

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ



ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ: Ενεργειακή Ανάλυση Θερμοκηπιακής Μονάδας

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΑΡΒΑΝΙΤΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΓΙΑΝΝΑΔΑΚΗΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ

Περίληψη

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Γιανναδάκη Αθανάσιο, για την καθοδήγηση και τις γνώσεις που μου προσέφερε καθ' όλη την διάρκεια συγγραφής της εργασίας. Θα ήθελα να ευχαριστήσω επίσης και την οικογένειά μου για την στήριξη που μου προσέφερε όλον αυτό τον καιρό.

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αναφέρεται στην ενεργειακή ανάλυση μιας θερμοκηπιακής μονάδας, βασιζόμενη σε πραγματικές μετρήσεις, με σκοπό να βρεθούν οι ενεργειακές ανάγκες της καλλιέργειας καθ' όλη την διάρκεια του έτους. Έπειτα θα αξιολογηθεί η απόδοση του θερμοκηπίου ενεργειακά, και θα προταθούν λύσεις εξοικονόμησης ενέργειας, έτσι ώστε να μετατραπεί σε ένα αποδοτικότερο θερμοκήπιο, εξιδανικεύοντας τις συνθήκες καλλιέργειας με το μικρότερο δυνατό κόστος.

Η ανάπτυξη του θέματος γίνεται σε 4 κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζεται μια συνοπτική αναφορά στο φαινόμενο που βασίζεται η λειτουργία ενός θερμοκηπίου, μια ιστορική αναδρομή που αφορά την εξέλιξη των θερμοκηπίων μέσα στο πέρασ των αιώνων καθώς και τον τρόπο που έφτασε το θερμοκήπιο να είναι στις μέρες μας. Στο τέλος αυτού του κεφαλαίου θα αναφερθούν τα βασικότερα πλεονεκτήματα ενός θερμοκηπίου έναντι μιας συμβατικής καλλιέργειας.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στην ενεργειακή ανάλυση, και την βαρύτητα που έχει για την αποδοτικότερη παραγωγή ενός θερμοκηπίου. Γίνεται επίσης μια ιστορική αναδρομή των κανονισμών και των νόμων που έχουν θεσπιστεί από το κράτος κατά την διάρκεια των χρόνων, με στόχο την εναρμόνιση της χώρας μας με τα Ευρωπαϊκά πρότυπα.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζεται τα βασικά στοιχεία της μελέτης της πτυχιακής. Δίνονται αναλυτικά τα απαραίτητα στοιχεία του θερμοκηπίου και ο τρόπος συλλογής των διαθέσιμων δεδομένων. Στην συνέχεια επεξηγείται ο θεωρητικός τρόπος επίλυσης της μελέτης, μέσω μαθηματικών τύπων.

Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την θεωρητική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο.

Στο πέμπτο κεφάλαιο πραγματοποιείται μια ανάλυση για την βέλτιστη επιλογή τρόπου κάλυψης των ενεργειακών αναγκών του θερμοκηπίου, τους χειμερινούς και τους θερινούς μήνες αντίστοιχα.

Στο έκτο κεφάλαιο, γίνεται μία μελέτη για εγκατάσταση φωτοβολταϊκού συστήματος, με σκοπό την κάλυψη των ηλεκτρικών αναγκών του θερμοκηπίου, καθώς και οικονομοτεχνική ανάλυση των παρεμβάσεων που έχουν πραγματοποιηθεί, παρουσιάζεται ο χρόνος απόσβεσής τους, και γίνεται σύγκριση των χρηματοροών των περιπτώσεων λειτουργίας του θερμοκηπίου. Τέλος στο έβδομο κεφάλαιο, γίνεται μια σύνοψη της πτυχιακής εργασίας καθώς και προτάσεις για περαιτέρω ανάπτυξη του θέματος της παρούσας πτυχιακής.

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	2
1.ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ.....	5
Εισαγωγή	5
1.1 ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ	5
1.2 ΤΑ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΩΝ	6
2.ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ	8
2.1 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΣΤΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ	8
2.1.1 Ενεργειακή Μελέτη τους Χειμερινούς Μήνες	9
2.1.1 Ενεργειακή Μελέτη τους Θερινούς Μήνες.....	11
2.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ	12
2.2.1 Η εξέλιξη της νομοθεσίας για τις ενεργειακές μελέτες στην Ελλάδα	12
2.2.2 Η εξέλιξη του ΚΕΝΑΚ μέσα στο χρόνο.....	13
3.ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ.....	16
3.1 ΑΝΑΦΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΤΗΣ ΠΑΡΟΥΣΑΣ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ	16
3.2 ΓΕΝΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ	16
3.3 ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ	18

3.3.1 Θεωρητική μέθοδος υπολογισμού θερμικών αναγκών	18
3.3.2 Θεωρητική μέθοδος υπολογισμού ψυκτικών αναγκών	22
4. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ	26
4.1 ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ ΔΙΑΘΕΣΙΜΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	26
4.1.2 Βασικοί υπολογισμοί θεμελιωδών στοιχείων	30
4.2.1 Πίνακες και υπολογισμοί δεδομένων μελέτης ενεργειακών αναγκών θέρμανσης.....	33
4.2.2 Πίνακες και υπολογισμοί δεδομένων μελέτης ενεργειακών αναγκών ψύξης	48
5. ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΛΥΨΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ	62
5.1 ΕΥΡΕΣΗ ΒΕΛΤΙΣΤΟΥ ΤΡΟΠΟΥ ΚΑΛΥΨΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΤΟΥΣ ΧΕΙΜΕΡΙΝΟΥΣ ΜΗΝΕΣ	62
5.2 ΕΥΡΕΣΗ ΜΕΘΟΔΟΥ ΚΑΛΥΨΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΤΟΥΣ ΘΕΡΙΝΟΥΣ ΜΗΝΕΣ	72
5.3 ΤΕΛΙΚΑ ΚΟΣΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΚΑΙ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΩΝ ΕΣΟΔΩΝ ΠΡΙΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ.....	76
5.3.1 Τελικά Κόστη Λειτουργίας.....	76
5.3.2 Διαφορά κερδών πριν και μετά την διεξαγωγή ενεργειακής μελέτης	80
6. ΕΡΕΥΝΑ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΩΝ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΙΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΚΟΣΤΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΟΥΣ.....	82
6.1 ΜΕΛΕΤΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	82
6.2 ΚΟΣΤΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΩΝ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΩΝ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΙΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ.....	89
6.2.1 ΚΟΣΤΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΩΝ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΩΝ	89
6.2.2 ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	90
7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	93
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	95
ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ	95

1.ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ

Εισαγωγή

1.1 ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι γνωστό στην ανθρωπότητα τους τελευταίους αιώνες. Το φυσικό αυτό φαινόμενο, προκαλεί την αύξηση θερμοκρασίας στην επιφάνεια της Γης, καθώς και των στρωμάτων της ατμόσφαιρας. Αυτό συμβαίνει χάρη στην ύπαρξη διάφορων αερίων, όπως το μεθάνιο, το διοξείδιο του άνθρακα, το άζωτο, και άλλα ευγενή αέρια, καθώς και νερό στην διπλή του φάση, δηλαδή υδρατμοί. Οι υδρατμοί είναι οι πιο σημαντικοί για το φαινόμενο του θερμοκηπίου . Ο Γάλλος μαθηματικός Ζοζέ Φουριέ (Joseph Fourier) ήταν ο πρώτος που εξέφρασε την έννοια φαινόμενο του θερμοκηπίου, καθώς συμπέρανε πως η ατμόσφαιρα της Γης απορροφά την θερμοκρασία που ανακλάται από την επιφάνειά της, και την διοχετεύει ξανά προς τα εκεί, δημιουργώντας έτσι μια συνεχή ανατροφοδότηση θερμότητας.

Η πρώτη προσπάθεια για την αναπαράσταση του φαινομένου αυτού, έγινε από τον Ελβετό φυσικό Horace Bénédict de Saussure, που κατασκεύασε ένα κουτί από ξύλο και γυαλί και απέτρεπε την ανάμιξη ψυχρού και θερμού αέρα. Παρόλα ταύτα, ο Φουριέ δεν αναφέρθηκε ποτέ για διατήρηση θερμοκρασίας στην ατμόσφαιρα, ούτε χρησιμοποίησε αυτούσια την έννοια φαινόμενο του θερμοκηπίου. Αυτή η τιμή, δίνεται στον φυσικοχημικό Σβάντε Αρρένιους (Svante Arrhenius) όπου δημιούργησε τον όρο το 1896, αφότου δημοσίευσε ένα μοντέλο, όπου επεξηγούσε τον τρόπο που τα αέρια της ατμόσφαιρας αιχμαλωτίζουν την θερμότητα, και δεν την αφήνουν να διαφύγει. Ο Αρρένιους λοιπόν, είναι ο πρώτος που αναφέρεται στην <<θεωρία του θερμοκηπίου>>, η οποία θα γίνει παγκοσμίως γνωστή ως φαινόμενο του θερμοκηπίου, στο έργο του Κόσμοι υπό Δημιουργία. Αυτό το φαινόμενο λοιπόν, πραγματοποιείται καθώς η ατμόσφαιρα επιτρέπει στο μεγαλύτερο μέρος του ορατού φωτός, που προέρχεται από τον Ήλιο, να την διαπεράσει και να φτάσει στην επιφάνεια της Γης. Καθώς η επιφάνεια θερμαίνεται, ακτινοβολεί ένα μέρος της ενέργειας προς το διάστημα ως υπέρυθρη ακτινοβολία. Η ακτινοβολία αυτή τείνει να απορροφάται από τα αέρια της ατμόσφαιρας, αυξάνοντας έτσι την θερμοκρασία της. Με την σειρά της η θερμή ατμόσφαιρα ακτινοβολεί εκ νέου στην επιφάνεια της Γης.

Σε αυτό το φαινόμενο βασίζεται και η λειτουργία του θερμοκηπίου, με την διαφορά ότι το υλικό που προστατεύει την εκάστοτε καλλιέργεια, διαπερνιέται από την ορατή ακτινοβολία αλλά δεν επιτρέπει να φύγει η υπέρυθρη ακτινοβολία που εκπέμπεται από το εσωτερικό του θερμοκηπίου. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να θερμαίνεται το εσωτερικό του, ενώ ταυτόχρονα χάνεται

όσο το δυνατόν λιγότερη ενέργεια προς το περιβάλλον. Τα θερμοκήπια όμως δεν είναι σύγχρονη κατασκευή. Αν και για πολλούς αιώνες δεν είχε αποδειχθεί ο λόγος για τον οποίο συνέβαινε το φαινόμενο του θερμοκηπίου, οι άνθρωποι το εκμεταλλεύονταν. Ήδη από τα αρχαία χρόνια και την Ρωμαϊκή εποχή, οι καλλιεργητές χρησιμοποιούσαν τεχνάσματα για να καλλιεργούν φυτά με την βοήθεια της θερμότητας, όπου παγιδευόταν στα ειδικά κατασκευασμένα κινητά δοχεία, όπου μπορούσαν να αλλάζουν θέση εύκολα ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες που επικρατούσαν στην περιοχή. Μεγάλη ανάπτυξη και εξέλιξη, συναντήθηκε κατά την αναγεννησιακή εποχή, όπου χάρη στις Ευρωπαϊκές ανακαλύψεις, ήρθαν στην Ευρώπη φυτά που ευημερούσαν σε διαφορετικά κλίματα, και έπρεπε να αναπτυχθούν καινούριοι τρόποι για την καλλιέργεια αυτών των φυτών. Πλέον οι τεχνολογίες κατασκευής των θερμοκηπίων, έχουν φτάσει σε τέτοιο επίπεδο, που μπορούν να προσφέρουν εξαιρετικά αποδοτικές καλλιέργειες, δίνοντας στους καλλιεργητές την δυνατότητα μέγιστης παραγωγικής διαδικασίας.

1.2 ΤΑ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΩΝ

Τα θερμοκήπια, έχουν αλλάξει δραστικά τον τρόπο που ο οποιοσδήποτε καλλιεργητής μπορεί να αξιοποιήσει την έκταση που διαθέτει, για να βελτιστοποιήσει την παραγωγή του. Χάρη αυτά είναι ικανός να παράγει εποχικά γεωργικά προϊόντα, καθ' όλη την διάρκεια του έτους, χωρίς να ανησυχεί για τις κλιματικές συνθήκες που επικρατούν. Αυτό πραγματοποιείται καθώς τα υλικά των θερμοκηπίων έχουν την δυνατότητα να παγιδεύουν την ηλιακή ακτινοβολία, να την προσδίδουν στην εκάστοτε καλλιέργεια βελτιστοποιώντας έτσι, τις συνθήκες παραγωγής των καλλιεργειών. Χάρη στα θερμοκήπια και τα υλικά που κατασκευάζονται, δημιουργούνται πολλά οφέλη για τις καλλιέργειες που θέλουμε να έχουμε.

Αρχικά γίνεται καλή κατανομή φωτός στο εσωτερικό του θερμοκηπίου. Τα καλύμματα έχουν την ικανότητα να αλλάζουν την κατεύθυνση των ακτινών του ηλίου, κατανέμοντας έτσι ομοιόμορφα σε ολόκληρη την επιφάνεια, ωφελώντας

ολόκληρο το θερμοκήπιο και αποτρέποντας την άμεση επαφή των φυτών με τις ακτίνες του ηλίου.

Έπειτα, χάρη στα υλικά που αποτελείται ένα θερμοκήπιο, υπάρχει η δυνατότητα αύξησης της ενεργειακής απόδοσης του θερμοκηπίου. Σε συνδυασμό με τις ολοένα και αποδοτικότερες μεθόδους θέρμανσης και ψύξης, γίνεται ευκολότερο να φτάνει το σύστημά μας στις επιθυμητές συνθήκες με όσο το δυνατόν χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας. Μέσα σε αυτά, πρέπει να επισημανθεί και η δυνατότητα ελέγχου του μικροκλίματος του θερμοκηπίου. Χάρη στο κλειστό περιβάλλον γίνεται εύκολα η ρύθμιση της θερμοκρασίας, της υγρασίας του συστήματος, του κατάλληλου φωτισμού και του αερισμού. Έτσι μπορούν εύκολα να δημιουργηθούν οι ιδανικές συνθήκες που χρειάζεται η καλλιέργεια. Καθώς ο χώρος του θερμοκηπίου είναι κλειστός, μπορεί ο καλλιεργητής, χωρίς μεγάλη δυσκολία, να προστατέψει τα φυτά του από πιθανές ασθένειες, αφού υπάρχουν πολύ μικρές πιθανότητες να μεταφερθούν από έξω προς τα μέσα. Επίσης, λόγω της φύσης του θερμοκηπίου, η καλλιέργεια προστατεύεται από την βροχή και τον αέρα που μπορεί να επικρατεί στην εκάστοτε περιοχή. Το πιο χαρακτηριστικό όφελος είναι πως μπορεί σε ένα θερμοκήπιο υπάρχει η δυνατότητα να καλλιεργηθεί οποιοδήποτε είδος φυτού, σε σχεδόν οποιοδήποτε μέρος της Γης, και σε κάθε στιγμή του χρόνου, υιοθετώντας τις κατάλληλες συνθήκες που χρειάζεται το κάθε φυτό.

2.ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ

2.1 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΣΤΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

Όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, τα υλικά που απαρτίζουν ένα θερμοκήπιο έχουν σημαντικό ρόλο για τις ενεργειακές ανάγκες της καλλιέργειας. Εκτός όμως από τα υλικά κατασκευής των θερμοκηπίων, ένας άλλος παράγοντας που επηρεάζει την καλλιέργεια ενός θερμοκηπίου, είναι οι κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή. Για να γίνει γνωστή η βαρύτητα που έχουν οι συνθήκες αυτές, χρειάζεται να υπάρχει μια ενδελεχής μελέτη για τις ενεργειακές απώλειες και τα κέρδη που συμβάλλουν στο τελικό ενεργειακό ισοζύγιο. Οι μελέτες αυτές, δίνουν την δυνατότητα στον καλλιεργητή να έχει μια πλήρη εικόνα των επιρροών και των επιπτώσεων των εξωτερικών συνθηκών στο θερμοκήπιο. Η διεξαγωγή της μελέτης των ενεργειακών αναγκών ποικίλει. Υπάρχουν παράγοντες που ξεχωρίζουν την καθεμιά μελέτη. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, ο μείζων παράγοντας, είναι η περιοχή που βρίσκεται το θερμοκήπιο, και ως αποτέλεσμα οι κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή όπου υπάρχει το προς μελέτη θερμοκήπιο. Έπειτα, το είδος της κάθε καλλιέργειας έχει διαφορετικές ενεργειακές ανάγκες. Άλλος ένας σημαντικός παράγοντας είναι η κατάσταση του προς μελέτη θερμοκηπίου. Αν δηλαδή χρειάζεται να γίνει μελέτη σε ένα ήδη υπάρχον θερμοκήπιο ή για ένα θερμοκήπιο που κατασκευάζεται. Στην πρώτη περίπτωση, μέσω της μελέτης θα μπορούν να προταθούν αλλαγές που αφορούν μόνον τα λειτουργικά στοιχεία του θερμοκηπίου όπως προσθήκη ανεμιστήρων, η προσθήκη σκιάστρων καθώς και η εγκατάσταση θέρμανσης ή η αναβάθμιση της υπάρχουσας εγκατάστασης. Εάν συμβαίνει η δεύτερη περίπτωση, εκτός του ότι θα υπάρχει η δυνατότητα να προταθούν οι προαναφερθείσες αλλαγές, θα είναι πιο εύκολο να προταθούν αλλαγές και σε βασικά δομικά στοιχεία για το θερμοκήπιο ώστε να επιτευχθεί υψηλότερη

ενεργειακή απόδοση της κατασκευής και πιθανή μείωση κόστους. Τέλος, η θέληση του ιδιοκτήτη για το τι ζητάει από το θερμοκήπιο, προσδιορίζει το μέγεθος των αλλαγών που θέλει και μπορεί να κάνει, και επηρεάζει το είδος της μελέτης που μπορεί να γίνει.

2.1.1 Ενεργειακή Μελέτη τους Χειμερινούς Μήνες

Ως επί το πλείστον, στην Ελλάδα γίνονται μελέτες που αφορούν την περίπτωση που χρειάζεται να δοθεί επιπλέον ενέργεια στο θερμοκήπιο, δηλαδή τους χειμερινούς μήνες. Αυτό συμβαίνει καθώς λόγω του μεσογειακού κλίματος της χώρας, επικρατεί ένα ευρύ φάσμα θερμοκρασιών κατά την διάρκεια του έτους. Τους χειμερινούς μήνες, η εξωτερική θερμοκρασία είναι πολύ χαμηλότερη από την εσωτερική θερμοκρασία του θερμοκηπίου. Αυτό αναγκάζει το θερμοκήπιο να έχει απώλειες θερμότητας προς το περιβάλλον, δημιουργώντας έτσι συνθήκες πολύ διαφορετικές, από τις κατάλληλες συνθήκες παραγωγής οποιουδήποτε είδους καλλιέργειας. Το ποσό των απωλειών εξαρτάται από την διαφορά θερμοκρασίας, τον συντελεστή θερμοπερατότητας του υλικού του θερμοκηπίου και την ποσότητα αέρα που εισέρχεται και εξέρχεται από χαραμάδες που υπάρχουν. Είναι απαραίτητο λοιπόν, να υπάρξουν κάποιοι μηχανισμοί που θα προσδώσουν στα θερμοκήπια την απαραίτητη ενέργεια που χρειάζονται, ώστε να δημιουργηθούν οι ιδανικές συνθήκες παραγωγής. Οι μηχανισμοί αυτοί ποικίλουν σε σχέση με το είδος τους, το κόστος τους και την αποδοτικότητά τους. Τα συστήματα πρόσδοσης ενέργειας (θέρμανσης), διακρίνονται σε συστήματα άμεσης (τοπικά συστήματα) και έμμεσης θέρμανσης (σύστημα κεντρικής θέρμανσης) . Το βασικό χαρακτηριστικό αυτών των συστημάτων είναι πως η μονάδα παραγωγής θερμότητας βρίσκεται μέσα στο χώρο του θερμοκηπίου. Σε αυτές τις περιπτώσεις παρόλο που το κόστος είναι σχετικά μικρό με εύκολη εγκατάσταση, το μειονέκτημα είναι πως η λειτουργικότητα των συστημάτων μεταβάλλεται λόγω του μεγέθους που έχουν και του περιορισμένου χώρου που μπορούν να καταλάβουν μέσα στο θερμοκήπιο. Στα συστήματα άμεσης θέρμανσης, συμπεριλαμβάνονται:

- τα ενεργειακά τζάκια με μεταφορά αέρα είτε με κυκλοφορία ζεστού νερού,

- οι θερμάστρες στερεών καυσίμων, που λειτουργούν κυρίως με ξύλα και κάρβουνα,
- οι θερμάστρες ρευστών καυσίμων, που λειτουργούν κυρίως με πετρέλαιο και καύσιμα αέρια (το υγραέριο, το φωταέριο, το φυσικό αέριο),
- οι ηλεκτρικές θερμάστρες, οι θερμοπομποί ηλεκτρικής ενέργειας και τα ηλεκτρικά αερόθερμα.

Αντίστοιχα, τα συστήματα έμμεσης θέρμανσης έχουν την ικανότητα να ανταποκριθούν σε αυξημένες απαιτήσεις. Το καύσιμο ή η πηγή ενέργειας που χρησιμοποιείται από αυτά τα συστήματα, θερμαίνουν ένα ρευστό που είναι ο φορέας θερμότητας (συνήθως νερό αλλά και αέρας και λάδι), ο οποίος οδηγείται με την βοήθεια σωληνώσεων ή αεραγωγών στον επιθυμητό χώρο, και με την βοήθεια εναλλακτών, προσφέρει θερμότητα με αγωγή, μεταφορά και ακτινοβολία. Στα συστήματα αυτά η μονάδα παραγωγής βρίσκεται εκτός του χώρου που πρέπει να θερμανθεί, συνήθως σε ειδικά διαμορφωμένα λεβητοστάσια, κερδίζοντας έτσι πολύτιμο ωφέλιμο χώρο για το θερμοκήπιο, προσθέτοντας όμως κάποιο επιπλέον έξοδο κατασκευής του καθώς και συντήρησης του επιπλέον εξοπλισμού (σωληνώσεων) για τον διαμοιρασμό της ενέργειας. Στα συστήματα έμμεσης θέρμανσης, συμπεριλαμβάνονται κεντρικές θερμάνσεις με βασική πηγή θέρμανσης:

- τα στερεά καύσιμα (το ξύλο ή τα κάρβουνα),
- τα υγρά καύσιμα (το πετρέλαιο ή το μαζούτ),
- τα αέρια καύσιμα (το υγραέριο, το φωταέριο, το φυσικό αέριο),
- την ηλιακή ενέργεια (ηλιακοί συλλέκτες),
- τον ηλεκτρισμό,
- σπάνια την γεωθερμική ενέργεια.

Τέλος, είναι πολύ συχνό φαινόμενο να χρησιμοποιούνται και θερμοκουρτίνες. Οι θερμοκουρτίνες είναι ειδικά διαμορφωμένα φύλλα αλουμινίου, που απλώνονται σε όλο το θερμοκήπιο ενδιάμεσα από την οροφή και την καλλιέργεια, με σκοπό την μείωση των απωλειών θερμότητας κατά την διάρκεια της νύχτας.

2.1.1 Ενεργειακή Μελέτη τους Θερινούς Μήνες

Πιο σπάνια είναι η περίπτωση που γίνεται μελέτη σε θερμοκήπια που χρειάζεται να απορριφθεί ενέργεια, δηλαδή τους θερινούς μήνες. Σε αυτή την περίπτωση χρησιμοποιούνται απλούστεροι τρόποι αντιμετώπισής της. Συνήθως για την απαγωγή της θερμικής ενέργειας που κερδίζουν τα θερμοκήπια, χρησιμοποιούνται τα διαθέσιμα ανοίγματα που υπάρχουν από την αρχή της κατασκευής. Σε αρκετές περιπτώσεις όμως αυτά τα ανοίγματα δεν είναι αρκετά. Χρειάζεται ως εκ τούτου η βοήθεια των συστημάτων απαγωγής θέρμανσης (κλιματισμού) για να αντισταθμιστεί το θερμικό κέρδος που προσλαμβάνουν. Πάλι εδώ τα συστήματα κλιματισμού διακρίνονται σε δύο είδη. Το πρώτο είδος είναι τα **τοπικά συστήματα κλιματισμού**, όπου το κύριο χαρακτηριστικό τους είναι η ευκολία τοποθέτησης, χωρίς την ανάγκη ύπαρξης κεντρικού μηχανοστασίου. Έτσι η κύρια χρήση τους είναι ο κλιματισμός χώρων που δεν υπήρχε αρχική μέριμνα κλιματισμού. Οι μονάδες που χρησιμοποιούνται ονομάζονται συνήθως Μονάδες Δωματίου. Αυτές οι μονάδες μπορούν να εξυπηρετούν πολλούς χώρους με την βοήθεια αεραγωγών που διανέμουν την ενέργεια. Τα τοπικά συστήματα κλιματισμού, διακρίνονται :

- Σε μονάδες ενός τεμαχίου που αποτελείται σε ένα κέλυφος που περιλαμβάνει όλα τα απαραίτητα εξαρτήματα της μονάδας, και
- Σε διμερείς μονάδες, που αποτελούνται από δύο τμήματα το εξωτερικό και τα εσωτερικά. Το ένα από αυτά αποτελεί την μονάδα συμπακνώσεως (συμπιεστής, εναλλάκτης ψυκτικού ρευστού-αέρα), φέρει ανεμιστήρα και στραγγαλιστική βαλβίδα και βρίσκεται εξωτερικά του θερμοκηπίου. Το δεύτερο τμήμα περιλαμβάνει τον εξαμιστή του ψυκτικού ρευστού-αέρα, τον ανεμιστήρα που κυκλοφορεί τον αέρα του χώρου και όλα τα υπόλοιπα όργανα που χρειάζονται για να επιτευχθεί ο κλιματισμός.

- Μονάδες επεξεργασίας εξωτερικού αέρα, οι οποίες τροφοδοτούν εσωτερική συσκευή με κλιματισμένο αέρα.

Το δεύτερο είδος συστήματος κλιματισμού είναι τα **κεντρικά συστήματα κλιματισμού**. Στα συστήματα αυτά, το κεντρικό μηχανοστάσιο βρίσκεται εξωτερικά και μακριά από τους κλιματιζόμενους χώρους. Οι τερματικές μονάδες που βρίσκονται σε κάθε χώρο, συνδέονται με το κεντρικό μηχανοστάσιο με την βοήθεια κατάλληλων αγωγών. Κύριο χαρακτηριστικό και σοβαρό πλεονέκτημα, είναι πως στον κεντρικό κλιματισμό με αεραγωγούς, γίνεται και ρύθμιση της υγρασίας του αέρα. Τα κεντρικά συστήματα κλιματισμού διακρίνεται σε:

- Συστήματα κλιματισμού μόνο με αέρα
- Συστήματα κλιματισμού μόνο με νερό
- Συστήματα κλιματισμού αέρα-νερού
- Συστήματα κλιματισμού με ψυκτικό ρευστό στις τερματικές μονάδες.

Τα κεντρικά συστήματα κλιματισμού συνίστανται ως οικονομικότερη λύση για τον κλιματισμό μεγάλων κτηρίων και κατασκευών.

Όπως είναι φανερό, υπάρχουν πολλοί τρόποι για να αναβαθμίσει ο οποιοσδήποτε το θερμοκήπιό του. Συμβουλευμένος λοιπόν την ενεργειακή μελέτη που θα επιλέξει να γίνει για το θερμοκήπιό του, ο ιδιοκτήτης θα έχει πλήρη εικόνα των αντικειμενικών αναγκών της καλλιέργειάς του. Έτσι θα μπορέσει να επιλέξει τον κατάλληλο συνδυασμό αναβαθμίσεων ώστε να αυξήσει την απόδοση της παραγωγής του, καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

2.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ

2.2.1 Η εξέλιξη της νομοθεσίας για τις ενεργειακές μελέτες στην Ελλάδα

Κατά την διάρκεια των χρόνων, στην Ελλάδα έχουν θεσπισθεί νόμοι, που έχουν στόχο την αύξηση της ενεργειακής απόδοσης των κατασκευών. Από 1979, υπάρχει νόμος που περιλαμβάνει τις απαιτήσεις της θερμομόνωσης

των κατασκευών. Στην συνέχεια υπήρξαν και άλλες νομοθεσίες, όπου είχαν σκοπό θεμελίωση μέτρων για την μείωση των ενεργειακών καταναλώσεων των κατασκευών (Νόμος 3661/2008). Ο νόμος αυτός, έθεσε τις βάσεις να υπάρξει ο καθορισμός γενικής δομής του κανονισμού ΚΕΝΑΚ (Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων), όπου στοχεύει στην πλήρη εναρμόνιση των κτηριακών απαιτήσεων, με τα μέτρα για την βελτίωση των ενεργειακών αποδόσεων των κτηρίων. Στην συνέχεια θεσπίστηκαν νόμοι όπου αναθεωρούσαν και εμπλούτιζαν τον κανονισμό του ΚΕΝΑΚ (178581/2017), προωθούσαν τις χρήσεις Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Νόμος 3851/2010), ενώ από το 2015, η δημοσίευση του Νόμου 4342, αποτέλεσε τον απόλυτο παράγοντα για την εναρμόνιση της χώρας με την οδηγία 2012/27/ΕΕ της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

2.2.2 Η εξέλιξη του ΚΕΝΑΚ μέσα στο χρόνο

Οι νόμοι στην Ελλάδα, καταδείκνυαν κάποιες βασικές νομοθεσίες που έπρεπε αποτελούσαν τους αρχικούς ρυθμιστές για να γίνονται οι απαραίτητες ενεργειακές μελέτες, και σύμφωνα με έρευνες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, υπήρχαν χαλαρές προδιαγραφές για τις απαιτούμενες τιμές θερμομόνωσης, ενώ οι τιμές των ορίων απωλειών ενέργειας ήταν μεγαλύτερες.

Αυτό έρχεται σε πλήρη αντίθεση με την κουλτούρα που επικρατεί στην Ευρώπη, όπου οι χώρες έχουν υιοθετήσει και τηρούν καθολικά, πολλά νομικά και οικονομικά μέτρα, ώστε να επιτυγχάνουν εξοικονομήσεις ενέργειας στις κατασκευές τους. Έτσι, μετά από έρευνες που έκανε η Ευρωπαϊκή Ένωση, υπέδειξε στην Ελλάδα, ότι είχε την υποχρέωση να αυξήσει τα επίπεδα θερμομόνωσης. Σε συνδυασμό με την Κοινοτική Οδηγία 91/2002/ΕΚ υποχρεώθηκε να υιοθετήσει τις νομοθεσίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Ως εκ τούτου, η αφομοίωση με τα Ευρωπαϊκά πρότυπα, ξεκίνησε με την έκδοση του νόμου 3661/2008 (ΦΕΚ Α' 89) με τίτλο <<Μέτρα για τη μείωση της Ενεργειακής Απόδοσης Κτηρίων>> ή αλλιώς Κ.Εν.Α.Κ. .Με αυτό τον κανονισμό, καθορίζονται οι ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης όλων των κτηρίων, καθώς και ο τρόπος που υπολογίζεται η μηνιαία απόδοση των κτηρίων-κατασκευών με βάση το ευρωπαϊκό πρότυπο ΕΛΟΤ EN ISO 13790.

Με την οδηγία 31/2010/EK η αρχική Ευρωπαϊκή οδηγία αναβαθμίστηκε, και έτσι εκδόθηκε νέος νόμος 4122/2013 ΦΕΚ Α΄42 με τίτλο <<Ενεργειακή Απόδοση Κτηρίων-Εναρμόνιση με την οδηγία 210/31/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου και λοιπές διατάξεις>>.

Ο Κ.Εν.Α.Κ. είναι ένα εργαλείο που δίνει την δυνατότητα και παράλληλα την υποχρέωση της Ελλάδος να εναρμονίζεται με τους κανονισμούς της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Παράλληλα πρέπει να δίνει την καλύτερη ενεργειακή απόδοση των κτηρίων στους πολίτες. Με τον κανονισμό αυτό, εξασφαλίζεται η επίτευξη μεγαλύτερης αποδοτικότητας, με την χαμηλότερη δυνατή κατανάλωση ενέργειας. Ταυτόχρονα, δημιουργείται συνεχώς η κουλτούρα για την επίτευξη του καλύτερου δυνατού συνδυασμού ενεργειακής απόδοσης, ασφάλειας του χώρου και την εξασφάλιση καλών συνθηκών διαβίωσης.

Σκοπός του Κ.Εν.Α.Κ. είναι η καθιέρωση αρχών, οι οποίες βελτιώνουν την ενεργειακή απόδοση των κατασκευών. Ακόμη, χάρη στο κανονισμό αυτό, υπάρχει η δυνατότητα μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας καθ' όλη την διάρκεια του έτους, και έτσι την λιγότερη δυνατή σπατάλη πόρων. Αυτό είναι δυνατό να πραγματοποιηθεί με την διενέργεια στοχευμένων σχεδιασμών των κατασκευών, την ορθή επιλογή των υλικών που πλαισιώνουν τις κατασκευές, την εκμετάλλευση των πλησιέστερων δυνατών πηγών ενέργειας, με έμφαση στις ανανεώσιμες πηγές, βάσει του Φ.Ε.Κ. Β΄407/9.4.2010 . Τα βασικά πλαίσια που επιβλέπει ο Κ.Εν.Α.Κ. είναι :

- Ο τρόπος εύρεσης της ενεργειακής απόδοσης των κτηρίων-κατασκευές,
- Ο καθορισμός των υλικών που κατασκευάζονται τα κτήρια-κατασκευές,
- Η απαιτούμενη ενέργεια που χρειάζονται τα υπό μελέτη κτήρια-κατασκευές,
- Ο τρόπος που θα πρέπει να αντληθούν τα απαιτούμενα ποσά για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών καθώς και το είδος πηγών ενέργειας,
- Το πιστοποιητικό ενεργειακής απόδοσης του κτηρίου, και οι απαιτούμενοι έλεγχοι που θα πρέπει να γίνονται.

Με την εφαρμογή του κανονισμού του Κ.Εν.Α.Κ. προέκυψαν πολλά αποτελέσματα. Αρχικά μειώθηκαν πολλά κόστη που αφορούσαν την εξασφάλιση των αναγκαίων ποσών ενέργειας για την θέρμανση και την ψύξη των κατασκευών, μειώθηκαν οι εκπομπές βλαβερών ρυπογόνων αερίων προς την ατμόσφαιρα και έτσι αυξήθηκε το βιοϊωτικό επίπεδο. Όλα αυτά επιτυγχάνθηκαν λόγω της επικέντρωσης του Κ.Εν.Α.Κ. πάνω στα βασικά χαρακτηριστικά του κτηρίου-κατασκευής, και όχι με βάση τη λειτουργία του. Ο κανονισμός Κ.Εν.Α.Κ. λοιπόν, αποτελεί το βασικό εργαλείο που μπορεί και πρέπει να χρησιμοποιήσει ο οποιοσδήποτε, για να κάνει σωστά και σύμφωνα με τις εγχώριες και Ευρωπαϊκές οδηγίες, τις απαραίτητες ενεργειακές μελέτες που τον ενδιαφέρουν. Ο κανονισμός από την άλλη, ενημερώνεται συνεχώς με νέες διατάξεις και νομοθεσίες, σε συνδυασμό με οδηγίες από το Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος (ΤΕΕ), για να δίνει τις νεότερες προδιαγραφές και οδηγίες, ώστε να εναρμονίζονται τα επίπεδα των κτηρίων-κατασκευών με τα Ευρωπαϊκά πρότυπα.

3.ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ

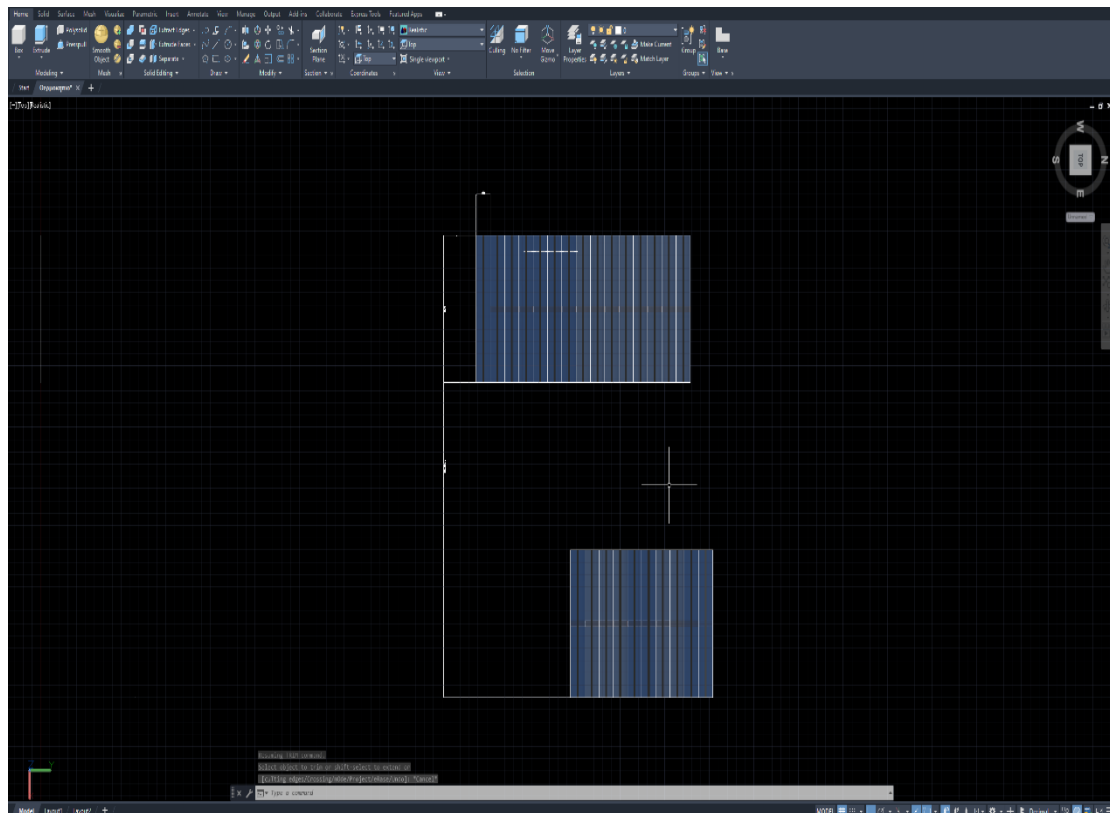
3.1 ΑΝΑΦΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΤΗΣ ΠΑΡΟΥΣΑΣ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ

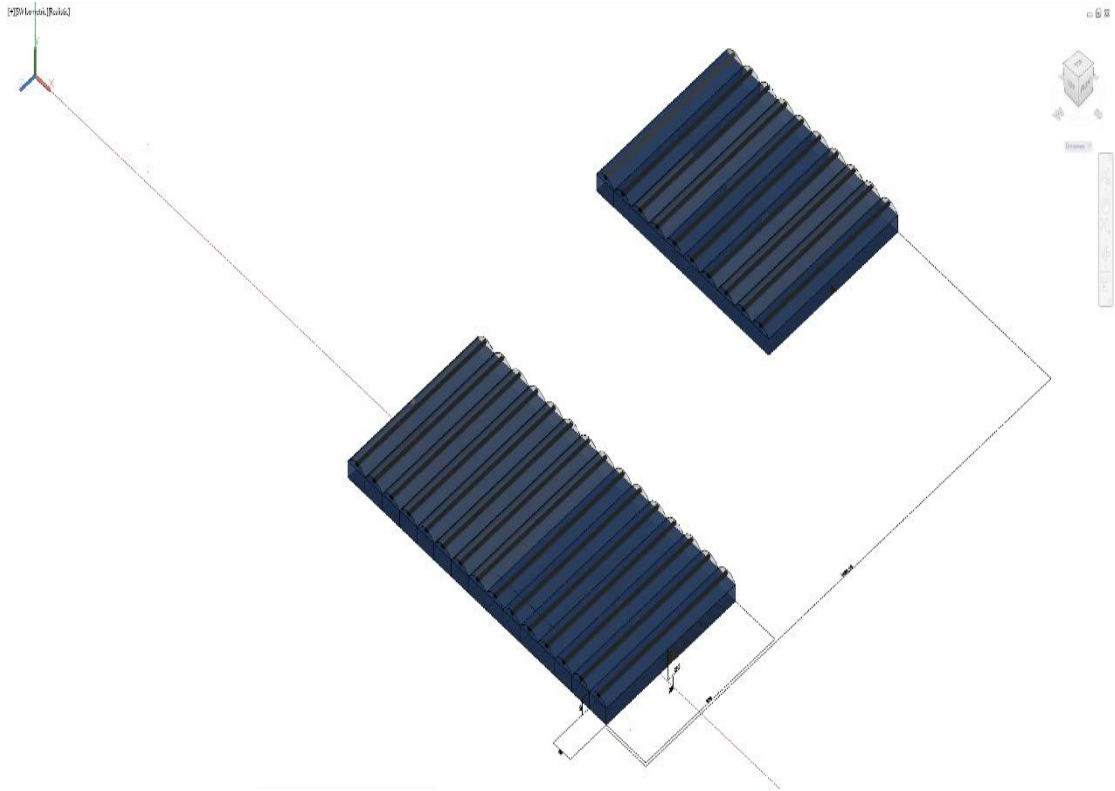
Στην παρούσα πτυχιακή, πραγματοποιείται ενδεδειγμένη μελέτη των θερμικών ενεργειακών αναγκών κατά την διάρκεια του χειμώνα, και των ψυκτικών αναγκών, κατά την διάρκεια του θέρους, ενός θερμοκηπίου. Η μελέτη αυτή θα αποδώσει τις αντικειμενικές ενεργειακές ανάγκες της καλλιέργειας που υπάρχει στο συγκεκριμένο θερμοκήπιο, καθώς θα υπάρχει πάρα πολύ μεγάλη ακρίβεια των αποτελεσμάτων. Αυτό θα επιτευχθεί, με την βοήθεια των μετρήσεων που έχουν γίνει. Οι μετρήσεις αυτές, παρέχουν όλα τα απαραίτητα στοιχεία που χρειάζεται να είναι γνωστά, όπως η εσωτερική θερμοκρασία του θερμοκηπίου, η εξωτερική θερμοκρασία του περιβάλλοντος, η εσωτερική σχετική υγρασία του θερμοκηπίου, η σχετική υγρασία του περιβάλλοντος, η ακτινοβολία που προσπίπτει στο θερμοκήπιο, η πίεση υδρατμών εσωτερικά του θερμοκηπίου, η πίεση υδρατμών εξωτερικά του θερμοκηπίου, η ταχύτητα ανέμου εξωτερικά του θερμοκηπίου. Οι μετρήσεις έγιναν μέσω κατάλληλων μετρητικών οργάνων, όπως αισθητήρες μέτρησης θερμοκρασίας, αισθητήρες μέτρησης υγρασίας, πυρανόμετρα, тенσιόμετρα, ανεμόμετρα. Όλες αυτές οι μετρήσεις πραγματοποιούνταν κάθε 15 λεπτά της ώρας, κάθε ώρα της μέρας. Ο λόγος του πλήθους αυτών των μετρήσεων, είναι η ανάγκη καλύτερης γνώσης των μεταβολών των μεταβλητών που συνθέτουν την μελέτη, ώστε να εξασφαλισθεί η μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια των αποτελεσμάτων.

3.2 ΓΕΝΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

Αρχικά αναφέρονται κάποια από τα βασικά στοιχεία για το υπό μελέτη θερμοκήπιο. Το θερμοκήπιο αυτό, βρίσκεται στην Δυτική Ελλάδα και συγκεκριμένα νομό Αιτωλοακαρνανίας και βρίσκεται εκτός κατοικημένης περιοχής. Στο θερμοκήπιο αυτό καλλιεργείται τομάτα. Το θερμοκήπιο έχει έκταση 12000 m², και χωρίζεται σε δύο επιμέρους μονάδες, 7200 m² και 4800 m² έκαστος. Κάθε μονάδα είναι χωρισμένη σε οικίσκους (κόλπα). Η Μονάδα 1

αποτελείται από 15 οικίσκους με διαστάσεις: πλάτος *μήκος: 8m*60m, ύψος πλευράς: 4m και ύψος κορυφής: 5,7m. Η Μονάδα 2 αποτελείται από 10 οικίσκους με διαστάσεις: πλάτος *μήκος: 8m*60m, ύψος πλευράς: 4m και ύψος κορυφής: 5,7m εξίσου. Το υλικό κατασκευής είναι κυρίως μέταλλα. Πιο συγκεκριμένα : Α) Οι στύλοι είναι κοιλοδοκοί τύπου SHS 100X50X2 (Τετραγωνικές κοιλοδοκοί), Β)Οι τεγίδες είναι κοιλοδοκοί τύπου CHS 33,7X2,0mm (Κυκλικές κοιλοδοκοί), Γ) Τα μετωπικά υποστυλώματα είναι κοιλοδοκοί τύπου SHS 100X50X2 (Τετραγωνικές κοιλοδοκοί), Δ) Οι κατακόρυφοι χιαστί είναι κοιλοδοκοί τύπου CHS 33,7X2,0mm (Κυκλικές κοιλοδοκοί), Ε) Τα αντιανέμια είναι τύπου CHS 60,3X2,0mm και Ζ) Το σκυρόδεμα είναι C16/20- Χάλυβας S275. Όσον αφορά την κάλυψη του θερμοκηπίου, οι προσόψεις και οι πλευρές του θαλάμου θα καλυφθούν με διάφανα φύλλα τζαμιού 4mm και θερμοκουρτίνες, και η οροφή με μαλακό πλαστικό πολυαιθυλένιο (PE) πάχους 180μm. Οι δύο Μονάδες θα έχουν από μία πόρτα σε κάθε πλευρά τους, με διαστάσεις: πλάτος X ύψος: 2,30X2,63m. Παρακάτω παρουσιάζονται κάποιες ενδεικτικές εικόνες των Μονάδων του θερμοκηπίου με την βοήθεια του λογισμικού Autocad.





3.3 ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ

3.3.1 Θεωρητική μέθοδος υπολογισμού θερμικών αναγκών

Όπως έχει προαναφερθεί για να υπάρχει πλήρης γνώση των θερμικών αναγκών του προς μελέτη θερμοκηπίου, θα χρειαστεί να το μελετηθεί καθ' όλη την διάρκεια του έτους. Μάλιστα για να υπάρξει πληρέστερη γνώση, θα χρησιμοποιηθούν δεδομένα βάθους τεσσάρων (4) ετών. Άρα είναι κατανοητό πως θα πρέπει να γίνουν γνωστές οι θερμικές ανάγκες τους χειμερινούς μήνες (ανάγκες θέρμανσης), καθώς και οι θερμικές ανάγκες (ψυκτικές ανάγκες) για τους καλοκαιρινούς μήνες. Προκειμένου λοιπόν να υπολογισθούν τα απαιτούμενα ποσά ενέργειας που χρειάζεται το θερμοκήπιο, θα πρέπει να βρεθεί η θερμική ισχύς που χρειάζεται. Σύμφωνα λοιπόν με την εφημερίδα της κυβερνήσεως στο Τεύχος β' 5432/09.12.2020 και σελίδα 64220, ο μαθηματικός τύπος για την εύρεση της θερμικής ισχύος είναι:

$$Q = (U \cdot A_c \cdot DT + 0,36 \cdot V \cdot n \cdot DT) \cdot 1,2 \quad (\text{Εξ.1})$$

όπου Q= Θερμική Ισχύς [W]

U= Συνολικός συντελεστής Θερμοπερατότητας (W/(m²*°C)) ,

A_c= Επιφάνεια καλύμματος (m²),

DT= η Θερμοκρασιακή Διαφορά εντός και εκτός θερμοκηπίου για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα (°C),

V= Όγκος του θερμοκηπίου (m³),

n= αριθμός ανανέωσης αέρα.

Το πρώτο βήμα που χρειάζεται να γίνει, είναι ο υπολογισμός των βασικών χαρακτηριστικών του θερμοκηπίου. Αυτά είναι: ο όγκος του θερμοκηπίου V (m³), και η επιφάνεια που καλύπτει το κάλυμμα του θερμοκηπίου A (m²). Για την ευκολία των υπολογισμών θεωρείται πως τα καλύμματα της οροφής και τα πλαϊνά καλύμματα του θερμοκηπίου υπολογίζονται ξεχωριστά. Όπως έχει αναφερθεί προηγουμένως , το θερμοκήπιο που μελετάτε αποτελείται από δύο ξεχωριστές Μονάδες. Σύμφωνα με τα σχέδια που παρέχονται από τον ιδιοκτήτη, ο τύπος του θερμοκηπίου είναι τροποποιημένο τοξωτό (τοξωτή στέγη και στύλοι).

Έτσι έχοντας υπόψιν τους βασικούς κανόνες γεωμετρίας, η επιφάνεια καλύμματος των πλαϊνών πλευρών του θερμοκηπίου (όλες οι κάθετες ως προς το έδαφος πλευρές), δίνεται από τον τύπο:

$$A_{\text{πλ}} = (2 \cdot 0,5 \cdot \pi \cdot R^2 + \Delta_1 \cdot \Delta_2) \cdot N_2 + 2 \cdot \Delta_1 \cdot \Delta_3 \cdot N_1 \text{ σε m}^2, \quad (\text{Εξ.2}),$$

ενώ η επιφάνεια του καλύμματος της οροφής του θερμοκηπίου, δίνεται από τον τύπο:

$$A_{\text{ορ}} = \pi \cdot R \cdot \Delta_3 \cdot N_1 \cdot N_2 \text{ σε m}^2. \quad (\text{Εξ.3})$$

Τέλος ο διαθέσιμος όγκος του θερμοκηπίου δίνεται από τον τύπο:

$$V = (0,5 \cdot \pi \cdot R^2 \cdot \Delta_3 + \Delta_1 \cdot \Delta_2 \cdot \Delta_3) \cdot N_1 \cdot N_2 \text{ σε m}^3. \quad (\text{Εξ.4})$$

Αφού γίνουν αυτοί οι υπολογισμοί, υπάρχουν οι τελικές τιμές έκτασης καλύμματος και όγκου του υπό μελέτη θερμοκηπίου. Το αμέσως επόμενο βήμα είναι η εύρεση των κατάλληλων συντελεστών θερμοπερατότητας των καλυμμάτων. Όπως έχει αναφερθεί στην προηγούμενη παράγραφο, το θερμοκήπιο αποτελείται από τις πλευρές του που είναι καλυμμένες από απλό τζάμι με θερμοκουρτίνα, ενώ η οροφή του αποτελείται από απλό φύλλο πολυαιθυλενίου.

Σύμφωνα λοιπόν με τον Πίνακα 3 του Τεύχους β' 5432/09.12.2020 και σελίδας 64220, οι τιμές των συντελεστών θερμοπερατότητας είναι:

Συντελεστής Θερμοπερατότητας οροφής: U_{roof} σε $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ και
 Συντελεστής Θερμοπερατότητας πλαϊνών: U_{side} σε $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$.

Στην συνέχεια θα ανατρέξουμε στον αμέσως επόμενο Πίνακα του Τεύχους β' 5432/09.12.2020 και σελίδας 64220, Πίνακα 4, όπου θα πάρουμε την ζητούμενη τιμή n (αλλαγές αέρα ανά ώρα).

Με αυτή την τιμή και με την βοήθεια των μετρήσεων της ταχύτητας του αέρα βρίσκουμε τις πραγματικές εναλλαγές αέρα ανά ώρα από διεισδύσεις, μέσω του τύπου:

$$R = n \cdot u / u_{\text{max}} \quad (\text{Εξ.5})$$

όπου u_{max} , η μέγιστη μετρούμενη ταχύτητα του αέρα τον εκάστοτε μήνα.

Καθώς γίνεται μελέτη για όλη την διάρκεια κάθε μέρας, είναι απαραίτητο να ληφθεί υπόψιν η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία κατά την διάρκεια της μέρας, στο θερμοκήπιο. Η εξίσωση που περιγράφει την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία είναι:

$$R_s = \alpha \cdot G \cdot A_r \text{ σε kW}, \quad (\text{Εξ.6})$$

όπου α = ο συντελεστής διαπερατότητας πολυαιθυλενίου,
 G : η προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία σε W/m^2 , και
 A_c : η επιφάνεια καλύμματος του θερμοκηπίου σε m^2 .

Αφού έχουν γίνει όλα τα παραπάνω, Το μόνο που μένει λοιπόν είναι να χρησιμοποιηθούν τα διαθέσιμα δεδομένα, και συγκεκριμένα οι τιμές των μετρούμενων θερμοκρασιών και η προσπίπτουσα ακτινοβολία. Από την στιγμή που ολοκληρωθούν οι θεωρητικοί υπολογισμοί για την θερμική ισχύς του θερμοκηπίου, αυτό που πρέπει να γίνει, είναι να μετατραπεί η ισχύς σε ενέργεια, πολλαπλασιάζοντάς την με την χρονική διάρκεια κάθε μέτρησης της θερμοκρασίας. Η χρονική διάρκεια κατά την οποία υπάρχουν τα δεδομένα είναι κάθε τέταρτο της ώρας, για κάθε ώρα, κάθε μέρα για τρία συναπτά έτη. **Για να βρεθεί λοιπόν αποτέλεσμα σε kWh θα πολλαπλασιαστεί η ισχύς με την τιμή 0,25.**

Κατά την διάρκεια των χειμερινών μηνών, η θερμοκρασιακές διαφορές έχουν διακυμάνσεις. Στην παρούσα μελέτη για αυτούς τους μήνες, χρησιμοποιούνται μόνο οι μετρήσεις στις οποίες, η διαφορά εσωτερικής θερμοκρασίας και θερμοκρασίας περιβάλλοντος είναι θετική, δηλαδή $T_{in} > T_{out}$. Υπάρχουν ορισμένες περιπτώσεις που η εξωτερική θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη από την εσωτερική, οπότε μαθηματικά θα χρειαζόμασταν ψύξη. Επειδή όμως η συνεισφορά στις μηνιαίες ενεργειακές ανάγκες του θερμοκηπίου είναι της τάξης του **δύο τις εκατό (2%)** περίπου κάθε μήνα οπότε δεν χρειάζεται να ληφθεί υπόψη αυτό το αμυδρό ποσοστό, και παραλείπεται.

Αυτές οι περιπτώσεις θα πρέπει επομένως να παραλειφθούν, καθώς εάν συμπεριληφθούν αρνητικές τιμές στο μηνιαίο ποσό θερμικής ενέργειας, που προκύπτει έπειτα από άθροιση των ποσών ενέργειας των μετρήσεων, θα δώσει λανθασμένη τιμή για τις ανάγκες θέρμανσης του θερμοκηπίου. Έτσι ορίζεται μια συνθήκη κατά την οποία εάν η συνολική ενέργεια που χρειάζεται το θερμοκήπιο, είναι αρνητική, τότε η τιμή αυτή στην τελευταία στήλη γίνεται μηδέν.

3.3.2 Θεωρητική μέθοδος υπολογισμού ψυκτικών αναγκών

Έχοντας λοιπόν ολοκληρώσει την μέθοδο της μελέτης για τους χειμερινούς μήνες, το επόμενο βήμα θα είναι η επίλυση της μεθόδου μελέτης ενεργειακών αναγκών για τους καλοκαιρινούς μήνες. Εδώ θα αντληθούν πληροφορίες από τα βιβλία των Robert A. Aldrich και John W. Bartok: **Greenhouse Engineering(1994)** και του Olivier Jolliet: **Hortitrans, a Model for Predicting and Optimizing Humidity and Transpiration in Greenhouses (1994)**. Από αυτά τα βιβλία αυτά λοιπόν, θα αντληθούν πληροφορίες για την ολοκλήρωση της συγκεκριμένης μελέτης. Αρχικά πρέπει να φτιαχτεί το ισοζύγιο ενέργειας. Το σύστημα τους καλοκαιρινούς μήνες ,που κατά κόρον η εξωτερική θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη από την εσωτερική θερμοκρασία του θερμοκηπίου, δέχεται την προσπίπτουσα ακτινοβολία R_s , την πρόσληψη ενέργειας λόγω συναγωγής Q_c , την πρόσληψη ενέργειας λόγω διείσδυσης Q_A , ενώ αποβάλλεται ενέργεια από το θερμοκήπιο λόγω δυναμικού εξαερισμού Q_v , και της εκπομπής ακτινοβολίας R_o από το κάλυμμα του θερμοκηπίου .

Έτσι το ισοζύγιο ενέργειας του συστήματος διαμορφώνεται ως εξής:

$$\Delta Q = R_s - R_o + Q_c + Q_A - Q_v. \quad (\text{Εξ.7})$$

Σύμφωνα λοιπόν με το βιβλίο των Robert A. Aldrich και John W. Bartok , η προσπίπτουσα ακτινοβολία R_s υπολογίζεται από τον τύπο:

$$R_s = a \cdot G \cdot A_c / 1000 \text{ σε kW}, \quad (\text{Εξ.8})$$

όπου:

a: είναι ο συντελεστής διαπερατότητας των υλικών καλύμματος του θερμοκηπίου,

G: μετρούμενη ακτινοβολία μετρημένη σε W/m^2 ,

A_c: η επιφάνεια καλύμματος του θερμοκηπίου, σε m^2 .

Στην συνέχεια σειρά έχει ο υπολογισμός της αποβαλλόμενης ενέργειας στο περιβάλλον λόγω ακτινοβολίας, R_o . Η μεταβλητή αυτή υπολογίζεται από τον τύπο:

$$R_o = \varepsilon \cdot \sigma \cdot (T_{\varepsilon\sigma}^4 - T_{\text{ουρ}}^4) \cdot A \text{ σε kW,} \quad (\text{Εξ.9})$$

όπου,

A η έκταση του θερμοκηπίου, σε m^2

ε είναι ο συντελεστής εκπομπής των υλικών καλύμματος του θερμοκηπίου,

σ είναι η σταθερά Stephan-Boltzmann μετρούμενη σε $J/s^{-1}m^2K^4$,

και

$$T_{\text{ουρ}} = \sqrt{0,92} \cdot T_{\varepsilon\xi\omega\tau} \quad (\text{Εξ.10})$$

όπου,

$T_{\varepsilon\sigma}$ είναι η εσωτερική θερμοκρασία του θερμοκηπίου, και

$T_{\varepsilon\xi}$ είναι η θερμοκρασία του περιβάλλοντος γύρω από το θερμοκήπιο.

Έπειτα, η μελέτη συνεχίζεται με τον υπολογισμό της πρόσληψης ενέργειας λόγω συναγωγής Q_c . Η μεταβλητή αυτή υπολογίζεται από τον τύπο που μας δίνουν οι Robert A. Aldrich και John W. Bartok :

$$Q_c = U \cdot A_c \cdot \Delta T / 1000 \text{ σε kW,} \quad (\text{Εξ.11})$$

όπου U οι συντελεστές θερμοπερατότητας των υλικών καλύμματος, σε $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$,

A_c είναι η επιφάνεια καλύμματος σε m^2 , και

ΔT η διαφορά θερμοκρασίας περιβάλλοντος και εσωτερικής θερμοκρασίας σε $^\circ C$.

Στην συνέχεια πραγματοποιείται ο υπολογισμός της αποβολής ενέργειας λόγω εξαερισμού, Q_v .

Η μεταβλητή αυτή, αποτυπώνεται από τον Jolliet (1994):

$$Q_v = h_v \cdot (T_{out} - T_{ins} - \left(\frac{e_i - e_o}{\gamma}\right)) \text{ σε kW,} \quad (\text{Εξ.12})$$

όπου h_v είναι ο αισθητός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας, που περιγράφεται από τον τύπο:

$$h_v = \rho_A \cdot C_{pA} \cdot q / A \text{ σε (W/m}^2 \cdot \text{K) ,} \quad (\text{Εξ.13})$$

όπου ρ_A είναι πυκνότητα ατμοσφαιρικού αέρα σε kg/m^3 ,
 C_{pA} η ειδική θερμοχωρητικότητα του αέρα σε $(\text{kJ/kg} \cdot \text{K})$,
 q είναι η ροή του αέρα μέσω των ανεμιστήρων, και υπολογίζεται από τον τύπο:

$$q = u \cdot \pi \cdot \frac{d^2}{4} \text{ σε m}^3/\text{s,} \quad (\text{Εξ.14})$$

όπου:

d είναι οι διάμετροι των ανεμιστήρων σε m και

u η ταχύτητα των ανεμιστήρων σε m/s,

e_i είναι η πίεση υδρατμών εσωτερικά του θερμοκηπίου και περιγράφεται από τον τύπο :

$$e_i = 610,78 \cdot e^{\frac{(17,2694 \cdot T_i)}{(T_i + 238,3)}} \cdot RH_i \text{ σε Pa ,} \quad (\text{Εξ.15}),$$

και e_o είναι η πίεση υδρατμών εξωτερικά του θερμοκηπίου και περιγράφεται από τον τύπο:

$$e_o = 610,78 \cdot e^{\frac{(17,2694 \cdot T_o)}{(T_o + 238,3)}} \cdot RH_o \text{ σε Pa,} \quad (\text{Εξ.16})$$

και την ψυχομετρική σταθερά γ που υπολογίζεται από τον τύπο:

$$\gamma = \frac{(C_{pA} * P_A)}{(\lambda * MW_{ratio})} \text{ σε Pa/K,} \quad (\text{Εξ.17})$$

όπου:

C_{pA} η ειδική θερμοχωρητικότητα του αέρα σε (kJ/kg*K),

P_A είναι η ατμοσφαιρική πίεση σε Pa, λ είναι η λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης του νερού σε kJ/kg,

MW_{ratio} είναι η αναλογία μοριακού βάρους υδρατμών-ξηρού αέρα.

Έπειτα θα πρέπει να υπολογιστεί η πρόσληψη ενέργειας λόγω διείσδυσης του αέρα Q_A . Η μεταβλητή αυτή υπολογίζεται από τον τύπο που του Ο. Jolliet (1994) :

$$Q_A = \rho_A * C_{pA} * V * n * \Delta T \text{ σε kW,} \quad (\text{Εξ.18})$$

όπου ρ_A η πυκνότητα του ατμοσφαιρικού αέρα σε kg/m³, C_{pA} η ειδική θερμοχωρητικότητα του αέρα σε (kJ/kg*K), V ο όγκος του θερμοκηπίου σε m³, n οι απαιτούμενες εναλλαγές αέρα με κλειστά παράθυρα την ώρα και ΔT η διαφορά θερμοκρασίας περιβάλλοντος και εσωτερικής θερμοκρασίας, σε °C. Με όλα τα παραπάνω, γίνονται γνωστές τις απαιτούμενες μεταβλητές για να βρεθεί το ισοζύγιο ενέργειας για τους καλοκαιρινούς μήνες. Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, για να βρεθεί η ενέργεια που χρειάζεται το θερμοκήπιο για να ψυχθεί, θα πρέπει να πολλαπλασιαστεί το ισοζύγιο ενέργειας με την χρονική διάρκεια που γίνονται οι μετρήσεις. Άρα το αποτέλεσμα που θα βρεθεί, θα πολλαπλασιαστεί εκ νέου, με την τιμή 0,25.

Λόγω του ότι οι θερμοκρασιακές διαφορές κατά την διάρκεια της κάθε μέρας αλλάζει, υπάρχουν αρκετές περιπτώσεις που η εσωτερική θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη από την εξωτερική θερμοκρασία ($T_{in} > T_{out}$). Έτσι υπάρχουν χρονικές περίοδοι που το θερμοκήπιο μαθηματικά χρειάζεται θέρμανση. Αυτό όμως τους καλοκαιρινούς μήνες συμβαίνει σε πολύ λίγες περιπτώσεις, με

πολύ μικρή συμμετοχή, περίπου το τρία τις εκατό (3%) των μηνιαίων ενεργειακών αναγκών ψύξης του θερμοκηπίου, και δεν χρειάζεται να ληφθεί υπόψιν, οπότε και παραλείπεται. Όπως και στην περίπτωση των θερμικών αναγκών, έτσι και εδώ, θα πρέπει να οριστεί μια συνθήκη για τις περιπτώσεις όπου, το ποσό ενέργειας για ψύξη του θερμοκηπίου είναι αρνητικό. Έτσι στην τελευταία στήλη ελέγχεται αν οι τιμές απαιτούμενης ενέργειας για ψύξη είναι αρνητικές ή όχι. Εάν είναι τότε δεν λαμβάνονται υπόψιν στο συνολικό αθροιστικό ποσό μηνιαίας ενέργειας για ψύξη.

4. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

4.1 ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ ΔΙΑΘΕΣΙΜΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Πριν ξεκινήσει η ανάλυση και των υπολογισμών των απαιτούμενων παραμέτρων για την ολοκλήρωση της ενεργειακής μελέτης, θα πρέπει αναφερθούν κάποιες περεταίρω πληροφορίες σχετικά με την λειτουργία του θερμοκηπίου. Αρχικά το θερμοκήπιο δεν έχει σταθερή παραγωγή κατά την διάρκεια του χρόνου. Το φυτό που καλλιεργείται παρουσιάζει περισσότερη ζήτηση κατά τους θερινούς μήνες. Έτσι κατά τους χειμερινούς μήνες το θερμοκήπιο θα λειτουργεί τμηματικά, καθώς αποτελείται από δύο αυτοτελείς κλειστές μονάδες, ενώ τους καλοκαιρινούς μήνες θα τίθεται σε πλήρη λειτουργία. Πιο συγκεκριμένα, παρατίθενται παρακάτω πίνακες που δείχνουν το ποσοστό χρήσης της έκτασης του θερμοκηπίου, ανά εβδομάδα. Έτσι γίνεται εύκολα αντιληπτό ποια μονάδα λειτουργεί ανά εβδομάδα, και μπορούν να βγουν πιο εμπειριστατωμένα αποτελέσματα για τις ενεργειακές ανάγκες θέρμανσης και ψύξης που θα προκύψουν από τις παρακάτω μελέτες.

2019			
Week		ΕΚΤΑΣΗ m²	
1	6600	27	11000
2	6600	28	11000
3	6600	29	11000
4	6600	30	11000
5	6600	31	11000
6	6600	32	11000
7	6600	33	11000
8	6600	34	11000
9	6600	35	11000
10	6600	36	4400
11	6600	37	4400
12	6600	38	4400
13	6600	39	4400
14	6600	40	4400
15	11000	41	4400
16	11000	42	4400
17	11000	43	4400
18	11000	44	4400
19	11000	45	4400
20	11000	46	4400
21	11000	47	4400
22	11000	48	4400
23	11000	49	4400
24	11000	50	4400
25	11000	51	11000
26	11000	52	11000
		53	11000

Πίνακας 4.1.1

2020			
Week		ΕΚΤΑΣΗ m ²	
1	6600	27	11000
2	6600	28	11000
3	6600	29	11000
4	6600	30	11000
5	6600	31	11000
6	6600	32	11000
7	6600	33	11000
8	6600	34	11000
9	6600	35	11000
10	6600	36	4400
11	6600	37	4400
12	6600	38	4400
13	6600	39	4400
14	6600	40	4400
15	11000	41	4400
16	11000	42	4400
17	11000	43	4400
18	11000	44	4400
19	11000	45	4400
20	11000	46	4400
21	11000	47	4400
22	11000	48	4400
23	11000	49	4400
24	11000	50	4400
25	11000	51	11000
26	11000	52	11000
		53	11000

Πίνακας 4.1.2

2021			
Week		ΕΚΤΑΣΗ m2	
1	6600	27	11000
2	6600	28	11000
3	6600	29	11000
4	6600	30	11000
5	6600	31	11000
6	6600	32	11000
7	6600	33	11000
8	6600	34	11000
9	6600	35	11000
10	6600	36	4400
11	6600	37	4400
12	6600	38	4400
13	6600	39	4400
14	6600	40	4400
15	6600	41	4400
16	6600	42	4400
17	6600	43	4400
18	6600	44	4400
19	6600	45	4400
20	6600	46	4400
21	6600	47	4400
22	6600	48	4400
23	6600	49	4400
24	6600	50	4400
25	11000	51	4400
26	11000	52	

Πίνακας 4.1.3

4.1.2 Βασικοί υπολογισμοί θεμελιωδών στοιχείων

Εδώ θα παρατεθούν οι βασικές αριθμητικές πράξεις που θα χρειαστούν για την επίλυση των απαραίτητων υπολογισμών. Επίσης θα παρατεθούν αποσπάσματα από τους πίνακες με τα δεδομένα που θα χρησιμοποιηθούν για την η μελέτη θερμικών αναγκών. Τα δεδομένα που θα χρειαστούν, όπως εξηγήθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, είναι τα κατασκευαστικά, και δίνονται από τον κατασκευαστή: $R=5,7-4=1,7\text{m}$ η ακτίνα της τοξωτής οροφής, $\Delta_1=4\text{m}$ είναι το ύψος της κάθετης πλευράς του θερμοκηπίου, $\Delta_2=8\text{m}$ είναι το πλάτος κάθε οικίσκου, $\Delta_3=60\text{m}$ είναι το μήκος κάθε οικίσκου, $N_1=1$ όπου υποδηλώνεται το κάθε οικίσκο στην μια διεύθυνση, $N_2=15$ οι οικίσκοι για την πρώτη Μονάδα στην δεύτερη διεύθυνση και $N_2=10$ για την δεύτερη Μονάδα αντίστοιχα. Έτσι υπολογίζονται οι παρακάτω μεταβλητές:

Υπολογισμός επιφάνειας καλύμματος πλαϊνών :

$$A_{\text{πλ}}=(2*0,5*\pi*R^2+\Delta_1*\Delta_2)*N_2+2*\Delta_1*\Delta_3*N_1, \text{ σε } \text{m}^2,$$

Άρα $A_{\text{πλ1}}=(2*(0,5*1,7^2*\pi+4*8)*15+2*4*60*1)=1576 \text{ m}^2$ για την Μονάδα 1

Και $A_{\text{πλ2}}=(2*(0,5*1,7^2*\pi+4*8)*10+2*4*60*1)=1211 \text{ m}^2$ για την Μονάδα 2

Υπολογισμός επιφάνειας καλύμματος οροφής: $A_{\text{ορ}}=\pi*R*\Delta_3*N_1*N_2$ σε m^2

$$A_{\text{ορ1}}=\pi*R*\Delta_3*N_1*N_2 \text{ σε } \text{m}^2$$

Άρα $A_{\text{ορ1}}=\pi*1,7*60*1*15=4807 \text{ m}^2$ για την Μονάδα 1 και

$A_{\text{ορ2}}=\pi*1,7*60*1*10=3204 \text{ m}^2$ για την Μονάδα 2.

Τέλος:

Όγκος του θερμοκηπίου: $V=(0,5*\pi*R^2*\Delta_3+\Delta_1*\Delta_2*\Delta_3)*N_1*N_2$, σε m^3

Άρα έχουμε:

$$V_1=(0,5*\pi*R^2*\Delta_3+\Delta_1*\Delta_2*\Delta_3)*N_1*N_2=(0,5*\pi*1,7^2*60+4*8*60)*1*15=32886 \text{ m}^3$$

για την Μονάδα 1, και

$$V_2=(0,5*\pi*R^2*\Delta_3+\Delta_1*\Delta_2*\Delta_3)*N_1*N_2=(0,5*\pi*1,7^2*60+4*8*60)*1*10=21924 \text{ m}^3$$

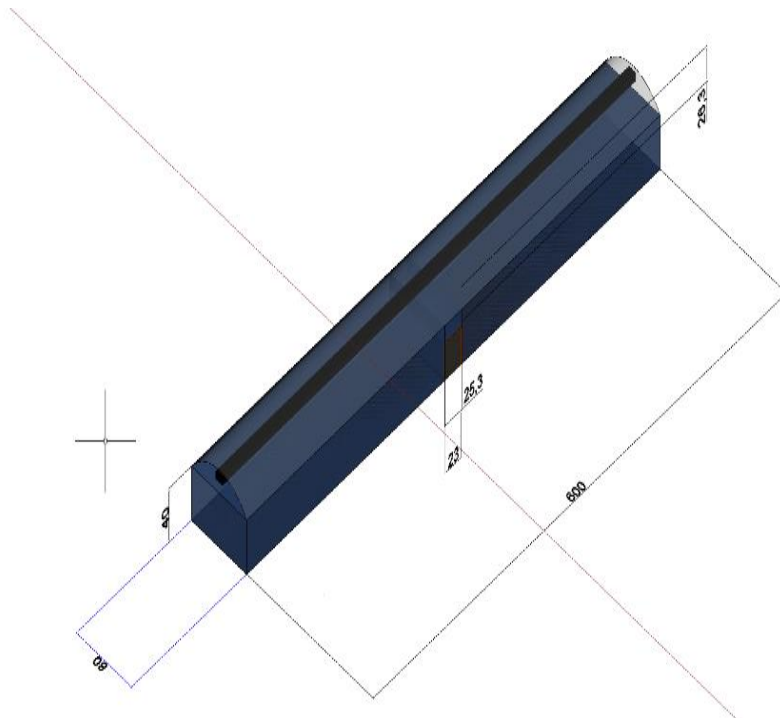
για την Μονάδα 2.

Έτσι για όλο το θερμοκήπιο λοιπόν οι τιμές είναι:

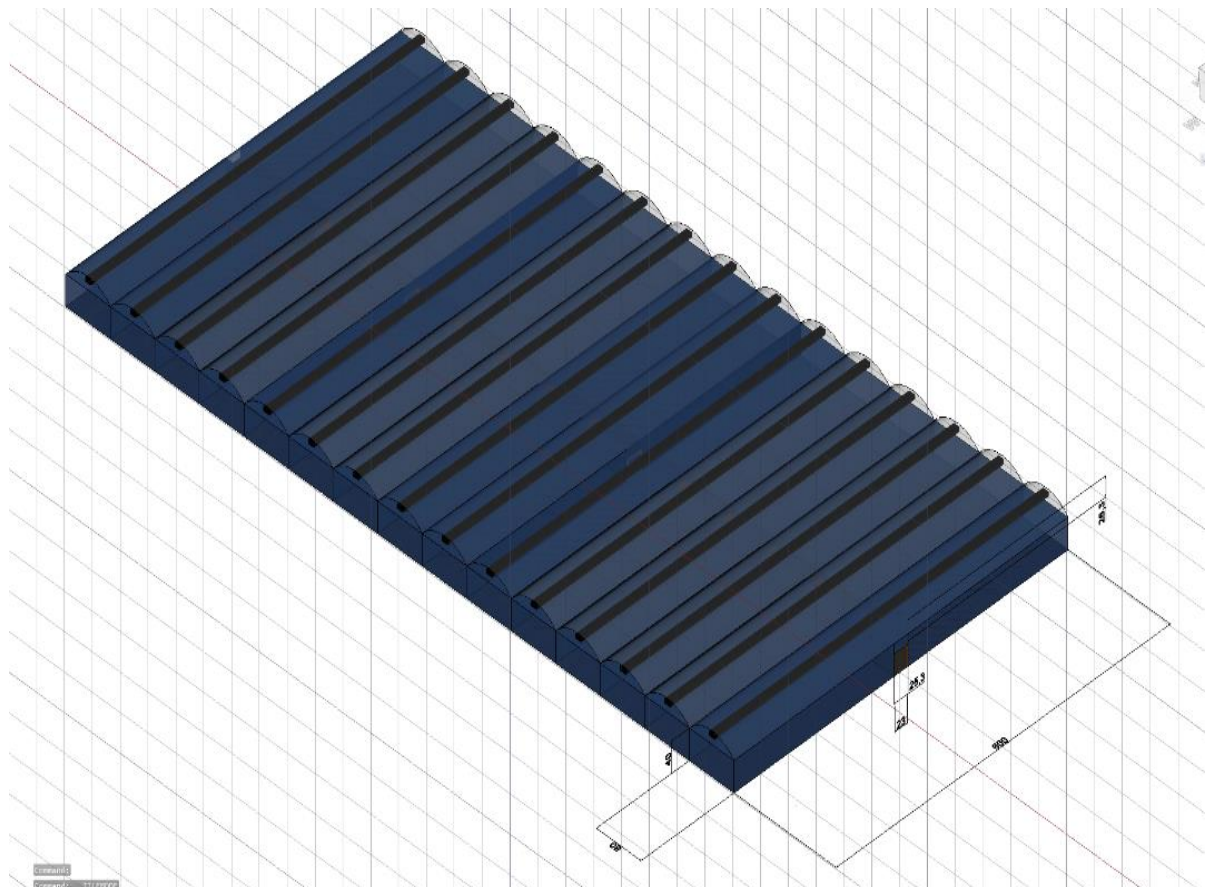
$$A_{\text{πλ,ολ}}=A_{\text{πλ1}}+A_{\text{πλ2}}=1576+1211=2787 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{ορ,ολ}}=A_{\text{ορ1}}+A_{\text{ορ2}}=4807+3204=8011 \text{ m}^2$$

$$V_{\text{ολ}}=V_1+V_2=32886+21924=54809 \text{ m}^3$$



Εδώ παρατίθενται φωτογραφίες του κάθε οικίσκου και της μονάδας αντίστοιχα, διαστασιολογημένες σε δεκατόμετρα (decimeters).



Ως δεδομένο υπάρχει ο συντελεστής διαπερατότητας του πολυαιθυλενίου: $\alpha=0,1$

Όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο, έχουμε τους συντελεστές θερμοπερατότητας των υλικών καλύμματος του θερμοκηπίου από τον πίνακα 3:

$U_{\text{roof}}=6,3 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C})$ και $U_{\text{side}}=2,4 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C})$, ενώ από τον Πίνακα 4.1.4 παίρνουμε την τιμή αλλαγών αέρα ανά ώρα $n=1,2$.

ΠΙΝΑΚΑΣ Α	
Κάλυμμα θερμοκηπίου	Τιμή U σε W/m²/°C
Απλό τζάμι	5,8
Απλό φύλλο πολυαιθυλενίου	6,3
Υαλοϋφάσματα (με ίνες υάλου) / Fiberglass	4,0
Διπλό φύλλο πολυαιθυλενίου	2,9
Απλό τζάμι και θερμοκουρτίνα	2,4

ΠΙΝΑΚΑΣ Β	
Χαρακτηριστικά κατασκευής	Αλλαγές ανά ώρα (n)
Νέα κατασκευή (1-3 έτη) υαλόφρακτο	0,8 - 1,8
Νέα κατασκευή (1-3 έτη) με απλό φύλλο πολυαιθυλενίου	0,8 - 2,5
Νέα κατασκευή (1-3 έτη) με διπλό φύλλο πολυαιθυλενίου	0,5 - 1,2
Παλαιά κατασκευή (4-10 έτη) υαλόφρακτου με καλή συντήρηση	1,5
Παλαιά κατασκευή (4-10 έτη) υαλόφρακτου και κακή συντήρηση	2,5

Πίνακας 4.1.4

Έτσι λοιπόν, είναι όλα έτοιμα για την εύρεση ενεργειακών αναγκών του θερμοκηπίου καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου.

4.2.1 Πίνακες και υπολογισμοί δεδομένων μελέτης ενεργειακών αναγκών θέρμανσης

Εδώ θα παρατεθούν ενδεικτικοί πίνακες που θα περιλαμβάνουν τα βασικά στοιχεία που είναι απαραίτητα για την επίλυση του ενεργειακού ισοζυγίου, όπως η θερμοκρασία εσωτερικά T_i και εξωτερικά T_o του θερμοκηπίου καθώς και η διαφορά τους DT , η προσπίπτουσα ακτινοβολία G , η ταχύτητα του αέρα εξωτερικά του θερμοκηπίου u . Επίσης παρατίθενται και τα θεμελιώδη στοιχεία του θερμοκηπίου, δηλαδή η μονάδα που χρησιμοποιείται, και ως συνέπεια ο όγκος, και οι επιφάνειες που αντιστοιχούν στην χρησιμοποιούμενη μονάδα τον εκάστοτε μήνα. Τέλος παρατίθενται η θερμική ισχύς, και ως συνέπεια η θερμική ενέργεια που χρειάζεται το θερμοκήπιο. Στην τελευταία γραμμή του κάθε πίνακα θα παρουσιάζεται η συνολική ενεργειακή ανάγκη του μήνα.

ΕΤΟΣ 2019

Οπότε για τον μήνα Ιανουάριο παρουσιάζονται τα προηγουμένως αναφερόμενα στοιχεία:

Δεδομένα Θερμοκηπίου για Ιανουάριο	
$A_{op} =$	4.807
$A_{πλ} =$	1.576
$V =$	32.886
$n =$	1,2

ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2019

Ημερομηνία & Ώρα	Εσωτερική Θερμοκρασία Θερμοκηπίου, $T_{in,ave}$	Εξωτερική Θερμοκρασία Θερμοκηπίου, $T_{out,ave}$	Διαφορά Θερμοκρασίας, DT	Radiation, G	Μέγιστη ταχύτητα αέρα, $U_{max,ave}$	Ταχύτητα του αέρα, $U_{0,ave}$	Εναλλαγές ανά ώρα R_{ave}	Θερμική Ισχύς, Q	Θερμική Ενέργεια, E	Θερμική Ενέργεια, E
	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	W/m^2	m/s	m/s		kW	kWh	kWh
SUM	18,47	10,46	8,01	736	6,77	1,43	0,25	636	127470	<u>135.241</u>

Πίνακας 4.2.1

Αυτή λοιπόν η διαδικασία, επαναλαμβάνεται για κάθε μήνα στα τρία χρόνια, που το θερμοκήπιο χρειάζεται ενέργεια για θέρμανση.

Έτσι για τον μήνα Φεβρουάριο υπολογίζονται αντίστοιχα:

Δεδομένα Θερμοκηπίου για Φεβρουάριο	
$A_{op} =$	4.807
$A_{πλ} =$	1.576
$V =$	32.886
$n =$	1,2

ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2019

Ημερομηνία & Ωρα	Εσωτερική Θερμοκρασία Θερμοκηπίου, $T_{in,ave}$	Εξωτερική Θερμοκρασία Θερμοκηπίου, $T_{out,ave}$	Διαφορά Θερμοκρασίας, DT	Radiation, G	Μέγιστη ταχύτητα αέρα, $u_{max,ave}$	Ταχύτητα του αέρα, $u_{0,ave}$	Εναλλαγές ανά ώρα $R_{,ave}$	Θερμική Ισχύς, Q	Θερμική Ενέργεια, E	Θερμική Ενέργεια, E
	B°C	B°C	B°C	W/m ²	m/s	m/s		kW	kWh	kWh
SUM	16,70	9,42	7,28	944	9,17	2,34	0,31	457	127.470	<u>135.241</u>

Πίνακας 4.2.2

Για τον μήνα Μάρτιο ένα υπολογίζονται αντίστοιχα:

Δεδομένα Θερμοκηπίου για Μάρτιο	
$A_{op} =$	4.807
$A_{πλ} =$	1.576
$V =$	32.886
$n =$	1,2

ΜΑΡΤΙΟΣ 2019

Ημερομηνία & Ωρα	Εσωτερική Θερμοκρασία Θερμοκηπίου, $T_{in,ave}$	Εξωτερική Θερμοκρασία Θερμοκηπίου, $T_{out,ave}$	Διαφορά Θερμοκρασίας, DT	Radiation, G	Μέγιστη ταχύτητα αέρα, $u_{max,ave}$	Ταχύτητα του αέρα, $u_{0,ave}$	Εναλλαγές ανά ώρα $R_{,ave}$	Θερμική Ισχύς, Q	Θερμική Ενέργεια, E	Θερμική Ενέργεια, E
	B°C	B°C	B°C	W/m ²	m/s	m/s		kW	kWh	kWh
SUM	20,22	15,97	4,25	1.035	8,06	1,87	0,27	448	78.185	<u>112.970</u>

Πίνακας 4.2.3

Για τον μήνα Απρίλιο υπολογίζονται αντίστοιχα:

Δεδομένα Θερμοκηπίου για τον Απρίλιο	
Aop=	4.807
Aπλ=	1.576
V=	32.886
n=	1,2

ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2019

Ημερομηνία & Ωρα	Εσωτερική Θερμοκρασία Θερμοκηπίου, $T_{in,ave}$	Εξωτερική Θερμοκρασία Θερμοκηπίου, $T_{out,ave}$	Διαφορά Θερμοκρασίας, DT	Radiation, G	Μέγιστη ταχύτητα αέρα, $U_{max,ave}$	Ταχύτητα του αέρα, $U_{0,ave}$	Εναλλαγές ανά ώρα R_{ave}	Θερμική Ισχύς, Q	Θερμική Ενέργεια, E	Θερμική Ενέργεια, E
	B°C	B°C	B°C	W/m ²	m/s	m/s		kW	kWh	kWh
SUM	18,92	15,32	3,60	1.192	7,78	1,70	0,26	352	8.660	<u>61.183</u>

Πίνακας 4.2.4

Για τον μήνα Νοέμβριο υπολογίζονται αντίστοιχα:

Δεδομένα Θερμοκηπίου για Νοεμβρίου	
Aop=	3.204
Aπλ=	1.211
V=	21.924
n=	1,2

ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2019

Ημερομηνία & Ωρα	Εσωτερική Θερμοκρασία Θερμοκηπίου, $T_{in,ave}$	Εξωτερική Θερμοκρασία Θερμοκηπίου, $T_{out,ave}$	Διαφορά Θερμοκρασίας, DT	Radiation G	Μέγιστη ταχύτητα αέρα, $U_{max,ave}$	Ταχύτητα του αέρα, $U_{0,ave}$	Εναλλαγές ανά ώρα R_{ave}	Θερμική Ισχύς, Q	Θερμική Ενέργεια, E	Θερμική Ενέργεια, E
	B°C	B°C	B°C	W/m ²	m/s	m/s		kW	kWh	kWh
SUM	17,76	17,15	0,61	764	7,25	1,30	0,22	135	-22.538	<u>13.350</u>

Πίνακας 4.2.5

Για τον μήνα Δεκέμβριο υπολογίζονται αντίστοιχα:

Δεδομένα Θερμοκηπίου για 1-15 Δεκεμβρίου	
Αορ=	3.204
Απλ=	1.211
V=	21.924
η=	1,2

Δεδομένα θερμοκηπίου για 16-31 Δεκεμβρίου	
Αορ=	8.011
Απλ=	2.787
V=	54.809

ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2019

Ημερομηνία & Ωρα	Εσωτερική Θερμοκρασία Θερμοκηπίου, $T_{in,ave}$	Εξωτερική Θερμοκρασία Θερμοκηπίου, $T_{out,ave}$	Διαφορά Θερμοκρασίας, ΔT	Radiation, G	Μέγιστη ταχύτητα αέρα, $u_{max,ave}$	Ταχύτητα του αέρα, $u_{0,ave}$	Εναλλαγές ανά ώρα $R_{,ave}$	Θερμική Ισχύς, Q	Θερμική Ενέργεια, E	Θερμική Ενέργεια, E
	°C	°C	°C	W/m ²	m/s	m/s		kW	kWh	kWh
SUM	16,54	12,12	4,42	710	7,11	1,23	0,208	709	128.202	<u>141.094</u>

Πίνακας 4.2.6

ΕΤΟΣ 2020

Για τον μήνα Ιανουάριο υπολογίζονται αντίστοιχα:

Δεδομένα Θερμοκηπίου για Ιανουάριο	
Αορ=	4.807
Απλ=	1.576
V=	32.886
η=	1,2

ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2020

Ημερομηνία & Ώρα	Εσωτερική Θερμοκρασία Θερμοκηπίου, $T_{in,ave}$	Εξωτερική Θερμοκρασία Θερμοκηπίου, $T_{out,ave}$	Διαφορά Θερμοκρασίας, DT	Radiation, G	Μέγιστη ταχύτητα αέρα, $U_{max,ave}$	Ταχύτητα του αέρα, U_0,ave	Εναλλαγές ανά ώρα R,ave	Θερμική Ισχύς, Q_{max}	Θερμική Ενέργεια, E	Θερμική Ενέργεια, E
	Β°C	Β°C	Β°C	W/m ²	m/s	m/s		kW	kWh	kWh
SUM	16,83	9,67	7,2	759	7,78	1,35	0,21	549	178.528	<u>178.528</u>

Πίνακας 4.2.7

Για τον μήνα Φεβρουάριο υπολογίζονται αντίστοιχα:

Δεδομένα Θερμοκηπίου για Φεβρουάριο	
Αορ=	4.807
Απλ=	1.576
V=	32.886
η=	1,2

ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2020

Ημερομηνία & Ώρα	Εσωτερική Θερμοκρασία Θερμοκηπίου, $T_{in,ave}$	Εξωτερική Θερμοκρασία Θερμοκηπίου, $T_{out,ave}$	Διαφορά Θερμοκρασίας, DT	Radiation, G _{max}	Μέγιστη ταχύτητα αέρα, $U_{max,ave}$	Ταχύτητα του αέρα, U_0,ave	Εναλλαγές ανά ώρα R,ave	Θερμική Ισχύς, Q_{max}	Θερμική Ενέργεια, E	Θερμική Ενέργεια, E
	Β°C	Β°C	Β°C	W/m ²	m/s	m/s		kW	kWh	kWh
SUM	17,03	11,20	5,83	937	6,79	1,24	0,22	441	114.541	<u>126.741</u>

Πίνακας 4.2.8

Για τον μήνα Μάρτιο υπολογίζονται αντίστοιχα:

Δεδομένα Θερμοκηπίου για Μάρτιο	
Αορ=	4.807
Απλ=	1.576
V=	32.886
n=	1,2

ΜΑΡΤΙΟΣ 2020

Ημερομηνία & Ωρα	Εσωτερική Θερμοκρασία Θερμοκηπίου, $T_{in,ave}$	Εξωτερική Θερμοκρασία Θερμοκηπίου, $T_{out,ave}$	Διαφορά Θερμοκρασίας, DT	Radiation, G	Μέγιστη ταχύτητα αέρα, $u_{max,ave}$	Ταχύτητα του αέρα, $u_{0,ave}$	Εναλλαγές ανά ώρα R,ave	Θερμική Ισχύς, Q	Θερμική Ενέργεια, E	Θερμική Ενέργεια, E
	°C	°C	°C	W/m ²	m/s	m/s		kW	kWh	kWh
SUM	18,01	13,05	4,96	1.092	9,08	1,59	0,21	402	66.893	<u>99.889</u>

Πίνακας 4.2.9

Για τον μήνα Απρίλιο υπολογίζονται αντίστοιχα:

Δεδομένα για 1η βδομάδα Απριλίου	
Αορ=	4807
Απλ=	1576
V=	32886

Δεδομένα Θερμοκηπίου για τον υπόλοιπο Απρίλιο	
Αορ=	8.011
Απλ=	2.787
V=	54.809
n=	1,2

ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2020

Ημερομηνία & Ωρα	Εσωτερική Θερμοκρασία Θερμοκηπίου, $T_{in,ave}$	Εξωτερική Θερμοκρασία Θερμοκηπίου, $T_{out,ave}$	Διαφορά Θερμοκρασίας, DT	Radiation, G	Μέγιστη ταχύτητα αέρα, $u_{max,ave}$	Ταχύτητα του αέρα, $u_{0,ave}$	Εναλλαγές ανά ώρα R,ave	Θερμική Ισχύς, Q	Θερμική Ενέργεια, E	Θερμική Ενέργεια, E
	°C	°C	°C	W/m ²	m/s	m/s		kW	kWh	kWh
SUM	18,39	14,63	3,76	1.166	7,13	1,80	0,30	532	11.726	<u>92.784</u>

Πίνακας 4.2.10

Για τον μήνα Οκτώβριο υπολογίζονται αντίστοιχα:

Δεδομένα θερμοκηπίου για Οκτώβριο	
Aop=	3.204
Aπλ=	1.211
V=	21.924
n=	1,2

ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2020

Ημερομηνία & Ωρα	Εσωτερική Θερμοκρασία Θερμοκηπίου, $T_{in,ave}$	Εξωτερική Θερμοκρασία Θερμοκηπίου, $T_{out,ave}$	Διαφορά Θερμοκρασίας, DT	Radiation, G	Μέγιστη ταχύτητα αέρα, $U_{max,ave}$	Ταχύτητα του αέρα, $U_{0,ave}$	Εναλλαγές ανά ώρα $R_{,ave}$	Θερμική Ισχύς, Q	Θερμική Ενέργεια, E	Θερμική Ενέργεια, E
	B°C	B°C	B°C	W/m ²	m/s	m/s		kW	kWh	kWh
SUM	28,58	16,95	1,63	918	5,92	0,96	0,195	134	-23.562	<u>16.141</u>

Πίνακας 4.2.11

Για τον μήνα Νοέμβριο υπολογίζονται αντίστοιχα:

Δεδομένα θερμοκηπίου για Νοέμβριο	
Aop=	3.204
Aπλ=	1.211
V=	21.924
n=	1,2

ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2020

Ημερομηνία & Ωρα	Εσωτερική Θερμοκρασία Θερμοκηπίου, $T_{in,ave}$	Εξωτερική Θερμοκρασία Θερμοκηπίου, $T_{out,ave}$	Διαφορά Θερμοκρασίας, DT	Radiation, G	Μέγιστη ταχύτητα αέρα, $U_{max,ave}$	Ταχύτητα του αέρα, $U_{0,ave}$	Εναλλαγές ανά ώρα $R_{,ave}$	Θερμική Ισχύς, Q	Θερμική Ενέργεια, E	Θερμική Ενέργεια, E
	B°C	B°C	B°C	W/m ²	m/s	m/s		kW	kWh	kWh
SUM	17,02	15,51	1,51	734	6,97	1,67	0,29	199	-8.637	<u>23.698</u>

Πίνακας 4.2.12

Για τον μήνα Δεκέμβριο υπολογίζονται αντίστοιχα:

Δεδομένα θερμοκηπίου για 1-15 Δεκέμβριο	
Aop=	3204
Aπλ=	1211
V=	21924
n=	1,2

Δεδομένα θερμοκηπίου για 16-31 Δεκέμβριο	
Aop=	8.011
Aπλ=	2.787
V=	54.809

ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2020										
Ημερομηνία & Ωρα	Εσωτερική Θερμοκρασία Θερμοκηπίου, T _{in,ave}	Εξωτερική Θερμοκρασία Θερμοκηπίου, T _{out,ave}	Διαφορά Θερμοκρασίας, DT	Radiation, G	Μέγιστη ταχύτητα αέρα, U _{max,ave}	Ταχύτητα του αέρα, U _{0,ave}	Εναλλαγές ανά ώρα R _{ave}	Θερμική Ισχύς, Q	Θερμική Ενέργεια, E	Θερμική Ενέργεια, E
	B°C	B°C	B°C	W/m ²	m/s	m/s		kW	kWh	kWh
SUM	16,57	13,35	3,21	723	6,57	1,399	0,255	538	79.020	<u>95.169</u>

Πίνακας 4.2.13

ΕΤΟΣ 2021

Για τον μήνα Ιανουάριο υπολογίζονται αντίστοιχα:

Δεδομένα Θερμοκηπίου 1-5 Ιανουαρίου	
Αορ=	8.011
Απλ=	2.787
V=	54.809
n=	1,2

Δεδομένα Θερμοκηπίου 6-31 Ιανουαρίου	
Αορ=	4.807
Απλ=	1.576
V=	32.886

ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2021

Ημερομηνία & Ωρα	Εσωτερική Θερμοκρασία Θερμοκηπίου, $T_{in,ave}$	Εξωτερική Θερμοκρασία Θερμοκηπίου, $T_{out,ave}$	Διαφορά Θερμοκρασίας, DT	Radiation, G	Μέγιστη ταχύτητα αέρα, $U_{max,ave}$	Ταχύτητα του αέρα, $U_{0,ave}$	Εναλλαγές ανά ώρα $R_{,ave}$	Θερμική Ισχύς, Q	Θερμική Ενέργεια, E	Θερμική Ενέργεια, E
	B°C	B°C	B°C	W/m ²	m/s	m/s		kW	kWh	kWh
SUM	16,37	11,31	5,05	759	6,11	1,34	0,26	651	138.754	<u>150.177</u>

Πίνακας 4.2.14

Για τον μήνα Φεβρουάριο υπολογίζονται αντίστοιχα:

Δεδομένα Θερμοκηπίου για Φεβρουάριο	
Αορ=	4.807
Απλ=	1.576
V=	32.886
n=	1,2

ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2021

Ημερομηνία & Ωρα	Εσωτερική Θερμοκρασία Θερμοκηπίου, $T_{in,ave}$	Εξωτερική Θερμοκρασία Θερμοκηπίου, $T_{out,ave}$	Διαφορά Θερμοκρασίας, DT	Radiation, G	Μέγιστη ταχύτητα αέρα, $U_{max,ave}$	Ταχύτητα του αέρα, $U_{0,ave}$	Εναλλαγές ανά ώρα $R_{,ave}$	Θερμική Ισχύς, Q	Θερμική Ενέργεια, E	Θερμική Ενέργεια, E
	B°C	B°C	B°C	W/m ²	m/s	m/s		kW	kWh	kWh
SUM	17,66	11,53	6,13	814	7,76	1,44	0,22	620	113.503	<u>132.515</u>

Πίνακας 4.2.15

Για τον μήνα Μάρτιο υπολογίζονται αντίστοιχα:

Δεδομένα Θερμοκηπίου για Μάρτιο	
Aop=	4.807
Aπλ=	1.576
V=	32.886
n=	1,2

ΜΑΡΤΙΟΣ 2021

Ημερομηνία & Ωρα	Εσωτερική Θερμοκρασία Θερμοκηπίου, T _{in,ave}	Εξωτερική Θερμοκρασία Θερμοκηπίου, T _{out,ave}	Διαφορά Θερμοκρασίας, DT	Radiation, G	Μέγιστη ταχύτητα αέρα, U _{max,ave}	Ταχύτητα του αέρα, U _{0,ave}	Εναλλαγές ανά ώρα R _{ave}	Θερμική Ισχύς, Q	Θερμική Ενέργεια, E	Θερμική Ενέργεια, E
	B°C	B°C	B°C	W/m ²	m/s	m/s		kW	kWh	kWh
SUM	18,10	11,78	6,31	1.028	7,02	1,42	0,24	548	113.511	<u>135.579</u>

Πίνακας 4.2.16

Για τον μήνα Απρίλιο υπολογίζονται αντίστοιχα:

Δεδομένα Θερμοκηπίου για Απρίλιο	
Aop=	4.807
Aπλ=	1.576
V=	32.886
n=	1,2

ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2021

Ημερομηνία & Ωρα	Εσωτερική Θερμοκρασία Θερμοκηπίου, T _{in,ave}	Εξωτερική Θερμοκρασία Θερμοκηπίου, T _{out,ave}	Διαφορά Θερμοκρασίας, DT	Radiation, G	Μέγιστη ταχύτητα αέρα, U _{max,ave}	Ταχύτητα του αέρα, U _{0,ave}	Εναλλαγές ανά ώρα R _{ave}	Θερμική Ισχύς, Q	Θερμική Ενέργεια, E	Θερμική Ενέργεια, E
	B°C	B°C	B°C	W/m ²	m/s	m/s		kW	kWh	kWh
SUM	18,90	15,12	3,78	1.079	7,27	1,65	0,27	492	17.119	<u>69.329</u>

Πίνακας 4.2.17

Για τον μήνα Νοέμβριο υπολογίζονται αντίστοιχα:

Δεδομένα Θερμοκηπίου για Νοέμβρη	
Aop=	3.204
Aπλ=	1.211
V=	21.924
η=	1,2

ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2021

Ημερομηνία & Ωρα	Εσωτερική Θερμοκρασία Θερμοκηπίου, T _{in,ave}	Εξωτερική Θερμοκρασία Θερμοκηπίου, T _{out,ave}	Διαφορά Θερμοκρασίας, DT	Radiation, G	Μέγιστη ταχύτητα αέρα, u _{max,ave}	Ταχύτητα του αέρα, u _{0,ave}	Εναλλαγές ανά ώρα R _{ave}	Θερμική Ισχύς, Q	Θερμική Ενέργεια, E	Θερμική Ενέργεια, E
	B°C	B°C	B°C	W/m ²	m/s	m/s		kW	kWh	kWh
SUM	18,76	15,90	2,87	828	8,06	1,57	0,23	440	31.397	<u>36.631</u>

Πίνακας 4.2.18

Στον μήνα Δεκέμβριο υπάρχει η ιδιαιτερότητα της ύπαρξης δεδομένων κάθε 5 λεπτά της ώρας. Άρα για το μήνα Δεκέμβριο υπολογίζονται οι αντίστοιχες ποσότητες:

Δεδομένα Θερμοκηπίου για Δεκέμβρη	
Aop=	3.204
Aπλ=	1.211
V=	21.924
η=	1,2

ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2021

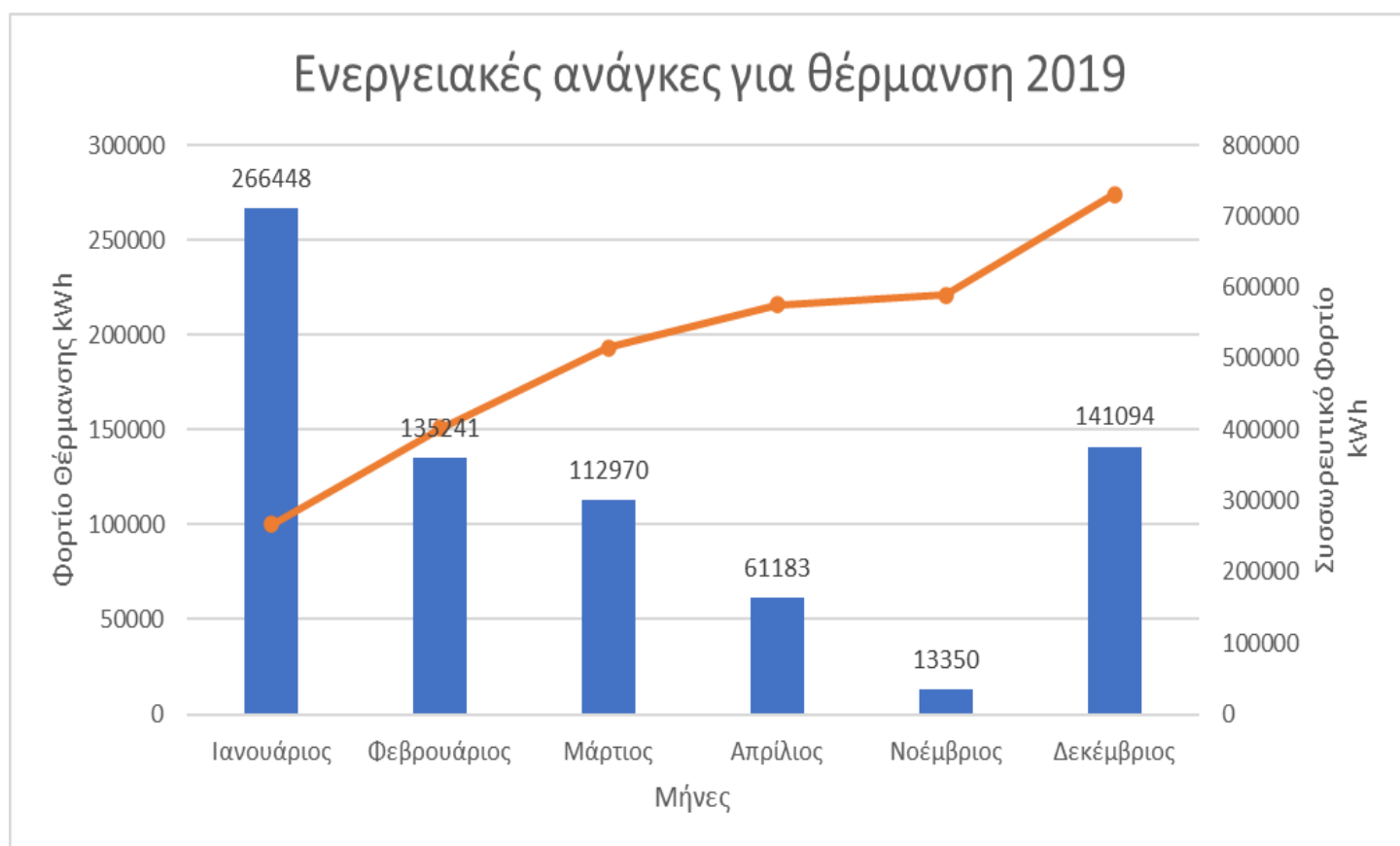
Ημερομηνία & Ωρα	Εσωτερική Θερμοκρασία Θερμοκηπίου, T _{in,ave}	Εξωτερική Θερμοκρασία Θερμοκηπίου, T _{out,ave}	Διαφορά Θερμοκρασίας, DT	Radiation, G	Μέγιστη ταχύτητα αέρα, u _{max,ave}	Ταχύτητα του αέρα, u _{0,ave}	Εναλλαγές ανά ώρα R _{ave}	Θερμική Ισχύς, Q	Θερμική Ενέργεια, E	Θερμική Ενέργεια, E
	B°C	B°C	B°C	W/m ²	m/s	m/s		kW	kWh	kWh
SUM	16,69	10,41	6,28	719	6,39	1,23	0,23	379	92.622	<u>93.614</u>

Πίνακας 4.2.19

Έτσι οι συνολικές ενεργειακές ανάγκες για θέρμανση σε κάθε έτος, κατά την διάρκεια των τριών τελευταίων ετών συναντώνται στους παρακάτω πίνακες:

2019		
Μηνας	Φορτιο Θέρμανσης (kWh)	Συσσωρευτικό φορτίο (kWh)
Ιανουάριος	266.448	266.448
Φεβρουάριος	135.241	401.689
Μάρτιος	112.970	514.659
Απρίλιος	61.183	575.842
Νοέμβριος	13.350	589.192
Δεκέμβριος	141.094	730.287

Πίνακας 4.2.20



2020		
Μηνας	Φορτιο Θέρμανσης (kWh)	Συσσωρευτικό φορτίο (kWh)
Ιανουάριος	178.528	178.528
Φεβρουάριος	126.741	305.269
Μάρτιος	99.889	405.158
Απρίλιος	92.784	497.942
Οκτώβριος	16.141	514.083
Νοέμβριος	23.698	537.781
Δεκέμβριος	95.169	632.951

Πίνακας 4.2.21



2021		
Μηνας	Φορτιο Θέρμανσης (kWh)	Συσσωρευτικό φορτίο (kWh)
Ιανουάριος	150.177	150.177
Φεβρουάριος	132.516	282.693
Μάρτιος	135.579	418.272
Απρίλιος	69.329	487.601
Νοέμβριος	36.631	524.233
Δεκέμβριος	93.614	617.846

Πίνακας 4.2.22

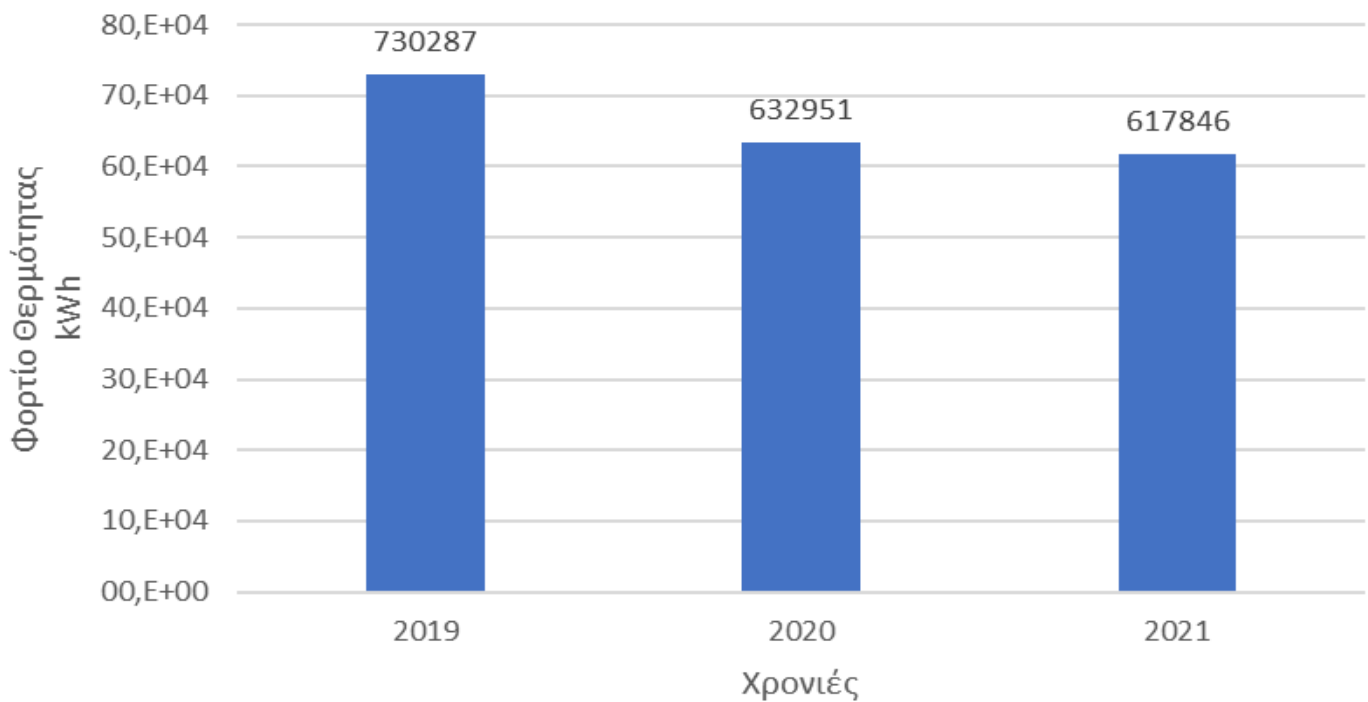


Τα τελικά ποσά ενέργειας για θέρμανση κάθε χρόνο είναι :

Συνολικά Ποσά Ενέργειας , kWh		
2019	2020	2021
730.287	632.951	617.846

Πίνακας 4.2.23

Ετήσια Ποσά Ενέργειας Θέρμανσης



4.2.2 Πίνακες και υπολογισμοί δεδομένων μελέτης ενεργειακών αναγκών ψύξης

Έρθε η ώρα να γίνει η μελέτη των ενεργειακών αναγκών ψύξης του θερμοκηπίου. Βασιζόμενοι στην θεωρητική μέθοδο υπολογισμών των ενεργειακών αναγκών που πραγματοποιήθηκε στο υπό-κεφάλαιο 3.3.2 , παρατίθενται κάποια βασικά μεγέθη τα οποία είναι αναγκαία για την ολοκλήρωση της μελέτης. Αυτά τα βασικά μεγέθη είναι: ο συντελεστής εκπομπής πολυαιθυλενίου: $\epsilon=0,1$, το γνωστό, από την μελέτη αναγκών θέρμανσης, $n=1,2$, Επίσης είναι γνωστή η ψυχομετρική σταθερά $\gamma=64,058$ Pa/K. Από τις προδιαγραφές του κατασκευαστή, δίνονται οι τύποι των ανεμιστήρων καθώς και τη παροχή που μπορούν να εισάγουν αέρα μέσα στο θερμοκήπιο. Αυτή η παροχή είναι $q=44000 \text{ m}^3/\text{hr}=12,2 \text{ m}^3/\text{s}$ ο κάθε ένας. Έτσι μπορούμε να βρούμε τον αισθητό συντελεστή μεταφοράς θερμότητας:

$$h_v = \rho \cdot C_{pa} \cdot q \cdot n / (3600 \cdot A_c)$$

$$= 1,168 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 1.004 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot 44.000 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot 50 / (3.600 \text{s} \cdot 12.000 \text{m}^2) = 59,7194 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}.$$

Με την βοήθεια των Πινάκων 4.1.1, 4.1.2, 4.1.3 , είναι ευδιάκριτο πως τους θερινούς μήνες το θερμοκήπιο μπαίνει σε πλήρη λειτουργία. Υπάρχουν όμως κάποιες εξαιρέσεις που πρέπει να ληφθούν υπόψιν, όπως ο Μάιος και ο Ιούνιος του 2021, που λειτουργεί μόνο η μια μονάδα.

Έτος 2019

Οπότε για τον μήνα Μάιο παρουσιάζονται τα προηγουμένως αναφερόμενα στοιχεία:

Δεδομένα Θερμοκηπίου για Μάιο	
Αορ=	8.011
Απλ=	2.787
V=	54.809
n=	1,2

ΜΑΪΟΣ 2019

Ημ/μία & Ωρα	T _{in, ave}	T _{out, ave}	RH _{in, ave}	RH _{out, ave}	ei _{ins, ave}	ei _{ou, ave}	G	R _s	R _o	Q _c	Q _v	Q _A	ΔQ	ΔQ
	B°C	B°C	%	%	Pa	Pa	W/m ²	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
SUM	19,59	17,29	85,08	74,37	1912	1434	1266	174628	13775	-97822	-4768738	-9778	240160	<u>241609</u>

Πίνακας 4.2.24

Για τον μήνα Ιούνιο, υπολογίζονται αντίστοιχα:

Δεδομένα Θερμοκηπίου για Ιούνιο	
Αορ=	8.011
Απλ=	2.787
V=	54.809
n=	1,2

ΙΟΥΝΙΟΣ 2019

Ημ/μία & Ωρα	T _{in, ave}	T _{out, ave}	RH _{in, ave}	RH _{out, ave}	ei _{ins, ave}	ei _{ou, ave}	G	R _s	R _o	Q _c	Q _v	Q _A	ΔQ	ΔQ
	B°C	B°C	%	%	Pa	Pa	W/m ²	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
SUM	23,80	22,14	78,21	68,28	2246	1767	1147	213260	11945	-68150	-4319497	-7369	452448	<u>478334</u>

Πίνακας 4.2.25

Για τον μήνα Ιούλιο, υπολογίζονται αντίστοιχα:

Δεδομένα Θερμοκηπίου για Ιούλιο	
Αορ=	8.011
Απλ=	2.787
V=	54.809
n=	1,2

ΙΟΥΛΙΟΣ 2019

Ημ/μία & Ωρα	T _{in, ave}	T _{out, ave}	RH _{in, ave}	RH _{out, ave}	ei _{ins, ave}	ei _{out, ave}	G	R _s	R _o	Q _c	Q _v	Q _A	ΔQ	ΔQ
	B°C	B°C	%	%	Pa	Pa	W/m ²	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
SUM	24,48	22,76	79,74	66,75	2430	1815	1198	212993	13600	-81252	-5623036	-9645	767538	<u>781030</u>

Πίνακας 4.2.26

Για τον μήνα Αύγουστο, υπολογίζονται αντίστοιχα:

Δεδομένα Θερμοκηπίου για Αύγουστο	
Αορ=	8.011
Απλ=	2.787
V=	54.809
n=	1,2

ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ 2019

Ημ/μία & Ωρα	T _{in, ave}	T _{out, ave}	RH _{in, ave}	RH _{out, ave}	ei _{ins, ave}	ei _{out, ave}	G	R _s	R _o	Q _c	Q _v	Q _A	ΔQ	ΔQ
	B°C	B°C	%	%	Pa	Pa	W/m ²	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
SUM	24,95	23,82	74,38	57,40	2315	1631	1107	205354	10351	-47898	-5776747	-7690	808616	<u>867497</u>

Πίνακας 4.2.27

Για τον μήνα Σεπτέμβριο, υπολογίζονται αντίστοιχα:

Δεδομένα Θερμοκηπίου για 1 ^η Σεπτεμβρίου	
Αορ=	8.011
Απλ=	2.787
V=	54.809
η=	1,2

Δεδομένα Θερμοκηπίου για 2-30 Σεπτεμβρίου	
Αορ=	3.204
Απλ=	1.211
V=	21.924
η=	1,2

ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2019

Ημ/νία & Ωρα	T _{in} , ave	T _{out} , ave	RH _{in} , ave	RH _{out} , ave	e _i _{ins} , ave	e _i _{out} , ave	G	R _s	R _o	Q _c	Q _v	Q _A	ΔQ	ΔQ
	B°C	B°C	%	%	Pa	Pa	W/m ²	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
SUM	25,15	13,06	69,34	66,25	2132	1791	1167	67111	14622	-35125	-1482587	-5046	131913	<u>133258</u>

Πίνακας 4.2.28

Έτος 2020

Για τον μήνα Μάιο, υπολογίζονται αντίστοιχα:

Δεδομένα Θερμοκηπίου για Μάιο	
Αορ=	8.011
Απλ=	2.787
V=	54.809
n=	1,2

ΜΑΪΟΣ 2020

Ημ/νία & Ωρα	T _{in, ave}	T _{out, ave}	RH _{in, ave}	RH _{out, ave}	e _{i, ins, ave}	e _{i, out, ave}	G	R _s	R _o	Q _c	Q _v	Q _A	ΔQ	ΔQ
	B°C	B°C	%	%	Pa	Pa	W/m ²	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
SUM	20,11	20,32	81,06	66,54	1890	1524	1268	197935	2732	8736	-2693363	-423	460071	<u>629029</u>

Πίνακας 4.2.29

Για τον μήνα Μάιο, υπολογίζονται αντίστοιχα:

Δεδομένα Θερμοκηπίου για Ιούνιο	
Αορ=	8.011
Απλ=	2.787
V=	54.809
n=	1,2

ΙΟΥΝΙΟΣ 2020

Ημ/νία & Ωρα	T _{in, ave}	T _{out, ave}	RH _{in, ave}	RH _{out, ave}	e _{i, ins, ave}	e _{i, out, ave}	G	R _s	R _o	Q _c	Q _v	Q _A	ΔQ	ΔQ
	B°C	B°C	%	%	Pa	Pa	W/m ²	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
SUM	22,06	22,63	80,02	71,87	2101	1917	1243	208050	1639	23408	-1089585	2249	642414	<u>765052</u>

Πίνακας 4.2.30

Για τον μήνα Ιούλιο, υπολογίζονται αντίστοιχα:

Δεδομένα Θερμοκηπίου για Ιούλιο	
Αορ=	8.011
Απλ=	2.787
V=	54.809
n=	1,2

ΙΟΥΛΙΟΣ 2020

Ημ/νία & Ωρα	T _{in,ave}	T _{out,ave}	RH _{in,ave}	RH _{out,ave}	e _{i,ins,ave}	e _{i,out,ave}	G	R _s	R _o	Q _c	Q _v	Q _A	ΔQ	ΔQ
	B°C	B°C	%	%	Pa	Pa	W/m ²	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
SUM	25,56	27,31	73,93	62,72	2364	2179	1111	216705	-3187	74137	-560493	8058	643258	<u>883606</u>

Πίνακας 4.2.31

Για τον μήνα Αύγουστο, υπολογίζονται αντίστοιχα:

Δεδομένα Θερμοκηπίου Αύγουστο	
Αορ=	8.011
Απλ=	2.787
V=	54.809
n=	1,2

ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ 2020

Ημ/νία & Ωρα	T _{in,ave}	T _{out,ave}	RH _{in,ave}	RH _{out,ave}	e _{i,ins,ave}	e _{i,out,ave}	G	R _s	R _o	Q _c	Q _v	Q _A	ΔQ	ΔQ
	B°C	B°C	%	%	Pa	Pa	W/m ²	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
SUM	26,37	27,60	72,28	65,99	2405	2335	1194	195877	-468	52097	68551	4425	-224	<u>379617</u>

Πίνακας 4.2.32

Για τον μήνα Σεπτέμβριο, υπολογίζονται αντίστοιχα:

Δεδομένα Θερμοκηπίου για 1 ^η Σεπτεμβρίου	
Αορ=	8.011
Απλ=	2.787
V=	54.809
η=	1,2

Δεδομένα Θερμοκηπίου για 2-30 Σεπτεμβρίου	
Αορ=	3.204
Απλ=	1.211
V=	21.924
η=	1,2

ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2020

Ημ/νία & Ωρα	T _{in,ave}	T _{out,ave}	RH _{in,ave}	RH _{out,ave}	e _{i,ins,ave}	e _{i,out,ave}	G	R _s	R _o	Q _c	Q _v	Q _A	ΔQ	ΔQ
	B°C	B°C	%	%	Pa	Pa	W/m ²	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
SUM	25,55	24,98	64,47	61,77	2020	1848	1038	60870	7659	-9192	-604902	-898	134671	<u>182540</u>

Πίνακας 4.2.33

Έτος 2021

Για τον μήνα Μάιο υπολογίζονται αντίστοιχα:

Δεδομένα Θερμοκηπίου για Μάιο	
Αορ=	4.807
Απλ=	1.576
V=	32.886

ΜΑΪΟΣ 2021

Ημ/νία & Ωρα	T _{in,ave}	T _{out,ave}	RH _{in,ave}	RH _{out,ave}	e _{i,ins,ave}	e _{i,out,ave}	G	R _s	R _o	Q _c	Q _v	Q _A	ΔQ	ΔQ
	B°C	B°C	%	%	Pa	Pa	W/m ²	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
SUM	19,99	20,16	80,99	68,90	1867	1571	1165	118912	1827	4275	-1304838	466	486217	<u>507392</u>

Πίνακας 4.2.34

Για τον μήνα Ιούνιο υπολογίζονται αντίστοιχα:

Δεδομένα Θερμοκηπίου για 1-22 Ιουνίου	
Αορ=	4.807
Απλ=	1.576
V=	32.886

Δεδομένα Θερμοκηπίου για 23-30 Ιουνίου	
Αορ=	8.011
Απλ=	2.787
V=	5.4809
n=	1,2

ΙΟΥΝΙΟΣ 2021

Ημ/νία & Ωρα	T _{in,ave}	T _{out,ave}	RH _{in,ave}	RH _{out,ave}	e _{i,ins,ave}	e _{i,out,ave}	G	R _s	R _o	Q _c	Q _v	Q _A	ΔQ	ΔQ
	B°C	B°C	%	%	Pa	Pa	W/m ²	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
SUM	22,74	23,87	79,45	67,72	2175	1957	1149	142331	-495	39273	-1066326	4244	651837	<u>838065</u>

Πίνακας 4.2.35

Για τον μήνα Ιούλιο υπολογίζονται αντίστοιχα:

Δεδομένα Θερμοκηπίου για Ιούλιο	
Αορ=	8.011
Απλ=	2.787
V=	5.4809
n=	1,2

ΙΟΥΛΙΟΣ 2021

Ημ/νία & Ωρα	T _{in, ave}	T _{out, ave}	RH _{in, ave}	RH _{out, ave}	e _{iins, ave}	e _{ious, ave}	G	R _s	R _o	Q _c	Q _v	Q _A	ΔQ	ΔQ
	B°C	B°C	%	%	Pa	Pa	W/m ²	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
SUM	26,17	28,26	76,77	60,61	2557	2236	1078	207195	-4622	88648	-1430564	8706	1242605	<u>1491714</u>

Πίνακας 4.2.36

Για τον μήνα Αύγουστο υπολογίζονται αντίστοιχα:

Δεδομένα Θερμοκηπίου για Αύγουστο	
Αορ=	8.011
Απλ=	2.787
V=	5.4809
n=	1,2

ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ 2021

Ημ/νία & Ωρα	T _{in, ave}	T _{out, ave}	RH _{in, ave}	RH _{out, ave}	e _{iins, ave}	e _{ious, ave}	G	R _s	R _o	Q _c	Q _v	Q _A	ΔQ	ΔQ
	B°C	B°C	%	%	Pa	Pa	W/m ²	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
SUM	28,37	28,21	72,25	61,59	2709	2262	1045	187192	7071	-6507	-3486355	-5580	758066	<u>862219</u>

Πίνακας 4.2.37

Για τον μήνα Σεπτέμβριο υπολογίζονται τα αντίστοιχα:

Δεδομένα Θερμοκηπίου για 1-7 Σεπτεμβρίου	
Αορ=	8.011
Απλ=	2.787
V=	5.4809
n=	1,2

Δεδομένα Θερμοκηπίου για 8-30 Σεπτεμβρίου	
Αορ=	3.204
Απλ=	1.211
V=	21.924
n=	1,2

ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2021

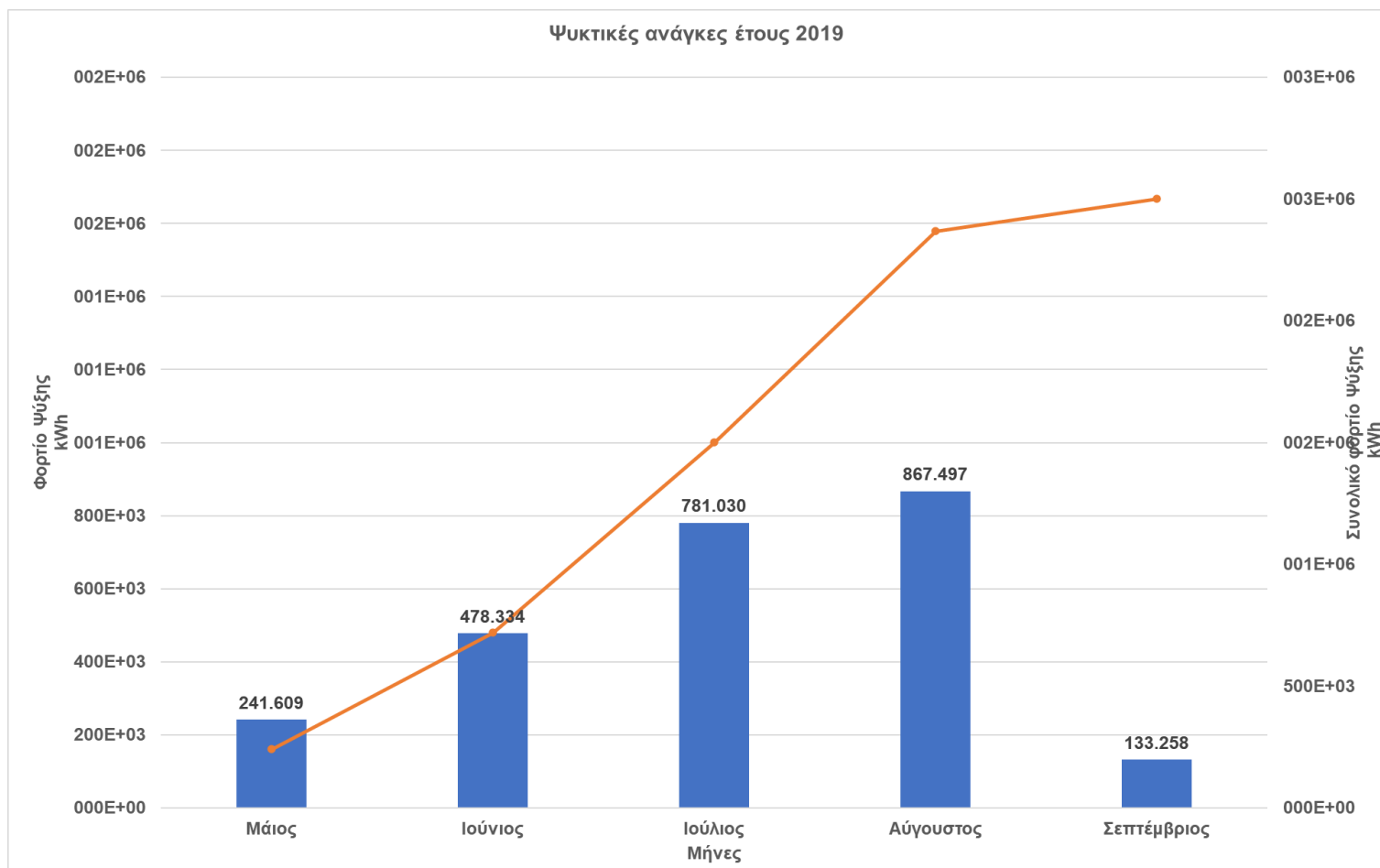
Ημ/νία & Ωρα	T _{in,ave}	T _{out,ave}	RH _{in,ave}	RH _{out,ave}	e _{i,ins,ave}	e _{i,out,ave}	G	R _s	R _o	Q _c	Q _v	Q _A	ΔQ	ΔQ
	Β°C	Β°C	%	%	Pa	Pa	W/m ²	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
SUM	25,75	23,49	66,11	63,94	2112	1797	1085	81406	15922	-52742	-1957027	-8647	136666	<u>140273</u>

Πίνακας 4.2.38

Έτσι οι συνολικές ενεργειακές ανάγκες για ψύξη σε κάθε έτος, κατά την διάρκεια των τριών τελευταίων ετών συναντώνται στους παρακάτω πίνακες:

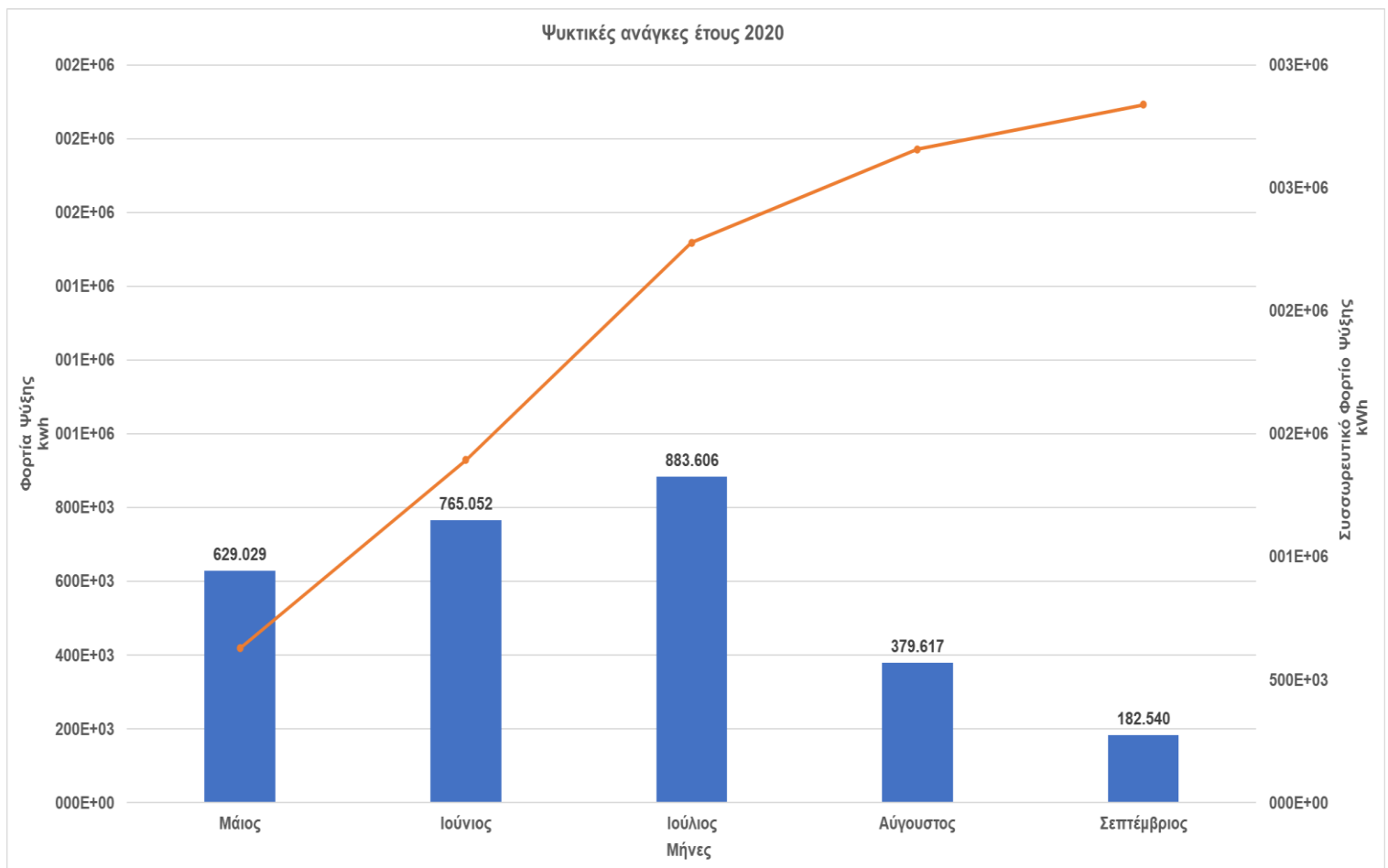
2019		
Μήνας	Φορτίο Ψύξης (kWh)	Συσσωρευτικό φορτίο (kWh)
Μάιος	241.609	241.609
Ιούνιος	478.334	719.944
Ιούλιος	781.030	1.500.973
Αύγουστος	867.497	2.368.471
Σεπτέμβριος	133.258	2.501.728

Πίνακας 4.2.39



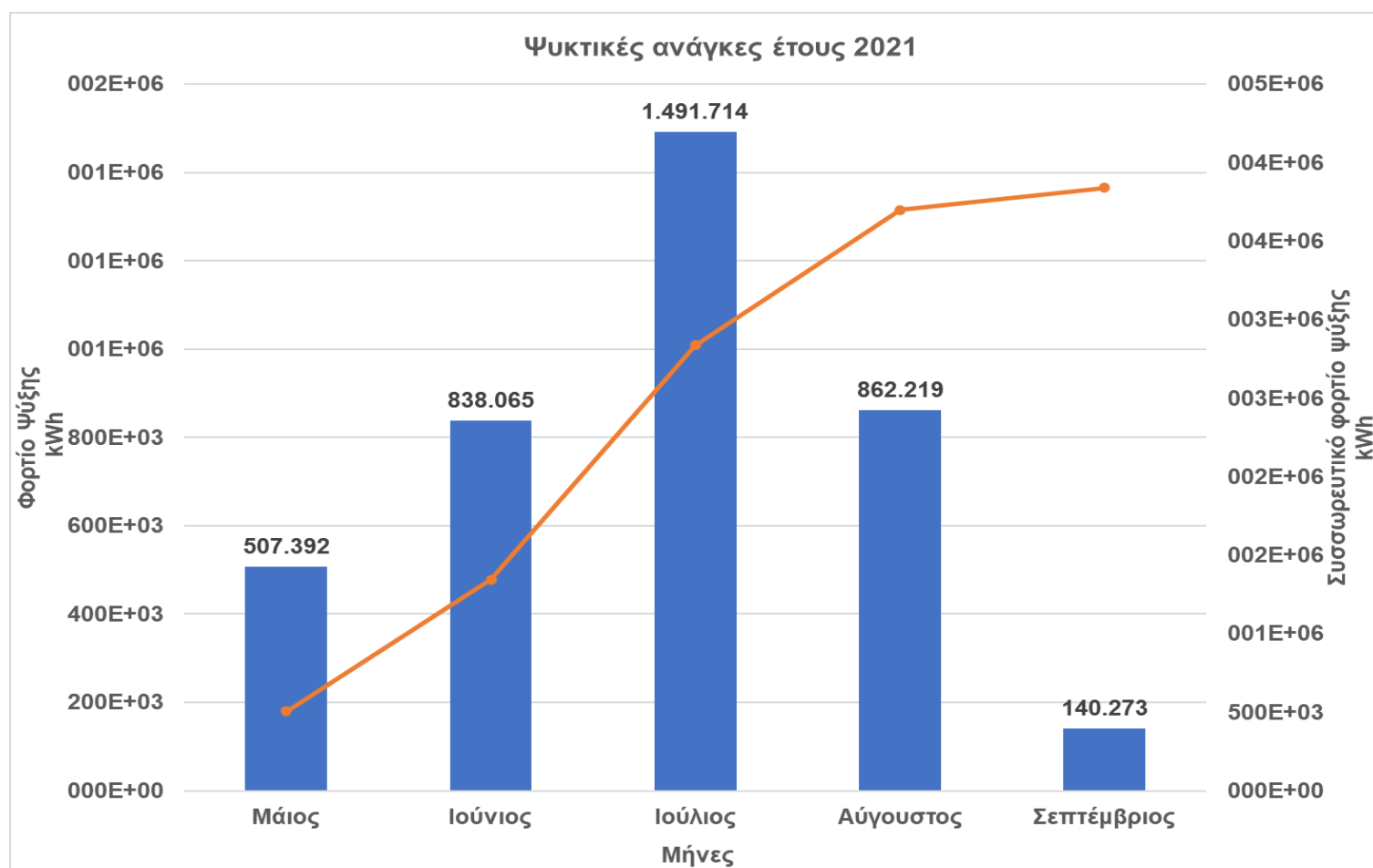
2020		
Μήνας	Φορτίο	Συσσωρευτικό φορτίο
Μάιος	629.029	629.029
Ιούνιος	765.052	1.394.080
Ιούλιος	883.606	2.277.686
Αύγουστος	379.617	2.657.304
Σεπτέμβριος	182.540	2.839.844

Πίνακας 4.2.40



2021		
Μήνας	Φορτίο Ψύξης	Συσσωρευτικό φορτίο
Μάιος	507.392	507.392
Ιούνιος	838.065	1.345.457
Ιούλιος	1.491.714	2.837.171
Αύγουστος	862.219	3.699.390
Σεπτέμβριος	140.273	3.839.663

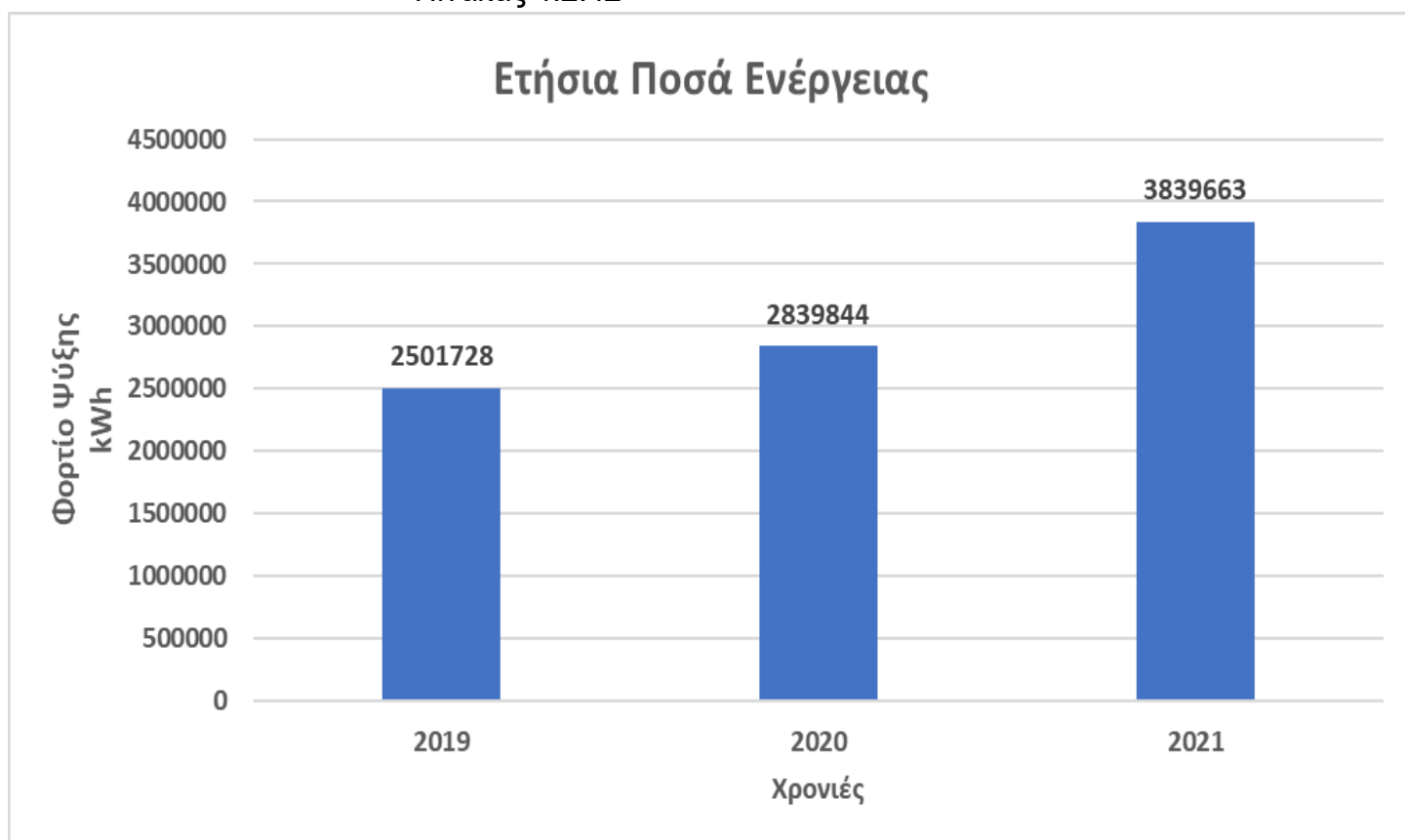
Πίνακας 4.2.41



Τα τελικά ποσά ενέργειας για ψύξη κάθε χρόνο είναι :

Συνολικά Ποσά Ενέργειας ,kWh		
2019	2020	2021
2.501.728	2.839.844	3.839.663

Πίνακας 4.2.42



5. ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΛΥΨΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ

5.1 ΕΥΡΕΣΗ ΒΕΛΤΙΣΤΟΥ ΤΡΟΠΟΥ ΚΑΛΥΨΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΤΟΥΣ ΧΕΙΜΕΡΙΝΟΥΣ ΜΗΝΕΣ

Εδώ θα δειχθεί, ο υπάρχον τρόπος που χρησιμοποιείται από τον ιδιοκτήτη, για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του θερμοκηπίου, για θέρμανση. Ακόμη, θα παρατεθούν κάποιοι διαθέσιμοι τρόποι κάλυψης των αναγκών αυτών. Θα γίνει σύγκριση των μεθόδων συμπεριλαμβανομένης και της υπάρχουσας μεθόδου, και τέλος θα δοθεί μια πλήρης και εμπειριστατωμένη πρόταση για την πιο συμφέρουσα επιλογή.

Αρχικά λοιπόν, υπάρχουν τα δεδομένα καύσιμων υλών, που έχουν καταναλωθεί κατά την διάρκεια των τριών ετών, για να θερμανθεί το θερμοκήπιο. Τα δεδομένα αυτά παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα.

ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΙΔΙΟΚΤΗΤΗ

ΜΗΝΑΣ	ΠΥΡΗΝΑΣ (kg)	ΠΥΡΗΝΑΣ (kWh)	ΠΥΡΗΝΑΣ (€)	ΠΥΡΗΝΑΣ Α' (kg)	ΠΥΡΗΝΑΣ Α' (kWh)	ΠΥΡΗΝΑΣ Α' (€)	ΠΕΛΕΤ (ΗΛΙΑΝΘΟΣ) (kg)	ΠΕΛΕΤ (ΗΛΙΑΝΘΟΣ) (kWh)	ΠΕΛΕΤ (ΗΛΙΑΝΘΟΣ) (€)	ΚΟΥΚΟΥΤΣΙ ΕΛΙΑΣ (kg)	ΚΟΥΚΟΥΤΣΙ ΕΛΙΑΣ (kWh)	ΚΟΥΚΟΥΤΣΙ ΕΛΙΑΣ (€)	ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ (kWh)
Ιαν 2019	127220	445270	6107	39370	157480	3346	-	-	-	-	-	-	602750
Φεβ 2019	113380	396830	5442	-	-	-	-	-	-	-	-	-	396830
Μαρ 2019	132000	462000	6336	-	-	-	-	-	-	-	-	-	462000
Απρ 2019	86420	302470	4148	-	-	-	-	-	-	-	-	-	302470
Οκτ 2019	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
Νοε 2019	31070	108745	1833	-	-	-	-	-	-	-	-	-	108745
Δεκ 2019	75746	265111	4469	-	-	-	-	-	-	-	-	-	265111
SUM	565836	1980426	28335	39370	157480	3346	0	0	0	0	0	0	2137906

Πίνακας 5.1.1.1 Δεδομένα καύσιμων υλών το 2019

ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΙΔΙΟΚΤΗΤΗ

ΜΗΝΑΣ	ΠΥΡΗΝΑΣ (kg)	ΠΥΡΗΝΑΣ (kWh)	ΠΥΡΗΝΑΣ (€)	ΠΥΡΗΝΑΣ Α' (kg)	ΠΥΡΗΝΑΣ Α' (kWh)	ΠΥΡΗΝΑΣ Α' (€)	ΠΕΛΕΤ (ΗΛΙΑΝΘΟΣ) (kg)	ΠΕΛΕΤ (ΗΛΙΑΝΘΟΣ) (kWh)	ΠΕΛΕΤ (ΗΛΙΑΝΘΟΣ) (€)	ΚΟΥΚΟΥΤΣΙ ΕΛΙΑΣ (kg)	ΚΟΥΚΟΥΤΣΙ ΕΛΙΑΣ (kWh)	ΚΟΥΚΟΥΤΣΙ ΕΛΙΑΣ (€)	ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ (kWh)
Ιαν 2020	128870	450145	7603	-	-	-	-	-	-	-	-	-	451045
Φεβ 2020	111350	389725	6570	-	-	-	-	-	-	-	-	-	389725
Μαρ 2020	89250	312375	5266	-	-	-	-	-	-	-	-	-	312375
Απρ 2020	70690	247415	4171	-	-	-	-	-	-	-	-	-	247415
Οκτ 2020	10220	35770	685	-	-	-	-	-	-	-	-	-	35770
Νοε 2020	85410	298935	5722	-	-	-	-	-	-	-	-	-	298935
Δεκ 2020	111080	388780	7442	-	-	-	23140	104130	1736	-	-	-	492910
SUM	606870	2124045	37459	0	0	0	23140	104130	1736	0	0	0	2228175

Πίνακας 5.1.1.2 Δεδομένα καύσιμων υλών το 2020

ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΙΔΙΟΚΤΗΤΗ

ΜΗΝΑΣ	ΠΥΡΗΝΑΣ (kg)	ΠΥΡΗΝΑΣ (kWh)	ΠΥΡΗΝΑΣ (€)	ΠΥΡΗΝΑΣ Α' (kg)	ΠΥΡΗΝΑΣ Α' (kWh)	ΠΥΡΗΝΑΣ Α' (€)	ΠΕΛΕΤ (ΗΛΙΑΝΘΟΣ) (kg)	ΠΕΛΕΤ (ΗΛΙΑΝΘΟΣ) (kWh)	ΠΕΛΕΤ (ΗΛΙΑΝΘΟΣ) (€)	ΚΟΥΚΟΥΤΣΙ ΕΛΙΑΣ (kg)	ΚΟΥΚΟΥΤΣΙ ΕΛΙΑΣ (kWh)	ΚΟΥΚΟΥΤΣΙ ΕΛΙΑΣ (€)	ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ (kWh)
Ιαν 2021	57990	202965	3885	-	-	-	-	-	-	-	-	-	202965
Φεβ 2021	77540	271390	5195	-	-	-	-	-	-	-	-	-	380065
Μαρ 2021	57890	202615	3879	-	-	-	-	-	-	-	-	-	202615
Απρ 2021	32050	112175	2147	-	-	-	-	-	-	-	-	-	112175
Οκτ 2021	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
Νοε 2021	24390	85365	1634	-	-	-	-	-	-	-	-	-	85365
Δεκ 2021	-	-	-	-	-	-	23140	104130	1736	-	-	-	347000
SUM	249860	874510	16741	22520	90080	2702	48390	217755	6416	36960	147840	5914	1240105

Πίνακας 5.1.1.3 Δεδομένα καύσιμων υλών το 2021

Από τον παραπάνω πίνακα, είναι εύκολο να υπολογιστεί η συνολική θερμική ενέργεια, προσθέτοντας την ενέργεια που παράγουν οι καύσιμες ύλες κάθε μήνα.

ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΑΤΑΝΑΛΙΣΚΟΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

ΠΥΡΗΝΑΣ (kg)	ΠΥΡΗΝΑΣ (kWh)	ΠΥΡΗΝΑΣ Α' (kg)	ΠΥΡΗΝΑΣ Α' (kWh)	ΠΕΛΕΤ (ΗΛΙΑΝΘΟΣ) (kg)	ΠΕΛΕΤ (ΗΛΙΑΝΘΟΣ) (kWh)	ΚΟΥΚΟΥΤΣΙ ΕΛΙΑΣ (kg)	ΚΟΥΚΟΥΤΣΙ ΕΛΙΑΣ (kWh)	ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ (kWh)
1422566	4978981	61890	247560	71530	321885	36960	147840	5669266

Πίνακας 5.1.2 Πλεόνασμα καταναλισκόμενης ενέργειας

Αφού βρεθεί η ενέργεια αυτή, θα συγκριθεί με την απαιτούμενη θερμική ενέργεια που έχει υπολογιστεί στο κεφάλαιο 4.2.1. Έτσι θα είναι δυνατή η εξαγωγή συμπεράσματος που θα δείχνει το ισοζύγιο ενέργειας για την θέρμανση του θερμοκηπίου.

ΜΗΝΑΣ	ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ (kWh)	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΕΝΗ ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ (kWh)	ΔΙΑΦΟΡΑ ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΕΝΗΣ ΘΕΡΜΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (kWh)
Ιαν-19	602.750	266.448	336.302
Φεβ-19	396.830	135.241	261.589
Μαρ-19	462.000	112.970	349.030
Απρ-19	302.470	61.183	241.287
Οκτ-19	0	0	0
Νοε-19	108.745	13.350	95.395
Δεκ-19	265.111	141.094	124.017
Ιαν-20	451.045	178.528	272.517
Φεβ-20	389.725	126.741	262.984
Μαρ-20	312.375	99.889	212.486
Απρ-20	247.415	92.784	154.631
Οκτ-20	35.770	16.141	19.629
Νοε-20	298.935	23.698	275.237
Δεκ-20	492.910	95.169	397.741
Ιαν-21	202.965	150.177	52.788
Φεβ-21	380.065	132.516	247.549
Μαρ-21	202.615	135.579	67.036
Απρ-21	112.175	69.329	42.846
Οκτ-21	0	0	0
Νοε-21	85.365	36.631	48.734
Δεκ-21	347.000	93.614	163.306
SUM	5.696.266	1.981.084	3.715.182

Πίνακας 5.1.3 Πλεόνασμα καταναλισκόμενης ενέργειας

Παρακάτω λοιπόν, δίνονται οι πίνακες των απαιτούμενων ποσοτήτων των καυσίμων σε kg, καθώς και τα μηνιαία και τελικά κόστη για την θέρμανση του θερμοκηπίου, αρχικά με βάση την **Θεωρητική Θερμική Ενέργεια** και ύστερα με βάση την **Υπολογισμένη Θερμική Ενέργεια**. Έτσι, θα είναι δυνατή η άμεση σύγκριση κόστους λειτουργίας του θερμοκηπίου χωρίς ενεργειακή

μελέτη και μετά την διεξαγωγή αυτής. Αυτοί οι πίνακες προκύπτουν με την βοήθεια των θερμογόνων δυνάμεων των καυσίμων, και των τιμών μονάδας κοστολόγησης του εκάστοτε καυσίμου. Οι θερμογόνες δυνάμεις και οι τιμές μονάδας των καυσίμων είναι:

ΘΕΡΜΟΓΟΝΟΣ ΔΥΝΑΜΗ (kWh/kg)					
	ΠΥΡΗΝΑΣ	ΠΥΡΗΝΑΣ Α'	ΠΕΛΕΤ (ΗΛΙΑΝΘΟΣ)	ΚΟΥΚΟΥΤΣΙ ΕΛΙΑΣ	Αντλία Θερμότητας
	3,5	4	4,5	4	COP=4,47
ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔΑΣ(€)					
Χρόνος	ΠΥΡΗΝΑΣ	ΠΥΡΗΝΑΣ Α'	ΠΕΛΕΤ (ΗΛΙΑΝΘΟΣ)	ΚΟΥΚΟΥΤΣΙ ΕΛΙΑΣ	Αντλία Θερμότητας
2019	0,048	0,085	0,1	0,087	0,06944
2020	0,085	0,1	0,12	0,11	0,06944
2021	0,11	0,14	0,175	0,16	0,1165

Πίνακας 5.1.4 Θερμογόνες δυνάμεις και τιμές μονάδας καυσίμων

Άρα το κόστος καυσίμων υλών σύμφωνα με τα δεδομένα του ιδιοκτήτη ανέρχεται σε:

ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΤΑΝΑΛΙΣΚΟΜΕΝΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ				
ΠΥΡΗΝΑΣ (€)	ΠΥΡΗΝΑΣ Α' (€)	ΠΕΛΕΤ (ΗΛΙΑΝΘΟΣ) (€)	ΚΟΥΚΟΥΤΣΙ ΕΛΙΑΣ (€)	ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ (€)
82.535	6.049	8.151	5.914	129.744

Πίνακας 5.1.5 Κόστος Καταναλισκόμενης Ενέργειας

Στην περίπτωση που χρησιμοποιούνταν **μόνο ένας τρόπος καυσίμου** για την θέρμανση του θερμοκηπίου οι καταναλώσεις θα μετατρέπονταν ως εξής:

ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΑΥΣΙΜΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΙΣ ΘΕΩΡΗΤΙΚΕΣ ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ

ΜΗΝΑΣ	ΠΥΡΗΝΑΣ (kg)	ΠΥΡΗΝΑΣ Α' (kg)	ΠΕΛΕΤ (ΗΛΙΑΝΘΟΣ) (kg)	ΚΟΥΚΟΥΤΣΙ ΕΛΙΑΣ (kg)	ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ (kWh)
Ιαν-19	172.214	150.688	133.944	150.688	107.875
Φεβ-19	113.380	99.208	88.184	99.208	71.021
Μαρ-19	132.000	115.500	102.667	115.500	82.685
Απρ-19	86.420	75.618	67.216	75.618	54.133
Οκτ-19	0	0	0	0	0
Νοε-19	31.070	27.186	24.166	27.186	19.462
Δεκ-19	75.746	66.278	58.914	66.278	47.447
Ιαν-20	128.870	112.761	100.232	112.761	80.724
Φεβ-20	111.350	97.431	86.606	97.431	69.749
Μαρ-20	89.250	78.094	69.417	78.094	55.906
Απρ-20	70.690	61.854	54.981	61.854	44.280
Οκτ-20	10.220	8.943	7.949	8.943	6.402
Νοε-20	85.410	74.734	66.430	74.734	53.501
Δεκ-20	140.831	123.228	109.536	123.228	88.217
Ιαν-21	57.990	50.741	45.103	50.741	36.325
Φεβ-21	108.590	95.016	84.459	95.016	68.021
Μαρ-21	57.890	50.654	45.026	50.654	36.262
Απρ-21	32.050	28.044	24.928	28.044	20.076
Οκτ-21	0	0	0	0	0
Νοε-21	24.390	21.341	18.970	21.341	15.278
Δεκ-21	73.406	64.230	57.093	64.230	62.103
SUM	1.627.505	1.424.067	1.265.837	1.424.067	1.019.466

Πίνακας 5.1.6 Απαιτούμενες ποσότητες καυσίμων σε κιλά (kg)

ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΥΣΙΜΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΙΣ ΘΕΩΡΗΤΙΚΕΣ ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ

ΜΗΝΑΣ	ΠΥΡΗΝΑΣ (€)	ΠΥΡΗΝΑΣ Α' (€)	ΠΕΛΕΤ (ΗΛΙΑΝΘΟΣ) (€)	ΚΟΥΚΟΥΤΣΙ ΕΛΙΑΣ (€)	ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ (€)
Ιαν-19	8.266	12.808	13.394	13.110	7.491
Φεβ-19	5.442	8.433	8.818	8.631	4.932
Μαρ-19	6.336	9.818	10.267	10.049	5.742
Απρ-19	4.148	6.427	6.722	6.579	3.759
Οκτ-19	0	0	0	0	0
Νοε-19	2.641	2.719	2.900	2.990	1.351
Δεκ-19	6.438	6.628	7.070	7.291	3.295
Ιαν-20	10.954	11.276	12.028	12.404	5.605
Φεβ-20	9.465	9.743	10.393	10.717	4.843
Μαρ-20	7.586	7.809	8.330	8.590	3.882
Απρ-20	6.009	6.185	6.598	6.804	3.075
Οκτ-20	1.124	1.252	1.391	1.431	445
Νοε-20	9.395	10.463	11.625	11.957	3.715
Δεκ-20	15.491	17.252	19.169	19.716	6.126
Ιαν-21	6.379	7.104	7.893	8.119	2.797
Φεβ-21	11.945	13.302	14.780	15.203	5.102
Μαρ-21	6.368	7.092	7.879	8.105	2.647
Απρ-21	3.526	3.926	4.362	4.487	2.208
Οκτ-21	0	0	0	0	0
Νοε-21	2.683	2.988	3.320	3.415	2.292
Δεκ-21	8.075	8.992	9.991	10.277	10.116
SUM	135.102	157.369	170.433	173.477	82.969

Πίνακας 5.1.7 Κόστη καυσίμων βάσει της Πρωτογενούς Καταναλισκόμενης Θερμικής Ενέργειας

Φαίνεται λοιπόν πως ήταν σωστή η επιλογή πολλών τύπων καυσίμου καθώς το κόστος σε αυτή την υποθετική περίπτωση θα ήταν αρκετά μεγαλύτερο, εκτός από την περίπτωση που χρησιμοποιούσε αντλία θερμότητας.

Έτσι, είναι εφικτός ο υπολογισμός της κατανάλωσης καυσίμων ως προς τις υπολογισμένες θερμικές ανάγκες του θερμοκηπίου. Θα αναλυθούν οι τέσσερις υπάρχοντες μέθοδοι, και θα συμπεριληφθεί και η επιλογή της ηλεκτρικής ενέργειας. Μέσω μαθηματικής επίλυσης γραμμικού

προγραμματισμού με μέθοδο Simplex, σε συνδυασμό με τις τιμές μονάδας ανά κιλό καυσίμου, προκύπτει ότι η πιο συμφέρουσα επιλογή είναι η **αντλία θερμότητας** και δεύτερη, με μικρή διαφορά, η χρήση **πυρήνα**.

ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΑΥΣΙΜΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΙΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΕΝΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ

ΜΗΝΑΣ	ΠΥΡΗΝΑΣ (kg)	ΠΥΡΗΝΑΣ Α' (kg)	ΠΕΛΕΤ (ΗΛΙΑΝΘΟΣ) (kg)	ΚΟΥΚΟΥΤΣΙ ΕΛΙΑΣ (kg)	ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ (kWh)
Ιαν-19	76.128	66.612	59.211	66.612	47.687
Φεβ-19	38.640	33.810	30.053	33.810	24.204
Μαρ-19	32.277	28.243	25.104	28.243	20.218
Απρ-19	17.481	15.296	13.596	15.296	10.950
Οκτ-19	0	0	0	0	0
Νοε-19	3.814	3.338	2.967	3.338	2.389
Δεκ-19	40.313	35.274	31.354	35.274	25.252
Ιαν-20	51.008	44.632	39.673	44.632	31.951
Φεβ-20	36.212	31.685	28.165	31.685	22.683
Μαρ-20	28.540	24.972	22.198	24.972	17.877
Απρ-20	26.510	23.196	20.619	23.196	16.606
Οκτ-20	4.612	4.035	3.587	4.035	2.889
Νοε-20	6.771	5.924	5.266	5.924	4.241
Δεκ-20	27.191	23.792	21.149	23.792	17.033
Ιαν-21	42.908	37.544	33.373	37.544	26.877
Φεβ-21	37.862	33.129	29.448	33.129	23.716
Μαρ-21	38.737	33.895	30.129	33.895	24.265
Απρ-21	19.808	17.332	15.407	17.332	12.408
Οκτ-21	0	0	0	0	0
Νοε-21	10.466	9.158	8.140	9.158	6.556
Δεκ-21	26.747	23.403	20.803	23.403	16.754
SUM	566.024	495.271	440.241	495.271	354.556

Πίνακας 5.1.8 Απαιτούμενες ποσότητες καυσίμων σε κιλά (kg)

ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΥΣΙΜΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΙΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΕΝΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ

ΜΗΝΑΣ	ΠΥΡΗΝΑΣ (€)	ΠΥΡΗΝΑΣ Α' (€)	ΠΕΛΕΤ (ΗΛΙΑΝΘΟΣ) (€)	ΚΟΥΚΟΥΤΣΙ ΕΛΙΑΣ (€)	ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ (€)
Ιαν-19	3.654	5.662	5.921	5.795	3.311
Φεβ-19	1.855	2.874	3.005	2.941	1.681
Μαρ-19	1.549	2.401	2.510	2.457	1.404
Απρ-19	839	1.300	1.360	1.331	760
Οκτ-19	0	0	0	0	0
Νοε-19	324	334	356	367	166
Δεκ-19	3.427	3.527	3.763	3.880	1.753
Ιαν-20	4.336	4.463	4.761	4.910	2.219
Φεβ-20	3.078	3.169	3.380	3.485	1.575
Μαρ-20	2.426	2.497	2.664	2.747	1.241
Απρ-20	2.253	2.320	2.474	2.552	1.153
Οκτ-20	507	565	628	646	201
Νοε-20	745	829	922	948	295
Δεκ-20	2.991	3.331	3.701	3.807	1.183
Ιαν-21	4.720	5.256	5.840	6.007	2.070
Φεβ-21	4.165	4.638	5.153	5.301	1.779
Μαρ-21	4.261	4.745	5.273	5.423	1.771
Απρ-21	2.179	2.427	2.696	2.773	1.365
Οκτ-21	0	0	0	0	0
Νοε-21	1.151	1.282	1.425	1.465	983
Δεκ-21	2.942	3.276	3.641	3.745	3.686
SUM	47.402	54.896	59.471	60.579	28.596

Πίνακας 5.1.9 Τελικά κόστη καυσίμων (€)

Παρακάτω παρουσιάζεται ο πίνακας που δείχνει την διαφορά του κόστους λειτουργίας του θερμοκηπίου κατά τους χειμερινούς μήνες, από την κατανάλωση καυσίμων που υπήρχε πριν και μετά την εξαγωγή της ενεργειακής μελέτης.

ΔΙΑΦΟΡΑ ΚΟΣΤΟΥΣ ΚΑΥΣΙΜΩΝ ΥΛΩΝ

ΜΗΝΑΣ	ΠΥΡΗΝΑΣ (€)	ΠΥΡΗΝΑΣ Α' (€)	ΠΕΛΕΤ (ΗΛΙΑΝΘΟΣ) (€)	ΚΟΥΚΟΥΤΣΙ ΕΛΙΑΣ (€)	ΑΝΤΛΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ (€)
Ιαν-19	5.799	3.791	3.532	3.658	6.142
Φεβ-19	3.588	2.568	2.437	2.501	3.762
Μαρ-19	4.787	3.935	3.826	3.879	4.932
Απρ-19	3.309	2.848	2.789	2.817	3.388
Οκτ-19	0	0	0	0	0
Νοε-19	2.317	2.307	2.285	2.274	2.475
Δεκ-19	1.042	942	706	589	2.716
Ιαν-20	3.268	3.140	2.843	2.694	5.385
Φεβ-20	3.492	3.401	3.190	3.084	4.995
Μαρ-20	2.840	2.769	2.602	2.519	4.024
Απρ-20	3.755	3.689	3.534	3.457	4.856
Οκτ-20	617	559	496	479	924
Νοε-20	8.650	8.566	8.474	8.447	9.101
Δεκ-20	13.277	12.937	12.567	12.462	15.086
Ιαν-21	1.659	1.123	539	372	4.309
Φεβ-21	8.591	8.118	7.602	7.455	10.977
Μαρ-21	2.107	1.623	1.095	945	4.597
Απρ-21	1.347	1.099	829	752	2.161
Οκτ-21	0	0	0	0	0
Νοε-21	1.532	1.401	1.258	1.218	1.700
Δεκ-21	10.366	10.032	9.668	9.564	9.622
SUM	82.342	74.847	70.272	69.164	101.148

Πίνακας 5.1.10 Διαφορά κόστους καύσιμων υλών λόγω πλεονάσματος ισοζυγίου ενέργειας

Από τον παραπάνω πίνακα γίνεται φανερό πως υπάρχει μια **μέση μείωση κόστους καύσιμων υλών** της τάξης του **76,6%**.

Συνοψίζοντας λοιπόν, για τις ενεργειακές ανάγκες θέρμανσης του θερμοκηπίου, προτείνεται ως πιο συμφέρουσα επιλογή η χρήση αντλίας θερμότητας, **με κόστος περίπου 1.362€ το μήνα.**

Εναλλακτικά η χρήση πυρήνα είναι η δεύτερη καλύτερη επιλογή, **με κόστος στα 2.258€ το μήνα**, και με διαφορά της τάξης αρκετών χιλιάδων ευρώ από τις υπόλοιπες τρεις επιλογές.

5.2 ΕΥΡΕΣΗ ΜΕΘΟΔΟΥ ΚΑΛΥΨΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΤΟΥΣ ΘΕΡΙΝΟΥΣ ΜΗΝΕΣ

Σε αυτό το σημείο, θα γίνει η μελέτη κάλυψης ενεργειακών αναγκών σε ψύξη, τους θερινούς μήνες. Εδώ ο βασικός τρόπος κάλυψης των ψυκτικών αναγκών, γίνεται με την χρήση ανεμιστήρων και των εναλλαγών του αέρα μέσα στο θερμοκήπιο. Έτσι προκύπτουν οι τελικές ενεργειακές ανάγκες για ψύξη που υπολογίστηκαν στο κεφάλαιο 4.2.2. Εδώ θα συγκριθούν δύο πιθανές μέθοδοι. Η πρώτη μέθοδος θα είναι η χρήση κάποιου μέσου που χρησιμοποιεί ηλεκτρική ενέργεια (αντλίας θερμότητας ή μονάδων κλιματισμού), και η δεύτερη μέθοδος είναι η μέθοδος υγρής παρειάς.

Η μέθοδος υγρής παρειάς βασίζεται στο νερό και τον αέρα. Η διαδικασία είναι απλή. Η μια κάθετη πλευρά του θερμοκηπίου, είναι καλυμμένη από ένα υλικό με βάση το χαρτί, και στην απέναντι πλευρά θα είναι τοποθετημένοι οι ανεμιστήρες. Στην πλευρά του θερμοκηπίου με την παρειά, τοποθετούνται σωλήνες νερού δικτύου, που βρέχουν το υλικό. Οι ανεμιστήρες δημιουργούν υποπίεση μέσα στο θερμοκήπιο, και αναγκάζουν τον εξωτερικό αέρα που περικλείει την απέναντι πλευρά, να περάσει μέσα από την παρειά. Περνώντας μέσα από αυτή, χάνει θερμότητα λόγω της χαμηλότερης θερμοκρασίας του νερού που βρίσκεται στην παρειά, και έτσι εισέρχεται στο θερμοκήπιο, σε χαμηλότερη θερμοκρασία από αυτή του αέρα που βρίσκεται ήδη μέσα.

Αφού εξηγήθηκε η μέθοδος υγρής παρειάς, είναι η κατάλληλη στιγμή να περάσουμε στην ανάλυση των δεδομένων. Αρχικά είναι γνωστά τα ποσά ενέργειας που χρειάζεται να το θερμοκήπιο. Έτσι, εύκολα υπολογίζονται τα

αντίστοιχα ποσά ηλεκτρικής ενέργειας που χρειάζεται να δαπανηθούν από μια αντλία θερμότητας με την βοήθεια μιας τυπικής τιμής βαθμού απόδοσης ψύξης **EER=3,48**. Έτσι η απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια για ψύξη, υπολογίζεται με την διαίρεση της υπολογισμένης ενέργειας ψύξης προς το **EER**.

ΜΗΝΑΣ	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΨΥΞΗΣ(kWh)	ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΤΟΥΣ ΚΑΛΟΚΑΙΡΙΝΟΥΣ ΜΗΝΕΣ (kWh)
Μαϊ-19	241.609	69.428
Ιουν-19	478.334	137.452
Ιουλ-19	781.030	224.434
Αυγ-19	867.497	249.281
Σεπ-19	133.258	38.292
Μαϊ-20	629.029	180.755
Ιουν-20	765.052	219.842
Ιουλ-20	883.606	253.910
Αυγ-20	379.617	109.085
Σεπ-20	182.540	52.454
Μαϊ-21	507.392	145.802
Ιουν-21	838.065	240.823
Ιουλ-21	1.491.714	428.653
Αυγ-21	862.219	247.764
Σεπ-21	140.273	40.308
SUM	9.181.236	2.638.286

Πίνακας 5.2.1 Απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια για ψύξη

Έπειτα υπολογίζεται και η απαιτούμενη ποσότητα νερού για την εφαρμογή μεθόδου υγρής παρειάς. Αυτό γίνεται με την βοήθεια της λανθάνουσας θερμότητας εξάτμισης του νερού $\lambda=0,8 \text{ kWh/kg}$ και την αναλογία μοριακού

βάρους υδρατμών-ξηρού αέρα $MW_{ratio}=0,67$. Έτσι βγαίνει η τελική ποσότητα νερού για την ψύξη του θερμοκηπίου με την μέθοδο της υγρής παρειάς.

ΜΗΝΑΣ	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΨΥΞΗΣ(kWh)	ΜΑΖΑ ΝΕΡΟΥ ΓΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΥΓΡΗΣ ΠΑΡΕΙΑΣ (tn)
Μαϊ-19	241.609	449
Ιουν-19	478.334	881
Ιουλ-19	781.030	1.448
Αυγ-19	867.497	1.600
Σεπ-19	133.258	248
Μαϊ-20	629.029	1.142
Ιουν-20	765.052	1.397
Ιουλ-20	883.606	1.600
Αυγ-20	379.617	655
Σεπ-20	182.540	336
Μαϊ-21	507.392	242
Ιουν-21	838.065	1.530
Ιουλ-21	1.491.714	2.737
Αυγ-21	862.219	1.568
Σεπ-21	140.273	260
SUM	9.181.236	16.094

Πίνακας 5.2.2 Απαιτούμενη ποσότητα νερού για ψύξη

Τελικώς παρουσιάζεται ο πίνακας με τα τελικά κόστη των δύο μεθόδων. Το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας υπολογίζεται με βάση την τιμή μονάδας ηλεκτρικού ρεύματος (€/kWh). Για την επαγγελματική χρήση, όπου

συγκαταλέγεται το θερμοκήπιο, η τιμή αυτή πάρθηκε από τα τιμολόγια ηλεκτρικής ενέργειας.

Το κόστος της χρήσης υγρής παρειάς είναι η τιμή μονάδας νερού (€/m³). Για επαγγελματική χρήση, η μέση τιμή μονάδας τις τρεις χρονιές ήταν **0,95€/m³**.

Εδώ πρέπει να επισημανθεί πως στα κόστη δεν έχουν συμπεριληφθεί οι πάγιες και ρυθμιζόμενες χρεώσεις.

ΜΗΝΑΣ	ΚΟΣΤΟΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΨΥΞΗΣ ΜΕ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟ (€/kWh)	ΚΟΣΤΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΨΥΞΗΣ ΜΕ ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟ (€)	ΚΟΣΤΟΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΨΥΞΗΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΥΓΡΗΣ ΠΑΡΕΙΑΣ (€)
Μαϊ-19	0,06944	4.821	427
Ιουν-19	0,06944	9.545	837
Ιουλ-19	0,06944	15.585	1.376
Αυγ-19	0,06944	17.310	1.520
Σεπ-19	0,06944	2.659	235
Μαϊ-20	0,06944	12.552	1.085
Ιουν-20	0,06944	15.266	1.328
Ιουλ-20	0,06944	17.631	1.520
Αυγ-20	0,06944	7.575	622
Σεπ-20	0,06944	3.642	319
Μαϊ-21	0,07710	11.241	230
Ιουν-21	0,07496	18.052	1.454
Ιουλ-21	0,07304	31.309	2600
Αυγ-21	0,10770	26.684	1.490
Σεπ-21	0,13639	5.498	247
SUM	-	199.370	15.289

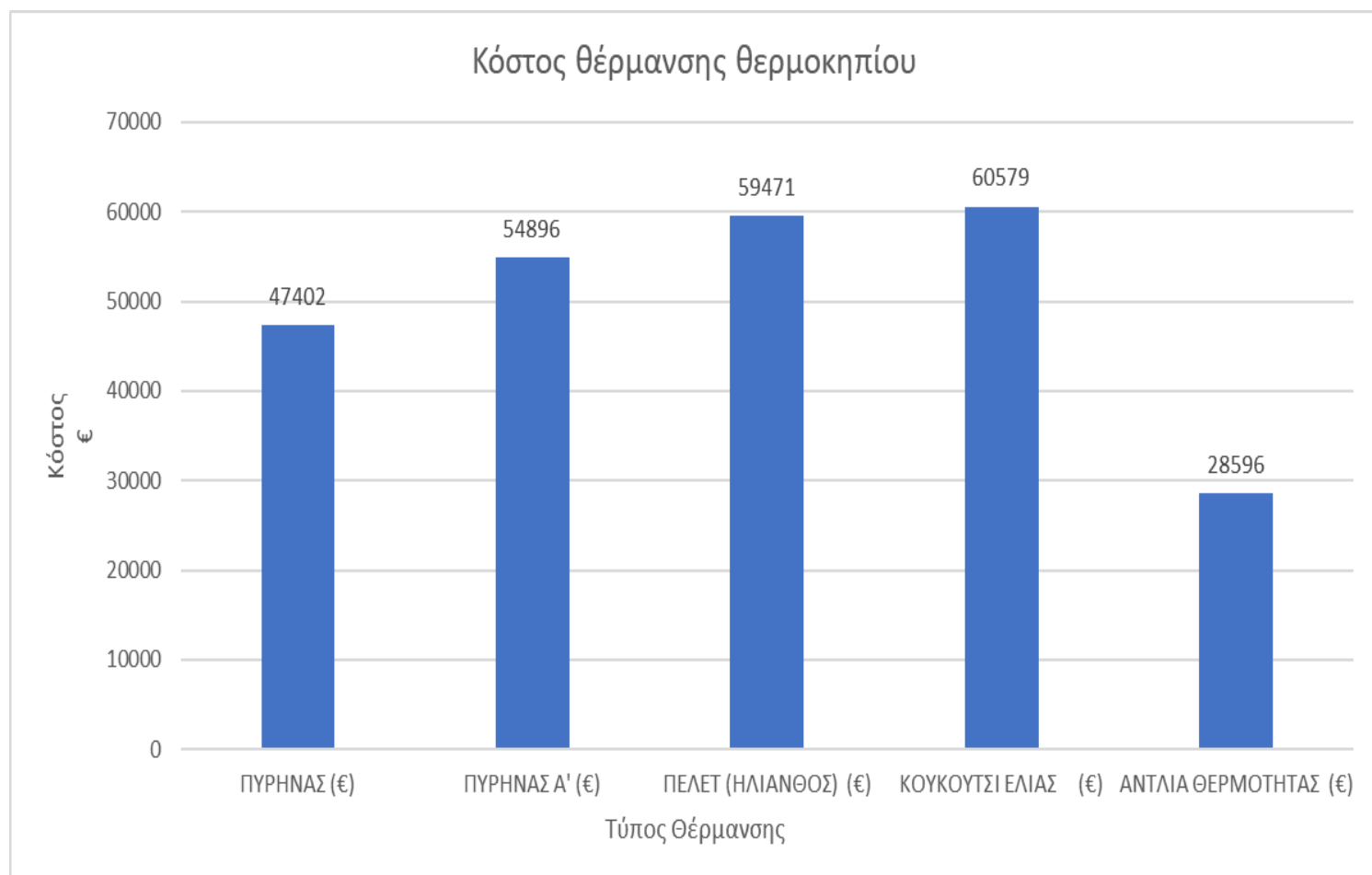
Πίνακας 5.2.3 Κόστη χρήσης της κάθε μιας μεθόδου.

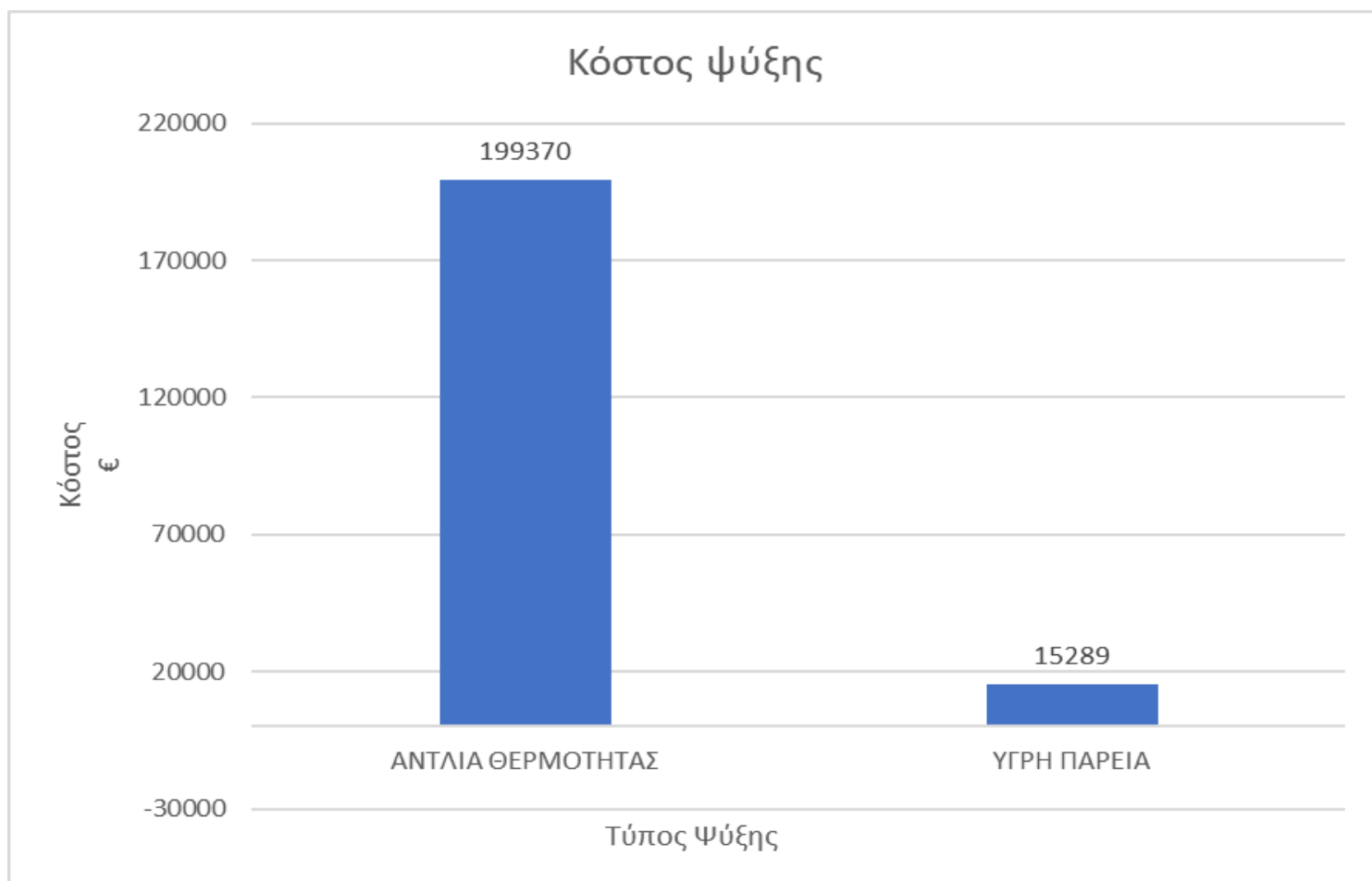
5.3 ΤΕΛΙΚΑ ΚΟΣΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΚΑΙ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΩΝ ΕΣΟΔΩΝ ΠΡΙΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

5.3.1 Τελικά Κόστη Λειτουργίας

Εδώ παρουσιάζονται τα τελικά κόστη καυσίμων υλών για την θέρμανση και την ψύξη του θερμοκηπίου.

Για χειμερινούς μήνες:





Αντίστοιχα για θερινούς μήνες:

Εδώ πρέπει να σημειωθεί πως στα κόστη δεν έχουν συμπεριληφθεί διάφοροι παράγοντες που επηρεάζουν, και αυξάνουν τα κόστη λειτουργίας των καυσίμων, όπως οι ρυθμιζόμενες χρεώσεις του ηλεκτρικού ρεύματος, όπου κυμαίνονται στο **23,81%** του συνολικού κόστους του ρεύματος, τον Φόρο Προστιθέμενης Αξίας του ηλεκτρικού ρεύματος **6%**, καθώς και τα κόστη μεταφοράς του πυρηνόξυλου, και τα κόστη συντήρησης του λέβητα που θα λειτουργεί. Επίσης πρέπει να συμπεριληφθούν και οι ρυθμιζόμενες χρεώσεις και ο Φόρος Προστιθέμενης Αξίας για την παροχή του νερού. Αυτά είναι: **13%** και **24%** αντίστοιχα.

Σε ότι αφορά την αντλία θερμότητας, το κόστος λειτουργίας με τις παραπάνω επιβαρύνσεις θα ανέρχεται στα **37.529€**.

Για την μέθοδο της υγρής παρείας, το κόστος λειτουργίας ανέρχεται στα **21.423€**.

Όσον αφορά τα κόστη μεταφοράς του πυρηνόξυλου υπολογίζονται από την απαιτούμενη μάζα του πυρηνόξυλου, που στην προκείμενη περίπτωση είναι 566024kg, δηλαδή **566,024tones**, την χωρητικότητα ενός τυπικού φορτηγού, καθώς και την απόσταση που πρέπει να διανύσει το φορτηγό. Λόγω του ότι το θερμοκήπιο βρίσκεται στα περικόχωρα του Μεσολογίου, πρακτικά η απόσταση που θα διανύει το/τα φορτηγό/φορτηγά, είναι μικρό. Τον πρώτο χρόνο το θερμοκήπιο χρειάζεται να προμηθευτεί με **209tones** πυρηνόξυλου, τον δεύτερο με **181tones**, και τον τρίτο χρόνο με **177tones**. Έτσι τον πρώτο χρόνο θα χρειαστεί το μεγαλύτερο όγκο καύσιμης ύλης, άρα θα υπάρχουν και τα μέγιστα έξοδα ανατροφοδότησης, με δεδομένο ότι τα επιμέρους κόστη, εργατικά κόστος μίσθωσης και κόστος καυσίμου, θα παραμείνουν σταθερά και τα τρία χρόνια. Άρα θα πρέπει να γίνει μια διερεύνηση για να βρεθεί η πιο συμφέρουσα επιλογή τρόπου ανατροφοδότησης. Στην συγκεκριμένη περίπτωση όμως, επειδή δεν είναι δυνατή αυτή η επιλογή, τα μεταφορικά κόστη υπολογίζονται περίπου στα **8.000€** το χρόνο. Το κόστος συντήρησης λέβητα, υπολογίζεται περίπου στα **3.000€** το χρόνο.

Άρα με τις παραπάνω επιβαρύνσεις το κόστος λειτουργίας του λέβητα ανέρχεται στα **80.402€**. (Τελικό μέσο κόστος με τα λειτουργικά κόστη:0,142€/kg)

Μέσα στα τελικά κόστη θα πρέπει να συμπεριληφθούν και τα ηλεκτρικά κόστη, τα οποία περιλαμβάνουν φωτισμό και ψυγεία. Τα ποσά αυτά είναι διαθέσιμα από τα τιμολόγια της εταιρείας παροχής ηλεκτρισμού.

ΜΗΝΑΣ	Κόστος Ηλεκτρισμού €
Ιαν-19	955
Φεβ-19	1.142
Μαρ-19	1.130
Απρ-19	1.039
Μαϊ-19	1.601
Ιουν-19	3.604
Ιουλ-19	4.201
Αυγ-19	4.572
Σεπ-19	2.731
Οκτ-19	1.039
Νοε-19	719
Δεκ-19	970
Ιαν-20	991
Φεβ-20	1.115
Μαρ-20	1.252
Απρ-20	1.166
Μαϊ-20	2.184
Ιουν-20	3.903
Ιουλ-20	4.138
Αυγ-20	3.845
Σεπ-20	2.301
Οκτ-20	1.014
Νοε-20	1.076
Δεκ-20	1.210
Ιαν-21	1.056
Φεβ-21	939
Μαρ-21	866
Απρ-21	866
Μαϊ-21	2.715
Ιουν-21	3.092
Ιουλ-21	3.704
Αυγ-21	4.691
Σεπ-21	3.743
Οκτ-21	1.897
Νοε-21	2.361
Δεκ-21	3.119
SUM	76.949

Πίνακας 5.3.1.1 Κόστος φωτισμού και ψυγείων του θερμοκηπίου

Άρα τα κόστη αυτά είναι $(76949 \cdot 1,06) = 81.566\text{€}$

Τα τελικά κόστη λειτουργίας του θερμοκηπίου για διάρκεια τριών χρόνων, είναι:

140.518€ με χρήση αντλίας θερμότητας και υγρής παρειάς, και

161.968€ με την χρήση πυρηνόξηλου και υγρής παρειάς.

5.3.2 Διαφορά κερδών πριν και μετά την διεξαγωγή ενεργειακής μελέτης

Από τα δεδομένα που δίνει ο ιδιοκτήτης, για την παραγωγή του θερμοκηπίου τα δύο χρόνια, καθώς για το έτος 2019 δεν υπάρχουν δεδομένα παραγωγής, είναι εύκολο να υπολογιστεί ο χρόνος που θα χρειαστεί για να γίνει απόσβεση αυτών των μεθόδων.

Έτσι υπάρχουν οι παρακάτω πίνακες που δείχνουν τα έσοδα της επιχείρησης.

2020			
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ		ΣΥΝΟΛΟ ΠΩΛΗΣΕΩΝ	ΤΖΙΡΟΣ
kg/m ²	kg	kg	€
22,763	192.679	164.314	657.257

Πίνακας 5.3.2.1 Έσοδα έτους 2020

2021			
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ		ΣΥΝΟΛΟ ΠΩΛΗΣΕΩΝ	ΤΖΙΡΟΣ
kg/m ²	kg	kg	€
25,583	182.605	149.552	658.030

Πίνακας 5.3.2.2 Έσοδα έτους 2021

Συγκρίνοντας τα μικτά έσοδα των δύο χρόνων με τα λειτουργικά κόστη του θερμοκηπίου, είναι φανερό πως το περιθώριο κέρδους είναι μεγάλο.

Ειδικότερα και μετά την εξαγωγή ενεργειακής μελέτης, όπου τα λειτουργικά κόστη μειώθηκαν κατά 60% το κέρδος αυξάνεται ακόμη περισσότερο.

Με την εγκατάσταση υγρής παρειάς να είναι η αποδοτικότερη λύση για το <<πρόβλημα>> δροσισμού του θερμοκηπίου τους θερινούς μήνες, αποφεύχθηκαν άλλες μέθοδοι δροσισμού, όπως ηλεκτρισμού, που θα αύξαναν πολύ το κόστος λειτουργίας.

Από **Πίνακα 5.1.1**, το κόστος των καύσιμων υλών πριν την διεξαγωγή της μελέτης, είναι **102.648€**. Εάν προστεθούν τα κόστη μεταφοράς που έχουν υπολογιστεί παραπάνω, τότε το κόστος ανέρχεται στις **168.648€**, καθώς οι τόνοι που χρειάζεται να μεταφερθούν θα είναι υπέρ-τριπλάσιοι. Προσθέτοντας και τα κόστη φωτισμού, τα έξοδα αυξάνονται στις **250.211€**.

Η διαφορά των μικτών εσόδων πριν την διενέργεια της ενεργειακής μελέτης και μετά την διεξαγωγή αυτής φαίνεται παρακάτω καθώς:

Μικτά έσοδα προ ενεργειακής μελέτης:

$$E = TZ_{2020} + TZ_{2021} - ΛΤ$$

$$E = 657.257 + 658.030 - 250.211 = 1.065.076€$$

Μικτά έσοδα μετά την ενεργειακή μελέτη:

$$E = TZ_{2020} + TZ_{2021} - ΛΤ$$

$$E = 657.257 + 658.030 - 140.518 = 1.174.769€.$$

Υπάρχει δηλαδή, διαφορά εσόδων της τάξης των **109.693€**, **10,3%** των μικτών εσόδων, πριν και μετά την διεξαγωγή της ενεργειακής μελέτης.

6. ΕΡΕΥΝΑ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΩΝ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΙΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΚΟΣΤΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΟΥΣ

6.1 ΜΕΛΕΤΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Είναι πλέον εμφανές πως η εξαγωγή ενεργειακής μελέτης είναι βασική για την μείωση αχρείαστων δαπανών καθώς και την χρήση αποδοτικότερων βελτίωσης των συνθηκών του θερμοκηπίου, με σκοπό την καλύτερη απόδοση της καλλιέργειας. Έτσι βασιζόμενοι στην προσδοκία περαιτέρω μείωσης του κόστους λειτουργίας, είναι αναγκαίο να υπάρξει ένας τρόπος ώστε να μειωθούν τα ηλεκτρικά κόστη, καθώς αυτά καταλαμβάνουν περισσότερο από το 88% του κόστους λειτουργίας του θερμοκηπίου. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την χρήση φωτοβολταϊκών πάνελ. Υπάρχουν δύο δυνατοί τρόποι που μπορούν να χρησιμοποιηθούν αυτά τα πάνελ.

Ο πρώτος είναι η διαδικασία του **Net Metering**. Η διαδικασία του net metering, βασίζεται πρακτικά στην αμεσότητα της χρήσης του, με μια σημαντική προϋπόθεση. Αυτή είναι η αναγκαιότητα της ιδιοκτησίας μιας έκτασης κοντά στο οικόπεδο που χρειάζεται τροφοδότηση. Πρακτικά, με το net metering, ο κάτοχος του φωτοβολταϊκού πάρκου, τροφοδοτεί το δίκτυο διανομής ρεύματος με ηλεκτρικό ρεύμα που παράγεται από το πάρκο του, και ως αντάλλαγμα χρησιμοποιεί ενέργεια από το δίκτυο για να καλύψει τις δικές του ανάγκες. Έτσι στο τέλος κάθε περιόδου, που έχει ορισθεί στο εκάστοτε συμβόλαιο, συγκρίνονται τα ποσά που παρήγαγε το πάρκο, με τα ποσά που κατανάλωσε ο ιδιοκτήτης. Έτσι συμψηφίζονται οι ενεργειακές καταναλώσεις και διευθετούνται τυχόν επιπλέον καταναλώσεις. Αυτή η πρακτική, έχει τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά της. Αρχικά, η επιχείρηση θα πρέπει να χρεωθεί το κόστος αγοράς των πάνελ, αυτό όμως μπορεί να γίνει με την βοήθεια κρατικής επιδότησης, όπου πλέον στηρίζεται πολύ, και σε πολλές περιπτώσεις είναι υποχρεωτική, η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για την κάλυψη των ενεργειακών απαιτήσεων. Αυτές οι βοήθειες φτάνουν τα μεγέθη 40-60 % του ολικού κόστους, ανάλογα και το μέγεθος της εγκατάστασης. Έτσι το πραγματικό κόστος αγοράς είναι μικρότερο από αυτό που παρουσιάζεται. Το μεγαλύτερο μειονέκτημα του Net Metering είναι πως η εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού πάρκου θα πρέπει να γίνει σε όμορο ή στον

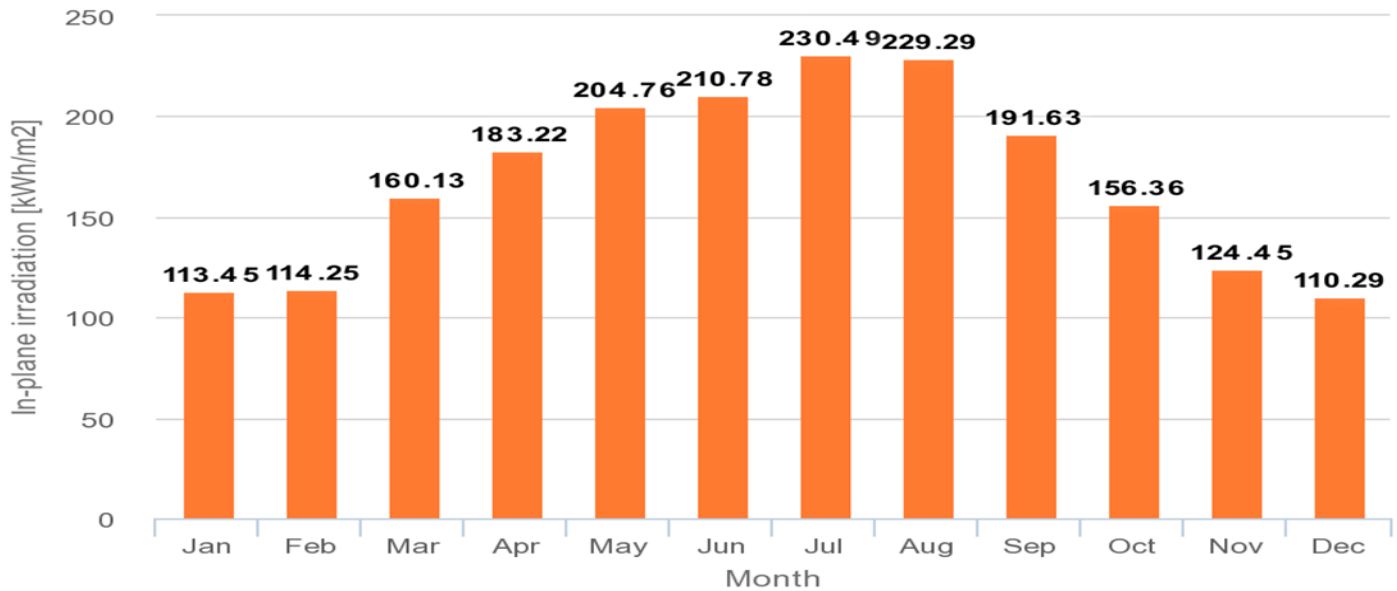
ίδιο, με το θερμοκήπιο, χώρο. Αυτό, περιορίζει σημαντικά την εγκατάσταση φωτοβολταϊκών μεγάλης ισχύος, καθώς το μεγαλύτερο ποσοστό της διαθέσιμης έκτασης, εκμεταλλεύεται από το θερμοκήπιο.

Ο δεύτερος τρόπος είναι η διαδικασία του **Virtual Net Metering**. Η επιλογή αυτή, προσφέρει στον ιδιοκτήτη τις ίδιες δυνατότητες με την **Λειτουργία Net Metering**, με την διαφορά πως εδώ δεν είναι υποχρεωτικό, η εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών να είναι στον ίδιο ή σε όμορο χώρο με το θερμοκήπιο. Έτσι δίνεται πλήρη ελευθερία στον ιδιοκτήτη να εγκαταστήσει όσα φωτοβολταϊκά χρειάζεται για να καλύψει τις ανάγκες κατανάλωσης, με την προϋπόθεση να μην ξεπερνά τα ανώτατα όρια εγκατεστημένης ισχύος, που θεσπίζεται από νόμο.

Επιλέγεται η πρώτη διαδικασία, λόγω της ευχέρειας χώρου. Η επόμενη κίνηση ο υπολογισμός του ενεργειακού ισοζυγίου παραγωγής και κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Από την ελληνική νομοθεσία, η μέγιστη επιτρεπόμενη εγκατάσταση θα πρέπει να είναι ίση με το μισό της συμφωνημένης ισχύος κατανάλωσης. Άρα πρέπει να υπολογιστεί η ισχύς που καταναλώνεται στο θερμοκήπιο. Αυτή προκύπτει από το άθροισμα της μέγιστης ισχύος των ηλεκτρικών συσκευών. Το άθροισμα αυτό θα αποτελείται από την **αντλία θερμότητας** που θα είναι ίση με **172kW**, τον **ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό**, (όπως ανεμιστήρες, κυκλοφορητές, αντλία υδροπονίας, σειριακά), και την ισχύ του **φωτισμού και των ψυγείων**. Αυτά θα είναι ίσα με **290kW**. Έτσι το σύνολο της καταναλωμένης ισχύος είναι ίση με **461kW**. Η διαθέσιμη εκμεταλλεύσιμη έκταση είναι 3500m². Έτσι ο χώρος δεν επαρκεί ώστε να τοποθετηθούν και τα 480kW πλαισίων, χωρίς να υπάρξει σκίαση μεταξύ τους. Θεωρείται πως είναι δυνατό να εγκατασταθεί 1kW ισχύος ανά 10m² έκτασης. Έτσι η μέγιστη δυνατή εγκατεστημένη ισχύς μπορεί να είναι **350kW**. Μέσω του λογισμικού **PVGIS**, και την δυνατότητα της επιλογής ακριβούς τοποθεσίας του θερμοκηπίου, είναι εφικτή η συλλογή των μηνιαίων τιμών προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας, που προσπίπτει σε ένα φωτοβολταϊκό σύστημα ισχύος **350kW**. Έτσι για επιλογή πλαισίου με ονομαστική τάση 270W και βαθμό απόδοσης 15,67%, δίνεται ο παρακάτω πίνακας:

Monthly in-plane irradiation for fixed angle

(C) PVGIS, 2023



Πίνακας 6.1.1. Μηνιαία προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία

Βάσει του παραπάνω πίνακα, υπολογίζεται το ισοζύγιο ενέργειας καταναλισκόμενης και παραγόμενης ενέργειας.

ΕΤΟΣ 2019			
Μήνας	Χρεωστέα Κατανάλωση Ηλ. Ενέργειας	Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Φ/Β -Σ1	Ισοζύγιο Ηλεκτρικής Ενέργειας
	kWh	kWh	kWh
Ιαν-19	72.743	32.689	-40.054
Φεβ-19	42.752	32.724	-10.028
Μαρ-19	37.662	44.903	7.241
Απρ-19	25.825	50.091	24.266
Μαϊ-19	19.840	54.828	34.988
Ιουν-19	44.680	55.193	10.513
Ιουλ-19	52.080	59.578	7.498
Αυγ-19	56.680	59.292	2.612
Σεπ-19	31.760	50.642	18.882
Οκτ-19	12.080	42.671	30.591
Νοε-19	15.132	35.054	19.922
Δεκ-19	44.330	31.627	-12.703
SUM	455.563	549.292	93.729

Πίνακας 6.1.2. Ισοζύγιο ηλεκτρικής ενέργειας έτους 2019

ΕΤΟΣ 2020

Μήνας	Χρεωστέα Κατανάλωση Ηλ. Ενέργειας	Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Φ/Β -Σ1	Ισοζύγιο Ηλεκτρικής Ενέργειας
	kWh	kWh	kWh
Ιαν-20	52.326	32.689	-19.637
Φεβ-20	41.929	32.724	-9.205
Μαρ-20	37.392	44.903	7.511
Απρ-20	34.768	50.091	15.323
Μαϊ-20	25.400	54.828	29.428
Ιουν-20	45.400	55.193	9.793
Ιουλ-20	48.120	59.578	11.458
Αυγ-20	44.720	59.292	14.572
Σεπ-20	26.760	50.642	23.882
Οκτ-20	15.489	42.671	27.182
Νοε-20	17.937	35.054	17.117
Δεκ-20	35.833	31.627	-4.206
SUM	426.074	549.292	123.218

Πίνακας 6.1.3. Ισοζύγιο ηλεκτρικής ενέργειας έτους 2020

ΕΤΟΣ 2021

Μήνας	Χρεωστέα Κατανάλωση Ηλ. Ενέργειας	Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας από Φ/Β -Σ1	Ισοζύγιο Ηλεκτρικής Ενέργειας
	kWh	kWh	kWh
Ιαν-21	46.606	32.689	-13.917
Φεβ-21	41.209	32.724	-8.485
Μαρ-21	41.050	44.903	3.853
Απρ-21	25.907	50.091	24.184
Μαϊ-21	29.000	54.828	25.828
Ιουν-21	33.800	55.193	21.393
Ιουλ-21	41.360	59.578	18.218
Αυγ-21	37.760	59.292	21.532
Σεπ-21	24.480	50.642	26.162
Οκτ-21	11.520	42.671	31.151
Νοε-21	18.373	35.054	16.681
Δεκ-21	32.917	31.627	-1.290
SUM	383.982	549.292	165.310

Πίνακας 6.1.4. Ισοζύγιο ηλεκτρικής ενέργειας έτους 2021

Σύμφωνα με τις τιμές τιμολόγησης που ηλεκτρικού ρεύματος, που δείχθηκαν παραπάνω, είναι εφικτή η παρουσίαση των κάτωθι πινάκων:

ΕΤΟΣ 2019						
Μήνας	Χρεώσεις Προμήθειας (Ενέργεια)	Ρυθμιζόμενες Χρεώσεις (ΕΤΜΕΑΡ)	Ρυθμιζόμενες Χρεώσεις (ΥΚΩ)	Ρυθμιζόμενες Χρεώσεις (Λοιπές)	Σύνολο χρεώσεων ενέργειας (προ ΦΠΑ)	Σύνολο χρεώσεων ενέργειας
	€	€	€	€	€	€
Ιαν-19	2.781,32	683,05	514,29	5,09	3.983,75	4.222,77
Φεβ-19	696,36	401,44	302,26	2,99	1.403,05	1.487,23
Μαρ-19	-502,83	353,64	266,27	2,64	119,72	126,90
Απρ-19	-1.685,06	242,49	182,58	1,81	-1.258,18	-1.333,67
Μαΐ-19	-2.429,57	186,30	140,27	1,39	-2.101,61	-2.227,71
Ιουν-19	-730,02	419,55	315,89	3,13	8,54	9,05
Ιουλ-19	-520,66	489,03	368,21	3,65	340,22	360,63
Αυγ-19	-181,38	532,23	400,73	3,97	755,54	800,88
Σεπ-19	-1.311,17	298,23	224,54	2,22	-786,17	-833,34
Οκτ-19	-2.124,24	113,43	85,41	0,85	-1.924,56	-2.040,03
Νοε-19	-1.383,42	142,09	106,98	1,06	-1.133,29	-1.201,29
Δεκ-19	882,11	416,26	313,41	3,10	1.614,88	1.711,78
SUM						8.719

Πίνακας 6.1.5. Κόστος ηλεκτρικής ενέργειας έτους 2019

ΕΤΟΣ 2020

Μήνας	Χρεώσεις Προμήθειας (Ενέργεια)	Ρυθμιζόμενες Χρεώσεις (ΕΤΜΕΑΡ)	Ρυθμιζόμενες Χρεώσεις (ΥΚΩ)	Ρυθμιζόμενες Χρεώσεις (Λοιπές)	Σύνολο χρεώσεων ενέργειας (προ ΦΠΑ)	Σύνολο χρεώσεων ενέργειας
	€	€	€	€	€	€
Ιαν-20	1.363,63	491,35	369,95	3,66	2.228,58	2.362,30
Φεβ-20	639,22	393,72	296,44	2,94	1.332,31	1.412,25
Μαρ-20	-521,58	351,11	264,36	2,62	96,51	102,30
Απρ-20	-1.064,04	326,47	245,81	2,43	-489,33	-518,69
Μαϊ-20	-2.043,48	238,51	179,58	1,78	-1.623,62	-1.721,04
Ιουν-20	-680,03	426,31	320,98	3,18	70,44	74,66
Ιουλ-20	-795,64	451,85	340,21	3,37	-0,22	-0,23
Αυγ-20	-1.011,88	419,92	316,17	3,13	-272,66	-289,02
Σεπ-20	-1.658,37	251,28	189,19	1,87	-1.216,02	-1.288,98
Οκτ-20	-1.887,49	145,45	109,51	1,08	-1.631,45	-1.729,34
Νοε-20	-1.188,63	168,43	126,81	1,26	-892,14	-945,66
Δεκ-20	292,06	336,47	253,34	2,51	884,38	937,45
SUM						4.889

Πίνακας 6.1.6. Κόστος ηλεκτρικής ενέργειας έτους 2020

ΕΤΟΣ 2021

Μήνας	Χρεώσεις Προμήθειας (Ενέργεια)	Ρυθμιζόμενες Χρεώσεις (ΕΤΜΕΑΡ)	Ρυθμιζόμενες Χρεώσεις (ΥΚΩ)	Ρυθμιζόμενες Χρεώσεις (Λοιπές)	Σύνολο χρεώσεων ενέργειας (προ ΦΠΑ)	Σύνολο χρεώσεων ενέργειας
	€	€	€	€	€	€
Ιαν-21	1.071,62	437,63	329,51	3,26	1.842,02	1.952,54
Φεβ-21	636,40	386,96	291,35	2,88	1.317,59	1.396,65
Μαρ-21	-281,30	385,45	290,22	2,87	397,24	421,08
Απρ-21	-2.660,27	243,26	183,16	1,81	-2.232,04	-2.365,96
Μαϊ-21	-1.991,34	272,31	205,03	2,03	-1.511,97	-1.602,69
Ιουν-21	-1.603,62	317,38	238,97	2,37	-1.044,91	-1.107,60
Ιουλ-21	-1.330,64	388,37	292,42	2,90	-646,96	-685,78
Αυγ-21	-2.319,00	354,57	266,96	2,64	-1.694,82	-1.796,51
Σεπ-21	-3.568,24	229,87	173,07	1,71	-3.163,58	-3.353,40
Οκτ-21	-4.361,14	108,17	81,45	0,81	-4.170,71	-4.420,96
Νοε-21	-2.502,17	172,52	129,90	1,29	-2.198,47	-2.330,37
Δεκ-21	283,90	309,10	232,73	2,30	828,03	877,71
SUM						4.648

Πίνακας 6.1.7. Κόστος ηλεκτρικής ενέργειας έτους 2021

Τα τελικά συνολικά κόστη ηλεκτρικής ενέργειας θα είναι:

Έτη	Συνολική Χρέωση Ενέργειας
2019	8.719
2020	4.889
2021	4.648
SUM	18.256

Πίνακας 6.1.8. Συνολικό κόστος ηλεκτρικής ενέργειας

Η διαφορά ανάμεσα στα κόστη λειτουργίας λόγω ηλεκτρισμού μειώνεται από τα **119.100€** στα **18.256€** τα τρία χρόνια, δηλαδή στο **15,33%** του αρχικού κόστους.

Έτσι τα μικτά έσοδα διαμορφώνονται: **$E = TZ_{2020} + TZ_{2021} - \Lambda T =$**

657.257+658.030-39.679=1.275.608€. Υπάρχει επομένως αύξηση των μικτών εσόδων 210.532€, δηλαδή **19,77%** των μικτών εσόδων πριν και μετά την διεξαγωγή της ενεργειακής μελέτης.

6.2 ΚΟΣΤΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΩΝ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΩΝ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΙΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

6.2.1 ΚΟΣΤΟΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΩΝ ΠΑΡΕΜΒΑΣΕΩΝ

Οι παρεμβάσεις που έχουν προταθεί είναι οι εξής:

- 1) Αντλία θερμότητας
- 2) Υγρή παρειά
- 3) Φωτοβολταϊκό σύστημα.

Αρχικά, θα γίνει η διαστασιολόγηση της **αντλίας θερμότητας**. Ο τύπος αντλίας θερμότητας που θα χρησιμοποιηθεί εδώ είναι αντλία θερμότητας νερού, δηλαδή υδρόψυκτη αντλία θερμότητας με δεξαμενή νερού. Ουσιαστικά, η λειτουργία αυτού του τύπου αντλίας, βασίζεται σε δύο εναλλάκτες νερού και το ψυκτικό μέσο, όπου μεταφέρει την θερμότητα της μίας μάζας νερού στην άλλη. Χρειάζεται λοιπόν και μια δεξαμενή νερού, όπου θα φυλάσσεται η εξωτερική μάζα νερού, από το οποίο θα πάρει την απαιτούμενη θερμότητα το ψυκτικό μέσο. Η ποσότητα μάζας του νερού δίνεται από τον κατασκευαστή της αντλίας θερμότητας. Η αντλία θερμότητας επιλέγεται εδώ, είναι η **SYSCREW 700 WATER EVO HP** με **764,7kW** ικανότητα θέρμανσης, συντελεστή απόδοσης **COP=4,47** και κατανάλωση ηλεκτρικής ισχύος ίση με **171,2kW**. Η αντλία αυτή δουλεύει με ψυκτικό μέσο το R513A, και από το βιβλίο οδηγιών του κατασκευαστή ο απαιτούμενος όγκος νερού στην δεξαμενή πρέπει να είναι 6.030L. Το συνολικό κόστος αγγίζει τα **120.000€**.

Το κόστος τοποθέτησης της **υγρής παρειάς** είναι περίπου 40-50€/m². Για την εύρεση της απαιτούμενης έκτασης υγρής παρειάς, θα πρέπει να βρεθεί ο απαιτούμενος ρυθμός ανανέωσης αέρα ανά ώρα. Βάσει της νομοθεσίας του **Τεύχους Β' 5432/09.12.2020**, οι απαιτούμενες ανανεώσεις όγκου του θερμοκηπίου πρέπει να είναι τουλάχιστον **40 h⁻¹**. Επίσης αναφέρεται σαν μέγιστη ταχύτητα αέρα στην είσοδο του θερμοκηπίου **u_{max}=1,5m/s**. Έτσι η απαιτούμενη παροχή αέρα, θα είναι:

$$Q=R*V= 40h^{-1} *54809m^3=2.192.360 m^3/h=609 m^3/s \quad (19)$$

Άρα η έκταση της υγρής παρειάς θα είναι ίσο με :

$$A_{\text{Υγ_Παρ}}=\frac{Q}{u_{\text{max}}}=\frac{609}{1,5}=406 m^2 \quad (20)$$

Τελικώς, το κόστος τοποθέτησης υγρής παρειάς θα είναι περίπου στις :

$$K.T.= A_{\text{Υγ_Παρ}}*T.M.= 406m^2*55€/ m^2=22.000€.$$

Η εγκατάσταση φωτοβολταϊκού συστήματος, είναι μια διαδικασία που με την πάροδο του χρόνου το κόστος της πέφτει. Το κόστος αυτό ξεκίνησε από τα 2000-2500€ για κάθε kW εγκατεστημένης ισχύος. Πλέον αυτό έχει διαμορφωθεί στα **1.000-1.200€** για κάθε **kW**. Στην προκείμενη περίπτωση, για 350kW εγκατεστημένης ισχύος, το κόστος εγκατάστασης θα κυμαίνεται από: **400.000-420.000€**.

Έτσι τα συνολικά κόστη των παρεμβάσεων κυμαίνονται από:

542.00-562.000€.

6.2.2 ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Από το κεφάλαιο 6.1 προκύπτει πως υπάρχει αύξηση 210530€ των μικτών εσόδων τα τρία χρόνια. Έτσι είναι δυνατή η εύρεση του χρόνου απόσβεσης αυτών των επενδύσεων, καθώς και η σύγκριση των οικονομικών μεγεθών, σε βάθος δεκαετίας, της περίπτωσης λειτουργίας του θερμοκηπίου χωρίς τις παρεμβάσεις της ενεργειακής μελέτης, και της λειτουργίας του θερμοκηπίου με τις παρεμβάσεις.

Έτη	Εξοδα	Μικτά Έσοδα	Τελικά ποσά	Χρόνος απόσβεσης
2019	575.226	0	-575.226	Ετη
2020	13.226	657.257	68.804	1,8
2021	13.226	658.030	713.608	
2022	13.226	657.257	1.357.639	
2023	13.226	658.030	2.002.442	
2024	13.226	657.257	2.646.473	
2025	13.226	658.030	3.291.277	

Πίνακας 6.2.1. Χρόνος απόσβεσης παρεμβάσεων

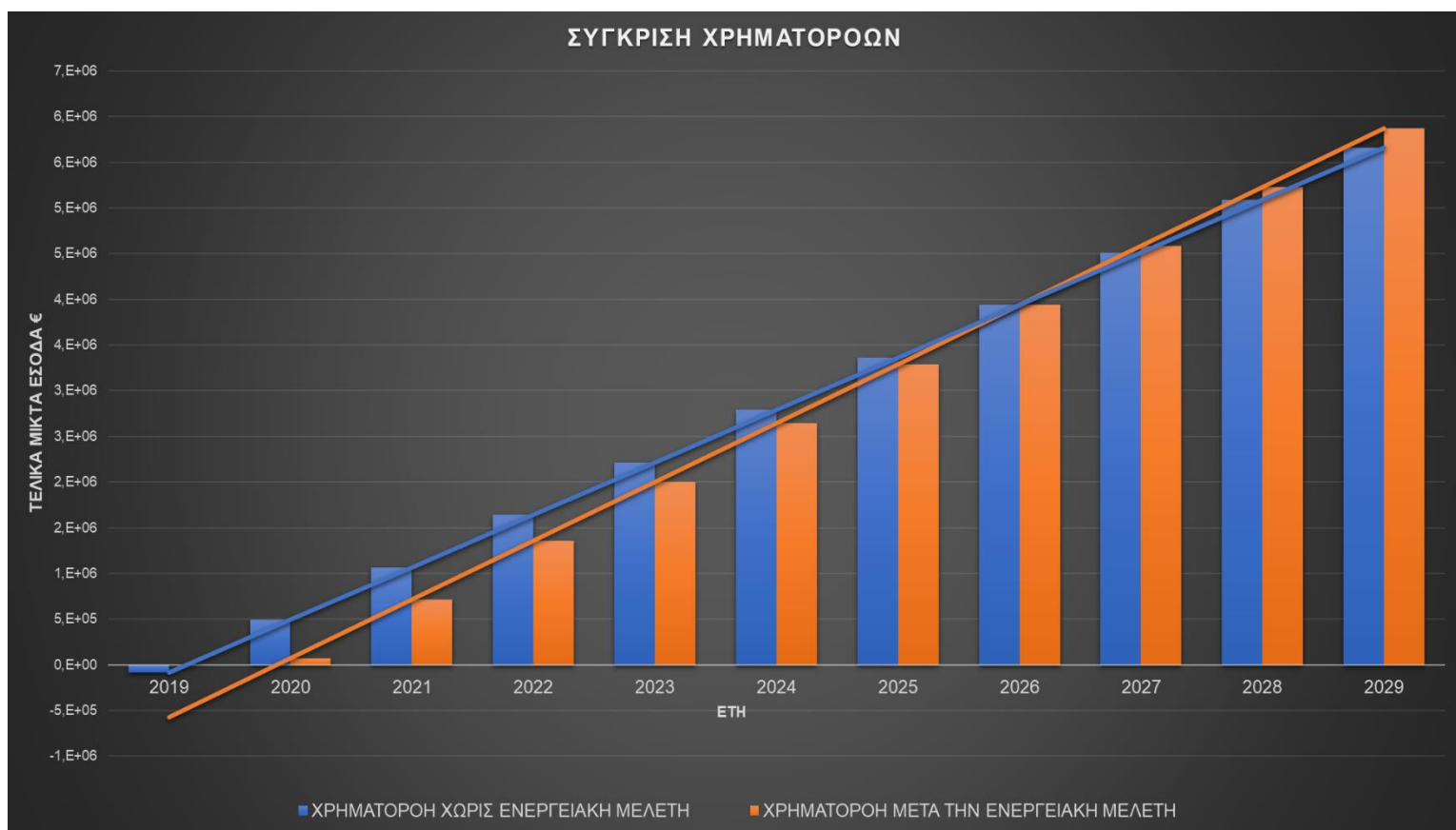


Από το παραπάνω γράφημα, φαίνεται πως ο χρόνος απόσβεσης είναι τα **1,8 έτη**.

Παρουσιάζονται ακόμη, ο πίνακας και το γράφημα σύγκρισης χρηματοροών με την διενέργεια ενεργειακής μελέτης και χωρίς αυτή.

Έτη	Εξοδα	Μεικτά Έσοδα	Τελικά Μεικτά Έσοδα	Εξοδα	Μεικτά Έσοδα	Τελικά Μεικτά Έσοδα	Σύγκριση Χρηματοροών
2019	83.404	0	-83.404	551.526	0	-575.226	-
2020	83.404	657.257	490.449	13.226	657.257	68.805	-421.664
2021	83.404	658.030	1.065.075	13.226	658.030	713.608	-351.466
2022	83.404	657.257	1.638.928	13.226	657.257	1.357.639	-281.288
2023	83.404	658.030	2.213.554	13.226	658.030	2.002.442	-211.110
2024	83.404	657.257	2.787.407	13.226	657.257	2.646.473	-140.932
2025	83.404	658.030	3.362.033	13.226	658.030	3.291.277	-70.754
2026	83.404	658.030	3.936.659	13.226	658.030	3.936.083	-576
2027	83.404	657.257	4.510.512	13.226	657.257	4.580.114	69.602
2028	83.404	658.030	5.085.138	13.226	658.030	5.224.918	139.780
2029	83.404	657.257	5.658.991	13.226	657.257	5.868.949	209.958

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.2.2. Σύγκριση χρηματοροών με, και χωρίς την ενεργειακή μελέτη



Φαίνεται από το διάγραμμα πως για τα πρώτα 6 χρόνια οι χρηματοροές του θερμοκηπίου χωρίς τις παρεμβάσεις είναι περισσότερες από τις χρηματοροές με την διενέργεια των παρεμβάσεων. Αυτή η διαφορά όμως κάθε χρόνο φαλιδίζεται, με αποτέλεσμα να ισοσταθμίζονται οι χρηματοροές στα 8,5 χρόνια, και από εκεί και πέρα η διαφορά υπέρ της περίπτωσης των παρεμβάσεων αυξάνεται 4% κάθε χρόνο.

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σε αυτή την πτυχιακή, διερευνήθηκε η βαρύτητα της διεξαγωγής ενεργειακής μελέτης σε μια θερμοκηπιακή μονάδα. Δείχθηκαν οι ενεργειακές απαιτήσεις που πραγματικά χρειαζόταν το θερμοκήπιο τους χειμερινούς αλλά και τους θερινούς μήνες, για να συγκριθούν με τις ενεργειακές καταναλώσεις που είχαν αρχικά υπολογιστεί, βάσει των καταναλωθέντων καύσιμων υλών.

Αφού έγιναν αυτές οι συγκρίσεις, έγινε διερεύνηση του αποδοτικότερου τρόπου θέρμανσης, ώστε να μειωθεί το κόστος λειτουργίας του θερμοκηπίου. Αυτή αποδείχθηκε ότι είναι η αντλία θερμότητας.

Ακόμη, προτάθηκε εγκατάσταση δυναμικού αερισμού, για την αποδοτικότερη ψύξη της καλλιέργειας τους θερινούς μήνες. Συγκρίθηκαν οι δύο πιθανές μέθοδοι ψύξης και βρέθηκε η αποδοτικότερη, που ήταν η επιλογή εγκατάστασης υγρής παρειάς.

Έπειτα, υπολογίστηκαν τα συνολικά κόστη λειτουργίας του θερμοκηπίου, συμπεριλαμβανομένων όλων των ηλεκτρομηχανολογικών συσκευών και του φωτισμού. Μέσω των διαθέσιμων δεδομένων παραγωγής, υπολογίστηκε ο τζίρος. Με τη βοήθεια αυτού και του συνολικού κόστους λειτουργίας του θερμοκηπίου, υπολογίστηκαν τα μεικτά έσοδα του θερμοκηπίου. Επίσης έγινε και σύγκριση διαφοράς μεικτών εσόδων της περίπτωσης που διεξήχθη η ενεργειακή μελέτη, με την περίπτωση χωρίς διεξαγωγής ενεργειακής μελέτης. Στην συνέχεια διενεργήθηκε μελέτη εγκατάστασης φωτοβολταϊκού συστήματος με την μορφή Net Metering, για την μείωση των αυξημένων ηλεκτρικών αναγκών, που αποτελούσαν και το κυριότερο κόστος λειτουργίας του θερμοκηπίου, μετά την επιλογή αντλίας θερμότητας. Αφού έγινε η σωστή διαστασιολόγηση σύμφωνα με τις απαιτήσεις του θερμοκηπίου, βρέθηκαν τα παραγόμενα ποσά ηλεκτρικής ενέργειας μέσω του Ευρωπαϊκού λογισμικού PVGIS. Αμέσως μετά έγινε σύγκριση του κόστους λειτουργίας του θερμοκηπίου και αποδείχθηκε αύξηση των μεικτών εσόδων.

Αφού τελείωσε η μελέτη εγκατάστασης των φωτοβολταϊκών, ήρθε η ώρα να γίνει κοστολόγηση των παρεμβάσεων που έχουν γίνει σύμφωνα με την ενεργειακή μελέτη. Αυτές ήταν, η αγορά αντλίας θερμότητας, η αγορά του συστήματος υγρής παρειάς και η εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού συστήματος.

Τέλος έγινε μια οικονομοτεχνική ανάλυση των παρεμβάσεων, βρέθηκε ο απαιτούμενος χρόνος απόσβεσης αυτών, και έγινε μια σύγκριση χρηματοροών των δύο περιπτώσεων, με τις ενεργειακές παρεμβάσεις και χωρίς τις ενεργειακές παρεμβάσεις, προκειμένου να εξαχθούν συμπεράσματα.

Όπως είναι φανερό, η ενεργειακή μελέτη έχει σημαντικό παράγοντα στα λειτουργικά κόστη του θερμοκηπίου. Με την βοήθεια αυτής, επιτεύχθηκε η σωστή κατανάλωση ενέργειας, η μείωση των λειτουργικών εξόδων της επιχείρησης, οι καλύτερες συνθήκες παραγωγής καλλιέργειας, και μια πιο φιλική, προς το περιβάλλον παραγωγή. Συγχρόνως, μέσω της διεξαγωγής της ενεργειακής μελέτης, αναπτύχθηκαν συμπεράσματα για την λειτουργία του θερμοκηπίου πριν την ενεργειακή μελέτη. Τα πιο εμφανή συμπεράσματα, είναι η κακή διαχείριση της ενέργειας που γινόταν στο θερμοκήπιο, καθώς, η θέρμανση ολόκληρου του θερμοκηπίου γινόταν χωρίς την χρήση προθερμαντήρα (boiler), αυξάνοντας κατά πολύ τις απαιτήσεις σε ενέργεια, η απουσία συντήρησης του λέβητα μειώνει την απόδοσή του, την χρήση δικτύου διανομής θερμότητας χωρίς επαρκή μόνωση, χάνοντας έτσι αρκετή θερμική ενέργεια, και τέλος στην έλλειψη αυτοματισμών σε καίρια σημεία, όπου χάνεται η δυνατότητα μεγιστοποίησης της διαδικασίας θέρμανσης. Όλα αυτά τα ζητήματα θα μπορέσουν να αναλυθούν και να αναζητηθούν τρόποι επίλυσής τους σε μελλοντική διπλωματική. Επίσης, σαν βάση για μελλοντικές έρευνες, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί η εργασία αυτή, στη δημιουργία γραμμών βάσης, για την αποδοτικότερη και αντικειμενικότερη αποτύπωση των ενεργειακών δεδομένων, που χρειάζεται για να γίνει μια ενεργειακή μελέτη, βάσει των κλιματικών ζωνών. Ακόμη είναι δυνατόν να γίνει ένα ενεργειακό προφίλ, σχετικά με το περιβαλλοντικό κόστος της λειτουργίας του θερμοκηπίου, πριν και μετά την διεξαγωγή της ενεργειακής μελέτης, καθώς και τρόπους ρύθμισης των επιπέδων διοξειδίου του άνθρακα μέσα στο θερμοκήπιο, ώστε να επιτευχθεί η βέλτιστη αύξηση του ρυθμού παραγωγής της καλλιέργειας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Θέρμανση-Κλιματισμός Επίτομη Έκδοση, Β. Η. Σελλούντος

ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ

<https://www.britannica.com/science/greenhouse-effect>

<https://climapod.com/the-history-of-greenhouses/>

<https://apothesis.eap.gr/handle/repo/41719>

<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0021863484710031?token=DD7182089F5EEA69592406341251017AF35D78EB632F93FC5EC32CE13D4705B29D7C128A72F401A0A235707D81F8434D&originRegion=eu-west-1&originCreation=20230331164703>

<https://ceac.arizona.edu/sites/default/files/NRAES%2033%20Textbook.pdf>

<https://dspace.lib.ntua.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/51392/%CE%A3%CF%87%CE%B5%CE%B4%CE%B9%CE%B1%CF%83%CE%BC%CF%8C%CF%82%20%CE%BA%CE%B1%CE%B9%20%CE%91%CE%BE%CE%B9%CE%BF%CE%BB%CF%8C%CE%B3%CE%B7%CF%83%CE%B7%20%CE%98%CE%B5%CF%81%CE%BC%CE%BF%CE%BA%CE%B7%CF%80%CE%AF%CF%89%CE%BD%20pdf.pdf?sequence=1>

<https://www.pachtas.gr/5CAF1E01.el.aspx>

https://shop.systemair.com/upload/assets/SYSCREW_440-1550_WATER_EVO_EN.PDF?338b12da

https://oknow.gr/index.php?option=com_virtuemart&view=productdetails&virtuemart_product_id=192&ref=bestprice.gr&_bpgid=eS0jUHBRcHY2YSwyYkNSNGltYm5saA==

https://www.engineeringtoolbox.com/emissivity-coefficients-d_447.html

https://www.engineeringtoolbox.com/solar-radiation-absorbed-materials-d_1568.html