικό προκαλώντας την εμφάνιση φλεγμονής κυρίως σε άτομα με χρόνια άσθμα ή αποφρακτική πνευμονοπάθεια. Τα σωματίδια (PM) είναι μικροσκοπικού μεγέθους στερεά ή υγρά που αιωρούνται και η συγκέντρωσή τους είναι ανησυχητική καθώς έχει αποδειχθεί ότι σχετίζονται με σοβαρές αναπνευστικές και καρδιαγγειακές παθήσεις αλλά και πρόωρη θνησιμότητα. Όσο μικρότερο είναι το μέγεθος τους τόσο πιο πιθανή και σε βάθος είναι η είσοδος τους στον ανθρώπινου οργανισμού. Παράλληλα, τα νιτρικά και τα θειικά άλατα μπορούν να διεισδύσουν στο αναπνευστικό σύστημα, να αντιδράσουν με άλλες χημικές ενώσεις και να σχηματίσουν επιβλαβή στοιχεία όπως οξέα. Τα οξειδία του θείου (SO_x) ερεθίζουν το αναπνευστικό σύστημα προκαλώντας κρίσεις άσθματος ενώ σε υψηλές συγκεντρώσεις υπάρχει ανησυχία για το σχηματισμό θειικών αερολυμάτων και την παραγωγή λεπτών σωματιδίων με επιπτώσεις στην υγεία. Στα HAP ανήκουν οι ρύποι που μπορεί να προκαλέσουν σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία όπως καρκίνο και γενετικές ανωμαλίες. Οι πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs) που ανήκουν στην κατηγορία αυτή αποτελούν μια μεγάλη ομάδα ενώσεων με βάση τον άνθρακα και συμμετέχουν σε ατμοσφαιρικές φωτοχημικές αντιδράσεις ενώ εκπέμπονται μέσω ορισμένων εργασιών όπως το βάψιμο και το στεγνό καθάρισμα αλλά και μέσω της ατελούς καύσης ορυκτών καυσίμων. Σε περίπτωση σύντομης έκθεσης μπορεί να προκληθεί πονοκέφαλος, ναυτία, πονόλαιμος και ερεθισμός στα μάτια ενώ σε παρατεταμένη έκθεση μπορεί να προκληθεί ακόμη και καρκίνος. Οι αλδεΐδες και οι κετόνες αποτελούν υποσύνολο των πτητικών οργανικών ενώσεων και η μακροχρόνια έκθεση σε αυτές προκαλεί πολλές φορές καταστολή του νευρικού συστήματος και καρκίνο. Οι πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες (PAHs) προσκολλώνται σε στερεά σωματίδια και σχηματίζονται από διαδικασίες ατελούς καύσης και σπάνια προκαλούν γενετικές ανωμαλίες. Οι διοξίνες και τα φουράνια αποτελούνται από μια

οικογένεια τοξικών ουσιών που έχουν παρόμοια χημική δομή και στις πιθανές επιπτώσεις τους στην υγεία περιλαμβάνουν γενετικές ανωμαλίες, καταστολή του ανοσοποιητικού συστήματος, αλλαγές στα επίπεδα ορμονών και καρκίνο. Τα μέταλλα αποτελούν ένα μικρό αλλά σημαντικό μέρος των HAPs. Τα κυριότερα εξ αυτών είναι ο υδράργυρος (Hg) που μπορεί να οδηγήσει σε συναισθηματικές αλλαγές αλλά και νευρικές διαταραχές, ο μόλυβδος (Pb) που έχει αναφερθεί λεπτομερώς παραπάνω και το χρώμιο (Cr) που μπορεί να οδηγήσει σε σοβαρή αναπνευστική βλάβη. Τέλος, τα πιο γνωστά οξέα είναι το υδροχλωρικό οξύ (HCl) και το υδροφθόριο (HF) και μπορούν να προκαλέσουν επιπλοκές στο αναπνευστικό σύστημα.

Για την περιγραφή του κινδύνου που προκύπτει από την υποβάθμιση της ποιότητας του αέρα εξαιτίας των ρύπων που παράγονται από τις λειτουργίες ενός αεροδρομίου, πέραν της τοξικότητας του κάθε ρύπου θα πρέπει να συνυπολογιστεί η έκθεση σε αυτόν και οι εκπομπές. Οι εκπομπές κάθε ρύπου εξαρτώνται από τα χαρακτηριστικά της πηγής όπως ο τύπος και η ηλικία ενώ ως έκθεση ορίζουμε τις συγκεντρώσεις του ρύπου και τη διάρκεια αλληλεπίδρασης με τον πληθυσμό. Για την εκτίμηση της επιβάρυνσης της δημόσιας υγείας μπορούν να χρησιμοποιηθούν δύο γενικές προσεγγίσεις που σχετίζονται είτε με μια μεμονωμένη πηγή (όπως ένα αεροδρόμιο) είτε με μια κατηγορία πηγής (όπως οι εκπομπές LTO). Ενώ στη διεθνή βιβλιογραφία υπάρχουν πολυάριθμες μελέτες για την αξιολόγηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και των επιπτώσεων της στην ανθρώπινη υγεία, σπάνια κάποιες από αυτές αναφέρονται ενδελεχώς στο μερίδιο ευθύνης των αερομεταφορών ενώ οι περισσότερες εξ αυτών είτε εξετάζουν ως πληθυσμό τους εργαζόμενους του αεροδρομίου είτε βασίζονται σε στατιστικά μοντέλα και δεν είναι πρακτικές. Συνοπτικά όλοι οι ρύποι που προαναφέρθηκαν και εκπέμπονται σε κάποιο ποσοστό από τα αεροδρόμια μπορούν να προκαλέσουν επιπτώσεις στην υγεία, ωστόσο κάθε αεροδρόμιο είναι διαφορετικό γεγονός που συνεπάγεται διαφορετικές εκπομπές εξαιτίας των καιρικών συνθηκών, της γεωγραφίας και άλλων παραγόντων.

2.3.4. Μέτρα αντιμετώπισης

Με στόχο τον περιορισμό των επιπτώσεων στην ποιότητα του αέρα κοντά στα αεροδρόμια εφαρμόζονται διάφορα μέτρα, τα οποία ποικίλλουν από ήπιες έως μεγάλες επεμβάσεις. Σε πρώτο επίπεδο προωθείται η εκτεταμένη παρακολούθηση της ποιότητας του αέρα από την ομάδα διαχείρισης του αεροδρομίου, το οποίο περιλαμβάνει ένα πρόγραμμα μέτρησης, αξιολογήσεις των μετρήσεων καθώς και διάφορες ενέργειες αντιμετώπισης. Η Εταιρεία του Διεθνούς Αεροδρομίου της Αθήνας

καταγράφει τακτικά τις εκπομπές ρύπων από τις σχετικές πηγές και παρακολουθεί τις συγκεντρώσεις τους αλλά και τις μετεωρολογικές παραμέτρους στην ευρύτερη περιοχή. Πιο συγκεκριμένα, υπολογίζονται οι εκπομπές οξειδίων του αζώτου (NO_x), υδρογονανθράκων (HC) και μονοξειδίου του άνθρακα (CO) στο χώρο του Αεροδρομίου, οι οποίες προκύπτουν από τον κύκλο προσγείωσης-απογείωσης (LTO) αλλά και την εξυπηρέτηση των αεροσκαφών, την οδική κυκλοφορία στο οδικό δίκτυο του αερολιμένα αλλά και από τον λοιπό εξοπλισμό. Παράλληλα, το αεροδρόμιο διαθέτει ένα δίκτυο παρακολούθησης ποιότητας αέρα το οποίο αποτελείται από πέντε μόνιμους σταθμούς και έναν κινητό, που βρίσκονται στις περιοχές των Γλυκών Νερών, του Κορωπίου, του Μαρκόπουλου της Παλλήνης και των Σπάτων και στους οποίους μετρούνται συγκεντρώσεις βασικών ρύπων καθώς και μετεωρολογικές παράμετροι [32].

Επεμβάσεις αναφορικά με τη βελτίωση της ποιότητας του αέρα μπορούν να εφαρμοστούν και στον τομέα των λειτουργιών του αεροδρομίου. Στο πλαίσιο αυτό στο αεροδρόμιο του Σαν Φρανσίσκο αλλά και της Ζυρίχης τα αεροσκάφη ρυμουλκούνται μεταξύ των πυλών και των περιοχών συντήρησης ώστε να μη βρίσκονται σε λειτουργία οι μηχανές τους. Επιπρόσθετα, καθοριστικής σημασίας είναι ο περιορισμός της χρήσης βοηθητικών μονάδων ισχύος (APUs) τουλάχιστον για ορισμένες ώρες κάθε ημέρα καθώς και η πρόβλεψη για παροχή κεντρικής ισχύος μέσω του κτιρίου επιβατών με στόχο τη μείωση χρήσης των βοηθητικών μονάδων. Στον άξονα αυτών των επεμβάσεων ανήκουν και σχεδιαστικές ενέργειες όπως η κατασκευή του πεδίου ελιγμών με στόχο τη μείωση των αποστάσεων τροχοδρόμησης, γεγονός που επιτυγχάνεται με την κατασκευή μεσοπέδων κτιρίων επιβατών (midfield concourses), δηλαδή κτίρια στο μέσο παράλληλων διαδρόμων όπως συμβαίνει στο αεροδρόμιο του Χονγκ Κονγκ.

Οι καθυστερήσεις στα αεροδρόμια συνεισφέρουν στις εκπομπές ρύπων, όταν οι κινητήρες των αεροσκαφών είναι σε λειτουργία. Με την τροχοδρόμηση μόνο του αριθμού αεροσκαφών βάσει του οποίου μεγιστοποιείται ο ρυθμός αναχωρήσεων σε ένα αεροδρόμιο επιτυγχάνεται μείωση των εκπομπών χωρίς παράλληλα να επηρεάζεται αρνητικά η χωρητικότητα του διαδρόμου [38]. Παράλληλα, η αγορά και η αντικατάσταση των υπαρχόντων οχημάτων με εξοπλισμό χαμηλών ή μηδενικών εκπομπών συμβάλλει στην προσπάθεια μείωσης των εκπομπών, όπως και κάθε άλλη πρωτοβουλία που κινείται στην κατεύθυνση αυτή. Χαρακτηριστικά το αεροδρόμιο της Αθήνας ανακοίνωσε στο τέλος του 2019 το σχέδιο «ROUTE 2025», με το οποίο στοχεύει να γίνει ο πρώτος διαχειριστής αεροδρομίου στην Ευρώπη που θα καλύπτει

σε ποσοστό 100% τις ανάγκες του για ηλεκτρική ενέργεια με παραγωγή εντός του αερολιμένα μέσω ΑΠΕ και να μηδενίσει τις άμεσες εκπομπές του από την κατανάλωση καυσίμων [32]. Τέλος, ως πιθανή λύση προκρίνεται και η επιβολή στις αεροπορικές εταιρείες τελών προσγείωσης βάσει των εκπομπών, ώστε να καταφύγουν στη χρήση καθαρών κινητήρων [38].

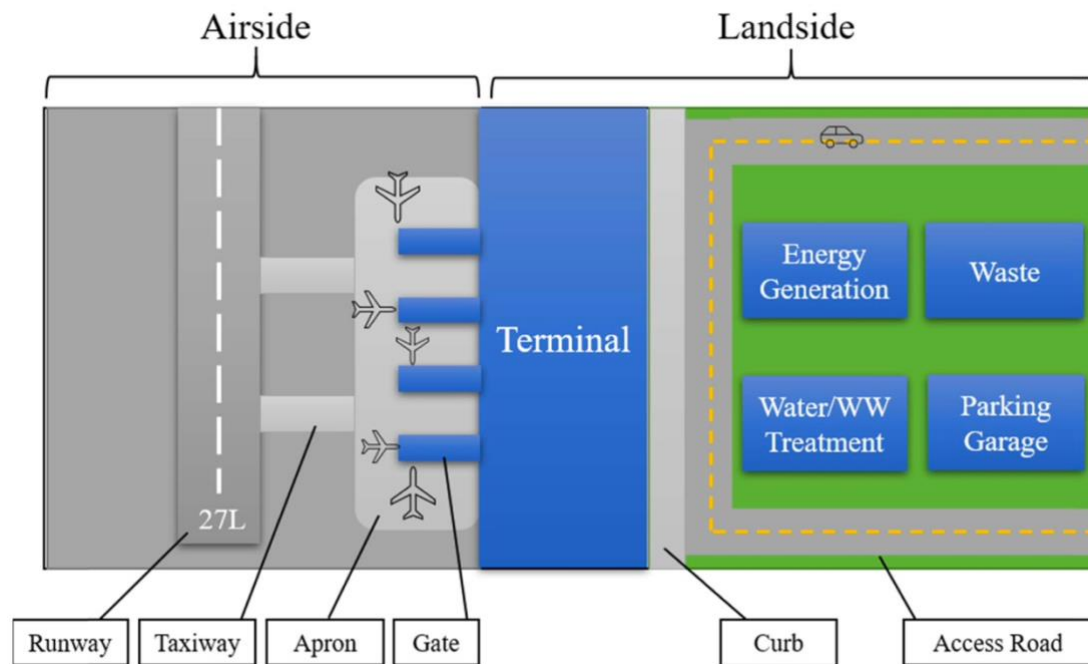
2.4. Διαχείριση ενέργειας

2.4.1. Γενικά

Οι υποδομές, η 24ωρη εξυπηρέτηση, η ασφαλής εκτέλεση πτήσεων και η παροχή άνετων συνθηκών για τις επιβάτες στα κτίρια των τερματικών σταθμών, έχουν οδηγήσει σε αύξηση τις κατανάλωσης ενέργειας στα αεροδρόμια. Η ενεργειακή διαχείριση έχει γίνει ένα σημαντικό θέμα για τη συνεχή βελτίωση της απόδοσης στα αεροδρόμια καθώς πρόκειται για τοποθεσίες με υψηλή και έντονη κατανάλωση ενέργειας. Παράλληλα, η αύξηση του αριθμού και της χωρητικότητας των αεροδρομίων οδηγεί κατά κύριο λόγο σε αύξηση της ενεργειακής ζήτησης για τα αεροδρόμια. Ένα μεγάλο μέρος της ενεργειακής απαίτησης στα αεροδρόμια παρέχεται από πηγές ορυκτών καυσίμων, τις ο άνθρακας, το φυσικό αέριο και το πετρέλαιο, γεγονός που οδηγεί σε οικονομικά, κοινωνικά και περιβαλλοντικά προβλήματα αφού οι πόροι αυτοί ακολουθούν πτωτική τάση λόγω του ότι δεν είναι βιώσιμοι ενώ αποτελούν αιτία της υπερθέρμανσης του πλανήτη.

Τα αεροδρόμια καταναλώνουν σχεδόν τόση ενέργεια όσο μια μικρή πόλη τόσο λόγω της εναέριας όσο και της επίγεια υποδομής τους [1]. Η λειτουργία των διαδρόμων, των τροχοδρόμων και των δαπέδων στάθμευσης, η χρήση των υπόστεγων συντήρησης των αεροσκαφών σε συνδυασμό με τη λειτουργία όλων των εμπλεκόμενων εγκαταστάσεων όπως ο πύργος ελέγχου οδηγούν σε υψηλή κατανάλωση ενέργειας σε ένα αεροδρόμιο από πλευράς εναέριας υποδομής. Αναφορικά με την επίγεια υποδομή, οι πιο σημαντικές δραστηριότητες σχετίζονται με τη μετακίνηση, τον έλεγχο και την οργάνωση της ροής επιβατών, αποσκευών και φορτίου στα κτίρια του τερματικού σταθμού, τα μέσα διευκόλυνσης της ροής και τα διάφορα άλλα μέσα πρόσβασης στον τερματικό σταθμό.

Εικόνα 2.4.1-Εναέρια και επίγεια υποδομή



(Greer, Rakas, & Horvath, 2020)

2.4.2. Επίγεια υποδομή

Το κτίριο επιβατών και οι υποστηρικτικές σε αυτό υποδομές απαιτούν υψηλή κατανάλωση ενέργειας λόγω της λειτουργίας του για την εξυπηρέτηση επιβατών αλλά και φορτίων. Τα συστήματα φωτισμού, τα συστήματα εξαερισμού και κλιματισμού (HVAC) καθώς και εκείνα που αφορούν τις επικοινωνίες σχετίζονται με αυτές τις υψηλές ενεργειακές απαιτήσεις [12]. Στα επιβατικά κτίρια των αερολιμένων υπάρχουν στοιχεία διαφοροποίησης από τα λοιπά κτίρια όσον αφορά τους παράγοντες ενεργειακής απόδοσης. Οι κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν στην τοποθεσία του κτιρίου αλλά και η γεωμετρία του δηλαδή η θέση, το μέγεθος, το σχήμα και ο προσανατολισμός διαδραματίζουν πρωταγωνιστικό ρόλο στην κατανάλωση ενέργειας. Για παράδειγμα όσο μικρότερο είναι ένα κτίριο τόσο μεγαλύτερη είναι η ειδική κατανάλωση θερμικής ενέργειας. Παράλληλα, οι επιθυμητές συνθήκες θερμοκρασίας, υγρασίας, αερισμού και φωτισμού εντός του κτιρίου αλλά και ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται αποτελούν καθοριστικούς παράγοντες της κατανάλωσης. Η άνεση εντός των κτιρίων σχετίζεται με την παροχή ενός κατάλληλου περιβάλλοντος εργασίας για το προσωπικό του αεροδρομίου αλλά και για τους επιβάτες που κινούνται σε αυτό. Μελέτες έχουν δείξει ότι η ικανοποίηση του προσωπικού σχετικά με τα θερμικά επίπεδα εντός των κτιρίων διαφέρουν από εκείνη των επιβατών. Στις παραμέτρους που επηρεάζουν την ενεργειακή κατανάλωση ανήκουν επίσης η θερμική

επίδοση του περιβλήματος του κτιρίου, η οποία εξαρτάται από τον τύπο κατασκευής των τοίχων καθώς και η ύπαρξη και η επάρκεια της θερμομόνωσης, μιας και συχνά παρατηρείται αύξηση της κατανάλωσης λόγω της απώλειας θερμότητας εξαιτίας της τοιχοποιίας. Η κατανάλωση ενέργειας εξαρτάται ταυτόχρονα από την αποδοτικότητα των συστημάτων.

Επιπρόσθετη ανησυχία αναφορικά με τις ενεργειακές απαιτήσεις των επίγειων υποδομών ενός αεροδρομίου αποτελεί η κλιματική κρίση και οι νέες συνθήκες που διαμορφώνει. Πέραν των ιδίων στοιχείων ενός κτιρίου, η αύξηση της θερμοκρασίας έχει σημαντικό αντίκτυπο στην κατανάλωση ενέργειας αφού αυξάνει τη ζήτηση της ηλεκτρικής ενέργειας για την επαρκή ψύξη του χώρου.

2.4.3. Εναέρια υποδομή

Η κατανάλωση ενέργειας για τη λειτουργία της εναέριας υποδομής οφείλεται στα συστήματα ραδιοπλοήγησης, τον πύργο ελέγχου και τον φωτισμό των διαδρόμων και των τροχοδρόμων. Οι παράγοντες που καθορίζουν το μέγεθος της κατανάλωσης αυτής είναι κατά κύριο λόγο το μήκος του διαδρόμου και του τροχοδρόμου που πρόκειται να φωτιστεί καθώς και το μέγεθος του δαπέδου στάθμευσης. Ταυτόχρονα το μέγεθος των υπόστεγων συντήρησης των αεροσκαφών μπορεί να αυξήσει σημαντικά την κατανάλωση. Για παράδειγμα στο αεροδρόμιο Santander στην Ισπανία τα συστήματα φωτισμού και ραδιοπλοήγησης αποτελούν το 5% και 7% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας του αεροδρομίου [1]. Καθοριστικής σημασίας είναι όμως και οι ώρες λειτουργίας του αεροδρομίου, αφού οι περίοδοι χρήσης των εναέριων υποδομών επηρεάζουν έντονα την ενεργειακή συμπεριφορά του αερολιμένα.

2.4.4. Πρακτικές εξοικονόμησης ενέργειας

Τα τελευταία χρόνια γίνονται συντεταγμένες προσπάθειες για την εναρμόνιση της λειτουργία των αεροδρομίων με την περιβαλλοντική βιωσιμότητα, ελαχιστοποιώντας τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις τους μέσω της εξοικονόμησης ενέργειας. Η δυνατότητα εξοικονόμησης ενέργειας καθώς και οι πιθανές παρεμβάσεις για τη βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τα ειδικά χαρακτηριστικά των εγκαταστάσεων ενός αεροδρομίου. Αναφορικά με τον φωτισμό, προτείνεται η χρήση συστημάτων ανίχνευσης παρουσίας σε συγκεκριμένους χώρους εντός των κτιρίων όπως τα μπάνια και οι διάδρομοι καθώς και η εφαρμογή προγράμματος ενεργοποίησης ή απενεργοποίησης του φωτισμού σε διαδρόμους,

τροχοδρόμους και δάπεδα στάθμευσης ανάλογα με το πρόγραμμα πτήσεων. Αν και ο φωτισμός αποτελεί μεγάλο μέρος της καταναλισκόμενης ενέργειας στα αεροδρόμια, συχνά οι επεμβάσεις περιορίζονται μόνο στη χρήση πιο αποδοτικών λαμπτήρων, δηλαδή φωτιστικών χαμηλής κατανάλωσης εξαιτίας της ανάγκης για συνεχή εξυπηρέτηση της εναέριας κυκλοφορίας. Με τα συστήματα κλιματισμού και εξαερισμού να συμβάλλουν κατά κύριο λόγο στην κατανάλωση ενέργειας στις επίγειες υποδομές ενός αερολιμένα, η επιλογή του κατάλληλου σημείου ρύθμισης της θερμοκρασίας, η χρήση φυσικού αερισμού και η εφαρμογή πρακτικών παθητικής ψύξης συνίστανται για την μείωση του αντικτύπου των συστημάτων HVAC. Πιο αναλυτικά, η ρυθμιζόμενη κατανάλωση ενέργειας ανάλογα με τη ζήτηση φορτίου δηλαδή η χρήση συστημάτων μεταβλητής ροής, η χρήση συστημάτων συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας, η εισαγωγή συστημάτων εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας αλλά και η χρήση εξοπλισμού υψηλής απόδοσης για κρύο και ζεστό νερό ανήκουν στα πιθανά μέτρα που θα μπορούσε να αναλάβει μια ομάδα διαχείρισης αεροδρομίου για την επίτευξη εξοικονόμησης της ενέργειας. Μέρος διαφόρων προτύπων διαχείρισης της ενέργειας όπως το ISO 50001 αποτελούν λειτουργικές διαδικασίες που βοηθούν στον έλεγχο της ενέργειας που καταναλώνεται. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η τοποθέτηση μετρητών ηλεκτρικής ενέργειας καθώς και η συνεχής επίβλεψη των εργασιών συντήρησης. Στο πλαίσιο αυτό ήδη σε πολλά διεθνή αεροδρόμια εφαρμόζονται συστήματα διαχείρισης ενέργειας κτιρίων (Building Energy Management Systems – BEMS) τα οποία συμβάλλουν στην προσπάθεια μείωσης της καταναλισκόμενης ενέργειας στο κτίριο επιβατών και στις βοηθητικές υποδομές, διατηρώντας παράλληλα την άνεση των επιβατών αλλά και των εργαζομένων. Μέσω των συστημάτων αυτών επιτυγχάνεται ο έλεγχος των HVAC μηχανισμών, του φωτισμού, των Η/Μ εγκαταστάσεων και κάθε άλλης λειτουργικής παραμέτρου του αεροδρομίου. Τέλος, χρήσιμη κρίνεται σε αυτή την κατεύθυνση οποιαδήποτε σχεδιαστική επέμβαση στο κτίριο επιβατών με στόχο την προστασία του από εξωτερικές δυσμενείς συνθήκες και τη βελτίωση των προδιαγραφών μόνωσης του κελύφους [28].

Η ορθή αξιολόγηση των ενεργειακών αναγκών ενός αεροδρομίου είναι στρατηγικής σημασίας και σχετίζεται άμεσα με τις επενδυτικές κινήσεις, που δύναται να πραγματοποιήσει μια ομάδα διαχείρισης σχετικά με ενεργειακή τεχνολογία. Για παράδειγμα, εάν οι λέβητες που θερμαίνουν νερό αποτελούν μια μεγάλη πηγή κατανάλωσης ενέργειας για ένα αεροδρόμιο, τότε η αντικατάσταση αυτού του με ένα ηλιακό σύστημα θέρμανσης νερού κρίνεται ως υψηλής προτεραιότητας για τη μείωση

του λειτουργικού κόστους. Στο πλαίσιο αυτό η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας παρέχει πολλαπλά οφέλη τόσο για το ίδιο το αεροδρόμιο όσο και για την τοποθεσία που βρίσκεται. Μεταξύ των πιο ευρέως εφαρμόσιμων σχεδίων για την τροφοδότηση του αεροδρομίου μέσω ΑΠΕ είναι η εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων (PV Systems), τα οποία μετατρέπουν το ηλιακό φως σε ηλεκτρική ενέργεια [12]. Τα συστήματα αυτά έχουν εγκατασταθεί ήδη σε περισσότερα από 100 αεροδρόμια παγκοσμίως και μπορούν να τοποθετηθούν είτε στην σκεπή των κτιρίων επιβατών είτε σε άλλα κτίρια του αερολιμένα. Ορισμένα αεροδρόμια χρησιμοποιούν την παραγόμενη ηλιακή ενέργεια όχι μόνο για την κάλυψη βασικών αναγκών όπως ο φωτισμός αλλά και για την τροφοδοσία επίγειων οχημάτων ή για τη λειτουργία σταθμών φόρτισης ηλεκτρικών αυτοκινήτων στους χώρους στάθμευσης. Τα αεροδρόμια παρέχουν ευρείες επιφάνειες που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων αλλά θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στους πιθανούς κινδύνους που συνοδεύουν τη λύση αυτή. Η ηλιακή αντανάκλαση ανάλογα με τη θέση και την κλίση των μονάδων ενδέχεται να επηρεάσουν την ασφάλεια των αεροπορικών μεταφορών και πιο συγκεκριμένα στους πιλότους και στους ελεγκτές εναέριας κυκλοφορίας. Για την επίλυση του προβλήματος αυτού προτείνεται η κατασκευή των μονάδων από σκούρα υλικά που απορροφούν το φως καθώς και η κάλυψη τους από αντανάκλαστική επιστρώση ενώ η χρήση αντιθαμβωτικού γυαλιού είναι απαραίτητη. Παράλληλα, θα πρέπει τα φωτοβολταϊκά συστήματα να είναι ηλεκτρομαγνητικά συμβατά, ώστε να μην παρεμποδίζεται η λειτουργία των εξοπλισμών πλοήγησης που διαθέτει ένα αεροδρόμιο, γεγονός που επιτυγχάνεται με τη χρήση θωρακισμένων πλαισίων. Τον Μάιο του 2013, το αεροδρόμιο Charles de Gaulle εγκαθιστά ένα φωτοβολταϊκό σύστημα που αποτελείται από 792 πάνελ, τοποθετημένα στο έδαφος, και τα οποία καλύπτουν συνολική επιφάνεια 4000 m². Αυτή η ηλιακή μονάδα παράγει 157 MWh ηλεκτρικής ενέργειας, ετησίως, η οποία θα διοχετεύεται απευθείας στο δίκτυο των αεροδρομίων του Παρισιού. Η Fraport δεσμεύτηκε το 2019 να παράγει δική της ηλεκτρική ενέργεια στο αεροδρόμιο της Φρανκφούρτης κατασκευάζοντας την πρώτη μεγάλης κλίμακας φωτοβολταϊκή μονάδα στην οροφή του CargoCity South, μέσω της οποίας στοχεύουν να παράγονται περισσότερες από 1,5 εκατομμύριο kWh ηλεκτρικής ενέργειας κάθε χρόνο ποσότητα που ισοδυναμεί με την τροφοδοσία 450 τετραμελών νοικοκυριών για ένα χρόνο. Στα άμεσα σχέδια τους είναι και η εγκατάσταση ενός φωτοβολταϊκού σταθμού στο χώρο στάθμευσης στο νέο Terminal 3 για την παροχή

ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές στους σταθμούς φόρτισης που θα βρίσκονται εκεί [10].

Η εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας είναι μια ακόμη επιλογή για τα αεροδρόμια, η οποία όμως εξακολουθεί να είναι σχετικά νέα στην εφαρμογή της λόγω ορισμένων τεχνικών εμποδίων όσον αφορά την ασφαλή λειτουργία των αεροσκαφών. Οι ανεμογεννήτριες, οι οποίες μετατρέπουν την κινητική ενέργεια του ανέμου σε ηλεκτρική ενέργεια, είναι ικανές να καλύψουν σημαντικές ανάγκες ενός αεροδρομίου σε ηλεκτρική ενέργεια. Παραδείγματα αυτού του τύπου πηγής ενέργειας χρησιμοποιούνται στο αεροδρόμιο Gran Canaria και στο Διεθνές Αεροδρόμιο του Burlington [1]. Μέχρι το 2025 σκοπεύει να συνάψει συμφωνία με έναν φορέα εκμετάλλευσης υπεράκτιου αιολικού πάρκου για τη λήψη μιας ελάχιστης ποσότητας πράσινης ηλεκτρικής ενέργειας κάθε χρόνο και έτσι θα είναι σε θέση να μειώσει σημαντικά τις εκπομπές CO₂ στη Φρανκφούρτη από το σημερινό επίπεδο των περίπου 170.000 τόνων ετησίως σε 80.000 τόνους ετησίως έως το 2030 αλλά και να μειώσει σημαντικά τα ενεργειακά κόστη για την κάλυψη των σχετικών αναγκών. Παρ' όλα αυτά, μιας και τα αεροδρόμια έχουν σοβαρούς περιορισμούς σχετικά με την τοποθέτηση εμποδίων, οι οποίοι μπορεί να λειτουργήσουν ανασταλτικά για την εγκατάσταση τέτοιων μηχανισμών κοντά τους γιατί μια ανεμογεννήτρια θεωρείται ως φυσικό εμπόδιο ορατότητας αλλά και πιθανή παρεμβολή στα συστήματα ραδιοπλοήγησης, θα πρέπει να γίνεται λεπτομερής μελέτη και αξιολόγηση πριν την εφαρμογή της λύσης αυτής.

2.5. Διαχείριση υδάτινων πόρων

2.5.1. Γενικά

Η ορθή διαχείριση των υδάτινων πόρων αποτελεί ένα κρίσιμο ζήτημα για κάθε αεροδρόμιο, αφού καταναλώνονται μεγάλες ποσότητες για τη λειτουργία τόσο της επίγειας όσο και της εναέριας υποδομής. Δεδομένης της αυξανόμενης παγκόσμιας ζήτησης για αυτό το είδος μεταφοράς θα πρέπει να γίνουν προσπάθειες αξιολόγησης της κατανάλωσης αυτής καθώς και εναλλακτικών λύσεων για την αποτελεσματική χρήση των υδάτινων πόρων [5]. Παράλληλα, η εκτέλεση του κύκλου εργασιών σε ένα αεροδρόμιο παράγει μεγάλες ποσότητες αποβλήτων όπως για παράδειγμα λύματα από δραστηριότητες για τη συντήρηση των αεροσκαφών και τη διαχείριση των καυσίμων αλλά και νερά βροχής καθώς και λύματα αποχετεύσεων. Λόγω της υψηλής περιεκτικότητας σε ρύπους αυτοί οι όγκοι μπορούν να έχουν αρνητικό αντίκτυπο τόσο στο έδαφος όσο και στον υδροφόρο ορίζοντα. Ταυτόχρονα στις περιοχές με

μεγάλες και συχνές χιονοπτώσεις ένα ακόμη πρόβλημα αποτελούν τα υγρά αποπαγοποίησης, τα οποία απαιτούν μεγάλη προσοχή. Έτσι, η ομάδα διαχείρισης κάθε αερολιμένα καλείται να λάβει υπόψη τις παραπάνω προκλήσεις και να εφαρμόσει μια βιώσιμη διαχείριση των υδάτων, εντάσσοντας την ως δομικό στοιχείο στα περιβαλλοντικά σχέδια και στρατηγικές που ακολουθεί. Για την επίτευξη του σκοπού αυτή δεν αρκεί μόνο η μείωση της κατανάλωσης νερού εντός του αεροδρομίου αλλά και η συστηματική παρακολούθηση των υπόγειων και επιφανειακών υδάτων για την πρόληψη κάθε ενδεχόμενης ρύπανσης τους.

2.5.2. Ποιότητα νερού

Ανάλογα την τοποθεσία κάθε αεροδρομίου οι κατηγορίες αποβλήτων που συναντώνται είναι οι ακόλουθες:

- Αστικά λύματα εξαιτίας επιβατών και εργαζομένων στο χώρο του αεροδρομίου
- Βιομηχανικά απόβλητα από πιθανές διαρροές καυσίμων
- Επιφανειακές απορροές από όμβρια ύδατα
- Υγρά αποπαγοποίησης

Αναφορικά με την παραγωγή βιομηχανικών αποβλήτων εξαιτίας της διαρροής καυσίμων, αυτή μπορεί να συμβεί αφού τα αεροδρόμια αποθηκεύουν μεγάλες ποσότητες καυσίμων για ίδια χρήση καθώς και τον ανεφοδιασμό των αεροσκαφών. Η διαρροή τους αποτελεί σπάνιο φαινόμενο αφού οι διανομείς κατά την πλήρωση των αποθηκών είναι ιδιαίτερα προσεκτικοί για να μην υπάρξουν απώλειες, που θα έχουν ως αποτέλεσμα υψηλές δαπάνες τόσο για την αντικατάσταση του πόρου όσο και για την αντιμετώπιση των πιθανών επιπτώσεων. Οι διαχειριστές ενός αεροδρομίου οφείλουν να είναι εξαιρετικά προσεκτικοί με τη συντήρηση των συστημάτων αποθήκευσης των καυσίμων για την αποφυγή τυχόν διαρροής και μόλυνσης των υδάτων [38].

Εξαιτίας της μεγάλης έκτασης των ασφαλτοστρωμένων επιφανειών σε ένα αεροδρόμιο, η ταχύτητα απορροής των νερών της βροχής είναι ιδιαίτερα υψηλή. Για το λόγο αυτό η συνεχής απομάκρυνση τους από το πεδίο ελιγμών αλλά και ο καθαρισμός του από τυχόν ρύπους είναι απαραίτητες ενέργειες για τη διαφύλαξη της ορθής λειτουργίας του αερολιμένα. Ταυτόχρονα θα πρέπει να έχει πραγματοποιηθεί πολύ προσεκτικά ο σχεδιασμός και η κατασκευή του συστήματος αποστράγγισης διότι οι μεγάλες ποσότητες όμβριων υδάτων μπορεί να προκαλέσουν σοβαρά προβλήματα.

Για την ασφαλή πραγματοποίηση των πτήσεων σε περιοχές με έντονες χιονοπτώσεις απαιτείται κατάλληλη απομάκρυνση του χιονιού από τα αεροσκάφη με σκοπό την αποφυγή της δημιουργίας πάγου, αφού η συσσώρευση χιονιού δεν επιτρέπει στο αεροσκάφος να λειτουργήσει κανονικά περιορίζοντας τη δυνατότητα ανύψωσης. Η διαδικασία αποπαγοποίησης μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε με τον ψεκασμό των αεροσκαφών με υγρά που θερμαίνονται με βάση τη γλυκόλη (ADF) είτε χρησιμοποιώντας αέρα υπό πίεση, τακτική που δεν εφαρμόζεται ωστόσο συχνά μιας και δεν επιφέρει το επιθυμητό αποτέλεσμα όταν το χιόνι είναι πολύ βρεγμένο. Κατά την απομάκρυνση του πάγου από τα αεροσκάφη όμως υπάρχει διαρροή των χημικών ουσιών από τις μάνικες των ειδικών βυτιοφόρων [38]. Έτσι, υπάρχει μεγάλος κίνδυνος από την πιθανή εισροή των ουσιών αυτών στο έδαφος για μόλυνση του υδροφόρου ορίζοντα.

2.5.3. Πρακτικές διαχείρισης και εξοικονόμησης πόρων

Στα περισσότερα αεροδρόμια κάθε χρόνο πραγματοποιείται αξιολόγηση της καταναλισκόμενης ποσότητας νερού με βάση την επιβατική κίνηση και συχνά στις ετήσιες σχετικές εκθέσεις διαπιστώνεται ότι ο μεγαλύτερος όγκος νερού χρησιμοποιείται για την κάλυψη μη πόσιμων αναγκών όπως για το πλύσιμο δαπέδων και αεροσκαφών, την κατάσβεση πυρκαγιάς, τα συστήματα ποτίσματος αλλά και κλιματισμού, δραστηριότητες που θα μπορούσαν να εκτελούνται με τη βοήθεια εναλλακτικών πηγών νερού. Πιο συγκεκριμένα, το νερό της καταιγίδας που συλλέγεται από τους διαδρόμους και τις άλλες ασφαλτοστρωμένες επιφάνειες μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί με την κατάλληλη επεξεργασία καθώς αεροδρόμια που εφαρμόζουν ήδη την τακτική αυτή αποδεικνύουν ότι πρόκειται για μια τεχνικά και οικονομικά εφικτή λύση με περιβαλλοντικά οφέλη. Για παράδειγμα, στο αεροδρόμιο της Φρανκφούρτης λειτουργούν μονάδες επεξεργασίας ομβρίων υδάτων και έτσι το μη πόσιμο νερό που απαιτείται για την εκτέλεση εργασιών προέρχεται από αυτές ενώ σε περιόδους χαμηλής έντασης βροχοπτώσεων χρησιμοποιείται καθαρό νερό από τον ποταμό Main [10]. Παράλληλα, σημαντική για την εξοικονόμηση νερού ήταν η μετατροπή της διαδικασίας απολύμανσης των δεξαμενών που χρησιμοποιούν τα οχήματα για την τροφοδότηση με νερό των αεροσκαφών, κατά την οποία το χλώριο αντικαταστάθηκε με ηλεκτροχημική απολύμανση ενώ ο εξοπλισμός πλύσης των οχημάτων αποτελείται από ανακυκλούμενα συστήματα (circuit systems). Στο ίδιο αεροδρόμιο η Fraport έχει εγκαταστήσει σύστημα αποχέτευσης για τα αστικά λύματα και ξεχωριστά σύστημα απορροής ομβρίων υδάτων, ώστε να μην ελλοχεύει κίνδυνος

υπερφόρτωσης των σωλήνων σε περίπτωση ισχυρών βροχοπτώσεων ενώ ταυτόχρονα εξυπηρετείται η άμεση απομάκρυνση του νερού της βροχής και η αναπλήρωση των υπόγειων υδάτων. Πριν από την απόρριψη του νερού στα αντίστοιχα συστήματα, πραγματοποιείται επεξεργασία του μέσω ειδικών φίλτρων με στόχο την απομάκρυνση πιθανών ρύπων. Ακόμη, καθοριστικής σημασίας είναι η χρήση σωλήνων HDPE καθώς η λεία επιφάνεια τους επιτρέπει την κατανάλωση νερού που απαιτείται για τις εκπλύσεις. Παράλληλα, οι νέες τεχνολογίες που έχουν αναπτυχθεί για την επεξεργασία των λυμάτων καθιστούν την επαναχρησιμοποίηση τους ως μια πιθανή μέθοδο εξοικονόμησης του νερού. Λόγω όμως του πιθανού κινδύνου για την υγεία εξαιτίας της παρουσίας παθογόνων μικροοργανισμών, η επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων λυμάτων χρειάζεται λεπτομερή αξιολόγηση και εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις μεθόδους επεξεργασίας. Στο αεροδρόμιο του Χονγκ Κονγκ λειτουργεί σύστημα επεξεργασίας των λυμάτων από τις εγκαταστάσεις τροφοδοσίας των αεροσκαφών και τα εστιατόρια των κτιρίων επιβατών μαζί με εκείνο από τις δραστηριότητες πλύσης των αεροσκαφών. Το επεξεργασμένο υδατικό απόθεμα επαναχρησιμοποιείται για αρδευτικούς σκοπούς και ενδεικτικά το 2010 η μονάδα επεξεργάστηκε 1,4 εκατομμύρια m³ καλύπτοντας όλες τις αρδευτικές ανάγκες του αεροδρομίου. Ομοίως στο αεροδρόμιο Narita της Ιαπωνίας γίνεται επεξεργασία των λυμάτων από τα εστιατόρια του τερματικού σταθμού, ποσότητες που στη συνέχεια χρησιμοποιούνται ως νερό έκπλυσης στις τουαλέτες. Αξίζει να αναφερθεί ότι ο Διεθνής Αερολιμένας Αθηνών διαθέτει Μονάδα Επεξεργασίας Βιομηχανικών Αποβλήτων (MEBA) καθώς και Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων (ΕΕΛ). Η MEBA κατά το 2019 επεξεργάστηκε 3.437 m³ βιομηχανικών αποβλήτων, τα οποία προέκυψαν από διαδικασίες όπως η συντήρηση των αεροσκαφών και ο καθαρισμός των ελαιοδιαχωριστών. Όλα τα αστικά τύπου λύματα καθώς τα επεξεργασμένα απόβλητα της MEBA διοχετεύονται στην ΕΕΛ, όπου υφίστανται επεξεργασία και στη συνέχεια χρησιμοποιούνται για την άρδευση μη προσβάσιμων στο κοινό χώρων πρασίνου [32]. Ως εναλλακτική πηγή χρησιμοποιείται ορισμένες φορές και το θαλασσινό νερό, το οποίο όμως περιέχει αρκετές ουσίες που δεν είναι επιθυμητές όπως το χλωριούχο νάτριο. Ωστόσο, η μέθοδος αυτή είναι ελκυστική για αεροδρόμια κοντά σε ακτές ενώ χαρακτηριστικά το αεροδρόμιο του Χονγκ Κονγκ εξυπηρετεί περισσότερο από το 41% της ζήτησης σε νερό με θαλασσινό.

Για την ορθολογική χρήση του νερού και για να επιτευχθεί ένας αποτελεσματικός έλεγχος της κατανάλωσης του είναι απαραίτητη η συνεχής αξιολόγηση όλων των

δραστηριοτήτων και των τομέων όπου χρησιμοποιούνται υδάτινοι πόροι. Στο αεροδρόμιο του Σίδνεϋ εφαρμόζεται ένα πλήρες πρόγραμμα ανίχνευσης διαρροών και ένα εξελιγμένο σύστημα παρακολούθησης της ζήτησης του νερού σε πραγματικό χρόνο με σκοπό τη μείωση της χρήσης του ενώ όμοιες πρακτικές ακολουθούνται και σε άλλα αεροδρόμια ώστε τυχόν διαρροές να επισκευάζονται άμεσα. Στα αεροδρόμια του Παρισιού τα δίκτυα διανομής πόσιμου νερού υπόκεινται σε συνεχή παρακολούθηση ενώ τα δεδομένα λειτουργίας τους με τη χρήση οπτικών ινών μεταδίδονται σε κέντρο τεχνολογίας πληροφοριών και οι σχετικές ειδοποιήσεις δρομολογούνται σε ένα τηλέφωνο έκτακτης ανάγκης που επιτρέπει την ταχεία αντίδραση. Στο έβδομο μεγαλύτερο αεροδρόμιο της Βραζιλίας παρακολουθείται συνεχώς η κατανάλωση μέσω 48 σημείων μέτρησης, από τα οποία και με τη χρήση κατάλληλου λογισμικού προκύπτει μια αναφορά αξιολόγησης που διευκολύνει την υιοθέτηση συγκεκριμένων μέτρων για τη μείωση της κατανάλωσης [5]. Ταυτόχρονα προωθείται η αντικατάσταση των συμβατικών ειδών υγιεινής με εξοπλισμό εξοικονόμησης νερού, πρωτοβουλία που παρατηρείται να έχει άμεσα αποτελέσματα. Το διεθνές αεροδρόμιο Fort Lauderdale Hollywood στη Φλόριντα, που εξυπηρετεί περίπου 36 εκατομμύρια ετησίως προχώρησε το 2006 σε αντικατάσταση των ειδών υγιεινής, η οποία κόστισε 234.000\$ και εξοικονόμησε 163.000 m³, που αντιστοιχούσε σε 281.000\$ και απόδοση της επένδυσης εντός 10 μηνών. Στο αεροδρόμιο της Φρανκφούρτης η χρήση εξοπλισμού περιορισμού της ροής στις βρύσες και η εγκατάσταση τουαλετών χωρίς νερό εξοικονομεί περίπου 4,2 εκατομμύρια λίτρα πόσιμου νερού και 33.000€ ετησίως [10]. Ως επιπρόσθετο μέτρο σε αρκετούς εξωτερικούς χώρους αεροδρομίου επιλέγονται φυτά με χαμηλή ζήτηση σε νερό, τα οποία είναι αντέχουν σε περιόδους ξηρασίας.

2.6. Διαχείριση απορριμμάτων

2.6.1. Γενικά

Οι λειτουργίες του αεροδρομίου έχουν ως αποτέλεσμα τη δημιουργία μεγάλων ποσοτήτων απορριμμάτων, που προέρχονται από τις δραστηριότητες είτε της επίγειας είτε της εναέριας υποδομής. Τα απόβλητα αυτά είναι τα εξής [16]:

- Αστικά Στερεά Απόβλητα (ΑΣΑ)
- Επικίνδυνα βιομηχανικά απόβλητα
- Απόβλητα Εκσκαφών, Κατασκευών και Κατεδαφίσεων (ΑΕΚΚ)
- Απορρίμματα πτήσεων
- Ιατρικά απόβλητα

Τα Αστικά Στερεά Απόβλητα (ΑΣΑ – MSW) αποτελούνται από καθημερινά είδη που χρησιμοποιούν τόσο οι επιβάτες όσο και οι εργαζόμενοι όπως χαρτί και γυαλί αλλά και τα απορρίμματα φαγητού, που προκύπτουν από τα εστιατόρια των τερματικών σταθμών καθώς και από τις υπηρεσίες καμπίνας. Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν και τα απορρίμματα πτήσεων όπως χαρτοπετσέτες, πλαστικά μπουκάλια και ποτήρια, σακούλες και άλλα ενώ αναφέρεται ότι αποτελούν το 20% των ΑΣΑ σε ένα τυπικό πολιτικό αεροδρόμιο [16]. Στη δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνονται διάφορα υλικά που διαθέτουν ουσίες που μπορεί να προκαλέσουν αλλοιώσεις σε αέρα, νερό ή έδαφος ενώ τα Απόβλητα Κατασκευών και Κατεδαφίσεων (ΑΕΚΚ – C&D wastes) που ακολουθούν είναι εκείνα που προκύπτουν από διάφορα τεχνικά έργα συντήρησης ή αναβάθμισης που πραγματοποιούνται εντός του αερολιμένα. Η τελευταία κατηγορία αναφέρεται στα απορρίμματα που παράγονται από δραστηριότητες που αφορούν σε υγειονομική περιθαλψη. Τα απόβλητα που παράγονται σε ένα αεροδρόμιο μπορούν να συγκριθούν με τις ποσότητες που παράγονται σε μια μικρή πόλη και για το λόγο αυτό η διαχείριση τους είναι καίριας σημασίας και αναμφισβήτητα μια από τις μεγαλύτερες προκλήσεις του κλάδου. Η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου και τεχνολογίας για τη διάθεση και επεξεργασία των απορριμμάτων εξαρτάται από το ρυθμό παραγωγής αυτών αλλά και την πηγή προέλευσης τους.

2.6.2. Παραγωγή απορριμμάτων

Συνήθως στα αεροδρόμια η παραγωγή ΑΣΑ οφείλεται στη λειτουργία και στη διάθεση υπηρεσιών στους τερματικούς σταθμούς όπως καταστήματα και εστιατόρια, στους επιβάτες και στους εργαζόμενους που χρησιμοποιούν τους χώρους αυτούς, στις αεροπορικές εταιρείες αλλά και στις υπηρεσίες που αφορούν τη διαχείριση εμπορευμάτων [3]. Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζονται τα είδη αστικών απορριμμάτων που παράγει η κάθε πηγή είτε στις επίγειες είτε στις εναέριες υποδομές ενός αερολιμένα.

Πίνακας 2.6.2.1-Είδη αστικών απορριμμάτων ανά πηγή

Πηγή	Είδος απορριμματος
<i>Επίγεια υποδομή</i>	
Εργαζόμενοι	Υπολείμματα τροφίμων, πλαστικό, χαρτί, δοχεία αλουμινίου, άλλα

Αεροπορικές εταιρείες	Συσκευασίες τροφίμων και ποτών, εφημερίδες, περιοδικά, υπολείμματα τροφίμων, χαρτί, άλλα
Καταστήματα και εστιατόρια	Υπολείμματα τροφίμων, πλαστικό, χαρτί, δοχεία αλουμινίου, άλλα
Τερματικοί σταθμοί εμπορευμάτων	Ξύλινες παλέτες, χαρτί, ελαστικά, άλλα
Διαμεταφορείς	Χαρτί, πλαστικό, άλλα
Κρατικές υπηρεσίες	Υπολείμματα τροφίμων, πλαστικό, χαρτί, μπουκάλια/δοχεία αλουμινίου, άλλα
Επιβάτες/επισκέπτες	Υπολείμματα τροφίμων, πλαστικό, χαρτί, μπουκάλια/δοχεία αλουμινίου, εφημερίδες/περιοδικά
<i>Εναέρια υποδομή</i>	
Εργαζόμενοι	Υπολείμματα τροφίμων, πλαστικό, χαρτί, δοχεία αλουμινίου, άλλα
Εταιρείες συντήρησης/ανεφοδιασμού α/φ	Υπολείμματα τροφίμων, συσκευασίες, ξύλινες παλέτες, άλλα
Προμηθευτές	Υπολείμματα τροφίμων, πλαστικό, χαρτί, δοχεία αλουμινίου, άλλα
Αεροπορικές εταιρείες	Συσκευασίες τροφίμων και ποτών, εφημερίδες, περιοδικά, υπολείμματα τροφίμων, χαρτί, άλλα
Τερματικοί σταθμοί εμπορευμάτων	Ελαστικά, ξύλινες παλέτες, πλαστικό υλικό περιτυλίγματος, χαρτί
Κρατικές υπηρεσίες	Υπολείμματα τροφίμων, πλαστικό, χαρτί, μπουκάλια/δοχεία αλουμινίου, άλλα
Εταιρείες συντήρησης εξοπλισμού εδάφους	Χαρτί, πλαστικά μπουκάλια, ξύλινες παλέτες, δοχεία αλουμινίου, συσκευασίες
Επιβάτες	Υπολείμματα τροφίμων, πλαστικό, χαρτί, μπουκάλια/δοχεία αλουμινίου, εφημερίδες/περιοδικά

(Baxter, Srisaeng, & Wild, Sustainable Airport Waste Management: The Case of Kansai International Airport, 2018)

Πρωταρχικής σημασίας είναι τόσο η ποσότητα των αποβλήτων και πιο συγκεκριμένα η ποσότητα που διατίθεται σε ΧΥΤΑ όσο και η απόσταση των χώρων αυτών από το αεροδρόμιο. Μιας και η παραγωγή των παραπάνω αποβλήτων είναι αναπόφευκτη συνέπεια της λειτουργίας ενός αεροδρομίου, θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στις πιθανές περιβαλλοντικές επιπτώσεις τους ανάλογα με τη μέθοδο διάθεσής τους. Οι μέθοδοι θερμικής επεξεργασίας των ΑΣΑ γίνονται όλο και πιο φιλικές προς το περιβάλλον παρά τη δημιουργία ρυπαντικών φορτίων [3] ενώ η μέθοδος ταφής των απορριμμάτων σε ΧΥΤΑ έχει πιο επιβλαβείς συνέπειες τόσο στο ανθρωπογενές όσο και στο φυσικό περιβάλλον λόγω της διάχυσης σκόνης και της εκπομπής δυσάρεστων οσμών. Τα απορρίμματα πτήσεων αποτελούν ένα συγκεκριμένο τύπο ΑΣΑ που συλλέγεται από τα επιβατικά αεροσκάφη και περιλαμβάνουν υπολείμματα φαγητού αλλά και συσκευασίες, δίσκους και άλλα προϊόντα που χρησιμοποιούνται από τις εταιρείες τροφοδοσίας των αεροπορικών εταιρειών. Αν και τα διεθνή απορρίμματα (international wastes) θα μπορούσαν να ενταχθούν στα ΑΣΑ, αντιμετωπίζονται ως ξεχωριστή υποκατηγορία των απορριμμάτων πτήσεων με στόχο την αποφυγή πιθανής περιβαλλοντικής μόλυνσης. Συχνά χαρακτηρίζονται ως quarantined waste δεδομένου ότι οι χώρες προέλευσης των επιβατών που τα παράγουν ενδέχεται να εφαρμόζουν διαφορετικές πολιτικές και κανονισμούς υγειονομικού χαρακτήρα με αποτέλεσμα να είναι απαραίτητη η προσεκτική διαχείριση τους καθώς μπορεί να προκαλέσουν την διασπορά ασθενειών [23].

Ένας άλλος τύπος απορριμμάτων που συναντάται συχνά στα αεροδρόμια είναι τα ΑΕΚΚ, τα οποία περιλαμβάνουν υλικά όπως σκυρόδεμα, ξύλο, μέταλλα, χώμα, άσφαλτο, γυψοσανίδες, αδρανή και άλλα [37]. Οι εργασίες ανακαίνισης και εκσυγχρονισμού ενός αερολιμένα είναι αναγκαίες σε τακτικές χρονικές περιόδους τόσο για την καλύτερη εξυπηρέτηση των επιβατών όσο και για την ασφαλή λειτουργία του με αποτέλεσμα την παραγωγή σημαντικών ποσοτήτων αποβλήτων. Η συγκεκριμένη κατηγορία χωρίζεται σε απόβλητα από οικοδομικές εργασίες δηλαδή ανεγέρσεις ή ανακαινίσεις κτιρίων, εργασίες μικρής κλίμακας και διαμορφώσεις εξωτερικών χώρων, από έργα συντήρησης οδοποιίας όπως η συντήρηση των διαδρόμων αλλά και δικτύων οργανισμών κοινής ωφέλειας όπως συντήρηση του δικτύου ύδρευσης, εργασίες κατεδάφισης και εκσκαφής. Τα ΑΕΚΚ αποτελούνται κατά κύριο λόγο από αδρανή υλικά όμως ορισμένα από αυτά μπορεί να αποδειχθούν επικίνδυνα και να αντιδράσουν με άλλες ουσίες κατά τη διάθεσή τους. Η έλλειψη

κανονιστικού πλαισίου για τη διάθεση και την επεξεργασία αυτού του τύπου απορριμμάτων για μεγάλο διάστημα έχει οδηγήσει στην ανεξέλεγκτη απόθεση τους σε υπαίθριους χώρους. Πέραν της αισθητικής υποβάθμισης η ύπαρξη ΑΕΚΚ αποτελεί πηγή πιθανού τραυματισμού αλλά και προσέλκυσης και άλλων ειδών απορριμμάτων με αποτέλεσμα την περαιτέρω επιβάρυνση της περιοχής. Ταυτόχρονα η σκόνη που παράγουν προκαλεί αέρια ρύπανση ενώ δύνανται να ρυπάνουν τον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα αλλά και να αποτελέσουν εμπόδιο στην απορροή όμβριων υδάτων σε φρεάτια με αποτέλεσμα τη συμβολή σε πλημμυρικά φαινόμενα.

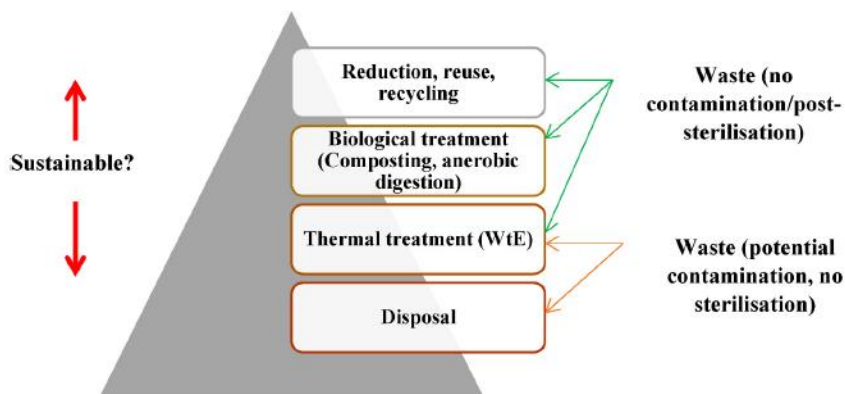
Τα ιατρικά απόβλητα προέρχονται από τη λειτουργία ιατρείων ή μονάδων πρώτων βοηθειών εντός του αεροδρομίου και σε αυτά ανήκουν γάντια, μάσκες, επίδεσμοι, σύριγγες, συσκευασίες φαρμάκων και άλλα. Μέχρι πρότινος δε λαμβάνονται υπόψη στις συνολικές ποσότητες των απορριμμάτων, ωστόσο με την πανδημία του COVID-19 τα ιατρικά απόβλητα αποτελούν μεγάλο μέρος της παραγωγής απορριμμάτων [23]. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι τα 6 πιο πολυσύχναστα αεροδρόμια στην Ινδία διαχειρίζονται μαζί περισσότερα από 6.000 κιλά βιολογικών ιατρικών αποβλήτων καθημερινά αλλά και επιπλέον 500 κιλά πλαστικού που χρησιμοποιούνται για το τύλιγμα τους ενώ πριν τον κορωνοϊό οι ποσότητες αυτές ήταν αμελητέες.

Τέλος, στα επικίνδυνα βιομηχανικά απόβλητα ανήκουν διαλύτες και χημικά απόβλητα που αποτελούν προϊόντα εργασιών όπως η συντήρηση και ο ανεφοδιασμός αεροσκαφών και οχημάτων εδάφους, για τα οποία έγινε εκτενής αναφορά στην ενότητα για τη διαχείριση των υδάτινων αποθεμάτων. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι ο Διεθνής Αερολιμένας Αθηνών, ο οποίος ανήκει στα 30 μεγαλύτερα ευρωπαϊκά αεροδρόμια βάσει της επιβατικής κίνησης, κατά τη διάρκεια του 2019 παρήγε συνολικά 20.151 τόνους αποβλήτων, εκ των οποίων 19.861 τόνους στερεών μη επικίνδυνων απορριμμάτων, 290 τόνους επικίνδυνων αποβλήτων και 239 κιλά ιατρικών αποβλήτων [32].

2.6.3. Πρακτικές διαχείρισης και βελτιστοποίησης

Η διαχείριση απορριμμάτων στα αεροδρόμια αποτελεί ένα σύνθετο έργο, που επηρεάζεται μόνο από τον τύπο και την ποσότητα των αποβλήτων αλλά και από τους τοπικούς κανόνες και περιορισμούς. Η αποθήκευση και η διαχείριση των απορριμμάτων πραγματοποιείται σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία ενώ κύριος στόχος των διαδικασιών που ακολουθούνται είναι η παραγωγή όσο το δυνατό λιγότερων αποβλήτων από τις διάφορες λειτουργίες του αεροδρομίου με στόχο τη βιωσιμότητα.

Εικόνα 2.6.1-Ιεραρχία διαδικασιών διαχείρισης απορριμμάτων



(Sebastian & Louis, 2021)

Οι πολιτικές διαχείρισης απορριμμάτων που ακολουθούνται στους αερολιμένες βασίζονται στην πλειοψηφία τους στην αρχή «Ο ρυπαίνων πληρώνει», που σημαίνει ότι μια εταιρεία, εν προκειμένω ο φορέας διαχείρισης του αεροδρομίου, που προκαλεί περιβαλλοντική ζημία ευθύνεται για αυτήν και πρέπει να λάβει τα αναγκαία μέτρα πρόληψης ή αποκατάστασης και να επωμιστεί όλες τις σχετικές δαπάνες [8]. Σύμφωνα με την αρχή αυτή οι κανόνες που θεσπίζονται στοχεύουν:

- Στη χρήση ανανεώσιμων και βιώσιμων εναλλακτικών πόρων για την ελαχιστοποίηση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος
- Στο διαχωρισμό των πηγών παραγωγής
- Στη μείωση των απορριμμάτων, στην επαναχρησιμοποίηση και στην ανακύκλωση (Reduction, Reuse, Recycling = 3-R)

Στην περίπτωση της βιώσιμης διαχείρισης απορριμμάτων η χρήση των 3-R είναι απαραίτητη, με τη μείωση των αποβλήτων να θεωρείται η κρισιμότερη διαδικασία καθώς συμβάλλει τόσο στη βιωσιμότητα του αεροδρομίου όσο και στην εξοικονόμηση κόστους [23]. Ωστόσο, λαμβάνοντας υπόψη την πολυπλοκότητα των λειτουργιών ενός αεροδρομίου η επίτευξη μιας τέτοιας μείωσης προαπαιτεί τη συνέργεια πολλών ενδιαφερόμενων μερών. Ο Διεθνής Αερολιμένας Αθηνών έχει αναπτύξει ένα ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης απορριμμάτων, το οποίο στηρίζεται στην αρχή «Ο ρυπαίνων πληρώνει» και προωθεί τη διαλογή στην πηγή και την ανακύκλωση [32]. Μερικά από τα μέτρα που υιοθετούνται από τα αεροδρόμια για την ελαχιστοποίηση των αποβλήτων περιλαμβάνουν την εφαρμογή ενός προγράμματος δωρεάς τροφίμων και γευμάτων που δεν καταναλώνονται στις τοπικές κοινωνίες, με τα Διεθνή Αεροδρόμια του Ντένβερ, του Σαν Ντιέγκο και του Ώστιν να

ακολουθούν την τακτική αυτή. Παράλληλα, οι ροές φορτίου και ταχυδρομείου σε ένα αεροδρόμιο έχουν ως επακόλουθο την παραγωγή μεγάλων ποσοτήτων απορριμμάτων όπως για παράδειγμα ξύλινες παλέτες και χαρτόνι, γεγονός που μπορεί να αποφευχθεί εν μέρει με την εισαγωγή όρων για την επίτευξη στόχων βιωσιμότητας και την ενθάρρυνση τους για τη μείωση του μεγέθους των συσκευασιών στις συμφωνίες με τους ενδιαφερόμενους φορείς όπως γίνεται στα αεροδρόμιο του Σαν Ντιέγκο και του Stansted του Λονδίνου, με το τελευταίο να επιστρέφει τα απορρίμματα αυτά είτε στους ιδιοκτήτες είτε σε άλλα ενδιαφερόμενα μέρη. Άλλες ενέργειες που μπορούν να συμβάλλουν στην προσπάθεια μείωσης των αποβλήτων σε ένα αεροδρόμιο είναι η σύναψη συμφωνιών για χρήση επαναχρησιμοποιούμενων δοχείων καθώς και βιοδιασπώμενων σκευών φαγητού αλλά και ενθάρρυνση των επιβατών να μεταφέρουν λιγότερα υγρά στις χειραποσκευές τους [23].

Η εφαρμογή προγραμμάτων Green Concessions [7] βασίζονται σε κίνητρα που ενθαρρύνουν τους παραχωρησιούχους και τις επιχειρήσεις που λειτουργούν εντός ενός αεροδρομίου να μειώσουν τη χρήση μη βιοδιασπώμενων αντικειμένων και να στραφούν σε εναλλακτικές βιώσιμες λύσεις. Η χρήση ανακυκλώσιμων συσκευασιών τροφίμων και αντικειμένων σερβιρίσματος, η εξάλειψη των πλαστικών μιας χρήσης, ο διαχωρισμός διακριτών κατηγοριών απορριμμάτων (διαλογή στην πηγή), η εξάλειψη χρήσης φελιζόλ στις καθημερινές εργασίες είναι ορισμένες πρακτικές που κινούνται σε αυτή την κατεύθυνση. Στα αεροδρόμια O'Hare και Midway παρέχεται στους παραχωρησιούχους καθοδήγηση από το υπεύθυνο Υπουργείο σχετικά με την ελαχιστοποίηση των απορριμμάτων, την ενίσχυση της ανακύκλωσης και το διαχωρισμό των στερεών αποβλήτων στην πηγή ενώ παράλληλα προωθείται η δωρεά του πλεονάσματος τροφίμων στο βαθμό που αυτό είναι επιτρεπτό σύμφωνα με τους κανονισμούς για την ασφάλειά τους καθώς και η απαγόρευση πλαστικών σακουλών, δοχείων και άλλων σκευών και η αντικατάστασή τους με βιοδιασπώμενα υλικά. Η πολιτική αυτή συμβάλλει στο στόχο που έχει θέσει το Υπουργείο για μείωση των απορριμμάτων που καταλήγουν σε χώρους υγειονομικής ταφής τουλάχιστον κατά 50%. Οι παραχωρησιούχοι των αεροδρομίων που ακολουθούν τέτοιες βιώσιμες πρακτικές λαμβάνουν μια σχετική πιστοποίηση, την οποία μπορούν να χρησιμοποιήσουν για σκοπούς μάρκετινγκ. Το αεροδρόμιο της Βιέννης έχει θεσπίσει «Βραβείο πράσινης αεροπορικής εταιρείας», το οποίο συνοδεύουν ποικίλα οικονομικά οφέλη με σκοπό την προώθηση βιώσιμων μεθόδων διαχείρισης απορριμμάτων από τις αεροπορικές εταιρείες ενώ το Διεθνές Αεροδρόμιο του Λος Άντζελες παρέχει κίνητρα σε επιχειρήσεις σχετικά με τη συμμετοχή τους σε εθελοντικά προγράμματα

ανακύκλωσης. Η επιστροφή χρημάτων για όλα τα ανακυκλώσιμα υλικά που έχουν διαχωριστεί από τα ΑΣΑ καθώς και η υιοθέτηση νέων πρωτοβουλιών με στόχο την ενίσχυση της ανακύκλωσης έχουν οδηγήσει στην αύξηση της ανακύκλωσης των στερεών μη επικίνδυνων απορριμμάτων κατά 64% στο χώρο του αεροδρομίου της Αθήνας. Πιο συγκεκριμένα, εντός του ελληνικού αεροδρομίου λειτουργεί κέντρο ανακύκλωσης το οποίο διαθέτει ειδικούς κάδους συλλογής χαρτιού, πλαστικού, γυαλιού, αλουμινίου, λευκοσιδήρου, ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού ενώ οι εργαζόμενοι του αερολιμένα μπορούν να φέρουν από το σπίτι τους ανακυκλώσιμα υλικά με αποτέλεσμα το 2019 να συλλεχθούν 9,7 τόνοι ανακυκλώσιμων υλικών στο κέντρο αυτό [32]. Η συμπίεση των απορριμμάτων είναι μια ακόμη μέθοδος που χρησιμοποιείται έτσι ώστε να μειωθεί ο όγκος των αποβλήτων που διακινούνται, πρακτική όμως που δε συνεισφέρει στην προσπάθεια μείωσης της παραγωγής τους αλλά βοηθά στην απλοποίηση της διαδικασίας μεταφοράς και αποθήκευσης τους. Περισσότερο από το 80% των απορριμμάτων καμπίνας έχει καταγραφεί ότι μπορεί να ανακυκλωθεί, καθώς πρόκειται για πλαστικό, χαρτί, γυαλί, μέταλλα και καουτσούκ. Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζονται οι πρωτοβουλίες που έχουν σχεδιάσει και υιοθετούν διάφορες αεροπορικές εταιρείες με σκοπό τη μείωση της παραγωγής απορριμμάτων κατά τη λειτουργία τους.

Πίνακας 2.6.3.1-Πρωτοβουλίες αεροπορικών εταιρειών για τη διαχείριση απορριμμάτων

Αεροπορική εταιρεία	Πρακτική διαχείρισης απορριμμάτων
Delta Airlines	Απαγόρευση χρήσης πλαστικών σε καλαμάκια και συσκευασίες με στόχο τη μείωση πλαστικών απορριμμάτων έως και 150 τόνους ετησίως
Ryanair	Χρήση βιοδιασπώμενων ποτηριών, ξύλινων μαχαιροπίρουνων και αντικατάσταση πλαστικού με χαρτί συσκευασίας έως το 2023 με στόχο να αναχθεί στην πιο "πράσινη" αεροπορική εταιρεία εντός πενταετίας
Qantas Group	Επαναχρησιμοποίηση τουλάχιστον 75% των απορριμμάτων Πραγματοποίησε την πρώτη πτήση μηδενικών αποβλήτων και αντικατέστησε περισσότερα από 1000 πλαστικά αντικείμενα με μιας χρήσης βιοδιασπώμενα
Air New Zealand	Ανακύκλωση απορριμμάτων καμπίνας σε συνεργασία με το αεροδρόμιο και την κυβέρνηση της Νέας Ζηλανδίας Χρήση βρώσιμων φλιτζανιών καφέ

Qatar Airways	Δωρεά τροφίμων σε συνεργασία με τη φιланθρωπική οργάνωση RAF του Κατάρ Δωρεά εξοπλισμού πληροφορική για χρήση από τοπικές κοινότητες
----------------------	---

(Sebastian & Louis, 2021)

Παράλληλα, όμοιες πρωτοβουλίες στο πλαίσιο των τοπικών ισχυόντων κανονισμών αναλαμβάνονται και από τις αρχές αεροδρομίων με στόχο την μείωση των παραγόμενων ποσοτήτων απορριμμάτων ενώ για την αποτελεσματικότητα των πρακτικών αυτών κρίνεται απαραίτητη η συνεχής παρακολούθηση της εφαρμογής τους. Ωστόσο, η πανδημία είχε αρνητικές επιπτώσεις στην υιοθέτηση στρατηγικών 3-R, δεδομένου ότι η ανακύκλωση και η επαναχρησιμοποίηση θεωρήθηκαν επικίνδυνες λόγω της πιθανής έκθεσης στον ιό COVID-19. Έτσι, τα ποσοστά παραγωγής απορριμμάτων έχουν αυξηθεί ανησυχητικά αφού σε ορισμένες πόλεις στις ΗΠΑ και στη Σιγκαπούρη για παράδειγμα διέκοψαν προσωρινά τις δραστηριότητες ανακύκλωσης. Στον πίνακα που ακολουθεί παρατίθενται πρακτικές διαχείρισης απορριμμάτων που εφαρμόζονται από τις αρχές των αεροδρομίων.

Πίνακας 2.6.3.2-Πρακτικές διαχείρισης απορριμμάτων σε αεροδρόμια

Αεροδρόμιο	Πρακτική διαχείρισης απορριμμάτων
Atlanta International Airport	Οι χρήστες των εγκαταστάσεων όπως αεροπορικές εταιρείες ή εστιατόρια υποχρεούνται να περιορίσουν τη χρήση πλαστικών και να επιλέγουν εναλλακτικές λύσεις ενώ σε περίπτωση της τρίτης παράβασης της σχετικής ρήτηρας η συμφωνία λύνεται Κατασκευή εσωτερικής μονάδας ανακύκλωσης για 30.000 τόνους απορριμμάτων
Changi Airport	Χρήση ανακυκλωμένων υλικών για τις κατασκευαστικές εργασίες στους διαδρόμους, τα δάπεδα στάθμευσης κλπ
Gatwick Airport	Κατασκευή εσωτερικής εγκατάστασης διαλογής υλικών και πιστοποίηση του αεροδρομίου για την μηδενική παραγωγή αποβλήτων που προορίζονταν για υγειονομική ταφή
Munich Airport	Το 79% των απορριμμάτων ανακυκλώνεται ενώ 11% προωθείται σε μονάδα βιοαερίου και μόλις το 10% καταλήγει σε ΧΥΤΑ
Oakland International Airport	Πρόγραμμα ανακύκλωσης μαξιλαριών αεροπορικών εταιρειών για χρήση τους ως μονωτικό υλικό ή σε έπιπλα Επαναχρησιμοποίηση περισσότερων από 75 τόνους απορριμμάτων τροφίμων ως λίπασμα υψηλής θρεπτικής περιεκτικότητας για την παραγωγή

	βιολογικών τροφίμων
--	---------------------

(Sebastian & Louis, 2021)

Η κομποστοποίηση είναι μια από τις φιλικές προς το περιβάλλον τεχνικές επεξεργασίας οργανικών αποβλήτων. Υπολείμματα τροφίμων που δεν μπορούν να επαναδιατεθούν συχνά κομποστοποιούνται είτε εντός του αεροδρομίου είτε σε κοντινή μονάδα και το τελικό προϊόν της διαδικασίας αυτής χρησιμοποιείται συχνά για τον εμπλουτισμό του εδάφους στο αεροδρόμιο. Πέραν των τροφίμων σε μονάδες κομποστοποίησης μπορούν να προωθηθούν απόβλητα πρασίνου από δραστηριότητες εξωραϊσμού του εξωτερικού χώρου, χαρτοπετσέτες και κατακάθι καφέ ενώ η ποιότητα του κομποστ εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την πρώτη ύλη αλλά και τη διαδικασία του διαχωρισμού στην πηγή [16]. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η κομποστοποίηση μπορεί να μην είναι εφικτή σε πολλά αεροδρόμια, λόγω είτε έλλειψης υποδομής είτε ανεπαρκούς συμμετοχής των ενδιαφερομένων.

Πρόσφατα η δυνατότητα ανάκτησης ενέργειας από την αποτέφρωση των αποβλήτων προσδιορίστηκε ως δείκτης βιωσιμότητας ενός αεροδρομίου. Μερικά αεροδρόμια διαθέτουν τους δικούς τους αποτεφρωτήρες και χρησιμοποιούν τη θερμότητα που παράγεται για τις λειτουργίες του αεροδρομίου. Το αεροδρόμιο Gatwick στο Λονδίνο είναι από τα πρώτα αεροδρόμια που διαθέτουν εγκαταστάσεις επεξεργασίας και μετατροπής απορριμμάτων με αποτέλεσμα τα υπολείμματα τροφίμων, τα πιάτα και τα φλυτζάνια και άλλα να διοχετεύονται σε αποτεφρωτήρα και η ανακτώμενη ενέργεια χρησιμοποιείται για κάλυψη μέρους των αναγκών του αεροδρομίου σε θέρμανση. Από την έναρξη της λειτουργίας της εγκατάστασης αυτής το ποσοστό ανακύκλωσης στο αεροδρόμιο αναμένεται να φτάσει στο 85% εντός πενταετίας, ενώ έχει τη δυνατότητα να παράγει έως και 1 MW ανανεώσιμης ενέργειας. Μια νέα τεχνολογία μετατροπής μη ανακυκλώσιμων πλαστικών απορριμμάτων συμπεριλαμβανομένων συσκευασιών τροφίμων, μεμβρανών επίπλων, στολών κ.α. προωθεί το αεροδρόμιο του Χίθροου, που σχεδιάζει την εκμετάλλευση 5.000 τόνων πλαστικών απορριμμάτων ετησίως επιτυγχάνοντας έτσι την ανακύκλωση του 100% της κατηγορίας αυτής στερεών αποβλήτων. Από το 2011, το αεροδρόμιο Heathrow έστειλε λιγότερο από το 1% των απορριμμάτων του σε χώρους υγειονομικής ταφής και ο πρωταρχικός λόγος για αυτήν την τάση είναι η λειτουργία αυτής της εγκατάστασης WtE (Waste to Energy) δίπλα στο αεροδρόμιο. Στη συνέχεια,

παρουσιάζονται παραδείγματα αεροδρομίων που παράγουν ενέργεια μέσω των απορριμμάτων.

Πίνακας 2.6.3.3-Πρακτικές παραγωγής ενέργειας από απορρίμματα

Αεροδρόμιο	Πρακτική διαχείρισης
Toronto-Pearson International Airport	Μέσω της αποτέφρωσης 2292 τόνων απορριμμάτων ανακτήθηκε ενέργεια που χρησιμοποιείται για την τροφοδοσία 9.000 κοντινών κατοικιών
Sydney Airport	Υπολείμματα τροφίμων και καφέ διοχετεύονται στις εγκαταστάσεις μετατροπής τους σε ενέργεια και παράγεται ηλεκτρική ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές
London Stansted Airport	Η Bio-Bean παρήγαγε καύσιμο πέλλετ από υπολείμματα καφέ που συλλέγονταν από το αεροδρόμιο, τα οποία σε κατάλληλη πυκνότητα έχουν θερμογόνο δύναμη μεγαλύτερη από τα πέλλετ ξύλου.
London Heathrow Airport	Παράγει 7.7 - 10 kg λάδι ανά 10 kg πλαστικού, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε υφάσματα, έπιπλα ή ακόμα και καύσιμα

(International Civil Aviation Organization , Waste Management at Airports: Eco Airport Toolkit, 2019)

Παρά τις διαθέσιμες εναλλακτικές τεχνολογίες, η συμβατική τεχνική διάθεσης αποβλήτων που είναι η υγειονομική ταφή παραμένει η πιο διαδεδομένη. Η υγειονομική ταφή είναι καίριας σημασίας για πολλά αεροδρόμια μιας και αποτελεί την οικονομικότερη επιλογή με αποτέλεσμα να έχουν σε κοντινή τους απόσταση σχετικό χώρο με στόχο τη μείωση του κόστους μεταφοράς των απορριμμάτων. Ωστόσο, σε αυτή την περίπτωση υπάρχει κίνδυνος μόλυνσης ενώ η παρουσία πτηνών μπορεί να επηρεάσει τις διαδρομές πτήσεων. Έτσι, κατά τη χωροθέτηση και τον σχεδιασμό μονάδων διαχείρισης αποβλήτων θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη αυτοί οι εξωτερικοί παράγοντες για να διασφαλίζεται η ασφαλής λειτουργία τους.

Η έννοια της κυκλικής οικονομίας στον κλάδο των βρίσκεται ακόμη σε πρώιμα στάδια εφαρμογής, αν και αρκετοί αερολιμένες την έχουν θέσει ήδη στον πυρήνα της στρατηγικής τους με στόχο την εξοικονόμηση ενέργειας και την ορθολογικότερη χρήση των φυσικών πόρων. Η κυκλική οικονομία θα μπορούσε να θεωρηθεί μετεξέλιξη της ανακύκλωσης όμως ενώ στην ανακύκλωση ένα προϊόν μετά τη χρήση του αποσυντίθεται σε πρώτες ύλες που ανακτώνται προς επαναχρησιμοποίηση στην παραγωγή νέων προϊόντων, στην κυκλική οικονομία το προϊόν σχεδιάζεται εξ αρχής, έτσι ώστε να μπορεί να γίνεται ανακατασκευή για να επαναχρησιμοποιηθεί ως καινούργιο, γεγονός που προϋποθέτει νέους τρόπους σχεδιασμού προϊόντων. Στην πράξη, η κυκλική οικονομία υποδηλώνει τη μείωση των αποβλήτων στο ελάχιστο

δυνατό επίπεδο. Όταν ένα προϊόν φτάνει στο τέλος της ζωής του, τα υλικά κατασκευής του διατηρούνται μέσα στην οικονομία με οποιοδήποτε δυνατό τρόπο για να χρησιμοποιηθούν ξανά, δημιουργώντας προστιθέμενη αξία στο προϊόν [33]. Ο όμιλος Air France - KLM Airlines υιοθέτησε την αρχή της κυκλικής οικονομίας, πραγματοποιώντας αλλαγές στις υπηρεσίες εστίασης για τον ορθό διαχωρισμό των απορριμμάτων, μείωση των απορριμμάτων συσκευασίας, προσφορά ψηφιακών περιοδικών κατά τη διάρκεια της πτήσης, επαναχρησιμοποίηση καθισμάτων και ανακύκλωση των εξαρτημάτων των αεροσκαφών. Στο αεροδρόμιο Schiphol ο φορέας διαχείρισης του σε συνεργασία με τη Philips μετέτρεψε το σύστημα φωτισμού σε αποδοτικότερο ενεργειακά, επιτυγχάνοντας 75% μεγαλύτερη διάρκεια ζωής και 50% μείωση της κατανάλωσης ενέργειας. Μετά το πέρας της περιόδου συντήρησης η Philips συλλέγει τον εξοπλισμό και τον ανακυκλώνει, μειώνοντας τα κόστη και ελαχιστοποιώντας την κατανάλωση πρώτων υλών. Παράλληλα, το σύστημα διαχείρισης απορριμμάτων του αεροδρομίου Gatwick στο Λονδίνο έχει διαμορφωθεί κατάλληλα ώστε να επιτρέπει την αποτελεσματική συλλογή, το διαχωρισμό και την επιτόπια χρήση τους. Η προκύπτουσα μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και νερού καθώς και το κόστος επεξεργασίας και διάθεσης σε συνδυασμό με τα οφέλη από την αύξηση της κατανάλωσης οδήγησαν σε μείωση κατά 1 εκατομμύριο USD στο ετήσιο κόστος λειτουργίας του αεροδρομίου [18].

2.7. Διαχείριση άγριας ζωής

2.7.1. Γενικά

Συχνά οι επιπτώσεις των κατασκευών στην άγρια ζωή υποτιμώνται εξαιτίας της άποψης ότι τα είδη αυτά αποφεύγουν να ζουν κοντά σε τοποθεσίες όπως ένα αεροδρόμιο, οι οποίες όμως στην πραγματικότητα μπορούν να προσφέρουν μια σειρά πλεονεκτημάτων για τη διαβίωση τους και έτσι να αποτελούν πόλο έλξης. Το γεγονός αυτό ωστόσο λειτουργεί επιβαρυντικά ως προς την επιβίωση και την ανάπτυξη τους καθώς η προσπάθεια ανάκτησης των σχετικών πόρων υποβαθμίζει την ασφάλεια λειτουργίας του αεροδρομίου με αποτέλεσμα τα άγρια ζώα όπως πτηνά, θηλαστικά και ερπετά να βρίσκονται σε κίνδυνο. Παράλληλα, το φως, ο θόρυβος και οι κραδασμοί που δημιουργούνται από τις δραστηριότητες ενδέχεται να απομακρύνουν ορισμένα είδη από την περιοχή ενώ ο κίνδυνος σύγκρουσης πτηνών με αεροσκάφη ή οχήματα εδάφους είναι υψηλός.

Η αποτελεσματική διαχείριση της άγριας ζωής αποτελεί πρόκληση σε κάθε τύπο κατασκευής, ωστόσο στην περίπτωση των αεροδρομίων η πολυπλοκότητα αυξάνεται λόγω των πολλαπλών λειτουργιών του.

2.7.2. Επιπτώσεις

Κάθε αεροδρόμιο ως μια σύνθετη εγκατάσταση με πολλαπλές λειτουργίες περιλαμβάνει πολυάριθμες πηγές επιπτώσεων με άμεσο ή έμμεσο αντίκτυπο για τα άγρια ζώα. Ως πρώτο παράγοντα όχλησης θεωρείται η θέση του σε σχέση με τα αστικά κέντρα. Συνήθως βρίσκονται εκτός των πόλεων ώστε οι κάτοικοι να μην επηρεάζονται από τα υψηλά επίπεδα θορύβου αλλά και για να υπάρχει επαρκής χώρος για τις κινήσεις των αεροσκαφών, γεγονός που αυξάνει την πιθανότητα επαφής με ζώα καθώς προηγουμένως χρησιμοποιούνταν σχεδόν αποκλειστικά από εκείνα. Υπάρχουν όμως αεροδρόμια που κατασκευάστηκαν πριν 30-40 χρόνια, τα οποία πλέον σήμερα βρίσκονται εντός του αστικού ιστού εξαιτίας της ανάπτυξης των πόλεων για την εξυπηρέτηση του πληθυσμού και χρησιμοποιούνται από πτηνά ως λύση για την εύρεση τροφής. Για παράδειγμα, οι канаδικές χήνες, που είναι από τα πιο επικίνδυνα πουλιά για τα αεροσκάφη, επισκέπτονται συχνά αεροδρόμια για να τραφούν με χλοοτάπητες που βρίσκονται δίπλα σε διαδρόμους προσγείωσης και τροχοδρόμησης. Οι γλάροι και τα ευρωπαϊκά ψαρόνια τρέφονται με έντομα από περιοχές αεροδρομίων, καθώς και με γαιοσκώληκες που υπάρχουν στην επιφάνεια μετά από δυνατή βροχή. Παράλληλα, τα απορρίμματα και τα υπολείμματα τροφίμων που δεν υπόκεινται σε ορθή διαχείριση μπορούν να προσελκύσουν πτηνά όπως γλάρους και βραχοπεριστέρια [20]. Ταυτόχρονα, οι υδάτινοι πόροι που συναντώνται σε ένα αεροδρόμιο όπως τα επιφανειακά ύδατα μπορούν να λειτουργήσουν ως πόλος έλξης για την άγρια ζωή και να θέσουν σε κίνδυνο τόσο τη ζωή των ιδίων όσο και την ασφαλή εκτέλεση των αερομεταφορών.

Ο συνεχής φωτισμός των εγκαταστάσεων ενός αεροδρομίου με στόχο την ασφαλή εκτέλεση και τον έλεγχο των λειτουργιών του λειτουργεί επιβαρυντικά για το τοπικό οικοσύστημα καθώς τα επίπεδα φωτισμού που απαιτούνται είναι ίσα με το επίπεδο φωτός κατά την ανατολή του ηλίου. Η φωτορύπανση επηρεάζει αρνητικά την άγρια ζωή περιπλέκοντας την ικανότητα προσανατολισμού τους ενώ αλλάζει και τις σχέσεις θηρευτή-θηράματος. Παράλληλα, οι κύριες αρνητικές συνέπειες του φαινομένου αυτού αντικατοπτρίζονται στη διατάραξη της ανάπτυξης των φυτών, τα οποία δεν επιτελούν σωστά τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης με αποτέλεσμα η μειωμένη βλάστηση να απειλεί τα ζώα με αδυναμία εύρεσης τόσο τροφής όσο και καταφυγίου.

Οι πηγές ηλεκτρομαγνητικών πεδίων εντός ενός αεροδρομίου είναι πολυάριθμες με σημαντικότερες αυτών τον εξοπλισμό ραδιοεντοπισμού και πλοήγησης, τους σταθμούς μετασχηματισμού και κάθε άλλο εξάρτημα που χρησιμοποιείται κυρίως στον πύργο ελέγχου. Μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί σε μια σειρά από αεροδρόμια της Ουκρανίας δείχνουν ότι τα σχετικά επίπεδα EMF βρίσκονται εντός των ορίων αλλά θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι η ευαισθησία της άγριας ζωής σε EMF είναι υψηλότερη από εκείνη των ανθρώπων. Έτσι, η μελέτη φανερώνει ότι η πυκνότητα ανάπτυξης φωλιών αλλά και η πυκνότητα πληθυσμού των πτηνών μειώνεται κατά 50%-80% σε περιοχές έκθεσης σε ένταση ηλεκτρομαγνητικού πεδίου 3 – 3,5 V/m. Επιπρόσθετες επιπτώσεις της έκθεσης αυτής παρατηρείται στη συμπεριφορά των ζώων καθώς και στη δυνατότητα αναπαραγωγής τους αλλά και τη θνησιμότητα.

Τέλος, οι κραδασμοί που προκαλούνται κυρίως από τον κύκλο προσγείωσης/απογείωσης των αεροσκαφών γίνονται αισθητοί από τους ζωντανούς οργανισμούς του τοπικού οικοσυστήματος. Σε συνδυασμό με τον παραγόμενο θόρυβο διαταράσσονται οι ζωτικές διαδικασίες των άγριων ζώων όπως η επικοινωνία και η αναζήτηση τροφής ωστόσο η επίδραση του παράγοντα αυτού δεν έχει μελετηθεί εκτενώς.

2.7.3. Πρακτικές διαχείρισης

Η αυξημένη παρουσία άγριας ζωής στα αεροδρόμια αποτελεί σύμφωνα με τον Οργανισμό Ασφάλειας της Αεροπορίας της Ευρωπαϊκής Ένωσης (EASA) έναν από τους σημαντικότερους κινδύνους τόσο για την ασφάλεια των πτήσεων και της εκτέλεσης όλων των λειτουργιών ενός αερολιμένα όσο και για την επιβίωση των ειδών. Η σχεδίαση και η εφαρμογή προγράμματος διαχείρισης της πανίδας, και κυρίως των πτηνών, προκειμένου να μειωθούν οι πιθανότητες πρόσκρουσης τους σε αεροσκάφη, τόσο στο χώρο του αεροδρομίου όσο και στην ευρύτερη περιοχή, με μεθόδους που δεν θα έχουν αρνητική επίδραση στη βιοποικιλότητα αποτελεί προτεραιότητα για τους σύγχρονους φορείς διαχείρισης αεροδρομίων. Για παράδειγμα ο Διεθνής Αερολιμένας Αθηνών χρησιμοποιεί παθητικά και ενεργητικά μέτρα με στόχο τη μείωση των κινδύνων από την πανίδα, τα οποία συνάδουν με τα πρότυπα του Διεθνούς Οργανισμού Πολιτικής Αεροπορίας αλλά και τις βέλτιστες διεθνείς πρακτικές για τον έλεγχο της πανίδας [32]. Πιο συγκεκριμένα, τα παθητικά (μακροπρόθεσμα) μέτρα περιλαμβάνουν τον κατάλληλο σχεδιασμό του αεροδρομίου έτσι ώστε τα διαθέσιμα τροφής και νερού αλλά και οι θέσεις φωλεοποίησης να μειωθούν ενώ

πραγματοποιείται συνεχής μελέτη των δραστηριοτήτων της πανίδας με στόχο την κατανόηση των συνηθειών τους και τη διαμόρφωση πολιτικών για την αλλαγή χρήσεων γης εκτός του αεροδρομίου. Τα ενεργητικά μέτρα που στοχεύουν βραχυπρόθεσμη επίλυση των συναφών θεμάτων και ειδικότερα στην απομάκρυνση των ζώων από ευαίσθητες περιοχές του αεροδρομίου περιλαμβάνουν την παραγωγή φυσικών ήχων όπως κραυγές πανικού ή αρπακτικών, την παραγωγή σύντομων δυνατών ήχων π.χ. εκρήξεων, την προσεκτική παγίδευση ζώων και την απελευθέρωση τους σε συνεργασία με συλλόγους προστασίας μακριά από το αεροδρόμιο. Διευκρινίζεται ωστόσο ότι τα μέτρα αυτά είναι πιθανό να προκαλέσουν προσωρινή πίεση και άγχος στα ζώα.

Για να μειώσουν τα διάφορα είδη πτηνών που προσελκύονται από περιοχές πρασίνου εντός του αεροδρομίου οι διαχειριστές του JFK αποφάσισαν την αντικατάσταση του φυσικού γρασιδιού με τεχνητό χλοοτάπητα, πρακτική η οποία είχε και οικονομικά οφέλη αφού απαιτεί σπανιότερη συντήρηση [25]. Παράλληλα, διάφοροι φορείς εκμετάλλευσης αεροδρομίων μισθώνουν εκτάσεις γης για καλλιέργεια σιτηρών, τα οποία αποτελούν πόλο έλξης για είδη άγριας ζωής, αποφεύγοντας έτσι ταυτόχρονα το κόστος εξωραϊσμού του εξωτερικού χώρου αλλά και τους πιθανούς κινδύνους που ελλοχεύει η παρουσία των ζώων εντός του αεροδρομίου [25].

2.8. Σύνοψη

Στη συνέχεια, βάσει της βιβλιογραφικής ανασκόπησης παρατίθενται οι πρακτικές διαχείρισης που συμβάλλουν στην ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων της λειτουργίας των αεροδρομίων και την προώθηση των βέλτιστων περιβαλλοντικών μεθόδων για τη βιωσιμότητά τους .

Πίνακας 2.7.3.1: Βέλτιστες πρακτικές διαχείρισης

Θόρυβος	
1	Εγκατάσταση συστήματος παρακολούθησης θορύβου
2	Εφαρμογή προγράμματος συμμετοχής κοινού
3	Λειτουργία τηλεφωνικής γραμμής/πλατφόρμας παραπόνων
4	Αλλαγή χρήσεων γης
5	Κατασκευαστικές επεμβάσεις
6	Περιορισμός πρόσβασης
7	Διαμόρφωση εναλλακτικών διαδρομών
8	Οικονομικά κίνητρα/Επιβολή τελών
Ποιότητα αέρα	
1	Εφαρμογή προγράμματος παρακολούθησης δεικτών

2	Περιορισμός χρήσης APUs
3	Ρυμούλκηση α/φ
4	Αντικατάσταση εξοπλισμού
5	Κατασκευαστικές επεμβάσεις
6	Οικονομικά κίνητρα/Επιβολή τελών
	Διαχείριση ενέργειας
1	Χρήση συστημάτων ανίχνευσης παρουσίας
2	Χρήση αποδοτικότερου εξοπλισμού
3	Εφαρμογή πρακτικών παθητικής ψύξης /θέρμανσης
4	Χρήση συστημάτων μεταβλητής ροής
5	Χρήση συστημάτων συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας
6	Εισαγωγή συστημάτων εκμετάλλευσης της ηλιακής ενέργειας
7	Εφαρμογή συστήματος διαχείρισης ενέργειας κτιρίου (BEMS)
8	Κατασκευαστικές επεμβάσεις
9	Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων
10	Εγκατάσταση ανεμογεννητριών
	Διαχείριση υδάτινων πόρων
1	Εγκατάσταση μονάδας επεξεργασίας όμβριων υδάτων
2	Διαχωρισμός συστημάτων αποχέτευσης
3	Εγκατάσταση συστήματος επεξεργασίας λυμάτων
4	Χρήση θαλασσινού νερού
5	Εφαρμογή συστήματος παρακολούθησης της ζήτησης του νερού
6	Αντικατάσταση ειδών υγιεινής και εξοπλισμού
	Διαχείριση απορριμμάτων
1	Εφαρμογή συστήματος διαχείρισης απορριμμάτων
2	Εφαρμογή προγράμματος δωρεάς τροφίμων
3	Οικονομικά κίνητρα/Επιβολή τελών
4	Πιστοποιήσεις για σκοπούς marketing
5	Κομποστοποίηση
6	Αποτέφρωση απορριμμάτων (WtE)
	Διαχείριση άγριας ζωής
1	Εφαρμογή προγράμματος διαχείρισης της πανίδας
2	Συνέργεια με τοπικούς συλλόγους
3	Αλλαγή χρήσεων γης
4	Παραγωγή ήχων απομάκρυνσης
5	Παγίδευση ζώων

3. Μελέτη Περίπτωσης

3.1. Εισαγωγή

Το τελευταίο διάστημα ολοένα και συχνότερα ο κλάδος των αερομεταφορών εξετάζει τη στροφή σε εναλλακτικές μορφές ενέργειας με στόχο τη φιλικότερη προς το περιβάλλον λειτουργία. Το Διεθνές Αεροδρόμιο του Pittsburgh είναι ο πρώτος αερολιμένας παγκοσμίως που κατόρθωσε φέτος το καλοκαίρι να ολοκληρώσει και να θέσει σε λειτουργία την κατασκευή ενός δικτύου από πέντε γεννήτριες φυσικού αερίου και σχεδόν 10.000 φωτοβολταϊκά πάνελ, ικανό να παράγει περισσότερα από 20 MW ηλεκτρικής ενέργειας. Η τρέχουσα ζήτηση αιχμής του αεροδρομίου ανέρχεται περίπου στα 14 MW. Αυτή η λύση παρέχει στο αεροδρόμιο συνεχή τροφοδοσία, λιγότερο κόστος ηλεκτρικής ενέργειας ενώ μειώνει τις εκπομπές αέριων ρύπων. Διευκρινίζεται ότι το αεροδρόμιο παραμένει συνδεδεμένο με το δημόσιο ηλεκτρικό δίκτυο ως επιλογή έκτακτης ανάγκης [19].

Στο πλαίσιο αυτό θα πραγματοποιηθεί στο παρόν μέρος της διπλωματικής εργασίας η οικονομοτεχνική ανάλυση της μετατροπής του περιφερειακού αεροδρομίου της Πάρου σε sustainable μέσω της εγκατάστασης ενός αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος με σκοπό την κάλυψη των συνολικών αναγκών του αερολιμένα σε ηλεκτρική ενέργεια. Αρχικά, θα γίνει ανάλυση της αγοράς που ανήκει το αεροδρόμιο αυτό και θα επιχειρηθεί η περιγραφή των εσόδων του. Στη συνέχεια, θα πραγματοποιηθεί αναλυτικός υπολογισμός των εξόδων και του κόστους της επένδυσης για τη μετατροπή του σε βιώσιμο αεροδρόμιο μέσω της εγκατάστασης αυτόνομου φ/β συστήματος και τέλος, θα παρατεθεί η αξιολόγηση της εν λόγω επένδυσης.

3.2. Ανάλυση αγοράς και Μάρκετινγκ

3.2.1. Ορισμός της Αγοράς και Ανάλυση της Δομής της

Οι αερομεταφορές αποτελούν δομικό στοιχείο της παγκόσμιας οικονομίας, καθώς προσφέρουν πλήθος θέσεων εργασίας ενώ παράλληλα συμβάλλουν στην ανάπτυξη του τουρισμού και του εμπορίου. Η συνδεσιμότητα που προσφέρεται σε εθνική, περιφερειακή και διεθνή κλίμακα επιτρέπει την οικονομική και κοινωνική ανάπτυξη, αφού λειτουργεί καθοριστικά στη κοινωνική συνοχή του παγκόσμιου πληθυσμού αλλά και στη δημιουργία επενδύσεων και επιχειρηματικών ευκαιριών. Ως αερομεταφορά ορίζεται η μετακίνηση ανθρώπων ή αγαθών από ένα σημείο σε ένα άλλο με τη χρήση αεροσκάφους ενώ οι πτήσεις διακρίνονται σε εμπορικές (άτομα και αγαθά) και εμπορευματικές (αγαθά). Το σύστημα αεροπορικών μεταφορών σε

διεθνές επίπεδο μπορεί να χαρακτηριστεί ως ένα δίκτυο κόμβων που συνδέονται μέσω των υπηρεσιών αεροπορίας, που προσφέρουν οι αντίστοιχες εταιρείες.

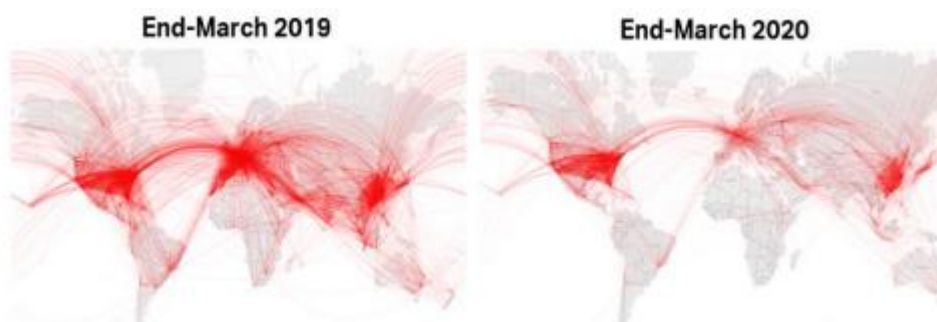
Οι αερομεταφορές προσφέρουν οφέλη στις τοπικές και εθνικές οικονομίες, συμπεριλαμβανομένης της βελτίωσης της ανταγωνιστικότητας και της ενίσχυσης της απασχόλησης αλλά και των ευκαιριών ανάπτυξης. Τα οφέλη αυτά στην οικονομία της χώρας μετρούνται ως άμεση συνεισφορά στο ΑΕΠ, μέσω των κερδών και των δαπανών που πραγματοποιούν οι εταιρείες που δραστηριοποιούνται στον κλάδο. Οι αερομεταφορές διευκολύνουν την παραγωγική ικανότητα μιας οικονομίας, καθιστώντας μακροπρόθεσμα εφικτή την ευημερία, με αποτέλεσμα μια σειρά βελτιωμένων αποτελεσμάτων για καταναλωτές, παραγωγούς και κυβερνητικούς φορείς. Παράλληλα, καθοριστικός είναι ο ρόλος του κλάδου στον τουρισμό, αφού παρατηρείται ότι το 54% των τουριστών διεθνώς ταξιδεύουν αεροπορικά. Η αυξημένη συνδεσιμότητα επιτρέπει επιπρόσθετα την εξαγωγή αγαθών, με αποτέλεσμα την πρόσβαση των παραγωγών σε νέες αγορές καθώς και την εισαγωγή προϊόντων και υπηρεσιών, γεγονός που αυξάνει τον ανταγωνισμό και κατ' επέκταση την αποδοτικότητα των επιχειρήσεων. Το 2019 σχεδόν 61 εκατομμύρια τόνοι αγαθών μεταφέρθηκαν αεροπορικά ενώ παρατηρείται σταδιακά η αύξηση του μεριδίου του αεροπορικού φορτίου στο παγκόσμιο εμπόριο χάρη στην προτίμηση του ηλεκτρονικού εμπορίου τα τελευταία χρόνια [15].

Στην αρχή της λειτουργίας του κλάδου η εποπτεία αυτού ήταν ευθύνη διαφόρων εθνικών αρχών, γεγονός που στην Ευρώπη οδήγησε στη δημιουργία μονοπωλιακών εθνικών αεροπορικών εταιρειών καθώς και αερολιμένων. Σε συνέχεια της Ενιαίας Ευρωπαϊκής Πράξης του 1986 οι εθνικές αγορές αεροπορικών μεταφορών μετατράπηκαν σε μια ανταγωνιστική αγορά μέσα από μία σειρά ρυθμιστικών μέτρων. Πιο συγκεκριμένα, η τρίτη δέσμη του 1992 επέφερε την άρση των τελευταίων εμπορικών περιορισμών στις ευρωπαϊκές μεταφορές, θεσπίζοντας έτσι την Ευρωπαϊκή Ενιαία Αγορά Αερομεταφορών ενώ για πρώτη φορά η έννοια εθνικός αερομεταφορέας αντικαταστάθηκε από την έννοια κοινοτικός. Με τη δημιουργία της Ενιαίας Αγοράς Αερομεταφορών διαμορφώθηκαν κοινοί κανόνες για ίσους όρους ανταγωνισμού καθώς και ένα υψηλό επίπεδο προστασίας των επιβατών. Σήμερα, οι κανόνες της ΕΕ διασφαλίζουν ότι όλοι οι αερομεταφορείς, ευρωπαϊκοί και μη, έχουν τα ίδια δικαιώματα και τις ίδιες ευκαιρίες πρόσβασης σε υπηρεσίες που σχετίζονται με τις αεροπορικές μεταφορές. Όσον αφορά τα ρυθμιστικά όργανα της αγοράς αυτής, ο Διεθνής Οργανισμός Πολιτικής Αεροπορίας είναι υπεύθυνος για τα ελάχιστα πρότυπα ασφαλείας που πρέπει να ακολουθούνται, ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Ασφάλειας της

Αεροπορίας (EASA) σε συνεργασία με την Ευρωπαϊκή Επιτροπή υπαγορεύουν σχετικές ρυθμιστικές διατάξεις και τέλος, σε εθνικό επίπεδο η αρμόδια αρχή είναι η Υπηρεσία Πολιτικής Αεροπορίας, που υπό την εποπτεία του Υπουργείου Υποδομών & Μεταφορών μεριμνά για το εθνικό σύστημα αερομεταφορών [34].

Ιδιαίτερη μνεία πρέπει να γίνει στην επίδραση της COVID-19 στις αερομεταφορές, καθώς τα περιοριστικά μέτρα που ελήφθησαν για την προστασία της δημόσιας υγείας είχε δραματικές επιπτώσεις στην αεροπορία, αφού σε πολλές περιπτώσεις την άνοιξη του 2020 χώρε έκλεισαν τα σύνορα τους. Οι ευρωπαϊκές χώρες παρουσίασαν σημαντικές μειώσεις στα επίπεδα συνδεσιμότητας τον Απρίλιο του 2020 λόγω της πανδημίας, πολλές φορές έως και 90% σε σχέση με την ίδια περίοδο του προηγούμενου έτους. Η αποκατάσταση του κλάδου είναι κρίσιμη για την ανάκαμψη των βασικών οικονομικών ροών, αφού ο τουρισμός, το εμπόριο και οι επενδύσεις βασίζονται στην ταχεία μετακίνηση ανθρώπων και αγαθών.

Εικόνα 3.2.1-Αεροπορικές διαδρομές



Πηγή: IATA Economics using data from FlightRadar24, w/c March 25, 2019

3.2.2. Γενικά Χαρακτηριστικά του Κλάδου

Ένα σύστημα μεταφορών βασίζεται σε υποδομές, μεταφορικά μέσα και επιχειρησιακές διαδικασίες. Δεδομένου ότι οι αερομεταφορές εξυπηρετούν τη μετακίνηση επιβατών και φορτίων από έναν προορισμό σε έναν άλλο, αυτά τα στοιχεία τοποθετούνται στο κέντρο του συστήματος. Ως άμεσα εμπλεκόμενοι φορείς θεωρούνται επίσης οι αεροπορικές εταιρείες και οι εταιρείες επίγειας εξυπηρέτησης, καθώς πρωταγωνιστούν στην υπηρεσία της μεταφοράς. Παράλληλα, στην ανάλυση του κλάδου λαμβάνονται υπόψη τα αεροσκάφη καθώς και τα αεροδρόμια.

Διεθνώς οι αεροπορικές εταιρείες μεταφέρουν συνολικά 3,3 δισεκατομμύρια επιβάτες σε περισσότερες από 50.000 πτήσεις ενώ για τη παροχή των υπηρεσιών αυτών απασχολούνται περίπου 4 εκατομμύρια προσωπικό και χρησιμοποιούνται κατά προσέγγιση 25.000 αεροσκάφη. Τα ετήσια έσοδα των αεροπορικών εταιρειών

σύμφωνα με την IATA ανέρχονται σε 500 δισεκατομμύρια δολάρια. Η υπηρεσία που προσφέρει μια αεροπορική εταιρεία περιγράφεται ως το ταξίδι μεταξύ δύο σημείων ενώ προσφέρονται διάφορες εναλλακτικές της κύριας υπηρεσίας όπως για παράδειγμα η απευθείας πτήση, η πτήση με ενδιάμεσο σταθμό κ.α.. Εξετάζοντας το μέγεθος της αεροπορικής εταιρείας σε όρους μεταφοράς επιβατών, οι μεγαλύτερες αεροπορικές εταιρείες στον κόσμο εξακολουθούν να βρίσκονται στις ΗΠΑ και είναι εκείνες που πραγματοποιούν τις συνολικά μεγαλύτερες παραγγελίες αεροσκαφών. Στα πρώτα στάδια της πολιτικής αεροπορίας και όπως προαναφέρθηκε, οι αερομεταφορές θεωρούνταν μια κρατική υπηρεσία προς όφελος της κοινωνίας με αποτέλεσμα όσες αεροπορικές εταιρείες προέκυψαν αργότερα να ανήκαν και να λειτουργούσαν κρατικά. Σήμερα οι κύριες κατηγορίες αεροπορικών εταιρειών που εξετάζονται είναι οι εξής:

- Αεροπορικές εταιρείες επιβατών (United Airlines)
- Αεροπορικές εταιρείες & εμπορευμάτων (Korean Air)
- Αεροπορικές εταιρείες μεταφοράς εμπορευμάτων (Cargolux)
- Εξειδικευμένοι αερομεταφορείς για ειδικές απαιτήσεις π.χ. βαριά φορτία (Volga-Dnepr Airlines)

Στο παρελθόν δεν ήταν εύκολο κάποια εθνική αεροπορική εταιρεία να λειτουργεί σε άλλη χώρα, όμως με την απελευθέρωση της αγοράς αυτό κατέστη εφικτό, γεγονός που έφερε τη δημιουργία διεθνών συμμαχιών μεταξύ αεροπορικών εταιρειών. Συμμαχίες όπως η StarAlliance, η OneWorld ή η SkyTeam δημιουργήθηκαν σε αυτή τη βάση και επέτρεψαν στις αεροπορικές εταιρείες να αυξήσουν το μερίδιο αγοράς. Ενδεικτικά η μεγαλύτερη βάση επιβατών συμμαχία, η StarAlliance αριθμεί σήμερα 26 αεροπορικές εταιρείες-μέλη, που πραγματοποιούν καθημερινά περίπου 12.000 πτήσεις και εξυπηρετούν σε ετήσια βάση περισσότερους από 700 εκατομμύρια επιβάτες με 5000 αεροσκάφη σε 1.300 αεροδρόμια 197 χωρών.

Οι εταιρείες επίγειας εξυπηρέτησης διαδραματίζουν κομβικό ρόλο στο σύστημα των αερομεταφορών, καθώς πριν ή μετά τη διαδικασία προσαπογείωσης των αεροσκαφών συμβάλλουν στην πραγματοποίηση μια σειράς εργασιών. Έτσι, οι εταιρείες αυτές αναλαμβάνουν την επιβίβαση ή αποβίβαση των επιβατών και των αποσκευών τους και τη μεταφορά τους από ή προς τις πύλες του αεροσταθμού, την τροφοδοσία του αεροσκάφους καθώς και τη διεξαγωγή όλων των απαραίτητων τεχνικών ελέγχων αλλά και κάθε άλλη ενέργεια ώστε το αεροσκάφος να είναι λειτουργικό. Ομοίως οι εταιρείες αυτές είναι υπεύθυνες για την εκφόρτωση και μεταφορά των εμπορευμάτων και του ταχυδρομείου. Οι εταιρείες προσφέρουν ένα

εύρος διαδικασιών με στόχο την καλύτερη εξυπηρέτηση επιβατών και αεροσκαφών και πιο συγκεκριμένα [31]:

- Υπηρεσίες εξυπηρέτησης επιβατών
- Υπηρεσίες αποσκευών
- Υπηρεσίες φορτίου και ταχυδρομείου
- Υπηρεσίες πίστας
- Υπηρεσίες τροφοδοσίας πτήσεων
- Υπηρεσίες καθαρισμού και συντήρησης αεροσκάφους
- Υπηρεσίες καυσίμων
- Συντήρηση αεροσκαφών
- Υπηρεσίες μεταφοράς επί του εδάφους
- Διοικητικές υπηρεσίες

Δομικό χαρακτηριστικό των αερομεταφορών αποτελούν οι αερολιμένες, οι υποδομές δηλαδή που διασφαλίζει την εκτέλεση των εναέριων μεταφορών καθώς και το σύνολο των σχετικών υπηρεσιών. Η υποδομή ενός αεροδρομίου διακρίνεται σε επίγεια και εναέρια. Στην πρώτη κατηγορία ανήκει το κτίριο επιβατών, που εξυπηρετεί τις ανάγκες των διάφορων χρηστών ενός αεροδρομίου, ο πύργος ελέγχου από όπου πραγματοποιείται ο έλεγχος της εναέριας κυκλοφορίας, κάθε άλλο βοηθητικό κτίριο όπως πυροσβεστικός σταθμός καθώς και η περιφερειακή πρόσβαση σε αυτό όπως οι χώροι στάθμευσης αλλά και τα συστήματα διανομής π.χ. για τις αποσκευές. Στη δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνεται το πεδίο ελιγμών, δηλαδή οι διάδρομοι, οι τροχόδρομοι και τα δάπεδα στάθμευσης των αεροσκαφών με τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά τους (ζώνες ασφαλείας, blastpad κ.α.). Μιας και το πεδίο ελιγμών αποτελεί το μεγαλύτερο ποσοστό της έκτασης που καταλαμβάνει ένα αεροδρόμιο, δίνεται προτεραιότητα κατά τη μελέτη και κατασκευή στον ορθό σχεδιασμό αυτού με στόχο την αποτελεσματική λειτουργία του αλλά και τη δυνατότητα μελλοντικής επέκτασης σε περίπτωση αύξησης της ζήτησης στον αερολιμένα.

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι μέτρησης του αντίκτυπου των αερομεταφορών στην οικονομία. Συνήθως εξετάζονται οι θέσεις εργασίας και οι δαπάνες που δημιουργούνται από τις αεροπορικές εταιρείες αλλά και την αλυσίδα εφοδιασμού τους, οι ροές του εμπορίου, του τουρισμού και των επενδύσεων που προκύπτουν από τους χρήστες όλων των αεροπορικών εταιρειών που εξυπηρετούν μια χώρα και οι συνδέσεις ζευγών πόλεων που καθιστούν δυνατές αυτές τις ροές.

Στην Ελλάδα ο κλάδος των αερομεταφορών περιλαμβάνει αεροπορικές εταιρείες, φορείς εκμετάλλευσης αεροδρομίων, επιχειρήσεις στα αεροδρόμια (εστιατόρια και

λιανική πώληση), κατασκευαστές αεροσκαφών και παρόχους υπηρεσιών αεροναυτιλίας που απασχολούν συνολικά 41.000 άτομα. Επιπλέον, αγοράζοντας αγαθά και υπηρεσίες από τοπικούς προμηθευτές ο κλάδος υποστήριξε το 2018 άλλες 19.000 θέσεις εργασίας ενώ προβλέπεται να συμβάλει στη δημιουργία 8.000 επιπρόσθετων θέσεων απασχόλησης. Οι ξένοι τουρίστες που φτάνουν αεροπορικώς στην Ελλάδα, οι οποίοι ξοδεύουν τα χρήματά τους στην τοπική οικονομία, εκτιμάται ότι θα στηρίξουν επιπλέον 388.000 θέσεις εργασίας. Κατά αυτόν τον τρόπο 456.000 θέσεις εργασίας υποστηρίζονται από αεροπορικές μεταφορές και τουρίστες που τις χρησιμοποιούν. Παράλληλα, περίπου το 10% του ελληνικού ΑΕΠ προέρχεται από εισροές του τομέα των αερομεταφορών. Σύμφωνα με τις προβλέψεις της IATA και την τάση που επικρατούσε το 2018 η αγορά των αεροπορικών μεταφορών στην Ελλάδα προβλεπόταν να αναπτυχθεί κατά 33% σε βάθος εικοσαετίας με αποτέλεσμα την προσέλκυση 8,5 εκατομμυρίων επιβατών έως το 2037, γεγονός που ισοδυναμεί με περίπου 26,3 δισεκατομμύρια δολάρια για το ΑΕΠ της χώρα και τη δημιουργία 446.000 θέσεων απασχόλησης. Ωστόσο, στην ανοδική πορεία του κλάδου ο κορωνοϊός και τα μέτρα περιορισμού των κινήσεων διεθνώς για την αποφυγή της διασποράς του επέφεραν αλλαγές στα δεδομένα και τις προβλέψεις [14].

3.2.3. Ανάλυση εγχώριας αγοράς

3.2.3.1. Ανάλυση ζήτησης

Στους πίνακες που ακολουθούν παρατίθεται η κίνηση των επιβατών αλλά και των εμπορευμάτων και του ταχυδρομικού φορτίου ανά αεροδρόμιο της Ελλάδας, σύμφωνα με επίσημα στοιχεία της Υπηρεσίας Πολιτικής Αεροπορίας για τις χρονιές 2019 και 2020. Παρατηρείται ότι τα 5 αεροδρόμια με τη μεγαλύτερη επιβατική κίνηση είναι εκείνα της Αθήνας, της Θεσσαλονίκης, του Ηρακλείου, της Ρόδου και των Χανίων.

Πίνακας 3.2.3.1-Κίνηση ελληνικών αερολιμένων (2019)

Αεροδρόμιο	Επιβάτες		Ταχυδρομείο		Εμπορεύματα	
	Αφίξεις	Αναχωρήσεις	Αφίξεις	Αναχωρήσεις	Αφίξεις	Αναχωρήσεις
Αθήνα	12.805.411	12.681.213	3.926.724	4.280.610	37.699.416	48.091.124
Άκτιο	296.398	291.062				12
Αλεξανδρούπολη	116.590	120.950	5.301	118	129.226	5.097
Άραξος	82,909	82.322				
Αστυπάλαια	7,071	8.190	22.160		12.996	

Ζάκυνθος	852,832	838.687			2.738	
Ηράκλειο	3.896.032	3.927.316	56.842	40.904	580.994	112.607
Θεσσαλονίκη	3.327.578	3.343.629	54.257	56.103	2.376.203	2.065.313
Ικαρία	22.717	25.836	135.580	7.467	21.986	8.367
Ιωάννινα	65.255	68.117		2.262		777
Καβάλα	156.325	151.317	985		97.749	125
Καλαμάτα	163.999	167.893				
Κάλυμνος	3.931	5.268	7.18		3.512	
Κάρπαθος	128.404	130.994	94.589	3.550	53.619	12.508
Κάσος	1.181	1.254	5.160	262	7.437	296
Καστελόριζο	2.774	3.311	11.940	44	1.529	32
Καστοριά	1.863	2.003				
Κέρκυρα	1.561.542	1.553.184	24.618	16.382	128.374	8.190
Κεφαλλονιά	362.208	365.905	2	1	357	78
Κοζάνη	1.886	2.238				
Κύθηρα	19.751	19.833	75.020	3.405	8.583	4.721
Κως	1.278.606	1.267.303	61.338	26.702	197.972	38.353
Λέρος	10.732	12.755	122.310	2.647	16.977	1.770
Λήμνος	50.813	52.802	36.841	19.368	59.255	24.006
Μήλος	37.933	39.694	114.040		31.318	56
Μύκονος	719.547	730.672	17.910	2.195	60.615	7.968
Μυτιλήνη	233,687	238.202	62.105	34.643	197.285	54.552
Νάξος	43.849	48.095	130.010		65	27
Νέα Αγχίαλος	23.928	23.851				
Πάρος	107.173	119.006	2800	15	20.347	
Ρόδος	2.655.784	2.600.237	70.135	24.066	471.034	51.565
Σάμος	217.166	218.760	31.027	18,682	138.973	38.544
Σαντορίνη	1.077.744	1.136.168	35.633	9.211	110.868	8.445
Σητεία	23.234	24.108				
Σκιάθος	198.426	196.247				
Σκύρος	8.033	9.407	15		7.637	
Σύρος	4.980	7.831	4.620		9.419	19
Χανιά	1.430.697	1.407.753	112.455	32.909	221.101	8.756
Χίος	116.301	126,302	34.187	29.595	128.044	31.626

Πηγή: Υ.Π.Α.

Πίνακας 3.2.3.2-Κίνηση ελληνικών αερολιμένων (2020)

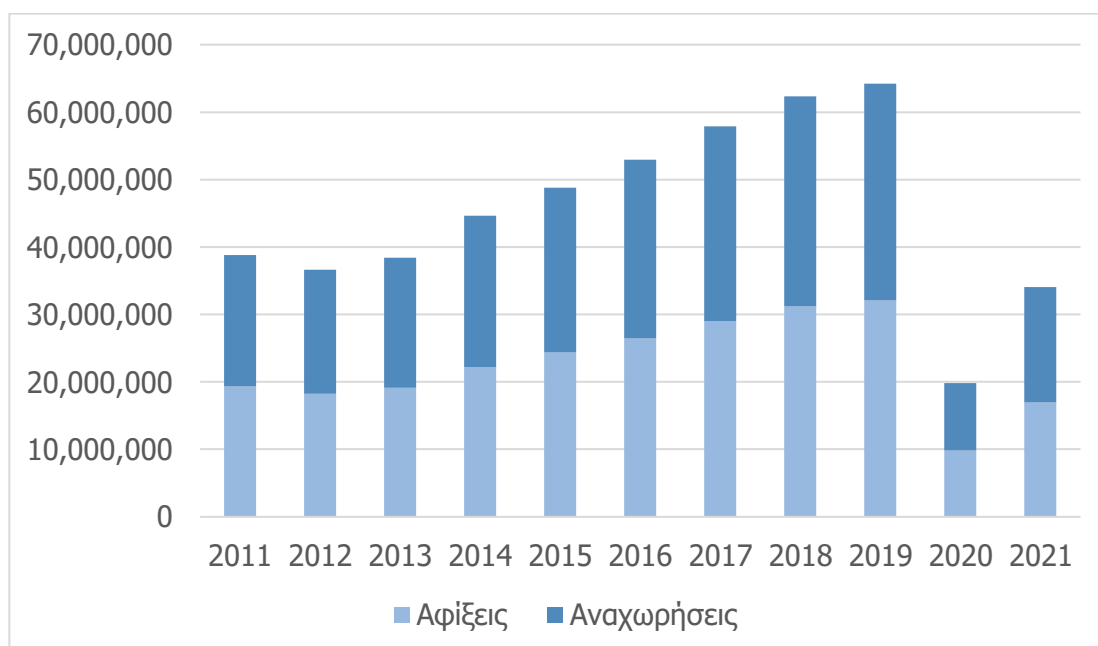
Αεροδρόμιο	Επιβάτες		Ταχυδρομείο		Εμπορεύματα	
	Αφίξεις	Αναχωρήσεις	Αφίξεις	Αναχωρήσεις	Αφίξεις	Αναχωρήσεις
Αθήνα	4.034.254	4.000.334	1.969.444	2.507.772	33.139.961	38.166.190
Άκτιο	79.859	81.221				
Αλεξανδρούπολη	62.699	65.780	4.468		79.797	1.194
Άραξος	14.005	13.943				
Αστυπάλαια	14.096	13.714				
Ζάκυνθος	214.648	215.495				
Ηράκλειο	1.175.813	1.182.688	30.385	7.429	317.753	44.691
Θεσσαλονίκη	1.135.684	1.170.187	32.686	41.793	2.105.294	1.764.261
Ικαρία	11.291	12.497	108.400	7.411	15.616	7.693
Ιωάννινα	17.525	19.199		191		327
Καβάλα	35.873	36.787	1		37.759	21
Καλαμάτα	43.209	43.797				
Κάλυμνος	2.495	3.087	64.110		14.093	
Κάρπαθος	25.379	25.650	92.420	3.292	26.839	11.555
Κάσος	492	606	9.070	375	9.340	520
Καστελόριζο	1.164	1.531	9.560	150	720	
Καστοριά	661	995	50	29	20	40
Κέρκυρα	479.069	481.679	14.075	9.695	44.589	3.987
Κεφαλλονιά	95.358	96.773	73		1.821	316
Κοζάνη	714	869				
Κύθηρα	6.482	7.297	47.220	3.126	8.891	5.304
Κως	398.835	401.522	29.029	11.030	102.877	18.669
Λέρος	5.494	6.450	89.090	2.409	19.237	1.737
Λήμνος	28.816	27.764	30.843	18.755	47.687	23.029
Μήλος	17.383	18.762	92380		20.480	177
Μύκονος	202.664	205.737	18.627	76	24.348	4.050
Μυτιλήνη	100.189	8.892	31.151	44.761	125.748	26.377
Νάξος	25.586	26.859	207.250		6	
Νέα Αγχίαλος	5.174	5.119				
Πάρος	46.685	52.308	9.930		20.347	17
Ρόδος	776.423	37.192	47.038	17.132	270.114	42.920
Σάμος	70.822	72.744	24.072	11.843	111.998	32.691

Σαντορίνη	281.639	288.829	9.985	3.777	46.810	5.145
Σητεία	5.486	5.969				
Σκιάθος	44.399	44.307				
Σκύρος	3.921	4.742		37	6.223	26
Σύρος	2.865	4.496	14.900		26.108	511
Χανιά	350.353	352.700	82.204	19.884	74.995	2.979
Χίος	58.810	63.165	24.608	19.754	102.114	21.762

Πηγή: Υ.Π.Α.

Στο διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζεται το σύνολο της επιβατικής κίνησης στους ελληνικούς αερολιμένες την τελευταία δεκαετία. Στο πέρας των χρόνων παρατηρείται αύξηση τόσο των αφίξεων όσο και των αναχωρήσεων επιβατών με τη μεγαλύτερη ζήτηση να σημειώνεται το 2019 και τη μικρότερη το 2020 εξαιτίας της υγειονομικής κρίσης και της απαγόρευσης των μετακινήσεων που επιβλήθηκαν από την πλειοψηφία των κρατών με στόχο την αποφυγή της διασποράς του κορωνοϊού. Διευκρινίζεται ότι για την επιβατική κίνηση κατά το έτος 2021 δεν έχουν ληφθεί υπόψη τα δεδομένα του Δεκεμβρίου καθώς δεν είναι διαθέσιμα.

Διάγραμμα 3.2.3.1:Συνολική επιβατική κίνηση ελληνικών α/δ (2011-2021)



Πηγή: Υ.Π.Α.

Η Ευρώπη είναι η μεγαλύτερη αγορά επιβατικών ροών από και προς την Ελλάδα, ενώ ακολουθούν η Βόρεια Αμερική και η Μέση Ανατολή. Το 2018 οι αφίξεις από την Ευρώπη ανήλθαν σε 26 εκατομμύρια επιβάτες (92,2% του συνόλου των αφίξεων), 744 χιλιάδες επιβάτες έφτασαν στην Ελλάδα από τη Βόρεια Αμερική (2.6%) και 632

χιλιάδες επιβάτες έφτασαν από τη Μέση Ανατολή (2,2 %). Οι πιο τακτικές αφίξεις επιβατών με απευθείας πτήσεις στην Ελλάδα έχουν τις εξής 5 προελεύσεις:

- Γερμανία
- Ηνωμένο Βασίλειο
- Ιταλία
- Γαλλία
- Κύπρος

Ταυτόχρονα, οι διαδρομές αεροπορικού φορτίου που πραγματοποιούνται τακτικότερα με προορισμό την Ελλάδα, ξεκινούν από τα ακόλουθα 5 κράτη:

- Κατάρ
- Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα
- Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής
- Γερμανία
- Ηνωμένο Βασίλειο

3.2.3.2. Προσδιοριστικοί παράγοντες ζήτησης

Στη ζήτηση για τις αερομεταφορές συμβάλλει πληθώρα παραγόντων και κάθε ένας από αυτούς την επηρεάζει διαφορετικά. Επιπρόσθετα, τα χαρακτηριστικά της ζήτησης διαφέρουν τόσο ως προς το χρόνο όσο και ως προς τον τόπο που εξετάζεται το εκάστοτε προϊόν [36]. Πρώτος προσδιοριστικός παράγοντας για τη ζήτηση των αερομεταφορών στον ελλαδικό χώρο είναι η εποχικότητα. Όπως παρατηρείται στα σχετικά διαγράμματα που ακολουθούν, η ζήτηση για τις αεροπορικές υπηρεσίες αυξάνει τους θερινούς μήνες ενώ περιορίζεται αισθητά τις υπόλοιπες περιόδους ενός έτους. Η τάση αυτή είναι ακόμη πιο εμφανής στους νησιωτικούς προορισμούς, όπου προτιμώνται για λόγους αναψυχής το καλοκαίρι, που η Ελλάδα αποτελεί έναν από τους δημοφιλέστερους προορισμούς παγκοσμίως. Η τάση αυτή αποτυπώνεται ενδεικτικά στην ετήσια κίνηση του αερολιμένα της Πάρου.

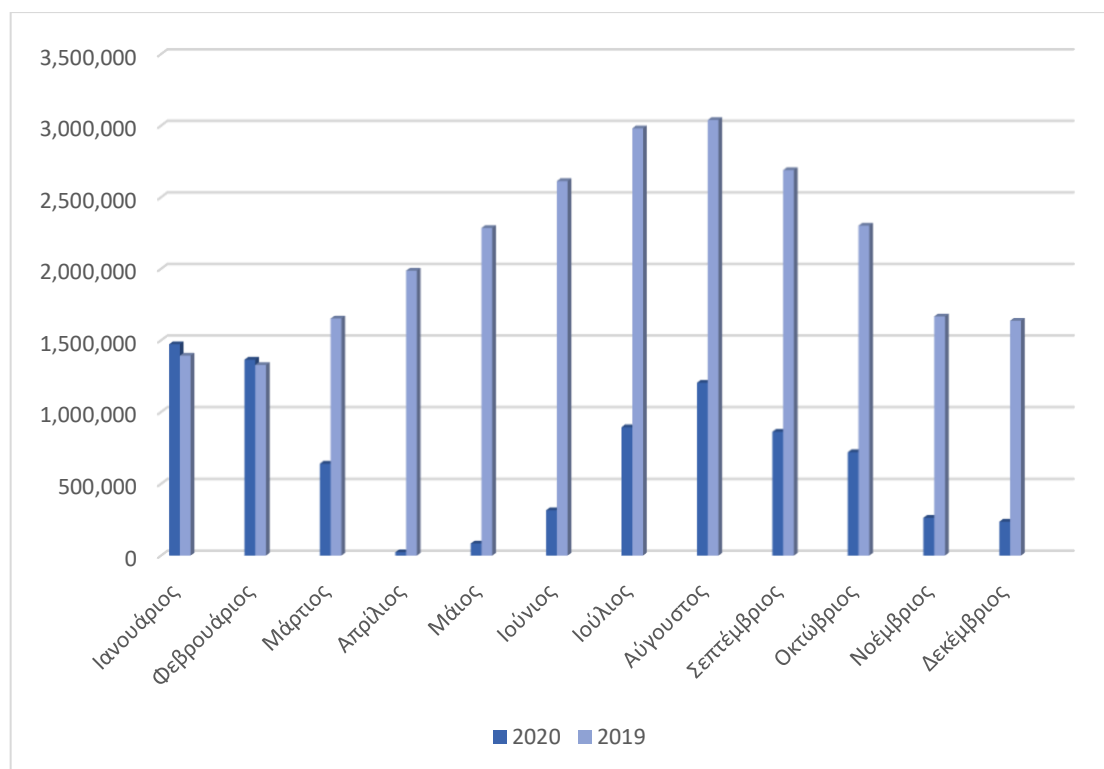
Ένας ακόμη προσδιοριστικός παράγοντας ζήτησης είναι η ποιότητα των υπηρεσιών που προσφέρονται. Οι σύγχρονες υποδομές, η καλύτερη δυνατή συνδεσιμότητα και πρόσβαση αλλά και η αξιοπιστία των αεροπορικών εταιρειών και των άμεσα εμπλεκόμενων μερών συμβάλλουν καθοριστικά στην αύξηση της ζήτησης στις αεροπορικές μεταφορές. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν το νέο αεροδρόμιο της Θεσσαλονίκης, που κατασκευάστηκε στο πλαίσιο του επενδυτικού προγράμματος του φορέα διαχείρισης 14 ελληνικών αεροδρομίων Fraport Greece, καθώς και ο νέος αερολιμένας Πάρου που τέθηκε σε λειτουργία το 2016. Αναφορικά με την Πάρο, μετά την μετεγκατάσταση του αεροδρομίου, ο αριθμός πτήσεων

αυξήθηκε κατά 47,3% ενώ ανοδική πορεία σημειώθηκε και κατά τη διετία 2017-2019 (14,6% μεταξύ 2017-2018 και 7,53% μεταξύ 2018- 2019). Ιδιαίτερη σημασία έχει και ο μέσος αριθμός επιβατών ανά πτήση, διότι υποδεικνύει και το αυξανόμενο μέγεθος των αεροσκαφών αλλά και το βαθμό πληρότητας των πτήσεων (συνδυαζόμενος με το μέγεθος των αεροσκαφών). Έτσι, από το 1994 μέχρι και το 2015 ο μέσος αριθμός επιβατών ανά πτήση κυμαινόταν μεταξύ 19-23 επιβάτες, ενώ το 2016 ήταν 34,3 επιβάτες, το 2017 ήταν 50,3 επιβάτες, το 2018 ήταν 54,9 επιβάτες και το 2019 ήταν 56,35 επιβάτες ανά πτήση.

Επιπρόσθετα, κομβικό ρόλο διαδραματίζει το κόστος της αεροπορικής υπηρεσίας στη ζήτηση αυτής. Ο υψηλός ανταγωνισμός στον κλάδο μεταξύ των αεροπορικών εταιρειών, η αναβάθμιση της τεχνολογίας καθώς και η προσφορά εναλλακτικών διαδρομών αποτελούν μερικά μόνο από τα αίτια της μείωσης των κομίστρων και συνεπώς της αύξησης της αεροπορικής ζήτησης. Ιδιαίτερη αναφορά θα πρέπει να γίνει στη λειτουργία των εταιρειών χαμηλού κόστους, που προσφέρουν μετακινήσεις σε ελκυστικές τιμές, γεγονός που αυξάνει τη δημοφιλία τόσο των ίδιων όσο και των αερομεταφορών. Ενδεικτικά το 2010 που ξεκίνησε η εταιρεία χαμηλού κόστους Ryanair δρομολόγια προς τη Ρόδο παρατηρήθηκε αύξηση της επιβατικής κίνησης. Αντίστοιχα, η διακοπή εκτέλεσης πτήσεων το 2017 από την εταιρεία στο αεροδρόμιο της Κω οδήγησε σε μείωση των αφίξεων.

Τέλος, άμεση επιρροή στην ζήτηση για αερομεταφορές έχουν οι κοινωνικές και πολιτικές εξελίξεις τόσο σε τοπικό επίπεδο όσο και σε διεθνές. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν τόσο η συμφωνία Σένγκεν που διασφαλίζει την ελεύθερη μετακίνηση προσώπων εντός ενός χώρου που απαρτίζεται από 26 ευρωπαϊκές χώρες και επαγωγικά αυξάνει τη ζήτηση όσο και η πανδημία που ξέσπασε το Μάρτιο του 2020, η οποία αποτέλεσε ένα μεγάλο πλήγμα για τον κλάδο μέσω αναστολών των ταξιδιών και ακυρώσεων των πτήσεων για λόγους δημόσιας υγείας, γεγονός που επέφερε τη δραματική μείωση στη ζήτηση. Στο παρακάτω γράφημα αποτυπώνεται η επίδραση της πανδημίας COVID-19 στην επιβατική κίνηση του μεγαλύτερου αεροδρομίου της χώρας, του Διεθνούς Αερολιμένα Αθηνών (Ελευθέριος Βενιζέλος) [31].

Διάγραμμα 3.2.3.2: Επιβατική κίνηση ΔΑΑ (2019-2020)



3.2.3.3. Ανάλυση προσφοράς

Στην Ελλάδα υπάρχουν συνολικά 43 αεροδρόμια, όπως παρουσιάζεται και στον πίνακα που ακολουθεί. Πιο συγκεκριμένα, εντοπίζονται 15 αεροδρόμια διεθνών συγκοινωνιών, 24 αεροδρόμια εσωτερικών συγκοινωνιών και 4 δημοτικοί αερολιμένες. Ωστόσο, 4 από αυτούς βρίσκονται σε αναστολή λειτουργίας. Ο Διεθνής Αερολιμένας Αθηνών που είναι και το μεγαλύτερο αεροδρόμιο της χώρας συνδέεται με 138 αεροδρόμια διεθνώς, λειτουργεί 24 ώρες και θεωρείται το μοναδικό μεσαίο/μεγάλο ευρωπαϊκό αεροδρόμιο «schedule facilitated» χωρίς περιορισμούς χωρητικότητας [31]. Τα ελληνικά αεροδρόμια κατατάσσονται στις ακόλουθες κατηγορίες βάσει των πτήσεων που εξυπηρετούν. Πρωταρχικός παράγοντας για το είδος των πτήσεων (διεθνείς ή εσωτερικές) είναι εκτός της ζήτησης και οι εναέριες υποδομές (διάδρομος) που διαθέτει ο κάθε αερολιμένας.

Πίνακας 3.2.3.3-Ελληνικοί αερολιμένες

Κρατικοί Αερολιμένες
<i>Διεθνών Συγκοινωνιών</i>
Διεθνής Αερολιμένας Αθηνών "ΕΛ. ΒΕΝΙΖΕΛΟΣ" (ΔΑΑ)
Κρατικός Αερολιμένας Θεσσαλονίκης "Μακεδονία" (ΚΑΘΜ)

Κρατικός Αερολιμένας Ρόδου "Διαγόρας" (ΚΑΡΔ)
Κρατικός Αερολιμένας Ηρακλείου "Ν. Καζαντζάκης" (ΚΑΗΚ)
Κρατικός Αερολιμένας Κέρκυρας "Ι. Καποδίστριας" (ΚΑΚΚ)
Κρατικός Αερολιμένας Κω "Ιπποκράτης" (ΚΑΚΩΙ)
Κρατικός Αερολιμένας Αλεξανδρούπολης "Δημόκριτος" (ΚΑΑΛΔ)
Κρατικός Αερολιμένας Μυτιλήνης "Οδ. Ελύτης" (ΚΑΜΤΕ)
Κρατικός Αερολιμένας Λήμνου "Ηφαιστος" (ΚΑΛΜΗ)
Κρατικός Αερολιμένας Χανίων "Ι. Δασκαλογιάννης" (ΚΑΧΝΔ)
Κρατικός Αερολιμένας Κεφαλληνίας (ΚΑΚΦ)
Κρατικός Αερολιμένας Ζακύνθου "Δ. Σολωμός" (ΚΑΖΑΣ)
Κρατικός Αερολιμένας Σάμου "Αρίσταρχος ο Σάμιος" (ΚΑΣΜ)
Κρατικός Αερολιμένας Καβάλας "Μ. Αλέξανδρος" (ΚΑΚΒΑ)
Κρατικός Αερολιμένας Καλαμάτας "Καπετάν Βασ. Κωνσταντακόπουλος" (ΚΑΚΛΚ)
<i>Εσωτερικών Συγκοινωνιών</i>
Κρατικός Αερολιμένας Αστυπάλαιας (ΚΑΠΛ)
Κρατικός Αερολιμένας Ιωαννίνων "Βασιλεύς Πύρρος" (ΚΑΙΩΠ)
Κρατικός Αερολιμένας Χίου "Όμηρος" (ΚΑΧΙΟ)
Κρατικός Αερολιμένας Μυκόνου (ΚΑΜΚ)
Κρατικός Αερολιμένας Σκιάθου "Α. Παπαδιαμάντης" (ΚΑΣΚ)
Κρατικός Αερολιμένας Κοζάνης "Φίλιππος" (ΚΑΚΖΦ)
Κρατικός Αερολιμένας Αγρινίου (ΚΑΑΓ) <i>(υπό αναστολή)</i>
Κρατικός Αερολιμένας Καστοριάς "Αριστοτέλης" (ΚΑΚΤΑ)
Κρατικός Αερολιμένας Καρπάθου (ΚΑΚΠ)
Κρατικός Αερολιμένας Σαντορίνης (ΚΑΣΡ)
Κρατικός Αερολιμένας Κυθήρων "Αλέξανδρος Αριστοτέλους Ωνάσης" (ΚΑΚΘΩ)
Κρατικός Αερολιμένας Μήλου (ΚΑΜΛ)
Κρατικός Αερολιμένας Σκύρου (ΚΑΣΥ)
Κρατικός Αερολιμένας Νέας Αγχιάλου (ΚΑΝΑ)
Κρατικός Αερολιμένας Ακτίου (ΚΑΑΚ)
Κρατικός Αερολιμένας Σπάρτης (ΚΑΣΠ) <i>(Λειτουργία υπό αναστολή)</i>
Κρατικός Αερολιμένας Πάρου (ΚΑΠΑ)
Κρατικός Αερολιμένας Ανδραβίδας (ΚΑΝΔ) <i>(υπό αναστολή)</i>
Κρατικός Αερολιμένας Σύρου "Δημήτριος Βικέλας" (ΚΑΣΟΒ)
Κρατικός Αερολιμένας Αράξου (ΚΑΑΞ)
Κρατικός Αερολιμένας Καστελλίου (ΚΑΤΛ) <i>(υπό αναστολή)</i>
Κρατικός Αερολιμένας Νάξου (ΚΑΝΞ)
Κρατικός Αερολιμένας Καλύμνου (ΚΑΚΜ)
Κρατικός Αερολιμένας Ικαρίας "Ίκαρος" (ΚΑΙΡ)
Δημοτικοί Αερολιμένες
Δημοτικός Αερολιμένας Κάσου (ΔΑΚΑ)

Δημοτικός Αερολιμένας Λέρου (ΔΑΛΕ)

Δημοτικός Αερολιμένας Σητείας (ΔΑΣΤ)

Πηγή: Υ.Π.Α.

Την Ελλάδα με άλλες χώρες συνδέουν μέσω επιβατικών πτήσεων 47 αεροπορικές εταιρείες ενώ δραστηριοποιούνται στη χώρα μας 6 εμπορευματικές αεροπορικές εταιρείες, όπως φαίνεται στους ακόλουθους πίνακες.

Πίνακας 3.2.3.4- Αεροπορικές εταιρείες στην Ελλάδα [31]

Επιβατικές εταιρείες	
Aegean Airlines	Israir Airlines & Tourism
Aeroflot Russian International Airlines	Lufthansa
Air Baltic	MEA
Air Canada	Olympic Air
Air Serbia	Pegasus Airlines
Arkia Israeli Airlines	Qatar Airways
Austrian Airlines	Royal Jordanian
Alitalia	Ryanair
Astra Airlines	Saudi Arabian Airlines
British Airways	Scandinavian Airlines
Bluebird	Scot Tigerpair
Bulgaria Air	Sky Express
Cyprus Airways	Swiss Airlines
Delta Airlines	Tarom Romania
Easyjet Airlines	Transavia Airlines
Egypt Air	Transavia France
El Al Israel Airlines	Turkish Airlines
Ellinair	TUI Airlines
Emirates	TUS Airways
Ethiopian Airlines	Ukraine International Airlines
Etihad	Volotea Airlines
Eurowings	Vueling Airlines
Gulf Air Company	Wizz Air
Iberia Lineas Aereas de Espanas	
Εμπορευματικές εταιρείες	
DHL Aviation	Star Air
FedEx Express	Swiftair Hellas
Epsilon Aviation	TNT Airways

Το Airbus 320 είναι μια ομάδα επιβατικών αεροσκαφών, που κατασκευάζεται από την ομώνυμη εταιρεία και αποτελεί το συνηθέστερο τύπο αεροσκάφους στον Ευρωπαϊκό ουρανό. Αντιπροσωπεύει το 60% των αεροσκαφών που χρησιμοποιούν οι

αεροπορικές εταιρείες μιας και προσφέρει μια σειρά καινοτόμων λειτουργιών. Το Boeing 737 αποτελεί ακόμη ένα συνήθη τύπο αεροσκάφους στενής ατράκτου και μάλιστα τον πιο διαδεδομένο στον κόσμο ενώ για πρώτη φορά χρησιμοποιήθηκε από τη Lufthansa το 1968. Σήμερα περισσότερα από 10.000 τέτοια αεροσκάφη πραγματοποιούν πτήσεις σε τοπικό αλλά και διεθνές επίπεδο και υπάρχουν 3 βασικές εκδοχές: η Original (Αυθεντική), Classic (Κλασσική) και Next-Generation (NG, Επόμενης Γενιάς). Ενδιαφέρον στοιχείο αποτελεί ότι η τεχνολογία αυτού του τύπου αεροσκάφους δε διαθέτει σύστημα απόρριψης καυσίμων σε περίπτωση ανάγκης, με αποτέλεσμα να πραγματοποιούν κύκλους για να κάψουν τα υπάρχοντα αποθέματα. Στην Ελλάδα είναι γνωστά γιατί αποτελούσαν τον κύριο στόλο της Ολυμπιακής. Το καναδικό ελικοφόρο Bombardier Q-400 έχει επιλεγεί από την Olympic Air για πτήσεις εσωτερικού αλλά και για την κάλυψη κοντινών αποστάσεων στο εξωτερικό. Ακόμη μια κατηγορία ελικοφόρων αεροσκαφών που κατασκευάζονται από τον όμιλο ATR είναι τα ATR 42 και 72, με τα νούμερα αυτά να αντιστοιχούν στην χωρητικότητα επιβατών. Η εταιρεία που τα προτιμά περισσότερο ανά τον κόσμο είναι American Eagle Airlines ενώ στην Ελλάδα αποτελούντο βασικό αεροσκάφους για τις πτήσεις που πραγματοποιούνται σε νησιωτικούς προορισμούς.

3.2.4. Γενικά στοιχεία για το α/δ Πάρου

Η Πάρος συνδέεται με την ηπειρωτική χώρα και με το εξωτερικό μέσω θαλάσσης και αεροπορικώς. Ο αριθμός των επιβατών που εξυπηρετούνται μέσω θαλάσσης είναι πολύ μεγαλύτερος από τον αριθμό των επιβατών που εξυπηρετούνται αεροπορικώς. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι το 2018 διακινήθηκαν μέσω του Λιμανιού της Πάρου 1.218.803 επιβάτες, ενώ μέσω αεροδρομίου διακινήθηκαν 204.619 επιβάτες. Επιπλέον η τροφοδοσία του νησιού πραγματοποιείται κυρίως δια θαλάσσης. Επομένως, η θαλάσσια σύνδεση του νησιού είναι ιδιαίτερα σημαντική [36].

Το ευρύτερο αεροπορικό μεταφορικό δίκτυο, στο οποίο εντάσσεται το αεροδρόμιο της Πάρου, περιλαμβάνει τα αεροδρόμια της Αθήνας και (λιγότερο) της Θεσσαλονίκης ως κύρια κέντρα παραγωγής αεροπορικών μετακινήσεων και, εκτός από το αεροδρόμιο της Πάρου, τα λοιπά αεροδρόμια των κοντινών νησιών των Κυκλάδων, ήτοι της Νάξου, της Μυκόνου, της Σύρου και, λίγο πιο μακριά, της Μήλου και της Σαντορίνης. Οι πτήσεις προς και από τα νησιά αυτά πραγματοποιούνται απευθείας από τα αεροδρόμια της Αθήνας και της Θεσσαλονίκης και, κατά πλειοψηφία, δεν περιλαμβάνουν ενδιάμεσα σκέλη. Τα κοντινότερα αεροδρόμια σε αυτό της Πάρου, εντός του νησιωτικού συμπλέγματος των Κυκλάδων, είναι τα αεροδρόμια της Νάξου,

της Μήλου, της Μυκόνου, της Σύρου και της Σαντορίνης. Η απόσταση του αεροδρομίου της Πάρου σε σχέση με τα λοιπά των Κυκλάδων παρουσιάζεται ακολούθως.

Πίνακας 3.2.4.1-Αποστάσεις α/δ Πάρου από κοντινά α/δ

	Νάξος	Σύρος	Μύκονος	Μήλος	Σαντορίνη
Πάρος	24 km	48 km	51 km	67 km	74 km

Επιπρόσθετα, συνοπτικά στοιχεία για τις αποστάσεις, τον χρόνο και το κόστος των απευθείας πτήσεων μεταξύ Κυκλάδων και Αθήνας/Θεσσαλονίκης παρουσιάζονται στον επόμενο πίνακα.

Πίνακας 3.2.4.2-Σύγκριση κόστους και διάρκειας σε α/δ Κυκλάδων

Προέλευση	Προορισμός	Απόσταση(km)	Διάρκεια (λεπτά)	Κόστος	
				Χαμηλή περίοδος	Υψηλή περίοδος
Αθήνα	Πάρος	146	40	από 37€	από 67€
	Νάξος	157	45	από 51€	από 102€
	Σύρος	105	35	από 36€	από 97€
	Μήλος	145	45	από 48€	από 69€
	Μύκονος	135	45	από 48€	από 57€
	Σαντορίνη	217	45	από 39€	από 25€
Θεσσαλονίκη	Πάρος	433	75	-	από 85€
	Νάξος		-	-	-
	Σύρος		-	-	-
	Μύκονος	400	60	-	από 48€
	Σαντορίνη	507	70	-	από 45€

Με εξαίρεση τα αεροδρόμια της Σαντορίνης και της Μυκόνου, που εξυπηρετούν τα τελευταία έτη άνω του 1.000.000 επιβατών, περιλαμβανομένων διεθνών πτήσεων, και της Πάρου, που μετά την κατασκευή του νέου αεροδρομίου, η κίνηση ανήλθε άνω των 100.000 επιβατών, τα λοιπά αεροδρόμια εξυπηρετούν λιγότερο από 100.000 επιβάτες ετησίως, όπως φαίνεται από τα στοιχεία που παρατίθενται στον Πίνακας 3.2.3.1 .

Δεδομένου ότι η αεροπορική κίνηση των νησιών εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τον -εσωτερικό και κυρίως τον διεθνή- τουρισμό, η εποχικότητα της ζήτησης διαδραματίζει πρωταγωνιστικό ρόλο στον προσδιορισμό της όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως [36]. Η τουριστική περίοδος για τον διεθνή τουρισμό εκτείνεται ουσιαστικά από τον Μάιο μέχρι και τον Σεπτέμβριο ενώ για τον εγχώριο τουρισμό η αιχμή είναι τους μήνες Ιούλιο – Αύγουστο, με αποτέλεσμα την μεγάλη αύξηση της κίνησης αυτούς τους μήνες και τη σημαντική μείωση της, τους υπόλοιπους, γεγονός που διαπιστώνεται και στον Πίνακας 3.2.4.3.

Η περιοχή επιρροής ενός αεροδρομίου ορίζεται από τον εξυπηρετούμενο πληθυσμό και τις κοινωνικοοικονομικές δραστηριότητες που «παράγουν» τις μετακινήσεις από και προς αυτήν. Ουσιαστικά είναι η «αγορά», στην οποία απευθύνεται το αεροδρόμιο. Ως εκ τούτου, η περιοχή επιρροής προσδιορίζεται από τις εξής παραμέτρους:

- τον χρόνο μετακίνησης με επιφανειακά (χερσαία) μέσα προς και από το αεροδρόμιο, την ύπαρξη ανταγωνιστικών αεροδρομίων
- τις εναλλακτικές επιλογές της μετακίνησης και τον αντίστοιχο χρόνο και κόστος μετακίνησης (στην περίπτωση των νησιωτικών αεροδρομίων, η δια θαλάσσης σύνδεση),
- την πυκνότητα της σύνδεσης,
- τυχόν αποκλειστικότητα σύνδεσης επιμέρους προορισμών.

Πιο συγκεκριμένα, με βάση τους Κοινοτικούς Κανονισμούς για τις κρατικές ενισχύσεις, ως ζώνη επιρροής αερολιμένα, νοείται ένα όριο γεωγραφικής αγοράς που συνήθως ορίζεται ως ακτίνα περίπου 100km ή απαιτείται διάρκεια μετάβασης περίπου 60 λεπτών με αυτοκίνητο, τρένο ή τρένο μεγάλης ταχύτητας ή λεωφορείο [36]. Από τα παράπανω στοιχεία σχετικά με τη θέση του αεροδρομίου Πάρου στο μεταφορικό σύστημα, τη συσχέτιση του με τα λοιπά αεροδρόμια και τη μορφή του νησιωτικού αεροπορικού συστήματος, συνάγεται ότι η περιοχή επιρροής του εκάστοτε νησιωτικού αεροδρομίου περιλαμβάνει ουσιαστικά μόνο το νησί (ή τα πολύ μικρά παρακείμενα του, στα οποία δεν υπάρχει αεροδρόμιο παρά μόνο θαλάσσια σύνδεση), στο οποίο βρίσκεται. Τα αεροδρόμια αυτά λειτουργούν εξυπηρετώντας ουσιαστικά την «τοπική» κίνηση, που οφείλεται στον τοπικό τουρισμό (η βασική οικονομική δραστηριότητα της περιοχής) και στις μετακινήσεις με προέλευση / προορισμό το ίδιο το νησί. Τα αεροδρόμια των νησιών των Κυκλάδων απέχουν λιγότερο από 100 km μεταξύ τους, ωστόσο πτήσεις από νησί σε νησί δεν υφίστανται (ώστε να συνδέονται αεροπορικά) και η θαλάσσια σύνδεση με την Πάρο είναι μεγαλύτερη των 90 λεπτών με εξαίρεση την Νάξο. Ωστόσο, το αεροδρόμιο της Νάξου έχει λιγότερο συχνές

πτήσεις, δυνατότητες εξυπηρέτησης μικρότερων αεροπλάνων και όσον αφορά στη θαλάσσια σύνδεση είναι ο δεύτερος, μετά την Πάρο, λιμένας που προσεγγίζουν τα πλοία ερχόμενα από τους λιμένες της ηπειρωτικής Ελλάδας. Επομένως, αφενός οι ζώνες επιρροής των νησιωτικών αεροδρομίων δεν επικαλύπτονται και αφετέρου το αεροδρόμιο της Πάρου δε λειτουργεί ανταγωνιστικά προς τα λοιπά αεροδρόμια της ευρύτερης γεωγραφικής περιοχής, στην οποία βρίσκεται.

Θα πρέπει ωστόσο να ληφθεί υπόψη ότι, όπως αποδεικνύεται και από τα μεγέθη της επιβατικής κίνησης, η συχνότητα της θαλάσσιας σύνδεσης, η δυνατότητα εξυπηρέτησης πολύ μεγαλύτερων αριθμών επιβατών σε σχέση με το αεροπλάνο, η δυνατότητα μεταφοράς αυτοκινήτου, οι μεγαλύτερες ταχύτητες των πλοίων, οι οποίες έχουν μειώσει τον χρόνο μετακίνησης σε συνδυασμό με το χαμηλότερο κόστος του εισιτηρίου σε σχέση με το αεροπορικό εισιτήριο, καθιστούν την ελκυστικότητα της θαλάσσιας σύνδεσης ιδιαίτερα ανθεκτική. Από το συνδυασμό όλων των παραπάνω στοιχείων (σύγκριση της μορφής του μεταφορικού δικτύου, της κίνησης, της συχνότητας της μεταφορικής εξυπηρέτησης και του κόστους κάθε εναλλακτικής), προκύπτει ότι το αεροδρόμιο της Πάρου δεν είναι ανταγωνιστικό ούτε ως προς τη θαλάσσια σύνδεση του νησιού με την ηπειρωτική χώρα. Αντιθέτως, λειτουργεί μάλλον σε συνέργεια και ανακουφιστικά ως προς τη, συνεχώς αυξανόμενη, ακτοπλοϊκή κίνηση εξυπηρετώντας την αυξανόμενη τουριστική κίνηση του νησιού. Επισημαίνεται ότι στοιχεία για τη συνέργεια μεταξύ αεροπορικής και θαλάσσιας συγκοινωνίας σε δια-νησιωτικό επίπεδο (π.χ. ο αριθμός των επιβατών που καταφθάνουν στην Πάρο ή σε κάποιο άλλο νησί αεροπορικώς, συνεχίζουν το ταξίδι τους σε άλλο νησί μέσω θαλάσσης) δεν υφίστανται [36].

3.2.4.1. Ζήτηση

Από τα στατιστικά στοιχεία για την μηνιαία κίνηση, όπως παρουσιάζονται και στον ακόλουθο πίνακα, αποδεικνύεται ο εποχικός χαρακτήρας του αεροδρομίου και η σύνδεση του με τον τουριστικό χαρακτήρα του νησιού. από το 2016 και μετά, το μεγαλύτερο ποσοστό της αυξημένης κίνησης σημειώθηκε κατά τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο και λιγότερο τους κατά τους μήνες Ιούνιο και Σεπτέμβριο. Μεταξύ 2017-2019 περίπου το 41%-42% της κίνησης σημειώνεται κατά τον Ιούλιο και τον Αύγουστο, το 35%-36% της κίνησης κατά τον Μάιο, Ιούνιο και το Σεπτέμβριο, ενώ τους υπόλοιπους μήνες του χρόνου, η κίνηση ανέρχεται κατά μέσο όρο στο 23% της συνολικής ετήσιας κίνησης.

Πίνακας 3.2.4.3-Μηνιαία επιβατική κίνηση α/δ Πάρου

	2016	2017	2018	2019
Ιανουάριος - Απρίλιος	8.533	18.028	23.287	25.648
Μάιος	1.825	5.667	7.084	8.530
Ιούνιος	1.716	10.370	13.178	16.545
Ιούλιος	3.166	16.811	21.094	23.241
Αύγουστος	9.675	18.653	23.476	25.009
Σεπτέμβριος	7.579	14.083	16.767	17.674
Οκτώβριος- Δεκέμβριος	14.954	21.054	24.266	24.604

Πηγή: Υ.Π.Α.

Η εποχικότητα των πτήσεων προφανώς ακολουθεί την εποχικότητα της επιβατικής κίνησης. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι πτήσεις ανά μήνα για τα έτη πριν την πανδημία του κορωνοϊού. Όπως φαίνεται από τα στοιχεία του πίνακα, η εποχικότητα της κίνησης μετά το 2016 αυξήθηκε. Έτσι, από το 2017 και μετά το μεγαλύτερο ποσοστό της κίνησης παρουσιάζεται κατά τους καλοκαιρινούς μήνες και τον Σεπτέμβριο, καταδεικνύοντας έτσι τη συμβολή του αεροδρομίου στην εξυπηρέτηση της τουριστικής κίνησης του νησιού [36].

Πίνακας 3.2.4.4-Μηνιαίος αριθμός πτήσεων και ποσοστό επί του συνόλου για το α/δ Πάρου

	2016	2017	2018	2019	2016	2017	2018	2019
Ιανουάριος	116	108	106	122	5,39%	3,34%	2,86%	3,06%
Φεβρουάριος	106	100	96	112	4,92%	3,09%	2,59%	2,81%
Μάρτιος	132	120	120	128	6,13%	3,71%	3,24%	3,21%
Απρίλιος	228	192	183	234	10,59%	5,94%	4,94%	5,87%
Μάιος	246	208	245	314	11,43%	6,43%	6,62%	7,88%
Ιούνιος	242	400	536	606	11,24%	12,37%	14,48%	15,21%
Ιούλιος	256	576	652	714	11,89%	17,81%	17,62%	17,92%
Αύγουστος	269	592	708	730	12,49%	18,31%	19,13%	18,32%
Σεπτέμβριος	204	444	504	522	9,48%	13,73%	13,62%	13,10%
Οκτώβριος	142	268	274	272	6,60%	8,29%	7,40%	6,83%
Νοέμβριος	102	122	149	130	4,74%	3,77%	4,03%	3,26%
Δεκέμβριος	110	104	128	100	5,11%	3,22%	3,46%	2,51%

Πηγή: Υ.Π.Α.

Οι προβλέψεις της ζήτησης του αερομεταφορικού έργου βασίζονται στα ιστορικά στοιχεία της κίνησης ανά έτος και ανά μήνα, δεδομένου ότι οι τάσεις εξέλιξης είναι

διαφορετικές εντός του έτους. Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζεται η εξέλιξη της επιβατικής κίνησης ανά έτος ενός στο παράρτημα παρατίθεται η πρόβλεψη της κίνησης αυτής ανά μήνα και έτος. Διευκρινίζεται ότι ως έτος αναφοράς λαμβάνεται το 2019 ενώ στον πίνακα παρουσιάζονται οι προβλέψεις για το 2020 και 2021, χωρίς να λαμβάνεται υπόψη η πραγματική κίνηση των ετών αυτών, καθώς ο αστάθμητος παράγοντας της πανδημίας έπληξε τον κλάδο των αερομεταφορών και περιόρισε αισθητά τον αριθμός των πτήσεων.

Πίνακας 3.2.4.5-Προβλέψεις επιβατικής κίνησης α/δ Πάρου

Έτος	Αφίξεις	Αναχωρήσεις	Σύνολο έτους
2019	107.173	119.006	226.179
2020	115.999	131.655	247.654
2021	121.587	137.996	259.583
2022	127.329	144.499	271.828
2023	133.013	150.654	283.423
2024	137.176	155.667	292.843
2025	149.336	150.247	299.583
2026	152.607	153.575	306.182
2027	155.835	156.858	312.693

3.2.5. Marketing

Στο πλαίσιο της διαφήμισης της πρωτοβουλίας του φορέα διαχείρισης του αερολιμένα της Πάρου για τη μετατροπή του σε βιώσιμο, θα πραγματοποιηθεί σχετική καμπάνια ενημέρωσης. Η διαφημιστική εκστρατεία στοχεύει τόσο στην πληροφόρηση του κοινού για τις νέες τεχνολογίες που εφαρμόζονται στο περιφερειακό αεροδρόμιο όσο και στην προώθηση της κρατικής ενέργειας με σκοπό την προσέλκυση επενδύσεων για την υιοθέτηση βιώσιμων πρακτικών και στα υπόλοιπα αεροδρόμια που διαχειρίζεται το ελληνικό δημόσιο χωρίς την επιβάρυνση του κρατικού προϋπολογισμού.

Για το σκοπό αυτό θα συναφθεί σύμβαση με ιδιωτική διαφημιστική εταιρεία με τη διαδικασία της απευθείας ανάθεσης. Η εταιρεία αυτή θα είναι αρμόδια για τα κάτωθι:

- Διαμόρφωση διαφήμισης μέσω Google AdWords
- Δημιουργία περιεχομένου για social media
- Παρακολούθηση επιδόσεων

Η εταιρεία προσφέρει αυτό το πακέτο υπηρεσιών έναντι του ποσού των 800€/μήνα για τα πρώτα 2 χρόνια της λειτουργίας του αεροδρομίου βάσει της συναφθείσας σύμβασης. Συνεπώς, τα έξοδα marketing ανέρχονται συνολικά στα 19.200€.

3.2.6. Υπολογισμός εσόδων

Τα έσοδα ενός περιφερειακού αεροδρομίου διακρίνονται στις εξής κατηγορίες [36]:

- Τέλη Χρήσης Αερολιμένα (ΤΧΑ), που επιβάλλονται στα αεροσκάφη
- Τέλη Εκσυγχρονισμού και Ανάπτυξης Αεροδρομίων (ΤΕΑΑ), που επιβάλλονται σε επιβάτες
- Μισθώσεις χώρων του αερολιμένα
- Διάφορα άλλα, όπως έσοδα από παράβολα, καταπτώσεις εγγυητικών, αεροναυτικές εκδόσεις κ.α.

Αναλυτικότερα, τα Τέλη Χρήσης Αερολιμένα (ΤΧΑ) χαρακτηρίζονται ως ανταποδοτικά τέλη και αποτελούνται από τα τέλη Προσγείωσης και τα τέλη παραμονής. Επιβάλλονται σε αεροσκάφη που εκτελούν είτε επιβατικές είτε εμπορικές πτήσεις με σκοπό την κάλυψη των προσφερόμενων υπηρεσιών κατά την προσαπογείωση τους και την παραμονή τους στο αεροδρόμιο. Η χρέωση των τελών προσγείωσης είναι ανάλογη του μέγιστου επιτρεπτού βάρους απογείωσης του κάθε α/φ (Maximum Take-Off Weight - MTOW) ενώ η χρέωση των τελών απογείωσης πέραν του βάρους αυτού λαμβάνει υπόψη και τις ώρες παραμονής του α/φ στον αερολιμένα. Σημειώνεται ότι οι πρώτες δύο ώρες παραμονής είναι δωρεάν. Ωστόσο, όσον αφορά το αεροδρόμιο της Πάρου οι τακτικές πτήσεις δεν παραμένουν στον αερολιμένα, δεδομένης της μικρής χωρητικότητας του δαπέδου στάθμευσης καθώς και της αδυναμίας ανεφοδιασμού των αεροσκαφών, επομένως τα σχετικά τέλη παραμονής θα αποτελούν ελάχιστο ή και μηδενικό ποσοστό των συνολικών εσόδων. Παράλληλα, ισχύουν επιπρόσθετες χρεώσεις ή εκπτώσεις όπως οι ακόλουθες:

- Για τις προσγειώσεις ή απογειώσεις αεροσκαφών που πραγματοποιούνται κατά το χρονικό διάστημα από 30 λεπτά μετά τη δύση του ηλίου μέχρι και τριάντα 30 λεπτά πριν την ανατολή του, υπολογίζεται επιβάρυνση 40% στο ποσό του τέλους προσγείωσης, ως προσαύξηση νυκτερινής απασχόλησης.
- Για τις προσγειώσεις αεροσκαφών που πραγματοποιούνται κατά τους μήνες Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο και Σεπτέμβριο και κατά το χρονικό διάστημα από τις 11.00 έως και 17.00 τοπική ώρα, υπολογίζεται επιβάρυνση 25% στο ποσό του τέλους προσγείωσης, ως προσαύξηση απασχόλησης χρόνου αιχμής θερινής περιόδου.
- Αν οι δύο προηγούμενες περιπτώσεις ισχύουν ταυτόχρονα, κάθε προσαύξηση υπολογίζεται επί της βασικής χρέωσης και οι προσαυξήσεις προστίθενται.
- Για την χρονική περίοδο από την 1η Οκτωβρίου έως την 31η Μαρτίου εκάστου έτους ισχύει έκπτωση 50% στα τέλη προσγείωσης, απογείωσης.

Δεδομένης της πολυπλοκότητας των χρεώσεων και των εκπώσεων/προσαυξήσεων του ΤΧΑ, ο ακριβής υπολογισμός των εσόδων ανά αεροσκάφος, απαιτεί λεπτομερή στοιχεία που δεν είναι διαθέσιμα.

Τα Τέλη Εκσυγχρονισμού και Ανάπτυξης Αεροδρομίων, χρεώνονται σε όλους τους επιβάτες άνω των δύο ετών που αναχωρούν από όλους τους ελληνικούς αερολιμένες, σύμφωνα με το Άρθρο 52 Ν. 4465/2017. Μέχρι την 1/11/2024 το τέλος ανέρχεται σε 12€ ανά αναχωρούντα επιβάτη ενώ μετά την ημερομηνία αυτή , το τέλος θα ανέρχεται σε 3€ ανά αναχωρούντα επιβάτη.

Ακόμη τα έσοδα που αφορούν στις μισθώσεις χώρων του αεροδρομίου σχετίζονται με την άσκηση του δικαιώματος λειτουργίας εκμεταλλεύσεων (π.χ κυλικείων, ενοικίασης Ι.Χ. αυτοκινήτων, τουριστικών γραφείων) σε φυσικά ή νομικά πρόσωπα κατόπιν διαγωνισμού και της μετέπειτα σύναψης σχετικού συμφωνητικού συνήθως διάρκειας 3 ετών. Τα μισθώματα διαμορφώνονται σύμφωνα με το αποτέλεσμα του διαγωνισμού αναπροσαρμοζόμενα τον δεύτερο και τρίτο χρόνο κατά 10%. Ειδική κατηγορία εκμεταλλεύσεων αποτελούν τα Καταστήματα Αφορολογήτων Ειδών (Κ.Α.Ε.), που ανήκουν στο Υπουργείο Οικονομικών. Η ΥΠΑ δικαιούται το 5% επί των ακαθαρίστων εισπράξεων των καταστημάτων αυτών. Τέλος, πραγματοποιούνται μισθώσεις χώρων σε αεροπορικές εταιρείες, εταιρείας καυσίμων κ.α., περίπτωση κατά την οποία τα μισθώματα διαμορφώνονται σύμφωνα με την κατηγορία του χώρου και την κλάση του αερολιμένα. Εν προκειμένω, ο αερολιμένας Πάρου δεν διαθέτει ΚΑΕ και οι χώροι που διατίθενται προς μίσθωση είναι ένα κυλικείο – εστιατόριο, ένας χώρος ΑΤΜ, δύο γραφεία ενοικίασης αυτοκινήτων, ένα κατάστημα τουριστικών ειδών και 10 θέσεις στάθμευσης ενοικιαζόμενων αυτοκινήτων.

Τέλος, τα λοιπά έσοδα αφορούν παράβολα, πρόστιμα, δίδακτρα παρακολούθησης επιμορφωτικών σεμιναρίων κ.α. ενώ βάσει των διαθέσιμων στοιχείων αποτελούν κατά προσέγγιση το 8% έως 13%. Στον κάτωθι πίνακα παρουσιάζονται τα έσοδα του αεροδρομίου κατά το έτος 2018 [36].

Πίνακας 3.2.6.1-Έσοδα α/δ Πάρου (2018)

Τέλη Χρήσης Αερολιμένα (ΤΧΑ)	124.103€
Τέλη Εκσυγχρονισμού και Ανάπτυξης Αεροδρομίων (ΤΕΑΑ)	498.706€
Μισθώσεις κτιρίων	274.366€
Άλλα έσοδα	139.301€
Σύνολο	1.036.206€

Λόγω της πολυπλοκότητας των χρεώσεων και των εκπτώσεων/προσαυξήσεων των ΤΧΑ, ανάγουμε το ποσό των εσόδων αυτών ανά αεροσκάφος. Έτσι, σύμφωνα με την κίνηση των α/φ στον αερολιμένα για το έτος των διαθέσιμων εσόδων, που ισούται με 3.704, διαπιστώνεται ότι το τέλος χρήσης αερολιμένα ανέρχεται σε 33,50 €/αεροσκάφος. Επιπρόσθετα, μιας και δεν υπάρχουν δεδομένα για τις συνθήκες μίσθωσης των χώρων του αερολιμένα, κάνουμε παραδοχή ότι παραμένουν σταθερά ενώ τα λοιπά έσοδα ορίζονται ως το 10% των εσόδων. Έτσι, για το χρονικό ορίζοντα της παρούσας ανάλυσης προβλέπονται τα ακόλουθα έσοδα.

Πίνακας 3.2.6.2-Προβλέψεις TAX

Έτος	Πλήθος α/φ	Έσοδα
2023	5001	167.533,50 €
2024	5168	173.128,00 €
2025	4976	166.696,00 €
2026	5091	170.548,50 €
2027	5204	174.334,00 €

Πίνακας 3.2.6.3-Προβλέψεις ΤΕΑΑ

Έτος	Επιβάτες αναχωρούντες	Έσοδα
2023	150654	1.705.408€
2024	155667	1.762.156€
2025	150247	450.740€
2026	153575	460.725€
2027	156858	470.574€

Πίνακας 3.2.6.4-Προβλέψεις συνολικών εσόδων

Έτος	ΤΕΑΑ	ΤΧΑ	Μισθώσεις	Λοιπά	Σύνολο
2023	1.705.408,00 €	167.533,50 €	274.366,00 €	238.589,72 €	2.385.897,22 €
2024	1.762.156,00 €	173.128,00 €	274.366,00 €	245.516,67 €	2.455.166,67 €
2025	450.740,00 €	166.696,00 €	274.366,00 €	99.089,11 €	990.891,11 €
2026	460.725,00 €	170.548,50 €	274.366,00 €	100.626,61 €	1.006.266,11 €
2027	470.574,00 €	174.334,00 €	274.366,00 €	102.141,56 €	1.021.415,56 €

3.3. Έξοδα και Κόστος επένδυσης

3.3.1. Γενικά

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα λειτουργούν βάσει του ομώνυμου φαινομένου κατά το οποίο δύο υλικά με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά όταν βρεθούν σε επαφή και εν

συνεχία εκτεθούν σε ηλιακή ακτινοβολία παράγουν ηλεκτρικό ρεύμα. Οι επαφές αυτές αποτελούν τα φ/β στοιχεία, τα οποία συνδέονται και απαρτίζουν τα πλαίσια. Τα πλαίσια με τη σειρά τους συναρμολογούνται και διαμορφώνονται ως ενιαία κατασκευή που ονομάζεται πάνελ ενώ μια ομάδα από πλαίσια ή πάνελ που τοποθετούνται με κοινή στήριξη αποτελούν τις συστοιχίες. Το ρεύμα που παράγεται για να είναι σε χρησιμοποιούμενη μορφή μετατρέπεται μέσω κατάλληλων διατάξεων, τους αντιστροφείς. Η λειτουργία των συστημάτων αυτών δε ρυπαίνει το περιβάλλον ενώ μπορούν να λειτουργήσουν αυτόνομα χωρίς την παρουσία χειριστή καθώς και να εγκατασταθούν σε απομονωμένες περιοχές όπου δεν υπάρχει δυνατότητα διασύνδεσης στο δίκτυο της ΔΕΗ. Επιπρόσθετα, οι καιρικές συνθήκες δεν επηρεάζουν τη λειτουργία τους ενώ η διάρκεια ζωής τους ανέρχεται σε 20 με 30 χρόνια.

Τα φ/β συστήματα διακρίνονται σε αυτόνομα και σε διασυνδεδεμένα. Η πρώτη κατηγορία δεν απαιτεί διασύνδεση στο δημόσιο δίκτυο για να λειτουργήσει. Σε περίπτωση απουσίας ήλιου οι συσσωρευτές τροφοδοτούν με ηλεκτρική ενέργεια, την οποία έχουν αποθηκεύσει προγενέστερα και για αυτό το λόγο τα συστήματα αυτά χαρακτηρίζονται και ως συστήματα αποθήκευσης. Η δεύτερη κατηγορία φ/β συστημάτων, που χρησιμοποιείται ευρέως είναι οι διασυνδεδεμένες μονάδες, στις οποίες όλη η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια τροφοδοτείται στο δίκτυο. Στην κατηγορία αυτή εντάσσονται δύο υποπεριπτώσεις, εκείνοι που χρησιμοποιούν για ίδια κατανάλωση την παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια και σε περιπτώσεις έλλειψης τροφοδοτούνται από το δίκτυο κοινής ωφέλειας καθώς και εκείνοι που παράγουν ενέργεια η οποία τροφοδοτείται στο κεντρικό δίκτυο και στη συνέχεια διανέμεται στους καταναλωτές.

Αν και τα διασυνδεδεμένα συστήματα αποτελούν ενδεχομένως μια καλύτερη επιλογή βάσει της απεριόριστης δυνατότητας αποθήκευσης που διαθέτουν στο δίκτυο έναντι των μπαταριών ενός αυτόνομου συστήματος, στη συγκεκριμένη μελέτη περίπτωσης θα εξεταστεί η απόδοση της επένδυσης εγκατάστασης ενός αυτόνομου φ/β συστήματος στο περιφερειακό αεροδρόμιο της Πάρου με στόχο την κάλυψη του συνόλου των αναγκών του αερολιμένα σε ηλεκτρική ενέργεια. Το ύψος των αναγκών αυτών καθώς και οι κλιματικές συνθήκες στην τοποθεσία αποτελούν ευκαιρία για αξιολόγηση μιας τέτοιας επενδυτικής απόφασης που θα συμβάλλει στην αναγωγή του αερολιμένα σε sustainable, αφού θα καλύπτει μέσω της ηλιακής ενέργειας την ηλεκτρική ενέργεια που απαιτείται για τη λειτουργία του.

3.3.2. Πρώτες ύλες και εφόδια

Στην κατηγορία των α' υλών και εφοδίων που είναι απαραίτητα για τη λειτουργία του αεροδρομίου περιλαμβάνονται οι δαπάνες ενέργειας που πραγματοποιούνται με σκοπό τη διασφάλιση της εύρυθμης εκτέλεσης όλων των διαδικασιών, έξοδα προμήθευσης καυσίμων, οι δαπάνες ύδρευσης και αποχέτευσης αλλά και της προμήθειας διάφορων αναλώσιμων ειδών. Αν και μέρος των δαπανών αυτών είναι σταθερό και δεν εξαρτάται από τη μεταβολή της επιβατικής κίνησης, η αναγωγή των εξόδων για πρώτες ύλες και εφόδια ανά επιβάτη είναι η ασφαλέστερη, βάσει δεδομένων, παραδοχή. Στον πίνακα που ακολουθεί παρατίθενται τα στοιχεία για τις συγκεκριμένες δαπάνες του αεροδρομίου για το έτος 2015 σύμφωνα με το Εθνικό Σχέδιο Μεταφορών Ελλάδος [36], μιας και τα έξοδα όλων των κρατικών αερολιμένων πιστώνονται σε ενιαίο λογαριασμό με αποτέλεσμα να μην υπάρχουν λεπτομερέστερες αναφορές επι αυτών. Διαπιστώνεται ότι τα σχετικά έξοδα ανά επιβάτη ισούνται με 0,30 €, λαμβάνοντας υπόψη την αντίστοιχη επιβατική κίνηση που ανήλθε σε 43.182 επιβάτες.

Πίνακας 3.3.2.1-Λειτουργικά έξοδα

Αναλώσιμα	7.499,31 €
Ύδρευση - αποχέτευση	498,00 €
Καύσιμα	4.973,30 €
Σύνολο	12.970,61 €

Διευκρινίζεται ότι το κόστος για ηλεκτρική ενέργεια εκείνο το έτος ανερχόταν σε 15.279,22 € ωστόσο πλέον θεωρείται μηδενικό, αφού το επενδυτικό σχέδιο που εξετάζουμε προωθεί την κατασκευή αυτόνομου φ/β συστήματος μέσω του οποίου θα γίνεται η κάλυψη των αναγκών του αεροδρομίου σε ρεύμα. Στον επόμενο πίνακα πραγματοποιείται η πρόβλεψη των σχετικών εξόδων του αερολιμένα βάσει της προβλεπόμενης επιβατικής κίνησης.

Πίνακας 3.3.2.2-Προβλέψεις εξόδων

Έτος	Επιβατική Κίνηση	Έξοδα α' υλών & εφοδίων
2023	283.423	85.026,90 €
2024	292.843	87.852,90 €
2025	299.583	89.874,90 €
2026	306.182	91.854,60 €
2027	312.693	93.807,90 €

3.3.3. Μηχανολογικός εξοπλισμός και τεχνολογία

3.3.3.1. Επιλογή εξοπλισμού

Όπως αναφέρθηκε και στην εισαγωγή, τα αυτόνομα φ/β συστήματα είναι μονάδες που παράγουν ηλεκτρική ενέργεια μέσω της ηλιακής χωρίς να απαιτείται η σύνδεση τους στο δίκτυο ηλεκτροδότησης. Κατά την εγκατάσταση ενός φ/β συστήματος τα απαραίτητα προς προμήθεια μέρη είναι τα εξής:

- Πάνελ
- Συσσωρευτής (μπαταρία)
- Αντιστροφάς (inverter)
- Ρυθμιστής φόρτισης
- Στηρίξεις

Τα φ/β πάνελ αποτελούνται κατά κύριο λόγο από πυρίτιο (Si) και διακρίνονται σε πλαίσια μονοκρυσταλλικού, πολυκρυσταλλικού ή άμορφου πυριτίου και σε υβριδικά. Οι συσσωρευτές αποθηκεύουν ενέργεια όταν καλύπτεται η ζήτηση, ενώ σε κάθε άλλη χρονική στιγμή εκφορτίζονται. Οι αντιστροφείς (inverter) διοχετεύουν την παραγόμενη ενέργεια είτε στο δίκτυο είτε στον καταναλωτή ενώ οι ρυθμιστές φόρτισης είναι ένα εργαλείο προστασίας των συσσωρευτών.

Ο εξοπλισμός θα αγοραστεί βάσει της ετήσιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στο αεροδρόμιο της Πάρου για την κάλυψη των αναγκών του. Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζεται η μηνιαία κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για το 2017.

Πίνακας 3.3.3.1-Μηνιαία κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (2017)

Μήνας	Ηλεκτρική ενέργεια (KWh)
Ιανουάριος	16.880
Φεβρουάριος	15.200
Μάρτιος	11.520
Απρίλιος	16.160
Μάιος	14.400
Ιούνιος	19.860
Ιούλιος	21.280
Αύγουστος	21.040
Σεπτέμβριος	22.960
Οκτώβριος	14.080
Νοέμβριος	13.680
Δεκέμβριος	12.000
Σύνολο	198.880

Ανηγγμένη ανά επιβάτη η κατανάλωση ανέρχεται σε 1,2 KWh/επιβάτες. Βάσει του Πίνακα 3.2.4.5 οι προβλέψεις για τα επόμενα 5 έτη λειτουργίας του αεροδρομίου, διάστημα που ορίζεται ως χρονικός ορίζοντας της ανάλυσης, η ετήσια προβλεπόμενη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας παρουσιάζεται στον ακόλουθο πίνακα.

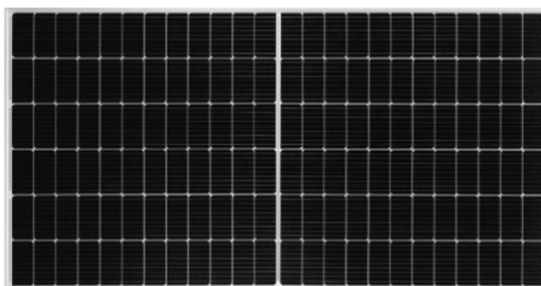
Πίνακας 3.3.3.2-Προβλέψεις κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας

Έτος	Σύνολο επιβατών	Ηλεκτρική Ενέργεια (KWh)
2023	283,423	340.107
2024	292,843	351.411
2025	299,583	359.499
2026	306,182	367.418
2027	312,693	375.231

Βάσει των ανωτέρω προβλέψεων κάνουμε την παραδοχή ότι η ηλεκτρική ενέργεια που θα παράγεται από το αυτόνομο φ/β σύστημα θα καλύπτει τις ενεργειακές ανάγκες της 5ετίας, δηλαδή 375,2316KWh. Έχει παρατηρηθεί ότι κατά προσέγγιση στην Βόρεια Ελλάδα η ηλεκτρική ενέργεια που παράγει 1kW φ/β κυμαίνεται από 1.150 έως 1.250 kWh, στην Κεντρική Ελλάδα 1kW φ/β ισοδυναμεί με 1200 έως 1300 kWh ενώ στο νότιο μέρος της χώρας η αντίστοιχη ηλεκτρικά ενέργεια είναι από 1.250 έως 1.400 kWh. Για την παραγωγή της ενέργειας αυτής απαιτείται η συνολική εγκατεστημένη ισχύς ανά έτος των φ/β πάνελ να ισούται με 220 KWp (381.781,40 kWh), με σταθερό νότιο προσανατολισμό των πάνελ και σύμφωνα με τα κλιματικά στοιχεία της Πάρου [13]. Για την ικανοποίηση της ανωτέρω απαιτούμενης εγκατεστημένης ισχύος και μετά από τη σχετική έρευνα αγοράς, ο αερολιμένας προχωρά στην προμήθεια 8 πακέτων αυτόνομων φωτοβολταϊκών συστημάτων ημερήσιας παραγωγής έως 140 kWh [21], που το κάθε ένα από αυτά αποτελείται από τα ακόλουθα στοιχεία:

- 48 μονοκρυσταλλικά Φ/Β πλαίσια 445W (Sharp)

Εικόνα 3.3.1 - Μονοκρυσταλλικό φ/β πλαίσιο



- 24 Μπαταρίες 2286 Ah βαθιάς εκφόρτισης (SUNLIGHT RES SOPzS)

Εικόνα 3.3.2-Μπαταρίες φ/β συστήματος



- 3 αντιστροφείς/φορτιστές μπαταριών 10000VA

Εικόνα 3.3.3-Φορτιστής μπαταριών φ/β συστήματος



- 4 ρυθμιστές φόρτισης

Εικόνα 3.3.4-Ρυθμιστής φόρτισης φ/β συστήματος



- Βάσεις στηριξεων

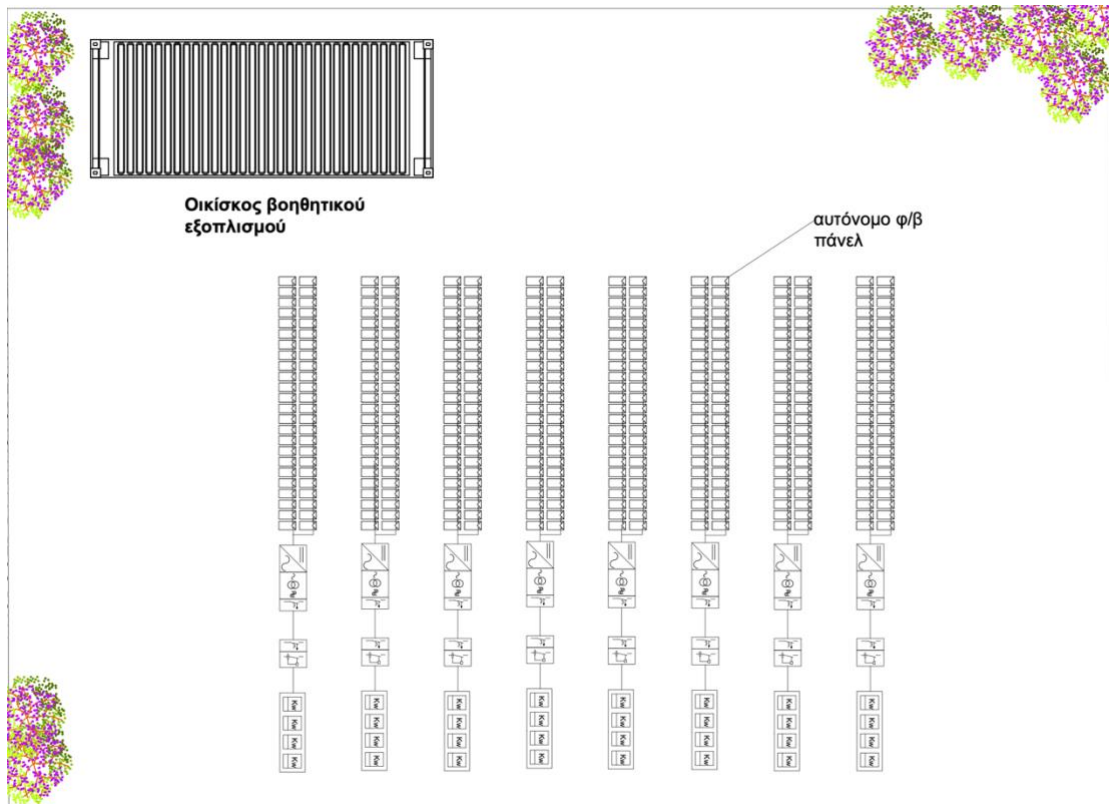
Εικόνα 3.3.5-Βάσεις στήριξης φ/β πλαισίων



- Ηλεκτρολογικό υλικό, καλώδια, ασφάλειες πίνακες AC-DC
- Βοηθητικός οικίσκος, όπου όπου θα βρίσκεται το σύστημα παρακολούθησης της φ/β μονάδας καθώς και ο βοηθητικός Η/Μ εξοπλισμός

Όπως φαίνεται και στην κάτοψη που ακολουθεί, ο εξοπλισμός θα τοποθετηθεί σε ομάδες των 48 φ/β πλαισίων ενώ κάθε ομάδα συνδέεται με τον αντίστοιχο βοηθητικό εξοπλισμό.

Εικόνα 3.3.6: Κάτοψη αυτόνομου φ/β συστήματος



3.3.3.2. Κόστος εξοπλισμού

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται συγκεντρωτικά ο εξοπλισμός που επελέγη καθώς και το κόστους αυτού.

Πίνακας 3.3.3.3-Κόστος εξοπλισμού

Είδος	Ποσότητα πακέτου	Πλήθος πακέτων	Κόστος/πακέτο
Μονοκρυσταλλικά Φ/Β πλαίσια 445W	48	8	43.790,32 €
Μπαταρίες 220Ah βαθιάς εκφόρτισης	24		
Αντιστροφέας/φορτιστής μπαταριών	3		
Ρυθμιστής φόρτισης	4		
Βάσεις στηρίξεων	1		
Λοιπό ηλεκτρολογικό υλικό	-		
Οικίσκος	1		2.300,00 €
Συνολικό κόστος συστήματος			352.622,56 €

Τα συστήματα φ/β δεν έχουν υψηλές απαιτήσεις συντήρησης, μιας και τα πλαίσια έχουν διάρκεια ζωής 20 ετών και η συντήρηση τους σχετίζεται κυρίως με τον καθαρισμό τους. Έτσι, το σύνηθες ετήσιο ποσοστό συντήρησης επί του κόστους κατασκευής ισοδυναμεί με το 0,2%, δηλαδή 705,2 € ανά έτος [30]. Γίνεται παραδοχή ότι το κόστος της διαδικασίας αυτής θα παραμένει σταθερό.

3.3.3.3. Έργα Πολιτικού Μηχανικού

Για την εν λόγω επενδυτική απόφαση είναι απαραίτητα τα έργα πολιτικού μηχανικού για την ορθή χωροθέτηση του φ/β συστήματος στο αεροδρόμιο. Πριν από κάθε εργασία θα πραγματοποιηθεί η αποτύπωση της περιοχής εγκατάστασης των φ/β. Στη συνέχεια, απαιτείται η κατάλληλη διαμόρφωση του χώρου και πιο συγκεκριμένα, η εκτέλεση εκσκαφών για να είναι εφικτή η πραγματοποίηση της κατασκευής. Με βάση την αποτύπωση διεξάγεται μελέτη χωροθέτησης για να οριστούν οι ακριβείς θέσεις των βάσεων και των πλαισίων για την καλύτερη απόδοση του και την αποφυγή προβλημάτων όπως σκιάσεις ή μεταφορές ενέργειας. Σε συνέχεια της χωροθέτησης, πραγματοποιείται η χάραξη με τη βοήθεια γεωδαιτικών οργάνων με σκοπό την διασφάλιση της σωστής υλοποίησης της μελέτης στο έδαφος. Τέλος, για την εγκατάσταση και τη λειτουργία του συστήματος απαιτούνται ορισμένες Η/Μ εργασίες όπως εγκατάσταση οδεύσεων, η κατασκευή αντικεραυνικής προστασίας και συστήματος γείωσης, καθώς και η διαμόρφωση του περιβάλλοντος χώρου με την

κατασκευή περιφραξης [30]. Ακολούθως, παρατίθεται το κόστος των εργασιών πολιτικού μηχανικού.

Πίνακας 3.3.3.4-Κόστος έργων Πολιτικού Μηχανικού

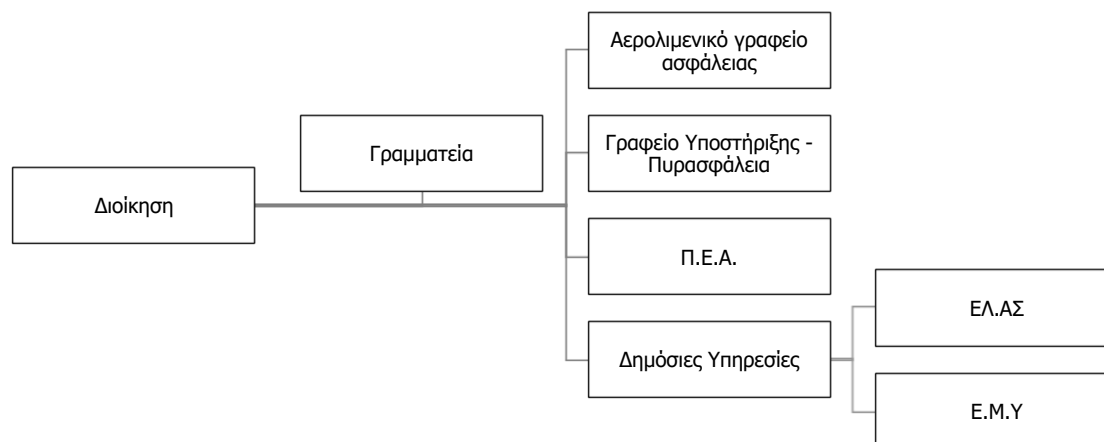
Εργασία	Κόστος
Αποτύπωση/Χάραξη	1.000,00 €
Μελέτη χωροθέτησης	1.000,00 €
Εκσκαφές	1.300,00 €
Επιχώματα	780,00 €
Εγκατάσταση εξοπλισμού	4.000,00 €
Η/Μ εργασίες	800,00 €
Κατασκευή περιφραξης	800,00 €
Σύνολο εργασιών	9.680,00 €
Εργολαβική επιβάρυνση (18%)	1.742,40 €
Απρόβλεπτα (9%)	871,20 €
Συνολικό κόστος	12.293,60 €

3.3.4. Οργάνωση μονάδας και Γενικά έξοδα

3.3.4.1. Οργανωτική δομή

Σύμφωνα με το άρθρο 63 του νόμου 4427/2016 ορίζονται τα Τμήματα Λειτουργίας Περιφερειακών Αερολιμένων, που υπάγονται στη Γενική Διεύθυνση Φορέα Διαχείρισης Αερολιμένων και Υδατοδρομιών της Υπηρεσίας Πολιτικής Αεροπορίας. Τα τμήματα αυτά είναι υπεύθυνα για τη λειτουργία των περιφερειακών αεροδρομίων, όπως αυτό της Πάρου. Το οργανόγραμμα λειτουργίας του περιφερειακού αεροδρομίου της Πάρου είναι το ακόλουθο:

Εικόνα 3.3.7-Οργανωτική δομή α/δ Πάρου



Αρμοδιότητες όπως η συντήρηση των κτιρίων και των Η/Μ εγκαταστάσεων του αερολιμένα (ανάλογα το μέγεθος των εργασιών), η εκπόνηση σχετικών μελετών, η διαχείριση των χρηματικών διαθεσίμων καθώς και η μισθοδοσία του προσωπικού ανήκουν στις αρμοδιότητες των αντίστοιχων τμημάτων της Υπηρεσίας Πολιτικής Αεροπορίας. Το επενδυτικό σχέδιο για την εγκατάσταση φ/β συστήματος με στόχο τη μετατροπή το α/δ σε sustainable δεν επηρεάζει την ήδη υπάρχουσα οργανωτική δομή της μονάδας καθώς πρόκειται για επέμβαση τεχνολογικού χαρακτήρα. Τα τμήματα που αποτυπώνονται στο παραπάνω οργανωτικό σχήμα είναι υπεύθυνα για τη γενική υποστήριξη της εύρυθμης λειτουργίας του αεροδρομίου.

3.3.4.2. Γενικά έξοδα

Τα γενικά έξοδα του περιφερειακού αεροδρομίου της Πάρου αφορούν σε ταξίδια και μεταφορές του προσωπικού λειτουργίας του, τηλεπικοινωνίες, υπηρεσίες καθαρισμού και λοιπά λειτουργικές δαπάνες. Η εγκατάσταση του αυτόνομου φ/β συστήματος συνοδεύεται από το κόστος ασφάλισης του, το οποίο θα ισοδυναμεί με το 0,4% του κόστους κατασκευής του και θα είναι σταθερό. Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζονται τα διαθέσιμα στοιχεία των γενικών εξόδων του αερολιμένα, που εντοπίστηκαν στο Εθνικό Σχέδιο Μεταφορών Ελλάδος και αφορούν στο 2015 [36]. Διευκρινίζεται ότι τα έξοδα των κρατικών αερολιμένων που διαχειρίζεται η ΥΠΑ πιστώνονται σε έναν ενιαίο λογαριασμό. Για το λόγο αυτό κρίνεται σκόπιμη η

αναγωγή των εξόδων ανά επιβάτη, ώστε να γίνει ορθότερη πρόβλεψη τους. Έτσι σύμφωνα με τον ακόλουθο πίνακα και την επιβατική κίνηση του αερολιμένα το 2015 (43.182 επιβάτες), το σύνολο των γενικών εξόδων ανέρχεται σε 0,35 € ανά επιβάτη.

Πίνακας 3.3.4.1-Γενικά έξοδα

Ταξίδια & μεταφορές προσωπικού	3.068,16 €
Επικοινωνίες	2.301,07 €
Λοιπά λειτουργικά έξοδα	2.041,60 €
Υπηρεσίες καθαρισμού	7.466,80 €
Σύνολο	14.877,63 €

Σύμφωνα με τα προαναφερθέντα τα γενικά έξοδα για το χρονικό ορίζοντα της ανάλυσης διαμορφώνονται ως εξής:

Πίνακας 3.3.4.2-Προβλέψεις γενικών εξόδων

Έτος	Επιβατική Κίνηση	Κόστος ασφάλισης	Γενικά έξοδα
2023	283.423	1.410,49 €	100.608,54 €
2024	292.843		103.905,54 €
2025	299.583		106.264,54 €
2026	306.182		108.574,19 €
2027	312.693		110.853,04 €

3.3.5. Ανθρώπινοι πόροι

Στον αερολιμένα Πάρου εργάζονται 5 υπάλληλοι της Υπηρεσίας Πολιτικής Αεροπορίας. Οι 2 εξ αυτών είναι ειδικότητας TE3 Τηλεπικοινωνιακών AFISO, εκ των οποίων ο ένας είναι ο Αερολιμενάρχης και ο άλλος εργάζεται στον Πύργο Εναέριας Κυκλοφορίας (ΠΕΑ). Ο υπάλληλος ειδικότητας Μηχανολόγου Μηχανικού είναι αρμόδιος για ζητήματα που άπτονται του αντικειμένου του ενώ παράλληλα εκτελεί και χρέη διοικητικής υποστήριξης. Ακόμη, υπάρχουν 2 υπάλληλοι ειδικότητας οδηγού/πυροσβέστη για το χειρισμό των πυροσβεστικών οχημάτων που είναι διαθέσιμα στον πυροσβεστικό σταθμό του αερολιμένα. Λόγω της εγκατάστασης του φωτοβολταϊκού συστήματος προκύπτουν ανάγκες συντήρησης και παρακολούθησης αυτού. Για το σκοπό αυτό, οι σχετικές αρμοδιότητες θα ανατεθούν στον υπάλληλο ειδικότητας μηχανολόγου μηχανικού που ήδη εργάζεται στον αερολιμένα και θα πραγματοποιηθεί πρόσληψη ενός υπαλλήλου διοικητικής υποστήριξης για την

εκτέλεση των σχετικών εργασιών. Διευκρινίζεται ότι το προσωπικό αυτό δεν επαρκεί για τις ετήσιες ανάγκες του αερολιμένα και ειδικότερα κατά την περίοδο αιχμής. Έτσι τους θερινούς μήνες μετακινούνται στο αεροδρόμιο υπάλληλοι από άλλες υπηρεσίες της ΥΠΑ, μιας και δεν υφίσταται καθεστώς εποχιακών προσλήψεων. Στον επόμενο πίνακα φαίνονται οι ανάγκες του αερολιμένα σε προσωπικό.

Πίνακας 3.3.5.1-Απαιτήσεις ανθρώπινου δυναμικού

Ειδικότητα	Πλήθος
Αερολιμενάρχης	1
ΤΕ3 Τηλεπικοινωνιών	1
Μηχανολόγος Μηχανικός	1
Οδηγός/Πυροσβέστης	2
Διοικητική Υποστήριξη	1
Σύνολο	6

Η κάλυψη της μισθοδοσίας των εργαζομένων αυτών είναι υποχρέωση των φορέων από όπου μετακινούνται και έτσι δεν συνυπολογίζεται στα κόστη μισθοδοσίας του αεροδρομίου Πάρου. Διευκρινίζεται ότι η επίγεια εξυπηρέτηση των επιβατών στο check-in, στη διαχείριση αποσκευών, στο κατάστημα εστίασης κ.τ.λ. γίνεται από υπαλλήλους των εταιρειών επίγεια εξυπηρέτησης που δραστηριοποιούνται στον αερολιμένα και συνεπώς δεν προκύπτει κόστος για τη μισθοδοσία τους. Στους ακόλουθους πίνακες παρουσιάζεται το κόστος της μισθοδοσίας συμπεριλαμβανομένων των εργοδοτικών εισφορών [36] και γίνεται πρόβλεψη του σχετικού κόστους για τα επόμενα χρόνια βάσει των ανακυπτουσών αναγκών.

Πίνακας 3.3.5.2-Κόστος ανθρώπινου δυναμικού

Κόστος μισθοδοσίας	91.515,40 €
Αμοιβή EUROCONTROL	48.896,54 €
Σύνολο	140.411,94 €

Πίνακας 3.3.5.3-Προβλέψεις κόστους ανθρώπινου δυναμικού

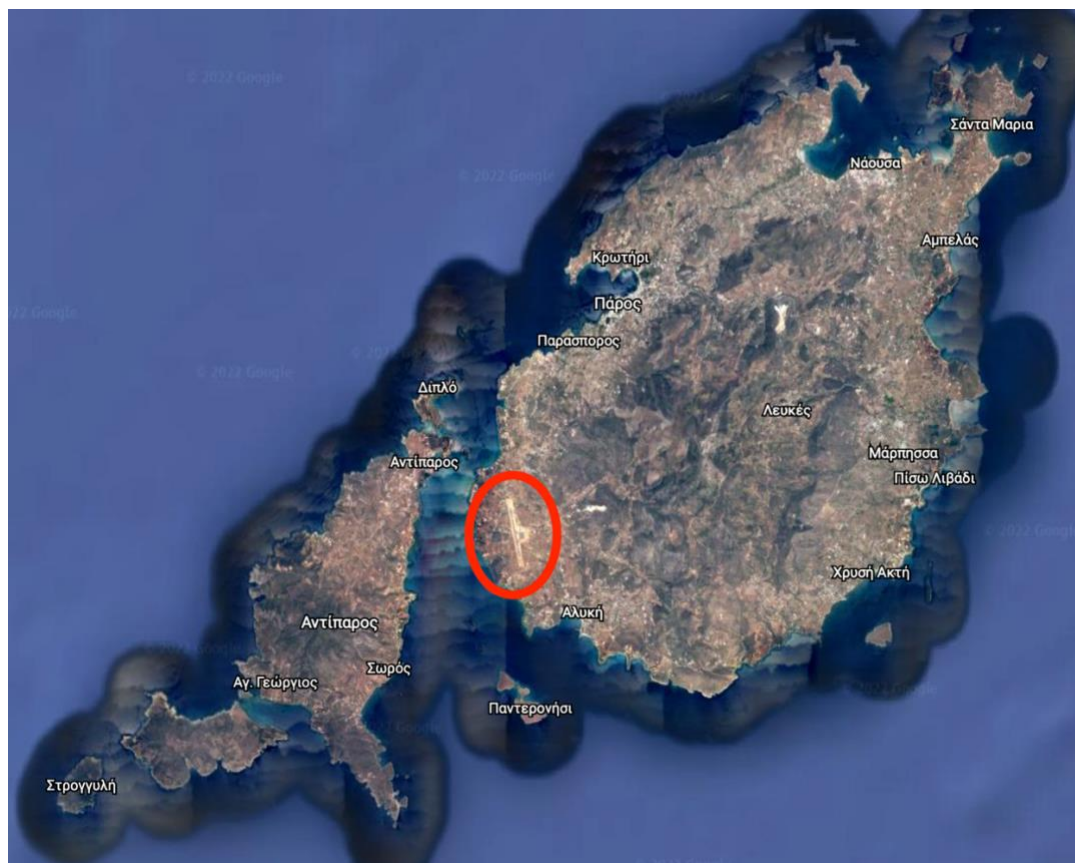
Έτος	Κόστος μισθοδοσίας
2023	168.494,33 €
2024	193.768,48 €
2025	222.833,75 €
2026	256.258,81 €

2027	294.697,63 €
------	--------------

3.3.6. Τοποθεσία, Χώρος εγκατάστασης, Περιβάλλον

Ο Κρατικός Αερολιμένας Πάρου (Κ.Α.ΠΑ.) βρίσκεται στο ομώνυμο νησί, σε απόσταση περίπου 8km νοτίως της Παροικιάς (πρωτεύουσα και κύριο λιμάνι του νησιού), στη νοτιοδυτική Πάρο, στην περιοχή Κάμπος. Η πρόσβαση στον αερολιμένα γίνεται μέσω επαρχιακών οδών.

Εικόνα 3.3.8-Τοποθεσία α/δ Πάρου

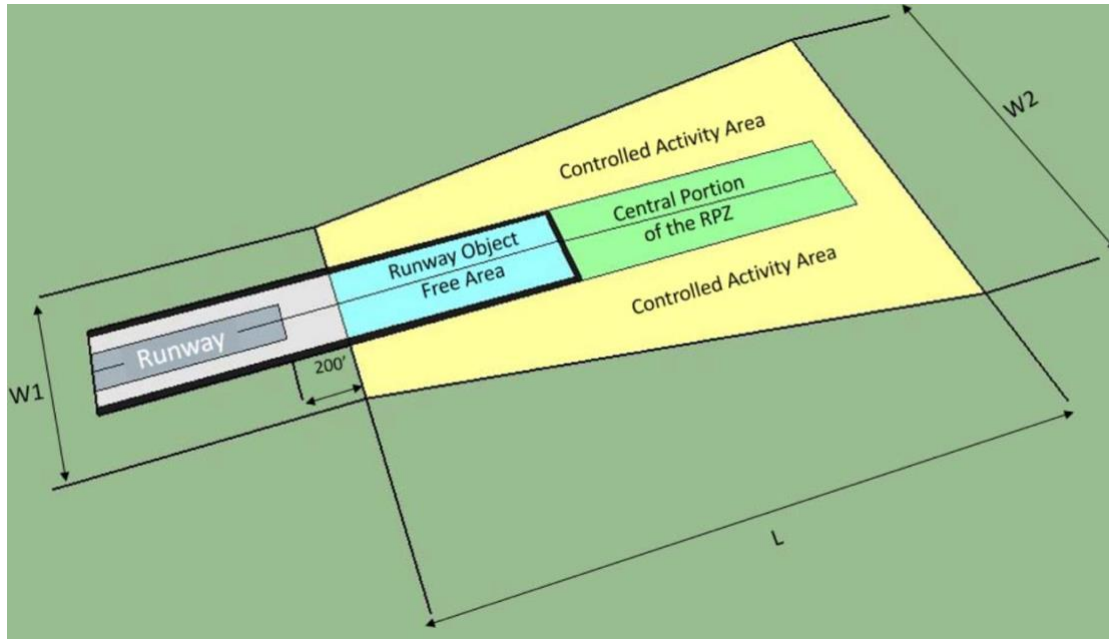


Η εγκατάσταση του αυτόνομου φ/β συστήματος θα γίνει σε τοποθεσία πλησίον του αερολιμένα. Αρχικά, εξετάστηκε η εκδοχή να τοποθετηθούν τα φ/β πάνελ στη στέγη του κτιρίου επιβατών, ωστόσο αυτό δεν ήταν εφικτό τόσο λόγω της ανεπαρκούς επιφάνειας όσο και λόγω της στατικής ανεπάρκειας της πλάκας οροφής του κτιρίου. Σε γενικές γραμμές ένα τυπικό κρυσταλλικό (μονοκρυσταλλικό ή πολυκρυσταλλικό) φ/β πάνελ καταλαμβάνει 0,7 - 0,8 τετραγωνικά μέτρα για κάθε 100 Watt εγκατεστημένης ισχύος [13]. Έτσι, υπολογίζεται ότι απαιτείται έκταση επιφάνειας περίπου 1540 τετραγωνικών μέτρων για την τοποθέτηση του αυτόνομου φ/β συστήματος.

Ακόμη, υπάρχει μια σειρά μεταβλητών που πρέπει να ληφθούν υπόψη για την επιλογή του κατάλληλου χώρου εγκατάστασης στο αεροδρόμιο, καθώς υπάρχουν

περιορισμοί του εναέριου χώρου που συνεπάγονται περιορισμό στη χρήση επιφανειών. Οι περιοχές κοντά στο διάδρομο προσαπογείωσης που έχουν σκιαστεί στην ακόλουθη εικόνα αποτελούν απαγορευμένες ζώνες για την τοποθέτηση φ/β συστημάτων, εξαιτίας της ανάκλασης των πλαισίων που θέτουν σε κίνδυνο την κίνηση των αεροσκαφών.

Εικόνα 3.3.9-Περιορισμός επιφανειών για εγκατάσταση φ/β



Η κατάλληλη τοποθεσία που πληροί τις προαναφερθείσες προϋποθέσεις βρίσκεται σε απαλλοτριωμένη περιοχή εντός του αερολιμένα βορειοανατολικά του κτιρίου επιβατών, η οποία παρουσιάζεται στις ακόλουθες αεροφωτογραφίες.

Εικόνα 3.3.10-Χώρος εγκατάστασης αυτόνομου φ/β συστήματος



3.3.7. Προγραμματισμός εκτέλεσης του έργου

Στη φάση εκτέλεσης του έργου εντάσσεται το χρονικό διάστημα από την απόφαση για την υλοποίηση της επένδυσης μέχρι την έναρξη της παραγωγικής λειτουργίας. Ο ορθός προγραμματισμός του διαστήματος αυτού ελαχιστοποιεί τόσο το χρόνο όσο και το κόστος υλοποίησης του έργου ενώ συμβάλλει καθοριστικά στην άρτια οικονομική λειτουργία του προγράμματος. Βασικό στοιχείο του προγράμματος εκτέλεσης ενός έργου είναι ο προσδιορισμός των οικονομικών επιπτώσεων της φάσης εκτέλεσης και η εξασφάλιση της χρηματοδότησης μεταγενέστερα της έναρξης παραγωγικής λειτουργίας.

Αναλυτικότερα, πρόκειται για μια λεπτομερή αναπαράσταση της δομής του έργου, που δηλώνει τη σχέση των φάσεων του έργου με το χρόνο με σκοπό την ολοκλήρωση του εντός κατάλληλου χρονικού πλαισίου. Με αυτό τον τρόπο είναι δυνατός ο διαρκής έλεγχος της προόδου του έργου και η έγκαιρη λήψη τυχόν διορθωτικών ενεργειών, έτσι ώστε το έργο να βρίσκεται εντός χρονοδιαγράμματος.[35]

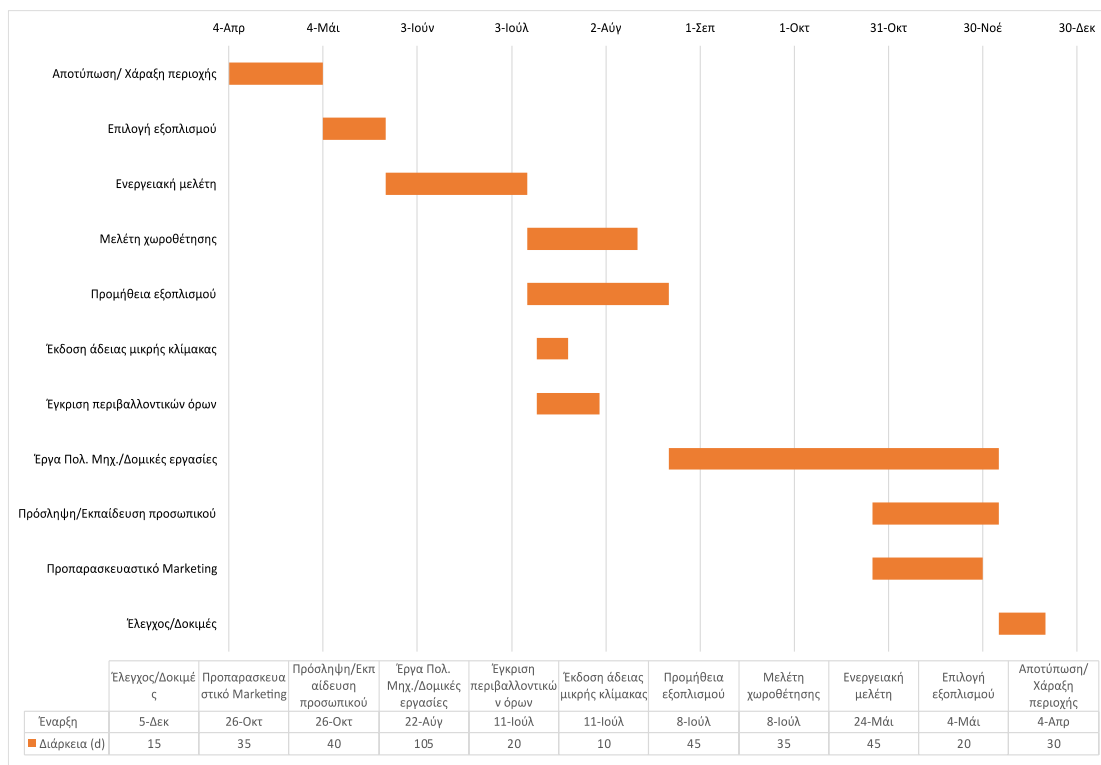
3.3.7.1. Στάδια εκτέλεσης του έργου

Σημειώνεται ότι τα στάδια εκτέλεσης του έργου δεν έχουν αυστηρή χρονική αλληλουχία, καθώς σε ορισμένες περιπτώσεις διάφορες εργασίες μπορεί να είναι αλληλεπικαλυπτόμενες με σκοπό την ταχύτερη ολοκλήρωση του έργου, χωρίς να παρεμποδίζεται ωστόσο η ορθότητα της εκτέλεσης του. Οι δραστηριότητες που πρέπει να πραγματοποιηθούν με σκοπό τη μετατροπή και λειτουργία του περιφερειακού αεροδρομίου της Πάρου ως sustainable παρατίθενται στη συνέχεια κατά χρονική ακολουθία:

- Ενεργειακή μελέτη
- Μελέτη χωροθέτησης
- Προμήθεια μηχανολογικού εξοπλισμού
- Έκδοση άδειας εργασιών μικρής κλίμακας από την Υπηρεσία Δόμησης Πάρου
- Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων από την Περιφέρεια Νοτίου Αιγαίου
- Έργα Πολιτικού Μηχανικού/ Δομικές εργασίες
- Πρόσληψη/ Εκπαίδευση προσωπικού
- Προπαρασκευαστικό Marketing
- Έλεγχος/Δοκιμές
- Λειτουργία

Για την καλύτερη χρονική απεικόνιση των παραπάνω δραστηριοτήτων και τη λεπτομερή καταγραφή των χρονικών περιθωρίων εκτέλεσης τους παρατίθεται το ακόλουθο διάγραμμα Gantt.

Διάγραμμα 3.3.7.1: Προγραμματισμός έργου (Διάγραμμα Gantt)



3.3.7.2. Εκτίμηση κόστους εκτέλεσης του προγράμματος

Το κόστους για την εκτέλεση του προγράμματος σχετίζεται με τη διεξαγωγή της ενεργειακής μελέτης, που στοχεύει στην αποτίμηση των ενεργειακών απολαβών του συστήματος μέσω ανάλυσης των σκιάσεων του χώρου και της επιρροής διαφόρων παραγόντων όπως η θερμοκρασία και η υγρασία, τις εκδόσεις των σχετικών αδειών για την πραγματοποίηση του έργου, την πρόσληψη του ατόμου που θα αναλάβει τη διοικητική υποστήριξη του αερολιμένα καθώς και την εκπαίδευση αυτού αλλά και του μηχανολόγου μηχανικού σχετικά με τη συντήρηση του φ/β συστήματος και τέλος την εκτέλεση προπαρασκευαστικού marketing. Οι σχετικές δαπάνες παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 3.3.7.1-Κόστος εκτέλεσης του έργου

Εργασία	Κόστος
Ενεργειακή μελέτη	1.500,00 €
Έκδοση άδειας και έγκρισης ΠΟ	450,00 €
Πρόσληψη/Εκπαίδευση προσωπικού	350,00 €
Προπαρασκευαστικό marketing	400,00 €

Σύνολο	2.700,00 €
---------------	-------------------

3.4. Χρηματοοικονομική αξιολόγηση της επένδυσης

3.4.1. Γενικά στοιχεία

Στο παρόν κεφάλαιο θα αξιολογηθεί η βιωσιμότητα της επένδυσης, δηλαδή της μετατροπής του αεροδρομίου της Πάρου σε sustainable μέσω της κάλυψης των αναγκών του σε ηλεκτρική ενέργεια από αυτόματο φωτοβολταϊκό σύστημα, που θα εγκατασταθεί πλησίον του κτιρίου επιβατών. Διευκρινίζεται ότι η χρηματοδότηση της επένδυσης θα καλυφθεί από ίδια κεφάλαια της Υπηρεσίας Πολιτικής Αεροπορίας. Αρχικά, θα υπολογιστεί το συνολικό κόστος της επένδυσης, που περιλαμβάνει τις προπαραγωγικές δαπάνες καθώς και τις πάγιες επενδύσεις δηλαδή το κόστος απόκτησης μηχανολογικού εξοπλισμού και το κόστος εκτέλεσης έργων πολιτικού μηχανικού. Βάσει των στοιχείων των Πίνακας 3.3.3.3, Πίνακας 3.3.3.4, Πίνακας 3.3.7.1 το κόστος επένδυσης διαμορφώνεται όπως φαίνεται ακολούθως:

Πίνακας 3.4.1.1: Κόστος επένδυσης

Κόστος μηχανολογικού εξοπλισμού	352.622,56 €
Κόστος έργων πολιτικού μηχανικού	12.293,60 €
Κόστος εκτέλεσης έργου	2.700,00 €
Σύνολο	367.616,16 €

Κάθε υποδομή έχει συγκεκριμένο ωφέλιμο χρόνο ζωής, ανάλογα με τη διάρκεια ζωής και την αξία των επιμέρους στοιχείων που την απαρτίζουν. Για τα έργα της παρούσας επένδυσης, ο χρόνος ζωής του φωτοβολταϊκού συστήματος ανέρχεται σε 25 χρόνια. Η απαξίωση των παγίων λογίζεται από το πρώτο έτος μετά την ολοκλήρωση της υλοποίησης του έργου, εν προκειμένω από το 2023. Σημειώνεται ότι αν η ωφέλιμη ζωή των παγίων έληγε πριν από το χρονικό ορίζοντα της ανάλυσης, θα έπρεπε να εκτιμηθεί κόστος αντικατάστασης τους, κάτι που στη συγκεκριμένη περίπτωση δεν απαιτείται.

Πίνακας 3.4.1.2: Στοιχεία απόσβεσης εξοπλισμού

Κατηγορία παγίου	Μηχανολογικός εξοπλισμός
Ωφέλιμη ζωή	25 έτη
Υπολειπόμενη ωφέλιμη ζωή	20
Συντελεστής απόσβεσης (μηχανήματα)	10%

Σημειώνεται ότι οι αποσβέσεις υπολογίζονται με τη μέθοδο σταθερής ετήσιας απόσβεσης, υποθέτοντας ότι η απαξίωση των παγίων είναι γραμμική συνάρτηση του χρόνου λειτουργίας τους και τα έξοδα συντήρησης τους δεν μεταβάλλονται στο πέρασ του χρόνου. Έτσι, το ύψος της ετήσιας απόσβεσης του μηχανολογικού εξοπλισμού ισούται με το ποσό των 35.262,26 €.

3.4.2. Κόστος παραγωγής

Στον παρακάτω πίνακα αναλύεται το κόστος παραγωγής του αεροδρομίου για το 1^ο έτος λειτουργίας του μετά την εγκατάσταση του αυτόνομου φ/β συστήματος.

Πίνακας 3.4.2.1: Κόστος παραγωγής για το πρώτος έτος

α/α	Στοιχεία Κόστους	Κόστος
A	Κόστος α' υλών	85.026,90 €
B	Γενικά έξοδα	110.913,79 €
Γ	Κόστος ανθρώπινου δυναμικού	168.494,33 €
Δ (A+B+Γ)	Λειτουργικό κόστος	354.835,02 €
E	Κόστος αποσβέσεων	35262,256
Z	Χρηματοοικονομικό κόστος	-
ΣΤ (Δ+E+Z)	Κόστος παραγωγής	399.697,28 €

Στη συνέχεια, αποτυπώνεται το κόστος παραγωγής για το χρονικό ορίζοντα της ανάλυσης.

Πίνακας 3.4.2.2: Κόστος παραγωγής ανά έτος

Έτη	Λειτουργικό κόστος	Κόστος αποσβέσεων	Κόστος παραγωγής
2024	395.832,17 €	35.262,26 €	431.094,43 €
2025	419.678,44 €	35.262,26 €	454.940,70 €
2026	457.392,85 €	35.262,26 €	492.655,11 €
2027	500.063,82 €	35.262,26 €	535.326,08 €

3.4.3. Κεφάλαιο κίνησης

Ως καθαρό κεφάλαιο κίνησης προσδιορίζεται η διαφορά μεταξύ τρέχοντος ενεργητικού και παθητικού. Το τρέχον ενεργητικό αποτελούν τα αποθέματα, οι εισπρακτέοι λογαριασμοί και τα μετρητά ενώ το τρέχον παθητικό ισοδυναμεί με τους πληρωτέους λογαριασμούς. Λόγω της φύσης της επένδυσης κάνουμε την παραδοχή ότι δεν υπάρχει κεφάλαιο κίνησης, αφού δεν υπάρχουν σχετικά στοιχεία για τον προσδιορισμό του.

3.4.4. Μέθοδος Καθαρής Παρούσας Αξίας

Ως πρώτη τεχνική αξιολόγησης της επενδυτικής πρότασης θα χρησιμοποιηθεί αυτή της Καθαρής Παρούσας Αξίας (ΚΠΑ). Πρόκειται για μια τυποποιημένη μέθοδο που βασίζεται στην έννοια της χρονικής αξίας του χρήματος για την εκτίμηση των επενδύσεων, καθώς ο χρόνος έχει σαφείς επιπτώσεις στην αξία του και καθορίζει την αξία των αναμενόμενων ταμειακών εισροών κατά την ημερομηνία της αποτίμησης. Για τον υπολογισμό της ΚΠΑ απαιτείται λοιπόν ο προσδιορισμός των καθαρών ταμειακών ροών της επένδυσης ανά περίοδο, δηλαδή η μεταβολή εισροών και εκροών. Η παρούσα αξία κάθε ταμιακής ροής ισούται με τον ακόλουθο τύπο ενώ το άθροισμα μια σειράς ταμειακών ροών έχει ως αποτέλεσμα την Καθαρή Παρούσα Αξία.

Εξίσωση 3.4.1: Υπολογισμός Παρούσας Αξίας

$$PV_n = \frac{C}{(1+i)^n}, \text{ όπου}$$

C: μελλοντική ταμιακή ροή

i: επιτόκιο ανατοκισμού ή προεξόφλησης

n: έτος ανατοκισμού

$(1+i)^{-n}$: συντελεστής παρούσας αξίας ή προεξόφλησης (ΣΠΑ)

Εξίσωση 3.4.2: Καθαρή Παρούσα Αξία

$$NPV = \sum_{t=1}^N PV - \text{Κόστος επένδυσης}, \text{ όπου}$$

N: αριθμός περιόδων

Εφόσον, η ΚΠΑ μιας επένδυσης είναι θετική πρόκειται για μια συμφέρουσα επένδυση, αφού τα προβλεπόμενα έσοδα είναι μεγαλύτερα από τις δαπάνες επένδυσης και τα κόστη. Εάν η ΚΠΑ είναι μηδενική η επένδυση θεωρείται οριακή ενώ σε περίπτωση που είναι αρνητική, η επένδυση απορρίπτεται. Στην παρούσα αξιολόγηση θεωρούμε επιτόκιο προεξόφλησης ίσο με 10%.

Πίνακας 3.4.4.1: Υπολογισμός Καθαρών Ταμειακών Ροών

Έτος	Έσοδα	Αποσβέσεις	Έξοδα	ΚΤΡ
2023	2.385.897,22 €	35.262,26 €	364.435,02 €	2.056.724,46 €
2024	2.455.166,67 €	35.262,26 €	395.832,17 €	2.094.596,76 €
2025	990.891,11 €	35.262,26 €	419.678,44 €	606.474,93 €
2026	1.006.266,11 €	35.262,26 €	457.392,85 €	584.135,52 €
2027	1.021.415,56 €	35.262,26 €	500.063,82 €	556.614,00 €

Πίνακας 3.4.4.2: Υπολογισμός Καθαρής Παρούσας Αξίας

Έτος	ΚΤΡ	ΣΠΑ	ΠΑΡΟΥΣΑ ΑΞΙΑ
2023	2.056.724,46 €	1	2.054.701,46 €
2024	2.094.596,76 €	0,909	1.902.148,64 €
2025	606.474,93 €	0,826	499.275,64 €
2026	584.135,52 €	0,751	437.164,25 €
2027	556.614,00 €	0,621	344.398,52 €
Κόστος επένδυσης			367.616,16 €
ΚΠΑ			4.870.072,34 €

3.4.5. Ανάλυση νεκρού σημείου

Σκοπός της ανάλυσης νεκρού σημείου είναι να προσδιορίσει το σημείο ισορροπίας στο οποίο τα έσοδα από τις πωλήσεις ισούνται με το κόστος των μονάδων ή υπηρεσιών που πωλήθηκαν, χωρίς να σημειώνει κέρδος ή ζημία [29]. Ο υπολογισμός του παρέχει πληροφορίες σχετικά με τον ελάχιστο όγκο παραγωγής που πρέπει να σημειωθεί, δηλαδή το περιθώριο μείωσης των πωλήσεων. Εν προκειμένω οι πωλήσεις ενός αεροδρομίου ταυτίζονται με το σύνολο των εσόδων που προκύπτει από τα τέλη χρήσης αερολιμένα (ΤΧΑ) και τα τέλη εκσυγχρονισμού και ανάπτυξης αεροδρομίων (ΤΕΑΑ), καθώς εξαρτώνται άμεσα από το πλήθος των αεροσκαφών και των επιβατών αντίστοιχα, που εξυπηρετεί ο αερολιμένας. Για την πραγματοποίηση της ανάλυσης θα κάνουμε παραδοχή αναγωγής του συνόλου των εσόδων αυτών ανά επιβάτη. Στη συνέχεια παρουσιάζονται αναλυτικά οι σταθερές και μεταβλητές δαπάνες του αερολιμένα για το πρώτο έτος και συγκεντρωτικά για όλα τα έτη της ανάλυσης.

Πίνακας 3.4.5.1: Σταθερά και Μεταβλητά Κόστη για το πρώτο έτος

Στοιχεία κόστους	2023	
	Σταθερά	Μεταβλητά
Marketing	9.600,00 €	
Α' ύλες		85.026,90 €
Συντήρηση	705,25 €	
Γενικά έξοδα		100.608,54 €
Μισθοδοσία		168.494,33 €
Απόσβεση	35.262,26 €	
Σύνολο	45.567,51 €	354.129,77 €

Πίνακας 3.4.5.2: Σταθερά και Μεταβλητά Κόστη για κάθε έτος

Έτος	Έξοδα	
	Σταθερά	Μεταβλητά
2023	45.567,51 €	354.129,77 €
2024	45.567,51 €	385.526,92 €
2025	35.967,51 €	418.973,19 €
2026	35.967,51 €	456.687,60 €
2027	35.967,51 €	499.358,57 €

Για τον υπολογισμό του νεκρού σημείου σε επιβάτες ο τύπος που πρέπει να χρησιμοποιηθεί είναι ο εξής:

Εξίσωση 3.4.3: Υπολογισμός νεκρού σημείου (BEP) για επιβάτες

$$\text{Νεκρό σημείο} = \frac{\text{Σταθερό κόστος}}{\frac{\text{Έσοδα} - \text{Μεταβλητό κόστος}}{\text{Επιβάτες}}}$$

Για τον υπολογισμό του νεκρού σημείου σε ύψος πωλήσεων (τζίρο) ο σχετικός τύπος ακολουθεί την εξής μορφή:

Εξίσωση 3.4.4: Υπολογισμός νεκρού σημείου (ευρώ)

$$\text{Νεκρό σημείο} = \frac{\text{Σταθερό κόστος}}{\frac{\text{Έσοδα} - \text{Μεταβλητό κόστος}}{\text{Επιβάτες}}} * \frac{\text{Έσοδα}}{\text{Επιβάτες}}$$

Ακολουθεί ο προσδιορισμός του νεκρού σημείου σύμφωνα με τα προαναφερθέντα.

Πίνακας 3.4.5.3: Ανάλυση νεκρού σημείου

Έτος	Έσοδα (TEAA+TΧΑ)	Επιβάτες	Έσοδα/επιβάτη	Μεταβλητά κόστη/επιβάτη	ΒΕΡ (επιβάτες)	ΒΕΡ (€)
2023	1.872.941,50 €	283.423	6,61 €	1,25 €	8.503	56.192,13 €
2024	1.935.284,00 €	292.843	6,61 €	1,32 €	8.610	56.903,15 €
2025	617.436,00 €	299.583	2,06 €	1,40 €	54.294	111.898,21 €
2026	631.273,50 €	306.182	2,06 €	1,49 €	63.078	130.052,50 €
2027	644.908,00 €	312.693	2,06 €	1,60 €	77.271	159.366,70 €

3.4.6. Ανάλυση ευαισθησίας

Η ανάλυση ευαισθησίας σχετίζεται με την παρατήρηση των μεταβολών που θα προκύψουν ένα πραγματοποιηθούν αλλαγές σε βασικές παραμέτρους της επένδυσης, μας δείχνει δηλαδή την ευαισθησίας του επενδυτικού σχεδίου απέναντι στις

μεταβολές. Στόχος της ανάλυσης αυτής είναι η επιλογή των κρίσιμων παραμέτρων που έχουν τη μεγαλύτερη επιρροή στην απόδοση της επένδυσης, εάν υποστούν αλλαγές. Κατά κανόνα μια παράμετρος θεωρείται κρίσιμη σε περίπτωση που η μεταβολή της επιφέρει αλλαγή 5% στην ΚΠΑ [29].

Στην παρούσα οικονομοτεχνική ανάλυση ο μηχανολογικός εξοπλισμός αποτελεί ένα βασικό παράγοντα της επένδυσης, καθώς το αυτόνομο φ/β σύστημα που θα τοποθετηθεί στον αερολιμένα και θα καλύπτει τις ανάγκες αυτού σε ηλεκτρική ενέργεια, αποτελεί το πρώτο μέσο για τη μετατροπή του αεροδρομίου σε sustainable. Επομένως, μεταβάλλοντας βαθμιαία το κόστος επένδυσης που συνδέεται με το κόστος απόκτησης του εξοπλισμού, θα διαπιστώσουμε την ευαισθησία της επενδυτικής απόφασης.

Πίνακας 3.4.6.1: Ανάλυση ευαισθησίας

	Μεταβολή κατά 20%	Μεταβολή κατά 40%
Κόστος επένδυσης	297.091,65 €	226.567,14 €
ΚΠΑ	4.940.596,85 €	5.011.121,37 €
Μεταβολή ΚΠΑ	0,99 %	0,97 %

4. Συμπεράσματα και Προτάσεις

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτέλεσε η διερεύνηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των αεροδρομίων καθώς και ο προσδιορισμός των βέλτιστων πρακτικών που ακολουθούνται σε διεθνές επίπεδο με σκοπό τον περιορισμό του περιβαλλοντικού αποτυπώματος των υποδομών αυτών και τη βιώσιμη λειτουργία τους. Με τη μελέτη περίπτωσης που ακολούθησε πραγματοποιήθηκε οικονομοτεχνική ανάλυση της μετατροπής ενός ελληνικού περιφερειακού αεροδρομίου σε sustainable μέσω της εγκατάστασης και λειτουργίας ενός αυτόνομου φ/β συστήματος. Τα αποτελέσματα που εξήχθησαν κατά την μελέτη συνδέονται άμεσα με το σκοπό της εργασίας ενώ αποτέλεσαν βασικό εργαλείο για την εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων.

Με βάση την οικονομοτεχνική ανάλυση και συγκεκριμένα την αξιολόγηση της επένδυσης που αφορά στην εγκατάσταση αυτόνομου φωτοβολταϊκού συστήματος, διαπιστώνεται ότι η κάλυψη των αναγκών του σε ηλεκτρική ενέργεια είναι οικονομικά βιώσιμη λύση. Πιο συγκεκριμένα, καθώς η Καθαρή Παρούσα Αξία προκύπτει θετική η επένδυση γίνεται αποδεκτή και κρίνεται ως συμφέρουσα. Παράλληλα, αναφορικά με την ανάλυση νεκρού σημείου διαπιστώθηκε ότι για να διασφαλιστεί η οικονομική βιωσιμότητα του αεροδρομίου θα πρέπει να εξυπηρετεί κατά τον πρώτο χρόνο της λειτουργίας του μετά την εγκατάσταση του φ/β συστήματος 8.503 επιβάτες, γεγονός που είναι εφικτό καθώς οι προβλέψεις για την επιβατική κίνηση ανέρχονται σε 283.423 επιβάτες. Τέλος, βάσει της ανάλυσης ευαισθησίας διαπιστώνεται ότι το κόστος της επένδυσης δεν είναι κρίσιμο για τη εγκατάσταση και λειτουργία του φ/β συστήματος και κατ' επέκταση για τη λειτουργία του αερολιμένα ως βιώσιμου.

Τα αποτελέσματα της οικονομοτεχνικής ανάλυσης της παρούσας μελέτης περίπτωσης ενισχύουν τη θέση για ενδεχόμενη κερδοφορία των αερολιμένων σε περίπτωση εφαρμογής πρακτικών με στόχο την ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών τους επιπτώσεων. Πιο συγκεκριμένα, διαπιστώνεται ότι υπάρχει περιθώριο για την εφαρμογή της προτεινόμενης λύσης αλλά και επιπρόσθετων μέτρων βιώσιμης διαχείρισης και λειτουργίας του περιφερειακού αεροδρομίου της Πάρου που θα ανταποκρίνονται στο σύνολο των περιβαλλοντικών προκλήσεων, όπως αυτές παρουσιάστηκαν στο α' μέρος της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Όπως συμπεραίνεται από τις προβλέψεις των ταμειακών ροών του sustainable αερολιμένα, τα έξοδα αποτελούν περίπου το 40% των εσόδων σε βάθος χρόνου, γεγονός που επιτρέπει τόσο τη συνέχιση της λειτουργίας του αυτόνομου φ/β συστήματος όσο και την περαιτέρω μελέτη εφαρμογής πρακτικών που θα καταστήσουν το αεροδρόμιο

φιλικότερο προς το περιβάλλον καθώς θα συνεισφέρουν σημαντικά και στη μείωση των λειτουργικών του εξόδων.

Οι φορείς διαχείρισης των αερολιμένων διεθνώς καλούνται πλέον να προβούν σε άμεσες ενέργειες ελαχιστοποίησης των περιβαλλοντικών τους επιπτώσεων και να υιοθετήσουν βιώσιμα μοντέλα ανάπτυξης, που καθιστούν τη λειτουργία τους περιβαλλοντικά και κοινωνικά υπεύθυνα. Στο πλαίσιο της βιώσιμης λειτουργίας ενός αεροδρομίου προτείνεται σε πρώτο στάδιο η κάλυψη των αναγκών του σε ηλεκτρική ενέργεια μέσω Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. Η εγκατάσταση ενός αυτόνομου φ/β συστήματος που χρησιμοποιεί την ηλιακή ενέργεια για την παραγωγή ηλεκτρικής αποτελεί οικονομικά εφικτή λύση και εξυπηρετεί τον εν λόγω στόχο. Στη βάση αυτή περαιτέρω μελέτη χρήζει ο σχεδιασμός ενός διασυνδεδεμένου συστήματος που δύναται, πέραν της κάλυψης των ίδιων αναγκών του αερολιμένα, να τροφοδοτήσει την τοπική κοινωνία με ενέργεια καθώς και η εκμετάλλευση άλλων ΑΠΕ όπως η αιολική ενέργεια ή η δημιουργία υβριδικών ενεργειακών συστημάτων. Για την ανάπτυξη βιώσιμων αεροδρομίων απαιτείται η συνεργασία και ο συντονισμός όλων των εμπλεκόμενων μερών για την εκπόνηση κατάλληλου σχεδίου καθώς και για την ολιστική προσέγγιση του ζητήματος, που θα έχει ως αποτέλεσμα την αντιμετώπιση του συνόλου των περιβαλλοντικών προκλήσεων που συνοδεύουν αυτές τις υποδομές.

5. Βιβλιογραφία

1. Alba, S. O., & Manana, M. (2016). Energy Research in Airports: A Review. *Energies*, 9(5).
2. Baxter, G., Srisaeng, P., & Wild, G. (2018). An Assessment of Sustainable Airport Water Management: The Case of Osaka's Kansai International Airport. *Infrastructure*, 3(4).
3. Baxter, G., Srisaeng, P., & Wild, G. (2018, 2 3). Sustainable Airport Waste Management: The Case of Kansai International Airport. *Recycling*.
4. Baxter, G., Srisaeng, P., & Wild, G. (2019). An Assessment of Airport Sustainability: Part 3—Water Management at Copenhagen Airport. *Resources*, 8(3).
5. Carvalho, I. d., Calijuri, M. L., Assemany, P. P., Silva, M. D., Neto, R. F., Santiago, A. d., & Souza, M. H. (2013). Sustainable airport environments: A review of water conservation practices in airports. *Resources, Conservation and Recycling*, 74, 27-36.
6. Celicel, A., Fuller, I., Silue, M., Peeters, S., & Duchene, N. (2005). *Airport Local Air Quality Studies (ALAQs) - Concept Document Issue 2.1*. Bruxelles: Eurocontrol Agency.
7. Chicago Department of Aviation. (n.d.). *CDA*. Retrieved 11 15, 2021, from CDA Chicago Department of Aviation: <https://www.flychicago.com/community/environment/concessionspolicy/Pages/default.aspx>
8. European Union. (2020). *EUR-Lex*. Retrieved 11 14, 2021, from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/?uri=LEGISSUM%3A128120>
9. Federal Aviation Administration. (2021). *FAA*. Retrieved from <https://www.faa.gov/airports/environmental/sustainability/>
10. Fraport. (2019). *Environmental Statement 2019*. Frankfurt: Fraport.
11. Fraport. (2021). *5η Ετήσια Έκθεση Περιβαλλοντικής Στρατηγικής (Περιφερειακά Αεροδρόμια Αιγαίου - Ομάδα Β)*. Fraport.
12. Greer, F., Rakas, J., & Horvath, A. (2020). *Airports and environmental sustainability: a comprehensive review*. Berkeley: Department of Civil and Environmental Engineering, University of California.
13. HELIO SYSTEMS. (2022, 01 10). *Φωτοβολταϊκά Συστήματα*. Retrieved from https://selasenergy.gr/odigos_mikron_sustimaton.php#bookmark4

14. International Air Transport Association. (2019). *The importance of air transport to Greece*. IATA Economics.
15. International Air Transport Association. (2020). *Air Connectivity: Measuring the connections that drive economic growth*. IATA.
16. International Civil Aviation Organization . (2019). *Waste Management at Airports: Eco Airport Toolkit*. Montréal: ICAO.
17. International Civil Aviation Organization. (2016). *Airport Air Quality Manual*. Montréal: ICAO.
18. International Civil Aviation Organization. (2019). *Waste Management at Airports*. Canada: ICAO.
19. Ludt, b. (2021, 07 14). Ανάκτηση από Solar Power World: <https://www.solarpowerworldonline.com/2021/07/pittsburgh-international-airport-is-the-first-in-the-world-powered-entirely-by-microgrid/>
20. Martin, J. A., Conkling, T. J., Belant, J. L., Biondi, K. M., Blackwell, B. F., DeVault, T. L., & Fernandez-Juricic. (2013). *Wildlife Conservation and Alternative Land Uses at Airports*. University of Nebraska - Lincoln.
21. Mipesun. (2022, 01 12). Retrieved from <https://www.mipesun.gr/αυτονομα-φωτοβολταικα-πακετα/για-επιχειρηση/για-ημερησια-παραγωγη-ωσ-96kwh-τριφασικό.htm>
22. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2015). *Understanding Airport Air Quality and Public Health Studies*. Washington,: The National Academies Press.
23. Sebastian, R., & Louis, J. (2021). Understanding waste management at airports: A study on current practices and challenges based on literature review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 147*.
24. Sparrow, V. &. (2019). *Aviation Noise Impacts White Paper*. ICAO.
25. The National Academies Press. (2014). *Habitat Management to Deter Wildlife at Airports*. Washington, DC: The National Academies Press.
26. Uysal, M. P., & Sogut, M. Z. (2017). An integrated research for architecture-based energy management in sustainable airports. *Energy, 140*(2), 1387-1397.
27. Yu, K., Cheung, Y., Cheung, T., & Henry, R. C. (2004). Identifying the impact of large urban airports on local air quality by nonparametric regression. *38*(27), 4501-4507.

28. Αναγνωστοπούλου, Γ., & Τζουβαδάκης, Ι. (2016). *Κατανάλωση ενέργειας κτιρίων Σχολής Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ Ζωγράφου*. Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών.
29. Γεωργακέλλος, Δ. (2021). Διαφάνειες μαθήματος "Οικονομοτεχνικές μελέτες". *MBA ΤQM*. Πειραιάς: Πανεπιστήμιο Πειραιώς.
30. Δαμιανίδης, Μ., Κατσαρός, Γ., Τόλης, Μ., & Στεργιόπουλος, Φ. (2011). *Οδηγός Μελέτης και Υλοποίησης Φωτοβολταϊκών Έργων*. Θεσσαλονίκη: ΤΕΕ/ΤΚΜ.
31. Διεθνής Αερολιμένας Αθηνών. (2020, 12). *Athens International Airport Eleftherios Venizelos*. Ανάκτηση από <https://www.aia.gr>
32. Διεθνής Αερολιμένας Αθηνών Α.Ε. (2020). *Φροντίδα για το Περιβάλλον*. Αθήνα: Υπηρεσία Περιβάλλοντος ΔΑΑ Α.Ε.
33. Εθνικό Κέντρο Τεκμηρίωσης. (2019, Μάιος). Κυκλική Οικονομία: Ένα νέο οικονομικό μοντέλο βιώσιμης ανάπτυξης. *115*, 12-17.
34. Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο. (2021, 12). *European Parliament*. Ανάκτηση από <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/el/sheet/134/αεροπορικες-μεταφορες>
35. Μητάκος, Θ. (2015). *Πληροφοριακά συστήματα διοίκησης*. Αθήνα: Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών.
36. Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών, Διεύθυνση Υποδομών Αεροδρομίων. (2016). *Μελέτη Σκοπιμότητας Έργων Νέου Αεροδρομίου Πάρου*. Αθήνα.
37. Φουρλής, Α. (2014). *Απόβλητα Εκσκαφών, Κατασκευών και Κατεδαφίσεων: Μέθοδοι διαχείρισης, Περιβαλλοντικές επιπτώσεις και Προοπτικές επαναχρησιμοποίησης*. Θεσσαλονίκη: Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Πολυτεχνική Σχολή, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών.
38. Ψαράκη-Καλουπτσίδη, Β. (2009). *Συστήματα Αεροδρομίων: Μελέτη, Σχεδιασμός, Διαχείριση*. Αθήνα: Εκδόσεις Παπασωτηρίου.