



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

**Αποθήκευση ενέργειας και Εθνικό Σύστημα Υγείας:
Ανάπτυξη και εφαρμογή ολοκληρωμένου μοντέλου για την
ένταξη συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας σε επίπεδο
κεντρικών νοσοκομειακών μονάδων**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

του

Ρήγα Α. Κάζου

Επιβλέπων:

Δρ Δημήτριος Ζαφειράκης
Επίκουρος Καθηγητής Πα.Δ.Α.

Αθήνα, Μάρτιος 2022



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

**Αποθήκευση ενέργειας και Εθνικό Σύστημα Υγείας:
Ανάπτυξη και εφαρμογή ολοκληρωμένου μοντέλου για την
ένταξη συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας σε επίπεδο
κεντρικών νοσοκομειακών μονάδων**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

του

Ρήγα Α. Κάζου

Επιβλέπων: Δρ Δημήτριος Ζαφειράκης
Επίκουρος Καθηγητής Πα.Δ.Α.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική Επιτροπή την 4^η Μαρτίου 2022

(Υπογραφή)

(Υπογραφή)

(Υπογραφή)

.....
Δρ Δημήτριος Ζαφειράκης
Επίκουρος Καθηγητής Πα.Δ.Α.

.....
Δρ Αιμιλία Μ. Κονδύλη
Καθηγήτρια Πα.Δ.Α.

.....
Δρ Ιωάννης Κ. Καλδέλλης
Καθηγητής Πα.Δ.Α.

Αθήνα, Μάρτιος 2022

Copyright © - Ρήγας Α. Κάζος, 2022

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται στον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής.

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Ρήγας Κάζος του Αθανασίου, με αριθμό μητρώου 18392178 φοιτητής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, της Σχολής Μηχανικών, του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

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

Ο Δηλών
(Υπογραφή)



Ρήγας Α. Κάζος

Περίληψη

Η αυξημένη πίεση που καταγράφεται στον κλάδο υγείας το τελευταίο διάστημα, λόγω της πανδημίας που προκάλεσε ο ιός SARS – CoV-2, δημιουργεί, μεταξύ άλλων, προβλήματα «ενεργειακής συμφόρησης», για τις εν λόγω υποδομές, με την επίτευξη αυξημένων επιπέδων ενεργειακής ασφάλειας, με οικονομικούς όρους, να αποτελεί πλέον επιτακτική ανάγκη, για τις μονάδες του Εθνικού Συστήματος Υγείας.

Ταυτόχρονα, η ολοένα και μεγαλύτερη ανάπτυξη των τεχνολογιών αποθήκευσης ενέργειας, εισάγει νέες υπηρεσίες στον τομέα της ενέργειας, οι οποίες δεν περιορίζονται σε επίπεδο δικτύου, αλλά επεκτείνονται σε πλήθος εφαρμογών, μεταξύ των οποίων και οι εφαρμογές αυτοπαραγωγής/εμπορίας ενέργειας σε επίπεδο τελικού καταναλωτή ή/και σωρευτικής εκπροσώπησης πλήθους καταναλωτών/καταναλώσεων, υπό τη μορφή εικονικών σταθμών παραγωγής/απόκρισης ζήτησης.

Στο πλαίσιο αυτό, στη συγκεκριμένη Διπλωματική Εργασία θα διερευνηθεί ο ρόλος που μπορεί να διαδραματίσει η αποθήκευση ενέργειας, με χρήση συστημάτων με συσσωρευτές, στη διαχείριση της ηλεκτρικής κατανάλωσης, καθώς και την εύρυθμη και οικονομική λειτουργία κεντρικών Νοσοκομειακών μονάδων.

Για το σκοπό αυτό, θα αναπτυχθούν κατάλληλες στρατηγικές ένταξης παρόμοιων μονάδων, οι οποίες και θα αναλυθούν μέσω της αξιοποίησης του Γενικού Νοσοκομείου Παιδών Αθηνών «Παναγιώτη και Αγλαΐας Κυριακού», ως μελέτη περίπτωσης.

Λέξεις Κλειδιά

Ενεργειακή Αναβάθμιση, Ηλεκτρική Κατανάλωση, Αποθήκευση Ενέργειας, Συσσωρευτές, Νοσοκομείο, Εξάλειψη Αιχμών, Απόκριση Ζήτησης

Abstract

Stresses recently recorded on the health sector due to the SARS – CoV-2 pandemic suggest, among other issues, problems of "energy congestion" for the relevant infrastructure. As such, addressing the need for increased energy security in a cost-effective manner is a matter of urgency for units of the local National Health System.

At the same time, constant advancements in the field of energy storage technologies introduced new services in the energy sector that are not limited to the grid level, but extend to a number of applications, including self-production/energy trading and/or aggregate representation of a large number of end-consumers/loads, in the form of virtual production/demand response power plants.

In this context, the present thesis will investigate the role that energy storage may assume in both the energy upgrade and the more cost-efficient operation of central Hospital units, via the introduction of battery energy storage systems.

For this purpose, appropriate strategies will be developed for the integration of similar systems, that will be analyzed through the examination of "Panagiotis and Aglaia Kyriakou" Athens Children's Hospital, as case study.

Key Words

Energy Upgrade, Electricity Consumption, Energy Storage, Batteries, Hospital, Peak Shaving, Demand Response

Ευχαριστίες

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία σηματοδοτεί, το τέλος ενός πολύ όμορφου κύκλου της ζωής μου. Έχοντας ήδη ένα Πτυχίο στα χέρια μου και ένα Μεταπτυχιακό Τίτλο σπουδών, ολοκληρώνω πλέον μία Πολυτεχνική Σχολή, η οποία με ανεβάζει πραγματικά σε άλλο επίπεδο. Νιώθω λοιπόν την ανάγκη να ευχαριστήσω μερικούς ανθρώπους, οι οποίοι εμπλούτισαν και έκαναν πιο συναρπαστικό αυτό το ταξίδι.

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κ. Δημήτριο Ζαφειράκη, ο οποίος μου έδωσε την ευκαιρία να μελετήσω, ένα τόσο ενδιαφέρον και επίκαιρο θέμα και που με την καθοδήγησή του, καθώς και το χρόνο που διέθεσε, δίνοντάς μου χρήσιμες συμβουλές και οδηγίες, κατάφερα να ολοκληρώσω τη Διπλωματική αυτή Εργασία.

Επιπρόσθετα, θα ήθελα να αναφερθώ στη καταλυτική βοήθεια της Διοίκησης του Γενικού Νοσοκομείου Παίδων Αθηνών «Παναγιώτη & Αγλαΐας Κυριακού», η οποία με την Απόφασή της, μου επέτρεψε τη συλλογή στοιχείων που αφορούν τις υποδομές του Νοσοκομείου, τα οποία ήταν απαραίτητα για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων της Εργασίας.

Τέλος, θα ήθελα εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στη σύζυγό μου και τα παιδιά μου για όλη τη στήριξη, τη συνεχή συμπαράσταση και την αστείρευτη κατανόησή τους, καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

στη σύζυγό μου, Χρυσούλα

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή.....	19
Κεφάλαιο 2. Δομές συστημάτων υγείας	27
2.1 Ορισμός συστήματος υγείας.....	29
2.2 Ιδιωτικό και δημόσιο σύστημα υγείας.....	30
2.3 Συστήματα υγείας κεντρικού (συγκεντρωτικού) και διεσπαρμένου χαρακτήρα.....	31
2.4 Οι μονάδες υγείας.....	32
2.4.1 Πρωτοβάθμια φροντίδα υγείας.....	32
2.4.2 Δευτεροβάθμια νοσοκομειακή περίθαλψη.....	34
2.4.3 Τριτοβάθμια νοσοκομειακή περίθαλψη.....	34
Κεφάλαιο 3. Κατανάλωση ενέργειας στον κλάδο υγείας	37
3.1 Χαρακτηριστικά κτιριακού αποθέματος.....	39
3.2 Βασικές ενεργειακές χρήσεις και φορτία.....	45
3.3 Κόστος υγείας – συγκριτικοί δείκτες – σύνδεση με ενεργειακό	47
3.4 Τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας / παρεμβάσεις ενεργειακής αναβάθμισης.....	49
3.5 «Καλές πρακτικές» εξοικονόμησης ενέργειας σε κτίρια υγείας	51
3.6 Οι υγειονομικές μονάδες του Ε.Σ.Υ.	59
3.7 Ενεργειακή αναβάθμιση - Σχεδιασμός και υπό εξέλιξη Έργα	60
Κεφάλαιο 4. Αποθήκευση ενέργειας και κτιριακός – βιομηχανικός τομέας	63
4.1 Εφαρμογές και υπηρεσίες πίσω από τον μετρητή.....	65
4.1.1 Εγκατάσταση συσκευών αδιάλειπτης παροχής ενέργειας (UPS).....	66
4.1.2 Εξάλειψη / Ελάττωση των φορτίων αιχμής (peak shaving)	70
4.1.3 Μετατόπιση των φορτίων αιχμής (peak load shifting).....	76
4.2 Κυρίαρχες τεχνολογίες αποθήκευσης ενέργειας.....	77
4.3 Συσσωρευτές	81
4.3.1 Συσσωρευτές Ιόντων Λιθίου (Li-ion)	82
4.3.2 Συσσωρευτές Μολύβδου	83
4.3.3 Μπαταρίες Ροής Οξειδοαναγωγής (RFB).....	84
4.3.4 Συσσωρευτές Νικελίου – Καδμίου (Ni-Cd).....	84
4.3.5 Συσσωρευτές Θειούχου Νατρίου (NaS)	85
4.4 Εφαρμογή της αποθήκευσης στη ενέργεια σε μεγάλες κτιριακές εγκαταστάσεις	86

Κεφάλαιο 5. Διαχείριση ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας και κτιριακός – βιομηχανικός τομέας.....	89
5.1 Η διαχείριση ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας.....	91
5.2 Εφαρμογές διαχείρισης ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας.....	95
5.2.1 Εφαρμογές σε επίπεδο δικτύου (διαχειριστή).....	96
5.2.2 Εφαρμογές σε επίπεδο κτιριακής μονάδας.....	97
5.3 Υπηρεσία διακοπτόμενου φορτίου (Διακοψιμότητα).....	101
Κεφάλαιο 6. Το Γενικό Νοσοκομείο Παιδών Αθηνών «Παναγιώτη & Αγλαΐας Κυριακού»	107
6.1 Γενική περιγραφή.....	109
6.2 Ενεργειακές χρήσεις και φορτία.....	112
6.2.1 Ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός και εγκατεστημένα φορτία.....	112
6.2.2 Ιατροτεχνολογικός εξοπλισμός και εγκατεστημένα φορτία.....	119
6.3 Σύστημα τροφοδοσίας και εφεδρείες.....	125
6.4 Μελλοντικός σχεδιασμός στο πλαίσιο ενεργειακής αναβάθμισης.....	127
Κεφάλαιο 7. Ενεργειακές καταναλώσεις Νοσοκομείου	129
7.1 Διαχρονική εξέλιξη ενεργειακών καταναλώσεων.....	131
7.2 Ανάλυση τιμολογίου ηλεκτρικής ενέργειας.....	134
7.2.1 Γενικά στοιχεία λογαριασμού – Στοιχεία καταναλωτή.....	135
7.2.2 Χρεώσεις προμήθειας ηλεκτρικού ρεύματος.....	136
7.2.3 Ρυθμιζόμενες χρεώσεις.....	138
7.2.4 Φόροι – Τέλη – Στρογγυλοποιήσεις.....	139
7.3 Κόστος ηλεκτρικής ενέργειας.....	140
7.4 Αναλυτικές μετρήσεις ηλεκτρικής κατανάλωσης.....	143
7.5 Δημιουργία ετήσιου, αναλυτικού προφίλ ηλεκτρικής κατανάλωσης.....	151
7.6 Συσχέτιση με χαρακτηριστικά Νοσοκομείου	154
Κεφάλαιο 8. Προτεινόμενες στρατηγικές λειτουργίας του Νοσοκομείου και αποτελέσματα εφαρμογής.....	157
8.1 Στρατηγική εξομάλυνσης των φορτίων αιχμής στη βάση σταθερών χρεώσεων	161
8.1.1 Ανάλυση υπολογιστικού μοντέλου.....	162
8.1.2 Εξαγωγή βέλτιστων λύσεων	163
8.2 Στρατηγική εξομάλυνσης των φορτίων αιχμής στη βάση κυμαινόμενων τιμών ηλεκτρικού ρεύματος	171
8.2.1 Ανάλυση υπολογιστικού μοντέλου.....	172

8.2.2	Εξαγωγή βέλτιστων τιμών λύσεων	172
8.3	Οικονομική ανάλυση στρατηγικών	190
8.3.1	Οικονομική ανάλυση στρατηγικής εξομάλυνσης στη βάση σταθερών χρεώσεων.....	190
8.3.2	Οικονομική ανάλυση στρατηγικής εξομάλυνσης των φορτίων αιχμής στη βάση κυμαινόμενων τιμών ηλεκτρικού ρεύματος.....	193
8.4	Προτεινόμενη στρατηγική λειτουργίας	197
Κεφάλαιο 9. Συμπεράσματα		199
Βιβλιογραφία		203
Παράρτημα 1: Πίνακες ανάλυσης κόστους ηλεκτρικού ρεύματος, σύμφωνα τα τιμολόγια του παρόχου		207

Κατάλογος Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 3.1: Κτίρια αποκλειστικής χρήσης σύμφωνα με το είδος χρήσης τους [9]	39
Διάγραμμα 3.2: Αριθμός κτιρίων υγείας αποκλειστικής χρήσης, ανά Περιφέρεια	40
Διάγραμμα 3.3: Κατανομή κτιρίων υγείας με βάση την περίοδο κατασκευής τους	41
Διάγραμμα 3.4: Ποσοστιαία κατανομή του πλήθους των κτιρίων υγείας, ανά Κλιματική Ζώνη [11].	42
Διάγραμμα 3.5: Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας κτιρίων υγείας, ανά ηλικιακή κατηγορία και Κλιματική Ζώνη.....	43
Διάγραμμα 3.6: Κατανάλωση θερμικής ενέργειας κτιρίων υγείας, ανά ηλικιακή κατηγορία και Κλιματική Ζώνη.....	43
Διάγραμμα 3.7: Κατανάλωση συνολικής πρωτογενούς ενέργειας κτιρίων υγείας, ανά ηλικιακή κατηγορία και Κλιματική Ζώνη	44
Διάγραμμα 4.1: Εβδομαδιαία προσαρμοσμένη ζήτηση με εξάλειψη των φορτίων αιχμής [25]	70
Διάγραμμα 4.2: Χειροκίνητη παρέμβαση για την εξάλειψη των φορτίων αιχμής	72
Διάγραμμα 4.3: Εξάλειψη των φορτίων αιχμής με αυτόματους ελεγκτές	73
Διάγραμμα 4.4: Εξάλειψη των φορτίων αιχμής με χρήση γεννητριών	74
Διάγραμμα 4.5: Μετατόπιση των φορτίων αιχμής από ώρες αιχμής (κορυφές), σε ώρες εκτός αιχμής (κοιλιάδες).....	76
Διάγραμμα 4.6: Εγκατεστημένο δυναμικό τεχνολογιών αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας σε παγκόσμια κλίμακα παγκοσμίως το έτος 2020 [26]	77
Διάγραμμα 4.7: Απεικόνιση των κυρίαρχων τεχνολογιών αποθήκευσης ενέργειας, συγκριτικά με τον χρόνο εκφόρτισης και την αποθηκευτική τους ικανότητα [28]	79
Διάγραμμα 4.8: Κυρίαρχες τεχνολογίες αποθήκευσης ενέργειας, σε τρεις διαφορετικές περιοχές ισχύος [30]	80
Διάγραμμα 4.9: Κόστος συσσωρευτών την περίοδο 2010 – 2019 και πρόβλεψη έως το 2030 [31]	81
Διάγραμμα 5.1: Προβλέψεις εξέλιξης της συνολικής καθαρής ζήτησης για την περίοδο 2020 – 2030 [36].....	93
Διάγραμμα 6.1: Εγκατεστημένη ισχύς (kW) του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού του Νοσοκομείου.....	119
Διάγραμμα 6.2: Εγκατεστημένη ισχύς (kW) του ιατροτεχνολογικού εξοπλισμού του Νοσοκομείου	124
Διάγραμμα 7.1: Μηνιαία μεταβολή καταναλώσεων και κόστους θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας, από τον Δεκέμβριο του 2018, έως και το Νοέμβριο του 2021	132
Διάγραμμα 7.2: Μηνιαία διακύμανση της τιμής των δικαιωμάτων των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO ₂), από τον Δεκέμβριο του 2018, έως και τον Οκτώβριο του 2021	137
Διάγραμμα 7.3: Επιμέρους κόστη προμήθειας ηλεκτρικού ρεύματος, από τον Δεκέμβριο του 2018, έως και τον Νοέμβριο του 2021	140

Διάγραμμα 7.4: Επιμέρους κόστη ρυθμιζόμενων χρεώσεων, από τον Δεκέμβριο του 2018, έως και τον Νοέμβριο του 2021	141
Διάγραμμα 7.5: Συνολικό κόστος ηλεκτρικής ενέργειας, από τον Δεκέμβριο του 2018, έως και τον Νοέμβριο του 2021	142
Διάγραμμα 7.6: Διακύμανση μηνιαίας ηλεκτρικής κατανάλωσης, για την τριετία από τον Δεκέμβριο του 2018, έως και τον Νοέμβριο του 2021	143
Διάγραμμα 7.7: Διακύμανση μηνιαίας ισχύος φορτίων αιχμής, για την τριετία από τον Δεκέμβριο του 2018, έως και τον Νοέμβριο του 2021	144
Διάγραμμα 7.8: Διάγραμμα διασποράς της μηνιαίας ισχύος των φορτίων αιχμής και της συνολικής μηνιαίας ηλεκτρικής κατανάλωσης, από τον Δεκέμβριο του 2018, έως και τον Νοέμβριο του 2021.	145
Διάγραμμα 7.9: Ημερήσια διακύμανση της ηλεκτρικής κατανάλωσης, για 2 τυχαίες ημέρες του έτους, χειμώνα και καλοκαιριού αντίστοιχα	146
Διάγραμμα 7.10: Ημερήσια διακύμανση της ηλεκτρικής κατανάλωσης, καθημερινής και αργίας, εφημερίας και μη, για 4 τυχαίες ημέρες της χειμερινής περιόδου	147
Διάγραμμα 7.11: Ημερήσια διακύμανση της ηλεκτρικής κατανάλωσης, καθημερινής και αργίας, εφημερίας και μη, για 4 τυχαίες ημέρες της καλοκαιρινής περιόδου.	147
Διάγραμμα 7.12: Ωριαία διακύμανση της ηλεκτρικής κατανάλωσης, για δύο τυχαίες εβδομάδες λειτουργίας ανά εποχή του έτους	148
Διάγραμμα 7.13: Ωριαία διακύμανση της ηλεκτρικής κατανάλωσης, για όλες τις εποχές του έτους 2020	149
Διάγραμμα 7.14: Ετήσιο ωριαίο προφίλ ηλεκτρικής κατανάλωσης, από το Δεκέμβριο του 2019 έως και τον Νοέμβριο του 2020	151
Διάγραμμα 7.15: Ωριαίο προφίλ ηλεκτρικής κατανάλωσης για την τριετία, από το Δεκέμβριο του 2018 έως και τον Νοέμβριο του 2021	152
Διάγραμμα 7.16: Καμπύλη διάρκειας εμφάνισης φορτίων για την τριετία, από το Δεκέμβριο του 2018 έως και τον Νοέμβριο του 2021	153
Διάγραμμα 8.1: Καμπύλες ζήτησης φορτίων και στάθμης συσσωρευτών για το 1 ^ο τρίμηνο του 2019	164
Διάγραμμα 8.2: Καμπύλες ζήτησης φορτίων και στάθμης συσσωρευτών για το 2 ^ο τρίμηνο του 2019	165
Διάγραμμα 8.3: Καμπύλες ζήτησης φορτίων και στάθμης συσσωρευτών για το 3 ^ο τρίμηνο του 2019	165
Διάγραμμα 8.4: Καμπύλες ζήτησης φορτίων και στάθμης συσσωρευτών για το 4 ^ο τρίμηνο του 2019	165
Διάγραμμα 8.5: Καμπύλες ζήτησης φορτίων και στάθμης συσσωρευτών για το 1 ^ο τρίμηνο του 2020	166

Διάγραμμα 8.6: Καμπύλες ζήτησης φορτίων και στάθμης συσσωρευτών για το 2 ^ο τρίμηνο του 2020	167
Διάγραμμα 8.7: Καμπύλες ζήτησης φορτίων και στάθμης συσσωρευτών για το 3 ^ο τρίμηνο του 2020	167
Διάγραμμα 8.8: Καμπύλες ζήτησης φορτίων και στάθμης συσσωρευτών για το 4 ^ο τρίμηνο του 2020	167
Διάγραμμα 8.9: Καμπύλες ζήτησης φορτίων και στάθμης συσσωρευτών για το 1 ^ο τρίμηνο του 2021	168
Διάγραμμα 8.10: Καμπύλες ζήτησης φορτίων και στάθμης συσσωρευτών για το 2 ^ο τρίμηνο του 2021	169
Διάγραμμα 8.11: Καμπύλες ζήτησης φορτίων και στάθμης συσσωρευτών για το 3 ^ο τρίμηνο του 2021	169
Διάγραμμα 8.12: Καμπύλες ζήτησης φορτίων και στάθμης συσσωρευτών για το 4 ^ο τρίμηνο του 2021	169
Διάγραμμα 8.13: Αποτύπωση ωριαίων τιμών χονδρεμπορικής της ηλεκτρικής ενέργειας, για το έτος 2019, με σήμανση των άνω ορίων φόρτισης των συσσωρευτών	173
Διάγραμμα 8.14: Καμπύλες ζήτησης φορτίων και στάθμης συσσωρευτών για το έτος 2019, με άνω όριο φόρτισης των συσσωρευτών 0,02€/kWh	174
Διάγραμμα 8.15: Καμπύλες ζήτησης φορτίων και στάθμης συσσωρευτών για το έτος 2019, με άνω όριο φόρτισης των συσσωρευτών 0,06€/kWh	175
Διάγραμμα 8.16: Καμπύλες ζήτησης φορτίων και στάθμης συσσωρευτών για το έτος 2019, με άνω όριο φόρτισης των συσσωρευτών 0,10€/kWh	176
Διάγραμμα 8.17: Καμπύλες ζήτησης φορτίων και στάθμης συσσωρευτών για το έτος 2019, με άνω όριο φόρτισης των συσσωρευτών 0,15€/kWh	177
Διάγραμμα 8.18: Αποτύπωση ωριαίων τιμών χονδρεμπορικής της ηλεκτρικής ενέργειας, για το έτος 2020, με σήμανση των άνω ορίων φόρτισης των συσσωρευτών	178
Διάγραμμα 8.19: Καμπύλες ζήτησης φορτίων και στάθμης συσσωρευτών για το έτος 2020, με άνω όριο φόρτισης των συσσωρευτών 0,02€/kWh	179
Διάγραμμα 8.20: Καμπύλες ζήτησης φορτίων και στάθμης συσσωρευτών για το έτος 2020, με άνω όριο φόρτισης των συσσωρευτών 0,06€/kWh	180
Διάγραμμα 8.21: Καμπύλες ζήτησης φορτίων και στάθμης συσσωρευτών για το έτος 2020, με άνω όριο φόρτισης των συσσωρευτών 0,10€/kWh	182
Διάγραμμα 8.22: Καμπύλες ζήτησης φορτίων και στάθμης συσσωρευτών για το έτος 2020, με άνω όριο φόρτισης των συσσωρευτών 0,15€/kWh	183
Διάγραμμα 8.23: Αποτύπωση ωριαίων τιμών χονδρεμπορικής της ηλεκτρικής ενέργειας, για το έτος 2021, με σήμανση των άνω ορίων φόρτισης των συσσωρευτών	184

Διάγραμμα 8.24: Καμπύλες ζήτησης φορτίων και στάθμης συσσωρευτών για το έτος 2021, με άνω όριο φόρτισης των συσσωρευτών 0,02€/kWh.....	185
Διάγραμμα 8.25: Καμπύλες ζήτησης φορτίων και στάθμης συσσωρευτών για το έτος 2021, με άνω όριο φόρτισης των συσσωρευτών 0,06€/kWh.....	186
Διάγραμμα 8.26: Καμπύλες ζήτησης φορτίων και στάθμης συσσωρευτών για το έτος 2021, με άνω όριο φόρτισης των συσσωρευτών 0,10€/kWh.....	187
Διάγραμμα 8.27: Καμπύλες ζήτησης φορτίων και στάθμης συσσωρευτών για το έτος 2021, με άνω όριο φόρτισης των συσσωρευτών 0,15€/kWh.....	188
Διάγραμμα 8.28: Καμπύλες μεταβολής συνολικού οικονομικού οφέλους, με τον συνδυασμό της χωρητικότητας των συσσωρευτών και του ποσοστού εξομάλυνσης των φορτίων	191
Διάγραμμα 8.29: Καμπύλες μεταβολής του συνολικού οικονομικού οφέλους και της χωρητικότητας των συσσωρευτών, με την αύξηση του ποσοστού εξομάλυνσης των φορτίων.....	192
Διάγραμμα 8.30: Καμπύλες μεταβολής του χρόνου απόσβεσης των συσσωρευτών και του συνολικού οικονομικού οφέλους, με την αύξηση του ποσοστού εξομάλυνσης των φορτίων αιχμής.....	192
Διάγραμμα 8.31: Καμπύλες μεταβολής συνολικού οικονομικού οφέλους, με τον συνδυασμό της χωρητικότητας των συσσωρευτών και του ποσοστού εξομάλυνσης των φορτίων	194
Διάγραμμα 8.32: Καμπύλες μεταβολής του συνολικού οικονομικού οφέλους και της χωρητικότητας των συσσωρευτών, με την αύξηση του ποσοστού εξομάλυνσης των φορτίων.....	195
Διάγραμμα 8.33: Καμπύλες μεταβολής του χρόνου απόσβεσης των συσσωρευτών και του συνολικού οικονομικού οφέλους, με την αύξηση του ποσοστού εξομάλυνσης των φορτίων αιχμής.....	196

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 2.1: Σχηματική διάρθρωση μονάδων υγείας [1]	32
Σχήμα 4.1: Σχηματική λειτουργία on line συσκευών αδιάλειπτης παροχής ενέργειας [22].....	68
Σχήμα 4.2: Σχηματική λειτουργία line – interactive συσκευών αδιάλειπτης παροχής ενέργειας [23] .	69
Σχήμα 4.3: Σχηματική λειτουργία off line συσκευών αδιάλειπτης παροχής ενέργειας [24]	70
Σχήμα 4.4: Μορφές αποθηκευμένης ενέργειας [27].....	79
Σχήμα 4.5: Αναπαράσταση κεντρικού, αποκεντρωμένου και διεσπαρμένου συστήματος ενέργειας [34].....	87
Σχήμα 5.1: Σχηματικό διάγραμμα συστήματος ενεργειακής διαχείρισης κτιρίων	98

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 3.1: Οι Κλιματικές Ζώνες της Ελλάδας, με βάση τον Κ.ΕΝ.Α.Κ. [11]	41
Εικόνα 3.2: Νοσοκομείο Presbyterian Queens στη Νέα Υόρκη	52
Εικόνα 3.3: Παιδιατρικό Ιατρικό Κέντρο Dell στο Κεντρικό Τέξας.....	53
Εικόνα 3.4: Νοσοκομείο Stamford στο Κονέκτικατ	53
Εικόνα 3.5: Ιατρικό Κέντρο Stamford Jacobi στη Νέα Υόρκη	54
Εικόνα 3.6: Νοσοκομείο Gundersen, La Crosse στο Ουισκόνσιν.....	55
Εικόνα 3.7: Πανεπιστημιακό Νοσοκομείο Κολοράντο	55
Εικόνα 3.8: Πανεπιστημιακό Νοσοκομείο Wythenshawe	56
Εικόνα 3.9: Παιδιατρικό Νοσοκομείο Great Ormond	56
Εικόνα 3.10: Νοσοκομείο Mount Elizabeth	57
Εικόνα 3.11: Αντικαρκινικό Νοσοκομείο Shands στην Φλόριντα.....	58
Εικόνα 5.1: Συσσωρευτές, για την αποθήκευση ενέργειας σε κτίρια.....	99
Εικόνα 5.2: Ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος, για κτιριακή χρήση	100
Εικόνα 6.1: Νοτιοδυτική όψη του Γενικού Νοσοκομείου Παίδων Αθηνών «Παναγιώτη & Αγλαΐας Κυριακού»	109
Εικόνα 6.2: Έλεγχος του κεντρικού κλιματισμού της Μονάδας Εντατικής Νοσηλείας Νεογεννήτων (Μ.Ε.Ν.Ν.), μέσω Β.Μ.Σ.	111
Εικόνα 7.1: Μηνιαίος λογαριασμός ηλεκτρικού ρεύματος Μέσης Τάσης του Γενικού Νοσοκομείου Παίδων Αθηνών «Παναγιώτη & Αγλαΐας Κυριακού»	134

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 3.1: Κατανάλωση ενέργειας στα Νοσοκομεία	45
Πίνακας 6.1: Κτιριακές εγκαταστάσεις Νοσοκομείου.....	110
Πίνακας 7.1: Κατανάλωση και κόστος, φυσικού αερίου και ηλεκτρικού ρεύματος για τα έτη 2019 και 2020	133
Πίνακας 7.2: Ανάλυση συμπερασμάτων μηνιαίων και εποχικών ηλεκτρικών καταναλώσεων	150
Πίνακας 8.1: Βέλτιστες μηνιαίες τιμές ποσοστού ελάττωσης των αιχμών και συνολικού ετήσιου οικονομικού οφέλους, με βάση τα δεδομένα των τριών εξεταζόμενων ετών	170

Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή

Το σύστημα υγείας είναι ένα καλά οργανωμένο σύνολο υπηρεσιών υγείας, που σκοπό έχει την απρόσκοπτη και ισότιμη παροχή υγείας, σε όλους τους πολίτες, ανεξάρτητα από την οικονομική, κοινωνική και επαγγελματική τους κατάσταση. Ο πολίτης μπορεί να επιλέξει ανάμεσα σε κάποια ιδιωτική ή δημόσια δομή υγείας, απολαμβάνοντας τις κοινές αξίες που πρέπει να διέπουν και τα δύο συστήματα, τα οποία είναι η καθολικότητα, η πρόσβαση σε καλής ποιότητας περίθαλψη, ισότητα και αλληλεγγύη. Ανάλογα με τις υπηρεσίες που παρέχονται χωρίζονται σε τρεις βασικές κατηγορίες, την πρωτοβάθμια φροντίδα υγείας, τη δευτεροβάθμια και την τριτοβάθμια νοσοκομειακή περίθαλψη.

Τα κτίρια υγείας παρόλο που αντιπροσωπεύουν μόνο το 0,05% του κτιριακού αποθέματος, παρουσιάζουν μία από τις υψηλότερες ενεργειακές καταναλώσεις στον τριτογενή τομέα, εξαιτίας των ιδιαίτερων συνθηκών λειτουργίας των χώρων τους (συνεχής και αδιάλειπτη λειτουργία). Πέραν της χρήσης, οι υψηλές ενεργειακές καταναλώσεις οφείλονται επίσης στην ηλικία των κτιρίων, αφού το μεγαλύτερο ποσοστό από αυτά είναι κατασκευασμένα πριν το 1980 (διαφορετική πολεοδομική νομοθεσία, καθώς και διαφορετικές τεχνολογίες κατασκευής) ενώ εξαρτώνται και από την τοποθεσία των μονάδων (Κλιματική Ζώνη και αστικότητα). Επίσης οφείλονται στους παρακάτω βασικούς λειτουργικούς παράγοντες, όπως:

- η κάλυψη των θερμικών τους αναγκών, όπως η θέρμανση και τα ζεστά νερά χρήσης
- η παραγωγή ατμού για διάφορες χρήσεις
- η λειτουργία των μαγειρείων για την κάλυψη των διαιτητικών υπηρεσιών
- η κάλυψη υψηλών ηλεκτρικών φορτίων, όπως ο κλιματισμός, η χρήση ανελκυστήρων, ο φωτισμός και τα μηχανήματα βιοϊατρικής τεχνολογίας

Για την λειτουργία των κτιρίων υγείας χρησιμοποιείται ηλεκτρική και θερμική ενέργεια, με το μερίδιο της ηλεκτρικής, να κυμαίνεται από 57% έως 72%, του συνολικού ενεργειακού μείγματος, ενώ το μερίδιο της θερμικής, με τη χρήση συμβατικών καυσίμων, να κυμαίνεται μεταξύ 28% και 43%, αντίστοιχα.

Το κόστος της υγείας μπορεί εύκολα να συνδεθεί με το ενεργειακό. Όσο μεγαλύτερος ο αριθμός των ασθενών σε μία Νοσηλευτική μονάδα, τόσο αυξημένη είναι και η ενεργειακή κατανάλωση. Δεν υπάρχουν όμως συγκριτικοί δείκτες, οι οποίοι να αποτυπώνουν το ενεργειακό κόστος, με αποτέλεσμα να μην μπορεί να εξακριβωθεί με ακρίβεια το πραγματικό κόστος της ενέργειας στα κτίρια υγείας.

Υπάρχουν διάφορες τεχνικές που θα μπορούσαν να βοηθήσουν στην εξοικονόμηση ενέργειας των κτιρίων υγείας, όπως:

- η συνεχής καταγραφή των καταναλώσεων
- οι τακτικές προληπτικές συντηρήσεις των μηχανημάτων
- η δημιουργία ενεργειακής συνείδησης στους εργαζομένους

Εφόσον υλοποιηθούν τα παραπάνω, μπορούν να πραγματοποιηθούν παρεμβάσεις ενεργειακής αναβάθμισης, για περαιτέρω εξοικονόμηση ενέργειας, όπως είναι:

- η απλή αντικατάσταση των συμβατικών λαμπτήρων, με λαμπτήρες LED
- η αντικατάσταση των παλαιών συστημάτων λεβήτων και καυστήρων
- η χρήση ηλιακών συλλεκτών για την προθέρμανση του νερού και για την τροφοδοσία των ζεστών νερών χρήσης
- η χρήση εναλλακτών θερμότητας, για την ανάκτηση θερμότητας
- η θερμομόνωση του κελύφους του κτιρίου
- η εγκατάσταση μονάδων συμπαραγωγής
- η εγκατάσταση κεντρικού συστήματος διαχείρισης ενέργειας (BEMS)

Στην Ελλάδα, η εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια υγείας βρίσκεται ακόμα σε αρχικό στάδιο. Αφορά κυρίως παρεμβάσεις αντικατάστασης λαμπτήρων, εγκατάσταση αποδοτικότερου ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού (καυστήρες αερίου, ψυκτικές μονάδες απορρόφησης, κυκλοφορητές, κλπ.) και θερμομόνωση κτιρίων. Οι παραπάνω παρεμβάσεις μειώνουν την κατανάλωση ενέργειας, ωστόσο τα ποσοστά δεν είναι υψηλά, γιατί αφορούν επιμέρους κομμάτια του κτιρίου και όχι μία συνολική κτιριακή παρέμβαση. Σε παγκόσμιο όμως επίπεδο μπορούμε να συναντήσουμε αρκετές, όπως:

- η συμπαραγωγή ηλεκτρισμού - θερμότητας υψηλής απόδοσης (Σ.Η.Θ.Υ.Α.)
- η χρήση κυψελών καυσίμου
- η χρήση Α.Π.Ε.
- η εγκατάσταση συστημάτων καύσης με βιοαέριο

Για τον λόγο αυτό, το Υπουργείο Οικονομίας και Ανάπτυξης έκανε Πρόσκληση στα Νοσοκομεία της χώρας, για την ενεργειακή αναβάθμισή τους, με παραγωγή ενέργειας από μονάδες Σ.Η.Θ.Υ.Α. ή με χρήση Α.Π.Ε. Δόθηκε έτσι η δυνατότητα στα περισσότερα Νοσοκομεία της χώρας, να ενταχθούν στο παραπάνω Πρόγραμμα, υποβάλλοντας μια και μοναδική πρόταση χρηματοδότησης, με κύριο στόχο, μετά την ολοκλήρωση των παρεμβάσεων, τα Νοσοκομεία, να έχουν αναβαθμιστεί κατά δύο τουλάχιστον ενεργειακές

κατηγορίες, επιτυγχάνοντας εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας σε ποσοστό έως 40%, με σημαντική μείωση του λειτουργικού τους κόστους, καθώς και μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα.

Επιπρόσθετα, ένας τρόπος καλύτερης ενεργειακής διαχείρισης σε μεγάλες εγκαταστάσεις είναι και η αποθήκευση ενέργειας «κατάντη του μετρητή» (ΚτΜ). Αναφερόμαστε έτσι στην εγκατάσταση αποθηκευτικών μονάδων, κυρίως συσσωρευτών, που χρησιμοποιούνται είτε ως εφεδρείες, είτε ως μέσο διαχείρισης της ενέργειας με φόρτισή τους από το δίκτυο ή/και κάποια τοπική μονάδα παραγωγής. Με τον τρόπο αυτό, υπάρχει όχι μόνο η δυνατότητα εξομάλυνσης της καμπύλης του φορτίου αλλά και η δυνατότητα μείωσης του κόστους της ενέργειας με ταυτόχρονη παρουσία ενός ικανού δυναμικού εφεδρείας. Τέτοιες εφαρμογές και ταυτόχρονα καλές πρακτικές, θα μπορούσαν να είναι:

- Η εγκατάσταση συσκευών Αδιάλειπτης Παροχής Ενέργειας, γνωστών ως UPS (Uninterruptible Power Supply)
- Η εξάλειψη/ελάττωση των φορτίων αιχμής (peak shaving)
- Η μετατόπιση των φορτίων αιχμής (peak load shifting ή time shifting)

Η χρήση συσσωρευτών αποτελεί την πιο σύγχρονη και ταχύτερα αναπτυσσόμενη τεχνολογία αποθήκευσης ενέργειας. Παρόμοια συστήματα χαρακτηρίζονται από ταχεία απόκριση και σημαντικά μεγάλους βαθμούς απόδοσης, με το κόστος τους να παρουσιάζει εντυπωσιακή μείωση τα τελευταία έτη, εξαιτίας της αυξημένης ζήτησής τους.

Η διαχείριση της ζήτησης των ηλεκτρικών φορτίων αποτελεί τα τελευταία χρόνια ένα σημαντικό εργαλείο, το οποίο δύναται να παράξει οφέλη σε διαφορετικά επίπεδα και για διαφορετικούς δρώντες, σε ένα σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας. Ειδικότερα, δύναται να συμβάλλει τόσο στην αποσυμφόρηση του κεντρικού δικτύου, όσο και σε επίπεδο τελικού καταναλωτή, με αποφυγή για παράδειγμα έκθεσης σε υψηλές τιμές προμήθειας ενέργειας. Με λίγα λόγια η διαχείριση της ζήτησης αποσκοπεί στη συνεργασία του διαχειριστή του δικτύου και των καταναλωτών, με απώτερο σκοπό τον καλύτερο έλεγχο της ηλεκτρικής ζήτησης, προς όφελος και των δύο πλευρών.

Στην συγκεκριμένη Διπλωματική Εργασία, το Γενικό Νοσοκομείο Παίδων Αθηνών «Παναγιώτη και Αγλαΐας Κυριακού», εξετάζεται ως μελέτη περίπτωσης, σε μία προσπάθεια ανάπτυξης κατάλληλων στρατηγικών ενεργειακής διαχείρισης με ταυτόχρονη μείωση του

λειτουργικού κόστους του Νοσοκομείου και με παροχή επίσης, υπηρεσίας απόκρισης ζήτησης στο κεντρικό δίκτυο.

Για τον σκοπό αυτό, γίνεται εκτενής ανάλυση της χρήσης των ενεργειακών φορτίων του Νοσοκομείου και κυρίως των ηλεκτρικών, με σκοπό την πλήρη ανάλυση των σχετικών καταναλώσεων, όπως αυτές προκύπτουν από τα μηνιαία τιμολόγια και από τα δεδομένα τηλεμετρίας του κεντρικού ηλεκτρικού υποσταθμού του Νοσοκομείου. Στην κατεύθυνση αυτή επιχειρείται η αποδόμηση του προφίλ ζήτησης σε επίπεδο ηλεκτρικών καταναλώσεων αλλά και του κόστους ηλεκτρικής ενέργειας του Νοσοκομείου στις βασικές του συνιστώσες, έχοντας ως στόχο την υλοποίηση στοχευμένων στρατηγικών για την οικονομικότερη και ασφαλέστερη λειτουργία της μονάδας συνολικά. Η συγκεκριμένη άσκηση ευθυγραμμίζεται επίσης με επικείμενη ενεργειακή αναβάθμιση, καθώς και συνδράμει σε επίπεδο κεντρικού σχεδιασμού και διαχείρισης ρίσκου του Νοσοκομείου, αναφορικά με την αντιμετώπιση εκδήλωσης κρίσεων στον τομέα της ενέργειας.

Κεφάλαιο 2. Δομές συστημάτων υγείας

2.1 Ορισμός συστήματος υγείας

Σύστημα [1] καλείται ένα αρμονικά οργανωμένο σύνολο που αποτελείται από επί μέρους στοιχεία (μονάδες) που βρίσκονται σε συνεχή συνεργασία και αλληλεξάρτηση κατά την επίδιωξη υλοποίησης ενός σκοπού.

Αντίστοιχα λοιπόν, το σύστημα υγείας [2] είναι ένα καλά οργανωμένο σύνολο υπηρεσιών υγείας, που σκοπό έχει την απρόσκοπτη και ισότιμη παροχή υγείας, σε όλους τους πολίτες, ανεξάρτητα από την οικονομική, κοινωνική και επαγγελματική τους κατάσταση.

Υπάρχουν διάφορες δομές συστημάτων υγείας, αντικατοπτρίζοντας τις διαφορετικές κοινωνικές επιλογές. Παρά τις διαφορές στην οργάνωση και τη χρηματοδότηση, θεμελιώνονται σε κοινές αξίες, όπως η καθολικότητα, η πρόσβαση σε καλής ποιότητας περίθαλψη, ισότητα και αλληλεγγύη. Επίσης, είναι αναγκαίο οι δομές των συστημάτων υγείας να μπορούν να είναι δημοσιονομικά βιώσιμες, έτσι ώστε να διαφυλάσσονται μελλοντικά, οι παραπάνω αξίες [3].

2.2 Ιδιωτικό και δημόσιο σύστημα υγείας

Με βάση τον τρόπο οργάνωσης, χρηματοδότησης, παραγωγής και διανομής των υπηρεσιών υγείας διακρίνουμε δύο βασικές μορφές συστημάτων υγείας, το ιδιωτικό και το δημόσιο [4]. Το ιδιωτικό σύστημα λειτουργεί σε αντιστοιχία με τις δυνάμεις της αγοράς και με τη μικρότερη, έως μηδενική κρατική παρέμβαση. Το δημόσιο σύστημα χρηματοδοτείται αποκλειστικά από τον κρατικό προϋπολογισμό και σκοπό έχει την ισότιμη και δωρεάν κάλυψη όλων των αναγκών υγείας των πολιτών.

Σε ένα ιδιωτικό σύστημα υγείας, μπορούμε να εντοπίσουμε τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

- Ελαχιστοποίηση των γραφειοκρατικών διαδικασιών
- Ανάπτυξη καλύτερων σχέσεων μεταξύ ιατρών και ασθενών
- Αυξημένη ευελιξία και ταχύτερη προσαρμογή των υπηρεσιών υγείας, στις αξιώσεις των καταναλωτών

Αντίθετα τα μειονεκτήματα είναι:

- Αποκλεισμός των ασθενών με την μικρότερη οικονομική ευχέρεια, από την αγορά των υπηρεσιών υγείας
- Κοινωνικά άνιση κατανομή των πόρων υγείας, αφού η αγορά λειτουργεί υπό τους νόμους της προσφοράς και της ζήτησης
- Οι ιατροί και το προσωπικό επιδιώκουν τη μεγιστοποίηση των κερδών τους και όχι τόσο την εξυπηρέτηση των ατόμων

Σε ένα δημόσιο σύστημα υγείας, μπορούμε εύκολα να βρούμε τα παρακάτω πλεονεκτήματα:

- Δεν υπάρχει αποκλεισμός σε κανένα πολίτη, από τις υπηρεσίες υγείας σε περίπτωση οικονομικής αδυναμίας
- Δεν απαιτείται η διαπραγμάτευση της τιμής, της προσφερόμενης υπηρεσίας, από τον ασθενή, ο οποίος δεν γνωρίζει τις ικανότητες του ιατρού, εκτός αν πρόκειται για προγραμματισμένη επίσκεψη

Αναφορικά με τα μειονεκτήματα στο δημόσιο σύστημα υγείας, μπορούμε να αναφέρουμε την αυξημένη γραφειοκρατία, κυρίως όταν δεν υπάρχει σωστή οργάνωση του συστήματος υγείας και όταν οι διοικητικοί μηχανισμοί κατοχυρώνουν τη μονιμότητα των εργαζομένων, χωρίς να έχουν τη δυνατότητα ουσιαστικής διοικητικής παρέμβασης.

2.3 Συστήματα υγείας κεντρικού (συγκεντρωτικού) και διεσπαρμένου χαρακτήρα

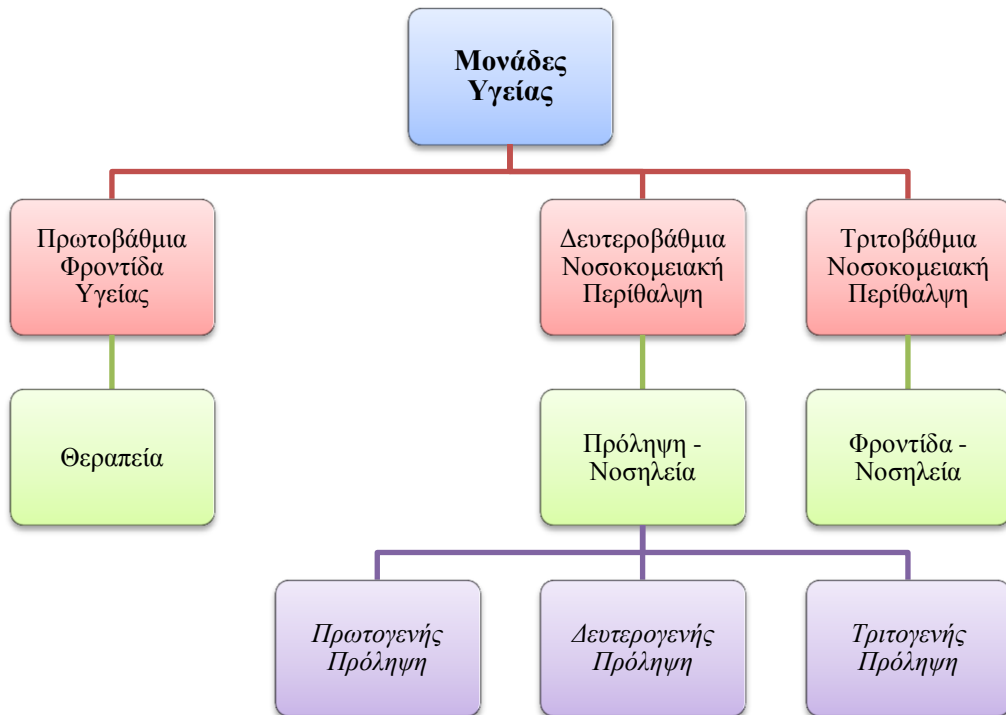
Κάθε άνθρωπος έχει δικαίωμα έγκαιρης πρόσβασης [3] και σε οικονομικά προσιτή υγειονομική περίθαλψη. Έγκαιρη πρόσβαση σημαίνει ότι πρέπει να υπάρχει η δυνατότητα πρόσβασης στην υγειονομική περίθαλψη, όποτε τη χρειαστεί. Για να επιτευχθεί αυτό απαιτείται μια ισορροπημένη γεωγραφική κατανομή των υγειονομικών εγκαταστάσεων και των επαγγελματιών του τομέα υγείας, καθώς και πολιτικές για την ελαχιστοποίηση της μακροχρόνιας αναμονής. Οικονομικά προσιτή υγειονομική περίθαλψη σημαίνει ότι οι άνθρωποι δεν θα πρέπει να αποκλείονται από τη χρήση της περίθαλψης, που έχουν ανάγκη, εξαιτίας του υψηλού κόστους μετακίνησης (εκτός έδρας), περίθαλψης, νοσηλείας ή ακόμα και διαμονής.

Για το σκοπό αυτό πρέπει ένα σύστημα υγείας να είναι διεσπαρμένου χαρακτήρα, δηλαδή να υπάρχουν διάσπαρτες υγειονομικές δομές, σε όλη την επικράτεια, ικανοποιώντας όσο το δυνατόν πιο ικανοποιητικά μεγάλο αριθμό πολιτών. Τα αντίθετα αποτελέσματα έχουν τα κεντρικά (συγκεντρωτικά) συστήματα υγείας, χρονοβόρα πρόσβαση, ανασφάλεια και οικονομικά ασύμφορες μετακινήσεις.

2.4 Οι μονάδες υγείας

Οι μονάδες υγείας καλύπτουν όλες τις υπηρεσίες υγείας που παρέχονται σε ασθενείς ή κοινωνίες, από επαγγελματίες της υγείας, με σκοπό την παρακολούθηση, προαγωγή, διατήρηση ή αποκατάσταση της υγείας [5], συμπεριλαμβανομένης της συνταγογράφησης, της χορήγησης και της προμήθειας φαρμάκων, καθώς και του ιατροτεχνολογικού εξοπλισμού. Αυτές χωρίζονται σε τρεις βασικές κατηγορίες:

- στην πρωτοβάθμια φροντίδα υγείας
- στη δευτεροβάθμια νοσοκομειακή περίθαλψη
- στην τριτοβάθμια νοσοκομειακή περίθαλψη



Σχήμα 2.1: Σχηματική διάρθρωση μονάδων υγείας [1]

2.4.1 Πρωτοβάθμια φροντίδα υγείας

Ως πρωτοβάθμια φροντίδα υγείας [6] νοείται το σύνολο των ολοκληρωμένων υπηρεσιών που έχουν ως σκοπό την παρακολούθηση, διατήρηση και βελτίωση της υγείας του ανθρώπου. Οι υπηρεσίες περιλαμβάνουν την προαγωγή της υγείας, την πρόληψη της νόσου, τη διάγνωση,

την θεραπεία, την ολοκληρωμένη φροντίδα και τη συνέχεια αυτής. Το Κράτος έχει την ευθύνη για την παροχή ποιοτικών υπηρεσιών πρωτοβάθμια φροντίδα υγείας στο σύνολο του πληθυσμού, με σεβασμό στα δικαιώματα και τις ανάγκες του. Οι υπηρεσίες της αποτελούνται από:

- τις υπηρεσίες υγείας για την παροχή των οποίων δεν απαιτείται εισαγωγή του ατόμου σε νοσηλευτικό ίδρυμα
- την εκτίμηση των αναγκών υγείας των πολιτών, το σχεδιασμό και την υλοποίηση μέτρων και προγραμμάτων για την πρόληψη νοσημάτων, την καθολική εφαρμογή εθνικού προγράμματος προσυμπτωματικού ελέγχου για επιλεγμένα νοσήματα και την προαγωγή υγείας
- την τακτική παρακολούθηση και τη διαχείριση ασθενών με χρόνια νοσήματα
- τον οικογενειακό προγραμματισμό και τις υπηρεσίες μητέρας – παιδιού
- την παραπομπή, παρακολούθηση και κατά περίπτωση συνδιαχείριση περιστατικών στη δευτεροβάθμια και τριτοβάθμια φροντίδα υγείας
- την παροχή επείγουσας προνοσοκομειακής φροντίδας
- την υλοποίηση προγραμμάτων εμβολιασμού
- τις υπηρεσίες αποκατάστασης
- την παροχή ανακουφιστικής και παρηγορητικής φροντίδας
- την παροχή υπηρεσιών πρωτοβάθμιας ψυχικής υγείας και τη διασύνδεση με τις υπηρεσίες ψυχικής υγείας
- την πρωτοβάθμια οδοντιατρική και ορθοδοντική φροντίδα, με έμφαση στην πρόληψη
- τη διασύνδεση με υπηρεσίες κοινωνικής φροντίδας.

Οι υπηρεσίες πρωτοβάθμιας φροντίδας υγείας διαρθρώνονται, αναπτύσσονται, οργανώνονται και λειτουργούν με βάση τις αρχές της δωρεάν καθολικής υγειονομικής κάλυψης του πληθυσμού, της ισότιμης πρόσβασης στις υπηρεσίες υγείας, της προσέγγισης αποκλεισμένων και ευπαθών κοινωνικών ομάδων, της διασφάλισης, της ποιότητας και ασφάλειας των παρεχομένων υπηρεσιών, της συνέχειας της φροντίδας υγείας, καθώς και της αγωγής υγείας της κοινότητας και της ενεργούς συμμετοχής της, στην ικανοποίηση των υγειονομικών της αναγκών.

Για τον σκοπό αυτό υπάρχουν στην Ελλάδα, πλην των Νοσοκομείων, υγειονομικές δομές, που με την βοήθεια των εξωτερικών τους ιατρείων, παρέχουν άμεση διαγνωστική και θεραπευτική φροντίδα, καθώς και επείγουσες ιατρικές παρεμβάσεις. Αυτά είναι όλα τα

ιδιωτικά ιατρεία και διαγνωστικά κέντρα, τα Περιφερειακά Ιατρεία και τα Πολυδύναμα Περιφερειακά Ιατρεία, τα Κέντρα Υγείας (Κ.Υ.) και οι Τοπικές Μονάδες Υγείας (Το.Μ.Υ.).

2.4.2 Δευτεροβάθμια νοσοκομειακή περίθαλψη

Όταν από την πρωτοβάθμια φροντίδα υγείας, γίνεται παραπομπή σε κάποιον ειδικό, που έχει εξειδίκευση σε αυτό που απασχολεί τον ασθενή, τότε μιλάμε για δευτεροβάθμια περίθαλψη και ως επί το πλείστον πραγματοποιείται στα Νοσοκομεία. Στο πλαίσιο της δευτεροβάθμιας νοσοκομειακής περίθαλψης, διεξάγεται εργαστηριακός έλεγχος και παρέχεται ολοκληρωμένη νοσηλεία για την αντιμετώπιση του προβλήματος, μίας ή και περισσότερων ημερών. Επίσης, διεξάγονται γενικές επεμβάσεις, όπως για παράδειγμα γενικές εγχειρήσεις, γαστροσκοπήσεις, μεταγγίσεις αίματος, κλπ. Η πρόληψη [7] είναι το κύριο μέλημα της δευτεροβάθμιας νοσοκομειακής περίθαλψης, η οποία διακρίνεται:

- Στην πρωτογενή πρόληψη, η οποία περιλαμβάνει όλες εκείνες τις ενέργειες, που αποσκοπούν στην αποφυγή ή τη μείωση της έκθεσης σε παράγοντες που συνδέονται με νοσήματα, όπως το κάπνισμα, οι διατροφικές συνήθειες, η έλλειψη φυσικής άσκησης, το stress, που μπορούν με διαφοροποίηση καθημερινών συνηθειών, να μειώσουν την νοσηρότητα.
- Στην δευτερογενή πρόληψη, η οποία αποσκοπεί στην έγκαιρη διάγνωση, μιας ήδη αναπτυσσόμενης, αλλά όχι κλινικά ορατής, ασθένειας ή προβλήματος υγείας, στοχεύοντας στην καλύτερη θεραπεία για νοσήματα που δεν έχουν εκδηλωθεί κλινικά.
- Στην τριτογενή πρόληψη, η οποία αποσκοπεί στην πρόληψη των επιπλοκών ή τον περιορισμό των επιπτώσεων των υπολειμματικών συμπτωμάτων, στην περίπτωση της κλινικά εμφανούς ασθένειας και την αποκατάσταση, σε όσους έχουν ήδη νοσήσει.

2.4.3 Τριτοβάθμια νοσοκομειακή περίθαλψη

Στο πλαίσιο της τριτοβάθμιας νοσοκομειακής περίθαλψης, ο ασθενής που νοσηλεύεται χρειάζεται υψηλότερο επίπεδο ειδικής φροντίδας, η οποία βασίζεται σε εξειδικευμένες

γνώσεις, εξοπλισμό και τεχνογνωσία και απαιτεί τη συνεργασία ιατρών διαφορετικών ειδικοτήτων.

Ένα μικρό, τοπικό Νοσοκομείο μπορεί να μην είναι σε θέση να παρέχει αυτές τις υπηρεσίες και επομένως μπορεί να χρειαστεί κάποιος να μεταφερθεί σε κάποιο κεντρικό Νοσοκομείο, το οποίο μπορεί να παρέχει τέτοιου τύπου εξειδικευμένες υπηρεσίες.

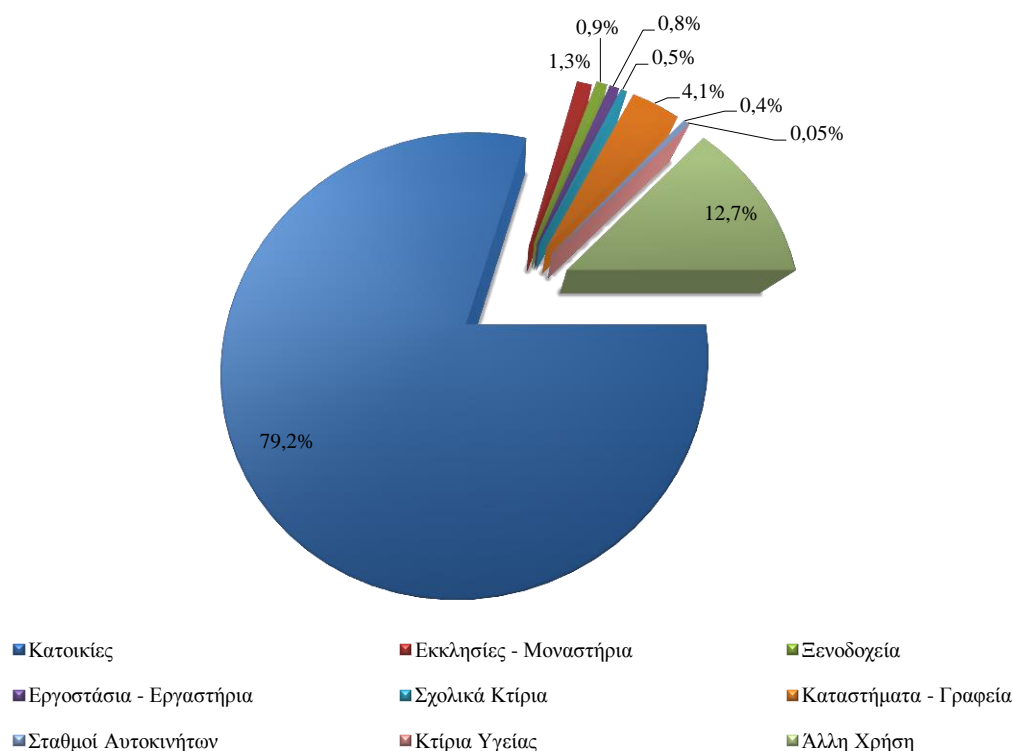
Στην περίπτωση αυτή, το ιατρικό έργο υποστηρίζεται από σύγχρονο και εξειδικευμένο εξοπλισμό με υψηλό κόστος λειτουργίας και συντήρησης. Η τριτοβάθμια νοσοκομειακή περίθαλψη αφορά σε περιορισμένο αριθμό ανθρώπων, ωστόσο απευθύνεται σε μεγάλες ομάδες πληθυσμού, ως κέντρο αναφοράς για εξειδικευμένα νοσήματα, όπως για παράδειγμα η πρόσφατη εξάπλωση του ιού SARS – CoV-2, που οδηγεί στη λοίμωξη Covid-19.

Κεφάλαιο 3. Κατανάλωση ενέργειας στον κλάδο υγείας

3.1 Χαρακτηριστικά κτιριακού αποθέματος

Το ελληνικό κτιριακό απόθεμα συντίθεται κυρίως από κτίρια κατοικιών, καθώς και κτίρια άλλων χρήσεων του τριτογενούς τομέα, τα οποία απογράφονται κάθε δέκα χρόνια στο σύνολο της επικράτειας. Μέσα σε αυτά τα κτίρια του τριτογενή τομέα εντάσσονται και αυτά του κλάδου υγείας.

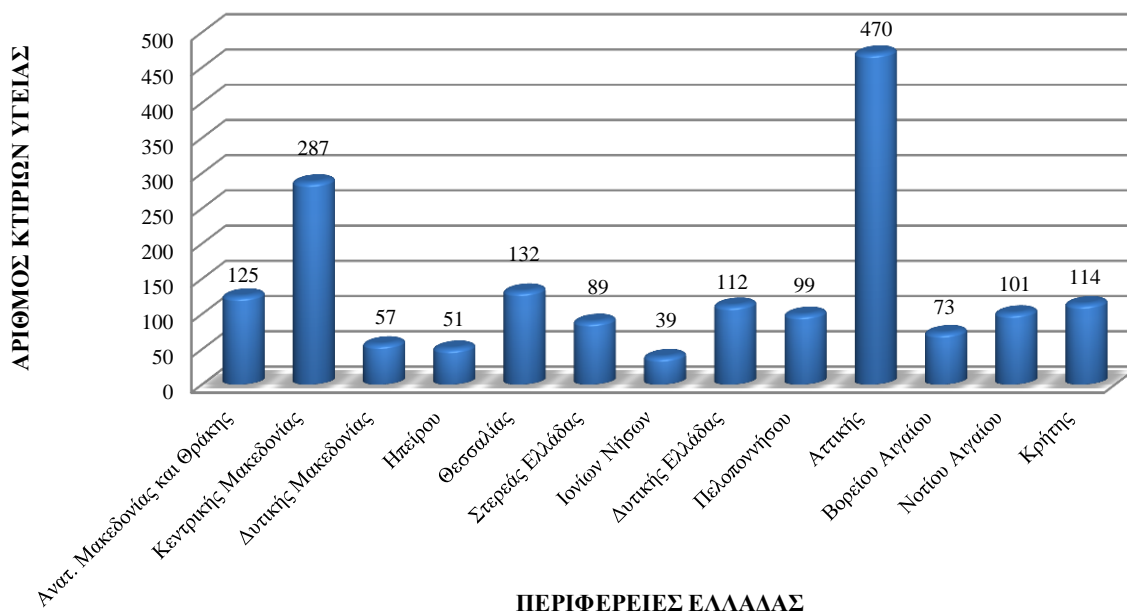
Σύμφωνα με την «Απογραφή Κτιρίων 2011» της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής [8], ο αριθμός των κτιρίων της χώρας είναι 4.105.637. Από το σύνολο των κτιρίων τα 3.775.848 (ποσοστό 92,0%) είναι αποκλειστικής χρήσης ενώ τα 329.789 (ποσοστό 8,0%) μικτής χρήσης. Η πιο πρόσφατη απογραφή κτιρίων ξεκίνησε την 1η Ιουλίου του 2021, αλλά τα αποτελέσματα δεν έχουν δημοσιευτεί ακόμα. Στον *Διάγραμμα 3.1* που ακολουθεί απεικονίζονται τα κτίρια αποκλειστικής χρήσης σύμφωνα με το είδος χρήσης τους, στο σύνολο της Ελληνικής Επικράτειας. Σύμφωνα με τα στοιχεία, προκύπτει ότι τα κτίρια υγείας αντιπροσωπεύουν μόνο το 0,05% του κτιριακού αποθέματος, δηλαδή 1.749 κτίρια σε σύνολο 3.775.848 κτιρίων αποκλειστικής χρήσης στον τριτογενή τομέα.



Διάγραμμα 3.1: Κτίρια αποκλειστικής χρήσης σύμφωνα με το είδος χρήσης τους [9]

Ο μεγαλύτερος αριθμός κτιρίων υγείας, σε ποσοστό 26,9% βρίσκεται στην Αττική και ακολουθεί η Κεντρική Μακεδονία με 16,4%. Αντίθετα ο μικρότερος αριθμός κτιρίων υγείας

βρίσκεται στα Ιόνια Νησιά, σε ποσοστό 2,2% και στην Ήπειρο με ποσοστό 2,9%, όπως φαίνεται στο *Διάγραμμα 3.2*.



Διάγραμμα 3.2: Αριθμός κτιρίων υγείας αποκλειστικής χρήσης, ανά Περιφέρεια

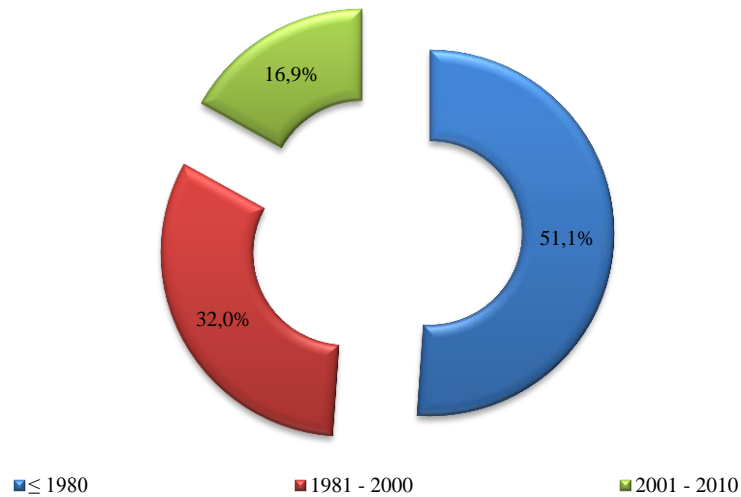
Επιπλέον, οι ηλικίες των κτιρίων υγείας μπορούν να κατανεμηθούν σε τρεις βασικές περιόδους (*Διάγραμμα 3.3*), οι οποίες διαφοροποιούνται με βάση το υφιστάμενο νομικό πλαίσιο, το οποίο αρχικά υιοθετήθηκε το 1980 με τον Κανονισμό Θερμομόνωσης Κτιρίων (Κ.Θ.Κ.) και στη συνέχεια εξελίχθηκε το 2010 με τον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης των Κτιρίων (Κ.Ε.Ν.Α.Κ.) και ανάλογα με την ποιοτική κατάσταση, δηλαδή τα τεχνικά χαρακτηριστικά του κελύφους και των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων των κτιρίων.

Κατά βάση, η βέλτιστη ενεργειακή απόδοση κτιρίων [10] επιτυγχάνεται με το σχεδιασμό κτιρίων χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης (βιοκλιματικός σχεδιασμός, ορθολογικός ενεργειακός σχεδιασμός), την εφαρμογή ώριμων και ενεργειακά αποδοτικών τεχνολογιών για την κάλυψη των επικουρικών ενεργειακών αναγκών (θέρμανσης, ψύξης, φωτισμού, ΖΝΧ), την εγκατάσταση συστημάτων παρακολούθησης και ελέγχου λειτουργίας των εγκαταστάσεων ενός κτιρίου.

Κατά συνέπεια, οι ηλικιακές κλάσεις που επηρεάζουν την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων υγείας, είναι οι παρακάτω:

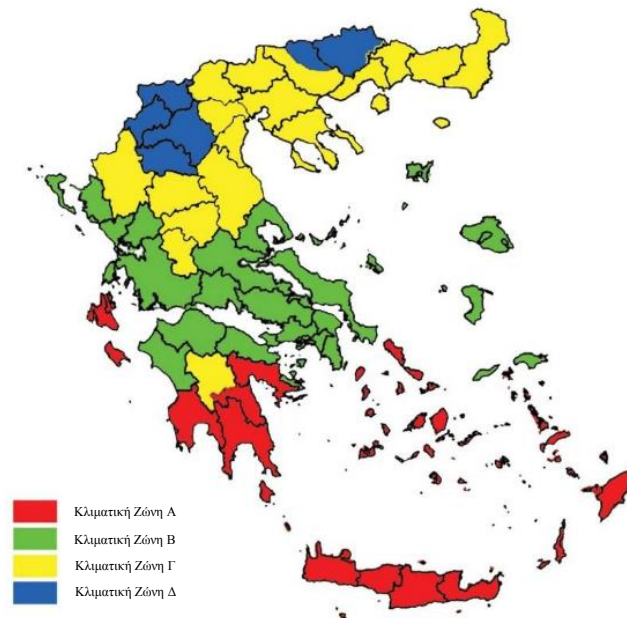
- Πριν το 1980, όπου τα κτίρια είναι θερμικά απροστάτευτα
- Από το 1981 έως το 2000, όπου σταδιακά εφαρμόζονται συστήματα θερμομόνωσης και άλλα μέτρα βελτίωσης της ενεργειακής τους απόδοσης

- Από το 2001 έως το 2010, όπου αναπτύσσονται και εφαρμόζονται νέες τεχνολογίες και προϊόντα



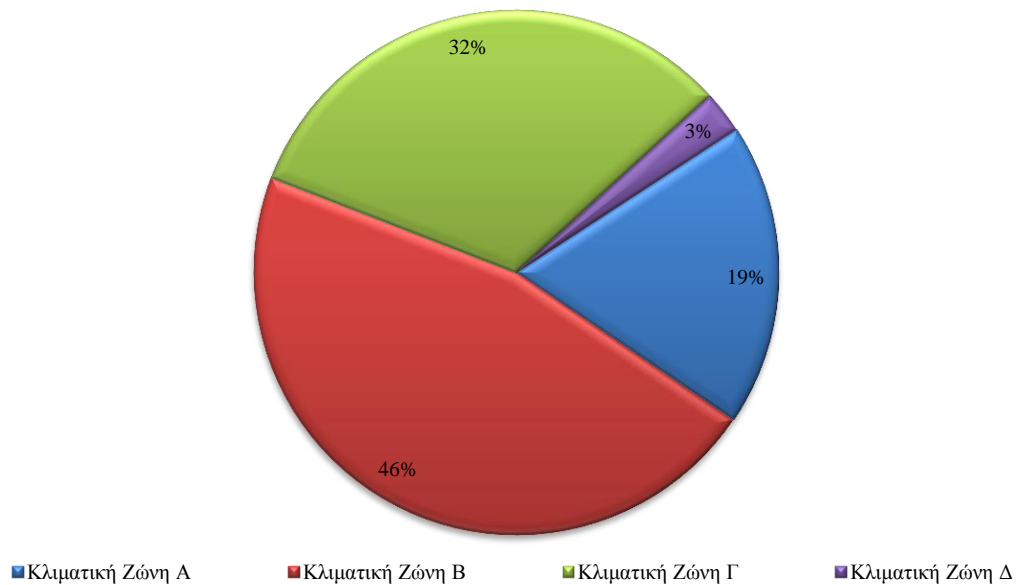
Διάγραμμα 3.3: Κατανομή κτιρίων υγείας με βάση την περίοδο κατασκευής τους

Για τους υπολογισμούς της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, που αναφέρθηκε παραπάνω η Ελλάδα χωρίστηκε σε τέσσερις Κλιματικές Ζώνες (Α, Β, Γ και Δ), με την Α να είναι η θερμότερη Ζώνη και η Δ η ψυχρότερη, με βάση τις βαθμομημέρες θέρμανσης. Στην *Εικόνα 3.1*, απεικονίζονται οι τέσσερις Κλιματικές Ζώνες, όπως υιοθετήθηκαν μέσω του Κ.ΕΝ.Α.Κ.



Εικόνα 3.1: Οι Κλιματικές Ζώνες της Ελλάδας, με βάση τον Κ.ΕΝ.Α.Κ. [11]

Σύμφωνα λοιπόν με το *Διάγραμμα 3.2*, η Αττική, που έχει και το μεγαλύτερο αριθμό κτιρίων υγείας στον ελλαδικό χώρο, ανήκει στην Κλιματική Ζώνη Β. Η κατανομή των κτιρίων υγείας ανά Κλιματική Ζώνη, απεικονίζεται στο *Διάγραμμα 3.4*.



Διάγραμμα 3.4: Ποσοστιαία κατανομή του πλήθους των κτιρίων υγείας, ανά Κλιματική Ζώνη [11]

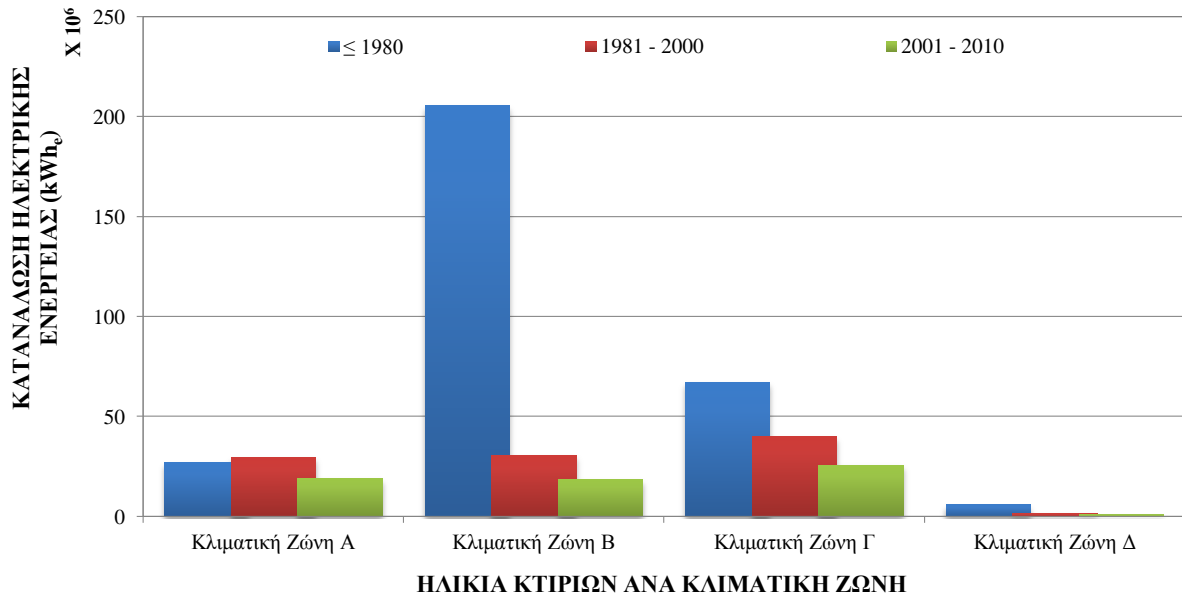
Σύμφωνα με την «Έκθεση μακροπρόθεσμης στρατηγικής για την κινητοποίηση επενδύσεων για την ανακαίνιση του αποτελούμενου από κατοικίες και εμπορικά κτίρια, δημόσια και ιδιωτικά, εθνικού κτιριακού αποθέματος (Άρθρο 4, Οδηγία 27/2012/ΕΕ)» του Υπουργείου Περιβάλλοντος & Ενέργειας, η ενεργειακή κατανάλωση του κτιριακού τομέα της χώρας αυξήθηκε σημαντικά το 2012, σε σχέση με το 1990. Πιο συγκεκριμένα, το 1990 παρουσίαζε κατανάλωση 0,652Μtoe, ενώ το 2012 έφτασε τα 2,233Μtoe [12]. Τα κτίρια υγείας και κυρίως τα Νοσοκομεία, παρόλο το μικρό τους αριθμό, παρουσιάζουν μία από τις υψηλότερες καταναλώσεις ενέργειας στον τριτογενή τομέα [13].

Αξιοποιώντας τα στατιστικά στοιχεία των Πιστοποιητικών Ενεργειακής Απόδοσης (Π.Ε.Α.), που έχουν εκδοθεί μέχρι σήμερα μπορούμε να παρατηρήσουμε τις διαφορετικές καταναλώσεις που προκύπτουν στα κτίρια υγείας, σε κάθε Κλιματική Ζώνη. Διαπιστώνεται λοιπόν, ότι στα κτίρια υγείας η κατανάλωση ενέργειας είναι μεγαλύτερη στις πιο θερμές Κλιματικές Ζώνες, λόγω κυρίως των αναγκών σε κλιματισμό.

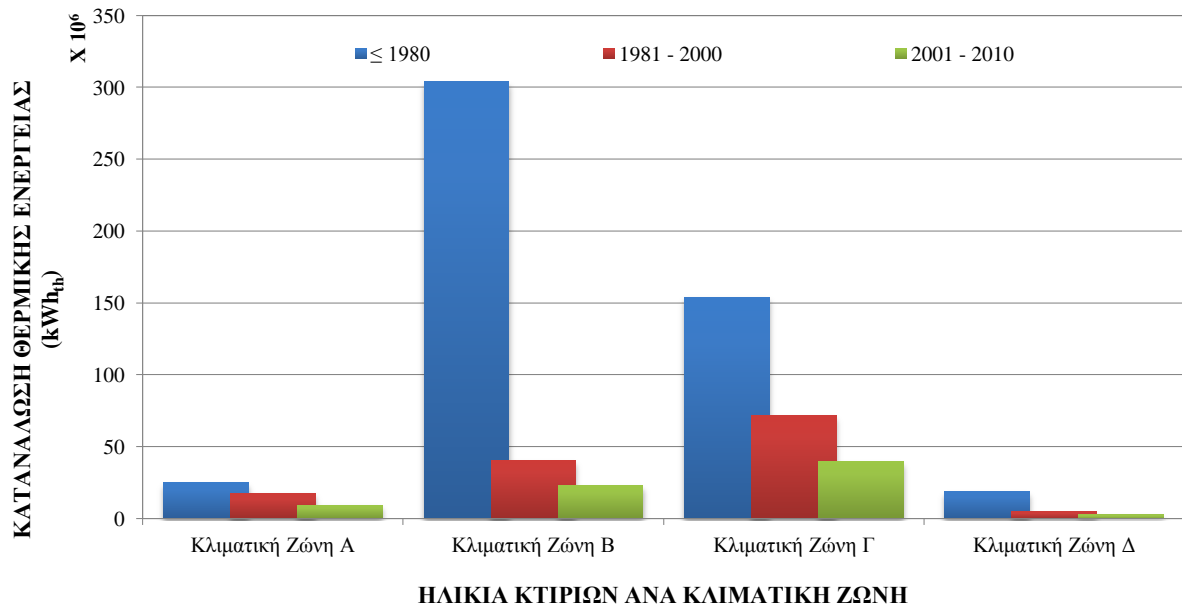
Οι παράμετροι που δυνητικά επηρεάζουν την ενεργειακή συμπεριφορά των κτιρίων υγείας είναι:

- Ο τύπος των κτιρίων (κέντρα υγείας, τοπικά ιατρεία, νοσοκομεία, κλπ.)
- Η ηλικία των κτιρίων, εξαιτίας της διαφορετικής πολεοδομικής νομοθεσίας, καθώς και των διαφορετικών τεχνολογιών κατασκευής των κτιρίων
- Η τοποθεσία του κτηρίου (Κλιματική Ζώνη και αστικότητα)

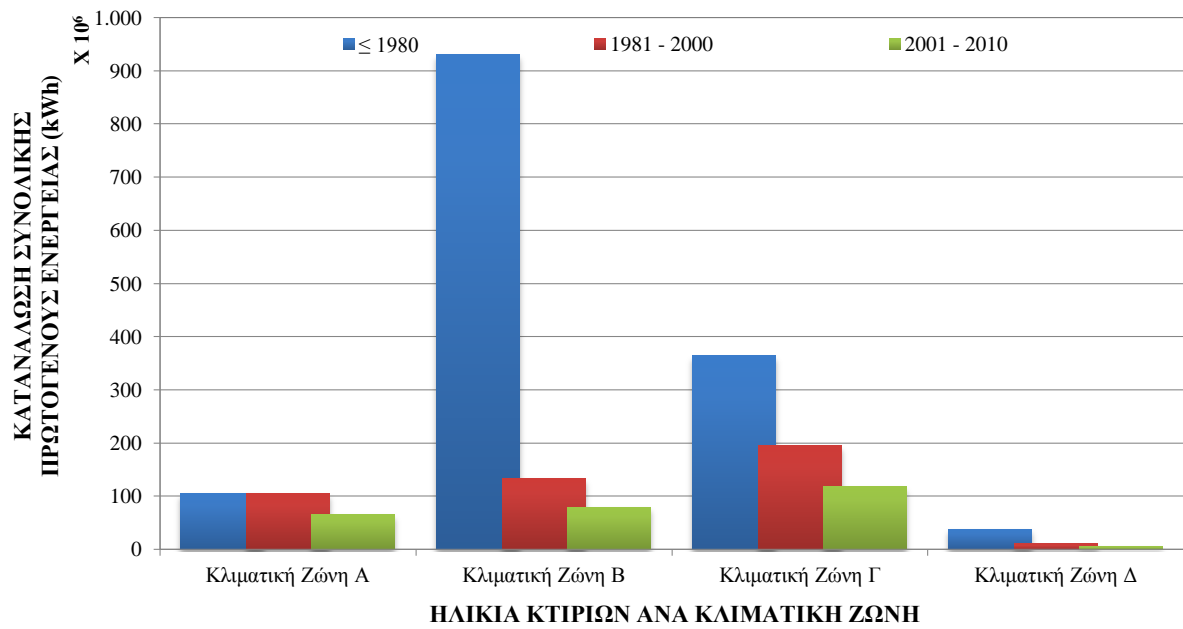
Στα Διαγράμματα 3.5, 3.6 και 3.7, αποτυπώνεται η κατανάλωση συνολικής ενέργειας για τα κτίρια υγείας, στις τρεις ηλικιακές κατηγορίες [11], όπως αποτυπώθηκε στο Διάγραμμα 3.3 (πριν το 1980, μεταξύ 1981-2000 και μεταξύ 2001-2010) και για τις τέσσερις Κλιματικές Ζώνες.



Διάγραμμα 3.5: Κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας κτιρίων υγείας, ανά ηλικιακή κατηγορία και Κλιματική Ζώνη



Διάγραμμα 3.6: Κατανάλωση θερμικής ενέργειας κτιρίων υγείας, ανά ηλικιακή κατηγορία και Κλιματική Ζώνη



Διάγραμμα 3.7: Κατανάλωση συνολικής πρωτογενούς ενέργειας κτιρίων υγείας, ανά ηλικιακή κατηγορία και Κλιματική Ζώνη

3.2 Βασικές ενεργειακές χρήσεις και φορτία

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, παρόλο το μικρό ποσοστό σε αριθμό, τα κτίρια υγείας και κυρίως τα Νοσοκομεία, παρουσιάζουν μία από τις υψηλότερες καταναλώσεις ενέργειας, ηλεκτρικής και θερμικής, στον τριτογενή τομέα. Αυτό οφείλεται κυρίως στους παρακάτω παράγοντες [13]:

- την κάλυψη των θερμικών αναγκών των κτιρίων, όπως η θέρμανση και τα ζεστά νερά χρήσης
- την παραγωγή ατμού για διάφορες χρήσεις, όπως η λειτουργία των Τμημάτων Ίματισμού (πλυντήρια, στεγνωτήρια, διπλωτικές μηχανές, κλπ.) και εναλλακτών ατμού – νερού
- τη λειτουργία μαγειρείων για την κάλυψη των διαιτητικών υπηρεσιών
- την κάλυψη των ηλεκτρικών φορτίων, όπως ο κλιματισμός, οι χρήσεις ανελκυστήρων, ο φωτισμός και τα μηχανήματα βιοϊατρικής τεχνολογίας

Επιπλέον, ειδικά στις νοσηλευτικές μονάδες, των οποίων η λειτουργία είναι συνεχής (24/24), σημαντικό ρόλο στα υψηλά επίπεδα καταναλώσεων παίζουν τα ειδικά επίπεδα άνεσης των ασθενών, καθώς και οι ιδιαίτερες συνθήκες λειτουργίας διαφόρων χώρων.

Δημοσιευμένη έρευνα [14], που παρουσιάζεται στον Πίνακα 3.1, δείχνει ότι η ετήσια ειδική κατανάλωση ενέργειας στα Νοσοκομεία παγκοσμίως, κυμαίνεται μεταξύ 254,9kWh/m² και 738,5kWh/m².

Έτος	Κράτος	Ετήσια Κατανάλωση Ενέργειας (kWh/m ²)
2018	Γερμανία	270,0
2004	Ταϊβάν	259,5
2018	Ισπανία	270,0
2015	Ιταλία	254,9
2019	Η.Π.Α.	738,5
2012	Κίνα	348,0
1994	Ελλάδα	407,0
2018	Ελλάδα	280,4

Πίνακας 3.1: Κατανάλωση ενέργειας στα Νοσοκομεία

Σύμφωνα με πολλούς ερευνητές, η κύρια ενεργειακή πηγή που χρησιμοποιείται στα νοσοκομεία είναι η ηλεκτρική, με μερίδιο που κυμαίνεται από 57% έως 72% του συνολικού

ενεργειακού μείγματος, ενώ το μερίδιο των συμβατικών καυσίμων κυμαίνεται μεταξύ 28% και 43%, αντίστοιχα.

Γενικά παρατηρείται πολύ μεγάλη διαφοροποίηση στις καταναλώσεις των νοσηλευτικών μονάδων, από τους αντίστοιχους μέσους όρους. Οι κυριότερες αιτίες για αυτές τις διαφοροποιήσεις οφείλονται:

- στη χρήση των κτιρίων, δηλαδή αν πρόκειται για Γενικό Νοσοκομείο, για Κέντρο Υγείας, για Ψυχιατρικό Νοσοκομείο, κλπ.
- στη χρονολογία ιδρύσεως του κτιρίου, η οποία διαφοροποιεί σημαντικά την κατάσταση του κτιριακού κελύφους και το επίπεδο θερμομόνωσης
- στη Κλιματική Ζώνη
- στην παλαιότητα του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού (ανελκυστήρες, κλιματισμός, καυστήρες, κλπ.) και στο επίπεδο συντήρησής του
- στο επίπεδο ενεργειακής διαχείρισης, δηλαδή εκείνες τις τεχνικές και τις τεχνολογίες, οι οποίες βοηθούν στη διαχείριση των ενεργειακών αναγκών των κτιρίων και εν τέλει την εξοικονόμηση ενέργειας που μπορεί να επιτευχθεί

3.3 Κόστος υγείας – συγκριτικοί δείκτες – σύνδεση με ενεργειακό

Το κόστος της υγείας μπορεί εύκολα να συνδεθεί με το ενεργειακό. Όσο μεγαλύτερος ο αριθμός των ασθενών σε μία νοσηλευτική μονάδα, τόσο αυξημένη θα είναι και η ενεργειακή κατανάλωση (ηλεκτρική και θερμική).

Η σοβαρότητα της κατάστασης ενός ασθενή μπορεί επίσης να αυξήσει την ενεργειακή κατανάλωση. Για παράδειγμα, η συνεχής χρήση ακτινοδιαγνωστικών μηχανημάτων (ακτινολογικά, αξονικοί τομογράφοι, κλπ.), ακτινοθεραπευτικών μηχανημάτων (γραμμικοί επιταχυντές, κλπ.), μηχανήματα τεχνητού νεφρού, κλπ., αυξάνει την ηλεκτρική κατανάλωση. Επίσης, οι απαιτήσεις του κλιματισμού, ανάλογα με την κατάσταση του ασθενή, μπορεί να αυξήσει την θερμική κατανάλωση.

Σε κάθε περίπτωση όμως, η ενεργειακή κατανάλωση σε μία νοσηλευτική μονάδα δεν μπορεί εύκολα να συνδεθεί με συγκριτικούς, δείκτες οι οποίοι αποτυπώνουν το ενεργειακό κόστος. Τέτοιοι δείκτες είναι θα μπορούσαν να είναι:

- το ενεργειακό κόστος ανά κλίνη (νοσηλευόμενος ασθενής), €/κλίνη
- το ενεργειακό κόστος ανά επισκέπτη, ανεξάρτητα αν νοσηλευθεί ή όχι, €/επισκέπτη
- το ενεργειακό κόστος ανά τετραγωνικό μέτρο κτιρίου, €/m²
- το ενεργειακό κόστος ανά μήνα ή ανά εποχή (κλιματολογικές συνθήκες), €/μήνα ή εποχή

Όλοι όμως οι παραπάνω δείκτες είναι δυναμικοί και επειδή συνδέονται με πολλούς παράγοντες, δεν μπορούν να αποτυπώσουν με ακρίβεια το πραγματικό κόστος της ενέργειας στα κτίρια υγείας.

Μπορεί ένας ασθενής να νοσηλευτεί για μία εβδομάδα και η ενέργεια που θα καταναλώσει να είναι ελάχιστη, λόγω της μη χρήσης μηχανημάτων, συγκριτικά με κάποιον άλλον, ο οποίος για μία εβδομάδα νοσηλείας, μπορεί να χειρουργηθεί, να κάνει χρήση ακτινοδιαγνωστικών μηχανημάτων, να απαιτεί διαφορετικές συνθήκες κλιματισμού, εξαιτίας της κατάστασης της υγείας του, αυξάνοντας κατά πολύ το ενεργειακό κόστος ανά κλίνη. Επίσης, μπορεί κάποιος ασθενής να επισκεφτεί μία νοσηλευτική μονάδα για μία απλή εξέταση ενώ ένας δεύτερος κατά την επίσκεψή του να πρέπει να κάνει χρήση κάποιου ενεργοβόρου μηχανήματος, για παράδειγμα κάποιου ακτινολογικού, διαφοροποιώντας κατά πολύ το ενεργειακό κόστος ανά

επισκέπτη. Μπορεί μία νοσηλευτική μονάδα να καλύπτει επιφάνεια 1.000m², αλλά να μην έχει εγκατεστημένα βαριά μηχανήματα βιοϊατρικής τεχνολογίας ή να μην έχει κεντρικό κλιματισμό, αλλά κλιματιστικά μηχανήματα, τύπου split unit, παλαιάς τεχνολογίας, συγκριτικά με μία άλλη νοσηλευτική μονάδα 500m², η οποία έχει εγκατεστημένα πολλά ενεργοβόρα μηχανήματα, διαφοροποιώντας κατά πολύ το ενεργειακό κόστος ανά τετραγωνικό μέτρο κτιρίου.

Ο δείκτης του ενεργειακού κόστους ανά μήνα ή εποχή, θεωρείται πιο σταθερός δείκτης, από τους προηγούμενους δείκτες, για το λόγο ότι οι καιρικές συνθήκες, δημιουργούν συγκεκριμένες διαφοροποιήσεις στις ενεργειακές καταναλώσεις μίας νοσηλευτικής μονάδας. Έτσι, συνήθως έχουμε υψηλότερες ηλεκτρικές καταναλώσεις το καλοκαίρι, λόγω της χρήσης ψυκτικών μονάδων, για τις ανάγκες του κλιματισμού και υψηλότερες θερμικές καταναλώσεις τον χειμώνα, λόγω της χρήσης λεβήτων, για τις ανάγκες θέρμανσης του κτιρίου. Οι διαφοροποιήσεις του συγκεκριμένου ενεργειακού δείκτη, από έτος σε έτος, έχουν να κάνουν με την συχνότητα και τη διάρκεια ακραίων φαινομένων ζέστης ή ψύχους, το καλοκαίρι και τον χειμώνα αντίστοιχα.

Τεράστια διαφοροποίηση μπορεί να παρατηρηθεί επίσης στο ενεργειακό κόστος μεταξύ των δημόσιων και των ιδιωτικών νοσηλευτικών μονάδων. Είναι αυτονόητο ότι το ενεργειακό κόστος στον ιδιωτικό τομέα πληρώνεται από τον ασθενή, συμπεριλαμβάνεται δηλαδή στον «τελικό λογαριασμό νοσηλείας», ενώ στο δημόσιο τομέα, δεν υπάρχει καμία χρέωση, αφού δεν υπάρχει «λογαριασμός νοσηλείας». Περιλαμβάνεται βέβαια στους κρατικούς φόρους, κάτι όμως που πληρώνεται και από αυτόν που νοσηλεύεται σε κάποια ιδιωτική νοσηλευτική μονάδα. Με λίγα λόγια στις ιδιωτικές νοσηλευτικές μονάδες, ο ασθενής πληρώνει εις διπλούν το ενεργειακό κόστος.

3.4 Τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας / παρεμβάσεις ενεργειακής αναβάθμισης

Το υψηλό ενεργειακό κόστος που παρατηρείται στα κτίρια υγείας οφείλεται κυρίως:

- στη χρονολογία ιδρύσεως
- στην κατάσταση του κελύφους
- στην ελλιπή θερμομόνωση
- στην παλαιότητα και το επίπεδο συντήρησης του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού
- στην έλλειψη αυτοματισμών
- στο επίπεδο της ενεργειακής διαχείρισης

Υπάρχουν τεχνικές με τις οποίες μπορεί να επιτευχθεί άμεσα εξοικονόμηση ενέργειας της τάξης του 10%. Τέτοιες τεχνικές θα μπορούσαν να είναι:

- η συνεχής καταγραφή των καταναλώσεων, έτσι ώστε να υπάρχει σαφής εικόνα για το που υπάρχει σπατάλη ενέργειας και που όχι
- μέτρα «καλής» διαχείρισης των μηχανημάτων, κάτι το οποίο επιτυγχάνεται με τακτικές προληπτικές συντηρήσεις
- η δημιουργία ενεργειακής συνείδησης στους εργαζομένους, με τον συχνό προγραμματισμό εκπαιδευτικών συναντήσεων για την ενημέρωσή τους πάνω σε θέματα εξοικονόμησης ενέργειας

Εφόσον υλοποιηθούν τα παραπάνω, μπορούν να πραγματοποιηθούν παρεμβάσεις ενεργειακής αναβάθμισης, για περαιτέρω εξοικονόμηση ενέργειας. Τέτοιες παρεμβάσεις θα μπορούσαν να είναι:

- η απλή αντικατάσταση των συμβατικών λαμπτήρων με λαμπτήρες LED, οι οποίοι είναι ενεργειακά αποδοτικότεροι
- η αντικατάσταση των παλαιών συστημάτων λεβήτων και καυστήρων, με νέους με υψηλότερους βαθμούς απόδοσης
- η χρήση ηλιακών συλλεκτών για την προθέρμανση του νερού, για την τροφοδοσία του ζεστού νερού χρήσης
- η χρήση εναλλακτών θερμότητας, για την ανάκτηση θερμότητας
- η αντικατάσταση του ηλεκτρομηχανολογικού και ιατροτεχνολογικού εξοπλισμού, με νέας τεχνολογίας και αποδοτικότερο εξοπλισμό
- η θερμομόνωση του κελύφους του κτιρίου

- η εγκατάσταση μονάδων συμπαραγωγής ηλεκτρισμού – θερμότητας υψηλής απόδοσης
- η εγκατάσταση κεντρικού συστήματος διαχείρισης ενέργειας (BEMS), για τον έλεγχο όλου του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού

3.5 «Καλές πρακτικές» εξοικονόμησης ενέργειας σε κτίρια υγείας

Παρόλο που τα κτίρια και κυρίως τα Νοσοκομεία, παρουσιάζουν μία από τις υψηλότερες καταναλώσεις ενέργειας, ηλεκτρικής και θερμικής, στον τριτογενή τομέα, εξαιτίας των ιδιαίτερων συνθηκών που επιβάλλεται να επικρατούν σε αυτά, υπάρχουν περιπτώσεις εφαρμογών «καλών πρακτικών», για την εξοικονόμηση ενέργειας και την μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα.

Στην Ελλάδα η εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια υγείας βρίσκεται ακόμα σε αρχικό στάδιο. Αφορά κυρίως παρεμβάσεις αντικατάστασης λαμπτήρων, εγκατάσταση αποδοτικότερου ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού (καυστήρες αερίου, ψυκτικές μονάδες απορρόφησης, κυκλοφορητές, κλπ.) και θερμομόνωση κτιρίων, με την τοποθέτηση εξωτερικής θερμοπρόσοψης. Οι παραπάνω παρεμβάσεις μειώνουν την κατανάλωση ενέργειας, ωστόσο τα ποσοστά δεν είναι υψηλά, γιατί αφορούν επιμέρους κομμάτια του κτιρίου και όχι μία συνολική κτιριακή παρέμβαση.

Υπάρχει επίσης η δυνατότητα χρήσης τεχνολογιών διεσπαρμένης παραγωγής ηλεκτρισμού στα Νοσοκομεία, δηλαδή η αποκεντρωμένη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε πολλές εγκαταστάσεις (σε αντιδιαστολή με την συγκεντρωποιημένη παραγωγή, από λίγες μεγάλες μονάδες), έχοντας πολλά πλεονεκτήματα, όπως μεταξύ άλλων:

1. τη βελτίωση της ευστάθειας του ηλεκτρικού δικτύου
2. τη μείωση των ενεργειακών απωλειών στο δίκτυο μεταφοράς, καθώς πολλές μικρές μονάδες ηλεκτροπαραγωγής βρίσκονται πλησίον των καταναλωτών και δεν έχουμε έτσι μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας σε μεγάλες αποστάσεις
3. την αξιοποίηση τοπικών ανανεώσιμων ενεργειακών πόρων, μειώνοντας έτσι τη χρήση εισαγόμενων ορυκτών καυσίμων
4. τη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και λοιπών ανθρακούχων αερίων στην ατμόσφαιρα, λόγω της χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας
5. την επίτευξη των στόχων μίας χώρας, στη μείωση των επικίνδυνων αερίων εκπομπών και την αντιμετώπιση / μετριασμό της κλιματικής αλλαγής
6. την προαγωγή των ενεργειακών επενδύσεων σε αιεφόρες τεχνολογίες

7. τη συμβολή στην αύξηση της ενεργειακής επάρκειας και της ενεργειακής ασφάλειας, εξαιτίας της μείωσης της εξάρτησης από εισαγόμενα καύσιμα

Διάφορες τεχνολογίες διεσπαρμένης παραγωγής ηλεκτρισμού, οι οποίες θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν στα νοσοκομεία είναι:

1. η συμπαραγωγή ηλεκτρισμού - θερμότητας υψηλής απόδοσης (Σ.Η.Θ.Υ.Α.) με τη χρήση μηχανών εσωτερικής καύσης, με την χρήση καυσίμων χαμηλών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα όπως το φυσικό αέριο ή το υγραέριο
2. οι κυψέλες καυσίμου
3. τα φωτοβολταϊκά συστήματα
4. οι μικρές ανεμογεννήτριες
5. τα συστήματα καύσης βιοαερίου

«Καλές πρακτικές» διεσπαρμένης παραγωγής ηλεκτρισμού, μπορούμε να συναντήσουμε αρκετές παγκοσμίως, σε Νοσοκομεία, ορισμένες εκ των οποίων ενδεικτικά είναι:

- Η χρήση συστημάτων Σ.Η.Θ.Υ.Α. στις εγκαταστάσεις περισσότερων από 200 νοσοκομεία παγκοσμίως. Ενδεικτικά το Νοσοκομείο Presbyterian Queens της Νέας Υόρκης, έχει εγκαταστήσει ένα τέτοιο σύστημα με ισχύ 7,5MW. Το ιατρικό κέντρο Dell για παιδιά στο κεντρικό Τέξας, ΗΠΑ έχει εγκαταστήσει σύστημα συμπαραγωγής στις εγκαταστάσεις του ισχύος 4,3MW.



Εικόνα 3.2: Νοσοκομείο Presbyterian Queens στη Νέα Υόρκη



Εικόνα 3.3: Παιδιατρικό Ιατρικό Κέντρο Dell στο Κεντρικό Τέξας

- Η χρήση κυψελών καυσίμου, τις οποίες έχουν εγκαταστήσει αρκετά νοσοκομεία των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής, με ισχύ που κυμαίνεται από 400kW έως 5MW, παράγοντας θερμική και ηλεκτρική ενέργεια, καλύπτοντας μέρος ή το σύνολο των ενεργειακών αναγκών τους. Ενδεικτικά το Νοσοκομείο Stamford στο Κονέκτικατ, έχει εγκαταστήσει κυψέλη καυσίμου ισχύος 4,8MW, ενώ το Νοσοκομείο St. Francis στη Καλιφόρνια, έχει εγκαταστήσει κυψέλη καυσίμου ισχύος 400 kW.



Εικόνα 3.4: Νοσοκομείο Stamford στο Κονέκτικατ

- Η χρήση φωτοβολταϊκών συστημάτων, η οποία σε περιοχές με ικανοποιητική ηλιοφάνεια, ενδείκνυται και μπορεί να καλύψει μεγάλο μέρος των αναγκών σε ηλεκτρική ενέργεια των νοσοκομείων. Παράδειγμα αυτού το Νοσοκομείο San Carlo,

της Ποτέντζα, στη νότια Ιταλία, όπου έχει εγκαταστήσει, για τη κάλυψη των ηλεκτρικών αναγκών του, φωτοβολταϊκά πλαίσια, συνολικής έκτασης 5.000m², τα οποία το 2015, σύμφωνα με μετρήσεις, παρήγαγαν 948.000kWh ηλεκτρικής ενέργειας.

- Η χρήση μικρών ανεμογεννητριών για την εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας, η οποία ενδείκνυται, εφόσον η μέση ετήσια ταχύτητα του ανέμου είναι ικανοποιητική για την επιτυχή λειτουργία τους, με χαρακτηριστικό παράδειγμα το ιατρικό κέντρο Jacobi, στη Νέα Υόρκη, όπου έχουν εγκαταστήσει υβριδικά συστήματα φωτοβολταϊκών και μικρών ανεμογεννητριών, για το φωτισμό των εξωτερικών του χώρων.



Εικόνα 3.5: Ιατρικό Κέντρο Stamford Jacoby στη Νέα Υόρκη

- Η χρήση συστημάτων καύσης βιοαερίου για την παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας, με χαρακτηριστικό παράδειγμα το Νοσοκομείο Gundersen, La Crosse, Ουϊσκόνσιν, όπου το χρησιμοποιούμενο βιοαέριο παράγεται από τη χώνευση/ζύμωση των αποβλήτων ενός παρακείμενου εργοστασίου ζυθοποιίας. Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια καλύπτει περίπου το 10% των ετήσιων αναγκών του νοσοκομείου.



Εικόνα 3.6: Νοσοκομείο Gundersen, La Crosse στο Ουισκόνσιν

Άλλες «καλές πρακτικές» εξοικονόμησης ενέργειας, σε κτίρια υγείας παγκοσμίως είναι:

- Το υπερσύγχρονο Πανεπιστημιακό Νοσοκομείο του Κολοράντο, 136 κλινών, το οποίο κατασκευάστηκε το 2007, σχεδιασμένο ώστε να έχει χαμηλό περιβαλλοντικό αντίκτυπο. Μέσα στο κτίριο, το φυσικό φως παρέχει περισσότερες από τις μισές απαιτήσεις φωτισμού των εργαστηρίων, ενώ η κατανάλωση ενέργειας και νερού παρακολουθείται συνεχώς, σε πραγματικό χρόνο, από ένα ηλεκτρονικό σύστημα διαχείρισης, μέσω του οποίου μπορεί κανείς να παρέμβει σε περίπτωση οποιουδήποτε προβλήματος.



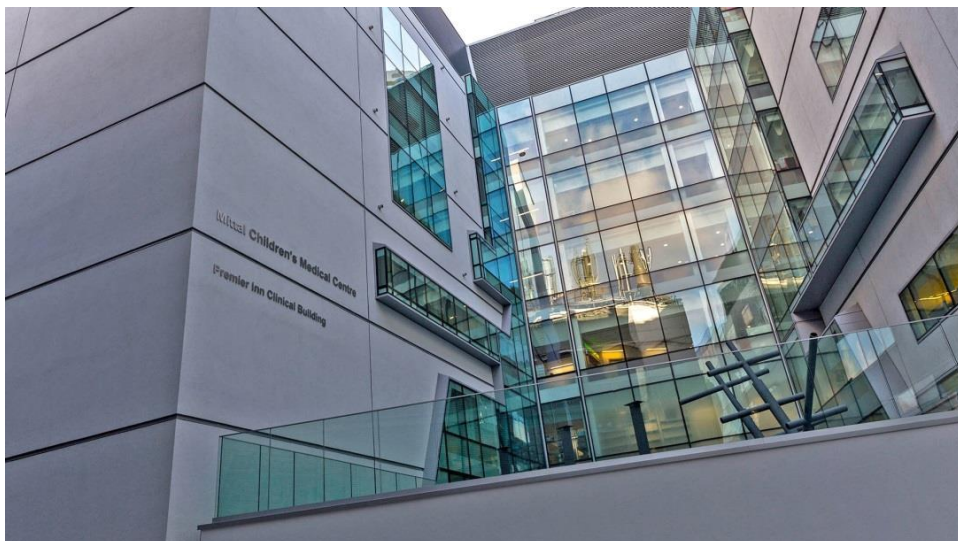
Εικόνα 3.7: Πανεπιστημιακό Νοσοκομείο Κολοράντο

- Το Νοσοκομείο Wythenshawe, το οποίο κατασκευάστηκε το 1965, έχει εγκατασταθεί λέβητας βιομάζας και έτσι το Νοσοκομείο θερμαίνεται χωρίς τη χρήση συμβατικών καυσίμων, αλλά με την καύση ξύλου σε μορφή σφαιριδίων.



Εικόνα 3.8: Πανεπιστημιακό Νοσοκομείο Wythenshawe

- Το παιδιατρικό Νοσοκομείο Great Ormond του Λονδίνου, του οποίου το νέο κτίριο, «Morgan Stanley», που κατασκευάστηκε το 2012, περιλαμβάνει σύστημα ενδοδαπέδιας θέρμανσης, όπου με την αντλία και τα συστήματα ανάκτησης θερμότητας, μπορεί να θερμάνει ή να δροσίσει το Νοσοκομείο, αντισταθμίζοντας έτσι περίπου 20.000tn εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα ετησίως.



Εικόνα 3.9: Παιδιατρικό Νοσοκομείο Great Ormond

- Το Νοσοκομείο Mount Elizabeth της Νοβένα, στη Σιγκαπούρη, χωρητικότητας 312 κλινών, κατασκευάστηκε το 2012 και περιλαμβάνει ενεργειακά αποδοτικά συστήματα φωτισμού, που ανιχνεύουν την κίνηση στο κτίριο. Επίσης διαθέτει μια πράσινη οροφή, η οποία βοηθά στη διατήρηση σταθερής εσωτερικής θερμοκρασίας, ενώ η τοποθέτηση θερμοπρόσοψης, παράγει ένα πιο δροσερό περιβάλλον για τους ασθενείς.



Εικόνα 3.10: Νοσοκομείο Mount Elizabeth

- Το Νοσοκομείο Shands στη Φλόριντα των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής, χωρητικότητας 192 κλινών, που κατασκευάστηκε το 2009 και περιλαμβάνει παράθυρα υψηλής απόδοσης, όπου η ηλιακή σκίαση, συμβάλλει στην εξοικονόμηση ενέργειας. Η κύρια όμως συμβολή στην ενεργειακή απόδοση του κτιρίου, προέρχεται από την μονάδα συμπαραγωγής ηλεκτρισμού – θερμότητας, η οποία προσφέρει περίπου 46% εξοικονόμηση, σε σχέση με τις τυπικές γεννήτριες συμβατικών καυσίμων.
- Το Κοινοτικό Νοσοκομείο Muskogee της Οκλαχόμα, που κατασκευάστηκε το 2009 και ενσωματώνει ένα εκτεταμένο γεωθερμικό σύστημα, κλειστού βρόγχου, με κάθετες σωληνώσεις, που εκτείνονται σε μήκος μεγαλύτερο των 35 μιλίων, σε 280 πηγάδια και πληροί όλες τις απαιτήσεις θέρμανσης και ψύξης του νοσοκομείου. Το παραπάνω γεωθερμικό σύστημα αποφέρει ετήσια μείωση του ενεργειακού κόστους, περίπου \$50.000.



Εικόνα 3.11: Αντικαρκινικό Νοσοκομείο Shands στην Φλόριντα

3.6 Οι υγειονομικές μονάδες του Ε.Σ.Υ.

Σύμφωνα με τον Οργανισμό του Υπουργείου Υγείας, η Ελλάδα χωρίζεται σε επτά (7) Υγειονομικές Περιφέρειες [15], οι οποίες περιλαμβάνουν Νοσοκομεία, Κέντρα Υγείας και Τοπικές Ομάδες Υγείας. Τα Νοσοκομεία στο σύνολό τους είναι εκατόν δύο (102), εκ των οποίων:

- Ογδόντα επτά (87), Γενικά
- Πέντε (5), Ειδικά
- Τρία (3), Ψυχιατρικά
- Επτά (7), Πανεπιστημιακά

Οι Υγειονομικές Περιφέρειες, είναι οι παρακάτω, όπου φαίνεται αντίστοιχα και ο αριθμός των Νοσοκομείων που υπάγονται σε αυτές:

- 1^η Υ.ΠΕ. Αττικής (20)
- 2^η Υ.ΠΕ. Πειραιώς και Αιγαίου (21)
- 3^η Υ.ΠΕ. Μακεδονίας (10)
- 4^η Υ.ΠΕ. Μακεδονίας και Θράκης (14)
- 5^η Υ.ΠΕ. Θεσσαλίας και Στερεάς Ελλάδας (10)
- 6^η Υ.ΠΕ. Πελοποννήσου, Ιονίων Νήσων, Ηπείρου και Δυτικής Ελλάδας (21)
- 7^η Υ.ΠΕ. Κρήτης (6)

3.7 Ενεργειακή αναβάθμιση - Σχεδιασμός και υπό εξέλιξη Έργα

Στις 29 Μαΐου του 2018, το Υπουργείο Οικονομίας και Ανάπτυξης έκανε Πρόσκληση στα Νοσοκομεία της χώρας, για την υποβολή Προτάσεων στο Επιχειρησιακό Πρόγραμμα «Υποδομές Μεταφορών, Περιβάλλον και Αειφόρος Ανάπτυξη», με άξονα προτεραιότητας την «Εφαρμογή Στρατηγικών Επίτευξης Χαμηλών Εκπομπών Διοξειδίου του Άνθρακα, με έμφαση στις αστικές περιοχές» και Τίτλο «Ενεργειακή Αναβάθμιση Δημόσιων Κτιρίων – Παραγωγή Ενέργειας από Μονάδες Σ.Η.Θ.Υ.Α. ή με χρήση Α.Π.Ε. σε Νοσοκομεία» [16].

Δόθηκε λοιπόν η δυνατότητα στα περισσότερα Νοσοκομεία της χώρας, να ενταχθούν στο παραπάνω Πρόγραμμα, υποβάλλοντας μια και μοναδική πρόταση χρηματοδότησης, που θα αφορούσε σε μία ή συνδυασμό των παρακάτω κατηγοριών παρεμβάσεων:

- **Κατηγορία Ενέργειας 1:** Επεμβάσεις Ενεργειακής Αναβάθμισης και Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΕΞ.Ε.), δηλαδή:
 - επεμβάσεις επί του κελύφους των κτιρίων με προσθήκη μόνωσης,
 - αντικατάσταση κουφωμάτων και υαλοπινάκων με νέα πιστοποιημένα, υψηλής ενεργειακής απόδοσης,
 - αντικατάσταση συστημάτων καυστήρα/λέβητα/σωληνώσεων, με σύστημα που επιτρέπει τη χρήση Α.Π.Ε.,
 - αντικατάσταση παλαιών συστημάτων κλιματισμού,
 - παθητικά ηλιακά συστήματα,
 - εγκατάσταση συστημάτων μετρήσεων, παρακολούθησης, καταγραφής, επεξεργασίας και προβολής – επιτόπου και διαδικτυακά των λειτουργικών στοιχείων και αποτελεσμάτων των ενεργειακών συστημάτων του κτιρίου, όπως ολοκληρωμένων συστημάτων διαχείρισης ενέργειας σε κτίρια (BEMS), παθητικά συστήματα φυσικού και ενεργειακού τεχνητού φωτισμού κλπ.
- **Κατηγορία Ενέργειας 2:** Επιδεικτικές δράσεις εγκατάστασης μονάδων συμπαραγωγής ηλεκτρισμού – θερμότητας, (Σ.Η.Θ.Υ.Α.) και δράσεις αξιοποίησης Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Α.Π.Ε.), δηλαδή:
 - εγκατάσταση ταυτόχρονης παραγωγής ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας υψηλής αποδοτικότητας,
 - κατασκευή εγκατάστασης εκμετάλλευσης της παραγόμενης θερμικής ενέργειας από Σ.Η.Θ.Υ.Α. ή/και Α.Π.Ε. για παραγωγή ψύξης ή χρήσης Α.Π.Ε. (όπως για παράδειγμα η Γεωθερμία)

Προκειμένου να εξεταστεί η αποδοτικότητα και η οικονομική σκοπιμότητα του υπό ένταξη έργου, θα έπρεπε να διεξαχθεί ανάλυση κόστους – οφέλους, προκειμένου να εξεταστεί η εξοικονόμηση ενέργειας της επένδυσης.

- **Κατηγορία Ενέργειας 3:** Δράσεις αντικατάστασης ιατροτεχνολογικού εξοπλισμού, εφόσον αυτή οδηγεί αποδεδειγμένα σε εξοικονόμηση ενέργειας άνω του 15 % σε σχέση με την κατανάλωση του υφιστάμενου εξοπλισμού που αντικαθίσταται, μετά από τη διενέργεια ενεργειακού ελέγχου στο κτίριο και ενεργειακού ελέγχου του εξοπλισμού. Το επιλέξιμο κόστος του ανωτέρω εξοπλισμού δε θα έπρεπε να υπερβαίνει το ποσό των 450.000,00€.
- **Κατηγορία Ενέργειας 4:** Ενέργειες για την προετοιμασία και υποβολή του φακέλου Πρότασης Χρηματοδότησης, περιλαμβάνοντας τις δαπάνες για την προετοιμασία και υποβολή φακέλου Πρότασης χρηματοδότησης, όπως οι υπηρεσίες ενεργειακού συμβούλου, η έκδοση Π.Ε.Α., η σύνταξη προμελέτης, η τακτοποίηση αυθαιρέτων, οι συντονιστικές ενέργειες για την υποβολή της πρότασης, κλπ.
- **Κατηγορία Ενέργειας 5:** Συμβουλευτικές υπηρεσίες για την υλοποίηση της πράξης, περιλαμβάνοντας τις δαπάνες για συμβουλευτικές υπηρεσίες, για την υλοποίηση της πράξης ή / και υπηρεσίες ενεργειακού συμβούλου.
- **Κατηγορία Ενέργειας 6:** Προπαρασκευαστικές ενέργειες, περιλαμβάνοντας ενδεικτικά:
 - ο μελέτες ωρίμανσης των σχετικών έργων
 - ο μελέτες εφαρμογής και οριστικές μελέτες

Το 2019, σε συνέχεια της παραπάνω Πρότασης, το Υπουργείο Οικονομίας και Ανάπτυξης, το Υπουργείο Υγείας και το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, ανακοίνωσαν την χρηματοδότηση των νοσοκομείων του Ε.Σ.Υ., από πόρους του Ε.Σ.Π.Α., για την υλοποίηση παρεμβάσεων Ενεργειακής Αναβάθμισης και αξιοποίησης Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. Πιο συγκεκριμένα υπογράφηκε η ένταξη των πρώτων δεκατεσσάρων (14) νοσοκομείων του Ε.Σ.Υ., συνολικού επιλέξιμου προϋπολογισμού 45,6 εκατομμυρίων ευρώ. Μέχρι και τον Οκτώβριο του 2021, το μεγαλύτερο ποσοστό των νοσοκομείων της χώρας είχαν ενταχθεί στο Πρόγραμμα της Ενεργειακής Αναβάθμισης.

Με την ολοκλήρωση των παρεμβάσεων τα Νοσοκομεία του Ε.Σ.Υ. θα πρέπει να έχουν αναβαθμιστεί κατά δύο τουλάχιστον ενεργειακές κατηγορίες, κατά Κ.Ε.Ν.Α.Κ., επιτυγχάνοντας εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας σε ποσοστό έως 40%, με σημαντική

μείωση του λειτουργικού τους κόστους τους, καθώς και τη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα [17].

Κεφάλαιο 4. Αποθήκευση ενέργειας και κτιριακός – βιομηχανικός τομέας

4.1 Εφαρμογές και υπηρεσίες πίσω από τον μετρητή

Όταν μιλάμε για αποθήκευση ενέργειας «πίσω από το μετρητή» (behind the meter – BtM) ή «κατάντη του μετρητή» (ΚτΜ) [18], μιλάμε για μονάδες αποθήκευσης ενέργειας στο εσωτερικό των εγκαταστάσεων των καταναλωτών, είτε είναι αυτόνομοι παραγωγοί, είτε όχι και δεν διαθέτουν ανεξάρτητο σημείο σύνδεσης και μέτρησης. Επίσης, θα μπορούσαμε να μιλάμε για αποθηκευτικές μονάδες που συνδυάζονται με εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, κυρίως από Α.Π.Ε.

Πιο συγκεκριμένα, αν μιλάμε για αποθήκευση ενέργειας με συσσωρευτές, αυτοί θα φορτίζονται από το δίκτυο ή από τοπική μονάδα Α.Π.Ε. και θα εγχέουν την αποθηκευμένη ενέργεια σε μεταγενέστερο χρονικό σημείο κατανάλωσης, είτε για ιδιοκατανάλωση, είτε στο ηλεκτρικό δίκτυο.

Το υφιστάμενο νομικό πλαίσιο είναι πολύ περιοριστικό [19], με αποτέλεσμα να μην μπορεί να αξιοποιηθεί επαρκώς η αποθήκευση ενέργειας, αφού προβλέπει τοποθέτηση συσσωρευτών με ανώτατο όριο ισχύος τα 30kW και επιτρέπεται μόνο σε συνδυασμό με εγκατεστημένο φωτοβολταϊκό σταθμό στέγης, για αυτοπαραγωγή.

Για το σκοπό αυτό, η Ο.Δ.Ε. αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας, την οποία σύστησε το ΥΠ.Ε.Ν., εισηγήθηκε τον Ιούνιο του 2021, την διαμόρφωση θεσμικού και ρυθμιστικού πλαισίου για την ανάπτυξη και συμμετοχή μονάδων αποθήκευσης στις αγορές ηλεκτρικής ενέργειας και σε μηχανισμούς ισχύος. Έτσι θα διευκολυνθεί η εγκατάσταση συσσωρευτών και γενικά η λειτουργία σταθμών αποθήκευσης ενέργειας, σε σπίτια, επιχειρήσεις και βιομηχανίες και θα γίνει αποτελεσματική αξιοποίηση διεσπαρμένων αποθηκευτικών μονάδων σε εγκαταστάσεις χρηστών (παραγωγών – καταναλωτών – αυτοπαραγωγών).

Η χρήση συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας, θεωρείται ότι συμβάλει στην ενίσχυση των ηλεκτρικών δικτύων και στην αποφυγή προβλημάτων ευστάθειας, κυρίως τις ώρες που εμφανίζονται φορτία αιχμής και όταν αποσυνδέονται οι φωτοβολταϊκές μονάδες, λόγω έλλειψης ηλιοφάνειας οπότε και απαιτείται εφεδρική ισχύς από συμβατικές μονάδες.

Η εφαρμογή της αποθήκευσης ενέργειας «πίσω από τον μετρητή», μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική μείωση του λειτουργικού κόστους στον κτιριακό – βιομηχανικό τομέα, ο οποίος ευθύνεται για το 37% της συνολικής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας της Ευρωπαϊκής

Ένωσης [20]. Επίσης, μπορεί να αναβαθμίσει ενεργειακά ένα κτίριο προσφέροντας ευελιξία στη διαχείριση της ζήτησης, χωρίς όμως η τελευταία να μειώνεται, παράγοντας ταυτόχρονα οφέλη σε επίπεδο εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), ειδικά στην περίπτωση συνεργασίας με Α.Π.Ε.

Εφαρμογές και καλές πρακτικές που χρησιμοποιούνται, παράλληλα με την αποθήκευση ενέργειας «πίσω από τον μετρητή», είναι:

1. η εγκατάσταση συσκευών Αδιάλειπτης Παροχής Ενέργειας, γνωστών ως UPS (Uninterruptible Power Supply)
2. η εξάλειψη/ελάττωση των φορτίων αιχμής (peak shaving)
3. η μετατόπιση των φορτίων αιχμής (peak load shifting ή time shifting)

4.1.1 Εγκατάσταση συσκευών αδιάλειπτης παροχής ενέργειας (UPS)

Οι συσκευές αδιάλειπτης παροχής ενέργειας, συνεχίζουν να παρέχουν ηλεκτρική ενέργεια, σε περίπτωση διακοπής ρεύματος. Αυτό συμβαίνει με τη βοήθεια κάποιας άλλης προσωρινής πηγής ενέργειας, η οποία συνήθως είναι κάποιος συσσωρευτής. Παρέχουν επιπλέον ασφάλεια στις συσκευές, που είναι συνδεδεμένες σε αυτές, με το να παρεμβάλλονται μεταξύ αυτών και του δικτύου ρεύματος, προστατεύοντάς τις από υπερτάσεις ή πτώσεις τάσεις και άλλες ανωμαλίες του δικτύου παροχής ρεύματος.

Οι συσκευές αδιάλειπτης παροχής ενέργειας, χρησιμοποιούνται για την παροχή ηλεκτρικής ενέργειας, έως ότου εκκινήσει μια βοηθητικής γεννήτρια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ή αν δεν υπάρχει τέτοια, μέχρι να επανέλθει το ρεύμα ή μέχρι να γίνει ασφαλής απενεργοποίηση των συσκευών που είναι συνδεδεμένες σε αυτήν.

Η κύρια χρήση αυτών των συσκευών αυτών είναι η προστασία ευαίσθητων ή πολύ σημαντικών ηλεκτρονικών ή ηλεκτρικών συσκευών, όπως ιατρικά μηχανήματα, ηλεκτρονικοί υπολογιστές, τηλεφωνικά κέντρα, κλπ., η απότομη απενεργοποίηση των οποίων θα μπορούσε να προκαλέσει ανεπανόρθωτη βλάβη όπως για παράδειγμα την απώλεια της ζωής ενός ασθενούς, την απώλεια σημαντικών δεδομένων, κλπ.

Οι συσκευές αυτές ποικίλλουν σε ισχύ, από πολύ μικρές, της τάξης των 600VA, για την υποστήριξη ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή, έως πολύ μεγάλες, μερικών kVA, για την

τροφοδότηση κρίσιμων μονάδων σε Νοσοκομεία (Μ.Ε.Θ., Μ.Ε.Ν.Ν., κλπ.). Ανάλογα με τη χρήση τους, διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες [21]:

1. On line ή διπλής μετατροπής
2. Line – interactive
3. Stand-by ή Off line

4.1.1.1 Συσσκευές on line ή διπλής μετατροπής

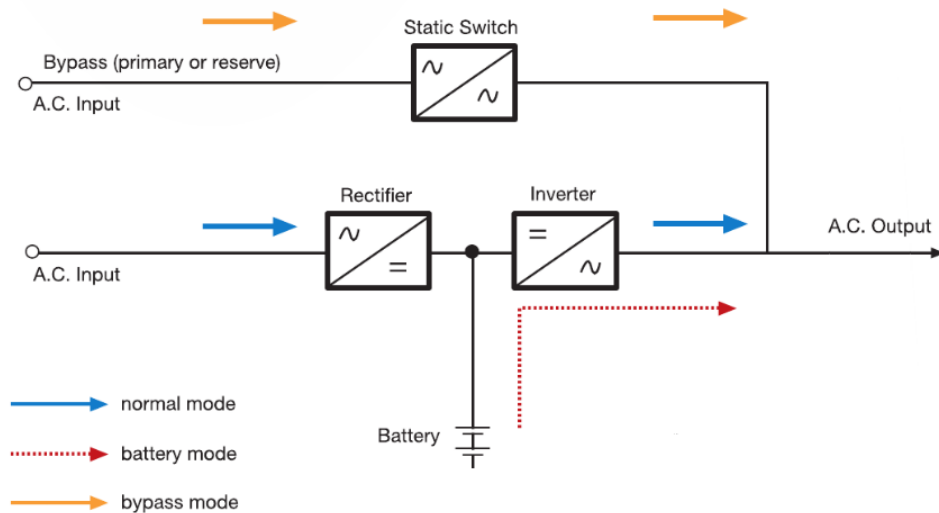
Οι on line συσκευές αδιάλειπτης παροχής ενέργειας, ή γνωστές ως διπλής μετατροπής, χρησιμοποιούνται όταν απαιτείται η ηλεκτρική απομόνωση κάποιων συσκευών ή για την τροφοδοσία μηχανημάτων, τα οποία είναι ευαίσθητα στις διακυμάνσεις τάσεως. Είναι ακριβές συσκευές, το κόστος των οποίων οφείλεται στην αρχή λειτουργίας τους.

Το ρεύμα από το κεντρικό δίκτυο μετατρέπεται, μέσω ενός ανορθωτή AC/DC, σε συνεχές, το οποίο εν συνεχεία φορτίζει μία συστοιχία συσσωρευτών. Οι συσσωρευτές είναι συνδεδεμένοι με ένα μετατροπέα DC/AC, ο οποίος μετατρέπει ξανά το συνεχές ρεύμα σε εναλλασσόμενο. Με τον τρόπο αυτό, οι τροφοδοτούμενες συσκευές τροφοδοτούνται συνεχώς με ηλεκτρικό ρεύμα, μέσω των συσσωρευτών. Για το λόγο αυτό, οι on line συσκευές αδιάλειπτης παροχής ενέργειας απαιτείται να λειτουργούν διαρκώς 24/24.

Όταν η ηλεκτρική παροχή στην είσοδό τους είναι εκτός των προκαθορισμένων ορίων τάσεως και συχνότητας, τότε μεταβαίνουν σε λειτουργία από τους συσσωρευτές (Battery Mode) και έτσι συνεχίζει η τροφοδοσία του φορτίου, έως την εξάντληση της χωρητικότητας των συσσωρευτών ή έως την επαναφορά της παροχής εισόδου, εντός των προκαθορισμένων ορίων. Η μετάβαση στη παραπάνω λειτουργία γίνεται ακαριαία [22].

Εάν υπάρξει σφάλμα στον ανορθωτή ή το μετατροπέα ή σε περίπτωση υπερφόρτωσης της εξόδου, οι συσκευές αυτές μεταβαίνουν σε λειτουργία παράκαμψης (By Pass), όπου το φορτίο τροφοδοτείται προσωρινά από την εφεδρική γραμμή.

Ο χρόνος αυτονομίας που παρέχουν οι on line συσκευές, στα συνδεδεμένα φορτία τους είναι, είτε λίγα λεπτά, είτε επεκτάσιμος σε ώρες, ανάλογα με την εφαρμογή.



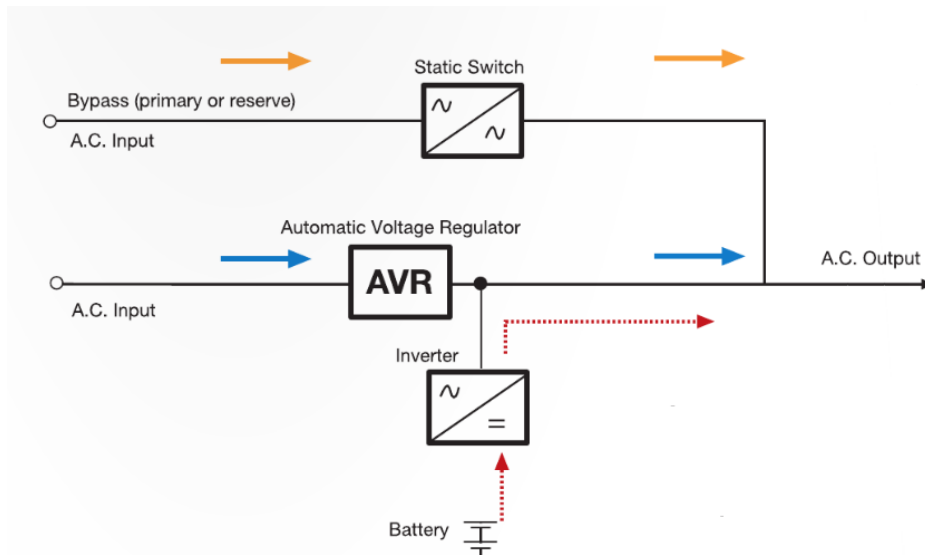
Σχήμα 4.1: Σχηματική λειτουργία on line συσκευών αδιάλειπτης παροχής ενέργειας [22]

4.1.1.2 Συσκευές line – interactive

Οι line – interactive συσκευές αδιάλειπτης παροχής ενέργειας έχουν παρόμοιο τρόπο λειτουργίας με τις on line συσκευές, με τη διαφορά όμως ότι οι διακυμάνσεις τροφοδοσίας σταθεροποιούνται με τη βοήθεια συσκευών ρύθμισης (σταθεροποιητές AVR), διατηρώντας έτσι τις διακυμάνσεις εντός των ορίων τροφοδοσίας.

Σε κανονική λειτουργία, τα φορτία τροφοδοτούνται από το ηλεκτρικό δίκτυο, μέσω του κυκλώματος του αυτόματου σταθεροποιητή τάσης (AVR), διορθώνοντας έτσι τις διακυμάνσεις της τάσης και επιστρέφοντας την τάση σε προεπιλεγμένες τιμές. Όταν οι αυτές διακυμάνσεις υπερβούν την ικανότητα ρύθμισής τους, από το κύκλωμα AVR, τότε παρεμβαίνει ο μετατροπέας και μέσω των συσσωρευτών, εξασφαλίζεται η συνέχεια και η ποιότητα της ηλεκτρικής παροχής. Η μεταγωγή από την παροχή του δικτύου, στην τροφοδοσία από τους συσσωρευτές γίνεται σε περίπου 2 – 6ms [23].

Ο χρόνος αυτονομίας που παρέχουν στα συνδεδεμένα φορτία τους, οι συσκευές αυτές, σε περίπτωση διακοπής ρεύματος, από την παροχή του ηλεκτρικού δικτύου, είναι όπως στις on line συσκευές, είτε λίγα λεπτά, είτε επεκτάσιμος σε ώρες, ανάλογα με την εφαρμογή.



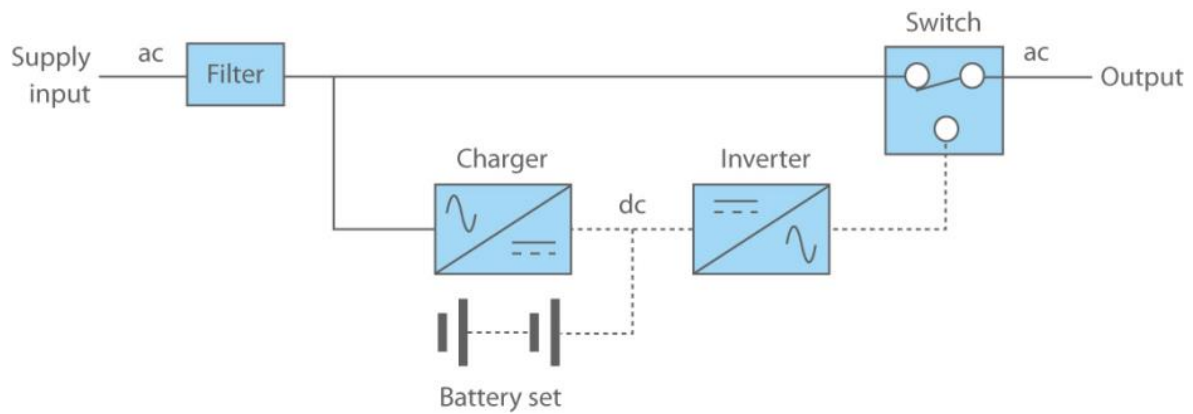
Σχήμα 4.2: Σχηματική λειτουργία line – interactive συσκευών αδιάλειπτης παροχής ενέργειας [23]

4.1.1.3 Συσκευές *stand – by* ή *off – line*

Οι *stand-by* ή *off line* συσκευές αδιάλειπτης παροχής ενέργειας, παρέχουν τις συνηθισμένες βασικές δυνατότητες, όπως προστασία από υπερτάσεις και διακοπές ρεύματος και είναι η ιδανική λύση για οικιακή χρήση και μικρά συστήματα γραφείου. Είναι οι πιο διαδεδομένες συσκευές αδιάλειπτης παροχής ενέργειας, εξαιτίας της χαμηλής τιμής τους.

Δεδομένου ότι εξαρτώνται από την τάση και την συχνότητα, η έξοδος τους εξαρτάται από τις μεταβολές της τάσης τροφοδοσίας και τις διακυμάνσεις της συχνότητας. Έτσι σε κανονική κατάσταση λειτουργίας, τα φορτία τροφοδοτούνται απευθείας από το ηλεκτρικό δίκτυο μέσω ενός στατικού διακόπτη. Όταν η τάση δικτύου δεν βρίσκεται εντός των προκαθορισμένων ανοχών των συσκευών αυτών, τα φορτία μεταφέρονται σε περίπου 2 – 4ms στον μετατροπέα και χρησιμοποιείται η ενέργεια η οποία είναι αποθηκευμένη στους συσσωρευτές [24].

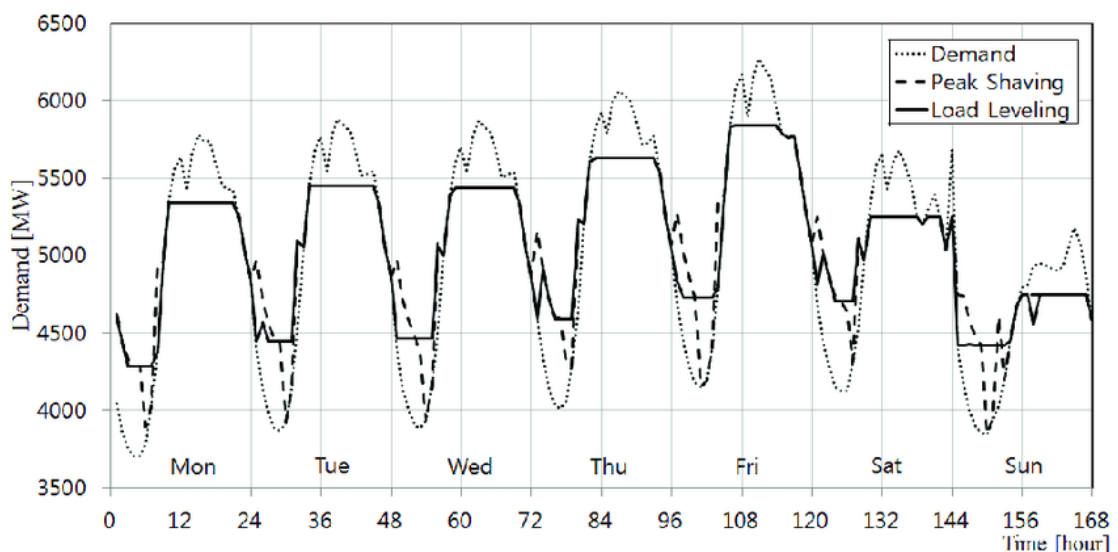
Συνήθως, οι συσκευές αυτές δεν έχουν ενδείξεις της κατάστασης του συσσωρευτή (στάθμη) ή τη δυνατότητα ισοστάθμισης. Έτσι, μπορεί να παρουσιαστεί, οποιαδήποτε στιγμή πρόβλημα στην λειτουργία τους, χωρίς ο χρήστης να το γνωρίζει.



Σχήμα 4.3: Σχηματική λειτουργία off line συσκευών αδιάλειπτης παροχής ενέργειας [24]

4.1.2 Εξάλειψη / Ελάττωση των φορτίων αιχμής (peak shaving)

Η εξάλειψη ή ελάττωση των φορτίων αιχμής είναι ο πιο αποτελεσματικός τρόπος διαχείρισης του κόστους κατανάλωσης ενέργειας, καθώς και της υψηλής ζήτησης ενέργειας, σε συγκεκριμένες ώρες μίας χρονικής περιόδου. Η μέθοδος αυτή μειώνει και εξομαλύνει τα φορτία αιχμής, μειώνοντας ή εξαλείφοντας τις βραχυπρόθεσμες αιχμές ζήτησης, οι οποίες ευθύνονται για τις χρεώσεις υψηλής ζήτησης καθώς και προκαλούν αρκετές προκλήσεις στη λειτουργία των ηλεκτρικών εγκαταστάσεων.



Διάγραμμα 4.1: Εβδομαδιαία προσαρμοσμένη ζήτηση με εξάλειψη των φορτίων αιχμής [25]

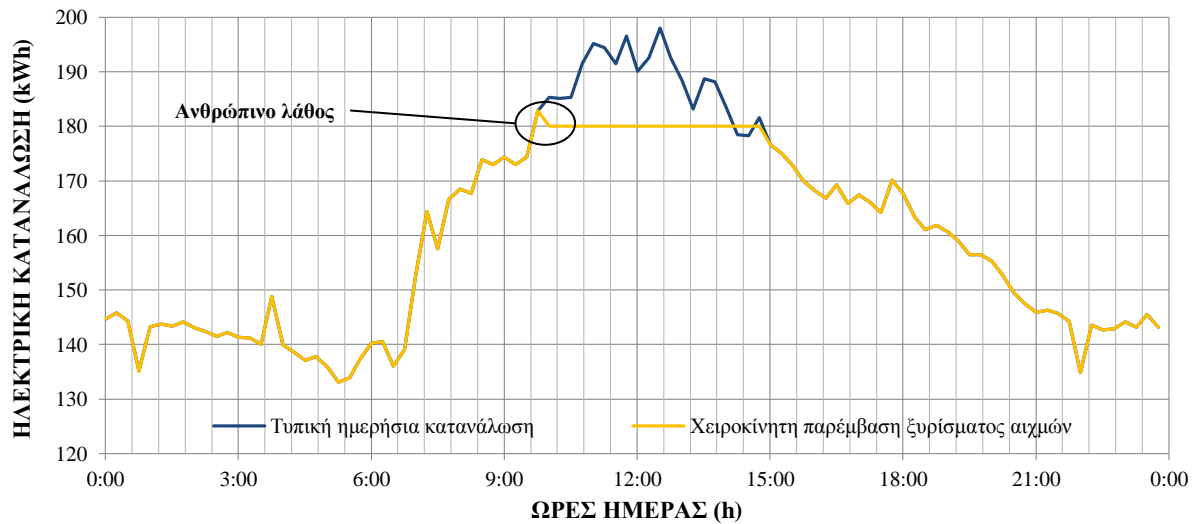
Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι βελτιστοποίησης της εξάλειψης των φορτίων αιχμής, αλλά αυτή που θα χρησιμοποιηθεί τελικά, θα πρέπει να ταιριάζει με το προφίλ του φορτίου και τις ηλεκτρικές ανάγκες του εκάστοτε κτιρίου ή της βιομηχανίας. Τέτοιες μέθοδοι είναι:

1. η χειροκίνητη παρέμβαση
2. η χρήση αυτόματων ελεγκτών
3. η χρήση γεννητριών
4. η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας
5. η χρήση αποθηκευμένης ενέργειας

4.1.2.1 Χειροκίνητη παρέμβαση

Η χειροκίνητη παρέμβαση είναι η πιο απλή, αλλά ταυτόχρονα και η λιγότερο αξιόπιστη μέθοδος διαχείρισης της ζήτησης για την αντιμετώπιση των αιχμών. Στην μέθοδο αυτή ο διαχειριστής απενεργοποιεί ορισμένα φορτία κατά τη διάρκεια των περιόδων αιχμής. Είναι μία μέθοδος που μπορεί να λειτουργήσει, αλλά δεν είναι αλάνθαστη, εξαιτίας της ανθρώπινης παρέμβασης, η οποία με ένα μόνο λάθος θα μπορούσε να αυξήσει το κόστος διαχείρισης της ενέργειας.

Αν σε μία βιομηχανία εφαρμοστεί χειροκίνητη παρέμβαση για την αντιμετώπιση των αιχμών, για παράδειγμα στις καταναλώσεις άνω των 180kWh μέσης ισχύος ανά ώρα, τότε σε μία τυπική ημέρα, όπου η συνολική κατανάλωση θα ήταν 15.378,8kWh, θα έχουμε μείωση της κατανάλωσης κατά 168,5kWh (Διάγραμμα 4.2) υπό τη θεώρηση αδυναμίας μετατόπισης της συγκεκριμένης κατανάλωσης στο χρόνο. Με αυτό τον τρόπο όμως απενεργοποιούνται ορισμένα φορτία κατά τη διάρκεια της περιόδου αιχμής, τα οποία όμως θα μπορούσαν να είναι χρήσιμα για τη λειτουργία της βιομηχανίας. Επίσης, εξαιτίας της χειροκίνητης παρέμβασης, υπάρχει περίπτωση καθυστέρησης της εκτέλεσης της εντολής, με αποτέλεσμα να υπάρχει αύξηση του κόστους διαχείρισης της ενέργειας της βιομηχανίας.

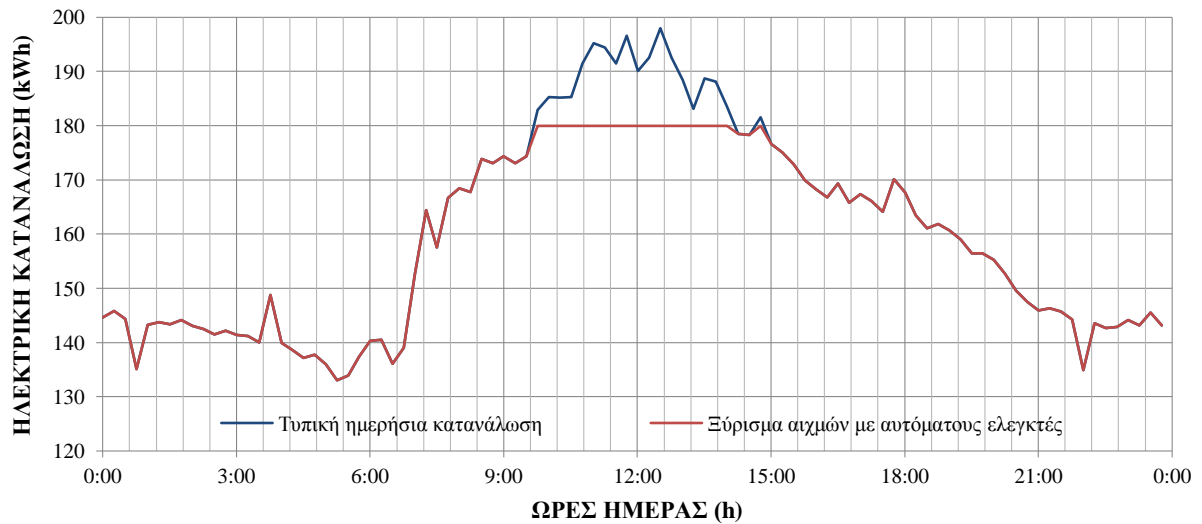


Διάγραμμα 4.2: Χειροκίνητη παρέμβαση για την εξάλειψη των φορτίων αιχμής

4.1.2.2 Χρήση αυτόματων ελεγκτών

Μια παρόμοια, αλλά πιο αξιόπιστη μέθοδος είναι η χρήση αυτόματων ελεγκτών, οι οποίοι προγραμματίζονται, ώστε να απενεργοποιούν ορισμένα φορτία, όταν η ζήτηση είναι υψηλή, κατά τη διάρκεια των περιόδων αιχμής. Το μειονέκτημα των αυτόματων ελεγκτών είναι ότι οι χρήστες θα πρέπει να επιλέξουν μεταξύ των υψηλών χρεώσεων ζήτησης και της λειτουργίας ή μη φορτίων τα οποία μπορούν, κατά τη λειτουργία τους να επιφέρουν κέρδη.

Στην ίδια βιομηχανία αν εφαρμόσουμε ελάττωση των αιχμών με την χρήση αυτόματων ελεγκτών, για τις καταναλώσεις άνω των 180kWh, τότε από τη συνολική κατανάλωση των 15.378,8kWh, μίας τυπικής ημέρας, θα έχουμε μείωση της κατανάλωσης κατά 174,6kWh (Διάγραμμα 4.3). Με αυτό τον τρόπο όμως πάλι απενεργοποιούνται ορισμένα φορτία κατά τη διάρκεια της περιόδου αιχμής, τα οποία όμως θα μπορούσαν να είναι χρήσιμα για τη λειτουργία της βιομηχανίας, χωρίς όμως το περιθώριο λάθους, με αποτέλεσμα την αύξηση του κόστους διαχείρισης της ενέργειας της βιομηχανίας.

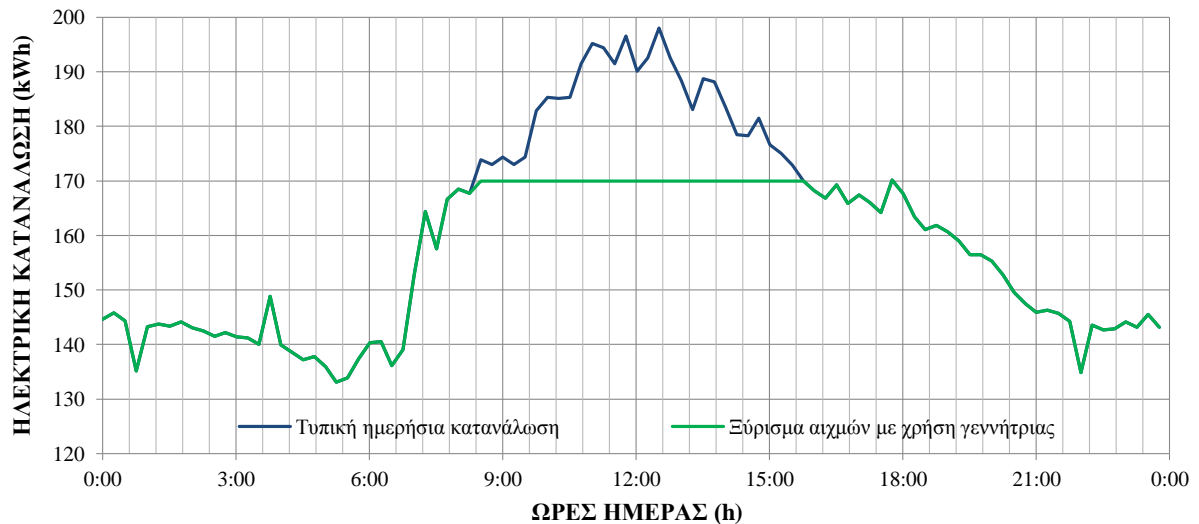


Διάγραμμα 4.3: Εξάλειψη των φορτίων αιχμής με αυτόματους ελεγκτές

4.1.2.3 Χρήση γεννητριών

Οι γεννήτριες συμβατικών καυσίμων, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη διαχείριση των χρεώσεων ζήτησης και ως εκ τούτου την ελάττωση αιχμών, παρέχοντας, όταν απαιτηθεί πρόσθετη ενέργεια κατά τις ώρες αιχμής, μειώνοντας έτσι την ανάγκη άντλησης ενέργειας από το δίκτυο. Σε κτίρια ή βιομηχανίες όπου υπάρχει εγκατεστημένη τουλάχιστον μία γεννήτρια, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για το ξύρισμα των αιχμών, δηλαδή για τις καταναλώσεις που είναι μεγαλύτερες από μία προκαθορισμένη τιμή.

Για παράδειγμα, αν σε μία βιομηχανία, εκμεταλλευτούμε την ήδη εγκατεστημένη γεννήτρια, για τον περιορισμό των αιχμών άνω των 170kWh, τότε σε μία τυπική ημέρα, όπου η συνολική κατανάλωση θα ήταν 15.378,8kWh, θα έχουμε μείωση της κατανάλωσης κατά 414,7kWh (Διάγραμμα 4.4). Με τον τρόπο αυτό διατηρούμε σε λειτουργία όλα τα φορτία της βιομηχανίας κατά τη διάρκεια της περιόδου αιχμής, μειώνοντας την ανάγκη άντλησης ενέργειας από το δίκτυο και ως εκ τούτου τις υψηλές χρεώσεις ζήτησης.



Διάγραμμα 4.4: Εξάλειψη των φορτίων αιχμής με χρήση γεννητριών

Η χρήση γεννητριών για την ελάττωση των φορτίων αιχμής μπορεί να εφαρμοστεί και σε άλλες μεγάλες κτιριακές εγκαταστάσεις, όπως τα νοσοκομεία. Σε αυτά, τα εγκατεστημένα ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη, τα οποία λειτουργούν σε περιπτώσεις απώλειας τροφοδοσίας ηλεκτρικού ρεύματος από το δίκτυο, μπορούν να αξιοποιηθούν για τη διαχείριση των χρεώσεων ζήτησης (αυτοκατανάλωση), βοηθώντας ταυτόχρονα το δίκτυο, εφόσον μειώνεται η ζήτηση στις αιχμές του.

Η χρήση γεννητριών όμως, έχει πολλά σημαντικά μειονεκτήματα, εξαιτίας της δαπανηρής λειτουργίας τους, όταν η χρήση τους είναι συχνή, τόσο από άποψη καυσίμου, όσο και από άποψη φθοράς, λόγω συντήρησης. Επίσης, με τη χρήση τους αυξάνουν την έκλυση εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Εναλλακτικοί τύποι γεννητριών ηλεκτροπαραγωγής, όπως αυτές που χρησιμοποιούν βιοαέριο για καύσιμο, ή υδρογόνο (H_2), θα μπορούσαν ενδεχομένως να μειώσουν το περιβαλλοντικό τους αποτύπωμα ή/και το λειτουργικό κόστος του καυσίμου, όχι όμως και το κόστος συντήρησης.

4.1.2.4 Χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας

Οι αυτόνομες μονάδες παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές μπορούν να μειώσουν αρκετά την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον μετριασμό των αιχμών ζήτησης, αλλά χωρίς να μπορούν να παρέχουν εγγυημένη εξάλειψή τους. Λειτουργούν με τον ίδιο ακριβώς τρόπο όπως και οι γεννήτριες, έχουν αμελητέο λειτουργικό κόστος και ενδεχομένως ελάχιστο κόστος συντήρησης αν πρόκειται για φωτοβολταϊκές μονάδες, αλλά η συννεφιά και η σκίαση ή η πιθανή νηνεμία μπορούν να

μειώσουν προσωρινά την ηλιακή ή αιολική παραγωγή και έτσι να μειωθεί η αποτελεσματικότητά τους. Η αποθήκευση της περίσσειας παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, δηλαδή με χρήση υβριδικού σταθμού, αποτελεί λύση (αυτοκατανάλωση) και συμβάλει στην αύξηση της αποτελεσματικότητας της συγκεκριμένης μεθόδου.

4.1.2.5 Χρήση αποθηκευμένης ενέργειας

Η χρήση μονάδων ή συσκευών αποθήκευσης ενέργειας θεωρείται πλέον μία εκ των ώριμων εναλλακτικών για την αποτελεσματική αντιμετώπιση των φορτίων αιχμής. Τα συστήματα αποθήκευσης ενέργειας μπορούν να διαμορφωθούν έτσι ώστε να φορτίζουν και να εκφορτίζουν στους βέλτιστους χρόνους, ώστε να μειώνονται οι αιχμές ζήτησης.

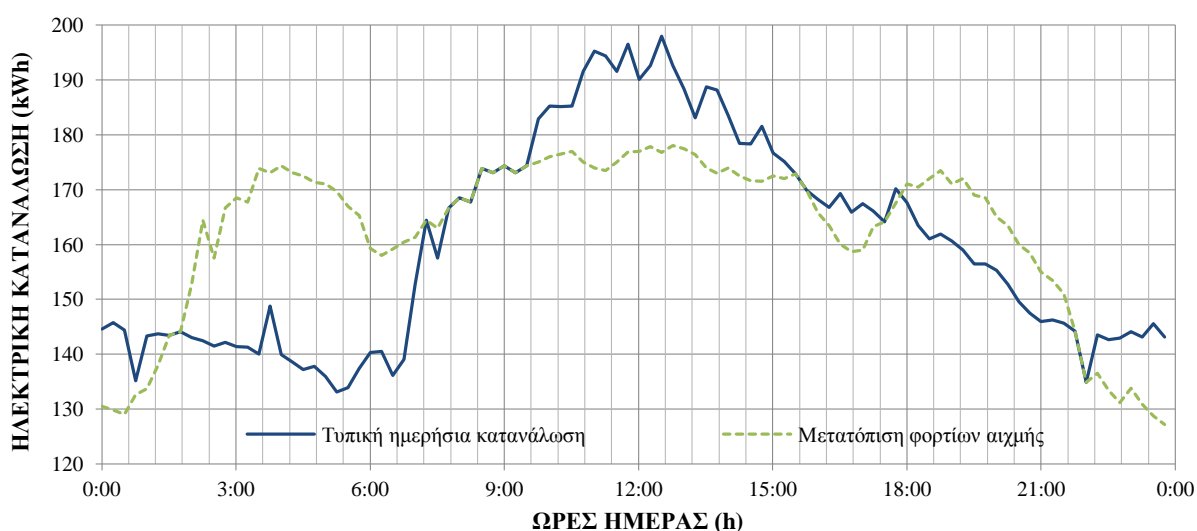
Τα συστήματα αποθήκευσης ενέργειας εγγυώνται ότι δεν θα αντλείται ισχύς από το δίκτυο, πάνω από ένα προκαθορισμένο όριο κατά τις ώρες αιχμής. Έτσι, μέσω μηχανισμών διαχείρισης των φορτίων ανιχνεύουν τότε η κατανάλωση ενέργειας υπερβαίνει το δεδομένο αυτό όριο και καλύπτουν τη ζήτηση με την αποθηκευμένη ενέργεια, έως ότου αυτή εξαντληθεί ή μέχρι αυτή πέσει κάτω από το παραπάνω όριο, όπου και συνεχίζει η άντληση ισχύος από το δίκτυο. Όταν η ζήτηση μειωθεί αρκετά, τότε η ενέργεια αποθηκεύεται ξανά στα συστήματα αποθήκευσης.

Η μέθοδος ελάττωσης των φορτίων αιχμής μέσω αποθηκευμένης ενέργειας, δεν απαιτεί την ύπαρξη ανθρώπινης παρουσίας ή την ενεργή διαχείριση για να λειτουργήσει και έτσι δεν υπάρχει το δίλημμα επιλογής μεταξύ των υψηλών χρεώσεων ζήτησης και της λειτουργίας κρίσιμου εξοπλισμού, αφού και οι υψηλές χρεώσεις μειώνονται και ο κρίσιμος εξοπλισμός λειτουργεί αδιάλειπτα.

Σε μεγάλες κτιριακές εγκαταστάσεις, όπως τα νοσοκομεία, όπου υπάρχουν ήδη εγκατεστημένα συστήματα αδιάλειπτης παροχής ενέργειας (UPS) για την προστασία των ιατρικών μηχανημάτων και ως εκ τούτου την ασφάλεια των ασθενών, μπορούν εύκολα να αξιοποιηθούν για την αντιμετώπιση των φορτίων αιχμής (αυτοκατανάλωση).

4.1.3 Μετατόπιση των φορτίων αιχμής (peak load shifting)

Μία άλλη εφαρμογή που χρησιμοποιείται «πίσω από τον μετρητή», κυρίως για την μείωση του κόστους κατανάλωσης ενέργειας είναι η μετατόπιση των φορτίων αιχμής. Με την μέθοδο αυτή ουσιαστικά μετακινούμε την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από μία χρονική περίοδο σε μία άλλη. Πιο συγκεκριμένα, μετατίθενται τα φορτία αιχμής από ώρες αιχμής (κορυφές), σε ώρες εκτός αιχμής (κοιλιάδες), εντός της ημέρας (επίτευξη αποκοπής και πλήρωσης). Για παράδειγμα, όταν σε μια βιομηχανία αναβάλλεται μία διαδικασία από μία περίοδο αιχμής σε μία άλλη στιγμή, χαμηλότερης ζήτησης, τότε μιλάμε για μετατόπιση φορτίων αιχμής (Διάγραμμα 4.5).



Διάγραμμα 4.5: Μετατόπιση των φορτίων αιχμής από ώρες αιχμής (κορυφές), σε ώρες εκτός αιχμής (κοιλιάδες)

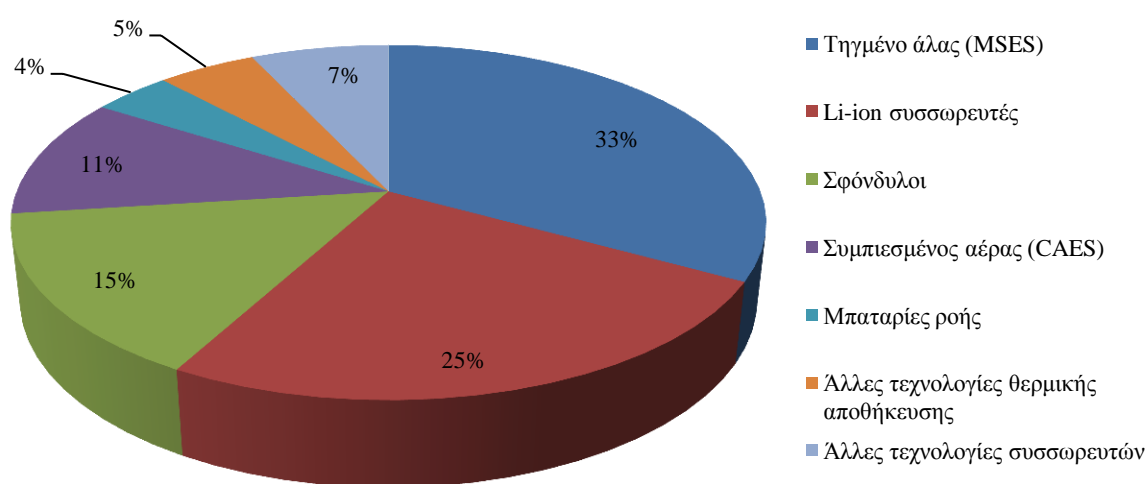
Μετατοπίζοντας τα φορτία αιχμής σε άλλη στιγμή, τα θετικά μέσω της εξοικονόμησης του κόστους ενέργειας είναι περισσότερα από την απώλεια παραγωγής σε μία βιομηχανία. Αντίστοιχα, κάτι παρόμοιο δε θα μπορούσε να συμβεί σε μία νοσοκομειακή μονάδα. Τα φορτία αιχμής δε μπορούν να μετατοπιστούν, σε άλλη στιγμή μέσα σε μία ημέρα και αυτό γιατί οι νοσοκομειακές καταναλώσεις ενέργειας είναι συγκεκριμένες και μάλιστα σε δεδομένες στιγμές μέσα στην ημέρα.

4.2 Κυρίαρχες τεχνολογίες αποθήκευσης ενέργειας

Για την ικανοποίηση της συνεχώς αυξανόμενης ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας και την ανάγκη για καλύτερη και πιο αξιόπιστη διαχείριση της ενέργειας, με σκοπό την εξομάλυνση των προβλημάτων στο κεντρικό δίκτυο διανομής, εξαιτίας των αιχμών από τα υψηλά φορτία, σε συγκεκριμένες περιόδους και την εξοικονόμηση χρημάτων, έχουν αναπτυχθεί διάφορες τεχνολογίες αποθήκευσης ενέργειας. Μερικές από αυτές είναι ήδη σε χρήση, με τεράστια τεχνολογική ωριμότητα, ενώ άλλες βρίσκονται ακόμη σε εξέλιξη. Οι κυρίαρχες τεχνολογίες αποθήκευσης ενέργειας είναι:

- η αντλησιοταμίευση (PHS)
- η αποθήκευση συμπιεσμένου αέρα (CAES)
- οι σφόνδυλοι
- οι συσσωρευτές (Li-ion, NiCd, NaS, NaNiCl₂, PbA, κλπ.)
- οι κυψέλες καυσίμου (αποθήκευση υδρογόνου)
- οι υπερπυκνωτές (SC)
- τα υπεραγώγιμα πηνία (SMES)

Εξαιρώντας την αντλησιοταμίευση, η οποία είναι η κυρίαρχη τεχνολογία αποθήκευσης ενέργειας, κατέχοντας το 96%, το 2020, της παγκόσμιας δυναμικότητας αποθήκευσης ενέργειας, το υπόλοιπο 4%, κατανέμεται αντίστοιχα στις υπόλοιπες τεχνολογίες, όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 4.6.



Διάγραμμα 4.6: Εγκατεστημένο δυναμικό τεχνολογιών αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας σε παγκόσμια κλίμακα παγκοσμίως το έτος 2020 [26]

Οι παραπάνω τεχνολογίες αποθήκευσης ενέργειας, μπορούν να ταξινομηθούν σύμφωνα με τα ακόλουθα κριτήρια:

- τη μορφή που επιτυγχάνεται η αποθήκευση ενέργειας (μηχανική, χημική, κλπ.)
- τον τύπο εφαρμογής τους (μόνιμος ή φορητός)
- το χρόνο αποθήκευσης
- το μέγεθος παραγωγής αποθηκευμένης ενέργειας

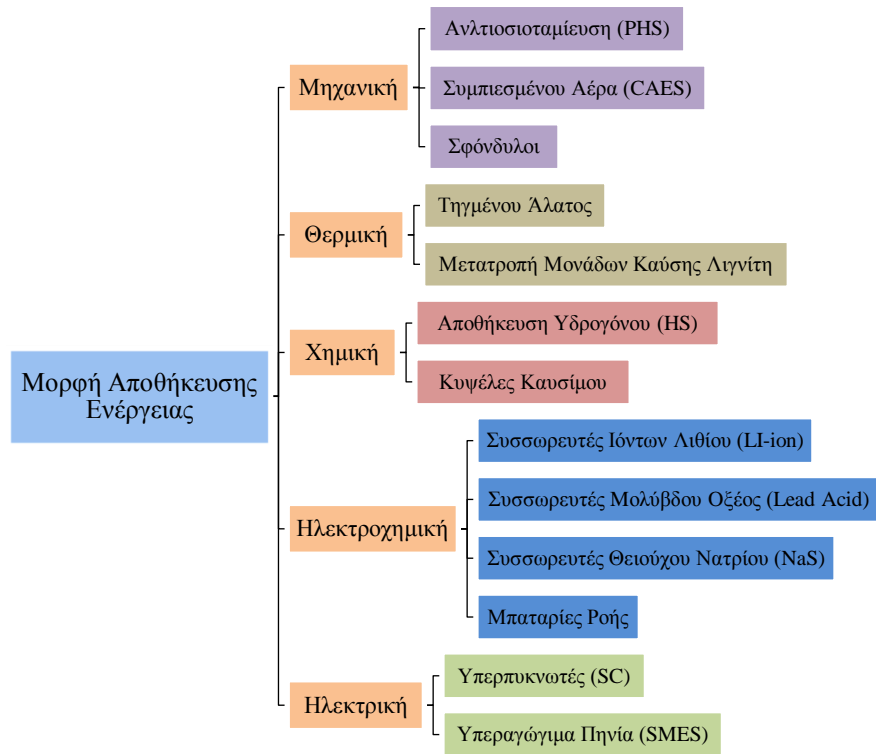
Οι πέντε βασικές κατηγορίες, ανάλογα τη μορφή που επιτυγχάνεται η αποθήκευση ενέργειας, είναι οι παρακάτω (Σχήμα 4.4):

1. Μηχανική αποθήκευση ενέργειας, όπου συμπεριλαμβάνονται η αντλησιοταμίευση (PHS), η αποθήκευση συμπιεσμένου αέρα (CAES) και οι σφόνδυλοι.
2. Θερμική αποθήκευση ενέργειας, με κυριότερη αυτή του τηγμένου άλατος και από τη μετατροπή των μονάδων καύσης λιγνίτη.
3. Χημική αποθήκευση ενέργειας, όπου ανήκουν η αποθήκευση υδρογόνου (H₂) και γενικά οι κυψέλες καυσίμου (FC).
4. Ηλεκτροχημική αποθήκευση ενέργειας, συμπεριλαμβανομένων όλων των συμβατικών και προηγμένων τύπων συσσωρευτών και των μπαταριών ροής.
5. Ηλεκτρική αποθήκευση ενέργειας, στην οποία ανήκουν οι υπερπυκνωτές (SC) και η υπεραγώγιμη αποθήκευση μαγνητικής ενέργειας (SMES).

Ανάλογα με το πεδίο εφαρμογής τους, οι παραπάνω τεχνολογίες αποθήκευσης ενέργειας χωρίζονται σε δύο μεγάλες ομάδες. Η μία είναι η ομάδα διαχείρισης ενέργειας και η άλλη η ομάδα αξιοπιστίας και ποιότητας της ενέργειας.

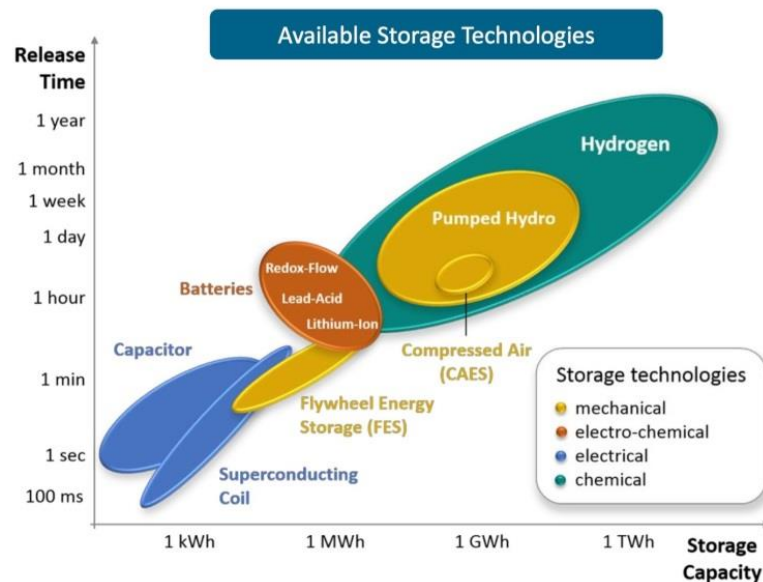
Στην πρώτη ομάδα, ανήκουν οι μεγάλης κλίμακας τεχνολογίες, όπως η αντλησιοταμίευση (PHS) και η αποθήκευση συμπιεσμένου αέρα (CAES), οι οποίες μπορούν να υποστηρίξουν εφαρμογές που απαιτούν μεγάλη χωρητικότητα αποθήκευσης ενέργειας και διαθέσιμη ενεργειακή αυτονομία.

Στη δεύτερη ομάδα, ανήκουν οι τεχνολογίες που μπορούν να προσφέρουν άμεσα (ακόμα σε κλίμακα msec) ικανή ισχύ, μόλις αυτή απαιτηθεί, και περιλαμβάνει τους σφονδύλους, τους υπερπυκνωτές (SC) και τα υπεραγώγιμα πηνία (SMES).



Σχήμα 4.4: Μορφές αποθηκευμένης ενέργειας [27]

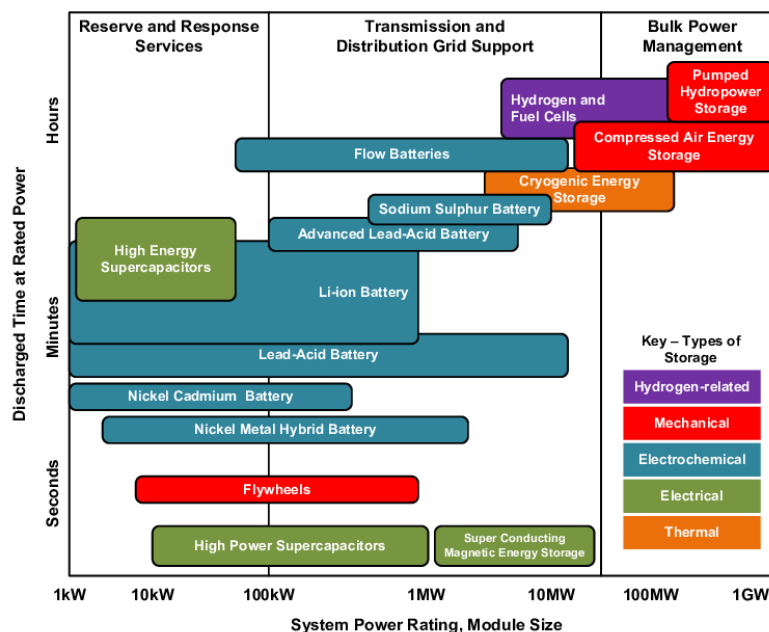
Το κενό μεταξύ των τεχνολογιών των παραπάνω δύο ομάδων, έρχονται να καλύψουν οι διαφορετικές τεχνολογίες συσσωρευτών, όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 4.7.



Διάγραμμα 4.7: Απεικόνιση των κυρίαρχων τεχνολογιών αποθήκευσης ενέργειας, συγκριτικά με τον χρόνο εκφόρτισης και την αποθηκευτική τους ικανότητα [28]

Συστήματα αποθήκευσης ενέργειας, μεγάλης κλίμακας, τα οποία εξυπηρετούν διάφορες εφαρμογές διαχείριση ενέργειας, βρίσκονται στην πάνω δεξιά πλευρά του παραπάνω

σχήματος. Αντίστοιχα, τεχνολογίες αποθήκευσης ενέργειας, από τις οποίες χρειαζόμαστε αξιοπιστία και ποιότητα ισχύος, καλύπτουν την κάτω αριστερή πλευρά του παραπάνω σχήματος. Τα συστήματα συσσωρευτών και κυψελών καυσίμων – αποθήκευσης υδρογόνου (H₂) απλώνονται κατά μήκος ολόκληρου του εύρους ισχύος [29]. Στο Σχήμα 4.8 φαίνεται αναλυτικότερα η χρήση όλων των κυριάρχων τεχνολογιών αποθήκευσης ενέργειας, σε τρεις διαφορετικές περιοχές ισχύος.

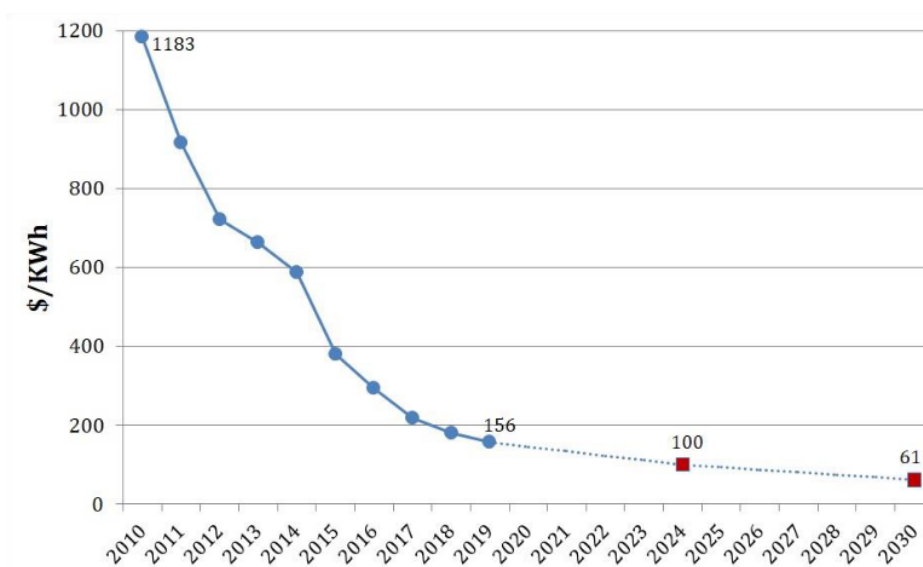


Λιάγραμμα 4.8: Κυριάρχες τεχνολογίες αποθήκευσης ενέργειας, σε τρεις διαφορετικές περιοχές ισχύος [30]

Η κυρίαρχη τεχνολογία αποθήκευσης παγκοσμίως, με διαφορά, είναι η αντλησιοταμίευση. Κατέχει το 96% της παγκόσμιας αποθηκευτικής ικανότητας, το 2020 (152GW) [26]. Τα κυριότερα πλεονεκτήματά της είναι τεχνολογική ωριμότητα, η ταχεία απόκριση στις μεταβολές του φορτίου και οι συγκριτικά υψηλοί βαθμοί απόδοσης που μπορούν να φτάσουν ως και το 80%. Ωστόσο, είναι δύσκολη και χρονοβόρα η εύρεση και η κατασκευή των δύο ταμιευτήρων νερού που απαιτούνται σε αυτά τα συστήματα, ενώ παράλληλα υπάρχει πάντοτε το ρίσκο σημαντικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων, όπως η αποψίλωση δασών και η αφαίρεση μεγάλης ποσότητας βλάστησης πριν τη δημιουργία των ταμιευτήρων.

4.3 Συσσωρευτές

Η ταχύτερη όμως, αναπτυσσόμενη τεχνολογία αποθήκευσης ενέργειας και ταυτόχρονα η πιο σύγχρονη, είναι αυτή των συσσωρευτών. Τα συστήματα αποθήκευσης με συσσωρευτές έχουν ταχείες αποκρίσεις, της τάξης κάτω του δευτερολέπτου, και σημαντικά μεγαλύτερους βαθμούς απόδοσης από τις τεχνολογίες αντλησιοταμίευσης, φτάνοντας έως και το 96%, στην περίπτωση νεότερων συσσωρευτών ιόντων λιθίου. Οι συσσωρευτές μπορούν να προσφέρουν πολλές ενεργειακές υπηρεσίες, όπως η δυνατότητα επανεκκίνησης από ολική διακοπή (black – start capability), η αντιμετώπιση των αιχμών (peak shaving), η ρύθμιση συχνότητας (frequency regulation), η αποθήκευση ενέργειας σε ώρες χαμηλής ζήτησης και η απόδοση της σε ώρες υψηλής ζήτησης (load leveling) και η γρήγορη προσαρμογή της παροχής ενέργειας ανάλογα με τις αυξομειώσεις της ζήτησης. Η πρόοδος των τεχνολογιών των συσσωρευτών και η αυξημένη ζήτηση έχουν οδηγήσει σε εντυπωσιακή μείωση του κόστους τους, της τάξης του 87% τη δεκαετία 2010 – 2019, με προοπτικές για περαιτέρω μείωση (Διάγραμμα 4.9). Ένα άλλο σημαντικό συγκριτικό τους πλεονέκτημα είναι οι μικροί χρόνοι κατασκευής των συστημάτων.



Διάγραμμα 4.9: Κόστος συσσωρευτών την περίοδο 2010 – 2019 και πρόβλεψη έως το 2030 [31]

Ωστόσο, μειονεκτήματα των συσσωρευτών αποτελούν ο μικρός χρόνος ζωής τους, συγκριτικά με άλλες τεχνολογίες αποθήκευσης, η πεπερασμένη διαθεσιμότητα πρώτων υλών για την κατασκευή ορισμένων τύπων συσσωρευτών, όπως του λιθίου, αλλά και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις της απόρριψής τους, μετά το πέρας του κύκλου ζωής τους.

Η πρόοδος που έχει σημειωθεί τα τελευταία χρόνια στις τεχνολογίες και τα υλικά, έχουν αυξήσει κατακόρυφα την αξιοπιστία και την απόδοση των σύγχρονων συσσωρευτών, μειώνοντας παράλληλα, εξαιτίας της ζήτησής του και το κόστος τους. Η συνεχής καινοτομία έχει δημιουργήσει συσσωρευτές, οι οποίοι μπορούν να φορτιστούν και να εκφορτιστούν ταυτόχρονα και άμεσα, παρέχοντας σχεδόν μεγάλη διάρκεια ζωής. Οι πιο σύγχρονες τεχνολογίες συσσωρευτών αναλύονται παρακάτω.

4.3.1 Συσσωρευτές Ιόντων Λιθίου (Li-ion)

Η ιδέα για τη δημιουργία των συσσωρευτών ιόντων λιθίου [32], αναπτύχθηκε από τον χημικό Stanley Whittingham, την δεκαετία του 1970. Το πρώτο εμπορικό προϊόν βγήκε στην αγορά το 1991. Αρχικά χρησιμοποιήθηκαν για ηλεκτρονικά είδη ευρείας κατανάλωσης και σήμερα πολλές εταιρείες, βασιζόμενες στην επιτυχία αυτών των συσσωρευτών, δημιουργούν κυψέλες μεγαλύτερου μεγέθους, για χρήση σε εφαρμογές αποθήκευσης ενέργειας.

Ο συσσωρευτής ιόντων λιθίου είναι ένας τύπος επαναφορτιζόμενης μπαταρίας, στον οποίο τα ιόντα λιθίου κινούνται από το αρνητικό ηλεκτρόδιο προς το θετικό, κατά τη διάρκεια της εκφόρτισης και αντίστροφα κατά τη φόρτιση. Οι συσσωρευτές αυτοί χρησιμοποιούν μια παρεμβλλόμενη ένωση του λιθίου ως υλικό του ενός ηλεκτροδίου, συγκρινόμενες με το μεταλλικό λίθιο, που χρησιμοποιείται στους μη επαναφορτιζόμενους συσσωρευτές λιθίου. Ο ηλεκτρολύτης, που επιτρέπει την ιονική μετακίνηση και τα δύο ηλεκτρόδια, είναι τα συστατικά του στοιχείου των συσσωρευτών ιόντων λιθίου.

Οι συσσωρευτές αυτοί μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών αποθήκευσης ενέργειας, που κυμαίνονται από συσσωρευτές λίγων κιλοβατώραν, για οικιακά Φ/Β συστήματα, έως συσσωρευτές μεγάλης ισχύος, για την παροχή βοηθητικών υπηρεσιών σε επίπεδο κεντρικών δικτύων.

Οι συσσωρευτές όμως ιόντων λιθίου μπορούν να θέσουν ιδιαίτερους κινδύνους ασφαλείας, επειδή ο ηλεκτρολύτης τους είναι εύφλεκτος και διατηρείται υπό πίεση. Εάν ένα στοιχείο του συσσωρευτή φορτίζεται υπερβολικά γρήγορα, μπορεί να προκαλέσει βραχυκύκλωμα, το οποίο μπορεί να οδηγήσει σε έκρηξη και πυρκαγιά. Εξαιτίας αυτών των κινδύνων, τα πρότυπα ελέγχου έχουν γίνει πιο αυστηρά από τα πρότυπα άλλων συσσωρευτών.

4.3.2 Συσσωρευτές Μολύβδου

Οι συσσωρευτές μολύβδου [32] αποτελούν την πιο ευρέως χρησιμοποιούμενη τεχνολογία επαναφορτιζόμενων συσσωρευτών παγκοσμίως. Έχουν ένα ασυναγώνιστο ιστορικό αξιοπιστίας και ασφάλειας που τους καθιστά την κυρίαρχη τεχνολογία συσσωρευτών σε παραγωγή. Οι συσσωρευτές μολύβδου χρησιμοποιούνται ευρέως στα οχήματα, υποστηρίζοντας πλήρως την ηλεκτροκίνηση των οχημάτων. Επιπλέον, χρησιμοποιούνται ευρέως σε βιομηχανικές εφαρμογές, όπου παρέχουν ενέργεια για τηλεπικοινωνίες, αδιάλειπτη παροχή ρεύματος, αδιάλειπτη ισχύ και αποθήκευση ενέργειας σε επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας, καθώς και σε πολλές οικιακές και εμπορικές εφαρμογές.

Οι συσσωρευτές μολύβδου έχουν μακρά ιστορία επιτυχημένης χρήσης στην αποθήκευση ενέργειας. Είναι πολύ αξιόπιστοι και μπορούν να προσαρμοστούν για ένα ευρύ φάσμα κύκλων λειτουργίας. Επιπλέον, σχεδόν όλοι οι χρησιμοποιημένοι συσσωρευτές μολύβδου συλλέγονται στο τέλος του κύκλου ζωής τους για ανακύκλωση, κατέχοντας τα υψηλότερα ποσοστά από όλες τις τεχνολογίες μπαταριών. Περισσότερο από το 90% του υλικού τους να ανακτάται στη διαδικασία ανακύκλωσης και έτσι σχεδόν όλος ο μολύβδος χρησιμοποιείται για την κατασκευή νέων συσσωρευτών.

Οι συσσωρευτές μολύβδου μπορούν να χρησιμοποιηθούν επίσης για ρύθμιση συχνότητας και για διαχείριση φορτίου, σε επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας. Επιπλέον χρησιμοποιούνται ευρέως για την υποστήριξη Φ/Β εγκαταστάσεων, τόσο σε εμπορικούς όσο και σε οικιακούς χώρους. Υπάρχουν συσσωρευτές μολύβδου οι οποίοι μπορούν να επιτύχουν 5.000 κύκλους και έως 70% βάθος εκφόρτισης, προσφέροντας παράλληλα σχεδόν 15 χρόνια ζωής αν χρησιμοποιούνται συστηματικά. Έχουν χαμηλότερο κόστος από άλλες τεχνολογίες συσσωρευτών και είναι ασφαλείς καθώς έχουν υδατικό ηλεκτρολύτη και μη εύφλεκτα ενεργά υλικά.

Ένας κλασικός συσσωρευτής μολύβδου, με ηλεκτρολύτη διάλυμα θεικού οξέος, μπορεί να έχει απόδοση 75%, ενώ ένας τύπου τζελ, μπορεί να φτάσει απόδοση μέχρι και 95%.

4.3.3 Μπαταρίες Ροής Οξειδοαναγωγής (RFB)

Οι μπαταρίες ροής οξειδοαναγωγής [32] αντιπροσωπεύουν μια κατηγορία ηλεκτροχημικών συσκευών αποθήκευσης ενέργειας. Η λέξη οξειδοαναγωγή, αναφέρεται σε χημικές αντιδράσεις αναγωγής και οξείδωσης, που χρησιμοποιούνται στην μπαταρία για την αποθήκευση ενέργειας σε διαλύματα υγρών ηλεκτρολυτών που ρέουν μέσα σε μία μπαταρία ηλεκτροχημικών στοιχείων κατά τη φόρτιση και την εκφόρτιση.

Κατά τη διάρκεια της εκφόρτισης, ένα ηλεκτρόνιο απελευθερώνεται μέσω μιας οξειδωτικής αντίδρασης από μια κατάσταση υψηλού χημικού δυναμικού, στην αρνητική πλευρά της μπαταρίας. Το ηλεκτρόνιο κινείται μέσω ενός εξωτερικού κυκλώματος και γίνεται αποδεκτό μέσω μιας αναγωγικής αντίδρασης, σε μια κατάσταση χαμηλού χημικού δυναμικού, στη θετική πλευρά της μπαταρίας. Η κατεύθυνση του ρεύματος και οι χημικές αντιδράσεις αντιστρέφονται κατά τη φόρτιση.

Οι μπαταρίες ροής οξειδοαναγωγής προσφέρουν ένα οικονομικό μέσο για την αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας, σε κλίμακα δικτύου. Είναι κατάλληλες για εφαρμογές αποθήκευσης ενέργειας με ισχύ από μερικές δεκάδες kW έως δεκάδες MW και διάρκεια αποθήκευσης από 2 έως 10 ώρες.

4.3.4 Συσσωρευτές Νικελίου – Καδμίου (Ni-Cd)

Από τη δεκαετία του 1910, οι συσσωρευτές Ni-Cd [32], που θεωρούνται παραδοσιακοί τύποι συσσωρευτών έχουν σημειώσει βήματα προόδου, προκειμένου να παραμείνουν βιώσιμοι. Οι συσσωρευτές Ni-Cd, αν και δεν υπερέρχουν τεχνολογικά, παραμένουν εμπορικοί χωρίς πολύπλοκα συστήματα διαχείρισης, ενώ παρέχουν μεγάλη διάρκεια ζωής και αξιοπιστία.

Τα πρώτα κύτταρα Ni-Cd χρησιμοποιούσαν την τεχνολογία των θετικών ηλεκτροδίων, τύπου rocket, η οποία εξακολουθεί να χρησιμοποιείται και σήμερα. Η τεχνολογία με το πυροσυσσωματωμένο ηλεκτρόδιο, από πορώδες νικέλιο, εισήχθη στην παραγωγή στα μέσα του 20^{ου} αιώνα, για να ακολουθήσουν αργότερα ηλεκτρόδια από ίνες, με πλαστική σύνδεση και αφρού. Όλες οι παραπάνω τεχνολογίες χρησιμοποιούν γενικά την ίδια σχεδίαση ηλεκτροδίων, τόσο για το θετικό νικέλιο, όσο και για το αρνητικό κάδμιο.

Όλοι οι βιομηχανικοί τύποι συσσωρευτών Ni-Cd είναι αεριζόμενοι τύποι, επιτρέποντας στα αέρια που σχηματίζονται κατά την υπερφόρτιση να διαχέονται, απαιτώντας όμως κάποιο βαθμό πλήρωσης με νερό για αντιστάθμιση. Έχουν σχεδιαστεί για χρήση σε τηλεπικοινωνίες ή σε εκτός δικτύου εφαρμογές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, επιτυγχάνοντας λειτουργία σχεδόν χωρίς συντήρηση. Παράδειγμα αυτού είναι η χρήση τους για τη σταθεροποίηση μονάδας 3MW, παραγωγής αιολικής ενέργειας στο νησί Bonaire, σύστημα το οποίο τέθηκε σε λειτουργία το 2010 και έγινε η πρώτη κοινότητα με το 100% της τοπικής ζήτησης να προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

4.3.5 Συσσωρευτές Θειούχου Νατρίου (NaS)

Οι συσσωρευτές νατρίου-θείου [32] αναπτύχθηκαν αρχικά από την Εταιρεία Ford – Motor, τη δεκαετία του 1960, και στη συνέχεια η τεχνολογία πωλήθηκε στην ιαπωνική Εταιρεία NGK. Η NGK κατασκευάζει τώρα τα συστήματα συσσωρευτών για σταθερές εφαρμογές. Τα συστήματα αυτά λειτουργούν σε υψηλές θερμοκρασίες, της τάξης των 300°C, έως 350°C, κάτι το οποίο θέτει ζητήματα διακοπτόμενης λειτουργίας. Έχουν χρησιμοποιηθεί σε σημαντικές εγκαταστάσεις αποθήκευσης ενέργειας και η απόδοση τους κυμαίνεται στο 90%, παρέχοντας αποτελεσματική διαχείριση της ενέργειας.

Τα ενεργά υλικά σε αυτούς του συσσωρευτές είναι τηγμένο θείο ως θετικό ηλεκτρόδιο και τηγμένο νάτριο ως αρνητικό. Τα ηλεκτρόδια διαχωρίζονται από ένα στερεό κεραμικό, νατρίου και οξειδίου του αργιλίου, το οποίο χρησιμεύει επίσης ως ηλεκτρολύτης. Αυτό το κεραμικό επιτρέπει να περάσουν μόνο θετικά φορτισμένα ιόντα νατρίου. Κατά τη διάρκεια της εκφόρτισης, τα ηλεκτρόνια μετακινούνται από το μέταλλο του νατρίου, σχηματίζοντας ιόντα νατρίου, τα οποία στη συνέχεια μετακινούνται μέσω του ηλεκτρολύτη, στο θετικό ηλεκτρόδιο. Αυτά κινούνται μέσα από το κύκλωμα και στη συνέχεια επιστρέφουν πίσω στο θετικό ηλεκτρόδιο του συσσωρευτή, όπου παραλαμβάνονται από το τηγμένο θείο, για να σχηματίσουν πολυσουλφίδιο. Τα θετικά φορτισμένα ιόντα νατρίου, τα οποία κινούνται στο διαμέρισμα του θετικού ηλεκτροδίου, εξισορροπούν τη ροή του φορτίου των ηλεκτρονίων. Κατά τη φόρτιση, η παραπάνω διαδικασία αντιστρέφεται. Ο συσσωρευτής πρέπει να διατηρείται ζεστός (συνήθως πάνω από 300°C) για να διευκολυνθεί η ανωτέρω διαδικασία, με ανεξάρτητους θερμαντήρες να αποτελούν μέρος του συστήματος του συσσωρευτή.

4.4 Εφαρμογή της αποθήκευσης στη ενέργεια σε μεγάλες κτιριακές εγκαταστάσεις

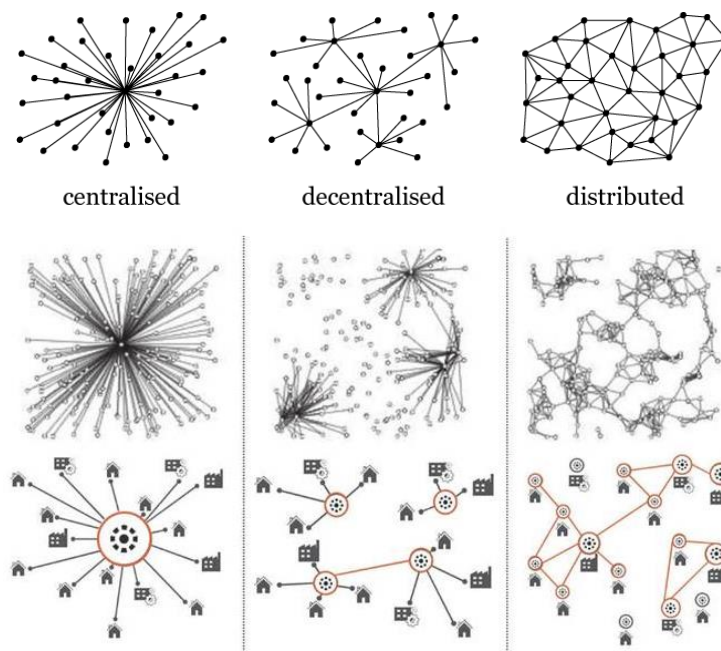
Με την εισαγωγή συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας σε μεγάλες κτιριακές εγκαταστάσεις, μπορεί να διαχειριστεί η ζήτηση εφαρμόζοντας στρατηγικές ελάττωσης των αιχμών και μετατόπισης του φορτίου, όπως αναλύσαμε παραπάνω. Με τον τρόπο αυτό τα συστήματα αποθήκευσης ενέργειας θα φορτίζονται σε περιόδους χαμηλής ζήτησης και εν συνεχεία, είτε θα εκφορτίζονται σε περιόδους υψηλής ζήτησης, επιτυγχάνοντας ελάττωση στις αιχμές ή μετατόπιση των φορτίων (αυτοκατανάλωση), είτε θα στέλνουν προς πώληση την ενέργεια πίσω στο δίκτυο, επωφελούμενοι των αυξημένων τιμών ηλεκτρικής ενέργειας που παρατηρούνται στις περιόδους υψηλής ζήτησης.

Το όφελος από την εγκατάσταση των μονάδων αποθήκευσης ενέργειας συνίσταται στη δυνατότητα αποθήκευσης της περίσσειας ενέργειας που παράγεται από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως για παράδειγμα από τα Φ/Β, κατά τις μεσημεριανές ώρες, και της απόδοσής της σε ώρες αυξημένης ζήτησης. Αντίστοιχα, στη δυνατότητα αποθήκευσης ενέργειας σε περιόδους χαμηλής ζήτησης, όπως για παράδειγμα τη νύχτα, και της απόδοσής της πάλι σε ώρες που θα υπάρχει ανάγκη για αυξημένη ζήτηση. Με τον τρόπο αυτό αφενός μειώνεται το κόστος της ενέργειας και αφετέρου υποστηρίζεται η σταθερότητα του δικτύου, χωρίς να απαιτείται πρόσθετη συνεισφορά από ευέλικτες θερμικές μονάδες.

Παρόλο που το θεσμικό και ρυθμιστικό πλαίσιο για την ανάπτυξη και συμμετοχή των μονάδων αποθήκευσης είναι ακόμα υπό συζήτηση, σύμφωνα με την Εισήγηση της Ο.Δ.Ε. Αποθήκευσης Ηλεκτρικής Ενέργειας της ΓΓΕΟΠΥ/ΥΠΕΝ, η οποία δημοσιεύτηκε τον Ιούνιο του 2021, η αποθήκευση αναδεικνύεται σε πολυεργαλείο των σύγχρονων ηλεκτρικών συστημάτων. Οι διατάξεις αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας, μπορεί να εγκατασταθούν σε κάθε σημείο του ηλεκτρικού συστήματος (παραγωγή, μεταφορά, διανομή, εγκαταστάσεις τελικών χρηστών), επιτελώντας γενικές και οριζόντιες λειτουργίες (χρονική μετάθεση της παραγωγής ή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας), όσο και ειδικές λειτουργίες συσχετισμένες με την εκάστοτε εφαρμογή. Το πλαίσιο αυτό σε μεγάλο βαθμό θα πρέπει να καθορίσει [33]:

- την αδειοδότηση των μονάδων αποθήκευσης
- την πρόσβαση στο κεντρικό δίκτυο διανομής ηλεκτρικής ενέργειας
- την ενσωμάτωση των εγκαταστάσεων καταναλωτών και παραγωγών Α.Π.Ε.
- τις ρυθμιζόμενες χρεώσεις στις οποίες θα υπόκειται η αποθήκευση

Τα συστήματα διανομής ηλεκτρικής ενέργειας χωρίζονται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες, τα κεντρικά, τα αποκεντρωμένα και τα διεσπαρμένα ή διανεμημένα (Σχήμα 4.4).



Σχήμα 4.5: Αναπαράσταση κεντρικού, αποκεντρωμένου και διεσπαρμένου συστήματος ενέργειας [34]

Τα περισσότερα συστήματα διανομής ηλεκτρικής ενέργειας παγκοσμίως είναι κεντρικά (centralized systems). Τα κεντρικά συστήματα χρησιμοποιούν την λογική διαχειριστή/καταναλωτή, όπου ένας ή περισσότεροι κόμβοι καταναλωτών συνδέονται απ' ευθείας με τον κεντρικό διαχειριστή. Με αυτόν τον τύπο συστήματος ο καταναλωτής έχει άμεση σχέση με τον διαχειριστή, εφόσον συνδέεται με αυτόν.

Με την εισαγωγή των Α.Π.Ε. και την κατασκευή μεγάλων μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, αναπτύχθηκαν τα αποκεντρωμένα συστήματα (decentralized systems). Στα αποκεντρωμένα συστήματα, κάθε κόμβος παίρνει τη δική του απόφαση και την στέλνει στον κύριο διαχειριστή, ο οποίος παίρνει όμως την τελική απόφαση και ενημερώνει, κάθε κόμβο του δικτύου. Πρόκειται δηλαδή για μικροδίκτυα παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος.

Με την ψήφιση ρυθμιστικού πλαισίου για την αξιοποίηση της αποθηκευμένης ενέργειας από τους χρήστες, το σύστημα θα είναι πλέον διεσπαρμένο ή διανεμημένο (distributed system). Το συγκεκριμένο σύστημα περιλαμβάνει ποικιλία λύσεων παραγωγής, αποθήκευσης, παρακολούθησης και ελέγχου της ενέργειας. Είναι το σύστημα το οποίο θα μπορούν χρησιμοποιούν όλοι οι χρήστες, παρέχοντας και αυτοί στο δίκτυο την αποθηκευμένη τους ενέργεια και προσφέροντας έτσι μείωση του κόστους παραγωγής, βελτίωση της αξιοπιστίας

του δικτύου και διασφάλιση εσόδων στη βάση τοπικής (αυτόνομης) παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και διαχείρισης του φορτίου. Δημιουργούνται έτσι αμφίδρομες ροές ενέργειας, με τους καταναλωτές να λαμβάνουν και να στέλνουν ενέργεια στο δίκτυο. Η αποθήκευση ενέργειας μέσω συσσωρευτών σε μεγάλες κτιριακές εγκαταστάσεις μπορεί να χρησιμοποιηθεί από ένα διεσπαρμένο σύστημα, ως αυτόνομη πηγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Η συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας αναμένεται να επεκτείνει την τάση των διεσπαρμένων συστημάτων και την εγκατάσταση συσσωρευτών για την αποθήκευση ενέργειας, ακόμα και σε μικρότερα κτίρια, όπως εμπορικά κτίρια και κτίρια γραφείων.

Κεφάλαιο 5. Διαχείριση ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας και κτιριακός – βιομηχανικός τομέας

5.1 Η διαχείριση ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας

Η διαχείριση της ζήτησης [35] των ηλεκτρικών φορτίων, αποτελεί τα τελευταία χρόνια, ένα σημαντικό εργαλείο, εξαιτίας της διαρκώς αυξανόμενης ζήτησης, της αναμενόμενης μείωσης της διαθεσιμότητας των ορυκτών καυσίμων, της μεγάλης διακύμανσης των τιμών των εισαγόμενων καυσίμων, αλλά και της επίδρασης των συμβατικών μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στο περιβάλλον. Έτσι λοιπόν, διαχείριση ζήτησης μπορεί να οριστεί ως το σύνολο από τις στρατηγικές που μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τους καταναλωτές, ή το διαχειριστή του δικτύου, προκειμένου να συμβάλλουν στην ασφάλεια του συστήματος, έχοντας ταυτόχρονα οικονομικά οφέλη από την εφαρμογή τους. Με λίγα λόγια η διαχείριση της ζήτησης αποσκοπεί στη συνεργασία του διαχειριστή του δικτύου και των καταναλωτών, με απώτερο σκοπό τον έλεγχο και τη μείωση της ηλεκτρικής ζήτησης, προς όφελος τους, της κοινωνίας και του περιβάλλοντος.

Οι κύριοι παράγοντες [36], που μπορούν να διαμορφώσουν τη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας σε μία χώρα, σε μέσο – μακροπρόθεσμη βάση, είναι οι εξής:

- Οι οικονομικές συνθήκες της χώρας, βάσει του Α.Ε.Π.
- Η διαφοροποίηση στις καταναλωτικές συνήθειες του πληθυσμού, όπως:
 - o Η διαρκώς αυξανόμενη χρήση κλιματιστικών μηχανημάτων, αντλιών θερμότητας, κλπ.
 - o Η αυξητική τάση της χρήσης υπολογιστικών συστημάτων
 - o Η χρήση λαμπτήρων LED, αντί του συμβατικού φωτισμού
 - o Η χρήση ολοένα και περισσότερων ηλεκτροκίνητων οχημάτων
- Τα επίπεδα τιμών ηλεκτρικής ενέργειας και των υπόλοιπων καυσίμων, όπως το φυσικό αέριο
- Η πληθυσμιακή εξέλιξη της χώρας
- Η υλοποίηση μέτρων εξοικονόμηση ενέργειας
- Οι περιβαλλοντικοί περιορισμοί, όπως αυτοί τίθενται διεθνώς

Η ηλεκτρική ζήτηση δεν έχει συγκεκριμένο ρυθμό μεταβολής. Μπορεί να διαφέρει ανά ημέρα, ανά εβδομάδα, ανά εποχή και ανά έτος, εξαρτώμενη από διαφορετικούς παράγοντες κάθε φορά. Για το λόγο αυτό η εγκατεστημένη δυναμικότητα παραγωγής θα πρέπει να είναι σε θέση να ανταποκριθεί στο μέγιστο της ζήτησης που μπορεί να παρουσιαστεί. Πρακτικά όμως είναι αδύνατο να εγγυηθεί κανείς ότι ένα σύστημα ηλεκτροπαραγωγής θα μπορεί να

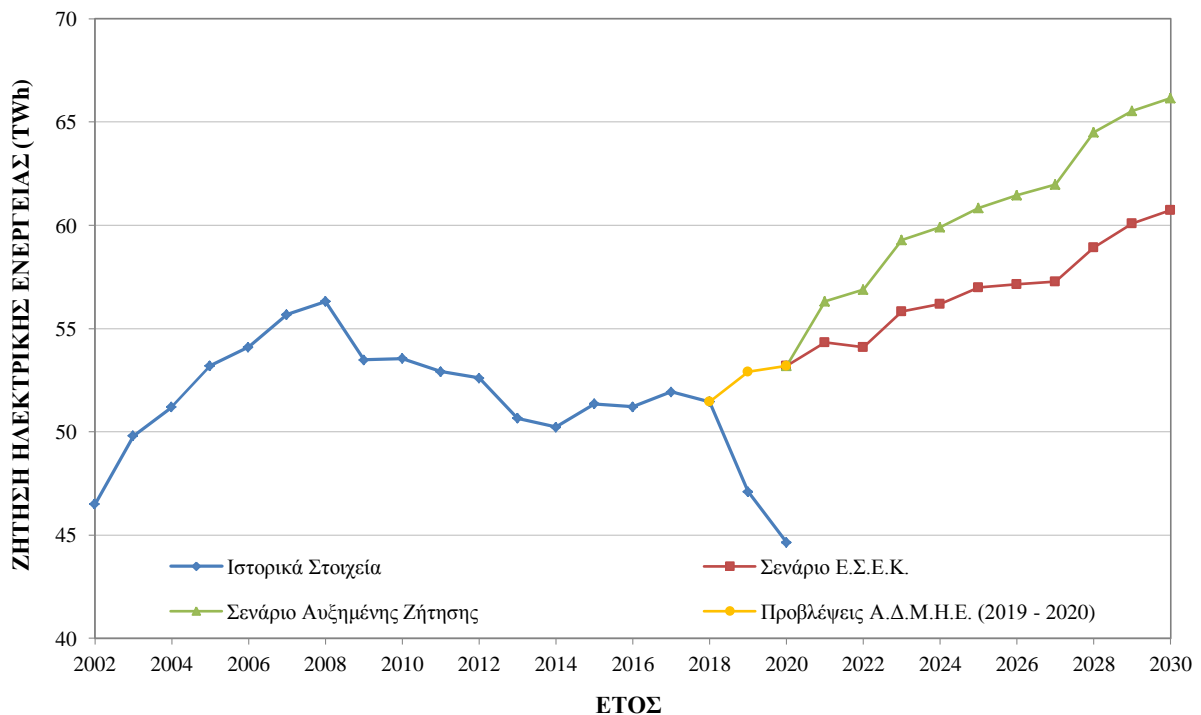
ανταποκριθεί πλήρως στις ανάγκες της ζήτησης κάτω από οποιεσδήποτε συνθήκες. Συνεπώς, θα πρέπει να καθοριστεί ένα επιθυμητό επίπεδο αξιοπιστίας, το οποίο θα εξασφαλίζει το σύστημα ηλεκτροπαραγωγής, προκειμένου να μειώνεται το ρίσκο της μη ικανοποίησης της ζήτησης, ώστε να είναι ανεκτό, τόσο από οικονομικής, όσο και από κοινωνικής άποψης. Ιστορικά, οι δείκτες αξιοπιστίας [36], οι οποίοι εκφράζουν την επάρκεια του συστήματος ηλεκτροπαραγωγής, είναι οι LOLE (Loss of Load Expectation) και EUE (Expected Unserved Energy), οι οποίοι υπολογίζονται μέσω της πιθανοτικής προσομοίωσης.

Πρακτικά όμως, η βελτίωση της αξιοπιστίας του δικτύου, επιτυγχάνεται με την τροποποίηση της καμπύλης φορτίου, ή ακόμα καλύτερα την ομαλοποίησή της. Με τον τρόπο αυτό το δίκτυο γίνεται αποδοτικότερο και μπορεί πλέον να αποκριθεί στη ζήτηση, σε πολύ υψηλά ποσοστά.

Σύμφωνα με την Μελέτη Επάρκειας Ισχύος της Ελλάδας, που συντάχθηκε, τον Δεκέμβριο του 2019 από τον Ανεξάρτητο Διαχειριστή Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (Α.Δ.Μ.Η.Ε.), προβλέπεται αύξηση της καθαρής ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας για την περίοδο 2020 – 2030 (Διάγραμμα 5.1). Η πρόβλεψη αυτή στηρίζεται σε παραδοχές, όσον αφορά τη διαθεσιμότητα του παραγωγικού δυναμικού, την εξέλιξη της ζήτησης και του διασυνοριακού εμπορίου. Εξετάζονται λοιπόν δύο σενάρια [36]:

1. Το σενάριο του Εθνικού Σχεδίου για την Ενέργεια και το Κλίμα (Ε.Σ.Ε.Κ.). Στο σενάριο αυτό υιοθετούνται τα μεγέθη του Ε.Σ.Ε.Κ., λαμβάνοντας υπόψη τον χρονοπρογραμματισμό των υπό διασύνδεση νησιών. Ο βασικός στόχος του Ε.Σ.Ε.Κ. είναι η μεγάλη αύξηση της ενεργειακής αποδοτικότητας (εξοικονόμηση ενέργειας), με την τελική κατανάλωση ενέργειας το έτος 2030, να είναι χαμηλότερη από αυτή που είχε καταγραφεί κατά το έτος 2017, όταν αποσυνδέθηκε η οικονομική ανάπτυξη από την ακαθάριστη εγχώρια κατανάλωση ενέργειας. Αποτέλεσμα αυτού του σεναρίου, παρά τον εξηλεκτρισμό διαφόρων χρήσεων, όπως οι μεταφορές, η θέρμανση και η ψύξη, είναι η μικρή σχετικά αύξηση της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας.
2. Το σενάριο της Αυξημένης Ζήτησης: Το σενάριο αυτό έχει διαμορφωθεί με τις εκτιμήσεις του Α.Δ.Μ.Η.Ε., σύμφωνα με τα διαθέσιμα ιστορικά στοιχεία της ζήτησης και δημοσιευμένων προβλέψεων, οι οποίες έχουν εκπονηθεί από αρμόδιους φορείς, λαμβάνοντας επίσης υπόψη τις διαθέσιμες προβλέψεις των προμηθευτών. Σαν σημείο αναφοράς έχει ληφθεί η συνολική ζήτηση της ηλεκτρικής ενέργειας στο Ελληνικό

Σύστημα Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (Ε.Σ.Μ.Η.Ε.) κατά το 2019, συμπεριλαμβανομένης και της διεσπαρμένης παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.



Διάγραμμα 5.1: Προβλέψεις εξέλιξης της συνολικής καθαρής ζήτησης για την περίοδο 2020 – 2030 [36]

Στο παραπάνω διάγραμμα απεικονίζονται οι αυξητικές τάσεις στην καθαρή ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας για την περίοδο 2020 – 2030. Δεδομένου όμως ότι η Μελέτη Επάρκειας Ισχύος της Ελλάδας συντάχθηκε το 2019, ιστορικά στοιχεία για τη ζήτηση αντλήθηκαν ως και το έτος 2018. Ο Α.Δ.Μ.Η.Ε. προέβλεπε για το 2019 ζήτηση περίπου 52,9TWh και για το 2020, περίπου 53,2TWh. Η ζήτηση όμως για τις δύο αυτές χρονιές, σύμφωνα με τα στατιστικά στοιχεία του Α.Δ.Μ.Η.Ε., κυμάνθηκε σε πολύ χαμηλότερα επίπεδα από τις προβλέψεις, δηλαδή, 47,11TWh και 44,65TWh αντίστοιχα. Αυτή η μείωση οφείλεται κυρίως στη σημαντική αύξηση της παραγωγής από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (Α.Π.Ε.), με την ταυτόχρονη εγκατάσταση συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας, αλλά και στα αποτελέσματα της πανδημίας του κορωνοϊού (SARS – CoV-2), κυρίως το 2020. Αντίστοιχη μείωση στη ζήτηση αναμένεται και για το 2021, για τους ίδιους λόγους. Έτσι λοιπόν οι καμπύλες των δύο παραπάνω σεναρίων λογικά θα τοποθετηθούν χαμηλότερα, με τη ζήτηση να αυξάνεται μεν ως το 2030, αλλά σε χαμηλότερα επίπεδα. Απαιτείται λοιπόν επαναπροσδιορισμός των σεναρίων.

Ο μέσος όρος της ζήτησης κατά τη διάρκεια του έτους είναι πολύ χαμηλότερος από την εγκατεστημένη ισχύ του συστήματος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Ο χαμηλός αυτός συντελεστής χρησιμοποίησης ανοίγει το πράσινο φως για διαχείριση της ζήτησης των ηλεκτρικών φορτίων. Με τον τρόπο αυτό μπορούν να μετατοπιστούν τα φορτία σε περιόδους χαμηλής ζήτησης και έτσι να μειωθεί η ανάγκη για την παραγωγή επιπλέον ηλεκτρικής ενέργειας, βελτιώνοντας την αποτελεσματικότητα και την αποδοτικότητα της παραγωγής.

Οι διάφορες εφαρμογές διαχείρισης της ζήτησης, στηρίζονται και στην εξέλιξη των τεχνολογιών πληροφορίας και επικοινωνίας, καθώς και στην ανάπτυξη των έξυπνων δικτύων. Οι τεχνολογίες αυτές επιτρέπουν τη συμμετοχή των καταναλωτών στη διαχείριση του φορτίου, δίνοντας τους τη δυνατότητα διαφορετικών χρεώσεων της ηλεκτρικής ενέργειας, ανάλογα με τη συμμετοχή. Υπάρχει λοιπόν αμφίδρομη επικοινωνία καταναλωτών – διαχειριστή δικτύου, μέσω αυτοματοποιημένης ή χειροκίνητης απόκρισης.

5.2 Εφαρμογές διαχείρισης ζήτησης της ηλεκτρικής ενέργειας

Η διαχείριση ζήτησης, περιλαμβάνει διάφορες τεχνικές τροποποίησης της καμπύλης των ηλεκτρικών τους φορτίων. Όπως αναφέραμε παραπάνω η διαμόρφωση μίας πιο ομαλής και επίπεδης καμπύλης φορτίου, μπορεί να βελτιώσει την αξιοπιστία του δικτύου. Τα βασικά ζητήματα διαχείρισης της ζήτησης είναι [37]:

- Η απόκριση ζήτησης, η οποία σκοπό έχει τη μείωση της ζήτησης τις περιόδους αιχμής του συστήματος. Για το σκοπό αυτό υπάρχουν προγράμματα που παρέχουν κίνητρα μείωσης της ζήτησης για κάποιο χρονικό διάστημα, όταν υπάρχει υπερφόρτωση του συστήματος. Οι κρίσιμες περίοδοι κατά τη διάρκεια του έτους, είναι αυτές όπου:
 - ο οι τιμές της ηλεκτρικής ενέργειας είναι υψηλές
 - ο υπάρχει μειωμένο δυναμικό σε εφεδρείες
 - ο εμφανίζεται δυσλειτουργία στο κεντρικό δίκτυο μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας
 - ο εμφανίζονται ακραία καιρικά φαινόμενα, όπως για παράδειγμα οι περίοδοι καύσωνα τα καλοκαίρια
 - ο η αξιοπιστία του συστήματος τίθεται σε κίνδυνο
- Η ενεργειακή αποδοτικότητα, η οποία σκοπό έχει την μείωση της συνολικής ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας. Αναφέρεται στη χρησιμοποίηση λιγότερης ενέργειας για την παροχή των ίδιων ή βελτιωμένων υπηρεσιών στον καταναλωτή με ενεργειακά αποδοτικότερο και πιο οικονομικό τρόπο. Απαιτεί δηλαδή, μόνιμες αλλαγές στην ηλεκτρική κατανάλωση, με την εγκατάσταση αποδοτικότερων συσκευών και μηχανημάτων. Διευκρινίζεται ότι:
 - ο Η παραπάνω αντικατάσταση συσκευών και μηχανημάτων, δεν επηρεάζει τη λειτουργία που προσφέρεται στον καταναλωτή, αλλά χρησιμοποιεί λιγότερη ενέργεια για την ίδια λειτουργία.
 - ο Η πραγματική μείωση στην κατανάλωση, πραγματοποιείται καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας, χωρίς ουσιαστικά να επηρεάζεται από την παρουσία κρίσιμων περιόδων στο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας.

Από τα παραπάνω είναι φανερό ότι η ενεργειακή αποδοτικότητα αποσκοπεί στη μόνιμη μείωση της συνολικής χρησιμοποιούμενης ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ η απόκριση ζήτησης έχει σκοπό την προσωρινή μείωση των αιχμών του συστήματος.

Προκειμένου τα παραπάνω προγράμματα, να μπορέσουν να ενσωματωθούν και να λειτουργήσουν θετικά στη διαχείριση της ζήτησης, θεωρείται απαραίτητη η διαφοροποίηση των τιμολογίων των καταναλωτών. Ο σχεδιασμός και η διαμόρφωση της τιμολογιακής πολιτικής οφείλει να δίνει οικονομικά κίνητρα στον καταναλωτή, ώστε να μπορεί να μετατοπίζει τη ζήτηση του σε περιόδους χαμηλού κόστους ή και να τη μειώνει συνολικά.

5.2.1 Εφαρμογές σε επίπεδο δικτύου (διαχειριστή)

Κάποιες από τις βασικότερες τεχνικές διαχείρισης της ζήτησης που εφαρμόζονται σε επίπεδο δικτύου από το διαχειριστή, αναλύονται παρακάτω [38].

5.2.1.1 Νυχτερινό ρεύμα

Δεδομένου ότι οι μονάδες βάσης ενός συστήματος έχουν χαμηλότερο κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, εφαρμόζεται η νυχτερινή χρήση ηλεκτρικού ρεύματος. Με την τεχνική αυτή επιτυγχάνεται η ισορροπημένη χρήση ηλεκτρικού ρεύματος, κατά τη διάρκεια της ημέρας, όπου το κόστος είναι υψηλότερο, μετατοπίζοντας τα υψηλότερα φορτία το βράδυ, δηλαδή σε ώρες χαμηλής ζήτησης.

5.2.1.2 Άμεσος έλεγχος φορτίου

Υπάρχουν προγράμματα για τον άμεσο έλεγχο των φορτίων των συσκευών και μηχανημάτων υψηλής κατανάλωσης, σταματώντας την λειτουργία τους για κάποιο κρίσιμο χρονικό διάστημα. Θεωρείται απαραίτητη η επικοινωνία μεταξύ του διαχειριστή του δικτύου και του καταναλωτή. Για το λόγο αυτό πραγματοποιείται εγκατάσταση ευφών συστημάτων, για τον έλεγχο των συσκευών και την ανταλλαγή πληροφοριών. Οι καταναλωτές που συμμετέχουν σε τέτοια προγράμματα αποζημιώνονται με τη μείωση των τιμολογίων του ηλεκτρικού ρεύματος.

5.2.1.3 Περιοριστές φορτίου

Με τους περιοριστές φορτίου, ορίζεται στους καταναλωτές ένα ανώτατο όριο κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Με τον τρόπο αυτό, δίνεται η δυνατότητα στους καταναλωτές να

μπορούν να επιλέξουν ποιες συσκευές ή μηχανήματα θα χρησιμοποιήσουν και ποιες καταναλώσεις μπορούν να αναβάλουν.

5.2.1.4 Τιμολόγηση του ηλεκτρικού ρεύματος ανάλογα με την ώρα

Η μεταβολή των τιμών της ηλεκτρικής ενέργειας έχει άμεση σχέση με το κόστος παραγωγής της. Έτσι, δημιουργούνται κίνητρα για τη μετατόπιση των φορτίων από περιόδους υψηλής ζήτησης, σε περιόδους χαμηλής ζήτησης.

5.2.1.5 Προγράμματα προσφορών

Τέτοια προγράμματα απευθύνονται σε καταναλωτές, οι οποίοι επιθυμούν να μειώσουν την κατανάλωση τους, κερδίζοντας έτσι χαμηλότερη, αλλά προκαθορισμένη τιμή στη χρέωση ηλεκτρικής ενέργειας. Για παράδειγμα, για τον έλεγχο των κλιματιστικών και των συστημάτων θέρμανσης, μπορούμε να προγραμματίσουμε τους θερμοστάτες, έτσι ώστε να επιτευχθεί μείωση της κατανάλωσης, ανάλογα με την τιμολόγηση της ηλεκτρικής ενέργειας. Υπάρχουν συστήματα, τα οποία με τη χρήση του διαδικτύου, επιτρέπουν στον καταναλωτή να δέχεται πληροφορίες και να αναλαμβάνει ενεργό δράση στη διαχείριση των φορτίων του.

Η εφαρμογή όλων των παραπάνω τεχνικών θα πρέπει να συνοδεύεται με τη χρήση έξυπνων συσκευών, καθώς και έξυπνων μετρητών, για την αλληλεπίδραση των καταναλωτών με το διαχειριστή του δικτύου.

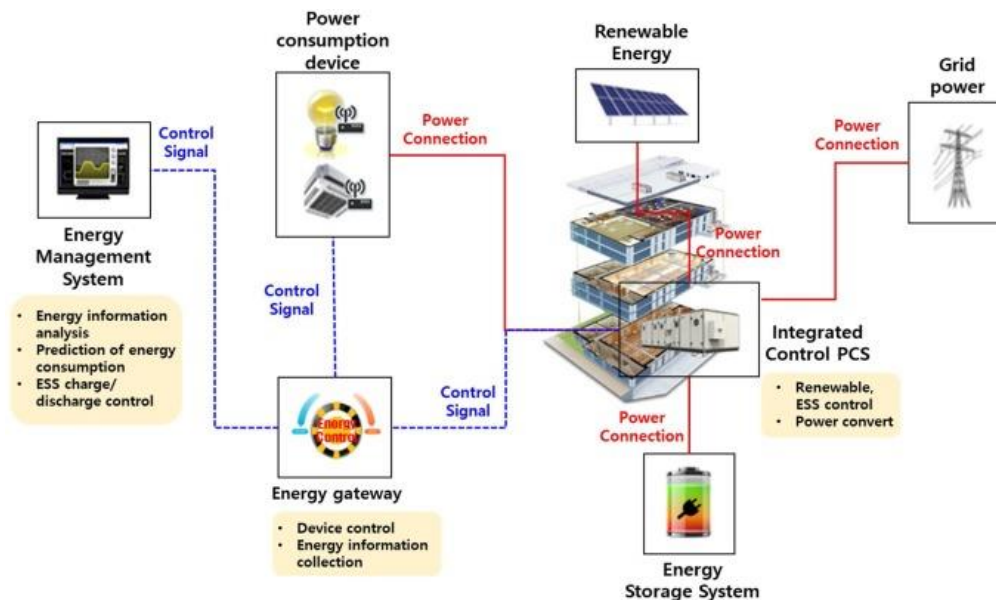
5.2.2 Εφαρμογές σε επίπεδο κτιριακής μονάδας

Κάποιες από τις βασικότερες τεχνικές διαχείρισης της ζήτησης που εφαρμόζονται σε επίπεδο κτιριακής μονάδας, αναλύονται παρακάτω.

5.2.2.1 Συστήματα ενεργειακής διαχείρισης κτιρίων (BEMS)

Τα συστήματα ενεργειακής διαχείρισης κτιρίων (BEMS – Building Energy Management System) με τη βοήθεια ηλεκτρονικών υπολογιστών και δίκτυα αισθητήρων και ενεργοποιητών, χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο, την παρακολούθηση και τη διαχείριση του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού ενός κτιρίου. Τέτοια συστήματα είναι ικανά να βελτιώσουν σημαντικά την αποτελεσματικότητα των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων

και από άποψη αποδοτικότητας, αλλά και από άποψη ενεργειακής κατανάλωσης. Άρα, μπορούν να πραγματοποιήσουν διαχείριση της ζήτησης, δίνοντας τη δυνατότητα σε κάποιο χειριστή να παρακολουθεί εξ αποστάσεως, τη λειτουργία των κτιριακών εγκαταστάσεων και όταν κρίνεται αναγκαίο να επεμβαίνει σε αυτές, με αλλαγή των παραμέτρων λειτουργίας, επιφέροντας σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας της τάξεως του 20 – 50%.



Σχήμα 5.1: Σχηματικό διάγραμμα συστήματος ενεργειακής διαχείρισης κτιρίων

Τα πραγματικά οφέλη της εγκατάστασης τέτοιων συστημάτων διαχείρισης ενέργειας είναι:

- Η εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας, κυρίως για το φωτισμό, η οποία μπορεί να φτάσει και το 50 – 60%.
- Η μείωση του κόστους ηλεκτρικής ενέργειας και συνεπώς, οι χαμηλότερες λειτουργικές δαπάνες.
- Η αυτόματη περικοπή φορτίων και η διαχείριση των φορτίων αιχμής, τα οποία επιβαρύνουν το ενεργειακό κόστος.
- Η βελτιωμένη κτιριακή λειτουργία, ενεργειακή και οικονομική.
- Ο εξορθολογισμός των διαφορετικών ενεργειακών χρήσεων (ηλεκτρισμού και θέρμανσης).
- Ο προσδιορισμός νέων δυνατοτήτων εξοικονόμησης ενέργειας και επιτεύξιμων ενεργειακών στόχων, με τη βοήθεια των απολογιστικών δεδομένων που εξάγονται από αυτά τα συστήματα.
- Η διασφάλιση της ορθολογικής λειτουργίας και της συντήρησης των κτιριακών εγκαταστάσεων.

5.2.2.2 Χρήση αποθηκευμένης ενέργειας

Με τα συστήματα αποθήκευσης ενέργειας [39] παρέχεται η δυνατότητα απορρόφησης της ηλεκτρικής ενέργειας, από το δίκτυο ή άλλες μονάδες παραγωγής, όπως οι Α.Π.Ε., οι γεννήτριες, κλπ. και απόδοσής της μεταγενέστερα, σύμφωνα με τις ανάγκες της εκάστοτε κτιριακής εγκατάστασης.

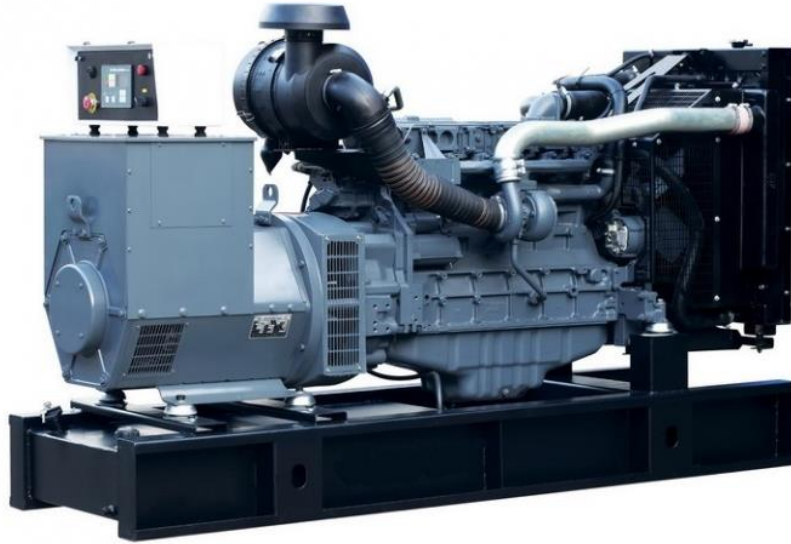
Η χρήση συσσωρευτών, οι οποίοι χρησιμοποιούνται για την αδιάλειπτη παροχή ηλεκτρικής ενέργειας σε ένα κτίριο θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν παρέχοντας την αποθηκευμένη ηλεκτρική ενέργεια κατά τη διάρκεια της νύχτας, όπου τα φορτία είναι χαμηλά, ή ακόμα και στιγμιαία, σε περιόδους υψηλής αιχμής, για την αποσυμφόρηση του συστήματος. Αν το κτίριο χρησιμοποιεί Α.Π.Ε. για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, τότε η αποθηκευμένη ενέργεια των εγκατεστημένων συσσωρευτών μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την τροφοδότηση και την σταθεροποίηση της τάσης του συστήματος τις περιόδους περιορισμένης ηλιοφάνειας (Φ/Β) ή τις περιόδους νηνεμίας (αιολικά).



Εικόνα 5.1: Συσσωρευτές, για την αποθήκευση ενέργειας σε κτίρια

5.2.2.3 Χρήση ηλεκτροπαραγωγών ζευγών (H/Z)

Όταν σε ένα κτίριο υπάρχουν εγκατεστημένα ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη για την επάρκεια ηλεκτρικού ρεύματος, σε περίπτωση διακοπής από το δίκτυο, τότε αυτά θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν και για την τροφοδότηση του κτιρίου σε περιόδους υψηλής ζήτησης, οπότε και υπό συνθήκες, το κόστος ηλεκτρικής ενέργειας ενδέχεται να είναι συγκρίσιμο με το κόστος παραγωγής των Η/Ζ.



Εικόνα 5.2: Ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος, για κτιριακή χρήση

Με τον τρόπο αυτό μπορούμε να ελαττώσουμε τις αιχμές των φορτίων με αποσυμφόρηση του κεντρικού δικτύου και ταυτόχρονη εξοικονόμηση χρημάτων, κάνοντας έτσι διαχείριση της ζήτησης.

5.3 Υπηρεσία διακοπτόμενου φορτίου (Διακοψιμότητα)

Η Υπηρεσία Διακοπτόμενου Φορτίου (Υ.Δ.Φ.) ή κοινώς διακοψιμότητα, επιτρέπει σε ενεργοβόρους καταναλωτές (κυρίως βιομηχανίες) να διακόπτουν τη λειτουργία τους για συγκεκριμένες περιόδους, μειώνοντας έτσι τη συνολική τους ζήτηση για ηλεκτρική ενέργεια, με αντάλλαγμα εκπτώσεις στην τιμή του ηλεκτρικού ρεύματος που καταναλώνουν, επιβαρύνοντας λιγότερο το σύστημα και αποφεύγοντας κινδύνους, που αφορούν στην ευστάθειά του. Λειτουργεί δηλαδή σαν μία τεχνική διαχείρισης της ζήτησης, σε επίπεδο κεντρικού δικτύου [40].

Σύμφωνα με το Φ.Ε.Κ. 2861/Β'/28-12-2015 [41], καθορίστηκε η Υπηρεσία Διακοπτόμενου Φορτίου, ο τύπος και περιεχόμενο των Συμβάσεων Διακοπτόμενου Φορτίου, ενώ για την εφαρμογή της καθορίστηκαν:

- Οι κατηγορίες των καταναλωτών που δικαιούνται να καταρτίσουν Συμβάσεις διακοπτόμενου φορτίου
- Οι προϋποθέσεις κατάρτισης των Συμβάσεων
- Οι λόγοι ενεργοποίησής της
- Ο τρόπος προσδιορισμού της
- Ο τρόπος, ο χρόνος και οι προϋποθέσεις καταβολής του οικονομικού αντισταθμίματος των συμβαλλομένων καταναλωτών
- Η ανάκτηση από το διαχειριστή του συστήματος των ποσών που καταβάλλονται ως οικονομικό αντισταθμισμα
- Ο τύπος και το ελάχιστο περιεχόμενο των Συμβάσεων διακοπτόμενου φορτίου που συνάπτει ο Α.Δ.Μ.Η.Ε., σαν διαχειριστής του συστήματος, με τους καταναλωτές

Ο διαχειριστής του συστήματος συνάπτει Συμβάσεις διακοπτόμενου φορτίου για την εφαρμογή της διακοψιμότητας, για συνολική διακοπτόμενη ισχύ μικρότερη ή ίση του 1GW, ανάλογα τον τύπο της διακοψιμότητας. Για κάθε τύπο διακοψιμότητας ο Α.Δ.Μ.Η.Ε. διενεργεί Δημοπρασία. Προκειμένου όμως οι καταναλωτές να συμμετάσχουν στις παραπάνω Δημοπρασίες, θα πρέπει να εγγραφούν στο Μητρώο διακοψιμότητας που τηρεί ο Α.Δ.Μ.Η.Ε., όπου δίνονται τα στοιχεία επικοινωνίας του καταναλωτή σχετικά με την έκδοση των εντολών περιορισμού ισχύος και δηλώνεται η μέγιστη διατηρήσιμη ισχύς του, ανάλογα με τον τύπο της διακοψιμότητας και τη θέση κατανάλωσης, χωρίς αυτή να μπορεί να μεταβληθεί κατά τη διάρκεια του ημερολογιακού έτους.

Για να εγγραφεί ένας καταναλωτής στο Μητρώο της διακοψιμότητας, θα πρέπει:

- Οι εγκαταστάσεις του να είναι συνδεδεμένες στο διασυνδεδεμένο σύστημα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας ή/και στο δίκτυο μέσης τάσης, πλην των μη διασυνδεδεμένων νησιών.
- Το μέγιστο προσφερόμενο φορτίο του και ανά τύπο διακοψιμότητας να ανέρχεται κατ' ελάχιστον σε 5MW, με δυνατότητα μείωσης μέχρι τα 3MW, αν ο Α.Δ.Μ.Η.Ε. κρίνει ότι η συμμετοχή των καταναλωτών κατά την εγγραφή στο Μητρώο, δεν είναι ικανοποιητική ώστε να διασφαλίζεται η ανταγωνιστικότητα των δημοπρασιών της διακοψιμότητας. Το ανωτέρω όριο του μέγιστου προσφερόμενου φορτίου ανακοινώνεται κάθε φορά στην ιστοσελίδα του Α.Δ.Μ.Η.Ε.

Ο Α.Δ.Μ.Η.Ε. εκδίδει εντολές περιορισμού ισχύος, όταν συντρέχει μία ή περισσότερες από τις παρακάτω περιπτώσεις:

- Ο λόγος της εκτιμώμενης διαθέσιμης ηλεκτροπαραγωγικής ισχύος στο διασυνδεδεμένο σύστημα και του εκτιμώμενου φορτίου του συστήματος είναι μικρότερος του συντελεστή 1,1.
- Συντρέχουν έκτακτες περιστάσεις, όπως η κήρυξη κατάστασης έκτακτης ανάγκης του εθνικού συστήματος Φυσικού Αερίου, λόγω διακοπής ή περιορισμού της προμήθειάς του στη χώρα και/ή η διακοπή ή δραστηκός περιορισμός των εισαγωγών ηλεκτρικής ενέργειας, λόγω κήρυξης κατάστασης «ανωτέρας βίας», εκ μέρους όμορων διαχειριστών συστημάτων, για το σύνολο ή τμήμα των διασυνδέσεων ηλεκτρικής ενέργειας με το εθνικό σύστημα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας.
- Τίθεται σε κίνδυνο η ασφάλεια της λειτουργίας και της ευστάθειας του συστήματος.
- Συντρέχουν λόγοι ευστάθειας του συστήματος, εξαιτίας τοπικών προβλημάτων.
- Παρατηρείται απότομη μεταβολή στην παραγωγή ή ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας στο διασυνδεδεμένο σύστημα.
- Εκτιμάται ότι η κάλυψη του προβλεπόμενου φορτίου του συστήματος, δεν διασφαλίζεται από τις κατανεμημένες μονάδες, τις συμβεβλημένες μονάδες συμπληρωματικής ενέργειας του συστήματος και τις δυνατότητες έκτακτων εισαγωγών, σύμφωνα με την οικονομικότητα της λειτουργίας του συστήματος.

Όσον αφορά στους καταναλωτές μέσης τάσης ο Α.Δ.Μ.Η.Ε. αποστέλλει στον Δ.Ε.Δ.Δ.Η.Ε. συγκεντρωτική εντολή περιορισμού της ισχύος. Στη συνέχεια ο Δ.Ε.Δ.Δ.Η.Ε. εκδίδει με τη

σειρά του αντίστοιχες εντολές περιορισμού της ισχύος στους καταναλωτές μέσης τάσης που συμμετέχουν στη διακοψιμότητα, σύμφωνα με την εντολή του Α.Δ.Μ.Η.Ε.

Υπάρχουν δύο τύποι διακοψιμότητας, ο τύπος ΥΔΦ1 και ο τύπος ΥΔΦ2, οι οποίοι ανάλογα με το χρόνο προειδοποίησης, τη μέγιστη διάρκεια της εντολής και τη μέγιστη συνολική διάρκεια ανά έτος, διακρίνονται ως εξής:

- Για τον τύπο διακοψιμότητας ΥΔΦ1, ο χρόνος προειδοποίησης είναι 2 ώρες, η μέγιστη διάρκεια της εντολής είναι 48 ώρες και η μέγιστη συνολική διάρκεια ανά έτος είναι 144 ώρες.
- Για τον τύπο διακοψιμότητας ΥΔΦ2, ο χρόνος προειδοποίησης είναι 5 λεπτά, η μέγιστη διάρκεια της εντολής είναι 1 ώρα και η μέγιστη συνολική διάρκεια ανά έτος είναι 24 ώρες.

Όσον αφορά τον τύπο ΥΔΦ1 το ελάχιστο χρονικό διάστημα μεταξύ δύο διαδοχικών εντολών είναι μία ημέρα και ο μέγιστος αριθμός των εντολών περιορισμού ισχύος, κατά τη διάρκεια ενός μήνα είναι τρεις. Για τον τύπο ΥΔΦ2 το ελάχιστο χρονικό διάστημα μεταξύ δύο διαδοχικών εντολών περιορισμού ισχύος είναι πέντε ημέρες και ο μέγιστος αριθμός των εντολών περιορισμού ισχύος, κατά τη διάρκεια ενός μήνα είναι τέσσερις.

Στο πλαίσιο μίας Σύμβασης διακοψιμότητας, ο διακοπτόμενος καταναλωτής οφείλει, εντός της προκαθορισμένης χρονικής διάρκειας (χρόνος προειδοποίησης), από την χρονική στιγμή που λαμβάνει την εντολή περιορισμού ισχύος να προσαρμόζει την απορρόφηση ισχύος σε επίπεδο μικρότερο ή ίσο από αυτό που καθορίζεται στην εντολή, για διάρκεια η οποία δεν μπορεί να ξεπεράσει τα προκαθορισμένα χρονικά διαστήματα. Επίσης, ο διακοπτόμενος καταναλωτής υποχρεούται καθ' όλη τη διάρκεια της Σύμβασης διακοψιμότητας να παρέχει προς τον αρμόδιο διαχειριστή πληροφορίες, για το ετήσιο πρόγραμμα των συντηρήσεων και για τυχόν τροποποιήσεις του, άμεση ενημέρωση για οποιοδήποτε συμβάν μπορεί να επηρεάσει την δυνατότητα εκπλήρωσης των υποχρεώσεών του, καθώς και αναφορά σχετικά με την εκτέλεση κάθε εντολής περιορισμού ισχύος, η οποία θα αποστέλλεται στον Α.Δ.Μ.Η.Ε. εντός δύο ημερών από την λήξη της εντολής περιορισμού ισχύος.

Οι καταναλωτές που συνάπτουν Σύμβαση διακοψιμότητας δικαιούνται οικονομικό αντιστάθμισμα μόνο για τη διαθεσιμότητα παροχής της υπηρεσίας, το οποίο τους καταβάλλει ο Α.Δ.Μ.Η.Ε αποκλειστικά από τα έσοδα του ειδικού λογαριασμού του άρθρου 143Γ του Ν. 4001/2011. Ο Δ.Ε.Δ.Δ.Η.Ε. είναι υποχρεωμένος να παρέχει σε μηνιαία βάση στον Α.Δ.Μ.Η.Ε., τις καταναλώσεις (ανά 15 λεπτά) των πελατών μέσης τάσης που έχουν συνάψει

Σύμβαση διακοψιμότητας και τα στοιχεία των εντολών περιορισμού ισχύος, οι οποίες εκδόθηκαν από τον Δ.Ε.Δ.Δ.Η.Ε. για τον προηγούμενο μήνα. Το οικονομικό αντιστάθμισμα που δικαιούνται οι διακοπτόμενοι καταναλωτές υπολογίζεται ως ακολούθως:

$$TMC_m = \kappa \times \sum_i (MILP_i \times MIL_i + \lambda_m \times AILP_i \times AIL_i)$$

όπου:

- TMC_m : Το συνολικό μηνιαίο οικονομικό αντιστάθμισμα του διακοπτόμενου καταναλωτή σε Ευρώ (€) για το μήνα m .
- κ : Συντελεστής εξαρτώμενος από το συνολικό αριθμό των τύπων διακοψιμότητας, που παρέχει ο διακοπτόμενος καταναλωτής και ορίζεται ως εξής:
 - 100%, για συνολικό αριθμό παρεχόμενων τύπων διακοψιμότητας, ίσο με 1.
 - 70%, για συνολικό αριθμό παρεχόμενων τύπων διακοψιμότητας, ίσο με 2.
- i : Δείκτης που καθορίζει τον τύπο της διακοψιμότητας και παίρνει τις τιμές 1 ή 2.
- $MILP_i$: Η μοναδιαία τιμή σε Ευρώ (€) ανά MW του μέγιστου διακοπτόμενου φορτίου του μήνα, για τον τύπο ΥΔΦ_{*i*}. Οι τιμές $MILP_i$, για κάθε τύπο ΥΔΦ_{*i*}, που δημοπρατείται προκύπτουν από το μοναδιαίο τίμημα, MP_i , σε €/MW και έτος, που υπολογίστηκε από τη δημοπρασία (οριακή τιμή δημοπρασίας) του τύπου ΥΔΦ_{*i*} ως εξής:

$$MILP_i = \frac{1}{12} \times MP_i \times 80 \%$$

- MIL_i : Το Μέγιστο Διακοπτόμενο Φορτίο σε MW για τον Τύπο ΥΔΦ_{*i*}.
- λ_m : Συντελεστής εξαρτώμενος στο ποσοστό ενέργειας που καταναλώθηκε τις ώρες αιχμής που ορίζονται στον κώδικα διαχείρισης του Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας, για το μήνα m , ο οποίος είναι 100% για ποσοστό κατανάλωσης ενέργειας από 0% έως 100%.
- $AILP_i$: Η μοναδιαία τιμή σε Ευρώ (€) ανά MW του μέσου διακοπτόμενου φορτίου του μήνα για τον τύπο ΥΔΦ_{*i*}. Οι τιμές $AILP_i$, για κάθε τύπο ΥΔΦ_{*i*}, που δημοπρατείται προκύπτουν από το μοναδιαίο τίμημα, MP_i , σε €/MW και έτος, που υπολογίστηκε από τη δημοπρασία (οριακή τιμή δημοπρασίας) του τύπου ΥΔΦ_{*i*} ως εξής:

$$AILP_i = \frac{1}{12} \times MP_i \times 20 \%$$

- AIL_i : Το μέσο διακοπτόμενο φορτίο σε MW για τον τύπο ΥΔΦ_i.

Σε κάθε περίπτωση το συνολικό οικονομικό αντιστάθμισμα για ένα μήνα δε μπορεί να ξεπεράσει το όριο των 15€ ανά MWh κατανάλωσης για τον αντίστοιχο μήνα.

Κεφάλαιο 6. Το Γενικό Νοσοκομείο Παιδών
Αθηνών «Παναγιώτη & Αγλαΐας Κυριακού»

6.1 Γενική περιγραφή

Το Γενικό Νοσοκομείο Παιδών Αθηνών «Παναγιώτη & Αγλαΐας Κυριακού» βρίσκεται στην Αθήνα και συγκεκριμένα στην περιοχή των Αμπελοκήπων, στο κέντρο της πόλης. Ιδρύθηκε το 1933 με δωρεά του Παναγιώτη και της Αγλαΐας Κυριακού. Παρέχει ολοκληρωμένη πρωτοβάθμια, δευτεροβάθμια και τριτοβάθμια περίθαλψη, καλύπτοντας τις ανάγκες του παιδικού πληθυσμού, όχι μόνο της Αττικής αλλά και ολόκληρης της χώρας. Διαθέτει 395 κλίνες και νοσηλεύει ετησίως χιλιάδες παιδιά ηλικίας μέχρι 14 ετών. Κάθε χρόνο, το Νοσοκομείο συμβάλλει στην εκπαίδευση περισσότερων από 100 ειδικευόμενων ιατρών στα διάφορα Τμήματα και τις Κλινικές του.



Εικόνα 6.1: Νοτιοδυτική όψη του Γενικού Νοσοκομείου Παιδών Αθηνών «Παναγιώτη & Αγλαΐας Κυριακού»

Είναι χτισμένο σε οικόπεδο επιφάνειας 8.322m^2 και περιλαμβάνει πέντε Πτέρυγες, από 6 έως 8 ορόφους η κάθε μία, συμπεριλαμβανομένων του υπογείου (όπου υπάρχει) και του ισόγειου. Η συνολική επιφάνεια του Νοσοκομείου είναι 22.683m^2 , με την κάθε Πτέρυγα να έχει χτιστεί σταδιακά και σε διαφορετικές χρονολογικές περιόδους. Συγκεκριμένα:

- 1936 – 1938: Ανέγερση της Α΄ και Β΄ Πτέρυγας, περιλαμβάνοντας το ισόγειο και 3 ορόφους.
- 1961 – 1962: Ανέγερση του 4^{ου} και 5^{ου} ορόφου της Α΄ Πτέρυγας.
- 1963 – 1964: Ανέγερση της Γ΄ Πτέρυγας, περιλαμβάνοντας το υπόγειο, το ισόγειο και 5 ορόφους.
- 1965 – 1966: Ανέγερση του 4^{ου} και 5^{ου} ορόφου της Β΄ Πτέρυγας, καθώς και της Δ΄ Πτέρυγας, περιλαμβάνοντας το υπόγειο, το ισόγειο και 5 ορόφους.

- 1997: Επέκταση της Γ΄ Πτέρυγας με την προσθήκη 6^{ου} ορόφου.
- 1998: Επέκταση της Β΄ Πτέρυγας με την προσθήκη 6^{ου} ορόφου.
- 2000 – 2002: Α΄ φάση ανέγερσης της Ε΄ Πτέρυγας, περιλαμβάνοντας το υπόγειο και το ισόγειο.
- 2004 – 2006: Β΄ φάση ανέγερσης της Ε΄ Πτέρυγας, περιλαμβάνοντας 4 ορόφους.

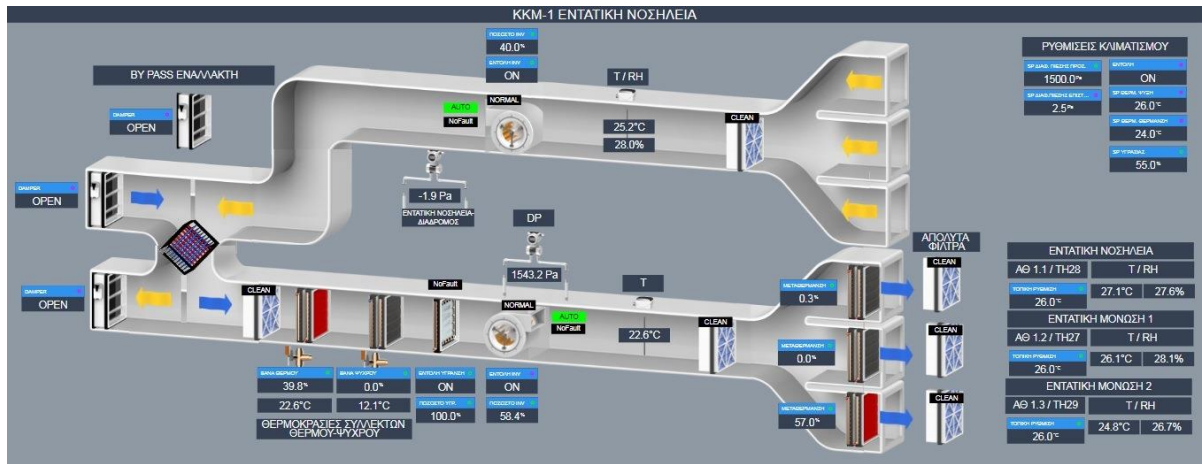
Στον Πίνακα 6.1 φαίνονται αναλυτικά ο αριθμός των ορόφων ανά Πτέρυγα και η συνολική τους επιφάνεια.

Πτέρυγα	Όροφοι	Επιφάνεια (m ²)
Α΄	6	4.072
Β΄	7	2.168
Γ΄	8	4.902
Δ΄	7	2.669
Ε΄	6	8.872

Πίνακας 6.1: Κτιριακές εγκαταστάσεις Νοσοκομείου

Είναι το δεύτερο μεγαλύτερο παιδιατρικό Νοσοκομείο στην Ελλάδα και με τις υπηρεσίες που προσφέρει και τον εξοπλισμό που έχει εγκατεστημένο, θεωρείται από τα πιο σύγχρονα δημόσια Νοσοκομεία της Ελλάδας. Τα τελευταία πέντε χρόνια έχει ξεκινήσει μία προσπάθεια κτιριακής αναβάθμισης του Νοσοκομείου, με τη βοήθεια πολλών ιδιωτικών δωρεών, ανακαινίζοντας σχεδόν το 65% του Νοσοκομείου, δημιουργώντας έτσι ένα πολύ ευχάριστο περιβάλλον για ασθενείς και επισκέπτες.

Επιπλέον, γίνεται προσπάθεια αντικατάστασης του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού, με νέο λιγότερο ενεργοβόρο και περισσότερο αποδοτικό, όπως η αντικατάσταση των συμβατικών λαμπτήρων φθορισμού με LED, η αντικατάσταση των παλαιών κυκλοφορητών με νέους τεχνολογίας inverter, κλπ. Το συγκεκριμένο Νοσοκομείο είναι από τα λίγα Νοσοκομεία στην Ελλάδα που χρησιμοποιεί κεντρικό σύστημα ελέγχου (B.M.S.), κυρίως για τον έλεγχο του κλιματισμού του (Εικόνα 6.2).



Εικόνα 6.2: Έλεγχος του κεντρικού κλιματισμού της Μονάδας Εντατικής Νοσηλείας Νεογεννήτων (Μ.Ε.Ν.Ν.), μέσω Β.Μ.Σ.

6.2 Ενεργειακές χρήσεις και φορτία

Το Νοσοκομείο χρησιμοποιεί για την κάλυψη των ενεργειακών του αναγκών ηλεκτρική και θερμική ενέργεια. Η ηλεκτρική ενέργεια παρέχεται από το κεντρικό δίκτυο της Δ.Ε.Δ.Δ.Η.Ε. και η θερμική ενέργεια, από την παροχή φυσικού αερίου, μέσω της Εταιρείας Διανομής Αερίου (Ε.Δ.Α.). Η ηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιείται για την λειτουργία όλου του ηλεκτρομηχανολογικού και ιατροτεχνολογικού εξοπλισμού. Η θερμική ενέργεια χρησιμοποιείται για την παραγωγή ατμού για τα μηχανήματα του Τμήματος Ιματισμού, Ζεστών Νερών Χρήσης (Z.N.X.) και ζεστών νερών για την κεντρική θέρμανση και τον κλιματισμό.

6.2.1 Ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός και εγκατεστημένα φορτία

Ο ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός στο Νοσοκομείο, χρησιμεύει για:

- τη θέρμανση των χώρων και την παραγωγή Z.N.X.
- τις ανάγκες του κλιματισμού των χώρων
- το φωτισμό όλων των χώρων
- τη μετακίνηση των ασθενών, επισκεπτών και προσωπικού σε άλλους ορόφους
- την περιποίηση και τακτοποίηση του ακάθαρτου ιματισμού
- την παραγωγή κενού, για την λειτουργία του δικτύου αναρρόφησης
- τη δημιουργία πεπιεσμένου αέρα
- την απολύμανση του νερού, για την τροφοδοσία του δικτύου καθαρού νερού της Μονάδας Τεχνητού Νεφρού
- την τροφοδοσία του δικτύου ύδρευσης και πυρόσβεσης
- την άντληση των ακαθάρτων και ομβρίων υδάτων
- την τροφοδοσία με Z.N.X.
- την αναθέρμανση (ζέσταμα) των γευμάτων των ασθενών των Κλινικών
- την προσωρινή αποθήκευση των Επικίνδυνων Αποβλήτων του Νοσοκομείου
- τη συντήρηση τροφίμων και την κατάψυξη εργαστηριακών βιολογικών υγρών
- την υλοποίηση διοικητικών εργασιών, με χρήση υπολογιστικών συστημάτων και φωτοαντιγραφικών μηχανημάτων

Ο κυριότερος ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός και τα εγκατεστημένα φορτία του, φαίνονται αναλυτικά παρακάτω.

6.2.1.1 Ατμογεννήτριες (καυστήρες, αντλίες τροφοδοσίας Α/Γ)

Υπάρχουν εγκατεστημένες πέντε (5) ατμογεννήτριες υβριδικής λειτουργίας (φυσικού αερίου – πετρελαίου), οι οποίες είναι εγκατεστημένες στο Λεβητοστάσιο, στο υπόγειο της Ε΄ Πτέρυγας. Οι ατμογεννήτριες παράγουν ατμό και μέσω των εναλλακτών ατμού – νερού, οι οποίοι είναι εγκατεστημένοι σε διάφορα σημεία του Νοσοκομείου, παράγεται ζεστό νερό για την κεντρική θέρμανση, τον κλιματισμό και τα νερά χρήσης. Η συνολική εγκατεστημένη ηλεκτρική ισχύς των ατμογεννητριών είναι **33,6kW**.

6.2.1.2 Ψύκτες παραγωγής κρύου νερού

Υπάρχουν εγκατεστημένοι τέσσερις (4) ψύκτες παραγωγής κρύου νερού, για τις ανάγκες του κλιματισμού. Οι τρεις (3) ψύκτες βρίσκονται στο δώμα της Ε΄ Πτέρυγας και τροφοδοτούν τις κλιματιστικές μονάδες και τα fan – coils, σχεδόν ολόκληρου του Νοσοκομείου. Ο τέταρτος ψύκτης βρίσκεται στον Α΄ θερμικό υποσταθμό, στο ισόγειο της Α΄ Πτέρυγας και τροφοδοτεί αποκλειστικά την κλιματιστική μονάδα του Τμήματος Επειγόντων Περιστατικών (Τ.Ε.Π.) και Τακτικών Εξωτερικών Ιατρείων (Τ.Ε.Ι.). Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των ψυκτών είναι **559,0kW**.

6.2.1.3 Κλιματιστικές μονάδες

Υπάρχουν εγκατεστημένες τριάντα πέντε (35) κλιματιστικές μονάδες, σε διάφορα σημεία του Νοσοκομείου, για τον επαρκή κλιματισμό των περισσότερων χώρων του, όλες τις εποχές του χρόνου. Οι κλιματιστικές μονάδες παρέχουν στους χώρους 100% νωπό αέρα (περιβάλλοντος), στην επιθυμητή θερμοκρασία και εν συνεχεία τον απορρίπτουν ξανά στο περιβάλλον (100% απόρριψη). Από τις παραπάνω κλιματιστικές μονάδες, οι είκοσι οκτώ (28), δουλεύουν με δύο (2) στοιχεία (κρύου και ζεστού νερού) για την εξισορρόπηση της επιθυμητής θερμοκρασίας των χώρων, καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των κινητήρων προσαγωγής και απαγωγής των κλιματιστικών μονάδων είναι **156,7kW**.

6.2.1.4 Κλιματιστικά μηχανήματα τύπου split unit και fan – coils

Όποιος χώρος του Νοσοκομείου δεν κλιματίζεται από κάποια κλιματιστική μονάδα εξυπηρετείται, είτε από κλιματιστικά μηχανήματα τύπου split – unit, είτε από fan – coils. Υπάρχουν όμως και χώροι, όπως οι Κλινικές και τα Εργαστήρια, οι οποίοι έχουν κλιματιστικές μονάδες για τον προκλιματισμό των χώρων και ταυτόχρονα fan – coils για την επιπλέον ρύθμιση της επιθυμητής θερμοκρασίας στους επιμέρους χώρους τους. Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς όλων των κλιματιστικών (split units και fan – coils) είναι **230,2kW**.

6.2.1.5 Αντλία θερμότητας

Έχει εγκατασταθεί μία (1) αντλία θερμότητας, η οποία λειτουργεί ως εφεδρεία για την παραγωγή ζεστού νερού, για τις κλιματιστικές μονάδες της Μονάδας Εντατικής Θεραπείας (Μ.Ε.Θ.) και Μ.Ε.Θ. – Covid, κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού. Το καλοκαίρι και κυρίως όταν η θερμοκρασία περιβάλλοντος ξεπερνάει τους 25°C, οι ατμογεννήτριες δεν μπαίνουν σε λειτουργία. Όταν όμως στους παραπάνω χώρους, ζητηθεί θερμοκρασία μεγαλύτερη των 25 °C, τότε οι κλιματιστικές μονάδες δεν μπορούν να ανταπεξέλθουν και για αυτό απαιτείται η λειτουργία της αντλίας θερμότητας, ως εφεδρεία για την παραγωγή ζεστού νερού. Έτσι λοιπόν υπάρχει αυτοματισμός, χειμώνα – θέρους, ο οποίος όταν είναι ρυθμισμένος στον χειμώνα, εξασφαλίζει ζεστό νερό στις δύο (2) παραπάνω κλιματιστικές μονάδες, από τις ατμογεννήτριες, ενώ όταν ρυθμιστεί στο θέρος, από την αντλία θερμότητας. Η εγκατεστημένη ισχύς της αντλίας θερμότητας είναι **10,6kW**.

6.2.1.6 Κυκλοφορητές κρύου και ζεστού νερού κλιματισμού

Η τροφοδοσία ζεστού και κρύου νερού στις κλιματιστικές μονάδες και τα fan – coils, γίνεται με την βοήθεια κυκλοφορητών, οι οποίοι είναι εγκατεστημένοι σε διάφορα σημεία του Νοσοκομείου. Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των κυκλοφορητών για τη λειτουργία του κλιματισμού είναι **134,2kW**.

6.2.1.7 Κυκλοφορητές Ζ.Ν.Χ.

Για την τροφοδοσία των Ζ.Ν.Χ. σε όλους τους χώρους του Νοσοκομείου υπάρχουν εγκατεστημένοι δύο (2) κυκλοφορητές, στο χώρο των δεξαμενών αποθήκευσης ζεστού νερού (boilers), στο υπόγειο της Ε΄ Πτέρυγας. Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των παραπάνω κυκλοφορητών είναι **1,1kW**.

6.2.1.8 Φωτισμός

Τα τελευταία 4 χρόνια έχει γίνει προσπάθεια αντικατάστασης όλων των συμβατικών λαμπτήρων του Νοσοκομείου, με νέους αποδοτικότερους, τεχνολογίας LED. Πλέον, η Α΄ και η Ε΄ Πτέρυγα, το 80% της Β΄ και Δ΄ Πτέρυγας, καθώς και το 50% της Γ΄ Πτέρυγας λειτουργούν με φωτισμό LED. Ο φωτισμός πραγματοποιείται κυρίως με:

- Λαμπτήρες φθορισμού, τύπου T8 (G13), διαφόρων διαστάσεων (150cm, 120cm, 60cm, κλπ.)
- Λαμπτήρες LED, τύπου T8 (G13), διαφόρων διαστάσεων (150cm, 120cm, 60cm, κλπ.)
- Λαμπτήρες φθορισμού, τύπου T5 (G5), διαφόρων διαστάσεων (60cm, 40cm, κλπ.)
- LED Panel, διαφόρων διαστάσεων (60cm X 60cm, 120cm X 30cm, κλπ.)
- Λαμπτήρες τύπου PL (G24d-3), με 4 pin και 2 pin
- LED Panel PL, διαστάσεων Ø 20 cm
- Λαμπτήρες LED, τύπου A60 (E27)
- Λαμπτήρες LED, τύπου R80 (E27)
- Λαμπτήρες κυκλικοί, τύπου T9 (G10Q)
- Προβολείς LED εξωτερικών χώρων

Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς του φωτισμού είναι περίπου **110,0kW**.

6.2.1.9 Ανελκυστήρες

Στο Νοσοκομείο υπάρχουν εγκατεστημένοι οκτώ (8) ανελκυστήρες, ασθενοφόροι και επιβατών, καθώς και δύο (2) αναβατόρια (πάσα). Πιο αναλυτικά:

- Δύο (2) ανελκυστήρες στην Α΄ Πτέρυγα (ένας (1) ασθενοφόρος και ένας (1) επιβατών), 6 στάσεων (ισόγειο έως 5^ο όροφο)
- Δύο (2) ασθενοφόροι ανελκυστήρες στην Δ΄ Πτέρυγα, 7 στάσεων (υπόγειο έως 5^ο όροφο)
- Ένας (1) ασθενοφόρος ανελκυστήρας στην Γ΄ Πτέρυγα, 7 στάσεων (υπόγειο έως 5^ο όροφο)
- Τρεις (3) ασθενοφόροι ανελκυστήρες στην Ε΄ Πτέρυγα (δύο (2) ασθενοφόροι και ένας (1) επιβατών), 6 στάσεων (υπόγειο έως 4^ο όροφο)
- Δύο (2) αναβατόρια (πάσα) στην Ε΄ Πτέρυγα, δύο (2) στάσεων (2^ο και 3^ο όροφο), για τη διανομή αποστειρωμένου (το ένα) και ακάθαρτου (το άλλο) υλικού, μεταξύ της κεντρικής Αποστείρωσης (2^ος όροφος) και των Χειρουργείων (3^ος όροφος).

Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των κινητήριων μηχανισμών των ανελκυστήρων είναι **123,0kW**.

6.2.1.10 Εξοπλισμός Τμήματος Ιματισμού

Στο Τμήμα Ιματισμού, που βρίσκεται στο υπόγειο της Γ΄ Πτέρυγας, υπάρχουν μηχανήματα για το πλύσιμο, το στέγνωμα, το σιδέρωμα και το δίπλωμα του ακάθαρτου ιματισμού, όπως οι ιατρικές και νοσηλευτικές στολές, τα σεντόνια νοσηλείας, κλπ. Πιο αναλυτικά υπάρχουν:

- Δύο (2) πλυντοστιπτήρια για το πλύσιμο και στύψιμο του ακάθαρτου ιματισμού
- Ένα (1) στεγνωτήριο, για το στέγνωμα του πλυμένου πλέον ιματισμού
- Ένας (1) σιδερωτικός κύλινδρος για το σιδέρωμα του ιματισμού
- Μία (1) διπλωτική μηχανή, για το δίπλωμα του καθαρού ιματισμού

Υπάρχουν επίσης και τέσσερις (4) πρέσες σιδερώματος, οι οποίες όμως λειτουργούν, με ατμό και υδραυλική πίεση, χωρίς να χρησιμοποιούν ηλεκτρικό ρεύμα. Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των μηχανημάτων καθαρισμού και στεγνώματος του ακάθαρτου ιματισμού είναι **29,9kW**.

6.2.1.11 Αντλίες παραγωγής κενού

Υπάρχουν εγκατεστημένες, στο υπόγειο της Ε΄ Πτέρυγας, δύο (2) αντλίες παραγωγής κενού, για τη λειτουργία του δικτύου αναρρόφησης. Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των αντλιών παραγωγής κενού είναι **4,4kW**.

6.2.1.12 Αεροσυμπιεστές

Για την παραγωγή συμπιεσμένου αέρα υπάρχουν εγκατεστημένοι σε οικίσκο, πίσω από την Γ΄ Πτέρυγα, δύο (2) αεροσυμπιεστές. Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των αεροσυμπιεστών είναι **33,5kW**.

6.2.1.13 Μηχανήματα απολύμανσης και τροφοδοσίας του νερού

Για τις ανάγκες των μηχανημάτων αιμοκάθαρσης της Μονάδας Τεχνητού Νεφρού (Μ.Τ.Ν.), υπάρχει εγκατεστημένο δίδυμο συγκρότημα φιλτραρίσματος, επεξεργασίας και απολύμανσης του νερού με δύο (2) λαμπτήρες UV, σε ειδικό χώρο, στο 2^ο όροφο της Δ΄ Πτέρυγας, μέσα στη Μονάδα Τεχνητού Νεφρού (Μ.Τ.Ν.). Η εγκατεστημένη ισχύς του παραπάνω συγκροτήματος απολύμανσης του νερού είναι **4,9kW**.

6.2.1.14 Αντλίες τροφοδοσίας του δικτύου ύδρευσης

Για την τροφοδοσία του δικτύου ύδρευσης του Νοσοκομείου υπάρχουν εγκατεστημένα δύο (2) συγκροτήματα αντλιών, ένα (1) εξάδυμο και ένα (1) δίδυμο. Τα οποία βρίσκονται στον χώρο του Λεβητοστασίου, στο υπόγειο της Ε΄ Πτέρυγας. Η άντληση του νερού γίνεται από υπόγεια δεξαμενή 120m³, ενώ η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των παραπάνω συγκροτημάτων άντλησης νερού είναι **21,2kW**.

6.2.1.15 Αντλίες τροφοδοσίας του δικτύου πυρόσβεσης

Για την τροφοδοσία του δικτύου πυρόσβεσης υπάρχει εγκατεστημένο ένα πυροσβεστικό συγκρότημα, με δύο (2) αντλίες και μία (1) jockey. Η άντληση του νερού γίνεται από υπόγεια δεξαμενή 60m³, ενώ η συνολική εγκατεστημένη ισχύς του παραπάνω συγκροτήματος είναι **38,5kW**.

6.2.1.16 Αντλίες ακαθάρτων υδάτων

Για την άντληση των ακαθάρτων υδάτων του Νοσοκομείου, υπάρχουν δύο (2) υποβρύχιες αντλίες, εγκατεστημένες σε φρεάτιο που βρίσκεται στο Λεβητοστάσιο, στο υπόγειο της Ε΄ Πτέρυγας. Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των παραπάνω αντλιών είναι **3,0kW**.

6.2.1.17 Αντλίες ομβρίων υδάτων

Για την άντληση των ακαθάρτων και των ομβρίων υδάτων του Νοσοκομείου, υπάρχουν δύο (2) υποβρύχιες αντλίες, εγκατεστημένες σε φρεάτιο που βρίσκεται έξω από το Λεβητοστάσιο, στο υπόγειο της Ε΄ Πτέρυγας. Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των παραπάνω αντλιών είναι **4,4kW**.

6.2.1.18 Φούρνοι αναθέρμανσης γευμάτων

Για το ζέσταμα των γευμάτων των ασθενών, υπάρχει στην κουζίνα κάθε Κλινικής και από ένας φούρνος αναθέρμανσης, δηλαδή συνολικά εννέα (9). Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των φούρνων αναθέρμανσης είναι **57,0kW**.

6.2.1.19 Ψυκτικοί θάλαμοι

Για την προσωρινή αποθήκευση των Επικίνδυνων Αποβλήτων (Ε.Α.) του Νοσοκομείου, υπάρχουν τέσσερις (4) ψυκτικοί θάλαμοι, οι οποίοι είναι εγκατεστημένοι στον εξωτερικό προαύλιο χώρο του Νοσοκομείου. Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των ψυκτικών θαλάμων είναι **1,5kW**.

6.2.1.20 Ψυγεία - Καταψύκτες

Υπάρχουν σε διάφορους χώρους του Νοσοκομείου ψυγεία οικιακού τύπου, για τη συντήρηση τροφίμων, για τη φύλαξη φαρμάκων, αλλά και για τη βαθιά κατάψυξη εργαστηριακών δειγμάτων. Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς τους είναι **19,6kW**.

6.2.1.21 Υπολογιστικά συστήματα

Στο κεντρικό κτίριο του Νοσοκομείου υπάρχουν εγκατεστημένα αρκετά υπολογιστικά συστήματα, όπως:

- Τριακόσιοι (300) ηλεκτρονικοί υπολογιστές, με τις οθόνες τους
- Δέκα (10) laptop
- Εκατόν ενενήντα τέσσερα (194) εκτυπωτικά συστήματα, όπως εκτυπωτές laser και inkjet
- Ένας (1) plotter για την εκτύπωση σχεδίων, σε μεγάλα μεγέθη (A0), από την Τεχνική Υπηρεσία
- Δώδεκα (12) εκτυπωτές barcodes, για τα διαγνωστικά Εργαστήρια

Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των παραπάνω συστημάτων είναι **366,1kW**.

6.2.1.22 Φωτοαντιγραφικά μηχανήματα

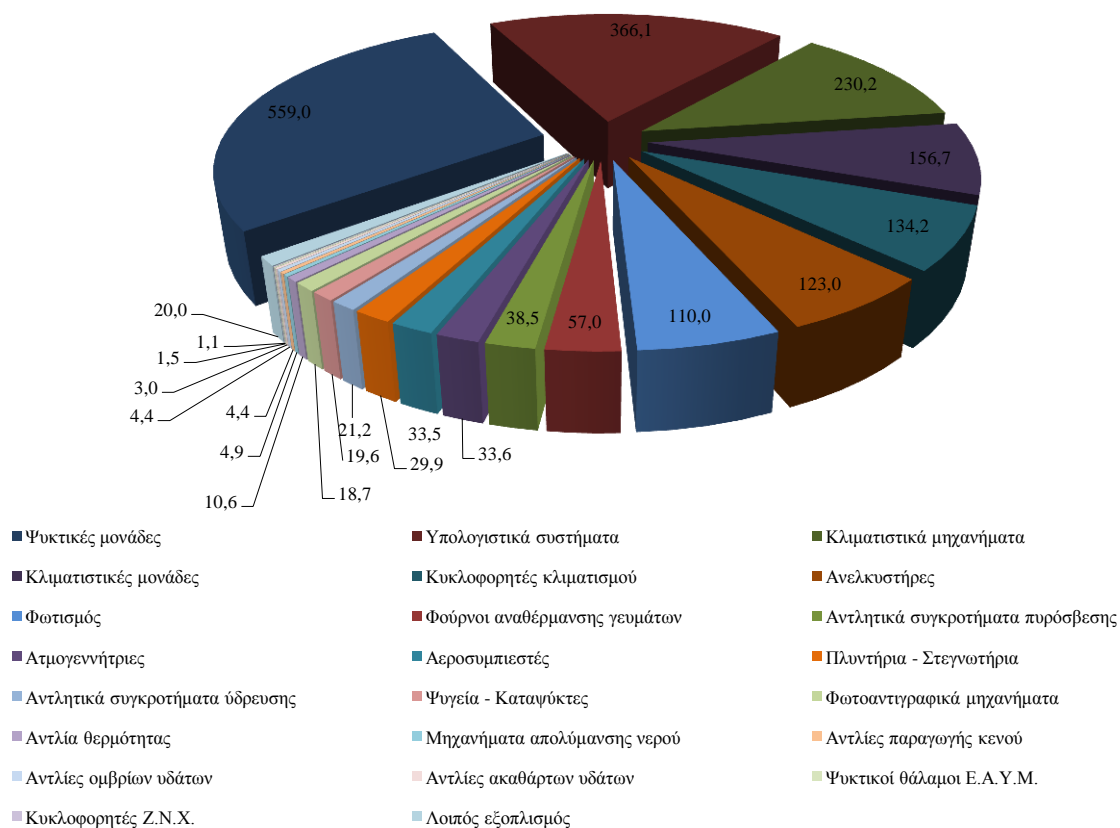
Υπάρχουν εγκατεστημένα φωτοαντιγραφικά μηχανήματα, για την υλοποίηση των διοικητικών εργασιών του Νοσοκομείου. Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των παραπάνω συστημάτων είναι **18,7kW**.

6.2.1.23 Λοιπός εξοπλισμός

Εκτός του παραπάνω βασικού ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού υπάρχει εγκατεστημένος και εξοπλισμός, όπως κινητήρες τριόδων βαλβίδων, κινητήρες μεταθερμαντικών σωμάτων, ψύκτες πόσιμοι νερού, κλπ., τα οποία συμπληρώνουν το άθροισμα της συνολικής

εγκατεστημένης ισχύος του Νοσοκομείου. Η εγκατεστημένη ισχύς του λοιπού ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού, με μικρές σχετικά αποκλίσεις, είναι περίπου **20,0kW**.

Σύμφωνα με τα παραπάνω η συνολική εγκατεστημένη ισχύς του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού του Νοσοκομείου, ανέρχεται περίπου στα **2,0MW**, όπως φαίνεται στο *Διάγραμμα 6.1*.



Διάγραμμα 6.1: Εγκατεστημένη ισχύς (kW) του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού του Νοσοκομείου

6.2.2 Ιατροτεχνολογικός εξοπλισμός και εγκατεστημένα φορτία

Ο ιατροτεχνολογικός εξοπλισμός αφορά όλα τα μηχανήματα, συσκευές και όργανα, τα οποία χρησιμοποιούνται για την παροχή των ιατρικών και νοσηλευτικών υπηρεσιών. Ο εξοπλισμός αυτός αφορά κυρίως:

- Ακτινοδιαγνωστικά μηχανήματα
- Ακτινοθεραπευτικά μηχανήματα
- Μηχανήματα αποστείρωσης

- Αναισθησιολογικά μηχανήματα
- Καρδιολογικά μηχανήματα
- Θερμοκοιτίδες
- Αναπνευστήρες
- Μηχανήματα αιμοκάθαρσης
- Ηλεκτροεγκεφαλογράφους
- Εργαστηριακά μηχανήματα

Ο κυριότερος ιατροτεχνολογικός εξοπλισμός και τα εγκατεστημένα φορτία του φαίνονται αναλυτικά παρακάτω.

6.2.2.1 Ακτινολογικά μηχανήματα

Στο Νοσοκομείο υπάρχουν εγκατεστημένα τέσσερα (4) σταθερά ακτινολογικά μηχανήματα και επτά (7) φορητά. Τα σταθερά είναι εγκατεστημένα, στους τέσσερις (4) ακτινολογικούς θαλάμους του Ακτινολογικού Τμήματος. Τα φορητά μετακινούνται ανάλογα με τις ανάγκες των Τμημάτων και των Κλινικών και ανήκουν, τρία (3) στα Χειρουργεία, δύο (2) στη Μ.Ε.Θ., ένα (1) στην Μ.Ε.Ν.Ν. και ένα (1) στην Ορθοπαιδική Κλινική. Τα σταθερά ακτινολογικά μηχανήματα έχουν από τις υψηλότερες τιμές εγκατεστημένης ισχύος στο Νοσοκομείο, με 65,0kW το κάθε ένα, ενώ η συνολική εγκατεστημένη ισχύς είναι **276,6kW**.

6.2.2.2 Ψηφιακά εμφανιστήρια

Για την εκτύπωση των ακτινογραφιών χρησιμοποιούνται πέντε (5) ψηφιακά εμφανιστήρια, τα οποία βρίσκονται στο Ακτινολογικό Τμήμα, τα τέσσερα (4) εκ των οποίων είναι σταθερά και το ένα (1) φορητό. Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των ψηφιακών εμφανιστηρίων είναι **5,0kW**.

6.2.2.3 Υπερηχοτομογράφοι

Υπάρχουν δέκα (10) υπερηχοτομογράφοι, από τους οποίους πέντε (5) βρίσκονται στο Τμήμα Υπερήχων, τρεις (3) στο Καρδιολογικό Τμήμα, στον 1^ο όροφο της Β΄ Πτέρυγας, ένας (1) στη Μ.Ε.Θ. και ένας (1) στη Μ.Ε.Ν.Ν. Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των υπερηχοτομογράφων είναι **5,8kW**.

6.2.2.4 Γραμμικός επιταχυντής

Στο Ακτινοθεραπευτικό Τμήμα, υπάρχει εγκατεστημένος ένας (1) γραμμικός επιταχυντής, ο οποίος χρησιμεύει για τη θεραπεία των παιδιών με καρκίνο και είναι και ο μοναδικός που λειτουργεί σε Νοσοκομείο Παίδων. Είναι από τα σημαντικότερα μηχανήματα του Νοσοκομείου, με πολύ υψηλό φορτίο όταν βρίσκεται σε λειτουργία, με τη συνολική ισχύ του να είναι στα **28,8kW**.

6.2.2.5 Αξονικός τομογράφος

Στο Ακτινοθεραπευτικό Τμήμα υπάρχει επίσης εγκατεστημένος ένας (1) αξονικός τομογράφος, ο οποίος χρησιμοποιείται για τη διάγνωση του καρκίνου. Είναι ένα επίσης πολύ σημαντικό μηχάνημα για το Νοσοκομείο, με πολύ υψηλό φορτίο και συνολική στιγμιαία ισχύ στα **135,0kW**.

6.2.2.6 Πλυντήρια ακαθάρτων εργαλείων

Στο Νοσοκομείο υπάρχουν εγκατεστημένα πέντε (5) πλυντήρια για τον καθαρισμό των ιατρικών εργαλείων, πριν την αποστείρωση τους και των ενδοσκοπίων. Τα δύο (2) βρίσκονται στην κεντρική Αποστείρωση και τα άλλα δύο (2) στον χώρο των Χειρουργείων. Τα τρία (3) πλυντήρια χρησιμοποιούν αποσκληρωμένο νερό για τον καθαρισμό των εργαλείων, εκτός από το ένα (1) που πραγματοποιεί τον καθαρισμό με υπέρηχους. Η συνολική ισχύς των πλυντηρίων είναι **20,1kW**.

6.2.2.7 Αναισθησιολογικοί σταθμοί

Το Αναισθησιολογικό Τμήμα χρησιμοποιεί για την αναισθησία των ασθενών, κατά τη διάρκεια των χειρουργείων πέντε (5) αναισθησιολογικούς σταθμούς, στους οποίους μετριοούνται οι ζωτικές παράμετροι των ασθενών, κατά τη διάρκεια της αναισθησίας. Η συνολική ισχύς τους είναι **7,2kW**.

6.2.2.8 Διάδρομος τεστ κοπώσεως

Υπάρχει εγκατεστημένος, για τη διάγνωση καρδιολογικών προβλημάτων, ένας διάδρομος τεστ κοπώσεως, με εγκατεστημένη ισχύ στα **2,2kW**.

6.2.2.9 Θερμοκοιτίδες

Στη Μ.Ε.Ν.Ν. υπάρχουν εγκατεστημένες τριάντα μία (31) θερμοκοιτίδες ανοιχτού και κλειστού τύπου, για την υποδοχή των πρόωρων γεννημένων μωρών, που παρουσιάζουν προβλήματα ζωτικών λειτουργιών, μετά την γέννα. Η συνολική ισχύς των θερμοκοιτιδών είναι **19,8kW**.

6.2.2.10 Αναπνευστήρες

Στις Μονάδες εντατικής, δηλαδή στην Μ.Ε.Ν.Ν., στη Μ.Ε.Θ και τη Μ.Ε.Θ. – Covid, υπάρχουν τριάντα τέσσερις (34) αναπνευστήρες, με συνολική ισχύ στα **8,0kW**.

6.2.2.11 Υγραντήρες

Στις Μονάδες εντατικής υπάρχουν επίσης τριάντα ένας (31) υγραντήρες, οι οποίοι λειτουργούν μαζί με τους αναπνευστήρες για τη ρύθμιση της υγρασίας του παρεχόμενου αέρα στους μικρούς ασθενείς. Η συνολική ισχύς των υγραντήρων είναι **5,3kW**.

6.2.2.12 Μηχανήματα αιμοκάθαρσης

Στο Νοσοκομείο λειτουργεί Μονάδα Τεχνητού Νεφρού, όπου παρέχεται η δυνατότητα αιμοκάθαρσης στους ασθενείς. Για τον σκοπό αυτό υπάρχουν εγκατεστημένα στον χώρο δέκα (10) μηχανήματα αιμοκάθαρσης. Επίσης, υπάρχει εγκατεστημένο και ένα (1) μηχάνημα στη Μ.Ε.Θ. Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των μηχανημάτων αιμοκάθαρσης είναι **23,3kW**.

6.2.2.13 Ηλεκτροεγκεφαλογράφος

Για την εξέταση και τον έλεγχο των νευρολογικών προβλημάτων στο Νοσοκομείο υπάρχουν τρεις (3) ηλεκτροεγκεφαλογράφοι, ένας (1) στο Νευρολογικό Τμήμα, ένας (1) στη Μ.Ε.Ν.Ν. και ένας (1) στη Μ.Ε.Θ., με συνολική εγκατεστημένη ισχύ στα **2,4kW**.

6.2.2.14 Φυγόκεντροι βιολογικών υγρών

Για την έκδοση των εργαστηριακών αποτελεσμάτων, απαιτείται η φυγόκεντρωση των βιολογικών υγρών. Για το λόγο αυτό υπάρχουν εγκατεστημένοι είκοσι οκτώ (28) φυγόκεντροι. Από αυτούς δέκα (10) βρίσκονται στο Τμήμα Αιμοδοσίας και δέκα οκτώ (8) στα διαγνωστικά Εργαστήρια του Νοσοκομείου (Βιοχημικό, Μικροβιολογικό, Αιματολογικό,

Ορμονολογικό, Ορολογικό, Παθολογοανατομικό). Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς τους είναι **24,1kW**.

6.2.2.15 *Αναλυτές βιολογικών υγρών*

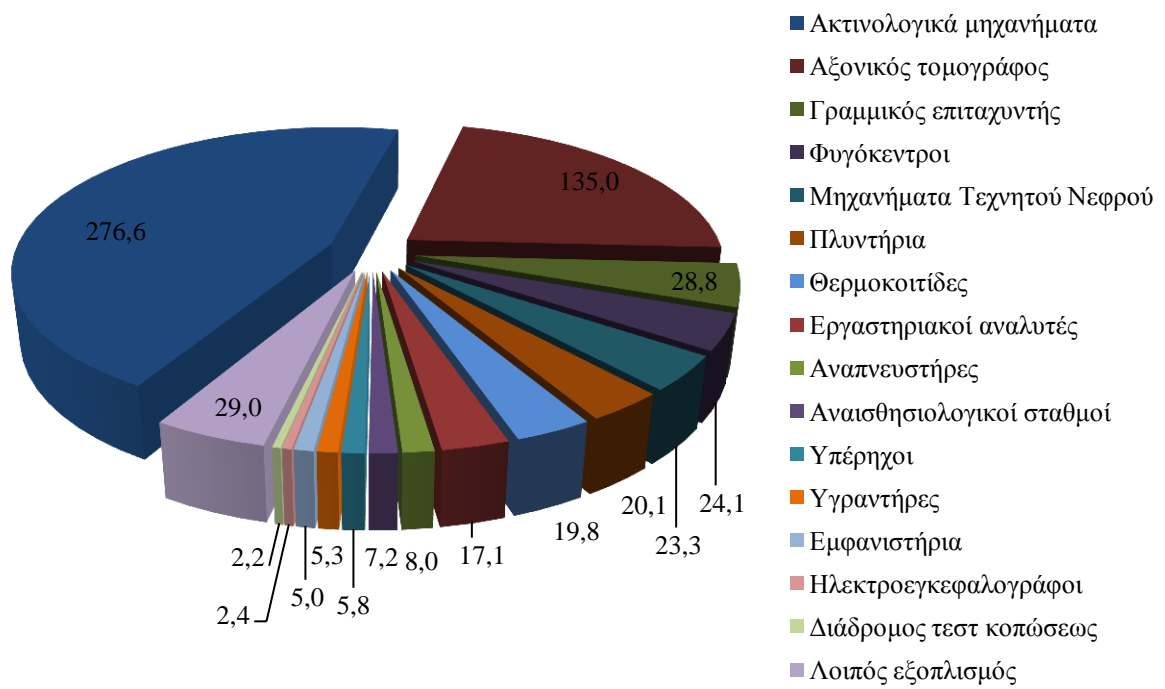
Για την έκδοση των εργαστηριακών αναλύσεων υπάρχουν εγκατεστημένοι είκοσι έξι (26) αναλυτές των βιολογικών υγρών. Από αυτούς τέσσερις (4) βρίσκονται στο Τμήμα Αιμοδοσίας και είκοσι δύο (22) στα διαγνωστικά Εργαστήρια του Νοσοκομείου (Βιοχημικό, Μικροβιολογικό, Αιματολογικό, Ορμονολογικό, Ορολογικό, Παθολογοανατομικό). Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς τους είναι **17,1kW**.

6.2.2.16 *Λοιπός ιατροτεχνολογικός εξοπλισμός*

Έκτος του παραπάνω βασικού ιατροτεχνολογικού εξοπλισμού υπάρχει εγκατεστημένος και μεγάλος αριθμός εξοπλισμού, όπως monitors παρακολούθησης βιολογικών παραμέτρων, χειρουργικές τράπεζες, διαφανοσκόπια, μονάδες ΩΡΛ, καρδιογράφοι, ενδοσκοπικοί πύργοι, κλπ., τα οποία συμπληρώνουν το άθροισμα της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος του ιατροτεχνολογικού εξοπλισμού του Νοσοκομείου. Η εγκατεστημένη ισχύς αυτού του εξοπλισμού με μικρές σχετικά αποκλίσεις είναι περίπου **29,0kW**.

Σύμφωνα με τα παραπάνω η συνολική εγκατεστημένη ισχύς του ιατροτεχνολογικού εξοπλισμού του Νοσοκομείου, ανέρχεται περίπου στα **610,0kW**, όπως φαίνεται στο *Διάγραμμα 6.2*.

Από όλη την παραπάνω ανάλυση προκύπτει ότι το σύνολο της εγκατεστημένης ισχύος του εξοπλισμού του Νοσοκομείου, είναι συνολικά, περίπου στα **2,6MW**. Το σύνολο όμως του εξοπλισμού αυτού δεν λειτουργεί ποτέ ταυτόχρονα και δεδομένου του συντελεστή ετεροχρονισμού των ηλεκτρικών φορτίων, τα φορτία δεν μπορούν ποτέ να αγγίξουν την παραπάνω τιμή. Η εγκατεστημένη όμως ισχύς του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού κατέχει περίπου το 75% της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος του Νοσοκομείου.



Διάγραμμα 6.2: Εγκατεστημένη ισχύς (kW) του ιατροτεχνολογικού εξοπλισμού του Νοσοκομείου

6.3 Σύστημα τροφοδοσίας και εφεδρείες

Η ηλεκτρική ενέργεια παρέχεται από το κεντρικό δίκτυο του Δ.Ε.Δ.Δ.Η.Ε., μέσω του ηλεκτρικού υποσταθμού Μέσης Τάσης 20kV, που βρίσκεται εγκατεστημένος στο υπόγειο της Ε΄ Πτέρυγας. Δύο μετασχηματιστές ξηρού τύπου, ισχύος 1.000kVA έκαστος, μετατρέπουν την μέση τάση, σε χαμηλή και τη διανέμουν στα πεδία χαμηλής τάσης. Από τα πεδία αυτά τροφοδοτούνται με ηλεκτρικό ρεύμα όλοι οι χώροι του Νοσοκομείου.

Σε περίπτωση διακοπής ρεύματος υπάρχουν σε αναμονή τρία ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη (H/Z). Αυτά λειτουργούν με πετρέλαιο κίνησης και τροφοδοτούνται από δεξαμενή 4.000lt, η οποία βρίσκεται στον ίδιο χώρο. Το H/Z No1, έχει ισχύ 1.025kVA και μπορεί να καλύψει σχεδόν το 90% των βασικότερων αναγκών του Νοσοκομείου, σε περίπτωση διακοπής ρεύματος ή αστοχίας του δικτύου. Το H/Z No2, έχει ισχύ 400kVA και καλύπτει μόνο τις υπερεπείγουσες ανάγκες του Νοσοκομείου, όπως η τροφοδοσία της Μ.Ε.Ν.Ν., Μ.Ε.Θ., Χειρουργεία, Κλινικές, κλπ. Το H/Z No3, έχει ισχύ 550kVA και καλύπτει μόνο τις ανάγκες για παραγωγή κρύου νερού για τον κλιματισμό, αλλά μόνο τους δύο από τους τρεις ψύκτες. Ο ένας ψύκτης καλύπτεται από το H/Z No1.

Σε περίπτωση απώλειας της τάσης, γίνεται μεταγωγή στα H/Z No1 και No3, μέσω των αυτόματων διακοπών ισχύος, σε χρόνο περίπου 23sec. Σε περίπτωση βλάβης του H/Z No1, δηλαδή σε περίπτωση που δεν μπορέσει να εκκινήσει, επαναλαμβάνει την προσπάθεια εκκίνησης άλλες δύο φορές και αν πάλι δεν καταφέρει να εκκινήσει, τότε αναλαμβάνει το H/Z No2.

Οι τέσσερις βασικές Μονάδες του Νοσοκομείου, δηλαδή η Μ.Ε.Ν.Ν., η Μ.Ε.Θ., η Μ.Ε.Θ. – Covid και τα Χειρουργεία, έχουν εγκατεστημένα συστήματα αδιάλειπτης παροχής (On line UPS). Αυτό γιατί όταν υπάρξει απώλεια τάσης, για να εκκινήσουν τα H/Z θα πρέπει να περάσουν περίπου 23sec, τα οποία μπορεί να είναι πολύ κρίσιμα. Στις Μονάδες αυτές, υπάρχουν ευαίσθητα ιατρικά όργανα ή υπολογιστικά συστήματα, τα οποία πρέπει να δουλεύουν χωρίς καμία αυξομείωση της τάσης, κάτι το οποίο θα μπορούσε να κρίνει ακόμα και μία ανθρώπινη ζωή. Πιο αναλυτικά:

- Για τη Μ.Ε.Ν.Ν. υπάρχει εγκατεστημένο UPS ισχύος 30kVA, με συστοιχία από 68 συσσωρευτές μολύβδου οξέος, 12V/69,5Ah.
- Για τη Μ.Ε.Θ. υπάρχει εγκατεστημένο UPS ισχύος 15kVA, με συστοιχία από 32 συσσωρευτές μολύβδου οξέος, 12V/80Ah.

- Για τη Μ.Ε.Θ. – Covid, υπάρχει εγκατεστημένο UPS ισχύος 10kVA, με συστοιχία από 80 συσσωρευτές μολύβδου οξέος, 12V/9Ah.
- Για τα Χειρουργεία, υπάρχει εγκατεστημένο UPS ισχύος 60kVA, με συστοιχία από 48 συσσωρευτές μολύβδου οξέος, 12V/33Ah.
- Για τη παλαιά Μ.Ε.Ν.Ν. υπήρχε εγκατεστημένο UPS ισχύος 30kVA, με συστοιχία από 180 συσσωρευτές μολύβδου οξέος, 12V/9Ah, το οποίο την δεδομένη στιγμή είναι ανενεργό.

Επιπλέον, υπάρχουν σε πολλούς χώρους του Νοσοκομείου συστήματα αδιάλειπτης παροχής ρεύματος (Line – interactive UPS) μικρότερης ισχύος, για την τροφοδοσία μεμονωμένων μηχανημάτων και εξοπλισμού.

6.4 Μελλοντικός σχεδιασμός στο πλαίσιο ενεργειακής αναβάθμισης

Σύμφωνα με την 7394/15-07-2021 Απόφαση της Ειδικής Υπηρεσίας Διαχείρισης του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Υποδομές Μεταφορών, Περιβάλλον και Αειφόρος Ανάπτυξη», του Υπουργείου Ανάπτυξης και Επενδύσεων, εντάχθηκε η Πράξη «Ενεργειακή Αναβάθμιση του Γενικού Νοσοκομείου Παίδων Αθηνών «Παναγιώτη & Αγλαΐας Κυριακού»», με Άξονα Προτεραιότητας την εφαρμογή στρατηγικών επίτευξης χαμηλών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, με έμφαση στις αστικές περιοχές και με συνολικό κόστος Πράξης στα 5.403.533,47€.

Με την ενεργειακή αναβάθμιση προσφέρεται στο Νοσοκομείο, αφενός εξοικονόμηση ενέργειας και αφετέρου η εισαγωγή στο ενεργειακό του ισοζύγιο τεχνολογιών όπως η παραγωγή ενέργειας με Σ.Η.Θ.Υ.Α. ή με Α.Π.Ε. Στόχος των παρεμβάσεων είναι η αναβάθμιση του Νοσοκομείου κατά δύο τουλάχιστον ενεργειακές Κατηγορίες, ώστε μετά την υλοποίησή τους, το Νοσοκομείο να κατατάσσεται κατ' ελάχιστον στην Κατηγορία Β', από την Κατηγορία Δ', σύμφωνα με το υπάρχον Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης (Π.Ε.Α.). Στην ενεργειακή αναβάθμιση του Νοσοκομείου περιλαμβάνονται:

- Η αντικατάσταση των υφιστάμενων ψυκτών παραγωγής νερού αλλά και των κλιματιστικών μηχανημάτων, τύπου split units, με άλλα αντίστοιχης ψυκτικής ισχύος, αλλά με μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης.
- Η αντικατάσταση των υφιστάμενων κυκλοφορητών και αντλιών, με νέους αποδοτικότερους, τεχνολογίας inverter.
- Η αντικατάσταση των υπόλοιπων συμβατικών φωτιστικών και λαμπτήρων από αντίστοιχους τεχνολογίας LED, σε όλους τους χώρους του Νοσοκομείου.
- Η εγκατάσταση ενός νέου Συστήματος Ενεργειακής Διαχείρισης (BEMS) με ταυτόχρονη ενσωμάτωση του υφιστάμενου Συστήματος Διαχείρισης (BMS) που αφορά τη ρύθμιση του κλιματισμού. Με το συγκεκριμένο σύστημα θα υπάρχει η δυνατότητα ελέγχου, εκτός από τον κλιματισμό και του λοιπού ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού, με εξ αποστάσεως παρεμβάσεις, όταν απαιτηθεί. Επίσης, θα υπάρχει η δυνατότητα μετρήσεων και καταγραφής κρίσιμων μεγεθών, όπως η κατανάλωση ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας του Νοσοκομείου. Για το σκοπό αυτό, απαιτούνται οι παρακάτω ενέργειες:

- Εγκατάσταση μετρητών ηλεκτρικής ενέργειας στα πιο σημαντικά ηλεκτρικά φορτία του Νοσοκομείου.
 - Εγκατάσταση θερμοδομετρητών, αισθητηρίων και μετρητών παροχής στα σημαντικότερα θερμικά φορτία.
 - Σύνδεση των ανωτέρω με τα υφιστάμενα με κοινό πρωτόκολλο επικοινωνίας και λογισμικό παρακολούθησης και ελέγχου.
 - Εγκατάσταση συστήματος αντιστάθμισης, της θερμοκρασίας παροχής νερού θέρμανσης, με βάση την εξωτερική θερμοκρασία περιβάλλοντος.
- Η εγκατάσταση σύγχρονης μονάδας τριπαραγωγής, Ηλεκτρισμού, Θερμότητας και Ψύξης, εγκατεστημένης ισχύος 672kW_{th} και 528kW_e. Η παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας θα γίνει με την ιδιότητα του «αυτοπαραγωγού», αξιοποιώντας τη μεθοδολογία του ενεργειακού συμψηφισμού για το Νοσοκομείο και του εικονικού ενεργειακού συμψηφισμού. Σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία, το Νοσοκομείο θα πρέπει να λειτουργεί με την ιδιότητα του «αυτοπαραγωγού», χωρίς ωστόσο τη δυνατότητα της πώλησης του πλεονάσματος της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Ο περιορισμός προκύπτει από την Ευρωπαϊκή Νομοθεσία, καθώς παρεμβάσεις, οι οποίες επιδοτούνται σε ποσοστό 100% επί του προϋπολογισμού τους, δεσμεύονται για τη μη παραγωγή εσόδων.
- Η αντικατάσταση ιατροτεχνολογικού εξοπλισμού, μέγιστου ποσού 450.000,00€, ο οποίος είναι παλιός και αρκετά ενεργοβόρος, με νέο αντίστοιχο, πιο σύγχρονο και πιο αποδοτικό. Ο ιατροτεχνολογικός εξοπλισμός που προτάθηκε να αντικατασταθεί είναι:
- Ένας (1) αναπνευστήρας, έτους κατασκευής 2012 και ισχύος 140W.
 - Ένας (1) υπέρηχος του Τμήματος Υπερήχων, ισχύος 1.250VA.
 - Δύο (2) φορητά ακτινολογικά μηχανήματα, ισχύος 3,0kW το κάθε ένα.
 - Πέντε (5) μηχανήματα Τεχνητού Νεφρού, έτους κατασκευής 1998 (2), 2002 και 2003 (2), ισχύος 2.400W το κάθε ένα.
 - Ένας (1) διπλός χειρουργικός προβολέας, έτους κατασκευής 1982, με 14 λαμπτήρες αλογόνου και συνολική ισχύ 490W.
 - Δύο (2) φορητοί χειρουργικοί προβολείς, έτους κατασκευής 2000, ισχύος 120W ο ένας και 200W ο άλλος.

Στόχος της ενεργειακής αναβάθμισης του Νοσοκομείου είναι η ενεργειακή απόδοση με μείωση της ετήσιας κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας και των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου.

Κεφάλαιο 7. Ενεργειακές καταναλώσεις Νοσοκομείου

7.1 Διαχρονική εξέλιξη ενεργειακών καταναλώσεων

Όπως αναφέραμε και στο παραπάνω κεφάλαιο, το Νοσοκομείο χρησιμοποιεί ηλεκτρική και θερμική ενέργεια για την κάλυψη των ενεργειακών του αναγκών. Η κατανάλωση θερμικής ενέργειας, με την χρήση φυσικού αερίου περιορίζεται μόνο στην παραγωγή ατμού, από τις ατμογεννήτριες του Νοσοκομείου. Ο ατμός, είτε χρησιμοποιείται «ζωντανός» για την λειτουργία των μηχανημάτων του Τμήματος Ιματισμού, είτε μετατρέπεται σε νερό υψηλής θερμοκρασίας, μέσω εναλλακτών ατμού – νερού και χρησιμοποιείται:

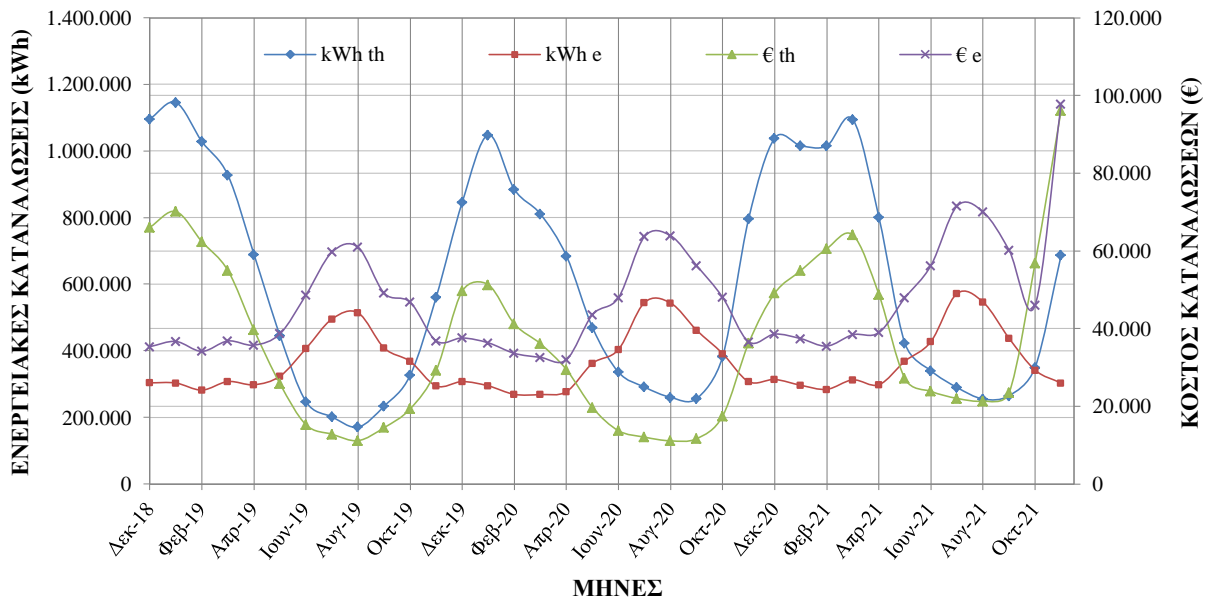
- στις κλιματιστικές μονάδες, όταν υπάρχει απαίτηση για θέρμανση σε κάποιο χώρο, καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, εκτός από τις πολύ θερμές ημέρες, συνήθως τον Ιούλιο και τον Αύγουστο
- στο δίκτυο κεντρικής θέρμανσης, κατά την ψυχρή περίοδο του έτους, συνήθως από τα μέσα Οκτωβρίου έως τα μέσα Μαΐου
- για την πλήρωση των boilers, για την τροφοδοσία με Ζ.Ν.Χ. σε όλο το Νοσοκομείο

Η ηλεκτρική ενέργεια, αντίστοιχα, καταναλώνεται για τη λειτουργία όλου του ηλεκτρομηχανολογικού και ιατροτεχνολογικού εξοπλισμού του Νοσοκομείου.

Λαμβάνοντας υπόψη τα τιμολόγια (λογαριασμούς) του φυσικού αερίου και του ηλεκτρικού ρεύματος σε βάθος τριετίας, από τον Δεκέμβριο του 2018 έως και το Νοέμβριο του 2021, χαράζουμε τις καμπύλες μηνιαίας μεταβολής των καταναλώσεων και του κόστους θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας στο *Διάγραμμα 7.1*. Από αυτό το διάγραμμα φαίνεται ξεκάθαρα ότι οι ενεργειακές καταναλώσεις συνδέονται άμεσα με την εποχή και τις καιρικές συνθήκες. Υπάρχει δηλαδή αυξομείωση των καταναλώσεων, ανάλογα με την εποχή. Η κατανάλωση του φυσικού αερίου αυξάνεται τον χειμώνα και μειώνεται αισθητά το καλοκαίρι. Αντίθετα, η κατανάλωση του ηλεκτρικού ρεύματος είναι μειωμένη το χειμώνα, αλλά σχεδόν διπλασιάζεται το καλοκαίρι.

Το κόστος των καταναλώσεων, ακολουθεί την ίδια λογική με τις καταναλώσεις. Οι καμπύλες του δηλαδή αυξομειώνονται, αντίστοιχα με αυτές των καταναλώσεων. Υπάρχουν όμως και άλλοι παράγοντες, οι οποίοι καθορίζουν το κόστος, όπως είναι:

- η τιμή της προμήθειας (€/kWh), η οποία μπορεί να αυξομειώνεται ανάλογα με τις συνθήκες της αγοράς
- το κόστος μεταφοράς και διανομής
- οι φόροι που επιβάλλει το Κράτος



Διάγραμμα 7.1: Μηνιαία μεταβολή καταναλώσεων και κόστους θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας, από το Δεκέμβριο του 2018, έως και το Νοέμβριο του 2021

Αυτό μπορούμε να το διαπιστώσουμε και από τις παραπάνω καμπύλες, όπου παρατηρούμε τεράστια αύξηση, από τον Οκτώβριο του 2021 και μετά. Οι αυξήσεις αυτές οφείλονται, για το ηλεκτρικό ρεύμα, στην προσθήκη της ρήτρα αναπροσαρμογής, για τις εκπομπές CO₂, ενώ για το φυσικό αέριο, στην αύξηση της τιμής προμήθειάς του, όπως αυτή επιβλήθηκε βίαια από τις αγορές του εξωτερικού.

Εδώ θα πρέπει να αναφέρουμε ότι στο ενεργειακό κόστος λαμβάνουμε υπόψη την καθαρή αξία, πλέον Φ.Π.Α., ο οποίος μπορεί να αλλάξει ανά πάσα στιγμή. Επίσης, δεν λαμβάνονται υπόψη τυχόν εκπτώσεις (στο τιμολόγιο ηλεκτρικού ρεύματος) που έχουν να κάνουν με την συνέπεια, την προπληρωμή, κλπ.

Για τα έτη 2019 και 2020, τα οποία είναι ολόκληρα, παρατηρούμε από τις καμπύλες του *Διαγράμματος 7.1*, ότι παρόλο που η ετήσια κατανάλωση του φυσικού αερίου είναι υψηλότερη από αυτή του ηλεκτρικού ρεύματος, το κόστος κατανάλωσής του είναι μεγαλύτερο. Αθροίζοντας τις καταναλώσεις και τα κόστη των δύο παραπάνω ετών, δημιουργούμε τον *Πίνακα 7.1*. Από αυτό τον πίνακα προκύπτει ότι για τα έτη 2019 και 2020, η μέση κατανάλωση του φυσικού αερίου είναι περίπου 7.000MWh, ενώ του ηλεκτρικού ρεύματος περίπου 4.400MWh. Το μέσο κόστος της κατανάλωσης, για τα δύο αυτά έτη είναι περίπου 370.000,00€ και 530.000,00€, αντίστοιχα.

Έτη	Κατανάλωση Ηλεκτρικού Ρεύματος (kWh)	Κόστος Κατανάλωσης Ηλεκτρικού Ρεύματος (€)	Κατανάλωση Φυσικού Αερίου (kWh)	Κόστος Κατανάλωσης Φυσικού Αερίου (€)
2019	4.308.150,96	521.586,57	6.822.581,74	404.720,16
2020	4.437.698,80	533.021,49	7.259.193,80	329.018,55

Πίνακας 7.1: Κατανάλωση και κόστος, φυσικού αερίου και ηλεκτρικού ρεύματος για τα έτη 2019 και 2020

Εξαιτίας των παραπάνω συμπερασμάτων και της υψηλής εγκατεστημένης ηλεκτρικής ισχύος του Νοσοκομείου, θα ασχοληθούμε στη συνέχεια με την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, αναλύοντας περαιτέρω το αντίστοιχο κόστος, με πλήρη αποδόμηση των σχετικών τιμολογίων. Εν συνεχεία, θα παραθέσουμε αναλυτικές μετρήσεις της ηλεκτρικής κατανάλωσης, μέσω του συστήματος τηλεμετρίας του Δ.Ε.Δ.Δ.Η.Ε. που υπάρχει εγκατεστημένο στον υποσταθμό Μέσης Τάσης του Νοσοκομείου, δημιουργώντας το αναλυτικό προφίλ του Νοσοκομείου.

7.2 Ανάλυση τιμολογίου ηλεκτρικής ενέργειας

Το Νοσοκομείο έχει για πάροχο ηλεκτρικής ενέργειας την Δ.Ε.Η. Α.Ε., η οποία εξαιτίας του υποσταθμού Μέσης Τάσης που υπάρχει εγκατεστημένος, αποστέλλει εκκαθαριστικό τιμολόγιο ΒΓ (εμπορικής χρήσης), το οποίο εκδίδεται κάθε μήνα (Εικόνα 7.1).

Α/Α ΛΟΓΑΡΙΑΣΜΟΥ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΚΔΟΣΗΣ	ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΚΑΤΑΒΛΗΣΗΣ	ΗΜΕΡΕΣ	ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΕΛΑΤΗ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΑΡΟΧΗΣ
1164286215	30/01/2019	01/12/2018 - 31/12/2018	31		
1. ΧΡΕΩΣΗ ΠΡΟΜΗΘΕΙΑΣ ΡΕΥΜΑΤΟΣ		2. ΡΥΘΜΙΖΟΜΕΝΕΣ ΧΡΕΩΣΕΙΣ			
549,90 kW X 0,00000 €/kWh	3.281,40	ΧΩΣΤΟ ΡΥΘΜΙΖΟΜΕΝΩΝ - ΔΙΟΜΗΤ' Α			
Ισχύς - Σύνολο (€)	3.281,40	ΕΣΩΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΗΕ (€)			
134.494,58 kWh X 0,06428 €/kWh	8.643,38	546,90kWx1,22906€/kWh			
169.177,32 kWh X 0,05002 €/kWh	8.563,76	ΕΣΩΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΔΙΑΚΟΜΗΣ ΗΕ (€)			
Εισόδημα - Σύνολο (€)	17.207,14	(546,90kWx1,1796€/kWh)+(134464,88kWhx0,02290€/kWh)+0,9870*			
ΙΣΧΥΣ & ΕΝΕΡΓΕΙΑ - Σύνολο (€)	20.488,54	(1169177,32kWhx0,02290€/kWh)+0,9870*			
ΚΟΣΤΟΣ ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΩΝ ΕΚΠΟΜΩΝ CO2	4.250,99	(1719672,23kWhx0,00056€/kWh)			
303.641,88 kWh X 0,01400 €/kWh		303641,88kWhx0,01796€/kWh			
		ΕΙΔΙΚΟ ΤΕΛΟΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΜΕΙΩΣΗ ΕΚΠΟΜΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΡΥΠΩΝ (ΕΤΜΕΑΡ) (€)			
		303641,88kWhx0,00796€/kWh			
		ΛΟΙΠΕΣ ΧΡΕΩΣΕΙΣ (€)			
		303641,88kWhx0,00079€/kWh			
ΣΥΝΟΛΟ 1.:	24.739,53	ΣΥΝΟΛΟ 2.:	10.386,21		
ΑΣΙΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ (1+2):		35.125,74			
Επκ. Πρωτοκόπ. 303641,88kWhx0,02290€	1.519,21				
ΕΙΔ.ΤΕΛ. 5% Ν.2093/92	169,89				
ΧΡΕΩΣΗ ΕΠΗΓΟΥ (€)	1,00				
ΦΠΑ ΕΣΟΔΩΝ 24%	0,24				
ΠΡΟΗΓ.ΕΣΤΡΩΤ.	0,26				
ΠΡΟΗΓ.ΕΣΤΡΩΤ.	0,31				
ΓΙΑ ΤΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΡΕΥΜΑ ΠΛΗΡΩΝΕΤΕ :		36.815,64			
13,00% X 36.843,95 =		4.783,72			
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΣΙΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΚΑΙ Φ.Π.Α. (€)		A 41.579,36			
Καθαρός Μετρητής: 196019194	Διαφ. του Παροχού: 1.000kVA	Επιφ. του Παροχού: 2.000kVA			
ΖΩΝΗ: ΙΣΧΥΟΣ	Μετρήσεις (kWh)				
Εκδήλωση	528,48 - 05/12/2018 - 10:00				
Αυγύλι	529,32 - 04/12/2018 - 11:00				
Εκδήλωση	445,44 - 23/12/2018 - 09:00				
Συνολικό καταναλωτικό:	303.641,88 Ενέργειών (kWh)	49.778,88 Αερίων (kWh)			
Απορροφούμενη Ημέρες	: 134.464,55	Απορροφούμενη Νύκτας	: 169.177,32		
Παραγωγή	: 0,00	Εγγεόμενη	: 0,00	Μετακινημένη	: 0,00
εφε: 0,1639	συνε: 0,987	Ε.Π.Ρ.Ε: 1,000	Α: 1,00000 (31 / 31)	ΧΩΣΤ: 546,900	Ε.Χ.Ρ.Ε: 77,1%
ΚΑΤΑΜΕΤΡΗΣΗ: ΤΕΛΕΥΤΑΙΑ ΗΜΕΡΑ ΚΑΘΕ ΜΗΝΑ		ΛΗΞΗ ΠΡΟΕΣΩΜΙΑΣ ΠΛΗΡΩΜΗΣ: Τετάρτη, 20/02/2019			

Εικόνα 7.1: Μηνιαίος λογαριασμός ηλεκτρικού ρεύματος Μέσης Τάσης του Γενικού Νοσοκομείου Παίδων Αθηνών «Παναγιώτη & Αγλαΐας Κυριακού»

Για τον υπολογισμό της συνολικής αξίας του ηλεκτρικού ρεύματος που πρέπει να πληρώσει κάθε μήνα το Νοσοκομείο υπολογίζονται οι χρεώσεις προμήθειας του ηλεκτρικού ρεύματος, οι ρυθμιζόμενες χρεώσεις, ο Ειδικός Φόρος Κατανάλωσης (Ε.Φ.Κ.), το Ειδικό Τέλος 5% σύμφωνα με τον Ν. 2093/92 και ο Φόρος Προστιθέμενης Αξίας (Φ.Π.Α.). Στη δεύτερη σελίδα του λογαριασμού υπολογίζονται και οι χρεώσεις των Δημοτικών Τελών και του Δημοτικού Φόρου, οι οποίες όμως δεν θα αναλυθούν στην συγκεκριμένη εργασία, γιατί δεν αφορούν καταναλώσεις ηλεκτρικού ρεύματος. Παρακάτω γίνεται λεπτομερής ανάλυση του

τιμολογίου – λογαριασμού του ηλεκτρικού ρεύματος Μέσης Τάσης, σε ότι όμως αφορά την αξία του ηλεκτρικού ρεύματος, χωρίς τον υπολογισμό του Φ.Π.Α.

7.2.1 Γενικά στοιχεία λογαριασμού – Στοιχεία καταναλωτή

Στο πάνω μέρος του λογαριασμού αναγράφονται:

- Τα στοιχεία του παρόχου της ηλεκτρικής ενέργειας και ο Τομέας από όπου εκδίδεται ο λογαριασμός και συγκεκριμένα για το Νοσοκομείο, ο Τομέας Μεγάλων Πελατών της Αθήνας.
- Τα στοιχεία του Νοσοκομείου και συγκεκριμένα η διεύθυνσή και ο Α.Φ.Μ. του.
- Ο αριθμός του παραστατικού, ο οποίος είναι ένας συστημικός τιμολογιακός αριθμός.
- Ο αριθμός Συμβολαίου μεταξύ του Νοσοκομείου και της Δ.Ε.Η. Α.Ε., καθώς και ο κωδικός πελάτη, δηλαδή ο κωδικός αναγνώρισης του Νοσοκομείου από την Δ.Ε.Η. Α.Ε.
- Ο τύπος του τιμολογίου, ο οποίος για το Νοσοκομείο είναι ΒΓ (Εμπορικής Χρήσης).
- Το ποσό που τυχόν προκαταβάλει το Νοσοκομείο για κάθε λογαριασμό.
- Ο αριθμός λογαριασμού, δηλαδή ο μοναδικός αριθμός έκδοσης του τιμολογίου, ο οποίος κάθε μήνα είναι διαφορετικός και αφορά στο Νοσοκομείο.
- Η ημερομηνία έκδοσης του λογαριασμού, η οποία είναι πάντα στην αρχή του επόμενου μήνα, του οποίου μετριέται η κατανάλωση.
- Η περίοδος κατανάλωσης, δηλαδή από και μέχρι ποια ημερομηνία γίνεται η μέτρηση.
- Οι ημέρες κατανάλωσης, οι οποίες συνήθως είναι οι ημέρες του κάθε μήνα, δηλαδή 30, 31, κλπ.
- Τα στοιχεία του πελάτη, δηλαδή ο αριθμός που ξεχωρίζει το κτίριο του Νοσοκομείου από τα υπόλοιπα κτίρια που διατηρείται λογαριασμός με την Δ.Ε.Η. Α.Ε.
- Ο αριθμός παροχής της ηλεκτρικής σύνδεσης του κτιρίου.

Όλα τα παραπάνω στοιχεία, αφορούν γενικά στοιχεία του λογαριασμού και τα στοιχεία του Νοσοκομείου, με τα οποία συνδέεται με το συγκεκριμένο πάροχο.

7.2.2 Χρεώσεις προμήθειας ηλεκτρικού ρεύματος

Οι χρεώσεις προμήθειας του ηλεκτρικού ρεύματος περιλαμβάνουν:

- Το κόστος της ισχύος αιχμής, το οποίο προκύπτει από το γινόμενο της Χρεωστέας Μέγιστης Ζήτησης (X.M.Z.) επί την εκάστοτε τιμή ισχύος.

$$\text{Κόστος Ισχύος Αιχμής (€)} = X.M.Z. (kW) \times \text{Τιμή Ισχύος} \left(\frac{\text{€}}{kW} \right)$$

Η X.M.Z. είναι το γινόμενο της τιμής αιχμής, που αναγράφεται στο κάτω μέρος το τιμολογίου, επί την τιμή (A) που προκύπτει από το ημερήσιο των ημερών κατανάλωσης, διά τις 30 ημέρες (μήνας τιμολογίου 30 ημερών). Από τον Οκτώβριο του 2019 και μετά η παραπάνω τιμή (A) προκύπτει από το ημερήσιο των ημερών κατανάλωσης, διά τις ημέρες του μήνα. Έτσι συνήθως η τιμή (A), μετά τον Οκτώβριο του 2019 είναι μονάδα (1).

- Το κόστος ενέργειας που καταναλώθηκε, το οποίο προκύπτει από το άθροισμα των γινομένων των καταναλώσεων ημέρας και νύχτας, επί την αντίστοιχη τιμή κατανάλωσης ημέρας και νύχτας, όπως αυτή ισχύει σε κάθε περίοδο κατανάλωσης.

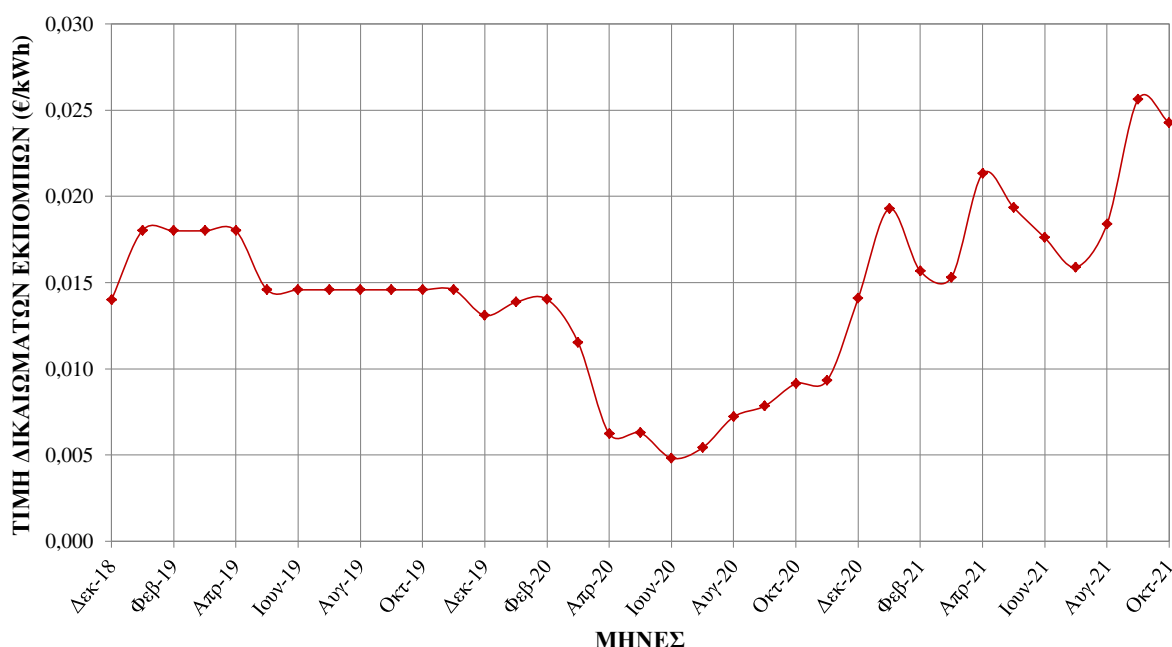
$$\begin{aligned} \text{Κόστος Ενέργειας (€)} = & \left[\text{Κατανάλωση ημέρας (kWh)} \times \text{Τιμή Κατανάλωση ημέρας} \left(\frac{\text{€}}{kWh} \right) \right] + \\ & + \left[\text{Κατανάλωση νύχτας (kWh)} \times \text{Τιμή Κατανάλωση νύχτας} \left(\frac{\text{€}}{kWh} \right) \right] \end{aligned}$$

Η κατανάλωση ημέρας αφορά την κατανάλωση από τις 07:00 έως τις 23:00, για τις εργάσιμες ημέρες όλου του έτους. Αντίστοιχα η κατανάλωση νύχτας αφορά την κατανάλωση από τις 23:00 έως τις 07:00, για τις εργάσιμες ημέρες και όλες τις ώρες των Σαββατοκύριακων και των αργιών του έτους [42].

- Το κόστος δικαιωμάτων των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), το οποίο προκύπτει από το γινόμενο της συνολικής κατανάλωσης, ημέρας και νύχτας, επί την τιμή των δικαιωμάτων των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) που ισχύει τη συγκεκριμένη περίοδο.

$$\begin{aligned} \text{Κόστος Δικαιωμάτων Εκπομπών CO}_2 \text{ (€)} = \\ = \text{Συνολική κατανάλωση (kWh)} \times \text{Τιμή Δικαιωμάτων Εκπομπών CO}_2 \left(\frac{\text{€}}{kWh} \right) \end{aligned}$$

Η τιμή των δικαιωμάτων μεταβάλλεται κάθε μήνα, εξαιτίας των σχετικών αναπροσαρμογών. Πρόκειται δηλαδή για μία χρηματιστηριακή τιμή, η οποία είναι υπεύθυνη για το 13% κατά μέσο όρο της αξίας του ηλεκτρικού ρεύματος (Διάγραμμα 7.2). Από τον Νοέμβριο του 2021, η τιμή αυτή αφαιρέθηκε από τους λογαριασμούς και στη θέση της προστέθηκε η «Ρήτρα Αναπροσαρμογής Χρεώσεων Προμήθειας», η οποία αντικατοπτρίζει τις διακυμάνσεις του κόστους προμήθειας ηλεκτρικής ενέργειας, με βασική παράμετρο, την χονδρεμπορική τιμή ηλεκτρικού ρεύματος.



Διάγραμμα 7.2: Μηνιαία διακύμανση της τιμής των δικαιωμάτων των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), από το Δεκέμβριο του 2018, έως και τον Οκτώβριο του 2021

- Την έκπτωση όγκου δημοσίου, η οποία αφορά έκπτωση λόγω του γεγονότος ότι το Νοσοκομείο είναι Νομικό Πρόσωπο Δημοσίου Δικαίου.
- Την έκπτωση συνέπειας, εξαιτίας της έγκαιρης πληρωμής του προηγούμενου λογαριασμού.
- Την έκπτωση προπληρωμής, η οποία επιβάλλεται αν τυχόν προπληρωθεί το ποσό του λογαριασμού ή μέρος του ποσού του λογαριασμού.
- Την έκπτωση ενέργειας, η οποία προστέθηκε στους λογαριασμούς από το Νοέμβριο του 2021.

7.2.3 Ρυθμιζόμενες χρεώσεις

Οι ρυθμιζόμενες χρεώσεις περιλαμβάνουν:

- Το κόστος για τη χρησιμοποίηση του Εθνικού συστήματος μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας, το οποίο προκύπτει από το γινόμενο της Χρεωστέας Μέγιστης Ζήτησης (Χ.Μ.Ζ.) που υπολογίστηκε παραπάνω, επί την εκάστοτε τιμή για τη μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας, για την κάλυψη της ισχύος αιχμής, δηλαδή:

$$\text{Κόστος Μεταφοράς H/E (€)} = \text{Χ.Μ.Ζ. (kW)} \times \text{Τιμή Μεταφοράς H/E για την κάλυψη ισχύος αιχμής} \left(\frac{\text{€}}{\text{kW}} \right)$$

- Το κόστος για τη χρησιμοποίηση του Εθνικού δικτύου διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, το οποίο προκύπτει από το άθροισμα δύο παραγόντων:
 - ο Το γινόμενο της Χρεωστέας Μέγιστης Ζήτησης (Χ.Μ.Ζ.) που υπολογίστηκε παραπάνω, επί την εκάστοτε τιμή για την διανομή ηλεκτρικής ενέργειας, για την κάλυψη της ισχύος αιχμής, δηλαδή:

$$\text{Κόστος Διανομής H/E για την κάλυψη ισχύος αιχμής (€)} =$$

$$= \text{Χ.Μ.Ζ. (kW)} \times \text{Τιμή Διανομής H/E για την κάλυψη ισχύος αιχμής} \left(\frac{\text{€}}{\text{kW}} \right)$$

- ο Το πηλίκο του γινομένου της μηνιαίας κατανάλωσης, επί την εκάστοτε τιμή της διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, για την κάλυψη της μηνιαίας κατανάλωσης, διά του συντελεστή ισχύος, *συνφ*, του υποσταθμού, που καταγράφηκε, δηλαδή:

$$\text{Κόστος Διανομής H/E για την κάλυψη της μηνιαίας κατανάλωσης (€)} =$$

$$= \left[(\text{Μηνιαία Κατάλωση Ημέρας (kWh)} + \text{Μηνιαία Κατάλωση Νύχτας (kWh)}) \times \text{Τιμή Διανομής H/E για την κάλυψη της μηνιαίας κατανάλωσης} \left(\frac{\text{€}}{\text{kWh}} \right) \right] / \text{συνφ}$$

- Το κόστος των Υπηρεσιών Κοινής Ωφέλειας (Υ.Κ.Ω.), το οποίο προκύπτει από το γινόμενο της μηνιαίας κατανάλωσης, επί την τιμή των Υπηρεσιών Κοινή Ωφέλειας, η οποία την τελευταία τριετία ήταν σταθερή και ίση με 0,01790€/kWh, δηλαδή:

$$\text{Κόστος Υ.Κ.Ω. (€)} = \text{Μηνιαία Κατανάλωση (kWh)} \times 0,01790 \left(\frac{\text{€}}{\text{kWh}} \right)$$

- Το κόστος του Ειδικού Τέλους για την Μείωση των Εκπομπών Αέριων Ρύπων (E.T.M.E.A.P.), το οποίο προκύπτει από το γινόμενο της μηνιαίας κατανάλωσης, επί την τιμή του Ειδικού Τέλους για την Μείωση των Εκπομπών Αέριων Ρύπων, η οποία την τελευταία τριετία ήταν σταθερή και ίση με 0,00878€/kWh, δηλαδή:

$$\text{Κόστος E.T.M.E.A.P. (€)} = \text{Μηνιαία Κατανάλωση (kWh)} \times 0,00878 \left(\frac{\text{€}}{\text{kWh}} \right)$$

- Το κόστος των Λοιπών Χρεώσεων, το οποίο προκύπτει από το γινόμενο της μηνιαίας κατανάλωσης, επί την τιμή των Λοιπών Χρεώσεων, η οποία την τελευταία τριετία ήταν σταθερή και ίση με 0,00007€/kWh, δηλαδή:

$$\text{Κόστος Λοιπών Χρεώσεων (€)} = \text{Μηνιαία Κατανάλωση (kWh)} \times 0,00007 \left(\frac{\text{€}}{\text{kWh}} \right)$$

7.2.4 Φόροι – Τέλη – Στρογγυλοποιήσεις

Στη συνέχεια υπολογίζονται ο Ειδικός Φόρος Κατανάλωσης (E.Φ.Κ.), το Ειδικό Τέλος 5% σύμφωνα με τον Ν. 2093/92 και τυχόν πιστώσεις ή στρογγυλοποιήσεις του λογαριασμού. Πιο αναλυτικά:

- Το κόστος του Ειδικού Φόρου Κατανάλωσης (E.Φ.Κ.), το οποίο προκύπτει από το γινόμενο της μηνιαίας κατανάλωσης, επί την τιμή του Ειδικού Φόρου Κατανάλωσης, η οποία την τελευταία τριετία ήταν σταθερή και ίση με 0,005€/kWh, δηλαδή:

$$\text{Κόστος E. Φ. Κ. (€)} = \text{Μηνιαία Κατανάλωση (kWh)} \times 0,005 \left(\frac{\text{€}}{\text{kWh}} \right)$$

- Το κόστος του Ειδικού Τέλους 5% σύμφωνα με τον Ν. 2093/92, το οποίο προκύπτει από το γινόμενο του αθροίσματος της αξίας του ηλεκτρικού ρεύματος, με τον E.Φ.Κ., μείον το E.T.M.E.A.P. επί το 5 %, δηλαδή:

$$\text{Ειδικό Τέλος 5\% (€)} = (\text{Αξία Ηλεκτρικού Ρεύματος} + \text{E. Φ. Κ.} - \text{E. T. M. E. A. P.}) (\text{€}) \times 0,005$$

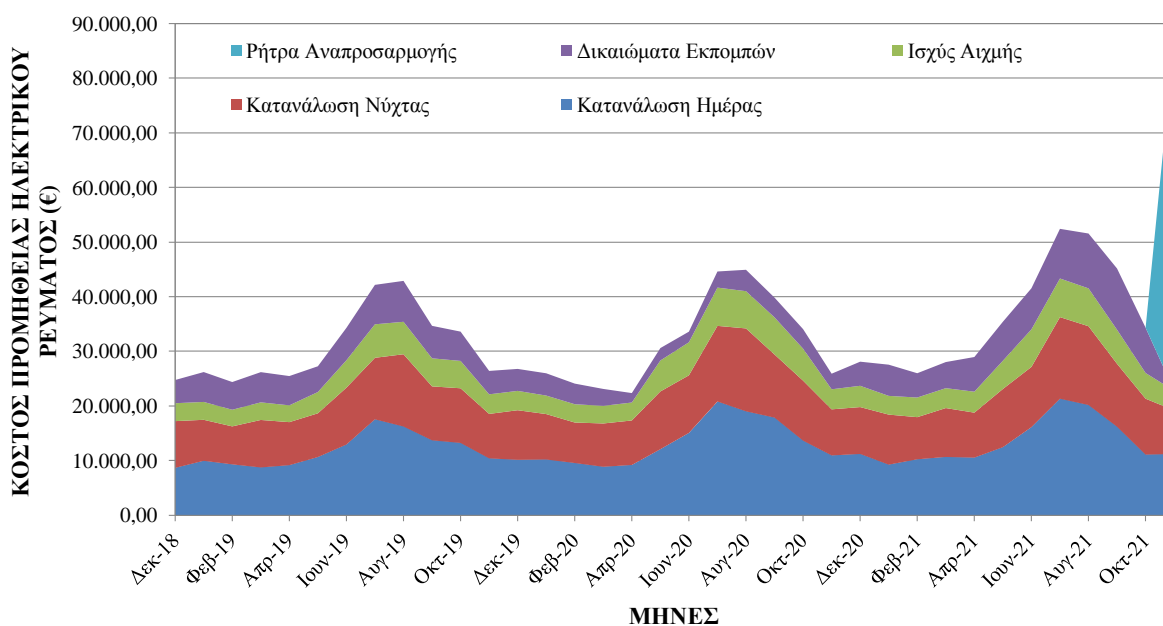
- Το κόστος στρογγυλοποιήσεων και τυχόν πιστώσεων οι οποίες όμως δεν είναι σταθερές, αλλά διαφέρουν σε κάθε λογαριασμό.

7.3 Κόστος ηλεκτρικής ενέργειας

Σε συνέχεια της παραπάνω ανάλυσης του τιμολογίου του ηλεκτρικού ρεύματος της Δ.Ε.Η. Α.Ε., αναλύουμε το κόστος ηλεκτρικής ενέργειας, όπως αυτό προκύπτει από τους μηνιαίους λογαριασμούς για την τριετία από τον Νοέμβριο του 2018 έως και τον Δεκέμβριο του 2021. Από αυτή την ανάλυση προκύπτουν τρεις πίνακες, από τους οποίους απορρέουν τα επιμέρους κόστη, τα οποία καθορίζουν το συνολικό κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας που επωμίζεται το Νοσοκομείο. Οι τρεις αυτοί πίνακες επισυνάπτονται στο *Παράρτημα 1* της συγκεκριμένης Διπλωματικής Εργασίας και αφορούν:

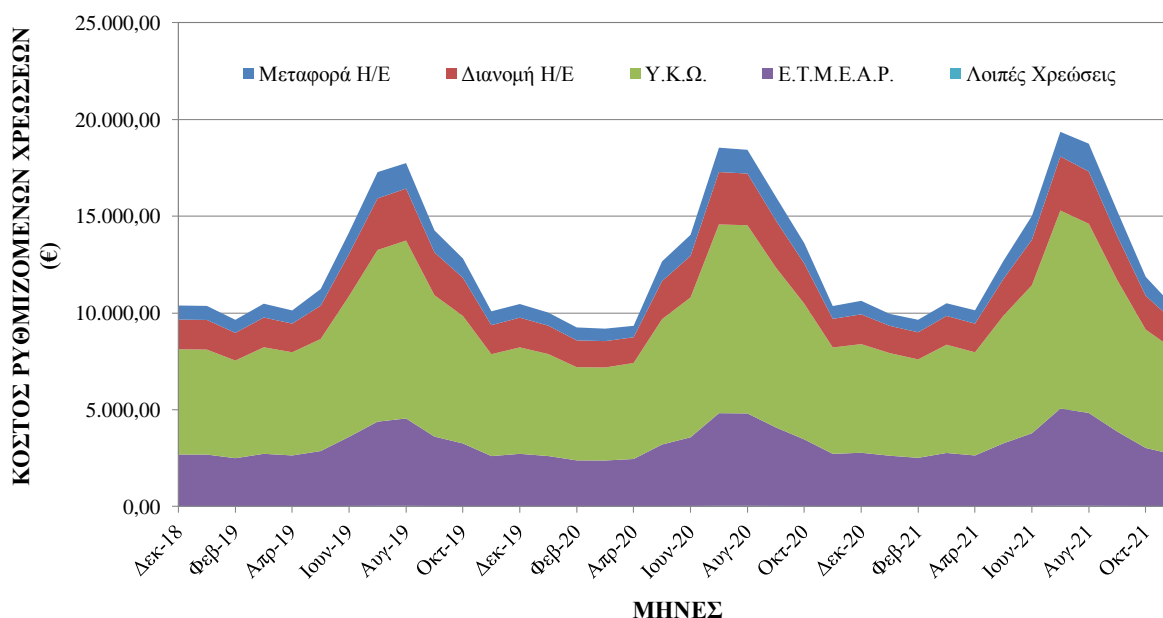
- Την ανάλυση των χρεώσεων της προμήθειας ηλεκτρικού ρεύματος
- Την ανάλυση των ρυθμιζόμενων χρεώσεων
- Την ανάλυση των φόρων και των τελών, καθώς και την αποτύπωση του συνολικού κόστους του ηλεκτρικού ρεύματος

Σύμφωνα με τα παραπάνω αποτυπώνουμε το κόστος ηλεκτρικής ενέργειας, με την βοήθεια των παρακάτω διαγραμμάτων, αναφερόμενοι όμως μόνο σε καθαρές αξίες πλέον Φ.Π.Α., ο οποίος κατά διαστήματα αλλάζει και μπορεί να επηρεάσει τα τελικά αποτελέσματα. Επίσης, δεν περιλαμβάνονται τυχόν εκπτώσεις, όπως αυτή του όγκου Δημοσίου και της έκπτωσης ενέργειας (Νοέμβριος 2021).



Διάγραμμα 7.3: Επιμέρους κόστη προμήθειας ηλεκτρικού ρεύματος, από το Δεκέμβριο του 2018, έως και το Νοέμβριο του 2021

Στο Διάγραμμα 7.3 απεικονίζεται το κόστος της προμήθειας ηλεκτρικού ρεύματος, αποτυπώνοντας τα επιμέρους κόστη των καταναλώσεων ημέρας και νύχτας, της ισχύος αιχμής, τον δικαιωμάτων των εκπομπών CO₂ και της ρήτρας αναπροσαρμογής που προστέθηκε τον Νοέμβριο του 2021. Φαίνεται ξεκάθαρα η διακύμανση του κόστους, το οποίο ακολουθεί την ηλεκτρική κατανάλωση, ανάλογα την εποχή. Έτσι έχουμε υψηλότερο κόστος τους καλοκαιρινούς μήνες και χαμηλότερο τους χειμερινούς. Επίσης, παρατηρούμε ότι στο σύνολο της τριετίας το υψηλότερο κόστος καταγράφεται από την κατανάλωση ημέρας με ποσοστό 37,2%, ακολουθώντας η κατανάλωση νύχτας με ποσοστό 29%. Μικρότερα ποσοστά καταγράφονται από το κόστος των δικαιωμάτων των εκπομπών και της ισχύος αιχμής, με 14,9% και 13,7% αντίστοιχα. Το χαμηλότερο κόστος καταγράφεται από τη ρήτρα αναπροσαρμογή με ποσοστό 5,2%, το οποίο είναι λογικό, αφού η ρήτρα αναπροσαρμογής ενσωματώθηκε στους λογαριασμούς τον Νοέμβριο του 2021. Αν όμως εξετάσουμε το κόστος της ρήτρας αναπροσαρμογής σε μηνιαία βάση, για παράδειγμα το μήνα που προστέθηκε στους λογαριασμούς, τότε τα αποτελέσματα είναι εντελώς διαφορετικά, με την ρήτρα αναπροσαρμογής να κατέχει το 73,8% επί του μηνιαίου συνόλου της προμήθειας ηλεκτρικού ρεύματος. Αυτό άλλωστε φάνηκε και από την εκτίναξη της συνολικής αξίας του ηλεκτρικού ρεύματος το συγκεκριμένο μήνα.

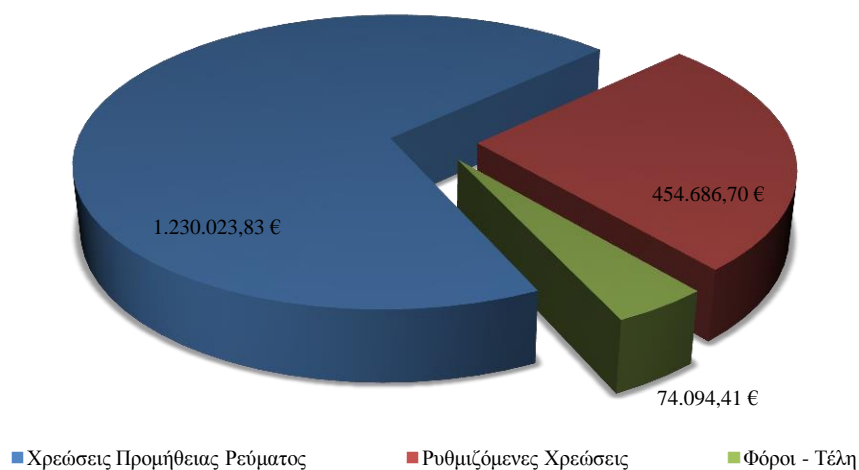


Διάγραμμα 7.4: Επιμέρους κόστη ρυθμιζόμενων χρεώσεων, από το Δεκέμβριο του 2018, έως και το Νοέμβριο του 2021

Στο *Διάγραμμα 7.4* απεικονίζονται τα κόστη των ρυθμιζόμενων χρεώσεων, όπως αυτά της μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, των Υπηρεσιών Κοινής Ωφέλειας, του Ε.Τ.Μ.Ε.Α.Ρ. και των λοιπών χρεώσεων. Παρατηρούμε τη διακύμανση του κόστους, το οποίο ακολουθεί την ηλεκτρική κατανάλωση, ανάλογα την εποχή, όπως και στο *Διάγραμμα 18*. Επίσης, παρατηρούμε ότι, στο σύνολο της τριετίας το υψηλότερο κόστος καταγράφεται από τις Υπηρεσίες Κοινής Ωφέλειας, με ποσοστό 52,1% και ακολουθεί το Ε.Τ.Μ.Ε.Α.Ρ., με ποσοστό 25,6%. Τα μικρότερα κόστη καταγράφονται από τη διανομή και μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας, με ποσοστά 14,9% και 7,3%, αντίστοιχα. Οι λοιπές χρεώσεις καταγράφουν μηδαμινό κόστος (0,2%).

Όσον αφορά στους φόρους, τα ειδικά τέλη και τις λοιπές χρεώσεις, ο Ενιαίος Φόρος Κατανάλωσης (Ε.Φ.Κ.), εισάγει το υψηλότερο κόστος με ποσοστό 89,3%, έναντι των υπολοίπων χρεώσεων, ακολουθώντας τη διακύμανση της κατανάλωσης, αφού εξαρτάται άμεσα από αυτή.

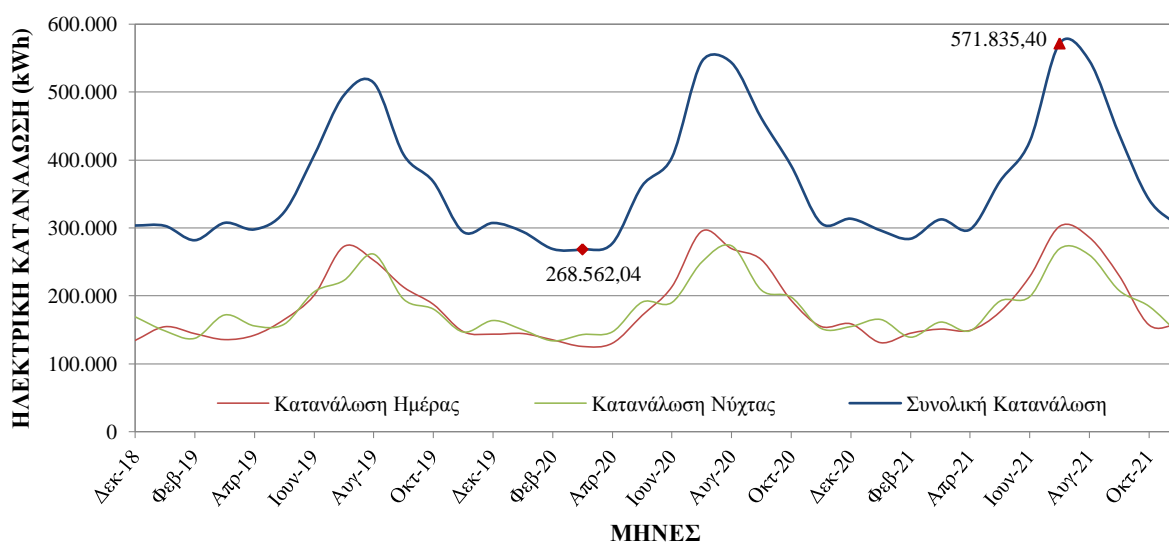
Συνολικά λοιπόν, το τελικό κόστος του ηλεκτρικού ρεύματος, πλέον Φ.Π.Α. και αφαιρουμένων των εκπτώσεων που μπορεί να υφίστανται οι λογαριασμοί, την τριετία από τον Δεκέμβριο του 2018, ως και τον Νοέμβριο του 2021, ανέρχεται σε 1.758.804,94€. Το υψηλότερο ποσοστό της τάξης του 70,0%, αναφέρεται στις χρεώσεις προμήθειας ηλεκτρικού ρεύματος, συνολικού ποσού 1.230.023,83€, όπως φαίνεται στο *Διάγραμμα 7.5*, όπου διαχωρίζονται τα τρία βασικά τμήματα του συνολικού κόστους ηλεκτρικής ενέργειας.



Διάγραμμα 7.5: Συνολικό κόστος ηλεκτρικής ενέργειας, από το Δεκέμβριο του 2018, έως και το Νοέμβριο του 2021

7.4 Αναλυτικές μετρήσεις ηλεκτρικής κατανάλωσης

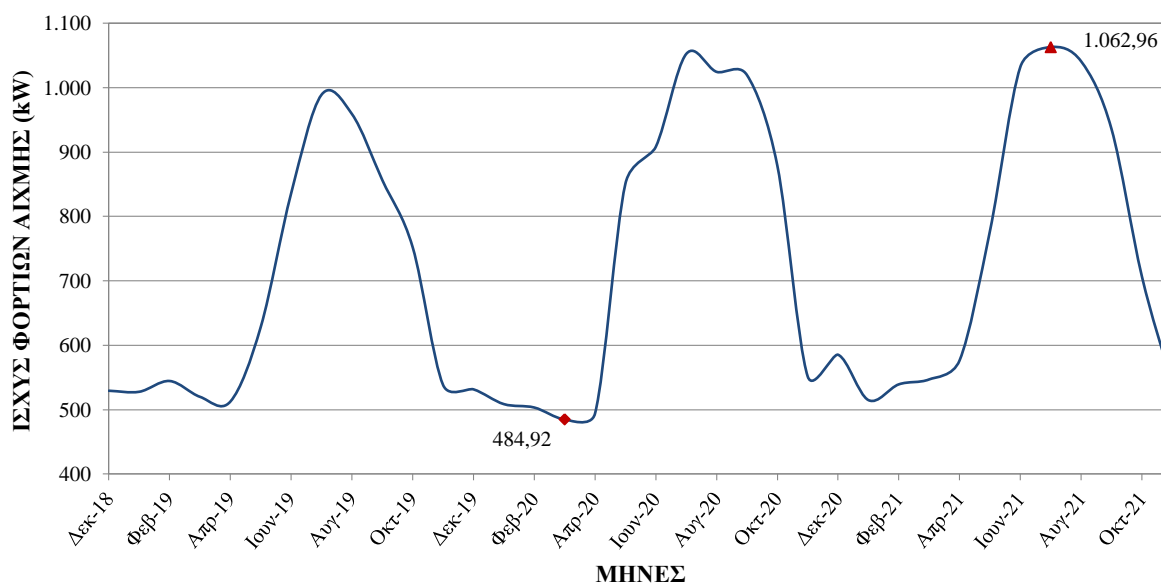
Το Νοσοκομείο όπως αναφέραμε και στο προηγούμενο κεφάλαιο έχει εγκατεστημένα, διάσπαρτα, σε όλους τους χώρους του πολλά μηχανήματα. Δουλεύει ασταμάτητα 365/365 και σε περιόδους εφημεριών 24/24. Αναλύοντας του λογαριασμούς ηλεκτρικού ρεύματος και τις μετρήσεις τηλεμετρίας, κατά την τελευταία τριετία, από 01-12-2018 έως και 30-11-2021, αποτυπώνουμε στο *Διάγραμμα 7.6* τις καμπύλες μηνιαίας ηλεκτρικής κατανάλωσης, καθώς και τις ηλεκτρικές καταναλώσεις ημέρας και νύχτας.



Διάγραμμα 7.6: Διακύμανση μηνιαίας ηλεκτρικής κατανάλωσης, για την τριετία από το Δεκέμβριο του 2018, έως και το Νοέμβριο του 2021

Από τις παραπάνω καμπύλες παρατηρούμε σχεδόν διπλασιασμό της ηλεκτρικής κατανάλωσης, μεταξύ χειμώνα και καλοκαιριού. Οι υψηλότερες καταναλώσεις παρατηρούνται τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο, με μέγιστη τον Ιούλιο του 2021 (546.224,40kWh) και οι χαμηλότερες τους μήνες Φεβρουάριο και Μάρτιο. Αξίζει να σημειωθεί ότι η χαμηλότερη ηλεκτρική κατανάλωση καταγράφηκε το Μάρτιο του 2020 (268.562,04kWh), όταν ξεκίνησε η καραντίνα στην Ελλάδα, εξαιτίας της πανδημίας του ιού SARS – CoV-2. Επίσης, παρατηρούμε ότι η ηλεκτρική κατανάλωση ημέρας είναι υψηλότερη από αυτή της νύχτας κατά την καλοκαιρινή περίοδο, ενώ αντίθετα κατά τη χειμερινή περίοδο διαπιστώνουμε υψηλότερες ηλεκτρικές καταναλώσεις νύχτας, από ότι ημέρας. Οι υψηλές ηλεκτρικές καταναλώσεις τους καλοκαιρινούς μήνες είναι αποτέλεσμα της λειτουργίας των ψυκτικών και κλιματιστικών μονάδων, για την αντιμετώπιση των υψηλών θερμοκρασιών.

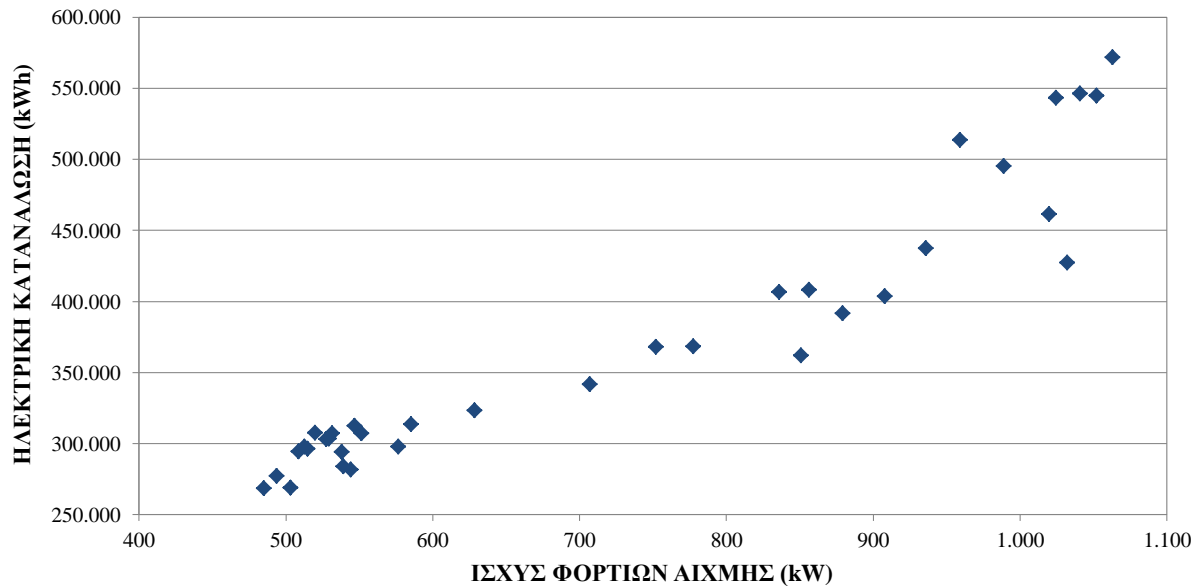
Αντίστοιχα, η καμπύλη της ισχύος μέγιστης ζήτησης ή διαφορετικά της ισχύος φορτίων αιχμής, παρουσιάζει περίπου την ίδια διακύμανση με αυτή της ηλεκτρικής κατανάλωσης, όπως φαίνεται στο *Διάγραμμα 7.7*.



Διάγραμμα 7.7: Διακύμανση μηνιαίας ισχύος φορτίων αιχμής, για την τριετία από το Δεκέμβριο του 2018, έως και το Νοέμβριο του 2021

Και εδώ παρατηρούμε διπλασιασμό σχεδόν της ισχύος μέγιστης ζήτησης, μεταξύ χειμώνα και καλοκαιριού. Η υψηλότερη ζήτηση παρατηρείται τον μήνα Ιούλιο, με μέγιστη αυτή του Ιουλίου του 2021 (1.062,96kW) και η χαμηλότερη συνήθως από Ιανουάριο έως Μάρτιο. Αξίζει να σημειωθεί ότι η ελάχιστη ζήτηση καταγράφηκε τον Μάρτιο του 2020 (484,92kW). Εξαιτίας της πανδημίας του ιού SARS – CoV-2 το Νοσοκομείο μπήκε σε διαδικασία απομόνωσης, ακυρώνοντας τακτικά ιατρεία και χειρουργεία και θέτοντας αρκετούς υπαλλήλους σε εξ αποστάσεως εργασία. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα να μειωθεί η ζήτηση ισχύος, παρασύροντας και την ηλεκτρική κατανάλωση, όπως αναφέρθηκε παραπάνω.

Η διασπορά της ισχύος των φορτίων αιχμής είναι ανάλογη με αυτή της ηλεκτρικής κατανάλωσης, όπως αποτυπώνεται και στο παρακάτω *Διάγραμμα 7.8*.



Διάγραμμα 7.8: Διάγραμμα διασποράς της μηνιαίας ισχύος των φορτίων αιχμής και της συνολικής μηνιαίας ηλεκτρικής κατανάλωσης, από το Δεκέμβριο του 2018, έως και το Νοέμβριο του 2021

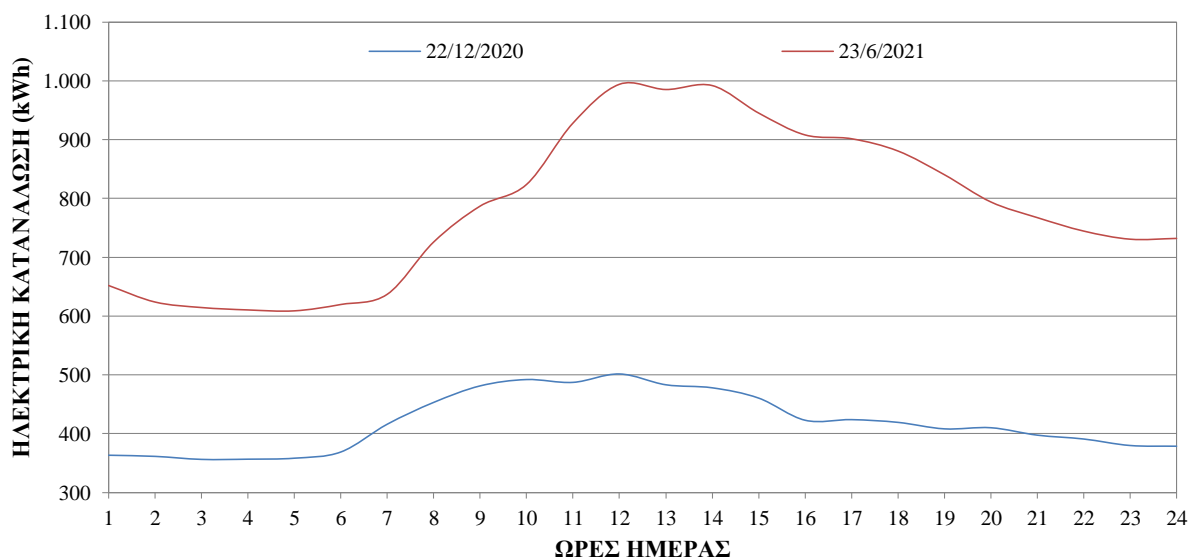
Η ετήσια ηλεκτρική κατανάλωση του Νοσοκομείου, μπορεί με σιγουριά να χαρακτηριστεί εποχιακή και αυτό εξαιτίας της λειτουργίας των ψυκτικών μονάδων και των κλιματιστικών μηχανημάτων, των οποίων η εγκατεστημένη ισχύς είναι περίπου 790kW, δηλαδή το 40% της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος του Η/Μ εξοπλισμού. Αυτό φαίνεται ξεκάθαρα και από το *Διάγραμμα 7.6*, όπου παρατηρούμε «όρη» κατά του θερινούς μήνες και «κοιλιάδες» κατά τους χειμερινούς μήνες στην καμπύλη της κατανάλωσης. Η αύξηση αυτή της κατανάλωσης τους καλοκαιρινούς μήνες, οφείλεται στην λειτουργία όλων των ψυκτικών μονάδων και των κλιματιστικών μηχανημάτων. Αντίθετα η μείωση της κατανάλωσης τους χειμερινούς μήνες οφείλεται στη διακοπή λειτουργίας κάποιων ψυκτικών μονάδων ή τη λειτουργία τους με πολύ μειωμένα φορτία και τη διακοπή λειτουργίας του 90% των κλιματιστικών μηχανημάτων, αφού τους χειμερινούς μήνες στο Νοσοκομείο λειτουργεί, κατά κύριο λόγο κεντρική θέρμανση.

Αντίθετα, η καμπύλη της ημερήσιας, της εβδομαδιαίας και της μηνιαίας κατανάλωσης επηρεάζεται κυρίως από άλλους παράγοντες, με βασικότερους:

- το χρονικό σημείο της ημέρας, δηλαδή πρωί, μεσημέρι, βράδυ
- τις εφημερίες
- το αν είναι Σαββατοκύριακο ή αργία, κυρίως σε ημέρες μη εφημερίας

Αν εξετάσουμε το προφίλ των παραπάνω καταναλώσεων, σε επίπεδο ημέρας, εβδομάδας ή μήνα, θα παρατηρήσουμε ότι διατηρείται κατά μέσο όρο η ίδια μορφή καμπύλης, αλλά

μετατοπισμένη προς τα επάνω τους καλοκαιρινούς μήνες και προς τα κάτω τους χειμερινούς μήνες, όπως φαίνεται στο *Διάγραμμα 7.9*, για δύο τυχαίες μέρες του χρόνου, χειμώνα και καλοκαιριού αντίστοιχα. Κατά κύριο λόγο η αιχμή της ζήτησης δημιουργείται από τις 11:00 έως τις 14:00 και η χαμηλότερη ζήτηση από τις 02:00 έως τις 06:00 περίπου.



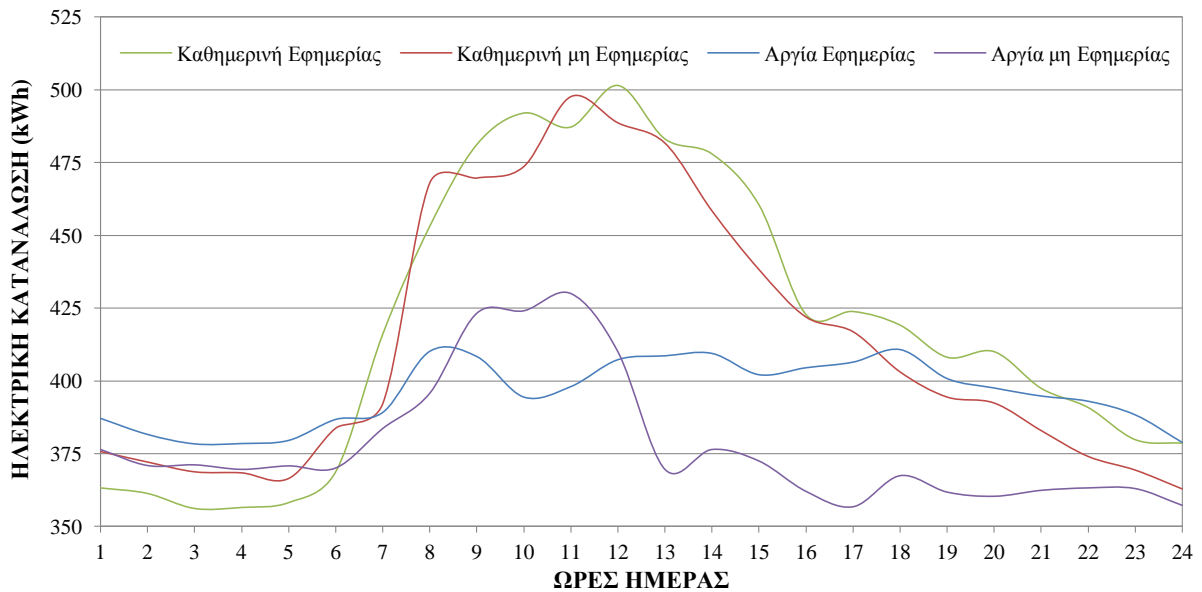
Διάγραμμα 7.9: Ημερήσια διακύμανση της ηλεκτρικής κατανάλωσης, για 2 τυχαίες ημέρες του έτους, χειμώνα και καλοκαιριού αντίστοιχα

Το Νοσοκομείο εφημερεύει κάθε 2^η ημέρα και κάθε 2^η Κυριακή, από τις 08:00, με εναλλαγή των ημερών των εφημεριών, κάθε 4 μήνες. Έτσι οι εφημερίες, για την τελευταία τριετία, από 01-12-2018 έως 30-11-2021, διαμορφώθηκαν ως εξής:

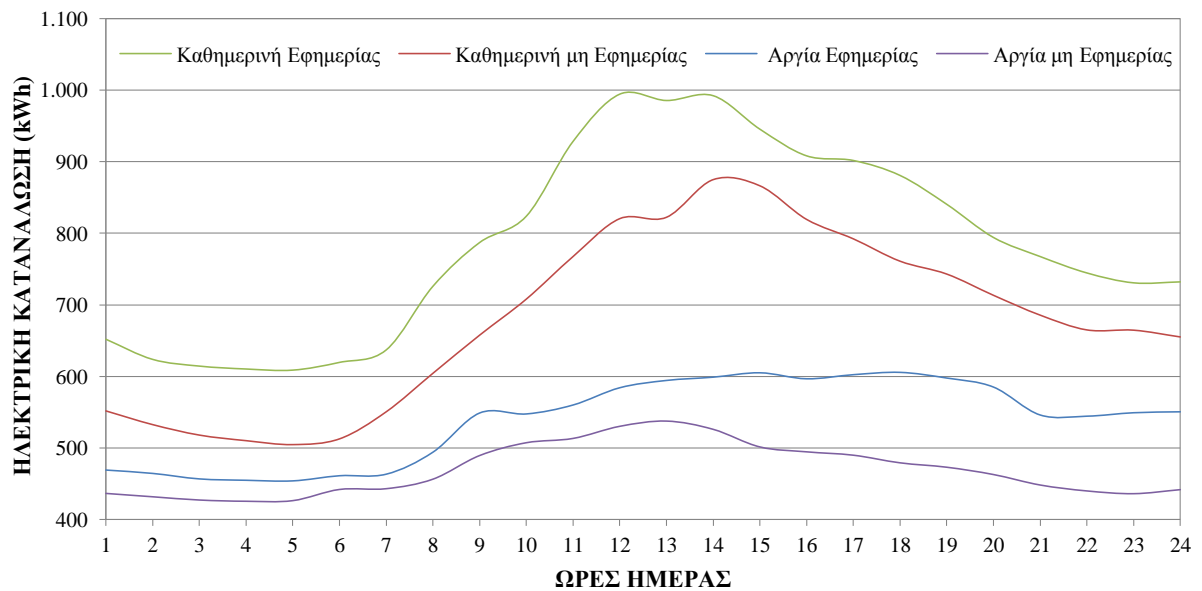
- Από 01-12-2018 έως 31-03-2019, από 01-08-2019 έως 30-11-2019, από 01-04-2020 έως 31-07-2020, από 01-12-2020 έως 31-03-2021 και 01-08-2021 έως 30-11-2021, οι εφημερίες πραγματοποιήθηκαν κάθε Τρίτη, Πέμπτη και Σάββατο, καθώς και κάθε 2^η Κυριακή.
- Από 01-04-2019 έως 31-07-2019, από 01-12-2019 έως 31-03-2020, από 01-08-2020 έως 30-11-2020 και από 01-04-2021 έως 31-07-2021, οι εφημερίες πραγματοποιήθηκαν κάθε Δευτέρα, Τετάρτη και Παρασκευή, καθώς και κάθε 2^η Κυριακή.

Η ηλεκτρική κατανάλωση επηρεάζεται από τις εφημερίες. Επίσης, υπάρχει διαφορά στην κατανάλωση καθημερινής, Σαββατοκύριακων ή Αργιών, αφού το μεγαλύτερο κομμάτι των διοικητικών υπηρεσιών του Νοσοκομείου δεν παράγει έργο Σαββατοκύριακα και αργίες. Τέλος υπάρχει διαφορά στη διακύμανση της ηλεκτρικής κατανάλωσης τον χειμώνα και το καλοκαίρι. Στα *Διαγράμματα 7.10 και 7.11* αποτυπώνονται οι καμπύλες τεσσάρων τυχαίων

ημερών καθημερινής και αργίας, εφημερίας και μη, σε περιόδους καλοκαιριού και χειμώνα αντίστοιχα.



Διάγραμμα 7.10: Ημερήσια διακύμανση της ηλεκτρικής κατανάλωσης, καθημερινής και αργίας, εφημερίας και μη, για 4 τυχαίες ημέρες της χειμερινής περιόδου



Διάγραμμα 7.11: Ημερήσια διακύμανση της ηλεκτρικής κατανάλωσης, καθημερινής και αργίας, εφημερίας και μη, για 4 τυχαίες ημέρες της καλοκαιρινής περιόδου.

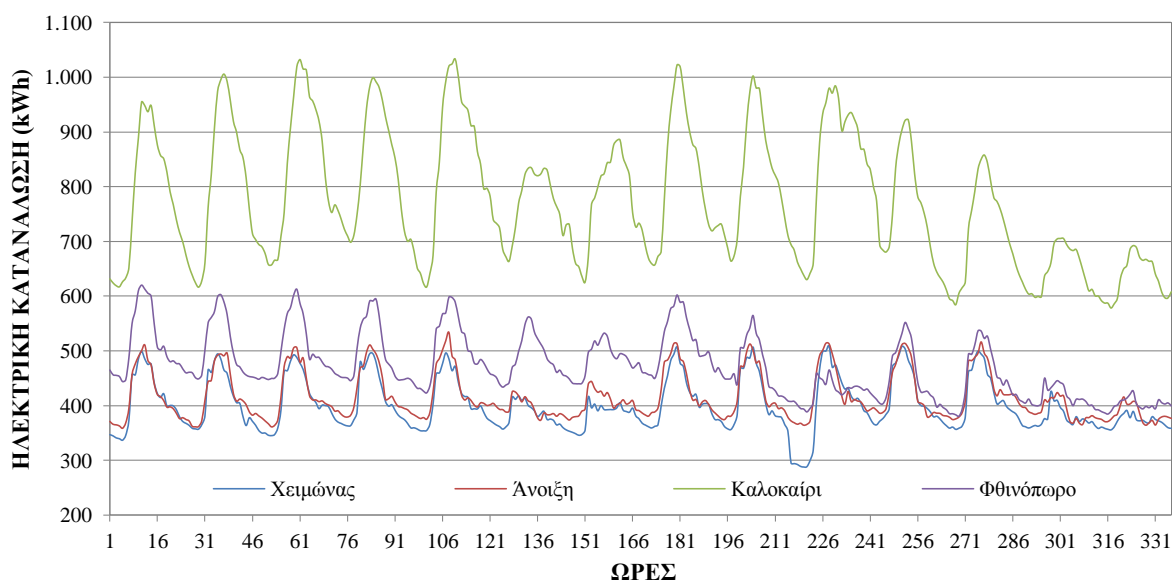
Παρατηρούμε από τις παραπάνω καμπύλες ότι στις ημέρες εφημερίας, είτε αυτές είναι καθημερινές, είτε είναι αργίες, ότι υπάρχει αυξημένη ηλεκτρική κατανάλωση σε σχέση με τις υπόλοιπες. Η μικρότερη κατανάλωση παρατηρείται κυρίως τις αργίες μη εφημερίας. Στις αργίες εφημερίας φαίνεται, κάποια σταθεροποίηση της καμπύλης κατανάλωσης, χωρίς

ιδιαίτερες αιχμές στη ζήτηση και στις δύο περιόδους. Να σημειωθεί ότι, ειδικά τους καλοκαιρινούς μήνες, η ηλεκτρική κατανάλωση παραμένει αυξημένη για περισσότερο από δύο ώρες, εξαιτίας προφανώς της αυξημένης θερμοκρασίας περιβάλλοντος και της ανάγκης για κλιματισμό.

Η διακύμανση των καμπυλών της ωριαίας ηλεκτρικής κατανάλωσης, για δύο τυχαίες εβδομάδες, για κάθε μία εποχή, φαίνεται στο *Διάγραμμα 7.12*. Οι δύο εβδομάδες κάθε εποχής που εξετάζονται, είναι:

- Για τον χειμώνα από 13-01-2020 έως 26-01-2020
- Για την άνοιξη από 05-04-2021 έως 18-04-2021
- Για το καλοκαίρι από 12-07-2021 έως 25-07-2021
- Για το φθινόπωρο από 19-10-2020 έως 01-11-2020

Κοινό στοιχείο και των τεσσάρων καμπυλών είναι ότι, οι εβδομάδες ξεκινούν Δευτέρα και τελειώνουν Κυριακή και ότι, οι εφημερίες του Νοσοκομείου είναι κάθε Δευτέρα, Τετάρτη, Παρασκευή, καθώς και την ενδιάμεση Κυριακή.

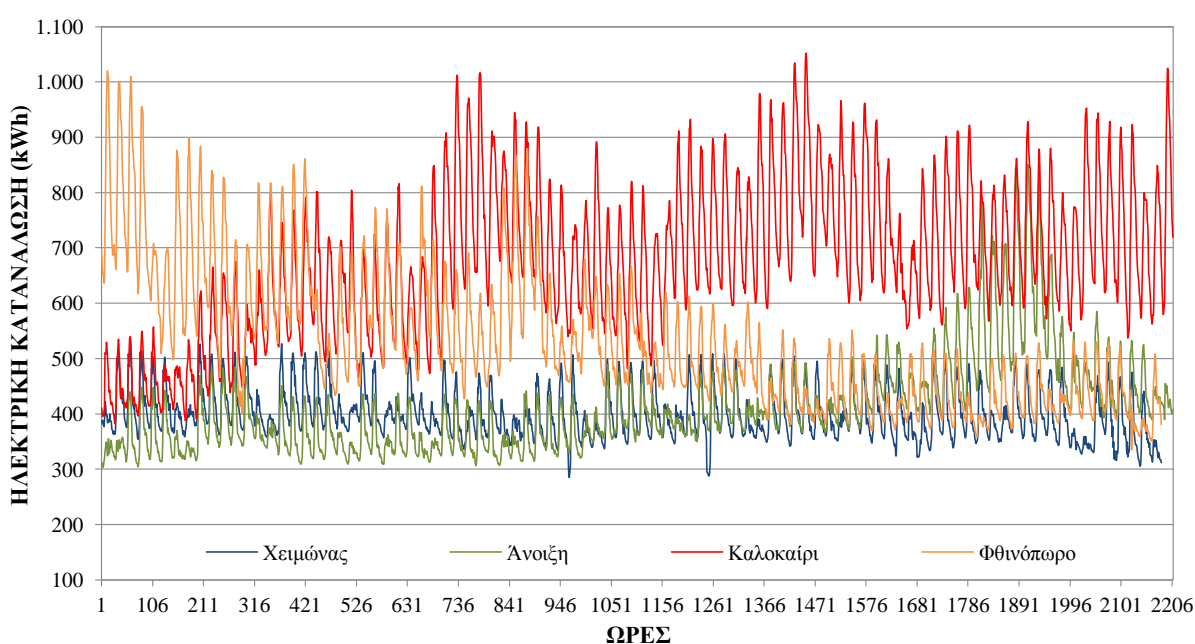


Διάγραμμα 7.12: Ωριαία διακύμανση της ηλεκτρικής κατανάλωσης, για δύο τυχαίες εβδομάδες λειτουργίας ανά εποχή του έτους

Παρατηρούμε ότι το καλοκαίρι έχουμε υψηλές ηλεκτρικές καταναλώσεις και ακολουθούν το φθινόπωρο και η άνοιξη. Το χειμώνα, όπως ήταν αναμενόμενο, η ηλεκτρική κατανάλωση είναι χαμηλή. Επίσης την ενδιάμεση Κυριακή εφημερίας, έχουμε υψηλότερη κατανάλωση, από ότι την Κυριακή μη εφημερίας, σε όλες τις εποχές. Τις καθημερινές είτε υπάρχει

εφημερία, είτε όχι, οι καμπύλες ακολουθούν το ίδιο περίπου μοτίβο. Εξαιρέση αποτελεί η Τετάρτη της 28-10-2020, όπου παρόλο που είναι εφημερία αργίας (28^η Οκτωβρίου), η ηλεκτρική κατανάλωση είναι αρκετά χαμηλή.

Αντίστοιχα μπορούμε να αποτυπώσουμε στο *Διάγραμμα 7.13*, τη διακύμανση των καμπυλών ωριαίας ηλεκτρικής κατανάλωσης, για κάθε μία εποχή, παίρνοντας σαν αναφορά το έτος, από το Δεκέμβριο του 2019 έως και το Νοέμβριο του 2020, όπου θα μπορούσαμε να εντοπίσουμε το αποτύπωμα που πιθανόν άφησε η πανδημία του ιού SARS – CoV-2 στις ηλεκτρικές καταναλώσεις του Νοσοκομείου.



Διάγραμμα 7.13: Ωριαία διακύμανση της ηλεκτρικής κατανάλωσης, για όλες τις εποχές του έτους 2020

Από το παραπάνω διάγραμμα μπορούμε να εξάγουμε τα εξής συμπεράσματα:

1. Η υψηλότερη ωριαία ηλεκτρική κατανάλωση καταγράφηκε το καλοκαίρι, όπως αναμενόταν, εξαιτίας των υψηλών θερμοκρασιών και συγκεκριμένα τον Ιούλιο, 1.052,16kWh.
2. Η χαμηλότερη ωριαία ηλεκτρική κατανάλωση καταγράφηκε τον χειμώνα, όπως και πάλι αναμενόταν, εξαιτίας των χαμηλών θερμοκρασιών και συγκεκριμένα τον Ιανουάριο, 285,00kWh.
3. Οι υψηλότερες ωριαίες εποχικές ηλεκτρικές καταναλώσεις καταγράφηκαν, τον Δεκέμβριο, τον Μάιο, τον Ιούλιο και τον Σεπτέμβριο, με 531,48kWh, 850,80kWh, 1.052,16kWh και 1.019,64kWh αντίστοιχα. Τα παραπάνω είναι αναμενόμενα, αφού οι αναφερόμενοι μήνες είναι συνήθως οι πιο ζεστοί ανά εποχή.

4. Οι χαμηλότερες μηνιαίες, από τις υψηλές, ωριαίες ηλεκτρικές καταναλώσεις καταγράφηκαν, το Μάρτιο και τον Απρίλιο, με 484,92kWh και 493,80kWh αντίστοιχα. Εδώ φαίνεται καθαρά το πόσο επηρέασε την ηλεκτρική κατανάλωση του Νοσοκομείου η πανδημία, αφού ο Μάρτιος ήταν ο μήνας που ξεκίνησε η καραντίνα, για την αποφυγή εξάπλωσης του ιού SARS – CoV-2. Σε αντίθετη περίπτωση θα περιμέναμε οι χαμηλές ηλεκτρικές καταναλώσεις να καταγραφούν τον Ιανουάριο και το Φεβρουάριο, εξαιτίας του χειμώνα.
5. Η μεγαλύτερη και η μικρότερη μηνιαία διαφορά, μεταξύ των μέγιστων και των ελάχιστων ωριαίων ηλεκτρικών καταναλώσεων, καταγράφηκε τον Σεπτέμβριο και τον Μάρτιο, με 619,20kWh και 181,68kWh αντίστοιχα. Ο Σεπτέμβριος συνήθως θεωρείται ο μήνας με τις υψηλότερες θερμοκρασιακές διακυμάνσεις, οπότε έχουμε και μεγάλες διαφορές μεταξύ των υψηλών και των χαμηλών ηλεκτρικών καταναλώσεων. Αντίθετα, την μικρότερη μηνιαία διαφορά θα την περιμέναμε τον χειμώνα, ενώ εδώ παρουσιάστηκε τον Μάρτιο, εξαιτίας των περιορισμένων καταναλώσεων, από τις επιπτώσεις της πανδημίας, όπως αναφέρθηκε παραπάνω.
6. Η μεγαλύτερη και η μικρότερη εποχική διαφορά, μεταξύ των μέγιστων και των ελάχιστων ωριαίων ηλεκτρικών καταναλώσεων, καταγράφηκε το φθινόπωρο και το χειμώνα, με 684,96kWh και 246,48kWh αντίστοιχα, για τους λόγους που αναφέρθηκαν και παραπάνω.

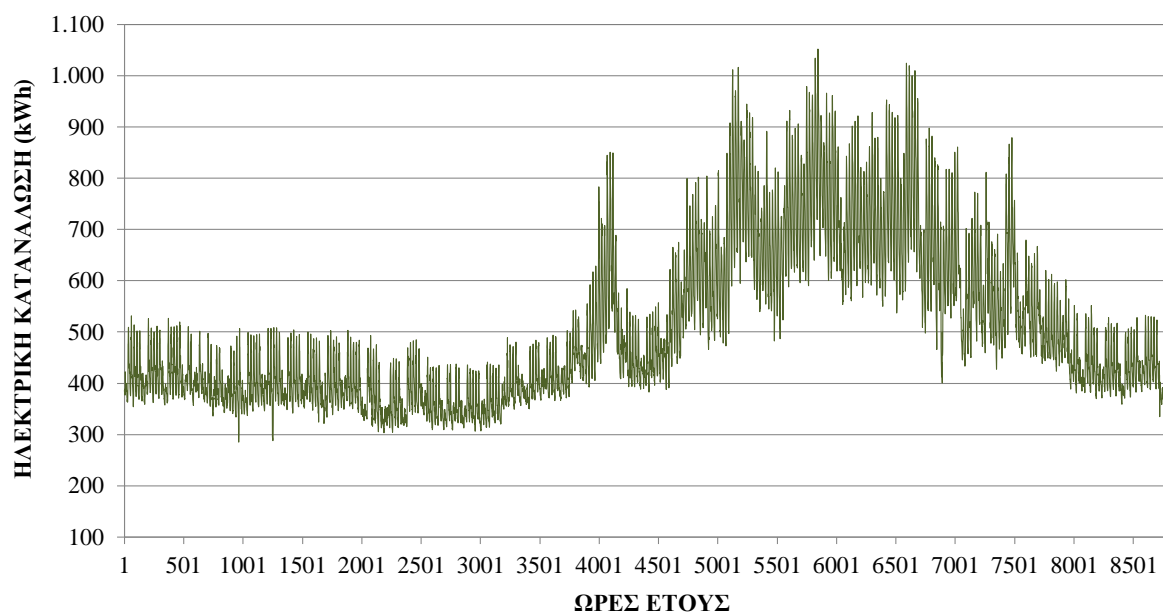
Τα παραπάνω συμπεράσματα αποτυπώνονται αναλυτικά και στον Πίνακα 7.2.

Μήνες	Εποχή	Μέγιστες Μηνιαίες Ηλεκτρικές Καταναλώσεις (kWh)	Ελάχιστες Μηνιαίες Ηλεκτρικές Καταναλώσεις (kWh)	Μηνιαίες Διαφορές Ηλεκτρικών Καταναλώσεων (kWh)	Εποχικές Διαφορές Ηλεκτρικών Καταναλώσεων (kWh)
Δεκ-19	Χειμώνας	531,48	344,28	187,20	246,48
Ιαν-20		508,56	285,00	223,56	
Φεβ-20		503,28	305,28	198,00	
Μαρ-20	Άνοιξη	484,92	303,24	181,68	547,56
Απρ-20		493,80	306,36	187,44	
Μαϊ-20		850,80	366,36	484,44	
Ιουν-20	Καλοκαίρι	908,04	382,68	525,36	669,48
Ιουλ-20		1.052,16	482,40	569,76	
Αυγ-20		1.024,56	537,00	487,56	
Σεπ-20	Φθινόπωρο	1.019,64	400,44	619,20	684,96
Οκτ-20		879,24	380,76	498,48	
Νοε-20		551,64	334,68	216,96	

Πίνακας 7.2: Ανάλυση συμπερασμάτων μηνιαίων και εποχικών ηλεκτρικών καταναλώσεων

7.5 Δημιουργία ετήσιου, αναλυτικού προφίλ ηλεκτρικής κατανάλωσης

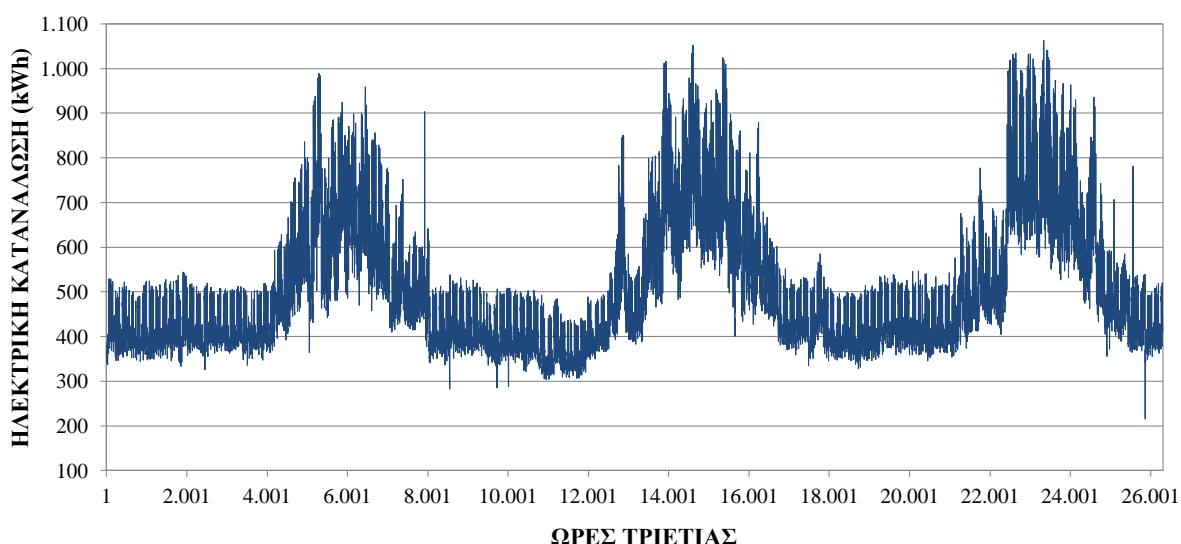
Σύμφωνα με τις αναλυτικές μετρήσεις ηλεκτρικής κατανάλωσης, της τριετίας που εξετάζουμε, από το Δεκέμβριο του 2018 έως και το Νοέμβριο του 2021, τις οποίες αντλούμε από το σύστημα τηλεμετρίας που είναι εγκατεστημένο στον ηλεκτρικό υποσταθμό του Νοσοκομείου, μπορούμε να δημιουργήσουμε αρχικά το ετήσιο προφίλ ηλεκτρικής κατανάλωσης, επιλέγοντας το έτος από τον Δεκέμβριο του 2019, έως και τον Νοέμβριο του 2020 (Διάγραμμα 7.14), δηλαδή για 8.784 ώρες.



Διάγραμμα 7.14: Ετήσιο ωριαίο προφίλ ηλεκτρικής κατανάλωσης, από το Δεκέμβριο του 2019 έως και το Νοέμβριο του 2020

Από το παραπάνω ετήσιο προφίλ της ηλεκτρικής κατανάλωσης επιβεβαιώνουμε ότι τους καλοκαιρινούς μήνες παρατηρείται η αιχμή στην ηλεκτρική κατανάλωση και μία σταθερή διακύμανση από το Νοέμβριο έως τον Απρίλιο. Να υπενθυμίσουμε ότι το συγκεκριμένο έτος είχαμε μία «κοιλιά» στην ηλεκτρική κατανάλωση, εξαιτίας της πανδημίας, όπως αναφέραμε και παραπάνω. Σε κανονικές συνθήκες από τον Απρίλιο και μετά θα έπρεπε η ηλεκτρική κατανάλωση να αυξάνεται. Επίσης, σύμφωνα με τις κλιματολογικές συνθήκες της Αθήνας, τον Μάιο συνήθως παρατηρούμε την πρώτη «κορυφή» στην ηλεκτρική κατανάλωση, εξαιτίας της ανόδου της θερμοκρασίας.

Αντίστοιχα μπορούμε να αποτυπώσουμε το προφίλ της ηλεκτρικής κατανάλωσης, για όλη την τριετία, στην οποία αναφερόμαστε (*Διάγραμμα 7.15*), δηλαδή για 26.304 ώρες.

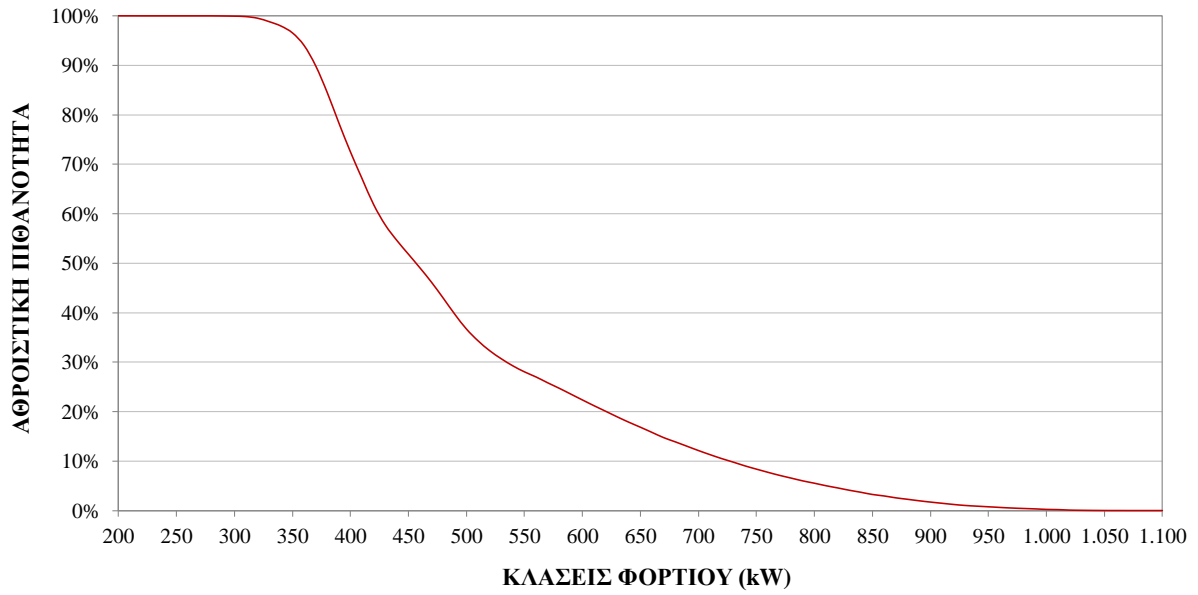


Διάγραμμα 7.15: Ωριαίο προφίλ ηλεκτρικής κατανάλωσης για την τριετία, από το Δεκέμβριο του 2018 έως και το Νοέμβριο του 2021

Η διακύμανση που παρατηρείται κατά τη διάρκεια της τριετίας ακολουθεί την ίδια λογική, με μικρές αποκλίσεις, οι οποίες οφείλονται κυρίως στις μεταβολές των καιρικών συνθηκών. Γενικά παρατηρείται μια αυξητική τάση στην ηλεκτρική κατανάλωση, τα τελευταία έτη, η οποία οφείλεται κατά κύριο λόγο στην αύξηση των θερμών ημερών ανά έτος και επίσης στην συνεχώς αυξανόμενη εγκατεστημένη ισχύ, εξαιτίας των αναβαθμίσεων μηχανημάτων και εξοπλισμού, καθώς και των συνεχών ανακαινίσεων που πραγματοποιούνται στο κτίριο του Νοσοκομείου.

Σύμφωνα με τα δεδομένα του προφίλ ηλεκτρικής κατανάλωσης της τελευταίας τριετίας, μπορούμε να δημιουργήσουμε κλάσεις φορτίου (ανά 10kW) και να αποτυπώσουμε την καμπύλη αθροιστικής πιθανότητας εμφάνισης κάθε κλάσης φορτίου, στο *Διάγραμμα 7.16*, για όλο το διάστημα της τριετίας.

Η μέγιστη ισχύς που παρουσιάστηκε ήταν 1.062,96kW, στις 30-07-2021 (12:00), ενώ η ελάχιστη ήταν 215,52kW, στις 12-11-2021 (18:00). Αυτό σημαίνει ότι την τριετία που μας πέρασε, το Νοσοκομείο είχε κάθε ώρα μόνιμη λειτουργική ισχύ τουλάχιστον 215,52kW. Δεν ξεπέρασε όμως τα 1.062,96kW, τιμή η οποία παρουσιάστηκε μόνο μία φορά, σε ποσοστό δηλαδή $\approx 0,38\%$.



Διάγραμμα 7.16: Καμπύλη διάρκειας εμφάνισης φορτίων για την τριετία, από το Δεκέμβριο του 2018 έως και το Νοέμβριο του 2021

7.6 Συσχέτιση με χαρακτηριστικά Νοσοκομείου

Σύμφωνα με τις παραπάνω αναλύσεις της ηλεκτρικής κατανάλωσης του Νοσοκομείου, θα προσπαθήσουμε να αποδομήσουμε το προφίλ του και να το συσχετίσουμε με τα χαρακτηριστικά που περιγράφουν τη νοσοκομειακή λειτουργία. Τα Νοσοκομεία αποτελούν εγκαταστάσεις, οι οποίες λειτουργούν 24 ώρες το 24ωρο και 365 ημέρες τον χρόνο. Βέβαια όπως είδαμε και παραπάνω η καμπύλη της ηλεκτρικής κατανάλωσης παρουσιάζει αυξομειώσεις σε ημερήσιο, εβδομαδιαίο, μηνιαίο, εποχιακό και ετήσιο επίπεδο.

Στο Νοσοκομείο υπάρχουν λειτουργίες όπου απαιτείται η εργασία μόνο κατά την πρωινή βάρδια, κυρίως από τις 06:00 έως τις 15:00 και μόνο από Δευτέρα έως Παρασκευή. Αυτό σημαίνει πως η ηλεκτρική κατανάλωση είναι πάντα αυξημένη από Δευτέρα έως Παρασκευή, τις πρωινές ώρες και για όλο το έτος, γιατί οι εργασίες είναι πολύ περισσότερες από τις άλλες ώρες. Για παράδειγμα, τα υπολογιστικά συστήματα του Νοσοκομείου έχουν εγκατεστημένη ισχύ περίπου 370kW, όπως είδαμε στο Κεφάλαιο 6, το οποίο σημαίνει ότι αν σταματήσει να λειτουργεί, έστω και το 50% των παραπάνω μηχανημάτων, η κατανάλωση μειώνεται αισθητά. Το Νοσοκομείο εφημερεύει μέρα παρά μέρα και κάθε δεύτερη Κυριακή, που σημαίνει ότι τις ημέρες εφημερίας η ηλεκτρική κατανάλωση είναι πιο αυξημένη από τις ημέρες μη εφημερίας. Αυτή η διαφορά όμως φαίνεται περισσότερο τις βραδινές και πρώτες πρωινές ώρες, γιατί ακόμα και σε ημέρες μη εφημερίας, τα απογεύματα πραγματοποιούνται τακτικά (προγραμματισμένα) ιατρεία.

Σε εβδομαδιαίο επίπεδο υπάρχουν μικρές σχετικά διαφορές στις διακυμάνσεις σε ίδιες εποχικές περιόδους. Αυτό γιατί κάθε εβδομάδα το Νοσοκομείο εφημερεύει τρεις ή τέσσερις φορές. Τις περιόδους όμως που εφημερεύει κάθε Τρίτη, Πέμπτη και Σάββατο, η ηλεκτρική κατανάλωση σε εβδομαδιαία βάση είναι σαφώς χαμηλότερη από ότι τις περιόδους που εφημερεύει κάθε Δευτέρα, Τετάρτη και Παρασκευή, μιας και το Σάββατο ο αριθμός του προσωπικού που εργάζεται στο Νοσοκομείο είναι μικρότερος.

Όσον αφορά τη μηνιαία ηλεκτρική κατανάλωση αυτή αυξάνεται κατά τους καλοκαιρινούς μήνες και μειώνεται αντίστοιχα τους χειμερινούς, εξαιτίας των αυξημένων αναγκών για ψύξη. Το καλοκαίρι η ηλεκτρική κατανάλωση πιάνει τις υψηλότερες τιμές της, σε αντίθεση με τον χειμώνα που παρατηρούνται οι χαμηλότερες τιμές. Το φθινόπωρο καταγράφονται υψηλές ηλεκτρικές καταναλώσεις, κυρίως τους πρώτους μήνες του και την άνοιξη σχετικά χαμηλές,

εκτός από το Μάιο, οπότε και υπάρχει περίπτωση εμφάνισης υψηλών ηλεκτρικών καταναλώσεων εξαιτίας υψηλών θερμοκρασιών.

Σε ετήσια βάση η ηλεκτρική κατανάλωση είναι κατά μέσο όρο σταθερή, εξαρτώμενη κατά κύριο λόγο από τις ετήσιες κλιματολογικές συνθήκες. Γενικά όμως παρατηρείται αυξητική τάση στην ετήσια ηλεκτρική κατανάλωση τα τελευταία έτη και αυτό οφείλεται στη συνεχή προσθήκη ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού. Τα τελευταία τέσσερα έτη, λόγω των συνεχών έργων ανακαίνισης του Νοσοκομείου, έχουν προστεθεί δέκα νέες κλιματιστικές μονάδες και μία αντλία θερμότητας. Οι νέες κλιματιστικές μονάδες είναι σαφώς αποδοτικότερες, με χαμηλούς συντελεστές ηλεκτρικής κατανάλωσης, αλλά η προσθήκη τους έχει ανεβάσει την ηλεκτρική κατανάλωση του Νοσοκομείου.

Κεφάλαιο 8. Προτεινόμενες στρατηγικές
λειτουργίας του Νοσοκομείου και
αποτελέσματα εφαρμογής

Σύμφωνα με το προφίλ των ηλεκτρικών καταναλώσεων του Νοσοκομείου που αναλύθηκε διεξοδικά παραπάνω, προκύπτει ότι υπάρχει μεγάλη αύξηση της ηλεκτρικής κατανάλωσης τις πρωινές ώρες και αισθητή μείωση τις βραδινές. Αυτό συμβαίνει σε ετήσια βάση, ανεξαρτήτως της εποχής, με τη διαφορά ότι το καλοκαίρι η ζήτηση είναι μεγαλύτερη, εξαιτίας των υψηλών φορτίων για τις ανάγκες του κλιματισμού, και το χειμώνα πολύ χαμηλότερη.

Προτείνεται στο πλαίσιο αυτό, η διερεύνηση στρατηγικής αντιμετώπισης των φορτίων αιχμής (peak shaving), με εξέταση διαφορετικών επιπέδων εξάλειψης, αλλά και παραλλαγών στη βάση εφαρμογής χρονικών σημάτων και σημάτων, που συνδέονται με τη μεταβολή της τιμής της ηλεκτρικής ενέργειας. Ειδικότερα, και με γνώμονα επίσης τη διερεύνηση για παραγωγή οικονομικού οφέλους, προτείνεται η αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας τις ώρες που τα φορτία είναι χαμηλά, οπότε και η χρέωση του ηλεκτρικού ρεύματος είναι χαμηλότερη, με αξιοποίηση της αποθηκευμένης αυτής ενέργειας σε περιόδους αιχμής, οπότε και η χρέωση του ηλεκτρικού ρεύματος είναι πιο υψηλή. Την ίδια στιγμή, και μέσω της ελάττωσης των αιχμών αποκομίζεται επίσης οικονομικό όφελος αναφορικά με τη συνιστώσα μέγιστης ισχύος στα τιμολόγια του παρόχου.

Για την αποθήκευση της ηλεκτρικής ενέργειας θεωρείται η αξιοποίηση συσσωρευτών ιόντων λιθίου, οι οποίοι θα εγκατασταθούν σε οικίσκο (container), σε χώρο του Νοσοκομείου. Η διαστασιολόγηση της μονάδας θα πραγματοποιηθεί μέσω προσομοιώσεων ωριαίου βήματος αξιοποιώντας υπολογιστικό κώδικα του Εργαστηρίου Ήπιων Μορφών Ενέργειας & Προστασίας Περιβάλλοντος, του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, με δυνατότητα εξέτασης διαφορετικών στρατηγικών ένταξης συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας. Στο πλαίσιο αυτό, εξετάζονται οι ακόλουθες δύο στρατηγικές:

1. Εξομάλυνση της καμπύλης φορτίου με εφαρμογή προκαθορισμένων χρονικών σημάτων ενεργοποίησης της διαδικασίας φόρτισης/εκφόρτισης των συσσωρευτών, στη βάση **σταθερών τιμών ηλεκτρικής ενέργειας** (νυχτερινό και ημερήσιο τιμολόγιο) σε συνδυασμό με καθορισμό του βαθμού εξάλειψης της μέγιστης εμφανιζόμενης ζήτησης ανά μήνα.
2. Εξομάλυνση της καμπύλης φορτίου με εφαρμογή προκαθορισμένων σημάτων ενεργοποίησης της διαδικασίας φόρτισης/εκφόρτισης των συσσωρευτών, στη βάση **κυμαινόμενων τιμών ηλεκτρικής ενέργειας** (απευθείας συμμετοχή στη

χονδρεμπορική αγορά ενέργειας) σε συνδυασμό με καθορισμό του βαθμού εξάλειψης της μέγιστης εμφανιζόμενης ζήτησης ανά μήνα.

8.1 Στρατηγική εξομάλυνσης των φορτίων αιχμής στη βάση σταθερών χρεώσεων

Όπως είδαμε παραπάνω στο *Κεφάλαιο 7*, από την ανάλυση του τιμολογίου του ηλεκτρικού ρεύματος, η ηλεκτρική κατανάλωση έχει άλλη χρέωση τις πρωινές ώρες και άλλη τις βραδινές. Επιπλέον τα Σαββατοκύριακα και τις επίσημες αργίες, η χρέωση είναι ίδια με αυτή της νυχτερινής. Πιο συγκεκριμένα η ηλεκτρική κατανάλωση ημέρας καταγράφεται τις ώρες από τις 07:00 έως τις 23:00, για τις εργάσιμες ημέρες όλου του έτους, και αντίστοιχα η ηλεκτρική κατανάλωση νύχτας καταγράφεται τις ώρες από τις 23:00 έως τις 07:00, για τις εργάσιμες ημέρες και όλες τις ώρες των Σαββατοκύριακων και των αργιών του έτους.

Το ποσοστό της εξομάλυνσης της καμπύλης φορτίου, θα εξαρτηθεί από τα οικονομικά οφέλη της συγκεκριμένης εφαρμογής, δηλαδή τα έσοδα από την ενέργεια και την ισχύ που αποδίδει το σύστημα αποθήκευσης μετά την επιτευχθείσα εξομάλυνση. Αυτά εξάγονται μέσω του υπολογιστικού κώδικα ωριαίας προσομοίωσης, στον οποίο εισάγουμε δεδομένα όπως:

- η τιμή της ηλεκτρικής κατανάλωσης ημέρας
- η τιμή της ηλεκτρικής κατανάλωσης νύχτας
- η τιμή της μέγιστης ισχύος
- η τιμή των δικαιωμάτων εκπομπών αέριων ρύπων (CO₂)
- η τιμή της μεταφοράς ηλεκτρικού ρεύματος
- η τιμή της διανομής ηλεκτρικού ρεύματος
- η τιμή των Υ.Κ.Ω.
- η τιμή του Ε.Τ.Μ.Ε.Α.Ρ.
- η τιμή του Ε.Φ.Κ.
- η τιμή του ειδικού τέλος
- ο Φ.Π.Α.
- το ποσό πιθανής έκπτωσης

Εισάγονται επίσης τα χαρακτηριστικά του αποθηκευτικού μέσου, όπως η χωρητικότητα των συσσωρευτών, η ισχύς εξόδου του και ο βαθμός απόδοσης των συσσωρευτών.

8.1.1 Ανάλυση υπολογιστικού μοντέλου

Στο υπολογιστικό μοντέλο εισάγονται οι ωριαίες ηλεκτρικές καταναλώσεις, όπως αυτές καταγράφηκαν από σύστημα τηλεμετρίας του ηλεκτρικού υποσταθμού, για τρία έτη, 2019, 2020 και 2021. Επίσης, εισάγουμε τις τιμές του τιμολογίου ηλεκτρικού ρεύματος, που αναφέραμε παραπάνω. Από τις ωριαίες ηλεκτρικές καταναλώσεις παίρνουμε σαν σημείο αναφοράς την μέγιστη κάθε μήνα (PD_1), η οποία ανάλογα με το ποσοστό εξομάλυνσης (Δ_{PEAK}) που επιβάλλουμε ελαττώνεται και έχουμε πλέον ένα νέο, μειωμένο μέγιστο φορτίο (PD_2). Τα αποτελέσματα που εξάγονται αφορούν στο κάθε έτος ξεχωριστά και αποτυπώνουν:

- το οικονομικό όφελος ή τη ζημία (ΔEC) που προκύπτει από τη διαφορά του ενεργειακού κόστους με τα αρχικά φορτία (EC_1) και του ενεργειακού κόστους μετά την εξομάλυνση των φορτίων (EC_2)
- το οικονομικό όφελος ή τη ζημία (ΔPC) που προκύπτει από τη διαφορά του κόστους ισχύος με τα αρχικά φορτία (PC_1) και του κόστους ισχύος μετά την εξομάλυνση των φορτίων (PC_2)
- το συνολικό οικονομικό όφελος ή τη ζημία (ΔC_{TOT}) που προκύπτει από το άθροισμα του ενεργειακού οικονομικού οφέλους ή τη ζημία (ΔEC) και του οικονομικού οφέλους ή τη ζημία της ισχύος (ΔPC)

Στα αποτελέσματα αποτυπώνεται επίσης η στάθμη φόρτισης και εκφόρτισης των συσσωρευτών (SoC), καθώς και η διαφορά της στάθμης, για κάθε ώρα του έτους. Όταν η μέγιστη ωριαία ισχύς ξεπεράσει τη μέγιστη επιθυμητή που τίθεται ως άνω όριο, τότε οι συσσωρευτές εκφορτίζονται ($-\Delta SoC$), με αποτέλεσμα η μονάδα αποθήκευσης να τροφοδοτεί το Νοσοκομείο. Αυτό συμβαίνει συνήθως τις πρωινές ώρες και κυρίως μετά τις 08:00 όπου παρατηρείται και αύξηση των φορτίων. Αντίθετα, μετά τις 23:00, που τίθεται σε ισχύ η νυχτερινή χρέωση, όταν η μέγιστη ωριαία ισχύς είναι χαμηλότερη της μέγιστης επιθυμητής, τότε οι συσσωρευτές φορτίζουν ($+\Delta SoC$), με αποτέλεσμα το δίκτυο να τροφοδοτεί τη μονάδα αποθήκευσης.

Όλα τα παραπάνω εξαρτώνται από το βαθμό εξομάλυνσης που επιβάλλουμε και από την χωρητικότητα των συσσωρευτών. Όσο μεγαλύτερο είναι το ποσοστό εξομάλυνσης που επιβάλλουμε, τόσο πιο μεγάλο είναι και το λειτουργικό οικονομικό όφελος που έχουμε, με τους συσσωρευτές όμως να εκφορτίζονται πιο γρήγορα. Όταν όμως το ποσοστό της εξομάλυνσης ξεπεράσει μία τιμή τότε το οικονομικό όφελος μειώνεται κατακόρυφα, λόγω

της υψηλής ζήτησης, με αποτέλεσμα οι συσσωρευτές να μην μπορούν να φορτιστούν πλήρως.

Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή της χωρητικότητας των συσσωρευτών, τόσο πιο αργά εκφορτίζονται, με αποτέλεσμα να μπορούν να τροφοδοτούν το Νοσοκομείο περισσότερες ώρες. Η εκφόρτιση όμως των συσσωρευτών συνδέεται και με την ισχύ των φορτίων. Η χωρητικότητα δηλαδή των συσσωρευτών, σε συνδυασμό με την ισχύ του συστήματος φόρτισης/εκφόρτισης (αντιστροφή) θα πρέπει να είναι τέτοια που να μπορεί να ανταπεξέλθει στα μέγιστα φορτία.

Εφαρμόζουμε στη συνέχεια τα ανωτέρω και παραμετροποιούμε το πρόβλημα στη βάση τριών κύριων μεταβλητών. Οι τελευταίες αφορούν στη χωρητικότητα των συσσωρευτών (*ESS*), την ισχύ φόρτισης/εκφόρτισης της μονάδας αποθήκευσης (*PCS*) και το βαθμό (ποσοστό) εξομάλυνσης (ελάττωσης) των φορτίων (ΔP_{PEAK}), με τα ακόλουθα εύρη μελέτης:

- Για την χωρητικότητα των συσσωρευτών, ανά 200kWh, με μέγιστο τις 2.000kWh
- Για την ισχύ φόρτισης/εκφόρτισης, ανά 200kW, με μέγιστο τα 2.000kW
- Για το βαθμό ελάττωσης των αιχμών, ανά 2,50%, με μέγιστο το 30%

Με τον κυκλικό συνδυασμό των παραπάνω βημάτων, εξάγονται συνολικά 1.573 συνδυασμοί αποτελεσμάτων. Παρατηρούμε ότι το ενεργειακό όφελος (ΔEC) μετά την εξομάλυνση των φορτίων είναι όπως αναμενόταν οριακό συγκριτικά με το οικονομικό όφελος που επιφέρει η μείωση της ισχύος (ΔPC), το οποίο είναι σχετικά υψηλό και εξαρτάται κυρίως από το βαθμό της εξομάλυνσης. Αποτέλεσμα αυτού είναι και το υψηλό συνολικό οικονομικό όφελος (ΔC_{TOT}).

8.1.2 Εξαγωγή βέλτιστων λύσεων

Με βάση τα δεδομένα των χρονοσειρών κάθε έτους και το υπολογιστικό μοντέλο μπορούμε να εξάγουμε διαστάσεις βέλτιστων λύσεων. Αυτό που μας ενδιαφέρει πρωτίτως είναι η μεγιστοποίηση του συνολικού οικονομικού οφέλους (ΔC_{TOT}) που επιφέρει η εγκατάσταση μίας τέτοιας μονάδας αποθήκευσης. Θα προσπαθήσουμε λοιπόν, με βάση τα δεδομένα των τριών προηγούμενων ετών, να περιγράψουμε την ιδανική μονάδα αποθήκευσης που θα μπορούσε να εγκατασταθεί στο Νοσοκομείο, προκειμένου να υλοποιήσουμε την συγκεκριμένη στρατηγική λειτουργίας.

8.1.2.1 Έτος 2019

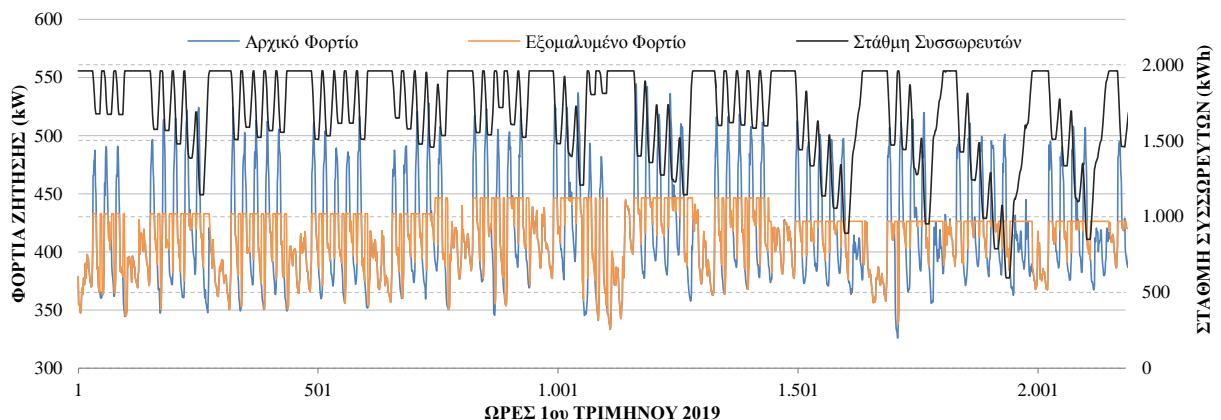
Για το έτος 2019, και αξιοποιώντας εξελικτική μέθοδο βελτιστοποίησης, θέτουμε τους παρακάτω περιορισμούς υπό την αντικειμενική μεγιστοποίηση του συνολικού οικονομικού οφέλους (ΔC_{TOT}):

- $ESS \leq 2.000kWh$
- $PCS \leq 2.000kW$
- $\Delta_{PEAK} \leq 30\%$

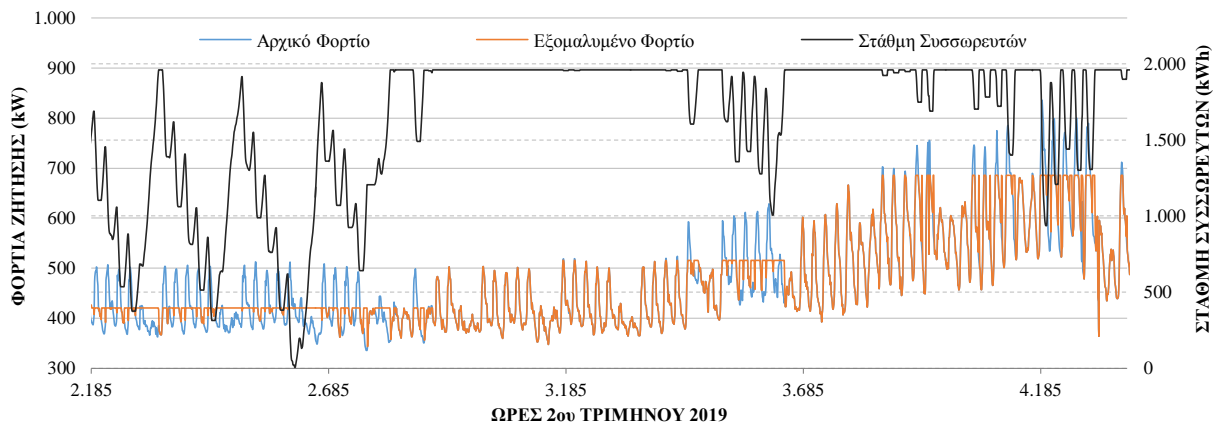
Τα αποτελέσματα που εξάγονται είναι:

- $ESS = 1.960kWh$
- $PCS = 180kW$
- $\Delta_{PEAK} = 18,0\%$
- $\Delta C_{TOT} = 13.222,32\text{€}$

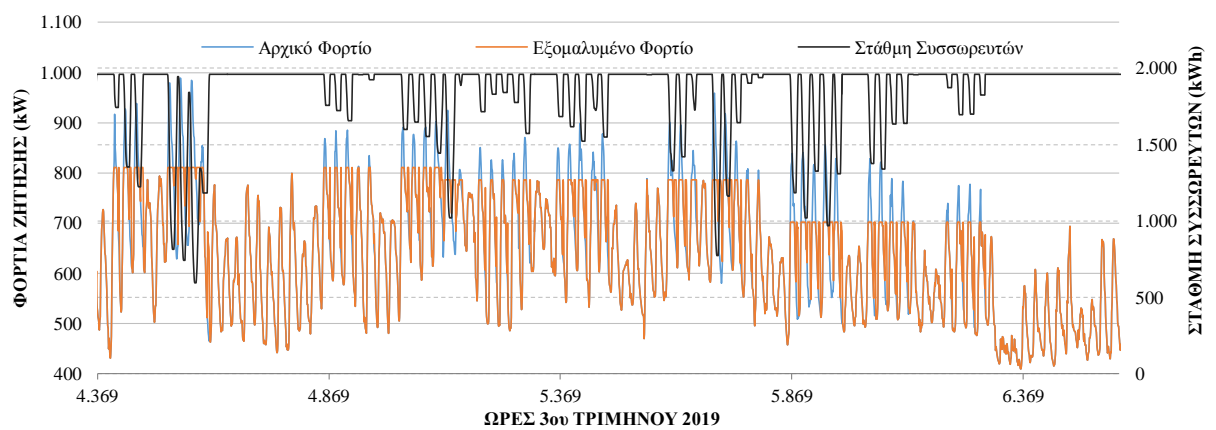
Με την εξαγωγή των αποτελεσμάτων διαμορφώνεται ταυτόχρονα και το ετήσιο διάγραμμα ζήτησης του 2019, όπου αποτυπώνονται η ωριαία καμπύλη ζήτησης του έτους, η ωριαία εξομαλυσμένη καμπύλη ζήτησης, μετά την εφαρμογή της στρατηγικής ελάττωσης αιχμών κατά 18,0% και η ωριαία στάθμη των συσσωρευτών κατά τη φόρτιση και εκφόρτισή τους. Παρακάτω παραθέτουμε το διάγραμμα χωρισμένο σε τέσσερα μέρη, παρουσιάζοντας τα αποτελέσματα ανά τρίμηνο.



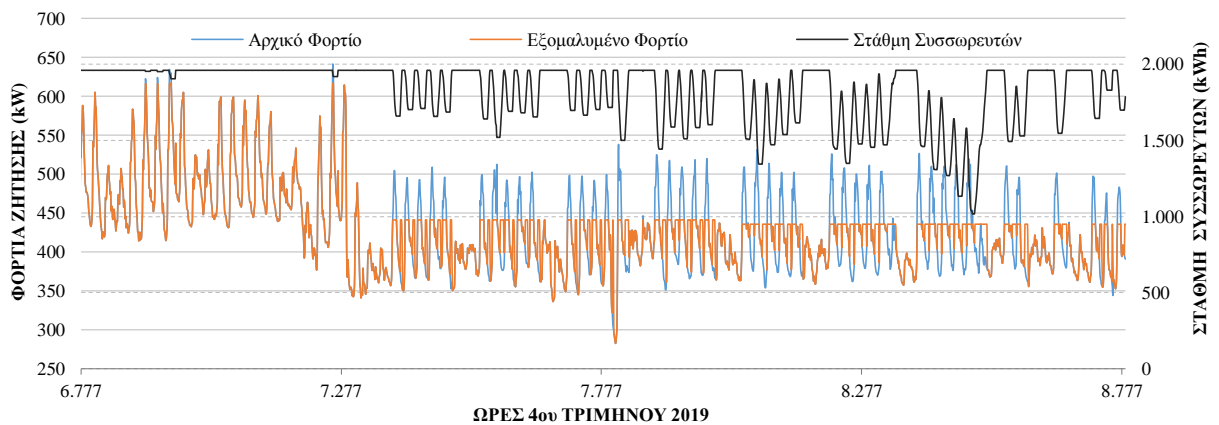
Διάγραμμα 8.1: Καμπύλες ζήτησης φορτίων και στάθμης συσσωρευτών για το 1^ο τρίμηνο του 2019



Διάγραμμα 8.2: Καμπύλες ζήτησης φορτίων και στάθμης συσσωρευτών για το 2^ο τρίμηνο του 2019



Διάγραμμα 8.3: Καμπύλες ζήτησης φορτίων και στάθμης συσσωρευτών για το 3^ο τρίμηνο του 2019



Διάγραμμα 8.4: Καμπύλες ζήτησης φορτίων και στάθμης συσσωρευτών για το 4^ο τρίμηνο του 2019

Διατηρώντας τα αποτελέσματα της διαστασιολόγησης των συσσωρευτών (1960kWh/180kW) από την επίλυση του προβλήματος σε ετήσια βάση, επανεπιλύουμε στη συνέχεια το πρόβλημα στη βάση αναζήτησης του βέλτιστου βαθμού εξομάλυνσης ανά μήνα, εξάγοντας με τον τρόπο αυτό υψηλότερο συνολικό ετήσιο οικονομικό όφελος (Πίνακας 8.1.), το οποίο είναι:

$$\Delta C_{TOT} = 15.058,69\text{€}$$

8.1.2.2 Έτος 2020

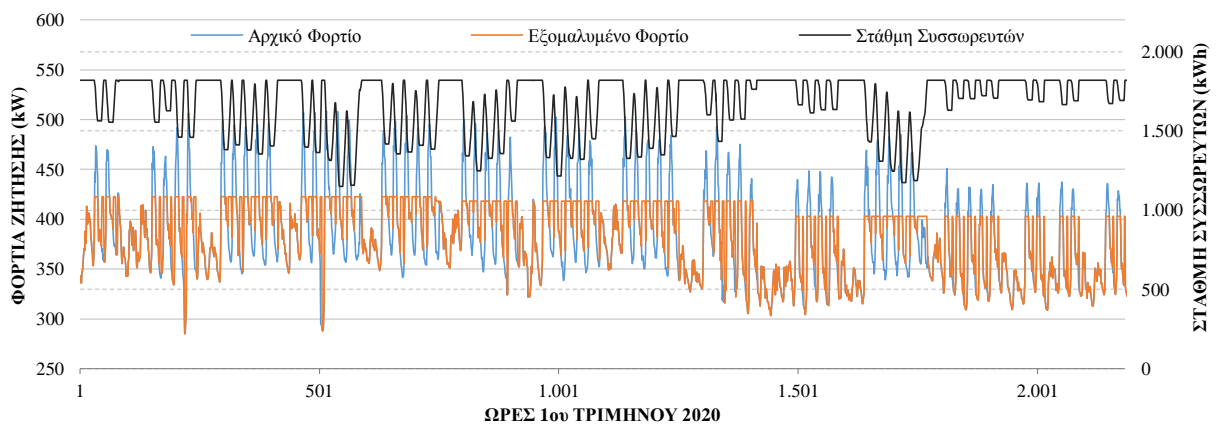
Θέτουμε αντίστοιχα για το έτος 2020 τους παρακάτω περιορισμούς, αναζητώντας και πάλι το μέγιστο συνολικό οικονομικό όφελος (ΔC_{TOT}):

- $ESS \leq 2.000\text{kWh}$
- $PCS \leq 2.000\text{kW}$
- $\Delta_{PEAK} \leq 30\%$

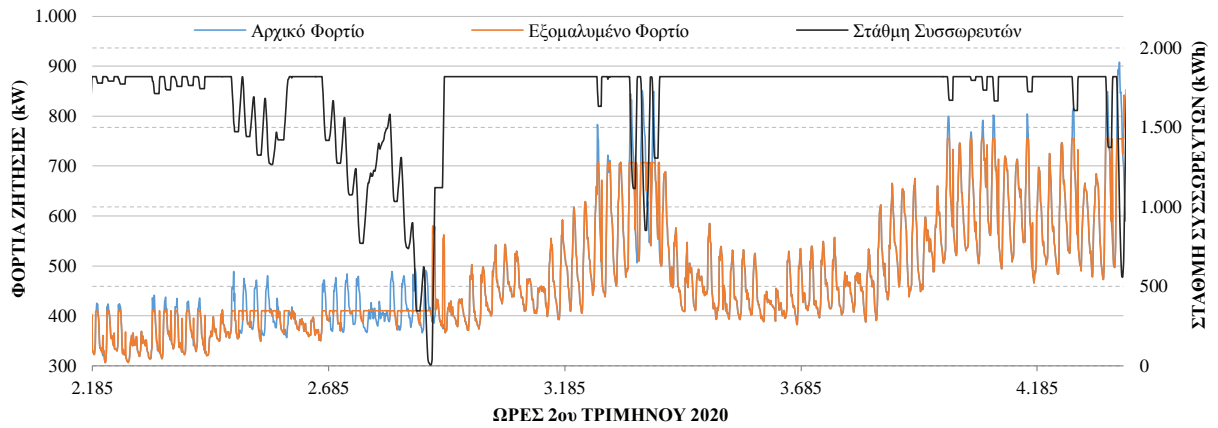
Τα αποτελέσματα που εξάγονται είναι:

- $ESS = 1.820\text{kWh}$
- $PCS = 180\text{kW}$
- $\Delta_{PEAK} = 16,9\%$
- $\Delta C_{TOT} = 14.104,95\text{€}$

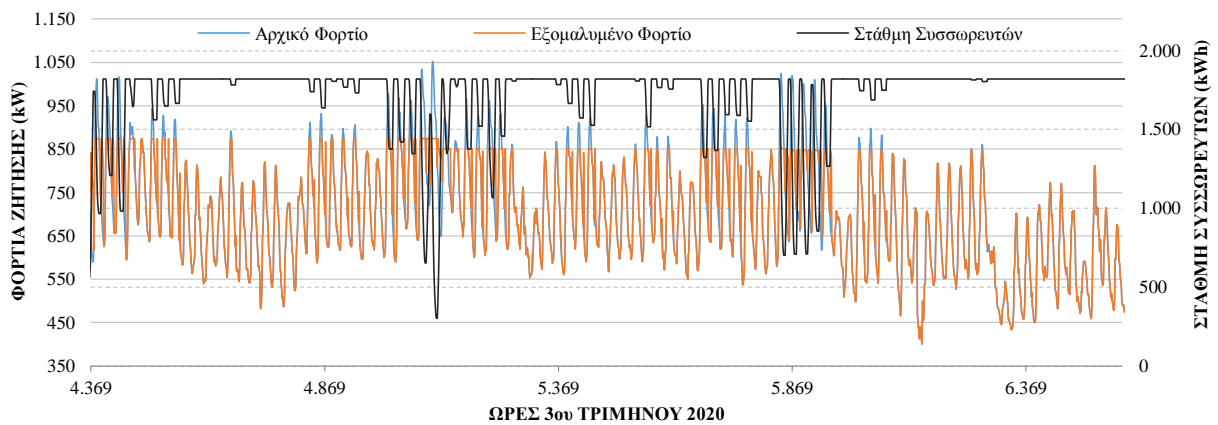
Με την εξαγωγή των αποτελεσμάτων διαμορφώνεται ταυτόχρονα και το ετήσιο διάγραμμα ζήτησης του 2020, όπου αποτυπώνονται η ωριαία καμπύλη ζήτησης του έτους, η ωριαία εξομαλυσμένη καμπύλη ζήτησης, μετά την εφαρμογή ελάττωσης των αιχμών κατά 16,9% και η ωριαία στάθμη των συσσωρευτών κατά τη φόρτιση και εκφόρτισή τους. Παρακάτω παραθέτουμε το διάγραμμα χωρισμένο σε τέσσερα μέρη, παρουσιάζοντας τα αποτελέσματα και πάλι ανά τρίμηνο.



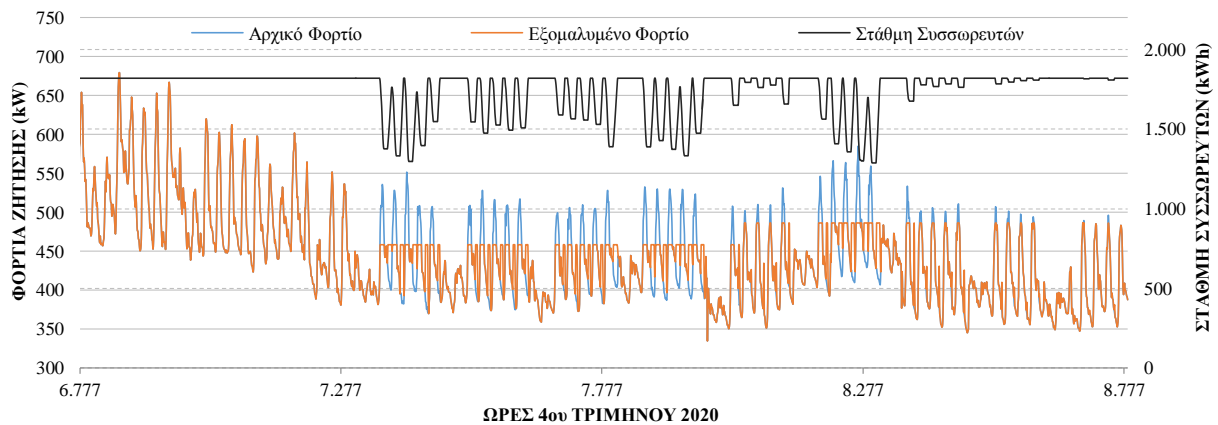
Διάγραμμα 8.5: Καμπύλες ζήτησης φορτίων και στάθμης συσσωρευτών για το 1^ο τρίμηνο του 2020



Διάγραμμα 8.6: Καμπύλες ζήτησης φορτίων και στάθμης συσσωρευτών για το 2^ο τρίμηνο του 2020



Διάγραμμα 8.7: Καμπύλες ζήτησης φορτίων και στάθμης συσσωρευτών για το 3^ο τρίμηνο του 2020



Διάγραμμα 8.8: Καμπύλες ζήτησης φορτίων και στάθμης συσσωρευτών για το 4^ο τρίμηνο του 2020

Εφαρμόζοντας την ίδια προσέγγιση με πριν, το συνολικό όφελος από την επίλυση του προβλήματος αναφορικά με τον προσδιορισμό του βέλτιστου βαθμού εξομάλυνσης σε μηνιαία βάση (Πίνακας 8.1.), είναι ίσο με:

$$\Delta C_{TOT} = 16.156,26\text{€}$$

8.1.2.3 Έτος 2021

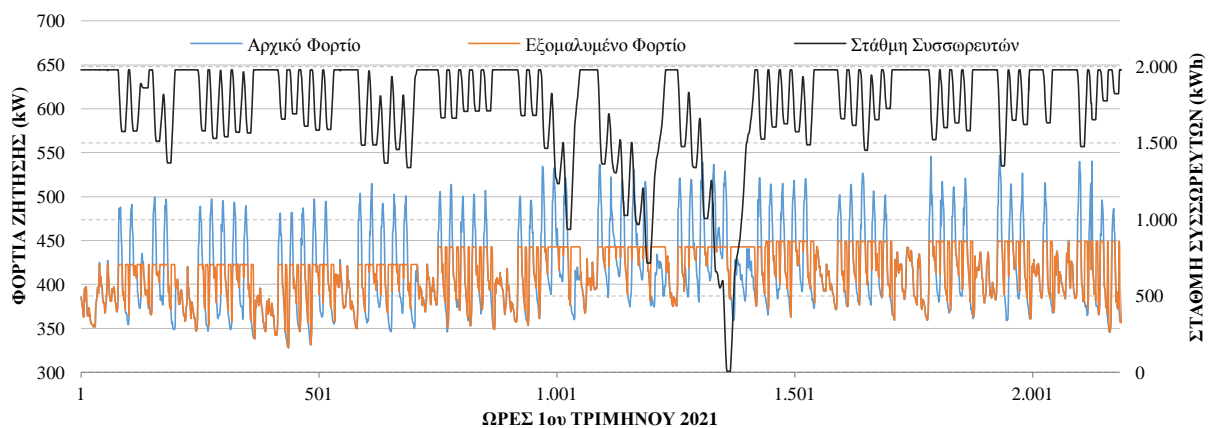
Θέτουμε πάλι αντίστοιχα για το έτος 2021 τους ίδιους περιορισμούς και αναζητούμε το μέγιστο συνολικό οικονομικό όφελος (ΔC_{TOT}):

- $ESS \leq 2.000kWh$
- $PCS \leq 2.000kW$
- $\Delta_{PEAK} \leq 30\%$

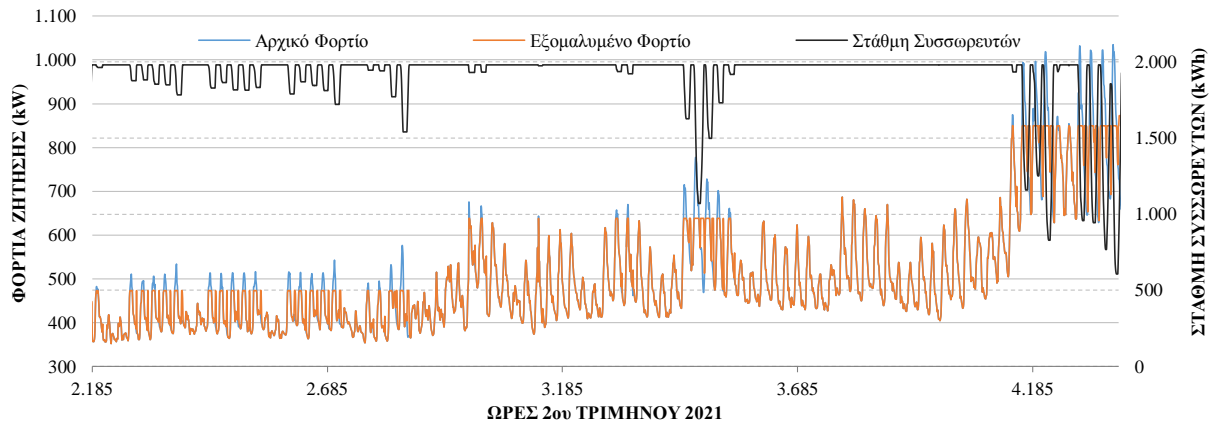
Τα αποτελέσματα που εξάγονται είναι:

- $ESS = 1.980kWh$
- $PCS = 200kW$
- $\Delta_{PEAK} = 17,9\%$
- $\Delta C_{TOT} = 14.894,43\text{€}$

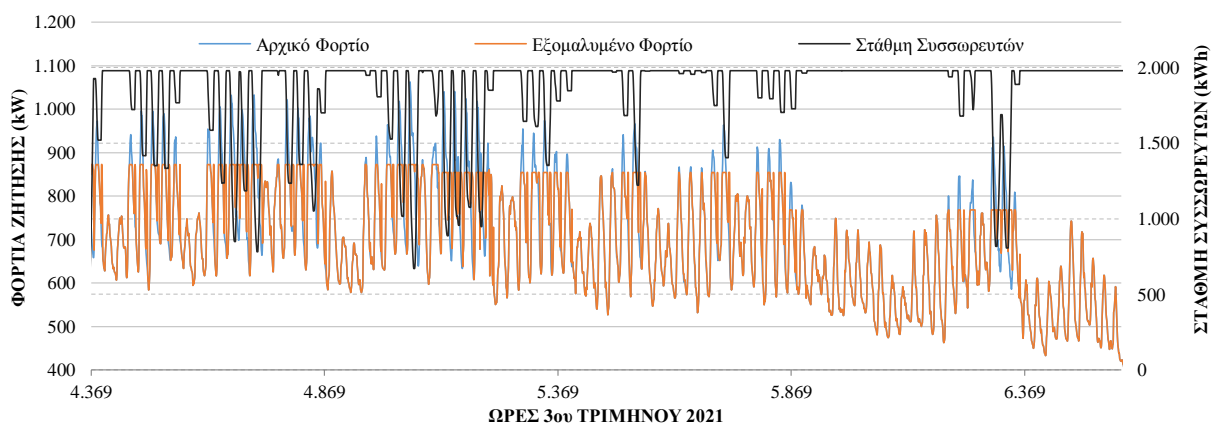
Με την εξαγωγή των αποτελεσμάτων διαμορφώνεται ταυτόχρονα και το ετήσιο διάγραμμα ζήτησης του 2021, όπου αποτυπώνονται η ωριαία καμπύλη ζήτησης του έτους, η ωριαία εξομαλυμένη καμπύλη ζήτησης, μετά την εφαρμογή ελάττωσης των αιχμών κατά 17,9% και η ωριαία στάθμη των συσσωρευτών κατά τη φόρτιση και εκφόρτισή τους. Παρακάτω παραθέτουμε το διάγραμμα χωρισμένο σε τέσσερα μέρη, παρουσιάζοντας τα αποτελέσματα ανά τρίμηνο.



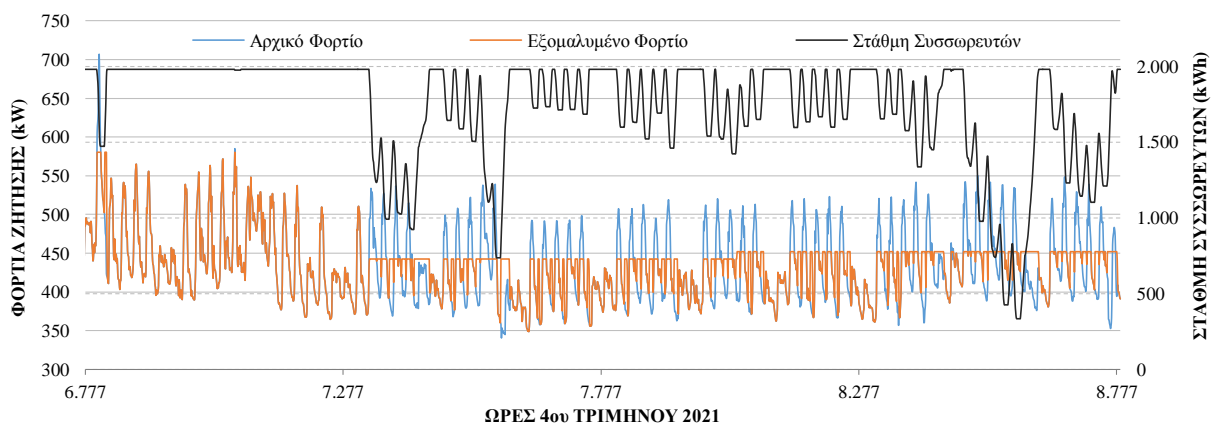
Διάγραμμα 8.9: Καμπύλες ζήτησης φορτίων και στάθμης συσσωρευτών για το 1^ο τρίμηνο του 2021



Διάγραμμα 8.10: Καμπύλες ζήτησης φορτίων και στάθμης συσσωρευτών για το 2^ο τρίμηνο του 2021



Διάγραμμα 8.11: Καμπύλες ζήτησης φορτίων και στάθμης συσσωρευτών για το 3^ο τρίμηνο του 2021



Διάγραμμα 8.12: Καμπύλες ζήτησης φορτίων και στάθμης συσσωρευτών για το 4^ο τρίμηνο του 2021

Σε αντιστοιχία με τα προηγούμενα έτη, το συνολικό όφελος από την επίλυση του προβλήματος αναφορικά με τον προσδιορισμό του βέλτιστου βαθμού εξομάλυνσης σε μηνιαία βάση (Πίνακας 8.1.), είναι ίσο με:

$$\Delta C_{TOT} = 17.245,91 \text{ €}$$

Μήνες	2019		2020		2021	
	ESS (kWh)	PCS (kW)	ESS (kWh)	PCS (kW)	ESS (kWh)	PCS (kW)
	1.960	180	1.820	180	1.980	200
	Δ_{PEAK} (%)	$\Delta C_{TOT\ max}$ (€)	Δ_{PEAK} (%)	$\Delta C_{TOT\ max}$ (€)	Δ_{PEAK} (%)	$\Delta C_{TOT\ max}$ (€)
Ιανουάριος	21,3	1.159,44	20,2	1.157,51	21,0	1.163,30
Φεβρουάριος	20,4	970,49	19,90	825,60	17,90	958,69
Μάρτιος	19,0	945,55	19,60	920,65	20,80	930,78
Απρίλιος	18,0	792,62	16,90	975,29	21,90	1.147,47
Μάιος	19,7	1.147,39	22,00	1.495,79	23,00	1.688,04
Ιούνιος	21,4	1.458,74	21,80	1.867,84	19,60	2.141,51
Ιούλιος	19,1	1.660,39	17,80	1.734,77	20,90	1.701,39
Αύγουστος	18,8	1.553,96	22,50	1.687,62	19,20	1.830,09
Σεπτέμβριος	22,0	1.612,97	17,70	1.586,77	20,60	1.798,52
Οκτώβριος	25,0	1.596,57	23,40	1.682,73	28,30	1.883,93
Νοέμβριος	22,2	1.160,76	20,40	1.110,63	19,60	1.128,38
Δεκέμβριος	20,1	999,81	20,50	1.111,06	18,50	873,81
	Ελάχιστο Δ_{PEAK}	18,0 %	Ελάχιστο Δ_{PEAK}	16,9 %	Ελάχιστο Δ_{PEAK}	17,9 %
	Ετήσιο ΔC_{TOT}	15.058,69 €	Ετήσιο ΔC_{TOT}	16.156,26 €	Ετήσιο ΔC_{TOT}	17.245,91 €

Πίνακας 8.1: Βέλτιστες μηνιαίες τιμές ποσοστού ελάττωσης των αιχμών και συνολικού ετήσιου οικονομικού οφέλους, με βάση τα δεδομένα των τριών εξεταζόμενων ετών

Από τα παραπάνω διαγράμματα και τον Πίνακα 8.1 συμπεραίνουμε ότι η διαστασιολόγηση μιας μονάδας αποθήκευσης ενέργειας με την εφαρμογή της εξομάλυνσης των φορτίων αιχμής, μέσω εκμετάλλευσης της νυχτερινής χρέωσης του ηλεκτρικού ρεύματος, εξαρτάται πολύ από τις εποχικές παραμέτρους, όπως είναι οι καιρικές συνθήκες. Το καλοκαίρι μπορούμε να αντλήσουμε το μέγιστο οικονομικό όφελος, εξαιτίας των υψηλών φορτίων, ενώ αντίθετα τους ψυχρούς μήνες αυτό το όφελος είναι σχετικά χαμηλό. Επίσης, τους μήνες που έχουμε μεγάλες θερμοκρασιακές διακυμάνσεις, όπως ο Μάιος, ο Ιούνιος, ο Σεπτέμβριος και ο Οκτώβριος, μπορεί οι συσσωρευτές να μένουν για το μεγαλύτερο διάστημα φορτισμένοι, χωρίς να αποδίδουν, διότι παρατηρούμε για παράδειγμα, υψηλές ηλεκτρικές καταναλώσεις στην αρχή του μήνα και πολύ χαμηλές αργότερα και αντίστροφα.

Το βέλτιστο θα ήταν να έχουμε μία μονάδα αποθήκευσης, η οποία δεν θα λειτουργεί με σταθερό ποσοστό εξομάλυνσης, αλλά κάθε μήνα θα άλλαζε αυτό το ποσοστό, σύμφωνα με:

- Προεπιλεγμένες τιμές ποσοστών εξομάλυνσης για κάθε μήνα, σύμφωνα με στατιστικές αναλύσεις των προηγούμενων ετών, όπως φαίνεται από τον Πίνακα 8.1.
- Με τις εποχές και τις εξωτερικές θερμοκρασιακές μεταβολές, με την βοήθεια μετεωρολογικών σταθμών και αισθητήρων.
- Με χειροκίνητη καθημερινή μεταβολή του ποσοστού αυτού.

8.2 Στρατηγική εξομάλυνσης των φορτίων αιχμής στη βάση κυμαινόμενων τιμών ηλεκτρικού ρεύματος

Η στρατηγική που θα αναλύσουμε σε αυτή την ενότητα συνδέεται με το σενάριο ενδεχόμενης συμμετοχής του Νοσοκομείου στη χονδρεμπορική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας, με αντιμετώπιση των χρηματιστηριακών τιμών της ενέργειας αντί σταθερών χρεώσεων. Στο πλαίσιο αυτό, εισάγεται νέα μεταβλητή στο πρόβλημα, η οποία αναφέρεται στο άνω όριο τιμής της ηλεκτρικής ενέργειας μέχρι το οποίο θα επιτρέπεται η αγορά ενέργειας από το δίκτυο για φόρτιση των συσσωρευτών.

Όπως και με τη στρατηγική που αναλύθηκε στην προηγούμενη ενότητα, το ποσοστό της εξομάλυνσης των φορτίων αιχμής θα εξαρτηθεί από τα οικονομικά οφέλη που μπορεί να αποδώσει η συγκεκριμένη εφαρμογή, δηλαδή τα έξοδα από την ενέργεια και την ισχύ που εξοικονομούνται από το σύστημα αποθήκευσης μετά την επιβληθείσα ελάττωση των αιχμών. Τα εν λόγω αποτελέσματα εξάγονται μέσω του υπολογιστικού μοντέλου, στο οποίο εισάγουμε δεδομένα όπως:

- η τιμή της ωραίας χονδρεμπορικής ηλεκτρικής ενέργειας, όπως αυτή διαμορφώνεται στο Χρηματιστήριο Ενέργειας (αξιοποίηση ιστορικών δεδομένων day – ahead τιμών από τη βάση του ENTSO-E)
- η τιμή της ισχύος αιχμής
- η τιμή των δικαιωμάτων εκπομπών αέριων ρύπων (CO₂)
- η τιμή της μεταφοράς ηλεκτρικού ρεύματος
- η τιμή της διανομής ηλεκτρικού ρεύματος
- η τιμή των Υ.Κ.Ω.
- η τιμή του Ε.Τ.Μ.Ε.Α.Ρ.
- η τιμή του Ε.Φ.Κ.
- η τιμή του ειδικού τέλους
- ο Φ.Π.Α.
- το ποσό πιθανής έκπτωσης

Σε αναλογία με την προηγούμενη στρατηγική, εισάγονται επίσης τα χαρακτηριστικά του αποθηκευτικού μέσου, όπως η χωρητικότητα των συσσωρευτών, η ισχύς του αντιστροφέα και ο βαθμός απόδοσης των συσσωρευτών.

8.2.1 Ανάλυση υπολογιστικού μοντέλου

Το υπολογιστικό μοντέλο λειτουργεί όπως και αυτό της 1^{ης} στρατηγικής. Η διαφορά όμως σε αυτή την στρατηγική είναι ότι, όταν η μέγιστη ωριαία ισχύς είναι χαμηλότερη της μέγιστης επιθυμητής, τότε οι συσσωρευτές φορτίζουν (+ ΔSoC), αλλά μόνο όταν η τιμή της ηλεκτρικής κατανάλωσης είναι χαμηλότερη από μία μέγιστη τιμή, την οποία έχουμε καθορίσει εμείς. Αν ισχύει αυτό τότε πραγματοποιείται αγορά ηλεκτρικής ενέργειας από το δίκτυο και φορτίζονται οι συσσωρευτές της μονάδας αποθήκευσης. Αντίθετα αν ξεπεραστεί αυτή η τιμή, τότε η φόρτιση διακόπτεται ή διαφορετικά το σύστημα δεν αγοράζει ηλεκτρική ενέργεια για την φόρτιση των συσσωρευτών.

Το υπολογιστικό μοντέλο, εφαρμόζεται για όλα τα έτη ξεχωριστά, δηλαδή 2019, 2020 και 2021, θέτοντας ταυτόχρονα τέσσερα διαφορετικά άνω όρια τιμών πάνω από τα οποία δεν θα επιτρέπεται η φόρτιση των συσσωρευτών. Αυτά τα όρια είναι οι τιμές 0,02€/kWh, 0,06€/kWh, 0,10€/kWh και 0,15€/kWh. Τα υπολογιστικά βήματα είναι αντίστοιχα της προηγούμενης στρατηγική και τα αποτελέσματα που εξάγονται αφορούν στη χωρητικότητα των συσσωρευτών (ESS), την ισχύ φόρτισης/εκφόρτισης (PCS) και το ποσοστό εξομάλυνσης των φορτίων αιχμής ($\Delta PEAK$).

Με τον κυκλικό συνδυασμό των παραπάνω βημάτων εξάγονται συνολικά 1.573 αποτελέσματα. Και εδώ παρατηρούμε ότι το ενεργειακό όφελος (ΔEC) μετά την εξομάλυνση των φορτίων αιχμής είναι ελάχιστο συγκριτικά με το οικονομικό όφελος που επιφέρει η μείωση της ισχύος (ΔPC), το οποίο είναι σχετικά υψηλό και εξαρτάται κυρίως από το ποσοστό της εξομάλυνσης. Αποτέλεσμα αυτών είναι και το υψηλό συνολικό οικονομικό όφελος (ΔC_{TOT}).

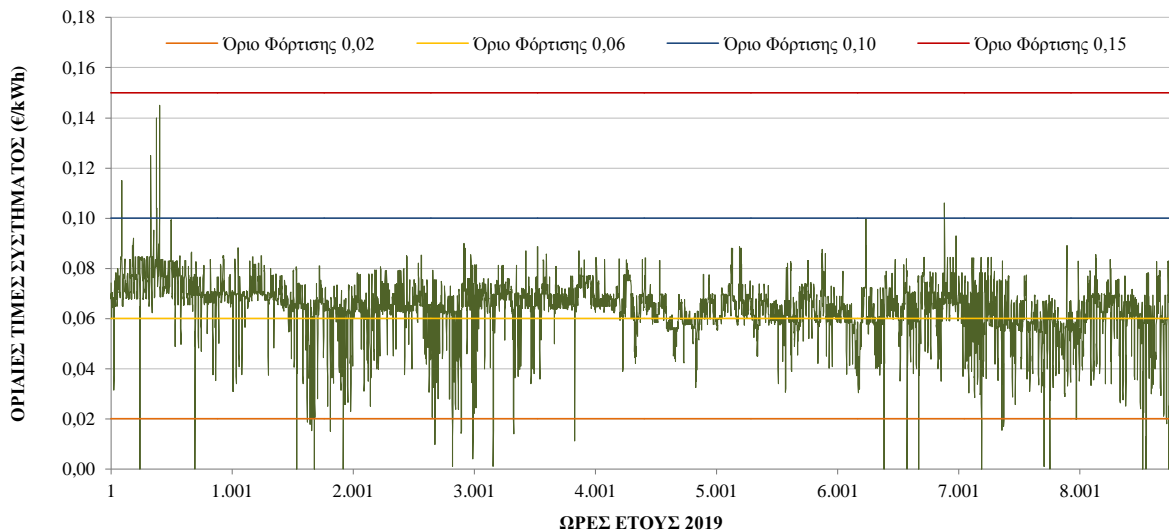
8.2.2 Εξαγωγή βέλτιστων τιμών λύσεων

Και σε αυτή την στρατηγική, μας ενδιαφέρει πρωτίστως η μεγιστοποίηση του συνολικού οικονομικού οφέλους (ΔC_{TOT}) που επιφέρει η εγκατάσταση μίας τέτοιας μονάδας αποθήκευσης. Βασιζόμενοι και πάλι στα δεδομένα των τριών προηγούμενων ετών, θα προσπαθήσουμε να περιγράψουμε την ιδανική μονάδα αποθήκευσης που θα μπορούσε να εγκατασταθεί στο Νοσοκομείο, υλοποιώντας την συγκεκριμένη στρατηγική λειτουργίας. Για

κάθε έτος θα θέσουμε τέσσερα διαφορετικά άνω όρια τιμών, πάνω από τα οποία δεν θα επιτρέπεται η φόρτιση των συσσωρευτών. Αυτά τα όρια είναι οι τιμές 0,02€/kWh, 0,06€/kWh, 0,10€/kWh και 0,15€/kWh της ηλεκτρικής κατανάλωσης.

8.2.2.1 Έτος 2019

Η αυξομείωση των ωριαίων τιμών χονδρεμπορικής της ηλεκτρικής κατανάλωσης, όπως αυτές διαμορφώθηκαν για το έτος 2019, συνδυαστικά με τα άνω όρια των τιμών φόρτισης των συσσωρευτών που αναφέρθηκαν παραπάνω, αποτυπώνονται στο Διάγραμμα 8.13.



Διάγραμμα 8.13: Αποτύπωση ωριαίων τιμών χονδρεμπορικής της ηλεκτρικής ενέργειας, για το έτος 2019, με σήμανση των άνω ορίων φόρτισης των συσσωρευτών

- Άνω όριο τιμής για φόρτιση των συσσωρευτών: $E_2 = 0,02€/kWh$

Όπως και προηγούμενα, θέτουμε τους παρακάτω περιορισμούς στον επιλυτή αναζητώντας τη μεγιστοποίηση του οικονομικού οφέλους (ΔC_{TOT}):

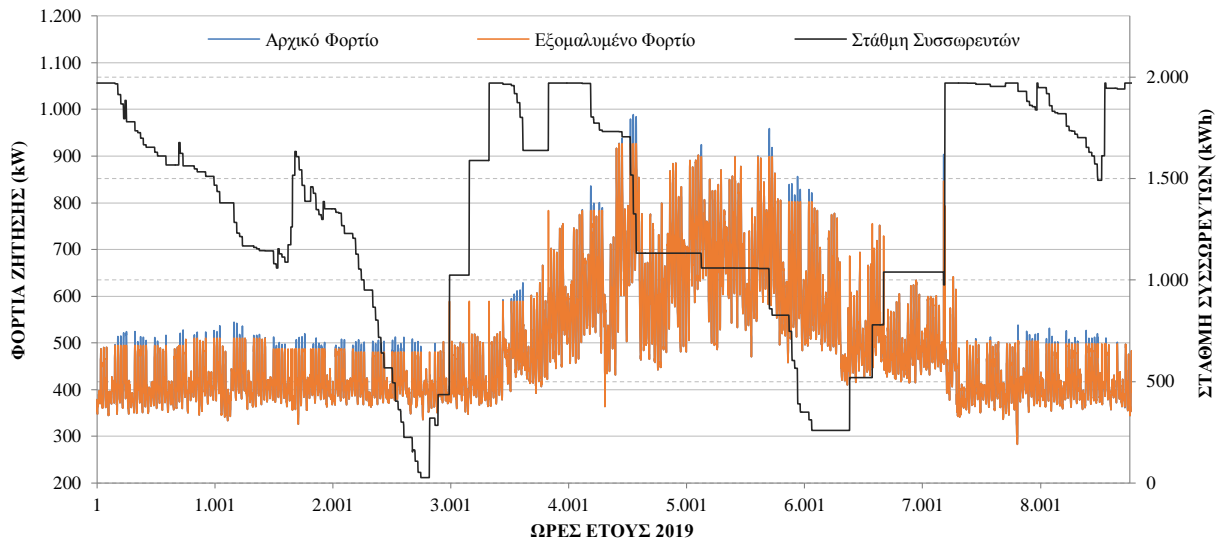
- $ESS \leq 2.000kWh$
- $PCS \leq 500kW$ (εφόσον διαπιστώσαμε από την προηγούμενη στρατηγική ότι δεν απαιτείται μεγάλη ισχύς)
- $\Delta_{PEAK} \leq 30\%$
- $E_2 = 0,02€/kWh$

Τα αποτελέσματα που εξάγονται είναι:

- $ESS = 1.970kWh$
- $PCS = 260kW$
- $\Delta_{PEAK} = 6,3\%$
- $\Delta C_{TOT} = 4.909,86€$
- $\Delta EC = 286,59€$

- $\Delta PC = 4.623,27\text{€}$

Με την εξαγωγή των αποτελεσμάτων διαμορφώνεται ταυτόχρονα και το ετήσιο διάγραμμα ζήτησης του 2019 (Διάγραμμα 8.14), όπου αποτυπώνονται η ωριαία καμπύλη ζήτησης του έτους, η ωριαία εξομαλυμένη καμπύλη ζήτησης, μετά την εξομάλυνση των αιχμών κατά 6,3%, καθώς και η ωριαία στάθμη των συσσωρευτών κατά τη φόρτιση και εκφόρτισή τους.



Διάγραμμα 8.14: Καμπύλες ζήτησης φορτίων και στάθμης συσσωρευτών για το έτος 2019, με άνω όριο φόρτισης των συσσωρευτών 0,02€/kWh

Παρατηρούμε ότι δεν υπάρχει ιδιαίτερη εξομάλυνση των αιχμών η οποία θα οδηγούσε και σε σημαντικό οικονομικό όφελος. Επίσης, οι τιμές χονδρεμπορικής της ηλεκτρικής ενέργειας είναι υψηλότερες από το όριο που έχουμε θέσει. Οι ώρες που επιτρέπεται η φόρτιση των συσσωρευτών, για όλο το έτος είναι μόνο 52, δηλαδή το ποσοστό εμφάνισης είναι μόνο 0,59%.

- **Άνω όριο τιμής για φόρτιση των συσσωρευτών: $E_2 = 0,06\text{€/kWh}$**

Θέτουμε, όπως και στην προηγούμενη περίπτωση τους παρακάτω περιορισμούς, αναζητώντας τη μεγιστοποίηση του οικονομικού οφέλους (ΔC_{TOT}):

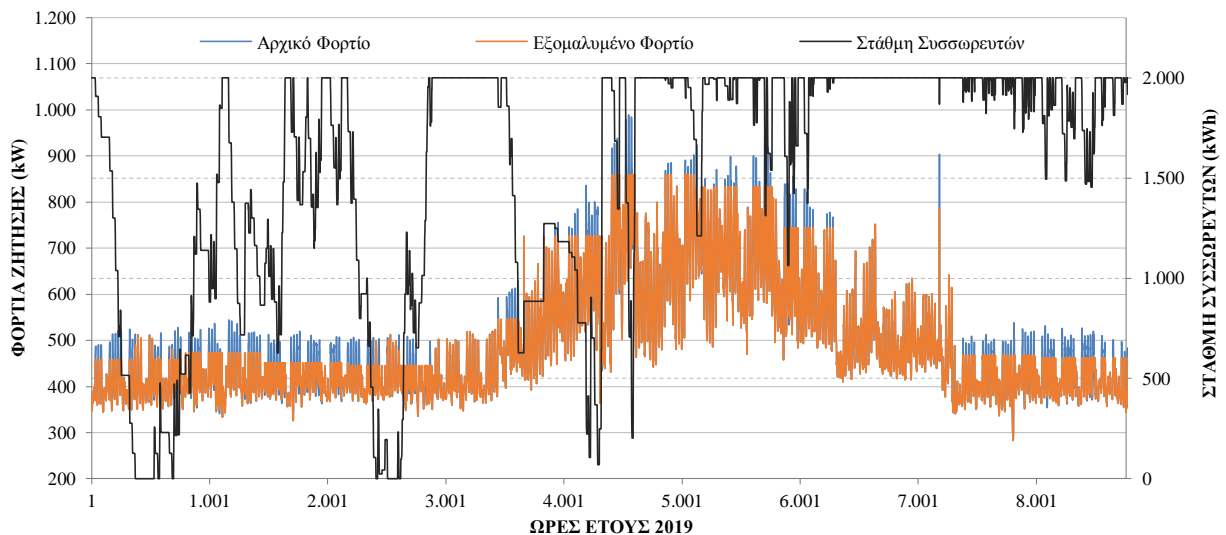
- $ESS \leq 2.000\text{kWh}$
- $PCS \leq 500\text{kW}$
- $\Delta_{PEAK} \leq 30\%$
- $E_2 = 0,06\text{€/kWh}$

Τα αποτελέσματα που εξάγονται είναι:

- $ESS = 2.000\text{kWh}$
- $PCS = 290\text{kW}$

- $\Delta_{PEAK} = 13,1\%$
- $\Delta C_{TOT} = 8.818,52\text{€}$
- $\Delta EC = 267,19\text{€}$
- $\Delta PC = 8.551,33\text{€}$

Με την εξαγωγή των αποτελεσμάτων διαμορφώνεται ταυτόχρονα και το ετήσιο διάγραμμα ζήτησης του 2019 (Διάγραμμα 8.15), όπου αποτυπώνονται η ωριαία καμπύλη ζήτησης του έτους, η ωριαία εξομαλυσμένη καμπύλη ζήτησης, μετά την εξομάλυνση των αιχμών κατά 13,1%, καθώς και η ωριαία στάθμη των συσσωρευτών κατά τη φόρτιση και εκφόρτισή τους.



Διάγραμμα 8.15: Καμπύλες ζήτησης φορτίων και στάθμης συσσωρευτών για το έτος 2019, με άνω όριο φόρτισης των συσσωρευτών 0,06€/kWh

Παρατηρούμε μεγαλύτερη εξομάλυνση των αιχμών, από την προηγούμενη περίπτωση, η οποία οδηγεί και σε υψηλότερο οικονομικό όφελος. Οι ώρες που επιτρέπεται η φόρτιση των συσσωρευτών, για όλο το έτος, εξαιτίας των περιορισμών που έχουμε θέσει, είναι 2.420, δηλαδή το ποσοστό εμφάνισης είναι 27,63%. Το ποσοστό αυτό μας επιτρέπει να εξομαλύνουμε τις αιχμές περισσότερο, για αυτό και είναι διπλάσιο από την προηγούμενη περίπτωση.

- **Άνω όριο τιμής για φόρτιση των συσσωρευτών: $E_2 = 0,10\text{€/kWh}$**

Θέτουμε, όπως και στην προηγούμενη περίπτωση τους παρακάτω περιορισμούς, έχοντας ως στόχο τη μεγιστοποίηση του οικονομικού οφέλους (ΔC_{TOT}):

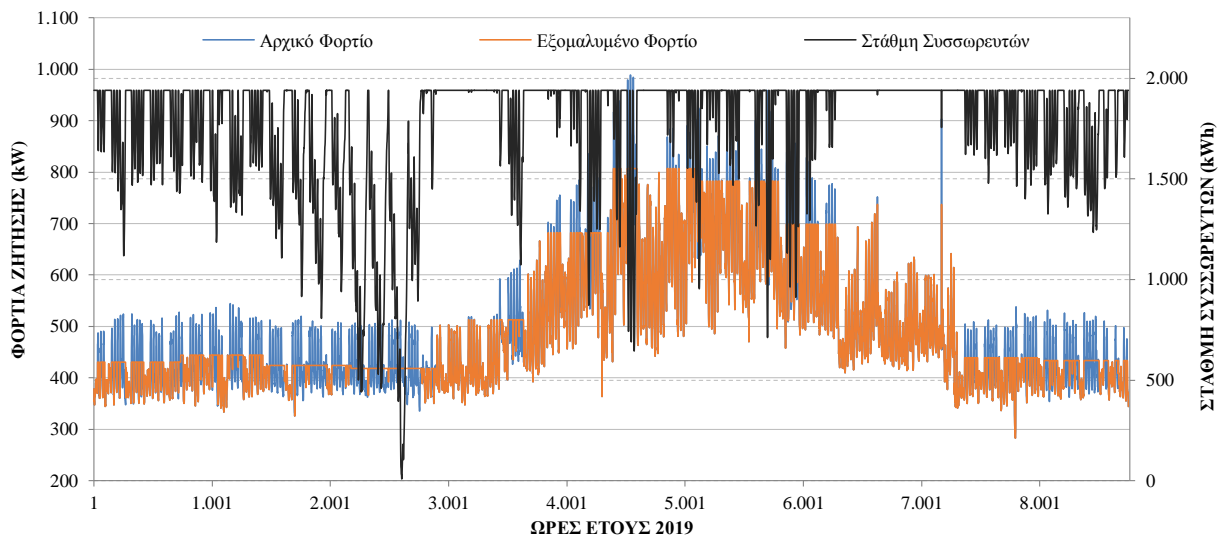
- $ESS \leq 2.000\text{kWh}$
- $PCS \leq 500\text{kW}$
- $\Delta_{PEAK} \leq 30\%$

- $E_2 = 0,10€/kWh$

Τα αποτελέσματα που εξάγονται είναι:

- $ESS = 1.940kWh$
- $PCS = 200kW$
- $\Delta_{PEAK} = 18,4\%$
- $\Delta C_{TOT} = 12.691,82€$
- $\Delta EC = -811,07€$
- $\Delta PC = 13.502,88€$

Με την εξαγωγή των αποτελεσμάτων διαμορφώνεται ταυτόχρονα και το ετήσιο διάγραμμα ζήτησης του 2019 (Διάγραμμα 8.16), όπου αποτυπώνονται η ωριαία καμπύλη ζήτησης του έτους, η ωριαία εξομαλυμένη καμπύλη ζήτησης, μετά την εξομάλυνση των αιχμών κατά 18,4%, καθώς και η ωριαία στάθμη των συσσωρευτών κατά τη φόρτιση και εκφόρτισή τους.



Διάγραμμα 8.16: Καμπύλες ζήτησης φορτίων και στάθμης συσσωρευτών για το έτος 2019, με άνω όριο φόρτισης των συσσωρευτών 0,10€/kWh

Η εξομάλυνση των αιχμών σε αυτό το διάγραμμα είναι σαφώς μεγαλύτερη από τις δύο προηγούμενες περιπτώσεις και οδηγεί και σε υψηλότερο οικονομικό όφελος. Οι ώρες που επιτρέπεται η φόρτιση των συσσωρευτών, για όλο το έτος, εξαιτίας των περιορισμών που έχουμε θέσει, είναι 8.749, δηλαδή αγγίζει το 100%.

Επίσης, αυτό που παρατηρούμε είναι ότι το οικονομικό όφελος ισχύος είναι υψηλότερο από το συνολικό οικονομικό όφελος, εξαιτίας του υψηλού ποσοστού εξομάλυνσης των αιχμών, αντίθετα όμως ενεργειακά έχουμε ζημιά. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η περιοριστική τιμή για την φόρτιση των συσσωρευτών είναι πολύ υψηλή σε σχέση με την πρώτη στρατηγική,

όπου η τιμή με την οποία φορτίζαμε τους συσσωρευτές ήταν 0,05062€/kWh, ενώ η τιμή σε αυτή την περίπτωση ουσιαστικά διπλασιάζεται (0,10€/kWh).

- **Άνω όριο τιμής για φόρτιση των συσσωρευτών: $E_2 = 0,15€/kWh$**

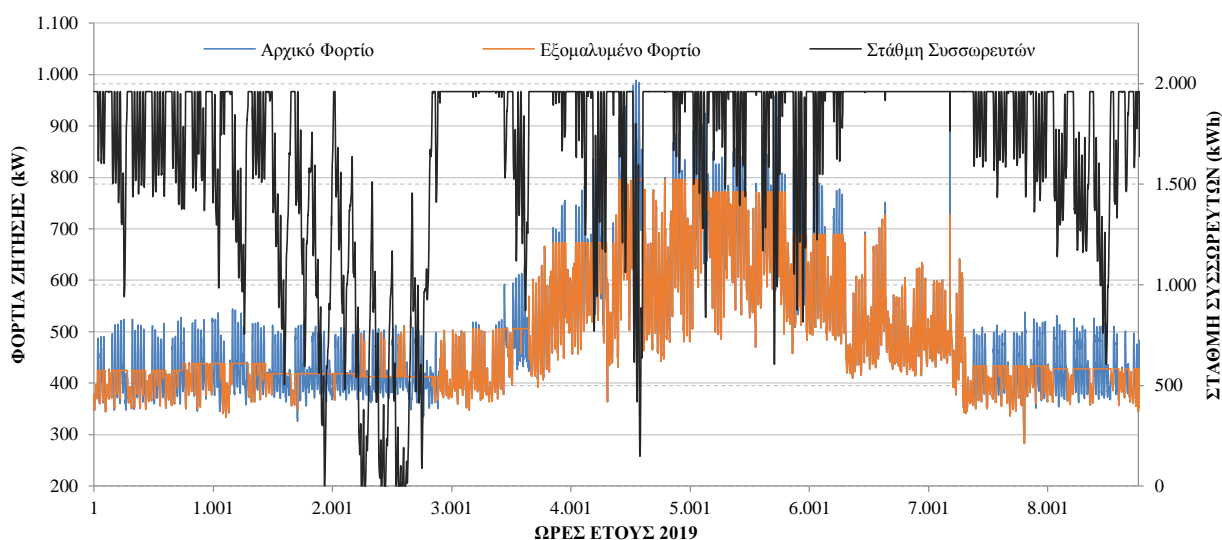
Ακολουθώντας την ίδια προσέγγιση, θέτουμε και πάλι τους παρακάτω περιορισμούς έχοντας ως στόχο τη μεγιστοποίηση του οικονομικού οφέλους (ΔC_{TOT}):

- $ESS \leq 2.000kWh$
- $PCS \leq 500kW$
- $\Delta_{PEAK} \leq 30\%$
- $E_2 = 0,15€/kWh$

Τα αποτελέσματα που εξάγονται είναι:

- $ESS = 1.960kWh$
- $PCS = 270kW$
- $\Delta_{PEAK} = 19,5\%$
- $\Delta C_{TOT} = 12.667,36€$
- $\Delta EC = -769,19€$
- $\Delta PC = 13.436,55€$

Με την εξαγωγή των αποτελεσμάτων διαμορφώνεται ταυτόχρονα και το ετήσιο διάγραμμα ζήτησης του 2019 (Διάγραμμα 8.17), όπου αποτυπώνονται η ωριαία καμπύλη ζήτησης του έτους, η ωριαία εξομαλυμένη καμπύλη ζήτησης, μετά την εξομάλυνση των αιχμών κατά 19,5%, καθώς και η ωριαία στάθμη των συσσωρευτών κατά τη φόρτιση και εκφόρτισή τους.



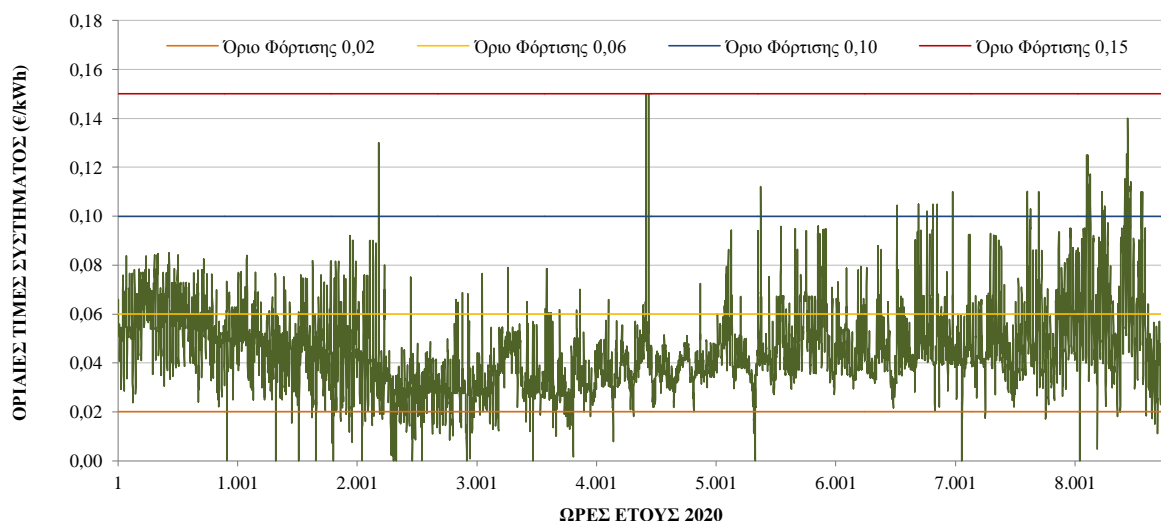
Διάγραμμα 8.17: Καμπύλες ζήτησης φορτίων και στάθμης συσσωρευτών για το έτος 2019, με άνω όριο φόρτισης των συσσωρευτών 0,15€/kWh

Η εξομάλυνση των αιχμών σε αυτό το διάγραμμα είναι περίπου ίδια με την τελευταία περίπτωση (Διάγραμμα 8.17). Η φόρτιση των συσσωρευτών, επιτρέπεται πλέον όλες τις ώρες του έτους, παρόλο τον περιορισμό που έχουμε θέσει. Και εδώ, όπως και στην τελευταία περίπτωση το οικονομικό όφελος ισχύος είναι υψηλότερο από το συνολικό οικονομικό όφελος, εξαιτίας του υψηλού ποσοστού εξομάλυνσης των αιχμών, χωρίς όμως πάλι να υπάρχει ενεργειακό κέρδος. Παρατηρούμε όμως ότι οι τιμές των παραπάνω είναι χαμηλότερες, από την προηγούμενη περίπτωση. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η περιοριστική τιμή για την φόρτιση των συσσωρευτών είναι πολύ υψηλότερη. Συγκριτικά πάλι με την πρώτη στρατηγική, όπου η τιμή με την οποία φορτίζαμε του συσσωρευτές ήταν 0,05062€/kWh, η τιμή σε αυτή σχεδόν τριπλασιάζεται (0,15€/kWh).

Σύμφωνα λοιπόν με τις ωριαίες ηλεκτρικές καταναλώσεις, που καταγράφηκαν από το σύστημα τηλεμετρίας του Νοσοκομείου για το 2019 και τις ωριαίες χονδρεμπορικές τιμές της ενέργειας, το σύστημα αποθήκευσης που θα κάλυπτε τις ανάγκες του Νοσοκομείου θα ήταν έως 200kW, με συσσωρευτές χωρητικότητας 1.940kWh. Με αυτό το σύστημα και θέτοντας ως περιορισμό για τη φόρτιση των συσσωρευτών τιμές μικρότερες των 0,10€/kWh, θα είχαμε το βέλτιστο οικονομικό όφελος, με ποσοστό εξομάλυνσης 18,4%.

8.2.2.2 Έτος 2020

Η αυξομείωση των ωριαίων τιμών στη χονδρεμπορική αγορά της ηλεκτρικής ενέργειας, όπως αυτές διαμορφώθηκαν για το έτος 2020, με τα άνω όρια των τιμών φόρτισης των συσσωρευτών, που αναφέρθηκαν παραπάνω, αποτυπώνονται στο Διάγραμμα 8.18.



Διάγραμμα 8.18: Αποτύπωση ωριαίων τιμών χονδρεμπορικής της ηλεκτρικής ενέργειας, για το έτος 2020, με σήμανση των άνω ορίων φόρτισης των συσσωρευτών

- Άνω όριο τιμής για φόρτιση των συσσωρευτών: $E_2 = 0,02€/kWh$

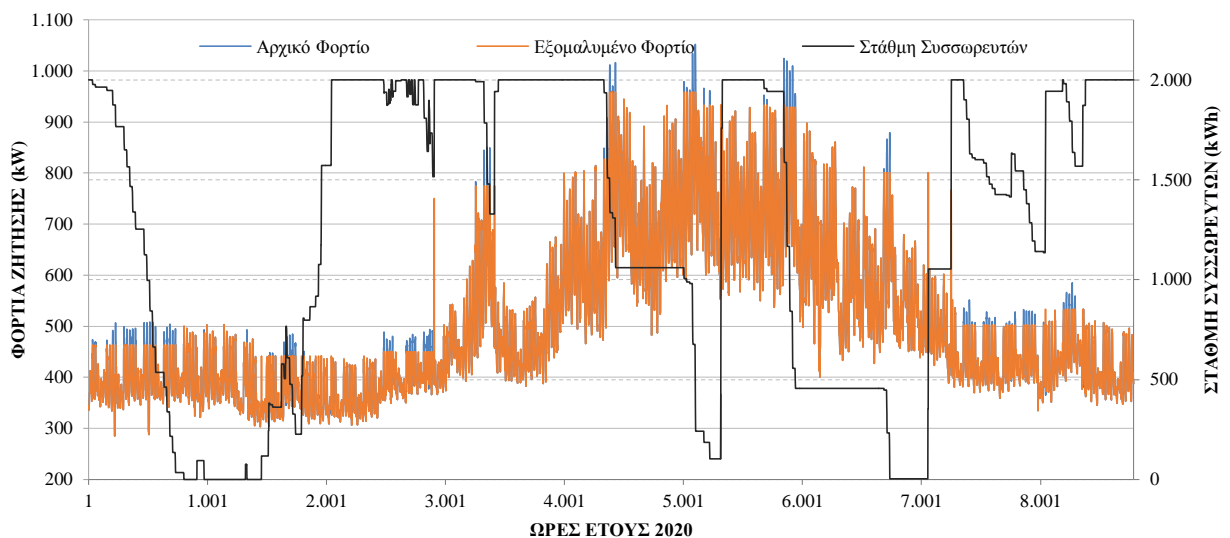
Ακολουθώντας την ίδια προσέγγιση, θέτουμε και πάλι τους παρακάτω περιορισμούς έχοντας ως στόχο τη μεγιστοποίηση του οικονομικού οφέλους (ΔC_{TOT}):

- $ESS \leq 2.000kWh$
- $PCS \leq 500kW$
- $\Delta_{PEAK} \leq 30\%$
- $E_2 = 0,02€/kWh$

Τα αποτελέσματα που εξάγονται είναι:

- $ESS = 2.000kWh$
- $PCS = 350kW$
- $\Delta_{PEAK} = 8,9\%$
- $\Delta C_{TOT} = 6.861,59€$
- $\Delta EC = 321,38€$
- $\Delta PC = 6.540,21€$

Με την εξαγωγή των αποτελεσμάτων διαμορφώνεται ταυτόχρονα και το ετήσιο διάγραμμα ζήτησης του 2020 (Διάγραμμα 8.19), όπου αποτυπώνονται η ωριαία καμπύλη ζήτησης του έτους, η ωριαία εξομαλυσμένη καμπύλη ζήτησης, μετά την εξομάλυνση των αιχμών κατά 8,9%, καθώς και η ωριαία στάθμη των συσσωρευτών κατά τη φόρτιση και εκφόρτισή τους.



Διάγραμμα 8.19: Καμπύλες ζήτησης φορτίων και στάθμης συσσωρευτών για το έτος 2020, με άνω όριο φόρτισης των συσσωρευτών 0,02€/kWh

Παρατηρούμε ότι δεν υπάρχει ιδιαίτερη εξομάλυνση των αιχμών, η οποία θα μπορούσε να επιφέρει σημαντικό οικονομικό όφελος. Επίσης, οι τιμές χονδρεμπορικής είναι υψηλότερες από το όριο που έχουμε θέσει, με αποτέλεσμα οι ώρες που επιτρέπεται η φόρτιση των

συσσωρευτών, για όλο το έτος να είναι μόνο 321, δηλαδή το ποσοστό εμφάνισης είναι μόνο 3,65%.

- **Άνω όριο τιμής για φόρτιση των συσσωρευτών: $E_2 = 0,06€/kWh$**

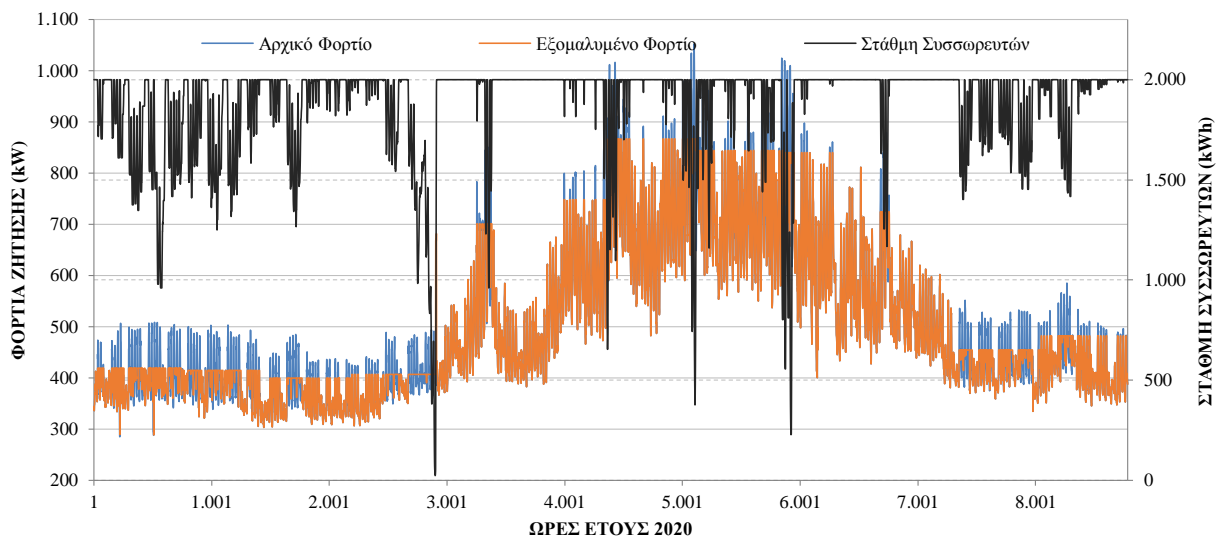
Θέτουμε, όπως και στην προηγούμενη περίπτωση τους σχετικούς περιορισμούς και επιδιώκουμε μεγιστοποίηση του συνολικού οφέλους (ΔC_{TOT}):

- $ESS \leq 2.000 Wh$
- $PCS \leq 500kW$
- $\Delta_{PEAK} \leq 30\%$
- $E_2 = 0,06€/kWh$

Τα αποτελέσματα που εξάγονται είναι:

- $ESS = 2.000kWh$
- $PCS = 270kW$
- $\Delta_{PEAK} = 17,6\%$
- $\Delta C_{TOT} = 13.616,14€$
- $\Delta EC = -96,04€$
- $\Delta PC = 13.712,18€$

Με την εξαγωγή των αποτελεσμάτων διαμορφώνεται ταυτόχρονα και το ετήσιο διάγραμμα ζήτησης του 2020 (Διάγραμμα 8.20), όπου αποτυπώνονται η ωριαία καμπύλη ζήτησης του έτους, η ωριαία εξομαλυμένη καμπύλη ζήτησης, μετά την εξομάλυνση των αιχμών κατά 17,6%, καθώς και η ωριαία στάθμη των συσσωρευτών κατά τη φόρτιση και εκφόρτισή τους.



Διάγραμμα 8.20: Καμπύλες ζήτησης φορτίων και στάθμης συσσωρευτών για το έτος 2020, με άνω όριο φόρτισης των συσσωρευτών 0,06€/kWh

Η εξομάλυνση των αιχμών σε αυτό το διάγραμμα είναι σαφώς μεγαλύτερη από την προηγούμενη περίπτωση, οπότε μας επιφέρει και υψηλότερο οικονομικό όφελος. Οι ώρες που επιτρέπεται η φόρτιση των συσσωρευτών, για όλο το έτος, εξαιτίας των περιορισμών που έχουμε θέσει, είναι 7.403, δηλαδή αρκετά υψηλό ποσοστό εμφάνισης ίσο με 84,28%. Επίσης, φαίνεται ότι το οικονομικό όφελος ισχύος είναι λίγο υψηλότερο από το συνολικό οικονομικό όφελος, σε αντίθεση με το ενεργειακό, το οποίο παρουσιάζει μικρή ζημία. Αν συγκρίνουμε την συγκεκριμένη περίπτωση με την 1^η στρατηγική για το έτος 2020, μπορούμε εύκολα να διαπιστώσουμε ότι η ζημία αυτή οφείλεται στο γεγονός ότι η περιοριστική τιμή για τη φόρτιση των συσσωρευτών είναι τέτοια που επιτρέπει φόρτιση των συσσωρευτών για 1.135 ώρες του έτους με τιμές έως 0,06€/kWh σε σχέση με τη σταθερή χρέωση των 0,05062€/kWh.

- **Άνω όριο τιμής για φόρτιση των συσσωρευτών: $E_2 = 0,10€/kWh$**

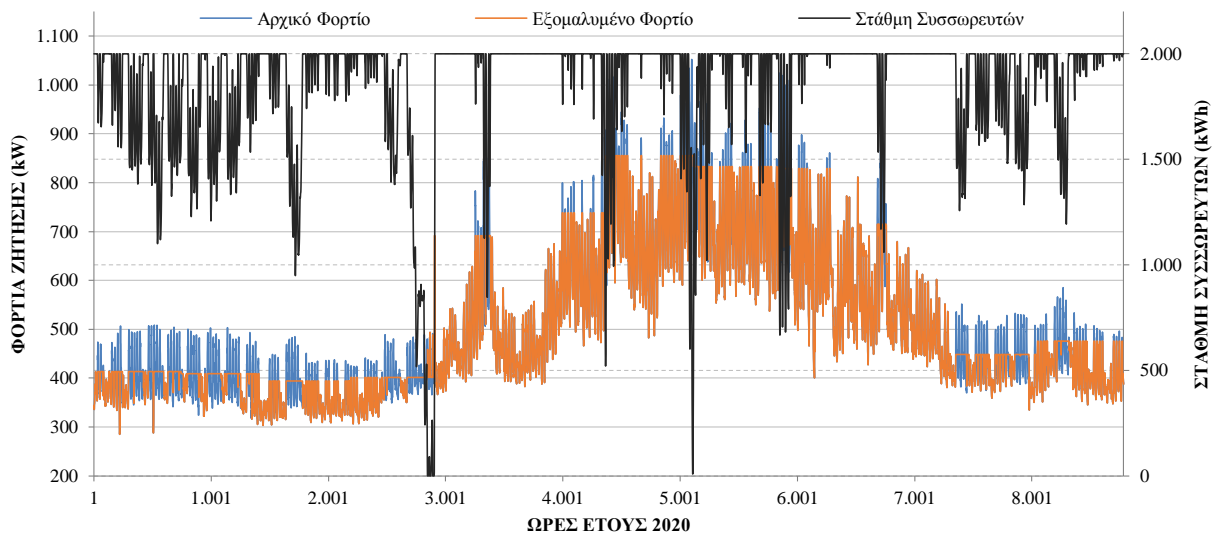
Τίθενται, όπως και στην προηγούμενες περιπτώσεις οι σχετικοί περιορισμοί και επιδιώκεται μεγιστοποίηση του συνολικού οφέλους (ΔC_{TOT}):

- $ESS \leq 2.000kWh$
- $PCS \leq 500kW$
- $\Delta_{PEAK} \leq 30\%$
- $E_2 = 0,10€/kWh$

Τα αποτελέσματα που εξάγονται είναι:

- $ESS = 2.000kWh$
- $PCS = 310kW$
- $\Delta_{PEAK} = 18,7\%$
- $\Delta C_{TOT} = 13.264,07€$
- $\Delta EC = -493,30€$
- $\Delta PC = 13.757,37€$

Με την εξαγωγή των αποτελεσμάτων διαμορφώνεται ταυτόχρονα και το ετήσιο διάγραμμα ζήτησης του 2020 (Διάγραμμα 8.21), όπου αποτυπώνονται η ωριαία καμπύλη ζήτησης του έτους, η ωριαία εξομαλυμένη καμπύλη ζήτησης, μετά την εξομάλυνση των αιχμών κατά 18,7%, καθώς και η ωριαία στάθμη των συσσωρευτών κατά τη φόρτιση και εκφόρτισή τους.



Διάγραμμα 8.21: Καμπύλες ζήτησης φορτίων και στάθμης συσσωρευτών για το έτος 2020, με άνω όριο φόρτισης των συσσωρευτών 0,10€/kWh

Η εξομάλυνση των αιχμών σε αυτό το διάγραμμα είναι λίγο μεγαλύτερη από αυτή στην τελευταία περίπτωση (Διάγραμμα 8.20), οδηγώντας και σε υψηλότερο οικονομικό όφελος. Οι ώρες που επιτρέπεται η φόρτιση των συσσωρευτών, για όλο το έτος, εξαιτίας των περιορισμών που έχουμε θέσει, είναι 8.698, δηλαδή αγγίζει το 100%. Και εδώ, όπως και στην τελευταία περίπτωση, το οικονομικό όφελος ισχύος είναι υψηλότερο από το συνολικό οικονομικό όφελος, εξαιτίας του υψηλού ποσοστού εξομάλυνσης των αιχμών, χωρίς όμως πάλι να υπάρχει ενεργειακό κέρδος. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η περιοριστική τιμή για τη φόρτιση των συσσωρευτών είναι υψηλή. Συγκριτικά με την 1^η στρατηγική, όπου η τιμή με την οποία φορτίζαμε του συσσωρευτές ήταν 0,05062€/kWh, η τιμή είναι έως και δύο φορές πιο υψηλή (0,10€/kWh).

- **Άνω όριο τιμής για φόρτιση των συσσωρευτών: $E_2 = 0,15€/kWh$**

Σε αναλογία με τα προηγούμενα σενάρια, τίθενται οι σχετικοί περιορισμοί και επιδιώκεται μεγιστοποίηση του συνολικού οφέλους (ΔC_{TOT}):

- $ESS \leq 2.000kWh$
- $PCS \leq 500kW$
- $\Delta_{PEAK} \leq 30\%$
- $E_2 = 0,15€/kWh$

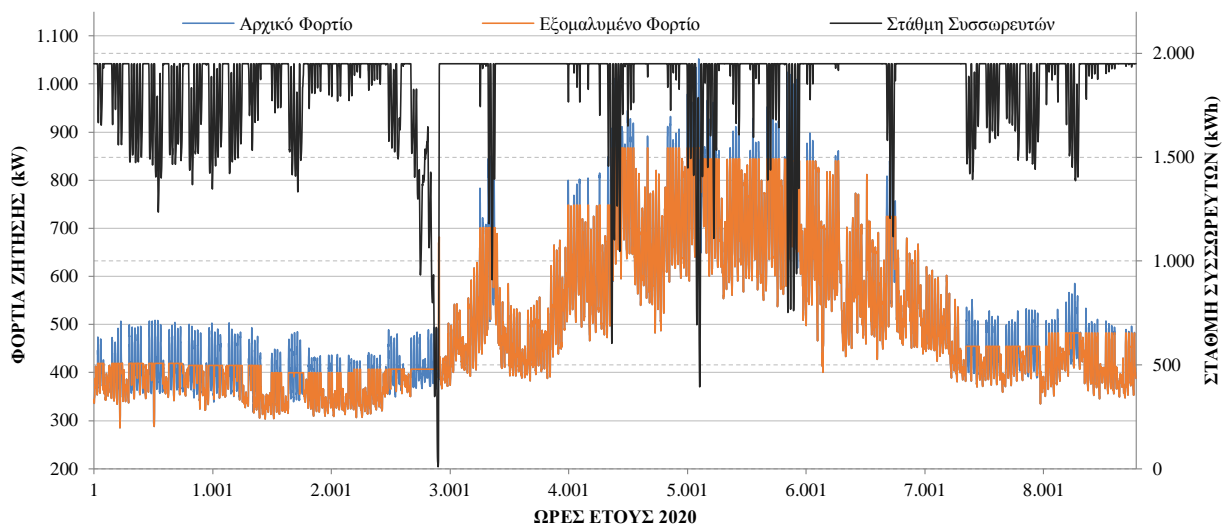
Τα αποτελέσματα που εξάγονται είναι:

- $ESS = 1.950kWh$
- $PCS = 270kW$
- $\Delta_{PEAK} = 17,6\%$

- $\Delta C_{TOT} = 13.166,44\text{€}$
- $\Delta EC = -545,74\text{€}$
- $\Delta PC = 13.712,18\text{€}$

Με την εξαγωγή των αποτελεσμάτων διαμορφώνεται ταυτόχρονα και το ετήσιο διάγραμμα ζήτησης του 2020 (Διάγραμμα 8.22), όπου αποτυπώνονται η ωριαία καμπύλη ζήτησης του έτους, η ωριαία εξομαλυμένη καμπύλη ζήτησης, μετά την εξομάλυνση των αιχμών κατά 17,6%, καθώς και η ωριαία στάθμη των συσσωρευτών κατά τη φόρτιση και εκφόρτισή τους.

Η εξομάλυνση των αιχμών σε αυτό το διάγραμμα είναι περίπου ίδια με την τελευταία περίπτωση (Διάγραμμα 8.21). Η φόρτιση των συσσωρευτών επιτρέπεται σε όλες τις ώρες του έτους, εκτός από 3, εξαιτίας της υψηλής περιοριστικής τιμής που έχουμε θέσει. Και εδώ, όπως και στην τελευταία περίπτωση, το οικονομικό όφελος ισχύος είναι υψηλότερο από το συνολικό οικονομικό όφελος, εξαιτίας του υψηλού ποσοστού εξομάλυνσης των αιχμών, χωρίς όμως πάλι να υπάρχει ενεργειακό κέρδος. Παρατηρούμε όμως ότι οι τιμές των παραπάνω είναι χαμηλότερες από την προηγούμενη περίπτωση. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η περιοριστική τιμή για τη φόρτιση των συσσωρευτών είναι πολύ υψηλότερη. Συγκριτικά πάλι με την 1^η στρατηγική, όπου η τιμή με την οποία φορτίζαμε του συσσωρευτές ήταν 0,05062€/kWh, η τιμή σε αυτή την περίπτωση φτάνει έως και τρεις φορές πάνω (0,15€/kWh).



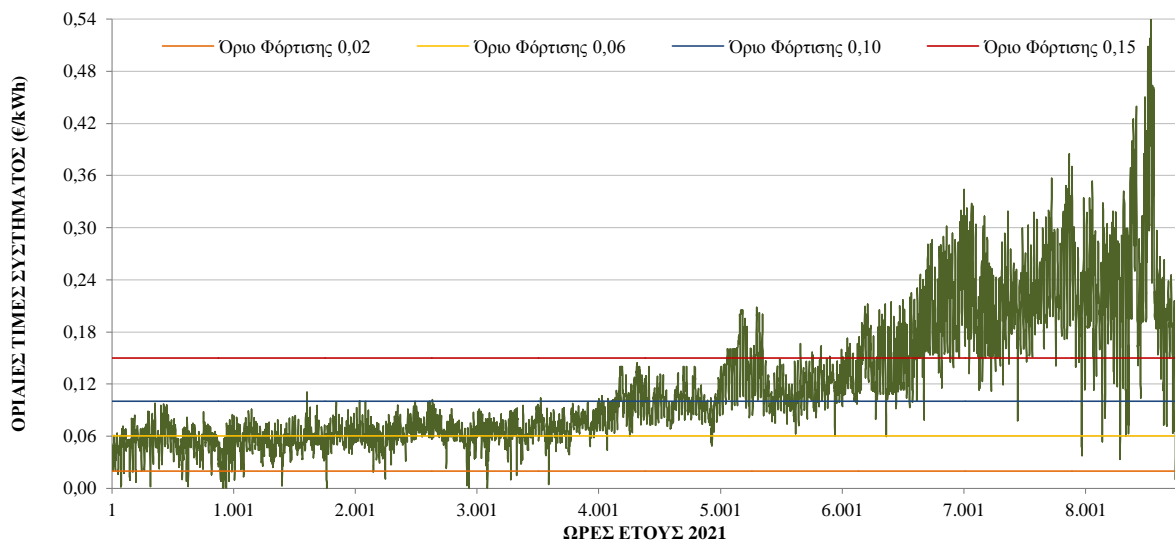
Διάγραμμα 8.22: Καμπύλες ζήτησης φορτίων και στάθμης συσσωρευτών για το έτος 2020, με άνω όριο φόρτισης των συσσωρευτών 0,15€/kWh

Σύμφωνα με τις ωριαίες ηλεκτρικές καταναλώσεις που καταγράφηκαν από το σύστημα τηλεμετρίας του Νοσοκομείου για το 2020 και τις αντίστοιχες ωριαίες τιμές της ηλεκτρικής ενέργειας στη χονδρεμπορική αγορά, το σύστημα αποθήκευσης που θα κάλυπτε τις ανάγκες

του Νοσοκομείου θα ήταν έως 310kW, με συσσωρευτές χωρητικότητας 2.000kWh. Με αυτό το σύστημα, και θέτοντας ως περιορισμό για τη φόρτιση των συσσωρευτών τιμές μικρότερες των 0,10€/kWh θα είχαμε το βέλτιστο οικονομικό όφελος, με ποσοστό εξομάλυνσης 18,7%. Το οικονομικό όφελος είναι λίγο υψηλότερο το 2020 συγκριτικά με το 2019, λόγω των υψηλότερων φορτίων που καταγράφηκαν σε αυτό.

8.2.2.3 Έτος 2021

Η αυξομείωση των ωριαίων τιμών της ηλεκτρικής ενέργειας στη χονδρεμπορική αγορά για το έτος 2021, με τα άνω όρια των τιμών φόρτισης των συσσωρευτών που αναφέρθηκαν παραπάνω, αποτυπώνονται στο Διάγραμμα 8.23.



Διάγραμμα 8.23: Αποτύπωση ωριαίων τιμών χονδρεμπορικής της ηλεκτρικής ενέργειας, για το έτος 2021, με σήμανση των άνω ορίων φόρτισης των συσσωρευτών

- Άνω όριο τιμής για φόρτιση των συσσωρευτών: $E_2 = 0,02€/kWh$

Σε αναλογία με τα προηγούμενα σενάρια, τίθενται οι σχετικοί περιορισμοί και επιδιώκεται μεγιστοποίηση του συνολικού οφέλους (ΔC_{TOT}):

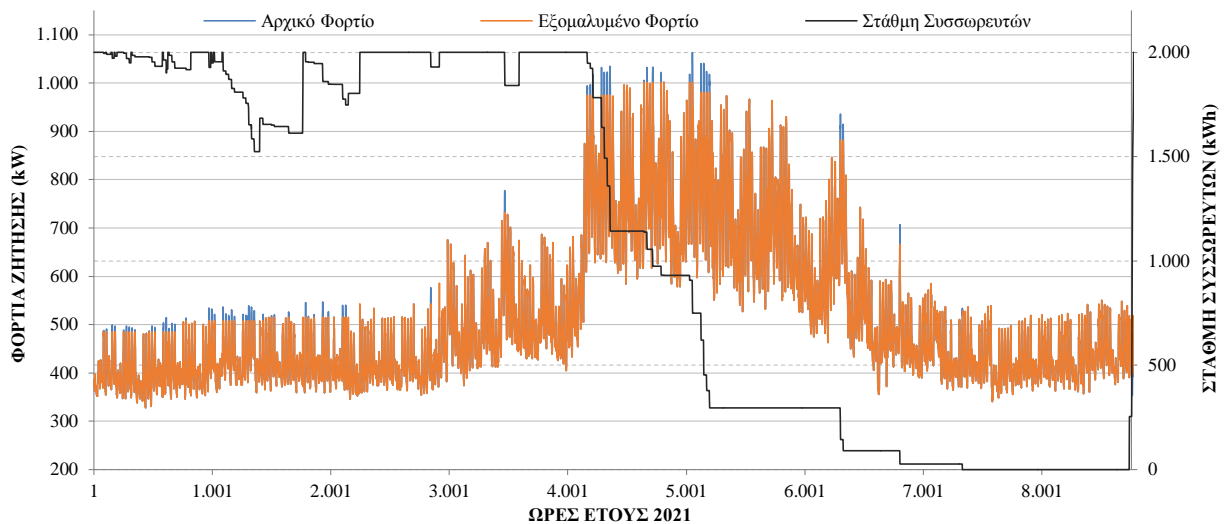
- $ESS \leq 2.000kWh$
- $PCS \leq 500kW$
- $\Delta_{PEAK} \leq 30\%$
- $E_2 = 0,02€/kWh$

Τα αποτελέσματα που εξάγονται είναι:

- $ESS = 2.000kWh$
- $PCS = 160kW$
- $\Delta_{PEAK} = 5,8\%$

- $\Delta C_{TOT} = 4.263,11\text{€}$
- $\Delta EC = 318,16\text{€}$
- $\Delta PC = 3.944,95\text{€}$

Με την εξαγωγή των αποτελεσμάτων διαμορφώνεται ταυτόχρονα και το ετήσιο διάγραμμα ζήτησης του 2021 (Διάγραμμα 8.24), όπου αποτυπώνονται η ωριαία καμπύλη ζήτησης του έτους, η ωριαία εξομαλυμένη καμπύλη ζήτησης, μετά την εξομάλυνση των αιχμών κατά 5,8%, καθώς και η ωριαία στάθμη των συσσωρευτών κατά τη φόρτιση και εκφόρτισή τους.



Διάγραμμα 8.24: Καμπύλες ζήτησης φορτίων και στάθμης συσσωρευτών για το έτος 2021, με άνω όριο φόρτισης των συσσωρευτών 0,02€/kWh

Στο παραπάνω διάγραμμα η εξομάλυνση των αιχμών είναι πολύ μικρή. Επίσης, οι τιμές χονδρεμπορικής της ωριαίας ηλεκτρικής κατανάλωσης είναι υψηλότερες από το όριο που έχουμε θέσει, με αποτέλεσμα οι ώρες για τις οποίες επιτρέπεται η φόρτιση των συσσωρευτών για όλο το έτος να είναι μόνο 89, δηλαδή το ποσοστό εμφάνισης είναι μόνο 1,02%. Από τις 23-06-2021 και μετά οι συσσωρευτές δεν κατάφεραν να φορτιστούν, με αποτέλεσμα στις 02-11-2021 να εκφορτιστούν πλήρως και να μην μπορούν φορτιστούν ξανά, εξαιτίας του περιορισμού φόρτισης, έως τις 31-12-2021.

- **Άνω όριο τιμής για φόρτιση των συσσωρευτών: $E_2 = 0,06\text{€/kWh}$**

Σε αναλογία με τα προηγούμενα σενάρια, τίθενται οι σχετικοί περιορισμοί και επιδιώκεται μεγιστοποίηση του συνολικού οφέλους (ΔC_{TOT}):

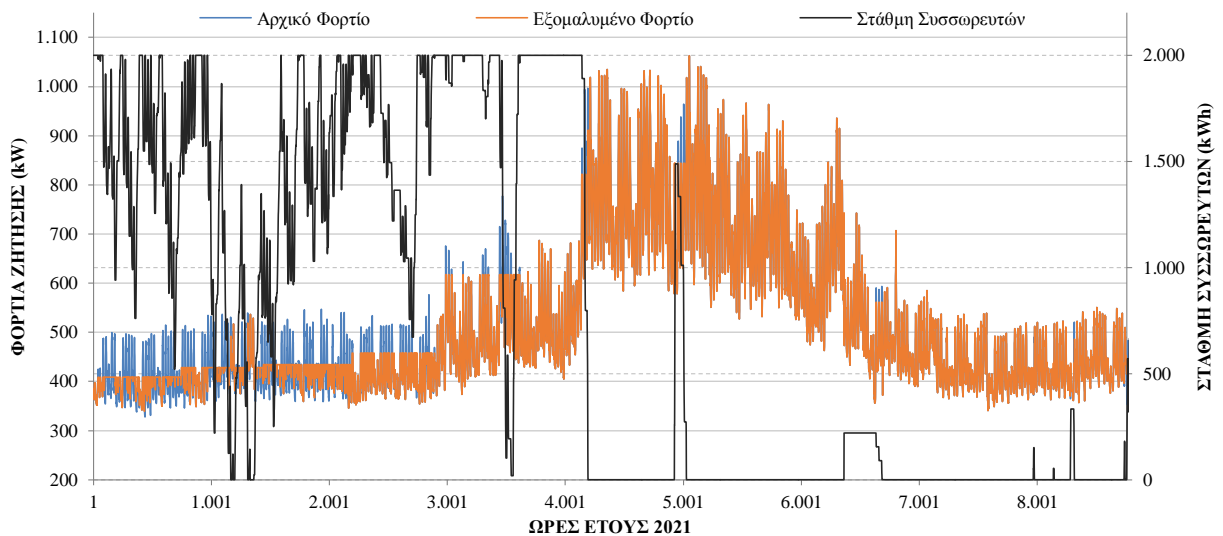
- $ESS \leq 2.000\text{kWh}$
- $PCS \leq 500\text{kW}$
- $\Delta_{PEAK} \leq 30\%$

- $E_2 = 0,06€/kWh$

Τα αποτελέσματα που εξάγονται είναι:

- $ESS = 2.000kWh$
- $PCS = 260kW$
- $\Delta_{PEAK} = 20,6\%$
- $\Delta C_{TOT} = 5.049,13€$
- $\Delta EC = 650,88€$
- $\Delta PC = 4.398,25€$

Με την εξαγωγή των αποτελεσμάτων διαμορφώνεται ταυτόχρονα και το ετήσιο διάγραμμα ζήτησης του 2021 (Διάγραμμα 8.25), όπου αποτυπώνονται η ωριαία καμπύλη ζήτησης του έτους, η ωριαία εξομαλυσμένη καμπύλη ζήτησης, μετά την εξομάλυνση των αιχμών κατά 20,6%, καθώς και η ωριαία στάθμη των συσσωρευτών κατά τη φόρτιση και εκφόρτισή τους.



Διάγραμμα 8.25: Καμπύλες ζήτησης φορτίων και στάθμης συσσωρευτών για το έτος 2021, με άνω όριο φόρτισης των συσσωρευτών 0,06€/kWh

Η εξομάλυνση των αιχμών σε αυτό το διάγραμμα είναι πολύ μεγαλύτερη, από την προηγούμενη περίπτωση. Οι ώρες που επιτρέπεται η φόρτιση των συσσωρευτών, για όλο το έτος, εξαιτίας των περιορισμών που έχουμε θέσει, είναι 2.063, δηλαδή με ποσοστό εμφάνισης 23,55%. Για αυτό το λόγο το συνολικό οικονομικό όφελος δεν είναι όσο μεγάλο θα περιμέναμε για αυτό το ποσοστό εξομάλυνσης των αιχμών. Από τις 24-06-2021, μέχρι το τέλος του έτους οι συσσωρευτές κατάφεραν να φορτίσουν μόνο έξι φορές, εξαιτίας των πολύ υψηλών τιμών που παρατηρήθηκαν στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας, ως απόρροια της κρίσης σε παγκόσμιο επίπεδο στον κλάδο της ενέργειας.

- Άνω όριο τιμής για φόρτιση των συσσωρευτών: $E_2 = 0,10 \text{ €/kWh}$

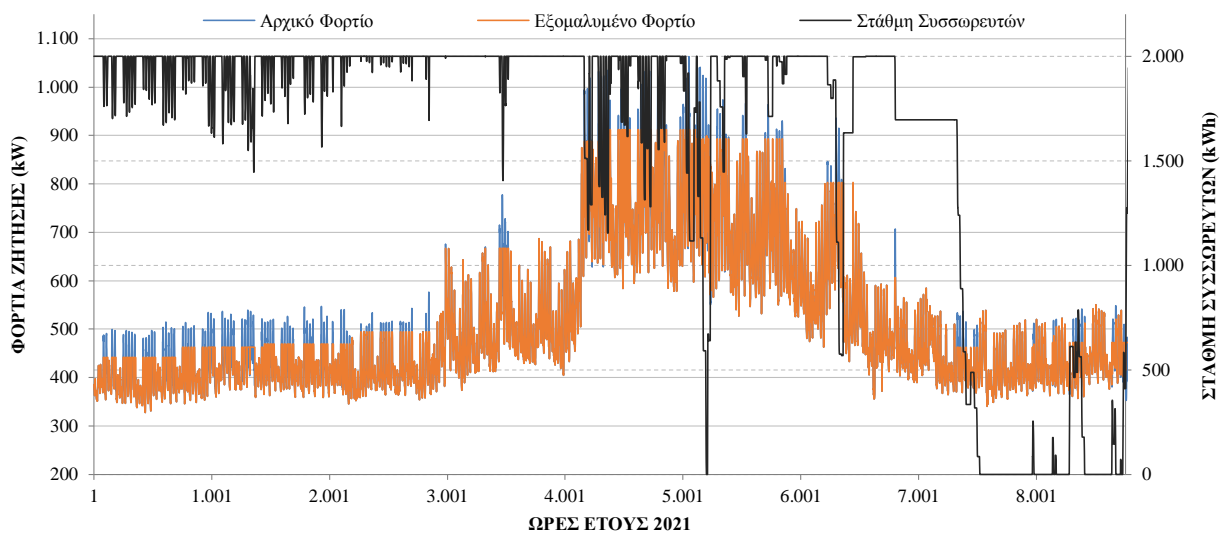
Σε αναλογία με τα προηγούμενα σενάρια, τίθενται οι σχετικοί περιορισμοί και επιδιώκεται μεγιστοποίηση του συνολικού οφέλους (ΔC_{TOT}):

- $ESS \leq 2.000 \text{ kWh}$
- $PCS \leq 500 \text{ kW}$
- $\Delta P_{PEAK} \leq 30\%$
- $E_2 = 0,10 \text{ €/kWh}$

Τα αποτελέσματα που εξάγονται είναι:

- $ESS = 2.000 \text{ kWh}$
- $PCS = 280 \text{ kW}$
- $\Delta P_{PEAK} = 14,2\%$
- $\Delta C_{TOT} = 10.562,67 \text{ €}$
- $\Delta EC = 958,90 \text{ €}$
- $\Delta PC = 9.603,78 \text{ €}$

Με την εξαγωγή των αποτελεσμάτων διαμορφώνεται ταυτόχρονα και το ετήσιο διάγραμμα ζήτησης του 2021 (Διάγραμμα 8.26), όπου αποτυπώνονται η ωριαία καμπύλη ζήτησης του έτους, η ωριαία εξομαλυσμένη καμπύλη ζήτησης, μετά την εξομάλυνση των αιχμών κατά 14,2%, καθώς και η ωριαία στάθμη των συσσωρευτών κατά τη φόρτιση και εκφόρτισή τους.



Διάγραμμα 8.26: Καμπύλες ζήτησης φορτίων και στάθμης συσσωρευτών για το έτος 2021, με άνω όριο φόρτισης των συσσωρευτών 0,10€/kWh

Η εξομάλυνση των αιχμών σε αυτό το διάγραμμα είναι μικρότερη από αυτή στην τελευταία περίπτωση (Διάγραμμα 8.25) αλλά αποδίδει υψηλότερο συνολικό οικονομικό όφελος. Οι ώρες που επιτρέπεται η φόρτιση των συσσωρευτών, για όλο το έτος, εξαιτίας των

περιορισμών που θέτουμε, είναι 4.838, δηλαδή με ποσοστό εμφάνισης 55,23%. Αυτό οφείλεται και σε αυτή την περίπτωση στις υψηλές τιμές κατανάλωσης του έτους, οι οποίες δεν επιτρέπουν τη φόρτιση πάνω από το όριο των 0,10€/kWh.

- **Άνω όριο τιμής για φόρτιση των συσσωρευτών: $E_2 = 0,15€/kWh$**

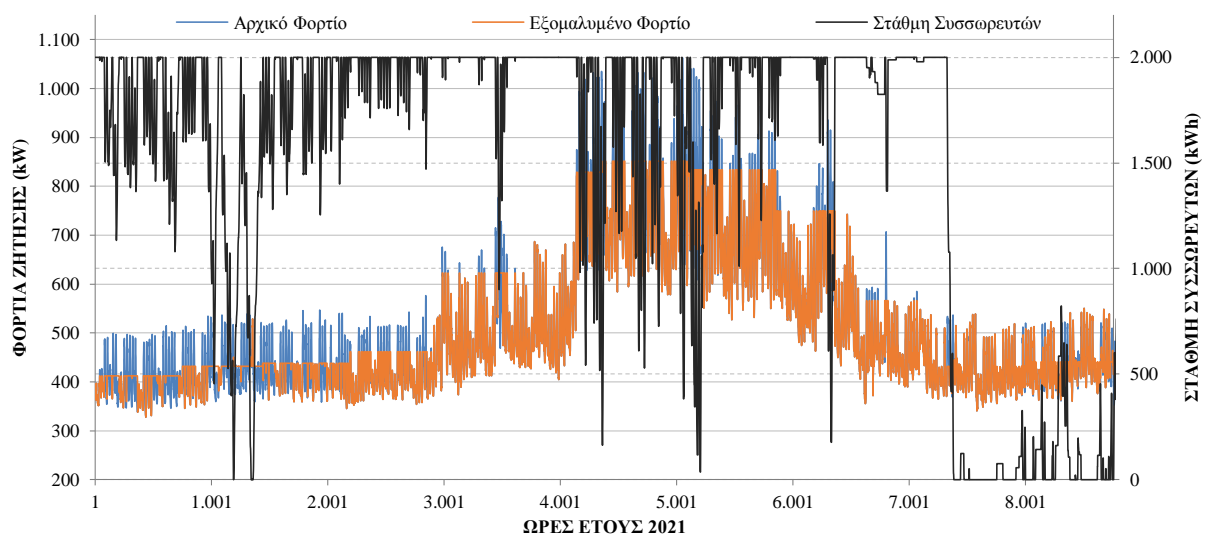
Σε αναλογία με τα προηγούμενα σενάρια, τίθενται οι σχετικοί περιορισμοί και επιδιώκεται μεγιστοποίηση του συνολικού οφέλους (ΔC_{TOT}):

- $ESS \leq 2.000kWh$
- $PCS \leq 500kW$
- $\Delta_{PEAK} \leq 30\%$
- $E_2 = 0,15€/kWh$

Τα αποτελέσματα που εξάγονται είναι:

- $ESS = 2.000kWh$
- $PCS = 220kW$
- $\Delta_{PEAK} = 19,9\%$
- $\Delta C_{TOT} = 13.716,69€$
- $\Delta EC = 1.034,19€$
- $\Delta PC = 12.682,51€$

Με την εξαγωγή των αποτελεσμάτων διαμορφώνεται ταυτόχρονα και το ετήσιο διάγραμμα ζήτησης του 2021 (Διάγραμμα 8.27), όπου αποτυπώνονται η ωριαία καμπύλη ζήτησης του έτους, η ωριαία εξομαλυμένη καμπύλη ζήτησης, μετά την εξομάλυνση των αιχμών κατά 19,9%, καθώς και η ωριαία στάθμη των συσσωρευτών κατά τη φόρτιση και εκφόρτισή τους.



Διάγραμμα 8.27: Καμπύλες ζήτησης φορτίων και στάθμης συσσωρευτών για το έτος 2021, με άνω όριο φόρτισης των συσσωρευτών 0,15€/kWh

Παρατηρούμε υψηλό σχετικά ποσοστό εξομάλυνσης των φορτίων αιχμής. Οι ώρες που επιτρέπεται η φόρτιση των συσσωρευτών, για όλο το έτος, εξαιτίας των περιορισμών που θέτουμε, είναι 6.372, δηλαδή με ποσοστό εμφάνισης 72,74%. Αυτό οφείλεται και σε αυτή την περίπτωση στις υψηλές τιμές κατανάλωσης του έτους, οι οποίες δεν επιτρέπουν τη φόρτιση πάνω από το ήδη υψηλό όριο των 0,15€/kWh.

Σύμφωνα με τις ωριαίες ηλεκτρικές καταναλώσεις που καταγράφηκαν από το σύστημα τηλεμετρίας του Νοσοκομείου για το 2021 και τις ωριαίες τιμές ηλεκτρικής ενέργειας στη χονδρεμπορική για το ίδιο έτος, το σύστημα αποθήκευσης που θα κάλυπτε τις ανάγκες του Νοσοκομείου θα ήταν έως 220kW, με συσσωρευτές χωρητικότητας 2.000kWh. Με αυτό το σύστημα και θέτοντας ως περιορισμό για την φόρτιση των συσσωρευτών, τιμές μικρότερες των 0,15€/kWh, θα είχαμε το βέλτιστο οικονομικό όφελος, με ποσοστό εξομάλυνσης 19,9%. Το οικονομικό όφελος είναι το υψηλότερο των τελευταίων ετών, λόγω των υψηλών φορτίων που καταγράφηκαν. Επίσης παρατηρείται αρκετά υψηλό ενεργειακό οικονομικό όφελος και αυτό οφείλεται στις υψηλές τιμές κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος, οι οποίες όμως περιορίζονται από τις παραμέτρους που έχουμε θέσει.

Από τα διαγράμματα των τριών ετών συμπεραίνουμε ότι η διαστασιολόγηση μιας μονάδας αποθήκευσης ενέργειας, με την εφαρμογή της εξομάλυνσης των φορτίων αιχμής στη βάση κυμαινόμενης χρέωσης, εξαρτάται κυρίως από τις τιμές χονδρεμπορικής αγοράς και τα όρια που τίθενται, πάνω από τα οποία δίνεται εντολή για φόρτιση των συσσωρευτών του συστήματος αποθήκευσης.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, μια αποτελεσματική προσέγγιση θα ήταν να έχουμε μία μονάδα αποθήκευσης στην οποία θα ρυθμίζεται το όριο πάνω από το οποίο θα φορτίζονται οι συσσωρευτές, σε επίπεδα περίπου 20% πάνω από το μέσο όρο των τιμών της χονδρεμπορικής.

8.3 Οικονομική ανάλυση στρατηγικών

Σε μία μονάδα αποθήκευσης με συσσωρευτές, το κόστος είναι πολύ υψηλό όταν η χωρητικότητα τους είναι μεγάλη. Ο τρόπος λειτουργίας όμως του Νοσοκομείου και η διαρκώς αυξανόμενη ηλεκτρική κατανάλωση απαιτούν την εγκατάσταση συσσωρευτών με μεγάλη χωρητικότητα, ώστε να μπορούν να καλύψουν τα υψηλά φορτία. Λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα των δύο στρατηγικών που αναλύθηκαν παραπάνω, με βάση τα δεδομένα των τριών προηγούμενων ετών και την αυξητική τάση της ηλεκτρικής κατανάλωσης, θα αναλύσουμε οικονομικά τις δύο στρατηγικές. Στη βάση αυτή θα εξετάσουμε τα θετικά και τα αρνητικά της κάθε περίπτωσης, επιλέγοντας την αποδοτικότερη, αλλά ταυτόχρονα και την πιο οικονομική στρατηγική.

Για να γίνει αυτή η ανάλυση θα πάρουμε για παράδειγμα τα δεδομένα του έτους 2021 και για τις δύο στρατηγικές. Επίσης θα θεωρήσουμε ότι η τιμή αγοράς των συσσωρευτών είναι περίπου 200,00€/kWh.

8.3.1 Οικονομική ανάλυση στρατηγικής εξομάλυνσης στη βάση σταθερών χρεώσεων

Με βάση τα αποτελέσματα, προκύπτει ότι με σταθερό ετήσιο ποσοστό εξομάλυνσης 17 – 18%, θα έχουμε το υψηλότερο συνολικό οικονομικό όφελος, από τη μείωση των φορτίων αιχμής. Λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα των προηγούμενων ετών, η μονάδα αποθήκευσης θα πρέπει έχει τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

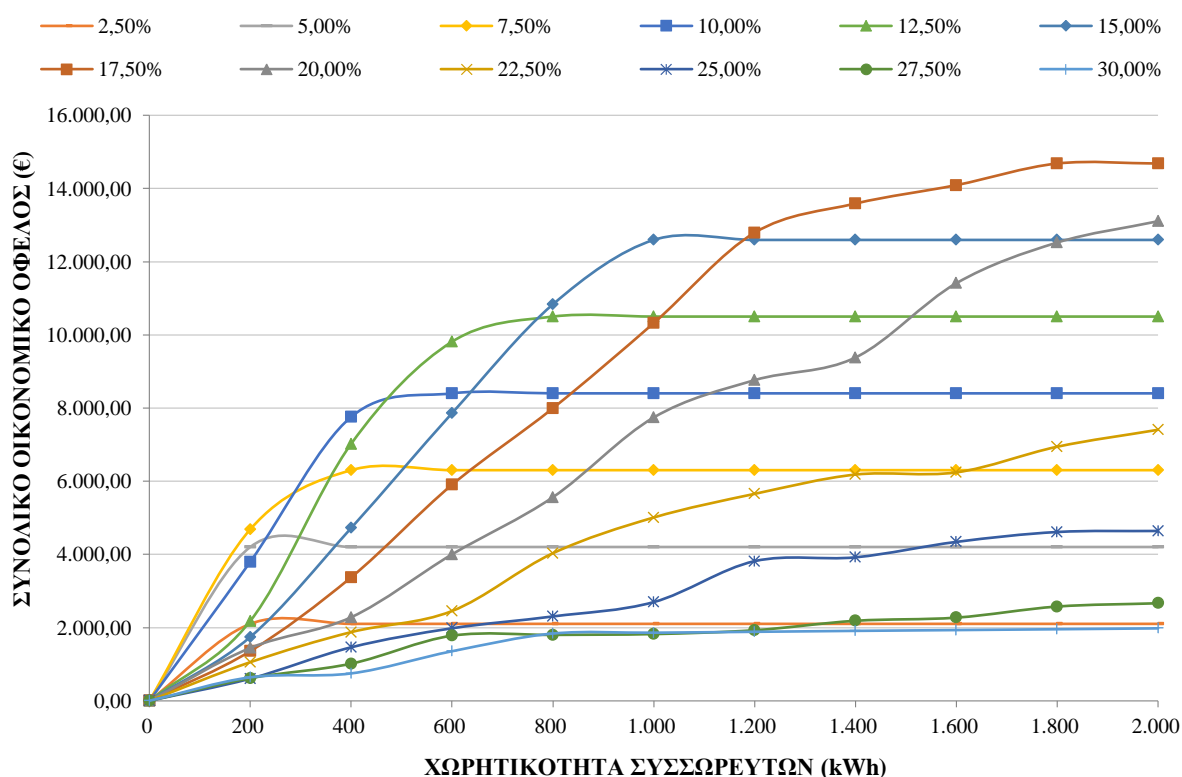
- Ισχύς συσσωρευτών: 200kW
- Χωρητικότητα συσσωρευτών: 2.000kWh

Με βάση τη θεωρητική τιμή αγοράς των συσσωρευτών, το συνολικό κόστος αγοράς των συσσωρευτών αναμένεται στα επίπεδα των 400.000,00€.

Εξετάζοντας το έτος 2021, με ποσοστό εξομάλυνσης 18%, το συνολικό οικονομικό όφελος είναι 14.828,64€. Επίσης, το όφελος από το κέρδος ισχύος είναι λίγο μεγαλύτερο, στα 14.858,00€, ενώ καταγράφεται μικρή ζημία ενεργειακά. Επιπλέον, όπως φαίνεται από τους υπολογισμούς, οι συσσωρευτές παραμένουν φορτισμένοι, σε αδράνεια τις 4.821 ώρες του έτους, δηλαδή το 55,0% των ωρών του έτους, και η απόσβεση μίας τέτοιας εγκατάστασης θα

ολοκληρωθεί περίπου μετά από περίπου 27 έτη, κάτι που καθιστά την εγκατάσταση οικονομικά ασύμφορη.

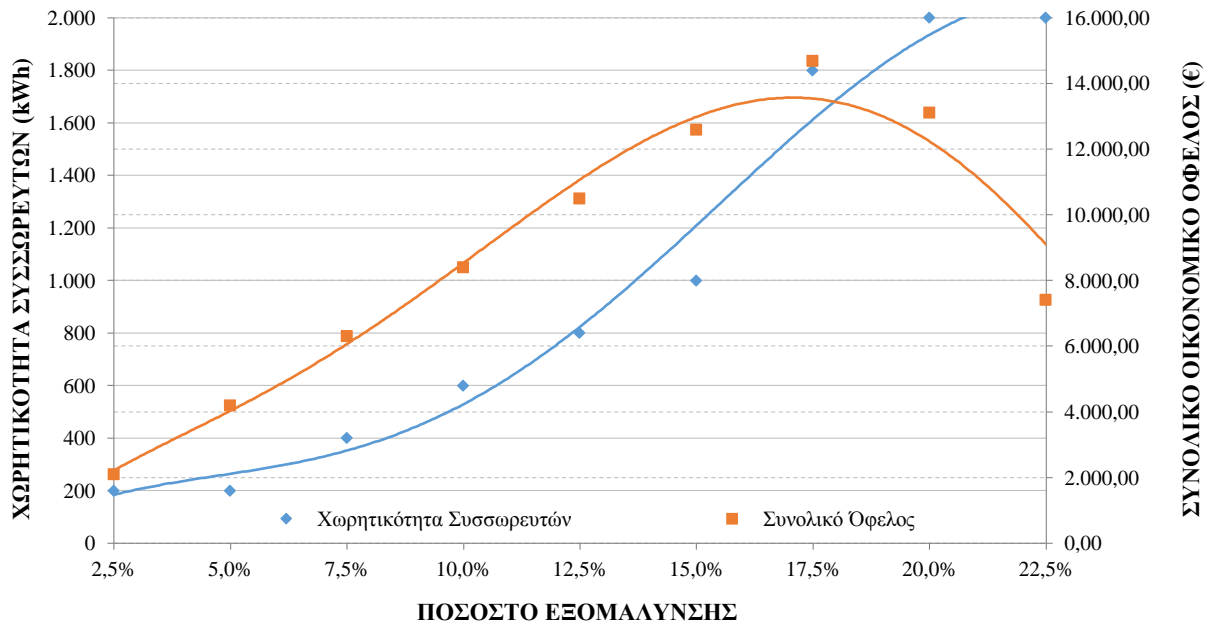
Στο *Διάγραμμα 8.28* μπορούμε να δούμε τα συνολικά οικονομικά οφέλη που προκύπτουν, μεταβάλλοντας την χωρητικότητα των συσσωρευτών (*ESS*) και το ποσοστό εξομάλυνσης, σύμφωνα με τα αποτελέσματα των υπολογισμών.



Διάγραμμα 8.28: Καμπύλες μεταβολής συνολικού οικονομικού οφέλους, με το συνδυασμό της χωρητικότητας των συσσωρευτών και του ποσοστού εξομάλυνσης των φορτίων

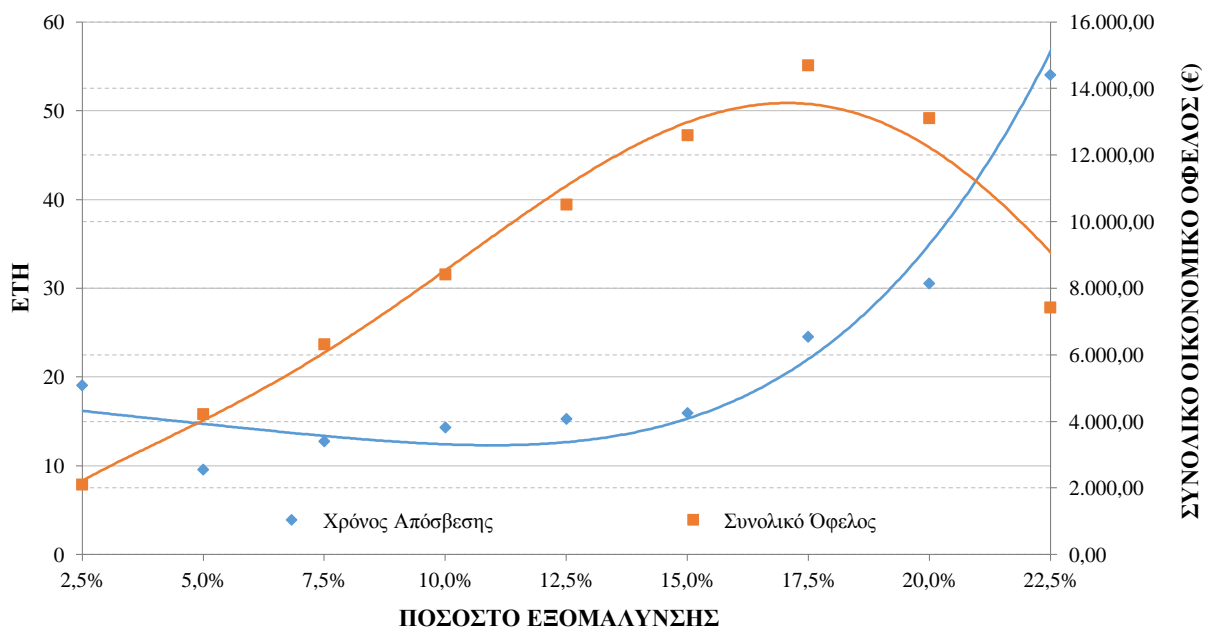
Από το παραπάνω διάγραμμα μπορούμε εύκολα να διαπιστώσουμε ότι κάθε φορά που αλλάζουμε το ποσοστό εξομάλυνσης των φορτίων αιχμής, πέρα από μία τιμή χωρητικότητας των συσσωρευτών το οικονομικό όφελος δεν μεταβάλλεται. Άρα μπορούμε να συμπεράνουμε ότι και με μικρότερη χωρητικότητα συσσωρευτών μπορούμε να έχουμε ίδια οικονομικά οφέλη, ανάλογα βέβαια τα ποσοστά εξομάλυνσης. Παρατηρούμε λοιπόν ότι το υψηλότερο συνολικό οικονομικό όφελος παρατηρείται με ποσοστό εξομάλυνσης 17,5% και χωρητικότητα συσσωρευτών, ακόμα και 1.800kWh.

Στο *Διάγραμμα 8.29* βλέπουμε ότι όσο αυξάνεται το ποσοστό εξομάλυνσης και η χωρητικότητα των συσσωρευτών, τόσο αυξάνεται και το οικονομικό όφελος, αλλά μέχρι το ποσοστό του 17,5%, από το οποίο και μετά το όφελος μειώνεται.



Διάγραμμα 8.29: Καμπύλες μεταβολής του συνολικού οικονομικού οφέλους και της χωρητικότητας των συσσωρευτών, με την αύξηση του ποσοστού εξομάλυνσης των φορτίων

Τέλος, σύμφωνα με τα παραπάνω και τη θεωρητική τιμή αγοράς των συσσωρευτών, μπορούμε να υπολογίσουμε το χρόνο απόσβεσης μίας τέτοιας επένδυσης, συνδυάζοντάς τον με το συνολικό οικονομικό όφελος που μπορεί να αποφέρει και το ποσοστό εξομάλυνσης που μπορούμε να επιτύχουμε αντίστοιχα.



Διάγραμμα 8.30: Καμπύλες μεταβολής του χρόνου απόσβεσης των συσσωρευτών και του συνολικού οικονομικού οφέλους, με την αύξηση του ποσοστού εξομάλυνσης των φορτίων αιχμής

Συμπερασματικά, η μονάδα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας που μπορούμε να εγκαταστήσουμε για την εξάλειψη των φορτίων αιχμής του Νοσοκομείου, με εκμετάλλευση της νυχτερινής χρέωσης του ηλεκτρικού ρεύματος, θα έχει τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- Ισχύς εξόδου: **200kW**
- Χωρητικότητα συσσωρευτών: **1.800kWh**
- Ποσοστό εξομάλυνσης: **17,5%**
- Συνολικό ετήσιο οικονομικό όφελος: **14.685,17€**
- Ετήσιο οικονομικό όφελος ισχύος: **14.712,94€**
- Χρόνος απόσβεσης εγκατάστασης: **≤ 25 έτη** (ανάλογα την τιμή των συσσωρευτών)
- Ώρες ετήσιας αδράνειας (πλήρους φόρτισης) των συσσωρευτών: **4.994 ώρες**

8.3.2 Οικονομική ανάλυση στρατηγικής εξομάλυνσης των φορτίων αιχμής στη βάση κυμαινόμενων τιμών ηλεκτρικού ρεύματος

Στη συγκεκριμένη στρατηγική, ένας σημαντικός παράγοντας στην επίτευξη του υψηλότερου συνολικού οικονομικού οφέλους από την μείωση των φορτίων αιχμής, είναι οι τιμές της ηλεκτρικής ενέργειας στη χονδρεμπορική αγορά. Το 2021, όπως αποτυπώθηκε στο *Διάγραμμα 8.23*, από τον Σεπτέμβριο και μετά οι τιμές ωριαίας ηλεκτρικής κατανάλωσης σχεδόν τετραπλασιάστηκαν και στο τέλος του έτους έπεσαν πάλι. Από τους περιορισμούς που θέσαμε, για τη φόρτιση των συσσωρευτών, αυτός που μας απέφερε το υψηλότερο συνολικό οικονομικό όφελος, ήταν η τιμή των 0,15€/kWh. Με βάση λοιπόν τα αποτελέσματα του επιλυτή, για άνω όριο φόρτισης των συσσωρευτών την παραπάνω τιμή, προέκυψε ότι με ποσοστό εξομάλυνσης 19,9% θα έχουμε το υψηλότερο συνολικό ετήσιο οικονομικό όφελος και η μονάδα αποθήκευσης θα πρέπει έχει τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

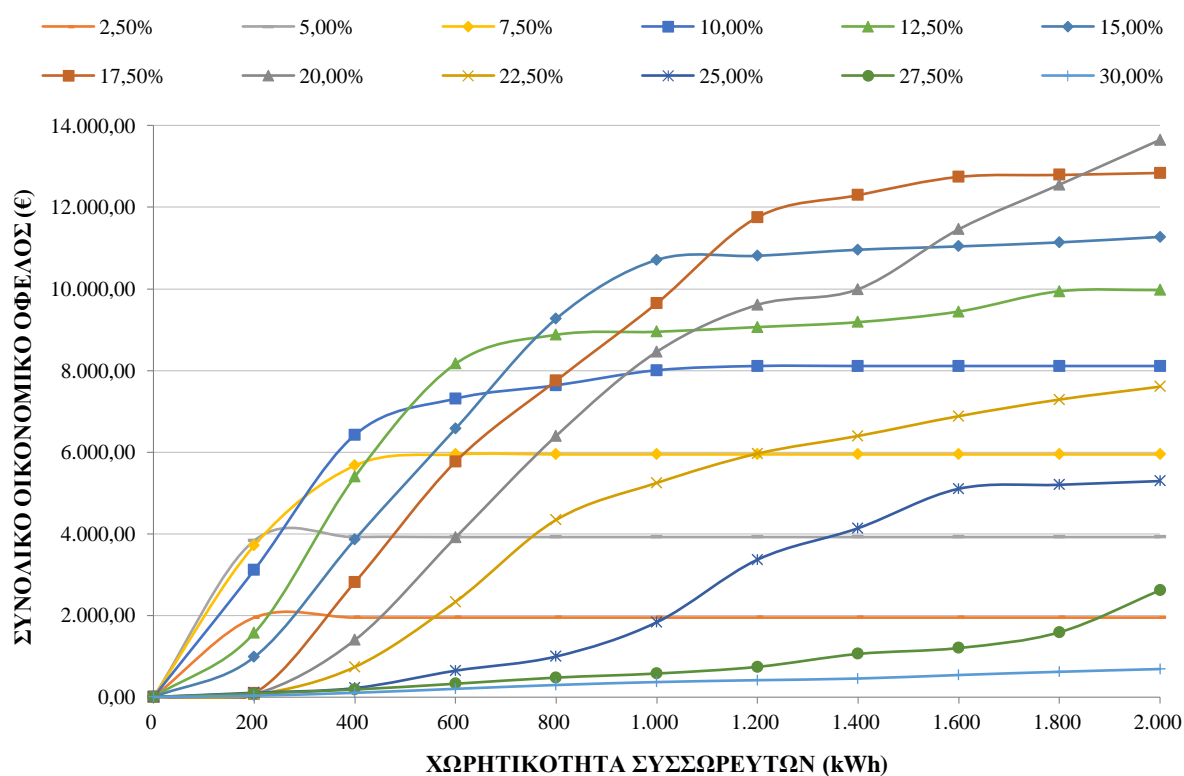
- Ισχύς εξόδου: 400kW
- Χωρητικότητα συσσωρευτών: 2.000kWh

Με βάση τη θεωρητική τιμή αγοράς των συσσωρευτών, το σύνολο κόστος αγοράς των συσσωρευτών θα είναι 400.000,00€.

Το συνολικό οικονομικό όφελος, για το 2021, με το παραπάνω ποσοστό εξομάλυνσης, είναι 13.716,69€ και το όφελος από το κέρδος ισχύος είναι 12.682,51€. Έχουμε όμως υψηλό ενεργειακό κέρδος, συγκριτικά με την προηγούμενη στρατηγική, στα 1.034,19€. Επιπλέον, όπως φαίνεται από τους υπολογισμούς, οι συσσωρευτές παραμένουν φορτισμένοι τις 4.208

ώρες του έτους, δηλαδή το 48,0% των ωρών του έτους, ενώ αφόρτιστοι τις 915 ώρες του έτους, δηλαδή το 10,4% των ωρών του έτους, κάτι που δεν συναντήσαμε στην 1^η στρατηγική. Η απόσβεση μίας τέτοιας εγκατάστασης θα ολοκληρωθεί περίπου μετά από περίπου 29 έτη, κάτι που καθιστά την εγκατάσταση επίσης οικονομικά ασύμφορη.

Στο *Διάγραμμα 8.31* μπορούμε να δούμε τα συνολικά οικονομικά οφέλη που προκύπτουν, μεταβάλλοντας την χωρητικότητα των συσσωρευτών (*ESS*) και το ποσοστό εξομάλυνσης, σύμφωνα με τα αποτελέσματα των υπολογισμών.

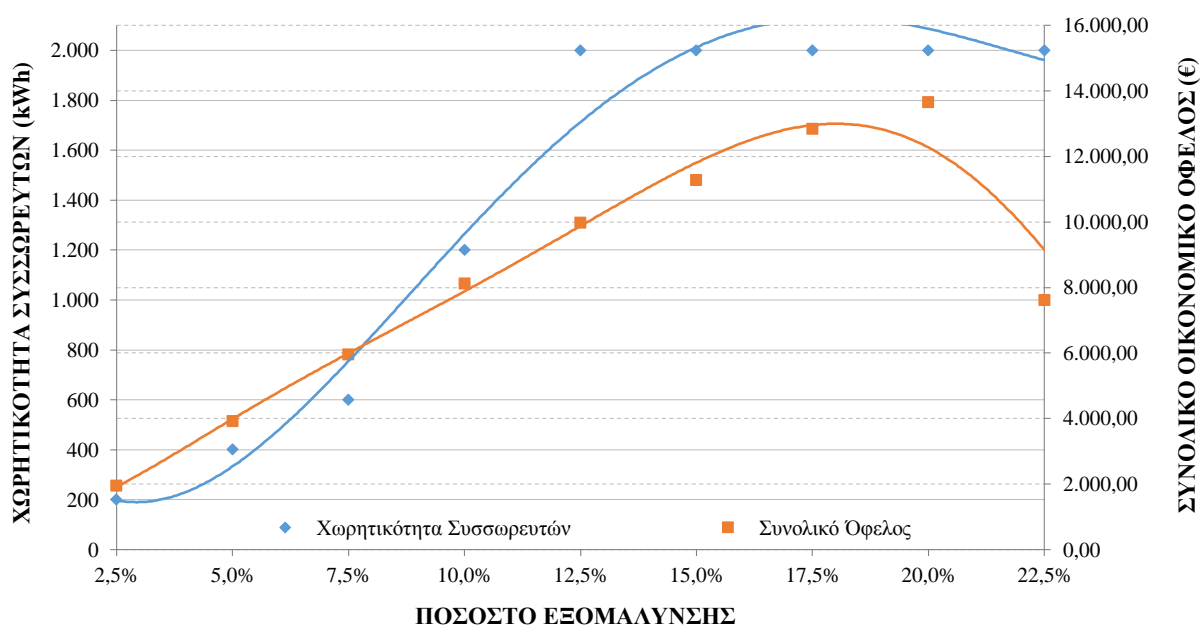


Διάγραμμα 8.31: Καμπύλες μεταβολής συνολικού οικονομικού οφέλους, με το συνδυασμό της χωρητικότητας των συσσωρευτών και του ποσοστού εξομάλυνσης των φορτίων

Από το παραπάνω διάγραμμα διαπιστώνουμε ότι, στις περισσότερες περιπτώσεις, κάθε φορά που διαφοροποιείται το ποσοστό εξομάλυνσης των φορτίων αιχμής, πέρα από μία τιμή χωρητικότητας των συσσωρευτών το οικονομικό όφελος δεν μεταβάλλεται. Άρα μπορούμε να συμπεράνουμε ότι και με μικρότερη χωρητικότητα συσσωρευτών θα μπορούσαμε να έχουμε παρόμοια οικονομικά οφέλη, ανάλογα βέβαια με τα ποσοστά εξομάλυνσης. Παρατηρούμε λοιπόν ότι το υψηλότερο συνολικό οικονομικό όφελος παρατηρείται για ποσοστό εξομάλυνσης 20,0% και χωρητικότητα συσσωρευτών στα επίπεδα των 2.000kWh. Αν όμως μειώσουμε το ποσοστό εξομάλυνσης σε 17,5%, το οικονομικό όφελος θα μειωθεί

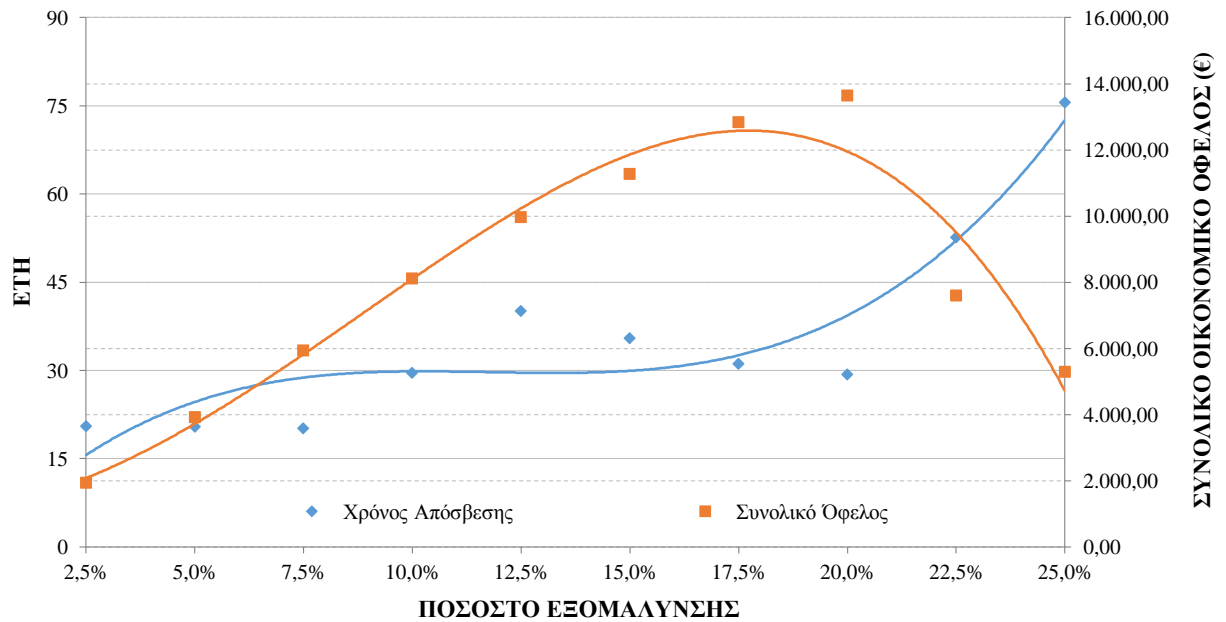
μόνο κατά 6,6%, δηλαδή στα 12.743,26€. Με αυτό όμως το ποσοστό μπορούμε να εγκαταστήσουμε ακόμα και συσσωρευτές με χωρητικότητα 1.600kWh.

Στο Διάγραμμα 8.32 βλέπουμε ότι όσο αυξάνεται το ποσοστό εξομάλυνσης και η χωρητικότητα των συσσωρευτών, τόσο αυξάνεται και το οικονομικό όφελος, αλλά μέχρι το ποσοστό του 20,0%, μετά από το οποίο έχουμε μείωση.



Διάγραμμα 8.32: Καμπύλες μεταβολής του συνολικού οικονομικού οφέλους και της χωρητικότητας των συσσωρευτών, με την αύξηση του ποσοστού εξομάλυνσης των φορτίων

Τέλος, σύμφωνα με τα παραπάνω και τη θεωρητική τιμή αγοράς των συσσωρευτών, μπορούμε να υπολογίσουμε το χρόνο απόσβεσης μίας τέτοιας επένδυσης, συνδυάζοντάς τον με το συνολικό οικονομικό όφελος που μπορεί να αποφέρει και με το ποσοστό εξομάλυνσης που μπορούμε να επιτύχουμε αντίστοιχα. Στο Διάγραμμα 8.33 φαίνεται ότι για να επιτύχουμε υψηλό οικονομικό όφελος θα πρέπει να επενδύσουμε σε εγκατάσταση με χρόνο απόσβεσης περίπου 29 ετών.



Διάγραμμα 8.33: Καμπύλες μεταβολής του χρόνου απόσβεσης των συσσωρευτών και του συνολικού οικονομικού οφέλους, με την αύξηση του ποσοστού εξομάλυνσης των φορτίων αιχμής

Συμπερασματικά, η μονάδα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας που μπορούμε να εγκαταστήσουμε για την εξάλειψη των φορτίων αιχμής του Νοσοκομείου στη βάση κυμαινόμενων χρεώσεων ρεύματος, θα έχει τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- Ισχύς εξόδου: **400kW**
- Χωρητικότητα συσσωρευτών: **2.000kWh**
- Ποσοστό εξομάλυνσης: **20,0%**
- Συνολικό ετήσιο οικονομικό όφελος: **13.651,21€**
- Ετήσιο οικονομικό όφελος ισχύος: **12.613,06€**
- Ετήσιο οικονομικό ενεργειακό όφελος: **1.038,15€**
- Χρόνος απόσβεσης εγκατάστασης: **≈ 29 έτη** (ανάλογα την τιμή των συσσωρευτών)

8.4 Προτεινόμενη στρατηγική λειτουργίας

Από τις δύο στρατηγικές για τη λειτουργία του Νοσοκομείου, που αναλύσαμε παραπάνω, πιο ελκυστική φαίνεται η στρατηγική εξομάλυνσης των φορτίων αιχμής στη βάση σταθερών χρεώσεων και αυτό γιατί αποφέρει υψηλότερο συνολικό οικονομικό όφελος, με μικρότερη χωρητικότητα συσσωρευτών, κάτι που καθιστά την εγκατάσταση, περισσότερο βιώσιμη. Επίσης, έχουμε υψηλότερο κέρδος ισχύος, δηλαδή μείωση των φορτίων αιχμής, παρόλο που το ποσοστό εξομάλυνσης δεν είναι και ιδιαίτερα υψηλό. Δεν αποφέρει όμως ενεργειακό κέρδος και αυτό γιατί η διαφορά μεταξύ των τιμών του ηλεκτρικού ρεύματος ημέρας και νύχτας είναι μικρή. Το ιδανικότερο σε αυτή τη στρατηγική θα είναι η ρύθμιση του ποσοστού της εξομάλυνσης των φορτίων αιχμής ανάλογα, σύμφωνα με τις μηνιαίες ηλεκτρικές απαιτήσεις του Νοσοκομείου, με έμφαση στις εποχικές απαιτήσεις.

Παρόλο που το ετήσιο οικονομικό όφελος από μία τέτοια μονάδα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας δεν είναι πολύ υψηλό, ο χρόνος απόσβεσης μπορεί να μειωθεί κατακόρυφα, όσο η τεχνολογία των συσσωρευτών εξελίσσεται. Επίσης, το κέρδος από την εξομάλυνση της ισχύος που επιτυγχάνεται, αν αναλογιστούμε ότι μειώνεται κατά 1.545kW το έτος, μπορεί να αποδειχτεί πολύ σημαντικό, για την ασφάλεια εγκαταστάσεων του Νοσοκομείου, αφού μπορεί να προστατεύσει τη λειτουργία του από υπερτάσεις ή πτώσεις τάσης.

Τέλος, αν η συγκεκριμένη στρατηγική υιοθετηθεί και εφαρμοστεί σε αντίστοιχες κτιριακές νοσοκομειακές μονάδες, θα μπορούσε να αποφέρει τεράστιο κέρδος στο κεντρικό δίκτυο διανομής, σε επίπεδο ασφάλειας, αφού θα βοηθούσε στην εξομάλυνση της συνολικής καμπύλης φορτίου, ειδικά σε περιόδους υψηλής ζήτησης, που οι απαιτήσεις είναι αυξημένες.

Κεφάλαιο 9. Συμπεράσματα

Έχοντας ως δεδομένο την πίεση που ασκείται τα τελευταία χρόνια στον κλάδο υγείας και την επίμονη ενεργειακή κρίση των τελευταίων μηνών, η ανάγκη για την ενεργειακή θωράκιση των κρίσιμων υποδομών του τομέα υγείας θεωρείται πλέον επιτακτική. Στο πλαίσιο αυτό, κρίνεται σκόπιμη η διερεύνηση στρατηγικών ενεργειακής διαχείρισης οι οποίες θα αμβλύνουν τις επιπτώσεις από την επικράτηση παρόμοιων συνθηκών στην αγορά ενέργειας και συνεπώς θα αυξήσουν τα επίπεδα ενεργειακής ασφάλειας των νοσοκομειακών μονάδων.

Ως εκ τούτου, κρίνεται ως απαραίτητο για το σύνολο των νοσοκομειακών μονάδων της χώρας, να εισέλθουν στη λογική των ενεργειακών αναβαθμίσεων, είτε σε κτιριακό επίπεδο, είτε σε επίπεδο εξοπλισμού. Αυτό θα έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση των ηλεκτρικών και θερμικών καταναλώσεων. Η θερμομόνωση ενός κτιρίου μπορεί να μειώσει τις ανάγκες για θέρμανση ή ψύξη, ανάλογα την εποχή. Αντίστοιχα η αναβάθμιση του ηλεκτρομηχανολογικού και ιατροτεχνολογικού εξοπλισμού, μπορεί να μειώσει την ηλεκτρική κατανάλωση. Αποτέλεσμα αυτών είναι η αποταμίευση οικονομικών πόρων, οι οποίοι θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για τη βελτίωση των υπηρεσιών προς τους πολίτες.

Επιπλέον, αν εκμεταλλευτούμε την ολοένα και μεγαλύτερη ανάπτυξη των τεχνολογιών αποθήκευσης ενέργειας και ειδικότερα τη χρήση συστημάτων με συσσωρευτές, τότε μπορούμε να επιτύχουμε βελτιωμένη ενεργειακή διαχείριση και ελάττωση των φορτίων αιχμής, βοηθώντας έτσι την ασφαλή, εύρυθμη και οικονομική λειτουργία των νοσοκομειακών μονάδων.

Με βάση τα παραπάνω, η συγκεκριμένη εργασία μελέτησε την εφαρμογή ολοκληρωμένου μοντέλου για την ένταξη συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας στις νοσοκομειακές μονάδες, χρησιμοποιώντας το Γενικό Νοσοκομείο Παίδων Αθηνών «Παναγιώτη και Αγλαΐας Κυριακού» ως μελέτη περίπτωσης. Χρησιμοποιώντας συσσωρευτές για την αποθήκευση της ηλεκτρικής ενέργειας, εξετάστηκαν δύο διακριτές στρατηγικές εξομάλυνσης, στη βάση σταθερών χρεώσεων και κυμαινόμενων τιμών ηλεκτρικής ενέργειας για την εφαρμογή υβριδικών τεχνικών απόκρισης ζήτησης και εμπορίας ενέργειας.

Τα αποτελέσματα από την εφαρμογή των δύο στρατηγικών ήταν συγκρίσιμα, με την πρώτη στρατηγική να αποφέρει υψηλότερα οικονομικά οφέλη καθώς και μεγαλύτερο αποτύπωμα αναφορικά με την υποβάθμιση των εμφανιζόμενων φορτίων αιχμής. Η εξοικονόμηση σε όρους κόστους αναφέρεται στη συνιστώσα ισχύος των τιμολογίων του Νοσοκομείου και

μπορεί να ανέλθει ακόμα και στα επίπεδα του 15 - 20% σε ετήσια βάση, με μηδενική ή αμελητέα επιβάρυνση στο σκέλος της τιμολόγησης ενέργειας.

Λαμβάνοντας επίσης υπόψη τη δυνατότητα υποστήριξης από ένα παρόμοιο σύστημα συσσωρευτών υπηρεσιών εφεδρικού χαρακτήρα για μια νοσοκομειακή μονάδα (υποκατάσταση για παράδειγμα μονάδων Η/Ζ ή/και διεσπαρμένων UPS μικρότερης κλίμακας), η αξία που παράγεται αυξάνεται περαιτέρω και δύναται να δικαιολογήσει ανάλογες επενδύσεις στον κλάδο της υγείας. Οι τελευταίες μπορούν να γίνουν ακόμη πιο ελκυστικές αν δοθεί η δυνατότητα συμμετοχής παρόμοιων συστημάτων σε πρωτογενείς και δευτερογενείς αγορές ενέργειας, με εφαρμογή στρατηγικών με μεγαλύτερη βαρύτητα στην εμπορία ενέργειας και στην παροχή επικουρικών υπηρεσιών στο κεντρικό δίκτυο.

Βιβλιογραφία

- [1] Γιάννης Τούντας, *Το Σύστημα Υγείας στην Ελλάδα*, Κέντρο Μελετών Υπηρεσιών Υγείας, Ε.Κ.Π.Α., Αθήνα, 2016
- [2] Βικιπαίδεια, Η ελεύθερη εγκυκλοπαίδεια, *Εθνικό Σύστημα Υγείας (Ελλάδα)*, Wikimedia Foundation, Inc., 2 Δεκεμβρίου 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: [https://el.wikipedia.org/wiki/Εθνικό_Σύστημα_Υγείας_\(Ελλάδα\)](https://el.wikipedia.org/wiki/Εθνικό_Σύστημα_Υγείας_(Ελλάδα)). [Πρόσβαση 28 Ιανουαρίου 2022]
- [3] European Commission, *Συστήματα Υγείας*, Θεματικό Ενημερωτικό Δελτίο Ευρωπαϊκού Εξαμήνου, 2017
- [4] Ήρα Μαζαράκη, *Υγεία: Δημόσιο ή Ιδιωτικό Αγαθό*, Αχαϊκή Ιατρική, τόμ. 31, αρ. 24-03-2012, pp. 63-65, 2012
- [5] Βικιπαίδεια, Η ελεύθερη εγκυκλοπαίδεια, *Φροντίδα υγείας*, Wikimedia Foundation, Inc., 18 Φεβρουαρίου 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: https://el.wikipedia.org/wiki/Φροντίδα_υγείας. [Πρόσβαση 29 Ιανουαρίου 2022]
- [6] Υπουργείο Υγείας, *Γενικές Αρχές Πρωτοβάθμιας Φροντίδας Υγείας*, Δικτυακός Τόπος Διαβουλεύσεων, Αθήνα, 2017
- [7] Κ.Ε.ΣΑ.Ν., *Ορισμοί*, Δήμος Ηρακλείου, Ηράκλειο Κρήτης
- [8] Ελληνική Στατιστική Αρχή, *Απογραφή Κτιρίων 2011*, CyberStream, 18 Μαΐου 2015. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.statistics.gr/census-buildings-2011>. [Πρόσβαση 21 Ιουλίου 2021]
- [9] Υ.Π.Ε.Ν., *Εθνικό Σχέδιο αύξησης του αριθμού των κτιρίων με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας*, AIDA, Αθήνα, 2017
- [10] Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, *Ενεργειακή απόδοση κτιρίων*, Κ.Α.Π.Ε., 2006. [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://www.cres.gr/services/istos.chtm?pmbr=25340&locale=el>. [Πρόσβαση 20 Ιουλίου 2021]
- [11] Υ.Π.Ε.Κ.Α., *Έκθεση μακροπρόθεσμης στρατηγικής για την κινητοποίηση επενδύσεων για την ανακαίνιση του αποτελούμενου από κατοικίες και εμπορικά κτίρια, δημόσια και ιδιωτικά, εθνικού κτιριακού αποθέματος*, Αθήνα, 2014
- [12] EnergyHUB for ALL, *Ενεργειακή Κατανάλωση κτιρίων*, Κ.Α.Π.Ε., Πικέρμι, 2017
- [13] Δρ Ηλίας Σοφρώνης, MSc Γιώργος Μαρκογιαννάκης, *Κατανάλωση Ενέργειας στα Δημόσια Νοσοκομεία*, Κ.Α.Π.Ε., Αθήνα, 2004

- [14] John Vourdoubas, *Applications of Distributed Electricity Generation Systems in Hospitals*, *European Journal of Applied Sciences*, Vols. 9, No1, p. 15, February 2021
- [15] Υπουργείο Υγείας, *Νοσοκομεία ανά Υγειονομική Περιφέρεια*, Datahost, 2022. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.moh.gov.gr/articles/citizen/xrhsima-thlefwna-amp-dieythynseis/75-nosokomeia-ana-ygeionomikh-perifereia>. [Πρόσβαση 29 01 2022]
- [16] Ειδική Υπηρεσία Διαχείρισης Επιχειρησιακού Προγράμματος "Υ.ΜΕ.ΠΕΡ.Α.Α.", *Ενεργειακή Αναβάθμιση Δημόσιων Κτιρίων – Παραγωγή Ενέργειας από Μονάδες Σ.Η.Θ.Υ.Α. ή με χρήση Α.Π.Ε. σε Νοσοκομεία*, Υπουργείο Οικονομίας και Ανάπτυξης, Αθήνα, 2018
- [17] Υπουργός Οικονομίας και Ανάπτυξης, Interviewee, *Χρηματοδότηση ενεργειακής αναβάθμισης Νοσοκομείων*. [Συνέντευξη]. 5 Ιουνίου 2019
- [18] ΟΔΕ Αποθήκευσης Ηλεκτρικής Ενέργειας, ΓΓΕΟΠΥ/ΥΠΕ, *Διαμόρφωση του θεσμικού και ρυθμιστικού πλαισίου για την ανάπτυξη και συμμετοχή μονάδων αποθήκευσης στις αγορές ηλεκτρικής ενέργειας και σε μηχανισμούς ισχύος*, Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, Αθήνα, 2021
- [19] Θεodorής Παναγούλης, *Ανοίγει ο δρόμος για εγκατάσταση μπαταριών αποθήκευσης «πίσω από το μετρητή» από οικιακούς και βιομηχανικούς καταναλωτές*, Energypress, Αθήνα, 2021
- [20] Dimitrios Zafirakis, Costas Elmasides, Dirk Uwe Sauer, Matthias Leuthold, Ghada Merei, Jonh K. Kaldelis, Georgios A. Vokas, Konstantinos J. Chalvatzis, *The Multiple Role of Energy Storage in the Industrial Sector: Evidence from a Greek Industrial Facility*, Science Direct, vol. Energy Procedia 46, p. 179, 2014
- [21] Βικιπαίδεια, Η ελεύθερη εγκυκλοπαίδεια, *Αδιάλειπτη Παροχή Ενέργειας*, Wikimedia Foundation, Inc., 17 Ιουλίου 2020. [Ηλεκτρονικό]. Available: https://el.wikipedia.org/wiki/Αδιάλειπτη_Παροχή_Ενέργειας. [Πρόσβαση 20 Οκτωβρίου 2021]
- [22] ACE Ηλεκτρονικά Ισχύος, *UPS Διπλής Μετατροπής ή Online*, 2015. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://acepower.gr/el/προϊόντα/ups/ups-διπλής-μετατροπής-ή-online/>. [Πρόσβαση 24 Οκτωβρίου 2021]
- [23] ACE Ηλεκτρονικά Ισχύος, *UPS Line interactive*, 2015. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://acepower.gr/el/προϊόντα/ups/ups-line-interactive/>. [Πρόσβαση 24 Οκτωβρίου 2021]
- [24] ACE Ηλεκτρονικά Ισχύος, *UPS τύπου VFD*, 2015. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://acepower.gr/el/προϊόντα/ups/vfd/>. [Πρόσβαση 24 Οκτωβρίου 2021]
- [25] Yong-Gi Park, Jong-Bae Park, Namsu Kim, Kwang Y. Lee, *Linear Formulation for Short-Term Operational Scheduling of Energy Storage Systems in Power Grids*, MDPI, Vols. 10,207, p. 8, 2017
- [26] OnLocation, *Electricity Storage Technology Review*, 20 Ιουνίου 2020. [Online]. Available:

- [https://www.energy.gov/sites/default/files/2020/10/f79/Electricity Storage Technologies%20 Report.pdf](https://www.energy.gov/sites/default/files/2020/10/f79/Electricity%20Storage%20Technologies%20Report.pdf). [Accessed 20 Οκτωβρίου 2021]
- [27] Commission Staff, *Energy storage – the role of electricity*, European Commission, Brussels, 2017
- [28] Joy Scientific, *Available Storage Technologies*, 27 Οκτωβρίου 2018. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.joiscientific.com/hydrogen-and-energy-storage-expanding-capacity/available-storage-technologies/>. [Πρόσβαση 25 Οκτωβρίου 2021]
- [29] Dimitrios Zafirakis, *Modern energy storage applications*, in *Handbook of Clean Energy Systems*, Wiley Online Library, 2015, pp. 1-4
- [30] D. Sprake, Y. Vagapov, S. Lupin and A. Anuchin, *Housing estate energy storage feasibility for a 2050 scenario*, in *7th IEEE Int. Conference on Internet Technologies and Applications ITA-17*, Wrexham, 2017
- [31] Νίκος Μάντζαρης, Ιόλη Χριστοπούλου, *Τεχνολογίες Αποθήκευσης Ενέργειας: Προκλήσεις και Προοπτικές*, The Green Tank, Αθήνα, 2020
- [32] Energy Storage Association, *Batteries*, American Clean Power Association, 2022. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://energystorage.org/why-energy-storage/technologies/solid-electrode-batteries/>. [Πρόσβαση 3 Νοεμβρίου 2021].
- [33] Χριστίνα Ζαφειρούλη, *Νέο θεσμικό πλαίσιο και χρηματοδότηση για μονάδες αποθήκευσης ενέργειας*, Business Daily, Αθήνα, 2021
- [34] Yucesoy Bulent, *Centralized VS Decentralized VS Distributed*, Ankara
- [35] Ελένη Τσαρτσάλη, *Μελέτη της Ζήτησης Ηλεκτρικής Ενέργειας ενός Οικιακού Καταναλωτή*, Θασσαλονίκη, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 2013, pp. 3-5
- [36] Ανεξάρτητος Διαχειριστής Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας, *Μελέτη Επάρκειας Ισχύος για την Περίοδο 2020 - 2030*, Δεκεμβρίου 2019. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.admie.gr/sites/default/files/users/dssas/meleti-eparkeias-ishyos-2020-2030.pdf>. [Πρόσβαση 20 Νοεμβρίου 2021]
- [37] Βασίλειος Κάλλος, *Συμβολή Τεχνικών Διαχείρισης Ζήτησης Στη Μείωση Του Κόστους Λειτουργίας Των Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας*, Αθήνα, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 2015, pp. 1 -8
- [38] Στυλιανή Μπαρουξή, *Αποτίμηση οφέλους για καταναλωτές και Σύστημα από την εφαρμογή δυναμικών τιμολογίων βασισμένων σε μεθόδους διαχείρισης ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας DSM*, Αθήνα, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 2015, p. 45
- [39] Βασίλειος Προύσαλης, Δέσποινα Σταματέρη, *Εφαρμογές Μέσων Αποθήκευσης σε Ενεργειακές Υπηρεσίες στα Συστήματα του PJM και της California*, Θεσσαλονίκη, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 2017, pp. 49 - 52

- [40] Green Agenda, *Απόφαση Σταθμός για τη Βιομηχανία η Διακοψιμότητα - Αναλυτικά το ΦΕΚ*, 30 Δεκεμβρίου 2015. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://greenagenda.gr/13698/>. [Πρόσβαση 25 Νοεμβρίου 2021]
- [41] Ο Υπουργός Περιβάλλοντος και Ενέργειας, *Υπηρεσία Διακοπτόμενου Φορτίου, τύπος και περιεχόμενο Συμβάσεων Διακοπτόμενου Φορτίου, σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 17 του Ν. 4203/2013*, Εφημερίς της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας, τόμ. 2, αρ. 2861, pp. 34681 - 34692, 2015
- [42] Δ.Ε.Η. - Διεύθυνση Μεγάλων Πελατών, *Γενικό Τιμολόγιο Μέσης Τάσης Βιομηχανικής Χρήσης*, 2011. [Ηλεκτρονικό]. Available: https://www.dei.gr/Images/ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ_ΤΙΜΟΛΟΓΙΟΥ_ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ_ΧΡΗΣΗΣ_1_1_11.pdf. [Πρόσβαση 14 Δεκεμβρίου 2021]

Παράρτημα 1: Πίνακες ανάλυσης κόστους
ηλεκτρικού ρεύματος, σύμφωνα τα τιμολόγια
του παρόχου

Περίοδος Κατανάλωσης	Ημέρες	Ισχύς Αιχμής (kW)	Ενέργεια									Ισχύς			Εκπομπές CO ₂		Ρήτρα Αναπροσαρμογής		Έκπτωση Ογκου Δημοσίου (€)	Κόστος Χρεώσεων Προμήθειας Ρεύματος (€)	
			Κατανάλωση Ημέρας (kWh)	Τιμή Κατανάλωσης Ημέρας (€/kWh)	Κόστος Κατανάλωσης Ημέρας (€)	Κατανάλωση Νύχτας (kWh)	Τιμή Κατανάλωσης Νύχτας (€/kWh)	Κόστος Κατανάλωσης Νύχτας (€)	Συνολική Κατανάλωση (kWh)	Κόστος Κατανάλωσης (€)	Ποσοστό Έκπτωσης Ενέργειας (%)	Έκπτωση Ενέργειας (€)	Χρεωστέα Μέγιστη Ζήτηση (kW)	Τιμή Ισχύος Αιχμής (€/kW)	Κόστος Ισχύος Αιχμής (€)	Τιμή Δικαιωμάτων Εκπομπών CO ₂ (€/kWh)	Κόστος Δικαιωμάτων Εκπομπών CO ₂ (€)	Τιμή Ρήτρας (€/kWh)			Κόστος Τιμής Ρήτρας (€)
Δεκ-18	31	529,32	134.464,56	0,06428	8.643,38	169.177,32	0,05062	8.563,76	303.641,88	17.207,14			546,900	6,00000	3.281,40	0,01400	4.250,99			-1.484,37	23.255,15
Ιαν-19	31	527,76	154.626,60	0,06428	9.939,40	148.479,72	0,05062	7.516,04	303.106,32	17.455,44			545,300	6,00000	3.271,80	0,01803	5.465,01			-1.571,53	24.620,71
Φεβ-19	28	544,44	144.405,84	0,06428	9.282,41	137.559,48	0,05062	6.963,26	281.965,32	16.245,67			508,100	6,00000	3.048,60	0,01800	5.075,38			-1.462,18	22.907,47
Μαρ-19	31	519,84	135.647,88	0,06428	8.719,45	171.910,68	0,05062	8.702,12	307.558,56	17.421,56			537,200	6,00000	3.223,20	0,01800	5.536,05			-1.570,85	24.609,97
Απρ-19	30	512,64	142.150,92	0,06428	9.137,46	155.791,92	0,05062	7.886,19	297.942,84	17.023,65			512,600	6,00000	3.075,60	0,01800	5.362,97			-1.527,73	23.934,49
Μαϊ-19	31	628,68	165.253,08	0,06428	10.622,47	158.377,08	0,05062	8.017,05	323.630,16	18.639,52			649,600	6,00000	3.897,60	0,01458	4.718,53			-1.635,34	25.620,30
Ιουν-19	30	836,16	200.880,00	0,06428	12.912,57	205.909,08	0,05062	10.423,12	406.789,08	23.335,68			836,200	6,00000	5.017,20	0,01458	5.930,98			-2.057,03	32.226,84
Ιουλ-19	31	989,04	272.751,36	0,06428	17.532,46	222.760,68	0,05062	11.276,15	495.512,04	28.808,60			1.022,000	6,00000	6.132,00	0,01458	7.224,57			-2.529,91	39.635,26
Αυγ-19	31	959,04	252.312,36	0,06428	16.218,64	261.502,56	0,05062	13.237,26	513.814,92	29.455,90			991,000	6,00000	5.946,00	0,01458	7.491,42			-2.573,60	40.319,72
Σεπ-19	30	856,32	212.974,32	0,06428	13.689,99	195.193,32	0,05062	9.880,69	408.167,64	23.570,68			856,300	6,00000	5.137,80	0,01458	5.951,08			-2.079,57	32.579,99
Οκτ-19	31	751,92	187.501,56	0,07045	13.209,48	180.549,00	0,05548	10.016,86	368.050,56	23.226,34			751,900	6,66000	5.007,65	0,01458	5.366,18			-1.694,04	31.906,13
Νοε-19	30	538,20	147.434,04	0,07045	10.386,73	146.780,52	0,05548	8.143,38	294.214,56	18.530,11			538,200	6,66000	3.584,41	0,01458	4.289,65			-1.326,87	25.077,30
Δεκ-19	31	531,48	143.630,28	0,07045	10.118,75	163.768,68	0,05548	9.085,89	307.398,96	19.204,64			531,500	6,66000	3.539,79	0,01309	4.023,85			-1.364,67	25.403,62
Ιαν-20	31	508,56	144.538,20	0,07045	10.182,72	149.962,32	0,05548	8.319,91	294.500,52	18.502,63			508,600	6,66000	3.387,28	0,01386	4.081,78			-1.313,39	24.658,28
Φεβ-20	29	503,28	135.268,44	0,07045	9.529,66	133.832,28	0,05548	7.425,01	269.100,72	16.954,68			503,300	6,66000	3.351,98	0,01403	3.775,48			-1.218,40	22.863,74
Μαρ-20	31	484,92	125.549,88	0,07045	8.844,99	143.012,16	0,05548	7.934,31	268.562,04	16.779,30			484,900	6,66000	3.229,43	0,01153	3.096,52			-1.200,52	21.904,73
Απρ-20	30	493,80	130.255,08	0,07045	9.176,47	146.962,44	0,05548	8.153,48	277.217,52	17.329,95			493,800	6,66000	3.288,71	0,00623	1.727,07			-1.237,12	21.108,60
Μαϊ-20	31	850,80	171.207,96	0,07045	12.061,60	190.780,32	0,05548	10.584,49	361.988,28	22.646,09			850,800	6,66000	5.666,33	0,00629	2.276,91			-1.698,75	28.890,58
Ιουν-20	30	908,04	213.534,96	0,07045	15.043,54	190.287,12	0,05548	10.557,13	403.822,08	25.600,67			908,000	6,66000	6.047,28	0,00482	1.946,42			-1.898,88	31.695,49
Ιουλ-20	31	1.052,16	295.200,96	0,07045	20.796,91	249.714,24	0,05548	13.854,15	544.915,20	34.651,05			1.052,200	6,66000	7.007,65	0,00542	2.953,44			-2.499,52	42.112,62
Αυγ-20	31	1.024,56	269.608,44	0,07045	18.993,91	273.761,04	0,05548	15.188,26	543.369,48	34.182,18			1.024,600	6,66000	6.823,84	0,00721	3.917,69			-2.460,36	42.463,35
Σεπ-20	30	1.019,64	253.290,96	0,07045	17.844,35	208.440,60	0,05548	11.564,28	461.731,56	29.408,63			1.019,600	6,66000	6.790,54	0,00784	3.619,98			-2.171,95	37.647,19
Οκτ-20	31	879,24	193.436,52	0,07045	13.627,60	198.169,32	0,05548	10.994,43	391.605,84	24.622,04			879,200	6,66000	5.855,47	0,00914	3.579,28			-1.828,65	32.228,14
Νοε-20	30	551,64	155.048,88	0,07045	10.923,19	152.160,24	0,05548	8.441,85	307.209,12	19.365,04			551,600	6,66000	3.673,66	0,00931	2.860,12			-1.382,32	24.516,49
Δεκ-20	31	585,24	158.860,44	0,07045	11.191,72	154.816,00	0,05548	8.589,19	313.676,44	19.780,91			585,200	6,66000	3.897,43	0,01408	4.416,56			-1.894,27	26.200,64
Ιαν-21	31	514,80	131.071,08	0,07045	9.233,96	165.299,88	0,05548	9.170,84	296.370,96	18.404,79			514,800	6,66000	3.428,57	0,01928	5.714,03			-1.746,67	25.800,73

Φεβ-21	28	539,28	145.012,44	0,07045	10.216,13	139.164,72	0,05548	7.720,86	284.177,16	17.936,99			539,300	6,66000	3.591,74	0,01566	4.450,21			-1.722,30	24.256,64
Μαρ-21	31	546,96	151.117,20	0,07045	10.646,21	161.387,04	0,05548	8.953,75	312.504,24	19.599,96			547,000	6,66000	3.643,02	0,01530	4.781,31			-1.859,44	26.164,86
Απρ-21	30	576,48	149.271,12	0,07045	10.516,15	148.637,16	0,05548	8.246,39	297.908,28	18.762,54			576,500	6,66000	3.839,49	0,02131	6.348,43			-1.808,16	27.142,29
Μαϊ-21	31	777,48	176.379,00	0,07045	12.425,90	192.261,84	0,05548	10.666,69	368.640,84	23.092,59			777,500	6,66000	5.178,15	0,01935	7.133,20			-2.261,66	33.142,28
Ιουν-21	30	1.032,24	228.564,84	0,07045	16.102,39	198.877,44	0,05548	11.033,72	427.442,28	27.136,11			1.032,200	6,66000	6.874,45	0,01760	7.522,98			-2.720,85	38.812,70
Ιουλ-21	31	1.062,96	302.398,68	0,07045	21.303,99	269.436,72	0,05548	14.948,35	571.835,40	36.252,34			1.063,000	6,66000	7.079,58	0,01589	9.086,46			-3.466,55	48.951,83
Αυγ-21	31	1.040,88	286.070,28	0,07045	20.153,65	260.154,12	0,05548	14.433,35	546.224,40	34.587,00			1.040,900	6,66000	6.932,39	0,01839	10.045,07			-3.321,55	48.242,91
Σεπ-21	30	935,88	229.631,16	0,07045	16.177,52	207.849,84	0,05548	11.531,51	437.481,00	27.709,02			935,900	6,66000	6.233,09	0,02563	11.212,64			-2.715,37	42.439,39
Οκτ-21	31	706,92	157.148,76	0,07045	11.071,13	184.674,24	0,05548	10.245,73	341.823,00	21.316,86			706,900	6,66000	4.707,95	0,02425	8.289,21			-2.081,98	32.232,03
Νοε-21	30	539,04	158.801,40	0,07045	11.187,56	144.096,96	0,05548	7.994,50	302.898,36	19.182,06	20%	-3.836,41	539,000	6,66000	3.589,74			0,21226	64.293,21	-1.514,83	85.550,17

Πίνακας 1: Ανάλυση χρεώσεων προμήθειας ηλεκτρικού ρεύματος, από Δεκέμβριο του 2018, έως Νοέμβριο του 2021

Περίοδος Κατανάλωσης	Κατανάλωση Ημέρας (kWh)	Κατανάλωση Νύχτας (kWh)	Χρεωστέα Μέγιστη Ζήτηση (kW)	Εθνικό Σύστημα Μεταφοράς Η/Ε		Εθνικό Σύστημα Διανομής Η/Ε							Υπηρεσίες Κοινής Ωφέλειας		Ε.Τ.Μ.Ε.Α.Ρ.		Λοιπές Χρεώσεις		Κόστος Ρυθμιζόμενων Χρεώσεων (€)
				Τιμή Μεταφοράς Η/Ε (€/kW)	Κόστος Μεταφοράς Η/Ε (€)	Τιμή Διανομής Ισχύος Αιχμής (€/kW)	Κόστος Διανομής Ισχύος Αιχμής (€)	cosφ	Τιμή Διανομής Κατανάλωσης (€/kWh)	Κόστος Διανομής Κατανάλωσης Ημέρας (€)	Κόστος Διανομής Κατανάλωσης Νύχτας (€)	Κόστος Διανομής Κατανάλωσης (€)	Τιμή Υ.Κ.Ω. (€/kWh)	Κόστος Υ.Κ.Ω. (€)	Τιμή Ε.Τ.Μ.Ε.Α.Ρ. (€/kWh)	Κόστος Ε.Τ.Μ.Ε.Α.Ρ. (€)	Τιμή Λοιπών Χρεώσεων (€/kWh)	Κόστος Λοιπών Χρεώσεων (€)	
Δεκ-18	134.464,56	169.177,32	546,900	1,32900	726,83	1,17900	644,80	0,9870	0,00290	395,08	497,08	1.536,95	0,01790	5.435,19	0,00878	2.665,98	0,00007	21,25	10.386,21
Ιαν-19	154.626,60	148.479,72	545,300	1,32900	724,70	1,17900	642,91	0,9880	0,00290	453,86	435,82	1.532,59	0,01790	5.425,60	0,00878	2.661,27	0,00007	21,22	10.365,39
Φεβ-19	144.405,84	137.559,48	508,100	1,32900	675,26	1,17900	599,05	0,9850	0,00290	425,15	405,00	1.429,20	0,01790	5.047,18	0,00878	2.475,66	0,00007	19,74	9.647,04
Μαρ-19	135.647,88	171.910,68	537,200	1,32900	713,94	1,17900	633,36	0,9850	0,00290	399,37	506,13	1.538,86	0,01790	5.505,30	0,00878	2.700,36	0,00007	21,53	10.479,99
Απρ-19	142.150,92	155.791,92	512,600	1,32900	681,25	1,17900	604,36	0,9850	0,00290	418,52	458,68	1.481,55	0,01790	5.333,18	0,00878	2.615,94	0,00007	20,86	10.132,76
Μαϊ-19	165.253,08	158.377,08	649,600	1,32900	863,32	1,17900	765,88	0,9840	0,00290	487,03	466,76	1.719,67	0,01790	5.792,98	0,00878	2.841,47	0,00007	22,65	11.240,09
Ιουν-19	200.880,00	205.909,08	836,200	1,32900	1.111,31	1,17900	985,88	0,9860	0,00290	590,82	605,61	2.182,32	0,01790	7.281,52	0,00878	3.571,61	0,00007	28,48	14.175,24
Ιουλ-19	272.751,36	222.760,68	1.022,000	1,32900	1.358,24	1,17900	1.204,94	0,9820	0,00290	805,48	657,85	2.668,26	0,01790	8.869,67	0,00878	4.350,60	0,00007	34,69	17.281,45
Αυγ-19	252.312,36	261.502,56	991,000	1,32900	1.317,04	1,17900	1.168,39	0,9820	0,00290	745,12	772,26	2.685,77	0,01790	9.197,29	0,00878	4.511,29	0,00007	35,97	17.747,35
Σεπ-19	212.974,32	195.193,32	856,300	1,32900	1.138,02	1,17900	1.009,58	0,9830	0,00290	628,31	575,85	2.213,73	0,01790	7.306,20	0,00878	3.583,71	0,00007	28,57	14.270,24
Οκτ-19	187.501,56	180.549,00	751,900	1,32900	999,28	1,17900	886,49	0,9820	0,00290	553,72	533,19	1.973,40	0,01790	6.588,11	0,00878	3.231,48	0,00007	25,76	12.818,03
Νοε-19	147.434,04	146.780,52	538,200	1,32900	715,27	1,17900	634,54	0,9840	0,00290	434,51	432,58	1.501,63	0,01790	5.266,44	0,00878	2.583,20	0,00007	20,60	10.087,14
Δεκ-19	143.630,28	163.768,68	531,500	1,32900	706,36	1,17900	626,64	0,9820	0,00290	424,16	483,63	1.534,44	0,01790	5.502,44	0,00878	2.698,96	0,00007	21,52	10.463,72
Ιαν-20	144.538,20	149.962,32	508,600	1,32900	675,93	1,17900	599,64	0,9850	0,00290	425,54	441,51	1.466,70	0,01790	5.271,56	0,00878	2.585,71	0,00007	20,62	10.020,52
Φεβ-20	135.268,44	133.832,28	503,300	1,32900	668,89	1,17900	593,39	0,9840	0,00290	398,66	394,42	1.386,47	0,01790	4.816,90	0,00878	2.362,70	0,00007	18,84	9.253,80
Μαρ-20	125.549,88	143.012,16	484,900	1,32900	644,43	1,17900	571,70	0,9860	0,00290	369,26	420,62	1.361,59	0,01790	4.807,26	0,00878	2.357,97	0,00007	18,80	9.190,05
Απρ-20	130.255,08	146.962,44	493,800	1,19700	591,08	1,09700	541,70	0,9840	0,00280	370,64	418,19	1.330,53	0,01790	4.962,19	0,00878	2.433,97	0,00007	19,41	9.337,18
Μαϊ-20	171.207,96	190.780,32	850,800	1,19700	1.018,41	1,09700	933,33	0,9820	0,00280	488,17	543,98	1.965,47	0,01790	6.479,59	0,00878	3.178,26	0,00007	25,34	12.667,07
Ιουν-20	213.534,96	190.287,12	908,000	1,19700	1.086,88	1,09700	996,08	0,9810	0,00280	609,48	543,12	2.148,68	0,01790	7.228,42	0,00878	3.545,56	0,00007	28,27	14.037,79
Ιουλ-20	295.200,96	249.714,24	1.052,200	1,19700	1.259,48	1,09700	1.154,26	0,9820	0,00280	841,71	712,02	2.707,99	0,01790	9.753,98	0,00878	4.784,36	0,00007	38,14	18.543,96
Αυγ-20	269.608,44	273.761,04	1.024,600	1,19700	1.226,45	1,09700	1.123,99	0,9830	0,00280	767,96	779,79	2.671,73	0,01790	9.726,31	0,00878	4.770,78	0,00007	38,04	18.433,31
Σεπ-20	253.290,96	208.440,60	1.019,600	1,19700	1.220,46	1,09700	1.118,50	0,9830	0,00280	721,48	593,73	2.433,71	0,01790	8.264,99	0,00878	4.054,00	0,00007	32,32	16.005,49
Οκτ-20	193.436,52	198.169,32	879,200	1,19700	1.052,40	1,09700	964,48	0,9840	0,00280	550,43	563,90	2.078,81	0,01790	7.009,74	0,00878	3.438,30	0,00007	27,41	13.606,67
Νοε-20	155.048,88	152.160,24	551,600	1,19700	660,27	1,09700	605,11	0,9830	0,00280	441,64	433,42	1.480,17	0,01790	5.499,04	0,00878	2.697,30	0,00007	21,50	10.358,28
Δεκ-20	158.860,44	154.816,00	585,200	1,19700	700,48	1,09700	641,96	0,9810	0,00280	453,42	441,88	1.537,27	0,01790	5.614,81	0,00878	2.754,08	0,00007	21,96	10.628,60
Ιαν-21	131.071,08	165.299,88	514,800	1,19700	616,22	1,09700	564,74	0,9830	0,00280	373,35	470,84	1.408,93	0,01790	5.305,04	0,00878	2.602,14	0,00007	20,75	9.953,06

Φεβ-21	145.012,44	139.164,72	539,300	1,19700	645,54	1,09700	591,61	0,9830	0,00280	413,06	396,40	1.401,07	0,01790	5.086,77	0,00878	2.495,08	0,00007	19,89	9.648,35
Μαρ-21	151.117,20	161.387,04	547,000	1,19700	654,76	1,09700	600,06	0,9860	0,00280	429,14	458,30	1.487,49	0,01790	5.593,83	0,00878	2.743,79	0,00007	21,88	10.501,74
Απρ-21	149.271,12	148.637,16	576,500	1,19700	690,07	1,09700	632,42	0,9830	0,00280	425,19	423,38	1.480,99	0,01790	5.332,56	0,00878	2.615,63	0,00007	20,85	10.140,11
Μαϊ-21	176.379,00	192.261,84	777,500	1,19700	930,67	1,09700	852,92	0,9830	0,00280	502,40	547,64	1.902,96	0,01790	6.598,67	0,00878	3.236,67	0,00007	25,80	12.694,77
Ιουν-21	228.564,84	198.877,44	1.032,200	1,19700	1.235,54	1,09700	1.132,32	0,9840	0,00280	650,39	565,91	2.348,62	0,01790	7.651,22	0,00878	3.752,94	0,00007	29,92	15.018,25
Ιουλ-21	302.398,68	269.436,72	1.063,000	1,19700	1.272,41	1,09700	1.166,11	0,9840	0,00280	860,48	766,69	2.793,28	0,01790	10.235,85	0,00878	5.020,71	0,00007	40,03	19.362,29
Αυγ-21	286.070,28	260.154,12	1.040,900	1,38400	1.440,61	1,09700	1.141,87	0,9830	0,00280	814,85	741,03	2.697,75	0,01790	9.777,42	0,00878	4.795,85	0,00007	38,24	18.749,85
Σεπ-21	229.631,16	207.849,84	935,900	1,38400	1.295,29	1,09700	1.026,68	0,9830	0,00280	654,09	592,04	2.272,81	0,01790	7.830,91	0,00878	3.841,08	0,00007	30,62	15.270,72
Οκτ-21	157.148,76	184.674,24	706,900	1,38400	978,35	1,09700	775,47	0,9840	0,00280	447,17	525,50	1.748,14	0,01790	6.118,63	0,00878	3.001,21	0,00007	23,93	11.870,25
Νοε-21	158.801,40	144.096,96	539,000	1,38400	745,98	1,09700	591,28	0,9860	0,00280	450,96	409,20	1.451,44	0,01790	5.421,88	0,00878	2.659,45	0,00007	21,20	10.299,95

Πίνακας 2: Ανάλυση ρυθμιζόμενων χρεώσεων, από Δεκέμβριο του 2018, έως Νοέμβριο του 2021

Περίοδος Κατανάλωσης	Συνολική Κατανάλωση (kWh)	Κόστος Χρεώσεων Προμήθειας Ρεύματος (€)	Κόστος Ρυθμιζόμενων Χρεώσεων (€)	Αξία Ηλεκτρικού Ρεύματος (€)	Τιμή Ε.Φ.Κ. (€/kWh)	Κόστος Ε.Φ.Κ. (€)	Ειδικό Τέλος (€)	Λοιπές Χρεώσεις (€)	Συνολικό Κόστος Ηλεκτρικού Ρεύματος πλέον Φ.Π.Α. (€)	Ποσοστό Φ.Π.Α. (%)	Κόστος Φ.Π.Α. (€)	Συνολικό Κόστος Ηλεκτρικού Ρεύματος με Φ.Π.Α. (€)
Δεκ-18	303.641,88	23.255,15	10.386,21	33.641,36	0,00500	1.518,21	169,89	1,80	35.331,26	13%	4.570,74	39.902,00
Ιαν-19	303.106,32	24.620,71	10.365,39	34.986,10	0,00500	1.515,53	177,06	1,61	36.680,31	13%	4.745,21	41.425,52
Φεβ-19	281.965,32	22.907,47	9.647,04	32.554,50	0,00500	1.409,83	164,75	1,65	34.130,73	13%	4.415,36	38.546,09
Μαρ-19	307.558,56	24.609,97	10.479,99	35.089,96	0,00500	1.537,79	177,49	0,45	36.805,69	13%	4.761,61	41.567,30
Απρ-19	297.942,84	23.934,49	10.132,76	34.067,25	0,00500	1.489,71	172,34	1,66	35.730,96	13%	4.622,41	40.353,37
Μαϊ-19	323.630,16	25.620,30	11.240,09	36.860,40	0,00500	1.618,15	186,36	1,27	38.666,18	6%	2.308,71	40.974,89
Ιουν-19	406.789,08	32.226,84	14.175,24	46.402,07	0,00500	2.033,95	234,61	0,77	48.671,40	6%	2.906,16	51.577,56
Ιουλ-19	495.512,04	39.635,26	17.281,45	56.916,71	0,00500	2.477,56	287,87	1,83	59.683,97	6%	3.563,66	63.247,62
Αυγ-19	513.814,92	40.319,72	17.747,35	58.067,07	0,00500	2.569,07	293,49	0,54	60.930,18	6%	3.638,17	64.568,35
Σεπ-19	408.167,64	32.579,99	14.270,24	46.850,23	0,00500	2.040,84	226,54	1,82	49.119,43	6%	2.933,46	52.052,89
Οκτ-19	368.050,56	31.906,13	12.818,03	44.724,16	0,00500	1.840,25	216,66	0,34	46.781,42	6%	2.793,86	49.575,28
Νοε-19	294.214,56	25.077,30	10.087,14	35.164,44	0,00500	1.471,07	170,04	2,01	36.807,56	6%	2.198,13	39.005,69
Δεκ-19	307.398,96	25.403,62	10.463,72	35.867,34	0,00500	1.536,99	173,53	0,89	37.578,75	6%	2.244,26	39.823,01
Ιαν-20	294.500,52	24.658,28	10.020,52	34.678,80	0,00500	1.472,50	167,83	0,94	36.320,07	6%	2.169,08	38.489,15
Φεβ-20	269.100,72	22.863,74	9.253,80	32.117,54	0,00500	1.345,50	155,50	1,72	33.620,26	6%	2.007,78	35.628,05
Μαρ-20	268.562,04	21.904,73	9.190,05	31.094,79	0,00500	1.342,81	150,40	-0,30	32.587,70	6%	1.946,26	34.533,95
Απρ-20	277.217,52	21.108,60	9.337,18	30.445,78	0,00500	1.386,09	146,99	0,33	31.979,18	6%	1.909,91	33.889,10
Μαϊ-20	361.988,28	28.890,58	12.667,07	41.557,65	0,00500	1.809,94	200,95	-0,53	43.568,01	6%	2.602,06	46.170,07
Ιουν-20	403.822,08	31.695,49	14.037,79	45.733,29	0,00500	2.019,11	220,87	0,48	47.973,75	6%	2.865,14	50.838,89
Ιουλ-20	544.915,20	42.112,62	18.543,96	60.656,58	0,00500	2.724,58	292,98	-0,04	63.674,10	6%	3.802,87	67.476,97
Αυγ-20	543.369,48	42.463,35	18.433,31	60.896,66	0,00500	2.716,85	294,21	-0,09	63.907,63	6%	3.816,81	67.724,44
Σεπ-20	461.731,56	37.647,19	16.005,49	53.652,68	0,00500	2.308,66	259,54	0,26	56.221,14	6%	3.357,68	59.578,82
Οκτ-20	391.605,84	32.228,14	13.606,67	45.834,80	0,00500	1.958,03	221,77	-0,05	48.014,55	6%	2.867,57	50.882,12
Νοε-20	307.209,12	24.516,49	10.358,28	34.874,77	0,00500	1.536,05	168,42	0,17	36.579,41	6%	2.184,65	38.764,06
Δεκ-20	313.676,44	26.200,64	10.628,60	36.829,24	0,00500	1.568,38	178,22	-0,15	38.575,69	6%	2.303,86	40.879,55

Ιαν-21	296.370,96	25.800,73	9.953,06	35.753,79	0,00500	1.481,85	173,17	-0,18	37.408,64	6%	2.234,14	39.642,77
Φεβ-21	284.177,16	24.256,64	9.648,35	33.904,99	0,00500	1.420,89	164,15	-0,11	35.489,92	6%	2.119,55	37.609,47
Μαρ-21	312.504,24	26.164,86	10.501,74	36.666,60	0,00500	1.562,52	177,43	-0,29	38.406,26	6%	2.293,75	40.700,01
Απρ-21	297.908,28	27.142,29	10.140,11	37.282,40	0,00500	1.489,54	180,78	-0,11	38.952,61	6%	2.326,32	41.278,93
Μαϊ-21	368.640,84	33.142,28	12.694,77	45.837,05	0,00500	1.843,20	222,22	0,94	47.903,42	6%	2.860,82	50.764,23
Ιουν-21	427.442,28	38.812,70	15.018,25	53.830,95	0,00500	2.137,21	261,08	-0,59	56.228,65	6%	3.358,09	59.586,74
Ιουλ-21	571.835,40	48.951,83	19.362,29	68.314,12	0,00500	2.859,18	330,76	-0,07	71.503,99	6%	4.270,40	75.774,39
Αυγ-21	546.224,40	48.242,91	18.749,85	66.992,76	0,00500	2.731,12	324,64	0,67	70.049,20	6%	4.183,43	74.232,63
Σεπ-21	437.481,00	42.439,39	15.270,72	57.710,10	0,00500	2.187,41	280,28	-0,58	60.177,21	6%	3.593,85	63.771,06
Οκτ-21	341.823,00	32.232,03	11.870,25	44.102,29	0,00500	1.709,12	214,05	-0,22	46.025,23	6%	2.748,68	48.773,91
Νοε-21	302.898,36	85.550,17	10.299,95	95.850,12	0,00500	1.514,49	454,34	0,37	97.819,32	6%	5.841,88	103.661,20

Πίνακας 3: Ανάλυση φόρων, τελών και συνολικό κόστος ηλεκτρικού ρεύματος, από Δεκέμβριο του 2018, έως Νοέμβριο του 2021