



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΗΚΩΝ

**Διερεύνηση ενεργειακής συμπεριφοράς βιομηχανικής
μονάδας επεξεργασίας ξυλείας**

Διπλωματική εργασία

Φιλίππιδης Μάρκος-Γρηγόριος



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΗΚΩΝ

**Διερεύνηση ενεργειακής συμπεριφοράς βιομηχανικής
μονάδας επεξεργασίας ξυλείας**

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

Επιβλέπων

Πανάρας Γεώργιος

Μέλη

Σουλιώτης Εμμανουήλ

Μαρνέλλος Γεώργιος

Ευχαριστίες

Με την εργασία που ακολουθεί, ολοκληρώνεται ο κύκλος των προπτυχιακών σπουδών μου στο Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας με έδρα την Κοζάνη.

Ευχαριστώ θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου κύριο Πανάρα Γεώργιο, για την ανάθεση του τόσο ενδιαφέροντος θέματος και ταυτόχρονα για την στήριξη συνεισφορά και την καταλυτική βοήθεια του καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας.

Επίσης νοιώθω την ανάγκη να ευχαριστήσω τον κύριο Χλιάπα και το προσωπικό της βιομηχανίας παραγωγής και επεξεργασίας ξυλείας για την υποστήριξη και για την παροχή των απαιτούμενων πληροφοριών και στοιχείων με σκοπό την διεκπεραίωση της εργασίας.

Τέλος, οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένειά μου και στους κοντινούς μου ανθρώπους για την στήριξή τους καθ' όλη την διάρκεια των σπουδών μου.

Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή	1
2. Μέθοδοι επεξεργασίας ξυλείας και περιγραφή υπό μελέτης βιομηχανίας.....	2
2.1 Ορισμός ξύλου και χρήση του.....	2
2.2 Υλοτομία στην Ελλάδα.....	3
2.3 Αποφλοιώση.....	3
2.4 Εμπορεύσιμοι τύποι ξύλου.....	3
2.5 Περιγραφή βιομηχανίας.....	4
2.5.1 Πρώτες ύλες των διάφορων διεργασιών	5
2.5.2 Απόβλητα	5
2.5.3 Επιθυμητές τροποποιήσεις.....	5
2.6 Διεργασίες της γραμμής παραγωγής	6
2.6.1 Κτίριο Β	6
2.6.2 Κτίριο Γ.....	6
2.6.3 Εμβαπτιστήριο και εμποτισμός (Κτίριο 3).....	6
2.6.4 Ξηραντήριο και ξήρανση	8
2.7 Άποψη της βιομηχανίας.....	9
2.8 Διάγραμμα ροής γραμμής παραγωγής.....	21
3. Ανάπτυξη μοντέλου ενεργειακής ανάλυσης.....	22
3.1 Απεικόνιση συνόλου μηχανημάτων της βιομηχανίας	22
3.2 Ανάπτυξη μοντέλου ενεργειακής κατανάλωσης στην γραμμή παραγωγής και στα γραφεία της βιομηχανίας.....	28
3.2.1 Μεθοδολογία υπολογισμού καταναλώσεων	28
3.2.2 Μεθοδολογία υπολογισμού ποσότητας κορμών και πριονιδιού	29
3.3 Ανάπτυξη μοντέλου για την παραγόμενη θερμότητα από τον λέβητα.....	30
3.4 Ανάπτυξη μοντέλου φορτίων του κελύφους για τα γραφεία	31
3.4.1 Κάτοψη γραφείων.....	31
3.4.2 Θεωρητικό υπόβαθρο υπολογισμών.....	32
3.4.2 Τύποι βάση των οποίων γίνονται οι υπολογισμοί	33
3.4.3 Παράμετροι βάση των οποίων γίνονται οι υπολογισμοί.....	34
4. Αποτελέσματα.....	38
4.1 Παρουσίαση και σχολιασμός διαγραμμάτων ενεργειακής κατανάλωσης της γραμμής παραγωγής	38

4.2 Παρουσίαση και σχολιασμός διαγραμμάτων των φορτίων του κελύφου των γραφείων	44
5. Ενεργειακές παρεμβάσεις	49
5.1 Παρεμβάσεις	49
5.2 Διερεύνηση ενεργειακής τροφοδότησης θερμοκηπίων	49
5.2.1 Εισαγωγή στα θερμοκήπια	49
5.2.2 Διαστασιολόγηση θερμοκηπίου	50
5.3 Διερεύνηση εγκατάστασης Φωτοβολταϊκών στοιχείων	54
5.3.1 Εισαγωγικά στοιχεία	54
5.3.1 Μοντέλο υπολογισμών παραμέτρων φωτοβολταϊκού συστήματος	56
5.3.2 Αποτελέσματα του μοντέλου για το φωτοβολταϊκό σύστημα	59
5.3.3 Οικονομική επισκόπηση της επένδυσης	62
6. Συμπεράσματα	64
Βιβλιογραφία	65
Παράρτημα	67
Π1 Κώδικες ενεργειακού μοντέλου	67
Π1.1 Κώδικες που αφορούν τα γραφεία	67
Π1.2 Κώδικες που αφορούν την γραμμή παραγωγής	68
Π1.3 Κώδικες κατανάλωσης για ξηραντήριο, λεβητοστάσιο, κτίριο Β και Β'	69
Π1.4 Κώδικες ηλεκτρικών κερδών για τα τρία σενάρια	70

Εικόνα 2.1: Οξία	4
Εικόνα 2.2: Καστανιά Αγίου Όρους	4
Εικόνα 2.3: Όψεις και μορφολογία εμποτιστηρίου.....	7
Εικόνα 2.4: Συγκρότημα ξηραντήριου-λεβητοστασίου-εμβαπτιστηρίου	8
Εικόνα 2.5: Κάτοψη βιομηχανίας	9
Εικόνα 2.6: Πίσω όψη των γραφείων της βιομηχανίας.....	10
Εικόνα 2.7: Είσοδος γραφείων βιομηχανίας.....	10
Εικόνα 2.8: Κτίριο υποδοχής κορμών.....	11
Εικόνα 2.9: Γενική άποψη κτιρίου Β	11
Εικόνα 2.10: Εσωτερικό κτιρίου Β	12
Εικόνα 2.11 : Εσωτερικό κτιρίου Β	12
Εικόνα 2.12 : Μηχάνημα κοπής.....	12
Εικόνα 2.13 : Ραουλογραμμές	13
Εικόνα 2.14 : Απεικόνιση τελικού προϊόντος μετά την επεξεργασία στο κτίριο Β...	13
Εικόνα 2.15 : Γενική άποψη κτιρίου Β'	14
Εικόνα 2.16: Μηχάνημα επεξεργασίας ξύλου	14
Εικόνα 2.17: Αποροφητήρες απομάκρυνσης πριονιδιού	15
Εικόνα 2.18: Απεικόνιση πριονιδιού στο κτίριο Β'	15
Εικόνα 2.19 : Λέβητας παραγωγής ατμού βιομηχανίας.....	16
Εικόνα 2.20 : Σιλό τροφοδοσίας καύσιμης ύλης στον λέβητα	16
Εικόνα 2.21: Διακόπτες και χρήσιμα μέρη της λειτουργίας λεβητοστασίου	17
Εικόνα 2.22 : Ειδικός θάλαμος επιλογής τρόπου ξήρανσης.....	17
Εικόνα 2.23 : Γενική άποψη χώρων βιομηχανίας.....	18
Εικόνα 2.24 : Εξωτερική άποψη ξηραντήριου	18
Εικόνα 2.25 : Ξηραντήριο	19
Εικόνα 2.26 : 4 fan coil για διοχέτευση ατμού	19
Εικόνα 2.27 : Πρώτη ύλη προς ξήρανση.....	20
Εικόνα 2.28 : Αισθητήρες μετρήσεων.....	20
Εικόνα 3.1 : Κάτοψη των γραφείων της βιομηχανίας.....	31
Εικόνα 3.2 : Υγρασία εντός των γραφείων για θερινή περίοδο.....	36
Εικόνα 3.3 : Υγρασία εντός των γραφείων για θερινή περίοδο.....	36
Εικόνα 5.1 : Αμφίρρικτο θερμοκήπιο	51
Εικόνα 5.2 : Τοξωτό θερμοκήπιο.....	51
Εικόνα 5.3 : Τροποποιημένο τοξωτό θερμοκήπιο	51
Εικόνα 5.4 : Θερμοκήπιο με κάλυμμα τύπου Fiber Glass.....	51
Εικόνα 5.5 : Διαστάσεις θερμοκηπίου σε μέτρα.....	53
Εικόνα 5.6 : Πολυκρυσταλικό φωτοβολταϊκό	55
Εικόνα 5.7 : Μονοκρυσταλικό φωτοβολταϊκό	55
Εικόνα 5.8 : Φωτοβολταϊκό συγκρότημα.....	56

Πίνακας 3.1 : Παραγωγικός εξοπλισμός κτιρίου Β	23
Πίνακας 3.2 : Μη παραγωγικός εξοπλισμός κτιρίου Β.....	24
Πίνακας 3.3 : Παραγωγικός εξοπλισμός κτιρίου Β'	24
Πίνακας 3.4 : Μη παραγωγικός εξοπλισμός κτιρίου Β'.....	24
Πίνακας 3.5 : Παραγωγικός εξοπλισμός κτιρίου Γ.....	25
Πίνακας 3.6 : Μη παραγωγικός εξοπλισμός κτιρίου Γ	25
Πίνακας 3.7 : Παραγωγικός εξοπλισμός κτιρίου Ε.....	26
Πίνακας 3.8 : Παραγωγικός εξοπλισμός ξηραντήριου-εμποτιστηρίου.....	26
Πίνακας 3.9 : Παραγωγικός εξοπλισμός λεβητοστασίου.....	27
Πίνακας 3.10 : Μη παραγωγικός εξοπλισμός λεβητοστασίου	27
Πίνακας 3.11 : Συνολική κινητήρια και θερμική ισχύ εξοπλισμού	27
Πίνακας 3.12 : Μηνιαία ποσότητα κορμών και παραπροϊόντων στο κτίριο Β.....	29
Πίνακας 3.13 : Μέση μηνιαία θερμοκρασία στην πόλη της Κοζάνης.....	35
Πίνακας 3.14 : Μέση προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία για 90°	37
Πίνακας 5.1 : Συντελεστές θερμοπερατότητας.....	52
Πίνακας 5.2 : Συντελεστές αλλαγών ωρών για θερμοκήπια	53
Πίνακας 5.3: Ολική ηλιακή ενέργεια ενέργεια στο οριζόντιο επίπεδο	57
Πίνακας 5.4 : Αντιπροσωπευτική ημέρα του εκάστοτε μήνα.....	58

Διάγραμμα 2.1 : Διάγραμμα ροής γραμμής παραγωγής	21
Διάγραμμα 4.1 : Ηλεκτρική κατανάλωση λεβητοστάσιου.....	38
Διάγραμμα 4.2 : Ηλεκτρική κατανάλωση ξηραντήριου.....	39
Διάγραμμα 4.3 : Κατανάλωση εξαρτημάτων που λειτουργούν 4 ώρες	40
Διάγραμμα 4.4 : Κατανάλωση εξαρτημάτων που λειτουργούν 7 ώρες	40
Διάγραμμα 4.5 : Ενοποιημένο διάγραμμα εξαρτημάτων κτιρίου Β	41
Διάγραμμα 4.6: Ηλεκτρική κατανάλωση κτιρίου Β'	41
Διάγραμμα 4.7 : Ποσότητα πριονιδίου που προκύπτει από την γραμμή παραγωγής της βιομηχανίας.....	42
Διάγραμμα 4.8 : Εισαγόμενης ποσότητας ξύλου στο κτίριο Β	42
Διάγραμμα 4.9: Ποσότητα πριονιδίου συναρτήσει της συνολική ποσότητα του ξύλου	43
Διάγραμμα 4.10 : Ηλιακά θερμικά κέρδη	44
Διάγραμμα 4.11 : Εσωτερικά θερμικά κέρδη λόγω συσκευών, ανθρώπων και φωτισμού	45
Διάγραμμα 4.12 : Συνολικά θερμικά κέρδη	46
Διάγραμμα 4.13 : Θερμικές απώλειες λόγω μεταφοράς	47
Διάγραμμα 4.14 : Θερμικές απώλειες λόγω αερισμού.....	47
Διάγραμμα 4.15 : Συνολικές θερμικές απώλειες	48
Διάγραμμα 4.16 : Σύνολο θερμικών απωλειών και θερμικών κερδών	48
Διάγραμμα 5.1 : Μηνιαία ηλιακή ενέργεια	60
Διάγραμμα 5.2 : Ηλεκτρικά κέρδη φωτοβολταϊκού συστήματος για κάθε σενάριο ..	61
Διάγραμμα 5.3 : Μηνιαία ποσοστά κάλυψης φορτίου για την γραμμή παράγωγης για κάθε σενάριο.....	62

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται η ενεργειακή ανάλυση βιομηχανικής γραμμής παραγωγής επεξεργασία ξήρανσης και εμποτισμού ξυλείας. Επίσης παρουσιάζεται ο υπολογισμός των φορτίων για το κέλυφος των γραφείων της βιομηχανίας. Αποτελεί μείζονος σημασίας να τονιστεί το γεγονός ότι τα απαραίτητα στοιχεία για την ενεργειακή ανάλυση, εξάχθηκαν από σχετικές μελέτες και δεδομένα που παρασχέθηκαν από την εταιρεία αλλά και από επιτόπια έρευνα και συναντήσεις με τον ιδιοκτήτη της βιομηχανίας τον Μιχάλη Χλιάπα και τους εργαζομένους, με σκοπό την πλήρη κατανόηση του τρόπου λειτουργίας της βιομηχανίας.

Στην εργασία παρουσιάζεται αρχικά μια βασική εισαγωγή στους διάφορους τύπους εκμεταλλεύσιμων ξύλων και στις εφαρμογές που μπορούν να χρησιμοποιηθούν. Στην συνέχεια γίνεται αναφορά στις διεργασίες που λαμβάνουν χώρα στην γραμμή παραγωγής της βιομηχανίας. Έπειτα γίνεται η ανάπτυξη του ενεργειακού μοντέλου με σκοπό των υπολογισμών των ηλεκτρικών καταναλώσεων στην γραμμή παραγωγής, ενώ παράλληλα αποτυπώνεται το μοντέλο υπολογισμού των φορτίων του κελύφους των γραφείων της βιομηχανίας. Τέλος, κλείνοντας αυτό το κομμάτι, αποτυπώνεται το μοντέλο υπολογισμού της παραγόμενης θερμότητας μετά την καύση πριονιδιού στο λέβητα. Στην εργασία παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα που προκύπτουν από τα παραπάνω μοντέλα με τον απαραίτητο σχολιασμό τους.

Στο τελευταίο κομμάτι της παρούσας εργασίας παρατίθενται οι ενεργειακές επεμβάσεις που μπορούν να γίνουν στην υφιστάμενη κατάσταση. Οι επεμβάσεις αφορούν εγκατάσταση φωτοβολταϊκού συστήματος στα πλαίσια παροχής σημαντικού τμήματος της συμβατικής ενέργειας από Ανανεώσιμες Πηγές, και ειδικότερα από τον ήλιο, καθώς επίσης και την εγκατάσταση θερμοκηπίου με δεδομένο ότι η υπάρχει σημαντική περίσσεια θερμότητας με σκοπό την καλλιέργεια συγκεκριμένων ευαίσθητων προϊόντων. Τέλος τονίζεται ότι για τον προσδιορισμό της απόδοσης της πρότασης εγκατάστασης του φωτοβολταϊκού συστήματος έχει γίνει οικονομοτεχνική μελέτη προσδιορίζοντας τα έτη και το κόστος που απαιτούνται για να πραγματοποιηθεί η απόσβεση της επένδυσης.

Abstract

The present thesis presents the energy analysis of an industrial production line for wood drying and impregnation processing. The calculation of the energy load for the envelop of the offices of the industry is also presented. It is of great importance to emphasize the fact that during the elaboration of the work, meetings were held with the owner of the industry, Mr. Chliapas, and the employees of the industry in order to fully understand how the industry works.

The thesis first presents a basic introduction to the different types of exploitable woods and the various applications that can be used. Then, there is a reference to the processes that take place in the production line of the industry. Additionally, the energy model is developed with the intention of calculating the electricity consumption in the production line. Furthermore, the model of calculating the energy load of the edifice of the industry offices is captured. And finally closing this part of the thesis, the model of calculating the heat generated after burning wood-chip in the boiler is presented. The results obtained from the above models are captured with their necessary commentary.

The last part of this thesis presents the energy interventions that can be made in the current situation. The interventions concern the installation of a photovoltaic system as well as the installation of a greenhouse in order to cultivate specific sensitive products. Finally, it is emphasized that a techno-economical study has been carried out to determine the efficiency of the proposal for the installation of the photovoltaic system including estimation of the pay-back period.

1. Εισαγωγή

Η παρούσα εργασία χωρίζεται σε 8 κεφάλαια. Το πρώτο αποτελεί την εισαγωγή, έτσι ώστε να γίνει μια συνοπτική περιγραφή αυτών που ακολουθούν. Στο δεύτερο κεφάλαιο αποτυπώνεται μια περιγραφή των εφαρμογών και της χρήσης του ξύλου με το πέρασμα των χρόνων και επιπλέον γίνεται αναφορά στα ελληνικά δεδομένα έτσι όπως έχουν επικρατήσει. Αναλύονται επιπλέον συγκεκριμένοι τύποι εμπορεύσιμων ξύλων στην χώρα μας. Στην συνέχεια πραγματοποιείται αναλυτική περιγραφή των διεργασιών που λαμβάνουν χώρα στην υπό μελέτη βιομηχανία. Αυτή η περιγραφή δεν αφορά μόνο τις διεργασίες που πραγματοποιούνται αλλά εστιάζει και στις ποσότητες πρώτης ύλης ανά κτιριακή δομή που χρησιμοποιούνται, στα απόβλητα που μπορεί να προκύψουν και στις πιθανές τροποποιήσεις που πρόκειται να κάνει η διοίκηση της βιομηχανίας. Τέλος δίνονται φωτογραφίες από τα γραφεία και από την γραμμή παράγωγης της βιομηχανίας με σκοπό να επιτευχθεί μια συνολική εικόνα αυτής.

Στο τρίτο κεφάλαιο πραγματοποιείται η ανάπτυξη του μοντέλου ενεργειακής ανάλυσης. Αρχικά απεικονίζονται το σύνολο των παραγωγικών και μη παραγωγικών εξαρτημάτων της βιομηχανίας καθώς επίσης και η ισχύς τους. Έπειτα πραγματοποιείται η ανάλυση των τριών μοντέλων που χρησιμοποιήθηκαν. Το πρώτο υπολογίζει τις ηλεκτρικές καταναλώσεις που αφορούν την γραμμή παράγωγης και την ετήσια ποσότητα πρώτης ύλης που εισάγεται στην γραμμή παράγωγης καθώς επίσης και την ποσότητα παραγόμενων παραπροϊόντων τα όποια αξιοποιούνται για καύση στον ατμολέβητα. Το δεύτερο υπολογίζει την θερμική ισχύ του λέβητα για μια συγκεκριμένη ποσότητα καύσης παραπροϊόντων η οποία θα είναι δυνατό να αξιοποιηθεί στην εγκατάσταση θερμοκηπίων που αναλύεται στην 5.2 ενότητα. Το τρίτο και τελευταίο μοντέλο αφορά τον υπολογισμό των θερμικών απωλειών και θερμικών κερδών του κελύφους των γραφείων της βιομηχανίας.

Στο τέταρτο κεφάλαιο δίνονται τα αποτελέσματα των μοντέλων που προαναφέρθηκαν σε μορφή διαγραμμάτων. Πραγματοποιείται επίσης σχολιασμός τους για περαιτέρω κατανόηση τους.

Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι ενεργειακές παρεμβάσεις. Αρχικά, για την βέλτιστη αξιοποίηση του παραγόμενου υπέρθερμου ατμού γίνεται διαστασιολόγηση ενός πρότυπου θερμοκηπίου έτσι ώστε να καλλιεργηθούν συγκεκριμένες καλλιέργειες. Στην συνέχεια προτείνεται η εγκατάσταση φωτοβολταϊκού συστήματος για τρία πιθανά σενάρια ποσοστών κάλυψης ηλεκτρικής κατανάλωσης για την γραμμή παράγωγης. Τέλος πραγματοποιείται οικονομοτεχνική μελέτη με τον ορίζοντα απόσβεσης της επένδυσης καθώς επίσης και του χρηματικού όγκου αυτής.

Η εργασία ολοκληρώνεται με τα συμπεράσματα και τη βιβλιογραφία, ενώ παρατίθεται και το παράρτημα των κώδικων που χρησιμοποιήθηκαν στο ενεργειακό μοντέλο.

2. Μέθοδοι επεξεργασίας ξυλείας και περιγραφή υπό μελέτης βιομηχανίας

2.1 Ορισμός ξύλου και χρήση του

Από αρχαιοτάτων χρόνων, το ξύλο αποτέλεσε σημαντικό ορόσημο για την εξυπηρέτηση και την κάλυψη ποικίλων και βασικών αναγκών του ανθρώπινου είδους. Οι προκύπτουσες ανάγκες κάλυπταν ένα μεγάλο φάσμα της ανθρώπινης καθημερινότητας. Από την καύση του για παραγωγή της απαραίτητης θερμότητας, είτε την κατασκευή όπλων για αυτοπροστασία και επιβίωση μέχρι και την χρήση του για υλικό κατασκευής διάφορων εφαρμογών. Επομένως γίνεται αντιληπτό πως η επεξεργασία και η σωστή χρήση του αποτέλεσε βασική πρόκληση για την ανθρωπότητα. Στις παρακάτω παραγράφους της ενότητας δίνεται ο επιστημονικός ορισμός του ξύλου καθώς και άλλες χρήσιμες πληροφορίες.

Ορίζουμε ως ξύλο (ή ξήλωμα) τον συμπαγή και πορώδη δομικό ιστό που βρίσκεται στο βλαστό και στις ρίζες των δέντρων. Το ξύλο αποτελείται από οργανική και ανόργανη ύλη, πιο συγκεκριμένα από ίνες κυτταρίνης που εγγενώς έχουν μεγάλη ανθεκτικότητα σε διάφορες καταπονήσεις. Επιπλέον με τον όρο ξύλο μπορούμε να αναφερθούμε σε διάφορα κατεργασμένα με μηχανικό τρόπο υλικά όπως πριονίδια ή φύλλα ξύλου. Το ξύλο αποτέλεσε και αποτελεί εκτός από μια εύκολα προσβάσιμη καύσιμη ύλη, ένα από τα κύρια δομικά υλικά για τη κατασκευή ενός κτιρίου. Για αυτό τον λόγο η επεξεργασία του και η προσπάθεια αύξησης των ιδιοτήτων του κέντριζε διαχρονικά το ενδιαφέρον [Vallianos, 2020].

Στα τωρινά δεδομένα, με το πέρασ χιλιάδων χρόνων, υπάρχουν διάφοροι οργανισμοί και εταιρίες που ασχολούνται με την επεξεργασία του ξύλου και την προσπάθεια περαιτέρω βελτίωσης των ιδιοτήτων του μέσω συγκεκριμένων διεργασιών όπως για παράδειγμα της ξήρανση και του εμποτισμού (θα αναλυθούν παρακάτω). Βέβαια υπάρχουν και εταιρίες που απλώς το επεξεργάζονται για κατασκευή επίπλων και χρήση του σε πολλές άλλες εφαρμογές. Το σίγουρο είναι πως το ξύλο και τα παραπροϊόντα του βρίσκονται παντού γύρω μας, καλύπτοντας βασικές ανάγκες μας και προσφέροντας στην ανθρωπότητα ποικίλες ανέσεις μέσω των διάφορων εφαρμογών του.

2.2 Υλοτομία στην Ελλάδα

Η νόμιμη υλοτομία γίνεται τους φθινοπωρινούς ή χειμερινούς μήνες, διότι σε αυτή την χρονική περίοδο οι χυμοί των δέντρων έχουν σχετικά μικρή ποσότητα και κυρίως οι καιρικές συνθήκες ελαχιστοποιούν τις πιθανές προκύπτουσες αλλοιώσεις. Κύριοι παράγοντες που καθορίζουν ποια δέντρα θα υλοτομηθούν είναι η ηλικία, η υγεία και η μορφή τους. Γενικά προτιμούνται υγιή δέντρα με ίσιους και κατακόρυφους κορμούς, ενώ η κοπή τους γίνεται με αλυσοπρίονο ή με τσεκούρι. Είναι σημαντικό να τονιστεί σε αυτό το σημείο πως οι περίοδοι υλοτομίας στην χώρα μας είναι συγκεκριμένοι και απαγορεύεται να αγνοηθούν ή να μετατεθούν αυτοβούλως [dasarxeio.com, 2020].

Μετά την διαδικασία της υλοτομίας (εφόσον δεν προορίζονται για καύση) οι κορμοί υπόκεινται σε προκατεργασία. Έτσι, οι κορμοί που προορίζονται για στρογγυλή ξυλεία αποφλοιώνονται και εξομαλύνονται επιφανειακά με πέλεκη ή πριόνι ώστε να αφαιρεθούν τυχόν εξογκώματα, ενώ οι κορμοί που προορίζονται για πριστή ξυλεία υφίστανται μόνο αποφλοιώση. Ουσιαστικά στην πριστή ξυλεία ο κορμός εν τέλει απόκτα σχήμα (σε τομή) ορθογώνιο ενώ στην στρογγυλή ξυλεία ο κορμός κρατά το αρχικό του σχήμα.

2.3 Αποφλοιώση

Η διαδικασία αφαίρεσης του φλοιού ενός κορμού μετά την κοπή του αποτελεί σημαντικό κομμάτι στην επεξεργασία του. Βασικά πλεονεκτήματα που μας προσφέρει η αποφλοιώση είναι ότι συντελεί στην προστασία του κορμού από έντομα και μύκητες. Επίσης συντελεί στη διευκόλυνση της μεταφοράς λόγω αισθητής μείωσης του βάρους. Στην άλλη πλευρά όμως, ένα μειονέκτημα που θα μπορούσε να αναφερθεί είναι οι φθορές που θα μπορούσαν να προκληθούν κατά την διάρκεια μεταφοράς των κορμών εάν τυχόν δεν επιδειχτεί η ανάλογη προσοχή και φροντίδα [Τσουμής, 1983].

2.4 Εμπορεύσιμοι τύποι ξύλου

Εμπορεύσιμα ξύλα που υλοτομούνται ελεγχόμενα και νόμιμα στα Ελληνικά Δάση είναι το έλατο, η οξιά, η ελιά, καθώς και η καστανιά. Παλαιότερα ήταν διαθέσιμες ικανές ποσότητες από πολύτιμα δέντρα όπως η καρυδιά, το κυπαρίσσι ή το μαύρο πεύκο της Πίνδου. Σήμερα, ορισμένα από αυτά τα είδη δεν είναι εμπορεύσιμα και τα περισσότερα είναι εισαγόμενα από χώρες του εξωτερικού. Βέβαια γίνεται αντιληπτό πως για μεγάλες βιομηχανίες οι κατεργασίες πολύτιμων ή σπάνιων δέντρων ανεβάζει κατά πολύ το κόστος κατά συνέπεια και την τιμή πώλησης της επεξεργασμένης ξυλείας.



Εικόνα 2.1: Οξία [Κακαράς, 2008]



Εικόνα 2.2: Καστανιά Αγίου Όρους [Κακαράς, 2008]

2.5 Περιγραφή βιομηχανίας

Η υπό μελέτη βιομηχανία εδράζεται στην Δυτική Μακεδονία στην πόλη της Κοζάνης και συγκεκριμένα στα Πετρανά και έχει μακρά παράδοση στην επεξεργασία και κατεργασία του ξύλου. Με την χρήση σύγχρονων Ευρωπαϊκών μεθόδων υψηλής τεχνολογίας στον σχεδιασμό αλλά και στην παραγωγική διαδικασία της η βιομηχανία έχει κερδίσει την διαχρονική εμπιστοσύνη του καταναλωτικού κοινού. Πιο συγκεκριμένα η βιομηχανία χωρίζεται βάσει των ακόλουθων τμημάτων :

- Επεξεργασίας και κοπής της ξυλείας.
- Ξήρανσης και εμποτισμού συγκεκριμένης ποσότητας ξυλείας.
- Καύσης παραπροϊόντων στον ατμό λέβητα για διάφορες εφαρμογές.

2.5.1 Πρώτες ύλες των διάφορων διεργασιών

Στην γραμμή παραγωγής της βιομηχανίας, ως πρώτη ύλη, χρησιμοποιούνται κορμοί δέντρων ποσότητας περίπου 25 m³/day με απώτερο σκοπό την παραγωγή επεξεργασμένου ξύλου για διάφορες εφαρμογές παραδείγματος χάρη παρκέ ή σκεπές. Τα παραπροϊόντα της γραμμής παραγωγής, που είναι κυρίως ροκανίδια, ανέρχονται σε ποσότητα 7 m³/day και αξιοποιούνται, είτε στον λέβητα ως καύσιμη υλη, είτε η βιομηχανία τα εμπορεύεται.

Οι πρώτες ύλες στον εμποτισμό της ξυλείας είναι η ξυλεία και το συντηρητικό διάλυμα που είναι απαραίτητο για αυτή την διεργασία. Το διάλυμα ονομάζεται GORI 110DP και κατασκευάζεται στην Αυστρία. Είναι ουσιαστικά ένα μικρογαλάκτωμα με ιδιαίτερα ενδιαφέρουσες ιδιότητες στην ξυλεία που εμποτίζεται. Αυτές είναι :

- Το σταθερό-ουδέτερο PH.
- Το γεγονός ότι η ξυλεία δεν υφίστανται διαβρωτικές παρενέργειες κατά την εφαρμογή του.
- Η αντοχή του στον χρόνο χωρίς να χάνει τις ιδιότητες του.
- Η φιλικότητα του προς το περιβάλλον.

Για τον καυστήρα θέρμανσης η απαίτηση μηνιαίως είναι 60 τόνοι πριονίδι. Εάν παραστεί ανάγκη για μεγαλύτερη ποσότητα υπέρθερμου ατμού υπάρχει αρκετά μεγάλο απόθεμα πριονιδιού για καύση. Παράλληλα για την λειτουργία του ατμολέβητα η απαίτηση για παραγωγή ατμού είναι 95 m³/μήνα νερού [Παπαχαρίσιου, 2017].

2.5.2 Απόβλητα

Από την λειτουργία της γραμμής παραγωγής προκύπτουν στερεά και υγρά απόβλητα, ενώ, αέρια δεν προβλέπονται. Τα στερεά προέρχονται από τα ροκανίδια ενώ τα υγρά από τον καθαρισμό της βιομηχανίας όπως παραδείγματος χάρη καθαρισμό χώρων υγιεινής. Η βιομηχανία είναι περιβαλλοντικά ενεργοποιημένη και η πρόθεση της είναι να μην βλάπτει την ατμόσφαιρα και το οικοσύστημα των γύρω περιοχών.

2.5.3 Επιθυμητές τροποποιήσεις

Η τροποποίηση της γραμμής παραγωγής θα γίνει κυρίως λόγω επιθυμίας επέκτασης της βιομηχανίας. Κατ' ουσία θα προστεθεί κτίριο σε επαφή με το κτίριο Β (που είναι το κτίριο επεξεργασίας της ξυλείας και δεν πρόκειται να αλλάξει η διεργασία που συντελείτε σε αυτό) και προβλέπεται τροποποίηση και στην ισχύ σε συγκεκριμένο εξοπλισμό. Η διεργασία του εμποτισμού δεν θα τροποποιηθεί. Τέλος, υπάρχουν

σκέψεις από την διοίκηση της βιομηχανίας για εγκατάσταση μονάδων θερμοκηπίου για καλλιέργεια συγκεκριμένων ευαίσθητων και προσοδοφόρων προϊόντων.

2.6 Διεργασίες της γραμμής παραγωγής

2.6.1 Κτίριο Β

Στο κτίριο Β, οι κορμοί με την βοήθεια ραουλογραμμών, εισάγονται από φορτηγά στην μονάδα επεξεργασίας και οδηγούνται στον καταρράκτη όπου α) κάποια κομμάτια οδηγούνται στην πρώτη έξοδο πλακιδίων και β) τα υπόλοιπα κομμάτια πάνε στην δεύτερη κύρια γραμμή όπου οδηγούνται μέσω ράουλων στον σακορόδισκο, με την συμβολή του οποίου αποκτούν ομοιόμορφο μήκος για να τεμαχιστούν σε μορφές όπως τεγίδες, πέτσωμα κτλ.

2.6.2 Κτίριο Γ

Στο κτίριο Γ η βιομηχανία διαθέτει μηχάνημα κοπής CNC καθώς επίσης και αποφλοιωτή κορμών δέντρων. Στην τωρινή περίοδο η βιομηχανία δεν επικεντρώνει το ενδιαφέρον της στην χρήση του μηχανήματος κοπής και επεξεργασίας CNC. Μόνο εάν βρεθεί κάποια συγκεκριμένη παραγγελία και είναι απαραίτητη η χρήση του πραγματοποιείται αυτή.

2.6.3 Εμβαπτιστήριο και εμποτισμός (Κτίριο 3)

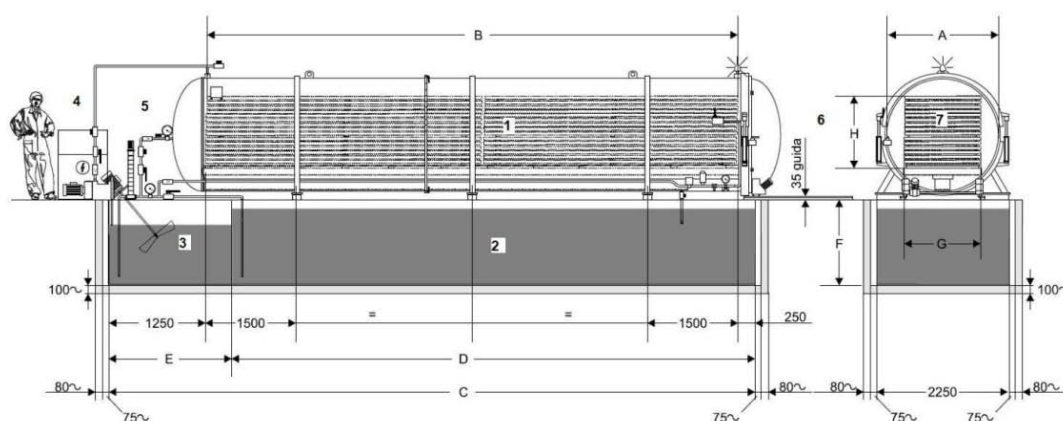
Το ξύλο εκ φύσεως του είναι ένα εξαιρετικό υλικό, ιδιαίτερα ελαφρύ, εύκαμπτο και πολύ ανθεκτικό. Παρολ' αυτά η ξυλεία εξωτερικής χρήσης απειλείται από διάφορα παράσιτα όπως μούχλα, μύκητες, έντομα. Για αυτό τον λόγο η ξυλεία κατά τον εμποτισμό της υπό πίεση αποκτά ιδιαίτερη ανθεκτικότητα στις προαναφερθείσες απειλές. Γίνεται αντιληπτό το γεγονός ότι ο εμποτισμός της ξυλείας είναι αρκετά χρήσιμος. Το προστατευτικό διάλυμα κατά την διεργασία του εμποτισμού εισχωρεί βαθιά στη δομή του ξύλου και έχει εντομοκτόνο, μυκητοκτόνο και τερμιτοκτόνο δράση.

Το εμβαπτιστήριο (εικόνα 2.3) είναι η μονάδα που διενεργείται η διεργασία του εμποτισμού της ξυλείας στον χώρο της βιομηχανίας. Αποτελείται από μια δεξαμενή χωρητικότητας 16.575m³. Για την ανύψωση και τοποθέτηση της προ εμποτισμού ξυλείας, υπάρχει μηχανισμός ανυψωτικής ικανότητας περί των 4 τόνων. Προκειμένου να επιτευχτεί ομοιόμορφα η διεργασία του εμποτισμού στην ξυλεία υπάρχει

μηχανισμός πίεσης αυτής έτσι ώστε αυτή να μην ανυψώνεται λόγω άνωσης. Η μέγιστη δυναμικότητα του εμποτισμού στο εμβαπτιστήριο της βιομηχανίας είναι 7 m^3 ξυλείας η οποία απαιτεί και την ποσότητα 9 m^3 διαλύματος. Την διαφορά 0.575 m^3 την καλύπτει ο μηχανικός εξοπλισμός. Σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι τα υγρά του εμποτισμού δεν διοχετεύονται στην αποχέτευση, είναι εγκλωβισμένα σε δοχεία εμποτισμού και όταν κρίνεται αναγκαίο προστίθεται ποσότητα ίση με αυτή που απορροφά το ξύλο [Παπαχαρίσιου, 2017].

Βασικά μέρη της μονάδας εμποτισμού :

- Θάλαμος εμποτισμού.
- Δεξαμενή εμποτιστικών ουσιών.
- Δεξαμενή ανάμιξης και αραιώσης.
- Αντλία κενού.
- Αντλία πίεσης.
- Αντλία μεταβίβασης εμποτιστικού.
- Όργανα-Πίνακας ελέγχου.
- Βαλβίδα ασφαλείας.
- Αυτόματη βαλβίδα.
- Βαγονέτο φόρτωσης ξυλείας.
- Ράγες.



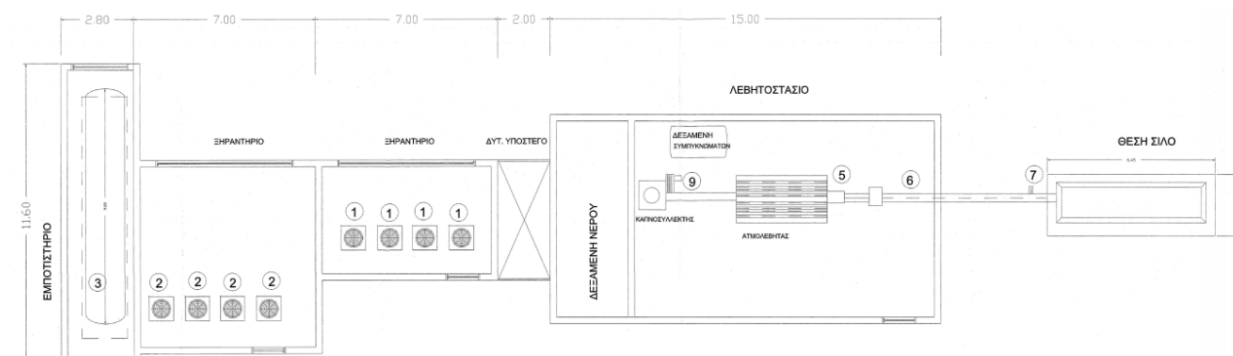
Εικόνα 2.3: Όψεις και μορφολογία εμποτιστηρίου

Για να γίνουν κατανοητά τα μέρη του εμποτιστηρίου παρουσιάζονται στην εικόνα 2.3 με τα έξις νούμερα 1) Θάλαμος εμποτισμού 2) Δεξαμενή εμποτιστικών ουσιών 3) Δεξαμενή μίξης διαλύματος 4) Πίνακας ελέγχου 5) Αντλίες κενού-πίεσης και μανόμετρα 6) Ράγες μετακίνησης του βαγονιού 7) Στοιβαγμένη ξυλεία προς εμποτισμό.

2.6.4 Ξηραντήριο και ξήρανση

Συγκεκριμένα η εταιρία διαθέτει δυο χώρους ξήρανσης. Το ξηραντήριο I, που βρίσκεται στο κτίριο 3 και το ξηραντήριο II. Αρχικά το ξηραντήριο I αποτελείται από τον κυρίως θάλαμο, τον ατμολέβητα, το σιλό αποθήκευσης με σκοπό την τροφοδοσία καύσιμης ύλης, την καπνοδόχο, τον κοχλία τροφοδοσίας, την δεξαμενή νερού και τον αποροφητήρα των καισαριών.

Ο θάλαμος ξήρανσης είναι μεταλλικής κατασκευής και φέρνει μόνωση υαλοβάμβακα για να ελαχιστοποιήσει της απώλειες θερμότητας. Στο εσωτερικό του φέρνει 4 ανεμιστήρες-οροφής (fancoil) μέσω των οποίων με την αρωγή σωληνώσεων διοχετεύεται ο ατμός στον θάλαμο.



Εικόνα 2.4: Συγκρότημα ξηραντήριου-λεβητοστασίου-εμβαπτιστηρίου

Η ξήρανση πραγματοποιείται σε τρία στάδια που είναι τα ακόλουθα

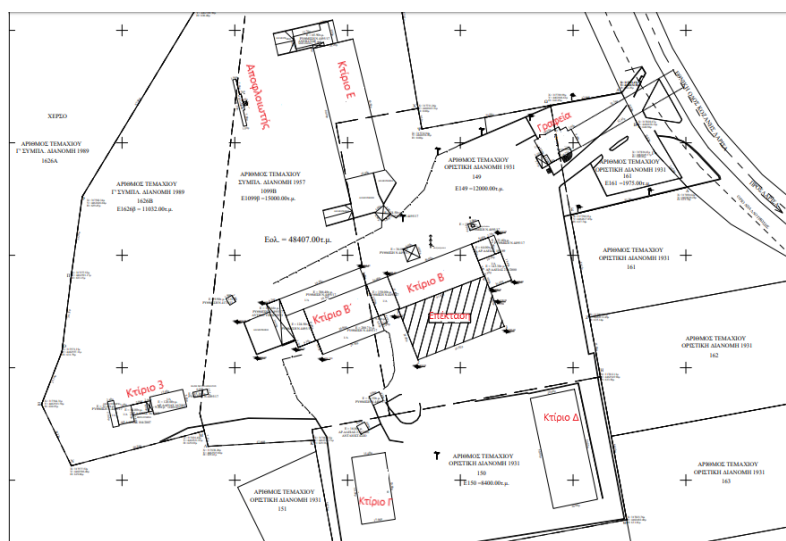
- Προκατασκευαστικό.
- Ξηράνσεως.
- Εξομοίωσης.

Στο πρώτο στάδιο επιδιώκεται η προθέρμανση του ξύλου. Η αύξηση της θερμοκρασίας φτάνει προοδευτικά στους 40 με 50 °C. Αυτή η θερμοκρασία καθορίζεται από συγκεκριμένο πρόγραμμα που έχει συγκεκριμένη βάση δεδομένων για τα διάφορα χαρακτηριστικά οποιουδήποτε τύπου ξύλου. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι διατηρείται διάφορα 3-4 °C ανάμεσα σε ξηρό και υγρό θερμομέτρο. Έπειτα το δεύτερο στάδιο της ξήρανσης εξαρτάται από την αρχική υγρασία του ξύλου. Σε ξύλο με ιδιαίτερα υψηλή υγρασία για παράδειγμα 80%, το ξηρό θερμομέτρο τοποθετείται στους 40 °C ενώ το υγρό στους 37,5 °C. Όσο μειώνεται η υγρασία τόσο ελαττώνεται και η ρύθμιση στο υγρό θερμομέτρο μέχρι τελικά να φτάσει στην επιθυμητή υγρασία. Τελευταίο βήμα είναι η προσπάθεια εξομοίωσης της υγρασίας των πριστών με εφαρμογή της εξής μεθόδου, όταν το ξηρότερο δείγμα έχει υγρασία 2% περίπου μικρότερη από την τελική επιθυμητή (π.χ 8%, αν η τελική επιθυμητή είναι 10%), τότε οι συνθήκες του θαλάμου μεταβάλλονται λίγο ώστε η ισοδύναμη υγρασία να αντιστοιχεί στην υγρασία του ξηρότερου δείγματος. Για το

σκοπό αυτό η θερμοκρασία υψώνεται λίγο και ανάλογα καθορίζεται η σχετική υγρασία. Η ξήρανση συνεχίζεται ώσπου η υγρασία του υγρότερου δείγματος να κατέβει στο επιθυμητό επίπεδο [Παπαχαρίσιου, 2017].

2.7 Άποψη της βιομηχανίας

Με την άδεια του κύριου Χλιάπα τραβήχτηκαν οι ακόλουθες φωτογραφίες που απεικονίζουν την γραμμή παραγωγής της βιομηχανίας επεξεργασίας ξυλείας καθώς και όλων των κτιρίων που την απαρτίζουν. Αρχικά στην εικόνα 2.5 βλέπουμε μια γενική άποψη των χώρων και των κτιρίων της βιομηχανίας. Αποτυπώνονται οι θέσεις των κτιρίων καθώς επίσης και τα τετραγωνικά μέτρα που καταλαμβάνουν. Αρχικά τα γραφεία έχουν εμβαδό 315 τετραγωνικά μέτρα βέβαια αξιοποιούνται τα 105 που είναι ο κύριος χώρος υποδοχής των πελατών. Τα κτίρια Β και Β' καταλαμβάνουν συνολικά 1646 τετραγωνικά μέτρα. Το κτίριο Γ όπου βρίσκεται το μηχάνημα κοπής CNC καταλαμβάνει χώρο 162 τετραγωνικών μέτρων. Το κτίριο Ε έχει εμβαδό 1080 τετραγωνικά μέτρα και τέλος το συγκρότημα ξηραντήριο λεβητοστάσιο ανέρχεται στα 251 τετραγωνικά μέτρα. Έπειτα στις εικόνες 2.6 και 2.7 εμφανίζονται τα γραφεία της βιομηχανίας όπου έγινε ο υπολογισμός των θερμικών φορτίων του κελύφους.



Εικόνα 2.5: Κάτοψη βιομηχανίας



Εικόνα 2.6: Πίσω όψη των γραφείων της βιομηχανίας



Εικόνα 2.7: Είσοδος γραφείων βιομηχανίας

Στην συνέχεια παρατίθενται φωτογραφίες από το κτίριο Ε (εικόνα 2.8) και από το κτίριο Β. Συγκεκριμένα για το κτίριο Β δίνονται κάποια κοπτικά εργαλεία που φέρουν σε πέρας την διαδικασία της κοπής των κορμών καθώς επίσης και άποψη των παραγόμενων προϊόντων αυτού του κτιρίου.



Εικόνα 2.8: Κτίριο υποδοχής κορμών

Στις εικόνες 2.9 με 2.17 που ακολουθούν απεικονίζεται το κτίριο Β στο οποίο λαμβάνει χώρα η πρώτη και κύρια επεξεργασία (κοπή) της πρώτης ύλης της βιομηχανίας όπως αναφέρθηκε. Συγκεκριμένα στην εικόνα 2.12 αποτυπώνεται το κοπτικό εργαλείο που τεμαχίζει την πρώτη υλη σε πριστή ξυλεία. Στην εικόνα 2.13 αποτυπώνονται οι ραουλογραμμές του κτιρίου Β που έχουν ως σκοπό την διαχείριση της μεταφοράς των κορμών στα κοπτικά εργαλεία έτσι ώστε αυτή να γίνεται με τον βέλτιστο τρόπο. Επιπλέον το τελικό παραγόμενο υλικό από την διεργασία που συντελείται στα κύρια κτίρια κοπής δίνεται στην εικόνα 2.14. Να σημειωθεί ότι οι εικόνες 2.16 2.17 και 2.18 είναι αρκετά σημαντικές λόγω του γεγονότος ότι τα εικονιζόμενα εξαρτήματα βοηθούν στην απομάκρυνση και αποθήκευση των παραπροϊόντων της κοπής των κορμών. Συγκεκριμένα φαίνεται ο όγκος πριονιδιού που έχει απομακρυνθεί στην εικόνα 2.18.



Εικόνα 2.9: Γενική άποψη κτιρίου Β



Εικόνα 2.10: Εσωτερικό κτιρίου Β



Εικόνα 2.11 : Εσωτερικό κτιρίου Β



Εικόνα 2.12 : Μηχάνημα κοπής



Εικόνα 2.13 : Ραυλογραμμές



Εικόνα 2.14 : Απεικόνιση τελικού προϊόντος μετά την επεξεργασία στο κτίριο Β



Εικόνα 2.15 : Γενική άποψη κτιρίου Β΄



Εικόνα 2.16: Μηχάνημα επεξεργασίας ξύλου



Εικόνα 2.17: Αποροφητήρες απομάκρυνσης πριονιδιού



Εικόνα 2.18: Απαικόνιση πριονιδιού στο κτίριο Β'

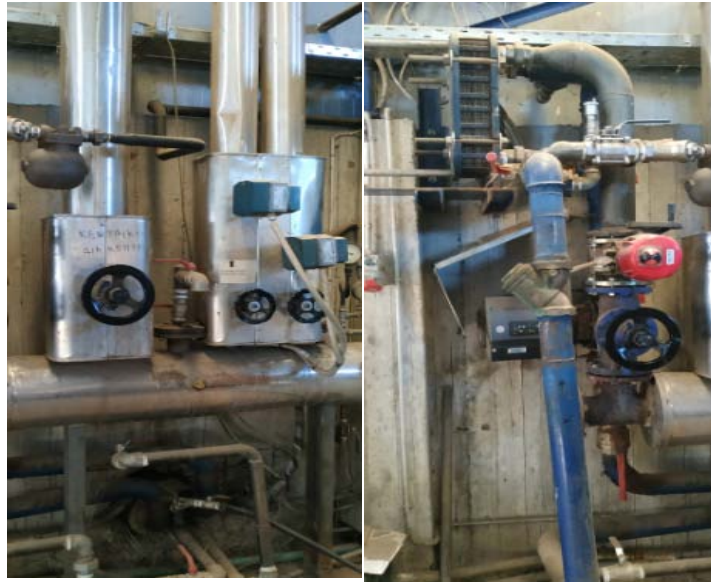
Στις εικόνες 2.19 με 2.22 παρουσιάζονται κατά σειρά το λέβητοστάσιο και τα τμήματα που το απαρτίζουν. Συγκεκριμένα το σιλό τροφοδοσίας (εικόνα 2.20) παρέχει καύσιμη υλη (πριονίδι) με σκοπό να το διοχετεύσει στον λέβητα για να πραγματοποιηθεί η καύση του για την παραγωγή υπέρθερμου ατμού. Στον θάλαμο που αναπαριστά η εικόνα 2.22 γίνεται επιλογή τύπου του ξύλου που επιθυμείται να αποξηρανθεί και αυτόματα το μηχάνημα βάσει της επιλογής θέτει τις απαιτούμενες παραμέτρους όπως παραδείγματος χάρη σχετικής υγρασίας θαλάμου, διάρκεια ξήρανσης, ποσότητα διοχετευμένου ατμού στο ξηραντήριο. Πρόκειται για ένα πολύ χρήσιμο μηχάνημα για την διαδικασία ξήρανσης διότι επιτρέπει στον χειριστή του γνωρίζοντας μονό την πρώτη υλη να φέρει σε πέρας με επιτυχία την διαδικασία της ξήρανσης.



Εικόνα 2.19 : Λέβητας παραγωγής ατμού βιομηχανίας



Εικόνα 2.20 : Σιλό τροφοδοσίας καύσιμης ύλης στον λέβητα



Εικόνα 2.21: Διακόπτες και χρήσιμα μέρη της λειτουργίας λεβητοστασίου



Εικόνα 2.22 : Ειδικός θάλαμος επιλογής τρόπου ξήρανσης

Στην συνέχεια οι εικόνες 2.23 με 2.28 εστιάζουν στην απεικόνιση του ξηραντήριου της βιομηχανίας. Αρχικά στην εικόνα 2.24 φαίνεται η πρώτη υλη στοιβαγμένη και έτοιμη για την διεργασία της ξήρανσης. Έπειτα στην εικόνα 2.26 βλέπουμε τα 4 fan coil (ανεμιστήρες) που διοχετεύουν τον ατμό με σκοπό να επιτευχτεί η ξήρανση. Τέλος η εικόνα 2.28 απεικονίζει τα καλώδια μέτρησης των υγρασιών των κορμών καθόλη την διεργασία της ξήρανσης. Είναι μια πολύ σημαντική διαδικασία διότι ανάλογα το ξύλο που ξηραίνεται η υγρασία που πρέπει να αφαιρεθεί είναι διαφορετική και σίγουρα είναι σημαντικό το ξύλο να ξηραίνεται ομοιόμορφα και όχι μερικώς. Όλα αυτά τα προβλήματα λύνονται από τις μετρήσεις που παρέχουν αυτά τα καλώδια.



Εικόνα 2.23 : Γενική άποψη χώρων βιομηχανίας



Εικόνα 2.24 : Εξωτερική άποψη ξηραντήριου



Εικόνα 2.25 : Ξηραντήριο



Εικόνα 2.26 : 4 fan coil για διοχέτευση ατμού



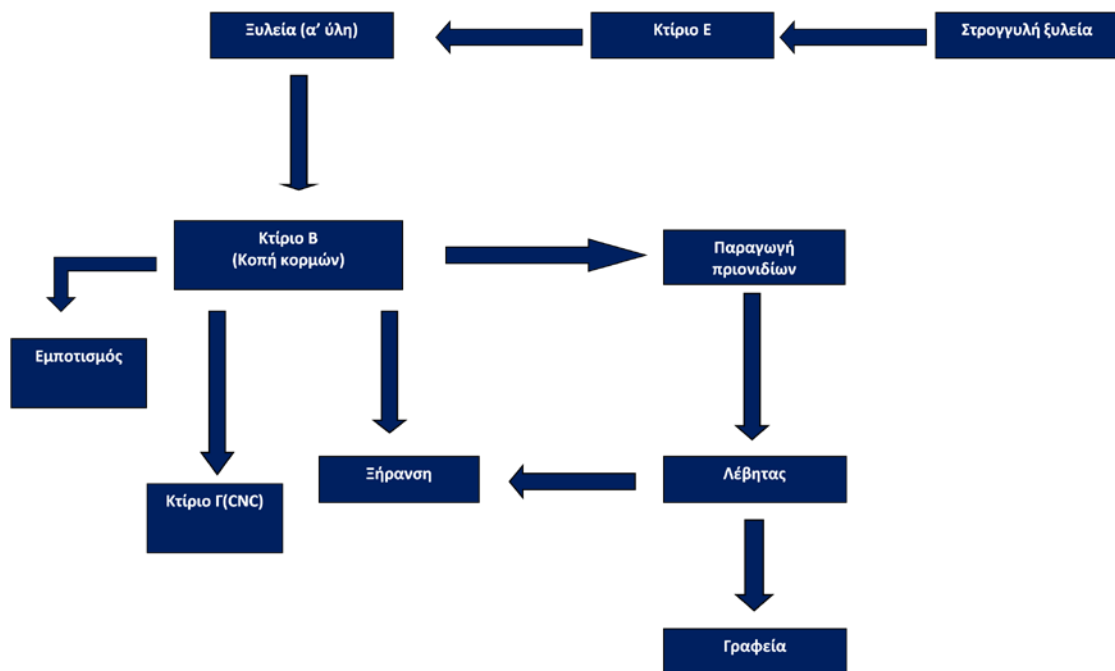
Εικόνα 2.27 : Πρώτη ύλη προς ξήρανση



Εικόνα 2.28 : Αισθητήρες μετρήσεων

2.8 Διάγραμμα ροής γραμμής παραγωγής

Στην ενότητα που ακόλουθη αποτυπώνεται το διάγραμμα ροής της γραμμής παραγωγής. Είναι αρκετά χρήσιμο το συγκεκριμένο διάγραμμα διότι μας αποτυπώνει την σειρά των διεργασιών που λαμβάνουν χώρα στην γραμμή παραγωγής της βιομηχανίας. Στο κτίριο E γίνεται υποδοχή της στρογγυλής ξυλείας με σκοπό να είναι έτοιμη για την κοπή της στα κτίρια κοπής των κορμών (Κτίριο B). Έπειτα από την κοπή των κορμών η πριστή ξυλεία που προκύπτει είτε εμποτίζεται είτε αποξηραίνεται είτε εάν υπάρχει συγκεκριμένη παραγγελία πηγαίνει στο Κτίριο Γ όπου υπάρχει μηχανήμα κοπής CNC. Τα παραπροϊόντα που προκύπτουν από την κοπή των κορμών είναι πριονίδια τα οποία χρησιμοποιούνται στον λέβητα για την παράγωγή υπέρθερμου ατμού. Ο παραγόμενος ατμός αξιοποιείται έτσι ώστε να υλοποιηθεί η διεργασία της ξήρανση αλλά επίσης αξιοποιείται για θέρμανση των γραφείων τους χειμερινούς μήνες.



Διάγραμμα 2.1 : Διάγραμμα ροής γραμμής παραγωγής

3. Ανάπτυξη μοντέλου ενεργειακής ανάλυσης

3.1 Απεικόνιση συνόλου μηχανημάτων της βιομηχανίας

Στην ενότητα που ακολουθεί δίνονται οι πίνακες του συνόλου του παραγωγικού και μη παραγωγικού εξοπλισμού στην γραμμή παραγωγής της βιομηχανίας (πίνακες 3.1-3.11). Μετά από επιτόπια επιθεώρηση των μηχανημάτων και σε συνδυασμό με στοιχεία που πάρθηκαν από το τεύχος μελέτης που μας δόθηκε από τον υπεύθυνο μηχανικό ήταν δυνατή η κατάστρωση των παρακάτω πινάκων. Όπως αναφέρθηκε οι πίνακες αναπαριστούν κατά σειρά την ονομαστική ισχύ του κάθε μηχανήματος σε κάθε κτίριο συγκεκριμένα αναφέρονται οι ονομαστικές ισχύεις των μηχανημάτων στα κτίρια Β Β' Γ Ε, ξηραντήριο και λεβητοστάσιου. Γίνεται αντιληπτό ότι αυτοί οι πίνακες πρόσφεραν τα δεδομένα για την διεκπεραίωση του μοντέλου ενεργειακής κατανάλωσης στην γραμμή παραγωγής το οποίο ακολουθεί σε επομενη ενότητα. Το κτίριο Β έχει συνολική παραγωγική εγκατεστημένη ισχύ 442.2 kW, το κτιριο Β' έχει 202.5 kW, το κτίριο Γ έχει 60.9 kW όπως έχει ήδη αναφερθεί όμως το συγκεκριμένο κτίριο δεν λειτουργεί παρά μόνο σε συγκεκριμένες περιπτώσεις όπως και το κτίριο Ε το οποίο έχει εγκατεστημένη ισχύ 508.1 kW ενώ το ξηραντήριο και το λεβητοστάσιο έχουν αντίστοιχα 40 kW και 42.6 kW ισχυ. Τέλος δίνεται ο πίνακας 3.11 που μας αποτυπώνει το άθροισμα των kW παραγωγικού και μη εξοπλισμού σε όλη την γραμμή παραγωγής. Αυτός ο πίνακας μας δίνει μια γενική άποψη για την εγκατεστημένη ισχύ στην γραμμή παραγωγής της βιομηχανίας [Παπαχαρίσιου, 2017].

Αρχικά στους πίνακες 3.1 και 3.2 αποτυπώνονται οι ισχύς του κάθε εξαρτήματος του κτιρίου Β το οποίο όπως έχει αναφερθεί είναι το κτίριο κοπής των κορμών. Συγκεκριμένα στον πίνακα 3.1 αποτυπώνεται ο παραγωγικός εξοπλισμός ενώ στον πίνακα 3.2 ο μη παραγωγικός εξοπλισμός του προαναφερθέντος κτιρίου. Αυτά τα εξαρτήματα έχουν συγκεκριμένο χρόνο λειτουργίας όπως θα τονιστεί στην ενότητα 3.2.1. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι τα εξαρτήματα αυτού του κτιρίου είναι κυρίως εξαρτήματα κοπής και μεταφοράς κορμών έτσι ώστε να πραγματοποιείται αυτοματοποιημένα η λειτουργία του κτιρίου Β.

Πίνακας 3.1 : Παραγωγικός εξοπλισμός κτιρίου Β

A/A	Κτίριο Β	Ισχύς (KW)
	Παραγωγικός εξοπλισμός Κτιρίου Β	
B1	Ακονιστήρι	1,1
B2	Ακονιστήρι	0,9
B3α	Αντλία κίνησης καταρράκτη	10,48
B3β	Αντλία βαγονιού καταρράκτη	5,5
B3γ	Αντλία κορμού καταρράκτη	5,5
B3δ	Μειωτήρας μετακίνησης βραχιόνων	3
B4α	Ταινία μεταφοράς κορμών	2,2
B4β	Ταινία μεταφοράς κορμών	8,2
B5	Κινητήρας καταρράκτη	44,1
B6	Πρώτη έξοδος πλακιδίων	1,1
B7	Ράουλα καταρράκτη	4
B8	Δεύτερη έξοδος πλακιδίων	0,75
B9α	Κινητήρας αυτόματης κορδέλας	18,5
B9β	Κινητήρας προώθησης κορδέλας	0,75
B11	Πολύδισκος - ξεφορδιστήρας	25
B18γ	Πολύδισκος μεγάλος	115
B12	Ταινία εξόδου πλάγιας γραμμής καπακίων	0,75
B13	Ταινία εξόδου πλάγιας σοκορόδισκου	1,1
B14	Κινητήρας ράουλων μεταφοράς	3
B15α	Κινητήρες μετακίνησης σοκορόδισκου	1,85
B15β	Κινητήρες κοπής σοκορόδισκου	55,5
B15γ	Κινητήρας μετακίνησης πλακών σοκορόδισκου	3
B15δ	Ταινία εκφόρτωσης υπολλειμάτων σοκορόδισκου	1
B16	Μεταφορική πλακών	4
B17	Ανεβατόρ πλακών	4
B18α	Πλάγιος ραουλόδρομος προς πολύδισκος	1,5
B18β	Ισιος ραουλόδρομος προς πολύδισκο	1,5
B18δ	Ταινία πλάγιας εξόδου πολύδισκου	0,75
B18ε	Ραουλόδρομος εξόδου πολύδισκου	3
B19	Ανεβατόρ εξωτερικής τροφοδοσίας	4
B20	Πλάγια γραμμή μεταφ. Εξώτ. Τροφοδοσίας	4
B21	Πλάγια ταινία εξόδου τελικών προϊόντων	2,2
B22	Ταινία πλάγιας μεταφοράς καπακίων	2,2
B23	Ανεβατόρ μεταφοράς καπακίων	2,2
B24α	Ράουλα εξόδου ξεφορδιστήρα	1,1
B24β	Πλάγια ταινία εξόδου ξεφορδιστήρα	0,7
B25	Σοκορόδισκος	8,83
B26	Κορμοκόπτης	90
Σύνολο Ισχύος		442,26

Πίνακας 3.2 : Μη παραγωγικός εξοπλισμός κτιρίου Β

	Μη παραγωγικός εξοπλισμός Κτιρίου Β	Ισχύς (KW)
B10α	Απορροφητήρας αυτόματης κορδέλας	18,5
B10β	Απορροφητήρας καταρράκτη	10
B10γ	Απορροφητήρας ξεφαρδιστήρα	10
B10δ	Απορροφητήρας πολύδισκου	25
Σύνολο μη παραγωγικού		63,5

Στους δυο πίνακες που ακολουθούν αποτυπώνονται ο παραγωγικός και μη εξοπλισμός του κτιρίου Β' καθώς και η ισχύς του κάθε μηχανήματος του συγκεκριμένου κτιρίου. Θα τονιστεί στην ενότητα 3.2.1 ότι τα εξαρτήματα αυτού του κτιρίου έχουν συγκεκριμένο χρόνο λειτουργίας. Γνωρίζοντας τον χρόνο λειτουργίας αλλά και την ισχύ των εξαρτημάτων του κτιρίου θα υπολογιστούν οι ηλεκτρικές καταναλώσεις. Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι το κτίριο Β' συντελεί στις κοπές των κορμών.

Πίνακας 3.3 : Παραγωγικός εξοπλισμός κτιρίου Β'

	Κτίριο Β'	Ισχύς (KW)
A/A	Παραγωγικός εξοπλισμός Κτιρίου Β'	
B'1	Ραμποτέζα	66,15
B'2	Πρωθητής	0,74
B'3	Ραμποτέζα προπλάνη	29,4
B'4α	Μεταφορική ταινία	0,74
B'4β	Μεταφορική ταινία	0,74
B'5	Παρκετομηχανή	34,9
B'6	Μεταφορική ταινία	0,74
B'7	Σοκοκιέρα	15,8
B'8	Αεροσυμπιεστής	5,5
B'9	Κορδέλα	3,7
B'10	Σβούρα	2,94
B'11	Πλάνη	4,1
B'12	Ξεχονδριστήρας	14,7
B'13	Σοκορόδισκος	2,5
B'14	Τρυπάνι	0,4
B'15	Σπαστήρας	18
B'15α	Κινητήρας κοχλία σπαστήρα	0,75
B'17	Τροχήλατο συρρικνωτικό μηχάνημα	0,75
Σύνολο Ισχύος		202,55

Πίνακας 3.4 : Μη παραγωγικός εξοπλισμός κτιρίου Β'

	Μη παραγωγικός εξοπλισμός Κτιρίου Β'	Ισχύς (KW)
B'16	Απορροφητήρας	9
Σύνολο μη παραγωγικού		9

Στους πίνακες 3.5 και 3.6 αποτυπώνονται ο παραγωγικός και μη παραγωγικός εξοπλισμός του κτιρίου Γ στο οποίο βρίσκεται κοπτικό εργαλείο CNC. Η χρήση του συγκεκριμένου κτιρίου είναι περιορισμένη και γίνεται εφόσον έρθει στη βιομηχανία συγκεκριμένη παραγγελία που απαιτεί την χρήση του κοπτικού μηχανήματος. Τα εξαρτήματα του κτιρίου Γ αφορούν κυρίως επεξεργασία πριστής ξυλείας.

Πίνακας 3.5 : Παραγωγικός εξοπλισμός κτιρίου Γ

	Κτίριο Γ (CNC)	
A/A	Παραγωγικός εξοπλισμός Κτιρίου Γ	Ισχύς (KW)
Γ1	Τεμαχιστική μηχανή	5,58
Γ2	Αεροσυμπιεστής	3
Γ3	Μηχάνημα CNC κοπής ξύλου	
	1. Δισκοπρίονο	9,2
	2. Φρέζα γενικής χρήσης	11
	3. Γωνία φρέζας γεν.χρήσης	0,15
	4. Υδραυλικό σύστημα	5,5
	5. Ανεμιστήρας ψυγείου λαδιού	0,05
	6. Σύνθετη υποστήριξη κατακόρυφη	2,2
	7. Σύνθετη υποστήριξη οριζόντια	2,2
	8. Κατακόρυφη κονδυλοειδής φρέζα	5,5
	9. Αλυσοπρίονο διάνοιξης εγκοπών	7,5
	10. Εγκάρσιος μεταφορέας	1,5
	11. Μπράτσο συγκράτησης	3,8
	12. Μπράτσο συγκράτησης	3,8
Σύνολο Ισχύος		60,98

Πίνακας 3.6 : Μη παραγωγικός εξοπλισμός κτιρίου Γ

	Μη παραγωγικός εξοπλισμός Κτιρίου Γ	Ισχύς (KW)
Γ2	Απορροφητήρας	2,2
Γ5	Απορροφητήρας	10
Γ6	Ταινία μεταφοράς πριονιδίου	0,5
Σύνολο μη παραγωγικού		12,7

Στον πίνακα 3.7 αποτυπώνονται ο παραγωγικός και μη παραγωγικός εξοπλισμός του κτιρίου Ε. Το κτίριο αυτό υποδέχεται τους κορμούς των δέντρων και φέρνει σε πέρας μια πρώτη προκατεργασία τους έτσι ώστε να αποκτήσουν κατάλληλη μορφή για να εισαχθούν στα κτίρια κοπής της ξυλείας. Το κτίριο Ε υποδέχεται κυρίως στρογγυλή ξυλεία αλλά δεν χρησιμοποιείται ευρέως συγκριτικά με τα κτίρια κοπής των κορμών.

Πίνακας 3.7 : Παραγωγικός εξοπλισμός κτιρίου E

Κτίριο E		
Παραγωγικός εξοπλισμός Κτιρίου E		
A/A		Ισχύς (KW)
E1α	Εξωτερικός κινητήρας κορμομεταφορέα	14,27
E1β	Εξωτερικός κινητήρας κορμομεταφορέα	14,27
E2	Συνθλιπτική μαχαιριών	0,75
E3	Ακονιστήρι μαχαιριών	1,49
E4	Κινητήρας μεταφορικής	4
E5	Κινητήρας μεταφορικής	13,6
E6	Inverter	13,59
E7	Κινητήρας υδραυλικών	5,43
E8	Κινητήρας υδραυλικών	5,43
E9	Κινητήρας μεταφορικής	6,79
E10	Κινητήρας υδραυλικών μεταφορικής	13,59
E11	Κινητήρας μεταφορικής προώθησης πλακών	14,95
E12	inverter	13,59
E13	Σοκορόδισκος A	8,83
E14	Ξεφαρδιστήρας A	62,5
E15	Κινητήρας μεταφορικής καπακιών	2,72
E16	Κινητήρας μεταφορικής	1,02
E17	Ξεφαρδιστήρας B	62,5
E18	Σοκορόδισκος B	8,83
E19	Πολυπρίοιο (κινητήρας στο ισόγειο)	120
E20	Πολυπρίοιο (κινητήρας στο ισόγειο)	120
	Σύνολο Ισχύος ορόφου	268,15
	Σύνολο Ισχύος ισογείου	240
	Σύνολο Ισχύος	508,15

Τέλος ο πίνακας 3.8 αποτυπώνει την ισχύ του κάθε μηχανήματος για το ξηραντήριο και το εμβαπτιστήριο. Τα μηχανήματα του ξηραντήριου είναι κυρίως τα fancoil (ανεμιστήρες) που διοχετεύουν τον ατμό με σκοπό να πραγματοποιηθεί η διεργασία της ξήρανσης. Θα πρέπει να τονιστεί πως είναι διαθέσιμοι 8 ανεμιστήρες οροφής.

Πίνακας 3.8 : Παραγωγικός εξοπλισμός ξηραντήριου-εμποτιστηρίου

Ξηραντήριο-Εμποτιστήριο					
Παραγωγικός εξοπλισμός Ξηραντήριου-Εμποτιστηρίου					
A/A		Ισχύς (KW)	τεμάχια	Συνολική κινητήρια ισχύς (KW)	Συνολική θερμική ισχύς (KW)
1	Ανεμιστήρας τροφοδοσίας	3,73	4	14,92	0
2	Ανεμιστήρας ξηραντήριου	5	4	20	0
3	Εξοπλισμός εμποτιστηρίου	5,1	1	5,1	0
4	Αντιστάσεις	2	1		2
	Σύνολο Ισχύος			40,02	2

Στους πίνακες 3.9 και 3.10 αποτυπώνονται ο παραγωγικός και μη παραγωγικός εξοπλισμός του λεβητοστασίου καθώς επίσης και η ισχύς του κάθε μηχανήματος. Ο εξοπλισμός του λεβητοστασίου συμπεριλαμβάνει κυρίως εξαρτήματα τροφοδοσίας καύσιμης ύλης (σιλό) καθώς επίσης και εξαρτήματα που αφορούν την λειτουργία του ατμολέβητα.

Πίνακας 3.9 : Παραγωγικός εξοπλισμός λεβητοστασίου

Λεβητοστάσιο			
Παραγωγικός εξοπλισμός λεβητοστασίου			
A/A		τεμάχια	Συνολική κινητήρια ισχύς (KW)
5	Απορροφητήρας τροφοδοσίας	1	22,3
6	Κοχλίας τροφοδοσίας	1	15
7	Σιλό τροφοδοσίας	1	0,37
8	Ατμολέβητας	1	5
Σύνολο Ισχύος			42,67

Πίνακας 3.10 : Μη παραγωγικός εξοπλισμός λεβητοστασίου

Μη Παραγωγικός εξοπλισμός λεβητοστασίου			Συνολική κινητήρια ισχύς (KW)
9	Απορροφητήρας τροφοδοσίας	1	5,5
Σύνολο μη παραγωγικού			5,5

Ο πίνακας 3.11 αποτυπώνει την συνολική κινητήρια εγκατεστημένη ισχύ των παραγωγικών εξαρτημάτων και το σύνολο της εγκατεστημένης ισχύος του μη παραγωγικού εξοπλισμού. Ο πίνακας αυτός είναι αρκετά σημαντικός καθώς μας παρέχει μια γενική εικόνα της εγκατεστημένης ισχύος στην γραμμή παράγωγης.

Πίνακας 3.11 : Συνολική κινητήρια και θερμική ισχύ εξοπλισμού

	Ισχύς (KW)
Συνολική κινητήρια ισχύς εγκατάστασης παραγωγικού εξοπλισμού	1398,83
Συνολική ισχύς εγκατάστασης μη παραγωγικού εξοπλισμού	90,7

3.2 Ανάπτυξη μοντέλου ενεργειακής κατανάλωσης στην γραμμή παραγωγής και στα γραφεία της βιομηχανίας

3.2.1 Μεθοδολογία υπολογισμού καταναλώσεων

Εφόσον είναι διαθέσιμες οι ισχύεις του εκάστοτε μηχανήματος και εξαρτήματος της γραμμής παραγωγής της βιομηχανίας και μετά από συγκεκριμένα σχόλια και παρατηρήσεις του υπεύθυνου τεχνικού για τους χρόνους λειτουργίας του κάθε μηχανήματος, είμαστε σε θέση να υπολογίσουμε την ενέργεια που καταναλώνει η βιομηχανία για κάθε μήνα, και στη συνέχεια σε ετήσια βάση. Ο τύπος που θα εφαρμοστεί δίνεται παρακάτω :

$$E_{\text{con}} = P \cdot t \quad (3.1)$$

Όπου οι παραπάνω συμβολισμοί αναπαριστούν :

- E_{con} : Κατανάλωση του εκάστοτε εξοπλισμού σε κάθε κτίριο [kWh]
- t : Ώρες λειτουργίας του εκάστοτε εξοπλισμού [hours]
- P : Ισχύς του εκάστοτε εξοπλισμού (έχουν δοθεί στους πίνακες της ενότητας 3.1) [Kw]

Για την κατανάλωση στο κτίριο Β πληροφορηθήκαμε από τον τεχνικό ότι συγκεκριμένα εξαρτήματα που υπάγονται σε αυτό λειτουργούν περίπου 4 ώρες κατά την διάρκεια μια μέρας ενώ κάποια αλλά λειτουργούν 7 ώρες την μέρα. Επομένως στο κτίριο Β 7ωρες λειτουργίας έχουν τα εξής εξαρτήματα : B3α, B3β B3γ, B3δ, B5 και 4 ώρες λειτουργίας έχουν τα εξής : B15α, B15β, B15γ, B15δ, B18β, B18γ, B18δ, B18ε, B22, B23 [Παπαχαρίσιου, 2017].

Το κτίριο Β' λειτουργεί 4 ώρες την ημέρα κατά μέσο όρο. Λειτουργία συμβαδίζει με αυτή του κτιρίου Β ουσιαστικά οι καταναλώσεις του τους χειμερινούς μήνες είναι ελάχιστες διότι εκείνη την περίοδο είναι η νόμιμη περίοδο υλοτομίας στην χώρα μας και επομένως η βιομηχανία εστιάζει την λειτουργία της στο ξηραντήριο και στον εμποτισμό. Τους υπόλοιπους μήνες που ουσιαστικά υπάρχουν κορμοί διαθέσιμοι ως πρώτη υλη και για τα δυο κτίρια Β και Β' οι καταναλώσεις τους αυξάνονται σημαντικά. Τα δυο εξαρτήματα που χρησιμοποιούνται σε αυτό το κτίριο είναι τα Β'9 και Β'12 με 3.7 και 14.7 Kw αντίστοιχα.

Όπως ήδη έχει αναφερθεί και παραπάνω τα κτίρια Γ (CNC) και Ε κατά κύριο λόγο, δεν αξιοποιούνται από την βιομηχανία οπότε είναι δόκιμο να μην τα συμπεριλάβουμε στο μοντέλο υπολογισμού της κατανάλωσης. Η χρήση τους είναι αρκετά περιορισμένη και εμφανίζεται σε πολύ ειδικές περιπτώσεις.

3.2.2 Μεθοδολογία υπολογισμού ποσότητας κορμών και πριονιδιού

Μέσω του τεύχους μελέτης που μας παραδόθηκε από τον υπεύθυνο μηχανικό της βιομηχανίας πληροφορηθήκαμε την ποσότητα των κορμών ανά ημέρα που εισάγεται στο κτίριο Β και την ποσότητα των παραπροϊόντων που παράγονται τα οποία είναι κατά κύριο λόγο πριονίδια. Οι ποσότητες αυτές, όπως αναφέρθηκε και στο εισαγωγικό κεφάλαιο, είναι 25 m³/day και 7 m³/day αντίστοιχα. Το μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε για την εξαγωγή των διαγραμμάτων της ποσότητας ξύλου είναι το ακόλουθο και ουσιαστικά υπολογίζει τις μηνιαίες ποσότητες :

$$\text{Wood} = W_{\text{wd}} \cdot D_{\text{wd}} \quad (3.2)$$

- W_{wd} : είναι η συνολική ημερήσια ποσότητα κορμών [m³/day]
- D_{wd} : οι μέρες του μήνα για τις οποίες γίνεται κοπή των κορμών [days]

$$\text{Wood Chip} = W_{\text{wc}} \cdot D_{\text{wc}} \quad (3.3)$$

- W_{wc} : είναι η συνολική ημερήσια ποσότητα παραπροϊόντων που προκύπτουν [m³/day]
- D_{wc} : οι μέρες του μήνα για τις οποίες γίνεται κοπή των κορμών [days]

Πίνακας 3.12 : Μηνιαία ποσότητα κορμών και παραπροϊόντων στο κτίριο Β

Κτίριο Β	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΪ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	Σύνολο
Κορμοί [m ³]	217	196	310	600	775	750	775	775	750	620	450	310	6528
Παραπροϊόντα [m ³]	31	28	43,4	180	217	210	217	217	210	186	165	155	1859

3.3 Ανάπτυξη μοντέλου για την παραγόμενη θερμότητα από τον λέβητα

Στην υποενότητα 3.2.2 υπολογίστηκε μια ενδεικτική μέση ετήσια ποσότητα παραπροϊόντων (πριονιδιών) μετά το πέρας της βιομηχανικής δραστηριότητας. Είναι σημαντικό να τονιστεί πως η βιομηχανία έχει μεγάλο απόθεμα σε παραπροϊόντα και μπορεί να τα αξιοποιήσει για παράγωγή του υπέρθερμου ατμού, μια διαδικασία που πραγματοποιείται στον ατμολέβητα.

Ο παραγόμενος ατμός στην υφιστάμενη κατάσταση συντελεί στην θέρμανση των γραφείων καθώς επίσης και στην διεργασία της ξήρανσης. Όμως όπως θα αναλυθεί στο κεφάλαιο 5 ο ιδιοκτήτης σκέφτεται την εγκατάσταση θερμοκηπίων έτσι ώστε να αξιοποιήσει τον παραγόμενο ατμό.

Επομένως θα δοθεί παρακάτω ο τύπος υπολογισμού της παραγόμενης θερμότητας από την καύση του πριονιδιού στον ατμολέβητα. Και θα γίνει ανάγωση έτσι ώστε να δούμε ποσά διαθέσιμα kW θερμικής ισχύος έχουμε.

$$Q = n \cdot H_u \cdot m_{wc} \quad (3.4)$$

- Q : Παραγόμενη θερμική ισχύ από το λέβητα [kW]
- H_u : θερμογόνος δύναμη καύσιμου (πριονιδιού) [kJ/kg]
- m_{wc} : ετήσια ποσότητα πριονιδιού [tn]
- n : Βαθμός απόδοσης λέβητα.

Οι παραπάνω παράμετροι υπολογισμού της θερμικής ισχύος του λέβητα παίρνουν τις έξης τιμές:

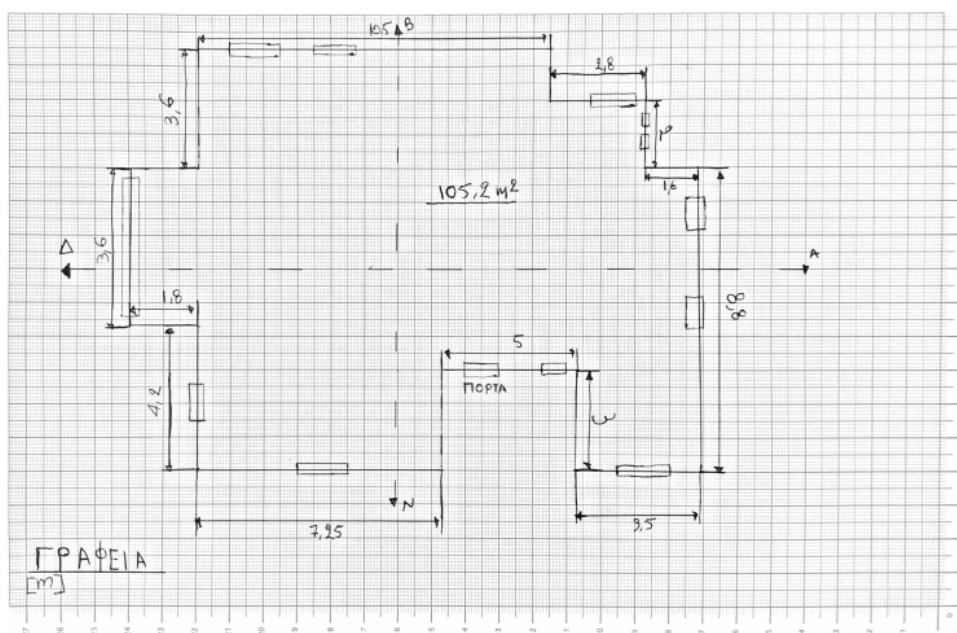
- Μέσος βαθμός απόδοσης λέβητα, $n=70\%$.
- Θερμογόνος δύναμη του χρησιμοποιούμενου καύσιμου ανέρχεται στα 19000 [kJ/kg]
- Μέσω της πυκνότητας του πριονιδιού καθώς επίσης και της ετήσιας ποσότητας πριονιδιού, που ισούται με 1859 m³, μπορεί εύκολα να υπολογιστούν οι τόνοι χρησιμοποιούμενου καύσιμου μηνιαίως.

Τελικά προκύπτει ποσότητα θερμικής ισχύος 450 kW, η οποία θα αξιοποιηθεί στην εγκατάσταση θερμοκηπίων που ακολουθεί στην ενότητα 5.2.

3.4 Ανάπτυξη μοντέλου φορτίων του κελύφους για τα γραφεία

3.4.1 Κάτοψη γραφείων

Στην παρακάτω εικόνα ακολουθεί η κάτοψη των γραφείων. Σε αυτό το κτίριο πραγματοποιήθηκε ο υπολογισμός των φορτίων. Αποτυπώνονται όλα τα δομικά στοιχεία (παράθυρα, τοίχοι, πόρτα) καθώς επίσης και ο προσανατολισμός του κτιρίου. Είναι ιδιαίτερα χρήσιμο και αναγκαίο να υπολογιστούν τα εμβαδά κάθε δομικού στοιχείου έτσι ώστε να γίνει με ευκολότερο τρόπο ο υπολογισμός των θερμικών απωλειών και θερμικών κερδών του κτιρίου. Η συνολική επιφάνεια που καταλαμβάνει το κτίριο είναι 105.2 τετραγωνικά μέτρα όπως αναγράφεται και παρακάτω.



Εικόνα 3.1 : Κάτοψη των γραφείων της βιομηχανίας

3.4.2 Θεωρητικό υπόβαθρο υπολογισμών

Για τον υπολογισμό των φορτίων του κελύφους των γραφείων επιλέγεται να χρησιμοποιηθεί η μέθοδος ημι-σταθερής κατάστασης [EN ISO13790 ΕΛΟΤ, 2008].

Η μέθοδος ημι-σταθερής κατάστασης υπολογισμού των φορτίων έχει τις εξής ιδιότητες :

- Πρόκειται για μέθοδο μηνιαίας βάσης.
- Μοντελοποιεί την επίδραση των φορτίων λόγω θερμοπερατότητας, αλλά και λόγω ακτινοβολίας.
- Ανάλογα με τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του κτιρίου και της περιβάλλουσας τοποθεσίας, υπολογίζει και τους συντελεστές πρόσπτωσης και σκίασης.
- Όπως προκύπτει και από τα παραπάνω, σε γενικές γραμμές θα μπορούσε να διατυπωθεί ότι παρουσιάζει αρκετές ομοιότητες με την μέθοδο CLTD [Spitler et al., 1993].
- Βασίζεται στο διεθνές πρότυπο EN ISO 13790, και έχει υιοθετηθεί και από τον ΚΕΝΑΚ.

Αυτή η μέθοδος έχει τα εξής κύρια πλεονεκτήματα βάση των οποίων έγινε και η επιλογή της :

- Προσφέρει τη δυνατότητα μοντελοποίησης μεταβατικών φαινομένων.
- Τα φαινόμενα που μελετώνται συνδέονται με την αποδέσμευση της απορροφόμενης ακτινοβολίας από τα δομικά στοιχεία.
- Είναι σχετικά πιο απλή στην εφαρμογή συγκριτικά με τις δυναμικές μεθόδους.

3.4.2 Τύποι βάση των οποίων γίνονται οι υπολογισμοί

Για τον υπολογισμό των φορτίων στα γραφεία της βιομηχανίας χρησιμοποιήθηκαν οι τύποι που ακολουθούν οι οποίοι προτείνονται βάση της μεθόδου ημι-σταθερής κατάστασης. Σχετικά με τα μηνιαία εσωτερικά θερμικά κέρδη ($Q_{int,i}$) στον εξεταζόμενο χώρο πραγματοποιείται η διάκριση τους σε φόρτια λόγω συσκευών, ανθρώπων και φωτισμού. Άρα οι εξισώσεις για τον υπολογισμό των φορτίων του κελύφους είναι :

$$Q_{loss} = Q_{con,i} + Q_{vent,i} \quad (3.5)$$

$$Q_{con,i} = U \cdot A \cdot (T_b - T_{a,i}) \cdot t \quad (3.6)$$

$$Q_{vent,i} = V \cdot \rho \cdot C_p \cdot (T_b - T_{a,i}) \cdot t + V \cdot \rho \cdot h_g \cdot (w_b - w_{a,i}) \cdot t \quad (3.7)$$

$$Q_{gain} = Q_{sol,i} + Q_{int,i} \quad (3.8)$$

$$Q_{sol,i} = I_{sol,i} \cdot t \cdot A_{sol} \quad (3.9)$$

Q_{loss} : Συνολικές θερμικές απώλειες [kWh]

$Q_{con,i}$: Θερμικές απώλειες λόγω μεταφοράς [kWh]

$Q_{vent,i}$: Θερμικές απώλειες λόγω αερισμού [kWh]

Q_{gain} : Συνολικά θερμικά κέρδη [kWh]

$Q_{sol,i}$: Ηλιακά θερμικά κέρδη [kWh]

$Q_{int,i}$: Εσωτερικά θερμικά κέρδη λόγω συσκευών ανθρώπων και φωτισμού [kWh]

U : Συντελεστής θερμοπερατότητας δομικού στοιχείου [W/m^2K]

A : Επιφάνεια δομικού στοιχείου [m^2]

T_b : Θερμοκρασία εσωτερικού χώρου γραφείων [K]

$T_{a,i}$: Θερμοκρασία περιβάλλοντος για τον εκάστοτε μήνα στην πόλη της Κοζάνης [K]

t : Χρονική διάρκεια μήνα [hours]

V : Εισερχόμενη παροχή εξωτερικού αέρα [m^3 /hour]

ρ : Πυκνότητα αέρα [kg/m^3]

C_p : Θερμοχωρητικότητα αέρα [kg/kjK]

w_b : Επιθυμητή υγρασία εντός των γραφείων [kg water vapor/kg air]

$w_{a,i}$: Υγρασία περιβάλλοντος για τον εκάστοτε μήνα στην Κοζάνη [kg water vapor/kg air]

hg : Ενθαλπία συμπύκνωσης υδρατμών [kj/kg water vapor]

$I_{sol,i}$: Μέση μηνιαία ένταση ηλιακής ακτινοβολίας για εκάστοτε δομικό στοιχείο [kWh/m^2]

A_{sol} : Ωφέλιμη επιφάνεια δομικού στοιχείου [m^2]

Εμβαδό Γραφείων βιομηχανίας : 105,2 [m^2]

Άτομα που βρίσκονται στα γραφεία : 10

3.4.3 Παράμετροι βάση των οποίων γίνονται οι υπολογισμοί

Τα δεδομένα που απαιτούνται για τους υπολογισμούς των φορτίων του κελύφους πάρθηκαν από τον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης των Κτιρίων (KENAK) και πιο συγκεκριμένα από τις τεχνικές οδηγίες τεχνικού επιμελητηρίου Ελλάδας (TOTEE 20701-1 (TEE, 2010α), TOTEE 20701-2 (TEE, 2010β), TOTEE 20701-3 (TEE, 2010γ)).

Ουσιαστικά επειδή το υπό μελέτη κτίριο είναι γραφεία θερμοκρασία άνεσης 20 °C ενώ για τους καλοκαιρινούς μήνες επιλέγεται 26 °C [TEE, 2010γ]. Καλοκαιρινοί μήνες θεωρούνται οι μήνες Ιούνιος, Ιούλιος και Αύγουστος ενώ οι χειμερινοί θεωρούνται οι υπόλοιποι. Επιπλέον η μέση θερμοκρασία στην πόλη της Κοζάνης έχει υπολογιστεί για κάθε μήνα του χρόνου και δίνονται παρακάτω πίνακα ξεκινώντας από Ιανουάριο μέχρι Δεκέμβριο :

Πίνακας 3.13 : Μέση μηνιαία θερμοκρασία στην πόλη της Κοζάνης

2,3	3,7	6,9	11,6	16,8	21,5	24,1	23,6	19,3	13,5	8	3,9
-----	-----	-----	------	------	------	------	------	------	------	---	-----

Όσον αφορά τον νωπό εισερχόμενο αέρα στα γραφεία πρέπει να είναι της τάξεως των $3 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$ άρα ουσιαστικά επειδή τα γραφεία έχουν 105,2 τετραγωνικά μέτρα εμβαδό η ποσότητα του αέρα ισούται με $315,6 \text{ m}^3/\text{h}$ [ΤΕΕ, 2010α].

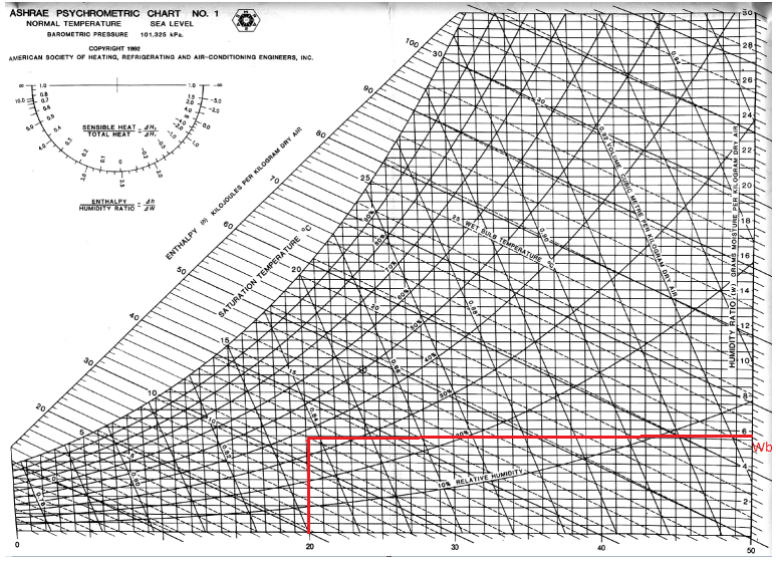
Οι τιμές των συντελεστών θερμοπερατότητας που επιλέγονται εξαρτώνται από το δομικό στοιχείο καθώς και από την κλιματική ζωνών που βρισκόμαστε [ΤΕΕ, 2010α]. Η Κοζάνη κατηγοριοποιείται στην θερμική ζώνη Δ άρα βάση αυτού έχουμε τις εξής τιμές :

- U παραθύρου = $3.2 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$
- U τοίχου = $0.4 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$
- U πόρτας = $3.5 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$
- U δαπέδου = $0.7 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$
- U οροφής = $0.7 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$

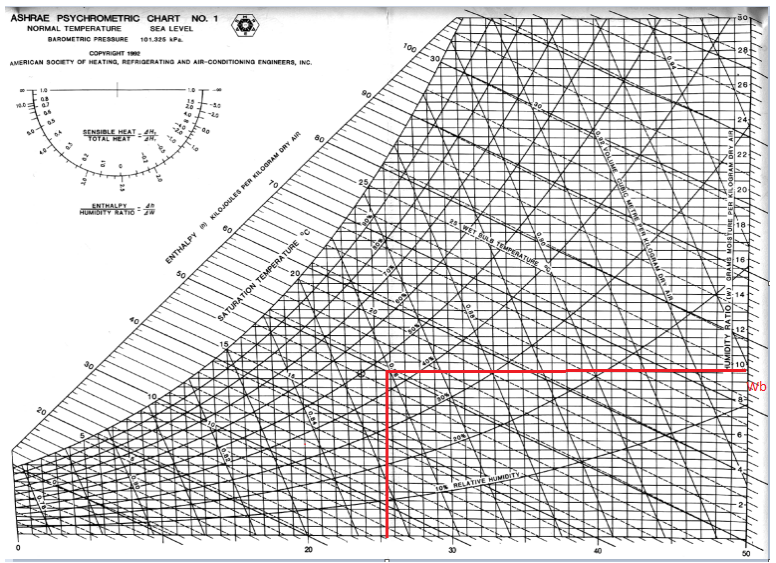
Αναφορικά με τον παράγοντα της υγρασίας, η επιθυμητή υγρασία εντός των γραφείων παίρνει δυο τιμές ανάλογα εάν είμαστε στους χειμερινούς και καλοκαιρινούς μήνες και μπορεί να υπολογιστεί από τον ψυχομετρικό χάρτη. Σχετικά με την υγρασία περιβάλλοντος του εκάστοτε μήνα στην Κοζάνη οι τιμές παίρνονται από τεχνική οδηγία [ΤΕΕ, 2010γ].

Στις δυο εικόνες που ακολουθούν αποτυπώνεται ο ψυχομετρικός χάρτης και ο τρόπος υπολογισμού της επιθυμητής υγρασίας εντός των γραφείων της βιομηχανίας. Τα δεδομένα που χρειαζόμαστε είναι τα εξής :

- Θερινή περίοδος : $20 \text{ }^\circ\text{C}$ και σχετική υγρασία 35%. Τελικά προκύπτει $W_b=5.8$ gr υδρατμού/kg ξηρού αέρα.
- Χειμερινή περίοδος : $26 \text{ }^\circ\text{C}$ και σχετική υγρασία 45%. Τελικά προκύπτει $W_b=9.5$ gr υδρατμού/kg ξηρού αέρα.



Εικόνα 3.2 : Υγρασία εντός των γραφείων για θερινή περίοδο



Εικόνα 3.3 : Υγρασία εντός των γραφείων για θερινή περίοδο

Οι παράμετροι υπολογισμού των εσωτερικών θερμικών κερδών στα γραφεία είναι :

- Για τις συσκευές είναι $Q = 4.5W \cdot t \cdot \text{Εμβαδό}$
- Για τον φωτισμό είναι $Q = 9.1W \cdot t \cdot \text{Εμβαδό}$
- Για τους ανθρώπους είναι $Q = 80W \cdot \text{άτομα} \cdot t$

Για τις συνθήκες του κλιματιζόμενου αέρα μπορούμε να θεωρήσουμε ότι η πυκνότητα αυτού ισούται με 1.2 kg/m^3 επιπλέον η θερμοχωρητικότητα αυτού ισούται με 1.01 kg/kJK και τέλος η ενθαλπία συμπύκνωσης υδρατμών $hg=2445 \text{ kJ/kg water vapor}$.

Τέλος η προσπίπτουσα ακτινοβολία σε κάθε δομικό στοιχείο έχει μονάδες $[\text{kWh/m}^2]$ και υπολογίζεται για 90 μοίρες κλίσης δομικού στοιχείου. Επίσης η επιλογή της κάθε τιμής εξαρτάται και από τον προσανατολισμό του κάθε δομικού στοιχείου [ΤΕΕ, 2010γ].

Πίνακας 3.14 : Μέση προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία για 90°

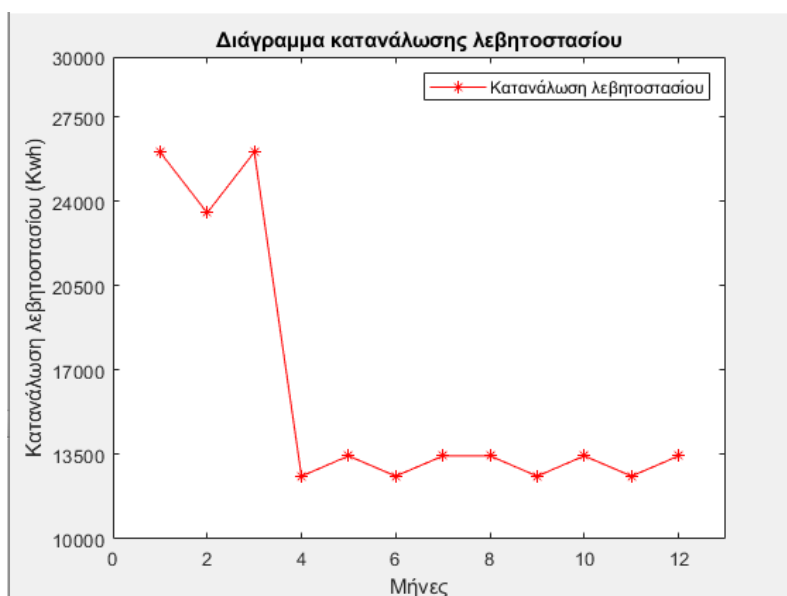
Μέση προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία σε επιφάνεια κλίσης 90° [kWh/m ²]												
Βορράς	17	22	35	48	64	75	74	61	41	28	18	14
Ανατολή/Δύση	42	45	69	84	99	112	116	110	83	60	42	36
Νότος	96	85	95	86	84	86	92	100	105	106	93	88

4. Αποτελέσματα

4.1 Παρουσιαση και σχολιασμός διαγραμμάτων ενεργειακής κατανάλωσης της γραμμής παραγωγής

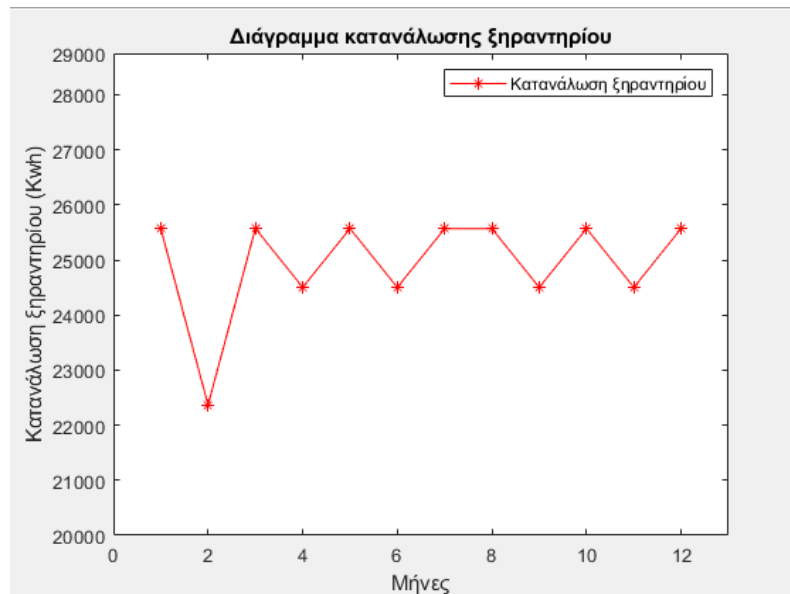
Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του ενεργειακού μοντέλου για την κατανάλωση της εξεταζόμενης μονάδας σε μορφή διαγραμμάτων. Θα παρουσιαστούν κατά σειρά οι ηλεκτρικές καταναλώσεις για το λεβητοστάσιο, το ξηραντήριο και των κτιρίων κοπής των κορμών ανάλογα τον χρόνο λειτουργίας τους. Αποτυπώνονται τέλος τα διαγράμματα όσο αφορά την εισαγόμενη ποσότητα κορμών στην γραμμή παράγωγης καθώς επίσης και η προκύπτουσα ποσότητα πριονιδίων από την κοπή και επεξεργασία των κορμών.

Αρχικά σύμφωνα με το διάγραμμα 4.1, το λεβητοστάσιο, το οποίο έχει καταλυτικό ρόλο στην διεργασία της ξήρανσης και βοηθά την θέρμανση των γραφείων, με το πέρας των χειμερινών μηνών παρουσιάζει απότομη μείωση στην κατανάλωση και συγκεκριμένα μετά τον 3^ο μήνα και κατά την διάρκεια του υπόλοιπου έτος. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η παράγωγή κατά τους μήνες Μάιο με Νοέμβριο πραγματοποιείται κυρίως στα κτίρια όπου πραγματοποιείται η κοπή και η επεξεργασία της πρώτης ύλης και ουσιαστικά το λεβητοστάσιο υπολειτουργεί συγκριτικά με τους πρώτους δυο μήνες του χρόνου.



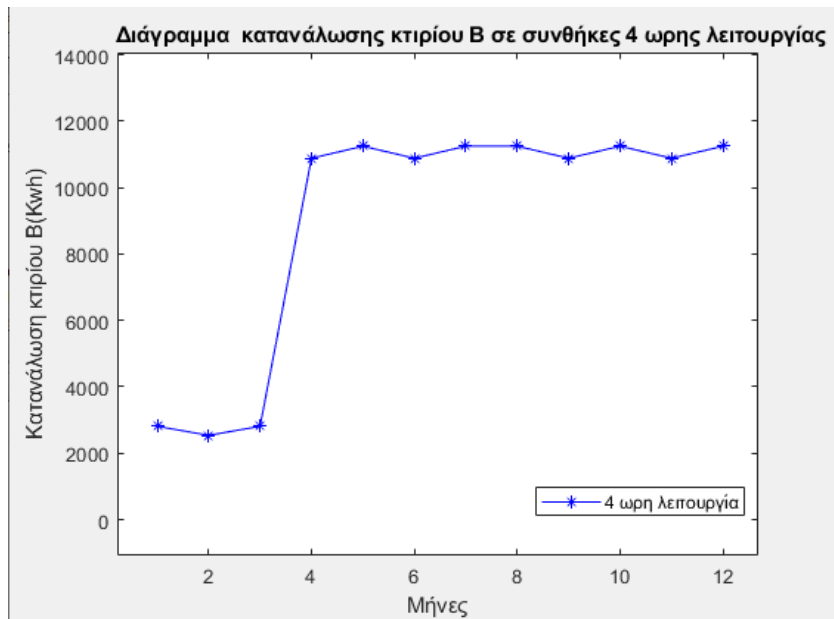
Διάγραμμα 4.1 : Ηλεκτρική κατανάλωση λεβητοστασίου

Έπειτα σχετικά με το ξηραντήριο σύμφωνα με το διάγραμμα 4.2 η κατανάλωση του δεν έχει μεγάλες αποκλίσεις μηνιαίως διότι η ζήτηση για ξήρανση είναι σταθερή ετησίως και απλώς εξαρτάται από τις μέρες που διαθέτει κάθε μήνας, για αυτό στον Φεβρουάριο βλέπουμε μείωση της κατανάλωσης. Επίσης εάν μια ομάδα ξυλείας μπει για ξήρανση απαιτείται το λιγότερο 15 με 20 μέρες για να τελειώσει η διαδικασία γεγονός που αυξάνει την κατανάλωση.

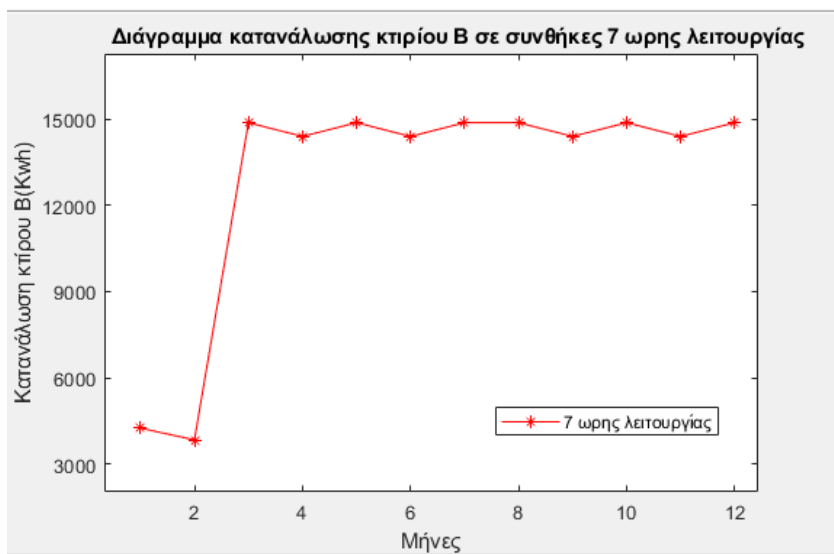


Διάγραμμα 4.2 : Ηλεκτρική κατανάλωση ξηραντηρίου

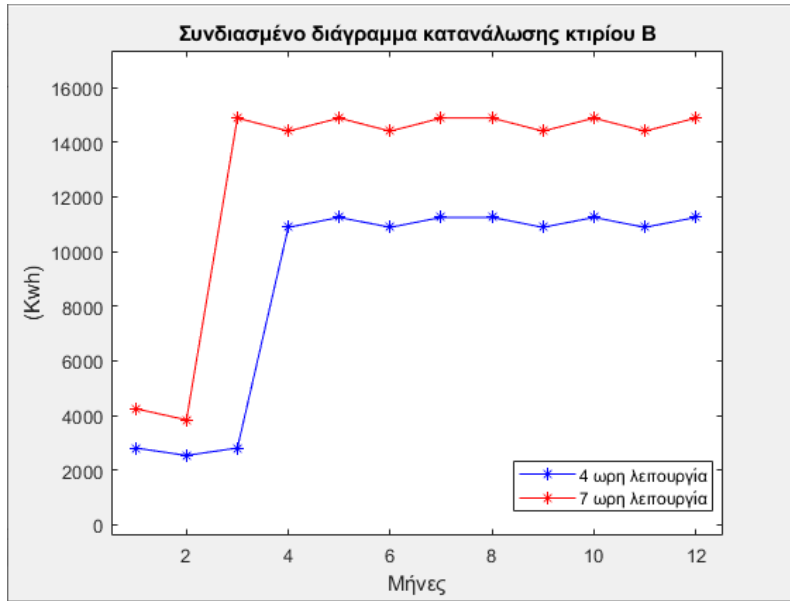
Παρατηρώντας τα διαγράμματα 4.3 και 4.4, τα οποία αποτυπώνουν τις καταναλώσεις των εξαρτημάτων του κτιρίου Β που λειτουργούν 4ωρες την ημέρα και αυτών που λειτουργούν 7 ώρες την ημέρα αντίστοιχα, είναι εμφανές ότι οι καταναλώσεις των εξαρτημάτων που λειτουργούν 7 ώρες την μέρα παίρνουν υψηλότερες τιμές. Η διαφορά των δυο προαναφερθέντων διαγραμμάτων οφείλεται όχι μόνο στο γεγονός ότι τα εξαρτήματα που λειτουργούν 7 ώρες θα έχουν περισσότερη κατανάλωση από αυτά που λειτουργούν 4 ώρες αλλά και στο γεγονός ότι συγκεκριμένα εξαρτήματα που λειτουργούν 7 ώρες έχουν μεγάλη ισχύ. Συγκεκριμένα αυτά τα εξαρτήματα είναι το Β5 (Κινητήρας Καταρράκτη) και το Β3α (Αντλία κίνησης καταρράκτη) έχοντας αρκετά υψηλή ισχύ 44.1 kW και 10.4 kW. Τέλος, κλείνοντας με την παρουσίαση των διαγραμμάτων 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, τα οποία αποτυπώνουν τα κτίρια κοπής των κορμών, παρατηρείται ότι τους χειμερινούς μήνες η ηλεκτρική τους κατανάλωση είναι χαμηλότερη από αυτή που έχουν το υπόλοιπο έτος. Το γεγονός αυτό αποτελεί αποτέλεσμα την νόμιμης περιόδο υλοτόμησης στην χώρα μας. Την συγκεκριμένη περίοδο η βιομηχανία δεν έχει αρκετό διαθέσιμο απόθεμα κορμών δέντρων για κοπή άρα τα κτίρια Β και Β' έχουν χαμηλές καταναλώσεις.



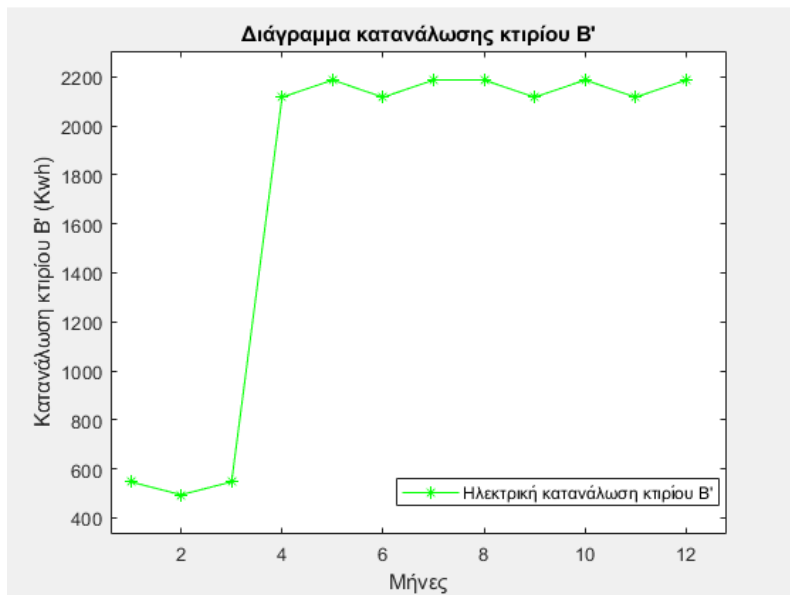
Διάγραμμα 4.3 : Κατανάλωση εξαρτημάτων που λειτουργούν 4 ώρες



Διάγραμμα 4.4 : Κατανάλωση εξαρτημάτων που λειτουργούν 7 ώρες

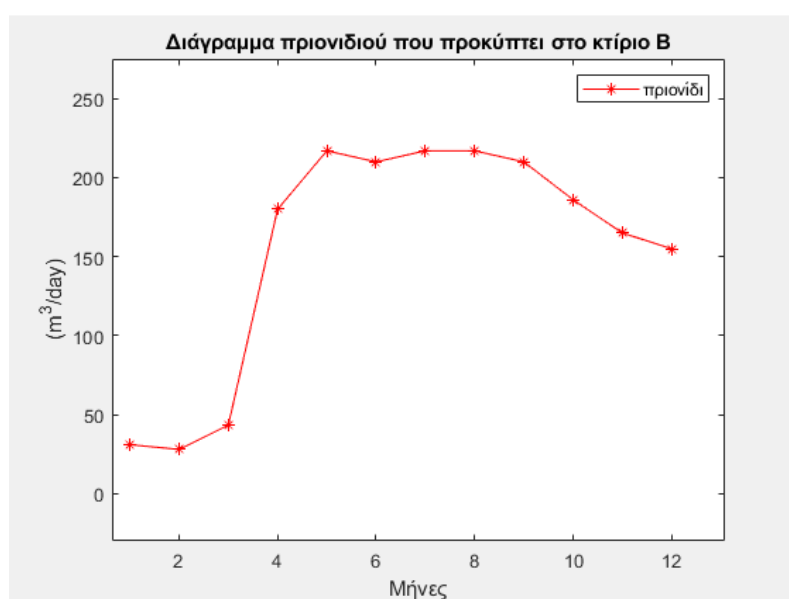


Διάγραμμα 4.5 : Ενοποιημένο διάγραμμα εξαρτημάτων κτιρίου Β

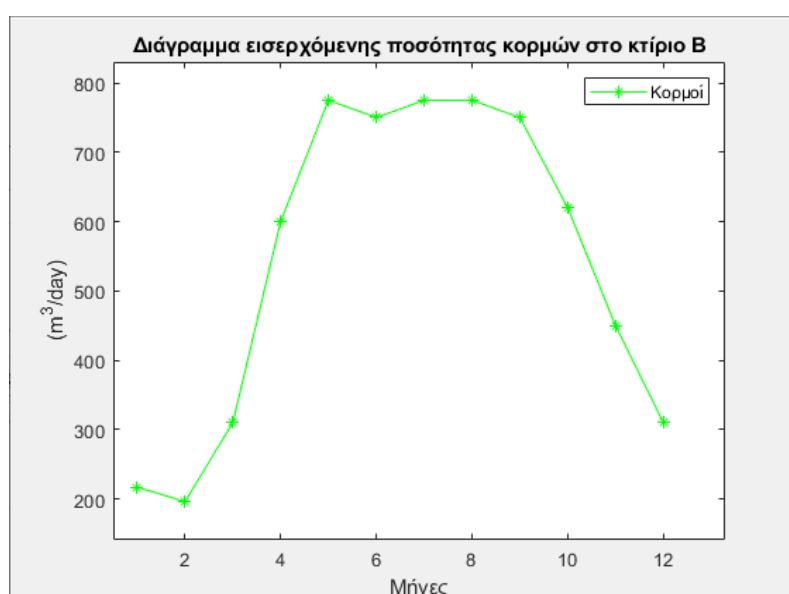


Διάγραμμα 4.6: Ηλεκτρική κατανάλωση κτιρίου Β'

Η περίοδος της νόμιμης υλοτόμησης που αναφέρθηκε στην προηγούμενη παράγραφο καθορίζει την μορφή των διαγραμμάτων 4.7, 4.8, αυτό συμβαίνει διότι η κοπή των απαιτούμενων κορμών, όπως έχει ήδη αναφερθεί, γίνεται τους μήνες Οκτώβριο, Νοέμβριο, Δεκέμβριο, Ιανουάριο, Φεβρουάριο και Μάρτιος άρα σε αυτούς τους μήνες η βιομηχανία έχει ελάχιστη εισαγόμενη πρώτη υλη στο κτίριο Β συνεπώς και ελάχιστη παραγομένη ποσότητα παραπροϊόντων. Απεναντίας η ποσότητας ξυλείας που διαθέτει η βιομηχανία για να αξιοποιήσει στο κτίριο Β παίρνει τις μέγιστες τιμές της τους μήνες Απρίλιο, Μάιο, Ιούνιο, Ιούλιο, Αύγουστο και Σεπτέμβριο.

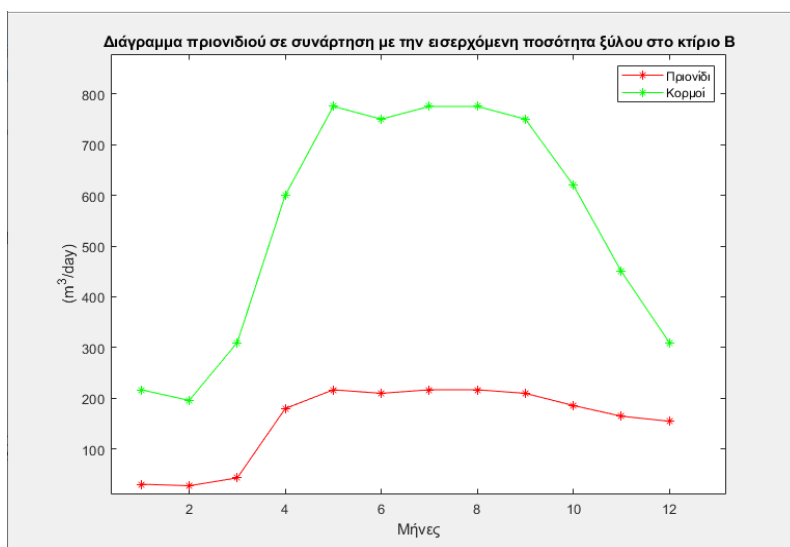


Διάγραμμα 4.7 : Ποσότητα πριονιδιού που προκύπτει από την γραμμή παραγωγής της βιομηχανίας



Διάγραμμα 4.8 : Εισαγόμενης ποσότητας ξύλου στο κτίριο Β

Τέλος, σύμφωνα με το διάγραμμα 4.9, που αποτυπώνει την ποσότητα των εισαγόμενων κορμών στο κτίριο Β σε συνάρτηση με την προκύπτουσα ποσότητα παραπροϊόντων, η συνολική ετήσια ποσότητα των κορμών ανέρχεται σε 6528 m³ ενώ η ποσότητα πριονιδιού σε 1859.4 m³. Ουσιαστικά κατά την δραστηριότητα της γραμμής παραγωγής ένα ποσοστό που φτάνει το 28.48% της πρώτης ύλης γίνεται πριονίδι μετά από την κοπή της. Άρα ουσιαστικά η βιομηχανία έχει την δυνατότητα να αξιοποιήσει αρκετά μεγάλες ποσότητες πριονιδιού, με σκοπό την παράγωγή υπέρθερμου ατμού έτσι ώστε να καλύψει βασικές ανάγκες που προκύπτουν.

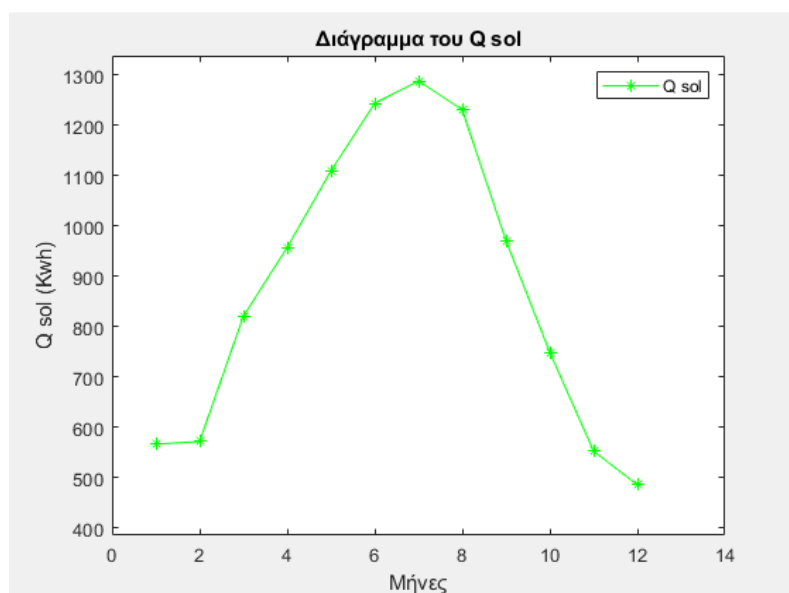


Διάγραμμα 4.9: Ποσότητα πριονιδιού συναρτήσει της συνολικής ποσότητας του ξύλου

4.2 Παρουσίαση και σχολιασμός διαγραμμάτων των φορτίων του κελύφου των γραφείων

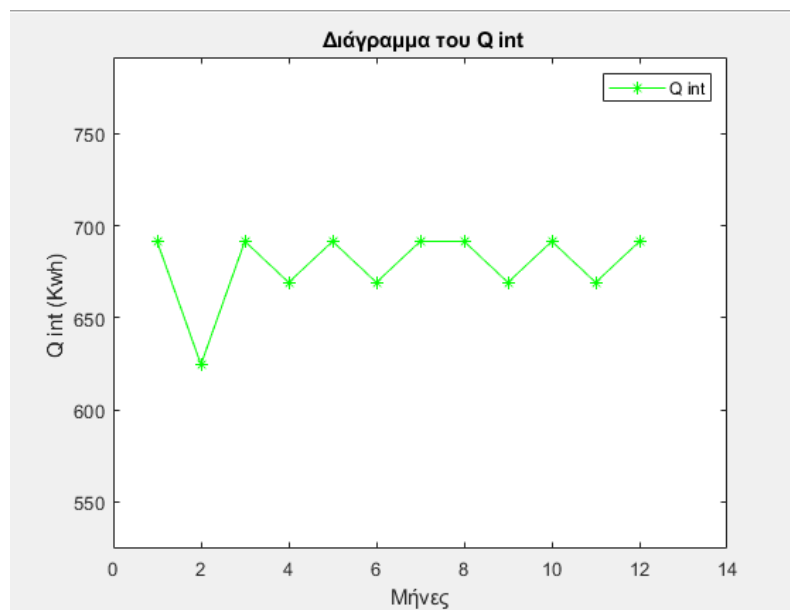
Σε αυτή την ενότητα παρουσιάζονται ο σχολιασμός και τα αποτελέσματα σε μορφή διαγραμμάτων της μεθόδου ημι-σταθερής κατάστασης μέσω της οποίας υπολογιστήκαν τα θερμικά φόρτια του κελύφους της βιομηχανίας.

Αρχικά πρέπει να τονιστεί ότι το διάγραμμα 4.10 που αφορά τα ηλιακά θερμικά κέρδη (Q_{sol}) έχει την αναμενόμενη μορφή. Αυτό συμβαίνει διότι είναι λογικό τους καλοκαιρινούς μήνες που η ηλιακή ακτινοβολία παίρνει τις υψηλότερες τιμές τα φόρτια αυτά να βρίσκονται στο ανώτερο σημείο τους ενώ αντίστροφα η ελαχιστοποίηση της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας τους χειμερινούς μήνες ελαχιστοποιεί τα συγκεκριμένα φορτία.



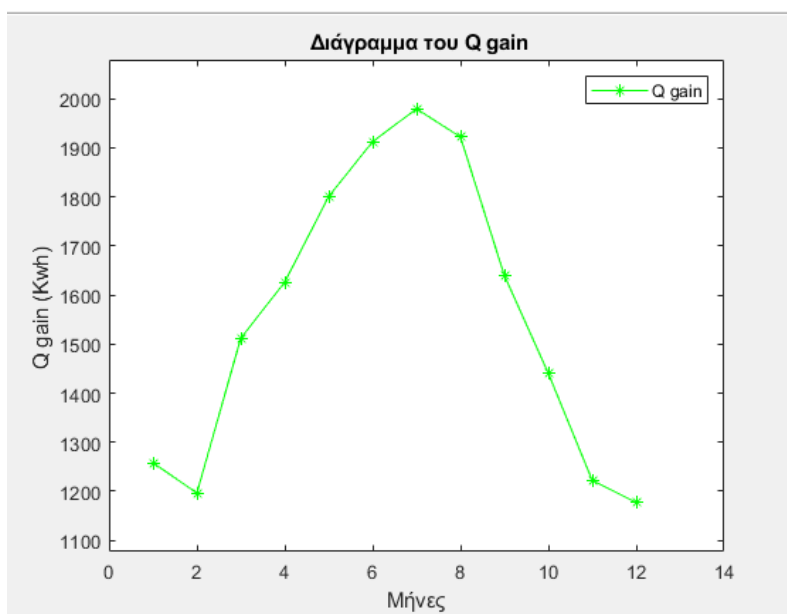
Διάγραμμα 4.10 : Ηλιακά θερμικά κέρδη

Στην συνέχεια όσον αφορά τα μηνιαία εσωτερικά κέρδη (Q_{int}) του κελύφους των γραφείων της βιομηχανίας που απεικονίζεται στο διάγραμμα 4.11 γνωρίζοντας ότι δεν προστίθενται νέα άτομα εξοπλισμός και φωτισμός στο χώρο αυτό οι τιμές των φορτίων εξαρτώνται από τις μέρες του εκάστοτε μήνα για αυτό τον λόγο το αντίστοιχο διάγραμμα έχει αυτή την μορφή παρουσιάζει ουσιαστικά ένα σταθερό περιοδικό μοτίβο . Έχουν αναφερθεί στην υποενότητα 3.3.3 ο αριθμός των ατόμων στα γραφεία καθώς επίσης και η ισχύς του εξοπλισμού των γραφείων.



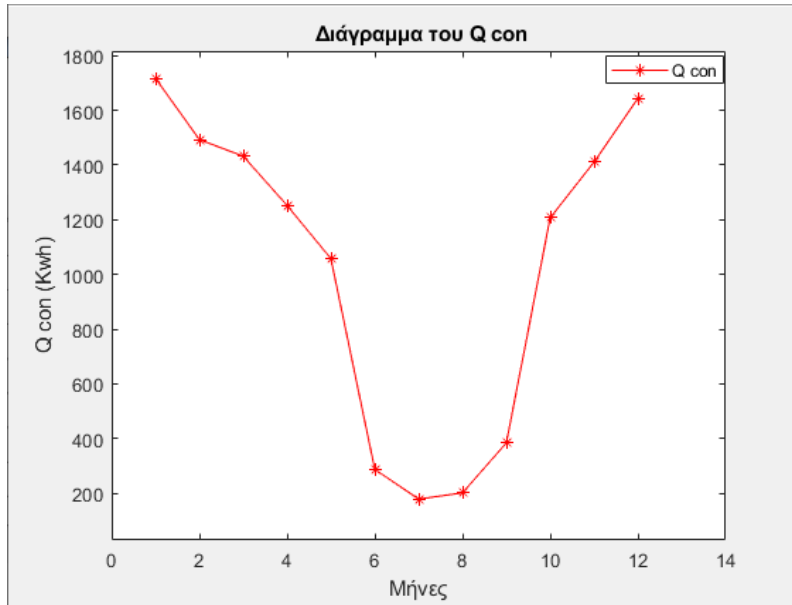
Διάγραμμα 4.11 : Εσωτερικά θερμικά κέρδη λόγω συσκευών, ανθρώπων και φωτισμού

Σχετικά με το διάγραμμα 4.12 που αναπαριστά το σύνολο των θερμικών κερδών (Q_{gain}) στο κέλυφος της βιομηχανίας αυτό προκύπτει από το άθροισμα των ηλιακών κερδών και των εσωτερικών κερδών στο χώρο των γραφείων της βιομηχανίας και έχει την συμπεριφορά που φαίνεται στο διάγραμμα.

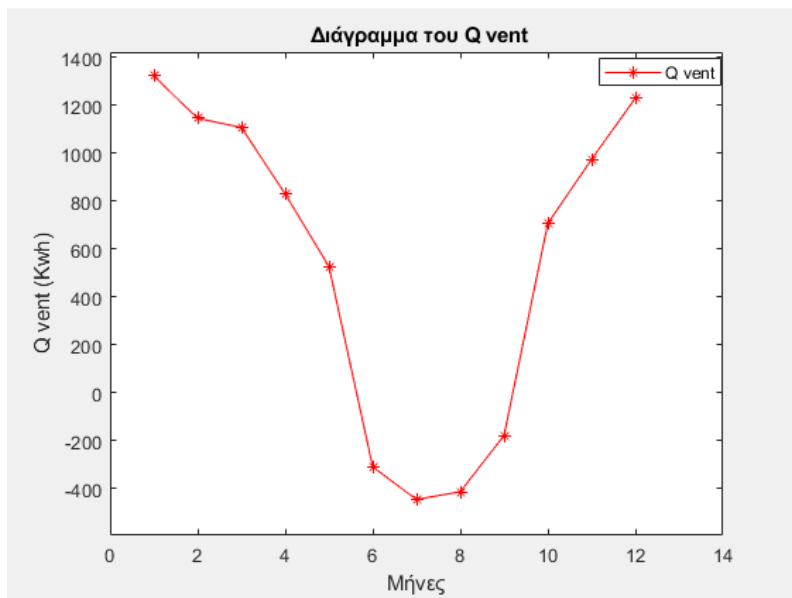


Διάγραμμα 4.12 : Συνολικά θερμικά κέρδη

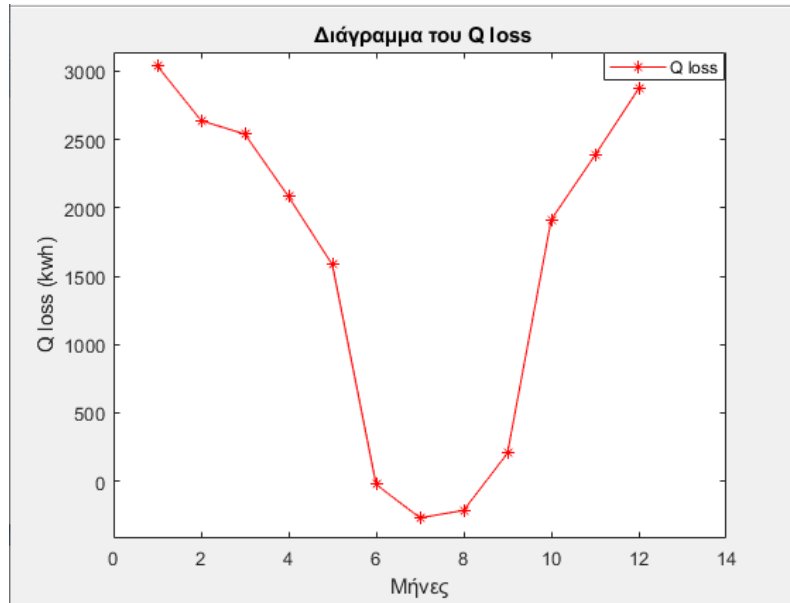
Σχετικά με τις θερμικές απώλειες λόγω μεταφοράς (Q_{con}) και οι θερμικές απώλειες λόγω αερισμού (Q_{vent}) ανά μήνα που αποτυπώνονται στα διαγράμματα 4.13 και 4.14 αντίστοιχα στα γραφεία της βιομηχανίας αποκτούν την μορφή που παρουσιάζεται διότι οι διαφορά θερμοκρασίας εντός και εκτός των γραφείων καθώς επίσης και η διαφορά των υγρασιών εντός και εκτός των γραφείων παίρνει την μικρότερη τιμή τους καλοκαιρινούς μήνες ενώ μεγιστοποιούνται τους χειμερινούς μήνες. Ιδία συμπεριφορά παρατηρείται και στο διάγραμμα των συνολικών θερμικών απωλειών (Q_{loss}) οι οποίες προκύπτουν εφόσον αθροίσουμε τις θερμικές απώλειες λόγω αερισμού και τις θερμικές απώλειες λόγω μεταφοράς.



Διάγραμμα 4.13 : Θερμικές απώλειες λόγω μεταφοράς

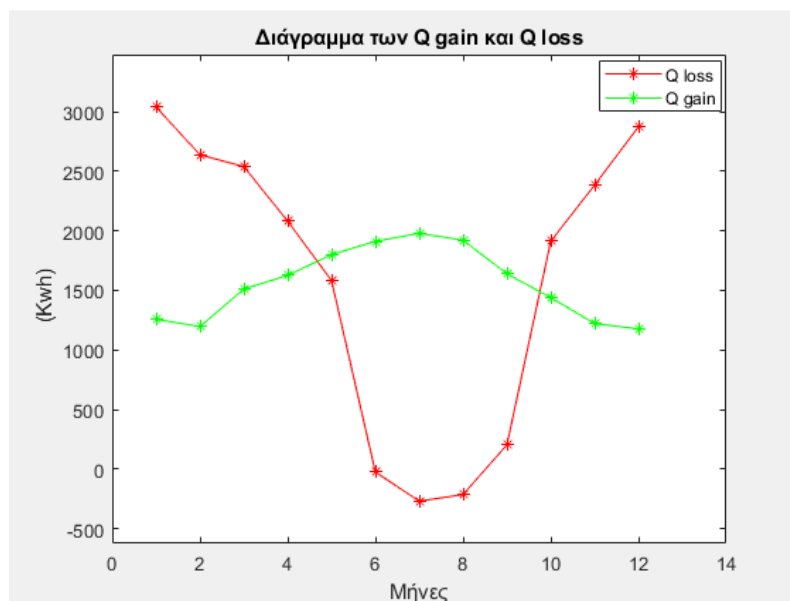


Διάγραμμα 4.14 : Θερμικές απώλειες λόγω αερισμού



Διάγραμμα 4.15 : Συνολικές θερμικές απώλειες

Τέλος το διάγραμμα 4.16 μας δείχνει ότι οι συνολικές θερμικές απώλειες και τα συνολικά θερμικά κέρδη έχουν μια σχέση αντιστρόφως ανάλογη όπως ήδη έχει προαναφερθεί. Αυτό γίνεται κατανοητό διότι οι θερμικές απώλειες μεγιστοποιούνται τους χειμερινούς μήνες και ελαχιστοποιούνται τους καλοκαιρινούς ενώ τα θερμικά κέρδη συμπεριφέρονται αντίστροφα. Είναι επίσης σημαντικό να τονιστεί ότι παρατηρείται μια ομαλή αυξομείωση στα διαγράμματα των απωλειών αλλά και στα διαγράμματα των κερδών.



Διάγραμμα 4.16 : Σύνολο θερμικών απωλειών και θερμικών κερδών

5. Ενεργειακές παρεμβάσεις

5.1 Παρεμβάσεις

Από την ανάλυση που έγινε στα κεφάλαια 3, 4 προκύπτει ότι στη βιομηχανία υπάρχει σημαντική περίσσεια θερμότητας στο λεβητοστάσιο αλλά και μη εκμεταλλεύσιμου ενεργειακά πριονιδίου. Με δεδομένο ότι η βιομηχανία παρουσιάζει περιορισμένες ανάγκες σε θερμότητα, πραγματοποιήθηκε διερεύνηση ανάπτυξης σχετικών δραστηριοτήτων. Μετά από συζήτηση και με τον ιδιοκτήτη, και έχοντας ως γνώμονα τις σημαντικές, μη εκμεταλλευμένες επιφάνειες γης, αποφασίστηκε η επικέντρωση της ανάλυσης στην κατεύθυνση των θερμοκηπίων, και ειδικότερα στην καλλιέργεια μανιταριών, η οποία είναι αρκετά ευαίσθητη και απαιτεί συγκεκριμένες συνθήκες εντός του θερμοκηπίου. Παράλληλα, θα διερευνηθεί η εγκατάσταση Φωτοβολταϊκών Πάνελ, για την κάλυψη μέρους της καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Οι ενεργειακές παρεμβάσεις που προτείνονται έχουν σαφώς κύριο στόχο την οικονομική επέκταση της βιομηχανίας μέσω ουσιαστικών επενδύσεων αλλά πάντα με σεβασμό και ενδελεχή μελέτη για τυχόν επιπτώσεις στο περιβάλλον και γενικότερα στο παρακείμενο οικοσύστημα.

5.2 Διερεύνηση ενεργειακής τροφοδότησης θερμοκηπίων

5.2.1 Εισαγωγή στα θερμοκήπια

Σε μια μικρή ιστορική αναδρομή θα μπορούσαμε να πούμε πως τα θερμοκήπια δεν είναι υπόθεση των τελευταίων χρόνων. Ένα από τα πρώτα θερμοκήπια που φτιάχτηκαν στην Ευρώπη ήταν στη Βοημία περίπου το 1680. Στο θερμοκήπιο αυτό καλλιεργήθηκαν οι πρώτες ορχιδέες στην Ευρώπη. Αργότερα, περίπου το 1750, ο πρίγκιπας του Λίχενσταϊν έφτιαξε το πρώτο μεγάλο και θερμαινόμενο θερμοκήπιο στην Ευρώπη στην πόλη Λέντνιτσε που βρίσκεται στη νότια Τσεχία [Hodder et al., 2017].

Η κατασκευή ενός θερμοκηπίου αποτελεί πολύπλοκη διαδικασία. Η επιλογή της τοποθεσίας τους είναι κρίσιμη διότι αυτή πρέπει να εκμεταλλεύεται πλήρως την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία αλλά παράλληλα να δίνει την δυνατότητα για εύκολη πρόσβαση σε νερό το οποίο χρησιμοποιείται για πότισμα των καλλιεργειών. Όσον αφορά το μέγεθος των θερμοκηπίων, είναι γνωστό ότι τα μεγάλα θερμοκήπια είναι περισσότερο αποτελεσματικά και περισσότερο κερδοφόρα από τα μικρότερα καθώς το κέρδος που αποδίδουν ανά τετραγωνικό μέτρο είναι εμφανώς μεγαλύτερο.

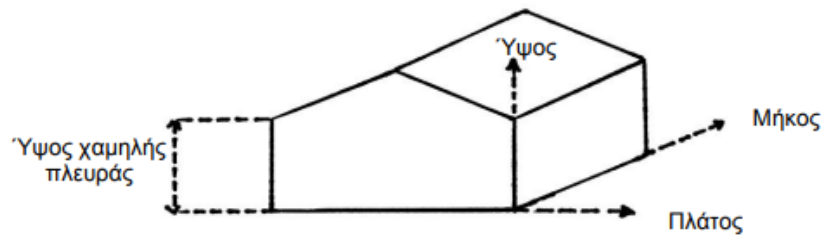
Οι εσωτερικές συνθήκες ενός θερμοκηπίου παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στην λειτουργία του. Κύριος στόχος των εσωτερικών συνθηκών που επικρατούν σε ένα θερμοκήπιο είναι η βελτιστοποίηση της αποδοτικότητας συγκεκριμένων καλλιεργειών. Οι συνθήκες που αφορούν την ανάπτυξη των φυτών και καλλιεργειών εντός του θερμοκηπίου επηρεάζονται από τους εξής παράγοντες :

- Απαιτούμενο φως.
- Θερμοκρασία.
- Υγρασία.
- Διοξείδιο του άνθρακα (CO₂).

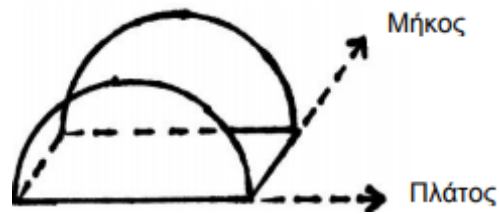
Μια ακόμα κύρια λειτουργία των θερμοκηπίων είναι να παρέχουν προστασία στις καλλιέργειες έναντι δυσμενών καιρικών συνθηκών. Τα θερμοκήπια για παράδειγμα των χωρών του Ευρωπαϊκού Βορρά έχουν βαριές κατασκευές και πολλές φορές αποτελούνται από διπλά τζάμια και διπλή οροφή. Ενώ στις χώρες του Ευρωπαϊκού νότου και ακόμα πιο συγκεκριμένα θα μπορούσαμε να αναφέρουμε το νησί της Κρήτης και συνολικά τα νησιά της Μεσογείου, οι κατασκευές των θερμοκηπίων είναι πολύ πιο ελαφριές και πολλές φορές αποτελούνται από πλαστικό απλωμένο πάνω σε ξύλινο σκελετό, χωρίς απαραίτητα να πραγματοποιείται η διεργασία της θέρμανσης. Λογαριάζοντας όλα τα παραπάνω γίνεται κατανοητό πως η σχεδίαση ενός θερμοκηπίου είναι μια πολύπλοκη διαδικασία που θα πρέπει να αξιολογεί και να εκτιμά σωστά τους παράγοντες που προαναφέρθηκαν έτσι ώστε να μην υπάρχει πρόβλημα στην ανάπτυξη της καλλιέργειας αλλά και στην προστασία της [Αρεστής, 2016].

5.2.2 Διαστασιολόγηση θερμοκηπίου

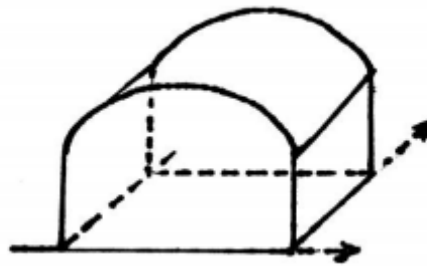
Τα θερμοκήπια παρουσιάζουν εξαιρετικό ενδιαφέρον καθώς διαφέρουν αρκετά το ένα από το άλλο. Αυτή η διαφορά γίνεται αντιληπτή διότι κάθε καλλιέργεια απαιτεί ιδιαίτερη μεταχείριση. Ουσιαστικά οι εσωτερικές συνθήκες για κάθε καλλιέργεια είναι μοναδικές. Συνεπώς γίνεται αντιληπτό ότι και ο σχεδιασμός του εκάστοτε θερμοκηπίου είναι μοναδικός. Βάση των προαναφερθέντων γίνεται έκδηλο ότι η επιλογή των υλικών κατασκευής, των διαστάσεων, των καλυμμάτων και των σκελετών στήριξης, που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή ενός θερμοκηπίου, πραγματοποιείται κάτω από ενδελεχή μελέτη. Τρεις είναι οι βασικοί τύποι θερμοκηπίων και αποτυπώνονται στις εικόνες 5.1, 5.2, και 5.3 [Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, 1992].



Εικόνα 5.1 : Αμφίρρικτο θερμοκήπιο



Εικόνα 5.2 : Τοξωτό θερμοκήπιο



Εικόνα 5.3 : Τροποποιημένο τοξωτό θερμοκήπιο [Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, 1992]



Εικόνα 5.4 : Θερμοκήπιο με κάλυμμα τύπου Fiber Glass

Βάση των τεχνικών προδιαγραφών τις οποίες έχει θεσπίσει το υπουργείο γεωργίας για τον υπολογισμό της θέρμανσης των θερμοκηπίων προτείνεται ενιαίος τρόπος υπολογισμού σε συνδυασμό με τους μετεωρολογικούς πίνακες που υπάρχουν στον ελλαδικό χώρο. Επομένως ο τύπος για την θέρμανση των θερμοκηπίων είναι :

$$Q = (U \cdot A \cdot \Delta T + 0.36 \cdot V \cdot n \cdot \Delta T) \cdot 1.2 \quad (5.1)$$

Οι παράμετροι που υπάρχουν στον τύπο είναι οι έξης :

U : Ολικός συντελεστής θερμοπερατότητας του καλύμματος [$W/m^2 K$]

A : Επιφάνεια καλύμματος [m^2]

ΔT : Διαφορά θερμοκρασίας μέσα και έξω από το θερμοκήπιο (Ως εξωτερική θερμοκρασία λαμβάνεται η δυσμενέστερη θερμοκρασία που εμφανίζεται στην περιοχή και ως εσωτερική θερμοκρασία λαμβάνεται η επιθυμητή θερμοκρασία για την καλλιέργεια που έχουμε επιλέξει) [K]

V : Όγκος του θερμοκηπίου [m^3]

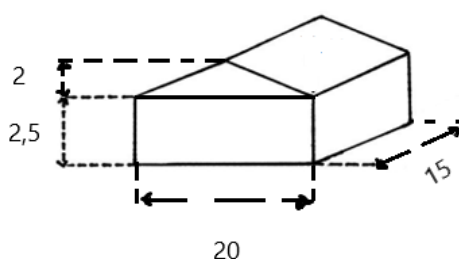
n : Αριθμός αλλαγών του αέρα από διαφυγές με κλειστά παράθυρα ανά ώρα [-]

Πίνακας 5.1 : Συντελεστές θερμοπερατότητας [Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, 1992]

Κάλυμμα θερμοκηπίου	Τιμές U σε [$W/m^2 \text{ } ^\circ C$]
Απλό τζάμι	5,8
Απλό φύλλο πολυαιθυλενίου	6,3
Fiber Glass	4
Διπλό φύλλο πολυαιθυλενίου	2,9
Διπλό τζάμι	2,9
Πλαστικό φύλλο και τζάμι	2,9
Απλό τζάμι και θερμοκουρτίνα	2,4

Πίνακας 5.2 : Συντελεστές αλλαγών ωρών για θερμοκήπια [Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, 1992]

Τύπος κατασκευής	Αλλαγές ανά ώρα (n)
Νέα κατασκευή υαλόφρακτο	0,8-1,8
Νέα κατασκευή με απλό φύλλο πολυαιθυλενίου	0,8-2,5
Νέα κατασκευή με διπλό φύλλο πολυαιθυλενίου	0,5-1,2
Παλαιά κατασκευή υαλόφρακτου με καλή συντήρηση	1,5
Παλαιά κατασκευή υαλόφρακτου με κακή συντήρηση	2,5



Εικόνα 5.5 : Διαστάσεις θερμοκηπίου σε μέτρα

Για τις ανάγκες της συγκεκριμένης δραστηριότητας, και λαμβάνοντας υπόψη τα προαναφερθέντα προτείνεται η κατασκευή αμφίρρικτου θερμοκηπίου. Για τις παραμέτρους υιοθετούνται οι έξης τιμές :

- $U=4 \text{ W/m}^2\text{K}$, αυτή η τιμή στο συντελεστή θερμοπερατότητας αντιστοιχεί σε υλικό καλύμματος τύπου Fiber Glass. Η επιλογή του συγκεκριμένου υλικού έγινε διότι αυτό έχει πολύ καλές ιδιότητες αντοχής και επιπλέον είναι ικανό να έχει διάρκεια ζωής ακόμα και μέχρι 20 χρόνια.
- $n=0.8$, διότι επιλέγεται η βέλτιστη επιλογή που είναι η νέα κατασκευή με υαλόφρακτο.
- Απόλυτη ελάχιστη θερμοκρασία που μπορεί να επιλεγεί για τους υπολογισμούς στην θέρμανση του θερμοκηπίου είναι $-9 \text{ }^\circ\text{C}$ [TEE, 2010γ].
- $V= 750 \text{ m}^3$, αυτή η τιμή προκύπτει βάση των διαστάσεων του θερμοκηπίου που δόθηκαν στην εικόνα 5.5. Η επιφάνεια του καλύμματος από την ίδια εικόνα θα ισούται με 300 m^2 .
- Τέλος η εσωτερική επιθυμητή θερμοκρασία που θα επιλεγεί είναι $30 \text{ }^\circ\text{C}$. Αυτή σαφώς εξαρτάται από την εκάστοτε καλλιέργεια που τοποθετείται εντός του θερμοκηπίου.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, από την εξίσωση 5.1 προκύπτει θερμική ισχύ $Q=111.6$ kW. Με δεδομένο ότι η διαθέσιμη αδιάθετη θερμότητα του πριονιδίου είναι 450 kW (για 60 τόνους πριονίδι, βλ. ενότητα 3.3), προκύπτει δυνατότητα εγκατάστασης 1200 m² θερμοκηπίων, τα οποία υπερκαλύπτονται από τα 4340 m² συνολικής έκτασης της βιομηχανίας.

5.3 Διερεύνηση εγκατάστασης φωτοβολταϊκών στοιχείων

5.3.1 Εισαγωγικά στοιχεία

Είναι γνωστό ότι τα φωτοβολταϊκά αποτελούνται από ημιαγωγούς (συνήθως από Πυρίτιο, Si αλλά και Γερμάνιο Ge) οι οποίοι ενώνονται με σκοπό να δημιουργήσουν ένα κύκλωμα σε σειρά. Οι ημιαγωγοί αυτοί απορροφούν φωτόνια από την ηλιακή ακτινοβολία και παράγουν ηλεκτρική τάση. Η λειτουργία των φωτοβολταϊκών βασίζεται στο φωτοβολταϊκό φαινόμενο. Το φαινόμενο ουσιαστικά αξιοποιεί την ικανότητα των ημιαγωγών να μετατρέπουν το ηλιακό φως σε ηλεκτρική ενέργεια. Η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία δημιουργεί κίνηση φορτισμένων σωματιδίων μέσα στον ημιαγωγό παράγοντας τελικά το ηλεκτρικό ρεύμα [Duffie and Beckman, 2013].

Το βασικό δομικό στοιχείο που συντελεί στην πραγματοποίηση του φαινομένου είναι το φωτοβολταϊκό κελί. Τα κελιά αυτά διαφοροποιούνται ανάλογα με την απόδοση τους και το κόστος τους. Οι τύποι φωτοβολταϊκών που χρησιμοποιούνται συνήθως είναι οι εξής :

- Μονοκρυσταλικού πυριτίου. Αυτή η κατηγορία φωτοβολταϊκών έχει απόδοση της τάξεως του 15% αλλά το κόστος τους είναι υψηλό.
- Πολυκρυσταλικού πυριτίου. Σε αυτή την κατηγορία το κόστος παραγωγής τους συγκριτικά με τον προηγούμενο τύπο είναι συνήθως χαμηλότερο με την απόδοση του να κυμαίνεται από 13 με 16 τοις εκατό. Είναι τα επικρατέστερα φωτοβολταϊκά στην αγορά.
- Υπάρχουν τέλος τα φωτοβολταϊκά υλικά λεπτών υμενίων. Τα συγκεκριμένα έχουν αρκετά χαμηλότερη απόδοση σε σχέση με τις δυο προηγούμενες κατηγορίες (~8%) αλλά είναι και αρκετά φθηνότερα [Σουλιώτης, Πανάρας 2019].



Εικόνα 5.6 : Πολυκρυσταλικό φωτοβολταϊκό



Εικόνα 5.7 : Μονοκρυσταλικό φωτοβολταϊκό

Το φωτοβολταϊκό κελί αν και αποτελεί ένα στοιχείο ικανό για παραγωγή ενέργειας δεν χρησιμοποιείται μόνο του. Στις εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, χρησιμοποιούνται φωτοβολταϊκά πλαίσια τα οποία είναι κελιά που έχουν συνδεθεί με κατάλληλο τρόπο έτσι ώστε να βελτιστοποιηθεί η απόδοσή τους. Για την κάλυψη των αναγκών αλλά και την επίτευξη της κατάλληλης τάσης χρησιμοποιούνται παράλληλα και σε σειρά πλαίσια. Η συνολική διευρυμένη διάταξη φωτοβολταϊκών πάνελ ονομάζεται συστοιχία.



Εικόνα 5.8 : Φωτοβολταϊκό συγκρότημα

5.3.1 Μοντέλο υπολογισμών παραμέτρων φωτοβολταϊκού συστήματος

Η εγκατάσταση φωτοβολταϊκού συστήματος στους χώρους της βιομηχανίας θα προσφέρει την δυνατότητα κάλυψης συγκεκριμένων ενεργειακών αναγκών και στα γραφεία αλλά και στην γραμμή παραγωγής. Επίσης με την διαδικασία του Net-metering η βιομηχανία θα είναι σε θέση να αξιοποιήσει και την πλεονάζουσα ενέργεια που τυχόν θα προκύψει από την όλη εγκατάσταση.

Όσον αφορά την απόδοση των φωτοβολταϊκών συστημάτων αυτή εξαρτάται από το ποσοστό της αξιοποίησης της ηλιακής ακτινοβολίας, που προσπίπτει πάνω στην επιφάνειά τους. Ένας ακόμη καταλυτικός παράγοντας που επηρεάζει τη λειτουργία και την απόδοση των συστημάτων είναι η επιλογή του τύπου των ηλιακών πάνελ όπως αναφέρθηκε, καθώς και ο προσανατολισμός τους και η κλίση που θα έχουν ανάλογα με τη θέση του ήλιου. Η εξίσωση που προτείνεται από το μοντέλο του KENAK για την διαστασιολόγηση των φωτοβολταϊκών είναι :

$$Q_{pv} = A_{pv} \cdot H_t \cdot \eta \quad (5.2)$$

Q_{pv} : η μέση παραγόμενη ενέργεια φωτοβολταϊκών [kWh]

A_{pv} : η επιφάνεια του ηλιακού πάνελ [m^2]

η : Βαθμός απόδοσης φωτοβολταϊκού συστήματος [-]

H_t : Ηλιακή ενέργεια στο επίπεδο του συλλέκτη [kWh/m^2]

Στη συγκεκριμένη υπό μελέτη βιομηχανία αποφασίστηκε η τοποθέτηση πολυκρυσταλλικού πάνελ το οποίο κρίθηκε το πιο κατάλληλο έχοντας βαθμό απόδοσης 16% [ΤΕΕ, 2010α].

Στο μοντέλο που δημιουργήθηκε, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος Liu-Jordan για καλύτερα και ακριβέστερα αποτελέσματα όσον αφορά την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία. Η μέθοδος Liu-Jordan επιτρέπει τον υπολογισμό της ηλιακής ενέργειας σε συγκεκριμένη κλίση, μέσω αντίστοιχων τιμών σε οριζόντιο επίπεδο [Liu and Jordan, 1961]. Για την επίτευξη των υπολογισμών της ηλιακής ενέργειας χρησιμοποιείται η παραπάνω εμπειρική μέθοδος με τύπο :

$$H_T = \left[(0.446 + 2.965 \cdot K_T - 1.727 \cdot K_T^2) \cdot R_b + (1.446 - 2.965 \cdot K_T + 1.727 \cdot K_T^2) \cdot \left(\frac{1 + \cos(\beta)}{2} \right) + \rho \left(\frac{1 - \cos(\beta)}{2} \right) \right] H \quad (5.3)$$

Ο τύπος βασίζεται :

- Στο ποσό της ολικής ηλιακής ενέργειας που προσπίπτει σε οριζόντιο επίπεδο (H) [ΤΕΕ, 2010α].
- Στο δείκτη αιθριότητας.
- Στο συντελεστής ανάκλασης του εδάφους $\rho=0.2$.
- Στο γεωγραφικό πλάτος της πόλης $\varphi = 40^\circ 30'$.
- Στο συντελεστής διόρθωσης.
- Στην κλίση του συλλέκτη που ισούται με $\beta=60^\circ$.

Πίνακας 5.3: Ολική ηλιακή ενέργεια ενέργεια στο οριζόντιο επίπεδο

	H (Kwh/m ²) ανά μήνα)
Ιανουάριος	57.6
Φεβρουάριος	71.3
Μάρτιος	111.2
Απρίλιος	141.1
Μάιος	173.6
Ιούνιος	201.8
Ιούλιος	206.3
Αύγουστος	185.5
Σεπτέμβριος	138.5
Οκτώβριος	97
Νοέμβριος	60
Δεκέμβριος	47.7

Ο συντελεστής αιθριότητας ορίζεται ως το πηλίκο της μέσης ανά μήνα ημερήσιας ολικής ηλιακής ενέργειας στο οριζόντιο επίπεδο της Γής (H) προς τη μέση ανά μήνα ημερήσια ολική ηλιακή ενέργεια στο οριζόντιο επίπεδο στα όρια της ατμόσφαιρας (H₀).

$$K_t = \frac{H}{H_0} \quad (5.4)$$

$$H_0 = \frac{24 \cdot 3600 \cdot I_{sc}}{\pi} \cdot \left[1 + 0.033 \cdot \cos\left(\frac{360 \cdot D_n}{365}\right) \right] \cdot [\cos(\varphi) \cdot \cos(\delta_n) \cdot \sin(\omega_s) + \frac{2 \cdot \pi \cdot \omega_s}{360} \cdot \sin(\varphi) \cdot \sin(\delta_n)] \quad (5.5)$$

Στο τύπο της μέσης ανά μήνα ημερήσιας ολικής ηλιακής ενέργειας στο οριζόντιο επίπεδο στα όρια της ατμόσφαιρας βρίσκουμε τους όρους δ_n και D_n. Υπάρχει σχετικός τύπος για τον υπολογισμό τους.

$$\delta_n = 23.45^\circ \cdot \sin\left(360 \cdot \frac{284 + D_n}{365}\right) \quad (5.6)$$

- Με δ_n συμβολίζεται η απόκλιση του άξονα της Γής ως προς το επίπεδο της ελλειπτικής τροχιάς μετρημένη σε μοίρες.
- Και με D_n συμβολίζεται ο αύξων αριθμός της συγκεκριμένης μέρας του χρόνου.

Πίνακας 5.4 : Αντιπροσωπευτική ημέρα του εκάστοτε μήνα

Ιανουάριος	D _n =17	Φεβρουάριος	D _n =47
Μάρτιος	D _n =75	Απρίλιος	D _n =105
Μάιος	D _n =135	Ιούνιος	D _n =162
Ιούλιος	D _n =198	Αύγουστος	D _n =162
Σεπτέμβριος	D _n =258	Οκτώβριος	D _n =228
Νοέμβριος	D _n =318	Δεκέμβριος	D _n =344

Ο τελευταίος συντελεστής του τύπου της μεθόδου Liu-Jordan για τον υπολογισμό της ηλιακής ενέργειας στο επίπεδο του συλλέκτη είναι ο συντελεστής διόρθωσης R_b . Ο συντελεστής αυτός είναι ο μέσος γεωμετρικός παράγοντας και ισούται με τον λόγο της άμεσης ακτινοβολίας στο κεκλιμένο επίπεδο προς την άμεση ακτινοβολία στο οριζόντιο επίπεδο.

$$R_b = \frac{\cos(\varphi - \beta) \cdot \cos(\delta n) \cdot \sin(\omega' s) + \left(\frac{\pi}{180}\right) \cdot \omega' s \cdot \sin(\varphi - \beta) \cdot \sin(\delta n)}{\cos(\varphi) \cdot \cos(\delta n) \cdot \sin(\omega s) + \left(\frac{\pi}{180}\right) \cdot \omega s \cdot \sin(\varphi) \cdot \sin(\delta n)} \quad (5.7)$$

Για να υπολογιστεί ο συντελεστής R_b πρέπει πρώτα να προσδιοριστούν οι επιμέρους μεταβλητές :

- Η ωριαία γωνία ανατολής ή δύσης του ηλίου για οριζόντια επιφάνεια εκφρασμένη σε μοίρες (ωs) δίνεται από τον τύπο:

$$\omega s = \cos^{-1}(-\tan(\varphi) \cdot \tan(\delta n)) \quad (5.8)$$

- Η ωριαία γωνία δύσης του ήλιου για κεκλιμένη επιφάνεια εκφρασμένη σε μοίρες ($\omega' s$) δίνεται από τον τύπο :

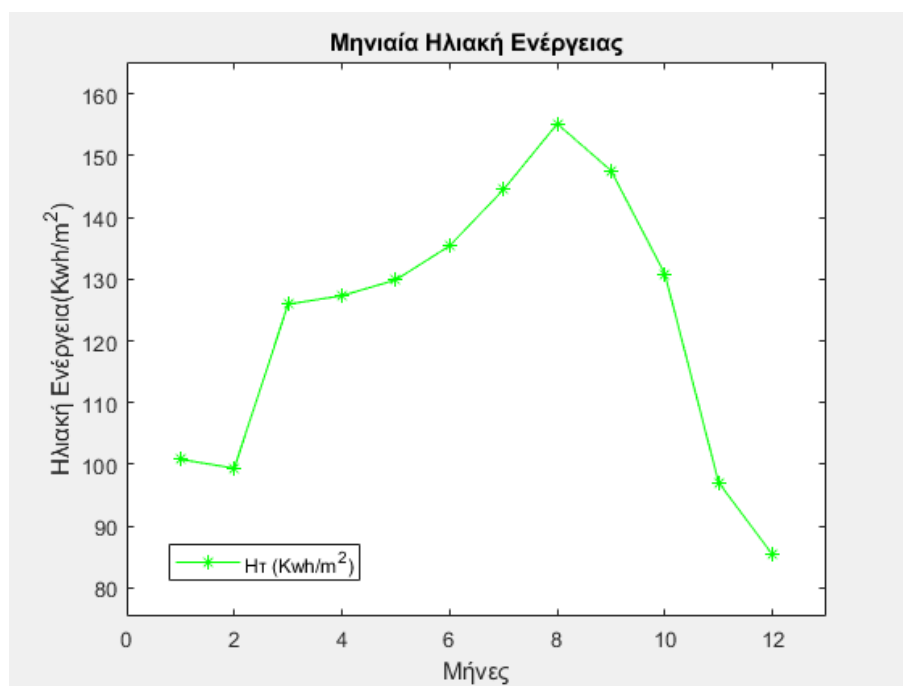
$$\omega' s = \min[\cos^{-1}(-\tan(\varphi) \cdot \tan(\delta n)), \cos^{-1}(-\tan(\varphi - \beta) \cdot \tan(\delta n))] \quad (5.9)$$

5.3.2 Αποτελέσματα του μοντέλου για το φωτοβολταϊκό σύστημα

Βάση των τύπων που αποτυπώθηκαν στη 5.3.1 ενότητα θα δοθούν παρακάτω τα αποτελέσματα που πρόέκυψαν. Θα πρέπει να τονιστεί ότι με το πέρας της μεθόδου έχει υπολογιστεί η συνολική ηλιακή ενέργεια που προσπίπτει στην επιφάνεια του πάνελ, ουσιαστικά αυτή η ενέργεια είναι αυτή που παράγει ένα τετραγωνικό μέτρο εγκατεστημένου φωτοβολταϊκού συστήματος κάθε μήνα του έτους.

Σύμφωνα με το διάγραμμα 5.1 γίνεται εύκολα κατανοητό πως εφόσον η παραγόμενη ενέργεια είναι ανάλογη της προσπίπτουσας ηλιακής ενέργειας οι καλοκαιρινοί μήνες θα προσφέρουν μεγαλύτερα ενεργειακά κέρδη. Αναλυτικότερα τον Αύγουστο υπάρχει η δυνατότητα παραγωγής 155.2 kWh για κάθε τετραγωνικό μέτρο φωτοβολταϊκού που τοποθετείται και ουσιαστικά είναι η μέγιστη τιμή ηλιακής ενέργειας που μπορεί να επιτευχτεί. Ενώ αντίθετη κατάσταση επικρατεί τους χειμερινούς μήνες όπου η παραγωγικότητα τους πέφτει καθώς οι τιμές της ηλιακής

ενέργειας. Συγκεκριμένα για τον μήνα Δεκέμβριο έχουμε 85.4 kWh/m^2 και είναι η μικρότερη τιμή που μπορούμε να επιτύχουμε ετησίως.



Διάγραμμα 5.1 : Μηνιαία ηλιακή ενέργεια

Θα προταθούν τρία πιθανά σενάρια για τον αριθμό των τετραγωνικών μέτρων φωτοβολταϊκών που θα ήταν δόκιμο να τοποθετηθούν. Τα τρία σενάρια βασίζονται στην κάλυψη 20%, 40% και 60% της ηλεκτρικής κατανάλωσης της γραμμής παράγωγης συγκεκριμένα των κτιρίων κοπής/επεξεργασίας κορμών, του λεβητοστασίου και του ξηραντήριου μέσω φωτοβολταϊκών συστημάτων.

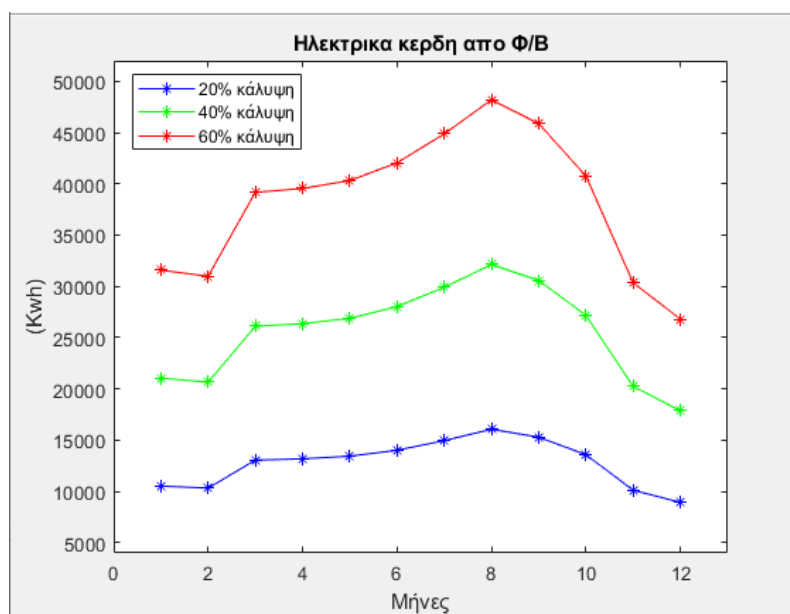
Παρακάτω θα δοθούν οι πίνακες των ποσών ενέργειας που παράγει το φωτοβολταϊκό σύστημα για κάθε ένα από τα τρία παραπάνω σενάρια εγκατάστασης. Όπως σχολιάσαμε στην περίπτωση της Μηνιαίας Ηλιακής Ενέργειας (Ht) αναμένουμε η παραγόμενη ενέργεια να παίρνει την μέγιστη τιμή της τον μήνα Αύγουστο ενώ η ελάχιστη ποσότητα παραγόμενης ενέργειας περιμένουμε να βρίσκεται στον μήνα Δεκέμβριο. Βάση αυτού και των αποτελεσμάτων που θα δοθούν παρακάτω θα γίνει αντιληπτό ότι επειδή τους χειμερινούς μήνες το λεβητοστάσιο ανεβάζει τις ηλεκτρικές καταναλώσεις της γραμμής παράγωγης, το επιθυμητό ποσοστό κάλυψης για κάθε σενάριο μπορεί να μην επιτυγχάνεται, αντίθετα τους υπόλοιπους μήνες του χρόνου το ποσοστό κάλυψης του φορτίου της γραμμής παράγωγης καλύπτεται και σε συγκεκριμένους μήνες είναι και πιο πάνω από το επιθυμητό ποσοστό. Τονίζεται ότι τελικά ετησίως επιτυγχάνεται το επιθυμητό ποσοστό κάλυψης για κάθε σενάριο αυτό γίνεται εμφανές από τον πίνακα 5.7 και το διάγραμμα 5.3.

Πίνακας 5.5 : Μηνιαία ηλεκτρικά κέρδη από το φωτοβολταϊκό σύστημα για κάθε σενάριο

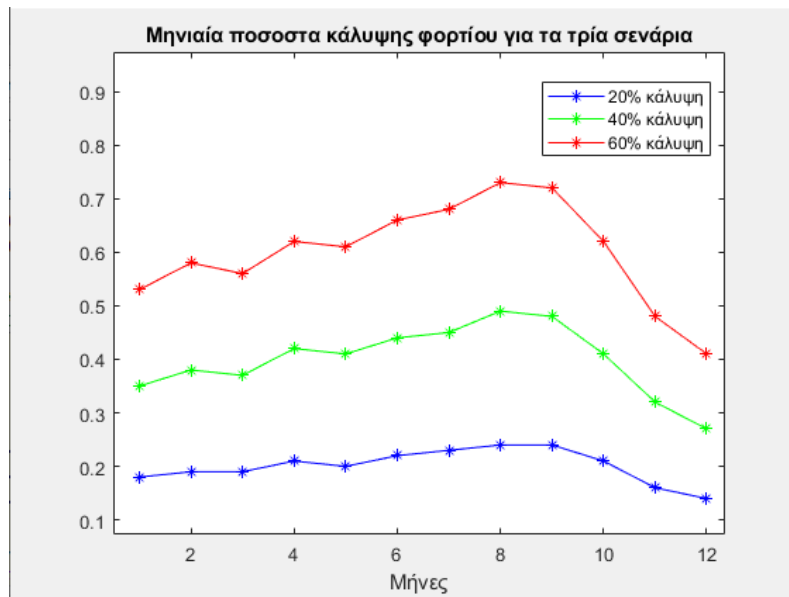
	Ιανουάριος	Φεβρουάριος	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος	Οκτώβριος	Νοέμβριος	Δεκέμβριος
Q _{pv} (kwh) 20%	3590,6	3523,2	4453,3	4496,1	4584,4	4780,9	5101,8	5479,5	5215,7	4633,9	3451,3	3047,2
Q _{pv} (kwh) 40%	7181,3	7046,5	8906,7	8992,2	9168,8	9561,7	10203,6	10959,1	10431,4	9267,9	6902,7	6094,4
Q _{pv} (kwh) 60%	10771,9	10569,7	13360,0	13488,4	13753,2	14342,6	15305,4	16438,6	15647,2	13901,8	10354,0	9141,6

Πίνακας 5.6 : Ποσοστά κάλυψης για κάθε σενάριο

Ποσοστά κάλυψης	Ιανουάριος	Φεβρουάριος	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος	Σεπτέμβριος	Οκτώβριος	Νοέμβριος	Δεκέμβριος
Q _{pv} (kwh) 20%	0,18	0,19	0,19	0,21	0,20	0,22	0,23	0,24	0,24	0,21	0,16	0,14
Q _{pv} (kwh) 40%	0,35	0,38	0,37	0,42	0,41	0,44	0,45	0,49	0,48	0,41	0,32	0,27
Q _{pv} (kwh) 60%	0,53	0,58	0,56	0,62	0,61	0,66	0,68	0,73	0,72	0,62	0,48	0,41



Διάγραμμα 5.2 : Ηλεκτρικά κέρδη φωτοβολταϊκού συστήματος για κάθε σενάριο



Διάγραμμα 5.3 : Μηνιαία ποσοστά κάλυψης φορτίου για την γραμμή παράγωγης για κάθε σενάριο

5.3.3 Οικονομική επισκόπηση της επένδυσης

Μετά από ενδελεχή αναζήτηση και σύγκριση τιμών για εγκατάσταση φωτοβολταϊκών συστημάτων βρέθηκε μια ενδεικτική τιμή για πολυκρυσταλικό φωτοβολταϊκό 300 ευρώ ανά τετραγωνικό μέτρο καθώς επίσης βάση των σημερινών δεδομένων πάρθηκε ως τιμή kWh 15 cent την οποία θέτει η ΔΕΗ. Άρα με αυτά τα δεδομένα είναι δυνατή η αποτύπωση της χρηματικής επένδυσης που είναι αναγκαία για καθένα από τα τρία πιθανά σενάρια που έχουμε προτείνει καθώς επίσης και τον χρόνο απόσβεσης αυτής.

Στο πρώτο σενάριο (20% ενεργειακή κάλυψη της γραμμής παράγωγης) έχουμε επένδυση που ανέρχεται στα 193 χιλιάδες ευρώ με εγκατάσταση 645 τετραγωνικών μέτρων φωτοβολταϊκών και πραγματοποιείται απόσβεση στα 8 χρόνια αφότου γίνει η εγκατάσταση του συστήματος.

Στο δεύτερο σενάριο (40% ενεργειακή κάλυψη της γραμμής παράγωγης) έχουμε επένδυση που βρίσκεται στο επίπεδο των 387 χιλιάδων ευρώ με εγκατάσταση 1290 τετραγωνικών μέτρων φωτοβολταϊκών και η απόσβεση της πραγματοποιείται στα 8 χρόνια αφότου γίνει η εγκατάσταση του συστήματος.

Στο τρίτο και τελευταίο σενάριο (60% ενεργειακή κάλυψη της γραμμής παράγωγης) έχουμε επένδυση της τάξεως των 580 χιλιάδων ευρώ με εγκατάσταση 1935 τετραγωνικών μέτρων φωτοβολταϊκών και η απόσβεση της πραγματοποιείται σε 8 χρόνια αφότου γίνει η εγκατάσταση του συστήματος.

Γίνεται αντιληπτό ότι η επένδυση για 20% ποσοστού κάλυψης του φορτίου της γραμμής παράγωγης είναι βιώσιμη και σαφώς εξαρτάται από τον ιδιοκτήτη της

βιομηχανίας. Η απόσβεση σε κάθε σενάριο έχει τον ίδιο χρονικό ορίζοντα διότι υπάρχει αναλογικότητα στον υπολογισμό του κέρδους που μας προσφέρει το σύστημα και της αντίστοιχης επένδυσης. Προφανώς το τρίτο σενάριο είναι και το πιο ακριβό αλλά είναι εύλογο να αναλογιστούμε ότι με αυτό το σενάριο επιτυγχάνεται υψηλή κάλυψη των καταναλώσεων της γραμμής παράγωγης. Στον πίνακα 5.8 παρουσιάζεται συνοπτικά η επένδυση για τα τρία πιθανά σενάρια.

Πίνακας 5.7 : Επένδυση για το φωτοβολταϊκό σύστημα για κάθε σενάριο

Ποσοστά κάλυψης	Κόστος εγκατάστασης σε ευρώ	Έτη απόσβεσης	m ²
20%	193500	8	645
40%	387000	8	1290
60%	580500	8	1935

6. Συμπεράσματα

Στόχος της παρούσας εργασίας ήταν η ενεργειακή ανάλυση βιομηχανικής μονάδας παραγωγής ξυλείας. Η ενεργειακή συμπεριφορά της γραμμής παραγωγής έδειξε ότι οι ηλεκτρικές καταναλώσεις της βιομηχανίας παρουσιάζουν σταθερό μοτίβο. Θα πρέπει να τονιστεί ότι τους χειμερινούς μήνες οι καταναλώσεις στα κτίρια κοπής και επεξεργασίας των κορμών είναι σχετικά χαμηλότερες συγκριτικά με το υπόλοιπο έτος και αυτό εξηγείται με το γεγονός ότι τους χειμερινούς μήνες (και κυρίως Ιανουαρίου και Φεβρουαρίου) πραγματοποιείται υλοτόμηση των κορμών και επομένως η βιομηχανία δεν έχει αρκετή διαθέσιμη πρώτη υλη. Για αυτό τον λόγο, για τους χειμερινούς, η εστίαση του ενδιαφέροντος της γραμμής παράγωγης επικεντρώνεται στο συγκρότημα ξηραντήριο-λεβητοστάσιο παρά στα κτίρια κοπής και επεξεργασίας των κορμών.

Σχετικά με τον υπολογισμό των θερμικών φορτίων του κελύφους των γραφείων της βιομηχανίας σημειώνεται ότι οι θερμικές απώλειες μεγιστοποιούνται τους χειμερινούς μήνες σε αντίθεση με τα θερμικά κέρδη που μεγιστοποιούνται τους θερινούς μήνες, ενώ το κτίριο εμφανίζει ικανοποιητική θερμομονωτική συμπεριφορά και ενεργειακή αποδοτικότητα.

Όσον αφορά τις ενεργειακές παρεμβάσεις που προτείνονται, αυτές επικεντρώθηκαν σε θέματα κάλυψης των ενεργειακών καταναλώσεων από Ανανεώσιμες Πηγές, και ειδικότερα από φωτοβολταϊκά πλαίσια, παρά σε επεμβάσεις εξοικονόμησης. Ο εξοπλισμός της βιομηχανίας κρίνεται ως αποδοτικός, ενώ και το κέλυφος των γραφείων έχει επαρκή θερμομονωτικά χαρακτηριστικά. Η διερεύνηση κάλυψης των αναγκών με φωτοβολταϊκά πλαίσια, έδειξε ότι μπορεί να αποτελέσει μια ενεργειακά και οικονομικά αποδοτική επιλογή, με χρόνο αποπληρωμής τα 8 έτη. Προτείνεται το ποσοστό κάλυψης φορτίου να ανέρχεται σε 20%, με απαιτούμενη επιφάνεια 645 τετραγωνικών μέτρων φωτοβολταϊκών, η οποία είναι διαθέσιμη.

Η διερεύνηση εγκατάστασης θερμοκηπίων, θα βοηθήσει στην θερμική εκμετάλλευση της σημαντικής ποσότητας πριονιδίου που παράγεται, ενώ μπορεί να αποτελέσει, αν δημιουργηθούν ευνοϊκές συνθήκες καλλιέργειας των εν λόγω σπάνιων ειδών, και μια επικερδή επένδυση. Με δεδομένο το θερμικό δυναμικό της βιομηχανίας, οι σχετικοί υπολογισμοί καταδείξαν τη δυνατότητα εγκατάστασης 1200 m², ή 450 kW θερμικής απαίτησης. Το μοντέλο που αναπτύχθηκε θα μπορούσε να αξιοποιηθεί από τη βιομηχανία σε αντίστοιχους υπολογισμούς ενεργειακής ανάλυσης και διερεύνησης σκοπιμότητας σχετικών παρεμβάσεων.

Βιβλιογραφία

ANSI/ASAE (American Society of Agricultural Engineers) , Heating, Ventilating and Cooling Greenhouses, 2003.

Hodder A., Gutierrez D., Nicola S., Shamilov A. : Good Agricultural Practices for greenhouse vegetable production in the South East European countries : Principles for sustainable intensification of smallholder farms Rome , 2017.

John A. Duffie, William A. Beckman(auth.)-Solar Engineering of Thermal Processes, Fourth Edition 2013.

Liu B. Y. H., and Jordan R. C., Daily insolation on surfaces tilted toward the equator. ASHRAE J. 3(10), 53-59 , 1961.

Spitler J.D, McQuiston F.C., Lindsey K.L., 1993. The CLTD/SCL/CLF Cooling Load Calculation Method. ASHRAE Transactions. 99(1): 183-192

Αρεστής Π., Καράλη Ζ. : Μελέτη Ενεργειακών Αναγκών Θερμοκηπίων και προτάσεις για την χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για την κάλυψη μέρους ενεργειακών αναγκών , 2016

Βαλλιανός Γ. : Επιστημονικός ορισμός ξύλου, el.m.wikipedia.org , 2020.

Κακαράς Ι. , Το ξύλο ως υλικό , είδη ξύλων-ιδιότητες-εφαρμογές, 2008.

Μοντέλο ημισταθερής κατάστασης EN ISO13790 (ΕΛΟΤ 2008)

ΕΛΟΤ, 2008. ΕΛΟΤ EN ISO 13790 E2: Ενεργειακή επίδοση κτηρίων - Υπολογισμός των απαιτήσεων ενέργειας για τη θέρμανση και την ψύξη χώρων. Αθήνα.

Πανάρας Γ. Σημειώσεις μαθήματος Ενεργειακός Σχεδιασμός Κτιρίων Ι, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Κοζάνη, 2018-19.

Πανάρας Γ. Σημειώσεις μαθήματος Ενεργειακός Σχεδιασμός Κτιρίων ΙΙ, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Κοζάνη, 2018-19.

Πανάρας Γ. Σημειώσεις μαθήματος Θέρμανση, Ψύξη και Κλιματισμός , Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Κοζάνη, 2018-19.

Παπαχαρίσιου Σ. Θ. : Τεύχος Μελέτης Περιβαλλοντικών όρων λόγω κτιριακής και ηλεκτρομηχανολογικής επέκτασης σε Βιομηχανία Επεξεργασίας Ξύλου , 2017.

Σουλιώτης Ε. Σημειώσεις μαθήματος Ηλιακή τεχνική, 2019.

Ταταράκη Κ. Διδακτορική διατριβή : Συστήματα συμπαραγωγής ηλεκτρισμού, θερμότητας και ψύξης σε θερμοκήπια: έλεγχος βιωσιμότητας και σχεδιασμός. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 2019.

Τσουμής Γ. Δομή, Ιδιότητες και Αξιοποίηση Ξύλου (Επιστήμη και Τεχνολογία Ξύλου) , 1983.

ΤΕΕ, 2010α. ΤΟΤΕΕ20701-1: Αναλυτικές Εθνικές Προδιαγραφές Παραμέτρων για τον Υπολογισμό της Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων και την Έκδοση Πιστοποιητικού Ενεργειακής Απόδοσης

ΤΕΕ, 2010β. ΤΟΤΕΕ 20701-2. Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτιρίων.

ΤΕΕ, 2010γ. ΤΟΤΕΕ 20701-3. Κλιματικά δεδομένα ελληνικών περιοχών.

Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων γενική διεύθυνση φυτικής παραγωγής : Τεχνικές προδιαγραφές θερμοκηπίων , 1992.

Παράρτημα

Π1 Κώδικες ενεργειακού μοντέλου

Π1.1 Κώδικες που αφορούν τα γραφεία

```
clc;clear;

x=[ 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 ];
y= [1321.69 1145.10 1106.81 828.98 525.91 -311.25 -446.90 -414.49 -
179.43 706.19 974.18 1229.18];
figure(1)
plot ( x , y , '-r*' )
xlabel('Μήνες')
ylabel('Q vent (Kwh)')
dim= [min(x)-1 max(x) + 2 min(y)-150 max(y) + 100];
axis(dim);
title( ' Διάγραμμα του Q vent' )

y2=[1716.57 1492.97 1432.10 1252.07 1057.42 287.48 178.87 201.60
384.27 1207.43 1410.44 1643.84];
figure(2)
plot ( x , y2 , '-r*' )
xlabel('Μήνες')
ylabel('Q con (Kwh)')
dim2= [min(x)-1 max(x) + 2 min(y2)-150 max(y2) + 100];
axis(dim2);
title( ' Διάγραμμα του Q con' )

y3=[3038.26 2638.07 2538.91 2081.05 1583.33 -23.76 -268.03 -212.89
204.84 1913.62 2384.62 2873.02];
figure(3)
plot ( x , y3 , '-r*' )
xlabel('Μήνες')
ylabel('Q loss (kwh)')
dim3= [min(x)-1 max(x) + 2 min(y3)-150 max(y3) + 100];
axis(dim3);
title( ' Διάγραμμα του Q loss' )

y4=[566.69 571.86 820.50 957.11 1109.05 1243.18 1287.68 1230.27
970.34 748.74 552.92 485.70];
figure(4)
plot ( x , y4 , '-g*' )
xlabel('Μήνες')
ylabel('Q sol (Kwh)')
dim4= [min(x)-1 max(x) + 2 min(y4)-100 max(y4) + 50];
axis(dim4);
title( ' Διάγραμμα του Q sol ' )

y5=[691.52 624.60 691.52 669.22 691.52 669.22 691.52 691.52
669.22 691.52 669.22 691.52];
figure(5)
plot ( x , y5 , '-g*' )
xlabel('Μήνες')
ylabel('Q int (Kwh) ' )
```

```

dim5= [min(x)-1 max(x) + 2 min(y5)-100 max(y5) + 100];
axis(dim5);
title( ' Διάγραμμα του Q int' )

y6=[1258.22 1196.47 1512.02 1626.32 1800.57 1912.40 1979.20 1921.79
1639.56 1440.27 1222.14 1177.23];
figure(6)
plot ( x , y6 , '-g*' )
xlabel('Μήνες')
ylabel('Q gain (Kwh) ')
dim6= [min(x)-1 max(x) + 2 min(y6)-100 max(y6) + 100];
axis(dim6);
title( ' Διάγραμμα του Q gain' )

figure(7)

y3=[3038.26 2638.07 2538.91 2081.05 1583.33 -23.76 -268.03 -212.89
204.84 1913.62 2384.62 2873.02];
plot( x, y3 , '-r*' )
hold on
y6=[1258.22 1196.47 1512.02 1626.32 1800.57 1912.40 1979.20 1921.79
1639.56 1440.27 1222.14 1177.23];
plot(x, y6 , '-g*')
dim65= [min(x)-1 max(x) + 2 min(y6)-1800 max(y6) + 1500];
axis(dim65);
xlabel('Μήνες')
ylabel(' (Kwh)')
title( 'Διάγραμμα των Q gain και Q loss' )

```

Π1.2 Κώδικες που αφορούν την γραμμή παραγωγής

```

y7=[7 7 10 20 25 25 25 25 25 20 15 10];

figure(8)
plot ( x , y7 , '-g*' )
xlabel('Μήνες')
ylabel(' (m^3/day) ')
dim7= [min(x)-1 max(x) + 3 min(y7)-5 max(y7) + 5];
axis(dim7);
title( ' Διάγραμμα εισερχόμενης ποσότητας κορμών στο κτίριο Β ' )

y8=[ 1 1 1.4 6 7 7 7 7 7 6 5.5 5 ];
figure(9)
plot ( x , y8 , '-r*' )
xlabel('Μήνες')
ylabel(' (m^3/day) ')
dim10= [min(x)-1 max(x) + 3 min(y8)-3 max(y8) + 3];
axis(dim10);
title( ' Διάγραμμα πρινιδιού που προκύπτει στο κτίριο Β ' )
figure(10)

y8=[ 1 1 1.4 6 7 7 7 7 7 6 5.5 5 ];
plot( x, y8 , '-r*' )
hold on
y7=[7 7 10 20 25 25 25 25 25 20 15 10];
plot(x, y7 , '-g*')
dim9= [min(x)-1 max(x) + 2 min(y7)-10 max(y7) + 10];
axis(dim9);
xlabel('Μήνες')

```

```
ylabel('m^3/day')
title('Διάγραμμα πρινιδιού σε συνάρτηση με την εισερχόμενη ποσότητα
ξύλου στο κτίριο B')
```

Π1.3 Κώδικες κατανάλωσης για ξηραντήριο, λεβητοστάσιο, κτίριο B και B'

```
clc;clear;
```

```
x=[ 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 ];
y1=[26455 23895 26455 25602 26455 25602 26455 26455 26455
25602 26455 25602 26455] ;
```

```
figure(1)
plot ( x , y1 , '-r*' )
xlabel('Μήνες')
ylabel('Κατανάλωση ξηραντηρίου (Kwh)')
dim1= [min(x)-1 max(x) + 1 min(y1)-2000 max(y1) + 1000];
axis(dim1);
title(' Διάγραμμα κατανάλωσης ξηραντηρίου ')
```

```
y2= [26053 23531 26053 12606 13446 12606 13446 13446 12606
13446 12606 13446];
```

```
figure(2)
plot ( x , y2 , '-r*' )
xlabel('Μήνες')
ylabel('Κατανάλωση λεβητοστασίου (Kwh)')
dim2= [min(x)-1 max(x) + 1 min(y2)-2000 max(y2) + 1000];
axis(dim2);
title(' Διάγραμμα κατανάλωσης λεβητοστασίου ')
```

```
y3=[4251 3840 14881 14401 14881 14401 14881 14881 14401
14881 14401 14881];
```

```
figure(3)
plot ( x , y3 , '-r*' )
xlabel('Μήνες')
ylabel('Κατανάλωση κτιρίου B(Kwh)')
dim3= [min(x)-1 max(x) + 1 min(y3)-5000 max(y3) + 15000];
axis(dim3);
title(' Διάγραμμα κατανάλωσης κτιρίου B σε συνθήκες 7 ωρης
λειτουργίας ')
```

```
y4=[2811 2539 2811 10884 11246 10884 11246 11246
10884 11246 10884 11246];
```

```
figure(4)
plot ( x , y4 , '-b*' )
xlabel('Μήνες')
ylabel('Κατανάλωση κτιρίου B(Kwh)')
dim4= [min(x)-1 max(x) + 1 min(y4)-5000 max(y4) + 15000];
axis(dim4);
title(' Διάγραμμα κατανάλωσης κτιρίου B σε συνθήκες 4
ωρης λειτουργίας')
```

```
figure(5)
y4=[6376 5759 6376 24684 25506 24684 25506 25506
24684 25506 24684 25506];
```

```

plot( x, y4 , '-b*')
hold on
y3=[4251 3840 14881 14401 14881 14401 14881 14881 14401
14881 14401 14881];
plot(x, y3 , '-r*')
dim65= [min(x)-1 max(x)+1 min(y3)-1000 max(y3) + 15000];
axis(dim65);
xlabel('Μήνες')
ylabel('(Kwh)')
title(' Συνδισσμένο διάγραμμα κατανάλωσης κτιρίου B')
figure(6)

y10=[546.84 493.92 546.84 2116.8 2187.36 2116.8 2187.36 2187.36
2116.8 2187.36 2116.8 2187.36];
plot ( x , y10 , '-g*' )
xlabel('Μήνες')
ylabel(' Κατανάλωση κτιρίου B' '(Kwh) ')
dim7= [min(x)-1 max(x) + 3 min(y10)-350 max(y10) + 500];
axis(dim7);
title( ' Διάγραμμα κατανάλωσης κτιρίου B' ' ')

```

Π1.4 Κώδικες ηλεκτρικών κερδών για τα τρία σενάρια

```

x=[1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12];
Qpv20=[10527.1 10329.5 13056.4 13181.8 13440.6 14016.6 14957.6 16065
15291.5 13585.9 10118.7 8933.8];
Qpv40=[21054.2 20658.9 26112.8 26363.6 26881.2 28033.2 29915.1
32130.1 30583.1 27171.7 20237.4 17867.6];
Qpv60=[31581.3 30988.4 39169.2 39545.5 40321.7 42049.8 44872.7
48195.1 45874.6 40757.6 30356.0 26801.5];
plot(x, Qpv20 , '-c*')
hold on
plot(x, Qpv40 , '-g*')
plot(x, Qpv60 , '-y*')
dim65= [min(x)-1 max(x)+1 min(Qpv20)-5000 max( Qpv20) + 35000];
axis(dim65);
xlabel('Μήνες')
ylabel('(Kwh)')
title( 'Ηλεκτρικά κερδη απο Φ/B')

%%
x=[1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12];

P20=[0.18 0.19 0.19 0.21 0.20 0.22 0.23 0.24
0.24 0.21 0.16 0.14];
P40=[0.35 0.38 0.37 0.42 0.41 0.44 0.45 0.49
0.48 0.41 0.32 0.27];
P60=[0.53 0.58 0.56 0.62 0.61 0.66 0.68 0.73
0.72 0.62 0.48 0.41];
plot(x,P20, '-b*')
hold on
plot(x, P40 , '-g*')
plot(x, P60 , '-r*')
dim65= [min(x)-1 max(x)+1 min(P20)-1 max(P20) + 1];
axis(dim65);
xlabel('Μήνες')
title( 'Μηνιαία ποσοστα κάλυψης φορτίου για τα τρία σενάρια')

```