

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΩΝ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ  
ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΑ ΚΤΙΡΙΑ ΤΟΥ ΔΙΕΘΝΗ  
ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΑ ΑΘΗΝΩΝ

672

Η εργασία υποβάλλεται για την μερική κάλυψη των απαιτήσεων με στόχο την  
απόκτηση του διπλώματος

ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ  
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

από  
ΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ ΚΑΙ ΤΟ ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΕΙΟ  
ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

Καλλιόπη Ραφτοπούλου



00140676

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ	
ΑΡ.ΕΠ.	40676
ΟΜΠ.	29669
ΤΑΞΗ.	333 79 ΡΑΦ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ	

Τμήμα Τεχνολογίας και Συστημάτων Παραγωγής, 2001

# ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΩΝ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΑ ΚΤΙΡΙΑ ΤΟΥ ΔΑΑ

## I. Περίληψη

Η μελέτη αυτή πραγματεύεται τη διερεύνηση δυνατοτήτων εξοικονόμησης ενέργειας σε κτίρια του νέου αεροδρομίου Αθηνών. Η έναρξη λειτουργίας του Διεθνούς Αερολιμένα Αθηνών (ΔΑΑ) στα τέλη Μαρτίου 2001, καθώς και το ενεργειακό πρόβλημα που απασχολεί τις μέρες μας την παγκόσμια κοινότητα και οι επιπτώσεις που έχει η κατανάλωση ενέργειας και φυσικών πόρων στο περιβάλλον, αποτελούν τους βασικούς λόγους που οδήγησαν στην εκπόνηση της εργασίας αυτής.

Η ενεργειακή συμπεριφορά των κτιρίων αεροδρομίων έχει ερευνηθεί ελάχιστα τόσο σε ευρωπαϊκό επίπεδο, όσο και στον ελληνικό χώρο. Στην εργασία αυτή πραγματοποιείται μια καταγραφή και παρακολούθηση της ενεργειακής συμπεριφοράς των κτιρίων του αεροδρομίου κατά το κρίσιμο διάστημα των πέντε πρώτων μηνών λειτουργίας.

Λόγω του περιορισμένου χρόνου λειτουργίας του αεροδρομίου έγινε δυνατή η συλλογή μόνο ηλεκτρικών καταναλώσεων. Τα δεδομένα συλλέχθηκαν από μετρητές εγκατεστημένους σε διάφορα σημεία των κτιρίων του αεροδρομίου. Μετά την επεξεργασία και ανάλυση των δεδομένων αυτών και τη συσχέτισή τους με άλλες παραμέτρους σχετικές με τη λειτουργία του αεροδρομίου, προέκυψαν ορισμένα βασικά συμπεράσματα που αφορούν τις ηλεκτρικές καταναλώσεις. Το κύριο συμπέρασμα που προκύπτει είναι πως παρουσιάζεται μια αυξητική τάση

της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στα κτίρια του ΔΑΑ, η οποία σταθεροποιείται και επηρεάζεται από την ομαλοποίηση της λειτουργίας του αεροδρομίου κατά τους πρώτους αυτούς μήνες. Σημαντικό ρόλο παίζει επίσης το γεγονός ότι το εξεταζόμενο χρονικό διάστημα (Απρίλιος-Αύγουστος) αποτελεί περίοδο αιχμής για τα αεροδρόμια. Η χρήση και οι ειδικές συνθήκες που επικρατούν στα κτίρια, όπου παρακολουθείται η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, επηρεάζουν σαφώς την ενεργειακή συμπεριφορά τους. Βάσει των συμπερασμάτων αυτών παρατίθεται μια σειρά προτεινόμενων μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας που μπορούν να εφαρμοστούν στα κτίρια του αεροδρομίου. Τα προτεινόμενα μέτρα κατατάσσονται σε δύο βασικές κατηγορίες, τις προτάσεις τεχνικού χαρακτήρα και τις διαχειριστικές προτάσεις. Στη πρώτη κατηγορία, η οποία αναλύεται ενδελεχώς, περιλαμβάνεται μια σειρά προτεινόμενων μέτρων μηδενικού, χαμηλού και υψηλού κόστους, από τα οποία μπορεί να επιλέξει να εφαρμόσει ο φορέας διαχείρισης του ΔΑΑ ανάλογα με τους στόχους και τις επιδιώξεις του. Τα διαχειριστικά μέτρα περιλαμβάνουν μια πιο σύντομη σειρά προτάσεων που αφορούν την αποδοτικότερη ενεργειακή διαχείριση των κτιρίων του ΔΑΑ.

## II. Πίνακας Περιεχομένων

I. ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	1
II. ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ.....	3
III. ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	5
IV. ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ.....	6
V. ΣΥΝΤΜΗΣΕΙΣ.....	7
VI. ΒΕΒΑΙΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΙΚΩΝ ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΩΝ.....	8
VII. ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	9
1.1 ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	10
1.2 ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΚΑΙ ΥΠΟΘΕΣΕΙΣ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	11
1.3 ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΤΗΣ ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	12
1.4 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	16
1.5 ΠΕΡΙΓΡΑΦΜΑ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	17
1.6 ΟΡΙΣΜΟΙ.....	18
1.7 ΟΡΙΟΘΕΤΗΣΗ ΣΚΟΠΟΥ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΚΑΙ ΥΠΟΘΕΣΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ.....	18
2. ΜΕΛΕΤΗ ΣΧΕΤΙΚΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ.....	21
2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	21
2.2 ΒΑΣΙΚΑ ΣΗΜΕΙΑ ΚΑΙ ΜΟΝΤΕΛΑ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ.....	21
2.3 ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΣΗΜΕΙΑ, ΓΕΝΙΚΑ ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΚΑΙ ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ Η ΥΠΟΘΕΣΕΙΣ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	22
3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	24
3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	24
3.2 ΑΝΑΦΟΡΑ ΤΩΝ ΕΙΔΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΠΟΥ ΕΧΟΥΝ ΗΔΗ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΕΙ ΑΠΟ ΑΛΛΟΥΣ ΜΕΛΕΤΗΤΕΣ.....	24
3.3 ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΤΗΣ.....	25
3.4 ΘΕΜΑΤΑ ΗΘΙΚΗΣ.....	26
4. ΑΝΑΛΥΣΗ / ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ.....	27
4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	27
4.2 ΥΠΟΚΕΙΜΕΝΑ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	27
4.3 ΑΝΑΛΥΣΗ / ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	29
4.4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΑΥΤΩΝ.....	34
5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	44
5.1 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΤΑ ΕΥΡΗΜΑΤΑ ΑΛΛΩΝ ΕΡΕΥΝΗΤΩΝ.....	44
5.2 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΓΙΑ ΚΑΘΕ ΕΡΩΤΗΣΗ Η ΥΠΟΘΕΣΗ ΤΗΣ.....	44
6. ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	46

6.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΠΟΥ ΠΡΑΓΜΑΤΕΥΕΤΑΙ Η ΕΡΕΥΝΑ .....	46
6.2 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗ Η/ΚΑΙ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΜΕΛΕΤΗ .....	47
6.3 ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ .....	72
A. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	74
B. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ.....	75

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

### III. Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας	Σελ.
6.2.1 Πρόγραμμα συντήρησης συμπιεστών / ανεμιστήρων	56
6.2.2 Πρόγραμμα συντήρησης σε εγκαταστάσεις στροβίλων	67

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

## IV. Κατάλογος Σχημάτων

Διάγραμμα	Σελ.
1.3.1. Επίπεδο και εξέλιξη τιμών ηλεκτρικής ενέργειας για μεσαίου μεγέθους βιομηχανία	14
4.3.1 Συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ανά κτίριο κατά τους πέντε πρώτους μήνες λειτουργίας του ΔΑΑ	30
4.3.2 Συνολική μετρούμενη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στο σύνολο των κτιρίων του ΔΑΑ	31
4.3.3 Κίνηση επιβατών στο ΔΑΑ κατά τους πέντε πρώτους μήνες λειτουργίας	32
4.3.4 & 4.3.5 Μέση μηνιαία εξωτερική θερμοκρασία και μέση μηνιαία υγρασία αντίστοιχα	33
4.4.1 Καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας κτιρίων για τον μήνα Απρίλιο	34
4.4.2 & 4.4.3 Καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας κτιρίων για τους μήνες Μάιο και Ιούνιο	35
4.4.4 & 4.4.5 Καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας κτιρίων για τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο	36
4.4.6 & 4.4.7 Διακύμανση καταναλώσεων στο κεντρικό και δορυφορικό σταθμό αντίστοιχα	41
4.4.8 & 4.4.9 Συσχέτιση καταναλώσεων στο κεντρικό και το δορυφορικό αεροσταθμό αντίστοιχα	42
B1-15 Μηνιαίες καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας ανά κτίριο	75

## V. Συντμήσεις

ΔΕΗ:	Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού
ΚΘΚ:	Κανονισμός Θερμομόνωσης Κτιρίων
ΚΟΧΕΕ:	Κανονισμός Ορθολογικής Χρήσης και Εξοικονόμησης Ενέργειας
ΚΥΑ:	Κοινή Υπουργική Απόφαση
ΟΟΣΑ:	Οργανισμός Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης
BAS:	Building Automation System (Σύστημα Αυτοματισμού Κτιρίου)

Πανεπιστήμιο Πειραιώς



## VI. Βεβαίωση συγγραφικών δικαιωμάτων

Βεβαιώνεται ότι η παρούσα εργασία έχει γραφεί από την Καλλιόπη Ραφτοπούλου υπό την επιβλεψη της καθηγήτριας Μαρίας Φούντη.

Η συλλογή των στοιχείων έχει πραγματοποιηθεί με την έγκριση του Διευθυντή της Υπηρεσίας Περιβάλλοντος του ΔΑΑ.

Δεν επιτρέπεται η αναπαραγωγή της παρούσας εργασίας ή μέρους της χωρίς την άδεια της συγγραφέως.

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

## VII. Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την οικογένειά μου για την υποστήριξη που μου παρέιχε.

Ευχαριστώ επίσης για τη εποικοδομητική συνεργασία την καθηγήτρια Μαρία Φούντη, η οποία επέβλεψε την εργασία αυτή και τον Διευθυντή της Υπηρεσίας Περιβάλλοντος για την παροχή των στοιχείων που χρησιμοποιήθηκαν.

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

# 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

## 1.1 ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΕΡΕΥΝΑΣ

Η ανάγκη για εξοικονόμηση ενέργειας είναι ιδιαίτερα εμφανής στον κτιριακό τομέα της Ελλάδας, ο οποίος καλύπτει σήμερα το 35% περίπου της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης στην Ελλάδα, σε σχέση με το 29% του 1990 [1]. Σύμφωνα με μελέτες, η συμμετοχή του κτιριακού τομέα και ειδικότερα των κτιρίων του τριτογενούς τομέα στην τελική ενεργειακή κατανάλωση της Ελλάδας προβλέπεται να ακολουθήσει ιδιαίτερα αυξητική πορεία έως το 2010. Ειδικότερα, προβλέπεται για τον τριτογενή τομέα υπερδιπλασιασμός της κατανάλωσης έναντι μικρής αύξησής της στον οικιακό τομέα το 2010 σε σχέση με το 2001. Η αντίστοιχη συμμετοχή του τριτογενή τομέα εκτιμάται ότι θα φτάσει στο 38% του συνόλου της τελικής κατανάλωσης του οικιακού/τριτογενούς τομέα κατά το 2010. Από περιβαλλοντική άποψη, τα κτίρια ευθύνονται για το 45% των συνολικών εκπομπών CO<sub>2</sub>, το οποίο αποτελεί ένα από τα βασικά αέρια του φαινομένου του θερμοκηπίου. Στο φαινόμενο αυτό αποδίδεται η αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη και το λιώσιμο των πάγων, το οποίο απασχολεί έντονα τους επιστήμονες και τις περιβαλλοντικές οργανώσεις παγκοσμίως.

Εκτός από την περιβαλλοντική διάσταση του ενεργειακού προβλήματος, υπάρχει και η οικονομική του πλευρά. Η ολοένα αυξανόμενη κατανάλωση ρεύματος ειδικότερα για μεγάλες εγκαταστάσεις όπως νοσοκομεία, ξενοδοχεία, εμπορικά κέντρα και γενικότερα κτίρια πολλαπλών χρήσεων έχει σημαντικό κόστος τόσο

για τη διαχείριση των κτιρίων αυτών, όσο και σε εθνικό επίπεδο ιδιαίτερα σε συνδυασμό με τη συνεχώς μεταβαλλόμενη τιμή του πετρελαίου.

## 1.2 ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΚΑΙ ΥΠΟΘΕΣΕΙΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Σε ευρωπαϊκό επίπεδο, ο κλάδος των κτιρίων σε αεροδρόμια δεν έχει μελετηθεί επαρκώς. Η κατανάλωση ενέργειας εξαρτάται από την κατανάλωση των διαφόρων συσκευών και εγκαταστάσεων, σε συνάρτηση με το ίδιο το κτίριο, το περιβάλλον και τον τρόπο χρήσης των στοιχείων που καταναλώνουν ενέργεια. Η δομή βέβαια των ευρωπαϊκών αεροδρομίων είναι αποκεντρωμένη και το κάθε αεροδρόμιο έχει πλήρη διοικητική αυτονομία. Τα τελευταία χρόνια υπάρχει ένα ιδιαίτερα φιλόδοξο πρόγραμμα αναβάθμισης των κτιρίων των αεροδρομίων, με νέες κατασκευές ή επεκτάσεις σε υφιστάμενες μονάδες.

Τα κτίρια ενός αεροδρομίου έχουν αρκετές ιδιομορφίες και παρουσιάζουν σημαντικό ενδιαφέρον όσον αφορά στις ενεργειακές τους καταναλώσεις. Γενικά έχουν σαφώς υψηλότερους δείκτες ενεργειακών καταναλώσεων σε σχέση με την πλειονότητα των κτιρίων του τριτογενή τομέα, καθώς και αρκετές ιδιαιτερότητες τόσο από αρχιτεκτονική άποψη όσο και χρήσης. Τα κτίρια έχουν συνήθως μεγάλες γυάλινες επιφάνειες προς τη πλευρά τουλάχιστον του διαδρόμου απογείωσης και προσγείωσης, ο οποίος ορίζει και τον προσανατολισμό τους [2]. Όσον αφορά στη χρήση τους, παρατηρούνται σημαντικές μετακινήσεις μεγάλων ομάδων ανθρώπων σε μικρά χρονικά διαστήματα, ανάλογα με το πρόγραμμα αφίξεων-αναχωρήσεων. Οι βασικοί λόγοι, για τους οποίους η κατανάλωση ενέργειας στα αεροδρόμια είναι τόσο υψηλή, είναι η λειτουργία τους όλο το

εικοσιτετράωρο καθ' όλη τη διάρκεια του έτους και τα ειδικά συστήματα (π.χ. ηλεκτρονικά συστήματα Πύργου Ελέγχου, σύστημα διαχείρισης αποσκευών, κοκ) τα οποία απαιτούνται για τη λειτουργία τους.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί βασική παράμετρος στην ενεργειακή κατανάλωση ενός κτιρίου αποτελεί το κέλυφος του. Στοιχεία όπως ανοίγματα, τοίχοι, οροφές, μονώσεις και προσανατολισμός των κτιρίων επεξηγούν ένα σημαντικό μέρος της κατανάλωσης.

Ένας εξίσου σημαντικός παράγοντας είναι ο συσχετισμός των καταναλώσεων με τη διακίνηση των επιβατών μέσα στο αεροδρόμιο. Η διακίνηση μεγάλου αριθμού επιβατών επηρεάζει τα φορτία, αυξάνοντας τα εσωτερικά κέρδη και τις απώλειες λόγω αερισμού.

### 1.3 ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΤΗΣ ΑΝΑΓΚΑΙΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Η Ελλάδα αποτελεί μια μικρή μεσογειακή χώρα, χωρίς ιδιαίτερη παράδοση σε πολιτικές και προγράμματα ενεργειακής αποδοτικότητας σε σύγκριση με άλλες χώρες που ανήκουν στον Οργανισμό Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης (ΟΟΣΑ). Τα τελευταία χρόνια η κατάσταση φαίνεται να αλλάζει καθώς η ανησυχία για το περιβάλλον αρχίζει να ενισχύει πρωτοβουλίες ενεργειακής αποδοτικότητας και η πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης υποστηρίζει την ενεργειακή αποδοτικότητα.

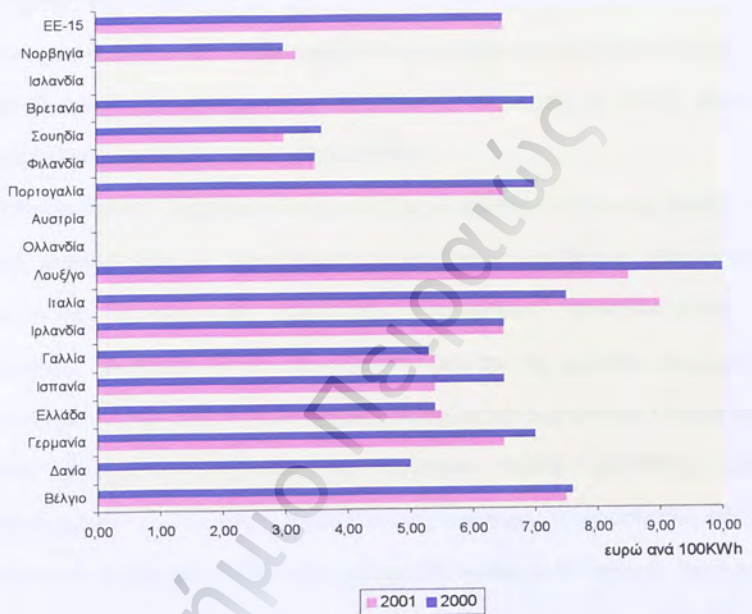
Η Ελλάδα έχει πολύ λίγες εγχώριες πηγές ενέργειας, εκτός από τις ανανεώσιμες και τον λιγνίτη. Η εγχώρια παραγωγή πετρελαίου καλύπτει λιγότερο από 5% των αναγκών ενώ η εισαγωγή καλύπτει πάνω από 60% των αναγκών. Η

κατανάλωση ενέργειας ανά κάτοικο ανέρχεται στα 2/3 του μέσου όρου της Ευρώπης σύμφωνα με τον ΟΑΣΑ. Παράλληλα η ενεργειακή πυκνότητα στην Ελλάδα, σύμφωνα πάντα με την ίδια έκθεση, είναι σημαντικά μεγαλύτερη από τον ευρωπαϊκό μέσο όρο [6].

Ωστόσο, το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα για βιομηχανικούς χρήστες (στην κατηγορία αυτή εμπίπτει και το αεροδρόμιο) διαμορφώνεται σε σχετικά χαμηλά επίπεδα. Επιπλέον, η τελική τιμή του ηλεκτρικού ρεύματος για βιομηχανική χρήση σημείωσε αισθητή μείωση την τελευταία δεκαετία, καθώς διαμορφώθηκε το 2001 στα 5,7 ευρώ ανά 100 kWh για μια μέση βιομηχανία έναντι 6,5 ευρώ το 1992 [5].

Στο Διάγραμμα 1.3.1 που ακολουθεί, απεικονίζεται το επίπεδο και η εξέλιξη των τιμών της ηλεκτρικής ενέργειας για μεσαίου μεγέθους βιομηχανία (δηλαδή με μέσο όρο 2000 MWh ετήσια κατανάλωση, 500 kWh μέγιστη ζήτηση και ετήσιο φορτίο 4000 ώρες). Ο δείκτης που απεικονίζεται αντιστοιχεί σε τιμές που ίσχυαν την 1<sup>η</sup> Ιουλίου κάθε έτους και έχουν υπολογιστεί με βάση τον σταθμισμένο μέσο όρο της εθνικής κατανάλωσης. Φαίνεται πως η Ελλάδα είχε από τα χαμηλότερα επίπεδα τιμών για το 2001, ακολουθώντας τη Σουηδία, τη Φιλανδία, την Ισπανία και τη Γαλλία.

Τιμές ηλεκτρικής ενέργειας στην ΕΕ



**Διάγραμμα 1.3.1** Επίπεδο και εξέλιξη τιμών ηλεκτρικής ενέργειας για μεσαίου μεγέθους βιομηχανία

Στον ενεργειακό τομέα κυριαρχούν μεγάλες κρατικές εταιρείες και η απελευθέρωση πραγματοποιείται με αργούς ρυθμούς. Κατά τα τελευταία χρόνια η ενεργειακή πολιτική επικεντρώθηκε στην εισαγωγή του φυσικού αερίου. Ο κύριος σκοπός της ενεργειακής πολιτικής είναι η ενεργειακή εξασφάλιση, η οποία επιτυγχάνεται μέσω και της ανάπτυξης των εγχώριων πηγών ενέργειας και της διαφοροποίησης των προμηθειών. Οι κύριοι στόχοι είναι:

- Εισαγωγή φυσικού αερίου με ανάπτυξη του συστήματος διανομής στην περιοχή της Αθήνας.
- Άνοιγμα στην ιδιωτική συμμετοχή στην εκμετάλλευση πετρελαίου και αερίου.
- Ενθάρρυνση της ανεξάρτητης παραγωγής ενέργειας, η οποία βασίζεται κυρίως στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Το Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Ενέργειας της Ευρωπαϊκής Ένωσης παρέχει μια αρχική επικέντρωση σε προγράμματα ενεργειακής απόδοσης, διότι παρέχει σημαντικούς πόρους για επενδύσεις ενεργειακής αποδοτικότητας. Το πρόγραμμα "Ενέργεια 2001" στοχεύει στη μείωση της χρήσης ενέργειας σε κτίρια. Είναι το κύριο μέτρο για τη συμμόρφωση με την Ευρωπαϊκή Οδηγία για τη μείωση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα SAVE (93/76/EC), μέσω προγραμμάτων ενεργειακής αποδοτικότητας κτιρίων. Η νομοθεσία που θα υποστηρίξει το πρόγραμμα δεν έχει επικυρωθεί ακόμη αλλά πιθανόν θα περιέχει τα εξής κύρια στοιχεία:

- Πρότυπα κατασκευής κτιρίων.
- Προώθηση ανανεώσιμων μορφών ενέργειας στην κατασκευή και αναπαλαίωση κτιρίων.
- Ενεργειακή πιστοποίηση κτιρίων.
- Ειδικά, υποχρεωτικά μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας για τα δημόσια κτίρια.

Η ΚΥΑ 21475/4707/98 σχετικά με τον "Περιορισμό των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα με τον καθορισμό μέτρων και όρων για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων", η οποία δημιουργήθηκε σε συμμόρφωση με την οδηγία SAVE αποτελεί ένα ουσιαστικό βήμα στα πλαίσια της σύγχρονης εθνικής και κοινοτικής πολιτικής και νομοθεσίας για την προστασία του περιβάλλοντος, τη



βιώσιμη ανάπτυξη και την εξοικονόμηση ενέργειας. Ειδικότερα, με το άρθρο 4 της ΚΥΑ αυτής, θεσπίζεται ο νέος Κανονισμός Ορθολογικής Χρήσης και Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΚΟΧΕΕ) και περιγράφονται το αντικείμενο, οι στόχοι και τα γενικά του περιεχόμενα. Ο νέος ΚΟΧΕΕ θα αντικαταστήσει τον ισχύοντα Κανονισμό Θερμομόνωσης Κτιρίων (ΚΘΚ) και θα έχει εφαρμογή σε όλα τα νεοαναγειρόμενα κτίρια, για τη μελέτη και την κατασκευή τους, καθώς και σε υφιστάμενα κτίρια για τη μελέτη των αναγκαίων επεμβάσεων βελτίωσης της ενεργειακής τους απόδοσης[1].

Οι συνεχείς αυξήσεις της τιμής του πετρελαίου που έχουν προκληθεί από τη μείωση της παραγωγής από τις χώρες παραγωγής του, καθώς επίσης και το ευρύτερο ενεργειακό πρόβλημα-όχι προσωρινό πια στις μέρες μας, αλλά γενικευμένο πια σε όλο το κόσμο- έχει καταστήσει αναγκαία την υιοθέτηση και εφαρμογή προγραμμάτων εξοικονόμησης ενέργειας από όλες τις χώρες. Η εφαρμογή τέτοιων προγραμμάτων επιβάλλεται και είναι δυνατή σε όλους τους τομείς της οικονομίας (στη βιομηχανία, στις συγκοινωνίες-μεταφορές κ.ο.κ.). Ένας χώρος όπου υπάρχουν μεγάλα περιθώρια εξοικονομήσεως ενέργειας, είναι και τα υφιστάμενα κτίρια εφόσον για τη θέρμανση, τον φωτισμό, τον κλιματισμό τους, τη κίνηση των ανελκυστήρων και άλλων συστημάτων και αυτοματισμών, κλπ, καταναλώνονται μεγάλα ποσά ενέργειας.

#### 1.4 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Με σκοπό την εξεύρεση δυνατοτήτων εξοικονόμησης ενέργειας στα κτίρια του αεροδρομίου γίνεται στο στάδιο αυτό, καταγραφή της παρούσας κατάστασης για

το διάστημα των πέντε πρώτων μηνών λειτουργίας του. Εξετάζεται μόνο σε ό,τι αφορά ηλεκτρικές καταναλώσεις, καθώς δεν υπάρχουν προς το παρόν δεδομένα θερμικών φορτίων. Βάσει των ηλεκτρικών καταναλώσεων ανά μήνα, αποτυπώνεται η τάση της ηλεκτρικής κατανάλωσης στο σύνολο των κτιρίων του αεροδρομίου, στα οποία πραγματοποιούνται μετρήσεις. Η ανάλυση επικεντρώνεται σε ιδιαίτερες περιπτώσεις τόσο από πλευράς χρήσης, κατηγοριοποίησης σε μικρούς μεγάλους καταναλωτές, όσο και σε συνδυασμό με άλλους παράγοντες που σχετίζονται με τη λειτουργία του αεροδρομίου, όπως κίνηση επιβατών, οι εξωτερικές συνθήκες κ.ά.

#### **1.5 ΠΕΡΙΓΡΑΦΜΑ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ**

Στην εργασία παρουσιάζεται στην αρχή μια καταγραφή των ηλεκτρικών καταναλώσεων για τους πέντε πρώτους μήνες λειτουργίας του και αξιολογούνται τα αποτελέσματα. Για τη αξιολόγηση χρησιμοποιούνται και συμπληρωματικά στοιχεία που συσχετίζονται με τις ενεργειακές καταναλώσεις. Ιδιαίτερη βαρύτητα δίνεται στις χρήσεις των κτιρίων που παρακολουθούνται από περιβαλλοντική άποψη. Η αξιολόγηση όλων των δεδομένων επιτρέπει την εξαγωγή κάποιων συμπερασμάτων σε σχέση με την ενεργειακή συμπεριφορά των κτιρίων του αεροδρομίου για αυτό το ιδιαίτερο χρονικό διάστημα. Στη συνέχεια διερευνούνται οι δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας στα κτίρια του αεροδρομίου και προτείνονται μέτρα καλής διαχείρισης/συντήρησης.

## 1.6 ΟΡΙΣΜΟΙ

*Εξοικονόμηση ενέργειας:* Μέθοδοι που οδηγούν σε πιο ορθολογική και αποδοτική χρησιμοποίηση των διαφόρων μορφών της ενέργειας.

*Ενεργειακή διαχείριση κτιρίων:* Μια συστηματική, οργανωμένη και συνεχής δραστηριότητα που αποτελείται από ένα προγραμματισμένο σύνολο διοικητικών, τεχνικών και οικονομικών δράσεων, οι οποίες έχουν ως κριτήρια: την οικονομική αποδοτικότητα από την εφαρμογή μέτρων εξοικονόμησης, τη διατήρηση ή βελτίωση της ασφάλειας και ποιότητας ζωής και παροχής υπηρεσιών στα κτίρια, τη διασφάλιση της ποιότητας του περιβάλλοντος και τέλος, τον έλεγχο του συνολικού ενεργειακού κόστους [4]

*Ενεργειακή αποδοτικότητα:* Ελαχιστοποίηση ενεργειακών απωλειών

*Ενεργειακή επιθεώρηση:* Μια μεθοδική διαδικασία ελέγχων, καταγραφών, υπολογισμών και μετρήσεων που αποσκοπεί στη γνώση της διαχρονικής εξέλιξης της ενεργειακής κατανάλωσης στο κτίριο, στην ιεράρχηση, αξιολόγηση και πρόταση προς κάποιο φορέα διαχείρισης κατάλληλων δυνατοτήτων εξοικονόμησης ενέργειας[4]

*cosφ:* Η γωνία φ του συντελεστή ισχύος, είναι ουσιαστικά η γωνία που σχηματίζει η ενεργός (P) με τη φαινόμενη (S) ισχύ ( $\cos\phi=P/S$ )[4]

## 1.7 ΟΡΙΟΘΕΤΗΣΗ ΣΚΟΠΟΥ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΚΑΙ ΥΠΟΘΕΣΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ

Οι αντικειμενικοί στόχοι ενός προγράμματος διαχείρισης ενέργειας είναι συνήθως οι ακόλουθοι:

- η μείωση της κατανάλωση ενέργειας σε συνδυασμό με τη μικρότερη δυνατή δαπάνη για τις τροποποιήσεις
- η μείωση των λειτουργικών εξόδων
- ο περιορισμός των διακοπών της λειτουργίας, που αποδίδονται σε πτώση τάσεως και της κατανάλωσης καυσίμων και ενέργειας
- η παράταση της ζωή του μηχανολογικού και ηλεκτρολογικού εξοπλισμού και η μείωση της συχνότητας βλαβών και δαπανών αντικατάστασως
- η βελτίωση της ποιότητας των προσφερόμενων υπηρεσιών του προσωπικού που ασχολείται με τη συντήρηση και τη λειτουργία
- η μείωση των επιπτώσεων στο περιβάλλον
- η συμμόρφωση με τις υποδείξεις της κρατικής ενεργειακής πολιτικής
- η παροχή κινήτρων, μέσω των χαμηλών δαπανών λειτουργίας για την επίτευξη καλύτερων τιμών στα μισθώματα των χώρων του κτιρίου
- η βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης και εργασίας εντός των κτιρίων με τη λήψη μέτρων, όπως η μείωση του ενοχλητικού φωτισμού ορισμένων χώρων, ο περιορισμός της διείσδυσης ψυχρού αέρα μέσα στο κτίριο, κλπ.

Το συγκεκριμένο αεροδρόμιο διαθέτει σύστημα ενεργειακής διαχείρισης (Building Automation System, BAS) που καλύπτει την πλειοψηφία των κτιρίων που βρίσκονται στο χώρο του αεροδρομίου. Βρίσκεται όμως στη φάση της διερεύνηση της αξιοπιστίας των δεδομένων και για αυτό για τη συγκεκριμένη μελέτη χρησιμοποιούνται δεδομένα ηλεκτρικής κατανάλωσης από τους μετρητές που έχουν εγκατασταθεί σε διάφορα σημεία των κτιρίων του αεροδρομίου. Παράλληλα, τα κτίρια έχουν κατασκευαστεί με τα πιο σύγχρονα κατασκευαστικά

πρότυπα, με στόχο τη διασφάλιση της όσο των δυνατών αποδοτικότερης ενεργειακής συμπεριφοράς τους.

Αξίζει όμως να ερευνηθεί η ενεργειακή συμπεριφορά του συνόλου των κτιρίων του αεροδρομίου, στα οποία παρακολουθείται η ηλεκτρική κατανάλωση ειδικά αυτούς τους πρώτους μήνες λειτουργίας. Αναμένεται να υπάρχει μια αστάθεια και κάποια αυξητική τάση στην ηλεκτρική κατανάλωση, η οποία πιθανόν να εξαλειφθεί με το πέρασμα του χρόνου και την ομαλοποίηση της λειτουργίας και των συστημάτων. Ενδεικτικός της μη ομαλής ηλεκτρικής κατανάλωσης είναι ο συντελεστής  $\cos\phi$  ανάλογα με τον οποίο καθορίζεται και το κόστος του ηλεκτρικού ρεύματος. Δεν παύει όμως να έχει κάποιο κόστος για τους χρήστες και φυσικά επιπτώσεις προς το περιβάλλον.

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

## 2. ΜΕΛΕΤΗ ΣΧΕΤΙΚΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

### 2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, σε προηγούμενη ενότητα ο τομέας των κτιρίων των αεροδρομίων δεν έχει μελετηθεί αρκετά τόσο σε ευρωπαϊκό όσο και σε ελληνικό επίπεδο. Οι αεροδρομιακές εγκαταστάσεις θεωρούνται αρκετά ενεργοβόρες, σε επίπεδο συγκρίσιμο με αυτό βιομηχανικών εγκαταστάσεων (αντιστοίχως τιμολογείται άλλωστε η ηλεκτρική κατανάλωση σε αυτά), χρησιμοποιώντας ηλεκτρικό ρεύμα τόσο σε χαμηλή όσο και σε μέση τάση.

### 2.2 ΒΑΣΙΚΑ ΣΗΜΕΙΑ ΚΑΙ ΜΟΝΤΕΛΑ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ

Αυτό που συμβαίνει συνήθως σε άλλες ευρωπαϊκές χώρες και αρχίζει να εφαρμόζεται και στην Ελλάδα, είναι η διενέργεια ενεργειακών επιθεωρήσεων σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις κυρίως για την εκτίμηση της ενεργειακής κατάστασης της εγκατάστασης και τη διερεύνηση των δυνατοτήτων εξοικονόμησης ενέργειας στα πλαίσια των οικονομικών δυνατοτήτων και των στόχων της επιχείρησης. Οι ενεργειακές επιθεωρήσεις διεξάγονται από εξουσιοδοτημένους εξωτερικούς συνήθως επιθεωρητές, διέπονται από συγκεκριμένη νομοθεσία (στην οποία αναφέρεται και υποχρεωτική ενεργειακή πιστοποίηση των κτιρίων, ακόμη και των υφισταμένων) και μεθοδολογία και μπορεί να είναι είτε συνοπτική είτε εκτενής με λεπτομερέστερη ανάλυση των

ενεργειακών στοιχείων της εγκατάστασης. Μέρος μιας συνοπτικής ενεργειακής επιθεώρησης καλύπτεται από την παρούσα εργασία όπου γίνεται καταγραφή των ηλεκτρικών καταναλώσεων των κτιρίων του αεροδρομίου και αξιολόγησή τους. Εναπομένει η καταγραφή και των θερμικών φορτίων στα κτίρια αυτά και η επιτόπου αναλυτική καταγραφή των στοιχείων των κτιρίων και ο εντοπισμός των πιθανών σημείων ενεργειακών απωλειών, προκειμένου να είναι μια αντιπροσωπευτική συνοπτική ενεργειακή επιθεώρηση. Πρόσθετες επιτόπιες μετρήσεις για επαρκή χρονικά διαστήματα, κατάστρωση ενεργειακών διαγραμμάτων και ενδελεχής ανάλυση των αποτελεσμάτων πραγματοποιούνται επιπροσθέτως κατά τις εκτενείς ενεργειακές επιθεωρήσεις. Αποτέλεσμα σε κάθε περίπτωση μιας ενεργειακής επιθεώρησης είναι μια σειρά προτεινόμενων μέτρων μηδενικού, χαμηλού και υψηλού κόστους, τα οποία καλείται να επιλέξει η εκάστοτε διοίκηση ανάλογα με τις δυνατότητες και τους στόχους τους.

## **2.3 ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΣΗΜΕΙΑ, ΓΕΝΙΚΑ ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΚΑΙ ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ Η ΥΠΟΘΕΣΕΙΣ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ**

Τα ερωτήματα που θα διερευνηθούν σε αυτή την εργασία, είναι τα εξής:

- Ποιο είναι το επίπεδο των συνολικών ηλεκτρικών καταναλώσεων που μετρούνται στα κτίρια του αεροδρομίου και ποια η εξέλιξή τους μέσα στο εξεταζόμενο χρονικό διάστημα;
- Από ποιους άλλους παράγοντες μπορεί να επηρεαστεί η ηλεκτρική κατανάλωση και ποια η σχέση αλληλεπίδρασης;

- Ειδικότερα πως επηρεάζει η χρήση του κάθε κτιρίου την ενεργειακή του συμπεριφορά;
- Υπάρχει κάποιου είδους κατηγοριοποίηση των καταναλώσεων και πως συμπεριφέρεται η κάθε κατηγορία σε σχέση με το χρόνο;
- Ποια είναι η περιβαλλοντική επιβάρυνση από την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στα κτίρια του αεροδρομίου;
- Ποιες είναι οι δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας και που εστιάζονται;

Πανεπιστήμιο Πειραιώς



### 3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

#### 3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε στη παρούσα εργασία, έχει ήδη αναφερθεί σε προηγούμενη ενότητα. Επιγραμματικά, έγινε επεξεργασία δεδομένων που συλλέγονται από μετρητές εγκατεστημένους σε διάφορα κτίρια του αεροδρομίου. Η επεξεργασία αυτή περιελάμβανε μετατροπή σε ορισμένες περιπτώσεις όπου είχαμε μετάβαση από το επίπεδο μέσης τάσης στη χαμηλή, με τη χρήση συντελεστή μετατροπής. Στη συνέχεια υπολογίστηκαν οι συνολικές καταναλώσεις ανά μήνα και κτίριο και η επιμέρους συνεισφορά κάθε κτιρίου που παρακολουθείται από τους μετρητές στη συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Με τη μεθοδολογία αυτή, προκύπτουν οι τάσεις ηλεκτρικής κατανάλωσης, συσχετίζονται με άλλους παράγοντες και κατηγοριοποιούνται. Βάσει των αποτελεσμάτων αυτών εξάγονται συμπεράσματα και γίνονται προτάσεις δυνατοτήτων εξοικονόμησης ενέργειας.

#### 3.2 ΑΝΑΦΟΡΑ ΤΩΝ ΕΙΔΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΠΟΥ ΕΧΟΥΝ ΗΔΗ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΕΙ ΑΠΟ ΑΛΛΟΥΣ ΜΕΛΕΤΗΤΕΣ

Ενδεικτικά αναφέρεται ότι στις ΗΠΑ τα υφιστάμενα κτίρια "απορροφούν" το 33% της συνολικά καταναλισκόμενης ενέργειας. Προγράμματα εξοικονόμησης ενέργειας - που έγιναν σε χιλιάδες κτίρια των ΗΠΑ - απέδειξαν ότι μια μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας κατά 20-50% είναι πραγματοποιήσιμη. Αν σαν μέση

τιμή, ληφθεί το 30% προκύπτει ότι, σε περίπτωση που τέτοια προγράμματα θα εφαρμοζόταν σε όλα τα υφιστάμενα κτίρια των ΗΠΑ, θα μπορούσε να επιτευχθεί ημερήσια εξοικονόμηση ενέργειας της τάξεως των 3.000.000 βαρελιών αργού πετρελαίου (ή 10% της συνολικής καταναλώσεως ενέργειας στη χώρα αυτή).

Με βάση μια μελέτη που πραγματοποιήθηκε στα 24 μεγαλύτερα αεροδρόμια της Ελλάδας, εκτιμήθηκε ότι η συνολική κατανάλωση ενέργειας των αεροδρομίων κατά το 1997 ήταν της τάξης των 34 GWh/έτος [2]. Το κόστος αυτής της ενεργειακής κατανάλωσης σε τιμές του 1997, υπερβαίνει το ένα δισεκατομμύριο δραχμές.

Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να σημειωθεί ότι δεν υπάρχουν αντίστοιχες καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας (όπως αυτές που χρησιμοποιούνται σε αυτή την εργασία) για το παλιό αεροδρόμιο της Αθήνας, ούτε και για άλλα αεροδρόμια της Ελλάδας, ώστε να μπορεί να γίνει σύγκριση με παλαιότερα στοιχεία.

### 3.3 ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ ΤΗΣ

Οι πληροφορίες σχετικά με την ηλεκτρική κατανάλωση ενέργειας βασίζονται στις καταγραφές από τους μετρητές που βρίσκονται εγκατεστημένοι σε διάφορα σημεία του αεροδρομίου. Συγκεντρώθηκαν πληροφορίες σχετικά με βασικά (κτιριακά) μεγέθη της μονάδας, τις χρήσεις τους καθώς και στοιχεία όπως η μηνιαία κίνηση των επιβατών και οι εξωτερικές συνθήκες όπως η μέση μηνιαία θερμοκρασία και υγρασία. Επίσης οι καταναλώσεις διαχωρίστηκαν σε τρία επίπεδα σε σχέση με τρία επίπεδα κατανάλωσης: 0-100, 100-1000 και πάγω

από 1000KWh/μήνα. Οι τιμές αυτές επιλέχθηκαν καθώς παρατηρήθηκε μια σχεδόν ομοιόμορφη κατανομή των μετρήσεων στα τρία αυτά μεγέθη.

### 3.4 ΘΕΜΑΤΑ ΗΘΙΚΗΣ

Για τη συγκεκριμένη μελέτη δεν τίθεται κάποιο ιδιαίτερο θέμα ηθικής εκτός ίσως από το γεγονός, ότι ένα αεροδρόμιο θεωρείται χώρος με ιδιαίτερα θέματα ασφαλείας και πολλά στοιχεία που συσχετίζονται με τη λειτουργία του θεωρούνται απόρρητα. Για το λόγο αυτό αποφεύγεται η παράθεση δεδομένων και οι αναλυτικές περιγραφές και προτιμούνται πιο γενικευμένες περιγραφές της χρήσης και των λειτουργικών στοιχείων των κτιρίων του αεροδρομίου.

## **4. ΑΝΑΛΥΣΗ / ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ**

### **4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στη μελέτη αυτή αποτελούν ενδείξεις στους εγκατεστημένους μετρητές στα διάφορα κτίρια του αεροδρομίου. Στις μετρήσεις αυτές πιθανόν περιλαμβάνονται σφάλματα των οργάνων, μετατροπής (σε περίπτωση μετατροπής) για τη μετάβαση από μέση σε χαμηλή τάση και μικρά σφάλματα στρογγυλοποίησης. Συνήθως ακραίες τιμές υποδηλώνουν ότι κάποιο σφάλμα έχει επεισέλθει στη μέτρηση. Επίσης παρατηρήθηκαν και περιπτώσεις που ορισμένοι μετρητές έπαψαν να λειτουργούν ή νέοι από αυτούς εγκαταστάθηκαν κατά τη διάρκεια του εξεταζόμενου διαστήματος των πέντε μηνών. Θα πρέπει να τονιστεί ότι οι καταναλώσεις που εμφανίζονται στις επόμενες ενότητες δεν αποτελούν τις συνολικές καταναλώσεις των κτιρίων του αεροδρομίου αλλά τις συνολικά μετρούμενες.

### **4.2 ΥΠΟΚΕΙΜΕΝΑ ΕΡΕΥΝΑΣ**

Στη μελέτη αυτή, ιδιαίτερη προσοχή δίνεται στο ηλεκτρικό σκέλος της ενεργειακής κατανάλωσης και στην εφαρμογή μεθόδων εξοικονόμησης ενέργειας ή/και ενεργειακής διαχείρισης. Σε γενικές γραμμές, η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας σε ένα αεροδρόμιο οφείλεται κυρίως στον κλιματισμό, τον φωτισμό των κτιρίων

και των διαδρόμων προσγείωσης/απογείωσης και τον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό.

Σύμφωνα με τις σύγχρονες τεχνολογίες διαχείρισης ενεργειακών συστημάτων σε κτίρια, οι απαιτήσεις ελέγχου για τα διάφορα υποσυστήματα που απαντώνται σε ένα κτίριο είναι οι εξής: συστήματα θέρμανσης και αερισμού, παρασκευής θερμού νερού χρήσεως, ψύξεως και αερισμού (κλιματισμού), διανομής θερμοφορέων, εμπορικής ψύξης, φωτισμού, μετατροπής της ενέργειας.

Όσον αφορά στα συστήματα θέρμανσης/ψύξης εγκαθίστανται σύμφωνα με τις απαιτήσεις για χρήση έξυπνων συσκευών, για απευθείας σύνδεση στο δίκτυο βανών, κλιματιστικών, αντλιών θερμότητας, κινητήρων για damper, αισθητήρων, τερματικών για τοπική απεικόνιση και ρύθμιση, ρυθμιστών στροφών (inverters). Τα πλεονεκτήματα τέτοιων συστημάτων είναι η εύκολη εγκατάσταση, η δυνατότητα επαναρρύθμισης των παραμέτρων λειτουργίας, η δυνατότητα αποστολής διαγνωστικών και τέλος άμεση η απόκριση στις αλλαγές λειτουργίας του κτιρίου.

Για τα συστήματα φωτισμού οι απαιτήσεις αφορούν χειρισμούς μέσω των γραμμών μεταφοράς τροφοδοσίας (power line communications), κυκλώματα έξυπνων διακοπών που βρίσκονται συνδεδεμένοι σε δίκτυο τροφοδοτούμενο με χαμηλή τάση, ομάδες διακοπών που μπορούν να προγραμματιστούν ώστε να μπορούν να διαχειριστούν οποιοδήποτε κύκλωμα φωτισμού, αισθητήρες φωτός που προσδίδουν δυνατότητες για επιπλέον χειρισμούς.

Τα σύγχρονα συστήματα για πυρανίχνευση και ασφάλεια διαθέτουν αισθητήρες πυρανίχνευσης, ανίχνευσης παρουσίας και κίνησης, παραβίασης, συστήματα

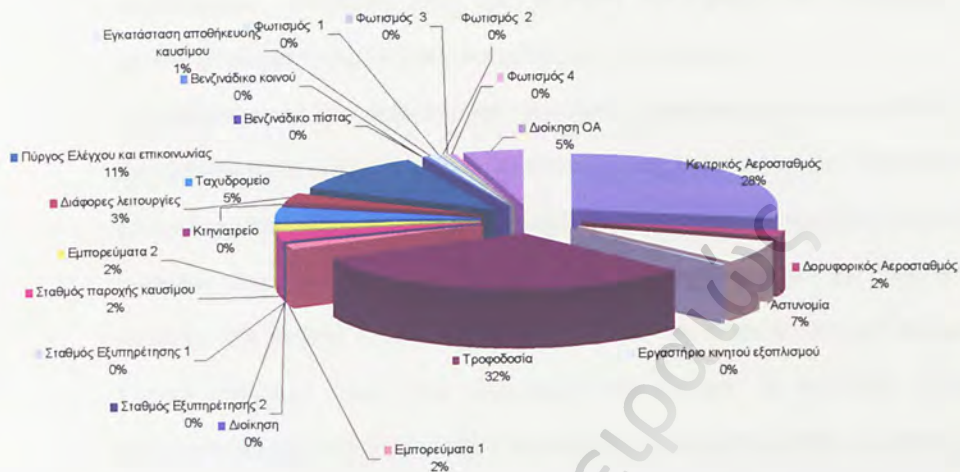
ελέγχου πρόσβασης, μπορούν να συνεργαστούν μεταξύ τους αλλά και με τα υπόλοιπα συστήματα του κτιρίου για ολοκληρωμένες λειτουργίες[3].

Στην ενεργειακή επιβάρυνση των κτιρίων ενός αεροδρομίου συμπεριλαμβάνονται τα βασικά μηχανήματα όπως λέβητες, κλιματιστικά, λαμπτήρες, αντλίες, ταινιομεταφορείς, κλπ., σε συνδυασμό με όλα τα συστήματα τελευταίας τεχνολογίας που μπορεί να διαθέτουν τα κτίρια ενός σύγχρονου αεροδρομίου. Η πολυπλοκότητα και η ποικιλία χρήσεων των κτιρίων αυτών οδηγούν στη διαπίστωση ότι το θέμα της εξοικονόμησης ενέργειας στα κτίρια ενός αεροδρομίου, ένα σαφώς περίπλοκο πρόβλημα.

#### **4.3 ΑΝΑΛΥΣΗ / ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ**

Τα δεδομένα τα οποία αναλύονται σε αυτή την ενότητα είναι μετρήσεις από τους μετρητές που βρίσκονται εγκατεστημένοι σε διάφορα κτίρια του αεροδρομίου για την παρακολούθηση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Στο Διάγραμμα 4.3.1 παρουσιάζεται η συμμετοχή των διαφόρων κτιρίων στη συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στο χώρο του αεροδρομίου. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι δεν πρόκειται για τη συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας αλλά για τη συνολική μετρούμενη κατανάλωση σε συγκεκριμένα κτίρια του αεροδρομίου.

### Συνολική κατανάλωση ηλ.ενέργειας

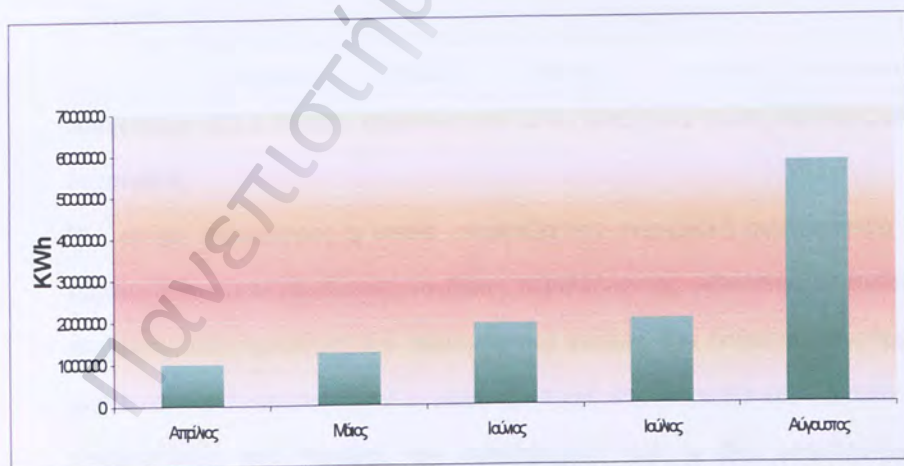


**Διάγραμμα 4.3.1** Συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ανά κτίριο κατά τους πέντε πρώτους μήνες λειτουργίας του ΔΑΑ (σε KWh)

Ανάμεσα στα κτίρια που παρακολουθούνται φαίνεται πως τη μεγαλύτερη επίδραση στη συνολικά μετρούμενη κατανάλωση έχει το κτίριο του κεντρικού αεροσταθμού (πάνω από το μισό της συνολικά μετρούμενης κατανάλωσης). Σημαντική συνεισφορά στη συνολική κατανάλωση έχουν επίσης τα κτίρια του δορυφορικού αεροσταθμού, του σταθμού παροχής καυσίμου, των εμπορευμάτων 2, του ταχυδρομείου, των διαφόρων λειτουργιών και της διοίκησης ΟΑ. Αξίζει να σημειωθεί ότι στον κεντρικό αεροσταθμό περιλαμβάνεται ένα πλήθος ενεργοβόρων δραστηριοτήτων εκτός από αυτές που σχετίζονται με τη λειτουργία του αεροδρομίου, όπως εστιατόρια, καταστήματα, γραφεία

αεροπορικών εταιρειών, κλπ., με διάφορα συστήματα και απαιτήσεις σε ηλεκτρική ενέργεια για 24 ώρες και κάθε μέρα του χρόνου.

Στο Διάγραμμα 4.3.2 απεικονίζεται συνολική κατανάλωση ενέργειας στα κτίρια του αεροδρομίου κατά τους πέντε πρώτους μήνες λειτουργίας του. Παρατηρείται ότι η τάση είναι σταθερά αυξητική, σημειώνοντας ένα μέγιστο κατά τον Αύγουστο, ο οποίος είναι και ο μήνας αιχμής της κίνησης των επιβατών για την καλοκαιρινή περίοδο. Θα πρέπει να αναφερθεί ότι και κατά τον Απρίλιο υπήρχε αυξημένη κίνηση επιβατών λόγω των διακοπών του Πάσχα. Η περίοδος δηλαδή παρακολούθησης της ηλεκτρικής κατανάλωσης αποτελείται από τους πρώτους μήνες λειτουργίας του αεροδρομίου και ταυτόχρονα μια περίοδο αιχμής γενικότερα (περίοδος Πάσχα και καλοκαιρινών διακοπών).



**Διάγραμμα 4.3.2** Συνολική μετρούμενη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στο σύνολο των κτιρίων του ΔΑΑ

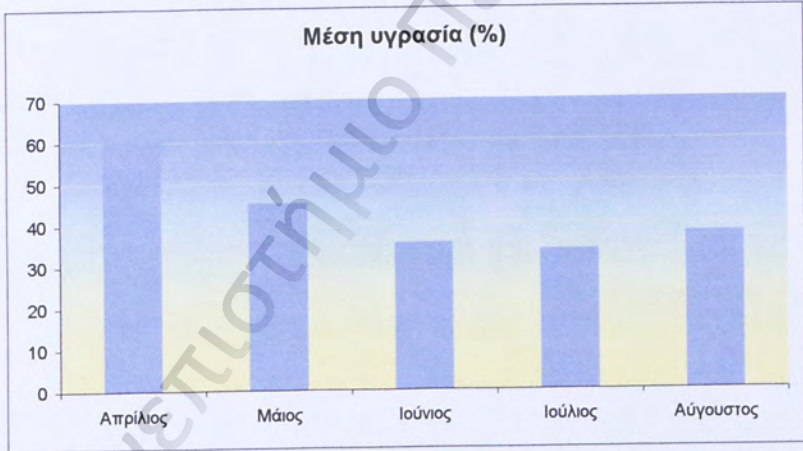
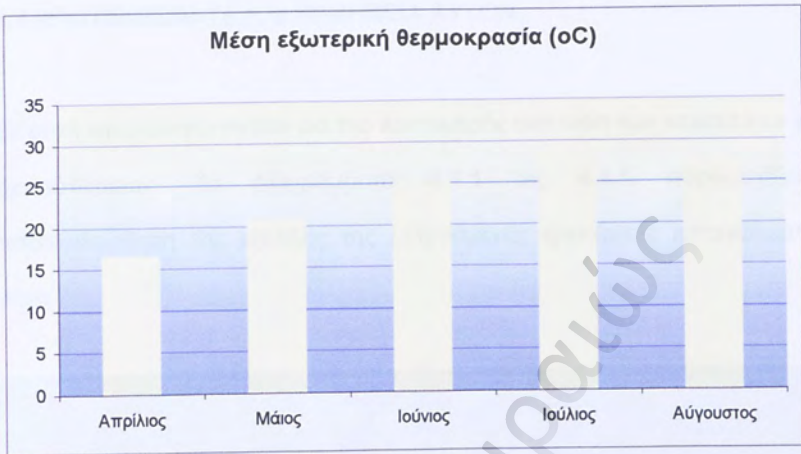


Θα ήταν σκόπιμο σε αυτό το σημείο να συγκρίνουμε τη συνολική κατανάλωση με τη διακίνηση των επιβατών στο αεροδρόμιο. Όπως διαπιστώνεται (Διάγραμμα 4.3.3) και η κίνηση των επιβατών ακολουθεί αυξητική πορεία κατά το χρονικό διάστημα που εξετάζεται. Η αυξημένη κίνηση για τον Απρίλιο, δικαιολογείται από το γεγονός ότι τον μήνα αυτό συνέπεσε με την περίοδο του Πάσχα, όπου η κίνηση είναι ιδιαίτερα αυξημένη.



**Διάγραμμα 4.3.3** Κίνηση επιβατών στο ΔΑΑ κατά τους πέντε πρώτους μήνες λειτουργίας

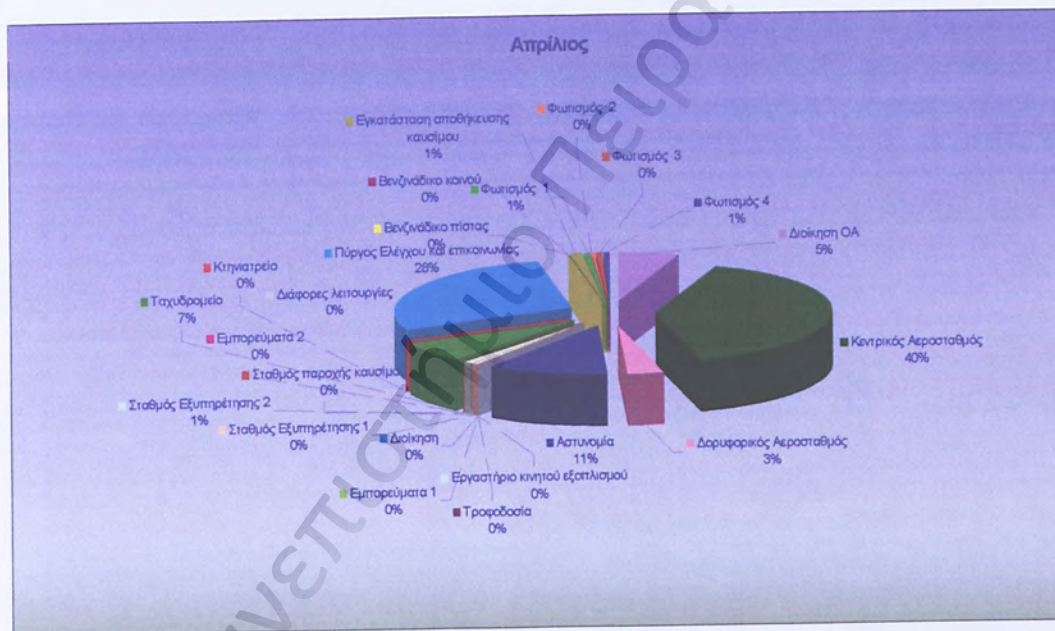
Μία ακόμη παράμετρος η οποία επηρεάζει την ενεργειακή συμπεριφορά των κτιρίων είναι και οι εξωτερικές συνθήκες περιβάλλοντος, ειδικότερα σε σχέση με τα συστήματα κλιματισμού και αερισμού των κτιρίων. Στα επόμενα διαγράμματα (4.3.4 και 4.3.5) απεικονίζεται η μέση εξωτερική θερμοκρασία και υγρασία που επικρατούσαν στη περιοχή του αεροδρομίου. Και οι δύο μετεωρολογικές παράμετροι ακολουθούν τη φυσιολογική για την εποχή πορεία και δικαιολογούν αυξημένες απαιτήσεις για κλιματισμό κατά τους θερμούς καλοκαιρινούς μήνες.



**Διαγράμματα 4.3.4 και 4.3.5 Μέση μηνιαία εξωτερική θερμοκρασία και μέση μηνιαία υγρασία αντίστοιχα**

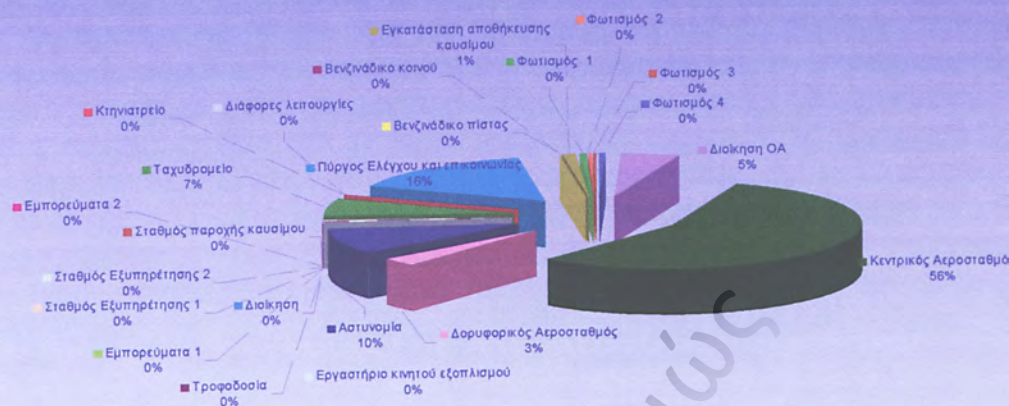
#### 4.4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΑΥΤΩΝ

Σε αυτή την ενότητα γίνεται μια πιο λεπτομερής ανάλυση των παραπάνω γενικών διαπιστώσεων. Τα Διαγράμματα 4.4.1 ως 4.4.5 παρουσιάζουν τη παρακολούθηση της εξέλιξης της μετρούμενης ηλεκτρικής κατανάλωσης ανά μήνα.

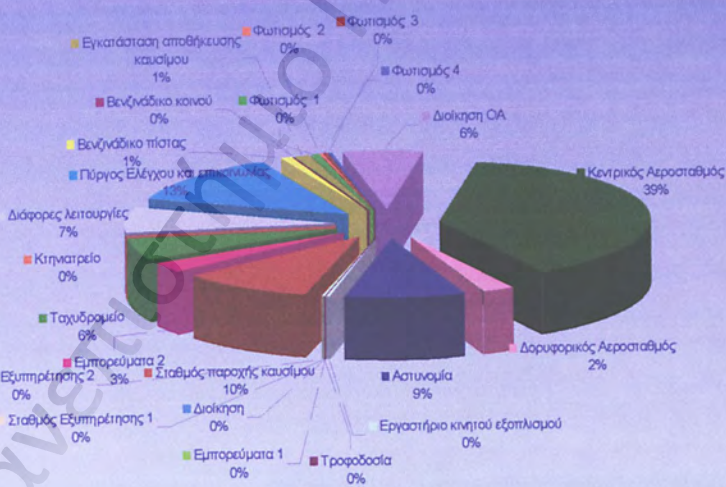


**Διάγραμμα 4.4.1** Καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας κτιρίων για τον μήνα Απρίλιο (σε KWh)

### Μάιος



### Ιούνιος



Διαγράμματα 4.4.2 και 4.4.3 Καταναλώσεις ηλεκτρικής ενέργειας κίριων για τους μήνες Μάιο και Ιούνιο (σε KWh)



Μελετώντας τα παραπάνω διαγράμματα, μπορεί να διαπιστώσει κανείς ότι τα ποσοστά συμμετοχής των υπό μελέτη κτιρίων δε μεταβάλλονται σημαντικά με μόνη εξαίρεση την κατανάλωση στο κτίριο τροφοδοσίας κατά τον Αύγουστο. Η σημαντική αύξηση της κατανάλωσης τον Αύγουστο οφείλεται στην εγκατάσταση πρόσθετων μετρητών το συγκεκριμένο μήνα και όχι σε αύξηση της κατανάλωσης σε σχέση με τους προηγούμενους μήνες. Αναμένεται δηλαδή στους επόμενους μήνες η ηλεκτρική κατανάλωση να κυμαίνεται στα ίδια περίπου επίπεδα, αν κάποια άλλη παράμετρος/συνθήκη δεν αλλάξει.

Αναλυτικότερα, ανατρέχοντας στα αναλυτικά διαγράμματα της πορείας της ηλ. κατανάλωσης κάθε κτιρίου για το εξεταζόμενο διάστημα, τα οποία περιλαμβάνονται στο Παράρτημα αυτής της μελέτης, μπορούν να σημειωθούν τα εξής:

- Η ηλ. κατανάλωση στο κτίριο του κεντρικού αεροσταθμού αφού σημείωσε μια ανοδική πορεία, δείχνει να σταθεροποιείται σε ένα σταθερό επίπεδο τιμών. Το γεγονός αυτό μπορεί να συνδυαστεί με την ομαλοποίηση της λειτουργίας του αεροδρομίου καθώς ο κεντρικός αεροσταθμός είναι το αντιπροσωπευτικό κτίριο του οποίου η χρήση είναι άμεσα συνδυασμένη με τη λειτουργία του αεροδρομίου.
- Για το δορυφορικό αεροσταθμό ισχύει ό,τι προαναφέρθηκε για τον κεντρικό αφού αποτελεί μια μικρογραφία του κεντρικού από άποψη χρήσης και μεγέθους.
- Στο κτίριο της Αστυνομίας παρατηρείται μια συνεχώς αυξανόμενη τάση κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας κατά τους πέντε αυτούς μήνες.

- Στο κτίριο όπου βρίσκεται στο εργαστήριο κινητού εξοπλισμού όπου ουσιαστικά είναι ένας χώρος επισκευών οχημάτων και άλλου εξοπλισμού παρατηρείται επίσης αυξητική τάση. Ειδικά τους δύο πρώτους μήνες σημειώνεται διπλασιασμός σχεδόν της ηλ. κατανάλωσης, γεγονός που μοιάζει λογικό εφόσον επισκευή και συντήρηση εξοπλισμού θα χρειάζεται ολοένα και περισσότερο όσο θα αυξάνεται η χρήση του εξοπλισμού.
- Όπως προαναφέρθηκε ήδη μετρητές ηλ. κατανάλωσης εγκαταστάθηκαν μετά τον Ιούνιο στο κτίριο τροφοδοσίας, για αυτό και δεν υπάρχουν δεδομένα για τους προηγούμενους μήνες. Παρόλα αυτά το συγκεκριμένο κτίριο μπορεί να χαρακτηριστεί αρκετά ενεργοβόρο, το οποίο είναι κατανοητό αν κανείς αναλογιστεί το πλήθος των ηλεκτρικών συσκευών που απαιτούνται για τη συγκεκριμένη χρήση (παρασκευή και διατήρηση τροφίμων). Η υψηλή τιμή κατανάλωσης που παρατηρείται τον Αύγουστο ενδέχεται να περιέχει κάποιο σφάλμα του συγκεκριμένου μετρητή, ο οποίος έχει εγκατασταθεί πρόσφατα. Η τιμή ηλεκτρικής κατανάλωσης είναι υπερβολικά υψηλή και παρουσιάζει μια μεγάλη συνεισφορά στην ηλεκτρική κατανάλωση, μεγαλύτερη και από αυτή του κεντρικού αεροσταθμού, το οποίο είναι πολύ μεγαλύτερο κτίριο και με πολύ περισσότερες χρήσεις. Ελέγχεται επομένως η ορθότητα της συγκεκριμένης μέτρησης.
- Ενεργειακά δεδομένα για τα κτίρια Εμπορευμάτων έχουμε κατά τους δύο τελευταίους μήνες καταγεγραμμένα για το κτίριο 1 και για τους τρεις τελευταίους για το 2. Παρατηρείται γενικά μια αύξηση της ηλεκτρικής κατανάλωσης η οποία δικαιολογείται και από την αύξηση της κίνησης του αεροδρομίου.

- Στο κτίριο διοίκησης διαφαίνεται μια σταθεροποίηση της ηλ. κατανάλωσης εκτός από ένα μέγιστο κατά του μήνα Απριλίου. Η ακραία αυτή τιμή μπορεί να αποδοθεί στο γεγονός ότι τον Απρίλιο ήταν το άνοιγμα του αεροδρομίου όπου επιπλέον εργασία ήταν απαραίτητη για ένα επιτυχημένο άνοιγμα.
- Η ίδια συλλογιστική ισχύει και για τους σταθμούς εξυπηρέτησης 1 και 2 που σχετίζεται άμεσα με τις λειτουργίες στο χώρο κίνησης των αεροσκαφών. Αποτελεί μια ακόμη περίπτωση όπου η ομαλοποίηση της λειτουργίας επηρεάζει άμεσα την ηλεκτρική κατανάλωση στα συγκεκριμένα κτίρια.
- Ο σταθμός παροχής καυσίμου παρακολουθείται κατά τους τρεις τελευταίους μήνες και φαίνεται πως παρουσιάζει ένα μέγιστο κατά τον Ιούνιο και στη συνέχεια σταθεροποιείται σε ένα επίπεδο. Αναμένεται πάντως ότι σε αυτό το επίπεδο θα κυμανθεί σε περίοδο αιχμής και λίγο χαμηλότερα σε κανονική περίοδο λειτουργίας. Παρόμοια ενεργειακή συμπεριφορά παρουσιάζουν και τα κτίρια του κτηνιατρείου και διαφόρων λειτουργιών, με μόνη διαφορά ότι δεν παρουσιάζουν τόσο μεγάλη διαφορά μεταξύ της μέγιστης τιμής και των υπολοίπων τιμών.
- Στο κτίριο του ταχυδρομείου παρατηρείται μια ήπια αυξητική τάση η οποία δείχνει σημάδια σταθεροποίησης.
- Η κατανάλωση στο πύργο ελέγχου και επικοινωνιών είναι αρκετά υψηλή είναι όμως αντιπροσωπευτική για το εξεταζόμενο διάστημα: οι καταναλώσεις είναι υψηλότερες για όλους τους μήνες, εκτός από τον Μάιο που δεν είναι μήνας αιχμής. Θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι η λειτουργία και αυτού του κτιρίου είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με τις αεροδρομικές δραστηριότητες.



Στη συνέχεια διαχωρίστηκαν οι μετρούμενες καταναλώσεις στα κτίρια του κεντρικού και δορυφορικού αεροσταθμού σε τρία επίπεδα: χαμηλή κατανάλωση εάν η τιμή της κατανάλωσης κυμαίνεται μεταξύ 0 και 100 KWh, μέση εάν βρίσκεται μεταξύ 100 και υψηλή 1000 KWh και πάνω από 1000 KWh. Ο λόγος που επιλέγονται τα δύο αυτά κτίρια, είναι η πολυπλοκότητα και το πλήθος των χρήσεων τους, όπως έχει αναφερθεί σε προηγούμενες ενότητες.

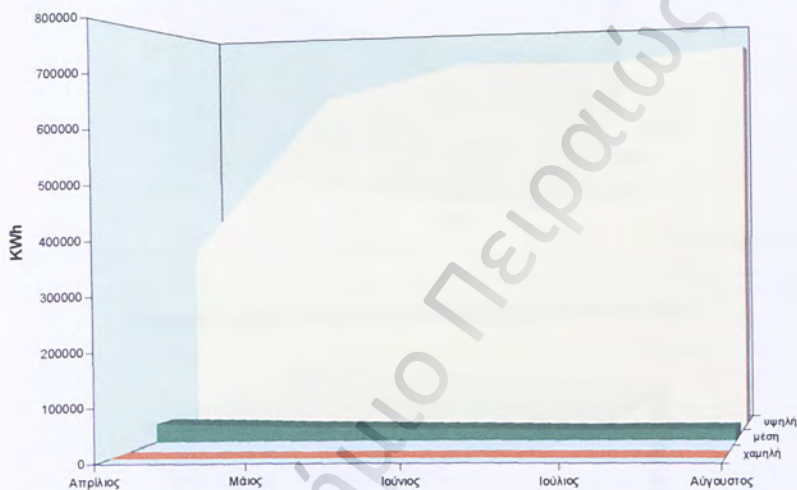
Στα Διαγράμματα 4.4.6 ως και 4.4.9 απεικονίζονται οι συνολικές καταναλώσεις και για τα τρία επίπεδα που έχουν καθοριστεί και η εξέλιξή τους κατά τη διάρκεια του μεγαλύτερου διαστήματος. Το κύριο συμπέρασμα που προκύπτει μετά από παρατήρηση αυτών των διαγραμμάτων, είναι ότι οι υψηλές καταναλώσεις οι οποίες και διαμορφώνουν τη συνολικά μετρούμενη κατανάλωση των κτιρίων, ακολουθούν μια ανοδική πορεία και για τα δύο εξεταζόμενα κτίρια.

Στο δεύτερο τύπο διαγραμμάτων (4.4.8 και 4.4.9) παρουσιάζεται η μεταβολή των καταναλώσεων από το ένα επίπεδο στο άλλο κατά τη διάρκεια των μηνών μέτρησης.

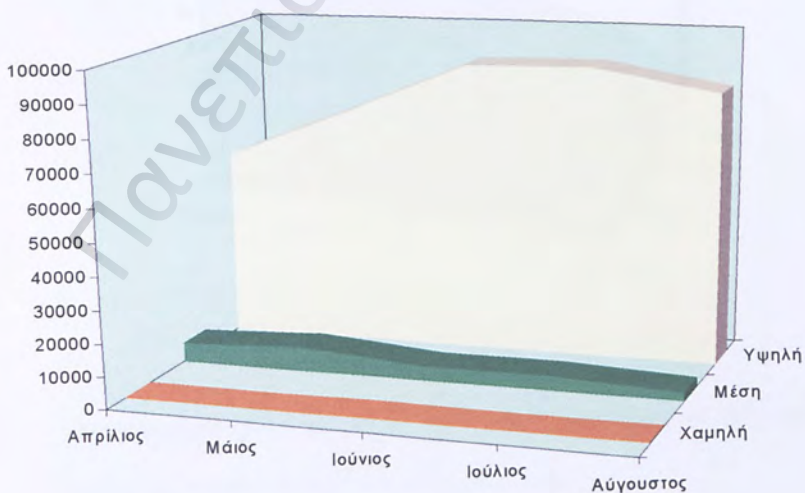
Παρατηρείται ότι και για τα δύο κτίρια πολλές μετρήσεις μεταβαίνουν από το ένα επίπεδο κατανάλωσης σε άλλο, υψηλότερο στις περισσότερες περιπτώσεις, με συχνότερο φαινόμενο τη μετάβαση από το επίπεδο της μέσης κατανάλωσης προς αυτό της υψηλής. Μάλιστα το συγκεκριμένο φαινόμενο είναι πιο έντονο για το κτίριο του δορυφορικού αεροσταθμού και μάλιστα μετά το μήνα Ιούνιο, γεγονός που μπορεί να εξηγηθεί από αυξημένη χρήση του δορυφορικού κτιρίου το οποίο χρησιμοποιείται συμπληρωματικά στο κεντρικό, ειδικά κατά τους μήνες του καλοκαιριού όπου η κίνηση σε ένα αεροδρόμιο είναι αυξημένη.

Διαγράμματα 4.4.6 και 4.4.7 Διακύμανση καταναλώσεων στο κεντρικό και δορυφορικό σταθμό αντίστοιχα (σε KWh)

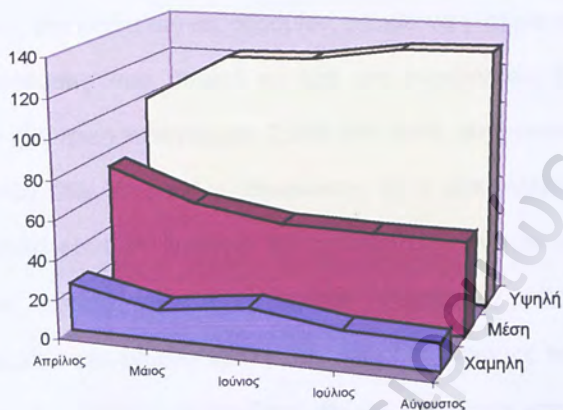
Διακύμανση καταναλώσεων στο κεντρικό αεροσταθμό



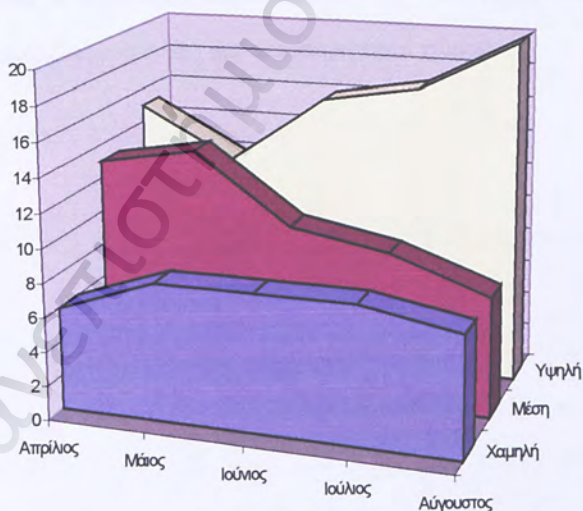
Διακύμανση καταναλώσεων στο δορυφορικό αεροσταθμό



Συσχέτιση καταναλώσεων στο κεντρικό αεροσταθμό



Συσχέτιση καταναλώσεων στο δορυφορικό αεροσταθμό



Διαγράμματα 4.4.8 και 4.4.9 Συσχέτιση καταναλώσεων στο κεντρικό και το δορυφορικό αεροσταθμό αντίστοιχα (σε KWh)

Τέλος όσον αφορά την περιβαλλοντική διάσταση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στα κτίρια του αεροδρομίου, μπορεί να γίνει μια εκτίμηση του μεγέθους της επίπτωσης που μπορεί να έχει στο περιβάλλον. Θεωρώντας μια μέση μηνιαία ηλεκτρική κατανάλωση 2.500.000 KWh, αυτή αντιστοιχεί σε 423 τόνους εκπομπών CO<sub>2</sub>. Επομένως, θεωρώντας ότι η μέση ηλεκτρική κατανάλωση δεν θα αυξηθεί κατά τη διάρκεια του χρόνου (μιας και το εξεταζόμενο διάστημα αποτελεί σχεδόν ολόκληρο περίοδο αιχμής), η ετήσια συνεισφορά του αεροδρομίου στο φαινόμενο θερμοκηπίου (και μόνο ως προς ένα από τα αέρια που το προκαλούν) υπολογίζεται ότι θα κυμαίνεται στους 5076 τόνους. Θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι συνεισφορά στο φαινόμενο θερμοκηπίου έχει το αεροδρόμιο σε σημαντικό βαθμό και από την καύση διαφόρων ειδών καυσίμων που καταναλώνονται εντός του συγκεκριμένου χώρου.

## 5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

### 5.1 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΤΑ ΕΥΡΗΜΑΤΑ ΑΛΛΩΝ ΕΡΕΥΝΗΤΩΝ

Σε προηγούμενη ενότητα έγινε μια συνοπτική περιγραφή των λίγων ευρημάτων που προέρχονται από άλλους ερευνητές στο θέμα των υφιστάμενων κτιρίων και ειδικότερα των αεροδρομίων. Το κύριο συμπέρασμα ήταν το υψηλό επίπεδο κατανάλωσης ενέργειας και το συνεπαγόμενο οικονομικό κόστος. Με την εφαρμογή κάποιων δομικών βελτιώσεων στα υφιστάμενα κτίρια των αεροδρομίων, τα οποία προτείνονται σε αυτές τις έρευνες αναμένεται να επιτευχθεί εξοικονόμηση ενέργειας. Σε άλλες μελέτες που δεν αναφέρονται σε κτίρια αεροδρομίων συγκεκριμένα αναμένεται ότι η λήψη παρόμοιων μέτρων μπορεί να οδηγήσει σε εξοικονόμηση που φτάνει ακόμη και σε ποσοστό 30%.

### 5.2 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΓΙΑ ΚΑΘΕ ΕΡΩΤΗΣΗ Η ΥΠΟΘΕΣΗ ΤΗΣ

Συνοψίζοντας όσα αναφέρθηκαν σε προηγούμενες ενότητες επεξεργασίας και ανάλυσης των δεδομένων, τα συμπεράσματα που προκύπτουν είναι τα εξής:

Η αυξητική τάση που παρατηρείται στην ηλεκτρική κατανάλωση των κτιρίων του αεροδρομίου τους πέντε πρώτους μήνες λειτουργίας του δικαιολογείται απόλυτα από τις μη ομαλοποιημένες συνθήκες λειτουργίας που επικρατούν κατά το αρχικό αυτό διάστημα.

Φαίνεται πως η κατανάλωση στα διάφορα κτίρια επηρεάζεται πολύ από τις χρήσεις οι οποίες πραγματοποιούνται σε αυτά, πολλές φορές μάλιστα συνεχή

βάση (24 ώρη λειτουργία όλο το χρόνο). Κτίρια στα οποία πραγματοποιείται πλήθος δραστηριοτήτων έχουν αυξημένη ηλεκτρική κατανάλωση σε σχέση με τα υπόλοιπα, ενώ κτίρια με μια χρήση (π.χ. κτίρια γραφείων) κυμαίνονται σε πολύ χαμηλότερα επίπεδα κατανάλωσης με λιγότερες διακυμάνσεις.

Ανησυχητική είναι η διαπίστωση πως πολλοί καταναλωτές που ανήκουν στο επίπεδο μέσης κατανάλωσης, μεταπήδησαν το εξεταζόμενο χρονικό διάστημα στο υψηλότερο επίπεδο. Αυτό το σημείο θα πρέπει να προσεχθεί ιδιαίτερα τους επόμενους μήνες ώστε να ληφθούν κάποια μέτρα μελλοντικά.

Αδιαμφισβήτητο είναι το κόστος που έχει η αυξανόμενη ηλεκτρική κατανάλωση για τον διαχειριστή και χρήστη κάθε κτιρίου. Η περιβαλλοντική επιβάρυνση είναι επίσης σημαντική, κυρίως λόγω των εκπομπών που προκαλούνται για την παραγωγή της παραγόμενης ενέργειας και η συνεισφορά στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και η αλόγιστη χρήση των φυσικών πόρων.

## 6. ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

### 6.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΠΟΥ ΠΡΑΓΜΑΤΕΥΕΤΑΙ Η ΕΡΕΥΝΑ

Η ενεργειακή κατανάλωση σε ένα αεροδρόμιο είναι ένα πολύ σημαντικό ζήτημα και αρκετά περίπλοκο λόγω της πολυπλοκότητας των χρήσεων και των λειτουργιών που πραγματοποιούνται σε αυτό. Η σωστή ενεργειακή διαχείριση αφορά τόσο τη διοίκηση του αεροδρομίου όσο και τους χρήστες του αλλά και το κοινωνικό περίγυρο στα πλαίσια της αειφόρου ανάπτυξης.

Το συγκεκριμένο αεροδρόμιο έχει κατασκευαστεί με τα πιο σύγχρονα υλικά και πρότυπα σε ότι αφορά την ενεργειακή αποδοτικότητα των κτιρίων. Πολύ σημαντικό είναι το γεγονός ότι στο εξεταζόμενο αεροδρόμιο έχει εγκατασταθεί Σύστημα Ενεργειακής Διαχείρισης το οποίο ελέγχει και καταγράφει όλα τα εγκατεστημένα συστήματα και του οποίου η σωστή λειτουργία και χρήση, θα εξασφαλίσει σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας ειδικά σε σύγκριση με τους πρώτους μήνες λειτουργίας του αεροδρομίου. Παρόλα αυτά στην επόμενη ενότητα παρατίθενται κάποιες προτάσεις εξοικονόμησης ενέργειας που μπορούν να εφαρμοστούν σε μια εγκατάσταση όπως το αεροδρόμιο εξασφαλίζοντας μεγαλύτερη ενεργειακή αποδοτικότητα και μείωση λειτουργικού κόστους.

## 6.2 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗ Η/ΚΑΙ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΜΕΛΕΤΗ

Οποιοσδήποτε προτάσεις για εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια του αεροδρομίου θα πρέπει να γίνουν στα πλαίσια των οικονομικών δυνατοτήτων της εταιρείας καθώς και των απαιτήσεων της κρατικής ενεργειακής πολιτικής.

Οι προτάσεις που ακολουθούν είναι κάποιες συνηθεις τεχνικές λύσεις και στο τέλος ακολουθούν και κάποιες διαχειριστικού χαρακτήρα. Υπάρχουν και μέτρα εξοικονόμησης τα οποία όμως δεν μπορούν να εφαρμοστούν στη συγκεκριμένη εγκατάσταση, όπως για παράδειγμα οι ανανεώσιμες μορφές ενέργειας, οι οποίες είναι και πιο φιλικές προς το περιβάλλον. Ο κυρωτικός νόμος λειτουργίας του αεροδρομίου απαγορεύεται ρητά οποιαδήποτε παραγωγή άλλης μορφής ενέργειας εκτός από αυτή που προμηθεύει η ΔΕΗ. Επίσης η εισαγωγή ηλιακών συστημάτων στα κτίρια του αεροδρομίου θα συνεπαγόταν τη δημιουργία αντανάκλασεων που πιθανώς να επηρέαζαν την ασφάλεια πτήσεων. Σαν αποτέλεσμα η εγκατάσταση ενεργητικών ηλιακών συστημάτων για την παραγωγή ζεστού νερού ή ηλεκτρισμού είναι ιδιαίτερα δύσκολη

Όπως έχει ήδη αναφερθεί παρόλο που τα συγκεκριμένα κτίρια έχουν κατασκευαστεί σύμφωνα με τις πιο σύγχρονες και ενεργειακά αποδοτικές τεχνικές και υλικά, εντούτοις κάποιες γενικές προτάσεις μέτρων θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε περαιτέρω εξοικονόμηση. Τα μέτρα τα οποία προτείνονται διακρίνονται σε μέτρα που δεν έχουν κόστος εφαρμογής, αφού αφορούν αποδοτικότερη χρήση του υφιστάμενου εξοπλισμού και βελτίωση των διαδικασιών χρήσης, σε μέτρα που απαιτούν κάποιες δαπάνες από πλευράς



εταιρείας χαμηλού επιπέδου και τέλος κάποιες προτάσεις που απαιτούν υψηλό κόστος επένδυσης[4].

Ξεκινώντας από τις εγκαταστάσεις θερμικών διεργασιών και συστημάτων καύσης που υπάρχουν στα κτίρια του αεροδρομίου προτείνεται μια σειρά μέτρων μηδενικού κόστους, όπως τα εξής:

- Έλεγχος χαρακτηριστικών καυσίμου, για την επίτευξη της βέλτιστης αποδοτικότητας του καυσίμου. Οι διαδικασίες αυτές ελέγχου διαφέρουν ανάλογα με το είδος του καυσίμου:
  - Φυσικό αέριο: Έλεγχος της πίεσης λειτουργίας, η οποία πρέπει να είναι ίση με την πίεση στην οποία έγινε η ρύθμιση των καυστήρων και των παροχομέτρων.
  - Πετρέλαιο: Έλεγχος και καθαρισμός φίλτρων. Έλεγχος της πίεσης και θερμοκρασίας λειτουργίας, μεγέθη των οποίων η τιμή πρέπει να είναι ίση με τις αντίστοιχες τιμές στις οποίες έγινε η ρύθμιση των καυστήρων και των μετρητικών συσκευών.
- Ελαχιστοποίηση μεταβολών φορτίου, ώστε να είναι ευκολότερη η επίτευξη του βέλτιστου λόγου αέρα καυσίμου και κατά συνέπεια η αποδοτικότερη καύση
- Τακτική παρακολούθηση περίσσειας αέρα μέσω της σύστασης των καυσαερίων. Γενικά, οι συνθήκες μεγάλης περίσσειας ή αυξημένου ποσοστού μονοξειδίου του άνθρακα, καλό είναι να αποφεύγονται, μέσω της ρύθμισης του εξοπλισμού καύσης και του συστήματος ελέγχου. Ιδανική θεωρείται η χρήση αναλυτή καυσαερίων συνεχούς λειτουργίας, αλλά λόγω του υψηλού

κόστους, συχνά χρησιμοποιούνται οι συσκευές Orsat, οι οποίες λειτουργούν κατά διακριτό τρόπο.

- Διατήρηση σωστής ρύθμισης καυστήρων. Εάν το σύστημα ελέγχου καύσης δε λειτουργεί με σωστό τρόπο, υπάρχει η τάση αύξησης της περίσσειας αέρα, ώστε να διασφαλίζεται σε κάθε περίπτωση η λειτουργία με συνθήκες πλήρους καύσης. Κατά συνέπεια, πολλές φορές η περίσσεια αέρα είναι μεγαλύτερη της απαιτούμενης, με αποτέλεσμα να μειώνονται οι απώλειες. Υπολογίζεται ότι μείωση της περίσσειας αέρα κατά 10% αυξάνει το βαθμό απόδοσης κατά 1,5%.
- Τακτικός έλεγχος της απώλειας καύσης. Ο υπολογισμός του βαθμού απόδοσης της καύσης, με τη χρήση άμεσων ή έμμεσων μεθόδων βοηθά στον εντοπισμό δυσλειτουργιών ή προβλημάτων στο σύστημα καύσης, τα οποία πρέπει να διορθώνονται άμεσα.
- Τακτική καταγραφή δευτερευόντων λειτουργικών μεγεθών μέσω της τήρησης αρχείου μετρήσεων των δευτερευόντων μεγεθών, όπως η πίεση αέρα καύσης και καυσαερίου, η απορροφούμενη ισχύς ανεμιστήρων, η παροχή καυσίμου, κ.ά. και η σύγκρισή τους με τις αρχικές τιμές σχεδιασμού.
- Έλεγχος διαρροών στο σύστημα απαγωγής καυσαερίων ή στις θύρες του εξοπλισμού, οι οποίες μπορεί να προκαλέσουν επικίνδυνες συνθήκες λειτουργίας και στη συνέχεια άμεση επισκευή των ανιχνευόμενων διαρροών. Διαρροή ανάντι του ανεμιστήρα καυσαερίων (χαμηλή πίεση), επιτρέπει την είσοδο αέρα περιβάλλοντος, αυξάνοντας έτσι το φορτίο του ανεμιστήρα, ενώ διαρροή κατάντι (υψηλή πίεση), έχει σαν αποτέλεσμα τη διοχέτευση καυσαερίου στο εσωτερικό του χώρου.

- Έλεγχος "θερμών σημείων", τα οποία εαν εντοπιστούν στις επιφάνειες του εξοπλισμού, τότε υπάρχει μεγάλη πιθανότητα η εσωτερική κατασκευή ή η μόνωση στα σημεία αυτά να έχει καταστραφεί. Τα προβλήματα αυτά καλό είναι να διορθώνονται κατά την ετήσια περίοδο συντήρησης, ώστε να μειώνονται οι απώλειες ακτινοβολίας και να διατηρούνται ικανοποιητικές συνθήκες στους χώρους εργασίας. Γενικά, η θερμοκρασία στην επιφάνεια των διαφόρων συσκευών, δεν πρέπει να ξεπερνά, για λόγους ασφαλείας τους 50°C.

Στη συνέχεια παρατίθενται τα μέτρα χαμηλού κόστους που αφορούν τα εν λόγω συστήματα:

- Εγκατάσταση εξοπλισμού μέτρησης και καταγραφής, για τον εντοπισμό μη αποδοτικών συνθηκών λειτουργίας και υπαρχόντων προβλημάτων στο σύστημα της καύσης. Συνιστάται η τοποθέτηση παροχόμετρων καυσίμου σε κάθε υπάρχοντα φούρνο, κλίβανο ή λέβητα, με σκοπό τον προσδιορισμό της κατανάλωσης κάθε συσκευής χωριστά. Για τον υπολογισμό των απωλειών θερμών καυσαερίων, απαιτείται η μέτρηση της θερμοκρασίας τους καθώς και η ανάλυση της σύστασής τους.
- Τροποποίηση ή επανατοποθέτηση αγωγών αναρρόφησης. Ο βαθμός απόδοσης του συστήματος καύσης, βελτιώνεται όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία εισόδου του αέρα καύσης. Η διάταξη των αγωγών αναρρόφησης έτσι ώστε να εισέρχεται αέρας με τη μεγαλύτερη δυνατή θερμοκρασία, είναι ένας απλός τρόπος βελτίωσης της αποδοτικότητας του συστήματος.

- Τοποθέτηση θερμικής μόνωσης, σε περιοχές μη μονωμένες ή η αύξηση του πάχους της μόνωσης σε περιοχές μη μονωμένες ή η αύξηση του πάχους της μόνωσης σε περιοχές ήδη μονωμένες.
- Τροποποίηση συστήματος διανομής καυσίμου. Οι καυστήρες διασκορπισμού υγρών καυσίμων, απαιτούν για την σωστή λειτουργία τους πίεση καυσίμου της τάξης των 680 kPa. Ανεπαρκής πίεση, έχει σαν αποτέλεσμα την εμφάνιση αιθάλης και απώλειες ακαύστων. Επίσης, φαινόμενα τέτοιου είδους, εμφανίζονται όταν τα βαριά κλάσματα πετρελαίου δεν προθερμαίνονται επαρκώς.
- Αναβάθμιση συστημάτων ελέγχου καύσης, τα οποία πρέπει να εξετάζονται σε τακτική βάση, ώστε να διασφαλίζεται η σωστή διάταξη και κίνηση όλων των συνδέσμων και επενεργητών, καθ' όλο το φάσμα λειτουργίας τους.
- Αντικατάσταση ελαττωματικών θυρών και καλυμμάτων, ώστε να μην παρουσιάζονται συχνά διαρροές αέρα από ή προς το εσωτερικό τους. Άλλη συνιστώμενη αλλαγή, είναι η εγκατάσταση δυναμικών επενεργητών στις θύρες, ώστε να μειωθεί ο χρόνος ανοίγματός τους και να διευκολυνθούν οι χειριστές.
- Ανάκτηση θερμότητας από το νερό ψύξης

Όσον αφορά λύσεις υψηλού κόστους, προτείνονται οι εξής:

- Εγκατάσταση προθερμαντή αέρα καύσης, η οποία βοηθά τον διασκορπισμό και την ατμοποίηση των υγρών καυσίμων, ενώ παράλληλα αυξάνει τον βαθμό απόδοσης της καύσης δεδομένου ότι για σταθερή αποδιδόμενη ισχύ, μειώνει την απαιτούμενη παροχή καυσίμου κατά μέγεθος περίπου ίσο με την θερμότητα που του προστίθεται στην προθέρμανση. Η εγκατάσταση ενός

εναλλάκτη θερμότητας των καυσαερίων, αυξάνει η πτώση πίεσης στο ρεύμα των καυσαερίων, με αποτέλεσμα να απαιτείται η ρύθμιση ή ακόμα και η αντικατάσταση του ανεμιστήρα καυσαερίων.

- Αναβάθμιση ή αντικατάσταση καυστήρα. Η εγκατάσταση ενός σύγχρονου καυστήρα, επιτρέπει την λειτουργία σε συνθήκες μικρής περίσσειας αέρα, μειώνοντας έτσι τις απώλειες. Σε μια εγκατάσταση πολλαπλών καυστήρων, η δυνατότητα αυτόματης έναυσης και σβέσης, μπορεί να αποβεί επιπλέον ωφέλιμη, επιτρέποντας την λειτουργία ή μη κάθε καυστήρα, ανάλογα με το εκάστοτε φορτίο. Εδώ, πρέπει να σημειωθεί η ανάγκη πρόβλεψης μηχανισμού, ο οποίος θα διακόπτει την παροχή αέρα καύσης στους καυστήρες που δεν λειτουργούν, ώστε να αποφευχθεί η είσοδος "ψυχρού" αέρα στον θάλαμο καύσης ή τον φούρνο.
- Μετατροπή καυσίμου, όπου τις περισσότερες φορές αφορά στη χρήση φυσικού αερίου αντί πετρελαίου, δεν αποβαίνει απαραίτητα σε εξοικονόμηση ενέργειας. Στις περισσότερες των περιπτώσεων, τα οφέλη είναι καθαρά οικονομικά (χαμηλότερο κόστος ανά Joule προσφερόμενης ενέργειας). Επίσης συχνά γίνεται εναλλασσόμενη χρήση, με σκοπό την βέλτιστη εκμετάλλευση των διαρκώς μεταβαλλόμενων τιμών πώλησης των καυσίμων. Τα πλεονεκτήματα της χρήσης φυσικού αερίου είναι επιγραμματικά τα εξής: συνεχής παροχή χωρίς την ανάγκη αποθηκευτικών χώρων, καύση φιλική προς το περιβάλλον χωρίς ενώσεις θείου, εύκολη διαχείριση, δυνατότητα εφαρμογής νέων τεχνολογιών, όπως καυστήρες ανάκτησης (οι οποίοι χρησιμοποιούν την θερμότητα των καυσαερίων για την προθέρμανση του

αέρα καύσης), καυστήρες αναγέννησης, σωλήνες ακτινοβολίας, καυστήρες χαμηλών οξειδίων αζώτου κ.ά.

- Εγκατάσταση συστήματος ελέγχου καύσης, η οποία θα περιλαμβάνει προσθήκη μετρητών παροχής αέρα, καυσίμου, καυσαερίων καθώς και αναλυτή καυσαερίων σε συνδυασμό με την εγκατάσταση λεπτομερέστερων και ακριβέστερων διατάξεων ελέγχου της παροχής και έχει ως αποτέλεσμα την λειτουργία σε βέλτιστες συνθήκες και υψηλότερο βαθμό απόδοσης.

Στα κτίρια ενός αεροδρομίου ανάλογα με τη χρήση τους υπάρχουν συμπιεστές και ανεμιστήρες για τους οποίους τα μέτρα με μηδενικό κόστος που προτείνονται είναι τα εξής:

- Έλεγχος διαρροών στο σύστημα αεραγωγών, οι οποίες μπορεί να προέρχονται από τις βαλβίδες, τα εξαρτήματα σύνδεσης, τα καλύματα των συμπιεστών ή από κατεστραμμένους αγωγούς. Οι διαρροές αυτές, ακόμα και αν δεν είναι πηγές άμεσου κινδύνου ( θερμός αέρας, οσμές, συμπυκνώματα) πρέπει να επιδιορθώνονται, δεδομένου ότι ουσιαστικά αποτελούν απώλειες ενέργειας.
- Έλεγχος λειτουργίας ψυκτών πεπιεσμένου αέρα, οι οποίοι πρέπει να διατηρούνται καθαροί και να τους παρέχεται επαρκής ποσότητα ψυκτικού μέσου (νερό ή αέρας), ώστε να λειτουργούν κατά τον βέλτιστο, ενεργειακά, τρόπο. Ο ψυχόμενος αέρας, πρέπει να διοχετεύεται σε κατάλληλα φίλτρα, ώστε να αποφεύγονται διαβρώσεις στα πτερύγια των βαθμίδων του συμπιεστή που ακολουθούν. Επίσης προσοχή απαιτείται στην περίπτωση όπου το ψυκτικό μέσο είναι νερό, έτσι ώστε να μην δημιουργούνται

επικαθήσεις στους αγωγούς του εναλλάκτη. Για τους λόγους αυτούς πρέπει να ακολουθούνται τα εξής μέτρα συντήρησης των εναλλακτών ψύξης του αέρα:

- Καθαρισμός ή αντικατάσταση φίλτρων, ακολουθώντας τις οδηγίες του κατασκευαστή, ή όταν η πτώση πίεσης γίνεται αισθητά μεγαλύτερη.
- Διασφάλιση κατάλληλης τοποθέτησης φίλτρων, για την αποφυγή διαρροών
- Έλεγχος ροής ψυκτικού μέσου κατά τη λειτουργία του συμπιεστή.
- Απομάκρυνση μη-απαραίτητων συσκευών που παρουσιάζουν αντίσταση στη ροή του αέρα.
- Έλεγχος καθαρότητας του νερού ψύξης.
- Έλεγχος ορθής λειτουργίας του ψύκτη, με τη χρήση μετρήσεων των χαρακτηριστικών λειτουργίας και σύγκριση με τις συνθήκες σχεδιασμού.

Επίσης, δεδομένου ότι η απόδοση ενός συμπιεστή/ανεμιστήρα, αυξάνεται όσο χαμηλότερη είναι η θερμοκρασία εισόδου του αέρα, συνιστώνται διάφορα μέτρα περιορισμού της. Συγκεκριμένα, εάν η αναρρόφηση γίνεται εντός κάποιου χώρου του αεροδρομίου, συνιστάται το κλείσιμο όπου επικρατούν υψηλές θερμοκρασίες, η διακοπή λειτουργίας μη απαραίτητων φωτιστικών σωμάτων και το άνοιγμα παραθύρων προς το περιβάλλον (εάν φυσικά οι εξωτερικές θερμοκρασίες περιβάλλοντος είναι επαρκώς άνω της θερμοκρασίας παγοποίησης).

- Έλεγχος και ρύθμιση συστημάτων μετάδοσης κίνησης. Η λανθασμένη ευθυγράμμιση των ατράκτων μετάδοσης κίνησης του συμπιεστή/ανεμιστήρα, μπορεί να προκαλέσει υπερκατανάλωση ισχύος και ζημιά στους ιμάντες ή τις αλυσίδες μετάδοσης κίνησης. Η ασκούμενη τάση πρέπει επίσης να ελέγχεται, διότι οι «χαλαροί» ιμάντες έχουν σαν αποτέλεσμα ολίσθηση, χαμηλή

ταχύτητα περιστροφής συμπιεστή/ανεμιστήρα και γρήγορη φθορά, ενώ οι υπερβολικά «σφιχτοί» ιμάντες μειώνουν τη διάρκεια ζωής των περιστρεφόμενων μερών και εδράνων του κινητήρα. Ένδειξη υπερβολικών απωλειών στο σύστημα μετάδοσης κίνησης, είναι η αυξημένη θερμοκρασία των τροχαλιών, εδράνων και κινητήρων του συστήματος. Επίσης σε τακτά χρονικά διαστήματα πρέπει να ελέγχεται η ευθυγράμμιση των τροχαλιών και των συνδέσμων, να λιπαίνονται τα έδρανα και να αντικαθίστανται ή να επιδιορθώνονται τυχόν κατεστραμμένοι ιμάντες, τροαχαλίες ή σύνδεσμοι.

- Καθορισμός λειτουργικών μερών και φίλτρων, ενώ κυρίως πρέπει να καθαρίζονται τακτικά οι ανεμιστήρες μεταφοράς ουσιών σε αέρια κατάσταση, για να διατηρούν την αποδοτικότητά τους. Οι επικαθίσεις στα πτερύγια και το εσωτερικό του κελύφους, αυξάνουν τις απώλειες στατικής πίεσης, μειώνοντας την απόδοση. Επίσης απαιτείται καθαρισμός ή αντικατάσταση των διαφόρων φίλτρων, τα οποία είναι απαραίτητα για την αποφυγή σχηματισμού επικαθίσεων. Φίλτρα απαλλαγμένα από ακαθαρσίες συντελούν στη μακροζωία και αξιοπιστία του συντελεστή/ανεμιστήρα, ενώ εάν παραμείνουν χωρίς καθαρισμό για μεγάλο χρονικό διάστημα, περιορίζουν τη ροή του αέρα εισόδου, αποτέλεσμα την αύξηση της πτώσης πίεσης και επομένως την αύξηση της απαιτούμενης ισχύος.
- Διόρθωση πηγών εκτεταμένου θορύβου και ταλαντώσεων που προκαλούνται από:
  - Κατεστραμμένα εξαρτήματα, όπως ασφαλιστικά, βαλβίδες, οδοντωτοί τροχοί, σύνδεσμοι, έδρανα ή πτερωτές.



- Προβληματικά έδρανα στην άτρακτο του ανεμιστήρα, δημιουργούν θορύβους, ταλαντώσεις, συνθήκες αυξημένης τριβής και αύξηση των διακένων, με αποτέλεσμα πτώση της απόδοσης.
- Μη-ζυγοσταθμισμένη πτερωτή.
- Ανεπαρκής μόνωση.
- Μη-ευθυγραμμισμένες άτρακτοι μετάδοσης κίνησης.
- Ανεπαρκής λίπανση.
- Ανεπαρκής ψύξη.
- Επικαθίσεις στο εσωτερικό του συμπιεστή/ανεμιστήρα.
- Κατάστρωση τακτικού προγράμματος συντήρησης, το οποίο πρέπει να ακολουθεί τις συγκεκριμένες ανάγκες της κάθε εγκατάστασης. Ένα πρόγραμμα τέτοιου είδους, θα μπορούσε να περιλαμβάνει το εξής:

**Πίνακας 6.2.1 Πρόγραμμα συντήρησης συμπιεστών / ανεμιστήρων**

<b>Συχνότητα συντήρησης</b>	<b>Ενέργειες συντήρησης</b>
Ημερήσια	Καταστροφή ήχων, ταλαντώσεων, έλεγχος θερμοκρασιών εδράνων, διαρροών και ενδείξεων των μετρητικών οργάνων (πίεσης, παροχής, κλπ.)
Μηνιαία	Έλεγχος ευθυγράμμισης και τάσης ιμάντων κίνησης, λίπανση εδράνων
Εξαμηνιαία	Έλεγχος σωστής λίπανσης συμπιεστή/ανεμιστήρα, ρυθμιστικών πτερυγίων ελέγχου εισόδου-εξόδου, βαλβίδων εισόδου
Ετήσια	Έλεγχος βοηθητικών εγκαταστάσεων, βαθμονόμηση μετρητικών οργάνων, διενέργεια μετρήσεων απόδοσης

Στις λύσεις χαμηλού κόστους που προτείνονται συνήθως για τους συμπιεστές και ανεμιστήρες περιλαμβάνονται:

- Τροποποίηση ή επανατοποθέτηση αγωγών αναρρόφησης, έτσι ώστε ο αέρας αναρρόφησης να βρίσκεται σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Επίσης, επεμβάσεις μπορούν να γίνουν στη διαμόρφωση του ακροφυσίου εισόδου, έτσι ώστε αυτό να λάβει κατάλληλη αεροδυναμική μορφή, η οποία θα ελαχιστοποιήσει την αντίσταση.
- Εγκατάσταση συστήματος ελέγχου παροχής στους ψύκτες. Κατά την μεταβολή των λειτουργικών χαρακτηριστικών του συμπιεστή, συχνά απαιτείται μεταβολή της παροχής του ψυκτικού ρευστού στους εναλλάκτες ψύξης. Σε εφαρμογές, όπου τέτοιες αλλαγές στα λειτουργικά χαρακτηριστικά είναι συχνές, συνιστάται τοποθέτηση κατάλληλου συστήματος ελέγχου παροχής του ψυκτικού ρευστού, με σκοπό τη βέλτιστη ενεργειακή απόδοση του εναλλάκτη.
- Τροποποίηση ή αντικατάσταση εξαρτημάτων με άλλα υψηλότερης απόδοσης, όπως η χρήση ειδικών φίλτρων χαμηλής πτώσης πίεσης, σε συνδυασμό με κατάλληλα σχεδιασμένους αεραγωγούς εισόδου και εξόδου με ελάχιστες αεροδυναμικές απώλειες.
- Εγκατάσταση συστημάτων ελέγχου ζήτησης πεπιεσμένου αέρα, με τη χρήση των οποίων, αποφεύγεται η διακοπτόμενη λειτουργία των συμπιεστών, σε περιπτώσεις μικρής ζήτησης πεπιεσμένου αέρα, με αποτέλεσμα την μείωση της παρεχόμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Επίσης, αφορά εφαρμογές εξαερισμού κατοικίσιμων χώρων, οι οποίοι δεν χρησιμοποιούνται συνεχώς.

Στα μέτρα των οποίων η εφαρμογή συνεπάγεται υψηλό κόστος περιλαμβάνονται:

- Εγκατάσταση συστημάτων εναλλακτών θερμότητας για την ανάκτηση θερμότητας από το ψυκτικό ρευστό του συμπιεστή, για χρήση σε άλλες

παραγωγικές διαδικασίες. Το θερμαινόμενο μέσο μπορεί να είναι είτε νερό, είτε αέρας χαμηλής πίεσης.

- Έλεγχος ταχύτητας περιστροφής. Σε περίπτωση διαρκώς μεταβαλλόμενων απαιτήσεων (παροχή, διαφορά πίεσης) συνιστάται η χρήση συστημάτων μεταβολής της ταχύτητας περιστροφής (π.χ. κινητήρες μεταβλητής ταχύτητας), τα οποία σε συνδυασμό με την καμπύλη των χαρακτηριστικών σημείων λειτουργίας και βαθμού απόδοσης, μπορούν να επιτύχουν σημαντικά οφέλη στο κόστος λειτουργίας.
- Αντικατάσταση μονοβάθμιων συμπιεστών με αποδοτικότερους διβάθμιους, οι οποίοι παρουσιάζουν μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης από μονοβάθμιους ίδιων λειτουργικών χαρακτηριστικών, με αποτέλεσμα την χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας.
- Εγκατάσταση αεροφυλακίου, ώστε να αποφεύγονται είτε οι συνεχείς εκκινήσεις και διακοπές, είτε η ασταμάτητη λειτουργία των συμπιεστών, κατά τη διάρκεια περιόδων μεταβαλλόμενης «ζήτησης» πεπιεσμένου αέρα. Το αεροφυλάκιο δρα ως ενδιάμεσος «αποθηκευτικός» χώρος του πεπιεσμένου αέρα, μειώνοντας τις απαιτήσεις του συστήματος σε ηλεκτρική ενέργεια.
- Εγκατάσταση μετα-ψυκτών. Με την χρήση εναλλακτών θερμότητας, οι οποίοι ψύχουν τον πεπιεσμένο αέρα, μετά την έξοδό του από τον συμπιεστή, απάγεται θερμότητα, η οποία μπορεί να υποβοηθήσει το σύστημα θέρμανσης των κτιρίων, αποκομίζοντας ενεργειακά οφέλη.
- Αντικατάσταση κεντρικού συμπιεστή με πολλαπλούς μικρότερους. Συνιστάται η αντικατάσταση μεγάλων, κεντρικών, «σταθμών» συμπίεσης, στους οποίους χρησιμοποιούνται ιδιαίτερα μεγάλοι και χαμηλής απόδοσης συμπιεστές

υψηλού κόστους συντήρησης, με μικρότερους και αποδοτικότερους συμπιεστές, επιλεγμένους κατάλληλα για συγκεκριμένα φορτία, τοποθετημένους κοντά στα σημεία «χρήσης». Οι μεγάλοι κεντρικοί συμπιεστές, οι οποίοι είναι διαστασιολογημένοι κατάλληλα για τη μέγιστη απαιτούμενη παροχή και πίεση ολόκληρης της εγκατάστασης, δεν λειτουργούν με το βέλτιστο βαθμό απόδοσης, στις συνήθεις τιμές απαιτούμενου φορτίου. Αντίθετα, πολλαπλοί, μικρότεροι συμπιεστές, διαστασιολογημένοι για ανεξάρτητες καταναλώσεις, είναι ικανοί να λειτουργούν αποδοτικότερα για μεγαλύτερες χρονικές περιόδους.

- Εγκατάσταση ηλεκτρονικού συστήματος ελέγχου και διαχείρισης της ενέργειας, το οποίο μπορεί να επιτύχει πολύ μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας από τα παραπάνω, επιμέρους μέτρα, παρακολουθώντας και ελέγχοντας διαρκώς τα απαιτούμενα λειτουργικά χαρακτηριστικά. Ο σχεδιασμός και η επιλογή τέτοιου εξοπλισμού, πρέπει να βασίζεται σε μια ενδελεχή ανάλυση των απαιτήσεων της συγκεκριμένης εγκατάστασης. Συνήθως σε ολοκληρωμένα συστήματα διαχείρισης, το σύστημα ελέγχου των συμπιεστών εντάσσεται στο γενικό σύστημα ελέγχου των κτιρίων.

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται διάφορες συνήθεις τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας σε αντλητικές εγκαταστάσεις, οι οποίες έχουν διαχωριστεί με βάση το απαιτούμενο κόστος επένδυσης και συντήρησης. Η βέλτιστη επιλογή κάποιων από τα προτεινόμενα μέτρα, προαπαιτεί την εφαρμογή ειδικής τεχνικοοικονομικής ανάλυσης. Ανάμεσα στα μέτρα με μηδενικό κόστος τα οποία μπορούν να προταθούν είναι:

- Σωστή εφαρμογή στυπιοθλιπτών, οι οποίοι χρησιμοποιούνται για την εξασφάλιση συνθηκών στεγανότητας στα σημεία όπου η άτρακτος της αντλίας διαπερνά το εξωτερικό κέλυφος. Οι στυπιοθλίπτες, πρέπει να ελέγχονται περιοδικά, ώστε να διασφαλίζεται η σωστή τοποθέτησή τους. Η κατάλληλη θέση, δηλαδή το πόσο «σφικτά» ή «χαλαρά» έχουν τοποθετηθεί, εξαρτάται από το υλικό, την θερμοκρασία του ρευστού, την ταχύτητα περιστροφής της άτρακτου και το επιτρεπόμενο ποσοστό διαρροής, το οποίο επιβάλλεται να υπάρχει, για λόγους λίπανσης. Η βέλτιστη θέση, μπορεί να προσδιοριστεί από τον ρυθμό ροής των διαρρεόντων σταγόνων.
- Διατήρηση κρίσιμων ανοχών. Ο βαθμός απόδοσης μιας αντλίας, επηρεάζεται από το ποσοστό της διαρροής στην πτερωτή, από την πλευρά υπερπίεσης προς την πλευρά υποπίεσης, η οποία συμβαίνει μέσω των αναπόφευκτων ανοχών που υπάρχουν, μεταξύ της πτερωτής και του κελύφους. Κάποιες αντλίες, διαθέτουν κατάλληλους ελαστικούς δακτυλίους, οι οποίοι εξασφαλίζουν μικρές ανοχές μεταξύ των κινούμενων μερών και οι οποίοι πρέπει να αντικαθίστανται σε τακτά χρονικά διαστήματα, ώστε η απόδοση της αντλίας να παραμένει σε υψηλά επίπεδα. Επίσης οι ανοχές που υπάρχουν στους λαβύρινθους (ειδικές διαμορφώσεις για την αποφυγή διαρροών), μπορούν να επηρεαστούν εάν το διακινούμενο υγρό περιέχει σωματίδια, οπότε και σε αυτήν την περίπτωση απαιτείται τακτικός έλεγχος.
- Έλεγχος και ρύθμιση συστημάτων μετάδοσης κίνησης, των οποίων οι ιμάντες ή αλυσίδες, απαιτούν συνεχή συντήρηση, έλεγχο δηλαδή της ασκούμενης τάσης, ώστε να διατηρούν υψηλή αποδοτικότητα. Επίσης σε τακτά χρονικά διαστήματα πρέπει να ελέγχεται η ευθυγράμμιση των τροχαλιών και των

συνδέσμων, να λιπαίνονται τα έδρανα και να αντικαθίστανται ή να επιδιορθώνονται τυχόν κατεστραμμένοι ιμάντες, τροχαλίες ή σύνδεσμοι.

- Καθαρισμός ππερωτής και κελύφους, ειδικότερα για τις αντλίες, οι οποίες διακινούν «βρώμικα» υγρά, όπως για παράδειγμα λύματα και πρέπει να καθαρίζονται τακτικά, ώστε να διατηρούν την αποτελεσματικότητά τους. Υπολείμματα τα οποία παραμένουν στην ππερωτή ή στο κέλυφος, αυξάνουν τις απώλειες στατικής πίεσης της αντλίας, μειώνοντας με αυτό τον τρόπο το βαθμό απόδοσής της.
- Έλεγχος και ρύθμιση συστημάτων ελέγχου, όπως χρονιστές ή συσκευές ελέγχου της ταχύτητας περιστροφής, πρέπει να γίνεται περιοδικά ένας έλεγχος της καλής λειτουργίας τους. Σε περίπτωση δε, που αλλάξουν τα χαρακτηριστικά λειτουργίας της αντλίας λόγω αλλαγών στη διαδικασία παραγωγής ή λόγω φθοράς, πρέπει να επαναπροσδιοριστούν οι ρυθμίσεις των συστημάτων ελέγχου ώστε να επιτυγχάνεται πάντοτε η βέλτιστη λειτουργία.
- Κατάστρωση τακτικού προγράμματος συντήρησης, προσαρμοσμένου στα ειδικά χαρακτηριστικά κάθε εγκατάστασης, με το οποίο μπορεί να επιτευχθεί ελαχιστοποίηση των αστοχιών στοιχείων του αντλητικού συστήματος. Ένα τέτοιο πρόγραμμα, μπορεί να περιέχει διάφορες συνιστώσες, οι οποίες να αφορούν ποκίλα χρονικά διαστήματα. Συγκεκριμένα, σε ημερήσια βάση μπορούν να ελέγχονται οι ενδείξεις των μετρητικών οργάνων που τυχόν υπάρχουν, ειδικά της θερμοκρασίας των εδράνων και να δίνεται προσοχή σε κάθε είδους νέο «ήχο» που προέρχεται από την αντλία. Σε εξαμηνιαίες περιόδους, καλό είναι να ελέγχονται οι στυπιοθλίπτες, η ευθυγράμμιση του

συστήματος μετάδοσης, να λιπαίνονται τα έδρανα και οι κοχλίες των στυπιοθλιπτών. Τέλος, σε ετήσια βάση, επιβάλλεται ο καθαρισμός και ο έλεγχος των εδράνων, ο έλεγχος και η ευθυγράμμιση των συνδέσμων μετάδοσης, ο έλεγχος των βοηθητικών εξαρτημάτων και η σύγκρισή του βαθμού απόδοσης της αντλίας με τις τιμές του κατασκευαστή. Το προσωπικό συντήρησης, πρέπει να έχει την ικανότητα και την εμπειρία για τον έλεγχο, την συντήρηση και την επισκευή των αντλιών και των βοηθητικών συστημάτων.

- Παύση λειτουργίας όταν δεν απαιτείται ροή υγρού

Κάποιες προτάσεις χαμηλού κόστους που μπορούν να εφαρμοστούν στις αντλητικές εγκαταστάσεις είναι:

- Αντικατάσταση στυπιοθλιπτών με μηχανικά εξαρτήματα στεγανότητας, τα οποία αποτελούνται από δακτύλιους ελατηριωτής μορφής, ενός άκαμπτου υλικού χαμηλής τριβής, οι οποίοι ολισθαίνουν σε επιφάνειες υψηλής κατεργασίας με ελάχιστες ανοχές. Οι δακτύλιοι είτε είναι κατασκευασμένοι από αυτο-λιπαινόμενο υλικό είτε λιπαίνονται με την ελεγχόμενη διαρροή του διακινούμενου υγρού. Τέτοιου είδους εξαρτήματα στεγανότητας, έχουν υψηλότερο κόστος από τους στυπιοθλίπτες, αλλά η επίδρασή τους στην κατανάλωση ενέργειας μπορεί να φτάσει και στο 15% της αντίστοιχης των στυπιοθλιπτών, με αποτέλεσμα να επιτυγχάνεται σημαντική οικονομία στο κόστος λειτουργίας του αντλητικού συστήματος.
- Μείωση παροχής με «κόψιμο» της περρωτής. Σε περίπτωση που οι απαιτήσεις σε παροχή ελαττωθούν, μπορεί να βελτιωθεί ο βαθμός απόδοσης του συστήματος, εάν η περρωτή της (φυγοκεντρικής) αντλίας τροχισθεί

κατάλληλα, έτσι ώστε να αποκτήσει μια νέα διάμετρο, μικρότερη της αρχικής. Με αυτό τον τρόπο, για σταθερό ρυθμό περιστροφής, η αντλία επιτυγχάνει υψηλότερη αποδοτικότητα, αφού λειτουργεί πλέον σε ένα νέο σημείο λειτουργίας, που παρουσιάζει βέλτιστο βαθμό απόδοσης για την τιμή της νέας, ελαττωμένης παροχής. Η επιλογή της νέας διαμέτρου πτερωτής, γίνεται με χρήση των νόμων ομοιότητας, όμως δεν πρέπει σε καμία περίπτωση αυτή να υπερβαίνει το 20% της αρχικής διαμέτρου της πτερωτής.

Στα μέτρα υψηλού κόστους περιλαμβάνονται οι εξής τεχνικές λύσεις:

- Εγκατάσταση συστήματος ελέγχου ταχύτητας περιστροφής. Εάν οι απαιτήσεις σε παροχή είναι μεταβαλλόμενες σε μια ευρεία κλίμακα τιμών, τότε εξοικονόμηση ενέργειας μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση συσκευών ελέγχου της ταχύτητας περιστροφής της αντλίας (αναστροφείς, ηλεκτρικοί κινητήρες μεταβλητής ταχύτητας κ.ά). Συγκεκριμένα, σε περιπτώσεις μειωμένων απαιτήσεων παροχής, η χρήση τέτοιων συστημάτων οδηγεί στην μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας, δεδομένου ότι με αυτόν τον τρόπο, αλλάζει το σημείο λειτουργίας της αντλίας, αντί να χρησιμοποιείται κάποια βαλβίδα στην οποία ουσιαστικά «καταστρέφεται» ένα ποσό της προσδιδόμενης ενέργειας. Η τελική επιλογή εξαρτάται από το κόστος αγοράς και εγκατάστασης ενός τέτοιου συστήματος.
- Αντικατάσταση παλαιού εξοπλισμού, καθώς η αποδοτικότητα μιας αντλίας, φθίνει διαρκώς με την πάροδο του χρόνου. Αυτό οφείλεται στη φυσική μηχανική φθορά της αλλά και στην αλλαγή του σημείου λειτουργίας που μπορεί να οφείλεται σε διάφορους λόγους όπως επικαθίσεις, μηχανικές καταπονήσεις κ.ά. Σε περίπτωση λοιπόν που η διάρκεια λειτουργίας έχει



ξεπεράσει κάποιο χρονικό όριο, που εξαρτάται από το είδος της αντλίας και τη φύση του διακινούμενου ρευστού, καλό είναι να μελετάται η αντικατάστασή της με κάποια καινούργια, υψηλότερου βαθμού απόδοσης και χαμηλότερου κόστους συντήρησης και λειτουργίας. Το ίδιο μπορεί να γίνει σε μικρότερο βαθμό και για τις βαλβίδες του αντλητικού συστήματος, ιδιαίτερα για εκείνες που χρησιμοποιούνται συχνότερα.

- Αντικατάσταση υπερδιαστασιολογημένων ηλεκτρικών κινητήρων. Οι κινητήρες που χρησιμοποιούνται για τη κίνηση των αντλιών είναι συχνά υπερδιαστασιολογημένοι, αποδίδουν δηλαδή μεγαλύτερη ισχύ από την απαιτούμενη. Σε περίπτωση που γίνει ένας ακριβής υπολογισμός της ισχύος που χρειάζεται η αντλία και επιλεγεί ένας κινητήρας παρόμοιας ονομαστικής ισχύος τα οφέλη είναι πολλαπλά: Εκτός από το βέλτιστο βαθμό απόδοσης που επιτυγχάνεται, ο οποίος έχει άμεσο αντίκτυπο στη μείωση της κατανάλωσης του ηλεκτρικού ρεύματος, αυξάνεται και ο συντελεστής ισχύος ( $\cos\phi$ ) του ηλεκτρικού συστήματος, με αποτέλεσμα την μείωση της τιμής χρέωσης της ηλεκτρικής ενέργειας.
- Εγκατάσταση ηλεκτρονικού συστήματος ελέγχου και διαχείρισης της ενέργειας. Η αρχή λειτουργίας ενός συστήματος αυτού του είδους, βασίζεται στην συνεχή παρακολούθηση των διαφόρων λειτουργιών ελέγχου του αντλητικού συστήματος. Η επιλογή του εξοπλισμού, πρέπει να γίνεται από εξειδικευμένο προσωπικό, το οποίο προβαίνει σε ανάλυση των απαιτήσεων της συγκεκριμένης εγκατάστασης.

Σε περίπτωση που στα κτίρια του αεροδρομίου περιλαμβάνονται εγκαταστάσεις στροβίλων, παρουσιάζονται διάφορες συνήθειες τεχνικές εξοικονόμησης, οι οποίες έχουν διαχωριστεί με βάση το απαιτούμενο κόστος επένδυσης και συντήρησης. Τα προτεινόμενα μέτρα μηδενικού κόστους, είναι εργασίες ενεργειακής διαχείρισης, οι οποίες συνιστάται να γίνονται σε τακτική βάση (σε περίοδο μικρότερη του έτους). Τα μέτρα χαμηλού και υψηλού κόστους, είναι εργασίες οι οποίες γίνονται μια φορά και απαιτούν επενδύσεις μικρού και μεγάλου μεγέθους αντίστοιχα. Αναλυτικότερα ως μέτρα με μηδενικό κόστος προτείνονται:

- Καθαρισμός ή αντικατάσταση φίλτρων εισόδου. Εάν σκόνη και άλλες ακαθαρσίες, εισέλθουν στο εσωτερικό του στροβίλου, είναι δυνατόν να προκαλέσουν διαβρώσεις στα πτερύγια του συμπιεστή, επικαθίσεις στους αγωγούς και υπερβολική φθορά στα έδρανα και τα ασφαλιστικά εξαρτήματα. Φίλτρα που δεν έχουν καθαριστεί, αυξάνουν τη πτώση πίεσης, περιορίζοντας την ροή του αέρα εισόδου, με αποτέλεσμα τη μείωση της αποδιδόμενης ισχύος. Τακτικός καθαρισμός και αλλαγή τους, έχει ως επακόλουθος την ελαχιστοποίηση της πτώσης πίεσης που παρουσιάζουν και την οικονομικότερη λειτουργία του συστήματος.
- Τακτικός έλεγχος επιπέδου ταλαντώσεων, οι οποίες αν είναι ασυνήθιστες αποτελούν ένδειξη πιθανής μηχανικής βλάβης. Οι ταλαντώσεις αυτές, οφείλονται συνήθως σε ελαττωματικά έδρανα, μηχανική αστάθεια ή δυναμική αστάθεια του εργαζόμενου μέσου. Ταλαντώσεις εμφανίζονται επίσης στις γεννήτριες, ως αποτέλεσμα βλαβών στα ηλεκτρικά τους κυκλώματα. Οι ταλαντώσεις αυτές είναι δυνατόν να προκαλέσουν σημαντικές απώλειες

ενέργειας γι' αυτό, συνιστάται η συνεχής παρακολούθησή τους και η άμεση επιδιόρθωση των αιτιών που τις προκαλούν.

- Διασφάλιση σωστής λειτουργίας συστημάτων ελέγχου ταχύτητας, που είναι ίσως ο σημαντικότερος παράγοντας που συμβάλλει στη σωστή λειτουργία τους. Τα συστήματα αυτά, είναι δυνατόν να ρυθμίζουν την ταχύτητα σε μια σταθερή τιμή, ανεξάρτητα της μεταβολής φορτίου, ή να την μεταβάλλουν ανάλογα με τις εκάστοτε απαιτήσεις. Σε κάθε περίπτωση, η ταχύτητα πρέπει να ελέγχεται κατά τακτά χρονικά διαστήματα, ώστε να διασφαλίζεται η σωστή λειτουργία, σύμφωνα με τις χαρακτηριστικές καμπύλες λειτουργίας τόσο του στροβίλου, όσο και του «φορτίου» του. Σε συγκεκριμένες εφαρμογές, όπως για παράδειγμα η κίνηση ενός φυγοκεντρικού συμπιεστή, το σύστημα ελέγχου ταχύτητας είναι ο καθοριστικός παράγοντας, για τη βελτιστοποίηση της αποδοτικότητας της κινούμενης συσκευής.
- Λειτουργία στροβίλων σε βέλτιστες συνθήκες εισόδου και εξόδου. Σε αεριοστροβίλους, συνιστάται η λειτουργία με ελάχιστες δυνατές απώλειες αναρρόφησης και την μικρότερη δυνατή πίεση αποτόνωσης. Αντίστοιχα, στους ατμοστροβίλους, ο ατμός πρέπει να εισάγεται με την μέγιστη και να εξάγεται με την ελάχιστη δυνατή ενθαλπία, αφού η αποδιδόμενη ισχύς εξαρτάται άμεσα από την διαφορά ενθαλπιών εισόδου και εξόδου. Σε ατμοστροβίλους μη-συμπύκνωσης, η πίεση εξόδου πρέπει να διατηρείται στα ελάχιστα δυνατά επίπεδα.
- Μέτρηση ακτινικών διακένων. Ο χώρος του ακτινικού διακένου έχει σημαντική επίδραση στις απώλειες της στροβιλομηχανής και σχετίζεται με τις αντικρουόμενες επιθυμίες μεγάλου διακένου (για κατασκευαστικούς λόγους)

και μικρού διακένου (για λόγους αεροδυναμικής της ροής). Τα ακτινικά διάκενα πρέπει να μετρώνται περιοδικά και να συγκρίνονται με τις συνιστώμενες από τον κατασκευαστή τιμές, ώστε να διορθώνονται κατάλληλα.

- Κατάστρωση τακτικού προγράμματος συντήρησης που θα πρέπει να ακολουθεί τις συγκεκριμένες ανάγκες της κάθε εγκατάστασης. Ένα πρόγραμμα τέτοιου είδους θα μπορούσε να περιλαμβάνει τα εξής:

**Πίνακας 6.2.2 Πρόγραμμα συντήρησης σε εγκαταστάσεις στροβίλων**

Συχνότητα συντήρησης	Ενέργειες συντήρησης
Ημερήσια	Καταγραφή ήχων, επιπέδου ταλαντώσεων, θερμοκρασιών εδράνων, διαρροών και ενδείξεων των μετρητικών οργάνων (πίεσης, παροχής, κλπ)
Μηνιαία	Έλεγχος αγωγών εισόδου και εξόδου, λιπαντικών για υπάρχουσες ακαθαρσίες, λίπανση εξαρτημάτων σύνδεσης, έλεγχος συστημάτων ασφαλείας, αλλαγή φίλτρων λιπαντικού, εξέταση συνδέσμων ατράκτων, εξέταση συστήματος ανάφλεξης, έλεγχος συνδετικών κοχλιών και κατάσταση βοηθητικού εξοπλισμού
Ετήσια	Έλεγχος ακροφυσίων καυσίμου, επαναρύθμιση μετρητικών οργάνων, διενέργεια δοκιμής απόδοσης του στροβίλου και επιδιόρθωση των προκυπτουσών βλαβών, προσεκτικός έλεγχος βοηθητικού εξοπλισμού και εξέταση όλων των άμεσα προσβάσιμων εδράνων

Όσον αφορά στα μέτρα με χαμηλό κόστος που προτείνονται συνήθως για στροβίλους, περιλαμβάνονται τα κάτωθι:

- Τροποίηση ή επανατοθέτηση αγωγών αναρρόφησης του στροβίλου με σκοπό την ελάχιστη δυνατή θερμοκρασία του αέρα εισόδου.

- Εγκατάσταση βέλτιστης θερμικής μόνωσης, λόγω του ότι κάθε εξωτερική απώλεια, η οποία μειώνει τη διαθέσιμη ενέργεια του μέσου, έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της αποδιδόμενης ισχύος.
- Εγκατάσταση ή αναδιάταξη μετρητικών διατάξεων, όπως μετρητές πίεσης, παροχής, θερμοκρασίας, κá. Σε περίπτωση που οι ήδη υπάρχουσες συσκευές δεν καταγράφουν τα μετρούμενα μεγέθη κατά τον βέλτιστο δυνατό τρόπο, συνιστάται η αναδιάταξή τους ή η τοποθέτηση νέων, έτσι ώστε να επιτευχθούν καλύτερες συνθήκες ελέγχου.

Δυνατές λύσεις για εξοικονόμηση ενέργειας στους στροβίλους με πιο υψηλό κόστος σε σχέση με τις προηγούμενες προτάσεις είναι:

- Ελαχιστοποίηση απωλειών στους αγωγούς, με αλλαγή των γεωμετρικών χαρακτηριστικών των αγωγών αέρα και καυσαερίων, προκειμένου να επιτευχθεί μείωση στις απώλειες τριβής και συνεπώς την οικονομικότερη λειτουργία.
- Αναβάθμιση λειτουργικών εξαρτημάτων στροβίλων, όπως για παράδειγμα, η επίστρωση πτερυγίων του συμπιεστή με κατάλληλο κράμα, το οποίο ελαχιστοποιεί τις επιφανειακές απώλειες τριβής, ενώ παράλληλα συμβάλλει στη μείωση των αναγκών συντήρησης.

Στις συνήθεις βιομηχανικές εγκαταστάσεις, τα συστήματα φωτισμού καταναλώνουν περίπου το 3% της συνολικά χρησιμοποιούμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Ένα μέρος της ενέργειας αυτής, καταλήγει στο χώρο ως θερμότητα, αυξάνοντας τη μέση θερμοκρασία του. Τα συνηθέστερα προτεινόμενα μέτρα με μηδενικό κόστος είναι τα εξής:

- Βελτιστοποίηση χρήσης εξωτερικού φωτισμού, με αναδιευθέτηση των θέσεων εργασίας σε περιοχές κοντά σε ανοίγματα.
- Συντονισμένος περιοδικός καθαρισμός, έλεγχος και συντήρηση φωτιστικών σωμάτων σε νεκρές περιόδους (αργίες, διακοπές).
- Αντικατάσταση παλιών, χαμηλής απόδοσης φωτιστικών σωμάτων.
- Σβήσιμο λαμπτήρων σε μη χρησιμοποιούμενους χώρους.
- Ορθολογική λειτουργία υφιστάμενων διατάξεων σκίασης σε σχέση με την εποχή και τον προσανατολισμό του εκτιθέμενου στην ηλιακή ακτινοβολία ανοίγματος.
- Καθαρισμός εσωτερικών επιφανειών τοίχων.
- Διατήρηση χαμηλών επιπέδων φωτισμού όταν η εγκατάσταση χρησιμοποιείται για λόγους ασφαλείας (νυκτερινές ώρες).

Μέτρα των οποίων η εφαρμογή συνεπάγεται χαμηλό κόστος για μια επιχείρηση, είναι:

- Αντικατάσταση λαμπτήρων χαμηλής φωτεινής αποδοτικότητας (π.χ. πυρακτώσεως) με λαμπήρες υψηλής απόδοσης (π.χ. συμπαγείς ηλεκτρονικούς λαμπήρες φθορισμού).
- Εγκατάσταση καλυμμάτων με ανακλαστές φωτός σε παλαιά γυμνά ή με πλαστικό κάλυμμα φωτιστικά σώματα για βελτιστοποίηση της διανομής του φωτός στο χώρο.
- Εγκατάσταση συστήματος αυτοματισμού για τη λειτουργία του φωτισμού (αισθητήρες παρουσίας ανθρώπων στο χώρο).
- Έλεγχος φωτισμού με τοπικούς διακόπτες, χρονοδιακόπτες και διαβαθμιστές (dimmers).

Λύσεις υψηλού κόστους που προτείνονται για τα συστήματα φωτισμού επιτυγχάνονται με τις εξής ενέργειες:

- Εγκατάσταση αυτοματισμού διατήρησης σταθερής φωτεινότητας στο χώρο στα συστήματα που επιδέχονται διαβάθμιση.
- Εγκατάσταση αυτοματισμού ελέγχου της εγκατάστασης, ανάλογα με το επίπεδο φυσικού φωτός, με χρήση αισθητήρων φυσικού φωτός και χωριστών περιμετρικών κυκλωμάτων.

Τέλος σε ένα σύγχρονο αεροδρόμιο απαντώνται συχνά διάφορα συστήματα αυτοματισμού και συσκευές αυτόματου ελέγχου. Η απαίτηση αυτή προκύπτει από το γεγονός ότι ελάχιστα συστήματα λειτουργούν συνεχώς στην ονομαστική τους ισχύ, με συνέπεια να επιβάλλεται ο εξοπλισμός τους με κατάλληλες διατάξεις ελέγχου και ρύθμισης της απόδοσης, βάσει του απαιτούμενου φορτίου. Οι συνήθεις εφαρμογές των εγκαταστάσεων αυτοματισμού αφορούν λειτουργίες όπως ο έλεγχος της ροπής και της ταχύτητας περιστροφής ηλεκτροκινητήρων. Ο διαχωρισμός των προτεινόμενων μέτρων για τέτοιου είδους συστήματα, ανάλογα με το απαιτούμενο κόστος εφαρμογής τους είναι σε μηδενικού, χαμηλού και υψηλού κόστους μέτρα. Στην πρώτη κατηγορία τα μέτρα τα οποία προτείνονται είναι:

- Διατήρηση των κατάλληλων ρυθμίσεων όλων των στατών.
- Προσαρμογή ρυθμίσεως ελεγκτών για εξοικονόμηση ενέργειας σε μη χρησιμοποιούμενους χώρους,

ενώ στη δεύτερη προτείνονται:

- Εγκατάσταση φωτοκυτάρων για τον έλεγχο του επιπέδου του εξ. Φωτισμού.

- Χρήση χρονοδιακοπών.
- Εγκατάσταση θερμοστατικών βαλβίδων σε θερμαντικά σώματα.
- Εγκατάσταση ακριβέστερων θερμοστατών χώρου.

Τέλος στη τελευταία κατηγορία μέτρων ανήκουν:

- Εγκατάσταση προγραμματιζόμενων λογικών ελεγκτών (PLC).
- Εγκατάσταση σύγχρονου κεντρικού συστήματος ενεργειακής διαχείρισης με ολοκληρωμένες δυνατότητες άμεσου ψηφιακού ελέγχου μέσω ηλεκτρονικών μονάδων συλλογής και επεξεργασίας δεδομένων, το οποίο και διαθέτει το συγκεκριμένο αεροδρόμιο, καλύπτοντας όλες τις προηγούμενες τεχνικές λύσεις και απαιτήσεις για εξοικονόμηση ενέργειας.

Στις διαχειριστικές προτάσεις οι οποίες θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε εξοικονόμηση ενέργειας περιλαμβάνονται τα εξής:

- ❖ Δημιουργία ενεργειακής συνείδησης των εργαζομένων στο αεροδρόμιο που θα οδηγούσε στην πιο ορθή χρήση των συστημάτων και αποφυγή της άσκοπης σπατάλης ενέργειας. Η εισαγωγή της Ενεργειακής Πολιτικής της εταιρείας θα μπορούσε να θέσει τις βασικές αρχές και κατευθύνσεις. Η εκπαίδευση των εργαζομένων σχετικά με πρακτικές εξοικονόμησης ενέργειας θα ήταν ένα ακόμη σημαντικό βήμα.
- ❖ Στα συμβόλαια προμηθειών διαφόρων συστημάτων εξοπλισμού θα ήταν σημαντικό να περιλαμβάνονται κριτήρια ενεργειακής απόδοσης των προμηθευόμενων συσκευών.
- ❖ Όπως διαπιστώθηκε πολλές φορές τα κτίρια χρησιμοποιούνται από τρίτα μέρη στα οποία θα μπορούσαν να δοθούν κάποιες κατευθυντήριες οδηγίες



πάνω σε ενεργειακά θέματα που βελτιώνει την χρήση των κτιρίων από ενεργειακή άποψη.

- ❖ Θα πρέπει να υπάρχει ειδικό τμήμα που θα ασχολείται με την παρακολούθηση της ενεργειακής συμπεριφοράς όλου του αεροδρομίου και με την ενεργειακή διαχείριση. Το τμήμα αυτό θα πρέπει να δίνει τόσο τεχνικές λύσεις αλλά και διαχειριστικές παρεμβάσεις για μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας και χρημάτων.

### 6.3 ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Επειδή ένα αεροδρόμιο περιλαμβάνει πολλά κτίρια και διαφορετικές χρήσεις και χρήστες, υπάρχει διασπορά της πληροφορίας όσον αφορά ενεργειακά δεδομένα. Η συλλογή όλων των πληροφοριών καθίσταται εξαιρετικά δύσκολη από τα διάφορα εμπλεκόμενα τμήματα και εταιρείες.

Η ανάγκη για κεντρική συλλογή και διαχείριση όλων των σχετικών δεδομένων και συντονισμού της συνεργασίας μεταξύ της εταιρείας του αεροδρομίου με τους τρίτους χρήστες των κτιρίων ήταν ιδιαίτερα εμφανής. Υπήρξε έλλειψη πρόσθετων δεδομένων που θα οδηγούσαν στο σχηματισμό μιας πιο ολοκληρωμένης εικόνας της ενεργειακής συμπεριφοράς των κτιρίων του αεροδρομίου, η οποία θα βασιζόταν σε ακριβέστερα στοιχεία αλλά και άλλα απαραίτητα στοιχεία, όπως τα θερμικά φορτία στους χώρους του αεροδρομίου, η ακριβής καταγραφή των ενεργοβόρων στοιχείων αναλυτικά για κάθε χώρο, τα ειδικά κατασκευαστικά χαρακτηριστικά κάθε χώρου, κλπ.

Κεντρική θα πρέπει να είναι σε γενικότερες γραμμές ολόκληρη η ενεργειακή διαχείριση των κτιρίων του αεροδρομίου για την ευκολότερη εφαρμογή της ενεργειακής πολιτικής της εταιρείας και την επίτευξη των ενεργειακών ή μη στόχων της σε συνεργασία με όλους τους εμπλεκόμενους φορείς.

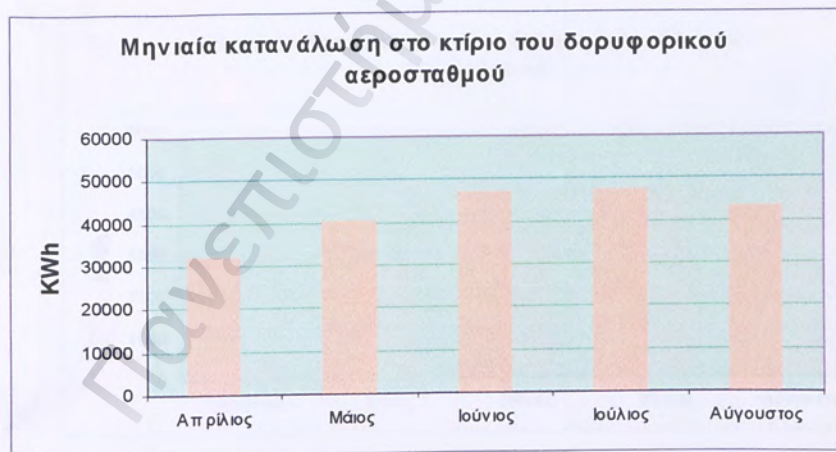
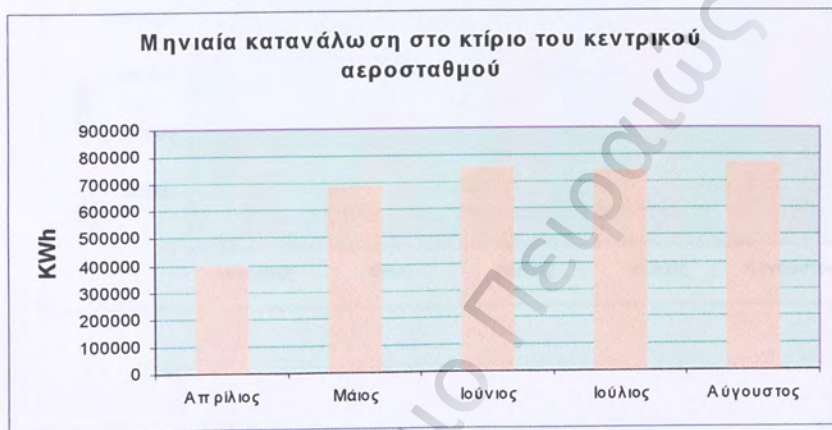
Στο μέλλον η σωστή και αξιόπιστη λειτουργία του Συστήματος Αυτοματισμού Κτιρίων (BAS) στο ΔΑΑ, θα άρει τους συγκεκριμένους περιορισμούς και θα καταστεί δυνατή η ολοκλήρωση της έρευνας που πραγματεύεται η εργασία αυτή. Παρόλα αυτά, η συγκεκριμένη εργασία αποτελεί ένα πρώτο βήμα για τον προσδιορισμό της ενεργειακής συμπεριφοράς των κτιρίων του αεροδρομίου που θα αποφέρει πολλά οφέλη για το ίδιο το αεροδρόμιο αλλά και για σύγκριση με άλλα αεροδρόμια στην Ελλάδα και στην υπόλοιπη αεροπορική κοινότητα. Επιπλέον αποτελεί απεικόνιση της ενεργειακής συμπεριφοράς του κτιριακού τομέα για τους κρίσιμους και σημαντικούς πέντε πρώτους μήνες της λειτουργίας του νέου αεροδρομίου.

## A. Βιβλιογραφία

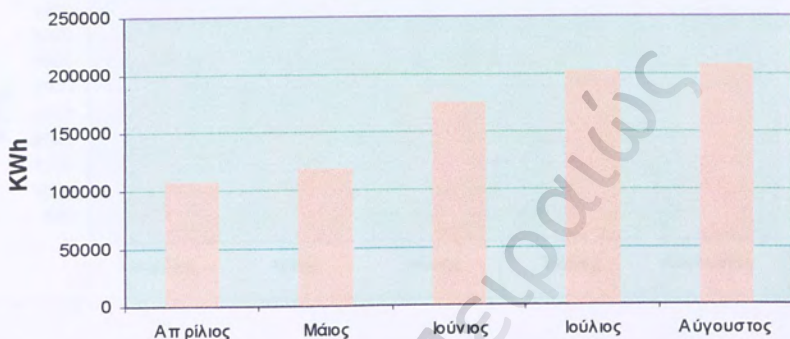
- [1] Κ. Λύτρας, Ε. Λάζαρη, Ε. Λαμπροπούλου, "Κανονισμός ορθολογικής χρήσης και εξοικονόμησης ενέργειας. Συμβολή στην ενεργειακή πολιτική για τον κτιριακό τομέα και στο μηχανικό", Διημερίδα ΤΕΕ για τις ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ, 18-19 Οκτωβρίου 2000
- [2] Ηλ.Σωφρόνης, Γ. Μαρκογιαννάκης, "Ενέργεια και ελληνικά αεροδρόμια", Διημερίδα ΤΕΕ για τις ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ, 18-19 Οκτωβρίου 2000
- [3] Γ. Παπαλάμπρου, "Οι νέες τεχνολογίες στο BMS μειώνουν το κόστος εγκατάστασης και βελτιώνουν τον έλεγχο της κατανάλωσης ενέργειας", Διημερίδα ΤΕΕ για τις ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ, 18-19 Οκτωβρίου 2000
- [4] Σημειώσεις διαλέξεων του μαθήματος "Εξοικονόμηση και Αποθήκευση Ενέργειας" του Μεταπτυχιακού προγράμματος σπουδών στην Οργάνωση και Διοίκηση Βιομηχανικών Συστημάτων της Επικ.Καθ. Ε.Μ.Π. Μ.Φούντη, Αθήνα 1999
- [5] Οικονομικός Ταχυδρόμος, 8 Σεπτεμβρίου 2001, "Διαρθρωτικοί δείκτες και ανταγωνιστικότητα στην Ευρώπη. Η συγκριτική αξιολόγηση των κρατών-μελών από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή"
- [6]<http://www.lea.org/pubs/studies/files/danish/dan2/30-dan2.htm>

## B. Παραρτήματα

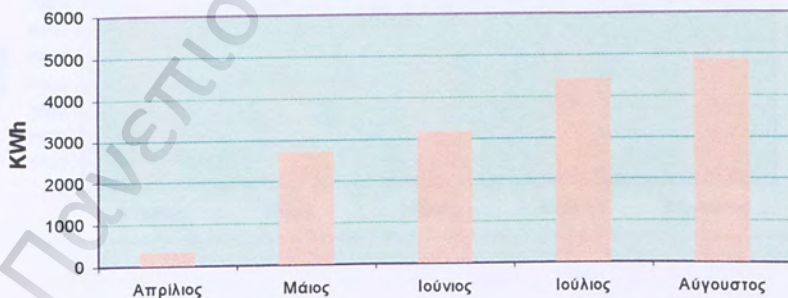
Διαγράμματα B1-15 Μηνιαία κατανάλωση ηλεκτρική ενέργειας ανά κτίριο (σε KWh)



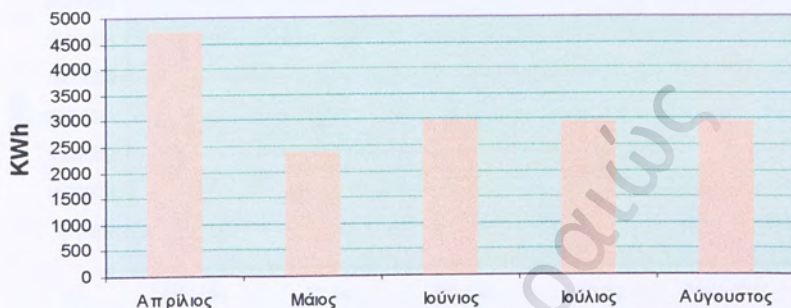
Μηνιαία κατανάλωση στο κτίριο της Αστυνομίας



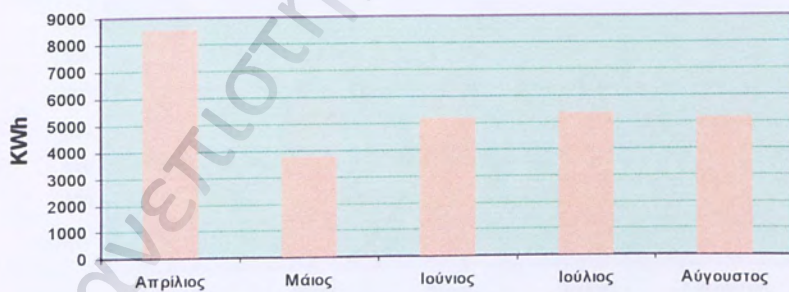
Μηνιαία κατανάλωση στο Εργαστήριο Κινητού Εξοπλισμού

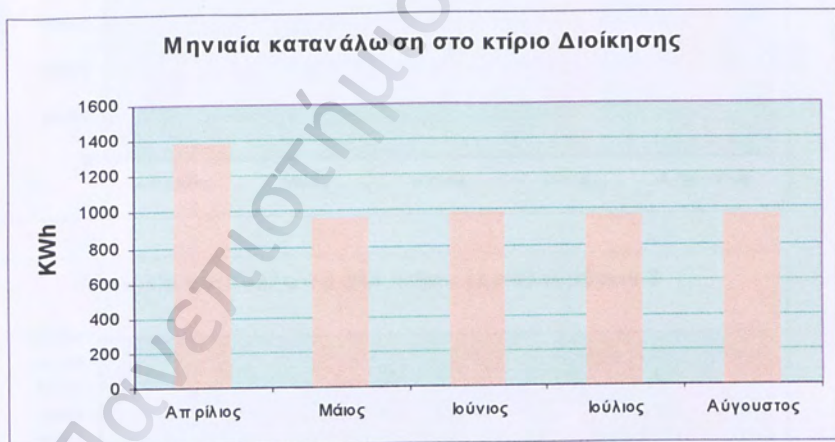
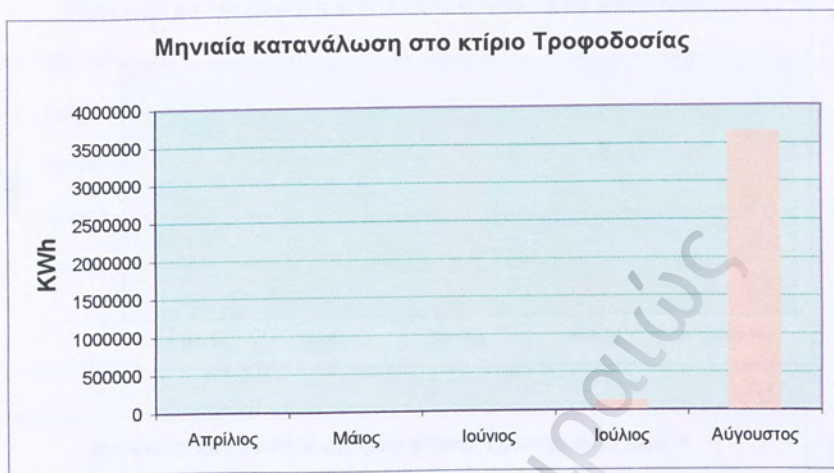


**Μηνιαία κατανάλωση στο κτίριο Σταθμού  
Εξυπηρέτησης 1**

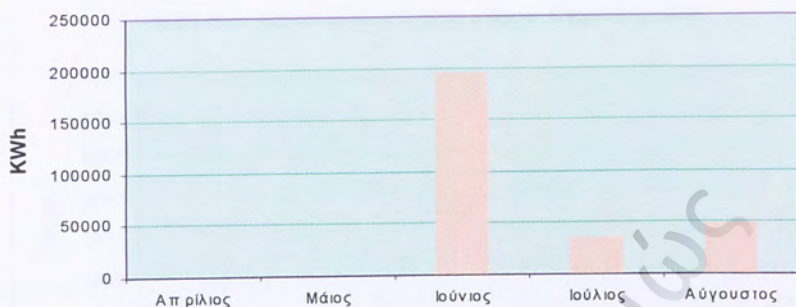


**Μηνιαία κατανάλωση στο κτίριο Σταθμού  
Εξυπηρέτησης 2**

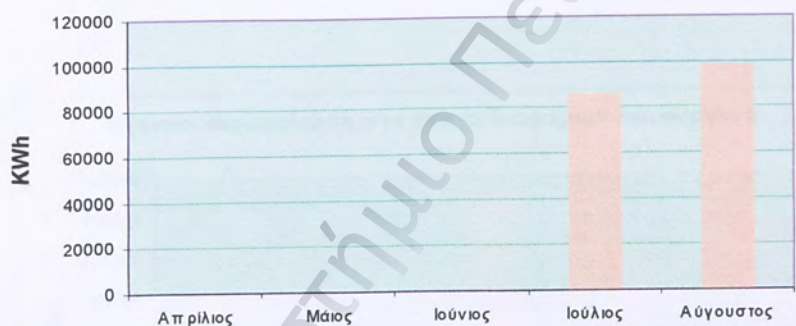




Μηνιαία κατανάλωση στο Σταθμό παροχής καυσίμου



Μηνιαία κατανάλωση στο κτίριο εμπορευμάτων 1



Μηνιαία κατανάλωση στο κτίριο εμπορευμάτων 2

