



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΔΕΙΚΤΩΝ ΣΤΟΝ ΤΟΜΕΑ ΤΗΣ ΓΑΛΑΚΤΟΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ

ΦΟΙΤΗΤΡΙΑ: ΑΝΤΖΟΥΛΑΤΟΥ ΑΝΑΣΤΑΣΙΑ (Α.Μ. 19182)

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΡΩΜΑΙΟΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ
ΣΥΝΕΡΓΑΤΗΣ ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΠΑΤΡΑ 2022



Πρόλογος

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία πραγματοποιείται στα πλαίσια ολοκλήρωσης των σπουδών μου στο Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, της Σχολής Μηχανικών του Πανεπιστημίου Πελοποννήσου και πραγματεύεται την ανάλυση των ενεργειακών δεικτών στον τομέα της γαλακτοβιομηχανίας.

Η επιλογή του θέματος έγινε με γνώμονα την επιτακτική ανάγκη που έχει δημιουργηθεί για την μείωση της κατανάλωσης και της σπατάλης ενέργειας. Τα μέτρα ενεργειακής απόδοσης αναγνωρίζονται όλο και περισσότερο ως μέσο, αφενός για την επίτευξη βιώσιμου ενεργειακού εφοδιασμού, τη μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου, τη βελτίωση της ασφάλειας του εφοδιασμού και τη μείωση των δαπανών για εισαγωγές, αφετέρου όμως για την προαγωγή της ανταγωνιστικότητας της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Η ενεργειακή απόδοση αποτελεί, στρατηγική προτεραιότητα με συνέπεια οι ενεργειακοί έλεγχοι να είναι μονόδρομος για όλους τους τομείς στοχεύοντας στην απόκτηση επαρκούς γνώσης του υφιστάμενου συνόλου χαρακτηριστικών ενεργειακής κατανάλωσης, με την οποία εντοπίζονται και προσδιορίζονται ποσοτικά οι οικονομικά αποδοτικές δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας, και με την οποία συντάσσεται έκθεση αποτελεσμάτων.

Σε αυτό το σημείο οφείλω τις θερμές μου ευχαριστίες στον επιβλέπων καθηγητή Δρ. Ρωμαίο Αλέξανδρο για την εμπιστοσύνη του, την υπομονή και την επιμονή του καθ' όλη την διάρκεια της εκπόνησης της Διπλωματικής μου Εργασίας. Τον ευχαριστώ από τα βάθη της καρδιάς μου για όλες αυτές τις γνώσεις που μου προσφέρει απλόχερα όλα αυτά τα χρόνια, για την στήριξη σε κάθε μου βήμα καθώς επίσης και για την υπέροχη συνεργασία μας. Του οφείλω την εκπαιδευτική μου εξέλιξη και βελτίωση αφού ήταν ο άνθρωπος που με παρότρυνε και πίστεψε σε μένα να συνεχίσω τις σπουδές μου δίνοντας κατατακτήριες στο Τμήμα.

Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Δρ. Γιανναδάκη Αθανάσιο για τις εποικοδομητικές του υποδείξεις, τις σημαντικές επιστημονικές συμβουλές του και την πολύτιμη βοήθεια του, όχι μόνο στην εκπόνηση της Διπλωματικής μου Εργασίας αλλά καθ' όλη την διάρκεια των σπουδών μου και της επαγγελματικής μου πορείας ως Μηχανολόγος Μηχανικός. Ακόμα, ευχαριστώ τον Δρ. Καλογήρου Ιωάννη για τις γνώσεις που μου προσέφερε κατά την διάρκεια των σπουδών μου, αφού τα μαθήματα του ήταν αστάθμητος παράγοντας της επιλογής και της ενασχόλησης μου με τον Ενεργειακό Τομέα.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την οικογένεια μου, που είναι πάντα δίπλα μου σε κάθε επιλογή, και σε κάθε νέο εγχείρημα είτε εκπαιδευτικό είτε επαγγελματικό, καθώς επίσης και τους φίλους μου που μπορεί να «απελπίζονται» για την συνεχή θέληση μου για μάθηση αλλά είναι πάντα εκεί να με στηρίξουν σε κάθε δυσκολία.

Σεπτέμβριος 2022, Πάτρα
Αντζουλάτου Αναστασία



Υπεύθυνη Δήλωση Φοιτητή: Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Φοιτητής έχω επίγνωση των συνεπειών του Νόμου περί λογοκλοπής και δηλώνω υπεύθυνα ότι είμαι συγγραφέας αυτής της Διπλωματικής Εργασίας, έχω δε αναφέρει στην Βιβλιογραφία μου όλες τις πηγές τις οποίες χρησιμοποίησα και έλαβα ιδέες ή δεδομένα. Δηλώνω επίσης ότι, οποιοδήποτε στοιχείο ή κείμενο το οποίο έχω ενσωματώσει στην εργασία μου προερχόμενο από Βιβλία ή άλλες εργασίες ή το διαδίκτυο, γραμμένο ακριβώς ή παραφρασμένο, το έχω πλήρως αναγνωρίσει ως πνευματικό έργο άλλου συγγραφέα και έχω αναφέρει ανελλιπώς το όνομά του και την πηγή προέλευσης.

Η Φοιτήτρια

Αντζουλάτου Αναστασία

(Υπογραφή)



Περίληψη

Η μείωση της κατανάλωσης και της σπατάλης ενέργειας αποκτά διαρκώς αυξανόμενη σημασία στην Ευρωπαϊκή Ένωση, όπου από το 2007 στοχεύει στην μείωση της κατανάλωσης ενέργειας έως και 35% μέχρι το 2030. Τα μέτρα ενεργειακής απόδοσης είναι μέσο επίτευξης βιώσιμου και ασφαλούς ενεργειακού εφοδιασμού, μείωσης εκπομπής ρυπογόνων αερίων με στόχο την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής, αλλά και η προαγωγή της υγιούς ανταγωνιστικότητας της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Ο ενεργειακός έλεγχος είναι ένα αναπόσπαστο τμήμα των διαδικασιών και απαιτήσεων για την ενεργειακή διαχείριση αλλά και των μελετών εξοικονόμησης ενέργειας (τεχνικοοικονομικές μελέτες επενδύσεων). Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι ο ενεργειακός έλεγχος είναι η διαδικασία καθορισμού της γραμμής της ενεργειακής βάσης της κατανάλωσης και την επαλήθευσης της επιτυγχανόμενης εξοικονόμησης ενέργειας.

Το αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη και ανάλυση των ενεργειακών δεικτών στον τομέα της γαλακτοβιομηχανίας. Για την ενεργειακή αξιολόγηση απαιτείται, σύμφωνα με την νομοθεσία, Νομός 4342-2015, η καταγραφή και αποτύπωση όλων των ενεργειακών πηγών και καταναλώσεων των κτιρίων και του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού, την κατάστρωση ισοζυγίων ενέργειας, την κατασκευή ενεργειακών γραμμών βάσης και παρακολούθησης των ενεργειακών δεικτών ενεργειακής κατανάλωσης. Επίσης, θα προταθούν μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας με στόχο την βελτίωση του ενεργειακού αποτυπώματος αυτής της κατηγορίας βιομηχανιών.

Αναλυτικότερα η δομή της εργασίας είναι η ακόλουθη:

Στο Πρώτο Κεφάλαιο γίνεται μια εισαγωγή που αφορά την διαδικασία που ακολουθεί για την υλοποίηση μιας ενεργειακής μελέτης βάση του Οδηγό των Ενεργειακών Ελέγχων σε κτίρια βιομηχανία και μεταφορές. Αρχικά δίνονται πληροφορίες για την διαχείριση της ενέργειας, ακολουθεί ο ορισμός του ενεργειακού ελέγχου και τα στάδια υλοποίησης του, και αναφέρονται οι κανονισμοί και τα πρότυπα του. Στην συνέχεια δίνεται έμφαση στη μεθοδολογία που χρησιμοποιείται για την ανάλυση των δεδομένων που λαμβάνονται από έναν ενεργειακό έλεγχο, στο υπολογισμό του ισοζυγίου ενέργειας και του βαθμού απόδοσης καθώς και στη γραμμή βάσης και στη δημιουργία της. Έπειτα, γίνεται αναφορά στην εκτίμηση των ενεργειακών παραμέτρων αναλύοντας την μεθοδολογία εκτίμησης, τον προσδιορισμό, την αξιολόγηση και την ερμηνεία διακύμανσης των ενεργειακών δεικτών. Επίσης, καταγράφονται τα πρωτόκολλα μέτρησης και επαλήθευσης επιδόσεων και αναλύεται το κόστος του κύκλου ζωής.

Στο Δεύτερο Κεφάλαιο δίνονται τα βασικά στοιχεία της γαλακτοβιομηχανίας που θα πραγματοποιηθεί ο ενεργειακός έλεγχος. Γίνεται μια σύντομη περιγραφή της επιχείρησης, χωρίς όμως να αναφέρεται η επωνυμία της για λόγους διασφάλισης προσωπικών δεδομένων. Ακολουθεί, η περιγραφή των εγκαταστάσεων και των παραγωγικών διαδικασιών και γίνεται φωτογραφική και θερμογραφική αποτύπωση της μονάδας.

Στο Τρίτο Κεφάλαιο πραγματοποιείται η ανάλυση των ενεργειακών καταναλώσεων της παραγωγικής διαδικασίας. Όπου δίνονται τα στοιχεία της πρωτογενούς θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας και πραγματοποιούνται και οι βασικοί υπολογισμοί των καταναλώσεων.

Στο Τέταρτο Κεφάλαιο υλοποιείται η ερμηνεία της συνολικής ενεργειακής απόδοσης και παρακολούθησης των δεικτών. Δίνονται πληροφορίες και δεδομένα για την ηλεκτρική



ενέργεια, κατασκευάζεται η γραμμή βάσης και υπολογίζεται η αποδοτικότητα της καταναλισκόμενες ενέργειας και υπολογίζονται οι ενεργειακοί δείκτες. Η ίδια διαδικασία πραγματοποιείται και για την θερμική ενέργεια, δηλαδή δίνονται οι απαραίτητες πληροφορίες και δεδομένα, κατασκευάζεται η γραμμή βάσης και υπολογίζεται η αποδοτικότητα της καταναλισκόμενες ενέργειας και υπολογίζονται οι ενεργειακοί δείκτες.

Στο Πέμπτο Κεφάλαιο δίνονται τα προτεινόμενα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας, η αύξηση τη ενεργειακής αποδοτικότητας και η παραγωγή από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ). Αρχικά δίνονται οι βελτιώσεις αποδοτικότητας κατανάλωσης σε θερμική και ηλεκτρική ενέργεια και ακολουθούν οι βελτιώσεις της αποδοτικότητας κατανάλωσης και παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ. Στην συνέχεια πραγματοποιούνται οι αντίστοιχες οικονομοτεχνικές αναλύσεις των ανωτέρω βελτιώσεων.

Τέλος, δίνονται τα συμπεράσματα της παρούσας διπλωματικής εργασίας όπου αναλύονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την ολοκλήρωση του ενεργειακού ελέγχου της γαλακτοβιομηχανίας.

Λέξεις Κλείδα: ενεργειακός έλεγχος, εξοικονόμηση ενέργειας, γαλακτοβιομηχανία



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Πρόλογος	i
Περίληψη	iii
Περιεχόμενα Εικόνων.....	vii
Περιεχόμενα Σχημάτων.....	viii
Περιεχόμενα Διαγραμμάτων.....	ix
Περιεχόμενα Γραφημάτων	x
Περιεχόμενα Πινάκων	xi
Συμβολισμοί – Συντομογραφίες	xiii
Εισαγωγή	1
1.Βασικά Στοιχεία Ενεργειακού Ελέγχου Βιομηχανίας	3
1.1. Ενεργειακή Διαχείριση.....	3
1.2. Ενεργειακός Έλεγχος.....	5
1.3. Κανονισμοί και Πρότυπα Ενεργειακών Ελέγχων	7
1.4. Μεθοδολογία Ανάλυσης Δεδομένων Ενεργειακού Ελέγχου	9
1.4.1. Μέτρηση Χρήσης Ενέργειας.....	10
1.5. Ισοζύγιο Ενέργειας και Βαθμός Απόδοσης.....	12
1.5.1. Ισοζύγιο Ενέργειας.....	12
1.5.2. Βαθμός Απόδοσης	12
1.6. Γραμμή Βάσης.....	13
1.6.1. Τύπος γραμμής βάσης.....	14
1.6.2. Τύπος Γραμμής Βάσης: Συσχέτιση Ενέργειας και Παραγωγής.....	15
1.7. Εκτιμήσεις Ενεργειακών Παραμέτρων	17
1.7.1. Μεθοδολογία Εκτίμησης Παραμέτρων.....	17
1.7.2. Προσδιορισμός Ενεργειακών Παραμέτρων και Δεικτών	18
1.7.3. Αξιολόγηση και Ερμηνεία Διακύμανσης Δεικτών.....	19
1.8. Πρωτόκολλα Μέτρησης και Επαλήθευσης Επιδόσεων	21
1.9. Ανάλυση Κόστους Κύκλου Ζωής.....	23
1.9.1. Ορισμοί – Προαπαιτούμενα – Λήψη και τεκμηρίωση δεδομένων.....	23
1.9.2. Παράμετροι υπολογισμού ενεργειακών εξοικονομήσεων.....	25
2.Βασικά Στοιχεία Γαλακτοβιομηχανίας	26
2.1. Σύντομη περιγραφή επιχείρησης.....	26



2.2.	Εγκαταστάσεις μονάδας	26
2.3.	Παραγωγική διαδικασία	27
2.4.	Φωτογραφική αποτύπωση μονάδας.....	38
2.5.	Θερμογραφική αποτύπωση μονάδας	40
3.	Ανάλυση Ενεργειακών Καταναλώσεων Παραγωγικής Διαδικασίας	43
3.1.	Στοιχεία κατανάλωσης πρωτογενούς θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας	43
3.2.	Υπολογισμοί καταναλώσεων	53
4.	Ερμηνεία της Συνολικής Ενεργειακής Απόδοσης και Παρακολούθησης των Δεικτών	55
4.1.	Εισαγωγή	55
4.2.	Ηλεκτρική Ενέργεια	57
4.2.1.	Γραμμή βάσης και αποδοτικότητα καταναλισκόμενης ενέργειας	57
4.2.2.	Ενεργειακοί δείκτες.....	61
4.3.	Θερμική Ενέργεια.....	65
4.3.1.	Γραμμή βάσης και αποδοτικότητα καταναλισκόμενης ενέργειας	65
4.3.2.	Ενεργειακοί δείκτες.....	69
5.	Προτεινόμενα Μέτρα Εξοικονόμησης Ενέργειας, Αύξησης Ενεργειακής Αποδοτικότητας και Παραγωγής από ΑΠΕ.....	73
5.1.	Εισαγωγή	73
5.2.	Βελτίωση αποδοτικότητας κατανάλωσης θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας	73
5.3.	Βελτίωση αποδοτικότητας κατανάλωσης και παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ	80
5.4.	Σύνοψη αποτελεσμάτων προτεινόμενων παρεμβάσεων.....	83
5.5.	Ανάλυση Κόστους Κύκλου Ζωής – Μέτρα ΕΞΕ	84
5.5.1.	Οικονομοτεχνική ανάλυση παρεμβάσεων θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας ..	84
5.5.2.	Οικονομοτεχνική ανάλυση παρεμβάσεων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ	90
5.5.3.	Οικονομοτεχνική ανάλυση του συνόλου των παρεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας.....	92
Συμπεράσματα	94	
Βιβλιογραφία	97	



Περιεχόμενα Εικόνων

Εικόνα 1: Είσοδος μονάδας.....	38
Εικόνα 2: Χώρος υποδοχής βυτίων γάλακτος.....	38
Εικόνα 3: Δεξαμενή υγραερίου	38
Εικόνα 4: Μηχανοστάσιο συμπιεστών ψυκτικών μονάδων	38
Εικόνα 5: Ατμολέβητας-1	38
Εικόνα 6: Ατμολέβητας-2	38
Εικόνα 7: Εξωτερικά στοιχεία μονάδων ψύξης.....	39
Εικόνα 8: Παγολεκάνες.....	39
Εικόνα 9: Εσωτερικά στοιχεία μονάδων ψύξης-1	39
Εικόνα 10: Εσωτερικά στοιχεία μονάδων ψύξης-2.....	39
Εικόνα 11: Ψυκτικό στοιχείο θαλάμου συντήρησης φέτας.....	39
Εικόνα 12: Χώρος ωρίμανσης φέτας	39
Εικόνα 13: Ενδεικτική δεξαμενή γάλακτος	40
Εικόνα 14: Ενδεικτικός Κορυφολόγος.....	40
Εικόνα 15: Ενδεικτική Μονάδα Παστερίωσης	40
Εικόνα 16: Ενδεικτικό καλούπτι διήθησης φέτας	40
Εικόνα 17:Καυστήρας ατμολέβητα.....	40
Εικόνα 18:Ασφαλιστικό ατμολέβητα.....	41
Εικόνα 19:Απόληξη κελύφους ατμολέβητα	41
Εικόνα 20:Απόληξη κελύφους ατμολέβητα	41
Εικόνα 21:Όπισθεν θυρίδα ατμολέβητα	41
Εικόνα 22: Καπναγωγός ατμολέβητα.....	42
Εικόνα 23: Εισαγωγή και εξαγωγή συμπιεστή ψύκτη νερού.....	42
Εικόνα 24: Εισαγωγή και εξαγωγή συμπιεστή ψύκτη νερού.....	42
Εικόνα 25: Δίκτυο διανομής νερού ψύξης (υψηλές τιμές καταγράφονται στο μοτέρ της αντλίας)	42



Περιεχόμενα Σχημάτων

Σχήμα 1: Διαδικασία Διαχείρισης Ενέργειας.....	3
Σχήμα 2: Στάδια Σύστηματος Διαχείρισης Ενέργειας	5
Σχήμα 3: Τυπικά όρια ενεργειακού συστήματος κατά την χρήση ενέργειας.....	12
Σχήμα 4: Συσχέτιση ενέργειας εισόδου με την παραγωγή ή την ενέργεια εξόδου	15
Σχήμα 5: Συσχέτιση ειδικής κατανάλωσης ενέργειας με όγκο παραγωγής.....	16
Σχήμα 6: Συσχέτιση βαθμού απόδοσης ενεργειακής μετατροπής με την ωφέλιμη ενέργεια ..	17
Σχήμα 7: Ενδεικτικό Διάγραμμα διασποράς- Γραμμική παλινδρόμηση (βάσει παραγόμενου προϊόντος), Ενδεικτικό Διάγραμμα Απόκλισης Υπολοίπων και Ενδεικτικό Διάγραμμα CUSUM (σε διακριτές τιμές ανά εβδομάδα).....	20
Σχήμα 8: Κατανομή κατανάλωσης πρωτογενούς ηλεκτρικής ενέργειας	56
Σχήμα 9: Κατανομή κατανάλωσης πρωτογενούς θερμικής ενέργειας	56
Σχήμα 10: Σχέση μεταξύ μετρούμενης και υπολογιζόμενης κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας	59
Σχήμα 11: Διάγραμμα μετρημένης κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και γραμμής βάσης με τον αντίστοιχο μήνα.....	59
Σχήμα 12: Διάγραμμα διασποράς τιμών πραγματικής και αναμενόμενης κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για τα έτη 2018-2019.....	62
Σχήμα 13: Διάγραμμα σωρευτικής κατανομής των τιμών απόκλισης (CuSum) ανά μήνα για την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας 2018-2019.....	63
Σχήμα 14: Διάγραμμα ενεργειακών δεικτών ηλεκτρικής ενέργειας	64
Σχήμα 15: Σχέση μεταξύ μετρούμενης και υπολογιζόμενης κατανάλωσης θερμικής ενέργειας	67
Σχήμα 16: Διάγραμμα μετρημένης κατανάλωσης θερμικής ενέργειας και γραμμής βάσης με τον αντίστοιχο μήνα.....	67
Σχήμα 17: Διάγραμμα διασποράς τιμών πραγματικής και αναμενόμενης κατανάλωσης θερμικής ενέργειας για τα έτη 2018-2019.....	70
Σχήμα 18: Διάγραμμα σωρευτικής κατανομής των τιμών απόκλισης (CuSum) ανά μήνα για την κατανάλωση θερμικής ενέργειας 2018-2019.....	71
Σχήμα 19: Διάγραμμα ενεργειακών δεικτών θερμικής ενέργειας.....	72



Περιεχόμενα Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1: Διάγραμμα ροής παραγωγής φέτας.....	29
Διάγραμμα 2: Διάγραμμα ροής παραγωγής σαγανοτυριού	30
Διάγραμμα 3: Διάγραμμα ροής παραγωγής γιδοτυριού.....	31
Διάγραμμα 4: Διάγραμμα ροής παραγωγής βουτύρου.....	32
Διάγραμμα 5: Διάγραμμα ροής παραγωγής κρέμας γάλακτος	33



Περιεχόμενα Γραφημάτων

Γράφημα 1: Μηνιαίος ποσοστιαίος επιμερισμός ρευμάτων παραγόμενων προϊόντων 2018	.35
Γράφημα 2: Μηνιαίος ποσοστιαίος επιμερισμός ρευμάτων παραγόμενων προϊόντων 2019	..37
Γράφημα 3: Μηνιαίος επιμερισμός επεξεργασίας γάλακτος και κατανάλωσης ενέργειας 2018	.....47
Γράφημα 4: Μηνιαίος επιμερισμός επεξεργασίας γάλακτος και κατανάλωσης ενέργειας 2019	.....48
Γράφημα 5: Συσχέτιση ειδικής κατανάλωσης ενέργειας με την επεξεργασία γάλακτος 2018	.49
Γράφημα 6: Συσχέτιση ειδικής κατανάλωσης ενέργειας με την επεξεργασία γάλακτος 2019	.50
Γράφημα 7: Συσχέτιση ειδικού κόστους ενέργειας με την επεξεργασία γάλακτος 2018	.....51
Γράφημα 8: Συσχέτιση ειδικού κόστους ενέργειας με την επεξεργασία γάλακτος 2019	.....52
Γράφημα 9: Εκτίμηση Κατανάλωσης Θερμικής Ενέργειας υφιστάμενης και προτεινόμενης εγκατάστασης	.....75
Γράφημα 10: Σκαρίφημα του νέου ψυκτικού συγκροτήματος με γεωθερμία	.....77
Γράφημα 11: Παρουσίαση ψυκτικών κύκλων για τις δύο διαφορετικές εφαρμογές, για ψυκτικό ρευστό λειτουργίας R404A	.....79
Γράφημα 13: Μηνιαία κατανομή διαθέσιμης ηλιακής ακτινοβολίας	.....80
Γράφημα 14: Μηνιαία κατανομή ηλιακής ενέργεια	.....81
Γράφημα 15: Μηνιαία συσχέτιση κατανάλωσης και αυτοπαραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας μέσω Φ/Β	.....82



Περιεχόμενα Πινάκων

Πίνακας 1: Πρότυπα Σειράς ΕΛΟΤ EN ISO 50000	8
Πίνακας 2: Πρότυπα Σειράς ΕΛΟΤ EN 16247	9
Πίνακας 3: Διεθνή Πρότυπα Σειράς ΕΛΟΤ EN 16247	9
Πίνακας 4: Συνολική θεώρηση επιλογών Μέτρησης & Επαλήθευσης (M&E)	22
Πίνακας 5: Μηχανολογικός εξοπλισμός μονάδας.....	26
Πίνακας 6: Ρεύματα παραγόμενων προϊόντων 2018	34
Πίνακας 7: Ρεύματα παραγόμενων προϊόντων 2019	36
Πίνακας 8: Κατανομή καταναλισκόμενης θερμικής ενέργειας για το έτος 2018	43
Πίνακας 9: Κατανομή καταναλισκόμενης θερμικής ενέργειας για το έτος 2019	44
Πίνακας 10: Κατανομή καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας για το έτος 2018.....	45
Πίνακας 11: Κατανομή καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας για το έτος 2019.....	46
Πίνακας 12: Συγκεντρωτικά στοιχεία κατανάλωσης θερμικής ενέργειας 2018	53
Πίνακας 13: Συγκεντρωτικά στοιχεία κατανάλωσης θερμικής ενέργειας 2019	53
Πίνακας 14: Συγκεντρωτικά στοιχεία κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας 2018	53
Πίνακας 15: Συγκεντρωτικά στοιχεία κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας 2019	53
Πίνακας 16: Στοιχεία κατανάλωσης τελικής ενέργειας 2018	54
Πίνακας 17: Στοιχεία κατανάλωσης τελικής ενέργειας 2019	54
Πίνακας 18: Δεδομένα και αποτελέσματα της γραμμικής παλινδρόμησης για την καταναλισκόμενη Ηλεκτρική Ενέργεια.....	58
Πίνακας 19: Εκτίμηση σταθερής και μεταβλητής καταναλισκόμενης Ηλεκτρικής Ενέργειας...58	
Πίνακας 20: Στατιστικά αποτελέσματα υπολογισμού γραμμής βάσης Ηλεκτρικής Ενέργειας 60	
Πίνακας 21: Εκτίμηση ενεργειακών δεικτών με χρήση ηλεκτρικής ενέργειας για τα έτη 2018 - 2019	61
Πίνακας 22: Δεδομένα και αποτελέσματα της γραμμικής παλινδρόμησης για την καταναλισκόμενη Θερμική Ενέργεια	66
Πίνακας 23: Εκτίμηση σταθερής και μεταβλητής καταναλισκόμενης Θερμικής Ενέργειας	66
Πίνακας 24: Στατιστικά αποτελέσματα υπολογισμού γραμμής βάσης Θερμικής Ενέργειας...68	
Πίνακας 25: Εκτίμηση ενεργειακών δεικτών με χρήση θερμικής ενέργειας για τα έτη 2018-2019	69
Πίνακας 26: Εκτίμηση Κατανάλωσης Θερμικής Ενέργειας υφιστάμενης και προτεινόμενης εγκατάστασης.....	74
Πίνακας 27: Ενεργειακή, οικονομική και περιβαλλοντική αξιολόγηση παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Φ/Β.....	81
Πίνακας 28: Συγκεντρωτική ενεργειακή, οικονομική και περιβαλλοντική αξιολόγηση των παρεμβάσεων βελτίωσης ενεργειακής αποδοτικότητας χρήσης θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας.....	83
Πίνακας 29: Οικονομοτεχνική ανάλυση παρέμβασης αύξησης ενεργειακής αποδοτικότητας μέσω της προμήθειας νέας μονάδας πλύσης καλουπιών φέτας	85
Πίνακας 30: Οικονομοτεχνική ανάλυση παρέμβασης αντικατάστασης λέβητας υγραερίου με κατάλληλης δυναμικότητας αντλίας θερμότητας για τη θέρμανση χώρων εργασίας	87
Πίνακας 31: Οικονομοτεχνική ανάλυση παρέμβασης αύξησης ενεργειακής αποδοτικότητας με εγκατάσταση συστήματος γεωθερμίας.....	89



Πίνακας 32: Οικονομοτεχνική ανάλυση παρέμβασης παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ.....	91
Πίνακας 33: Οικονομοτεχνική ανάλυση του συνόλου των Παρεμβάσεων Εξοικονόμησης Ενέργειας	93



Συμβολισμοί – Συντομογραφίες

ΑΠΕ: Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

ΚΑΠΕ: Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας

ΕΕ (28): Ευρωπαϊκή Ένωση

ΔΕΕ: Δείκτης Ενεργειακής Επίδοσης (Καταναλισκόμενη Ηλεκτρική Ενέργεια προς Παραγόμενο Προϊόν)

ΣΕΣ: Συντελεστής Ενεργειακού Στόχου (Καταναλισκόμενη Ηλεκτρική Ενέργεια προς Αναμενόμενη Κατανάλωση).

ΕΕΣΕΕ: Ελάχιστος Επαληθεύσιμος Στόχος Εξοικονόμησης Ενέργειας

ΕΞΕ: Εξοικονόμηση ενέργειας

ΕΚΩ: Εταιρείας Κοινής Ωφέλειας

ΜΜΕ: Μέτρο Εξοικονόμησης Ενέργειας

ΜΤ: Μέση Τάση

ΥΠΕΝ: Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας

ΥΤ: Υψηλής Τάσης

ΦΑ: Φυσικό Αέριο

ΧΤ: Χαμηλή Τάση

CUSUM: cumulative sum of deviation from expected consumption

GHG: greenhouse gases – αέρια του θερμοκηπίου

IPMVP: Πρωτόκολλο Μέτρησης και Επαλήθευσης των Εξοικονομήσεων (International Performance Measurement & Verification Protocol)



Εισαγωγή

Ένα από τα αγροδιατροφικά προϊόντα με την μεγαλύτερη κατανάλωση σε παγκόσμιο επίπεδο είναι τα γαλακτοκομικά προϊόντα αφού συμβάλλουν με αναντικατάστατα συστατικά στην ανθρώπινη διατροφή (Egas et al., 2021). Σύμφωνα με τα στατιστικά στοιχεία της OECD-FAO (2018) η παγκόσμια κατανάλωση γαλακτοκομικών προϊόντων προβλέπεται να αυξηθεί κατά 19% ανά άτομο έως το 2050 με συνέπεια να δημιουργούνται ανησυχίες αφενός για την αύξηση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (greenhouse gases-GHG) αφετέρου για τις υψηλές ενεργειακές απαιτήσεις της παραγωγής γάλακτος και των προϊόντων που παράγονται από αυτό. Βασικό παράγοντας που οδήγησε στα προαναφερόμενα είναι η αυξημένη προβλεπόμενη ζήτηση από τις αναπτυσσόμενες χώρες (τροφοδοτούμενη από την προβλεπόμενη αύξηση του Ακαθάριστου Εγχώριου Προϊόντος (ΑΕΠ)), όπου προβλέπεται αύξηση 46% στη Λατινική Αμερική, την Υποσαχάρια Αφρική, την Ασία και την Ανατολική/Βόρεια Αφρική (Bruinsma & Alexandratos, 2012). Επιπρόσθετα, προβλέπεται αύξηση 22% της παγκόσμιας παραγωγής γάλακτος στη δεκαετή περίοδο μεταξύ 2018 και 2027 (OECD - FAO, 2018).

Η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ-28) κατέχει την δεύτερη θέση παγκοσμίως στην παραγωγή γάλακτος και γαλακτοκομικών προϊόντων (OECD-FAO, 2020), ωστόσο, το 2018 ήταν ο μεγαλύτερος παραγωγός γάλακτος παγκοσμίως, όπου παρήγαγε 153 10⁹ lit (δισεκατομμύρια λίτρα) γάλακτος (Upton et al., 2013 & O'Brien et al., 2012). Από το 2015, οι όγκοι παραγωγής γάλακτος αυξήθηκαν κατά 6% στην ΕΕ (28) και τις ΗΠΑ για να βοηθήσουν την προσφορά αυξημένης παγκόσμιας ζήτησης (Upton et al., 2013 & O'Brien et al., 2012). Η πρόθεση της γαλακτοβιομηχανίας της ΕΕ (28) να καλύψει την αυξανόμενη ζήτηση νωπού γάλακτος θα τονίσει ακόμη περισσότερο τη σημασία αυτής της βιομηχανίας στον τομέα των τροφίμων και ποτών της. Τα οφέλη που αποφέρει η γαλακτοβιομηχανία στην κοινωνία της ΕΕ και στην παραγωγική και αγροτική οικονομία της δεν μπορούν να παραβλεφθούν (Egas et al., 2021).

Ωστόσο, σε πλήθος ευρωπαϊών χωρών, η παραγωγή γαλακτοκομικών προϊόντων αντιπροσωπεύει σημαντικό μερίδιο των συνολικών εκπομπών αερίων θερμοκηπίου (GHG) καθώς επίσης οι γαλακτοβιομηχανίες θεωρούνται από τις πιο ενεργοβόρες του βιομηχανικού τομέα, με αποτέλεσμα να δημιουργείται η επιτακτική ανάγκη για συζητήσεις σχετικά την αντιμετώπιση όχι μόνο για την μείωση τέτοιων εκπομπών (OECD-FAO, 2020) αλλά και τα μέτρα για την εξοικονόμηση ενέργειας που απαιτούνται λόγω της πολυπλοκότητας των φυσικών και χημικών διεργασιών της παραγωγής γαλακτοκομικών προϊόντων (Kozub et al., 2020).

Η σημασία της κατανάλωσης ενέργειας από γαλακτοβιομηχανίες είναι διπλή, διότι η αλυσίδα εφοδιασμού γαλακτοκομικών προϊόντων (από την παραγωγή νωπού γάλακτος έως τη μεταφορά των τελικών γαλακτοκομικών προϊόντων στην πύλη λιανικής πώλησης) αντιπροσωπεύει το 3-4% των παγκόσμιων ανθρωπογενών εκπομπών GHG και η γαλακτοκομική βιομηχανία πρέπει να ανταποκριθεί στον πρόσφατο αυξημένο έλεγχο ελαχιστοποιώντας τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της σε όλα τα στάδια της αλυσίδας εφοδιασμού γαλακτοκομικών προϊόντων (FAO, 2010). Επιπλέον, οικονομικά, η ηλεκτρική ενέργεια που προέρχεται από το δίκτυο μπορεί να εκτεθεί σε αυξανόμενο ενεργειακό κόστος, αυξανόμενες οικονομικές ανησυχίες για τους γαλακτοπαραγωγούς και αυξανόμενο ενδιαφέρον για ενεργειακά αποδοτικές και ανανεώσιμες τεχνολογίες ενέργειας που βοηθούν στη βελτίωση



της ενεργειακής ανεξαρτησίας και στην ελαχιστοποίηση της χρήσης ενέργειας (Upton et al., 2013)

Συνοψίζοντας η αυξητική τάση ζήτησης γάλακτος και γαλακτοκομικών προϊόντων πρέπει να αντιμετωπιστεί με τη βιώσιμη χρήση των ενεργειακών πόρων, για να διασφαλιστεί η μελλοντική νομισματική και περιβαλλοντική βιωσιμότητα της γαλακτοκομικής βιομηχανίας (Shine et al., 2020).

Στόχος της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι η μελέτη και ανάλυση των ενεργειακών δεικτών στον τομέα της γαλακτοβιομηχανίας. Για την ενεργειακή αξιολόγηση απαιτείται, σύμφωνα με την νομοθεσία, Νομός 4342-2015, η καταγραφή και αποτύπωση όλων των ενεργειακών πηγών και καταναλώσεων των κτιρίων και του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού, την κατάστρωση ισοζυγίων ενέργειας, την κατασκευή ενεργειακών γραμμών βάσης και παρακολούθησης των ενεργειακών δεικτών ενεργειακής κατανάλωσης. Επίσης, θα προταθούν μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας με στόχο την βελτίωση του ενεργειακού αποτυπώματος αυτής της κατηγορίας βιομηχανιών.

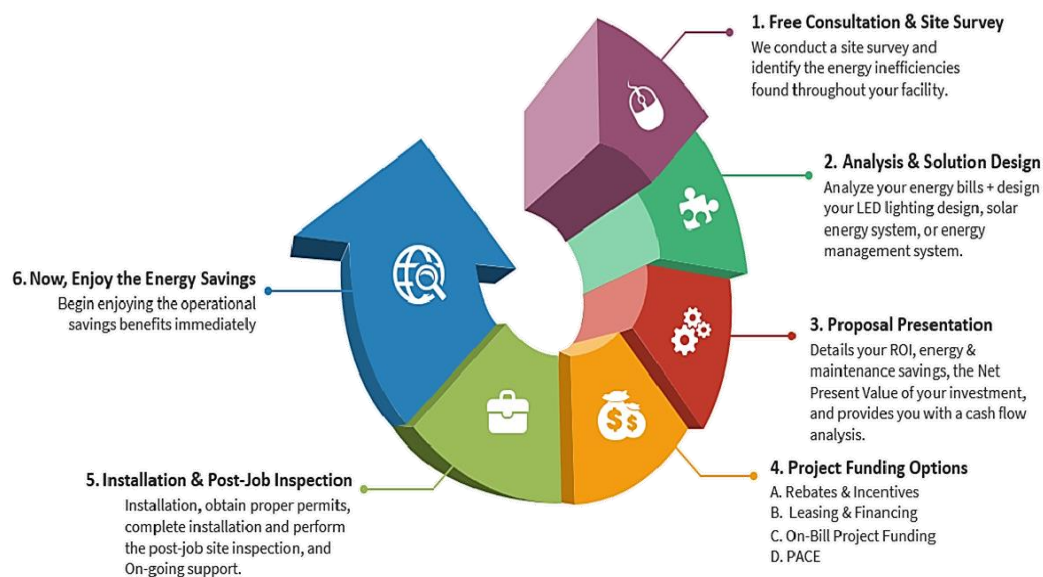


1. Βασικά Στοιχεία Ενεργειακού Ελέγχου Βιομηχανίας

1.1. Ενεργειακή Διαχείριση

Με το πέρασμα των χρόνων έχει γίνει επιτακτική ανάγκη από τον βιομηχανικό και επιχειρηματικό τομέα η επίτευξη βελτίωσης περιβαλλοντικών επιδόσεων πραγματοποιώντας ελέγχους για το αντίκτυπο των δραστηριοτήτων, των προϊόντων και των υπηρεσιών τους στο περιβάλλον. Τα επιθυμητά αποτελέσματα μπορούν να προέλθουν μόνο με την δημιουργία ενός άρτιου συστήματος διαχείρισης ενέργειας, το οποίο ορίζεται από τον Οδηγό Ενεργειακών Ελέγχων σε κτίρια, βιομηχανία και μεταφορά του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας (ΥΠΕΝ), ως «*το σύνολο των αλληλένδετων ή αλληλεπιδρώντων στοιχείων ενός σχεδίου που θέτει στόχο ενεργειακής απόδοσης και χαράσσει τη στρατηγική επίτευξης του εν λόγω στόχου*».

Η ενεργειακή διαχείριση θεωρείται ως την βασική μέθοδος βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης ενός συστήματος με τεχνικά και οργανωτικά μέτρα, που έχει ως στόχο την ελαχιστοποίηση της ενέργειας στο συνολικό κόστος παραγωγής (Νόμος 4342/2015 - ΦΕΚ Α 143/9-11-2015). Η διαχείριση ενέργειας βασίζεται σε τακτικούς και οργανωμένους ελέγχους της ενεργειακής κατανάλωσης καθώς και στην αναγνώριση και την καταγραφή των ενεργειακών απαιτήσεων. Η διεκπεραίωση της απαιτεί πειθαρχία και οργάνωση με στόχο την βέλτιστη αποδοτική χρήση της ενέργειας αλλά παράλληλα διατηρώντας σταθερά τα παραγωγικά επίπεδα, την ποιότητα των προϊόντων και υπηρεσιών καθώς και η διασφάλιση των περιβαλλοντικών προτύπων. Ο πυλώνας της ενεργειακής διαχείρισης είναι η οικονομική αποτελεσματικότητα που προκύπτει από τεχνικές και οικονομικές εκτιμήσεις (Ευθυμιάδης και συν, 2017).



Σχήμα 1: Διαδικασία Διαχείρισης Ενέργειας
[Πηγή: <https://www.efficientpowertech.com/energy-management-process/>]



Η ενεργειακή διαχείριση σε μια βιομηχανία απαιτεί προγραμματισμό, οποίος θα περιλαμβάνει τις ακόλουθες ενέργειες (Ζώρλος, 2017):

- Ενεργειακή Επιθεώρηση: καταγραφή ενεργειακών καταναλώσεων και ενεργειακών μεγεθών, επεξεργασία των αποτελεσμάτων που προκύπτουν από τις μετρήσεις και προσδιορισμός μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας.
- Ορισμός Ενεργειακού Υπεύθυνου: απαιτείται να έχει άρτια γνώση των παραγωγικών διαδικασιών και των ενεργειακών συστημάτων.
- Αρχείο Ενεργειακών Καταναλώσεων: δημιουργία αρχείου ενεργειακών καταναλώσεων το οποίο θα ενημερώνεται σε τακτά χρονικά διαστήματα.
- Ενεργειακή Έκθεση: σύνταξη ενεργειακών εκθέσεων, σε τακτά χρονικά διαστήματα, προς την Διοίκηση.
- Μέτρα Εξοικονόμησης Ενέργειας: εφαρμογή των προτάσεων εξοικονόμησης ενέργειας, που έχουν προκύψει από τεχνοοικονομικές μελέτες αναλύοντας την σκοπιμότητα των μέτρων
- Ενημέρωση Προσωπικού: ανάλυση για τους στόχους εφαρμογής του προγράμματος ενεργειακής διαχείρισης και ευαισθητοποίηση του ανθρώπινου δυναμικού.
- Εκπαίδευση Τεχνικού Προσωπικού: εκπαίδευση στο νέο εξοπλισμό και συστήματα που προέκυψαν από την εφαρμογή του προγράμματος ενεργειακής διαχείρισης

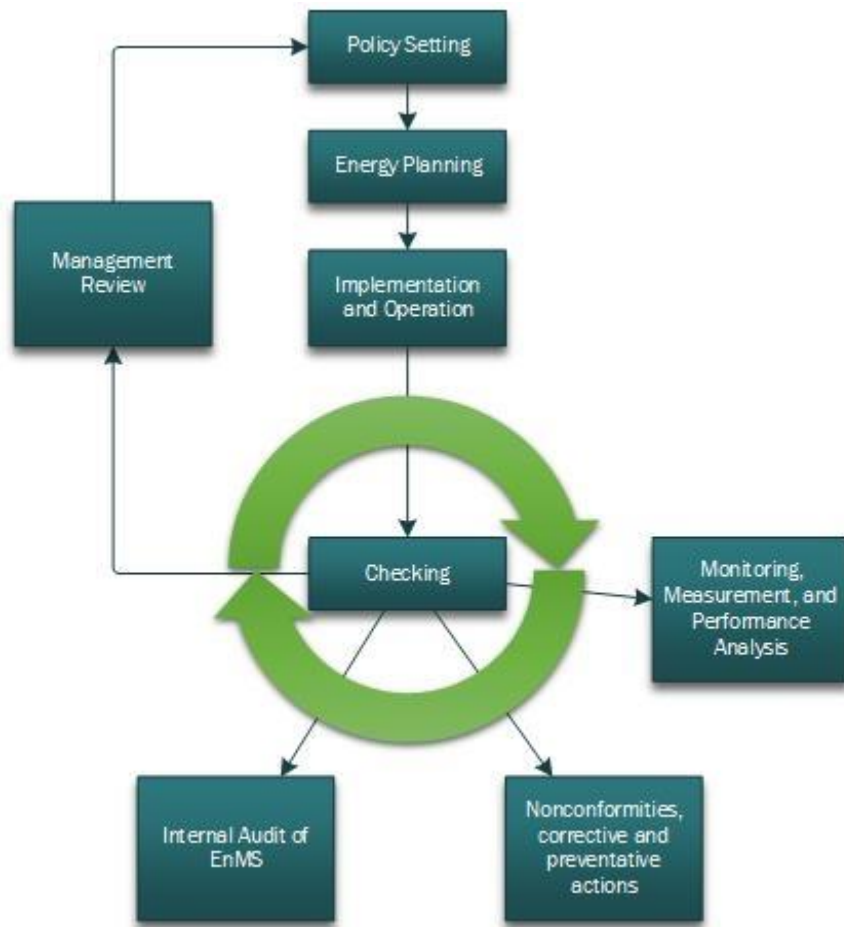
Κατά την διαδικασία της Ενεργειακής Διαχείρισης λαμβάνονται κρίσιμες μετρήσεις ενεργειακών και περιβαλλοντικών μεγεθών μια βιομηχανίας. Η περαιτέρω επεξεργασία των μετρήσεων δίνει την δυνατότητα εντοπισμού δυσλειτουργιών της, όπου με ορθή εφαρμογή μέτρων μπορεί να ομαλοποιηθούν οι λειτουργίες της και να επιτευχθεί βέλτιστη ενεργειακή λύση (Σάλτσα, 2010). Ωστόσο, κατά την εφαρμογή ενός Συστήματος Διαχείρισης Ενέργειας μπορούν να παρουσιαστούν εμπόδια όπως η έλλειψη ή/και η λανθασμένη πληροφόρηση για τις δυνατότητες βελτίωσης της ενεργειακής αποδοτικότητας μέσα από τις διαδικασίες της Ενεργειακής Διαχείρισης, η έλλειψη τεχνογνωσίας καθώς και μειωμένο ενδιαφέρον από την Διοίκηση βάζοντας διαφορετικές προτεραιότητες (Ζώρλος, 2017).

Η εφαρμογή ενός Συστήματος Διαχείρισης Ενέργειας σε μια βιομηχανία (εγκαταστάσεις, κτίρια, εξοπλισμό) μπορεί να ωφελήσει σε τρία βασικά επίπεδα. Αρχικά στο οικονομικό επίπεδο όπου μπορεί να επιτευχθεί μείωση των λειτουργικών εξόδων με ταυτόχρονη αύξηση των κερδών της. Ακολουθεί το λειτουργικό επίπεδο όπου δίνεται η δυνατότητα για βελτιώσεις όπως του επιπέδου άνεσης, την ασφάλεια και αποδοτικότητα του ανθρώπινου δυναμικού καθώς και ενεργειακή αποδοτικότητα της γενικής λειτουργίας της και τέλος σε περιβαλλοντικό επίπεδο όπου η εφαρμογή των μέτρων εξοικονόμησης ενέργειας οδηγεί σε ελάττωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) ή/και άλλων αέριων του θερμοκηπίου, καθώς και σε ελάττωση των ενεργειακών αναγκών σε εθνικό επίπεδο και παράλληλα στη διατήρηση των φυσικών πόρων (Ευθυμιάδης και συν., 2017).

Ο Στόχος ενός Συστήματος Διαχείρισης Ενέργειας δεν είναι μόνο η επίτευξη βελτίωσης ενεργειακής απόδοσης αλλά και η αποφυγή της επαναληψιμότητας των κακών πρακτικών του παρελθόντος. Επίσης, το σύνολο των προδιαγραφών αυτών το συστημάτων βασίζεται σε διεθνή πρότυπα όπως ISO 9001 (Σύστημα Διαχείρισης ποιότητας), ISO 14001 (Σύστημα Διαχείρισης Περιβάλλοντος), ISO 22001 (Σύστημα Ασφάλειας Τροφίμων) και ISO 50001



(Σύστημα Διαχείρισης Ενέργειας). Ένα τυπικό Σύστημα Διαχείρισης Ενέργειας απεικονίζεται στο Σχήμα 2, όπου διακρίνονται τα στάδια της διαχείρισης.



Σχήμα 2: Στάδια Σύστημα Διαχείρισης Ενέργειας
[Πηγή: <http://www.kisebachconsulting.com/enms>]

Ένα από τα αναπόσπαστα τμήματα ενός Συστήματος Ενεργειακής Διαχείρισης είναι οι διαδικασίες του ενεργειακού ελέγχου καθώς και οι μελέτες εξοικονόμησης ενέργειας (Ευθυμιάδης και συν, 2017).

1.2. Ενεργειακός Έλεγχος

Ενεργειακός Έλεγχος (Energy Audit) καλείται η διαδικασία που στοχεύει αφενός στη γνώση του ποσού των περιοχών και της διαχρονικής εξέλιξης της ενεργειακής κατανάλωσης ενός κτιρίου, μίας βιομηχανίας, ενός μέσου μεταφοράς, αφετέρου στην ιεράρχηση, την αξιολόγηση και την δυνατότητα υποβολής πρότασης προς κάποιο φορέα διαχείρισης, κατάλληλων δυνατοτήτων εξοικονόμησης ενέργειας (Ζώρλος, 2017).

Σύμφωνα με τον Οδηγό Ενεργειακών Ελέγχων σε κτίρια, βιομηχανία και μεταφορά του ΥΠΕΝ, ο Ενεργειακός Έλεγχος ορίζεται σε διεθνές επίπεδο ορίζεται «ο συστηματικός έλεγχος και ανάλυση της χρήσης και κατανάλωσης ενέργειας μιας μονάδος, ενός κτιρίου, ενός



συστήματος ή μίας επιχείρησης με στόχο τον ποσοτικό προσδιορισμό των ενεργειακών ροών και του δυναμικού βελτιώσεων της ενεργειακής απόδοσης και η σχετική αναφορά αυτών» (Ευθυμιάδης και συν., 2017).

Ωστόσο, ο ενεργειακός έλεγχος ορίζεται και από τον Νόμο 4342/2015 (ΦΕΚ Α 143/9-11-2015) όπου εναρμονίστηκε το Εθνικό Νομοθετικό Πλαίσιο με την Οδηγία 2012/27/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου για την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης, ως «η συστηματική διαδικασία με σκοπό την απόκτηση επαρκούς γνώσης του υφιστάμενου συνόλου χαρακτηριστικών ενεργειακής κατανάλωσης ενός κτιρίου ή μίας ομάδας κτιρίων, μίας βιομηχανικής ή εμπορικής δραστηριότητας ή εγκατάστασης, καθώς και ιδιωτικών ή δημόσιων υπηρεσιών, με την οποία εντοπίζονται και προσδιορίζονται ποσοτικά οι οικονομικώς αποδοτικές δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας, και με την οποία συντάσσεται έκθεση αποτελεσμάτων».

Σύμφωνα τον Οδηγό των Ενεργειακών Ελέγχων σε κτίρια βιομηχανία και μεταφορές, κάθε ενεργειακός έλεγχος πραγματοποιείται σε τρία (3) στάδια σύμφωνα με τα διεθνή πρότυπα (EN 16247 ή EN ISO 500022) που περιλαμβάνουν διαδικασίες και απαιτήσεις, τα οποία είναι:

1. Σχεδιασμός Ενεργειακού Ελέγχου: συλλογή πληροφοριών και δεδομένων σχετικά με την υφιστάμενη και παρελθούσα ενεργειακή κατάσταση σύμφωνα με την κατασκευή και την χρήση.
2. Συνοπτικός Ενεργειακός Έλεγχος: επί τόπου κυρίως έλεγχος σε κέλυφος, καταγραφή ηλεκτρομηχανολογικών, κατασκευαστικών και λειτουργικών χαρακτηριστικών σε εγκαταστάσεις και εξοπλισμό.
3. Εκτενής Ενεργειακός Έλεγχος: λεπτομερή συλλογή και ανάλυση δεδομένων επί τόπου αναλυτικών μετρήσεων και πλήρη εξέταση τμημάτων των ενεργειακών συστημάτων, με στόχο την σύνταξη του τελικού ενεργειακού ισοζυγίου ενός συστήματος και την ορθή τεχνικοοικονομική αξιολόγηση μιας δυνατότητας εξοικονόμησης ενέργειας. Τα βήματα του εκτενούς ενεργειακού ελέγχου έχουν επιγραμματικά ως εξής:
 - a. Σχεδιασμός του ελέγχου.
 - b. Συλλογή διαθέσιμων στοιχείων παραγωγής και ενεργειακών καταναλώσεων
 - c. Επιτόπου επίσκεψη και αυτοψία συγκροτήματος
 - d. Διεξαγωγή μετρήσεων για την συλλογή πρόσθετων στοιχείων
 - e. Υπολογισμός ισοζυγίων μάζας και ενέργειας
 - f. Εντοπισμός επεμβάσεων διαχειριστικού εκσυγχρονισμού
 - g. Εντοπισμός επεμβάσεων βραχυπρόθεσμης απόδοσης
 - h. Εντοπισμός επεμβάσεων μεσοπρόθεσμης απόδοσης
 - i. Εντοπισμός επεμβάσεων μακροπρόθεσμης απόδοσης
 - j. Συγγραφή έκθεσης (ιεράρχηση επεμβάσεων, σχέδιο δράσης)

Σημειώνεται ότι ο Εκτενής Ενεργειακός Έλεγχος υλοποιείται χωρίς να έχει προηγηθεί ο σχεδιασμός του ενεργειακού ελέγχου και ο συνοπτικός ενεργειακός έλεγχος. Ωστόσο, απαιτεί τον μέγιστο χρόνο διεκπεραίωσης κάτι που εξαρτάται άμεσα από τον χαρακτήρα και την πολυπλοκότητα του εξεταζόμενου συστήματος. Επιπλέον, η άρτια διεκπεραίωση του απαιτεί την καταγραφή συγκεκριμένων μεγεθών και παραμέτρων συναρτήσεως του χρόνου για μεγάλα χρονικά διαστήματα με στόχο την διάκριση ύπαρξης περιοδικότητας και της επίδρασης ορισμένων παραγόντων στις χρονοσειρές. Στα ανωτέρω εντάσσονται και μετρήσεις ποιότητας θερμικής, οπτικής άνεσης στους χώρους του κτιρίου και των εγκαταστάσεων (θερμοκρασία,



σχετική υγρασία, ταχύτητα αέρα, φωτεινότητα) καθώς και ηλεκτρικές μετρήσεις για τον προσδιορισμό του ημερησίου προφίλ της ζήτησης ισχύος, καθώς και σύνθετες μετρήσεις για τη λειτουργία του συστήματος κλιματισμού (ψύξη / θέρμανση / αερισμός). Το πλήθος, η διάρκεια και η ακρίβεια των σχετικών μετρήσεων εξαρτώνται άμεσα από το εύρος και το βάθος των ενεργειών του ενεργειακού ελέγχου (Ζώρλος, 2017).

Οι μετρήσεις και τα στοιχεία που θα προκύψουν από τις ανωτέρω ενέργειες απαιτούν περεταίρω επεξεργασία και υπολογισμούς με στόχο την διεξαγωγή αποτελεσμάτων αλλά και προτάσεις εκτίμησης. Βασικά στοιχεία προσδιορισμού είναι οι ποσοτικές χρήσεις ενέργειας που υπολείπονται, για την τελική έκφραση της κατανομής της ετήσιας ενεργειακής κατανάλωσης ανά χρήση, οι αιτίες που οδηγούν στην ενεργειακή συμπεριφορά της εξεταζόμενης περίπτωσης καθώς και οι δυνατότητες που προκύπτουν για εξοικονόμηση ενέργειας. Επιπλέον, ο υπολογισμός των ενεργειακών απωλειών για τον υπολογισμό των ενεργειακών ισοζυγίων μέσω των διαγραμμάτων Sankey ενεργειακών ροών. Με την ολοκλήρωση του ενεργειακού ελέγχου συντάσσεται τεχνική έκθεση αναφοράς όπου συμπεριλαμβάνει τα αποτελέσματα της καταγραφής και των μετρήσεων και καταγράφονται οι προτάσεις βελτίωσης της ενεργειακής απόδοσης της επιχείρησης (Ευθυμιάδης και συν., 2017).

1.3. Κανονισμοί και Πρότυπα Ενεργειακών Ελέγχων

➤ Διεθνές Πρωτόκολλο Μέτρησης και Επαλήθευσης της Ενεργειακής Επιδόσεως

Το Διεθνές Πρωτόκολλο Μέτρησης και Επαλήθευσης της Ενεργειακής Επιδόσεως (International Performance Measurement and Verification Protocol - IPMVP) εκδόθηκε το 2002 και έκτοτε έχει επανεκδοθεί άλλες δύο φορές (2012, 2016). Το προαναφερόμενο πρότυπο είναι συνέχεια του North American Monitoring and Verification Protocols (NAMVP) που εκδόθηκε το 1966 και ήταν η βάση για την συγγραφή της ΚΥΑ 11038/1999. Οι νεότερες εκδόσεις περιλαμβάνουν αναλυτικές τεχνικές με στόχο την εκτίμηση την εξοικονόμησης ενέργειας και της αβεβαιότητας αυτής, καθώς επίσης μεγάλη γκάμα παραδειγμάτων και τεχνικών εφαρμογής ανά είδος τεχνολογικής επέμβασης.

Το IPMVP είναι το πιο διαδεδομένο πρότυπο διεξαγωγής ενεργειακών ελέγχων και έχει υιοθετηθεί από πλήθος χώρων ως επίσημο κανονισμό, διότι καθορίζει ότι «η εξοικονόμηση θεωρείται ότι είναι στατιστικώς έγκυρη εάν είναι μεγαλύτερη έναντι των στατιστικών διακυμάνσεως. Ειδικότερα η εξοικονόμηση πρέπει να είναι μεγαλύτερη από το διπλάσιο του τυπικού σφάλματος του τύπου της γραμμής βάσης της κατανάλωσης», δηλαδή:

$$\Sigma EE > 2 RMSE \Rightarrow RMSE < 0,5 \Sigma EE \quad [1.1]$$

Σημειώνεται με το Διεθνές Πρωτόκολλο IPMVP τα επιτρεπτά επίπεδα αβεβαιότητας είναι ελαττωμένα κατά το μισό σύμφωνα του παλαιότερου κριτηρίου $RMSE < \Sigma EE$.

➤ Πρότυπο ASHRAE

Σύμφωνα με τον Οδηγό των Ενεργειακών Ελέγχων σε κτίρια βιομηχανία και μεταφορές, το πρότυπο της American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers (ASHRAE) εκδόθηκε το 2002 με τίτλο “Μετρήσεις εξοικονόμησης ενέργειας και



ζήτησης (Measurement of Energy and Demand Savings)” και έκτοτε αποτέλεσε την βασική μεθοδολογία για την μέτρηση και τον υπολογισμό της επιτευχθείσας εξοικονόμησης ενέργειας στα έργα αυτά. Ακόμα, διατύπωσε για πρώτη φορά μία αναλυτική στατιστική θεωρία για την εκτίμηση της αβεβαιότητας της υπολογισθείσας εξοικονόμησης ενέργειας. Η απαίτηση για τα επιτρεπόμενα επίπεδα αβεβαιότητας διαμορφώθηκε ως εξής: Μέγιστο επίπεδο αβεβαιότητας $\leq 50\%$ της ετήσιας εξοικονόμησης (βαθμός εμπιστοσύνης 68%). Στην πράξη η απαίτηση ισοδυναμεί με την απαίτηση του IPMVP για 2 (RMSE) $< 3\text{EE}$ διότι ο συντελεστής κατά Student (t) οποίος αντιστοιχεί σε διάστημα εμπιστοσύνης 68% ισούται με 1. Το πρότυπο αυτό αναθεωρήθηκε το 2014 και σήμερα αποτελεί την βάση για την έκδοση δεκάδων εγχειριδίων ενεργειακών ελέγχων ανά τον κόσμο.

➤ *Πρότυπα Σειράς ΕΛΟΤ EN ISO 50000*

Η Σειρά Προτύπων ΕΛΟΤ EN ISO 50000 έχει τα διεθνή πρότυπα που καταγράφονται στον Πίνακα 1 με βασικό το πρότυπο ΕΛΟΤ EN ISO 50001.

Πίνακας 1: Πρότυπα Σειράς ΕΛΟΤ EN ISO 50000

Σειρά Προτύπων	Περιγραφή
ISO 50001:2011	Συστήματα διαχείρισης της ενέργειας - Απαιτήσεις και οδηγίες εφαρμογής (Energy management systems - Requirements with guidance)
ISO 50002:2014	Ενεργειακοί έλεγχοι - Απαιτήσεις με οδηγίες χρήσεως (Energy audits - Requirements with guidance for use)
ISO 50003:2014	Συστήματα διαχείρισης ενέργειας - απαιτήσεις για παρόχους ενεργειακών ελέγχων και πιστοποίησης συστημάτων διαχείρισης ενέργειας, (Energy management systems - Requirements for bodies providing audit and certification of energy management systems)
ISO 50004:2014	Συστήματα διαχείρισης ενέργειας - Οδηγίες εφαρμογής, συντήρησης και βελτίωσης ενός συστήματος διαχείρισης ενέργειας (Energy management systems - Guidance for the implementation, maintenance and improvement of an energy management system)
ISO 50006:2014	Συστήματα διαχείρισης ενέργειας - Μέτρηση ενεργειακής επίδοσης με χρήση γραμμών ενεργειακής βάσης και δείκτες ενεργειακής επίδοσης - Γενικές αρχές και οδηγίες (Energy management systems - Measuring Energy Performance using Energy Baselines and Energy Performance Indicators -General Principles and Guidance)
ISO 50015:2014	Συστήματα διαχείρισης ενέργειας – Μέτρηση και επαλήθευση της ενεργειακής επίδοσης Οργανισμών – Γενικές αρχές και οδηγίες (Energy Management Systems - Measurement and Verification of Energy Performance of Organizations - General Principles and Guidance)

➤ *Πρότυπα σειράς ΕΛΟΤ EN 16247*

Η νέα σειρά προτύπων της Ε.Ε ΓΙΑ τους ενεργειακούς ενέχουν δίνεται στον Πίνακα 2.



Πίνακας 2: Πρότυπα Σειράς ΕΛΟΤ EN 16247

Σειρά Προτύπων	Περιγραφή
EN 16247-1: 2014	Ενεργειακοί έλεγχοι– Μέρος 1: Γενικές απαιτήσεις Energy audits - Part 1: General requirements
EN 16247-2: 2014	Ενεργειακοί έλεγχοι – Μέρος 2: Κτίρια Energy audits - Part 2: Buildings
EN 16247-3: 2014	Ενεργειακοί έλεγχοι – Μέρος 3: Διεργασίες Energy audits - Part 3: Processes
EN 16247-4: 2014	Ενεργειακοί έλεγχοι – Μέρος 4: Μεταφορές Energy audits - Part 4: Transport
EN 16247-5: 2014	Ενεργειακοί έλεγχοι – Προσόντα ενεργειακών ελεγκτών Energy audits — Competence of energy auditors

➤ Διεθνή Πρότυπα Σειράς ΕΛΟΤ EN ISO 17740

Επιπλέον, μια νέα σειρά διεθνών προτύπων ISO με αρίθμηση 17740 δίνεται στον Πίνακα 3.

Πίνακας 3: Διεθνή Πρότυπα Σειράς ΕΛΟΤ EN 16247

Σειρά Προτύπων	Περιγραφή
ISO 17741:2016	Γενικοί τεχνικοί κανόνες για μέτρηση, υπολογισμό και επαλήθευση της ΕΕ στα έργα (General technical rules for measurement, calculation and verification of energy savings of projects)
ISO 17742:2015	Ενεργειακή απόδοση και υπολογισμός εξοικονόμησης για χώρες, περιοχές και πόλεις (Energy efficiency and savings calculation for countries, regions and cities)
ISO 17743:2016	Εξοικονόμηση ενέργειας – Ορισμός μεθοδολογικού πλαισίου υπολογισμού και εκθέσεως της ΕΕ (Energy savings — Definition of a methodological framework applicable to calculation and reporting on energy savings)
SO/FDIS 17747	Προσδιορισμός της εξοικονόμησης ενέργειας σε οργανισμούς Determination of energy savings in organizations

1.4. Μεθοδολογία Ανάλυσης Δεδομένων Ενεργειακού Ελέγχου

Η συλλογή δεδομένων είναι ένα από τα πρωταρχικά και απαραίτητα βήματα ενός ενεργειακού ελέγχου. Τα βασικά στοιχεία που συλλέγονται δομούνται και οριοθετούνται κατά την διάρκεια του σταδίου σχεδιασμού και βασίζονται στους καθορισμένους στόχους και τα κριτήρια του ενεργειακού ελέγχου. Η συλλογή των δεδομένων διαφοροποιείται και διαμορφώνεται κατά την διάρκεια του ελέγχου και των απαιτήσεων που προκύπτου σύμφωνα με την περίπτωση μελέτης.

Η καταγραφή των οδηγιών ενός εκτενούς ελέγχου έχουν πραγματοποιηθεί σε ενότητες και είναι οι εξής γενικά στοιχεία, στοιχεία παραγωγής, στοιχεία καταναλώσεων ενέργειας, στοιχεία εγκαταστάσεων και στοιχεία οργάνωσης. Ωστόσο, στη περίπτωση που υπάρχουν είτε



επιπλέον στόχοι είτε επιπρόσθετα κριτήρια, απαιτείται από τον ελεγκτή η αναθεώρηση της περιγραφής των κριτηρίων που προαναφέρθηκαν, δίνοντας σαφή τεκμηρίωση σε κάθε τροποποίηση (Φοράδη και Μωραϊτης, 2019).

1.4.1. Μέτρηση Χρήσης Ενέργειας

Η μέτρηση χρήσης ενέργειας αφορά τις απαιτήσεις της μέτρησης ενέργειας της βιομηχανικής μονάδας, οι οποίες είναι οι ακόλουθες (Ευθυμιάδης και συν, 2017):

- a. Χρονικό βήμα και χρονική περίοδος: το χρονικό βήμα ορίζεται συνήθως στον έναν (1) μήνα κάτι που οφείλεται στα δεδομένα που αποδεδμεύονται από την εταιρεία κοινής ωφέλειας (ΕΚΩ). Η περίοδο μέτρησης απαιτείται να είναι δώδεκα (12) συνεχόμενοι μήνες. Ωστόσο, λόγω ότι αυτή η περίοδος δεν μπορεί να αντιπροσωπεύει την τυπική κατανάλωση απαιτείται η παράταση σε τριάντα έξι (36) μήνες. Εναλλακτικά, το μετρούμενο χρονικό βήμα μπορεί να είναι ωριαία, ημερήσια, τριμηνιαία ή ετήσια, ανάλογα με τα διαθέσιμα δεδομένα και τις απαιτήσεις τεκμηρίωσης των στόχων εξοικονόμησης ενέργειας. Σημειώνεται ότι, ο ελεγκτής είναι αυτός που καθορίζει την ελάχιστη απαιτούμενη περίοδο επιμέτρησης.
- b. Μη αποθηκευμένη ενέργεια: η ποσότητα κάθε παρεχόμενης και μη αποθηκευμένης μορφής ενέργειας, όπως η ηλεκτρική ενέργεια, θα πρέπει να μετράται χρησιμοποιώντας τον ίδιο μετρητή με βάση τον οποίο γίνεται η προμήθεια. Η ποσότητα ενέργειας που αναφέρεται στο τιμολόγιο προμήθειας είναι αποδεκτή.
- c. Αποθηκευμένη ενέργεια: κατά την χρονική διάρκεια ενός βήματος (όπως ενός μήνα, ενός έτους κ.ά.) η κατανάλωση αποθηκευμένης ενέργειας (όπως υγρό ή αέριο καύσιμο) θα υπολογιστεί σύμφωνα με την ποσότητα προμήθειας και τα αντίστοιχα αποθέματα για το συγκεκριμένο χρονικό βήμα αναφοράς.
- d. Διαδικασίες προμήθειας υγρών καυσίμων: η μέτρηση των υγρών καυσίμων γίνεται σε λίτρα (lit) και η τιμή τους εξαρτάται από παράγοντες όπως η ποιότητα, η διαθεσιμότητα καθώς και από την τοποθεσία του συγκροτήματος. Η τιμή υπολογίζεται ως μέσος όρος της τιμής/lit των συνολικών αγορών ενός έτους. Για την προμήθεια απαιτείται αρχικά έλεγχος των αποθεμάτων των δεξαμενών αποθήκευσης πριν και μετά από κάθε παραλαβή καθώς και συσχετισμός με την εκάστοτε προμηθευόμενη ποσότητα ενέργειας.
- e. Διαδικασία διακίνησης υγρών καυσίμων: στο συγκρότημα απαιτεί ο έλεγχος της διανομής υγρών καυσίμων στις επιμέρους παραγωγικές μονάδες. Η ποσότητα του υγρού καυσίμου που καταναλώνεται από αυτές τις μονάδες καταγράφεται λεπτομερώς είτε από κατάλληλους μετρητές είτε πραγματοποιείται προκαταρκτική εκτίμηση της κατανομής της χρήσης καυσίμου σε κάθε διαδικασία με βάση το ενεργειακό ισοζύγιο και τις τεχνικές μέτρησης από τον ελεγκτή.
- f. Διαδικασίες προμήθειας και χειρισμού στερεών καυσίμων: με την παραλαβή στερεού καυσίμου απαιτεί ο έλεγχος της ποσότητας, της ποιότητας και της τιμής μονάδας του καυσίμου. Επιπρόσθετα, το βάρος, η μέση θερμογόνος δύναμη και η υγρασία του λαμβανόμενου καυσίμου (που δίνεται από τον προμηθευτή ή μετράται στο εργαστήριο του χειριστή της μονάδας) θα πρέπει να περιορίζονται στο ελάχιστο. Για τον διαχωρισμό της χρήσης των στερεών καυσίμων σε ξεχωριστές μονάδες γίνεται χρήση των διαθέσιμων δεικτών για το βάρος ή τον όγκο των διακινούμενων καυσίμων. Σε



περίπτωση έλλειψης των προαναφερόμενων δεδομένων, ο ενεργειακός ελεγκτής πραγματοποιεί εκτίμηση για μεμονωμένες χρήσεις με βάση το ενεργειακό ισοζύγιο και τις τεχνικές μέτρησης.

- g. Ιδιοπαραγόμενη ενέργεια: όλες οι μορφές αυτοπαραγόμενης ενέργειας (ηλιακή ενέργεια, θερμική ενέργεια από την καύση υποπροϊόντων ή την ανάκτηση θερμότητας, συμπαραγωγή κ.ά.) πρέπει να μετρώνται με τη χρήση μετρητών θερμότητας ή ηλεκτρικής ενέργειας. Η ακρίβεια αυτών των μετρήσεων πρέπει να τεκμηριώνεται.

1.4.1.1. Βασικά Στοιχεία Ενέργειας

Κάποια από τα πιο σημαντικά στοιχεία της ενέργειας είναι οι βασικές μονάδες μέτρησης της. Συγκεκριμένα οι μονάδες μέτρησης της ενέργεια είναι το joule (j), η θερμίδα (cal) και η βρετανική μονάδα (Btu:British thermal unit). Το joule (j) και η θερμίδα (cal) συνήθως συνοδεύονται με τα αριθμητικά προθέματα χιλιο ή κιλο (k), δηλαδή επί 10^3 και μέγα (M), δηλαδή επί 10^6 . Η αντιστοιχία του joule (j) με την θερμίδα (cal) υπολογίσθηκε μέσα από τα πειράματα του James Prescott Joule και αποδείχθηκε ότι 1 kcal είναι ίσο με 4.187 kJ. Σημειώνεται επίσης ότι 1 kcal θερμότητας επιφέρει ανύψωση θερμοκρασίας σε 1 lit νερό στους $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ένα $1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Αναλυτικότερα οι μονάδες μέτρησης της ενέργειας και οι αντιστοιχίες μεταξύ τους είναι οι εξής:

$$\begin{aligned}1\text{ kcal} &= 4.187\text{ kJ} \\1\text{ kWh} &= 1\text{ kW}\cdot 3600\text{sec} \\1\text{ kWh} &= 859.8\text{ kcal} \\1\text{ Btu} &= 1.55056\text{ kJ} \\1\text{ kWh} &= 3412.14\text{ Btu}\end{aligned}$$

Ωστόσο, πρακτικά χρησιμοποιείται για την μέτρηση της ενέργειας η kWh.

Ένα ακόμα μέγεθος που σχετίζεται με την ενέργεια είναι η ισχύς όπου δίνεται από την ενέργεια προς τον χρόνο και οι μονάδες μέτρησης υπολογίζονται ως ακολούθως:

$$1\text{ kWh} = 859.8\text{ kcal} \Rightarrow \frac{1\text{ kWh}}{1\text{ h}} = \frac{859.8\text{ kcal}}{1\text{ h}} \Rightarrow 1\text{ kW} = \frac{859.8\text{ kcal}}{1\text{ h}} \Rightarrow \frac{1\text{ kcal}}{1\text{ h}} = 1.163\text{ W}$$

Ομοίως για τον υπολογισμό του 1 Btu/h:

$$1\text{ kW} = 3412.14 \frac{\text{Btu}}{\text{h}} \Rightarrow 1 \frac{\text{Btu}}{\text{h}} = 0.293\text{ W}$$

Επίσης ισχύει:

$$1\text{ Ψυκτικός τόνος} = 12000 \frac{\text{Btu}}{\text{h}} = 3.5168\text{ kW}$$



1.5. Ισοζυγία Ενέργειας και Βαθμός Απόδοσης

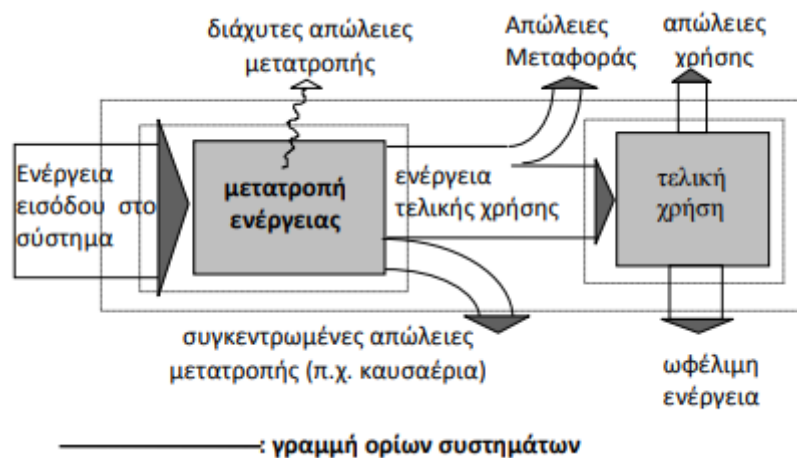
1.5.1. Ισοζύγια Ενέργειας

Η τεκμηρίωση των αποτελεσμάτων μιας ενεργειακής επιθεώρησης βασίζεται στην ενεργειακή εξισορρόπηση, η οποία είναι απαραίτητη για την ανάλυση και την κατανομή της κατανάλωσης. Το ενεργειακό ισοζύγιο δίνει τον ισολογισμό των εισροών και εκροών ενέργειας σε ένα σύστημα κατά την χρονική διάρκεια μιας χρονικής περιόδου. Ωστόσο, υπάρχουν και κάποιοι περιορισμοί στα συστήματα όπως είναι οι μονάδες ή ο εξοπλισμός μετατροπής ή χρήσης ενέργειας, οι μορφές ενέργειας που χρησιμοποιούνται για προσωπική χρήση από σημείο εισόδου σε σημείο κατοικίας καθώς και οι εγκαταστάσεις ενός κτιρίου ή ενός συγκροτήματος κτιρίων (Ευθυμιάδης και συν., 2017).

Η κατάρτιση του ισοζυγίου απαιτεί τον προσδιορισμό των ορίων του συστήματος καθώς και των χρονικών περιόδων από τον ενεργειακό ελεγκτή. Κάθε ενεργειακή επιθεώρηση στοχεύει στην εύρεση κατανάλωσης ή/και της ειδικής ενέργειας για κάθε κατηγορία χρήσης ενέργειας, συσχετίζοντας την με τους παράγοντες που την επηρεάζουν, στην εκτίμηση της αποτελεσματικότητας της μετατροπής ενέργειας και συσχέτισή της με καθοριστικούς παράγοντες, στην εκτίμηση των απωλειών ενέργειας για κάθε μετατροπή και χρήση ενέργειας καθώς και στον έλεγχο και διακρίβωση των μετρημένων δεδομένων και αποτελεσμάτων για κάθε χρήση, συμπεριλαμβανομένων και των απαραίτητων διορθώσεων στα στοιχεία των καταναλώσεων (Ευθυμιάδης και συν., 2017).

1.5.2. Βαθμός Απόδοσης

Όταν μελετάται μια εγκατάστασή ή/και ένα μηχάνημα η έμφαση δίνεται στον βαθμό απόδοσης που δίνεται από την αποδιδόμενη (ωφέλιμη) ενέργεια ως προς την προσδιδόμενη ενέργεια. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι μια εγκατάσταση κεντρικής θέρμανσης, όπου η ωφέλιμη ενέργεια είναι η αποδιδόμενη θερμότητα στον θερμαινόμενο χώρο ενώ η προσδιδόμενη ενέργεια είναι η τελική ενέργεια καυσίμου (Σχήμα 3).



Σχήμα 3: Διάγραμμα ροής ενέργειας σε ενεργειακό σύστημα
[Πηγή: Ευθυμιάδης και συν., 2017]



Ο «βαθμός απόδοσης» ή «απόδοση» μιας εγκατάστασης κεντρικής θέρμανσης υπολογίζεται ως εξής:

$$n = \frac{E_{\Omega}}{E_{\Pi}} \quad [1.2]$$

Όπου:

n = Απόδοση ή βαθμός απόδοσης

E_{Ω} = Αποδιδόμενη ωφέλιμη ενέργεια

E_{Π} = Προδιδόμενη ενέργεια

1.6. Γραμμή Βάσης

Βασικός στόχος ενός ενεργειακού ελέγχου είναι ο υπολογισμός τύπου κατανάλωσης γραμμής βάσης (baseline consumption) ή κατανάλωση βάσης είτε σε κάθε τελική χρήση είτε σε κάθε μορφή ενέργειας. Απαραίτητα στοιχεία για τον υπολογισμό της είναι η συλλογή στοιχείων κατανάλωσης για τους τελευταίους δώδεκα συνεχόμενους μήνες. Η κατανάλωση γραμμής βάσης μπορεί συνδέεται με ένα μόνο φορτίο ή με πλήθος φορτίων. Αναλόγως των απαιτήσεων είναι δυνατόν να οριστεί για χρονικό διάστημα ώρας, ημέρας ή μήνα. Επίσης, η κατανάλωση βάσης μπορεί να αφορά στην εξέλιξη αιχμών ηλεκτρικής ισχύος.

Όταν η κατανάλωση βάσης ορίζεται ως ένα μοναδικό φορτίο, τότε η εύρεση του τύπου είναι η μέτρηση του βαθμού απόδοσης της συσκευής σε πλήρες φορτίο ή μερικό φορτίο. Ωστόσο, σε περίπτωση συσκευών με την δυνατότητα αυξομείωσης φορτίου αναλογικά απαιτούνται περισσότερες μετρήσεις του βαθμού απόδοσης σε αντιπροσωπευτικές στάθμες του φορτίου (Ευθυμιάδης και συν., 2017).

Όταν η κατανάλωση βάσης ορίζεται ως σύνολο φορτίων, τότε απαιτούνται μέθοδοι στατιστικής για την εύρεση του τύπου. Επιπλέον, απαιτείται το σύνολο των διαθέσιμων στοιχείων κατανάλωσης ενέργειας. Στην περίπτωση που η κατανάλωση ενέργειας έχει σταθερή συμπεριφορά, όπου υπάρχει διακύμανση διαθέσιμων στοιχείων $\pm 3\%$, η κατανάλωση γραμμής βάσης μπορεί να οριστεί μόνο με τα ενεργειακά μεγέθη. Αντίθετα, η κατανάλωση βάσης πρέπει να βασίζεται σε έναν ή περισσότερους καθοριστικούς παράγοντες ώστε να μπορεί να διαμορφωθεί στη συνέχεια ο αντίστοιχος μαθηματικός τύπος. Η προβλεπτική ακρίβεια του τύπου αναλύεται σε επόμενη παράγραφο.

Η σχέση της γραμμής βάσης στοχεύει στην πρόβλεψη της κατανάλωσης ενέργειας σε κάθε κατηγορία τελικής χρήσης που αναπτύσσεται, υπό συνήθεις μεταβολές των καθοριστικών παραγόντων. Οι κυριότερες εφαρμογές του τύπου της γραμμής βάσης είναι οι ακόλουθες (Ευθυμιάδης και συν., 2017):

- Προβλέψεις εκ των προτέρων: προβλέψεις των μελλοντικών καταναλώσεων ενέργειας χωρίς να είναι γνωστές οι τιμές των καθοριστικών παραγόντων. Απαιτείται να προβλεφθούν μελλοντικές τιμές παραγόντων πριν να εκτιμηθεί η μελλοντική κατανάλωση.
- Εκτιμήσεις εκ των υστέρων: εκτιμώνται καταναλώσεις στο παρελθόν για γνωστές και διαμορφωμένες τιμές των καθοριστικών παραγόντων.



1.6.1. Τύπος γραμμής βάσης

Τα ενεργειακά ισοζύγια υπολογίζονται για τον ακριβή ισολογισμό ενέργειας (είσοδος/ έξοδος) σε βασικές διεργασίες μετατροπής ή/και χρήσης της ενέργειας. Ο καταγραφή και ο υπολογισμός ενός ισοζυγίου είναι μια χρονοβόρα διαδικασία με συνέπεια να απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στην επιλογή των διεργασιών που αναπτύσσονται. Οι επιλογή των διεργασιών γίνονται με γνώμονα τους στόχους της επιθεώρησης και ως επί των πλείστων αποτελούνται από τα εξής:

- Μέγεθος τελικής ή ωφέλιμης ενέργειας που οι εν λόγω διεργασίες καταναλώνουν
- Δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας που εμφανίζουν
- Απαιτήση τεκμηρίωσης ή παρακολούθηση του βαθμού απόδοσης κατά την μετατροπή ή τη χρήση της ενέργειας.

Το βασικό προϊόν του ενεργειακού ισοζυγίου είναι η εκτίμηση της αποδοτικότητας της μετατροπής ή της χρήσης της ενέργειας. Τα κριτήρια που προσμετράται η αποδοτικότητα είναι ο βαθμός απόδοσης (n) και η ειδική κατανάλωση ενέργειας (ε).

Ο βαθμός απόδοσης χρησιμοποιείται για τις διεργασίες μετατροπής μίας μορφής ενέργειας σε άλλη π.χ. μίας τελικής ενέργειας (πετρέλαιο) σε ωφέλιμη ενέργεια (ατμός):

$$n = \frac{E_1}{E_0} \quad [1.3]$$

Όπου:

- n = Απόδοση ή βαθμός απόδοσης
 E_0 = Προδιδόμενη (τελική) ενέργεια
 E_1 = Αποδιδόμενη (ωφέλιμη) ενέργεια

Ωστόσο, από την άλλη μεριά, η ειδική κατανάλωση ενέργειας (ε) καλείται η προσδιδόμενη ενέργεια προς την απορροφόμενη ωφέλιμη ενέργεια από το τελικό προϊόν (σχέση 1.4):

$$\varepsilon = \frac{E_0}{E_1} \quad [1.4]$$

Όπου:

- n = Απόδοση ή βαθμός απόδοσης
 E_0 = Προδιδόμενη (τελική) ενέργεια
 E_1 = Αποδιδόμενη (ωφέλιμη) ενέργεια

Σημειώνεται η ειδική κατανάλωση εκφράζεται όχι με βάση την απορροφόμενη ενέργεια, αλλά την μάζα ή τις αριθμητικές ποσότητες των παραγόμενων προϊόντων ή υπηρεσιών.

Κάθε ενεργειακό ισοζύγιο απαιτεί για τον υπολογισμό το διαχωρισμό του σε ωριαία, ημερήσια, εποχιακή ή ετήσια βάση ανάλογα με τους στόχους και τις απαιτήσεις. Με στόχο την εκτίμηση του βαθμού απόδοσης (n) μίας ενεργειακής μετατροπής απαιτείται η κατάρτιση ισοζυγίων σε ωριαία βάση ενώ τα ετήσια ισοζύγια δίδουν πληροφορίες για την μέση απόδοση κατά την χρήση της ενέργειας και την κατανομή των σχετικών δαπανών. Σημειώνεται ότι για



την εκτίμηση του βαθμού απόδοσης τα ισοζύγια υπολογίζονται σε ωριαία ή ημερήσια βάση ενώ (η) η ειδική κατανάλωση ενέργειας (ϵ) εκτιμάται με βάση μηνιαία ισοζύγια (Ευθυμιάδης και συν., 2017).

1.6.2. Τύπος Γραμμής Βάσης: Συσχέτιση Ενέργειας και Παραγωγής

Η συσχέτιση της καταναλισκόμενης ενέργειας με την παραγωγή αποτελεί τον κυριότερο τρόπο για την παρακολούθηση της κατανάλωσης ενέργειας ή της ειδικής κατανάλωσης ενέργειας. Ο συνήθης τύπος συσχέτισης είναι η γραμμική συσχέτιση:

$$E_0 = \alpha * \Pi_1 + \beta \quad [1.5]$$

Όπου:

- E_0 = Προδιδόμενη (τελική) ενέργεια
- $\alpha * \Pi_1$ = Μεταβλητή ενέργεια
- β = Σταθερή ενέργεια

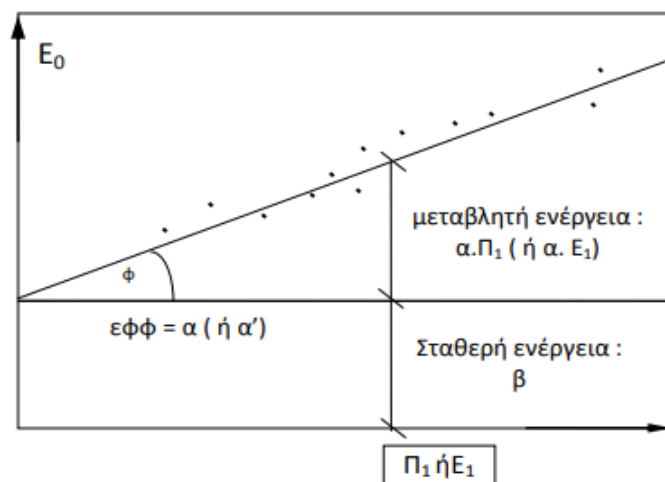
Με ξεκάθαρους ενεργειακούς όρους η σχέση [1.5] γίνεται:

$$E_0 = \alpha' * E_1 + \beta \quad [1.6]$$

Όπου:

- E_0 = Προδιδόμενη (τελική) ενέργεια
- $\alpha' * E_1$ = Μεταβλητή ενέργεια
- β = Σταθερή ενέργεια

Η εκτίμηση των παραμέτρων α (ή α') και β γίνεται με γραφικό τρόπο, με βάση τα υφιστάμενα μηνιαία ή/και ωριαία στοιχεία:



Σχήμα 4: Συσχέτιση ενέργειας εισόδου με την παραγωγή ή την ενέργεια εξόδου
[Πηγή: Ευθυμιάδης και συν., 2017]



Η σταθερή ενέργεια δεν εξαρτάται από το επίπεδο των παραγόμενων προϊόντων ή υπηρεσιών (ή το επίπεδο της παραγόμενης ωφέλιμης ενέργειας). Καταναλώνεται σε χρήσεις όπως σε φωτισμό, σε αερισμό χώρων, σε απώλειες γραμμών μεταφοράς ενέργειας ή σε απώλειες ενεργειακών συσκευών. Η μεταβλητή ενέργεια σχετίζεται ευθέως με τον όγκο των παραγόμενων προϊόντων ή υπηρεσιών (ή της ωφέλιμης ενέργειας). Τέτοιου είδους ενέργεια είναι ο ατμός που καταναλώνεται σε βιομηχανικές διεργασίες (όπως η ξήρανση) ή η ηλεκτρική ενέργεια των ηλεκτροκαμίνων.

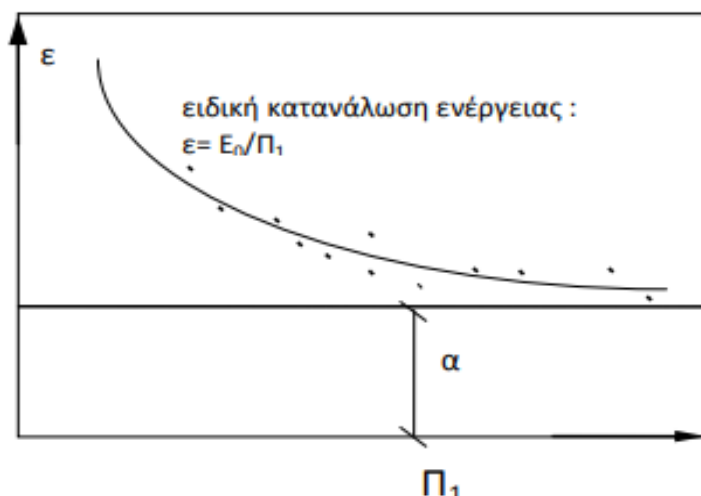
Με βάση το διάγραμμα ενέργειας - παραγωγής, ελέγχεται τόσο η σταθερή όσο και η μεταβλητή ενέργεια. Από πλευράς βέλτιστου αποδόσεως, η σταθερή ενέργεια πρέπει να διατηρείται στο χαμηλότερο δυνατό επίπεδο. Μεγάλη σταθερή ενέργεια συγκριτικά με την μεταβλητή, υποδεικνύει μεγάλες απώλειες ενέργειας ή νεκρούς χρόνους λειτουργίας. Αντίθετα μεγάλη μεταβλητή ενέργεια (μεγάλη γωνία φ) υποδεικνύει χαμηλό βαθμό απόδοσης ή πεπαλαιωμένη τεχνολογία των συναφών εγκαταστάσεων.

Με βάση τα στοιχεία του γραφήματος ενέργειας - παραγωγής, σχεδιάζονται τα γραφήματα για την ειδική κατανάλωση ενέργειας (ε) ή τον βαθμό απόδοσης (η). Οι τύποι για την (ε) και τον (η) εξάγονται εκ των ανωτέρω τύπων ως ακολούθως:

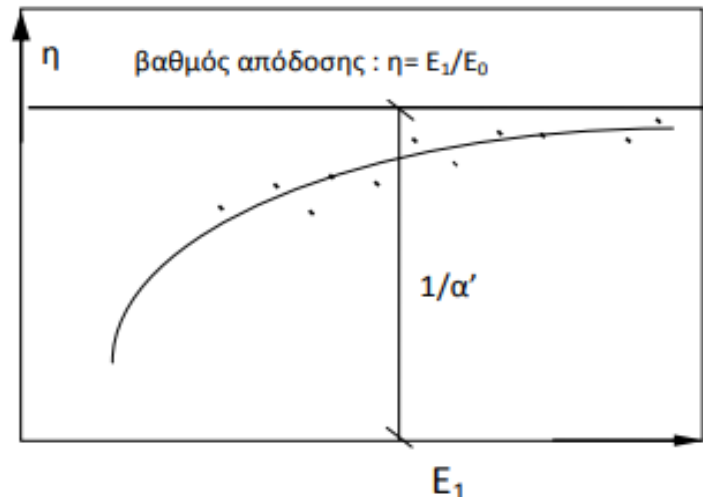
$$\varepsilon = \frac{E_0}{\Pi_1} = a + \frac{\beta}{\Pi_1} \quad [1.7]$$

$$\eta = \frac{E_1}{E_0} = \frac{1}{\left(a' + \frac{\beta}{E_1}\right)} \quad [1.8]$$

Εφ' όσον η γραμμική συσχέτιση δεν είναι ικανοποιητική, τότε θα πρέπει να επιλέγονται μη γραμμικές εξισώσεις για την επίτευξη καλύτερων αποτελεσμάτων (π.χ. τριώνυμα). Εάν η διασπορά των στοιχείων είναι μεγάλη (με συντελεστή συσχέτισης R^2 μικρότερο του 0,85), τότε θα πρέπει να εξετάζεται την επίδραση δευτερευόντων παραγόντων, όπως για παράδειγμα οι βαθμομέρες θέρμανσης ή η μέση ποιότητα των πρώτων υλών. Οι παράμετροι αυτοί θα πρέπει να εισάγονται και να τροποποιούν αναλόγως τα στοιχεία για την κατανάλωση ενέργειας ή τον όγκο παραγωγής.



Σχήμα 5: Συσχέτιση ειδικής κατανάλωσης ενέργειας με όγκο παραγωγής
[Πηγή: Ευθυμιάδης και συν., 2017]



Σχήμα 6: Συσχέτιση βαθμού απόδοσης ενεργειακής μετατροπής με την ωφέλιμη ενέργεια
[Πηγή: Ευθυμιάδης και συν., 2017]

Στην περίπτωση που επικρατεί ακόμα το φαινόμενο της διασποράς, τότε απαιτείται από τον ενεργειακό ελεγκτή να διαιρέσει την υπό εξέταση διεργασία σε πιο μικρά συστήματα και να πραγματοποιήσει μια επαναληψιμότητα στη διαδικασία συσχέτισης. Το όριο της διασποράς των στοιχείων ορίζεται το μέγεθος του σφάλματος συσχέτισης ως προς τα πραγματικά δεδομένα. Τα γραφήματα των (ε) δίνουν αφενός την δυνατότητα αξιολόγησης και παρακολούθησης της προόδου ενός προγράμματος ΕΞΕ αφετέρου την ποσοτική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων. Τα ανωτέρω οδηγούν στην σπουδαιότητα και αναγκαιότητα τους να συμπεριλαμβάνονται σε έναν εκτενή ενεργειακό έλεγχο. Η μη χρήση τους θα αναδεικνύεται μόνο μέσα από τις απαιτήσεις και τους στόχους που ορίζονται από την επιθεώρηση (Ευθυμιάδης και συν., 2017).

1.7. Εκτιμήσεις Ενεργειακών Παραμέτρων

Βασικό τμήμα του ενεργειακού ελέγχου είναι ο προσδιορισμός των ενεργειακών παραμέτρων και δεικτών, οι οποίοι αντιπροσωπεύουν την συνολική ενεργειακή απόδοση της εγκατάστασης, αλλά και των επιμέρους δεικτών ανά χρήση ή υπομονάδα παραγωγής. Κατά την διάρκεια ανάλυσης ενός δείκτη μπορεί αρχικά να θεωρείται αντιπροσωπευτικός, όμως στην πορεία της ανάλυσης του ελέγχου να διακρίνεται είτε υπό συνθήκες αντιπροσωπευτικός είτε ότι κάποιος άλλος δείκτης θα ήταν καταλληλότερος για να εξυπηρετήσει την περίπτωση. Για αυτές τις περιπτώσεις πραγματοποιείται αξιολόγηση των παραμέτρων και των δεικτών, τόσο οι επιτόπιες δειγματοληπτικές μετρήσεις με φορητά όργανα, όσο και η ακόλουθη μεθοδολογία (Ευθυμιάδης και συν., 2017).

1.7.1. Μεθοδολογία Εκτίμησης Παραμέτρων

Ως δείκτης ορίζεται το κλάσμα που στον αριθμητή του έχει μονάδες ενέργειας και στον παρονομαστή του μία ή περισσότερες ανεξάρτητες μεταβλητές, που έχει διαπιστώσει ότι επηρεάζουν την κατανάλωση ενέργειας (όπως kWh/m², kWh/m³, kWh/Kd, kWh/°C, kWh/Occ,



kWh/GN, kWh/(GN*Kd), kWh/pcs κ.ά.). Ως παράμετρος ορίζεται μια ανεξάρτητη μεταβλητή που έχει διαπιστωθεί ότι επηρεάζει την κατανάλωση ενέργειας (όπως m^2 , m^3 , Kd, $^{\circ}C$, %Occ (πληρότητα επί τοις εκατό), pcs (τεμάχια προϊόντος), GN (Guest-Night) κ.ά.). Κάθε παράμετρος πρέπει να είναι ανεξάρτητη από τις υπόλοιπες, γιατί σε περίπτωση που υπάρχει εξαρτημένη σχέση είναι δύσκολο να απομονωθούν και να εξετασθούν μέσα από μία γραμμική εξίσωση.

Με τις εξισώσεις (baseline) υπολογίζεται η κατανάλωση ενέργειας του επομένου μήνα:

$$E_{high\ tariff} = a_1 * X_1 + \beta_1 * X_2 + C_1 \quad [1.9]$$

$$E_{low\ tariff} = a_2 * X_3 + C_2 \quad [1.10]$$

Όπου:

X_1, X_2, X_3 = παράμετροι (ανεξάρτητες μεταβλητές)

a_1, β_1, a_2 = κλίσεις ή αλλιώς σταθεροί συντελεστές βαρύτητας, που προσομοιώνουν με τον βέλτιστο δυνατό τρόπο την συμπεριφορά της κατανάλωσης

C_1, C_2 = σταθεροί όροι που εκφράζουν κατά προσέγγιση την ενέργεια που θα καταναλωθεί.

1.7.2. Προσδιορισμός Ενεργειακών Παραμέτρων και Δεικτών

Ο προσδιορισμός των ενεργειακών παραμέτρων και δεικτών βασίζεται στα ακόλουθα (Ευθυμιάδης και συν., 2017):

- Η εξίσωση βάσης στηρίζεται στην διαθεσιμότητα των δεδομένων από τον ενεργειακό έλεγχο, την ανάλυση του, το ισοζύγιο ενέργειας, τη γραμμή βάσης και μετρήσεις. Κάποια από τα δεδομένα μπορεί να βασίζονται σε ημερήσιες ή εβδομαδιαίες αναλύσεις ή μηνιαίες, ενώ άλλα μπορεί να βασίζονται σε ένα εκτεταμένο on-line σύστημα μετρήσεων αυτόματης συλλογής. Ωστόσο, σε κάθε περίπτωση η κατανάλωση ενέργειας απαιτείται να έχει αντιστοιχία με το ενεργειακό κόστος διότι σε περιπτώσεις διαφοροποίησης δημιουργούνται σύγχυση και αβεβαιότητα στην ερμηνεία της καταναλωτικής συμπεριφοράς.
- Απαιτείται προσημείωση της καταναλωτικής συμπεριφοράς με την γραμμή βάσης στοχεύοντας στην λύση των αβεβαιοτήτων. Αυτό επιτυγχάνεται με την χρήση αντιπροοδευτικών δεδομένων καθώς και περισσότερων εξισώσεων βάσης για την περιγραφή διαφορετικών καταναλωτικών συμπεριφορών που αντιστοιχούν σε διαφορετικές α) παραγωγικές διεργασίες, β) χρεώσεις ενέργειας ή /και ισχύ και γ) καταναλωτικές συμπεριφορές που αντιστοιχούν σε διαφορετικά H/M υποσυστήματα ή κέντρα κόστους.
- Διαχωρισμός των ζωνών χρέωσης, αφού ανάλογα με την ημέρα και τις ώρες εντός της ημέρας διαχωρίζονται σε ζώνη υψηλής χρέωσης και ζώνη χαμηλής χρέωσης απαιτεί και την προσαρμογή των εξισώσεων baseline στο οικονομικό αντίκρισμα (υψηλή και χαμηλή χρέωση), θέτει και με πιο αναλυτικό τρόπο τους στόχους ανά ζώνη.
- Έλεγχος των παραμέτρων X_1, X_2, X_3 των εξισώσεων (baseline). Προτείνεται να τα στοιχεία κατανάλωσης να αφορούν μικρά χρονικά διαστήματα.



- Όταν η εξίσωση βάσης της ενεργειακής συμπεριφοράς του καταναλωτή εκφράζεται με περισσότερες από μία μεταβλητές, πρέπει εξασφαλίζεται και επαληθεύεται από την ανάλυση των δεδομένων, ότι δεν υπάρχει καμία απολύτως εξάρτηση μεταξύ τους και να απαλειφθεί ο εξαρτημένο όρο κάνοντας επιμερισμό της εξαρτημένης μεταβλητής.
- Όταν ο πάροχος τιμολογεί ξεχωριστά και την ισχύ ή τις αιχμές ισχύος ή τον συντελεστή χρησιμοποίησης, απαιτείται ο έλεγχος εξάρτησης των παραγόντων αυτών από ανεξάρτητες μεταβλητές όπως η θερμοκρασία, η πληρότητα ή οτιδήποτε άλλη μεταβλητή, να παρακολουθούσαμε και τις αντίστοιχες εξισώσεις βάσης.
- Όταν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία δεδομένα, η χρήση πολλών επιμέρους baseline ανά σύστημα Η/Μ βοηθά περισσότερο στην βαθύτερη κατανόηση της συμπεριφοράς των υποσυστημάτων, επειδή σε πολύ μεγάλους καταναλωτές οι baseline που αφορούν την συνολική μηνιαία κατανάλωση από μόνες τους, δεν βοηθούν πρακτικά στην βαθύτερη κατανόηση της καταναλωτικής συμπεριφοράς της εγκατάστασης.
- Όταν η απόλυτη απόκλιση της αναμενόμενης τιμής είναι μεγαλύτερη από την πραγματική καταγραφείσα τιμή κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας τότε απαιτεί διερεύνηση των υπόπτων τιμών. Το χρήσιμο όμως μέσα από αυτή τη διαδικασία είναι η γραφική παράσταση της διακύμανσης της απόκλισης των υπολοίπων γιατί:
 - Εντοπίζει άμεσα τις ημέρες με ανώμαλη απόκλιση, και συμβάλει στην βελτίωση της φόρμουλας της αναμενόμενης κατανάλωσης
 - Εντοπίζει ενδεχόμενα περισσότερες ανεξάρτητες μεταβλητές που επηρεάζουν την κατανάλωση
 - Διαγιγνώσκει ξαφνική ενεργοβόρο βλάβη
 - Μειώνει το σφάλμα στα δεδομένα της κατανάλωσης και των ανεξάρτητων μεταβλητών
 - Συμβάλει στην τεκμηρίωση προς την διοίκηση ή προς οποιονδήποτε μη εξειδικευμένο στέλεχος της επιχείρησης, ότι υπάρχει τάση για σπατάλη ή τάση για εξοικονόμηση αντίστοιχα, προσδιορίζοντας τον στόχο, εκτός του οποίου θα πρέπει να ερμηνεύεται κάθε τυχόν απόκλιση της κατανάλωσης.
- Στην περίπτωση κατανάλωσης Φυσικού Αερίου (Φ.Α), η αναγωγή ανά ημέρα, τόσο των βαθμομερών θέρμανσης όσο και της θερμικής ενέργειας. Κατά την ανάλυση παλινδρόμησης με σταθμισμένα δεδομένα εννοείται, ότι πάντα οι καλοκαιρινοί μήνες με μηδενικές βαθμομέρες θέρμανσης και κατανάλωσης Φ.Α. εξαιρούνται από τον υπολογισμό.

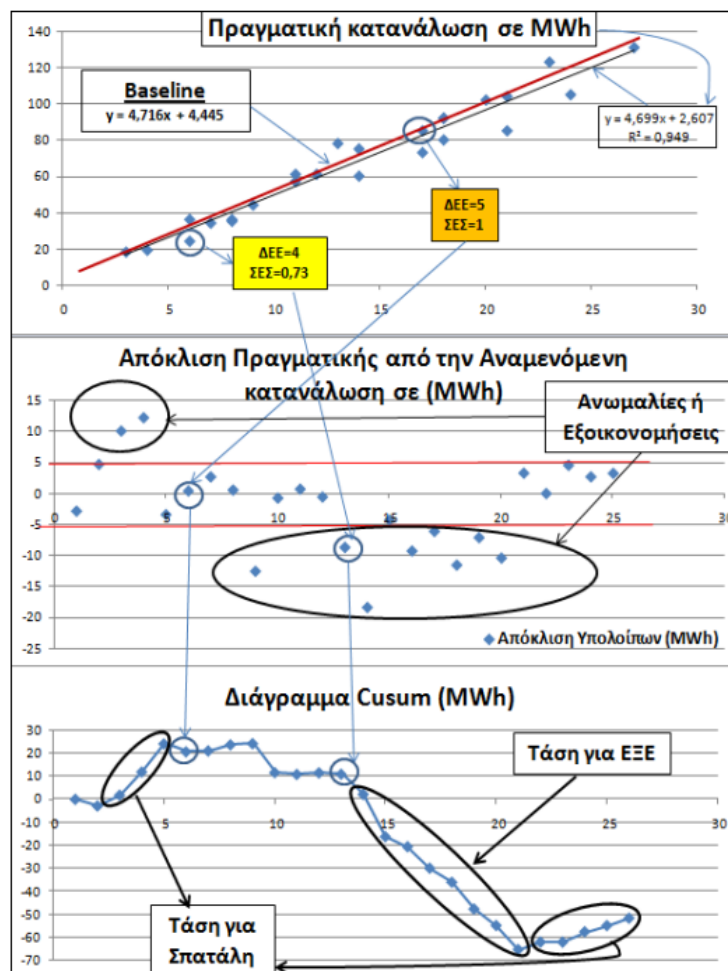
1.7.3. Αξιολόγηση και ερμηνεία Ενεργειακών Ενεργειακοί Δείκτες Αξιολόγηση και Ερμηνεία Διακύμανσης Δεικτών

Διάγραμμα CUSUM και Διάκριση μεταξύ ΔΕΕ και ΣΕΣ

Το άθροισμα των αποκλίσεων της πραγματικής τιμής της κατανάλωσης ενέργειας από την αντίστοιχη αναμενόμενη κατανάλωση, ή αλλιώς το άθροισμα των υπολοίπων μεταξύ πραγματικής και αναμενόμενης κατανάλωσης απεικονίζεται στο διάγραμμα του σωρευτικού αθροίσματος απόκλισης από την αναμενόμενη κατανάλωση (cumulative sum of deviation from expected consumption, CUSUM). Το προαναφερόμενο άθροισμα δεν παρουσιάζει διακυμάνσεις στην περίπτωση που δεν διακρίνονται μειώσεις στην κατανάλωση ή εξοικονόμηση ενέργειας (ΕΞΕ) και μεταβάλεται με θετική κλίση, όταν υπάρχει σπατάλη



ενέργειας, ή απρόσμενες ανωμαλίες και με αρνητική κλίση όταν έχουμε ΕΞΕ ή μείωση της κατανάλωσης. Το διάγραμμα CUSUM δίνει στοιχεία της επίδρασης της εφαρμογής ενός μέτρου ΕΞΕ στη κατανάλωση ενέργειας για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Στη περίπτωση που η ποσοστιαία μείωση ή η ΕΞΕ συγκρινόμενα με το αμέσως προηγούμενο χρονικό διάστημα είναι μεγάλο, στο διάγραμμα CUSUM παρατηρείται απότομη κλίση προς τα κάτω από το χρονικό σημείο της εφαρμογής του μέτρου και μεταγενέστερα (Σχήμα 7) (Ευθυμιάδης και συν., 2017).



Σχήμα 7: Ενδεικτικό Διάγραμμα διασποράς- Γραμμική παλινδρόμηση (βάσει παραγόμενου προϊόντος), Ενδεικτικό Διάγραμμα Απόκλισης Υπολοίπων και Ενδεικτικό Διάγραμμα CUSUM (σε διακριτές τιμές ανά εβδομάδα) [Πηγή: Ευθυμιάδης και συν., 2017]

Από την εξίσωση baseline διαμορφώνεται η στήλη των αναμενομένων τιμών κατανάλωσης ενέργειας σε MWh και η στήλη με τις αποκλίσεις των υπολοίπων ανά εβδομάδα (Πραγματική μείον την Αναμενόμενη). Ωστόσο, η στήλη CUSUM υπολογίζεται σωρευτικά το άθροισμα με το προηγούμενο υπόλοιπο. Επιπλέον, από το διάγραμμα διασποράς την απόκλιση των υπολοίπων θέτοντας μία ενδεικτική ζώνη αποκλίσεων (+/-), παρατηρείται ότι οι αποκλίσεις που αντιστοιχίζονται στις εβδομάδες που έχουν σημανθεί με πράσινο χρώμα είναι πιθανό να προέρχονται, είτε από ΕΞΕ ή αποφυγή κάποιας απώλειας ενέργειας ή κάποια τυχόν συντήρηση (αρνητικές τιμές), είτε από υπερκατανάλωση λόγω κάποιας έκτακτης παραγωγικής διαδικασίας (θετικές τιμές). Συνήθως τα όρια (+/-) αυτής της ζώνης ελέγχου των αποκλίσεων



καθορίζονται ή λαμβάνονται με βάση την τιμή του τυπικού σφάλματος (CVRMSE) της εξισώσεως αναφοράς. Κατόπιν κατασκευάζεται, το διάγραμμα CUSUM και συμπληρώνονται οι στήλες του Δείκτη Ενεργειακή Επίδοση (ΔΕΕ), δηλαδή την πραγματική εβδομαδιαία κατανάλωση ανά τόνο προϊόντος και του Συντελεστή Ενεργειακού Στόχου (ΣΕΣ), δηλαδή την πραγματική εβδομαδιαία κατανάλωση προς Αναμενόμενη κατανάλωση.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι με το διάγραμμα CUSUM, η πραγματική τάση της κατανάλωσης ενέργειας (για ΕΞΕ ή για σπατάλη) γίνεται ακόμα πιο ξεκάθαρη και εποπτική. Με συνέπεια να θεωρείται υποχρεωτική η ύπαρξη και η παρακολούθηση και των τριών ανωτέρων διαγραμμάτων σε εντατικά συμβόλαια ενεργειακής απόδοσης (Ευθυμιάδης και συν., 2017).

1.8. Πρωτόκολλα Μέτρησης και Επαλήθευσης Επιδόσεων

Το Διεθνές Πρωτόκολλο Μέτρησης και Επαλήθευσης Ενεργειακής Απόδοσης διαχωρίζεται σε τέσσερις μεθοδολογικές επιλογές (Α, Β, Γ και Δ) με σκοπό την μέτρηση αλλά και την επαλήθευση των αποτελεσμάτων των έργων της ενεργειακής απόδοσης. Ωστόσο, οι επιλογές διαχωρίζονται σε δυο υποκατηγορίες (Ευθυμιάδης και συν., 2017):

- a. Απομόνωση ολικής εγκατάστασης: εξετάζει την συνολική χρήση ενέργειας χωρίς να δίνει έμφαση στις επιδόσεις του επιμέρους εξοπλισμού
- b. Απομόνωση επέμβαση: εξετάζει αποκλειστικά ότι αφορά εξοπλισμό ή/και συστήματα, χωρίς να συνυπολογίζεται η υπόλοιπη εγκατάσταση.

Η βασική διαφορά που παρουσιάζεται στις προαναφερόμενες μεθοδολογικές επιλογές (Α, Β, Γ και Δ) είναι το που ακριβώς σχεδιάζεται το όριο ενός Μέτρου Εξοικονόμησης Ενέργειας (ΜΕΕ). Συγκεκριμένα οι επιλογές Α και Β είναι μέθοδοι απομόνωσης επέμβασης, η επιλογή Γ είναι μέθοδος ολικής εγκατάστασης και η επιλογή Δ μπορεί να εφαρμοστεί και στις δύο περιπτώσεις αλλά συνήθως εφαρμόζεται ως μέθοδος ολικής εγκατάστασης.

Οι ενεργειακές επιδόσεις μπορούν να μετρηθούν με διάφορους τρόπους και είναι (Ευθυμιάδης και συν., 2017):

- Τιμολόγια ή μετρήσεις από μετρητές παροχών ενέργειας με τις ίδιες προσαρμογές όπως κάνει ο πάροχος ενέργειας.
- Ειδικές μετρητικές διατάξεις οι οποίες απομονώνουν ένα ΜΕΕ ή ένα τμήμα μίας εγκατάστασης από την υπόλοιπη. Οι μετρήσεις μπορεί να είναι περιοδικές για μικρά χρονικά διαστήματα ή συνεχείς καθ' όλη την περίοδο βάσης ή απολογισμού.
- Χωριστές μετρήσεις παραμέτρων που επηρεάζουν την χρήση ενέργειας.
- Μέτρηση αποδεδειγμένων διαμεσολαβητών που ελέγχουν την χρήση της ενέργειας.
- Προσομοίωση υπολογιστή η οποία έχει διακριβωθεί με μερικά πραγματικά δεδομένα επιδόσεων του εξομοιωθέντος συστήματος ή εγκατάστασης.

Στην περίπτωση που μια τιμή ενέργειας είναι ήδη γνωστή με επαρκή ακρίβεια ή όταν είναι πιο δαπανηρό να μετρηθεί απ' ότι να δικαιολογηθεί, τότε η μέτρηση ενέργειας μπορεί να μην είναι αναγκαία ή κατάλληλη. Για τους προαναφερόμενους λογούς προτείνεται να πραγματοποιηθούν εκτιμήσεις για μερικές παραμέτρους κάποιου ΜΕΕ, αλλά οι άλλες απαιτείται να μετρηθούν (Επιλογή Α). Η επιλογή μίας εκ των ανωτέρω μεθοδολογικών επιλογών (Α, Β, Γ και Δ) απαιτεί πολλαπλή αξιολόγηση περιλαμβανόμενης και της θέσης του ορίου των μετρήσεων. Εάν αποφασιστεί η εξοικονόμηση να προσδιοριστεί σε επίπεδο εγκατάστασης, τότε μπορεί να ευνοηθούν οι επιλογές Γ και Δ. Εάν όμως ενδιαφέρει μόνο η καθ' αυτό ενός ΜΕΕ, μπορεί να είναι πιο κατάλληλη μία τεχνική απομόνωσης της επέμβασης.



Ακολουθεί ο Πίνακας 4 όπου συνοψίζονται οι μεθοδολογικές επιλογές (Α, Β, Γ και Δ) όπου καταγράφεται ο λόγος επιλογής, ο τρόπος υπολογισμού εξοικονόμησης καθώς και οι τυπικές εφαρμογές.

Πίνακας 4: Συνολική θεώρηση επιλογών Μέτρησης & Επαλήθευσης (M&E)
[Πηγή: Ευθυμιάδης και συν., 2017]

Επιλογή Πρωτοκόλλου	Υπολογισμός εξοικονόμησης	Τυπικές εφαρμογές
Α. Απομόνωση Επέμβασης: Μέτρηση παραμέτρου-κλειδί		
<p>Η εξοικονόμηση προσδιορίζεται από επιτόπιες μετρήσεις της ή των παραμέτρων-κλειδιά που καθορίζουν την χρήση ενέργειας του ή των συστημάτων που επηρεάζονται από ένα ΜΕΕ ή/και την επιτυχία της επέμβασης. Η συχνότητα της μέτρησης μπορεί να είναι βραχυπρόθεσμη έως συνεχής και εξαρτάται από τις αναμενόμενες διακυμάνσεις της μετρούμενης παραμέτρου και της διάρκειας της περιόδου απολογισμού. Οι παράμετροι που δεν επιλέγονται για επιτόπιες μετρήσεις, εκτιμώνται. Οι εκτιμήσεις μπορεί να στηρίζονται σε ιστορικά δεδομένα, προδιαγραφές των κατασκευαστών ή τεχνικές κρίσεις. Απαιτείται έγγραφη τεκμηρίωση της πηγής ή της αιτιολόγησης της εκτιμώμενης παραμέτρου. Επίσης αξιολογείται το πιθανό σφάλμα εξοικονόμησης το οποίο προκύπτει από την εκτίμηση έναντι της μετρήσεως.</p>	<p>Με τεχνικούς υπολογισμούς της ενέργειας των περιόδων βάσης και απολογισμού από:</p> <ul style="list-style-type: none"> - βραχυπρόθεσμες ή συνεχείς μετρήσεις των παραμέτρων-κλειδιά - Εκτιμώμενες τιμές <p>Με συνήθειες ή ασυνήθειες προσαρμογές</p>	<p>Μία ανακαίνιση φωτιστικών όπου η απορροφούμενη ισχύς είναι η παράμετρος-κλειδί η οποία μετράται περιοδικώς. Οι ώρες λειτουργίας των φωτιστικών εκτιμώνται με βάση το ωράριο της εγκατάστασης και την συμπεριφορά των χρηστών</p>
Β. Απομόνωση Επέμβασης: Μέτρηση όλων των παραμέτρων		
<p>Η εξοικονόμηση προσδιορίζεται με επιτόπιες μετρήσεις της χρήσης ενέργειας του συστήματος που επηρεάζεται από το ΜΕΕ. Η συχνότητα των μετρήσεων μπορεί να είναι βραχυπρόθεσμη έως συνεχής και εξαρτάται από τις αναμενόμενες μεταβολές στην εξοικονόμηση και το μήκος της περιόδου απολογισμού.</p>	<p>Με βραχυπρόθεσμες ή συνεχείς μετρήσεις της ενέργειας βάσης και απολογισμού ή/και ή τεχνικοί υπολογισμοί με χρήση μετρήσεων διαμεσολαβητών της χρήσης ενέργειας Με συνήθειες ή ασυνήθειες διορθώσεις</p>	<p>Εφαρμογή ενός ρυθμιστή μεταβλητών στροφών και αυτοματισμών σε κινητήρα για την ρύθμιση της ροής της αντλίας. Μέτρηση της απορροφούμενης ηλεκτρικής ισχύος (kW) από τον κινητήρα κάθε λεπτό της ώρας. Κατά την περίοδο βάσης αυτός ο μετρητής τοποθετείται για μία εβδομάδα ώστε να επαληθεύσει την σταθερή φόρτιση του κινητήρα. Κατά την απολογιστική περίοδο ο μετρητής παραμένει συνεχώς εν λειτουργία.</p>
Γ. Συνολικές παρεμβάσεις		
<p>Η εξοικονόμηση προσδιορίζεται με μετρήσεις ενέργειας σε συνολικό επίπεδο εγκατάστασης ή σε μερικό επίπεδο αυτής Καθ' όλη την περίοδο απολογισμού λαμβάνονται συνεχείς μετρήσεις της ολικής κατανάλωσης ενέργειας σε όλη την εγκατάσταση</p>	<p>Ανάλυση της κατανάλωσης βάσης και απολογισμού εγκαταστάσεως όλης της εγκατάστασης (μετρήσεις παρόχου) Συνήθειες προσαρμογές με τεχνικές όπως απλή αναγωγή ή ανάλυση παλινδρόμησης. Ασυνήθειες προσαρμογές όπως απαιτείται.</p>	<p>Πολύπλευρο πρόγραμμα διαχείρισης ενέργειας που επηρεάζει πολλά συστήματα στην εγκατάσταση. Μέτρηση χρήσης ενέργειας με τους μετρητές ηλεκτρικής ενέργειας και φυσικού αερίου των παρόχων για 12 μήνες περίοδο βάσης και καθ' όλη τη διάρκεια της απολογιστικής περιόδου</p>
Δ. Διακριβωμένη προσομοίωση		
<p>Η εξοικονόμηση προσδιορίζεται μέσω προσομοίωσης της χρήσης ενέργειας όλης της εγκαταστάσεως ή μίας επιμέρους εγκαταστάσεως. Οι ρουτίνες της προσομοίωσης έχουν καταδειχθεί ότι εξομοιώνουν επαρκώς τις πραγματικές επιδόσεις ενέργειας που μετρώνται στην εγκατάσταση. Αυτή η Επιλογή συνήθως απαιτεί σημαντικές δεξιότητες στην διακριβωμένη προσομοίωση.</p>	<p>Προσομοίωση της χρήσης ενέργειας, διακριβωμένη με ωριαία ή μηνιαία δεδομένα τιμολογίων των παρόχων. (Μπορούν να χρησιμοποιηθούν μετρητές ενέργειας τελικής χρήσης, για την εξομάλυνση των δεδομένων</p>	<p>Πολύπλευρο πρόγραμμα ενεργειακής διαχείρισης το οποίο επηρεάζει πολλά συστήματα σε μία εγκατάσταση χωρίς την ύπαρξη όμως μετρητών κατά την περίοδο βάσης. Μετρήσεις χρήσης ενέργειας μετά την τοποθέτηση μετρητών ηλεκτρικής ενέργειας και αερίου χρησιμοποιούνται για να διακριβωθεί η προσομοίωση. Η ενεργειακή κατανάλωση βάσης προσδιορίζεται με χρήση της διακριβωμένης προσομοίωσης και συγκρίνεται με την προσομοίωση της απολογιστικής περιόδου.</p>



1.9. Ανάλυση Κόστους Κύκλου Ζωής

Ανάλυση Κόστους Κύκλου Ζωής (Life Cycle Cost Analysis-LCCA) καλείται η οικονομική μέθοδος αξιολόγησης ενός έργου όπου κάθε δαπάνη που απαιτείται από την αρχική επένδυση, τη λειτουργία, τη συντήρηση έως και την διάθεση του έργου θεωρείται δυνητικά σημαντική. Συνέπεια αυτού να αξιολογείται ως ένα από τα σημαντικότερα εργαλεία που θέτει προτεραιότητες στα έργα ΕΞΕ και καθορίζει σημαντικά τα επιχειρηματικά σχέδια αφού εστιάζει στην αξιολόγηση της μακροπρόθεσμης οικονομικής αποτελεσματικότητας κάθε έργου ΕΞΕ, χωρίς να βασίζεται μόνο στο αρχικό κόστος ή το βραχυπρόθεσμο κόστος λειτουργίας σε αντίθεση με άλλες εναλλακτικές μεθόδους. Επιπλέον, παρέχει πληθώρα πληροφοριών στον ενδιαφερόμενο με στόχο την αξιολόγηση της οικονομικής αποδοτικότητας της προτεινόμενης επένδυσης. Σημαντικό είναι ότι για μία ενεργειακή κατανάλωση δίνονται περισσότερες από μια οικονομικές προτάσεις των έργων ΕΞΕ με αποτέλεσμα η LCCA να επιλέγει την πιο οικονομική αποδοτική λύση (Ευθυμιάδης και συν., 2017).

Ωστόσο, πολλές φορές ένα επενδυτικό σχέδιο συγκρούεται με κάποιο άλλο, όταν αυτά λαμβάνουν χώρα το ίδιο χρονικό διάστημα, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις που η χρηματοδότηση δεν είναι επαρκής για την ταυτόχρονη εφαρμογή των προτεινόμενων σχεδίων. Αυτό έχει σαν συνέπεια να απαιτείται η κατανομή και ιεράρχηση της χρηματοδότησης.

Οι δείκτες οικονομικής επίδοσης που είναι συμβατοί με την μέθοδο LCCA αξιολόγησης έργων είναι οι ακόλουθοι (Ευθυμιάδης και συν., 2017):

- Καθαρή εξοικονόμηση (NS-Net Savings)
- Λόγος Επενδύσεων/εξοικονόμησης (SIR-Savings to Investments Ratio)
- Σταθμισμένος Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης της Επένδυσης (AIRRAdjusted Internal Rate of Return).

1.9.1. Ορισμοί – Προαπαιτούμενα – Λήψη και τεκμηρίωση δεδομένων

Σε κάθε μελέτη LCCA, ανεξαρτήτως του όγκου και του βάθους της απαιτεί άρτια τεκμηρίωση με απώτερο σκοπό την αποτύπωση της διαδικασίας αξιολόγησης. Επιπλέον, απαιτείται η ορθή αρχειοθέτηση με στόχο την άμεση πρόσβαση σε κάθε υποστηρικτικό στοιχείο ή έγγραφο οποτεδήποτε αναζητηθεί στο μέλλον. Ακόμα, η μορφή των δεδομένων θα πρέπει να είναι απλή και εύκολα κατανοητή σε τρίτους (Ευθυμιάδης και συν., 2017).

Τα βήματα για την ανάλυση κόστους ενός κύκλου ζωής είναι τα ακόλουθα (Ευθυμιάδης και συν., 2017):

1. Ορίζεται το βασικό πρόβλημα και γίνεται καθορισμός του στόχου.
2. Προσδιορίζονται οι εναλλακτικές λύσεις του προβλήματος.
3. Καταγράφονται και αναγνωρίζονται οι παραδοχές και οι παράμετροι.
4. Εκτιμάται το οικονομικό κόστος και ο χρόνος εμφάνισής του για κάθε εναλλακτική λύση
5. Προεξοφλούνται τα μελλοντικά κόστη στη παρούσα αξία.
6. Υπολογίζεται και συγκρίνεται ο LCC για κάθε εναλλακτική λύση.
7. Υπολογίζονται εναλλακτικά συμπληρωματικά μέτρα, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις ιεράρχησης των έργων.
8. Εκτιμάται κάθε αβεβαιότητα που προκύπτει από ην είσοδο των δεδομένων.
9. Εκτιμάται κάθε επίπτωση που δεν μπορεί να υπολογισθεί από την αρχή το κόστος και το οικονομικό όφελος.



10. Παρέχονται συμβουλές σχετικά με τις αποφάσεις που λαμβάνονται.

Σύμφωνα με τον Οδηγό των Ενεργειακών Ελέγχων σε κτίρια βιομηχανία και μεταφορές, τα δεδομένα τεκμηρίωσης μιας ανάλυση του κύκλου ζωής είναι τα είναι τα ακόλουθα (Ευθυμιάδης και συν., 2017):

1. Περιγραφή Έργου
 - Γενικές πληροφορίες
 - Είδη αποφάσεων που πρέπει να ληφθούν
 - Περιορισμοί
2. Εναλλακτικές λύσεις
 - Τεχνική Περιγραφή
 - Λόγοι για τους οποίους περιλήφθηκαν
 - Μη νομισματικά ζητήματα
3. Κοινές παράμετροι
 - Διάρκεια της μελέτης
 - Ημερομηνία βάσης
 - Ημερομηνία έναρξης λειτουργίας
 - Προεξοφλητικό επιτόκιο
 - Αντιμετώπιση του πληθωρισμού
 - Λειτουργικές παράμετροι Τιμολόγια ενέργειας και ύδρευσης
4. Δεδομένα κόστους και σχετικοί παράγοντες
 - Επενδυτικές δαπάνες
 - Λειτουργικές δαπάνες
 - Χρήση ενέργειας ανά είδος
 - Χρήση νερού και όγκος αποβλήτων
 - Χρονοδιάγραμμα υλοποίησης δαπανών
 - Πηγές δεδομένων κόστους
 - Εκτίμηση της αβεβαιότητας
5. Υπολογισμοί
 - Προεξόφληση
 - Υπολογισμοί του κόστους κύκλου ζωής
 - Υπολογισμοί των συμπληρωματικών μέτρων
6. Ερμηνεία
 - Αποτελέσματα των συγκρίσεων LCC
 - Εκτίμηση της αβεβαιότητας
 - Αποτελέσματα της ανάλυσης ευαισθησίας
7. Μη χρηματικές εξοικονομήσεις και κόστη (π.χ ανθρώπινοι πόροι, εκπομπές ρύπων, κλπ)
 - Περιγραφή των άυλων περιουσιακών ή μη περιουσιακών στοιχείων
8. Άλλα θέματα
 - Περιγραφή
9. Συστάσεις



1.9.2. Παράμετροι υπολογισμού ενεργειακών εξοικονομήσεων

Οι παράμετροι που εξετάζονται για το οικονομικό κόστος ενέργειας σε μια LCCA είναι οι ακόλουθοι (Ευθυμιάδης και συν., 2017):

- Μέτρηση ποσότητα ενέργειας: πραγματοποιείται μέτρηση της χρησιμοποιούμενης ενέργειας για τις κτιριακές ανάγκες ή /και λειτουργίας του εξοπλισμού σύμφωνα με τον τύπο ενέργειας σε όρους τελικής χρήσης.
- Τιμολόγια: γίνεται χρήση των τιμολογίων του προμηθευτή συνυπολογίζοντας όλες τις παραμέτρους τιμολόγησης. Σημειώνεται ότι σύμφωνα με το Διεθνές Πρωτόκολλο Μέτρησης και Επαλήθευσης των Εξοικονομήσεων (IPMVP) η χρήση μέσων τιμών δεν θεωρείται ορθή μέθοδος. Ωστόσο, στη Υψηλή Τάση (ΥΤ) δεν ισχύει διότι οι τιμές ενέργειας και ισχύος προσαρμόζονται κατόπιν διαπραγματεύσεων, θα λαμβάνονται προκαθορισμένες τιμές μόνο για το ανταγωνιστικό τιμολόγιο σε ευρώ/kWh και ευρώ/kW, ύστερα από ειδικές εγκυκλίους της Γενικής Γραμματείας Επιθεωρητών Ενέργειας του Υπουργείου. Αυτό όμως ισχύει και για μεγάλους καταναλωτές Μέσης Τάσης (ΜΣ) και Χαμηλής Τάσης (ΧΤ) που η ετήσια κατανάλωση τους είναι μεγαλύτερη από 50 GWh/έτος.
- Τιμές ενέργειας: τα ποσοστά κλιμάκωσης των τιμών ενέργειας θα πρέπει να παρέχονται από επίσημους φορείς (όπως η ΡΑΕ), εκτός εάν υπάρχουν διαθέσιμα προβλεπόμενα ποσοστά κλιμάκωσης από τον προμηθευτή ενέργειας.



2. Βασικά Στοιχεία Γαλακτοβιομηχανίας

2.1. Σύντομη περιγραφή επιχείρησης

Με στόχο την διασφάλιση προσωπικών δεδομένων, θα δοθούν μόνο κάποια βασικά στοιχεία της επιχείρησης, απαραίτητα για την πραγματοποίηση του ενεργειακού ελέγχου. Η επιχείρηση είναι μια σύγχρονη τυροκομική μονάδα, βρίσκεται στον Νομό Αχαΐας και λειτουργεί από τις αρχές τις δεκαετίας του '50, σε ιδιότητα κτήρια επιφάνειας περίπου 1810 m². Στα παραγόμενα προϊόντα της μονάδας συγκαταλέγονται η φέτα ΠΟΠ, το κασικίσιο τυρί (γιδοτύρι), η γραβιέρα, το σαγανούρι, η μυζήθρα, το βούτυρο από γίδινο γάλα και το ανθότυρο από αιγοπρόβειο γάλα. Η επιχείρηση διαθέτει ένα σημαντικό μερίδιο στην εγχώρια αγορά ενώ πραγματοποιεί εξαγωγές σε Αμερική, Αυστραλία, Αραβικά Εμιράτα και Γερμανία.

2.2. Εγκαταστάσεις μονάδας

Σε αυτό το σημείο παρατίθεται ο μηχανολογικός εξοπλισμός της γαλακτοβιομηχανίας (Πίνακας 5).

Πίνακας 5: Μηχανολογικός εξοπλισμός μονάδας

A/A	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ	TEM	ΙΣΧΥΣ KW
1	Γεφυροπλάστιγγα	1	-
2	Κορυφολόγος (Pieralisi)	1	11.00
3	Παστερίωση (Pieralisi)	1	4.50
4	Βραστήρας	1	0.37
5	Βραστήρας	1	0.37
6	Ψυγείο Α' υλών	1	1.88
7	Ανεμιστήρες	1	0.20
8	Ανεμιστήρες	2	1.00
9	Ξηραντήριο	1	52.50
10	Αντλία φορητή τυρογάλακτος	1	1.00
11	Αντλία φορητή τυρογάλακτος	1	2.20
12	Δεξαμενή γάλακτος Α' ύλης	1	1.10
13	Ψυκτικό μηχάνημα δεξαμενής (ψύξη γάλακτος)	2	12.78
14	Σύστημα αντλιών	1	6.40
15	Συγκρότημα με αντλία CIP	1	7.50
16	Ανοξείδωτοι ορθογώνιοι τυρολέβητες 1000 λίτρων	10	0.00
17	Δεξαμενή γάλακτος 20.000 λίτρων	1	3.00
18	Δεξαμενή γάλακτος 10.000 λίτρων	1	3.00
19	Ψυκτική εγκατάσταση παραγωγής κρύου νερού		0.00
19.1	Παγολεκάνη νερού με φυσητήρα σε τaráτσα κτιρίου	1	2.20
19.2	Αντλία παγομένου νερού σε τaráτσα κτιρίου	1	7.50
19.3	Δεξαμενή νερού	1	0.00
20	Κλιματισμός - εξαερισμός σε τaráτσα κτιρίου	1	2.20



21	Κλιματισμός στο παρασκευαστήριο της μυζήθρας	4	0.56
22	Κλιματισμός στο χώρο παρασκευής φέτας	4	0.56
23	Σύστημα αεραγωγών στο χώρο παρασκευής φέτας	4	0.56
24	Μονάδες κλιματισμού αερόψυκτοι ψύκτες (με ψυχροστάσια)		0.00
24.1	Ψυκτικό μηχάνημα	1	0.40
24.2	Ψυγείο μεγάλο	4	8.00
24.3	Αερόψυκτηρες μεγάλου ψυγείου	3	22.98
25	Συμπιεστές φρέον	3	75.00
26	Ζυγός παραλαβής	1	0.00
27	Αερόθερμο	2	1.50
28	Αναλυτής συστατικών γάλακτος	1	0.00
29	Κρυσκοπίο	1	0.00
30	Μηχανή συσκευασίας VACUUM	1	3.00
31	Ανοξείδωτος αυτόματος ανατροπέας καλουπιών	1	1.10
32	Ανοξείδωτη δεξαμενή επεξεργασίας τυρογάλακτος 2000 λίτρων	1	1.50
33	Πλυντήριο βαρελιών	1	12.00
34	Ψυκτικοί αερόψυκτηρες	ΣΕΤ 1	30.00
35	Κοπτικό LCC	1	1.50
36	Ηλεκτρονικός ζυγός ετικετέζα	1	1.10
37	Αναδευτήρας	1	0.75
38	Αντλία λάσπης	1	0.57
39	Δοσομετρική αντλία	1	0.24
40	Υποβρύχια αντλία	1	1.13
41	Φυσητήρας	1	7.50
42	pH μέτρο REDOX PR40 και αισθητήριο SPH-1-S-6M	1	0.00
43	Δοσομετρική pH TEKNAEVO AKL603	1	0.09
44	Φυσητήρας EL 46 (A)	1	13.88
45	Φυσητήρας (B)	1	8.25
46	Διαχύτες OXYFLEX	137	0.00
47	Αντλία λυμάτων DOMO 20VXT ανακυκλοφορίας	2	2.25
48	Αντλία αποστράγγισης DOC3/A	1	0.19
49	Αντλία δεξαμενής πάχυνσης DOMO 7VXT	1	0.42
50	Αντλίες αντλιοστασίου DOMO 20T	2	1.68
51	Ηλεκτρικός πίνακας 85KVA	1	0.00
52	Δοσομετρική χλωρίου	1	0.09
53	Ξέστρο επιφάνειας πυθμένα	1	0.83
Σύνολο			318.33

2.3. Παραγωγική διαδικασία

Τα τμήματα λειτουργίας της μονάδας παραγωγής είναι τα ακόλουθα:

- A. Τμήμα παραγωγής φέτας
- B. Τμήμα παραγωγής μυζήθρας

Παραγωγική Διαδικασία (φέτας – μυζήθρας)

Η παραγωγή στην τυροκομική μονάδα στην παρούσα φάση λειτουργίας της ακολουθεί την



παρακάτω διαδικασία μέσω των επιμέρους τμημάτων της μονάδας. Τα τμήματα λειτουργίας της τυροκομικής μονάδας είναι:

➤ **A' Τμήμα παραλαβής γάλακτος**

Το σύνολο της ποσότητας γάλακτος που παραλαμβάνεται είναι αιγοπρόβειο. Αμέσως μετά την παραλαβή αποθηκεύεται σε δεξαμενές αυτοψυχόμενες - ισόθερμες όπου ψύχεται σε θερμοκρασία 4 °C.

➤ **B' Τμήμα τυροκόμησης**

Το γάλα πριν το στάδιο παστερίωσης φιλτράρεται σε φίλτρο αυτοκαθαριζόμενο, προκειμένου να απομακρυνθούν ξένα συστατικά. Κατόπιν θερμαίνεται στους 42°C περίπου μέσω ειδικού εναλλάκτη θερμότητας (παστεριωτής) και σταθεροποιείται. Η σταθεροποίηση έχει σκοπό να ρυθμίσει την περιεκτικότητα σε λιπαρά. Διαχωρίζεται η κρέμα γάλακτος από το γάλα σε ειδικό διαχωριστήρα (κορυφολόγος). Η κρέμα είτε πωλείται είτε χρησιμοποιείται για να συμπληρώσει σε λιπαρά τις ποσότητες γάλακτος, που έχουν χαμηλή περιεκτικότητα. Εν συνεχεία οδηγείται στον παστεριωτή, όπου θερμαίνεται στους 72 °C. Εν συνεχεία μεταφέρεται στους τυροπαρασκευαστές όπου προστίθεται η πυτιά και παραμένει για καλλιέργεια. Σύμφωνα με τον τύπο του τυριού που παρασκευάζεται εισάγονται και οι αντίστοιχες καλλιέργειες.

Η πήξη του τυριού, ανάλογα με το είδος που πρέπει να παρασκευαστεί, γίνεται σε διαφορετικές θερμοκρασίες και διαρκεί διαφορετικό χρονικό διάστημα. Ως καταλληλότερη θερμοκρασία πήξεως θεωρείται αυτή των 38-40 °C. Ο απαιτούμενος χρόνος στους τυρολέβητες υπολογίζεται περίπου στα 90 λεπτά της ώρας. Το έτοιμο για μορφοποίηση τυρόπηγμα εκκενώνεται από τον κάθε τυρολέβητα απευθείας μαζί με το τυρόγαλο στο συγκρότημα στραγγίσεως. Το υπάρχον συγκρότημα έχει την δυνατότητα να επεξεργάζεται τυρόπηγμα μαλακών και φέρει σύστημα διαλογής και απομακρύνσεως του τυρογάλακτος στις δεξαμενές αποθηκείσεως του.

Τα τυριά τοποθετούνται σε ειδικά καλούπια και αλατίζονται. Η αλάτιση έχει ως σκοπό την βελτίωση της γεύσης του τυριού και της αποφυγής κατά την επακολουθούσα ωρίμανση, μη επιθυμητών ζυμώσεων (αλλοιώσεων). Αφού παραμείνουν τον αναγκαίο χρόνο στην άλμη, τοποθετούνται σε ειδικά ξύλινα ράφια και αποστέλλονται στους χώρους της ωρίμανσης.

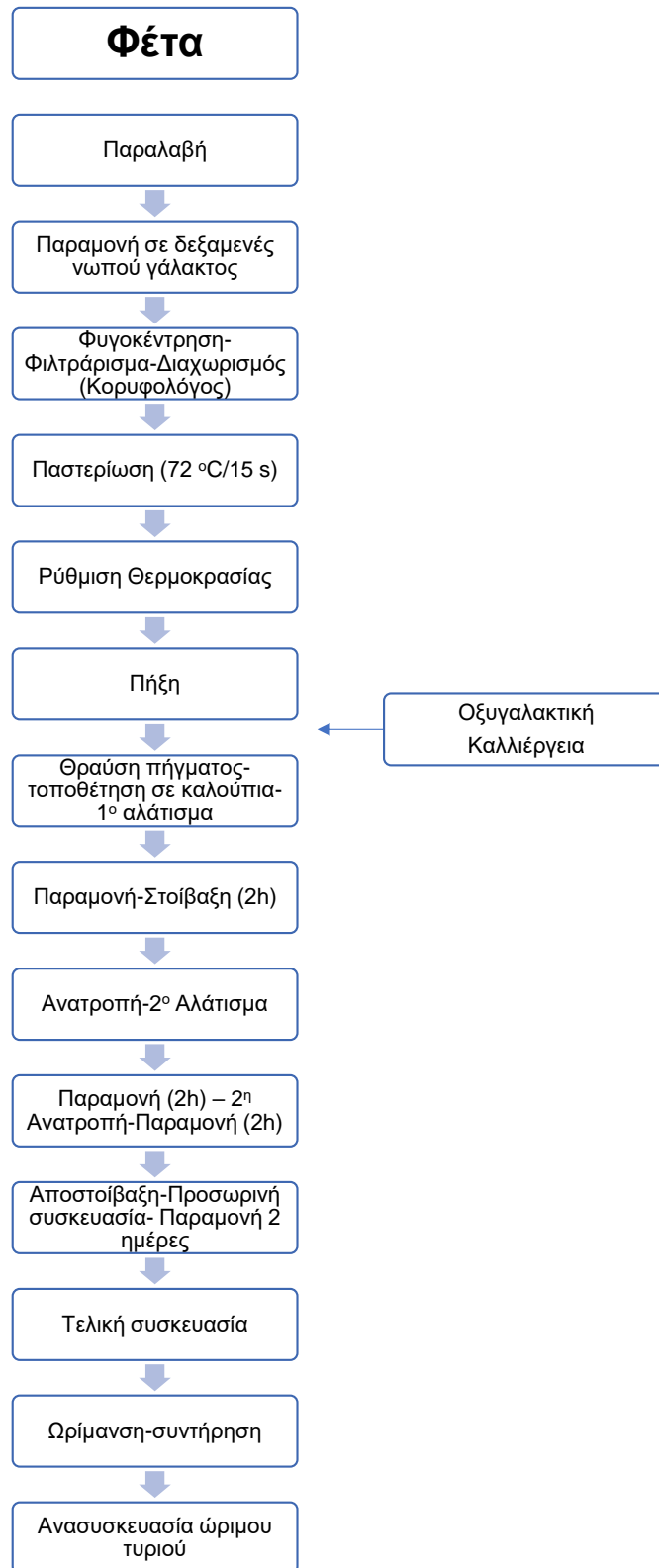
Το τυρόγαλο που χρησιμοποιείται για την παρασκευή της μυζήθρας αποστέλλεται στις δεξαμενές βρασμού οι οποίες είναι κατάλληλα κατασκευασμένες να θερμαίνονται με απ' ευθείας εκτόνωση ατμού.

Μετά την κροκκίδωση των στερεών του τυρογάλακτος μέσω ειδικού κυαθίου γίνεται η συλλογή του κροκκιδωμένου προϊόντος και η αρχική του στράγγιση.

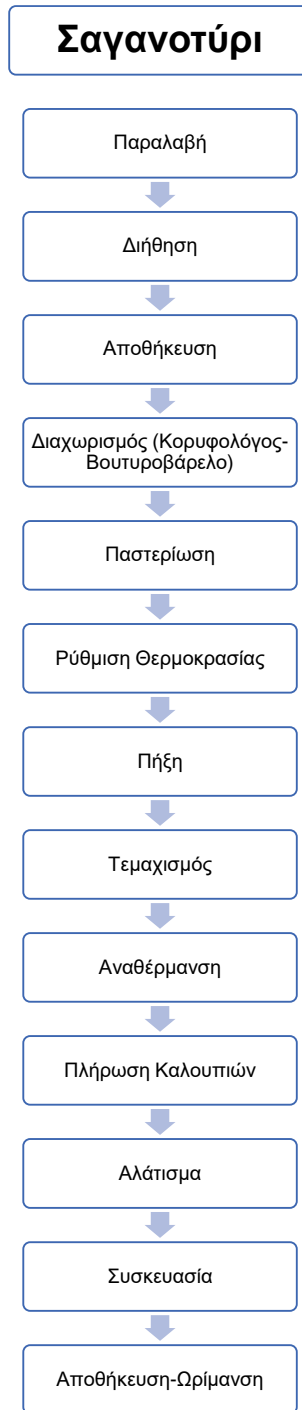
➤ **Γ' Τμήμα ωρίμανσης -συντήρησης τυριών**

Το προϊόν των προηγούμενων διαδικασιών μεταφέρεται στο τμήμα ωρίμανσης. Για τα τυριά η ωρίμανση είναι το σπουδαιότερο στάδιο της τυροκομίας γιατί σε αυτό τον χώρο απαιτείται να εξασφαλίζονται οι ιδανικές συνθήκες που είναι αναγκαίες για την απόκτηση εξαιρετικής γεύσης, την εμφάνισή τους, αλλά και τον περιορισμό της απώλειας βάρους εξ' αφυδατώσεως.

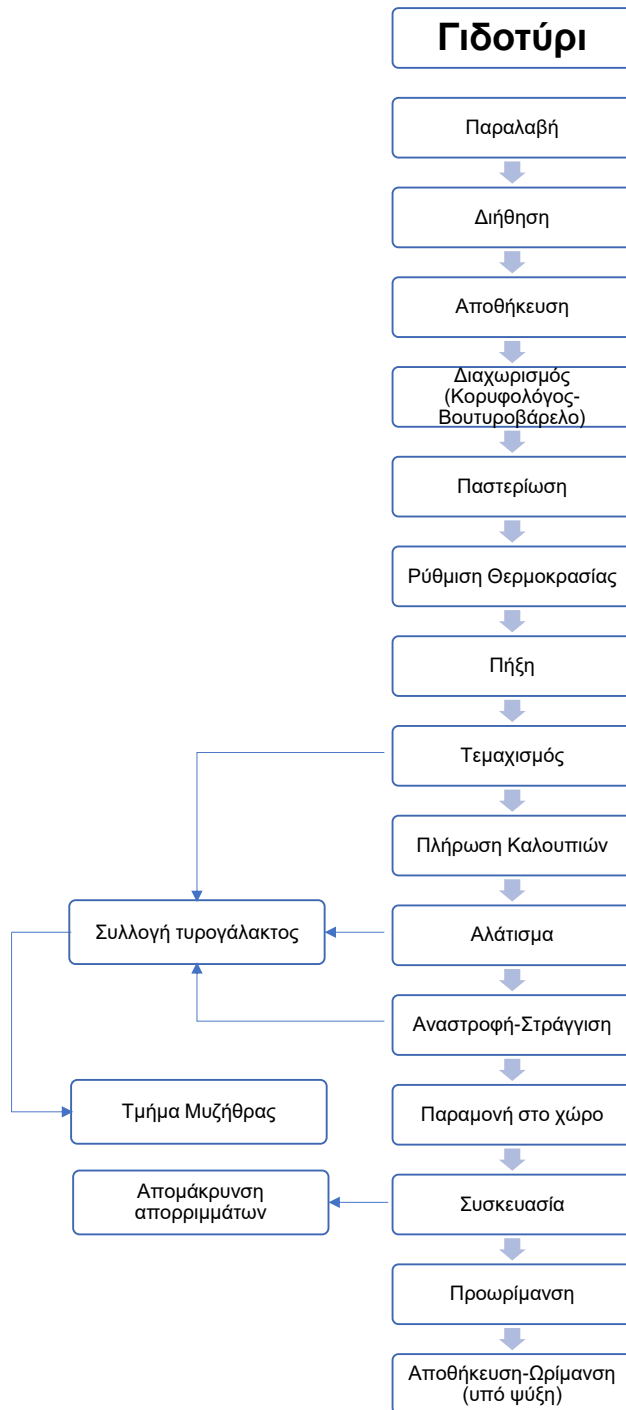
Για τα μαλακά τυριά ο χώρος ξηράς αλμίσσεως είναι και ο χώρος ωριμάνσεώς τους. Ο χώρος ωρίμανσης είναι σταθερής θερμοκρασίας 15-18 °C και σε αυτόν παραμένουν τα βαρέλια ανοικτά για 5 περίπου ημέρες. Στην συνέχεια τα βαρέλια συσκευάζονται και πηγαίνουν στον χώρο αποθήκευσης όπου παραμένουν πάλι στους 15-18 °C για 15-20 ημέρες.



Διάγραμμα 1: Διάγραμμα ροής παραγωγής φέτας



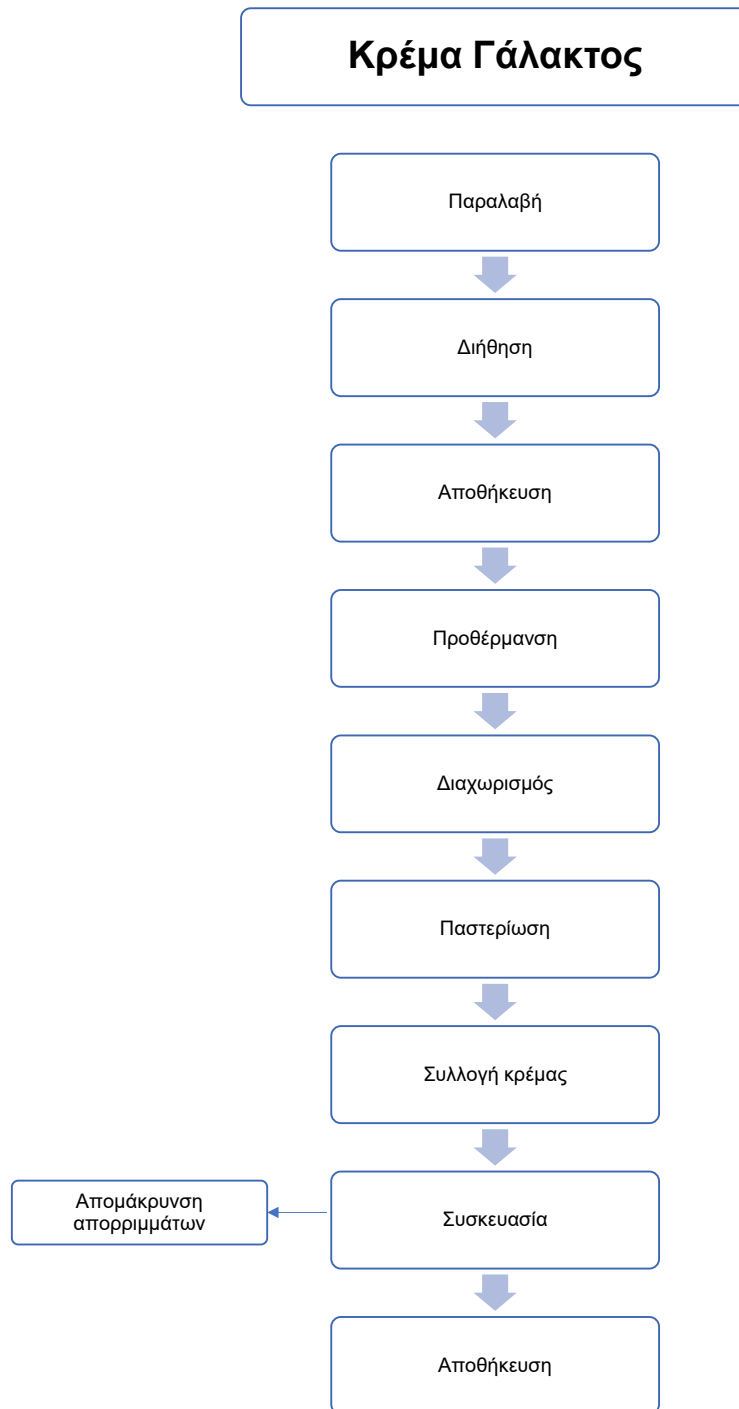
Διάγραμμα 2: Διάγραμμα ροής παραγωγής σαγανοτυριού



Διάγραμμα 3: Διάγραμμα ροής παραγωγής γιδοτυριού



Διάγραμμα 4: Διάγραμμα ροής παραγωγής βουτύρου



Διάγραμμα 5: Διάγραμμα ροής παραγωγής κρέμας γάλακτος



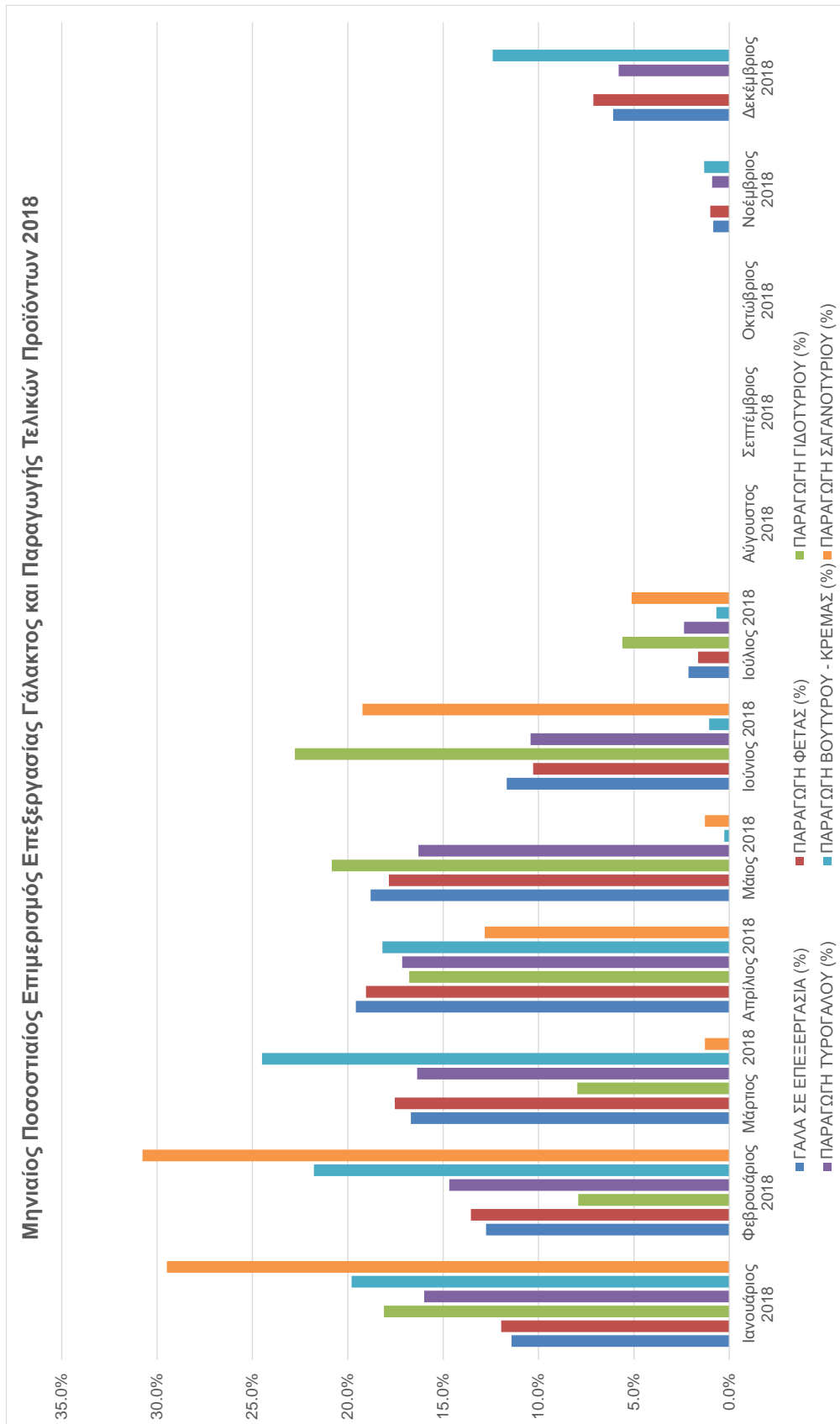
Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται τα ισοζύγια μάζας της μονάδας για τα έτη 2018-2019.

Πίνακας 6: Ρεύματα παραγόμενων προϊόντων 2018

ΕΤΟΣ 2018	ΓΑΛΑ ΣΕ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ (tn)	%	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΦΕΤΑΣ (tn)	%	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΓΙΑΟΥΤΡΙΟΥ (tn)	%	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΥΡΟΓΑΛΟ Υ (tn)	%	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΟΥΤΥΡΟΥ - ΚΡΕΜΑΣ (tn)	%	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΣΑΓΑΝΟΥΤΥΡΙΟΥ (tn)	%
Ιανουάριος 2018	444.40	11.4%	84.91	12.0%	11.92	18.1%	14.15	16.0%	3.75	19.8%	1.38	29.5%
Φεβρουάριος 2018	496.51	12.8%	96.14	13.5%	5.22	7.9%	12.99	14.7%	4.13	21.8%	1.44	30.8%
Μάρτιος 2018	649.98	16.7%	124.50	17.5%	5.25	8.0%	14.48	16.4%	4.64	24.5%	0.06	1.3%
Απρίλιος 2018	762.28	19.6%	135.20	19.0%	11.05	16.8%	15.17	17.2%	3.45	18.2%	0.60	12.8%
Μάιος 2018	732.11	18.8%	126.71	17.9%	13.72	20.8%	14.42	16.3%	0.05	0.3%	0.06	1.3%
Ιούνιος 2018	454.30	11.7%	73.00	10.3%	15.00	22.8%	9.22	10.4%	0.20	1.1%	0.90	19.2%
Ιούλιος 2018	83.20	2.1%	11.60	1.6%	3.70	5.6%	2.10	2.4%	0.13	0.7%	0.24	5.1%
Αύγουστος 2018	0.00	0.0%	0.00	0.0%	0.00	0.0%	0.00	0.0%	0.00	0.0%	0.00	0.0%
Σεπτέμβριος 2018	0.00	0.0%	0.00	0.0%	0.00	0.0%	0.00	0.0%	0.00	0.0%	0.00	0.0%
Οκτώβριος 2018	0.00	0.0%	0.00	0.0%	0.00	0.0%	0.00	0.0%	0.00	0.0%	0.00	0.0%
Νοέμβριος 2018	32.72	0.8%	7.08	1.0%	0.00	0.0%	0.79	0.9%	0.25	1.3%	0.00	0.0%
Δεκέμβριος 2018	237.30	6.1%	50.60	7.1%	0.00	0.0%	5.14	5.8%	2.35	12.4%	0.00	0.0%
ΣΥΝΟΛΑ	3,892.80	100%	709.73	100%	65.85	100%	88.46	100%	18.94	100%	4.68	100%



Γράφημα 1: Μηνιαίος ποσοστιαίος επιμερισμός ρευμάτων παραγόμενων προϊόντων 2018



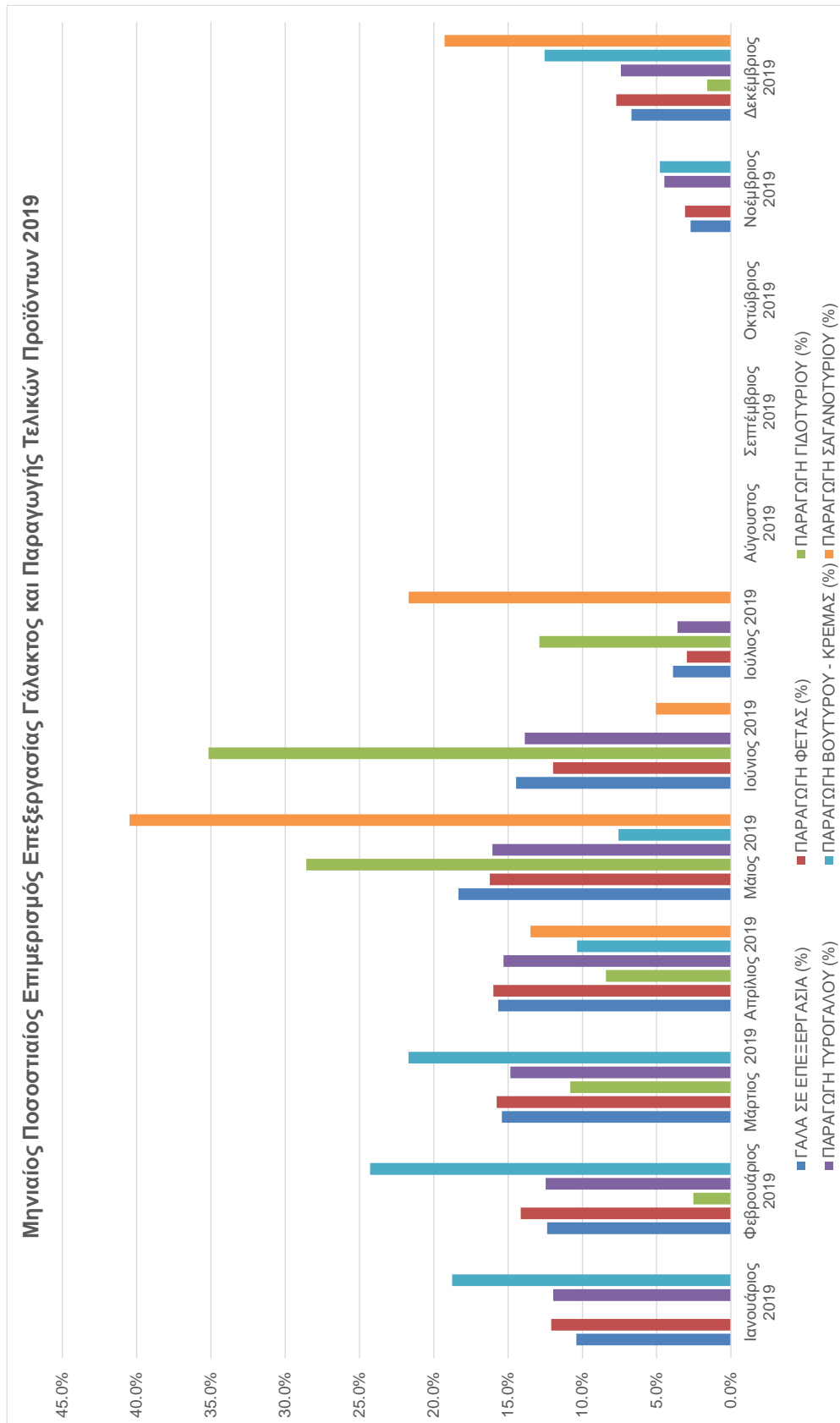


Πίνακας 7: Ρεύματα παραγόμενων προϊόντων 2019

ΕΤΟΣ 2019	ΓΑΛΑ ΣΕ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ (tn)	%	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΦΕΤΑΣ (tn)	%	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΓΙΔΟΤΥΡΙΟΥ (tn)	%	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΥΡΟΓΑΛΟ Υ (tn)	%	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΟΥΤΥΡΟΥ - ΚΡΕΜΑΣ (tn)	%	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΣΑΓΑΝΟΥΡΙΟΥ (tn)	%
Ιανουάριος 2019	366.12	10.4%	78.87	12.1%	0.00	8.25	12.0%	3.30	18.8%	0.00	0.00	0.0%
Φεβρουάριος 2019	435.35	12.4%	92.24	14.2%	1.27	8.60	12.5%	4.27	24.3%	0.00	0.00	0.0%
Μάρτιος 2019	542.42	15.4%	102.77	15.8%	5.40	10.24	14.8%	3.82	21.7%	0.00	0.00	0.0%
Απρίλιος 2019	551.33	15.7%	104.20	16.0%	4.20	10.56	15.3%	1.82	10.4%	0.28	0.28	13.5%
Μάιος 2019	645.09	18.3%	105.77	16.2%	14.27	11.08	16.1%	1.33	7.6%	0.84	0.84	40.5%
Ιούνιος 2019	508.86	14.5%	78.06	12.0%	17.55	9.57	13.9%	0.00	0.0%	0.11	0.11	5.1%
Ιούλιος 2019	137.15	3.9%	19.36	3.0%	6.44	2.49	3.6%	0.00	0.0%	0.45	0.45	21.7%
Αύγουστος 2019	0.00	0.0%	0.00	0.0%	0.00	0.00	0.0%	0.00	0.0%	0.00	0.00	0.0%
Σεπτέμβριος 2019	0.00	0.0%	0.00	0.0%	0.00	0.00	0.0%	0.00	0.0%	0.00	0.00	0.0%
Οκτώβριος 2019	0.00	0.0%	0.00	0.0%	0.00	0.00	0.0%	0.00	0.0%	0.00	0.00	0.0%
Νοέμβριος 2019	95.70	2.7%	20.10	3.1%	0.00	3.09	4.5%	0.84	4.8%	0.00	0.00	0.0%
Δεκέμβριος 2019	235.52	6.7%	50.32	7.7%	0.80	5.11	7.4%	2.21	12.5%	0.40	0.40	19.3%
ΣΥΝΟΛΑ	3,517.54	100%	651.69	100%	49.91	68.99	100%	17.58	100%	2.08	2.08	100%



Γράφημα 2:Μηνιαίος ποσοστιαίος επιμερισμός ρευμάτων παραγόμενων προϊόντων 2019





2.4. Φωτογραφική αποτύπωση μονάδας

Παρακάτω ακολουθεί φωτογραφική αποτύπωση του εξοπλισμού της μονάδας.



Εικόνα 1: Είσοδος μονάδας



Εικόνα 2: Χώρος υποδοχής βυτίων γάλακτος



Εικόνα 3: Δεξαμενή υγραερίου



Εικόνα 4: Μηχανοστάσιο συμπιεστών ψυκτικών μονάδων



Εικόνα 5: Ατμολέβητας-1



Εικόνα 6: Ατμολέβητας-2



Εικόνα 7: Εξωτερικά στοιχεία μονάδων ψύξης



Εικόνα 8: Παγολεκάνες



Εικόνα 9: Εσωτερικά στοιχεία μονάδων ψύξης-1



Εικόνα 10: Εσωτερικά στοιχεία μονάδων ψύξης-2



Εικόνα 11: Ψυκτικό στοιχείο θαλάμου
συντήρησης φέτας



Εικόνα 12: Χώρος ωρίμανσης φέτας



Εικόνα 13: Ενδεικτική δεξαμενή γάλακτος



Εικόνα 14: Ενδεικτικός Κορυφολόγος



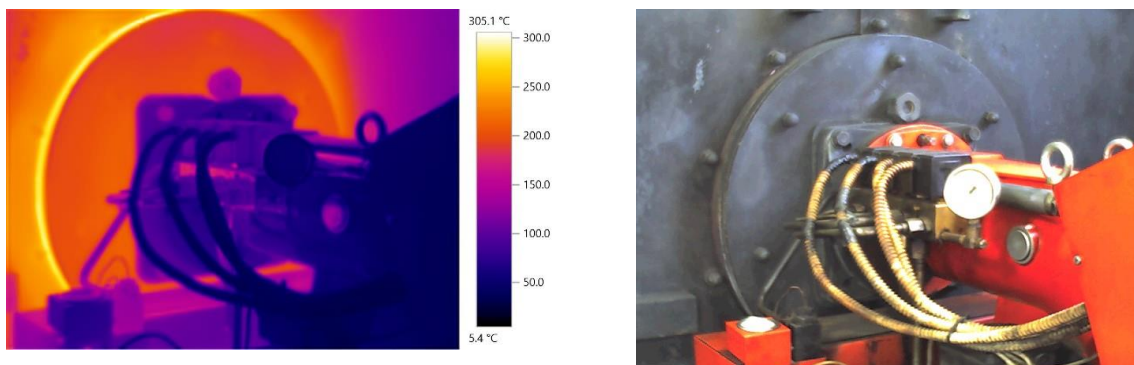
Εικόνα 15: Ενδεικτική Μονάδα Παστερίωσης



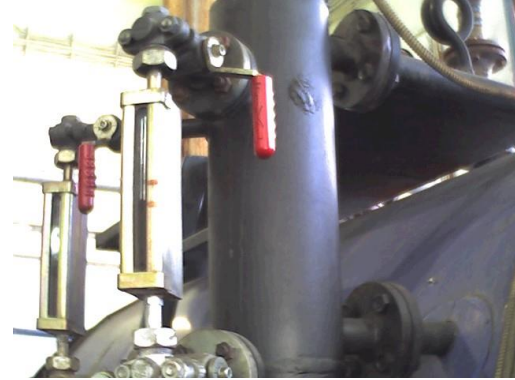
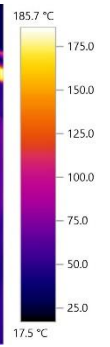
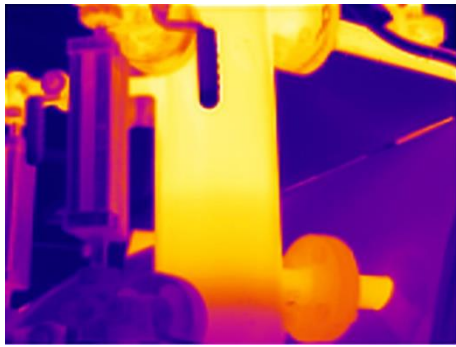
Εικόνα 16: Ενδεικτικό καλούπι διήθησης φέτας

2.5. Θερμογραφική αποτύπωση μονάδας

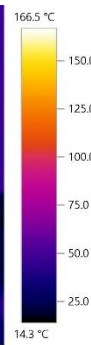
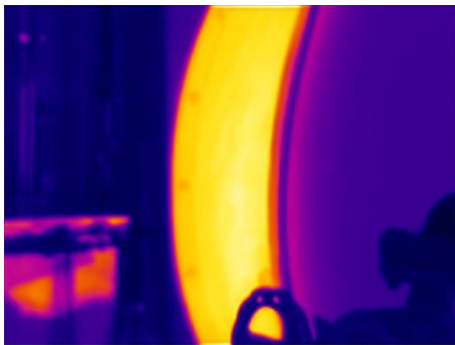
Παρακάτω ακολουθεί φωτογραφική αποτύπωση του εξοπλισμού της μονάδας.



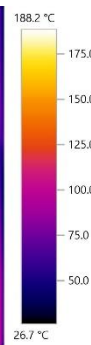
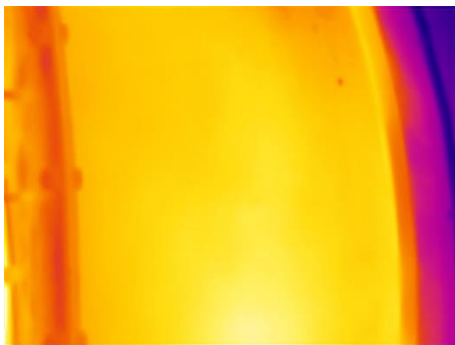
Εικόνα 17:Καυστήρας ατμολέβητα



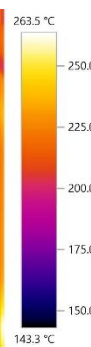
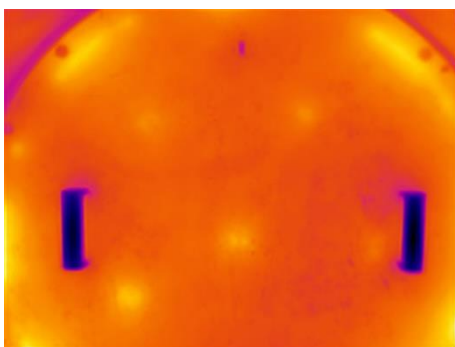
Εικόνα 18:Ασφαλιστικό ατμολέβητα



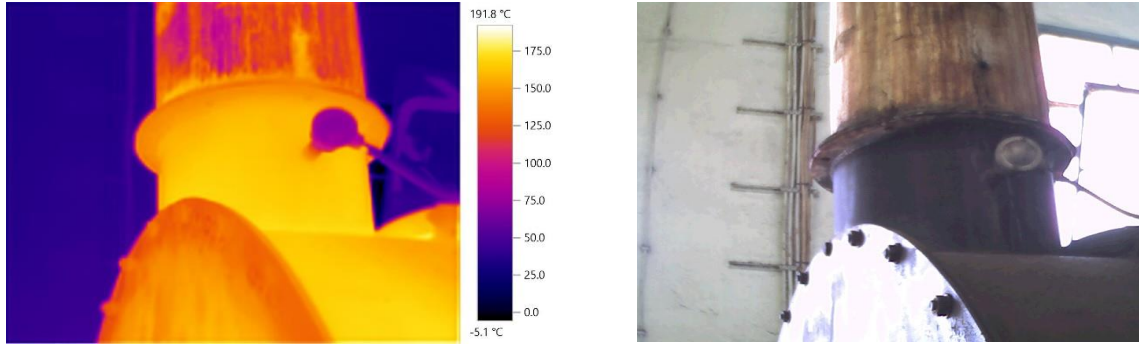
Εικόνα 19:Απόληξη κελύφους ατμολέβητα



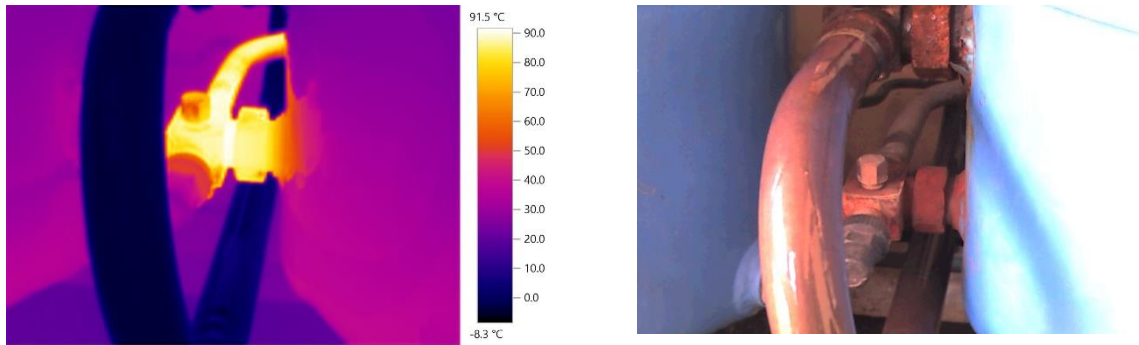
Εικόνα 20:Απόληξη κελύφους ατμολέβητα



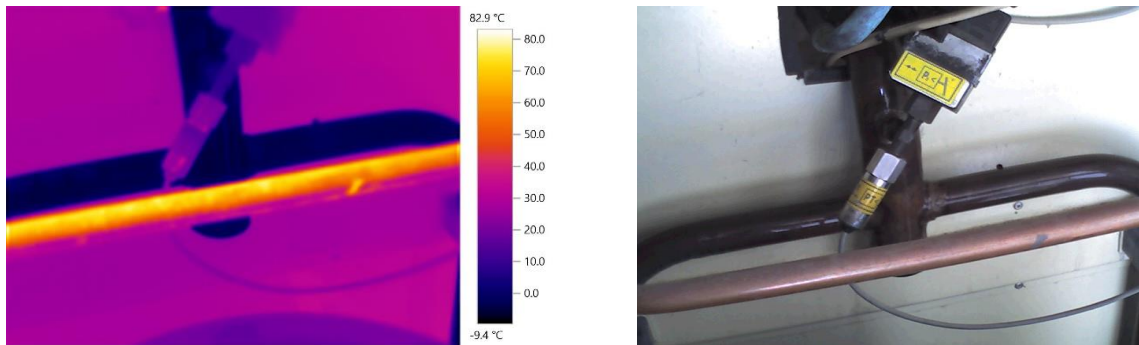
Εικόνα 21:Όπισθεν θυρίδα ατμολέβητα



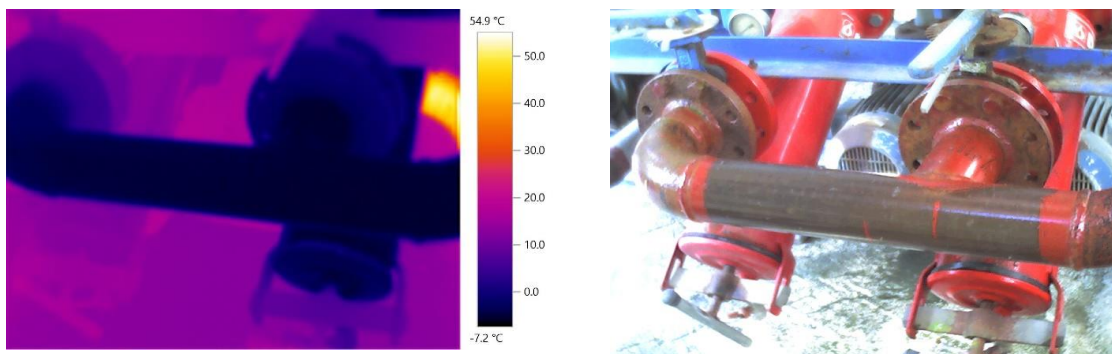
Εικόνα 22: Καπναγωγός ατμολέβητα



Εικόνα 23: Εισαγωγή και εξαγωγή συμπιεστή ψύκτη νερού



Εικόνα 24: Εισαγωγή και εξαγωγή συμπιεστή ψύκτη νερού



Εικόνα 25: Δίκτυο διανομής νερού ψύξης (υψηλές τιμές καταγράφονται στο μοτέρ της αντλίας)



3. Ανάλυση Ενεργειακών Καταναλώσεων Παραγωγικής Διαδικασίας

3.1. Στοιχεία κατανάλωσης πρωτογενούς θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας

Στους παρακάτω πίνακες γίνεται η ανάλυση της καταναλισκόμενης θερμικής ενέργειας για τα έτη 2018-2019.

Πίνακας 8: Κατανομή καταναλισκόμενης θερμικής ενέργειας για το έτος 2018

Μήνας	Επεξεργασία Γάλακτος (t _{tm})	Μηνιαίος Επιμερισμός Επεξεργασίας Γάλακτος (%)	Κατανάλωση Θερμικής Ενέργειας (kWh _{th})	Μηνιαίος Επιμερισμός Κατανάλωσης Θερμικής Ενέργειας (%)	Κατανάλωση Θερμικής Ενέργειας (kWh _{th})	Ειδική Κατανάλωση Θερμικής Ενέργειας (kWh _{th} /t _{tm})	Ειδικό Κόστος Θερμικής Ενέργειας (€/t _{tm})
Ιανουάριος	444.40	11%	79,625	10%	81,702	179.18	10.91
Φεβρουάριος	496.51	13%	97,934	13%	97,369	197.24	10.49
Μάρτιος	649.98	17%	143,628	19%	190,026	220.97	11.43
Απρίλιος	762.28	20%	152,841	20%	71,788	200.51	10.76
Μάιος	732.11	19%	146,012	19%	118,850	199.44	11.27
Ιούνιος	454.30	12%	62,948	8%	125,766	138.56	13.87
Ιούλιος	83.20	2%	26,474	3%	0	-	-
Αύγουστος	0.00	0%	0	0%	0	-	-
Σεπτέμβριος	0.00	0%	0	0%	0	-	-
Οκτώβριος	0.00	0%	0	0%	0	-	-
Νοέμβριος	32.72	1%	14,289	2%	0	436.68	24.26
Δεκέμβριος	237.30	6%	46,914	6%	98,716	197.70	9.76
Σύνολο	3,893		770,664		784,217	197.97	12.84



Πίνακας 9: Κατανομή καταναλισκόμενης θερμικής ενέργειας για το έτος 2019

Μήνας	Επεξεργασία Γάλακτος (tn _m)	Μηνιαίος Επιμερισμός Επεξεργασίας Γάλακτος (%)	Κατανάλωση Θερμικής Ενέργειας (kWh _{th})	Κατανάλωση Θερμικής Ενέργειας (kWh _{th})	Μηνιαίος Επιμερισμός Κατανάλωσης Θερμικής Ενέργειας (%)	Ειδική Κατανάλωση Θερμικής Ενέργειας (kWh _{th} /tn _m)	Ειδικό Κόστος Θερμικής Ενέργειας (€/tn _m)
Ιανουάριος	366.12	10%	87,637	81,702	11%	239.37	13.77
Φεβρουάριος	435.35	12%	104,850	97,369	13%	240.84	14.77
Μάρτιος	542.42	15%	136,190	190,026	17%	251.08	15.42
Απρίλιος	551.33	16%	140,973	71,788	17%	255.69	15.68
Μάιος	645.09	18%	145,983	118,850	18%	226.30	13.33
Ιούνιος	508.86	14%	118,886	125,766	14%	233.63	12.39
Ιούλιος	137.15	4%	23,113	0	3%	-	-
Αύγουστος	0.00	0%	0	0	0%	-	-
Σεπτέμβριος	0.00	0%	0	0	0%	-	-
Οκτώβριος	0.00	0%	0	0	0%	-	-
Νοέμβριος	95.70	3%	18,381	25,263	2%	192.06	11.01
Δεκέμβριος	235.52	7%	49,104	98,716	6%	208.49	12.43
Σύνολο	3,518		825,115	809,480		234.57	13.60



Πίνακας 10: Κατανομή καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας για το έτος 2018

Μήνας	Επεξεργασία Γάλακτος (t _m)	Μηνιαίος Επιμερισμός Επεξεργασίας Γάλακτος (%)	Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας (kWh _a)	Μηνιαίος Επιμερισμός Κατανάλωσης Ηλεκτρικής Ενέργειας (%)	Ειδική Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας (kWh _d /t _m)	Ειδικό Κόστος Ηλεκτρικής Ενέργειας (€/t _m)	Χρεωστέα Ισχύς (kW _e)	Συντελεστής Χρησιμοποίησης Ηλεκτρικής Ισχύος
Ιανουάριος	444.40	11%	28,680	7%	64.54	10.07	103.3	38.55%
Φεβρουάριος	496.51	13%	40,040	10%	80.64	12.49	126.9	43.81%
Μάρτιος	649.98	17%	45,320	11%	69.73	10.68	78.5	80.15%
Απρίλιος	762.28	20%	63,280	15%	83.01	12.52	165.2	53.20%
Μάιος	732.11	19%	70,160	17%	95.83	14.72	182.0	53.58%
Ιούνιος	454.30	12%	54,160	13%	119.22	18.34	156.8	47.97%
Ιούλιος	83.20	2%	31,840	8%	-	-	132.0	32.42%
Αύγουστος	0.00	0%	14,880	4%	-	-	74.0	27.03%
Σεπτέμβριος	0.00	0%	13,440	3%	-	-	88.0	21.21%
Οκτώβριος	0.00	0%	12,560	3%	-	-	83.0	20.34%
Νοέμβριος	32.72	1%	12,080	3%	369.18	53.21	72.0	23.30%
Δεκέμβριος	237.30	6%	26,000	6%	109.57	15.59	99.0	35.30%
Σύνολο	3,893		412,440		105.95	15.93		

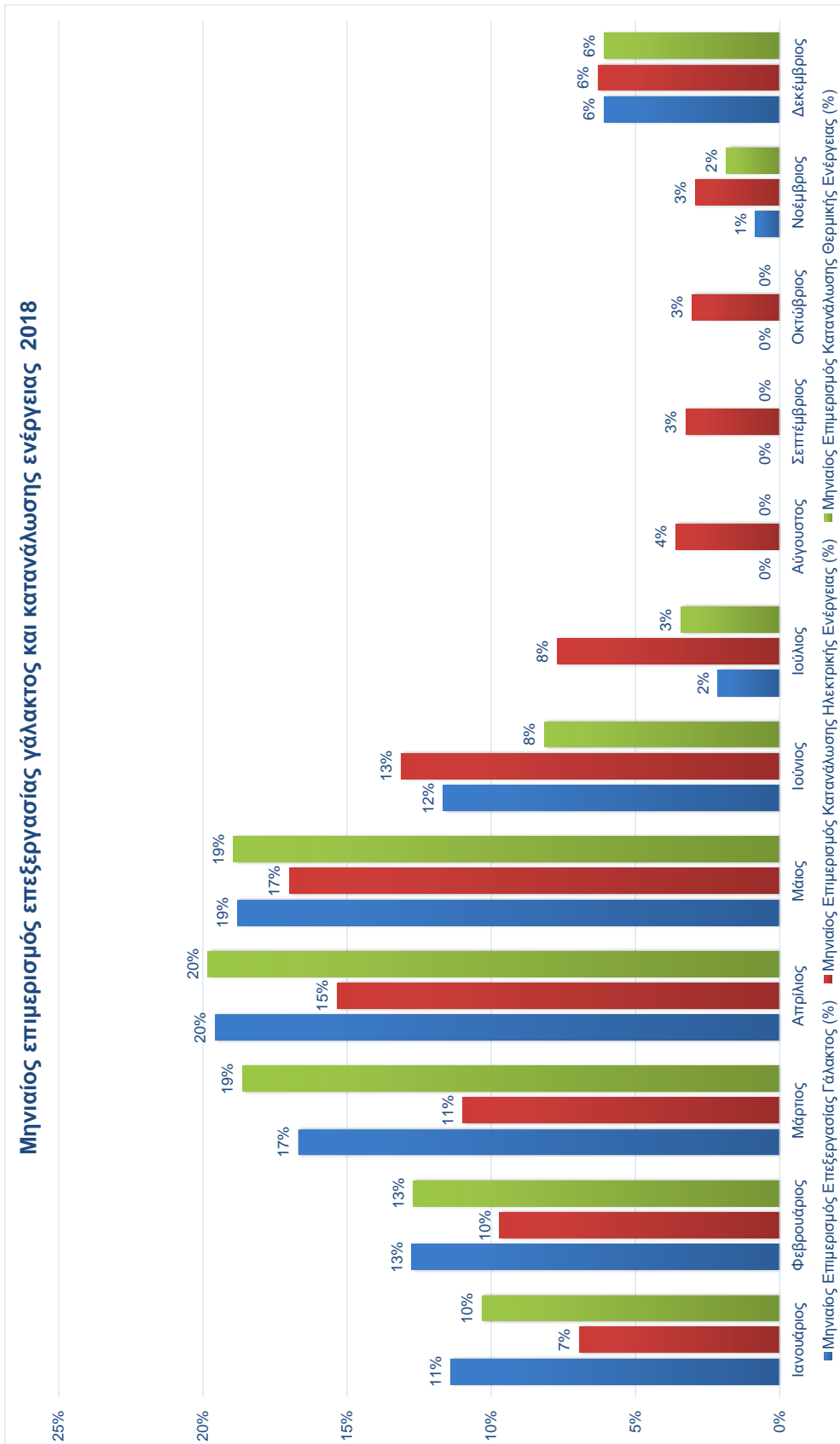


Πίνακας 11: Κατανομή καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας για το έτος 2019

Μήνας	Επέξεργασία Γάλακτος (tn _m)	Μηνιαίος Επιμερισμός Επέξεργασίας Γάλακτος (%)	Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας (kWh _e)	Μηνιαίος Επιμερισμός Κατανάλωσης Ηλεκτρικής Ενέργειας (%)	Ειδική Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας (kWh _e /tn _m)	Ειδικό Κόστος Ηλεκτρικής Ενέργειας (€/tn _m)	Χρεωστέα Ισχύς (kW _e)	Συντελεστής Χρησιμοποίησης Ηλεκτρικής Ισχύος
Ιανουάριος	366.12	10%	31,120	8%	85.00	12.37	124.0	33.73%
Φεβρουάριος	435.35	12%	34,000	9%	78.10	10.88	119.0	42.52%
Μάρτιος	542.42	15%	38,560	10%	71.09	9.92	132.0	39.26%
Απρίλιος	551.33	16%	40,160	11%	72.84	10.11	136.0	41.01%
Μάιος	645.09	18%	44,800	12%	69.45	10.06	141.0	42.71%
Ιούνιος	508.86	14%	48,240	13%	94.80	13.77	144.0	49.85%
Ιούλιος	137.15	4%	34,400	9%	250.83	35.46	149.0	31.03%
Αύγουστος	0.00	0%	19,440	5%	-	-	83.0	31.48%
Σεπτέμβριος	0.00	0%	15,440	4%	-	-	72.0	29.78%
Οκτώβριος	0.00	0%	14,720	4%	-	-	74.0	26.74%
Νοέμβριος	95.70	3%	19,280	5%	201.45	28.06	88.0	30.43%
Δεκέμβριος	235.52	7%	27,120	7%	115.15	16.02	107.0	34.07%
Σύνολο	3,518		367,280		104.41	14.71		

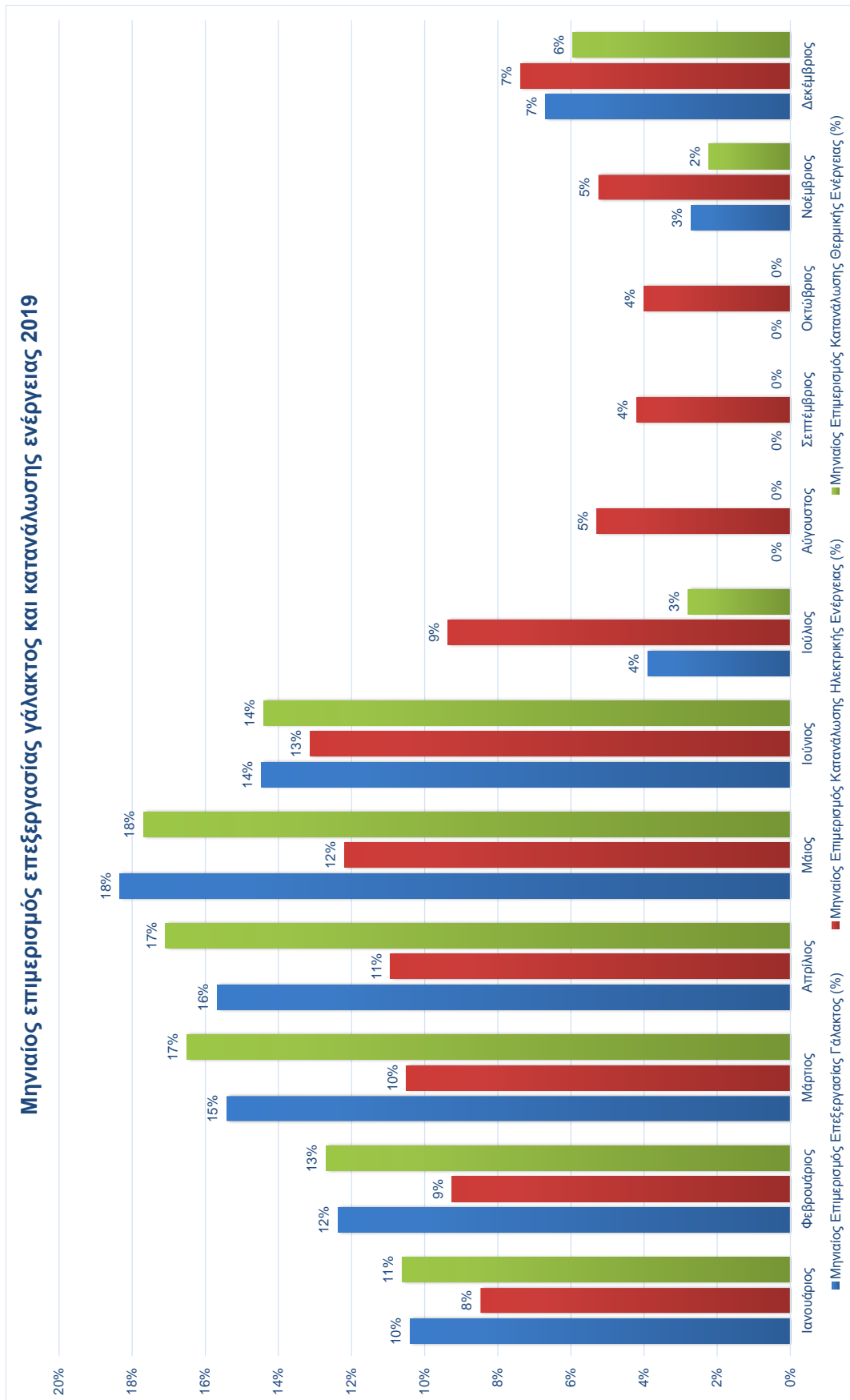


Γράφημα 3: Μηνιαίος επιμερισμός επεξεργασίας γάλακτος και κατανάλωσης ενέργειας 2018



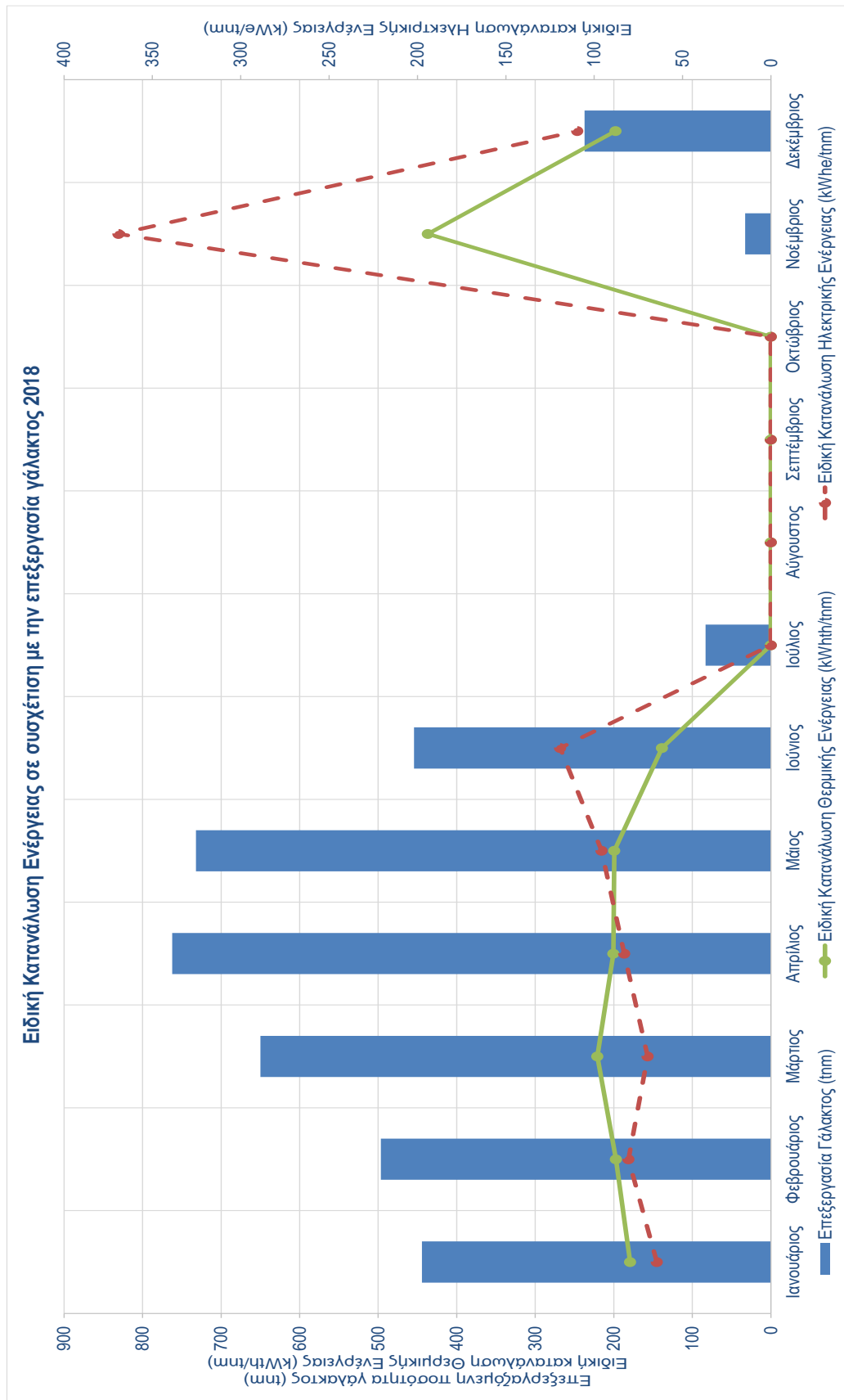


Γράφημα 4:Μηνιαίος επιμερισμός επεξεργασίας γάλακτος και κατανάλωσης ενέργειας 2019



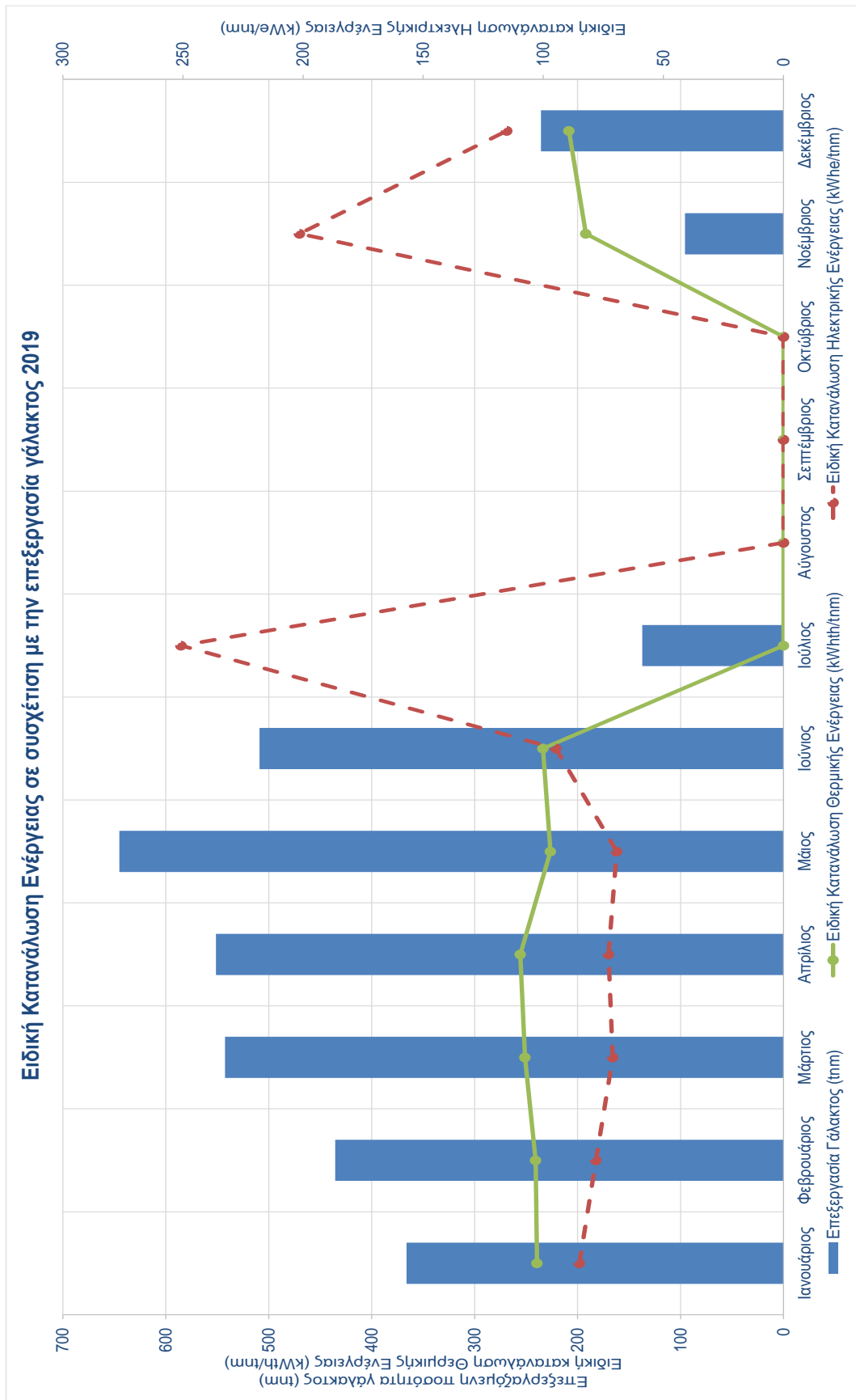


Γράφημα 5: Συσχέτιση ειδικής κατανάλωσης ενέργειας με την επεξεργασία γάλακτος 2018



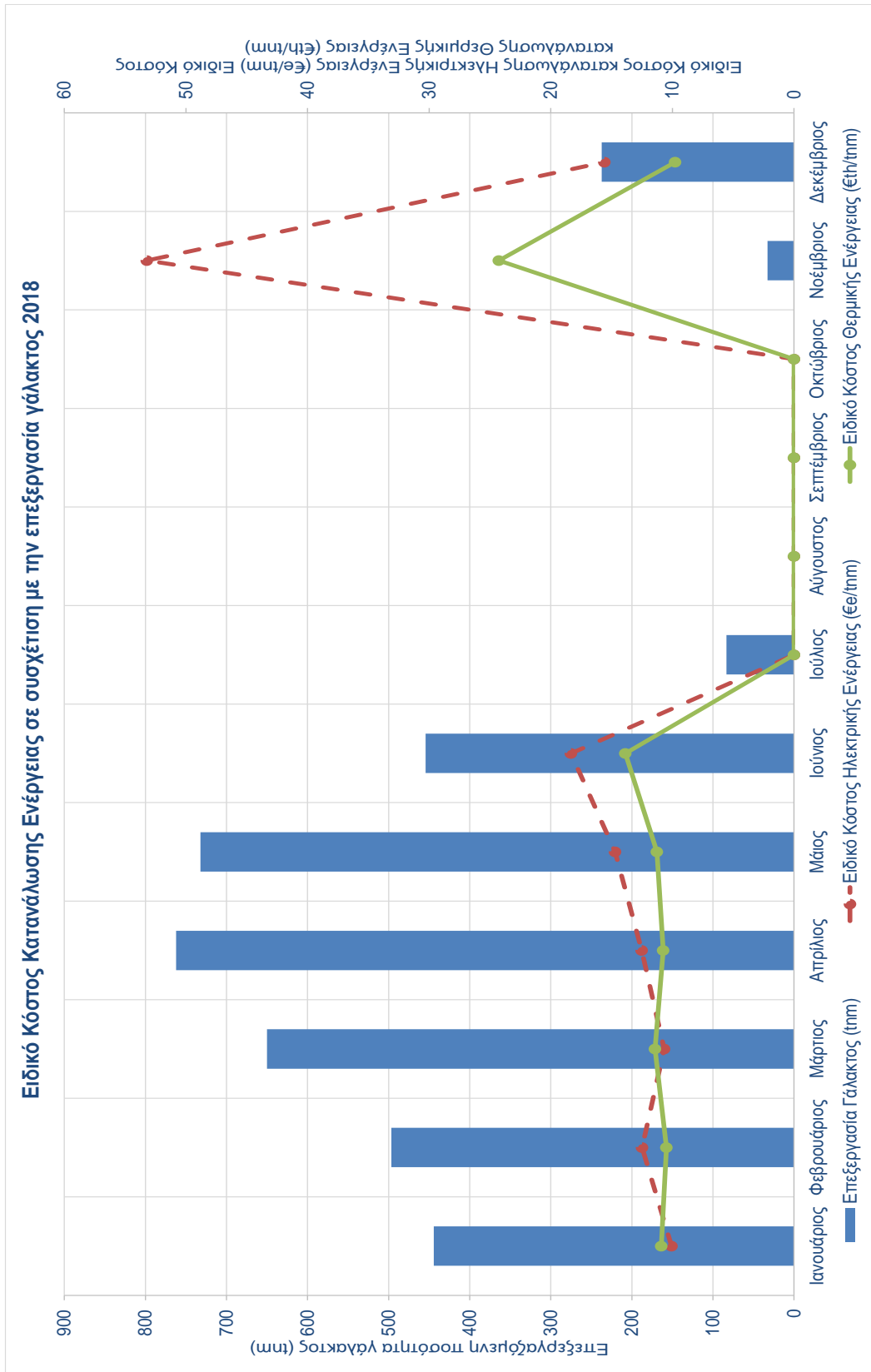


Γράφημα 6: Συσχέτιση ειδικής κατανάλωσης ενέργειας με την επεξεργασία γάλακτος 2019



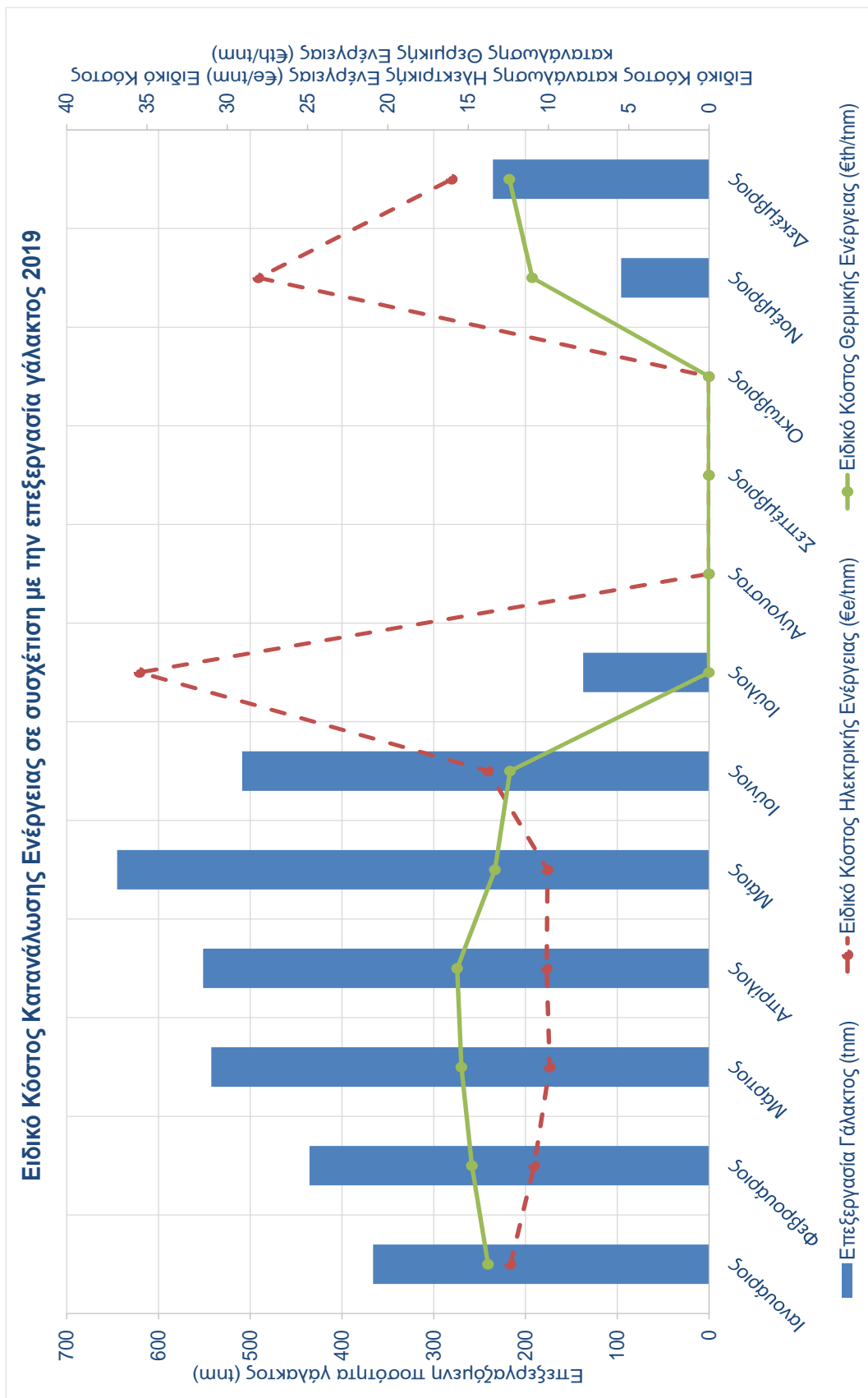


Γράφημα 7: Συσχέτιση ειδικού κόστους ενέργειας με την επεξεργασία γάλακτος 2018





Γράφημα 8: Συσχέτιση ειδικού κόστους ενέργειας με την επεξεργασία γάλακτος 2019





3.2. Υπολογισμοί καταναλώσεων

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται οι ενεργειακοί δείκτες της μονάδας σε ετήσια βάση για τα έτη 2018 και 2019.

Πίνακας 12: Συγκεντρωτικά στοιχεία κατανάλωσης θερμικής ενέργειας 2018

Περιγραφή	Ποσότητα
Συνολική Καταναλωθείσα Ποσότητα Υγραερίου (kg)	62,963
Συνολικό Κόστος Αγοράς (€)	48,499
Μέσο Κόστος Αγοράς (€/kg)	0.733
Μέσο Ετήσιο Κόστος Ενέργειας (€/MWh)	59.91

Πίνακας 13: Συγκεντρωτικά στοιχεία κατανάλωσης θερμικής ενέργειας 2019

Περιγραφή	Ποσότητα
Συνολική Καταναλωθείσα Ποσότητα Υγραερίου (kg)	63,862
Συνολικό Κόστος Αγοράς (€)	45,803
Μέσο Κόστος Αγοράς (€/kg)	0.717
Μέσο Ετήσιο Κόστος Ενέργειας (€/MWh)	58.60

Πίνακας 14: Συγκεντρωτικά στοιχεία κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας 2018

Περιγραφή	Ποσότητα
Συνολική Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας (kWh _e)	412,440
Καθαρό Κόστος Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (προ τελών και φόρων) (€)	62,030
Μέσο Κόστος Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (€/MWh _e)	150.40

Πίνακας 15: Συγκεντρωτικά στοιχεία κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας 2019

Περιγραφή	Ποσότητα
Συνολική Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας (kWh _e)	367,280
Καθαρό Κόστος Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (προ τελών και φόρων) (€)	51,732
Μέσο Κόστος Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (€/MWh _e)	140.85



Πίνακας 16: Στοιχεία κατανάλωσης τελικής ενέργειας 2018

Μήνας	Επεξεργασία Γάλακτος (tn _m)	Κατανάλωση Τελικής Ενέργειας (kWh _{total})	Ειδική Κατανάλωση Τελικής Ενέργειας (kWh _{total} /tn _m)	Ειδικό Κόστος Τελικής Ενέργειας (€ _{total} /tn _m)
Ιανουάριος	444.40	108,305	243.71	20.98
Φεβρουάριος	496.51	137,974	277.89	22.97
Μάρτιος	649.98	188,948	290.70	22.11
Απρίλιος	762.28	216,121	283.52	23.28
Μάιος	732.11	216,172	295.27	25.99
Ιούνιος	454.30	117,108	257.78	32.21
Ιούλιος	83.20	58,314	-	-
Αύγουστος	0.00	14,880	-	-
Σεπτέμβριος	0.00	13,440	-	-
Οκτώβριος	0.00	12,560	-	-
Νοέμβριος	32.72	26,369	805.87	77.47
Δεκέμβριος	237.30	72,914	307.27	25.35
Σύνολο	3,893	1,183,104	303.92	27.80

Πίνακας 17: Στοιχεία κατανάλωσης τελικής ενέργειας 2019

Μήνας	Επεξεργασία Γάλακτος (tn _m)	Κατανάλωση Τελικής Ενέργειας (kWh _{total})	Ειδική Κατανάλωση Τελικής Ενέργειας (kWh _{total} /tn _m)	Ειδικό Κόστος Τελικής Ενέργειας (€ _{total} /tn _m)
Ιανουάριος	366.12	118,757	324.37	26.13
Φεβρουάριος	435.35	138,850	318.94	25.65
Μάρτιος	542.42	174,750	322.17	25.34
Απρίλιος	551.33	181,133	328.54	25.79
Μάιος	645.09	190,783	295.75	23.39
Ιούνιος	508.86	167,126	328.44	26.16
Ιούλιος	137.15	57,513	-	-
Αύγουστος	0.00	19,440	-	-
Σεπτέμβριος	0.00	15,440	-	-
Οκτώβριος	0.00	14,720	-	-
Νοέμβριος	95.70	37,661	393.51	39.07
Δεκέμβριος	235.52	76,224	323.63	28.45
Σύνολο	3,518	1,192,395	338.99	28.31



4. Ερμηνεία της Συνολικής Ενεργειακής Απόδοσης και Παρακολούθησης των Δεικτών

4.1. Εισαγωγή

Βασικός στόχος που υλοποιείται ένας ενεργειακός έλεγχος είναι ο προσδιορισμός των ενεργειακών παραμέτρων και δεικτών, που αντιπροσωπεύουν πλήρως την συνολική ενεργειακή απόδοση της εγκατάστασης και των επιμέρους δεικτών/χρήση ή δεικτών/υπό μονάδα παραγωγής. Στα Σχήματα 8 και 9, παρουσιάζεται η κατανομή πρωτογενούς ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας σε σχέση με τη μέση μηνιαία συνολική επεξεργαζόμενη ποσότητα γάλακτος (αιγοπρόβειο).

Σύμφωνα με τα διαθέσιμα δεδομένα για την κατανάλωση της ηλεκτρικής και της θερμικής ενέργειας, κατασκευάστηκαν γραμμές βάσης κατανάλωσης (baseline consumption), οι οποίες συσχετίζουν την καταναλισκόμενη ενέργεια με την ποσότητα επεξεργαζόμενου γάλακτος καθώς και της θερμοκρασίας περιβάλλοντος για τα έτη 2018-2019.

Ο τύπος της **γραμμής βάσης** που επιλέχθηκε και για τις δύο περιπτώσεις είναι γραμμικής μορφής

$$y = \alpha_0 + \alpha_1 \cdot x_1 + \alpha_2 \cdot x_2 + \dots + \alpha_n \cdot x_n \quad [4.1]$$

Όπου:

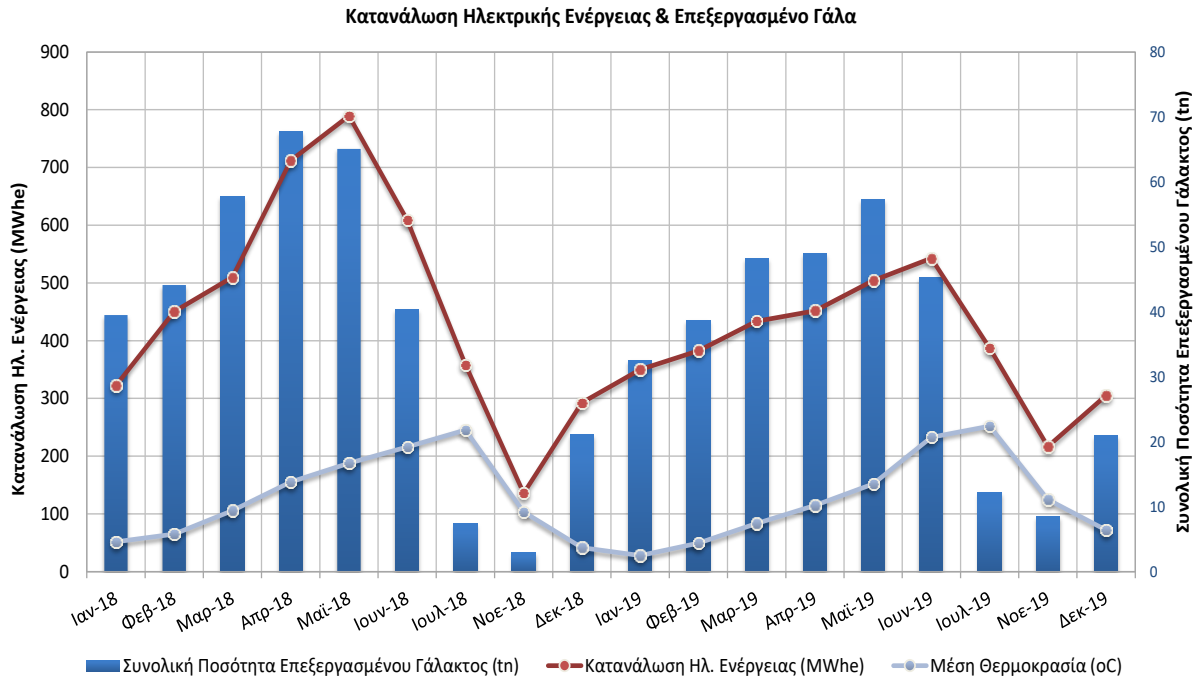
y: καταναλισκόμενη ενέργεια (MWh)

x_i: ανεξάρτητη μεταβλητή (tn, °C, ...)

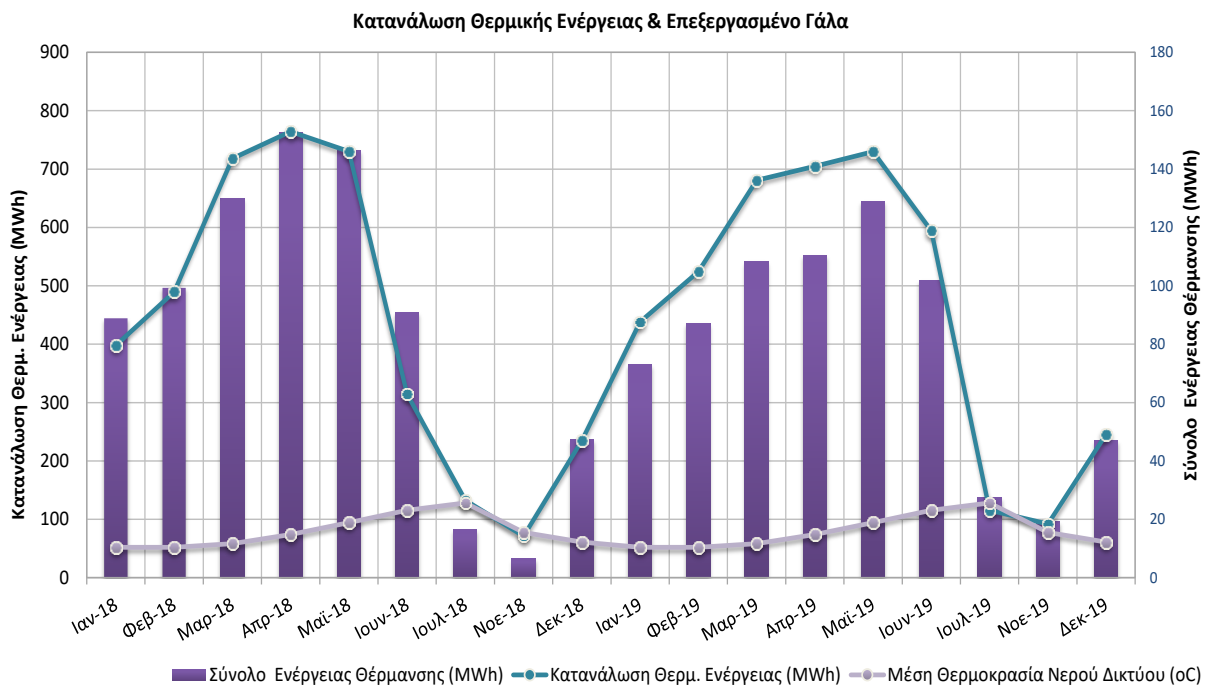
Από τη γραμμή βάσης δίνεται η δυνατότητα αφενός να εξαχθούν σημαντικοί δείκτες, αφετέρου να εκτιμηθεί η ενέργεια (σταθερή και μεταβλητή). Όσον αφορά την σταθερή ενέργεια, είναι η ενέργεια που δεν εξαρτάται από το επίπεδο των παραγόμενων προϊόντων και υπηρεσιών αλλά αφορά καταναλώσεις σε χρήσεις όπως σε φωτισμό, σε αερισμό ή κλιματισμό χώρων, σε απώλειες γραμμών μεταφοράς ενέργειας ή σε απώλειες ενεργειακών συσκευών. Όσον αφορά τη μεταβλητή ενεργειακή, είναι η ενέργεια που σχετίζεται με τον όγκο των παραγόμενων προϊόντων και υπηρεσιών.

Για την επίτευξη της βέλτιστης απόδοσης απαιτείται η σταθερή ενέργεια να διατηρείται στα χαμηλότερα επίπεδα. Σε περίπτωση που υπάρχει υψηλή σταθερή ενέργεια συγκρινόμενη πάντα με τη μεταβλητή υποδεικνύεται είτε οι υψηλές απώλειες ενέργειας είτε νεκροί χρόνοι λειτουργίας. Στην περίπτωση υψηλής μεταβλητής ενέργειας υποδεικνύεται χαμηλός βαθμός απόδοσης που είτε οφείλεται στην παλαιωμένη τεχνολογία των εγκαταστάσεων είτε στην κακή λειτουργία των εγκαταστάσεων.

Στη συνέχεια ακολουθούν τα γραφήματα και η εκτίμηση των παραμέτρων για την καταναλισκόμενη ηλεκτρική και θερμική ενέργεια. Ο έλεγχος και η παρακολούθηση των δεικτών είναι απαραίτητη ιδιαίτερα στα πλαίσια ενός προγράμματος ΕΞΕ που στοχεύει να θέσει η εταιρία βασιζόμενη στα αποτελέσματα και στις προτάσεις του ενεργειακού ελέγχου.



Σχήμα 8: Κατανομή κατανάλωσης πρωτογενούς ηλεκτρικής ενέργειας



Σχήμα 9: Κατανομή κατανάλωσης πρωτογενούς θερμικής ενέργειας



4.2. Ηλεκτρική Ενέργεια

4.2.1. Γραμμή βάσης και αποδοτικότητα καταναλισκόμενης ενέργειας

Σύμφωνα με τα στοιχεία κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας (Πίνακας 10 και 11), κατασκευάζεται η γραμμή βάσης για την χρονική περίοδο από Ιανουάριο του 2018 έως και Δεκέμβριο του 2019. Η κατασκευή της γραμμής βάσης βασίζεται στη κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας συσχετιζόμενη με τη χρήση των δυο μεταβλητών με γραμμική σχέση [4.2]:

$$HE = \alpha_0 + \alpha_1 \cdot m_T + \alpha_2 \cdot T \quad [4.2]$$

Όπου,

HE: καταναλισκόμενη ηλεκτρική ενέργεια σε χρονικό διάστημα μήνα, MWh

m_T : μάζα επεξεργαζόμενου γάλακτος σε χρονικό διάστημα μήνα, tn

T: μέση μηνιαία θερμοκρασία περιβάλλοντος, °C

$\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2$: συντελεστές γραμμικής συσχέτισης

Για την κατασκευή της γραμμής βάσης χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα δύο ετών (2018-2019) και για τον υπολογισμό των συντελεστών χρησιμοποιείται η μέθοδος πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης. Κατόπιν επεξεργασίας της εξίσωσης [4.2] διαμορφώνεται ως εξής:

$$HE = 4.660 + 0.054 \cdot m_T + 0.999 \cdot T \quad [4.3]$$

Στον Πίνακα 18 καταγράφονται τα αποτελέσματα της γραμμικής παλινδρόμησης. Στο Σχήμα 10 διακρίνεται η συσχέτιση μεταξύ της μηνιαίας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και των υπολογιστικών αποτελεσμάτων για τη γραμμή βάσης που προέκυψε. Στο Σχήμα 11 διακρίνεται η μετρημένη και υπολογισμένη κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (γραμμή βάσης), σε σχέση με τον αντίστοιχο μήνα του έτους αναφοράς. Αναλυτικά στοιχεία της στατιστικής επεξεργασίας, παρουσιάζονται στον Πίνακα 20.

Ο όρος της εξίσωσης που αντιστοιχεί στην επεξεργασία του γάλακτος, με συντελεστή **0.054 MWh/tn**, έχει σημαντική βαρύτητα στη διακύμανση της κατανάλωσης ενέργειας συγκρινόμενος με τον όρο της θερμοκρασίας περιβάλλοντος (ο παραπάνω συντελεστής πολλαπλασιαζόμενος με τη μέση μηνιαία επεξεργασία γάλακτος της περιόδου αναφοράς δίνει τιμή, $X_1 \cdot \bar{m}_{T, \text{month}} = 22.38$). Η παραπάνω διαπίστωση τεκμηριώνεται και από τη μηνιαία επεξεργασία γάλακτος, η οποία δεν είναι σταθερή καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου.

Ο όρος της εξίσωσης που αντιστοιχεί στη μέση θερμοκρασία του μήνα, με συντελεστή **0.999 MWh/°C**, είναι ίδιας τάξης μεγέθους με αυτόν της επεξεργασίας του γάλακτος, το οποίο δηλώνει και τη σημαντική εξάρτηση στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από τη μεταβολή της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος (ο παραπάνω συντελεστής πολλαπλασιαζόμενος με τη μέση μηνιαία θερμοκρασία της περιόδου αναφοράς δίνει τιμή, $X_2 \cdot \bar{T}_{\text{month}} = 11.25$). Το γεγονός αυτό ερμηνεύεται από την ανάγκη διατήρησης χαμηλών θερμοκρασιών στο χώρο επεξεργασίας γάλακτος και συντήρησης των προϊόντων, καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου.

Ο συντελεστής **4.66 MWh**, εκφράζει τη σταθερή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (σταθερή ενέργεια), όταν δεν υφίσταται επεξεργασία γάλακτος και παραγωγή προϊόντων



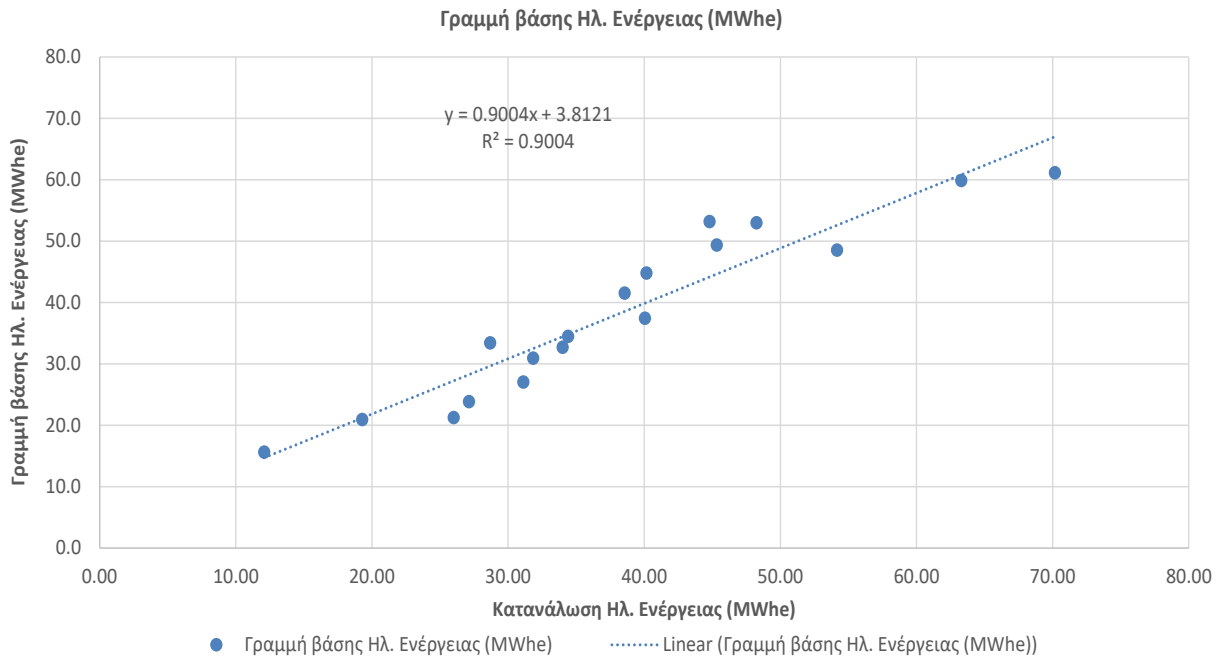
(μεταβλητή ενέργεια, όταν υπάρχει επεξεργασία προϊόντων). Στόχος για μία επιχείρηση είναι η ελαχιστοποίηση αυτού του συντελεστή. Σε σχέση με τη συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας η σταθερή ενέργεια είναι πολύ μικρή και αποτελεί το 0.7%. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται συνοπτικά στον Πίνακα 19.

Πίνακας 18: Δεδομένα και αποτελέσματα της γραμμικής παλινδρόμησης για την καταναλισκόμενη Ηλεκτρική Ενέργεια

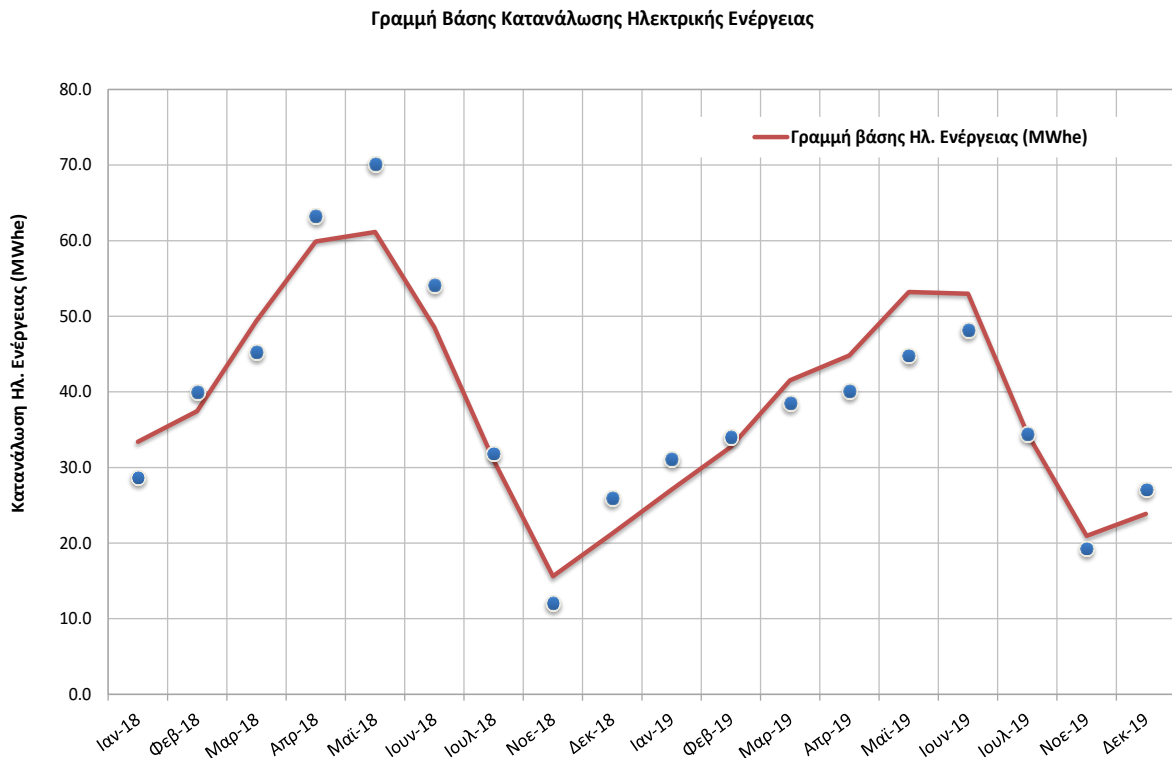
Μήνας/ Έτος	Επεξεργ. Γάλακτος (tn)	Θερμοκρ. Περιβάλ. (°C)	Καταναλισκ. Ηλεκτρική Ενέργεια (MWh)	Γραμμή Βάσης Ηλεκτρικής Ενέργειας (MWh)
Ιαν-18	444.40	4.6	28.68	33.41
Φεβ-18	496.51	5.8	40.04	37.44
Μαρ-18	649.98	9.4	45.32	49.38
Απρ-18	762.28	13.8	63.28	59.88
Μαϊ-18	732.11	16.7	70.16	61.14
Ιουν-18	454.30	19.2	54.16	48.53
Ιουλ-18	83.20	21.8	31.84	30.95
Νοε-18	32.72	9.2	12.08	15.63
Δεκ-18	237.30	3.7	26.00	21.26
Ιαν-19	366.12	2.5	31.12	27.06
Φεβ-19	435.35	4.4	34.00	32.72
Μαρ-19	542.42	7.4	38.56	41.54
Απρ-19	551.33	10.2	40.16	44.82
Μαϊ-19	645.09	13.5	44.80	53.21
Ιουν-19	508.86	20.7	48.24	52.99
Ιουλ-19	137.15	22.4	34.40	34.48
Νοε-19	95.70	11.1	19.28	20.95
Δεκ-19	235.52	6.4	27.12	23.85
Σύνολο:	7,410.34	-	689.24	689.24

Πίνακας 19: Εκτίμηση σταθερής και μεταβλητής καταναλισκόμενης Ηλεκτρικής Ενέργειας

	Καταναλισκόμενη Ηλεκτρική Ενέργεια (MWh)	Καταναλισκόμενη Ηλεκτρική Ενέργεια (%)
Σταθερή Ενέργεια	4.66	0.7%
Μεταβλητή Ενέργεια	684.58	99.3%
Συνολική Ενέργεια	689.24	100%



Σχήμα 10: Σχέση μεταξύ μετρούμενης και υπολογιζόμενης κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας



Σχήμα 11: Διάγραμμα μετρημένης κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και γραμμής βάσης με τον αντίστοιχο μήνα



Από τη στατιστική επεξεργασία των δεδομένων για την γραμμή βάσης, υπολογίζεται ο ελάχιστος επαληθεύσιμος στόχος εξοικονόμησης ενέργειας (ΕΕΣΕΕ) βάσει των πρωτόκολλων IPMVP και ASHRAE, όπως φαίνεται στον Πίνακα 20. **Ο ΕΕΣΕΕ IPMVP υπολογίζεται ίσος με 25.6% και ο ΕΕΣΕΕ ASHRAE ίσος με 34.1%. Αξίζει να σημειωθούν τα εξής:**

- Ο ελάχιστος επαληθεύσιμος στόχος εξοικονόμησης ηλεκτρικής ενέργειας (ΕΕΣΕΕ) και με τις δύο μεθόδους, είναι αρκετά σημαντικός. Αυτό σημαίνει ότι η επιχείρηση έχει μεγάλο περιθώριο εξοικονόμησης ενέργειας, μέσω παρεμβάσεων και περιορισμού σπατάλης. Για το λόγο αυτό, οι στόχοι ΕΕ που θέτονται είναι βάσει του προτύπου **ASHRAE** οι οποίοι είναι εφικτοί και ανταποκρίνονται και στους στόχους της εταιρείας.
- Ο ΕΕΣΕΕ ASHRAE υπολογίζεται υψηλότερος, σε σχέση με τη μέθοδο IPMVP, και ίσος με 34.1%, λαμβάνοντας ως παραμέτρους το πλήθος των μετρήσεων Κ «πριν» ίσο με 12 (μήνες έτους 2019) και το πλήθος των μετρήσεων «μετά» Μ=12 (ως ελάχιστο πλήθος των μετρήσεων των τουλάχιστον επόμενων 12 μηνών). **Για την εταιρεία, ο παραπάνω στόχος, αποτελεί τη βάση στα πλαίσια ενός συνολικού προγράμματος ενεργειακής αναβάθμισης.**

Πίνακας 20: Στατιστικά αποτελέσματα υπολογισμού γραμμής βάσης Ηλεκτρικής Ενέργειας

Γραμμή βάσης ΗΕ (2018 -2019)					
Στατιστικά αποτελέσματα για τον τύπο της γραμμής βάσης					
df	RMSE	R ²	τα 95%	tm 95%	Π(t=2)
15	4.910	0.900	2.131	1.753	0.968
	b	s	t	Κάτω 95%	Άνω 95%
X0	4.66	3.222	1.447	-2.206	11.527
X1	0.054	0.005	10.405	0.043	0.066
X2	0.999	0.182	5.496	0.611	1.386
38.3	: Υ, Μέση τιμή της καταναλώσεως βάσεως				
25.6%	: Ελάχιστος Επαληθεύσιμος Στόχος ΕΕ κατά IPMVP (τύπος 8.12β)				
34.1%	: Ελάχιστος Επαληθεύσιμος Στόχος ΕΕ κατά ASHRAE (τύπος 8.16β)				
8.12β	:2 RMSE / Υ			ΕΕΣΕΕ IPMVP:	25.6%
8.16β	:1.26 RMSE / (0.5 Υ) [(1+2/Κ)/Μ] ^{0.5}			ΕΕΣΕΕ ASHRAE:	34.1%
			Πλήθος Μετρήσεων Πριν, Κ=		12
			Πλήθος Μετρήσεων Μετά, Μ=		12



4.2.2. Ενεργειακοί δείκτες

Στον Πίνακα 21, που ακολουθεί, παρουσιάζονται οι εκτιμώμενοι δείκτες ενεργειακής απόδοσης και αξιολόγησης της υφιστάμενης κατάστασης, καθώς και της δυνατότητας παρεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας. Τα δεδομένα παρατίθενται σε σχέση με τη μέση μηνιαία συνολική επεξεργασία γάλακτος.

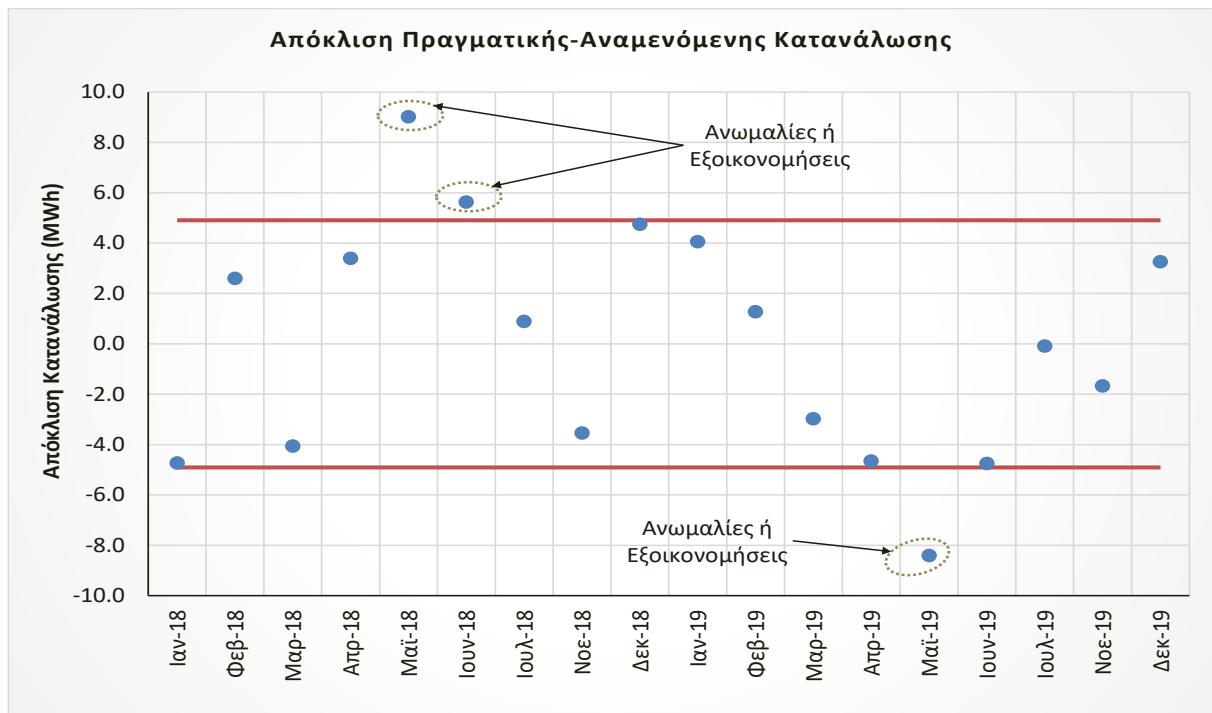
Πίνακας 21: Εκτίμηση ενεργειακών δεικτών με χρήση ηλεκτρικής ενέργειας για τα έτη 2018 - 2019

Μήνας Έτος	Συνολικό Επεξεργ. Γάλα (tn)	Καταναλ. Ηλεκτρ. Ενέργεια (MWh)	Κατανάλ. Γραμμής Βάσης (MWh)	Απόκλιση Υπολοίπων (MWh)	CUSUM (MWh)	Δείκτης Ενεργειακής Επίδοσης (MWh/Μήνα) $\times 10^{-1}$	Συντελεστής Ενεργειακού Στόχου
Ιαν-18	444.40	28.68	33.41	-4.7	-4.73	0.645	0.86
Φεβ-18	496.51	40.04	37.44	2.6	-2.14	0.806	1.07
Μαρ-18	649.98	45.32	49.38	-4.1	-6.20	0.697	0.92
Απρ-18	762.28	63.28	59.88	3.4	-2.80	0.830	1.06
Μαϊ-18	732.11	70.16	61.14	9.0	6.22	0.958	1.15
Ιουν-18	454.30	54.16	48.53	5.6	11.86	1.192	1.12
Ιουλ-18	83.20	31.84	30.95	0.9	12.74	3.827	1.03
Νοε-18	32.72	12.08	15.63	-3.5	9.20	3.692	0.77
Δεκ-18	237.30	26.00	21.26	4.7	13.94	1.096	1.22
Ιαν-19	366.12	31.12	27.06	4.1	18.00	0.850	1.15
Φεβ-19	435.35	34.00	32.72	1.3	19.28	0.781	1.04
Μαρ-19	542.42	38.56	41.54	-3.0	16.31	0.711	0.93
Απρ-19	551.33	40.16	44.82	-4.7	11.65	0.728	0.90
Μαϊ-19	645.09	44.80	53.21	-8.4	3.24	0.694	0.84
Ιουν-19	508.86	48.24	52.99	-4.8	-1.52	0.948	0.91
Ιουλ-19	137.15	34.40	34.48	-0.1	-1.60	2.508	1.00
Νοε-19	95.70	19.28	20.95	-1.7	-3.27	2.015	0.92
Δεκ-19	235.52	27.12	23.85	3.3	0.00	1.151	1.14



Στο Σχήμα 12, αποτυπώνεται η απόκλιση των τιμών μεταξύ πραγματικής και αναμενόμενης κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας ανά μήνα (πραγματική μείον την αναμενόμενη) για τα έτη αναφοράς 2018-2019.

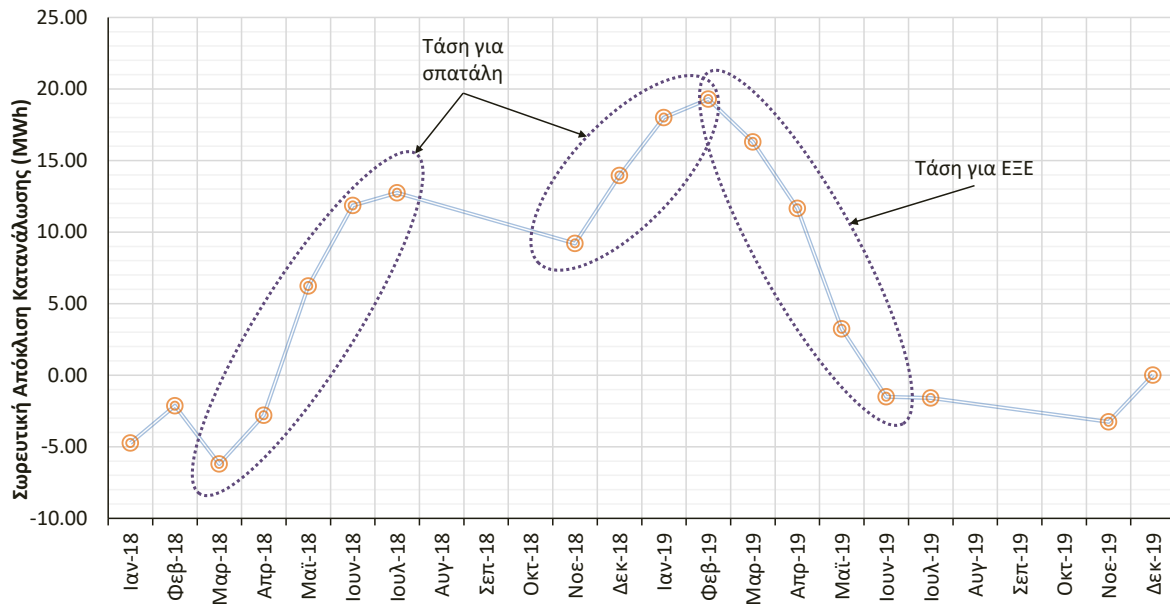
Στο παρακάτω Σχήμα διακρίνονται (κόκκινες συνεχείς γραμμές) τα όρια αποκλίσεων προσδιορισμένα με βάση την τιμή της τυπικής απόκλισης, $\pm RMSE$, της γραμμής βάσης. Οι τιμές τους παρουσιάζονται στον Πίνακα 21. Στο διάγραμμα παρατηρούμε αποκλίσεις που βρίσκονται έξω από τα όρια του $\pm RMSE$ και αντιστοιχίζονται στους μήνες που έχουν σημειωθεί με διακεκομμένες γραμμές. Αυτές οι αποκλίσεις είναι πιθανό να προέρχονται, είτε από εξοικονόμηση ενέργειας (ΕΞΕ) ή αποφυγή κάποιας απώλειας ενέργειας ή κάποια τυχόν συντήρηση (αρνητικές τιμές), είτε από υπερκατανάλωση λόγω κάποιας έκτακτης διαδικασίας ή και χωρίς πραγματική ανάγκη (θετικές τιμές).



Σχήμα 12: Διάγραμμα διασποράς τιμών πραγματικής και αναμενόμενης κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για τα έτη 2018-2019



Διάγραμμα CuSum

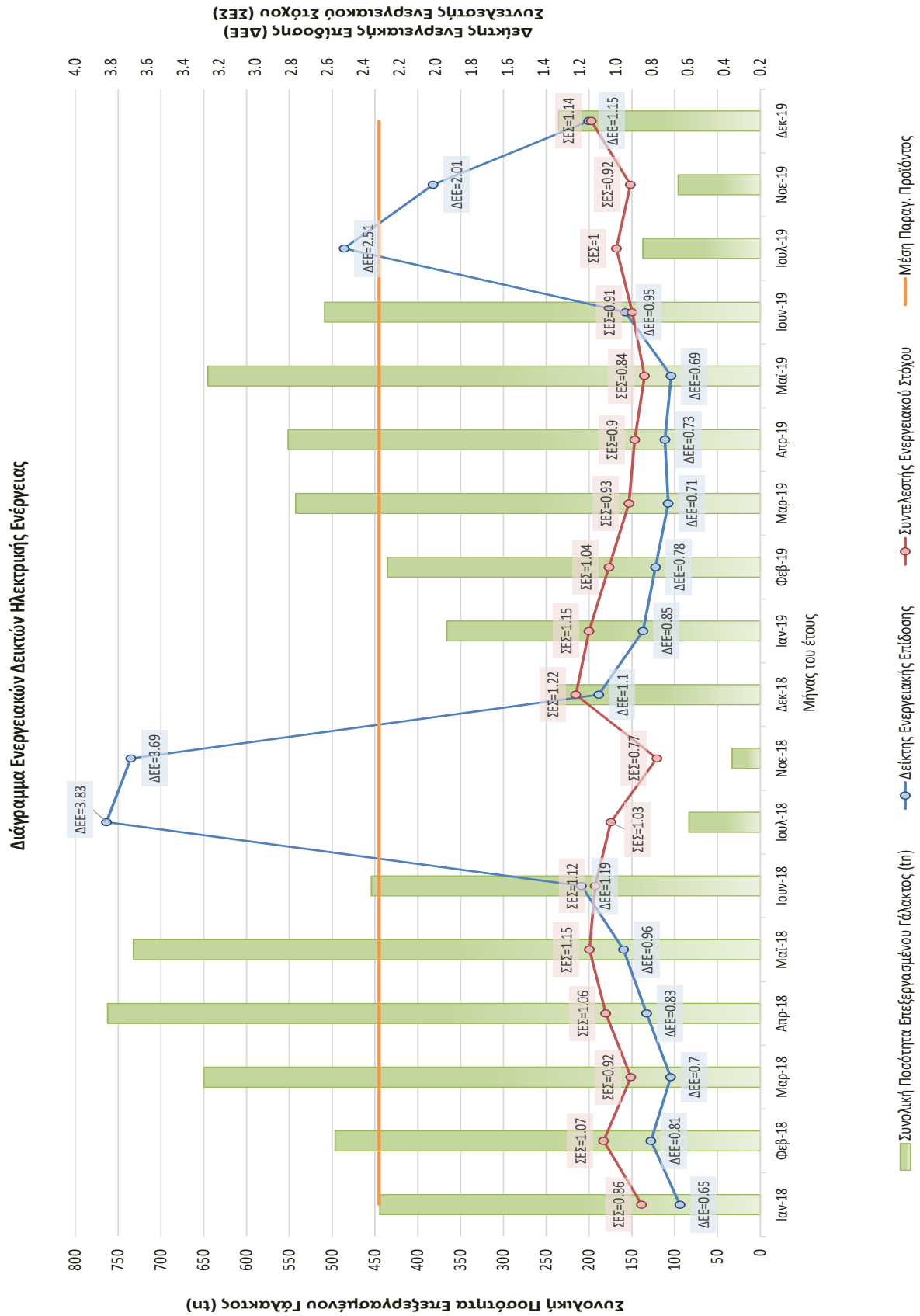


Σχήμα 13: Διάγραμμα σωρευτικής κατανομής των τιμών απόκλισης (CuSum) ανά μήνα για την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας 2018-2019

Στο Σχήμα 13, παρουσιάζεται η σωρευτική κατανομή των τιμών απόκλισης από την οποία μπορούμε να βγάλουμε συμπεράσματα για τη γενική τάση για ΕΞΕ ή σπατάλη. Από το διάγραμμα διακρίνεται μία συνεχής τάση για σπατάλη (θετική κλίση), με εξαίρεση την χρονική περίοδο από Φεβρουάριο έως και Ιούνιο του 2019 (αρνητικές κλίση).

Πληρέστερη αποτύπωση και ερμηνεία της συνολικής ενεργειακής απόδοσης προκύπτει και από την παρακολούθηση των δεικτών ΔΕΕ-Δείκτης Ενεργειακής Επίδοσης (Καταναλισκόμενη Ηλεκτρική Ενέργεια προς Παραγόμενο Προϊόν) και ΣΕΣ-Συντελεστής Ενεργειακού Στόχου (Καταναλισκόμενη Ηλεκτρική Ενέργεια προς Αναμενόμενη Κατανάλωση). Ο δείκτης ΔΕΕ στη διεθνή βιβλιογραφία συναντάται και ως Ειδική Κατανάλωση Ενέργειας. Οι τιμές των συγκεκριμένων δεικτών συγκεντρωτικά παρουσιάζονται στον Πίνακα 21, ενώ γραφικά αποτυπώνονται σε συνάρτηση με τη μέση μηνιαία παραγωγή προϊόντος στο Σχήμα 14. Επίσης, στο ίδιο γράφημα έχουν επισημανθεί και οι τιμές ΔΕΕ και ΣΕΣ.

Οι μήνες με τη χειρότερη επίδοση φαίνεται να είναι οι Μάιος και 2018, με υψηλούς δείκτες ΔΕΕ, ενώ δεν συνοδεύονται και από αντίστοιχα υψηλή παραγωγικότητα. Η υψηλή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας του θερινού μήνες είναι σε ένα βαθμό αναμενόμενη, λόγω των υψηλών εξωτερικών θερμοκρασιών της περιόδου. Επίσης, η υψηλή τιμή ΔΕΕ την περίοδο με πολύ μικρή παραγωγικότητα, δεν οφείλεται σε σπατάλη αλλά στην κατανάλωση ενέργειας λόγω της συντήρησης στα ψυγεία των προϊόντων. Οι πιο αποδοτικοί μήνες φαίνεται να είναι οι Μάρτιος-18 και Μάιος-19, με χαμηλούς δείκτες ΔΕΕ και ΣΕΣ, συνοδευόμενοι και με υψηλή παραγωγικότητα.



Σχήμα 14: Διάγραμμα ενεργειακών δεικτών ηλεκτρικής ενέργειας



4.3. Θερμική Ενέργεια

4.3.1. Γραμμή βάσης και αποδοτικότητα καταναλισκόμενης ενέργειας

Σύμφωνα με τα στοιχεία κατανάλωσης θερμικής ενέργειας (Πίνακες 8 και 9), κατασκευάζεται η γραμμή βάσης για την χρονική περίοδο από Ιανουάριο του 2018 έως και Δεκέμβριο του 2019. Η κατασκευή της γραμμής βάσης βασίζεται στη κατανάλωση της θερμικής ενέργειας συσχετιζόμενη με τη χρήση των δυο μεταβλητών με γραμμική σχέση [4.4]:

$$\Theta E = \alpha_0 + \alpha_1 \cdot m_T + \alpha_2 \cdot T \quad [4.4]$$

Όπου,

ΘE : καταναλισκόμενη θερμική ενέργεια σε χρονικό διάστημα μήνα, MWh

m_T : μάζα συνολικού επεξεργαζόμενου γάλακτος σε χρονικό διάστημα μήνα, tn

T : μέση μηνιαία θερμοκρασία νερού δικτύου, °C

$\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2$, συντελεστές γραμμικής σχέσης

Για την κατασκευή της γραμμής βάσης χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα δύο ετών (2018-2019) και για τον υπολογισμό των συντελεστών χρησιμοποιείται η μέθοδος πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης. Κατόπιν επεξεργασίας της εξίσωσης [4.4] διαμορφώνεται ως εξής

$$\Theta E = 7.565 + 0.210 \cdot m_T - 0.394 \cdot T \quad [4.5]$$

Στον Πίνακα 22 παρουσιάζονται τα δεδομένα και τα αποτελέσματα της γραμμικής παλινδρόμησης. Στο Σχήμα 15 φαίνεται η καλή συμφωνία μεταξύ της μηνιαίας κατανάλωσης θερμικής ενέργειας και των υπολογιστικών αποτελεσμάτων για τη γραμμή βάσης που προέκυψε. Στο Σχήμα 16, παρουσιάζεται το διάγραμμα μετρημένης και υπολογισμένης κατανάλωσης θερμικής ενέργειας (γραμμή βάσης), σε σχέση με τον αντίστοιχο μήνα του έτους αναφοράς. Αναλυτικά στοιχεία της στατιστικής επεξεργασίας, παρουσιάζονται στη συνέχεια στον Πίνακα 24.

Η τιμή του συντελεστή **0.210 MWh/t για την επεξεργασία του γάλακτος** είναι όπως αναμένεται θετική, επηρεάζοντας καθοριστικά τη διακύμανση της καταναλισκόμενης ενέργειας. Ο παραπάνω συντελεστής πολλαπλασιαζόμενος με τη μέση μηνιαία του έτους ποσότητα επεξεργασμένου γάλακτος ($X_1 \cdot \bar{m}_{T, \text{month}}$), δίνει τιμή **86.41 MWh**.

Σημειώνεται ότι, η συμμετοχή του όρου της θερμοκρασίας στην παραπάνω εξίσωση είναι πολύ μικρή, συγκρινόμενος με τον όρο της επεξεργασίας του γάλακτος. Ο συντελεστής **-0.394 MWh/°C που αντιστοιχεί στον όρο της θερμοκρασίας**, πολλαπλασιαζόμενος με τη μέση μηνιαία θερμοκρασία του έτους ($X_2 \cdot \bar{T}_{\text{month}}$), δίνει κατά απόλυτη τιμή **5.32 MWh**, η οποία είναι σημαντικά μικρότερη σε σχέση με τον όρο της επεξεργασίας γάλακτος. Στην πραγματικότητα ο όρος αυτός πρέπει να τείνει στο μηδέν ή να δίνει μικρή αρνητική εξάρτηση. Η αρνητική τιμή του είναι αναμενόμενη και δείχνει ότι όσο αυξάνεται η θερμοκρασία του νερού δικτύου, απαιτείται λιγότερο ενέργεια για θέρμανση.

Ο συντελεστής **7.56 MWh**, εκφράζει τη σταθερή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (σταθερή ενέργεια), όταν δεν υφίσταται επεξεργασία γάλακτος και παραγωγή προϊόντων



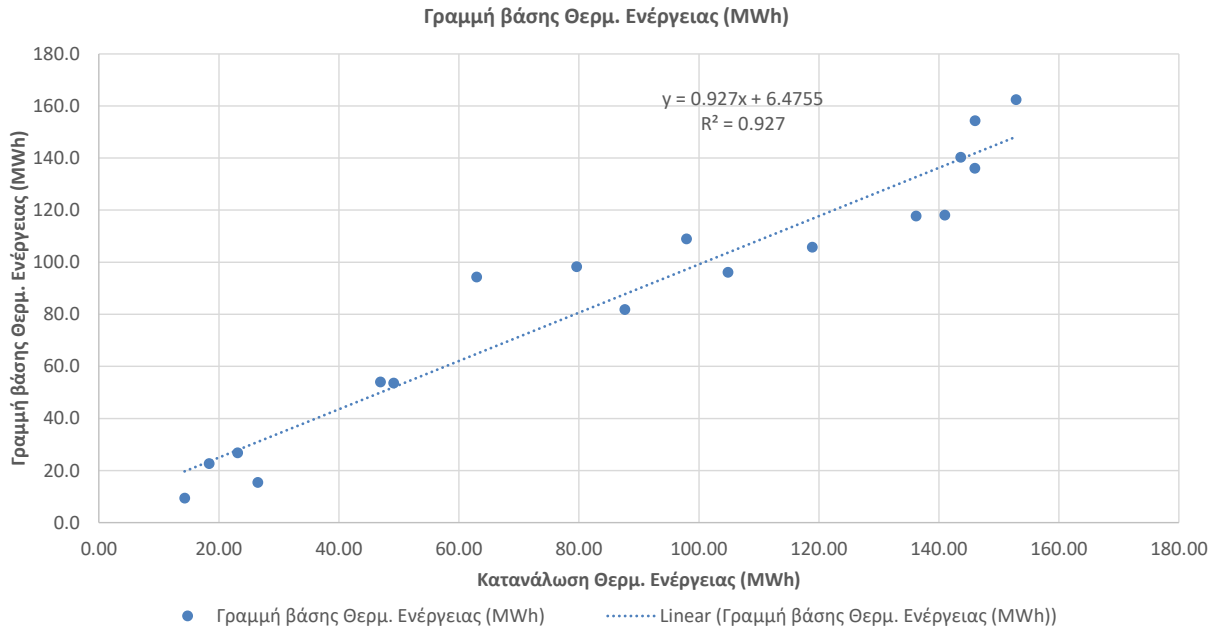
(μεταβλητή ενέργεια, όταν υπάρχει επεξεργασία προϊόντων). Ο συγκεκριμένος συντελεστής είναι αρκετά μικρός σε σχέση με τη συνολική κατανάλωση θερμικής ενέργειας, καθώς αποτελεί 0.5% αυτής. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται συνοπτικά στον Πίνακα 23.

Πίνακας 22: Δεδομένα και αποτελέσματα της γραμμικής παλινδρόμησης για την καταναλισκόμενη Θερμική Ενέργεια

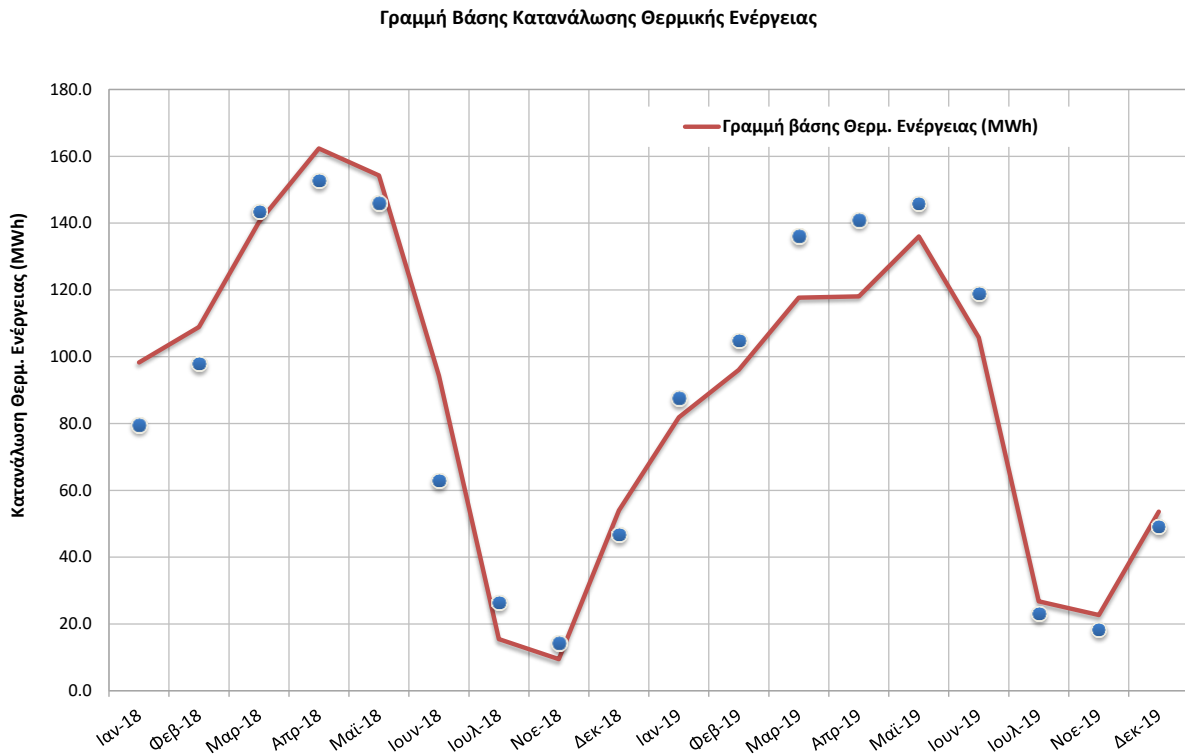
Μήνας/ Έτος	Συνολικό Επεξεργ. Γάλα (tn)	Θερμοκρ. Νερού Δικτύου (°C)	Καταναλίσκ. Θερμική Ενέργεια (MWh)	Γραμμή Βάσης Θερμικής Ενέργειας (MWh)
Ιαν-18	444.4	6.5	79.63	98.28
Φεβ-18	496.5	7.3	97.93	108.90
Μαρ-18	650.0	9.4	143.63	140.29
Απρ-18	762.3	13.2	152.84	162.36
Μαϊ-18	732.1	17.6	146.01	154.30
Ιουν-18	454.3	21.9	62.95	94.29
Ιουλ-18	83.2	24.3	26.47	15.45
Νοε-18	32.7	12.7	14.29	9.43
Δεκ-18	237.3	8.6	46.91	53.98
Ιαν-19	366.1	6.5	87.64	81.85
Φεβ-19	435.4	7.3	104.85	96.07
Μαρ-19	542.4	9.4	136.19	117.71
Απρ-19	551.3	13.2	140.97	118.08
Μαϊ-19	645.1	17.6	145.98	136.03
Ιουν-19	508.9	21.9	118.89	105.74
Ιουλ-19	137.1	24.3	23.11	26.77
Νοε-19	95.7	12.7	18.38	22.65
Δεκ-19	235.5	8.6	49.10	53.61
Σύνολο:	7,410.3	-	1,595.78	1,595.78

Πίνακας 23: Εκτίμηση σταθερής και μεταβλητής καταναλισκόμενης Θερμικής Ενέργειας

	Καταναλισκόμενη Θερμική Ενέργεια (MWh)	Καταναλισκόμενη Θερμική Ενέργεια (%)
Σταθερή Ενέργεια	7.56	0.5%
Μεταβλητή Ενέργεια	1,588.21	99.5%
Συνολική Ενέργεια	1,595.78	100.0%



Σχήμα 15: Σχέση μεταξύ μετρούμενης και υπολογιζόμενης κατανάλωσης θερμικής ενέργειας



Σχήμα 16: Διάγραμμα μετρημένης κατανάλωσης θερμικής ενέργειας και γραμμής βάσης με τον αντίστοιχο μήνα



Από τη στατιστική επεξεργασία των δεδομένων για την γραμμή βάσης, υπολογίζεται ο ελάχιστος επαληθεύσιμος στόχος εξοικονόμησης ενέργειας (ΕΕΣΕΕ) βάσει των πρωτόκολλων IPMVP και ASHRAE, όπως φαίνεται στον Πίνακα 24. **Ο ΕΕΣΕΕ IPMVP υπολογίζεται ίσος με 32.5% και ο ΕΕΣΕΕ ASHRAE ίσος με 43.2%. Αξίζει να σημειωθούν τα εξής:**

- Ο ελάχιστος επαληθεύσιμος στόχος εξοικονόμησης θερμικής ενέργειας (ΕΕΣΕΕ) και με τις δύο μεθόδους, είναι πολύ υψηλός. Αυτό σημαίνει ότι η επιχείρηση έχει δυνατότητα εξοικονόμησης ενέργειας, μέσω παρεμβάσεων και περιορισμού σπατάλης. Οι στόχοι ΕΕ που θέτονται είναι βάσει του προτύπου **ASHRAE**, οι οποίοι παρότι είναι πολύ υψηλοί η εταιρεία θα καταβάλει σημαντική προσπάθεια για την υλοποίησή τους.
- Ο ΕΕΣΕΕ ASHRAE υπολογίζεται υψηλότερος σε σχέση με αυτόν της μεθόδου IPMVP και ίσος με 43.2%, λαμβάνοντας ως παραμέτρους το πλήθος των μετρήσεων K «πριν» ίσο με 12 (μήνες έτους 2019) και το πλήθος των μετρήσεων «μετά» M=12 (ως ελάχιστο πλήθος των μετρήσεων των τουλάχιστον επόμενων 12 μηνών).

Πίνακας 24: Στατιστικά αποτελέσματα υπολογισμού γραμμής βάσης Θερμικής Ενέργειας

Γραμμή βάσης ΘΕ 2018 - 2019					
Στατιστικά αποτελέσματα PIN για τον τύπο της γραμμής βάσης					
df	RMSE	R ²	τα 95%	τμ 95%	Π(t=2)
15	14.413	0.927	2.131	1.753	0.968
	b	s	t	Κάτω 95%	Άνω 95%
X0	7.565	11.039	0.685	-15.964	31.094
X1	0.210	0.015	13.583	0.177	0.243
X2	-0.394	0.563	-0.700	-1.594	0.806
88.7	: Υ, Μέση τιμή της καταναλώσεως βάσεως				
32.5%	: Ελάχιστος Επαληθεύσιμος Στόχος ΕΕ κατά IPMVP (τύπος 8.12β)				
43.2%	: Ελάχιστος Επαληθεύσιμος Στόχος ΕΕ κατά ASHRAE (τύπος 8.16β)				
8.12β	:2 RMSE / Υ		ΕΕΣΕΕ IPMVP:	32.5%	
8.16β	:1.26 RMSE / (0.5 Υ) [(1+2/K)/M] ^{0.5}		ΕΕΣΕΕ ASHRAE:	43.2%	
			Πλήθος Μετρήσεων Πριν, K=	12	
			Πλήθος Μετρήσεων Μετά, M=	12	



4.3.2. Ενεργειακοί δείκτες

Στον Πίνακα 25, που ακολουθεί, παρουσιάζονται οι εκτιμώμενοι δείκτες ενεργειακής απόδοσης και αξιολόγησης της υφιστάμενης κατάστασης, καθώς και της δυνατότητας παρεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας. Τα δεδομένα παρατίθενται σε σχέση με τη μέση μηνιαία συνολική επεξεργασία γάλακτος.

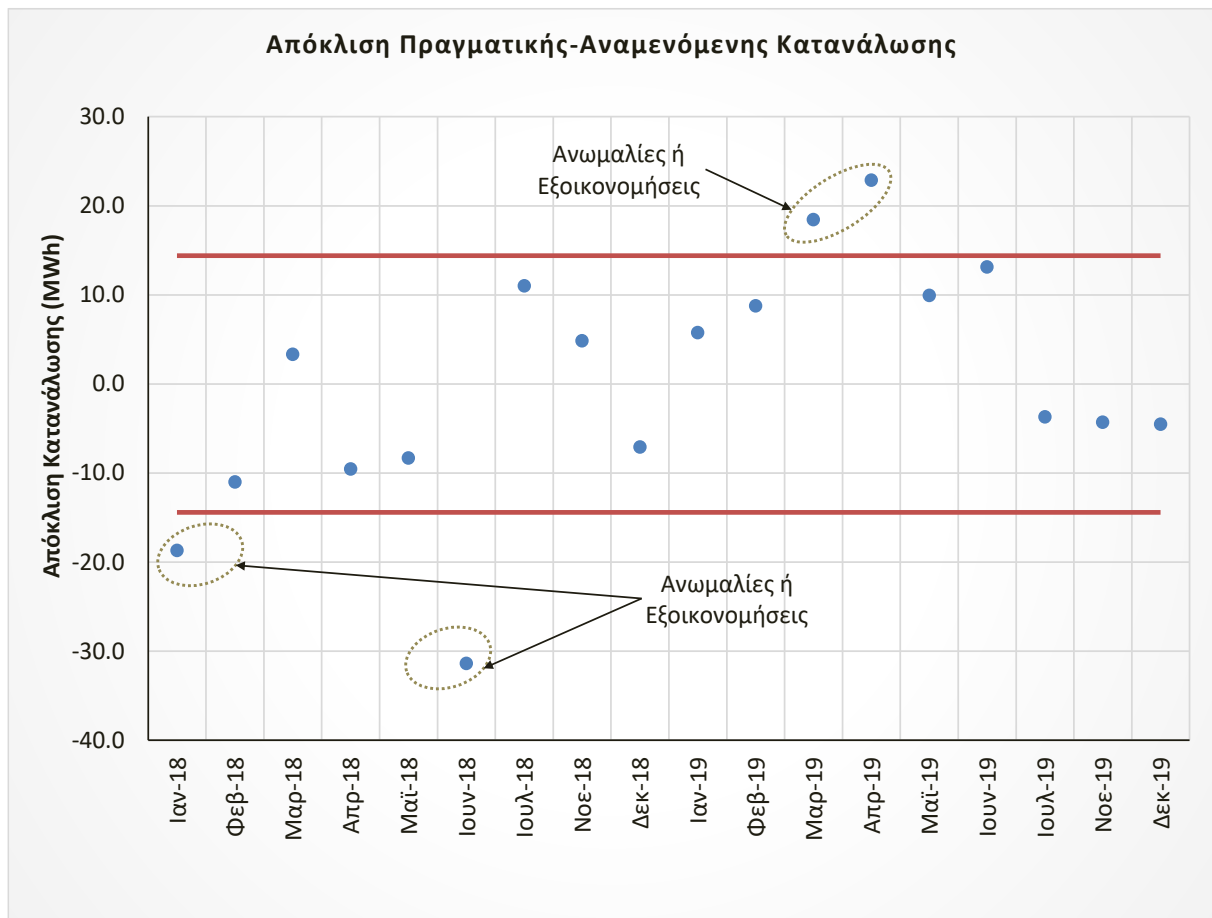
Πίνακας 25: Εκτίμηση ενεργειακών δεικτών με χρήση θερμικής ενέργειας για τα έτη 2018-2019

Μήνας / Έτος	Συνολικό Επεξεργ. Γάλα (tn)	Καταναλ. Θερμικ. Ενέργεια (MWh)	Κατανάλ. Γραμμής Βάσης (MWh)	Απόκλιση Υπολοίπων (MWh)	CUSUM (MWh)	Δείκτης Ενεργειακής Επίδοσης (MWh/Μήνα)	Συντελεστής Ενεργειακού Στόχου
Ιαν-18	444.4	79.63	98.28	-18.7	-18.65	0.179	0.81
Φεβ-18	496.5	97.93	108.90	-11.0	-29.62	0.197	0.90
Μαρ-18	650.0	143.63	140.29	3.3	-26.28	0.221	1.02
Απρ-18	762.3	152.84	162.36	-9.5	-35.80	0.201	0.94
Μαϊ-18	732.1	146.01	154.30	-8.3	-44.09	0.199	0.95
Ιουν-18	454.3	62.95	94.29	-31.3	-75.43	0.139	0.67
Ιουλ-18	83.2	26.47	15.45	11.0	-64.40	0.318	1.71
Νοε-18	32.7	14.29	9.43	4.9	-59.54	0.437	1.52
Δεκ-18	237.3	46.91	53.98	-7.1	-66.61	0.198	0.87
Ιαν-19	366.1	87.64	81.85	5.8	-60.82	0.239	1.07
Φεβ-19	435.4	104.85	96.07	8.8	-52.04	0.241	1.09
Μαρ-19	542.4	136.19	117.71	18.5	-33.56	0.251	1.16
Απρ-19	551.3	140.97	118.08	22.9	-10.67	0.256	1.19
Μαϊ-19	645.1	145.98	136.03	10.0	-0.72	0.226	1.07
Ιουν-19	508.9	118.89	105.74	13.1	12.43	0.234	1.12
Ιουλ-19	137.1	23.11	26.77	-3.7	8.77	0.169	0.86
Νοε-19	95.7	18.38	22.65	-4.3	4.51	0.192	0.81
Δεκ-19	235.5	49.10	53.61	-4.5	0.00	0.208	0.92



Στο Σχήμα 17, αποτυπώνεται η απόκλιση των τιμών μεταξύ πραγματικής και αναμενόμενης κατανάλωσης θερμικής ενέργειας ανά μήνα (πραγματική μείον την αναμενόμενη) για το έτη αναφοράς 2018-2019.

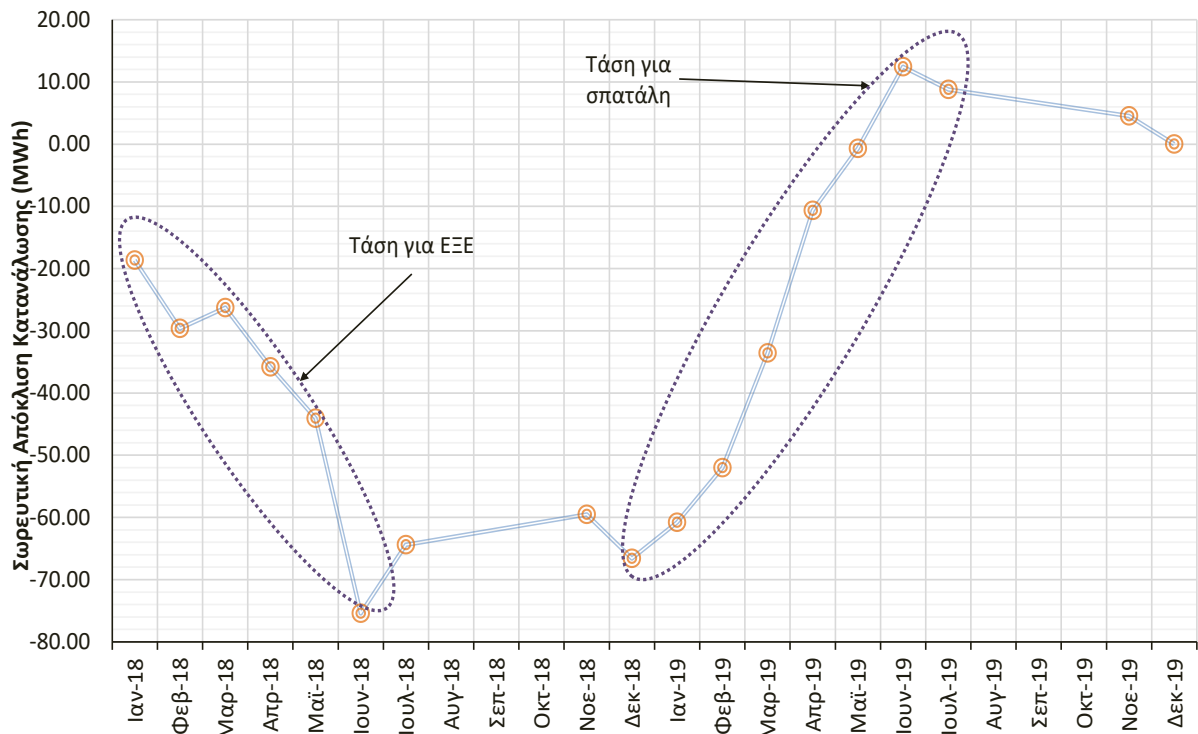
Στο παρακάτω σχήμα διακρίνονται (κόκκινες συνεχείς γραμμές) τα όρια αποκλίσεων προσδιορισμένα με βάση την τιμή της τυπικής απόκλισης, $\pm RMSE$, της γραμμής βάσης. Οι τιμές τους παρουσιάζονται στον Πίνακα 25. Στο διάγραμμα παρατηρούμε αποκλίσεις που βρίσκονται έξω από τα όρια του $\pm RMSE$ και αντιστοιχίζονται στους μήνες που έχουν σημειωθεί με διακεκομμένες γραμμές. Αυτές οι αποκλίσεις είναι πιθανό να προέρχονται, είτε από εξοικονόμηση ενέργειας (ΕΞΕ) ή αποφυγή κάποιας απώλειας ενέργειας ή κάποια τυχόν συντήρηση (αρνητικές τιμές), είτε από υπερκατανάλωση λόγω κάποιας έκτακτης διαδικασίας ή και χωρίς πραγματική ανάγκη (θετικές τιμές).



Σχήμα 17: Διάγραμμα διασποράς τιμών πραγματικής και αναμενόμενης κατανάλωσης θερμικής ενέργειας για τα έτη 2018-2019



Διάγραμμα CuSum



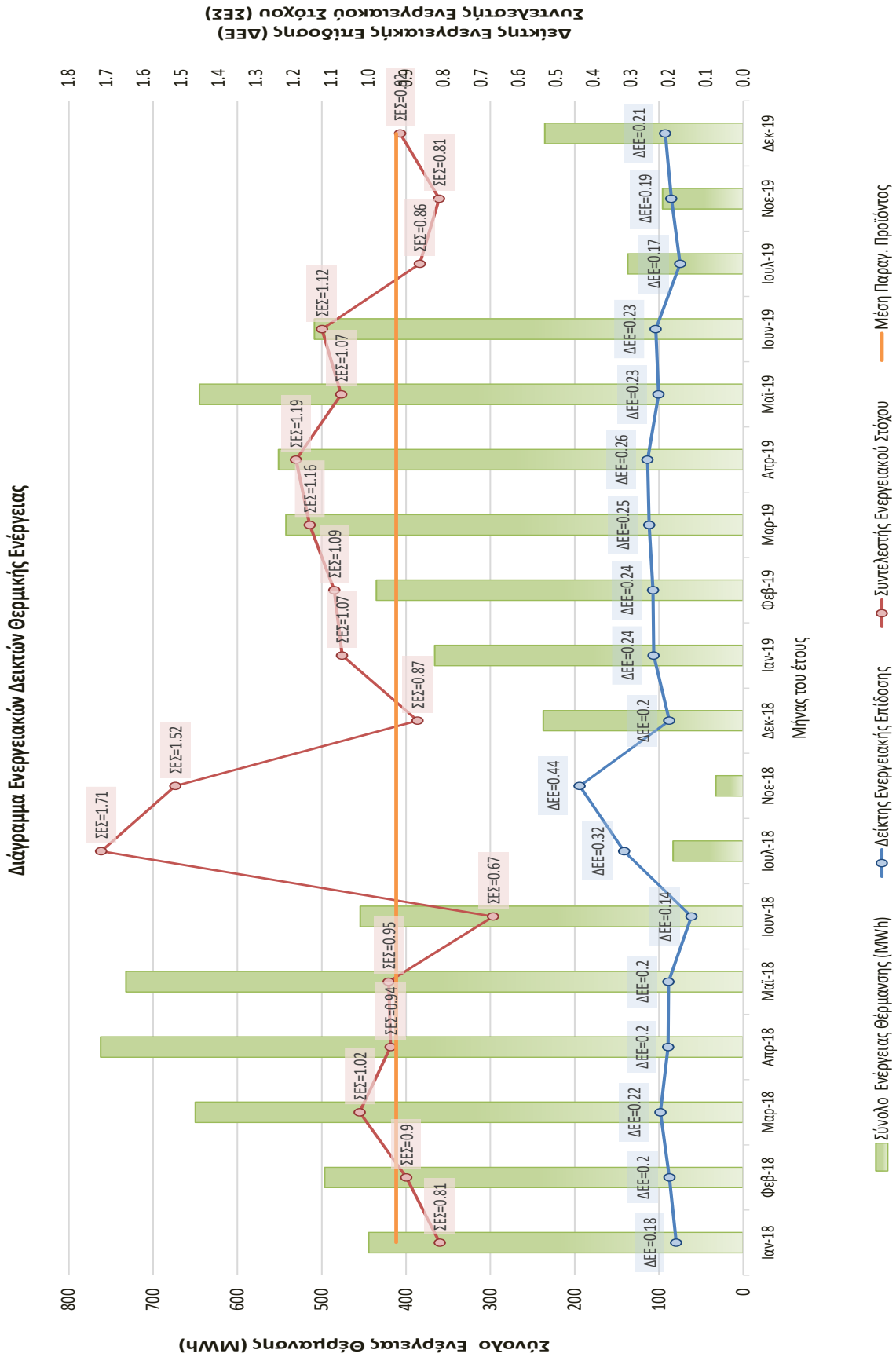
Σχήμα 18: Διάγραμμα σωρευτικής κατανομής των τιμών απόκλισης (CuSum) ανά μήνα για την κατανάλωση θερμικής ενέργειας 2018-2019

Στο Σχήμα 18, παρουσιάζεται η σωρευτική κατανομή των τιμών απόκλισης από την οποία μπορούμε να βγάλουμε συμπεράσματα για τη γενική τάση για ΕΞΕ ή σπατάλη. Από το διάγραμμα διακρίνονται δύο περιοχές (περίοδοι), από τον Ιανουάριο-18 έως και Ιούνιο-18 παρατηρείται μία συστηματική τάση εξοικονόμησης ενώ αντίθετα από τον Ιανουάριο-19 έως και Ιούνιο-19 μία συστηματική τάση σπατάλης.

Πληρέστερη αποτύπωση και ερμηνεία της συνολικής ενεργειακής απόδοσης προκύπτει και από την παρακολούθηση των δεικτών ΔΕΕ - Δείκτης Ενεργειακής Επίδοσης (Καταναλισκόμενη Θερμική Ενέργεια προς Παραγόμενο Προϊόν) και ΣΕΣ-Συντελεστής Ενεργειακού Στόχου (Καταναλισκόμενη Θερμική Ενέργεια προς Αναμενόμενη Κατανάλωση). Ο δείκτης ΔΕΕ στη διεθνή βιβλιογραφία συναντάται και ως Ειδική Κατανάλωση Ενέργειας. Οι τιμές των συγκεκριμένων δεικτών συγκεντρωτικά παρουσιάζονται στον Πίνακα 25, ενώ γραφικά αποτυπώνονται σε συνάρτηση με τη μέση μηνιαία παραγωγή προϊόντος στο Σχήμα 19. Επίσης, στο ίδιο γράφημα έχουν επισημανθεί και οι τιμές ΔΕΕ και ΣΕΣ.

Οι μήνες με τη χειρότερη επίδοση φαίνεται να είναι οι Μάρτιος και Απρίλιος του 2019, όπου η κατανάλωση ενέργειας είναι δυσανάλογη της επεξεργασίας. Οι μήνες αυτοί συνοδεύονται από τις υψηλότερες τιμές ΔΕΕ και ΣΕΣ.

Σε αντίθεση με τους παραπάνω μήνες, αυτοί με την καλύτερη επίδοση φαίνεται να είναι οι Ιανουάριος και Ιούνιος του 2018, όπου παρουσιάζονται οι χαμηλότερες τιμές ΔΕΕ και ΣΕΣ και συνοδεύονται από υψηλή παραγωγικότητα.



Σχήμα 19: Διάγραμμα ενεργειακών δεικτών θερμικής ενέργειας



5. Προτεινόμενα Μέτρα Εξοικονόμησης Ενέργειας, Αύξησης Ενεργειακής Αποδοτικότητας και Παραγωγής από ΑΠΕ

5.1. Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας παρουσιάζονται και αναλύονται τα ενεργειακά, οικονομικά και περιβαλλοντικά μεγέθη των προτεινόμενων παρεμβάσεων, με στόχο την αύξηση της ενεργειακής αποδοτικότητας και παραγωγής ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ). Για την αναγωγή των δεδομένων σε ετήσια βάση, χρησιμοποιήθηκαν τα στοιχεία δύο παραγωγικών ετών, 2018 – 2019, και προέκυψε η μέση τιμή αυτών.

5.2. Βελτίωση αποδοτικότητας κατανάλωσης θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας

Η βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας κατανάλωσης θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας αφορά στις παρεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας οι οποίες περιλαμβάνονται στο επενδυτικό σχέδιο και αφορούν:

1. τη διαδικασία έκπλυσης των καλουπιών φέτας,
2. την αντικατάσταση λέβητα υγραερίου με κατάλληλης δυναμικότητας αντλίας θερμότητας για τη θέρμανση χώρων εργασίας και
3. τη βελτιστοποίηση της λειτουργίας των ψυκτικών συστημάτων με υποβοήθηση από σύστημα γεωθερμίας ανοικτού κυκλώματος

Παρέμβαση: Αύξηση ενεργειακής αποδοτικότητας μέσω της προμήθειας νέας μονάδας πλύσης καλουπιών φέτας

Η υφιστάμενη διαδικασία έκπλυσης των καλουπιών φέτας γίνεται μέσω της θέρμανσης 6 tn νερού ημερησίως (μέση τιμή) στους 70 °C και διαρκεί περίπου 3-4 ώρες, ενώ για αυτήν απασχολούνται 3 υπάλληλοι της επιχείρησης.

Η προτεινόμενη επένδυση αφορά στην εγκατάσταση αυτοματοποιημένου πλυντηρίου των καλουπιών η οποία γίνεται μέσω της θέρμανσης 3.2 tn νερού ημερησίως (μέση τιμή) στους 90 °C και διαρκεί περίπου 2 ώρες.

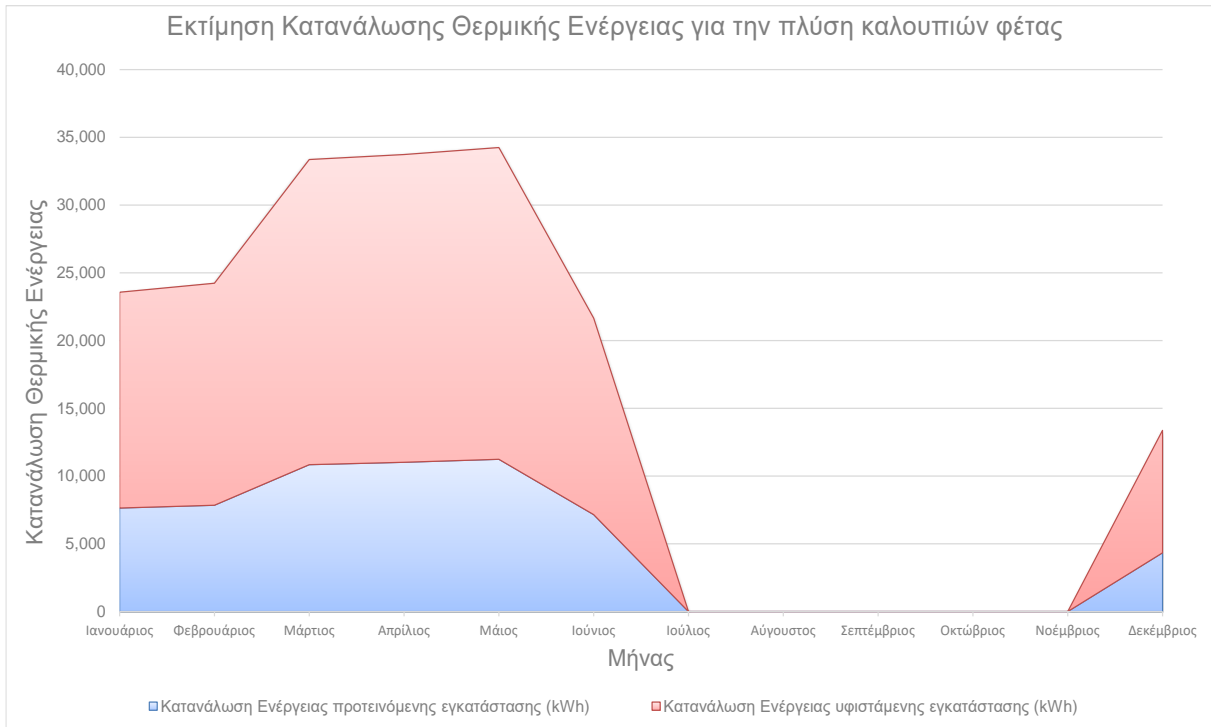
Για τον υπολογισμό των μηνιαίων καταναλώσεων έγινε στάθμιση του μηνιαίου πλήθους καλουπιών προς έκπλυση και του απαιτούμενου χρόνου σύμφωνα με την μηνιαία επεξεργασία γάλακτος και τη δυναμικότητα της προτεινόμενης εγκατάστασης.

Στον παρακάτω Πίνακα 26 καθώς και στο σχετικό Γράφημα 9 παρατίθενται τα μεγέθη υπολογισμού των ενεργειακών καταναλώσεων της υφιστάμενης και της προτεινόμενης εγκατάστασης.



Πίνακας 26: Εκτίμηση Κατανάλωσης Θερμικής Ενέργειας υφιστάμενης και προτεινόμενης εγκατάστασης

Μήνας	Επεξεργασία Γάλακτος (tn _m)	Αριθμός ημερών	Θερμοκρασία Νερού Δικτύου (T.O.T.E.E 20701-/2010)	Κανονικοποίηση Επεξεργασίας Γάλακτος ως προς τη μέση παραγωγικότητα της μονάδας(%)	Εκτίμηση μηνιαίου πλήθους καλουπιών προς πλύση (τεμ/μo)	Εκτίμηση μηνιαίου χρόνου πλύσης (h/μo)	Κατανάλωση Ενέργειας προτεινόμενης εγκατάστασης (kWh)	Κατανάλωση Νερού υφιστάμενης εγκατάστασης (kg)	Κατανάλωση Ενέργειας υφιστάμενης εγκατάστασης (kWh)
Ιανουάριος	405.26	31	6.5	80.3%	9,963	44	7,632	149,441	15,942
Φεβρουάριος	465.93	28	7.3	92.4%	10,346	46	7,850	155,188	16,375
Μάρτιος	596.20	31	9.4	118.2%	14,657	65	10,838	219,852	22,528
Απρίλιος	656.80	30	13.2	130.2%	15,626	69	11,010	234,388	22,725
Μάιος	688.60	31	17.6	136.5%	16,928	75	11,244	253,926	22,997
Ιούνιος	481.58	30	21.9	95.5%	11,457	51	7,158	171,856	14,492
Ιούλιος		31	24.3						
Αύγουστος		31	24.6						
Σεπτέμβριος		30	22						
Οκτώβριος		31	17.7						
Νοέμβριος		30	12.7						
Δεκέμβριος	236.41	31	8.6	46.9%	5,812	26	4,340	87,178	9,034
Σύνολο	3,531				84,789	377	60,071	1,271,831	124,093



Γράφημα 9: Εκτίμηση Κατανάλωσης Θερμικής Ενέργειας υφιστάμενης και προτεινόμενης εγκατάστασης

Τα οφέλη που προκύπτουν από την Παρέμβαση 1.1 παρουσιάζονται στη συνέχεια:

Ετήσια εξοικονόμηση θερμικής ενέργειας (kWh _{th})/(ktoe)	64,022/ 0.00550
Ετήσια σχετική εξοικονόμηση θερμικής ενέργειας και ως προς το σύνολο της καταναλισκόμενης θερμικής ενέργειας	51.6%/7.91%
Ετήσιο οικονομικό όφελος (€)	3,836-916= 2,920€
Ετήσια μείωση εκπομπών CO ₂ (tn)- tCO ₂ /MWh _{LPG} = 0.227 tCO ₂ /MWh _e = 0.807	14.53-5* =9.53
Αύξηση παραγωγικότητας	68.75%

Η λειτουργία της προτεινόμενης εγκατάστασης αναμένεται να αυξήσει την κατανάλωση της ηλεκτρικής ενέργειας κατά 1.5% με αντίστοιχη ετήσια επιβάρυνση κόστους 916 € και εκπομπών 5 tn CO₂.



Παρέμβαση: Αντικατάσταση λέβητα υγραερίου με κατάλληλης δυναμικότητας αντλίας θερμότητας για τη θέρμανση χώρων εργασίας

Η θέρμανση των χώρων εργασίας της μονάδας γίνεται με παλαιό λέβητα υγραερίου, δυναμικότητας 100 Mcal/h, ο οποίος είχε γενικότερη χρήση στο παρελθόν και πλέον χρησιμοποιείται με αντιστάθμιση για την κάλυψη των θερμικών φορτίων. Για τη θέρμανση των χώρων χρησιμοποιούνται τερματικές μονάδες θέρμανσης Fan Coil, οι οποίες σχεδιάζεται να τροφοδοτούνται με ζεστό νερό θέρμανσης μέσω αντλίας θερμότητας δυναμικότητας 16 kW (LG HM163M.U33/MONOBLOC) και με συντελεστή αποδοτικότητας COP 4.40. Λόγω των χαμηλών θερμοκρασιών που παρατηρούνται στην ευρύτερη περιοχή (μέση ελάχιστη εξωτερική θερμοκρασία -5.0 °C) θεωρείται ότι ο πραγματικός συντελεστής απόδοσης θα προσεγγίζει την τιμή 3.5. Από τα στοιχεία των τερματικών μονάδων θέρμανσης και με τη μέθοδο των βαθμομερών θέρμανσης για το λέβητα προκύπτει η εκτίμηση της ετήσιας καταναλισκόμενης θερμικής ενέργειας από τη σχέση:

$$E_h = \frac{24 Q \text{ B}\ddot{\text{H}}\ddot{\text{O}}}{n \Delta\Theta} = 37,337 \text{ kWh/yr}$$

Όπου:

Q: 16 kW,

BHΘ: 2066 (στοιχεία 2018 από το μετεωρολογικό σταθμό της περιοχής),

n = 0.85,

ΔΘ: 25 °C.

Με δεδομένη την ανάγκη κάλυψης θερμικού φορτίου 31,737 kWh/yr από την αντλία θερμότητας και λαμβάνοντας COP=3.5 προκύπτει ότι η αναγκαία κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας θα είναι 9,068 kWh/yr, η ετήσια εκπομπή CO₂ 7.3 tn/yr, ενώ η αντίστοιχη οικονομική επιβάρυνση ανέρχεται σε 1,342 €/yr. Η συγκεκριμένη αλλαγή έχει ως επίπτωση την εξοικονόμηση 28,270 kWh/yr τελικής ενέργειας, ήτοι 71.4% εξοικονόμηση τελικής ενέργειας για θέρμανση των χώρων εργασίας.

Το όφελος που προκύπτει από την συγκεκριμένη παρέμβαση είναι:

Ετήσια εξοικονόμηση θερμικής ενέργειας (kWh_{th})/(ktoe)	37,337 / 0.00321
Ετήσια εξοικονόμηση θερμικής ενέργειας ως προς το σύνολο της καταναλισκόμενης θερμικής ενέργειας	4.6%
Ετήσιο οικονομικό όφελος (€)	2,237-1,342 = 895 €
Ετήσια μείωση εκπομπών CO₂ (tn)- tCO₂/MWh_{LPG} = 0.227 tCO₂/MWh_e = 0.807	8.48 - 7.32=1.16



Παρέμβαση: Αύξηση ενεργειακής αποδοτικότητας με εγκατάσταση συστήματος γεωθερμίας

Η συγκεκριμένη ενεργειακή παρέμβαση, αφορά στην τροποποίηση του συστήματος ψύξης της παραγωγικής μονάδας του Τυροκομείου, με στόχο τη μείωση κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Για το σκοπό αυτό, θα γίνει εφαρμογή ανοικτού συστήματος αβαθούς γεωθερμίας, για απόρριψη θερμότητας στον υδροφόρο ορίζοντα αντί στον αέρα που γίνεται σήμερα.

Βασική επιδίωξη της παρέμβασης, είναι η μείωση της διαφοράς θερμοκρασίας λειτουργίας του ψυκτικού συστήματος με ταυτόχρονη αύξηση του συντελεστή ψυκτικής ικανότητας EER, με άμεση επίδραση στην καταναλισκόμενη ηλεκτρική ενέργεια.

Στο υφιστάμενο σύστημα οι συνθήκες λειτουργίας, σύμφωνα με τις προδιαγραφές του κατασκευαστή του ψυκτικού συγκροτήματος, είναι θερμοκρασία εξάτμισης $T_c = -10\text{ }^\circ\text{C}$ και συμπύκνωσης $T_H = +45\text{ }^\circ\text{C}$, αποδίδοντας συντελεστή ψυκτικής ικανότητας $EER = 2.24$.

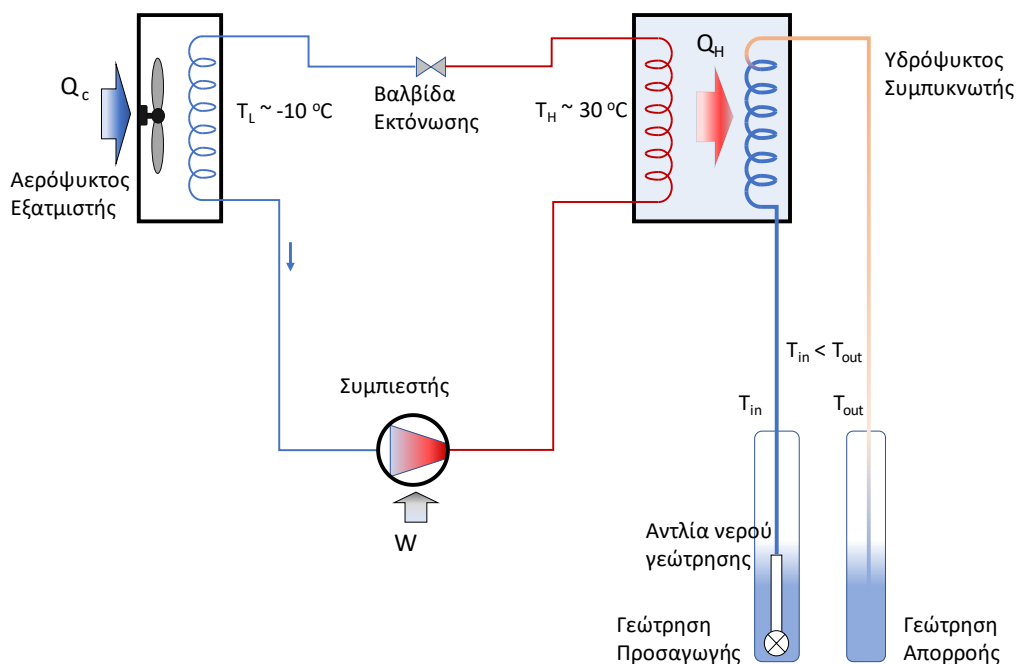
Σύμφωνα με τα παραπάνω, ο κάθε συμπιεστής του συγκροτήματος αποδίδει περίπου:

Θέρμανση: $Q_H = 53.5\text{ kW}$

Ψύξη: $Q_C = 37\text{ kW}$

Απορροφούμενη Ηλεκτρική Ισχύς: $W = 16.5\text{ kW}$

Στο Γράφημα 10 που ακολουθεί, παρουσιάζεται σε σκαρίφημα η λειτουργία του νέου συστήματος ψύξης με γεωθερμία.



Γράφημα 10: Σκαρίφημα του νέου ψυκτικού συγκροτήματος με γεωθερμία

Με την εγκατάσταση του συστήματος γεωθερμίας, εξασφαλίζεται περιβάλλον χώρος απόρριψης θερμότητας (θερμοδοχείο) με σχετικά σταθερή χαμηλή θερμοκρασία (θερμοκρασία νερού υδροφόρου ορίζοντα).



Διασφαλίζοντας σταθερά χαμηλή θερμοκρασία απόρριψης θερμότητας, υπάρχει η δυνατότητα:

- Μείωσης θερμοκρασίας λειτουργίας του συμπυκνωτή
- Χαμηλότερη συμπίεση
- Μείωση χρόνου λειτουργίας των συμπιεστών, με το ίδιο ψυκτικό αποτέλεσμα
- Αύξηση ψυκτικής ικανότητας, EER

Σύμφωνα με τα στοιχεία κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας της εταιρείας για τα έτη 2018 και 2019, προκύπτει ότι η μέση καταναλισκόμενη ενέργεια είναι:

$$W_{\text{total}} = 389,860 \text{ kWh}$$

εκ των οποίων οι 333,480 kWh αφορούν την περίοδο από Ιανουάριο μέχρι και Ιούλιο, όπου η μονάδα είναι σε πλήρη λειτουργία, ενώ οι υπόλοιπες 78,960 kWh αφορούν την περίοδο από Αύγουστο έως και Δεκέμβριο. Με αρκετά ασφαλή εκτίμηση, τα ψυκτικά φορτία της πρώτης περιόδου αντιστοιχούν στο 60% περίπου της συνολικής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ αντίστοιχα στη δεύτερη περίοδο όπου η μονάδα δεν είναι σε πλήρη λειτουργία, τα ψυκτικά φορτία αντιστοιχούν στο 80% των καταναλώσεων.

Επομένως, η μέση ετήσια κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας για ψύξη αντιστοιχεί σε:

$$W_{\text{ψύξης}} = 247,826 \text{ kWh}$$

Από τις προδιαγραφές του κατασκευαστή, για τους συγκεκριμένους συμπιεστές του συγκροτήματος και τις συνθήκες λειτουργίας, ο συντελεστής απόδοσης για ψύξη είναι:

$$EER = 2.22$$

με ψυκτικό αποτέλεσμα:

$$Q_c = 550,174 \text{ kWh}$$

Με την εγκατάσταση του συστήματος της γεωθερμίας και διασφαλίζοντας σταθερή θερμοκρασία απόρριψης θερμότητας, η θερμοκρασία συμπύκνωσης του ψυκτικού συγκροτήματος, δίνεται η δυνατότητα να μειωθεί ακόμα και από τους 30 °C. Συνέπεια αυτού είναι η αύξηση του βαθμού ψυκτικής ικανότητας από 2.24 κατ' ελάχιστο σε:

$$EER = 3.33$$

Η συγκεκριμένη απόδοση προκύπτει από τους πίνακες λειτουργίας των συμπιεστών του κατασκευαστή.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι, για ζήτηση του ίδιου ψυκτικού φορτίου, το καταναλισκόμενο έργο των συμπιεστών είναι πλέον:

$$W_{\text{ψύξης,G}} = 550,174 / 3.33 = 165,218 \text{ kWh}$$

Για την άντληση του νερού των γεωτρήσεων και την κυκλοφορία διαλύματος προπυλενογλυκόλης ως μέσο ανταλλαγής θερμότητας στο απαιτούμενο δοχείο αδρανείας της νέας εγκατάστασης, θα χρησιμοποιηθούν αντλίες με συνολική ισχύ $P = 4.5 \text{ kW}$. Με βάση τον



τρόπο ετήσιας λειτουργίας της μονάδας, εκτιμήθηκαν οι πραγματικές ωφέλιμες ώρες λειτουργίας του ψυκτικού συγκροτήματος σε 2,851 hr/year. Η ετήσια κατανάλωση ενέργειας των αντλιών που προέκυψε είναι:

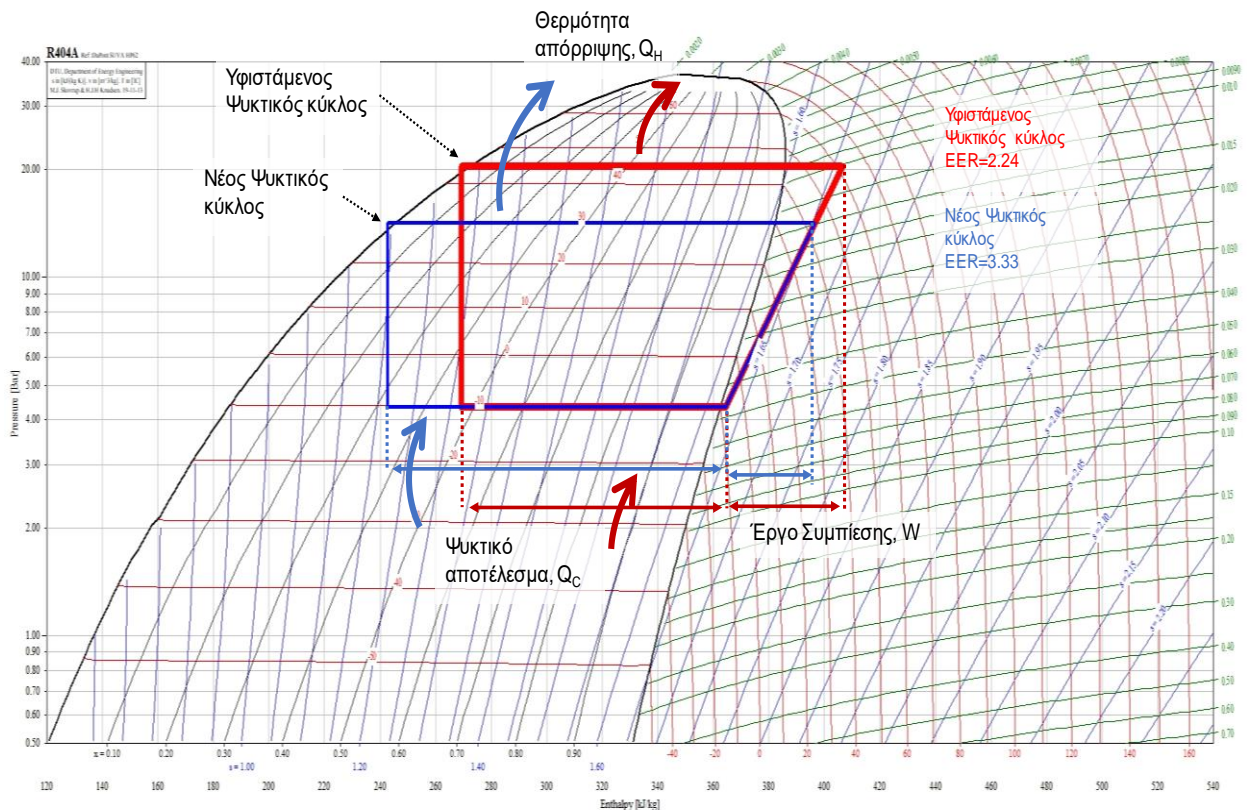
$$W_P = 7,776 \text{ kWh}$$

Επομένως, η εξοικονόμηση ενέργειας που προκύπτει με την εγκατάσταση της γεωθερμίας είναι:

$$W_G = W_{\psi\upsilon\chi\eta\varsigma} - W_{\psi\upsilon\chi\eta\varsigma,G} - W_P = 74,833 \text{ kWh } \eta \text{ 30.2\%}$$

Η εκτίμηση αυτή για την εξοικονόμηση, στη πραγματικότητα μπορεί να είναι και μεγαλύτερη, καθώς οι θερμοκρασία συμπύκνωσης που μπορεί να επιτευχθεί λόγω της χαμηλής θερμοκρασίας του νερού των γεωτρήσεων σε συνδυασμό με τη μεγάλη θερμοχωρητικότητα του, είναι πιο χαμηλά από τους 30 °C. Επίσης, η χαμηλή θερμοκρασία συμπύκνωσης θα μειώσει το χρόνο λειτουργίας των συμπιεστών, αφού θα μπορούν να δώσουν μεγαλύτερο ψυκτικό αποτέλεσμα.

Στο Γράφημα 11 που ακολουθεί, παρουσιάζονται οι δύο ψυκτικοί κύκλοι για το R404A, στις συγκεκριμένες θερμοκρασιακές συνθήκες λειτουργίας του ψυκτικού συγκροτήματος.



Γράφημα 11: Παρουσίαση ψυκτικών κύκλων για τις δύο διαφορετικές εφαρμογές, για ψυκτικό ρευστό λειτουργίας R404A



Το όφελος που προκύπτει από την συγκεκριμένη παρέμβαση είναι:

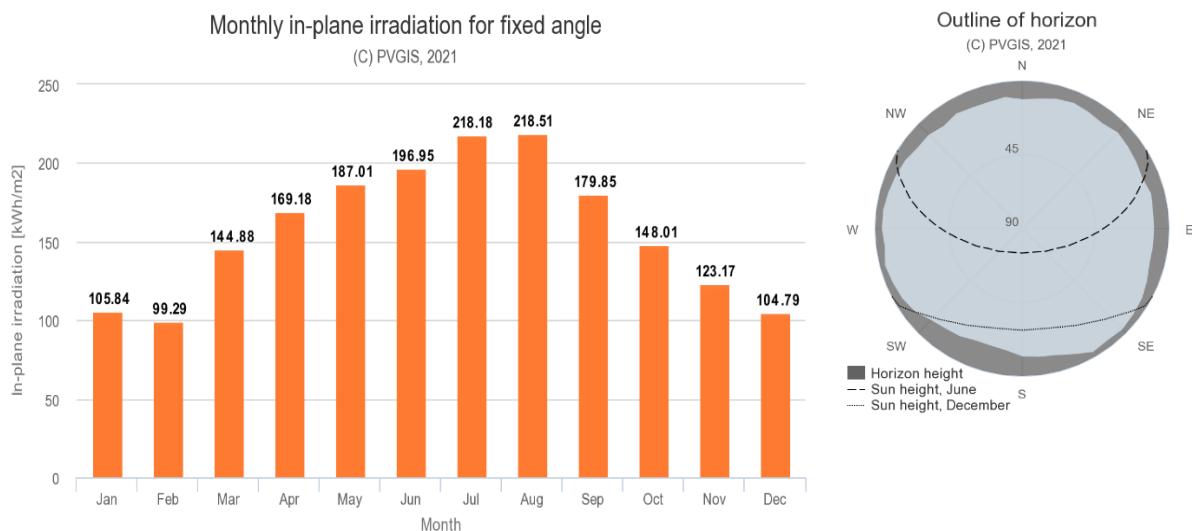
Ετήσια εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας (kWh _e)/(ktoe)	74,833 / 0.00643
Ετήσια σχετική εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας και ως προς το σύνολο της καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας	30.2% / 19.2%
Ετήσιο οικονομικό όφελος (€)	11,075
Ετήσια μείωση εκπομπών CO ₂ (tn)- tCO ₂ /MWh _e = 0.807	60.4

5.3. Βελτίωση αποδοτικότητας κατανάλωσης και παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ

Στην παρούσα ενότητα εξετάζεται η βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας μέσω της εγκατάστασης συστοιχίας Φωτοβολταϊκών Δομοστοιχείων αυτοπαραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Παρέμβαση: Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ

Σύμφωνα με το επενδυτικό σχέδιο προβλέπεται η εγκατάσταση συστοιχίας Φωτοβολταϊκών Δομοστοιχείων αυτοπαραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ονομαστικής ισχύος 19.8 kWp. Από τα δεδομένα του PVGIS 2017 λαμβάνονται τα παρακάτω δεδομένα (Γραφήματα 13 και 14, Πίνακας 27):

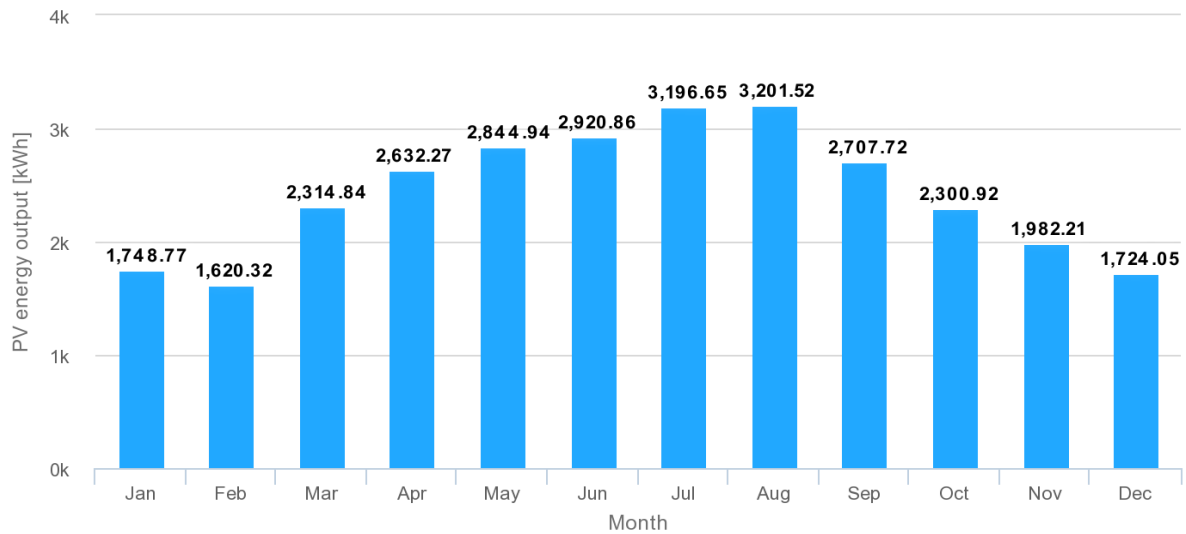


Γράφημα 12: Μηνιαία κατανομή διαθέσιμης ηλιακής ακτινοβολίας



Monthly energy output from fix-angle PV system

(C) PVGIS, 2021

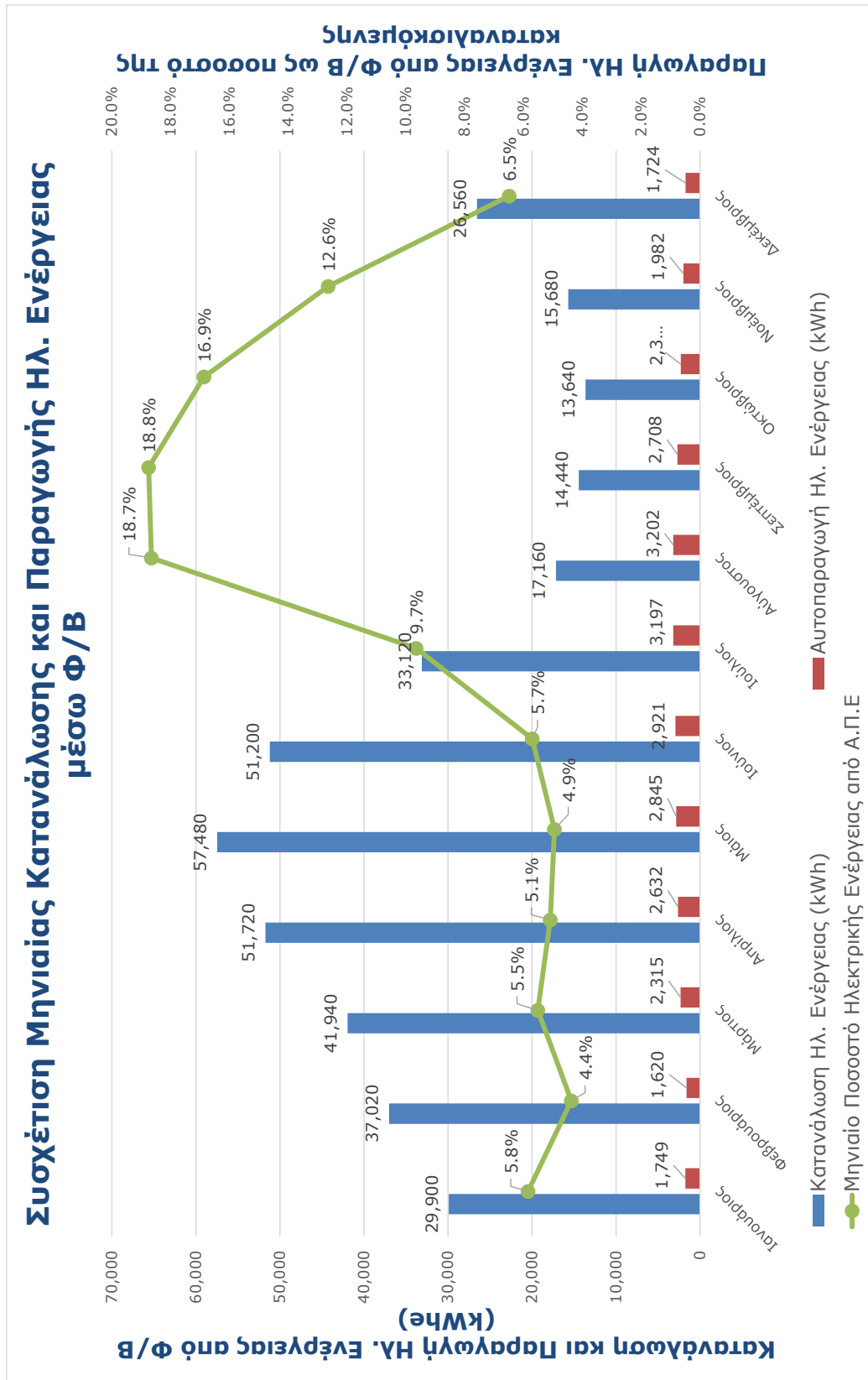


Γράφημα 13: Μηνιαία κατανομή ηλιακής ενέργειας

Πίνακας 27: Ενεργειακή, οικονομική και περιβαλλοντική αξιολόγηση παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από Φ/Β

Μήνας	Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας (kWh _e)	Αυτοπαραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας (kWh _e)	Μηνιαίο Ποσοστό Αυτοπαραγωγής Ηλεκτρικής Ενέργειας από Α.Π.Ε
Ιανουάριος	29,900	1,749	5.8%
Φεβρουάριος	37,020	1,620	4.4%
Μάρτιος	41,940	2,315	5.5%
Απρίλιος	51,720	2,632	5.1%
Μάιος	57,480	2,845	4.9%
Ιούνιος	51,200	2,921	5.7%
Ιούλιος	33,120	3,197	9.7%
Αύγουστος	17,160	3,202	18.7%
Σεπτέμβριος	14,440	2,708	18.8%
Οκτώβριος	13,640	2,301	16.9%
Νοέμβριος	15,680	1,982	12.6%
Δεκέμβριος	26,560	1,724	6.5%
Σύνολο	389,860	29,195	7.5%

Στο παρακάτω Γράφημα 15, παρουσιάζεται η μηνιαία κάλυψη ηλεκτρικής ενέργειας μέσω αυτοπαραγωγής από την εγκατάσταση Φ/Β.



Γράφημα 14: Μηνιαία συσχέτιση κατανάλωσης και αυτοπαραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας μέσω Φ/Β



Το όφελος που προκύπτει από την συγκεκριμένη παρέμβαση είναι:

Ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε (kWh_e)/(ktoe)	29,195 / 0.00251
Ετήσιο ποσοστό κάλυψης αναγκών ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε:	7.5%
Ετήσιο οικονομικό όφελος (€)	4,321
Ετήσια μείωση εκπομπών CO₂ (tn)- tCO₂/MWh_e = 0.807	24.58

5.4. Σύνοψη αποτελεσμάτων προτεινόμενων παρεμβάσεων

Στον Πίνακα 28 που ακολουθεί, παρουσιάζονται τα συγκεντρωτικά στοιχεία από τις παρεμβάσεις αύξησης ενεργειακής αποδοτικότητας των εγκαταστάσεων χρήσης θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας.

Πίνακας 28: Συγκεντρωτική ενεργειακή, οικονομική και περιβαλλοντική αξιολόγηση των παρεμβάσεων βελτίωσης ενεργειακής αποδοτικότητας χρήσης θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας

Κατηγορία	Μέγεθος
Ετήσια εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας (kWh_e)/(ktoe_{el})	64,891 / 0.00558
Ετήσια βελτίωση ενεργειακής αποδοτικότητας ως προς το σύνολο της καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας	16.6%
Ετήσια εξοικονόμηση θερμικής ενέργειας (kW_{th})/(ktoe_{th})	101,359/ 0.00872
Ετήσια βελτίωση ενεργειακής αποδοτικότητας ως προς το σύνολο της καταναλισκόμενης θερμικής ενέργειας	12.7%
Ετήσια κάλυψη αναγκών ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε (kWh_e)/(ktoe_{el})	29,195 / 0.00251
Ετήσιο ποσοστό κάλυψης αναγκών ηλεκτρικής ενέργειας από Α.Π.Ε:	7.5%
Ετήσιο οικονομικό όφελος χωρίς/ με συνεισφορά Α.Π.Ε (€)	14,890 € / 19,211 €
Ετήσια μείωση εκπομπών CO₂ (tn) χωρίς/ με συνεισφορά Α.Π.Ε (Συντελεστής εκπομπής 0.807 tCO₂/MWh_e / 0.227 tCO₂/MWh_{LPG} /)	74.53 / 95.67



5.5. Ανάλυση Κόστους Κύκλου Ζωής – Μέτρα ΕΞΕ

5.5.1. Οικονομοτεχνική ανάλυση παρεμβάσεων θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας

Η οικονομοτεχνική ανάλυση των προτεινόμενων παρεμβάσεων για εξοικονόμηση ενέργειας της εταιρείας είναι οι ακόλουθες:

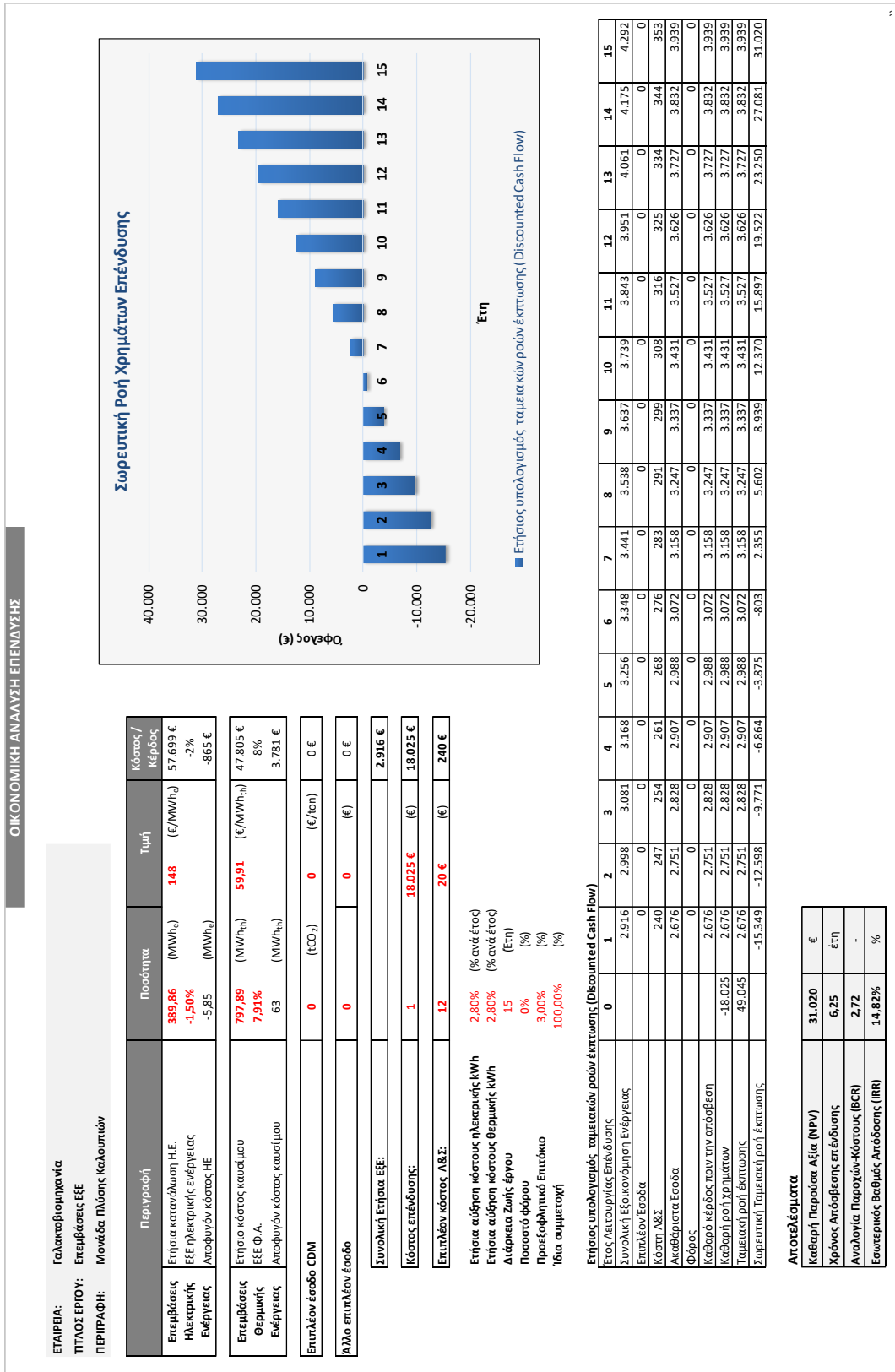
Παρέμβαση: Αύξηση ενεργειακής αποδοτικότητας μέσω της προμήθειας νέας μονάδας πλύσης καλουπιών φέτας

- Εκτιμώμενο κόστος αγοράς και εγκατάστασης εξοπλισμού: 51,500 €
- Κόστος συμμετοχής της εταιρείας στην επένδυση: 18,025 €
- Μείωση καταναλισκόμενης θερμικής ενέργειας: 0.00550 ktoe/yr (64,022 kWh_{th}/yr)
- Ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας: 51.6 % ως προς την υφιστάμενη κατάσταση και 7.91% επί της ετήσιας κατανάλωσης θερμικής ενέργειας

Αναλυτικά στοιχεία της επεξεργασίας παρουσιάζονται στον Πίνακα 29.



Πίνακας 29: Οικονομοτεχνική ανάλυση παρέμβασης αύξησης ενεργειακής αποδοτικότητας μέσω της προμήθειας νέας μονάδας πύσης καλουπιών φέτας





Παρέμβαση: Αντικατάσταση λέβητα υγραερίου με κατάλληλης δυναμικότητας αντλίας θερμότητας για τη θέρμανση χώρων εργασίας

- Εκτιμώμενο κόστος αγοράς και εγκατάστασης εξοπλισμού: 4,000 €
- Κόστος συμμετοχής της εταιρείας στην επένδυση: 1,400 €
- Μείωση καταναλισκόμενης θερμικής ενέργειας: 0.00321 ktoe/yr (37,337 kWh_{th}/yr)
- Ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας: 100.0% ως προς την υφιστάμενη κατάσταση και 4.6% επί της ετήσιας κατανάλωσης θερμικής ενέργειας

Αναλυτικά στοιχεία της επεξεργασίας παρουσιάζονται στον Πίνακα 30.



Πίνακας 30: Οικονομοτεχνική ανάλυση παρέμβασης αντικατάστασης λέβητας υγραερίου με κατάλληλης δυναμικότητας αντλίας θερμότητας για τη θέρμανση χώρων εργασίας

ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ

ΕΤΑΙΡΕΙΑ:	Γαλακτοβιομηχανία		
ΤΙΤΛΟΣ ΕΡΓΟΥ:	Επεμβάσεις ΕΞΕ		
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ:	Αντλία Θερμότητας		
Περιγραφή	Ποσότητα	Τιμή	Κόστος/Κέρδος
Επεμβάσεις Ηλεκτρικής Ενέργειας	389,86 (MWh _h) -2,20% -8,58 (MWh _h)	148 (€/MWh _h)	57.699 € -2% -1.269 €
Επεμβάσεις Θερμικής Ενέργειας	797,89 (MWh _{th}) 4,60% 37 (MWh _{th})	59,91 (€/MWh _{th})	47.805 € 5% 2.199 €
Επιπλέον έσοδο CDM	0 (tCO ₂)	0 (€/τον)	0 €
Άλλο επιπλέον έσοδο	0	0 (€)	0 €
Συνολική Ετήσια ΕΞΕ:			930 €
Κόστος επένδυσης:	1	1.400 €	1.400 €
Επιπλέον κόστος Λ&Σ:	12	10 €	120 €

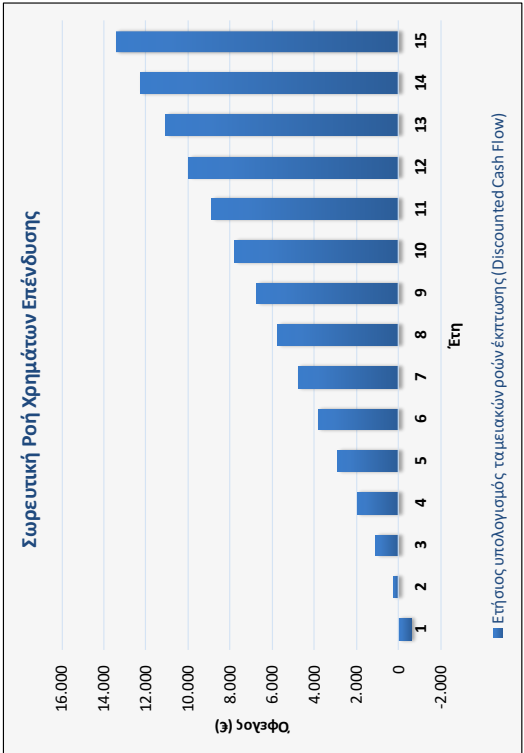
Ετήσια αύξηση κόστους ηλεκτρικής kWh 2,80% (% ανά έτος)
 Ετήσια αύξηση κόστους θερμικής kWh 2,80% (% ανά έτος)
 Διάρκεια ζωής έργου 15 (Έτη)
 Ποσοστό φόρου 0%
 Προεμφλητικό Επιτόκιο 3,00%
 Ίδια συμμετοχή 100,00%

Ετήσιος υπολογισμός ταμειακών ροών έκπτωσης (Discounted Cash Flow)

Έτος Λειτουργίας	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Συνολική Εξοικονόμηση Ενέργειας	930	956	982	1.010	1.038	1.067	1.097	1.128	1.159	1.192	1.225	1.260	1.295	1.331	1.368	0
Επιπλέον Έσοδα	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Κόστη Λ&Σ	120	123	127	130	134	138	142	146	150	154	158	163	167	172	177	0
Ακαθάριστα Έσοδα	810	832	856	880	904	930	956	982	1.010	1.038	1.067	1.097	1.128	1.159	1.192	0
Φόρος	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Καθαρό κέρδος πριν την απόσβεση	810	832	856	880	904	930	956	982	1.010	1.038	1.067	1.097	1.128	1.159	1.192	0
Καθαρή ροή χρήματων	-1.400	810	832	856	880	904	930	956	982	1.010	1.038	1.067	1.097	1.128	1.159	1.192
Ταμειακή ροή έκπτωσης	14.840	810	832	856	880	904	930	956	982	1.010	1.038	1.067	1.097	1.128	1.159	1.192
Σωρευτική Ταμειακή ροή έκπτωσης	-590	242	1.098	1.977	2.881	3.811	4.766	5.749	6.758	7.797	8.864	9.961	11.088	12.248	13.440	13.440

Αποτελέσματα

Καθαρή Παρούσα Αξία (NPV)	13.440 €
Χρόνος Αποόφθεσης επένδυσης	1,71 έτη
Αναλογία Παροχών-Κόστους (BCR)	10,60
Εσωτερικός Βαθμός Απόδοσης (IRR)	60,56%





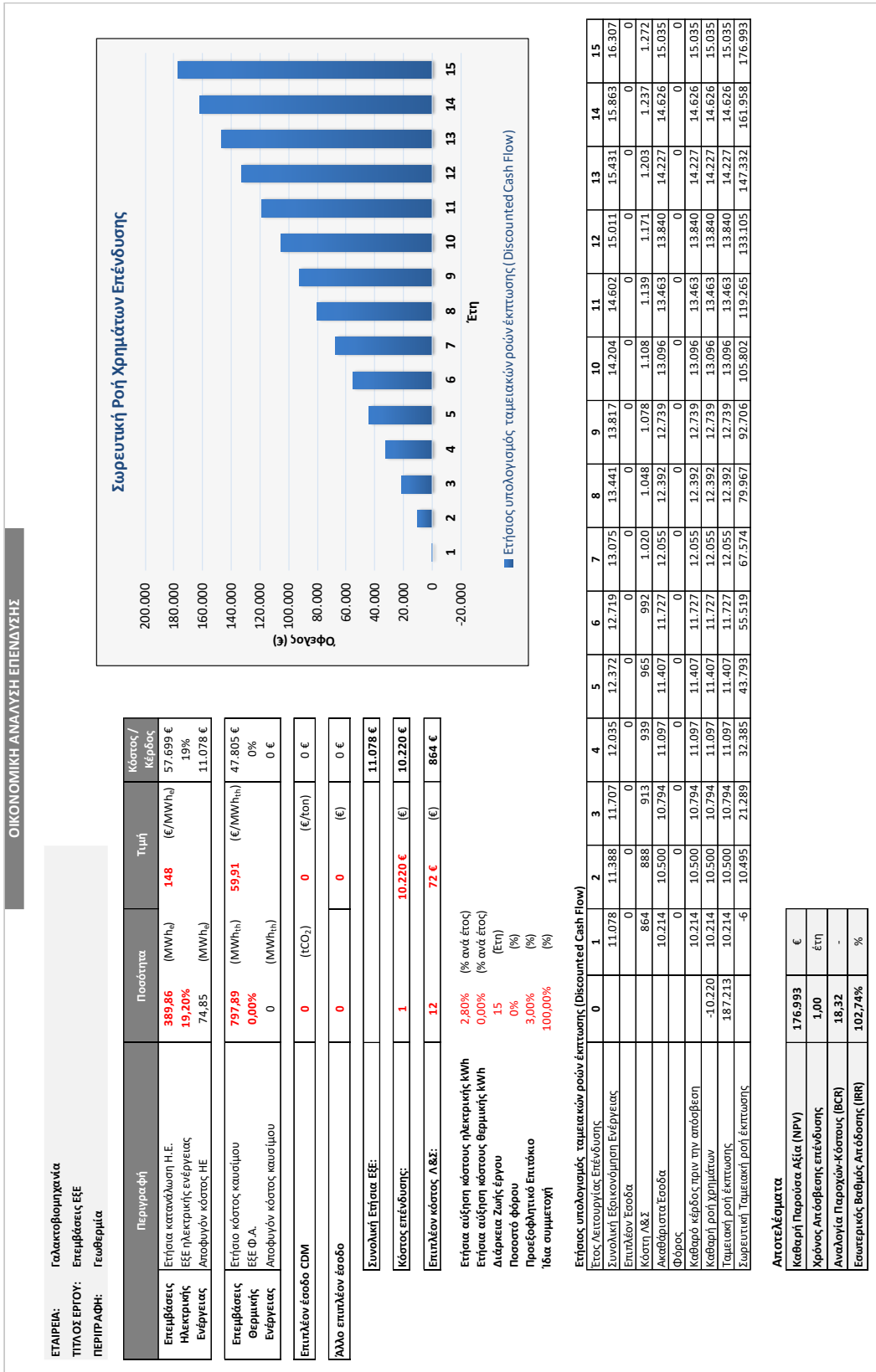
Παρέμβαση: Αύξηση ενεργειακής αποδοτικότητας με εγκατάσταση συστήματος γεωθερμίας

- Εκτιμώμενο κόστος αγοράς και εγκατάστασης εξοπλισμού: 29,200 €
- Κόστος συμμετοχής της εταιρείας στην επένδυση: 10,220 €
- Μείωση καταναλισκόμενης ΗΕ: 0.00643 ktoe/yr (74,833 kWh_e/yr)
- Ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας: 19.2% επί της ετήσιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας

Αναλυτικά στοιχεία της επεξεργασίας παρουσιάζονται στον Πίνακα 31.



Πίνακας 31: Οικονομοτεχνική ανάλυση παρέμβασης αύξησης ενεργειακής αποδοτικότητας με εγκατάσταση συστήματος γεωθερμίας





5.5.2. Οικονομοτεχνική ανάλυση παρεμβάσεων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ

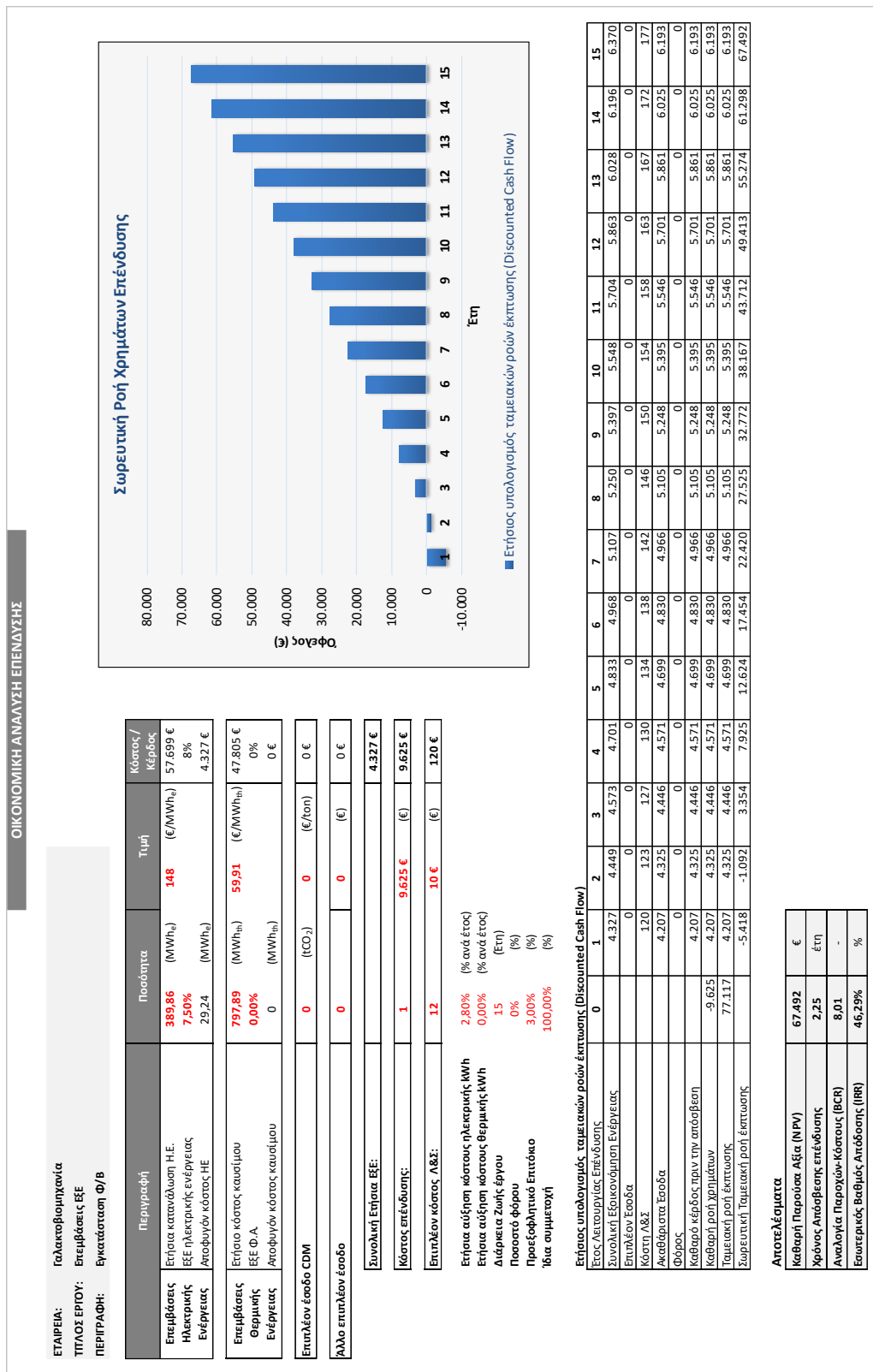
Παρέμβαση: Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ

- Εκτιμώμενο κόστος αγοράς και εγκατάστασης συστήματος φωτοβολταϊκών πάνελ: 27,500 €
- Κόστος συμμετοχής της εταιρείας στην επένδυση: 9,625 €
- Μείωση ζητούμενης ΗΕ: 0.00251 ktoe/yr (29,195 kWh_e/yr)
- Ποσοστό μείωσης ζητούμενης ενέργειας: 7.5% επί της ετήσιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας

Αναλυτικά στοιχεία της επεξεργασίας παρουσιάζονται στον Πίνακα 32.



Πίνακας 32: Οικονομοτεχνική ανάλυση παρέμβασης παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΓΠ





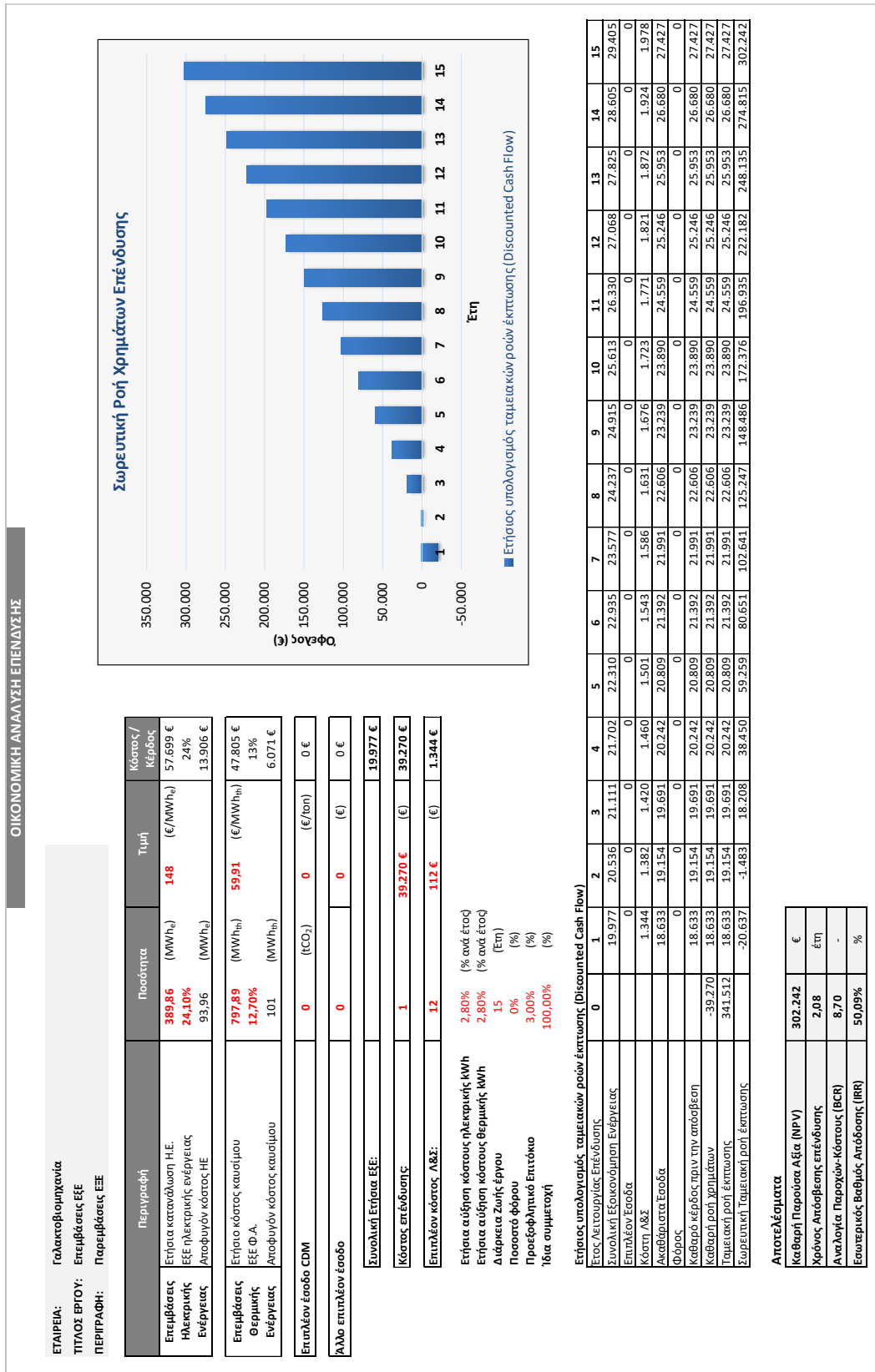
5.5.3. Οικονομοτεχνική ανάλυση του συνόλου των παρεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας

- Εκτιμώμενο κόστος αγοράς και εγκατάστασης : 112,200 €
- Κόστος συμμετοχής της εταιρείας στην επένδυση: 39,270 €
- Μείωση καταναλισκόμενης ΘΕ: 0.00872 ktoe/yr (101,359 kWh_e/yr)
- Μείωση καταναλισκόμενης ΗΕ: 0.00558 ktoe/yr (64,891 kWh_e/yr)
- Μείωση καταναλισκόμενης ΗΕ από ΑΠΕ: 0.00251 ktoe/yr (29,195 kWh_e/yr)
- Ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας: 24.1% επί του συνόλου της καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας και 12.7% επί του συνόλου της καταναλισκόμενης θερμικής ενέργειας.

Αναλυτικά στοιχεία της επεξεργασίας παρουσιάζονται στον Πίνακα 33.



Πίνακας 33: Οικονομοτεχνική ανάλυση του συνόλου των Παρεμβάσεων Εξοικονόμησης Ενέργειας





Συμπεράσματα

Η ενεργειακή μελέτη μιας γαλακτοβιομηχανίας παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον λόγω της ποικιλομορφίας των εγκαταστάσεων και του εξοπλισμού που την αποτελούν. Επίσης, οι γαλακτοβιομηχανίες είναι από τις πιο ενεργοβόρες του βιομηχανικού τομέα, με συνέπεια να απαιτείται επιτακτική ανάγκη για συζητήσεις σχετικά την αντιμετώπιση όχι μόνο για την μείωση εκπομπών GHG (OECD-FAO, 2020) αλλά και για τα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας που απαιτούνται λόγω της πολυπλοκότητας των φυσικών και χημικών διεργασιών της παραγωγής γαλακτοκομικών προϊόντων (Kozub et al, 2020).

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματευόταν την μελέτη και την ανάλυση των ενεργειακών δεικτών στον τομέα της γαλακτοβιομηχανίας. Η ενεργειακή αξιολόγηση έγινε σύμφωνα με την νομοθεσία, Νομός 4342-2015, η καταγραφή και αποτύπωση όλων των ενεργειακών πηγών και καταναλώσεων των κτιρίων και του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού, η κατάστρωση ισοζυγίων ενέργειας, η κατασκευή ενεργειακών γραμμών βάσης και παρακολούθησης των ενεργειακών δεικτών ενεργειακής κατανάλωσης. Επίσης, προτάθηκαν μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας με στόχο την βελτίωση του ενεργειακού αποτυπώματος αυτής της κατηγορίας βιομηχανιών.

Συνοπτικά, τα παραγωγικά δεδομένα της εταιρείας καθώς και η κατανάλωση ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας παρουσιάζονται στον Πίνακα 34. Τα δεδομένα αποτελούν τη μέση τιμή των στοιχείων που προέκυψαν από δύο παραγωγικές χρονιές, 2018 και 2019.

Πίνακας 34: Παραγωγικά στοιχεία και ενεργειακές καταναλώσεις

	Τιμή	Κόστος
Επεξεργασία Γάλακτος (tn)	3,705	-
Κατανάλωση Θερμικής Ενέργειας (MWh_{th})	797.89	48,499 €
Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας (MWh_e)	389.86	56,881 €
Ειδική Κατανάλωση Θερμικής Ενέργειας (MWh_{th} / tn_Γ)	0.216	12.73 €/tn _Γ
Ειδική Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας (MWh_{th} / tn_Γ)	0.105	15.33 €/tn _Γ
Κατανάλωση Τελικής Ενέργειας (MWh_{total})	1,187.75	105,381 €
Ειδική Κατανάλωση Τελικής Ενέργειας (MWh_{total} / tn_Γ)	0.315	28.06 /tn _Γ

Στην συνέχεια ακολουθεί στον Πίνακα 35, όπου παρουσιάζεται η αξιολόγηση των επιμέρους προτεινόμενων παρεμβάσεων, ανηγμένες σε ετήσια βάση, σε συνδυασμό με την ανάλυση των ενεργειακών δεικτών. Τα δεδομένα αποτελούν τη μέση τιμή των στοιχείων που προέκυψαν από δύο παραγωγικές χρονιές, 2018 και 2019.



Πίνακας 35: Αξιολόγηση προτεινόμενων παρεμβάσεων σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση

Ετήσια Κατανάλωση Θερμικής Ενέργειας, (kWh_{th} / ktoe):	797,890 / 0.0686
Ετήσια Κατανάλωση Ηλεκτρικής Ενέργειας, (kWh_e / ktoe):	389,860 / 0.0335
Σύνολο Ετήσιας Κατανάλωσης Ενέργειας, (kWh / ktoe):	1,187,750 / 0.1021

Ενεργειακές Παρεμβάσεις	Κόστος Επένδυσης	Ετήσια Εξοικονόμηση Ενέργειας		Ετήσια Μείωση Εκπομπών CO ₂ (tn)	Ετήσιο Όφελος (€)
		Ηλεκτρική (ktoe)	Θερμική (ktoe)		
Παρέμβαση Πλυντική μηχανή καλουπιών φέτας	51,500 €	-0.00035 (-1.0%)	0.00550 (7.91%)	9.53	2,920 €
Παρέμβαση Αντλία θερμότητας	4,000 €	-0.00051 (-1.5%)	0.00321 (4.6%)	1.16	895 €
Παρέμβαση Εγκατάσταση συστήματος γεωθερμίας	29,200 €	0.00643 (19.2%)		60.40	11,075 €
Παρέμβαση * Εγκατάσταση Φωτοβολταϊκού Συστήματος	27,500 €	0.00251 (-%)	7.5%	24.58	4,321 €
Σύνολο:	112,200 €	0.00558 (17%)	0.00872 (13%)	95.67	19,211 €

Η εξοικονόμηση που αφορά την παρέμβαση της εγκατάσταση φωτοβολταϊκού συστήματος, δεν οφείλεται στη μείωση κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, αλλά στη μείωση ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας από τον πάροχο λόγω αυτοπαραγωγής με μηδενικούς ρύπους. Προς τούτο μόνο ως προς τη μείωση εκπομπών CO₂ και το οικονομικό όφελος προσμετρούνται στο σύνολο.

Από τη στατιστική επεξεργασία των ηλεκτρικών και θερμικών καταναλώσεων, προέκυψαν οι ενεργειακοί στόχοι εξοικονόμησης ενέργειας καθώς και οι ενεργειακοί δείκτες παρακολούθησης (Πίνακα 36).

Πίνακας 36: Επαληθεύσιμοι στόχοι εξοικονόμησης ενέργειας

	Τιμή	Μέθοδος υπολογισμού
Ηλεκτρική Ενέργεια	34.1%	ASHRAE
Θερμική Ενέργεια	43.2%	ASHRAE



Εν κατακλείδι, σύμφωνα με την ολοκλήρωση του ενεργειακού ελέγχου της γαλακτοβιομηχανίας προκύπτει πεδίο για περαιτέρω ανάλυσης πιθανών πηγών εξοικονόμησης ενέργειας, οι οποίες όμως θα προκύψουν κατά την διαδικασία του δεύτερου ενεργειακού ελέγχου, αφού έχουν υλοποιηθεί οι παρεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας από τον πρώτο ενεργειακό έλεγχο. Σημειώνεται ότι, η υλοποίηση των παρεμβάσεων του πρώτου ενεργειακού ελέγχου θα επηρεάσει και θα αλλάξει σημαντικά την υφιστάμενη κατάσταση της γραμμής βάσης (ενεργειακή συμπεριφορά) της γαλακτοβιομηχανίας γεγονός το οποίο θα εξετασθεί και θα αναλυθεί εκτενέστερα από τον δεύτερο ενεργειακό έλεγχο.



Βιβλιογραφία

Ελληνική Βιβλιογραφία

- Ασημακόπουλος Δ., Αραμπατζής Γ., Αγγέλης – Δημάκης Α., Καρταλίδης Α., και Τσιλιγκιρίδης Γ., 2015, Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, Δυναμικό και Τεχνολογίες, Εκδόσεις «σοφία», Αθήνα
- Ευθυμιάδης Α., Αδαμόπουλος Α., Γκόνης Ν., Βιρβίλη Ε., Γαλάνη Ν. και Μεταλλινός Σ., Οδήγος Ενεργειακών Ελέγχων σε κρίρια, Βιομηχανία και μεταφορα, 2017, Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, Αναθ.2, Αθήνα: Ανακτηση από https://ypen.gov.gr/wp-content/uploads/2020/11/Odhgos_energeiakwn_elegxwn_Part1.pdf (Ιούλιος 2022).
- Ευθυμιάδης Α., Αδαμόπουλος Α., Γκόνης Ν., Βιρβίλη Ε., Γαλάνη Ν. και Μεταλλινός Σ., Οδήγος Ενεργειακών Ελέγχων σε κρίρια, Βιομηχανία και μεταφορα, 2017, Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, Παραρτήματα, Αναθ.2, Αθήνα: Ανακτηση από https://ypen.gov.gr/wp-content/uploads/2020/11/Odhgos_energeiakwn_elegxwn_Part2.pdf (Ιούλιος 2022)
- Ευθυμιάδης Α. και Βιρβίλη Ρ., Μάιος 2007, Γενικευμένη γραμμική θεωρία της αβεβαιότητας σε επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας, Πανελλήνιος Σύλλογος Διπλωματούχων Μηχανολόγων Ηλεκτρολόγων (ΠΣΔΜΗ), 2^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Μηχανολόγων Ηλεκτρολόγων Μηχανικών, Αθήνα, Δελτίο του ΠΣΔΜΗ.
- Κριτωτάκης Κ.Ν., 2000, βελτίωση του συντελεστή ισχύος στις βιομηχανικές εγκαταστάσεις, Εκδόσεις «ΙΩΝ», Περιστέρι, Αθήνα.
- Παπαδάτος Σ., και Νούτσης Κ., 2020, Ενεργειακός Έλεγχος Οινοποιείου - Εφαρμογή στο Οινοποιείο Ορφανού, Πτυχιακή Εργασία, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Δυτικής Ελλάδας, Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Τ.Ε., Πάτρα
- Ζώρλος Λ. Π., 2017, Έξοικονόμηση ενέργειας σε βιομηχανικούς χώρους με σύστημα φόρτωσης/εκφόρτωσης θερμοκρασίας & υγρασίας, Διπλωματική Εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολύτεχνείο, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχαβικών Υπολογιστών, Τομέας Ηλεκτρικών Βιομηχανικών διατάξεων και Συστημάτων Αποφλασεων, Αθήνα.
- Φοράδη Κ. και Μωραΐτης Στ., 2019, Ενεργειακός Έλεγχος του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών ΤΕ του ΤΕΙ Δυτικής Ελλάδος, Πτυχιακή Εργασία, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Δυτικής Ελλάδας, Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Τ.Ε., Πάτρα.

Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

- Agriculture and Horticulture Development Board-World Milk Deliveries 2019, Available online: https://dairy.ahdb.org.uk/non_umbraco/download.aspx?media=26233 (August 2022).



Bruinsma, J., Alexandratos, N. World Agriculture towards 2030/2050: The 2012 Revision.
Available online: <http://www.fao.org/docrep/016/ap106e/ap106e.pdf> (June 2022).

Daniel Egas , Sergio Ponsá, Laia Llenas, Joan Colón, 2021 Towards energy-efficient small dairy production systems: An environmental and economic assessment, Sustainable Production and Consumption, Volume 28, Pages 39-51

Kozub Y. A., Komlatsky V. I. and Khoroshailo T. A., 2020, About some automated processes in the production of dairy products. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Vol. 862, No. 3, p. 032021, IOP Publishing, <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/862/3/032021/pdf>

O'Brien D., Shalloo L., Patton J., Buckley F., Grainger C. and Wallace M., 2012, A life cycle assessment of seasonal grass-based and confinement dairy farms. *Agric. Syst.* 2012, 107, 33–46

OECD/Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2020, Dairy and dairy products, in OECDFAO Agricultural Outlook 2020-2029, OECD Publishing, Paris/Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

OECD-FAO Agricultural Outlook 2018-2027, 2018, Dairy and dairy products, Rome

Food and Apicultural Organization (FAO), 2010, Greenhouse Gas Emissions from the Dairy Sector A Life Cycle Assessment; Food and Apicultural Organization: Rome, Italy.

Shine P., Upton J., Sefeedpari, and Murphy M. D., 2020, Energy Consumption on Dairy Farms: A Review of Monitoring, Prediction Modelling, and Analyses, Received: 19 February 2020; Accepted: 4 March 2020; Published: 10 March 2020, *Energies*, MDPI.

Upton J., Humphreys J., Groot Koerkamp P.W.G., French P., Dillon P., and De Boer I.J.M., 2013, Energy demand on dairy farms in Ireland. *J. Dairy Sci.*, 96, 6489–6498.

Νόμοι, Κανονισμοί και Πρότυπα

Υπουργική Απόφαση (ΚΥΑ) Δ6/Β/ΥΚ/11038/8.7.1999 (1526 Β') με τίτλο: «Διαδικασίες, απαιτήσεις και κατευθύνσεις για τις ενεργειακές επιθεωρήσεις σε βιομηχανία και κτίρια».

Νόμος 3855/2010, ΦΕΚ Α'95/23.6.2010, «Μέτρα για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης κατά την τελική χρήση, ενεργειακές υπηρεσίες» και άλλες διατάξεις. Ανάκτηση από <https://www.kodiko.gr/nomothesia/document/55966/nomos-3855-2010> (Ιούλιος 2022).

Νόμος 3661/2008, ΦΕΚ 89/Α/19-5-2008, Μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων και άλλες διατάξεις. Ανάκτηση από <https://www.e-nomothesia.gr/kat-periballon/oikodomes/n-3661-2008.html> (Ιούλιος 2022).

Νόμος Υπ' αριθμ.4122/2013, ΦΕΚ Α'42/19.2.2013, «Ενεργειακή Απόδοση Κτιρίων - Εναρμόνιση με την Οδηγία 2010/31/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου» και λοιπές διατάξεις. Ανάκτηση



από <https://www.kodiko.gr/nomothesia/document/70937/nomos-4122-2013> (Ιούλιος 2022).

Νόμος Υπ' αριθμ. 4342, ΦΕΚ Α 143/9-11-2015 «Για την προσαρμογή της Οδηγίας 2012/27/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου για την ενεργειακή απόδοση, λόγω της προσχώρησης της Δημοκρατίας της Κροατίας» και άλλες διατάξεις. Ανακτηση από <https://www.elinyae.gr/ethniki-nomothesia/n-43422015-fek-143a-9112015> (Ιούλιος 2022).

Οδηγία 2006/32/ΕΕ για την ΕΕ (Energy Saving Directive - ESD)

Οδηγία 2012/27/ΕC για την ενεργειακή απόδοση (EED) και ο εναρμονιστικός νόμος 4342/2015 The North American Measurement and Verification Protocol, (NAMVP), Version 1 (1966).

IPMVP – International Performance Measurement and Verification Protocol (2012)

ASHRAE Standard 14- 2002, Measurement of Energy and Demand Savings

ΕΛΟΤ EN ISO 50001:2011, Συστήματα διαχείρισης της ενέργειας - Απαιτήσεις και οδηγίες εφαρμογής

ISO 50002:2014, Ενεργειακοί έλεγχοι – Απαιτήσεις με οδηγίες χρήσεως

ISO 50003:2014, Συστήματα διαχείρισης ενέργειας – απαιτήσεις για παρόχους ενεργειακών ελέγχων και πιστοποίησης συστημάτων διαχείρισης ενέργειας

ISO 50004:2014, Συστήματα διαχείρισης ενέργειας – Οδηγίες εφαρμογής, συντήρησης και βελτίωσης ενός συστήματος διαχείρισης ενέργειας

ISO 50006:2014, Συστήματα διαχείρισης ενέργειας – Μέτρηση ενεργειακής επίδοσης με χρήση γραμμών ενεργειακής βάσης και δείκτες ενεργειακής επίδοσης – Γενικές αρχές και οδηγίες

ISO 50015:2014, Συστήματα διαχείρισης ενέργειας – Μέτρηση και επαλήθευση της ενεργειακής επίδοσης Οργανισμών – Γενικές αρχές και οδηγίες

ISO 17.741:2016 Γενικοί τεχνικοί κανόνες για μέτρηση, υπολογισμό και επαλήθευση της ΕΕ στα έργα

ISO 17.742:2015 Ενεργειακή απόδοση και υπολογισμός εξοικονόμησης για χώρες, περιοχές και πόλεις

ISO 17.743:2016 Εξοικονόμηση ενέργειας – Ορισμός μεθοδολογικού πλαισίου υπολογισμού και εκθέσεως της ΕΕ

ISO/FDIS 17.747 Προσδιορισμός της εξοικονόμησης ενέργειας σε οργανισμούς

ISO 15686-5:2008, Buildings & constructed assets – Service life planning –Part 5: Life cycle costing.

EN 16247-1: 2014, Ενεργειακοί έλεγχοι– Μέρος 1: Γενικές απαιτήσεις

EN 16247-2: 2014, Ενεργειακοί έλεγχοι – Μέρος 2: Κτίρια

EN 16247-3: 2014, Ενεργειακοί έλεγχοι – Μέρος 3: Διεργασίες

EN 16247-4: 2014, Ενεργειακοί έλεγχοι – Μέρος 4: Μεταφορές

EN 16247-5: 2014, Ενεργειακοί έλεγχοι – Προσόντα ενεργειακών ελεγκτών

